جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی ساختمان

جلد اول:

تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط

نشریه شماره ۱-۱۱۰

(تجدیدنظر سوم)

آخرین ویرایش:

۱۴۰۰/۰۵/۰۷

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

nezamfanni.ir

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

معاونت تحقیقات

Bhrc.ac.ir

۱۴۰۱

shaghool.ir

shaghool.ir

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رئیس سازمان

باسمه تعالی

بخشنامه به دستگاه های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره : ۱۴۰۱/۴۹۸۷۰۸
	تاریخ : ۱۴۰۱/۰۹/۱۶

موضوع: **مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی ساختمان–جلد اول: تاسیسات برقی فشار ضعیف و متوسط (تجدید نظر سوم)**

در چهارچوب ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و به استناد تبصره (۲) ماده (۴) «نظام فنی و اجرایی یکپارچه کشور» موضوع مصوبه شماره ۲۵۲۵۴/ت۵۷۶۹۷هـ مورخ ۱۴۰۰/۰۳/۰۸ هیات محترم وزیران، به پیوست دستورالعمل «مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی ساختمان – جلد اول: تاسیسات برقی فشار ضعیف و متوسط (تجدید نظر سوم)» با شماره ۱–۱۱۰، ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه از تاریخ ۱۴۰۲/۰۱/۰۱ برای همه قراردادهایی که از محل وجوه عمومی ویا به صورت مشارکت عمومی و خصوصی منعقد می‌شوند، الزامی است و جایگزین بخشنامه شماره ۱۰۰/۹۶۶۴۰ مورخ ۱۳۸۹/۱۱/۱۶ می‌باشد.

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

سید مسعود میرکاظمی

shaghool.ir

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به‌صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- ***در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت‌نام فرمایید:*** sama.nezamfanni.ir

۲- ***پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.***

۳- ***به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.***

۴- ***شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.***

۵- ***ایراد مورد نظر را به‌صورت خلاصه بیان دارید.***

۶- ***در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال کنید.***

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی‌علی‌شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، امور نظام فنی و اجرایی

Email: nezamfanni@mporg.ir **web: nezamfanni.ir**

باسمه تعالی

پیشگفتار

به‌روزآوری نشریات و دستورالعمل‌های فنی با توجه به فن‌آوری‌های جدید و نوآوری‌های صنعتی در مقاطع زمانی مختلف، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. سازمان برنامه و بودجه کشور در راستای وظایف و مسئولیت‌های قانونی براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ ه مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران) اقدام به بازنگری و تجدید نظر سوم در نشریه شماره ۱-۱۱۰ با عنوان " مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی ساختمان- جلد اول: تأسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط" نموده است. این مشخصات فنی به منظور ارتقاء دانش فنی متخصصین و همچنین به منظور ایجاد هماهنگی در معیارهای طراحی، نظارت و اجرای تاسیسات برقی ساختمان‌ها و استفاده از لوازم و مصالح برقی استاندارد و همچنین رعایت اصول، روش‌ها و فنون اجرایی متناسب با تجهیزات کاربردی و سازگار با شرایط و مقتضیات کشور تهیه و تدوین شده است. بدیهی است که استفاده از این گونه ضوابط و معیارها متضمن ارتقای کیفیت طرح‌ها، تأمین ایمنی لازم، اطمینان از دوام و عمر مفید تأسیسات و صرفه اقتصادی است.

در این بازنگری سعی شده است از آخرین ویرایش‌های استانداردهای ملی و بین‌المللی معتبر در حوزه تاسیسات برقی استفاده شود، به‌گونه‌ای که کاستی‌های سایر مراجع فنی معتبر داخلی را برطرف نموده و برای متخصصین شاغل در حوزه تاسیسات برقی، جامع، مستند و به‌روز باشد.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این نشریه صرف شده است، این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این ضابطه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادهای دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن نشریه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده‌است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

حمید امانی همدانی

معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی

بهار ۱۴۰۱

مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی ساختمان

جلد اول : تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط

[نشریه شماره ۱-۱۱۰]

اعضای کمیته تدوین:

۱.	مهندس حامد رشیدی اقدم	رئیس کمیته	کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونیک
۲.	مهندس پوریا ساسانفر	دبیر کمیته	کارشناسی ارشد مهندسی برق- مدیریت انرژی
۳.	مهندس محمود رنجبر	عضو کمیته	کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت
۴.	مهندس محمدعلی دهقانی‌منش	عضو کمیته	کارشناسی ارشد مهندسی برق- انرژی‌های تجدیدپذیر
۵.	مهندس سیدحسین ملکوتی	عضو کمیته	کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونیک
۶.	مهندس آرش آقایی‌فر	عضو کمیته	کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت

در تهیه این نشریه افراد زیر با کمیته تدوین همکاری داشته‌اند:

* مهندس احمد جعفری‌یگانه	* مهندس امیرمسعود شهبازی	* مهندس شهرام نورصالحی
* مهندس فاطمه ایزدی	* مهندس لیلا یارمحمدی	* مهندس پیام پهلوان‌زاده رحیمی
* مهندس حمید عصارکاشانی	* مهندس عزت‌اله پرتوی‌شال	* مهندس الناز حقیری
* دکتر علیرضا فریدونیان	* مهندس عباس مجیدی	

داور: دکتر شاهرخ شجاعیان — استادیار دانشگاه آزاد اسلامی

اعضای کمیته نظارت و راهبری فنی:

۱.	دکتر محمد شکرچی‌زاده	رئیس مرکزتحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و استاد دانشگاه تهران
۲.	دکتر علی خاکی‌صدیق	معاون آموزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و استاد دانشگاه خواجه نصیرالدین‌طوسی
۳.	مهندس علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور
۴.	دکتر جواد علمایی	معاون علوم، مهندسی و کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی و دانشیاردانشگاه آزاد اسلامی
۵.	مهندس علیرضا فخر رحیمی	کارشناس عالی امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور
۶.	مهندس محمدحسین افتخار	دبیر کمیته نظارت و راهبری فنی
۷.	مهندس حامد رشیدی اقدم	رئیس بخش پایش و هوشمندسازی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):

۱.	مهندس علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
۲.	مهندس فرزانه آقا رمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
۳.	مهندس علیرضا فخر رحیمی	کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱- لوله‌گذاری برق	**۱**
۱-۱- دامنه پوشش	۳
۱-۲- تعاریف و اصطلاحات	۳
۱-۳- استانداردها	۹
۱-۴- طبقه‌بندی	۱۱
۱-۵- مشخصات فنی و الزامات عمومی	۱۶
۱-۶- الزامات عمومی، کاربرد و شرایط انتخاب لوله‌های محافظ	۲۴
۱-۷- الزامات و موارد کاربرد سامانه‌های داکت و ترانک	۳۳
۱-۸- انتخاب ظرفیت	۳۶
۱-۹- اصول و روش‌های نصب لوله‌های برق	۴۰
۱-۱۰- نشانه‌های ترسیمی	۴۷
فصل ۲- سیم، کابل و باسداکت فشار ضعیف	**۴۹**
۲-۱- دامنه پوشش	۵۱
۲-۲- تعاریف و اصطلاحات	۵۱
۲-۳- استانداردها	۵۸
۲-۴- گروه‌بندی هادی‌ها	۶۱
۲-۵- نشانه‌گذاری کابل‌ها	۶۶
۲-۶- کدگذاری کابل‌ها	۶۸
۲-۷- انتخاب و نصب کابل‌ها	۷۴
۲-۸- تنش‌های مکانیکی در کابل‌ها	۷۸
۲-۹- تحویل اولیه و بازرسی دوره‌ای کابل‌ها	۸۱
۲-۱۰- بسته‌بندی، انبارش و جابجایی/حمل و نقل	۸۱
۲-۱۱- محاسبات تعیین سطح مقطع کابل	۸۲
۲-۱۲- اصول و روش‌های نصب کابل‌ها	۱۳۴

۲-۱۳- کابلشوها و مفصل‌ها ۱۴۱
۲-۱۴- آشنایی با اجزا مختلف سیستم باسداکت ۱۴۲
۲-۱۵- اصول طراحی و انتخاب سیستم باسداکت ۱۴۵
فصل ۳- کابل‌های فشار متوسط ۱۵۱
۳-۱- دامنه پوشش ۱۵۳
۳-۲- تعاریف و اصطلاحات ۱۵۳
۳-۳- استانداردها ۱۵۷
۳-۴- مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌های فشار متوسط ۱۵۸
۳-۵- ضوابط اساسی در طراحی سیستم کابل‌کشی فشار متوسط ۱۶۵
۳-۶- مقادیر مجاز جریان پیوسته برای کابل‌های با عایق اکسترود شده در گستره ولتاژ ۳٫۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت ۱۶۷
۳-۷- محاسبات سطح مقطع کابل براساس انرژی مجاز ۱۸۵
۳-۸- نشانه گذاری کابل ۱۸۷
۳-۹- اصول و روش‌های نصب کابل‌های فشار متوسط ۱۸۷
۳-۱۰- نصب کابل در داخل کانال خاکی ۱۸۹
۳-۱۱- نصب کابل در داخل کانال پیش‌ساخته ۱۹۲
۳-۱۲- کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها ۱۹۵
فصل ۴- کلید و پریز ۲۰۱
۴-۱- دامنه پوشش ۲۰۳
۴-۲- تعاریف و اصطلاحات ۲۰۴
۴-۳- استانداردها ۲۰۹
۴-۴- کلیدهای برق ۲۱۲
۴-۵- کلیدهای الکترونیکی ۲۲۰
۴-۶- پریزها و دوشاخه‌ها برای مصارف خانگی و مشابه ۲۲۵
۴-۷- پریزها و چندشاخه‌های صنعتی ۲۲۹
۴-۸- انتخاب پریزهای برق ۲۳۱
۴-۹- سیستم‌های سیم‌کشی مدار و تعداد پریزها ۲۳۲
۴-۱۰- اصول و روش‌های نصب کلید و پریز ۲۳۵
۴-۱۱- نشانه‌های ترسیمی ۲۴۵

فصل ۵- سیستم روشنایی **۲۴۹**

۵-۱- دامنه پوشش ۲۵۱

۵-۲- تعاریف و اصطلاحات ۲۵۱

۵-۳- استانداردها ۲۷۰

۵-۴- منابع نوری ۲۷۴

۵-۵- وسایل کنترل و راه‌اندازی ۲۸۳

۵-۶- چراغ‌ها ۲۸۴

۵-۷- طراحی روشنایی ۲۸۹

۵-۸- روشنایی اضطراری ۳۳۱

۵-۹- اصول و روش‌های نصب چراغ‌ها ۳۳۶

۵-۱۰- نشانه‌های ترسیمی الکتریکی ۳۳۸

فصل ۶- تابلوهای فشار ضعیف **۳۴۳**

۶-۱- دامنه پوشش ۳۴۵

۶-۲- تعاریف و اصطلاحات ۳۴۵

۶-۳- استانداردها ۳۶۴

۶-۴- شرایط نصب و بهره‌برداری تابلوهای برق فشار ضعیف ۳۶۷

۶-۵- مدارک و داده برگ‌های‌فنی ۳۷۰

۶-۶- مشخصات فنی ساختمان تابلوها ۳۷۳

۶-۷- شینه ۳۸۲

۶-۸- وسایل حفاظتی ۴۰۰

۶-۹- تجهیزات کنترلی ۴۱۴

۶-۱۰- وسایل اپراتوری ۴۱۷

۶-۱۱- ادوات اندازه‌گیری ۴۲۰

۶-۱۲- نصب و مونتاژ تجهیزات ۴۲۵

۶-۱۳- طراحی مدارها ۴۳۱

۶-۱۴- بازرسی و تست (آزمون) ۴۵۰

۶-۱۵- بسته‌بندی و بارگیری ۴۵۳

فصل ۷- تابلوهای فشار متوسط **۴۵۹**

۷-۱- دامنه پوشش ۴۶۱

۷-۲- تعاریف و اصطلاحات ۴۶۱

۷-۳- استانداردها ۴۷۵

۷-۴- اجزا تشکیل دهنده تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط ۴۷۶

۷-۵- طراحی و تعیین مشخصات فنی تابلو فشار متوسط ۴۸۷

۷-۶- الزامات اتاق تابلو فشار متوسط ۴۹۵

۷-۷- آزمون‌های تابلو فشار متوسط ۴۹۷

فصل ۸- ترانسفورماتورهای توزیع **۴۹۹**

۸-۱- دامنه پوشش ۵۰۱

۸-۲- تعاریف و اصطلاحات ۵۰۱

۸-۳- استانداردها ۵۱۰

۸-۴- مقادیر اسمی و الزامات عمومی ۵۱۲

۸-۵- شرایط کاری ۵۱۷

۸-۶- پلاک مشخصات (صفحه مقادیر اسمی) ۵۱۹

۸-۷- آزمون‌های کارخانه‌ای ۵۲۳

۸-۸- دیاگرام قطعات و تجهیزات ترانسفورماتور ۵۲۵

۸-۹- تجهیزات حفاظتی ترانسفورماتور ۵۲۹

۸-۱۰- حمل، انبارش، نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری ۵۳۵

۸-۱۱- ملاحظات ایمنی ۵۴۷

۸-۱۲- علائم ترسیمی ۵۴۸

فصل ۹- مولدهای برق **۵۴۹**

۹-۱- دامنه پوشش ۵۵۱

۹-۲- تعاریف و اصطلاحات ۵۵۱

۹-۳- استانداردهای ساخت ۵۵۳

۹-۴- معیارهای کاربرد ۵۵۴

۹-۵- طبقه‌بندی مولدهای برق بر اساس کلاس کارایی ۵۵۸

۹-۶- شرایط استاندارد مرجع ۵۵۹

۹-۷- شرایط سایت ۵۵۹

۹-۸- تعاریف مقدار اسمی توان ۵۶۰

۹-۹- مولدهای برق اضطراری سیستم‌های تأمین ایمنی ۵۶۴

۹-۱۰- موارد استفاده از نیروی برق اضطراری ۵۶۵

۹-۱۱- مشخصات فنی مولدهای برق ۵۶۵

۹-۱۲- مشخصات فنی موتور درون‌سوز ۵۶۶

۹-۱۳- تابلوی وسایل اندازه‌گیری موتور ۵۷۱

۹-۱۴- سیستم اگزوست موتور و دودکش ۵۷۲

۹-۱۵- سیستم سوخت ۵۷۲

۹-۱۶- ژنراتور ۵۷۴

۹-۱۷- تابلو کنترل الکتریکی ۵۷۵

۹-۱۸- مشخصات فنی اضافی برای مولدهای برق اضطراری ۵۷۶

۹-۱۹- اصول و روش‌های نصب ۵۷۷

۹-۲۰- آزمون دستگاه‌ها ۵۷۷

۹-۲۱- منابع الکتریکی سیستم‌های تأمین ایمنی ۵۷۹

۹-۲۲- مدارهای الکتریکی سیستم‌های تأمین ایمنی ۵۸۱

۹-۲۳- کاربردهای روشنایی ایمنی ۵۸۳

۹-۲۴- سیستم‌های ایمنی حفاظت در برابر حریق ۵۸۵

فصل ۱۰- سیستم برق بدون وقفه (UPS) ۵۸۹

۱۰-۱- دامنه پوشش ۵۹۱

۱۰-۲- تعاریف و اصطلاحات ۵۹۱

۱۰-۳- استانداردها ۶۰۱

۱۰-۴- پیکره‌بندی‌های سیستم برق بدون وقفه (UPS) ۶۰۴

۱۰-۵- توپولوژی‌ها - سیستم برق بدون وقفه ۶۱۰

۱۰-۶- کاربردهای کلید UPS ۶۱۴

۱۰-۷- برگ راهنمای خریدار برای تعیین ویژگی‌ها ۶۲۰

۱۰-۸- انواع باتری ۶۲۶

۱۰-۹- ملاحظات انتخاب باتری ۶۳۲

۱۰-۱۰- ملاحظات کاربردی باتری ۶۳۷
۱۰-۱۱- تعیین ظرفیت باتری ۶۴۴
۱۰-۱۲- استاندارد ساخت باتری و آزمون‌های ساخت ۶۴۷
۱۰-۱۳- اصول و روش‌های نصب باتری‌های انباره‌ای ساکن ۶۴۹
فصل ۱۱- جبران سازی توان راکتیو و ادوات کیفیت توان ۶۵۱
۱۱-۱- دامنه پوشش ۶۵۳
۱۱-۲- تعاریف و اصطلاحات ۶۵۳
۱۱-۳- استانداردها ۶۵۹
۱۱-۴- کیفیت توان ۶۶۱
۱۱-۵- جبران سازی توان راکتیو ۶۶۷
فصل ۱۲- اتصال زمین سیستم نیرو و حفاظت در برابر برق‌گرفتگی ۶۸۹
۱۲-۱- دامنه پوشش ۶۹۱
۱۲-۲- تعاریف و اصطلاحات ۶۹۱
۱۲-۳- استانداردها ۶۹۷
۱۲-۴- اتصال زمین سیستم ۶۹۹
۱۲-۵- حفاظت در برابر برق‌گرفتگی ۷۰۰
فصل ۱۳- آرایش‌های اتصال زمین و هادی‌های حفاظتی ۷۲۱
۱۳-۱- دامنه پوشش ۷۲۳
۱۳-۲- تعاریف و اصطلاحات ۷۲۳
۱۳-۳- استانداردها ۷۲۷
۱۳-۴- فلسفه اتصال زمین ۷۳۰
۱۳-۵- آرایش‌های اتصال زمین ۷۳۱
۱۳-۶- هادی‌های حفاظتی ۷۴۸
۱۳-۷- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده ۷۵۴
۱۳-۸- آرایش اتصال زمین در تاسیسات الکتریکی با تغذیه فشار قوی ۷۶۰
۱۳-۹- زمین کردن شیلد و زره فلزی کابل ۷۶۱
۱۳-۱۰- علائم ترسیمی ۷۶۱

فصل ۱۴- حفاظت در برابر اغتشاشات ولتاژی و اغتشاشات الکترومغناطیسی **۷۶۳**
۱۴-۱- دامنه پوشش ۷۶۵
۱۴-۲- تعاریف و اصطلاحات ۷۶۵
۱۴-۳- استانداردها ۷۶۹
۱۴-۴- حفاظت از تاسیسات فشار ضعیف در برابر اضافه‌ولتاژهای موقتی ناشی از وقوع خطا ۷۷۰
۱۴-۵- حفاظت در برابر اضافه‌ولتاژهای گذرا با منشاء جوی یا ناشی از کلیدزنی (قطع و وصل) ۷۷۱
۱۴-۶- تدابیر در برابر تاثیرات الکترومغناطیسی ۷۸۱
۱۴-۷- حفاظت در برابر کاهش ولتاژ ۷۸۷
۱۴-۸- علائم ترسیمی ۷۸۸
فصل ۱۵- حفاظت در برابر صاعقه **۷۸۹**
۱۵-۱- دامنه پوشش ۷۹۱
۱۵-۲- تعاریف و اصطلاحات ۷۹۲
۱۵-۳- استانداردها ۸۰۱
۱۵-۴- ضوابط اصولی برای حفاظت ساختمان‌ها ۸۰۴
۱۵-۵- مدیریت ریسک ۸۱۲
۱۵-۶- سیستم حفاظت صاعقه (LPS) ۸۱۵
۱۵-۷- سیستم حفاظت LEMP (SPM) ۸۳۹
۱۵-۸- سامانه هشدار توفان تندری ۸۵۲
۱۵-۹- علائم ترسیمی ۸۵۴
فصل ۱۶- تست و تحویل تاسیسات الکتریکی **۸۵۵**
۱۶-۱- دامنه پوشش ۸۵۷
۱۶-۲- تعاریف و اصطلاحات ۸۵۷
۱۶-۳- استانداردها ۸۵۸
۱۶-۴- تحویل اولیه ۸۵۹
۱۶-۵- انجام آزمون‌ها ۸۶۰
۱۶-۶- گزارش‌نویسی تحویل اولیه ۸۷۴
۱۶-۷- تحویل دوره‌ای ۸۷۵
۱۶-۸- نمونه فرم‌های بازدید تاسیسات الکتریکی ۸۷۷
۱۶-۹- تحویل سیستم حفاظت صاعقه ۸۸۹

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۱-۱- طبقه‌بندی لوله‌های محافظ بر اساس دما ۱۲

جدول۱-۲- طبقه‌بندی مقاومت لوله‌های محافظ در برابر خوردگی ۱۳

جدول۱-۳- طبقه‌بندی داکت و ترانک بر اساس مقاومت در برابر ضربه برای نصب و بهره‌برداری ۱۴

جدول۱-۴- طبقه‌بندی داکت و ترانک بر اساس دمای انبارش، حمل و نقل، نصب و بهره‌برداری ۱۴

جدول۱-۵- قطر بیرونی لوله‌های محافظ و جزئیات رزوه‌ها و اتصالات مربوط به آن ۱۷

جدول۱-۶- طول رزوه در لوله‌های محافظ صلب با قابلیت رزوه شدن ۱۸

جدول۱-۷- جزئیات مربوط به حداکثر قطر ورودی و حداکثر طول ورودی ۱۸

جدول۱-۸- قطر بیرونی لوله‌های محافظ غیرقابل رزوه‌شدن ۱۹

جدول۱-۹- قطر لوله‌های محافظ صلب مدفون زیر زمین ۲۰

جدول۱-۱۰- کدگذاری طبقه‌بندی برای لوله‌های محافظ ۲۳

جدول۱-۱۱- ویژگی‌های پیشنهادی برای لوله محافظ ۲۴

جدول۱-۱۲- مشخصه انبساط لوله محافظ PVC با ضریب انبساط 6.084×10^{-5} mm/mm/°C ۲۹

جدول۱-۱۳- انواع سامانه‌های ترانک کابل و داکت کابل نشان داده شده در شکل (۱-۱۴) ۳۵

جدول۱-۱۴- ضریب هادی برای استفاده درون لوله در مسیرهای کوتاه ۳۶

جدول۱-۱۵- ضریب لوله برای استفاده در مسیرهای کوتاه ۳۷

جدول۱-۱۶- ضریب هادی برای استفاده درون لوله در مسیرهای بلند و یا دارای خم ۳۷

جدول۱-۱۷- ضریب لوله برای استفاده در مسیرهای بلند یا دارای خم ۳۸

جدول۱-۱۸- حداکثر تعداد مجاز هادی‌های جریان ضعیف درلوله‌های فولادی عایق‌دار، بدون عایق و پلاستیکی سخت ۳۸

جدول۱-۱۹- ضریب هادی برای استفاده درون ترانک ۳۹

جدول۱-۲۰- ضریب ترانک ۳۹

جدول۱-۲۱- حداکثر فاصله بین بست لوله‌های محافظ ۴۴

جدول۱-۲۲- نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای لوله‌گذاری برق ۴۷

جدول۲-۱- گروه ۱: هادی‌های تک مفتولی برای کابل‌های تک‌رشته و چندرشته ۶۲

جدول۲-۲- گروه ۲: هادی‌های تابیده شده منظم برای کابل‌های تک‌رشته و چندرشته ۶۳

جدول۲-۳- گروه ۵: هادی‌های مسی قابل انعطاف برای کابل‌های تک‌رشته و چندرشته ۶۵

جدول۲-۴- گروه۶: هادی‌های مسی قابل انعطاف برای کابل‌های تک‌رشته و چندرشته ۶۶
جدول۲-۵- راهنمای رنگ عایق رشته‌های مختلف کابل ۶۷
جدول۲-۶- نشانه‌های شناسایی سیم‌ها و کابل‌های برق با حداکثر ولتاژ ۴۵۰/۷۵۰ ولت ۶۹
جدول۲-۷- راهنمای شناسایی سیم‌ها و کابل‌های برق با حداکثر ولتاژ ۴۵۰/۷۵۰ ولت ۷۱
جدول۲-۸- نشانه‌های شناسایی کابل‌های قدرت مطابق استاندارد DIN VDE 0271 ۷۲
جدول۲-۹- نشانه‌های شناسایی سیم‌ها و کابل‌های برق با حداکثر ولتاژ ۴۵۰/۷۵۰ ولت ۷۳
جدول۲-۱۰- حداکثر فاصله بین نگه‌دارنده‌ها برای کابل‌های بدون زره در موقعیت‌هایی که در دسترس هستند. ۷۵
جدول۲-۱۱- حداقل شعاع خمش برای کابل در دمای محیط ۱۰±۲۰ درجه سلسیوس ۸۰
جدول۲-۱۲- راهنمای انتخاب هادی‌ها برای شرایط مختلف ۸۴
جدول۲-۱۳- طبقه‌بندی روش‌های مختلف اجرای هادی‌ها ۸۵
جدول۲-۱۴- نمایش روش‌های مختلف نصب برای بدست آوردن جریان مجاز ۸۶
جدول۲-۱۵- جریان مجاز برحسب آمپر برای دو هادی بارگذاری شده مسی با عایق PVC. ۹۵
جدول۲-۱۶- جریان مجاز برحسب آمپر برای دو هادی بارگذاری شده آلومینیومی با عایق PVC. ۹۶
جدول۲-۱۷- جریان مجاز برحسب آمپر برای دو هادی بارگذاری شده مسی با عایق XLPE یا EPR. ۹۷
جدول۲-۱۸- جریان مجاز برحسب آمپر برای دو هادی بارگذاری شده آلومینیومی با عایق XLPE یا EPR. ۹۸
جدول۲-۱۹- جریان مجاز برحسب آمپر برای سه هادی بارگذاری شده مسی با عایق PVC. ۹۹
جدول۲-۲۰- جریان مجاز برحسب آمپر برای سه هادی بارگذاری شده آلومینیومی با عایق PVC. ۱۰۰
جدول۲-۲۱- جریان مجاز برحسب آمپر برای سه هادی بارگذاری شده مسی با عایق XLPE یا EPR. ۱۰۱
جدول۲-۲۲- جریان مجاز برحسب آمپر برای سه هادی بارگذاری شده آلومینیومی با عایق XLPE یا EPR. ۱۰۲
جدول۲-۲۳- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش مرجع C، دمای پوشش فلزی: ۷۰°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C ۱۰۳
جدول۲-۲۴- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش مرجع C، دمای پوشش فلزی: ۱۰۵°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C ۱۰۴
جدول۲-۲۵- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش‌های نصب E، F و G، دمای پوشش فلزی: ۷۰°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C ۱۰۵
جدول۲-۲۶- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش‌های نصب E، F و G، دمای پوشش فلزی: ۱۰۵°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C ۱۰۶
جدول۲-۲۷- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش‌های نصب E، F و G، دمای هادی: ۷۰°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C ۱۰۷
جدول۲-۲۸- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش‌های نصب E، F و G، دمای هادی: ۷۰°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C ۱۰۸
جدول۲-۲۹- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش‌های نصب E، F و G، دمای هادی: ۹۰°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C ۱۰۹
جدول۲-۳۰- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش‌های نصب E، F و G، دمای هادی: ۹۰°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C ۱۱۰
جدول۲-۳۱- ضریب تصحیح برای جریان مجاز کابل در هوا وقتی که دمای هوا غیر از ۳۰°C است. ۱۱۱

جدول۲-۳۲- ضرایب تصحیح برای جریان مجاز کابل‌ها داخل زمین اگر دمای زمین غیر از ۲۰°C باشد. ۱۱۲
جدول۲-۳۳- ضرایب تصحیح مقاومت حرارتی خاک برای کابل‌های دفن مستقیم یا داکت‌های مدفون در زمین (روش مرجع D) ۱۱۲
جدول۲-۳۴- ضرایب تصحیح مجاورت برای یک مدار یا یک کابل چندرشته‌ای یا برای یک گروه بیش‌تر از یک مدار، یا بیش‌تر ۱۱۳
جدول۲-۳۵- ضرایب تصحیح مجاورت برای بیش از یک مدار، کابل‌های مستقیماً دفن شده در زمین ۱۱۴
جدول۲-۳۶- ضرایب تصحیح مجاورت برای بیش از یک مدار، کابل‌های چندرشته‌ای در داکت‌های مدفون ۱۱۵
جدول۲-۳۷- ضرایب تصحیح مجاورت برای بیش از یک مدار، کابل‌های تک‌رشته‌ای در داکت‌های مدفون ۱۱۶
جدول۲-۳۸- ضرایب تصحیح مجاورت برای بیش از یک مدار، کابل‌های چندهسته‌ای در هوای آزاد روش نصب مرجع E ۱۱۷
جدول۲-۳۹- ضرایب تصحیح مجاورت برای گروهی (بیش‌تر از یکی) از کابل‌های تک‌رشته‌ای در هوای آزاد - روش مرجع F ۱۱۹
جدول۲-۴۰- دمای هوا و خاک در ارتفاع سطح دریا ۱۲۲
جدول۲-۴۱- مقاومت مخصوص حرارتی خاک ۱۲۲
جدول۲-۴۲- ضرایب تصحیح برای جریان‌های هارمونیکی، در کابل‌های چهار و پنج‌رشته‌ای ۱۲۳
جدول۲-۴۳- افت ولتاژهای مجاز ۱۲۵
جدول۲-۴۴- مقاومت و راکتانس واحد طول کابل‌های مسی ۱۲۶
جدول۲-۴۵- مقاومت و راکتانس واحد طول کابل‌های آلومینیومی ۱۲۷
جدول۲-۴۶- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های مسی در ضریب قدرت ۱ برحسب (V/A. km) ۱۲۷
جدول۲-۴۷- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های مسی در ضریب قدرت ۰٫۹ برحسب $(V/A.km)$ ۱۲۸
جدول۲-۴۸- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های مسی در ضریب قدرت ۰٫۸۵ برحسب $(V/A.km)$ ۱۲۸
جدول۲-۴۹- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های مسی در ضریب قدرت ۰/۸ برحسب $(V/A.km)$ ۱۲۹
جدول۲-۵۰- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های مسی در ضریب قدرت ۰/۷۵ برحسب $(V/A.km)$ ۱۲۹
جدول۲-۵۱- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های آلومینیومی در ضریب قدرت ۱ برحسب $(V/A.km)$ ۱۳۰
جدول۲-۵۲- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های آلومینیومی در ضریب قدرت ۰٫۹ برحسب $(V/A.km)$ ۱۳۰
جدول۲-۵۳- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های آلومینیومی در ضریب قدرت ۰٫۸۵ برحسب $(V/A.km)$ ۱۳۱
جدول۲-۵۴- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های آلومینیومی در ضریب قدرت ۰٫۸ برحسب $(V/A.km)$ ۱۳۱
جدول۲-۵۵- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های آلومینیومی در ضریب قدرت ۰٫۷۵ برحسب $(V/A.km)$ ۱۳۲
جدول۲-۵۶- مقادیر K برای هادی‌های مختلف ۱۳۳
جدول۲-۵۷- جزییات نصب کابل در کانال خاکی ۱۴۰
جدول۲-۵۸- ضریب تصحیح دمای محیط برای دمای غیر از ۴۰°C ۱۴۶
جدول۲-۵۹- ضریب توزیع جریان ۱۴۹

جدول۳-۱- انواع ترکیبات عایقی به همراه علائم اختصاری ۱۵۹
جدول۳-۲- بیشینه دمای قابل تحمل انواع ترکیبات عایقی به همراه علائم اختصاری ۱۵۹
جدول۳-۳- مقادیر مجاز برای کابل‌های تک‌رشته با عایق XLPE – مقادیر ولتاژ اسمی ۳٫۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی مسی ۱۷۰
جدول۳-۴- مقادیر مجاز برای کابل‌های تک‌رشته با عایق XLPE – مقادیر ولتاژ اسمی ۳٫۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی آلومینیومی ۱۷۱
جدول۳-۵- مقادیر مجاز برای کابل‌های تک‌رشته با عایق EPR – مقادیر ولتاژ اسمی ۳٫۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی مسی ۱۷۲
جدول۳-۶- مقادیر مجاز برای کابل‌های تک‌رشته با عایق EPR – مقادیر ولتاژ اسمی ۳٫۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی آلومینیومی ۱۷۳
جدول۳-۷- مقادیر مجاز برای کابل‌های سه‌رشته با عایق XLPE – مقادیر ولتاژ اسمی ۳٫۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی مسی ۱۷۴
جدول۳-۸- مقادیر مجاز برای کابل‌های سه‌رشته با عایق XLPE – مقادیر ولتاژ اسمی ۳٫۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی آلومینیومی ۱۷۵
جدول۳-۹- مقادیر مجاز برای کابل‌های سه‌رشته با عایق EPR – مقادیر ولتاژ اسمی ۳٫۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی مسی ۱۷۶
جدول۳-۱۰- مقادیر مجاز برای کابل‌های سه‌رشته با عایق EPR – مقادیر ولتاژ اسمی ۳٫۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی آلومینیومی ۱۷۷
جدول۳-۱۱- ضرایب تصحیح برای دمای هوای محیط به غیر از ۳۰ درجه سلسیوس ۱۷۸
جدول۳-۱۲- ضرایب تصحیح برای دمای زمین به غیر از ۲۰ درجه سلسیوس ۱۷۸
جدول۳-۱۳- ضرایب تصحیح برای عمق قرارگیری در زمین به غیر از ۰٫۸ متر برای کابل‌های دفن مستقیم ۱۷۸
جدول۳-۱۴- ضرایب تصحیح برای عمق قرارگیری در زمین به غیر از ۰٫۸ متر برای کابل‌هایی که در داکت قرار می‌گیرند ۱۷۸
جدول۳-۱۵- ضرایب تصحیح برای مقاومت مخصوص حرارتی زمین به غیر از ۱٫۵ K.m/W برای کابل‌های تک‌رشته دفن مستقیم ۱۷۹
جدول۳-۱۶- ضرایب تصحیح برای مقاومت مخصوص حرارتی زمین به غیر از ۱٫۵ K.m/W برای کابل‌های تک‌رشته در داکت ۱۷۹
جدول۳-۱۷- ضرایب تصحیح برای مقاومت مخصوص حرارتی زمین به غیر از ۱٫۵ K.m/W برای کابل‌های سه‌رشته، دفن مستقیم ۱۸۰
جدول۳-۱۸- ضرایب تصحیح برای مقاومت مخصوص حرارتی زمین به غیر از ۱٫۵ K.m/W برای کابل‌های سه‌رشته در داکت ۱۸۰
جدول۳-۱۹- ضرایب تصحیح برای گروه کابل‌های سه‌رشته که به‌صورت افقی کنار هم مستقیماً در زمین قرار می‌گیرند. ۱۸۱
جدول۳-۲۰- ضرایب تصحیح برای گروه مدارهای سه‌فاز کابل‌های تک‌رشته دفن مستقیم در زمین ۱۸۱
جدول۳-۲۱- ضرایب تصحیح برای گروه کابل‌های سه‌رشته در داکت‌های تک‌راهه به‌صورت افقی در زمین ۱۸۲
جدول۳-۲۲- ضرایب تصحیح برای گروه مدارهای سه‌فاز کابل‌های تک‌رشته در داکت‌های تک‌راهه در زمین ۱۸۲
جدول۳-۲۳- ضرایب کاهش جریان برای گروه‌های با بیش‌تر از یک کابل چندرشته در هوا ۱۸۳
جدول۳-۲۴- ضرایب کاهش جریان برای گروه‌های با بیش‌تر از یک مدار کابل تک‌رشته ۱۸۴
جدول۳-۲۵- حداکثر مقدار مجاز جریان اتصال کوتاه برای سطح مقطع‌های مختلف کابل به مدت زمان ۱ ثانیه ۱۸۶
جدول۳-۲۶- حداکثر مقدار مجاز جریان اتصال کوتاه عبوری از شیلدهای مسی و غلاف‌های سربی به مدت زمان ۱ ثانیه ۱۸۶
جدول۳-۲۷- ابعاد کانال‌های خاکی برحسب تعداد و نوع استقرار کابل‌های فشار متوسط ۱۹۲
جدول۴-۱- متداول‌ترین انواع کلیدهای برق مورد مصرف در تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها ۲۱۸

جدول۴-۲- نمونه انواع کلیدهای الکترونیکی و عملکرد آن ۲۲۱
جدول۴-۳- مقایسه امکانات حسگرهای مادون قرمز و ماورای صوتی ۲۲۳
جدول۴-۴- کد رنگ جهت نشانه‌گذاری پریزها و چندشاخه‌های صنعتی بر اساس ولتاژ عملکرد اسمی ۲۳۰
جدول۴-۵- سطح مقطع هادی‌های قابل اتصال به پریزها و چندشاخه‌های صنعتی (mm^2) ۲۳۱
جدول۴-۶- حداقل تعداد پریز در محیط با کاربری‌های مختلف ۲۳۴
جدول۴-۷- نشانه‌های ترسیمی برای لوازم الکتریکی ۲۴۵
جدول۵-۱- رابطه شدت روشنایی ناحیه پیرامونی با شدت روشنایی ناحیه کار ۲۶۶
جدول۵-۲- نمونه‌هایی از انواع کلاهک لامپ و نگه‌دارنده لامپ ۲۶۷
جدول۵-۳- دمای رنگ تقریبی برخی از متداول‌ترین منابع نوری ۲۸۲
جدول۵-۴- شاخص نمود رنگ برخی از متداول‌ترین منابع نوری ۲۸۲
جدول۵-۵- بهره نوری و طول عمر نامی برخی از متداول‌ترین منابع نوری ۲۸۲
جدول۵-۶- درجه حفاظت تعیین شده به‌وسیله اولین رقم مشخصه برابر استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۵۹۲۰ و IEC 60598-1 ۲۸۷
جدول۵-۷- درجه حفاظت تعیین شده به‌وسیله دومین رقم مشخصه برابر استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۵۹۲۰ و IEC 60598-1 ۲۸۸
جدول۵-۸- راهنمای جداول در خصوص پارامترهای روشنایی ۲۹۶
جدول۵-۹-۱- شدت روشنایی محل‌های تردد در داخل ساختمان ۲۹۷
جدول ۵-۹-۲- شدت روشنایی فضاهای عمومی داخل ساختمان - اتاق‌های استراحت، سرویس بهداشتی و کمک‌های اولیه ۲۹۸
جدول ۵-۹-۳- شدت روشنایی فضاهای عمومی داخل ساختمان - اتاق‌های کنترل ۲۹۸
جدول ۵-۹-۴- شدت روشنایی فضاهای عمومی داخل ساختمان - فضاهای انبار، سردخانه‌ها ۲۹۹
جدول ۵-۹-۵- شدت روشنایی ترابری و انبارهای بزرگ ۲۹۹
جدول ۵-۹-۶- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - کشاورزی ۳۰۰
جدول ۵-۹-۷- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - صنایع پخت نان ۳۰۰
جدول ۵-۹-۸- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - سیمان، کالاهای سیمانی، بتن، آجر ۳۰۰
جدول ۵-۹-۹- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - سرامیک، کاشی، شیشه، ظروف شیشه‌ای ۳۰۱
جدول ۵-۹-۱۰- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - صنایع شیمیایی، پلاستیک و لاستیک ۳۰۲
جدول ۵-۹-۱۱- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - صنعت برق و الکترونیک ۳۰۳
جدول ۵-۹-۱۲- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - مواد غذایی و صنایع غذایی لوکس ۳۰۴
جدول ۵-۹-۱۳- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - ریخته‌گری و ریخته‌گری فلز به روش دایکاست ۳۰۵
جدول ۵-۹-۱۴- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - آرایشگاه‌ها و پیرایشگاه ۳۰۶

جدول ۵-۹-۱۵- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - زیورآلات و جواهرسازی ۳۰۶
جدول ۵-۹-۱۶- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - خشک‌شویی ۳۰۶
جدول ۵-۹-۱۷- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - چرم و محصولات چرمی ۳۰۷
جدول ۵-۹-۱۸- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - فلزکاری و فرآوری فلزات ۳۰۸
جدول ۵-۹-۱۹- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - کاغذ و محصولات کاغذی ۳۰۹
جدول ۵-۹-۲۰- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - نیروگاه‌ها ۳۰۹
جدول ۵-۹-۲۱- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - چاپخانه‌ها ۳۱۰
جدول ۵-۹-۲۲- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - کارخانه‌های نورد آهن و فولاد ۳۱۰
جدول ۵-۹-۲۳- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - تولید و فرآوری محصولات نساجی ۳۱۱
جدول ۵-۹-۲۴- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - ساخت و تعمیر خودرو ۳۱۳
جدول ۵-۹-۲۵- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی - صنایع فرآورده‌های چوبی ۳۱۴
جدول ۵-۹-۲۶- شدت روشنایی دفاتر اداری ۳۱۵
جدول ۵-۹-۲۷- شدت روشنایی خرده فروشی‌ها ۳۱۵
جدول ۵-۹-۲۸- شدت روشنایی مکان‌های عمومی- فضاهای عمومی ۳۱۶
جدول ۵-۹-۲۹- شدت روشنایی مکان‌های عمومی - رستوران‌ها و هتل‌ها ۳۱۶
جدول ۵-۹-۳۰- شدت روشنایی مکان‌های عمومی - تئاترها، سالن‌های کنسرت، سینماها، مکان‌های سرگرمی ۳۱۷
جدول ۵-۹-۳۱- شدت روشنایی مکان‌های عمومی - نمایشگاه‌های تجاری، سالن‌های نمایشگاه ۳۱۷
جدول ۵-۹-۳۲- شدت روشنایی مکان‌های عمومی- موزه‌ها ۳۱۷
جدول ۵-۹-۳۳- شدت روشنایی مکان‌های عمومی - کتابخانه‌ها ۳۱۸
جدول ۵-۹-۳۴- شدت روشنایی مکان‌های عمومی - پارکینگ (سرپوشیده) ۳۱۸
جدول ۵-۹-۳۵- شدت روشنایی مکان‌های آموزشی - مهد کودک، خانه بازی ۳۱۹
جدول ۵-۹-۳۶- شدت روشنایی مکان‌های آموزشی - ساختمان‌های آموزشی ۳۱۹
جدول ۵-۹-۳۷- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - اتاق‌هایی برای استفاده عمومی ۳۲۲
جدول ۵-۹-۳۸- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - اتاق‌های کارکنان ۳۲۲
جدول ۵-۹-۳۹- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - بخش‌ها، بخش زنان ۳۲۳
جدول ۵-۹-۴۰- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - اتاق معاینه (عمومی) ۳۲۳
جدول ۵-۹-۴۱- شدت روشنایی محل مراقبت‌های بهداشتی - اتاق معاینات چشم ۳۲۴
جدول ۵-۹-۴۲- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - اتاق‌های معاینات گوش ۳۲۴

جدول ۵-۹-۴۳- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - اتاق‌های اسکن ۳۲۴
جدول ۵-۹-۴۴- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - اتاق‌های زایمان ۳۲۴
جدول ۵-۹-۴۵- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - درمانگاه (عمومی) ۳۲۵
جدول ۵-۹-۴۶- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - اتاق عمل ۳۲۵
جدول ۵-۹-۴۷- شدت روشنایی مکان‌های درمانی - واحد مراقبت های ویژه ۳۲۵
جدول ۵-۹-۴۸- شدت روشنایی مکان‌های درمانی - دندان‌پزشکی ۳۲۶
جدول ۵-۹-۴۹- شدت روشنایی مکان‌های درمانی - آزمایشگاه و داروخانه ۳۲۶
جدول ۵-۹-۵۰- شدت روشنایی مکان‌های درمانی - اتاق‌های بدون آلودگی ۳۲۶
جدول ۵-۹-۵۱- شدت روشنایی مکان‌های درمانی - اتاق تشریح و سردخانه اجساد ۳۲۷
جدول ۵-۹-۵۲- شدت روشنایی ترمینال‌های مسافری - فرودگاه‌ها ۳۲۷
جدول ۵-۹-۵۳- شدت روشنایی ترمینال‌های مسافری - ایستگاه راه‌آهن ۳۲۸
جدول۵-۱۰- حدود خیرگی ناتوان کننده ۳۳۳
جدول۵-۱۱- حداقل شدت روشنایی، نسبت‌های شدت روشنایی(یکنواختی) و دمای رنگ منبع نور ۳۳۵
جدول۵-۱۲- نشانه‌های ترسیمی برای تاسیسات روشنایی برابر استاندارد IEC63064 ۳۳۸
جدول۵-۱۳- مشخصات الکتریکی و طبقه‌بندی چراغ‌های روشنایی بر اساس استاندارد IEC 60598-1 ۳۴۰
جدول۶-۱- اجزاء کد IP و معانی آن‌ها ۳۷۷
جدول۶-۲- حروف اضافی و تکمیلی کد IP ۳۷۸
جدول۶-۳- رابطه بین کد IK و انرژی ضربه ۳۷۸
جدول۶-۴- فرم‌های جداسازی داخلی ۳۷۹
جدول۶-۵- سطح مقطع هادی حفاظتی برای هم‌بندی قسمت‌های فلزی متحرک تابلو ۳۸۱
جدول۶-۶- ضریب همزمانی و بهره‌برداری پیش‌فرض ۳۸۴
جدول۶-۷- ضرایب اصلاحی k_3 برای نصب شینه‌ها به‌صورت تخت یا به‌صورت قائم با طول بیش از ۲ متر ۳۸۵
جدول۶-۸- ضریب اصلاحی ارتفاع و محل نصب تابلو ۳۸۶
جدول۶-۹- جریان مجاز مداوم شینه مسی در محیط داخلی با دمای ۳۵ درجه سلسیوس و دمای شینه ۶۵ درجه سلسیوس ۳۸۸
جدول۶-۱۰- جریان مجاز مداوم شینه آلومینیومی در محیط داخلی با دمای ۳۵ درجه سلسیوس و دمای شینه ۶۵ درجه سلسیوس ۳۸۹
جدول۶-۱۱- ضریب k ۳۹۱
جدول۶-۱۲- انواع پوشش شینه‌ها و کاربرد آن‌ها ۳۹۲
جدول۶-۱۳- حداکثر قطر سوراخ‌کاری شینه‌ها ۳۹۳

جدول۶-۱۴- حداقل فاصله هوایی براساس ولتاژ ضربه‌ای قابل تحمل اسمی ۳۹۵
جدول۶-۱۵- انواع اتصال‌های پیچ و مهره‌ای و کاربرد آن‌ها ۳۹۷
جدول۶-۱۶- گشتاور پیشنهادی برای سفت کردن پیچ و مهره کلاس ۸,۸ با واشر تخت و واشر فنری ۳۹۸
جدول۶-۱۷- زمان قطع انواع رله حرارتی (اضافه بار) ۴۱۱
جدول۶-۱۸- رده‌های بهره‌برداری ۴۱۶
جدول۶-۱۹- رنگ چراغ سیگنال متناسب با کاربری ۴۲۰
جدول۶-۲۰- تلفات توان برخی ادوات اندازه‌گیری متداول ۴۲۳
جدول۶-۲۱- تلفات هادی مسی بر حسب VA برای جریان ۵ آمپر ۴۲۳
جدول۶-۲۲- تلفات هادی مسی بر حسب VA برای جریان ۱ آمپر ۴۲۳
جدول۶-۲۳- حداقل سطح مقطع هادی مسی برای اتصال به کلیدهای خودکار ۴۲۷
جدول۶-۲۴- کدهای پیشنهادی برای علامت‌گذاری تجهیزات ۴۳۰
جدول۶-۲۵- طول عمر قابل انتظار هادی با عایق PVC ۴۳۱
جدول۶-۲۶- نسبت دمای هادی با عایق PVC با جریان ۴۳۱
جدول۶-۲۷- مقادیر جریان نشتی طبیعی برخی وسایل ۴۳۴
جدول۶-۲۸- حداکثر تعداد منابع روشنایی LED متناسب با سایز و تیپ کلید مینیاتوری ۴۳۵
جدول۶-۲۹- مقایسه روش‌های مختلف راه‌اندازی موتور الکتریکی ۴۳۹
جدول۶-۳۰- افت ولتاژ در هادی‌ها با جنس و سطح مقطع مختلف به ازای ۱ آمپر در هر کیلومتر ۴۴۰
جدول۶-۳۱- مقادیر راهنما برای جریان‌های بهره‌برداری اسمی موتور الکتریکی سه‌فاز در ولتاژ ۴۰۰ ولت ۴۴۱
جدول۶-۳۲- سایز وسایل راه‌انداز مستقیم موتور الکتریکی سه‌فاز با ولتاژ ۴۰۰ ولت ۴۴۳
جدول۶-۳۳- سایز کنتاکتور پیشنهادی برای راه‌اندازی به روش ستاره-مثلث ۴۴۵
جدول۶-۳۴- مقادیر جریان نامی و اتصال کوتاه ترانسفورماتور قدرت ۴۴۸
جدول۶-۳۵- ولتاژ آزمون دی‌الکتریک ۴۵۲
جدول۶-۳۶- علایم قابل نصب بر روی بسته بندی تابلو برق و کاربرد آن‌ها ۴۵۶
جدول۷-۱- تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت براساس تعداد عملکرد مکانیکی ۴۷۲
جدول۷-۲- تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت براساس نیاز به تعمیر و نگهداری ۴۷۲
جدول۷-۳- تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت براساس احتمال بروز ولتاژ بازیابی گذرا ۴۷۳
جدول۷-۴- سطوح عایقی برای ولتاژهای نامی فشار متوسط ۴۷۳
جدول۷-۵- اطلاعات کلی از مقادیر نامی و آرایش تابلوهای فشار متوسط ۴۸۷

جدول۸-۱- حروف اختصاری مورد استفاده در نمایش سیستم خنک‌کننده ترانسفورماتورهای روغنی ۵۱۴
جدول۸-۲- حروف اختصاری مورد استفاده در نمایش سیستم خنک‌کننده ترانسفورماتورهای خشک ۵۱۴
جدول۸-۳- بیشینه مقدار ولتاژ ترانسفورماتور ۵۱۵
جدول۸-۴- مقادیر معمول ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات روغنی ۲۰ کیلوولت ۵۱۵
جدول۸-۵- حداکثر تلفات و سطح صدای ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات روغنی ۲۰ کیلوولت (AB') ۵۱۶
جدول۸-۶- مقادیر معمول ترانسفورماتورهای توزیع خشک ۲۰ کیلوولت ۵۱۶
جدول۸-۷- حداکثر تلفات و سطح صدای ترانسفورماتورهای توزیع خشک ۲۰ کیلوولت ۵۱۷
جدول۸-۸- راهنمای انتخاب رده‌های آب و هوایی، محیطی و رفتار در برابر آتش ترانسفورماتور خشک ۵۱۸
جدول۸-۹- توضیحات پلاک مشخصات ترانسفورماتور توزیع روغنی (شکل (۸-۲)) ۵۲۱
جدول۸-۱۰- رواداری‌ها ۵۲۵
جدول۸-۱۱- توضیح قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورهای توزیع روغنی با منبع انبساط (شکل (۸-۴)) ۵۲۶
جدول۸-۱۲- توضیح قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورهای توزیع روغنی هرمتیک (شکل (۸-۵)) ۵۲۷
جدول۸-۱۳- توضیح قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورهای توزیع خشک ذکر شده در شکل (۸-۶) ۵۲۸
جدول۸-۱۴- مقادیر معمول آلارم، تریپ و شروع فن در ترانسفورماتور خشک با عایق کلاس F (برحسب درجه سلسیوس) ۵۳۴
جدول۸-۱۵- حداقل فواصل عایقی ترانسفورماتور خشک از محفظه فلزی مطابق شکل(۸-۲۴) ۵۴۲
جدول۸-۱۶- نشانه‌های ترسیمی الکتریکی مربوط به ترانسفورماتورهای توزیع ۵۴۸
جدول۹-۱- طبقه‌بندی مولدها بر اساس زمان تبدیل ۵۶۴
جدول۹-۲- راهنمای تجهیزات ایمنی حفاظت در برابر حریق ۵۸۶
جدول۹-۳- رقم اول مشخصه IP برای حفاظت اشخاص و نیز حفاظت قسمت‌های ماشین در داخل دستگاه(IEC 60034-5) ۵۸۷
جدول۹-۴- رقم دوم مشخصه IP برای حفاظت در برابر اثرات زیان‌آور نفوذ آب به ماشین‌های دوار(IEC 60034-5) ۵۸۸
جدول۱۰-۱- استاندارد ساخت و آزمون ۶۰۴
جدول۱۰-۲- داده فنی UPS - اظهار سازنده - کلیات ۶۲۳
جدول۱۰-۳- داده فنی UPS - اظهار سازنده – مشخصه‌های خروجی (الکتریکی) ۶۲۴
جدول۱۰-۴- داده فنی UPS - اظهار سازنده – مشخصه‌های ورودی (الکتریکی) ۶۲۵
جدول۱۰-۵- داده فنی باتری - اظهار سازنده ۶۲۶
جدول۱۰-۶- ضرایب تصحیح دمایی تعیین ظرفیت برای سلول‌های سرب-اسیدی براساس الکترولیت با گرانش ویژه اسمی ۱٫۲۱۵ ۶۴۵
جدول۱۱-۱- تاثیر کیفیت پایین شاخص‌های الکتریکی بر روی بهره‌وری انرژی و عملکرد تجهیزات ۶۶۴
جدول۱۱-۲- حدسازگاری (قابل پذیرش) هارمونیک‌های ولتاژ در سیستم فشار ضعیف ۶۶۶

جدول۱۱-۳- سطوح نامی ولتاژ ۶۶۶
جدول۱۱-۴- میزان افزایش توان قابل تحویل در خروجی ترانسفورماتور از ضریب قدرت ۰/۷ تا ۱ ۶۶۹
جدول۱۱-۵- ظرفیت نامی بانک خازن به ازای هر کیلووات بار ۶۷۲
جدول۱۱-۶- مقادیر $\cos\varphi$ و $\tan\varphi$ برخی از تجهیزات ۶۷۳
جدول۱۱-۷- طبقه بندی دمای کار خازن ۶۷۷
جدول۱۱-۸- مقادیر اضافه ولتاژ مجاز خازن ۶۸۰
جدول۱۱-۹- حداقل سطح مقطع پیشنهادی هادی مسی تغذیه کننده خازن ۶۸۵
جدول۱۲-۱- استاندارد ساخت و آزمون ۶۹۸
جدول۱۲-۲- حداکثر زمان‌های قطع (ثانیه) ۷۰۴
جدول۱۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون ۷۳۰
جدول۱۳-۲- حداقل اندازه هادی‌های مجاز به‌عنوان الکترود زمین و هم‌بندی حفاظتی و عملکردی تعبیه شده در بتن فونداسیون ۷۴۱
جدول۱۳-۳- حداقل اندازه الکترودهای زمین مجاز تعبیه شده در خاک ۷۴۳
جدول۱۳-۴- حداقل سطح مقطع هادی‌های حفاظتی (در مواردی‌که بر اساس بند ۱۳-۶-۱-۲ محاسبه نشده باشد). ۷۴۹
جدول۱۳-۵- حداقل اندازه هادی‌های مجاز به‌عنوان هم‌بندی حفاظتی/عملکردی تعبیه شده در اسکلت بتنی ساختمان ۷۵۸
جدول۱۳-۶- علائم ترسیمی مطابق استاندارد IEC 60617 ۷۶۱
جدول۱۴-۱- استاندارد ساخت و آزمون ۷۷۰
جدول۱۴-۲- ولتاژ ضربه اسمی ضروری تجهیزات، U_W ۷۷۵
جدول۱۴-۳- انتخاب جریان تخلیه ضربه (I_{imp}) ۷۷۶
جدول۱۵-۱- استاندارد ساخت و آزمون ۸۰۳
جدول۱۵-۲- مقادیر حداکثر جریان صاعقه متناظر با تراز حفاظت صاعقه ۸۰۶
جدول۱۵-۳- مقادیر حداقل جریان صاعقه و شعاع گوی غلتان مربوطه، متناظر با تراز حفاظت صاعقه ۸۰۶
جدول۱۵-۴- مقدار متناظر ریسک قابل تحمل R_T ۸۱۳
جدول۱۵-۵- مقدار پارامتر N_G برای استان‌های مختلف کشور ۸۱۴
جدول۱۵-۶- مقادیر حداکثر شعاع گوی غلتان، اندازه مش و زاویه حفاظتی متناظر با کلاس سیستم حفاظت صاعقه ۸۱۷
جدول۱۵-۷- مقادیر فاصله حداکثری مابین هادی‌های نزولی متناسب با کلاس سیستم حفاظت صاعقه ۸۲۲
جدول۱۵-۸- جنس اجزای سیستم حفاظت صاعقه و شرایط استفاده ۸۲۸
جدول۱۵-۹- فاصله پیشنهادی بین بست‌های نگهدارنده ۸۲۹
جدول۱۵-۱۰- جنس، شکل و حداقل سطح مقطع هادی‌های ترمینال هوایی ۸۳۰

جدول۱۵-۱۱- حداقل سطح مقطع هادی هم‌بندی برای اتصال شینه‌های هم‌بندی مختلف به یکدیگر و یا اتصال به ترمینال زمینی ۸۳۲
جدول۱۵-۱۲- حداقل سطح مقطع هادی هم‌بندی که تاسیسات فلزی داخلی را به شینه‌های هم‌بندی متصل می‌کند ۸۳۲
جدول۱۵-۱۳- عایق‌بندی قسمت خارجی سیستم حفاظت صاعقه – مقادیر مختلف ضرایب k_i ۸۳۵
جدول۱۵-۱۴- عایق‌بندی قسمت خارجی سیستم حفاظت صاعقه – مقادیر مختلف ضرایب k_m ۸۳۶
جدول۱۵-۱۵- ایزوله کردن سیستم حفاظت صاعقه خارجی – مقادیر تقریبی برای ضریب k_c ۸۳۶
جدول۱۵-۱۶- حداقل سطح مقطع اجزاء هم‌بندی ۸۴۶
جدول۱۶-۱- بازرسی بخش‌های مختلف تاسیسات الکتریکی براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷ و این نشریه ۸۶۰
جدول۱۶-۲- مجموع مقاومت هادی فاز و حفاظتی برای هادی مسی و آلومینیومی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس ۸۶۲
جدول۱۶-۳- گزارش تحویل نتایج آزمون‌های تاسیسات الکتریکی ۸۶۴
جدول۱۶-۴- حداقل مقادیر مقاومت عایقی ۸۶۵
جدول۱۶-۵- استانداردهای مرجع روش‌های مختلف اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین ۸۷۰
جدول۱۶-۶- مزایا و محدودیت‌های روش‌های مختلف اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین ۸۷۱
جدول۱۶-۷- حداکثر فواصل زمانی بازرسی سیستم حفاظت صاعقه ۸۹۰

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل۱-۱- برخی انواع لوله محافظ	۳
شکل۱-۲- برخی انواع اتصالات لوله محافظ	۴
شکل۱-۳- لوله محافظ با سطح مقطع صاف	۵
شکل۱-۴- لوله محافظ با سطح مقطع خرطومی شکل	۵
شکل۱-۵- یک نمونه لوله محافظ انعطاف‌پذیر خرطومی شکل	۶
شکل۱-۶- یک نمونه لوله محافظ خودبرگشت	۷
شکل۱-۷- یک نمونه لوله محافظ با قابلیت رزوه‌شدن	۷
شکل۱-۸- یک نمونه ترانک کابل	۸
شکل۱-۹- نمای اصلی رزوه‌های پیچ	۱۷
شکل۱-۱۰- نماد لوله محافظ انتشاردهنده شعله	۲۲
شکل۱-۱۱- نماد زمین حفاظتی	۲۲
شکل۱-۱۲- چند نمونه بوشن محافظ	۲۶
شکل۱-۱۳- نمونه واسط انبساط لوله محافظ PVC	۲۹
شکل۱-۱۴- انواع و کاربرد سامانه‌های ترانک و داکت	۳۴
شکل۱-۱۵- نمونه قطعه واسط قابل انعطاف	۴۱
شکل۱-۱۶- نمونه قطعه مسدود کننده لوله محافظ	۴۱
شکل۱-۱۷- فنر خم‌کن لوله و دستگاه لوله خم‌کن مکانیکی	۴۲
شکل۱-۱۸- چند نمونه بست لوله محافظ	۴۴
شکل۲-۱- کابل با هادی گرد	۵۲
شکل۲-۲- کابل با هادی قطاعی	۵۲
شکل۲-۳- فاصله بین شماره رشته‌ها در کابل‌های چندرشته	۶۸
شکل۲-۴- تعریف شعاع خمش داخلی (R)	۸۰
شکل۲-۵- جزییات کانال خاکی مشترک تیپ، برای نصب کابل‌های فشار متوسط و فشار ضعیف	۱۴۰
شکل۲-۶- جزییات کانال خاکی تیپ، برای نصب کابل فشار ضعیف در یک ردیف افقی	۱۴۰
شکل۲-۷- جزییات کانال خاکی تیپ، برای نصب کابل فشار ضعیف در دو ردیف افقی	۱۴۰

شکل۲-۸- جزییات تیپ سازه نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو ۱۴۱
شکل۲-۹- جزییات تیپ بازوبندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو ۱۴۱
شکل۲-۱۰- طرح شماتیک توزیع برق با استفاده از باسداکت ۱۴۲
شکل۲-۱۱- نمای کلی سیستم باسداکت ۱۴۴
شکل۲-۱۲- آرایش مختلف و تعداد هادی‌های موجود در باسداکت ۱۴۵
شکل۲-۱۳- مثالی از توزیع غیریکنواخت بار در طول باسداکت ۱۴۹
شکل۳-۱- کابل با هادی گرد ۱۵۳
شکل۳-۲- کابل با هادی قطاعی ۱۵۳
شکل۳-۳- کابل تک‌رشته‌ای ۱۵۴
شکل۳-۴- توزیع میدان الکتریکی غیریکنواخت درکابل بدون اسکرین ۱۵۴
شکل۳-۵- توزیع میدان الکتریکی یکنواخت درکابل با اسکرین ۱۵۴
شکل۳-۶- شیلد کابل ۱۵۵
شکل۳-۷- تعریف ولتاژهای فازبه‌فاز در کابل ۱۵۶
شکل۳-۸- تعریف ولتاژهای فازبه‌زمین در کابل ۱۵۶
شکل۳-۹- نمایش هادی‌های چندمفتولی کابل ۱۵۸
شکل۳-۱۰- اشکال مختلف زره کابل ۱۶۱
شکل۳-۱۱- اجزا مختلف یک نمونه کابل فشار متوسط تک‌رشته‌ای N2XSY ۱۶۲
شکل۳-۱۲- اجزا مختلف یک نمونه کابل فشار متوسط تک‌رشته‌ایN2XS2Y ۱۶۲
شکل۳-۱۳- اجزا مختلف یک نمونه کابل فشار متوسط تک‌رشته‌ای N2XSYBY ۱۶۳
شکل۳-۱۴- اجزا مختلف یک نمونه کابل فشار متوسط سه‌رشته‌ای N2XSEYBY ۱۶۳
شکل۳-۱۵- اجزا مختلف یک نمونه کابل فشار متوسط تک‌رشته‌ایN2XSYRY ۱۶۴
شکل۳-۱۶- اجزا مختلف یک نمونه کابل فشار متوسط سه‌رشته‌ایN2XSEYRY ۱۶۴
شکل۳-۱۷- آرایش کابل‌های تک‌هسته‌ای نصب در هوا ۱۶۸
شکل۳-۱۸- آرایش کابل‌های تک‌رشته‌ای به‌صورت دفن مستقیم ۱۶۸
شکل۳-۱۹- آرایش کابل‌های تک‌رشته‌ای به‌صورت نصب در داکت‌های زیرزمین ۱۶۸
شکل۳-۲۰- آرایش کابل‌های چندرشته‌ای ۱۶۹
شکل۳-۲۱- مهار کردن قرقره کابل‌ها با گوه ۱۸۷
شکل۳-۲۲- روش صحیح حمل قرقره کابل‌ها با لیفتراک ۱۸۸

شکل۳-۲۳- روش صحیح حمل قرقره کابل‌ها با جرثقیل ۱۸۸
شکل۳-۲۴- جزئیات کانال خاکی ۱۹۱
شکل۳-۲۵- حفاظت کابل در مدخل ورودی لوله ۱۹۲
شکل۳-۲۶- جزئیات تیپ اسکلت بندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو ۱۹۴
شکل۳-۲۷- جزئیات تیپ بازوبندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو ۱۹۴
شکل۳-۲۸- سرکابل تک‌رشته‌ای ۱۹۶
شکل۳-۲۹- سرکابل سه‌رشته‌ای ۱۹۶
شکل۴-۱- ملاحظات نصب حسگرهای مادون قرمز ۲۲۴
شکل۴-۲- نماد واحد تغذیه ریش‌تراش ۲۲۹
شکل۴-۳- سیستم سیم‌کشی شعاعی مدار پریزها ۲۳۲
شکل۴-۴- سیستم سیم‌کشی حلقوی مدار پریزها ۲۳۳
شکل۴-۵- ضخامت دیوار باقی‌مانده پشت زون‌ها ۲۴۰
شکل۴-۶- ابعاد زون‌ها: دید از کنار وان ۲۴۰
شکل۴-۷- ابعاد زون‌ها: دید از بالای وان حمام بدون دیواره ۲۴۱
شکل۴-۸- ابعاد زون‌ها: دید از بالای وان حمام با دیواره ثابت ۲۴۱
شکل۴-۹- ابعاد زون‌های صفر و یک: دید از کنار دوش ۲۴۲
شکل۴-۱۰- ابعاد زون‌های صفر و یک: دید از کنار دوش با دیواره ثابت ۲۴۲
شکل۴-۱۱- ابعاد زون‌های صفر و یک: دید از بالای دوش با خروجی آب ثابت نصب شده در نزدیکی گوشه ۲۴۳
شکل۴-۱۲- ابعاد زون‌های صفر و یک: دید از بالای دوش با خروجی آب ثابت نصب شده با فاصله از گوشه ۲۴۳
شکل۴-۱۳- ابعاد زون‌های صفر و یک: دید از بالای دوش با دیواره ثابت ۲۴۴
شکل۴-۱۴- نمونه‌ای از زون‌بندی برای کابین دوش با در ۲۴۴
شکل۵-۱- مفهوم شار نوری ۲۵۱
شکل۵-۲- مفهوم شدت نور ۲۵۲
شکل۵-۳- مفهوم شدت روشنایی ۲۵۲
شکل۵-۴- مفهوم درخشندگی ۲۵۳
شکل۵-۵- مفهوم خیرگی مستقیم و خیرگی غیرمستقیم ۲۵۳
شکل۵-۶- دمای رنگ نور هم‌بسته برحسب کلوین ۲۵۶
شکل۵-۷- یک نمونه از دیاگرام قطبی ۲۶۲

شکل۵-۸- یک نمونه از منحنی دکارتی ۲۶۳
شکل۵-۹- یک نمونه از منحنی مخروطی توزیع نور ۲۶۳
شکل۵-۱۰- نمونه‌هایی از نواحی سطح کار، پیرامونی و پس‌زمینه ۲۶۵
شکل۵-۱۱- دسته‌بندی منابع نوری با کاربری عمومی ۲۷۴
شکل۵-۱۲- لامپ رشته‌ای ۲۷۴
شکل۵-۱۳- لامپ هالوژن با کلاهک GU10 برای ولتاژ شبکه و کلاهک GU5.3 ولتاژ کم ۲۷۵
شکل۵-۱۴- لامپ‌های فلورسنت خطی ۲۷۶
شکل۵-۱۵- لامپ‌های فلورسنت فشرده ۲۷۶
شکل۵-۱۶- نمونه‌هایی از لامپ‌های متال هالید ۲۷۸
شکل۵-۱۷- لامپ‌های بخار سدیم پرفشار و کم‌فشار ۲۷۹
شکل۵-۱۸- لامپ‌های تخلیه الکتریکی در گاز پرفشار ۲۸۰
شکل۵-۱۹- دیودهای منتشر کننده نور ۲۸۱
شکل۵-۲۰- روش نقطه‌ای ۲۹۴
شکل۵-۲۱- دسته‌بندی کلی روشنایی اضطراری ۳۳۱
شکل۵-۲۲- روشنایی اضطراری مسیر فرار ۳۳۳
شکل۵-۲۳- روشنایی اضطراری مناطق بزرگ - ضد هراس ۳۳۴
شکل۵-۲۴- شدت روشنایی اضطراری مناطق پرخطر ۳۳۵
شکل۵-۲۵- حداکثر فاصله قابل دیدن ۳۳۶
شکل۶-۱- تابلو برق ایستاده یا سلولی ۳۶۱
شکل۶-۲- تابلو برق دیواری ۳۶۱
شکل۶-۳- کنسول کنترل یا تابلو برق پیانویی ۳۶۲
شکل۶-۴- بخش‌های مختلف یک تابلو برق فشار ضعیف (نمونه) ۳۶۲
شکل۶-۵- اجزای مختلف یک تابلو برق ایستاده (نمونه) ۳۶۳
شکل۶-۶- تست حفاظت در برابر ضربه مکانیکی با رها کردن یک وزنه از ارتفاع h ۳۷۷
شکل۶-۷- فرم‌های جداسازی داخلی یک تابلو برق نمونه ۳۸۰
شکل۶-۸- هم‌بندی قسمت‌های فلزی متحرک تابلو برق ۳۸۱
شکل۶-۹- استفاده از سیم با روکش زرد- سبز یا تسمه مسی با روکش قلع برای هم‌بندی قطعات فلزی متحرک تابلو برق ۳۸۱
شکل۶-۱۰- نماد زمین حفاظتی ۳۸۲

شکل۶-۱۱- ضرایب اصلاحی رسانایی شینه‌های مسی و آلومینیومی ۳۸۴
شکل۶-۱۲- ضرایب اصلاحی دمای محیط و سطح شینه ۳۸۵
شکل۶-۱۳- ضریب $k_۴$ برای شینه‌های مسی ۳۸۶
شکل۶-۱۴- ضریب $k_۴$ برای شینه‌های آلومینیومی ۳۸۷
شکل۶-۱۵- مته مناسب سوراخکاری شینه مسی ۳۹۳
شکل۶-۱۶- نسبت قطر سوراخ به عرض شینه ۳۹۳
شکل۶-۱۷- شعاع خم شینه مسی ۳۹۴
شکل۶-۱۸- نصب قائم شینه‌ها ۳۹۴
شکل۶-۱۹- نصب شینه‌ها به‌صورت تخت ۳۹۴
شکل۶-۲۰- فاصله بین شینه‌های یک‌فاز ۳۹۵
شکل۶-۲۱- فاصله بین شینه‌های غیرهم‌فاز ۳۹۵
شکل۶-۲۲- طول پیچ مناسب برای اتصال شینه‌ها ۳۹۶
شکل۶-۲۳- سطح اتصال شینه‌ها به یکدیگر ۳۹۶
شکل۶-۲۴- فشار سطح تماس شینه‌ها ۳۹۸
شکل۶-۲۵- علامت‌گذاری پیچ و مهره‌ها پس از سفت کردن با تورک متر ۳۹۹
شکل۶-۲۶- رنگ‌بندی و ترتیب قرار گرفتن شینه‌ها ۳۹۹
شکل۶-۲۷- اجزای مختلف نوعی کلید هوایی ۴۰۱
شکل۶-۲۸- کلید کمپکت تک‌پل، دوپل و سه‌پل ۴۰۲
شکل۶-۲۹- پلاک مشخصات کلید کمپکت ۴۰۲
شکل۶-۳۰- اجزای مختلف کلید مینیاتوری و مشخصات فنی آن ۴۰۳
شکل۶-۳۱- منحنی قطع کلیدهای مینیاتوری ۴۰۴
شکل۶-۳۲- جانمایی RCCB برای حفاظت جریان باقی‌مانده مدارهای نهایی ۴۰۶
شکل۶-۳۳- کلید جریان باقی‌مانده سه‌فاز چهارپل ۴۰۷
شکل۶-۳۴- کلید جریان باقی‌مانده ترکیبی تک‌فاز دوپل ۴۰۸
شکل۶-۳۵- وسیله تشخیص خطای قوس ۴۰۹
شکل۶-۳۶- وسیله حفاظت اضافه ولتاژ (3P+N) ۴۱۰
شکل۶-۳۷- اجزای مختلف کلید محافظ موتور ۴۱۱
شکل۶-۳۸- منحنی قطع انواع رله حرارتی (اضافه بار) ۴۱۱

شکل۶-۳۹- اجزای مختلف رله حرارتی ۴۱۲
شکل۶-۴۰- رله نشت زمین ۴۱۳
شکل۶-۴۱- ترانسفورماتور جریان کوربالانس ۴۱۳
شکل۶-۴۲- کنتاکتور ۴۱۵
شکل۶-۴۳- رله کمکی ۴۱۷
شکل۶-۴۴- رله حالت جامد (کنتاکتور الکترونیکی) ۴۱۷
شکل۶-۴۵- شستی استارت ۴۱۸
شکل۶-۴۶- شستی استپ ۴۱۸
شکل۶-۴۷- شستی استپ اضطراری ۴۱۹
شکل۶-۴۸- کلید فرمان (گردان) ۴۱۹
شکل۶-۴۹- نمونه مدار سیم‌کشی ترانسفورماتور جریان ۴۲۱
شکل۶-۵۰- یک نمونه کلید ولت‌متر ۷ حالته ۴۲۴
شکل۶-۵۱- بلوک ترمینال با جداسازی و علامتگذاری بخش‌های مختلف ۴۲۵
شکل۶-۵۲- پایه شیب‌دار برای نصب ریل ۴۲۶
شکل۶-۵۳- بست انتهایی بلوک ترمینال ۴۲۶
شکل۶-۵۴- شعاع خم سیم ۴۲۷
شکل۶-۵۵- طول هادی که عایق آن جدا می‌شود ۴۲۸
شکل۶-۵۶- پرس صحیح سرسیم ۴۲۸
شکل۶-۵۷- سیم‌کشی صحیح SPD ۴۲۸
شکل۶-۵۸- نماد خطر برق گرفتگی ۴۲۹
شکل۶-۵۹- محدود کنندگی جریان و انرژی ۴۳۲
شکل۶-۶۰- نمونه یک دیاگرام تک‌خطی برای حفاظت مدارهای مختلف نهایی (پیشنهادی) ۴۳۳
شکل۶-۶۱- طول عمر قابل انتظار موتور الکتریکی متناسب با دمای عملکرد ۴۳۷
شکل۶-۶۲- سیم‌کشی رله یا کلید محافظ موتور در مصارف تک‌فاز ۴۳۷
شکل۶-۶۳- منحنی جریان راه‌اندازی مستقیم و عملکرد عادی موتور الکتریکی ۴۴۲
شکل۶-۶۴- دو نمونه مدار راه‌اندازی مستقیم موتور الکتریکی ۴۴۲
شکل۶-۶۵- مدارهای راه‌اندازی موتور الکتریکی به روش ستاره-مثلث ۴۴۴
شکل۶-۶۶- نمونه مدار راه‌اندازی موتور الکتریکی توسط راه‌انداز نرم ۴۴۶

شکل۶-۶۷- عملکرد درایو در راه‌اندازی موتور الکتریکی ۴۴۶
شکل۶-۶۸- اتصال صحیح شیلد کابل ۴۴۷
شکل۶-۶۹- جریان هجومی هنگام برق‌دار کردن ترانسفورماتور فشار ضعیف ۴۴۹
شکل۶-۷۰- پاکسازی فضای داخل تابلو با استفاده از جاروبرقی ۴۵۴
شکل۶-۷۱- روش صحیح بلند کردن تابلو برق متناسب با وزن آن ۴۵۷
شکل۶-۷۲- روش صحیح قرار دادن چندین تابلو در کنار یکدیگر هنگام حمل و نقل ۴۵۷
شکل۷-۱- یک نمونه تابلو فشار متوسط متال‌کلد ۴۶۳
شکل۷-۲- نمونه تابلو برق فشار متوسط با کلیدی که به‌صورت کشویی در خانه مربوط قرار گرفته است ۴۶۶
شکل۷-۳- نمایش طبقه بندی دسترسی به خانه‌های ولتاژ بالا تابلو فشار متوسط – LSC1 , LSC2 ۴۶۸
شکل۷-۴- نمایش طبقه‌بندی دسترسی به خانه‌های ولتاژ بالا تابلو فشار متوسط – LSC2A , LSC2B ۴۶۸
شکل۷-۵- نمایش دو نمونه دسترسی به تابلوهای فشار متوسط ۴۶۹
شکل۷-۶- نمونه‌ای از به کارگیری ابزارهای قفل کننده جهت پیاده سازی اینترلاک در تابلو فشار متوسط ۴۷۱
شکل۷-۷- نمونه ای از به‌کارگیری ابزارهای قفل‌کننده (کلید) جهت پیاده‌سازی اینترلاک در تابلو فشار متوسط ۴۷۲
شکل۷-۸- آشنایی با اجزا مختلف یک نوع تابلو فشار متوسط ۴۷۴
شکل۷-۹- منحنی جریان اتصال‌کوتاه ۴۷۹
شکل۷-۱۰- نمای شماتیک ترانسفورماتور ولتاژ تک‌فاز (که بین یک‌فاز و زمین قرار می‌گیرد) ۴۸۳
شکل۷-۱۱- نمای شماتیک ترانسفورماتور ولتاژ دوفاز (که در سیستم سه‌فاز کاربرد دارد و بین دوفاز قرار می‌گیرد) ۴۸۳
شکل۷-۱۲- نمای شماتیک ترانسفورماتور جریان ۴۸۵
شکل۷-۱۳- نشانه‌گذاری ترمینال‌های CT ۴۸۵
شکل۷-۱۴- اجزا تابلو فشار متوسط نمونه ۴۸۶
شکل۷-۱۵- کاربرد تابلوهای فشار متوسط در سیستم قدرت ۴۹۰
شکل۷-۱۶- الف: دیاگرام تک‌خطی نمونه تابلوهای فشار متوسط ثانویه ۴۹۰
شکل۷-۱۷- الف: تابلوی فشار متوسط در سطح اولیه با کلید قدرت کشویی،CT، PT، فیوز مربوط، کلید زمین و مقسم ولتاژ خازنی ۴۹۲
شکل۷-۱۸- حداقل فضاهای مورد نیاز در اتاق تابلوهای فشار متوسط ۴۹۵
شکل۷-۱۹- جانمایی داکت فشارشکن جهت هدایت محصولات ناشی از قوس داخلی به بیرون تابلو ۴۹۷
شکل۸-۱- الف) گروه برداری Dyn5 – ب) گروه برداری Yzn5 ۵۰۸
شکل۸-۲- نمونه پلاک مشخصات ترانسفورماتور توزیع روغنی ۵۲۰
شکل۸-۳- نمونه پلاک مشخصات ترانسفورماتور خشک ۵۲۲

شکل۸-۴- اجزاء، قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورتوزیع روغنی با منبع انبساط ۵۲۶
شکل۸-۵- اجزاء، قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورتوزیع روغنی هرمتیک کنگره‌ای ۵۲۷
شکل۸-۶- اجزاء و قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورتوزیع خشک ۵۲۸
شکل۸-۷- ترمومتر روغن ۵۲۹
شکل۸-۸- رله بوخهلتس ۵۳۰
شکل۸-۹- رطوبت‌گیر ترانسفورماتور ۵۳۰
شکل۸-۱۰- تغییر رنگ سیلیکاژل آبی پس از اشباع شدن از رطوبت ۵۳۱
شکل۸-۱۱- تغییر رنگ سیلیکاژل نارنجی پس از اشباع شدن از رطوبت ۵۳۱
شکل۸-۱۲- روغن نمای فاقد کنتاکت ۵۳۱
شکل۸-۱۳- روغن نمای کنتاکت‌دار ۵۳۱
شکل۸-۱۴- روغن نمای چشمی ترانسفورماتور هرمتیک کنگره‌ای ۵۳۲
شکل۸-۱۵- انواع فشارشکن مورد استفاده در ترانسفورماتور ۵۳۲
شکل۸-۱۶- رله محافظ هرمتیک ۵۳۳
شکل۸-۱۷- رله چندکاره ترانسفورماتور هرمتیک کنگره‌ای ۵۳۳
شکل۸-۱۸- محل استقرار سنسور PT100 برای اندازه‌گیری دمای ترانسفورماتور خشک ۵۳۴
شکل۸-۱۹- رله ترمومتر دیجیتالی ترانسفورماتور خشک ۵۳۴
شکل۸-۲۰- نحوه صحیح بلند کردن ترانسفورماتور ۵۳۵
شکل۸-۲۱- قطعه مسدود کننده رطوبت‌گیر ۵۳۶
شکل۸-۲۲- وضعیت ظاهری و محل قرارگرفتن دریچه‌های هوا و ترانسفورماتور داخل اتاقک ۵۳۷
شکل۸-۲۳- طریقه صحیح و غلط جابجائی ترانسفورماتور خشک ۵۴۰
شکل۸-۲۴- حداقل فواصل ترانسفورماتور خشک از محفظه فلزی ۵۴۲
شکل۸-۲۵- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی ۵۴۳
شکل۸-۲۶- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه) ۵۴۳
شکل۸-۲۷- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه) ۵۴۴
شکل۸-۲۸- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه) ۵۴۴
شکل۸-۲۹- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه) ۵۴۵
شکل۸-۳۰- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه) ۵۴۵
شکل۸-۳۱- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه) ۵۴۶

شکل۸-۳۲- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه) ۵۴۶
شکل۸-۳۳- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک بدون محفظه فلزی ۵۴۷
شکل۹-۱- تصویر COP ۵۶۱
شکل۹-۲- تصویر PRP ۵۶۲
شکل۹-۳- تصویر LTP ۵۶۳
شکل۹-۴- تصویر ESP ۵۶۴
شکل۹-۵- مثالی از نحوه اجرای مدارهای ایمنی در سینی یا نردبان‌های کابل ۵۸۳
شکل۹-۶- طرحواره نصب کلید آتش‌نشان ۵۸۵
شکل۱۰-۱-UPS تکی - پایه ۶۰۶
شکل۱۰-۲-UPS تکی با بای‌پس ۶۰۷
شکل۱۰-۳-UPS موازی با بای‌پس مشترک ۶۰۸
شکل۱۰-۴-UPS موازی با بای‌پس توزیع‌شده ۶۰۸
شکل۱۰-۵-UPS جایگزین آماده به کار ۶۰۹
شکل۱۰-۶-UPS دو خروجی ۶۰۹
شکل۱۰-۷-UPS دو خروجی جایگزین آماده به کار ۶۱۰
شکل۱۰-۸- توپولوژی دو تبدیله ۶۱۱
شکل۱۰-۹- توپولوژی تعاملی خط ۶۱۲
شکل۱۰-۱۰- توپولوژی آماده به کار ۶۱۳
شکل۱۰-۱۱- قطع کننده آنی UPS ۶۱۵
شکل۱۰-۱۲- قطع کننده‌های آنی UPS در کاربرد UPS موازی ۶۱۵
شکل۱۰-۱۳- قطع کننده‌های آنی UPS در کاربرد بار چندتکه ۶۱۵
شکل۱۰-۱۴- کلید انتقال بای‌پس ۶۱۶
شکل۱۰-۱۵- جداسازی کلید انتقال بای‌پس ۶۱۷
شکل۱۰-۱۶- جداسازی قطع کننده‌های آنی ۶۱۷
شکل۱۰-۱۷- کلیدهای جداسازی با کارکرد قطع آنی ۶۱۷
شکل۱۰-۱۸- کلید بای‌پس نگهداری داخلی ۶۱۸
شکل۱۰-۱۹- کلید بای‌پس نگهداری بیرونی ۶۱۸
شکل۱۰-۲۰- کلید رابط در کاربردهای دومسیره ۶۱۹

شکل۱۰-۲۱- کلید رابط در کاربردهای سه‌مسیره ۶۱۹
شکل۱۰-۲۲- کلید چند کاره بای‌پس، قطع کننده آنی و جداساز ۶۱۹
شکل۱۱-۱- راکتور نامیزان ساز ۶۶۸
شکل۱۱-۲- تاثیر اصلاح ضریب قدرت بر انرژی مصرفی در تاسیسات برقی ۶۶۹
شکل۱۱-۳- روش‌های جبران سازی توان راکتیو ۶۷۰
شکل۱۱-۴- زاویه جابجایی فاز قبل و بعد از جبران سازی ۶۷۱
شکل۱۱-۵- پیش بینی تهویه مناسب برای تابلو برق بانک خازن ۶۷۵
شکل۱۱-۶- خازن سیلندری از نوع خشک (مجهز به قطع کننده افزایش فشار) ۶۷۷
شکل۱۱-۷- کنتاکتور خازنی با کلاس بهره‌برداری AC6b ۶۸۴
شکل۱۱-۸- جانمایی نصب ترانسفورماتور جریان در سیستم‌های اصلاح ضریب قدرت ۶۸۶
شکل۱۱-۹- کنترل کننده توان راکتیو خودکار ۶۸۶
شکل۱۱-۱۰- نصب صحیح مدار تغذیه دو یا چند خازن به‌صورت موازی ۶۸۷
شکل۱۳-۱- مثال‌هایی از آرایش‌های اتصال زمین برای الکترود زمین فونداسیون، هادی‌های حفاظتی و هادی‌های هم‌بندی حفاظتی ۷۳۳
شکل۱۳-۲- اجرای الکترودهای قائم و افقی با استفاده از مواد کاهنده استاندارد ۷۴۰
شکل۱۳-۳- مثالی از آرایش هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده ۷۴۸
شکل۱۳-۴- مثالی از نحوه اتصال هادی PEN ۷۵۳
شکل۱۳-۵- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده در اسکلت بتنی ساختمان ۷۵۸
شکل۱۳-۶- استفاده از آرماتورهای اسکلت بتنی ساختمان برای هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده ۷۵۹
شکل۱۳-۷- مثالی از علائم ترسیمی برای سیستم اتصال زمین در یک ساختمان نوعی ۷۶۲
شکل۱۴-۱- نحوه اتصالات در یک SPD ۷۷۹
شکل۱۴-۲- سیستم TN با منابع تغذیه چندگانه با چندین اتصال نامناسب مابین PEN و زمین ۷۸۲
شکل۱۴-۳- سیستم TN با چندین منبع تغذیه در حال نیرو رسانی به تاسیسات ۷۸۲
شکل۱۴-۴- منبع تغذیه پشتیبان سه‌فاز با کلید چهارپل ۷۸۳
شکل۱۴-۵- جاری شدن جریان خنثی در منبع تغذیه پشتیبان سه‌فاز با کلید سه‌پل نامناسب ۷۸۴
شکل۱۴-۶- هم‌بندی الکترودهای زمین ۷۸۵
شکل۱۴-۷- مثالی از شبکه‌های هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده در سازه فاقد سیستم حفاظت صاعقه ۷۸۶
شکل۱۴-۸- مثالی از نصب SPD با کلاس آزمون I، II و III در سیستم TN ۷۸۸
شکل۱۵-۱- تعریف زون‌های حفاظت صاعقه (LPZ) به‌وسیله یک سیستم حفاظت صاعقه (LPS) ۸۰۸

شکل۱۵-۲- دیاگرام نشان دهنده روند طراحی سیستم حفاظت صاعقه ۸۱۱
شکل۱۵-۳- اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی کلی آرماتورهای فولادی به هم پیوسته در اسکلت بتن مسلح ۸۱۲
شکل۱۵-۴- زاویه حفاظتی متناظر با کلاس سیستم حفاظت صاعقه ۸۱۷
شکل۱۵-۵- کاربرد روش زاویه حفاظتی ۸۱۸
شکل۱۵-۶- برخورد کردن گوی غلتان با سازه تحت حفاظت ۸۱۹
شکل۱۵-۷- ایجاد حلقه در مسیر هادی نزولی ۸۲۲
شکل۱۵-۸- حداقل طول l_1 برای هر یک از الکترودهای زمین مطابق با کلاس سیستم حفاظت صاعقه ۸۲۵
شکل۱۵-۹- اصول کلی تقسیم‌بندی زون‌های مختلف ۸۴۰
شکل۱۵-۱۰- نمونه‌ای از یک سیستم زمین سه بعدی که شامل شبکه هم‌بندی متصل به ترمینال زمینی است. ۸۴۰
شکل۱۵-۱۱- سیستم ترمینال زمینی مش‌بندی شده یک کارخانه ۸۴۱
شکل۱۵-۱۲- نحوه اتصال قسمت‌های رسانای سیستم‌های داخلی به شبکه هم‌بندی ۸۴۳
شکل۱۵-۱۳- ترکیبی از روش‌های اتصال قسمت‌های رسانای سیستم‌های داخلی به شبکه هم‌بندی ۸۴۴
شکل۱۵-۱۴- کاهش دادن اثرات القایی به‌وسیله مسیریابی خط و تدابیر شیلد کردن ۸۴۸
شکل۱۵-۱۵- نمونه‌هایی از طرح‌های SPM ممکن (تدابیر حفاظت در برابر LEMP) ۸۵۱
شکل۱۵-۱۶- مثالی از یک آرایش اتصال زمین نوع A به کمک الکترود زمین از نوع میله قائم ۸۵۳
شکل۱۵-۱۷- طرحی از یک LPS با به کارگیری ترمینال‌های هوایی عمودی، برای حفاظت در تراز III ۸۵۴
شکل۱۶-۱- نمای شماتیک هادی‌های فاز و حفاظتی ۸۶۳

فصل ۱

لوله‌گذاری برق

۱-۱- دامنه پوشش

در این فصل مشخصات فنی عمومی و معیارهای پایه برای انتخاب، طراحی و اجرای مجاری عبور هادی‌ها، شامل لوله‌های محافظ و اتصالات لوله محافظ و همچنین داکت و ترانک کابل برای حفاظت و مدیریت کابل‌ها و/یا هادی‌های عایق‌دار در تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف ساختمان‌ها معرفی شده است.

یادآوری- هادی‌های اتصال زمین ممکن است عایق‌شده یا عایق‌نشده باشند.

۱-۲- تعاریف و اصطلاحات

۱-۲-۱- مجرای عبور هادی

conduit system

سامانه مدیریت کابل، شامل لوله‌های محافظ و اتصالات لوله محافظ است که برای حفاظت و مدیریت کابل‌ها و/یا هادی‌های عایق‌شده در تاسیسات الکتریکی یا ارتباطی به‌کار می‌رود و امکان کابل‌کشی و/یا تعویض کابل‌ها و/یا هادی‌های عایق‌دار را فراهم می‌کند و امکان وارد شدن کابل‌ها و/یا هادی‌های عایق شده از جداره لوله محافظ و اتصالات لوله محافظ وجود ندارد.

۱-۲-۲- لوله محافظ

conduit

قسمتی از مجرای عبور هادی، با سطح مقطع دایره‌ای شکل که امکان کابل‌کشی و/یا تعویض کابل‌ها و/یا هادی‌های عایق‌دار را در تاسیسات الکتریکی یا ارتباطی فراهم می‌کند.



شکل۱-۱- برخی انواع لوله محافظ

۱-۲-۳- اتصالات لوله محافظ

conduit fitting

قطعه‌ای که برای اتصال اجزای مجرای عبور هادی یا برای تغییر راستای آن‌ها طراحی شده است.



شکل۱-۲- برخی انواع اتصالات لوله محافظ

۱-۲-۴- لوله محافظ و/یا اتصالات لوله محافظ فلزی

metallic conduit and/or conduit fitting

لوله محافظ یا اتصالات لوله محافظ که فقط از جنس فلز است.

۱-۲-۵- لوله محافظ و/یا اتصالات لوله محافظ غیرفلزی

non-metallic conduit and/or conduit fitting

لوله محافظ یا اتصالات لوله محافظ که فقط از مواد غیرفلزی هستند و هیچ‌گونه اجزای فلزی ندارند.

۱-۲-۶- لوله محافظ و/یا اتصالات لوله محافظ کامپوزیتی

composite conduit and/or conduit fitting

لوله محافظ یا اتصالات لوله محافظ که دارای مواد فلزی و غیرفلزی هستند.

۱-۲-۷- لوله محافظ و/یا اتصالات لوله محافظ با قابلیت عدم انتشار شعله

non-flame propagating conduit and/or conduit fitting

لوله محافظ یا اتصالات لوله محافظ که در نتیجه اعمال شعله، قابلیت آتش‌گیری دارند ولی شعله در آن‌ها منتشر نشده و در مدت محدودی پس از برداشتن شعله، خودبه‌خود خاموش می‌شود.

۱-۲-۸- لوله محافظ صاف

plain conduit

لوله محافظی که سطح مقطع آن در راستای طول، یکسان است.



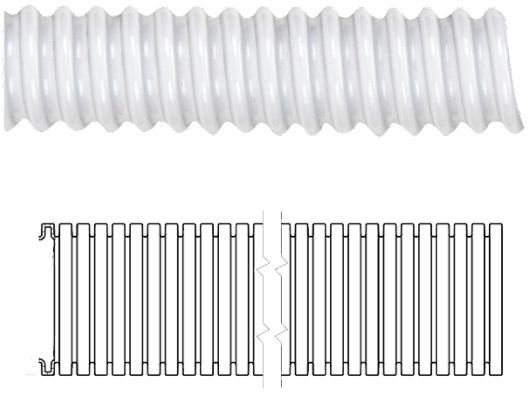
شکل۱-۳- لوله محافظ با سطح مقطع صاف

۱-۲-۹- لوله محافظ خرطومی شکل

corrugated conduit

لوله محافظی که سطح مقطع آن در راستای طول، موج دار است.

یادآوری- هر دو نوع لوله محافظ حلقوی[1] و مارپیچی[2] مجاز است و ترکیب هر دو لوله محافظ صاف و خرطومی امکان‌پذیر است.



شکل۱-۴- لوله محافظ با سطح مقطع خرطومی شکل

[1] Annular
[2] Helical

۱-۲-۱۰- لوله محافظ صلب

rigid conduit

لوله محافظی که امکان خم‌شدن ندارد یا فقط بتوان آن را با کمک یک وسیله مکانیکی، با عملیات خاص[1] یا بدون عملیات خاص، خم کرد.

۱-۲-۱۱- لوله محافظ خم‌پذیر

pliable conduit

لوله محافظی که بتوان آن را با دست خم کرد و برای خم‌شدن مکرر در نظر گرفته نشده است.

۱-۲-۱۲- لوله محافظ انعطاف‌پذیر

flexible conduit

لوله محافظی که بتوان آن را با دست خم کرد و برای خم شدن مکرر در مدت عمر خود در نظر گرفته شده است.



شکل۱-۵- یک نمونه لوله محافظ انعطاف‌پذیر خرطومی شکل

۱-۲-۱۳- لوله محافظ خودبرگشت

self-recovering conduit

لوله محافظ خم‌پذیری که وقتی برای مدت کوتاهی در معرض یک نیروی عمود بر راستای طول قرار می‌گیرد، تغییر شکل پیدا می‌کند و بعد از برداشتن این نیرو، پس از یک دوره معین، تقریباً به شکل اولیه خود بر می‌گردد.

[1] Special Treatment



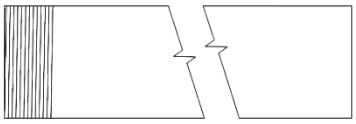
شکل۱-۶- یک نمونه لوله محافظ خودبرگشت

۱-۲-۱۴- لوله محافظ و اتصالات لوله محافظ با قابلیت رزوه‌شدن

threadable conduit and conduit fitting

لوله محافظ یا اتصالات لوله محافظی که برای اتصال دارای رزوه است یا بتوان داخل یا خارج آن رزوه ایجاد کرد.





شکل۱-۷- یک نمونه لوله محافظ با قابلیت رزوه‌شدن

۱-۲-۱۵- لوله محافظ و اتصالات لوله محافظ بدون قابلیت رزوه‌شدن

non-threadable conduit and conduit fitting

لوله محافظ یا اتصالات لوله محافظی که برای اتصال فقط با روشی غیر از رزوه، مناسب است.

۱-۲-۱۶- اثر عوامل بیرونی

external influence

عواملی مانند وجود آب، روغن یا مصالح ساختمانی، دماهای بالا و پایین و مواد آلاینده یا خورنده که ممکن است روی مجرای عبور هادی تاثیر بگذارد.

۱-۲-۱۷- سامانه ترانک کابل

cable trunking system

مجموعه‌ای متشکل از یک شاخه ترانک و سایر اجزای محتمل سامانه که محفظه‌ای را برای جاسازی و خواباندن[1] کابل‌ها و هادی‌های عایق‌دار و جاسازی احتمالی سایر تجهیزات الکتریکی (مانند پریز) فراهم می‌کند.



شکل۱-۸- یک نمونه ترانک کابل

۱-۲-۱۸- سامانه داکت کابل

cable ducting system

مجموعه‌ای شامل یک شاخه داکت و سایر اجزای محتمل سامانه که محفظه‌ای را برای جاسازی و کشیدن[2] کابل‌ها و هادی‌های عایق‌دار و جاسازی احتمالی سایر تجهیزات الکتریکی (مانند پریز) فراهم می‌کند.

۱-۲-۱۹- جزء سامانه بدون قابلیت انتشار شعله

non-flame propagating system component

جزئی از سیستم که می‌تواند در نتیجه اعمال شعله، آتش بگیرد ولی شعله حاصل منتشر نمی‌شود و در مدت زمان محدودی بعد از برداشتن شعله اعمالی به طور خودبه‌خودی خاموش می‌شود.

۱-۲-۲۰- آمیزه بدون هالوژن

halogen – free compound

ترکیبی که پلیمر آن پلی‌اولفین و یا معادل آن پلیمر مصنوعی بدون هالوژن است و مطابق با الزامات استانداردهای مربوطه ساخته شده است.

[1] Laying
[2] Drawing

۱-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی هستند که در متن این فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

لوله‌های فلزی، غیرفلزی و کامپوزیتی (ترکیبی) و همچنین داکت و ترانک و اتصالات مربوط به آن‌ها که برای حفاظت هادی‌های عایق‌دار و کابل‌ها در تاسیسات الکتریکی ساختمان به‌کار می‌رود، باید برابر جدیدترین اصلاحیه استانداردهای سازمان ملی استاندارد ایران و یا یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبر جهانی مانند کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک[1] به شرح زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد:

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۱۲۱۵، سامانه‌های مجرایی برای حفاظت و مدیریت کابل – قسمت ۱: الزامات عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱-۱۱۲۱۵، سیستم‌های مجرایی برای مدیریت کابل – قسمت ۲۱: سیستم‌های لوله محافظ صلب – الزامات ویژه.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۲-۱۱۲۱۵، سیستم‌های مجرایی برای مدیریت کابل – قسمت ۲۲: سیستم‌های لوله محافظ خم‌پذیر – الزامات ویژه.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳-۱۱۲۱۵، سیستم‌های مجرایی برای مدیریت کابل – قسمت ۲۳: سیستم‌های لوله محافظ انعطاف‌پذیر – الزامات ویژه.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۴-۱۱۲۱۵، سیستم‌های مجرایی برای مدیریت کابل – قسمت ۲۴: سیستم‌های لوله محافظ مدفون زیر زمین – الزامات ویژه.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵-۱۱۲۱۵، سامانه‌های لوله برای کابل‌گذاری بهینه – قسمت ۲۵: الزامات ویژه – نگهدارنده لوله.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳۴۵۵، سیستم‌های مجرایی برای مدیریت کابل – قطر بیرونی لوله‌های محافظ هادی برای تاسیسات الکتریکی و رزوه‌های لوله‌ها و جورافزارها[2].
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۸۳۱۳، سامانه‌های مدیریت کابل – مشخصات اتصالات لوله‌های محافظ و لوازم نصب کابل‌های مخصوص لوله‌های محافظ فولادی برای کار خیلی سنگین الکتریکی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۵۵۵۹، سیستم‌های داکت و ترانک کابل برای تاسیسات الکتریکی – قسمت ۱: الزامات عمومی.

[1] IEC: International Electrotechnical Commission
[2] Fittings

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲-۱۵۵۵۹، سیستم‌های داکت و ترانک کابل برای تاسیسات الکتریکی – قسمت ۲-۱: سیستم‌های ترانک کابل و سیستم‌های داکت کابل برای نصب در دیوارها و سقف‌ها – الزامات ویژه.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۲-۱۵۵۵۹، سیستم‌های داکت و ترانک کابل برای تاسیسات الکتریکی – قسمت ۲-۲: سیستم‌های ترانک کابل و سیستم‌های داکت کابل برای نصب زیر کف، هم‌سطح کف یا روی کف – الزامات ویژه.
- IEC 61386-1, Conduit systems for cable management - Part 1: General requirements.
- IEC 61386-21, Conduit systems for cable management - Part 21: Particular requirements - Rigid conduit systems.
- IEC 61386-22, Conduit Systems for cable management - Part 22: Particular requirements - Pliable conduit systems.
- IEC 61386-23, Conduit systems for cable management - Part 23: Particular requirements - Flexible conduit systems.
- IEC 61386-24, Conduit systems for cable management - Part 24: Particular requirements - Conduit systems buried underground.
- IEC 61386-25, Conduit systems for cable management - Part 25: Particular requirements - Conduit fixing devices.
- IEC 60423, Conduit systems for cable management - Outside diameters of conduits for electrical installations and threads for conduits and fittings.
- IEC 60981, Extra heavy-duty electrical rigid steel conduits.
- IEC 61084-1, Cable trunking systems and cable ducting systems for electrical installations - Part 1: General requirements.
- IEC 61084-2-1, Cable trunking systems and cable ducting systems for electrical installations - Part 2-1: Particular requirements - Cable trunking systems and cable ducting systems intended for mounting on walls and ceilings.
- IEC 61084-2-2, Cable trunking systems and cable ducting systems for electrical installations - Part 2-2: Particular requirements - Cable trunking systems and cable ducting systems intended for mounting underfloor, flushfloor, or onfloor.

۱-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در لوله گذاری برق ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (درصورت وجود) ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

۱-۴- طبقه‌بندی

در این بخش برخی از متداول‌ترین طبقه‌بندی لوله‌های محافظ و همچنین سامانه‌های داکت و ترانک مطابق با استانداردهای ملی معرفی شده است.

۱-۴-۱- طبقه‌بندی لوله‌های محافظ

۱-۴-۱-۱- طبقه‌بندی بر اساس جنس لوله

- لوله‌های محافظ فلزی
- لوله‌های محافظ غیرفلزی
- لوله‌های محافظ کامپوزیتی

۱-۴-۱-۲- طبقه‌بندی بر اساس مقاومت در برابر فشرده‌سازی[1]

- خیلی سبک
- سبک
- متوسط
- سنگین
- خیلی سنگین

۱-۴-۱-۳- طبقه‌بندی بر اساس مقاومت در برابر ضربه

- خیلی سبک
- سبک
- متوسط
- سنگین
- خیلی سنگین

۱-۴-۱-۴- طبقه‌بندی بر اساس مقاومت در برابر خمش

- صلب
- خم‌پذیر
- خم‌پذیرِ خود برگشت

[1] Compression

- انعطاف پذیر

۱-۴-۱-۵- طبقه‌بندی بر اساس استقامت کششی

- خیلی سبک
- سبک
- متوسط
- سنگین
- خیلی سنگین

۱-۴-۱-۶- طبقه‌بندی بر اساس ظرفیت بار آویخته

- خیلی سبک
- سبک
- متوسط
- سنگین
- خیلی سنگین

۱-۴-۱-۷- طبقه‌بندی بر اساس دما

لوله‌های محافظ بر اساس دمای حمل و نقل، نصب و به‌کارگیری مطابق با جدول (۱-۱) طبقه‌بندی می‌شود.

جدول۱-۱- طبقه‌بندی لوله‌های محافظ بر اساس دما

طبقه بندی	حداقل دمای حمل و نقل، نصب و به‌کارگیری بر حسب درجه سلسیوس	حداکثر دمای نصب و به‌کارگیری بر حسب درجه سلسیوس
۱	+۵	۶۰
۲	-۵	۹۰
۳	-۱۵	۱۰۵
۴	-۲۵	۱۲۰
۵	-۴۵	۱۵۰
۶	-	۲۵۰
۷	-	۴۰۰

۱-۴-۱-۸- طبقه‌بندی بر اساس مشخصه‌های الکتریکی

- با مشخصه‌های پیوستگی الکتریکی
- با مشخصه‌های عایقی الکتریکی

- با مشخصه‌های پیوستگی و عایقی الکتریکی

۱-۴-۱-۹- طبقه‌بندی بر اساس درجه حفاظتی

- حفاظت در برابر نفوذ اجسام جامد مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۶۸، با حداقل IP3X
- حفاظت در برابر نفوذ آب مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۶۸، با حداقل IPX0

۱-۴-۱-۱۰- طبقه‌بندی بر اساس مقاومت در برابر خوردگی

- بدون حفاظت
- با حفاظت طبق جزئیات ارایه شده در جدول(۱-۲)

جدول۱-۲- طبقه‌بندی مقاومت لوله‌های محافظ در برابر خوردگی

طبقه‌بندی	حفاظت حاصل‌شده	مثال
۱	حفاظت کم، از درون و از بیرون	رنگ آستری
۲	حفاظت متوسط، از درون و از بیرون	لعاب کوره‌ای/آبکاری الکتریکی روی/ رنگِ هواخشک
۳	حفاظت ترکیبی متوسط/زیاد از درون: طبقه ۲ از بیرون: طبقه ۴	لعاب کوره‌ای گالوانیزه
۴	حفاظت زیاد، از درون و از بیرون	اندودکاری با غوطه‌وری در روی گالوانیزه فولاد ضدزنگ

۱-۴-۱-۱۱- طبقه‌بندی بر اساس مقاومت در برابر انتشار شعله

- با قابلیت عدم انتشار شعله
- انتشاردهنده شعله

یادآوری- استفاده از لوله‌های محافظ انتشاردهنده شعله در این مشخصات فنی ممنوع است. (به جز مواردی‌که استفاده از آن با رعایت شرایط و ضوابط ویژه معرفی شده در این فصل مجاز شمرده شده است.)

۱-۴-۱-۱۲- طبقه‌بندی بر اساس انتشار گاز اسیدی

- لوله‌های محافظ بدون هالوژن
- لوله‌های محافظ هالوژن‌دار

۱-۴-۲- طبقه‌بندی داکت و ترانک کابل

۱-۴-۲-۱- طبقه‌بندی بر اساس مقاومت در برابر ضربه برای نصب و بهره‌برداری

طبقه‌بندی داکت و ترانک بر اساس مقاومت در برابر ضربه برای نصب و بهره‌برداری مطابق با جدول (۱-۳) است.

جدول۱-۳- طبقه‌بندی داکت و ترانک بر اساس مقاومت در برابر ضربه برای نصب و بهره‌برداری

مقاومت در برابر ضربه (بر حسب ژول)	۰٫۵	۰٫۷	۱	۲	۵	۱۰	۲۰

۱-۴-۲-۲- طبقه‌بندی بر اساس دمای انبارش، حمل و نقل، نصب و بهره‌برداری

طبقه‌بندی داکت و ترانک بر اساس دمای انبارش، حمل و نقل، نصب و بهره‌برداری مطابق با جدول (۱-۴) است.

جدول۱-۴- طبقه‌بندی داکت و ترانک بر اساس دمای انبارش، حمل و نقل، نصب و بهره‌برداری

حداقل دمای انبارش و حمل و نقل بر اساس درجه سلسیوس	حداقل دمای نصب و بهره‌برداری بر اساس درجه سلسیوس	حداکثر دمای بهره‌برداری بر اساس درجه سلسیوس
-۴۵	-۲۵	+۶۰
-۲۵	-۱۵	+۹۰
-۱۵	-۵	+۱۰۵
-۵	+۵	+۱۲۰
-	+۱۵	-
یادآوری- دمای بهره‌برداری مربوط به دمای عملکردی بوده و دماهای محیطی مد نظر نیست.		

۱-۴-۲-۳- طبقه‌بندی بر اساس مقاومت در برابر انتشار شعله

- با قابلیت عدم انتشار شعله
- انتشاردهنده شعله

۱-۴-۲-۴- طبقه‌بندی بر اساس مشخصه پیوستگی الکتریکی

- با مشخصه پیوستگی الکتریکی
- بدون مشخصه پیوستگی الکتریکی

۱-۴-۲-۵- طبقه‌بندی بر اساس مشخصه عایق‌بندی الکتریکی

- با مشخصه عایق‌بندی الکتریکی
- بدون مشخصه عایق‌بندی الکتریکی

۱-۴-۲-۶- طبقه‌بندی بر اساس درجه حفاظتی

مقاومت داکت و ترانک در برابر نفوذ اجسام خارجی و مایعات مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۶۸ و با رعایت موارد زیر طبقه‌بندی می‌شود:

- درجه حفاظتی IP4X یا بالاتر نباید در صورتی‌که متکی بر لب‌به‌لب بودن مفصل یا درستی برش شاخه‌های داکت یا شاخه‌های ترانک یا پوشش‌های دسترسی بدون ارایه رابطهای مرتبط یا وسایل مونتاژ یا وسایل آب‌بندی پیش ساخته در کارخانه باشد، اظهار شود.

• درجه حفاظتی IPX1 یا بالاتر نباید در صورتی‌که متکی بر لب‌به‌لب بودن مفصل یا درستی برش شاخه‌های داکت یا شاخه‌های ترانک یا پوشش‌های دسترسی بدون ارایه رابطهای مرتبط یا وسایل مونتاژ یا وسایل آب‌بندی پیش ساخته در کارخانه باشد، اظهار شود.

• درجه حفاظتی IPXX-D نباید در صورتی‌که متکی بر لب‌به‌لب بودن مفصل یا درستی برش شاخه‌های داکت یا شاخه‌های ترانک یا پوشش‌های دسترسی بدون ارایه رابطهای مرتبط یا وسایل مونتاژ یا وسایل آب‌بندی پیش ساخته در کارخانه باشد، اظهار شود.

۱-۴-۲-۷- طبقه‌بندی بر اساس بسته بودن پوشش دسترسی سیستم

• پوشش دسترسی با قابلیت باز شدن بدون ابزار

• پوشش دسترسی با قابلیت باز شدن فقط با ابزار

۱-۴-۲-۸- طبقه‌بندی بر اساس کاربری

• نوع ۲ یا توزیع: به منظور برقراری اتصال تقاطعی بین دو شاخه ترانک یا دو شاخه داکت یا تغییرات مسیر داخلی و خارجی و همچنین اتصال T بین سه شاخه ترانک یا سه شاخه داکت و پایان‌دهی داکت و ترانک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

• نوع ۳ یا تاسیسات: داکت و ترانک توزیع که کارکرد نصب ماژول را هم انجام می‌دهد.

• نوع ۱: داکت و ترانک که نمی‌توان آن را نوع ۲ یا ۳ طبقه‌بندی کرد.

۱-۴-۲-۹- طبقه‌بندی بر اساس نوع نصب

• نصب روکار: برای نصب روی سطح در نظر گرفته شده است.

• نصب توکار: برای نصب به‌صورت توکار در نظر گرفته شده است طوری که حداقل ۹۰ درصد عمق محصول پس از اینکه مطابق دستورالعمل سازنده نصب شود، زیر سطح تمام شده کار باشد.

• نصب نیمه توکار: برای نصب به‌صورت توکار در نظر گرفته شده و بیش از ۱۰ درصد عمق محصول از سطح تمام شده کار بیرون زده باشد.

• نصب زیر کف: اجزای سامانه به جز واحدهای دسترسی و واحدهای پریز، برای نصب درون یا زیر کف در نظر گرفته شده است و در استفاده عادی در معرض بارهای عبور و مرور قرار نمی‌گیرد.

• نصب هم‌سطح کف: اجزای سامانه به جز واحدهای دسترسی و واحدهای پریز، برای نصب هم‌سطح در نظر گرفته شده است به طوری که حداکثر ارتفاع آن از بالای سطح رویی پوشش کف ۴ میلی‌متر باشد.

• روی کف: برای نصب روی کف در نظر گرفته شده است به طوری که ارتفاع آن از بالای سطح رویی پوشش کف بیش‌تر از ۴ میلی‌متر باشد.

۱-۵- مشخصات فنی و الزامات عمومی

مشخصات فنی و الزامات عمومی لوله محافظ، داکت، ترانک و لوازم مربوطه مطابق با مفاد استانداردهای معرفی شده در بخش ۱-۳ است.

۱-۵-۱- الزامات عمومی

لوله‌های محافظ برق باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که سیم‌ها یا کابل‌هایی که درون آن قرار می‌گیرد از نظر مکانیکی محافظت شود. این لوله‌ها در صورتی‌که از نوع فلزی باشد باید در موارد لازم مشخصات الکتریکی معرفی شده در این فصل را تامین کند.

علاوه بر این، لوله‌های محافظ هادی‌ها باید در برابر تنش‌هایی که ممکن است در اثر جابه‌جایی، انبارش و هنگام نصب طبق دستورالعمل توصیه شده پیش آید، مقاوم باشد.

۱-۵-۲- ابعاد

- رزوه‌ها و قطر بیرونی لوله، بر حسب مورد باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۴۵۵ و جدول (۱-۵) مطابقت داشته باشد.
- طول رزوه در لوله‌های محافظ صلب با قابلیت رزوه شدن و اتصالات لوله محافظ صلب با قابلیت رزوه شدن، به جز اتصالات انتهایی لوله محافظ باید براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱-۱۱۲۱۵ و مطابق جدول (۱-۶) باشد.
- اتصالات بدون قابلیت رزوه شدن، به استثنای اتصالاتی که قسمتی از یک سیستم لوله محافظ صلب بوده و قابلیت استقامت کششی دارند باید براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱-۱۱۲۱۵ و مطابق جدول (۱-۷) باشد.
- قطر بیرونی لوله‌های محافظ غیرقابل رزوه شدن باید با استاندارد ملی به شماره ۳۴۵۵ و جدول (۱-۸) مطابقت داشته باشد.
- توصیه می‌شود ابعاد لوله محافظ مدفون زیر زمین ترجیحاً براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۴-۱۱۲۱۵ و مطابق جدول (۱-۹) باشد.
- حداقل قطر داخلی سایر انواع لوله محافظ باید مطابق اظهار تولید کننده باشد.
- مشخصات و ابعاد فیزیکی سامانه‌های داکت و ترانک مطابق با استانداردهای معرفی شده در بخش ۱-۳ است.

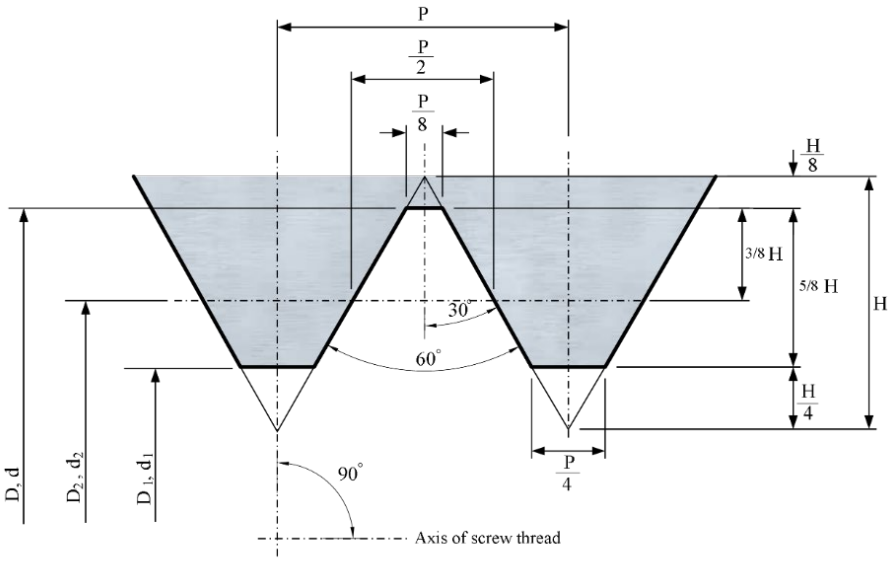
جدول۱-۵- قطر بیرونی لوله‌های محافظ و جزئیات رزوه‌ها و اتصالات مربوط به آن

قطرهای بیرونی و رزوه لوله محافظ				رزوه‌های بیرونی						رزوه‌های درونی					
قطرهای بیرونی	رزوه متر یک	طبقه بندی اتصالات	طول گام	قطر اصلی d		قطر موثر d_2		قطر کم‌تر d_1		قطر اصلی D		قطر موثر D_2		قطر کم‌تر D_1	
				بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه
۶+۰/-۰٫۱	M۶	۶g/۶H	۰٫۷۵	۵٫۹۷۸	۵٫۸۳۸	۵٫۴۹۱	۵٫۳۹۱	۵٫۰۵۸	۴٫۹۲۹	۶٫۰۰۰	۵٫۶۴۵	۵٫۵۱۳	۵٫۳۷۸	۵٫۱۸۸	۵٫۳۷۸
۸+۰/-۰٫۲	M۸	۸g/۷H	۱٫۰۰	۷٫۹۷۴	۷٫۶۹۴	۷٫۳۲۴	۷٫۱۴۴	۶٫۷۴۷	۶٫۵۲۸	۸٫۰۰۰	۷٫۵۴۰	۷٫۳۵۰	۷٫۲۱۷	۶٫۹۱۷	۷٫۲۱۷
۱۰+۰/-۰٫۲	M۱۰	۸g/۷H	۱٫۰۰	۹٫۹۷۴	۹٫۶۹۴	۹٫۳۲۴	۹٫۱۴۴	۸٫۷۴۷	۸٫۵۲۸	۱۰٫۰۰۰	۹٫۵۴۰	۹٫۳۵۰	۹٫۲۱۷	۸٫۹۱۷	۹٫۲۱۷
۱۲+۰/-۰٫۳	M۱۲	۸g/۷H	۱٫۵۰	۱۱٫۹۶۸	۱۱٫۵۹۳	۱۰٫۹۹۴	۱۰٫۷۷۰	۱۰٫۱۲۸	۹٫۸۴۶	۱۲٫۰۰۰	۱۱٫۲۶۲	۱۱٫۰۲۶	۱۰٫۷۵۱	۱۰٫۳۷۶	۱۰٫۷۵۱
۱۶+۰/-۰٫۳	M۱۶	۸g/۷H	۱٫۵۰	۱۵٫۹۶۸	۱۵٫۵۹۳	۱۴٫۹۹۴	۱۴٫۷۷۰	۱۴٫۱۲۸	۱۳٫۸۴۶	۱۶٫۰۰۰	۱۵٫۲۶۲	۱۵٫۰۲۶	۱۴٫۷۵۱	۱۴٫۳۷۶	۱۴٫۷۵۱
۲۰+۰/-۰٫۳	M۲۰	۸g/۷H	۱٫۵۰	۱۹٫۹۶۸	۱۹٫۵۹۳	۱۸٫۹۹۴	۱۸٫۷۷۰	۱۸٫۱۲۸	۱۷٫۸۴۶	۲۰٫۰۰۰	۱۹٫۲۶۲	۱۹٫۰۲۶	۱۸٫۷۵۱	۱۸٫۳۷۶	۱۸٫۷۵۱
۲۵+۰/-۰٫۴	M۲۵	۸g/۷H	۱٫۵۰	۲۴٫۹۶۸	۲۴٫۵۹۳	۲۳٫۹۹۴	۲۳٫۷۵۸	۲۳٫۱۲۸	۲۲٫۸۳۴	۲۵٫۰۰۰	۲۴٫۲۷۴	۲۴٫۰۲۶	۲۳٫۷۵۱	۲۳٫۳۷۶	۲۳٫۷۵۱
۳۲+۰/-۰٫۴	M۳۲	۸g/۷H	۱٫۵۰	۳۱٫۹۶۸	۳۱٫۵۹۳	۳۰٫۹۹۴	۳۰٫۷۵۸	۳۰٫۱۲۸	۲۹٫۸۳۴	۳۲٫۰۰۰	۳۱٫۲۷۶	۳۱٫۰۲۶	۳۰٫۷۵۱	۳۰٫۳۷۶	۳۰٫۷۵۱
۴۰+۰/-۰٫۴	M۴۰	۸g/۷H	۱٫۵۰	۳۹٫۹۶۸	۳۹٫۵۹۳	۳۸٫۹۹۴	۳۸٫۷۵۸	۳۸٫۱۲۸	۳۷٫۸۳۴	۴۰٫۰۰۰	۳۹٫۲۷۶	۳۹٫۰۲۶	۳۸٫۷۵۱	۳۸٫۳۷۶	۳۸٫۷۵۱
۵۰+۰/-۰٫۴	M۵۰	۸g/۷H	۱٫۵۰	۴۹٫۹۶۸	۴۹٫۵۹۳	۴۸٫۹۹۴	۴۸٫۷۴۴	۴۸٫۱۲۸	۴۷٫۸۲۰	۵۰٫۰۰۰	۴۹٫۲۹۱	۴۹٫۰۲۶	۴۸٫۷۵۱	۴۸٫۳۷۶	۴۸٫۷۵۱
۶۳+۰/-۰٫۴	M۶۳	۸g/۷H	۱٫۵۰	۶۲٫۹۶۸	۶۲٫۵۹۳	۶۱٫۹۹۴	۶۱٫۷۴۴	۶۱٫۱۲۸	۶۰٫۸۲۰	۶۳٫۰۰۰	۶۲٫۲۹۱	۶۲٫۰۲۶	۶۱٫۷۵۱	۶۱٫۳۷۶	۶۱٫۷۵۱
۷۵+۰/-۰٫۴	M۷۵	۸g/۷H	۱٫۵۰	۷۴٫۹۶۸	۷۴٫۵۹۳	۷۳٫۹۹۴	۷۳٫۷۴۴	۷۳٫۱۲۸	۷۲٫۸۲۰	۷۵٫۰۰۰	۷۴٫۲۹۱	۷۴٫۰۲۶	۷۳٫۷۵۱	۷۳٫۳۷۶	۷۳٫۷۵۱

یادآوری ۱- همه ابعاد برحسب میلی‌متر است.

یادآوری ۲- همچنین به شکل (۱-۹) مراجعه شود.

یادآوری ۳- اندازه‌های ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ غیرترجیحی هستند.



3/8 H 0.324 76 P H= 0.866 03 P

5/8 H 0.541 27 P P = Pitch

شکل۱-۹- نمای اصلی رزوه‌های پیچ

جدول۱-۶- طول رزوه در لوله‌های محافظ صلب با قابلیت رزوه شدن

سایز	رزوه خارجی	رزوه داخلی
	حداقل طول(mm)	حداقل طول(mm)
۶	۵/۵	۶/۵
۸	۶/۵	۷/۵
۱۰	۸/۵	۹/۵
۱۲	۱۰/۵	۱۱/۵
۱۶	۱۲/۵	۱۳/۵
۲۰	۱۴/۰	۱۵/۰
۲۵	۱۷/۰	۱۸/۰
۳۲	۱۹/۰	۲۰/۰
۴۰	۱۹/۰	۲۰/۰
۵۰	۱۹/۰	۲۰/۰
۶۳	۱۹/۰	۲۰/۰
۷۵	۱۹/۰	۲۰/۰

جدول۱-۷- جزئیات مربوط به حداکثر قطر ورودی و حداکثر طول ورودی

سایز	رزوه خارجی	رزوه داخلی
	حداکثر قطر ورودی (mm)	حداقل طول ورودی (mm)
۶	۶/۵	۶/۰
۸	۸/۵	۸/۰
۱۰	۱۰/۵	۱۰/۰
۱۲	۱۲/۵	۱۲/۰
۱۶	۱۶/۵	۱۶/۰
۲۰	۲۰/۵	۲۰/۰
۲۵	۲۵/۵	۲۵/۰
۳۲	۳۲/۶	۳۰/۰
۴۰	۴۰/۷	۳۲/۰
۵۰	۵۰/۸	۴۲/۰
۶۳	۶۳/۹	۵۰/۰
۷۵	۷۵/۹	۵۰/۰

جدول۱-۸- قطر بیرونی لوله‌های محافظ غیرقابل رزوه شدن

قطر بیرونی (mm)	رواداری (mm)
۶	$^{+0/0}_{-0/1}$
۸	$^{+0/0}_{-0/2}$
۱۰	$^{+0/0}_{-0/2}$
۱۲	$^{+0/0}_{-0/3}$
۱۶	$^{+0/0}_{-0/3}$
۲۰	$^{+0/0}_{-0/3}$
۲۵	$^{+0/0}_{-0/4}$
۳۲	$^{+0/0}_{-0/4}$
۴۰	$^{+0/0}_{-0/4}$
۵۰	$^{+0/0}_{-0/5}$
۶۳	$^{+0/0}_{-0/6}$
۷۵	$^{+0/0}_{-0/7}$

۱-۵-۳- ساختمان

در مجرای عبور هادی، نباید لبه‌های تیز، پلیسه یا سطوح برآمده که احتمال آسیب دیدن کابل‌ها یا هادی‌های عایق‌دار یا مجروح شدن نصاب یا کاربر را ایجاد کند، وجود داشته باشد.

۱-۵-۴- مشخصه‌های الکتریکی

در صورتی‌که لوله محافظ فلزی به‌عنوان هادی حفاظتی به‌کار رود، باید پس از نصب نهایی به منظور تایید مناسب بودن برای هدف مورد نظر، طبق ضوابط آن تاسیسات مورد آزمون قرار بگیرد.

لوله‌های محافظ عایق باید از نظر استقامت الکتریکی عایقی و مقاومت عایقی مورد آزمون قرارگیرند.

سامانه‌های داکت و ترانک که طراحی آن مطابق الزامات استاندارد IEC 60364-5-54 و یا استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷-۵-۵۴ است، می‌تواند به‌عنوان هادی هم‌بندی هم‌پتانسیل کننده و/یا هادی حفاظتی استفاده شود.

جدول۱-۹- قطر لوله‌های محافظ صلب مدفون زیر زمین

سایز	قطر خارجی نامی mm	رواداری ها mm	حداقل قطر داخلی mm
۲۵	۲۵	+۰/۵ صفر	۱۸
۳۲	۳۲	+۰/۶ صفر	۲۴
۴۰	۴۰	+۰/۸ صفر	۳۰
۵۰	۵۰	+۱/۰ صفر	۳۷
۶۳	۶۳	+۱/۲ صفر	۴۷
۷۵	۷۵	+۱/۴ صفر	۵۶
۹۰	۹۰	+۱/۷ صفر	۶۷
۱۱۰	۱۱۰	+۲/۰ صفر	۸۲
۱۲۵	۱۲۵	+۲/۳ صفر	۹۴
۱۴۰	۱۴۰	+۲/۶ صفر	۱۰۶
۱۶۰	۱۶۰	+۲/۹ صفر	۱۲۰
۱۸۰	۱۸۰	+۳/۳ صفر	۱۳۵
۲۰۰	۲۰۰	+۳/۶ صفر	۱۵۰
۲۲۵	۲۲۵	+۴/۱ صفر	۱۷۰
۲۵۰	۲۵۰	+۴/۵ صفر	۱۸۸

۱-۵-۵- عوامل بیرونی

لوله‌های محافظ باید از نظر حفاظت در برابر آب، روغن یا مصالح ساختمانی، دماهای کم یا زیاد، مواد آلاینده و خورنده و پرتوهای خورشیدی مورد آزمون قرار گیرند. حداقل درجه حفاظتی IP30 مطابق با طبقه‌بندی اظهار شده توسط تولید کننده لوله محافظ باید تامین شود.

سامانه‌های داکت و ترانک باید تحمل تنش‌های مکانیکی رخ داده حین استفاده عادی را داشته باشند.

۱-۵-۶- آزمون‌ها

لوله‌های محافظ مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۱۲۱۵، متناسب با جنس لوله در موارد زیر مورد آزمون قرار می‌گیرد:

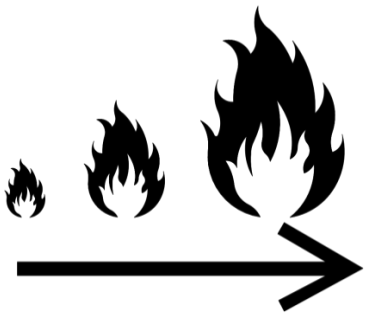
- آزمون فشرده سازی
- آزمون خمش
- آزمون فرورفتگی
- آزمون بار آویخته
- آزمون استقامت دی‌الکتریکی
- آزمون مقاومت در برابر انتشار شعله
- آزمون مقاومت در برابر نفوذ اجسام خارجی و آب
- آزمون ضربه
- آزمون انعطاف پذیری
- آزمون استقامت کششی
- آزمون هم‌بندی
- آزمون مقاومت عایقی
- آزمون مقاومت در برابر گرما
- آزمون مقاومت در برابر خوردگی

۱-۵-۷- نشانه گذاری

۱-۵-۷-۱- لوله‌های محافظ

لوله‌های محافظ باید به‌صورتی بادوام و خوانا در فواصل منظم (ترجیحاً یک متر و حداکثر سه متر) و مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۱۲۱۵، به شرح زیر نشانه گذاری شوند:

- نام یا نشان تجاری یا شناسایی تولید کننده یا فروشنده مسئول.
- نشان شناسایی محصول، که ممکن است برای مثال: تاریخ تولید، شماره کاتالوگ، یک نماد یا مانند آن باشد، طوری که بتوان آن را در مستندات تولید کننده یا فروشنده مسئول شناسایی کرد.
- شماره استاندارد مرتبط.
- حداقل ۴ رقم اول کد طبقه‌بندی منطبق با جدول (۱-۱۰) (کد طبقه‌بندی ۱۲ رقمی و نیز تمام اطلاعات لازم برای حمل و نقل، انبارش، نصب و استفاده صحیح و ایمن باید در مستندات تولید کننده ارایه شود).
- لوله‌های ساخته شده از مواد انتشار دهنده شعله باید به رنگ نارنجی باشد. این مواد نباید با رنگ آمیزی یا سایر روش‌های سطحی، به رنگ نارنجی درآمده باشد.
- لوله محافظ انتشار دهنده شعله باید مطابق نماد شماره ۶۱۸۰ استاندارد IEC 60417، شکل (۱-۱۰) نشانه گذاری شود.



شکل۱-۱۰- نماد لوله محافظ انتشاردهنده شعله

• مواد با قابلیت عدم انتشار شعله می‌تواند هر رنگی به غیر از زرد، نارنجی یا قرمز باشد، مگر اینکه به وضوح با کد طبقه‌بندی ۱۲ رقمی جدول (۱-۱۰) و/یا درج عبارت با قابلیت عدم انتشار شعله روی محصول نشانه‌گذاری شده باشد.

• محل اتصال زمین باید با نماد مخصوص زمین حفاظتی، مطابق نماد شماره ۵۰۱۹ استاندارد IEC 60417 نشان داده شود. این نشانه‌گذاری نباید روی قسمت‌هایی که به آسانی جدا می‌شوند (مثل پیچ‌ها) قرار گیرد.



شکل۱-۱۱- نماد زمین حفاظتی

۱-۵-۷-۲- سامانه‌های داکت و ترانک

نشانه گذاری سامانه‌های داکت و ترانک مطابق با الزامات معرفی شده در استاندارد ملی ایران به شماره۱-۱۵۵۵۹ انجام می‌شود و باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

• نام یا نشان تجاری یا نشان شناسه سازنده یا فروشنده مسئول.

• نشان شناسه محصول، که ممکن است برای مثال یک شماره کاتالوگ، یک نماد یا مانند آن باشد.

• ترمینال‌های زمین حفاظتی باید مطابق با شکل (۱-۱۱) نشانه گذاری شود. این نشانه‌گذاری نباید بر روی پیچ‌ها یا هر قسمت دیگری که به آسانی قابل برداشتن است قرار گیرد.

• جزئی از سیستم که قابلیت انتشار شعله دارد، باید به وضوح بر روی آن محصول درج شود.

• سازنده باید در اسناد خود اطلاعات ضروری برای نصب و استفاده ایمن را ارایه کند. این اطلاعات شامل اجزای سامانه، کارکرد اجزای سامانه و مونتاژ آن‌ها، طبقه بندی سامانه، امپدانس خطی بر حسب Ω/m، ولتاژ و جریان اسمی و مانند آن است.

جدول۱-۱۰- کدگذاری طبقه‌بندی برای لوله‌های محافظ

مشخصه فنی / کدگذاری	رقم اول	رقم دوم	رقم سوم	رقم چهارم	رقم پنجم	رقم ششم	رقم هفتم	رقم هشتم	رقم نهم	رقم دهم	رقم یازدهم	رقم دوازدهم
۰	مقاومت در برابر فشار	مقاومت در برابر ضربه	گستره پایین‌تر دما	گستره بالاتر دما	مقاومت در برابر خمش	مشخصه‌های الکتریکی	حفاظت در برابر نفوذ اجسام جامد	حفاظت در برابر نفوذ آب	مقاومت در برابر خوردگی	استقامت کششی	مقاومت در برابر انتشار شعله	ظرفیت بار آویخته
۱	خیلی سبک	خیلی سبک	+۵ °C	+۶۰ °C	خم ناپذیر	با مشخصه پیوستگی الکتریکی	–	حفاظت شده در برابر بارش قائم قطرات آب	حفاظت ضعیف درون و بیرون	خیلی کم	با قابلیت عدم انتشار شعله	خیلی سبک
۲	سبک	سبک	-۵ °C	+۹۰ °C	خم‌پذیر	با مشخصه عایقی الکتریکی	–	حفاظت شده در برابر بارش قائم قطرات آب هنگامی که سامانه مجرایی تا زاویهٔ ۱۵درجه کج شده باشد	حفاظت متوسط درون و بیرون	کم	انتشار دهنده شعله	سبک
۳	متوسط	متوسط	-۱۵ °C	+۱۰۵ °C	خم‌پذیر خودبرگشت	با مشخصه‌های پیوستگی الکتریکی و عایقی الکتریکی	حفاظت شده در برابر نفوذ اجسام جامد خارجی با قطر ۲٫۵ میلی‌متر و بیش‌تر	حفاظت شده در برابر پاشش آب	حفاظت متوسط درون، حفاظت بالای بیرون	متوسط	–	متوسط
۴	سنگین	سنگین	-۲۵ °C	+۱۲۰ °C	انعطاف‌پذیر	–	حفاظت شده در برابر نفوذ اجسام جامد خارجی با قطر ۱٫۰ میلی‌متر و بیش‌تر	حفاظت شده در برابر ترشح آب	حفاظت بالای درون و بیرون	زیاد	–	سنگین
۵	خیلی سنگین	خیلی سنگین	-۴۵ °C	+۱۵۰ °C	–	–	حفاظت شده در برابر نفوذ گرد و غبار	حفاظت شده در برابر فوران آب	–	خیلی زیاد	–	خیلی سنگین
۶	–	–	-	+۲۵۰ °C	–	–	غیرقابل نفوذ در برابر گرد و غبار	حفاظت شده در برابر فوران شدید آب	–	–	–	–
۷	–	–	-	+۴۰۰ °C	–	–	–	حفاظت شده در برابر اثرات ناشی از غوطه‌وری موقت در آب	–	–	–	–

۱-۶- الزامات عمومی، کاربرد و شرایط انتخاب لوله‌های محافظ

در این بخش الزامات مربوط به کاربرد متداول‌ترین انواع لوله‌های محافظ به منظور انتخاب، نصب و بهره‌برداری صحیح این لوازم در تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها معرفی شده است.

یادآوری- سایر انواع لوله‌های محافظ که در این بخش معرفی نشده است می‌بایست مطابق با استانداردهای معتبر ملی ساخته شده باشد و الزامات نصب و بهره‌برداری از آن بر اساس یکی از استانداردهای معتبر ملی یا بین‌المللی رعایت شود.

۱-۶-۱- ویژگی‌های پیشنهادی

ویژگی‌های پیشنهادی برای لوله محافظ مطابق با پیوست ج استاندارد ملی ایران به شماره ۵۲-۵-۱۹۳۷ و جدول (۱-۱۱) است.

جدول۱-۱۱- ویژگی‌های پیشنهادی برای لوله محافظ

موقعیت		مقاومت در برابر فشار	مقاومت در برابر ضربه	کمینه دمای عملیاتی	بیشینه دمای عملیاتی
نصب در فضای بیرونی	نصب به‌صورت نمایان[1] (بدون حفاظ)	۳	۳	۲	۱
استفاده در فضای داخلی	نصب به‌صورت نمایان (بدون حفاظ)	۲	۲	۲	۱
	نصب زیر کف (پوشش کف)	۲	۳	۲	۱
	جاسازی شده در: بتن	۳	۳	۲	۱
	جاسازی شده در: دیوار توخالی/روی چوب (مواد قابل اشتعال)	۲	۲	۲	۱
	جاسازی شده در: آجرکاری				
	جاسازی شده در: فضای خالی ساختمان[2]				
	جاسازی شده در: فضای خالی سقف[3]				
	نصب هوایی[4]	۴	۳	۳	۱

یادآوری ۱- این مقادیر فقط نمونه‌ای از ویژگی‌هایی است که در استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۱۵ برای لوله محافظ هادی ارایه شده است.

یادآوری ۲- براساس مقاومت در برابر گسترش شعله، سیستم‌های لوله محافظ هادی نارنجی رنگ تنها زمانی قابل استفاده هستند که در داخل بتن جاسازی شوند. برای سایر روش‌های نصب، استفاده از همه رنگ‌ها به استثنای زرد، نارنجی و قرمز مجاز است.

[1] Exposed Installation
[2] Building Voids
[3] Ceiling Voids
[4] Overhead Mounting

۱-۶-۲- لوله‌های محافظ فلزی صلب

۱-۶-۲-۱- الزامات عمومی

- این نوع لوله و لوازم مربوط به آن باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱-۱۱۲۱۵ ساخته شده و با رعایت الزامات معرفی شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۳۴۵۵ قابل رزوه شدن باشد. لوله‌های فلزی می‌تواند از جنس آهن با پوشش حفاظتی، آلومینیوم، برنج قرمز[1] یا فولاد ضدزنگ باشد.
- در صورتی‌که این نوع لوله به‌عنوان هادی حفاظتی به‌کار رود، باید پس از نصب نهایی به منظور تایید مناسب بودن برای هدف مورد نظر، طبق ضوابط آن تاسیسات آزمون شود.
- قسمت‌های رسانا در دسترس لوله‌های فلزی (یا کامپوزیتی) که احتمال برق‌دار شدن آن در اثر اتصالی وجود دارد، باید به طور موثر زمین شود.
- حداقل سایز این نوع لوله ۱۶ و حداکثر ۱۵۵ انتخاب می‌شود.

۱-۶-۲-۲- موارد کاربرد و شرایط نصب

- این نوع لوله در تمام شرایط جوی و انواع تصرف‌ها و با رعایت الزامات مربوطه و به‌صورت روکار یا توکار قابل استفاده است.
- این نوع لوله قابل استفاده داخل بتن و یا در تماس مستقیم با خاک است و در صورت استفاده از آن در محیط‌های مرطوب و محیط‌هایی که عوامل خورنده شدید وجود دارد باید متناسب با شرایط نصب با پوشش مناسب حفاظت شود.
- در صورت استفاده از لوله‌های آلومینیومی داخل بتن یا در تماس مستقیم با خاک، باید تمهیدات تکمیلی برای حفاظت لوله در برابر خوردگی پیش‌بینی شود.
- به منظور جلوگیری از بروز خوردگی گالوانیکی، لازم است تا حد امکان از اتصال رابط‌ها و وسایل فلزی غیرهمسان اجتناب شود و در صورت استفاده از لوله‌های فلزی از جنس فولاد ضدزنگ، تمام اتصالات، محفظه‌ها، قوطی‌ها و مانند آن باید از جنس فولاد ضدزنگ انتخاب شود.
- برای برش و رزوه لوله‌های فلزی باید از ابزار مناسب و استاندارد استفاده شود و پلیسه‌ها با روش مناسب اصلاح شود.
- استفاده از مغزی بسته (تمام رزوه)[2] برای اتصال دو لوله به یکدیگر مجاز نیست.
- در صورت استفاده از اتصالات غیررزوه‌ای، این اتصالات باید دارای استحکام کافی بوده و مطابق با دستورالعمل سازنده اتصالات به‌کار گرفته شود.

---
[1] Red Brass
[2] Running Threads

• به منظور پیش‌گیری از آسیب رسیدن به عایق هادی‌ها، محل ورود لوله فلزی به قوطی یا محفظه و مانند آن می‌بایست توسط بوشن مناسب حفاظت شود مگر آنکه قوطی یا جعبه به نحوی طراحی شده باشد که از آسیب رسیدن به عایق هادی‌ها جلوگیری کند.



شکل۱-۱۲- چند نمونه بوشن محافظ

۱-۶-۳- لوله‌های محافظ فلزی قابل انعطاف

۱-۶-۳-۱- الزامات عمومی

• این نوع لوله و لوازم مربوط به آن باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳-۱۱۲۱۵ ساخته شده باشد.

• در صورتی‌که از این نوع لوله برای اتصال تجهیزاتی استفاده می‌شود که به منظور جلوگیری از انتقال لرزش یا امکان جابجایی وسیله بعد از نصب نیاز به انعطاف پذیری دارد، نمی‌توان از آن به‌عنوان هادی حفاظتی استفاده نمود.

• حداقل سایز این نوع لوله ۱۶ و حداکثر ۱۰۳ انتخاب می‌شود.

۱-۶-۳-۲- موارد کاربرد و شرایط نصب

• از این نوع لوله می‌توان به‌صورت روکار یا پوشیده شده برای کاربری‌های مختلف از جمله مواردی‌که لوله‌ها از درز انقطاع/انبساط ساختمان عبور می‌کند و یا برای حفاظت کابل تغذیه موتورهای الکتریکی یا ماشین‌آلاتی که ایجاد لرزش می‌کند استفاده کرد.

• برای برش این نوع لوله باید از ابزار مناسب استفاده شود و قسمت‌های برش خورده تمیزکاری و پلیسه‌گیری شود.

۱-۶-۳-۳- موارد منع کاربرد

استفاده از لوله‌های فلزی قابل انعطاف در موارد زیر مجاز نیست:

- نصب در محیط‌های مرطوب.
- نصب در چاه آسانسور (مگر اینکه طول لوله کوتاه‌تر از ۱٫۸ متر باشد).
- نصب در باتری‌خانه‌ها.
- نصب در محیط‌های قابل انفجار (به استثنای مواردی‌که در مقررات مربوطه مجاز شمرده شده باشد).
- نصب در محیط‌هایی که به علت وجود موادی مانند روغن یا گازوئیل، ممکن است هادی نصب شده داخل لوله آسیب ببینند.
- نصب در زیر سطح زمین یا دفن شده در بتن یا شن و ماسه.
- نصب در محیط‌هایی که ممکن است لوله در معرض آسیب فیزیکی قرار بگیرد.

۱-۶-۴- لوله‌های محافظ فلزی قابل انعطاف مقاوم در برابر نفوذ مایعات

۱-۶-۴-۱- الزامات عمومی

- این نوع لوله‌های محافظ باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۱۵ ساخته شده باشد و دارای پوشش خارجی از جنس غیرفلزی و مقاوم در برابر اثرات تابش نور خورشید باشد.
- در صورتی‌که از این نوع لوله برای اتصال تجهیزاتی استفاده می‌شود که به منظور جلوگیری از انتقال لرزش یا امکان جابجایی وسیله بعد از نصب نیاز به انعطاف پذیری دارد، نمی‌توان از آن به‌عنوان هادی حفاظتی استفاده نمود.
- حداقل سایز این نوع لوله ۱۶ و حداکثر ۱۰۳ انتخاب می‌شود.

۱-۶-۴-۲- موارد کاربرد و شرایط نصب

از این نوع لوله می‌توان به‌صورت روکار یا پوشیده شده در محیط‌های زیر استفاده کرد:

- در مواردی‌که به علت شرایط نصب، بهره‌برداری و یا نگه‌داری، انعطاف پذیری یا حفاظت در برابر مایعات، بخارها و یا ذرات جامد ضروری باشد.
- در محیط‌های قابل انفجار با رعایت مقررات و الزامات مربوطه.
- به منظور دفن مستقیم در خاک در صورتی‌که برای این منظور طراحی و ساخته شده باشد.

۱-۶-۴-۳- موارد منع کاربرد

لوله‌های محافظ فلزی قابل انعطاف و مقاوم در برابر نفوذ مایعات نباید در موارد زیر به‌کار گرفته شود:

- نصب در محیط‌هایی که ممکن است لوله در معرض آسیب فیزیکی قرار بگیرد.

• در صورتی‌که برآیند دمای محیط و هادی نصب شده داخل لوله از دمای قابل تحمل ماده به‌کار رفته برای ساخت لوله بیش‌تر باشد.

۱-۶-۵- لوله‌های محافظ صلب از جنس PVC

۱-۶-۵-۱- الزامات عمومی

این نوع لوله و لوازم مربوط به آن باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱-۱۱۲۱۵ ساخته شده و با رعایت الزامات معرفی شده در این بخش مورد استفاده قرار بگیرد.

• در صورتی‌که لوله PVC خارج از سطح زمین[1] نصب می‌شود، الزاماً باید از نوع غیرخودسوز باشد.

• در صورتی‌که لوله PVC زیر سطح زمین نصب می‌شود، باید در برابر اثرات مکانیکی و همچنین عوامل خورنده و رطوبت، مقاومت کافی داشته باشد.

• حداقل سایز این نوع لوله ۱۶ و حداکثر ۱۵۵ انتخاب می‌شود.

۱-۶-۵-۲- موارد کاربرد و شرایط نصب

• نصب به‌صورت پوشیده شده در دیوارها، کف‌ها و سقف‌ها.

• در محیط‌هایی که عوامل خورنده وجود دارد یا در مکان‌هایی که در معرض مواد شیمیایی است و مقاومت لوله در مقابل این اثرات تایید شده است.

• نصب در محل‌هایی که با پوکه معدنی[2] پر می‌شود.

• نصب در محیط‌های مرطوب و یا محیط‌هایی که دیوارهای آن غالباً شسته می‌شود. در این موارد لازم است تمام سیستم لوله‌گذاری و اتصالات مربوطه به نحوی نصب شود که از ورود آب به داخل آن جلوگیری شود. همچنین تمام نگه‌دارنده‌ها، پیچ‌ها، بست‌ها، مهره‌ها و مانند آن باید از نوع مقاوم در برابر خوردگی انتخاب شود.

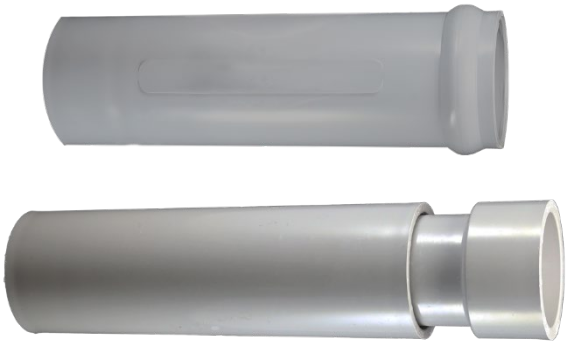
• نصب در محیط‌های خشک و نمناک با رعایت مفاد بند ۱-۹-۵.

• نصب به‌صورت روکار (در صورتی‌که لوله در معرض آسیب‌های فیزیکی است، باید متناسب با این محیط طراحی و ساخته شده باشد).

• نصب در زیر سطح زمین (در صورتی‌که لوله به‌صورت دفن مستقیم در خاک نصب شود باید متناسب با این کاربری طراحی و ساخته شده باشد و الزامات و مقررات مربوط به نصب آن رعایت شود).

[1] Above Ground
[2] Cinder

- در صورتی‌که از لوله PVC برای عبور سیم یا کابل با دمای قابل تحمل بیش از مقدار تحمل لوله PVC استفاده می‌شود، بهره‌برداری از سیم یا کابل باید به نحوی باشد که دمای عملکرد آن از دمای قابل تحمل لوله تجاوز نکند.
- برای برش این نوع لوله باید از ابزار مناسب استفاده شود و قسمت‌های برش خورده تمیزکاری و لبه‌های آن اصلاح شود.
- این نوع لوله‌ها باید به نحوی نصب شود که جابجایی آن بر اثر انبساط و انقباض ناشی از تغییرات دمای محیط نصب امکان پذیر باشد.
- در صورتی‌که به علت تغییرات دمایی محیط نصب لوله، مقدار کاهش یا افزایش طول لوله نصب شده بین دو جعبه یا اتصالات لوله و مانند آن که در جای خود ثابت شده است بیش از ۶ میلی‌متر باشد، اتصال یک یا چند واسط انبساط در مسیر لوله ضروری است.



شکل۱-۱۳- نمونه واسط انبساط لوله محافظ PVC

- مقدار تغییر طول لوله PVC در اثر تغییر دما برحسب میلی‌متر در هر متر در جدول (۱-۱۲) معرفی شده است.

جدول۱-۱۲- مشخصه انبساط لوله محافظ PVC با ضریب انبساط 6.084×10^{-5} mm/mm/°C

تغییر دما (بر حسب درجه سلسیوس)	تغییر طول لوله محافظ PVC (بر حسب میلی‌متر در هر متر)
۵	۰٫۳۰
۱۰	۰٫۶۱
۱۵	۰٫۹۱
۲۰	۱٫۲۲
۲۵	۱٫۵۲
۳۰	۱٫۸۳
۳۵	۲٫۱۳
۴۰	۲٫۴۳

- به منظور پیش‌گیری از آسیب رسیدن به عایق هادی‌ها، محل ورود لوله PVC به قوطی یا محفظه و مانند آن می‌بایست توسط بوشن یا اتصال مناسب حفاظت شود مگر آنکه قوطی یا جعبه به نحوی طراحی شده باشد که از آسیب رسیدن به عایق هادی‌ها جلوگیری کند.
- تمام اتصالات لوله به سایر لوله‌ها یا جعبه‌ها و مانند آن باید با روش مناسب و رعایت الزامات فنی و دستورالعمل نصب لوله‌ها انجام شود.

۱-۶-۵-۳- موارد منع کاربرد

- استفاده در محیط‌های قابل انفجار مگر اینکه در مقررات مربوطه مجاز شمرده شده باشد و با رعایت الزامات آن نصب شود.
- استفاده به‌عنوان نگه‌دارنده چراغ‌ها و دیگر وسایل برقی مشابه.
- استفاده در مواردی‌که لوله در معرض صدمات فیزیکی قرار دارد مگر اینکه برای همین منظور ساخته شده باشد.
- استفاده در مواردی‌که دمای محیط از ۵۰ درجه سلسیوس بیش‌تر است مگر اینکه برای همین منظور ساخته شده باشد.
- استفاده به صورت روکار در تصرف‌های عمومی مانند سینما، سالن کنفرانس، موزه،کتابخانه، مسجد، رستوران و مانند آن.

۱-۶-۶- لوله‌های محافظ صلب از جنس پلی‌اتیلن سنگین[1]

۱-۶-۶-۱- الزامات عمومی

این نوع لوله و لوازم مربوط به آن باید مطابق با استانداردهای ملی ایران به شماره ۲۱-۱۱۲۱۵ و ۲۴-۱۱۲۱۵ساخته شده و با رعایت الزامات معرفی شده در این بخش مورد استفاده قرار بگیرد.

- حداقل سایز این نوع لوله ۱۶ و حداکثر ۱۵۵ انتخاب می‌شود.

۱-۶-۶-۲- موارد کاربرد و شرایط نصب

- استفاده در محیط‌هایی که لوله در تماس مواد خورنده یا در معرض صدمات فیزیکی قرار دارد.
- نصب در محل‌هایی که با پوکه معدنی پر می‌شود.
- نصب به‌صورت دفن مستقیم در خاک یا بتن.

[1] High Density Polyethylene

- در صورتی‌که از لوله پلی‌اتیلن سنگین برای عبور سیم یا کابل با دمای قابل تحمل بیش از مقدار تحمل لوله استفاده می‌شود، بهره‌برداری از سیم یا کابل باید به نحوی باشد که دمای عملکرد آن از دمای قابل تحمل لوله تجاوز نکند.
- برای برش این نوع لوله باید از ابزار مناسب استفاده شود و قسمت‌های برش خورده تمیزکاری و لبه‌های آن اصلاح شود.
- به منظور پیش‌گیری از آسیب رسیدن به عایق هادی‌ها، محل ورود لوله به قوطی یا محفظه و مانند آن می‌بایست توسط بوشن یا اتصال مناسب حفاظت شود مگر آنکه قوطی یا جعبه به نحوی طراحی شده باشد که از آسیب رسیدن به عایق هادی‌ها جلوگیری کند.
- تمام اتصالات لوله به سایر لوله‌ها یا جعبه‌ها و مانند آن باید با روش مناسب و رعایت الزامات فنی و دستورالعمل نصب لوله‌ها انجام شود.

۱-۶-۶-۳- موارد منع کاربرد

- نصب به‌صورت نمایان.
- نصب داخل ساختمان.
- نصب بالای سطح زمین (مگر اینکه اطراف لوله توسط حداقل ۵ سانتی‌متر بتن احاطه شده باشد).
- استفاده در محیط‌های قابل انفجار مگر اینکه در مقررات مربوطه مجاز شمرده شده باشد و با رعایت الزامات آن نصب شود.
- استفاده در مواردی‌که دمای محیط از ۵۰ درجه سلسیوس بیش‌تر است مگر اینکه برای همین منظور ساخته شده باشد.

۱-۶-۷- لوله‌های محافظ غیرفلزی خرطومی

۱-۶-۷-۱- الزامات عمومی

این نوع لوله و لوازم مربوط به آن باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳-۱۱۲۱۵ و از نوع غیرخودسوز و مقاوم در برابر رطوبت و عوامل شیمیایی ساخته شده و با رعایت الزامات معرفی شده در این بخش مورد استفاده قرار بگیرد.

- حداقل سایز این نوع لوله ۱۶ و حداکثر ۶۳ انتخاب می‌شود.

۱-۶-۷-۲- موارد کاربرد و شرایط نصب

- نصب به‌صورت نمایان یا پوشیده شده داخل دیوار، سقف یا کف در ساختمان‌های حداکثر ۳ طبقه از سطح زمین.

• نصب به‌صورت پوشیده شده داخل دیوار، سقف یا کف ساختمان‌های بیش از ۳ طبقه از سطح زمین مشروط بر اینکه توسط مصالح قابل اشتعال یا غیرقابل اشتعال با حداقل مقاومت حرارتی ۱۵ دقیقه پوشیده شده باشد.

• نصب به‌صورت نمایان یا پوشیده شده داخل دیوار، سقف یا کف در ساختمان‌هایی که تمام طبقات آن مجهز به سیستم خودکار اطفای حریق (اسپرینکلر) باشد.

• نصب در محیط‌هایی که لوله در معرض عوامل خورنده و شیمیایی قرار دارد و لوله مخصوصاً برای این منظور طراحی و ساخته شده است.

• نصب در بالای سقف کاذب مشروط بر اینکه سقف کاذب بتواند حداقل مقاومت حرارتی ۱۵ دقیقه را تامین کند.

• نصب در محیط‌های مرطوب داخل ساختمان مشروط بر اینکه اتصالات مخصوص این محیط‌ها به‌کار گرفته شود.

• در صورتی‌که از لوله غیرفلزی خرطومی برای عبور سیم یا کابل با دمای قابل تحمل بیش از مقدار تحمل لوله استفاده می‌شود، بهره‌برداری از سیم یا کابل باید به نحوی باشد که دمای عملکرد آن از دمای قابل تحمل لوله تجاوز نکند.

• به منظور پیش‌گیری از آسیب رسیدن به عایق هادی‌ها، محل ورود لوله به قوطی یا محفظه و مانند آن می‌بایست توسط بوشن یا اتصال مناسب حفاظت شود مگر آنکه قوطی یا جعبه به نحوی طراحی شده باشد که از آسیب رسیدن به عایق هادی‌ها جلوگیری کند.

• تمام اتصالات لوله به سایر لوله‌ها یا جعبه‌ها و مانند آن باید با روش مناسب و رعایت الزامات فنی و دستورالعمل نصب لوله‌ها انجام شود.

۱-۶-۷-۳- موارد منع کاربرد

• استفاده در محیط‌های قابل انفجار مگر اینکه در مقررات مربوطه مجاز شمرده شده باشد و با رعایت الزامات آن نصب شود.

• استفاده به‌عنوان نگه‌دارنده چراغ‌ها و دیگر وسایل برقی مشابه.

• نصب به‌صورت دفن مستقیم در خاک.

• استفاده در مواردی‌که دمای محیط از ۵۰ درجه سلسیوس بیش‌تر است مگر اینکه برای همین منظور ساخته شده باشد.

• نصب در محیطی که لوله در معرض تابش مستقیم نور خورشید قرار دارد مگر اینکه برای این منظور طراحی و ساخته شده باشد.

• نصب در محیط‌هایی که ممکن است در معرض آسیب فیزیکی قرار بگیرد.

• استفاده در تصرف‌های عمومی مانند سینما، سالن کنفرانس، موزه،کتابخانه، مسجد، رستوران و مانند آن مگر اینکه اطراف لوله توسط حداقل ۵ سانتی‌متر بتن احاطه شده باشد و تصرف ذکر شده مطابق با مقررات مربوطه الزام به مقاومت در برابر حریق نداشته باشد.

۱-۷- الزامات و موارد کاربرد سامانه‌های داکت و ترانک

۱-۷-۱- الزامات عمومی

سامانه‌های داکت و ترانک باید مطابق با بخش‌های مختلف استاندارد ملی ایران به شماره ۱۵۵۵۹ ساخته شده و با رعایت الزامات معرفی شده در این بخش مورد استفاده قرار بگیرد.

۱-۷-۲- شرایط انتخاب و نصب

• داکت و ترانک باید طوری طراحی و ساخته شود که در صورت نیاز، نسبت به هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها و سایر تجهیزات الکتریکی محتمل درون خود، حفاظت مکانیکی قابل اعتمادی را فراهم کند. در صورت نیاز، این سیستم باید حفاظت الکتریکی کافی را نیز فراهم کند.

• اجزای سیستم باید تنش‌های احتمالی که تحت حداقل دمای طبقه‌بندی شده برای انبارش، حمل و نقل، نصب و بهره‌برداری و بیشینه دما برای بهره‌برداری، نصب و به کارگیری جدول(۱-۴) به وقوع می‌پیوندد را تحمل کند.

• داکت و ترانک باید طوری طراحی شود که وقتی نصب شده و با ماژول‌ها و/یا سایر تجهیزات الکتریکی جفت می‌شوند، در استفاده عادی، قسمت‌های برق‌دار آن‌ها قابل دسترس نباشد.

• اجزای غیرفلزی سیستم و اجزای کامپوزیتی سیستم که ممکن است به دلیل اثرات الکتریکی و فرسایش، در معرض حرارت غیر عادی قرار بگیرند که موجب اختلال در ایمنی سیستم شوند، نباید شروع کننده آتش باشند و همچنین نباید به طور فعال در آتش مشارکت داشته باشند.

• هیچ سطح یا لبه‌ای نباید به هادی‌های عایق‌دار یا کابل‌ها آسیب برساند.

• پیچ‌ها یا سایر قطعات محکم کننده دیگر باید طوری محکم شوند که به هادی‌های عایق‌دار یا کابل‌ها آسیبی وارد نکنند.

• قسمت‌های رسانای قابل دسترس داکت و ترانک که مطابق با دستورالعمل سازنده نصب شده است و احتمال برق‌دار شدن آن‌ها در صورت بروز عیب عایقی وجود دارد، باید دارای تمهیداتی برای اتصال قابل اطمینان به زمین باشند.

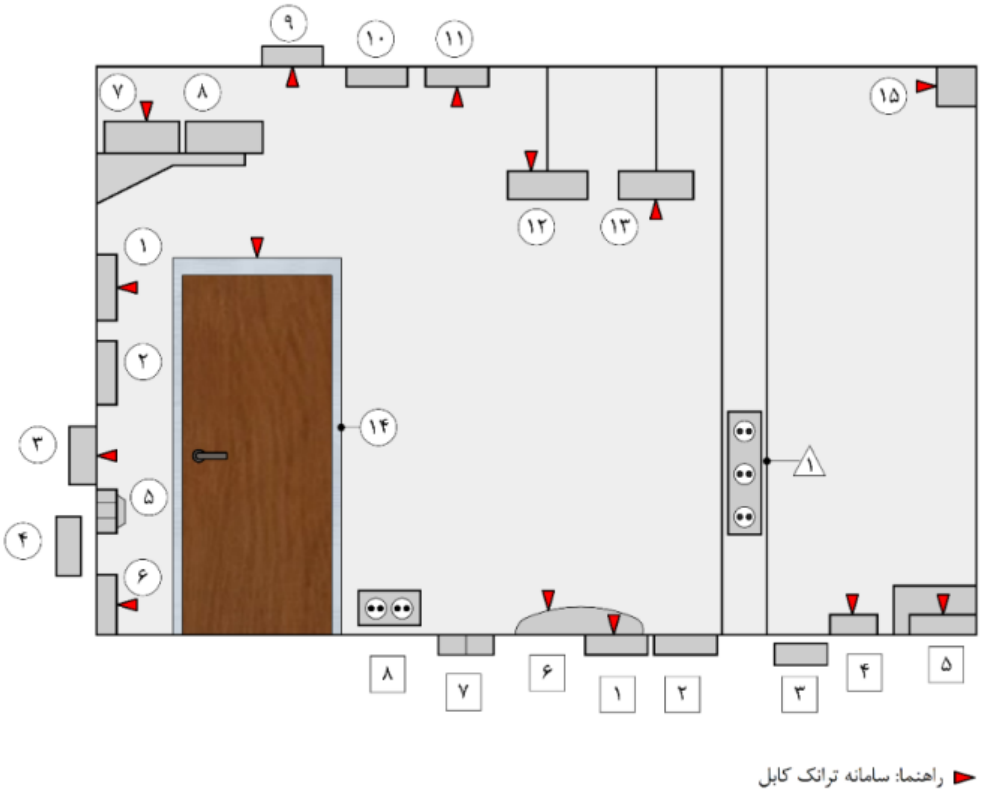
• امکان استفاده از داکت یا ترانک برای هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده می بایست توسط سازنده اظهار شود.

• ترانکینگ‌ها اعم از فلزی یا پلاستیکی، توکار و یا روکار، باید مجهز به جعبه تقسیم‌ها، جعبه انشعاب‌ها، قطعات اتصالی و انتهایی و انواع زانوها (داخلی و خارجی) و سه‌راهه‌ها و چهارراهه‌های مناسب و مخصوص به خود باشند.

• ترانکینگ‌هایی که از داخل آن‌ها علاوه بر سیم‌کشی‌های مربوط به قدرت، سیم‌کشی‌های تاسیسات جریان ضعیف نیز عبور می‌کند، باید حداقل به یک دیواره جداکننده دو نوع سیم‌کشی مجهز باشند و این جدایی باید در سراسر مسیر، جعبه تقسیم‌ها، جعبه انشعاب‌ها وغیره برقرار باقی بماند.

• ترانکینگ‌های فلزی باید به پیچ‌های مخصوص پیوستگی الکتریکی بدنه مجهز باشند و در سراسر سیستم مجرا، بدنه‌ها به طور کامل به یکدیگر متصل و همگی به هادی حفاظتی تابلوی مربوط همبند گردند.

• کاربری سیستم‌های ترانک و سیستم‌های داکت مطابق با شکل (۱-۱۴) نمایش داده شده است.



شکل۱-۱۴- انواع و کاربرد سامانه‌های ترانک و داکت

جدول۱-۱۳- انواع سامانه‌های ترانک کابل و داکت کابل نشان داده شده در شکل (۱-۱۴)

شماره‌های شکل (۱-۱۴)		نوع	برای	نحوه نصب
درون دایره	۱، ۷، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵	سامانه ترانک کابل	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها	روکار دیوار و سقف، نصب روی دیوارها به‌صورت افقی یا قائم، آویز سقف
	۵	سامانه ترانک کابل	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها، ماژول‌ها (کلیدها، پریزها، کلیدهای قدرت و غیره)	روکار دیوار و سقف، نصب روی دیوارها به‌صورت افقی یا قائم
	۳، ۹	سامانه ترانک کابل	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها	هم‌سطح دیوار و سقف، نصب درون دیوارها به‌صورت افقی یا قائم
	نشان داده نشده	سامانه ترانک کابل	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها، ماژول‌ها (کلیدها، پریزها، کلیدهای قدرت و غیره)	هم‌سطح دیوار و سقف، نصب درون دیوارها به‌صورت افقی یا قائم
	۶	سامانه ترانک کابل قرنیزی	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها	روکار دیوار و سقف
	نشان داده نشده	سامانه ترانک کابل قرنیزی	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها، ماژول‌ها (کلیدها، پریزها، کلیدهای قدرت و غیره)	روکار دیوار و سقف
	۲، ۸، ۱۰	سامانه داکت کابل	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها	روکار دیوار و سقف، نصب روی دیوارها به‌صورت افقی یا قائم، آویز سقف
	۴	سامانه داکت کابل	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها	تعبیه شده درون دیوار و سقف، درون دیوارها به‌صورت افقی یا قائم
درون مربع	۱	سامانه ترانک کابل	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها	هم‌سطح کف
	۴، ۶	سامانه ترانک کابل	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها	روکار کف
	۵	سامانه ترانک کابل	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها	کف کاذب
	۲	سامانه داکت کابل	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها	هم‌سطح کف
	۳	سامانه داکت کابل	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها	تعبیه شده درون کف
	۷	واحد پریز[1]	وسایل برقی[2]	هم‌سطح کف
	۸	واحد پریز	وسایل برقی	روکار کف
درون مثلث	۱	ستون پریز	هادی‌های عایق‌دار، کابل‌ها، ماژول‌ها (کلیدها، پریزها، کلیدهای قدرت و غیره)	بین سقف و کف

[1] Service Unit
[2] Apparatus

۱-۸- انتخاب ظرفیت

۱-۸-۱- انتخاب ظرفیت لوله‌ها

تعداد مجاز هادی‌ها در هر لوله بستگی به درصد سطح مقطع اشغال شده از لوله به‌وسیله هادی‌ها دارد و نباید از مقادیر معرفی شده در این بخش تجاوز کند.

انتخاب اندازه لوله‌ها باید با توجه به قطر داخلی لوله و تعداد خم‌های موجود در آن، به گونه‌ای انجام شود که سیم‌کشی و کابل‌کشی به آسانی صورت‌گرفته و هیچ صدمه و آسیبی به سیم‌ها و کابل‌ها و عایق بندی آن وارد نشود.

مقادیر معرفی شده در این بخش بر اساس شرایط عادی سیم‌کشی، با توجه به طول نرمال کشش سیم‌ها یا کابل‌ها و تعداد خم‌های مجاز درنظر گرفته شده است. بدیهی است که در سایر موارد باید اندازه لوله و تعداد سیم‌ها و کابل‌ها متناسب با شرایط کار و با رعایت دستورالعمل‌های معتبر ارایه شده توسط تولید کننده لوله‌ها انتخاب شود.

۱-۸-۱-۱- انتخاب سایز لوله محافظ در مسیر مستقیم تا ۳ متر

سایز لوله محافظ در مسیرهای مستقیم و کوتاه (تا ۳ متر) با توجه به حداکثر تعداد هادی داخل لوله براساس ضریب هادی ارایه شده در جدول (۱-۱۴) و ضریب لوله ارایه شده در جدول (۱-۱۵) انتخاب می‌شود.

برای این منظور، حاصل جمع ضریب هادی‌های مورد نظر با استفاده از جدول (۱-۱۴) محاسبه و عدد به دست آمده با ضرایب لوله درج شده در جدول (۱-۱۵) مقایسه می‌شود. حداقل سایز لوله انتخاب شده باید دارای ضریب مساوی یا بزرگ‌تر از مجموع ضریب هادی‌ها باشد.

جدول۱-۱۴- ضریب هادی برای استفاده درون لوله در مسیرهای کوتاه

نوع هادی	سطح مقطع هادی (میلی‌مترمربع)	ضریب هادی
مفتولی	۱	۲۲
	۱٫۵	۲۷
	۲٫۵	۳۹
افشان	۱٫۵	۳۱
	۲٫۵	۴۳
	۴	۵۸
	۶	۸۸
	۱۰	۱۴۶
	۱۶	۲۰۲
	۲۵	۳۸۵

جدول۱-۱۵- ضریب لوله برای استفاده در مسیرهای کوتاه

قطر نامی لوله (میلی‌متر)	ضریب لوله
۱۶	۲۹۰
۲۰	۴۶۰
۲۵	۸۰۰
۳۲	۱۴۰۰
۳۸	۱۹۰۰
۵۰	۳۵۰۰
۶۳	۵۶۰۰

۱-۸-۱-۲- انتخاب سایز لوله محافظ در مسیر بیش از ۳ متر

سایز لوله محافظ در مسیرهای مستقیم بیش از ۳ متر و یا مسیرهای دارای یک یا چند خم با توجه به حداکثر تعداد هادی داخل لوله براساس ضریب هادی ارایه شده در جدول (۱-۱۶) و ضریب لوله ارایه شده در جدول (۱-۱۷) انتخاب می‌شود.

برای این منظور، حاصل جمع ضریب هادی‌های مورد نظر با استفاده از جدول (۱-۱۶) محاسبه و عدد به دست آمده با ضرایب لوله درج شده در جدول (۱-۱۷) مقایسه می‌شود. حداقل سایز لوله انتخاب شده باید دارای ضریب مساوی یا بزرگ‌تر از مجموع ضریب هادی‌ها باشد.

جدول۱-۱۶- ضریب هادی برای استفاده درون لوله در مسیرهای بلند و یا دارای خم

نوع هادی	سطح مقطع هادی (میلی‌مترمربع)	ضریب هادی
مفتولی یا افشان	۱	۱۶
	۱٫۵	۲۲
	۲٫۵	۳۰
	۴	۴۳
	۶	۵۸
	۱۰	۱۰۵
	۱۶	۱۴۵
	۲۵	۲۱۷

جدول۱-۱۷- ضریب لوله برای استفاده در مسیرهای بلند یا دارای خم

طول مسیر لوله (m)	قطر لوله محافظ (mm)																			
	۱۶	۲۰	۲۵	۳۲	۱۶	۲۰	۲۵	۳۲	۱۶	۲۰	۲۵	۳۲	۱۶	۲۰	۲۵	۳۲	۱۶	۲۰	۲۵	۳۲
	مسیر مستقیم				یک خم				دو خم				سه خم				چهار خم			
۱					۱۸۸	۳۰۳	۵۴۳	۹۴۷	۱۷۷	۲۸۶	۵۱۴	۹۰۰	۱۵۸	۲۵۶	۴۶۳	۸۱۸	۱۳۰	۲۱۳	۳۸۸	۶۹۲
۱٫۵					۱۸۲	۲۹۴	۵۲۸	۹۲۳	۱۶۷	۲۷۰	۴۸۷	۸۵۷	۱۴۳	۲۳۳	۴۲۲	۷۵۰	۱۱۱	۱۸۲	۳۳۳	۶۰۰
۲					۱۷۷	۲۸۶	۵۱۴	۹۰۰	۱۵۸	۲۵۶	۴۶۳	۸۱۸	۱۳۰	۲۱۳	۳۸۸	۶۹۲	۹۷	۱۵۹	۲۹۲	۵۲۹
۲٫۵					۱۷۱	۲۷۸	۵۰۰	۸۷۸	۱۵۰	۲۴۴	۴۴۲	۷۸۳	۱۲۰	۱۹۶	۳۵۸	۶۴۳	۸۶	۱۴۱	۲۶۰	۴۷۴
۳					۱۶۷	۲۷۰	۴۸۷	۸۵۷	۱۴۳	۲۳۳	۴۲۲	۷۵۰	۱۱۱	۱۸۲	۳۳۳	۶۰۰				
۳٫۵	۱۷۹	۲۹۰	۵۲۱	۹۱۱	۱۶۲	۲۶۳	۴۷۵	۸۳۷	۱۳۶	۲۲۲	۴۰۴	۷۲۰	۱۰۳	۱۶۹	۳۱۱	۵۶۳				
۴	۱۷۷	۲۸۶	۵۱۴	۹۰۰	۱۵۸	۲۵۶	۴۶۳	۸۱۸	۱۳۰	۲۱۳	۳۸۸	۶۹۲	۹۷	۱۵۹	۲۹۲	۵۲۹				
۴٫۵	۱۷۴	۲۸۲	۵۰۷	۸۸۹	۱۵۴	۲۵۰	۴۵۲	۸۰۰	۱۲۵	۲۰۴	۳۷۳	۶۶۷	۹۱	۱۴۹	۲۷۵	۵۰۰				
۵	۱۷۱	۲۷۸	۵۰۰	۸۷۸	۱۵۰	۲۴۴	۴۴۲	۷۸۳	۱۲۰	۱۹۶	۳۵۸	۶۴۳	۸۶	۱۴۱	۲۶۰	۴۷۴				
۶	۱۶۷	۲۷۰	۴۸۷	۸۵۷	۱۴۳	۲۳۳	۴۲۲	۷۵۰	۱۱۱	۱۸۲	۳۳۳	۶۰۰								
۷	۱۶۲	۲۶۳	۴۷۵	۸۳۷	۱۳۶	۲۲۲	۴۰۴	۷۲۰	۱۰۳	۱۶۹	۳۱۱	۵۶۳								
۸	۱۵۸	۲۵۶	۴۶۳	۸۱۸	۱۳۰	۲۱۳	۳۸۸	۶۹۲	۹۷	۱۵۹	۲۹۲	۵۲۹								
۹	۱۵۴	۲۵۰	۴۵۲	۸۰۰	۱۲۵	۲۰۴	۳۷۳	۶۶۷	۹۱	۱۴۹	۲۷۵	۵۰۰								
۱۰	۱۵۰	۲۴۴	۴۴۲	۷۸۳	۱۲۰	۱۹۶	۳۵۸	۶۴۳	۸۶	۱۴۱	۲۶۰	۴۷۴								

۱-۸-۱-۳- انتخاب سایز لوله محافظ هادی‌های جریان ضعیف

حداکثر تعداد مجاز هادی‌های جریان ضعیف (تلفن، زنگ و مانند آن) در لوله‌های فولادی عایق‌دار، بدون عایق و پلاستیکی سخت برحسب سطح مقطع و یا قطر هادی‌ها و قطر داخلی لوله‌ها باید مطابق با جدول (۱-۱۸) باشد.

جدول۱-۱۸- حداکثر تعداد مجاز هادی‌های جریان ضعیف درلوله‌های فولادی عایق‌دار، بدون عایق و پلاستیکی سخت

فولادی بدون عایق یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایق‌دار ۱۶ میلی‌متر	فولادی بدون عایق یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایق‌دار ۲۰ میلی‌متر	فولادی بدون عایق یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایق‌دار ۲۵ میلی‌متر	فولادی بدون عایق یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایق‌دار ۳۲ میلی‌متر	فولادی بدون عایق یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایق‌دار ۴۰ میلی‌متر	فولادی بدون عایق یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایق‌دار ۵۰ میلی‌متر
۰٫۶mm) تا ۰٫۸) ۸ تا ۱۰	۰٫۶mm) تا ۰٫۸) ۱۲ تا ۱۴	۲۰×۰٫۸mm	۲۶×۰٫۸mm	۳۴×۰٫۸mm	۴۸×۰٫۸mm
-	$۲×۱٫۵mm^۲$ ۳×۰٫۶mm	$۲×۱٫۵mm^۲$ ۶×۰٫۶mm	$۲×۱٫۵mm^۲$ ۱۴×۰٫۸mm	$۲×۱٫۵mm^۲$ ۳۰×۰٫۶mm	$۲×۱٫۵mm^۲$ ۴۲×۰٫۶mm
-	$۲×۲٫۵mm^۲$ ۲×۰٫۶mm	$۲×۲٫۵mm^۲$ ۳×۰٫۶mm	$۲×۲٫۵mm^۲$ ۹×۰٫۶mm	$۲×۱٫۵mm^۲$ ۲۶×۰٫۶mm	$۲×۲٫۵mm^۲$ ۳۶×۰٫۶mm
یادآوری- در هریک از موارد مندرج در جدول فوق، کشیدن یک سیم زمین نیز مجاز است.					

۱-۸-۲- انتخاب ظرفیت ترانک

سایز ترانک با توجه به حداکثر تعداد هادی داخل ترانک براساس ضریب هادی ارایه شده در جدول (۱-۱۹) و ضریب ترانک ارایه شده در جدول (۱-۲۰) انتخاب می‌شود.

برای این منظور، حاصل جمع ضریب هادی‌های مورد نظر با استفاده از جدول (۱-۱۹) محاسبه و عدد به دست آمده با ضرایب ترانک درج شده در جدول (۱-۲۰) مقایسه می‌شود. حداقل سایز ترانک انتخاب شده باید دارای ضریب مساوی یا بزرگ‌تر از مجموع ضریب هادی‌ها باشد.

جدول۱-۱۹- ضریب هادی برای استفاده درون ترانک

نوع هادی	سطح مقطع هادی (میلی‌مترمربع)	ضریب هادی
مفتولی	۱٫۵	۸٫۰
	۲٫۵	۱۱٫۹
افشان	۱٫۵	۸٫۶
	۲٫۵	۱۲٫۶
	۴	۱۶٫۶
	۶	۲۱٫۲
	۱۰	۳۵٫۳
	۱۶	۴۷٫۸
	۲۵	۷۳٫۹

جدول۱-۲۰- ضریب ترانک

ضریب	ابعاد ترانک (mm × mm)	ضریب	ابعاد ترانک (mm × mm)
۸۵۷۲	۲۰۰ × ۱۰۰	۷۶۷	۵۰ × ۳۸
۱۳۰۰۱	۲۰۰ × ۱۵۰	۱۰۳۷	۵۰ × ۵۰
۱۷۴۲۹	۲۰۰ × ۲۰۰	۷۳۸	۷۵ × ۲۵
۳۴۷۴	۲۲۵ × ۳۸	۱۱۴۶	۷۵ × ۳۸
۴۶۷۱	۲۲۵ × ۵۰	۱۵۵۵	۷۵ × ۵۰
۷۱۶۷	۲۲۵ × ۷۵	۲۳۷۱	۷۵ × ۷۵
۹۶۶۲	۲۲۵ × ۱۰۰	۹۹۳	۱۰۰ × ۲۵
۱۴۶۵۲	۲۲۵ × ۱۵۰	۱۵۴۲	۱۰۰ × ۳۸
۱۹۶۴۳	۲۲۵ × ۲۰۰	۲۰۹۱	۱۰۰ × ۵۰
۲۲۱۳۸	۲۲۵ × ۲۲۵	۳۱۸۹	۱۰۰ × ۷۵
۴۶۴۸	۳۰۰ × ۳۸	۴۲۵۲	۱۰۰ × ۱۰۰
۶۲۵۱	۳۰۰ × ۵۰	۲۹۹۹	۱۵۰ × ۳۸
۹۵۹۰	۳۰۰ × ۷۵	۳۰۹۱	۱۵۰ × ۵۰
۱۲۹۲۹	۳۰۰ × ۱۰۰	۴۷۴۳	۱۵۰ × ۷۵
۱۹۶۰۷	۳۰۰ × ۱۵۰	۶۳۹۴	۱۵۰ × ۱۰۰
۲۶۲۸۵	۳۰۰ × ۲۰۰	۹۶۹۷	۱۵۰ × ۱۵۰
۲۹۶۲۴	۳۰۰ × ۲۲۵	۳۰۸۲	۲۰۰ × ۳۸
۳۹۴۲۸	۳۰۰ × ۳۰۰	۴۱۱۵	۲۰۰ × ۵۰
-		۶۳۵۹	۲۰۰ × ۷۵

۱-۹- اصول و روش‌های نصب لوله‌های برق

۱-۹-۱- معیارهای عمومی نصب مجاری و لوله‌های برق

- تمامی سیم‌کشی‌های داخلی ساختمان‌ها، اعم از روکار یا توکار، باید در داخل لوله‌های مخصوص برق یا مجاری ویژه این کار (مانند ترانکینگ‌ها) و متناسب با شرایط محیطی معرفی شده در این فصل اجرا شود.
- استفاده از انواع لوله‌های پلی‌آمید به دلیل قابل اشتعال بودن آن‌ها در کاربردهای برق ممنوع است.
- تمامی لوله‌گذاری‌های برق باید از تابلوی برق مربوطه شروع و به جعبه تقسیم یا جعبه کلید و پریز ختم شوند، باقی‌گذاردن سر لوله به طور آزاد و یا استفاده از سر چپقی برای ختم لوله مجاز نیست.
- برای اجرای انشعاب‌ها، خم‌ها، زانوها، سه یا چهار راهه‌ها و غیره باید از وسایل و متعلقات استاندارد و مخصوص آن لوله یا مجرا استفاده شود.
- اندازه‌ی لوله‌ها باید با توجه به قطر داخلی آن‌ها با احتساب تعداد سیم‌ها، قطر آن‌ها، طول لوله و تعداد خم‌های موجود در آن به نحوی انتخاب شود که انجام سیم‌کشی بدون مصرف نیروی بیش از حد امکان پذیر بوده و در عایق بندی سیم‌ها ساییدگی یا پارگی ایجاد نشود.
- طول لوله مستقیم بین نقاط دسترسی نباید از ۲۵ متر تجاوز کند. اگر مسیر لوله شامل چند خم نیز باشد طول لوله نباید از ۱۵ متر تجاوز کند.
- در طول هر قسمت از لوله‌گذاری بین دو جعبه تقسیم، نباید بیش از ۴ خم ۹۰ درجه (مجموع ۳۶۰ درجه) وجود داشته باشد. در غیر این‌صورت باید از جعبه کششی در محل مناسب استفاده شود.
- تمامی مجاری و لوله‌ها باید از یک نقطه اتصال تا نقطه اتصال دیگر (جعبه تقسیم به جعبه تقسیم یا پریز به پریز و مانند آن) به‌صورت پیوسته امتداد یابد.
- تمام لوله‌های روکار و یا توکار باید موازی یا عمود با خط الراس دیوارها و سقف، به صورت منظم نصب شود.
- فواصل لوله‌ها از یکدیگر باید مساوی بوده و شعاع خمش لوله‌ها یکسان باشد.
- لوله‌کشی افقی و عمودی در دیوارها مجاز است اما لوله‌کشی مورب در دیوارها مجاز نیست.
- توصیه می‌شود رنگ لوله‌های فشار ضعیف، سیستم اعلام حریق، شبکه کامپیوتر و سایر سیستم‌های جریان ضعیف جهت شناسایی راحت‌تر، متفاوت باشد.
- به منظور جلوگیری از آسیب رسیدن به لوله در مواردی‌که لوله‌های برق از درز انبساط ساختمان عبور می‌کند باید از لوله‌های خرطومی (قابل انعطاف) استفاده کرد. اتصال لوله باید با استفاده از اتصالات مجاز مورد تایید سازنده لوله‌ها انجام شود.



شکل۱-۱۵- نمونه قطعه واسط قابل انعطاف

• دهانه ورودی لوله‌هایی که از ساختمان خارج و یا به ساختمان وارد می‌شوند باید به طریق موثری در برابر نفوذ آب و مایعات مسدود شود.

• تمام لوله‌ها و مجاری و جعبه‌ها و مانند آن باید در جریان نصب به طریق مناسب و به طور موقت مسدود شود تا از ورود مصالح ساختمانی و مواد خارجی مشابه به داخل آن جلوگیری شود.



شکل۱-۱۶- نمونه قطعه مسدود کننده لوله محافظ

• لوله‌ها باید در هنگام نصب خالی باشد و سیم‌ها یا کابل‌ها پس از پایان لوله‌گذاری به داخل آن هدایت شود.

• حداقل فاصله بین لوله‌های برق و سایر لوله‌های تاسیساتی توکار از قبیل آب، بخار، گاز و امثال آن باید ۱۰ سانتی‌متر باشد. حداقل فاصله سیم‌کشی روکار از لوله گاز ۵ سانتی‌متر است.

• در مسیر لوله‌گذاری روکار و یا توکار در هر نقطه اتصال چراغ، کلید، پریز و مانند آن باید یک جعبه متناسب با مورد کاربرد نصب شود.

• تغییر نوع لوله (مانند فولادی به پلاستیکی) بدون تعبیه نوعی جعبه در محل تغییر، مجاز نیست.

• جعبه‌های اتصال و جعبه تقسیم‌های فلزی مخصوص کشش، باید با مهره قفل‌شو یا بوشن متناسب با نوع لوله‌گذاری به لوله متصل شوند و دقت کافی به عمل آید که رزوه‌های سر لوله به قدرکافی به داخل جعبه وارد گردند تا فاصلهٔ لازم برای نصب بوشن یا مهره قفل شونده و تامین اتصال الکتریکی محکم با جعبه مربوط وجود داشته باشد.

• در مواردی‌که لازم است لوله توسط مهره قفل‌شو به قوطی متصل شود و یا به‌وسیله بوشن محافظت شود استفاده از قوطی‌های مدور مجاز نیست.

• لوله‌های محافظ فلزی، جعبه‌های تقسیم و کشش، تابلوها، کابل‌های زره‌دار و لوازم لوله‌گذاری مربوط، باید به سیستم زمین اتصال داده شوند.

• در لوله‌گذاری فلزی، تمام اتصالات اعم از لوله و جعبه‌ها وسایر لوازم مربوط باید به نحوی انجام شود که اتصال موثر الکتریکی تحقق پذیرد.

• لوله‌هایی که به جعبه‌های تقسیم و یا کشش، تابلوها، کابینت‌ها و مانند آن ختم می‌شود، باید به طریق مقتضی، نام‌گذاری شود که ردیابی آن‌ها در موقع بهره‌برداری ممکن باشد.

• در مواردی‌که لوله‌های برق از زیر دیوار یا کف بتنی و یا از زیر پارتیشن عبور می‌کند، باید قبل از دیوارکشی یا بتن‌ریزی بر حسب محل عبور لوله اصلی، لوله‌های حفاظت کننده از نوع فلزی، یا سیمانی پیش بینی و نصب شود.

• ورودی لوله‌هایی که از زیر دیوار خارجی عبور می‌کند باید به نحو مقتضی، در برابر نفوذ آب و گاز و مانند آن مسدود شود. در صورتی‌که لوله برق با جاده یا لوله‌های آب و گاز و امثال آن تقاطع داشته باشد باید از غلاف محافظ فلزی یا عایق با استحکام کافی استفاده شود.

• تمام لوازم الکتریکی، باید به طور کاملاً مستقل روی دیوارها نصب شده و اتکایی به لوله‌های برق مجاور خود نداشته باشد.

• در دیوارهای بتنی برای نصب و عبور لوله‌های برق باید هنگام قالب بندی محل لازم در نظرگرفته شود. کندن شیار روی این گونه دیوارها، یا سقف و کف بتنی، پس از اتمام بتن ریزی، مجاز نیست.

• خم کردن لوله‌ها، درصورت لزوم، باید به گونه‌ای انجام شود که لوله‌ها زخمی نشده و قطر داخلی آن‌ها به طور موثر کاهش نیابد. برای لوله‌های تا قطر ۲۵ میلی‌متر می توان از فنر خم کن لوله استفاده کرد، اما برای لوله‌های با قطر بیش‌تر از ۲۵ میلی‌متر باید از ماشین خم‌کن استفاده شود.



شکل۱-۱۷- فنر خم‌کن لوله و دستگاه لوله خم‌کن مکانیکی

• شعاع داخلی انحنای لوله‌هایی که درکارگاه خم می‌شود، باید به نحوی باشد که مانع صدمه رسیدن به عایق سیم یا کابل شود. توصیه می‌شود شعاع خمش لوله با رعایت دستورالعمل سازنده لوله، کم‌تر از ۸ برابر قطر لوله نباشد و نباید تحت هیچ شرایطی از ۲/۵ برابر قطر لوله کم‌تر باشد.

۱-۹-۲- لوله‌گذاری توکار

در دیوارهای آجری، شیارزنی و یا جاسازی و ایجاد سوراخ برای نصب لوله‌های برق، باید پس از اجرای عملیات گچ و خاک انجام شود. عمق این گونه شیارها باید به نحوی باشد که بیش از نصف ضخامت دیوار برداشته نشود و همچنین سطح خارجی لوله، حداقل ۱۵ میلی‌متر زیر سطح تمام شده دیوار قرار گیرد.

توصیه می‌شود این شیارها با دستگاه شیارزن و صرفاً در صورت عدم امکان دسترسی به آن با تیشه مخصوص اجرا شود.

عرض شیار باید متناسب با مجموع پهنای لوله‌های مورد نظر باشد و عریض کردن شیار بیش از حد لزوم، صحیح نیست.

تمامی جعبه‌های تقسیم، کشش، کلیدها و پریزها باید به گونه‌ای نصب شوند که لبه خارجی آن‌ها با سطح تمام شده دیوار کاملاً هم‌سطح و تراز باشد. در مواردی‌که این‌گونه جعبه‌ها پایین‌تر از سطح دیوار قرار می‌گیرد، لبه‌های خارجی جعبه باید به‌وسیله حلقه‌های قابل تنظیم[1] با سطح دیوار هم‌تراز شود.

لوله‌های توکار باید به طریقی نصب شود که از پیچ وخم‌های اضافی امتناع گردیده و تا حد امکان از کوتاه‌ترین فاصله استفاده شود.

نصب لوله در کف می‌تواند با استفاده از لوله‌های محافظ فلزی یا غیرفلزی و رعایت الزامات بیان‌شده در این فصل انجام شود.

جعبه‌های تقسیم و کشش و امثال آن، باید به گونه‌ای نصب شود که سیم‌ها و کابل‌های درون آن‌ها بدون تخریب بنا قابل دسترسی باشد.

تمام لوله‌ها و لوازم مربوط به آن‌ها و سایر تاسیسات برقی که در زیر کار نصب می‌شود باید پس از بازرسی، آزمایش و تصویب مهندس ناظر پوشیده شود. بدیهی است این امر باید به نحوی برنامه‌ریزی و اجرا شود که باعث تاخیر و یا اختلال در انجام سایر فعالیت‌های ساختمانی نشود.

۱-۹-۳- لوله‌گذاری روکار

درسیستم لوله‌گذاری روکار تمامی اتصالات بر حسب مورد از نوع پیچی بوده و به‌وسیله پیچ، مهره، بوشن، زانو و سه راه به یکدیگر متصل می‌شود. محکم‌کردن لوله‌ها باید به‌وسیله لوازمی انجام شود که سبب زدگی و یا فرورفتگی آن نشود.

سایر روش‌های اتصال مطابق با دستورالعمل تولید کننده مجاری عبور هادی‌ها و رعایت الزامات مربوطه صورت می‌پذیرد.

محل و فاصله بست‌های لوله‌های روکار مطابق با مقادیر معرفی شده در جدول (۱-۲۱) است.

[1] Extension Rings

جدول۱-۲۱- حداکثر فاصله بین بست لوله‌های محافظ

قطر نامی (d) لوله محافظ (بر حسب میلی‌متر)	حداکثر فاصله بین بست لوله‌ها (بر حسب متر)					
	لوله محافظ فلزی صلب		لوله محافظ عایق صلب		لوله محافظ خم پذیر	
	نصب افقی	نصب عمودی	نصب افقی	نصب عمودی	نصب افقی	نصب عمودی
$d \leq ۱۶$	۰٫۷۵	۱٫۰	۰٫۷۵	۱	۰٫۳	۰٫۵
$۱۶ < d \leq ۲۵$	۱٫۷۵	۲٫۰	۱٫۵	۱٫۷۵	۰٫۴	۰٫۶
$۲۵ < d \leq ۴۰$	۲٫۰	۲٫۲۵	۱٫۷۵	۲٫۰	۰٫۶	۰٫۸
$d > ۴۰$	۲٫۲۵	۲٫۵	۲٫۰	۲٫۰	۰٫۸	۱

شبکه نگه‌دارنده سقف‌های معلق[1] نباید به‌عنوان نگه‌دارنده لوله محافظ استفاده شود.

بست‌ها باید به‌وسیله رول پلاگ و پیچ یا وسیله مشابه که استحکام مناسب دارد به دیوار یا سقف محکم شود. این‌گونه بست‌ها باید از انواعی باشد که ترجیحاً لوله با دیوار یا سقف تماس پیدا نکند.

اتصال لوله‌های روکار به دیوار باید به‌وسیله پیچ و مهره فلزی مناسب انجام شود، به گونه‌ای که ظاهر کار کاملاً تمیز و مرتب باشد.



شکل۱-۱۸- چند نمونه بست لوله محافظ

در صورت نصب لوله محافظ در محیط‌های مرطوب و محیط‌هایی که دیوارها اغلب با آب شستشو می‌شود یا جنس سقف یا دیوار از نوع جاذب رطوبت است، بست‌ها باید به نحوی انتخاب شود که لوله حداقل ۶ میلی‌متر با سقف یا دیوار فاصله داشته باشد.

در مواردی‌که لوله بر روی سطح فلزی نصب می‌شود باید از پیچ‌های فولادی مخصوص فلز استفاده شود و در صورتی‌که لوله در روی سطح چوب نصب می‌شود باید پیچ‌های مخصوص چوب به‌کار رود. استفاده از میخ به منظور محکم کردن لوله‌ها، جعبه‌های تقسیم، چراغ‌ها و غیره مجاز نیست.

اتصال لوله‌گذاری به دستگاه‌های دارای لرزش (مانند موتور) باید به کمک لوله‌های فلزی قابل انعطاف با بوشن‌های مناسب، که حداقل طول آن ۲۰ سانتی‌متر باشد، انجام شود.

[1] Suspended Ceiling

۱-۹-۴- لوله‌گذاری در محیط‌های با شرایط عادی (محیط خشک)

در این‌گونه محیط‌ها شرایط دما و رطوبت عادی است و معمولا ژاله‌زایی یا تعریق صورت نمی‌گیرد و هوا از رطوبت اشباع نمی‌شود، مانند فضاهای اداری، تجاری و مسکونی خشک.

در این نوع محیط‌ها طراحی و اجرای سیستم‌های لوله‌گذاری تابع مقررات عمومی لوله‌گذاری برق بوده و استفاده از انواع لوله‌های استاندارد فلزی، غیرفلزی و قابل انعطاف و لوازم مربوط متناسب با مورد مصرف مجاز است.

۱-۹-۵- لوله‌گذاری در محیط‌های نمناک، مرطوب و گرم

در محیط‌های نمناک وجود نم، ژاله‌زایی یا آثار شیمیایی و مانند آن ممکن است مانع کار صحیح وسایل الکتریکی شود مانند فضای آزاد، سردخانه، موتورخانه، گلخانه و غیره.

در محیط‌های مرطوب علاوه بر وجود نم، دیوارها وکف‌ها برای نظافت، معمولا با آب تحت فشار شسته می‌شود مانند حمام، رختشوی‌خانه، کارواش، کارگاه‌های اتوکشی، کارخانه‌های لبنیات سازی و غیره.

درمحیط‌های گرم دمای بیش از ۳۵ درجه سلسیوس وجود دارد و معمولا شرایط محیط‌های نمناک و مرطوب نیز حاکم است مانند موتورخانه، کارخانجات فولاد سازی، شیشه سازی، ذوب فلز و غیره.

سیستم لوله‌گذاری توکار یا روکار درمحیط‌های نمناک و مرطوب و همچنین درمحیط‌های گرم تابع شرایط زیر خواهد بود:

- لوله‌گذاری وکابل‌کشی برق باید فقط با استفاده از لوله فلزی و لوله پلاستیکی صلب انجام شود مگر آنکه لوله برای استفاده در این محیط‌ها و با رعایت الزامات ویژه آن تولید شده باشد.
- تجهیزات به‌کار رفته در این محیط‌ها باید مجهز به اتصالات مخصوص مربوط به نوع لوله‌گذاری مورد استفاده باشد تا از نفوذ رطوبت به درون لوله‌ها و تجهیزات (چراغ‌ها، جعبه تقسیم‌ها، کلیدها، پریزها، وسایل مصرف کننده و غیره) جلوگیری شود.
- تمام لوازم و تجهیزات به‌کار رفته در این‌گونه محیط‌ها باید از درجه حفاظت زیر برخوردار باشد:
- در محیط‌های نمناک، لوازم و تجهیزات باید از نوع مقاوم در برابر پاشیدن آب با درجه حفاظت حداقل IP44 باشد.
- در محیط‌های مرطوب، لوازم و تجهیزات باید از نوع مقاوم در برابر فوران آب با درجه حفاظت حداقل IP45 باشد.
- تمام لوازم و تجهیزات به‌کار رفته باید از نوع حفاظت شده، در برابر زنگ زدگی و خوردگی باشد.
- قطعات فلزی به‌کار رفته در تاسیسات، از جمله لوله‌های فلزی باید دارای پوشش ضد زنگ باشد.
- نصب لوله‌های محافظ در فضای حمام باید با رعایت الزامات مربوطه و به‌صورت روکار و/یا به‌صورت توکار در عمق حداقل ۶ سانتی‌متر انجام شود.

۱-۹-۶- لوله‌گذاری در محیط‌های ویژه

سیستم لوله‌گذاری در محیط‌های ویژه که به علت شرایط محیطی خاص یا عملکردی، از نظر ایمنی پرخطر بوده یا تاثیر نامناسبی بر نحوه کار تجهیزات، وسایل و لوازم دارد، باید بر اساس مقررات ویژه مربوط به هر یک، طراحی و اجرا شود. این قبیل محیط‌ها ممکن است شامل موارد زیر باشد:

- محیط‌های درمانی پرخطر مانند اتاق‌های عمل، کاتتریزاسیون قلب، زایمان، مراقبت‌های ویژه (CCU, ICU) و مانند آن (ر.ک. جلد سوم نشریه ۲۸۷ با عنوان "طراحی بناهای درمانی- سیستم‌های تاسیسات برقی").
- در محیط‌های پرخطر که ایجاد جرقه، قوس الکتریکی و دمای بالا می‌تواند ایجاد حادثه کند، مانند محل‌هایی که گازهای قابل احتراق و انفجار، بخارهای رسانای جریان برق، مواد نفتی، رشته‌های قابل اشتعال معلق در فضا و مانند آن وجود دارد، باید تمام لوله‌گذاری‌های برق براساس طبقه بندی‌ها و استانداردهای معتبر ملی و یا بین‌المللی مرتبط انجام شود.
- محیط‌های محل استقرار تاسیسات مربوط به شبکه‌های کامپیوتری و مراکز کامپیوتر.
- استخرهای شنا و حوضچه‌ها (ر.ک. استاندارد بین‌المللی IEC 60364-7-702)
- سایر محیط‌هایی که برای آن‌ها مقررات ویژه تدوین شده است.

۱-۹-۷- هماهنگی لوله‌گذاری و نصب تاسیسات برقی

پیمانکار یا مجری تاسیسات برق به منظور ایجاد هماهنگی و اجتناب از دوباره‌کاری باید نقشه‌های ساختمانی و مکانیکی را از قبل مورد بررسی و مطالعه دقیق قرار داده و ترتیب انجام عملیات مربوط به لوله‌گذاری و نصب تاسیسات برقی را به نحوی فراهم کند که با سایر فعالیت‌های ساختمانی هم‌آهنگ بوده و موجب تداخل و یا تاخیر آن نشود.
بدیهی است در صورتی‌که عملیات مذکور تغییراتی در نقشه‌ها ایجاد کند، مراتب باید به واحد نظارت گزارش و پس از تایید اجرا شود.

۱-۹-۸- تفکیک سیستم‌ها

سیستم‌های زیر باید توسط لوله‌های جداگانه و یا تقسیم‌بندی‌های متفاوت در داکت‌ها انجام شود:

- سیستم روشنایی عمومی
- سیستم روشنایی اضطراری
- سیستم برق‌رسانی به پریزهای عمومی
- سیستم برق‌رسانی به پریزهای اضطراری
- سیستم برق‌رسانی به فن‌کویل‌ها
- سیستم آنتن مرکزی تلویزیون

- سیستم تلفن
- سیستم فراخوان و احضار پرستار
- سیستم دربازکن
- سیستم تصویری (تلویزیون مداربسته)
- سیستم کشف و اعلام حریق و نشت گاز
- سیستم صوتی
- سیستم کنترل تاسیسات مکانیکی ازقبیل تهویه مطبوع، آسانسور و غیره
- سیستم شبکه رایانه و سیستم چند رسانه‌ای
- سیستم مدیریت ساختمان، شبکه ساختمان‌های هوشمند و شبکه مدیریت انرژی

یادآوری- مدارهای سیستم‌های جریان ضعیف که به‌صورت یک‌جا کشیده می‌شود باید به نحوی باشد که ولتاژ هیچ یک از هادی‌ها از ولتاژ اسمی عایق‌بندی هادی‌های فشار ضعیف مورد استفاده تجاوز نکند و الزامات معرفی شده در فصل ۱۴ این نشریه رعایت شود.

۱-۱۰- نشانه‌های ترسیمی

علایم ترسیمی الکتریکی برای لوله‌گذاری برق درجدول (۱-۲۲) نشان داده شده است.

جدول۱-۲۲- نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای لوله‌گذاری برق

شرح	نشانه
مسیر لوله‌گذاری توکار، درسقف، یا کف و یا دیوار	———
مسیر لوله‌گذاری روکار، روی سقف، یا کف و یا دیوار	- - - - - - - -
مسیر لوله‌گذاری توکار، برای سیستم برق اضطراری	——E——
مسیر لوله‌گذاری توکار، برای سیستم تلفن	——T——
مسیر لوله‌گذاری توکار، برای سیستم اینترکام	——I——
مسیر لوله‌گذاری توکار، برای سیستم احضار پرستار	——N——
مسیر لوله‌گذاری توکار، برای سیستم آنتن	——A——
مسیر لوله‌گذاری توکار، برای سیستم مادرساعت	——C——
مسیر لوله‌گذاری توکار، برای سیستم اعلام و اطفای حریق	——F——

جدول ۱-۲۲- نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای لوله‌گذاری برق (ادامه)

شرح	نشانه
مسیر لوله‌گذاری توکار، برای سیستم صوتی	S
مسیر لوله‌گذاری توکار، برای سیستم موسیقی	M
مسیر لوله‌گذاری توکار، برای سیستم انتقال داده‌های رایانه‌ای	D
جعبه انتهایی (تقسیم یا کشش)، یک راه، نوع روکار	
جعبه تقسیم یا جعبه کشش، دو راه، نوع روکار	
جعبه تقسیم یا جعبه کشش، سه راه، نوع روکار	
جعبه تقسیم یا جعبه کشش، چهار راه، نوع روکار	
جعبه انتهایی (تقسیم یا کشش)، یک راه، نوع توکار	
جعبه تقسیم یا جعبه کشش، دو راه، نوع توکار	
جعبه تقسیم یا جعبه کشش،سه راه، نوع توکار	
جعبه تقسیم یا جعبه کشش، چهار راه، نوع توکار	
مسیر لوله کشی توکار، برای سیستم مدیریت ساختمان BMS	BMS

فصل ۲

سیم، کابل و باسداکت

فشار ضعیف

۲-۱- دامنه پوشش

در این فصل مشخصات فنی و الزامات عمومی سیم‌ها و کابل‌های قابل انعطاف و غیرقابل انعطاف و نیز بندهای قابل انعطاف با عایق و روکش (در صورت وجود) با پایه P.V.C یا لاستیک که ولتاژهای اسمی آن‌ها تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت باشد و همچنین اصول کلی و روش‌های استاندارد جهت سیم‌کشی با هدف تامین ایمنی در تاسیسات الکتریکی و اجرای صحیح سیم‌کشی در تاسیساتی که ولتاژ نامی آن از مقادیر ذکر شده بیش‌تر نباشد، معرفی شده است.

همچنین در این فصل کابل‌های فشار ضعیف با هادی‌های مسی یا آلومینیومی با عایق و روکش پلی‌وینیل کلراید با ولتاژ اسمی کوچک‌تر یا مساوی با۴۵۰/۷۵۰ ولت و کابل‌های قدرت با عایق اکسترود شده و تجهیزات جانبی آن برای ولتاژهای اسمی تا ۱ کیلوولت (U_m=۱٫۲ kV) مورد بحث خواهند بود. این کابل‌ها ممکن است به‌صورت نصب ثابت یا قابل انعطاف باشند. به ملحقات آن‌ها مانند کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها جهت اتصال کابل‌ها به وسایل و دستگاه‌های الکتریکی یا به کابل‌های دیگر، نیز اشاره خواهد شد.

در نهایت مشخصات فنی باسداکت‌های فشار ضعیف با هادی مسی و آلومینیومی ارایه شده است.

۲-۲- تعاریف و اصطلاحات

واژه‌ها و اصطلاحات مورد استفاده در این فصل دارای تعاریف زیر خواهد بود:

۲-۲-۱- هادی

conductor

ماده رسانا که به منظور عبور جریان الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در حوزه کاربرد این فصل شامل مفتول‌های نازک از جنس مس نرم شده[1](افشان) در سیم قابل انعطاف و شامل تک مفتول یا مفتول‌های منظم تابیده شده در سیم غیرقابل‌انعطاف است.

۲-۲-۲- سیم

wire

سیم شامل هادی است که توسط پوشش عایق احاطه شده باشد.

۲-۲-۳- کابل

cable

کابل یک یا چند هادی (تک یا چندرشته) است به طوری که هر هادی به‌وسیله عایق واحدی عایق کاری شده و مجموعه هادی‌های عایق‌دار نیز در داخل یک پوشش اضافی قرار گرفته باشد.

[1] Annealed

۲-۲-۴- هسته کابل (رشته کابل)

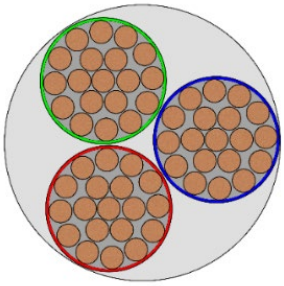
cable core

هر رشته هادی عایق‌دار که درون کابل واقع شده باشد، یک هسته نامیده می‌شود.

۲-۲-۵- کابل با هادی گرد

circular cable

کابلی که هادی آن مقطع گرد دارد.

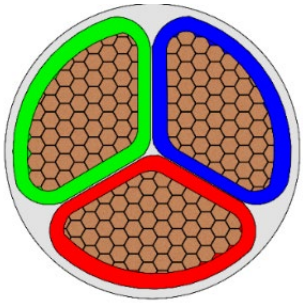


شکل۲-۱- کابل با هادی گرد

۲-۲-۶- کابل با هادی قطاعی

sectoral cable

کابلی که شکل مقطع هادی آن قطاعی یا سکتوری است.



شکل۲-۲- کابل با هادی قطاعی

۲-۲-۷- آمیزه پلی‌وینیل‌کلراید

polyvinyl chloride compound (PVC)

ترکیبی از مواد که به‌طور مناسب انتخاب و با هم فرآوری شده‌اند که جزء اصلی آن پلاستومرهای پلی‌وینیل‌کلراید یا یکی از کوپلیمرهای آن است. این واژه همچنین برای آمیزه‌های شامل پلی‌وینیل‌کلراید و برخی از پلیمرهای آن به کار می‌رود.

۲-۲-۸- آمیزه لاستیک

rubber compound

ترکیب موادی که به‌صورت مناسب انتخاب، به نسبت مناسب ترکیب، عمل‌آوری و ولکانیزه شده، به طوری که جزء اصلی آن لاستیک و/یا الاستومر مصنوعی باشد.

۲-۲-۹- آمیزه پلی‌کلروپرن

polychloroprene (PCP) compound

آمیزه ولکانیزه شده‌ای که الاستومر آن از نوع پلی‌کلروپرن یا سایر الاستومرهای مصنوعی معادل بوده و آمیزه‌ای با ویژگی‌های مشابه PCP ایجاد می‌کند.

۲-۲-۱۰- آمیزه لاستیکی اتیلن-وینیل استات

ethylene-vinyl acetate (EVA) compound

آمیزه با ساختار پیوند زنجیره ای (کراس لینک شده) که الاستومر آن، اتیلن وینیل استات یا سایر الاستومرهای مصنوعی معادل بوده و آمیزه‌ای با ویژگی مشابه EVA ایجاد می‌کند.

۲-۲-۱۱- آمیزه لاستیکی اتیلن پروپیلن

ethylene propylene (EP) compound

آمیزه با ساختار پیوند زنجیره ای (کراس لینک شده) که الاستومر آن، اتیلن پروپیلن یا الاستومر مصنوعی معادل بوده و آمیزه‌ای با ویژگی‌های مشابه EPR ایجاد می‌کند.

۲-۲-۱۲- پلی‌وینیل‌کلراید کراس لینک شده

crosslinked polyvinyl chloride (XLPVC)

ترکیبی از موادی که پلی‌وینیل‌کلراید جزء اصلی آن‌ها بوده و دارای عوامل کراس لینک کننده کافی باشد که به‌صورت مناسب انتخاب، به نسبت مناسب ترکیب و عمل آوری شده و پس از کراس لینک شدن، الزامات ارایه شده در مشخصات مربوطه را برآورده می‌سازد.

۲-۲-۱۳- حفاظ فلزی

metallic screen

حفاظ فلزی باید شامل یک یا چند نوار، یا بافت[1] یا لایه هم مرکز متشکل از تعدادی سیم یا ترکیبی از سیم‌ها و نوار(ها) باشد.

[1] Braid

۲-۲-۱۴- غلاف

sheath

از جنس نیمه هادی یا فلزی بوده و می‌تواند در انواع PVC، مسی، سربی، فولادی و آلومینیومی ساخته شود. غلاف به شکل نسبتاً محکمی رشته سیم‌های کابل را احاطه می‌کند و می‌تواند عایق کابل را در مقابل انواع نیروهای مکانیکی محافظت کرده و همچنین از نفوذ رطوبت به داخل کابل جلوگیری کند.

۲-۲-۱۵- زره

armour

از رشته سیم‌های گرد یا تخت یا نوارهایی تشکیل شده و به منظور استحکام بیش‌تر در برابر آسیب‌رسانی احتمالی نیروهای مکانیکی در هنگام نصب و بهره‌برداری، در کابل پیش‌بینی می‌شود.

سیم‌های تخت یا گرد باید از جنس فولاد گالوانیزه، مس یا مس قلع اندود، آلومینیوم یا آلیاژ آلومینیوم باشد. نوارها باید از جنس فولاد، فولاد گالوانیزه، آلومینیوم یا آلیاژ آلومینیوم باشد. نوارهای فولادی باید به‌صورت نورد گرم یا سرد با کیفیت تجاری باشد.

در حالت‌هایی که در لایه زره سیم فولادی نیاز به تامین حداقل رسانایی باشد، استفاده از تعداد کافی سیم‌های مسی یا مس قلع‌اندود در لایه زره مجاز است.

به هنگام انتخاب جنس زره، باید دقت خاصی در مورد احتمال خوردگی آن به عمل آید. این امر نه فقط از نظر ایمنی مکانیکی بلکه از نظر ایمنی الکتریکی نیز حائز اهمیت است، به ویژه هنگامی که زره به‌عنوان حفاظ فلزی به کار می‌رود.

زره کابل‌های تک‌رشته که در شبکه (a.c.) به کار می‌رود باید از ماده غیرمغناطیسی باشد مگر آنکه ساختار خاصی انتخاب شده باشد. برای این کابل‌ها استفاده از زره آلومینیومی پیشنهاد می‌شود.

۲-۲-۱۶- روکش جداکننده

separation sheath

اگر لایه فلزی زیرین و زره فوقانی از دو جنس مختلف باشد، باید با یک روکش اکسترود شده از جنس عموما PVC یا PE از هم جدا شوند.

۲-۲-۱۷- روکش نهایی

oversheath

تمام کابل‌ها باید دارای یک روکش نهایی باشد. روکش کابل‌ها معمولا به رنگ مشکی است ولی می‌تواند با توافق بین سازنده و خریدار، بسته به مناسب بودن آن برای شرایط خاص کاربری کابل به رنگ دیگری انتخاب شود. روکش باید از

جنس یک ترکیب گرمانرم[1] (مانند P.V.C، پلی‌اتیلن یا بدون هالوژن) یا از جنس ترکیبات کشسان (مانند پلی‌کلروپرن و...) باشد.

در صورتی‌که از روکش برای کاربرد خاص استفاده می‌شود ممکن است استفاده از افزودنی‌های شیمیایی ضروری باشد. برای مثال حفاظت روکش در برابر خوردگی جوندگان موذی از قبیل موریانه. این افزودنی‌ها نباید دارای مواد مضر برای انسان یا محیط زیست باشد.

۲-۲-۱۸- ولتاژ اسمی

rated voltage

ولتاژ اسمی کابل، ولتاژی است که کابل برای آن طراحی شده و آزمون‌های الکتریکی بر اساس آن انجام می‌شود، ولتاژ طراحی شده برای کابل به‌صورت $U_0/U(U_m)$ برحسب ولت بیان می‌شود.

U_0 مقدار موثر (r.m.s) ولتاژ بین هر هادی عایق‌دار و زمین (پوشش فلزی کابل یا هر پوشش دیگر) است.

U مقدار موثر (r.m.s) ولتاژ بین هر دو فاز یک کابل چندرشته‌ای یا سیستمی از کابل‌های تک‌رشته است.

U_m مقدار "بالاترین ولتاژ سیستم" است که کابل برای کار با آن، مناسب باشد.

در یک سیستم جریان متناوب، ولتاژ اسمی سیم یا کابل باید حداقل برابر با ولتاژ نامی سیستمی باشد که سیم یا کابل برای کار در آن در نظر گرفته شده است. این شرط برای هر دو مقدار ولتاژهای U_0 و U الزامی است. در یک سیستم جریان مستقیم، ولتاژ نامی سیستم نباید بیش از ۱٫۵ برابر ولتاژ اسمی سیم یا کابل باشد.

۲-۲-۱۹- سیستم سیم‌کشی

wiring system

مجموعه‌ای متشکل از هادی‌های لخت یا عایق شده یا شینه‌ها یا کابل‌ها و قسمت‌هایی که به‌صورت ایمن نصب شده‌اند و در صورت لزوم کابل‌ها یا شینه‌ها رو محصور می‌کند.

انواع سیستم‌های سیم‌کشی عبارتند از:

- سیستم‌های شینه کشی (ترانکینگ)[2]
- سیستم‌های کانال‌های شینه‌دار[3]
- سیستم‌های لوله محافظ هادی[4]
- سیستم‌های داکت کابل[5]

[1] Thermoplastic
[2] Trunking Systems
[3] Powertrack Systems
[4] Conduit Systems
[5] Cable Ducting Systems

- سیستم‌های شینه کابل[1]
- سیستم‌های سینی کابل[2]
- سیستم‌های نردبان کابل[3]

۲-۲-۲۰- جریان مجاز کابل

current-carrying capacities

حداکثر شدت جریانی است که هادی کابل می‌تواند برای مدت نامحدود از خود عبور دهد بدون اینکه دمای عایق از مقدار مجاز افزایش پیدا کند. حداکثر دمای عایق گرمانرم (PVC)، ۷۰ درجه سلسیوس و حداکثر دمای عایق ترموستینگ (XLPE[4] یا لاستیک EPR[5])، ۹۰ درجه سلسیوس است.

۲-۲-۲۱- دمای محیط

ambient temperature

عبارت است از دمای ماده اطراف کابل، وقتی که کابل‌ها یا هادی‌های عایق‌دار تحت بررسی بارگذاری نشده باشند.

۲-۲-۲۲- سیستم باسداکت

busbar trunking systems (busways) BTS

مجموعه یک‌پارچه ساخته شده که برای توزیع و کنترل انرژی الکتریکی برای تمام انواع بارهای مورد استفاده در کاربردهای صنعتی، تجاری و مشابه آن، به فرم شینه‌هایی که از داخل داکت یا مجرا یا پوشش مشابهی عبور کرده و مواد عایقی، آن‌ها را از یکدیگر جدا نگه داشته و ایجاد تکیه‌گاه می‌کند.

یادآوری– BTS می‌تواند متشکل از گستره کاملی از اجزاء الکتریکی و مکانیکی به شرح زیر باشد:

- واحدهای باسداکت مجهز به قطعات انشعاب[6] یا بدون آن‌ها
- واحدهای جابجایی فازها[7]، توسعه[8]، قابل انعطاف[9]، تغذیه[10]، رابط[11]
- واحدهای انشعاب[12]
- هادی‌های اضافه برای ارتباطات و/یا فرمان

---

[1] Cable Trunking Systems
[2] Cable Tray Systems
[3] Cable Ladder Systems
[4] XLPE: Cross-Linked-Polyethylene
[5] EPR: Ethylene Propylene Rubber
[6] Tap off
[7] Phase Transposition Unit
[8] Expansion Unit
[9] Flexible Unit
[10] Feeder Unit
[11] Adapter Unit
[12] Tap-off Units

۲-۲-۲۳- واحد باسداکت

busbar trunking unit - BTU

واحدی از BTS کامل است شامل باسبارها، نگه‌دارنده‌ها و عایق آن‌ها، محفظه خارجی و هر نوع وسایل نصب و اتصال به واحدهای دیگر، همراه با قطعات انشعاب یا بدون آن‌ها.

یادآوری- BTU ها ممکن است دارای شکل‌های هندسی مختلف باشند مانند قطعات مستقیم، زانویی، سه‌راه یا چهارراهه.

۲-۲-۲۴- ردیف باسداکت

busbar trunking run - BT run

تعدادی از BTU ها که به یکدیگر متصل شده‌اند تا BTS را تشکیل دهند، به جز قطعات انشعاب

۲-۲-۲۵- عایق گرمانرم

thermoplastic insulation

عایق ساخته شده از پلاستیک که می تواند با حرارت دادن مکرر نرم شود و با سرد شدن در محدوده دمای مشخصه پلاستیک سفت شود و در حالت نرم شده، قادر به تغییر شکل مکرر توسط فرآیند اکسترود شدن باشد.

۲-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی هستند که در متن این فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

سیم،کابل و باسداکت‌های فشار ضعیف که برای نصب ثابت یا متحرک در تاسیسات برقی ساختمان‌ها و شبکه‌های توزیع یا تاسیسات خاص به کار می‌روند، باید مطابق با جدیدترین ویرایش استانداردهای سازمان ملی استاندارد ایران به شرح زیر یا مطابق با یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبر بین‌المللی طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرند.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۵۳۸۹، غلاف پلی‌وینیل‌کلراید مورد مصرف در سیم و کابل - ویژگی‌ها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۱۹، کابل‌های الکتریکی با ولتاژ اسمی تا حداکثر ۴۵۰/۷۵۰ ولت - راهنمای استفاده.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵۲-۵-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف – قسمت ۵-۵۲: انتخاب و نصب تجهیزات الکتریکی - سیستم‌های سیم‌کشی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۸۴، هادی‌های کابل‌های عایق شده.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۳۵۶۹، کابل‌های قدرت با عایق اکسترود شده و تجهیزات جانبی آن برای ولتاژهای اسمی از ۱ کیلوولت (U_m=۱٫۲ kV) تا و خود ۳۰ کیلوولت (U_m=۳۶ kV) - بخش ۱: کابل‌های با ولتاژ اسمی ۱ کیلوولت (U_m=۱٫۲ kV) و ۳ کیلوولت(U_m=۳٫۶ kV).
- استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 60287-1-3 کابل‌های الکتریکی- محاسبه جریان نامی- قسمت ۱-۳: معادلات جریان نامی (ضریب بار ۱۰۰٪) و محاسبه تلفات – جریان مشترک بین کابل‌های تک‌رشته‌ای موازی و محاسبه تلفات جریان گردشی.
- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۰۷ سیم و کابل با عایق و روکش پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۱: الزامات عمومی.
- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۶۰۷ سیم و کابل با عایق و روکش پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۲: روش‌های آزمون.
- استاندارد ملی ایران شماره ۳-۶۰۷ سیم و کابل با عایق و روکش پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۳: سیم‌ها برای سیم‌کشی نصب ثابت.
- استاندارد ملی ایران شماره ۴-۶۰۷ سیم و کابل با عایق و روکش پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۴: کابل‌ها برای سیم‌کشی نصب ثابت.

- استاندارد ملی ایران شماره ۵-۶۰۷ سیم و کابل با عایق و روکش پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۵: کابل‌های (بندهای) قابل انعطاف.
- استاندارد ملی ایران شماره ۶-۶۰۷ سیم و کابل با عایق و روکش پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۶: کابل‌های بالابر و کابل‌های اتصالات متحرک.
- استاندارد ملی ایران شماره ۷-۶۰۷ سیم و کابل با عایق و روکش پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۷: کابل‌های قابل انعطاف با حفاظ فلزی الکتریکی یا بدون حفاظ فلزی الکتریکی با دو یا چند هادی.
- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۲۶ کابل‌های با عایق لاستیکی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۱: الزامات کلی.
- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۹۲۶ کابل‌های با عایق لاستیکی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۲: روش‌های آزمون.
- استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۹۲۶ کابل‌های با عایق لاستیکی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۳: کابل‌های مقاوم در برابر حرارت با عایق سیلیکون.
- استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۹۲۶ کابل‌های با عایق لاستیکی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۴: بندها و کابل‌های قابل انعطاف.
- استاندارد ملی ایران شماره ۵-۱۹۲۶ کابل‌های با عایق لاستیکی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۵: کابل بالابرها.
- استاندارد ملی ایران شماره ۶-۱۹۲۶ کابل‌های با عایق لاستیکی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۶: کابل‌های جوشکاری با قوس الکتریکی.
- استاندارد ملی ایران شماره ۷-۱۹۲۶ کابل‌های با عایق لاستیکی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۷: کابل‌های با عایق لاستیک اتیلن وینیل استات مقاوم در برابر حرارت.
- استاندارد ملی ایران شماره ۸-۱۹۲۶ کابل‌های با عایق لاستیکی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت – قسمت ۸: بندها برای کاربرد با انعطاف پذیری بالا.
- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۳۷ تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف–قسمت ۱: اصول بنیادی، ارزیابی مشخصات کلی، اصطلاحات و تعاریف.
- IEC 60227-1: Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V– Part 1: General requirements.
- IEC 60227-2: Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V– Part 2: Test methods.

- IEC 60227-3: Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V– Part 3: Non-sheathed cables for fixed wiring.
- IEC 60227-4: Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V– Part 4: Sheathed cables for fixed wiring.
- IEC 60227-5: Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V- Part 5: Flexible cables (cords).
- IEC 60227-6: Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V– Part 6: Lift cables and cables for flexible connection.
- IEC 60227-7: Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V– Part 7: Flexible cables screened and unscreened with two or more conductors.
- IEC 60245-1: Rubber insulated cables – Rated voltages voltages up to and including 450/750 V– Part 1: General requirements.
- IEC 60245-2: Rubber insulated cables – Rated voltages voltages up to and including 450/750 V– Part 2: Test methods.
- IEC 60245-3: Rubber insulated cables – Rated voltages voltages up to and including 450/750 V– Part 3: Heat resistant silicone insulated cables.
- IEC 60245-4: Rubber insulated cables – Rated voltages voltages up to and including 450/750 V– Part 4: Cords and flexible cables.
- IEC 60245-5: Rubber insulated cables – Rated voltages voltages up to and including 450/750 V– Part 5: Lift cables.
- IEC 60245-6: Rubber insulated cables – Rated voltages voltages up to and including 450/750 V– Part 6: Arc welding electrode cables.
- IEC 60245-7: Rubber insulated cables – Rated voltages voltages up to and including 450/750 V– Part 7: Heat resistant ethylene-vinyl acetate rubber insulated cables.
- IEC 60245-8: Rubber insulated cables – Rated voltages voltages up to and including 450/750 V– Part 8: Cords for applications requiring high flexibility.
- IEC 60364-1: Low-voltage electrical installations- Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions.
- IEC 60364-5-52: Low-voltage electrical installations- Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment - Wiring systems.
- IEC 62440: Electric cables with a rated voltage not exceeding 450/750 V – Guide to use.
- IEC 61439-6: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies- Part 6: Busbar trunking systems (busways).
- DIN VDE 0271- Power cables-Specifications for power cables 0,6/1 kV and above for special applications.

۲-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در سیستم‌های سیم‌کشی ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (در صورت وجود) ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

۲-۴- گروه‌بندی هادی‌ها

هادی‌ها به چهار گروه ۱، ۲، ۵ و ۶ تقسیم می‌شود. هادی‌هایی که در گروه‌های ۱ و ۲ قرار می‌گیرند، برای استفاده در کابل‌های نصب ثابت به کار می‌روند.

هادی‌های گروه‌های ۵ و ۶ برای استفاده در کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف به کار می‌روند و همچنین می‌توانند برای نصب ثابت استفاده شوند.

۲-۴-۱- گروه ۱: هادی‌های تک مفتولی

هادی‌های مسی تک مفتولی باید دارای سطح مقطع گرد باشند.

مقاومت هر هادی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس نباید از حداکثر مقادیر معرفی شده در جدول (۲-۱) بیش‌تر باشد.

۲-۴-۲- گروه ۲: هادی‌های تابیده شده منظم

این گروه از هادی‌ها به دو صورت فشرده نشده و فشرده شده تولید می‌شود. در نوع فشرده نشده همه مفتول‌های هر هادی باید دارای قطر نامی یکسان باشد و در نوع فشرده شده نسبت قطرهای دو مفتول مختلف در یک هادی نباید بیش‌تر از ۲ باشد.

تعداد سیم‌ها در هر هادی نباید کم‌تر از حداقل تعداد مناسب معرفی شده در جدول (۲-۲) باشد.

مقاومت هر هادی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس نباید از حداکثر مقادیر معرفی شده در جدول (۲-۲) بیش‌تر باشد.

تعداد مفتول‌ها در هر هادی نباید کم‌تر از حداقل تعداد مناسب معرفی شده در جدول (۲-۲) باشد.

۲-۴-۳- گروه ۵ و ۶: هادی‌های قابل انعطاف

هادی گروه ۵ از نوع قابل انعطاف است و هادی گروه ۶ قابلیت انعطاف پذیری بیش‌تری نسبت به هادی گروه ۵ دارد.

هادی‌های قابل انعطاف باید از مس آنیل شده با اندود فلزی یا بدون آن باشد.

همه مفتول‌های هر هادی باید دارای قطر نامی یکسان باشند.

مقاومت هر هادی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس نباید از حداکثر مقادیر معرفی شده در جدول (۲-۳) یا (۲-۴) بیش‌تر باشد.

قطر مفتول‌های هر هادی نباید از حداکثر مقادیر داده شده در جدول (۲-۳) یا (۲-۴) بیش‌تر باشد.

جدول۲-۱- گروه ۱: هادی‌های تک مفتولی برای کابل‌های تک‌رشته و چندرشته

۱	۲	۳	۴
سطح مقطع نامی mm^2	حداکثر مقاومت هادی در دمای ۲۰°C		
	هادی مسی آنیل شده گرد		هادی‌های آلومینیومی، آلیاژ آلومینیومی گرد یا شکل داده شده Ω/km
	بدون اندود فلزی Ω/km	با اندود فلزی Ω/km	
۰٫۵	۳۶٫۰	۳۶٫۷	–
۰٫۷۵	۲۴٫۵	۲۴٫۸	–
۱٫۰	۱۸٫۱	۱۸٫۲	–
۱٫۵	۱۲٫۱	۱۲٫۲	–
۲٫۵	۷٫۴۱	۷٫۵۶	–
۴	۴٫۶۱	۴٫۷۰	–
۶	۳٫۰۸	۳٫۱۱	–
۱۰	۱٫۸۳	۱٫۸۴	۳٫۰۸ الف
۱۶	۱٫۱۵	۱٫۱۶	۱/۹۱ الف
۲۵	۰٫۷۲۷ ب	–	۱/۲۰ الف
۳۵	۰٫۵۲۴ ب	–	۰٫۸۶۸ الف
۵۰	۰٫۳۸۷ ب	–	۰٫۶۴۱
۷۰	۰٫۲۶۸ ب	–	۰٫۴۴۳
۹۵	۰٫۱۹۳ ب	–	۰٫۳۲۰ ج
۱۲۰	۰٫۱۵۳ ب	–	۰٫۲۵۳ ج
۱۵۰	۰٫۱۲۴ ب	–	۰٫۲۰۶ ج
۱۸۵	۰٫۱۰۱ ب	–	۰٫۱۶۴ ج
۲۴۰	۰٫۰۷۷۵ ب	–	۰٫۱۲۵ ج
۳۰۰	۰٫۰۶۲۰ ب	–	۰٫۱۰۰ ج
۴۰۰	۰٫۰۴۶۵ ب	–	۰٫۷۷۸
۵۰۰	–	–	۰٫۰۶۰۵
۶۳۰	–	–	۰٫۰۴۶۹
۸۰۰	–	–	۰٫۰۳۶۷
۱۰۰۰	–	–	۰٫۰۲۹۱
۱۲۰۰	–	–	۰٫۰۲۴۷

الف- تنها در مورد هادی‌های آلومینیومی گرد با سطح مقطع mm^2 ۱۰ تا mm^2 ۳۵

ب- به بند ۲-۴-۱ مراجعه شود.

ج- در کابل‌های تک‌رشته، چهار هادی شکل داده شده قطاعی ممکن است در یک هادی گرد قرار گیرند. حداکثر مقاومت هادی‌های قرار نگرفته در کابل باید ۲۵٪ هر یک از هادی‌های قطاعی شکل داخل آن باشد.

جدول۲-۲- گروه ۲: هادی‌های تابیده شده منظم برای کابل‌های تک‌رشته و چندرشته

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
سطح مقطع نامی mm^2	حداقل تعداد مفتول‌ها در هادی						حداکثر مقاومت هادی در دمای ۲۰°C		
	گرد		گرد فشرده شده		شکل داده شده		هادی مسی آنیل شده		هادی‌های آلومینیومی یا آلیاژآلومینیومی[ج]
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	مفتول‌های بدون اندود فلزی Ω/km	مفتول‌های با اندود فلزی Ω/km	Ω/km
۰٫۵	۷	–	–	–	–	–	۳۶٫۰	۳۶٫۷	–
۰٫۷۵	۷	–	–	–	–	–	۲۴٫۵	۲۴٫۸	–
۱٫۰	۷	–	–	–	–	–	۱۸٫۱	۱۸٫۲	–
۱٫۵	۷	–	۶	–	–	–	۱۲٫۱	۱۲٫۲	–
۲٫۵	۷	–	۶	–	–	–	۷٫۴۱	۷٫۵۶	–
۴	۷	–	۶	–	–	–	۴٫۶۱	۴٫۷۰	–
۶	۷	–	۶	–	–	–	۳٫۰۸	۳٫۱۱	–
۱۰	۷	۷	۶	۶	–	–	۱٫۸۳	۱٫۸۴	۳٫۰۸
۱۶	۷	۷	۶	۶	–	–	۱٫۱۵	۱٫۱۶	۱٫۹۱
۲۵	۷	۷	۶	۶	۶	۶	۰٫۷۲۷	۰٫۷۳۴	۱٫۲۰
۳۵	۷	۷	۶	۶	۶	۶	۰٫۵۲۴	۵۲۹	۰٫۸۶۸
۵۰	۱۹	۱۹	۶	۶	۶	۶	۰٫۳۸۷	۰٫۳۹۱	۰٫۶۴۱
۷۰	۱۹	۱۹	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۰٫۲۶۸	۰٫۲۷۰	۰٫۴۴۳
۹۵	۱۹	۱۹	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۰٫۱۹۳	۰٫۱۹۵	۰٫۳۲۰
۱۲۰	۳۷	۳۷	۱۸	۱۵	۱۸	۱۵	۰٫۱۵۳	۰٫۱۵۴	۰٫۲۵۳
۱۵۰	۳۷	۳۷	۱۸	۱۵	۱۸	۱۵	۰٫۱۲۴	۰٫۱۲۶	۰٫۲۰۶
۱۸۵	۳۷	۳۷	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۰٫۰۹۹۱	۰٫۱۰۰	۰٫۱۶۴
۲۴۰	۳۷	۳۷	۳۴	۳۰	۳۴	۳۰	۰٫۰۷۵۴	۰٫۰۷۶۲	۰٫۱۲۵
۳۰۰	۶۱	۶۱	۳۴	۳۰	۳۴	۳۰	۰٫۰۶۰۱	۰٫۰۶۰۷	۰٫۱۰۰
۴۰۰	۶۱	۶۱	۵۳	۵۳	۵۳	۵۳	۰٫۰۴۷۰	۰٫۰۴۷۵	۰٫۰۷۷۸
۵۰۰	۶۱	۶۱	۵۳	۵۳	۵۳	۵۳	۰٫۰۳۶۶	۰٫۰۳۶۹	۰٫۰۶۰۵
۶۳۰	۹۱	۹۱	۵۳	۵۳	۵۳	۵۳	۰٫۰۲۸۳	۰٫۰۲۸۶	۰٫۰۴۶۹
۸۰۰	۹۱	۹۱	۵۳	۵۳	–	–	۰٫۰۲۲۱	۰٫۰۲۲۴	۰٫۰۳۶۷

جدول ۲-۲- گروه ۲: هادی‌های تابیده شده منظم برای کابل‌های تک‌رشته و چندرشته (ادامه)

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
سطح مقطع نامی mm^2	حداقل تعداد مفتول‌ها در هادی						حداکثر مقاومت هادی در دمای ۲۰°C		
	گرد		گرد فشرده شده		شکل داده شده		هادی مسی آنیل شده		هادی‌های آلومینیومی یا آلیاژآلومینیومی[ج]
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	مفتول‌های بدون اندود فلزی Ω/km	مفتول‌های با اندود فلزی Ω/km	Ω/km
۱۰۰۰	۹۱	۹۱	۵۳	۵۳	–	–	۰٫۰۱۷۳	۰٫۰۱۷۷	۰٫۰۲۹۱
۱۲۰۰			ب				۰٫۰۱۵۱	۰٫۰۱۵۱	۰٫۰۲۴۷
۱۴۰۰[الف]			ب				۰٫۰۱۲۹	۰٫۰۱۲۹	۰٫۰۲۱۲
۱۶۰۰			ب				۰٫۰۱۱۳	۰٫۰۱۱۳	۰٫۰۱۸۶
۱۸۰۰[الف]			ب				۰٫۰۱۰۱	۰٫۰۱۰۱	۰٫۰۱۶۵
۲۰۰۰			ب				۰٫۰۰۹۰	۰٫۰۰۹۰	۰٫۰۱۴۹
۲۵۰۰			ب				۰٫۰۰۷۲	۰٫۰۰۷۲	۰٫۰۱۲۷

الف- این اندازه‌ها مقادیر ترجیحی نیستند. سایر مقادیر غیرترجیحی برای برخی از کاربردهای خاص شناسایی شده‌اند ولی در دامنه کاربرد این استاندارد قرار نمی‌گیرند.

ب- حداقل تعداد مفتول‌های این اندازه‌ها مشخص نشده است. این اندازه‌ها ممکن است از ۴، ۵ یا ۶ بخش مساوی تشکیل شده باشد (هادی میلیکن[1]).

ج- برای هادی‌های با آلیاژ آلومینیومی تابیده شده منظم که دارای همان سطح مقطع نامی هادی‌های آلومینیومی هستند، مقدار مقاومت باید با توافق سازنده و خریدار باشد.

[1] Milliken

جدول۲-۳- گروه ۵: هادی‌های مسی قابل انعطاف برای کابل‌های تک‌رشته و چندرشته

۱	۲	۳	۴
سطح مقطع نامی mm^2	حداکثر قطر مفتول‌ها در هادی mm	حداکثر مقاومت هادی در دمای ۲۰°C	
		مفتول بدون اندود فلزی Ω/km	مفتول با اندود فلزی Ω/km
۰/۵	۰/۲۱	۳۹/۰	۴۰/۱
۰/۷۵	۰/۲۱	۲۶/۰	۲۶/۷
۱/۰	۰/۲۱	۱۹/۵	۲۰/۰
۱/۵	۰/۲۶	۱۳/۳	۱۳/۷
۲/۵	۰/۲۶	۷/۹۸	۸/۲۱
۴	۰/۳۱	۴/۹۵	۵/۰۹
۶	۰/۳۱	۳/۳۰	۳/۳۹
۱۰	۰/۴۱	۱/۹۱	۱/۹۵
۱۶	۰/۴۱	۱/۲۱	۱/۲۴
۲۵	۰/۴۱	۰/۷۸۰	۰/۷۹۵
۳۵	۰/۴۱	۰/۵۵۴	۰/۵۶۵
۵۰	۰/۴۱	۰/۳۸۶	۰/۳۹۳
۷۰	۰/۵۱	۰/۲۷۲	۰/۲۷۷
۹۵	۰/۵۱	۰/۲۰۶	۰/۲۱۰
۱۲۰	۰/۵۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۴
۱۵۰	۰/۵۱	۰/۱۲۹	۰/۱۳۲
۱۸۵	۰/۵۱	۰/۱۰۶	۰/۱۰۸
۲۴۰	۰/۵۱	۰/۰۸۰۱	۰/۰۸۱۷
۳۰۰	۰/۵۱	۰/۰۶۴۱	۰/۰۶۵۴
۴۰۰	۰/۵۱	۰/۰۴۸۶	۰/۰۴۹۵
۵۰۰	۰/۶۱	۰/۰۳۸۴	۰/۰۳۹۱
۶۳۰	۰/۶۱	۰/۰۲۸۷	۰/۰۲۹۲

جدول۲-۴- گروه۶: هادی‌های مسی قابل انعطاف برای کابل‌های تک‌رشته و چندرشته

۱	۲	۳	۴
سطح مقطع نامی mm^2	حداکثر قطر مفتول‌ها در هادی mm	حداکثر مقاومت هادی در دمای ۲۰°C	
		مفتول بدون اندود فلزی Ω/km	مفتول با اندود فلزی Ω/km
۰٫۵	۰٫۱۶	۳۹٫۰	۴۰٫۱
۰٫۷۵	۰٫۱۶	۲۶٫۰	۲۶٫۷
۱٫۰	۰٫۱۶	۱۹٫۵	۲۰٫۰
۱٫۵	۰٫۱۶	۱۳٫۳	۱۳٫۷
۲٫۵	۰٫۱۶	۷٫۹۸	۸٫۲۱
۴	۰٫۱۶	۴٫۹۵	۵٫۰۹
۶	۰٫۲۱	۳٫۳۰	۳٫۳۹
۱۰	۰٫۲۱	۱٫۹۱	۱٫۹۵
۱۶	۰٫۲۱	۱٫۲۱	۱٫۲۴
۲۵	۰٫۲۱	۰٫۷۸۰	۰٫۷۹۵
۳۵	۰٫۲۱	۰٫۵۵۴	۰٫۵۶۵
۵۰	۰٫۳۱	۰٫۳۸۶	۰٫۳۹۳
۷۰	۰٫۳۱	۰٫۲۷۲	۰٫۲۷۷
۹۵	۰٫۳۱	۰٫۲۰۶	۰٫۲۱۰
۱۲۰	۰٫۳۱	۰٫۱۶۱	۰٫۱۶۴
۱۵۰	۰٫۳۱	۰٫۱۲۹	۰٫۱۳۲
۱۸۵	۰٫۴۱	۰٫۱۰۶	۰٫۱۰۸
۲۴۰	۰٫۴۱	۰٫۰۸۰۱	۰٫۰۸۱۷
۳۰۰	۰٫۴۱	۰٫۰۶۴۱	۰٫۰۶۵۴

۲-۵- نشانه‌گذاری کابل‌ها

سیم‌ها و کابل‌ها باید دارای علامتی از سازنده به‌صورت یک‌رشته مشخصه یا نام سازنده یا علامت تجاری سازنده که بر روی سیم یا کابل تکرار می‌شود، باشند.

سیم‌ها و کابل‌هایی که در دمای بیش از ۷۰ درجه سلسیوس به‌کار می‌روند باید با کد مشخصه یا حداکثر دمایی هادی نشانه‌گذاری شوند.

نشانه‌گذاری ممکن است به‌صورت چاپ یا علائم برجسته روی عایق یا روکش سیم و کابل باشد.

فاصله مابین انتهای یک سری کامل علائم تا شروع سری بعدی، نباید از مقادیر زیر بیش‌تر شود:

- ۵۵۰ میلی‌متر چنانچه نشانه‌گذاری روی روکش باشد.
- ۲۷۵ میلی‌متر چنانچه نشانه‌گذاری روی عایق سیم‌ها یا سیم‌های بکار رفته در کابل یا روی نوار بکار رفته در درون کابل باشد.

- تمامی نشانه‌ها باید خوانا باشند.

هر رشته باید به روش زیر مشخص شود:

- در کابل‌های تا و خود پنج‌رشته به‌وسیله رنگ.
- در کابل‌های بیش‌تر از پنج‌رشته به‌وسیله عدد.

رشته‌های یک سیم یا کابل باید با استفاده از عایق‌های رنگی یا روش مناسب دیگر قابل تشخیص باشد. عایق هر رشته از کابل باید فقط یک رنگ داشته باشد، به جز رشته‌ای که با رنگ سبز و زرد توأما مشخص شده است.

رنگ‌بندی ترجیحی عایق سیم و کابل‌ها به شرح زیر است:

- کابل تک‌رشته و دورشته رنگ بندی ترجیحی وجود ندارد.
- کابل سه‌رشته: سبز/زرد، آبی، قهوه‌ای یا طوسی، مشکی، قهوه‌ای.
- کابل چهاررشته: سبز/زرد، طوسی، مشکی، قهوه‌ای یا آبی، مشکی، طوسی، قهوه‌ای.
- کابل پنج‌رشته: سبز/زرد، آبی، مشکی، قهوه‌ای، طوسی، یا قهوه‌ای، آبی، مشکی، طوسی، مشکی.

جدول۲-۵- راهنمای رنگ عایق رشته‌های مختلف کابل

تعداد رشته	هادی حفاظتی	هادی خنثی	هادی فاز ۱	هادی فاز ۲	هادی فاز ۳
۲	-			-	-
۳				-	-
۳	-	-			
۴		-			
۴	-				
۵					
۵					

توزیع رنگ‌ها در خصوص رشته رنگی سبز-زرد باید به نحوی باشد که در هر ۱۵ میلی‌متر طول رشته یکی از این رنگ‌ها حداقل ۳۰ درصد و حداکثر ۷۰ درصد از سطح رشته و رنگ دیگر بقیه سطح را بپوشاند.

رنگ ترکیبی سبز- زرد منحصراً به منظور شناسایی رشته‌ای از کابل است که از آن به‌عنوان اتصال زمین یا کاربرد حفاظتی مشابه استفاده می‌شود.

رنگ آبی برای مشخص کردن رشته خنثی (نول) در نظر گرفته شده است. چنانچه این رشته وجود نداشته باشد در این‌صورت رنگ آبی را می‌توان برای مشخص کردن هر رشته‌ای از کابل به غیر از رشته مخصوص اتصال زمین یا هادی حفاظتی به کار برد.

۲-۵-۱- شماره‌گذاری رشته‌های کابل

عایق رشته‌ها باید همرنگ بوده و به طور متوالی شماره‌گذاری شوند (به جز برای رشته رنگی سبز- زرد در صورت‌وجود) شماره‌گذاری باید با شماره ۱ و در لایه داخلی شروع شود.

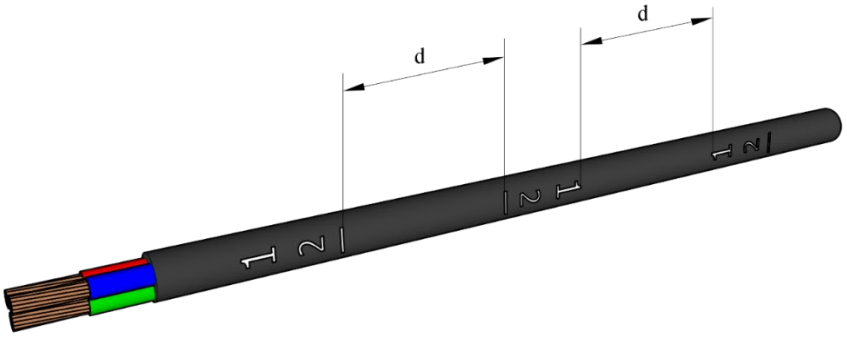
شماره‌ها باید به‌صورت ارقام روی سطح خارجی رشته‌ها چاپ شده باشند. همه شماره‌ها باید یک‌رنگ بوده و متمایز با رنگ عایق و خوانا باشد.

شماره‌ها باید به فواصل منظم در طول رشته تکرار شود. شماره‌های متوالی نسبت به یکدیگر به‌صورت معکوس قرار می‌گیرند.

در صورتی‌که شماره عدد یک رقمی باشد باید یک خط تیره در زیر آن کشیده شود و چنانچه عدد دو رقمی باشد رقم‌ها باید طوری باشند که یکی از آن‌ها در زیر دیگری قرار گرفته و خط تیره زیر رقم پایینی کشیده شود.

فاصله d بین شماره‌های متوالی نباید بیش‌تر از ۵۰ میلی‌متر باشد.

ترتیب علایم در شکل(۲-۳) نشان داده شده است.



شکل۲-۳- فاصله بین شماره رشته‌ها در کابل‌های چندرشته

۲-۶- کدگذاری کابل‌ها

جهت شناسایی سیم‌ها و کابل‌ها دو روش زیر متداول است:

- روش کدگذاری سیم‌ها و کابل‌های برق با حداکثر ولتاژ ۴۵۰/۷۵۰ ولت مطابق استاندارد CENELEC HD 361.
- روش کدگذاری کابل‌های قدرت مطابق استاندارد DIN VDE 0271.

جدول۲-۶- نشانه‌های شناسایی سیم‌ها و کابل‌های برق با حداکثر ولتاژ ۴۵۰/۷۵۰ ولت مطابق استاندارد CENELEC HD361

استاندارد (a۱)	
A	کدگذاری کابل مطابق با استاندارد مصوب ملی
H	کدگذاری کابل مطابق با استاندارد CENELEC
ولتاژ (b۱)	
۰۱	۱۰۰/۱۰۰ ولت
۰۳	۳۰۰/۳۰۰ ولت
۰۵	۳۰۰/۵۰۰ ولت
۰۷	۴۵۰/۷۵۰ ولت
جنس عایق و روکش (a۲)	
B	لاستیک اتیلن پروپیلن (EPR) برای محدوده دمای کارکرد پیوسته ۹۰ درجه سلسیوس
G	کوپلیمر اتیلن وینیل استات (EVA)
J	بافت پشم شیشه
M	عایق معدنی
N	پلی‌کلروپرن (PCP) یا مواد مشابه
N۲	پلی‌کلروپرن (PCP) برای کابل‌های جوش
N۴	پلی‌اتیلن کلروسولفونات یا پلی‌اتیلن کلرینه
N۸	پلی‌کلروپرن (PCP) مقاوم در برابر آب
Q	پلی‌اورتان (PUR)
Q۴	پلی‌آمید (PA)
R	لاستیک اتیلن پروپیلن (EPR) معمولی یا الاستومر مصنوعی مشابه برای محدوده دمای کارکرد پیوسته ۶۰ درجه سلسیوس
S	لاستیک سیلیکون (SR)
T	بافت منسوج اشباع شده یا اشباع نشده بر روی رشته‌های تابیده
T۶	بافت منسوج اشباع شده یا اشباع نشده بر روی هر رشته از کابل چندرشته
V	PVC
V۲	PVC مقاوم در برابر گرما برای محدوده دمای کارکرد ۹۰ درجه سلسیوس
V۳	PVC مقاوم در دمای پایین
V۴	PVC شبکه‌ای (کراس لینک شده)
V۵	PVC مقاوم در برابر روغن
Z	آمیزه کراس لینک شده با پایه پلی‌اولفین با قابلیت انتشار کم گازهای خورنده
Z۱	آمیزه گرمانرم با پایه پلی‌اولفین با قابلیت انتشار کم گازهای خورنده
پوشش فلزی (b۲)	
C	هادی مسی هم‌مرکز
C۴	حفاظ مسی بافته شده بر روی رشته‌های تابیده شده
ترکیب فاصله (c۲)	
D۳	سیم مهار
D۵	رشته مرکزی غیرمهار

جدول ۲-۶- نشانه‌های شناسایی سیم‌ها و کابل‌های برق با حداکثر ولتاژ ۴۵۰/۷۵۰ ولت مطابق استاندارد CENELEC HD361 (ادامه)

ترکیب خاص (d۲)	
بدون علامت	کابل‌های دارای ساختار گرد
H	کابل‌ها و رشته‌های تخت قابل جدا شدن
H۲	کابل‌ها و بندهای تخت غیرقابل جداشدن تا دورشته
H۶	کابل‌های تخت غیرقابل جداشدن (دارای سه‌رشته یا بیش‌تر)
H۷	روکش عایقی دولایه
H۸	کابل‌های فنری شکل
جنس هادی (e۲)	
بدون علامت	مس
-A	آلومینیوم
نوع هادی (f۲)	
-D	هادی افشان برای کابل‌های جوش مطابق استاندارد EN 60228، کلاس ۵.
-E	هادی افشان با انعطاف پذیری زیاد برای کابل‌های جوش مطابق استاندارد EN 60228، کلاس ۶.
-F	هادی افشان برای کابل افشان مطابق استاندارد EN 60228، کلاس ۵.
-H	هادی افشان با انعطاف پذیری زیاد برای کابل‌های افشان مطابق استاندارد EN 60228، کلاس ۶.
-K	هادی افشان در کابل نصب ثابت
-R	هادی گرد نیمه افشان مطابق استاندارد EN 60228، کلاس ۲.
-U	هادی گرد مفتولی مطابق استاندارد EN 60228، کلاس ۱.
-Y	نوار قلع یا سیم نازک (tensil)
تعداد رشته‌ها و سطح مقطع نامی هادی	
(عدد)	تعداد رشته‌ها
X	بدون هادی حفاظتی
G	دارای هادی حفاظتی
(عدد)	سطح مقطع نامی هادیها بر حسب میلی‌مترمربع

جدول۲-۷- راهنمای شناسایی سیم‌ها و کابل‌های برق با حداکثر ولتاژ ۴۵۰/۷۵۰ ولت مطابق استاندارد CENELEC HD 361

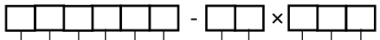
سطح مقطع هادی	وجود یا عدم وجود هادی حفاظتی	تعداد رشته‌ها	نوع هادی	جنس هادی	ساختار	جنس روکش	پوشش فلزی	جنس عایق	ولتاژ مجاز	نوع استاندارد
mm^2			f۲	e۲	c۲ & d۲	a۲	b۲	a۲	b۱	a۱
Y	X	۱	-D	بدون علامت	D۳	B	C	B	۰۱	H
۰/۵	G	۲	-E	A	D۵	G	C۴	G	۰۲	بدون علامت
۰/۷۵	-	۳	-F	-	-	J	-	J	۰۳	-
۱	-	۴	-H	-	بدون علامت	N, N۲,N ۴,N۸	-	M	۰۵	-
۱/۵	-	۵	-K	-	H,H۲,H۶ ,H۷,H۸	Q , Q۴	-	N,N۴	۰۷	-
۲/۵	-	غیره	-R	-	-	R	-	R	-	-
۴	-	-	-U	-	-	S	-	S	-	-
۶	-	-	-Y	-	-	T,T۶	-	V,V۲, V۳,V ۴	-	-
۱۰	-	-	-	-	-	V,V۲, V۳,V ۴,V۵	-	Z , Z۱	-	-
غیره	-	-	-	-	-	Z,Z۱	-	-	-	-

مثال: کابل با کد H07 RN –F 3G2. 5 دارای مشخصات فنی زیر است:

کدگذاری بر اساس استاندارد CENELEC انجام شده، ولتاژ کابل ۴۵۰/۷۵۰ ولت است. عایق لاستیک اتیلن پروپیلن (EPR) معمولی است و روکش پلی‌کلروپرن، هادی از نوع افشان که برای کابل افشان استفاده شده‌است. کابل سه‌رشته با سطح مقطع ۲/۵ میلی‌مترمربع که یکی از رشته‌ها، هادی حفاظتی است.

جدول۲-۸- نشانه‌های شناسایی کابل‌های قدرت مطابق استاندارد DIN VDE 0271

روش کد گذاری برای قدرت تا ۱۰ کیلو وات مطابق استاندارد VDE 0271



مرجع ساختاری

استاندارد

N	استاندارد VDE
(N)	مشابه استاندارد VDE

جنس هادی

A	هادی آلومینیومی
-	هادی مسی

جنس عایق

Y	PVC
2X	پلی‌اتیلن شبکه‌ای (کراس لینک شده)
-	کاغذ اشباع‌شده

هادی هم مرکز (حفاظ)

C	هادی مسی هم مرکز (کنسانتریک)
CW	هادی هم مرکز (کنسانتریک) تابیده به صورت موجدار
CE	هادی مسی هم مرکز کنسانتریک بر روی هر تک رشته
S	حفاظ از جنس سیم مسی
SE	حفاظ از جنس سیم مسی بر روی هر تک رشته
H	لایه‌های رسانا
(F)	حفاظ ضد آب طولی

آرمور (زره)

B	نوار فولادی گالوانیزه
F	سیم فولادی گالوانیزه تخت
G	نوار فولادی گالوانیزه به صورت مارپیچ باز
R	سیم فولادی گالوانیزه گرد

جنس روکش

A	روکش نهایی از جنس الیاف
K	روکش سربی
KL	روکش آلومینیومی
Y	پی‌وی‌سی
2Y	پلی‌اتیلن

هادی حفاظتی

J	دارای هادی حفاظتی
O	بدون هادی حفاظتی

تعداد رشته‌ها

سطح مقطع هادی mm^2

نوع هادی

r …	هادی گرد
s …	هادی سکتور
o …	هادی بیضوی
… e	هادی تک مفتولی
… m	هادی تابیده شده منظم (نیمه افشان)
… h	هادی گرد توخالی
/V	هادی فشرده

ولتاژ نامی

0.6/1	Kv
3.6/6	Kv
6.0/10	Kv

مثال: کابل با کد NA2XSYBY 4*95 SM 0.6/1 Kv: کابل فشار ضعیف با هادی آلومینیوم و عایق پلی‌اتیلن کراس‌لینک با حفاظ (شیلد) از جنس سیم مسی، روکش میانی از جنس .P.V.C و زره از جنس نوار فولادی گالوانیزه و روکش نهایی از جنس .P.V.C چهاررشته با مقطع هادی سکتوری و هادی چند مفتولی با ولتاژ اسمی 0.6/1 کیلو ولت است.

جدول۲-۹- نشانه‌های شناسایی سیم‌ها و کابل‌های برق با حداکثر ولتاژ ۴۵۰/۷۵۰ ولت، مطابق با استاندارد DIN VDE

حالتهای خاص		مواد عایق	
T	سیم مهار	Y	PVC
O	پایدار در برابر روغن	X	پی وی سی شبکه‌ای شده
U	تاخیرانداز شعله	G	الاستومرها
W	پایدار در برابر آب و هوا و عوامل جوی	HX	مواد بدون هالوژن
C	شیلد به‌صورت بافت	**کدگذاری کابل**	
D	شیلد با سیم مسی	A	سیم تک‌رشته مفتولی
S	بافت سیم فولادی برای حفاظت مکانیکی	D	سیم مفتولی
مواد روکش		AF	سیم تک‌رشته افشان
Y	PVC	LH	کابل رابط برای بار مکانیکی سبک
X	پی وی سی شبکه‌ای شده	MH	کابل رابط برای بار مکانیکی متوسط
G	الاستومرها	SH	کابل رابط برای بار مکانیکی سنگین
HX	مواد بدون هالوژن	SSH	کابل رابط برای بارهای مخصوص
P	پلی‌اورتان	SL	کابل کنترل-کابل جوش
هادی حفاظتی		S	کابل کنترل
O	بدون رشته مشخص شده برای هادی حفاظتی	LS	کابل کنترل سبک
J	دارای رشته مشخص شده برای هادی حفاظتی	FL	کابل تخت
نشانه تطابق با استاندارد		SI	کابل سیلیکونی
N	استاندارد VDE	Z	بند تخت دورشته
(N)	مشابه استاندارد VDE	GL	رشته شیشه‌ای
		LI	رشته استرند شده مطابق استاندارد (VDE 0812)
		LIF	رشته استرند شده از مفتول‌های خیلی نازک مطابق استاندارد (VDE 0812)

مثال:

- هادی با کد NYAF: کدگذاری براساس استاندارد VDE، سیم مسی تک‌رشته افشان با عایق PVC.
- هادی با کد NYA: کدگذاری براساس استاندارد VDE، سیم مسی تک‌رشته مفتولی با عایق PVC.

۲-۷- انتخاب و نصب کابل‌ها

همه هادی‌ها و کابل‌ها باید طوری انتخاب شوند که برای ولتاژ و جریانی که تحت هر شرایطی در تجهیزات یا تاسیسات پیش بینی می‌شود یا برای بخشی که قرار است در آن استفاده شوند، مناسب باشند.

کابل‌ها باید به گونه‌ای ساخته، نصب، حافظت و بهره‌برداری شوند یا مورد تعمیر و نگهداری قرار گیرند که مانع بروز هرگونه خطری که منطقا ممکن است پیش بیاید شوند.

کابل‌ها باید طوری انتخاب شوند که برای شرایط کار مورد نظر و طبقه‌بندی تجهیزات، مناسب باشند. نمونه‌هایی از این شرایط بهره‌برداری عبارتند از:

الف) ولتاژ

ب) جریان

پ) اقدامات حفاظتی

ت) گروه‌بندی کابل‌ها

ث) روش نصب

ج) قابلیت دسترسی

کابل‌ها باید طوری انتخاب شوند که در برابر هرگونه تأثیرات خارجی عملکرد مطلوب داشته باشند. کابل‌ها تحت هیچ عنوان نباید در شرایط زیر نصب شوند مگر اینکه برای چنین شرایطی طراحی شده باشند. نمونه‌هایی از تأثیرات خارجی عبارتند از:

الف) دمای محیط

ب) وجود باران، بخار یا تجمع آب

پ) وجود مواد خورنده، شیمیایی یا آلاینده‌ها

ت) تنش‌های مکانیکی (مانند سوراخ یا لبه‌های تیز در مجاورت فلزات)

ث) جانوران (مانند جوندگان)

ج) محیط‌های مستعد رشد میکرو ارگانیسم‌ها (مانند قارچ‌ها و کپک‌ها)

چ) تابش (مانند نور خورشید)

رنگ روکش نهایی کابل، فاکتور مهمی در رابطه با تابش خورشید است. رنگ مشکی، نسبت به رنگ روشن از درجه حفاظت بالاتری در برابر تابش نور خورشید برخوردار است.

۲-۷-۱- کابل‌های ثابت

کابل‌ها نباید در تماس با سطح گرم یا نزدیک آن‌ها نصب شوند، مگر اینکه برای چنین شرایطی طراحی شده باشند.

وزن کابل‌ها باید به طور مناسبی مهار شود. حداکثر فاصله بین نگهدارنده‌ها در جدول (۲-۱۰) پیشنهاد شده است. در تعیین دقیق فاصله بین نگهدارنده‌ها، جرم کابل بین نگهدارنده‌ها باید در نظر گرفته شود تا تنش از مقدار حداکثر تجاوز نکند. کابل‌ها نباید توسط بست‌های نگهدارنده آسیب ببینند.

در مورد کابل‌های تک‌هسته‌ای نیز، فاصله بین بست‌ها به نیروهای الکترودینامیکی ناشی از جریان اتصال کوتاه بستگی دارد؛ در این خصوص توصیه‌های سازنده باید رعایت شود.

جدول۲-۱۰- حداکثر فاصله بین نگه دارنده‌ها برای کابل‌های بدون زره در موقعیت‌هایی که در دسترس هستند.

قطر خارجی کابل D	حداکثر فاصله بین نگهدارنده‌ها[الف] (برحسب میلی‌متر)	
برحسب میلی‌متر	افقی	عمودی
$D \leq ۹$	۲۵۰	۴۰۰
$۹ < D \leq ۱۵$	۳۰۰	۴۰۰
$۱۵ < D \leq ۲۰$	۳۵۰	۴۵۰
$۲۰ < D \leq ۴۰$[ب]	۴۰۰	۵۵۰

الف- در اجراهای کابل با زاویه بیش از ۳۰ درجه نسبت به خط عمود، فاصله‌های افقی و برای اجرای با زاویه ۳۰ درجه یا کم‌تر از خط عمود، فاصله‌های عمودی در نظر گرفته شوند.

ب- برای کابل‌های با قطر خارجی بیش از ۴۰ میلی‌متر و برای کابل‌های تک‌هسته‌ای با سطح مقطع ۳۰۰ میلی‌مترمربع و بیش‌تر توصیه‌های سازنده در خصوص فاصله بین نگهدارنده‌ها باید رعایت شود.

۲-۷-۲- جریان مجاز

جریان مجاز کابل محدود است به حداکثر دمای آن و حداکثر دمای کابل به نوع عایق یا غلاف کابل وابسته است.

جریان مجاز کابل‌های قابل انعطاف، بند[1]ها و سیم‌کشی‌های ثابت بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۵۲-۵-۱۹۳۷ تعیین می‌شود. مقادیری که در این استاندارد برای انواع مختلف سطح مقاطع کابل‌ها تعیین شده است برای شرایط نصب خاصی است که اشاره شده، زمانی‌که کابل‌ها بارگیری پیوسته (ضریب بار ۱۰۰ درصد) در فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز داشته باشند. اگر جریان مجاز کابل نوع خاصی در استاندارد فوق وجود نداشت، مقادیر جریان مجاز را می‌توان از استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 60287 استخراج یا از سازنده کابل اخذ نمود.

در مورد کابلشوها یا اتصالات لحیم شده نرم، دمای هادی در شرایط اتصال کوتاه نباید از ۱۶۰ درجه سلسیوس تجاوز کند.

روش نصب انتخاب شده برای کابل‌ها بر روی جریان مجاز آن‌ها تاثیرگذار است و این نکته مهم باید لحاظ شود. عموما ضرایب تصحیح مختلفی جهت تعیین جریان مجاز کابل‌ها در شرایط خاص ارایه شده است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

[1] Cord

۱) دمای محیط

۲) هم‌جواری کابل‌ها

۳) نوع حفاظت اضافه جریان

۴) وجود عایق‌های حرارتی

۵) کابل‌هایی که روی یک قرقره یا درام پیچیده شده‌اند

۶) فرکانس تغذیه (اگر غیر از ۵۰ یا ۶۰ هرتز باشند)

۷) تاثیر هارمونیک‌ها

انتخاب سطح مقطع هادی‌ها فقط براساس محاسبات جریان مجاز در شرایط نصب نیست، بلکه باید موارد زیر نیز مدنظر قرار گیرد:

۱) ایمنی در برابر برق گرفتگی

۲) آثار حرارتی

۳) اضافه بار و جریان اتصال کوتاه

۴) افت ولتاژ

۵) استحکام مکانیکی

همچنین توجه خاص به تأثیراتی مانند:

۱) محدودیت‌های دمایی برای ترمینال تجهیزات، باسبارها یا هادی‌های لخت

۲) محدودیت‌های دمایی ناشی از اتصال کوتاه

۳) ظرفیت جریانی هادی خنثی، به‌عنوان مثال در نتیجه حضور جریان‌های هارمونیکی قابل توجه در مدارهای سه‌فاز

۴) آثار الکترومغناطیسی

۵) کاهش اتلاف گرما

۶) سطح مقطع هادی حفاظتی تحت شرایط اتصال کوتاه

۷) تابش خورشید یا تشعشعات مادون قرمز

این لیست کامل نیست و ممکن است تأثیرات دیگری برای تاسیسات خاص به‌وجود آید.

۲-۷-۳- هادی‌های موازی

جایی که دو یا چند هادی برق‌دار یا هادی حفاظتی/ خنثی (PEN) به موازات هم در یک سیستم متصل باشند برای دست‌یابی به توزیع مساوی جریان بین آن‌ها باید اقداماتی انجام شود:

این شرط زمانی تحقق می‌یابد که هادی‌ها از یک جنس، دارای سطح مقطع مشابه، تقریبا دارای طول و شرایط نصب مشابه بوده و در این طول هیچ مدار انشعابی نداشته باشد و همچنین:

- هادی‌های موازی، کابل‌های چندرشته‌ای یا کابل‌های تک‌رشته‌ای تابیده شده یا هادی‌های عایق شده باشند یا
- هادی‌های موازی، کابل‌های تک‌رشته‌ای تابیده نشده یا هادی‌های عایق‌دار به شکل مثلثی یا تخت باشند و دارای سطح مقطع کم‌تر یا مساوی ۵۰ mm^2 در مس یا ۷۰ mm^2 در آلومینیوم باشند یا
- اگر هادی‌های موازی، کابل‌های تک‌رشته‌ای تابیده نشده یا هادی‌های عایق‌دار به شکل مثلثی یا تخت باشند و دارای سطح مقطع بزرگ‌تر از ۵۰ mm^2 در مس یا ۷۰ mm^2 در آلومینیوم باشند، پیکربندی خاص لازم برای این نوع شکل‌ها اتخاذ شود، این پیکربندی‌ها در پیوست ح استاندارد ملی ایران به شماره ۵۲-۵-۱۹۳۷ آمده است.

جایی که نتوان به یک جریان مناسب مشترک دست یافت یا جایی که چهار یا بیش از چهار هادی را باید به‌صورت موازی وصل کرد، باید به استفاده از باسداکت نیز توجه کرد.

۲-۷-۴- آثار حرارتی

حداکثر محدودیت دمای کار مداوم انواع مختلف کابل‌ها در استانداردهای IEC 60227 و IEC 60245 آمده است. مقادیر ارایه شده در این استانداردها نباید از مجموع اثر گرمایش جریان در هادی‌ها و دمای محیط بیش‌تر شود. در این خصوص به موارد زیر باید توجه ویژه نمود:

۱) کابل‌ها باید در هوای آزاد نصب شوند تا گردش طبیعی هوا در اطراف کابل مقدور شود. زمانی‌که کابل‌ها پوشیده شده یا در عایق حرارتی قرار گرفته‌اند، یا خنک‌کاری کابل‌ها با مانعی مواجه شده است، ضروری است که جریان مجاز کابل با اعمال ضریب تصحیح مناسب کاهش یابد. این ضریب می‌تواند تا مقدار ۰٫۵ کم باشد.

۲) در جاهایی که کابل‌ها در معرض تابش هستند مانند تابش خورشید یا مادون قرمز، دمای غلاف کابل‌ها می‌تواند به طور قابل توجهی بالاتر از محیط باشد. جایی که نمی‌توان مانع بوجود آمدن این شرایط شد اثر آن‌ها باید در جریان مجاز یا حداکثر دمای مجاز کابل ارزیابی شود.

۳) دمای داخلی تجهیزات، لوازم خانگی، چراغ‌ها و ترمینال آن‌ها در انتخاب انواع کابل‌های مورد استفاده در آن‌ها و متصل به آن‌ها موثر است و باید درنظر گرفته شوند.

۴) قرار گرفتن کابل‌های با عایق گرمانرم در دمایی بیش‌تر از آنچه که در استاندارد ملی ایران به شماره ۵۲-۵-۱۹۳۷ آمده است حتی برای مدت کوتاه نیز می‌تواند باعث نرم شدن عایق شود. این اثر باید درنظرگرفته شود، مخصوصا اگر استرس مکانیکی نیز تأثیرگذار باشد.

۵) حداقل درجه حرارت محیط برای انواع کابل‌ها ۵ درجه سلسیوس است و در صورت نیاز به کارکرد کابل در کم‌تر از این دما، از سازنده کابل مشاوره‌های لازم اخذ شود. تمام عایق‌ها و مواد بکار رفته در ساختار غلاف مورد استفاده برای کابل‌ها به تدریج با کاهش درجه حرارت سفت می‌شوند تا جایی که خشک و شکننده شوند.

کابل‌ها باید به گونه‌ای انتخاب، جانمایی و نصب شوند که خنک‌کاری آن‌ها محدود نشده و برای مواد مجاور، خطر آتش‌سوزی به همراه نداشته باشند.

درصورتی‌که دمای سطح کابل بیش از ۵۰ درجه سلسیوس باشد، کابل باید در جایی نصب یا به‌گونه‌ای محافظت شود که تماس افراد یا حیوانات با آن ممکن نباشد. دمای سطح کابل بالاتر از این مقدار می‌تواند در صورت تماس با پوست بدن باعث واکنش غیر ارادی شود.

اثر گرمای تولید شده به دلیل عبور جریان از هادی کابل باید بر روی اجزای کابل، اتصالات و کابلشوها در نظر گرفته شود.

۲-۷-۵- خصوصیات آتش‌سوزی کابل‌ها

کابل‌ها می‌توانند همانند ماده سوختنی عمل نموده و وسایل انتشار آتش را فراهم کنند و مواد عایق و غلاف کابل‌های در حال سوختن می‌توانند باعث ایجاد دود و بخارات سمی و خورنده شوند. در مواردی این ویژگی می‌تواند خطر بزرگی را ایجاد کند، به ویژه در مواردی‌که تخلیه ایمن محل لازم باشد مانند: ساختمان‌های عمومی، دفاتر، هتل‌ها، بیمارستان‌ها و غیره. در این گونه موارد، رعایت دستورالعمل‌های تولیدکنندگان برای انتخاب کابل‌ها و به حداقل رساندن خطر، الزامی است. علاوه بر آن رعایت الزامات سازمان‌های ذیربط در موضوع حریق الزامی است.

در انتخاب کابل‌هایی که در محیط‌های مستعد انفجار یا قابل اشتعال، نصب می‌شوند توصیه‌های سازندگان کابل‌ها باید رعایت شود. همچنین می‌توان به استاندارد IEC 60079 مراجعه نمود.

۲-۸- تنش‌های مکانیکی در کابل‌ها

در ارزیابی خطر احتمالی آسیب مکانیکی به کابل‌ها، که احتمالاً طی روند عادی نصب کابل‌ها اعمال می‌شود، هر یک از موارد باید در نظر گرفته شود.

احتمال آسیب رسیدن به کابل‌ها و تکیه‌گاه‌های آن‌ها به دلیل اثرات مختل کننده نیروهای الکترومکانیکی ناشی از هر جریانی که ممکن است در بهره‌برداری از کابل‌ها عبور کند (از جمله جریان‌های اتصال کوتاه)، باید در نظر گرفته شود.

۲-۸-۱- کشش

کشش وارد شده به یک کابل نباید از مقادیر تنش کششی زیر برای هر یک از هادی‌ها بیش‌تر باشد. منوط به اینکه حداکثر نیروی کششی N ۱۰۰۰ باشد، مگر اینکه توافق دیگری با تولید کننده کابل وجود داشته باشد.

۱) برای کابل‌های غیرقابل انعطاف حین نصب $۵۰N/mm^۲$

۲) برای کابل‌های قابل انعطاف تحت تنش کششی استاتیک و برای کابل‌های غیرقابل انعطاف در حال بهره‌برداری در مدارهای ثابت $۱۵N/mm^۲$

یادآوری- واحد جرم کیلوگرم و واحد وزن نیوتن است. یک کیلوگرم ماده در حدود ۱۰ نیوتن وزن دارد.

در شرایطی که کشش بیش از این مقادیر به وجود آید، باید از یک تجهیز یا دستگاه تحمل تنش جداگانه استفاده شود. روش اتصال چنین تجهیزی به کابل باید به گونه‌ای باشد که کابل آسیب نبیند.

در شرایطی که کابل‌های انعطاف پذیر تحت تنش دینامیک قرار دارند (به‌عنوان مثال درام‌های پیچشی)، تنش‌های مجاز یا خستگی کابل باید بین مهندس طراح و سازنده کابل توافق شود.

در مواردی‌که کابل‌ها به‌صورت عمودی و بدون نگهدارنده‌های میانی نصب شده و غیرقابل دسترس باشند و احتمال جابجایی و ایجاد اختلال در آن‌ها وجود نداشته باشد، باید در بالای مسیر با نگهدارنده ثابت شوند به گونه‌ای که شعاع داخلی خم از حداقل شعاع خمشی مناسب برای استفاده عادی کم‌تر از مقادیر جدول (۲-۱۱) نباشد. طول عمودی کابل بدون نگهدارنده نباید از ۵ متر بیش‌تر شود.

کابل‌ها نباید به حدی فشرده شوند که آسیب ببینند. هیچ‌یک از کابل‌های موضوع استانداردهای IEC 60227 و IEC 60245 برای فشرده‌سازی طراحی نشده‌اند.

۲-۸-۲- خم نمودن کابل‌ها

شعاع خمش داخلی (R)، همانطور که در شکل (۲-۴) نشان داده شده است برای انواع مختلف کابل در شرایط عادی نباید از شرایط ذکر شده در جدول (۲-۱۱) کم‌تر باشد.

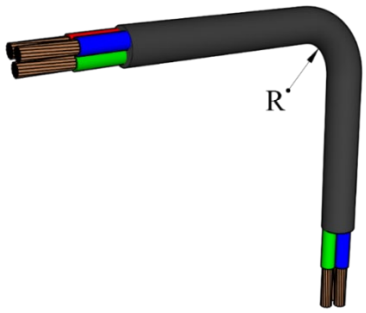
هنگام لخت کردن عایق باید مراقب بود که آسیبی به هادی کابل وارد نشود زیرا این امر به شدت بر شعاع خمش کابل تأثیر می‌گذارد.

شعاع خمش (R) توصیه شده برای دمای محیط ۱۰±۲۰ درجه سلسیوس است. برای دمای خارج از این گستره، توصیه‌های سازنده کابل باید رعایت شود.

برای کابل‌ها و بندهای انعطاف‌پذیر، به ویژه در محل ترمینال‌ها و در محل ورود به لوازم متحرک، می‌توان از قطعاتی استفاده نمود که اطمینان حاصل شود کابل به شعاع خم داخلی کم‌تر از آنچه در جدول (۲-۱۱) توصیه می‌شود، خم نشده است. برای دوام بیش‌تر کابل لازم است از انعطاف‌پذیری کابل خیلی نزدیک به هر نقطه خمش[1] داخلی و/یا خارجی

[1] Anchorage Point

جلوگیری شود. اگر از محافظ سیم یا تجهیزات دیگری استفاده می‌شود، نباید مانع از حرکت داخلی کابل در داخل آن‌ها شود.



شکل۲-۴- تعریف شعاع خمش داخلی (R)

جدول۲-۱۱- حداقل شعاع خمش برای کابل در دمای محیط ۱۰±۲۰ درجه سلسیوس

نوع کابل	حداقل شعاع خمش			
	قطر کابل D (mm)			
	D≤۸	۸<D≤۱۲	۱۲<D≤۲۰	D>۲۰
کابل برای تاسیسات نصب ثابت:				
استفاده عادی	۴D	۵D	۶D	۶D
در هنگام سربندی	۲D	۳D	۴D	۴D
کابل‌های قابل انعطاف (گرمانرم مانند P.V.C.):				
نصب ثابت	۳D	۳D	۴D	۴D
حرکت آزاد	۵D	۵D	۶D	۶D
در ورودی وسیله سیار یا تجهیزات با قابلیت جابجایی[الف]	۵D	۵D	۶D	۶D
زیر بار مکانیکی[ب]	۹D	۹D	۹D	۱۰D
کابل‌های ریسه‌ای[ج]	۱۰D	۱۰D	۱۱D	۱۲D
برای دوبارپیچی مکرر[ب]	۷D	۷D	۸D	۸D
خم شونده در پولی‌ها[ب]	۱۰D	۱۰D	۱۰D	۱۰D
کابل‌های قابل انعطاف (ترموستینگ مانند لاستیک):				
نصب ثابت	۳D	۳D	۴D	۴D
حرکت آزاد	۴D	۴D	۵D	۶D
در ورودی وسیله سیار یا تجهیزات با قابلیت جابجایی[الف]	۴D	۴D	۵D	۶D
زیر بار مکانیکی[ب]	۶D	۶D	۶D	۸D
کابل‌های ریسه ای[ج]	۶D	۶D	۶D	۸D
برای دوبارپیچی مکرر[ب]	۶D	۶D	۶D	۸D
خم شونده در پولی‌ها[ب]	۶D	۸D	۸D	۸D

الف- هیچ بار مکانیکی بر روی کابل وجود ندارد.
ب- به استرس مکانیکی توجه شود. (مطابق بند ۲-۸-۱).
ج- مانند کابل‌های جرثقیل‌های دروازه‌ای.

۲-۸-۳- پیچ خوردگی کابل‌ها

به طور کلی کابل‌های انعطاف‌پذیر طوری طراحی نشده‌اند که حول محور طولی خود تابیده شوند. در تاسیساتی که جلوگیری از چنین پیچشی امکان‌پذیر نیست، طراحی کابل انعطاف‌پذیر و آرایش نصب باید بین طراحان تاسیسات الکتریکی و سازندگان کابل توافق شود.

برای انجام طراحی، موارد زیر الزامی است:

۱) در مواردی‌که حالت عادی کار به تعداد چرخش اندک از طریق قوس تا ۳۶۰ درجه در هر دو جهت نیاز داشته باشد، فاصله بین تکیه گاه‌های بست کابل نباید کم‌تر از ۵۰ برابر بزرگ‌ترین قطر کابل اجرا شده باشد.

۲) در مواردی‌که حالت عادی کار به چرخش مکرر از طریق قوس تا ۳۶۰ درجه در هر دو جهت نیاز داشته باشد، فاصله بین تکیه گاه‌های بست کابل نباید ۱۰۰ برابر بزرگ‌ترین قطر کابل اجرا شده باشد.

در مواردی‌که از کابل‌های مخصوص برای این اهداف استفاده می‌شود، نسبت‌های فوق ممکن است به ترتیب به ۲۵ برابر و ۵۰ برابر کاهش یابد.

۲-۹- تحویل اولیه و بازرسی دوره‌ای کابل‌ها

کابل‌های در معرض تماس باید در طول مسیر بازرسی شوند و در صورت لزوم در انتهای عملیات کابل کشی با اندازه‌گیری‌هایی، صحت اجرا کنترل شود. از آن پس بطور دوره‌ای و در حین بهره‌برداری مورد بازرسی قرار خواهند گرفت.

کابل‌های تاسیسات ثابت، کابل‌های تجهیزات ثابت یا قابل حمل بطور دوره‌ای و هر زمان که احتمال آسیب دیدگی کابل در اثر فشارهای داخلی (اضافه ولتاژ، اضافه جریان) یا خارجی وجود داشته باشد، باید بازرسی شوند. اگر در ظاهر کابل تغییری ایجاد شود، باید از طریق تجهیزات مناسب و افراد ماهر تعمیر یا تعویض شود.

کابل‌های تجهیزات قابل حمل یا دستی باید به‌صورت دوره‌ای بازرسی شوند. اگر در ظاهر کابل نشانه‌ای از سایش، آسیب یا تغییر ظاهری وجود داشته باشد، باید تعویض شوند.

۲-۱۰- بسته‌بندی، انبارش و جابجایی/حمل و نقل

۲-۱۰-۱- بسته‌بندی

کابل‌ها به طور معمول بر روی قرقره یا به‌صورت طول برش در واحدهای بسته‌بندی نشده به کاربر تحویل داده می‌شوند. به طور معمول برای شناسایی، نوع، سطح مقطع و ولتاژ کابل برچسب‌گذاری می‌شوند.

کابل‌هایی که برای استفاده در فضای باز ساخته نشده‌اند، باید در فضای بسته و در مکان‌های خشک نگهداری شوند. برخی از انواع بندها به ویژه آن‌هایی‌که در معرض آسیب در اثر رطوبت قرار دارند. فقط کابل‌هایی که انتهای آن‌ها با

درپوش درزبندی و غیرقابل نفوذ شده‌اند به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت و بسته بندی مناسب، ممکن است بتوانند در فضای باز انبار شوند. اگر در مورد مناسب بودن کابل‌ها در فضای باز تردیدی وجود داشته باشد، باید با سازنده کابل مشورت شود.

۲-۱۰-۲- شرایط دما

در طول مدت انبارش، دمای کابل نباید بیش از مقدار حداکثر توصیه شده (دمای ۴۰ درجه سلسیوس) و کم‌تر از مقدار حداقل مجاز توصیه شده برای نصب باشد (دمای ۵ درجه سلسیوس). یک تولید کننده ممکن است برای کابل‌های خاصی دارای حداکثر دمای انبارش بالاتر و حداقل دمای نصب پایین‌تر باشد.

۲-۱۰-۳- جابجایی/حمل و نقل

در حین جابجایی یا حمل و نقل، باید مراقبت شود تا هرگونه فشار مکانیکی (لرزش، ضربه، تکان‌های شدید، خم‌شدن و پیچش) به حداقل برسد. اگر دمای کابل کم‌تر از حداقل دمای نصب یا اگر بیش از حداکثر دمای انبارش داده شده در بند ۲-۱۰-۲ باشد، اقدامات احتیاطی اضافی در جهت کاهش احتمال خرابی کابل باید انجام شود. مشاوره بیش‌تر را می‌توان از سازندگان کابل دریافت کرد.

۲-۱۱- محاسبات تعیین سطح مقطع کابل

تعیین سطح مقطع هادی‌ها براساس معیارهای زیر انجام می‌شود:

۱) معیار جریان مجاز در شرایط نصب

۲) معیار هارمونیک سوم جریان

۳) معیار افت ولتاژ

۴) معیار انرژی مجاز در هنگام اتصال کوتاه

۲-۱۱-۱- مرحله اول: تعیین سطح مقطع هادی براساس معیار جریان مجاز در شرایط نصب

تعداد هادی‌هایی که باید در یک مدار درنظر گرفته شوند، هادی‌هایی هستند که جریان بار از آن‌ها عبور می‌کند. هنگامی که بتوان فرض کرد که از هادی‌ها در مدار سه‌فاز جریان متعادل عبور می‌کند، نیازی به لحاظ نمودن هادی خنثی مربوط نیست. در این حالت جریان مجاز کابل چهاررشته‌ای دقیقا برابر جریان مجاز کابل سه‌رشته‌ای با همان مقطع هادی فاز است. وقتی که فقط سه هادی بارگذاری شده باشند ممکن است کابل‌های چهار و پنج‌رشته‌ای جریان مجاز بیش‌تری

داشته باشند. در مواردی‌که هارمونیک سوم جریان وجود دارد یا اعوجاج هارمونیک کل[1] جریان بزرگ‌تر از ۱۵ درصد باشد این فرض صادق نیست.

جایی که هادی خنثی در یک کابل چندرشته‌ای در اثر عدم تعادل در جریان‌های فاز، حامل جریان است، افزایش دمای حاصل از جریان خنثی معادل کاهش گرمای تولید شده یک یا چند هادی فاز است. در این حالت سطح مقطع هادی خنثی باید براساس بالاترین جریان فاز انتخاب شود.

جایی که هادی خنثی بدون کاهش متناسب در بار هادی‌های فاز، از آن جریان عبور می‌کند، در تعیین جریان مجاز مدار، باید هادی خنثی نیز درنظرگرفته شود. چنین جریان‌هایی ممکن است باعث عبور جریان هارمونیک سوم قابل توجه در مدارهای سه‌فاز شود. اگر مقدار هارمونیک بیش از ۱۵ درصد جریان فاز اصلی باشد، سطح مقطع هادی خنثی نباید از هادی فاز کم‌تر باشد. تأثیرات حرارتی ناشی از وجود هارمونیک سوم یا مضارب ۳ و ضرایب کاهشی متناسب برای جریان‌های هارمونیکی بالاتر در جدول (۲-۴۲) ارایه شده است.

از آنجا که تلفات گرما در یک قسمت از مسیر نسبت به قسمت دیگر تفاوت دارد، جریان مجاز باید طوری تعیین شود که با قسمتی که بیش‌ترین موقعیت‌های نامطلوب را دارد، مناسب باشد.

هیچ سیستم سیم‌کشی نباید به داخل عنصری از سازه ساختمان، که برای تحمل بار در نظر گرفته شده است نفوذ کند، مگر اینکه بتوان انسجام عنصر تحمل کننده بار را بعد از چنین نفوذی تضمین کرد.

[1] THD_i: Total Harmonic Distortion

جدول۲-۱۲- راهنمای انتخاب هادی‌ها برای شرایط مختلف

هادی‌ها و کابل‌ها		روش نصب						
		به‌صورت آزاد بدون بست	نصب شده با بست	عبور داده شده از داخل لوله	عبور داده شده از داخل کانال (شامل مجراهای عبوری دیواری[1] و مجراهای عبوری کف[2])	سیستم داکت کابل	نردبان کابل، سینی کابل، یا براکت	با اتکا روی مقره	آویزان به کمک سیم حائل
هادی لخت		–	–	–	–	–	–	+	–
هادی عایق‌دار		–	–	+	+	+	–	+	–
کابل‌های روکش‌دار (از جمله زره‌دار و عایق معدنی)	چندرشته‌ای	+	+	+	+	+	+	O	+
	تک‌رشته‌ای	+	+	+	+	+	+	O	+

۱- هادی‌های عایق‌دار در صورتی پذیرفته شده هستند که سیستم‌های شینه کابل دارای حداقل درجه حفاظت IPX4 یا IPXXD باشند و پوشش را بتوان تنها به‌وسیله یک ابزار یا یک عمل مناسب برداشت.

۲- هادی‌های عایق‌داری که به‌عنوان هادی حفاظتی یا هادی‌های ارتباطی حفاظتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ممکن است از هر روش مناسب نصب استفاده کنند و نیازی به قرار گرفتن در لوله، داکت یا کانال نداشته باشند.

+: مجاز –: غیرمجاز O: کاربرد ندارد یا در عمل به طور متداول استفاده نمی‌شود.

[1] Skirting Trunking
[2] Flush Floor Trunking

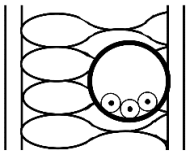
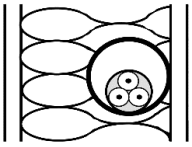
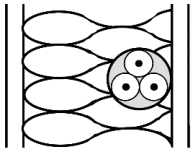
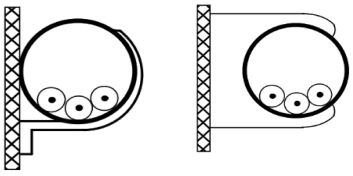
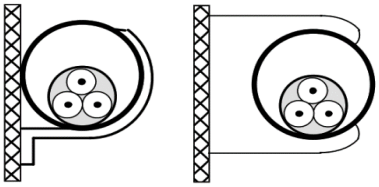
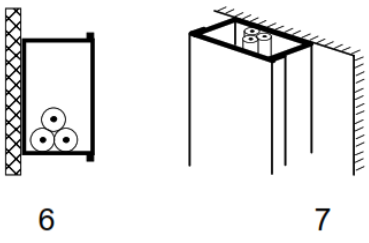
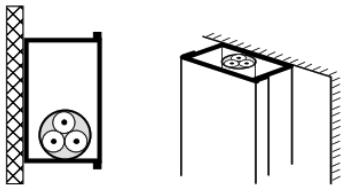
جدول۲-۱۳- طبقه‌بندی روش‌های مختلف اجرای هادی‌ها

هادی‌ها و کابل‌ها		روش نصب						
		به‌صورت آزاد بدون بست	نصب شده با بست	عبور داده شده از داخل لوله	عبور داده شده از داخل کانال (شامل مجراهای عبوری دیواری و مجراهای عبوری کف)	سیستم داکت کابل	نردبان کابل سینی کابل، یا براکت	با اتکا روی مقره	آویزان به کمک سیم حائل
کانال تاسیسات ساختمان	قابل دسترس	۴۰	۳۳	۴۱، ۴۲	۶، ۷، ۸، ۹، ۱۲	۴۳، ۴۴	۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴	-	O
	غیرقابل دسترس	۴۰	O	۴۱، ۴۲	O	۴۳	O	O	O
کانال کابل		۵۶	۵۶	۵۴، ۵۵	O	-	۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۴	-	-
مدفون در خاک		۷۲، ۷۳	O	۷۰، ۷۱	-	۷۰، ۷۱	O	-	-
تعبیه شده در دیوار		۵۷، ۵۸	۳	۱، ۲، ۵۹، ۶۰	۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳	۴۵، ۴۶	O	-	-
نصب روی سطوح		-	۲۰، ۲۱، ۲۲	۴، ۵	۶، ۷، ۸، ۹، ۱۲	۶، ۷، ۸، ۹	۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۴	۳۶	-
نصب هوایی/آزاد در هوا		-	۳۳	O	۱۰، ۱۱	۱۰، ۱۱	۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۴	۳۶	۳۵
تعبیه شده در قاب پنجره‌ها		۱۶	O	۱۶	O	O	O	-	-
نما		۱۵	O	۱۵	O	O	O	-	-
غوطه‌ور در آب		+	+	+	-	+	O	-	-

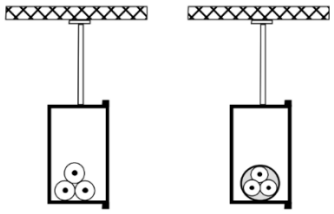
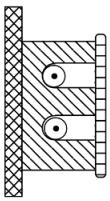
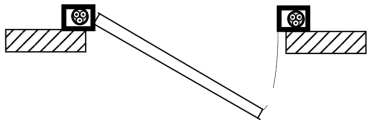
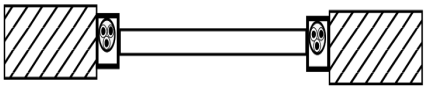
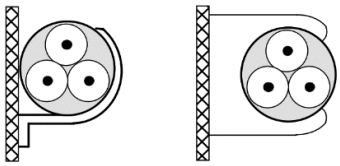
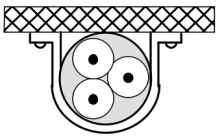
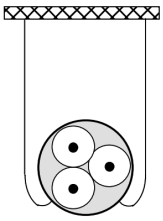
- : مجاز نیست O: کاربرد ندارد یا به طور معمول در عمل استفاده نمی‌شود +: طبق دستورالعمل سازنده

یادآوری- اعداد قید شده در هر خانه به روش نصب در جدول (۲-۱۴) اشاره دارد.

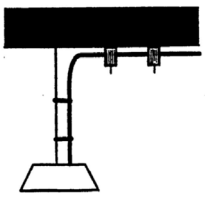
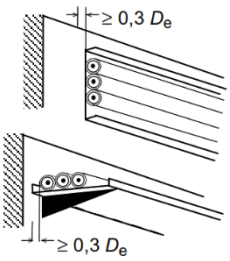
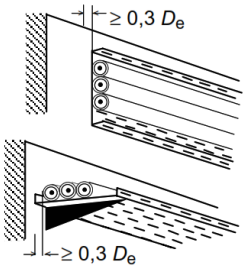
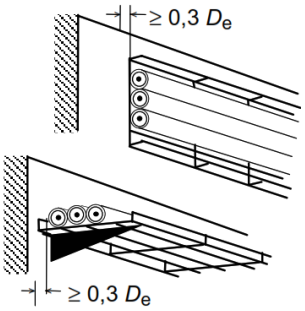
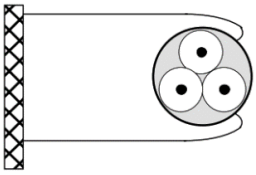
جدول۲-۱۴- نمایش روش‌های مختلف نصب برای بدست آوردن جریان مجاز

کد روش اجرای مرجع	شرح	نمایش تصویری	شماره مشخصه
A۱	کابل تک‌هسته‌ای یا هادی عایق‌دار در داخل لوله در دیوار عایق حرارتی [a,c]	 اتاق	۱
A۲	کابل چندهسته‌ای در داخل لوله در دیوار عایق حرارتی	 اتاق	۲
A۱	کابل چندهسته‌ای مستقیماً در دیوار عایق حرارتی (بدون لوله)	 اتاق	۳
B۱	کابل تک‌هسته‌ای یا هادی عایق‌دار داخل لوله روی دیوار چوبی یا سنگی یا بیرون دیوار ولی با فاصله کم‌تر از ۰/۳ قطر لوله تا آن [c]		۴
B۲	کابل چندهسته‌ای درون لوله روی دیوار چوبی یا سنگی یا بیرون دیوار ولی با فاصله کم‌تر از ۰/۳ قطر لوله تا آن		۵
B۱	هادی عایق‌دار یا کابل تک‌هسته‌ای درون داکت (شامل داکت‌های چند مسیره) روی دیوار چوبی یا سنگی به‌صورت افقی [b] (۶) یا عمودی [c] (۷)	 6 7	۶و۷
B۲	کابل چندهسته‌ای درون داکت (شامل داکت‌های چند مسیره) روی دیوار چوبی یا سنگی به‌صورت افقی [b] (۸) یا عمودی [b,c] (۹)	 8 9	۸و۹

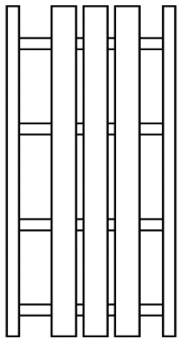
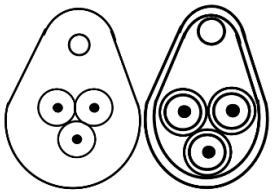
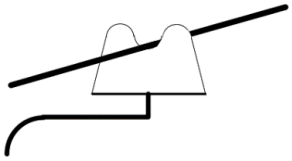
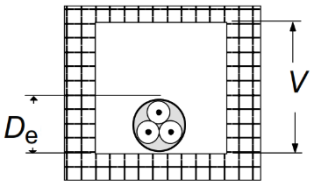
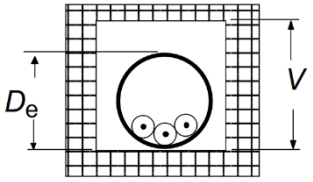
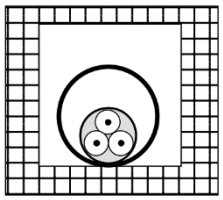
جدول ۲-۱۴- نمایش روش‌های مختلف نصب برای بدست آوردن جریان مجاز (ادامه)

کد روش اجرای مرجع	شرح	نمایش تصویری	شماره مشخصه
B۱	هادی عایق‌دار یا کابل‌های تک‌هسته‌ای درون داکت آویزان شده[b]	 10 11	۱۰
B۲	کابل چندهسته‌ای درون داکت آویزان شده[b]		۱۱
A۱	هادی عایق‌دار یا کابل‌های تک‌هسته‌ای که درون قالب‌های گچی مخصوص کشیده می‌شوند[c,e]		۱۲
A۱	هادی عایق‌دار درون لوله یا کابل‌های تک یا چندهسته‌ای داخل گچبری[c,f]		۱۵
A۱	هادی عایق‌دار درون لوله یا کابل‌های تک یا چندهسته‌ای درون قاب پنجره[c,f]		۱۶
C	کابل تک یا چندهسته‌ای چسبیده به دیوار یا با فاصله‌ای کم‌تر از ۰٫۳ قطر کابل روی دیوار چوبی یا سنگی[c]		۲۰
C	کابل تک یا چندهسته‌ای مستقیماً چسبیده به زیر سقف چوبی یا سنگی		۲۱
می‌تواند جز دسته E محسوب شود.	کابل تک یا چندهسته‌ای اجرا شده روی سقف اما با فاصله		۲۲

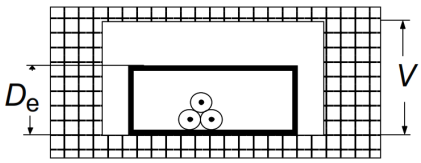
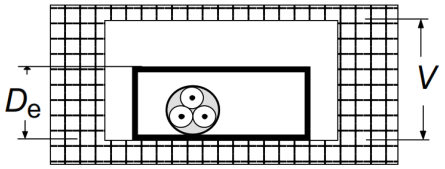
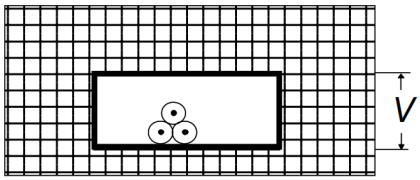
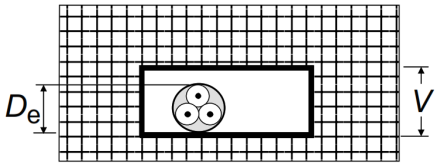
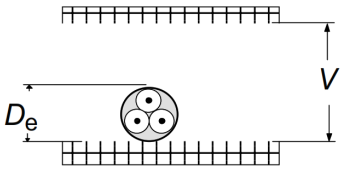
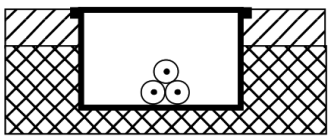
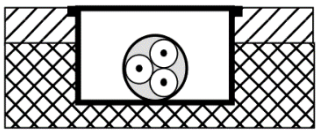
جدول ۲-۱۴- نمایش روش‌های مختلف نصب برای بدست آوردن جریان مجاز (ادامه)

کد روش اجرای مرجع	شرح	نمایش تصویری	شماره مشخصه
C	کابل تغذیه کننده تجهیزات آویزان از سقف		۲۳
C	کابل تک یا چندهسته‌ای اجرا شده روی سینی یکپارچه (بدون سوراخ) عمودی یا افقی ^{c,h}		۳۰
E یا F	کابل تک یا چندهسته‌ای اجرا شده روی سینی سوراخ‌دار عمودی یا افقی ^{c,h}		۳۱
E یا F	کابل تک یا چندهسته‌ای اجرا شده روی براکت یا حائل سیمی عمودی یا افقی ^{c,h}		۳۲
E یا F یا G	کابل تک یا چندهسته‌ای روی دیوار با فاصله‌ای بیش‌تر از ۰٫۳ قطر کابل از دیوار		۳۳

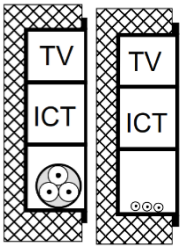
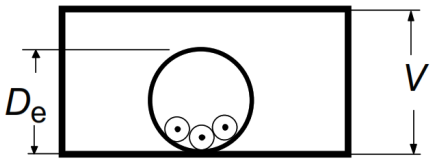
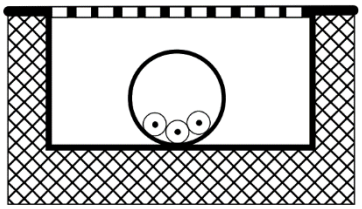
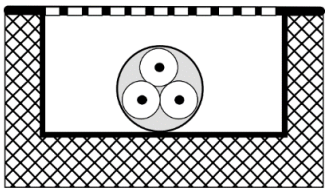
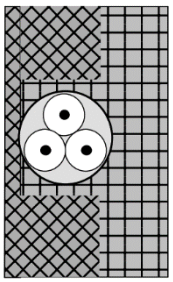
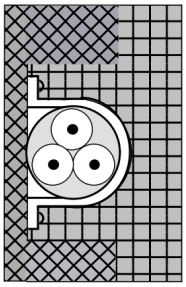
جدول ۲-۱۴- نمایش روش‌های مختلف نصب برای بدست آوردن جریان مجاز (ادامه)

کد روش اجرای مرجع	شرح	نمایش تصویری	شماره مشخصه
E یا F	کابل تک یا چندهسته‌ای اجرا شده روی نردبان[c]		۳۴
E یا F	کابل تک یا چندهسته‌ای آویزان به کمک سیم یا کمربند حائل		۳۵
G	هادی عایق‌دار یا لخت با تکیه بر مقره		۳۶
۱٫۵D_e ≤V< ۵D_e B۲ ۵D_e≤V<۲۰D_e B۱	کابل تک یا چندهسته‌ای در کانال تاسیسات ساختمان[c,h,i]		۴۰
۱٫۵D_e ≤V<۲۰D_e B۲ ۲۰D_e ≤V B۱	هادی عایق‌دار درون لوله داخل کانال تاسیسات ساختمان[c,I,j,k]		۴۱
۱٫۵ D_e ≤V<۲۰De B۲ ۲۰D_e ≤V B۱	کابل تک یا چندهسته‌ای درون لوله داخل کانال تاسیسات ساختمان[c,k]		۴۲

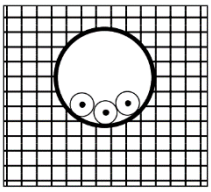
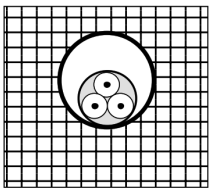
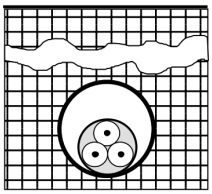
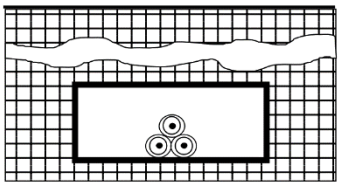
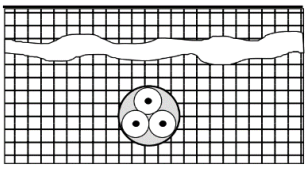
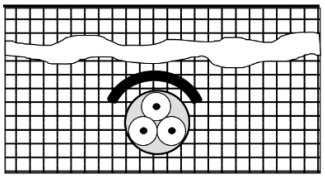
جدول ۲-۱۴- نمایش روش‌های مختلف نصب برای بدست آوردن جریان مجاز (ادامه)

کد روش اجرای مرجع	شرح	نمایش تصویری	شماره مشخصه
۱٫۵ $D_e \leq V < ۲۰ D_e$ B۲ $۲۰ D_e \leq V$ B۱	هادی عایق‌دار درون داکت داخل کانال تاسیسات ساختمان ^{c,I,j,k}		۴۳
۱٫۵De≤V<۲۰De B۲ ۲۰De≤V B۱	کابل تک یا چندهسته‌ای درون داکت داخل کانال تاسیسات ساختمان ^{c,k}		۴۴
۱٫۵ $D_e \leq V < ۵ D_e$ B۲ $۵ D_e \leq V < ۵۰ D_e$ B۱	هادی عایق‌دار درون داکت داخل دیوار سنگی با مقاومت مخصوص حرارتی کم‌تر از ۲K.m/w ^{c,h,i}		۴۵
۱٫۵$D_e \leq V < ۲۰ D_e$ B۲ $۲۰ D_e \leq V$ B۱	کابل تک یا چندهسته‌ای درون داکت داخل دیوار سنگی با مقاومت مخصوص حرارتی کم‌تر از ۲K.m/w ^{c}		۴۶
۱٫۵$D_e \leq V < ۵ D_e$ B۲ $۵ D_e \leq V < ۵۰ D_e$ B۱	کابل تک یا چندهسته‌ای در: • کانال تاسیسات سقفی • در کف کاذب ^{h,i}		۴۷
B۱	هادی عایق‌دار یا کابل تک‌هسته‌ای درون کانال کابل هم‌سطح با کف		۵۰
B۲	کابل چندهسته‌ای درون کانال کابل هم‌سطح با کف		۵۱

جدول ۲-۱۴- نمایش روش‌های مختلف نصب برای بدست آوردن جریان مجاز (ادامه)

کد روش اجرای مرجع	شرح	نمایش تصویری	شماره مشخصه
B۱	هادی عایق‌دار یا کابل تک‌هسته‌ای درون کانال توکار[c]		۵۲ و ۵۳
B۲	کابل چندهسته‌ای درون کانال توکار		
۱٫۵ $D_e \le V < 20 D_e$ B۲ $20 D_e \le V$ B۱	هادی عایق‌دار یا کابل تک‌هسته‌ای درون لوله داخل کانال فاقد تهویه (به‌صورت افقی یا عمودی)[c,I,l,n]		۵۴
B۱	هادی عایق‌دار درون لوله داخل کانال روباز یا دارای تهویه تعبیه شده در کف[m,n]		۵۵
B۱	کابل تک‌هسته‌ای غلاف‌دار یا کابل چندهسته‌ای درون کانال روباز یا دارای تهویه (به‌صورت افقی یا عمودی)[m,n]		۵۶
C	کابل تک یا چندهسته‌ای مستقیماً درون دیوار سنگی با مقاومت مخصوص حرارتی کم‌تر از ۲K.m/w فاقد هرگونه حفاظت مکانیکی اضافی[o,p]		۵۷
C	کابل تک یا چندهسته‌ای مستقیماً درون دیوار سنگی با مقاومت مخصوص حرارتی کم‌تر از ۲K.m/w مجهز به محافظت مکانیکی اضافی[o,p]		۵۸

جدول ۲-۱۴- نمایش روش‌های مختلف نصب برای بدست آوردن جریان مجاز (ادامه)

کد روش اجرای مرجع	شرح	نمایش تصویری	شماره مشخصه
B۱	کابل‌های تک‌هسته‌ای یا هادی عایق‌دار درون لوله داخل دیوار سنگی[p]		۵۹
B۲	کابل‌های چندهسته‌ای درون لوله داخل دیوار سنگی[p]		۶۰
D۱	کابل‌های چندهسته‌ای درون لوله یا داکت، در داخل زمین		۷۰
D۱	کابل‌های تک‌هسته‌ای درون لوله یا داکت در داخل زمین		۷۱
D۲	کابل‌های تک‌هسته‌ای غلاف‌دار یا کابل چندهسته‌ای درون زمین بدون محافظت مکانیکی اضافی[q]		۷۲
D۲	کابل‌های تک‌هسته‌ای غلاف‌دار یا کابل چندهسته‌ای درون زمین مجهز به محافظت مکانیکی اضافی[q]		۷۳

یادآوری ۱- هدف از مثال‌های تصویری، نشان دادن محصول واقعی یا تمرین اجرا نیست، بلکه نشان‌دهنده روش‌های توضیح داده شده است.
یادآوری ۲- همه زیرنویس‌ها را می‌توان در آخرین صفحه از جدول (۲-۱۴) یافت.

a- انتقال حرارت پوسته درونی دیوار از $W/m^2.K$ ۱۰ کم‌تر نباشد.

b- مقادیر ارایه شده برای روش‌های نصب B۱ و B۲ برای یک مدار تکی است. جایی که بیش از یک مدار در مجرا باشد، ضرایب کاهشی گروهی ارایه شده در جدول(۲-۳۴) بدون درنظر گرفتن وجود یک مانع یا حد فاصل درونی، قابل اجرا است.

c- جایی که کابل به‌صورت عمودی عبور می‌کند و تهویه محدود باشد، باید مراقب بود دمای محیط در بالای قسمت عمودی می‌تواند به میزان قابل توجهی افزایش یابد.

d- مقادیر روش مرجع B۲ ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

e- فرض بر این است که مقاومت مخصوص حرارتی محفظه در اثر مصالح ساختمان و فاصله‌های احتمالی هوا ضعیف باشد. جایی که مصالح ساخت محفظه از نظر حرارتی مساوی روش‌های نصب ۶ یا ۷ باشد می‌توان از روش مرجع B۱ استفاده نمود.

f- فرض بر این است که مقاومت مخصوص حرارتی محفظه به دلیل مواد سازنده آن و فضای امکان پذیر برای هوا، ضعیف باشد. جایی که مصالح ساخت محفظه از نظر حرارتی برابر روش‌های نصب ۶، ۷، ۸ یا ۹ باشد می‌توان از روش مرجع B۱ یا B۲ استفاده نمود.

g- می‌توان از عوامل مذکور در جدول (۲-۳۴) استفاده کرد.

h- D_e قطر بیرونی کابل چندهسته‌ای است:

- ۲٫۲ برابر قطر کابل، وقتی که سه کابل تک‌هسته‌ای به شکل مثلثی پیچیده شده باشند، یا
- ۳ برابر قطر کابل، وقتی که سه کابل تک‌هسته‌ای به شکل مسطح پیچیده شده باشند.

i- v عبارت است از بعد یا قطر کوچک‌تر یک مجرای سنگی یا فضاهای خالی یا عمق عمودی یک مجرای مستطیلی، فضای خالی سقف یا کف یا کانال. عمق کانال بیش از عرض آن اهمیت دارد.

j- D_e عبارت است از قطر بیرونی لوله محافظ هادی، یا عمق عمودی داکت کابل.

l- D_e عبارت است از قطر بیرونی لوله محافظ هادی.

m- برای کابل چندرشته‌ای نصب شده به روش ۵۵، از روش مرجع B۲ برای جریان مجاز استفاده شود.

n- توصیه می‌شود که این روش‌های نصب تنها در مناطقی مورد استفاده قرار گیرند که دسترسی فقط مختص افراد ذیصلاح است به طوری که می‌توان از کاهش جریان مجاز و خطر آتش به دلیل تجمع آلودگی جلوگیری کرد.

o- برای کابل‌هایی با هادی‌هایی که سطح مقطع بزرگ‌تر از ۱۶ میلی‌مترمربع ندارند، ممکن است جریان مجاز بالاتر باشد.

p- مقاومت مخصوص حرارتی دیوار سنگی بیش از ۲K.m/W نیست. نام "سنگی" شامل دیوار آجری، سیمانی، کاه‌گلی، و نظایر آن (به غیر از مواد عایق) نیز است.

q- مشمول کابل‌های دفن مستقیم است. در این حالت زمانی مجاز است که مقاومت مخصوص حرارتی خاک در حدود ۲٫۵K.m/W باشد. برای خاک‌هایی با مقاومت‌های کم‌تر، جریان مجاز کابل‌های دفن مستقیم بیش‌تر از کابل‌های درون داکت است.

جداول ارایه شده در این بخش به کابل‌های غیرزره‌دار و هادی‌های عایق شده که ولتاژ نامی آن‌ها از (a.c.) ۱Kv یا (d.c.) ۱٫۵Kv فراتر نمی‌رود مربوط است. ممکن است بتوان کابل‌های چندرشته‌ای را به‌کار برد اما نمی‌توان از آن در کابل‌های تک‌رشته‌ای زره‌دار استفاده کرد.

جریان‌های مجاز، هادی‌های عایق شده با جریان مجاز کابل‌های تک‌رشته‌ای یکسان است.

سیستم سینی کابل:

سینی کابل منفذدار، الگوی منظم و قاعده‌مندی برای منافذ دارد به طوری که ثابت نگه داشتن کابل‌ها را تسهیل می‌کند. زمانی می‌توان برای کابل اجرا شده روی سینی، سینی را منفذدار درنظرگرفت که منفذها حداقل ۳۰٪ منافذ کف سینی را دربر گرفته باشند. در غیر این‌صورت سینی یکپارچه درنظرگرفته می‌شود و مشابه روش مرجع C منظور می‌شود.

سیستم نردبان کابل:

این ساختار کم‌ترین مقاومت در مقابل گردش جریان هوای اطراف کابل‌ها را ایجاد می‌کند. یعنی فلزکاری تقویت کننده زیر کابل‌ها، کم‌تر از ۱۰٪ منطقه طراحی را اشغال می‌کند.

۲-۱۱-۱-۱- دمای محیط

جریان مجاز جداول این بخش برای دماهای محیط مرجع زیر در نظر گرفته شده‌اند:

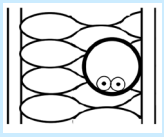
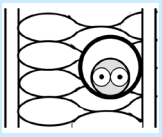
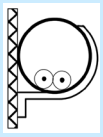
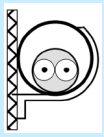
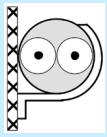
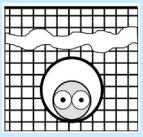
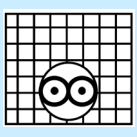
- برای کابل‌ها و هادی‌های عایق‌دار در هوا، بدون درنظر گرفتن روش نصب: ۳۰°C
- برای کابل‌های مدفون، به‌صورت مستقیم در خاک یا در داکت‌هایی در زمین: ۲۰°C

۲-۱۱-۱-۲- مقاومت مخصوص حرارتی خاک

جریان‌های مجاز ارایه شده در این بخش برای کابل‌هایی که در زمین به‌کار می‌روند و مقاومت حرارتی خاک آن‌ها ۲٫۵K.m/W است؛ درنظرگرفته شده‌اند. وقتی که نوع خاک و محل جغرافیایی مشخص نشده باشد، این مقدار به‌عنوان پیش بینی و اقدام احتیاطی برای استفاده ضروری است.

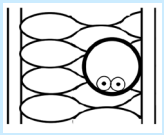
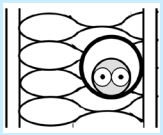
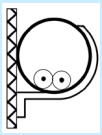
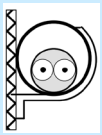
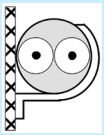
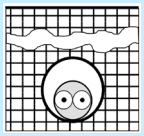
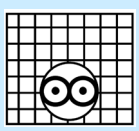
در محل‌هایی که مقاومت مخصوص حرارتی خاک بیش از ۲٫۵K.m/W است، باید جریان مجاز به مقدار مناسبی کاهش یابد یا اینکه بلافاصله مواد مناسب‌تری جایگزین خاک اطراف کابل شود. ضرایب تصحیح برای خاکی که مقاومت مخصوص حرارتی آن، غیر از۲٫۵K.m/W باشد در جدول (۲-۳۳) ارایه شده است.

جدول۲-۱۵- جریان مجاز برحسب آمپر برای دو هادی بارگذاری شده مسی با عایق PVC. دمای هادی: ۷۰°C، دمای محیط: ۳۰°C در هوا و ۲۰°C در زمین

سطح مقطع هادی mm^2	A۱	A۲	B۱	B۲	C	D۱	D۲
							
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مس							
۱/۵	۱۴/۵	۱۴	۱۷/۵	۱۶/۵	۱۹/۵	۲۲	۲۲
۲/۵	۱۹/۵	۱۸/۵	۲۴	۲۳	۲۷	۲۹	۲۸
۴	۲۶	۲۵	۳۲	۳۰	۳۶	۳۷	۳۸
۶	۳۴	۳۲	۴۱	۳۸	۴۶	۴۶	۴۸
۱۰	۴۶	۴۳	۵۷	۵۲	۶۳	۶۰	۶۴
۱۶	۶۱	۵۷	۷۶	۶۹	۸۵	۷۸	۸۳
۲۵	۸۰	۷۵	۱۰۱	۹۰	۱۱۲	۹۹	۱۱۰
۳۵	۹۹	۹۲	۱۲۵	۱۱۱	۱۳۸	۱۱۹	۱۳۲
۵۰	۱۱۹	۱۱۰	۱۵۱	۱۳۳	۱۶۸	۱۴۰	۱۵۶
۷۰	۱۵۱	۱۳۹	۱۹۲	۱۶۸	۲۱۳	۱۷۳	۱۹۲
۹۵	۱۸۲	۱۶۷	۲۳۲	۲۰۱	۲۵۸	۲۰۴	۲۳۰
۱۲۰	۲۱۰	۱۹۲	۲۶۹	۲۳۲	۲۹۹	۲۳۱	۲۶۱
۱۵۰	۲۴۰	۲۱۹	۳۰۰	۲۵۸	۳۴۴	۲۶۱	۲۹۳
۱۸۵	۲۷۳	۲۴۸	۳۴۱	۲۹۴	۳۹۲	۲۹۲	۳۳۱
۲۴۰	۳۲۱	۲۹۱	۴۰۰	۳۴۴	۴۶۱	۳۳۶	۳۸۲
۳۰۰	۳۶۷	۳۳۴	۴۵۸	۳۹۴	۵۳۰	۳۷۹	۴۲۷

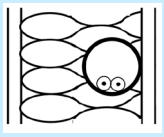
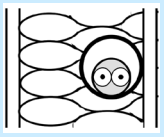
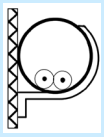
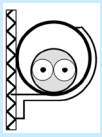
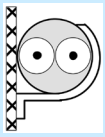
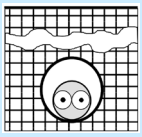
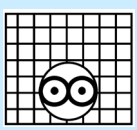
یادآوری- در ستون‌های ۳، ۵، ۶، ۷ و ۸ هادی‌ها با سطح مقطع تا ۱۶ و خود ۱۶ میلی‌مترمربع، دایره‌ای فرض شده‌اند. برای سطح مقطع‌های بزرگ‌تر وابسته به شکل هادی است و می‌توان با اطمینان از هادی‌های دایره‌ای استفاده کرد.

جدول۲-۱۶- جریان مجاز برحسب آمپر برای دو هادی بارگذاری شده آلومینیومی با عایق PVC، ۷۰°C، دمای محیط: ۳۰°C در هوا و ۲۰°C در زمین

سطح مقطع هادی mm^2	A۱	A۲	B۱	B۲	C	D۱	D۲
							
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
آلومینیوم							
۲/۵	۱۵	۱۴/۵	۱۸/۵	۱۷/۵	۲۱	۲۲	-
۴	۲۰	۱۹/۵	۲۵	۲۴	۲۸	۲۹	-
۶	۲۶	۲۵	۳۲	۳۰	۳۶	۳۶	-
۱۰	۳۶	۳۳	۴۴	۴۱	۴۹	۴۷	-
۱۶	۴۸	۴۴	۶۰	۵۴	۶۶	۶۱	۶۳
۲۵	۶۳	۵۸	۷۹	۷۱	۸۳	۷۷	۸۲
۳۵	۷۷	۷۱	۹۷	۸۶	۱۰۳	۹۳	۹۸
۵۰	۹۳	۸۶	۱۱۸	۱۰۴	۱۲۵	۱۰۹	۱۱۷
۷۰	۱۱۸	۱۰۸	۱۵۰	۱۳۱	۱۶۰	۱۳۵	۱۴۵
۹۵	۱۴۲	۱۳۰	۱۸۱	۱۵۷	۱۹۵	۱۵۹	۱۷۳
۱۲۰	۱۶۴	۱۵۰	۲۱۰	۱۸۱	۲۲۶	۱۸۰	۲۰۰
۱۵۰	۱۸۹	۱۷۲	۲۳۴	۲۰۱	۲۶۱	۲۰۴	۲۲۴
۱۸۵	۲۱۵	۱۹۵	۲۶۶	۲۳۰	۲۹۸	۲۲۸	۲۵۵
۲۴۰	۲۵۲	۲۲۹	۳۱۲	۲۶۹	۳۵۲	۲۶۲	۲۹۸
۳۰۰	۲۸۹	۲۶۳	۳۵۸	۳۰۸	۴۰۶	۲۹۶	۳۳۶

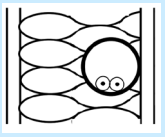
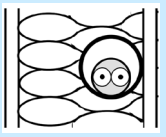
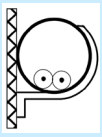
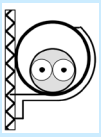
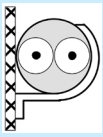
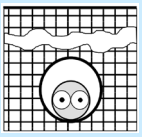
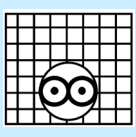
یادآوری- در ستون‌های ۳، ۵، ۶، ۷ و ۸ هادی‌ها با سطح مقطع تا ۱۶ و خود ۱۶ میلی‌مترمربع، دایره‌ای فرض شده‌اند. برای سطح مقطع‌های بزرگ‌تر وابسته به شکل هادی است و می‌توان با اطمینان از هادی‌های دایره‌ای استفاده کرد.

جدول۲-۱۷- جریان مجاز برحسب آمپر برای دو هادی بارگذاری شده مسی با عایق XLPE یا EPR. دمای هادی: ۹۰°C، دمای محیط: ۳۰°C در هوا و ۲۰°C در زمین

سطح مقطع هادی mm^2	A۱	A۲	B۱	B۲	C	D۱	D۲
							
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مس							
۱/۵	۱۹	۱۸/۵	۲۳	۲۲	۲۴	۲۵	۲۷
۲/۵	۲۶	۲۵	۳۱	۳۰	۳۳	۳۳	۳۵
۴	۳۵	۳۳	۴۲	۴۰	۴۵	۴۳	۴۶
۶	۴۵	۴۲	۵۴	۵۱	۵۸	۵۳	۵۸
۱۰	۶۱	۵۷	۷۵	۶۹	۸۰	۷۱	۷۷
۱۶	۸۱	۷۶	۱۰۰	۹۱	۱۰۷	۹۱	۱۰۰
۲۵	۱۰۶	۹۹	۱۳۳	۱۱۹	۱۳۸	۱۱۶	۱۲۹
۳۵	۱۳۱	۱۲۱	۱۶۴	۱۴۶	۱۷۱	۱۳۹	۱۵۵
۵۰	۱۵۸	۱۴۵	۱۹۸	۱۷۵	۲۰۹	۱۶۴	۱۸۳
۷۰	۲۰۰	۱۸۳	۲۵۳	۲۲۱	۲۶۹	۲۰۳	۲۲۵
۹۵	۲۴۱	۲۲۰	۳۰۶	۲۶۵	۳۲۸	۲۳۹	۲۷۰
۱۲۰	۲۷۸	۲۵۳	۳۵۴	۳۰۵	۳۸۲	۲۷۱	۳۰۶
۱۵۰	۳۱۸	۲۹۰	۳۹۳	۳۳۴	۴۴۱	۳۰۶	۳۴۳
۱۸۵	۳۶۲	۳۲۹	۴۴۹	۳۸۴	۵۰۶	۳۴۳	۳۸۷
۲۴۰	۴۲۴	۳۸۶	۵۲۸	۴۵۹	۵۹۹	۳۹۵	۴۴۸
۳۰۰	۴۸۶	۴۴۲	۶۰۳	۵۳۲	۶۹۳	۴۴۶	۵۰۲

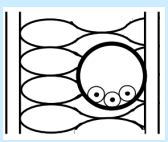
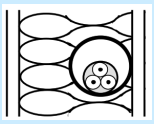
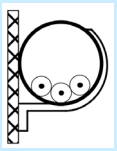
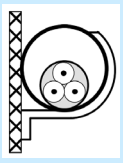
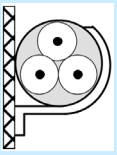
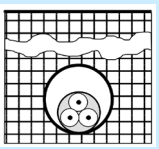
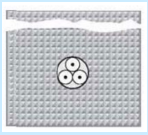
یادآوری- در ستون‌های ۳، ۵، ۶، ۷ و ۸ هادی‌ها با سطح مقطع تا ۱۶ و خود ۱۶ میلی‌مترمربع، دایره‌ای فرض شده‌اند. برای سطح مقطع‌های بزرگ‌تر وابسته به شکل هادی است و می‌توان با اطمینان از هادی‌های دایره‌ای استفاده کرد.

جدول۲-۱۸- جریان مجاز برحسب آمپر برای دو هادی بارگذاری شده آلومینیومی با عایق XLPE یا EPR. دمای هادی: ۹۰°C، دمای محیط: ۳۰°C در هوا و ۲۰°C در زمین

سطح مقطع هادی mm^2	A۱	A۲	B۱	B۲	C	D۱	D۲
							
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
آلومینیوم							
۲٫۵	۲۰	۱۹٫۵	۲۵	۲۳	۲۶	۲۶	-
۴	۲۷	۲۶	۳۳	۳۱	۳۵	۳۳	-
۶	۳۵	۳۳	۴۳	۴۰	۴۵	۴۲	-
۱۰	۴۸	۴۵	۵۹	۵۴	۶۲	۵۵	-
۱۶	۶۴	۶۰	۷۹	۷۲	۸۴	۷۱	۷۶
۲۵	۸۴	۷۸	۱۰۵	۹۴	۱۰۱	۹۰	۹۸
۳۵	۱۰۳	۹۶	۱۳۰	۱۱۵	۱۲۶	۱۰۸	۱۱۷
۵۰	۱۲۵	۱۱۵	۱۵۷	۱۳۸	۱۵۴	۱۲۸	۱۳۹
۷۰	۱۵۸	۱۴۵	۲۰۰	۱۷۵	۱۹۸	۱۵۸	۱۷۰
۹۵	۱۹۱	۱۷۵	۲۴۲	۲۱۰	۲۴۱	۱۸۶	۲۰۴
۱۲۰	۲۲۰	۲۰۱	۲۸۱	۲۴۲	۲۸۰	۲۱۱	۲۳۳
۱۵۰	۲۵۳	۲۳۰	۳۰۷	۲۶۱	۳۲۴	۲۳۸	۲۶۱
۱۸۵	۲۸۸	۲۶۲	۳۵۱	۳۰۰	۳۷۱	۲۶۷	۲۹۶
۲۴۰	۳۳۸	۳۰۷	۴۱۲	۳۵۸	۴۳۹	۳۰۷	۳۴۳
۳۰۰	۳۸۷	۳۵۲	۴۷۱	۴۱۵	۵۰۸	۳۴۶	۳۸۶

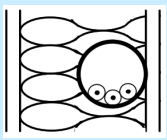
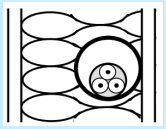
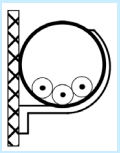
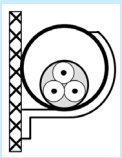
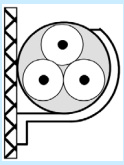
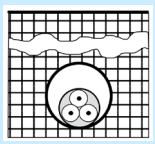
یادآوری- در ستون‌های ۳، ۵، ۶، ۷ و ۸ هادی‌ها با سطح مقطع تا ۱۶ و خود ۱۶ میلی‌مترمربع، دایره‌ای فرض شده‌اند. برای سطح مقطع‌های بزرگ‌تر وابسته به شکل هادی است و می‌توان با اطمینان از هادی‌های دایره‌ای استفاده کرد.

جدول۲-۱۹- جریان مجاز برحسب آمپر برای سه هادی بارگذاری شده مسی با عایق PVC. دمای هادی: ۷۰°C، دمای محیط: ۳۰°C در هوا و ۲۰°C در زمین

سطح مقطع هادی mm^2	A۱	A۲	B۱	B۲	C	D۱	D۲
							
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مس							
۱٫۵	۱۳٫۵	۱۳	۱۵٫۵	۱۵	۱۷٫۵	۱۸	۱۹
۲٫۵	۱۸	۱۷٫۵	۲۱	۲۰	۲۴	۲۴	۲۴
۴	۲۴	۲۳	۲۸	۲۷	۳۲	۳۰	۳۳
۶	۳۱	۲۹	۳۶	۳۴	۴۱	۳۸	۴۱
۱۰	۴۲	۳۹	۵۰	۴۶	۵۷	۵۰	۵۴
۱۶	۵۶	۵۲	۶۸	۶۲	۷۶	۶۴	۷۰
۲۵	۷۳	۶۸	۸۹	۸۰	۹۶	۸۲	۹۲
۳۵	۸۹	۸۳	۱۱۰	۹۹	۱۱۹	۹۸	۱۱۰
۵۰	۱۰۸	۹۹	۱۳۴	۱۱۸	۱۴۴	۱۱۶	۱۳۰
۷۰	۱۳۶	۱۲۵	۱۷۱	۱۴۹	۱۸۴	۱۴۳	۱۶۲
۹۵	۱۶۴	۱۵۰	۲۰۷	۱۷۹	۲۲۳	۱۶۹	۱۹۳
۱۲۰	۱۸۸	۱۷۲	۲۳۹	۲۰۶	۲۵۹	۱۹۲	۲۲۰
۱۵۰	۲۱۶	۱۹۶	۲۶۲	۲۲۵	۲۹۹	۲۱۷	۲۴۶
۱۸۵	۲۴۵	۲۲۳	۲۹۶	۲۵۵	۳۴۱	۲۴۳	۲۷۸
۲۴۰	۲۸۶	۲۶۱	۳۴۶	۲۹۷	۴۰۳	۲۸۰	۳۲۰
۳۰۰	۳۲۸	۲۹۸	۳۹۴	۳۳۹	۴۶۴	۳۱۶	۳۵۹

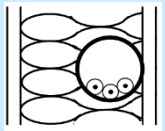
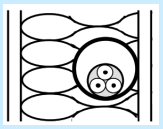
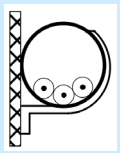
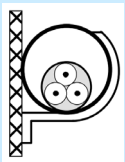
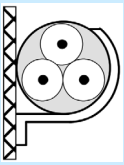
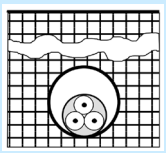
یادآوری- در ستون‌های ۳، ۵، ۶، ۷ و ۸ هادی‌ها با سطح مقطع تا ۱۶ و خود ۱۶ میلی‌مترمربع، دایره‌ای فرض شده‌اند. برای سطح مقطع‌های بزرگ‌تر وابسته به شکل هادی است و می‌توان با اطمینان از هادی‌های دایره‌ای استفاده کرد.

جدول۲-۲۰- جریان مجاز برحسب آمپر برای سه هادی بارگذاری شده آلومینیومی با عایق PVC. دمای هادی: ۷۰°C، دمای محیط: ۳۰°C در هوا و ۲۰°C در زمین

سطح مقطع هادی mm^2	A۱	A۲	B۱	B۲	C	D۱	D۲
							
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
آلومینیوم							
۲٫۵	۱۴	۱۳٫۵	۱۶٫۵	۱۵٫۵	۱۸٫۵	۱۸٫۵	-
۴	۱۸٫۵	۱۷٫۵	۲۲	۲۱	۲۵	۲۴	-
۶	۲۴	۲۳	۲۸	۲۷	۳۲	۳۰	-
۱۰	۳۲	۳۱	۳۹	۳۶	۴۴	۳۹	-
۱۶	۴۳	۴۱	۵۳	۴۸	۵۹	۵۰	۵۳
۲۵	۵۷	۵۳	۷۰	۶۲	۷۳	۶۴	۶۹
۳۵	۷۰	۶۵	۸۶	۷۷	۹۰	۷۷	۸۳
۵۰	۸۴	۷۸	۱۰۴	۹۲	۱۱۰	۹۱	۹۹
۷۰	۱۰۷	۹۸	۱۳۳	۱۱۶	۱۴۰	۱۱۲	۱۲۲
۹۵	۱۲۹	۱۱۸	۱۶۱	۱۳۹	۱۷۰	۱۳۲	۱۴۸
۱۲۰	۱۴۹	۱۳۵	۱۸۶	۱۶۰	۱۹۷	۱۵۰	۱۶۹
۱۵۰	۱۷۰	۱۵۵	۲۰۴	۱۷۶	۲۲۷	۱۶۹	۱۸۹
۱۸۵	۱۹۴	۱۷۶	۲۳۰	۱۹۹	۲۵۹	۱۹۰	۲۱۴
۲۴۰	۲۲۷	۲۰۷	۲۶۹	۲۳۲	۳۰۵	۲۱۸	۲۵۰
۳۰۰	۲۶۱	۲۳۷	۳۰۶	۲۶۵	۳۵۱	۲۴۷	۲۸۲

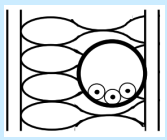
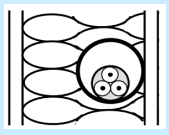
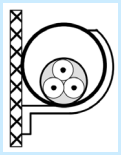
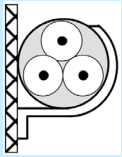
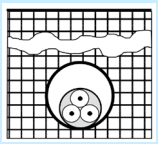
یادآوری- در ستون‌های ۳، ۵، ۶، ۷ و ۸ هادی‌ها با سطح مقطع تا ۱۶ و خود ۱۶ میلی‌مترمربع، دایره‌ای فرض شده‌اند. برای سطح مقطع‌های بزرگ‌تر وابسته به شکل هادی است و می‌توان با اطمینان از هادی‌های دایره‌ای استفاده کرد.

جدول۲-۲۱- جریان مجاز برحسب آمپر برای سه هادی بارگذاری شده مسی با عایق XLPE یا EPR. دمای هادی: ۹۰°C، دمای محیط: ۳۰°C در هوا و ۲۰°C در زمین

سطح مقطع هادی mm^2	A۱	A۲	B۱	B۲	C	D۱	D۲
							
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مس							
۱/۵	۱۷	۱۶/۵	۲۰	۱۹/۵	۲۲	۲۱	۲۳
۲/۵	۲۳	۲۲	۲۸	۲۶	۳۰	۲۸	۳۰
۴	۳۱	۳۰	۳۷	۳۵	۴۰	۳۶	۳۹
۶	۴۰	۳۸	۴۸	۴۴	۵۲	۴۴	۴۹
۱۰	۵۴	۵۱	۶۶	۶۰	۷۱	۵۸	۶۵
۱۶	۷۳	۶۸	۸۸	۸۰	۹۶	۷۵	۸۴
۲۵	۹۵	۸۹	۱۱۷	۱۰۵	۱۱۹	۹۶	۱۰۷
۳۵	۱۱۷	۱۰۹	۱۴۴	۱۲۸	۱۴۷	۱۱۵	۱۲۹
۵۰	۱۴۱	۱۳۰	۱۷۵	۱۵۴	۱۷۹	۱۳۵	۱۵۳
۷۰	۱۷۹	۱۶۴	۲۲۲	۱۹۴	۲۲۹	۱۶۷	۱۸۸
۹۵	۲۱۶	۱۹۷	۲۶۹	۲۳۳	۲۷۸	۱۹۷	۲۲۶
۱۲۰	۲۴۹	۲۲۷	۳۱۲	۲۶۸	۳۲۲	۲۲۳	۲۵۷
۱۵۰	۲۸۵	۲۵۹	۳۴۲	۳۰۰	۳۷۱	۲۵۱	۲۸۷
۱۸۵	۳۲۴	۲۹۵	۳۸۴	۳۴۰	۴۲۴	۲۸۱	۳۲۴
۲۴۰	۳۸۰	۳۴۶	۴۵۰	۳۹۸	۵۰۰	۳۲۴	۳۷۵
۳۰۰	۴۳۵	۳۹۶	۵۱۴	۴۵۵	۵۷۶	۳۶۵	۴۱۹

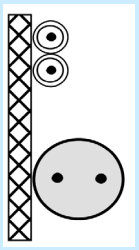
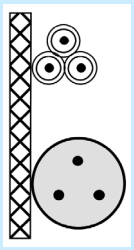
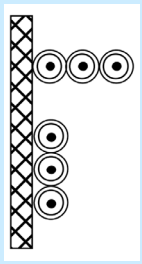
یادآوری- در ستون‌های ۳، ۵، ۶، ۷ و ۸ هادی‌ها با سطح مقطع تا ۱۶ و خود ۱۶ میلی‌مترمربع، دایره‌ای فرض شده‌اند. برای سطح مقطع‌های بزرگ‌تر وابسته به شکل هادی است و می‌توان با اطمینان از هادی‌های دایره‌ای استفاده کرد.

جدول۲-۲۲- جریان مجاز برحسب آمپر برای سه هادی بارگذاری شده آلومینیومی با عایق XLPE یا EPR. دمای هادی: ۹۰°C، دمای محیط: ۳۰°C در هوا و ۲۰°C در زمین

سطح مقطع هادی mm^2	A۱	A۲	B۱	B۲	C	D۱	D۲
							
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
آلومینیوم							
۲٫۵	۱۹	۱۸	۲۲	۲۱	۲۴	۲۲	-
۴	۲۵	۲۴	۲۹	۲۸	۳۲	۲۸	-
۶	۳۲	۳۱	۳۸	۳۵	۴۱	۳۵	-
۱۰	۴۴	۴۱	۵۲	۴۸	۵۷	۴۶	-
۱۶	۵۸	۵۵	۷۱	۶۴	۷۶	۵۹	۶۴
۲۵	۷۶	۷۱	۹۳	۸۴	۹۰	۷۵	۸۲
۳۵	۹۴	۸۷	۱۱۶	۱۰۳	۱۱۲	۹۰	۹۸
۵۰	۱۱۳	۱۰۴	۱۴۰	۱۲۴	۱۳۶	۱۰۶	۱۱۷
۷۰	۱۴۲	۱۳۱	۱۷۹	۱۵۶	۱۷۴	۱۳۰	۱۴۴
۹۵	۱۷۱	۱۵۷	۲۱۷	۱۸۸	۲۱۱	۱۵۴	۱۷۲
۱۲۰	۱۹۷	۱۸۰	۲۵۱	۲۱۶	۲۴۵	۱۷۴	۱۹۷
۱۵۰	۲۲۶	۲۰۶	۲۶۷	۲۴۰	۲۸۳	۱۹۷	۲۲۰
۱۸۵	۲۵۶	۲۳۳	۳۰۰	۲۷۲	۳۲۳	۲۲۰	۲۵۰
۲۴۰	۳۰۰	۲۷۳	۳۵۱	۳۱۸	۳۸۲	۲۵۳	۲۹۰
۳۰۰	۳۴۴	۳۱۳	۴۰۲	۳۶۴	۴۴۰	۲۸۶	۳۲۶

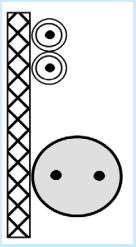
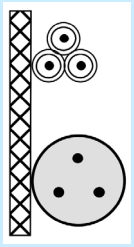
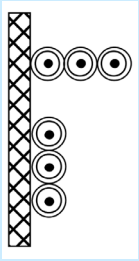
یادآوری- در ستون‌های ۳، ۵، ۶، ۷ و ۸ هادی‌ها با سطح مقطع تا ۱۶ و خود ۱۶ میلی‌مترمربع، دایره‌ای فرض شده‌اند. برای سطح مقطع‌های بزرگ‌تر وابسته به شکل هادی است و می‌توان با اطمینان از هادی‌های دایره‌ای استفاده کرد.

جدول۲-۲۳- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش مرجع C با عایق معدنی، هادی‌ها و شیلد مسی با پوشش PVC، یا هادی لخت در معرض تماس با یکدیگر. دمای پوشش فلزی: ۷۰°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C

سطح مقطع هادی mm^2	تعداد و چیدمان هادی‌ها برای روش C		
	دو هادی بارگذاری شده دورشته‌ای یا تک‌رشته‌ای	سه هادی بارگذاری شده	
		چندرشته‌ای یا تک‌رشته‌ای با آرایش مثلثی	تک‌رشته‌ای با آرایش تخت
			
۱	۲	۳	۴
۵۰۰ ولت			
۱٫۵	۲۳	۱۹	۲۱
۲٫۵	۳۱	۲۶	۲۹
۴	۴۰	۳۵	۳۸
۷۵۰ ولت			
۱٫۵	۲۵	۲۱	۲۳
۲٫۵	۳۴	۲۸	۳۱
۴	۴۵	۳۷	۴۱
۶	۵۷	۴۸	۵۲
۱۰	۷۷	۶۵	۷۰
۱۶	۱۰۲	۸۶	۹۲
۲۵	۱۳۳	۱۱۲	۱۲۰
۳۵	۱۶۳	۱۳۷	۱۴۷
۵۰	۲۰۲	۱۶۹	۱۸۱
۷۰	۲۴۷	۲۰۷	۲۲۱
۹۵	۲۹۶	۲۴۹	۲۶۴
۱۲۰	۳۴۰	۲۸۶	۳۰۳
۱۵۰	۳۸۸	۳۲۷	۳۴۶
۱۸۵	۴۴۰	۳۷۱	۳۹۲
۲۴۰	۵۱۴	۴۳۴	۴۵۷

یادآوری ۱- هر دو انتهای شیلد کابل‌های تک‌رشته‌ای در یک مدار، به هم‌دیگر وصل می‌شوند.
یادآوری ۲- بهتر است برای کابل‌های لخت در معرض تماس، مقادیر در ۰٫۹ ضرب شوند.
یادآوری ۳- مقادیر ۵۰۰ و ۷۵۰ ولت، ولتاژ اسمی کابل است.

جدول۲-۲۴- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش مرجع C با عایق معدنی، شیلد و هادی‌های مسی و کابل لخت که در معرض تماس با یکدیگر و با مواد سوختنی نیستند. دمای پوشش فلزی: ۱۰۵°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C

سطح مقطع هادی mm²	تعداد و چیدمان هادی‌ها برای روش C		
	دو هادی بارگذاری شده	سه هادی بارگذاری شده	
	دورشته‌ای یا تک‌رشته‌ای	چندرشته‌ای یا تک‌رشته‌ای با آرایش مثلثی	تک‌رشته‌ای با آرایش تخت
			
۱	۲	۳	۴
۵۰۰ ولت			
۱٫۵	۲۸	۲۴	۲۷
۲٫۵	۳۸	۳۳	۳۶
۴	۵۱	۴۴	۴۷
۷۵۰ ولت			
۱٫۵	۳۱	۲۶	۳۰
۲٫۵	۴۲	۳۵	۴۱
۴	۵۵	۴۷	۵۳
۶	۷۰	۵۹	۶۷
۱۰	۹۶	۸۱	۹۱
۱۶	۱۲۷	۱۰۷	۱۱۹
۲۵	۱۶۶	۱۴۰	۱۵۴
۳۵	۲۰۳	۱۷۱	۱۸۷
۵۰	۲۵۱	۲۱۲	۲۳۰
۷۰	۳۰۷	۲۶۰	۲۸۰
۹۵	۳۶۹	۳۱۲	۳۳۴
۱۲۰	۴۲۴	۳۵۹	۳۸۳
۱۵۰	۴۸۵	۴۱۰	۴۳۵
۱۸۵	۵۵۰	۴۶۵	۴۹۲
۲۴۰	۶۴۳	۵۴۴	۵۷۲

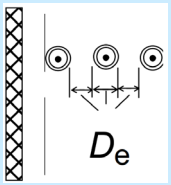
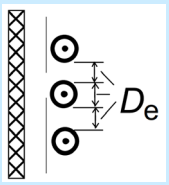
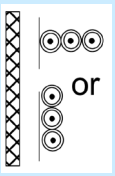
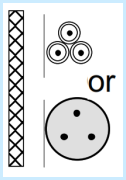
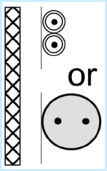
یادآوری ۱- هر دو انتهای شیلد کابل‌های تک‌رشته‌ای در یک مدار، به هم‌دیگر وصل می‌شوند.

یادآوری ۲- ضریب تصحیح گروهی مورد نیاز نیست.

یادآوری ۳- برای این جدول، روش مرجع C مرجعی است برای دیوارهای سنگی، برای اینکه بالاترین دمای شیلد به طور معمول برای دیوارهای چوبی قابل قبول نیست.

یادآوری ۴- مقادیر ۵۰۰ و ۷۵۰ ولت، ولتاژ اسمی کابل است.

جدول۲-۲۵- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش‌های نصب E، F و G کابل با عایق معدنی، غلاف و هادی‌های مسی/ روکش شده با PVC یا هادی لخت در معرض تماس با یکدیگر. دمای پوشش فلزی: ۷۰°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C

تعداد و چیدمان هادی‌ها برای روش E,F,G					سطح مقطع هادی mm^2
سه هادی بارگذاری شده				دو هادی بارگذاری شده دورشته‌ای یا تک‌رشته‌ای روش E یا F	
تک‌رشته‌ای با فاصله افقی روش G	تک‌رشته‌ای با فاصله عمودی روش G	تک‌رشته‌ای در تماس با هم روش F	چندرشته‌ای یا تک‌رشته‌ای در آرایش مثلثی روش E یا F		
					
۶	۵	۴	۳	۲	۱
۵۰۰ ولت					
۲۹	۲۶	۲۳	۲۱	۲۵	۱/۵
۳۹	۳۴	۳۱	۲۸	۳۳	۲/۵
۵۱	۴۵	۴۱	۳۷	۴۴	۴
۷۵۰ ولت					
۳۲	۲۸	۲۶	۲۲	۲۶	۱/۵
۴۳	۳۷	۳۴	۳۰	۳۶	۲/۵
۵۶	۴۹	۴۵	۴۰	۴۷	۴
۷۱	۶۲	۵۷	۵۱	۶۰	۶
۹۵	۸۴	۷۷	۶۹	۸۲	۱۰
۱۲۵	۱۱۰	۱۰۲	۹۲	۱۰۹	۱۶
۱۶۲	۱۴۲	۱۳۲	۱۲۰	۱۴۲	۲۵
۱۹۷	۱۷۳	۱۶۱	۱۴۷	۱۷۴	۳۵
۲۴۲	۲۱۳	۱۹۸	۱۸۲	۲۱۵	۵۰
۲۹۴	۲۵۹	۲۴۱	۲۲۳	۲۶۴	۷۰
۳۵۱	۳۰۹	۲۸۹	۲۶۷	۳۱۷	۹۵
۴۰۲	۳۵۳	۳۳۱	۳۰۸	۳۶۴	۱۲۰
۴۵۴	۴۰۰	۳۷۷	۳۵۲	۴۱۶	۱۵۰
۵۰۷	۴۴۶	۴۲۶	۳۹۹	۴۷۲	۱۸۵
۵۶۵	۴۹۷	۴۹۶	۴۶۶	۵۵۲	۲۴۰

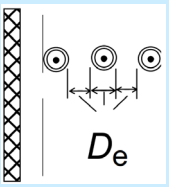
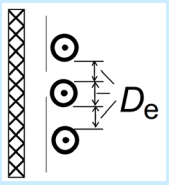
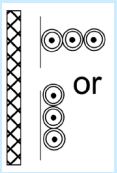
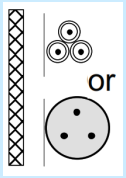
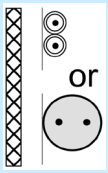
یادآوری ۱- هر دو انتهای شیلد کابل‌های تک‌رشته‌ای در یک مدار، به همدیگر وصل می‌شوند.

یادآوری ۲- بهتر است برای کابل‌های لخت در معرض تماس، مقادیر در ۰/۹ ضرب شوند.

یادآوری ۳- D_e قطر خارجی کابل است.

یادآوری ۴- مقادیر ۵۰۰ و ۷۵۰ ولت، ولتاژ اسمی کابل است.

جدول۲-۲۶- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش‌های نصب E، F و G کابل با عایق معدنی، پوشش و هادی‌های مسی و کابل لخت در معرض تماس با یکدیگر نیستند. دمای پوشش فلزی: ۱۰۵°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C

سطح مقطع هادی mm²	تعداد و چیدمان هادی‌ها برای روش E,F,G				
	سه هادی بارگذاری شده				دو هادی بارگذاری شده دورشته‌ای یا تک‌رشته‌ای روش E یا F
	تک‌رشته‌ای با فاصله افقی روش G	تک‌رشته‌ای با فاصله عمودی روش G	تک‌رشته‌ای در تماس با هم روش F	چندرشته‌ای یا تک‌رشته‌ای در آرایش مثلثی روش E یا F	
					
۱	۲	۳	۴	۵	۶
۵۰۰ ولت					
۱٫۵	۳۱	۲۶	۲۹	۳۳	۳۷
۲٫۵	۴۱	۳۵	۳۹	۴۳	۴۹
۴	۵۴	۴۶	۵۱	۵۶	۶۴
۷۵۰ ولت					
۱٫۵	۳۳	۲۸	۳۲	۳۵	۴۰
۲٫۵	۴۵	۳۸	۴۳	۴۷	۵۴
۴	۶۰	۵۰	۵۶	۶۱	۷۰
۶	۷۶	۶۴	۷۱	۷۸	۸۹
۱۰	۱۰۴	۸۷	۹۶	۱۰۵	۱۲۰
۱۶	۱۳۷	۱۱۵	۱۲۷	۱۳۷	۱۵۷
۲۵	۱۷۹	۱۵۰	۱۶۴	۱۷۸	۲۰۴
۳۵	۲۲۰	۱۸۴	۲۰۰	۲۱۶	۲۴۸
۵۰	۲۷۲	۲۲۸	۲۴۷	۲۶۶	۳۰۴
۷۰	۳۳۳	۲۷۹	۳۰۰	۳۲۳	۳۷۰
۹۵	۴۰۰	۳۳۵	۳۵۹	۳۸۵	۴۴۱
۱۲۰	۴۶۰	۳۸۵	۴۱۱	۴۴۱	۵۰۵
۱۵۰	۵۲۶	۴۴۱	۴۶۹	۴۹۸	۵۶۵
۱۸۵	۵۹۶	۵۰۰	۵۳۰	۵۵۷	۶۲۹
۲۴۰	۶۹۷	۵۸۴	۶۱۷	۶۲۴	۷۰۴

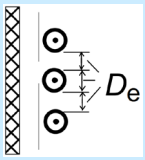
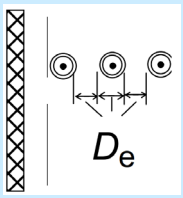
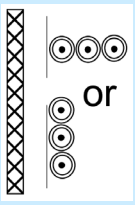
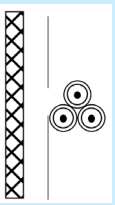
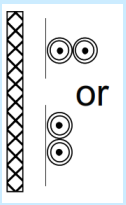
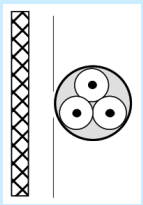
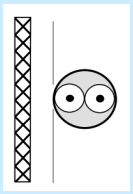
یادآوری ۱- هر دو انتهای شیلد کابل‌های تک‌رشته‌ای در یک مدار، به همدیگر وصل می‌شوند.

یادآوری ۲- ضریب تصحیح گروهی مورد نیاز نیست.

یادآوری ۳- D_e قطر خارجی کابل است.

یادآوری ۴- مقادیر ۵۰۰ و ۷۵۰ ولت، ولتاژ اسمی کابل است.

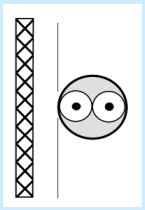
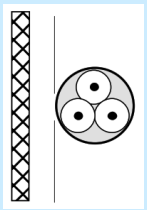
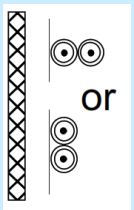
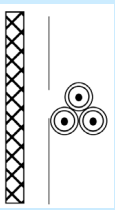
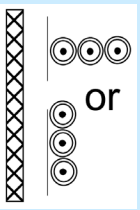
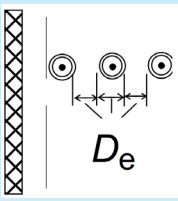
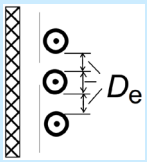
جدول۲-۲۷- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش‌های نصب E، F و G هادی مسی و عایق PVC. دمای هادی: ۷۰°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C

سطح مقطع هادی mm²	روش‌های نصب						
	کابل‌های تک‌هسته‌ای					کابل‌های چندهسته‌ای	
	سه هادی بارگذاری شده آرایش تخت			سه هادی بارگذاری شده مثلثی	دو هادی بارگذاری شده در تماس با هم	سه هادی بارگذاری شده	دو هادی بارگذاری شده
	با فاصله		در تماس با هم				
	عمودی	افقی					
	روش G	روش G	روش F	روش F	روش F	روش E	روش E
							
۱	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲
۱/۵	–	–	–	–	–	۱۸/۵	۲۲
۲/۵	–	–	–	–	–	۲۵	۳۰
۴	–	–	–	–	–	۳۴	۴۰
۶	–	–	–	–	–	۴۳	۵۱
۱۰	–	–	–	–	–	۶۰	۷۰
۱۶	–	–	–	–	–	۸۰	۹۴
۲۵	۱۳۰	۱۴۶	۱۱۴	۱۱۰	۱۳۱	۱۰۱	۱۱۹
۳۵	۱۶۲	۱۸۱	۱۴۳	۱۳۷	۱۶۲	۱۲۶	۱۴۸
۵۰	۱۹۷	۲۱۹	۱۷۴	۱۶۷	۱۹۶	۱۵۳	۱۸۰
۷۰	۲۵۴	۲۸۱	۲۲۵	۲۱۶	۲۵۱	۱۹۶	۲۳۲
۹۵	۳۱۱	۳۴۱	۲۷۵	۲۶۴	۳۰۴	۲۳۸	۲۸۲
۱۲۰	۳۶۲	۳۹۶	۳۲۱	۳۰۸	۳۵۲	۲۷۶	۳۲۸
۱۵۰	۴۱۹	۴۵۶	۳۷۲	۳۵۶	۴۰۶	۳۱۹	۳۷۹
۱۸۵	۴۸۰	۵۲۱	۴۲۷	۴۰۹	۴۶۳	۳۶۴	۴۳۴
۲۴۰	۵۶۹	۶۱۵	۵۰۷	۴۸۵	۵۴۶	۴۳۰	۵۱۴
۳۰۰	۶۵۹	۷۰۹	۵۸۷	۵۶۱	۶۲۹	۴۹۷	۵۹۳
۴۰۰	۷۹۵	۸۵۲	۶۸۹	۶۵۶	۷۵۴	–	–
۵۰۰	۹۲۰	۹۸۲	۷۸۹	۷۴۹	۸۶۸	–	–
۶۳۰	۱۰۷۰	۱۱۳۸	۹۰۵	۸۵۵	۱۰۰۵	–	–

یادآوری ۱- هادی‌ها با سطح مقطع بیش‌تر از ۱۶ میلی‌مترمربع دایره‌ای فرض شده‌اند. مقادیر برای سایزهای بزرگ‌تر وابسته به شکل هادی است و می‌توان با اطمینان از هادی‌های دایره‌ای استفاده کرد.

یادآوری ۲- D_e قطر خارجی کابل است.

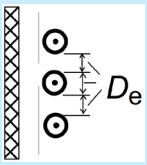
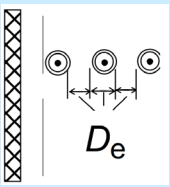
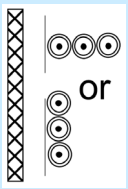
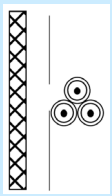
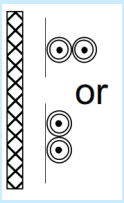
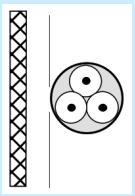
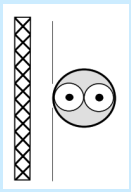
جدول۲-۲۸- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش‌های نصب E، F و G هادی آلومینیومی و عایق PVC. دمای هادی: ۷۰°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C

سطح مقطع هادی mm²	روش‌های نصب						
	کابل‌های چندهسته‌ای		کابل‌های تک‌هسته‌ای				
	دو هادی بارگذاری شده	سه هادی بارگذاری شده	دو هادی بارگذاری شده در تماس با هم	سه هادی بارگذاری شده مثلثی	سه هادی بارگذاری شده آرایش تخت		
					در تماس با هم	با فاصله	
						افقی	عمودی
	روش E	روش E	روش F	روش F	روش F	روش G	روش G
							
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۲٫۵	۲۳	۱۹٫۵	–	–	–	–	–
۴	۳۱	۲۶	–	–	–	–	–
۶	۳۹	۳۳	–	–	–	–	–
۱۰	۵۴	۴۶	–	–	–	–	–
۱۶	۷۳	۶۱	–	–	–	–	–
۲۵	۸۹	۷۸	۹۸	۸۴	۸۷	۱۱۲	۹۹
۳۵	۱۱۱	۹۶	۱۲۲	۱۰۵	۱۰۹	۱۳۹	۱۲۴
۵۰	۱۳۵	۱۱۷	۱۴۹	۱۲۸	۱۳۳	۱۶۹	۱۵۲
۷۰	۱۷۳	۱۵۰	۱۹۲	۱۶۶	۱۷۳	۲۱۷	۱۹۶
۹۵	۲۱۰	۱۸۳	۲۳۵	۲۰۳	۲۱۲	۲۶۵	۲۴۱
۱۲۰	۲۴۴	۲۱۲	۲۷۳	۲۳۷	۲۴۷	۳۰۸	۲۸۲
۱۵۰	۲۸۲	۲۴۵	۳۱۶	۲۷۴	۲۸۷	۳۵۶	۳۲۷
۱۸۵	۳۲۲	۲۸۰	۳۶۳	۳۱۵	۳۳۰	۴۰۷	۳۷۶
۲۴۰	۳۸۰	۳۳۰	۴۳۰	۳۷۵	۳۹۲	۴۸۲	۴۴۷
۳۰۰	۴۳۹	۳۸۱	۴۹۷	۴۳۴	۴۵۵	۵۵۷	۵۱۹
۴۰۰	–	–	۶۰۰	۵۲۶	۵۵۲	۶۷۱	۶۲۹
۵۰۰	–	–	۶۹۴	۶۱۰	۶۴۰	۷۷۵	۷۳۰
۶۳۰	–	–	۸۰۸	۷۱۱	۷۴۶	۹۰۰	۸۵۲

یادآوری ۱- هادی‌ها با سطح مقطع بیش‌تر از ۱۶ میلی‌مترمربع دایره‌ای فرض شده‌اند. مقادیر برای سایزهای بزرگ‌تر وابسته به شکل هادی است و می‌توان با اطمینان از هادی‌های دایره‌ای استفاده کرد.

یادآوری ۲- D_e قطر خارجی کابل است.

جدول۲-۲۹- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش‌های نصب E، F و G هادی مسی و عایق XLPE یا EPR. دمای هادی: ۹۰°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C

سطح مقطع هادی mm²	روش‌های نصب						
	کابل‌های تک‌هسته‌ای					کابل‌های چندهسته‌ای	
	سه هادی بارگذاری شده آرایش تخت			سه هادی بارگذاری شده مثلثی	دو هادی بارگذاری شده در تماس با هم	سه هادی بارگذاری شده	دو هادی بارگذاری شده
	با فاصله		در تماس با هم				
	عمودی	افقی					
	روش G	روش G	روش F	روش F	روش F	روش E	روش E
							
۱	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲
۱٫۵	–	–	–	–	–	۲۳	۲۶
۲٫۵	–	–	–	–	–	۳۲	۳۶
۴	–	–	–	–	–	۴۲	۴۹
۶	–	–	–	–	–	۵۴	۶۳
۱۰	–	–	–	–	–	۷۵	۸۶
۱۶	–	–	–	–	–	۱۰۰	۱۱۵
۲۵	۱۶۱	۱۸۲	۱۴۱	۱۳۵	۱۶۱	۱۲۷	۱۴۹
۳۵	۲۰۱	۲۲۶	۱۷۶	۱۶۹	۲۰۰	۱۵۸	۱۸۵
۵۰	۲۴۶	۲۷۵	۲۱۶	۲۰۷	۲۴۲	۱۹۲	۲۲۵
۷۰	۳۱۸	۳۵۳	۲۷۹	۲۶۸	۳۱۰	۲۴۶	۲۸۹
۹۵	۳۸۹	۴۳۰	۳۴۲	۳۲۸	۳۷۷	۲۹۸	۳۵۲
۱۲۰	۴۵۴	۵۰۰	۴۰۰	۳۸۳	۴۳۷	۳۴۶	۴۱۰
۱۵۰	۵۲۷	۵۷۷	۴۶۴	۴۴۴	۵۰۴	۳۹۹	۴۷۳
۱۸۵	۶۰۵	۶۶۱	۵۳۳	۵۱۰	۵۷۵	۴۵۶	۵۴۲
۲۴۰	۷۱۹	۷۸۱	۶۳۴	۶۰۷	۶۷۹	۵۳۸	۶۴۱
۳۰۰	۸۳۳	۹۰۲	۷۳۶	۷۰۳	۷۸۳	۶۲۱	۷۴۱
۴۰۰	۱۰۸۸	۱۰۸۵	۸۶۸	۸۲۳	۹۴۰	–	–
۵۰۰	۱۱۶۹	۱۲۵۳	۹۹۸	۹۴۶	۱۰۸۳	–	–
۶۳۰	۱۳۶۲	۱۴۵۴	۱۱۵۱	۱۰۸۸	۱۲۵۴	–	–

یادآوری ۱- هادی‌ها با سطح مقطع بیش‌تر از ۱۶ میلی‌مترمربع دایره‌ای فرض شده‌اند. مقادیر برای سایزهای بزرگ‌تر وابسته به شکل هادی است و می‌توان با اطمینان از هادی‌های دایره‌ای استفاده کرد.

یادآوری ۲- D_e قطر خارجی کابل است.

جدول۲-۳۰- جریان مجاز برحسب آمپر برای روش‌های نصب E، F و G هادی آلومینیومی و عایق XLPE یا EPR. دمای هادی: ۹۰°C، دمای مرجع محیط: ۳۰°C

سطح مقطع هادی mm²	روش‌های نصب						
	کابل‌های چندهسته‌ای		کابل‌های تک‌هسته‌ای				
	دو هادی بارگذاری شده	سه هادی بارگذاری شده	دو هادی بارگذاری شده در تماس با هم	سه هادی بارگذاری شده مثلثی	سه هادی بارگذاری شده آرایش تخت		
					در تماس با هم	با فاصله	
						افقی	عمودی
	روش E	روش E	روش F	روش F	روش F	روش G	روش G
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۲٫۵	۲۸	۲۴	–	–	–	–	–
۴	۳۸	۳۲	–	–	–	–	–
۶	۴۹	۴۲	–	–	–	–	–
۱۰	۶۷	۵۸	–	–	–	–	–
۱۶	۹۱	۷۷	–	–	–	–	–
۲۵	۱۰۸	۹۷	۱۲۱	۱۰۳	۱۰۷	۱۳۸	۱۲۲
۳۵	۱۳۵	۱۲۰	۱۵۰	۱۲۹	۱۳۵	۱۷۲	۱۵۳
۵۰	۱۶۴	۱۴۶	۱۸۴	۱۵۹	۱۶۵	۲۱۰	۱۸۸
۷۰	۲۱۱	۱۸۷	۲۳۷	۲۰۶	۲۱۵	۲۷۱	۲۴۴
۹۵	۲۵۷	۲۲۷	۲۸۹	۲۵۳	۲۶۴	۳۳۲	۳۰۰
۱۲۰	۳۰۰	۲۶۳	۳۳۷	۲۹۶	۳۰۸	۳۸۷	۳۵۱
۱۵۰	۳۴۶	۳۰۴	۳۸۹	۳۴۳	۳۵۸	۴۴۸	۴۰۸
۱۸۵	۳۹۷	۳۴۷	۴۴۷	۳۹۵	۴۱۳	۵۱۵	۴۷۰
۲۴۰	۴۷۰	۴۰۹	۵۳۰	۴۷۱	۴۹۲	۶۱۱	۵۶۱
۳۰۰	۵۴۳	۴۷۱	۶۱۳	۵۴۷	۵۷۱	۷۰۸	۶۵۲
۴۰۰	–	–	۷۴۰	۶۶۳	۶۹۴	۸۵۶	۷۹۲
۵۰۰	–	–	۸۵۶	۷۷۰	۸۰۶	۹۹۱	۹۲۱
۶۳۰	–	–	۹۹۶	۸۹۹	۹۴۲	۱۱۵۴	۱۰۷۷

یادآوری ۱- هادی‌ها با سطح مقطع بیش‌تر از ۱۶ میلی‌مترمربع دایره‌ای فرض شده‌اند. مقادیر برای سایزهای بزرگ‌تر وابسته به شکل هادی است و می‌توان با اطمینان از هادی‌های دایره‌ای استفاده کرد.

یادآوری ۲- D_e قطر خارجی کابل است.

جدول۲-۳۱- ضریب تصحیح برای جریان مجاز کابل در هوا وقتی که دمای هوا غیر از ۳۰°C است.

دمای محیط °C	عایق			
			معدنی[الف]	
	PVC	XLPE و EPR	با روکش PVC یا بدون آن در تماس با یکدیگر، دمای ۷۰°C	لخت که در معرض تماس نیست، دمای ۱۰۵ °C
۱۰	۱٫۲۲	۱٫۱۵	۱٫۲۶	۱٫۱۴
۱۵	۱٫۱۷	۱٫۱۲	۱٫۲	۱٫۱۱
۲۰	۱٫۱۲	۱٫۰۸	۱٫۱۴	۱٫۰۷
۲۵	۱٫۰۶	۱٫۰۴	۱٫۰۷	۱٫۰۴
۳۰	۱	۱	۱	۱
۳۵	۰٫۹۴	۰٫۹۶	۰٫۹۳	۰٫۹۶
۴۰	۰٫۸۷	۰٫۹۱	۰٫۸۵	۰٫۹۲
۴۵	۰٫۷۹	۰٫۸۷	۰٫۷۸	۰٫۸۸
۵۰	۰٫۷۱	۰٫۸۲	۰٫۶۷	۰٫۸۴
۵۵	۰٫۶۱	۰٫۷۶	۰٫۵۷	۰٫۸
۶۰	۰٫۵	۰٫۷۱	۰٫۴۵	۰٫۷۵
۶۵	–	۰٫۶۵	–	۰٫۷
۷۰	–	۰٫۵۸	–	۰٫۶۵
۷۵	–	۰٫۵	–	۰٫۶
۸۰	–	۰٫۴۱	–	۰٫۵۴
۸۵	–	–	–	۰٫۴۷
۹۰	–	–	–	۰٫۴
۹۵	–	–	–	۰٫۳۲

الف- برای دماهای بالاتر با سازنده مشورت شود.

جدول۲-۳۲- ضرایب تصحیح برای جریان مجاز کابل‌ها داخل زمین اگر دمای زمین غیر از ۲۰°C باشد.

دمای زمین °C	عایق	
	PVC	XLPE و EPR
۱۰	۱٫۱	۱٫۰۷
۱۵	۱٫۰۵	۱٫۰۴
۲۰	۱	۱
۲۵	۰٫۹۵	۰٫۹۶
۳۰	۰٫۸۹	۰٫۹۳
۳۵	۰٫۸۴	۰٫۸۹
۴۰	۰٫۷۷	۰٫۸۵
۴۵	۰٫۷۱	۰٫۸
۵۰	۰٫۶۳	۰٫۷۶
۵۵	۰٫۵۵	۰٫۷۱
۶۰	۰٫۴۵	۰٫۶۵
۶۵	-	۰٫۶
۷۰	-	۰٫۵۳
۷۵	-	۰٫۴۶
۸۰	-	۰٫۳۸

جدول۲-۳۳- ضرایب تصحیح مقاومت مخصوص حرارتی خاک برای کابل‌های دفن مستقیم یا داکت‌های مدفون در زمین (روش مرجع D) در صورتی‌که مقاومت مخصوص حرارتی خاک غیر از ۲٫۵K.m/W باشد.

مقاومت مخصوص حرارتی K.m/W	۰٫۵	۰٫۷	۱	۱٫۵	۲	۲٫۵	۳
ضریب تصحیح برای کابل‌ها در داکت‌های مدفون	۱٫۲۸	۱٫۲	۱٫۱۸	۱٫۱	۱٫۰۵	۱	۰٫۹۶
ضریب تصحیح برای کابل‌های دفن مستقیم	۱٫۸۸	۱٫۶۲	۱٫۵	۱٫۲۸	۱٫۱۲	۱	۰٫۹

یادآوری۱- اعداد فوق با رواداری ۵٪± هستند.

یادآوری۲- ضرایب تصحیح برای کابل‌های داخل داکت‌های مدفون کاربرد دارد. برای کابل‌های مستقیم دفن شده در زمین و برای خاکهای با مقاومت مخصوص حرارتی کم‌تر از ۲٫۵ K.m/W، ضرایب تصحیح می‌تواند بیش‌تر باشد. اگر به اعدادی با دقت بیش‌تر نیاز باشد، باید از روش‌های گفته شده در استاندارد IEC 60287 استفاده نمود.

یادآوری۳- ضرایب تصحیح برای داکت‌های مدفون تا عمق ۰٫۸ متر کاربرد دارد.

یادآوری۴- فرض شده که مشخصات خاک یکنواخت است. امکان اینکه رطوبت اطراف کابل از بین رفته و بخشی با مقاومت مخصوص حرارتی بالا ایجاد شود درنظر گرفته نشده است. اگر امکان خشک شدن محیط خاک وجود داشته باشد جریان‌های مجاز را باید از استاندارد IEC 60287 به دست آورد.

جدول۲-۳۴- ضرایب تصحیح مجاورت برای یک مدار یا یک کابل چندرشته‌ای یا برای یک گروه بیش‌تر از یک مدار، یا بیش‌تر از یک کابل چندرشته‌ای، مورد استفاده مطابق جریان مجاز جداول (۲-۱۳) تا (۲-۳۰)

ردیف		۱	۲	۳	۴	۵
چیدمان (کابل‌ها در تماس با هم)		به‌صورت دسته‌ای در هوا، روی یک سطح، توکار یا داخل محفظه	یک لایه تکی روی دیوار، کف یا سینی یکپارچه	یک لایه تکی که زیر سقف چوبی نصب شده است	یک لایه تکی روی سینی سوراخ‌دار افقی یا عمودی	یک لایه تکی روی نردبان یا بست نگه دارنده کابل
تعداد مدارها یا کابل‌های چندهسته‌ای	۱	۱	۱	۰٫۹۵	۱	۱
	۲	۰٫۸	۰٫۸۵	۰٫۸۱	۰٫۸۸	۰٫۸۷
	۳	۰٫۷	۰٫۷۹	۰٫۷۲	۰٫۸۲	۰٫۸۲
	۴	۰٫۶۵	۰٫۷۵	۰٫۶۸	۰٫۷۷	۰٫۸
	۵	۰٫۶	۰٫۷۳	۰٫۶۶	۰٫۷۵	۰٫۸
	۶	۰٫۵۷	۰٫۷۲	۰٫۶۴	۰٫۷۳	۰٫۷۹
	۷	۰٫۵۴	۰٫۷۲	۰٫۶۳	۰٫۷۳	۰٫۷۹
	۸	۰٫۵۲	۰٫۷۱	۰٫۶۲	۰٫۷۲	۰٫۷۸
	۹	۰٫۵	۰٫۷	۰٫۶۱	۰٫۷۲	۰٫۷۸
	۱۲	۰٫۴۵	ضریب تصحیح برای بیش از ۹ مدار یا بیش از ۹ کابل چندهسته‌ای کاهش نمی‌یابد و ثابت می‌ماند			
	۱۶	۰٫۴۱				
	۲۰	۰٫۳۸				
روش مرجع نصب		روش‌های A تا F	روش C		روش‌E و F	

یادآوری ۱- ضرایب برای گروهی از کابل‌های مشابه با بارگذاری یکسان داده شده‌اند.

یادآوری ۲- جایی که فاصله هوایی افقی بین کابل‌های مجاور بیش‌تر از دو برابر قطر مجموع آن‌ها شود، ضریب کاهشی به کار برده نمی‌شود.

یادآوری ۳- ضرایب یکسان به کار برده می‌شود برای:

گروهی از دو یا سه کابل تک‌رشته‌ای

کابل‌های چندرشته‌ای

یادآوری ۴- اگر سیستم شامل کابل‌های سه‌رشته‌ای و دورشته‌ای با هم باشد، تعداد کابل‌ها در مجموع برابر تعداد مدارها در نظر گرفته می‌شود و ضرایب وابسته از جدول‌های مربوط به دو هادی زیر بار برای کابل‌های دورشته‌ای و جدول‌های مربوط به سه هادی زیر بار برای کابل‌های سه‌رشته‌ای، استفاده می‌شود.

یادآوری ۵- اگر گروهی شامل n کابل تک‌رشته‌ای باشد می‌توان n/۲ مداری را شامل دو هادی بارگذاری شده در نظر گرفت و n/۳ مداری از سه هادی بارگذاری شده در نظر گرفت.

یادآوری ۶- مقادیر ارایه شده در این جدول برای محدوده سایزهای هادی و انواع روش‌های نصب مطابق با جدول (۲-۱۵) تا (۲-۳۰) به‌صورت متوسط هستند. دقت مجموعه مقادیر این جدول در حدود ۵٪ است.

یادآوری ۷- برای برخی از روش‌های نصب و سایر روش‌های نصبی که در این جدول نیامده است. استفاده از ضرایب محاسبه شده برای حالت‌های خاص مناسب است. به جداول (۲-۳۸) و (۲-۳۹) مراجعه کنید.

جدول۲-۳۵- ضرایب تصحیح مجاورت برای بیش از یک مدار، کابل‌های مستقیماً دفن شده در زمین

(روش نصب D۲ جداول (۲-۱۵) تا (۲-۲۲)) کابل‌های تک‌رشته‌ای یا چندرشته‌ای

تعداد مدارها	فاصله هوایی کابل تا کابل [a]				
	صفر-کابل‌ها در تماس با یکدیگر	قطر یک کابل	۰٫۱۲۵ m	۰٫۲۵ m	۰٫۵ m
۲	۰٫۷۵	۰٫۸	۰٫۸۵	۰٫۹	۰٫۹
۳	۰٫۶۵	۰٫۷	۰٫۷۵	۰٫۸	۰٫۸۵
۴	۰٫۶	۰٫۶	۰٫۷	۰٫۷۵	۰٫۸
۵	۰٫۵۵	۰٫۵۵	۰٫۶۵	۰٫۷	۰٫۸
۶	۰٫۵	۰٫۵۵	۰٫۶	۰٫۷	۰٫۸
۷	۰٫۴۵	۰٫۵۱	۰٫۵۹	۰٫۶۷	۰٫۷۶
۸	۰٫۴۳	۰٫۴۸	۰٫۵۷	۰٫۶۵	۰٫۷۵
۹	۰٫۴۱	۰٫۴۶	۰٫۵۵	۰٫۶۳	۰٫۷۴
۱۲	۰٫۳۶	۰٫۴۲	۰٫۵۱	۰٫۵۹	۰٫۷۱
۱۶	۰٫۳۲	۰٫۳۸	۰٫۴۷	۰٫۵۶	۰٫۶۸
۲۰	۰٫۲۹	۰٫۳۵	۰٫۴۴	۰٫۵۳	۰٫۶۶

کابل چندهسته‌ای [a]



کابل تک‌هسته‌ای [a]



یادآوری ۱- مقادیر مشخص شده برای عمق دفن ۰٫۷ متر و در خاکی با مقاومت مخصوص حرارتی برابر با ۲٫۵K.m/W است. این مقادیر، مقادیر میانگین برای سایزهای کابل‌ها و انواع آن‌ها، گرفته شده از جداول (۲-۱۵) تا (۲-۲۲) است. فرآیند میانگین‌گیری، همراه با گرد کردن در برخی حالات می‌تواند خطایی تا ±۱۰٪ را نتیجه دهد. جایی که دقت بالاتری مورد نیاز است با روش‌های ارایه شده در مجموعه استاندارد IEC 60287-1 محاسبه می‌شود.

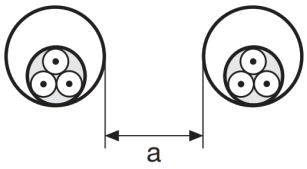
یادآوری ۲- در حالتی که مقاومت مخصوص حرارتی خاک کم‌تر از ۲٫۵K.m/W باشد ضرایب تصحیح را می‌توان در حالت کلی افزایش داد و می‌توان با روش‌های ارایه شده در استاندارد IEC 60287-1 محاسبه کرد.

یادآوری ۳- اگر یک مدار شامل m هادی موازی در هر فاز باشد، برای مشخص کردن ضریب کاهشی این مدار، باید به‌صورت m مدار بررسی شود.

جدول۲-۳۶- ضرایب تصحیح مجاورت برای بیش از یک مدار، کابل‌های چندرشته‌ای در داکت‌های مدفون

(روش نصب D1 جدول (۲-۱۵) تا (۲-۲۲))

کابل‌های چندرشته‌ای در داکت با یک مسیر				
تعداد کابل‌ها	فاصله هوایی داکت تا داکت[a]			
	صفر- (داکت‌ها در تماس با یکدیگر)	۰/۲۵ متر	۰/۵ متر	۱ متر
۲	۰٫۸۵	۰٫۹	۰٫۹۵	۰٫۹۵
۳	۰٫۷۵	۰٫۸۵	۰٫۹	۰٫۹۵
۴	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۸۵	۰٫۹
۵	۰٫۶۵	۰٫۸	۰٫۸۵	۰٫۹
۶	۰٫۶	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۹
۷	۰٫۵۷	۰٫۷۶	۰٫۸	۰٫۸۸
۸	۰٫۵۴	۰٫۷۶	۰٫۷۸	۰٫۸۸
۹	۰٫۵۲	۰٫۷۳	۰٫۷۷	۰٫۸۷
۱۰	۰٫۴۹	۰٫۷۲	۰٫۷۶	۰٫۸۶
۱۱	۰٫۴۷	۰٫۷	۰٫۷۵	۰٫۸۶
۱۲	۰٫۴۵	۰٫۶۹	۰٫۷۴	۰٫۸۵
۱۳	۰٫۴۴	۰٫۶۸	۰٫۷۳	۰٫۸۵
۱۴	۰٫۴۲	۰٫۶۸	۰٫۷۲	۰٫۸۴
۱۵	۰٫۴۱	۰٫۶۷	۰٫۷۲	۰٫۸۴
۱۶	۰٫۳۹	۰٫۶۶	۰٫۷۱	۰٫۸۳
۱۷	۰٫۳۸	۰٫۶۵	۰٫۷	۰٫۸۳
۱۸	۰٫۳۷	۰٫۶۵	۰٫۷	۰٫۸۳
۱۹	۰٫۳۵	۰٫۶۴	۰٫۶۹	۰٫۸۲
۲۰	۰٫۳۴	۰٫۶۳	۰٫۶۸	۰٫۸۲



یادآوری ۱- ضرایب برای کابل‌هایی که در عمق ۰٫۷ متری و مقاومت مخصوص حرارتی ۲٫۵K.m/W است، داده شده‌اند و مقادیر متوسطی هستند برای روش‌های اجرایی که در جداول (۲-۱۵) تا (۲-۲۲) به آن‌ها اشاره شده است. به واسطه متوسط‌گیری و گرد کردن اعداد ممکن است اختلافی تا ۱۰٪± وجود داشته باشد (اگر به دقت خیلی زیادی نیاز باشد می‌توان از روش‌های مندرج در استاندارد IEC60287-2-1 استفاده کرد).

یادآوری ۲- اگر مقاومت مخصوص حرارتی خاک ۲٫۵K.m/W نباشد ضرایب تصحیح را می‌توان به شرح داده شده در استاندارد IEC60287-2-1 کمی افزایش داد.

یادآوری ۳- اگر مداری از n هادی موازی در هر فاز تشکیل شده باشد، برای تعیین ضریب تصحیح، باید آن را متشکل از n مدار درنظر گرفت.

جدول۲-۳۷- ضرایب تصحیح مجاورت برای بیش از یک مدار، کابل‌های تک‌رشته‌ای در داکت‌های مدفون

(روش نصب D1 جدول (۲-۱۵) تا (۲-۲۲))

کابل‌های تک‌رشته‌ای در داکت غیرمغناطیسی با یک مسیر				
تعداد مدارهای تک‌رشته‌ای	فاصله هوایی داکت تا داکت[a]			
از دو یا سه کابل	صفر-(داکت‌ها در تماس با یکدیگر)	۰٫۲۵ متر	۰٫۵ متر	۱ متر
۲	۰٫۸	۰٫۹	۰٫۹	۰٫۹۵
۳	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۸۵	۰٫۹
۴	۰٫۶۵	۰٫۷۵	۰٫۸	۰٫۹
۵	۰٫۶	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۹
۶	۰٫۶	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۹
۷	۰٫۵۳	۰٫۶۶	۰٫۷۶	۰٫۸۷
۸	۰٫۵	۰٫۶۳	۰٫۷۴	۰٫۸۷
۹	۰٫۴۷	۰٫۶۱	۰٫۷۳	۰٫۸۶
۱۰	۰٫۴۵	۰٫۵۹	۰٫۷۲	۰٫۸۵
۱۱	۰٫۴۳	۰٫۵۷	۰٫۷	۰٫۸۵
۱۲	۰٫۴۱	۰٫۵۶	۰٫۶۹	۰٫۸۴
۱۳	۰٫۳۹	۰٫۵۴	۰٫۶۸	۰٫۸۴
۱۴	۰٫۳۷	۰٫۵۳	۰٫۶۸	۰٫۸۳
۱۵	۰٫۳۵	۰٫۵۲	۰٫۶۷	۰٫۸۳
۱۶	۰٫۳۴	۰٫۵۱	۰٫۶۶	۰٫۸۳
۱۷	۰٫۳۳	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۸۲
۱۸	۰٫۳۱	۰٫۴۹	۰٫۶۵	۰٫۸۲
۱۹	۰٫۳	۰٫۴۸	۰٫۶۴	۰٫۸۲
۲۰	۰٫۲۹	۰٫۴۷	۰٫۶۳	۰٫۸۱

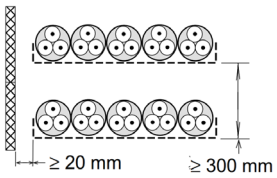
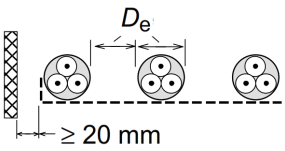
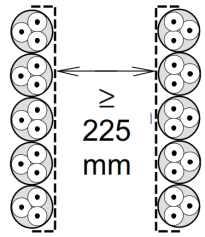
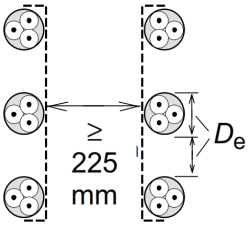
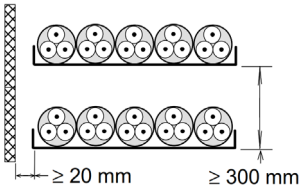


یادآوری ۱- ضرایب برای کابل‌هایی که در عمق ۰٫۷ متری و مقاومت مخصوص حرارتی ۲٫۵K.m/W است، داده شده‌اند و مقادیر متوسطی هستند برای روش‌های اجرایی که در جداول (۲-۱۵) تا (۲-۲۲) به آن‌ها اشاره شده است. به واسطه متوسط‌گیری و گرد کردن اعداد ممکن است اختلافی تا ۱۰٪± وجود داشته باشد (اگر به دقت خیلی زیادی نیاز باشد می‌توان از روش‌های مندرج در استاندارد IEC60287-2-1 استفاده کرد).

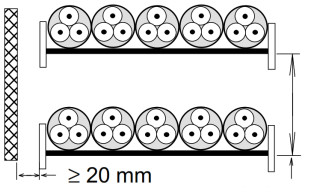
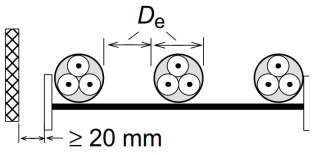
یادآوری ۲- اگر مقاومت مخصوص حرارتی خاک ۲٫۵K.m/W نباشد ضرایب تصحیح را می‌توان به شرح داده شده در استاندارد IEC60287-2-1 کمی افزایش داد.

یادآوری ۳- اگر مداری از n هادی موازی در هر فاز تشکیل شده باشد، برای تعیین ضریب تصحیح، باید آن را متشکل از n مدار درنظر گرفت.

جدول۲-۳۸- ضرایب تصحیح مجاورت برای بیش از یک مدار، کابل‌های چندهسته‌ای در هوای آزاد روش نصب مرجع E

روش نصب			تعداد سینی یا نردبان	تعداد کابل‌ها در سینی یا نردبان					
				۱	۲	۳	۴	۶	۹
سینی سوراخ‌دار	۳۱	کابل‌ها در تماس با یکدیگر 	۱	۱	۰٫۸۸	۰٫۸۲	۰٫۷۹	۰٫۷۶	۰٫۷۳
			۲	۱	۰٫۸۷	۰٫۸	۰٫۷۷	۰٫۷۳	۰٫۶۸
			۳	۱	۰٫۸۶	۰٫۷۹	۰٫۷۶	۰٫۷۱	۰٫۶۶
			۶	۱	۰٫۸۴	۰٫۷۷	۰٫۷۳	۰٫۶۸	۰٫۶۴
		کابل‌های فاصله دار 	۱	۱	۱	۰٫۹۸	۰٫۹۵	۰٫۹۱	–
			۲	۱	۰٫۹۹	۰٫۹۶	۰٫۹۲	۰٫۸۷	–
			۳	۱	۰٫۹۸	۰٫۹۵	۰٫۹۱	۰٫۸۵	–
سینی سوراخ‌دار عمودی	۳۱	کابل‌ها در تماس با یکدیگر 	۱	۱	۰٫۸۸	۰٫۸۲	۰٫۷۸	۰٫۷۳	۰٫۷۲
			۲	۱	۰٫۸۸	۰٫۸۱	۰٫۷۶	۰٫۷۱	۰٫۷
		کابل‌های فاصله‌دار 	۱	۱	۰٫۹۱	۰٫۸۹	۰٫۸۸	۰٫۸۷	–
			۲	۱	۰٫۹۱	۰٫۸۸	۰٫۸۷	۰٫۸۵	–
سینی یکپارچه (بدون سوراخ)	۳۱	کابل‌ها در تماس با یکدیگر 	۱	۰٫۹۷	۰٫۸۴	۰٫۷۸	۰٫۷۵	۰٫۷۱	۰٫۶۸
			۲	۰٫۹۷	۰٫۸۳	۰٫۷۶	۰٫۷۲	۰٫۶۸	۰٫۶۳
			۳	۰٫۹۷	۰٫۸۲	۰٫۷۵	۰٫۷۱	۰٫۶۶	۰٫۶۱
			۶	۰٫۹۷	۰٫۸۱	۰٫۷۳	۰٫۶۹	۰٫۶۳	۰٫۵۸

جدول ۲-۳۸- ضرایب تصحیح مجاورت برای بیش از یک مدار، کابل‌های چندهسته‌ای در هوای آزاد روش نصب مرجع E (ادامه)

روش نصب			تعداد سینی یا نردبان	تعداد کابل‌ها در سینی یا نردبان					
				۱	۲	۳	۴	۶	۹
نردبان کابل، بست‌های نگهدارنده کابل و غیره	۳۲ ۳۳ ۳۴	کابل‌ها در تماس با یکدیگر  	۱	۱	۰٫۸۷	۰٫۸۲	۰٫۸	۰٫۷۹	۰٫۷۸
			۲	۱	۰٫۸۶	۰٫۸	۰٫۷۸	۰٫۷۶	۰٫۷۳
			۳	۱	۰٫۸۵	۰٫۷۹	۰٫۷۶	۰٫۷۳	۰٫۷
			۶	۱	۰٫۸۴	۰٫۷۷	۰٫۷۳	۰٫۶۸	۰٫۶۴
		کابل‌های فاصله دار  	۱	۱	۱	۱	۱	۱	–
			۲	۱	۰٫۹۹	۰٫۹۸	۰٫۹۷	۰٫۹۶	–
			۳	۱	۰٫۹۸	۰٫۹۷	۰٫۹۶	۰٫۹۳	–

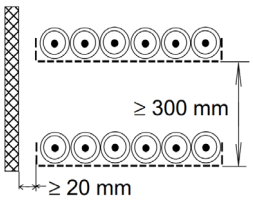
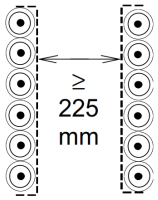
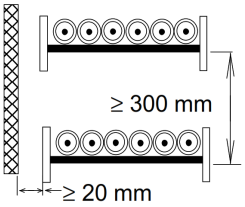
یادآوری ۱- مقادیر ارایه شده به‌صورت میانگین برای انواع کابل و محدوده سطح مقطع هادی از جداول(۲-۲۵) تا (۲-۳۰) درنظرگرفته شده‌اند. گستره مقادیر معمولا کم‌تر از ۵٪ است.

یادآوری ۲- ضرایب جدول فوق برای وقتی صادق است که کابل‌ها در لایه‌های تکی قرار گرفته باشند. وقتی که کابل‌ها در یک لایه بیش‌تر نصب می‌شوند و با همدیگر در تماس نیستند، این ضریب اعمال نمی‌شود. در حالت اخیر ضرایب بسیار کوچک‌تر خواهند بود و باید آن‌ها را به روش مناسب به دست آورد.

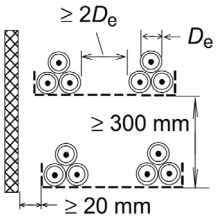
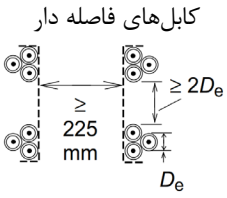
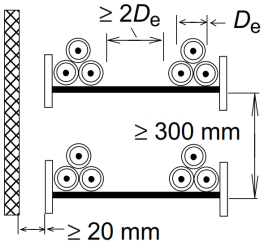
یادآوری ۳- مقادیر در نظر گرفته شده برای مواقعی است که فواصل عمودی بین سینی‌های کابل ۳۰۰ میلی‌متر و کم‌ترین فاصله بین سینی‌های کابل و دیوار ۲۰ میلی‌متر باشد. برای فواصل نزدیک‌تر بهتر است ضرایب کاهشی اعمال شود.

یادآوری ۴- مقادیر درنظر گرفته شده برای مواقعی است که فواصل افقی بین سینی‌های کابل و سینی‌های کابل پشت به پشت نصب شده ۲۲۵ میلی‌متر باشد. برای فواصل نزدیک تر بهتر است که ضرایب کاهش اعمال شود.

جدول۲-۳۹- ضرایب تصحیح مجاورت برای گروهی (بیش‌تر از یکی) از کابل‌های تک‌رشته‌ای در هوای آزاد - روش مرجع F

روش اجرای کابل			تعداد سینی یا نردبان	تعداد مدارهای سه‌فاز در سینی یا نردبان			ضریب داده شده در عین حال مناسب است برای:
				۱	۲	۳	
سینی سوراخ‌دار (یادآوری ۳)	۳۱	کابل‌ها در تماس با یکدیگر 	۱	۰٫۹۸	۰٫۹۱	۰٫۸۷	سه کابل با چیدمان افقی
			۲	۰٫۹۶	۰٫۸۷	۰٫۸۱	
			۳	۰٫۹۵	۰٫۸۵	۰٫۷۸	
سینی سوراخ‌دار عمودی (یادآوری ۴)	۳۱	کابل‌ها در تماس با یکدیگر 	۱	۰٫۹۶	۰٫۸۶	-	سه کابل با چیدمان عمودی
			۲	۰٫۹۵	۰٫۸۴	-	
نردبان کابل، بست‌های نگهدارنده کابل و غیره (یادآوری ۳)	۳۲ ۳۳ ۳۴	کابل‌ها در تماس با یکدیگر 	۱	۱	۰٫۹۷	۰٫۹۶	سه کابل با چیدمان افقی
			۲	۰٫۹۸	۰٫۹۳	۰٫۸۹	
			۳	۰٫۹۷	۰٫۹	۰٫۸۶	

جدول ۲-۳۹- ضرایب تصحیح مجاورت برای گروهی (بیش‌تر از یکی) از کابل‌های تک‌رشته‌ای در هوای آزاد - روش مرجع F (ادامه)

روش اجرای کابل			تعداد سینی یا نردبان	تعداد مدارهای سه‌فاز در سینی یا نردبان			ضریب داده شده در عین حال مناسب است برای:
				۱	۲	۳	
سینی سوراخ‌دار (یادآوری ۳)	۳۱		۱	۱	۰٫۹۸	۰٫۹۶	سه کابل با چیدمان مثلثی
			۲	۰٫۹۷	۰٫۹۳	۰٫۸۹	
			۳	۰٫۹۶	۰٫۹۲	۰٫۸۶	
سینی سوراخ‌دار عمودی (یادآوری ۴)	۳۱		۱	۱	۰٫۹۱	۰٫۸۹	
			۲	۱	۰٫۹	۰٫۸۶	
نردبان کابل، بست‌های نگهدارنده کابل و غیره (یادآوری ۳)	۳۲ ۳۳ ۳۴		۱	۱	۱	۱	
			۲	۰٫۹۷	۰٫۹۵	۰٫۹۳	
			۳	۰٫۹۶	۰٫۹۴	۰٫۹	

یادآوری ۱- مقادیر ارایه شده در این جدول برای انواع کابل‌ها و محدوده سطح مقطع هادی‌ها در نظر گرفته شده در جداول (۲-۲۵) تا (۲-۳۰) به‌صورت میانگین هستند. گستره مقادیر معمولا کم‌تر از ۵٪ است.

یادآوری ۲- ضرایب برای یک لایه از کابل (یا گروه‌هایی با چیدمان مثلثی) که در جدول نشان داده شده ارایه شده است، جایی که کابل‌ها در تماس با یکدیگر نصب شده‌اند، قابل استفاده نیست. مقادیر این ضرایب برای این نوع نصب‌ها ممکن است به به طور قابل توجهی پایین باشد و بهتر است آن‌ها را به روش مناسب به دست آورد.

یادآوری ۳- مقادیر درنظرگرفته شده برای مواقعی است که فواصل عمودی بین سینی‌های کابل ۳۰۰ میلی‌متر و کم‌ترین فاصله بین سینی‌های کابل و دیوار ۲۰ میلی‌متر باشد. برای فواصل نزدیک‌تر بهتر است ضرایب کاهشی اعمال شود.

یادآوری ۴- مقادیر درنظرگرفته شده برای مواقعی است که فواصل افقی بین سینی‌های کابل و سینی‌های کابل پشت به پشت نصب شده ۲۲۵ میلی‌متر باشد. برای فواصل نزدیک‌تر بهتر است که ضرایب کاهش اعمال شود.

یادآوری ۵- برای مدارهای دارای بیش از یک کابل برای هر فاز، هر مجموعه کابل سه‌فاز در این جدول، یک مدار منظور می‌شود.

یادآوری ۶- برای مدارهای دارای m هادی موازی در هر فاز باشد، برای مشخص کردن ضریب کاهشی این مدار باید به‌صورت m مدار بررسی شود.

۲-۱۱-۱-۳- خلاصه روش تعیین سطح مقطع بر اساس جریان مجاز (برای کابل‌های غیرمدفون)

برای تعیین سطح مقطع باید مراحل گام به گام زیر طی شوند:

۱) از جدول (۲-۱۴) روش نصب مرجع تعیین می‌شود.

۲) از جدول (۲-۳۱) ضریب تصحیح K_1 برحسب نوع عایق کابل و شرایط دمای محیط به دست آورده می‌شود.

۳) به کمک جدول (۲-۳۹) برای کابل‌های تک‌هسته‌ای و جدول (۲-۳۸) برای کابل‌های چندهسته‌ای نصب شده بر روی سینی و نردبان کابل و جدول (۲-۳۴) برای سایر موارد، ضریب تصحیح هم‌جواری K_2 استخراج می‌شود. در صورتی‌که کابل‌ها دارای سطح مقطع متفاوت باشند، K_2 از فرمول $K_2=1/\sqrt{n}$ بدست می‌آید.

۴) مقدار I'_b را با داشتن جریان بار از فرمول زیر می‌توان محاسبه نمود.

$$I'_b = \frac{I_b}{k_1 k_2} = \frac{I_b}{k_{tot}} \qquad (۲-۱)$$

۵) از جداول(۲-۱۵) تا (۲-۳۰) بسته به روش مرجع نصب انتخاب شده در گام۱، تعداد هادی بارگذاری شده، جنس هادی و عایق، سطح مقطعی تعیین می‌شود که جریان مجاز آن از جریان فوق کم‌تر نباشد. $(I_0 \geq I'_b)$

۶) جریان مجاز کابل در شرایط نصب شده برابر خواهد شد با:

$$I_Z = I_0 \times k_1 \times k_2 \qquad (۲-۲)$$

۲-۱۱-۱-۴- خلاصه روش تعیین سطح مقطع بر اساس جریان مجاز (برای کابل‌های مدفون)

برای تعیین سطح مقطع باید مراحل گام به گام زیر طی شوند:

۱) از جدول (۲-۱۴) روش نصب مرجع تعیین می‌شود.

۲) از جدول (۲-۳۲) ضریب تصحیح K_1 برحسب نوع عایق کابل و دمای خاک به دست آورده می‌شود.

۳) از جداول (۲-۳۵) تا (۲-۳۷) ضریب تصحیح همجواری K_2 استخراج می‌شود.

۴) از جدول (۲-۳۳) ضریب تصحیح K_3 مربوط به مقاومت مخصوص حرارتی خاک به دست می‌آید.

۵) مقدار I'_b را با داشتن جریان بار از فرمول زیر می‌توان محاسبه نمود.

$$I'_b = \frac{I_b}{k_1 k_2 k_3} = \frac{I_b}{k_{tot}} \qquad (۲-۳)$$

۶) از جداول (۲-۱۵) تا (۲-۲۲) بسته به روش مرجع نصب انتخاب شده در گام ۱، تعداد هادی بارگذاری شده، جنس هادی و عایق، سطح مقطعی تعیین می‌شود که جریان مجاز آن از جریان فوق کم‌تر نباشد. $(I_0 \geq I'_b)$

۷) جریان مجاز کابل در شرایط نصب شده برابر خواهد شد با:

$$I_Z = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \qquad (۲-۴)$$

۲-۱۱-۱-۵- بدست آوردن دمای هوا یا خاک و مقاومت مخصوص حرارتی خاک

مطابق با استاندارد IEC 60287 در صورتی‌که دمای هوا یا خاک منطقه‌ای مشخص نباشد می‌توان از مقادیر درج شده در جدول (۲-۴۰) بهره برد.

جدول۲-۴۰- دمای هوا و خاک در ارتفاع سطح دریا

اقلیم	دمای هوا		دمای خاک در عمق ۱ متری زمین	
	حداقل °C	حداکثر °C	حداقل °C	حداکثر °C
گرمسیری	۲۵	۵۵	۲۵	۴۰
نیمه گرمسیری	۱۰	۴۰	۱۵	۳۰
معتدل	۰	۲۵	۱۰	۲۰

بدیهی است که جریان مجاز کابل باید برای حداکثر دمای محیط محاسبه شود. مقادیر حداقل دما برای شرایط زمستانی ممکن است لازم باشد. زمانی‌که اطلاعاتی از عمق دفن نصب کابل در دست نباشد، عمق دفن استاندارد ۱ متر درنظر گرفته می‌شود.

در مواردی نیز که اطلاعاتی از مقاومت مخصوص حرارتی خاک منطقه در دست نباشد می‌توان از جدول (۲-۴۱) این مقدار را بدست آورد.

جدول۲-۴۱- مقاومت مخصوص حرارتی خاک

شرایط آب و هوا	شرایط خاک	مقاومت مخصوص حرارتی خاک K.m/W
همیشه مرطوب	بسیار مرطوب	۰/۷
با باران منظم	مرطوب	۱
با باران اندک	خشک	۲
کم باران یا بدون باران	بسیار خشک	۳

۲-۱۱-۲- مرحله دوم: تعیین سطح مقطع هادی‌ها براساس معیار هارمونیک سوم جریان

در این بخش شرایطی از کابل بررسی می‌شود که جریان در هادی خنثی سیستم سه‌فاز متعادل وجود دارد. مهم‌ترین هارمونیک که در هادی خنثی حذف نمی‌شود معمولا هارمونیک سوم است. ممکن است دامنه جریان ناشی از هارمونیک سوم از دامنه جریان فازها در فرکانس قدرت فراتر رود. در چنین حالتی جریان هادی خنثی بر روی جریان مجاز کابل‌ها تأثیر بسزایی دارد. ضرایب تصحیح ارایه شده در این بخش برای مدارهای سه‌فاز متعادل به کار می‌رود. مشخص است که اگر دو فاز از سه فاز بارگذاری شده باشند، وضعیت دشوار می‌شود. در این موقعیت، علاوه بر عبور جریان نامتعادل از هادی خنثی، جریان‌های هارمونیک نیز از هادی خنثی عبور می‌کند. چنین موقعیتی می‌تواند منجر به بارگذاری اضافی هادی خنثی شود.

تجهیزاتی که احتمال دارد باعث ایجاد جریان‌های هارمونیکی چشم‌گیر شوند عبارتند از گروه روشنایی فلورسنت و منابع تغذیه (d.c.) مورد استفاده در کامپیوترها. اطلاعات بیش‌تر در زمینه اختلالات هارمونیکی را می‌توان از مجموعه استانداردهای IEC 61000 استخراج نمود.

ضرایب تصحیح مندرج در جدول (۲-۴۲) فقط برای کابل‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که هادی خنثی در داخل یک کابل چهار یا پنج‌رشته‌ای باشد و دارای مواد و سطح مقطع یکسانی با هادی‌های فاز باشد. این ضرایب بر مبنای جریان‌های هارمونیکی مرتبه سوم محاسبه شده‌اند. اگر هارمونیک چشم‌گیری، یعنی هارمونیک‌های بیش از ۱۵٪ به‌عنوان مثال نهمین و دوازدهمین و غیره مورد انتظار باشد، در این‌صورت ضرایب کاهشی پایین‌تر اعمال می‌شود جایی که عدم تعادل بین فازها بیش از ۵۰٪ است، در این‌صورت ممکن است ضرایب کاهشی پایین‌تر مورد استفاده قرار گیرد.

جایی که انتظار می‌رود جریان هادی خنثی بالاتر از جریان هادی فاز باشد، در این حالت سطح مقطع کابل باید براساس جریان هادی خنثی انتخاب شود.

اگر جریان هادی خنثی بیش از ۱۳۵٪ جریان فاز باشد و سطح مقطع کابل براساس جریان هادی خنثی انتخاب شده باشد، در این‌صورت سه هادی فاز به طور کامل بارگذاری نخواهند شد. کاهش در گرمای تولید شده به‌وسیله هادی‌های خط، گرمای تولید شده به‌وسیله هادی خنثی را چنان جبران می‌کند که دیگر لازم نیست هیچ‌گونه ضریب کاهشی برای جریان مجاز برای سه هادی بارگذاری شده اعمال شود.

جدول۲-۴۲- ضرایب تصحیح برای جریان‌های هارمونیکی، در کابل‌های چهار و پنج‌رشته‌ای

میزان هارمونیک سوم جریان فاز (٪)	ضرایب تصحیح			
	سطح مقطع براساس جریان فاز تعیین شده است	جریان I'_b برای تعیین سطح مقطع ملاک بوده است	سطح مقطع براساس جریان خنثی تعیین شده است	جریان I'_b برای تعیین سطح مقطع ملاک بوده است
۰ تا ۱۵	۱	$I'_b = \frac{I_b}{k_{tot}}$	-	-
۱۵ تا ۳۳	۰٫۸۶	$I'_b = \frac{I_b}{0.86 \times k_{tot}}$	-	-
۳۳ تا ۴۵	-	-	۰٫۸۶	$I'_b = \frac{I_N}{0.86}$
بیش‌تر از ۴۵	-	-	۱	$I'_b = I_N$

I_N: جریانی است که از هادی خنثی عبور می‌کند و برابر است با: $I_N = \frac{I_b}{K_{tot}} \times 3 \times k_{III}$

I_b: جریان تخمین زده شده برای بار است.

K_{tot}: ضریب تصحیح کل در بند ۲-۱۳-۱ محاسبه شد.

K_{III}: درصد هارمونیک سوم در جریان فاز است.

مثال: مدنظر است برای مدار تغذیه کننده باری که جریان آن ۳۹ آمپر است، سطح مقطع یک کابل سه‌فاز چهاررشته‌ای با عایق PVC که به روش مرجع C به دیوار متصل شده است انتخاب شود.

با توجه به جدول (۲-۴۲) چنانچه هارمونیک‌ها در مدارها وجود نداشته باشند، یک کابل mm^2 ۴×۶ با هادی مسی که جریان مجاز آن ۴۱ آمپر است مناسب است.

اگر ۲۰٪ هارمونیک سوم در مدار وجود داشته باشد در این‌صورت ضریب تصحیح ۰٫۸۶ به کار می‌رود.

$$I'_b = \frac{I_b}{0.86 \times k_{tot}} = \frac{39}{0.86} = 45\ A \qquad (۵-۲)$$

برای این مقدار، کابل mm^2 ۴×۱۰ لازم است.

اگر ۴۰٪ هارمونیک سوم در مدار وجود داشته باشد. انتخاب سطح مقطع کابل براساس جریان هادی خنثی خواهد بود:

$$I_N = \frac{I_b}{K_{tot}} \times 3 \times k_{III} = 39 \times 3 \times 0.4 = 46.8\ A \qquad (۶-۲)$$

$$I'_b = \frac{46.8}{0.86} = 54.4\ A \qquad (۷-۲)$$

برای این مقدار هم، کابل mm^2 ۴×۱۰ لازم است.

اگر ۵۰٪ هارمونیک سوم در مدار وجود داشته باشد. انتخاب سطح مقطع کابل باز هم براساس جریان هادی خنثی خواهد بود:

$$I_N = \frac{I_b}{K_{tot}} \times 3 \times k_{III} = 39 \times 3 \times 0.5 = 58.8\ A \qquad (۸-۲)$$

$$I'_b = I_N = 58.8 \qquad (۹-۲)$$

در این حالت، کابل mm^2 ۴×۱۶ لازم است.

تمام انتخاب کابل‌های فوق الذکر بر مبنای جریان مجاز و هارمونیک سوم جریان است و معیارهای افت ولتاژ و... درنظرگرفته نشده است.

۲-۱۱-۳- مرحله سوم: تعیین سطح مقطع هادی‌ها براساس معیار افت ولتاژ

۲-۱۱-۳-۱- حداکثر مقدار افت ولتاژ

افت ولتاژ بین منبع تاسیسات و هر نقطه از بار نباید بیش‌تر از مقادیر موجود در جدول (۲-۴۳) که برحسب مقدار ولتاژ نامی تاسیسات بیان شده است، باشد.

جدول۲-۴۳- افت ولتاژهای مجاز

نوع نصب	روشنایی (٪)	سایر بارها (٪)
الف - تاسیسات فشار ضعیف که مستقیماً از شبکه فشار ضعیف عمومی تغذیه می‌شوند.	۳	۵
ب - تاسیسات فشار ضعیف که توسط یک منبع اختصاصی تغذیه می‌شوند.[۱]	۶	۸
۱- توصیه می‌شود در صورت امکان افت ولتاژ مدار نهایی از مقادیر ذکر شده برای تاسیسات نوع الف فراتر نرود. در حالتی که سیستم سیم‌کشی اصلی بیش از ۱۰۰ متر باشد، ممکن است این افت ولتاژها به ازای هر متر مازاد بر ۱۰۰ متر، حدود ۰٫۰۰۵٪ افزایش یابد، مشروط بر اینکه این افزایش از ۰٫۵٪ بیش‌تر نشود. افت ولتاژ یا براساس جریان برآوردی بار که به کمک ضرایب همزمانی به دست آمده تعیین می‌شوند، یا براساس جریانی که مدارها براساس آن طراحی شده‌اند.		

یادآوری ۱- افت ولتاژهای کمی بالاتر را می‌توان در موارد زیر پذیرفت:

- در مدارهای موتوری، به هنگام راه اندازی.
- در سایر مدارها که جریان‌های هجومی بالا دارند.

باید در هر دو حالت اطمینان حاصل شود که تغییرات ولتاژ در محدوده مجاز تعیین شده توسط استانداردهای بارها هستند.

یادآوری ۲- شرایط زودگذر زیر از دامنه شمول جدول (۲-۴۳) خارج است:

- حالتهای گذرای ولتاژ.
- تغییرات ولتاژ در شرایط بهره‌برداری غیرعادی.

می‌توان افت ولتاژ را با استفاده از فرمول زیر بدست آورد:

$$u = bL\left(\rho_1 \frac{\cos\varphi}{S} + \lambda \sin\varphi\right) I_B \qquad (۱۰-۲)$$

که در آن:

u: افت ولتاژ برحسب ولت

b: ضریبی که برای مدارهای سه‌فاز برابر ۱ و برای مدارهای تک‌فاز برابر ۲ است.

یادآوری ۳- مدارهای سه‌فاز با هادی خنثی کاملاً نامتعادل (یک‌فاز بارگذاری شده است) به‌عنوان یک مدار تک‌فاز، درنظر گرفته می‌شود.

ρ_1: عبارت است از مقاومت هادی‌ها در حالت کار عادی، که مساوی با مقاومت در دما در حالت کار عادی درنظر گرفته می‌شود. یعنی ۱٫۲۵ برابر مقاومت در دمای ۲۰°C، یا ۰٫۰۲۲۵ $\Omega mm^2/m$ برای مس و ۰٫۰۳۶ $\Omega mm^2/m$برای آلومینیوم.

L: عبارت است از طول کابل برحسب متر.

S: سطح مقطع هادی بر حسب mm^2.

$\cos\varphi$: ضریب قدرت، در صورت نداشتن اطلاعات دقیق، ضریب قدرت ۰٫۸درنظر گرفته می‌شود.

λ : راکتانس در واحد طول هادی، در صورت نداشتن اطلاعات دقیق، ۰٫۰۸ mΩ/m درنظر گرفته می‌شود.

I_B: جریان طرح برحسب آمپر.

افت ولتاژ برحسب درصد برابر است با:

$$\Delta u = 100\frac{u}{U_0} \qquad (۱۱-۲)$$

U_0: ولتاژ بین فاز و خنثی برحسب ولت.

۲-۱۱-۳-۲- محاسبه افت ولتاژ هادی‌ها

مقادیر مقاومت و راکتانس واحد طول کابل‌های مسی و آلومینیومی در جداول (۲-۴۴) و (۲-۴۵)آمده است.

جداول (۲-۴۶) تا (۲-۵۵) افت ولتاژ مشخصه را در واحد طول و واحد جریان نشان می‌دهند ($V/_{A.km}$). در این جدول ΔUX برای سطح مقطع‌های مختلف و برخی از معمول‌ترین ضریب قدرت‌ها داده شده است.

جدول۲-۴۴- مقاومت و راکتانس واحد طول کابل‌های مسی

سطح مقطع	کابل تک‌رشته‌ای		کابل دو یا سه‌رشته‌ای	
mm^2	R(Ω/km) در دمای ۸۰°C	(Ω/km)	R(Ω/km)در دمای ۸۰°C	(Ω/km)
۱٫۵	۱۴٫۸	۰٫۱۶۸	۱۵٫۱	۰٫۱۱۸
۲٫۵	۸٫۹۱	۰٫۱۵۶	۹٫۰۸	۰٫۱۰۹
۴	۵٫۵۷	۰٫۱۴۳	۵٫۶۸	۰٫۱۰۱
۶	۳٫۷۱	۰٫۱۳۵	۳٫۷۸	۰٫۰۹۵۵
۱۰	۲٫۲۴	۰٫۱۱۹	۲٫۲۷	۰٫۰۸۶۱
۱۶	۱٫۴۱	۰٫۱۱۲	۱٫۴۳	۰٫۰۸۱۷
۲۵	۰٫۸۸۹	۰٫۱۰۶	۰٫۹۰۷	۰٫۰۸۱۳
۳۵	۰٫۶۴۱	۰٫۱۰۱	۰٫۶۵۴	۰٫۰۷۸۳
۵۰	۰٫۴۷۳	۰٫۱۰۱	۰٫۴۸۳	۰٫۰۷۷۹
۷۰	۰٫۳۲۸	۰٫۰۹۶۵	۰٫۳۳۴	۰٫۰۷۵۱
۹۵	۰٫۲۳۸	۰٫۰۹۵۵	۰٫۲۴۱	۰٫۰۷۶۲
۱۲۰	۰٫۱۸۸	۰٫۰۹۳۹	۰٫۱۹۱	۰٫۰۷۴
۱۵۰	۰٫۱۵۳	۰٫۰۹۲۸	۰٫۱۵۷	۰٫۰۷۴۵
۱۸۵	۰٫۱۲۳	۰٫۰۹۰۸	۰٫۱۲۵	۰٫۰۷۴۲
۲۴۰	۰٫۰۹۴۳	۰٫۰۹۰۲	۰٫۰۹۶۶	۰٫۰۷۵۲
۳۰۰	۰٫۰۷۶۱	۰٫۰۸۹۵	۰٫۰۷۸	۰٫۰۷۵

جدول۲-۴۵- مقاومت و راکتانس واحد طول کابل‌های آلومینیومی

سطح مقطع mm^2	کابل تک‌رشته‌ای		کابل دو یا سه‌رشته‌ای	
	R(Ω/km) در دمای ۸۰°C	(Ω/km)	R(Ω/km) در دمای ۸۰°C	(Ω/km)
۱٫۵	۲۴٫۳۸۴	۰٫۱۶۸	۲۴٫۸۷۸	۰٫۱۱۸
۲٫۵	۱۴٫۶۸۹	۰٫۱۵۶	۱۴٫۹۶	۰٫۱۰۹
۴	۹٫۱۷۷	۰٫۱۴۳	۹٫۳۵۸	۰٫۱۰۱
۶	۶٫۱۱۲	۰٫۱۳۵	۶٫۲۲۸	۰٫۰۹۵۵
۱۰	۳٫۶۹۱	۰٫۱۱۹	۳٫۷۴	۰٫۰۸۶۱
۱۶	۲٫۳۲۳	۰٫۱۱۲	۲٫۳۵۶	۰٫۰۸۱۷
۲۵	۱٫۴۶۵	۰٫۱۰۶	۱٫۴۹۴	۰٫۰۸۱۳
۳۵	۱٫۰۵۶	۰٫۱۰۱	۱٫۰۷۷	۰٫۰۷۸۳
۵۰	۰٫۷۷۹	۰٫۱۰۱	۰٫۷۹۶	۰٫۰۷۷۹
۷۰	۰٫۵۴	۰٫۰۹۶۵	۰٫۵۵	۰٫۰۷۵۱
۹۵	۰٫۳۸۹	۰٫۰۹۷۵	۰٫۳۹۷	۰٫۰۷۶۲
۱۲۰	۰٫۳۱	۰٫۰۹۳۹	۰٫۳۱۵	۰٫۰۷۴
۱۵۰	۰٫۲۵۲	۰٫۰۹۲۸	۰٫۲۵۹	۰٫۰۷۴۵
۱۸۵	۰٫۲۰۳	۰٫۰۹۰۸	۰٫۲۰۶	۰٫۰۷۴۲
۲۴۰	۰٫۱۵۵	۰٫۰۹۰۲	۰٫۱۵۹	۰٫۰۷۵۲
۳۰۰	۰٫۱۲۵	۰٫۰۸۹۵	۰٫۱۲۹	۰٫۰۷۵

جدول۲-۴۶- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های مسی در ضریب قدرت ۱ برحسب $(V/_{A.km})$

سطح مقطع mm^2	کابل تک‌رشته‌ای		کابل دورشته‌ای	کابل سه‌رشته‌ای
	تک‌فاز	سه‌فاز	تک‌فاز	سه‌فاز
۱٫۵	۲۹٫۶	۲۵٫۶۳	۳۰٫۲	۲۶٫۱۵
۲٫۵	۱۷٫۸۲	۱۵٫۴۳	۱۸٫۱۶	۱۵٫۷۳
۴	۱۱٫۱۴	۹٫۶۵	۱۱٫۳۶	۹٫۸۴
۶	۷٫۴۲	۶٫۴۳	۷٫۵۶	۶٫۵۵
۱۰	۴٫۴۸	۳٫۸۸	۴٫۵۴	۳٫۹۳
۱۶	۲٫۸۲	۲٫۴۴	۲٫۸۶	۲٫۴۸
۲۵	۱٫۷۸	۱٫۵۴	۱٫۸۱	۱٫۵۷
۳۵	۱٫۲۸	۱٫۱۱	۱٫۳۱	۱٫۱۳
۵۰	۰٫۹۵	۰٫۸۲	۰٫۹۷	۰٫۸۴
۷۰	۰٫۶۶	۰٫۵۷	۰٫۶۷	۰٫۵۸
۹۵	۰٫۴۷	۰٫۴۱	۰٫۴۸	۰٫۴۲
۱۲۰	۰٫۳۸	۰٫۳۳	۰٫۳۸	۰٫۳۳
۱۵۰	۰٫۳۱	۰٫۲۷	۰٫۳۱	۰٫۲۷
۱۸۵	۰٫۲۵	۰٫۲۱	۰٫۲۵	۰٫۲۲
۲۴۰	۰٫۱۹	۰٫۱۶	۰٫۱۹	۰٫۱۷
۳۰۰	۰٫۱۵	۰٫۱۳	۰٫۱۶	۰٫۱۴

جدول۲-۴۷- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های مسی در ضریب قدرت ۰/۹ برحسب $(V/_{A.km})$

سطح مقطع	کابل تک‌رشته‌ای		کابل دورشته‌ای	کابل سه‌رشته‌ای
mm^2	تک‌فاز	سه‌فاز	تک‌فاز	سه‌فاز
۱/۵	۲۶/۷۹	۲۳/۲	۲۷/۲۸	۲۳/۶۳
۲/۵	۱۶/۱۷	۱۴/۰۱	۱۶/۴۴	۱۴/۲۴
۴	۱۰/۱۵	۸/۷۹	۱۰/۳۱	۸/۹۳
۶	۶/۸	۵/۸۹	۶/۸۹	۵/۹۶
۱۰	۴/۱۴	۳/۵۸	۴/۱۶	۳/۶
۱۶	۲/۶۴	۲/۲۸	۲/۶۵	۲/۲۹
۲۵	۱/۶۹	۱/۴۷	۱/۷	۱/۴۸
۳۵	۱/۲۴	۱/۰۸	۱/۲۵	۱/۰۸
۵۰	۰/۹۴	۰/۸۱	۰/۹۴	۰/۸۱
۷۰	۰/۶۷	۰/۵۸	۰/۶۷	۰/۵۸
۹۵	۰/۵۱	۰/۴۴	۰/۵	۰/۴۳
۱۲۰	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۴۱	۰/۳۵
۱۵۰	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۳
۱۸۵	۰/۳	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۵
۲۴۰	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۱
۳۰۰	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۸

جدول۲-۴۸- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های مسی در ضریب قدرت ۰/۸۵ برحسب $(V/_{A.km})$

سطح مقطع	کابل تک‌رشته‌ای		کابل دورشته‌ای	کابل سه‌رشته‌ای
mm^2	تک‌فاز	سه‌فاز	تک‌فاز	سه‌فاز
۱/۵	۲۵/۳۴	۲۱/۹۴	۲۵/۷۹	۲۲/۳۴
۲/۵	۱۵/۳۱	۱۳/۲۶	۱۵/۵۵	۱۳/۴۷
۴	۹/۶۲	۸/۳۳	۹/۷۶	۸/۴۵
۶	۶/۴۵	۵/۵۹	۶/۵۳	۵/۶۵
۱۰	۳/۹۳	۳/۴۱	۳/۹۵	۳/۴۲
۱۶	۲/۵۱	۲/۱۸	۲/۵۲	۲/۱۸
۲۵	۱/۶۲	۱/۴۱	۱/۶۳	۱/۴۱
۳۵	۱/۲	۱/۰۴	۱/۱۹	۱/۰۳
۵۰	۰/۹۱	۰/۷۹	۰/۹	۰/۷۸
۷۰	۰/۶۶	۰/۵۷	۰/۶۵	۰/۵۶
۹۵	۰/۵	۰/۴۴	۰/۴۹	۰/۴۲
۱۲۰	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۴	۰/۳۵
۱۵۰	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۳
۱۸۵	۰/۳	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۵
۲۴۰	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۱
۳۰۰	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۸

جدول۲-۴۹- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های مسی در ضریب قدرت ۰/۸ برحسب $(V/_{A.km})$

سطح مقطع mm^2	کابل تک‌رشته‌ای		کابل دورشته‌ای	کابل سه‌رشته‌ای
	تک‌فاز	سه‌فاز	تک‌فاز	سه‌فاز
۱/۵	۲۳/۸۸	۲۰/۶۸	۲۴/۳	۲۱/۰۵
۲/۵	۱۴/۴۴	۱۲/۵۱	۱۴/۶۶	۱۲/۶۹
۴	۹/۰۸	۷/۸۷	۹/۲۱	۷/۹۸
۶	۶/۱	۵/۲۸	۶/۱۶	۵/۳۴
۱۰	۳/۷۳	۳/۲۳	۳/۷۴	۳/۲۳
۱۶	۲/۳۹	۲/۰۷	۲/۳۹	۲/۰۷
۲۵	۲/۵۵	۱/۳۴	۱/۵۵	۱/۳۴
۳۵	۱/۱۵	۰/۹۹	۱/۱۴	۰/۹۹
۵۰	۰/۸۸	۰/۷۶	۰/۸۷	۰/۷۵
۷۰	۰/۶۴	۰/۵۵	۰/۶۲	۰/۵۴
۹۵	۰/۴۹	۰/۴۳	۰/۴۸	۰/۴۱
۱۲۰	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۳۴
۱۵۰	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۲۹
۱۸۵	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۵
۲۴۰	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۱
۳۰۰	۰/۲۳	۰/۲	۰/۲۱	۰/۱۹

جدول۲-۵۰- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های مسی در ضریب قدرت ۰/۷۵ برحسب $(V/_{A.km})$

سطح مقطع mm^2	کابل تک‌رشته‌ای		کابل دورشته‌ای	کابل سه‌رشته‌ای
	تک‌فاز	سه‌فاز	تک‌فاز	سه‌فاز
۱/۵	۲۲/۴۲	۱۹/۴۲	۲۲/۸۱	۱۹/۷۵
۲/۵	۱۳/۵۷	۱۱/۷۵	۱۳/۷۶	۱۱/۹۲
۴	۸/۵۴	۷/۴	۸/۶۵	۷/۴۹
۶	۵/۷۴	۴/۹۷	۵/۸	۵/۰۲
۱۰	۳/۵۲	۳/۰۵	۳/۵۲	۳/۰۵
۱۶	۲/۲۶	۱/۹۶	۲/۲۵	۱/۹۵
۲۵	۱/۴۷	۱/۲۸	۱/۴۷	۱/۲۷
۳۵	۱/۱	۰/۹۵	۱/۰۸	۰/۹۴
۵۰	۰/۸۴	۰/۷۳	۰/۸۳	۰/۷۲
۷۰	۰/۶۲	۰/۵۴	۰/۶	۰/۵۲
۹۵	۰/۴۸	۰/۴۲	۰/۴۶	۰/۴
۱۲۰	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۳۳
۱۵۰	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۲۹
۱۸۵	۰/۳	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۵
۲۴۰	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۱
۳۰۰	۰/۲۳	۰/۲	۰/۲۲	۰/۱۹

جدول۲-۵۱- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های آلومینیومی در ضریب قدرت ۱ برحسب $(V/_{A.km})$

سطح مقطع	کابل تک‌رشته‌ای		کابل دورشته‌ای	کابل سه‌رشته‌ای
mm^2	تک‌فاز	سه‌فاز	تک‌فاز	سه‌فاز
۱٫۵	۴۸٫۷۷	۴۲٫۲۳	۴۹٫۷۶	۴۳٫۰۹
۲٫۵	۲۹٫۳۶	۲۵٫۴۳	۲۹٫۹۲	۲۵٫۹۱
۴	۱۸٫۳۵	۱۵٫۸۹	۱۸٫۷۲	۱۶٫۲۱
۶	۱۲٫۲۲	۱۰٫۵۹	۱۲٫۴۶	۱۰٫۷۹
۱۰	۷٫۳۸	۶٫۳۹	۷٫۴۸	۶٫۴۸
۱۶	۴٫۶۵	۴٫۰۲	۴٫۷۱	۴٫۰۸
۲۵	۲٫۹۳	۲٫۵۴	۲٫۹۹	۲٫۵۹
۳۵	۲٫۱۱	۱٫۸۳	۲٫۱۵	۱٫۸۷
۵۰	۱٫۵۶	۱٫۳۵	۱٫۵۹	۱٫۳۸
۷۰	۱٫۰۸	۰٫۹۴	۱٫۱	۰٫۹۵
۹۵	۰٫۷۸	۰٫۶۷	۰٫۷۹	۰٫۶۹
۱۲۰	۰٫۶۲	۰٫۵۴	۰٫۶۳	۰٫۵۵
۱۵۰	۰٫۵	۰٫۴۴	۰٫۵۲	۰٫۴۵
۱۸۵	۰٫۴۱	۰٫۳۵	۰٫۴۱	۰٫۳۶
۲۴۰	۰٫۳۱	۰٫۲۷	۰٫۳۲	۰٫۲۸
۳۰۰	۰٫۲۵	۰٫۲۲	۰٫۲۶	۰٫۲۲

جدول۲-۵۲- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های آلومینیومی در ضریب قدرت ۰٫۹ برحسب $(V/_{A.km})$

سطح مقطع	کابل تک‌رشته‌ای		کابل دورشته‌ای	کابل سه‌رشته‌ای
mm^2	تک‌فاز	سه‌فاز	تک‌فاز	سه‌فاز
۱٫۵	۴۴٫۰۴	۳۸٫۱۴	۴۴٫۸۸	۳۸٫۸۷
۲٫۵	۲۶٫۵۶	۲۳	۲۷٫۰۲	۲۳٫۴
۴	۱۶٫۶۴	۱۴٫۴۱	۱۶٫۹۳	۱۴٫۶۶
۶	۱۱٫۱۲	۹٫۶۳	۱۱٫۲۹	۹٫۷۸
۱۰	۶٫۷۵	۵٫۸۴	۶٫۸۱	۵٫۸۹
۱۶	۴٫۲۸	۳٫۷۱	۴٫۳۱	۳٫۷۳
۲۵	۲٫۷۳	۲٫۳۶	۲٫۷۶	۲٫۳۹
۳۵	۱٫۹۹	۱٫۷۲	۲٫۰۱	۱٫۷۴
۵۰	۱٫۴۹	۱٫۲۹	۱٫۵	۱٫۳
۷۰	۱٫۰۶	۰٫۹۲	۱٫۰۶	۰٫۹۱
۹۵	۰٫۷۸	۰٫۶۸	۰٫۷۸	۰٫۶۸
۱۲۰	۰٫۶۴	۰٫۵۵	۰٫۶۳	۰٫۵۵
۱۵۰	۰٫۵۳	۰٫۴۶	۰٫۵۳	۰٫۴۶
۱۸۵	۰٫۴۴	۰٫۳۸	۰٫۴۴	۰٫۳۸
۲۴۰	۰٫۳۶	۰٫۳۱	۰/۳۵	۰٫۳
۳۰۰	۰٫۳	۰٫۲۶	۰/۳	۰٫۲۶

جدول۲-۵۳- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های آلومینیومی در ضریب قدرت ۰٫۸۵ برحسب $(V/_{A.km})$

سطح مقطع	کابل تک‌رشته‌ای		کابل دورشته‌ای	کابل سه‌رشته‌ای
mm^2	تک‌فاز	سه‌فاز	تک‌فاز	سه‌فاز
۱٫۵	۴۱٫۶۳	۳۶٫۰۵	۴۲٫۴۲	۳۶٫۷۶
۲٫۵	۲۵٫۱۲	۲۱٫۷۵	۲۵٫۵۵	۲۲٫۱۲
۴	۱۵٫۷۵	۱۳٫۶۴	۱۶٫۰۲	۱۳٫۸۷
۶	۱۰٫۵۳	۹٫۱۲	۱۰٫۶۹	۹٫۲۶
۱۰	۶٫۴	۵٫۵۴	۶٫۴۵	۵٫۵۸
۱۶	۴٫۰۷	۳٫۵۲	۴٫۰۹	۳٫۵۴
۲۵	۲٫۶	۲٫۲۵	۲٫۶۳	۲٫۲۷
۳۵	۱٫۹	۱٫۶۵	۱٫۹۱	۱٫۶۶
۵۰	۱٫۴۳	۱٫۲۴	۱٫۴۳	۱٫۲۴
۷۰	۱٫۰۲	۰٫۸۸	۱٫۰۱	۰٫۸۸
۹۵	۰٫۷۶	۰٫۶۶	۰٫۷۶	۰٫۶۵
۱۲۰	۰٫۶۳	۰٫۵۴	۰٫۶۱	۰٫۵۳
۱۵۰	۰٫۵۳	۰٫۴۶	۰٫۵۲	۰٫۴۵
۱۸۵	۰٫۴۴	۰٫۳۸	۰٫۴۳	۰٫۳۷
۲۴۰	۰٫۳۶	۰٫۳۱	۰٫۳۵	۰٫۳
۳۰۰	۰٫۳۱	۰٫۲۷	۰٫۳	۰٫۲۶

جدول۲-۵۴- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های آلومینیومی در ضریب قدرت ۰٫۸ برحسب $(V/_{A.km})$

سطح مقطع	کابل تک‌رشته‌ای		کابل دورشته‌ای	کابل سه‌رشته‌ای
mm^2	تک‌فاز	سه‌فاز	تک‌فاز	سه‌فاز
۱٫۵	۳۹٫۲۲	۳۳٫۹۶	۳۹٫۹۵	۳۴٫۵۹
۲٫۵	۲۳٫۶۷	۲۰٫۵	۲۴٫۰۷	۲۰٫۸۴
۴	۱۴٫۸۵	۱۲٫۸۶	۱۵٫۰۹	۱۳٫۰۷
۶	۹٫۹۴	۸٫۶۱	۱۰٫۰۸	۸٫۷۳
۱۰	۶٫۰۵	۵٫۲۴	۶٫۰۹	۵٫۲۷
۱۶	۳٫۸۵	۳٫۳۴	۳٫۸۷	۳٫۳۵
۲۵	۲٫۴۷	۲٫۱۴	۲٫۴۹	۲٫۱۶
۳۵	۱٫۸۱	۱٫۵۷	۱٫۸۲	۱٫۵۷
۵۰	۱/۳۷	۱٫۱۸	۱٫۳۷	۱٫۱۸
۷۰	۰٫۹۸	۰٫۸۵	۰٫۹۷	۰٫۸۴
۹۵	۰٫۷۴	۰٫۶۴	۰٫۷۳	۰٫۶۳
۱۲۰	۰٫۶۱	۰٫۵۳	۰٫۵۹	۰٫۵۱
۱۵۰	۰٫۵۱	۰٫۴۵	۰٫۵	۰٫۴۴
۱۸۵	۰٫۴۳	۰٫۳۸	۰٫۴۲	۰٫۳۶
۲۴۰	۰٫۳۶	۰٫۳۱	۰٫۳۴	۰٫۳
۳۰۰	۰٫۳۱	۰٫۲۷	۰٫۳	۰٫۲۶

جدول۲-۵۵- افت ولتاژ مشخصه کابل‌های آلومینیومی در ضریب قدرت ۰٫۷۵ برحسب $(V/A.km)$

سطح مقطع mm^2	کابل تک‌رشته‌ای		کابل دورشته‌ای	کابل سه‌رشته‌ای
	تک‌فاز	سه‌فاز	تک‌فاز	سه‌فاز
۱٫۵	۳۶٫۸	۳۱٫۸۷	۳۷٫۴۷	۳۲٫۴۵
۲٫۵	۲۲٫۲۳	۱۹٫۲۵	۲۲٫۵۸	۱۹٫۵۶
۴	۱۳٫۹۵	۱۲٫۰۸	۱۴٫۱۷	۱۲٫۲۷
۶	۹٫۳۵	۸٫۰۹	۹٫۴۷	۸٫۲
۱۰	۵٫۶۹	۴٫۹۳	۵٫۷۲	۴٫۹۶
۱۶	۳٫۶۳	۳٫۱۵	۳٫۶۴	۳٫۱۵
۲۵	۲٫۳۴	۲٫۰۲	۲٫۳۵	۲٫۰۳
۳۵	۱٫۷۲	۱٫۴۹	۱٫۷۲	۱٫۴۹
۵۰	۱٫۳	۱٫۱۳	۱٫۳	۱٫۱۲
۷۰	۰٫۹۴	۰٫۸۱	۰٫۹۲	۰٫۸
۹۵	۰٫۷۱	۰٫۶۲	۰٫۷	۰٫۶
۱۲۰	۰٫۵۹	۰٫۵۱	۰٫۵۷	۰٫۴۹
۱۵۰	۰٫۵	۰٫۴۳	۰٫۴۹	۰٫۴۲
۱۸۵	۰٫۴۲	۰٫۳۷	۰٫۴۱	۰٫۳۵
۲۴۰	۰٫۳۵	۰٫۳۱	۰٫۳۴	۰٫۲۹
۳۰۰	۰٫۳۱	۰٫۲۷	۰٫۲۹	۰٫۲۵

مثال: افت ولتاژ کابل سه‌فاز با مشخصات زیر را محاسبه نمایید:

ولتاژ نامی: ۴۰۰ ولت

طول کابل: ۹۰ متر

نوع کابل: مسی چندهسته‌ای $۴\times ۵۰ mm^2$

جریان بار: ۱۳۰ آمپر

ضریب قدرت: ۰٫۸

پاسخ:

از جدول(۲-۴۹)، افت ولتاژ مشخصه این کابل ۰٫۷۵ بدست می‌آید:

$$0.75\,{}^{V}/_{A\times km}\times 130\,A\times {}^{90}/_{1000}\,km = 8.77\,V$$

$$\frac{8.77}{400}\times 100 = 2.19\%$$

۲-۱۱-۴- مرحله چهارم: تعیین سطح مقطع هادی‌ها براساس معیار انرژی مجاز در هنگام اتصال کوتاه

زمانی‌که مدت زمان جریان اتصال کوتاه، کم (چند دهم ثانیه تا حداکثر پنج ثانیه) باشد، همه گرمای تولید شده در هادی باقی مانده و باعث افزایش دمای آن می‌شود. حرارت یک فرآیند آدیاباتیک است. این فرضیه محاسبات را ساده نموده و

نتایج بدبینانه‌ای را ارایه می‌دهد یعنی در صورت استفاده از این نظریه برای محاسبات حرارتی، دمای بالاتری برای هادی‌ها محاسبه خواهد شد در حالی که در عمل مقداری از حرارت، از هادی خارج شده و وارد عایق می‌شود. بنابراین دمای هادی‌ها در عمل کم‌تر از مقدار محاسبه شده فوق است.

برای یک بازه زمانی ۵ ثانیه‌ای یا کم‌تر، زمان (ثانیه) مجاز برای عبور جریان I از فرمول زیر به دست می‌آید به طوری که هادی با سطح مقطع $S(mm^2)$ می‌تواند جریان I را به مدت زمان t از خود عبور دهد قبل از اینکه حرارت ایجاد شده باعث آسیب دیدن عایق اطراف هادی شود.

$$I^2 \cdot t \leq K^2 \cdot S^2 \qquad (۱۲-۲)$$

$I^2 \cdot t$: آن مقدار انرژی است که وسیله حفاظتی می‌تواند از خود عبور دهد و توسط سازنده آن تجهیز اعلام می‌شود.

S: سطح مقطع کابل برحسب میلی‌مترمربع است. اگر برای هر فاز چند هادی موازی داشته باشیم سطح مقطع یکی از هادی‌ها درنظر گرفته می‌شود.

K: ضریبی است که به نوع عایق و جنس هادی کابل بستگی دارد و از جدول (۲-۵۶) بدست می‌آید.

محاسبات برای حداکثر و حداقل جریان اتصال کوتاه کابل انجام می‌شود. حداکثر جریان اتصال کوتاه، معمولا جریان اتصال کوتاه سه‌فاز در ابتدای کابل و حداقل جریان اتصال کوتاه برابر با جریان اتصال کوتاه فاز به زمین یا فاز به خنثی در انتهای کابل است. برای انجام محاسبات حداقل جریان اتصال کوتاه به بند ۱۲-۵-۲-۴-۴ فصل۱۲ این نشریه مراجعه شود.

جدول۲-۵۶- مقادیر K برای هادی‌های مختلف

		نوع عایق					
		PVC با سطح مقطع کم‌تر یا مساوی ۳۰۰ میلی‌مترمربع	PVC با سطح مقطع بزرگ‌تر از ۳۰۰ میلی‌مترمربع	EPR XLPE	لاستیک ۶۰°C	روغنی	
						با روکش PVC	بدون روکش PVC
دمای اولیه °C		۷۰	۷۰	۹۰	۶۰	۷۰	۱۰۵
دمای نهایی °C		۱۶۰	۱۴۰	۲۵۰	۲۰۰	۱۶۰	۲۵۰
جنس هادی کابل	مس	۱۱۵	۱۰۳	۱۴۳	۱۴۱	۱۱۵	۱۳۵ الف/۱۱۵
	آلومینیوم	۷۶	۶۸	۹۴	۹۳	–	–
مفصل لحیمی روی هادی مسی		۱۱۵	–	–	–	–	–

الف- این مقدار برای کابل‌های بدون پوشش (روباز) و قابل دسترس استفاده می‌شود.

یادآوری ۱- موارد زیر در این جدول ذکر نشده‌اند:

- هادی‌هایی با سطح مقطع کم (خصوصا هادی‌هایی با مقاطع کم‌تر از ۱۰ میلی‌مترمربع)
- حالاتی که زمان قطع اتصال کوتاه از ۵ ثانیه بیش‌تر شود.
- انواع دیگر مفصل‌هایی که روی هادی‌ها بسته می‌شوند.
- هادی‌های لخت.

یادآوری ۲- جریان نامی حفاظت اتصال کوتاه ممکن است بزرگ‌تر از جریان مجاز کابل باشد.

یادآوری ۳- ضرایب فوق از استاندارد IEC 60724 گرفته شده‌اند.

۲-۱۲- اصول و روش‌های نصب کابل‌ها

۲-۱۲-۱- اصول و روش‌های نصب کابل‌های روی زمین

۲-۱۲-۱-۱- در هنگام نصب کابل‌های هوایی اصول زیر باید رعایت شوند:

الف) حداقل فاصله بین کابل‌های هم‌ولتاژ باید به اندازه قطر کابل ضخیم‌تر مجاور در نظر گرفته شود. در صورتی‌که ولتاژ کابل‌های موازی متفاوت باشد حداقل فاصله بین دو کابل مجاور باید ۳۰ سانتی‌متر باشد. بدیهی است کابل‌های هم‌ولتاژ باید در یک گروه نصب شده و حداقل فاصله فوق‌الذکر (۳۰ سانتی‌متر) برای گروه‌های متفاوت رعایت شود.

ب) حداکثر تعداد کابل‌های داخل کانال، مجرا یا لوله باید چنان تعیین شود که کشیدن آن‌ها به آسانی امکان‌پذیر باشد. با توجه به این اصل توصیه می‌شود که قطر داخلی مجرا، کانال یا لوله مساوی یا بیش‌تر از ۱٫۳ (یک و سه دهم) برابر قطر کابل یا دسته کابل‌های کشیده شده در داخل آن باشد.

پ) در مواردی‌که کابل از داخل تجهیزات یا تاسیسات فلزی عبور می‌کند، هر یک از سوراخ‌ها باید دارای انحناهای لازم با گلندهای مناسب باشد تا از ایجاد خراشیدگی در کابل جلوگیری به عمل آید.

ت) در مواردی‌که لوله‌کشی‌ها و مجاری کابل در نقاط انتهایی خود در معرض تغییرات زیاد درجه حرارت قرار می‌گیرند، مانند تاسیسات تبرید و سردخانه‌ها یا تجهیزات حرارتی یا تجهیزاتی که در دمای بالا کار می‌کنند، باید قسمت مناسبی از لوله‌کشی یا مجاری کابل به منطقه تبدیل اختصاص داده شده و از گردش هوا بین قسمت‌های گرم‌تر و قسمت‌های سردتر جلوگیری به‌عمل آید. اتصال‌های قابل انبساط باید برای جبران انبساط و انقباض حرارتی در مواردی‌که لازم است پیش‌بینی شوند.

ث) در موقع نصب یا کشیدن کابل بهتر است تنش یا کشش بر روی هادی‌ها اعمال شود و از اعمال نیروی کششی به پوشش هادی‌ها یا حتی به پوشش خارجی آن اجتناب شود. در تاسیساتی که کابل‌های آن به طور دایم تحت نیروی کشش قرار می‌گیرند استفاده از کابل‌های مجهز به سیم مهار یا مشابه آن که بتواند نیروی کشش را تحمل کنند توصیه می‌شود.

ج) کابل‌هایی که به تجهیزات قابل حمل یا متحرک وصل می‌شوند باید در نقطه اتصال به دستگاه به نحوی بسته و محکم شوند که هیچ نیرویی به ترمینال‌های کابل وارد نشده و از کوتاه شدن یا عقب رفتن عایق یا غلاف کابل جلوگیری به عمل آید. در صورتی‌که کابل شامل هادی حفاظتی نیز باشد، طول آن باید به قدری باشد که در صورت خراب شدن وسیله بستن کابل، وارد شدن نیرو به ترمینال هادی حفاظتی بعد از ترمینال‌های هادی‌های برق‌دار ممکن شود. وسیله بستن کابل نباید برق‌دار بوده و به نحوی ساخته شده باشد که هیچ نوع خرابی مکانیکی در کابل بسته شده به وجود نیاورد.

چ) تمام کابل‌های داخل و خارج ساختمان باید یک تکه بوده و استفاده از انواع مفصل و اتصالات مجاز نیست.

۲-۱۲-۱-۲- نصب کابل روی دیوار و سقف

الف) برای نصب یک‌رشته کابل بر روی دیوار یا سقف باید از بست‌های کائوچویی دو تکه‌ای مخصوص کابل استفاده شود به طوری که در محل‌های نصب بست، کابل مستقیماً با دیوار یا سقف تماس نداشته باشد. در مورد نصب چندرشته کابل توصیه می‌شود که کابل‌های مذکور به‌صورت موازی روی دیوار یا سقف نصب گردیده و از بست‌های ریلی استفاده شود. حداقل فاصله کابل از دیوار باید دو سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

ب) فاصله کابل‌ها از یکدیگر باید حداقل دو برابر قطر کابل بزرگ‌تر(فاصله آزاد) باشد. در مواردی‌که فاصله مذکور کم‌تر باشد باید از ضرایب مناسبی برای کاهش ظرفیت جریان مجاز کابل‌ها استفاده شود.

پ) بست‌های مورد استفاده در صورتی‌که از نوع عایق‌دار نباشند بایستی به‌وسیله غلاف محافظ عایق پوشانده شوند.

ت) اگر کابل‌ها دارای روکش یا غلاف ترموپلاستیکی باشند، باید اطمینان یافت که هر گیره دارای کفشک‌های محافظ یا سپرهای مناسب باشد، بدیهی است در صورت عدم وجود چنین سپرهایی، روکش کابل‌ها می‌تواند زیر فشار کفشک‌های گیره‌ها آسیب ببیند.

ث) در مواردی‌که ساختمان دارای سقف کاذب است، نصب کابل بر روی سقف کاذب به هیچ وجه مجاز نیست و باید به سقف اصلی ساختمان تکیه داده شود.

ج) فاصله‌ای که به علت استفاده از بست‌های ریلی یا دو تکه‌ای بین کابل و دیوار (یا سقف) ایجاد گردیده، باید درگوشه‌ها (داخلی و خارجی) با نصب دو عدد بست به فاصله ده سانتی‌متر از طرفین گوشه عیناً حفظ و رعایت شود.

چ) کابل‌ها باید در برابر تابش مستقیم آفتاب دارای نوعی حفاظ باشند.

۲-۱۲-۱-۳- نصب کابل روی سینی کابل

الف) ابعاد سینی‌های کابل باید از نظر مکانیکی با توجه به وزن کابل‌ها و همچنین در صورت لزوم با در نظر گرفتن شرایط نصب، تعمیرات و رسیدگی انتخاب شود، ولی به طور کلی سینی‌های کابل باید با ورق آهن گالوانیزه مشبک و به ضخامت حداقل ۱٫۵ میلی‌متر ساخته شده و در صورت آویزبودن، توسط میله‌های فولادی به قطر حداقل ۶ میلی‌متر در فاصله‌های حداکثر یک متر نگاه داشته شود.

ب) سینی‌های کابل چند طبقه باید با توجه به عرض آن به نحوی انتخاب شوند که دسترسی به کابل‌ها حداقل از یک‌طرف امکان‌پذیر باشد. فاصله بین سینی‌های دو طبقه باید حداقل ۳۰ سانتی‌متر باشد.

پ) هنگام نصب کابل‌ها بر روی سینی کابل، کابل‌ها باید در نزدیکی هر محل تغییر جهت، سه راه یا چهارراه یا انتهای هر مسیر افقی یا قائم و همچنین به فاصله ۱۰ متر در مسیرهای افقی و ۱٫۵ متر در مسیرهای قائم به سینی‌ها محکم شوند.

ت) نحوه هم‌بندی تکمیلی سیستم‌های هدایت کابل باید مطابق الزامات فصل ۱۳ باشد.

ث) به منظور پیشگیری از آسیب رسیدن به عایق سیم یا کابل، استفاده از بست فلزی بدون روکش لاستیکی مجاز نیست.

۲-۱۲-۲- اصول و روش‌های نصب کابل‌های زیر زمینی

۲-۱۲-۲-۱- هنگام نصب کابل‌های زمینی اصول زیر باید رعایت شوند:

الف) به منظور جلوگیری از تکان‌های شدید قرقره‌های کابل در هنگام حمل به کارگاه یا محل نصب، باید قرقره‌ها به خوبی گوه‌گذاری شوند. پیش از تحویل قرقره کابل‌ها، ضروری است بررسی شود که هیچ‌گونه آسیبی به قرقره‌ها و کابل‌ها وارد نشده باشد. بردار نشانگر رسم‌شده بر روی بدنه قرقره، راستای غلتاندن قرقره را نشان می‌دهد. اگر قرقره در راستای مخالف غلتانده شود لایه‌های کابل پیچیده شده بر روی قرقره، شل می‌شوند.

ب) در هنگام حمل قرقره‌های کابل به جایگاه نصب، بهتر است که از کابل‌کش‌ها یا یدک‌کش حامل کابل که به وسایل سوار و پیاده کردن قرقره مجهزند، استفاده کرد. در غیر این‌صورت به منظور پیاده‌سازی قرقره‌های کابل باید جرثقیل یا سطح شیب‌دار به کار گرفته شود.

پ) حداقل فاصله بین کابل فشار ضعیف یا فشار متوسط یا جریان ضعیف زیرزمینی از لوله‌های گاز، بخار، آب، و سوخت باید ۳۰ سانتی‌متر باشد.

ت) در مواردی‌که کابل با کابل دیگر (به خصوص کابل‌هایی با ولتاژ متفاوت) یا لوله‌های گاز، آب و غیره تقاطع داشته باشد باید از یک لوله محافظ، به طول یک متر استفاده نموده و کابل از داخل این لوله محافظ عبور کند. همچنین، در مواردی‌که کابل از زیر جاده‌ها، محوطه‌های مفروش به هر نحو یا از زیر سنگفرش عبور کند، باید در زیر سطح مفروش یا جاده برای کل طول هر کابل لوله محافظ از جنس پلاستیک صلب یا سیمان پیش‌بینی شود. نسبت قطر لوله محافظ در موارد فوق‌الذکر به قطر کابل مربوطه نباید از حدود ۱٫۳ (یک و سه دهم) کم‌تر باشد. در محل‌های خروج کابل از داخل لوله، باید برای حفاظت کابل در برابر ساییدگی ناشی از تماس با لبه لوله نوعی بالشتک در نظر گرفت. لازم به یادآوری است که در این‌گونه موارد باید یک لوله محافظ اضافی خالی به منظور کابل‌کشی‌های آینده پیش‌بینی شود و در این لوله، یک مفتول گالوانیزه نمره ۴ که طول آن در هر طرف یک متر بیش از طول لوله مزبور باشد قرار داده شود.

ث) تغییر جهت کانال‌های کابل‌ها باید به نحوی باشد که با شرایط مربوط به خم‌کردن کابل‌ها (مندرج در این فصل) مطابقت کند. تعداد کابل‌هایی که در داخل هر کانال نصب می‌شوند باید چنان تعیین شود که بازدید و تعویض آن‌ها به سهولت امکان‌پذیر باشد.

ج) در مواردی‌که کابل از داخل تجهیزات یا تاسیسات فلزی عبور می‌کند، هر یک از سوراخ‌ها باید دارای انحناهای لازم با گلندهای مناسب باشد تا از ایجاد خراشیدگی در کابل جلوگیری به عمل آید.

چ) تمام کابل‌های داخل و خارج ساختمان باید یک تکه بوده و از نصب مفصل (دوراهه) روی آن‌ها خودداری شود. استفاده از مفصل در موارد استثنایی و پس از تایید دستگاه نظارت مجاز خواهد بود.

ح) فاصله جدایی از نقطه نظر سازگاری الکترومغناطیسی باید مطابق الزامات فصل ۱۴ باشد.

۲-۱۲-۲-۲- نصب کابل در داخل کانال خاکی

الف) برای نصب کابل‌ها در داخل کانال خاکی ابتدا باید کانال مورد نظر با ابعاد مشخص شده در نقشه مربوط حفر و کف آن به ضخامت ۱۰سانتی‌متر ماسه‌ریزی و کابل‌ها بر روی آن خوابانده شود. آنگاه، روی کابل‌ها نیز با ۱۰سانتی‌متر ماسه نرم پوشانیده شده و یک نوارپلاستیکی اخطار که بر روی آن عبارت «توجه مسیر کابل» نوشته شده کشیده شود. سپس به منظور محافظت کابل یک ردیف آجر به عرض ۲۲ سانتی‌متر (طول آجر عمود بر محور کابل)، یا یک ردیف دال بتونی بر روی نوار مزبور چیده و سپس روی آن را خاک‌ریزی کرده و بکوبند.

ب) عرض کانال حفر شده به منظور نصب کابل‌های زیرزمینی بستگی به تعداد کابل‌هایی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می‌گیرند. همچنین، عمق کابل از سطح زمین بستگی به تعداد کابل‌هایی دارد که روی یکدیگر قرار می‌گیرند. فاصله بالاترین کابل فشار ضعیف زیرزمینی از سطح زمین، در زیر سطح تمام شده پیاده‌رو نباید از ۷۰ سانتی‌متر کم‌تر و در زیر سطح خیابان نباید از یک متر کم‌تر باشد.

پ) اگر تعداد کابل‌ها در داخل کانال خاکی زیاد باشد، بهتر است به جای قراردادن کابل‌ها بر روی یکدیگر، کابل‌ها مجاور هم کشیده شود. حداقل فاصله کابل‌های زیرزمینی از یکدیگر در صورتی‌که دو کابل هم‌ولتاژ باشد باید ۱۰ سانتی‌متر و در صورتی‌که یک کابل، کابل فشار ضعیف و دیگری کابل فشار متوسط یا کابل جریان ضعیف (دو کابل مجاور با ولتاژهای متفاوت) باشد، ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود، (منظور از فاصله دو کابل فاصله هوایی بین آن دو است) در مواردی‌که چند کابل به موازات یکدیگر در یک سطح افقی کشیده می‌شود باید ضمن رعایت فواصل مجاز، تمامی سطح کابل‌ها با آجر پوشیده شود و در مورد کابل‌های جانبی، حداقل نصف طول آجر از مرکز کابل به سمت خارج قرار گیرد. به جای آجر می‌توان از دال بتونی مناسب یا مصالح دیگری که تصویب شده باشد استفاده کرد.

ت) جزییات و ابعاد کانال خاکی و فاصله بین کابل‌ها در شکل (۲-۶) و (۲-۷) نشان داده شده است. در این شکل همچنین تعداد و نحوه استقرار کابل‌های فشار ضعیف در کانال‌های خاکی ارایه گردیده است.

ث) در مواردی‌که کابل فشار ضعیف و کابل فشار متوسط در یک کانال خاکی زیرزمینی نصب می‌شوند، کابل فشار متوسط نباید مستقیماً در زیر کابل فشار ضعیف قرار گرفته و عمق دفن کابل فشار متوسط باید حداقل ۰٫۳ متر بیش‌تر از کابل فشار ضعیف باشد. در این گونه موارد، باید کانال به شکل پله‌ای (دو تراز متفاوت) حفر و کابل فشار متوسط در بستر پایینی و کابل فشار ضعیف در بستر بالایی خوابانده شود. بدیهی است تمام اصول و روش‌های مربوط به نصب کابل‌های فشار ضعیف و متوسط در مورد هر کدام از کابل‌های مذکور باید دقیقاً رعایت شود. (شکل(۲-۵))

ج) تمام کابل‌ها به ویژه کابل‌های تک‌هسته‌ای نباید پس از خواباندن خیلی ترنگ (حالت کشیده صاف) شود و لازم است اندکی پیچ و تاب داشته باشد تا بتوانند انبساط و انقباض طولی را که درمدت دوره‌های گرمایشی به واسطه بار کامل، رخ می‌دهد، به آسانی تحمل کند.

چ) کابل‌هایی که بدون هیچ نوع حفاظت مکانیکی اضافی مستقیماً در زمین دفن می‌شوند باید دارای زره فلزی باشند. کابل‌هایی که با استفاده از حفاظت مکانیکی اضافی (آجر یا دال بتونی) در زمین دفن می‌شوند باید دارای غلاف محافظ باشند. مسیر این گونه کابل‌ها باید به نحوی علامت‌گذاری شود که در صورت کندوکاو بعدی، محل آن مشخص باشد.

ح) پیمانکار موظف است که قبل از شروع به حفر و کندن کانال خاکی تمام نقشه‌های تاسیساتی اجرا شده قبلی در محوطه عملیات خود را از دستگاه‌های اجرایی مربوطه دریافت و با توجه به آن اقدام به حفر کانال کند به طوری که هیچ‌گونه لطمه‌ای به تاسیسات موجود وارد نشود.

خ) هنگام حفر کانال خاکی برای نصب کابل‌ها باید آسفالت یا سیمان یا پوشش، کنده شده و در یک سمت گودال در فاصله حداقل یک متری انباشته شود تا هر گونه فعالیت آزاد برای خواباندن کابل امکان داشته باشد. همچنین، سایر مواد خاک‌برداری شده (یعنی خاک وغیره) در سمت دیگر گودال و در فاصله حداقل ۰٫۳ متری انباشته گردند تا کارگران از لغزش و افتادن در گودال در امان باشند.

د) در مواردی‌که به منظور خواباندن کابل‌ها قسمتی از جاده آسفالته یا پیاده‌رو باید خاک‌برداری شود پیمانکار موظف است پس از تکمیل کار کابل‌کشی جاده آسفالته یا پیاده‌رو را تعمیر و به حالت اول برگرداند.

۲-۱۲-۲-۳- نصب کابل در داخل کانال پیش‌ساخته

الف) کانال‌های پیش‌ساخته کابل‌کشی می‌تواند به‌صورت آدم‌رو یا معمولی، ساخته شده از آجر با اندود سیمانی یا بتونی باشد.

ب) به منظور دفع آب‌هایی که ممکن است در کف کانال‌های پیش‌ساخته جمع شود باید کف‌شورهای مناسبی که به سیستم فاضلاب یا چاه جذب آب متصل باشند در فواصل حداکثر ۴۰ متری از یکدیگر پیش‌بینی و نصب شود.

پ) برای هدایت آب‌های احتمالی، کف کانال‌های پیش‌ساخته بایستی دارای شیب برابر نیم الی یک صد در جهت کف‌شورهای پیش‌بینی شده باشند.

ت) به منظور پرهیز از تماس مستقیم کابل‌ها با کف کانال پیش‌ساخته معمولی باید در کف کانال و در فواصلی حداکثر برابر با ۶۰ سانتی‌متر اتکایی از لوله فولاد گالوانیزه یا پروفیل ناودانی (آلومینیومی یا فولاد گالوانیزه) با ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر از کف کانال پیش‌بینی و نصب گردیده و سپس کابل‌ها روی اتکاهای مذکور خوابانده شوند.

ث) کانال‌های پیش‌ساخته معمولی در موتورخانه‌ها، پست‌های برق، اتاق یا سالن‌های مولد برق و غیره باید دارای درپوش‌های قابل برداشت از ورق آهن آجدار با دستگیره مناسب در تمام طول کانال باشد.

ج) به منظور نصب کابل در کانال‌های پیش‌ساخته شده آدم‌رو بایستی از قطعات پیش‌ساخته فولاد گالوانیزه با نصب مجزا همراه با بست‌های مناسب استفاده شود یا این که هم‌زمان با ساخت کانال، در تمام طول دیواره کانال و حداکثر هر ۲ متر، یک پروفیل ناودانی به عرض ۱۰ سانتی‌متر و به طول برابر با ارتفاع کانال (از کف تا زیر سقف کانال) پیش‌بینی و نصب شود تا بعداً متناسب با نوع و تعداد کابل‌های مورد نیاز، اسکلت کابل‌کشی، بازوها، نگاهدارنده‌ها و سینی کابل را بتوان بدون تخریب روی ناودانی‌های مذکور نصب کرد. جزییات تیپ نصب کابل را در داخل کانال‌های آدم‌رو در شکل (۲-۸) و جزییات تیپ بازوبندی در داخل کانال‌های مذکور در شکل (۲-۹) نشان داده شده است.

چ) تمام کابل‌کشی‌ها بایستی روی سینی کابل انجام شده و تمام اصول نصب مندرج در بخش‌های نصب کابل روی زمین و نصب کابل روی سینی کابل باید دقیقاً رعایت شوند.

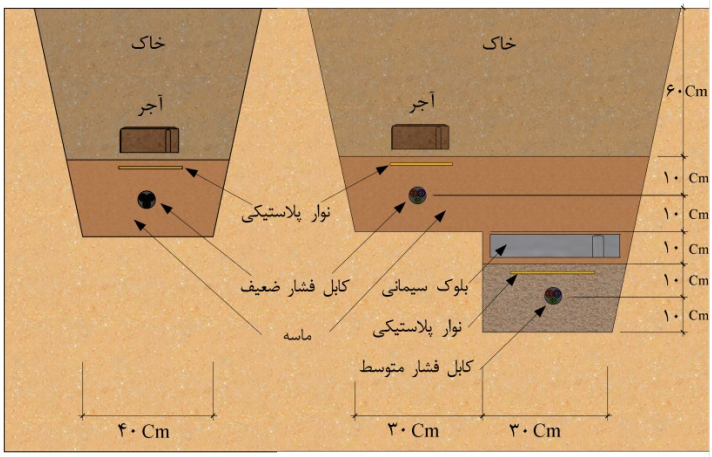
ح) تمام کانال‌های پیش‌ساخته آدم‌رو باید دارای سیستم روشنایی مناسب و پریزهای برق در فواصل مناسب بوده و همچنین در صورت امکان برای تماس با خارج در صورت لزوم، پریزهای تلفن در فواصل مناسب پیش‌بینی و نصب شوند.

خ) در کانال‌های پیش‌ساخته‌شده آدم‌رو، در صورتی‌که علاوه بر تاسیسات برقی از تاسیسات مکانیکی و غیره نیز استفاده می‌شود باید حتی‌الامکان در یک دیواره تاسیسات برقی و در دیواره مقابل تاسیسات دیگر نصب شود. در صورتی‌که امکان نصب به طریق فوق نباشد باید حداقل تاسیسات مذکور در دو ارتفاع متفاوت و به‌صورت مستقل و جدا از هم نصب شوند، به طوری که تاسیسات برقی در ارتفاع بالاتر از تاسیسات مکانیکی نصب شده باشند. (جهت مطالعه بیش‌تر به نشریه ۳۶۹ - ضوابط احداث تونل تاسیسات مشترک شهری مراجعه شود).

د) با توجه به اینکه امکان آتش‌سوزی و گسترش آتش در کانال‌ها و مجاری کابل همیشه وجود دارد، این مجاری باید حداقل در نقطه ورودی به اتاقک‌های تجهیزات و فرمان، پست‌های برق و غیره، با دیواره‌های مقاوم در برابر حریق مسدود گردند.

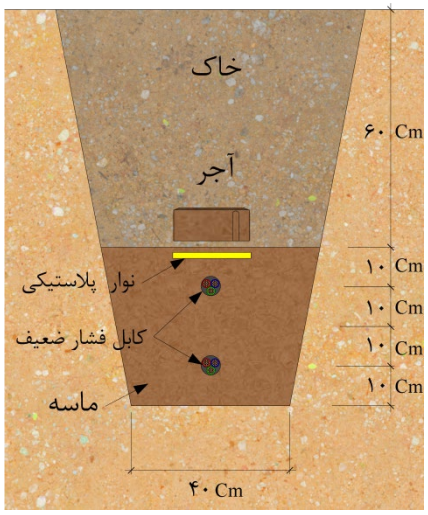
۲-۱۲-۲-۴- نصب کابل در داخل شافت

برای نصب کابل روی دیواره شافت، تمام اصول و روش‌های تعیین شده مندرج در بخش نصب کابل روی دیوار، به خصوص نصب در حالت قائم، دقیقاً رعایت شود.



شکل۲-۵- جزییات کانال خاکی مشترک تیپ، برای نصب کابل‌های فشار متوسط و فشار ضعیف

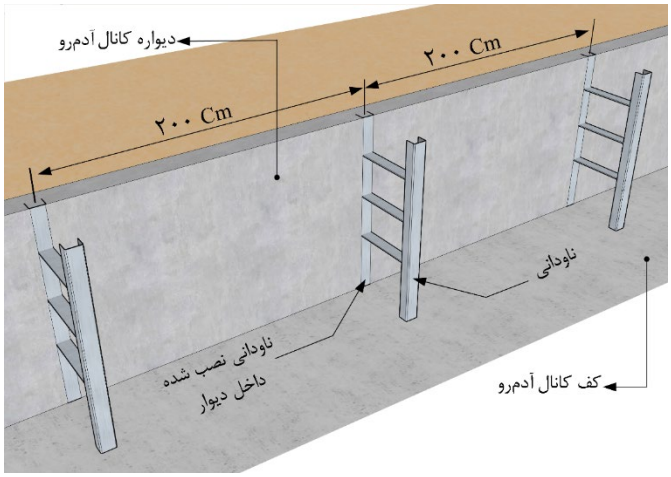
شکل۲-۶- جزییات کانال خاکی تیپ، برای نصب کابل فشار ضعیف در یک ردیف افقی



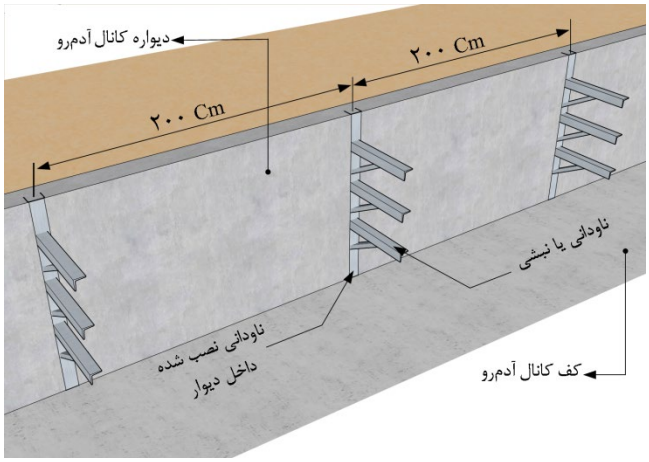
شکل۲-۷- جزییات کانال خاکی تیپ، برای نصب کابل فشار ضعیف در دو ردیف افقی

جدول۲-۵۷- جزییات نصب کابل در کانال خاکی

نوع استقرار کابل‌ها	نصب کابل‌ها در یک ردیف افقی					نصب کابل‌ها در دو ردیف افقی			
تعداد کل کابل‌های نصب شده	۱	۲	۳	۴	۵	۲	۴	۶	۸
عرض بستر کانال(cm)	۴۰	۵۰	۷۰	۹۰	۱۱۰	۴۰	۵۰	۷۰	۹۰
عمق کانال در پیاده‌رو(cm)	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
عمق کانال در خیابان(cm)	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰



شکل۲-۸- جزییات تیپ سازه نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو



شکل۲-۹- جزییات تیپ بازوبندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو

۲-۱۳- کابلشوها و مفصل‌ها

تمام وسایل انتهایی و اتصالی کابل‌ها (کابلشوها، مفصل‌ها، چندراهه‌ها و غیره) باید مناسب با نوع کابل و توصیه سازنده آن باشد و تمام دستورالعمل‌های سازنده اینگونه وسیله‌ها نیز باید در هنگام نصب رعایت شود. در مورد کابل‌های زره‌دار یا دارای نوعی پوشش فلزی باید نسبت به وجود پیوستگی الکتریکی پوشش فلزی در محل‌های اتصال و انشعاب، اطمینان حاصل شود. اتصال الکتریکی کابل‌ها به وسایل و دستگاه‌ها یا شینه‌ها باید با وسایل مناسب نوع کابل انجام شود.

۲-۱۳-۱- کابلشوها

کابل‌های مفتولی به مقطع ۶ میلی‌مترمربع و کم‌تر را می‌توان مستقیماً با ایجاد حلقه به دستگاه مربوطه متصل نمود. تمام کابلشوهای دارای مقطع ۱۰ میلی‌مترمربع و کم‌تر بایستی در محل اتصال کابل به کابلشو با غلاف عایق پلاستیکی یا

چینی مخصوص عایق شوند. برای نصب کابلشو فقط استفاده از روش پرسی (ترجیحاً پرس هیدرولیک) یا پیچی استاندارد مجاز است.

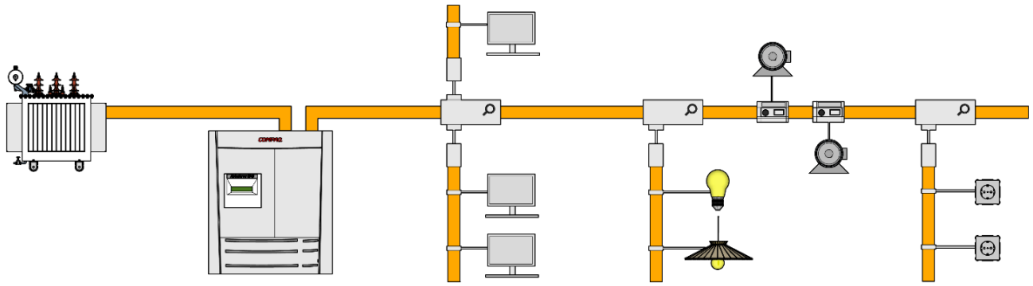
۲-۱۳-۲- مفصل

به منظور حفاظت کامل کابل‌ها در محل اتصال به یکدیگر باید از مفصل‌های کابل دارای روکش عایق رطوبتی استفاده شود تا بتوان محل اتصال مورد نظر را از رطوبت و نیروهای مکانیکی محفوظ نگاه داشت.

مفصل کابل باید در مقابل نیروی کششی حفاظت شود، لذا مفصل در امتداد کابل نباید قرار گیرد ولی محورهای کابل و مفصل باید در حدود نیم تا یک متر از همدیگر فاصله داشته باشد.

۲-۱۴- آشنایی با اجزا مختلف سیستم باسداکت

در برخی از ساختمان‌ها (عموما ساختمان‌های بلندمرتبه) به دلایل خاص یا تامین شرایط مورد نیاز شبکه توزیع برق و سیستم‌های تاسیسات برقی و غیره استفاده از سیستم باسداکت به جای کابل‌ها توجیه پذیر است. استفاده از این سیستم علاوه بر بهینه کردن تقسیم انرژی الکتریکی و سهولت گرفتن انشعاب، امکان اضافه نمودن یا جابجا کردن بارها، تغییر قدرت دریافتی انشعاب‌ها، تعمیرات آسان، ایمنی بیش‌تر، عمر بیش‌تر را به همراه دارد.



شکل۲-۱۰- طرح شماتیک توزیع برق با استفاده از باسداکت

۲-۱۴-۱- واحدهای باسداکت

به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

- واحدهای باسداکت طراحی شده بدون وجود نقاط انشعاب خروجی در طول باسداکت[1]
- واحدهای باسداکت طراحی شده برای ایجاد انشعابات خروجی که خود به دو گروه زیر تقسیم می‌شوند:

[1] Bus Bar Trunking Unit Without Tap Off

۱) واحدهای باسداکت برای امکان استفاده از انشعابات خروجی در طول باسداکت به‌صورت ثابت در یک نقطه یا چند نقطه.

۲) واحدهای باسداکت برای امکان استفاده از انشعابات خروجی به‌صورت ریلی و متحرک[1].

۲-۱۴-۲- اتصالات و ملحقات باسداکت[2]

با توجه به تغییرات جهتی و ارتفاعی احتمالی در مسیر اجرای باسداکت، اتصالات مختلفی جهت ایجاد تغییرات مسیر، جابجایی فازها، انشعابات تابلو، انشعابات ترانسفورماتور و تغییر طولی در اثر تغییرات حرارتی از سوی سازندگان پیشنهاد می‌شود. تمام قطعات فوق باید در مراحل طراحی در نظر گرفته شوند.

۲-۱۴-۳- رابط BTU[3]

یک BTU است که برای اتصال دو واحد از یک مجموعه یکسان اما با انواع مختلف یا با مقادیر جریان‌های متفاوت درنظر گرفته شده‌است.

۲-۱۴-۴- قطعه انبساطی

به علت تنش‌های حرارتی ممکن است که باسداکت‌ها حول محور خود دارای حرکت باشند، لذا قطعه انبساطی این قابلیت را دارد که در اثر تنش‌های حرارتی سبب حرکت باسداکت‌ها شده و از خمیدگی و پیچش باسداکت‌ها در این حالت جلوگیری شود.

۲-۱۴-۵- قطعه جابجا کننده باسبارهای موجود در باسداکت[4]

در باسداکت‌ها به دو دلیل می‌توان جای مربوط به هادی‌های باسداکت را جابجا کرد:

- یکسان سازی مقدار راکتانس القایی بین هادی‌های باسداکت.
- الزامات مربوط به جانمایی باسبارهای باسداکت در نقطه اتصال به تابلو یا ترانسفورماتور.

به طور مثال میتوان فازها را از حالت L۱، L۲، L۳ و N به حالت L۳، L۲، L۱ و N تغییر داد.

۲-۱۴-۶- تقسیم بندی باسداکت‌ها از نظر نوع عایق

به چهار دسته کلی زیر تقسیم می‌شوند:

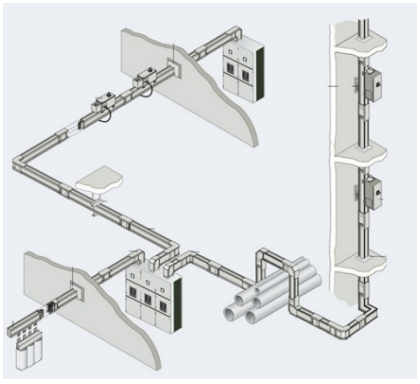
[1] Busbar Trunking Unit with Trolley- Type Tap-Off Facilities
[2] Joint and Accessories
[3] Adapter BTU
[4] Transposition Unit

- باسداکت با عایق هوا[1]: شینه‌ها به‌وسیله مقره‌های نگه‌دارنده از یکدیگر و بدنه باسداکت جدا می‌شوند. بین شینه‌ها فاصله هوایی جهت حفظ فاصله عایقی و همچنین تبادل حرارتی وجود دارد.
- باسداکت با عایق گاز[2]: معمولا در نیروگاه‌ها کاربرد داشته و در فشار ضعیف کاربرد ندارد.
- سیستم باسداکت رزینی: دارای عایق رزینی اپوکسی است و بدنه آن معمولا فولادی است.
- سیستم باسداکت کمپکت: جهت عایق‌کاری از مواد پلی‌استر در بین شینه‌ها استفاده می‌شود که با توجه به قدرت عایقی بالای این نوع مواد، حجم کم‌تری را اشغال می‌کند بدنه این نوع باسداکت معمولا فولادی است. این نوع باسداکت در سیستم‌های فشار متوسط کاربرد ندارد.

۲-۱۴-۷- تقسیم‌بندی باسداکت‌ها از نظر کاربرد

سیستم باسداکت از نظر میزان جریان عبوری از آن و کاربرد آن در خصوص تغذیه بارهای الکتریکی به چهار گروه به شرح ذیل تقسیم می‌شود:

- باسداکت توزیع جریان بالا[3]
- باسداکت تغذیه بارهای الکتریکی با اتصال ثابت[4]
- باسداکت تغذیه چراغ‌های روشنایی[5]
- سیستم باسداکت با انشعابات خروجی قابل جابجایی[6]



شکل۲-۱۱- نمای کلی سیستم باسداکت

۲-۱۴-۸- آرایش هادی‌های باسداکت

تعداد هادی‌های موجود در سیستم باسداکت سه‌فاز بسته به طرح می‌تواند دارای ۳، ۴، ۵ یا حتی ۶ هادی باشد. نمونه‌هایی از این آرایش‌ها در شکل(۲-۱۲) ارایه شده است:

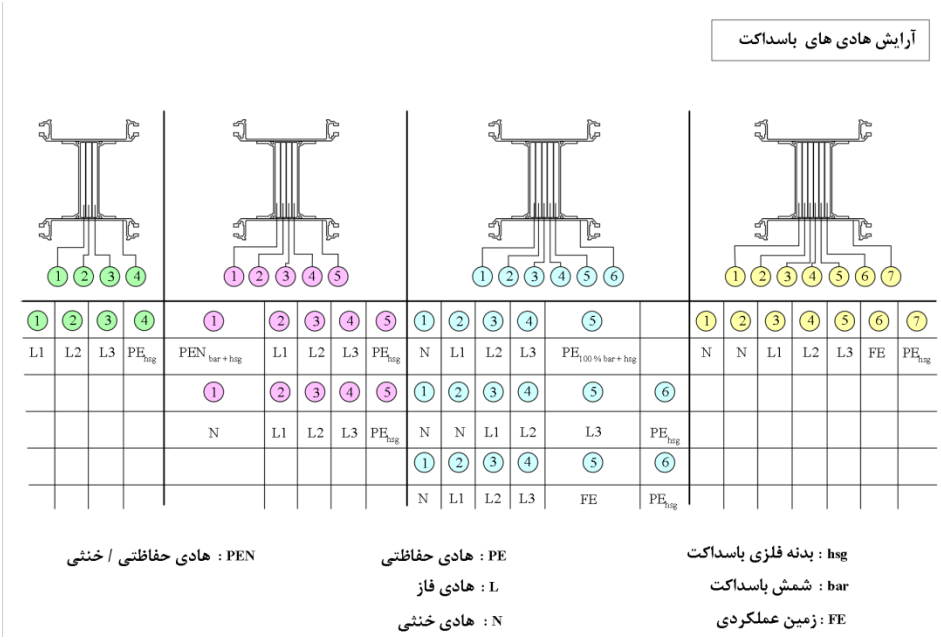
[1] Ais: Air Insulation System
[2] Gis: Gas Insulation System
[3] Feeder Busway
[4] Plug-In Busway
[5] Lighting Busway
[6] Trolley Busway

در جایی که تأسیسات دارای تجهیزات با پوشش فلزی باشند مانند تابلوها یا باسداکت‌های فشار ضعیف، محفظه یا قاب فلزی آن‌ها می‌تواند به‌عنوان هادی حفاظتی استفاده شود به شرطی که هم‌زمان هر سه شرط زیر برقرار باشد: (مراجعه کنید به فصل ۱۳)

الف) پیوستگی الکتریکی پوشش فلزی به دلیل نوع ساختار یکپارچه با استفاده از اتصالات مناسب تضمین شده و در برابر هر گونه آسیب مکانیکی، شیمیایی و الکتروشیمیایی مقاوم باشد.

ب) الزامات قطع مطمئن تغذیه مدار در حداقل جریان اتصال کوتاه فاز به هادی در زمان مجاز و تحمل مکانیکی و حرارتی حداکثر جریان اتصال کوتاه تا زمان قطع خطا توسط تجهیز حفاظتی رعایت شده باشد.

پ) امکان اتصال هادی‌های حفاظتی دیگر در نقاط انشعابی از پیش تعیین شده وجود داشته باشد.



شکل۲-۱۲- آرایش مختلف و تعداد هادی‌های موجود در باسداکت

۲-۱۵- اصول طراحی و انتخاب سیستم باسداکت

قبل از آغاز فرآیند طراحی اطلاعات تعداد طبقات ساختمان، ضخامت سازه سقف، فاصله سازه‌های سقف، تعداد نقاط انشعاب، توان هرکدام از انشعاب‌ها در طبقات، موقعیت کلید انشعاب و ... باید جمع آوری و بررسی شود. توصیه می‌شود طراحی از ابتدا بر اساس تجهیزات تولیدی یک سازنده معتبر انجام شود.

برای طراحی سیستم باسداکت با استفاده از اطلاعات زیر، جریان بار تخمین زده شود.

۱) کیفیت تغذیه:

- سه‌فاز یا تک‌فاز بودن منبع تغذیه
- نحوه تغذیه (از یک سو، از دو سو، از وسط)

- ولتاژ نامی
- جریان اتصال کوتاه در نقطه تغذیه
- دمای محیط

۲) خصوصیت بارها:

- تعداد، محل و نحوه توزیع، قدرت، ضریب قدرت و نوع بارهای تغذیه شده توسط باسداکت

۳) نحوه نصب:

- افقی یا عمودی

۴) طول باسداکت

۲-۱۵-۱- محاسبه جریان بار در سیستم سه‌فاز

جریان بار در یک سیستم سه‌فاز از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$I_b = \frac{P_t \times b}{\sqrt{3} \times U_r \cos \varphi_m} \qquad (۱۳-۲)$$

Pt: مجموع توان منصوبه بارها برحسب وات

b: ضریب تغذیه - اگر تغذیه باسداکت از یکسو باشد برابر ۱ و اگر تغذیه از دو سو یا از وسط باشد ۰/۵ است.

Ur: ولتاژ نامی سیستم برحسب ولت

$\cos \varphi_m$: متوسط ضریب قدرت بارها

۲-۱۵-۲- تعیین جریان مجاز باسداکت

باسداکت باید به گونه‌ای انتخاب شود که جریان مجاز آن در فرمول زیر صدق کند:

$$I_b \leq I_{Z0} \times K_t = I_Z \qquad (۱۴-۲)$$

در این رابطه:

I_{Z0}: جریانی است که باسداکت می‌تواند در شرایط استاندارد به‌صورت پیوسته در دمای۴۰°C تحمل کند.

I_b: جریان بار است.

K_t: ضریب تصحیح دمای محیط است، اگر دمای محیط غیر از ۴۰°C باشد. این ضریب از جدول(۲-۵۸) استخراج می‌شود.

جدول۲-۵۸- ضریب تصحیح دمای محیط برای دمای غیر از ۴۰°C

دمای هوای محیط °C	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰
K_t	۱/۲	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۸	۱/۰۵	۱	۰/۹۵	۰/۸۵

۲-۱۵-۳- حفاظت باسداکت

۲-۱۵-۳-۱- حفاظت اضافه بار

برای حفاظت باسداکت در برابر اضافه بار از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$I_b \leq I_n \leq I_Z \qquad (۱۵-۲)$$

در این رابطه:

I_Z: جریان مجاز باسداکت است.

I_b: جریانی است که مدار بر اساس آن طراحی شده است.

I_n: جریان نامی یا تنظیمی حفاظت اضافه بار است.

۲-۱۵-۳-۲- حفاظت اتصال کوتاه

باسداکت را علاوه بر حفاظت در برابر آثار حرارتی ناشی از اضافه بار، باید در مقابل تنش‌های حرارتی و الکترودینامیکی ناشی از اتصال کوتاه نیز باید حفاظت نمود.

جهت جلوگیری از ایجاد تنش‌های حرارتی رابطه زیر باید برقرار باشد:

$$I^2t_{CB} \leq I^2t_{BTS} \qquad (۱۶-۲)$$

در این رابطه:

I^2t_{BTS}: حداکثر انرژی است که عبور آن در خلال اتصال کوتاه از باسداکت مجاز دانسته می‌شود. این مقدار توسط سازنده باسداکت مشخص می‌شود.

I^2t_{CB} : حداکثر انرژی است که کلید اتوماتیک در خلال عبور جریان اتصال کوتاه ماکزیمم، عبور آن را تحمل می‌کند. مقدار آن توسط سازنده کلید مشخص می‌شود.

برای حفاظت باسداکت در برابر آثار الکترودینامیکی، رابطه زیر باید برقرار باشد:

$$I_{kpCB} \leq I_{kpBTS} \qquad (۱۷-۲)$$

I_{kpCB}: حداکثر پیک جریان اتصال کوتاهی است که کلید اتوماتیک قادر به قطع آن است و توسط سازنده کلید مشخص می‌شود.

I_{kpBTS}: حداکثر پیک جریان اتصال کوتاه که برای باسداکت قابل تحمل است و توسط سازنده باسداکت مشخص می‌شود.

۲-۱۵-۴- حفاظت انشعاب‌ها

عموما انشعاب‌ها به‌صورت فیدرهای کابلی از باسداکت منشعب می‌شوند. اگر این کابل‌ها توسط یک حفاظت بالادست، در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه حفاظت نشده باشند، باید نکات زیر را در موردشان رعایت کرد:

۲-۱۵-۴-۱- حفاظت در برابر اتصال کوتاه

فقط در شرایطی که این خصوصیات برای انشعاب وجود داشته باشد می‌توان از حفاظت اتصال کوتاه برای آن صرف‌نظر نمود:

- طول آن‌ها بیش از ۳ متر نباشد.
- احتمال اتصال کوتاه خیلی بعید باشد.
- مواد قابل اشتعال در نزدیکی کابل وجود نداشته باشد.

چنانچه در محلی احتمال آتش‌سوزی یا انفجار وجود داشته باشد، استفاده از حفاظت اتصال کوتاه ضروری خواهد بود.

۲-۱۵-۴-۲- حفاظت در برابر اضافه بار

عموما جریان مجاز انشعاب‌ها کم‌تر از باسداکت اصلی است. پس آن‌ها را باید جداگانه در مقابل اضافه بار حفاظت نمود. این حفاظت ممکن است در جعبه تقسیم‌ها واقع شده یا در تابلوی اصلی قرار گیرد.

در حالت دوم روی هر انشعاب کلید اتوماتیکی قرار می‌گیرد که جریان نامی (یا تنظیمی) آن نباید بیش‌تر از جریان مجاز کابل مربوطه باشد. برای محل‌هایی که احتمال آتش‌سوزی زیادتر باشد حفاظت‌ها در طول انشعاب‌ها (داخل جعبه تقسیم‌ها) قرار می‌گیرند.

۲-۱۵-۵- افت ولتاژ باسداکت

اگر طول باسداکت قابل توجه شود باید افت ولتاژ در آن بررسی شود. در باسداکت‌های سه‌فاز می‌توان افت ولتاژ را از روابط زیر بدست آورد:

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3} a I_b L (r_t \cos\varphi_m + x \sin\varphi_m)}{1000} \quad [V] \qquad (۱۸-۲)$$

و برای باسداکت‌های تک‌فاز:

$$\Delta u = \frac{2 a I_b L (r_t \cos\varphi_m + x \sin\varphi_m)}{1000} \quad [V] \qquad (۱۹-۲)$$

در این روابط:

a: ضریب توزیع جریان است که به نحوه تغذیه و آرایش بارها بستگی دارد و از جدول (۲-۵۹) بدست می‌آید.

I_b: جریان بار برحسب آمپر.

L: طول باسداکت برحسب متر

r_t: مقاومت هر فاز باسداکت بر واحد طول در دمای حالت دایمی، که برحسب میلی اهم بر متر است.

x: راکتانس واحد طول هر فاز باسداکت، که برحسب میلی اهم بر متر است.

$\cos\varphi_m$: ضریب قدرت متوسط بارها

جدول۲-۵۹- ضریب توزیع جریان

نحوه تغذیه	نحوه توزیع بارها در طول باسداکت	ضریب توزیع جریان
یک‌سو تغذیه	بار متمرکز در انتهای باسداکت	۱
	توزیع یکنواخت بار	۰٫۵
دوسو تغذیه	توزیع یکنواخت بار	۰٫۲۵
تغذیه از وسط	بار متمرکز در دو انتهای باسداکت	۰٫۲۵
	توزیع یکنواخت بار	۰٫۱۲۵

اگر بار توزیع یکنواختی در طول باسداکت نداشته باشد، جهت محاسبه دقیق افت ولتاژ بایستی از فرمول زیر استفاده نمود.

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3}[r_t \sum I_i L_i \cos\varphi_{mi} + x \sum I_i L_i \sin\varphi_{mi}]}{1000} \quad [V] \qquad (۲۰-۲)$$

در این رابطه:

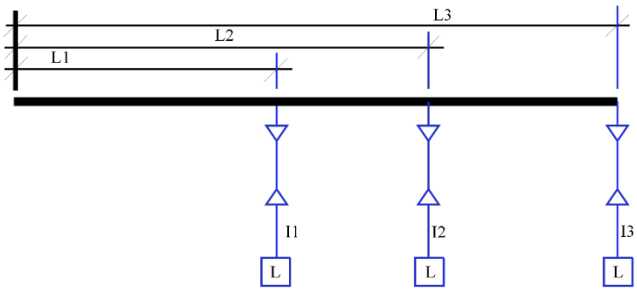
r_t: مقاومت واحد طول هر فاز باسداکت در دمای حالت دایمی، که برحسب میلی اهم بر متر است.

x: راکتانس واحد طول هر فاز باسداکت، که برحسب میلی اهم بر متر است.

$\cos\varphi_m$: ضریب قدرت متوسط بار iام

I_i: جریان بار iام برحسب آمپر

L_i: فاصله بار iام از ابتدای باسداکت برحسب متر (به‌عنوان مثال: شکل (۲-۱۳))



شکل۲-۱۳- مثالی از توزیع غیریکنواخت بار در طول باسداکت

فصل ۳

کابل‌های فشار متوسط

۳-۱- دامنه پوشش

در این فصل کابل‌های فشار متوسط با هادی مسی یا آلومینیومی، عایق‌بندی پلاستیکی PVC، پلی‌اتیلن PE یا پلی‌اتیلن تقویت شده XLPE که ولتاژ اسمی آن‌ها بین ۳/۶/۶کیلوولت تا ۱۸/۳۰ کیلوولت قرار دارد و نیز سرکابل‌ها و مفصل‌ها جهت اتصال کابل‌ها به وسایل و تجهیزات الکتریکی، یا به کابل‌های دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد. کابل‌های فشار متوسط مورد نظر انواع کابل‌هایی هستند که در زیر سطح زمین، یا روی زمین در داخل مجاری مختلف کابل مانند کانال، تونل، داکت به‌صورت دفن مستقیم یا بر روی سینی، نردبان یا لوله در تاسیسات صنعتی یا ساختمانی نصب شده‌اند.

۳-۲- تعاریف و اصطلاحات

۳-۲-۱- کابل

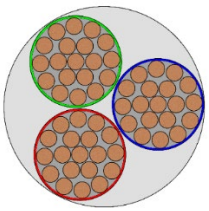
cable

مجموعه‌ای از یک یا چند هادی و/یا فیبرهای نوری، با یک پوشش محافظ و احتمالاً مواد پرکننده، عایق و محافظ است.

۳-۲-۲- کابل با هادی گرد

circular cable

کابلی که هادی آن مقطع گرد دارد.

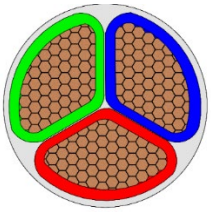


شکل۳-۱- کابل با هادی گرد

۳-۲-۳- کابل با هادی قطاعی

sectoral cable

کابلی که شکل مقطع هادی آن قطاعی یا سکتوری است.



شکل۳-۲- کابل با هادی قطاعی

۳-۲-۴- کابل چندرشته‌ای

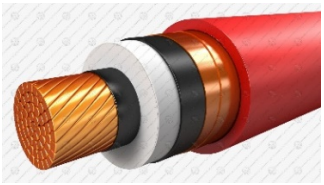
multi core cable

کابلی که دارای دو یا چند هادی (هسته) است.

۳-۲-۵- کابل تک‌رشته‌ای

single core cable

کابلی که دارای یک هادی (هسته) است.



شکل۳-۳- کابل تک‌رشته‌ای

۳-۲-۶- روکش میانی کابل

inner sheath

روکش غیر فلزی که معمولا زیر روکش یا زره قرار می‌گیرد.

۳-۲-۷- روکش

sheath

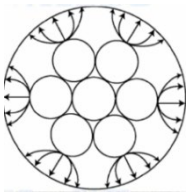
پوشش لوله‌ای یکنواخت و پیوسته از جنس رسانا یا عایق است.

۳-۲-۸- اسکرین کابل

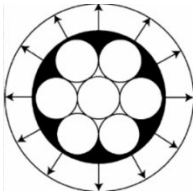
screen (of cable)

لایه رسانا یا مجموعه‌ای از لایه‌های رسانا با عملکرد کنترل میدان الکتریکی در داخل عایق است.

یادآوری- همچنین اسکرین ممکن است سطوح صافی را در مرزهای عایق ایجاد کند و به حذف فضاهای موجود در این مرزها کمک کند.



شکل۳-۴- توزیع میدان الکتریکی غیریکنواخت درکابل بدون اسکرین



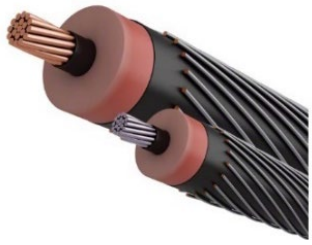
شکل۳-۵- توزیع میدان الکتریکی یکنواخت درکابل با اسکرین

۳-۲-۹- شیلد کابل

shield (of a cable)

لایه فلزی زمین شده اطراف کابل که برای محدود کردن میدان الکتریکی کابل و/یا محافظت از کابل در برابر نفوذ الکتریکی خارجی عمل می‌کند.

یادآوری- روکش‌های فلزی، فویل‌ها، زره و هادی‌های هم‌مرکز زمین شده نیز می‌توانند به‌عنوان شیلد عمل کنند.



شکل۳-۶- شیلد کابل

۳-۲-۱۰- زره یا آرمور

armour

پوششی متشکل از نوار(های) فلزی یا سیم‌ها، که معمولا برای محافظت از کابل در برابر اثرات مکانیکی خارجی استفاده می‌شود.

۳-۲-۱۱- ولتاژ نامی

nominal voltage

ولتاژی که یک کابل بر اساس آن طراحی شده و ویژگی‌های بهره‌برداری و شرایط انجام آزمون را مشخص می‌سازد.

در استاندارد IEC، حداکثر ولتاژ نامی مجاز تجهیزات U_m در پرانتز درج شده و مشخصات ولتاژ کابل بدین‌صورت نوشته می‌شود:

$$U_0/U(U_m) \qquad (۱-۳)$$

در تخصیص ولتاژ کابل‌ها $U_0/U(U_m)$، U_0 و U و U_m عبارتند از:

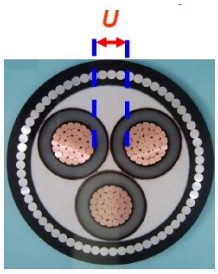
U_0: ولتاژ اسمی متناوب بین هادی و زمین یا حفاظ فلزی در فرکانس قدرت که کابل براساس آن طراحی می‌شود.

U: ولتاژ اسمی متناوب میان هادی‌ها با هم است که کابل براساس آن طراحی شده است.

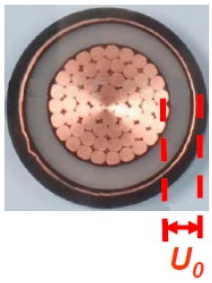
U_m: بیش‌ترین مقدار ولتاژ شبکه است که تجهیزات می‌توانند در آن ولتاژ کار کنند.

ولتاژهای نامی فشار متوسط برای کابل‌های قدرت در سیستم سه‌فاز عبارتند از:

۱٫۸/۳(۳٫۶) – ۳٫۶/۶(۷٫۲) – ۶/۱۰(۱۲) – ۱۲/۲۰(۲۴) – ۱۸/۳۰(۳۶) کیلوولت



شکل۳-۷- تعریف ولتاژهای فازبه‌فاز در کابل



شکل۳-۸- تعریف ولتاژهای فازبه‌زمین در کابل

۳-۲-۱۲- اتصال دهنده

connector

وسیله فلزی برای اتصال هادی‌های کابل به هم.

۳-۲-۱۳- سرکابل

termination

وسیله‌ای که در انتهای کابل نصب می‌شود تا اطمینان حاصل شود که اتصال الکتریکی با سایر قسمت‌های سیستم برقرار شده و عایق‌بندی را تا نقطه اتصال حفظ کند.

۳-۲-۱۴- سرکابل داخلی

indoor termination

سرکابلی که برای کاربرد در جاهایی که در معرض تابش خورشید یا فضای باز نیستند، درنظر گرفته شده‌است.

۳-۲-۱۵- سرکابل بیرونی

outdoor termination

سرکابلی که برای کاربرد در جاهایی که در معرض تابش خورشید یا فضای باز یا هر دو هستند، درنظر گرفته شده‌است.

۳-۲-۱۶- مفصل مستقیم

straight joint

مفصلی است که اتصال بین دو کابل را به منظور ایجاد مدار بسته برقرار می‌سازد.

۳-۲-۱۷- مفصل انشعابی

branch joint

مفصلی است که اتصال یک کابل را به کابل اصلی ممکن می‌سازد.

۳-۲-۱۸- مفصل تبدیلی

transition joint

مفصل مستقیم یا انشعابی است که اتصال بین کابل‌های دارای انواع مختلف عایق‌های اکسترود شده را برقرار می‌سازد.

۳-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی هستند که در متن این فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

در این بخش استانداردهای ساخت، طراحی، بهره‌برداری و آزمون کابل‌های فشار متوسط و لوازم مرتبط با آن‌ها معرفی شده است.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱-۲۲۶۸۳، کابل‌های الکتریکی – محاسبه جریان اسمی – قسمت ۱: معادلات جریان اسمی (ضریب بار ۱۰۰٪) و محاسبه تلفات – بخش ۱: کلیات.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲-۲۲۶۸۳، کابل‌های الکتریکی – محاسبه جریان اسمی – قسمت ۲: مقاومت حرارتی – بخش ۱: محاسبه مقاومت حرارتی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲-۲۲۶۸۳، کابل‌های الکتریکی – محاسبه جریان اسمی – قسمت ۲: مقاومت حرارتی – بخش ۳: کابل‌های نصب شده در تونل‌های دارای تهویه.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۳-۲۲۶۸۳، کابل‌های الکتریکی – محاسبه جریان اسمی – قسمت ۳: شرایط عملیاتی – بخش ۱: شرایط مرجع محل نصب.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۳-۲۲۶۸۳، کابل‌های الکتریکی – محاسبه جریان اسمی – قسمت ۳: شرایط عملیاتی – بخش ۲: بهینه‌سازی اقتصادی سایز کابل قدرت.
- استاندارد ملی ایران به شماره۲-۳۵۶۹، کابل‌های قدرت با عایق اکسترود شده و تجهیزات جانبی آن برای ولتاژهای اسمی ۱KV تا و خود ۳۰KV – قسمت ۲: کابل‌های با ولتاژ اسمی ۶KV تا و خود ۳۰KV.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴-۳۵۶۹، کابل‌های قدرت با عایق اکسترود شده و تجهیزات جانبی آن برای ولتاژهای اسمی ۱KV تا و خود ۳۰KV – قسمت ۴: الزامات آزمون تجهیزات جانبی کابل‌ها با ولتاژ اسمی۶KV تا و خود ۳۰KV.
- IEC 60502-2: 2014, Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (Um = 1,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV) – Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV (Um = 7,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV).

۳-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در سیستم‌های کابل‌کشی فشار متوسط ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (در صورت وجود) ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

۳-۴- مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌های فشار متوسط

۳-۴-۱- هادی‌ها

هادی‌ها باید به‌صورت مس آنیل شده ساده (بدون اندود فلزی یا پوشش فلزی)، آلومینیوم، آلیاژهای آلومینیوم و یا به‌صورت آنیل شده ساده طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۸۴ باشد.



شکل۳-۹- نمایش هادی‌های چندمفتولی کابل

عواملی که در انتخاب هادی کابل اهمیت دارند به‌شرح زیر است:

- هزینه سرمایه‌گذاری اولیه (قیمت کابل با هادی مسی به مراتب بیش‌تر از کابل با هادی آلومینیومی است).
- قطر خارجی کابل (برای انتقال توان یکسان، قطر خارجی کابل با هادی آلومینیومی بیش‌تر و در نتیجه عرض سینی، نردبان یا... کابل بیش‌تر خواهد شد).
- وزن کابل (وزن کابل آلومینیوم ۳۰ الی ۵۰ درصد کم‌تر از مس).
- مقاومت در محیط‌های خورنده (کابل با هادی آلومینیومی در محیط‌های خورنده عملکرد مطلوب ندارد).
- جریان مجاز (با مقاطع یکسان، تقریباً جریان مجاز مس ۳۰ درصد بیش‌تر از آلومینیوم است).
- کابل‌های با هادی مسی انعطاف پذیری بیش‌تری دارند.

۳-۴-۲- عایق‌ها

انواع ترکیبات عایقی به همراه علائم اختصاری آن‌ها در جدول (۳-۱) آمده است:

جدول۳-۱- انواع ترکیبات عایقی به همراه علائم اختصاری

ترکیبات عایقی	کد اختصاری
ترموپلاستیک‌ها شامل: پلی‌وینیل کلراید	PVC
ترکیبات دارای پیوندهای عرضی (کراس لینک شده): لاستیک اتیلن‌پروپیلن یا ماده‌ای مشابه لاستیک اتیلن‌پروپیلن با درجه سختی یا ضریب کشسانی بالا پلی‌اتیلن با پیوند عرضی (کراس لینک شده)	EPR HEPR[1] XLPE

بیشینه دمای قابل تحمل انواع ترکیبات عایقی به همراه علائم اختصاری در جدول (۳-۲) آمده است:

جدول۳-۲- بیشینه دمای قابل تحمل انواع ترکیبات عایقی به همراه علائم اختصاری

ترکیبات عایقی	بیشینه دمای هادی	
	شرایط کار عادی	اتصال کوتاه (حداکثر به مدت ۵ ثانیه)
پلی‌وینیل‌کلراید PVC برای سطح مقطع هادی تا ۳۰۰ میلی‌مترمربع	۷۰	۱۶۰
پلی‌وینیل‌کلراید PVC برای سطح مقطع هادی بیش از ۳۰۰ میلی‌مترمربع	۷۰	۱۴۰
پلی‌اتیلن‌کراس لینک XLPE	۹۰	۲۵۰
لاستیک اتیلن‌پروپیلن EPR و HEPR	۹۰	۲۵۰

۳-۴-۳- روکش میانی

هنگامی که لایه فلزی زیرین و لایه فلزی کلی کابل از دو جنس متفاوت باشند، لایه‌ها باید با یک روکش عایق از هم جدا شوند.

۳-۴-۴- لایه‌های فلزی کابل‌های تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای

انواع لایه‌های فلزی عبارتند از:

الف) حفاظ فلزی.

ب) هادی هم مرکز.

پ) غلاف فلزی (سربی یا سایر موارد).

ت) زره فلزی.

لایه(های) فلزی یک کابل باید از یک یا چند نوع از لایه‌های اشاره شده در بالا باشند و اگر بر روی کابل‌های تک‌رشته یا رشته‌های کابل‌های چندرشته به صورت تکی به کار روند باید از جنس مواد غیرمغناطیسی باشند.

[1] Hard Grade Ethylene Propylene Rubber

۳-۴-۴-۱- حفاظ فلزی

حفاظ فلزی باید شامل یک یا چند نوار، یا بافت[1] یا لایه هم مرکز متشکل از تعدادی سیم یا ترکیبی از سیم‌ها و نوار(ها) باشد. این حفاظ همچنین می‌تواند به‌صورت یک روکش یا در حالت حفاظ کلی به‌صورت زرهی باشد.

هنگام انتخاب جنس حفاظ، لازم است دقت لازم در خصوص احتمال خوردگی به عمل آید.

۳-۴-۴-۲- هادی هم‌مرکز

هنگام انتخاب جنس هادی هم‌مرکز، لازم است دقت لازم در خصوص احتمال خوردگی به عمل آید.

در صورت نیاز به استفاده از هادی هم‌مرکز در کابل‌های چندرشته، باید آن را روی روکش میانی کابل قرار داد. درکابل‌های تک‌رشته، این هادی را می‌توان مستقیما بر روی عایق یا بر روی روکش میانی مناسب قرار داد.

۳-۴-۴-۳- غلاف فلزی

غلاف باید از جنس سرب یا آلیاژ آن باشد و باید به‌صورت لوله‌ای بدون درز بوده و بدون فاصله روی کابل قرار گیرد. سایر جنس‌های فلزی در استاندارد ملی ایران در حال بررسی است.

۳-۴-۴-۴- زره فلزی

انواع زره‌های فلزی عبارتند از:

الف) زره سیم تخت.

ب) زره سیم گرد.

پ) زره نواری دوتایی.

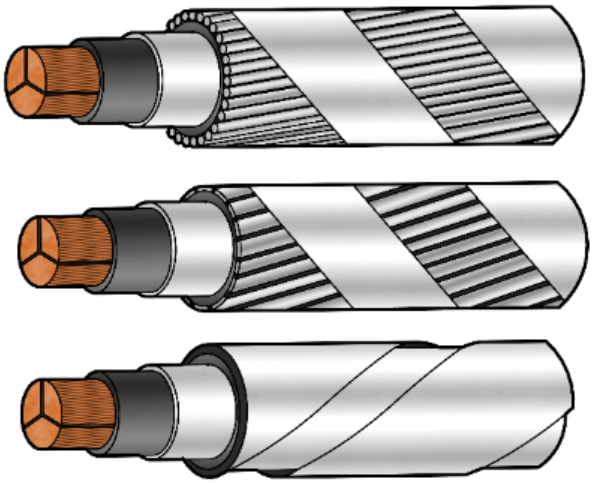
سیم‌های تخت یا گرد باید از جنس فولاد گالوانیزه، مس یا مس قلع اندود، آلومینیوم و یا آلیاژ آلومینیوم باشد. نوارها باید از جنس فولاد، فولاد گالوانیزه، آلومینیوم یا آلیاژ آلومینیوم باشد.

در حالت‌هایی که در زره سیم فولادی نیاز به تامین حداقل رسانایی باشد، استفاده از تعداد کافی سیم‌های مسی یا مسی قلع اندود در لایه زره مجاز است.

هنگام انتخاب جنس زره، لازم است دقت لازم در خصوص احتمال خوردگی به عمل آید. این امر نه فقط از نظر مکانیکی بلکه از نظر ایمنی الکتریکی نیز حائز اهمیت است، به ویژه هنگامی که زره به‌عنوان حفاظ فلزی به کار می‌رود.

زره کابل‌های تک‌رشته که در شبکه (a.c.) بکار می‌رود، باید از ماده غیرمغناطیسی باشد مگر آنکه ساختار خاصی انتخاب شده باشد.

[1] Braid



شکل ۳-۱۰- اشکال مختلف زره کابل

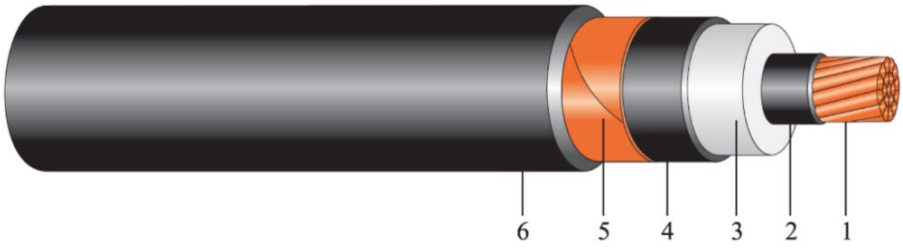
۳-۴-۵- روکش نهایی

تمامی کابل‌ها باید دارای یک روکش نهایی باشند. روکش کابل‌ها معمولا به رنگ مشکی است ولی روکش کابل‌ها با توافق بین سازنده و خریدار، بسته به مناسب بودن آن برای شرایط خاص کاربری کابل می‌تواند به رنگ دیگری انتخاب شود. (به‌عنوان مثال روکش کابل مقاوم در برابر UV).

روکش نهایی باید از ترکیبات ترموپلاستیک مانند PVC یا از ترکیبات الاستومریک مانند پلی‌اتیلن‌کلروسولفونه باشد. روکش با ترکیبات بدون هالوژن باید در کابل‌هایی استفاده شوند که در صورت قرارگیری در مجاورت آتش، خواص کاهش گسترش آتش، سطوح کم انتشار دود و انتشار گاز بدون هالوژن را از خود نشان دهند.

در صورتی‌که از روکش برای کاربرد خاص استفاده می‌شود، ممکن است استفاده از افزودنی‌های شیمیایی ضروری باشد (به‌عنوان مثال حفاظت روکش در برابر خوردگی موجودات موذی از قبیل موریانه). این افزودنی‌ها نباید دارای مواد مضر برای انسان یا محیط زیست باشد.

در شکل‌های (۳-۱۱) تا (۳-۱۶) نمونه‌هایی از ساختارهای متنوع کابل‌های فشار متوسط با هادی مسی ارایه شده‌اند. مشابه این موارد با هادی آلومینیوم نیز می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. نشانه‌های شناسایی براساس فصل دوم انتخاب شده است.



۱) هادی مسی

۲) اسکرین

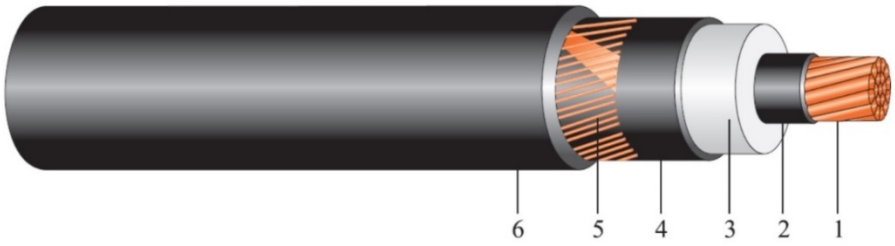
۳) عایق XLPE

۴) اسکرین

۵) شیلد مسی به شکل نوار مارپیچ

۶) روکش نهایی PVC

شکل۳-۱۱- اجزا مختلف یک نمونه کابل فشار متوسط تک‌رشته‌ای N2XSY



۱) هادی مسی

۲) اسکرین

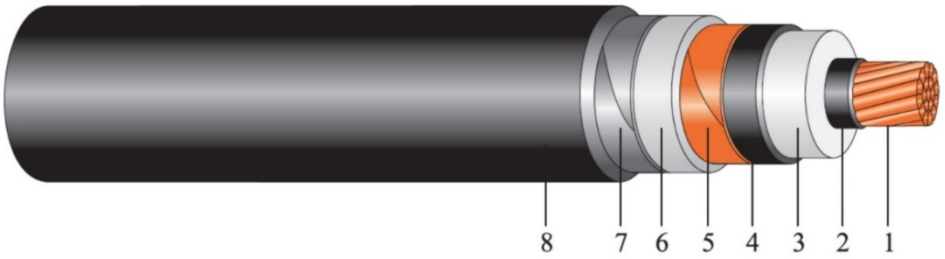
۳) عایق XLPE

۴) اسکرین

۵) شیلد مسی به شکل سیم مارپیچ

۶) روکش نهایی پلی‌اتیلن

شکل۳-۱۲- اجزا مختلف یک نمونه کابل فشار متوسط تک‌رشته‌ای N2XS2Y



۱) هادی مسی

۲) اسکرین

۳) عایق XLPE

۴) اسکرین

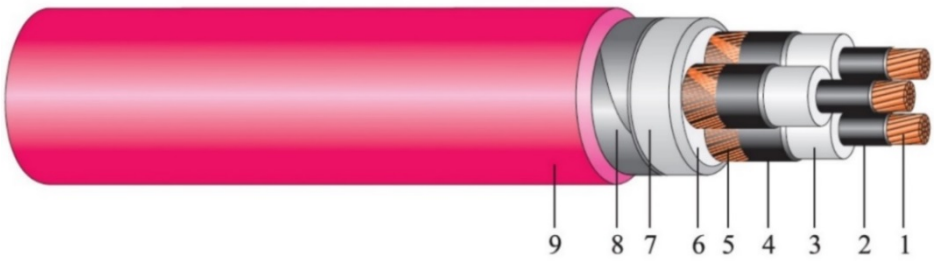
۵) شیلد مسی به شکل نوار مارپیچ

۶) روکش میانیPVC

۷) زره به شکل نوار مارپیچ فولادی

۸) روکش نهایی PVC

شکل۳-۱۳- اجزا مختلف یک نمونه کابل فشار متوسط تک‌رشته‌ای N2XSYBY



۱) هادی مسی

۲) اسکرین

۳) عایق XLPE

۴) اسکرین

۵) شیلد مسی به شکل سیم مارپیچ برای هر رشته

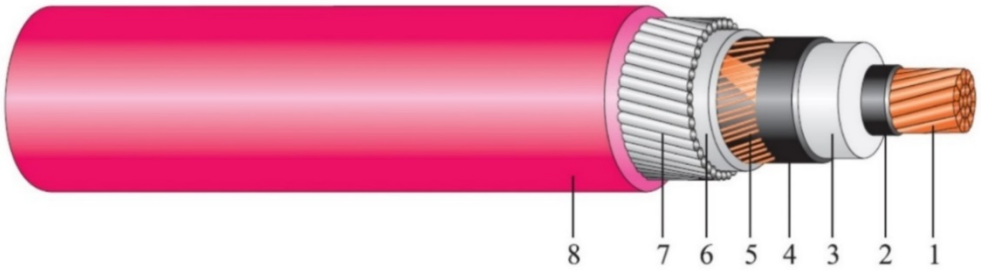
۶) پرکننده

۷) روکش میانیPVC

۸) زره به شکل نوار مارپیچ فولادی

۹) روکش نهایی PVC

شکل۳-۱۴- اجزا مختلف یک نمونه کابل فشار متوسط سه‌رشته‌ای N2XSEYBY



۱) هادی مسی

۲) اسکرین

۳) عایق XLPE

۴) اسکرین

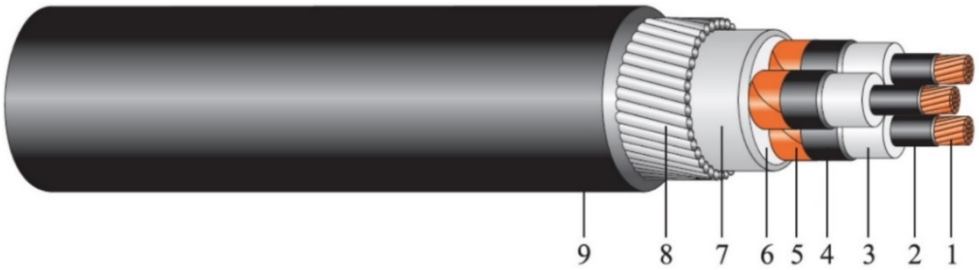
۵) شیلد مسی به شکل سیم مارپیچ

۶) روکش میانیPVC

۷) زره به شکل سیم مفتولی مارپیچ فولادی گالوانیزه

۸) روکش نهایی PVC

شکل۳-۱۵- اجزا مختلف یک نمونه کابل فشار متوسط تک‌رشته‌ایN2XSYRY



۱) هادی مسی

۲) اسکرین

۳) عایق XLPE

۴) اسکرین

۵) شیلد مسی به شکل نوار مارپیچ برای هر رشته

۶) پرکننده

۷) روکش میانیPVC

۸) زره به شکل سیم مفتولی مارپیچ فولادی گالوانیزه

۹) روکش نهایی PVC

شکل۳-۱۶- اجزا مختلف یک نمونه کابل فشار متوسط سه‌رشته‌ایN2XSEYRY

۳-۵- ضوابط اساسی در طراحی سیستم کابل‌کشی فشار متوسط

در انتخاب کابل، از نظر سطح مقطع هادی، سطح عایق‌بندی و ساختمان کابل مورد نظر در سیستم‌های جریان متناوب سه‌فاز در ولتاژهای بیش از یک کیلوولت، ضروری است که به نکات، اطلاعات و معیارهای زیر توجه شده و ملاک عمل قرار گیرند.

۳-۵-۱- شرایط کار

الف) ولتاژ اسمی سیستم.

ب) بالاترین ولتاژ سیستم سه‌فاز.

پ) اضافه ولتاژ تخلیه الکتریکی.

ت) فرکانس سیستم.

ث) نوع اتصال زمین.

ج) اگر ترمینال‌ها مشخص باشند، شرایط محیطی باید ذکر شود. به‌عنوان مثال:

- ارتفاع از سطح دریا، اگر بیش از ۱۰۰۰ متر باشد.
- تاسیسات داخل یا خارج ساختمان.
- امکان آلودگی محیطی اضافی وجود دارد.
- انتهای کابل از طریق سرکابل به تجهیزات با عایق SF6 متصل است.
- فضای آزاد و عایقی منظور شده در روش اتصال کابل به دستگاه‌ها مانند ترانسفورماتور، موتور و غیره.

چ) جریان اسمی حداکثر:

- برای کار مداوم.
- برای کار متناوب.
- برای کار اضطراری یا اضافه بار، در صورت وقوع.

ح) جریان‌های اتصال کوتاه متقارن و غیرمتقارن قابل انتظار، که ممکن است در صورت وقوع اتصال کوتاه بین فازها یا فاز به زمین جاری شوند.

خ) حداکثر زمان برقراری جریان‌های اتصال کوتاه.

۳-۵-۲- داده‌های نصب- کلیات

الف) طول و پروفیل مسیر کابل‌کشی.

ب) جزییات و نحوه آرایش نصب (به‌عنوان مثال، آرایش هم‌سطح کابل‌ها یا آرایش مثلثی کابل‌ها) و چگونگی اتصال شیلدهای فلزی به یکدیگر و به زمین.

پ) شرایط نصب خاص، مانند نصب کابل در داخل آب که به ملاحظات خاص نیازمند است.

۳-۵-۳- داده‌های نصب – کابل‌های زیر سطح زمین

الف) جزئیات شرایط نصب (به‌عنوان مثال، دفن مستقیم، در مجاری کابل و غیره) به منظور اتخاذ تصمیم نوع و ترکیب غلاف فلزی، نوع زره (در صورت لزوم) و نوع شرایط سرویس مانند ضدخوردگی، مقاوم در برابر آتش.

ب) عمق خواباندن کابل.

پ) مقاومت‌های مخصوص حرارتی و نوع خاک در طول مسیر کابل‌کشی (به‌عنوان مثال، شن، خاک رس، ...) و ماهیت اطلاعات مبتنی بر اندازه‌گیری و بازرسی یا فقط بر اساس فرضیات.

ت) حداقل، حداکثر و میانگین دمای زمین در عمق دفن کابل.

ث) مجاورت و نزدیکی سایر کابل‌های حامل جریان الکتریکی یا سایر منابع حرارتی به همراه جزئیات.

ج) طول کانال‌ها، مجاری یا لوله‌ها با فاصله چاله‌های آدم‌رو[1]، در صورت وجود.

چ) تعداد مجاری یا لوله‌ها.

ح) قطر داخلی مجاری و لوله‌ها.

خ) فاصله بین مجاری و لوله‌های مجاور، در صورت وجود بیش از یک مجرا یا لوله.

د) جنس و ماده مجاری و لوله‌ها.

۳-۵-۴- داده‌های نصب – کابل‌های روی زمین

الف) حداقل، حداکثر و میانگین دمای هوا در مکان نصب.

ب) نوع نصب (به‌عنوان مثال، نصب مستقیم روی دیوار یا سینی کابل و غیره، گروه‌بندی کابل‌ها، ابعاد تونل‌ها و مجاری و غیره).

پ) جزئیات تهویه هوا (برای کابل‌های داخل ساختمان، در تونل‌ها یا مجاری).

ت) قرار گرفتن در معرض تابش نور مستقیم خورشید.

ث) شرایط خاص مانند خطر وقوع آتش‌سوزی.

۳-۵-۵- انتخاب سطح مقطع هادی

در انتخاب سطح مقطع هادی عوامل زیر باید مدنظر قرار گیرند:

الف) جریان مجاز پیوسته در شرایط نصب.

ب) انرژی مجاز عبوری از کابل در مدت زمان برقراری اتصال کوتاه.

[1] Manhole

۳-۵-۶- نوع سرکابل و مفصل‌ها

طراحی و انتخاب سرکابل و مفصل‌ها به مقادیر توان، فرکانس و ولتاژهای مقاوم ضربه صاعقه مورد نیاز (که امکان دارد از مقادیر مذکور برای کابل متفاوت باشد)، در معرض قرار گرفتن آلودگی محیطی، ارتفاع در مکان نصب سرکابل، بستگی دارد.

۳-۶- مقادیر مجاز جریان پیوسته برای کابل‌های با عایق اکسترود شده در گستره ولتاژ ۳٫۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت

۳-۶-۱- حداکثر دمای عایق

حداکثر دمای هادی برای مقادیر مجاز کابل در دمای ۹۰ درجه سلسیوس محاسبه می‌شود.

دمای مرجع محیط برای کابل‌های روی زمین ۳۰ درجه سلسیوس و برای کابل‌هایی که در زیرزمین قرار می‌گیرند (چه به‌صورت دفن مستقیم در خاک چه در داخل کانال در زمین) ۲۰ درجه سلسیوس فرض می‌شود.

ضرایب تصحیح برای سایر دماهای هوای محیط و زمین در جدول (۳-۱۱) و (۳-۱۲) آمده است.

۳-۶-۲- مقاومت مخصوص حرارتی خاک

مقادیر مجاز جریان برای کابل‌هایی که در کانال قرار می‌گیرند یا مستقیما در زمین قرار می‌گیرند به مقاومت مخصوص حرارتی خاک که معادل ۱٫۵ K.m/W است بستگی دارد. ضرایب تصحیح برای سایر مقادیر مقاومت مخصوص حرارتی در جدول (۳-۱۵) تا (۳-۱۸) داده شده است.

۳-۶-۳- روش‌های نصب

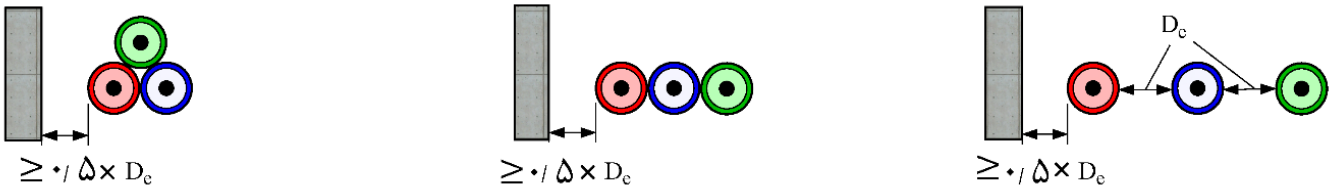
۳-۶-۳-۱- کابل‌های تک‌رشته در هوا

با فرض اینکه کابل‌ها به فاصله حداقل ۰٫۵ برابر قطر کابل از هر سطح عمودی قرار دارند و بر روی نگهدارنده یا سینی‌های کابل به‌صورت زیر نصب شده‌اند:

الف) سه کابل با آرایش مثلثی.

ب) سه کابل به‌صورت افقی در تماس با هم.

پ) سه کابل به‌صورت تخت و افقی که به اندازه قطر یک کابل (D_e) از یکدیگر فاصله دارند.



شکل۳-۱۷- آرایش کابل‌های تک‌هسته‌ای نصب در هوا

۳-۶-۳-۲- کابل‌های تک‌رشته دفن مستقیم در زمین

با فرض دفن مستقیم کابل‌ها در عمق ۰/۸ متر زمین، در شرایط زیر نصب می‌شوند:

الف) سه کابل به شکل مثلثی.

ب) سه کابل به‌صورت تخت و افقی که به اندازه قطر یک کابل (D_e) از یکدیگر فاصله دارند.

عمق دفن کابل نسبت به محور کابل یا مرکز مثلث اندازه‌گیری می‌شود.



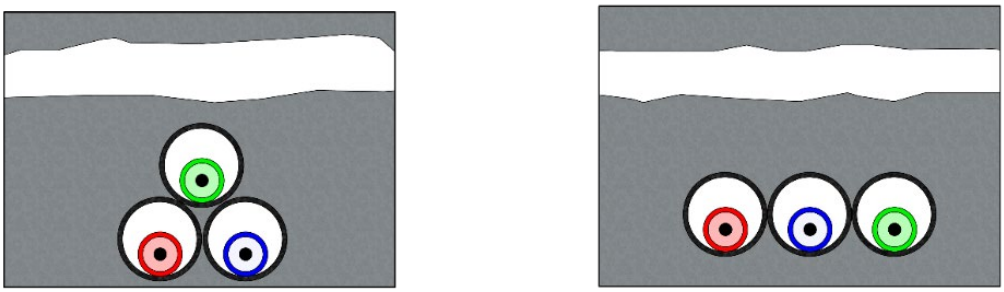
شکل۳-۱۸- آرایش کابل‌های تک‌رشته‌ای به‌صورت دفن مستقیم

۳-۶-۳-۳- کابل‌های تک‌رشته در داکت‌های درون زمین

با فرض قرارگیری کابل‌ها در عمق ۰/۸ متری زمین، هر کابل در یک داکت به‌صورت زیر قرار می‌گیرد:

الف) سه کابل در داکت‌های به شکل مثلثی آرایش داده شده‌اند.

ب) سه کابل به‌صورت تخت و افقی در داکت‌هایی که در سرتاسر طول با یکدیگر در تماس هستند.



شکل۳-۱۹- آرایش کابل‌های تک‌رشته‌ای به‌صورت نصب در داکت‌های زیرزمین

فرض بر این است که قطر داخلی داکت‌ها ۱٫۵ برابر قطر خارجی کابل بوده و ضخامت دیواره داکت برابر ۶ درصد قطر داخلی داکت است. مقادیر مجاز بر این فرض است که داکت‌ها با هوا پر شده‌اند.

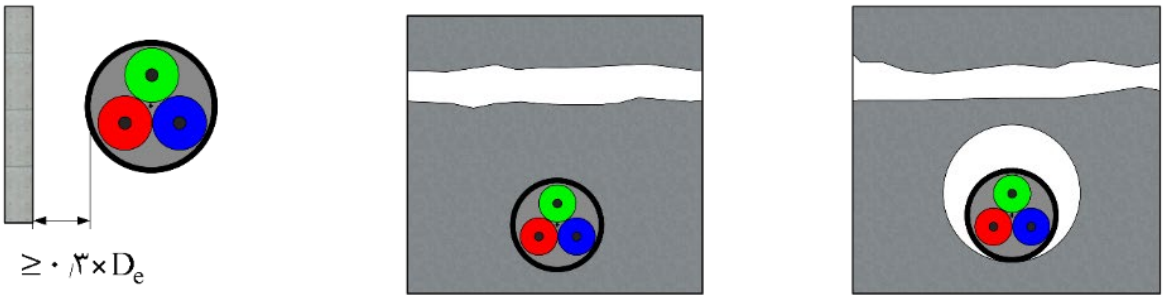
۳-۶-۳-۴- کابل‌های سه‌رشته

کابل‌های سه‌رشته که تحت شرایط زیر نصب می‌شوند:

الف) یک کابل سه‌رشته که در هوا در فاصله ۰٫۳ برابر قطر کابل از هر سطح عمودی نصب می‌شوند.

ب) یک کابل سه‌رشته که مستقیماً در عمق ۰٫۸ متر زمین قرار می‌گیرد.

پ) یک کابل سه‌رشته که در داکت قرار می‌گیرد. عمق قرارگیری داکت ۰٫۸ متر است.



شکل۳-۲۰- آرایش کابل‌های چندرشته‌ای

ضرایب تصحیح عمق قرارگیری در زمین برای عمق‌های غیر از ۰٫۸متر در جدول (۳-۱۳) و (۳-۱۴) آمده است.

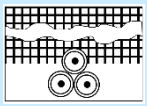
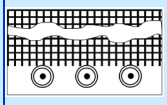
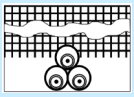
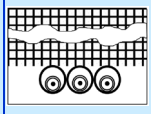
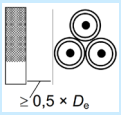
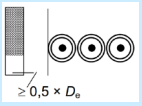
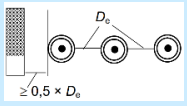
۳-۶-۳-۵- اتصال شیلد کابل به زمین

تمامی مقادیر مجاز داده شده در جداول با فرض اتصال یکپارچه شیلدهای فلزی (اتصال هر دو سمت به زمین) داده شده است.

۳-۶-۳-۶- هم‌جواری با سایر مدارها

ضرایب تصحیح مجاورت برای گروهی از کابل‌های اجرا شده در زمین در جداول (۳-۱۹) تا (۳-۲۲) و برای گروهی از کابل‌های نصب شده در هوای آزاد (نصب بر روی سینی یا نردبان کابل) در جداول (۳-۲۳) و (۳-۲۴) آمده است.

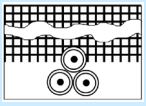
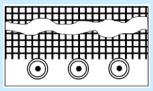
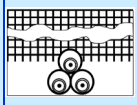
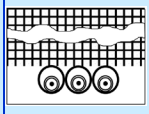
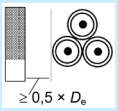
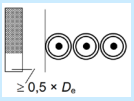
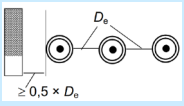
جدول۳-۳- مقادیر مجاز برای کابل‌های تک‌رشته با عایق XLPE – مقادیر ولتاژ اسمی ۳/۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی مسی

سطح مقطع هادی	دفن مستقیم در زمین		داکت درون زمین		در هوا		
	مثلثی	افقی با فاصله	داکت مثلثی	داکت افقی	مثلثی	افقی در تماس	افقی با فاصله
							
mm^2	A	A	A	A	A	A	A
۱۶	۱۰۹	۱۱۳	۱۰۳	۱۰۴	۱۲۵	۱۲۸	۱۵۰
۲۵	۱۴۰	۱۴۴	۱۳۲	۱۳۳	۱۶۳	۱۶۷	۱۹۶
۳۵	۱۶۶	۱۷۲	۱۵۷	۱۵۹	۱۹۸	۲۰۳	۲۳۸
۵۰	۱۹۶	۲۰۳	۱۸۶	۱۸۸	۲۳۸	۲۴۳	۲۸۶
۷۰	۲۳۹	۲۴۶	۲۲۷	۲۲۹	۲۹۶	۳۰۳	۳۵۶
۹۵	۲۸۵	۲۹۳	۲۷۱	۲۷۴	۳۶۱	۳۶۹	۴۳۴
۱۲۰	۳۲۳	۳۳۲	۳۰۸	۳۱۱	۴۱۷	۴۲۶	۵۰۰
۱۵۰	۳۶۱	۳۶۶	۳۴۳	۳۴۷	۴۷۳	۴۸۱	۵۵۹
۱۸۵	۴۰۶	۴۱۰	۳۸۷	۳۹۱	۵۴۳	۵۵۰	۶۳۷
۲۴۰	۴۶۹	۴۷۰	۴۴۷	۴۵۳	۶۴۱	۶۴۷	۷۴۵
۳۰۰	۵۲۶	۵۲۴	۵۰۴	۵۱۰	۷۳۵	۷۳۹	۸۴۶
۴۰۰	۵۹۰	۵۷۲	۵۶۴	۵۷۱	۸۴۵	۸۳۷	۹۳۸

بیشینه دمای هادی: ۹۰° C
دمای هوای محیط: ۳۰° C
دمای زمین: ۲۰° C
عمق دفن: ۰٫۸ متر
مقاومت مخصوص حرارتی خاک: ۱٫۵ K.m/W
مقاومت مخصوص حرارتی داکت‌های مدفون: ۱٫۲ K.m/W
شیلد کابل‌ها در هر دو سو همبند شده است.

یادآوری- مقادیر مجاز جریان برای کابل با ولتاژ نامی ۶/۱۰ کیلوولت محاسبه شده است.

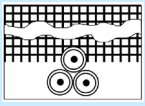
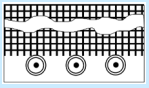
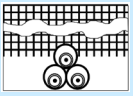
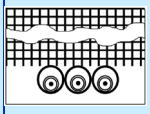
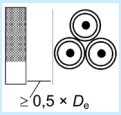
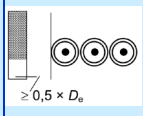
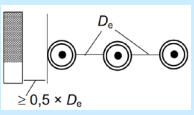
جدول۳-۴- مقادیر مجاز برای کابل‌های تک‌رشته با عایق XLPE – مقادیر ولتاژ اسمی ۳/۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی آلومینیومی

سطح مقطع هادی	دفن مستقیم در زمین		داکت درون زمین		در هوا		
	مثلثی	افقی با فاصله	داکت مثلثی	داکت افقی	مثلثی	افقی درتماس	افقی با فاصله
							
mm^2	A	A	A	A	A	A	A
۱۶	۸۴	۸۸	۸۰	۸۱	۹۷	۹۹	۱۱۶
۲۵	۱۰۸	۱۱۲	۱۰۲	۱۰۳	۱۲۷	۱۳۰	۱۵۳
۳۵	۱۲۹	۱۳۴	۱۲۲	۱۲۳	۱۵۴	۱۵۷	۱۸۵
۵۰	۱۵۲	۱۵۷	۱۴۴	۱۴۶	۱۸۴	۱۸۹	۲۲۲
۷۰	۱۸۶	۱۹۲	۱۷۶	۱۷۸	۲۳۰	۲۳۶	۲۷۸
۹۵	۲۲۱	۲۲۹	۲۱۰	۲۱۳	۲۸۰	۲۸۷	۳۳۸
۱۲۰	۲۵۲	۲۶۰	۲۴۰	۲۴۲	۳۲۴	۳۳۲	۳۹۱
۱۵۰	۲۸۱	۲۸۸	۲۶۷	۲۷۱	۳۶۸	۳۷۶	۴۴۰
۱۸۵	۳۱۷	۳۲۴	۳۰۳	۳۰۷	۴۲۴	۴۳۲	۵۰۴
۲۴۰	۳۶۷	۳۷۳	۳۵۱	۳۵۶	۵۰۲	۵۱۱	۵۹۳
۳۰۰	۴۱۴	۴۱۹	۳۹۷	۴۰۲	۵۷۷	۵۸۶	۶۷۷
۴۰۰	۴۷۰	۴۶۶	۴۵۱	۴۵۷	۶۷۳	۶۷۶	۷۶۹

بیشینه دمای هادی: ۹۰° C
دمای هوای محیط: ۳۰° C
دمای زمین: ۲۰° C
عمق دفن: ۰٫۸ متر
مقاومت مخصوص حرارتی خاک: ۱٫۵ K.m/W
مقاومت مخصوص حرارتی داکت‌های مدفون: ۱٫۲ K.m/W
شیلد کابل‌ها در هر دو سو همبند شده است.

یادآوری- مقادیر مجاز جریان برای کابل با ولتاژ نامی ۶/۱۰ کیلوولت محاسبه شده است.

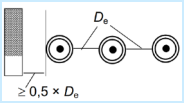
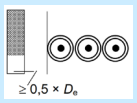
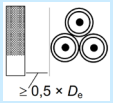
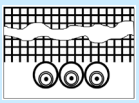
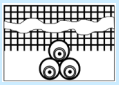
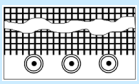
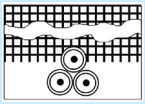
جدول۳-۵- مقادیر مجاز برای کابل‌های تک‌رشته با عایق EPR – مقادیر ولتاژ اسمی ۳/۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی مسی

سطح مقطع هادی	دفن مستقیم در زمین		داکت درون زمین		در هوا		
	مثلثی	افقی با فاصله	داکت مثلثی	داکت افقی	مثلثی	افقی درتماس	افقی با فاصله
							
mm^2	A	A	A	A	A	A	A
۱۶	۱۰۶	۱۰۹	۹۹	۱۰۰	۱۱۶	۱۱۹	۱۳۸
۲۵	۱۳۶	۱۴۰	۱۲۸	۱۲۹	۱۵۳	۱۵۶	۱۸۱
۳۵	۱۶۲	۱۶۷	۱۵۳	۱۵۴	۱۸۶	۱۹۰	۲۲۱
۵۰	۱۹۲	۱۹۸	۱۸۱	۱۸۳	۲۲۴	۲۲۹	۲۶۶
۷۰	۲۳۴	۲۴۲	۲۲۲	۲۲۴	۲۸۰	۲۸۷	۳۳۴
۹۵	۲۸۰	۲۸۹	۲۶۶	۲۶۹	۳۴۳	۳۵۲	۴۰۹
۱۲۰	۳۱۹	۳۲۹	۳۰۳	۳۰۶	۳۹۸	۴۰۷	۴۷۴
۱۵۰	۳۵۷	۳۶۹	۳۴۱	۳۴۴	۴۵۴	۴۶۵	۵۴۰
۱۸۵	۴۰۳	۴۱۷	۳۸۶	۳۹۰	۵۲۲	۵۳۴	۶۲۱
۲۴۰	۴۶۷	۴۸۴	۴۴۹	۴۵۴	۶۱۹	۶۳۴	۷۳۶
۳۰۰	۵۲۶	۵۴۵	۵۰۹	۵۱۵	۷۱۲	۷۲۸	۸۴۳
۴۰۰	۵۹۷	۶۱۸	۵۸۰	۵۸۸	۸۲۵	۸۴۳	۹۷۷

بیشینه دمای هادی: ۹۰° C
دمای هوای محیط: ۳۰° C
دمای زمین: ۲۰° C
عمق دفن: ۰٫۸ متر
مقاومت مخصوص حرارتی خاک: ۱٫۵ K.m/W
مقاومت مخصوص حرارتی داکت‌های مدفون: ۱٫۲ K.m/W
شیلد کابل‌ها در هر دو سو همبند شده است.

یادآوری- مقادیر مجاز جریان برای کابل با ولتاژ نامی ۶/۱۰ کیلوولت محاسبه شده است.

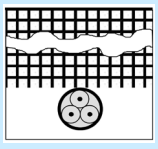
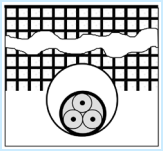
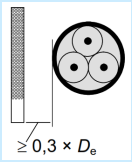
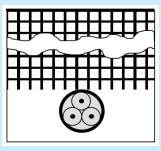
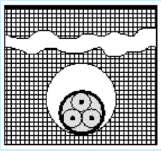
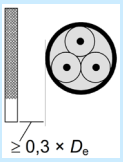
جدول۳-۶- مقادیر مجاز برای کابل‌های تک‌رشته با عایق EPR – مقادیر ولتاژ اسمی ۳/۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی آلومینیومی

در هوا			داکت درون زمین		دفن مستقیم در زمین		سطح مقطع هادی
افقی با فاصله	افقی درتماس	مثلثی	داکت افقی	داکت مثلثی	افقی با فاصله	مثلثی	
							
A	A	A	A	A	A	A	mm^2
۱۰۷	۹۲	۹۰	۷۸	۷۷	۸۴	۸۲	۱۶
۱۴۱	۱۲۱	۱۱۹	۱۰۰	۹۹	۱۰۹	۱۰۵	۲۵
۱۷۱	۱۴۷	۱۴۴	۱۲۰	۱۱۸	۱۳۰	۱۲۶	۳۵
۲۰۷	۱۷۸	۱۷۴	۱۴۲	۱۴۰	۱۵۳	۱۴۹	۵۰
۲۵۹	۲۲۳	۲۱۸	۱۷۴	۱۷۲	۱۸۸	۱۸۲	۷۰
۳۱۷	۲۷۳	۲۶۶	۲۰۸	۲۰۶	۲۲۴	۲۱۷	۹۵
۳۶۸	۳۱۷	۳۰۹	۲۳۸	۲۳۵	۲۵۶	۲۴۷	۱۲۰
۴۱۹	۳۶۱	۳۵۲	۲۶۷	۲۶۴	۲۸۷	۲۷۷	۱۵۰
۴۸۴	۴۱۷	۴۰۶	۳۰۳	۳۰۰	۳۲۵	۳۱۴	۱۸۵
۵۷۵	۴۹۵	۴۸۳	۳۵۴	۳۵۰	۳۷۷	۳۶۴	۲۴۰
۶۵۹	۵۷۰	۵۵۶	۴۰۱	۳۹۷	۴۲۶	۴۱۱	۳۰۰
۷۷۰	۶۶۷	۶۵۱	۴۶۲	۴۵۶	۴۸۷	۴۷۱	۴۰۰

بیشینه دمای هادی: ۹۰° C
دمای هوای محیط: ۳۰° C
دمای زمین: ۲۰° C
عمق دفن: ۰٫۸ متر
مقاومت مخصوص حرارتی خاک: ۱٫۵ K.m/W
مقاومت مخصوص حرارتی داکت‌های مدفون: ۱٫۲ K.m/W
شیلد کابل‌ها در هر دو سو همبند شده است.

یادآوری- مقادیر مجاز جریان برای کابل با ولتاژ نامی ۶/۱۰ کیلوولت محاسبه شده است.

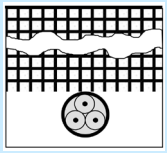
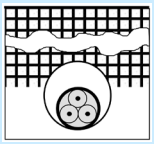
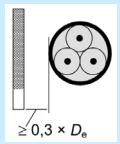
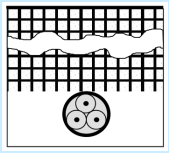
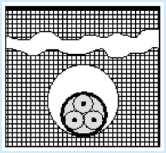
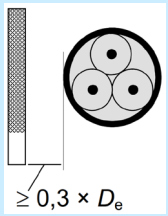
جدول۳-۷- مقادیر مجاز برای کابل‌های سه‌رشته با عایق XLPE – مقادیر ولتاژ اسمی ۳/۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی مسی، با زره و بدون زره

سطح مقطع هادی	بدون زره			زره دار		
	دفن مستقیم	در داکت مدفون	در هوا	دفن مستقیم	در داکت مدفون	در هوا
						
mm^2	A	A	A	A	A	A
۱۶	۱۰۱	۸۷	۱۰۹	۱۰۱	۸۸	۱۱۰
۲۵	۱۲۹	۱۱۲	۱۴۲	۱۲۹	۱۱۲	۱۴۳
۳۵	۱۵۳	۱۳۳	۱۷۰	۱۵۴	۱۳۴	۱۷۲
۵۰	۱۸۱	۱۵۸	۲۰۴	۱۸۱	۱۵۸	۲۰۵
۷۰	۲۲۱	۱۹۳	۲۵۳	۲۲۰	۱۹۴	۲۵۳
۹۵	۲۶۲	۲۳۱	۳۰۴	۲۶۳	۲۳۲	۳۰۷
۱۲۰	۲۹۸	۲۶۴	۳۵۱	۲۹۸	۲۶۴	۳۵۲
۱۵۰	۳۳۴	۲۹۷	۳۹۸	۳۳۲	۲۹۶	۳۹۷
۱۸۵	۳۷۷	۳۳۶	۴۵۵	۳۷۴	۳۳۵	۴۵۳
۲۴۰	۴۳۴	۳۹۰	۵۳۱	۴۳۱	۳۸۷	۵۲۹
۳۰۰	۴۸۹	۴۴۱	۶۰۶	۴۸۲	۴۳۵	۵۹۹
۴۰۰	۵۵۳	۵۰۱	۶۹۶	۵۴۱	۴۹۲	۶۸۳

بیشینه دمای هادی:	۹۰° C
دمای هوای محیط:	۳۰° C
دمای زمین:	۲۰° C
عمق دفن:	۰٫۸ متر
مقاومت مخصوص حرارتی خاک:	۱٫۵ K.m/W
مقاومت مخصوص حرارتی داکت‌های مدفون:	۱٫۲ K.m/W

یادآوری- مقادیر مجاز جریان برای کابل با ولتاژ نامی ۶/۱۰ کیلوولت محاسبه شده است.

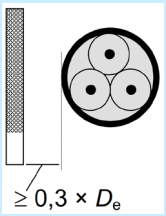
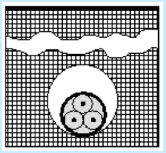
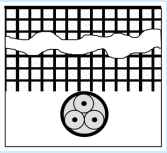
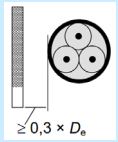
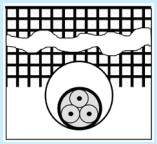
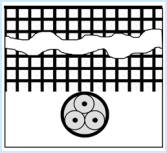
جدول۳-۸- مقادیر مجاز برای کابل‌های سه‌رشته با عایق XLPE – مقادیر ولتاژ اسمی ۳/۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی آلومینیومی، با زره و بدون زره

سطح مقطع هادی	بدون زره			زره دار		
	دفن مستقیم	در داکت مدفون	در هوا	دفن مستقیم	در داکت مدفون	در هوا
						
mm^2	A	A	A	A	A	A
۱۶	۷۸	۶۷	۸۴	۷۸	۶۸	۸۵
۲۵	۱۰۰	۸۷	۱۱۰	۱۰۰	۸۷	۱۱۱
۳۵	۱۱۹	۱۰۳	۱۳۲	۱۱۹	۱۰۴	۱۳۳
۵۰	۱۴۰	۱۲۲	۱۵۸	۱۴۰	۱۲۳	۱۵۹
۷۰	۱۷۱	۱۵۰	۱۹۶	۱۷۱	۱۵۰	۱۹۶
۹۵	۲۰۳	۱۷۹	۲۳۶	۲۰۴	۱۸۰	۲۳۸
۱۲۰	۲۳۲	۲۰۵	۲۷۳	۲۳۲	۲۰۶	۲۷۴
۱۵۰	۲۶۰	۲۳۱	۳۰۹	۲۵۹	۲۳۱	۳۰۹
۱۸۵	۲۹۴	۲۶۲	۳۵۵	۲۹۳	۲۶۲	۳۵۴
۲۴۰	۳۴۰	۳۰۵	۴۱۵	۳۳۸	۳۰۴	۴۱۵
۳۰۰	۳۸۴	۳۴۶	۴۷۵	۳۸۰	۳۴۳	۴۷۲
۴۰۰	۴۳۸	۳۹۸	۵۵۲	۴۳۲	۳۹۳	۵۴۵

بیشینه دمای هادی:	۹۰° C
دمای هوای محیط:	۳۰° C
دمای زمین:	۲۰° C
عمق دفن:	۰٫۸ متر
مقاومت مخصوص حرارتی خاک:	۱٫۵ K.m/W
مقاومت مخصوص حرارتی داکت‌های مدفون:	۱٫۲ K.m/W

یادآوری- مقادیر مجاز جریان برای کابل با ولتاژ نامی ۶/۱۰ کیلوولت محاسبه شده است.

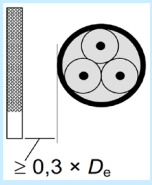
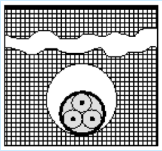
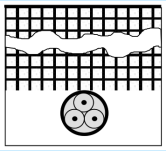
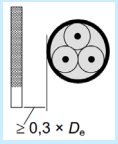
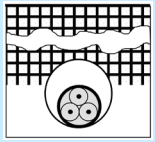
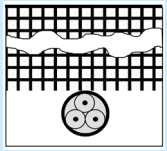
جدول۳-۹- مقادیر مجاز برای کابل‌های سه‌رشته با عایق EPR – مقادیر ولتاژ اسمی ۳/۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی مسی، با زره و بدون زره

زره دار			بدون زره			سطح مقطع هادی
در هوا	در داکت مدفون	دفن مستقیم	در هوا	در داکت مدفون	دفن مستقیم	
						
A	A	A	A	A	A	mm^2
۱۰۴	۸۵	۹۸	۱۰۴	۸۴	۹۸	۱۶
۱۳۶	۱۰۹	۱۲۵	۱۳۵	۱۰۹	۱۲۵	۲۵
۱۶۴	۱۳۱	۱۵۰	۱۶۴	۱۳۰	۱۵۰	۳۵
۱۹۷	۱۵۵	۱۷۷	۱۹۵	۱۵۴	۱۷۶	۵۰
۲۴۴	۱۹۰	۲۱۶	۲۴۳	۱۸۹	۲۱۶	۷۰
۲۹۶	۲۲۷	۲۵۷	۲۹۶	۲۲۷	۲۵۸	۹۵
۳۳۹	۲۵۹	۲۹۲	۳۳۹	۲۵۸	۲۹۲	۱۲۰
۳۸۵	۲۹۱	۳۲۷	۳۸۵	۲۹۱	۳۲۸	۱۵۰
۴۳۹	۳۲۸	۳۶۸	۴۴۱	۳۳۰	۳۷۱	۱۸۵
۵۱۳	۳۸۱	۴۲۴	۵۱۹	۳۸۴	۴۲۹	۲۴۰
۵۸۳	۴۲۹	۴۷۵	۵۹۰	۴۳۴	۴۸۲	۳۰۰
۶۶۶	۴۸۵	۵۳۴	۶۷۸	۴۹۴	۵۴۵	۴۰۰

بیشینه دمای هادی:	۹۰° C
دمای هوای محیط:	۳۰° C
دمای زمین:	۲۰° C
عمق دفن:	۰٫۸ متر
مقاومت مخصوص حرارتی خاک:	۱٫۵ K.m/W
مقاومت مخصوص حرارتی داکت‌های مدفون:	۱٫۲ K.m/W

یادآوری- مقادیر مجاز جریان برای کابل با ولتاژ نامی ۶/۱۰ کیلوولت محاسبه شده است.

جدول۳-۱۰- مقادیر مجاز برای کابل‌های سه‌رشته با عایق EPR – مقادیر ولتاژ اسمی ۳/۶/۶ تا ۱۸/۳۰ کیلوولت – هادی آلومینیومی، با زره و بدون زره

زره دار			بدون زره			سطح مقطع هادی
در هوا	در داکت مدفون	دفن مستقیم	در هوا	در داکت مدفون	دفن مستقیم	
						
A	A	A	A	A	A	mm^2
۸۱	۶۶	۷۶	۸۰	۶۵	۷۶	۱۶
۱۰۵	۸۵	۹۷	۱۰۵	۸۴	۹۷	۲۵
۱۲۷	۱۰۱	۱۱۶	۱۲۷	۱۰۱	۱۱۶	۳۵
۱۵۳	۱۲۰	۱۳۷	۱۵۱	۱۱۹	۱۳۷	۵۰
۱۹۰	۱۴۷	۱۶۸	۱۸۹	۱۴۷	۱۶۷	۷۰
۲۳۰	۱۷۶	۲۰۰	۲۲۹	۱۷۶	۲۰۰	۹۵
۲۶۴	۲۰۱	۲۲۷	۲۶۳	۲۰۱	۲۲۷	۱۲۰
۳۰۰	۲۲۶	۲۵۴	۲۹۹	۲۲۶	۲۵۵	۱۵۰
۳۴۳	۲۵۷	۲۸۸	۳۴۳	۲۵۷	۲۸۹	۱۸۵
۴۰۲	۲۹۹	۳۳۲	۴۰۶	۳۰۰	۳۳۵	۲۴۰
۴۵۹	۳۳۸	۳۷۴	۴۶۲	۳۴۰	۳۷۸	۳۰۰
۵۳۰	۳۸۷	۴۲۶	۵۳۸	۳۹۲	۴۳۲	۴۰۰

بیشینه دمای هادی:	۹۰° C
دمای هوای محیط:	۳۰° C
دمای زمین:	۲۰° C
عمق دفن:	۰٫۸ متر
مقاومت مخصوص حرارتی خاک:	۱٫۵ K.m/W
مقاومت مخصوص حرارتی داکت‌های مدفون:	۱٫۲ K.m/W

یادآوری- مقادیر مجاز جریان برای کابل با ولتاژ نامی ۶/۱۰ کیلوولت محاسبه شده است.

جدول۳-۱۱- ضرایب تصحیح برای دمای هوای محیط به غیر از ۳۰ درجه سلسیوس

بیشینه دمای هادی °C	دمای هوای محیط °C							
	۲۰	۲۵	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰
۹۰	۱٫۰۸	۱٫۰۴	۰٫۹۶	۰٫۹۱	۰٫۸۷	۰٫۸۲	۰٫۷۶	۰٫۷۱

جدول۳-۱۲- ضرایب تصحیح برای دمای زمین به غیر از ۲۰ درجه سلسیوس

بیشینه دمای هادی °C	دمای خاک °C							
	۱۰	۱۵	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰
۹۰	۱٫۰۷	۱٫۰۴	۰٫۹۶	۰٫۹۳	۰٫۸۹	۰٫۸۵	۰٫۸	۰٫۷۶

جدول۳-۱۳- ضرایب تصحیح برای عمق قرارگیری در زمین به غیر از ۰٫۸ متر برای کابل‌های دفن مستقیم

عمق قرارگیری در زمین	کابل‌های تک‌رشته		کابل‌های سه‌رشته
	سطح مقطع هادی mm^2		
	$mm^2 \leq 185$	$mm^2 > 185$	
۰٫۵	۱٫۰۴	۱٫۰۶	۱٫۰۴
۰٫۶	۱٫۰۲	۱٫۰۴	۱٫۰۳
۱	۰٫۹۸	۰٫۹۷	۰٫۹۸
۱٫۲۵	۰٫۹۶	۰٫۹۵	۰٫۹۶
۱٫۵	۰٫۹۵	۰٫۹۳	۰٫۹۵
۱٫۷۵	۰٫۹۴	۰٫۹۱	۰٫۹۴
۲	۰٫۹۳	۰٫۹	۰٫۹۳
۲٫۵	۰٫۹۱	۰٫۸۸	۰٫۹۱
۳	۰٫۹	۰٫۸۶	۰٫۹

جدول۳-۱۴- ضرایب تصحیح برای عمق قرارگیری در زمین به غیر از ۰٫۸ متر برای کابل‌هایی که در داکت قرار می‌گیرند

عمق قرارگیری در زمین	کابل‌های تک‌رشته		کابل‌های سه‌رشته
	سطح مقطع هادی mm^2		
	$mm^2 \leq 185$	$mm^2 > 185$	
۰٫۵	۱٫۰۴	۱٫۰۵	۱٫۰۳
۰٫۶	۱٫۰۲	۱٫۰۳	۱٫۰۲
۱	۰٫۹۸	۰٫۹۷	۰٫۹۹
۱٫۲۵	۰٫۹۶	۰٫۹۵	۰٫۹۷
۱٫۵	۰٫۹۵	۰٫۹۳	۰٫۹۶
۱٫۷۵	۰٫۹۴	۰٫۹۲	۰٫۹۵
۲	۰٫۹۳	۰٫۹۱	۰٫۹۴
۲٫۵	۰٫۹۱	۰٫۸۹	۰٫۹۳
۳	۰٫۹	۰٫۸۸	۰٫۹۲

جدول۳-۱۵- ضرایب تصحیح برای مقاومت مخصوص حرارتی زمین به غیر از ۱٫۵ K.m/W برای کابل‌های تک‌رشته دفن مستقیم در زمین

سطح مقطع هادی mm^2	مقادیر مقاومت مخصوص حرارتی خاک K.m/W						
	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۹	۱	۲	۲٫۵	۳
۱۶	۱٫۲۹	۱٫۲۴	۱٫۱۹	۱٫۱۵	۰٫۸۹	۰٫۸۲	۰٫۷۵
۲۵	۱٫۳	۱٫۲۵	۱٫۲	۱٫۱۶	۰٫۸۹	۰٫۸۱	۰٫۷۵
۳۵	۱٫۳	۱٫۲۵	۱٫۲۱	۱٫۱۶	۰٫۸۹	۰٫۸۱	۰٫۷۵
۵۰	۱٫۳۲	۱٫۲۶	۱٫۲۱	۱٫۱۶	۰٫۸۹	۰٫۸۱	۰٫۷۴
۷۰	۱٫۳۳	۱٫۲۷	۱٫۲۲	۱٫۱۷	۰٫۸۹	۰٫۸۱	۰٫۷۴
۹۵	۱٫۳۴	۱٫۲۸	۱٫۲۲	۱٫۱۸	۰٫۸۹	۰٫۸	۰٫۷۴
۱۲۰	۱٫۳۴	۱٫۲۸	۱٫۲۲	۱٫۱۸	۰٫۸۸	۰٫۸	۰٫۷۴
۱۵۰	۱٫۳۵	۱٫۲۸	۱٫۲۳	۱٫۱۸	۰٫۸۸	۰٫۸	۰٫۷۴
۱۸۵	۱٫۳۵	۱٫۲۹	۱٫۲۳	۱٫۱۸	۰٫۸۸	۰٫۸	۰٫۷۴
۲۴۰	۱٫۳۶	۱٫۲۹	۱٫۲۳	۱٫۱۸	۰٫۸۸	۰٫۸	۰٫۷۳
۳۰۰	۱٫۳۶	۱٫۳	۱٫۲۴	۱٫۱۹	۰٫۸۸	۰٫۸	۰٫۷۳
۴۰۰	۱٫۳۷	۱٫۳	۱٫۲۴	۱٫۱۹	۰٫۸۸	۰٫۷۹	۰٫۷۳

جدول۳-۱۶- ضرایب تصحیح برای مقاومت مخصوص حرارتی زمین به غیر از ۱٫۵ K.m/W برای کابل‌های تک‌رشته که در داکت داخل زمین قرار می‌گیرند.

سطح مقطع هادی mm^2	مقادیر مقاومت مخصوص حرارتی خاک K.m/W						
	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۹	۱	۲	۲٫۵	۳
۱۶	۱٫۲	۱٫۱۷	۱٫۱۴	۱٫۱۱	۰٫۹۲	۰٫۸۵	۰٫۷۹
۲۵	۱٫۲۱	۱٫۱۷	۱٫۱۴	۱٫۱۲	۰٫۹۱	۰٫۸۵	۰٫۷۹
۳۵	۱٫۲۱	۱٫۱۸	۱٫۱۵	۱٫۱۲	۰٫۹۱	۰٫۸۴	۰٫۷۹
۵۰	۱٫۲۱	۱٫۱۸	۱٫۱۵	۱٫۱۲	۰٫۹۱	۰٫۸۴	۰٫۷۸
۷۰	۱٫۲۲	۱٫۱۹	۱٫۱۵	۱٫۱۲	۰٫۹۱	۰٫۸۴	۰٫۷۸
۹۵	۱٫۲۳	۱٫۱۹	۱٫۱۶	۱٫۱۳	۰٫۹۱	۰٫۸۴	۰٫۷۸
۱۲۰	۱٫۲۳	۱٫۲	۱٫۱۶	۱٫۱۳	۰٫۹۱	۰٫۸۴	۰٫۷۸
۱۵۰	۱٫۲۴	۱٫۲	۱٫۱۶	۱٫۱۳	۰٫۹۱	۰٫۸۳	۰٫۷۸
۱۸۵	۱٫۲۴	۱٫۲	۱٫۱۷	۱٫۱۳	۰٫۹۱	۰٫۸۳	۰٫۷۸
۲۴۰	۱٫۲۵	۱٫۲۵	۱٫۱۷	۱٫۱۴	۰٫۹	۰٫۸۳	۰٫۷۷
۳۰۰	۱٫۲۵	۱٫۲۵	۱٫۱۷	۱٫۱۴	۰٫۹	۰٫۸۳	۰٫۷۷
۴۰۰	۱٫۲۵	۱٫۲۵	۱٫۱۷	۱٫۱۴	۰٫۹	۰٫۸۳	۰٫۷۷

جدول۳-۱۷- ضرایب تصحیح برای مقاومت مخصوص حرارتی زمین به غیر از K.m/W ۱٫۵ برای کابل‌های سه‌رشته دفن مستقیم در زمین

سطح مقطع هادی mm^2	مقادیر مقاومت مخصوص حرارتی خاک K.m/W						
	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۹	۱	۲	۲٫۵	۳
۱۶	۱٫۲۳	۱٫۱۹	۱٫۱۶	۱٫۱۳	۰٫۹۱	۰٫۸۴	۰٫۷۸
۲۵	۱٫۲۴	۱٫۲	۱٫۱۶	۱٫۱۳	۰٫۹۱	۰٫۸۴	۰٫۷۸
۳۵	۱٫۲۵	۱٫۲۱	۱٫۱۷	۱٫۱۳	۰٫۹۱	۰٫۸۳	۰٫۷۸
۵۰	۱٫۲۵	۱٫۲۱	۱٫۱۷	۱٫۱۴	۰٫۹۱	۰٫۸۳	۰٫۷۷
۷۰	۱٫۲۶	۱٫۲۱	۱٫۱۸	۱٫۱۴	۰٫۹	۰٫۸۳	۰٫۷۷
۹۵	۱٫۲۶	۱٫۲۲	۱٫۱۸	۱٫۱۴	۰٫۹	۰٫۸۳	۰٫۷۷
۱۲۰	۱٫۲۶	۱٫۲۲	۱٫۱۸	۱٫۱۴	۰٫۹	۰٫۸۳	۰٫۷۷
۱۵۰	۱٫۲۷	۱٫۲۲	۱٫۱۸	۱٫۱۵	۰٫۹	۰٫۸۳	۰٫۷۷
۱۸۵	۱٫۲۷	۱٫۲۳	۱٫۱۸	۱٫۱۵	۰٫۹	۰٫۸۳	۰٫۷۷
۲۴۰	۱٫۲۷	۱٫۲۳	۱٫۱۹	۱٫۱۵	۰٫۹	۰٫۸۳	۰٫۷۷
۳۰۰	۱٫۲۷	۱٫۲۳	۱٫۱۹	۱٫۱۵	۰٫۹	۰٫۸۲	۰٫۷۷
۴۰۰	۱٫۲۷	۱٫۲۳	۱٫۱۹	۱٫۱۵	۰٫۹	۰٫۸۲	۰٫۷۶

جدول۳-۱۸- ضرایب تصحیح برای مقاومت مخصوص حرارتی زمین به غیر از K.m/W ۱٫۵ برای کابل‌های سه‌رشته که در داکت داخل زمین قرار می‌گیرند.

سطح مقطع هادی mm^2	مقادیر مقاومت مخصوص حرارتی خاک K.m/W						
	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۹	۱	۲	۲٫۵	۳
۱۶	۱٫۱۲	۱٫۱۱	۱٫۰۹	۱٫۰۸	۰٫۹۴	۰٫۸۹	۰٫۸۴
۲۵	۱٫۱۴	۱٫۱۲	۱٫۱	۱٫۰۸	۰٫۹۴	۰٫۸۹	۰٫۸۴
۳۵	۱٫۱۴	۱٫۱۲	۱٫۱	۱٫۰۸	۰٫۹۴	۰٫۸۸	۰٫۸۴
۵۰	۱٫۱۴	۱٫۱۲	۱٫۱	۱٫۰۸	۰٫۹۴	۰٫۸۸	۰٫۸۴
۷۰	۱٫۱۴	۱٫۱۳	۱٫۱۱	۱٫۰۹	۰٫۹۴	۰٫۸۸	۰٫۸۳
۹۵	۱٫۱۴	۱٫۱۳	۱٫۱۱	۱٫۰۹	۰٫۹۴	۰٫۸۸	۰٫۸۳
۱۲۰	۱٫۱۴	۱٫۱۳	۱٫۱۱	۱٫۰۹	۰٫۹۳	۰٫۸۸	۰٫۸۳
۱۵۰	۱٫۱۶	۱٫۱۳	۱٫۱۱	۱٫۰۹	۰٫۹۳	۰٫۸۸	۰٫۸۳
۱۸۵	۱٫۱۶	۱٫۱۴	۱٫۱۲	۱٫۰۹	۰٫۹۳	۰٫۸۷	۰٫۸۳
۲۴۰	۱٫۱۶	۱٫۱۴	۱٫۱۲	۱٫۱	۰٫۹۳	۰٫۸۷	۰٫۸۲
۳۰۰	۱٫۱۷	۱٫۱۴	۱٫۱۲	۱٫۱	۰٫۹۳	۰٫۸۷	۰٫۸۲
۴۰۰	۱٫۱۷	۱٫۱۴	۱٫۱۲	۱٫۱	۰٫۹۳	۰٫۸۶	۰٫۸۱

جدول۳-۱۹- ضرایب تصحیح برای گروه کابل‌های سه‌رشته که به‌صورت افقی کنار هم مستقیماً در زمین قرار می‌گیرند.

تعداد کابل‌ها در هر گروه	فضای بین مراکز گروه‌ها mm				
	در تماس باهم	۲۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰
۲	۰٫۸	۰٫۸۶	۰٫۹	۰٫۹۲	۰٫۹۴
۳	۰٫۶۹	۰٫۷۷	۰٫۸۲	۰٫۸۶	۰٫۸۹
۴	۰٫۶۲	۰٫۷۲	۰٫۷۹	۰٫۸۳	۰٫۸۷
۵	۰٫۵۷	۰٫۶۸	۰٫۷۶	۰٫۸۱	۰٫۸۵
۶	۰٫۵۴	۰٫۶۵	۰٫۷۴	۰٫۸	۰٫۸۴
۷	۰٫۵۱	۰٫۶۳	۰٫۷۲	۰٫۷۸	۰٫۸۳
۸	۰٫۴۹	۰٫۶۱	۰٫۷۱	۰٫۷۸	–
۹	۰٫۴۷	۰٫۶	۰٫۷	۰٫۷۷	–
۱۰	۰٫۴۶	۰٫۵۹	۰٫۶۹	–	–
۱۱	۰٫۴۵	۰٫۵۷	۰٫۶۹	–	–
۱۲	۰٫۴۳	۰٫۵۶	۰٫۶۸	–	–

جدول۳-۲۰- ضرایب تصحیح برای گروه مدارهای سه‌فاز کابل‌های تک‌رشته دفن مستقیم در زمین

تعداد کابل‌ها در هر گروه	فضای بین مراکز گروه‌ها mm				
	در تماس باهم	۲۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰
۲	۰٫۷۳	۰٫۸۳	۰٫۸۸	۰٫۹	۰٫۹۲
۳	۰٫۶	۰٫۷۳	۰٫۷۹	۰٫۸۳	۰٫۸۶
۴	۰٫۵۴	۰٫۶۸	۰٫۷۵	۰٫۸	۰٫۸۴
۵	۰٫۴۹	۰٫۶۳	۰٫۷۲	۰٫۷۸	۰٫۸۲
۶	۰٫۴۶	۰٫۶۱	۰٫۷	۰٫۷۶	۰٫۸۱
۷	۰٫۴۳	۰٫۵۸	۰٫۶۸	۰٫۷۵	۰٫۸
۸	۰٫۴۱	۰٫۵۷	۰٫۶۷	۰٫۷۴	–
۹	۰٫۴۹	۰٫۵۵	۰٫۶۶	۰٫۷۳	–
۱۰	۰٫۳۷	۰٫۵۴	۰٫۶۶	–	–
۱۱	۰٫۳۶	۰٫۵۳	۰٫۶۴	–	–
۱۲	۰٫۳۵	۰٫۵۲	۰٫۶۴	–	–

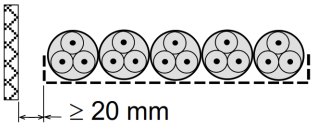
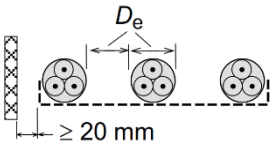
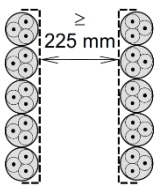
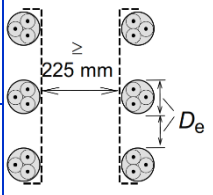
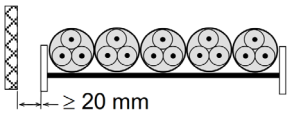
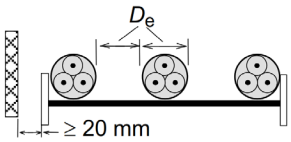
جدول۳-۲۱- ضرایب تصحیح برای گروه کابل‌های سه‌رشته در داکت‌های تک‌راهه به‌صورت افقی در زمین

تعداد کابل‌ها در هر گروه	فضای بین مراکز گروه‌ها mm				
	در تماس باهم	۲۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰
۲	۰٫۸۵	۰٫۸۸	۰٫۹۲	۰٫۹۴	۰٫۹۵
۳	۰٫۷۵	۰٫۸	۰٫۸۵	۰٫۸۸	۰٫۹۱
۴	۰٫۶۹	۰٫۷۵	۰٫۸۲	۰٫۸۶	۰٫۸۹
۵	۰٫۶۵	۰٫۷۲	۰٫۷۹	۰٫۸۴	۰٫۸۷
۶	۰٫۶۲	۰٫۶۹	۰٫۷۷	۰٫۸۳	۰٫۸۷
۷	۰٫۵۹	۰٫۶۷	۰٫۷۶	۰٫۸۲	۰٫۸۶
۸	۰٫۵۷	۰٫۶۵	۰٫۷۵	۰٫۸۱	–
۹	۰٫۵۵	۰٫۶۴	۰٫۷۴	۰٫۸	
۱۰	۰٫۵۴	۰٫۶۳	۰٫۷۳	–	–
۱۱	۰٫۵۲	۰٫۶۲	۰٫۷۳	–	–
۱۲	۰٫۵۱	۰٫۶۱	۰٫۷۲	–	–

جدول۳-۲۲- ضرایب تصحیح برای گروه مدارهای سه‌فاز کابل‌های تک‌رشته در داکت‌های تک‌راهه در زمین

تعداد کابل‌ها در هر گروه	فضای بین مراکز گروه‌ها mm				
	در تماس باهم	۲۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰
۲	۰٫۷۸	۰٫۸۵	۰٫۸۹	۰٫۹۱	۰٫۹۳
۳	۰٫۶۶	۰٫۷۵	۰٫۸۱	۰٫۸۵	۰٫۸۸
۴	۰٫۵۹	۰٫۷	۰٫۷۷	۰٫۸۲	۰٫۸۶
۵	۰٫۵۵	۰٫۶۶	۰٫۷۴	۰٫۸	۰٫۸۴
۶	۰٫۵۱	۰٫۶۴	۰٫۷۲	۰٫۷۸	۰٫۸۳
۷	۰٫۴۸	۰٫۶۱	۰٫۷۱	۰٫۷۷	۰٫۸۲
۸	۰٫۴۶	۰٫۶	۰٫۷	۰٫۷۶	–
۹	۰٫۴۴	۰٫۵۸	۰٫۶۹	۰٫۷۶	–
۱۰	۰٫۴۳	۰٫۵۷	۰٫۶۸	–	–
۱۱	۰٫۴۲	۰٫۵۶	۰٫۶۷	–	–
۱۲	۰٫۴	۰٫۵۵	۰٫۶۷	–	–

جدول۳-۲۳- ضرایب کاهش جریان برای گروه‌های با بیش‌تر از یک کابل چندرشته در هوا – ضرایب بکار رفته در مورد ظرفیت انتقال جریان یک کابل چندرشته در هوای آزاد

روش نصب		تعداد سینی‌ها	تعداد کابل‌ها					
			۱	۲	۳	۴	۶	۹
کابل‌ها در سینی سوراخ‌دار	در تماس با هم 	۱	۱	۰٫۸۸	۰٫۸۲	۰٫۷۹	۰٫۷	۰٫۷۳
		۲	۱	۰/۸۷	۰٫۸	۰٫۷۷	۰٫۷۳	۰٫۶۸
		۳	۱	۰/۸۶	۰/۷۹	۰٫۷۶	۰٫۷۱	۰٫۶۶
	با فاصله 	۱	۱	۱	۰٫۹۸	۰٫۹۵	۰٫۹۱	–
		۲	۱	۰٫۹۹	۰٫۹۶	۰٫۹۲	۰٫۸۷	–
		۳	۱	۰٫۹۸	۰٫۹۵	۰٫۹۱	۰٫۸۵	–
کابل‌ها در سینی سوراخ‌دار عمودی	در تماس با هم 	۱	۱	۰٫۸۸	۰٫۸۲	۰٫۷۸	۰٫۷۳	۰٫۷۲
		۲	۱	۰٫۸۸	۰٫۸۱	۰٫۸۶	۰٫۷۱	۰٫۷
	با فاصله 	۱	۱	۰٫۹۱	۰٫۸۹	۰٫۸۸	۰٫۸۷	–
		۲	۱	۰٫۹۱	۰٫۸۸	۰٫۸۷	۰٫۸۵	–
کابل‌ها بر روی نردبان کابل‌ها یا نگهدارنده‌ها و غیره	در تماس با هم 	۱	۱	۰/۸۷	۰٫۸۲	۰/۸	۰٫۷۹	۰٫۷۸
		۲	۱	۰/۸۶	۰٫۸	۰٫۷۸	۰٫۷۶	۰٫۷۳
		۳	۱	۰/۸۵	۰٫۷۹	۰٫۷۶	۰٫۷۳	۰٫۷
	با فاصله 	۱	۱	۱	۱	۱	۱	–
		۲	۱	۰٫۹۹	۰٫۹۸	۰٫۹۷	۰٫۹۶	–
		۳	۱	۰٫۹۸	۰٫۹۷	۰٫۹۶	۰٫۹۳	–

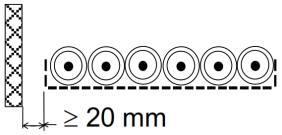
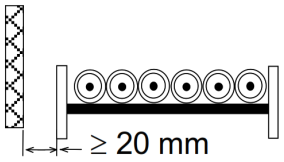
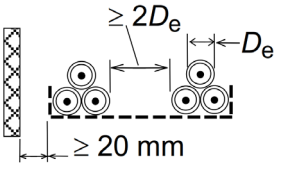
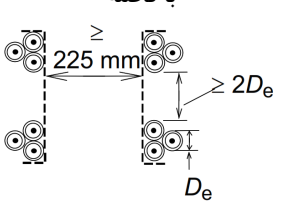
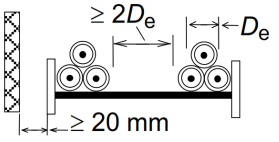
یادآوری ۱- مقادیر داده شده برای میانگین انواع کابل و گستره سطح مقاطع هادی در نظر گرفته شده است. گسترش مقادیر معمولا کم‌تر از ۵٪ است.

یادآوری ۲- ضرایب به کار رفته به گروه‌های تک لایه کابل‌ها که در بالا نشان داده شده است به هنگام نصب کابل‌ها در بیش‌تر از یک لایه که کنار هم در تماس هستند، کاربرد ندارد. مقادیر چنین نصب‌هایی می‌تواند به طور قابل توجهی کم‌تر باشد و باید با روش‌های مشابه تعیین شود.

یادآوری ۳- مقادیر برای فواصل عمودی بین سینی‌های کابل ۳۰۰ میلی‌متر و حداقل ۲۰ میلی‌متر بین دیوار و سینی‌ها داده شده‌اند. توصیه می‌شود برای فواصل کم‌تر، ضرایب کاهش یابند.

یادآوری ۴- مقادیر برای فواصل افقی بین سینی‌های کابل ۲۲۵ میلی‌متر است که این سینی‌ها پشت به پشت هم نصب شده‌اند. توصیه می‌شود برای فواصل کم‌تر، ضرایب کاهش یابند.

جدول۳-۲۴- ضرایب کاهش جریان برای گروه‌های با بیش‌تر از یک مدار کابل تک‌رشته– ضرایب بکار رفته در مورد ظرفیت انتقال جریان یک مدار کابل‌های تک‌رشته در هوای آزاد

روش نصب		تعداد سینی‌ها	تعداد مدارهای سه‌فاز (یادآوری ۵)			طرحی که ضریب برای آن مناسب است
			۱	۲	۳	
سینی سوراخ‌دار (یادآوری ۳)	در تماس با هم 	۱	۰٫۹۸	۰٫۹۱	۰٫۸۷	سه کابل به‌صورت افقی
		۲	۰٫۹۶	۰٫۸۷	۰٫۸۱	
		۳	۰٫۹۵	۰٫۸۵	۰٫۷۸	
نردبان کابل‌ها یا نگهدارنده‌ها و غیره (یادآوری ۳)	در تماس با هم 	۱	۱	۰٫۹۷	۰٫۹۶	سه کابل به‌صورت افقی
		۲	۰٫۹۸	۰٫۹۳	۰٫۸۹	
		۳	۰٫۹۷	۰٫۹	۰٫۸۶	
سینی سوراخ‌دار (یادآوری ۳)		۱	۱	۰٫۹۸	۰٫۹۶	سه کابل به‌صورت مثلثی
		۲	۰٫۹۷	۰٫۹۳	۰٫۸۹	
		۳	۰٫۹۶	۰٫۹۲	۰٫۸۶	
سینی سوراخ‌دار عمودی (یادآوری ۴)	با فاصله 	۱	۱	۰٫۹۱	۰٫۸۹	
		۲	۱	۰٫۹	۰٫۸۶	
نردبان کابل‌ها یا نگهدارنده‌ها و غیره (یادآوری ۳)		۱	۱	۱	۱	
		۲	۰٫۹۷	۰٫۹۵	۰٫۹۳	
		۳	۰٫۹۶	۰٫۹۴	۰٫۹	

یادآوری ۱- مقادیر داده شده برای میانگین انواع کابل و گستره سطح مقاطع هادی در نظر گرفته شده است. گسترش مقادیر معمولا کم‌تر از ۵٪ است.
یادآوری ۲- ضرایب داده شده برای گروه‌های تک لایه کابل‌ها (یا گروه‌های مثلثی) در جدول بالا نشان داده شده است در صورت نصب کابل‌ها در بیش‌تر از یک لایه در تماس با هم این مقادیر کاربرد ندارد. مقادیر چنین نصب‌هایی می‌تواند به طور قابل توجهی کم‌تر باشد و باید با روش‌های مشابه تعیین شود.
یادآوری ۳- برای فواصل عمودی بین سینی‌های کابل ۳۰۰ میلی‌متر داده شده است. می‌بایست برای فواصل کم‌تر، ضرایب کاهش یابند.
یادآوری ۴- مقادیر برای فواصل افقی بین سینی‌های کابل ۲۲۵ میلی‌متر است که این سینی‌ها پشت به پشت هم نصب شده‌اند. می‌بایست برای فواصل کم‌تر، ضرایب کاهش یابند.
یادآوری ۵- برای مدارهای موازی که بیش از یک کابل در هر فاز دارند، هر گروه سه‌فاز هادی‌ها می‌بایست به‌عنوان یک مدار در نظر گرفته شوند.

۳-۷- محاسبات سطح مقطع کابل براساس انرژی مجاز

جهت تعیین سطح مقطع هادی کابل‌های فشار متوسط براساس استاندارد IEC 60986 محاسبات براساس انرژی مجاز حین جریان اتصال کوتاه عبوری از کابل نیز باید صورت‌پذیرد.

انرژی حرارتی که در خلال اتصال کوتاه در کابل جاری می‌شود تابع مقدار و مدت جریان اتصال کوتاه است. به منظور طراحی، جریان اتصال کوتاه معادل برای مدت زمان یک ثانیه از فرمول زیر محاسبه می‌شود. این رابطه برای مدت زمان برقراری اتصال کوتاه به مدت ۰/۲ الی ۵ ثانیه معتبر است.

$$I_{sh} = \frac{I_1}{\sqrt{t_{sh}}} \quad [kA] \qquad (۱-۳)$$

I_{sh}: جریان اتصال کوتاه برحسب کیلوآمپر در مدت زمان t_{sh}.

I_1: جریان اتصال کوتاه برحسب کیلوآمپر در مدت زمان یک ثانیه. این مقادیر از جدول (۳-۲۵) برای هادی کابل و از جدول (۳-۲۶) برای شیلد فلزی کابل بدست می‌آید.

t_{sh}: زمان برقراری اتصال کوتاه برحسب ثانیه.

برای کابل با عایق XLPE حداکثر دمای مجاز در زمان اتصال کوتاه ۲۵۰ درجه است.

مثال: حداقل سطح مقطع کابل با هادی مس و عایق XLPE را که بتواند ۱۲ کیلوآمپر جریان اتصال کوتاه را حداکثر به مدت زمان ۰/۵ ثانیه تحمل کند بدست آورید.

$$12 = \frac{I_1}{\sqrt{0.5}} \ , I_1 = 8.4\ kA$$

مطابق با جدول (۳-۲۵) کابل با سطح مقطع ۷۰ میلی‌مترمربع می‌تواند این مقدار جریان اتصال کوتاه را در مدت زمان ارایه شده تحمل کند.

شیلد مسی کابل‌ها بدون اینکه باعث آسیب به مواد عایقی مجاور خود بشود می‌تواند تا ۲۵۰ درجه سلسیوس گرم شود. با درنظر گرفتن دمای اولیه ۵۰ درجه سلسیوس می‌توان چگالی جریان اتصال کوتاه ۱۶۵ آمپر به ازای هر میلی‌مترمربع و زمان اتصال کوتاه ۱ ثانیه را برای این شیلد متناسب دانست (مقادیر چگالی جریان کم‌تر یا بیش‌تر به ازای دماهای مختلف اولیه غیر از ۵۰ درجه سلسیوس را نیز می‌توان درنظر گرفت).

غلاف‌های سربی می‌توانند در خلال عبور جریان اتصال کوتاه تا دمای ۲۱۰ درجه سلسیوس گرم شوند. با در نظر گرفتن دمای اولیه ۵۰ درجه سلسیوس می‌توان چگالی جریان اتصال کوتاه ۲۸ آمپر به ازای هر میلی‌مترمربع و زمان اتصال کوتاه ۱ ثانیه را برای این غلاف فلزی متناسب دانست.

جدول۳-۲۵- حداکثر مقدار مجاز جریان اتصال کوتاه برای سطح مقطع‌های مختلف کابل به مدت زمان ۱ ثانیه، برحسب کیلوآمپر برای هادی‌های مس و آلومینیوم با دمای هادی قبل از اتصال کوتاه ۶۵ و ۹۰ درجه سلسیوس

سطح مقطع	هادی آلومینیوم		هادی مس	
میلی‌مترمربع	۶۵ درجه	۹۰ درجه	۶۵ درجه	۹۰ درجه
۳۵	۳٫۶	۳٫۳	۵٫۵	۵
۵۰	۵٫۲	۴٫۷	۷٫۸	۷٫۲
۷۰	۷٫۲	۶٫۶	۱۱	۱۰
۹۵	۹٫۸	۹	۱۴٫۹	۱۳٫۶
۱۲۰	۱۲٫۴	۱۱٫۳	۱۸٫۸	۱۷٫۲
۱۵۰	۱۵٫۵	۱۴٫۲	۲۳٫۵	۲۱٫۵
۱۸۵	۱۹٫۲	۱۷٫۵	۲۹	۲۶٫۵
۲۴۰	۲۴٫۸	۲۲٫۷	۳۷٫۶	۳۴٫۵
۳۰۰	۳۱٫۱	۲۸٫۳	۴۷	۲۴٫۹
۴۰۰	۴۱٫۴	۳۷٫۸	۶۲٫۷	۵۷٫۲
۵۰۰	۵۱٫۸	۴۷٫۲	۷۸٫۴	۷۱٫۵
۶۳۰	۶۵٫۲	۵۹٫۵	۹۸٫۷	۹۰٫۱
۸۰۰	۸۲٫۸	۷۵٫۶	۱۲۵	۱۱۴
۱۰۰۰	۱۰۴	۹۴٫۵	۱۵۷	۱۴۳
۱۲۰۰	۱۲۴	۱۱۳	۱۸۸	۱۷۲
۱۴۰۰	۱۴۵	۱۳۲	۲۱۹	۲۰۰
۱۶۰۰	۱۶۶	۱۵۱	۲۵۱	۲۲۹
۲۰۰۰	۲۰۷	۱۸۹	۳۱۳	۲۸۶
به ازای هر میلی‌مترمربع	۰٫۱۰۴	۰٫۰۹۴۵	۰٫۱۵۷	۰٫۱۴۳

جدول۳-۲۶- حداکثر مقدار مجاز جریان اتصال کوتاه عبوری از شیلدهای مسی و غلاف‌های سربی به مدت زمان ۱ ثانیه، برحسب کیلوآمپر با دمای شیلد/غلاف قبل از اتصال کوتاه ۵۰ و ۷۰ درجه سلسیوس

سطح مقطع پوشش فلزی برحسب میلی‌مترمربع		دمای پوشش فلزی قبل از اتصال کوتاه	
شیلد مسی	غلاف سربی	۵۰ درجه	۷۰ درجه
۳۵	۲۰۶	۵٫۸	۵٫۴
۵۰	۲۹۵	۸٫۳	۷٫۷
۹۵	۵۶۰	۱۶	۱۵
۱۵۰	۸۸۴	۲۵	۲۳
۳۰۰	۱۷۶۸	۵۰	۴۶
به ازای هر میلی‌مترمربع سطح مقطع شیلد مسی		۰٫۱۶۵	۰٫۱۵۳
به ازای هر میلی‌مترمربع سطح مقطع غلاف سربی		۰٫۰۲۸	۰٫۰۲۶

۳-۸- نشانه گذاری کابل

سطح بیرونی روکش کابل باید با علایم زیر نشانه‌گذاری شوند:

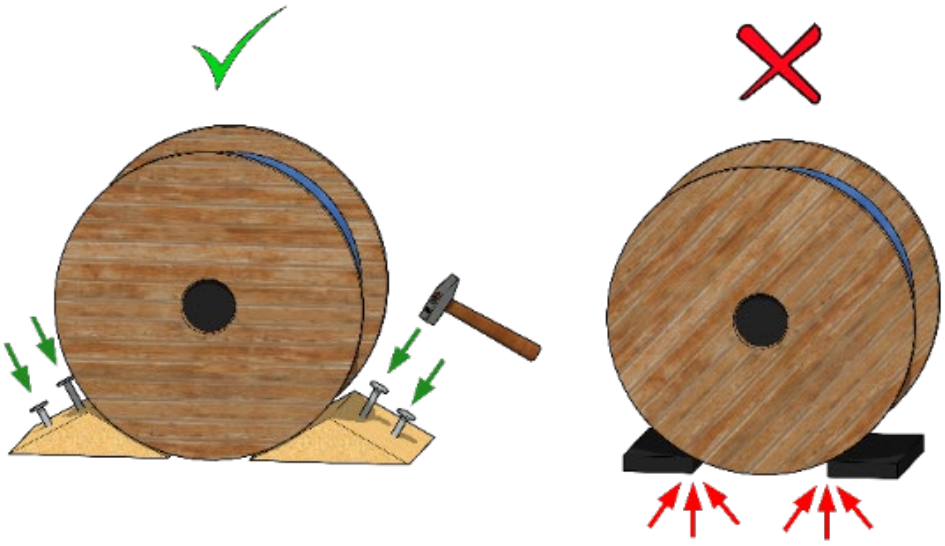
- نام سازنده یا علامت تجاری.
- ولتاژ نامی کابل به‌عنوان مثال 0.6/1 kV.
- کد مشخصه و شماره استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۳۵۶۹.
- تعداد رشته و سطح مقطع کابل.
- کد ردیابی پروانه کاربرد علامت استاندارد.

فاصله بین انتهای یک نشانه‌گذاری تا شروع نشانه‌گذاری بعدی نباید از ۵۵۰ میلی‌متر بیش‌تر شود.

۳-۹- اصول و روش‌های نصب کابل‌های فشار متوسط

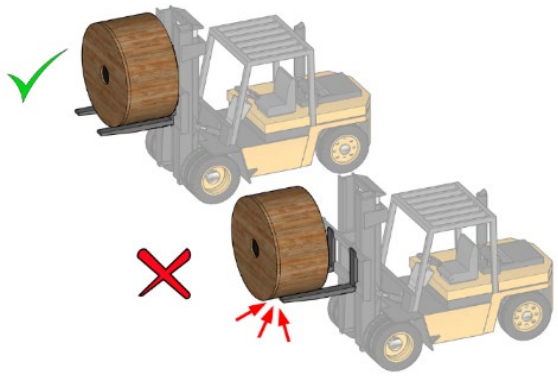
اصول و روش‌های زیر در هنگام نصب کابل فشار متوسط باید دقیقاً رعایت شود:

۳-۹-۱- به منظور جلوگیری از تکان‌های شدید قرقره‌های کابل در هنگام حمل به کارگاه یا محل نصب، باید قرقره‌ها به خوبی گوه‌گذاری شده و بیش از تحویل قرقره کابل‌ها، ضروری است بررسی شود که هیچ‌گونه آسیبی به قرقره‌ها وارد نشده باشد. بردار نشانگر رسم‌شده بر روی بدنه قرقره راستای غلتاندن قرقره را نشان می‌دهد. اگر قرقره در راستای مخالف غلتانده شود، لایه‌های کابل پیچیده شده بر روی قرقره شل می‌شوند.

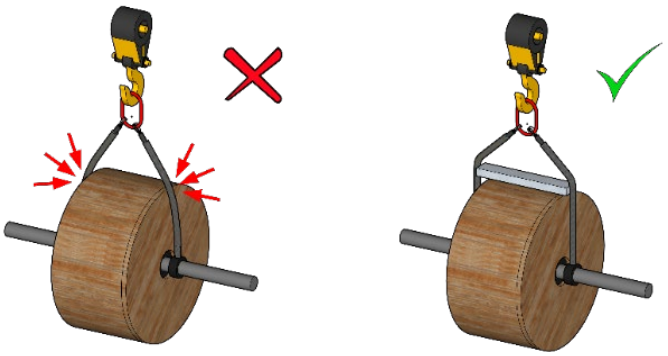


شکل۳-۲۱- مهار کردن قرقره کابل‌ها با گوه

۳-۹-۲- در هنگام حمل قرقره‌های کابل به جایگاه نصب، بهتر است که از کابل‌کش‌ها یا یدک‌کش حامل کابل که به وسایل سوار و پیاده‌کردن قرقره مجهز است استفاده کرد. در غیر این‌صورت به منظور پیاده‌سازی قرقره‌های کابل باید لیفتراک، جرثقیل یا سطح شیب‌دار به کار گرفته شود.



شکل۳-۲۲- روش صحیح حمل قرقره کابل‌ها با لیفتراک



شکل۳-۲۳- روش صحیح حمل قرقره کابل‌ها با جرثقیل

۳-۹-۳- در مواردی‌که کابل با کابل دیگر (به خصوص کابل‌هایی با ولتاژهای متفاوت)، لوله‌های گاز، آب و غیره تقاطع داشته باشد، باید از یک لوله محافظ با قطر متناسب با قطر کابل مورد نظر و طول حداقل یک متر استفاده شده و کابل از داخل آن عبور داده شود. در این‌گونه موارد و یا هنگامی که کابل از زیر جاده و یا سطح سخت عبور می‌کند باید یک لوله محافظ اضافی خالی به منظور کابل‌کشی‌های آینده پیش‌بینی شود و در داخل آن یک رشته مفتول گالوانیزه نمره ۴ که طول آن در هر طرف یک متر بیش از طول لوله فوق‌الذکر باشد قرار داده شود. در محل ورود و خروج کابل از لوله باید کابل را به‌وسیله ریختن خاک کوبیده در زیر آن محافظت کرد.

۳-۹-۴- تغییر جهت کانال‌های کابل‌ها باید به گونه‌ای باشد که با شرایط مربوط به خم‌کردن کابل‌ها (بند ۳-۹-۷) مطابقت کند. شمار کابل‌هایی که در داخل هر کانال نصب می‌شود باید چنان تعیین شود که بازدید و تعویض آن به سهولت امکان‌پذیر باشد.

۳-۹-۵- در مواردی‌که کابل از داخل تجهیزات یا تاسیسات فلزی عبور می‌کند، هر یک از سوراخ‌ها باید دارای انحناهای لازم با بوشن‌های مناسب باشد تا از ایجاد خراشیدگی در کابل جلوگیری به عمل آید.

۳-۹-۶- در موقع نصب یا کشیدن کابل بهتر است تنش و کشش بر روی هادی‌ها وارد شود و نه بر پوشش خارجی آن، توصیه می‌شود حتی‌الامکان برای کشیدن و خواباندن کابل‌ها از جوراب مخصوص کشیدن کابل[1] و قرقره زیر کابل با فواصل مناسب استفاده شود.

۳-۹-۷- جز در موارد استثنایی که کارخانه سازنده کابل یا شرایط محیط، مقررات و مشخصات دیگری را ذکر کرده باشد به طور کلی در نصب ثابت کابل‌ها حداقل شعاع داخلی خم مجاز برای کابل‌های مختلف به شرح زیر است:

الف) کابل‌های فشار متوسط با هادی مسی و مقطع دایره‌ای:

- با زره سیمی، برای ولتاژ اسمی تا ۱۲ کیلوولت، ۱۵ برابر قطر کابل و برای ولتاژ اسمی تا ۳۶ کیلوولت، ۲۰ برابر قطر کابل.
- با زره نوار فولادی، برای ولتاژ اسمی تا ۱۲ کیلوولت، ۲۰ برابر قطر کابل و برای ولتاژ اسمی تا ۳۶ کیلوولت، ۲۵ برابر قطر کابل.

ب) برای کابل‌های فشار متوسط با هادی مسی و سطح مقطع قطاعی:

- با زره سیمی، برای ولتاژ اسمی تا ۱۲ کیلوولت، ۲۰ برابر قطر کابل و برای ولتاژ اسمی تا ۳۶ کیلوولت، ۲۵ برابر قطر کابل.
- با زره نوار فولادی، برای ولتاژ اسمی تا ۱۲ کیلوولت، ۲۵ برابر قطر کابل و برای ولتاژ اسمی تا ۳۶ کیلوولت، ۳۰ برابر قطر کابل.

پ) کابل‌های فشار متوسط با هادی آلومینیومی نوع زره‌دار:

- با سطح مقطع مدور، ۳۵ برابر قطر کابل.
- با سطح مقطع قطاع، ۴۰ برابر قطر کابل.

۳-۱۰- نصب کابل در داخل کانال خاکی

۳-۱۰-۱- به منظور جلوگیری از فساد و زنگ‌زدگی کابل‌ها، خاک محل کابل‌کشی باید از نظر دارابودن موادی همچون اسید، آهک، نمک، کلر و غیره، قبل از کابل‌کشی مورد آزمون قرار گیرد. در صورت نامساعد بودن نوع خاک، کابل مورد سفارش باید از نوع مقاوم در برابر عوامل ایجاد فساد و خوردگی موجود در آن انتخاب شود.

[1] Cable Laying Stocking

۳-۱۰-۲- برای نصب کابل‌ها در داخل کانال خاکی، ابتدا باید کانال مورد نظر با ابعاد مشخص‌شده در نقشه مربوط حفر و کف آن کاملاً صاف شده و پس از حداقل ۱۰ سانتی‌متر ماسه‌ریزی، کابل‌ها بر روی آن خوابانده شود آنگاه، روی کابل‌ها نیز با ۱۰سانتی‌متر ماسه نرم پوشانیده و یک نوار پلاستیکی هشداردهنده که بر روی آن عبارت «توجه مسیر کابل» نوشته شده بر روی آن کشیده شود، سپس به منظور محافظت کابل یک ردیف آجر، که طول آجر عمود بر محور کابل است، یا یک ردیف بلوک سیمانی، بر روی نوار مزبور چیده و سپس روی آن خاک‌ریزی و کوبیده شود. (شکل (۳-۲۴)).

۳-۱۰-۳- عرض کانال حفر شده به منظور نصب کابل‌های زیرزمینی بستگی به تعداد کابل‌هایی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می‌گیرد. همچنین عمق کابل از سطح زمین بستگی به تعداد کابل‌هایی دارد که روی یکدیگر قرار می‌گیرد. با این حال فاصله بالاترین کابل فشار متوسط در زیرزمین تا سطح تمام شده پیاده‌رو نباید از یک متر کم‌تر و در زیر سطح خیابان نباید از ۱٫۲۰ متر کم‌تر باشد.

۳-۱۰-۴- اگر تعداد کابل‌های لازم برای نصب در داخل کانال زیرزمینی زیاد باشد بهتر است به جای قراردادن کابل‌ها بر روی یکدیگر، کابل‌ها مجاور هم کشیده شود. حداقل فاصله کابل‌های زیرزمینی از یکدیگر در صورتی‌که دو کابل هم‌ولتاژ باشد باید برابر ۱۰ سانتی‌متر و در صورتی‌که یک کابل، کابل فشار ضعیف و دیگری کابل فشار متوسط یا کابل جریان ضعیف (دوکابل مجاور با ولتاژهای متفاوت) باشد باید ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود (منظور از فاصله و کابل فاصله هوایی بین آن دو است). در مواردی‌که چند کابل به موازات یکدیگر کشیده می‌شود، باید ضمن رعایت فواصل مجاز، تمامی سطح کابل‌ها با آجر پوشیده شده و در مورد کابل‌های جانبی، حداقل نصف طول آجر از مرکز کابل به سمت خارج قرار گیرد. همچنین به جای آجر می‌توان از دال بتونی مناسب یا مصالح دیگری که تصویب شده باشد استفاده کرد. جزییات و ابعاد کانال خاکی و فاصله بین کابل‌ها در جدول (۳-۲۷) نشان داده شده است.

۳-۱۰-۵- در محل‌هایی که کابل از زیر جاده یا سطح سخت عبور می‌کند، باید یک یا چند لوله محافظ از جنس پلاستیک سخت، سیمان یا فولاد، در عمق حداقل ۱٫۲۰ متر از سطح جاده یا سطح سخت قرار گرفته و کابل‌ها از داخل آن بگذرد. قطر داخل لوله‌ها باید حداقل ۱٫۳ برابر قطر خارجی کابل مربوط باشد. در محل‌های ورود و خروج کابل از داخل لوله، باید برای حفاظت کابل در برابر ساییدگی ناشی از تماس با لبه لوله نوعی بالشتک برای آن در نظر گرفت (شکل (۳-۲۵)).

۳-۱۰-۶- در مواردی‌که کابل فشار ضعیف و کابل فشار متوسط در یک کانال خاکی زیرزمینی قرار می‌گیرد، باید کانال به شکل پله‌ای (دو بستر متفاوت) حفر و کابل فشار متوسط در بستر پایینی و کابل فشار ضعیف در بستر بالایی خوابانده شود. بدیهی است تمام اصول و روش‌های مربوط به نصب کابل‌های فشار ضعیف و متوسط در مورد هر کدام از کابل‌های مذکور باید دقیقاً رعایت شود.

۳-۱۰-۷- تمام کابل‌ها به ویژه کابل‌های تک‌رشته‌ای، نباید پس از خواباندن، کشانده و ترنگ شوند. لازم است اندکی پیچ و تاب داشته باشند تا بتوانند انبساط و انقباض طولی را که در مدت دوره‌های گرمایشی به واسطه بار کامل رخ می‌دهند، به آسانی تحمل کنند.

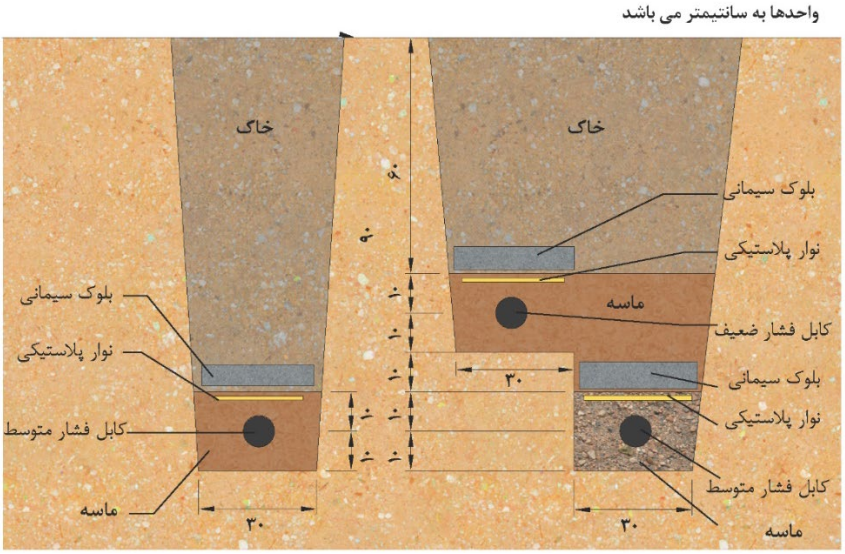
۳-۱۰-۸- در کابل‌کشی به روش دفن مستقیم درکانال خاکی الزاما کابل‌ها باید زره‌دار باشد.

۳-۱۰-۹- مسیر کابل‌کشی باید به نحوی علامت‌گذاری شود که در صورت کندوکاو بعدی، محل آن دقیقاً مشخص باشد.

۳-۱۰-۱۰- پیمانکار موظف است که قبل از شروع به حفر و کندن کانال خاکی تمام نقشه‌های تاسیساتی اجرا شده قبلی درمحوطه عملیات خود را از دستگاه‌های اجرایی مربوطه دریافت و با توجه به آن اقدام به حفر کانال کند به طوری که هیچ‌گونه لطمه‌ای به تاسیسات موجود وارد نشود.

۳-۱۰-۱۱- هنگام حفر کانال زیرزمینی برای نصب کابل‌ها، باید آسفالت یا سیمان یا پوشش کنده شده در یک سمت گودال در فاصله حداقل یک متری انباشته شود تا هر گونه فعالیت آزاد برای خواباندن کابل امکان داشته باشد. همچنین، سایر مواد خاک‌برداری شده (یعنی خاک و غیره) در سمت دیگر گودال و در فاصله حداقل ۰٫۳ متری انباشته شود تا کارگران از لغزش و افتادن در گودال در امان باشند.

۳-۱۰-۱۲- در مواردی‌که به منظور خواباندن کابل‌ها قسمتی از جاده آسفالته یا پیاده‌رو باید خاک‌برداری شود پیمانکار موظف است پس از تکمیل کار کابل‌کشی جاده آسفالته یا پیاده‌رو را ترمیم و به حالت اول برگرداند.



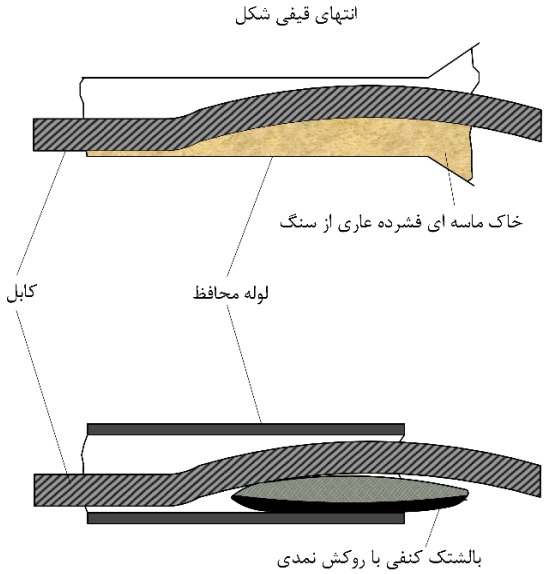
جزئیات کانال خاکی مشترک تیپ برای نصب کابل‌های فشار متوسط و فشار ضعیف

جزئیات کانال خاکی تیپ برای نصب کابل فشار متوسط در یک ردیف افقی

شکل ۳-۲۴- جزئیات کانال خاکی

جدول۳-۲۷- ابعاد کانال‌های خاکی برحسب تعداد و نوع استقرار کابل‌های فشار متوسط

نوع استقرار کابل‌ها	نصب کابل‌ها در یک ردیف افقی				
تعداد کل کابل‌های نصب‌شده	۱	۲	۳	۴	۵
عرض بستر کانال cm	۴۰	۵۰	۷۰	۹۰	۱۱۰
عمق کانال در پیاده‌رو cm	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
عمق کانال در خیابان cm	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰



شکل۳-۲۵- حفاظت کابل در مدخل ورودی لوله

۳-۱۱- نصب کابل در داخل کانال پیش‌ساخته[1]

۳-۱۱-۱- کانال‌های پیش‌ساخته کابل‌کشی ممکن است به‌صورت آدم‌رو یا معمولی، از آجر با اندود سیمان، و یا بتنی ساخته شود.

۳-۱۱-۲- به منظور دفع آب‌هایی که ممکن است در کف کانال‌های پیش‌ساخته جمع شود، باید کف‌شورهای مناسبی که به سیستم فاضلاب یا چاه جذب آب متصل باشد در فواصل حداکثر ۴۰ متری از یکدیگر پیش‌بینی و نصب شود.

۳-۱۱-۳- برای هدایت آب‌های احتمالی، کف کانال‌های پیش‌ساخته شده بایستی دارای شیبی برابر نیم الی یک درصد در جهت کف‌شورهای پیش‌بینی شده وجود داشته باشد.

[1] منظور از کانال پیش‌ساخته یا پیش‌ساخته شده، کانال‌هایی است که قبل از کابل‌کشی ساخته شده است.

۳-۱۱-۴- به منظور پرهیز از تماس مستقیم کابل‌ها با کف کانال پیش‌ساخته شده معمولی باید در کف کانال در فواصلی حداکثر برابر با ۶۰ سانتی‌متر اتکایی از لوله فولاد گالوانیزه یا پروفیل ناودانی (آلومینیومی یا گالوانیزه) یا چوب فشرده شده با ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر از کف کانال پیش‌بینی، نصب و سپس کابل‌ها روی اتکاهای مذکور خوابانده و با بست‌های فلزی مناسب محکم شود.

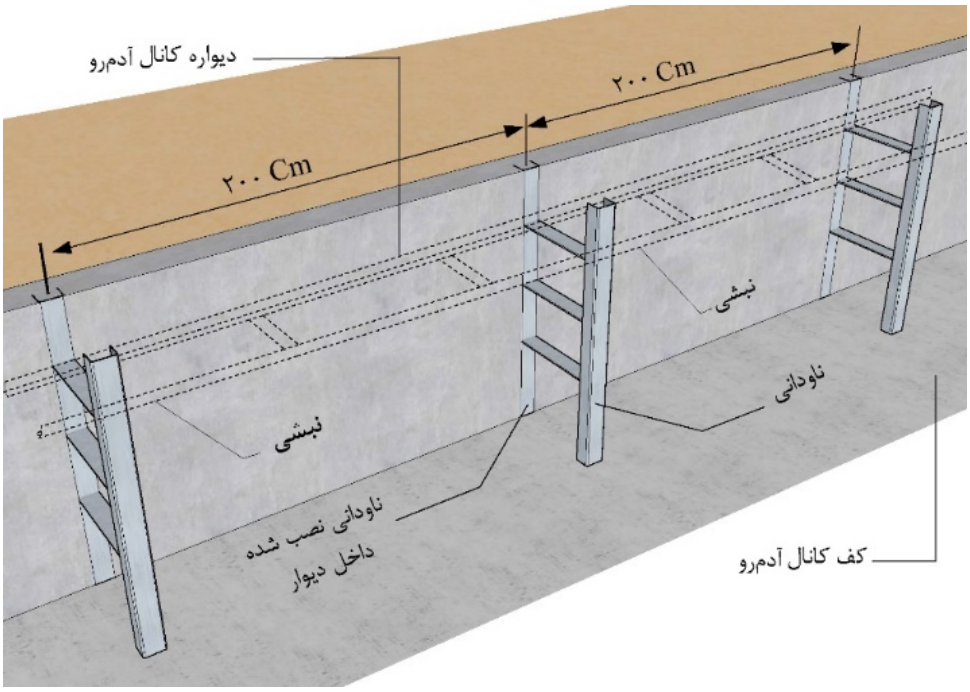
۳-۱۱-۵- کانال‌های پیش‌ساخته شده معمولی در موتورخانه‌ها، پست‌های برق، اتاق تابلوهای برق، اتاق مولد برق و غیره باید دارای درپوش‌های قابل برداشت از آهن آجدار با دستگیره مناسب در تمام طول کانال باشد.

۳-۱۱-۶- برای نصب کابل در کانال‌های پیش‌ساخته‌شده آدم‌رو بایستی از قطعات پیش‌ساخته گالوانیزه با نصب مجزا همراه با بست‌های تپانچه‌ای استفاده شود یا این که همزمان با ساخت کانال در تمام طول دیواره کانال و در فواصل حداکثر هر ۲ متر، یک عدد پروفیل ناودانی به عرض ۱۰ سانتی‌متر و به طول برابر با ارتفاع کانال (از کف تا زیر سقف کانال) پیش‌بینی و نصب شود تا بعداً متناسب با نوع و تعداد کابل‌های مورد نیاز، اسکلت کابل‌کشی، بازوها، نگه‌دارنده‌ها و سینی کابل را بتوان بدون تخریب روی ناودانی‌های مذکور نصب نمود.

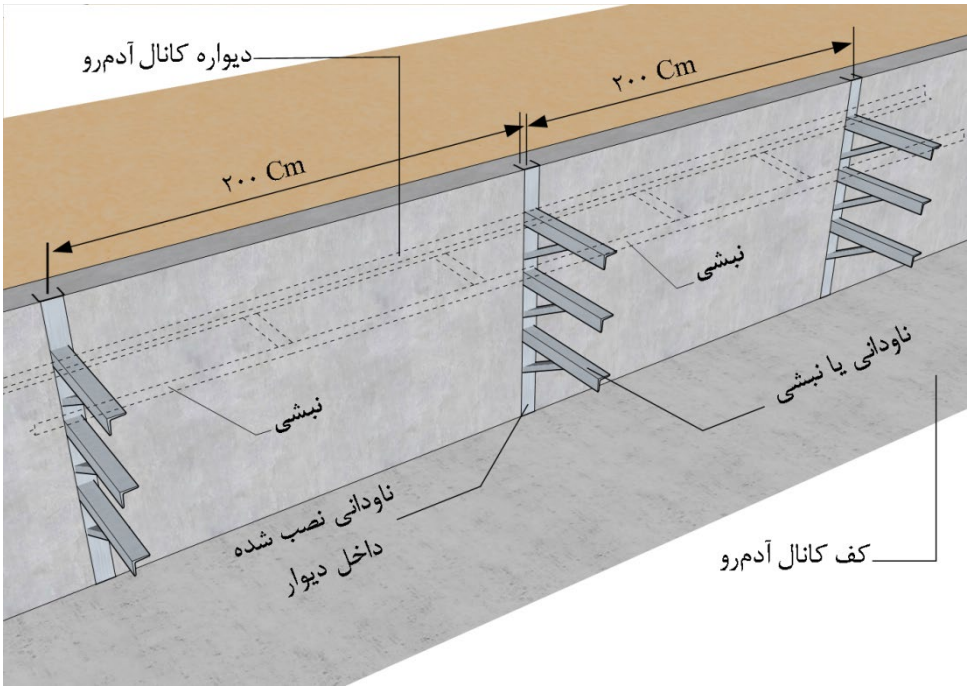
۳-۱۱-۷- برای نصب کابل در کانال‌های آدم‌رو باید در بالاترین قسمت اسکلت‌بندی نصب کابل‌ها (شکل(۳-۲۶)) یا بازوبندی نصب کابل‌ها (شکل (۳-۲۷)) دو عدد نبشی به طور موازی در سطح افقی یا عمودی قرار داده شده و بازوهای اتکای کابل که حداکثر فواصل آن باید ۷۰ سانتی‌متر باشد بین دو نبشی مذکور نصب (خطوط منقطع در شکل‌های (۳-۲۶) و (۳-۲۷)) و با استفاده از بست‌های پلاستیکی یا فلزی مخصوص کابل، کابل‌های مذکور روی بازوهای اتکاء خوابانده و نصب شود.

۳-۱۱-۸- در صورت استفاده از سینی کابل، ابعاد سینی‌های کابل باید از نظر مکانیکی با توجه به وزن کابل‌ها و هم‌چنین در صورت لزوم با در نظر گرفتن شرایط نصب، تعمیرات و رسیدگی انتخاب شود، ولی به طور کلی سینی‌های کابل باید با ورق آهن گالوانیزه به ضخامت حداقل ۱/۵ میلی‌متر ساخته شده و در صورت آویزبودن توسط میله‌های فولادی به قطر حداقل ۶ میلی‌متر در فاصله‌های حداکثر یک متر نگاه داشته شود.

۳-۱۱-۹- سینی‌های کابل چندطبقه باید با توجه به عرض آن به گونه‌ای انتخاب شود که دسترسی به کابل‌ها حداقل از یک طرف امکان‌پذیر باشد. حداقل فاصله بین سینی‌ها ۳۰ سانتی‌متر باید باشد.



شکل۳-۲۶- جزئیات تیپ اسکلت بندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو



شکل۳-۲۷- جزئیات تیپ بازوبندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو

۳-۱۱-۱۰- هنگام نصب کابل‌ها بر روی سینی کابل، کابل‌ها باید در نزدیکی هر محل تغییر جهت، سه راه یا چهارراه یا انتهای هر مسیر افقی یا قائم و همچنین به فاصله ۱۰ متر در مسیرهای افقی و ۱٫۵ متر در مسیرهای قائم به سینی‌ها محکم شود.

۳-۱۱-۱۱- هم‌بندی بین سینی‌های کابل و نیز اسکلت و بازوهای نصب کابل الزامی است (به فصل ۱۳ مراجعه شود).

۳-۱۱-۱۲- تمام کانال‌های پیش‌ساخته آدم رو باید دارای سیستم روشنایی مناسب در فواصل مناسب (ترجیحا هر ۶ متر از یکدیگر) باشد. همچنین در این نوع کانال‌ها به منظور تماس با خارج کانال، در صورت امکان و چنانچه ضروری باشد، پریزهای تلفن و برق باید در فواصل مناسب (ترجیحا ۲۰ متر) از یکدیگر نصب شود.

۳-۱۱-۱۳- در مواردی‌که کانال‌های پیش‌ساخته آدم رو علاوه بر این که به منظور نصب کابل‌های برق مورد استفاده قرارمی‌گیرد برای لوله‌کشی تاسیسات مکانیکی و غیره نیز به کار رود باید حتی‌الامکان در یک دیواره تاسیسات برقی و در دیواره مقابل آن تاسیسات دیگر نصب شود. جهت مطالعه بیش‌تر به نشریه ۳۶۹ مراجعه شود.

۳-۱۲- کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها

۳-۱۲-۱- کابلشوها

۳-۱۲-۱-۱- اتصال هادی‌های کابل‌های فشار متوسط به تجهیزات الکتریکی از قبیل سکسیونر، دیژنکتور، فیوز، ترانسفورماتور و غیره باید با استفاده از کابلشوهای استانداردشده از نوع پرسی انجام شود.

۳-۱۲-۱-۲- کابلشوهای مورد استفاده برای کابل‌های مسی و آلومینیومی باید به ترتیب از جنس مس قلع‌اندود و آلومینیومی باشند. همچنین کابلشوهای مورد استفاده برای ارتباط کابل‌های آلومینیومی به شینه‌های مسی می‌بایست از جنس بی‌متال مس - آلومینیوم انتخاب گردند.

۳-۱۲-۱-۳- ارایه اطلاعات ذیل برای کابلشوها، قبل از انتخاب، تهیه و نصب، ضروری است.

الف) کشور و شرکت سازنده، استاندارد ساخت.

ب) مشخصات فنی شامل جنس کابلشو و جنس روکش کابلشو، سطح مقطع هادی مربوط، ابعاد و اندازه کابلشو، وزن خالص، ولتاژ و جریان نامی آن.

پ) نقشه کامل شامل ابعاد، اندازه‌ها و جنس.

ت) گواهینامه انطباق با استاندارد و نشان ملی استاندارد از سازمان ملی استاندارد ایران یا گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.

۳-۱۲-۲- سرکابل‌ها

۳-۱۲-۲-۱- در زمان انتخاب سرکابل فشار متوسط باید عوامل زیر ملاک تصمیم‌گیری قرار گیرد:

الف) مشخصات فنی کابل مورد استفاده شامل ولتاژ نامی، سطح مقطع کابل، تعداد هسته‌ها(سیم‌ها)، نوع عایق کابل.

ب) اندازه سرکابل بر حسب سطح مقطع (میلی‌مترمربع).

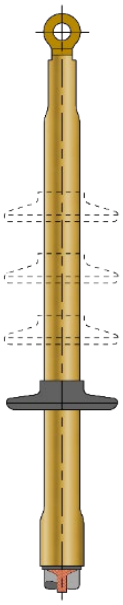
پ) تعداد رشته‌های کابل مانند تک‌رشته یا سه‌رشته.

ت) نوع سرکابل مانند فشاری، حرارتی[1] یا سرد[2].

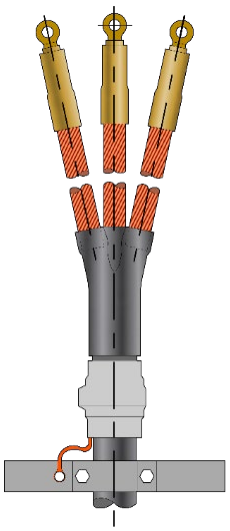
ث) مکان نصب، در داخل ساختمان یا فضای آزاد.

ج) طول استاندارد سرکابل.

چ) مشخصه‌های الکتریکی سرکابل شامل ولتاژ حداکثر، نتایج آزمون متناوب یک دقیقه، آزمون ولتاژ ضربه‌ای، تخلیه جزیی و آزمون اتصال کوتاه.



شکل۳-۲۸- سرکابل تک‌رشته‌ای



شکل۳-۲۹- سرکابل سه‌رشته‌ای

[1] Heat Shrink
[2] Cold Shrink

۳-۱۲-۲-۲- هنگام انتخاب سرکابل‌ها باید دقت شود که مشخصات الکتریکی آن با مشخصات کابل مورد استفاده مطابقت داشته باشد.

۳-۱۲-۲-۳- سرکابل‌ها باید به نحوی اتصال یابند که از نفوذ رطوبت هوا در کابل و همچنین از خارج شدن روغن و مواد روان درون کابل جلوگیری شود.

۳-۱۲-۲-۴- سرکابل‌های فشار متوسط را می‌توان به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

- سرکابل‌های حرارتی
- سرکابل‌های سرد
- سرکابل‌های فشاری[1]
- سرکابل‌های plug-in
- سرکابل‌های connex

۳-۱۲-۲-۵- در سرکابل‌های حرارتی از روکش حرارتی[2] متشکل از پلی‌اتیلن‌کراس لینک استفاده شده همچنین پلیمر مقاوم به اشعه ماوراء بنفش و آنتی‌تراک در آن‌ها به کار رفته، بدین سبب در اثر تماس مستقیم با نور خورشید، آسیب ندیده و مقاومت بسیار خوبی دارد.

۳-۱۲-۲-۶- در سرکابل‌های سرد، روکش‌ها از جنس پلیمرسیلیکون بوده و بعد از تولید و کراس‌لینک شدن، گسترش یافته[3] و روی یک فنر پلیمر قرار داده می‌شود تا در زمان نصب روی کابل قرار گرفته و در اثر کشیده شدن فنر، روکش روی کابل جمع شده و آب‌بندی شود. در هنگام نصب این نوع سرکابل‌ها، به مشعل و ابزار خاصی نیازی نیست.

۳-۱۲-۲-۷- سرکابل‌های فشاری برای ولتاژهای فشار قوی، از ۶۰ کیلوولت به بالا کاربرد داشته و به‌صورت داخل ساختمان و بیرونی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۱۲-۲-۸- در سرکابل‌های plug–in، اجزاء آن‌ها به‌صورت یکپارچه در یک قطعه قرار گرفته و این امر موجب سهولت در نصب آن‌ها می‌شود. این نوع سرکابل‌ها تا ولتاژ ۳۶ کیلوولت تولید و ساختار آن‌ها به گونه‌ای است که گستره وسیعی از اندازه کابل‌های پلیمری مسی یا آلومینیومی را پوشش می‌دهد.

[1] Slip On
[2] Heat Shrink
[3] Expand

۳-۱۲-۲-۹- سرکابل‌های فشار متوسط connex از دو بخش کانکتور جداشونده و بوشینگ تشکیل شده است. بوشینگ بر روی تجهیزات الکتریکی مانند کلیدهای گازی، ترانسفورماتورها نصب شده و شامل سه قسمت مادگی، عایق و قاب است.

۳-۱۲-۲-۱۰- کانکتور به کابل متصل شده و در داخل بوشینگ قرار گرفته و در آن محکم می‌شود. این نوع سرکابل‌ها کاملاً عایق و ضد جرقه بوده و مقاومت بالایی در برابر اتصال کوتاه دارند.

۳-۱۲-۲-۱۱- سرکابل‌های فشار متوسط باید بر اساس استاندارد IEC 60502-4 مورد آزمون قرار گیرند.

۳-۱۲-۲-۱۲- ارایه اطلاعات ذیل برای هر سرکابل فشار متوسط، قبل از انتخاب، تهیه و نصب، ضروری است.

الف) کشور و شرکت سازنده، استاندارد ساخت، تاریخ تولید و انقضاء، شماره مرجع از کاتالوگ محصولات و فهرست لوازم و متعلقات

ب) مشخصات کابل مورد استفاده

پ) مشخصات الکتریکی و فنی سرکابل

ت) وزن کل، عمر مفید در شرایط استاندارد و مدت زمان مجاز نگهداری در انبار

ث) گواهینامه انطباق با استاندارد و نشان ملی استاندارد از سازمان ملی استاندارد ایران یا گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

ج) دستورالعمل نصب، تعمیر، بهره‌برداری و نگهداری در انبار

۳-۱۲-۳- مفصل‌ها

۳-۱۲-۳-۱- روی سطح خارجی مفصل باید حفاظی به منظور برابر نگه‌داشتن ولتاژ بدنه مفصل و زمین تعبیه شود. ورقه‌های پوششی، جداکننده و محافظت‌کننده نیز برای کارکرد مناسب مفصل در شرایط عادی و جهت آب‌بندی، جلوگیری از ورود رطوبت و مقاومت در برابر تنش‌های ولتاژ بایستی در مفصل پیش‌بینی شود.

۳-۱۲-۳-۲- مفصل‌ها را از نظر جنس بدنه و عایق می‌توان در انواع چدنی، رزینی، حرارتی، سرد، نواری و فشاری طبقه‌بندی کرد.

۳-۱۲-۳-۳- در مفصل چدنی، بدنه مفصل از چدن بوده و هادی‌های آن از جنس مس یا آلومینیوم یا هر دو است که توسط رزین ریختگی احاطه می‌شوند. اگر این مفصل برای اتصال کابل‌های عایق‌بندی شده با کاغذ اشباع شده به‌کار رود، به منظور جلوگیری از حرکت مواد روان درون کابل‌های کاغذی از نوارهای عایق مخصوص استفاده شده و هر هادی

توسط یک لوله حرارتی محافظت می‌شود. برای پرهیز از کم شدن مواد روان در انتهای کابل، مفصل باید در مکانی پایین‌تر از کابل قرار گیرد.

۳-۱۲-۳-۴- مفصل رزینی عمدتاً شامل یک بدنه پلاستیکی دو تکه و مقدار متناسبی از ماده رزین ریختگی یا رزین پلی‌یورتان با چسبندگی بالا، انعطاف‌پذیری مناسب، عایق حرارتی و مقاوم در برابر نفوذ آب و مواد شیمیایی است. در این نوع مفصل، لایه‌های هادی و عایق کابل در محل اتصال با نوارهای مخصوص پوشیده شده و بدین ترتیب یک اتصال حفاظ‌دار به وجود می‌آید که در داخل یک محفظه پلاستیکی پر شده از رزین قرار دارد. این‌گونه مفصل‌ها را می‌توان برای کابل‌های تک‌رشته و چندرشته پلیمری و روغنی مسی و آلومینیومی در زیر سطح زمین و روی زمین به کار برد.

۳-۱۲-۳-۵- مفصل حرارتی شامل اجزاء زیر است:

- دو راهه جهت اتصال کابل‌ها
- کنترل‌کننده میدان الکتریکی شامل نوار چسب و لوله حرارتی استرس کنترل.
- سیستم آب‌بندی کننده شامل لوله حرارتی برای عایق کردن کابل و حفاظت آن در برابر رطوبت و عوامل جوی.
- سیستم اتصال زمین کابل شامل آرمور، شیلد کابل و دوراهه مربوط

مفصل را می‌توان برای اتصال انواع کابل‌ها با ولتاژهای نامی مختلف و در زیر سطح زمین، در آب یا در هوا مورد بهره‌برداری قرار داد.

۳-۱۲-۳-۶- بدنه مفصل سرد از موادی ساخته شده که در برابر رطوبت و اشعه خورشید مقاومت بسیار خوبی داشته و شامل لایه استرس کنترل داخلی، لایه عایق و لایه هادی خارجی است. در فناوری cold shrink به دلیل استفاده از قطعات سیلیکونی گسترش یافته[1]، یک مفصل برای محدوده وسیعی از اندازه‌های کابل قابل استفاده است. این نوع مفصل‌ها در برابر حلال، مواد شیمیایی مقاوم بوده و به ابزار خاصی جهت نصب نیاز ندارند.

۳-۱۲-۳-۷- در هنگام طراحی و انتخاب مفصل‌های فشار متوسط باید نکات و اصول زیر دقیقاً مدنظر قرار گیرد.

الف) کنترل تنش الکتریکی

ب) عایق‌بندی مجدد کافی

پ) آب‌بندی در مقابل رطوبت

ت) حفاظت مکانیکی

ث) پیوستگی کامل و صحیح پوشش‌های فلزی (مانند: غلاف، زره و شیلد)

[1] Expanded

ج) تطابق مواد، وسایل و ملحقات مفصل و کابل‌ها

چ) اطمینان از وجود فاصله و فضای صحیح بین هادی‌ها و بین هر هادی و اجزاء زمین‌شده

۳-۱۲-۳-۸- مفصل‌های فشار متوسط باید دارای قابلیت تحمل تنش‌های مکانیکی، الکتریکی و حرارتی حاصل ازکار عادی، اضافه‌بار اضطراری و اتصال کوتاه باشند.

۳-۱۲-۳-۹- ارایه اطلاعات زیر برای هر مفصل فشار متوسط ضروری است:

الف) نام کشور و شرکت تولیدکننده، تاریخ تولید، تاریخ انقضاء، شماره مرجع در کاتالوگ محصولات، فهرست لوازم و متعلقات

ب) مشخصات کابل مورد استفاده و مناسب

پ) مشخصات فنی و الکتریکی مفصل

ت) مشخصات فنی عایق مفصل

ث) وزن کل، عمر مفید در شرایط استاندارد، مدت زمان مجاز نگهداری در انبار

ج) گواهینامه انطباق با استاندارد و نشان ملی استاندارد از سازمان ملی استاندارد ایران یا گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

چ) دستورالعمل نصب، تعمیر، بهره‌برداری و نگهداری در انبار

فصل ۴

کلید و پریز

۴-۱- دامنه پوشش

در این فصل مشخصات فنی عمومی و اجرایی کلیدها و پریزهای برق با در نظر گرفتن الزامات ویژه و نکات ایمنی در طراحی، اجرا، بهره‌برداری و انتخاب محصولات مناسب برای تمام ساختمان‌ها با کاربری‌های مختلف مطابق با شرایط زیر معرفی شده است:

- کلیدها با کاراندازی دستی جهت مصارف عمومی برای جریان متناوب با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۴۰ ولت با جریان اسمی تا و خود ۶۳ آمپر برای تاسیسات الکتریکی نصب ثابت خانگی و مشابه که در داخل یا خارج ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای کلیدهایی که ترمینال آن‌ها بدون پیچ است این جریان محدود به ۱۶ آمپر است.
- کلیدهای الکترونیکی با ولتاژ اسمی تا و خود ۲۵۰ ولت و جریان اسمی تا و خود ۱۶ آمپر برای تاسیسات الکتریکی نصب ثابت خانگی و مشابه که به طور عمدی توسط یک شخص از طریق وسیله کارانداز، یک سطح حس‌کننده یا یک واحد حس‌کننده با لمس کردن، مجاورت، چرخش، نور، صدا، حرارت یا هر تاثیر دیگر عمل می‌کند.
- دوشاخه‌ها و پریزهای ثابت یا سیار با اتصال به زمین یا بدون اتصال به زمین که منحصراً برای جریان متناوب با ولتاژ اسمی حداقل ۵۰ ولت و حداکثر ۴۴۰ ولت و جریان اسمی حداکثر ۳۲ آمپر برای مصارف خانگی و مشابه جهت نصب در داخل یا خارج ساختمان به کار می‌رود. جریان اسمی برای پریزهای ثابت مجهز به ترمینال‌های بدون پیچ به ۱۶ آمپر محدود می‌شود.
- پریزهای کلیددار با قفل ایمنی و فقط برای جریان متناوب جهت کاربرد در تاسیسات الکتریکی ثابت، با یا بدون اتصال زمین که با ولتاژ اسمی بیش‌تر از ۵۰ ولت تا و خود ۴۴۰ ولت و جریان اسمی حداکثر ۳۲ آمپر جهت مصارف خانگی و مشابه برای محیط داخلی یا خارجی ساختمان کاربرد دارد.
- پریزهای کلیددار بدون قفل ایمنی (اینترلاک[1]) برای جریان متناوب با یا بدون اتصال زمین که ولتاژ اسمی آن از ۴۴۰ ولت و جریان اسمی آن از ۳۲ آمپر بیش‌تر نیست و برای تاسیسات الکتریکی نصب ثابت خانگی و مشابه در فضای باز یا بسته در نظر گرفته شده است.
- ترانسفورماتورهای ریش‌تراش، واحدهای منبع تغذیه مجهز به ترانسفورماتور ریش‌تراش و واحدهای منبع تغذیه ریش‌تراش و ترانسفورماتور ریش‌تراش مجهز به مدارهای الکترونیکی.
- چندشاخه و پریزهای صنعتی که ولتاژ کار اسمی آن از ۶۹۰ ولت مستقیم یا متناوب با فرکانس ۵۰۰ هرتز و جریان اسمی آن از ۲۵۰ آمپر بیش‌تر نباشد و برای نصب در فضای بسته یا باز در نظر گرفته شده باشد.

[1] Interlock

۴-۲- تعاریف و اصطلاحات

۴-۲-۱- تعاریف عمومی

۴-۲-۱-۱- ولتاژ اسمی

rated voltage

ولتاژی است که توسط سازنده برای شرایط عملکرد ویژه کلید یا پریز تعیین می‌شود.

۴-۲-۱-۲- ولتاژ عایقی

insulation voltage

ولتاژی است که توسط سازنده برای وسیله تعیین شده و بر اساس آن آزمون‌های دی‌الکتریکی، فواصل خزشی و فواصل هوایی تعیین می‌شود.

۴-۲-۱-۳- جریان اسمی

rated current

جریانی است که توسط سازنده برای یک شرایط عملکرد ویژه کلید یا پریز تعیین می‌شود.

۴-۲-۱-۴- قوطی نصب

mounting box

قوطی است که در داخل یا روی دیوار، کف یا سقف و مانند آن به منظور نصب کلید یا پریزهای ثابت به کار می‌رود.

۴-۲-۱-۵- ترمینال

terminal

قسمت رسانای یک‌پل (قطب)، متشکل از یک یا چند جزء (واحد) نگه‌دارنده که در صورت لزوم عایق‌بندی شده است.

۴-۲-۱-۶- ترمینال پیچی

screw-type terminal

ترمینال با نگهدارنده پیچی است که درآن هادی زیر گل پیچ محکم می‌شود. فشار نگهدارنده ممکن است بطور مستقیم توسط گل پیچ یا از طریق قسمت واسطی مانند واشر، صفحه نگهدارنده یا وسیله‌ای که مانع لغزش و بیرون زدن هادی می‌شود، اعمال شود.

۴-۲-۱-۷- ترمینال ستونی

pillar terminal

یکی از انواع ترمینال با نگه‌دارنده پیچی است که هادی در یک سوراخ یا حفره آن قرار داده شده و در زیر انتهای یک یا چند پیچ محکم می‌شود. فشار نگهدارنده ممکن است به‌طور مستقیم توسط انتهای پیچ یا از طریق یک قسمت واسط نگه‌دارنده که فشار انتهای پیچ به آن اعمال می‌شود، صورت گیرد.

۴-۲-۱-۸- ترمینال کابلشویی

lug terminal

ترمینالی است که برای محکم نگه‌داشتن یک کابلشو یا شینه توسط یک پیچ یا مهره طراحی شده است.

۴-۲-۱-۹- ترمینال بدون پیچ

screwless-type terminal

ترمینالی است برای اتصال و جداسازی یک هادی قابل انعطاف یا غیرقابل انعطاف و در آن اتصال به طور مستقیم یا غیر مستقیم توسط فنر، اجزاء قلاب شده، محکم کننده لنگ‌زن یا مخروطی و غیره، بدون آماده‌سازی ویژه هادی مربوط (به جز جدا کردن عایق آن) انجام می‌گیرد.

۴-۲-۱-۱۰- نوار درزبند

gasket

ماده موجود مابین سطوح جفت شونده یک محفظه است که در حالت فشرده یک مفصل را شکل می‌دهد تا از ورود گرد و غبار یا مایعات به داخل محفظه جلوگیری کند.

۴-۲-۲- کلیدها

۴-۲-۲-۱- کلید

switch

وسیله‌ای است که برای وصل یا قطع جریان در یک یا چند مدار الکتریکی طراحی شده است.

۴-۲-۲-۲- کلید الکترونیک

electronic switch

یک واژه عمومی است که وسایل قطع و وصل و فرمان الکترونیکی را دربرمی‌گیرد.

۴-۲-۲-۳- کلید دیمر

dimmer switch

کلیدی تک‌پل است که به‌وسیله رئوستا یا به کارگیری نیمه‌هادی‌ها امکان افزایش و یا کاهش جریان عبوری را فراهم می‌کند. این نوع کلید برای کنترل شدت روشنایی چراغ‌ها استفاده می‌شود.

۴-۲-۲-۴- کلید حسگر تصرف

occupancy sensor

این نوع کلید الکترونیکی شامل انواع حسگرهای حرکت[1] و حسگرهای حضور[2] است که برای تشخیص حضور افراد در یک محیط به منظور کنترل روشنایی، سیستم تهویه و مانند آن استفاده می‌شود.

۴-۲-۲-۵- مدت زمان تاخیر (برای کلید حسگر تصرف)

delay time (of occupancy sensor)

عبارت است از فاصله بین آخرین حرکت ردیابی شده توسط حسگر (که منجر به روشن شدن چراغ‌ها شده) و خاموش نمودن چراغ‌ها.

۴-۲-۲-۶- کلید لمسی

touch switch

نوعی کلید الکترونیکی است که با لمس کردن آن جریان قطع یا وصل می‌شود. این نوع کلیدها در انواع مختلف (خازنی، مقاومتی، پیزوالکتریکی[3]) و برای کاربردهای متفاوت طراحی و ساخته می‌شود. صفحه لمسی می‌تواند شامل چند ردیف کلید لمسی باشد.

۴-۲-۲-۷- کلید کنترل از راه دور الکترومغناطیسی

electromagnetic remote-control switch (RCS)

کلیدی که برای عمل کردن از یک فاصله مشخص در نظر گرفته شده است و مجهز به یک سیم پیچ است که با تحریک ضربه‌ای یا احتمالاً توسط یک مدار کنترل که بطور دایم برق‌دار است، عمل می‌کند.

۴-۲-۲-۸- کلید تاخیر زمانی

time delay switch (TDS)

کلیدی مجهز به یک وسیله تاخیر زمانی‌که برای زمان معینی (زمان تاخیر) عمل می‌کند. این کلید می‌تواند به طور دستی به کار انداخته شود و/یا از راه دور به طور الکترونیکی راه‌اندازی شود.

---
[1] Movement Sensor
[2] Presence Sensor
[3] Piezoelectric

۴-۲-۲-۹- مدت زمان تاخیر (برای کلید تاخیر زمانی)

delay time (of TDS)

دوره‌ی زمانی‌که در آن مدارهای قطع و وصل به حالت بسته باقی می‌ماند. هر مدت زمانی‌که برای کاهش ولتاژ (به طور مثال برای کاهش نور) در انتهای دوره تاخیر صرف می‌شود، در مدت زمان تاخیر لحاظ شده است.

۴-۲-۲-۱۰- کلید گردان

rotary switch

این نوع کلید مکانیکی در اثر چرخش مکانیزم از طریق یک دسته، عمل قطع و وصل کنتاکت‌ها را انجام می‌دهد. این کلیدها عموماً بر روی درِ تابلوهای فشار ضعیف و برای کنترل مدارهای روشنایی و مدار راه‌انداز موتورهای کوچک استفاده می‌شود.

۴-۲-۲-۱۱- کلید فشاری

push-button switch

کلیدی است مجهز به یک کارانداز که با دریافت نیروی خارجی دستی که معمولا توسط انگشت یا کف دست اعمال می‌شود، به کار انداخته می‌شود و دارای انرژی ذخیره شده برگشتی است.

۴-۲-۲-۱۲- کلید اتصال لحظه‌ای

momentary contact switch

کلیدی است که به طور خودکار پس از عملکرد، به حالت اولیه خود بر می‌گردد.

۴-۲-۲-۱۳- کلید بنددار (کششی)

cord-operated switch

کلیدی است که وسیله به کار انداختن آن یک بند (ریسمان) کششی است که برای ایجاد تغییر در حالت کنتاکت‌های آن باید کشیده شود.

۴-۲-۲-۱۴- کلید توکار

flush-type switch

کلیدی است که قوطی آن هم‌تراز با سطح نصب می‌شود.

۴-۲-۲-۱۵- کلید روکار

surface-type switch

کلیدی است که قوطی آن روی یک سطح نصب می‌شود.

۴-۲-۲-۱۶- چراغ نشانگر[1]

pilot light

وسیله‌ای مجهز به یک منبع نوری که یا با کلید یک‌پارچه بوده و یا طوری طراحی شده است که همراه با کلید نصب می‌شود و به طور مثال برای نشان دادن حالت کلید یا برای مشخص کردن وضعیت کلید به کار می‌رود.

۴-۲-۳- پریزها

۴-۲-۳-۱- پریز

socket-outlet

لوازمی که برای استفاده متوالی توسط اشخاص عادی در نظر گرفته شده‌اند و کنتاکت‌هایی برای درگیر شدن با شاخک‌های دوشاخه و ترمینال‌ها و/یا پایانه‌هایی برای اتصال کابل یا بند دارند.

۴-۲-۳-۲- دوشاخه

plug

لوازمی که برای استفاده مکرر توسط اشخاص عادی در نظر گرفته شده‌اند و شاخک‌هایی برای درگیر شدن با کنتاکت‌های پریز دارند و همچنین مجهز به قسمت‌هایی برای برقراری اتصال الکتریکی و نگهداری مکانیکی از یک کابل قابل انعطاف است.

۴-۲-۳-۳- چندشاخه

plug

قسمتی که با یک کابل قابل انعطاف متصل شده به دستگاه یا اتصال دهنده سیار، یکپارچه شده یا برای بسته شدن به چنین کابلی در نظر گرفته شده است.

۴-۲-۳-۴- پریز ثابت

fixed socket-outlet

پریزی است که برای اتصال به سیم‌کشی ثابت در نظر گرفته شده است.

۴-۲-۳-۵- پریز سیار

portable socket-outlet

پریزی که برای اتصال یا یک‌پارچه شدن با کابل‌های قابل انعطاف در نظر گرفته شده و زمانی‌که به منبع تغذیه متصل است می‌توان آن را به آسانی از یک مکان به مکان دیگر جابجا کرد.

[1] Pilot Light

۴-۲-۳-۶- پریز چندتایی

multiple socket-outlet

مجموعه‌ای متشکل از دو یا چند پریز.

۴-۲-۳-۷- پریز کلید دار

switched socket-outlet

پریزی که برای قطع شدن کنتاکت‌های پریز از منبع تغذیه، مجهز به یک وسیله قطع و وصل است.

۴-۲-۳-۸- درپوش

lid

وسیله‌ای برای اطمینان از درجه حفاظت یک پریز یا اتصال دهنده.

۴-۲-۳-۹- مسدود کننده (پرده محافظ)

shutter

قطعه‌ای متحرک داخل پریز که حداقل کنتاکت‌های برق‌دار[۱] پریز را هنگام بیرون کشیدن دوشاخه به‌صورت خودکار می‌پوشاند.

۴-۲-۳-۱۰- واحد تغذیه ریش‌تراش

shaver supply unit

مجموعه‌ای که یک ترانسفورماتور ریش‌تراش یا یک واحد منبع تغذیه مجهز به ترانسفورماتور ریش‌تراش و یک یا چند پریز را دربرگرفته و در هر زمان فقط استفاده از یک دوشاخه را میسر می‌سازد.

۴-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی هستند که در متن این فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

در این بخش استانداردهای ساخت، بهره‌برداری و آزمون کلیدها، پریزهای برق و لوازم مرتبط با آن‌ها معرفی شده است.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۴۶۲، کلیدها برای تاسیسات الکتریکی نصب ثابت خانگی و مشابه– قسمت۱: الزامات عمومی.

---

[۱] به بخش تعاریف و اصطلاحات فصل دوازدهم مراجعه شود.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲-۴۶۲، کلیدها برای تاسیسات الکتریکی نصب ثابت خانگی و مشابه– قسمت ۱-۲: الزامات ویژه کلیدهای الکترونیکی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۲-۴۶۲، کلیدها برای تاسیسات الکتریکی نصب ثابت خانگی و مشابه– قسمت ۲-۲: الزامات ویژه کلیدهای الکترومغناطیسی کنترل از راه دور.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲-۴۶۲، کلیدها برای تاسیسات الکتریکی نصب ثابت خانگی و مشابه– قسمت ۳-۲: الزامات ویژه کلیدهای با تاخیر زمانی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴-۲-۴۶۲، کلیدها برای تاسیسات الکتریکی نصب ثابت خانگی و مشابه– قسمت ۴-۲: الزامات ویژه کلیدهای جداساز.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵-۲-۴۶۲، کلیدها برای تاسیسات الکتریکی نصب ثابت خانگی و مشابه– قسمت ۵-۲: الزامات ویژه کلیدها و لوازم مرتبط برای استفاده در سیستم‌های الکترونیکی خانه و ساختمان.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۷-۵۰۳۹، کنترل کننده‌های الکتریکی خودکار برای مصارف خانگی و موارد مشابه– قسمت ۷: تایمرها و کلیدهای زمانی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۴۷۵، واسطهای کنترل روشنایی برای کم‌سوکنندگی– واسط کم‌سوکنندگی ولتاژ برای لوازم کنترل منبع جریان الکترونیکی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۸۶۲۰، جعبه‌ها و محفظه‌های ملحقات برقی برای مصارف خانگی و تاسیسات الکتریکی ثابت مشابه-قسمت ۱: الزامات کلی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۶۳۵، پریزها و دوشاخه‌ها برای مصارف خانگی و مشابه– قسمت ۱: الزامات عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲-۶۳۵، پریزها و دوشاخه‌ها برای مصارف خانگی و مشابه– قسمت ۱-۲: مقررات ویژه دوشاخه‌های فیوزدار.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۲-۶۳۵، پریزها و دوشاخه‌ها برای مصارف خانگی و مشابه– قسمت ۲-۲: الزامات ویژه پریزها برای وسایل برقی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲-۶۳۵، پریزها و دوشاخه‌ها برای مصارف خانگی و مشابه– قسمت ۳-۲: الزامات ویژه برای پریزهای کلیددار بدون اینترلاک برای نصب ثابت.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۴-۲-۶۳۵، پریزها و دوشاخه‌ها برای مصارف خانگی و مشابه– قسمت ۴-۲: الزامات ویژه دوشاخه‌ها و پریزها برای ولتاژ خیلی ضعیف ایمن[1].
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵-۲-۶۳۵، پریزها و دوشاخه‌ها برای مصارف خانگی و مشابه– قسمت ۵-۲: الزامات ویژه تبدیل کننده‌ها[2].
- استاندارد ملی ایران به شماره ۶-۲-۶۳۵، پریزها و دوشاخه‌ها برای مصارف خانگی و مشابه– قسمت ۶-۲: الزامات ویژه پریزهای کلیددار با قفل ایمنی برای تاسیسات الکتریکی ثابت.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۷-۲-۶۳۵، پریزها و دوشاخه‌ها برای مصارف خانگی و مشابه– قسمت ۷-۲: الزامات ویژه مجموعه بند رابط برای توسعه.
- استاندارد ملی ایران به شماره۵-۲-۶۹۲۰، ایمنی ترانسفورماتورها، راکتورها و واحدهای منابع تغذیه و تجهیزات مشابه– قسمت ۵-۲: ترانسفورماتور ریش‌تراش‌ها، واحدهای منبع تغذیه ریش‌تراش‌ها و واحدهای تغذیه ریش‌تراش– الزامات ویژه و آزمون‌ها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۷۲۱۲، چندشاخه‌ها، پریزها و اتصال دهنده‌ها برای مصارف صنعتی– قسمت ۱: مقررات عمومی.
- IEC 60669-1, Switches for household and similar fixed-electrical installations - Part 1: General requirements.
- IEC 60669-2-1, Switches for household and similar fixed electrical installations - Part 2-1: Particular requirements - Electronic control devices.
- IEC 60669-2-3, Switches for household and similar fixed electrical installations - Part 2-3: Particular requirements - Time-delay switches (TDS).
- IEC 60669-2-4, Switches for household and similar fixed electrical installations - Part 2-4: Particular requirements - Isolating switches.
- IEC 60669-2-5, Switches for household and similar fixed electrical installations - Part 2-5: Particular requirements - Switches and related accessories for use in home and building electronic systems (HBES).
- IEC 60669-2-6, Switches for household and similar fixed electrical installations - Part 2-6: Particular requirements - Fireman's switches for exterior and interior signs and luminaires.
- IEC 60730-2-7, Automatic electrical controls - Part 2-7: Particular requirements for timers and time switches.
- IEC 63128, Lighting control interface for dimming - Analogue voltage dimming interface for electronic current sourcing controlgear.
- IEC 60670-1, Boxes and enclosures for electrical accessories for household and similar fixed electrical installations - Part 1, General requirements.
- IEC 60884-1, Plugs and socket-outlets for household and similar purposes - Part1: General requirements.

[1] SELV: Safety Extra Low Voltage
[2] Adaptors

- IEC 60884-2-1, Plugs and socket-outlets for household and similar purposes - Part 2-1: Particular requirements for fused plugs.
- IEC 60884-2-2, Plugs and socket-outlets for household and similar purposes - Part 2-2: Particular requirements for socket-outlets for appliances.
- IEC 60884-2-3, Plugs and socket-outlets for household and similar purposes - Part 2-3: Particular requirements for switched socket-outlets without interlock for fixed installations.
- IEC 60884-2-4, Plugs and socket-outlets for household and similar purposes - Part 2-4: Particular requirements for plugs and socket-outlets for SELV.
- IEC 60884-2-5, Plugs and socket-outlets for household and similar purposes - Part 2-5: Particular requirements for adaptors.
- IEC 60884-2-6, Plugs and socket-outlets for household and similar purposes - Part 2-6: Particular requirements for switched socket-outlets with interlock for fixed electrical installations.
- IEC 60884-2-7, Plugs and socket-outlets for household and similar purposes - Part 2-7: Particular requirements for cord extension sets.
- IEC 61558-2-5, Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof - Part 2-5: Particular requirements and test for transformer for shavers, power supply units for shavers and shaver supply units.
- IEC 60309-1, Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes - Part 1: General requirements.

یادآوری- مشخصات فنی و الزامات عمومی سایر انواع کلیدها و پریزها، پین‌ها و کنتاکت‌های مورد استفاده در چندشاخه‌ها، پریزها و غیره مطابق با استانداردهای ملی ایران و یا استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) و مشابه آن است.

۴-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

تمام کلید و پریزهای مورد استفاده در ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (در صورت وجود) ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

۴-۴- کلیدهای برق

کلیدهایی که در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرند برای کنترل بارهای الکتریکی با شرایط زیر است:

- مدار مربوط به بار لامپ رشته‌ای تنگستن.
- مدار مربوط به بار لامپ با بالاست خارجی (مانند لامپ LED و انواع لامپ فلورسنت).
- مدار مربوط به بار لامپ با بالاست سرخود.
- مدار مربوط به بار مقاومتی (اهمی) با ضریب قدرت حداقل ۰٫۹۵.

• مدار تک‌فاز برای بار موتوری با جریان اسمی تا حداکثر ۳ آمپر و ضریب قدرت حداقل ۰٫۶.

همچنین مطالب بیان شده در این فصل شامل کلیدهای با عملکرد زیر است:

• کلیدهای مجهز به چراغ نشان‌گر.
• کلیدهای الکترومغناطیسی کنترل از راه دور.
• کلیدهای مجهز به‌وسیله تاخیر زمانی.
• ترکیب‌های کلید و سایر کارکردها (به جز کلیدهای ترکیبی فیوزدار).
• کلیدهای الکترونیکی.
• کلیدهای دارای تجهیزات برای نگه‌داشتن و خروج کابل‌های قابل انعطاف.
• کلیدهای جداساز.
• کلیدها و لوازم مربوط برای استفاده در سامانه‌های الکترونیکی ساختمان و خانه.

یادآوری- کلیدهای مطابق با الزامات این فصل فقط برای تعبیه در تجهیزات و در مکان‌هایی مناسب است که حداکثر دمای محیط آن‌ها به ندرت از ۳۵ درجه سلسیوس بیش‌تر می‌شود.

۴-۴-۱- طبقه بندی

در این بخش طبقه بندی انواع کلیدهای برق بر اساس ساختار آن معرفی شده است.

۴-۴-۱-۱- منبع نیرو

کلیدهای برق بر حسب نوع منبع نیرو به کلیدهای مورد مصرف در برق متناوب (a.c.)، برق مستقیم (d.c.) و هر دو نوع متناوب و مستقیم تقسیم می‌شود.

۴-۴-۱-۲- نوع اتصال

کلیدهای برق بر حسب نوع اتصال به انواع زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

• کلیدهای تک‌پل
• کلیدهای دوپل
• کلیدهای سه‌پل
• کلیدهای سه‌پل با پل جداکننده خنثی
• کلیدهای تبدیل (دوراهه)
• کلیدهای دو مداره با یک ورودی مشترک
• کلیدهای تبدیل (دوراهه) با یک حالت خاموش
• کلیدهای تبدیل دوپل (دوراهه دوپل)

• کلیدهای صلیبی یا کلید میان‌راهی (معکوس کننده دوراهه دوپل)

۴-۴-۱-۳- نوع عملگر

کلیدهای برق بر اساس روش کاراندازی به انواع زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

• گردان
• غلتکی[1]
• الاکلنگی[2]
• دکمه فشاری
• بنددار

۴-۴-۱-۴- فاصله کنتاکت‌ها

کلیدهای برق بر اساس فاصله کنتاکت‌ها در حالت قطع به انواع زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

• کلیدهای دارای ساختمان با فاصله معمولی بین کنتاکت‌ها در حالت قطع
• کلیدهای دارای ساختمان با فاصله کم بین کنتاکت‌ها در حالت قطع
• کلیدهای دارای ساختمان با فاصله خیلی کم بین کنتاکت‌ها در حالت قطع
• کلیدهای دارای ساختمان بدون فاصله بین کنتاکت‌ها در حالت قطع (وسایل قطع و وصل نیمه‌هادی)

۴-۴-۱-۵- درجه حفاظتی

کلیدهای برق بر حسب درجه حفاظت در برابر دسترسی به قسمت‌های خطرناک و در برابر اثرات زیان‌آور ناشی از نفوذ اجسام خارجی و آب مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۶۸ تقسیم‌بندی می‌شود و می‌تواند شامل انواع زیر باشد:

• کلیدهای بدون حفاظت معمولی
• کلیدهای محافظت شده در برابر چکیدن قطرات آب
• کلیدهای محافظت شده در برابر پاشیده شدن آب
• کلیدهای غیرقابل نفوذ در برابر آب
• کلیدهای حفاظت شده در برابر دسترسی انگشتان دست به قسمت‌های خطرناک و اثرات زیان‌آور ورود اجزای اجسام جامد خارجی با قطر ۱۲٫۵ میلی‌متر و بیش‌تر به درون آن (IP2X)
• کلیدهای حفاظت شده در برابر دسترسی با سیم به قسمت‌های خطرناک و اثرات زیان‌آور ورود اجزای اجسام جامد خارجی به قطر ۱ میلی‌متر و بیش‌تر به درون آن (IP4X)

[1] Tumbler
[2] Rocker

- کلیدهای حفاظت شده در برابر دسترسی با سیم به قسمت‌های خطرناک و همچنین حفاظت شده در برابر گرد و غبار (IP5X)

۴-۴-۱-۶- روش نصب

کلیدهای برق بر حسب روش نصب به انواع زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

- توکار
- روکار
- نیمه توکار
- تابلویی
- تزیینی

همچنین کلیدهای برق بر حسب روش نصب ناشی از طراحی کلید به انواع زیر تقسیم بندی می‌شود:

- کلیدهایی که پوشش یا صفحه آن‌ها می‌تواند بدون جابجایی هادی‌ها برداشته شود. (نوع A)
- کلیدهایی که پوشش یا صفحه پوشش آن‌ها نمی‌تواند بدون جابجایی هادی‌ها برداشته شود. (نوع B)

۴-۴-۱-۷- نوع ترمینال

کلیدهای برق متناسب با نوع ترمینال به‌صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

- کلید با ترمینال‌های پیچی
- کلید با ترمینال‌های بدون پیچ

همچنین بر حسب مناسب بودن برای پذیرش هادی‌ها به دو نوع زیر تقسیم می‌شود:

- کلید با ترمینال‌هایی فقط برای هادی‌های غیرقابل انعطاف
- کلید با ترمینال‌هایی برای هادی‌های غیرقابل انعطاف و قابل انعطاف

۴-۴-۲- موارد کاربرد

در این بخش متداول‌ترین موارد کاربرد انواع کلیدهای برق معرفی شده است.

۴-۴-۲-۱- کلید تک‌پل، یک‌راه و یک خانه

این نوع کلید برای قطع و وصل سیم فاز در چراغ‌های روشنایی و مصارف مشابه به کار می‌رود.

۴-۴-۲-۲- کلید تک‌پل، یک‌راه و دو خانه

این نوع کلید برای قطع و وصل دو مدار به کار می‌رود.

۴-۴-۲-۳- کلید دوپل

این نوع کلید برای قطع و وصل هم‌زمان دوفاز یا یک‌فاز و یک‌خنثی استفاده می‌شود.

۴-۴-۲-۴- کلید سه‌پل

این نوع کلید برای قطع و وصل هم‌زمان سه‌فاز از یک نقطه به کار می‌رود. این کلیدها برای قطع و وصل موتورهای الکتریکی سه‌فاز نیز کاربرد دارد.

۴-۴-۲-۵- کلید تبدیل (دوراهه)

این نوع کلید در واقع مدار را تبدیل یا عوض می‌کند و برای قطع و وصل چراغ از دو نقطه مختلف به کار می‌رود. این کلیدها برای تغییر منبع تغذیه یک مدار نیز قابل استفاده است.

۴-۴-۲-۶- کلید تبدیل دوپل

این نوع کلید دو مدار را تبدیل یا عوض می‌کند و برای قطع و وصل دوفاز یا فاز و خنثی و یا برق ایزوله از دو نقطه مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴-۴-۲-۷- کلید صلیبی

کلید صلیبی به همراه دو کلید تبدیل برای کنترل مدار چراغ‌ها از سه نقطه و یا بیش‌تر به کار برده می‌شود و نحوه قطع و وصل به‌صورت تغییر مدار (ضربدری یا موازی) است.

۴-۴-۲-۸- کلید بنددار

از آنجا که قطع و وصل این نوع کلید توسط یک ریسمان بلند امکان پذیر است، برای استفاده در محیط‌هایی که می‌بایست دسترسی به قسمت‌های برق‌دار کلید محدود باشد مناسب خواهد بود. از این نوع کلید برای قطع و وصل مدار روشنایی یا هواکش داخل حمام یا محیط‌های مشابه و با رعایت قوانین و مقررات مربوطه می‌توان استفاده نمود. مقدار نیروی لازم برای تغییر حالت کلید از وصل به قطع و برعکس نباید بیش از ۴۵ نیوتن در حالت کشش عمودی و ۶۵ نیوتن در حالت کشش با زاویه حدود ۴۵ درجه باشد.

۴-۴-۲-۹- کلیدهای ضد انفجار

این نوع کلیدها در محیط‌های مستعد خطر انفجار یا اشتعال مورد استفاده قرار می‌گیرد. کلیدهای ضد انفجار مجهز به محفظه‌ای است که در برابر انفجار گاز یا بخار مشخص در درون آن مقاوم بوده و از سرایت جرقه، برق یا انفجار گازهای درون محفظه به محیط خارج جلوگیری می‌کند. میزان دمای خارجی محفظه نیز به گونه‌ای است که موجب اشتعال و انفجار گازهای موجود در اطراف آن نمی‌شود. کلید ضد اشتعال غبار مجهز به پوششی است که مانع ورود گرد و غبار قابل

اشتعال به درون محفظه می‌شود و در صورتی‌که مطابق مقررات مربوطه مورد استفاده قرار گیرد قوس الکتریکی، جرقه یا حرارت تولید یا آزاد شده در داخل پوشش موجب اشتعال رسوبات خارجی روی محفظه یا غبارهای معلق در هوای اطراف آن نمی‌شود.

۴-۴-۳- انتخاب نوع، ظرفیت بار و روش سیم‌کشی کلیدها

در این بخش مشخصات فنی و الزامات عمومی برای انتخاب کلید و روش سیم‌کشی آن معرفی شده است.

۴-۴-۳-۱- نوع کلید

کلیدهای روشنایی باید براساس موارد استفاده، نوع منبع نیرو، شرایط محل نصب، ولتاژ کاری و محاسبه مقدار جریانی که از آن عبور می‌کند از انواع توکار یا روکار، یک‌پل (یک‌خانه یا دوخانه)، دوپل، سه‌پل، تبدیل، صلیبی، و در صورت لزوم از انواع حفاظت‌شده در برابر اثر زیان‌آور رطوبت و ورود آب به داخل آن، یا حفاظت‌شده در برابر جرقه و انفجار انتخاب شود. این نوع کلیدها در سیستم برق تک‌فاز ۲۳۰ ولت، باید حداقل ۲۵۰ ولت و ۱۰ آمپر باشد.

۴-۴-۳-۲- کلاس بهره برداری و ظرفیت بار

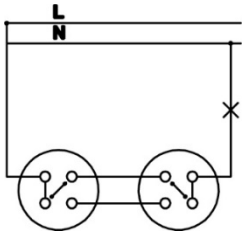
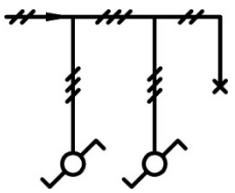
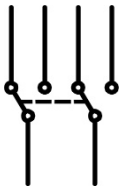
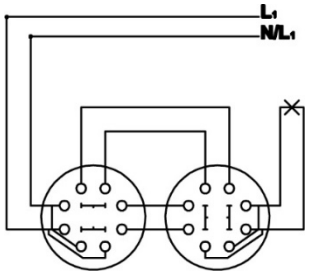
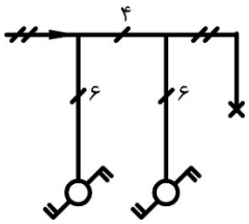
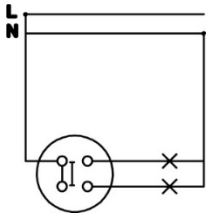
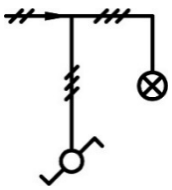
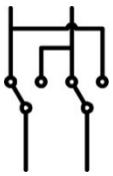
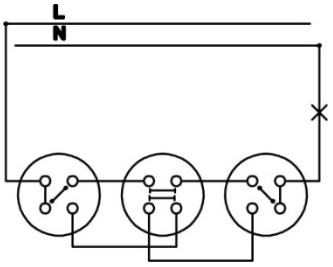
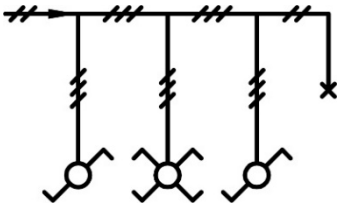
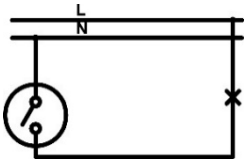
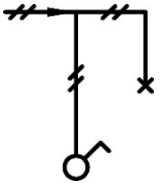
جریان اسمی کلیدها باید با توجه به کلاس بهره‌برداری آن مطابق با استاندارد مربوطه و نوع باری که قطع و وصل می‌شود، برابر یا بزرگتر از مقادیر زیر باشد مگر در مواردی‌که در استاندارد ساخت کلید به گونه دیگری مشخص شده باشد:

- برای بارهای مقاومتی با ضریب قدرت واحد کلید با کلاس بهره‌برداری AC-20 مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۴۸۳۵ و معادل جریان نامی بار
- برای بارهای موتوری کلید با کلاس بهره‌برداری AC-23 مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۴۸۳۵ و معادل جریان نامی موتور
- برای قطع و وصل بارهای موتوری در صورتی‌که کلید با کاربری عمومی در مصارف با جریان متناوب طراحی و ساخته شده باشد جریان نامی کلید باید ۱٫۱۵ برابر جریان نامی موتور باشد.
- برای قطع و وصل بارهای خازنی در صورتی‌که کلید با کاربری عمومی در مصارف با جریان متناوب طراحی و ساخته شده باشد جریان نامی کلید باید ۱٫۳۵ برابر جریان نامی خازن باشد.

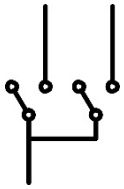
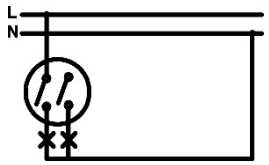
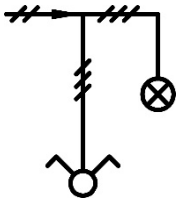
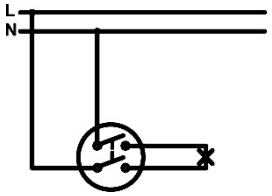
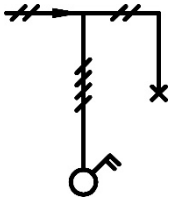
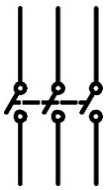
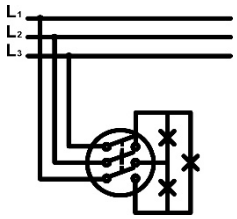
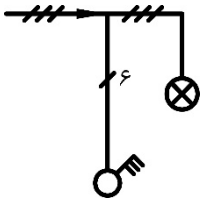
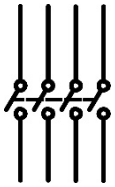
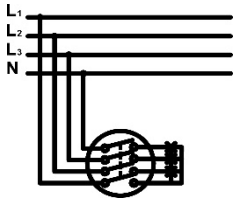
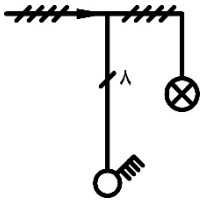
۴-۴-۳-۳- نوع اتصال و دیاگرام تک خطی

متداول‌ترین انواع کلیدهای برق مورد استفاده در تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها شامل اتصالات ممکن، روش اتصال الکتریکی و دیاگرام تک خطی در جدول (۴-۱) معرفی شده است.

جدول۴-۱- متداول‌ترین انواع کلیدهای برق مورد مصرف در تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها،
شامل اتصالات ممکن، روش اتصال الکتریکی و دیاگرام تک خطی

نوع کلید	اتصالات ممکن	روش اتصال الکتریکی	دیاگرام تک خطی
دوراه یا تبدیل			
تبدیل دوپل			
تبدیل با حالت خاموش			
صلیبی			
یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه			

جدول۴-۱- متداول‌ترین انواع کلیدهای برق مورد مصرف در تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها،
شامل اتصالات ممکن، روش اتصال الکتریکی و دیاگرام تک خطی (ادامه)

نوع کلید	اتصالات ممکن	روش اتصال الکتریکی	دیاگرام تک خطی
یک‌پل دومداره			
دوپل قطع فاز و خنثی			
سه‌پل			
سه‌پل سه‌فاز و خنثی			

۴-۴-۴- نشانه گذاری کلیدها

کلیدها می‌بایست دارای نشانه‌گذاری‌های زیر باشد:

- جریان اسمی بر حسب آمپر.
- ولتاژ اسمی بر حسب ولت.
- نماد مربوط به ماهیت تغذیه.
- نام سازنده یا نشان تجاری ثبت شده.
- کد مرجع که ممکن است شماره کاتالوگ باشد.
- نماد m برای کلیدهای با فاصله جدایی کم بین کنتاکت‌ها (در صورت کاربرد).
- نماد μ برای کلیدهای با فاصله جدایی خیلی کم بین کنتاکت‌ها (در صورت کاربرد).
- نماد ε برای کلیدهای بدون فاصله جدایی بین کنتاکت‌ها مانند وسیله قطع و وصل نیمه‌هادی (در صورت کاربرد).

- اولین رقم مشخصه برای درجه حفاظت در برابر دسترسی به قسمت‌های خطرساز و در برابر اثرات زیان‌آور ناشی از نفوذ اجسام خارجی جامد، اگر بزرگتر از ۴ اعلام شده باشد. در این‌صورت دومین رقم مشخصه نیز باید نشانه‌گذاری شود.
- دومین رقم مشخصه برای درجه حفاظت در برابر نفوذ زیان‌آور آب، اگر بزرگتر از ۲ اعلام شده باشد، در این‌صورت اولین رقم مشخصه نیز باید نشانه‌گذاری شده باشد.
- طولی از عایق که باید قبل از جازدن هادی در ترمینال بدون پیچ برداشته شود.
- نماد r برای کلیدهایی که فقط مناسب پذیرش هادی‌های غیر قابل انعطاف است.
- ترمینال‌هایی که برای اتصال به هادی‌های فاز است توسط حرف L و در صورتی‌که بیش‌تر از یک ترمینال فاز وجود داشته باشد با حروف L۱، L۲، L۳ مشخص شود.
- ترمینال‌هایی که صرفا برای اتصال هادی خنثی است، باید با حرف N نشان داده شود.
- ترمینال زمین برای اتصال هادی حفاظتی باید با نماد ⏚ نشان داده شود.

۴-۵- کلیدهای الکترونیکی

کلیدهای الکترونیکی و کلیدهایی که بخشی از آن الکترونیکی است، با ولتاژ اسمی ۲۵۰ ولت متناوب و جریان اسمی که از ۱۶ آمپر تجاوز نمی‌کند و برای تاسیسات نصب ثابت خانگی و مشابه در مکان‌های سرپوشیده یا روباز مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید برابر استانداردهای معرفی شده در بخش ۴-۳، طراحی، ساخته شود و مورد آزمون قرار گیرد.

۴-۵-۱- طبقه بندی

کلیدهای الکترونیکی با توجه به کاربرد و نحوه عملکرد به انواع مختلف تقسیم‌بندی می‌شود.

۴-۵-۱-۱- عامل عملکرد

کلیدهای الکترونیکی بر اساس عامل عملکرد به انواع زیر تقسیم بندی می‌شود:

- کلیدهای لمسی
- کلیدهای همجواری[1] (مانند کلیدهای حسگر تصرف[2])
- کلیدهای نوری[3]
- کلیدهای صوتی[4]
- کلیدهایی که تحت تاثیر عوامل خارجی دیگر عمل می‌کند

[1] Proximity
[2] Occupancy Sensor Switch
[3] Optical
[4] Acoustic

۴-۵-۱-۲- نوع بار

کلیدهای الکترونیکی متناسب با بار متصل به آن به موارد زیر دسته‌بندی می‌شود:

- کلیدهای مورد استفاده برای لامپ‌های رشته‌ای (التهابی)
- کلیدهای مورد استفاده برای لامپ‌های فلورسنت
- کلیدهای مورد استفاده برای کنترل موتورها
- کلیدهای قابل استفاده برای بارهای خاص

۴-۵-۲- موارد کاربرد

کلیدهای الکترونیکی ممکن است برای قطع و وصل مدارهای چراغ‌ها و تنظیم نور لامپ‌ها یا کنترل سرعت موتورها و مانند آن مورد استفاده قرار گیرد. نمونه‌ای از انواع کلیدهای الکترونیکی و عملکرد آن‌ها در جدول (۴-۲) ارایه شده است.

جدول۴-۲- نمونه انواع کلیدهای الکترونیکی و عملکرد آن

کلیدهای الکترونیکی[1]	عملکردها
کلیدهای لمسی و غیره	وسیله قطع و وصل نیمه‌هادی که بطور الکترونیکی بکار انداخته می‌شود.
	وسیله قطع و وصل مکانیکی که بطور الکترونیکی بکار انداخته می‌شود.
دیمر نوری، غیره کنترل کننده سرعت، غیره	تنظیم کننده که بطور مکانیکی بکار انداخته می‌شود با یک مدار کنترل الکترونیکی.
	تنظیم کننده که بطور الکترونیکی بکار انداخته می‌شود با یک مدار کنترل الکترونیکی.
دیمر نوری، غیره، با کلید کنترل کننده سرعت، غیره، با کلید	تنظیم کننده که بطور مکانیکی بکار انداخته می‌شود با یک مدار کنترل الکترونیکی و یک وسیله قطع و وصل مکانیکی
	تنظیم کننده که بطور مکانیکی بکار انداخته می‌شود با یک مدار کنترل الکترونیکی و یک وسیله قطع و وصل مکانیکی که بطور الکترونیکی بکار انداخته می‌شود.
	تنظیم کننده که بطور مکانیکی بکار انداخته می‌شود با یک مدار کنترل الکترونیکی و یک وسیله قطع و وصل نیمه‌هادی
	تنظیم کننده که بطور الکترونیکی بکار انداخته می‌شود با یک مدار کنترل الکترونیکی و یک وسیله قطع و وصل نیمه‌هادی
	تنظیم کننده که بطور الکترونیکی بکار انداخته می‌شود با یک مدار کنترل الکترونیکی و یک وسیله قطع و وصل مکانیکی که بطور الکترونیکی بکار انداخته می‌شود.
کلیدهای الکترونیکی با حسگرهای نوری یا حرارتی تعبیه شده در آن‌ها	وسیله قطع و وصل نیمه‌هادی که بطور الکترونیکی بکار انداخته می‌شود.
	وسیله قطع و وصل مکانیکی که بطور الکترونیکی بکار انداخته می‌شود.

۱- تمام کلیدهای الکترونیکی می‌توانند توسط مدارهای کنترل کمکی بکار انداخته شوند.

۴-۵-۳- کلیدهای حسگر تصرف

۴-۵-۳-۱- کاربرد

حسگرهای تصرف در مواردی کاربرد دارد که اتاق‌ها یا فضاها به طور متناوب یا به‌صورت غیرقابل پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌گیرد، مانند برخی دفاتر کار، انبارها، سالن‌های کنفرانس، سالن‌ها و فضاهای ورزشی، سالن‌های غذاخوری، کلاس‌های درس، راهروها، دستشویی‌ها، اتاق‌های تکثیر، اتاق‌های کامپیوتر، اتاق‌های معاینه و اتاق‌های بستری در بیمارستان‌ها، آزمایشگاه‌ها، کتابخانه‌ها، اتاق‌های هتل و غیره.

۴-۵-۳-۲- نحوه عملکرد

کلیدهای خودکار موسوم به حسگر تصرف که به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای کنترل روشنایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، عمدتاً با استفاده از فن‌آوری امواج ماورای صوت[1] یا مادون قرمز غیرفعال[2] حضور افراد یا جنبش و حرکت را در فضای مورد نظر ردیابی نموده و متناسب با آن روشنایی محیط را کنترل می‌کند. این‌گونه حسگرها همچنین ممکن است مجهز به هردو نوع تکنولوژی باشد.

هر حسگر تصرف معمولا شامل یک ردیاب حرکت[3]، قسمت الکترونیکی، رله کنترل و منبع تغذیه است. در این گونه کلیدها، کنترل الکترونیکی حضور انسان را ردیابی نموده و سیگنال لازم را به رله، که مدار روشنایی را قطع و وصل (یا تنظیم) می‌کند، هدایت می‌کند.

حسگر مادون قرمز غیرفعال به جابجایی حرارت تولید شده توسط بدن انسان عکس‌العمل نشان داده و حرکت افراد در ناحیه پوشش خود را تشخیص می‌دهد. این نوع حسگر نیازمند دید مستقیم به جسم متحرک است و قادر به تشخیص تصرف پشت یک مانع یا شیشه نیست و هرچقدر فاصله حسگر نسبت به جسم متحرک بیش‌تر باشد حساسیت آن کاهش می‌یابد.

حسگر ماورای صوت با انتشار امواج فرکانس بالا (حدود ۴۰ کیلوهرتز) در محیط و تشخیص سیگنال‌های منعکس شده، تغییر در فرکانس را به‌عنوان حرکت یک جسم تفسیر می‌کند. این نوع حسگر برای عملکرد نیاز به دید مستقیم به جسم متحرک ندارد و می‌تواند در محیط‌هایی که دارای موانع متعدد است به کار گرفته شود.

۴-۵-۳-۳- انتخاب نوع حسگر

انتخاب نوع حسگر برای اتاق‌ها و فضاهای مختلف باید با توجه به نوع تحرک و چیدمان تجهیزات در آن انجام شود. حرکت‌های بدنی مانند راه رفتن به‌عنوان حرکت بزرگ، حرکت دست‌ها مانند برداشتن تلفن به‌عنوان حرکت متوسط و ماشین‌نویسی یا کار با کامپیوتر به‌عنوان حرکت کوچک دسته‌بندی شده است. انتخاب حسگرهای تصرف باید با توجه به

[1] Ultrasonic Waves
[2] PIR: Passive Infrared
[3] Motion Detector

الگوی حرکت در محل مورد نظر، شکل اتاق یا فضا، موقعیت استقرار ساکنان، موانع ثابت احتمالی مانند میز، کتابخانه، فایل، کابینت، در، پارتیشن و موانع متحرک احتمالی مانند پرده یا حرکت در فضاهای هم‌جوار مانند راهروها و غیره، صورت گیرد.

برای مقایسه امکانات حسگرهای مادون قرمز و ماورای صوتی شامل سطح پوشش، جزییات انواع تحرک قابل ردیابی، قابلیت نصب بر روی دیوار یا سقف و کاربری‌های سازگار و ناسازگار با نوع حسگر به جدول (۴-۳) مراجعه شود.

یادآوری- اعداد ذکر شده در این جدول به‌صورت نوعی بوده و ممکن است مشخصات فنی ارایه شده توسط سازنده کلید متفاوت باشد.

جدول۴-۳- مقایسه امکانات حسگرهای مادون قرمز و ماورای صوتی

نوع مشخصات	حسگرهای مادون قرمز	حسگرهای ماورای صوتی
دامنه پوشش	دارای خط دید، تنظیم میدان دید به‌وسیله کنترل میزان حساسیت یا با چسباندن کاور برروی عدسی[1]	پوشش تمامی حجم فضا تنظیم نسبی میدان دید به‌وسیله کنترل میزان حساسیت
ردیابی حرکت دست‌ها	تا حدود ۴٫۵ متر	تا حدود ۷٫۵ متر
ردیابی حرکت دست‌ها و بالاتنه	تا حدود ۶ متر	تا حدود ۹ متر
ردیابی حرکت کامل بدنی	تا حدود ۱۲ متر	تا حدود ۱۲ متر
حداکثر سطح پوشش	حدود ۲۵ تا ۱۰۰ مترمربع	حدود ۲۵ تا ۲۰۰ مترمربع
حساسیت جهت حرکت	حرکت عرضی در برابر حسگر	حرکت در جهت حسگر یا به دور از آن
قابلیت نصب	به جای کلید، روی دیوار یا سقف	به جای کلید، روی دیوار یا سقف
کاربری‌های سازگار	فضاهای محصور کوچک (کلیدهای دیواری)، در مواردی‌که حسگر دید مستقیم به فعالیت دارد (حسگرهای دیواری و سقفی)، فضای باز و راهروهای انبار	فضاهای باز فضاهای دارای موانع دستشویی‌ها فضاهای دارای سطوح سخت
کاربری‌های ناسازگار	حرکت در سطوح پایین و حاشیه پوششی حسگر، موانع انسدادی در راستای خط دید حسگر، در مجاورت دریچه‌های توزیع هوای تهویه مطبوع و دیگر منابع حرارتی	سقف بلند، لرزش یا جریان هوا در سطوح بالا، فضاهای بازی که نیاز به پوشش گزینشی دارد (مانند کنترل تکی راهروها در انبار)

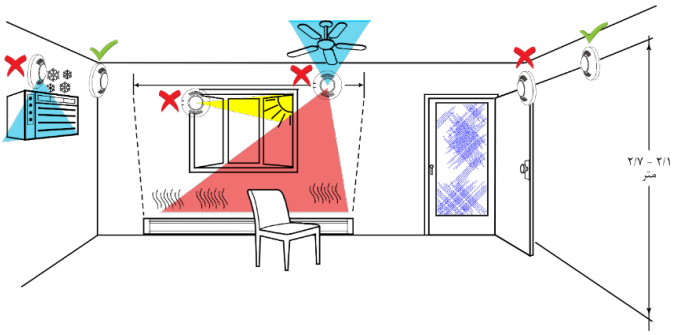
۴-۵-۳-۴- شرایط نصب حسگرهای مادون قرمز

حسگرهای مادون قرمز به حرکت منابع حرارتی مانند بدن انسان عکس العمل نشان می‌دهد. با توجه به این که چنین حسگرهایی لازم است یک خط دید مستقیم به جسم متحرک داشته باشد، استقرار مبلمان، پارتیشن‌ها یا اشیا دیگر بین حسگر و انسان در حال حرکت مانع از عملکرد آن می‌شود. بنابراین سطح پوشش حسگرهای مادون قرمز به موقعیت استقرار و ارتفاع نصب حسگر، چیدمان مبلمان و اندازه متحرک مورد نظر و تنظیم درجه حساسیت آن بستگی دارد.

به منظور اطمینان از عملکرد صحیح این نوع حسگر، علاوه بر رعایت دستورالعمل ارایه شده توسط سازنده تجهیز، لازم است از نصب حسگر مادون قرمز در نقاط زیر اجتناب نمود:

[1] lens

- بالای منابع حرارتی مثل رادیاتور یا بخاری.
- در نزدیکی دریچه‌های تهویه هوا یا در و پنجره‌ها.
- در معرض تابش مستقیم نور خورشید.
- در نزدیکی منابع نوری (فاصله حدودا ۰/۵ تا ۱/۵ متر).



شکل۴-۱- ملاحظات نصب حسگرهای مادون قرمز

۴-۵-۳-۵- شرایط نصب حسگر تصرف ماورای صوت

حسگر ماورای صوت برای عملکرد صحیح می‌بایست به نحوی نصب شود که از حرکت اجسام در خارج از فضای مورد نظر تاثیر نپذیرد. برای این منظور لازم است ضمن رعایت دستورالعمل نصب و بهره‌برداری ارایه شده توسط سازنده تجهیز، از نصب این نوع حسگر در جهتی که ممکن است امواج منتشر شده به بیرون از فضای مد نظر وارد شود خودداری نمود. همچنین برای جلوگیری از عملکرد ناخواسته در اثر جریان هوا، این نوع حسگرها می‌بایست در فاصله حدود ۱/۵ متری دریچه‌های تهویه هوا نصب شود. ارتفاع نصب این حسگر باید به نحوی انتخاب شود که قادر به تشخیص حرکت‌های کوچک (مانند نوشتن، تایپ کردن و مانند آن) باشد.

۴-۵-۳-۶- سایر امکانات

کلیدهای حسگر تصرف با توجه به نوع کاربری و شرایط استفاده از آن ممکن است مجهز به امکانات یا از انواع زیر باشد:

- تنظیم زمان قطع خودکار (چند ثانیه تا حداکثر ۳۰ دقیقه)
- قابلیت عدم وصل سیستم روشنایی در صورت وجود نور طبیعی
- کنترل دستی
- کلید یک‌پل یا تبدیل
- قابلیت استفاده برای لامپ‌های رشته‌ای و فلورسنت
- ظرفیت بارهای مختلف
- کنترل میزان حساسیت حسگر
- قابلیت نصب روی دیوار، سقف، محیط‌های روباز و غیره

۴-۶- پریزها و دوشاخه‌ها برای مصارف خانگی و مشابه

در این بخش مشخصات فنی و الزامات عمومی دوشاخه‌ها و پریزهای ثابت یا سیار با اتصال زمین یا بدون اتصال زمین که برای مصارف خانگی و مشابه جهت نصب در داخل یا خارج ساختمان به کار می‌رود، معرفی شده است.

۴-۶-۱- طبقه بندی پریزها

۴-۶-۱-۱- طبقه‌بندی بر حسب روش کاربرد یا نصب

پریزهای مصارف خانگی و مشابه بر حسب روش کاربرد یا نصب به شرح زیر طبقه‌بندی شده است:

- پریزهای روکار
- پریزهای توکار
- پریزهای نیمه‌توکار
- پریزهای تابلویی
- پریزهای تزیینی
- پریزهای سیار
- پریزهای قابل نصب بر روی میز (تکی یا چندتایی)
- پریزهای قابل نصب در کف اتاق
- پریزهای قابل نصب بر روی دستگاه

۴-۶-۱-۲- طبقه‌بندی بر حسب روش نصب با توجه به طراحی

پریزها بر حسب روش نصب با توجه به طراحی به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود:

- پریزهای ثابتی که برداشتن پوشش یا صفحه پوشش آن بدون جابجایی هادی‌ها میسر است (طرح A)
- پریزهای ثابتی که برداشتن پوشش آن بدون جابجایی هادی‌ها میسر نیست (طرح B)

۴-۶-۱-۳- طبقه‌بندی بر حسب اتصال زمین

طبقه‌بندی پریزها بر حسب اتصال زمین شامل پریزهای بدون اتصال زمین و پریزهای مجهز به اتصال زمین است.

پریز با کنتاکت اتصال زمین باید به نحوی ساخته شود که هنگام وارد کردن دو یا چندشاخه در پریز قبل از اینکه کنتاکت‌های حامل جریان، برق‌دار شود، اتصال زمین وصل شود و در موقع بیرون آوردن دوشاخه از پریز، شاخک‌های حامل جریان، باید قبل از اتصال زمین، جدا شود.

ساختمان پریزهای تک‌فاز مجهز به اتصال زمین باید به گونه‌ای باشد که وصل دوشاخه‌های معمولی (بدون اتصال زمین) به آن امکان‌پذیر نباشد، لیکن اتصال دوشاخه‌های لوازم برقی مجهز به عایق‌بندی مضاعف به این گونه پریزها میسر باشد.

پریزهای مجهز به اتصال زمین به منظور اتصال وسایل الکتریکی خانگی و اداری از قبیل یخچال، فریزر، کولر، لباس‌شویی، خشک‌کن، ظرف‌شویی، و مانند آن در ساختمان‌ها به کار می‌رود. این گونه وسایل به لحاظ امکان وجود ولتاژهای خطرناک بر روی بدنه و قسمت‌های خارجی آن، باید از طریق کنتاکت‌های اتصال زمین به سیستم زمین متصل شود.

۴-۶-۱-۴- طبقه‌بندی بر حسب حفاظت در برابر نفوذ رطوبت و آب

طبقه‌بندی بر حسب درجه حفاظت در برابر نفوذ آب که شامل موارد زیر می‌شود:

- پریزهای معمولی
- پریزهای حفاظت شده در برابر پاشیدن آب
- پریزهای حفاظت شده در برابر پاشیده شدن آب با فشار

پریزهای معمولی در محل‌های خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد و پریزهای حفاظت‌شده در برابر رطوبت و نفوذ آب در محیط‌های مرطوب و خارج ساختمان‌ها بر حسب نیاز به کار می‌رود.

۴-۶-۱-۵- طبقه‌بندی بر حسب حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی

پریزها در مواردی‌که برای استفاده عادی نصب شده باشد بر حسب درجه حفاظت در برابر برق‌گرفتگی به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

- پریز با حفاظت معمولی: پریز باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که پس از نصب و سیم‌کشی، قسمت‌های برق‌دار برای استفاده عادی در دسترس نباشد (حتی پس از جداکردن بخش‌هایی که می‌توان بدون استفاده از ابزار آن‌ها را جدا کرد).
- پریز با حفاظت افزایش‌یافته: پریز با حفاظت افزایش‌یافته باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که پس از نصب و سیم‌کشی، قسمت‌های برق‌دار به‌وسیله سیم آزمون با قطر یک میلی‌متر در دسترس قرار نگیرد.

۴-۶-۱-۶- طبقه‌بندی بر حسب وجود مسدود کننده

طبقه‌بندی پریزها بر حسب وجود مسدود کننده شامل پریزهای بدون مسدود کننده و پریزهای مجهز به مسدود کننده به منظور جلوگیری از دستکاری و برخورد اجسام خارجی به کنتاکت‌های برق‌دار پریز است.

تمام پریزهای غیر قفل‌شو و بدون درپوش محافظ با ولتاژ نامی تا ۲۵۰ ولت و جریان نامی تا ۱۶ آمپر که در ساختمان‌های مسکونی، مهمان‌سراها، هتل‌ها، مراکز مراقبت از کودکان، مدارس، دفاتر اداری، راهروها، اتاق انتظار، مراکز پزشکی و درمانی، ورزشگاه‌ها، خوابگاه‌ها و مانند آن نصب می‌شود باید مجهز به مسدود کننده باشد مگر اینکه ارتفاع نصب آن بیش از ۱۷۰ سانتی‌متر از کف زمین باشد.

۴-۶-۲- پریزهای کلیددار با قفل ایمنی

۴-۶-۲-۱- مشخصات فنی و الزامات عمومی

الزامات عمومی و مشخصات فنی ساخت و آزمون این پریزها مطابق با استانداردهای معرفی شده در بخش ۴-۳ است.

۴-۶-۲-۲- نحوه عملکرد

این نوع پریزها به گونه‌ای طراحی و ساخته شده است که یک وسیله الکتریکی یا الکترونیکی یا مکانیکی یا ترکیبی از این موارد مانع از برق‌دار شدن کنتاکت‌ها و اتصالات یک دوشاخه قبل از اتصال صحیح و کامل آن با پریز می‌شود و هنگامی که کنتاکت‌ها و اتصالات دوشاخه برق‌دار باشد مانع از خروج دوشاخه از پریز می‌شود یا اینکه قبل از خروج دوشاخه از پریز، برق اتصالات پریز را قطع می‌کند.

۴-۶-۲-۳- طبقه‌بندی بر حسب تعداد پل‌ها

پریزهای کلیددار با قفل ایمنی بر حسب تعداد پل (قطب) به دسته‌بندی زیر تقسیم می‌شود:

- تک‌پل
- دوپل
- سه‌پل
- سه‌پل با اتصال هادی خنثی

۴-۶-۲-۴- طبقه‌بندی بر حسب روش به کاراندازی کلید

پریزهای کلیددار با قفل ایمنی بر اساس روش کاراندازی به دسته‌بندی زیر تقسیم می‌شود:

- گردان
- غلتکی
- الاکلنگی
- فشاری
- لمسی
- کلید مجاورتی
- نوری
- صوتی
- سایر محرک‌ها و اثرات خارجی

۴-۶-۲-۵- طبقه‌بندی بر حسب نوع قفل ایمنی

پریزهای کلیددار با قفل ایمنی بر اساس نوع قفل ایمنی به دسته‌بندی زیر تقسیم می‌شود:

- مکانیکی
- الکتریکی
- الکترونیکی
- ترکیبی از این موارد

۴-۶-۳- پریزهای کلیددار بدون قفل ایمنی

۴-۶-۳-۱- مشخصات فنی و الزامات عمومی

الزامات عمومی و مشخصات فنی ساخت و آزمون این پریزها مطابق با استانداردهای معرفی شده در بخش ۴-۳ است.

۴-۶-۳-۲- طبقه بندی بر حسب روش کاراندازی کلید

این پریزها بر اساس روش کاراندازی به دسته‌بندی زیر تقسیم می‌شود:

- گردان
- غلتکی
- الاکلنگی
- دکمه فشاری
- بنددار

۴-۶-۳-۳- طبقه بندی بر حسب امکان قطع و وصل هادی خنثی

این پریزها بر اساس امکان قطع و وصل هادی خنثی به دسته‌بندی زیر تقسیم می‌شود:

- هادی خنثی قابل قطع و وصل
- هادی خنثی غیرقابل قطع و وصل (خنثی مستقیم)

۴-۶-۴- پریز ریش‌تراش

پریز ریش‌تراش مجهز به ترانسفورماتور ایزوله است که برای نصب ثابت و خروجی محدود شده، جهت تغذیه ریش‌تراش، مسواک برقی و وسایل الکتریکی مشابه با توان اسمی ۵۰ ولت آمپر یا کم‌تر جهت استفاده در حمام و مکان‌های مشابه طراحی شده است. این وسیله در هر زمان فقط یک ریش‌تراش یا وسیله مشابه را تغذیه می‌کند.

۴-۶-۴-۱- الزامات عمومی

الزامات عمومی و مشخصات فنی ساخت و آزمون پریزهای ریش‌تراش مطابق با استانداردهای معرفی شده در بخش ۴-۳ است.

۴-۶-۴-۲- مقادیر اسمی

مقادیر اسمی زیر در خصوص ترانسفورماتور پریز ریش‌تراش رعایت می‌شود:

- ولتاژ اسمی خروجی پریز ریش‌تراش نباید از ۲۵۰ ولت متناوب بیش‌تر باشد.
- توان خروجی اسمی نباید کم‌تر از ۲۰ ولت آمپر و بیش‌تر از ۵۰ ولت‌آمپر باشد.
- فرکانس اسمی تغذیه و فرکانس عملکرد داخلی نباید از ۵۰۰ هرتز بیش‌تر باشد.
- ولتاژ اسمی تغذیه نباید از ۲۵۰ ولت متناوب بیش‌تر باشد.

۴-۶-۴-۳- نشانه گذاری

برای واحدهای تغذیه ریش‌تراش، نشانه گذاری ولتاژ(های) اسمی خروجی و نماد شماره ۵۲۲۵ استاندارد بین‌المللی ISO 7000/IEC 60417 می‌بایست بر روی جلوی محفظه به نحوی نشان داده شود که وقتی پریز مطابق استفاده عادی نصب می‌شود قابل رویت باشد.



شکل۴-۲- نماد واحد تغذیه ریش‌تراش

۴-۷- پریزها و چندشاخه‌های صنعتی

در این بخش الزامات عمومی و مشخصات فنی چندشاخه و پریزهای صنعتی معرفی می‌شود. این بخش همچنین شامل مشخصات فنی پریزها یا اتصالات ورودی دستگاه، تعبیه شده یا نصب شده روی وسایل الکتریکی است.

۴-۷-۱- الزامات عمومی

الزامات عمومی و مشخصات فنی ساخت و آزمون پریزها و چندشاخه‌های صنعتی مطابق با استانداردهای معرفی شده در بخش ۴-۳ است.

۴-۷-۲- شرایط بهره‌برداری

شرایط بهره‌برداری این نوع چندشاخه‌ها و پریزها به‌صورت زیر خواهد بود:

- چندشاخه‌های هر ولتاژ و فرکانس معین مخصوص همان سیستم ولتاژ و فرکانس است و در پریز ویژه خود امکان اتصال دارد.
- شرایط محیطی استفاده از لوازم مزبور در محدوده دمایی ۲۵- تا ۴۰ درجه سلسیوس خواهد بود.
- چندشاخه‌ها و پریزها صرفا برای اتصال به کابل‌های مسی و آلیاژهای مسی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- پریزها یا ورودی‌های برق تجهیزات و دستگاه‌ها نیز باید با ضوابط این بخش مطابقت کند.
- ضوابط این بخش شامل پریزها و پلاگ‌های مورد استفاده در تاسیسات برق ولتاژ خیلی ضعیف[1] نیز می‌شود.
- استفاده از این نوع چندشاخه‌ها و پریزها در مصارف تاسیسات برق ساختمان، کشاورزی، تجاری و خانگی بلامانع است.

۴-۷-۳- نشانه گذاری

در صورتی‌که ولتاژ عملکرد اسمی علاوه بر درج روی پریز توسط رنگ نیز مشخص شده باشد، کد رنگ باید طبق جدول (۴-۴) باشد.

جدول۴-۴- کد رنگ جهت نشانه گذاری پریزها و چندشاخه‌های صنعتی بر اساس ولتاژ عملکرد اسمی

ولتاژ عملکرد اسمی (ولت)	رنگ[1]
۲۰ تا ۲۵	بنفش
۴۰ تا ۵۰	سفید
۱۰۰ تا ۱۳۰	زرد
۲۰۰ تا ۲۵۰	آبی
۳۸۰ تا ۴۸۰	قرمز
۵۰۰ تا ۶۹۰	سیاه
۱- برای فرکانس‌های ۶۰ تا و خود ۵۰۰ هرتز ممکن است رنگ سبز استفاده شود. در صورت لزوم این رنگ در ترکیب با رنگ مربوط به ولتاژ عملکرد اسمی به کار می‌رود.	

۴-۷-۴- سایز هادی‌های قابل اتصال

سطح مقطع انواع هادی‌های حامل جریان الکتریکی و هادی حفاظتی قابل اتصال به پریزها و چندشاخه‌های صنعتی در جدول (۴-۵) ارایه شده است.

[1] ELV: Extra Low Voltage

جدول۴-۵- سطح مقطع هادی‌های قابل اتصال به پریزها و چندشاخه‌های صنعتی (mm^2)

ولتاژ و جریان اسمی		اتصالات داخلی		اتصال زمین خارجی (درصورت وجود)
ولتاژ (ولت)	جریان (آمپر)	کابل‌های قابل انعطاف اتصال به چندشاخه‌ها یا ورودی دستگاه‌ها	کابل‌های اتصال به پریزها	
تا ۵۰ ولت	۱۶	۴ تا ۱۰	۴ تا ۱۰	-
	۳۲	۴ تا ۱۰	۴ تا ۱۰	-
بیش از ۵۰ ولت	۱۶	۱ تا ۲٫۵	۱٫۵ تا ۴	۶
	۳۲	۲٫۵ تا ۶	۲٫۵ تا ۱۰	۱۰
	۶۳	۶ تا ۱۶	۶ تا ۲۵	۲۵
	۱۲۵	۲۵ تا ۷۰	۳۵ تا ۹۵	۲۵
	۲۵۰	۷۰ تا ۱۵۰	۷۰ تا ۱۸۵	۲۵
یادآوری- کنتاکت‌های اتصال زمین باید بتوانند جریان‌های برابر با مقدار مشخص شده برای کنتاکت‌های فاز را بدون ایجاد گرمای اضافی از خود عبور دهند.				

۴-۸- انتخاب پریزهای برق

در این بخش مقررات عمومی و الزامات ویژه جهت انتخاب پریزهای برق معرفی شده است.

۴-۸-۱- الزامات عمومی

پریزهای برق باید براساس موارد کاربرد، شرایط محل نصب، میزان ولتاژ و تعداد فاز، سطح ایمنی مورد نیاز، و محاسبه مقدار جریانی که تغذیه می‌کند از انواع توکار یا روکار، با اتصال زمین یا بدون اتصال زمین، معمولی یا حفاظت شده در برابر نفوذ آب، تک‌فاز یا سه‌فاز، قفل‌شو یا کلیددار بدون قفل ایمنی انتخاب شود.

تمام مدارهای پریز تا ۳۲ آمپر که جهت تغذیه وسایل الکتریکی ثابت یا متحرک درون ساختمان یا بیرون ساختمان استفاده می‌شود، باید با در نظر گرفتن الزامات ذکر شده در بند ۶-۱۳-۳ فصل ششم این نشریه، مجهز به حفاظت جریان باقی‌مانده با جریان باقی‌مانده عامل حداکثر ۳۰ میلی‌آمپر باشد.

۴-۸-۲- مشخصات اسمی

در تاسیسات برقی ساختمان‌ها، پریزهای برق باید از نظر حداقل ظرفیت اسمی بار و دارا بودن اتصال زمین در سیستم‌های مختلف برقی تابع شرایط زیر باشد:

- در مواردی‌که از سیستم برق تک‌فاز و ۲۳۰ ولت استفاده می‌شود، پریز باید حداقل ۲۵۰ ولت، ۱۶ آمپر و دارای کنتاکت اتصال زمین باشد.
- در مواردی‌که از سیستم برق سه‌فاز و ۴۰۰ ولت استفاده می‌شود، پریز باید حداقل ۵۰۰ ولت، ۱۶ آمپر و دارای کنتاکت اتصال زمین باشد.

- در مواردی‌که از سیستم برق با ولتاژهای خیلی ضعیف استفاده می‌شود برحسب سیستم تغذیه می‌توان از پریزهای مخصوص با یا بدون اتصال زمین استفاده نمود. رعایت مقررات و الزامات هر کدام از سیستم‌های ولتاژهای خیلی ضعیف (SELV، PELV، FELV) باید مد نظر قرار بگیرد.
- در هر یک از سیستم‌های ولتاژ معرفی شده، پریزها و چندشاخه‌های مربوط به آن، باید مخصوص همان ولتاژ باشد و دوشاخه یک سیستم قابل جایگزینی درسیستم‌های دیگر نباشد.

۴-۸-۳- انتخاب پریز برای محیط‌های خاص

برای انتخاب پریز مناسب محیط‌های مخصوص، موارد زیر می‌بایست مد نظر قرار بگیرد:

- تمام پریزهایی که در کف نصب می‌شود باید مجهز به درپوش مخصوص بوده و از استحکام کافی برخوردار باشد.
- پریزهایی که برای نصب در مکان‌های خشک انتخاب می‌شود از نوع معمولی و پریزهایی که برای نصب در محیط مرطوب یا خارج از ساختمان‌ها انتخاب می‌شود می‌بایست از نوع حفاظت‌شده در برابر نفوذ آب باشد.
- پریزهایی که برای نصب در محیط‌های قابل انفجار انتخاب می‌شود می‌بایست از انواع ضد انفجار و متناسب با شرایط بهره‌برداری از آن باشد.

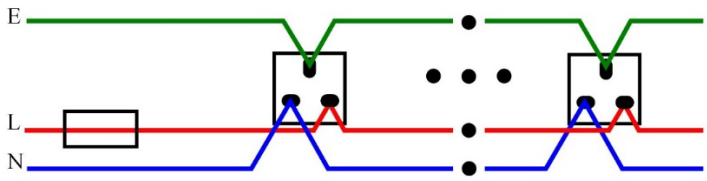
۴-۹- سیستم‌های سیم‌کشی مدار و تعداد پریزها

در این بخش الزامات عمومی و شرایط انتخاب نوع سیم‌کشی و تعداد پریزها معرفی شده است.

۴-۹-۱- سیستم‌های سیم‌کشی

۴-۹-۱-۱- سیستم شعاعی

در مواردی‌که برای سیم‌کشی مدار پریزها از سیستم شعاعی استفاده می‌شود، باید هادی برق‌دار از وسیله حفاظت کننده مدار به کنتاکت فاز و هادی خنثی به کنتاکت خنثی، و هادی حفاظتی به کنتاکت هادی حفاظتی هر یک از پریزها به ترتیبی که در شکل (۴-۳) نشان داده شده است متصل شود.



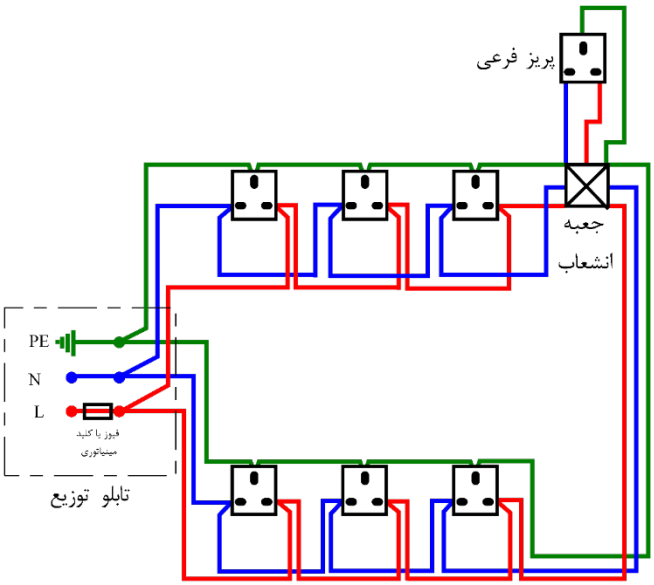
شکل۴-۳- سیستم سیم‌کشی شعاعی مدار پریزها

حفاظت مدارهای این‌گونه پریزها در برابر اضافه بار به‌وسیله کلیدهای مینیاتوری[1] یا فیوزهای مدار فرعی با ظرفیت مناسب، و با توجه به این نکته که ظرفیت بار کلید یا فیوز نباید از ظرفیت بار سیم یا کابل مربوط تجاوز کند، تامین می‌شود.

در این سیستم سطح مقطع سیم‌های مورد مصرف حداقل ۲٫۵ میلی‌مترمربع خواهد بود.

۴-۹-۱-۲- سیستم حلقوی

در مواردی‌که برای سیم‌کشی مدار پریزها از سیستم حلقوی استفاده می‌شود، باید هر دو سر هادی برق‌دار به ترمینال فیوز حفاظتی حداکثر ۳۰ آمپر یا کلید مینیاتوری حداکثر ۳۲ آمپر، هر دو سر هادی خنثی به ترمینال خنثی، و هر دو سرهادی اتصال زمین به ترمینال سیستم زمین به ترتیبی که در شکل (۴-۴) نشان داده شده است، متصل شود.



شکل ۴-۴- سیستم سیم‌کشی حلقوی مدار پریزها

در این سیستم سطح مقطع سیم‌های مورد مصرف حداقل ۲٫۵ میلی‌مترمربع خواهد بود و هر یک از مدارهای فرعی حلقه، که در محل‌های مسکونی و مشابه آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، نباید سطحی بیش از ۱۰۰ مترمربع را پوشش دهد. پیوستگی هادی‌های برق‌دار و هادی حفاظتی می‌بایست پس از نصب و سیم‌کشی پریزها مورد آزمون قرار بگیرد.

۴-۹-۱-۳- تعیین ظرفیت مدارها با ضریب هم‌زمانی

تعداد لوازم ثابت و یا پریزهایی که به‌وسیله یک مدار نهایی تغذیه می‌شود باید به نحوی انتخاب شود که جمع تقاضای مدار با توجه به نحوه استفاده از لوازم در محل، از جریان مجاز حرارتی هادی‌های مدار تجاوز نکند. در مواردی‌که

[1] MCB: Miniature Circuit Breaker

غیرهمزمانی زیادی بین مصرف لوازم و پریزها وجود داشته باشد احتیاجی به محدود کردن تعداد نقاط تغذیه مدار نهایی نخواهد بود، مانند مواردی‌که در آن سطح محدودی از زیربنا به‌وسیله مدار تغذیه می‌شود.

جریان مجاز حرارتی یک مدار نهایی حلقوی ۱٫۵ برابر جریان مجاز هادی‌های مدار خواهد بود.

مقررات ذکر شده در این بخش در درجه اول برای آپارتمان‌ها یا منازل مسکونی در نظر گرفته شده است ولی در موارد دیگری هم که غیرهمزمانی زیادی در مصارف وجود داشته باشد از این مقررات می‌توان استفاده نمود. در این‌صورت تغییراتی که ممکن است در آینده در نحوه استفاده از محل به وجود آید باید مدنظر قرار گیرد.

۴-۹-۱-۴- تعیین ظرفیت مدارها بدون ضریب همزمانی

در مواردی‌که استفاده از ضریب همزمانی امکان‌پذیر نباشد بار هر مصرف‌کننده ثابت، مقدار اسمی ورودی آن بوده و هر پریز مانند یک مصرف‌کننده ثابت فرض شده و بار آن برابر جریان اسمی پریز یا وسیله حفاظتی مخصوص آن پریز خواهد بود.

۴-۹-۱-۵- مصارف خاص

در خصوص وسایل برقی از قبیل یخچال، فریزر، ماشین لباسشویی، خشک‌کن، ظرفشویی، و مانند آن باید یک پریز مستقل برای هر یک در نظر گرفته شود.

پریز مخصوص وسایل برقی خانگی مانند لباسشویی و مانند آن باید حداکثر در فاصله ۱٫۸ متر آن وسیله نصب شود.

۴-۹-۱-۶- انتخاب تعداد پریزها

به منظور تامین دسترسی مناسب و سهولت در بهره‌برداری از وسایل برقی در ساختمان‌ها، حداقل تعداد پریز برای نصب در محیط‌های مختلف ساختمان مطابق با جدول (۴-۶) خواهد بود.

جدول۴-۶- حداقل تعداد پریز در محیط با کاربری‌های مختلف

کاربری محیط	حداقل تعداد پریز		
	تا ۱۲ مترمربع	۱۲ تا ۲۵ مترمربع	بیش از ۲۵ مترمربع
اتاق نشیمن	۴	۶	۸
اتاق خواب، پذیرایی و غذاخوری	۳	۴	۵
آشپزخانه	۶	۸	۱۰
حمام (مطابق با الزامات مربوطه)	۱	۱	۱
ورودی راه‌پله و راهروها	۱	۲	۳
انبار	۱	۲	۳
پارکینگ	۲	۳	۴

یادآوری- اتاق‌های کنفرانس با مساحت بیش از ۲۰ مترمربع می‌بایست مجهز به حداقل یک پریز کف‌خواب باشد.

۴-۹-۱-۷- مصارف صنعتی

پریزهای مخصوص کارهای صنعتی مانند دریل رومیزی، سنگ سنباده، دستگاه جوش، و مانند آن، باید دارای مدار جداگانه بوده و برای تحمل بار مشخص شده به طور مداوم ظرفیت کافی داشته باشد. این‌گونه پریزها باید به درپوش مخصوص و مناسب مجهز بوده و از استحکام کافی برخوردار باشد.

۴-۱۰- اصول و روش‌های نصب کلید و پریز

در این بخش الزامات عمومی و شرایط انتخاب و نصب لوازم الکتریکی از قبیل کلید، پریز، کلید دیمر، کلید فشاری زنگ و مانند آن معرفی شده است.

یادآوری- تمام وسایل ذکر شده در این فصل که در یک پروژه واحد مورد مصرف قرار می‌گیرد باید با رعایت استانداردهای معرفی شده در بخش ۴-۳ متحدالشکل بوده و هرکدام از کارخانه سازنده واحدی تهیه شود.

۴-۱۰-۱- الزامات عمومی نصب کلیدها

کلید باید سیم فاز مدار را قطع و وصل کند مگر در مواردی‌که از کلید دوپل برای قطع و وصل فاز و خنثی مدار استفاده شود و همچنین کلیدهای سه‌فاز و خنثی که سیم خنثی نیز به کلید آورده می‌شود. در این‌گونه موارد ساختمان کلید باید به گونه‌ای باشد که هادی خنثی قبل از هادی‌های فاز قطع نشود و در هنگام وصل نیز هادی خنثی باید قبل از وصل‌شدن هادی‌های فاز یا هم‌زمان با آن وصل شود.

یادآوری ۱- از هیچ قطع کننده‌ای در مسیر هادی PEN نباید استفاده شود.

یادآوری ۲- کلیدها باید طوری تعبیه شود که رو به پایین روشن و رو به بالا خاموش باشد.

یادآوری ۳- در پریز تک‌فاز و خنثی، اتصال سیم‌ها به کنتاکت‌های پریز باید به ترتیبی انجام شود که سیم فاز به روزنه سمت راست (دید از روبرو) و سیم خنثی به روزنه سمت چپ پریز متصل شود.

۴-۱۰-۲- محل نصب کلیدها

محل دقیق نصب کلیدها باید بر اساس نقشه‌های معماری و با توجه به استقرار تجهیزات و مبلمان، بر روی نقشه‌های مصوب مشخص شود و مطابق با آن به مرحله اجرا درآید.

کلیدهایی که محل نصب آن جنب در ورودی است باید در طرف قفل در قرار گیرد. فاصله نزدیک‌ترین لبه درپوش این‌گونه کلیدها از چارچوب باید از ۱۰ سانتی‌متر کم‌تر و از ۳۰ سانتی‌متر بیش‌تر نباشد و ضمنا فاصله مذکور باید به‌صورت یکسان در تمامی پروژه رعایت شود.

۴-۱۰-۳- ارتفاع نصب کلیدها

ارتفاع نصب کلیدها متناسب با کاربرد آن به‌صورت زیر است:

- برای اتاق‌های مسکونی، اداری یا کار، آشپزخانه، اماکن صنعتی و مانند آن ۱۱۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.
- کلیدهای دیواری حسگر تصرف متناسب با مورد مصرف (لیکن از ۱۱۰ سانتی‌متر از کف تمام شده کم‌تر نباشد).
- برای اتاق‌های بخش‌های عمل، زایمان، شکسته‌بندی و فضاهای مشابه، در صورتی‌که از نوع ضد انفجار نباشد ۱۵۵ سانتی‌متر از کف تمام شده (ر.ک.[1] نشریه شماره ۸۹ و نشریات شماره ۲۸۷ امور نظام فنی اجرایی)
- کلید راه‌انداز موتور ۱۲۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.
- کلید کنترل هواکش ۱۲۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.

۴-۱۰-۴- شرایط انتخاب و نصب پریزها

برای اینکه کاربرد بندهای رابط قابل انعطاف در نقاط محل عبور مانند راهرو، سیستم گرمایشی و دهانه‌های مشابه به حداقل ممکن برسد، در ساختمان‌های مسکونی در اتاق‌های نشیمن، خواب، مطالعه، هال، سالن‌های ناهارخوری و پذیرایی و آشپزخانه، پریزهای برق باید به گونه‌ای نصب شود که ضمن رعایت مفاد بند ۴-۹-۱-۶ در هر دیوار فاصله بین محل نصب پریزها و هر نقطه‌ای به موازات فصل مشترک دیوار و کف (خط کف) از ۱٫۵ متر تجاوز نکند. پریزهای واقع در کف در صورتی مورد احتساب قرار می‌گیرد که نزدیک دیوار (در فاصله کم‌تر از ۰٫۵ متر) واقع شده باشد.

عرض دیوار مورد اشاره در این بخش باید حداقل ۰٫۶ متر یا بیش‌تر باشد و در طول خط کف به‌وسیله راهرو، سیستم گرمایشی و مانند آن جدا نشده باشد؛ لیکن در گوشه‌ها ممکن است بیش از یک دیوار را شامل شود.

۴-۱۰-۴-۱- ارتفاع و شرایط نصب پریزها و تجهیزات مشابه

ارتفاع نصب پریزها و وسایل و تجهیزات مشابه به شرح زیر خواهد بود:

- پریزهای برق حداقل ۳۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.
- پریزهای برق که در آشپزخانه، موتورخانه، تعمیرگاه، و گاراژ نصب می‌شود، ۱۱۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.
- شستی زنگ ۱۱۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.
- پریزهای برق که در اتاق‌های عمل، زایمان، شکسته‌بندی، بی‌هوشی یا در مکان‌هایی که احتمال مصرف گاز بی‌هوشی وجود دارد در صورتی‌که از نوع ضد انفجار نباشد باید حداقل در ارتفاع ۱۵۵ سانتی‌متر از کف تمام شده نصب شود.

---

[1] رجوع کنید

- در مکان‌هایی که از میز کار مخصوص و یا پیشخوان استفاده می‌شود مانند آزمایشگاه‌ها، کارگاه‌ها، آشپزخانه‌ها، و غیره، پریزهای برق در صورتی‌که روی دیواره وسط میز آزمایشگاه یا روی قرنیز میز کار نصب نشده باشد، باید حداقل ۱۰ سانتی‌متر بالای قرنیز میز روی دیوار نصب شود.
- محل نصب کلید و پریز و مانند آن، در محل‌هایی که کاشی‌کاری می‌شود، باید به گونه‌ای تعیین شود که هر کدام از لوازم مزبور در مرکز یک کاشی قرار گیرد.
- لوازم برقی از قبیل کلید، پریز، دیمر، فشاری زنگ و سوکت تلفن باید در سیستم لوله‌کشی توکار از نوع توکار و در سیستم لوله‌کشی روکار از نوع روکار انتخاب و نصب شود. این‌گونه لوازم باید به طور کاملاً مستقل روی دیوار استقرار یابد و به لوله‌های برق مجاور آن اتکا داده نشود.

۴-۱۰-۵- شرایط نصب در مکان‌های دارای وان یا دوش حمام

در حمام‌ها و محیط‌هایی که مجهز به وان ثابت یا دوش حمام است، الزامات ویژه و شرایط ذکر شده در این بخش باید رعایت شود. برای این منظور انواع منطقه (زون) مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۷۰۱-۷-۱۹۳۷ معرفی شده است.

اندازه محلی که مجهز به وان یا دوش حمام است توسط موارد زیر محدود می‌شود:

- سطح پایین‌ترین کف تمام شده؛
- سطح افقی ۳ متر بالاتر از پایین‌ترین کف تمام شده؛
- سطح قائم فرضی در فاصله ۴ متری از خروجی ثابت آب وان یا دوش؛ و
- محدوده بین دیوارها، کف و سقف که مرز محل قرار گرفتن وان یا دوش را تشکیل می‌دهد تا عمق ۶ سانتی‌متر

یادآوری ۱- پرده حمام یا موانع قابل انعطاف مشابه آن محدود کننده زون محسوب نمی‌شود.

یادآوری ۲- در صورتی‌که سردوش و شیلنگ انعطاف‌پذیر، قابل جدا شدن باشد، خروجی ثابت آب در سمت ورودی (تغذیه) شیلنگ انعطاف‌پذیر در نظر گرفته می‌شود.

۴-۱۰-۵-۱- زون صفر

زون صفر توسط موارد زیر محدود می‌شود:

الف) محدوده داخلی وان حمام (شکل (۴-۶) تا شکل (۴-۸))

ب) برای دوش حمام:

- از سطح پایین‌ترین کف تمام شده تا سطح افقی ۱۰ سانتی‌متر بالاتر؛ و

- سطح قائم فرضی در فاصله ۱۲۰ سانتی‌متر از مرکز سردوش ثابت و/یا خروجی آب محدود شده توسط دیواره ثابت[1] که مانع از وارد شدن آب به محیط سمت دیگر دیواره می‌شود. (شکل (۴-۵) تا (۴-۱۳))
- درهای کابین دوش که در هنگام دوش گرفتن بسته است، زون صفر را محدود می‌کند. (شکل(۴-۱۴))

۴-۱۰-۵-۲- زون یک

زون یک توسط موارد زیر محدود می‌شود:

الف) برای وان حمام:

- سطح زیر وان حمام؛
- سطح افقی قرارگرفته در فاصله ۲۲۵ سانتی‌متر بالاتر از سطح کف زیر وان حمام یا سطح افقی متناظر با بلندترین سردوش ثابت یا خروجی آب ثابت (در صورت وجود)، هر کدام که بلندتر باشد؛
- سطح قائم فرضی دربرگیرنده وان حمام (شکل (۴-۶) تا شکل (۴-۸))؛ و
- به استثنای زون صفر؛

ب) برای دوش:

- سطح پایین‌ترین کف تمام شده؛
- سطح افقی متناظر با بلندترین سردوش ثابت یا خروجی آب ثابت یا سطح افقی قرارگرفته در فاصله ۲۲۵ سانتی‌متر بالاتر از سطح پایین‌ترین کف تمام شده، هرکدام که بلندتر باشد؛
- سطح قائم فرضی در فاصله ۱۲۰ سانتی‌متر از مرکز سردوش ثابت یا خروجی ثابت آب محدود شده توسط دیواره ثابت که مانع از وارد شدن آب به محیط سمت دیگر دیواره می‌شود؛
- درهای کابین دوش (در صورت وجود) که در هنگام دوش گرفتن بسته است (شکل (۴-۱۴))؛ و
- به استثنای زون صفر

۴-۱۰-۵-۳- زون دو

زون دو توسط موارد زیر محدود می‌شود:

الف) برای وان حمام:

- سطح کف تمام شده؛
- سطح افقی متناظر با بلندترین سردوش ثابت با خروجی آب ثابت یا سطح افقی قرارگرفته در فاصله ۲۲۵ سانتی‌متر بالاتر از سطح کف تمام شده، هرکدام که بلندتر باشد؛ و

[1] Fixed Partition

• سطح قائم فرضی در مرز زون یک و سطح قائم فرضی در فاصله ۶۰ سانتی‌متر از مرز زون یک (شکل (۴-۶) تا شکل (۴-۸))

ب) در مورد دوش، زون دو وجود ندارد (شکل (۴-۹) تا شکل (۴-۱۴))

۴-۱۰-۵-۴- الزامات نصب تجهیزات الکتریکی

تجهیزات الکتریکی نصب شده در محیط حمام باید حداقل دارای درجه حفاظت زیر باشد:

• در زون صفر: IPX7

• در زون یک: IPX4

• در زون دو: IPX4

تجهیزات الکتریکی قرارگرفته در معرض فوران‌های آب[1]، (مثلا برای شست و شو) باید حداقل دارای درجه حفاظتی IPX5 باشد؛ در صورتی‌که شرایط سخت‌تری وجود داشته باشد، درجه حفاظتی بالاتر باید لحاظ شود.

سامانه سیم‌کشی تغذیه کننده تجهیزات الکتریکی زون‌های صفر، یک یا دو نصب شده در قسمت‌هایی از دیواری که این زون‌ها را دربرمی‌گیرد باید یا روی سطح نصب شده یا درون دیوار در عمق حداقل ۶ سانتی‌متر جاسازی شود. (شکل (۴-۵)).

در حمام‌ها حفاظت تمام مدارها باید توسط یک یا چند وسیله حفاظتی جریان باقی‌مانده با جریان عامل باقی‌مانده اسمی حداکثر تا ۳۰ میلی‌آمپر تامین شود. استفاده از کلید جریان باقی‌مانده برای مدارهای زیر الزامی نیست:

الف) مداری که دارای معیار حفاظتی (حفاظت توسط جداسازی الکتریکی)[2] است و فقط یک تجهیز مصرف کننده انرژی را تغذیه کند.

ب) مدارهایی که توسط منابع SELV یا PELV تغذیه شده باشد.

سایر الزامات به شرح ذیل باید رعایت شود:

• نصب کلید و پریز در زون صفر به طور کلی ممنوع است.

• نصب پریز در زون ۱ به شرط آن‌که توسط منابع SELV یا PELV با ولتاژ حداکثر ۲۵ ولت متناوب یا ۶۰ ولت مستقیم تغذیه شده باشد مجاز است. منبع تغذیه می‌بایست خارج از زون صفر و یک نصب شود.

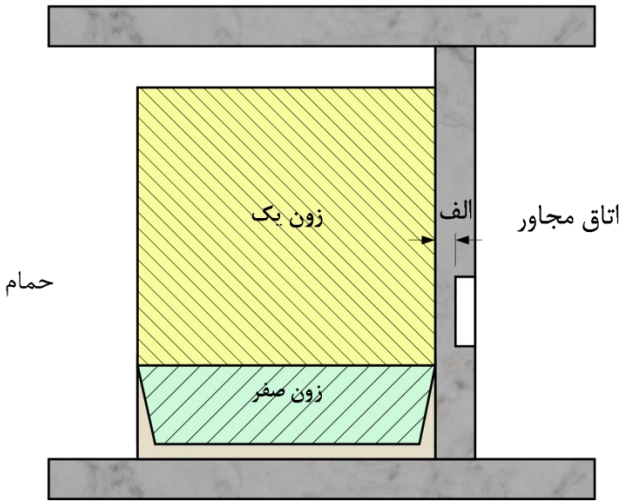
• نصب پریز در زون ۲ به شرط آن‌که توسط منابع SELV یا PELV حفاظت شده باشد مجاز است. منبع تغذیه می‌بایست خارج از زون صفر و یک نصب شود.

• بهره‌برداری از تجهیزات نصب ثابت که مطابق با دستورالعمل سازنده مناسب استفاده در زون صفر حمام است و توسط منابع SELV یا PELV با ولتاژ حداکثر ۱۲ ولت متناوب یا ۳۰ ولت مستقیم حفاظت شده باشد در زون صفر مجاز است.

[1] Water Jets
[2] Protection by Electrical Separation

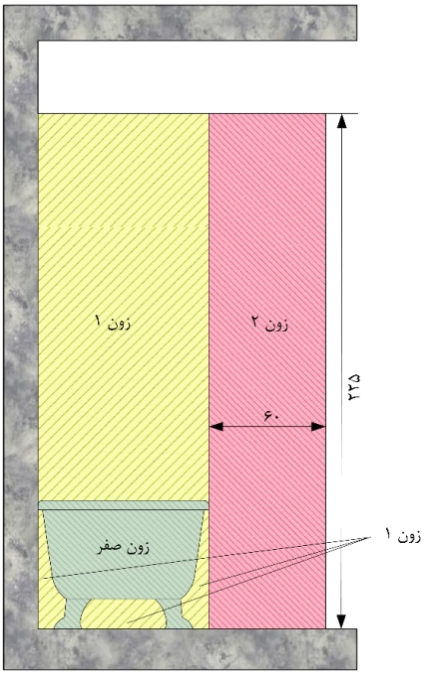
• بهره‌برداری از تجهیزات نصب ثابت (مانند چراغ، پمپ دوش، لوازم تهویه، حوله خشک کن برقی) که مطابق با دستورالعمل سازنده، مناسب استفاده در زون یک حمام است در زون یک مجاز است.

• بهره‌برداری از سایر تجهیزات الکتریکی و واحد تغذیه ریش‌تراش (به جز پریز که شرایط آن عنوان شده‌است) در زون دو مجاز است.

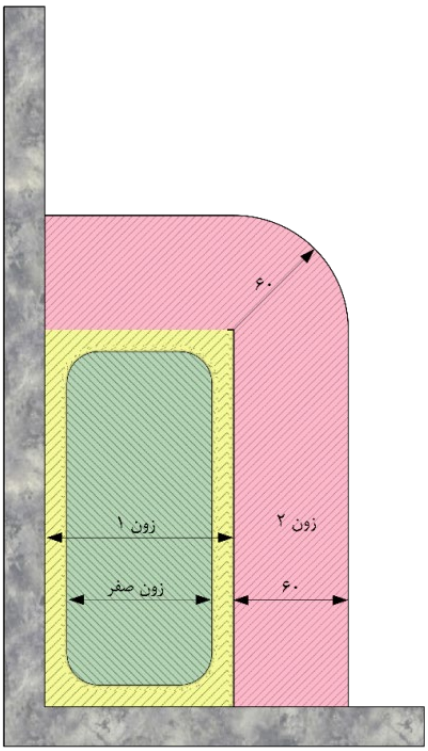


الف: ضخامت دیوار باقی‌مانده پشت زون‌ها

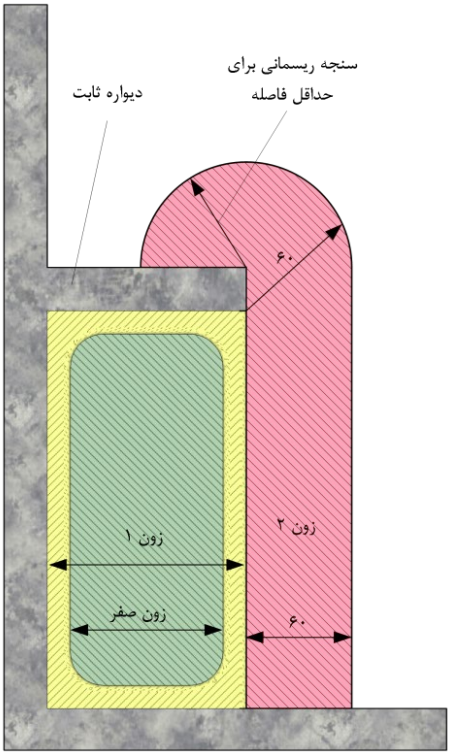
شکل۴-۵- ضخامت دیوار باقی‌مانده پشت زون‌ها



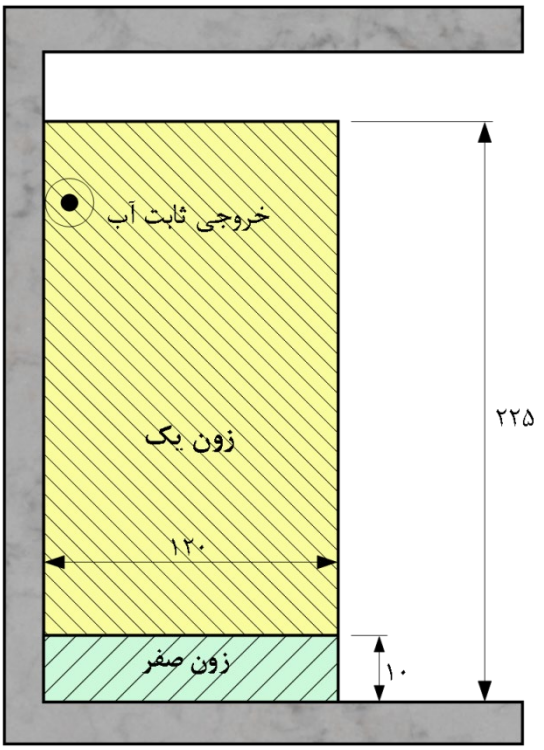
شکل۴-۶- ابعاد زون‌ها: دید از کنار وان



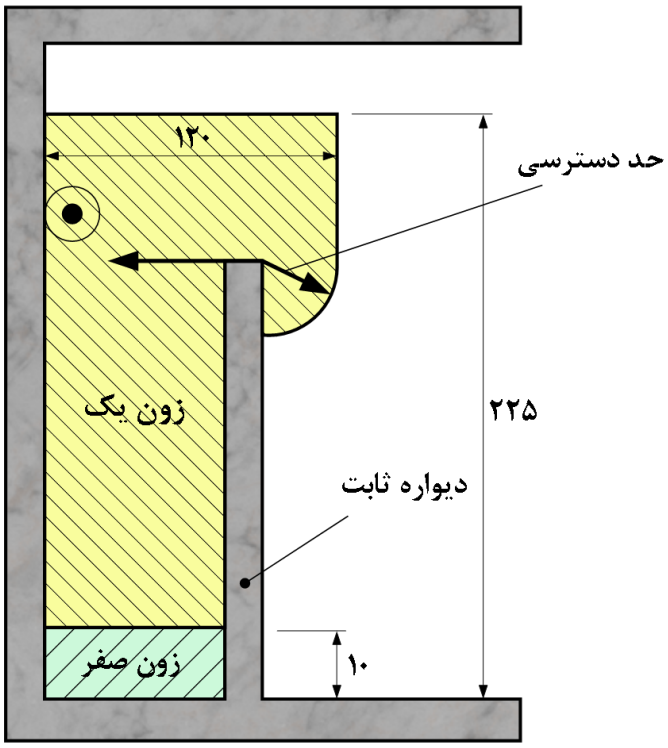
شکل۴-۷- ابعاد زون‌ها: دید از بالای وان حمام بدون دیواره



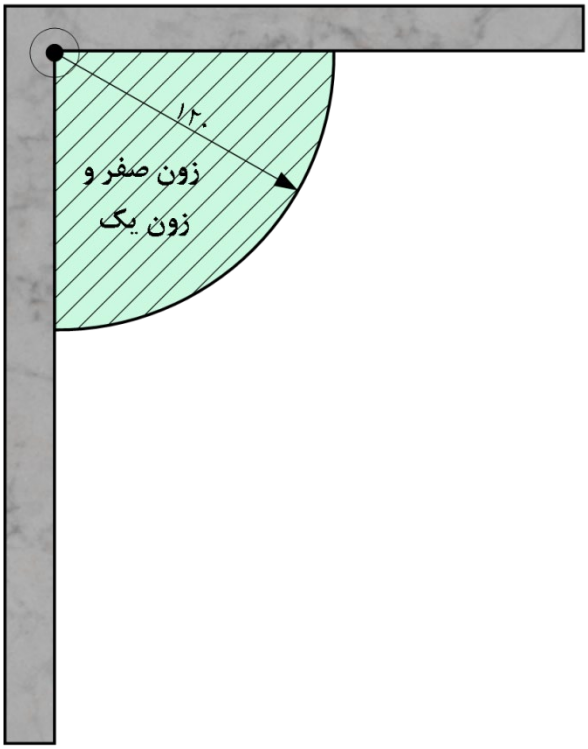
شکل۴-۸- ابعاد زون‌ها: دید از بالای وان حمام با دیواره ثابت



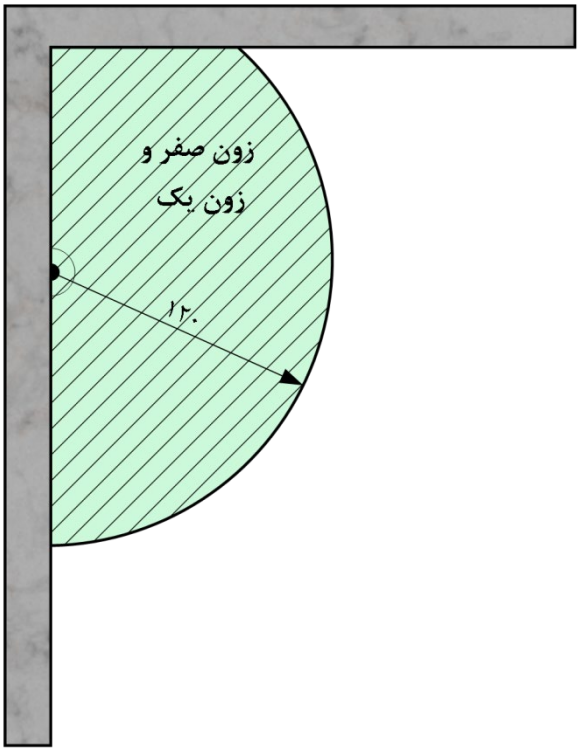
شکل۴-۹- ابعاد زون‌های صفر و یک: دید از کنار دوش



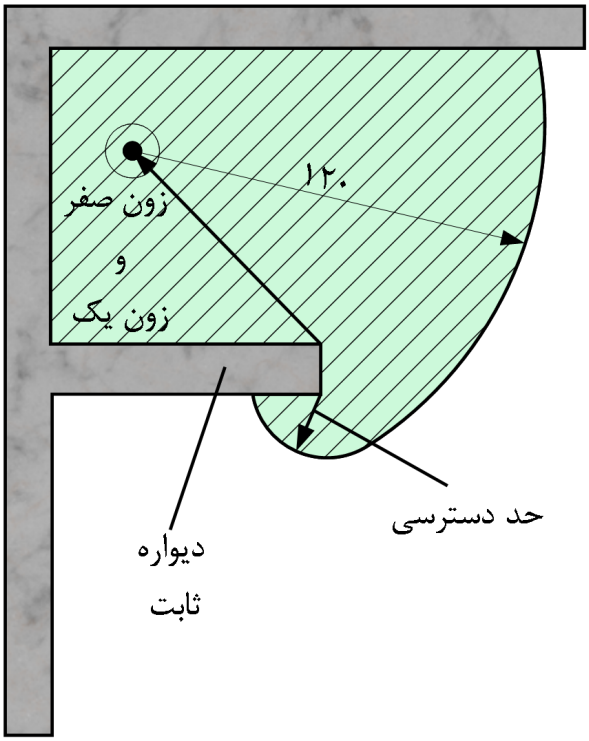
شکل۴-۱۰- ابعاد زون‌های صفر و یک: دید از کنار دوش با دیواره ثابت



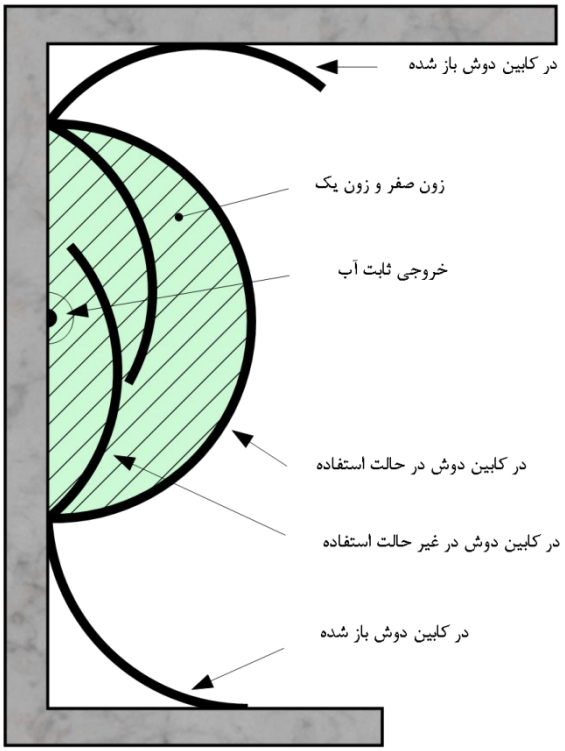
شکل۴-۱۱- ابعاد زون‌های صفر و یک: دید از بالای دوش با خروجی آب ثابت نصب شده در نزدیکی گوشه



شکل۴-۱۲- ابعاد زون‌های صفر و یک: دید از بالای دوش با خروجی آب ثابت نصب شده با فاصله از گوشه



شکل۴-۱۳- ابعاد زون‌های صفر و یک: دید از بالای دوش با دیواره ثابت



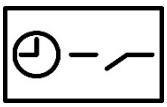
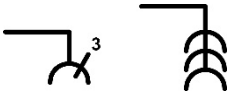
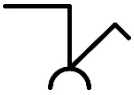
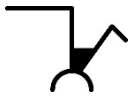
شکل۴-۱۴- نمونه‌ای از زون‌بندی برای کابین دوش با در

۴-۱۱- نشانه‌های ترسیمی

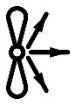
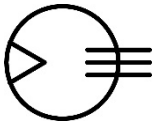
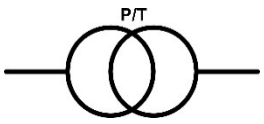
جدول۴-۷- نشانه‌های ترسیمی برای لوازم الکتریکی

شرح	نشانه
کلید، نشانه کلی	
کلید حسگر تصرف، یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه	
کلید با چراغ پیلوت	
کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه	
کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه از نوع زمانی	
کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه از نوع بنددار	
کلید دوپل، یک‌راه، یک‌خانه (فاز و خنثی)	
کلید یک‌پل، یک‌راه، دوخانه (دومداره)	
کلید سه‌پل، یک‌راه، یک‌خانه	
کلید تبدیل (یک‌پل، دوراه، یک‌خانه)	
کلید صلیبی، یک‌پل، یک‌خانه	
کلیدهای چندخانه	
دیمر با کلید	
دکمه فشاری	
دکمه فشاری با لامپ	
دکمه فشاری با دسترسی محدود (پوشش شیشه‌ای)	
تجهیزات محدود کننده زمان یا دوره	

جدول ۴-۷- نشانه‌های ترسیمی برای لوازم الکتریکی (ادامه)

شرح	نشانه
کلید زمانی	
وسیله قطع و وصل کلیددار(کنترل شبگرد)	
بیزر	
پریز یک‌فاز و خنثی	
پریز یک‌فاز و خنثی با اتصال زمین	
مجموعه چند پریز(در شکل سه تایی)	
پریز یک‌فاز و خنثی با کلید و اتصال زمین	
پریز یک‌فاز و خنثی با کلید (قفل‌شونده) و اتصال زمین	
پریز یک‌فاز با فیوز	
پریز برق با صفحه حفاظتی	
مجموعه پریز برق و ترانسفورماتور مجزا کننده (مانند پریزریش‌تراش)	
پریز سه‌فاز و خنثی با اتصال زمین	
پریز مخصوص مخابرات، نشانه کلی یادآوری- انواع مختلف با استفاده از نشانه‌های زیر مشخص می‌شود: TP =تلفن M =میکروفون =بلندگو FM =اف ام TV =تلویزیون TX =تلکس	

جدول ۴-۷- نشانه‌های ترسیمی برای لوازم الکتریکی (ادامه)

شرح	نشانه
لوازم برقی از نوع صنعتی معمولی، مثال: کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه، از نوع صنعتی	
لوازم برقی از نوع صنعتی بارانی، مثال: کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه، از نوع صنعتی بارانی	
لوازم برقی از نوع صنعتی ضدانفجار، مثال: کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه، از نوع صنعتی ضد انفجار	
پنکه سقفی	
هواکش دیواری	
هواکش سقفی	
کلید کنترل پنکه	
ترانسفورماتور اتوماتیک	
ترانسفورماتور ولتاژ	
دست‌خشک‌کن برقی	

فصل ۵

سیستم روشنایی

۵-۱- دامنه پوشش

در این فصل سیستم روشنایی عادی و اضطراری مورد استفاده در تاسیسات برقی پروژه‌های ساختمانی شامل چراغ با منابع نوری رشته‌ای، هالوژن، فلورسنت، بخار سدیم، متال هالید و دیودهای نوری(LED)، برای کاربری درونی و بیرونی مانند: مسکونی، اداری، تجاری، صنعتی، فضای سبز و ... مورد بررسی قرار گرفته و مشخصات فنی و استاندارد ساخت و نیز دستورالعمل و ضوابط اجرایی نصب، آزمون و راه‌اندازی این‌گونه لوازم و تجهیزات تهیه و تدوین شده است. هم‌چنین چراغ‌های روشنایی بر حسب نوع حفاظت در برابر برق‌گرفتگی، درجه حفاظت در برابر نفوذ آب و غبار و جنس سطوح نگه‌دارنده چراغ و از نقطه نظر کاربرد طبقه‌بندی شده و شیوه اساسی در محاسبات روشنایی، تعیین نوع و تعداد چراغ‌ها در یک طرح روشنایی ارایه می‌شوند.

۵-۲- تعاریف و اصطلاحات

۵-۲-۱- نور

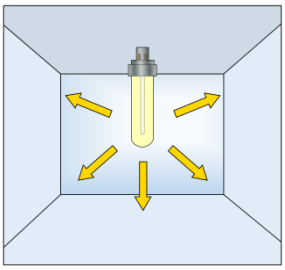
light

نور، بخش مرئی طیف الکترومغناطیسی است که برای چشم انسان قابل درک و در محدودهٔ طول موج بین ۳۸۰ تا ۷۸۰ نانومتر قرار گرفته است. این محدوده بین پرتو فروسرخ و فرابنفش قرار دارد.

۵-۲-۲- شار نوری(Φ)

luminous flux

نور خارج شده از یک منبع نور که توسط چشم قابل درک است و واحد آن لومن[1] است.



شکل۵-۱- مفهوم شار نوری

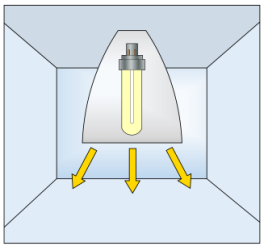
یادآوری- شار نوری هر منبع روشنایی مانند لامپ، توسط سازندگان در کاتالوگ محصول مشخص می‌شود.

[1] Lumen

۵-۲-۳- شدت نور (I)

luminous intensity

شار نوری که در یک جهت معین و یک زاویه فضایی برابر یک استرادیان منتشر می‌شود. واحد آن کاندلا[1] است.

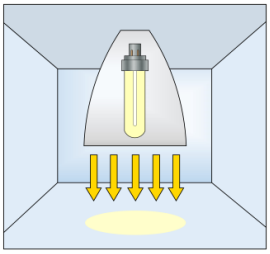


شکل۵-۲- مفهوم شدت نور

۵-۲-۴- شدت روشنایی(E)

illuminance

مقدار شار نوری رسیده بر واحد سطح و واحد آن لوکس[2] است. یک لوکس برابر یک لومن بر مترمربع است.



شکل۵-۳- مفهوم شدت روشنایی

۵-۲-۵- نگه‌داشت شدت روشنایی($\bar{E}_m$)

maintained illuminance

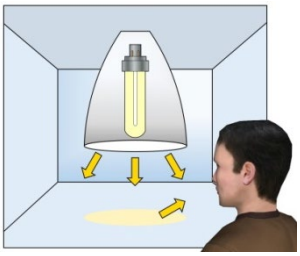
مقداری که از میانگین شدت روشنایی تعیین شده بر روی سطح نباید کمتر شود.

۵-۲-۶- درخشندگی(L)

luminance

اثر فیزیولوژیکی بازتابش شدت نوری که از واحد سطح یا از یک منبع نور بر چشم ناظر ایجاد می‌شود، به عبارت دیگر درخشندگی بیان کننده چگالی نور در سطح بازتابشی یا منبع نور است. درخشندگی برحسب کاندلا بر مترمربع (cd/m^2) سنجیده می‌شود.

[1] Candela
[2] lux



شکل۵-۴- مفهوم درخشندگی

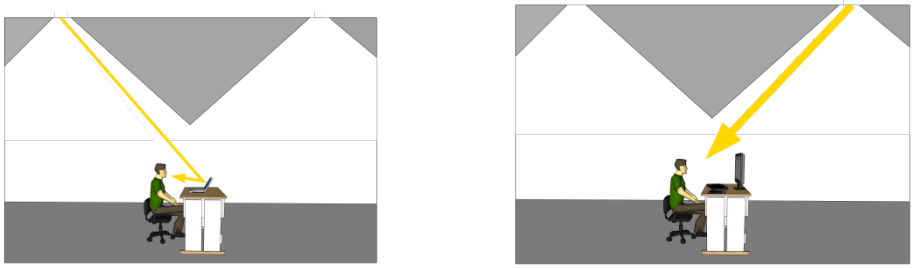
۵-۲-۷- خیرگی

glare

درخشندگی بیش از حد یک سطح، سبب ایجاد ناراحتی برای چشم و کاهش میزان بینایی یا حتی اختلال در بینایی می‌شود.

خیرگی مستقیم بر اثر تابش نور شدید چراغ‌ها و منابع نوری یا پنجره‌ها یا روزنه‌های نوری (نورگیر) موجود در فضا ایجاد می‌شود و خیرگی غیرمستقیم حاصل انعکاس نور در سطوح دارای ضریب انعکاس بالا (براق یا روشن) است. درخشندگی وابسته به موارد زیر است:

- درخشندگی و اندازه سطح درخشان چراغ‌ها و منابع نوری در میدان دید؛
- جهت‌گیری نامناسب آن‌ها؛
- میزان درخشندگی محیط اطراف.



شکل۵-۵- مفهوم خیرگی مستقیم و خیرگی غیرمستقیم

۵-۲-۸- خیرگی آزاردهنده ناشی از بازتابنده چراغ‌ها

discomfort glare from electric light

تمام چراغ‌ها دارای ضریب خیرگی است که آن را با R_{UGL}[1] نمایش می‌دهد.

انتخاب چراغ مناسب برای طرح روشنایی در یک فضا بر اساس ضریب خیرگی آزاردهنده مستقیم ناشی از چراغ R_{UGL} از روش تعیین شده در جداول CIE117:1995 و CIE190:2010 است که اعداد ۱۶، ۱۹، ۲۲، ۲۵ و ۲۸ نتیجه این جداول است. به‌طوری‌که کوچکترین عدد کمترین آزاردهندگی را داشته و بیشترین عدد بالاترین مقدار آزاردهندگی را دارد.

[1] Unified Glare Rating

بر اساس نیاز کاربری هر فضا میزان R_{UGL} در جداول (۵-۹) آمده است.

باید توجه داشت ضریب R_{UGL} برای حالت‌های زیر در نظر گرفته نمی‌شود:

- چراغ برای نورپردازی دیوار[1]؛
- چراغ برای نورپردازی به روش غیرمستقیم؛
- چراغ برای نورپردازی به روش نامتقارن؛
- چراغ برای نورپردازی به روش نقطه‌ای قابل تنظیم؛
- سطوح درخشنده خیلی بزرگ یا خیلی کوچک.

یادآوری- در تأمین روشنایی کاربری اداری توجه به ضریب R_{UGL} چراغ الزامی است.

۵-۲-۹- کنتراست

contrast

ارزیابی تفاوت ظاهری دو یا چند قسمت از یک سوژه در میدان دید که به طور همزمان یا پی‌درپی مشاهده می‌شود (به‌عنوان مثال: کنتراست روشنایی، کنتراست رنگ، کنتراست همزمان، کنتراست پی‌درپی و غیره).

۵-۲-۱۰- ضریب انعکاس (ρ)

reflectance factor

نسبت نور بازتابیده شده از سطح به نوری است که به آن تابیده می‌شود (بر حسب درصد). سطوح با رنگ‌های روشن، دارای ضریب انعکاس بالاتر و سطوح با رنگ‌های تیره دارای ضریب انعکاس کم‌تری هستند.

۵-۲-۱۱- یکنواختی

uniformity

یکنواختی شدت روشنایی یا درخشندگی، یک مشخصه کیفی است که به یکنواختی کلی، یکنواختی حداقل به حداکثر و یکنواختی طولی تقسیم می‌شود.

۵-۲-۱۲- یکنواختی کلی (U_o)

overall uniformity

یکنواختی کلی به‌صورت نسبت حداقل شدت روشنایی یا درخشندگی به شدت روشنایی یا درخشندگی متوسط در مستطیل و سطوح محاسباتی بیان می‌شود.

بدیهی است مقدار بزرگ‌تر U_o بیانگر یکنواختی بیش‌تر است که سبب آرامش در آن فضا است. کمینه مقدار U_o محاسبه شده برای هر نوع فعالیت در ناحیه کاری از مقدار داده شده در جداول (۵-۹) نباید کمتر باشد.

[1] Wall Washing

$g_1=L_{min}/\bar{L}_m$ یا $g_1=E_{min}/\bar{E}_m$ (۱-۵)

۵-۲-۱۳- یکنواختی حداقل به حداکثر یا حداکثر به حداقل

diversity

اختلاف یکنواختی در دورترین نقطه از چشم ناظر

یکنواختی حداقل به حداکثر به‌صورت نسبت حداقل شدت روشنایی یا درخشندگی به حداکثر شدت روشنایی یا درخشندگی در مستطیل و سطوح محاسباتی بیان می‌شود.

یادآوری- دربرخی از استانداردها این نسبت به‌صورت نسبت حداکثر به حداقل گفته شده که نتیجه یکسانی دارد.

$g_2=L_{min}/L_{max}$ یا $g_2=E_{min}/E_{max}$ (۲-۵)

۵-۲-۱۴- یکنواختی طولی

longitudinal uniformity (U_L)

یکنواختی طولی به‌صورت نسبت حداقل شدت روشنایی یا درخشندگی به حداکثر شدت روشنایی یا درخشندگی در یک خط طولی مقابل ناظر بیان می‌شود.

مقدار یکنواختی طولی در چهار تراز ۰٫۴، ۰٫۵، ۰٫۶ و ۰٫۷ طبقه‌بندی می‌شود، بدیهی است مقدار بزرگ‌تر U_L بیانگر یکنواختی طولی بیش‌تر است.

۵-۲-۱۵- بهره نوری

efficacy

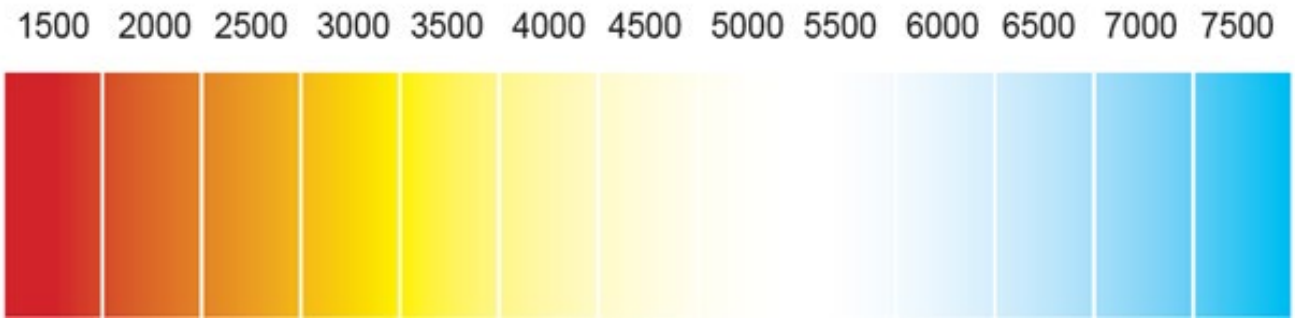
نسبت شار نوری یک منبع نوری به توان مصرفی آن را که بر حسب لومن بر وات (lm/W) بیان می‌شود، بهره نوری می‌نامند. در منابع نوری فلورسنت، تخلیه الکتریکی در گاز و دیودهای نورانی باید به هنگام تعیین بهره نوری، توان بالاست، درایور و کاهش شار خروجی لامپ را به دلیل وجود بالاست یا درایور، در نظر گرفت.

۵-۲-۱۶- دمای رنگ نور هم‌بسته

correlated color temperature (CCT)

دمای رنگ نور هم‌بسته از مقایسه و مطابقت دمای رنگ نور یک منبع نور با دمای رنگ نور مرجع در یک جسم سیاه استاندارد که دمای آن بالا برده‌شده، تعیین می شود. (جدول (۵-۳))

یادآوری این نکته ضروری است که دمای رنگ نور هم‌بسته باید مستقل از مشخصه رنگ سطوح منعکس‌کننده تلقی شود.



شکل۵-۶- دمای رنگ نور هم‌بسته برحسب کلوین

۵-۲-۱۷- شاخص نمود رنگ

color rendering index (CRI)

این شاخص تعیین کننده این است که رنگ واقعی یک جسم تا چه اندازه به رنگ آن در زیر نور یک منبع مرجع نزدیک است. برای نمایش شاخص نمود رنگ از شاخص R_i یا CRI استفاده شده و حداکثر مقدار آن برابر ۱۰۰ است. مقدار R_i هرچه بالاتر باشد نمود رنگ جسم واقعی‌تر است. (جدول (۵-۴))

در حقیقت این عدد میزان انطباق رنگ دیده شده، زیر نور تولید شده توسط یک منبع نور را در مقایسه با منبع نور مرجع بیان می‌کند. چون این عدد میانگین ۸ رنگ است، می‌تواند در مواردی خطا داشته باشد. به‌عنوان مثال در منبع نوری CRI برابر با ۸۰ است ولی اجسام به رنگ سفید یا قرمز (که در ۸ رنگ اول قرار ندارند) اختلاف زیادی با رنگ مبنا داشته در نتیجه این رنگ‌ها جلوه کم‌تری نسبت به رنگ واقعی خواهند داشت.

پیشنهاد تغییرات فنی در تعریف ضریب نمود رنگ توسط IES داده شده به‌طوری که بجای ۸ رنگ، میانگین ۹۹ رنگ سنجیده شده و شاخص‌هایی مانند عمق و میزان اشباع رنگ[1] نیز درنظر گرفته می‌شودکه با TM30-15 معرفی شده است.

۵-۲-۱۸- سوسو زدن (فلیکر) و اثرات استروبوسکوپیک

flicker and stroboscopic effects

تغییرات سریع شارنوری منبع نور، سوسو زدن یا فلیکر نام دارد که ممکن است توسط چشم انسان قابل درک نباشد و باعث خستگی چشم و خطای دید شده یا باعث اثرات منفی فیزیولوژیکی مانند سردرد شود.

هم‌زمان شدن فرکانس تابش نور با فرکانس چرخش و حرکت هر جسم گردان که ثابت دیده شدن جسم را به‌دنبال داشته باشد، اثر استروبوسکوپیک نامیده می‌شود. اگر لامپ‌های فلورسنت یا سایر لامپ‌های تخلیه در گاز با بالاست مغناطیسی، که نوری با فرکانس حدود ۱۰۰ هرتز از خود منتشر می‌کند، در مکان‌های حساس و محیط‌های کاری دقیق که دارای تجهیزات متحرک گردان است، به‌کار رود ممکن است باعث ایجاد اثر استروبوسکوپیک شود و ناظر، اجسام در

[1] Color Saturation

حالت چرخش را ثابت ببینند. این امر ممکن است باعث ایجاد خطراتی برای فرد شود. از بالاست‌های الکترونیکی برای حذف این اثر استفاده می‌شود.

یادآوری- در سیستم سه‌فاز در صورت استفاده از چراغ‌های مجهز به بالاست مغناطیسی، برای جلوگیری از اثر استروبوسکوپیک، چیدمان فازهای تغذیه چراغ باید به گونه‌ای باشد که دو چراغ با فاز هم‌نام در کنار هم نباشد.

۵-۲-۱۹- منبع نور

light source

لامپی دارای کلاهک به‌همراه ماژول LED یا منابع نور دیگر که به منظور تولید تشعشع نور مریی برای استفاده یا قرارگیری درون چراغ ساخته می‌شود.

۵-۲-۲۰- منبع نور تعویض‌پذیر

replaceable light source

لامپ دارای یک کلاهک یا منبع نوری که جهت اتصال از طریق نگه‌دارنده لامپ، ترمینال، کانکتور و یا تجهیزات مشابه به گونه‌ای طراحی شده که در حین استفاده عادی یا در حین عملیات نگه‌داری چراغ، قابل تعویض باشد (مانند همه انواع لامپ‌های دارای کلاهک).

یادآوری- ماژول LED مطابق با استاندارد IEC 62031 به طور معمول به‌عنوان منبع نور تعویض‌پذیر در نظر گرفته می‌شود مگر اینکه مطابق با الزامات منابع نور غیر قابل تعویض یا منابع نور غیر قابل تعویض توسط کاربر باشد.

۵-۲-۲۱- منبع نور غیرقابل‌تعویض

non replaceable light source

منبع نوری که به یکی از دلایل زیر غیرقابل‌تعویض است:

- بدون شکستن یا خراب کردن چراغ، قابل تعویض نیست؛
- به‌وسیله پیچ یا وسیله محکم‌کننده مشابه، زیر یک پوشش محکم شده است و برای یک بار استفاده طراحی شده و قابل باز شدن نیست.

۵-۲-۲۲- منبع نور غیرقابل‌تعویض توسط کاربر

non-user replaceable light source

منبع نوری که فقط توسط شرکت سازنده، نمایندگی ارایه‌دهنده خدمات یا افراد واجد شرایط مشابه قابل تعویض است.

۵-۲-۲۳- نگه‌دارنده لامپ

lamp holder

بخشی که لامپ را نگه داشته و تماس الکتریکی را با آن برقرار می‌کند.

یادآوری ۱- استفاده از نگه‌دارنده لامپ‌های پایه سوزنی برای لامپ‌های هالوژن یا LED (با فاصله دو پایه کمتر از ۹ میلی‌متر) به منظور اتصال به شبکه ۲۳۰ ولت ممنوع است. درصورت استفاده از این منابع نوری برای اتصال به شبکه ۲۳۰ ولتی فقط نگه‌دارنده لامپ/کلاهک GU10 مجاز است.

یادآوری ۲- جدول (۵-۲) نمونه‌هایی از انواع کلاهک لامپ و نگه‌دارنده لامپ را نمایش می‌دهد.

۵-۲-۲۴- کلاهک لامپ

lamp cap

بخشی که به‌صورت مکانیکی به نگه‌دارنده لامپ متصل شده و تماس الکتریکی را با آن برقرار می‌کند.

یادآوری ۱- کلاهک لامپ می‌تواند به‌صورت رزوه‌ای، میخی، پین‌دار، فشاری و کابلی باشد.

یادآوری ۲- استفاده از نگه‌دارنده لامپ‌های پایه سوزنی برای لامپ‌های هالوژن یا LED (با فاصله دو پایه کمتر از ۹ میلی‌متر) به منظور اتصال به شبکه ۲۳۰ ولت ممنوع است. در صورت استفاده از این منابع نوری برای اتصال به شبکه ۲۳۰ ولتی فقط نگه‌دارنده لامپ/کلاهک GU10 مجاز است.

۵-۲-۲۵- چراغ

luminaire

دستگاهی است که نورهای منتشر شده توسط یک یا چند لامپ را توزیع، فیلتر کرده یا انتقال می‌دهد و شامل تمامی قطعات لازم برای نگه‌داشتن[1]، نصب و حفاظت لامپ است، اما لامپ را شامل نمی‌شود و در صورت لزوم، شامل مدارهای کمکی و وسایل اتصال آن‌ها به منبع تغذیه شامل چراغ می‌شود.

یادآوری- یک چراغ با لامپ یک‌پارچه غیرقابل تعویض[2] به‌عنوان چراغ در نظر گرفته می‌شود.

۵-۲-۲۶- چراغ معمولی

ordinary luminaire

چراغی است که حفاظت در برابر تماس تصادفی با قسمت‌های برق‌دار را تامین می‌کند، اما هیچ‌گونه حفاظت ویژه در برابر گرد و غبار، اجسام جامد خارجی یا رطوبت را ندارد.

۵-۲-۲۷- چراغ برای استفاده عمومی

general purpose luminaire

چراغی است که برای استفاده ویژه طراحی نشده است.

[1] Supporting
[2] Integral non-Replaceable Lamp

یادآوری- مثال‌هایی از استفاده عمومی چراغ‌ها عبارت است از: چراغ‌های آویز، چراغ‌های با نور نقطه‌ای و بعضی چراغ‌های ثابت شده جهت نصب روی سطح یا نصب توکار. مثال‌هایی از چراغ‌های با استفاده ویژه عبارت است از: استفاده در شرایط سخت، عکاسی، صنعت سینما یا استخرها.

۵-۲-۲۸- چراغ توکار

recessed luminaire

چراغی است که توسط سازنده به‌عنوان توکار مشخص شده و تمامی یا بخشی از آن درون سطح، نصب می‌شود.

یادآوری- این عبارت، برای چراغ‌هایی که در حفره‌های بسته استفاده می‌شود و نیز برای چراغ‌های نصب شده به‌صورت میان سطحی مانند سقف معلق (کاذب)، اعتبار دارد.

۵-۲-۲۹- چراغ قابل‌تنظیم

adjustable luminaire

چراغی است که بخش اصلی آن می‌تواند به‌وسیله یک مفصل، وسایل بالا و پایین بردن، لوله‌های تلسکوپی یا وسایل مشابه، جهت داده یا جابه‌جا شود.

یادآوری- چراغ‌های قابل تنظیم، ممکن است ثابت یا سیار باشد.

۵-۲-۳۰- چراغ ثابت

fixed luminare

چراغی‌است که به سادگی قابل جابه‌جاکردن از مکانی به مکان دیگر نیست، خواه به‌این دلیل که به‌صورتی نصب شده که فقط چراغ را به کمک یک ابزار می‌توان جابه‌جا کرد یا به این دلیل که برای استفاده در محلی که به سختی قابل دسترس است، در نظر گرفته شده باشد.

یادآوری- معمولا، چراغ‌های نصب ثابت برای اتصال دایمی به منبع تغذیه طراحی شده‌است، اما اتصال الکتریکی ممکن است توسط یک دوشاخه یا یک وسیله مشابه انجام شود.

۵-۲-۳۱- چراغ سیار

portable luminaire

چراغی است که در استفاده عادی در حالی‌که همچنان به منبع تغذیه متصل است، می‌تواند از مکانی به مکان دیگر جابه‌جا شود.

یادآوری- چراغ‌های نصب دیواری دارای یک بند تغذیه برای اتصال به یک دوشاخه و چراغ‌هایی که با یک پیچ خروسک[1]، گیره و یا قلاب به پایه خود نصب می‌شود، به‌صورتی‌که بتوان آن‌ها را با دست از پایه‌هایشان جدا نمود، به‌عنوان چراغ سیار در نظر گرفته می‌شود.

۵-۲-۳۲- چراغ‌های خیابانی و جاده‌ای

luminaires for road and street lighting

این چراغ‌ها، چراغ خیابانی، چراغ جاده‌ای و سایر موارد روشنایی عمومی، روشنایی تونل و چراغ‌های یک‌پارچه با پایه با حداقل ارتفاع ۲٫۵ متر از سطح زمین، با منابع نوری با ولتاژ تا و خود ۱۰۰۰ ولت را شامل می‌شود.

۵-۲-۳۳- نورافکن‌ها

floodlights

چراغی که برای کاربری نورافکنی به‌کار می‌رود.

یادآوری ۱- روشن‌کردن به روش نورافکنی، تاباندن نور بر روی کل صحنه یا سوژه است به‌طوری‌که روشنایی بیش‌تری نسبت به پیرامون خود داشته باشد.

یادآوری ۲- تفاوت بین روشنایی بین سوژه و پیرامون آن ممکن است به‌گونه‌ای دیگر توسط رنگ حاصل شود.

یادآوری ۳- یک نورافکن ممکن است برای استفاده در محیط‌های سرباز یا سرپوشیده یا هر دو استفاده شود.

۵-۲-۳۴- چراغ‌های دفنی

ground recessed luminaires

چراغ‌های مناسب برای نصب در زمین که ممکن است اتصالات منبع تغذیه و قطعات الکتریکی آن در زیر سطح زمین قرار گیرد.

۵-۲-۳۵- چراغ‌های ویژه استخرهای شنا و مصارف مشابه

luminaires for swimming – pools and similar applications

چراغ‌های نصب ثابت مخصوص استفاده در آب و یا در تماس با آب (مانند استخرهای شنا و آب‌نما).

۵-۲-۳۶- ریسه‌های روشنایی (نوری)

lighting chains

چراغ ساخته شده از یک مجموعه نگه‌دارنده لامپ که به‌صورت سری، موازی یا ترکیبی از سری/موازی و هادی‌های عایق‌شده با اتصال داخلی، بسته شده‌است.

[1] Wing Screw

۵-۲-۳۷- ریسه‌های نوری شیلنگی

rope lights

روشنایی ریسه‌ای یکپارچه شده‌ای که داخل لوله یا شیلنگ نیمه شفاف عایق، محکم یا قابل انعطاف، آب‌بندی شده در دو انتها و بدون مفصل باشد.

۵-۲-۳۸- چراغ‌گونه

semi-luminaire

چراغی که مشابه یک لامپ بالاست سرخود است و به‌گونه‌ای طراحی شده که از منبع نور و یا یک وسیله راه‌اندازی که به سادگی قابل تعویض است، استفاده کند.

یادآوری ۱- بالاست قابل تعویض نیست و با هر بار تعویض منبع نور، از بین نمی‌رود.

یادآوری ۲- نگه‌دارنده لامپ برای ایجاد اتصال به منبع نور نیاز دارد.

۵-۲-۳۹- چراغ برای استفاده در شرایط سخت

rough service luminaire

چراغ‌هایی هستند که برای استفاده در شرایط سخت طراحی شده‌اند.

یادآوری ۱- چراغ ممکن است:

- به طریق دایمی ثابت شود، یا
- به طریق موقتی روی یک سازه یا پایه نصب شود، یا
- به‌صورت یکپارچه با یک پایه یا دسته باشد.

یادآوری ۲- یک‌چنین چراغ‌هایی برای استفاده در شرایط کاربری سخت، یا هنگامی که روشنایی موقتی مورد نیاز است، به‌عنوان مثال برای بناهای در حال ساخت، کارگاه‌ها یا استفاده مشابه، طراحی شده‌اند.

۵-۲-۴۰- منحنی پخش نور (نمودار شدت نور)

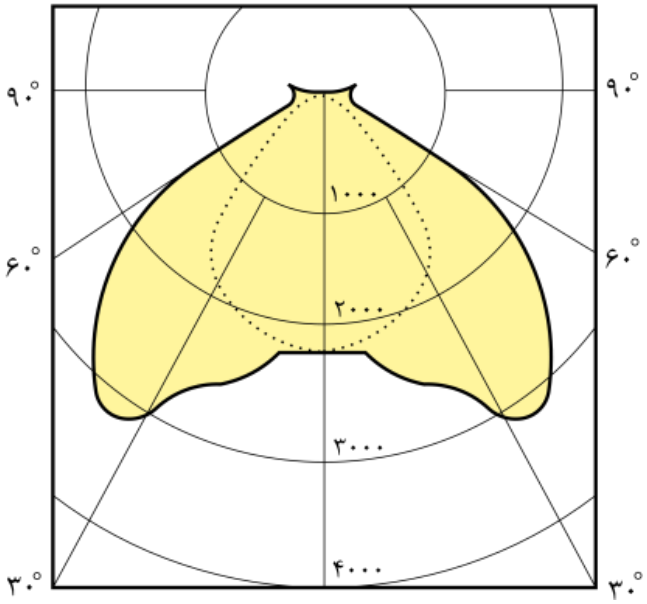
intensity distribution curve (IDC)

منحنی‌ای است که برای مشخص‌کردن شدت نور منتشر شده توسط یک چراغ در زوایای مختلف به کار می‌رود. از آنجایی که بیش‌تر منابع نوری نقطه‌ای نیستند، بنابراین شدت نور ثابتی در جهات مختلف ندارند. در محاسبات روشنایی دانستن نحوه توزیع نور منبع اهمیت دارد به همین خاطر سازندگان چراغ‌ها و لامپ‌های مختلف منحنی آن‌ها را با استفاده از دستگاه گونیوفوتومتر اندازه‌گیری و ارایه می‌کنند. به کمک این منحنی‌ها می‌توان شدت نور ناشی از چراغ را در زوایای مختلف، نسبت به پای عمود چراغ، به‌دست آورد. نحوه توزیع شدت نور خارج‌شده از یک چراغ به حالت رفتار رفلکتور با دیگر تجهیزات اپتیکی آن بستگی دارد. اصولاً این منحنی برحسب کندلا بر کیلو لومن ارایه می‌شود.

۵-۲-۴۱- منحنی پخش نور در دستگاه مختصات قطبی

polar luminous intensity plot

دیاگرام‌های قطبی، منحنی‌های به دست آمده از برش دادن شکل سه بعدی پخش نور با صفحات قائم، نحوه توزیع نور در آن صفحه را نشان می‌دهند. برخی از مواقع با توجه به آنکه بسیاری از چراغ‌ها نور را نسبت به محور عمودی گذرنده از مرکز، متقارن پخش می‌کنند، تنها یک منحنی در یکی از صفحات قائم برای نشان دادن پخش نور کافی است. منحنی‌های قطبی به شکل خطوطی بسته در پیرامون چراغ هستند که فاصله این خط تا چراغ، در هر زاویه مشخص متفاوت، و بیانگر شدت نور در آن زاویه است.

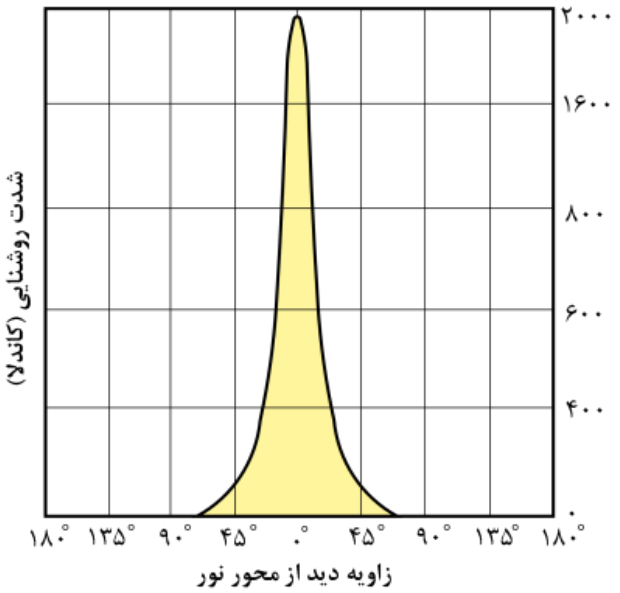


شکل۵-۷- یک نمونه از دیاگرام قطبی

۵-۲-۴۲- منحنی شدت نور در دستگاه مختصات دکارتی

cartesian intensity distribution plot

اگر نور چراغ خیلی متمرکز باشد، برای دقت بیش‌تر به جای منحنی قطبی از دکارتی استفاده می‌شود که محور افقی آن زاویه و محور عمودی شدت نور را نشان می‌دهد.

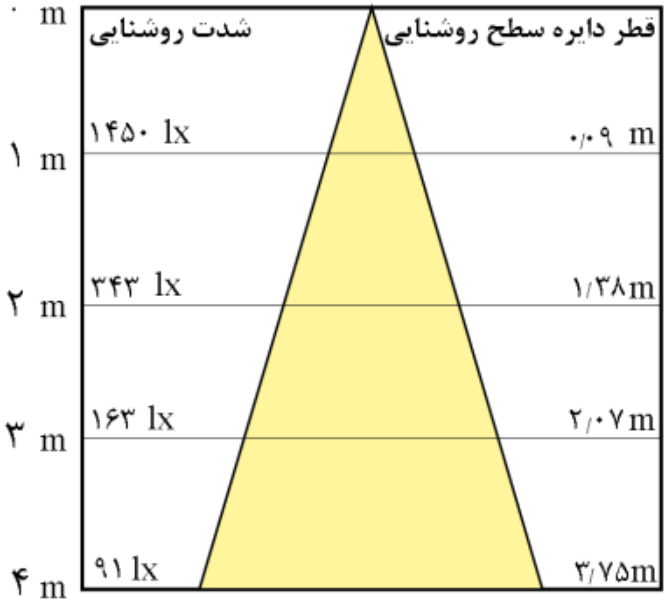


شکل۵-۸- یک نمونه از منحنی دکارتی

۵-۲-۴۳- منحنی مخروطی توزیع نور

illuminance cone diagram

فضایی است با کاربری مشخص که با استفاده از این منحنی می‌توان به شدت روشنایی حاصل از چراغ بر اساس زاویه تابش آن در فواصل مختلف از آن دست یافت.



شکل۵-۹- یک نمونه از منحنی مخروطی توزیع نور

۵-۲-۴۴- ناحیه کار

activity area

فضایی است با کاربری مشخص با یک یا چند کارکرد مرتبط که باید بر اساس الزامات روشنایی طراحی شود.

۵-۲-۴۵- سطح کار

task area

سطحی که در آن کار دیداری صورت می‌گیرد.

۵-۲-۴۶- ناحیه پیرامونی

immediate surrounding

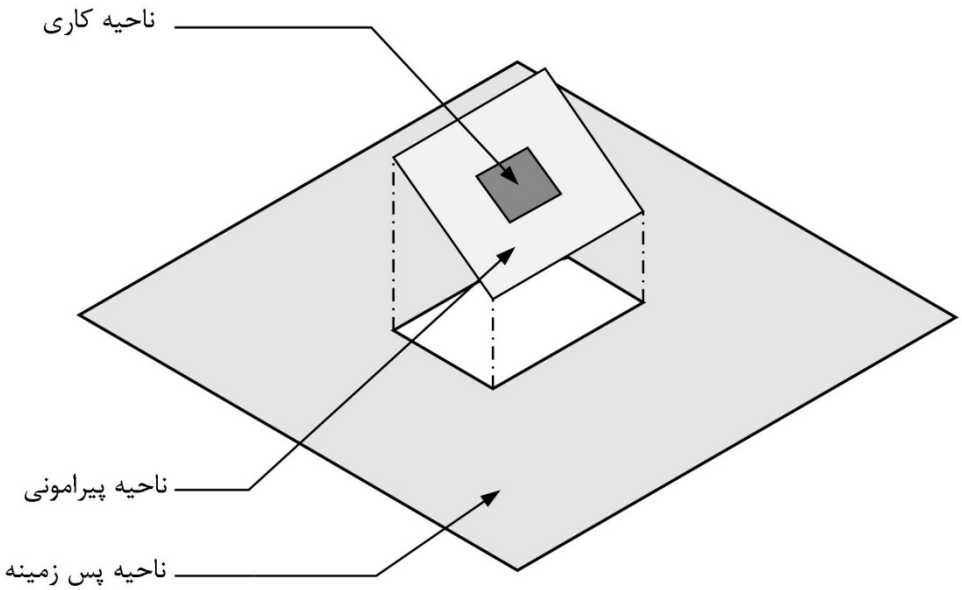
نوار فرضی به عرض حداقل ۰٫۵ متر چسبیده به سطح کار که در ناحیه دید قرار می‌گیرد.

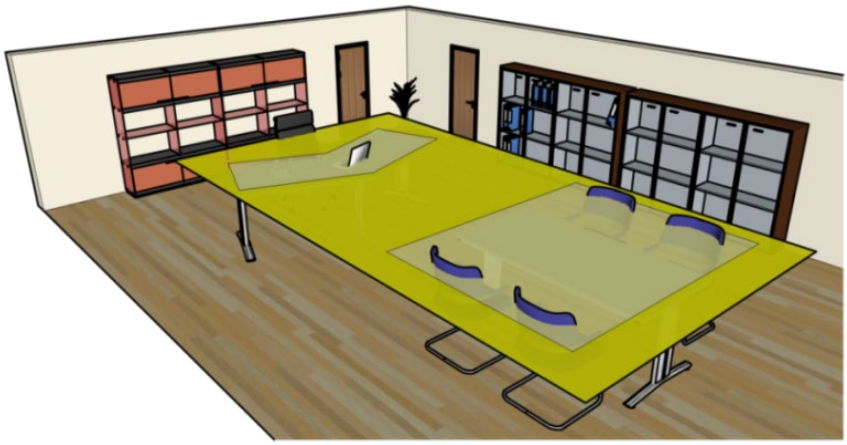
۵-۲-۴۷- ناحیه پس‌زمینه

background area

نوار فرضی به عرض حداقل ۳ متر در اطراف ناحیه پیرامونی افقی در تراز کف. (برای فضاهای وسیع حداقل ۳ متر و برای فضاهای محدود از انتهای ناحیه پیرامونی تا مرز ناحیه کاری تعریف می‌شود.)

در فضاهایی که فاقد نور روز هستند، روشنایی ناحیه پس‌زمینه باید $\frac{1}{3}$ (یک سوم) میزان روشنایی ناحیه پیرامونی باشد.







شکل۵-۱۰- نمونه‌هایی از نواحی سطح کار، پیرامونی و پس‌زمینه

جدول۵-۱- رابطه شدت روشنایی ناحیه پیرامونی با شدت روشنایی ناحیه کار

شدت روشنایی ناحیه کاری $\bar{E}_m$ lx	شدت روشنایی ناحیه پیرامونی $\bar{E}_m$ lx
≥۷۵۰	۵۰۰
۵۰۰	۳۰۰
۳۰۰	۲۰۰
۲۰۰	۱۵۰
≤۱۵۰	معادل ناحیه کاری

۵-۲-۴۸- قسمت برق‌دار

live part

قسمت رسانای چراغ که می‌تواند در شرایط عادی بهره‌برداری برق‌دار[1] شود و شامل هادی خنثی می‌شود اما بر اساس قرارداد شامل هادی PEN نمی‌شود. (ر.ک[2]. فصل ۱۲)

یادآوری- این اصطلاح به معنای برق‌گرفتگی نیست.

۵-۲-۴۹- عایق‌بندی پایه

basic insulation

عایق‌بندی که به منظور حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی به قسمت‌های برق‌دار اعمال می‌شود. (ر.ک. فصل ۱۲)

۵-۲-۵۰- عایق‌بندی تکمیلی

supplementary insulation

عایق‌بندی مستقلی است که علاوه بر عایق‌بندی پایه به منظور تامین حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی در صورت بروز نقص در عایق‌بندی پایه پیش‌بینی شده باشد. (ر.ک. فصل ۱۲)

۵-۲-۵۱- عایق‌بندی مضاعف (دوبل)

double insulation

عایق‌بندی است که متشکل از عایق‌بندی پایه و تکمیلی باشد. (ر.ک. فصل ۱۲)

۵-۲-۵۲- عایق‌بندی تقویت شده

reinforced insulation

یک سیستم عایق‌بندی واحد که به قسمت‌های برق‌دار اعمال شده و همان درجه حفاظت عایق‌بندی مضاعف را در برابر خطر برق‌گرفتگی ایجاد می‌کند. (ر.ک. فصل ۱۲)

---

[1] Energized

[2] رجوع کنید

۵-۲-۵۳- بالاست

ballast

وسیله‌ای که بین منبع تغذیه و یک یا چند لامپ قرار می‌گیرد و اصولاً برای محدود کردن جریان لامپ به مقدار مورد نیاز طراحی شده است. بالاست ممکن است دارای وسیله‌ای برای تبدیل ولتاژ و/یا فرکانس، اصلاح ضریب قدرت باشد و یا به تنهایی یا در ترکیب با یک وسیله راه‌اندازی به کار رود که شرایط لازم برای راه‌اندازی لامپ را تامین کند.

یادآوری- بالاست ممکن است به‌صورت مغناطیسی و یا الکترونیکی باشد.

۵-۲-۵۴- راه‌انداز

starter

وسیله‌ای است که معمولا در لامپ‌های فلورسنت، سبب پیش‌گرم‌شدن ضروری الکترودها شده و در ترکیب با امپدانس سری بالاست، ولتاژ اعمالی به لامپ را به سرعت افزایش می‌دهد و سبب سرج در ولتاژ اعمالی به دو سر لامپ می‌شود.

۵-۲-۵۵- جرقه‌زن (ایگنیتور)

ignitor

وسیله‌ای است که به تنهایی یا همراه با تجهیزات دیگر، به منظور ایجاد پالس ولتاژ برای راه‌اندازی لامپ‌های تخلیه‌ای استفاده می‌شود، اما پیش‌گرمایش الکترودها را تأمین نمی‌کند.

۵-۲-۵۶- درایور

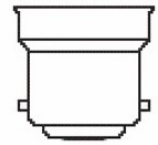
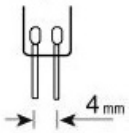
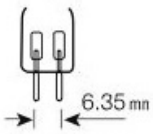
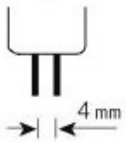
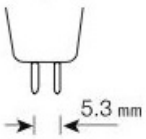
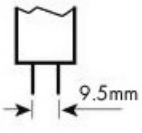
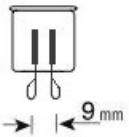
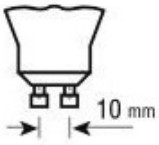
driver

وسیله‌ای است برای تغذیه LED که با استفاده از یک مدار الکترونیکی ولتاژ را کم کرده و آن را به (d.c.) (جریان مستقیم) تبدیل می‌کند. همچنین سطح ولتاژ و میزان عبور جریان الکتریکی را با دقت بسیار زیاد تامین می‌کند.

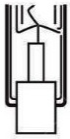
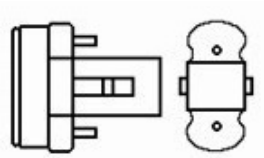
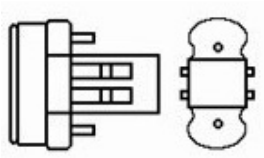
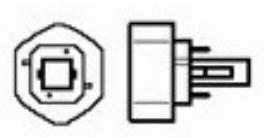
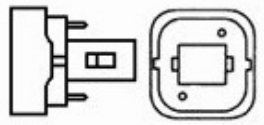
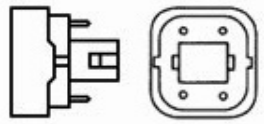
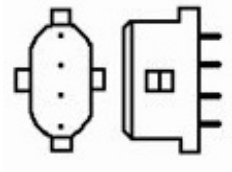
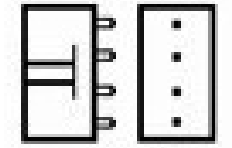
جدول۵-۲- نمونه‌هایی از انواع کلاهک لامپ و نگه‌دارنده لامپ

نوع لامپ	نام اختصاری	شکل
کلاهک لامپ رزوه ادیسون	E14	
	E27	

جدول ۵-۲- نمونه‌هایی از انواع کلاهک لامپ و نگه‌دارنده لامپ (ادامه)

نوع لامپ	نام اختصاری	شکل
کلاهک لامپ رزوه ادیسون	E40	
کلاهک لامپ میخی یا بایونت	B22	
کلاهک لامپ برای لامپ‌های هالوژن	G4	
	G6.35	
	GU4	
	GU5.3	
	GX9.5	
	G9	
	GU10	

جدول ۵-۲- نمونه‌هایی از انواع کلاهک لامپ و نگه‌دارنده لامپ (ادامه)

نوع لامپ	نام اختصاری	شکل
کلاهک لامپ برای لامپ‌های هالوژن	$R7_S$	
نگه‌دارنده لامپ برای لامپ‌های فلورسنت فشرده از نوع پین‌دار	G23	
	GX23	
	Gx24	
	G24d	
	G24q	
	2G7	
	2G11	

۵-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این فصل از نشریه به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزیی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

چراغ‌های روشنایی و تجهیزات وابسته که در تاسیسات برقی کارهای ساختمانی به کار می‌روند باید برابر جدیدترین اصلاحیه استانداردهای سازمان ملی استاندارد ایران یا یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبر جهانی مانند کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) یا به شرح زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۵-۳-۱- استانداردهای سازمان ملی استاندارد ایران

- استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۸۳، سامانه شناسه‌گذاری حباب لامپ‌های روشنایی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲۹۱۰، لامپ‌های رشته‌ای- الزامات ایمنی- قسمت ۱: لامپ‌های رشته‌ای تنگستن برای مصارف خانگی و روشنایی عمومی مشابه.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۲۷۶، سیستم بین‌المللی کدگذاری لامپ (ILCOS).
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۸۲۵۳، کلاهک لامپ‌ها، نگهدارنده‌ها و شاخص‌های کنترل تعویض‌پذیری و ایمنی آن‌ها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۲، لامپ‌های بخار جیوه فشار بالا - ویژگی‌های عملکردی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۱۰، نگهدارنده لامپ‌های فلورسنت لوله‌ای و راه‌اندازها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۶۸۷، لامپ‌های فلورسنت دو کلاهک ویژگی‌های عملکردی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵۲۱۱، لامپ‌های فلورسنت تک کلاهک - ویژگی‌های عملکردی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۴۸۷۸، تعیین رتبه کیفی لامپ‌ها و چراغ‌های LED – قسمت ۱: الزامات عمومی و آزمون‌ها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲-۱۴۸۷۸، تعیین رتبه کیفی لامپ‌ها و چراغ‌های LED – قسمت ۲: الزامات ویژه – بخش ۱: لامپ‌های LED با کلاهک GU5.3، GU10، E14 و E27.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۲-۱۴۸۷۸، تعیین رتبه کیفی لامپ‌ها و چراغ‌های LED – قسمت ۲: الزامات ویژه – بخش ۲: لامپ‌های LED لوله‌ای با کلاهک G5 و G13.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲-۱۴۸۷۸، تعیین رتبه کیفی لامپ‌ها و چراغ‌های LED – قسمت ۲: الزامات ویژه – بخش ۳: چراغ‌های LED خیابانی.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۴-۲-۱۴۸۷۸، تعیین رتبه کیفی لامپ‌ها و چراغ‌های LED – قسمت ۲: الزامات ویژه – بخش ۴: نورافکن LED.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۷۰۰، بالاست لامپ‌های فلورسنت دو کلاهکی - مقررات عملکردی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۷۶۴۴، لوازم کنترل لامپ – قسمت اول: الزامات عمومی و ایمنی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳-۲-۷۶۴۴، لوازم کنترل لامپ – قسمت ۲-۱۳: الزامات ویژه برای لوازم کنترل الکترونیکی با تغذیه (a.c.) یا (d.c.) برای مدول‌های LED.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۵۶۰، راه‌اندازهای تخلیه روشن لامپ‌های فلورسنت.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۶۸، درجات حفاظت تامین‌شده به‌وسیله محفظه‌ها (کد IP).
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت ۱ : الزامات عمومی و آزمون‌ها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت۲: مقررات ویژه - بخش۱: چراغ‌های نصب ثابت برای استفاده عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۲-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت ۲-۲: مقررات ویژه چراغ‌های توکار.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت ۲-۳: چراغ‌های خیابانی و جاده‌أی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴-۲-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت ۲-۴: چراغ‌های سیار برای مصارف عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵-۲-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت ۲-۵: نورافکن‌ها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱-۲-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت ۲-۱۱: چراغ‌های آکواریوم.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳-۲-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت ۲-۱۳: چراغ‌های دفنی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۸-۲-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت ۲-۱۸: چراغ‌های ویژه استخرهای شنا و مصارف مشابه.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۰-۲-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت ۲-۲۰: ریسه‌های روشنایی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱-۲-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت ۲-۲۱: ریسه‌های نوری شلنگی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۲-۲-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت ۲-۲۲: چراغ‌های روشنایی اضطراری.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵-۲-۵۹۲۰، چراغ‌ها - قسمت ۲-۲۵: چراغ‌هایی برای واحدهای کلینیکی بیمارستانی و درمانگاه‌ها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۴۶۳، نورپردازی اضطراری.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۹۹۵۶، نمادهای نگاشتاری - رنگ‌های ایمنی و علائم ایمنی - قسمت ۱: اصول طراحی علائم ایمنی و نشانه گذاری ایمنی.
- استاندارد ملی ایران به شماره INSO-ISO-7010، نمادهای نگاره‌ای رنگ‌های ایمنی و علائم ایمنی- علائم ایمنی ثبت شده.

۵-۳-۲- استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک

۵-۳-۲-۱- چراغ‌ها

- IEC 60598-1, Luminaires - Part 1: General requirements and tests.
- IEC 60598-2-1, Luminaires - Part 2-1: Particular requirements - Fixed general purpose luminaires.
- IEC 60598-2-2, Luminaires - Part 2-2: Particular requirements - Recessed luminaires.
- IEC 60598-2-3, Luminaires - Part 2-3: Particular requirements - Luminaires for road and street lighting.
- IEC 60598-2-4, Luminaires - Part 2-4: Particular requirements - Portable general purpose luminaires.
- IEC 60598-2-5, Luminaires - Part 2-5: Particular requirements – Floodlights.
- IEC 60598-2-11, Luminaires - Part 2-11: Particular requirements - Aquarium luminaires.
- IEC 60598-2-13, Luminaires - Part 2-13: Particular requirements - Ground recessed luminaires.
- IEC 60598-2-17, Luminaires - Part 2-17: Particular requirements - Luminaires for stage lighting, television and film studios (outdoor and indoor).
- IEC 60598-2-18, Luminaires - Part 2-18: Particular requirements - Luminaires for swimming pools and similar applications.
- IEC 60598-2-20, Luminaires - Part 2-20: Particular requirements - Lighting chains.
- IEC 60598-2-21, Luminaires - Part 2-21: Particular requirements - Rope lights.
- IEC 60598-2-22, Luminaires - Part 2-22: Particular requirements - Luminaires for emergency lighting.
- IEC 60598-2-25, Luminaires - Part 2: Particular requirements - Section 25: Luminaires for use in clinical areas of hospitals and health care buildings.
- IEC 60601-2-41, Medical electrical equipment - Part 2-41: Particular requirementsfor the basic safety and essential performance of surgical luminaires and luminaires for diagnosis.

۵-۳-۲-۲- لامپ‌ها و تجهیزات جانبی چراغ‌ها

- IEC 60061-1, Lamp caps and holders together with gauges for the control ofinterchangeability and safety. Part 1: Lamp caps.
- IEC 60061-1, Amendment 40 Lamp caps and holders together with gauges for the control of interchangeability and safety – Part 1: Lamp caps.
- IEC 60064, Tungsten filament lamps for domestic and similar general lighting purposes - Performance requirements.
- IEC 60081, Double-capped fluorescent lamps - Performance specifications.
- IEC 60155, Glow-starters for fluorescent lamps.
- IEC 60188, High-pressure mercury vapour lamps - Performance specifications.
- IEC 60192, Low-pressure sodium vapour lamps - Performance specifications.
- IEC 60357, Tungsten halogen lamps (non vehicle) - Performance specifications.
- IEC 60400, Lampholders for tubular fluorescent lamps and starterholders.
- IEC 60432-1, Incandescent lamps - Safety specifications - Part 1: Tungsten filament lamps for domestic and similar general lighting purposes.
- IEC 60432-2, Incandescent lamps - Safety specifications - Part 2: Tungsten halogen lamps for domestic and similar general lighting purposes.
- IEC 60662, High-pressure sodium vapour lamps - Performance specifications.

- IEC 60901, Single-capped fluorescent lamps - Performance specifications.
- IEC 60921, Ballasts for tubular fluorescent lamps - Performance requirements.
- IEC 60923, Auxiliaries for lamps - Ballasts for discharge lamps (excluding tubular fluorescent lamps) - Performance requirements.
- IEC 60927, Auxiliaries for lamps - Starting devices (other than glow starters)- Performance requirements.
- IEC 60968, Self-ballasted fluorescent lamps for general lighting services - Safety requirements.
- IEC 60969, Self-ballasted compact fluorescent lamps for general lighting services - Performance requirements.
- IEC 61048, Auxiliaries for lamps - Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits - General and safety requirements.
- IEC 61167, Metal halide lamps - Performance specification.
- IEC 61195, Double-capped fluorescent lamps - Safety specifications.
- IEC 61199, Lamp controlgear - Part 2-1: Particular requirements for starting devices (other than glow starters).
- IEC 61231, International lamp coding system (ILCOS).
- IEC CISPR TR 30-1, Test method on electromagnetic emissions - Part 1: Electronic control gear for single- and double-capped fluorescent lamps.
- IEC 60529, Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).
- IEC 60617, Graphical symbols for diagrams.

۵-۳-۳- استانداردهای B.S.

- BS EN 12464-1, Light and lighting. Lighting of work places. Indoor work places.
- BS EN 12464-2, Light and lighting. Lighting of work places. Outdoor work places.
- BS 5489-1:2020 Design of road lighting. Lighting of roads and public amenity areas.
- BS 5266-1, Emergency lighting. Code of practice for the emergency lighting of premises.

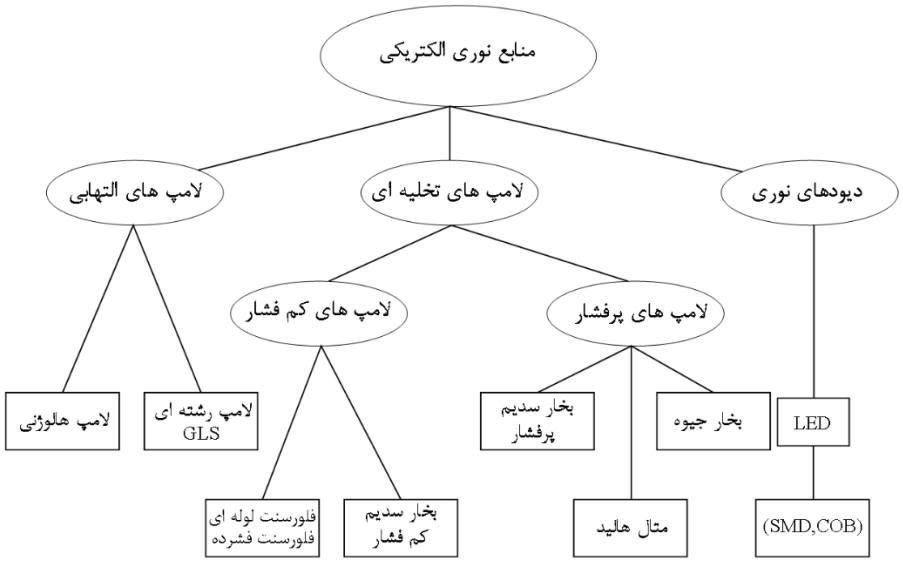
۵-۳-۴- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در سیستم روشنایی ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

در صورتی‌که در خصوص بخشی یا کل آزمون‌های مورد نیاز برای یک قطعه، وسیله یا تجهیز، استاندارد ملی ایران و شیوه‌نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، هر دو موجود نباشند، انجام آزمون مطابق استانداردهای بین‌المللی نظیر IEC و ISO در یک آزمایشگاه معتبر و صاحب صلاحیت[1] و اخذ گواهی آزمون ضروری است.

[1] صلاحیت آزمایشگاه توسط یکی از مراجع ذیصلاح ملی (شامل سازمان ملی استاندارد ایران یا مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) تعیین می‌شود.

۵-۴- منابع نوری



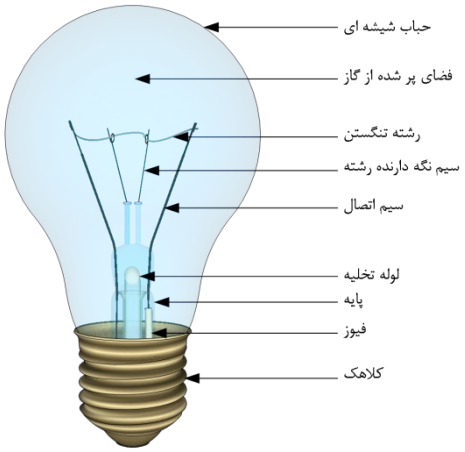
شکل۵-۱۱- دسته‌بندی منابع نوری با کاربری عمومی

۵-۴-۱- لامپ التهابی

لامپ‌های التهابی به دو دسته کلی رشته‌ای و هالوژن تقسیم‌بندی می‌شوند.

۵-۴-۱-۱- لامپ رشته‌ای

در این لامپ یک فیلامان که معمولا از جنس تنگستن است، با عبور جریان الکتریکی گرم و ملتهب شده و می‌درخشد. بازده لامپ التهابی بسیار پایین است زیرا بیش‌ترین مقدار تابش منتشر شده از لامپ در ناحیه‌ی مادون قرمز است. این لامپ‌ها نور سفید مایل به قرمز تولید می‌کند. عمر لامپ التهابی بسیار پایین است. (جدول (۵-۵)).



شکل۵-۱۲- لامپ رشته‌ای

۵-۴-۱-۲- لامپ هالوژن

لامپ التهابی است که رشته تنگستن آن در مجاورت ترکیبی از گاز هالوژنه مثل ید قرار می‌گیرد و این ترکیب سبب طول عمر دو تا چهار برابری به نسبت یک لامپ التهابی می‌شود. همچنین ترکیب هالوژنه ایجاد درخشندگی بیش‌تری را برای کاربری‌های باشکوه ایجاد می‌کند. غالباً این لامپ‌ها برای روشنایی پروژکتوری یا نورپردازی‌های موضعی یا تاکیدی استفاده می‌شود.



GU5.3 GU10

شکل۵-۱۳- لامپ هالوژن با کلاهک GU10 برای ولتاژ شبکه و کلاهک GU5.3 ولتاژ کم

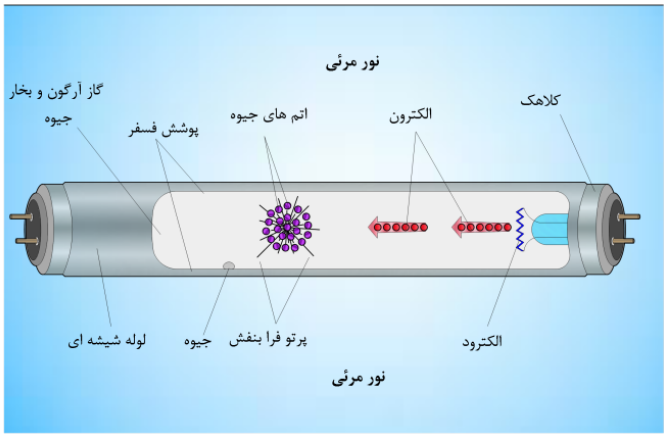
۵-۴-۲- لامپ‌های تخلیه در گاز

۵-۴-۲-۱- لامپ فلورسنت خطی – تخلیه در گاز با فشار کم

نحوه کار این لامپ به‌صورتی است که جریان الکتریکی گذرنده از میان گاز، جیوه موجود در داخل لامپ را یونیزه و امواج فرابنفش تولید می‌کند که این امواج با عبور از ماده‌ی فلورسانس به نور مرئی تبدیل می‌شود. برای راه‌اندازی لامپ فلورسنت، از راه‌انداز استفاده می‌شود. از آن‌جا که مقاومت گاز داخل لامپ فلورسنت با عبور جریان کاهش می‌یابد و باعث افزایش جریان می‌شود، لامپ فلورسنت به یک بالاست نیاز دارد تا جریان عبوری از گاز را محدود و قوس الکتریکی را در لامپ برقرار کند.

عمر این لامپ‌ها تحت تأثیر دمای محیط، ولتاژ اعمالی به کاتدها و تعداد راه‌اندازی تغییر خواهد کرد.

این لامپ‌ها بر اساس قطر لوله‌ی آن‌ها بر حسب x هشتم ($\frac{x}{8}$) اینچ طبقه‌بندی می‌شود. به‌عنوان مثال لامپ فلورسنت T8 یعنی قطر لوله لامپ $\frac{8}{8}$ اینچ یا حدود ۲۶ میلی‌متر است و لامپ فلورسنت T5یعنی قطر لوله لامپ $\frac{5}{8}$ اینچ برابر ۱۶ میلی‌متر است.





شکل۵-۱۴- لامپ‌های فلورسنت خطی

۵-۴-۲-۲- لامپ فلورسنت فشرده

این لامپ شامل لوله تخلیه الکتریکی است که کاتدهای دوسر لامپ با اعمال ولتاژ باعث تبخیر جیوه شده و پس از یک تخلیه الکتریکی، انرژی آزاد شده در طیف فرابنفش پس از برخورد با پوشش داخلی لامپ مرئی می‌شود. جهت روشن ماندن، این منبع نور به وسایل راه‌اندازی و نگه‌دارنده لامپ نیاز دارد. تجهیزات راه‌انداز این نوع لامپ در محفظه‌ای بین کلاهک تغذیه و لوله منبع نور قرار گرفته و معمولا قابلیت تعویض یا تعمیر را ندارند. انواع دیگر این لامپ‌های فلورسنت فشرده که از نوع دوپین است برای روشن‌شدن به راه‌انداز مخصوصی نیاز دارد که توسط سازندگان در داخل کلاهک لامپ قرار می‌گیرد. در مورد لامپ‌های چهارپین که راه‌انداز داخلی ندارد باید حتماً از بالاست الکترونیکی استفاده کرد تا نیازی به راه‌انداز وجود نداشته باشد.

یادآوری- در برخی از انواع چهارپین موسوم به L یا TCL می‌توان از بالاست مغناطیسی به همراه راه‌انداز استفاده کرد.



شکل۵-۱۵- لامپ‌های فلورسنت فشرده

۵-۴-۲-۳- لامپ متال هالید

نوعی لامپ تخلیه الکتریکی در گاز با فشار بالا است که برای راه‌اندازی آن، از یک الکترود کمکی (به جای راه‌انداز)، در نزدیکی یکی از الکترودهای اصلی استفاده شده و توسط سیمی به الکترود دیگر متصل می‌شود. فاصله کم الکترودها به یونیزه‌شدن گاز موجود بین آن‌ها و پیش گرمایش کاتد لامپ کمک می‌کند و عمل تخلیه الکتریکی به طور جزیی اتفاق

می‌افتد. با گرم‌شدن لامپ، گاز داخل حباب تخلیه[1] یونیزه می‌شود و با گذشت زمان عمل تخلیه‌ی اصلی در تمامی لامپ صورت می‌گیرد. از آن‌جا که مقاومت بسیار زیادی در مسیر الکترود فرعی وجود دارد، بعد از برقراری جریان بین دو الکترود اصلی، در این مسیر، تخلیه اتفاق نمی‌افتد و با توجه به امپدانس مدار، راه‌انداز مانند یک سیم عمل کرده و در نتیجه اتلاف انرژی وجود ندارد.

درلامپ‌های متال هالید علاوه بر جیوه، مقداری نمک‌های هالوژن مانند یدور سدیم، یدور ایندیوم یا یدور تالیوم نیز اضافه می‌شود. در دمای کار لامپ، یدور تبخیر می‌شود و طول موج مخصوصی را منتشر می‌کند. به این ترتیب هم طیف رنگ و هم بهره‌ی نوری بهتر می‌شود. از سوی دیگر نمک‌های فلزات هالوژنه سبب بهبودی شاخص نمود رنگ CRI می‌شود در برخی از انواع این خانواده تا حدود $R_a=95$ هم می‌رسد. گستره‌ی دمای رنگ ۳۰۰۰ تا ۵۶۰۰ کلوین سبب شده است که لامپ‌های متال‌هالید در موارد متعددی کاربرد داشته باشد در حالی‌که گستره‌ی دمای رنگ لامپ‌های بخار جیوه به مقدار ۳۴۰۰ تا۴۲۰۰ کلوین محدود بوده و دمای رنگ لامپ‌های بخار سدیم در حدود ۲۰۰۰ کلوین تقریبا ثابت است.

در این لامپ‌ها برای راه‌اندازی لامپ، از جرقه‌زن استفاده می‌شود که با ایجاد پالس‌های ولتاژ، باعث شکل‌گیری عمل تخلیه در گاز موجود در لامپ می‌شود.

لامپ‌های متال‌هالید ممکن است بنا به یکی از دلایل زیر بترکد:

- روشن و خاموش شدن مکرر
- لرزش زیاد لامپ
- نامناسب بودن مدارها راه‌انداز

دقت به این نکته ضروری است این لامپ‌ها حتماً باید در چراغ‌های کاملاً بسته نصب شود.

۵-۴-۲-۳-۱- تغییر رنگ

یکی از مشکلات احتمالی در لامپ‌های متال هالید تغییر رنگ[2] است به‌گونه‌ای که رنگ لامپ از سفیدی به سمت رنگ آبی یا سبز میل می‌کند. دلیل آن تغییر ولتاژ کاری دوسر لامپ ناشی از افت ولتاژ در شبکه یا عملکرد بد بالاست است.

یادآوری- از آنجایی که لامپ‌های متال هالید با دو نوع حباب تخلیه برای دو جریان الکتریکی ساخته می‌شوند هنگام انتخاب باید دقت کرد که جریان بالاست و لامپ با یکدیگر هم‌خوان باشند.

۵-۴-۲-۳-۲- تابش فرابنفش

از آنجایی‌که بخشی از طیف خروجی لامپ‌های متال هالید دارای پرتوهای فرابنفش است و عمل تخلیه الکتریکی در حباب تخلیه صورت می‌گیرد، حباب بیرونی پوششی است جهت کنترل خروج تابش فرابنفش به مقدار جزیی. علاوه بر

[1] Arc Tube
[2] Shifting Color

آن حباب بیرونی وظیفه حفاظت مکانیکی از حباب تخلیه الکتریکی و تأمین چرخه دمایی برای تسریع در دوره راه‌اندازی و دوره پایداری را برعهده دارد.

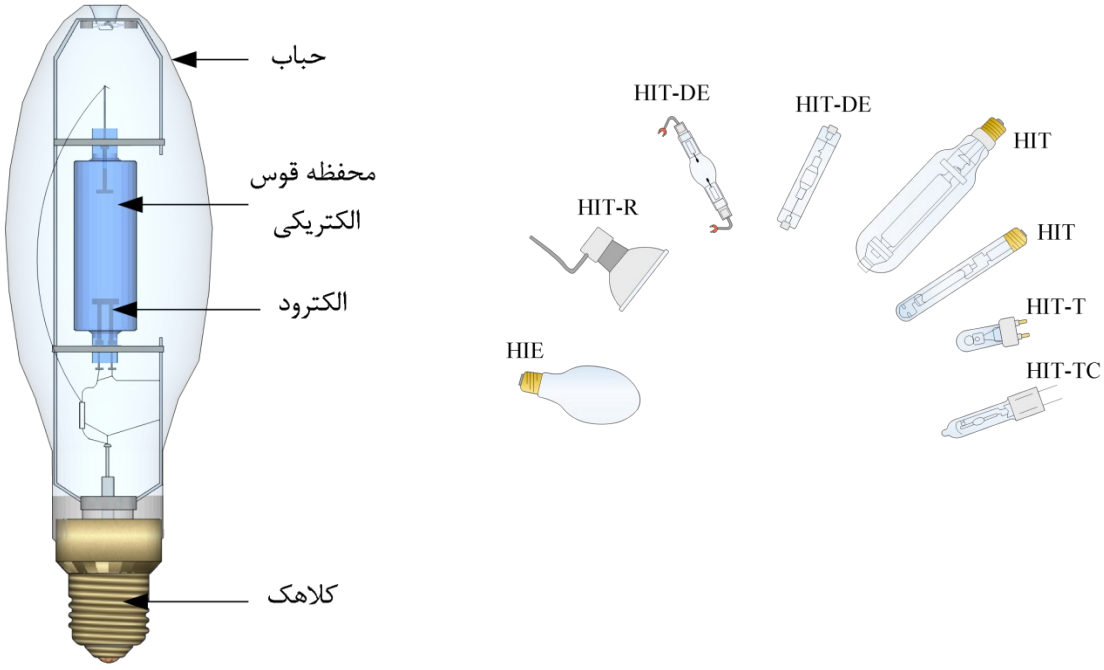
از این‌رو توجه به نکات زیر ضروری است:

الف- هنگام نصب یا بازرسی دوره‌ای، کنترل شود حباب بیرونی لامپ دچار شکستگی نباشد.

ب- هنگام بستن یا جاگذاری لامپ در نگه‌دارنده لامپ دقت شود نیروی پیچشی سبب بریده شدن حباب[1] از کلاهک لامپ یا جدا شدن لامپ از سمنت[2] و کلاهک نشود. در این حالت اگر چه لامپ بدون ایراد روشن می‌شود اما سبب انتشار پرتو فرابنفش می‌شود.

پ- پیش از جاگذاری لامپ حتماً کنترل شود که هیچ ترک مویی بر روی حباب وجود نداشته باشد چون در دمای بالای لامپ سبب خورد یا شکسته شدن حباب خارجی لامپ می‌شود اما لامپ هنوز پرتو فرابنفش را منتشر می‌کند.

ت- برای توان‌های کم‌تر از ۱۵۰ وات در ارتفاع کم‌تر از سه متر به شرطی می‌توان از این لامپ‌ها استفاده کرد که نماد یا نوشته فیلتر فرابنفش بر روی بسته‌بندی یا حباب لامپ وجود داشته باشد.



شکل۵-۱۶- نمونه‌هایی از لامپ‌های متال هالید

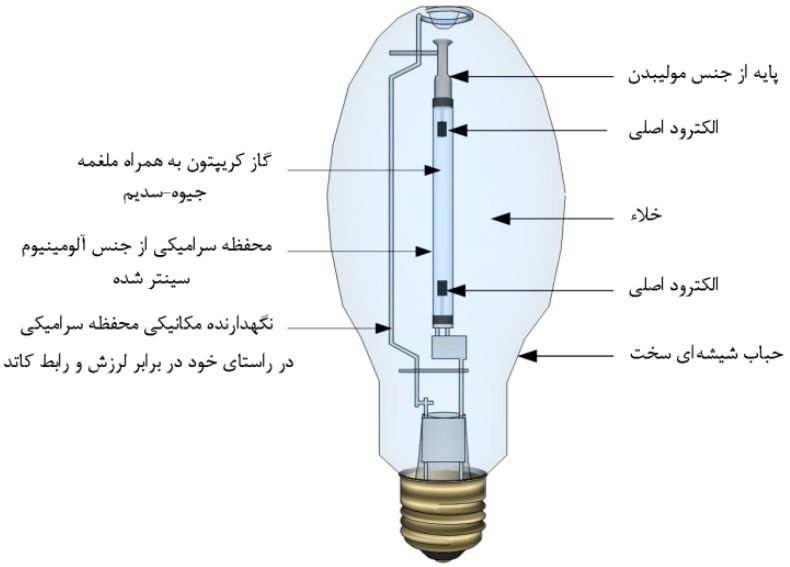
[1] Ring off
[2] Cement

۵-۴-۲-۴- لامپ بخار سدیم کم‌فشار و پرفشار

لامپ بخار سدیم با فشار کم دارای یک لوله داخلی و دو الکترود اصلی است. برای جلوگیری از اتلاف حرارتی، از یک حباب خارجی نیز استفاده می‌شود که داخل آن خلاء ایجاد می‌کنند و سطح داخلی آن را با ماده بازتابنده پرتو فرو سرخ (مانند اکسید ایندیوم) می‌پوشانند.

این لامپ از یک راه‌انداز استفاده می‌کند و فیلامان‌ها قبل از روشن‌شدن لامپ گرم می‌شود. چون فشار بخار سدیم، بسیار کم است، برای گرم‌کردن سدیم و شروع یونیزاسیون، گاز نئون و مقدار بسیار کمی گاز آرگون به آن افزوده می‌شود. مدت زمان روشن‌شدن لامپ ۷ تا ۱۵ دقیقه است و در طول این زمان که زمان راه‌اندازی نام دارد، ولتاژ دو سر لامپ، توان نوری، توان الکتریکی و جریان لامپ تغییر می‌کند.

وضعیت قرارگیری این لامپ‌ها ممکن است بر عملکرد مطلوب آن‌ها موثر باشد زیرا در برخی از وضعیت‌ها، سدیم در مکان نادرستی جمع شده و لامپ به‌درستی کار نمی‌کند.







لامپ بخار سدیم کم‌فشار

لامپ بخار سدیم پرفشار

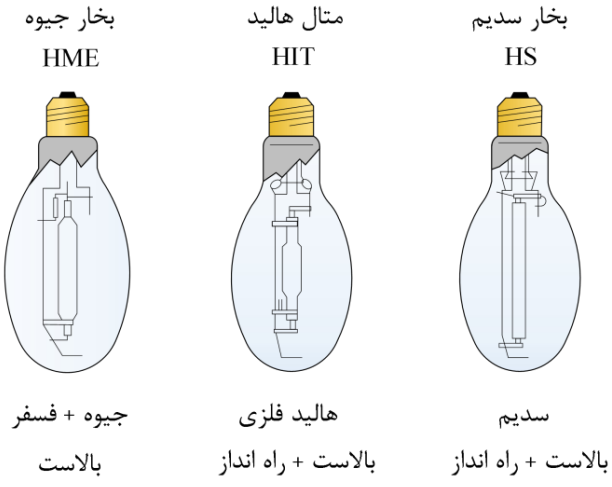
شکل۵-۱۷- لامپ‌های بخار سدیم پرفشار و کم‌فشار

با پیشرفت در فن‌آوری ساخت لامپ‌ها، لامپ‌های بخار سدیم کم‌فشار با توجه به تک‌فام بودن طیف زرد زننده و همچنین طول بلند آن با استقبال کم‌تری روبرو شده است. در لامپ‌های بخار سدیم پرفشار به دلیل استفاده از محفظه سرامیکی کوچک و به‌کارگیری ملغمه سدیم جیوه ابعاد آن نسبت به نوع کم‌فشار کوچک‌تر شده است که ضمن بهبود طیف رنگ نور سبب افزایش شار نوری نیز می‌شود. از سوی دیگر کوچک‌سازی لامپ، ابعاد چراغ را کوچک‌تر و زیباتر می‌کند.

برای کاهش تلفات حرارتی و تسریع در افزایش دمای راه‌اندازی و کاهش زمان تثبیت شار نوری از حباب بیرونی که داخل آن خلاء ایجاد شده است، استفاده می‌شود. غشا درونی حباب بیرونی در انواعی از این خانواده لامپ، با فسفر پوشش داده می‌شود تا سبب ارتقاء R_a در این لامپ‌ها شود. این گروه به لامپ سدیم پرفشار با رنگ نور بهبود یافته (رنگ سفید طلایی) موسوم است. از دیگر خصوصیات بارز این لامپ‌ها شار نوری بالا، طول عمر زیاد و مقاومت در برابر کاهش ولتاژ در هنگام عملکرد است و مناسب‌ترین منبع نوری برای فضاهای مه آلود، غبار آلود، انبارها، اسکله، معابر، تونل و در نورپردازی‌های دیوارها و نماها است. در این لامپ الکترود کمکی وجود ندارد و الکترودها قبل از روشن شدن گرم نمی‌شود. برای شروع کار لامپ‌های تا توان‌های کم‌تر از ۱۵۰وات، یک پالس ولتاژ بالا در حدود ۲۰۰۰ ولت و برای لامپ‌های با توان بیش‌تر از ۱۵۰وات، پالس ولتاژ تا ۴۵۰۰ ولت به مدت چند میلی ثانیه روی الکترودها اعمال می‌شود.

لامپ‌های تخلیه‌ای موسوم به HID برای روشن شدن و روشن ماندن به یک وسیله محدود کننده جریان نیاز دارد و برای این کار از بالاست استفاده می‌کند. هم‌چنین برای روشن‌شدن به یک جرقه زن هم نیاز است که همیشه باید در نزدیکی لامپ قرار گیرد.

دسته‌ای از لامپ‌های بخار سدیم که به منظور جایگزینی با لامپ‌های بخارجیوه به بازار مصرف ارایه می‌شود به پلاگین موسوم است. به‌نحوی طراحی شده که بدون نیاز به تغییر مدار یا اجزای آن، لامپ بخار سدیم‌پلاگین جایگزین می‌شود. با این عمل بدون هیچ تغییری در مدار و همان بالاست، شار نوری حدود ۳۵ تا ۴۵ درصد افزایش می‌یابد. استفاده از این لامپ‌ها در پروژه‌های جدید ممنوع است و از این روش فقط برای مواردی‌که دارای چراغ‌های نصب شده از قبل است می‌توان به‌عنوان یک راهکار پیشنهادی برای رسیدن به شارنوری بیشتر استفاده کرد.



شکل۵-۱۸- لامپ‌های تخلیه الکتریکی در گاز پرفشار

۵-۴-۲-۵- دیودهای منتشر کننده نور (LED)

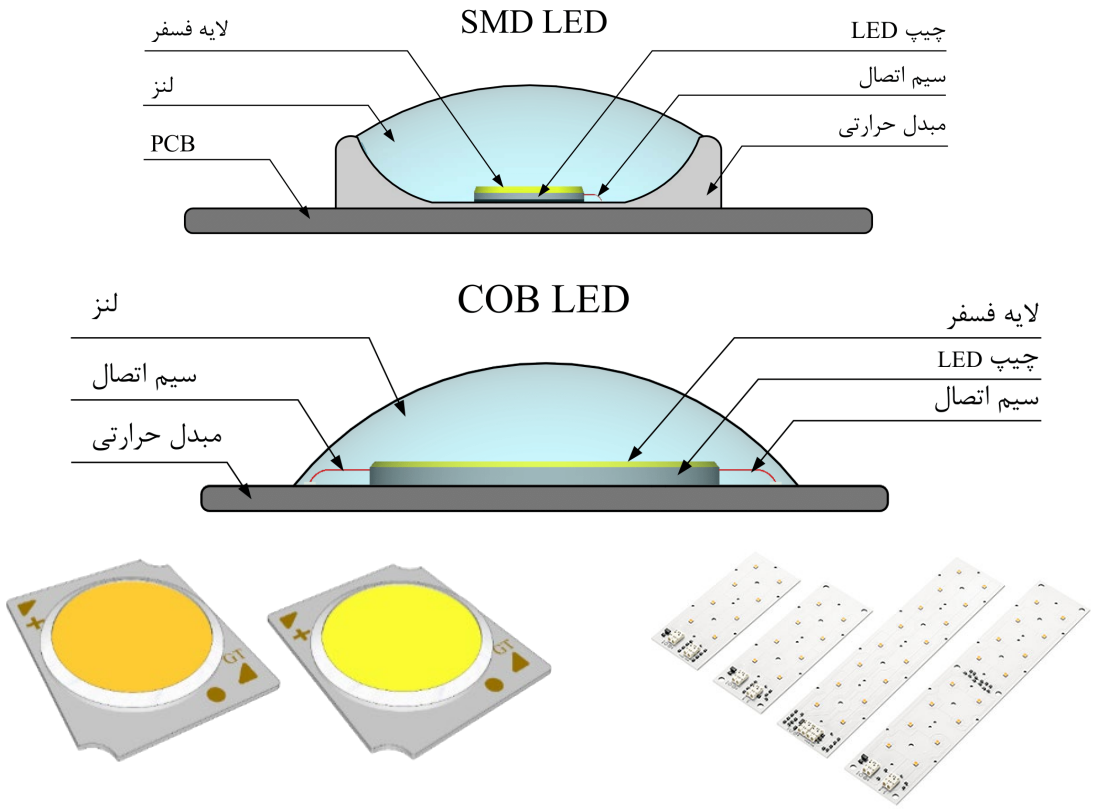
دیودهای منتشر کننده نور، نوع خاصی از دیودها است که با عبور جریان الکتریکی از خود نور منتشر می‌کنند. هر LED از یک لایه بسیار نازک از ماده نیمه‌رسانا ساخته شده و بسته به ماده نیمه‌رسانا و مقدار ناخالصی، وقتی بایاس مستقیم شود، یک نور رنگی با طول موج مشخص منتشر می‌کند.

در بایاس مستقیم، الکترون‌های باند هدایت نیمه‌رسانا با حفره‌های باند ظرفیت بازترکیب می‌شود و انرژی کافی را برای فوتون‌های مولد نور تک‌فام مهیا می‌کند. به دلیل وجود لایه نازک، تعدادی از این فوتون‌ها می‌تواند از پیوند جدا شده و یک خروجی نورانی رنگی تولید کند. پس می‌توان گفت که وقتی LED بایاس مستقیم است، انرژی الکتریکی را به انرژی نوری تبدیل می‌کند.

منابع نور LED که برای روشنایی در چراغ‌ها استفاده می‌شود، معمولا در دو نوع SMD[1] یا COB[2] وجود دارد. تفاوت این دو در نحوه مونتاژ چیپ LED بر روی برد است.

در نوع SMD چیپ‌های نورانی به‌صورت مجزا روی برد و در نوع COB چیپ‌ها به‌صورت متمرکز در کنار یکدیگر مونتاژ می‌شود.

منابع نوری LED طول عمر بیش‌تر و بهره نوری بیش‌تری در مقایسه با سایر منابع نوری دارد. (جدول (۵-۵))



شکل۵-۱۹- دیودهای منتشر کننده نور

[1] Surface Mounted Device
[2] Chip on Board

دمای رنگ تقریبی برخی از متداول‌ترین منابع نوری در جدول (۵-۳) معرفی شده است.

جدول۵-۳- دمای رنگ تقریبی برخی از متداول‌ترین منابع نوری

ردیف	نوع منبع نور	دمای رنگ نور (K)
۱	لامپ التهابی / لامپ هالوژن	۲۷۰۰ تا ۳۲۰۰
۲	فلورسنت سفید گرم با پوشش داخلی هالوفسفات یا ترایبند	۲۸۰۰ تا ۳۰۰۰
۳	فلورسنت سفید سرد (صدفی) با پوشش داخلی هالوفسفات یا ترایبند	۴۰۰۰ تا ۴۵۰۰
۴	فلورسنت نور سفید (نور روز) با پوشش داخلی هالوفسفات یا ترایبند	۵۲۰۰ تا ۵۶۰۰
۵	بخار سدیم کم فشار	۱۸۰۰
۶	بخار سدیم پر فشار	۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰
۷	بخار جیوه پوشش داد شده	۳۴۰۰ تا ۴۲۰۰
۸	متال هالید	۳۰۰۰ تا ۵۶۰۰
۹	دیودهای منتشر کننده نور (LED)	۲۵۰۰ تا ۸۰۰۰

شاخص نمود رنگ R_a برخی از متداول‌ترین منابع نوری در جدول (۵-۴) معرفی شده است.

جدول۵-۴- شاخص نمود رنگ برخی از متداول‌ترین منابع نوری

ردیف	نوع منبع نور	شاخص نمود رنگ - CRI
۱	لامپ التهابی / لامپ هالوژن	۹۹
۲	فلورسنت هالوفسفات	بیش از ۶۰
۳	فلورسنت ترایبند	بیش از ۸۰
۴	فلورسنت فشرده	بیش از ۸۰
۵	بخار سدیم کم فشار	۱۵
۶	بخار سدیم پرفشار (سفید)	۲۵
۷	بخار جیوه	۴۰ تا ۵۰
۸	متال هالید	۸۰ تا ۹۰
۹	دیودهای منتشر کننده نور (LED)	بالای ۹۰

بهره نوری و طول عمر تقریبی برخی از متداول‌ترین منابع نوری در جدول (۵-۵) معرفی شده است.

جدول۵-۵- بهره نوری و طول عمر نامی برخی از متداول‌ترین منابع نوری

ردیف	نوع منبع نور	طول عمر (ساعت)	بهره نوری (lm/W)
۱	لامپ رشته‌ای	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰	۵ تا ۱۵
۲	لامپ هالوژن	۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰	۲۰ تا ۳۰
۳	فلورسنت	۷۵۰۰ تا ۲۰۰۰۰	۴۰ تا ۱۰۰
۴	فلورسنت فشرده	۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰	۴۵ تا ۹۰
۵	بخار سدیم کم‌فشار	۱۲۰۰۰ تا ۲۴۰۰۰	۱۱۰ تا ۲۰۰
۶	بخار سدیم پرفشار	۱۰۰۰۰ تا ۲۲۰۰۰	۴۰ تا ۱۴۰
۷	متال هالید	۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰	۷۰ تا ۱۴۰
۸	دیودهای منتشر کننده نور (LED)	حدود ۵۰۰۰۰	۸۰ تا ۱۲۰ و بیش‌تر

یادآوری ۱- اعداد طول عمر به‌صورت تجربی، وابسته به تجهیزات راه‌اندازی و تعداد کلیدزنی است.

یادواری ۲- طول عمر ۵۰۰۰۰ ساعت مربوط به چیپ LED است و ممکن است درایو آن طول عمر کم‌تری داشته باشد.

۵-۵- وسایل کنترل و راه‌اندازی

اکثر منابع نوری نیاز به تجهیزات جانبی برای راه‌اندازی دارند. این وسایل شامل بالاست الکترونیکی، راه‌انداز برای فلورسنت، جرقه‌زن برای لامپ‌های HID، درایور برای منابع نوری LED و ترانسفورماتورها برای منابع نوری با سطح ولتاژ کار متفاوت مانند لامپ‌های هالوژن با ولتاژ کم هستند.

۵-۵-۱- بالاست

تمامی منابع نوری (لامپ‌های) تخلیه الکتریکی در گاز شامل لامپ‌های فلورسنت و تخلیه الکتریکی در گاز پرفشار و کم‌فشار (بجز موارد خاص) برای راه‌اندازی نیاز به بالاست دارند. بالاست می‌تواند به‌صورت مغناطیسی یا الکترونیکی وجود داشته باشد. اصلی‌ترین وظیفه بالاست‌ها به شرح زیر است:

- تامین ولتاژ اولیه روشن شدن لامپ؛
- تامین ولتاژ کار دایم برای روشن ماندن لامپ؛
- کنترل و محدود کننده جریان ورودی لامپ.

برخی از مهم‌ترین مشخصات فنی بالاست عبارت است از:

- میزان مصرف انرژی؛
- طول عمر مفید بالاست؛
- تاثیر در شار نوری لامپ؛
- میزان کنترل پذیری؛
- اثرگذاری در میزان اغتشاشات هارمونیکی جریان تغذیه.

۵-۵-۲- لامپ درایور سرخود

وسیله‌ای که شامل کلاهک و منبع نور و اجزای تکمیلی مورد نیاز برای راه‌اندازی و عملکرد پایدار منبع نور است و نمی‌توان اجزای آن‌را بدون خرابی دایم از هم جدا کرد.

یادآوری ۱- درایور به همراه لامپ، یک قطعه، از لامپ درایور سرخود است و قسمتی از چراغ نیست و پس از پایان عمر قطعه، به دور انداخته می‌شود.

یادآوری ۲- نکات قابل توجه:

- برای کاهش مصرف انرژی لازم است در هنگام انتخاب نوع بالاست، حداقل رده انرژی، معادل گروه A از استاندارد ملی ایران به شماره ۷۳۴۱ باشد.

• بالاست‌های الکترونیکی یا درایور به‌دلیل استفاده از مدارهای سوئیچینگ و الکترونیک قدرت، هارمونیک تولید می‌کند. لذا مقادیر THD آن‌ها باید طبق بند ۶ از استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۳-۷۲۶۰ با عنوان سازگاری الکترومغناطیسی، بطوری که مقدار THD جریان تغذیه کم‌تر از ۱۵٪ باشد. (برای اطلاعات بیش‌تر به بند ۷-۳ حدود برای تجهیزات کلاس C (تجهیزات روشنایی) استاندارد یاد شده مراجعه شود.)

• چراغ‌های فلورسنت اضطراری باید بدون راه‌انداز[1] روشن شده و راه‌انداز نباید در مدار چراغ در حالت کار اضطراری قرار داشته باشد.

این تجهیز با تبدیل برق (a.c.) شبکه به (d.c.)، ولتاژ و جریان لازم برای راه‌اندازی منابع نوری LED را فراهم می‌کند. درایورها معمولا به دو دسته جریان ثابت و ولتاژ ثابت (بر اساس ولتاژ و جریان خروجی) تقسیم‌بندی می‌شود. درایورها مانند بالاست‌های الکترونیکی به دلیل استفاده از مدارها سوئیچینگ و الکترونیک قدرت، هارمونیک تولید می‌کند. لذا مقادیر THD آن‌ها باید طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۳-۷۲۶۰ مطابقت داشته باشد.

۵-۵-۳- ترانسفورماتور

این تجهیز با تغییر سطح ولتاژ شبکه، انرژی لازم برای تغذیه منابع نوری مختلف را فراهم می‌کند.

۵-۵-۴- مبدل کاهنده برای تجهیزات روشنایی

واحدی که بین منبع تغذیه و یک یا چند لامپ هالوژن یا دیگر لامپ‌های التهابی تعبیه شده و برای تغذیه لامپ (لامپ‌ها) با ولتاژ اسمی خود و عموماً در فرکانس بالا در نظر گرفته شده است. این واحد ممکن است شامل یک یا چند قطعه مجزا بوده و وسایلی را برای کم‌سوکنندگی[2]، اصلاح ضریب قدرت و مقابله با تداخل امواج رادیویی دارا باشد.

۵-۶- چراغ‌ها

چراغ‌ها بر حسب نوع حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی، درجه حفاظت تامین شده افراد در برابر دسترسی به قسمت‌های خطرناک، نفوذ اجسام جامد خارجی و حفاظت وسایل داخل محفظه در برابر اثرات زیان‌آور نفوذ آب، اجسام سخت، رطوبت و جنس نصب از لحاظ مقاومت در برابر حرارت و شرایط کاربرد آن‌ها به رده‌هایی طبقه‌بندی می‌شود:

۵-۶-۱- طبقه‌بندی بر حسب حفاظت در برابر برق‌گرفتگی

چراغ‌ها با توجه به نوع حفاظت در برابر برق‌گرفتگی به سه گروه به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

• گروه I - چراغی است که در آن برای حفاظت در برابر برق‌گرفتگی فقط روی عایق‌بندی پایه تکیه نمی‌شود، بلکه شامل احتیاط‌های ایمنی اضافی است بدین‌صورت که وسایلی جهت اتصال قسمت‌های رسانای در دسترس

[1] Glow Starter
[2] Dimming

به هادی حفاظتی در سیم‌کشی ثابت در تاسیسات، به نحوی‌که قسمت‌های رسانای در دسترس نتواند در صورت نقص در عایق‌بندی پایه، برق‌دار شود.

یادآوری ۱- چراغ‌های کلاس I به منظور استفاده به همراه کابل یا بند منعطف، باید دارای یک هادی حفاظتی درون کابل یا بند قابل انعطاف باشد.

یادآوری ۲- چراغ‌های کلاس I ممکن است قسمت‌هایی با عایق‌بندی مضاعف یا عایق‌بندی تقویت شده داشته باشد.

یادآوری ۳- چراغ‌های کلاس I ممکن است قطعاتی برای حفاظت در برابر برق‌گرفتگی در عملکرد ولتاژ خیلی پایین ایمن(SELV) یا ولتاژ خیلی پایین حفاظتی(PELV) داشته باشد.

- گروه II- چراغ‌هایی را شامل می‌شود که حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی صرفاً به عایق‌بندی پایه متکی نباشد، بلکه تمهیدات ایمنی اضافی دیگری نیز همچون عایق‌بندی مضاعف یا تقویت‌شده در آن پیش‌بینی شده باشد. در این نوع طبقه‌بندی، پیش‌بینی اتصال زمین حفاظتی با شرایط محل نصب، منظور نشده است.

یادآوری ۱- چنین چراغی می‌تواند یکی از انواع زیر باشد:

الف- چراغی که شامل یک محفظه از مواد عایقی اساساً محکم و یکپارچه بوده و تمام قسمت‌های فلزی، به جز قسمت‌های کوچک را در برمی‌گیرد، از جمله پلاک‌های شناسایی، پیچ و پرچ در یک عایق‌بندی تقویت‌شده یا مشابه آن از قسمت‌های برق‌دار عایق شده است. این چراغ‌ها "چراغ کلاس II با محفظه عایقی" است.

ب- چراغی که دارای یک محفظه فلزی اساساً یکپارچه با حداقل عایق‌بندی مضاعف یا تقویت‌شده در تمام نقاطش باشد، این چراغ "چراغ کلاس II با محفظه فلزی" است.

پ- چراغی که از ترکیب موارد (الف) و (ب) تشکیل شده باشد.

یادآوری ۲- محفظه یک چراغ کلاس II، ممکن است قسمتی یا تمامی مجموعه عایق‌بندی تکمیلی یا تقویت شده باشد.

یادآوری ۳- اگر اتصال زمین عملکردی برای سهولت راه‌اندازی یا به دلایل EMC پیش‌بینی شده باشد، اما به قسمت فلزی قابل دسترس متصل نباشد، چراغ همچنان به‌عنوان کلاس II در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری ۴- چراغ‌های کلاس II، ممکن است دارای قطعاتی باشند که در آن‌ها حفاظت در برابر برق‌گرفتگی در عملکرد SELV یا PELV، تامین می‌شود.

- گروه III- چراغ‌هایی را شامل می‌شود که حفاظت در برابر برق‌گرفتگی توسط سیستم SELV یا PELV تامین می‌شود و در آن ولتاژهای بالاتر از SELV یا PELV به وجود نمی‌آید.

به‌عنوان مثال: در مورد چراغ دارای ترانسفورماتور ولتاژ خیلی پایین توکار با تمهیدات اتصال زمین حفاظتی، این چراغ باید در کلاس I قرار گیرد و هیچ‌کدام از قسمت‌های آن نباید در کلاس III قرارگیرد، حتی اگر فضای لامپ با یک جداره از ترانسفورماتور جدا شده باشد.

چراغ‌گونه‌ها، باید با تمام الزامات مربوط به چراغ‌های کلاس II، بدون نیاز به نماد کلاس II، مطابقت داشته باشد.

۵-۶-۲- طبقه‌بندی بر حسب درجه حفاظت کد IP

درجه حفاظتی تامین شده توسط چراغ در برابر تماس با قسمت‌های برق‌دار، نفوذ اشیا، ذرات جامد خارجی و آب به درون آن با استفاده از کد IP مطابق با مشخصات درج شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۵۹۲۰ یا استاندارد IEC 60598-1 تعیین می‌شود که خلاصه آن در جداول (۵-۶) و (۵-۷) ذکر شده است.

مشخصه عددی اول که درجه حفاظت در برابر دسترسی به قسمت‌های خطرناک و نفوذ اجسام جامد خارجی را نشان می‌دهد و تفسیر آن در جدول (۵-۷) آمده است.

مشخصه عددی دوم که درجه حفاظت در برابر اثرات زیان‌آور نفوذ آب را نشان می‌دهد و تفسیر آن در جدول (۵-۷) آمده است.

به منظور تضمین عملکرد صحیح سیستم روشنایی در محیط‌های مختلف و جلوگیری از کاهش عمر نامی آن رعایت موارد زیر ضروری است:

- چراغی که برای کار در شرایط غبارآلود طراحی شده است، نفوذ گرد و غبار به درون آن می‌تواند به میزانی باشد که در کار مطلوب آن خلل ایجاد نکند باید حداقل دارای درجه حفاظت IP5X باشد.

یادآوری- در برخی چراغ‌ها بخش الکتریکی و اپتیکی به گونه‌ای از هم جدا شده است در این حالت می‌توان برای هر بخشIP جداگانه‌ای تعریف کرد.

- چراغ‌هایی که در فضای آزاد نصب می‌شود (چراغ خیابانی و مانند آن) باید دارای درجه حفاظت حداقل IPX4 باشد.
- نورافکن‌های فضای آزاد باید دارای درجه حفاظت حداقل IPX5 باشد.
- چراغ‌های بیمارستانی باید به نحوی ساخته شود که (حتی در مواردی‌که الزامات حفاظت برای آن‌ها ذکر نشده باشد)، نفوذ و انباشته‌شدن گرد و غبار در آن‌ها در حداقل ممکن باشد.
- چراغ‌های مورد استفاده در بخش جراحی باید سطوح خارجی هموار داشته تا احتمال جمع شدن ذرات غبار و سایر اجسام کوچک به حداقل ممکن برسد.
- درجه حفاظت چراغ‌های بیمارستانی که به منظور روشنایی عمومی در اتاق‌های جراحی، مناطق استریل شده مانند داروخانه‌ها و اتاق‌های آب‌درمانی به کار می‌رود باید حداقل IP54 باشد.
- درجه حفاظت چراغ‌های بیمارستانی که به منظور روشنایی عمومی در اتاق‌های سردخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد باید حداقلIP55 باشد.
- درجه حفاظت چراغ‌های نصب شده در محیط حمام/دوش مطابق با بند ۴-۱۰-۵-۴ فصل ۴ این نشریه تعیین می‌شود.
- در محیط‌های مستعد انفجار مانند پمپ بنزین‌ها، سیلوها، انبارهای ذخیره‌سازی و پرکردن انواع کپسول‌های گاز و... علاوه بر رعایت IP توجه به دستورالعمل ATEX هم الزامی است.

۵-۶-۳- پذیرش میزان ورود آب به محفظه (چراغ) بر اساس بند ۱۴-۳ از استاندارد ملی ۲۸۶۸ :

بطور کلی اگر آبی وارد محفظه شده است، این آب نباید:

- به اندازه‌ای باشد که در کار صحیح وسایل اختلال ایجاد کرده یا به ایمنی صدمه بزند؛
- روی قسمت عایقی در جایی قرار گیرد که بتواند منجر به ایجاد خزش جریان روی فواصل خزشی شود؛
- به قسمت‌های برق‌دار یا سیم‌پیچ‌هایی که برای کار در حالت خیس طراحی نشده‌اند برسد؛
- در نزدیکی کابل جمع شده یا وارد کابل شود (درصورت وجود).

یادآوری- حین بکارگیری مقدار رطوبتی که در محفظه وجود دارد می‌تواند تقطیر شود، شبنمی که ممکن است ایجاد شود نباید با نفوذ آب اشتباه شود.

جدول۵-۶- درجه حفاظت تعیین شده به‌وسیله اولین رقم مشخصه برابر استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۵۹۲۰ و IEC 60598-1.

اولین مشخصه عددی	درجه حفاظت	
	شرح مختصر	جزییات نوع حفاظت ایجاد شده به‌وسیله محفظه دستگاه
۰	حفاظت نشده	بدون حفاظت ویژه
۱	حفاظت شده در برابر اجسام جامد خارجی به قطر بیش از ۵۰ میلی‌متر	سطح بزرگی از بدن به‌عنوان مثال: دست (اما بدون هیچ‌گونه حفاظت در برابر دسترسی آزاد) اشیا جامد با قطر بیش از ۵۰ میلی‌متر
۲	حفاظت شده در برابر اجسام جامد خارجی به قطر بیش از ۱۲٫۵ میلی‌متر	انگشت یا وسیله مشابه با طولی نه بیش‌تر از ۸۰ میلی‌متر. اشیا جامد با قطر بیش از ۱۲٫۵ میلی‌متر
۳	حفاظت شده در برابر اجسام جامد خارجی به قطر بیش از ۲٫۵ میلی‌متر	ابزار، سیم و غیره، با قطر یا ضخامت بیش از ۲٫۵ میلی‌متر. اشیا جامد با قطر بیش از ۲٫۵ میلی‌متر
۴	حفاظت شده در برابر اجسام جامد خارجی به قطر بیش از ۱٫۰ میلی‌متر	سیم یا نوارهای با ضخامت بیش از ۱٫۰ میلی‌متر. اشیا جامد با قطر بیش از ۱٫۰ میلی‌متر
۵	حفاظت در برابر گرد و غبار	از نفوذ گرد و غبار بطور کامل جلوگیری نشده است، اما ورود گرد و غبار جزیی چنان‌چه کارکرد رضایت‌بخش تجهیزات را به مخاطره نیاندازد، بلامانع است.
۶	غیرقابل نفوذ در برابر گرد و غبار	نفوذ گرد و غبار مجاز نیست.

جدول۵-۷- درجه حفاظت تعیین شده به‌وسیله دومین رقم مشخصه برابر استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۵۹۲۰ و IEC 60598-1

دومین مشخصه عددی	درجه حفاظت	
	شرح مختصر	جزییات نوع حفاظت ایجاد شده به‌وسیله محفظه دستگاه
۰	حفاظت نشده	بدون حفاظت ویژه
۱	حفاظت شده در برابر ریزش عمودی قطرات آب	ریزش آب (ریزش عمودی قطرات) نباید اثرات زیان‌آور داشته باشد.
۲	حفاظت شده در برابر ریزش عمودی قطرات آب هنگامی که محفظه تا زاویه ۱۵° کج شده باشد	ریزش عمودی قطرات آب نباید اثرات زیان‌آور داشته باشد، هنگامی که محفظه در هر زاویه تا ۱۵° نسبت به وضعیت عادی خود چرخیده باشد.
۳	حفاظت شده در برابر ترشح آب	ریزش افشان به‌گونه‌ای که زاویه ۶۰° نسبت به وضعیت قائم داشته باشد، نباید اثرات زیان‌آور ایجاد کند.
۴	حفاظت شده در برابر پاشیدن آب	آب ترشح شده در تمامی جهات روی محفظه، نباید اثر زیان‌آور ایجاد کند.
۵	حفاظت شده در برابر فوران آب	آب پاشیده شده به‌وسیله نازل در تمامی جهات روی محفظه نباید اثرات زیان‌آور ایجاد کند.
۶	حفاظت شده در برابر فوران شدید آب	ریزش سنگین آب یا آب پرفشار خارج شده از نازل نباید در محفظه به مقدار زیان‌آور نفوذ کند.
۷	حفاظت شده در برابر اثرات غوطه‌وری موقت در آب	نفوذ آب نباید به مقدار زیاد میسر شود، وقتی‌که محفظه در زیر آب تحت شرایط فشار و زمان معین، غوطه‌ور شده است.
۸	حفاظت شده در برابر اثرات غوطه‌وری دایم در آب	تجهیزات برای غوطه‌وری دایم در زیر آب در شرایط مشخص شده توسط سازنده مناسب است. یادآوری- معمولا این به این معنی است که تجهیزات کاملاً آب‌بندی شده است، اگر چه برای برخی از انواع تجهیزات خاص می‌تواند به این معنی باشد که آب می‌تواند وارد شود اما فقط در صورتی‌که هیچ اثر زیان‌آوری را ایجاد نکند.
۹ (۸۰°C)	حفاظت شده در برابر فوران‌های آب در دما و فشار بالا	آب پرفشار با دمای بالا پاشیده شده به محفظه در همه جهات، نباید اثر زیانباری ایجاد کند.
۹ (۱۵ °C)	حفاظت شده در برابر فوران‌های آب سرد در فشار بالا	آب پرفشار پاشیده شده به محفظه در همه جهات، نباید اثر زیانباری ایجاد کند.

یادآوری- هرگونه اظهارنظری در خصوص درجه حفاظت باید با گواهی و گزارش انجام آزمون بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۵۹۲۰ از آزمایشگاه معتبر و/یا مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی همراه باشد.

۵-۶-۴- طبقه‌بندی بر حسب جنس سطح نصب چراغ

چراغ‌ها باید به‌صورت مناسب برای نصب مستقیم روی/درون سطوح معمولا قابل اشتعال یا فقط برای نصب روی/درون سطوح غیرقابل اشتعال به شرح زیر طبقه‌بندی شوند(جدول۵-۱۲):

- چراغ‌های روکار مناسب برای نصب مستقیم روی سطوح معمولا قابل اشتعال.
- چراغ‌های روکار نامناسب برای نصب مستقیم روی سطوح معمولا قابل اشتعال.
- چراغ‌های توکار مناسب برای نصب روی/داخل سطوح معمولا قابل اشتعال هنگامی که یک عایق حرارتی سطح چراغ را بپوشاند.

• چراغ‌های توکار نامناسب برای نصب روی/داخل سطوح معمولا قابل اشتعال هنگامی که یک عایق حرارتی سطح چراغ را بپوشاند.

۵-۶-۵- طبقه‌بندی بر حسب شرایط کاربرد

چراغ‌ها براساس این که برای کار در شرایط معمولی یا برای استفاده در شرایط سخت[1] طراحی و ساخته شده باشند طبقه‌بندی می‌شوند:

• چراغ‌ها برای کار در شرایط عادی و معمولی. در مورد این نوع چراغ‌ها نیازی به نشانه مشخصه نیست.

• چراغ‌ها برای کار در شرایط سخت. برای نشانه مشخصه این نوع چراغ‌ها به جدول (۵-۱۳) مراجعه شود.

۵-۷- طراحی روشنایی

۵-۷-۱- معیارهای طراحی

یک طرح روشنایی انسان‌محور مناسب باید علاوه بر تامین روشنایی محیطی مورد نیاز سایر نیازهای کمی و کیفی را نیز تامین کند.

الزامات نورپردازی بر اساس سه نیاز اساسی انسان تعیین می‌شود:

۱) آرامش دیداری[2]: در محلی که کاربران احساس راحتی و تندرستی دارند به روش غیرمستقیم سطح بهره‌وری افزایش خواهد یافت.

۲) کارایی دیداری: در این شرایط کاربران حتی در شرایط سخت و زمان طولانی کار می‌توانند به فعالیت خود ادامه دهند.

۳) ایمنی: کافی بودن نور محیط به منظور تامین آرامش روانی (کاهش سایه‌های دلهره‌آور و پیش‌بینی مخاطرات).

۵-۷-۲- روشنایی محیط

یک سیستم روشنایی می‌تواند با استفاده از وسایل کم‌سوساز[3] و/یا کنترل‌کننده اضافی تنظیم شود. وسایل کم‌سوساز شار خروجی از چراغ را کاهش یا افزایش می‌دهد. وسایل کنترل‌کننده می‌تواند دارای عملکرد اضافی نسبت به کارکرد چراغ‌ها مانند تغییرات دمای رنگ، ایجاد سناریوهای روشنایی مختلف یا براساس روشنایی نور روز در یک طراحی روشنایی باشد. میزان نور می‌تواند بر اساس نیازهای کاربر قابل تنظیم باشد. این سیستم کنترلی می‌تواند تضمین‌کننده رسیدن به شدت روشنایی توصیه شده در جداول (۵-۹) باشد. (بدترین حالت این سناریو درنظر نگرفتن روشنایی نور روز است.)

---

[1] Rough Service Luminaire

[2] بصری

[3] Dimming

یادآوری- برخی از منابع نوری قابلیت تغییر دمای رنگ بر اساس نوع درایو/مدار کنترلی را دارد.

پارامترهای اصلی تعیین کننده روشنایی محیط به شرح زیر است:

- نور روز
- توزیع روشنایی
- شدت روشنایی
- خیرگی
- جهت تابش نور (چراغ)
- دمای رنگ نور هم‌بسته
- شاخص نمود رنگ
- سوسو زدن (فلیکر)
- رعایت یکنواختی در سطوح کار
- ضرایب بازتابش روشنایی (سقف ۰٫۷ تا ۰٫۹، دیوار ۰٫۵ تا ۰٫۸ و کف ۰٫۲ تا ۰٫۶).

یادآوری- توجه به بازتابش‌های سقف، دیوار و کف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۵-۷-۳- توزیع روشنایی

توزیع روشنایی در میدان دید، سطح سازگاری چشم را کنترل می‌کند و بر قابلیت دیدن موثر است.

یک توزیع روشنایی خوب باید موارد زیر را بهبود دهد:

۱) وضوح دید

۲) میزان کنتراست

۳) کارایی عملکردهای چشم

۵-۷-۴- شدت روشنایی

توزیع شدت روشنایی در میدان دید به راحتی بر بینایی تاثیر می‌گذارد، از تغییرات ناگهانی در میزان شدت روشنایی باید اجتناب شود.

شدت روشنایی و توزیع آن در ناحیه کاری و ناحیه پیرامونی تاثیر زیادی دارد که فرد به سرعت، ایمن و راحت ضمن رعایت شرایط تندرستی به درک درستی از فضا برسد و وظایف دیداری خود را انجام داده و همچنین طرح از لحاظ اقتصادی باید توجیه‌پذیر باشد.

۵-۷-۴-۱- پله‌های شدت روشنایی

توصیه می‌شود پله‌های شدت روشنایی بر حسب lx مطابق با استاندارد EN12665 به شرح زیر رعایت شود:

۵، ۷٫۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۷۵۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۵۰۰۰، ۷۵۰۰، ۱۰۰۰۰ لوکس

۵-۷-۴-۲- شدت روشنایی در ناحیه کاری

شدت روشنایی در سطح کار ممکن است افقی، عمودی، استوانه‌ای یا مایل باشد. شدت روشنایی متوسط برای هر کار بدون در نظر گرفتن سن و شرایط نصب نباید کم‌تر از مقادیر جداول (۵-۹) باشد.

شدت روشنایی مورد نیاز با توجه به شرایط زیر مطابق توصیه زیربند ۵-۷-۴-۱ باید افزایش یابد:

- کار دیداری مهم باشد.
- سوژه یا کاربر در حال حرکت باشد.
- خطاهایی که هزینه زیادی برای جبران دارند.
- دقت و بهره‌وری بالا از اهمیت زیادی برخوردار است.
- بینایی کاربر کم است (پایین‌تر از میزان نرمال است).
- جزئیات زیاد و خیلی کوچک هستند و یا کنتراست کم است.
- مدت زمان انجام کار طولانی است.

شدت روشنایی متوسط مورد نیاز در شرایط زیر می‌تواند کاهش یابد:

- دقت کار از اهمیت زیادی برخوردار نباشد (مثل: شمارش کارتن در انبار و ...).
- جزییات (خوانایی سوژه) از یک اندازه غیر معمول بزرگ‌تر یا کنتراست بالا باشد.
- کاری برای زمان خیلی کوتاه یا تنها در موارد خاص انجام شود.

یادآوری- با کاهش شدت روشنایی متوسط نباید عدد یکنواختی کلی (U_o) متناظر آن کاهش یابد.

۵-۷-۴-۳- شدت روشنایی ناحیه پیرامونی

شدت روشنایی ناحیه پیرامونی باید وابسته به شدت روشنایی ناحیه کاری بوده و باید توزیع شدت روشنایی در میدان دید متعادل باشد.

تغییر فاصله‌های زیاد در مقدار شدت روشنایی اطراف ناحیه کاری می‌تواند منجر به استرس و ناراحتی بصری شود.

۵-۷-۴-۴- شبکه مجازی روشنایی

در ناحیه کاری و ناحیه پیرامونی آن یک شبکه مجازی روشنایی در نظر گرفته می‌شود تا نقاطی که شدت روشنایی آن‌ها محاسبه و تایید شده است در مکان‌های این شبکه مجازی مشخص شوند.

۵-۷-۴-۵- یکنواختی

ناحیه کار باید به‌صورت یکنواخت روشن شود. یکنواختی ناحیه پیرامونی نباید کم‌تر از ۰٫۴۰ و در پس زمینه ۰٫۱۰ باشد. همچنین، برای سقف $U_o \geq$ ۰٫۱ و برای دیوار $U_o \geq$ ۰٫۱ باشد.

۵-۷-۴-۶- خیرگی

محدود کردن خیرگی برای جلوگیری از اشتباهات، خستگی و حوادث ناشی از اختلالات دیداری برای افراد مهم است. یادآوری- هنگامی که "جهت دید" بالاتر از سطح افقی است، توجه ویژه‌ای برای جلوگیری از انعکاس نور باید در نظر گرفته شود.

با روش‌های زیر می‌توان خیرگی را کاهش داد یا از آن جلوگیری نمود:

۱) تنظیمات مناسب و جانمایی چراغ‌ها در راستای محور قائم براساس محیط کاری؛

۲) پرهیز یا کاهش استفاده از سطوح پرداخت شده (به‌عنوان مثال: استفاده از سطوح مات)؛

۳) محدود کردن پرتوهای تابشی از چراغ روشن؛

۴) افزایش سطح تابش چراغ؛

۵) استفاده از پخش‌کننده‌ها (دیفیوزر).

۵-۷-۴-۷- نور مزاحم

به جهت کاهش آلودگی نوری باید نورهای مزاحم را کنترل کرد، آلودگی نوری مشکلات فیزیولوژیکی و زیست محیطی را می‌تواند در پی داشته باشد. ضمن اینکه باید توجه داشت:

- نشانه‌گیری و تنظیم چراغ به‌گونه‌ای باشد که هیچ‌گونه نوری به داخل ساختمان‌های هم‌جوار به‌عنوان مزاحمت نوری یا نور معارض ایجاد نکند؛
- فراتاخت نوری[1] به سمت آسمان شب نداشته باشد تا از برافروختگی آسمان در شب جلوگیری شود؛
- چراغ‌های محوطه یا فضای بیرونی از نوعی انتخاب شوند که دارای منحنی پخش نور کنترل شده (بسته)[2] باشند.
- تنظیم چراغ‌های دوربین‌های حفاظتی، باید به‌گونه‌ای باشد که هیچ‌گونه خیرگی را برای افراد در تردد، خواه پیاده و خواه سواره، به‌وجود نیاورد.

۵-۷-۵- روش‌های نورپردازی

روش‌های نورپردازی از نظر ترتیب استقرار منابع نوری به چهار دسته زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

[1] Light Trespassing
[2] Cut-off

۵-۷-۵-۱- نورپردازی موضعی

شامل یک واحد روشنایی تکی با توان مصرفی کم، شار نوری مناسب و میزان درخشندگی متعارف است و برای هر کار ویژه به‌عنوان روشنایی مکمل درنظر گرفته می‌شود در آن یکنواختی روشنایی مطرح نیست مانند: دستگاه ماشین‌افزار یا میز کار در سطحی نزدیک به محل کار، نورپردازی یک سردیس یا تندیس و ... .

۵-۷-۵-۲- نورپردازی عمومی

روشی است که در آن واحدهای روشنایی در سطحی نسبتاً نزدیک به سقف یا با فاصله مناسب از سطح کار نصب می‌شود. در این روش نورپردازی فواصل چراغ‌ها از یکدیگر یکسان بوده و بدون توجه به محل استقرار تجهیزات، مبلمان یا سایر وسایل به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که روشنایی به‌صورت یکنواخت توزیع شود.

۵-۷-۵-۳- نورپردازی گروهی

روشی است بین نورپردازی موضعی و عمومی، که در آن واحدهای روشنایی نزدیک به سقف یا با فاصله قابل ملاحظه از سطح کار نصب می‌شود. در این روش فواصل نصب چراغ‌ها یکسان نیست لیکن واحدهای یاد شده در ارتباط با محل استقرار سطوح کار، تجهیزات، موقعیت اپراتورها و مانند آن قرار می‌گیرد، به‌گونه‌ای که روشنایی کافی برای هر ایستگاه کاری، اپراتور یا سطوح کار دیگر تامین شود. در این سیستم تامین روشنایی یکنواخت مدنظر نیست.

۵-۷-۵-۴- نورپردازی ترکیبی

این روش ترکیبی از نورپردازی عمومی و موضعی است. روشنایی یکنواخت برای تمام محیط به‌وسیله واحدهای روشنایی که طبق روش نورپردازی عمومی نصب می‌شود تامین شده و در مواردی‌که شدت نور بیش‌تری یا هدف‌گیری یک سوژه مورد نیاز است از چراغ‌های موضعی استفاده می‌شود. مانند گالری‌ها و موزه‌ها و ... .

۵-۷-۶- روش‌های محاسبه روشنایی

در گذشته از چندین روش برای محاسبه روشنایی استفاده می‌شد، امروز با توجه به پیشرفت علوم کامپیوتر و دانش روشنایی محاسبات نرم‌افزاری به جهت سرعت و دقت بالاتر، جایگزین محاسبات دستی شده‌اند.

در این بخش تنها به توضیح روش نقطه‌ای یا روش وارون مجذور فاصله‌ها به‌عنوان رایج‌ترین روش محاسبه روشنایی دستی و موارد کاربرد آن اشاره می‌شود:

۵-۷-۶-۱- روش نقطه‌ای یا روش وارون مجذور فاصله‌ها

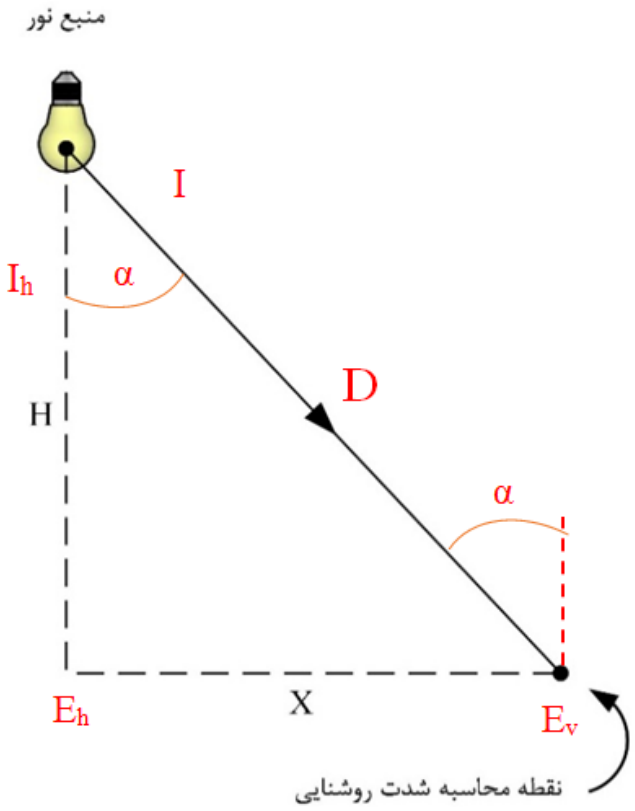
در این روش که بر اساس قانون وارون (معکوس) مجذور فاصله استوار است، شدت نور (I) بر حسب کاندلا و عکس مجذور فاصله منبع نور از نقطه اندازه‌گیری (D) بر حسب متر تغییر می‌کند و شدت روشنایی (E) بر حسب لوکس در هر سطح عمود و زوایای دیگر از یک منبع نور با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$E=\frac{I\cos\alpha}{D^2} \qquad (۳-۵)$$

یادآوری ۱- در صورتی‌که منبع نور عمود بر نقطه اندازه‌گیری D باشد $\cos\alpha=1$ (حالت خاص) است.

یادآوری ۲- زاویه α زاویه بین چراغ و نقطه اندازه‌گیری شدت روشنایی است.

با استفاده از شکل (۵-۲۰) شدت روشنایی در سطوح افقی (E_h) و عمودی (E_v) به شرح زیر است:



شکل۵-۲۰- روش نقطه‌ای

$$E_h=\frac{I\times\cos\alpha}{H^2} \qquad E_v=\frac{I\times X}{D^2} \qquad (۴-۵)$$

و

$$E_v=\frac{I\times H}{D^3}=E_h\times\cos^3\alpha \qquad E_h=\frac{I\times H}{D^2} \qquad (۵-۵)$$

در صورتی‌که بخواهیم شدت روشنایی عمودی را بر مبنای شدت روشنایی افقی داشته باشیم می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$E_v=E_h\times\cos^3\alpha \qquad (۶-۵)$$

این روش غالباً در مواردی به‌کار می‌رود که یک منبع نور واحد در نورپردازی موضعی مطرح است (مانند روشنایی پروژکتوری یا جهت‌دار). در این روش محاسبه شدت روشنایی بر اساس شدت نور و فاصله تا سوژه انجام می‌شود.

۵-۷-۷- نرم‌افزارهای محاسباتی روشنایی

امروزه نرم‌افزارهای طراحی روشنایی نسبتاً کامل و در عین حال ساده‌ای، به همراه پایگاه داده و اطلاعات منحنی پخش نور توسط سازندگان چراغ‌ها (شامل انواع چراغ‌ها از قبیل اداری، تجاری، تزیینی، صنعتی، فضای آزاد و مخصوص)، در اختیار طراحان قرار دارد تا با استفاده از آن به مطلوب‌ترین نتایج روشنایی دست یابند.

در طراحی روشنایی با استفاده از نرم‌افزارها و با توجه به کاربری محیط و هم‌چنین چگونگی مبلمان داخلی محل، شبیه‌سازی فضا با چراغ‌های متناسب انجام می‌شود. در نتیجه قبل از انجام هر گونه عملیات اجرایی و صرف هزینه، با شبیه‌سازی محیط در نرم‌افزار، میزان شدت روشنایی مشخص شده و بر اساس نتایج، در صورت وجود آلودگی نوری و یا کمبود شدت روشنایی مناسب، با تغییر در پارامترهای طراحی، روشنایی فضا به نحو مطلوب تامین می‌شود. در برخی از این نرم‌افزارها قابلیت محاسبه نور روز و مقایسه نور در زمان‌های مختلف وجود دارد و از آنجا که سناریوهای مختلفی برای روشنایی یک فضا می‌توان ارایه نمود با شبیه‌سازی بهترین و کارامدترین سناریو و طرح انتخاب خواهد شد.

در صورت انتخاب صحیح ضرایب انعکاس، ضریب تعمیر و نگهداری، مقادیر استاندارد شدت روشنایی برای فضای مورد نظر و چراغ‌ها نتیجه محاسبات در تمام نرم‌افزارها مشابه خواهد بود.

یادآوری- نرم‌افزار محاسبات روشنایی باید مورد تایید کارفرما و مشاور باشد.

۵-۷-۸- تعیین نوع و تعداد چراغ‌ها در یک طرح روشنایی

- منابع روشنایی متناسب با نوع کاربری انتخاب شوند.
- میزان شدت روشنایی‌ها در تامین روشنایی عمومی متناسب با پیشنهادات جداول (۵-۹) درنظر گرفته شود.
- برای حفظ میزان شدت روشنایی مطلوب بر روی سطوح باید به سرویس و نگهداری صحیح سیستم روشنایی، تمیز کردن چراغ‌ها و سطوح توجه شود.
- در طراحی روشنایی فضاهای مختلف، به انتخاب دمای رنگ نور متناسب با کاربری فضا، دقت شود.
- در طراحی‌ها به محیط زیست توجه ویژه شود.
- امروزه آلودگی نوری در سیستم روشنایی و نورپردازی دارای اهمیت زیادی است، طرح‌ها باید در جهت کاهش میزان آلودگی نوری باشد.
- در طرح روشنایی جنبه‌های اقتصادی، که شامل تعداد، هزینه چراغ، منابع روشنایی و هزینه نگهداری و تعمیر آن است، باید در نظر گرفته شود. علاوه بر این، یک طرح روشنایی هنگامی قابل قبول است که اصول بهداشت حرفه‌ای در مورد آن رعایت شده باشد. در سیستم روشنایی باید به نوع کار از نظر میزان دقت و احتیاج به

روشنایی، سایه‌اندازی، ارتفاع نصب، ارتفاع محل کار و بهینه بودن مصرف الکتریکی توجه شود، یعنی در مرحله اول بایستی نور یکنواخت بوده و در قدم بعدی روشنایی کافی و تا حد امکان به نور روز نزدیک باشد.

- در هر طرح روشنایی، به موازات اعمال و اجرای اهداف مورد نظر کارفرما، بایستی محل چراغ‌ها، چگونگی قراردادن، فواصل آن از یکدیگر و همچنین معماری محل از نظر رعایت اصول زیبایی مدنظر قرار گیرد.
- پس از انتخاب نوع چراغ و تعیین شدت روشنایی مورد لزوم از جداول (۵-۹) تعداد چراغ‌های لازم برای هر اتاق یا هر فضای مورد نظر تعیین می‌شود.

۵-۷-۹- مدار روشنایی

در طراحی مدار روشنایی ضوابط زیر باید ملاک عمل قرار گیرد:

- هر لامپ تخلیه الکتریکی در گاز (فلورسنت، متال‌هالید، سدیم و غیره)، حتی اگر مجهز به خازن‌های تصحیح ضریب قدرت باشد، باید در محاسبه جریان مجاز مدار بدون خازن درنظر گرفته شود. توان وسیله راه‌اندازی و تثبیت جریان این لامپ‌ها نیز باید در تخمین درخواست منظور شده باشد.
- مدارهای تغذیه کننده چراغ‌ها یا نقاط روشنایی نباید پریزها یا هرگونه وسیله یا دستگاه دیگر را تغذیه کند.
- با توجه به جریان راه‌اندازی در چراغ با منابع نوری تخلیه الکتریکی در گاز و LED، حفاظت مدار با درنظر گرفتن جریان مذکور محاسبه و استفاده شود. (ر.ک. فصل ۶ بند ۶-۱۳-۴).

۵-۷-۱۰- جداول شدت روشنایی پیشنهادی برای نواحی کار بر حسب نوع فعالیت

از آنجائی‌که جداول (۵-۹) دارای پارامترهای مختلف روشنایی است جدول راهنمای (۵-۸) به شرح زیر ارائه می‌شود.

جدول۵-۸- راهنمای جداول در خصوص پارامترهای روشنایی

شدت روشنایی متوسط بر حسب لوکس	$\bar{E}_m$ (lx)
کمینه مقدار شدت روشنایی متوسط بر حسب لوکس	کمینه
میزان پیشنهادی مقدار شدت روشنایی متوسط بر حسب لوکس (بند۵-۸)	پیشنهادی
ضریب یکنواختی	U_O
شاخص نمود رنگ	R_a
بیشینه خیرگی آزاردهنده	R_{UGL}
حداقل شدت روشنایی متوسط روی کف زمین	$\bar{E}_{m,z}$
حداقل شدت روشنایی متوسط روی دیوار	$\bar{E}_{m,wall}$
حداقل شدت روشنایی متوسط روی سقف	$\bar{E}_{m,ceiling}$

یادآوری- در تمام فضاهایی که صفحات نمایشگر وجود دارد، توصیه می‌شود از ایجاد خیرگی بر روی این سطوح پرهیز شود.

جدول۵-۹- ۱- شدت روشنایی محل‌های تردد در داخل ساختمان

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	راهروها و محل‌های جابجایی	۱۰۰	۱۵۰	۰/۴	۴۰	۲۸	۵۰	۵۰	۳۰	روشنایی در تراز کف مورد نظر است. R_a و R_{UGL} مشابه مناطق مجاور. ۱۵۰ لوکس در صورت وجود وسایل نقلیه در مسیر. روشنایی خروجی‌ها و ورودی‌ها جهت اجتناب از تغییرات ناگهانی در روشنایی بین داخل و خارج در شب یا روز باید فراهم شود. باید توجه داشت که خیرگی برای رانندگان و عابرین پیاده اتفاق نیفتد.
۲	پله‌ها، پله برقی، پیاده‌رو متحرک	۱۰۰	۱۵۰	۰/۴	۴۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	روشنایی در تراز کف مورد نظر است. در لبه پله‌ها به کنتراست افزایش یافته نیاز است.
۳	آسانسور	۱۰۰	۱۵۰	۰/۴	۴۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	روشنایی در تراز کف مورد نظر است. نور در مقابل آسانسور.
۴	فضای روبروی آسانسور و پله برقی	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۴۰	۲۵	۷۵	۷۵	۵۰	فضای تا ۱ متر در جلو آسانسور و پله برقی. روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۵	رمپ/سوله‌های بارگیری	۱۵۰	۲۰۰	۰/۴	۴۰	۲۵	۵۰	۵۰	-	
۶	ورودی ساختمان با سایبان	۳۰	۵۰	۰/۴	-	-	-	-	-	
۷	راهروها: با حضور نگهبان	۱۵۰	۲۰۰	۰/۴	۶۰	۲۵	-	۵۰	۳۰	روشنایی در تراز کف مورد نظر است. برای قفسه‌های ذخیره‌سازی - جدول ۵ روشنایی ترابری و انبارهای بزرگ را ببینید.

جدول ۵-۹-۲- شدت روشنایی فضاهای عمومی داخل ساختمان – اتاق‌های استراحت، سرویس بهداشتی و کمک‌های اولیه

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	غذاخوری‌ها و فضاهای استراحت	۲۰۰	۵۰۰	۰/۴	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	
۲	اتاق‌های استراحت	۱۰۰	۲۰۰	۰/۴	۸۰	۲۲	۵۰	۵۰	۳۰	
۳	اتاق‌های تمرینات ورزشی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۴	۸۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	
۴	رخت‌کن، حمام، توالت، دوش، اتاق شستشو، کمدها و ظرفشویی.	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۷۵	۷۵	۵۰	در هر توالت جداگانه اگر به‌طور کامل محصور شده باشد.
۵	نورپردازی روی آینه	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	–	–	–	–	روشنایی عمودی، ۰/۵ متر از آینه در ارتفاع صورت افراد.
۶	بهداری	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۷	اتاق مراقبت‌های پزشکی	۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۶	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 5000\ K$
۸	نظافت عمومی	۱۰۰	۱۵۰	۰/۴	–	–	۵۰	۵۰	۳۰	در مواردی که نظافت مستمر ضروری است.

جدول ۵-۹-۳- شدت روشنایی فضاهای عمومی داخل ساختمان –اتاق‌های کنترل

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	اتاق تجهیزات و اتاق تابلوهای برق	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	مانند موتورخانه و ...
۲	اتاق مرتب‌سازی مرسوله‌های پستی، تلفن‌خانه	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۳	مراکز نظارتی و مراقبتی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	۱. مانیتورهای کنترل اغلب عمودی هستند. ۲. نور باید قابل تنظیم باشد.

جدول ۵-۹-۴- شدت روشنایی فضاهای عمومی داخل ساختمان – فضاهای انبار، سردخانه‌ها

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	انبار	۱۰۰	۱۵۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	۲۰۰ لوکس اگر حضور پیوسته در انبار وجود داشته باشد.
۲	فضای بسته‌بندی و توزیع دستی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۵۰	۳۰	
۳	گنجه مواد و لوازم	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	–	–	–	روشنایی عمودی کافی باید برای قفسه‌ها درنظر گرفته شود.

جدول ۵-۹-۵- شدت روشنایی ترابری و انبارهای بزرگ

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	محل تخلیه/بارگیری	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۲	محل بسته‌بندی/گروه‌بندی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۵	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۳۰	
۳	بازرسی و کنترل مجدد	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۶	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۳۰	
۴	انبار کالای فله‌ای	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۵	انبار قفسه‌بندی شده - تراز کف	۱۵۰	۲۰۰	۰/۵	۸۰	۲۵	–	–	۳۰	R_{UGL} فقط در جهت دید مستقیم چراغ.
۶	انبار قفسه‌بندی شده - روی قفسه‌ها	۷۵	۱۰۰	۰/۴	۸۰	–	–	–	–	روی قفسه سمت راهرو، در فاصله ۱ متری از نوار فرضی پیرامونی.
۷	مسیر تردد اصلی (با ترافیک سنگین)	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۳۰	ترافیک خودرویی.
۸	نواحی کار مکانیزه (بدون حضور افراد)	۷۵	۱۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	–	–	–	

جدول ۵-۹-۶- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – کشاورزی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	بارگیری و بهره‌برداری از کالا، جابجایی تجهیزات و دستگاه	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	–	
۲	دامداری	۵۰	۷۵	۰/۴	۴۰	–	–	–	–	
۳	آغل حیوانات بیمار، غرفه‌های زایمان	۲۰۰	–	۰/۶	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	–	
۴	آماده سازی خوراک، لبنیات، شستشوی ظروف	۲۰۰	–	۰/۶	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	–	

جدول ۵-۹-۷- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – صنایع پخت نان

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	آماده‌سازی و پخت	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۲	مراحل نهایی، تزئین	۵۰۰	۷۵۰	۰/۷	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	

جدول ۵-۹-۸- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – سیمان، کالاهای سیمانی، بتن، آجر

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	خشک کردن	۵۰	–	۰/۴	۲۰	۲۸	–	–	–	رنگ‌های ایمنی باید قابل شناسایی باشد.
۲	تهیه مواد؛ کار بر روی کوره و میکسر	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۴۰	۲۸	۵۰	۵۰	–	
۳	کارهای ماشینی - عمومی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	–	
۴	کارهای سخت و خشن	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	–	

جدول ۵-۹-۹- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – سرامیک، کاشی، شیشه، ظروف شیشه‌ای

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	خشک کردن	۵۰	–	۰/۴	۲۰	۲۸	–	–	–	رنگ‌های ایمنی باید قابل شناسایی باشد.
۲	آماده سازی، کارهای ماشینی - عمومی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	–	
۳	میناکاری، نورد، پرس‌کاری، فرم دادن ساده قطعات، لعاب‌کاری، دمیدن شیشه	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	–	
۴	سنگ زنی، حکاکی، صیقل‌دادن شیشه، شکل‌دادن قطعات ظریف، تولید ابزارهای شیشه‌ای	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۵	سنگ زنی و تراش‌کاری شیشه‌های نوری و لنز، کریستال، آسیاب دستی و حکاکی	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷	۸۰	۱۶	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۶	کار دقیق، به عنوان مثال تراش‌کاری تزئینی، نقاشی دستی	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷	۹۰	۱۶	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 6500\ K$
۷	تولید سنگ‌های قیمتی مصنوعی	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۰/۷	۹۰	۱۶	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 6500\ K$

جدول ۵-۹-۱۰- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – صنایع شیمیایی، پلاستیک و لاستیک

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	خط تولید - کنترل از راه‌دور	۵۰	–	۰/۴	۲۰	–	–	–	–	رنگ‌های ایمنی باید قابل شناسایی باشد.
۲	خط تولید - با مداخله محدود	۱۵۰	۲۰۰	۰/۴	۴۰	۲۸	۵۰	۵۰	۳۰	
۳	کار پیوسته اپراتور در ایستگاه کاری خط تولید	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۴	اتاق‌های اندازه‌گیری دقیق، آزمایشگاه‌ها	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	
۵	تولیدات دارویی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	
۶	تولید تایر	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	
۷	بازرسی رنگ	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 6500\ K$
۸	برش، پرداخت‌کاری، بازرسی	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	

جدول ۵-۹-۱۱- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – صنعت برق و الکترونیک

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	تولید سیم و کابل	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۲	سیم پیچی: بوبین‌های بزرگ	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۳	بوبین‌های متوسط	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	
۴	بوبین‌های کوچک	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۵	بوبین آغشته به مواد عایقی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۶	گالوانیزه کردن	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۷	مونتاژ کاری: کارهای خشن، به عنوان مثال ترانسفورماتورهای بزرگ	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۸	متوسط، به عنوان مثال تابلوهای برق	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۹	کوچک، به عنوان مثال تلفن‌ها، رادیو، تجهیزات فناوری اطلاعات(کامپیوترها)	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۱۰	دقیق، به عنوان مثال تجهیزات اندازه‌گیری، بردهای مدار چاپی	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷	۸۰	۱۶	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۱۱	کارگاه‌های الکترونیکی، تست کردن، تنظیم کردن	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۰/۷	۸۰	۱۶	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	

جدول ۵-۹-۱۲- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – مواد غذایی و صنایع غذایی لوکس

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	ایستگاه‌ها و مناطق کاری در: - نوشابه‌سازی، ماءالشعیرسازی، تهیه مالت، - برای شستشو، پرکردن مخازن، تمیز کردن، الک کردن، لایه‌برداری، - پخت و پز در محل نگهداری و کارخانه‌های شکلات‌سازی، - ایستگاه‌های کاری و مناطق در کارخانه‌های قند، - برای خشک کردن و تخمیر تنباکوی خام، انبار تخمیر	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۲	مرتب‌سازی و شستشوی محصولات، آسیاب، مخلوط‌کردن، بسته‌بندی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۳	ایستگاه‌های کاری و مناطق پرمخاطره در کشتارگاه‌ها، قصابی‌ها، کارخانه‌های لبنی، در بخش فیلتر در کف تصفیه‌خانه‌های شکر	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	
۴	برش و دانه‌بندی میوه و سبزیجات	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۵	پخت و آماده‌سازی در اغذیه فروشی‌ها، کار در آشپزخانه، تولید سیگار برگ و سیگار	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	
۶	بازرسی بطری و ظروف شیشه‌ای، کنترل محصول، مرتب‌سازی، تزیین	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۷	آزمایشگاه‌ها	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۸	بازرسی رنگ	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 6500\ K$

جدول ۵-۹-۱۳- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – ریخته‌گری و ریخته‌گری فلز به روش دایکاست

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	تونل‌های آدم‌رو زیرزمینی، زیرزمین‌ها و غیره	۵۰	–	۰/۴	۲۰	–	–	–	–	رنگ‌های ایمنی باید قابل شناسایی باشد.
۲	سکو	۱۰۰	–	۰/۴	۴۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۳	آماده سازی ماسه	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۴	پلیسه‌گیری	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۵	ایستگاه‌های کاری در کوره‌های کوچک و میکسر	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۶	حوضچه ریخته‌گری	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۷	سطوح لرزان برای ماسه‌گیری از قطعه	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۸	ریخته‌گری - ماشین	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۹	ریخته‌گری - دستی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۱۰	ریخته‌گری - دایکاست	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۱۱	مدل‌سازی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	

جدول ۵-۹-۱۴- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – آرایشگاه‌ها و پیرایشگاه

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	آرایشگاه‌ها و پیرایشگاه‌ها	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	

جدول ۵-۹-۱۵- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – زیورآلات و جواهرسازی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	کار با سنگ‌های گرانبها	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۰/۷	۹۰	۱۶	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 6500\ K$
۲	ساخت زیورآلات	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷	۹۰	۱۶	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۳	ساعت‌سازی - دستی	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۰/۷	۸۰	۱۶	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۴	ساعت‌سازی - ماشینی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۷	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	

جدول ۵-۹-۱۶- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – خشک‌شویی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	تحویل‌گیری، نشانه‌گذاری و تفکیک اقلام	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۲	شستشو و خشک‌شویی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۳	اتوکشی، پرس	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۴	وارسی و تعمیرات	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	

جدول ۵-۹-۱۷- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – چرم و محصولات چرمی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	کار بر روی پاتیل‌ها، بشکه‌ها، چاله‌ها	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۵	۷۵	۷۵	۳۰	
۲	کندن، بریدن، مالش، نرم‌کردن پوست	۳۰۰	۵۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۳	سراجی، تولید کفش: کوک‌زنی، دوختن، جلادادن، شکل‌دهی، برش‌کاری، سوراخ‌کاری	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۴	جور کردن و مرتب‌سازی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۹۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000K \leq T_{CP} \leq 6500K$
۵	(ماشین) رنگ‌رزی چرم	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۶	کنترل کیفیت	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۷	بازرسی رنگ	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000K \leq T_{CP} \leq 6500K$
۸	کفش سازی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۹	دست‌کش سازی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	

جدول ۵-۹-۱۸- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – فلزکاری و فرآوری فلزات

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	فورج قالب باز	۲۰۰	۳۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۲	فورج ضربه‌ای	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۷۵	۷۵	۳۰	
۳	جوش‌کاری	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۷۵	۷۵	۳۰	
۴	ماشین‌کاری سخت و متوسط: با رواداری ≤ ۰/۱ میلی‌متر	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۳۰	
۵	ماشین‌کاری دقیق، سنگ‌زنی: با رواداری < ۰/۱ میلی‌متر	۵۰۰	۷۵۰	۰/۷۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	
۶	حکاکی، بازرسی	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۷	کارگاه تولید سیم و لوله، فرم‌دهی سرد	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۷۵	۷۵	۳۰	
۸	ماشین‌کاری صفحه: ضخامت ≤ ۵ میلی‌متر	۲۰۰	۳۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۹	فلز/ورق کاری: ضخامت < ۵ میلی‌متر	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۳۰	
۱۰	ابزارسازی، تولید تجهیزات برش	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	
۱۱	مونتاژ: سخت	۲۰۰	۳۰۰	۰/۶۰	۶۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۱۲	متوسط	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۷۵	۷۵	۳۰	
۱۳	ظریف	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	
۱۴	دقیق	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۱۵	آب‌کاری	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۷۵	۷۵	۳۰	
۱۶	زیرسازی و رنگ‌کاری	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷۰	۸۰	۲۵	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۱۷	تولید ابزار، شابلون، جیگ، مکانیک دقیق، میکرومکانیک	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	

جدول ۵-۹-۱۹- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – کاغذ و محصولات کاغذی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	آسیاب لبه‌رو، ماشین خمیرسازی	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۲	تولید و فرآوری کاغذ، دستگاه سینگل‌زن/کروگیت کاغذ، تولید مقوا	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۷۵	۷۵	۵۰	
۳	عملیات صحافی مانند تا کردن، ترتیب‌بندی، چسب‌کاری، برش، چاپ برجسته، ته‌دوزی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	

جدول ۵-۹-۲۰- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – نیروگاه‌ها

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	سایت/تاسیسات تامین سوخت	۵۰	–	۰/۴۰	۲۰	–	–	–	–	رنگ‌های ایمنی باید قابل شناسایی باشد.
۲	جایگاه بویلر	۱۰۰	۱۵۰	۰/۴۰	۴۰	۲۸	۵۰	۵۰	۳۰	
۳	سالن ماشین‌آلات/تولید نیرو	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۴	اتاق‌های جانبی مانند موتورخانه، اتاق‌های کندانسور، تابلوهای برق (داخل ساختمان)	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۵	اتاق‌های کنترل	۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۷۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	۱. تابلوهای کنترلی اغلب عمودی نصب می‌شود. ۲. ممکن است کم‌سوسازی مورد نیاز باشد.

جدول ۵-۹-۲۱- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – چاپخانه‌ها

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	برش، تذهیب، چاپ برجسته، حکاکی، کار با پهنه و سنگ، ماشین‌آلات چاپ، حروف چینی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	
۲	ترتیب‌بندی و چاپ دستی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	
۳	تنظیم صفحه، روتوش، لیتوگرافی	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۴	بازرسی رنگ در چاپ رنگی	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۰/۷۰	۹۰	۱۶	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000K \leq T_{CP} \leq 6500K$
۵	حکاکی فولاد و مس	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۰/۷۰	۸۰	۱۶	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	

جدول ۵-۹-۲۲- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – کارخانه‌های نورد آهن و فولاد

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	کارخانه‌های تولیدی بدون عملیات دستی	۵۰	–	۰/۴۰	۲۰	–	–	–	–	رنگ‌های ایمنی باید قابل شناسایی باشد.
۲	کارخانه‌های تولیدی با عملیات معمولا دستی	۱۵۰	۲۰۰	۰/۴۰	۴۰	۲۸	۵۰	۵۰	۳۰	
۳	کارخانه‌های تولیدی با عملیات دستی مداوم	۲۰۰	۳۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۴	انبار تختال/اسلب	۵۰	–	۰/۴۰	۲۰	–	–	–	–	رنگ‌های ایمنی باید قابل شناسایی باشد.

جدول ۵-۹-۲۲- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – کارخانه‌های نورد آهن و فولاد (ادامه)

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۵	کوره‌ها	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴۰	۲۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	رنگ‌های ایمنی باید قابل شناسایی باشد.
۶	واگن نورد، خط کویل، خط برش	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۴۰	۲۵	۷۵	۷۵	۳۰	
۷	جایگاه کنترل، تابلوهای کنترلی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۳۰	
۸	آزمون، اندازه‌گیری و بازرسی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۹	تونل‌های زیرزمینی آدم‌رو، بخش‌های کمربندی، چاهک‌ها	۵۰	–	۰/۴۰	۲۰	–	–	–	–	رنگ‌های ایمنی باید قابل شناسایی باشد.

جدول ۵-۹-۲۳- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – تولید و فرآوری محصولات نساجی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	ایستگاه‌های کاری و زون‌های حوضچه، باز کردن عدل	۲۰۰	۳۰۰	۰/۶۰	۶۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۲	کاردینگ، شستشو، اتوکشی، کشش، شانه‌زنی، آهارزنی، برش، پیش ریسندگی، ریسندگی چتایی و کنف	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۴۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۳	ریسندگی، لایه‌کاری، قرقره پیچی، تاباندن	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۴۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	از اثرات استروبوسکوپیک پیش‌گیری شود.
۴	چله پیچی، بافندگی، قیطان	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۶۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	از اثرات استروبوسکوپیک پیش‌گیری شود.

جدول ۵-۹-۲۳- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – تولید و فرآوری محصولات نساجی (ادامه)

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۵	دوختن، بافندگی ظریف، کوک‌زنی	۷۵۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۶	طراحی دستی، ترسیم الگوها	۷۵۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۹۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000K \leq T_{CP} \leq 6500K$
۷	پرداخت نهایی، رنگ‌رزی	۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۸	اتاق خشک‌کن	۱۰۰	-	۰/۴۰	۶۰	۲۸	۵۰	۵۰	۳۰	
۹	چاپ اتوماتیک پارچه	۵۰۰	-	۰/۶۰	۹۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۱۰	گره‌گیری، چیدن، حاشیه‌دوزی	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۱۱	بازرسی رنگ، کنترل پارچه	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000K \leq T_{CP} \leq 6500K$
۱۲	رفوگری ناپیدا	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۰/۷۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000K \leq T_{CP} \leq 6500K$
۱۳	تولید کلاه	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	

جدول ۵-۹-۲۴- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – ساخت و تعمیر خودرو

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	کارگاه پرس‌کاری - قطعات بزرگ	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۱۰۰	۵۰	۳۰	
۲	کارگاه پرس‌کاری - بازرسی چشمی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۵۰	۳۰	
۳	مونتاژ بدنه - خط اتوماتیک	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۱۰۰	۵۰	۳۰	
۴	مونتاژ بدنه - جوش‌کاری دستی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۳۰	
۵	رنگ‌آمیزی، اتاقک پاشش رنگ و پرداخت	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۳۰	
۶	رنگ‌آمیزی، بازرسی، اصلاح رنگ و پرداخت	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۳۰	$4000K \leq T_{CP} \leq 6500K$
۷	لوازم داخلی خودرو/تودوزی (دستی)	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۳۰	
۸	نصب ملحقات: - مونتاژ قطعات جانبی (درها، داشبورد، لوازم داخلی) - مونتاژ زیرشاسی - مونتاژ موتور و قطعات مکانیکی - خط نقاله مونتاژ نهایی	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۵۰	۳۰	
۹	نصب ملحقات: - کارهای الکترونیکی/برقی	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۶۰	۹۰	۲۲	۱۵۰	۵۰	۳۰	$4000K \leq T_{CP} \leq 6500K$ برای تشخیص رنگ‌ها
۱۰	بازرسی نهایی	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۳۰	
۱۱	خدمات عمومی خودرو، تعمیر و آزمون	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۰۰	۵۰	۳۰	روشنایی موضعی در نظر گرفته شود.

جدول ۵-۹-۲۵- شدت روشنایی فعالیت‌های صنعتی و صنایع دستی – صنایع فرآورده‌های چوبی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	فرآوری خودکار مانند خشک‌کردن، تولید تخته چندلا	۵۰	–	۰/۴۰	۴۰	۲۸	–	–	–	
۲	چاله‌های بخار	۱۵۰	۲۰۰	۰/۴۰	۴۰	۲۸	۵۰	۵۰	۳۰	
۳	اره کلافی برقی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۶۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	از اثرات استروبوسکوپیک پیش‌گیری شود.
۴	کار روی میز نجاری، چسب‌کاری، مونتاژ	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۵	پرداخت‌کاری، رنگ‌آمیزی، نجاری فانتزی	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۶	کار روی ماشین‌آلات چوب مانند تراش‌کاری، شیار زدن، ابزار زنی، کنش کاو، برش، اره، خزینه‌کردن	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۷۵	از اثرات استروبوسکوپیک پیش‌گیری شود.
۷	انتخاب چوب روکش	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷۰	۹۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000K \leq T_{CP} \leq 6500K$
۸	منبت‌کاری، مرصع‌کاری	۷۵۰	۱۰۰۰	۰/۷۰	۹۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000K \leq T_{CP} \leq 6500K$
۹	کنترل کیفیت، بازرسی	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000K \leq T_{CP} \leq 6500K$

جدول ۵-۹-۲۶- شدت روشنایی دفاتر اداری

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	بایگانی، کپی و غیره	۳۰۰	۵۰۰	۰/۴۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	
۲	نوشتن، تایپ کردن، خواندن، پردازش داده‌ها	۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۳	ترسیم فنی	۷۵۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۸۰	۱۶	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۴	ایستگاه‌های کاری ترسیم با رایانه	۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۵	اتاق‌های کنفرانس و جلسات	۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود روشنایی قابلیت کم‌سوسازی داشته باشد. به بند ۵-۷-۲ مراجعه کنید.
۶	میز کنفرانس	۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود روشنایی قابلیت کم‌سوسازی داشته باشد. به بند ۵-۷-۲ مراجعه کنید.
۷	میز پذیرش	۳۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	اگر میز پذیرش شامل کارهای عمومی ایستگاه کاری است باید به نحو مناسب روشن شود.
۸	آرشیو کردن	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۵	۷۵	۷۵	۵۰	

جدول ۵-۹-۲۷- شدت روشنایی خرده فروشی‌ها

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	فضای عمومی فروش	۳۰۰	۷۵۰	۰/۴۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۳۰	شدت روشنایی عمودی کافی روی قفسه‌ها تامین شود.
۲	فضای صندوق	۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۷۵	۳۰	
۳	میز بسته‌بندی	۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۰۰	–	۵۰	
۴	انبار	۳۰۰	۵۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۵	۵۰	–	–	
۵	اتاق رخت‌کن/پرو	۳۰۰	۵۰۰	۰/۴۰	۹۰	–	–	–	–	شدت روشنایی عمودی در مقابل آیینه پیش‌بینی شود.

جدول ۵-۹-۲۸- شدت روشنایی مکان‌های عمومی– فضاهای عمومی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	سالن‌های ورودی	۱۰۰	۲۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۲	۵۰	۵۰	۳۰	مقدار R_{UGL} در صورت کاربرد
۲	رخت‌کن‌ها	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۵	۷۵	۷۵	۵۰	
۳	سالن‌های استراحت	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	
۴	باجه بلیت	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	

جدول ۵-۹-۲۹- شدت روشنایی مکان‌های عمومی – رستوران‌ها و هتل‌ها

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	میز پذیرش/صندوق، میز تحویل	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	
۲	آشپزخانه	۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	باید بین آشپزخانه و رستوران یک فضای واسط وجود داشته باشد.
۳	رستوران، سالن غذاخوری، سالن مراسم‌ها	–	–	–	۸۰	–	–	–	–	روشنایی باید به نحوی طراحی شود که فضای مناسب ایجاد شود.
۴	رستوران سلف- سرویس	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	
۵	بوفه	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	
۶	اتاق کنفرانس	۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود روشنایی قابلیت کم‌سوسازی داشته باشد. به بند ۵-۷-۲ مراجعه کنید.
۷	راهروها	۱۰۰	۱۵۰	۰/۴۰	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	در طول شب مقادیر کم‌تر قابل قبول است. شدت روشنایی در تراز کف.

جدول ۵-۹-۳۰- شدت روشنایی مکان‌های عمومی – تئاترها، سالن‌های کنسرت، سینماها، مکان‌های سرگرمی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	اتاق‌های تمرین	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	
۲	اتاق‌های رخت‌کن	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۹۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	روشنایی در مقابل آیینه برای گریم باید بدون خیرگی باشد.
۳	نگه‌داری و نظافت فضای تماشاچی	۲۰۰	۵۰۰	۰/۵۰	۸۰	۲۲	۵۰	۵۰	۳۰	شدت روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۴	صحنه نمایش	۳۰۰	۵۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۵	۷۵	۷۵	۳۰	شدت روشنایی در تراز کف مورد نظر است.

جدول ۵-۹-۳۱- شدت روشنایی مکان‌های عمومی – نمایشگاه‌های تجاری، سالن‌های نمایشگاه

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		مورد نیاز	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	روشنایی عمومی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۲	۵۰	۵۰	۳۰	

جدول ۵-۹-۳۲- شدت روشنایی مکان‌های عمومی– موزه‌ها

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	نمایشگاه‌ها، فضاهای غیرحساس به نور	–	–	–	۸۰	–	–	–	–	طراحی روشنایی با توجه به الزامات نمایشگاه تعیین می‌شود.
۲	نمایشگاه‌ها، فضاهای حساس به نور	–	–	–	۸۰	–	–	–	–	۱. طراحی روشنایی با توجه به الزامات نمایشگاه تعیین می‌شود. ۲. حفاظت در برابر پرتوهای مضر بسیار مهم است.

جدول ۵-۹-۳۳- شدت روشنایی مکان‌های عمومی – کتابخانه‌ها

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	قفسه‌های کتاب	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴۰	۸۰	۱۹	–	–	–	روشنایی عمودی روی قفسه‌ها مورد نظر است. برای روشنایی اختصاصی قفسه کتاب، مقدار R_{UGL} اعمال نمی‌شود.
۲	فضای مطالعه	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	توصیه می‌شود فضای دل‌نشینی حاصل شود.
۳	محل تحویل کتاب	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	
۴	روشنایی عمومی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	

جدول ۵-۹-۳۴- شدت روشنایی مکان‌های عمومی – پارکینگ (سرپوشیده)

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	رمپ‌های ورودی/خروجی (در روز)	۳۰۰	۵۰۰	۰/۴۰	۴۰	۲۵	۷۵	۷۵	۵۰	۱. سطح روشنایی به طول ۵ متر در امتداد کف پارکینگ ادامه می‌یابد. ۲. روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۲	رمپ‌های ورودی/خروجی (در شب)	۷۵	۱۰۰	۰/۴۰	۴۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۳	خطوط تردد، رمپ‌های داخلی و مسیرهای عابر پیاده	۷۵	۱۰۰	۰/۴۰	۴۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	۱. روشنایی در تراز کف مورد نظر است. ۲. روشنایی عمودی تا ارتفاع بالاتر برای تشخیص چهره افراد و در نتیجه افزایش احساس امنیت مورد نظر است.
۴	محیط پارکینگ - غیرقابل استفاده برای عموم	۷۵	۱۰۰	۰/۲۵	۴۰	–	۵۰	۳۰	۱۵	۱. روشنایی در تراز کف مورد نظر است. ۲. روشنایی عمودی تا ارتفاع بالاتر برای تشخیص چهره افراد و در نتیجه افزایش احساس امنیت مورد نظر است.
۵	محیط پارکینگ - قابل استفاده برای عموم با تعداد مراجعه‌کننده زیاد، مانند مراکز خرید.	۱۵۰	۲۰۰	۰/۴۰	۴۰	–	۵۰	۵۰	۱۵	۱. روشنایی در تراز کف مورد نظر است. ۲. روشنایی عمودی تا ارتفاع بالاتر برای تشخیص چهره افراد و در نتیجه افزایش احساس امنیت مورد نظر است.
۶	باجه کنترل ورود و خروج	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۷۵	۷۵	۵۰	۱. باید از انعکاس نور در پنجره‌ها پرهیز شود. ۲. باید از ایجاد خیرگی ناشی از نور بیرونی جلوگیری شود.

جدول ۵-۹-۳۵- شدت روشنایی مکان‌های آموزشی - مهد کودک، خانه بازی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0,10$			
۱	اتاق بازی	۳۰۰	۵۰۰	۰٫۴۰	۸۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	باید با استفاده از دیفیوزر مناسب در مسیر دید از پایین، از درخشندگی زیاد نور پرهیز شود.
۲	مهد کودک	۳۰۰	۵۰۰	۰٫۴۰	۸۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	با استفاده از دیفیوزر مناسب در مسیر دید از پایین، از درخشندگی زیاد نور پرهیز شود.
۳	اتاق کاردستی	۳۰۰	۵۰۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	

جدول ۵-۹-۳۶- شدت روشنایی مکان‌های آموزشی – ساختمان‌های آموزشی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0,10$			
۱	کلاس درس - فعالیت‌های عمومی	۵۰۰	۱۰۰۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	باید نور برای فعالیت‌ها و سناریوهای مختلف قابل کنترل باشد، به بند ۵-۷-۲ مراجعه کنید. شدت روشنایی کمینه برای کلاس‌هایی که کودکان خردسال استفاده می‌کنند ۳۰۰ لوکس است که می‌تواند از طریق کم‌سو کننده تامین شود. (به بند ۵-۷-۴ مراجعه کنید). نور محیط را باید در نظر گرفت.
۲	سالن اجتماعات، سالن‌های سخنرانی	۵۰۰	۷۵۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۵۰	نور باید قابل کنترل باشد، به بند ۵-۷-۲ مراجعه کنید.
۳	محل نشستن در سالن‌های کنفرانس و سالن‌های سخنرانی	۲۰۰	۳۰۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	۷۵	۷۵	۵۰	
۴	تخته‌های سیاه، سبز و سفید	۵۰۰	۷۵۰	۰٫۷۰	۸۰	۱۹	-	-	-	نورهای عمودی مورد نظر است. باید از انعکاس نور به چشم جلوگیری شود. محل ارائه دهنده/معلم باید با شدت روشنایی عمودی مناسب روشن شود.

جدول ۵-۹-۳۶- شدت روشنایی مکان‌های آموزشی – ساختمان‌های آموزشی (ادامه)

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0,10$			
۵	تخته‌های سیاه، سبز و سفید در سالن-های کنفرانس و سالن‌های سخنرانی	۵۰۰	۷۵۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	–	–	–	نورهای عمودی مورد نظر است. باید از انعکاس نور به چشم جلوگیری شود. محل ارائه دهنده/معلم باید با شدت روشنایی عمودی مناسب روشن شود.
۶	ارائه با ویدیو پروژکتور و تخته هوشمند	–	–	–	–	–	–	–	–	۱. روشنایی باید قابل کنترل باشد، به بند ۵-۷-۲ مراجعه کنید. ۲. باید از انعکاس نور به چشم جلوگیری شود. ۳. ۲۰۰ لوکس به صورت عمودی پشت (در اطراف) صفحه نمایش. ۴. از تابش نور مستقیم روی صفحه هنگام نمایش محتوا باید پرهیز شود.
۷	صفحه نمایش	۲۰۰	۳۰۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	–	–	–	شدت روشنایی عمودی مناسب.
۸	میز نمایش در سالن‌های کنفرانس و سالن‌های سخنرانی	۷۵۰	۱۰۰۰	۰٫۷۰	۸۰	۱۹	–	–	–	
۹	روشنایی روی معلم/ارائه‌دهنده	–	–	–	۸۰	–	۱۵۰	–	–	شدت روشنایی عمودی مناسب در ارتفاع ۱٫۶ متری از کف مورد نظر است.
۱۰	روشنایی سکو(جایگاه)	۳۰۰	۵۰۰	۰٫۷۰	۸۰	–	–	–	–	توصیه می‌شود شدت روشنایی به صورت عمودی و در راستای دید حاضرین باشد. شدت روشنایی باید قابل کنترل باشد.
۱۱	فقط کار کامپیوتری	۳۰۰	۵۰۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	توصیه می‌شود نور قابل کنترل باشد، به بند ۵-۷-۲، روشنایی اتاق مراجعه کنید.
۱۲	کلاس‌های هنری در مدارس هنر	۷۵۰	۱۰۰۰	۰٫۷۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود نور قابل کنترل باشد، به بند ۵-۷-۲، روشنایی اتاق مراجعه کنید. $4000\ K \leq T_{CP} \leq 6000\ K$
۱۳	کلاس‌های نقشه-کشی فنی	۷۵۰	۱۰۰۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود نور قابل کنترل باشد، به بند ۵-۷-۲، روشنایی اتاق مراجعه کنید.
۱۴	آزمایشگاه‌ها و اتاق-های کار عملی	۵۰۰	۷۵۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود نور قابل کنترل باشد، به بند ۵-۷-۲، روشنایی اتاق مراجعه کنید.
۱۵	کارگاه هنرهای دستی	۵۰۰	۷۵۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۰۰	۱۰۰	توصیه می‌شود نور قابل کنترل باشد، به بند ۵-۷-۲، روشنایی اتاق مراجعه کنید.

جدول ۵-۹-۳۶- شدت روشنایی مکان‌های آموزشی – ساختمان‌های آموزشی (ادامه)

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0,10$			
۱۶	کارگاه آموزشی	۵۰۰	۷۵۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود نور قابل کنترل باشد، به بند ۵-۷-۲، روشنایی اتاق مراجعه کنید.
۱۷	اتاق‌های آماده‌سازی و کارگاه‌ها	۵۰۰	۷۵۰	۰٫۶۰	۸۰	۲۲	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود نور قابل کنترل باشد، به بند ۵-۷-۲، روشنایی اتاق مراجعه کنید.
۱۸	سالن‌های ورودی	۲۰۰	۳۰۰	۰٫۴۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	
۱۹	مناطق تردد، راهروها	۱۰۰	۱۵۰	۰٫۴۰	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۲۰	پله‌ها	۱۵۰	۲۰۰	۰٫۴۰	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۲۱	فضاهای عمومی دانشجویی و سالن اجتماعات	۲۰۰	۳۰۰	۰٫۴۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	
۲۲	اتاق مدرسان	۳۰۰	۵۰۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	برای کارهای اداری به جدول ۲۶ - دفاتر مراجعه کنید.
۲۳	کتابخانه: قفسه کتاب	۲۰۰	۳۰۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	–	–	–	شدت روشنایی عمودی در قفسه‌ها ملاک است. برای روشنایی قفسه های اختصاصی کتاب، مقدار R_{UGL} اعمال نمی شود.
۲۴	کتابخانه: قرائت‌خانه	۵۰۰	۷۵۰	۰٫۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	به جدول ۳۳ - مکان‌های عمومی - کتابخانه‌ها مراجعه کنید.
۲۵	انبار تجهیزات آموزشی	۱۰۰	۱۵۰	۰٫۴۰	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۲۶	سالن‌های ورزشی، سالن‌های بدنسازی، استخرهای شنا	۳۰۰	۵۰۰	۰٫۶۰	۸۰	۲۲	۱۰۰	۷۵	۳۰	این الزامات فقط برای مدارس قابل اجرا است. برای استفاده در مقیاس اماکن آموزشی و رقابتی، الزامات خاص ارائه شده در استاندارد EN 12193 را اعمال کنید.
۲۷	غذاخوری مدارس	۲۰۰	۳۰۰	۰٫۴۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	
۲۸	آشپزخانه	۵۰۰	۷۵۰	۰٫۶۰	۸۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	

جدول ۵-۹-۳۷- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی – اتاق‌هایی برای استفاده عمومی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	اتاق‌های انتظار	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۳۰	
۲	راهروها: در روز	۱۰۰	۲۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۲	۵۰	۵۰	۳۰	روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۳	راهروها: زمان نظافت	۱۰۰	۲۰۰	۰/۴۰	۸۰	۲۲	۵۰	۵۰	۳۰	روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۴	راهروها: در شب	۵۰	–	۰/۴۰	۸۰	۲۲	–	–	–	روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۵	راهروهایی با کاربرد چند منظوره (مثلاً پیش معاینه بیماران)	۲۰۰	۳۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	شدت روشنایی در سطح کار/فعالیت.
۶	اتاق‌های با پذیرش در روز	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	
۷	آسانسور، آسانسور مختص افراد و مراجعه‌کنندگان	۱۰۰	۲۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۵۰	۵۰	۳۰	روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۸	آسانسورهای خدماتی	۲۰۰	۳۰۰	۰/۶۰	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
باید از درخشندگی بیش از حد زیاد در میدان دید بیماران جلوگیری شود.										

جدول ۵-۹-۳۸- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی – اتاق‌های کارکنان

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	دفتر اداری کارکنان	۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۲	اتاق‌های کارکنان	۳۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	

جدول ۵-۹-۳۹- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی – بخش‌ها، بخش زنان

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰	۰/۴۰	۸۰	۱۹	۵۰	۵۰	۳۰	شدت روشنایی در تراز کف مورد نظر است. روشنایی دیوارها باید قابل کنترل باشد.
۲	نورمطالعه	۳۰۰	۷۵۰	۰/۷۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	روشنایی باید قابل کنترل ومحدود به هر تخت باشد، به بند ۵-۷-۲ مراجعه کنید.
۳	بخش- معاینات ساده	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	برای معاینه عادی و درمان ویژه، جدول ۴۰ - اماکن مراقبت‌های بهداشتی - اتاق‌های معاینه (عمومی) و جدول ۵۱ - اماکن مراقبت‌های بهداشتی - اتاق‌های تشریح و سردخانه اجساد را نیز ببینید.
۴	معاینه و درمان	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود نور اتاق قابل کنترل باشد، به بند ۵-۷-۲ مراجعه کنید.
۵	نور دید در شب پرستار	۵	–	–	۸۰	–	–	–	–	$2200\ K \leq T_{CP} \leq 3000\ K$ شدت روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۶	حمام و توالت بیماران	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴۰	۹۰	۲۲	۷۵	۷۵	۵۰	توصیه می‌شود دمای رنگ پایین و روشنایی کمتر برای روشنایی در شب در نظر گرفته شود.
باید از درخشندگی بیش از حد زیاد در میدان دید بیماران جلوگیری شود.										

جدول ۵-۹-۴۰- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - اتاق معاینه (عمومی)

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	روشنایی عمومی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 5000\ K$
۲	معاینه و درمان	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 5000\ K$

جدول ۵-۹-۴۱- شدت روشنایی محل مراقبت‌های بهداشتی - اتاق معاینات چشم

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	روشنایی عمومی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۹	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 5000\ K$
۲	معاینه بخش خارجی چشم	۱۰۰۰	۱۵۰۰	-	۹۰	-	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 5000\ K$
۳	خواندن و آزمون سنجش تشخیص رنگ با چارت بینایی‌سنجی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۷۰	۹۰	۱۶	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 6500\ K$

جدول ۵-۹-۴۲- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - اتاق‌های معاینات گوش

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	روشنایی عمومی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 5000\ K$
۲	معاینه گوش	۱۰۰۰	۱۵۰۰	-	۹۰	-	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 5000\ K$

جدول ۵-۹-۴۳- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - اتاق‌های اسکن

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	روشنایی عمومی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	
۲	اسکنر با وضوح تصویر و سیستم‌های تلویزیونی	۵۰	-	-	۸۰	۱۹	-	-	-	

جدول ۵-۹-۴۴- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - اتاق‌های زایمان

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	روشنایی عمومی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۹۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	توصیه می‌شود روشنایی قابل کنترل باشد.
۲	معاینه و درمان	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود روشنایی قابل کنترل باشد.

جدول ۵-۹-۴۵- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی - درمانگاه (عمومی)

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	دیالیز	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود روشنایی قابل کنترل باشد.
۲	پوست	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۳	آندوسکوپی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	
۴	اتاق گچ	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۵	حمام‌های طبی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	
۶	ماساژ و رادیوتراپی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶۰	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	

جدول ۵-۹-۴۶- شدت روشنایی مکان‌های مراقبت‌های بهداشتی – اتاق عمل

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	اتاق‌های آماده‌سازی برای عمل و ریکاوری	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۲	ناحیه تخت جراحی	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۶۰	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود شدت روشنایی ناحیه تخت جراحی با درخشندگی اطراف آن متعادل باشد.
۳	اتاق عمل	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۶۰	۹۰	۱۹	–	–	–	
۴	موضع جراحی	–	–	–	۹۰	–	–	–	–	الزامات خاص ارائه شده در استاندارد EN 60601-2-41:2009 را اعمال کنید.

جدول ۵-۹-۴۷- شدت روشنایی مکان‌های درمانی - واحد مراقبت های ویژه

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	روشنایی عمومی	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۹۰	۱۹	۵۰	۵۰	۳۰	شدت روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۲	معاینات ساده	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۹۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	شدت روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۳	معاینه و درمان	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	شدت روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۴	مراقبت شبانه	۲۰	–	–	۹۰	۱۹	–	–	–	توصیه می‌شود دمای رنگ مورد توجه قرارگیرد.

جدول ۵-۹-۴۸- شدت روشنایی مکان‌های درمانی – دندان‌پزشکی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	روشنایی عمومی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	توصیه می‌شود روشنایی برای بیمار بدون خیرگی باشد.
۲	بر روی بیمار	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷	۹۰	–	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۳	ناحیه جراحی	–	–	–	–	–	–	–	–	الزامات خاص استاندارد EN ISO 9680 را درنظر بگیرید.
۴	تطبیق رنگ - دندان‌سازی	–	–	–	–	–	–	–	–	الزامات خاص استاندارد EN ISO 9680 را درنظر بگیرید.

جدول ۵-۹-۴۹- شدت روشنایی مکان‌های درمانی – آزمایشگاه و داروخانه

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	روشنایی عمومی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۲	کنترل رنگ نمونه‌های آزمایشگاهی	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۷	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	$4000\ K \leq T_{CP} \leq 6500\ K$

جدول ۵-۹-۵۰- شدت روشنایی مکان‌های درمانی – اتاق‌های بدون آلودگی

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	اتاق استریل شده	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	
۲	اتاق بدون میکروب	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	

جدول ۵-۹-۵۱- شدت روشنایی مکان‌های درمانی - اتاق تشریح و سردخانه اجساد

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	روشنایی عمومی	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۹۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۲	میز کالبدشکافی یا تشریح	۵۰۰۰	۷۵۰۰	۰/۷	۹۰	-	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	ممکن است مقادیر بیش از ۵۰۰۰ لوکس نیاز باشد.

جدول ۵-۹-۵۲- شدت روشنایی ترمینال‌های مسافری – فرودگاه‌ها

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۱	سالن‌های ورود و خروج، تحویل چمدان	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۳۰	
۲	فضاهای واسط	۱۵۰	۲۰۰	۰/۴	۸۰	۲۲	۵۰	۵۰	۳۰	
۳	میزهای اطلاعات، میزهای دریافت کارت پرواز	۵۰۰	۷۵۰	۰/۷	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	
۴	میزهای کنترل گذرنامه و گمرک	۵۰۰	۷۵۰	۰/۷	۸۰	۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	امکان تشخیص چهره باید فراهم شود.
۵	سالن‌های انتظار	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۲	۵۰	۵۰	۳۰	
۶	اتاق‌های نگهداری چمدان	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۵	۵۰	۵۰	۳۰	
۷	مناطق کنترل امنیتی - حراست پرواز	۳۰۰	۵۰۰	۰/۶	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰		
۸	برج مراقبت	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۱۶	۵۰	-	-	۱. توصیه می‌شود شدت روشنایی قابل کنترل باشد. به بند ۵-۷-۲ مراجعه کنید. ۲. توجه به الزامات کار با صفحات نمایش رعایت شود. ۳. باید از ایجاد خیرگی ناشی از نور روز پرهیز شود. ۴. از بازتاب‌های نور در پنجره‌ها، به خصوص در شب باید پرهیز شود.
۹	وظایف در آشیانه: - مناطق تست و تعمیر - مناطق تست موتور - مناطق اندازه‌گیری	۵۰۰	۷۵۰	۰/۶	۸۰	۲۲	۵۰	۵۰	۳۰	

جدول ۵-۹-۵۳- شدت روشنایی ترمینال‌های مسافری – ایستگاه راه‌آهن

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0,10$			
۱	سکوهای کاملاً محصور شده- تعداد مسافران، کم	۵۰	–	۰٫۳	۸۰	–	–	–	–	توجه ویژه به لبه سکو. پرهیز از خیرگی برای رانندگان وسیله نقلیه و مسافران. شدت روشنایی در تراز کف سکو.
۲	سکوهای کاملاً محصور شده- تعداد مسافران، متوسط	۱۰۰	–	۰٫۴	۸۰	–	–	–	–	توجه ویژه به لبه سکو. پرهیز از خیرگی برای رانندگان وسیله نقلیه و مسافران. شدت روشنایی در تراز کف سکو مورد نظر است.
۳	سکوهای کاملاً محصور شده- تعداد مسافران، زیاد	۲۰۰	–	۰٫۵	۸۰	–	–	–	–	توجه ویژه به لبه سکو. پرهیز از خیرگی برای رانندگان وسیله نقلیه و مسافران. شدت روشنایی در تراز کف سکو مورد نظر است.
۴	ایستگاه مترو زیرزمینی کاملاً محصور شده - تعداد کم مسافران	۵۰	–	۰٫۳	۸۰	–	–	–	–	۱. پرهیز از خیرگی برای مسافران. ۲. روشنایی در تراز کف سکو مورد نظر است. ۳. در صورت وجود سطوح با بازتاب زیاد، شدت روشنایی متوسط می‌تواند تا ۵۰ درصد کاهش یابد.
۵	ایستگاه مترو زیرزمینی کاملاً محصور شده - تعداد متوسط مسافران	۱۰۰	–	۰٫۴	۸۰	–	–	–	–	۱. پرهیز از خیرگی برای مسافران. ۲. روشنایی در تراز کف سکو مورد نظر است. ۳. در صورت وجود سطوح با بازتاب زیاد، شدت روشنایی متوسط می‌تواند تا ۵۰ درصد کاهش یابد.
۶	ایستگاه مترو زیرزمینی کاملاً محصور شده - تعداد زیاد مسافران	۲۰۰	–	۰٫۵	۸۰	–	–	–	–	۱. پرهیز از خیرگی برای مسافران. ۲. روشنایی در تراز کف سکو مورد نظر است. ۳. در صورت وجود سطوح با بازتاب زیاد، شدت روشنایی متوسط می‌تواند تا ۵۰ درصد کاهش یابد.
۷	پله‌ها، پله برقی - تعداد مسافران، کم	۵۰	–	۰٫۳	۸۰	–	–	–	–	۱. پرهیز از خیرگی برای مسافران. ۲. توجه ویژه به فضای ورود و خروج پله.

جدول ۵-۹-۵۳- شدت روشنایی ترمینال‌های مسافری – ایستگاه راه‌آهن (ادامه)

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0/10$			
۸	پله‌ها، پله برقی - تعداد مسافران، متوسط	۱۰۰	–	۰/۴	۸۰	–	–	–	–	۱. پرهیز از خیرگی برای مسافران. ۲. توجه ویژه به فضای ورود و خروج پله.
۹	پله‌ها، پله برقی - تعداد مسافران، زیاد	۲۰۰	–	۰/۵	۸۰	–	–	–	–	۱. پرهیز از خیرگی برای مسافران. ۲. توجه ویژه به فضای ورود و خروج پله.
۱۰	سالن اصلی و سالن فروش بلیط	۲۰۰	۳۰۰	۰/۵	۸۰	۲۸	۷۵	۷۵	۵۰	شدت روشنایی در تراز کف سالن مورد نظر است.
۱۱	باجه‌های کنترل بلیط و محل نگه‌داری چمدان	۳۰۰	۵۰۰	۰/۵	۸۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	شدت روشنایی در سطح کار مورد نظر است.
۱۲	سالن‌های انتظار	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	۲۲	۷۵	۷۵	۳۰	
۱۳	سالن ورودی، سالن ایستگاه	۲۰۰	۳۰۰	۰/۴	۸۰	–	۷۵	۷۵	۳۰	
۱۴	اتاق‌های تأسیسات	۲۰۰	۳۰۰	۰/۵	۸۰	۲۸	۵۰	۵۰	۳۰	شدت روشنایی در مناطق کار (افقی، عمودی،مایل). توصیه می‌شود روشنایی قابلیت کم‌سوسازی به صورت جداگانه در هر منطقه کار داشته باشد. به بند ۵-۷-۲ مراجعه کنید.
۱۵	مرکز کنترل راه‌آهن	۲۰۰	۳۰۰	۰/۵	۸۰	۱۶	–	–	–	شدت روشنایی در مناطق کار و یکنواختی (افقی عمودی، مایل). ۱. توصیه می‌شود روشنایی قابلیت کم‌سوسازی داشته باشد. به بند ۵-۷-۲ مراجعه کنید. ۲.توصیه می‌شود از ایجاد نور خیره‌کننده روز پرهیز شود. ۳. از بازتاب در پنجره‌ها، به خصوص در شب باید پرهیز شود. ۴. رنگ‌های ایمنی باید قابل شناسایی باشد. ۵. میز و دیوارهای کنترل به شدت روشنایی ثابت برای کل سطح نیاز دارد.

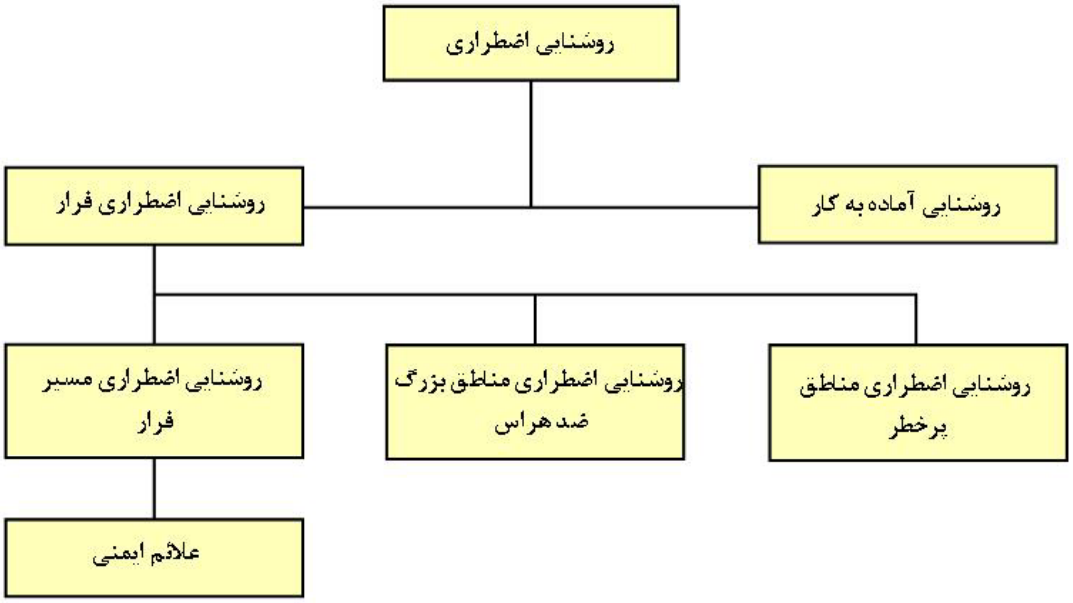
جدول ۵-۹-۵۳- شدت روشنایی ترمینال‌های مسافری – ایستگاه راه‌آهن (ادامه)

ردیف	نوع فعالیت (محل)	$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	الزامات خاص
		الزامی	اصلاح شده				$U_o \geq 0,10$			
۱۶	تونل‌های دسترسی	۵۰	۷۵	۰٫۴	۲۰	–	–	–	–	شدت روشنایی در تراز کف مورد نظر است.
۱۷	عملیات مونتاژ در سوله های نگهداری -کارهای سخت	۲۰۰	–	۰٫۴	۸۰	–	–	–	–	پرهیز از خیرگی توجه شود.
۱۸	عملیات مونتاژ در سوله های نگهداری -کارهای متوسط	۳۰۰	–	۰٫۵	۸۰	–	–	–	–	پرهیز از خیرگی توجه شود.
۱۹	عملیات مونتاژ در سوله های نگهداری -کارهای سبک	۵۰۰	–	۰٫۶	۸۰	–	–	–	–	پرهیز از خیرگی توجه شود.
۲۰	عملیات مونتاژ در سوله های نگهداری -کارهای دقیق	۷۵۰	–	۰٫۷	۸۰	–	–	–	–	پرهیز از خیرگی توجه شود.
۲۱	گهواره/پل چرخشی سالن‌های نگهداری برای وسایل نقلیه راه‌آهن (بدون آمد و شد وسایل نقلیه اضافی)	۱۰۰	۱۵۰	۰٫۲۵	۸۰	–	–	–	–	
۲۲	گهواره/پل چرخشی سالن‌های نگهداری برای وسایل نقلیه راه‌آهن (بدون آمد و شد وسایل نقلیه اضافی)	۱۵۰	۲۰۰	۰٫۴	۸۰	–	–	–	–	

۵-۸- روشنایی اضطراری

۵-۸-۱- دسته بندی

هدف اصلی از روشنایی اضطراری، تامین شرایط دیداری مناسبی است که در زمان تاریکی و وقوع حادثه از وحشت افراد کاسته و تخلیه امن یا ادامه کار در شرایط خاص را به بهترین نحو میسر کند. در طراحی سیستم روشنایی اضطراری باید همواره بدترین و سخت‌ترین شرایط درنظر گرفته شده و ترجیحاً سناریو خروج در حالات مختلف ارایه شود. در فلوچارت زیر دسته‌بندی کلی روشنایی اضطراری نمایش داده شده است.



شکل۵-۲۱- دسته‌بندی کلی روشنایی اضطراری

۵-۸-۲- سیستم روشنایی آماده‌به‌کار

هرگاه نیاز به روشن بودن دایم سیستم روشنایی باشد، از سیستم تغذیه آماده به کار استفاده خواهد شد. در این سیستم معمولا در زمان وصل برق شهر، از این منبع انرژی برای تغذیه استفاده شده و در زمان قطع برق از باتری داخلی، سیستم باتری مرکزی، دیزل ژنراتور و یا سیستم‌های برق بدون وقفه[1] استفاده می‌شود. در صورتی‌که لازم باشد این سیستم به‌عنوان سیستم روشنایی فرار هم استفاده شود، باید بر اساس سیستم روشنایی فرار طراحی و اجرا شود.

[1] UPS: Uninterrupted Power Systems

۵-۸-۳- سیستم روشنایی اضطراری فرار

۵-۸-۳-۱- روشنایی اضطراری مسیر فرار[1]

بخشی از سیستم روشنایی اضطراری که روشنایی مسیر فرار ایمن، روشنایی فضای باز و روشنایی محل‌های انجام کار با احتمال خطر بالا به هنگام قطع روشنایی عادی و همچنین نشانه‌گذاری راهنما به هنگام اشغال مسیرهای فرار ایمن را مشخص و تامین می‌کند.

۵-۸-۳-۲- روشنایی اضطراری فضای باز (مناطق بزرگ)[2]

روشنایی اضطراری مناطق بزرگ و باز که حداقل ۶۰ مترمربع بوده و یا مسیر فرار از آن محیط بگذرد، یا برای دسترسی به مسیر فرار عبور از آن محل ضروری باشد. این نوع روشنایی، در برخی استانداردها با روشنایی ضد هراس[3] هم تعریف می‌شود.

۵-۸-۳-۳- روشنایی اضطراری مناطق پرخطر

روشنایی اضطراری مکان‌هایی که بدلیل وجود دستگاه‌های پرخطر، اجسام خطرناک و حساس و یا تابلوهای کنترلی خاص نیاز به سطح روشنایی بیش‌تری نسبت به مسیر فرار و مناطق بزرگ دارند (مانند: اتاق‌های کنترل، مخازن اسید و...).

۵-۸-۳-۴- طراحی سیستم روشنایی اضطراری مسیر فرار

در طراحی این بخش باید به نکات زیر توجه کرد:

۵-۸-۳-۵- در مسیر فرار تا عرض ۲ متر، شدت روشنایی در سطح افقی روی زمین در امتداد خط مرکزی مسیر شکل (۵-۲۲) نباید از ۱ لوکس کم‌تر و در باند دوطرف خط مرکزی با عرض کل نصف عرض مسیر، نباید از ۵۰ ٪ شدت روشنایی خط مرکزی کم‌تر باشد.

۵-۸-۳-۶- در صورتی‌که عرض مسیر فرار بیش از ۲ متر باشد، باید مسیر به چند نوار با عرض ۲ متر تقسیم شده و یا براساس مناطق بزرگ ضد هراس طراحی شود.

۵-۸-۳-۷- نسبت بیشینه به کمینه شدت روشنایی در امتداد خط فرار نباید بیش‌تر از ۴۰ به ۱ باشد(جدول (۵-۱۱)).

---

[1] Escape Route
[2] Open Area
[3] Anti Panic

۵-۸-۳-۸- از آنجایی که کنتراست بین منبع نور و پس‌زمینه آن می‌تواند سبب خیرگی شود، از این‌رو روشنایی مسیر فرار باید به‌گونه‌ای طراحی شود که میزان درخشندگی ناشی از منابع نوری در خط دید مستقیم ناظر قرار نگیرد تا سبب خیرگی ناتوان کننده نشود. همچنین باید دقت شود که میزان شدت نور از مقادیر داده شده در جدول (۵-۱۰) فراتر نرود.

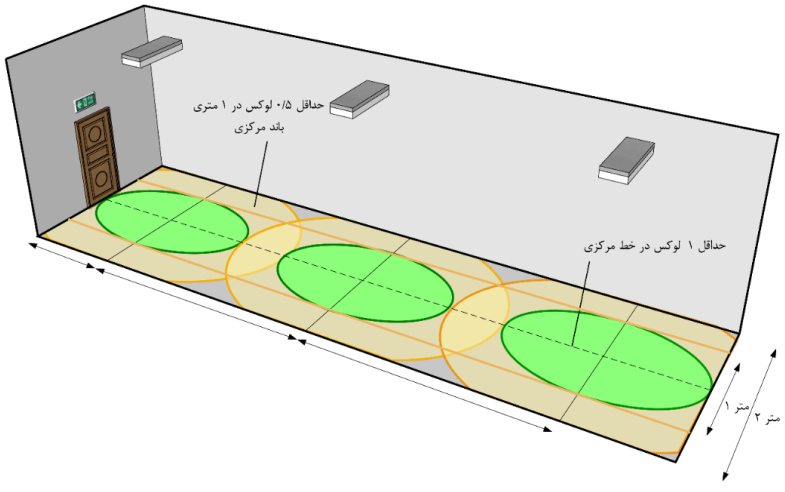
جدول۵-۱۰- حدود خیرگی ناتوان کننده

ارتفاع نصب چراغ از سطح زمین H بر حسب m	راه فرار و فضای باز (ضد هراس) شدت نور I_{max} برحسب cd	منطقه کاری با احتمال خطر بالا بیشینه شدت نور I_{max} برحسب cd
H < ۲٫۵	۵۰۰	۱۰۰۰
۲٫۵ < H ≤ ۳	۹۰۰	۱۸۰۰
۳ < H ≤ ۳٫۵	۱۶۰۰	۳۲۰۰
۳٫۵ < H ≤ ۴	۲۵۰۰	۵۰۰۰
۴ < H ≤ ۴٫۵	۳۵۰۰	۷۰۰۰
۴٫۵ ≤ H	۵۰۰۰	۱۰۰۰۰

۵-۸-۳-۹- به منظور شناسایی رنگ‌های ایمنی، مقدار شاخص نمود رنگ R_a باید بزرگ‌تر از ۴۰ باشد.

۵-۸-۳-۱۰- در شرایط عادی باید مدت زمان ۶۰ دقیقه به‌عنوان حداقل زمان روشن ماندن چراغ‌های سیستم روشنایی لحاظ شود. در صورت وجود خطر یا احتمال تردد زیاد افراد، توصیه می‌شود طراحی بر مبنای ۱۸۰ دقیقه انجام شود.

۵-۸-۳-۱۱- سیستم روشنایی اضطراری مسیر فرار باید طوری طراحی شود که در ۲۰ ثانیه اول حداقل ۵۰ ٪ شدت روشنایی و در زمان ۶۰ ثانیه شدت روشنایی کامل تامین شود. در صورتی‌که احتمال خطر در مسیر فرار وجود داشته باشد برای رسیدن به ۵۰ ٪ شدت روشنایی مورد نظر زمان کوتاه‌تر حداکثر ۵ ثانیه توصیه می‌شود.



شکل۵-۲۲- روشنایی اضطراری مسیر فرار

۵-۸-۴- طراحی سیستم روشنایی اضطراری مناطق بزرگ - ضد هراس

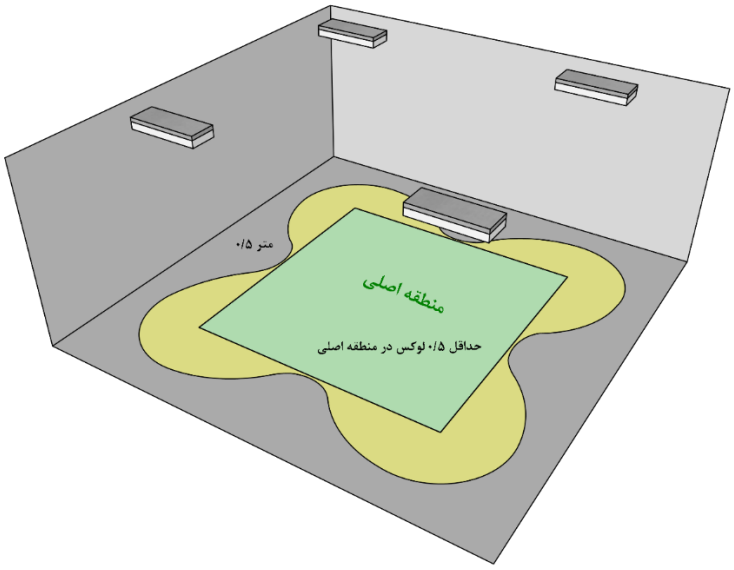
در طراحی این بخش باید به نکات زیر توجه کرد:

۵-۸-۴-۱- شدت روشنایی افقی روی سطح زمین نباید در صفحه محاسباتی مرکزی از ۰/۵ لوکس کم‌تر باشد. این صفحه محاسباتی، سطحی فرضی از کل مساحت اتاق است که باند نیم متری از محیط آن و کناره دیواره‌ها درنظر گرفته نمی‌شود.(جدول (۵-۱۱)).

۵-۸-۴-۲- نسبت بیشینه به کمینه شدت روشنایی در این فضا نباید بیش‌تر از ۴۰ به ۱ باشد(جدول (۵-۱۱)).

۵-۸-۴-۳- در شرایط عادی باید مدت زمان ۶۰ دقیقه به‌عنوان زمان روشن ماندن چراغ‌های سیستم روشنایی لحاظ شود و در صورت وجود خطر یا احتمال تردد افراد زیاد، توصیه می‌شود طراحی بر مبنای ۱۸۰ دقیقه انجام شود.

۵-۸-۴-۴- سیستم روشنایی اضطراری مناطق بزرگ - ضد هراس باید طوری طراحی شود که در ۲۰ ثانیه اول حداقل ۵۰ ٪ شدت روشنایی و در زمان ۶۰ ثانیه شدت روشنایی کامل تامین شود. در صورتی‌که احتمال خطر وجود داشته باشد برای رسیدن به ۵۰ ٪ شدت روشنایی مورد نظر زمان کوتاه‌تر حداکثر ۵ ثانیه توصیه می‌شود.



شکل۵-۲۳- روشنایی اضطراری مناطق بزرگ - ضد هراس

۵-۸-۵- طراحی سیستم روشنایی اضطراری مناطق پرخطر

در طراحی این بخش باید به نکات زیر توجه شود:

۵-۸-۵-۱- شدت روشنایی افقی روی سطح کار نباید از ۱۰ ٪ شدت روشنایی حالت کار عادی کم‌تر باشد در عین حال

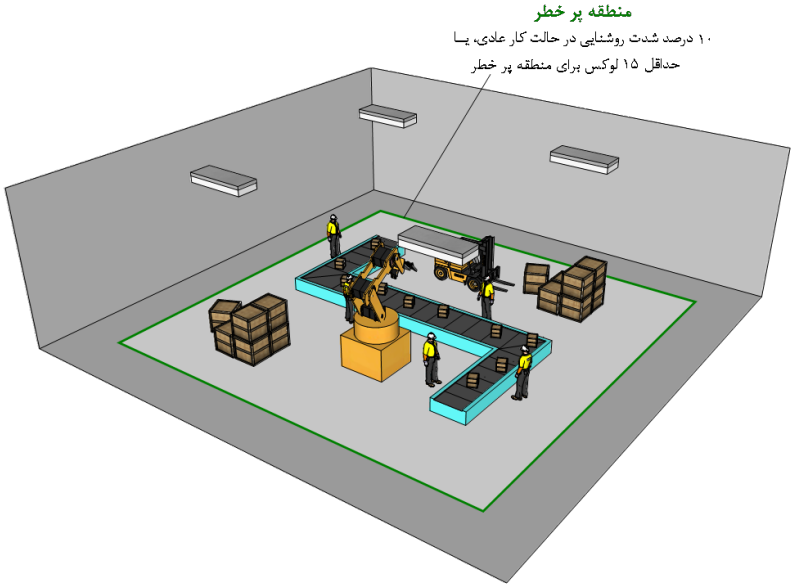
نباید از ۱۵ لوکس هم کم‌تر باشد. همچنین روشنایی تامین شده باید فاقد اثر استروبوسکوپیک باشد.

۵-۸-۵-۲- در برخی مناطق حساس مانند اتاق عمل، ممکن است شدت روشنایی مورد نیاز به میزان ۱۰۰ درصد روشنایی حالت عادی لازم باشد. در این خصوص، جداول (۵-۹) درنظر گرفته نمی‌شود.

۵-۸-۵-۳- نسبت بیشینه به کمینه شدت روشنایی در این فضا نباید بیش‌تر از ۱۰ به ۱ باشد.

۵-۸-۵-۴- در شرایط عادی باید مدت زمان ۶۰ دقیقه به‌عنوان زمان روشن ماندن چراغ‌های سیستم روشنایی لحاظ شود و در صورت وجود خطر یا احتمال تردد افراد زیاد، توصیه می‌شود طراحی بر مبنای ۱۸۰ دقیقه انجام شود.

۵-۸-۵-۵- سیستم روشنایی اضطراری مناطق پرخطر باید طوری طراحی شود که ۱۰۰ ٪ شدت روشنایی اضطراری طراحی شده در ۰/۵ ثانیه برقرار شده یا بسته به شرایط کاربرد به میزان مورد نیاز برسد.



شکل۵-۲۴- شدت روشنایی اضطراری مناطق پرخطر

جدول۵-۱۱- حداقل شدت روشنایی، نسبت‌های شدت روشنایی(یکنواختی) و دمای رنگ منبع نور

فضا	حداقل شدت روشنایی lx	E_{max} / E_{min}	دمای رنگ نور یا CRI یا R_a یا K
مسیر فرار	۱ لوکس در خط مرکزی	۴۰:۱	دمای رنگ نور بزرگ‌تر از ۲۸۰۰ کلوین یا شاخص نمود رنگ بزرگ‌تر از ۴۰
مناطق بزرگ - ضد هراس	۰/۵ لوکس	۴۰:۱	
مناطق پرخطر	۱۰٪ شدت روشنایی عادی یا حداقل ۱۵ لوکس	۱۰:۱	

۵-۸-۶- علایم ایمنی

در استفاده از تابلوها و علایم ایمنی باید به نکات زیر توجه داشت:

علایم ایمنی استفاده شده در مسیر فرار و فضاهای مرتبط با آن باید با الزامات استانداردهای ملی ایران به شماره ۱-۹۹۵۶ و همچنین استاندارد ملی INSO-ISO-7010 و فصل ۹ این نشریه مطابقت داشته باشد.

میزان درخشندگی رنگ ایمنی در هر فضایی باید حداقل ۲ کاندلا بر مترمربع باشد. با توجه به اینکه در ملاحظات اولیه اثر دود در نظر گرفته می‌شود، کمینه درخشندگی باید ۱۰ کاندلا بر مترمربع باشد.

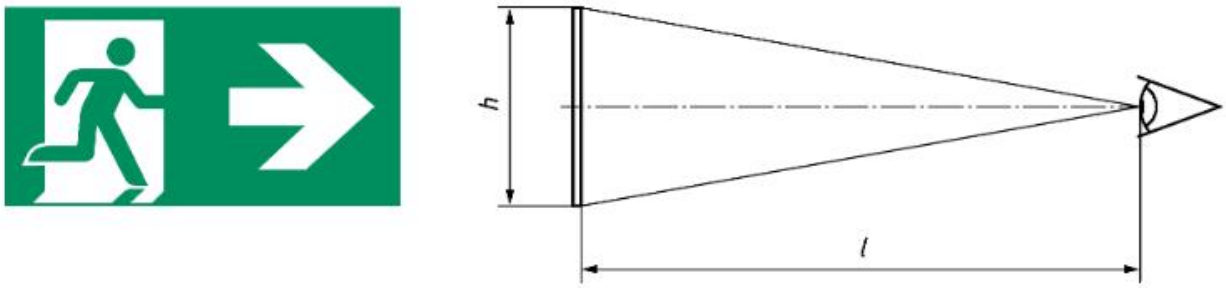
یکنواختی بین کمینه به بیشینه درخشندگی باید بزرگ‌تر از ۱ به ۵ باشد. اگر میزان درخشندگی بیش‌تر از ۱۰۰ کاندلا بر مترمربع باشد، نسبت کمینه به بیشینه درخشندگی باید بزرگ‌تر از ۱ به ۱۰ باشد.

نسبت درخشندگی بیشینه به کمینه بین رنگ علایم[1] و سطوح مجاور[2] نباید کم‌تر از ۵ به ۱ و بیش‌تر از ۱۵ به ۱ باشد.

درخصوص حداکثر فاصله قابل دیدن l و ارتفاع علایم h رابطه زیر برقرار است:

$$h = l / z \qquad (۷-۵)$$

در این رابطه z ضریب مسافت است. در صورتی‌که علایم از بیرون روشن شود، z = ۱۰۰ و در مواردی‌که علایم از داخل چراغ روشن می‌شود، z = ۲۰۰ درنظر گرفته می‌شود.



شکل۵-۲۵- حداکثر فاصله قابل دیدن

۵-۹- اصول و روش‌های نصب چراغ‌ها

۵-۹-۱- جزییات نصب چراغ‌ها باید دقیقاً مطابق آنچه در نقشه‌ها و جزییات تیپ تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها تعیین و نشان داده شده، رعایت شود.

۵-۹-۲- محل دقیق چراغ‌ها باید با توجه به محدودیت‌هایی که از نظر اسکلت‌بندی ساختمان و سایر موانع از قبیل شبکه‌های هواده، بلندگو، جرثقیل‌های سقفی و غیره وجود دارد تعیین شود.

[1] $L_{constant\ Colour}$
[2] $L_{safety\ Colour}$

۵-۹-۳- محل قرار گرفتن همه چراغ‌ها باید دقیقاً در محل نصب مشخص شود به نحوی که امتداد چراغ‌ها مخصوصاً در راهروها کاملاً یکسان باشد.

۵-۹-۴- همه چراغ‌های سقفی و آویز بایستی در مرکز سقف‌ها به نسبت مساوی از دیوار نصب شده و حالت تقارن از یکدیگر را حفظ کند، مگر درحالات خاص برای روشنایی‌های ویژه.

۵-۹-۵- در هنگام نصب چراغ باید دقت شود که پیچ و رول‌پلاگ روی مسیر لوله برق قرار نگیرد. اندازه پیچ و رول‌پلاگ باید به‌صورتی انتخاب شود که در قسمت سفت‌کاری سقف یا دیوار (آجر یا سیمان) به‌خوبی نفوذ کند.

۵-۹-۶- همه چراغ‌ها باید قبل از نصب به طور کامل سیم‌کشی شده باشد. سیم مصرفی داخل چراغ باید از نوعی باشد که در برابر حرارت حاصل از چراغ مقاومت کافی را داشته باشد.

۵-۹-۷- چراغ‌های سقفی باید به سقف اصلی ساختمان نصب شود. در صورت وجود سقف کاذب (معلق)، چراغ‌ها باید به سقف اصلی به‌صورت ایمن آویزان شود مگر اینکه سقف معلق استحکام لازم برای تحمل وزن چراغ‌ها را داشته باشد و این موضوع باید توسط سازنده سیستم سقف معلق اظهار شده باشد. اتصال چراغ‌ها به سقف اصلی به‌وسیله رول‌پلاگ و پیچ و سایر روش‌های نصب خواهد بود.

۵-۹-۸- تمام اتصالات داخلی و تغذیه چراغ‌ها باید با رعایت اصول سیم‌کشی و استفاده از سرسیم مناسب صورت پذیرد.

۵-۹-۹- چراغ‌های توکار از نظر نحوه نصب در طرح‌های مختلف طراحی و ساخته می‌شود ولی در هر حال چراغ باید مستقل از پانل‌های سقف کاذب نظیر دامپا، کناف و غیره به سقف اصلی متصل شود مگر اینکه پانل‌ها مطابق با اظهار سازنده آن، استحکام کافی جهت تحمل وزن چراغ را داشته باشد و نصب چراغ مطابق با دستورالعمل سازنده پانل و با رعایت دستورالعمل سازنده چراغ صورت پذیرد. در سقف کاذب رابتیس و گچ باید با آهن‌کشی در لبه‌های حفره داخل سقف، تکیه‌گاه مناسبی برای چراغ ایجاد نمود.

۵-۹-۱۰- در هنگام استفاده از نگه‌دارنده‌های لامپ نوع رزوه‌ای باید دقت کافی به عمل آید تا هادی فاز به قسمت رزوه بدنه نگه‌دارنده اتصال نیابد.

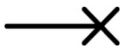
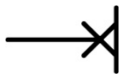
۵-۹-۱۱- در هنگام نصب چراغ روکار با لوله‌کشی روکار، اتصالات سیم یا کابل در خط اصلی روشنایی باید در جعبه تقسیم و به‌وسیله ترمینال انجام شود. اتصال لوله به جعبه تقسیم و چراغ باید توسط بوشن و مهره انجام شود. درجه حفاظتی جعبه تقسیم برای اتصال چراغ باید حداقل همسان با درجه حفاظتی چراغ باشد.

۵-۹-۱۲- در چراغ‌های آویز در هنگام نصب و هنگام بهره‌برداری تمهیداتی صورت بگیرد که چراغ کم‌ترین حالت آونگی را به خود بگیرد.

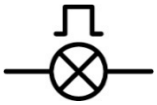
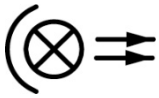
۵-۱۰- نشانه‌های ترسیمی الکتریکی

نشانه‌های ترسیمی تاسیسات روشنایی بر اساس استاندارد IEC63064 در جدول (۵-۱۲) ارایه شده است.

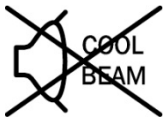
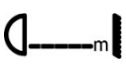
جدول۵-۱۲- نشانه‌های ترسیمی برای تاسیسات روشنایی برابر استاندارد IEC63064

شرح	نشانه
محل اتصال لامپ یا چراغ با سیم‌کشی مربوط	
محل اتصال لامپ یا چراغ دیواری با امتداد سیم‌کشی به طرف چپ	
لامپ و چراغ، نشانه عمومی لامپ و چراغ نشانگر، نشانه عمومی یادآوری ۱- در صورتی‌که تعیین نوررنگی مورد نظر باشد، در کنار نشانه از حروف مشخص‌کننده زیر استفاده شود: RD=قرمز YE= زرد GN= سبز BU= آبی WH= سفید یادآوری ۲- در صورتی‌که تعیین نوع لامپ مورد نظر باشد، در کنار نشانه از حروف مشخص‌کننده زیر استفاده شود: Ne= نئون Xe= زنون Na= بخار سدیم I= ید IN= رشته‌ای EL= الکترولومینسنت ARC= قوس الکتریکی FL= فلورسنت IR=مادون قرمز UV=ماورای بنفش LED= دیود منتشرکننده نور	

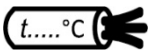
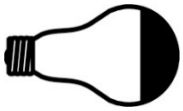
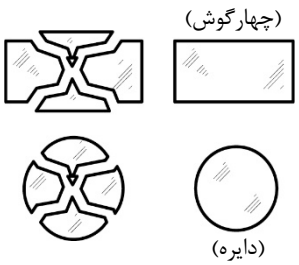
جدول ۵-۱۲- نشانه‌های ترسیمی برای تاسیسات روشنایی برابر استاندارد IEC63064 (ادامه)

شرح	نشانه
چراغ نشانگر چشمک‌زن	
لامپ یا چراغ فلورسنت، نشانه عمومی مثال‌ها: چراغ، مجهز به سه لامپ فلورسنت چراغ، مجهز به پنج لامپ فلورسنت	
نورافکن، نشانه عمومی	
نورافکن هم‌گرا (باریک‌تاب)	
نورافکن واگرا (پهن‌تاب)	
تجهیزات کمکی برای لامپ‌های تخلیه‌ای یادآوری- این نشانه فقط در مواردی به کار رود که تجهیزات کمکی به‌صورت جداگانه نصب شود.	
چراغ اضطراری بر روی مدار ویژه	
چراغ اضطراری باتری سرخود	

جدول۵-۱۳- مشخصات الکتریکی و طبقه‌بندی چراغ‌های روشنایی بر اساس استاندارد IEC 60598-1

شرح	نشانه
ترمینال زمین	
آمپر	A
فرکانس (هرتز)	Hz
ولت	V
توان (وات)	W
منبع تغذیه جریان متناوب	
منبع تغذیه جریان مستقیم	
منبع تغذیه جریان مستقیم و متناوب	
عایق‌بندی از گروه II	
عایق‌بندی از گروه III	
حداکثر حرارت محیط نامی	t_a …°C
هشدار در مورد عدم استفاده از لامپ با پرتو سرد	
حداقل فاصله از اشیا روشن بر حسب متر	
چراغی که نامناسب برای نصب مستقیم روی سطوح معمولا قابل اشتعال (فقط مناسب برای نصب روی سطوح غیرقابل اشتعال)	 روکار توکار
چراغی که برای پوشانده شدن با یک ماده عایقی حرارتی مناسب نیست	

جدول ۵-۱۳- مشخصات الکتریکی و طبقه‌بندی چراغ‌های روشنایی بر اساس استاندارد IEC 60598-1 (ادامه)

شرح	نشانه
استفاده از کابل‌های تغذیه، کابل‌های اتصال دهنده میانی یا سیم‌کشی بیرونی که در برابر حرارت مقاوم باشند	
چراغ‌هایی که برای کار با لامپ‌های آینه‌ای ساخته شده‌اند	
چراغ‌ها برای کار در شرایط سخت	
چراغ‌ها برای کار در شرایط مستعد انفجار	
چراغ‌ها برای کار با لامپ‌های سدیم با فشار زیاد که نیاز به ایگنیتور بیرونی دارد	
چراغ‌ها برای کار با لامپ‌های سدیم با فشار زیاد که نیاز به‌وسیله راه‌اندازی درونی دارد	
لامپ باید در چراغی که دارای صفحه محافظ است استفاده شود- نماد هشداری	
چراغ‌ها برای کار با لامپ‌های هالوژن تنگستن بدون نیاز به صفحه محافظ	
تعویض هر گونه حفاظ ترک خورده	

فصل ۶

تابلوهای فشار ضعیف

۶-۱- دامنه پوشش

در این فصل تعاریف، مشخصات فنی و دستورالعمل‌های طراحی، ساخت، بازرسی، تست، بسته بندی و حمل تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف با هدف تامین ایمنی انسان در مقابل برق گرفتگی، حفاظت از مدارها و تجهیزات الکتریکی، جلوگیری از اتلاف منابع و سرمایه‌های ملی، کاهش احتمال آتش سوزی و افزایش قابلیت اطمینان در تاسیسات برقی ساختمان‌ها ارایه شده است.

همچنین این فصل، تعاریف و مشخصات فنی تجهیزات و بخش‌های مختلف تابلوهای برق فشار ضعیف را در بر می‌گیرد.

یادآوری- در این فصل، از عبارت تابلو یا تابلو برق به جای تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف استفاده می‌شود.

۶-۲- تعاریف و اصطلاحات

۶-۲-۱- اصطلاحات عمومی

۶-۲-۱-۱- تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف

low-voltage switchgear and controlgear assemblies

ترکیب یک یا چند وسیله قطع و وصل فشار ضعیف با تجهیزات فرمان، اندازه‌گیری، سیگنال‌دهی، حفاظتی و تنظیم کننده مربوط به آن به انضمام تمام اتصالات الکتریکی، مکانیکی و اجزای سازه‌ای.

۶-۲-۱-۲- مدار اصلی

main circuit

تمام قسمت‌های هادی یک تابلو که در یک مدار به منظور انتقال انرژی الکتریکی قرار گرفته است.

۶-۲-۱-۳- مدار کمکی

auxiliary circuit

تمام قسمت‌های هادی یک تابلو که در یک مدار (غیر از مدار اصلی) به منظور کنترل، اندازه‌گیری، سیگنال‌دهی، تنظیم و پردازش داده‌ها و غیره قرار گرفته است.

یادآوری- مدار کمکی یک تابلو، شامل مدارهای کمکی و کنترل تجهیزات قطع و وصل نیز می‌شود.

۶-۲-۱-۴- شینه

busbar

یک هادی با امپدانس کوچک که چندین مدار الکتریکی می‌تواند به‌صورت مجزا به آن متصل شود.

۶-۲-۱-۵- شینه اصلی

main busbar

شینه‌ای که یک یا چند شینه توزیع و/یا واحدهای ورودی و خروجی می‌تواند به آن متصل شود.

۶-۲-۱-۶- شینه توزیع

distribution busbar

یک شینه در یک بخش که به شینه اصلی متصل شده است و واحدهای خروجی از آن تغذیه می‌شود.

یادآوری- هادی متصل شده بین واحد عامل و شینه به‌عنوان قسمتی از شینه توزیع محسوب نمی‌شود.

۶-۲-۱-۷- واحد عملگر

functional unit

قسمتی از یک تابلو برق، شامل تمام اجزای الکتریکی، مکانیکی و تجهیزات قطع و وصل که در انجام یک عملکرد واحد مشارکت دارد.

یادآوری- هادی متصل به یک واحد عملگر که در فضای خارج از خانه[1] یا فضای حفاظت شده[2] مخصوص آن واحد قرار می‌گیرد به‌عنوان قسمتی از واحد عملگر محسوب نمی‌شود.

۶-۲-۱-۸- واحد ورودی

incoming unit

واحد عملگری که انرژی الکتریکی از طریق آن به تابلو وارد می‌شود.

۶-۲-۱-۹- واحد خروجی

outgoing unit

واحد عملگری که انرژی الکتریکی یک یا چند مدار خارجی از طریق آن تامین می‌شود.

۶-۲-۲- ساختار تابلو برق

۶-۲-۲-۱- قسمت ثابت

fixed part

قسمتی متشکل از اجزای نصب و سیم‌کشی شده بر روی یک نگهدارنده واحد که به منظور نصب ثابت طراحی شده است.

[1] Compartment
[2] Enclosed Protected Space

۶-۲-۲-۲- قسمت قابل جدا شدن

removable part

قسمتی متشکل از اجزای نصب و سیم‌کشی شده بر روی یک نگه‌دارنده واحد با قابلیت جدا شدن کامل از تابلو و جایگزین کردن، در حالی که مدار تغذیه کننده آن برق‌دار است.

۶-۲-۲-۳- اتصال ثابت

fixed connection

اتصالی که توسط یک ابزار متصل یا قطع می‌شود.

۶-۲-۲-۴- بخش اصلی

section

قسمتی از سازه تابلو مابین دو سطح قائم متوالی.

۶-۲-۲-۵- بخش فرعی

sub-section

قسمتی از سازه تابلو در یک بخش اصلی، مابین دو سطح افقی یا قائم متوالی.

۶-۲-۲-۶- خانه

compartment

یک بخش اصلی یا فرعی که به جز بازشوهایی برای اتصالات، کنترل یا تهویه بقیه قسمت‌های آن پوشیده باشد.

۶-۲-۳- طرح بیرونی تابلوها

۶-۲-۳-۱- تابلو نوع باز

open-type assembly

تابلویی شامل یک سازه که تجهیزات الکتریکی را نگه می‌دارد و قسمت‌های برق‌دار تجهیزات الکتریکی در دسترس است.

۶-۲-۳-۲- تابلو جلو بسته

dead-front assembly

تابلوی نوع باز مجهز به درپوش جلویی که قسمت‌های برق‌دار ممکن است از جهت‌های دیگر غیر از جلو قابل دسترس باشد.

۶-۲-۳-۳- تابلو تمام بسته

enclosed assembly

تابلویی که از تمام جهت‌ها (به جز احتمالاً سطح نصب آن) پوشیده باشد به نحوی که درجه حفاظتی تعیین شده را تامین کند.

۶-۲-۳-۴- تابلو سلولی

cubicle-type assembly

تابلوی تمام بسته از نوع ایستاده که ممکن است شامل چندین بخش اصلی، فرعی و خانه باشد. (شکل (۶-۱))

۶-۲-۳-۵- تابلو چند سلولی

multi-cubicle-type assembly

ترکیب تعدادی تابلوی سلولی که از نظر مکانیکی به هم متصل باشد.

۶-۲-۳-۶- تابلو نوع میزی (میز پیانویی)

desk-type assembly

تابلوی تمام بسته که صفحه کنترل آن افقی، شیب‌دار یا ترکیبی از این دو است و شامل تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری، سیگنال‌دهی و غیره است. این نوع تابلو با نام کنسول کنترل نیز شناخته می‌شود. (شکل (۶-۳))

۶-۲-۳-۷- تابلو جعبه‌ای

box-type assembly

تابلوی تمام بسته که برای نصب روی یک سطح قائم در نظر گرفته شده است.

۶-۲-۳-۸- تابلو چند جعبه‌ای

multi-box-type assembly

ترکیب تعدادی تابلوی جعبه‌ای متصل به هم و دارای قاب نگه‌دارنده مشترک یا مجزا که اتصال‌های الکتریکی بین دو جعبه مجاور، از بازشوهای محل اتصال عبور می‌کند.

۶-۲-۳-۹- تابلو دیواری روکار

wall-mounted surface type assembly

تابلویی برای نصب روی سطح یک دیوار. (شکل (۶-۲))

۶-۲-۳-۱۰- تابلو دیواری توکار

wall-mounted recessed type assembly

تابلویی برای نصب در فرورفتگی دیوار به نحوی که بدنه تابلو بخشی از دیوار بالا را نگه نمی‌دارد. (شکل (۶-۲))

۶-۲-۴- سازه (اسکلت) تابلوها

۶-۲-۴-۱- اسکلت

supporting structure

سازه‌ای که قسمتی از تابلو را تشکیل می‌دهد و برای نگه داشتن اجزای مختلف تابلو و پوشش آن طراحی شده است.

۶-۲-۴-۲- سازه نصب

mounting structure

سازه‌ای که جزء تابلو نیست و برای نگه داشتن تابلو طراحی شده است.

۶-۲-۴-۳- صفحه نصب (سینی نصب)

mounting plate

صفحه (سینی) مناسب نصب داخل یک تابلو که برای نگه داشتن اجزای مختلف طراحی شده است.

۶-۲-۴-۴- محفظه

enclosure

پوششی که نوع و درجه حفاظت مناسب کاربرد مد نظر را تامین می‌کند.

۶-۲-۴-۵- پوشش

cover

قسمت خارجی درپوش یک تابلو برق.

۶-۲-۴-۶- در

door

پوشش لولایی یا کشویی.

۶-۲-۴-۷- پوشش قابل جدا شدن

removable cover

پوششی که برای انسداد بازشوهای پوشش خارجی طراحی شده و می‌توان آن را به منظور انجام عملیات خاص یا تعمیر و نگهداری جدا کرد.

۶-۲-۴-۸- صفحه پوشش

cover plate

قسمتی از تابلو که برای انسداد بازشوهای پوشش خارجی استفاده می‌شود و به نحوی طراحی شده که توسط پیچ یا لوازم مشابه در جای خود قرار می‌گیرد.

۶-۲-۴-۹- دیواره

partition

قسمتی از پوشش یک خانه که آن را از خانه‌های دیگر جدا می‌کند.

۶-۲-۴-۱۰- حصار

barrier

قسمتی که حفاظت در برابر تماس مستقیم از تمام جهت‌های معمول دسترسی را تامین می‌کند.

۶-۲-۴-۱۱- مانع

obstacle

قسمتی که از تماس مستقیم ناخواسته جلوگیری می‌کند اما مانع تماس مستقیم عمدی نیست.

۶-۲-۴-۱۲- فضای حفاظت شده پوشیده

enclosed protected space

قسمتی از تابلو که برای پوشاندن اجزای الکتریکی در نظر گرفته شده و حفاظت معینی در برابر اثرات خارجی و تماس با قسمت‌های برق‌دار را تامین می‌کند.

۶-۲-۵- شرایط نصب تابلوها

۶-۲-۵-۱- تابلو داخلی

assembly for indoor installation

تابلویی که به منظور استفاده در محل‌هایی طراحی شده است که شرایط بهره‌برداری عادی در داخل ساختمان مطابق با بند ۶-۴-۲-۱ را دارا است.

۶-۲-۵-۲- تابلو بیرونی

assembly for outdoor installation

تابلویی که به منظور استفاده در محل‌هایی طراحی شده است که شرایط بهره‌برداری عادی در خارج از ساختمان مطابق با بند ۶-۴-۲-۲ را دارا است.

۶-۲-۵-۳- تابلو نصب ثابت

stationary assembly

تابلویی است که برای نصب به‌صورت ثابت روی کف یا دیوار محل نصب آن طراحی شده و در همان محل استفاده می‌شود.

۶-۲-۵-۴- تابلو متحرک

movable assembly

تابلویی است که به نحوی طراحی شده تا انتقال آن از یک محل به محل دیگر استفاده به سادگی امکان پذیر باشد.

۶-۲-۶- مشخصه‌های عایقی

۶-۲-۶-۱- فاصله هوایی

clearance

فاصله بین دو قسمت هادی در طول یک خط در کوتاه‌ترین مسیر بین آن‌ها.

۶-۲-۶-۲- فاصله خزش

creepage distance

کوتاه‌ترین فاصله بین دو قسمت هادی بر روی سطح یک ماده عایق جامد.

۶-۲-۶-۳- اضافه ولتاژ

overvoltage

هر ولتاژی که مقدار پیک آن از مقدار پیک مربوط به حداکثر ولتاژ حالت پایدار در شرایط کار عادی تجاوز کند.

۶-۲-۶-۴- اضافه ولتاژ موقت

temporary overvoltage

اضافه ولتاژ در فرکانس شبکه به مدت نسبتاً طولانی (چندین ثانیه).

۶-۲-۶-۵- ولتاژ قابل تحمل با فرکانس شبکه

power-frequency withstand voltage

مقدار موثر ولتاژ سینوسی با فرکانس شبکه که منجر به شکست عایقی در شرایط مشخص شده تست نمی‌شود.

۶-۲-۶-۶- ولتاژ ضربه قابل تحمل

impulse withstand voltage

بالاترین مقدار پیک ولتاژ ضربه با شکل و پلاریته مقرر که منجر به شکست عایقی تحت شرایط معین نمی‌شود.

۶-۲-۶-۷- آلودگی

pollution

هرگونه اضافه شدن مواد خارجی جامد، مایع یا گاز که می‌تواند منجر به کاهش استقامت دی‌الکتریک یا مقاومت سطحی یک عایق شود.

۶-۲-۶-۸- درجه آلودگی (شرایط محیطی)

pollution degree

عددی قراردادی بر مبنای میزان گرد و غبار رسانا یا جاذب رطوبت، گاز یونیزه یا نمک و همچنین رطوبت نسبی و فراوانی وقوع آن که منجر به جذب یا میعان رطوبت و در نتیجه کاهش قدرت دی‌الکتریک و/یا مقاومت سطحی شود.

یادآوری- درجه آلودگی که مواد عایق یک تجهیز در معرض آن قرار دارد ممکن است به علت قرار گرفتن در یک پوشش یا در نتیجه گرمایش داخلی که مانع جذب یا میعان رطوبت می‌شود، متفاوت با درجه آلودگی محیط اطراف محل قرارگرفتن آن باشد.

۶-۲-۷- حفاظت در برابر برق‌گرفتگی (شوک الکتریکی)

۶-۲-۷-۱- قسمت برق‌دار

live part

قسمت رسانایی است که انتظار می‌رود در شرایط عادی برق‌دار شود و شامل هادی خنثی (N) نیز است ولی به طور قراردادی شامل هادی PEN نیست. (ر.ک. فصل ۱۲)

۶-۲-۷-۲- قسمت-رسانای-قابل‌تماس

exposed-conductive-part

قسمت رسانای تجهیزات (الکتریکی) که می‌تواند لمس شود و به طور معمول برق‌دار نیست ولی در صورت شکست عایق‌بندی پایه می‌تواند برق‌دار شود. (ر.ک. فصل ۱۲)

۶-۲-۷-۳- هادی حفاظتی

protective conductor (PE)

هادی است که برای حفاظت در برابر برق گرفتگی لازم است و ممکن است هریک از اجزای زیر را از نظر الکتریکی به هم وصل کند:

- بدنه‌های هادی
- ترمینال اصلی اتصال زمین
- الکترود زمین

• نقطه زمین شده منبع تغذیه

۶-۲-۷-۴- هادی خنثی

neutral conductor (N)

هادی است که به نقطه خنثی سیستم نیرو وصل بوده و می‌تواند در انتقال انرژی الکتریکی مشارکت کند.

۶-۲-۷-۵- هادی مشترک حفاظتی-خنثی

PEN conductor

هادی است زمین شده که وظایف هر دو هادی حفاظتی و خنثی را به‌صورت اشتراکی انجام دهد.

۶-۲-۷-۶- جریان خطا

fault current

جریانی است که در اثر خرابی در عایق‌بندی یا اتصال نادرست در مدارهای الکتریکی به وجود می‌آید.

۶-۲-۷-۷- حفاظت پایه

basic protection

حفاظت در برابر برق‌گرفتگی در شرایطی که خطایی رخ نداده باشد

۶-۲-۷-۸- عایق‌بندی پایه

basic insulation

عایق‌بندی قسمت‌های- برق‌دار -خطرناک که حفاظت پایه را تامین می‌کند. (ر.ک. فصل ۱۲)

۶-۲-۷-۹- حفاظت خطا

fault protection

حفاظت در برابر شوک الکتریکی تحت شرایط تک اتصالی[1].

۶-۲-۷-۱۰- شخص ماهر

skilled person

شخصی با تحصیلات و تجارب مرتبط تا قادر شود به ریسک‌ها توجه کند و از خطراتی که الکتریسیته می‌تواند به وجود آورد، اجتناب کند.

[1] Single-Fault

۶-۲-۷-۱۱- شخص آموزش دیده

instructed person

شخصی که به اندازه کافی توسط یک شخص ماهر آگاه شده یا تحت نظارت قرار گرفته است تا قادر شود به ریسک‌ها توجه کند و از خطراتی که الکتریسیته می‌تواند به‌وجود آورد، اجتناب کند.

۶-۲-۸- مشخصه‌ها

۶-۲-۸-۱- مقدار نامی

nominal value

مقدار یک کمیت که برای مشخص کردن یا شناسایی یک جزء متشکله، وسیله، تجهیزات یا سیستم استفاده می‌شود. این مقدار معمولا یک عدد گرد شده است.

۶-۲-۸-۲- مقدار حدی

limiting value

بزرگ‌ترین یا کوچک‌ترین مقدار قابل پذیرش یک کمیت در مشخصات فنی مربوط به یک جزء متشکله، وسیله، تجهیزات یا سیستم

۶-۲-۸-۳- ولتاژ نامی

nominal voltage

مقدار تقریبی ولتاژ که برای مشخص کردن یا شناسایی یک سیستم الکتریکی استفاده می‌شود.

۶-۲-۸-۴- جریان اتصال کوتاه

short-circuit current (I_c)

اضافه جریان ناشی از اتصال کوتاه در نتیجه یک خطا یا اتصال نادرست در یک مدار الکتریکی

۶-۲-۸-۵- جریان اتصال کوتاه محتمل

prospective short-circuit current (I_{cp})

مقدار موثر (r.m.s.) جریانی که در صورت اتصال کوتاه شدن هادی‌های تغذیه کننده مدار توسط یک هادی دارای امپدانس ناچیز که تا حد امکان نزدیک ترمینال‌های تغذیه تابلو برق قرار دارد، از مدار عبور کند.

۶-۲-۸-۶- ولتاژ اسمی

rated voltage (U_n)

حداکثر ولتاژ نامی یک سیستم الکتریکی (a.c.) یا (d.c.) که توسط سازنده تابلو تعیین می‌شود و مدارهای اصلی تابلو برای اتصال به آن طراحی شده است. در مدارهای چندفاز، این مقدار، ولتاژ موثر بین فازها است و ولتاژهای گذرا در این مورد لحاظ نمی‌شود.

۶-۲-۸-۷- ولتاژ بهره‌برداری اسمی

rated operational voltage (U_e)

ولتاژ بهره‌برداری اسمی ولتاژی است که توسط سازنده تابلو تعیین می‌شود و همراه با جریان اسمی، موارد استفاده تابلو را مشخص می‌کند. در مدارهای چندفاز، ولتاژ بهره‌برداری اسمی، ولتاژ بین فازها است.

۶-۲-۸-۸- ولتاژ عایقی اسمی

rated insulation voltage (U_i)

ولتاژ عایقی اسمی مقدار ولتاژ موثر قابل تحمل است که توسط سازنده تابلو برای تجهیزات یا بخشی از آن تعیین می‌شود و بر اساس آن قابلیت تحمل (بلند مدت) عایق‌بندی مشخص می‌شود.

۶-۲-۸-۹- ولتاژ ضربه‌ای قابل تحمل اسمی

rated impulse withstand voltage (U_{imp})

مقدار ولتاژ ضربه‌ای قابل تحمل که توسط سازنده تابلو تعیین می‌شود و بر اساس آن قابلیت تحمل مشخصی از عایق‌بندی در برابر اضافه ولتاژهای گذرا مشخص می‌شود.

۶-۲-۸-۱۰- جریان اسمی

rated current

مقدار جریانی که توسط سازنده تابلو تعیین می‌شود و می‌تواند بدون اینکه افزایش دمای قسمت‌های مختلف تابلو طبق شرایط مشخص شده‌ای از مقادیر مقرر بیش‌تر شود، عبور کند.

۶-۲-۸-۱۱- جریان پیک قابل تحمل اسمی

rated peak withstand current (I_{pk})

مقدار پیک (قله) جریان اتصال کوتاه است که توسط سازنده تابلو تعیین می‌شود و می‌تواند در شرایط تعیین شده تحمل شود.

۶-۲-۸-۱۲- جریان قابل تحمل کوتاه مدت اسمی

rated short-time withstand current (I_{cw})

مقدار موثر جریان اتصال کوتاه که توسط سازنده تعیین می‌شود و می‌تواند در شرایط تعیین شده تحمل شود و بر حسب جریان و زمان بیان می‌شود.

۶-۲-۸-۱۳- ضریب همزمانی (پراکندگی) اسمی

rated diversity factor (RDF)

مقدار واحد[1] جریان اسمی که توسط سازنده تعیین می‌شود و بر اساس آن مدارهای خروجی یک تابلو می‌تواند با در نظر گرفتن تاثیر حرارتی متقابل بطور ممتد و همزمان بارگذاری شود.

۶-۲-۹- تجهیزات حفاظت و کنترل

۶-۲-۹-۱- کلیدهای جداکننده (ایزولاتور- مجزا کننده)

disconnector

وسیله مکانیکی قطع و وصل است که در حالت قطع، فاصله جدایی لازم را بین کنتاکت‌ها به وجود می‌آورد.

کلید جداکننده قادر است فقط هنگامی یک مدار را قطع یا وصل کند که جریان قطع یا وصل کم بوده یا آنکه تغییر قابل ملاحظه‌ای در ولتاژ ترمینال‌های هیچ یک از قطب‌های جداکننده رخ ندهد و همچنین می‌تواند برای مدت زمان مشخصی تحت شرایط غیرعادی مدار، مانند حالت اتصال کوتاه، جریان را عبور دهد.

این نوع کلید با نماد نمایش داده می‌شود.

۶-۲-۹-۲- کلید قطع بار

switch

یک وسیله مکانیکی قطع و وصل است که قادر به وصل، عبور دادن و قطع جریان برق مدار در شرایط عادی است. شرایط عادی ممکن است شامل وضعیتی با اضافه بارهای مشخص باشد و همین‌طور برای زمانی مشخص جریان‌هایی را در شرایط غیر عادی مدار مانند اتصال کوتاه تحمل کند.

این نوع کلید با نماد نمایش داده می‌شود.

۶-۲-۹-۳- کلید جدا کننده زیربار (کلید ایزولاتور زیربار)

switch-disconnector

کلیدی است که هر دو خاصیت مربوط به کلیدهای جدا کننده و قطع بار را دارا باشد.

این نوع کلید با نماد نمایش داده می‌شود.

[1] Per Unit

۶-۲-۹-۴- فیوز

fuse

وسیله‌ای که با ذوب شدن یک یا چند جزء آن که به نحو خاص و مناسبی طراحی شده است، مداری را که در آن قرار دارد در صورتی‌که جریان عبوری از آن پس از گذشت زمان معین و کافی از یک مقدار مشخص بیش‌تر باشد باز کرده و جریان را قطع می‌کند. فیوز شامل تمام قسمت‌هایی است که وسیله کامل را تشکیل می‌دهد.

۶-۲-۹-۵- کلید فیوز جدا کننده

fuse-disconnector

کلید ایزولاتوری که در آن یک فیوز به همراه پایه (حامل) فیوز کنتاکت متحرک را تشکیل می‌دهد.

کلید فیوز جداکننده با نماد نمایش داده می‌شود.

۶-۲-۹-۶- کلید فیوز قطع بار

fuse-switch

کلید قطع باری که در آن یک فیوز به همراه پایه (حامل) فیوز کنتاکت متحرک را تشکیل می‌دهد.

کلید فیوز قطع بار با نماد نمایش داده می‌شود.

۶-۲-۹-۷- کلید فیوز جداکننده زیر بار

fuse-switch-disconnector

کلید ایزولاتور زیر باری است که در آن یک فیوز به همراه پایه (حامل) فیوز کنتاکت متحرک را تشکیل می‌دهد.

کلید فیوز جداکننده زیر بار با نماد نمایش داده می‌شود.

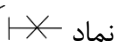
۶-۲-۹-۸- کلید خودکار (کلید اتوماتیک)

circuit breaker

وسیله قطع و وصل مکانیکی که قادر به وصل، عبور و قطع جریان‌ها در شرایط عادی مدار است، همچنین قادر به وصل و عبور جریان‌ها برای مدت زمانی مشخص و قطع جریان در شرایط غیرعادی مدار مانند حالت اتصال کوتاه است.

این نوع کلید مجهز به وسایلی است که می‌تواند جریان‌های غیرعادی (اضافه بار، اتصال کوتاه) را به طور خودکار قطع کند. این کلیدها می‌تواند دارای خاصیت محدود کنندگی جریان[1] باشد به نحوی که در گستره مشخص شده‌ای از جریان، زمان قطع به اندازه‌ای کوتاه باشد که از رسیدن جریان قطع حدی به مقدار پیک محتمل جلوگیری شود و همچنین از رسیدن حدود انرژی قطع حدی آن (I^2t) به مقداری کم‌تر از انرژی حدی یک نیم سیکل از موج جریان قابل انتظار متقارن نیز جلوگیری می‌شود.

[1] Current-Limiting

کلید خودکار مناسب برای ایزولاسیون (کلید خودکار جداکننده) با نماد  نمایش داده می‌شود.

۶-۲-۹-۹- اضافه جریان

overcurrent

هر جریانی که بزرگ‌تر از جریان اسمی باشد.

۶-۲-۹-۱۰- اتصال کوتاه

short-circuit

اتصال تصادفی یا عمدی بین دو یا چند نقطه در یک مدار الکتریکی که اختلاف پتانسیل الکتریکی بین نقاط را به صفر یا نزدیک آن می‌رساند.

۶-۲-۹-۱۱- جریان اتصال کوتاه

short-circuit-current

اضافه جریان ناشی از اتصال کوتاه در در نتیجه خرابی یا اتصال نادرست در یک مدار الکتریکی

۶-۲-۹-۱۲- اضافه بار

overload

شرایط کاری که باعث ایجاد اضافه جریان در مداری که از نظر الکتریکی صدمه ندیده است، می‌شود.

۶-۲-۹-۱۳- جریان اضافه بار

overload current

اضافه جریان به وجود آمده در مداری که از نظر الکتریکی صدمه ندیده است.

۶-۲-۹-۱۴- کنتاکتور (مکانیکی)

(mechanical) contactor

وسیله قطع و وصل مکانیکی که فقط دارای وضعیت سکون است و به روشی غیردستی عمل کرده، قادر به وصل، عبور و قطع جریان‌ها در شرایط عادی مدار است، همچنین قادر به وصل و عبور جریان‌ها در شرایط عادی مدار از جمله شرایط اضافه بار بهره‌برداری است.

۶-۲-۹-۱۵- کنتاکتور الکترومغناطیسی

electromagnetic contactor

کنتاکتوری که در آن نیرو برای بستن کنتاکت‌های اصلی (که در حالت عادی باز هستند) یا باز کردن آن‌ها (که در حالت عادی بسته هستند) توسط آهن‌ربای الکتریکی تامین می‌شود.

۶-۲-۹-۱۶- کنتاکتور نیمه هادی (کنتاکتور الکترونیکی)

semiconductor contactor

وسیله‌ای که کار یک کنتاکتور را با استفاده از یک جزء نیمه هادی قطع و وصل کننده انجام می‌دهد.

۶-۲-۹-۱۷- راه‌انداز

starter

مجموعه‌ای از تمام وسایل قطع و وصل لازم برای راه‌اندازی و توقف موتور به همراه وسایل مناسب حفاظت در برابر اضافه بار.

۶-۲-۹-۱۸- رهاساز

release

وسیله‌ای که بطور مکانیکی به یک وسیله قطع و وصل متصل شده و اجزاء نگه‌دارنده را رها ساخته و امکان باز و بسته شدن وسیله قطع و وصل را فراهم می‌کند.

۶-۲-۹-۱۹- رله یا رهاساز آنی

instantaneous relay or release

رله یا رهاسازی که بدون تاخیر زمانی عمدی عمل می‌کند.

۶-۲-۹-۲۰- رله یا رهاساز اضافه جریان

over-current relay or release

رله یا رهاسازی که هنگام افزایش جریان از یک مقدار از پیش تعیین شده، باعث باز شدن آنی یا با تاخیر زمانی معین وسیله قطع و وصل مکانیکی می‌شود.

۶-۲-۹-۲۱- رله یا رهاساز اضافه جریان با تاخیر زمانی معین

definite time-delay over-current relay or release

رله یا رهاساز اضافه جریانی که با تاخیر زمانی معینی عمل می‌کند. این تاخیر زمانی ممکن است قابل تنظیم باشد اما مستقل از مقدار اضافه جریان است.

۶-۲-۹-۲۲- رله یا رهاساز اضافه جریان با تاخیر زمانی معکوس

inverse time-delay over-current relay or release

رله یا رهاساز اضافه جریانی است که پس از یک تاخیر زمانی‌که با مقدار اضافه جریان رابطه معکوس دارد، عمل می‌کند.

۶-۲-۹-۲۳- رله یا رهاساز حرارتی اضافه بار

thermal overload relay or release

رله یا رهاساز اضافه بار با تاخیر زمانی معکوس که عمل (و تاخیر زمانی عمل آن) به اثر حرارتی جریان عبوری از رله یا رهاساز بستگی دارد.

۶-۲-۹-۲۴- رله یا رهاساز مغناطیسی اضافه بار

magnetic overload relay or release

رله یا رهاساز اضافه باری که عمل آن وابسته به نیروی حاصل از جریان مدار اصلی است که سیم‌پیچ یک بوبین الکترومغناطیسی را تحریک می‌کند.

۶-۲-۹-۲۵- رهاساز شنت

shunt release

رهاسازی که به‌وسیله یک منبع ولتاژ برق‌دار می‌شود.

۶-۲-۹-۲۶- رله یا رهاساز افت ولتاژ

under-voltage relay or release

رله یا رهاسازی که هنگام افت ولتاژ در ترمینال‌های آن به کم‌تر از یک مقدار از پیش تعیین شده، به‌وسیله قطع و وصل مکانیکی اجازه باز یا بسته شدن (با یا بدون تاخیر زمانی) را می‌دهد.

۶-۲-۹-۲۷- قدرت قطع

breaking capacity

جریان قطع محتملی که یک وسیله قطع و وصل یا فیوز در یک ولتاژ معین قادر به قطع کردن آن در شرایط مقرر از نظر استفاده و کار است.

۶-۲-۹-۲۸- مشخصه زمان-جریان

time-current characteristic

منحنی‌ای که زمان (برای مثال مدت زمان پیش قوس یا مدت زمان عمل) را به‌صورت تابعی از جریان محتمل تحت شرایط معین عملکرد ارایه می‌کند.

۶-۲-۹-۲۹- سلکتیویته (هماهنگی) حفاظت اضافه جریان

over-current selectivity

هماهنگی مشخصه‌های عملکردی دو یا چند وسیله حفاظتی اضافه جریان به نحوی که هنگام وقوع اضافه جریان‌هایی در حدود مقرر، وسیله در نظر گرفته شده برای عمل در این محدوده عمل کند در حالی که وسیله یا وسایل دیگر عمل نکنند.

۶-۲-۹-۳۰- رده بهره‌برداری B

utilization category B

این مشخصه شامل کلیدهای خودکاری است که به منظور تامین سلکتیویته در شرایط اتصال کوتاه طراحی و ساخته شده است و قادر به تحمل جریان‌های بزرگ اتصال کوتاه در مدت زمان کوتاه (۰٫۰۵ ثانیه تا ۱ ثانیه) قبل از قطع مدار است. زمان قطع با تاخیر کوتاه در این نوع کلیدها می‌تواند قابل تنظیم باشد.



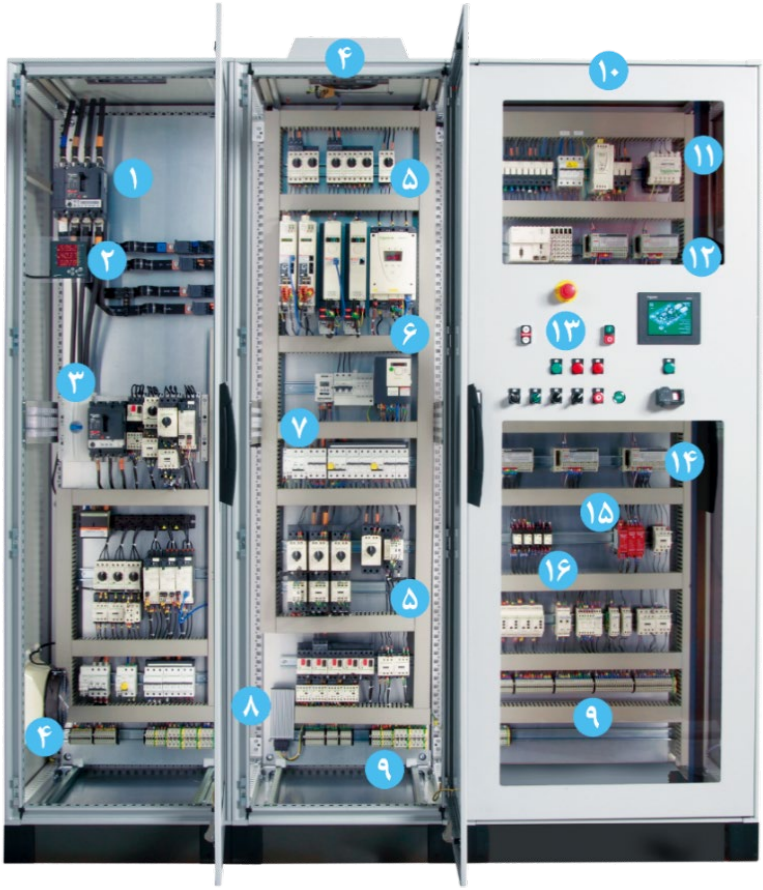
شکل۶-۱- تابلو برق ایستاده یا سلولی



شکل۶-۲- تابلو برق دیواری



شکل۶-۳- کنسول کنترل یا تابلو برق پیانویی



۱-کنترل و حفاظت ورودی تابلو برق
۲- کنترل و پایش توان مصرفی
۳- توزیع نیرو
۴- مدیریت حرارت (فن)
۵- کنترل و حفاظت موتور الکتریکی
۶- کنترل تجهیزات متحرک (راه‌انداز نرم و درایو)
۷- حفاظت مدار و بار
۸- مدیریت حرارت (هیتر)
۹- بلوک ترمینال
۱۰- بدنه تابلو برق
۱۱- منبع تغذیه و ترانسفورماتور
۱۲- کنترلر قابل برنامه‌ریزی
۱۳- ادوات کنترلی اپراتور
۱۴- تجهیزات ارتباطی (ورودی/خروجی)
۱۵- تجهیزات ایمنی ماشین آلات
۱۶- رله‌ها

شکل۶-۴- بخش‌های مختلف یک تابلو برق فشار ضعیف (نمونه)



۱-پایه نصب و نگهدارنده تابلو
۲- قلاب برای جابجایی تابلو
۳- دریچه ورود و خروج هوا
۴- در جلو (لولایی)
۵- در بغل (پیچ و مهره‌ای)
۶- صفحه نصب
۷- صفحه گلند
۸- نگهدارنده در تابلو
۹- قفل در تابلو

شکل۶-۵- اجزای مختلف یک تابلو برق ایستاده (نمونه)

۶-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی هستند که در متن این فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

در این بخش استانداردهای ساخت، بهره‌برداری و آزمون تابلوهای برق فشار ضعیف و همچنین تجهیزات و وسایل مختلف مرتبط با تابلوهای برق فشار ضعیف معرفی شده است.

۶-۳-۱- تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۱۰۳، تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف - قسمت ۱: قواعد عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱۲۱۰۳، تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف - قسمت ۲: تابلوهای قطع و وصل و فرمان قدرت.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱۲۱۰۳، تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف - قسمت ۳: تابلوهای توزیع که توسط افراد عادی استفاده می‌شوند.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵-۱۲۱۰۳، تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف - قسمت ۵: تابلوهای توزیع برق در شبکه‌های عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۰۹۷۳، محفظه‌های خالی برای تابلوهای تجهیزات قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف.
- IEC61439-1, Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1: General rules.
- IEC61439-2, Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies.
- IEC61439-3, Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 3: Distribution boards intended to be operated by ordinary persons (DBO).
- IEC61439-5, Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 5: Assemblies for power distribution in public networks.
- IEC 62208, Empty enclosures for low-voltage switchgear and controlgear assemblies - General requirements.

۶-۳-۲- لوازم و تجهیزات تابلوهای برق فشار ضعیف

لوازم و تجهیزات مورد استفاده در تابلوهای برق فشار ضعیف باید مطابق با مشخصات درج شده در جدیدترین ویرایش استانداردهای سازمان ملی استاندارد ایران یا یکی از استانداردهای معتبر جهانی از جمله کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) به شرح زیر طراحی، ساخته و تست شود:

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۴۸۳۵ و ۲-۴۸۳۵، مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف- قسمت ۱: الزامات عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره شماره ۳-۴۸۳۵، مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف-قسمت ۳: کلیدها، جداسازها، کلیدهای جداساز و وسایل ترکیبی فیوزدار.
- استاندارد ملی ایران به شماره شماره ۱-۴-۴۸۳۵، مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف-قسمت ۱-۴: کنتاکتورها و راه‌اندازهای موتوری و کنتاکتورهای الکترومکانیکی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۴-۴۸۳۵، مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف-قسمت ۲-۴: کنترل کننده‌ها و راه‌اندازهای موتور نوع نیمه هادی برای جریان متناوب.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۴-۴۸۳۵، مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف-قسمت ۳-۴: کنترل کننده‌ها و کنتاکتورهای نوع نیمه هادی جریان متناوب برای بارهای غیر موتوری.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۱۱ و ۲-۲۶۱۱، کلیدهای خودکار (مینیاتوری) برای مصارف خانگی و تاسیسات مشابه.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۲۸۶۹، افزاره‌های حفاظتی فعال شونده با جریان باقی‌مانده[1].
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۶۷۰۰، قطع کننده‌های خودکار جریان باقی‌مانده بدون حفاظت یکپارچه در برابر اضافه جریان[2] برای مصارف خانگی و مشابه.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۸۷۲۴، الزامات عمومی قطع کننده‌های مدار عمل کننده جریان باقی‌مانده همراه با حفاظت در برابر اضافه جریان[3] برای مصارف خانگی و مشابه.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۵۶۹، رله‌های الکترومکانیکی اولیه.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۶۲۳۱۴، رله‌های حالت جامد.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۳۱۰۹، فیوزهای ولتاژ ضعیف-قسمت ۱: الزامات عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۶۱۸۶۹، ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری-قسمت ۱: الزامات عمومی.

[1] RCD: Residual Current Device
[2] RCCB: Residual Current Circuit Breaker
[3] RCBO: Residual Current Breaker with Over-Current

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۷-۴۸۳۵، مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف-قسمت ۱-۷: تجهیزات کمکی-بلوک‌های ترمینال برای هادی‌های مسی.

- ISO 197-3, Copper and copper alloys -Terms and definitions - Part 3: Wrought products.
- ISO 2107, Aluminium and aluminium alloys — Wrought products.
- IEC 60947-1, Low-voltage switchgear and controlgear - Part 1: General rules.
- IEC 60947-2, Low-voltage switchgear and controlgear - Part 2: Circuit-breakers.
- IEC 60947-3, Low-voltage switchgear and controlgear - Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units.
- IEC 60947-4-1, Low-voltage switchgear and controlgear - Part 4-1: Contactors and motor-starters - Electromechanical contactors and motor-starters.
- IEC 60947-4-2, Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-2: Contactors and motor-starters – Semiconductor motor controllers, starters and soft-starters.
- IEC 60947-4-3, Low-voltage switchgear and controlgear - Part 4-3: Contactors and motor-starters - Semiconductor controllers and semiconductor contactors for non-motor loads.
- IEC 60898-1, Electrical accessories - Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations - Part 1: Circuit-breakers for a. c. operation.
- IEC 60755: General safety requirements for residual current operated protective devices.
- IEC 61008-1, Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) - Part1: General rules.
- IEC 61009-1, Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) - Part 1: General rules.
- IEC 62606: General requirements for arc fault detection devices.
- IEC 61643-11, Low-voltage surge protective devices - Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Requirements and test methods.
- IEC 61810-1, Electromechanical elementary relays - Part 1: General and safety requirements
- IEC 62314: Solid-state relays.
- IEC 60269-1, Low-voltage fuses - Part 1: General requirements.
- IEC 61869-1, Instrument transformers - Part 1: General requirements.
- IEC 61869-2, Instrument transformers - Part 2: Additional requirements for current transformers.
- IEC 61869-3, Instrument transformers - Part 3: Additional requirements for inductive voltage transformers.
- IEC 61557-12, Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V AC and 1 500 V DC - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 12: Power metering and monitoring devices (PMD).
- IEC 60051-1, Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories - Part 1: Definitions and general requirements common to all parts.
- IEC 60947-7-1, Low-voltage switchgear and controlgear - Part 7-1: Ancillary equipment - Terminal blocks for copper conductors.

۶-۳-۳- سایر وسایل و تجهیزات

سایر انواع وسایل و تجهیزات مورد استفاده در تابلو مانند کانال‌ها و مجراهای سیم‌کشی، مقره‌ها و غیره بر اساس مشخصات فنی یکی از استانداردهای ملی یا استانداردهای معتبر و شناخته شده بین‌المللی مانند کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۳-۴- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در تابلوهای برق فشار ضعیف ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (در صورت وجود) ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

۶-۴- شرایط نصب و بهره‌برداری تابلوهای برق فشار ضعیف

۶-۴-۱- کلیات

تابلوهایی که مطابق با مشخصات فنی و همچنین استانداردهای ذکر شده در این فصل طراحی و ساخته می‌شود، مناسب نصب و بهره‌برداری در شرایط مختلف محیطی هستند و اغلب مشخصات فنی مورد نیاز تابلوهای برق فشار ضعیف در این فصل گنجانده شده و نیاز به در نظر گرفتن موارد تکمیلی نیست.

در صورتی‌که شرایط ویژه و خاصی (مانند تشعشعات فرابنفش زیاد، شرایط محیطی با آلودگی بسیار بالا، شرایط اتصال کوتاه سخت، الزامات ویژه به علت وجود احتمال آتش سوزی و انفجار و غیره) وجود داشته باشد این موارد باید توسط کارفرما و/یا بهره‌بردار تعیین شده و مشخصات فنی مورد نیاز در نظر گرفته شود.

۶-۴-۲- دما و رطوبت هوای محیط

۶-۴-۲-۱- داخل ساختمان

حداکثر دمای هوای محیط مثبت ۴۰ درجه سلسیوس و میانگین آن در مدت زمان ۲۴ ساعت بیش‌تر از مثبت ۳۵ درجه سلسیوس نیست. حداقل دمای هوای محیط منفی ۵ درجه سلسیوس است.

رطوبت نسبی هوا بیش‌تر از ۵۰ درصد در دمای حداکثر مثبت ۴۰ درجه سلسیوس نیست اما در دماهای پایین‌تر رطوبت نسبی مجاز می‌تواند بیش‌تر باشد (مثلاً ۹۰ درصد در دمای مثبت ۲۰ درجه سلسیوس).

۶-۴-۲-۲- خارج ساختمان (هوای آزاد)

حداکثر دمای هوای محیط مثبت ۴۰ درجه سلسیوس و میانگین آن در مدت زمان ۲۴ ساعت بیش‌تر از مثبت ۳۵ درجه سلسیوس نیست. حداقل دمای هوای محیط منفی ۲۵ درجه سلسیوس است.

رطوبت نسبی هوا ممکن است به طور موقت تا حد ۱۰۰ درصد در حداکثر دمای مثبت ۲۵ درجه سلسیوس باشد.

۶-۴-۳- درجه آلودگی[1]

درجه آلودگی مربوط به شرایط محیطی است که تابلو در آن به کار گرفته می‌شود.

این درجه‌بندی برای ارزیابی فواصل هوایی و خزشی در چهار گروه تعیین می‌شود.

۶-۴-۳-۱- درجه آلودگی ۱

هیچ آلودگی وجود ندارد یا آلودگی از نوع غیر رسانا و خشک است. این نوع آلودگی هیچ تاثیری در عملکرد تابلو ندارد.

۶-۴-۳-۲- درجه آلودگی ۲

فقط آلودگی از نوع غیر رسانا وجود دارد و ممکن است به سبب میعان احتمالی به‌صورت موقت تبدیل به رسانا شود.

۶-۴-۳-۳- درجه آلودگی ۳

آلودگی از نوع رسانا وجود دارد یا ممکن است آلودگی از نوع غیر رسانا و خشک به سبب میعان احتمالی به‌صورت موقت تبدیل به رسانا شود.

۶-۴-۳-۴- درجه آلودگی ۴

به سبب وجود گرده‌های رسانا، باران یا سایر شرایط مرطوب، آلودگی از نوع رسانا به‌صورت پیوسته وجود دارد.

۶-۴-۴- ارتفاع از سطح دریا

ارتفاع از سطح دریا محل نصب تابلو بیش‌تر از ۲۰۰۰ متر نیست.

۶-۴-۵- مشخصات محل نصب تابلو (اتاق برق)

- ساختمان یا اتاق محل نصب تابلوهای برق باید از استحکام کافی برخوردار باشد و متناسب با موقعیت آن در مقابل پدیده‌های طبیعی از جمله زلزله یا اثرات جوی مانند باران، برف یا وزش بادهای شدید به نحو مناسب محافظت شود.

[1] Pollution Degree

• میزان رطوبت و دمای محل نصب تابلوهای برق باید به نحوی کنترل شود که از محدوده مجاز عملکرد تابلو و تجهیزات آن که توسط سازنده تعیین شده است خارج نشود.

• ابعاد درهای اتاق تابلوی برق باید برای حمل و نقل تابلوها و دیگر متعلقات، مناسب و از نوع مقاوم در برابر حریق یا آهنی باشد. درهای اتاق باید به سمت خارج اتاق باز شود و قفل درها باید از نوعی باشد که خروج از اتاق حتی هنگامی که در قفل یا بسته است بدون نیاز به کلید امکان پذیر باشد.

• در صورتی‌که طول فضای اختصاصی نصب تابلوهای برق بیش از ۲۰ متر باشد، این فضا باید با نصب در در هر دو سمت قابل دسترس باشد.

• در صورتی‌که طول راهرو بیش از ۱۰ متر باشد باید از دو طرف قابل دسترس باشد.

• عرض راهرو مقابل در تابلوهای برق نباید کم‌تر از ۸۰ سانتی‌متر باشد و این مقدار نباید در حالت باز بودن در تابلوها یا تغییر وضعیت کلیدهای کشویی به کم‌تر از ۵۰ سانتی‌متر کاهش یابد.

• ارتفاع اتاق برق نباید هیچ گاه از ۲ متر کم‌تر باشد و حداقل ارتفاع اتاق برق بزرگ‌تر یا مساوی ارتفاع بلندترین تابلو به علاوه ۵۰ سانتی‌متر است.

• تهویه فضای استقرار تابلوها باید به خوبی صورت پذیرد به گونه‌ای که از زنگ زدگی و اثرات گرد و غبار بر روی تابلوها جلوگیری شود. برای جلوگیری از ورود گرد و غبار، مسیر جریان هوا باید به سمت بیرون اتاق باشد و دریچه ورودی مجهز به فیلتر مناسب باشد.

• پنجره‌ها (در صورت وجود) باید مجهز به شبکه محافظ یا شیشه‌های مسلح باشند.

• شدت روشنایی محل نصب تابلوهای برق حداقل ۳۰۰ لوکس است و قطع و وصل آن نباید صرفاً به‌صورت خودکار باشد.

• طراحی و اجرای صحیح سیستم اتصال زمین و هم‌بندی تجهیزات باید مطابق با الزامات مربوطه رعایت شود.

• توصیه اکید می‌شود علایم هشدار متناسب با نوع تابلوها و دسترسی افراد به اتاق برق با هماهنگی واحدهای ایمنی در محل مناسب نصب شود.

• لازم است دستورالعمل ایمنی و همچنین راهنمای کمک‌های اولیه در مواقع برق گرفتگی در محل مناسب و قابل رویت نصب شود.

• ابعاد کانال‌ها یا بازشوهای عبور کابل یا فضاهای زیر اتاق‌ها باید بقدر کافی عمیق و عریض باشند تا هنگام نصب و بهره‌برداری، شعاع انحنای کابل‌ها از مقدار مجاز کم‌تر نشود، به همین خاطر برای کابل‌های با مقطع بزرگ لازم خواهد بود زوایای داخلی کانال‌ها با توجه به این موضوع اجرا شود و برای هدایت آب یا مایعات دیگری که ممکن است به داخل کانال‌ها و فضاهای مورد بحث رخنه کند شیب مناسب برای دفع به سمت خارج تعبیه شود.

• لبه کانال باید با آهن نبشی۴ سانتی‌متر در۴ سانتی‌متر یا اجرای تمهیدات مشابه مهار شود.

۶-۴-۶- نحوه نصب تابلو

فاصله تابلوهای تمام بسته برق فشار متوسط و فشار ضعیف از هم نباید از ۱٫۵ متر کم‌تر باشد.

به منظور سهولت در تخلیه اتاق محل نصب تابلوهای اصلی در هنگام خطر، در تابلوها باید هم‌راستای مسیر خروج بسته شود.

حداکثر ارتفاع نصب تابلوهای دیواری و ایستاده ۲۱۰ سانتی‌متر از بالای تابلو تا کف تمام شده خواهد بود.

در صورتی‌که به هر دلیل ارتفاع نصب تابلو بیش‌تر از مقدار ذکر شده باشد، نصب سکوی ثابت با ارتفاع مناسب در جلوی تابلو الزامی است.

تابلوهای روکار باید پس از اتمام نازک کاری ساختمان، با در نظر گرفتن دستورالعمل نصب که توسط سازنده تابلو ارایه می‌شود و با بست‌های مناسب روی دیوار نصب شود.

تابلوهای توکار باید پس از اتمام سفت کاری و با در نظر گرفتن دستورالعمل نصب که توسط سازنده تابلو ارایه می‌شود به نحوی که بدنه تابلو هم‌تراز با سطح تمام شده دیوار باشد با مصالح یا بست‌های مناسب داخل دیوار نصب شود.

۶-۴-۷- طراحی و تایید

تابلوهای برق فشار ضعیف به منظور نصب و بهره برداری در تاسیسات الکتریکی با شرایط مشخص طراحی و ساخته می‌شود، بنابراین لازم است طراحی و تحویل تابلو بر اساس کاربرد مشخص آن یا بر اساس کاربرد و مشخصات نوعی صورت پذیرد تا امکان بهره برداری از تابلو در گستره‌ای از شرایط مشابه امکان پذیر باشد.

فرایند طراحی تابلو بر اساس مشخصات فنی ذکر شده در این فصل و الزامات خاص تعیین شده توسط کارفرما و/یا بهره‌بردار بر عهده سازنده تابلو است. همچنین سازنده تابلو باید تطابق طرح تابلو با مشخصات فنی ذکر شده در این فصل و استانداردهای مربوطه را با انجام آزمون، تحویل مقایسه‌ای یا تحویل بر پایه ارزیابی و انجام محاسبات تضمین کند.

۶-۵- مدارک و داده برگ‌های فنی

هر تابلو برق متناسب با نوع و کاربری آن باید دارای مدارک و نقشه‌های معرفی شده در این بخش بوده و این مدارک در دفتر فنی پروژه و همچنین داخل تابلو برق به نحو مناسب نگه‌داری شود.

۶-۵-۱- دیاگرام تک خطی

دیاگرام تک خطی (SLD)[1] با بهره‌گیری از نشانه‌های گرافیکی مطابق با استاندارد IEC 60617: 2012 یا سایر استانداردهای معتبر و شناخته شده که تعاریف هر کدام از علایم در جداول مخصوص[2] در دیاگرام تک خطی ذکر شده باشد، صرفاً با استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری (CAD)[3] طراحی می‌شود.

این نقشه‌ها شامل اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی تابلو برق از جمله نوع سیستم توزیع نیرو، ولتاژ اسمی، جریان اسمی، فرکانس اسمی، سطح جریان اتصال کوتاه، تعداد، نوع و مشخصات فیدرهای ورودی، تعداد، نوع و مشخصات فیدرهای خروجی، اینترلاک‌های احتمالی، تجهیزات اندازه‌گیری مشخصه‌های الکتریکی (مانند ولتاژ، جریان، فرکانس، ضریب قدرت، توان و غیره) و سایز ترمینال‌های ورودی و خروجی است و الزاماً توسط طراح تابلو برق تهیه می‌شود.

۶-۵-۲- نقشه‌های منطق مداری[4]

نقشه‌های منطق مداری شامل اطلاعات لازم به منظور تعیین ارتباط بین وضعیت کلیدهای ورودی و/یا کلیدهای خروجی و اینترلاک‌های احتمالی با هدف پیاده سازی سیستم‌های ایمنی، چنج اور[5]، کوپلینگ[6] و غیره است. این نقشه در صورت نیاز توسط طراح تابلو برق تهیه می‌شود.

۶-۵-۳- نقشه‌های شماتیک

نقشه‌های شماتیک (اسکماتیک)[7] شامل اطلاعات لازم به منظور اجرای صحیح سیم‌کشی تابلو برق و سهولت در عیب‌یابی، اصلاح یا تعمیر مدارها در آینده است و نشان دهنده شماره سیم‌ها، ترمینال‌ها، کنتاکت‌ها و غیره است. این نقشه‌ها به‌صورت چندخطی و صرفاً با استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری (CAD) و توسط سازنده تابلو برق و مطابق با دیاگرام تک خطی طراحی می‌شود.

۶-۵-۴- نقشه‌های جانمایی

نقشه‌های جانمایی (ابعادی) نشان دهنده ابعاد تابلو برق (ارتفاع، عرض، عمق) بر حسب میلی‌متر و همچنین ارتفاع نصب و چیدمان تجهیزات داخل تابلو اعم از کلیدهای ورودی و خروجی، شینه‌ها، ترمینال‌ها، صفحه گلند، تجهیزات نشانگر، تجهیزات اپراتوری، تجهیزات اندازه‌گیری و غیره به‌صورت دو بعدی (ایزومتریک) یا سه بعدی است و صرفاً با استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری (CAD) و توسط سازنده تابلو برق طراحی می‌شود.

---

[1] Single Line Diagram
[2] Legend
[3] Computer Aided Design
[4] Logic Diagram
[5] Change-Over
[6] Coupling
[7] Schematic Diagram

۶-۵-۵- مشخصات فنی[1] تابلو برق

جداولی شامل مشخصات فنی تابلو برق اعم از ابعاد، جنس و ضخامت اجزای مختلف بدنه تابلو، وزن، نوع رنگ، مشخصه‌های الکتریکی اسمی، نوع نصب، درجه حفاظتی، نحوه دسترسی، جهت ورود و خروج کابل، سایز سیم‌های مربوط به مدارهای اندازه‌گیری و فرمان، سیستم رنگ‌بندی یا کدگذاری سیم‌ها، سایز شینه‌های فاز، خنثی و حفاظتی و سایر مشخصات اصلی تابلو برق به همراه سایر مدارک فنی توسط طراح تهیه و در اختیار کارفرما قرار می‌گیرد.

۶-۵-۶- لیست تجهیزات[2]

لیست تمام تجهیزات مورد استفاده در تابلو برق شامل نام، مشخصه فنی، نام شرکت سازنده (ترجیحاً به همراه نام کشور مبدا)، مدل، شماره سفارش و تعداد آن در جداولی که نام تابلو، نام سازنده تابلو، تاریخ ساخت تابلو و مشخصات تابلو برق درج شده باشد توسط سازنده تابلو برق تهیه و همراه سایر مدارک فنی در اختیار کارفرما قرار می‌گیرد. همچنین لیست تجهیزات رزرو (یدکی) که در طول بهره‌برداری از تابلو ممکن است مورد استفاده قرار بگیرد همراه این مدرک ارایه می‌شود.

۶-۵-۷- راهنمای حمل، نصب و بهره‌برداری

راهنمای بارگیری، حمل، نصب، انبارش و بهره‌برداری از تابلو برق که در آن نکات لازم به منظور حفظ سلامت و کیفیت تابلو برق ساخته شده و همچنین جزئیات مربوط به نصب و مراحل بهره‌برداری از آن ذکر شده است توسط سازنده تابلو برق تهیه و در اختیار کارفرما یا بهره‌بردار قرار می‌گیرد. ارایه جزئیات وزن برای جابجایی و حمل تابلوها (بند ۶-۱۵-۴) حائز اهمیت است.

۶-۵-۸- گزارش تست

با توجه به اهمیت تست‌های هنگام تحویل و همچنین بازدید و تست‌های دوره‌ای، یک نسخه از گزارش نتایج تست‌های انجام شده به همراه سایر مدارک فنی در اختیار کارفرما قرار می‌گیرد.

۶-۵-۹- کاتالوگ و راهنمای تجهیزات

به منظور سهولت در راه‌اندازی و بهره‌برداری از تابلو برق، کاتالوگ فنی و راهنمای تجهیزات (مخصوصاً تجهیزاتی که نیاز به تنظیم دارند) به همراه سایر مدارک فنی توسط سازنده تابلو برق در اختیار کارفرما قرار می‌گیرد.

---
[1] Technical Specification
[2] Part List

۶-۶- مشخصات فنی ساختمان تابلوها

مشخصات فنی عمومی ساخت بدنه تابلوهای برق فشار ضعیف در این بخش ذکر شده است. سایر مشخصات فنی مربوط به شرایط خاص نصب و بهره‌برداری از تابلو برق (مانند شرایط آلودگی محیطی شدید، شرایط ویژه اقلیمی محل نصب تابلو و غیره) مطابق با درخواست کارفرما در نظر گرفته می‌شود.

۶-۶-۱- کلیات

- تابلوها باید به نحوی ساخته شود که استحکام و دوام لازم به منظور تامین عملکرد مناسب مطابق با شرایط حمل، نصب و بهره‌برداری را داشته باشد.
- در تابلو و مکانیزم اتصال آن (مثل لولا) باید استحکام و دوام کافی برای تحمل وزن در و تجهیزات نصب شده بر روی آن را داشته باشد.
- تمهیدات لازم برای حمل و جابجایی تابلو با پیش بینی پایه یا قلاب‌های مناسب در نظر گرفته شود.
- صفحه گلند تابلو باید قابل جدا شدن از بدنه اصلی تابلو باشد.
- در تابلوهایی که در محیط بیرونی یا در معرض باد نصب می‌شود، الزاماً باید مجهز به نگهدارنده[1] مناسب باشد، همچنین توصیه می‌شود در تابلوهای داخلی هم به نگهدارنده مجهز شود.
- به منظور نگه‌داری نقشه‌ها و مدارک فنی، تابلو برق باید دارای نگه‌دارنده نقشه فلزی یا پلاستیکی متناسب با جنس بدنه تابلو برق باشد.

۶-۶-۲- جنس تابلو

- تابلو می‌تواند از یک یا چند صفحه از جنس عایق (که جاذب رطوبت و خودسوز نباشد) یا صفحات فلزی یا ترکیبی از این دو تشکیل شده باشد.
- صفحات عایق مورد استفاده در بدنه تابلو از مواد مختلف مانند پلی‌کربنات، پلی‌استر تقویت شده با فایبرگلاس، ABS[2] و اجناس مشابه ساخته می‌شود.
- صفحات فلزی مورد استفاده در بدنه تابلو از ورق آهن نوع نورد سرد (مانند ST12) ساخته شده است که نسبت به نوع کاربری و شرایط محیطی نصب تابلو می‌تواند از نوع گالوانیزه سرد، گرم یا رنگ شده باشد.
- همچنین سایر انواع صفحات فلزی از جنس فولاد ضد زنگ (گریدهای ۳۰۴ یا ۳۱۶) و صفحات فلزی با روکش آلیاژ آلومینیوم-زینک با در نظر گرفتن شرایط محیطی و کاربری تابلو قابل استفاده است.

[1] Door Stopper
[2] Acrylonitrile Butadiene Styrene

- قسمت‌های فلزی تابلو برق (مانند صفحه گلند) که برای عبور هادی تک‌رشته با دامنه جریان بالا (بیش از ۲۰۰ آمپر) پیش بینی شده است نباید از جنس فلز مغناطیسی[1] انتخاب شود.

۶-۶-۳- ضخامت صفحات تابلو

ضخامت صفحات فلزی پوشش تابلوهای ایستاده (مانند در جلو، در پشت، در بغل) حداقل ۲ میلی‌متر و ضخامت ستون‌های اصلی این نوع تابلو حداقل ۲٫۵ میلی‌متر است.

ضخامت صفحات فلزی پوشش تابلوهای دیواری حداقل ۱٫۵ میلی‌متر است و در صورتی‌که ارتفاع این نوع تابلو بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر باشد ضخامت در آن حداقل ۲ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

حداقل ضخامت صفحات فلزی سایر اجزای بدنه تابلو برق مانند بست‌های نگهدارنده کابل، پایه نصب تجهیزات، روبنده و غیره حداقل ۱٫۵ میلی‌متر است.

حداقل ضخامت صفحه گلند تابلو برق ۲ میلی‌متر است.

در یا پوشش شفاف که برای مشاهده بخش‌های داخلی تابلو و تجهیزات در نظر گرفته می‌شود باید از جنس شیشه نشکن یا ورق پلی‌کربنات با ضخامت حداقل ۳ میلی‌متر بوده و از دوام کافی در برابر اثرات شیمیایی و تنش‌های مکانیکی برخوردار باشد.

در صورتی‌که بدنه یا بخشی از اجزای بدنه تابلو برق از مواد عایق ذکر شده در بند ۶-۶-۲ ساخته شده باشد، این قسمت‌ها باید استحکام مکانیکی و دوام لازم در برابر شرایط محیطی (مانند تغییرات دما و تابش اشعه فرابنفش) را داشته باشد.

۶-۶-۴- ابعاد تابلو

ابعاد تابلوهای برق فشار ضعیف باید با در نظر گرفتن موارد زیر طراحی شود:

- سهولت نصب تجهیزات داخل تابلو
- دسترسی مناسب به تجهیزات برای تنظیم، قطع و وصل یا تعمیر و نگهداری
- سهولت حمل و نصب
- رعایت فواصل عایقی قسمت‌های برق‌دار
- برقراری جریان هوا داخل تابلو و تبادل گرمایی مناسب با محیط اطراف

یادآوری- عرض در تابلو نباید بزرگ‌تر از ۹۰ سانتی‌متر باشد. در صورتی‌که عرض تابلو بیش از ۹۰ سانتی‌متر است، در آن باید دو یا چند تکه باشد و تمهیدات لازم برای جلوگیری از ورود گردوغبار به داخل تابلو در نظر گرفته شود.

[1] Ferrous

۶-۶-۵- حفاظت در برابر خوردگی

حفاظت بدنه تابلو در برابر خوردگی با استفاده از مواد مناسب یا اعمال پوشش مناسب (مانند رنگ) بر روی قسمت‌های در معرض خوردگی و با در نظر گرفتن شرایط بهره‌برداری نرمال تضمین می‌شود.
تطابق با شرایط ذکر شده بر اساس بند ۱۰-۲-۲ استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۱۰۳ است.

۶-۶-۵-۱- رنگ آمیزی صفحات فلزی

به منظور ایجاد حفاظت در برابر زنگ زدگی و خوردگی تدریجی صفحات فلزی، تمام سطوح فلزی غیرگالوانیزه براساس مشخصات ذکر شده در مراجع معتبر مانند نشریه ۶۳/۱ استاندارد رنگ و پوشش صنعت برق شرکت توانیر و در نظر گرفتن شرایط محیطی و محل نصب تابلو در شهرهای مختلف کشور بر اساس استاندارد ۶۳/۱۰۱ شرکت توانیر انجام می‌شود.

روش کلی رنگ آمیزی بدنه تابلوهای قابل نصب در محیط‌هایی که در معرض خوردگی شدید و رطوبت زیاد نیست، شامل چهار مرحله چربی گیری، زنگ زدایی، فسفاته کاری و رنگ آمیزی است و جزئیات اجرایی هرکدام از این مراحل مطابق با پیوست ت جلد اول از استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع شرکت توانیر است.

رنگ آمیزی با روش الکترواستاتیک و با استفاده از پوشش‌های پودری اپوکسی-پلی‌استر (هیبریدی) با ضخامت متوسط ۸۰ میکرون مناسب تابلوهای قابل نصب در محیط‌های معمولی با شرایط کنترل شده است.

در صورتی‌که تابلو در معرض شرایط خاص محیطی (مانند تغییرات دمایی وسیع، رطوبت زیاد، تشعشع فرابنفش شدید) قرار دارد، تمهیدات تکمیلی به منظور حفاظت صفحات فلزی و همچنین پوشش آن باید در نظر گرفته شود.

قطعات و یراق آلات فلزی مورد استفاده در تابلو برق که معمولا رنگ آمیزی نمی‌شود باید با استفاده از متریال مناسب که در برابر خوردگی مقاوم هستند ساخته شود یا با روش‌های مختلف گالوانیزه (آبکاری) شده باشد.

۶-۶-۵-۲- رنگ ظاهری

به منظور یکنواخت ساختن ظاهر تابلوهای برق فشار ضعیف، رنگ یا فام پوشش این تابلوها خاکستری روشن با کد رنگ RAL7035 است.

همچنین پوشش تابلوهای برق از نوع مات است و استفاده از رنگ‌های براق مجاز نیست.

۶-۶-۶- درجه حفاظتی[1]

درجه حفاظتی تامین شده توسط تابلو برق در مقابل تماس با قسمت‌های برق‌دار، نفوذ اشیا، ذرات جامد خارجی و آب با استفاده از کد IP مطابق با مشخصات درج شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۶۸ یا استاندارد IEC 60529 تعیین می‌شود که خلاصه آن در جداول (۶-۱) و (۶-۲) ذکر شده است.

درجه حفاظتی تابلو برق تمام بسته پس از نصب بر اساس دستورالعمل سازنده، حداقل IP2X است.

درجه حفاظتی تابلو برق قابل نصب در خارج ساختمان که فاقد هرگونه حفاظت تکمیلی (مانند سایبان و غیره) است، حداقل IPX3 است.

قسمت‌های لخت و برق‌دار تابلو باید داخل محفظه یا پشت موانعی که حداقل درجه حفاظتی IPXXB را تامین می‌کند قرار گیرد و باز کردن این موانع فقط با استفاده از ابزار امکان پذیر باشد.

یادآوری- افزایش درجه حفاظتی (IP) تابلو برق منجر به کاهش تبادل حرارتی فضای داخل تابلو با محیط اطراف و در نتیجه کاهش میزان جریان مجاز عبوری شینه‌ها می‌شود، بنابراین لازم است این موضوع هنگام محاسبه سطح مقطع شینه‌ها مد نظر قرار بگیرد.

به منظور جلوگیری از ورود گرد و غبار به داخل تابلو، در تابلوهای دیواری و ایستاده قابل نصب در داخل یا خارج از ساختمان باید مجهز به لاستیک درزگیر[2] (ترجیحاً از نوع فوم تزریقی) باشد.

لاستیک درزگیر باید در برابر اثرات شیمیایی عوامل خارجی، مایعات، تغییرات دمایی و غیره از دوام مناسب برخوردار بوده و به‌صورت ثابت نصب شده باشد.

به منظور جلوگیری از نشستن برف یا ورود آب باران به داخل تابلو، سقف تابلوهای دیواری و ایستاده که در خارج از ساختمان و در معرض بارش برف و باران نصب می‌شود باید دارای شیب دو طرفه یا یک طرفه با لبه‌های برگردان به سمت داخل بوده و از هر چهار طرف حداقل پنج سانتی‌متر بزرگ‌تر از ابعاد سقف تابلو باشد.

۶-۶-۷- حفاظت در برابر ضربه مکانیکی[3]

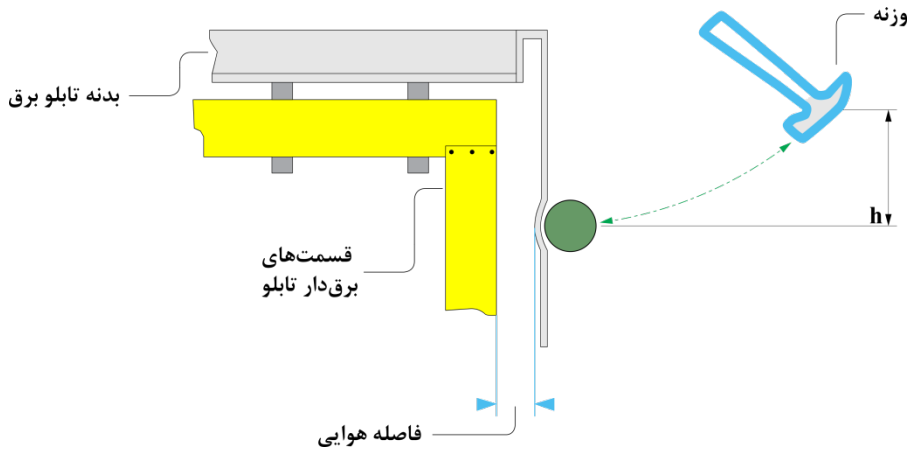
درجه حفاظت تامین شده توسط پوشش تابلو در برابر ضربه مکانیکی باید در صورت نیاز در مشخصات فنی مربوطه ذکر شده و الزامات عمومی آن مطابق با استاندارد IEC 62262 تعیین شود.

یادآوری- آزمایش درجه حفاظتی IK نباید باعث از بین رفتن درجه حفاظتی IP شود و باید حداقل فاصله قسمت‌های برق‌دار تابلو از بدنه آن حفظ شود.

در جدول (۶-۳)، هر کد نشانگر میزان انرژی ضربه معادل رها شدن یک وزنه از ارتفاع h مطابق با شکل (۶-۶) است.

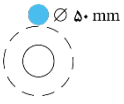
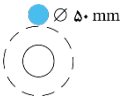
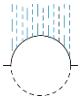
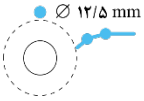
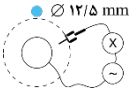
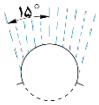
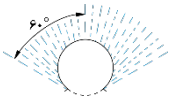
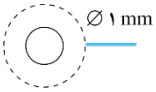
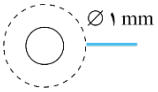
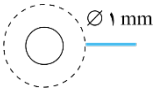
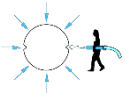
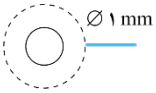
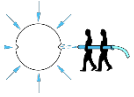
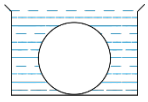
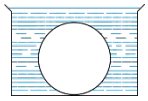
---

[1] IP
[2] Gasket
[3] IK



شکل۶-۶- تست حفاظت در برابر ضربه مکانیکی با رها کردن یک وزنه از ارتفاع h

جدول۶-۱- اجزاء کد IP و معانی آن‌ها

رقم مشخصه	رقم اول حفاظت		رقم دوم حفاظت
	در برابر دسترسی افراد به قسمت‌های خطرناک	در برابر نفوذ ذرات جامد به داخل وسایل	در برابر نفوذ مایعات به داخل وسایل
۰	حفاظت نشده	حفاظت نشده	حفاظت نشده
۱	با پشت دست 	با قطر بزرگ‌تر یا مساوی ۵۰ مم 	چکیدن عمودی آب 
۲	با انگشت 	با قطر بزرگ‌تر یا مساوی ۱۲٫۵ مم 	چکیدن آب با ۱۵ درجه انحراف نسبت به قائم 
۳	با ابزار 	با قطر بزرگ‌تر یا مساوی ۲٫۵ مم 	ترشح آب با ۶۰ درجه انحراف نسبت به قائم 
۴	با سیم 	با قطر بزرگ‌تر یا مساوی ۱٫۰ مم 	پاشیدن آب 
۵	با سیم 	حفاظت شده در برابر گرد و غبار 	فوران آب 
۶	با سیم 	غیر قابل نفوذ در برابر گرد و غبار 	فوران شدید آب 
۷	-	-	غوطه‌وری موقت 
۸	-	-	غوطه‌وری دایم 

جدول۶-۲- حروف اضافی و تکمیلی کد IP

حروف اضافی اختیاری مربوط به حفاظت در برابر دسترسی افراد به قسمت‌های خطرناک با		حروف تکمیلی اختیاری مربوط به حفاظت در برابر نفوذ ذرات جامد به داخل وسایل	
A	پشت دست	H	دستگاه ولتاژ بالا
B	انگشت	M	حرکت (چرخش) در حین آزمون آب
C	ابزار	S	ثابت (غیر فعال) در حین آزمون آب
D	سیم	W	شرایط خاص آب و هوایی

جدول۶-۳- رابطه بین کد IK و انرژی ضربه

کد IK	انرژی ضربه	جرم و ارتفاع معادل	
	بر حسب ژول	جرم وزنه رها شده (گرم)	ارتفاع رها شدن وزنه (سانتی‌متر)
۰۱	۰٫۱۴	۲۰۰	۷٫۵
۰۲	۰٫۲	۲۰۰	۱۰
۰۳	۰٫۳۵	۲۰۰	۱۷٫۵
۰۴	۰٫۵	۲۰۰	۲۵
۰۵	۰٫۷	۲۰۰	۳۵
۰۶	۱	۳۰۰	۲۰
۰۷	۲	۵۰۰	۴۰
۰۸	۵	۱۷۰۰	۲۹٫۵
۰۹	۱۰	۵۰۰۰	۲۰
۱۰	۲۰	۵۰۰۰	۴۰

۶-۶-۸- فُرم‌بندی (جداسازی)

جداسازی قسمت‌های مختلف یک تابلو برق با هدف تامین حفاظت در برابر تماس مستقیم با قسمت‌های برق‌دار هنگام کار بر روی قسمت‌هایی که برق‌دار نیست، کاهش ریسک ایجاد یا انتشار قوس الکتریکی[1] در داخل تابلو و سهولت در اجرای عملیات تعمیر، نگهداری یا توسعه تابلو برق انجام می‌شود.

برای این منظور چهار دسته بندی کلی (فُرم) تعریف شده است که مشخصات و انواع هر کدام از آن در جدول (۶-۴) نشان داده شده است.

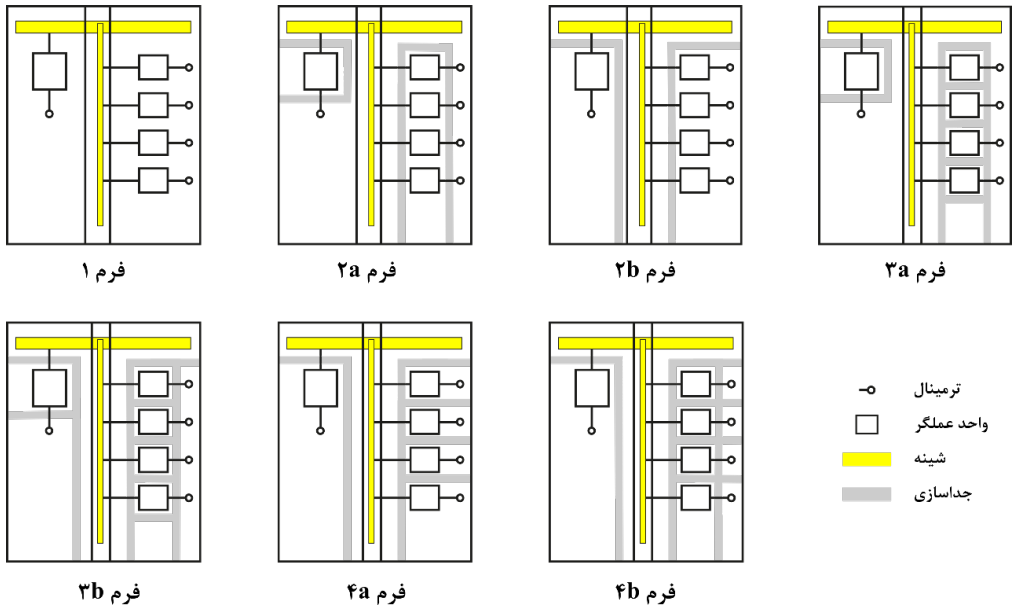
فُرم و نوع جداسازی با در نظر گرفتن شرایط بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری یا توسعه تابلو برق و بر اساس توافق بین کارفرما یا بهره‌بردار و سازنده تابلو برق تعیین می‌شود.

یادآوری- جداسازی قسمت‌های مختلف یک تابلو باعث افزایش ایمنی آن می‌شود و از سوی دیگر با کاهش تبادل حرارتی تجهیزات و شینه‌ها با محیط اطراف ممکن است باعث افزایش دمای داخل تابلو شود. بنابراین لازم است این موضوع با اجرای روش‌های مختلف مدیریت حرارت و تهویه مناسب مد نظر قرار بگیرد.

جدول۶-۴- فرم‌های جداسازی داخلی

معیار اصلی	معیار فرعی	فرم
بدون جداسازی داخلی	---	فرم ۱
جداسازی شینه‌ها از تمام واحدهای عملگر	ترمینال‌های هادی‌های خارجی از شینه‌ها جداسازی نشده‌اند.	فرم ۲a
	ترمینال‌های هادی‌های خارجی از شینه‌ها جداسازی شده‌اند.	فرم ۲b
جداسازی شینه‌ها از واحدهای عملگر جداسازی تمام واحدهای عملگر از یکدیگر جداسازی ترمینال‌های هادی‌های خارجی و هادی‌های خارجی از واحدهای عملگر، اما نه از ترمینال‌های سایر واحدهای عملگر.	ترمینال‌های هادی‌های خارجی از شینه‌ها جداسازی نشده‌اند.	فرم ۳a
	ترمینال‌های هادی‌های خارجی و هادی‌های خارجی از شینه‌ها جداسازی شده‌اند.	فرم ۳b
جداسازی شینه‌ها از تمام واحدهای عملگر جداسازی تمام واحدهای عملگر از یکدیگر جداسازی ترمینال‌های هادی‌های خارجی مربوط به واحدهای عملگر از ترمینال‌های سایر واحدهای عملگر و شینه‌ها. جداسازی هادی‌های خارجی از شینه‌ها جداسازی هادی‌های خارجی مربوط به یک واحد عملگر از سایر واحدهای عملگر و ترمینال‌های آن‌ها. هادی‌های خارجی که نیازی نیست از یکدیگر جداسازی شوند.	ترمینال‌های هادی‌های خارجی واقع در یک خانه مرتبط با واحد عملگر	فرم ۴a
	ترمینال‌های هادی‌های خارجی در یک خانه مرتبط با واحد عملگر قرار ندارد و در فضاها یا خانه‌های حفاظت شده بسته مستقل و مجزا قرار گرفته است	فرم ۴b

[1] Arc



شکل۶-۷- فرم‌های جداسازی داخلی یک تابلو برق نمونه

۶-۶-۹- حفاظت در برابر برق گرفتگی[1]

بسیاری از شرایط و مشخصات فنی ذکر شده در این فصل در تامین حفاظت در برابر برق گرفتگی با در نظر گرفتن الزامات فصل ۱۲ این نشریه موثر هستند.

این موارد شامل مشخصه‌های محیط نصب و بهره‌برداری، قابلیت عبور جریان و ایستادگی در برابر جریان خطا است.

علاوه بر این، روش‌های حفاظت در برابر تماس با قسمت‌های برق‌دار و تامین حفاظت اشخاص در برابر برق گرفتگی با دو عنوان حفاظت پایه و حفاظت خطا معرفی شده است.

۶-۶-۹-۱- حفاظت پایه (حفاظت در برابر تماس مستقیم)

حفاظت پایه به منظور جلوگیری از تماس مستقیم با قسمت‌های برق‌دار و با استفاده از فُرم بندی مناسب، نصب مانع در مقابل قسمت‌های برق‌دار (IPXXB) یا نصب تابلو در محلی که فقط اشخاص مسئول به آن دسترسی دارند در نظر گرفته می‌شود.

در تابلوهایی که در یا روبنده آن بدون استفاده از ابزار یا کلید قابل باز کردن است، لازم است یک صفحه از جنس عایق بعد از در یا روبنده نصب شود که تماس ناخواسته با قسمت‌های برق‌دار تابلو را محدود کند.

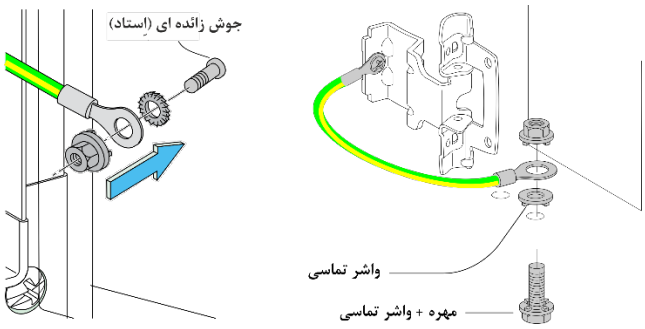
۶-۶-۹-۲- حفاظت خطا (حفاظت در برابر تماس غیر مستقیم)

حفاظت خطا به منظور جلوگیری از اثرات جانبی بروز خطا در داخل تابلو یا مدارهای خارجی تغذیه شده توسط تابلو در نظر گرفته می‌شود.

[1] Electric Shock

برای این منظور تمام قسمت‌های هادی بدنه تابلو با یکدیگر و با هادی حفاظتی (PE) یا ترمینال اصلی اتصال زمین هم‌بند می‌شود. این اتصالات ممکن است توسط اتصالات پیچی فلزی، جوش‌کاری یا سایر اتصالات رسانا به‌صورت مستقیم یا با استفاده از هادی حفاظتی انجام شود.

اتصال قسمت‌های رسانای بدنه تابلو به نحوی انجام می‌شود که در صورت جدا کردن بخشی از تابلو، اتصال سایر بخش‌ها با یکدیگر و با شینه اصلی زمین قطع نشود و مقاومت اتصال بیش‌تر از ۰/۱ اهم نباشد.



شکل۶-۸- هم‌بندی قسمت‌های فلزی متحرک تابلو برق

در صورت نصب تجهیزات با ولتاژ عملکرد بیش از ۵۰ ولت بر روی قسمت‌های فلزی متحرک تابلو (مانند در یا روبنده لولایی) لازم است این صفحات فلزی مجهز به اتصال هادی حفاظتی باشد که سایز آن متناسب با جریان نامی آن وسیله و مطابق با جدول (۶-۵) است.

جدول۶-۵- سطح مقطع هادی حفاظتی برای هم‌بندی قسمت‌های فلزی متحرک تابلو

جریان عملکرد نامی I_e (آمپر)	حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی (میلی‌مترمربع)
$I_e \leq ۲۰$	معادل سطح مقطع هادی فاز
$۲۰ < I_e \leq ۲۵$	۲/۵
$۲۵ < I_e \leq ۳۲$	۴
$۳۲ < I_e \leq ۶۳$	۶
$۶۳ < I_e$	۱۰

این هادی حفاظتی می‌تواند از نوع سیم با روکش به رنگ زرد-سبز یا تسمه مسی بافته شده باشد.



شکل۶-۹- استفاده از سیم با روکش زرد-سبز یا تسمه مسی با روکش قلع برای هم‌بندی قطعات فلزی متحرک تابلو برق

اتصال هادی حفاظتی به صفحات فلزی رنگ شده باید به نحوی انجام شود که پیوستگی هادی حفاظتی تامین شود. این مهم با استفاده از واشرهای تماسی یا جوش اِستاد[1] (که پیچ آن قبل از رنگ آمیزی صفحه، جوشکاری و با چسب عایق پوشیده شده است) قابل تامین است(شکل (۶-۸)).

اتصال اجزای هادی بدنه تابلو که خطر احتمالی برق گرفتگی ایجاد نمی‌کند (مانند پیچ، پرچ، پلاک مشخصات و قطعات با ابعاد کوچک‌تر از ۵×۵ سانتی‌متر) به هادی حفاظتی لازم نیست.

یادآوری- نقاط اتصال هادی حفاظتی باید با علامت ISO7000/IEC60417-5019 یا حروف PE یا رنگ زرد و سبز یا ترکیبی از این‌ها مشخص شود.



شکل۶-۱۰- نماد زمین حفاظتی

۶-۷- شینه

توزیع توان الکتریکی در تابلوهای برق به‌وسیله شینه‌های اصلی که بر اساس نوع کاربری یا درخواست کارفرما معمولا به‌صورت افقی در بالا، وسط یا پایین تابلو نصب می‌شود و همچنین شینه‌های توزیع انجام می‌شود.

برای انتخاب نوع و مشخصات شینه مواردی مانند شرایط محیطی (دمای محیط، درجه حفاظتی، آلودگی) و همچنین الزامات و شرایط اعلام شده از سوی کارفرما (مانند جهت ورودی تغذیه، سطح اتصال کوتاه قابل تحمل I_{cw}) باید در نظر گرفته شود.

۶-۷-۱- انتخاب جنس شینه

شینه‌های اصلی و شینه‌های توزیع در تابلو برق به علت رسانایی الکتریکی بسیار زیاد، تبادل حرارتی خوب، مقاومت در برابر خوردگی و سهولت در نصب عموماً از جنس مس یا آلومینیوم انتخاب می‌شود.

شینه‌های مسی باید از نوع Cu-ETP با خلوص حداقل ۹۹٫۹ درصد که مشخصه‌های آن با استاندارد معرفی شده در بخش ۶-۳ مطابقت دارد انتخاب شود.

شینه‌های آلومینیومی باید از نوع آلیاژ سری ۱۰۰۰ که مشخصه‌های آن با استاندارد ذکر شده در بخش ۶-۳ مطابقت دارد انتخاب شود.

شینه‌های قابل انعطاف[2] عمدتاً برای اتصال بین شینه‌ها و کلید، مطابق با دستورالعمل سازنده آن قابل استفاده است.

[1] Stud Weld
[2] Flexible Bar

۶-۷-۲- انتخاب سایز شینه فاز

۶-۷-۲-۱- اصول کلی

برای محاسبه سطح مقطع شینه‌های تابلو برق موارد زیر در نظر گرفته می‌شود:

- جریان اسمی (I_n) که شینه باید آن را عبور دهد
- جریان اتصال کوتاه قابل تحمل (I_{cw})
- دمای محیط اطراف محل نصب تابلو برق
- درجه حفاظتی (IP) تابلو برق
- ضریب پراکندگی (ضریب همزمانی)
- احتمال توسعه تابلو برق در آینده
- زمان قطع کلید محافظت کننده شینه

برای این منظور ابتدا جریان نامی که شینه باید آن را عبور دهد با در نظر گرفتن ضریب پراکندگی محاسبه می‌شود، سپس با مراجعه به جداول شماره (۶-۹) و (۶-۱۰) که به ترتیب بر اساس جریان مجاز پیوسته شینه‌های مسی برابر استاندارد DIN 43671 و شینه‌های آلومینیومی مطابق با استاندارد DIN 43670 است، سطح مقطع اولیه شینه انتخاب و پس از اعمال ضرایب اصلاحی k_1، k_2، k_3، k_4 و k_5 سطح مقطع انتخاب شده تایید یا بازبینی می‌شود.

یادآوری- علاوه بر روش فوق، جریان عملکرد و همچنین اتلاف توان شینه‌های مسی لخت را می‌توان براساس پیوست K استاندارد IEC61439:2020 محاسبه نمود.

۶-۷-۲-۲- ضرایب همزمانی و بهره‌برداری

معمولا تمام تجهیزات متصل شده به شینه به طور همزمان و در بار کامل بهره‌برداری نمی‌شود، بنابراین لازم نیست به منظور محاسبه و انتخاب سطح مقطع شینه‌ها مجموع جریان نامی تمام تجهیزات به‌صورت پیوسته در نظر گرفته شود.

ضریب پراکندگی (همزمانی) با در نظر گرفتن شرایط بهره‌برداری از تابلو برق و بر اساس توافق بین کارفرما و سازنده تابلو انتخاب می‌شود.

در صورت فقدان این اطلاعات، مقدار ضریب همزمانی بین مدارهای مختلف تابلو می‌تواند بر اساس مقادیر جدول (۶-۶) در نظر گرفته شود.

جدول۶-۶- ضریب همزمانی و بهره‌برداری پیش‌فرض

نوع بار	ضریب همزمانی و بهره‌برداری پیش‌فرض
توزیع - ۲ و ۳ مدار	۰/۹
توزیع - ۴ و ۵ مدار	۰/۸
توزیع - ۶ تا ۹ مدار	۰/۷
توزیع - ۱۰ مدار و بیش‌تر	۰/۶
عملگر برقی[1]	۰/۲
موتور کوچک‌تر و مساوی ۱۰۰ کیلووات	۰/۸
موتور بزرگ‌تر از ۱۰۰ کیلووات	۱/۰

۶-۷-۲-۳- محاسبه سطح مقطع شینه

محاسبه جریان مجاز قابل عبور از شینه با استفاده از فرمول زیر و اعمال ضرایب اصلاحی انجام می‌شود:

$$I_{cont} = I_{table} \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 \qquad (۱-۶)$$

I_{cont}: جریان مجاز پیوسته شینه (نهایی)

I_{table}: جریان مجاز پیوسته شینه بر اساس جدول (۶-۹) یا (۶-۱۰).

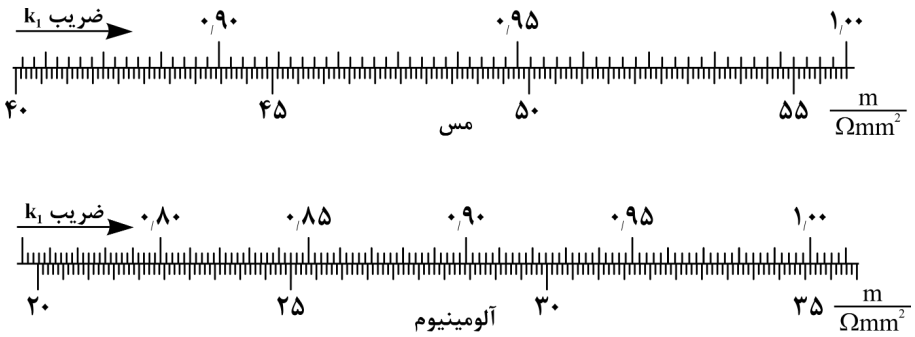
k_1: ضریب اصلاحی مربوط به رسانایی شینه در صورتی‌که رسانایی شینه مسی مورد استفاده ۵۶ $m/\Omega mm^2$ یا رسانایی شینه آلومینیومی مورد استفاده ۳۵/۱ $m/\Omega mm^2$ نباشد(شکل (۶-۱۱)).

k_2: ضریب اصلاحی مربوط به دمای محیط غیر از ۳۵ درجه سلسیوس و دمای سطح شینه غیر از ۶۵ درجه سلسیوس(شکل (۶-۱۲)).

k_3: ضریب اصلاحی مربوط به نصب شینه‌ها به‌صورت تخت یا نصب به‌صورت قائم با طول بیش از ۲ متر(جدول (۶-۷)).

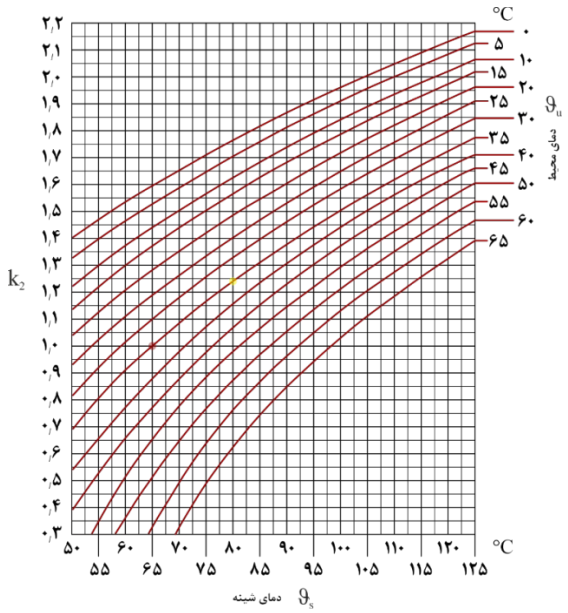
k_4: ضریب اصلاحی مربوط به اثر پوستی در جریان متناوب تا ۶۰ Hz متناسب با چیدمان شینه‌ها در صورتی‌که هیچ انشعابی در فاصله بیش از ۲ متر از شینه گرفته نشده باشد(شکل (۶-۱۳) و (۶-۱۴)).

k_5: ضریب اصلاحی مربوط به کاهش ظرفیت جریانی شینه در ارتفاع بیش از ۱۰۰۰متر از سطح دریا(جدول (۶-۸)).



شکل۶-۱۱- ضرایب اصلاحی رسانایی شینه‌های مسی و آلومینیومی

[1] Electric Actuator



ϑ_s: دمای سطح شینه

ϑ_u: متوسط دمای محیط در طول ۲۴ ساعت (حداکثر ۵ درجه بالاتر از متوسط به مدت کوتاه)

شکل۶-۱۲- ضرایب اصلاحی دمای محیط و سطح شینه

مثال: در دمای محیط (ϑ_u) ۳۵ درجه سلسیوس و حداکثر دمای شینه (ϑ_s) ۸۰ درجه سلسیوس، ضریب K_2 برابر ۱٫۲۴ است.

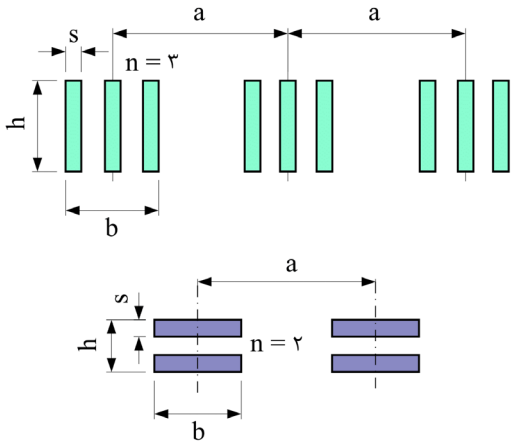
جدول۶-۷- ضرایب اصلاحی k_2 برای نصب شینه‌ها به‌صورت تخت یا به‌صورت قائم با طول بیش از ۲ متر

تعداد شینه‌ها	عرض شینه (میلی‌متر)	ضریب k_3			
		بدون رنگ		رنگ شده	
		Cu	Al	Cu	Al
۲	۵۰ ~ ۱۰۰	–	–	–	–
	۵۰ ~ ۲۰۰	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸۵	۰٫۸۵
۳	۵۰ ~ ۸۰	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸۵	۰٫۸۵
	۱۰۰ ~ ۲۰۰	۰٫۷۵	۰٫۷۵	۰٫۸	۰٫۸
۴	۱۶۰	۰٫۷	۰٫۷	۰٫۷۵	۰٫۷۵
	۲۰۰	۰٫۶۵	۰٫۶۵	۰٫۷	۰٫۷
۲	تا ۲۰۰	–	۰٫۹	–	۰٫۹۵

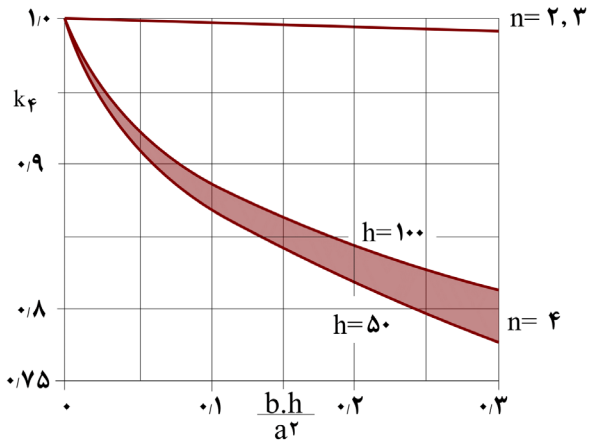
جدول۶-۸- ضریب اصلاحی ارتفاع و محل نصب تابلو

ارتفاع بالاتر از سطح دریا (متر)	ضریب k_5 در محیط بیرونی	ضریب k_5 در محیط داخلی
۱۰۰۰	۰/۹۸	۱/۰۰
۲۰۰۰	۰/۹۴	۰/۹۹
۳۰۰۰	۰/۸۹	۰/۹۶
۴۰۰۰	۰/۸۳	۰/۹۰

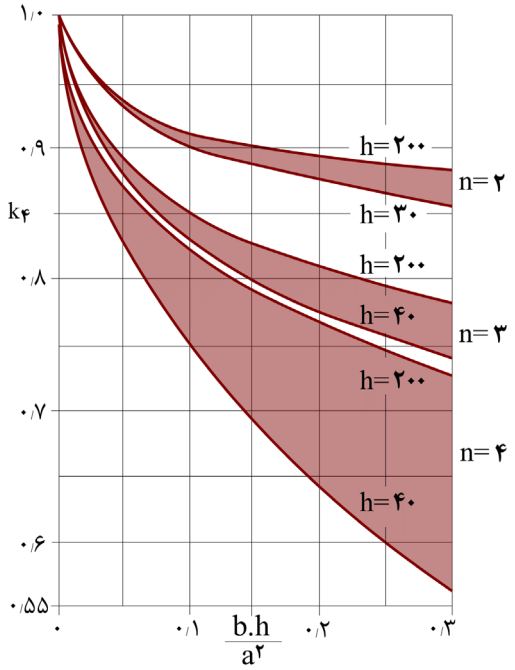
الف)



ب)



ج)



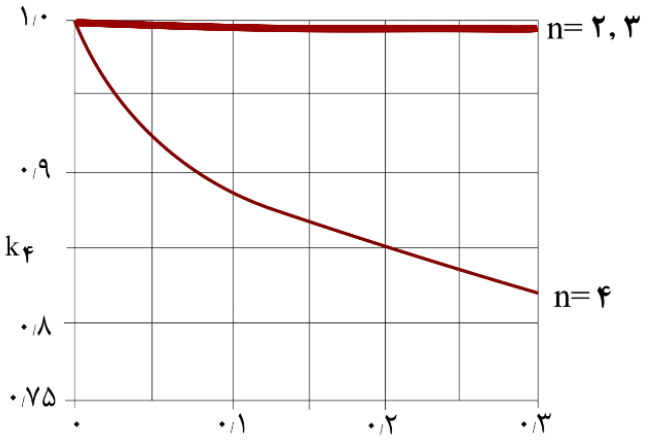
الف) در ردیف بالا (رنگ سبز) چیدمان شینه‌های سه‌فاز به‌صورت n=۳ شینه در هر فاز، با فاصله a از یکدیگر، ضخامت هر شینه s و عرض h نمایش داده شده است. در ردیف پایین (رنگ بنفش) چیدمان شینه‌های تک‌فاز به‌صورت n=۲ شینه برای فاز، نصب شده به‌صورت تخت نمایش داده شده است.(اندازه‌ها و فواصل بر حسب میلی‌متر)

ب) برای شینه مسی با ضخامت s=۵ میلی‌متر

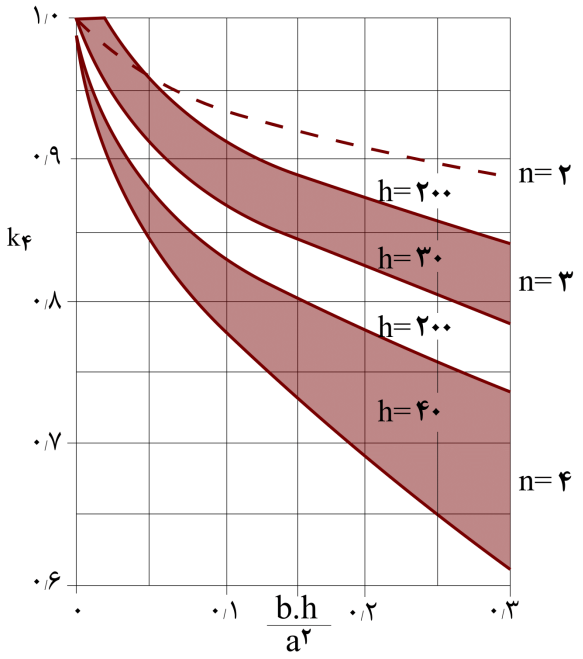
ج) برای شینه مسی با ضخامت s=۱۰ میلی‌متر

شکل۶-۱۳- ضریب k_4 برای شینه‌های مسی

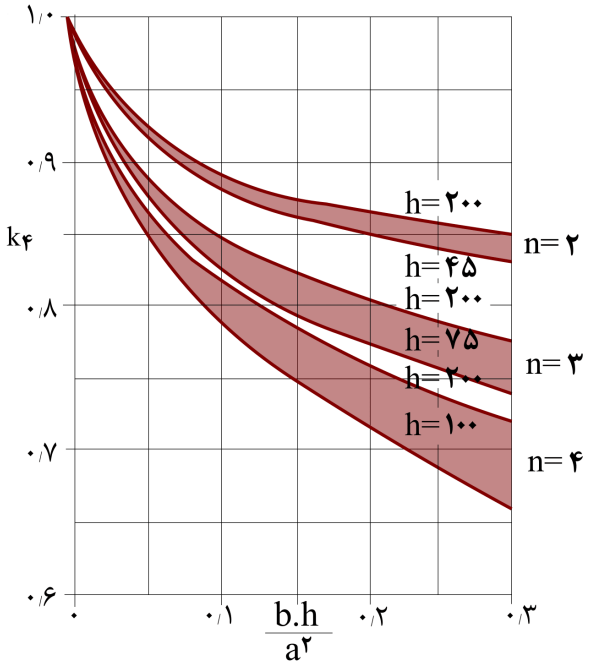
الف)



ب)



ج)



الف) برای شینه آلومینیومی با ضخامت s=۵ میلی‌متر

ب) برای شینه آلومینیومی با ضخامت s=۱۰ میلی‌متر

ج) برای شینه آلومینیومی با ضخامت s=۱۵ میلی‌متر

شکل۶-۱۴- ضریب k_4 برای شینه‌های آلومینیومی

جدول۶-۹- جریان مجاز مداوم شینه مسی در محیط داخلی با دمای ۳۵ درجه سلسیوس و دمای شینه ۶۵ درجه سلسیوس

ابعاد میلی‌متر	سطح مقطع میلی‌مترمربع	وزن کیلوگرم برمتر	نوع جریان برق	جریان مجاز شینه مسی بر حسب تعداد							
				رنگ‌شده				بدون‌رنگ			
				۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
۱۵×۳	۴۵	۰٫۴	~	۱۸۷	۳۱۶	۳۸۱	–	۱۶۲	۲۸۲	۳۶۱	–
			=	۱۸۷	۳۱۶	۳۸۷	–	۱۶۲	۲۸۲	۳۶۵	–
۲۰×۳	۶۰	۰٫۵۳	~	۲۳۷	۳۹۴	۴۵۴	–	۲۰۴	۳۴۸	۴۳۱	–
			=	۲۳۷	۳۹۴	۴۶۳	–	۲۰۴	۳۴۸	۴۳۷	–
۲۰×۵	۱۰۰	۰٫۸۸	~	۳۱۹	۵۶۰	۷۲۸	–	۲۷۴	۵۰۰	۶۹۰	–
			=	۳۲۰	۵۶۲	۷۲۹	–	۲۷۴	۵۰۲	۶۸۷	–
۲۵×۳	۷۵	۰٫۶۶	~	۲۸۷	۴۷۰	۵۲۵	–	۲۴۵	۴۱۲	۴۹۸	–
			=	۲۸۷	۴۷۰	۵۳۶	–	۲۴۵	۴۱۴	۵۰۶	–
۳۰×۵	۱۵۰	۱٫۳۳	~	۴۴۷	۷۶۰	۹۴۴	–	۳۷۹	۶۷۲	۸۹۶	–
			=	۴۴۸	۷۶۶	۹۵۰	–	۳۸۰	۶۷۶	۸۹۷	–
۴۰×۵	۲۰۰	۱٫۷۷	~	۵۷۳	۹۵۲	۱۱۴۰	–	۴۸۲	۸۳۶	۱۰۹۰	–
			=	۵۷۶	۹۶۶	۱۱۶۰	–	۴۸۴	۸۴۸	۱۱۰۰	–
۵۰×۵	۲۵۰	۲٫۲۲	~	۶۹۷	۱۱۴۰	۱۳۳۰	۲۰۱۰	۵۸۳	۹۹۴	۱۲۶۰	۱۹۲۰
			=	۷۰۳	۱۱۷۰	۱۳۷۰	–	۵۸۸	۱۰۲۰	۱۳۰۰	–
۵۰×۱۰	۵۰۰	۴٫۴۴	~	۱۰۲۰	۱۷۲۰	۲۳۲۰	۲۹۵۰	۸۵۲	۱۵۱۰	۲۰۴۰	۲۶۰۰
			=	۱۰۵۰	۱۸۳۰	۲۳۶۰	–	۸۷۵	۱۶۱۰	۲۲۲۰	–
۶۰×۵	۳۰۰	۲٫۶۷	~	۸۲۶	۱۳۳۰	۱۵۱۰	۲۳۱۰	۶۸۸	۱۱۵۰	۱۴۴۰	۲۲۱۰
			=	۸۳۶	۱۳۷۰	۱۵۸۰	۲۰۶۰	۶۹۶	۱۱۹۰	۱۵۰۰	۱۹۷۰
۶۰×۱۰	۶۰۰	۵٫۳۳	~	۱۱۸۰	۱۹۶۰	۲۶۱۰	۳۲۹۰	۹۸۵	۱۷۲۰	۲۳۰۰	۲۹۰۰
			=	۱۲۳۰	۲۱۳۰	۲۷۲۰	۳۵۸۰	۱۰۲۰	۱۸۷۰	۲۵۷۰	۳۳۹۰
۸۰×۵	۴۰۰	۳٫۵۵	~	۱۰۷۰	۱۶۸۰	۱۸۳۰	۲۸۳۰	۸۸۵	۱۴۵۰	۱۷۵۰	۲۷۲۰
			=	۱۰۹۰	۱۷۷۰	۱۹۹۰	۲۵۷۰	۹۰۲	۱۵۳۰	۱۸۹۰	۲۴۶۰
۸۰×۱۰	۸۰۰	۷٫۱۱	~	۱۵۰۰	۲۴۱۰	۳۱۷۰	۳۹۳۰	۱۲۴۰	۲۱۱۰	۲۷۹۰	۳۴۵۰
			=	۱۵۹۰	۲۷۳۰	۳۴۲۰	۴۴۹۰	۱۳۱۰	۲۳۸۰	۳۲۴۰	۴۲۸۰
۱۰۰×۱۰	۱۰۰۰	۸٫۸۹	~	۱۸۱۰	۲۸۵۰	۳۷۲۰	۴۵۳۰	۱۴۹۰	۲۴۸۰	۳۲۶۰	۳۹۸۰
			=	۱۹۴۰	۳۳۱۰	۴۱۰۰	۵۳۱۰	۱۶۰۰	۲۸۹۰	۳۹۰۰	۵۱۵۰
۱۲۰×۱۰	۱۲۰۰	۱۰٫۷	~	۲۱۱۰	۳۲۸۰	۴۲۷۰	۵۱۳۰	۱۷۴۰	۲۸۶۰	۳۷۴۰	۴۵۰۰
			=	۲۳۰۰	۳۹۰۰	۴۷۸۰	۶۲۶۰	۱۸۹۰	۳۳۹۰	۴۵۶۰	۶۰۱۰
۱۶۰×۱۰	۱۶۰۰	۱۴٫۲	~	۲۷۰۰	۴۱۳۰	۵۳۶۰	۶۳۲۰	۲۲۲۰	۳۵۹۰	۴۶۸۰	۵۵۳۰
			=	۳۰۱۰	۵۰۶۰	۶۱۳۰	۸۰۱۰	۲۴۷۰	۴۴۰۰	۵۸۶۰	۷۷۱۰
۲۰۰×۱۰	۲۰۰۰	۱۷٫۸	~	۳۲۹۰	۴۹۷۰	۶۴۳۰	۷۴۹۰	۲۶۹۰	۴۳۱۰	۵۶۱۰	۶۵۴۰
			=	۳۷۲۰	۶۲۲۰	۷۴۶۰	۹۷۳۰	۳۰۴۰	۵۳۹۰	۷۱۵۰	۹۳۹۰

جدول۶-۱۰- جریان مجاز مداوم شینه آلومینیومی در محیط داخلی با دمای ۳۵ درجه سلسیوس و دمای شینه ۶۵ درجه سلسیوس

ابعاد میلی‌متر	سطح مقطع میلی‌مترمربع	وزن کیلوگرم برمتر	نوع جریان برق	جریان مجاز شینه آلومینیومی بر حسب تعداد							
				رنگ‌شده				بدون‌رنگ			
				۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
۱۲×۵	۶۰	۰٫۱۶	~	۱۶۰	۲۹۲	۳۹۸	-	۱۳۹	۲۶۳	۳۷۵	-
			=	۱۶۰	۲۹۲	۳۹۸	-	۱۳۹	۲۶۳	۳۷۵	-
۲۰×۵	۱۰۰	۰٫۲۷	~	۲۵۴	۴۴۶	۵۷۰	-	۲۱۴	۳۹۲	۵۳۷	-
			=	۲۵۴	۴۴۶	۵۷۶	-	۲۱۴	۳۹۲	۵۳۹	-
۲۰×۱۰	۲۰۰	۰٫۵۴	~	۳۹۳	۷۳۰	۱۰۶۰	-	۳۳۱	۶۴۳	۹۴۲	-
			=	۳۹۳	۷۳۳	۱۰۲۰	-	۳۳۱	۶۴۶	۹۴۳	-
۳۰×۵	۱۵۰	۰٫۴۰	~	۳۵۶	۶۰۶	۷۳۹	-	۲۹۵	۵۲۶	۶۹۹	-
			=	۳۵۶	۶۰۸	۷۴۹	-	۲۹۶	۵۲۸	۷۰۳	-
۳۰×۱۰	۳۰۰	۰٫۸۰	~	۵۳۶	۹۵۶	۱۳۴۰	-	۴۴۵	۸۳۲	۱۲۰۰	-
			=	۵۳۸	۹۶۴	۱۲۸۰	-	۴۴۷	۸۳۹	۱۱۸۰	-
۴۰×۵	۲۰۰	۰/۵۴	~	۴۵۶	۷۶۲	۸۹۸	-	۳۷۶	۶۵۸	۸۵۱	-
			=	۴۵۷	۷۶۶	۹۱۵	-	۳۷۶	۶۶۲	۸۶۲	-
۴۰×۱۰	۴۰۰	۱٫۰۸	~	۶۷۷	۱۱۸۰	۱۶۵۰	۲۱۹۰	۵۵۷	۱۰۳۰	۱۴۶۰	۱۹۰۰
			=	۶۸۲	۱۲۰۰	۱۵۷۰	-	۵۶۱	۱۰۴۰	۱۴۶۰	-
۵۰×۵	۲۵۰	۰٫۶۷	~	۵۵۶	۹۱۶	۱۰۵۰	۱۵۸۰	۴۵۵	۷۸۶	۹۹۵	۱۵۲۰
			=	۵۵۸	۹۲۴	۱۰۸۰	-	۴۵۶	۷۹۴	۱۰۲۰	-
۵۰×۱۰	۵۰۰	۱٫۳۵	~	۸۱۵	۱۴۰۰	۱۹۴۰	۲۵۴۰	۶۶۷	۱۲۱۰	۱۷۱۰	۲۲۱۰
			=	۸۲۴	۱۱۴۰	۱۸۵۰	-	۶۷۴	۱۲۵۰	۱۷۳۰	-
۶۰×۵	۳۰۰	۰٫۸۱	~	۶۵۵	۱۰۷۰	۱۱۹۰	۱۸۲۰	۵۳۳	۹۱۰	۱۱۳۰	۱۷۵۰
			=	۶۵۸	۱۰۸۰	۱۲۴۰	۱۶۱۰	۵۳۶	۹۲۴	۱۱۷۰	۱۵۳۰
۶۰×۱۰	۶۰۰	۱٫۶۲	~	۹۵۱	۱۶۱۰	۲۲۰۰	۲۸۷۰	۷۷۴	۱۳۹۰	۱۹۴۰	۲۴۸۰
			=	۹۶۶	۱۶۸۰	۲۱۳۰	۲۸۱۰	۷۸۷	۱۴۵۰	۲۰۰۰	۲۶۵۰
۸۰×۱۰	۸۰۰	۲٫۱۶	~	۱۲۲۰	۲۰۰۰	۲۶۶۰	۳۴۶۰	۹۸۳	۱۷۲۰	۲۳۸۰	۲۹۹۰
			=	۱۲۵۰	۲۱۵۰	۲۶۷۰	۳۵۲۰	۱۰۱۰	۱۸۴۰	۲۵۲۰	۳۳۴۰
۱۰۰×۱۰	۱۰۰۰	۲/۷۰	~	۱۴۸۰	۲۳۹۰	۳۱۱۰	۴۰۲۰	۱۱۹۰	۲۰۵۰	۲۷۹۰	۳۴۷۰
			=	۱۵۴۰	۲۶۳۰	۳۲۳۰	۴۲۵۰	۱۲۴۰	۲۲۵۰	۳۰۶۰	۴۰۵۰
۱۲۰×۱۵	۱۸۰۰	۴٫۸۶	~	۲۰۹۰	۳۳۲۰	۴۲۴۰	۵۰۴۰	۱۶۸۰	۲۸۵۰	۳۶۵۰	۴۳۵۰
			=	۲۲۸۰	۳۹۵۰	۵۰۲۰	۶۶۱۰	۱۸۳۰	۳۳۹۰	۴۷۴۰	۶۲۸۰
۱۶۰×۱۵	۲۴۰۰	۶٫۴۷	~	۲۶۷۰	۴۱۴۰	۵۲۳۰	۶۱۲۰	۲۱۳۰	۳۵۴۰	۴۵۱۰	۵۲۷۰
			=	۲۹۶۰	۵۰۹۰	۶۳۷۰	۸۳۸۰	۲۳۷۰	۴۳۶۰	۶۰۴۰	۸۰۰۰
۲۰۰×۱۵	۳۰۰۰	۸٫۰۹	~	۳۲۳۰	۴۹۵۰	۶۲۴۰	۷۱۹۰	۲۵۸۰	۴۲۳۰	۵۳۷۰	۶۱۹۰
			=	۳۶۶۰	۶۲۵۰	۷۷۴۰	۱۰۱۶۰	۲۹۲۰	۵۳۵۰	۷۳۷۰	۹۷۵۰

۶-۷-۳- انتخاب سایز شینه خنثی

به جز در مواردی‌که به گونه دیگری بین استفاده کننده و سازنده تابلو توافق شده باشد، حداقل سطح مقطع هادی خنثی باید به شرح زیر باشد:

- برای مدارهایی که سطح مقطع هادی فاز کوچک‌تر و مساوی ۱۶ میلی‌مترمربع باشد معادل سطح مقطع هادی فاز.
- برای مدارهایی که سطح مقطع هادی فاز بزرگ‌تر از ۱۶ میلی‌مترمربع باشد معادل نصف سطح مقطع هادی فاز و حداقل ۱۶ میلی‌مترمربع.

یادآوری- در بعضی کاربری‌های خاص که منجر به مقادیر بالای هارمونیک توالی صفر (مثل هارمونیک سوم) می‌شود، سطح مقطع هادی خنثی باید بزرگ‌تر باشد. این موضوع به توافق بین استفاده کننده و سازنده تابلو مربوط می‌شود.

۶-۷-۴- انتخاب سایز شینه حفاظتی

در صورت انجام محاسبات لازم برای تعیین سطح مقطع هادی حفاظتی مطابق بند ۶-۷-۴-۱ نتایج به دست آمده از محاسبات مبنای تعیین سطح مقطع هادی حفاظتی قرار خواهد گرفت.

در غیر این صورت مقادیر معرفی شده در بند ۶-۷-۴-۲ مبنای تعیین حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی خواهد بود.

۶-۷-۴-۱- محاسبه سایز شینه حفاظتی

سایز شینه حفاظتی (PE) بر اساس استاندارد IEC 60364-5-54 و در نظر گرفتن حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی به منظور قطع مطمئن کلید حفاظتی مدار در حداقل جریان اتصال کوتاه فاز به هادی حفاظتی در زمان مجاز و تحمل حداکثر جریان اتصال کوتاه قابل پیش بینی با توجه به زمان قطع کلید انتخاب می‌شود.

$$S_{PE} = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} \qquad (۶-۲)$$

S_{PE}: سطح مقطع هادی حفاظتی، بر حسب میلی‌مترمربع

I: مقدار موثر جریان اتصال کوتاه محتمل (قابل پیش‌بینی) با امپدانس قابل اغماض که می‌تواند در هادی حفاظتی جریان یابد، بر حسب آمپر

t: زمان قطع وسیله حفاظتی، بر حسب ثانیه

لازم به ذکر است که تاثیر امپدانس مدارها در محدود کردن جریان خطا و محدود شدن I^2t (انرژی) توسط وسیله حفاظتی باید در نظر گرفته شود.

k: ضریبی است که به جنس هادی حفاظتی، عایق و سایر قسمت‌ها و همچنین دمای اولیه و نهایی آن بستگی دارد و مطابق با جدول (۶-۱۱) انتخاب می‌شود.

جدول۶-۱۱- ضریب k

پارامترها	عایق بندی هادی‌های حفاظتی یا غلاف کابل		
	ترموپلاستیک (PVC)	XLPE EPR هادی‌های لخت	لاستیک بوتیل
دمای نهایی هادی در شرایط اتصال کوتاه	۱۶۰ °C	۲۵۰ °C	۲۲۰ °C
جنس هادی:	ضریب K		
مس	۱۴۳	۱۷۶	۱۶۶
آلومینیوم	۹۵	۱۱۶	۱۱۰
فولاد	۵۲	۶۴	۶۰
دمای اولیه هادی ۳۰ °C فرض شده است.			

یادآوری- حداقل سطح مقطع شینه حفاظتی از جنس مس نباید کوچک‌تر از ۶۰ میلی‌مترمربع انتخاب شود و به‌کار بردن شینه از جنس برنج و مانند آن در تابلوهای برق مطابق با این مشخصات فنی مجاز نیست.

۶-۷-۴-۲- انتخاب سایز هادی حفاظتی

حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی باید به شرح زیر باشد:

- برای مدارهایی که سطح مقطع هادی فاز کوچک‌تر و مساوی ۱۶ میلی‌مترمربع باشد معادل سطح مقطع هادی فاز
- برای مدارهایی که سطح مقطع هادی فاز بزرگ‌تر از ۱۶ میلی‌مترمربع باشد معادل نصف سطح مقطع هادی فاز و حداقل ۱۶ میلی‌مترمربع

۶-۷-۵- حفاظت شینه‌ها در برابر خوردگی

خوردگی یک فرایند فیزیکی - شیمیایی است که در اثر واکنش سطوح مواد (بالاخص فلزات) با محیط اطراف آن ایجاد شده و منجر به تغییر مشخصه‌های این مواد می‌شود.

در خصوص تابلوهای برق، عوامل محیطی (مانند رطوبت و نمک)، عوامل شیمیایی موجود در محیط‌های صنعتی (مانند دی‌اکسید گوگرد و سولفید هیدروژن) و آلودگی‌های موجود در محیط‌های شهری (مانند گرد و غبار و دوده) می‌تواند منجر به افزایش سرعت خوردگی شود.

متداول‌ترین روش جلوگیری از خوردگی استفاده از پوشش‌های فلزی[1] (آبکاری) یا آلی[2] (رنگ) است.

[1] Metallic
[2] Organic

پوشش‌های فلزی که عموماً در تابلوهای برق به کار گرفته می‌شود شامل قلع (Sn)، نیکل (Ni) و نقره (Ag) است، همچنین پوشش‌های آلی می‌تواند شامل رنگ اپوکسی یا غلاف حرارتی باشد.

۶-۷-۵-۱- آبکاری قلع

- آبکاری شینه‌های مسی و آلومینیومی با فلز قلع و پوشش بین ۶ تا ۱۲ میکرون صورت می‌پذیرد.
- آبکاری قلع نباید برای قطعات و کنتاکت‌های متحرک استفاده شود.

۶-۷-۵-۲- آبکاری نیکل

- آبکاری شینه‌های مسی با فلز نیکل و پوشش حدوداً ۲۰ میکرون صورت می‌پذیرد.
- آبکاری نیکل منجر به ۲۰درصد کاهش رسانایی شینه مسی می‌شود و صرفاً برای قطعات و کنتاکت‌های متحرک توصیه می‌شود.

۶-۷-۵-۳- آبکاری نقره

- آبکاری شینه‌های مسی با فلز نقره و پوشش بین ۲ تا ۵ میکرون در محیط‌هایی که فاقد ترکیبات گوگرد است قابل استفاده است.

۶-۷-۵-۴- پوشش رنگ اپوکسی

- استفاده از پوشش رنگ اپوکسی (مات) با ضخامت حدوداً ۱۲۰ میکرون علاوه بر جلوگیری از ایجاد خوردگی روی سطح شینه‌های مسی، با افزایش تبادل حرارتی شینه با محیط اطراف منجر به افزایش جریان مجاز شینه تا حدود ۱۵ درصد می‌شود.
- قبل از اعمال پوشش رنگ اپوکسی، باید شینه‌های مسی چربی زدایی شده و محل اتصالات با استفاده از چسب نواری مخصوص پوشانده شود.
- پس از پخته شدن رنگ به مدت حدوداً ۲۰ دقیقه در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس، نوارهای چسبانده شده روی شینه جدا و سطح شینه پاکسازی می‌شود.

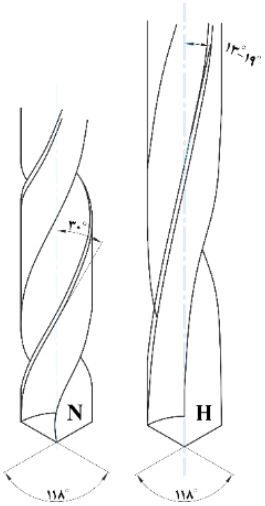
جدول۶-۱۲- انواع پوشش شینه‌ها و کاربرد آن‌ها

نوع پوشش		ضخامت	کاربرد	ویژگی
فلزی	قلع (Sn)	۶ تا ۱۲ میکرون	شینه‌ها و کنتاکت‌های ثابت	بدون کاهش رسانایی
	نیکل (Ni)	۲۰ میکرون	شینه‌ها و کنتاکت‌های متحرک	۲۰ درصد کاهش رسانایی
	نقره (Ag)	۲ تا ۵ میکرون	شینه‌ها و کنتاکت‌های متحرک	استفاده در محیط‌های فاقد ترکیبات گوگرد
آلی	رنگ اپوکسی	۱۲۰ میکرون	شینه‌ها (غیر از محل اتصالات)	۱۵درصد افزایش رسانایی
	غلاف حرارتی	-	شینه‌ها (غیر از محل اتصالات)	حفاظت در برابر تماس مستقیم

۶-۷-۶- فرم‌دهی و ماشین‌کاری شینه‌ها

به منظور حفظ کیفیت و استحکام شینه‌های مسی فرایند برش، سوراخ‌کاری و خم‌کاری شینه‌های مسی توسط ماشین آلات هیدرولیک انجام می‌شود.

در صورتی‌که سوراخ‌کاری شینه‌های مسی با استفاده از دریل انجام می‌شود، روغن‌کاری مناسب و استفاده از مته با زاویه مارپیچ کوچک (تیپ N یا H) توصیه می‌شود.



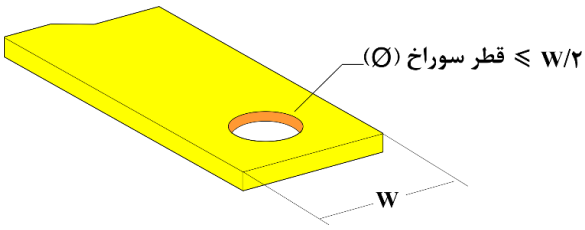
شکل۶-۱۵- مته مناسب سوراخکاری شینه مسی

قطر سوراخ‌کاری شینه‌ها متناسب با سایز پیچ و مطابق با جدول (۶-۱۳) انتخاب می‌شود.

جدول۶-۱۳- حداکثر قطر سوراخ‌کاری شینه‌ها

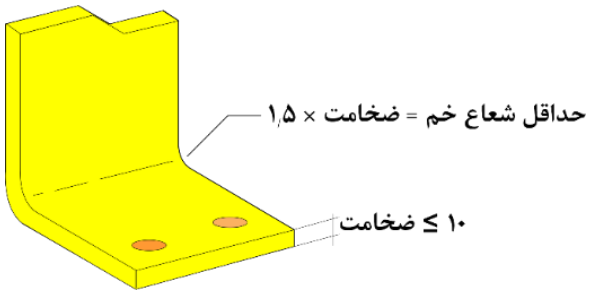
اندازه پیچ	حداکثر قطر سوراخ‌کاری (میلی‌متر)
M۶	۷
M۸	۱۰
M۱۰	۱۲
M۱۲	۱۴

قطر سوراخکاری شینه‌ها همواره باید کوچک‌تر از نصف پهنای شینه باشد.



شکل۶-۱۶- نسبت قطر سوراخ به عرض شینه

شعاع خم شینه‌های مسی حداقل ۱٫۵ و شینه‌های آلومینیومی حداقل ۲ برابر ضخامت شینه است.

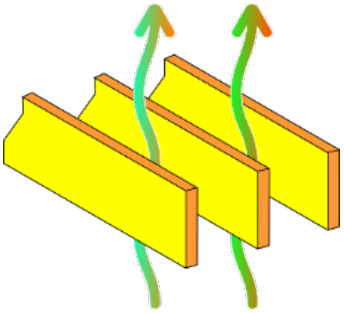


شکل۶-۱۷- شعاع خم شینه مسی

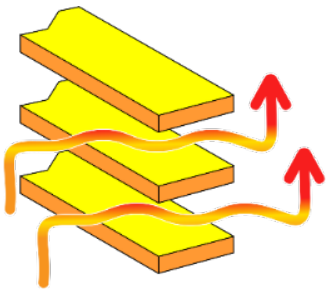
۶-۷-۷- نصب شینه‌ها

شینه‌های برق‌دار (شامل شینه‌های فاز و خنثی) بر روی مقره‌های استاندارد که استحکام لازم جهت ثابت نگه داشتن شینه‌ها در شرایط عادی و اتصال کوتاه را دارد و با رعایت فاصله‌های عایقی و خزشی مناسب نصب می‌شود.

به منظور بهبود تبادل حرارتی، شینه‌ها تا حد امکان به‌صورت قائم (بر روی لبه) نصب می‌شود زیرا نصب کردن شینه‌ها به‌صورت تخت منجر به کاهش تبادل حرارتی و در نتیجه کاهش (حدود ۲۰ درصد) جریان مجاز قابل عبور از شینه‌ها می‌شود.



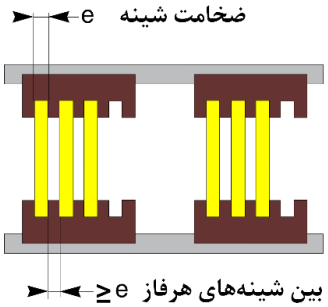
شکل۶-۱۸- نصب قائم شینه‌ها



شکل۶-۱۹- نصب شینه‌ها به‌صورت تخت

شینه‌ها تا حد امکان در بالای تابلو نصب می‌شود زیرا نصب کردن شینه‌ها در پایین تابلو باعث انتقال حرارت به تجهیزات بالاتر می‌شود و از طرف دیگر باید تمهیدات اضافی به منظور جلوگیری از سقوط اجسام هادی روی شینه‌ها در نظر گرفته شود.

در صورتی‌که بیش از یک شینه برای هر فاز مورد نیاز باشد، فاصله بین شینه‌های هر فاز حداقل به اندازه ضخامت یک شینه است.

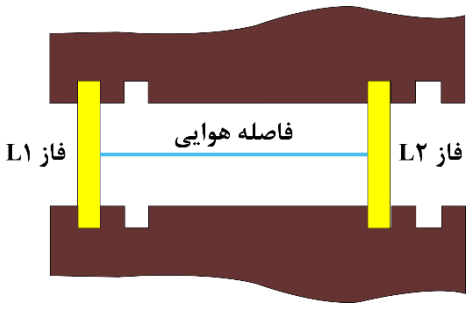


شکل۶-۲۰- فاصله بین شینه‌های یک‌فاز

فاصله بین شینه‌های دوفاز مختلف یا فاصله بین شینه‌ها و بدنه با رعایت حدود مجاز فاصله هوایی و براساس جدول (۶-۱۴) در نظر گرفته می‌شود.

جدول۶-۱۴- حداقل فاصله هوایی براساس ولتاژ ضربه‌ای قابل تحمل اسمی

ولتاژ ضربه‌ای قابل تحمل اسمی U_{imp} kV	حداقل فاصله هوایی mm
≤۲٫۵	۱٫۵
۴٫۰	۳٫۰
۶٫۰	۵٫۵
۸٫۰	۸٫۰
۱۲٫۰	۱۴٫۰



شکل۶-۲۱- فاصله بین شینه‌های غیرهم‌فاز

۶-۷-۸- اتصال شینه‌ها

۶-۷-۸-۱- اصول کلی

برای اتصال شینه‌ها به یکدیگر یا به تجهیزات، موارد زیر در نظر گرفته می‌شود:

- جنس، نوع و سایز پیچ و مهره‌ها
- سطح اتصال مناسب
- تمیزی سطح اتصالات
- فشار سطح تماس دو شینه

- اعمال گشتاور مناسب برای سفت کردن پیچ‌ها

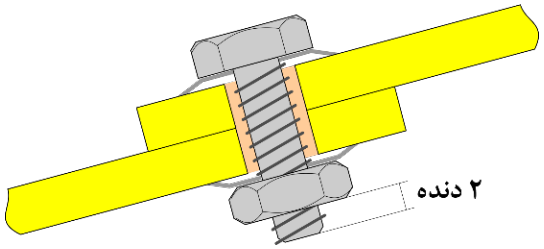
۶-۷-۸-۲- جنس، نوع و سایز پیچ و مهره‌ها

اتصال شینه‌های مسی با استفاده از پیچ و مهره شش گوش زرد دیکرومات با آبکاری روی (Zn8C) و درجه سختی ۸/۸ است (درجه سختی واشرها باید حداقل برابر با پیچ و مهره باشد).

استفاده از سایر انواع اتصال دهنده‌ها که مقاومت مکانیکی مناسب داشته و منجر به خوردگی سطح شینه نمی‌شود (مانند فولاد ضد زنگ) مجاز است.

بهره‌گیری از سایر سیستم‌های اتصال شینه‌ها (مانند کلمپ) که اجرا و عملکرد آن بر اساس دستورالعمل‌های معتبر و تأیید شده صورت می‌پذیرد مجاز است.

طول پیچ متناسب با مجموع ضخامت شینه‌ها، واشر و مهره به علاوه ۲ دنده است.

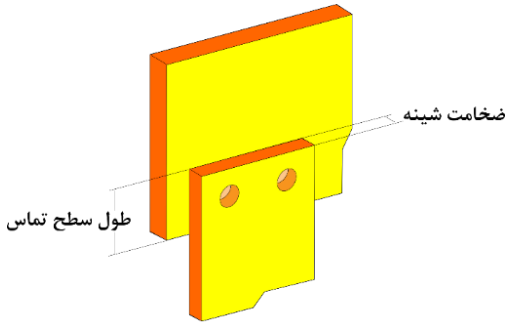


شکل۶-۲۲- طول پیچ مناسب برای اتصال شینه‌ها

اتصال شینه‌ها به تجهیزات با استفاده از پیچ و مهره‌های استاندارد براساس دستورالعمل سازنده تجهیز است.

۶-۷-۸-۳- سطح اتصال شینه‌ها

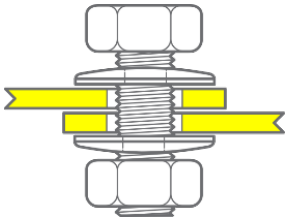
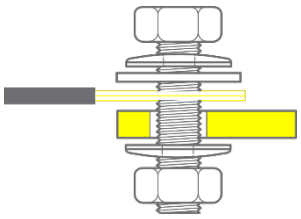
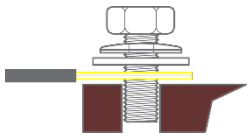
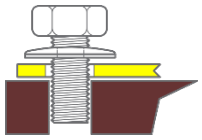
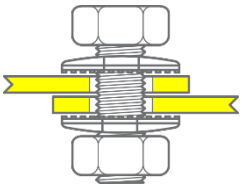
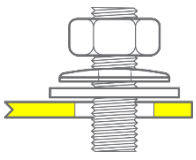
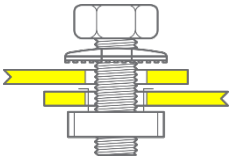
برای شینه‌های تا ضخامت ۱۰ میلی‌متر، طول سطح تماس شینه فرعی با شینه اصلی حدوداً بین ۳ تا ۵ برابر ضخامت شینه فرعی است.



حداقل طول سطح تماس= ضخامت شینه × ۳~۵

شکل۶-۲۳- سطح اتصال شینه‌ها به یکدیگر

جدول۶-۱۵- انواع اتصال‌های پیچ و مهره‌ای و کاربرد آن‌ها

کاربری	نمایش	چیدمان
اتصال شینه صلب بر روی شینه صلب		- پیچ شش گوش - واشر مخروطی دندانه‌دار - شینه صلب - شینه صلب - واشر مخروطی دندانه‌دار - مهره شش گوش
اتصال شینه قابل انعطاف (فلکسیبل) بر روی شینه صلب		- پیچ شش گوش - واشر مخروطی دندانه‌دار - واشر تخت - شینه قابل انعطاف - شینه صلب - واشر مخروطی دندانه‌دار - مهره شش گوش
اتصال شینه قابل انعطاف (فلکسیبل) به ترمینال کلید		- مهره شش گوش - واشر مخروطی دندانه‌دار - واشر تخت - شینه قابل انعطاف - ترمینال کلید
اتصال شینه صلب به ترمینال کلید		- پیچ شش گوش - واشر مخروطی دندانه‌دار - شینه صلب - ترمینال کلید
اتصال به منظور پیوستگی هم‌بندی		- پیچ شش گوش - واشر تماسی - قطعه هم‌بندی پوشش‌دار - واشر تماسی - مهره شش گوش
شرایط خاص: سوراخ‌های مستطیلی		- در صورتی‌که سوراخی که پیچ از آن عبور می‌کند مستطیلی باشد از واشر تخت ضخیم مابین شینه و واشر مخروطی دندانه‌دار استفاده می‌شود - قطر واشر تخت حداقل ۲ برابر قطر سوراخ است
مهره کشویی (دنباله‌دار)		- مهره کشویی باید متناسب با ضخامت اجزایی که به یکدیگر متصل می‌شود انتخاب شود - به منظور تامین پیوستگی الکتریکی باید از مهره کشویی از نوع تماسی استفاده نمود

۶-۷-۸-۴- تمیزی سطح شینه‌ها

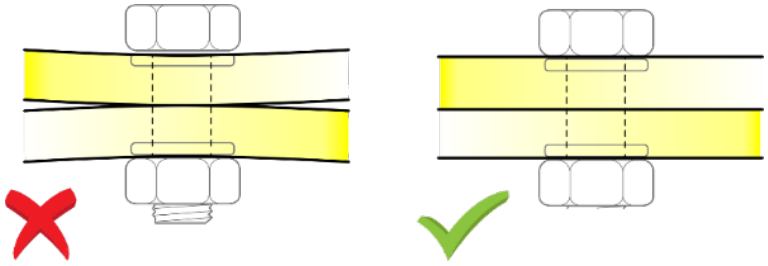
سطوح تماس شینه‌ها باید تمیز، خشک، صاف و عاری از هرگونه خش، پلیسه یا خوردگی باشد.

به منظور چربی زدایی سطح شینه می‌توان از الکل صنعتی استفاده نمود.

۶-۷-۸-۵- فشار سطح تماس شینه‌ها

فشار سطح تماس شینه‌ها به عواملی چون تعداد نقاط اتصال، نوع اتصال دهنده‌ها (کیفیت و قطر) و میزان گشتاور اعمالی به آن بستگی دارد.

اعمال گشتاور بیش از حد می‌تواند منجر به کاهش سطح تماس و استحکام محل اتصال شود.



شکل۶-۲۴- فشار سطح تماس شینه‌ها

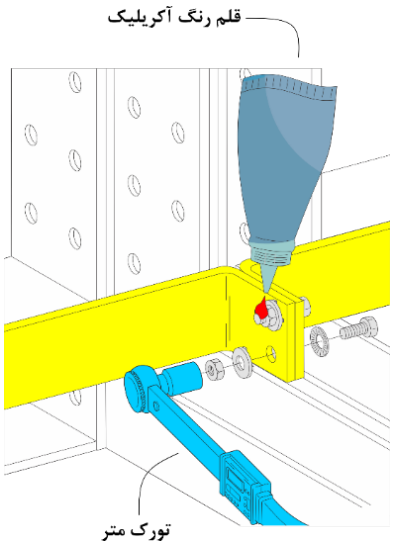
۶-۷-۸-۶- اعمال گشتاور مناسب

اعمال گشتاور مناسب برای سفت کردن پیچ و مهره بر اساس توصیه سازنده تجهیزات و در صورت فقدان دستورالعمل سازنده مطابق جدول (۶-۱۶) صورت می‌پذیرد.

جدول۶-۱۶- گشتاور پیشنهادی برای سفت کردن پیچ و مهره کلاس ۸,۸ با واشر تخت و واشر فنری

سایز پیچ و مهره (میلی‌متر)	گشتاور پیشنهادی (نیوتن متر)	
	واشر تخت و واشر فنر	واشر تماسی
۶	۸٫۵	۱۳
۸	۱۹	۲۸
۱۰	۳۸	۵۰
۱۲	۶۲	۷۵
۱۴	۹۸	۱۲۰
۱۶	۱۵۵	۱۸۵

پس از سفت کردن اتصالات با استفاده از تورک‌متر، پیچ یا مهره با استفاده از قلم رنگ آکریلیک با ماندگاری طولانی و مقاوم در برابر حرارت علامت‌گذاری می‌شود تا علاوه بر نشان دادن تکمیل کار، در صورت شل شدن اتصال قابل تشخیص باشد.

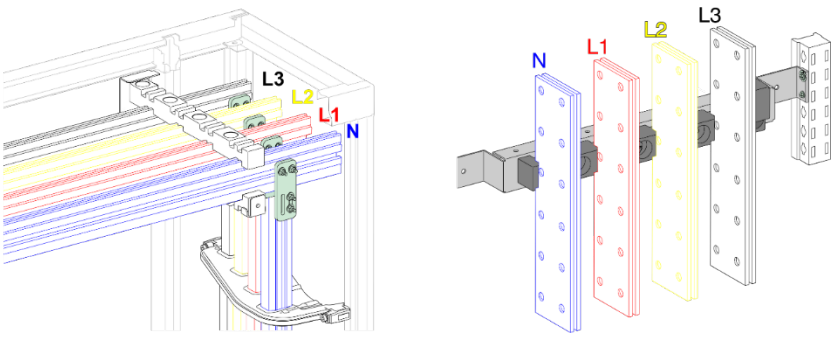


شکل۶-۲۵- علامت‌گذاری پیچ و مهره‌ها پس از سفت کردن با تورک متر

۶-۷-۹- علامت گذاری شینه‌ها

به منظور سهولت در تشخیص و تمایز شینه‌ها، باید از پوشش‌های آلی (جدول شماره (۶-۱۲)) با طیف رنگ زیر یا کد گذاری توسط حروف، با در نظر گرفتن الزامات عمومی استاندارد IEC 60445 استفاده نمود:

- فاز اول: قرمز
- فاز دوم: زرد
- فاز سوم: مشکی
- نول (خنثی): آبی روشن
- هادی حفاظتی: سبز و زرد



شکل۶-۲۶- رنگ‌بندی و ترتیب قرار گرفتن شینه‌ها

یادآوری- کد گذاری شینه‌ها به ترتیب فازها، خنثی و هادی حفاظتی با حروف L۱، L۲، L۳، N و PE است.
ترتیب قرار گرفتن شینه‌ها در چیدمان عمقی از جلو به عقب به ترتیب خنثی، فاز اول، فاز دوم، فاز سوم و در چیدمان عرضی از چپ به راست به ترتیب خنثی، فاز اول، فاز دوم، فاز سوم است.

۶-۸- وسایل حفاظتی

در این بخش تعاریف، مشخصات فنی و شرایط نصب و بهره برداری وسایل حفاظتی معرفی می‌شود.
استاندارد ساخت و روش‌های تست هر کدام از وسایل مطابق با بخش ۶-۳ است.

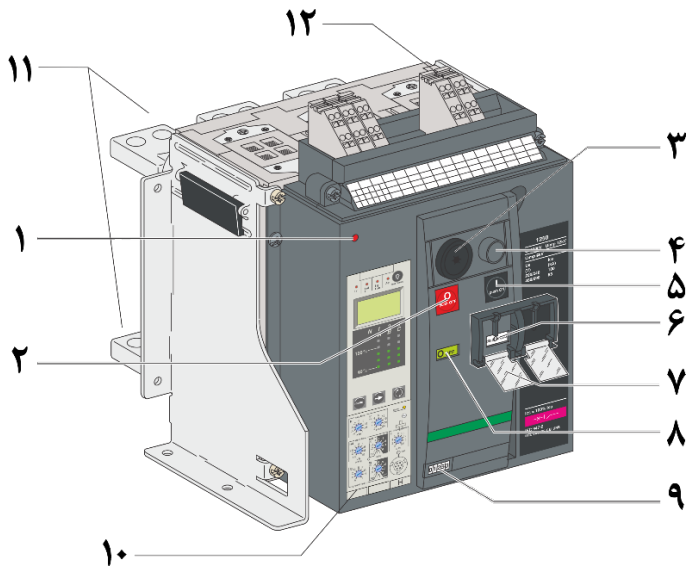
۶-۸-۱- کلید هوایی[1]

- یک نوع کلید اتوماتیک است که متناسب با نوع واحد حفاظتی[2] نصب شده بر روی آن، قادر به تشخیص و رفع انواع خطای اضافه بار، اتصال کوتاه، جریان باقی‌مانده و خطای زمین است.
- واحد حفاظتی این نوع کلید ممکن است از نوع الکترونیکی (E) یا حرارتی و مغناطیسی (TM) باشد و از آنجا که کنتاکت‌های کلید در داخل محفظه‌ای با فشار محیط و در جریان هوای آزاد باز و بسته می‌شود به آن کلید هوایی گفته می‌شود.

۶-۸-۱-۱- مشخصات فنی و کاربرد

مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست این نوع کلیدها مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است.
این کلیدها عموماً از ۶۳۰ تا ۶۳۰۰ آمپر به‌صورت سه‌پل و چهارپل و در دو نوع ثابت و کشویی ساخته می‌شود.
از این کلید عموماً به‌عنوان کلید اصلی ورودی تاسیسات الکتریکی و بعد از ترانسفورماتور قدرت یا موتور-ژنراتور استفاده می‌شود و با توجه به ساختار مکانیکی قوی و نوع واحد حفاظتی می‌تواند در رده بهره‌برداری B و به منظور تامین سلکتیویته به کار گرفته شود.

[1] ACB: Air Circuit Breaker
[2] Trip Unit



۱) دکمه ریست نمایشگر مکانیکی تریپ
۲) شستی قطع (مکانیکی)
۳) قفل حالت قطع
۴) شستی وصل (الکتریکی)
۵) شستی وصل (مکانیکی)
۶) نمایشگر وضعیت شارژ فنر
۷) قفل شستی‌ها
۸) نمایشگر وضعیت کلید
۹) شمارشگر عملکرد
۱۰) واحد حفاظتی
۱۱) کنتاکت ترمینال‌های خروجی/ورودی قدرت
۱۲) ترمینال‌های کنترلی و سیگنال

شکل۶-۲۷- اجزای مختلف نوعی کلید هوایی

۶-۸-۲- کلید کمپکت[1]

یک نوع کلید اتوماتیک است که متناسب با نوع واحد حفاظتی نصب شده بر روی آن، قادر به تشخیص و رفع انواع خطای اضافه بار، اتصال کوتاه، جریان باقی‌مانده و خطای زمین است.

واحد حفاظتی این نوع کلید ممکن است از نوع الکترونیکی (E) یا حرارتی و مغناطیسی (TM) باشد و به علت برخورداری از مکانیزم‌های الکتریکی و مکانیکی فشرده با عنوان کلید کمپکت شناخته می‌شود.

۶-۸-۲-۱- مشخصات فنی و کاربرد

مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست این نوع کلیدها مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است.

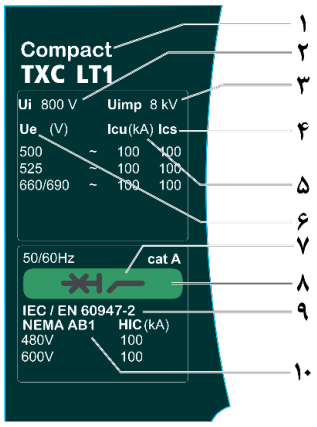
این کلیدها عموماً از ۱۶ تا ۳۲۰۰ آمپر به‌صورت تک‌پل، دوپل، سه‌پل، چهارپل و در دو نوع ثابت و کشویی ساخته می‌شود.

از این کلید به‌عنوان کلید اصلی ورودی و همچنین خروجی تابلو برق یک تاسیسات الکتریکی استفاده می‌شود.

[1] MCCB: Moulded Case Circuit Breaker



شکل۶-۲۸- کلید کمپکت تک‌پل، دوپل و سه‌پل



۱) تیپ کلید شامل سایز فریم و کلاس اتصال کوتاه

۲) ولتاژ عایقی نامی

۳) تحمل ولتاژ ضربه نامی

۴) قدرت قطع سرویس

۵) قدرت قطع نهایی برای ولتاژهای عملکرد مختلف

۶) ولتاژ عملکرد

۷) لیبل رنگی نشان دهنده قدرت قطع کلید (بر اساس سازنده)

۸) نماد کلید قطع کننده ایزولاتور

۹) استاندارد مرجع

۱۰) استانداردهای اصلی که کلید با آن مطابقت دارد

شکل۶-۲۹- پلاک مشخصات کلید کمپکت

۶-۸-۳- کلید مینیاتوری[1]

کلیدهای مینیاتوری عموماً برای حفاظت مدارهای نهایی در تاسیسات الکتریکی صنایع و همچنین ساختمان‌های مسکونی و مشابه استفاده می‌شود.

ویژگی‌های این نوع کلید شامل ابعاد کوچک، سهولت نصب، قیمت ارزان و همچنین عدم نیاز به دانش فنی خاص برای بکارگیری این کلید است.

یادآوری ۱- کلیدهای مینیاتوری ساخته شده مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ می‌تواند به‌عنوان کلید جداکننده (ایزولاتور) به کار گرفته شود.

یادآوری ۲- حداقل قدرت قطع کلیدهای مینیاتوری مورد استفاده در تابلوهای برق ساخته شده مطابق با این مشخصات فنی باید ۶ کیلوآمپر باشد.

[1] MCB: Miniature Circuit Breaker

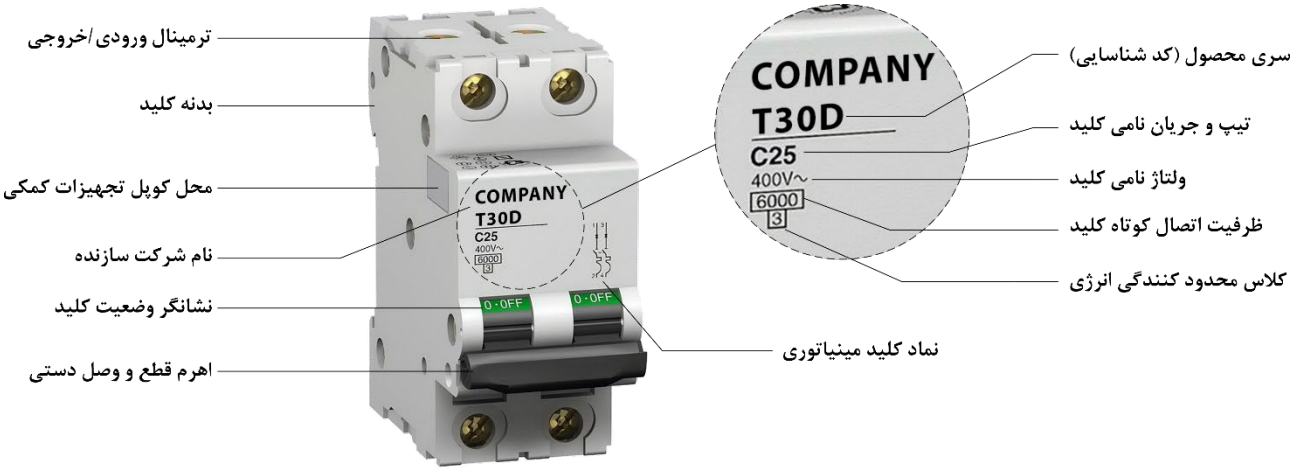
۶-۸-۳-۱- مشخصات فنی و کاربرد

کلیدهای مینیاتوری برای حفاظت مدارها در تاسیسات الکتریکی صنایع و همچنین کلیدهای مینیاتوری برای حفاظت مدارها در تاسیسات الکتریکی با کاربری مسکونی و مشابه مطابق با مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست ذکر شده در بخش ۶-۳ است.

این کلیدها با قدرت قطع پایین و متوسط (تا ۲۵ کیلوآمپر) عموماً از ۶ تا ۱۲۵ آمپر به‌صورت تک‌پل، دوپل، سه‌پل و چهارپل تولید می‌شود.

اطلاعات زیر باید به‌صورت خوانا و همیشگی بر روی کلید درج شده باشد:

- نام یا نشانه تجاری سازنده
- مدل، شماره کاتالوگ یا شماره سریال
- ولتاژ(های) اسمی
- جریان اسمی بدون علامت "A" با پیشوندهای قطع آنی (B, C, D) مثلاً B۱۶
- فرکانس اسمی (در صورتی‌که کلید برای یک فرکانس مشخص طراحی شده باشد)
- ظرفیت اتصال کوتاه اسمی بر حسب آمپر
- نقشه سیم‌کشی (مگر اینکه روش صحیح اتصالات مشهود باشد)
- دمای مبنای محیط (در صورتی‌که متفاوت با ۳۰ درجه سلسیوس باشد)
- درجه حفاظت (مگر اینکه IP20 باشد)
- کلاس محدود کنندگی انرژی داخل یک مربع (در صورت کاربرد)



شکل۶-۳۰- اجزای مختلف کلید مینیاتوری و مشخصات فنی آن

۶-۸-۳-۲- تیپ‌های مختلف کلید مینیاتوری

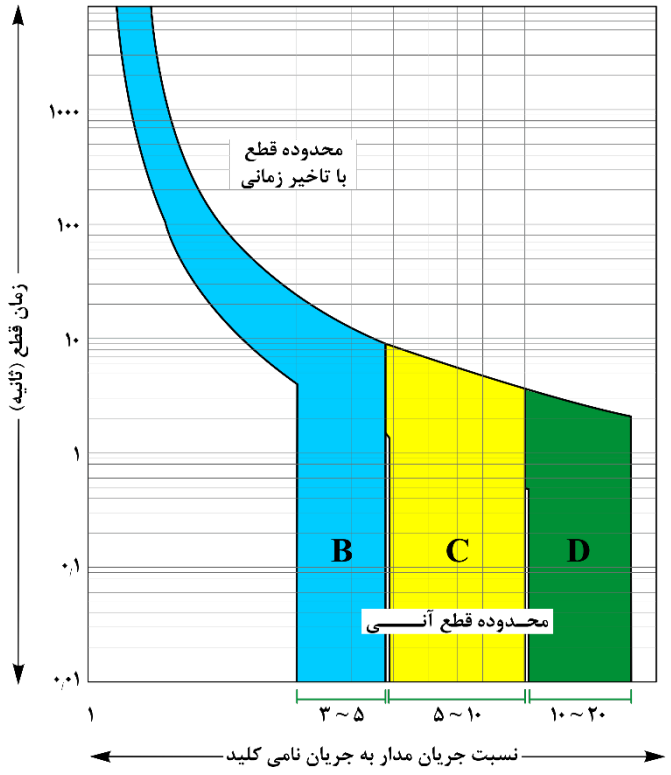
کلید مینیاتوری در تاسیسات الکتریکی با کاربری مسکونی و مشابه در سه تیپ مختلف و بر اساس جریان قطع اتصال کوتاه دسته بندی و ساخته می‌شود.

در جریان نامی یکسان، عملکرد این کلیدها در ناحیه اضافه بار مشابه یکدیگر است.

تیپ B: محدوده قطع آنی کلید بین ۳ تا ۵ برابر جریان نامی

تیپ C: محدوده قطع آنی کلید بین ۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی

تیپ D: محدوده قطع آنی کلید بین ۱۰ تا ۲۰ برابر جریان نامی



شکل۶-۳۱- منحنی قطع کلیدهای مینیاتوری

۶-۸-۴- وسیله جریان باقی‌مانده[1]

وسیله جریان باقی‌مانده یا RCD یک عبارت عمومی است و به آن دسته از وسایل که بر اساس تشخیص جریان تفاضلی عمل می‌کند، اطلاق می‌شود.

وسیله جریان باقی‌مانده باید سه عملکرد زیر را پوشش دهد:

- تشخیص جریان باقی‌مانده
- مقایسه با مقدار مرجع

[1] Residual Current Device

• باز کردن کنتاکت‌ها هنگامی که مقدار جریان باقی‌مانده از مقدار مرجع بیش‌تر می‌شود

سایر وسایلی که فقط یک یا دو عملکرد فوق را تامین می‌کند و قادر به تامین هر سه عملکرد به طور همزمان نیست را نمی‌توان وسیله جریان باقی‌مانده یا RCD نامید.

این وسایل براساس انواع ویژگی‌های زیر قابل دسته‌بندی هستند:

• نحوه عملکرد (بر اساس استاندارد ساخت)
• نوع نصب (ثابت یا سیار)
• قابلیت تنظیم جریان باقی‌مانده عامل (قابل تنظیم، غیرقابل تنظیم)
• مشخصه عملکرد در حضور جریان باقی‌مانده حاوی مولفه‌های(d.c.) (تیپ‌های A, AC, B, F)
• قابلیت تاخیر زمانی در قطع (بدون تاخیر زمانی، با تاخیر زمانی ثابت، قابل تنظیم)
• حفاظت در برابر تاثیرات بیرونی (نیازمند محفظه، بدون نیاز به محفظه)
• نحوه نصب (توکار، روکار، تابلویی)
• نحوه اتصال (اتصال الکتریکی، مکانیکی)
• نوع ترمینال (پیچی، فشاری، مسی، آلومینیومی)
• تعداد پل‌ها
• جریان قطع آنی (در خصوص کلیدهای جریان باقی‌مانده ترکیبی)
• مشخصه I^2t (در خصوص کلیدهای جریان باقی‌مانده ترکیبی)
• حفاظت در برابر اضافه جریان (بدون حفاظت، حفاظت اضافه بار و/یا اتصال کوتاه)
• نحوه ساخت و ساختار کلید (مستقل، نیازمند تجهیزات جانبی)
• کاربری (معمولی، یکپارچه با لوازم برقی، قابل جدا شدن)
• دمای عملکرد (۴۰+ تا ۵-/۴۰+ تا ۲۵- درجه سلسیوس/سایر)

این وسایل در قالب کلیدهای جریان باقی‌مانده (RCCB)، کلیدهای ترکیبی جریان باقی‌مانده (RCBO)، انواع رله‌ها[1]، واحد حفاظت الکترونیکی[2] و غیره ساخته می‌شود.

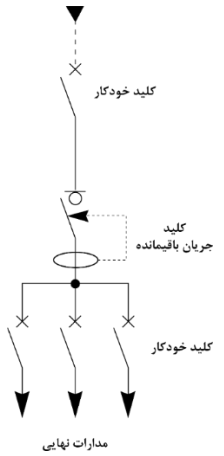
تمام این وسیله‌ها مجهز به دکمه تست به منظور بررسی دوره‌ای عملکرد مکانیزم قطع آن است.

۶-۸-۴-۱- کلید جریان باقی‌مانده (RCCB)

مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست این نوع کلیدها مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است.

[1] ELR: Earth Leakage Relay
[2] ETU: Electronic Trip Unit

کلید جریان باقی‌مانده فاقد حفاظت اضافه بار و اتصال کوتاه است و باید مطابق با دستورالعمل سازنده توسط کلید یا فیوز بالادست خود در برابر اضافه جریان محافظت شود.



شکل۶-۳۲- جانمایی RCCB برای حفاظت جریان باقی‌مانده مدارهای نهایی

کلید جریان باقی‌مانده (RCCB) با حساسیت‌های مختلف از جمله ۱۰، ۳۰، ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌آمپر در دو نوع دوپل و چهارپل با جریان نامی مختلف مانند ۲۵، ۴۰، ۶۳، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۵ آمپر ساخته می‌شود.

کلید جریان باقی‌مانده با جریان عامل حداکثر ۳۰ میلی‌آمپر به منظور حفاظت افراد در برابر شوک الکتریکی استفاده می‌شود.

کلید جریان باقی‌مانده با جریان عامل بزرگ‌تر از ۳۰ میلی‌آمپر برای کاهش احتمال آتش سوزی در اثر نشت جریان و همچنین حفاظت تجهیزات و وسایل در برابر خطای زمین استفاده می‌شود.

این کلیدها از نظر تاخیر زمانی قطع جریان باقی‌مانده به دو دسته قطع آنی و قطع تاخیری (S) تقسیم بندی می‌شود.

این کلیدها همچنین بر حسب طرز کار در صورت وجود اجزای متشکله (.d.c) عمدتاً به دو تیپ زیر تقسیم بندی می‌شود:

- AC: برای قطع مطمئن جریان‌های باقی‌مانده متناوب سینوسی
- A: برای قطع مطمئن جریان‌های باقی‌مانده متناوب سینوسی و جریان‌های باقی‌مانده مستقیم پالسی

سایر انواع کلیدهای جریان باقی‌مانده (مانند تیپ‌های B و F) مطابق با استانداردهای معتبر و مشخصات فنی ارایه شده توسط سازنده آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یادآوری- کلیدهای جریان باقی‌مانده ساخته شده مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ می‌تواند به‌عنوان کلید جداکننده (ایزولاتور) به کار گرفته شود.

اطلاعات زیر باید به‌صورت خوانا و همیشگی بر روی کلید درج شده باشد:

- نام یا نشانه تجاری سازنده
- مدل، شماره کاتالوگ یا شماره سریال

- ولتاژ(های) اسمی
- فرکانس یا فرکانس‌های اسمی
- جریان اسمی
- جریان باقی‌مانده عامل اسمی
- تنظیم‌های جریان باقی‌مانده عامل (در مورد کلیدهای دارای چند جریان باقی‌مانده عامل)
- درجه حفاظتی (در صورتی‌که غیر از IP20 باشد)
- ظرفیت‌های قطع و وصل باقی‌مانده اسمی (در صورتی‌که با قدرت قطع و وصل اسمی متفاوت باشد)
- نماد S (حرف S در مربع) برای کلیدهای نوع S
- عمل کننده وسیله آزمون توسط حرف T
- دیاگرام سیم‌کشی
- مشخصه عملکردی در صورت وجود جریان‌های باقی‌مانده دارای اجزای متشکله (d.c.)
  - کلیدهای نوع AC با نماد 
  - کلیدهای نوع A با نماد 



شکل۶-۳۳- کلید جریان باقی‌مانده سه‌فاز چهارپل

۶-۸-۴-۲- کلید جریان باقی‌مانده ترکیبی

مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست این نوع کلیدها مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است.

کلید جریان باقی‌مانده ترکیبی (RCBO) از ترکیب کلید مینیاتوری (مطابق با مشخصات بند ۶-۸-۳) و کلید جریان باقی‌مانده (مطابق با بند ۶-۸-۴-۱) ساخته می‌شود و علاوه بر حفاظت اضافه بار و اتصال کوتاه، حفاظت جریان باقی‌مانده را هم تامین می‌کند.

یادآوری- کلیدهای جریان باقی‌مانده ترکیبی ساخته شده مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ می‌تواند به‌عنوان کلید جداکننده (ایزولاتور) نیز به کار گرفته شود.

اطلاعات زیر باید به‌صورت خوانا و همیشگی بر روی کلید درج شده باشد:

- نام یا نشانه تجاری سازنده
- مدل، شماره کاتالوگ یا شماره سریال
- ولتاژ(های) اسمی
- جریان اسمی بدون علامت "A" با پیشوندهای قطع آنی (B, C, D) مثلاً B ۱۶
- فرکانس یا فرکانس‌های اسمی
- جریان باقی‌مانده عامل اسمی
- تنظیم‌های جریان باقی‌مانده عامل (در مورد کلیدهای دارای چند جریان باقی‌مانده عامل)
- ظرفیت اتصال کوتاه اسمی بر حسب آمپر
- دمای مبنای محیط (در صورتی‌که متفاوت با ۳۰ درجه سلسیوس باشد)
- درجه حفاظت (مگر اینکه IP20 باشد)
- ظرفیت‌های قطع و وصل باقی‌مانده اسمی (در صورتی‌که با قدرت قطع و وصل اسمی متفاوت باشد)
- نماد 🅂 (حرف S در مربع) برای کلیدهای نوع S
- عمل کننده وسیله آزمون توسط حرف T
- دیاگرام سیم‌کشی
- مشخصه عملکردی در صورت وجود جریان‌های باقی‌مانده دارای اجزای متشکله (d.c.)
  - کلیدهای نوع AC با نماد 
  - کلیدهای نوع A با نماد 
- حداکثر جریان قطع کلیدهای تیپ D (در صورتی‌که بیش از ۲۰برابر جریان نامی باشد)



شکل۶-۳۴- کلید جریان باقی‌مانده ترکیبی تک‌فاز دوپل

۶-۸-۵- وسیله تشخیص خطای قوس[1]

این وسیله با هدف کاهش خطر آتش‌سوزی در مدارهای انتهایی به علت جریان خطای قوس که می‌تواند منجر به ایجاد آتش‌سوزی شود به کار گرفته می‌شود.

این وسیله در ترکیب با سایر وسایل حفاظتی مانند کلید مینیاتوری، کلید جریان باقی‌مانده یا کلید جریان باقی‌مانده ترکیبی ساخته می‌شود.

یادآوری- کلیدهای تشخیص خطای قوس ساخته شده مطابق با استاندارد ذکر شده در بخش ۶-۳ می‌تواند به‌عنوان کلید جداکننده (ایزولاتور) نیز به کار گرفته شود.

۶-۸-۵-۱- مشخصات فنی

مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست این نوع کلیدها مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است.

اطلاعات زیر باید به‌صورت خوانا و همیشگی بر روی کلید درج شده باشد:

- نام یا نشانه تجاری سازنده
- مدل، شماره کاتالوگ یا شماره سریال
- ولتاژ(های) اسمی
- فرکانس یا فرکانس‌های اسمی
- جریان اسمی
- ظرفیت‌های قطع و وصل اسمی
- درجه حفاظتی (در صورتی‌که غیر از IP20 باشد)
- دیاگرام سیم‌کشی
- استاندارد مرجع



شکل۶-۳۵- وسیله تشخیص خطای قوس

۶-۸-۶- وسایل حفاظت اضافه ولتاژ (برقگیر حفاظتی)[2]

این وسیله با هدف حفاظت مدارها و تجهیزات در برابر اثرات مستقیم و غیرمستقیم صاعقه یا سایر اضافه ولتاژهای گذرا (ناشی از کلیدزنی) به کار گرفته می‌شود و شامل حداقل یک قسمت غیرخطی به منظور محدود کردن ولتاژهای موجی (سرج) و انحراف جریان‌های موجی (سرج) است.

[1] AFDD: Arc Fault Detection Device
[2] SPD: Surge Protective Device

۶-۸-۶-۱- مشخصات فنی

مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست این تجهیز مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ و الزامات معرفی شده در فصل ۱۴ است.

اطلاعات زیر باید به‌صورت خوانا و همیشگی بر روی این وسیله درج شده باشد:

- نام یا نشانه تجاری سازنده
- حداکثر ولتاژ عملکرد دایمی
- نوع جریان
- طبقه‌بندی تست و پارامترهای تخلیه
- سطح ولتاژ حفاظتی
- درجه حفاظتی (در صورتی‌که غیر از IP20 باشد)
- شناسایی ترمینال‌ها و سربندی
- جریان اسمی بار



شکل۶-۳۶- وسیله حفاظت اضافه ولتاژ (3P+N)

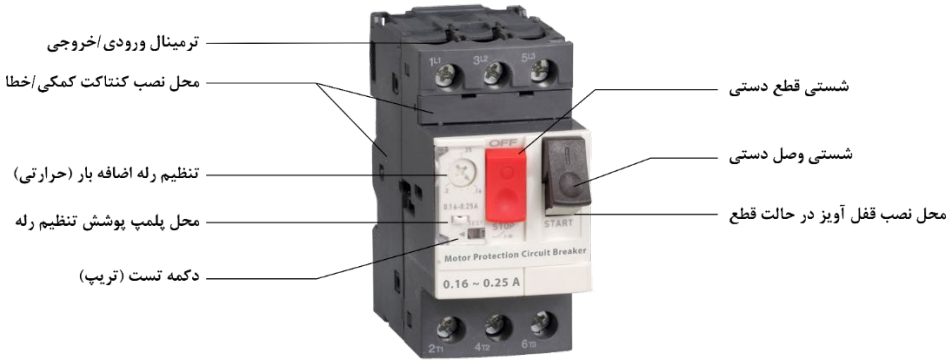
۶-۸-۷- کلید محافظ موتور[1]

این وسیله با هدف راه‌اندازی و همچنین حفاظت موتورهای الکتریکی و مدار تغذیه کننده آن در برابر اضافه جریان به کار گرفته می‌شود و می‌تواند از نوع محدود کننده جریان باشد.

این وسیله حفاظتی ممکن است مجهز به هر دو نوع رله مغناطیسی (حفاظت در برابر اتصال کوتاه) و رله حرارتی (حفاظت در برابر اضافه بار) باشد و همچنین در صورت تامین حفاظت اضافه بار موتور الکتریکی توسط وسیله مجزا (مانند رله حرارتی) می‌تواند صرفاً مجهز به رله مغناطیسی باشد. همچنین ممکن است این کلید مجهز به واحد حفاظتی از نوع الکترونیکی باشد. کلید محافظ موتور عموماً در ترکیب با یک کنتاکتور برای راه‌اندازی موتور الکتریکی به کار گرفته می‌شود.

یادآوری- این وسیله الزاماً نیازی به کنتاکتور جهت راه‌اندازی موتور الکتریکی ندارد و می‌تواند بطور مستقل نیز برای راه‌اندازی موتور با رعایت الزامات معرفی شده در این فصل به کار گرفته شود.

[1] MPCB: Motor Protection Circuit Breaker



شکل۶-۳۷- اجزای مختلف کلید محافظ موتور

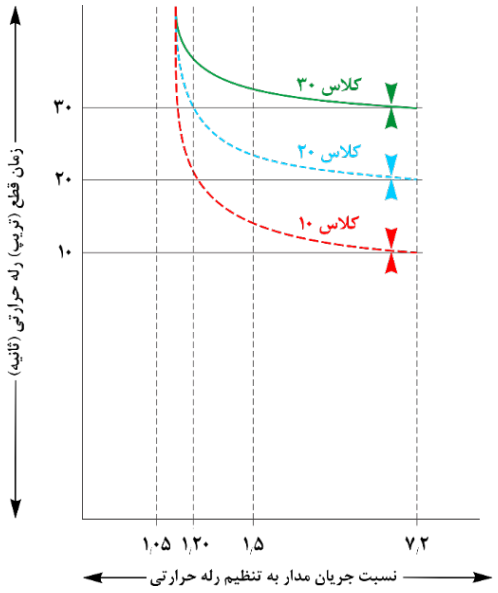
۶-۸-۷-۱- مشخصات فنی

مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست این تجهیز مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است.

زمان قطع رله حرارتی متناسب با جریان‌های اضافه بار و جریان راه‌اندازی موتور الکتریکی مطابق با جدول(۶-۱۷) عمدتاً به چهار دسته تقسیم بندی می‌شود.

جدول۶-۱۷- زمان قطع انواع رله حرارتی (اضافه بار)

کلاس	۱٫۰۵ Ir	۱٫۲ Ir	۱٫۵ Ir	۷٫۲ Ir
۱۰A	t>۲h	t<۲h	t<۲ min.	۲≤ t ≤۱۰s
۱۰	t>۲h	t<۲h	t<۴ min.	۴≤ t ≤۱۰s
۲۰	t>۲h	t<۲h	t<۸ min.	۶≤ t ≤۲۰s
۳۰	t>۲h	t<۲h	t<۱۲ min.	۹≤ t ≤۳۰s



شکل۶-۳۸- منحنی قطع انواع رله حرارتی (اضافه بار)

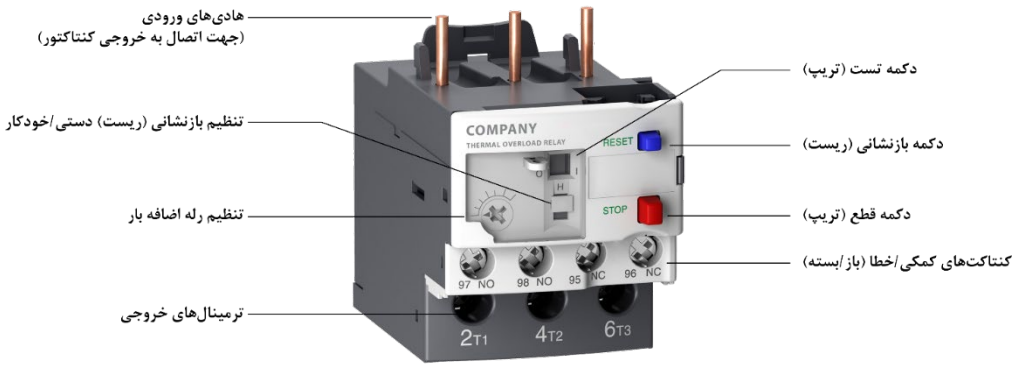
۶-۸-۸- رله اضافه بار

رله اضافه بار وسیله‌ای است که در ترکیب با یک کنتاکتور می‌تواند حفاظت موتور الکتریکی در برابر اضافه بار را تامین کند. عملکرد این رله ممکن است حرارتی (بیمتال) یا الکترونیکی باشد. این وسیله ممکن است مستقیما به ترمینال خروجی کنتاکتور متصل شود یا به‌صورت مجزا بعد از کنتاکتور قرار بگیرد.

یادآوری- این رله صرفاً مدار فرمان راه‌انداز موتور الکتریکی را کنترل می‌کند و فاقد کنتاکت‌های قدرت برای قطع مستقیم مدار تغذیه موتور الکتریکی است.

۶-۸-۸-۱- مشخصات فنی

مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست این تجهیز مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است و زمان قطع رله متناسب با جریان راه‌اندازی موتور الکتریکی مطابق با جدول (۶-۱۷) عمدتاً به چهار دسته تقسیم بندی می‌شود.



شکل۶-۳۹- اجزای مختلف رله حرارتی

۶-۸-۹- رله نشت زمین[1]

رله نشت زمین از خانواده وسایل جریان باقی‌مانده (RCD) است و در ترکیب با ترانسفورماتور جریان کوربالانس[2] یا سنسور جریان و رله یا رهاسازهای شنت یا کاهش ولتاژ[3] می‌تواند حفاظت مدارها در برابر جریان باقی‌مانده یا خطای زمین را تامین کند.

۶-۸-۹-۱- مشخصات فنی

مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست این تجهیز مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است.

[1] Earth Leakage Relay
[2] Core balance CT
[3] Under-voltage release



شکل۶-۴۰- رله نشت زمین



شکل۶-۴۱- ترانسفورماتور جریان کوربالانس

۶-۸-۱۰- فیوز

فیوز وسیله حفاظتی است که اگر شدت جریان عبوری از آن از مقدار تعیین شده در مدت زمان معین بیش‌تر شود از طریق ذوب یک یا چند عنصر تشکیل دهنده آن ضمن قطع جریان، مداری را که در آن قرار گرفته است باز می‌کند و از دو بخش اصلی نگهدار (پایه) فیوز و رابط فیوز تشکیل می‌شود.

فیوز ممکن است به‌عنوان وسیله حفاظتی در موارد زیر مورد استفاده قرار گیرد:

- برای حفاظت مدارهای الکتریکی در برابر اتصال کوتاه و اضافه بار
- برای حفاظت تجهیزات و دستگاه‌ها در برابر اتصال کوتاه

یادآوری- فیوز به سبب خاصیت محدودکنندگی جریان عملکرد مناسبی در حفاظت مدارها در برابر جریان‌های بزرگ اتصال کوتاه دارد و می‌تواند به‌عنوان حفاظت پشتیبان در مدارهایی که کلید حفاظتی آن قدرت قطع کافی برای حفاظت مدار ندارد استفاده شود.

۶-۸-۱۰-۱- مشخصات فنی

مشخصه‌های یک فیوز باید مطابق با موارد زیر ذکر شود:

نگهدار (پایه) فیوز:

- ولتاژ اسمی
- جریان اسمی
- نوع جریان و فرکانس اسمی (در صورت کابرد)
- تلفات توان قابل قبول اسمی
- ابعاد یا اندازه
- تعداد قطب‌ها (چنانچه بیش‌تر از یک باشد)

- حداکثر جریان قابل قطع

رابط فیوز:

- ولتاژ اسمی
- جریان اسمی
- نوع جریان و فرکانس اسمی (در صورت کابرد)
- تلفات توان اسمی
- مشخصه‌های زمان - جریان
- گستره قطع
- ظرفیت قطع اسمی
- مشخصه‌های جریان قطع
- مشخصه‌های I^2t
- ابعاد یا اندازه

یادآوری- رابط فیوز نوع "gG" برای مصارف عمومی و "gM" برای حفاظت از مدارهای موتور الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶-۹- تجهیزات کنترلی

۶-۹-۱- کلیدهای جداکننده

کلیدهای جداکننده (ایزولاتور) به منظور قطع و وصل مدارها و همچنین تامین ایمنی اپراتور هنگام تعمیر و نگهداری مدارها و تجهیزات به کار گرفته می‌شود و بر اساس مشخصات آن می‌تواند از نوع قابل قطع و وصل زیر بار یا غیرقابل قطع و وصل زیر بار باشد.

۶-۹-۱-۱- مشخصات فنی

کلیدهای جداکننده باید دارای مشخصات زیر باشد:

- در حالت قطع (باز بودن کنتاکت‌ها) قادر به تحمل ولتاژ ضربه تعیین شده توسط استاندارد مربوطه باشد.
- وضعیت قطع یا وصل کلید با توجه به وضعیت دسته یا وجود نمایشگر مکانیکی مستقل یا قابل رصد بودن وضعیت کنتاکت‌ها مشخص باشد.

- در حالت قطع (باز بودن کنتاکت‌ها) و با اعمال ولتاژ به میزان ۱۰ درصد بیش‌تر از ولتاژ اسمی عملکرد وسیله، جریان نشتی بیش از ۰/۵ میلی‌آمپر (به ازای هر پل) برای وسیله نو و ۲ میلی‌آمپر (به ازای هر پل) برای وسیله‌ای که قبلاً در معرض قطع و وصل در شرایط عادی قرار گرفته ایجاد نشود.

کلیدی که الزامات و مشخصات فنی اختصاصی جداسازی را دارا است مطابق با نماد 6169-2 استاندارد IEC 60417 با علامت ⊢—/—— مشخص می‌شود.

۶-۹-۲- کلید مغناطیسی (کنتاکتور)

کنتاکتورها به منظور قطع و وصل مدارها و راه‌اندازی تجهیزات الکتریکی مختلف از جمله انواع موتورهای الکتریکی، لامپ‌ها، بارهای اهمی، ترانسفورماتورها، پله‌های خازنی و غیره به کار گرفته می‌شود.

این وسیله علاوه بر کنتاکت‌های قدرت، عموماً مجهز به کنتاکت‌های فرمان به منظور سیگنال‌دهی یا کنترل است.

یادآوری- کنتاکتور برای قطع جریان‌های اتصال کوتاه مدار طراحی نشده است بنابراین باید حفاظت اضافه جریان مناسب مطابق با دستورالعمل سازنده برای آن در نظر گرفته شود.

۶-۹-۲-۱- مشخصات فنی

مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست این نوع وسایل مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است.

طبقه بندی کنتاکتورها بر اساس کاربرد آن مطابق با استاندارد IEC 60947-1 است که برخی از پرکاربردترین موارد در جدول(۶-۱۸) معرفی شده است.



شکل۶-۴۲- کنتاکتور

جدول۶-۱۸- رده‌های بهره‌برداری

نوع جریان	رده بهره‌برداری	شناسایی تکمیلی رده	نمونه‌هایی از موارد کاربرد
متناوب	AC-۱	کاربرد عمومی	بارهای غیرالقایی یا اندکی القایی، کوره‌های مقاومتی
	AC-۲		موتورهای با حلقه لغزان: راه‌اندازی، خاموش کردن
	AC-۳		موتورهای قفس سنجابی: راه‌اندازی، خاموش کردن موتور در حال کار
	AC-۴		موتورهای قفس سنجابی: راه‌اندازی، معکوس کردن حرکت[۱]، حرکت یکباره[۲]
	AC-۵a	بالاست	قطع و وصل لامپ تخلیه الکتریکی با مدار کنترل مربوط
	AC-۵b	التهابی	قطع و وصل لامپ‌های التهابی
	AC-۶a		قطع و وصل ترانسفورماتورها
	AC-۶b		قطع و وصل مجموعه‌های خازنی
	AC-۷a		بارهای اندکی القایی در لوازم خانگی
	AC-۷b		بارهای موتوری در لوازم خانگی
	AC-۸a		فرمان موتور کمپرسور تبرید کاملاً بسته با وصل مجدد دستی رهاسازی‌های اضافه بار
	AC-۸b		فرمان موتور کمپرسور تبرید کاملاً بسته با وصل مجدد دستی رهاسازی‌های اضافه بار
مستقیم	DC-۱		بارهای غیرالقایی یا اندکی القایی، کوره‌های مقاومتی
	DC-۳		موتورهای شنت، راه‌اندازی، معکوس کردن حرکت، حرکت یکباره، ترمز دینامیکی موتور (d.c.)
	DC-۵		موتورهای سری، معکوس کردن حرکت، حرکت یکباره، ترمز دینامیکی موتورهای (d.c.)
	DC-۶	التهابی	قطع و وصل لامپ‌های التهابی

۱- ترمز کردن یا تغییر سریع جهت گردش موتور درحال کار یا جابجا کردن اتصالات تغییر جهت سریع یا توقف
۲- تغذیه یکباره یا مکرر موتور برای مدت زمان کوتاه برای ایجاد حرکات کوچک در مکانیسم متحرک راه‌اندازی سریع یا مقطع

۶-۹-۳- رله کمکی[۱]

رله‌های کمکی برای قطع و وصل مدارهای فرمان یا بارهای الکتریکی با توان پایین متناسب با مشخصات فنی اعلام شده توسط سازنده آن به کار گرفته می‌شود.

۶-۹-۳-۱- مشخصات فنی

مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست این نوع رله‌ها مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است.

اطلاعات زیر باید به‌صورت خوانا و همیشگی بر روی این وسیله درج شده باشد:

- نام یا نشانه تجاری سازنده
- عنوان نوع رله (باید بدون ابهام باشد و شناسایی محصول را با مستندات مربوطه تضمین کند)
- ولتاژ اسمی کویل (می‌تواند در کاتالوگ وسیله درج شود)
- مشخصات بارهای اتصال مانند ولتاژ و جریان (می‌تواند در کاتالوگ وسیله درج شود)
- تعداد چرخه عملکرد و دوام مکانیکی (می‌تواند در کاتالوگ وسیله درج شود)
- جنس کنتاکت‌ها (می‌تواند در کاتالوگ وسیله درج شود)

[1] Auxiliary Relay



شکل۶-۴۳- رله کمکی

۶-۹-۴- رله حالت جامد[1]

رله حالت جامد یا کنتاکتور الکترونیکی (نیمه‌هادی) به منظور قطع و وصل مدارها و راه‌اندازی تجهیزات الکتریکی مختلف مانند مدارهای هیتر، روشنایی و غیره متناسب با دستورالعمل سازنده آن به کار گرفته می‌شود.

این رله فاقد کنتاکت‌های متحرک است و عملکرد آن الکترونیکی و بدون صدا است.

۶-۹-۴-۱- مشخصات فنی

مشخصات فنی، الزامات کلی و اصول تست این نوع رله مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است.



شکل۶-۴۴- رله حالت جامد (کنتاکتور الکترونیکی)

۶-۱۰- وسایل اپراتوری

مشخصات فنی عمومی برخی وسایل اپراتوری قابل استفاده در تابلوهای برق فشار ضعیف در این بخش معرفی شده است. این وسایل شامل انواع شستی‌ها، کلیدهای فرمان و چراغ‌های سیگنال است که در راه‌اندازی و کنترل سیستم‌های مختلف کاربرد دارد.

[1]SSR: Solid State Relay

۶-۱۰-۱- شستی‌های فرمان

۶-۱۰-۱-۱- شستی استارت

وسیله‌ای شامل حداقل یک کنتاکت باز (NO)[1] است که عموماً برای راه‌اندازی مدار کنتاکتور یا رله‌های کنترلی به کار گرفته شده و تحریک آن با فشار انگشت انجام می‌شود.

رنگ این شستی در صورتی‌که برای راه‌اندازی موتور الکتریکی یا مدار روشنایی به کار برده شود سبز است و در صورتی‌که برای کاربردهای دیگر مانند مدار تست (یادآوری بند ۶-۱۰-۳) و مانند آن استفاده شود می‌تواند به رنگ مشکی باشد.

همچنین در صورتی‌که از این شستی برای ریست کردن یک وسیله استفاده شود باید به رنگ آبی باشد.



شکل۶-۴۵- شستی استارت

۶-۱۰-۱-۲- شستی استپ

وسیله‌ای شامل حداقل یک کنتاکت بسته (NC)[2] است که عموماً برای قطع مدار کنتاکتور یا رله‌های کنترلی به کار گرفته شده و تحریک آن با فشار انگشت انجام می‌شود.

رنگ این شستی الزاماً قرمز است.



شکل۶-۴۶- شستی استپ

۶-۱۰-۱-۳- شستی استپ اضطراری (قارچی)

وسیله‌ای شامل حداقل یک کنتاکت بسته (NC) است که برای قطع سریع مدار تغذیه یک سیستم یا یک تابلو برق در هنگام بروز خطر به کار گرفته می‌شود و ساختمان آن به نحوی طراحی شده که تحریک آن به راحتی با کف دست امکان پذیر باشد. رنگ این شستی قرمز با زمینه زرد رنگ است.

---

[1] Normally Open
[2] Normally Close



شکل۶-۴۷- شستی استپ اضطراری

۶-۱۰-۲- کلیدهای فرمان

۶-۱۰-۲-۱- کلید یک حالته

وسیله‌ای شامل حداقل یک کنتاکت باز (NO) است که عموماً برای قطع و وصل یک مدار به کار گرفته شده و تحریک آن با چرخاندن دسته انجام می‌شود.



شکل۶-۴۸- کلید فرمان (گردان)

۶-۱۰-۲-۲- کلید دو حالته

وسیله‌ای شامل حداقل دو کنتاکت باز (NO) است که برای انتخاب حالت‌های مختلف کنترل یک مدار مانند کنترل دستی و اتوماتیک یا کنترل محلی و از راه دور به کار گرفته شده و تحریک آن با چرخاندن دسته انجام می‌شود.

۶-۱۰-۲-۳- کلید چند حالته

وسیله‌ای شامل بیش از دو کنتاکت باز (NO) است که برای انتخاب حالت‌های مختلف کنترل یک مدار به کار گرفته شده و تحریک آن با چرخاندن دسته انجام می‌شود.

۶-۱۰-۳- چراغ سیگنال[1]

به منظور نمایش وضعیت برق‌دار بودن تابلو، وضعیت قطع، وصل یا خطای کلیدها، وصل یا قطع بودن مدارهای راه‌انداز موتور الکتریکی یا سیستم روشنایی و غیره از چراغ سیگنال استفاده می‌شود.

چراغ سیگنال به منظور نمایش وضعیت برق‌دار بودن تابلو برق بعد از کلید اصلی ورودی تابلو نصب می‌شود.

چراغ سیگنال‌های مورد استفاده در تابلو باید مجهز به لامپ از نوع LED بوده و رنگ‌بندی آن متناسب با کاربرد سیگنال مطابق با جدول (۶-۱۹) است.

[1] Signal Indicator

جدول۶-۱۹- رنگ چراغ سیگنال متناسب با کاربری

کاربری	رنگ
فاز اول (L۱)	قرمز
فاز دوم (L۲)	زرد
فاز سوم (L۳)	سبز
حالت وصل کلید یا کنتاکتور (Running/On)	قرمز
حالت قطع کلید یا کنتاکتور (Off)	سبز
حالت خطا کلید یا رله‌ها (Fault)	زرد
هشدار برای شرایطی که نیاز به عکس‌العمل اپراتور دارد	آبی
آماده به کار (Ready)	سفید

یادآوری- در صورتی‌که چراغ سیگنال برای جلب توجه اپراتور و هشدار وقوع یک خطر استفاده می‌شود، مدار آن الزاماً باید مجهز به مکانیزم تست باشد تا به‌صورت دوره‌ای از صحت عملکرد آن اطمینان حاصل شود.

۶-۱۱- ادوات اندازه‌گیری

در این بخش الزامات عمومی و مشخصات فنی تجهیزات اندازه‌گیری قابل نصب در تابلوهای برق فشار ضعیف معرفی می‌شود.

۶-۱۱-۱- الزامات عمومی

با توجه به اهمیت صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش هزینه‌ها و همچنین افزایش قابلیت اطمینان در تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها و پایش پارامترهای مختلف کیفیت توان، نصب و بهره‌برداری مناسب تجهیزات اندازه‌گیری در تابلوهای برق با توان بزرگ‌تر از ۳۰ کیلووات الزامی است. در سایر موارد تابلو برق می‌تواند با نظر طراح مجهز به تجهیزات اندازه‌گیری باشد.

۶-۱۱-۲- ترانسفورماتور جریان

ترانسفورماتور جریان به منظور اندازه‌گیری و انتقال اطلاعات مربوط به جریان عبوری از یک هادی به تجهیزات حفاظتی یا تجهیزات اندازه‌گیری استفاده می‌شود.

در این بخش مشخصات فنی و الزامات عمومی به منظور انتخاب و نصب ترانسفورماتور جریان در تابلوهای برق فشار ضعیف معرفی می‌شود.

۶-۱۱-۲-۱- مشخصات فنی و الزامات عمومی

الزامات عمومی و مشخصات فنی ترانسفورماتور جریان مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است.

ترانسفورماتور جریان باید در محل مناسب که به راحتی در دسترس بوده و اطلاعات پلاک آن قابل مشاهده باشد و با در نظر گرفتن فواصل مجاز نصب شود.

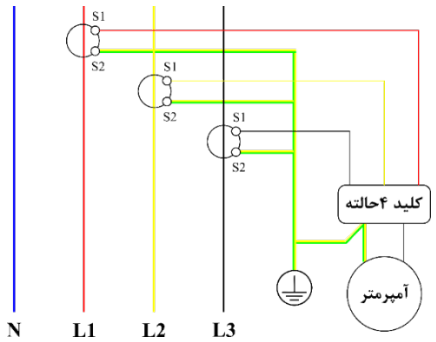
به منظور اطمینان از صحت قرائت ادوات اندازه‌گیری، باید جهت بار و تغذیه ترانسفورماتور جریان مطابق با علایم درج شده بر روی آن یا دستورالعمل سازنده با دقت رعایت شود.

ترانسفورماتور جریان باید با وسیله مناسب و مطابق با دستورالعمل سازنده آن در محل خود ثابت شود، این موضوع بالاخص هنگامی که ترانسفورماتور جریان بر روی شینه‌های عمودی نصب می‌شود حائز اهمیت است.

مدار سمت ثانویه ترانسفورماتور جریان باید همواره در صورتی‌که سمت اولیه آن برق‌دار است از طریق ادوات اندازه‌گیری یا ترمینال‌های جریانی (ترمینال‌های قطع و تست) و مانند آن اتصال کوتاه (جامپر) شده باشد.

به منظور سهولت در تعمیر یا تعویض ادوات اندازه‌گیری جریان، مدار آن باید مجهز به ترمینال‌های جریانی (ترمینال‌های قطع و تست) با لینک متحرک اتصال دهنده ترمینال‌های سمت ثانویه به هادی حفاظتی باشد.

کنتاکت S_2 سمت ثانویه ترانسفورماتور جریان باید همراه با ترمینال معادل خود در سمت ادوات اندازه‌گیری به هادی حفاظتی متصل شده باشد. نمونه مدار سیم‌کشی ترانسفورماتور جریان در شکل (۶-۴۹) نمایش داده شده است.



شکل۶-۴۹- نمونه مدار سیم‌کشی ترانسفورماتور جریان

یادآوری- پس از نصب و سیم‌کشی ترانسفورماتور جریان، باید قاب عایق روی ترمینال‌های ثانویه ترانسفورماتور و همچنین ترمینال‌های وسیله اندازه‌گیری بسته شده و از فاصله عایقی آن اطمینان حاصل شود.

۶-۱۱-۲-۲- نسبت تبدیل

نسبت تبدیل ترانسفورماتور جریان به نسبت جریان اولیه به ثانویه اطلاق می‌شود.

جریان سمت اولیه ترانسفورماتور از مقادیر استاندارد ۱۰، ۱۲٫۵، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۵ و ضرایب ۱۰ این اعداد انتخاب می‌شود و جریان ثانویه آن ۱ یا ۵ آمپر است.

جریان سمت اولیه ترانسفورماتور جریان معادل نزدیکترین مقدار استاندارد که بزرگ‌تر یا مساوی جریان اسمی تابلو برق است انتخاب می‌شود.

معمولا به منظور کاهش تلفات در مدار اندازه‌گیری در صورتی‌که فاصله بین ترانسفورماتور جریان و ادوات اندازه‌گیری یا کنترل بیش از ۲ متر باشد جریان ثانویه ۱ آمپر انتخاب می‌شود، در غیر این صورت جریان ثانویه ۵ آمپر قابل انتخاب است.

۶-۱۱-۲-۳- دقت

دقت ترانسفورماتور جریان مطابق با کاربری آن و متناسب با بار ترانسفورماتور و میزان اضافه جریان تعیین می‌شود.
در صورتی‌که ترانسفورماتور جریان به وسایلی مانند آمپرمتر یا پاورمتر متصل است، کلاس دقت آن می‌تواند ۱ انتخاب شود و در صورتی‌که به وسایلی مانند کنتور متصل می‌شود کلاس دقت آن باید حداقل ۰٫۵ باشد. در هر صورت دقت ترانسفورماتور نباید از دقت ادوات متصل به آن کم‌تر باشد.
ترانسفورماتور جریان حفاظتی باید به نحوی انتخاب شود که بدون اشباع شدن قادر به تحمل و اندازه‌گیری جریان‌های بزرگ خطا باشد و ضریب حدی دقت (ALF)[1] آن به اندازه کافی بزرگ باشد.
ترانسفورماتور جریان برای مصارف اندازه‌گیری باید از دقت مناسب در محدوده جریان نامی برخوردار بوده و نیازی به تحمل جریان‌های بزرگ خطا ندارد. بهمین خاطر ترانسفورماتور جریان اندازه‌گیری با ضریب ایمنی (SF)[2] کوچک انتخاب می‌شود تا با اشباع سریع‌تر مانع آسیب دیدن وسایل اندازه‌گیری متصل به آن شود.

۶-۱۱-۲-۴- توان

توان ترانسفورماتور جریان (بِردن[3]) بر حسب ولت آمپر (VA) بیان می‌شود و معادل مقدار توان قابل تحویل در مدار سمت ثانویه ترانسفورماتور جریان است.
مقادیر استاندارد توان ترانسفورماتور جریان ۱، ۲٫۵، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ ولت آمپر است.
توان ترانسفورماتور جریان باید بزرگ‌تر از مجموع تلفات ترانسفورماتور جریان، تلفات مدار و تلفات ادوات اندازه‌گیری باشد.
مقدار تلفات برخی ادوات اندازه‌گیری متداول و همچنین تلفات هادی اتصال دهنده سمت ثانویه ترانسفورماتور جریان به ادوات اندازه‌گیری به ترتیب در جدول (۶-۲۰) و (۶-۲۱) یا (۶-۲۲) نمایش داده شده است.
به منظور کاهش تلفات در مدارهای اندازه‌گیری، سطح مقطع هادی سمت ثانویه ترانسفورماتور جریان حداقل ۴ میلی‌مترمربع انتخاب می‌شود.

[1] Accuracy Limit Factor
[2] Safety Factor
[3] Burden

جدول۶-۲۰- تلفات توان برخی ادوات اندازه‌گیری متداول

(VA)	نوع وسیله اندازه گیری
۰٫۱-۷٫۵	آمپرمتر
۰٫۵-۰۰۵	آمپرمتر قابل تنظیم (با گستره‌های جریان متفاوت)
۰٫۹-۳	ثبت کننده جریان
۲٫۳-۵	آمپرمتر بیمتالی
۰٫۵-۲	توان سنج (پاورمتر)
۱۲-۳	ثبت کننده توان
۲-۶	نمایشگر ضریب قدرت
۹-۱۶	ثبت کننده ضریب قدرت

جدول۶-۲۱- تلفات هادی مسی بر حسب VA برای جریان ۵ آمپر

سطح مقطع	۱m	۲m	۳m	۴m	۵m	۶m	۷m	۸m	۹m	۱۰m
۴٫۰ mm^2	۰٫۲۲	۰٫۴۵	۰٫۶۷	۰٫۸۹	۱٫۱۲	۱٫۳۴	۱٫۵۶	۱٫۷۹	۲٫۰۱	۲٫۲۴
۶٫۰ mm^2	۰٫۱۵	۰٫۳۰	۰٫۴۵	۰٫۶۰	۰٫۷۴	۰٫۸۹	۱٫۰۴	۱٫۱۹	۱٫۳۴	۱٫۴۹
۱۰٫۰ mm^2	۰٫۰۹	۰٫۱۸	۰٫۲۷	۰٫۳۶	۰٫۴۴	۰٫۵۴	۰٫۶۳	۰٫۷۱	۰٫۸۰	۰٫۸۹

جدول۶-۲۲- تلفات هادی مسی بر حسب VA برای جریان ۱ آمپر

سطح مقطع	۱۰m	۲۰m	۳۰m	۴۰m	۵۰m	۶۰m	۷۰m	۸۰m	۹۰m	۱۰۰m
۴٫۰ mm^2	۰٫۰۹	۰٫۱۸	۰٫۲۷	۰٫۳۶	۰٫۴۵	۰٫۵۴	۰٫۶۳	۰٫۷۱	۰٫۸۰	۰٫۸۹
۶٫۰ mm^2	۰٫۰۶	۰٫۱۲	۰٫۱۸	۰٫۲۴	۰٫۳۰	۰٫۳۶	۰٫۴۲	۰٫۴۸	۰٫۵۴	۰٫۶۰
۱۰٫۰ mm^2	۰٫۰۴	۰٫۰۷	۰٫۱۱	۰٫۱۴	۰٫۱۸	۰٫۲۱	۰٫۲۵	۰٫۲۹	۰٫۳۲	۰٫۳۶

۶-۱۱-۳- ولت‌متر

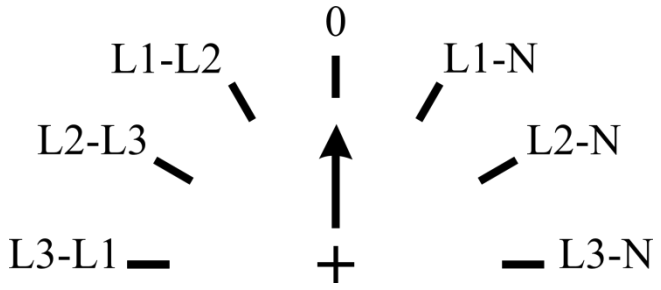
به منظور اطمینان از کیفیت ولتاژ تغذیه تابلو برق، عملکرد صحیح تجهیزات کنترلی و همچنین بارهای تغذیه شده توسط تابلو برق نصب ادوات ولت‌متر مطابق با شرایط بند ۶-۱۱-۱ در سمت ورودی تغذیه تابلو برق (قبل از کلید اصلی) الزامی است.

۶-۱۱-۳-۱- مشخصات فنی و الزامات عمومی

مشخصات فنی عمومی ولت‌متر مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است و می‌تواند از نوع آنالوگ یا دیجیتال انتخاب شود.

سطح مقطع هادی مدار ولت‌متر باید حداقل ۱٫۵ میلی‌مترمربع بوده و توسط کلید مینیاتوری یا کلید فیوز سیلندری با فیوز حداکثر ۶ آمپر حفاظت شده باشد.

ولت‌متر آنالوگ با دامنه اندازه‌گیری ولتاژ صفر تا ۵۰۰ ولت دارای پیچ تنظیم نقطه صفر و مجهز به کلید ولت‌متر از نوع گردان هفت حالته با کنتاکت نگه‌دارنده و بدون فنر برگشت بوده و دارای صفحه علامت‌گذاری شده برای تشخیص ولتاژ بین هرکدام از فازها و خنثی و همچنین ولتاژ بین هرکدام از فازها است.



شکل۶-۵۰- یک نمونه کلید ولت‌متر ۷ حالته

۶-۱۱-۴- آمپرمتر

به منظور پایش میزان جریان مصرفی بارهای تغذیه شده توسط یک تابلو برق، نصب ادوات اندازه گیری جریان مطابق با شرایط بند ۶-۱۱-۱ بر روی شینه اصلی تابلو برق الزامی است.

۶-۱۱-۴-۱- مشخصات فنی و الزامات عمومی

مشخصات فنی عمومی آمپرمتر مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است و می‌تواند از نوع آنالوگ یا دیجیتال انتخاب شود.

در صورتی‌که تابلو برق برای تغذیه دو یا چند بار موتوری هر یک با قدرت بیش‌تر از ۳۰ کیلووات استفاده شود، نصب تجهیزات اندازه‌گیری جریان بر روی حداقل یکی از فازهای مدار تغذیه هر کدام از این موتورها الزامی است.

یادآوری- در صورت استفاده از آمپرمتر آنالوگ (عقربه‌ای) جهت اندازه‌گیری جریان مصارف موتوری، صفحه مدرج این آمپرمتر باید قادر به نمایش جریان راه‌اندازی تا ۶ برابر جریان نامی موتور الکتریکی ($6I_n$) باشد.

۶-۱۱-۵- پاورمتر (کیفیت سنج توان)

به منظور پایش پارامترهای مختلف الکتریکی و بررسی کیفیت توان تحویلی، تابلوی برق اصلی ساختمان‌هایی که دارای پست اختصاصی هستند باید مجهز به پاورمتر دیجیتال با قابلیت اندازه‌گیری و نمایش پارامترهای مختلف کیفیت توان از جمله ولتاژ، جریان، فرکانس، ضریب قدرت، هارمونیک‌ها، توان اکتیو، توان راکتیو، انرژی اکتیو، انرژی راکتیو و مانند آن باشد.

۶-۱۱-۵-۱- مشخصات فنی و الزامات عمومی

مشخصات فنی عمومی پاورمتر مطابق با استانداردهای ذکر شده در بخش ۶-۳ است.

۶-۱۲- نصب و مونتاژ تجهیزات

در این بخش اصول کلی و الزامات نصب، مونتاژ و سیم‌کشی تجهیزات مختلف قابل استفاده در تابلوهای برق فشار ضعیف معرفی شده است.

۶-۱۲-۱- اصول کلی

نصب، مونتاژ و سیم‌کشی تجهیزات و وسایل مختلف با بهره‌گیری از استانداردهای معتبر و دستورالعمل‌های ارایه شده توسط سازنده تجهیزات و با در نظر گرفتن مواردی مانند جهت ورود و خروج هادی‌ها، فضای در اختیار، مدیریت حرارت داخل تابلو و تامین حداکثر ایمنی برای بهره‌بردار یا اپراتور تابلو برق انجام می‌شود.

۶-۱۲-۲- شرایط نصب

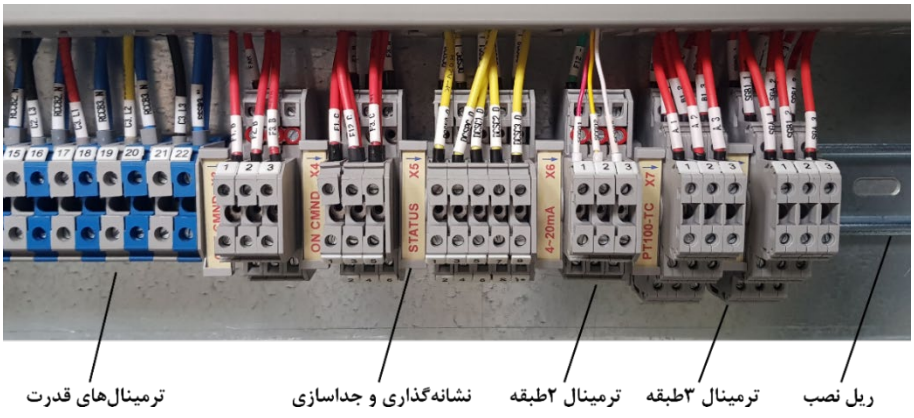
نصب تجهیزات داخل تابلو به نحوی صورت می‌پذیرد که دسترسی مناسب جهت ورود و خروج هادی‌ها از سمت بالا یا پایین تابلو مطابق با نظر کارفرما یا بهره‌بردار تامین شود. بر این اساس محل نصب شینه‌ها به نحوی انتخاب می‌شود تا ضمن رعایت موارد ذکر شده در بند ۶-۷-۷ کوتاه‌ترین مسیر بین شینه‌ها و ترمینال تجهیزات وجود داشته باشد.

تامین فضای مناسب برای عملکرد صحیح تجهیزات نصب شده و لوازم جانبی آن‌ها و همچنین شعاع خمش کابل‌های ورودی و خروجی باید مد نظر قرار بگیرد.

ملاحظات ایمنی و فنی به منظور تطبیق فواصل نصب تجهیزات از یکدیگر، فاصله از جداره‌های تابلو و فاصله از شینه‌ها مطابق با دستورالعمل‌های معتبر که توسط سازنده تجهیزات ارایه می‌شود الزامی است.

برای نصب تجهیزات و لوازم مختلف (مانند کلیدها، ریل و داکت) بر روی سینی، باید پس از سوراخکاری و قلاویزکاری از پیچ و واشر مناسب برای بستن آن استفاده شود و استفاده از انواع پیچ‌های سرمته مجاز نیست.

بلوک‌های ترمینال مدارهای قدرت، فرمان و سیگنال دهی که بر روی یک ریل نصب شده است باید با استفاده از جدا کننده مناسب از یکدیگر تفکیک شوند.



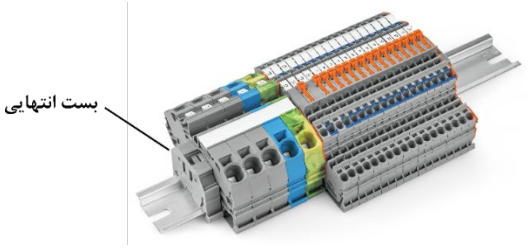
شکل۶-۵۱- بلوک ترمینال با جداسازی و علامتگذاری بخش‌های مختلف

به منظور سهولت در اتصال هادی‌های ورودی و خروجی، ریل مخصوص نصب ترمینال‌ها باید بر روی پایه شیب‌دار نصب شود.



شکل۶-۵۲- پایه شیب‌دار برای نصب ریل

برای جلوگیری از حرکت و جابجایی تجهیزاتی که روی ریل نصب می‌شود، ابتدا و انتهای هر ردیف با استفاده از بست انتهایی ثابت می‌شود.



شکل۶-۵۳- بست انتهایی بلوک ترمینال

توصیه می‌شود با کسب نظر کارفرما و/یا بهره‌بردار، حداقل ۲۰ درصد فضای رزرو داخل تابلو جهت افزودن تجهیزات مختلف در آینده پیش بینی شود.

۶-۱۲-۲-۱- حدود دسترسی

تجهیزات اپراتوری و مکانیزم‌های دستی وسایل مختلف مانند شستی‌ها، دسته کلیدها، کلیدهای گردان و مانند آن باید در ارتفاع بین ۲۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر از کف تابلو نصب شده باشد. تجهیزاتی که به ندرت استفاده می‌شوند (کم‌تر از یک بار در ماه) می‌تواند در ارتفاع بالاتر تا ۲۲۰ سانتی‌متر نصب شود.

ادوات نمایشگر که باید در معرض دید اپراتور باشد (مانند چراغ سیگنال، ولت‌متر و آمپرمتر) در ارتفاع بین ۲۰ تا ۲۲۰ سانتی‌متر نصب می‌شود.

تجهیزات ایمنی مانند شستی قطع اضطراری در ارتفاع بین ۸۰ تا ۱۶۰ سانتی‌متر از سطح کف تابلو نصب می‌شود.

ترمینال‌ها (به جز ترمینال‌های مربوط به هادی حفاظتی) باید حداقل ۲۰ سانتی‌متر از صفحه گلند تابلو فاصله داشته باشد و به نحوی نصب شده باشد که اتصال هادی‌ها به آن به راحتی امکان پذیر باشد.

۶-۱۲-۳- شرایط سیم‌کشی

تمام سیم‌کشی‌ها داخل تابلو باید با استفاده از سیم با هادی مس اجرا شود و در صورتی‌که از هادی آلومینیومی استفاده می‌شود سطح مقطع آن نباید کوچک‌تر از ۱۶ میلی‌مترمربع انتخاب شود.

- حداقل سطح مقطع مدارهای قدرت نباید کوچک‌تر از ۲٫۵ میلی‌مترمربع انتخاب شود.
- حداقل سطح مقطع مدارهای فرمان نباید کوچک‌تر از ۱٫۵ میلی‌مترمربع انتخاب شود.

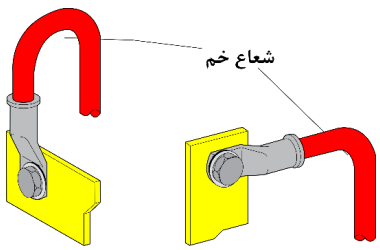
در صورتی‌که ترمینال‌های تجهیزات فرمان، سیگنال‌دهی و مانند آن قابلیت اتصال سیم با سطح مقطع ۱٫۵ میلی‌مترمربع را نداشته باشد، استفاده از سیم با سطح مقطع کوچک‌تر و با رعایت دستورالعمل سیم‌کشی که توسط سازنده آن تجهیز ارایه شده بلامانع است.

در صورت عدم وجود محاسبات یا دستورالعمل سازنده کلیدهای خودکار، حداقل سطح مقطع پیشنهادی سیم‌های مسی برای اتصال به کلیدهای خودکار مطابق با جدول (۶-۲۳) است.

جدول۶-۲۳- حداقل سطح مقطع هادی مسی برای اتصال به کلیدهای خودکار

سطح مقطع هادی (mm^2)	جریان مجاز بر حسب آمپر	
	درجه حفاظتی تابلو برق IP≤۳۱	درجه حفاظتی تابلو برق IP>۳۱
۱٫۵	۱۶	۱۴
۲٫۵	۲۵	۲۵
۴	۳۲	۲۹
۶	۴۰	۳۹
۱۰	۶۳	۵۵
۱۶	۹۰	۷۷
۲۵	۱۱۰	۱۰۰
۳۵	۱۳۵	۱۲۵

هنگام اتصال سیم به شینه‌ها و سایر تجهیزات، باید شعاع خمش سیم حدودا ۶ تا ۸ برابر قطر آن در نظر گرفته شود.



شکل۶-۵۴- شعاع خم سیم

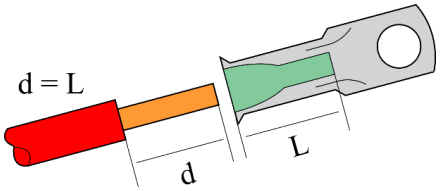
تمام سیم‌کشی‌ها باید درون داکت شیاردار عایق و غیرخودسوز (بازدارنده شعله) با سایز مناسب انجام شود.

ابعاد داکت باید به نحوی انتخاب شود که پس از پایان سیم‌کشی حداقل ۳۰ درصد فضای خالی وجود داشته باشد.

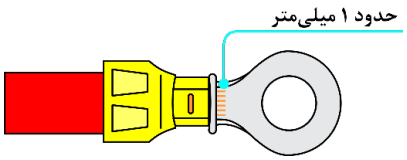
به منظور تسهیل در تبادل حرارتی باید از به هم فشردن یا بستن سیم‌ها به یکدیگر در داخل داکت اجتناب شود.

سیم‌کشی مدارهای روی در تابلو درون لوله‌های قابل انعطاف از جنس عایق و غیرخودسوز (یا سایر مجراهای قابل انعطاف که مخصوص این کاربری طراحی شده است) انجام می‌شود، این لوله‌ها در هر دو طرف ثابت و متحرک باید با استفاده از بست‌های مخصوص به صفحات تابلو متصل شود.

برای اطمینان از صحت و استحکام اتصال‌ها، در ابتدا و انتهای سیم‌ها باید از سرسیم با جنس و سایز مناسب استفاده شود. برای نصب سرسیم باید ابزارهای استاندارد استفاده شود.



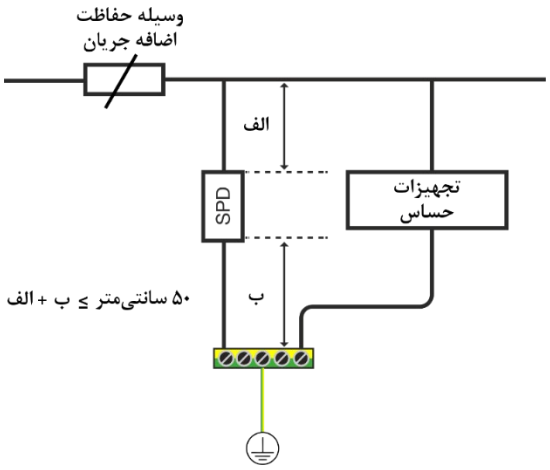
شکل۶-۵۵- طول هادی که عایق آن جدا می‌شود



شکل۶-۵۶- پرس صحیح سرسیم

ارتباط تمام مدارها با بیرون از تابلو باید از طریق ترمینال با سایز مناسب انجام شود و از اتصال مستقیم مدارهای خارج از تابلو برق به کنتاکت تجهیزات داخل تابلو اجتناب شود.

جانمایی و سیم‌کشی مدارهای مربوط به وسایل حفاظت اضافه ولتاژ (SPD) باید به نحوی پیش‌بینی شود که طول مدار از ترمینال تغذیه کننده بارها و کلید خودکار یا فیوز بالا دست SPD تا نقطه اتصال به شینه حفاظتی تا حد امکان از ۵۰ سانتی‌متر بیش‌تر نشود.



شکل۶-۵۷- سیم‌کشی صحیح SPD

۶-۱۲-۴- علامت گذاری

به منظور حفظ ایمنی اپراتور تابلو برق و همچنین سهولت در شناسایی و عیب‌یابی تجهیزات و مدارها، الزامات ذکر شده در این بخش باید رعایت شود.

۶-۱۲-۴-۱- الزامات عمومی

در صورتی‌که تابلو برق دارای بیش از یک ورودی با کلید مستقل است، این موضوع باید به نحو مناسب در معرض دید اپراتور قرار بگیرد که برای بدون برق کردن کامل تابلو نیاز به قطع بیش از یک کلید است.

اگر تابلو شامل تجهیزاتی است که ممکن است دارای شارژ الکتریکی پس از قطع مدار آن باشد (مانند خازن)، این موضوع باید با نصب برچسب هشدار اعلام شود.

نصب پلاک خطر برق‌گرفتگی مطابق با نماد شماره W۰۱۲ استاندارد ISO 7010 بر روی پوشش‌هایی که دسترسی به قسمت‌های برق‌دار تابلو را محدود می‌کند (مانند روبنده نصب شده جلو شینه‌ها) الزامی است.



شکل۶-۵۸- نماد خطر برق گرفتگی

۶-۱۲-۴-۲- علامت گذاری تابلو

پلاک اصلی مشخصات تابلو برق بر روی در جلو آن به نحوی که از دوام کافی در طول مدت بهره‌برداری از تابلو برخوردار باشد نصب می‌شود و اطلاعات درج شده روی آن حداقل شامل موارد زیر است:

- نام یا نشانه تجاری سازنده
- مشخصات پروژه یا شماره شناسایی تابلو به نحوی که از طریق آن بتوان به مشخصات مکانیکی و الکتریکی تابلو دسترسی پیدا نمود.
- تاریخ ساخت تابلو
- شماره استانداردی که تابلو بر اساس آن طراحی و ساخته شده است (مطابق با بخش ۶-۳)

۶-۱۲-۴-۳- علامت گذاری تجهیزات

تمام تجهیزات حفاظتی، کنترلی، نمایشگر، اپراتوری و مانند آن باید با استفاده از پلاک با نوشته‌های خوانا، واضح و بادوام مطابق با مدارک فنی تابلو یا کدهای پیشنهادی در جدول (۶-۲۴) علامت‌گذاری شود.

تجهیزات کشویی و تجهیزاتی که قابل جدا شدن هستند باید مجهز به پلاک شناسایی بر روی هر دو قسمت ثابت و متحرک باشد.

عملکرد و کاربرد تجهیزات اپراتوری نصب شده بر روی در تابلو (مانند شستی‌ها، چراغ‌ها و غیره) باید با استفاده از پلاک با نوشته‌های خوانا، واضح و بادوام در فاصله منطقی کنار آن علامت‌گذاری شود.

جداکننده بلوک‌های ترمینال مدارهای قدرت، فرمان و سیگنال‌دهی باید مطابق با مدارک فنی تابلو علامت‌گذاری شود.

ترمینال‌های مدارهای قدرت، فرمان و سیگنال‌دهی باید مطابق با مدارک فنی تابلو شماره گذاری شود.

یادآوری- پلاک‌هایی که داخل محفظه تابلو برق نصب می‌شود باید از مواد عایق و غیرخودسوز باشد.

جدول۶-۲۴- کدهای پیشنهادی برای علامت‌گذاری تجهیزات

کد	نمونه وسایل الکتریکی قابل نصب در تابلو برق	کد	نمونه وسایل الکتریکی قابل نصب در تابلو برق
T	انتقال دهنده (ترنسدیوسر)	K	رله
C	خازن	T	رله حالت جامد
F	رها ساز بیمتال	Q	کنتاکتور
F	فیوز	K	رله تاخیر زمانی
T	درایو (اینورتر فرکانس)	Q	کلید جداکننده
G	ژنراتور	Q	کلید خودکار
T	راه‌انداز نرم	Q	کلید محافظ موتور
G	سیستم برق بدون وقفه	S	شستی
E	لامپ (روشنایی)	T	ترانسفورماتور ولتاژ یا جریان
P	چراغ سیگنال	T	تایمر

۶-۱۲-۴-۴- علامت‌گذاری مدارها

به منظور شناسایی سریع مدارها و سهولت در عیب یابی یا اصلاح آن، باید ابتدا و انتهای تمام مدارت قدرت و فرمان با استفاده از اعداد، حروف یا ترکیب آن‌ها مطابق با مدارک فنی تابلو علامت‌گذاری شود.

به منظور تشخیص توالی فاز مدارها، باید کد گذاری یا رنگ‌بندی مطابق با بند ۶-۷-۹ در نظر گرفته شود.

۶-۱۲-۵- مدیریت حرارت

به منظور حفظ حداکثر و حداقل دمای داخل تابلو در حدی که شرایط عملکرد نرمال تجهیزات مطابق با استاندارد ساخت آن‌ها و محاسبات انجام شده رعایت شود، ممکن است نیاز به نصب تجهیزات مدیریت حرارت مانند فن، کولر یا هیتر وجود داشته باشد.

تجهیزات و وسایلی که تلفات حرارتی بیش‌تری دارند، در بخش بالایی تابلو نصب می‌شود تا از گرم شدن سایر تجهیزات که در یک ستون قرار می‌گیرد جلوگیری شود.

از نصب تجهیزات حساس به گرما (مانند تجهیزات کنترل و فرمان) در کنار تجهیزاتی که تلفات حرارتی زیاد دارد باید اجتناب شود. برای این منظور می‌توان تابلو را به دو بخش تقسیم نمود و تجهیزات حساس را در بخش مجزا و تجهیزاتی که تلفات حرارتی زیاد دارند در بخش دیگر نصب نمود.

۶-۱۳- طراحی مدارها

در این بخش مشخصات عمومی و الزامات کلی برای طراحی برخی مدارهای متداول در تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها معرفی می‌شود. علاوه بر الزامات ذکر شده در این بخش، رعایت سایر شرایط طراحی مدارها مطابق با استانداردهای مربوطه الزامی است.

۶-۱۳-۱- تعاریف

۶-۱۳-۱-۱- حفاظت مدار

به حفاظت هادی تغذیه کننده یک وسیله یا تابلو برق در برابر اضافه جریان، حفاظت مدار اطلاق می‌شود.

اضافه جریان در هادی باعث افزایش دمای هادی و در نتیجه آسیب دیدن یا کاهش کیفیت عایق هادی می‌شود، به نحوی که ۲۰ درصد اضافه جریان دایم نسبت به جریان مجاز هادی ممکن است عمر عایق هادی را تا حدود ۱۰ برابر کاهش دهد.

یادآوری- وسیله حفاظتی مدار ممکن است حفاظت بار را هم بر عهده داشته باشد.

عمر نامی (سال)	دمای هادی
۲۰	۷۰ °C
۲٫۵	۹۰ °C
۱	۱۰۰ °C

جدول۶-۲۵- طول عمر قابل انتظار هادی با عایق PVC

دمای هادی	مقدار بار
۷۰ °C	۱٫۰ × I_n
۸۶ °C	۱٫۲ × I_n
۱۱۶ °C	۱٫۴۵ × I_n

جدول۶-۲۶- نسبت دمای هادی با عایق PVC با جریان

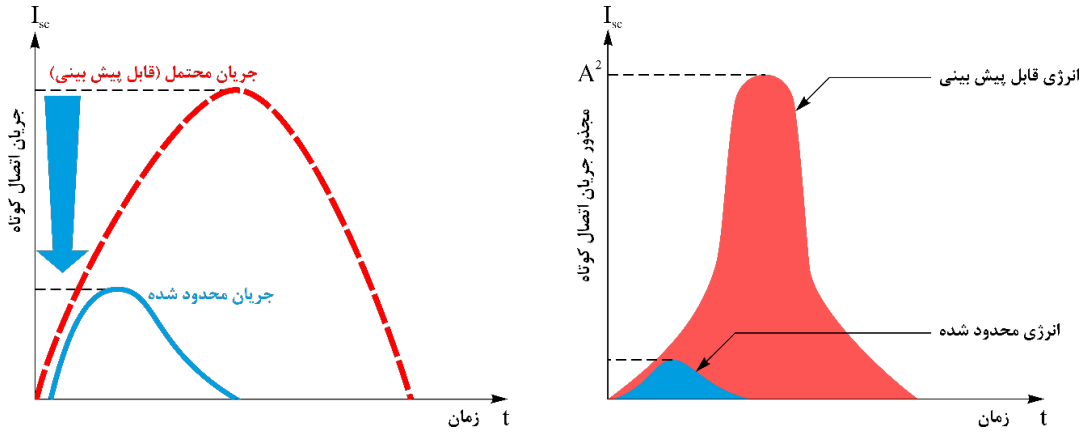
۶-۱۳-۱-۲- حفاظت بار

به حفاظت یک وسیله الکتریکی (مانند الکتروموتور) در برابر اضافه بار، حفاظت بار اطلاق می‌شود. وسیله حفاظتی بار ممکن است حفاظت مدار تغذیه کننده آن را هم بر عهده داشته باشد.

۶-۱۳-۱-۳- محدود کننده جریان اتصال کوتاه

وسیله‌ای که به سبب قطع سریع جریان خطا (کم‌تر از ۵ میلی ثانیه یا یک چهارم سیکل) دامنه جریان عبوری از آن در هنگام اتصال کوتاه به میزان قابل توجهی کم‌تر از میزان جریان اتصال کوتاه قابل پیش بینی مدار باشد، محدود کننده

جریان نامیده می‌شود. برخی از انواع کلیدهای هوایی، کمپکت، مینیاتوری و فیوزها می‌تواند از نوع محدود کننده جریان باشد.



شکل۶-۵۹- محدود کنندگی جریان و انرژی

۶-۱۳-۲- الزامات عمومی

به منظور افزایش ایمنی تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها، کاهش احتمال آتش سوزی در اثر جریان‌های بزرگ اتصال کوتاه و همچنین کاهش اثرات نامطلوب الکترومغناطیسی و مکانیکی بر روی سایر تجهیزات، استفاده از کلیدهای محدود کننده جریان به‌عنوان کلید اصلی در تابلوهای برق فشار ضعیف با سطح اتصال کوتاه بزرگ‌تر از ۱۰ کیلوآمپر الزامی است. همچنین توصیه می‌شود به منظور کاهش احتمال آتش سوزی در اثر بروز خطای قوس، تمام تابلوهای توزیع فرعی که مدارهای انتهایی پریز و روشنایی را در محیط‌های زیر تغذیه می‌کند مجهز به کلید حفاظت خطای قوس (AFDD) باشد:

- استراحتگاه‌ها (شامل هتل‌ها، مراکز نگهداری بیمار و مانند آن)
- ساختمان‌هایی که خطر آتش سوزی به علت انباشت مواد قابل احتراق وجود دارد
- ساختمان‌هایی از مواد قابل اشتعال ساخته شده است (خانه‌های چوبی)
- ساختمان‌های بلند مرتبه
- ساختمان‌هایی که در آن اشیا و لوازم با ارزش و غیر قابل جایگزین وجود دارد (موزه‌ها)

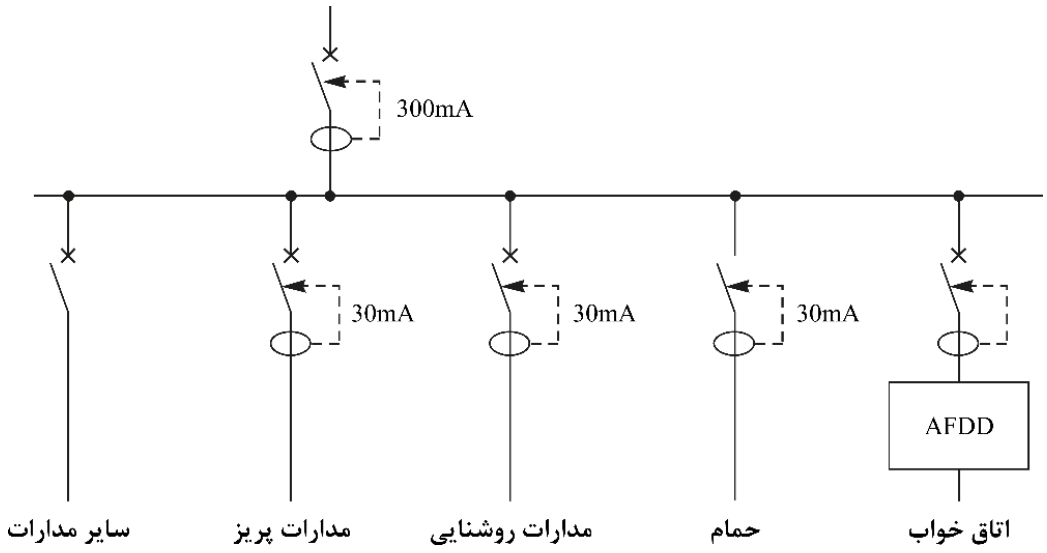
یادآوری- نمونه یک دیاگرام تک خطی برای حفاظت مدارهای مختلف نهایی در شکل (۶-۶۰) پیشنهاد شده است.

۶-۱۳-۳- طراحی مدارهای پریز

در این بخش الزامات کلی برای طراحی تابلوهای برق که شامل تغذیه مدارهای پریز برای مصارف عمومی است معرفی می‌شود.

۶-۱۳-۳-۱- الزامات عمومی

- تمام مدارهای پریز تا ۳۲ آمپر که جهت تغذیه وسایل الکتریکی ثابت یا متحرک درون ساختمان یا بیرون ساختمان استفاده می‌شود، باید مجهز به حفاظت جریان باقی‌مانده با جریان عامل حداکثر ۳۰ میلی‌آمپر باشد.
- حداکثر تعداد پریزهایی که توسط یک تجهیز حفاظت جریان باقی‌مانده (RCD) تغذیه می‌شود باید متناسب با جریان نشتی طبیعی وسایل مورد استفاده و در نظر گرفتن شرایط پروژه انتخاب شود.
- به علت احتمال بیش‌تر قطع ناخواسته کلید در اثر رطوبت، توصیه می‌شود وسایلی که در محیط خارج ساختمان نصب می‌شوند با کلید جریان باقی‌مانده مستقل حفاظت شوند.
- به منظور جلوگیری از قطع ناخواسته مدار در حالی که خطای جریان باقی‌مانده خطرناکی وجود ندارد، مجموع جریان نشتی وسایلی که توسط یک تجهیز حفاظت جریان باقی‌مانده (RCD) تغذیه می‌شود نباید بزرگ‌تر از ۵۰ درصد جریان باقی‌مانده عامل وسیله حفاظتی باشد مگر اینکه سازنده وسیله حفاظتی شرایط دیگری را اعلام کرده باشد.
- مقادیر جریان نشتی طبیعی برخی وسایل پرکاربرد در جدول (۶-۲۷) ذکر شده است.



شکل۶-۶۰- نمونه یک دیاگرام تک‌خطی برای حفاظت مدارهای مختلف نهایی (پیشنهادی)

جدول۶-۲۷- مقادیر جریان نشتی طبیعی برخی وسایل

نوع بار	میزان جریان نشتی مجاز	حداکثر جریان نشتی (میلی آمپر)
کامپیوتر شخصی	-	۲
لپ تاپ	-	۰٫۵ (با فیلتر EMC)
پرینتر	-	۱
دستگاه فتوکپی	-	۱٫۵
سیستم گرمایش از کف	۰٫۷۵ میلی آمپر یا ۰٫۷۵ میلی‌آمپر به ازای هر کیلووات توان (هرکدام بزرگ‌تر بود)	۵
ماشین ظرفشویی (ثابت)	۳٫۵ میلی آمپر یا ۱ میلی‌آمپر به ازای هر کیلووات توان (هرکدام بزرگ‌تر بود)	۵
اجاق برقی	۱ میلی آمپر یا ۱ میلی‌آمپر به ازای هر کیلووات توان (هرکدام بزرگ‌تر بود)	۱۰
ماشین لباسشویی یا خشک کن لباس	۳٫۵ میلی آمپر یا ۱ میلی‌آمپر به ازای هر کیلووات توان (هرکدام بزرگ‌تر بود)	۵
یخچال و فریزر و بستنی‌ساز	-	۱٫۵
ماساژور	-	۰٫۷۵
آبگرمکن برقی	-	۰٫۲۵
لوازم آشپزخانه (کلاس عایقی ۲)	-	۰٫۲۵
پمپ‌های گرمایشی و تهویه مطبوع و رطوبت گیر	۲ میلی‌آمپر به ازای هر کیلووات توان	۱۰ (برای وسایلی که در دسترس عموم است) ۳۰ (برای وسایلی که در دسترس عموم نیست)
جاروبرقی و بخارشوی نصب ثابت (کلاس عایقی ۱)	-	۳٫۵
فن نصب ثابت (کلاس عایقی ۱)	-	۳٫۵

۶-۱۳-۴- طراحی مدارهای روشنایی

در این بخش الزامات کلی برای طراحی تابلوهای برق که شامل مدارهای روشنایی برای مصارف عمومی است معرفی شده است.

۶-۱۳-۴-۱- طراحی مدارهای کنترل و حفاظت

برای قطع و وصل مدارهای روشنایی از روش‌های مختلف راه‌اندازی دستی و خودکار یا ترکیبی از هر دو با در نظر گرفتن شرایط محل نصب و کاربری ساختمان استفاده می‌شود.

در اغلب موارد برای کنترل مدار روشنایی می‌توان از کلیدهای قابل قطع زیر بار (مانند کلید گردان) بر روی در تابلو استفاده نمود اما در صورتی‌که نیاز به قطع و وصل تعداد زیادی منبع روشنایی با قدرت بالا یا استفاده از هادی با سطح

مقطع بالا یا امکان کنترل مدار از چندین نقطه وجود داشته باشد، باید از انواع رله‌های قدرت (مانند کنتاکتور یا رله ضربه‌ای) استفاده نمود.

در صورت استفاده از رله‌های قدرت، مدار کنترل آن می‌تواند در ترکیب با انواع تایمر روزانه، تایمر هفتگی، تایمر نجومی، فتوسل یا سیستم‌های هوشمند طراحی شود.

مدار روشنایی ساختمان‌هایی که برای اسکان یک خانوار پیش بینی شده است باید مجهز به حفاظت جریان باقی‌مانده با جریان عامل حداکثر ۳۰ میلی‌آمپر باشد.

به منظور جلوگیری از قطع ناخواسته کلید حفاظت کننده مدارهای روشنایی بالاخص هنگام راه‌اندازی لامپ‌های LED که جریان هجومی بزرگ دارد، باید حداکثر تعداد منابع روشنایی LED متناسب با سایز و تیپ کلید مینیاتوری مطابق با جدول (۶-۲۸) در نظر گرفته شود.

جدول۶-۲۸- حداکثر تعداد منابع روشنایی LED متناسب با سایز و تیپ کلید مینیاتوری

جریان نامی کلید	۱۰A			۱۶A		
توان هر لامپ LED	B	C	D	B	C	D
۱۰	۱۵	۳۰	۴۸	۲۲	۴۴	۶۹
۳۰	۱۱	۲۴	۳۸	۱۷	۳۴	۵۴
۵۰	۸	۱۷	۲۷	۱۲	۲۵	۳۹
۷۵	۴	۱۱	۱۷	۷	۱۵	۲۵
۱۵۰	-	۵	۹	۲	۷	۱۲
۲۵۰	-	۳	۵	-	۴	۷
۴۰۰	-	۱	۴	-	۲	۶

۶-۱۳-۵- طراحی مدارهای راه‌انداز موتور

در این بخش الزامات کلی برای طراحی تابلوهای برق که شامل مدارهای راه‌انداز موتور الکتریکی است معرفی می‌شود. همچنین انواع روش‌های راه‌اندازی موتورهای الکتریکی و نحوه انتخاب تجهیزات حفاظتی و کنترلی در این بخش گنجانده شده است.

با توجه به فراوانی کاربرد موتورهای روتور قفس سنجابی در تاسیسات مکانیکی ساختمان‌ها و صنایع مختلف، در این بخش صرفاً به این نوع موتورها پرداخته شده و برای حفاظت و راه‌اندازی سایر انواع موتورهای الکتریکی باید الزامات و مشخصات فنی مخصوص آن مطابق با استانداردهای معتبر و دستورالعمل بهره‌برداری موتور الکتریکی در نظر گرفته شود.

۶-۱۳-۵-۱- الزامات عمومی

به منظور حفظ ایمنی و عملکرد صحیح موتورهای الکتریکی و همچنین افزایش طول عمر وسایل موتوری، علاوه بر موارد ذکر شده در این بخش، مشخصات فنی و الزامات عمومی ارایه شده توسط سازنده تجهیزات مدار راه‌انداز موتور الکتریکی و همچنین دستورالعمل بهره‌برداری موتورهای الکتریکی و وسایل موتوری باید مد نظر قرار بگیرد.

۶-۱۳-۵-۲- انتخاب نوع تجهیزات حفاظتی و کنترلی

برای انتخاب نوع و سایز تجهیزات حفاظتی و کنترلی، دو روش هماهنگی تجهیزات وجود دارد که باید مطابق با مشخصات فنی ارایه شده توسط سازنده این تجهیزات مد نظر قرار گیرد:

- هماهنگی نوع یک: در صورت بروز اتصال کوتاه، ممکن است راه‌اندازی مجدد موتور بدون تعمیر یا تعویض تجهیزات امکان پذیر نباشد و لازم است سلامت وسایل حفاظتی و کنترلی از جمله کنتاکتور، رله حالت جامد یا رله اضافه بار قبل از استفاده مجدد بررسی شود.
- هماهنگی نوع دو: در صورت بروز اتصال کوتاه، خسارت اساسی به تجهیزات حفاظتی و کنترلی وارد نمی‌شود و می‌توان مجددا از وسایل راه‌انداز موتور استفاده نمود.

بنابراین راه‌انداز وسایل موتوری که در کاربری‌های حیاتی مورد استفاده قرار می‌گیرند باید متناسب با هماهنگی نوع دو انتخاب شود.

کلید اصلی تابلوی برق راه‌انداز موتورهای الکتریکی متناسب با شرایط پروژه و سطح اتصال کوتاه می‌تواند از نوع کلید خودکار مینیاتوری یا کمپکت باشد. کلیدهای خروجی هر کدام از مدارهای راه‌انداز موتور الکتریکی متناسب با الزامات معرفی شده در این فصل از نوع کلید محافظ موتور (MPCB) یا سایر ترکیب‌های حفاظتی معرفی شده در این فصل از نشریه در نظر گرفته می‌شود.

در صورتی‌که موتور الکتریکی مجهز به تابلوی برق راه‌انداز و حفاظت مخصوص به خود باشد (مانند تابلوهای برق بوستر پمپ آبرسانی)، صرفاً حفاظت هادی تغذیه کننده این تابلو در تابلو برق بالادست توسط کلیدهای خودکار مینیاتوری یا کمپکت در نظر گرفته می‌شود.

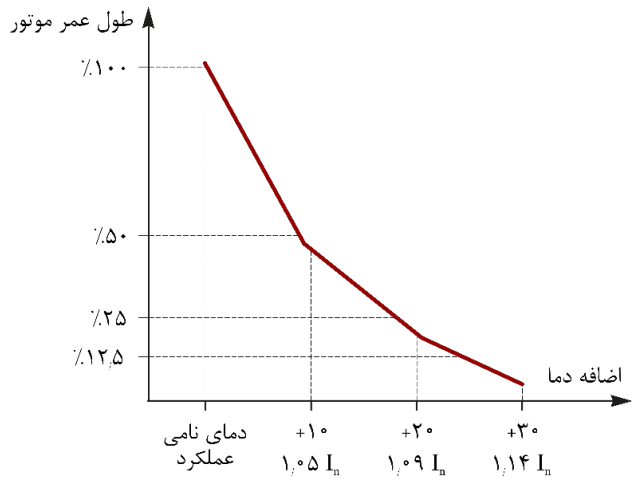
۶-۱۳-۵-۳- حفاظت در برابر اضافه بار و اضافه دما

مدار تغذیه موتورهای الکتریکی با توان بیش از ۰٫۵ کیلووات الزاماً باید مجهز به وسایل حفاظت در برابر اضافه بار یا اضافه دما باشد.

حفاظت اضافه بار موتورهای الکتریکی می‌تواند توسط وسایلی مانند کلید محافظ موتور، رله اضافه بار یا سایر انواع رله‌های الکترونیکی که برای حفاظت موتورهای الکتریکی طراحی شده است تامین شود.

انتخاب و تنظیم صحیح رله اضافه بار تاثیر بسزایی در تضمین سلامت و جلوگیری از کاهش عمر مفید موتور الکتریکی دارد، به نحوی که تنها ۵ درصد اضافه جریان دایمی می‌تواند باعث افزایش دمای سیم پیچ موتور به میزان ۱۰ درجه سلسیوس و کاهش عمر مفید موتور الکتریکی تا ۵۰ درصد شود.

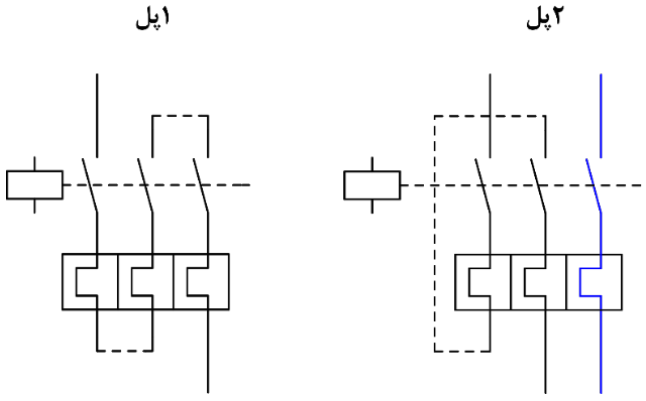
بنابراین در تنظیم رله اضافه بار مدار راه‌انداز، جریان نامی موتور الکتریکی مطابق با پلاک آن باید مد نظر قرار گیرد و از اعمال هرگونه ضریب کاهشی یا افزایشی به غیر از ضرایب ارایه شده توسط سازنده وسیله حفاظتی (مانند دمای محیط، ارتفاع و...) اجتناب شود.



شکل۶-۶۱- طول عمر قابل انتظار موتور الکتریکی متناسب با دمای عملکرد

انتخاب کلید محافظ موتور یا رله حرارتی باید به نحوی صورت پذیرد که علاوه بر تامین حفاظت اضافه بار در هنگام کار عادی موتور الکتریکی، از قطع ناخواسته مدار راه‌انداز به علت جریان‌های بزرگ راه‌اندازی اجتناب شود. برای این منظور باید کلاس قطع رله مطابق با مشخصات درج شده در جدول (۶-۱۷) و با توجه به کاربری، نوع موتور الکتریکی و مدت زمان مورد نیاز جهت راه‌اندازی آن با دقت انتخاب شود.

در صورت استفاده از کلید محافظ موتور یا رله حرارتی سه‌فاز برای حفاظت موتور الکتریکی تک‌فاز، سیم‌کشی مدار تغذیه موتور الکتریکی باید به نحوی انجام شود که جریان مصرفی موتور از هر سه قطب کلید یا رله عبور کند. این موضوع به یکی از روش‌های معرفی شده در شکل (۶-۶۲) قابل اجرا است.



شکل۶-۶۲- سیم‌کشی رله یا کلید محافظ موتور در مصارف تک‌فاز

۶-۱۳-۵-۴- راه‌اندازی موتور الکتریکی

راه‌اندازی موتورهای الکتریکی کوچک (با توان ۰٫۵ کیلووات و کم‌تر) که با توجه به نوع کاربری آن نیاز به راه‌اندازی خودکار یا از راه دور ندارد، می‌تواند توسط کلید قابل قطع زیر بار (کلید گردان) با رده بهره‌برداری مناسب موتور الکتریکی انجام شود.

مدار راه‌انداز موتورهای الکتریکی با توان بیش از ۰/۵ کیلووات باید مجهز به کنتاکتور (یا رله حالت جامد) با جریان نامی حداقل برابر جریان نامی موتور الکتریکی در کلاس بهره‌برداری AC۳ باشد.

تابلوهای برق شامل مدارهای راه‌انداز موتورهای الکتریکی سه‌فاز باید مجهز به رله کنترل فاز جهت تشخیص قطع شدن فاز یا اشکال در توالی فازها باشد و در صورتی‌که بروز اضافه ولتاژ یا کاهش ولتاژ ممکن است باعث ایجاد خسارت به وسایل و تجهیزات نصب شده شود، رله کنترل فاز باید مجهز به عملکرد افزایش ولتاژ یا کاهش ولتاژ با قابلیت تنظیم زمان عملکرد باشد.

مدارهایی که شامل کنتاکتور برای راه‌اندازی موتور الکتریکی است، می‌تواند مجهز به کلید فرمان چند حالته به منظور انتخاب راه‌اندازی دستی و اتوماتیک و همچنین حالت قطع باشد.

برای آگاهی از وضعیت وصل، قطع یا خطا در مدار راه‌انداز موتور الکتریکی، هر مدار باید مجهز به چراغ‌های سیگنال با رنگ بندی ذکر شده مطابق بند ۶-۱۰-۳ باشد.

در کاربری‌هایی که قطع خودکار مدار تغذیه موتور الکتریکی قابل قبول نیست (مانند پمپ‌های اطفاء)، باید تمهیداتی به منظور نمایش سیگنال خطا جهت آگاهی اپراتور در نظر گرفته شود.

به منظور پایش مقدار جریان مصرفی مدار راه‌انداز موتور الکتریکی، الزامات بند ۶-۱۱-۴-۱ باید رعایت شود.

یادآوری- برای طراحی مدار راه‌انداز و حفاظت موتورهای الکتریکی، اطلاعات و مشخصات فنی ارایه شده توسط سازنده موتور الکتریکی و شرایط نصب آن از جمله دمای محیط و ضرایب کاهشی باید مورد توجه قرار گیرد. صرفاً در صورت عدم دسترسی به اطلاعات ذکر شده، مراجعه به اعداد و جداول معرفی شده در این بخش امکان پذیر است.

۶-۱۳-۵-۵- انتخاب روش راه‌اندازی موتور الکتریکی

برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی، بسته به نوع موتور، کاربری، شرایط نصب و مشخصات تاسیسات الکتریکی، روش‌های مختلفی به کار برده می‌شود که در این بخش چهار روش راه‌اندازی متداول معرفی و مزایا و معایب هر کدام به‌صورت مختصر در جدول (۶-۲۹) ذکر شده است.

در انتخاب روش راه‌اندازی، حداکثر افت ولتاژ مجاز هنگام کارکرد عادی و هنگام راه‌اندازی موتور الکتریکی باید مدنظر قرار بگیرد.

برای این منظور با انتخاب صحیح روش راه‌اندازی و محاسبه سطح مقطع هادی مدار تغذیه کننده مصارف موتوری، باید ترتیبی اتخاذ شود تا افت ولتاژ در محل نصب موتور الکتریکی هنگام کار عادی حداکثر ۵ درصد و هنگام راه‌اندازی به میزان حداکثر ۱۰ الی ۱۵ درصد محدود شود.

جدول (۶-۳۰) برای محاسبه افت ولتاژ خط هنگام راه‌اندازی و همچنین کارکرد عادی موتور الکتریکی به ازای ۱ آمپر در هر کیلومتر هادی مسی یا آلومینیومی با سطح مقطع مختلف استفاده می‌شود. (همچنین به بند ۲-۱۱-۳ فصل ۲ مراجعه شود).

یادآوری- در صورت استفاده از راه‌انداز نرم یا مبدل فرکانس (درایو) باید به اثرات زیان‌آور تولید هارمونیک‌های جریان توجه شود و در صورت لزوم تمهیدات لازم برای کاهش اثرات آن پیش‌بینی شود.

جدول۶-۲۹- مقایسه روش‌های مختلف راه‌اندازی موتور الکتریکی

روش راه‌اندازی / ویژگی	مستقیم	ستاره – مثلث	راه‌انداز نرم	مبدل فرکانس (درایو)
هزینه	+	++	+++	++++
نسبت جریان راه‌اندازی به نامی	۵ تا ۱۰	۲ تا ۳	۳ تا ۵	۱ تا ۱٫۵
نسبت گشتاور راه‌اندازی به نامی	۵ تا ۱۰	۱ تا ۲	۱٫۵ تا ۲٫۵	۱٫۵ تا ۲
قابلیت کنترل سرعت	خیر	خیر	خیر	بله
قابلیت کنترل گشتاور	خیر	خیر	بله	بله
تنش‌های مکانیکی	بسیار زیاد	متوسط	متوسط	کم
تنش‌های گرمایی	بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم

۶-۱۳-۵-۶- توان و جریان نامی موتورهای الکتریکی

در صورت عدم دسترسی به اطلاعات و مشخصات فنی مربوط به موتور الکتریکی که توسط سازنده آن ارایه می‌شود، می‌توان از مقادیر ارایه شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۴-۴۸۳۵ مطابق با جدول (۶-۳۱) برای موتورهای الکتریکی سه‌فاز استفاده کرد.

با توجه به تکنولوژی ساخت و مشخصات فنی موتورهای الکتریکی تک‌فاز، جریان نامی این موتورها باید موکداً مطابق با پلاک مشخصات فنی آن در نظر گرفته شود و انتخاب سایز وسایل حفاظتی متناسب با جریان نامی اعلام شده توسط سازنده موتور الکتریکی مد نظر قرار گیرد.

جدول۶-۳۰- افت ولتاژ در هادی‌ها با جنس و سطح مقطع مختلف به ازای ۱ آمپر در هر کیلومتر

هادی آلومینیومی							هادی مسی						
مدارها سه‌فاز متعادل			مدارها تک‌فاز			سطح مقطع (میلی‌مترمربع)	مدارها سه‌فاز متعادل			مدارها تک‌فاز			سطح مقطع (میلی‌مترمربع)
روشنایی	بار موتوری		روشنایی	بار موتوری			روشنایی	بار موتوری		روشنایی	بار موتوری		
	هنگام راه‌اندازی	عملکرد عادی		هنگام راه‌اندازی	عملکرد عادی			هنگام راه‌اندازی	عملکرد عادی		هنگام راه‌اندازی	عملکرد عادی	
COS φ = 1	COS φ = 0. 35	COS φ = 0. 8	COS φ = 1	COS φ = 0. 35	COS φ = 0. 8		COS φ = 1	COS φ = 0. 35	COS φ = 0. 8	COS φ = 1	COS φ = 0. 35	COS φ = 0. 8	
–	–	–	–	–	–	–	۲۷	۹٫۷	۲۲	۳۲	۱۱٫۲	۲۵٫۴	۱٫۵
–	–	–	–	–	–	–	۱۶	۵٫۹	۱۳٫۲	۱۹	۶٫۸	۱۵٫۳	۲٫۵
۱۰٫۹	۳٫۹	۸٫۸	۱۲٫۵	۴٫۵	۱۰٫۱	۶	۱۰٫۳	۳٫۷	۸٫۳	۱۱٫۹	۴٫۳	۹٫۶	۴
۶٫۵	۲٫۴	۵٫۳	۷٫۵	۲٫۸	۶٫۱	۱۰	۶٫۸	۲٫۵	۵٫۶	۷٫۹	۲٫۹	۶٫۴	۶
۴٫۱	۱٫۶	۳٫۳	۴٫۷	۱٫۸	۳٫۹	۱۶	۴٫۱	۱٫۶	۳٫۴	۴٫۷	۱٫۸	۳٫۹	۱۰
۲٫۶	۱	۲٫۲	۳	۱٫۲	۲٫۵۰	۲۵	۲٫۶	۱	۲٫۱	۳	۱٫۲	۲٫۵	۱۶
۱٫۹	۱٫۷۸	۱٫۶	۲٫۱	۰٫۹۰	۱٫۸	۳۵	۱٫۶	۰٫۷۰	۱٫۴	۱٫۹	۰٫۸۱	۱٫۶	۲۵
۱٫۳۷	۰٫۶۱	۱٫۱۸	۱٫۶	۰٫۷۰	۱٫۴	۵۰	۱٫۲	۰٫۵۴	۱	۱٫۳۵	۰٫۶۲	۱٫۱۸	۳۵
۰٫۹۳	۰٫۴۶	۰٫۸۳	۱٫۰۷	۰٫۵۳	۰٫۹۶	۷۰	۰٫۸۶	۰٫۴۳	۰٫۷۷	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۰٫۸۹	۵۰
۰٫۵۴	۰٫۳۲	۰٫۵۲	۰٫۶۳	۰٫۳۷	۰٫۶۰	۱۲۰	۰٫۵۹	۰٫۳۴	۰٫۵۵	۰٫۶۸	۰٫۳۹	۰٫۶۴	۷۰
۰٫۴۳	۰٫۲۸	۰٫۴۳	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۰٫۵۰	۱۵۰	۰٫۴۳	۰٫۲۸	۰٫۴۳	۰٫۵۰	۰٫۳۲	۰٫۵۰	۹۵
۰٫۳۵	۰٫۲۵	۰٫۳۶	۰٫۴۱	۰٫۲۹	۰٫۴۲	۱۸۵	۰٫۳۴	۰٫۲۵	۰٫۳۶	۰٫۴۰	۰٫۲۹	۰٫۴۱	۱۲۰
۰٫۲۷	۰٫۲۲	۰٫۳۰	۰٫۳۱	۰٫۲۶	۰٫۳۵	۲۴۰	۰٫۲۷	۰٫۲۳	۰٫۳۰	۰٫۳۲	۰٫۲۶	۰٫۳۵	۱۵۰
۰٫۲۲	۰٫۲۱	۰٫۲۶	۰٫۲۵	۰٫۲۴	۰٫۳۰	۳۰۰	۰٫۲۲	۰٫۲۱	۰٫۲۶	۰٫۲۶	۰٫۲۴	۰٫۳۰	۱۸۵
۰٫۱۶	۰٫۱۹	۰٫۲۱	۰٫۱۹	۰٫۲۲	۰٫۲۵	۴۰۰	۰٫۱۷	۰٫۱۹	۰٫۲۲	۰٫۲۰	۰٫۲۲	۰٫۲۵	۲۴۰
۰٫۱۳	۰٫۱۸	۰/۱۹	۰٫۱۵	۰٫۲۰	۰٫۲۲	۵۰۰	۰٫۱۴	۰٫۱۸	۰٫۱۹	۰٫۱۶	۰٫۱۲	۰٫۲۲	۳۰۰

جدول۶-۳۱- مقادیر راهنما برای جریان‌های بهره‌برداری اسمی موتور الکتریکی سه‌فاز در ولتاژ ۴۰۰ ولت

توان بهره برداری اسمی		جریان
kW	hp	نامی
۰٫۰۶	–	۰٫۲۰
۰٫۰۹	–	۰٫۳۰
۰٫۱۲	–	۰٫۴۴
۰٫۱۸	–	۰٫۶۰
۰٫۲۵	–	۰٫۸۵
۰٫۳۷	–	۱٫۱۰
–	۱٫۲	۱٫۳
۰٫۵۵	–	۱٫۵
–	۳٫۴	۱٫۸
–	۱	۲٫۳
۰٫۷۵	–	۱٫۹
۱٫۱	–	۲٫۷
–	۱-۱٫۲	۳٫۳
–	۲	۴٫۳
۱٫۵	–	۳٫۶
۲٫۲	–	۴٫۹
–	۳	۶٫۱
۳٫۰	–	۶٫۵
۴	–	۸٫۵
–	۵	۹٫۷
۵٫۵	–	۱۱٫۵
–	۷-۱/۲	۱۴
–	۱۰	۱۸
۷٫۵	–	۱۵٫۵
۱۱	–	۲۲
–	۱۵	۲۷
–	۲۰	۳۴

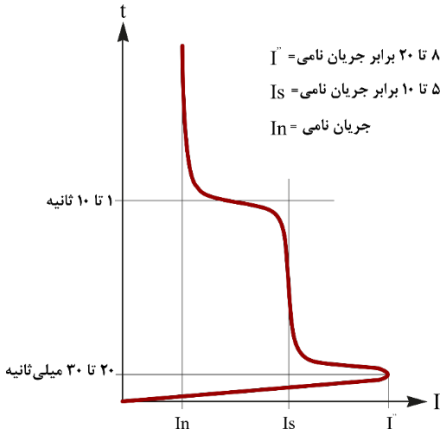
توان بهره برداری اسمی		جریان
kW	hp	نامی
۱۵	–	۲۹
۱۸٫۵	–	۳۵
–	۲۵	۴۴
۲۲	–	۴۱
–	۳۰	۵۱
–	۴۰	۶۶
۳۰	–	۵۵
۳۷	–	۶۶
–	۵۰	۸۳
–	۶۰	۱۰۳
۴۵	–	۸۰
۵۵	–	۹۷
–	۷۵	۱۲۸
–	۱۰۰	۱۶۵
۷۵	–	۱۳۲
۹۰	–	۱۶۰
–	۱۲۵	۲۰۸
۱۱۰	–	۱۹۵
–	۱۵۰	۲۴۰
۱۳۲	–	۲۳۰
–	۲۰۰	۳۲۰
۱۵۰	–	–
۱۶۰	–	۲۸۰
۱۸۲	–	–
–	۲۵۰	۴۰۳
۲۰۰	–	۳۵۰
۲۲۰	–	–

توان بهره برداری اسمی		جریان
kW	hp	نامی
–	۳۰۰	۴۸۲
۲۵۰	–	۴۳۰
۲۸۰	–	–
–	۳۵۰	۵۶۰
–	۴۰۰	۶۳۶
۳۰۰	–	–
۳۱۵	–	۵۴۰
–	۴۵۰	–
۳۳۵	–	–
۳۵۵	–	۶۱۰
–	۵۰۰	۷۸۶
۳۷۵	–	–
۴۰۰	–	۶۹۰
۴۲۵	–	–
۴۵۰	–	–
۴۷۵	–	–
۵۰۰	–	۸۵۰
۵۳۰	–	–
۵۶۰	–	۹۵۰
۶۰۰	–	–
۶۳۰	–	۱۰۶۰
۶۷۰	–	–
۷۱۰	–	۱۱۹۰
۷۵۰	–	–
۸۰۰	–	۱۳۴۶
۹۰۰	–	۱۵۱۸
۱۰۰۰	–	۱۶۷۳

۶-۱۳-۵-۷- راه‌اندازی مستقیم

ساده‌ترین روش برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی، اتصال مستقیم ولتاژ خط به ترمینال‌های تغذیه موتور الکتریکی است.

در این روش جریان راه‌اندازی موتور الکتریکی حدوداً بین ۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی (بطور متوسط ۷٫۲ برابر) خواهد بود. همچنین جریان هجومی گذرا به علت مغناطیس کنندگی تا ۲۰ برابر جریان نامی موتور قابل پیش‌بینی است.

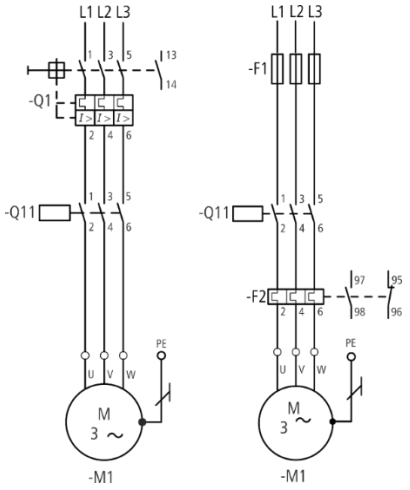


شکل۶-۶۳- منحنی جریان راه‌اندازی مستقیم و عملکرد عادی موتور الکتریکی

تجهیزات کنترل و حفاظت در این روش راه‌اندازی عموماً شامل یکی از ترکیب‌های زیر است:

- کلید فیوز، کنتاکتور و رله اضافه بار
- کلید محافظ موتور مغناطیسی، کنتاکتور و رله اضافه بار
- کلید محافظ موتور حرارتی-مغناطیسی و کنتاکتور

نمونه مدار جهت راه‌اندازی مستقیم موتور الکتریکی در شکل (۶-۶۴) نمایش داده شده است.



شکل۶-۶۴- دو نمونه مدار راه‌اندازی مستقیم موتور الکتریکی

رله حفاظت اضافه بار یا کلید محافظ موتور باید به نحوی انتخاب شود که موتور الکتریکی را در برابر جریان‌های بزرگ‌تر از جریان نامی حفاظت کند. همچنین سایز کنتاکتور در کلاس بهره‌برداری AC3 متناسب با توان و جریان نامی موتور الکتریکی انتخاب می‌شود.

در صورت عدم دسترسی به مشخصات پلاک موتور یا دستورالعمل سازنده موتور و تجهیزات راه‌انداز می‌توان از جدول (۶-۳۲) برای انتخاب وسایل مدار راه‌انداز موتور الکتریکی سه‌فاز استفاده نمود.

جدول۶-۳۲- سایز وسایل راه‌انداز مستقیم موتور الکتریکی سه‌فاز با ولتاژ ۴۰۰ ولت

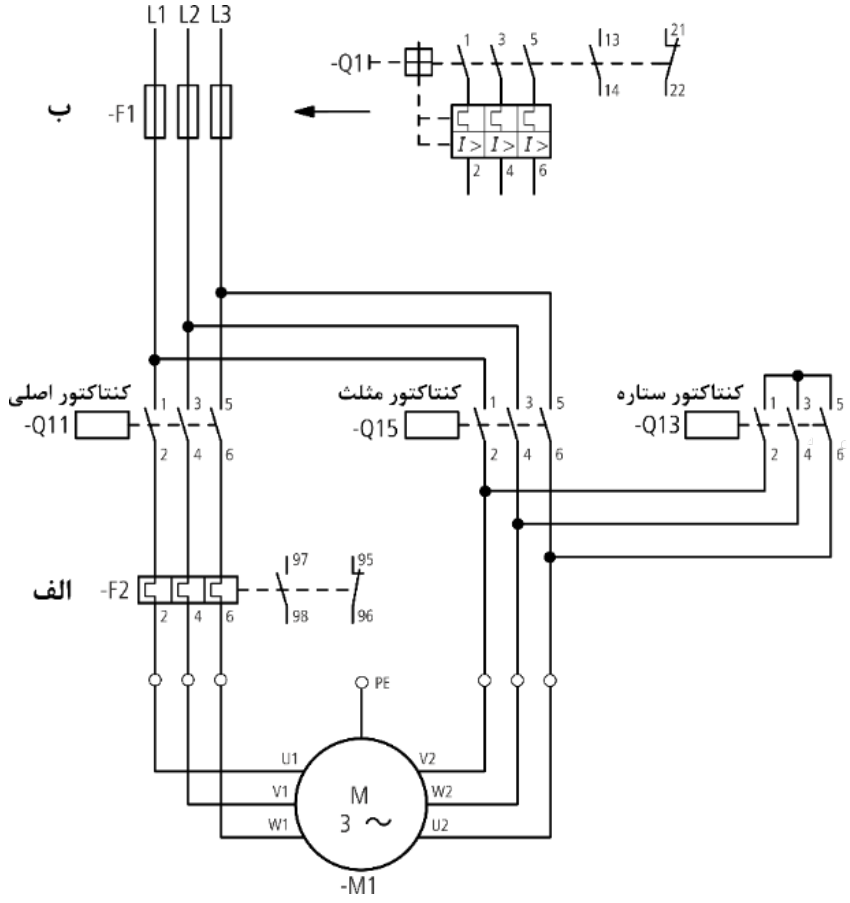
توان نامی موتور	سایز رله حرارتی	سایز کنتاکتور (AC3)	
kW	A	kW	A
۰٫۰۶	۰٫۱۶-۰٫۲۵	۴	۹
۰٫۰۹	۰٫۲۵-۰٫۴۰	۴	۹
۰٫۱۲	۰٫۴۰-۰٫۶۳	۴	۹
۰٫۱۸	۰٫۴۰-۰٫۶۳	۴	۹
۰٫۲۵	۰٫۶۳-۱	۴	۹
۰٫۳۷	۰٫۶۳-۱	۴	۹
۰٫۵۵	۱-۱٫۶	۴	۹
۰٫۷۵	۱٫۶-۲٫۵	۴	۹
۱٫۱	۲٫۵-۴	۴	۹
۱٫۵	۲٫۵-۴	۴	۹
۲٫۲	۴-۶٫۳	۴	۹
۳	۶-۱۰	۴	۹
۴	۶-۱۰	۴	۹
۵٫۵	۹-۱۴	۵٫۵	۱۲
۷٫۵	۱۳-۱۸	۷٫۵	۱۸
۹	۱۷-۲۳	۱۱	۲۵
۱۱	۲۰-۲۵	۱۱	۲۵
۱۵	۲۴-۳۲	۱۵	۳۲
۱۸٫۵	۳۰-۴۰	۱۸٫۵	۴۰
۲۲	۳۷-۵۰	۲۲	۵۰
۳۰	۴۸-۶۵	۳۰	۶۵
۳۷	۴۰-۸۰	۳۷	۸۰
۴۵	۶۵-۱۱۵	۴۵	۹۵
۵۵	۶۵-۱۱۵	۵۵	۱۱۵
۷۵	۷۰-۱۵۰	۷۵	۱۵۰
۹۰	۱۰۰-۲۲۰	۹۰	۱۸۵
۱۱۰	۱۰۰-۲۲۰	۱۱۰	۲۲۵
۱۳۲	۱۶۰-۳۲۰	۱۳۲	۲۶۵
۱۶۰	۱۶۰-۳۲۰	۱۶۰	۳۳۰
۲۰۰	۲۵۰-۵۰۰	۲۰۰	۴۰۰
۲۵۰	۲۵۰-۵۰۰	۲۵۰	۵۰۰

۶-۱۳-۵-۸- راه‌اندازی ستاره-مثلث

این روش راه‌اندازی صرفاً برای موتورهایی که هر دو سر سیم‌پیچ‌های استاتور در جعبه ترمینال موتور در دسترس است قابل استفاده است و سیم‌پیچی استاتور باید به نحوی باشد که مطابق با پلاک مشخصات موتور الکتریکی قابلیت تحمل ولتاژ شبکه در حالت مثلث (۴۰۰ ولت) و ستاره (۶۹۰ ولت) را داشته باشد.

در این روش ابتدا موتور در حالت ستاره راه‌اندازی می‌شود و بعد از گذشت چند ثانیه تا هنگامی که موتور به حدود ۸۰ درصد دور نامی خود می‌رسد به حالت مثلث تغییر وضعیت می‌دهد.

نمونه یک مدار جهت راه‌اندازی ستاره-مثلث موتور الکتریکی در شکل (۶-۶۵) نمایش داده شده است.



شکل۶-۶۵- مدارهای راه‌اندازی موتور الکتریکی به روش ستاره-مثلث

کنتاکتور حالت ستاره (کنتاکتور Q13 در شکل (۶-۶۵)) و کنتاکتور حالت مثلث (کنتاکتور Q15 در شکل (۶-۶۵)) باید مجهز به اینترلاک مکانیکی و/یا الکتریکی باشد به نحوی که امکان وصل شدن همزمان این دو کنتاکتور وجود نداشته باشد.

به منظور انتخاب رله اضافه بار و تنظیم آن، محل قرار گرفتن رله در مدار راه‌انداز ستاره مثلث باید مورد توجه قرار بگیرد. در صورتی‌که رله بعد از کنتاکتور اصلی قرار بگیرد (نقطه الف در شکل ۶-۶۵) جریان اضافه بار معادل ۰٫۵۸ جریان نامی موتور الکتریکی و در صورتی‌که در سمت ورودی و قبل از کنتاکتور اصلی (نقطه ب در شکل (۶-۶۵)) قرار بگیرد جریان اضافه بار معادل جریان نامی موتور الکتریکی انتخاب و تنظیم می‌شود.

همچنین برای انتخاب سایز کنتاکتورهای مدار راه‌اندازی به روش ستاره مثلث می‌توان از جدول(۶-۳۳) استفاده نمود:

جدول۶-۳۳- سایز کنتاکتور پیشنهادی برای راه‌اندازی به روش ستاره-مثلث

توان نامی موتور kW	جریان نامی کنتاکتور اصلی (A)	جریان نامی کنتاکتور ستاره (A)	جریان نامی کنتاکتور مثلث (A)
۷/۵	۹	۹	۹
۱۱	۱۸	۹	۱۲
۱۸/۵	۲۵	۹	۲۵
۲۵	۳۲	۱۸	۳۲
۳۷	۴۰	۴۰	۴۰
۵۵	۵۰	۴۰	۵۰
۷۵	۸۰	۵۰	۸۰
۱۱۰	۱۱۵	۸۰	۱۱۵
۱۳۲	۱۵۰	۱۱۵	۱۵۰
۱۶۰	۱۸۵	۱۵۰	۱۸۵
۲۰۰	۲۲۵	۱۸۵	۲۲۵
۲۲۰	۲۶۵	۱۸۵	۲۶۵

۶-۱۳-۵-۹- راه‌اندازی نرم

راه‌انداز نرم با کاهش موقت ولتاژ در هنگام راه‌اندازی باعث کاهش جریان راه‌اندازی، کاهش افت ولتاژ در مدار تغذیه موتور الکتریکی، کاهش گشتاور راه‌اندازی و تنش مکانیکی در موتور و محور آن و افزایش طول عمر وسایل موتوری می‌شود. همچنین از راه‌انداز نرم می‌توان برای توقف نرم موتور الکتریکی نیز استفاده نمود.

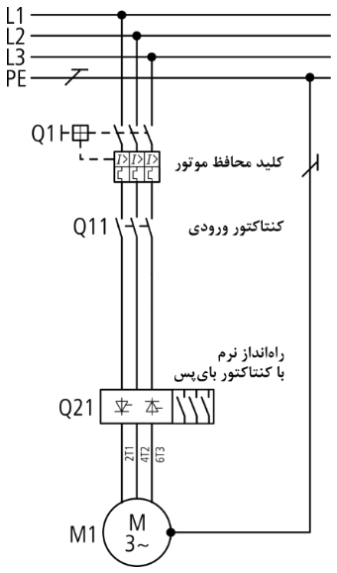
این وسیله عموماً به‌صورت سری بین موتور الکتریکی و مدار تغذیه آن قرار می‌گیرد و می‌تواند مجهز به حفاظت‌های مختلف از جمله اضافه بار، قطع فاز و مانند آن باشد.

توان نامی راه‌انداز نرم نباید کوچک‌تر از توان نامی موتور الکتریکی متصل به آن باشد.

مدار راه‌انداز نرم باید مجهز به کنتاکتور موازی (بای پس) داخلی یا مستقل باشد که پس از راه‌اندازی موتور الکتریکی به‌صورت خودکار بسته شده و مسیر جریان تغذیه موتور الکتریکی از طریق این کنتاکتور برقرار و از ایجاد تلفات حرارتی در مدارها داخلی راه‌انداز نرم و کاهش عمر مفید آن جلوگیری شود.

به منظور تامین جداسازی ایمن در سمت ورودی راه‌انداز نرم (هنگام تعمیر و نگهداری یا خاموش بودن راه‌انداز) و همچنین قطع مدار تغذیه هنگام بروز خطا، مدار راه‌انداز باید مجهز به یک کنتاکتور متناسب با سایز موتور الکتریکی در سمت ورودی راه‌انداز نرم باشد و مدار کنترل آن مطابق با دستورالعمل بهره‌برداری راه‌انداز نرم طراحی شود.

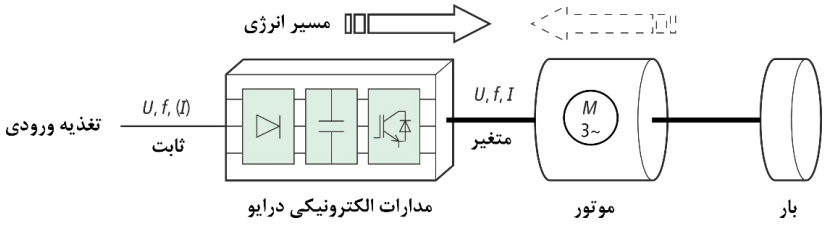
یادآوری- تعداد دفعات مجاز راه‌اندازی موتور الکتریکی در هر ساعت مطابق با مشخصات فنی ارایه شده توسط سازنده راه‌انداز نرم باید مد نظر قرار بگیرد.



شکل۶-۶۶- نمونه مدار راه‌اندازی موتور الکتریکی توسط راه‌انداز نرم

۶-۱۳-۵-۱۰- راه‌اندازی توسط مبدل فرکانس (درایو)

این روش راه‌اندازی با کنترل دامنه و همچنین فرکانس ولتاژ تغذیه موتور الکتریکی، امکان کنترل سرعت، گشتاور و جریان راه‌اندازی موتور الکتریکی را فراهم نموده و همچنین می‌تواند حفاظت موتور الکتریکی در برابر اضافه بار، قطع فاز و غیره را تامین کند.



شکل۶-۶۷- عملکرد درایو در راه‌اندازی موتور الکتریکی

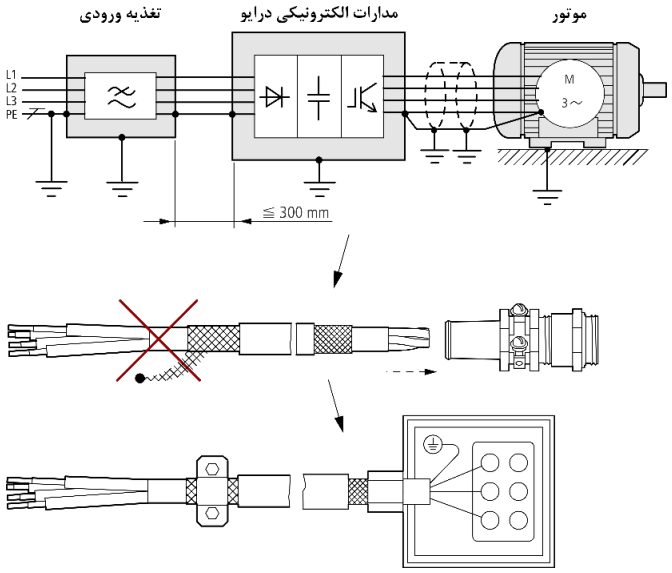
در این روش، کنترل سرعت موتور الکتریکی در هنگام راه‌اندازی، توقف و کارکرد عادی امکان پذیر است و می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری و کاهش مصرف انرژی الکتریکی شود.

توان نامی درایو نباید کوچک‌تر از توان نامی موتور الکتریکی متصل به آن باشد.

به منظور تامین جداسازی ایمن در سمت ورودی درایو (هنگام تعمیر و نگهداری یا خاموش بودن راه‌انداز) و همچنین قطع مدار تغذیه هنگام بروز خطا، مدار راه‌انداز باید مجهز به یک کنتاکتور متناسب با جریان نامی موتور الکتریکی در سمت ورودی راه‌انداز باشد و مدار کنترل آن مطابق با دستورالعمل بهره‌برداری درایو طراحی شود.

اتصال هادی حفاظتی درایو مطابق با دستورالعمل بهره‌برداری درایو باید اجرا شود.

کابل اتصال دهنده درایو به موتور الکتریکی باید از نوع شیلددار بوده و در هر دو سمت به هادی (شینه) حفاظتی متصل شود. سطح تماس اتصال شیلد کابل باید به حد کافی بزرگ باشد و شیلد نباید جایگزین هادی حفاظتی مورد بهره‌برداری قرار بگیرد.



شکل۶-۶۸- اتصال صحیح شیلد کابل

کابل اتصال دهنده درایو به موتور الکتریکی باید از مسیری مستقل از هادی‌های فرمان و با فاصله حداقل ۳۰ سانتی‌متر عبور کند و نباید به موازات سایر هادی‌های قدرت قرار بگیرد.

به منظور تامین تطابق الکترومغناطیسی، استفاده از فیلتر تداخل رادیویی[1] و فیلتر خط (ترکیب فیلتر تداخل رادیویی و چوک ورودی) می‌تواند باعث جلوگیری از تداخل فرکانس بالا و کاهش میزان انتقال این تداخلات از طریق کابل تغذیه درایو به مدارهای بالادست شود.

نصب چوک در سمت ورودی درایو باعث جلوگیری از کاهش کیفیت توان و افزایش ضریب قدرت مدار می‌شود. استفاده از این چوک مخصوصاً در مواردی‌که تعداد زیادی درایو از یک مدار مشترک تغذیه می‌شود و وسایل الکترونیکی هم به آن شبکه متصل است توصیه می‌شود.

نصب چوک در سمت خروجی درایو مخصوصاً در مواردی‌که طول کابل تغذیه موتور زیاد است یا چندین موتور توسط درایو راه‌اندازی می‌شود توصیه شده است.

یادآوری- شرایط نصب و بهره‌برداری از تجهیزات کمکی درایو باید مطابق با الزامات معرفی شده در دستورالعمل درایو که توسط سازنده ارایه می‌شود، رعایت شود.

[1] Radio Interference Filter

۶-۱۳-۶- حفاظت ترانسفورماتور

در این بخش الزامات کلی برای طراحی تابلوهای برق که شامل تجهیزات حفاظت ترانسفورماتور است معرفی می‌شود.

۶-۱۳-۶-۱- ترانسفورماتور قدرت

به منظور انتخاب وسیله حفاظتی ترانسفورماتور قدرت و تنظیم رله‌های حرارتی و مغناطیسی، دستورالعمل بهره‌برداری ترانسفورماتور و شرایط نصب آن باید مد نظر قرار بگیرد.

در صورت عدم دسترسی به مشخصات فنی پلاک ترانسفورماتور قدرت می‌توان از مقادیر جدول (۶-۳۴) برای آگاهی از جریان نامی و حداکثر جریان اتصال کوتاه ترانسفورماتور قدرت استفاده نمود.

کلید اصلی سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور قدرت باید از نوع قابل تنظیم و محدود کننده جریان باشد و قدرت قطع آن باید حداقل برابر با حداکثر جریان اتصال کوتاه ترانسفورماتور قدرت باشد. در مواردی‌که ترانسفورماتور با ترانسفورماتور یا موتور-ژنراتورهای دیگری موازی می‌شود باید به افزایش سطح اتصال کوتاه تابلو برق توجه شود.

جدول۶-۳۴- مقادیر جریان نامی و اتصال کوتاه ترانسفورماتور قدرت

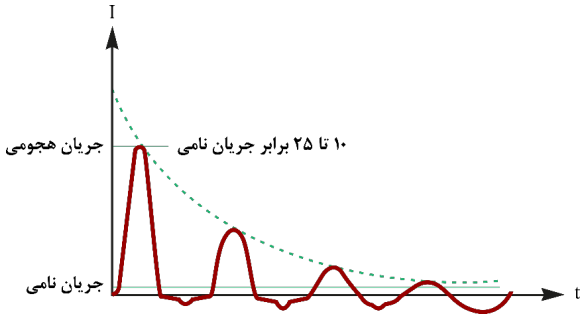
توان ظاهری نامی	جریان نامی	حداکثر جریان اتصال کوتاه A	
kVA	A	u_k%=4%	u_k%=6%
۵۰	۷۲	۱۹۶۷	-
۶۳	۹۱	۲۴۷۸	۱۶۵۲
۱۰۰	۱۴۴	۳۹۳۳	۲۶۲۲
۱۲۵	۱۸۰	۴۹۱۶	۳۲۷۸
۱۶۰	۲۳۱	۶۲۹۳	۴۱۹۵
۲۰۰	۲۸۹	۷۸۶۶	۵۲۴۴
۲۵۰	۳۶۰	۹۸۳۳	۶۵۵۵
۳۱۵	۴۵۵	۱۲۳۹۰	۳۲۶۰
۴۰۰	۵۷۷	۱۵۷۳۳	۱۰۴۸۹
۵۰۰	۷۲۲	۱۹۶۶۶	۱۳۱۱۱
۶۳۰	۹۰۹	۲۴۷۷۹	۱۶۵۱۹
۸۰۰	۱۱۵۵	-	۲۰۹۷۷
۱۰۰۰	۱۴۴۳	-	۲۶۲۲۱
۱۲۵۰	۱۸۰۴	-	۳۲۷۷۷
۱۶۰۰	۲۳۰۹	-	۴۱۹۵۴
۲۰۰۰	۲۸۸۷	-	۵۲۴۴۳
۲۵۰۰	۳۶۰۸	-	۶۵۵۵۳

یادآوری- مقدار اضافه جریان مجاز ترانسفورماتور قدرت در زمان‌های کوتاه می‌تواند مطابق با دستورالعمل سازنده ترانسفورماتور برای تنظیم رله اضافه بار کلید سمت فشار ضعیف مد نظر قرار بگیرد.

۶-۱۳-۶-۲- ترانسفورماتورهای فشار ضعیف

ترانسفورماتور فشار ضعیف عموماً با توان چند ولت آمپر تا چند صد ولت آمپر و به منظور تغییر ولتاژ فشار ضعیف برای استفاده در مدارهای فرمان، سیگنال دهی یا مدارهای روشنایی تک‌فاز در محلی که صرفاً تغذیه سه‌فاز وجود دارد استفاده می‌شود. این نوع ترانسفورماتور همچنین ممکن است به منظور تبدیل آرایش سیستم زمین برای کاربری‌های خاص (مثلاً تبدیل سیستم TN به IT) مورد استفاده قرار بگیرد.

برای انتخاب کلید یا فیوز حفاظت کننده ترانسفورماتورها باید توجه داشت که دامنه جریان هجومی هنگام برق‌دار کردن این وسایل حدوداً بین ۱۰ تا ۱۵ برابر جریان نامی آن است و حتی در ترانسفورماتورهای کوچک‌تر (کم‌تر از ۵۰ کیلو ولت آمپر) ممکن است تا ۲۵ برابر جریان نامی نیز برسد لذا استفاده از کلید مینیاتوری تیپ D یا کلید کمپکت با قابلیت تنظیم رله مغناطیسی متناسب با جریان هجومی ترانسفورماتور باید مد نظر قرار بگیرد.



شکل۶-۶۹- جریان هجومی هنگام برق‌دار کردن ترانسفورماتور فشار ضعیف

۶-۱۳-۷- حفاظت موتور- ژنراتور

با توجه به اینکه مقدار امپدانس درصد موتور- ژنراتور نسبت به ترانسفورماتور قدرت با سایز مشابه ممکن است تا حدود ۵ برابر بزرگ‌تر باشد لذا تنظیم رله قطع اتصال کوتاه کلید حفاظت کننده موتور- ژنراتور باید مطابق با دستورالعمل سازنده موتور- ژنراتور با دقت انجام شود به نحوی که کلید، جریان‌های حدود ۳ تا ۵ برابر جریان نامی را به‌صورت آنی قطع کند تا از صدمه رسیدن به موتور- ژنراتور جلوگیری شود.

یادآوری- کلید خودکار اصلی حفاظت مدار خروجی برق ژنراتور در سیستم TNS از نوع چهارپل انتخاب می‌شود.

۶-۱۳-۸- سیستم چنج اور و کوپلاژ

در این بخش الزامات کلی برای طراحی تابلوهای برق که به منظور سوئیچ کردن بین دو یا چند منبع تغذیه مختلف استفاده می‌شود، ارایه شده است.

۶-۱۳-۸-۱- الزامات عمومی

سیستم چنج‌اور باید علاوه بر عملکرد دستی مجهز به سیستم عملکرد خودکار باشد و پیش بینی سیستم اینترلاک الکتریکی و/یا مکانیکی بین کلیدها یا کنتاکتورهایی که به منظور سوئیچ کردن بین دو یا چند منبع تغذیه مختلف استفاده می‌شود مطابق با نقشه‌های منطق مداری طراحی شده الزامی است.

کلیدهای خودکار مجهز به مکانیزم موتوری یا کنتاکتورهای مورد استفاده در تابلو برق چنج اور در سیستم TNS سه‌فاز باید از نوع چهارپل باشد. (به بند ۱۴-۶-۲-۲ فصل ۱۴ مراجعه شود)

منطق مداری عملکرد سیستم‌های کوپلاژ متناسب با کاربری مورد نظر باید در نظر گرفته شود و سیستم اینترلاک الکتریکی و/یا مکانیکی بین کلیدها برقرار باشد.

۶-۱۴- بازرسی و تست (آزمون)

در این بخش الزامات کلی و شرایط بازرسی و تست تابلوهای برق فشار ضعیف در حین ساخت و همچنین پس از اتمام ساخت معرفی شده است.

با توجه به گستردگی آزمون‌ها و محدودیت در معرفی و شرح تمام موارد مربوطه در این بخش، لازم است مواردی‌که در این بخش به آن اشاره نشده است مطابق با آخرین ویرایش استاندارد ملی ایران به شماره ۱۲۱۰۳ یا استاندارد بین‌المللی IEC 61439 اجرا شود.

۶-۱۴-۱- اصول کلی

به منظور اطمینان از کیفیت و همچنین تطابق مشخصات فنی تابلو برق با استانداردهای مربوطه و الزامات معرفی شده در این فصل، لازم است تمام تابلوهای فشار ضعیف پس از ساخت در کارخانه و همچنین پس از نصب در محل و قبل از بهره‌برداری مورد بازرسی و تست قرار بگیرد.

همچنین اجرای بازرسی حین ساخت با هدف شناسایی و رفع مشکلات احتمالی در طول فرایند ساخت باعث افزایش کیفیت محصول نهایی و کاهش هزینه و اتلاف وقت جهت رفع نواقص احتمالی می‌شود.

فرایند بازرسی و تست تابلو برق باید با رعایت کامل اصول ایمنی و توسط افراد کارآزموده و هوشمند انجام شود که علاوه بر شناخت کافی از محصولات و مشخصات فنی آن‌ها با خطرات برق و همچنین اصول کمک‌های اولیه آشنا باشد.

یادآوری- ترتیب معرفی آزمون‌ها در این بخش لزوماً نشانگر ترتیب اجرای آن نیست و توصیه می‌شود آزمون‌های مرتبط با ایمنی اپراتور (از جمله بازرسی‌های چشمی و آزمون مقاومت عایقی) قبل از برق‌دار کردن تابلو اجرا شود.

۶-۱۴-۲- تست‌های ظاهری و بررسی ساختار تابلو

آزمون‌های ظاهری تابلو برق شامل بازرسی چشمی و بررسی شاخص‌های فیزیکی تابلو برق از جمله موارد زیر است:

- بررسی ظاهری تابلو و تطابق آن با مدارک فنی مربوطه
- اندازه‌گیری ابعاد تابلو و تطابق آن با مدارک فنی مربوطه
- بررسی جنس و ضخامت پوشش قسمت‌های مختلف تابلو و تطابق آن با مدارک فنی مربوطه و الزامات معرفی شده در این فصل
- بررسی رنگ پوشش قسمت‌های محتلف بدنه تابلو و تطابق آن با الزامات معرفی شده در این فصل
- بررسی قطعات مکانیکی و اطمینان از عملکرد صحیح و استحکام آن مطابق با مشخصات فنی مربوطه
- بازرسی چشمی و بررسی مدارک مربوط به درجه حفاظتی (IP) تابلو
- بررسی سایز شینه‌ها، پوشش، نحوه نصب و استحکام پایه نگهدارنده آن مطابق با الزامات معرفی شده در این فصل
- بررسی رعایت توالی فازها و نحوه اتصال هادی‌ها به تجهیزات و ترمینال‌ها
- بازرسی چشمی و بررسی نحوه نصب تجهیزات و وسایل مختلف داخل تابلو و تطابق آن با مدارک فنی مربوطه
- بازرسی چشمی و بررسی روش علامت گذاری تابلو، تجهیزات و هادی‌ها و تطابق آن با مشخصات فنی معرفی شده در این فصل
- بازرسی چشمی و اندازه‌گیری فواصل عایقی و خزشی و تطابق آن با مشخصات فنی معرفی شده در این فصل
- بازرسی چشمی و بررسی نحوه جداسازی قسمت‌های برق‌دار و تطابق آن با ملاحظات ایمنی معرفی شده در این فصل
- بازرسی چشمی و بررسی نصب هادی هم‌بندی مطابق با الزامات معرفی شده در این فصل

۶-۱۴-۳- تست‌های عملکرد

آزمون‌های عملکرد تابلو متناسب با نوع و کاربری آن و مطابق با نقشه‌های تک خطی و کنترل اجرا می‌شود و می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- بررسی پیوستگی هادی حفاظتی و صحت هم‌بندی قطعات فلزی
- آزمون مدارهای قدرت و بررسی صحت سیم‌کشی و پیوستگی هادی‌ها
- آزمون مدارهای فرمان و بررسی صحت سیم‌کشی و پیوستگی هادی‌ها
- آزمون عملکرد وسایل و تجهیزات اپراتوری و نشانگر
- آزمون عملکرد وسایل و تجهیزات اندازه‌گیری
- بررسی صحت عملکرد اینترلاک الکتریکی و مکانیکی

۶-۱۴-۴- آزمون دی‌الکتریک و آزمون مقاومت عایقی

به منظور اطمینان از رعایت اصول ایمنی، صحت نصب تجهیزات و رعایت فواصل مجاز بین شینه‌ها، کیفیت مقره‌ها و جلوگیری از بروز خطرات احتمالی به علت آسیب‌های عایقی، اجرای آزمون دی‌الکتریک مطابق با شرایط معرفی شده در این بخش الزامی است.

۶-۱۴-۴-۱- اصول کلی

قبل از اجرای آزمون دی‌الکتریک (فرکانس قدرت) یا آزمون مقاومت عایقی باید از بدون برق بودن تابلو اطمینان حاصل شود.

با توجه به اینکه تست‌های عایقی و دی‌الکتریک در ولتاژ با دامنه بزرگ‌تر از ولتاژ کاری تابلو اجرا می‌شود، لازم است قبل از اجرای تست از قطع بودن مدار تجهیزات و وسایل زیر اطمینان حاصل شود:

- برقگیر حفاظتی (SPD)
- وسایل جریان باقی‌مانده (مطابق با دستورالعمل سازنده)
- وسایلی که قابلیت تحمل ولتاژ اعمال شده را ندارند (مانند وسایل الکترونیکی، سیم‌پیچ کنتاکتور، لامپ سیگنال، رله‌های کمکی، آژیر، تجهیزات اندازه‌گیری)

۶-۱۴-۴-۲- آزمون دی‌الکتریک

این آزمون با استفاده از دستگاه دی‌الکترومتر (های پات)[1] که قادر به تولید ولتاژ متناوب با فرکانس شبکه و ولتاژ مستقیم با قابلیت تنظیم دامنه، شیب افزایش ولتاژ، زمان و همچنین اندازه‌گیری میزان جریان نشتی باشد اجرا می‌شود.

دامنه ولتاژ این آزمون مطابق با جدول (۶-۳۵) انتخاب و به مدت ۱ ثانیه اعمال می‌شود. تنظیم جریان قطع نباید کم‌تر از ۳٫۵ میلی‌آمپر باشد.

جدول۶-۳۵- ولتاژ آزمون دی‌الکتریک

ولتاژ آزمون دی‌الکتریک		ولتاژ عایقی نامی U_i
DC	AC	AC یا DC
۱۴۱۵V	۱۰۰۰V	Ui ≤۶۰ V
۲۱۲۰V	۱۵۰۰V	۶۰V< Ui ≤ ۳۰۰ V
۲۶۷۰V	۱۸۹۰V	۳۰۰V< Ui ≤ ۶۹۰V
۲۸۳۰V	۲۰۰۰V	۶۹۰V< Ui ≤ ۸۰۰V
۳۱۱۰V	۲۲۰۰V	۸۰۰V< Ui ≤ ۱۰۰۰V
۳۸۲۰V	-	۶۰V< Ui ≤ ۱۵۰۰V

[1] HI-Pot (High-Potential)

تنظیم شیب افزایش و کاهش ولتاژ دستگاه باید مطابق با دستورالعمل‌های معتبر و حدوداً بین ۵ تا ۱۰ ثانیه انتخاب شود به نحوی که در لحظه شروع تست ولتاژی بیش از نصف ولتاژ تست به تابلو اعمال نشود.

تمام کلیدها و وسایل قطع و وصل باید در وضعیت وصل قرار داشته باشد.

این آزمون به ترتیب در سه مرحله در مدارها زیر اجرا می‌شود:

- بین هادی‌های هر سه‌فاز که به یکدیگر متصل شده و بدنه تابلو
- بین هادی هر فاز و دوفاز دیگر که به بدنه تابلو متصل شده است
- بین هادی‌های مدارها کمکی که معمولا به مدار اصلی متصل نمی‌شود و مدارهای اصلی و بدنه تابلو

در صورتی‌که هنگام اجرای آزمون هیچ‌گونه قوس یا تخلیه الکتریکی در تابلو برق اتفاق نیفتد این آزمون مورد قبول واقع می‌شود.

نتایج تست شامل مشخصات تابلو برق، شرایط اجرا و میزان جریان نشتی باید در گزارش تست ثبت شود.

در صورتی‌که کلید اصلی ورودی تابلو برق بزرگ‌تر از ۶۳۰ آمپر نباشد می‌توان از اجرای این آزمون صرفنظر و به اجرای آزمون مقاومت عایقی بسنده کرد.

مدارهای کمکی که با کلید یا فیوز کوچک‌تر از ۱۶ آمپر حفاظت شده است، نیاز به اجرای این تست ندارد.

۶-۱۴-۴-۳- آزمون مقاومت عایقی

این آزمون با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری مقاومت عایقی (مگا اهم متر) و با دامنه ولتاژ ۵۰۰ ولت مستقیم به ترتیب در سه مرحله بین هر فاز و فازهای دیگر که با بدنه تابلو و شینه حفاظتی همبند شده است اجرا می‌شود.

در صورتی‌که دستگاه تست مجهز به تشخیص خودکار زمان قطع نباشد، مدت زمان اجرای این تست حداقل ۱ دقیقه در هر مرحله در نظر گرفته می‌شود.

در صورتی‌که مقدار مقاومت عایقی اندازه گیری شده بیش‌تر از ۱ مگا اهم باشد نتیجه آزمون مورد قبول است.

نتایج تست شامل مشخصات تابلو برق، شرایط اجرا و مقدار مقاومت عایقی باید در گزارش تست ثبت شود.

۶-۱۵- بسته بندی و بارگیری

به منظور حفظ کیفیت و جلوگیری از صدمه دیدن تابلو برق هنگام بارگیری و حمل و نقل، تمام تابلوها باید با رعایت الزامات معرفی شده در این بخش آماده سازی و بسته‌بندی شود.

۶-۱۵-۱- اصول کلی

بسته‌بندی باید تابلو برق را به نحو موثر در برابر صدمات مکانیکی و همچنین ایجاد خوردگی هنگام بارگیری، انبارش و حمل و نقل حفاظت کند.

به منظور تعیین نوع بسته‌بندی شاخص‌های زیر باید مد نظر قرار بگیرد:

- مقصد نهایی حمل تابلو
- شرایط محیطی محل نگهداری و انبار تابلو (دما، رطوبت، گرد و غبار، آلاینده‌ها، صدمات مکانیکی)
- مدت زمان انبارداری قبل و بعد از حمل تابلو
- نحوه بارگیری (جرثقیل، لیفتراک، جک)
- وسیله و مسیر حمل تابلو (کامیون، کانتینر، کشتی، هواپیما)
- وزن تابلو
- میزان حساسیت بدنه تابلو در مقابل صدمات خارجی (در شیشه‌ای، بدنه غیرفلزی)
- جنس و نوع پوشش تابلو (رنگ، فولاد ضد زنگ)
- مرکز ثقل تابلو

به منظور رعایت موارد فوق، سازنده تابلو برق باید با هماهنگی کارفرما نسبت به تعیین نوع بسته بندی و اجرای صحیح آن اقدام کند.

یادآوری- فرایند بسته‌بندی نباید قبل از صدور مجوز کتبی مسئول بازرسی و تست تابلو اجرا شود.

۶-۱۵-۲- پاکسازی و نظافت

قبل از بسته بندی تابلو برق، باید از تمیز بودن محیط داخل و بدنه خارجی تابلو اطمینان حاصل شود. برای این منظور علاوه بر بازرسی چشمی فضای داخل تابلو برق و خارج کردن قطعات اضافی (ابزار، پیچ، واشر و...)، فضای داخل تابلو برق با استفاده از وسیله مناسب (مانند جاروبرقی) از هرگونه گرد و غبار یا قطعات ریز پاکسازی می‌شود. همچنین بخش بیرونی تابلو برق با استفاده از پاک کننده‌هایی که به رنگ تابلو آسیب نمی‌رساند کاملاً تمیز و عاری از هرگونه گرد و خاک یا چربی می‌شود.



شکل۶-۷۰- پاکسازی فضای داخل تابلو با استفاده از جاروبرقی

برای پاکسازی فضای داخل تابلو برق نباید از هوای پرفشار استفاده نمود زیرا این کار باعث پخش شدن ذرات کوچک، پلیسه یا رشته‌های سیم باقی‌مانده هنگام سیم‌کشی و نفوذ آن به کنتاکت‌ها یا قسمت‌های برق‌دار تابلو می‌شود.

در صورتی‌که بخش‌هایی از بدنه تابلو برق دچار زدگی یا آسیب کوچک شده باشد، این بخش‌ها باید لکه گیری و اصلاح شود.

قبل از بستن در تابلو باید از قرار گرفتن روبنده، صفحه گلند و سایر قطعات قابل جدا شدن تابلو که ممکن است هنگام بازرسی و آزمون باز شده باشد در جای خود اطمینان حاصل شود.

۶-۱۵-۳- بسته بندی تابلوها

بسته بندی تابلو برق با در نظر گرفتن شرایط ذکر شده در این بخش می‌تواند با استفاده از پوشش‌های پلی‌اتیلن (نایلون حبابدار) یا انواع جعبه‌های چوبی اجرا شود.

به منظور سهولت در بارگیری و تخلیه تابلوهای ایستاده، این تابلوها باید بر روی پالت چوبی نصب شده و مجهز به قلاب مناسب برای بلند کردن توسط جرثقیل باشد.

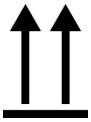
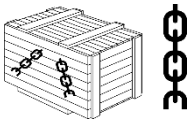
گوشه‌های تابلو برق در قسمت‌های کناری و بالا و پایین می‌تواند با استفاده از محافظ‌های اضافی در برابر صدمات مکانیکی ایمن شود.

تجهیزات اپراتوری و اندازه‌گیری که بر روی در بیرونی تابلو برق نصب شده است باید با در نظر گرفتن تمهیدات اضافی (نصب پلاستوفوم با ضخامت مناسب) در برابر صدمات احتمالی محافظت شود.

مشخصات تابلو شامل نام تابلو برق، وزن، ابعاد و آدرس محل تخلیه به نحو مناسب بر روی بسته بندی درج شود.

دستورالعمل بارگیری، حمل و تخلیه تابلو باید به نحو مناسب بر روی بسته بندی نصب شده و هشدارهای لازم مطابق با علایم درج شده در جدول (۶-۳۶) اعلام شود.

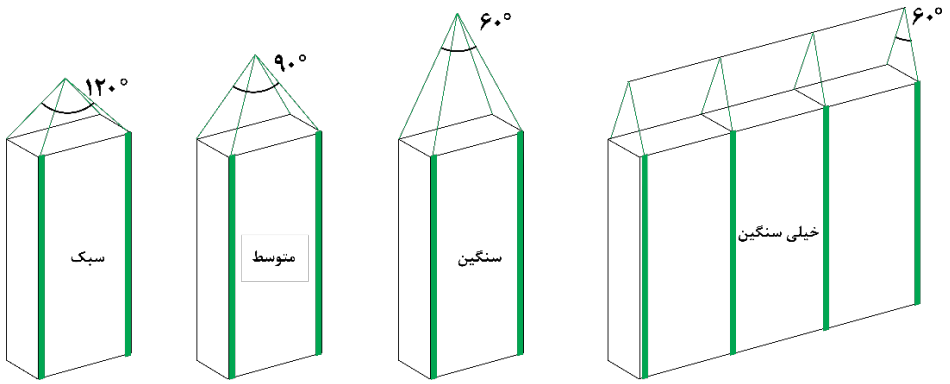
جدول۶-۳۶- علایم قابل نصب بر روی بسته بندی تابلو برق و کاربرد آن‌ها

علامت	توصیف	کاربرد
	شکستنی	محتوای بسته‌بندی حساس و شکستنی است و باید با احتیاط حمل شود
	استفاده از قلاب ممنوع	برای بلند کردن و جابجایی بسته‌بندی نباید از قلاب استفاده شود
	بالا	نشان‌دهنده سمت بالای بسته‌بندی است
	محل زنجیر	نشان‌دهنده محلی است که زنجیرها باید برای بلند کردن بسته‌بندی قرار بگیرد
	حفاظت در برابر رطوبت	بسته‌بندی باید در محل خشک نگهداری شود
	مرکز ثقل	نشان‌دهنده مرکز ثقل بسته‌بندی و محتوای آن است
	لیفتراک ممنوع	استفاده از لیفتراک برای بلند کردن و جابجایی بسته‌بندی مجاز نیست

۶-۱۵-۴- حمل و جابجایی تابلوها

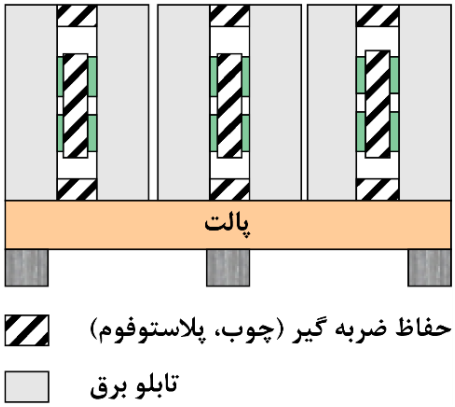
حمل و جابجایی تابلوها با رعایت کامل ملاحظات ایمنی و دستورالعمل حمل و جابجایی ارایه شده توسط سازنده تابلو برق اجرا می‌شود.

در صورتی‌که از جرثقیل برای جابجایی تابلو استفاده می‌شود، طول تسمه یا زنجیر مورد استفاده باید به نحوی انتخاب شود تا زاویه راس آن متناسب با وزن تابلو تا حد امکان کوچک باشد.



شکل۶-۷۱- روش صحیح بلند کردن تابلو برق متناسب با وزن آن

برای جلوگیری از صدمه رسیدن به بدنه تابلوها هنگام حمل و نقل، باید تمهیدات لازم به منظور استحکام و جلوگیری از حرکت ناخواسته تابلوها در نظر گرفته شود و در صورتی‌که چندین تابلو در کنار یکدیگر قرار گرفته است، فاصله بین تابلوها با قطعات محافظ از جنس چوب یا پلی‌استایرن (یونولیت/پلاستوفوم) پر شود.



شکل۶-۷۲- روش صحیح قرار دادن چندین تابلو در کنار یکدیگر هنگام حمل و نقل

فصل ۷

تابلوهای فشار متوسط

۷-۱- دامنه پوشش

در این بخش مشخصات فنی عمومی و دستورالعمل‌های اجرایی نصب تابلوهای فشار متوسط با ولتاژ ۱ تا ۳۳ کیلوولت مورد استفاده در تاسیسات برق ساختمان‌ها شامل تابلوهای با پوشش فلزی ارایه شده است.
این مشخصات فنی هم‌چنین لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو از قبیل انواع کلیدهای قدرت (خلا و گازی)، ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان و ولتاژ، کلیدهای جداکننده و زمین و مانند آن را در برمی‌گیرد.

۷-۲- تعاریف و اصطلاحات

۷-۲-۱- تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط

medium voltage switchgear and controlgear
ترکیبی از وسایل کلیدزنی فشار متوسط همراه با تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری، حفاظت و تنظیم است که شامل وسایل جانبی، اتصالات مربوط، محفظه‌ها و سازه‌های نگه‌دارنده آن است. در این فصل جهت اختصار، از عنوان تابلو فشار متوسط به جای تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط استفاده می‌شود.

۷-۲-۲- تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی

metal-enclosed switchgear and controlgear
مجموعه تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط که دارای پوشش خارجی فلزی با اتصال زمین بوده و به استثنای اتصالات خارجی به طور کامل مونتاژ شده باشد.

۷-۲-۳- تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی متال‌کلد

medium voltage metal – clad switchgear and controlgear
تابلو فشار متوسط با پوشش فلزی که با ویژگی‌های لازم زیر مشخص می‌شود:

الف) کلید اصلی قطع و وصل به‌صورت جداشونده است به‌گونه‌ای که مکانیزمی در آن برای تغییر حالت فیزیکی از وضعیت اتصال به وضعیت جداشده تعبیه شده است. همچنین کلید اصلی به وسایل جداکننده اولیه خودتراز[1] و خودکوپل‌شونده[2] مجهز است و مدارهای کنترلی اتصالات جداشدنی دارد.

ب) قسمت‌های اصلی مدار اولیه، شامل کلید اصلی یا تجهیزات کلیدزنی، باسبارها، ترانسفورماتور اندازه‌گیری ولتاژ و ... با محفظه‌های فلزی زمین‌شده محصور شده است به گونه‌ای که به جز بازشوهای کوچکی که برای عبور سیم، یا دسته‌ای از سیم‌ها، ارتباطات مکانیکی یا موارد مشابه تعبیه شده‌اند، بسته شده باشد.

[1] Self-Aligning
[2] Self-Coupling

پ) تمام قسمت‌های برق‌دار با خانه‌های فلزی زمین‌شده محصور شده‌اند.

ت) دریچه‌های حفاظتی اتوماتیک اجزا مدار اولیه را در حالت‌های مختلف خارج از سرویس، تست یا خارج از تابلو می‌پوشاند.

ث) سراسر باسبارها و اتصالات اولیه با مواد عایقی پوشانده شده است.

ج) اینترلاک مکانیکی برای توالی عملکرد مناسب در شرایط کار عادی فراهم شده است.

چ) ابزارها، کنتورها، رله‌ها، وسایل کنترلی ثانویه و سیم‌کشی آن‌ها توسط موانع فلزی زمینی از تمام عناصر مدار اولیه جدا می‌شود، به استثنای سیم‌های با طول کوتاه مانند ترمینال‌های ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری.

ح) دری که از طریق آن قطع کننده مدار به داخل محفظه وارد می‌شود ممکن است به‌عنوان در دسترسی به بخش کنترلی، ابزارهای اندازه‌گیری و رله‌ها نیز عمل کند.

یادآوری- تمام تابلوهای متال‌کلد، تابلو با پوشش فلزی هستند، اما همه تابلوهای با پوشش فلزی را نمی‌توان تابلوی متال‌کلد عنوان نمود.

۷-۲-۴- اجزا تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط

۷-۲-۴-۱- محفظه

enclosure

آن قسمت از تجهیزات است که نوع و درجه مناسبی از حفاظت را برای کاربردهای مورد نظر، تأمین می‌کند.

۷-۲-۴-۲- دریچه حفاظتی

shutter

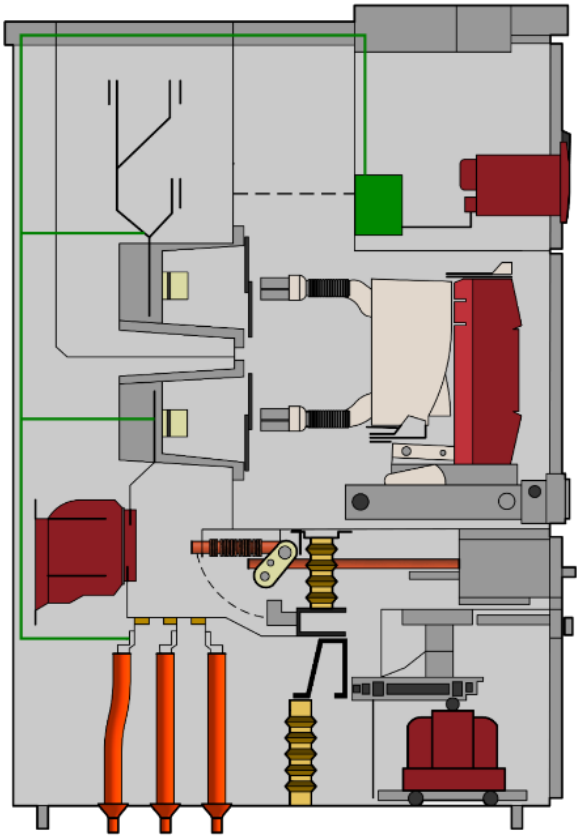
جزیی از تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی که می‌تواند متحرک بوده و در یکی از دو وضعیت زیر باشد:

- وضعیتی که اجازه می‌دهد کنتاکت‌های متحرک با کنتاکت‌های ثابت درگیر شود.
- وضعیتی که به‌صورت قسمتی از پوشش یا جداره درآمده و کنتاکت‌های ثابت را می‌پوشاند.

۷-۲-۴-۳- بوشینگ

bushing

ساختاری که یک هادی را از میان یک پوشش یا جداره عبور داده و آن را نسبت به آن‌ها عایق می‌کند و شامل متعلقات اتصالات به جداره و پوشش نیز می‌شود.



شکل۷-۱- یک نمونه تابلو فشار متوسط متال‌کلد

۷-۲-۴-۴- کنتاکت (تجهیزات کلیدزنی مکانیکی)

contact (of a mechanical switching device)

اجزا رسانایی که برای تامین پیوستگی مدار طراحی شده‌اند. اجزایی که در حرکت نسبی خودشان و در حالت‌های مختلف قطع یا وصل مدار و در انواع کنتاکت‌های کشویی و لولایی می‌توانند پیوستگی مدار را حفظ نمایند.

۷-۲-۴-۵- مداراصلی

main circuit

تمام قسمت‌های رسانای ولتاژ بالا تابلو فشار متوسط با پوشش فلزی که در یک مدار وجود دارد و برای عبور جریان عادی نامی درنظر گرفته شده است.

۷-۲-۴-۶- مدارکمکی (در یک تجهیز کلیدزنی)

auxiliary circuit (of a switching device)

تمام قسمت‌های رسانای یک تجهیز کلیدزنی که در مداری به‌غیر از مدار اصلی، مدار اتصال‌زمین و مدارهای فرمان تجهیزات، قرار دارند.

۷-۲-۴-۷- مدار فرمان (در یک تجهیز کلیدزنی)

control circuit (of a switching device)

تمام قسمت‌های رسانای یک تجهیز کلیدزنی در یک مدار (به‌غیر مدار اصلی) است که برای عملکرد قطع یا وصل، یا هر دو استفاده می‌شود.

۷-۲-۴-۸- کنتاکت کمکی

auxiliary contact

کنتاکتی که در مدار کمکی قرار دارد و توسط تجهیز کلیدزنی عمل می‌کند.

۷-۲-۴-۹- مدار اتصال زمین

earthing circuit

هادی‌ها، اتصالات و اجزای رسانای وسایل اتصال زمین که برای اتصال بخش‌های رسانای با ولتاژ بالا به سیستم زمین تاسیسات به‌کار می‌رود.

۷-۲-۴-۱۰- وسیله نشان‌دهنده وضعیت

position indication device

بخشی از کلید مکانیکی که وضعیت کلید را مشخص می‌کند. مانند وضعیت قطع، وصل یا در صورت لزوم، وضعیت زمین شده.

۷-۲-۴-۱۱- وسیله اینترلاک

interlocking device

وسیله‌ای که عملکرد یک وسیله قطع و وصل را به وضعیت یا عملکرد یک یا چند قطعه دیگر از تجهیزات وابسته می‌کند.

۷-۲-۴-۱۲- خانه ولتاژ بالا

high voltage compartment

بخشی از تابلو قدرت و فرمان با پوشش فلزی شامل اجزا رسانا ولتاژ بالا که به جز محل‌هایی که برای اتصالات، کنترل یا تهویه باید باز بماند، بسته شده باشد. چهار مدل از این خانه‌های ولتاژ بالا معرفی شده است. در سه مدل، این خانه‌ها می‌توانند باز باشند که به آن‌ها قابل دسترس می‌گویند و در یک مورد نمی‌تواند باز باشد که به آن غیرقابل دسترس می‌گویند و به شرح زیر هستند.

الف) خانه دسترس‌پذیر کنترل‌شده با اینترلاک

interlock-controlled accessible compartment

خانه ولتاژ بالا که به منظور عملکرد یا نگهداری عادی تابلو (به‌عنوان مثال تعویض فیوز) توسط سازنده می‌تواند باز شود (قابل باز شدن است) و نحوه دسترسی به تابلو توسط طراح تابلو کنترل و تعیین شده است. نصب، توسعه، تعمیر و ... جزء نگهداری عادی تابلو محسوب نمی‌شود.

ب) خانه دسترس‌پذیر مبتنی بر رویه

procedure-based accessible compartment

خانه ولتاژ بالا که به منظور عملکرد یا نگهداری عادی توسط سازنده می‌تواند باز شود (قابل باز شدن است) و نحوه دسترسی به داخل محفظه توسط یک روش مناسب همراه با قفل کنترل می‌شود. نصب، توسعه، تعمیرات تجهیزات و .... جزء نگهداری عادی محسوب نمی‌شود.

پ) خانه دسترس‌پذیر مبتنی بر ابزار

tool-based accessible compartment

خانه ولتاژ بالا که ممکن است باز شود اما نه برای عملکرد یا نگهداری عادی، بلکه به دلایل خاصی (مثلا تست کابل) ممکن است باز شود. در این حالت برای دسترسی به خانه به ابزارها و روش‌های خاصی برای باز کردن محفظه یا خانه‌های تابلو نیاز است.

ت) خانه دسترس ناپذیر

none-accessible compartment

خانه ولتاژ بالا که تحت هیچ شرایطی نباید باز شود چرا که ممکن است سبب اختلال در عملکرد یا آسیب رسیدن به تجهیزات شود. به‌عنوان مثال خانه‌های پرشده از گاز که نیاز به تعمیر و نگهداری نداشته و مستقل از شرایط آب و هوایی عملکرد مطلوب دارند.

۷-۲-۴-۱۳- جداساز (سکسیونر)

disconnector

وسیله مکانیکی قطع و وصل است که در حالت قطع، فاصله جدایی لازم بین کنتاکت‌ها را مطابق الزامات معین به وجود می‌آورد.

یادآوری- جداکننده قادر است فقط هنگامی یک مدار را قطع یا وصل کند که جریان‌های قابل اغماض برقرار شده یا قطع شوند یا تغییر قابل ملاحظه‌ای بین ولتاژ دو سر هر یک از قطب‌های کلید جداکننده ایجاد نشود.

همچنین جداکننده می‌تواند جریان‌هایی را در شرایط عادی از مدار عبور دهد و برای زمانی مشخص جریان‌هایی را در شرایط غیرعادی مانند اتصال کوتاه تحمل کند.

۷-۲-۴-۱۴- کنتاکتور مکانیکی

mechanical contactor

تجهیز کلیدزنی مکانیکی که فقط دارای یک وضعیت سکون است و به روشی غیردستی به‌کار انداخته می‌شود، قادر به وصل، عبور و قطع جریان‌ها در شرایط عادی مدار است، همچنین قادر به وصل و عبور جریان‌ها در شرایـــط عادی مدار از جمله شرایط اضافه‌بار بهره‌برداری است.

۷-۲-۴-۱۵- شینه یا باسبار

busbar

رسانا با امپدانس کم که چندین مدار الکتریکی می‌توانند در نقاط مختلف به آن متصل شود.

۷-۲-۴-۱۶- بخش قابل جداشدن

removable part

بخشی از تابلو فشار متوسط با پوشش فلزی متصل به مدار اصلی که ممکن است کاملاً از تابلوی با پوشش فلزی بیرون آمده و مجدد در تابلو قرار گیرد حتی در شرایطی که مدار اصلی واحد عملگر برق‌دار باشد.

۷-۲-۴-۱۷- بخش کشویی

withdrawable part

بخش قابل جداشدن از تابلو با پوشش فلزی که می‌تواند حرکت نموده و در وضعیت‌هایی قرار بگیرد که فاصله جدایی و تفکیک لازم را در حالت قطع تأمین نموده در حالی که هنوز به‌صورت مکانیکی از تابلو جدا نشده است.



شکل۷-۲- نمونه تابلو برق فشار متوسط با کلیدی که به‌صورت کشویی در خانه مربوط قرار گرفته است

۷-۲-۴-۱۸- وضعیت سرویس

service position (connected position)

وضعیتی که بخش قابل جداشدن به‌صورت کامل برای کارکرد پیش‌بینی‌شده متصل شده است.

۷-۲-۴-۱۹- وضعیت متصل به زمین

earthing position

وضعیت بخش متحرک یا سکسیونر در حالتی که با وصل مکانیکی کلید باعث اتصال‌کوتاه و اتصال به زمین مدار اصلی می‌شود.

۷-۲-۴-۲۰- وضعیت تست (بخش کشویی)

test position (of a withdrawable part)

وضعیت بخش کشویی به‌صورتی‌که فاصله جدایی و تفکیک لازم در مدار اصلی ایجاد شده اما اتصال مدارهای کمکی برقرار است.

۷-۲-۴-۲۱- وضعیت جدا شده یا خارج از سرویس (برای بخش کشویی)

disconnected position (of a withdrawable part)

وضعیت بخش کشویی در حالتی که فاصله جدایی لازم برای مدار بخش کشویی ایجاد شده است اما همچنان از نظر مکانیکی به محفظه تابلو متصل است.

۷-۲-۴-۲۲- وضعیت خارج از تابلو (برای بخش قابل جداشدن)

removed position (of a removable part)

وضعیت بخش قابل جداشدن زمانی‌که از تابلو خارج است و هیچ ارتباط الکتریکی یا مکانیکی با محفظه تابلو وجود ندارد.

۷-۲-۵- مفهوم از دست رفتن تداوم سرویس‌دهی LSC

loss of service continuity category

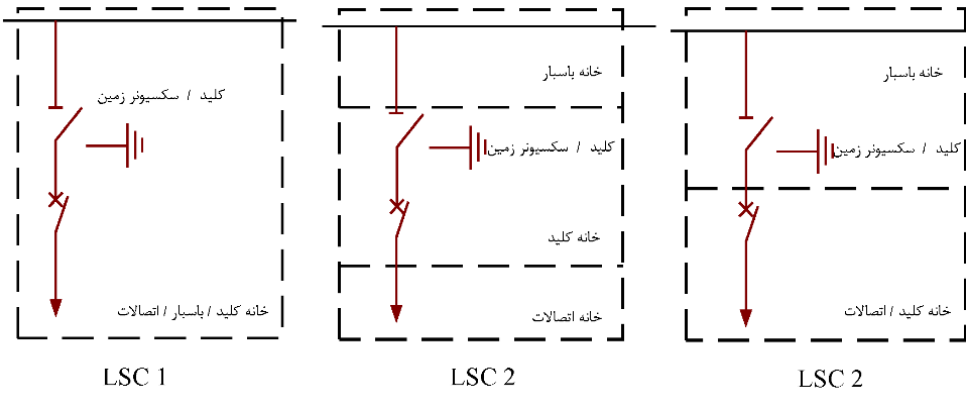
طبقه‌بندی این مفهوم بدان معناست که در زمان بازکردن یک خانه ولتاژ بالا قابل دسترس در تابلو کدام‌یک از سایر خانه‌های ولتاژ بالا یا واحدهای عملگر می‌توانند برق‌دار باقی بمانند. بر این اساس چهار دسته‌بندی عدم تداوم سرویس‌دهی به‌صورت زیر تعریف شده است:

LSC1-LSC2-LSC2A-LSC2B

۷-۲-۵-۱- دسته LSC2

واحد عملگر دارای حداقل یک خانه قابل دسترس برای اتصال ولتاژ بالا (که خانه اتصالات نامیده می‌شود) است، به طوری که در صورت باز بودن این خانه، حداقل یک باسبار می‌تواند همچنان برق‌دار بماند و بهره‌برداری عادی سایر واحدهای عملگر را می‌توان ادامه داد.

اگر واحدهای عملگر LSC2 دارای بخش‌های قابل دسترس غیر از خانه اتصالات باشند تقسیم‌بندی اضافی LSC2A و LSC2B تعریف می‌شوند.



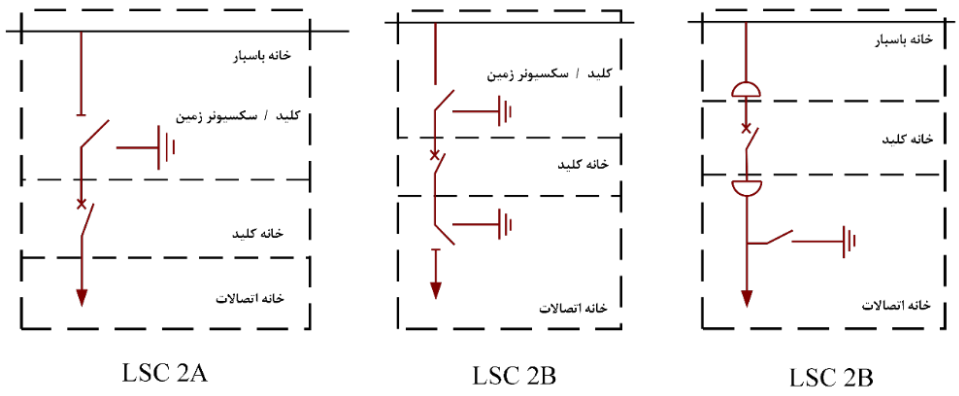
شکل۷-۳- نمایش طبقه بندی دسترسی به خانه‌های ولتاژ بالا تابلو فشار متوسط – LSC1 , LSC2

۷-۲-۵-۲- دسته LSC2A:

واحد عملگر دسته LSC2 زمانی‌که یک خانه دردسترس (به جز خانه باسبار تابلوهای قدرت و فرمان تک باسبار) باز باشد، حداقل یک باسبار بتواند برق‌دار بماند و سایر واحدهای عملگر تابلو را می‌توان به طور عادی بهره‌برداری نمود.

۷-۲-۵-۳- دسته LSC2B:

واحد عملگر دسته LSC2A در جایی که اتصالات ولتاژ بالا مانند اتصالات کابل‌ها به واحدهای عملگر می‌تواند برق‌دار باقی بماند در صورتی‌که هر یک از سایر بخش‌های ولتاژ بالا قابل دسترس باز باشد.



شکل۷-۴- نمایش طبقه‌بندی دسترسی به خانه‌های ولتاژ بالا تابلو فشار متوسط – LSC2A , LSC2B

۷-۲-۵-۴- دسته LSC1:

واحد عملگر دارای یک یا چند بخش ولتاژ بالای قابل دسترس است به طوری که در صورت باز بودن هر یک از این بخش‌ها، حداقل یکی از واحدهای عملگر دیگر تابلو باید بی‌برق شود.

۷-۲-۶- طبقه بندی استقامت در برابر قوس داخلی

internal arc classification (IAC)

عملکرد تابلوهای فشار متوسط با پوشش فلزی در خصوص حفاظت اشخاص در مجاورت تابلو در حوادثی که قوس داخلی در تابلو اتفاق می افتد باید مشخص شود. این مشخصه از طریق انجام یک آزمون نوعی قابل استحصال است. جهت معرفی IAC تابلوهای مختلف از حروف اختصاری زیر استفاده می شود:

- دسترس پذیری:

A: امکان دسترسی فقط برای افراد کارآزموده وجود دارد.

B: امکان دسترسی عمومی وجود دارد. (یعنی شرایط تست تابلو باید سخت‌گیرانه‌تر باشد)

- نحوه دسترسی به جوانب تعریف شده تابلو:

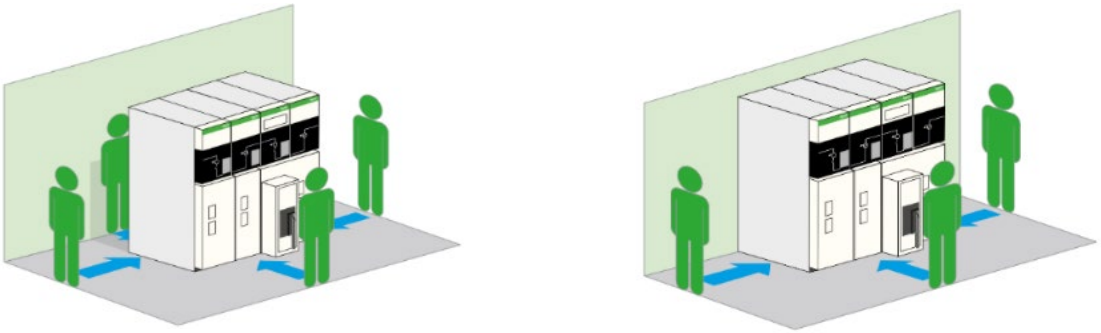
F: دسترسی از جلو

L: دسترسی از کنار

R: دسترسی از پشت

- مقدار و مدت زمان برقراری جریان قوس داخلی (برحسب کیلوآمپر و ثانیه)

مثال: عبارت IAC B FLR 21 kA, 1 s بدین معنا است که تابلو در دسترس عموم بوده و از جلو و پشت و کناره‌ها قابل دسترس است. مقدار جریان قوس داخلی ۲۱ کیلوآمپر و مدت زمان برقراری آن حداکثر یک ثانیه است.



IAC: A-FL
دسترسی افراد کارآزموده به سه طرف تابلو

IAC: B-FLR
دسترسی عموم به چهار طرف تابلو

شکل۷-۵- نمایش دو نمونه دسترسی به تابلوهای فشار متوسط

۷-۲-۷- بالاترین ولتاژ برای تجهیزات

highest voltage for equipment

بیش‌ترین ولتاژ فاز به فاز (مقدار RMS) که تجهیزات از لحاظ عایق‌بندی برای آن طراحی شده‌اند همچنین سایر مشخصاتی که در استانداردهای مربوط به تجهیزات، به این ولتاژ مرتبط است.

۷-۲-۸- جریان اسمی عادی

rated normal current (Ir)

جریان اسمی تابلوی قدرت و فرمان، مقدار موثر جریانی است که تابلوی قدرت و فرمان قادر است تحت شرایط مشخص بهره‌برداری به طور دایم از خود عبور دهد.

مقادیر جریان اسمی از سری R10 انتخاب می شود. سری R10 از اعداد پایه زیر تشکیل می‌شود که در ۱۰ به توان n ضرب می‌شوند:

۱ – ۱٫۲۵ – ۱٫۶ – ۲ – ۲٫۵ – ۳٫۱۵ – ۴ – ۵ – ۶٫۳ – ۸

۷-۲-۹- جریان ایستادگی کوتاه‌مدت

rated short-time withstand current (I_k)

مقدار موثر جریانی است که مدار تابلوی قدرت و فرمان در حالت وصل در زمان مشخص و شرایط تعیین شده بتواند از خود عبور دهد. زمان ترجیحی تعیین شده برای عبور جریان اتصال‌کوتاه ۱ ثانیه است. مقادیر زمان دیگری کم‌تر یا بیش‌تر از ۱ ثانیه می تواند باشد مانند: ۰٫۵ و ۲ و ۳ ثانیه.

مقدار این جریان از سری R 10 انتخاب می شود.

۷-۲-۱۰- جریان ایستادگی پیک

rated peak withstand current (I_p)

حداکثر مقدار جریانی است که مدار تابلوی قدرت و فرمان یا اجزای کلیدزنی در حالت وصل، تحت شرایط مشخص‌شده جهت سرویس‌دهی بتواند تحمل کند.

۷-۲-۱۱- اینترلاک‌ها

اینترلاک بین اجزا مختلف تجهیزات تابلو به جهت حفاظت و بهره‌برداری آسان تعبیه شده اند. وجود این سیستم باعث می‌شود تا بهره‌بردار نتواند حالتی را به وجود آورد که دستگاه برای آن طراحی نشده است یا دستگاه در حالتی قرار گیرد که برای بهره‌بردار خطر به بار آورد. موارد زیر برای مدارهای اصلی الزامی است:

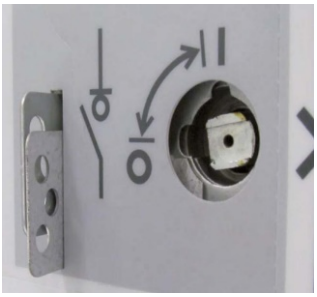
- تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی و اجزا جداشدنی

- از خارج کردن یا وارد کردن کلید، سکسیونر یا کنتاکتور به تابلو باید جلوگیری شود مگر اینکه در وضعیت قطع باشند.

- همچنین اینترلاک اجازه عملکرد کلید، سکسیونر یا کنتاکتور را در وضعیت‌های سرویس، خارج از سرویس، از سلول خارج شده، وضعیت تست را می‌دهد.

- اینترلاک زمانی اجازه وصل کلید، سکسیونر و کنتاکتور را در وضعیت سرویس می‌دهد که مدار کمکی قطع خودکار این تجهیزات وصل باشد. متقابلا، اینترلاک باید در حالت سرویس و وصل کلید مانع جداسازی مدار کمکی شود.

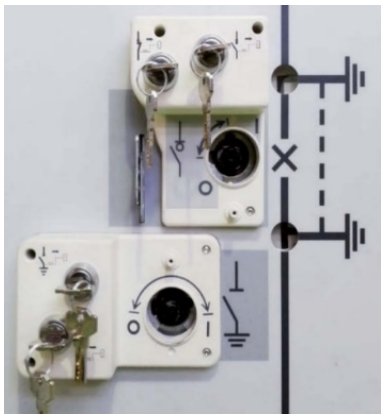
- تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی مجهز به سکسیونر ساده (جداکننده)
- اینترلاک‌ها برای ممانعت از عملکرد جداکننده‌ها در شرایطی که برای آن ساخته نشده‌اند تعبیه شده‌اند.
- کلیدزنی جداکننده زمانی مقدور است که کلید، سکسیونر یا کنتاکتور در حالت قطع باشند.
- عملکرد کلید، سکسیونر یا کنتاکتور زمانی مقدور است که جداکننده در وضعیت وصل، قطع یا زمین شده (در صورت وجود) باشد.
- لحاظ نمودن اینترلاک‌های اضافی یا جایگزین باید با توافق سازنده و بهره‌بردار باشد. سازنده باید تمام اطلاعات ضروری از خاصیت و عملکرد اینترلاک‌ها را به بهره‌بردار بدهد.
- سکسیونرهای اتصال زمین با ظرفیت وصل اتصال‌کوتاه کم‌تر از جریان اتصال‌کوتاه پیک مدار اصلی باید با جداکننده مدار اصلی اینترلاک شوند.
- برای تجهیزاتی که در مدار اصلی نصب می شوند اگر امکان اشتباه در عملیات و ایجاد خسارت یا امکان از دست‌رفتن فاصله ایزولاسیون حین تعمیرات و نگهداری وجود داشته باشد باید برای این تجهیزات از ابزارهای قفل کننده استفاده شود (مانند تعبیه قفل)



شکل۷-۶- نمونه‌ای از به کارگیری ابزارهای قفل کننده جهت پیاده سازی اینترلاک در تابلو فشار متوسط

اگر اتصال به زمین مدار توسط تجهیزات کلیدزنی اصلی (مانند کلید، سکسیونر یا کنتاکتور) که به‌صورت سری با کلید اتصال زمین قرار گرفته‌اند انجام شود، کلید اتصال زمین باید با کلید اصلی مدار اینترلاک شود، به گونه‌ای که کلید در برابر قطع ناخواسته حفاظت شود. به‌عنوان مثال با قطع مدار تریپ و بلوکه نمودن تریپ مکانیکی.

اگر اینترلاک غیرمکانیکی درنظر گرفته شده باشد طراحی باید به گونه‌ای باشد که هیچ شرایط نابجایی در نبود تغذیه کمکی بوجود نیاید. با این حال برای کنترل اضطراری، سازنده باید تجهیزات اضافه‌ای را علاوه بر اینترلاک برای عملکرد دستی درنظر بگیرد. در چنین شرایطی سازنده باید به وضوح این امکانات را به مشتری معرفی و روش کارکرد را به بهره‌بردار آموزش دهد.



شکل۷-۷- نمونه ای از به‌کارگیری ابزارهای قفل‌کننده (کلید[1]) جهت پیاده‌سازی اینترلاک در تابلو فشار متوسط

۷-۲-۱۲- واحد عملگر

functional unit

به قسمتی از تابلو برق و تابلو کنترل اطلاق می‌شود که شامل همه اجزای مدارهای اصلی و مدارهای کمکی به منظور تحقق یک عملکرد است.

۷-۲-۱۳- طبقه بندی کلید قدرت

براساس تعداد عملکرد مکانیکی، نیاز به تعمیر و نگهداری و احتمال بروز ولتاژ بازیابی گذرا به‌صورت زیر دسته‌بندی می‌شود:

جدول۷-۱- تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت براساس تعداد عملکرد مکانیکی

کلاس	تعداد عملکرد کلید
M_1	۲۰۰۰ مرتبه توالی عملکرد
M_2	۱۰۰۰۰ مرتبه توالی عملکرد

جدول۷-۲- تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت براساس نیاز به تعمیر و نگهداری

کلاس	نیاز به تعمیر و نگهداری
E_1	کلیدی که شامل کلاس E_2 نباشد.
E_2	عدم نیاز به تعمیر و نگهداری قطع کننده قوس کلید در دوره عمر مفید و نیاز اندک به نگهداری سایر اجزا

[1] Key

جدول۷-۳- تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت براساس احتمال بروز ولتاژ بازیابی گذرا

کلاس	احتمال بروز ولتاژ بازیابی گذرا[1]
C_1	کلید با احتمال اندک بروز برگشت ولتاژ گذرا حین قطع جریان‌های خازنی که توسط تست‌های ویژه تعیین می‌شود.
C_2	کلید با احتمال بسیار اندک بروز برگشت ولتاژ گذرا حین قطع جریان‌های خازنی که توسط تست‌های ویژه تعیین می‌شود.

۷-۲-۱۴- ولتاژ مقاوم در فرکانس قدرت

مقدار موثر ولتاژ سینوسی در فرکانس قدرت که کلید می‌تواند تحت تست، در شرایط خاص و به مدت زمان معین تحمل کند.

۷-۲-۱۵- ولتاژ مقاوم ضربه

حداکثر مقدار شکل موج ولتاژ ضربه استاندارد که عایق کلید باید تحت شرایط خاص تست تحمل کند. بسته به شکل موج ولتاژ ضربه، این تعریف می تواند به ولتاژ مقاوم در برابر صاعقه یا ولتاژ مقاوم در برابر کلیدزنی تغییر یابد.

جدول۷-۴- سطوح عایقی برای ولتاژهای نامی فشار متوسط

ولتاژ نامی (kV)	ولتاژ مقاوم در فرکانس قدرت (kV)		ولتاژ مقاوم ضربه (kV)	
	مقدار متداول	بین فواصل ایزولاسیون	مقدار متداول	بین فواصل ایزولاسیون
۳٫۶	۱۰	۱۲	۲۰	۲۳
			۴۰	۴۶
۷٫۲	۲۰	۲۳	۴۰	۴۶
			۶۰	۷۰
۱۲	۲۸	۳۲	۶۰	۷۰
			۷۵	۸۵
۲۴	۵۰	۶۰	۹۵	۱۱۰
			۱۲۵	۱۴۵
۳۶	۷۰	۸۰	۱۴۵	۱۶۵
			۱۷۰	۱۹۵

منظور از "مقدار متداول" در جدول (۷-۴) مقدار ولتاژی است که بین فاز و زمین و بین فازها و بین دو طرف کنتاکت سوییچ در حالتی که کنتاکت باز باشد اعمال می‌شود مگر اینکه مقدار دیگری در استاندارد برای آن وضع شده باشد.

منظور از "بین فواصل ایزولاسیون" در جدول (۷-۴) مقدار ولتاژی است که بین دو طرف کنتاکت تجهیزات کلیدزنی در حالتی که فاصله هوایی[2] بین کنتاکت‌های باز برای تامین الزامات عایقی طراحی شده است اعمال می‌شود، مخصوصا برای سکسیونرها.

[1] TRV: Transient Recovery Voltage
[2] Clearance Distance

۷-۲-۱۶- سوییچ

switch

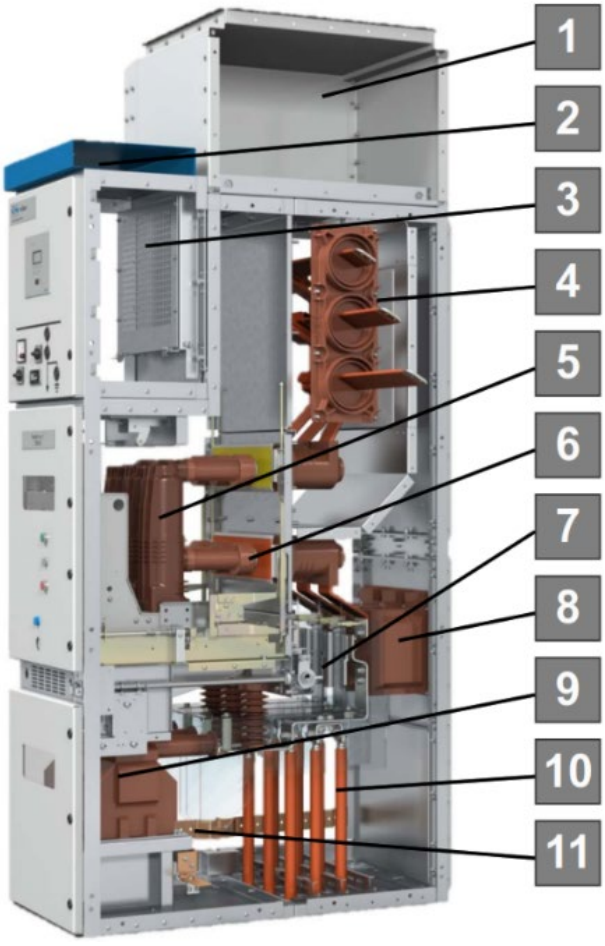
وسیله مکانیکی قطع و وصل است که می تواند جریان‌هایی را در شرایط عادی وصل، قطع یا عبور دهد که ممکن است شامل اضافه بار نیز باشد. این تجهیزات ممکن است در شرایطی و برای زمانی مشخص جریان‌هایی را در شرایط غیرعادی مانند اتصال‌کوتاه تحمل کند.

تبصره: یک سوییچ می تواند جریان وصل اتصال‌کوتاه را تحمل کند اما الزاما قادر به قطع جریان اتصال‌کوتاه نیست.

۷-۲-۱۷- ترانسفورماتور اندازه‌گیری

instrument transformer

ترانسفورماتوری که برای انتقال سیگنال حاوی اطلاعات به دستگاه‌های اندازه‌گیری، حفاظت، کنترل و سایر دستگاه‌های مشابه به کار می‌رود.



۱) داکت فشارشکن/دریچه انفجار
۲) مجرای عبور مدارهای کمکی (بین تابلوها و تابلو با سایر سیستم‌ها)
۳) خانه فشار ضعیف
۴) خانه باسبار
۵) خانه کلید
۶) دریچه حفاظتی
۷) کلید زمین
۸) ترانسفورماتور جریان
۹) ترانسفورماتور ولتاژ
۱۰) خانه اتصالات
۱۱) شینه زمین

شکل۷-۸- آشنایی با اجزا مختلف یک نوع تابلو فشار متوسط

۷-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی هستند که در متن این فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

- استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 62271-1، مرکز کلیدزنی و کنترل فشار قوی - قسمت ۱: ویژگی‌های عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 62271-100، وسایل قطع و وصل و فرمان فشار قوی - قسمت ۱۰۰: قطع‌کننده‌های مدار جریان متناوب.
- استاندارد ملی ایران به شماره INS0-IEC 62271-103، وسایل قطع و وصل و فرمان ولتاژ بالا- قسمت ۱۰۳: کلیدها برای ولتاژهای اسمی بالاتر از ۱KV تا و خود ۵۲KV.
- استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 62271-200، وسایل قطع و وصل و فرمان ولتاژ بالا- قسمت ۲۰۰: وسایل قطع و وصل و فرمان (a.c.) با محفظه فلزی برای ولتاژهای اسمی بالاتر از ۱KV تا و خود ۵۲KV.
- استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 61869-1، ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری - قسمت ۱: الزامات عمومی.
- IEC 61936-1Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules.
- IEEE Std C37.20.2:2015, IEEE Standard for Metal-Clad Switchgear.

۷-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در تابلوهای فشار متوسط ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (در صورت وجود) ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

۷-۴- اجزا تشکیل دهنده تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط

تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط براساس تجهیزاتی که در آن‌ها قرار می‌گیرند ممکن است به چند خانه تقسیم‌بندی شوند:

- خانه کلید یا تجهیز کلیدزنی اصلی[۱]
- خانه باسبار[۲]
- خانه اتصالات[۳]
- خانه فشار ضعیف[۴]
- خانه ترانسفورماتور ولتاژ[۵]
- خانه ترانسفورماتور جریان[۶]

در جایی که اتصالات سرکابل خانه مستقلی نداشته و در خانه دیگر تجهیزات مجتمع شده باشد (مانند خانه کلید یا خانه باسبار و ...) اولویت نام‌گذاری آن خانه با دیگر تجهیزات خواهد بود.

خانه‌ها ممکن است بر اساس تجهیزاتی که داخل آن‌ها قرار می‌گیرد نام‌گذاری‌های دیگری نیز داشته باشند مانند: خانه اتصالات/ترانسفورماتور جریان

خانه‌ها می توانند انواع مختلفی داشته باشند مانند:

- خانه با عایق هوا
- خانه پرشده از روغن
- خانه پرشده از گاز

خانه‌های باسبار ممکن است از میان چند واحد عملگر بدون نیاز به بوشینگ یا تجهیزات مشابه آن عبور کند. اما در تابلوهای با واحدهای عملگر LSC2 برای هر سری باسبار باید خانه‌های مجزا درنظر گرفته شود، به‌عنوان مثال برای سیستم‌های با باسبار دوبل یا باسبارهای چند تکه که قابلیت کلیدزنی یا جداسازی دارند هر کدام یک محفظه جداگانه لازم دارند.

[1] Circuit Breaker Compartment
[2] Busbar Compartment
[3] Connection Compartment
[4] LV Compartment
[5] VT Compartment
[6] CT Compartment

۷-۴-۱- خانه کلید

اصلی‌ترین تجهیز موجود در این بخش وسیله کلیدزنی است که می‌تواند کلید قدرت[1]، کنتاکتور، سکسیونر فیوزدار یا سکسیونر قابل قطع زیربار[2] باشد. در صورتی‌که مطابق شکل (۷-۱) از تابلوی با پوشش و جداره‌های فلزی استفاده شده باشد، کلید از طریق بازوهای اتصال و کنتاکت‌های مربوط به بخش باسبار و بخش اتصالات متصل می‌شود. برای این‌گونه از تابلوها، مشخصات اختصاصی بندهای ۷-۴-۱-۱ و ۷-۴-۱-۲ درنظر گرفته می‌شود:

۷-۴-۱-۱- تجهیز خانه کلید به دریچه محافظ

در انواع تابلوهای کشویی پس از قطع کلید یا کنتاکتور و خارج شدن آن از این خانه، باید محل عبور ترمینال‌های کلید یا کنتاکتور به سمت بخش باسبار و بخش اتصالات بسته شده و این محفظه‌ها از هم ایزوله شوند. این عمل به‌صورت خودکار توسط دریچه محافظ فلزی انجام می شود. در این حالت بهره‌بردار می تواند ضمن برق‌دار ماندن باسبار و سرکابل‌ها به کار خود در خانه کلید ادامه بدهد.

۷-۴-۱-۲- تجهیز خانه کلید به اینترلاک‌های لازم

اینترلاک‌های متعددی در خصوص ارتباط کلید یا کنتاکتور با سایر اجزای مختلف تابلو مدنظر قرار می‌گیرد. از رایج‌ترین آن‌ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کلید یا کنتاکتور صرفا زمانی می تواند در موقعیت سرویس قرار گیرد که کنتاکت‌های آن در وضعیت باز قرار داشته باشد.
- در تابلو فقط زمانی باز می شود که کنتاکت‌های کلید یا کنتاکتور در وضعیت باز و سکسیونر زمین بسته شده باشد.
- کلید یا کنتاکتور فقط در موقعیت‌های سرویس و تست می‌تواند عملکرد داشته باشد.
- طراحی اینترلاک بین کلید یا کنتاکتور و تیغه زمین به‌صورت الکتریکی و مکانیکی ضروری است.
- وضعیت مکانیزم کلید مانند شارژ فنر، رله مسدود کننده وصل مجدد[3] و فشار گاز SF6 (در صورت مجهز بودن کلید به فشارسنج) در زمان بستن مدنظر قرار می‌گیرد.

۷-۴-۱-۳- کلیدهای فشار متوسط

کلیدهای قدرت فشار متوسط که برای قطع و وصل جریان‌های متناوب اتصال کوتاه با ولتاژهای ۱۰۰۰ ولت و بیش‌تر به کار می‌رود باید مطابق جدیدترین اصلاحیه استاندارد IEC 62271-100 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.
مشخصات فنی کلیدهای فشار متوسط شامل تجهیزات عملیاتی و کمکی که باید تعیین شود به شرح زیر است:

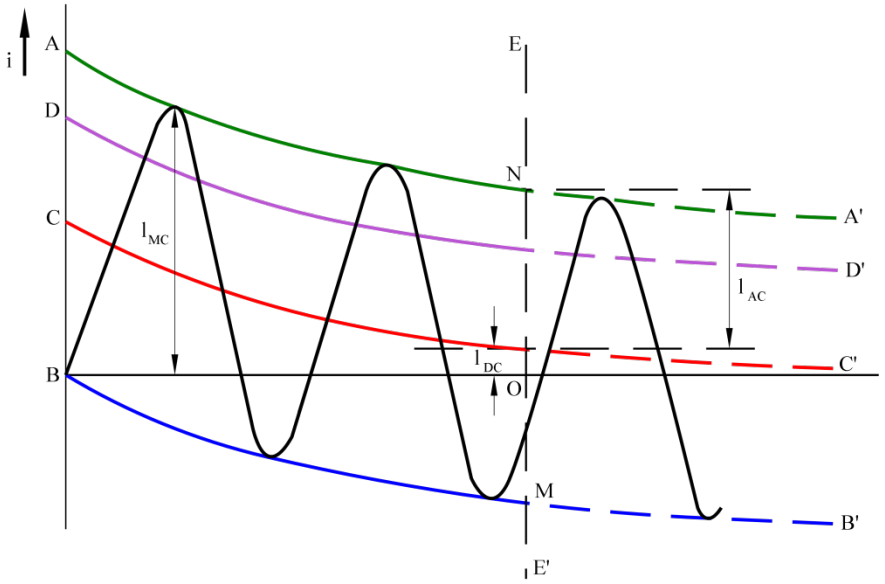
[1] Circuit Breaker
[2] LBS: Load Break Switch
[3] Anti Pumping Relay

- نوع محفظه قطع کلید (خلا، گاز SF6 و روغنی[۱])
- نوع کلید از نظر نحوه قرارگیری در تابلو: ثابت، کشویی، ارابه‌ای
- جریان نامی
- ولتاژ نامی
- فرکانس نامی
- ولتاژ مقاوم در فرکانس قدرت و ولتاژ مقاوم در ولتاژ ضربه صاعقه
- قدرت قطع یا جریان قطع اتصال‌کوتاه
- ایستادگی کلید در برابر جریان اتصال‌کوتاه و مدت زمان تحمل
- جریان پیک اتصال‌کوتاه
- جریان وصل اتصال‌کوتاه
- ولتاژ بازیابی گذرا مرتبط با جریان قطع اتصال‌کوتاه
- توالی عملکرد کلید
- مقاومت کنتاکت‌ها
- تعداد کنتاکت‌های کمکی
- نوع و مقدار ولتاژ نامی تغذیه موتور شارژ فنر و بوبین‌ها
- تعداد بوبین‌های قطع و وصل
- نوع مکانیزم (موتور شارژ فنر و دستی)
- مجهز بودن به قطعاتی نظیر شمارنده قطع و وصل و رله مسدود کننده وصل مجدد
- محل قرارگیری مکانیزم (مقابل کلید یا کنار کلید)
- در کلید نوع گازی، مجهز بودن به فشارسنج گاز
- مجهز به نشانگر وضعیت قطع و وصل کلید
- مجهز بودن به نشانگر وضعیت شارژ فنر

۷-۴-۱-۳-۱- جریان وصل اتصال‌کوتاه

مطابق با شکل (۷-۹) جریان وصل اتصال‌کوتاه در ولتاژ نامی و فرکانس ۵۰ هرتز به ازای ثابت زمانی ۴۵ میلی ثانیه ۲٫۵ برابر مقدار موثر مولفه (a.c.) جریان قطع اتصال‌کوتاه است.

[۱] امروزه به دلیل قدیمی بودن تکنولوژی و نیاز به تعمیرات و نگهداری فراوان استفاده از کلیدهای با محفظه قطع روغنی کاهش چشم‌گیری داشته است.



I_{AC}: مقدار پیک مولفه (a.c.) جریان در لحظه EE'

I_{MC}: جریان وصل اتصال‌کوتاه

$I_{AC/\sqrt{2}}$: مقدار موثرمولفه (a.c.) جریان در لحظه EE'

I_{DC}: مولفه (d.c.) جریان در لحظه EE'

شکل۷-۹- منحنی جریان اتصال‌کوتاه

۷-۴-۱-۳-۲- توالی عملکرد کلید

یکی از مشخصات نامی کلیدها به توالی عملکردشان مربوط می شود. دو گزینه از توالی عملکرد کلیدهای قدرت به شرح زیر است:

- o – t – co – t' – co

t: برای کلیدهای با وصل سریع مجدد[1] ۰/۳ ثانیه و برای کلیدهای بدون نیاز به وصل سریع مجدد ۳ دقیقه

t': برای کلیدهای با وصل سریع مجدد ۱۵ ثانیه یا یک دقیقه و برای کلیدهای بدون نیاز به وصل سریع مجدد ۳ دقیقه

انتخاب مقادیر برای t و t' به‌صورت بالاست مگر اینکه غیر از آن مشخص شده باشد

- co – t'' – co

t'': برای کلیدهای بدون نیاز به وصل سریع مجدد ۱۵ ثانیه انتخاب می‌شود.

که در عملکردهای بالا:

o: نمایانگر بازشدن کلید

co: نشان‌دهنده بسته و باز شدن کلید بدون فاصله زمانی بین دو عملکرد

t و t' و t'': زمان‌های بین عملکردهای موفقیت آمیز است. t و t' برحسب ثانیه یا دقیقه و t'' برحسب ثانیه بیان می‌شوند.

اگر زمان‌های مرده قابل تنظیم باشد، حدود آن تنظیمات باید تعیین شود.

[1] Rapid Auto-Reclosing

۷-۴-۲- خانه باسبار

مهم‌ترین بخش این خانه، باسبار فشار متوسط است. جنس باسبار از مس یا آلومینیوم است. باسبارها توسط مقره‌های اتکایی از یکدیگر و از بدنه فاصله داده شده‌اند.

مهم‌ترین مشخصه این مقره‌ها تحمل نیروهای الکترودینامیکی حاصل از اتصال‌کوتاه است.

بسته به نیاز طرح با در نظر گرفتن اینترلاک‌های لازم می‌توان برای اتصال به زمین باسبار از سکسیونر زمین استفاده نمود.

۷-۴-۳- خانه اتصالات

در این خانه مقره‌های اتکایی، مقره‌های مجهز به مقسم خازنی جهت نمایش برق‌دار بودن سرکابل، کلید یا سکسیونر زمین (در صورت وجود)، ترانسفورماتور جریان کوربالانس[1]، برقگیر فشار متوسط (در صورت نیاز)، قرار می‌گیرد.

۷-۴-۳-۱- اتصال زمین تابلو فشار متوسط

تابلوهای فشار متوسط باید از طریق نقاطی از بدنهٔ تابلو به هادی اتصال زمین متصل شوند تا در شرایط اتصال‌کوتاه عملکرد مطمئنی داشته باشند. نقطهٔ بستن هادی اتصال زمین باید در تابلو با نماد "زمین حفاظتی" و مطابق با استاندارد IEC 60417-5019 نمایش داده شود.

اجزای فلزی تابلو که از قبل جهت اتصال به سیستم زمین تعیین شده‌اند ممکن است به‌عنوان جزئی از مدار زمین نیز در نظر گرفته شوند. تمام اجزای هادی و محفظه‌هایی که در خلال بهره‌برداری عادی ممکن است لمس شوند و همچنین تمام اجزایی که باید به زمین متصل شوند، باید طوری طراحی گردند که به ازای تزریق ۳۰ آمپر جریان (.d.c)، تا نقطه اتصال زمین حداکثر ۳ ولت افت ولتاژ داشته باشند.

الف) اتصال زمین بخش‌های فلزی فشار متوسط:

جهت اطمینان از حفاظت بهره‌برداران حین عملیات تعمیر و نگهداری، تمام اجزا فلزی فشار متوسط قبل از اینکه در معرض لمس قرار بگیرند، ابتدا باید به زمین متصل شوند. این الزام بخش‌های جداشدنی تابلو که بعد از جداسازی در دسترس قرار می‌گیرند را شامل نمی‌شود.

ب) اتصال زمین محفظه فلزی:

محفظهٔ تمام واحدهای عملگر باید به سیستم زمین متصل شود. اجزای کوچک ثابت متصل به محفظه‌ها تا اندازه ۱۲٫۵میلی‌متر الزامی جهت اتصال به سیستم زمین ندارند (مانند سر پیچ‌ها). اتصالات بین واحدهای عملگر باید کاملاً ایمن باشد. اتصالات داخلی واحدها مانند اتصال بین چهارچوب، پوشش‌ها، درها، جداره‌ها یا سایر قسمت‌ها که به منظور

[1] Core Balance CT

تامین تداوم الکتریکی صورت می‌گیرد، باید به وسیلهٔ پیچ و مهره یا جوش انجام شود، درهای خانه‌هایی که در آن تجهیزات فشار متوسط وجود دارد باید با وسایل مطمئن به اسکلت متصل شوند.

تعدادی از اتصالات بعد از حمل و در مراحل آخر اجرای تاسیسات در تابلوها نصب می‌شوند. این اتصالات باید قادر به ایستادگی در برابر جریان اتصال‌کوتاه باشند. تمام قسمت‌های فلزی که به یک مدار اصلی یا کمکی تعلق ندارد باید به سیستم زمین متصل شوند.

پ) اتصال به زمین تجهیزات زمین:

در مواردی‌که هادی اتصال زمین قرار است کل جریان اتصال‌کوتاه سه‌فاز مدار را عبور دهد (مانند اتصال زمین سکسیونر)، باید سطح مقطع متناسبی برای آن در نظر گرفته شود.

ت) سیستم زمین بخش‌های کشویی و جدا شونده:

بخش‌های فلزی اجزاء کشویی که به سیستم زمین متصلند باید در وضعیت تست، وضعیت خارج از مدار و هر وضعیتی ما بین این دو، هم‌چنان متصل به سیستم زمین باقی بماند. ظرفیت تحمل جریان اتصال‌کوتاه اجزای سیستم اتصال زمین نباید از مقدار مورد نیاز هر یک از محفظه ها کم‌تر باشد.

در حین وارد کردن جزء جداشونده تابلو یا بخش کشویی به داخل تابلو، قبل از اتصال کنتاکت‌های ثابت و متحرک ابتدا باید اتصال زمین اجزا زمین شونده متصل شود.

ث) مدار اتصال زمین:

مدار اتصال زمین تابلو باید قادر به ایستادگی در برابر جریان اتصال‌کوتاه باشد. به علاوه، این مدار باید بتواند پیک جریان اتصال‌کوتاه فاز به زمین هر واحد عملگر را که از طریق ترمینال‌های مربوط، به سیستم زمین تاسیسات منتقل می‌شود را تحمل کند.

۷-۴-۴- خانه فشار ضعیف

جهت نصب تجهیزات حفاظت، کنترل و اندازه‌گیری در وجه جلو و بالای تابلوی فشار متوسط، خانهٔ فشار ضعیفی پیش بینی می‌شود. بسته به نیاز طرح، در این خانه تجهیزات زیر نصب می‌شوند:

الف) رله‌های حفاظتی

ب) تجهیزات کنترلی

مانند کلید مغایرت[1]، سلکتور[2]، شستی[3]، دیاگرام تک‌خطی[4] و ...

پ) تجهیزات هشداردهنده[5]، مانیتورینگ و تست

[1] Discrepancy Switch
[2] Selector Switch
[3] Push Button
[4] Mimic Diagram
[5] Alarm Annunciator

مانند: نشانگر وضعیت جداسازی کلید/کنتاکتور/سکسیونر، صفحهٔ هشدار، نشانگر برق‌داری سرکابل، تست بلاک و ...

ت) تجهیزات دیجیتال و آنالوگ نشانگر/ثبت کننده پارامترها

آمپرمتر، ولت‌متر، کیلووات‌ساعت‌متر، کیلووارساعت‌متر، فرکانس‌متر، کنتورها و ...

ث) تجهیزات مدار فرمان

جهت فراهم نمودن اینترلاک‌ها، مدارهای منطقی قطع یا وصل کلید و ... مانند رله‌های کمکی، تایمرها

ج) مدارهای تغذیه کننده مصارف داخلی تابلو

مانند تغذیه رله‌های حفاظتی، تجهیزات کنترلی و مدار فرمان که معمولا با ولتاژ (d.c.) صورت می‌گیرد. تغذیهٔ مدارهای روشنایی، گرمایش و ... که معمولا با ولتاژ (a.c.) صورت می‌گیرد.

۷-۴-۵- خانهٔ ترانسفورماتور ولتاژ

در صورت نیاز به نصب ترانسفورماتورهای ولتاژ در تابلو، می‌توان آن‌ها را به دو صورت کشویی یا ثابت نصب نمود. در صورتی‌که از روش کشویی استفاده شود، تعمیر و نگهداری ترانسفورماتور و فیوز فشار متوسط مربوط به آن در حالت برق‌دار هم امکان پذیر است. ترانسفورماتورهای ولتاژ مورد استفاده در لوازم اندازه‌گیری و وسایل حفاظتی باید مطابق با آخرین ویرایش استاندارد IEC 61869-3 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرند.

ترانسفورماتورهای ولتاژ[1]، ترانسفورماتورهایی با توان نامی کم هستند که در شرایط معمول بهره‌برداری، ولتاژ ثانویهٔ آن‌ها متناسب با ولتاژ اولیه بوده و اختلاف فاز بین ثانویه و اولیه (در جهت متناظر اتصالات) تقریباً صفر است.

۷-۴-۵-۱- تعاریف و الزامات ترانسفورماتور ولتاژ

مقادیر نامی توان خروجی برای ترانسفورماتورهای ولتاژ از نوع القایی به‌صورت زیر است:

۱۰۰ – ۵۰ – ۲۵ – ۱۰VA

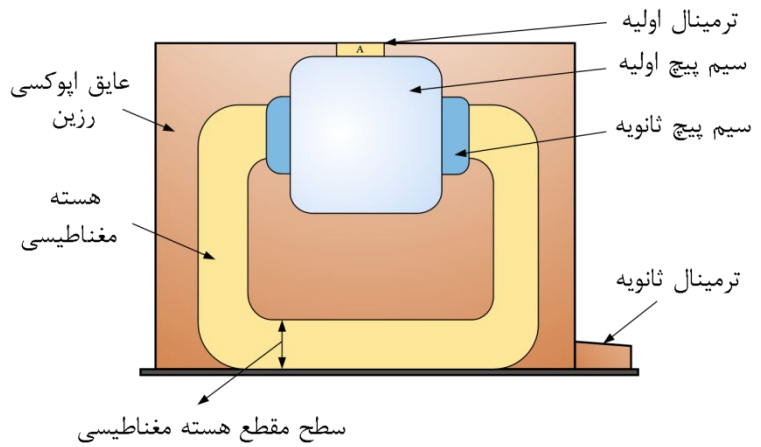
کلاس‌های دقت استاندارد برای ترانسفورماتورهای ولتاژ از نوع القایی عبارتست از:

۳ – ۱ – ۰٫۵ – ۰٫۲ – ۰٫۱

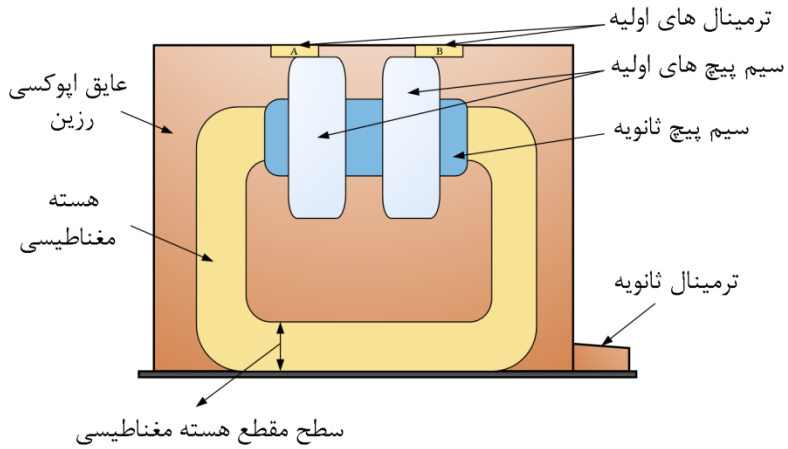
مقدار ولتاژ نامی سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور تک‌فاز و سه‌فاز همان ولتاژ بهره‌برداری شبکه‌ای است که PT به آن متصل است. اگر PT بین دوفاز شبکه بسته شده باشد ولتاژ اولیه ولتاژ فاز به فاز شبکه و اگر اتصال PT بین فاز و زمین باشد، ولتاژ اولیه آن برابر با ولتاژ فازی شبکه (ولتاژ خط تقسیم بر$\sqrt{۳}$) خواهد بود.

ولتاژهای نامی متداول برای سیم‌پیچ ثانویه ترانسفورماتورهای ولتاژ تک‌فاز و سه‌فاز، در حالتی که PT بین دوفاز بسته شده باشد ۱۰۰ و ۱۱۰ ولت است. اگر اتصال PT بین فاز و زمین باشد مقادیر فوق به $\sqrt{۳}$ تقسیم خواهند شد.

[1] VT: Voltage Transformer



شکل۷-۱۰- نمای شماتیک ترانسفورماتور ولتاژ تک‌فاز (که بین یک‌فاز و زمین قرار می‌گیرد)



شکل۷-۱۱- نمای شماتیک ترانسفورماتور ولتاژ دوفاز (که در سیستم سه‌فاز کاربرد دارد و بین دوفاز قرار می‌گیرد)

۷-۴-۶- خانه ترانسفورماتور جریان

۷-۴-۶-۱- تعاریف و الزامات ترانسفورماتور جریان

با هدف تأمین حفاظت و همچنین اندازه‌گیری جریان، لازم است در هر تابلو فشار متوسط از ترانسفورماتور جریان[1] استفاده شود. ترانسفورماتورهای جریان، ترانسفورماتورهایی با توان کم است که در شرایط معمول بهره‌برداری، جریان ثانویهٔ آن‌ها متناسب با جریان اولیه بوده و اختلاف فاز بین ثانویه و اولیه (در جهت متناظر اتصالات) تقریباً برابر صفر است.CT ها مدار اندازه‌گیری و حفاظتی را از ولتاژ اولیه ایزوله می‌کند. هسته اندازه‌گیری CT، سیگنال حاوی اطلاعات را به تجهیزات اندازه‌گیری، کنتورها و هسته حفاظتی CT، این سیگنال را به تجهیزات حفاظتی و کنترلی انتقال می‌دهد.

ترانسفورماتور جریان می‌تواند چندین سیم پیچ ثانویه و هسته مغناطیسی با مشخصات مشابه یا متفاوت داشته باشد که از نظر مغناطیسی کاملاً نسبت به یگدیگر ایزوله هستند. مقادیر نامی جریان نامی اولیه برحسب آمپر برابر است با:

$$\underline{۱۰} - ۱۲٫۵ - \underline{۱۵} - \underline{۲۰} - ۲۵ - \underline{۳۰} - ۴۰ - \underline{۵۰} - ۶۰ - \underline{۷۵}\ A$$

[1] Current Transformer

یا ضریب یا تقسیم آن بر ده است.

مقادیری که زیر آن‌ها خط کشیده شده است مقادیر ترجیحی هستند.

مقادیر استاندارد جریان ثانویه ۱ و ۵ آمپر است.

مقادیر نامی توان خروجی CT های اندازه‌گیری و حفاظتی نوع P و PR به‌صورت زیر است:

$$\underline{۲/۵} - ۵ - ۱۰ - ۱۵ - ۳۰ \text{ VA}$$

مقادیر استاندارد جریان پیوسته حرارتی، همان جریان نامی CT است. در مواردی‌که این جریان از جریان نامی اولیه بیش‌تر باشد مقادیر ترجیحی ۱۲۰٪، ۱۵۰٪ و ۲۰۰٪ جریان نامی اولیه است.

الف) حد جریان اولیه نامی تجهیزات اندازه‌گیری

به کم‌ترین جریان اولیه، که خطای مرکب ترانسفورماتور جریان اندازه‌گیری ۱۰٪ یا بیش‌تر و بار ثانویه برابر با بار نامی باشد، گفته می‌شود.

یادآوری- به منظور حفاظت دستگاه‌هایی که توسط CT تغذیه می‌شوند در مقابل جریان‌های بالایی که در موقع بروز خطا در سیستم به وجود می‌آید، خطای مرکب باید بیش‌تر از ۱۰ باشد.

ب) ضریب ایمنی تجهیزات اندازه‌گیری

نسبت حد جریان اولیه نامی به جریان نامی اولیه[1] ضریب ایمنی تجهیزات اندازه‌گیری (FS) نامیده می‌شود. در مواقعی که جریان‌های خطای سیستم از سیم‌پیچ اولیه CT عبور می‌کند، هر چند مقدار ضریب ایمنی کوچک‌تر باشد، دستگاهی که به‌وسیله CT تغذیه می‌شود ایمنی بیش‌تری خواهد داشت.

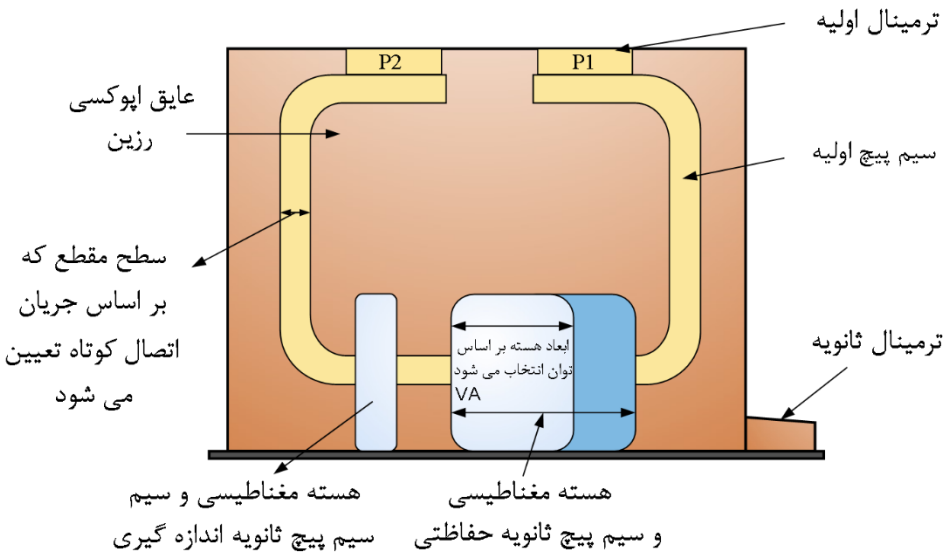
برای CT جریان حرارتی کوتاه‌مدت نامی I_{th} باید منظور شود. این جریان مقدار موثر جریان اولیه‌ای است که ترانسفورماتور بدون آسیب دیدن به مدت ۱ ثانیه تحمل می‌کند در حالتی که مدار ثانویه اتصال‌کوتاه شده است.

همچنین مقدار استاندارد جریان اتصال‌کوتاه دینامیکی I_{dyn} برای CT، ۲/۵ برابر جریان I_{th} است. این جریان پیک جریان اولیه‌ای است که ترانسفورماتور بدون صدمه دیدن الکتریکی یا مکانیکی ناشی از نیروهای الکترومغناطیسی می‌تواند تحمل کند در حالتی که مدار ثانویه اتصال‌کوتاه شده است.

کلاس‌های دقت استاندارد برای CT های اندازه‌گیری عبارتست از:

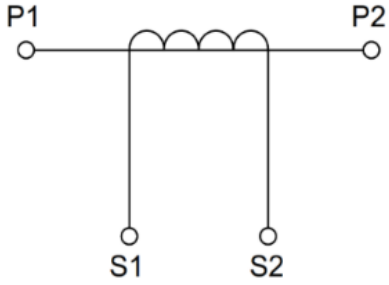
$$\underline{۰/۱} - \underline{۰/۲} - ۰/۲S - \underline{۰/۵} - ۰/۵S - ۱ - ۳ - ۵$$

[1] Ratio of Rated Instrument Limit Primary Current to The Rated Primary Current (IEC 61869-2)

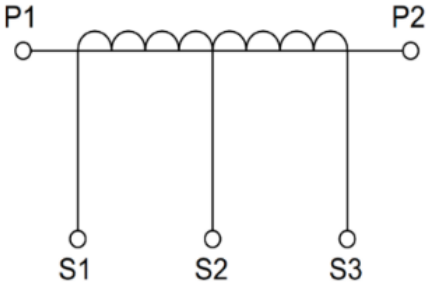


شکل۷-۱۲- نمای شماتیک ترانسفورماتور جریان

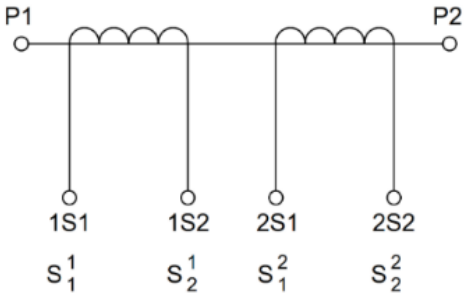
ترمینال‌های CT توسط سازنده باید به‌صورت زیر نشانه‌گذاری شوند:



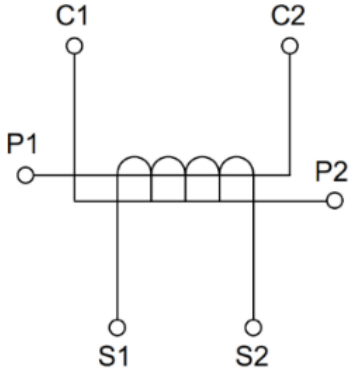
ترانسفورماتور با نسبت تبدیل ثابت



ترانسفورماتور با تپ وسط در سیم‌پیچ ثانویه



ترانسفورماتور با دو سیم‌پیچ ثانویه، هر کدام دارای هسته مغناطیسی جداگانه – هر دو روش کدگذاری ترمینال‌ها پذیرفته شده است.



ترانسفورماتور با سیم پیچ اولیه دو تکه که این امکان را فراهم می‌کند که این سیم پیچ‌ها نسبت به هم به حالت سری یا موازی در مدار اصلی قرار بگیرند.

P_1 و P_2: ترمینالهای اولیه

S_1 و S_2 و ...: ترمینالهای ثانویه

شکل۷-۱۳- نشانه‌گذاری ترمینال‌های CT

حداقل پارامترهایی که بر روی پلاک مشخصات CT باید توسط سازنده درج شود:

۱) جریان نامی اولیه و ثانویه. مانند: ۱۰۰/۱ A

۲) جریان ایستادگی در برابر اتصال‌کوتاه. مانند: I_{th}= ۴۰kA

۳) جریان دینامیکی اتصال‌کوتاه I_{dyn} اگر مقدار آن با ۲٫۵ برابر جریان I_{th} تفاوت داشته باشد. مانند: I_{dyn}=۸۵ kA

۴) برای CT های با دو سیم‌پیچ ثانویه یا بیش‌تر، کاربرد هر سیم‌پیچ و ترمینال‌های مربوط هر یک.

۵) جریان پیوسته حرارتی اگر مغایر با جریان اولیه CT باشد.

برای CT های اندازه‌گیری موارد زیر نیز به مشخصات درج شده پلاک اضافه می‌شود:

کلاس دقت و ضریب ایمنی تجهیزات (در صورت وجود) باید بعد از توان CT بیان شود.

مثال ۱: ۱۵ VA cl. ۰٫۵

مثال ۲: ۱۵ VA cl. ۰٫۵ FS۱۰

برای CT های حفاظتی کلاس P موارد زیر نیز به مشخصات درج شده پلاک اضافه می‌شود:

ضریب حد دقت[1] باید بعد از توان CT بیان شود.

مثال ۳: ۳۰ VA class ۵P۱۰



شکل۷-۱۴- اجزا تابلو فشار متوسط نمونه

[1] ALF: Accuracy Limit Factor

۷-۵- طراحی و تعیین مشخصات فنی تابلو فشار متوسط

۷-۵-۱- تعیین مشخصات فنی تابلو فشار متوسط

اطلاعات مندرج در جدول (۷-۵) ساختار و مشخصات فنی کلی تابلو را تعیین می‌کند. جنبه‌های مهم انتخاب تجهیزات، با جزئیات بیش‌تر در جدول آمده است.

جدول۷-۵- اطلاعات کلی از مقادیر نامی و آرایش تابلوهای فشار متوسط

پارامترهایی که باید انتخاب شوند		عوامل تعیین کننده
مقادیر نامی اصلی	Ur: ولتاژ نامی	ولتاژ فاز به فاز شبکه
	ولتاژ عایقی: Ud: ولتاژ قابل تحمل در فرکانس قدرت Up: ولتاژ قابل تحمل مقاوم در ولتاژ ضربه صاعقه	هماهنگی عایقی: • اتصال نقطه خنثی سیستم به زمین • نوع شبکه: زمینی/هوایی • مصرف‌کنندگان بحرانی • حفاظت اضافه ولتاژ • ارتفاع از سطح دریا • تاثیرات محیطی (آلودگی)
	توان ایستادگی نامی • I_p: جریان پیک • I_k: جریان اتصال‌کوتاه • t_k: مدت برقراری اتصال‌کوتاه توان کلیدزنی نامی • I_{ma}: جریان وصل اتصال‌کوتاه • I_{sc}: جریان قطع اتصال‌کوتاه	• مشخصات شبکه • کیفیت توان و مصرف‌کنندگان • حفاظت شبکه و پاسخ زمانی • معیارهای سلکتیویته
	Ir: جریان بهره‌برداری نامی • باسبار • فیدرها	بار (فیدرها) و کل توان دمای محیط وضعیت سرویس‌دهی: مدار اصلی یا رزرو
باسبار	باسبارتکی/باسبار دوتایی باسبار یکپارچه یا مجهز به باس‌سکشن/باس‌کوپلر نوع کلیدزنی باسبار: کلید یا سکسیونر	آرایش سیستم حفاظت شبکه، پاسخ زمانی‌ها، معیارهای سلکتیویته وضعیت سرویس‌دهی: اصلی یا رزرو و زمان کلیدزنی فرآیند عملیات و مانور وجود نیروگاه برق اضطراری یا نیروگاه برق دایم کار در پروژه کیفیت توان (بارهای متغیر)
	باسبار دوتایی با اتصالات متداول سیستم با دو باسبار تکی	تعداد عملیات کلیدزنی باسبار سیستم اینترلاک و کلیدزنی حفاظت در برابر خطا فضای مورد نیاز جهت نصب
تجهیزات کلیدزنی	کلید سکسیونر کنتاکتور فیوز	جریان نامی و خواسته بهره‌بردار از تجهیز کلیدزنی توان کلیدزنی در جریان‌های خطا تعداد دفعات کلیدزنی حفاظت شبکه و الزامات سلکتیویته

جدول ۷-۵- اطلاعات کلی از مقادیر نامی و آرایش تابلوهای فشار متوسط (ادامه)

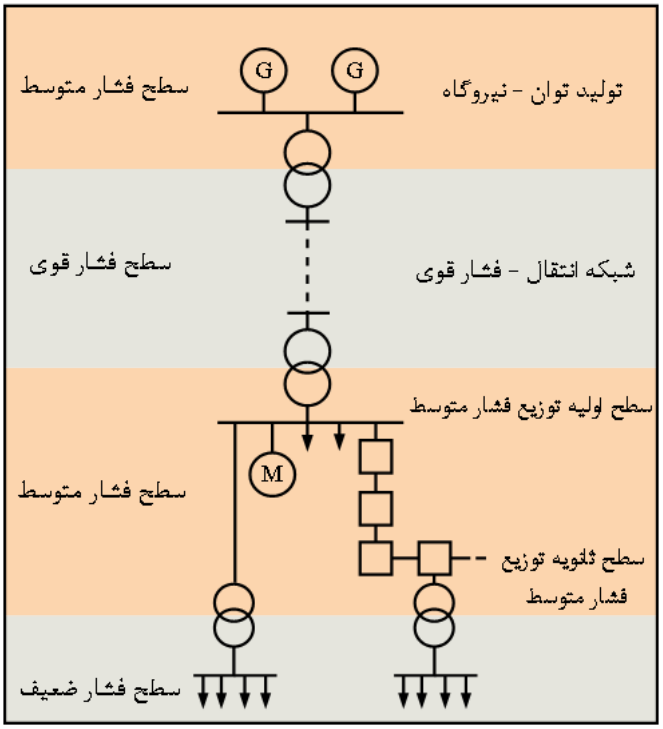
پارامترهایی که باید انتخاب شوند		عوامل تعیین کننده
طراحی و نوع تابلو	تابلو کلید تابلو سکسیونر نوع ساختار: • تابلوهای قابل توسعه • تابلو بلوکی (غیرقابل توسعه)	مقادیر نامی اصلی (که در بالا عنوان شد) نوع تجهیزات کلیدزنی جریان نامی و توان کلیدزنی در جریان‌های خطا حفاظت شبکه نسبت تعداد تابلوهای دارای سکسیونر به تابلوهای دارای کلید موقعیت نصب حمل و نقل و نصب قابلیت توسعه
عایق بین فازها و فاز و بدنه تابلو	هوا AIS گاز GIS	شرایط آب و هوای اتاق مانند: تغییرات دما، رطوبت، آلودگی، نمک و گازهای مضر نوع بهره‌برداری سایت مساحت و فضای در اختیار جهت نصب تابلوها الزامات حفاظت در برابر حریق (بار حریق) ارتفاع از سطح دریا تواتر کلیدزنی ها و عمر مفید کلیدها
جداکنندگی (ایزولاتوری)	واحد کشویی یا ارابه ای سکسیونر ثابت نصب شده در تابلو	تواتر کلیدزنی‌ها الزامات بهره‌برداری (دسترسی به سرکابلها مثلا جهت تست کابل) عمر مفید اجزا تابلو
محفظه سازی داخل تابلو	درجه حفاظتی IP IAC: • A یا B • F یا L یا R • جریان و زمان خطای قوس داکت فشارشکن/دریچه انفجار	شرایط آب و هوایی ایمنی بهره‌بردار نوع بهره‌برداری سایت ساختمان تابلو
بخش‌های مختلف تابلو	طبقه‌بندی بر اساس از دست رفتن تداوم سرویس‌دهی: • LSC1 • LSC2 • LSC2A • LSC2B کنترل دسترسی با: • دستورالعمل اجرایی + قفل‌گذاری • ابزار • اینترلاک خانه‌های دسترس ناپذیر نوع جداره‌ها: PM: جداره‌های فلزی PI: جداره عایق	دستورالعمل‌های بهره‌برداری: • مانور و عملیات • الزامات تعمیر و نگهداری تعمیر و نگهداری (عمر مفید خانه ها) دستورالعمل‌های بهره‌برداری سازنده صلاحیت حرفه ای بهره‌برداران حفاظت در برابر برق‌گرفتگی در زمان بهره‌برداری فضای کافی مورد نیاز

جدول ۷-۵- اطلاعات کلی از مقادیر نامی و آرایش تابلوهای فشار متوسط (ادامه)

پارامترهایی که باید انتخاب شوند		عوامل تعیین کننده
اجزا باسبار	لوازم اندازه‌گیری سکسیونر اتصال زمین • کلاس E_0، E_1 و E_2 برقگیر	حفاظت شبکه نیازمندی‌های اندازه‌گیری پارامترها دستورالعمل‌های بهره‌برداری
تجهیزات ثانویه	رله‌های حفاظتی تجهیزات لازم برای کنترل، اینترلاک و کلیدزنی خطا تجهیزات لازم برای اندازه‌گیری و ثبت پارامترها مانند ترانسدیوسرها، دیتالاگرها و ... تجهیزات لازم برای پایش آنلاین و تبادل اطلاعات تجهیزات موتوری سیستم تست ولتاژ مقاومت‌های میراکننده (برای ترانسفورماتور ولتاژ در صورت لزوم)	پارامترهای شبکه، تجهیزات حفاظتی بهره‌برداری شبکه، تجمیع و هوشمندسازی بهره‌برداری سیستم و پروسه‌های صنعتی سازگاری الکترومغناطیسی
اجزا فیدرهای خروجی	اتصالات سرکابل • نوع سرکابل: متعارف/پلاگین • تعداد کابل‌ها • سطح مقطع کابل‌ها	جریان نامی و جریان اتصال‌کوتاه خواسته بهره‌بردار از تجهیز کلیدزنی نوع هادی وارد شده به پست: کابل یا خط هوایی ارتفاع از سطح دریا
	برقگیر	
	ترانسفورماتور ولتاژ • سیم پیچ اتصال زمین (در صورت نیاز) ترانسفورماتور جریان • تعداد و نوع هسته‌های حفاظتی ترانسفورماتور جریان کوربالانس	حفاظت شبکه اندازه‌گیری و ثبت داده‌ها کنترل اتصال نقطه خنثی به زمین
	سکسیونر اتصال زمین • کلاس E_0، E_1 و E_2	دستورالعمل‌های بهره‌برداری

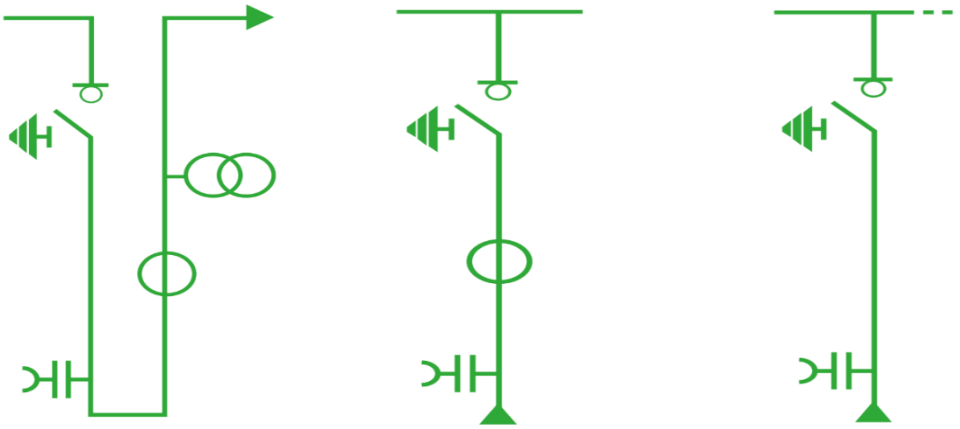
۷-۵-۲- دیاگرام تک‌خطی نمونه تابلوهای فشار متوسط متداول

تابلوهای فشار متوسط عموما در دو سطح تولید و توزیع، از شبکهٔ قدرت شکل (۷-۱۵) به کار می‌رود. تابلوهایی که در رده توزیع به کار می‌رود خود به دو سطح اولیه و ثانویه تقسیم‌بندی می‌شود. تابلوهای فشار متوسط سطح اولیه متداولا در پستهای HV/MV و تابلوهای فشار متوسط سطح ثانویه معمولا در طول فیدرهای فشار متوسط و در پست‌های برق مصرف‌کنندگان به کار می‌رود.



شکل۷-۱۵- کاربرد تابلوهای فشار متوسط در سیستم قدرت

در ادامه دیاگرام تک‌خطی نمونه‌های مختلفی از تابلوهای فشار متوسطی که در سطح ثانویه استفاده می‌شود ارایه شده است. مطابق با الزامات طراحی و نیاز شبکه می‌توان از کنار هم قراردادن هر یک از این تابلوها به آرایش دلخواه تابلوهای فشار متوسط در پست برق دست پیدا کرد.

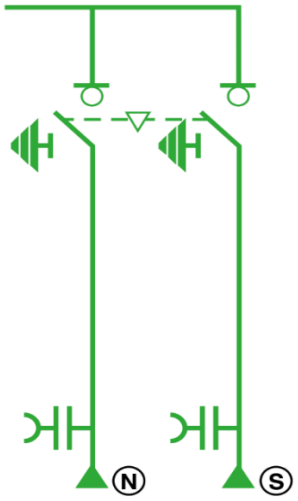


تابلو فشار متوسط با سکسیونر قابل قطع و وصل زیربار مجهز به اتصال زمین – مقسم ولتاژ خازنی

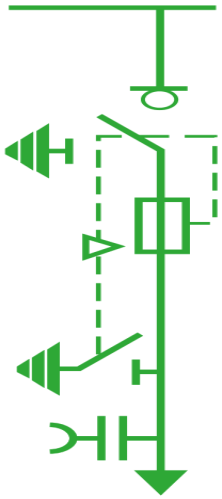
تابلو فشار متوسط با سکسیونر قابل قطع و وصل زیربار مجهز به اتصال زمین – مقسم ولتاژ خازنی – ترانسفورماتور جریان

تابلو فشار متوسط با سکسیونر قابل قطع و وصل زیربار مجهز به اتصال زمین – مقسم ولتاژ خازنی – ترانسفورماتور جریان و ولتاژ

شکل۷-۱۶- الف: دیاگرام تک‌خطی نمونه تابلوهای فشار متوسط ثانویه



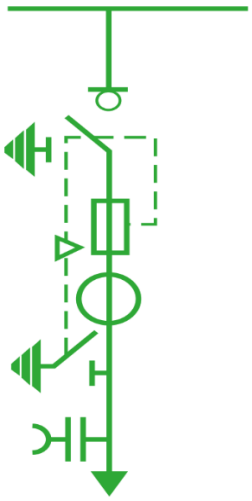
مجموعه دو تابلو تبدیل اتوماتیک با سکسیونر قابل قطع و وصل زیربار مجهز به اتصال زمین که با هم اینترلاک دارند و در هر لحظه یکی از سکسیونرها بسته است.



تابلو فشار متوسط با سکسیونر قابل قطع و وصل زیربار مجهز به اتصال زمین و فیوز – مقسم ولتاژ خازنی

قطع یکی از فیوزها باعث قطع همزمان سه‌فاز سکسیونر می‌شود.

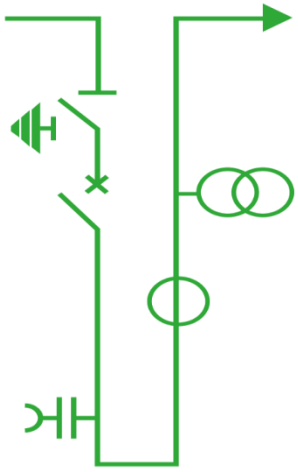
بین سکسیونر زمین سرکابل و زمین سکسیونر، اینترلاک وجود دارد.



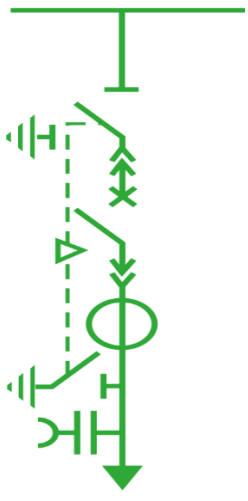
تابلو فشار متوسط با سکسیونر قابل قطع و وصل زیربار مجهز به اتصال زمین و فیوز – مقسم ولتاژ خازنی – ترانسفورماتور جریان

قطع یکی از فیوزها باعث قطع همزمان سه‌فاز سکسیونر می‌شود. بین سکسیونر زمین سرکابل و زمین سکسیونر، اینترلاک وجود دارد.

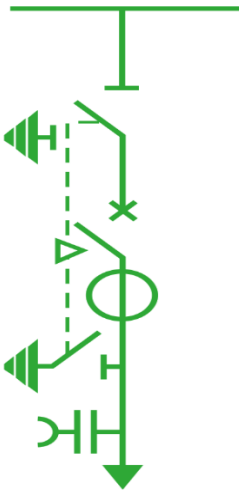
شکل۷-۱۶-ب: دیاگرام تک‌خطی نمونه تابلوهای فشار متوسط ثانویه



تابلو فشار متوسط با کلید قدرت ثابت و سکسیونر ساده (فقط جداکننده)– مقسم ولتاژ خازنی – ترانسفورماتور جریان و ولتاژ



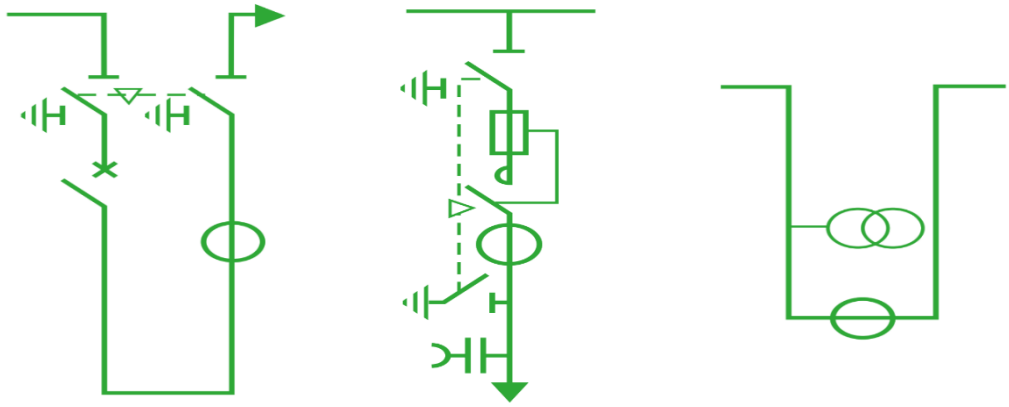
تابلو فشار متوسط با کلید قدرت کشویی و سکسیونر ساده (فقط جداکننده) مجهز به اتصال زمین – مقسم ولتاژ خازنی – ترانسفورماتور جریان بین سکسیونر زمین سرکابل و سکسیونر ساده طرف تغذیه کلید، اینترلاک وجود دارد.



تابلو فشار متوسط با کلید قدرت ثابت و سکسیونر ساده (فقط جداکننده) مجهز به اتصال زمین – مقسم ولتاژ خازنی – ترانسفورماتور جریان

بین سکسیونر زمین سرکابل و سکسیونر ساده طرف تغذیه کلید، اینترلاک وجود دارد.

شکل۷-۱۶-پ: دیاگرام تک‌خطی نمونه تابلوهای فشار متوسط ثانویه



تابلو فشار متوسط اندازه‌گیری با ترانسفورماتور جریان و ولتاژ

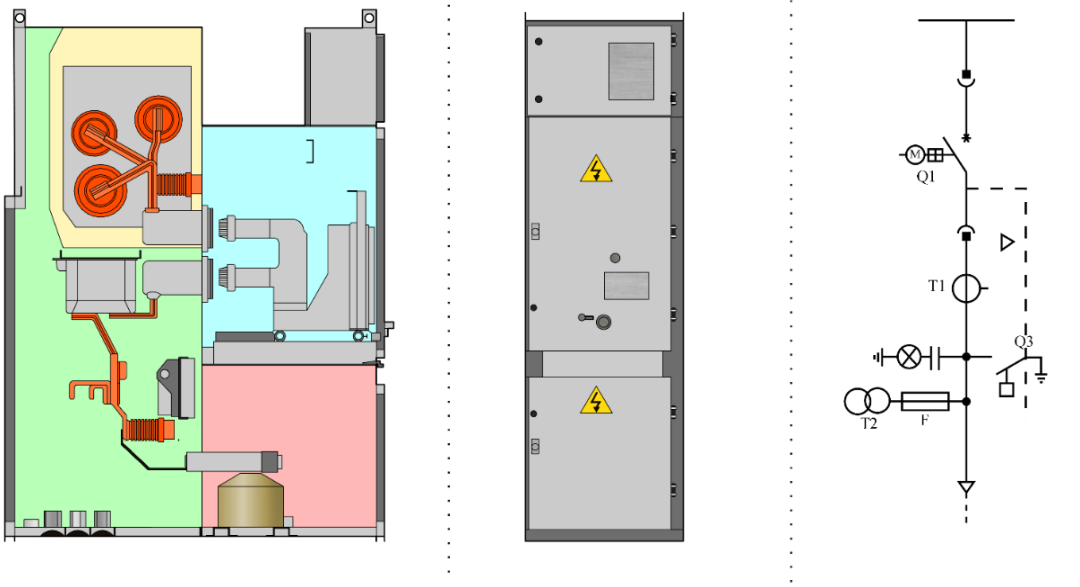
تابلو فشار متوسط با کنتاکتور ثابت فیوزدار و سکسیونر ساده (فقط جداکننده) مجهز به اتصال زمین – مقسم ولتاژ خازنی – ترانسفورماتورجریان بین سکسیونر زمین سرکابل و سکسیونر ساده طرف تغذیه کنتاکتور، اینترلاک وجود دارد.

تابلو فشار متوسط با کلید قدرت ثابت و سکسیونر ساده (فقط جداکننده) در طرفین کلید – مقسم ولتاژ خازنی – و ترانسفورماتور جریان

شکل۷-۱۶-ت: دیاگرام تک‌خطی نمونه تابلوهای فشار متوسط ثانویه

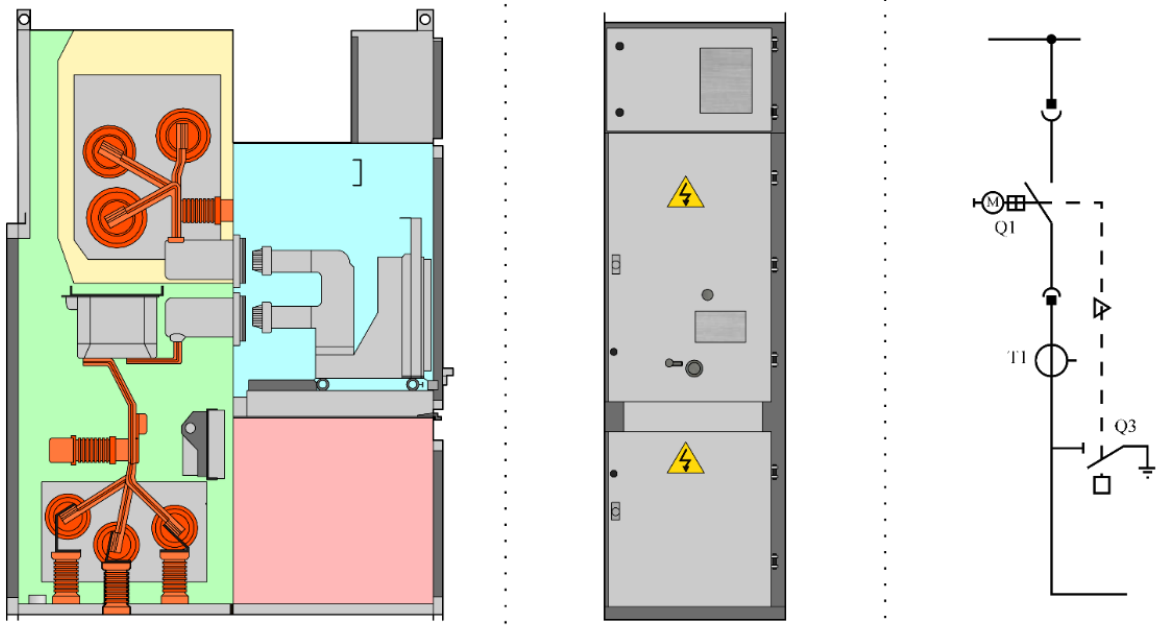
در ادامه دیاگرام تک خطی، نمای روبروی و برش عرضی تابلوهای فشار متوسط نمونه‌ای که در سطح اولیه استفاده می‌شود ارایه شده است. مطابق با الزامات طراحی و نیاز شبکه می توان از کنار هم قراردادن هر یک از این تابلوها به آرایش دلخواه تابلوهای فشار متوسط در پست برق دست پیدا کرد.

دیاگرام تک‌خطی نمای روبروی تابلو برش عرضی تابلو



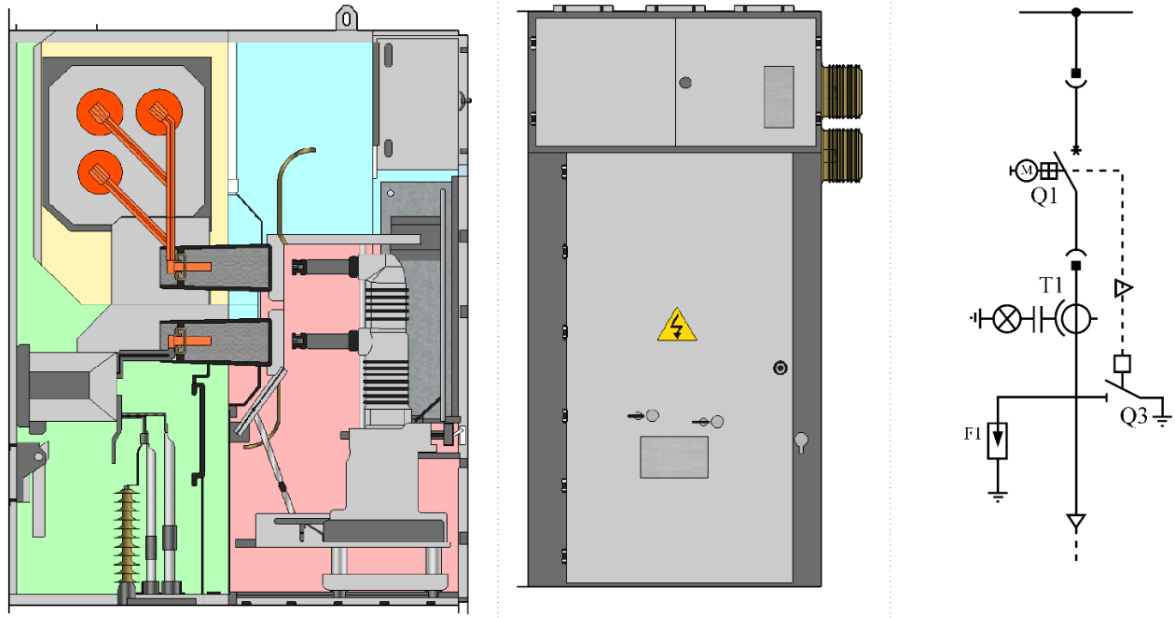
شکل۷-۱۷- الف: تابلوی فشار متوسط در سطح اولیه با کلید قدرت کشویی،CT، PT، فیوز مربوط، کلید زمین و مقسم ولتاژ خازنی که می‌تواند نقش تابلو ورودی یا خروجی را ایفا کند.

دیاگرام تک‌خطی نمای روبروی تابلو برش عرضی تابلو



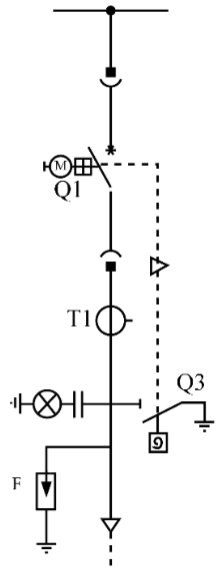
شکل۷-۱۷- ب: تابلوی فشار متوسط در سطح اولیه با کلید قدرت کشویی،CT و کلید زمین که می تواند نقش تابلوی کوپلینگ را ایفا کند.

دیاگرام تک‌خطی نمای روبروی تابلو برش عرضی تابلو

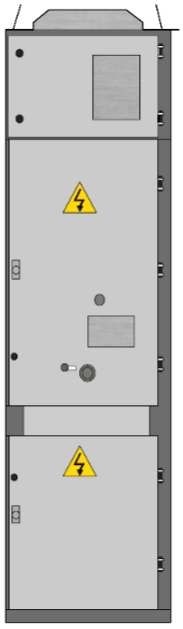


شکل۷-۱۷- پ: تابلوی فشار متوسط در سطح اولیه با کلید قدرت ارابه ای،CT، کلید زمین، برقگیر و مقسم ولتاژ خازنی که می تواند نقش تابلو ورودی یا خروجی را ایفا کند.

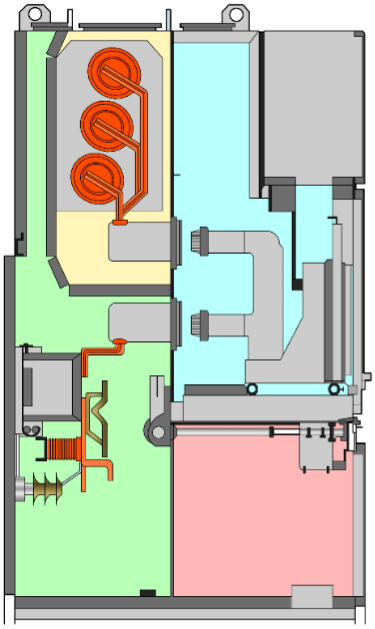
دیاگرام تک‌خطی



نمای روبروی تابلو

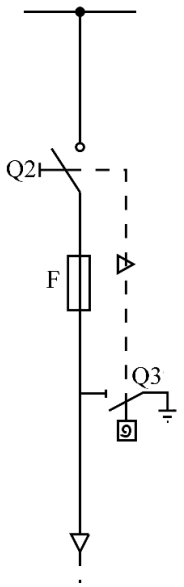


برش عرضی تابلو

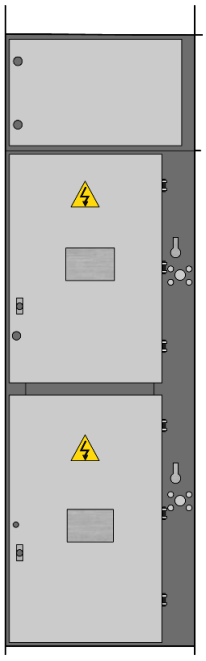


شکل۷-۱۷- ت: تابلوی فشار متوسط در سطح اولیه با کلید قدرت کشویی،CT، کلید زمین، برقگیر و مقسم ولتاژ خازنی که می‌تواند نقش تابلو ورودی یا خروجی را ایفا کند.

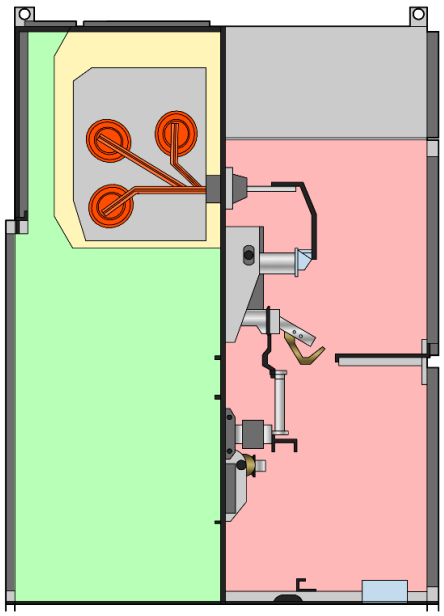
دیاگرام تک‌خطی



نمای روبروی تابلو



برش عرضی تابلو



شکل۷-۱۷- ث: تابلوی فشار متوسط در سطح اولیه با سکسیونر قابل قطع زیربار، فیوز و کلید زمین، که می تواند نقش تابلو ورودی یا خروجی را ایفا کند.

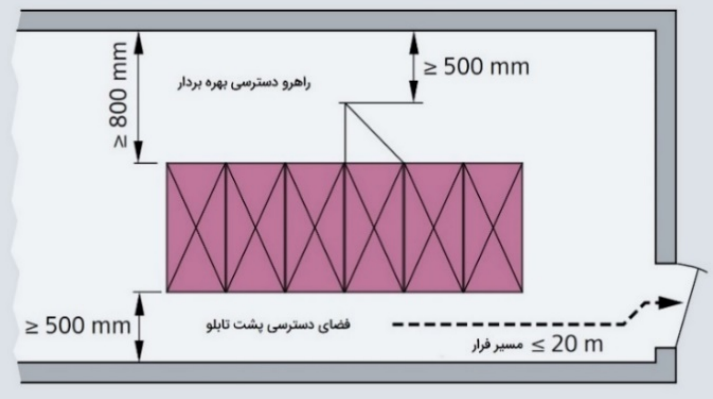
۷-۶- الزامات اتاق تابلو فشار متوسط

۷-۶-۱- فضای عملیات و سرویس و نگهداری

فضای عملیاتی و سرویس شامل راهروها، نواحی دسترسی، مسیر بازدید و مسیر فرار است. ابعاد راهروها و فضای دسترسی باید به اندازه کافی برای انجام دادن کارها، حمل و نقل تجهیزات و مانور تابلوها مناسب باشد. عرض راهروها حداقل باید ۸۰ سانتی‌متر بوده و نباید در نتیجه ورود تجهیزات به این راهرو از این مقدار کاهش یابد. به‌عنوان مثال مکانیزم عملکرد موقتی تجهیزات یا ارابه تجهیزات در وضعیت جداشده از تابلو نباید عرض این راهرو را کاهش دهد.

فضای تخلیه نباید از ۵۰ سانتی‌متر کم‌تر باشد. حتی اجزا جدشدنی یا درهای باز تابلو که در جهت مسیر فرار قرار گرفته و راه را مسدود می‌کند نباید به مسیر فرار تجاوز کند. حداقل عرض مسیر دسترسی پشت تابلو بسته جهت نصب تجهیزات یا سرویس تابلو، ۵۰ سانتی‌متر است. داشتن مسیر دسترسی ایمن و عاری از هر گونه مانع برای بهره‌برداران در هر زمانی الزامی است.

در تابلوهای فشار متوسط در جهت فرار باید بسته باشند. حداقل ارتفاع اتاق، پوشش‌ها و محفظه‌هایی که تابلوهای فشار متوسط در آن‌ها قرار می‌گیرند به جز نواحی دسترسی به کابل‌ها ۲ متر است. جانمایی درهای خروج باید به گونه‌ای صورت گیرد که طول مسیر فرار از ۲۰ متر بیش‌تر نشود.



شکل۷-۱۸- حداقل فضاهای مورد نیاز در اتاق تابلوهای فشار متوسط

۷-۶-۲- درها

درهای اتاق تابلوهای فشار متوسط باید به قفل‌هایی مجهز باشد که افراد متفرقه امکان ورود به آن اتاق‌ها را نداشته باشند. همچنین این درها باید به سمت بیرون از اتاق باز شده و با تابلوها و علایم ایمنی مناسبی مشخص شود. درهای بازشونده به سمت بیرون باید از مواد غیر قابل اشتعال ساخته شده باشد، مگر اینکه اتاق تابلوها، در بیرون توسط یک فنس خارجی به ارتفاع حداقل ۱٫۸ متر محصور شده باشد. درهای بین اتاق‌های مختلف در مجموعه بسته عملیاتی برق (اتاق‌های مختلف پست برق) الزامی به داشتن قفل ندارد.

باز شدن درهای اضطراری از داخل بدون استفاده از کلید باید امکان پذیر باشد، حتی اگر از بیرون قفل شده باشد. حداقل ارتفاع در اضطراری ۲ متر و حداقل عرض آن ۷۵ سانتی‌متر است.

۷-۶-۳- تهویه مطبوع هوا

شرایط هوای داخل باید توسط سیستم‌های سرمایش، گرمایش، رطوبت‌گیر و تهویه مناسب یا با طراحی مناسب ساختمان تأمین شود. برای اتاق ترانسفورماتور، استفاده از تهویه طبیعی ترجیح دارد. سیستم تهویه مکانیکی (غیردایم یا سیار) باید برای تخلیه دود از ساختمان در نظر گرفته شود. پایش دوره‌ای عملکرد سیستم فن‌های غیردایم توصیه می‌شود.
بازشوهای تهویه هوا باید به گونه‌ای طراحی شود که برای افراد حاضر در مجاورت آن خطری ایجاد نکند، خصوصاً از لحاظ تماس احتمالی با قسمت‌های برق‌دار. در مواردی‌که از تجهیزات خنک کننده، در محیط تابلوها استفاده می‌شود، کمیت و کیفیت مواد شیمیایی مورد استفاده در سیال مبرد و سیال منتقل کنندهٔ حرارت این تجهیزات، نباید به‌گونه‌ای باشد که عملکرد صحیح تابلوها را مختل کند. سیستم‌های تهویه باید به گونه‌ای جانمایی شود که بازرسی و نگهداری آن‌ها در حالت بهره‌برداری عادی تابلوها امکان پذیر باشد.

۷-۶-۴- حفاظت در برابر خطرات ناشی از قوس الکتریکی

تاسیسات الکتریکی باید به گونه‌ای طراحی و نصب شود که تا حد ممکن بهره‌بردار در حین کار در برابر خطای قوس الکتریکی حفاظت شده باشد. لیست زیر مجموعه اقداماتی است که می تواند به‌عنوان راهنما در مراحل طراحی و ساخت تاسیسات الکتریکی به‌کار گرفته شود تا حفاظت در برابر خطرات ناشی از قوس الکتریکی محقق شود. اولویت‌بندی هر یک از اقدامات زیر بستگی به توافق بهره‌بردار و سازنده دارد.

۱) حفاظت‌هایی که در برابر اشتباه عملیاتی بهره‌بردار ایجاد شده‌اند مانند:

- استفاده از کلیدهای قابل قطع زیر بار (که هم وظیفه جداکنندگی را انجام می‌دهد هم قابل قطع زیر بار هستند) به جای سکسیونرهای ساده (که فقط جداکننده هستند.)
- استفاده از کلیدهای با قابلیت وصل جریان اتصال‌کوتاه
- استفاده از اینترلاک‌ها
- استفاده از قفل‌هایی که کلیدهای آن‌ها قابل جایگزین شدن نیستند.

۲) طراحی راهروهای عملیاتی کوتاه، عریض و مرتفع تا حد امکان

۳) استفاده از پوشش یا محفظه‌های یکپارچه به جای پوشش‌های سوراخ‌دار یا مشبک

۴) استفاده از تابلوهایی که آزمون استقامت در برابر خطای قوس داخلی را گذرانده‌اند به جای تابلوهای بدون پوشش

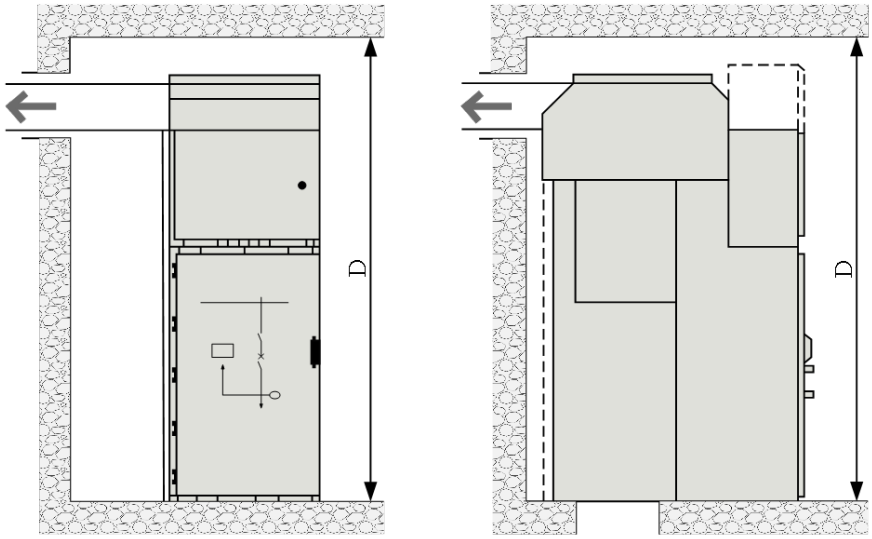
۵) محصولات ناشی از قوس (شامل دود و شعله و ...) باید از محل بهره‌بردار دور شده و در صورت لزوم به بیرون از ساختمان هدایت شود.

۶) استفاده از تجهیزات محدود کننده جریان اتصال‌کوتاه

۷) مدت زمان قطع سریع جریان اتصال‌کوتاه که توسط رله‌های با عملکرد آنی یا تجهیزات حساس به فشار، نور یا گرمای ناشی از قوس قابل دست‌یابی است.

۸) انجام عملیات بهره‌برداری از فاصله ایمن

۹) جلوگیری از برق‌دار شدن مجدد تجهیزات با استفاده از تجهیزاتی که در مواقع تشخیص خطای داخلی تجهیزات، دریچه انفجار یا فشارشکن را فعال نموده و به بهره‌بردار وضعیت را هشدار می‌دهد.



داکت فشار شکن/ دریچه انفجار جانبی داکت فشار شکن/ دریچه انفجار پشت تابلو

شکل۷-۱۹- جانمایی داکت فشارشکن جهت هدایت محصولات ناشی از قوس داخلی به بیرون تابلو

۷-۷- آزمون‌های تابلو فشار متوسط

۷-۷-۱- آزمون‌های نوعی، که برای تایید مشخصات نوع معینی از تابلوها از نظر مطابقت با مقررات استاندارد است، باید مطابق با بخش ۷ استاندارد IEC 62271-1 و بخش ۶ استاندارد IEC62271-200 در زمینه‌های زیر انجام شود:

- آزمون‌های دی‌الکتریک
- آزمون‌های ولتاژ تداخل رادیویی
- آزمون‌های اندازه‌گیری مقاومت
- آزمون‌های جریان پیوسته و بررسی افزایش دما
- آزمون‌های بررسی و تایید ایستادگی در برابر جریان‌های پیک و کوتاه‌مدت

- آزمون‌های تصدیق حفاظت (IP,IK)
- آزمون ایستادگی فشار برای قسمت‌های پرشده از گاز
- آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)
- آزمون‌های اضافی بر روی مدارهای کنترلی و کمکی
- آزمون‌های اشعه X برای محفظه‌های قطع خلا

۷-۷-۲- آزمون‌های جاری، که برای تشخیص مرغوبیت مواد به کار رفته یا صحت کار انجام شده است، باید مطابق با بخش ۸ از استاندارد IEC62271-1 و بخش ۷ استاندارد IEC62271-200 و بر اساس فهرست زیر انجام شود:

- آزمون‌های دی‌الکتریک
- آزمون‌های مدارهای فرعی و کنترل
- اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی
- آزمون‌های فشار خانه‌های مملو از گاز
- بازدید چشمی.

فصل ۸

ترانسفورماتورهای توزیع

۸-۱- دامنه پوشش

در این بخش ضوابط، استانداردها و معیارهای فنی عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای توزیع سه‌فاز روغنی و خشک در سطوح ولتاژ ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت ارایه شده‌است. حداقل توان نامی ترانسفورماتورهای مورد اشاره در این بخش پنج کیلوولت آمپر است.

۸-۲- تعاریف و اصطلاحات

در این بخش از اصطلاحات و تعاریف ذیل استفاده می‌شود:

۸-۲-۱- ترانسفورماتور

power transformer

ترانسفورماتور، دستگاه ساکنی است که با القای مغناطیسی بین دو یا چند سیم‌پیچ، ولتاژ و جریان الکتریکی متناوب را به ولتاژ و جریان الکتریکی با همان فرکانس و معمولا با مقادیر دیگر، به منظور انتقال توان الکتریکی تبدیل می‌کند.

۸-۲-۲- ترانسفورماتور خشک

dry-type transformer

ترانسفورماتوری است که هسته و سیم‌پیچ‌های آن در عایق مایع قرار ندارد.

۸-۲-۳- ترانسفورماتور روغنی

oil-immersed type transformer

ترانسفورماتوری است که هسته و سیم‌پیچ‌های آن در روغن قرار دارد.

۸-۲-۴- اتو ترانسفورماتور

auto-transformer

ترانسفورماتوری که حداقل دو سیم‌پیچ آن در یک قسمت مشترک باشند.

۸-۲-۵- پایانه

terminal

قطعه‌ای رسانا جهت اتصال سیم‌پیچ به هادی‌های خارجی است.

۸-۲-۶- پایانه خط

line terminal

پایانه‌ای جهت اتصال به هادی خط شبکه است.

۸-۲-۷- پایانه خنثی

neutral terminal

پایانه متصل به نقطه مشترک (نقطه خنثی یا نوترال) سیم‌پیچ اتصال ستاره یا زیگزاگ است.

۸-۲-۸- نقطه خنثی

neutral point

نقطه‌ای از سیستم ولتاژهای متقارن که در بار متعادل و فاقد هارمونیک، دارای پتانسیل صفر است.

۸-۲-۹- پایانه‌های مشابه

corresponding terminal

پایانه‌هایی از سیم‌پیچ‌های مختلف ترانسفورماتور که توسط حروف یا علائم مشابه نشانه‌گذاری شده‌اند.

۸-۲-۱۰- سیم پیچ فشار قوی

high-voltage winding

سیم‌پیچی که دارای بیش‌ترین ولتاژ اسمی است.

۸-۲-۱۱- سیم‌پیچ فشار ضعیف

low-voltage winding

سیم‌پیچی که دارای کم‌ترین ولتاژ اسمی است.

۸-۲-۱۲- سیم‌پیچ اولیه

primary winding

سیم‌پیچی که از منبع تغذیه توان اکتیو را تحویل می‌گیرد.

۸-۲-۱۳- سیم‌پیچ ثانویه

secondary winding

سیم‌پیچی که توان اکتیو را به بار تحویل می‌دهد.

یادآوری- سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه ممکن است متفاوت از سیم‌پیچ‌های فشار قوی و فشار ضعیف باشند و تنها جهت بیان شارش توان اکتیو از آن‌ها استفاده می‌شود.

۸-۲-۱۴- انشعاب (تپ)

tapping

در ترانسفورماتور مجهز به سیم‌پیچی انشعاب‌دار، اتصال خاصی از آن سیم‌پیچ گویای تعداد دور موثر معینی در سیم‌پیچ انشعاب‌دار خواهد بود که نتیجه‌ی آن نسبت تبدیل معینی میان این سیم‌پیچ و سیم‌پیچ دیگری با تعداد دور ثابت است.

یادآوری- یکی از انشعاب‌ها به‌عنوان انشعاب اصلی تعریف می‌شود و انشعاب‌های دیگر نسبت به آن با ضرایب انشعاب نسبی بیان می‌شوند.

۸-۲-۱۵- انشعاب اصلی (تپ اصلی)

principal tapping

انشعابی که مقادیر اسمی به آن نسبت داده می‌شوند.

۸-۲-۱۶- ضریب انشعاب (ضریب تپ) مربوط به یک انشعاب معین

principal tapping

$$(U_d/U_r) \qquad (۱-۸)$$

ضریب انشعاب مطابق فرمول(۸-۱) تعریف می‌شود که به‌صورت درصد$100\times (U_d/U_r)$ نیز بیان می‌شود که در این عبارت:

U_r: ولتاژ اسمی سیم‌پیچ است.

U_d: ولتاژ بی‌باری پایانه‌های سیم‌پیچ در انشعاب مربوطه با فرض اعمال ولتاژ اسمی به سیم‌پیچ بدون انشعاب است.

۸-۲-۱۷- انشعاب مثبت (تپ مثبت)

plus tapping

انشعابی با ضریب انشعاب بزرگتر از یک است.

۸-۲-۱۸- انشعاب منفی (تپ منفی)

minus tapping

انشعابی با ضریب انشعاب کوچکتر از یک است.

۸-۲-۱۹- گام انشعاب (گام هر تپ)

tapping step

اختلاف میان ضرایب انشعاب دو انشعاب مجاور برحسب درصد است.

۸-۲-۲۰- گستره‌ی انشعاب (گستره‌ی تپ)

tapping range

گستره‌ی تغییرات ضریب انشعاب در مقایسه با عدد ۱۰۰ برحسب درصد است.

یادآوری- اگر ضریب انشعاب گستره‌ای از 100+a تا 100-b داشته باشد، گستره‌ی انشعاب به شکل %a+ تا%b– نمایش داده می‌شود. در مواردی‌که a = b باشد، آن را به شکل %a± نمایش می‌دهیم.

۸-۲-۲۱- نسبت تبدیل انشعاب (در یک زوج سیم‌پیچی)

tapping voltage ratio

برابر است با نسبت ولتاژ اسمی:

- ضرب در ضریب انشعاب سیم‌پیچ انشعاب‌دار، چنانچه سیم‌پیچ فشارقوی باشد.
- تقسیم بر ضریب انشعاب سیم‌پیچ انشعاب‌دار، چنانچه سیم‌پیچ فشار ضعیف باشد.

۸-۲-۲۲- کلید تنظیم ولتاژ (تپ چنجر) تحت بار

on-load tap changer (OLTC)

افزاری جهت تعویض اتصالات انشعاب سیم‌پیچی در شرایط تغذیه شده یا بارداری ترانسفورماتور است.

۸-۲-۲۳- کلید تنظیم ولتاژ (تپ چنجر) درحالت قطع ولتاژ

de-energized tap-changer (DETC)
off-circuit tap-changer (OCTC)

افزاری جهت تعویض اتصالات انشعاب سیم‌پیچی است که جهت کار نیازمند قطع تغذیه (قطع اتصال از شبکه) است.

۸-۲-۲۴- مقادیر اسمی

rating

به مقادیر عددی کمیت‌های تعریف کننده‌ی کارکرد ترانسفورماتور در شرایط مشخص شده که مورد ضمانت سازنده بوده و آزمون‌ها مبتنی بر آن‌ها هستند، اطلاق می‌شود.

۸-۲-۲۵- ولتاژ اسمی سیم‌پیچ U_r

rated voltage of a winding (U_r)

ولتاژ اسمی تعیین شده‌ی اعمالی، یا تولید شده، بین پایانه‌های سیم‌پیچ در انشعاب اصلی در شرایط بی‌باری. در سیم‌پیچ سه‌فاز این عدد برابر ولتاژ بین پایانه‌های خط است.

یادآوری- در شرایط بی باری با اعمال ولتاژ اسمی به یکی از سیم‌پیچ‌ها، در همه‌ی سیم‌پیچ‌ها همزمان ولتاژ اسمی تولید خواهد شد.

۸-۲-۲۶- بیشینه ولتاژ تجهیز قابل اعمال به سیم‌پیچ ترانسفورماتور U_m

highest voltage for equipment applicable to a transformer winding (U_m)

بیشینه مقدار ولتاژ موثر خطی سیستم سه‌فاز که عایق‌بندی سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور برای آن مقدار طراحی می‌شود.

۸-۲-۲۷- نسبت تبدیل اسمی

rated voltage ratio

نسبت ولتاژ اسمی یک سیم‌پیچ به ولتاژ اسمی سیم‌پیچ دیگری با ولتاژ اسمی کم‌تر یا برابر است.

۸-۲-۲۸- فرکانس اسمی f_r

rated frequency (f_r)

فرکانسی که ترانسفورماتور برای کار در آن طراحی شده‌است.

۸-۲-۲۹- توان اسمی S_r

rated power (S_r)

مقدار قراردادی توان ظاهری سیم‌پیچ که به همراه ولتاژ اسمی سیم‌پیچ، جریان اسمی را تعیین خواهد کرد.

یادآوری- هر دو سیم‌پیچ ترانسفورماتور دوسیم‌پیچه دارای توان اسمی یکسانی هستند که بنا به تعریف توان اسمی کل ترانسفورماتور نیز خواهد بود.

۸-۲-۳۰- جریان اسمی I_r

rated current (I_r)

جریانی عبوری از پایانه‌ی خط سیم‌پیچ که از توان اسمی S_r و ولتاژ اسمی سیم‌پیچ U_r حاصل می‌شود.

یادآوری- در سیم‌پیچ سه‌فاز، جریان اسمی از فرمول (۸-۲) بدست می‌آید:

$$I_r = S_r / (\sqrt{3} \times U_r) \qquad (۸-۲)$$

۸-۲-۳۱- تلفات بی‌باری

no-load loss

توان حقیقی جذب شده توسط ترانسفورماتور در شرایط اعمال ولتاژ اسمی با فرکانس اسمی به پایانه‌های یکی از سیم‌پیچ‌ها است. در این حالت سیم‌پیچ دیگر مدار باز است.

۸-۲-۳۲- جریان بی باری

no-load current

مقدار موثر جریان عبوری از پایانه‌ی خط سیم‌پیچ، با فرض اعمال ولتاژ اسمی با فرکانس اسمی به آن سیم‌پیچ است. در این حالت سیم‌پیچ دیگر مدار باز است.

یادآوری ۱- در ترانسفورماتور سه‌فاز، جریان بی‌باری به شکل میانگین عددی جریان‌های سه خط تعریف می‌شود.

یادآوری ۲- جریان بی‌باری سیم‌پیچ اغلب برحسب درصدی از جریان اسمی آن سیم پیچ بیان می‌شود.

۸-۲-۳۳- تلفات بار

load loss

توان اکتیو جذب شده توسط یک زوج سیم‌پیچ در فرکانس اسمی و دمای مرجع، در شرایط عبور جریان اسمی از پایانه‌های خط یکی از سیم‌پیچ‌ها و اتصال کوتاه پایانه‌های سیم‌پیچ دیگر است.

یادآوری- دمای مرجع برای ترانسفورماتورهای روغنی در بند۱۱-۱ استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲۶۲۰ و برای ترانسفورماتورهای خشک در بند ۱۷ استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱-۲۶۲۰ ذکر شده‌است.

۸-۲-۳۴- تلفات کل

total losses

برابر مجموع تلفات بی‌باری و تلفات بار است.

۸-۲-۳۵- مقاومت ظاهری (امپدانس) اتصال کوتاه z

short-circuit impedance

مقدار مقاومت ظاهری سری معادل $Z = R+jX$ در فرکانس اسمی و دمای مرجع با واحد اهم، بین پایانه‌های یکی از دو سیم‌پیچ است. در این حالت پایانه‌های سیم‌پیچ دیگر اتصال کوتاه هستند.

یادآوری ۱- در ترانسفورماتور با سیم‌پیچی انشعاب‌دار، مقاومت ظاهری اتصال کوتاه به انشعاب خاص ارجاع داده می‌شود. چنانچه قید خاصی نباشد، انشعاب اصلی انتخاب خواهد شد.

یادآوری ۲- این کمیت می‌تواند به شکل نسبی و بدون بعد به‌صورت کسری از مقاومت ظاهری مبنای همان سیم‌پیچی Z_{ref} بیان شود. برحسب درصد داریم:

$$z = 100\times Z/Z_{ref} \qquad (۳-۸)$$

که در این رابطه:

Z_{ref}: برابر U^2/S_r است.

U: ولتاژ اسمی سیم پیچی که Z و Z_{ref} به آن تعلق دارند.

S_r: مقدار مرجع توان اسمی است.

این مقدار نسبی برابر با نسبت ولتاژ اعمالی اندازه‌گیری اتصال‌کوتاه که منجر به جریان اسمی مربوطه خواهد شد به ولتاژ اسمی است. این ولتاژ اعمالی، ولتاژ اتصال کوتاه زوج سیم‌پیچی نامیده شده و عموما برحسب درصد بیان می‌شود.

۸-۲-۳۶- افزایش دما

temperature rise

اختلاف دمای قسمت تحت بررسی و دمای عامل خنک کننده‌ی خارجی است.

۸-۲-۳۷- اتصال ستاره Y

star connection

اتصالی که در آن سیم‌پیچ‌های فازی ترانسفورماتور سه‌فاز به نقطه مشترک (نقطه خنثی) وصل شده و انتهای دیگر آن‌ها به پایانه خط مربوط متصل می‌شود.

۸-۲-۳۸- اتصال مثلث D

delta connection

اتصالی که در آن سیم‌پیچ‌های فازی ترانسفورماتور سه‌فاز در اتصال سری بایکدیگر یک مدار بسته را تشکیل می‌دهند.

۸-۲-۳۹- اتصال زیگزاگ Z

zigzag connection

اتصال متشکل از دو دسته سیم‌پیچی است که دسته‌ی اول اتصال ستاره داشته و دسته‌ی دوم در اتصال سری میان دسته‌ی اول و پایانه‌های خط قرار می‌گیرد. نحوه چینش این دو دسته به گونه‌ایست که هر فازی از دسته‌ی دوم بر ساقی متفاوت از ساق دسته‌ی اول متصل به آن، پیچیده می‌شود.

۸-۲-۴۰- جابجایی فاز

phase displacement

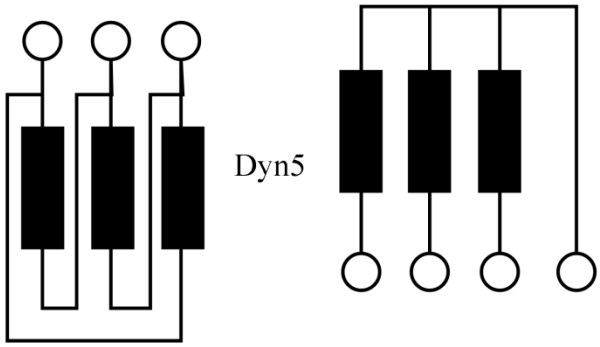
اختلاف زاویه بین فازورهای ولتاژ بین نقطه خنثی و پایانه‌های مشابه دو سیم‌پیچ است. در این حالت به پایانه‌های فشار قوی، ولتاژی با توالی مثبت اعمال می‌شود که فازهای آن به ترتیب حروف الفا با اعداد برحسب آنکه با حروف یا اعداد مشخص شده باشند، پشت سرهم قرار می‌گیرند. چرخش فازورها عکس جهت حرکت عقربه‌های ساعت فرض می‌شود.

یادآوری- با فرض فازور سیم‌پیچی فشارقوی به‌عنوان فازور مبنا، جابجائی هرسیم‌پیچ دیگری برحسب شماره‌های ساعت بیان خواهدشد. یعنی با فرض انطباق فازور سیم‌پیچ فشارقوی برساعت ۱۲، شماره‌ی ساعتی که فازور سیم‌پیچ به آن اشاره می‌کند (افزایش شماره‌ی ساعت معادل افزایش پس فازی خواهد بود).

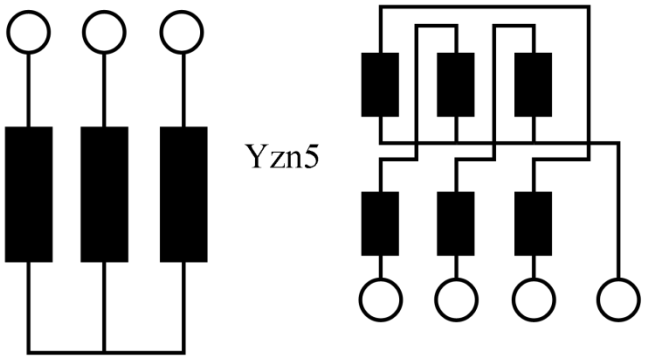
۸-۲-۴۱- نشانه اتصال (گروه برداری)

علامتی قراردادی جهت نمایش اتصال سیم‌پیچ‌های فشار قوی و فشار ضعیف و جابجایی فازی آن‌ها نسبت به یکدیگر، که به شکل ترکیبی از حروف و شماره‌ی ساعت نمایش داده می‌شود.

دو گروه برداری معمول در ترانسفورماتورهای توزیع در شکل (۸-۱) نشان داده شده است.



شکل۸-۱- الف) گروه برداری Dyn5



شکل ۸-۱- ب) گروه برداری Yzn5

۸-۲-۴۲- آزمون تک به تک (جاری)

routine test

آزمونی کارخانه‌ای که روی همه ترانسفورماتورها اجرا می‌شود.

۸-۲-۴۳- آزمون نوعی

type test

آزمون اجرا شده روی ترانسفورماتور نمونه، جهت بررسی مطابقت این ترانسفورماتورها با الزامات مشخصی که توسط آزمون‌های تک به تک قابل بررسی نیست. ترانسفورماتوری نمونه‌ی دیگران نامیده می‌شود که در کارخانه‌ای مشابه با نقشه‌های فنی مشابه و به کمک روش فنی و مواد مصرفی مشابه ساخته شود.

۸-۲-۴۴- آزمون ویژه

special test

آزمون متفاوت از آزمون تک به تک و نوعی که براساس توافق سازنده و خریدار اجرا می‌شود.

۸-۲-۴۵- دمای لحظه‌ای عامل خنک کننده (هوا)

temperature of cooling medium at any time

بیشنیه دمای ثبت شده‌ی هوا در طول سالیان متمادی است.

۸-۲-۴۶- دمای متوسط ماهانه

monthly average temperature

نصف مجموع مقدار متوسط بیشینهٔ روزانه و مقدار متوسط کمینه‌ی روزانه در طول ماه معینی از سال در طول سالیان متمادی است.

۸-۲-۴۷- دمای متوسط سالانه

yearly average temperature

برابر یک دوازدهم مجموع دماهای متوسط ماهانه است.

۸-۲-۴۸- ترانسفورماتور نوع خشک کاملاً محصور

totally enclosed dry-type transformer

ترانسفورماتوری که داخل محفظه بدون فشار، با گردش هوای داخلی خنک می‌شود.

۸-۲-۴۹- ترانسفورماتور نوع خشک محصور

enclosed dry-type transformer

ترانسفورماتوری که داخل محفظه دارای تهویه با گردش هوای داخلی خنک می‌شود.

۸-۲-۵۰- ترانسفورماتور نوع خشک نامحصور

non-enclosed dry-type transformer

ترانسفورماتور بدون محفظه محافظ که با تهویه هوا، به‌صورت طبیعی یا اجباری خنک می‌شود.

۸-۲-۵۱- ترانسفورماتور روغنی با منبع انبساط

oil-immersed transformer with conservator

ترانسفورماتور روغنی که ارتباط آزادی بین هوای محیط و منبع انبساط آن وجود دارد. در محل اتصال با هوای آزاد از یک رطوبت‌گیر استفاده می‌شود.

۸-۲-۵۲- ترانسفورماتور روغنی هرمتیک

hermetically sealed transformer

ترانسفورماتور روغنی که دارای سیستم بسته بوده و روغن آن با هوای آزاد، اکسیژن و رطوبت موجود در هوا هیچ‌گونه ارتباطی ندارد. این ترانسفورماتورها خود به دو نوع تقسیم می‌شوند:

۸-۲-۵۲-۱- ترانسفورماتور هرمتیک کنگره‌ای

hermetically sealed transformer fully filled with oil

ترانسفورماتور هرمتیک که در آن انبساط روغن توسط جابجایی ارتجاعی مخزن کنگره‌ای (موج‌دار) جبران می‌شود.

۸-۲-۵۲-۲- ترانسفورماتور هرمتیک با بالشتک گازی

hermetically sealed transformer with gas cushion

ترانسفورماتور هرمتیک که در آن حجمی از گاز برسطح روغن در مخزنی صلب، انبساط روغن را در فشارهای متفاوت تنظیم می‌کند.

۸-۲-۵۳- ترانسفورماتور توزیع کم تلفات روغنی

low loss distribution transformer

ترانسفورماتور روغنی، با منبع انبساط و هرمتیک، که براساس مشخصات فنی ذکر شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۳۶۸ تولید شده‌اند.

۸-۲-۵۴- ترانسفورماتور توزیع کم تلفات روغنی رده AB′

low loss distribution transformer (AB′)

ترانسفورماتور روغنی، با منبع انبساط و هرمتیک، که براساس مشخصات فنی ذکر شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۳۶۸ تلفات بار آن در گروه A و تلفات بی‌باری و سطح صدای آن در گروه B′ قرار داشته باشد.

۸-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی هستند که در متن این فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲۶۲۰، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت یک: کلیات.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۲۶۲۰، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت دو: افزایش دما.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲۶۲۰، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت سه: سطوح عایق‌بندی و آزمون‌های دی‌الکتریک.
- استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 60076-4، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت چهار: راهنمای آزمون ضربه صاعقه و ضربه کلیدزنی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵-۲۶۲۰، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت پنج: استقامت در برابر اتصال کوتاه.
- استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 60076-7، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت هفت: راهنمای بارگذاری برای ترانسفورماتورهای قدرت غوطه ور در روغن.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰-۲۶۲۰، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت ده: تعیین ترازهای صدا.
- استاندارد ملی ایران به شماره۱-۱۰-۲۶۲۰، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت۱-۱۰: تعیین ترازهای صدا، راهنمای کاربرد.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱-۲۶۲۰، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت یازده: ترانسفورماتورهای خشک.
- استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 60076-12، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت دوازده: راهنمای بارگذاری برای ترانسفورماتورهای قدرت نوع خشک.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳-۲۶۲۰، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت یازده: ترانسفورماتورهای مایع پر خود محافظ.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴-۲۶۲۰، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت چهارده: ترانسفورماتورهای قدرت غوطه‌ور در مایع با استفاده از مواد عایق با تحمل دمای بالا.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲۷۱۵، تعویض کننده‌های انشعاب، قسمت یک: الزامات عملکرد و روش‌های آزمون.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۶۱۷۷، ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت هشت: راهنمای کاربرد.
- استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 61869-1، ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری، قسمت یک: الزامات عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۶۱، سیالات مورد استفاده در تجهیزات الکتریکی: روغن‌های عایقی معدنی کارنکرده برای ترانسفورماتورها و کلیدهای قطع و وصل، ویژگی‌ها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۲۶۷۷، پایش وضعیت و عیب‌یابی ترانسفورماتورهای قدرت.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۳۶۸، تعیین معیار تلفات ترانسفورماتورهای شبکه توزیع روغنی سه‌فاز از ۲۵ تا ۲۵۰۰ کیلوولت آمپر با بیشینه ولتاژ تجهیزات تا ۳۶ کیلوولت با فرکانس ۵۰ هرتز و دستورالعمل تاییدیه انرژی، قسمت یک: الزامات کلی و الزامات ترانسفورماتورهای با بیشینه ولتاژ تجهیزات ۲۴ کیلوولت و کم‌تر.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۶۸، علامت گذاری ترمینال‌ها و انشعابات ترانسفورماتور.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۰، اعداد ترجیحی، سری اعداد ترجیحی.
- دستورالعمل تعیین الزامات، معیارهای ارزیابی فنی و آزمون‌های ترانسفورماتورهای خشک رزینی توزیع ۲۰ کیلوولت، معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر.
- IEC 60422 Mineral insulating liquid in electrical equipment - Supervision and maintenance guidance.
- IEC 60085 Electrical Insulation: Thermal Evaluation and Designation.

۸-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در ترانسفورماتورهای توزیع ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (در صورت وجود) ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

۸-۴- مقادیر اسمی و الزامات عمومی

۸-۴-۱- توان اسمی

۸-۴-۱-۱- کلیات

با اعمال ولتاژ اسمی به سیم‌پیچ اولیه ترانسفورماتور و عبور جریان اسمی از سیم‌پیچ ثانویه، ترانسفورماتور توان اسمی نظیر آن زوج سیم‌پیچی را دریافت خواهد کرد. توان اسمی برای بارگذاری مداوم تعریف می‌شود که مقدار مبنا برای ضمانت و آزمون‌هایی نظیر تلفات بار و افزایش دماست. در کار مداوم ترانسفورماتور باید توانایی ارایه توان اسمی را بدون تجاوز از محدودیت‌های مشخص شده در استانداردهای ملی ایران به شماره ۲-۲۶۲۰ و ۱۱-۲۶۲۰ داشته باشد.
یادآوری- توان اسمی به مقدار توان ظاهری ورودی به ترانسفورماتور اشاره دارد که شامل توان اکتیو و راکتیو جذب‌شده توسط خود ترانسفورماتور نیز است. توان ظاهری ارایه شده توسط ترانسفورماتور به مدار متصل به پایانه‌های سیم‌پیچ ثانویه در بارگذاری اسمی متفاوت از توان اسمی خواهد بود. ولتاژ پایانه‌های ثانویه به واسطه‌ی کاهش (یا افزایش) ولتاژ در ترانسفورماتور، متفاوت از ولتاژ اسمی است. مقدار مجاز افت ولتاژ نسبت به ضریب قدرت بار، براساس ولتاژ اسمی و گسترهٔ انشعاب، مطابق بند ۷ استاندارد ملی ایران به شماره ۶۱۷۷، تعیین می‌شود.

۸-۴-۱-۲- مقادیر ترجیحی توان اسمی

در ترانسفورماتورهای تا توان۲۰ مگاولت آمپر، مقادیر توان اسمی، از سری R10 استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۰ انتخاب می‌شود.

یادآوری ۱- توان‌های اسمی ترانسفورماتورهای توزیع روغنی مرسوم در ایران به شرح ذیل است:

۲۵ – ۵۰ – ۷۵ – ۱۰۰ – ۱۲۵ – ۱۶۰ – ۲۰۰ – ۲۵۰ – ۳۱۵ – ۴۰۰ – ۵۰۰

۶۳۰ – ۸۰۰ – ۱۰۰۰ – ۱۲۵۰ – ۱۶۰۰ – ۲۰۰۰ – ۲۵۰۰

کیلوولت آمپر

یادآوری ۲- توان‌های اسمی ترانسفورماتورهای توزیع خشک مرسوم در ایران به شرح ذیل است:

۱۶۰ –۲۰۰ – ۲۵۰ – ۳۱۵ – ۴۰۰ – ۵۰۰ – ۶۳۰ – ۸۰۰ – ۱۰۰۰ – ۱۲۵۰ – ۱۶۰۰ – ۲۰۰۰ – ۲۵۰۰

کیلوولت آمپر

۸-۴-۱-۳- انتخاب توان اسمی ترانسفورماتور

به منظور انتخاب توان اسمی ترانسفورماتور مورد نیاز می‌توان از فرمول (۸-۴) استفاده نمود:

$$S = P/\cos\varphi \qquad (۸-۴)$$

که در این رابطه:

S: توان اسمی ترانسفورماتور برحسب کیلوولت آمپر

P: حداکثر توان اکتیو مجموعه بارهای سه‌فاز متصل به ترانسفورماتور (برحسب کیلووات) با درنظر گرفتن تمام ضرایب مربوط به همزمانی، توسعه آتی و... .

$\cos\varphi$: ضریب قدرت مجموعه بارهای متصل به ترانسفورماتور

مثال: فرض کنید حداکثر بار مصرفی سه‌فاز یک ساختمان مسکونی ۵۰ کیلووات و ضریب قدرت ۰٫۸۵ باشد:

$S = 50/0.85 = 59kVA$

در صورتی‌که ترانسفورماتور روغنی مورد نیاز باشد با توجه به توان‌های ترجیحی ذکر شده در بند قبل، ترانسفورماتور مطلوب ۷۵ کیلوولت آمپر خواهد بود.

یادآوری- برای در نظر گرفتن شرایط محیطی موثر در انتخاب توان نامی ترانسفورماتور به بخش (۸-۵) مراجعه کنید.

۸-۴-۱-۴- بارگذاری فراتر از توان اسمی

ترانسفورماتور در مواردی توانایی ارایه باری بیش‌تر از توان اسمی را دارد. روش محاسبه بارگذاری مجاز برای ترانسفورماتورهای روغنی در استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 60076-7 و برای ترانسفورماتورهای خشک در استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 60076-12 ارایه شده‌است.

یادآوری- قابلیت بارگذاری بوشینگ‌ها در استاندارد IEC 60137 و کلید تنظیم ولتاژ در استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۱۵-۱ ذکرشده‌است.

۸-۴-۲- نشانه‌های شناسایی و روش‌های خنک‌کردن ترانسفورماتور

نشانه‌های شناسایی و روش‌های خنک‌کردن ترانسفورماتورهای روغنی و خشک با استفاده از حروف اختصاری لاتین شامل نوع ماده خنک‌کننده و سیستم گردش آن و همچنین ترتیب حروف مزبور (از چپ به راست) در جداول شماره (۸-۱) و (۸-۲) مطابق استاندارد ملی ایران به شماره‌های ۲-۲۶۲۰ و ۱۱-۲۶۲۰ ارایه شده‌است.

جدول۸-۱- حروف اختصاری مورد استفاده در نمایش سیستم خنک‌کننده ترانسفورماتورهای روغنی

حرف اول (محیط خنک‌کننده مجاور سیم‌پیچ)	حرف دوم (مکانیزم چرخش ماده خنک‌کننده داخلی)	حرف سوم (محیط خنک‌کننده خارجی)	حرف چهارم (مکانیزم چرخش ماده خنک‌کننده خارجی)
O (روغن معدنی یا هر مایع عایقی با نقطه آتش کم‌تر از ۳۰۰ °C)	N (چرخش طبیعی)	A (هوا)	N (چرخش طبیعی)
K (مایع عایقی با نقطه آتش بزرگتر از ۳۰۰ °C)	F (چرخش اجباری)	W (آب)	F (چرخش اجباری با فن یا پمپ)
L (هر مایع عایقی که نقطه آتش آن قابل اندازه‌گیری نباشد)	D (چرخش اجباری جهت داده‌شده)	-	-

جدول۸-۲- حروف اختصاری مورد استفاده در نمایش سیستم خنک‌کننده ترانسفورماتورهای خشک

حرف اول (نوع محیط خنک‌کننده)	حرف دوم (نوع گردش)
A (هوا)	N (چرخش طبیعی)
W (آب)	F (چرخش اجباری)

یادآوری ۱- خنک کنندگی معمول ترانسفورماتورهای توزیع روغنی ONAN است.

یادآوری ۲- در ترانسفورماتورهای خشک معمولا دو نوع خنک کنندگی استفاده می‌شود:

- ترانسفورماتور طراحی شده برای سامانه تهویه هوای طبیعی که با AN نشان داده می‌شود.
- ترانسفورماتور طراحی شده برای سامانه تهویه هوای طبیعی تا مقدار مشخص شده و خنک کنندگی اجباری تا مقدار بالاتر که با AN/AF نشان داده می‌شود.

یادآوری ۳- خنک کنندگی معمول ترانسفورماتورهای توزیع خشک در ایران AN است.

۸-۴-۳- ولتاژ اسمی

ولتاژ فشارقوی ترانسفورماتورهای مورد استفاده در ایران ۳۳، ۲۰ و ۱۱ کیلوولت و ولتاژ فشار ضعیف ۴۰۰ ولت است.

۸-۴-۴- بیشینه مقدار ولتاژ تجهیز U_m

مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲۶۲۰ بیشینه مقدار ولتاژ برای پایانه‌های خط مطابق جدول (۸-۳) تعیین می‌شود.

جدول۸-۳- بیشینه مقدار ولتاژ ترانسفورماتور

ولتاژ اسمی (کیلوولت)	U_m (KV)
۰/۴	۱/۱
۱۱	۱۲
۲۰	۲۴
۳۳	۳۶

۸-۴-۵- فرکانس اسمی

فرکانس اسمی در شبکه برق ایران ۵۰ هرتز است.

۸-۴-۶- مقادیر اسمی پارامترهای ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات روغنی ۲۰ کیلوولت در ایران (AB′)

مقادیر اسمی معمول پارامترهای مهم ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات روغنی در ایران بر مبنای استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۳۶۸ در جداول(۸-۴) و (۸-۵) ذکر شده‌است.

جدول۸-۴- مقادیر معمول ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات روغنی ۲۰ کیلوولت

مشخصه	توان اسمی تا ۲۵۰ کیلوولت آمپر	توان اسمی ۲۵۰ کیلوولت آمپر و بیش‌تر
نوع خنک کنندگی	ONAN	
امپدانس اتصال کوتاه (٪)	۴	۶
گروه برداری	Yzn5	Dyn5
نوع کلید تنظیم ولتاژ	کلید تنظیم ولتاژ درحالت قطع ولتاژ Off-circuit	
گسترهٔ انشعاب (٪)	± ۱ × ۴	± ۲ × ۲/۵
تعداد انشعاب	۳	۵
نوع روغن	مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره INSO 2661	

جدول۸-۵- حداکثر تلفات و سطح صدای ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات روغنی ۲۰ کیلوولت (AB')

توان اسمی (kVA)	گروه A	گروه B'	
	تلفات بار (W)	تلفات بی باری (W)	سطح صدا (dB)
۲۵	۸۰۰	۹۰	۴۶
۵۰	۱۱۰۰	۱۴۵	۵۰
۷۵	۱۴۲۰	۲۰۳	۵۲
۱۰۰	۱۷۵۰	۲۶۰	۵۴
۱۲۵	۱۹۹۰	۳۰۵	۵۵
۱۶۰	۲۳۵۰	۳۷۵	۵۷
۲۰۰	۲۷۶۰	۴۴۰	۵۸
۲۵۰	۳۲۵۰	۵۳۰	۶۰
۳۱۵	۳۸۴۰	۶۲۵	۶۱
۴۰۰	۴۶۰۰	۷۵۰	۶۳
۵۰۰	۵۴۵۰	۸۴۰	۶۴
۶۳۰	۶۷۵۰	۹۴۰	۶۵
۸۰۰	۸۴۵۰	۱۱۵۵	۶۷
۱۰۰۰	۱۰۵۰۰	۱۴۰۰	۶۸
۱۲۵۰	۱۳۱۸۰	۱۷۶۰	۶۹
۱۶۰۰	۱۷۰۰۰	۲۲۰۰	۷۱
۲۰۰۰	۲۱۲۵۰	۲۸۰۰	۷۲
۲۵۰۰	۲۶۵۰۰	۳۲۰۰	۷۶

۸-۴-۷- مقادیر اسمی ترانسفورماتورهای توزیع خشک ۲۰ کیلوولت در ایران

مقادیر معمول اسمی پارامترهای مهم ترانسفورماتورهای توزیع خشک در ایران برمبنای: «دستورالعمل تعیین الزامات، معیارهای ارزیابی فنی و آزمون‌های ترانسفورماتورهای خشک رزینی ۲۰ کیلوولت، معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر» و «مشخصات فنی ترانسفورماتورهای خشک تولید شده توسط سازندگان داخلی ترانسفورماتور» در جداول (۸-۶) و (۸-۷) ذکر شده‌است.

جدول۸-۶- مقادیر معمول ترانسفورماتورهای توزیع خشک ۲۰ کیلوولت

مشخصه	مقادیر (کد)
نوع خنک کنندگی	AN
کلاس حرارتی عایق	F
گروه برداری	Dyn5
نوع کلید تنظیم ولتاژ	کلید تنظیم ولتاژ درحالت قطع ولتاژ Off-circuit
گسترهٔ انشعاب (٪)	± ۲ × ۲٫۵
تعداد انشعاب	۵
حداقل امپدانس اتصال‌کوتاه (٪)	۶

جدول۸-۷- حداکثر تلفات و سطح صدای ترانسفورماتورهای توزیع خشک ۲۰ کیلوولت

توان اسمی (kVA)	تلفات بی‌باری (W)	تلفات بار در دمای ۱۲۰ °C (W)	سطح صدا (dB)
۱۶۰	۸۰۰	۲۵۰۰	۶۲
۲۰۰	۹۱۰	۲۸۵۰	۶۳٫۵
۲۵۰	۱۰۵۰	۳۳۰۰	۵۶
۳۱۵	۱۲۵۰	۳۹۰۰	۶۷
۴۰۰	۱۴۵۰	۴۵۰۰	۶۸
۵۰۰	۱۷۰۰	۵۵۰۰	۶۹
۶۳۰	۱۹۵۰	۶۹۰۰	۷۰
۸۰۰	۲۱۰۰	۸۶۰۰	۷۲
۱۰۰۰	۲۴۰۰	۱۰۰۰۰	۷۳
۱۲۵۰	۲۷۰۰	۱۱۵۰۰	۷۵
۱۶۰۰	۳۱۰۰	۱۳۵۰۰	۷۶
۲۰۰۰	۴۰۰۰	۱۶۵۰۰	۷۸
۲۵۰۰	۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۸۱

۸-۵- شرایط کاری

۸-۵-۱- ارتفاع

ارتفاع از سطح دریا نباید از ۱۰۰۰ متر تجاوز کند.

۸-۵-۲- دمای هوا

دمای هوای خنک کننده در ورودی تجهیز خنک کننده نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:

- مقدار لحظه‌ای: ۴۰ درجه سلسیوس.
- متوسط ماهانه گرمترین ماه سال: ۳۰ درجه سلسیوس.
- متوسط سالیانه: ۲۰ درجه سلسیوس.
- در ترانسفورماتورهای نصب شده در فضای آزاد: ۲۵- درجه سلسیوس.
- در صورت نصب ترانسفورماتور و خنک کننده در محیطی مسقف: ۵- درجه سلسیوس.

۸-۵-۳- تقارن ولتاژ سه‌فاز

به ترانسفورماتورهای سه‌فاز می‌بایست ولتاژ تقریبا متقارن اعمال شود. تقریبا متقارن بدین معنی است که بیش‌ترین ولتاژ فاز به فاز نباید بیش از یک درصد در حالت مداوم یا دو درصد در بازه‌های زمانی کوتاه (حدود ۳۰ دقیقه) بیش‌تر از کم‌ترین ولتاژ فاز به فاز باشد.

۸-۵-۴- رطوبت

در ترانسفورماتورهای خشک، رطوبت نسبی هوای اطراف باید کم‌تر از ۹۳ درصد باشد. همچنین قطرات آب نباید روی سطوح خارجی سیم‌پیچ‌ها وجود داشته باشد.

۸-۵-۵- رده‌های آب و هوایی، محیطی و رفتار در برابر آتش ترانسفورماتور خشک

رده بندی آب و هوایی، محیطی و رفتار در برابر آتش ترانسفورماتورهای خشک در جدول (۸-۸) خلاصه شده‌است.

جدول۸-۸- راهنمای انتخاب رده‌های آب و هوایی، محیطی و رفتار در برابر آتش ترانسفورماتور خشک

رده آب و هوایی	C۱	ترانسفورماتور برای بهره‌برداری در دمای محیطی که کم‌تر از ۵- درجه سلسیوس نباشد، مناسب است. اما می‌تواند در طول حمل و نقل و انبارش در معرض دمای محیطی تا ۲۵- قرارگیرد.
	C۲	ترانسفورماتور برای بهره‌برداری، حمل و نقل و انبارش در دمای محیطی تا ۲۵- درجه سلسیوس مناسب است.
رده محیطی[۱]	E۰	هیچ تعرقی روی ترانسفورماتورها روی نمی‌دهد و آلودگی قابل چشم پوشی است که معمولا با نصب در محل سرپوشیده پاک و خشک حاصل می‌شود.
	E۱	گاهی تعرق روی ترانسفورماتور می‌تواند اتفاق بیفتد (برای مثال در زمان بی‌برقی) و آلودگی محدود امکان پذیر است.
	E۲	تعرق مکرر یا آلودگی سنگین یا ترکیب هردو
رده رفتار در برابر آتش	F۰	خطر آتش سوزی در محیط وجود ندارد.
	F۱	ترانسفورماتور در معرض آتش سوزی قرار دارد. محدودیت قابلیت اشتعال الزامی است.

یادآوری- ترانسفورماتورهای خشک معمول در ایران از نوع C2E2F1 است.

[۱] این موارد نه فقط در مدت کار، بلکه در مدت انبارش قبل از نصب هم مهم هستند.

۸-۶- پلاک مشخصات (صفحه مقادیر اسمی)

۸-۶-۱- کلیات

ترانسفورماتور باید مجهز به یک پلاک مشخصات با ماده‌ای مقاوم در برابر شرایط جوی، نصب شده در محل قابل‌رویت، با نمایش موارد زیر باشد. ماندگاری اطلاعات ثبت شده بر پلاک الزامی است.

۸-۶-۲- اطلاعات ارایه شده بر روی پلاک مشخصات

الف) نوع ترانسفورماتور.

ب) شماره استاندارد.

پ) نام سازنده، کشور و شهری که ترانسفورماتور در آن تولید شده‌است.

ت) شماره سریال سازنده.

ث) سال ساخت.

ج) تعداد فازها.

چ) توان اسمی برای هر خنک کنندگی (با واحد کیلوولت آمپر یا مگاولت آمپر).

ح) فرکانس اسمی (با واحد هرتز).

خ) جریان‌های اسمی (با واحد آمپر یا کیلوآمپر).

د) نماد اتصالات و جابجایی فاز (گروه برداری).

ذ) مقاومت ظاهری (امپدانس) اتصال کوتاه برحسب درصد.

ر) نوع خنک کنندگی.

ز) جرم کل.

ژ) جرم و نوع روغن مورد استفاده (در ترانسفورماتورهای روغنی)

س) بیشینه توان یا جریان اتصال کوتاه سیستم

در ترانسفورماتورهای خشک، علاوه برموارد فوق، ذکر موارد زیر نیز در پلاک الزامی است:

ش) دمای ساختار عایقی (کلاس حرارتی عایق) برای هر سیم‌پیچ مطابق استاندارد IEC 60085.

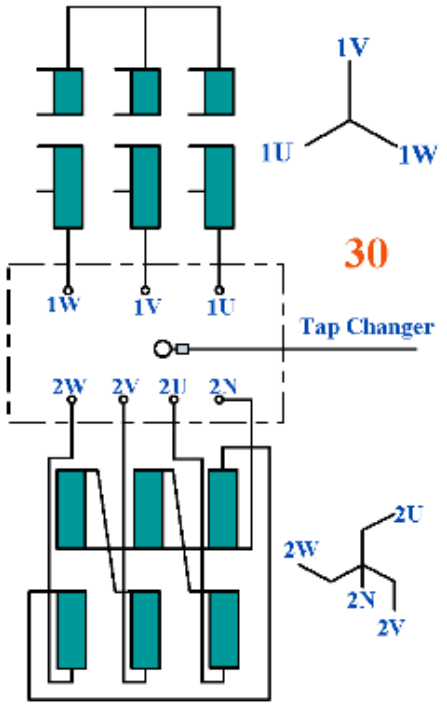
ص) درجه حفاظت.

ض) رده محیطی، آب و هوایی و رفتار در برابر آتش.

3-PHASE DISTRIBUTION TRANSFORMER

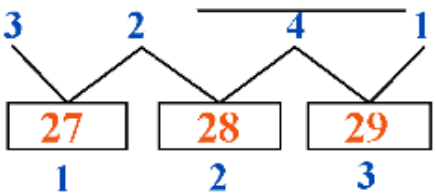
Rated Power (KVA)	1
Rated Vol. HV/LV (V)	2
Rated Current HV/LV (A)	3
Short-Circuit Impedance (%)	4
Short-Circuit Currents (KA)	5
Max. Short Circuit Dur. (S)	6
Vector Group	7
Installation Altitude (m)	8
Top oil / Winding Temperature rise. (.C)	9
Frequency (Hz)	10
Insulation Class	11
Type of Cooling	12
Type of Insulating Liquid	13
Insulating Liquid Mass (kg)	14
Total Mass (kg)	15

Insulation level (kV)	HV	LV
Um	16	17
LI	18	19
AC	20	21



Standard	22
Duty	23
Year of Manufacture	24
Serial No.	25
Losses Combination	26

TAPPING SEQUENCE



Note: De-energize transformer before changing the tap.

شکل۸-۲- نمونه پلاک مشخصات ترانسفورماتور توزیع روغنی

جدول۸-۹- توضیحات پلاک مشخصات ترانسفورماتور توزیع روغنی (شکل (۸-۲))

شماره	توضیح
۱	توان اسمی برحسب کیلوولت آمپر
۲	ولتاژ اسمی سمت فشار قوی و فشار ضعیف ترانسفورماتور برحسب ولت
۳	جریان نامی فشار قوی و فشار ضعیف ترانسفورماتور برحسب آمپر
۴	امپدانس اتصال کوتاه برحسب درصد
۵	جریان اتصال کوتاه سمت فشار قوی و فشار ضعیف برحسب کیلوآمپر
۶	زمان تحمل اتصال کوتاه برحسب ثانیه
۷	گروه برداری
۸	ارتفاع محل نصب از سطح دریا برحسب متر
۹	حداکثر افزایش دمای روغن و سیم‌پیچی نسبت به دمای محیط برحسب سلسیوس
۱۰	فرکانس برحسب هرتز
۱۱	کلاس حرارتی عایق ترانسفورماتور
۱۲	نوع خنک کنندگی
۱۳	نوع روغن
۱۴	وزن روغن برحسب کیلوگرم
۱۵	وزن کل برحسب کیلوگرم
۱۶	حداکثر ولتاژ سیستم سمت فشارقوی برحسب کیلوولت
۱۷	حداکثر ولتاژ سیستم سمت فشار ضعیف برحسب کیلوولت
۱۸	ولتاژ ضربه سمت فشار قوی برحسب کیلوولت
۱۹	ولتاژ ضربه سمت فشار ضعیف برحسب کیلوولت
۲۰	ولتاژ تست یک دقیقه استقامت عایقی در سمت فشار قوی برحسب کیلوولت
۲۱	ولتاژ تست یک دقیقه استقامت عایقی در سمت فشار ضعیف برحسب کیلوولت
۲۲	استاندارد طراحی ترانسفورماتور (IEC 60076)
۲۳	نوع کارکرد ترانسفورماتور
۲۴	سال ساخت
۲۵	شماره سریال
۲۶	رده تلفات (AB')
۲۷	ولتاژ سمت فشارقوی در انشعاب بالا برحسب ولت
۲۸	ولتاژ سمت فشارقوی در انشعاب اسمی برحسب ولت
۲۹	ولتاژ سمت فشارقوی در انشعاب پایین برحسب ولت
۳۰	شماتیک گروه برداری و اتصالات ترانسفورماتور

۸-۶-۳- اطلاعات تکمیلی که در صورت امکان باید داده شوند

الف) نمادنویسی کوتاه سطوح عایقی (ولتاژهای استقامت) طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲۶۲۰.

ب) ولتاژهای انشعاب سیم‌پیچ انشعاب‌دار برای تمام انشعاب‌ها.

پ) بیشینه افزایش دمای ضمانت شده سطح فوقانی روغن و سیم‌پیچ‌ها (چنانچه مقادیر معمول نباشند).

ت) نمودار اتصال: در مواردی‌که نماد اتصال نتواند اطلاعات کاملی از اتصال‌های داخلی در اختیار قراردهد.

ث) جرم جابجایی (چنانچه متفاوت از جرم کل باشد).

ج) جرم بدون محفظه (برای ترانسفورماتورهای با جرم کل بیش‌تر از پنج تن).

چ) قابلیت استقامت مخزن، منبع انبساط، کلید تنظیم ولتاژ و تجهیزات خنک کننده در مقابل خلاء.

ح) برای ترانسفورماتورهای چندسیم‌پیچه: هرگونه محدودیت ترکیب‌های توان-بارگذاری.

خ) برای ترانسفورماتورهای مجهز به نشانگر دمای سیم‌پیچ: تنظیمات تمام نشانگرهای دما.

د) برای تمام ترانسفورماتورهای جریان نصب شده در درون ترانسفورماتور: محل، نسبت تبدیل (ها) کلاس درستی و خروجی اسمی (ولت آمپر اسمی) ترانسفورماتور جریان.

ذ) دمای کمینه عامل خنک کننده: در صورتی‌که این دما برای ترانسفورماتورهای نصب شده در محل مسقف کم‌تر از ۵- درجه سلسیوس یا برای ترانسفورماتورهای نصب شده در فضای آزاد کم‌تر از ۲۵- درجه سلسیوس باشد.

نمونه‌ای از پلاک مشخصات ترانسفورماتور روغنی و توضیحات مرتبط با آن در شکل (۸-۲) و جدول (۸-۹) ذکرشده‌است. همچنین شکل(۸-۳) نمونه پلاک مشخصات ترانسفورماتور خشک را نشان می‌دهد.

Three - phase cast resin transformer for indoor installation

Type	TGUN6044	No.	112367	Year	1392
Rated power kVA	1000	Kind	P.T	Sys.highest voltage	24/1.1 KV
max.Tem.rise	100 °C			Cooling method	AN
Impedance voltage	5.97 %			Vector group	Dyn5
Insul.level	AC50-LI 95/AC3			Therm.class HV/LV	F/F
Total weight	2805 Kg			Frequency	50 HZ
Protection degree	IP00			Altitude above sea	1000 m

HV side				LV side	
Pos.	Tap changer Connections	Voltage	Connection	Voltage	Connection
1	5-6	21000	1V / 1U 1W	400	2U / 2W 2N / 2V
2	7-5	20500			
3	4-7	20000			
4	8-4	19500			
5	3-8	19000			
Rat.current		28.87 A		1443.38 A	
Environmental/climatic/fire behaviour classes: E2/C2/F1					

شکل۸-۳- نمونه پلاک مشخصات ترانسفورماتور خشک

۸-۷- آزمون‌های کارخانه‌ای

هر ترانسفورماتور پس از تولید باید در محل کارخانه سازنده، مورد آزمون‌های کارخانه‌ای شامل آزمون‌های تک به تک، نوعی و ویژه قرارگیرد. جزئیات آزمون‌های کارخانه‌ای در استاندارد ملی ایران به‌شماره ۱-۲۶۲۰ ذکر شده‌است. این آزمون‌ها شامل موارد زیر هستند:

۸-۷-۱- آزمون‌های تک به تک

الف) اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچ.

ب) اندازه‌گیری نسبت ولتاژ و کنترل جابجائی فاز.

پ) اندازه‌گیری امپدانس اتصال کوتاه و تلفات بار.

ت) اندازه‌گیری تلفات و جریان بی‌باری.

ث) آزمون‌های تک به تک دی الکتریک (مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲۶۲۰).

ج) آزمون‌های کلیدهای تنظیم ولتاژ تحت بار.

چ) آزمون نشتی تحت فشار برای ترانسفورماتورهای روغنی (آزمون استحکام).

ح) بررسی نسبت تبدیل و پلاریته ترانسفورماتورهای جریان توکار.

خ) بررسی عایق‌بندی هسته و چارچوب ترانسفورماتورهای روغنی.

۸-۷-۲- آزمون‌های نوعی

الف) آزمون افزایش دما (مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۲۶۲۰).

ب) آزمونهای دی الکتریک (مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲۶۲۰).

پ) تعیین سطح صوتی (مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰-۲۶۲۰).

ت) اندازه‌گیری توان مصرفی فن‌ها و پمپ‌ها.

ث) اندازه‌گیری تلفات و جریان بی باری در ۹۰ و ۱۱۰ درصد ولتاژ اسمی.

۸-۷-۳- آزمون‌های ویژه

الف) آزمون‌های ویژه دی‌الکتریک (مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲۶۲۰).

ب) اندازه‌گیری افزایش دمای نقطه داغ سیم‌پیچ.

پ) تعیین ظرفیت‌های خازنی بین سیم‌پیچها و زمین و بین سیم‌پیچ‌ها.

ت) اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی و ظرفیت‌های خازنی سیستم عایق‌بندی

ث) تعیین مشخصه انتقال ولتاژ گذرا (مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۲۶۲۰).

ج) اندازه‌گیری امپدانس (های) ظاهری توالی صفر.

چ) آزمون استقامت در برابر اتصال کوتاه (مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۵-۲۶۲۰).

ح) اندازه‌گیری مقاومت (.d.c) عایق‌بندی هر سیم‌پیچ نسبت به زمین و بین سیم‌پیچ‌ها.

خ) آزمون تغییر شکل تحت خلاء در ترانسفورماتورهای روغنی.

د) آزمون تغییر شکل تحت فشار در ترانسفورماتورهای روغنی.

ذ) آزمون استحکام در مقابل خلاء انجام شده در محل مصرف برای ترانسفورماتورهای روغنی.

ر) اندازه‌گیری پاسخ فرکانسی.

ز) بررسی پوشش خارجی.

ژ) اندازه‌گیری گازهای محلول در روغن.

س) آزمون مکانیکی یا ارزیابی آمادگی مخزن برای جابجایی.

ش) تعیین وزن ترانسفورماتور آمادهٔ انتقال.

۸-۷-۴- آزمونهای کارخانه‌ای ترانسفورماتورهای خشک

علاوه بر آزمونهای ذکر شده در بندهای قبل، انجام آزمونهای ذیل برروی ترانسفورماتورهای خشک الزامی است:

الف) اندازه‌گیری تخلیه جزئی (تک به تک و ویژه).

ب) آزمون محیطی (ویژه).

پ) آزمون آب و هوایی (ویژه).

ت) آزمون رفتار در برابر آتش (ویژه).

۸-۷-۵- رواداری‌ها

رواداری‌های قابل قبول مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲۶۲۰ در جدول (۸-۱۰) ذکر شده‌است.

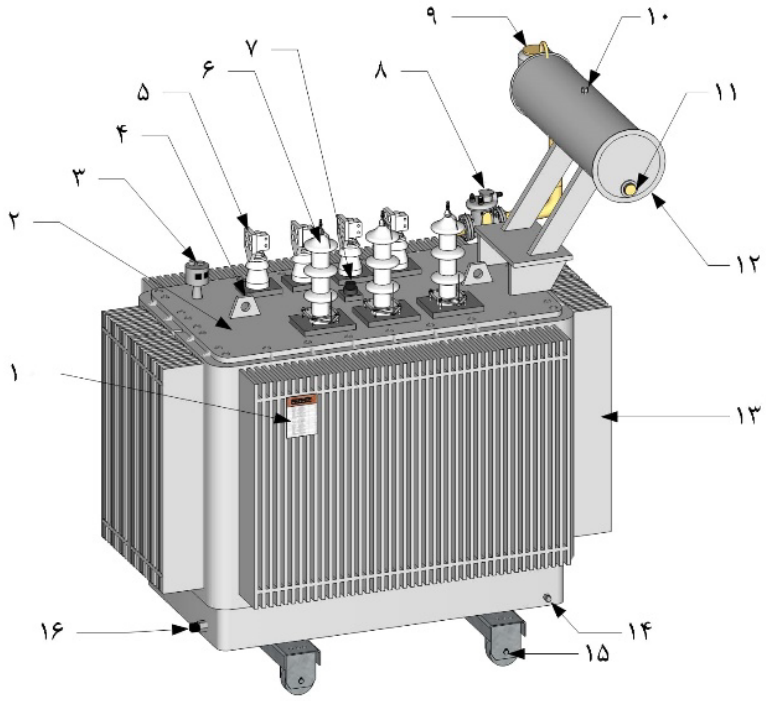
جدول۸-۱۰- رواداری‌ها

ردیف	موضوع/کلیات	متغیر	میزان رواداری
۱	تلفات	تلفات کل	۱۰٪+ تلفات کل
		تلفات اندازه‌گیری شده اجزا	۱۵٪+ تلفات اجزاء به شرط عدم تجاوز از رواداری تلفات کل
۲	نسبت ولتاژ	نسبت ولتاژ اندازه‌گیری شده بی‌باری در انشعاب اصلی	مقدار کوچکتر مقادیر زیر: الف) ۰٫۵٪± نسبت تعیین شده ب) ۰٫۱٪ ± مقدار درصد واقعی امپدانس در انشعاب اصلی
		نسبت ولتاژ اندازه‌گیری شده در انشعابات دیگر	۰٫۵ ٪ ± نسبت تعیین شده
۳	امپدانس اتصال کوتاه اندازه‌گیری شده	انشعاب اصلی	چنانچه مقدار امپدانس اتصال کوتاه بیش‌تر یا مساوی با ۱۰٪ باشد: ۷٫۵ ٪ ± مقدار تعیین شده
			چنانچه مقدار امپدانس اتصال کوتاه کم‌تر از ۱۰ ٪ باشد: ۱۰ ٪ ± مقدار تعیین شده
		انشعاب‌های دیگر	چنانچه مقدار امپدانس اتصال کوتاه بیش‌تر یا مساوی با ۱۰٪ باشد: ۱۰ ٪ ± مقدار تعیین شده
			چنانچه مقدار امپدانس اتصال کوتاه کم‌تر از ۱۰ ٪ باشد: ۱۵ ٪ ± مقدار تعیین شده
۴	جریان بی باری	جریان بی باری اندازه‌گیری شده	۳۰ ٪ ± مقدار طراحی

۸-۸- دیاگرام قطعات و تجهیزات ترانسفورماتور

۸-۸-۱- دیاگرام قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورهای توزیع روغنی با منبع انبساط

اجزاء و قطعات ترانسفورماتورهای توزیع روغنی در شکل (۸-۴) و جدول (۸-۱۱) توضیح داده شده‌اند.



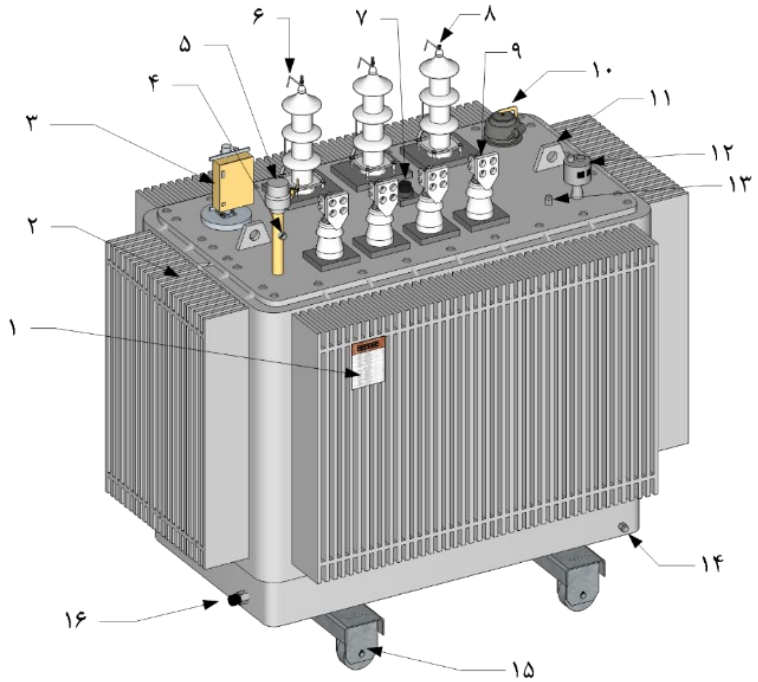
شکل۸-۴- اجزاء، قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورتوزیع روغنی با منبع انبساط

جدول۸-۱۱- توضیح قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورهای توزیع روغنی با منبع انبساط (شکل (۸-۴))

شماره	نام قطعه
۱	پلاک مشخصات
۲	درپوش مخزن
۳	ترمومتر روغن
۴	قلاب حمل
۵	بوشینگ فشار ضعیف
۶	بوشینگ فشار قوی
۷	کلید تنظیم ولتاژ در حالت قطع ولتاژ
۸	رله بوخهلتس
۹	رطوبت گیر
۱۰	دریچه سرریز روغن
۱۱	روغن نما (سطح سنج روغن)
۱۲	منبع انبساط (کنسرواتور)
۱۳	مخزن کنگره‌ای (وله‌ای)
۱۴	پیچ اتصال زمین
۱۵	چرخ
۱۶	شیر نمونه برداری/تخلیه روغن

۸-۸-۲- دیاگرام قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورهای روغنی هرمتیک کنگره‌ای

اجزاء و قطعات ترانسفورماتورهای توزیع روغنی در شکل (۸-۵) و جدول (۸-۱۲) توضیح داده شده‌اند.



شکل۸-۵- اجزاء، قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورتوزیع روغنی هرمتیک کنگره‌ای

جدول۸-۱۲- توضیح قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورهای توزیع روغنی هرمتیک (شکل (۸-۵))

شماره	نام قطعه
۱	پلاک مشخصات
۲	دیواره کنگره‌ای (وله‌ای)
۳	رله چند کاره
۴	روغن نمای چشمی (نشانگر سطح روغن)
۵	رله محافظ هرمتیک
۶	شاخک جرقه‌گیر
۷	کلید تنظیم ولتاژ در حالت قطع ولتاژ
۸	بوشینگ فشارقوی
۹	بوشینگ فشار ضعیف
۱۰	شیر فشارشکن (با کنتاکت)
۱۱	قلاب حمل
۱۲	ترمومتر روغن
۱۳	پیچ اتصال زمین درپوش
۱۴	پیچ اتصال زمین مخزن
۱۵	چرخ
۱۶	شیر نمونه برداری/تخلیه روغن

۸-۸-۳- دیاگرام قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورهای توزیع خشک

اجزاء و قطعات ترانسفورماتورهای توزیع خشک در شکل (۸-۶) و جدول (۸-۱۳) توضیح داده شده‌اند.



شکل۸-۶- اجزاء و قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورتوزیع خشک

جدول۸-۱۳- توضیح قطعات و تجهیزات ترانسفورماتورهای توزیع خشک ذکر شده در شکل (۸-۶)

شماره	نام قطعه
۱	هسته
۲	سیم‌پیچ فشار ضعیف
۳	سیم‌پیچ فشار قوی
۴	اتصالات فشار ضعیف
۵	قلاب‌های حمل
۶	اتصالات فشار قوی
۷	چارچوب آهنی هسته و چرخ‌ها
۸	عایق سیم‌پیچ فشار قوی
۹	کلید تنظیم ولتاژ با قطع ولتاژ (تپ چنجر)

۸-۹- تجهیزات حفاظتی ترانسفورماتور

۸-۹-۱- تجهیزات حفاظتی معمول ترانسفورماتورهای توزیع روغنی با منبع انبساط و هرمتیک

۸-۹-۱-۱- ترمومتر روغن

ترمومتر روغن (شکل (۸-۷)) دارای عقربه‌ای است که میزان دمای روغن زیر درپوش ترانسفورماتور را نشان می‌دهد. این تجهیز حفاظتی دارای دو کنتاکت است که با توجه به دمای درخواستی برای آلارم و تریپ ترانسفورماتور می‌تواند تنظیم شود. ترمومتر روغن معمولا در ترانسفورماتورهای توزیع با توان اسمی ۶۳۰ کیلوولت آمپر و بالاتر نصب می‌شود.



شکل۸-۷- ترمومتر روغن

۸-۹-۱-۲- رله بوخهلتس

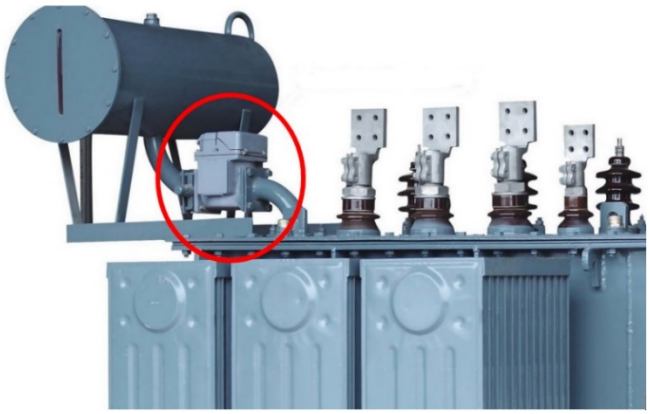
رله بوخهلتس (شکل (۸-۸)) تنها در ترانسفورماتورهای با منبع انبساط کاربرد دارد. این رله در مسیر حرکت روغن از مخزن به منبع انبساط نصب شده و با تشخیص و ارسال سیگنال، ترانسفورماتور را در برابر خطرات ناشی از بروز عیب در مواقع زیر محافظت می‌کند:

الف) گازهای تولید شده که ممکن است ناشی از تجزیه روغن یا مواد عایقی جامد در اثر عیوب داخلی باشد.

ب) کاهش سطح روغن که ممکن است ناشی از نشتی مخزن باشد.

پ) حرکت سریع روغن از مخزن به منبع انبساط که ممکن است ناشی از انبساط روغن در اثر خطای داخلی مانند اتصال کوتاه باشد.

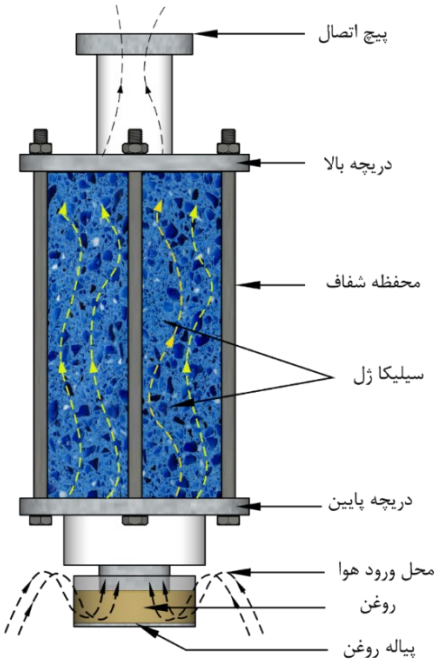
رله بوخهلتس معمولا در ترانسفورماتورهای توزیع روغنی با منبع انبساط با توان اسمی ۱۰۰۰ کیلوولت آمپر و بالاتر نصب می‌شود.



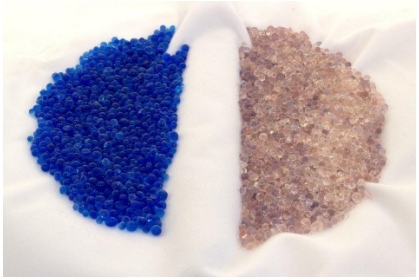
شکل۸-۸- رله بوخهلتس

۸-۹-۱-۳- محفظه رطوبت‌گیر

به منظور جلوگیری از ورود رطوبت هوا به داخل ترانسفورماتور با منبع انبساط، رطوبت گیر برروی منبع انبساط نصب می‌شود. (شکل(۸-۹)) این محفظه حاوی سیلیکاژل به رنگ‌های آبی یا نارنجی بوده که پس از اشباع شدن از رطوبت به ترتیب به‌صورتی و سبز تغییر رنگ می‌دهند (مطابق شکل‌های (۸-۱۰) و (۸-۱۱)). در صورتی‌که دو سوم از سیلیکاژل موجود در رطوبت‌گیر تغییر رنگ دهد می‌بایست اقدام به تعویض آن نمود. همچنین به منظور جذب گرد و غبار و ذرات معلق هوا، داخل پیاله انتهایی رطوبت‌گیر تا خط تعیین شده روغن ریخته می‌شود. در طی بهره‌برداری نباید پیاله از روغن خالی شود. رطوبت گیر مورد استفاده در ترانسفورماتورهای تا ۶۳۰ کیلوولت آمپر نیم کیلوگرم و در توان‌های بالاتر یک کیلوگرم وزن دارند.



شکل۸-۹- رطوبت‌گیر ترانسفورماتور



شکل۸-۱۰- تغییر رنگ سیلیکاژل آبی پس از اشباع شدن از رطوبت

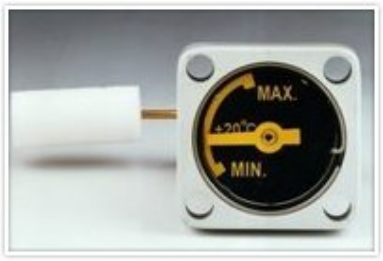


شکل۸-۱۱- تغییر رنگ سیلیکاژل نارنجی پس از اشباع شدن از رطوبت

۸-۹-۱-۴- روغن نما

الف) روغن نمای عقربه‌ای

برای اطلاع از میزان روغن داخل ترانسفورماتورهای با منبع انبساط از سطح سنج یا روغن نمای مدرج استفاده می‌شود (شکل‌های (۸-۱۲) و (۸-۱۳)). سطح روغن باید به گونه‌ای تنظیم شود که در دمای محیط ۲۰ درجه سلسیوس، شاخص روغن نما روی عدد ۲۰+ قرار گیرد.



شکل۸-۱۲- روغن نمای فاقد کنتاکت



شکل۸-۱۳- روغن نمای کنتاکت‌دار

ب) روغن نمای چشمی

با توجه به اینکه ترانسفورماتورهای هرمتیک کنگره‌ای فاقد منبع انبساط هستند، برای کنترل سطح روغن و همچنین تزریق روغن از لوله هرمتیک استفاده می‌شود. روغن نمای چشمی بر روی لوله هرمتیک طوری نصب می‌شود که سطح روغن داخل آن قابل مشاهده باشد (شکل (۸-۱۴)).



شکل۸-۱۴- روغن نمای چشمی ترانسفورماتور هرمتیک کنگره‌ای

۸-۹-۱-۵- فشارشکن مخزن

فشارشکن مخزن برای جلوگیری از انفجار یا تغییر شکل مخزن در مواقعی که فشار درون ترانسفورماتور از حد مجاز تجاوزکند، به کار می‌رود. فشارشکن به گونه‌ای ساخته شده است که با ایجاد مسیری برای تخلیه روغن، اجازه نمی‌دهد فشار مخزن از حد تعیین شده بالاتر رود. فشارشکن‌ها به دو صورت کنتاکت‌دار و ساده وجود داشته و در نوع کنتاکت‌دار در صورت افزایش فشار مخزن علاوه بر تخلیه روغن، فرمان خروج ترانسفورماتور از مدار (تریپ) صادر می‌شود. انواع فشارشکن مورد استفاده در ترانسفورماتور در شکل (۸-۱۵) مشاهده می‌شود.



شکل۸-۱۵- انواع فشارشکن مورد استفاده در ترانسفورماتور

۸-۹-۱-۶- رله محافظ هرمتیک

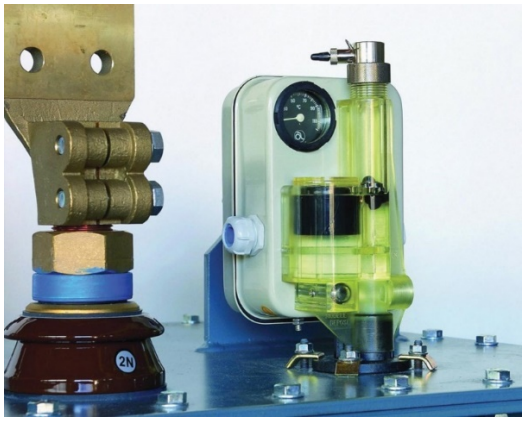
این رله صرفا در ترانسفورماتورهای روغنی هرمتیک کنگره‌ای استفاده می‌شود. با نصب این رله روی لوله تزریق روغن در صورت کاهش سطح روغن یا تجمع گاز در محفظه مخصوص این رله، شناور آن پایین آمده و کنتاکت آلارم/تریپ عمل خواهد نمود. امکان نمونه برداری از گازهای جمع شده در محفظه این رله از طریق شیر کوچکی که روی آن قراردارد میسر است. (شکل (۸-۱۶)).



شکل۸-۱۶- رله محافظ هرمتیک

۸-۹-۱-۷- رله چندکاره (ترکیبی)[1]

این رله در ترانسفورماتورهای روغنی هرمتیک کنگره‌ای استفاده شده و چهار وظیفه: کنترل دما، فشار، سطح روغن و جمع‌آوری گازهای تولید شده را بطور همزمان انجام می‌دهد. این رله دارای دو کنتاکت آلارم و تریپ برای اضافه دمای روغن، یک کنتاکت تریپ برای اضافه فشار و همچنین یک کنتاکت برای کاهش سطح روغن است (شکل (۸-۱۷)).



شکل۸-۱۷- رله چندکاره ترانسفورماتور هرمتیک کنگره‌ای

۸-۹-۲- تجهیزات حفاظتی معمول ترانسفورماتورهای توزیع خشک

۸-۹-۲-۱- ترمومتر

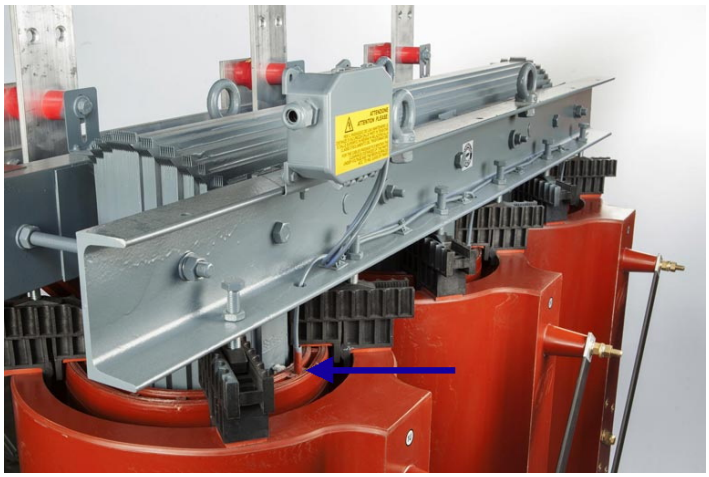
به منظور اندازه‌گیری دما و اعلام آلارم، تریپ و کنترل فن در ترانسفورماتور خشک، از سنسورهای PT100 استفاده می‌شود. هر ترانسفورماتور شامل سه سنسور حرارتی برای اندازه‌گیری دما بوده (در هر فاز یک عدد) که باید به رله ترمومتر دیجیتالی متصل شود. اتصالات سنسورهای PT100 از جعبه تقسیم به رله دیجیتالی توسط کابل انجام می‌شود.

[1] این رله با اسامی DGPT2 و DMCR بیش‌تر شناخته شده است.

رله ترمومتر دیجیتالی، شامل چهار کانال ورودی برای اندازه‌گیری و نمایش دمای فازها و هسته است. (شکل‌های (۸-۱۸) و (۸-۱۹)). مقادیر معمول آلارم، تریپ و شروع فن در جدول (۸-۱۴) ذکر شده‌است:

جدول۸-۱۴- مقادیر معمول آلارم، تریپ و شروع فن در ترانسفورماتور خشک با عایق کلاس F (برحسب درجه سلسیوس)

عملیات	دما (درجه سلسیوس)
شروع فن	۹۰
آلارم	۱۳۰
تریپ	۱۴۰



شکل۸-۱۸- محل استقرار سنسور PT100 برای اندازه‌گیری دمای ترانسفورماتور خشک



شکل۸-۱۹- رله ترمومتر دیجیتالی ترانسفورماتور خشک

۸-۱۰- حمل، انبارش، نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری

۸-۱۰-۱- حمل، انبارش، نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری از ترانسفورماتورهای توزیع روغنی

۸-۱۰-۱-۱- حمل و جابجائی

هنگام حمل و جابجائی ترانسفورماتور رعایت موارد ذیل الزامی است:

الف) ترانسفورماتور تحت هیچ شرایطی نباید با زاویه‌ای بیش‌تر از ۱۵ درجه منحرف شود.

ب) از آسیب دیدن بوشینگ‌ها، دیواره‌های کنگره‌ای و سایر تجهیزات جلوگیری شود.

پ) برای ترانسفورماتورهای بزرگ بهتر است حمل و نقل در راستای طولی ترانسفورماتور انجام گیرد.

ت) برای حمل ترانسفورماتور از قطعات چوبی (الوار بریده شده) استفاده شود. بدین منظور ترانسفورماتور باید با این قطعات در کف وسیله نقلیه ثابت شده و توسط سیم‌های بکسل مناسب مهار شود.

ث) ترانسفورماتور باید همیشه در حالت قائم بلند شود.

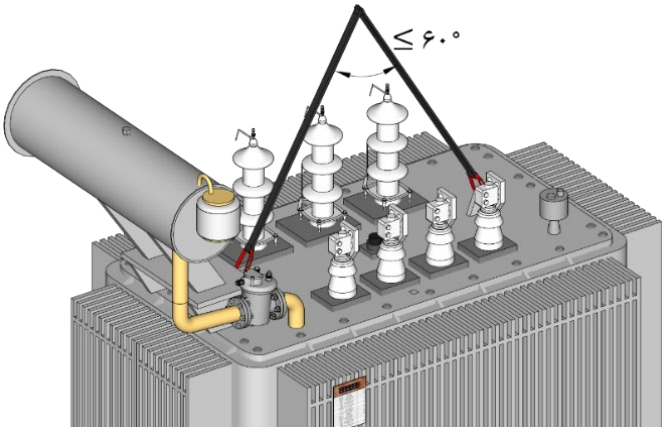
ج) در صورتی‌که نتوان ترانسفورماتور را با جرثقیل بلند نمود، بسته به سطحی که جابجائی برروی آن انجام می‌شود می‌توان آن را روی سطح کشید یا از چرخ برای جابجائی استفاده نمود.

چ) جابجائی با لیفت‌تراک توصیه نشده و فقط در صورت وجود پالت چوبی مجاز است.

ح) قلاب‌های حمل برروی ترانسفورماتور به گونه‌ای طراحی شده‌اند که نباید زاویه بین کابل‌ها یا تسمه‌ها مطابق شکل (۸-۲۰) از ۶۰ درجه بیش‌تر شود.

خ) ترتیب قرارگیری کابل‌ها باید بگونه‌ای باشد که برخوردی با بوشینگ‌ها و تجهیزات نصب شده برروی درپوش نداشته باشند.

د) در هنگام بلندکردن ترانسفورماتور باید از تمام قلاب‌های تعبیه شده‌استفاده نمود.



شکل۸-۲۰- نحوه صحیح بلند کردن ترانسفورماتور

۸-۱۰-۱-۲- انبارش

در صورت نیاز به انبارش ترانسفورماتور پیش از برق‌دار کردن، توصیه‌های ذیل باید رعایت شوند:

الف) ترانسفورماتور در محل خشک و پاکیزه و بدون احتمال آسیب مکانیکی و روی فونداسیون محکم نگهداری شوند.

ب) به منظور اطمینان از تنفس ترانسفورماتور با هوای خشک، منبع انبساط و رطوبت گیر باید بازدید شود. در صورت انبارش طولانی مدت لازم است ولتاژ شکست روغن مورد آزمون قرار گیرد. (مقدار ولتاژ شکست نباید از ۳۰ کیلوولت کم‌تر شود)

پ) در مدت زمان انبارش قطعه مسدود کننده رطوبت گیر می‌بایست برداشته شود. (شکل (۸-۲۱))



شکل۸-۲۱- قطعه مسدود کننده رطوبت‌گیر

۸-۱۰-۱-۳- نصب

ترانسفورماتورهای توزیع روغنی به‌صورت کامل در کارخانه سازنده مونتاژ و تست گردیده و بهنگام تحویل در محل آماده نصب و بهره‌برداری است. برای تعیین محل نصب ترانسفورماتور لازم است به مواردی مانند دسترسی، ایمنی، تهویه و راحتی بازرسی توجه نمود. در خصوص ترانسفورماتورهایی که در پست‌های زمینی نصب می‌شوند باید دقت شود که فونداسیون محل قرارگیری ترانسفورماتور مناسب باشد.

برای ترانسفورماتورهایی که در اتاقک نصب می‌شوند باید تهویه‌ی مناسب درنظرگرفته شود. به‌عنوان راهنما در صورت استفاده از تهویه‌ی اجباری، می‌توان به ازای هرکیلووات تلفات، چهار متر مکعب در دقیقه تهویه در نظرگرفت. همچنین در صورت عدم استفاده از تهویه‌ی اجباری، ورودی هوا باید از کف اتاقک و خروجی هوا از بالای دیوار یا سقف انجام شود. لازم به ذکر است خروجی هوا باید دارای سطح مقطع حداقل ده درصد بیش‌تر از ورودی هوا باشد. در این صورت برای محاسبه سطح مورد نیاز دریچه هوای ورودی و خروجی برای شرایط نرمال محیطی (متوسط دمای سالیانه ۲۰ درجه سلسیوس) می‌توان از فرمول تقریبی (۸-۷) استفاده کرد:

$$S = \frac{0.2P}{\sqrt{H}}, S' = 1.1S \qquad (۵-۸)$$

که در این رابطه:

P: مجموع تلفات بار و بی باری ترانسفورماتور برحسب کیلووات

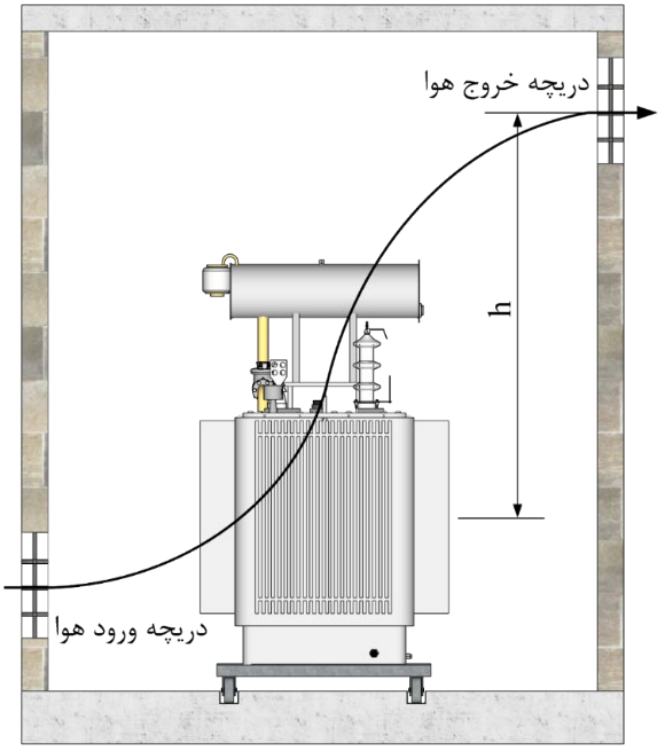
S: سطح مقطع ورودی هوای مورد نیاز برحسب مترمربع

S': سطح مقطع خروجی هوای مورد نیاز برحسب مترمربع

H: اختلاف ارتفاع بین مرکز دریچه خروجی هوا و مرکز ترانسفورماتور (شکل (۸-۲۲))

همچنین برای خنک‌کاری مناسب ترانسفورماتورها لازم است فاصله‌ی هر ترانسفورماتور از دیواره کم‌تر از ۳۰۰میلی‌متر و از ترانسفورماتورهای دیگر کم‌تر از ۶۰۰ میلی‌متر و از سقف کم‌تر از ۱۰۰۰ میلی‌متر نباشد.

برای ترانسفورماتورهای زمینی باید چاله‌ای برای جمع‌آوری و تخلیه‌ی روغن تعبیه شود. با توجه به اینکه ترانسفورماتورهای توزیع روغنی مخصوص نصب زمینی دارای چرخ با قابلیت تغییر جهت و با فاصله استاندارد هستند، برای نصب صحیح آن‌ها باید ریل مناسبی تعبیه شود و چرخ‌های ترانسفورماتور با پیچ و مهره مناسب روی ریل‌ها ثابت شوند بطوریکه نیروهای مکانیکی حاصل از اتصال کوتاه احتمالی یا زلزله باعث حرکت ترانسفورماتورها نشوند.



شکل۸-۲۲- وضعیت ظاهری و محل قرارگرفتن دریچه‌های هوا و ترانسفورماتور داخل اتاقک

۸-۱۰-۱-۴- راه اندازی

الف) کنترل اتصال زمین

ترانسفورماتور قبل از برق‌دار شدن باید توسط پیچ‌های اتصال زمین تعبیه‌شده روی بدنه یا درپوش توسط هادی مسی مناسب با سطح مقطع حداقل ۵۰ میلی‌مترمربع به سیستم زمین متصل شود.

یادآوری- اتصال زمین تنها از طریق یکی از پیچ‌های اتصال زمین موجود روی مخزن که سهولت بیش‌تری دارد باید صورت گرفته و اتصال از دو قسمت مجاز نیست.

ب) تنظیم ترمومتر روغن

مقادیر ۹۰ درجه سلسیوس برای آلارم و ۱۰۵ درجه سلسیوس برای تریپ پیشنهاد می‌شود. این مقادیر با توجه به پیشنهاد سازندگان و الزامات بهره برداران ممکن است متفاوت باشد.

پ) بازدید و کنترل عملکرد سایر تجهیزات حفاظتی و سیگنال‌های مربوطه

ت) تنظیم سطح روغن

ث) بازدید رطوبت گیر و اتصالات سیستم تنفسی ترانسفورماتور

ج) اطمینان از برداشته شدن قطعه مسدود کننده رطوبت گیر

چ) انجام آزمون‌های الکتریکی:

۱) آزمون مقاومت عایقی:

به منظور اطمینان از عایق بودن قسمت‌های مختلف از قبیل سیم‌پیچ‌ها نسبت به هم و نسبت به زمین، لازم است آزمون مقاومت عایقی برروی ترانسفورماتور انجام شود. لازم است برای تست سیم‌پیچ فشار ضعیف به بدنه از ولتاژ حداکثر یک کیلوولت و برای تست سیم‌پیچی فشار قوی نسبت به بدنه و نسبت به فشار ضعیف از ولتاژ ۲/۵ یا ۵ کیلوولت استفاده شود.

۲) آزمون اندازه‌گیری مقاومت اهمی سیم‌پیچ‌ها:

به منظور اطمینان از پیوستگی سیم‌پیچ‌ها لازم است میزان مقاومت (d.c.) بین ترمینالها را اندازه‌گیری نموده و با مقادیر مرجع که در برگه تست‌های کارخانه‌ای ذکر شده‌است، مقایسه نمود.

۳) آزمون اندازه‌گیری نسبت تبدیل و تست عملکرد کلید تنظیم ولتاژ

هدف از انجام این آزمون، کنترل صحت عملکرد ترانسفورماتور و داشتن ولتاژهای خروجی مورد نظر در تپهای مختلف و کنترل عملکرد کلید تنظیم ولتاژ است.

۴) اندازه گیری جریان بی باری از سمت فشارقوی:

هدف از اندازه‌گیری جریان بی‌باری در ولتاژ پایین مثلا ۴۰۰ ولت، یافتن عیوبی از سیم‌پیچ است که توسط روش‌های دیگر مانند تست مقاومت اهمی یا نسبت تبدیل قابل تشخیص نیست.

۵) کنترل گروه برداری:

گروه برداری ترانسفورماتور باید با آنچه برروی پلاک مشخصات ترانسفورماتور ذکر شده مطابقت داشته باشد.

یادآوری- نحوه انجام آزمون‌ها در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲۶۲۰ تشریح شده است.

ح) انجام آزمون‌های روغن

مطابق استاندارد IEC 60422 لازم است پیش از راه اندازی ترانسفورماتور توزیع آزمونهای ولتاژ شکست و اسیدیته بروی نمونه روغن آن انجام گیرد. ولتاژ شکست باید بیش‌تر از ۵۵ کیلوولت و اسیدیته باید بیش‌تر از ۰٫۰۳ باشد.

۸-۱۰-۱-۵- برق‌دار کردن

بعد از کسب اطمینان از نصب مناسب و اتصال مناسب تجهیزات ایمنی، می‌توان ترانسفورماتور را به شبکه متصل و برق‌دار نمود. به هنگام اعمال ولتاژ به ترانسفورماتور می‌باید صدای آرام و یکنواختی بدون سوت کشیدن یا صدای ناهنجار از آن شنیده شود. در این حالت جریان‌های بی‌باری را اندازه‌گیری و یادداشت کنید. ترانسفورماتور را حتی الامکان به مدت ۲۴ ساعت تحت ولتاژ (تانسیون) نگه داشته و وضعیت رله بوخهلتس و ترمومترها و سایر تجهیزات حفاظتی را در این مدت دایما کنترل کنید. در صورت بگوش رسیدن صدای غیرعادی ممکن است منشاء صدا شل شدن اتصالات پیچ و مهره‌ای باشد. آن‌ها را آچارکشی کرده و در صورت برطرف نشدن عیب، مراتب را به سازنده اعلام کنید.

۸-۱۰-۱-۶- بهره‌برداری

الف) شرایط کاری ترانسفورماتور در بخش (۸-۵) ذکر شده‌است.

ب) کارکرد موازی ترانسفورماتورها.

برای موازی کردن دو یا چند دستگاه ترانسفورماتور شرایط ذیل باید برقرار باشد:

- گروه برداری ترانسفورماتورهای یکسان باشد.
- فازهای همسان در فشار ضعیف و فشارقوی باید باهم موازی شوند.
- ترانسفورماتورها باید دارای نسبت تبدیل تقریبا برابر باشند.
- امپدانس اتصال کوتاه ترانسفورماتورها باید با حداکثر رواداری ۱۰٪ ± برابر باشند.
- ظرفیت ترانسفورماتورها نباید از نسبت یک به سه تجاوز کند.
- کلیدهای تنظیم ولتاژ باید در موقعیتی قرارگیرند که نسبت‌های تبدیل تا میزان ممکن برابر شوند.

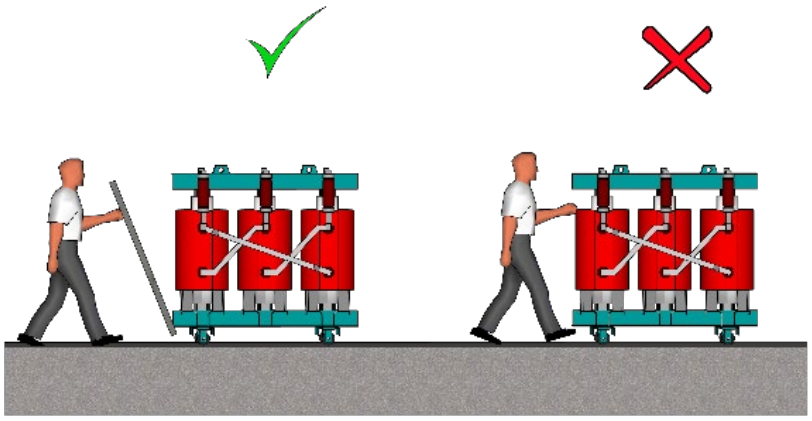
۸-۱۰-۲- حمل، انبارش، نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری از ترانسفورماتورهای خشک

۸-۱۰-۲-۱- حمل و جابجائی

الف) به منظور حمل و جابجائی لازم است از محل قلاب‌های تعبیه شده روی چارچوب‌های بالایی (شکل (۸-۶)) توسط جرثقیل مناسب انجام شود. وزن کل برروی پلاک مشخصات ذکر شده‌است.

ب) استفاده از لیفتراک برای مسافت‌های کوتاه مجاز بوده و ترانسفورماتور نباید بیش از ۱۵ درجه کج شود.

پ) از کشیدن یا فشار دادن بوبین‌ها یا اتصالات خودداری نمائید. جابجائی باید از طریق چارچوب‌های مهار هسته مطابق شکل (۸-۲۳) صورت‌گیرد.



شکل۸-۲۳- طریقه صحیح و غلط جابجائی ترانسفورماتور خشک

ت) جهت استحکام مکانیکی بهتر و مهار مطمئن‌تر، ترانسفورماتور باید در جهت طولی در وسیله نقلیه حمل قرارگیرد.

ث) برای ترانسفورماتورهایی که به مسافت‌های دور حمل خواهند شد توصیه می‌شود حداقل ۲۵ سانتی‌متر مابین دو دستگاه فاصله وجود داشته باشد تا در حین بارگیری و در خلال حمل صدمه‌ای به آن‌ها وارد نشود.

۸-۱۰-۲-۲- انبارش

الف) دمای محل انبارش نباید از ۲۵- درجه سلسیوس کم‌تر باشد.

ب) محل انبار باید مقاوم در برابر نفوذ آب بوده و ترانسفورماتور در پوشش پلاستیکی باقی بماند. در محیطهای مرطوب بهتر است سیلیکاژل در کنار بوبین‌ها قرار گرفته و تهویه مناسب ایجاد شود.

پ) ترانسفورماتور خشک در برابر آتش سوزی مقاوم است. در صورت بروز حریق از کپسول دی اکسید کربن برای خاموش سازی استفاده نموده و استفاده از آب مجاز نیست.

۸-۱۰-۲-۳- نصب و راه اندازی

الف) ترانسفورماتور خشک باید در یک سطح هموار و در محیط سرپوشیده نصب شود (با الزامات درجه حفاظتی IP00)

ب) از ریزش آب برروی ترانسفورماتور خشک جلوگیری شود. (به‌عنوان مثال چکه کردن آب ناشی از تعرق لوله‌های عبوری از سقف در بالای ترانسفورماتور)

پ) در صورت الزام نصب ترانسفورماتور در فضای باز از محفظه فلزی با IP مناسب استفاده شود.

ت) باید دقت شود که ترانسفورماتور از نظر دمای محیط و ارتفاع نصب مندرج در پلاک مشخصات با شرایط محیطی محل نصب مطابقت داشته باشد.

ث) پیچ اتصال زمین ترانسفورماتور و تمام قطعات فلزی از جمله محفظه فلزی زمین شود.

ج) از صحت اتصال ترمینال‌ها اطمینان حاصل شده و یکسان بودن تپ در سه‌فاز کنترل شود.

چ) سنسورهای حرارتی توسط اهم متر از نظر قطعی مدار از جعبه ترمینال کنترل شود.

ح) تمام پیچ و مهره‌های فولادی و برنجی با گشتاورهای توصیه شده توسط سازنده محکم شود.

خ) کارکرد صحیح رله ترمومتر کنترل شود.

د) در صورت وجود فن، کارکرد و مدار مربوطه کنترل شود.

ذ) تمام قسمتهای ترانسفورماتور از جمله بوبین‌ها، کانالهای خنک‌کنندگی، فاصله بین بوبین‌ها و... باید به دقت تمیزشده و گرد و خاکی روی ترانسفورماتور نباشد. این کار را می‌توان با هوای فشرده با فشار کم انجام داد. جهت تمیزکاری بهتر بوبین‌های فشارقوی از الکل اتیلیک استفاده شود.

ر) فواصل عایقی کنترل شود.

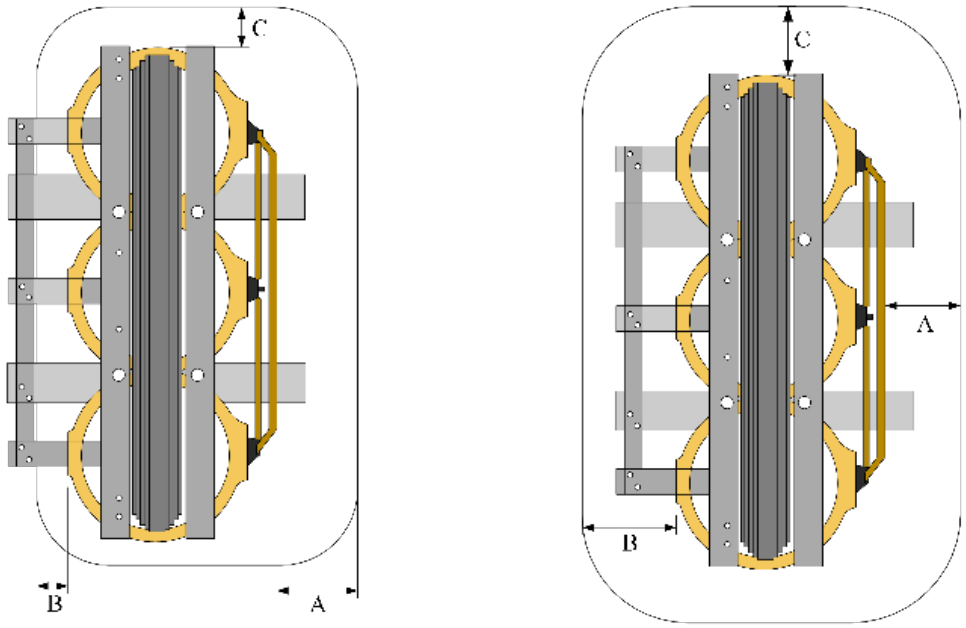
ز) در صورت نصب ترانسفورماتور در محفظه، لازم است حداقل فواصل عایقی مورد اشاره در شکل (۸-۲۴) و جدول (۸-۱۵) رعایت شود.

ژ) عایق ترانسفورماتور خشک هیچ‌گونه ایمنی و حفاظتی را جهت تماس تصادفی افراد ایجاد نمی‌کند. لازم است از هر نوع تماس با ترانسفورماتور در حال بهره‌برداری جلوگیری نمود. برای این منظور باید ترانسفورماتور را با قفسه‌های توری احاطه کرد.

س) ترانسفورماتور نباید در زیر تابش مستقیم آفتاب قرارگیرد.

ش) آرایش‌های مختلف اتصالات ترانسفورماتور خشک در محفظه فلزی در شکل (۸-۲۵) و آرایش اتصالات ترانسفورماتور خشک بدون محفظه فلزی در شکل (۸-۲۶) نشان داده شده‌است.

ص) شرایط تهویه اتاقک ترانسفورماتور خشک مطابق بند ۸-۸-۱-۳ تعیین می‌شود. تنها با این تفاوت که در خصوص ترانسفورماتور خشک فواصل از هر طرف با دیواره‌های اتاقک نباید کم‌تر از ۵۰۰ میلی‌متر باشد.



شکل۸-۲۴- حداقل فواصل ترانسفورماتور خشک از محفظه فلزی

جدول۸-۱۵- حداقل فواصل عایقی ترانسفورماتور خشک از محفظه فلزی مطابق شکل(۸-۲۴)

ولتاژ فشارقوی ترانسفورماتور (کیلوولت)	حداقل فواصل عایقی (میلی متر)		
	A	B	C
۱۱	۱۲۵ – ۱۵۰	۵۰	۴۰
۲۰	۲۲۵ – ۲۸۰	۱۰۰	۵۰ – ۷۰
۳۳	۳۲۵ - ۴۰۰	۱۶۰	۹۰ - ۱۱۰

یادآوری- فواصل ذکر شده برای ارتفاع نصب کم‌تر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا بوده و به ازای هر ۵۰۰ متر بیش‌تر از ۱۰۰۰ متر لازم است فواصل عایقی به میزان ۱۰ درصد افزایش یابد.

ض) پیش از راه اندازی ترانسفورماتور خشک لازم است آزمون‌های ذیل برروی آن انجام شود:

۱) اندازه‌گیری مقاومت عایقی سیم‌پیچ.

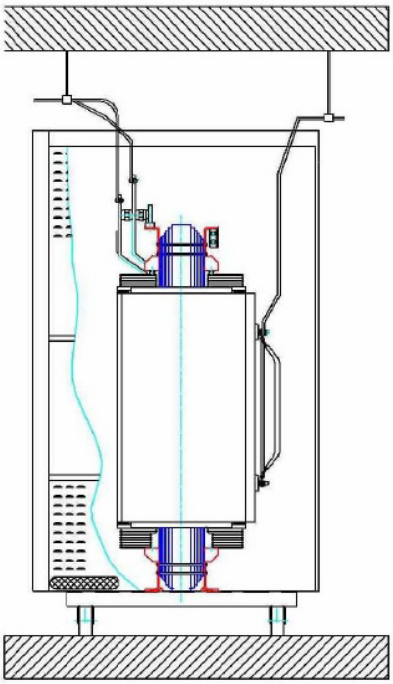
۲) اندازه‌گیری جریان بی‌باری.

۳) اندازه‌گیری مقاومت اهمی.

۴) اندازه‌گیری نسبت تبدیل و تست عملکرد اتصالات تنظیم ولتاژ.

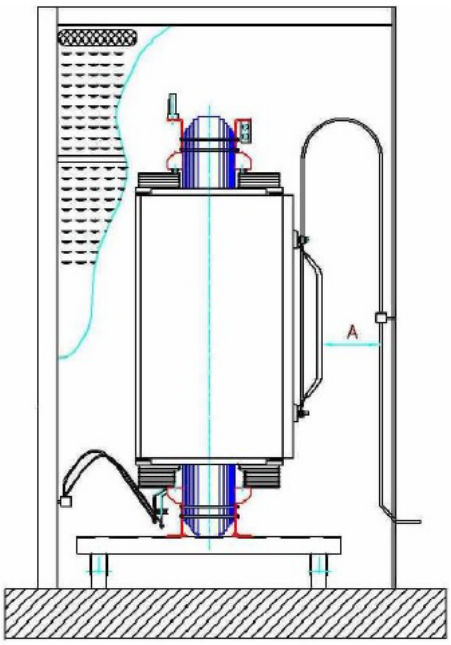
نحوه انجام آزمون‌ها در استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱-۲۶۲۰ تشریح شده‌اند.

راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی



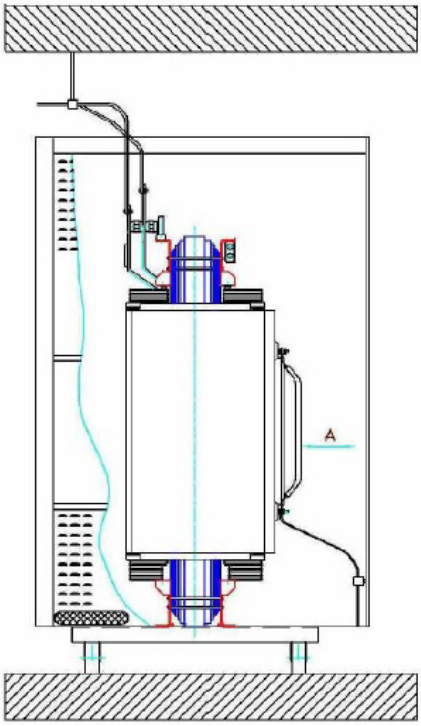
آرایش یک: ترمینال‌های فشار ضعیف و قوی در بالا و اتصال کابل‌های فشار ضعیف و قوی هردو از بالا.

شکل۸-۲۵- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی



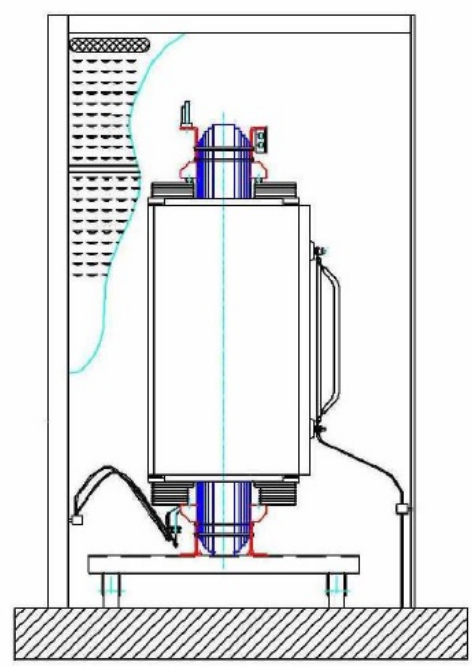
آرایش دو: ترمینال‌ها و کابل‌های فشار ضعیف از پایین و ترمینال‌های فشار قوی در بالا و کابل‌های فشار قوی از پایین.

شکل۸-۲۶- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه)



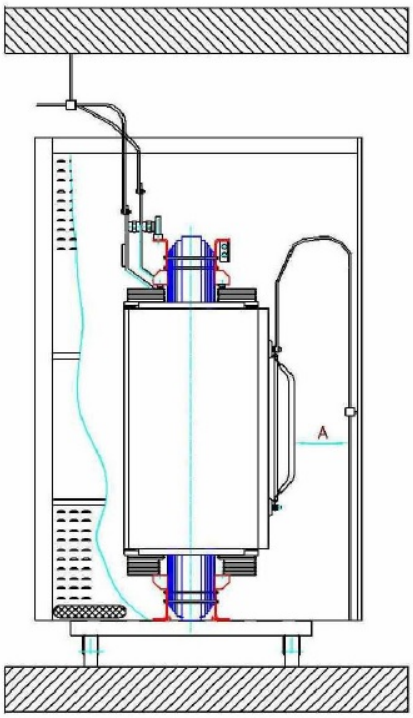
آرایش سه: ترمینال‌ها و کابل‌های فشار ضعیف از بالا و ترمینال‌ها و کابل‌های فشار قوی از پایین.

شکل۸-۲۷- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه)



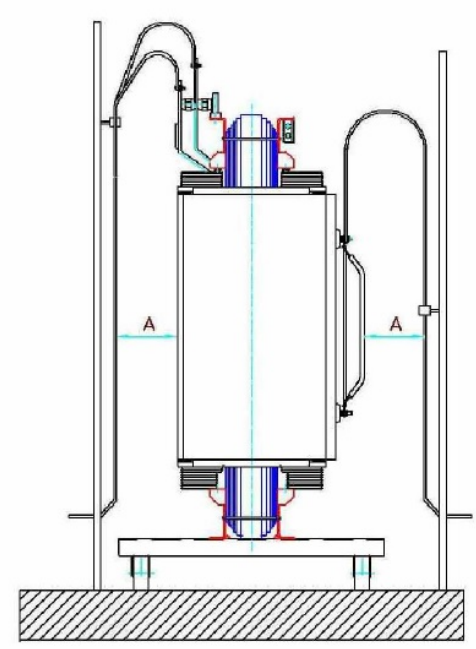
آرایش چهار: ترمینال‌های فشار ضعیف و قوی پایین و اتصال کابل‌های فشار ضعیف و قوی از پایین.

شکل۸-۲۸- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه)



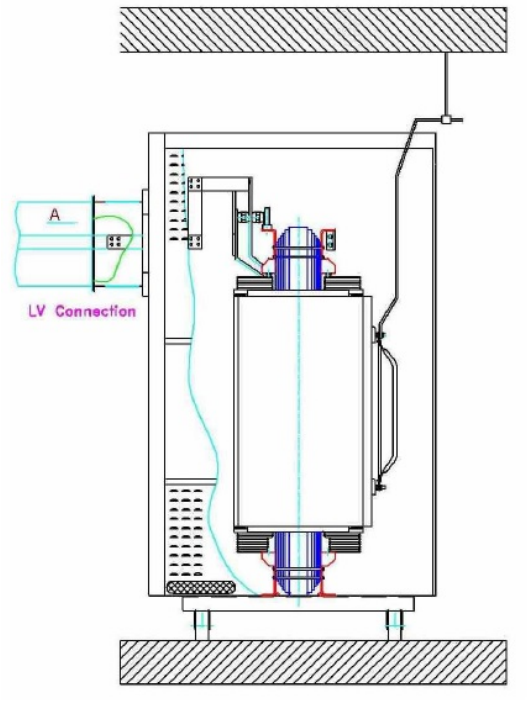
آرایش پنج: ترمینال‌های فشار ضعیف و قوی در بالا، اتصال کابل‌های فشارقوی از پایین و اتصال کابل‌های فشار ضعیف از بالا.

شکل۸-۲۹- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه)



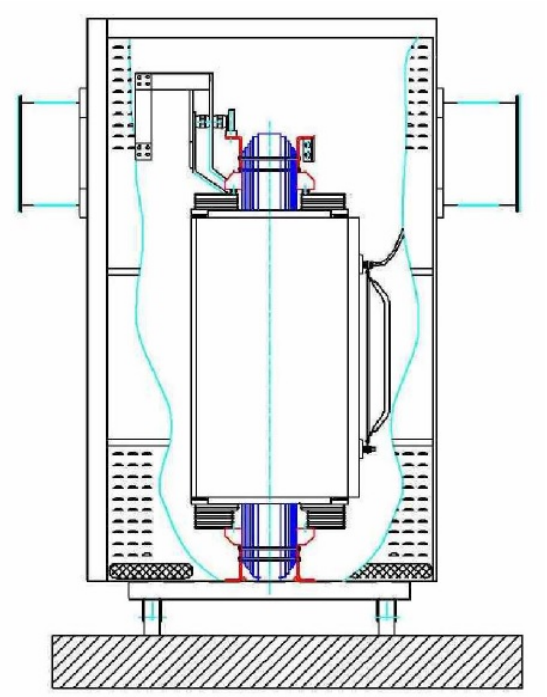
آرایش شش: ترمینال‌های فشار ضعیف و قوی بالا و اتصال کابل‌های فشار ضعیف و قوی هردو از پایین.

شکل۸-۳۰- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه)



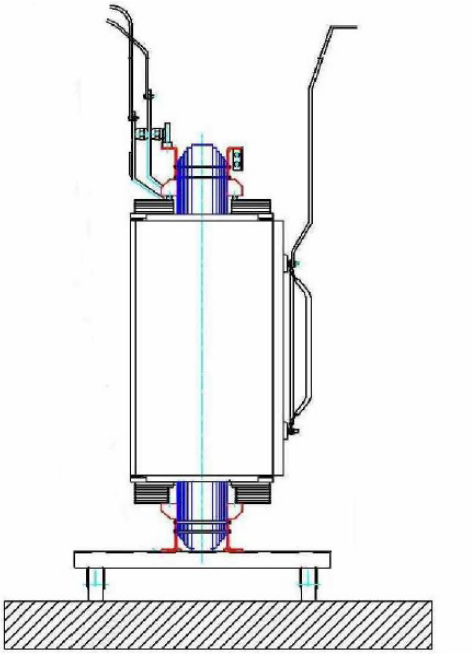
آرایش هفت: اتصال کابل‌های فشارقوی به‌صورت کابل و اتصال سمت فشار ضعیف به‌صورت باسداکت.

شکل۸-۳۱- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه)



آرایش هشت: اتصال هردوسمت به‌صورت جعبه کابل.

شکل۸-۳۲- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک در محفظه فلزی (ادامه)



اتصال کابل‌های فشار ضعیف و فشارقوی هردو از بالا.

شکل۸-۳۳- راهنمای انتخاب آرایش اتصالات ترانسفورماتورهای خشک بدون محفظه فلزی

۸-۱۱- ملاحظات ایمنی

الف) روی ترانسفورماتور به تنهایی کار نکنید. درهر عملیات مرتبط با ترانسفورماتور باید حداقل دو نفر حضور داشته باشند.

ب) ترانسفورماتور را بدون استفاده از تجهیزات لازم و ملاحظات ایمنی حرکت نداده و بلند نکنید.

پ) اتصالاتی را که مطابق پلاک مشخصات نیستند اعمال نکنید.

ت) فشار مکانیکی غیرعادی به ترمینال‌های ترانسفورماتور وارد نکنید.

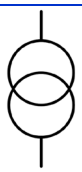
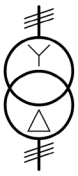
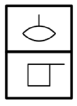
ث) بدون برقراری اتصال مناسب زمین، ترانسفورماتور را برق‌دار نکرده یا عملیات تعمیر و نگهداری انجام ندهید.

ج) موقعیت کلید تنظیم ولتاژ (تپ چنجر) را وقتی که ترانسفورماتور برق‌دار است تغییر ندهید. بازکردن درپوش‌ها و دریچه‌ها نیز در حالت برق‌دار غیرمجاز است.

۸-۱۲- علائم ترسیمی

علائم ترسیمی مربوط به ترانسفورماتور درجدول (۸-۱۶) ارایه شده‌است.

جدول۸-۱۶- نشانه‌های ترسیمی الکتریکی مربوط به ترانسفورماتورهای توزیع

شرح	علامت
سیم پیچی سه‌فاز با اتصال ستاره	
سیم پیچی سه‌فاز با اتصال مثلث	
سیم پیچی سه‌فاز با اتصال زیگزاگ	
ترانسفورماتور با دو سیم‌پیچ مجزا	
ترانسفورماتور سه‌فاز با اتصال ستاره-مثلث	
ترانسفورماتور سه‌فاز با اتصال ستاره-زیگزاگ	
رله حفاظت ترانسفورماتور، نوع بوخهلتس	
اتصال زمین	

فصل ۹

مولدهای برق

۹-۱- دامنه پوشش

در این بخش مطالب مربوط به مشخصات فنی عمومی، استانداردها و معیارهای پایه برای تهیه و نصب دستگاه کامل مولد برق دایمی یا اضطراری به همراه تمام منضمات و متعلقات مربوط شامل موتور دیزل یا با سوخت گازی، ژنراتور، تابلوها، وسایل کنترل و کلیدزنی، اصول و روش‌های نصب و غیره ارایه شده است. در این مبحث همچنین طبقه‌بندی مولدها و موارد استفاده از نیروی برق اضطراری و سیستم‌های تأمین ایمنی نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

۹-۲- تعاریف و اصطلاحات

واژه‌ها و اصطلاحات مورد استفاده در این مبحث دارای تعاریف زیر خواهد بود:

۹-۲-۱- دستگاه مولد

generating set

هر دستگاه مولد مشتمل است بر یک موتور درون‌سوز رفت و برگشتی[1] برای تولید انرژی مکانیکی و یک ژنراتور (مولد) برای تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی همراه با اجزای انتقال انرژی مکانیکی (مانند کوپلینگ‌ها و...) و در موارد لازم، اجزای نصب.

۹-۲-۲- نیروگاه

power station

نیروگاه شامل یک یا چند مجموعه مولد، تجهیزات کمکی آن‌ها، وسیله کنترل مرتبط، تجهیزات کلیدزنی و در صورت لزوم مکان تاسیسات (بطور مثال یک ساختمان، محوطه یا تجهیزات ویژه برای محافظت در برابر شرایط جوی) است.

۹-۲-۳- زمان تبدیل

change – over time

فاصله زمانی از پیدایش اشکال در سیستم تغذیه نیروی برق عادی تا هنگامی که سیستم‌های تأمین ایمنی به برق اضطراری متصل می‌شود، این انتقال نیرو ممکن است در چند گام انجام شود.

۹-۲-۴- تقاضا یا دیماند مصرف‌کننده

consumer power demand

تقاضای نیروی برق لازم برای نیازهای سیستم‌های تأمین ایمنی و اضطراری

[1] Reciprocating Internal Combustion Engine

۹-۲-۵- سوپرشارژ (توربو شارژر)

supercharge

تجهیزی برای وارد کردن هوا با فشار و چگالی بیش از فشار و چگالی شرایط محیطی، به درون سیلندر موتورهای درون‌سوز که موجب افزایش قدرت خروجی، گشتاور و راندمان موتور می‌شود.

۹-۲-۶- سیستم‌های تأمین ایمنی

safety service

سیستم الکتریکی که به منظور حفاظت یا هشدار افراد در صورت وقوع خطر، برای تجهیزات الکتریکی فراهم شده یا برای تخلیه آن‌ها از یک مکان، ضروری است.

مثال:

- روشنایی ایمنی مسیرهای تخلیه افراد، پلکان‌های خروج و راههای خروج الزامی (فرار)
- پمپ‌های آب آتش‌نشانی
- آسانسورهای دسترسی آتش‌نشان
- سیستم‌های اعلام مانند اعلام حریق، اعلام گاز CO و اعلام‌های ورود غیرمجاز، سیستم صوت و اعلام خطر
- سیستم‌های تخلیه افراد
- سیستم‌های تخلیه دود
- سیستم‌های تأمین هوای فشار مثبت پلکان‌های خروج بسته، راه‌های خروج الزامی و چاه آسانسور دسترسی آتش‌نشان
- تهویه محیط‌های فاقد ورودی هوای خارج
- سیستم‌های پزشکی ضروری
- سیستم تلفن آتش‌نشان

یادآوری- سیستم‌های تأمین ایمنی، تجهیزاتی هستند که برای تشخیص آتش‌سوزی یا خطر در مراحل اولیه، محدود کردن گسترش آتش‌سوزی، خاموش کردن آتش، کنترل دود و ایجاد تخلیه امن و موثر در ساختمان نصب می‌شود.

۹-۲-۷- کلید آتش‌نشان

fire switch

دستگاه الکتریکی که باید برای قطع تمام مدارها به جز مدارهای تغذیه تجهیزات که کار آن‌ها در هنگام آتش‌سوزی ضروری است، استفاده شود.

۹-۲-۸- زمان پاسخ

response time

به فاصله زمانی بین از دست رفتن منبع تغذیه عادی و برق‌دار کردن تجهیزات الکتریکی مورد استفاده برای سیستم‌های تأمین ایمنی گفته می‌شود.

۹-۲-۹- منطقه حفاظت شده در برابر حریق

fire protected compartment

بخشی از فضای داخل ساختمان که از اطراف و سقف و کف به‌وسیله اجزای ساختمانی مقاوم در برابر آتش (مانند دیواره های مانع آتش، دیواره‌های جداکننده آتش و سیستم‌های کف/سقف مقاوم در برابر آتش) محدود می‌شود.

۹-۳- استانداردهای ساخت

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی هستند که در متن این فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

در این بخش استانداردهای ساخت، طراحی، بهره‌برداری و آزمون مولدهای برق اضطراری یا دایم شامل موتور، ژنراتور و لوازم و وسایل کنترل و کلیدزنی و لوازم مرتبط با آن‌ها معرفی شده است.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۰۴۰۹، مجموعه‌های مولد جریان متناوب با تحریک موتور احتراق داخلی رفت و برگشتی– قسمت ۱: کاربرد، مقادیر اسمی و عملکرد.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱۰۴۰۹، مجموعه‌های مولد جریان متناوب با تحریک موتور احتراق داخلی رفت و برگشتی– قسمت ۲: موتورها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱۰۴۰۹، مجموعه‌های مولد جریان متناوب با تحریک موتور احتراق داخلی رفت و برگشتی– قسمت ۳: مولدهای جریان متناوب برای دستگاه‌های مولد.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵-۱۰۴۰۹، مجموعه های مولدهای جریان متناوب با تحریک موتور احتراق داخلی رفت و برگشتی– قسمت ۵: دستگاه‌های مولد جریان.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۶-۱۰۴۰۹، مجموعه‌های مولد جریان متناوب با تحریک موتور احتراق داخلی رفت و برگشتی– قسمت ۶: روش‌های آزمون.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۷-۱۰۴۰۹، مجموعه‌های مولد جریان متناوب با تحریک موتور احتراق داخلی رفت و برگشتی – قسمت ۷: اظهارنامه‌های فنی برای ویژگی و طراحی.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۸-۱۰۴۰۹، مجموعه‌های مولد جریان متناوب با تحریک موتور احتراق داخلی رفت و برگشتی– قسمت ۸: الزامات و آزمون‌های دستگاه‌های مدار با قدرت پایین.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۹-۱۰۴۰۹، مجموعه‌های مولد جریان متناوب با تحریک موتور احتراق داخلی رفت و برگشتی– قسمت ۹: اندازه‌گیری و ارزیابی ارتعاشات مکانیکی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶-۵-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف – قسمت ۵۶-۵: انتخاب و نصب تجهیزات الکتریکی- خدمات ایمنی.
- ISO 8528-4: Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets - Part 4: Controlgear and switchgear.
- IEC 60034-5: Rotating electrical machines - Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) – Classification.

۹-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در مولدهای برق ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته، (در صورت وجود) آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

۹-۴- معیارهای کاربرد

۹-۴-۱- حالت‌های کارکرد

۹-۴-۱-۱- کلیات

حالت کارکرد مجموعه مولد ممکن است بر خصوصیات مهم اجرایی (به طور مثال کارکرد قابل اطمینان و مقرون به صرفه و فواصل بین تعمیر و نگهداری) تأثیرگذار باشد و این موارد در زمان انطباق با الزامات تولیدکننده باید توسط مشتری در نظر گرفته شود.

۹-۴-۱-۲- کارکرد مداوم در بار ثابت

کارکرد مداوم در بار ثابت، به‌عنوان کارکرد یک مجموعه مولد بدون محدودیت زمان با در نظر گرفتن دوره تعمیر و نگهداری در جایی که بار الکتریکی اعمال شده ثابت باشد، تعریف می‌شود.

مثال: تأمین بار پایه برای یک نیروگاه CHP[1]

[1] Combined Heat and Power

۹-۴-۱-۳- کارکرد مداوم در بار متغیر

کارکرد مداوم در بار متغیر، به‌عنوان کارکرد یک مجموعه مولد بدون وقفه با در نظر گرفتن دوره تعمیر و نگهداری در جایی که بار الکتریکی اعمال شده متغیر باشد، تعریف می‌شود.

مثال: تأمین توان الکتریکی در جایی که هیچ شبکه توزیع برقی در دسترس نیست یا شبکه توزیع برق نامطمئن است.

۹-۴-۱-۴- کارکرد زمان محدود در بار ثابت

کارکرد زمان محدود در بار ثابت، به‌عنوان کارکرد یک مجموعه مولد در محدوده زمانی تعیین شده در جایی که بار الکتریکی اعمال شده ثابت باشد، تعریف می‌شود.

مثال: مدیریت اوج بار در جایی که یک مجموعه مولد، در زمان اوج بار به‌صورت موازی با شبکه توزیع برق عمومی، بار ثابتی را تأمین کند.

۹-۴-۱-۵- کارکرد زمان محدود در بار متغیر

کارکرد زمان محدود در بار متغیر، به‌عنوان کارکرد یک مجموعه مولد در محدوده زمانی تعیین شده در جایی که بار الکتریکی اعمال شده متغیر باشد، تعریف می‌شود.

مثال: تدارک دیدن مولد پشتیبان پایه برای منبع تغذیه برق ساختمان در صورتی‌که منبع تغذیه عادی، از دست رفته باشد.

۹-۴-۲- معیارهای مکان

۹-۴-۲-۱- استفاده زمینی

استفاده زمینی برای مجموعه‌های مولد ثابت، قابل حمل یا سیار که روی زمین استفاده می‌شود، کاربرد دارد.

۹-۴-۲-۲- استفاده دریایی

استفاده دریایی برای مجموعه‌های مولد که در کشتی‌ها و تاسیسات دریایی استفاده می‌شود، به کار می‌رود، که در دامنه کاربرد این فصل قرار نمی‌گیرد.

۹-۴-۳- کارکرد تکی و موازی

مجموعه های مولد دارای دو نوع کارکرد به شرح زیر هستند:

الف- کارکرد تکی: این کارکرد برای مجموعه‌های مولد، صرف‌نظر از ساختار یا حالت راه‌اندازی و کنترل آن‌ها کاربرد دارد که به‌عنوان تنها منبع توان الکتریکی کار می‌کند.

ب- کارکرد موازی: این کارکرد به اتصال الکتریکی مجموعه مولد به منبع تغذیه دیگر با همان ولتاژ، فرکانس و فاز جهت مشارکت در تأمین تقاضای بار، اشاره دارد. خصوصیات منبع تغذیه الکتریکی عادی، شامل گستره ولتاژ و فرکانس و تغییرپذیری آن، امپدانس شبکه و غیره باید توسط مصرف‌کننده تعیین شود.

۹-۴-۳-۱- کارکرد موازی مجموعه مولد

در این نوع از کارکرد، دو یا چند مجموعه مولد بعد از سنکرون شدن، به‌صورت الکتریکی (نه به‌صورت اتصال مکانیکی) متصل می‌شوند. مجموعه‌های مولد ممکن است با خروجی‌ها و سرعت‌های متفاوت استفاده شوند.

۹-۴-۳-۲- کارکرد مجموعه مولد به موازات منبع تغذیه

در این نوع از کارکرد، یک یا تعداد بیش‌تری از مجموعه‌های مولد به‌صورت موازی کار می‌کنند که به‌صورت الکتریکی به شبکه توزیع برق عمومی متصل هستند. در این مورد، باید مجوز کارکرد موازی از وزارت نیرو گرفته شود و وسایل حفاظتی نیز پیش‌بینی شود.

۹-۴-۴- حالت‌های راه‌اندازی و کنترل

حالت‌های راه‌اندازی و کنترل در کارکرد یک مجموعه مولد به طور معمول عبارتند از:

- شروع
- پایش
- تنظیم ولتاژ و فرکانس و سنکرون کردن آن‌ها در صورت لزوم
- کلیدزنی
- توقف

همه این موارد یا بخشی از آن ممکن است به‌صورت دستی یا خودکار باشد.

۹-۴-۴-۱- کارکرد دستی

کارکرد دستی برای مجموعه‌های مولدی کاربرد دارد که شروع و کنترل آن‌ها به‌صورت دستی باشد.

۹-۴-۴-۲- کارکرد نیمه خودکار

کارکرد نیمه خودکار برای مجموعه‌های مولدی کاربرد دارد که در بعضی از کارکردها به‌صورت دستی شروع و کنترل می‌شوند و مابقی به‌صورت خودکار، کار می‌کنند.

۹-۴-۴-۳- کارکرد خودکار

کارکرد خودکار برای مجموعه‌های مولدی کاربرد دارد که شروع و کنترل کار آن‌ها به‌صورت خودکار است.

۹-۴-۵- زمان راه‌اندازی

زمان راه‌اندازی به‌عنوان زمان سپری شده بین لحظه‌ای که توان برای اولین بار، تقاضا می‌شود و لحظه‌ای که اولین بار در دسترس قرار می‌گیرد، تعریف می‌شود. زمان راه‌اندازی معمولا بر حسب ثانیه، مشخص می‌شود. زمان راه‌اندازی باید الزامات کاربرد ویژه‌ای در مجموعه‌های مولد را برآورده کند.

۹-۴-۵-۱- مجموعه مولد بدون زمان راه‌اندازی مشخص‌شده

مجموعه مولدی است که به علت شرایطی که در آن کار می‌کند، زمان راه‌اندازی هیچ اهمیتی ندارد. چنین مجموعه‌های مولدی معمولا به‌صورت دستی شروع به کار می‌کنند.

۹-۴-۵-۲- مجموعه مولد با یک زمان راه‌اندازی مشخص‌شده

این مجموعه مولد در مواردی‌که زمان راه‌اندازی مشخص شده باشد، کار می‌کند. چنین مجموعه مولدهایی معمولا به‌صورت خودکار شروع به کار می‌کنند و ممکن است به شرح زیر طبقه‌بندی شوند:

۹-۴-۵-۲-۱- وقفه طولانی مدت[1]

این مورد مربوط به مجموعه مولد با زمان راه‌اندازی مشخص است. زمان سپری شده بین از کارافتادن منبع تغذیه توان و در دسترس قرارگرفتن توان مجموعه مولد، نسبتا طولانی مدت است. در این مورد، کل مجموعه مولد بعد از درخواست توان الکتریکی، از حالت توقف، شروع به کار می‌کند.

۹-۴-۵-۲-۲- وقفه کوتاه مدت[2]

این مورد مربوط به مجموعه مولد همراه با ماشین‌های الکتریکی دوار است جایی که منبع تغذیه الکتریکی برای زمان مشخصی، قطع می‌شود (معمولا برحسب میلی‌ثانیه تعریف می‌شود). در حالی که تبدیل منبع برق مورد نیاز انجام می‌گیرد، یک منبع ذخیره انرژی مکانیکی برای تأمین توان ماشین‌های الکتریکی دوار در دوره‌ای کوتاه مدت و در صورت لزوم برای شروع و شتاب‌گیری موتور RIC استفاده می‌شود.

۹-۴-۵-۲-۳- بدون وقفه[3]

این مورد مربوط به مجموعه مولدی است همراه با ماشین‌های الکتریکی که دایم در حال کار است تا از قطع نشدن منبع تغذیه الکتریکی در مواجهه با خرابی، اطمینان حاصل شود. منبعی از انرژی به منظور تأمین توان تجهیزات در دوره کوتاه

[1] Long-Break
[2] Short-Break
[3] No-Break

مدت و در صورت لزوم برای شروع و شتاب‌گیری موتور RIC استفاده می‌شود. همانطور که این راه‌انداز از یک منبع تغذیه توان به منبع دیگر انتقال داده می‌شود، ممکن است انحراف موقتی در فرکانس ایجاد شود.
یادآوری- ضروری است مقدار انحراف مجاز فرکانس در مدت تبدیل، مشروط به توافق بین مشتری و تولیدکننده باشد.

۹-۵- طبقه‌بندی مولدهای برق بر اساس کلاس کارایی[1]

بر اساس استاندارد ملی ۱-۱۰۴۰۹ مولدهای برق با توجه به سیستم‌های برقی مورد تغذیه به چهارطبقه یا کلاس به شرح زیر تقسیم شده اند:

۹-۵-۱- کلاس کارایی G1

این کلاس کارایی در مواردی استفاده می‌شود که بار متصل شده به گونه‌ای است که فقط پارامترهای پایه ولتاژ و فرکانس باید مشخص شوند. مانند کاربردهای عمومی (روشنایی و دیگر بارهای الکتریکی ساده).
مقدار عددی تثبیت ولتاژ و فرکانس در این کلاس کارایی به‌صورت زیر است:

- در مقدار توان ثابت: تغییرات فرکانسی کوچک‌تر یا مساوی ۲٫۵٪ ± و تغییرات ولتاژی کوچک‌تر یا مساوی ۵٪ ±
- درکاهش بار ۱۰۰٪: تغییرات فرکانسی کوچک‌تر یا مساوی ۱۸٪+ و تغییرات ولتاژی کوچک‌تر یا مساوی ۳۵٪+
- در افزایش بار ناگهانی: تغییرات فرکانسی کوچک‌تر یا مساوی ۱۵٪- و تغییرات ولتاژی کوچک‌تر یا مساوی ۲۵٪-

۹-۵-۲- کلاس کارایی G2

این کلاس برای مجموعه مولدی کاربرد دارد که خصوصیات ولتاژ آن‌ها بسیار مشابه با خصوصیات عمومی شبکه توزیع برق عمومی است. هنگامی که تغییرات بار رخ می‌دهد، انحرافات موقت اما قابل قبولی از ولتاژ و فرکانس می‌تواند وجود داشته باشد.
مثال: سیستم‌های روشنایی، پمپ‌ها، فن‌ها و بالابرها
مقدار عددی تثبیت ولتاژ و فرکانس در این کلاس کارایی به‌صورت زیر است:

- در مقدار توان ثابت: تغییرات فرکانسی کوچک‌تر یا مساوی ۱٫۵٪ ± و تغییرات ولتاژی کوچک‌تر یا مساوی ۲٫۵٪ ±
- درکاهش بار ۱۰۰٪: تغییرات فرکانسی کوچک‌تر یا مساوی ۱۲٪+ و تغییرات ولتاژی کوچک‌تر یا مساوی ۲۵٪+
- درافزایش بار ناگهانی: تغییرات فرکانسی کوچک‌تر یا مساوی ۱۰٪- و تغییرات ولتاژی کوچک‌تر یا مساوی ۲۰٪-

[1] Performance Classes

۹-۵-۳- کلاس کارایی G3

این نوع کلاس کارایی برای مجموعه مولدی کاربرد دارد که در تجهیزات متصل، تقاضاهای شدیدی در مورد پایداری، سطح فرکانس، خصوصیات ولتاژ و شکل موج توان الکتریکی تأمین شده توسط مجموعه مولد، ایجاد می‌شود.

مثال: ارتباطات مخابراتی و بارهای تحت کنترل تریستور. رکتیفایر و بارهای تحت کنترل تریستورها ممکن است نیاز به ملاحظه خاصی با توجه به تأثیر آن‌ها بر شکل موج ولتاژ ژنراتور داشته باشند.

مقدار عددی تثبیت ولتاژ و فرکانس در این کلاس کارایی به‌صورت زیر است:

- در مقدار توان ثابت: تغییرات فرکانسی کوچکتر یا مساوی ۰٫۵٪ ± و تغییرات ولتاژی کوچکتر یا مساوی ۱٪ ±
- درکاهش بار ۱۰۰٪: تغییرات فرکانسی کوچکتر یا مساوی ۱۰٪+ و تغییرات ولتاژی کوچکتر یا مساوی ۲۰٪+
- در افزایش بار ناگهانی: تغییرات فرکانسی کوچکتر یا مساوی ۷٪- و تغییرات ولتاژی کوچکتر یا مساوی ۱۵٪-

۹-۵-۴- کلاس کارایی G4

این نوع کلاس کارایی برای مجموعه مولدی کاربرد دارد که تقاضاهای ایجاد شده در مورد خصوصیات پایداری و سطح فرکانس، خصوصیات ولتاژ و شکل موج توان الکتریکی تأمین شده توسط مجموعه مولد، بسیار شدید باشد.

مثال: تجهیزات مراکز داده یا سیستم‌های کامپیوتری

در این کلاس کارایی، مقادیری به‌صورت استاندارد تعیین نمی‌شود، و مشخصه‌ها بر اساس نیاز خریدار و توافق تامین‌کننده مشخص خواهد شد.

۹-۶- شرایط استاندارد مرجع

به منظور تعیین توان مجاز خروجی از مجموعه مولد، شرایط استاندارد مرجع باید مطابق زیر استفاده شود:

- فشار جوی کل: ۱۰۰ کیلوپاسکال
- دمای هوای محیط: ۲۵ درجه سلسیوس
- رطوبت نسبی: ۳۰ درصد

۹-۷- شرایط سایت

شرایط مکانی که مجموعه مولد برای کارکرد به آن نیاز دارد ممکن است بر خصوصیات معینی اثر بگذارد و باید توسط سازنده و مشتری در هنگام عقد قرارداد، مورد توجه قرار گیرد. این شرایط شامل موارد زیر است ولی محدود به این موارد نیست:

- دمای محیط
- ارتفاع
- رطوبت
- کیفیت هوا (از لحاظ وجود آلاینده‌ها مانند شن یا غبار و...)
- محیط دریایی و ساحلی
- شوک و ارتعاشات (قرارگیری در ناحیه زلزله‌خیز یا قرارگیری در مجاورت منبع ارتعاش)
- آلودگی‌های شیمیایی
- تشعشع
- آب یا مایع خنک کننده

۹-۸- تعاریف مقدار اسمی توان

مقدار اسمی توان مجموعه مولد باید به کیلوولت‌آمپر (KVA) در فرکانس مجاز یا گستره فرکانس و ضریب قدرت ۰٫۸ پس‌فاز عنوان شود مگر آنکه به طریق دیگر بیان شده باشد.

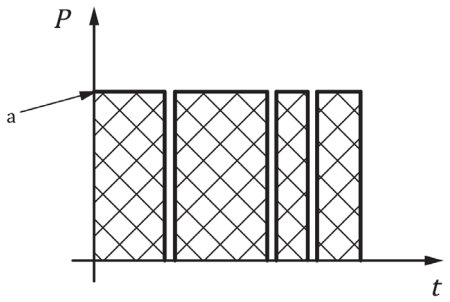
سازنده مجموعه مولد باید مسئول تعیین توان خروجی مطابق با الزامات زیربندهای ۹-۸-۱ تا ۹-۸-۴ و تشخیص برنامه‌های تعمیر و نگهداری و روش‌های سرویس مشخص شده توسط سازنده‌های موتور، ژنراتور (a.c.) وسیله کنترل و تجهیزات کلیدزنی باشد.

بهره‌بردار باید آگاه شود که اگر هیچ یک از شرایط مرتبط با توان خروجی برآورده نشود، عمر مجموعه مولد کاهش پیدا خواهد کرد.

۹-۸-۱- توان مداوم (COP)[1]

توان مداوم به‌عنوان حداکثر توانی تعریف می‌شود که مجموعه مولد می‌تواند در حین تأمین بار الکتریکی ثابت به طور مداوم آن را تولید کند. این در حالی است که تأمین توان مذکور برای ساعات نامحدودی در هر سال تحت شرایط کارکردی توافق شده با فواصل و روش‌های تعمیر و نگهداری که توسط سازنده تعیین شود، انجام گیرد.

[1] Continuous Power



راهنما:
t زمان
P توان
a توان مداوم (۱۰۰٪)

شکل۹-۱- تصویر COP

۹-۸-۲- توان اصلی (PRP)[1]

توان اصلی به‌عنوان حداکثر توانی تعریف می‌شود که مجموعه مولد می‌تواند در حین تأمین بار الکتریکی متغیر به طور مداوم آن را تولید کند. این در حالی است که تولید توان برای ساعات نامحدودی در هر سال تحت شرایط کارکردی توافق شده با فواصل و روش‌های تعمیر و نگهداری که توسط سازنده تعیین می‌شود، انجام گیرد.

توان میانگین مجاز خروجی P_{PP}، بیش‌تر از ۲۴ ساعت کارکرد، نباید از ۷۰٪ توان PRP تجاوز کند مگر اینکه به طریقی دیگر، مشروط به توافق سازنده موتور RIC باشد.

ممکن است لازم باشد توان الکتریکی اضافه‌ای برای شرایط بار گذرا و بار اعمال شده به‌صورت ناگهانی، تأمین شود. این توان اضافی ۱۰٪ توان اسمی مجموعه مولد است، مگر اینکه به طریق دیگر بیان شود و با در نظر گرفتن شرایط سایت (به برگه اطلاعات سازنده مراجعه شود)، ۱۰٪ اضافه بار برای مدت زمان یک ساعت با یا بدون قطعی ، ظرف ۱۲ ساعت کارکرد مجاز است.

برای کاربردهایی که مستلزم توان مجاز P_{PP} بالاتر از آنچه که بیان شده هستند، یک توان اسمی مداوم COP توصیه می‌شود.

زمانی‌که توان میانگین واقعی خروجی P_{pa}، از یک توالی توان متغیر تعیین می‌شود، توان‌های کم‌تر از ۳۰٪ توان PRP باید ۳۰٪ درنظر گرفته شود و زمان توقف نباید به حساب آید.

توان میانگین واقعی P_{pa}، به صورتی‌که در رابطه (۹-۱) نشان داده شده، محاسبه می‌شود.

$$P_{\mathrm{pa}} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3 + \ldots + P_n t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + t_n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i t_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i} \qquad (۹-۱)$$

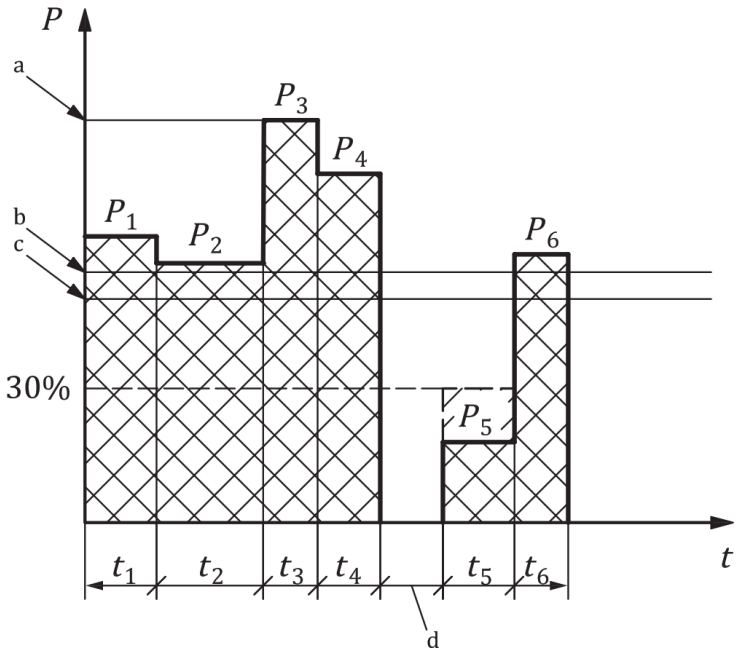
[1] Prime Power

که در این رابطه $P_1,P_2 \dots P_i$ توان در زمان $t_1,t_2 \dots t_i$ است.

۹-۸-۳- توان در حال کار زمان محدود (LTP)[1]

توان در حال کار زمان محدود به‌عنوان حداکثر توان در دسترس تحت شرایط کارکردی توافق شده تعریف می‌شود که مجموعه مولد را به تولید این توان تا حداکثر ۵۰۰ ساعت کارکرد در هر سال با فواصل و روش‌های تعمیر و نگهداری که توسط سازنده تعیین می‌شود، قادر می‌سازد.

یادآوری- توان در حال کار با زمان محدود در ۱۰۰٪، به حداکثر زمان ۵۰۰ ساعت در هر سال، محدود می‌شود.



راهنما:

t زمان

P توان

a توان اصلی (۱۰۰٪)

b توان میانگین مجاز در مدت یک دوره ۲۴ ساعته (P_{PP})

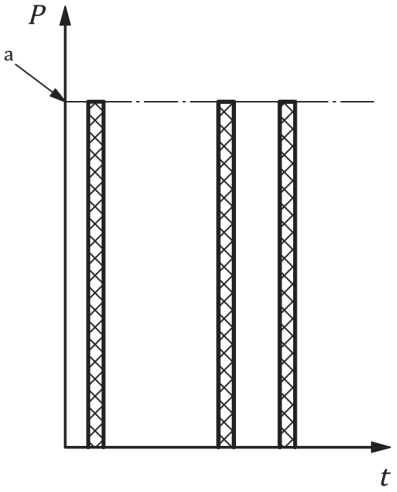
c توان میانگین واقعی بیش‌تر از دوره ۲۴ ساعته (P_{pa})

d توقف

یادآوری- $t_1+t_2+t_3+\dots+t_n = 24\ h$

شکل۹-۲- تصویر PRP

[1] Limited-Time Running Power



راهنما: t زمان P توان a توان در حال کار زمان محدود (۱۰۰٪)

شکل۹-۳- تصویر LTP

۹-۸-۴- توان آماده به کار اضطراری (ESP)[1]

توان آماده به کار اضطراری به‌عنوان حداکثر توان در دسترس در طول توالی توان الکتریکی متغیر تحت شرایط کارکردی بیان شده، تعریف می‌شود که مجموعه مولد را به تولید این توان در لحظه بی برقی شبکه توزیع یا تحت شرایط آزمون تا حداکثر ۲۰۰ ساعت کارکرد در هر سال، با فواصل و روش‌های تعمیر و نگهداری که توسط سازنده تعیین می‌شود، قادر می‌سازد.

توان میانگین مجاز خروجی P_{PP}، بیش‌تر از ۲۴ ساعت کارکرد، نباید از ۷۰٪ توان ESP تجاوز کند مگر اینکه به طریقی دیگر مشروط به توافق سازنده موتور RIC باشد.

توان میانگین واقعی خروجی P_{pa}، باید کم‌تر یا مساوی با توان میانگین مجاز خروجی P_{PP}، برای ESP تعریف شود.

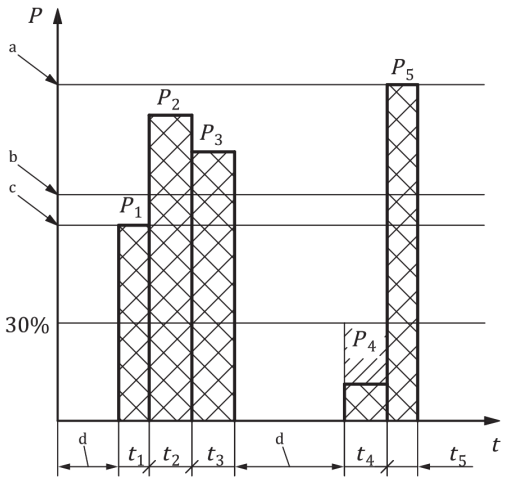
زمانی‌که توان میانگین واقعی خروجی P_{pa} از یک توالی توان متغیر تعیین می‌شود، توان‌های کم‌تر از ۳۰٪ توان ESP باید ۳۰٪ درنظر گرفته شود و زمان توقف نباید به حساب آید.

توان میانگین واقعی P_{pa}، به صورتی‌که در رابطه (۹-۲) نشان داده شده، محاسبه می‌شود.

$$P_{\mathrm{pa}} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3 + \ldots + P_n t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + t_n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i t_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i} \qquad (۹-۲)$$

که در این رابطه $P_1, P_2 \ldots P_i$ توان در زمان $t_1, t_2 \ldots t_i$ است.

[1] Emergency Standby Power



t زمان
P توان
a توان آماده به کار اضطراری (۱۰۰٪)
یادآوری- $t_1+t_2+t_3+... + t_n = 24$ h
b توان میانگین مجاز در مدت یک دوره ۲۴ ساعته (P_{PP})
c توان میانگین واقعی بیش‌تر از دوره ۲۴ ساعته (P_{pa})
d توقف

شکل۹-۴- تصویر ESP

۹-۹- مولدهای برق اضطراری سیستم‌های تأمین ایمنی

مولدهای برق اضطراری سیستم‌های تأمین ایمنی از نظر کلاس کارایی بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۰۴۰۹ در کلاس G2 طبقه‌بندی می‌شود.

یک سیستم تغذیه خودکار مطابق با بیشینه زمان تبدیل به‌صورت جدول(۹-۱) طبقه بندی می‌شود:

جدول۹-۱- طبقه‌بندی مولدها بر اساس زمان تبدیل

نوع سیستم تغذیه خودکار	طبقه	زمان در دسترس بودن تغذیه
بدون وقفه	A	تغذیه مداوم در شرایط مشخص در طی دوره گذرا
وقفه خیلی کوتاه	B	تا ۰٫۱۵ ثانیه
وقفه کوتاه	C	تا ۰٫۵ ثانیه
وقفه نیمه متوسط	D	تا ۵ ثانیه
وقفه متوسط	E	تا ۱۵ ثانیه
وقفه طولانی	F	بیش از ۱۵ ثانیه

۹-۱۰- موارد استفاده از نیروی برق اضطراری

۹-۱۰-۱- در موارد زیر، برای تامین مصارف اضطراری، باید نیروی برق به کمک مولدهایی که معمولا نیروی محرک آن موتورهای دیزل یا در برخی موارد موتورهای گازسوز (گاز شهری) است، در محل تولید شود.

- در ساختمان‌های مسکونی و اداری خصوصی (غیرعمومی)، که دارای واحدهای مجزا از هم بوده و طول مسیر حرکت آسانسور(ها) بیش از ۲۱ متر از کف اصلی ورودی بوده که الزاما دارای آسانسور حمل بیمار (برانکاردبر) است.
- ساختمان‌هایی که نوع فعالیت آن به گونه‌ای است که ممکن است قطع برق، خطر یا خسارت جبران‌ناپذیر به وجود آورد. مانند بیمارستان‌ها، مراکز درمانی خاص
- سردخانه‌های عمومی و صنعتی
- مراکز صنعتی که قطع برق طولانی مدت در آن‌ها ممکن است موجب خسارات جبران ناپذیر شود.
- هرنوع ساختمان یا مجموعه یا مرکز دیگری که به تشخیص مقامات ذیصلاح باید دارای نیروی برق اضطراری باشد. مانند مراکز داده و مخابراتی، مراکز کنترل خدمات شهری مانند مراکز دیسپاچینگ برق، آب، گاز و کنترل ترافیک و ستادهای بحران و مراکز پدافند عامل و غیرعامل

۹-۱۱- مشخصات فنی مولدهای برق

۹-۱۱-۱- مجموعه مولدها باید از نظر مشخصات فرکانس و اضافه فرکانس، ولتاژ، جریان اتصال کوتاه قابل تحمل، کارایی، عملکرد، راه‌اندازی و توقف، اعوجاج ها و بهره‌برداری موازی برابر ضوابط مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۴۰۹-۵ طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۹-۱۱-۲- میزان حفاظت افراد در برابر تماس با قسمت‌های برق‌دار یا متحرک و همچنین درجه حفاظت دستگاه در برابر ورود آب و اجسام صلب خارجی به داخل آن باید بر اساس استاندارد IEC60034-5 و پیوست ۱ این فصل انتخاب می‌شود.

رقم مشخصه اول IP که در جدول (۹-۳) بیان شده است شامل دو نوع حفاظت به شرح زیر است:

الف) حفاظت اشخاص در برابر تماس یا نزدیک شدن با قسمت‌های برق‌دار یا متحرک در داخل دستگاه که شامل تماس غیرمستقیم به‌وسیله داخل کردن ابزار و غیره نیز است.

ب) حفاظت دستگاه در برابر ورود اجسام خارجی جامد مانند ابزار، گرد و غبار و غیره.

رقم مشخصه دوم IP حفاظت در برابر ورود قطرات مایعات مانند آب که در جدول (۹-۴) درج شده است.

۹-۱۱-۳- مجموعه مولد و تابلوی برق هر کدام باید دارای یک صفحه یا پلاک ماندگار شامل استاندارد ساخت، نام و آدرس سازنده، تاریخ ساخت، شماره سریال و مشخصات پارامترهای فنی اصلی مربوط (قدرت اسمی، ضریب قدرت اسمی، ولتاژ اسمی، جریان اسمی، فرکانس اسمی، کلاس عملکرد، ارتفاع از سطح دریا، حرارت محیطی و جرم بر حسب کیلوگرم) باشد.

۹-۱۱-۴- موتور RIC و ژنراتور باید به طور کامل توسط کارخانه کوپله کننده روی شاسی یکپارچه به طور مستقیم یا به‌وسیله اتصال قابل انعطاف به هم کوپله شده باشد. ماده به کار رفته برای اتصال قابل انعطاف باید در برابر هیدروکربن‌ها مقاوم باشد تا روغن و سوخت، آن را از بین نبرد. همچنین دستگاه مذکور باید دارای محافظ کوپلینگ و لرزه‌گیرهای مناسب باشد.

۹-۱۱-۵- پس از کوپله شدن موتور و ژنراتور به‌صورت مستقیم، ژنراتور باید نیروی میل‌لنگ را بدون اعمال نیروهای مخالف مکانیکی و الکتریکی بپذیرد.

۹-۱۱-۶- دفترچه حاوی دستورالعمل‌های مربوط به راه‌اندازی، کار، نگهداری و تعمیرات دستگاه‌ها باید حداقل در دو جلد به دو زبان فارسی و انگلیسی بر اساس کاتالوگ‌های کارخانه سازنده تهیه و تدوین شود.

۹-۱۱-۷- وسایل و لوازم یدکی مورد نیاز باید طبق فهرست کارخانه سازنده و تایید مشاور حداقل برای مدت دو سال پیش‌بینی و تامین شود.

۹-۱۲- مشخصات فنی موتور درون‌سوز

۹-۱۲-۱- قدرت موتور دیزل

قدرت مکانیکی خروجی لازم در محل کوپلینگ موتور دیزل (قدرت ترمز خالص برابر تعریف ISO 3046-1) باید با درنظرگرفتن قدرت مورد نیاز برای تغذیه بار پیش‌بینی شده، قدرت لازم برای دستگاه‌های مستقل فرعی ضروری[1] و اتلاف انرژی در ژنراتور جریان متناوب پیش‌بینی شود.
علاوه بر قدرت لازم در شرایط ثابت بار[2]، تغییرات ناگهانی قدرت به علت بارهای اضافی همچون راه‌اندازی موتورهای الکتریکی نیز در محاسبه قدرت لازم موتور RIC باید در نظر گرفته شود. بدیهی است که این گونه تغییرات بار بر مشخصه‌های قدرت خروجی موتور دیزل و همچنین مشخصه‌های ولتاژ ژنراتور برق متناوب موثر است.

[1] Essential Independent Auxiliaries
[2] Steady State

۹-۱۲-۲- سرعت موتور

انتخاب سیستم کنترل سرعت بر پایه عملکرد سرعت وضعیت ثابت و گذرای مورد نیاز تعیین می‌شود. سازنده مولد باید متناسب با شرایط کاربری سیستم کنترل مورد نیاز را انتخاب کند. (استاندارد ISO 3046-4 شرایط عمومی و پارامترهای سیستم‌های کنترل سرعت و استاندارد ISO 3046-6 شرایط عمومی برای حفاظت در برابر اضافه سرعت را تعیین نموده است)

فرکانس خروجی یک مولد رابطه مستقیم با سرعت دورانی موتور درون‌سوز دارد و تغییرات دور بر کیفیت و شاخصه‌های برق تولید تاثیرگذار خواهد بود.

۹-۱۲-۲-۱- انواع گاورنر سرعت (تثبیت کننده دور موتور درون‌سوز)مولدها به شرح زیر است:

الف)گاورنرهای مکانیکی

در این مدل از گاورنرها، قطعاتی شامل فنر، وزنه ها و... در داخل پمپ سوخت دستگاه قرار دارد، که توسط سازنده موتور درون‌سوز تعبیه شده است. با تغییرات بار مصرفی روی مولد برق، با مکانیسم ایجاد شده در پمپ به‌صورت مکانیکی، مقدار سوخت دستگاه به گونه‌ای تغییر می‌کند تا بتواند دور موتور را ثابت نگه دارد. این مدل از گاورنرها، کارکرد آن بر اساس مد افت[1] خواهد بود. در این حالت دور نامی دستگاه در بی باری و تمام بار با افتی روبرو خواهد بود (مثال در حالت بی باری فرکانس تولیدی 52.5Hz و در بار نامی دستگاه، فرکانس 50 Hz خواهد بود). این مدل از سیستم کنترل دور، برای استفاده به‌صورت موازی با یک شبکه یا یک مولد دیگر مناسب نخواهد بود.

ب)گاورنرهای هیدرولیکی

ساختار این‌گونه از گاورنرها با فشار سیال روغن طراحی شده است که بر اساس آن، سازنده موتور درون‌سوز، مکانیسمی طراحی نموده که دور موتور دیزل را در بارهای مختلف ثابت نگه دارد. از نظر عملکرد، مشابه گاورنرهای مکانیکی است و با تغییرات نرخ مصرف سوخت، تغییرات بار را دنبال می‌کند تا دور موتور درون‌سوز را در مقدار تنظیم شده نگه دارد.

در این مدل نیز کارکرد عموما به‌صورت مد افت خواهد بود.

پ)گاورنرهای الکترونیکی

عبارت است از یک گاورنر تناسبی یکپارچه که سیگنال کنترل را نیز متناسب با نرخ تغییر سرعت اصلاح می‌کند. در این مدل، سنسور دور موتور، اطلاعات را به واحد گاورنر الکتریکی ارسال می‌کند و گاورنر با سیگنال مناسب و تحریک، کاراندار[2] یا سوزن‌های انژکتور[3] مقدار نرخ مصرف سوخت را بر اساس بار اعمال شده به دستگاه به گونه‌ای تنظیم می‌کند که دور موتور را در مقدار تنظیم شده ثابت نگه دارد.

در این مدل پایداری و پاسخ عملکردی بهتری نسبت به نمونه‌های مکانیکی و هیدرولیکی در تغییرات بار دیده می‌شود.

---

[1] Droop
[2] Actuator
[3] Unit Injector

در این مدل می توان از دو مد کارکرد افت یا متوازن[1] استفاده کرد. در مد کارکرد متوازن، فرکانس خروجی مولد در بی‌باری و تمام باری تفاوتی نخواهد داشت. این مدل از گاورنر برای کارکرد موازی مناسب است.

۹-۱۲-۳- موتور دیزل باید از نوع زمینی[2] چهارسیلندر یا بیش‌تر، از نوع خورجینی[3] یا در یک ردیف با سوخت‌رسانی از نوع انژکتوری مستقیم و مجهز به گاورنر هیدرولیکی، مکانیکی، یا الکتریکی باشد.

۹-۱۲-۴- سیستم راه‌انداز موتور مولدهای برق دایمی با بار سبک و تمام مولدهای برق اضطراری باید مستقیماً از طریق باتری باشد.

۹-۱۲-۵- موتور دورن‌سوز باید مجهز به سیستم استارت الکتریکی ۲۴ یا ۱۲ ولت به همراه باتری با ظرفیت کافی (حداقل به مدت ۳۰ ثانیه و پیوسته، موتور الکتریکی استارت را فعال نگه داشته یا در سه سیکل ۱۰ ثانیه‌ای با ۱۰ ثانیه استراحت بین هر سیکل آن را فعال کند) بوده و چرخ طیار در هر موقعیتی باشد، بتواند موتور را روشن کند.

۹-۱۲-۶- برای روشن نمودن موتور نباید احتیاج به تنظیم چرخ طیار یا هر وسیله دیگر باشد.

۹-۱۲-۷- یک سری کامل از باتری‌های اسید – سرب با رک باتری مربوط و همچنین کابل‌های مورد نیاز با اندازه و طول کافی برای استفاده از باتری‌ها و کابلشوهای مربوط باید پیش‌بینی و تامین شود.

۹-۱۲-۸- یک دستگاه شارژکننده باتری اتوماتیک به‌صورت واحد جداگانه و مستقل، یا ساخته و نصب شده در داخل تابلوی کنترل باید تامین شود، به طوری که این شارژر با ولتاژ متناوب ۲۳۰ یا ۴۰۰ ولت عمل نموده و باتری‌های دستگاه را در مواقع خاموش بودن مولد از طریق برق شهر همواره در حالت شارژ نگه دارد.

۹-۱۲-۹- در موتورهایی که برای تحمل بار سنگین واحدهای دایمی در نظر گرفته می‌شود ممکن است به جای سیستم استارت الکتریکی از سیستم هوای فشرده استفاده شود.

۹-۱۲-۱۰- دستگاه تولید هوای فشرده باید شامل شیر راه‌انداز، مخزن یا مخازن هوای فشرده، کمپرسور روی موتور و یک کمپرسور بنزینی یا الکتریکی جداگانه با ظرفیت کافی باشد.

۹-۱۲-۱۱- سیستم خنک‌کننده آب برای دستگاه‌های مولد برق با بار سبک باید از نوع رادیاتور و فن، که با تسمه پروانه کار می‌کند و برای دستگاه‌های با بار سنگین باید از نوع مبدل حرارتی به انضمام لوله‌ها، و پمپ‌های مورد لزوم، انتخاب شود.

---
[1] Isochronous
[2] stationary
[3] V-Type

۹-۱۲-۱۲- سیستم خنک‌کاری موتور درون‌سوز مولد برق نباید وابسته به سیستم آب خنک شهر یا هر منبع بیرونی دیگری باشد.

۹-۱۲-۱۳- رادیاتور یا مبدل حرارتی، باید از نوع پردوام بوده و دارای ظرفیت خنک‌کنندگی کافی برای ۱۰ درصد اضافه بار موتور در حرارت ۴۰ درجه سلسیوس باشد.

۹-۱۲-۱۴- رادیاتور یا مبدل حرارتی مورد استفاده در مناطق گرم‌سیری باید از نوع مخصوص مناطق حاره بوده و برای کار در درجه حرارت محیطی ۵۰ درجه سلسیوس ساخته شده باشد.

۹-۱۲-۱۵- در مواردی‌که نصب مولدهای برق در داخل ساختمان صورت می‌گیرد باید از امکان تهویه کافی به‌صورت طبیعی یا با ایجاد فشار هوا اطمینان حاصل شود. میزان تقریبی هوای مورد نیاز برای خنک کردن سیستم رادیاتور و فن حدوداً ۸۰ الی ۱۳۵ مترمکعب در ساعت به ازای هر کیلووات ممکن است در نظر گرفته شود. برای کسب اطلاع از میزان دقیق هوادهی مورد نیاز برای هر دستگاه مولد، باید از شرکت سازنده مجموعه مولد استعلام شود.

۹-۱۲-۱۶- سیستم هوای ورودی باید دارای فیلتر هوا از نوع خشک، که در ضمن تقلیل‌دهنده صدا نیز است، بوده و به منظور حفاظت قسمت‌های مختلف موتور از گرد و غبار مستقیماً روی دریچه ورودی هوا روبروی رادیاتور نصب شود.

۹-۱۲-۱۷- سیستم روغن موتور باید در یک محدوده فشار ثابت و از پیش تعیین شده عمل کند و این امر به‌وسیله پمپ‌های روغن موتور و دریچه‌های مربوطه و وسایل فشار صورت پذیرد.

۹-۱۲-۱۸- سیستم روغن باید دارای حفاظت اتوماتیک باشد به گونه‌ای که در صورت افت فشار روغن بیش از حد تعیین‌شده با اعلام خطر، موتور را متوقف سازد.

۹-۱۲-۱۹- در سیستم روغن موتور باید خنک‌کننده روغن و فیلترهای روغن مناسب قابل تعویض پیش‌بینی شود.

۹-۱۲-۲۰- بدنه سیلندر و کارتر موتور باید از چدن درجه یک و ترجیحاً یک تکه ساخته و به گونه‌ای طراحی شده باشد که از حداکثر استحکام و پایداری آن اطمینان حاصل شود. موتور، ژنراتور و مبدل حرارتی روغنی و تمام ملحقات مربوطه باید بر روی یک پایه فولادی قرار گیرد. پایه باید به گونه‌ای مستحکم شده باشد که در هنگام کار دستگاه نیروی اضافی به خود دستگاه و دیگر قسمت‌ها منتقل نشود. سیلندرها باید از نوع بوشن‌دار قابل تعویض بوده و از بالا قابل خارج شدن باشد. بوشن‌ها باید از جنس چدن اصل با اتصال فلز به فلز در قسمت بالا بوده و در انتهای آزاد آب‌بندی شود به نحوی که انبساط آزاد آن امکان‌پذیر باشد. برای جلوگیری از نشت آب موتور از قسمت بوشن سیلندر باید پیش‌بینی‌های لازم انجام شده باشد. برای دسترسی به تمام قسمت‌های داخلی موتور باید پوشش‌های بزرگ برای بازبینی و بازرسی پیش‌بینی و تامین شود.

۹-۱۲-۲۱- هر سیلندر باید دارای سرسیلندر مجزا از جنس چدن بوده و مجهز به سوپاپ‌های ورودی هوا، خروجی دود و سوزن‌های تزریق باشد. سرسیلندرها باید دارای پوشش‌های قابل برداشت به منظور تمیزکردن مسیر آب از جرم‌ها و مواد ته‌نشین شده باشد.

۹-۱۲-۲۲- سوپاپ‌های ورودی هوا و خروجی دود باید از آلیاژ فولاد بوده و آب‌کاری و سخت شده باشد. نشیمن‌گاه و گیت سوپاپ باید قابل تعویض بوده و در برابر حرارت و خراشیدگی مقاوم باشد. طرح محور و گیت سوپاپ باید طوری باشد که اگر چه چکشک و انگشتانه سوپاپ و غیره تحت فشار روغن‌کاری می‌شود ولی به هیچ وجه روغن به داخل سرسیلندر نشت نکند.

۹-۱۲-۲۳- میل‌لنگ باید از آلیاژ فولاد چکش‌کاری شده یکپارچه، با طرح مقاوم ساخته شده باشد و قسمت‌های سرمحور و لنگ آن باید نسبت به یاتاقان مربوطه با دقت و رواداری کم تراش‌کاری شده باشد. میل‌لنگ همچنین باید از لحاظ استاتیکی و دینامیکی کاملاً بالانس باشد و ارتعاش طبیعی حاصل از پیچش باید کاملاً خارج از محدوده سرعت موتور باشد.

۹-۱۲-۲۴- یاتاقان اصلی باید دارای پشت‌بند فولادی با سطح تمام شده صیقلی و از ماده کاملاً مقاوم در برابر خستگی و برای شرایط بهره‌برداری سخت طراحی شده باشد. یاتاقان اصلی باید به آسانی قابل تعویض بوده و برای کار مداوم و بدون اشکال ضمانت شود.

۹-۱۲-۲۵- پیستون باید از آلیاژ سبک یا از چدن فشرده بوده و دارای رینگ‌های احتراق، کمپرس و روغن باشد. گژن‌پین باید کاملاً در داخل بدنه پیستون قرار گرفته و به نحوی محکم شده باشد که جابجا نشود. شاتون باید از فولاد چکش‌کاری شده بوده و دارای یاتاقان‌های بزرگ همانند یاتاقان‌های اصلی همراه با بوش‌های کوچک از جنس فسفر و برنز یا جنس مشابه با پشت‌بند فولادی باشد. تمام پیستون‌ها و شاتون‌ها باید کاملاً بالانس شده باشد. چنانچه قطعات مجموعه پیستون‌ها[1] کاملاً قابل جابجایی با یکدیگر نباشد، برای سهولت شناسایی، هر کدام باید به درستی و روشنی علامت‌گذاری شده باشد.

۹-۱۲-۲۶- میل بادامک باید از جنس سخت و بادوام ساخته شده و به‌وسیله چرخ‌دنده به میل‌لنگ وصل، و برای سرویس یا تعویض به آسانی قابل برداشت باشد. برای تنظیم و فیلرگذاری سوپاپ و همزمان‌کردن[2] پمپ باید پیش‌بینی‌های لازم شده باشد.

[1] Piston Assemblies
[2] Timing

۹-۱۳- تابلوی وسایل اندازه‌گیری موتور

۹-۱۳-۱- تابلوی وسایل اندازه‌گیری موتور باید در کنار مجموعه مولد بر روی یک پایه، یا بر روی شاسی موتور نصب شود.

۹-۱۳-۲- تابلو باید از نوع بسته بوده و از ورق فولادی با ضخامت ۲ میلی‌متر ساخته شده و وسایل سنجش به‌صورت توکار بر روی آن نصب شود.

۹-۱۳-۳- تمام وسایل سنجش لازم باید در تابلو نصب شود. تابلو باید چنان طراحی شده باشد که سیم‌کشی وسایل ایمنی موتور و ژنراتور به آن و همچنین وسایل فرمان و سیگنال بین موتور و تابلو کنترل الکتریکی به آسانی امکان‌پذیر باشد.

۹-۱۳-۴- در مواردی‌که اتصال سیم‌ها به وسایل سنجش در تابلو به طور مناسبی مقدور نباشد باید جعبه تقسیمی برای این منظور تعبیه شده و تمام اتصالات در آن انجام و سپس از آنجا به تابلو کنترل برده شود.

۹-۱۳-۵- وسایلی که باید بر روی تابلو موتور نصب شود به قرار زیر است لیکن هر نوع وسیله دیگری که برای نشان دادن وضعیت کار موتور لازم باشد و در فهرست زیر ذکر نشده است نیز باید تهیه و بر روی تابلو مزبور نصب شود:

فشارسنج روغن، حرارت‌سنج روغن (اختیاری)، حرارت‌سنج آب موتور، خلاءسنج محفظه میل‌لنگ (اختیاری)، فشارسنج هوای ورودی به موتور (اختیاری)، سرعت‌سنج موتور با پیش‌بینی‌هایی برای ارسال سیگنال به تابلو کنترل، حرارت‌سنج اگزوز موتور با سلکتور برای تعیین درجه حرارت خروجی از هر سیلندر و درجه حرارت ورودی و خروجی توربوشارژر و نیز پیش‌بینی‌هایی برای ارسال سیگنال به تابلو کنترل الکتریکی (اختیاری).

۹-۱۳-۶- سیگنال‌ها باید به دستگاه اعلام‌خطر و دستگاه قطع کار ماشین داده شود. وسایل سنجش سرعت و درجه حرارت اگزوست باید الکتریکی باشد ولی سایر وسایل ممکن است از نوع برقی یا غیر از آن باشد.

۹-۱۳-۷- تمام سیم‌کشی‌های وسایل ایمنی، سیگنال‌ها و غیره باید به‌وسیله کابل‌های قابل انعطاف از درون کم‌ترین تعداد لوله‌های قابل انعطاف و مقاوم در برابر نشت آب و روغن، از واحدهای مولد برق به تابلو وسایل اندازه‌گیری موتور یا جعبه تقسیم انتهایی وصل شود. سیم‌کشی باید کدگذاری و شماره‌گذاری شده و در هر دو انتها دارای ترمینال باشد.

۹-۱۴- سیستم اگزوست موتور و دودکش

۹-۱۴-۱- سیستم اگزوست موتور باید شامل لوله‌کشی و ایزولاسیون از موتور به خارج ساختمان بوده و دارای اتصالات قابل انعطاف، زانوها، لوله مستقیم، تقلیل‌دهنده‌های صدا، دریچه هوا و غیره باشد. در صورت لزوم برای کاهش صدای اگزوست موتور باید از دو اگزوز یا طراحی های خاص یا در نهایت چاه استفاده شود. لوله دودکش در داخل ساختمان باید کاملاً با مواد عایق مقاوم در برابر حرارت پوشانده شود.

۹-۱۴-۲- سطح آلایندگی گازهای خروجی اگزوز می‌بایست مطابقت کامل با قوانین محیطی و زیستی منطقه نصب را داشته باشد.

۹-۱۴-۳- سیستم اگزوز باید مجهز به منبع اگزوز باشد. این منبع باید قادر به کاهش صدای اگزوز دستگاه باشد به نحوی که از نظر آلایندگی صوتی محیطی برای کارکنان یا ساکنین ساختمان ایجاد مزاحمت نکند.

۹-۱۴-۴- در مسیر لوله اگزوز دستگاه باید یک خروجی تخلیه مجهز به شیر دستی، تعبیه شود. این خروجی تا فاصله ۱۵ سانتی‌متری زمین لوله‌کشی خواهد شد. این لوله و خروجی جهت تخلیه رطوبت و شبنم ایجاد شده داخل مسیر اگزوز ایجاد می‌شود، تا شبنم‌های ایجاد شده در زمان خاموشی دستگاه وارد سیستم موتور درون‌سوز نشود.

۹-۱۴-۵- در انتهای خروجی مسیر اگزوز که به فضای باز راه دارد باید یک عدد باران‌گیر نصب شود. این باران‌گیر در زمان خاموش بودن دستگاه به‌عنوان پوششی در خروجی، مانع از ورود آب باران و پرندگان به داخل لوله اگزوز می‌شود.

۹-۱۴-۶- حدفاصل بین خروجی منیفولد[1] اگزوز دستگاه تا مسیر لوله‌کشی، باید از یک قطعه لوله قابل انعطاف با توانایی تحمل دمایی حداقل تا ۸۰۰ درجه استفاده شود. (لرزه‌گیر اگزوز).

۹-۱۴-۷- قطر لوله‌ها، تعداد زانویی‌های مسیر و قطر منبع اگزوز و طول مسیر، در سیستم اگزوز باعث ایجاد فشار برگشتی[2] روی منیفولد و توربوشارژ مولد برق می‌شود. لذا موارد فوق باید به درستی محاسبه شود تا از حد مجاز فشار برگشتی که توسط سازنده اعلام می‌شود بیش‌تر نشود.

۹-۱۵- سیستم سوخت

۹-۱۵-۱- شرایط عمومی

الف) نوع سوخت مورد مصرف موتور دیزل باید مطابق مشخصات گازوییل شرکت ملی نفت ایران باشد.

[1] Manifold
[2] Back pressure

ب) مخازن سوخت باید مطابق مقررات شرکت ملی نفت ایران و دیگر مقررات ایمنی طراحی و ساخته شود.

پ) در مناطق سردسیر به منظور جلوگیری از سخت شدن یا یخزدن گازوییل، سیستم سوخت باید مجهز به پیش‌گرم‌کن‌های الکتریکی باشد.

۹-۱۵-۲- مخزن سوخت روزانه

الف) مخزن سوخت روزانه دیزل ژنراتور باید دارای ظرفیت سوخت مورد نیاز برای حداقل ۴ ساعت کار با ظرفیت نامی باشد.

ب) مخزن یاد شده باید کاملاً محصور شده و مجهز به وسایل اندازه‌گیری مانند وسیله اندازه‌گیری سطح مایع، لوله‌های اتصال به پمپ سوخت و نیز لوله‌های تهویه هوا و انتقال مایع باشد.

پ) در مسیر انتقال سوخت، قبل از پمپ سوخت موتور، باید صافی‌های مناسب وجود داشته باشد.

ت) پمپ‌های سوخت موتور که به‌وسیله موتور کار خواهد کرد باید در تمام شرایط مشخص شده دستگاه قابل استفاده باشد.

ث) برای جلوگیری از تجمع فشار اضافی در داخل منبع، باید یک شیر تخلیه پیش‌بینی شود.

ج) منبع سوخت باید در ارتفاعی پایین تر از تراز سرسیلندر موتور درون‌سوز باشد.

چ) هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده بدنه مخزن فلزی سوخت روزانه با سیستم اتصال زمین یا شبکه هم‌بندی اسکلت فلزی ساختمان در حداقل یک نقطه الزامی است.

۹-۱۵-۳- مخزن سوخت ذخیره

الف) مخزن سوخت ذخیره باید برای ذخیره سازی مصرف سوخت ۳ روز طراحی شده باشد. همچنین تمام لوازم مربوط مانند لوله و دریچه پرشدن، نشان دهنده سطح سوخت، لوله‌های تهویه به فضای آزاد و انتقال مایع و غیره پیش‌بینی شود.

ب) برای انتقال سوخت از منبع سوخت ذخیره به منبع روزانه علاوه بر پمپ برقی که به طور خودکار عمل می‌کند باید امکان استفاده از پمپ دستی نیز وجود داشته باشد.

پ) سطح خارجی منبع ذخیره باید برای نصب در داخل زمین به‌طور مناسب رنگ و حفاظت شود.

ت) مخزن سوخت ذخیره مولدهای نیروگاه باید طبق مقررات و ضوابط شرکت نفت و با فاصله مناسب از نیروگاه و به‌صورت مدفون ساخته شود.

ث) هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده بدنه مخزن فلزی سوخت ذخیره با سیستم اتصال زمین یا شبکه هم‌بندی اسکلت فلزی ساختمان در حداقل یک نقطه الزامی است.

۹-۱۶- ژنراتور

۹-۱۶-۱- ژنراتور سه‌فاز دارای مشخصات زیر است:

- قدرت خروجی اسمی: مطابق دفترچه‌های محاسباتی
- ضریب قدرت: ۰/۸- تاخیر فاز
- فرکانس: ۵۰ سیکل در ثانیه
- ولتاژ خروجی زیربار: ۴۰۰/۲۳۰ ولت
- حداکثر درجه حرارت محیط: ۶۰ درجه سلسیوس
- حداکثر درجه حرارت ژنراتور: بر اساس کلاس عایقی و مقدار مجاز افزایش دما
- حداکثر مقدار هارمونیک: ۵ درصد
- فاصله زمانی اتصال کوتاه: ۳ ثانیه

۹-۱۶-۲- ژنراتور باید از نوع بدون ذغال بوده و با تحریک‌کننده اتوماتیک و ضد پارازیت رادیویی و ضد رطوبت (اختیاری) و گرد و غبار مجهز باشد.

۹-۱۶-۳- ژنراتور باید مجهز به رگولاتور ولتاژ تمام اتوماتیک با تنظیم ولتاژ ۲/۵± درصد از حالت بدون بار تا بار کامل و دارای رگولاتور دستی با تنظیم ولتاژ ۵٪± و در مواقع لزوم با ظرفیت استارت ۱/۵ برابر جریان نامی باشد.

۹-۱۶-۴- ژنراتور باید جریان بار کامل را به طور مداوم و تحت ولتاژ نامی و فرکانس نامی تامین کند. ایزولاسیون روتور باید از نوع کلاس F و ایزولاسیون استاتور از نوع کلاس B باشد.

۹-۱۶-۵- در خصوص اتصال زمین نقطه خنثی و بدنه ژنراتور به بند ۱۴-۶-۲-۲ فصل ۱۴ مراجعه کنید.

۹-۱۶-۶- ژنراتور باید در سرعت ۱۲۵ درصد سرعت نامی دارای کارکرد مطمئن و ایمن باشد.

۹-۱۶-۷- تابلوی برق حفاظت ژنراتور باید مجهز به امکانات لازم حفاظتی زیر باشد:

- حفاظت در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه
- حفاظت در برابر سرعت کم[1] و سرعت زیاد
- حفاظت در برابر قدرت معکوس (موازی کردن مولدها)
- حفاظت در برابر اضافه ولتاژ یا کاهش ولتاژ و تغییرات فرکانس
- حفاظت لوازم اندازه‌گیری

[1] Under Speed

• حفاظت در برابر جریان خطای زمین

۹-۱۷- تابلو کنترل الکتریکی

۹-۱۷-۱- تابلو کنترل الکتریکی باید قابلیت راه‌اندازی کامل اتوماتیک سیستم مولد برق در هنگام قطع برق اصلی و قطع آن در زمان بازگشت برق اصلی و نیز آماده به کار نگاه‌داشتن آن برای راه‌اندازی مجدد را دارا باشد. تابلو مزبور همچنین باید امکان قطع و وصل دستی مولد برق را نیز در اختیار قرار دهد. مجموعه مولد باید قبل از اتصال به بار به ولتاژ و سرعت مناسب رسیده باشد.

۹-۱۷-۲- مشخصات قطعات مورد استفاده در تابلوی کنترل الکتریکی (در صورت نیاز) باید بر اساس استانداردهای معرفی شده در فصل ششم این نشریه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۹-۱۷-۳- تابلوی کنترل الکتریکی باید از ورق فولادی ساخته شده و از نوع بسته و ایستاده بوده و به نحوی طراحی شده باشد که از دو طرف با تابلوهای مشابه قابل توسعه باشد.

۹-۱۷-۴- تابلو به طور معمول باید مجهز به وسایل زیر باشد:

الف) شمش مسی ممتد برای جریان مورد نیاز با توجه به ضوابط مندرج در فصل ششم این نشریه

ب) کلید اتوماتیک مجهز به رله‌های حرارتی اضافه بار و رله‌های مغناطیسی اتصال کوتاه یا رله های الکترونیکی

پ) دستگاه‌ها و ابزار اندازه‌گیری و ثبت مقادیر برای مولد برق بر حسب نیاز، مانند ترانسفورماتور جریان، آمپرمتر، ولت‌متر، کیلووات‌متر،دستگاه سنجش ضریب قدرت و فرکانس‌سنج، کلید سلکتور ولت‌متر و آمپر، و چراغ‌های سیگنال.

ت) دستگاه‌های اندازه‌گیری برای تحریک‌کننده بر حسب نیاز

ث) جعبه‌های اتصال انتهایی برای کابل‌های اصلی و فرمان

ج) شارژکننده باتری و آمپرمتر در صورت لزوم و نیز سیستم اعلام‌خطر

چ) سیم‌کشی و کلیدهای مورد نیاز برای موازی کردن دستگاه‌های مولد برق بر حسب نیاز

۹-۱۸- مشخصات فنی اضافی برای مولدهای برق اضطراری

۹-۱۸-۱- موتور باید مجهز به گرمکن اتوماتیک برای گرم‌کردن آب درون سیلندرهای موتور تا حداقل ۶۰ درجه سلسیوس یا در مورد مجموعه مولدهای بزرگ، گرم‌کن روغنی با گردش روغن گرم تحت فشار باشد.

۹-۱۸-۲- سیستم راه‌اندازی مورد استفاده برای مولدهای برق اضطراری باید از نوع خودکار باشد ولی امکان راه‌اندازی دستی نیز برای موارد لزوم یا هنگام آزمایش سیستم باید پیش‌بینی شود.

۹-۱۸-۳- به منظور پیشگیری از شروع به کار نابهنگام مولد برق اضطراری به طور اتوماتیک در مواقعی که برق اصلی (برق‌شهر) دایر است باید یک سیستم حفاظتی که مانع عملکرد کلید تبدیل در این‌گونه موارد شود در تابلو پیش‌بینی و نصب شود.

۹-۱۸-۴- تابلوی کنترل که شامل کلید تبدیل و راه‌انداز اتوماتیک برای مولد برق اضطراری خواهد بود، باید در صورت روشن نشدن دستگاه مرحله استارت را سه بار تکرار و سپس به کلی متوقف و سیستم اعلام خطر را به کار اندازد.

۹-۱۸-۵- سیستم استارت اتوماتیک باید در صورت قطع جریان برق اصلی با تاخیر زمان عمل کرده و پس از روشن‌شدن دستگاه در هر مرحله عمل استارت زدن را قطع کند.

۹-۱۸-۶- رله کنترل فاز دستگاه باید به طریقی عمل کند که در موقع قطع جریان برق شهر یا قطع هر یک از فازها یا کم شدن ولتاژ فازها به اندازه کم‌تر از ۸۵ درصد ولتاژ نامی، دستگاه را در مدت ۳ الی ۱۰ ثانیه به کار انداخته و خط اصلی را از مدار خارج کند.

۹-۱۸-۷- رله کنترل ولتاژ باید پس از برگشت نیروی برق اصلی به میزان حداقل ۹۰٪ ولتاژ نامی یا بیش‌تر عمل کرده و مدار مصرف را پس از ۳ تا ۱۵ دقیقه تاخیر زمانی (قابل تنظیم) به برق اصلی (برق شهر) منتقل کند. مولد برق پس از انتقال بار به برق شهر باید برای مدت ۲ الی ۵ دقیقه بدون بار به کار ادامه داده و سپس به طور خودکار خاموش و برای شروع به کار مجدد در صورت قطع جریان برق اصلی آماده شود.

۹-۱۸-۸- در صورتی‌که لازم باشد تعدادی ژنراتور برق پشتیبان با هم موازی شود، باید توجه ویژه‌ای به نحوه اتصال نقاط خنثی سیم‌پیچ ژنراتورهای مختلف بهم، از حیث جاری شدن جریان‌های گردشی ناشی از تفاوت پارامترهای الکتریکی سیم‌پیچ‌ها، نظیر گام سیم‌پیچی و نظایر آن شود.

۹-۱۹- اصول و روش‌های نصب

۹-۱۹-۱- محل نصب نیروگاه باید به گونه‌ای انتخاب شود که از نظر ایجاد لرزش، دود و سر و صدا هیچ‌گونه اثر نامطلوبی بر سایر فعالیت‌های محل و محیط اطراف آن نداشته باشد.

۹-۱۹-۲- به طور کلی فونداسیون مولدهای برق باید مستقل از پی ساختمان و مجهز به لرزه‌گیرهای مناسب محل استقرار باشد و آسیبی به پی‌های بنا نرساند.

۹-۱۹-۳- مولدهای برق باید در محل‌های خشک و بدون رطوبت به گونه‌ای نصب شود که تأمین هوای کافی برای کارکرد و تعمیر دستگاه وجود داشته باشد.

۹-۱۹-۴- شرایط محل نصب مولدهای برق از نظر وجود و تجمع گرد و غبار باید مورد توجه و بررسی قرار گیرد تا موجب اختلال در کار موتور و ژنراتور نشود.

۹-۱۹-۵- در اطراف محل نصب مولدهای برق باید فضای کافی برای دسترسی به لوازم و تجهیزات مربوط به موتور و ژنراتور و انجام تعمیرات لازم پیش‌بینی شود.

۹-۱۹-۶- در محل نصب مولدهای برق باید جرثقیل یا منوریل سرویس متناسب با واحدهای نیروگاه پیش‌بینی و نصب شود. تجهیزات نیروگاه باید به سهولت قابل جابجایی باشد.

۹-۱۹-۷- انتخاب محل نصب مخزن سوخت ذخیره باید با توجه به راه‌های ارتباطی تانکر سوخت‌رسانی و اتصالات لازم بین مجموعه مولد و منبع مذکور انجام شود.

۹-۲۰- آزمون دستگاه‌ها

۹-۲۰-۱- دستگاه کامل مولد برق باید تحت شرایط ارایه شده توسط کارخانه سازنده در حضور خریدار یا نمایندگان قانونی ایشان مورد آزمون قرار گرفته و گواهی لازم صادر و ضمیمه دستگاه به خریدار ارایه شود.

۹-۲۰-۲- دستگاه مولد پس از نصب در محل نیز باید حداقل برای مدت ۴۸ ساعت زیر بار کامل در حضور دستگاه نظارت مورد آزمون قرار گرفته و سپس گواهی لازم صادر شود.

۹-۲۰-۳- تمام وسایل راه‌اندازی و آزمون در محل نصب باید از طرف سازنده تهیه و تامین شود.

۹-۲۰-۴- آزمون‌های پذیرش مولدهای برق اضطراری یا دایمی شامل آزمون‌های کارخانه‌ای و آزمون‌های پس از نصب باید بر اساس ضوابط مندرج در استانداردهای ملی ۱۰۴۰۹ (قسمت‌های ۱ تا ۵) صورت گیرد. آزمون‌های کارخانه‌ای باید مطابق استاندارد ۱۰۴۰۹ قسمت ۶ در کارخانه انجام شود. آزمون‌های پس از نصب بر حسب نوع کاربری متفاوت است لیکن فهرست موارد کنترلی و اندازه‌گیری متداول آن به شرح زیر است:

۹-۲۰-۴-۱- موارد کنترلی

- کنترل کامل بودن اقلام مورد آزمون
- کنترل هم‌ترازی دستگاه
- آزمون عملکرد دستگاه‌های فرعی
- بررسی استحکام اتصالات و اجزای لوله‌کشی
- حفاظت در برابر تماس تصادفی (الکتریکی و مکانیکی)
- بررسی وظایف کنترلی و عملکردی
- بررسی ارتعاشی
- بررسی نوفه غیرعادی در هنگام کار مولد
- بررسی افزایش درجه حرارت اجزای مهم
- بررسی عملکرد کلیدزنی
- بررسی تناسب دستگاه برای موازی‌کردن در صورت لزوم

۹-۲۰-۴-۲- موارد اندازه‌گیری

- اندازه‌گیری ولتاژ، جریان و فرکانس در وضعیت ثابت
- اندازه‌گیری حدود تنظیم ولتاژ
- اندازه‌گیری حدود تنظیم فرکانس
- اندازه‌گیری قدرت موثر یا ضریب قدرت
- اندازه‌گیری رنج تغییرات فرکانس در وضعیت بار ثابت
- اندازه‌گیری نرخ تغییر ولتاژ
- اندازه‌گیری نرخ تغییر تنظیم فرکانس
- چگونگی راه‌اندازی
- عملکرد رله‌های حفاظت الکتریکی

۹-۲۱- منابع الکتریکی سیستم‌های تأمین ایمنی

۹-۲۱-۱- در مواردی‌که قطع نیروی برق ممکن است برای افراد و ساکنین ایجاد خطر نموده و یا باعث ضرر و زیان شود، پیش‌بینی نیروی برق ایمنی الزامی می‌شود. نیروی برق ایمنی می‌تواند مکمل نیروی برق اضطراری یا مستقل از آن باشد. انتخاب سیستم ایمنی وسایل و دستگاه‌هایی که باید از منابع ایمنی تغذیه شوند بستگی به نوع کار آن‌ها خواهد داشت.

۹-۲۱-۲- سیستم‌های ایمنی در ساختمان‌هایی از قبیل ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی، تجاری، اداری، ساختمان‌های مرکزی بانک‌ها، فروشگاه‌های بزرگ، ساختمان‌های ویژه حیاتی، بسیار زیاد حساس و زیاد مهم[1]، بناهای درمانی و بیمارستان‌ها، تالارهای اجتماعات، سینماها، تئاترها و غیره براساس مقررات، ضوابط، استانداردها یا نیاز و الزام به استفاده از آن‌ها در نظر گرفته می‌شود.

۹-۲۱-۳- منابع شناخته شده نیروی برق ایمنی عبارتند از:

- باتری‌های ذخیره ساز (قابل شارژ)
- مولد مستقل از تغذیه عادی (مولد برق با موتور درون‌سوز)
- سیستم برق بدون وقفه (UPS)

۹-۲۱-۴- منبع برق ایمنی باید در مکان مناسب نصب شود و فقط در دسترس افراد ماهر و آموزش دیده باشد و بهتر است از منابع دیگر جداسازی شوند.

۹-۲۱-۵- سیستم‌های تأمین ایمنی و منابع آن باید طوری طراحی و جانمایی شوند که خطرات ناشی از حریق، وقوع سیل، یخبندان و سایر شرایط نامطلوب به حداقل ممکن برسد.

۹-۲۱-۶- محل قرارگیری منابع برق ایمنی باید به مقدار کافی و مناسب تهویه شود به گونه‌ای که گازهای خروجی، دود یا بخار ناشی از کارکرد منابع ایمنی نتواند به مناطقی که افراد حضور دارند نفوذ کند.

۹-۲۱-۷- منبع سیستم تأمین ایمنی به شرطی می تواند علاوه بر مصارف ایمنی برای اهدافی غیر از برق ایمنی نیز مورد استفاده قرار بگیرد که دسترسی به برق ایمنی مختل نشود. به عبارت دیگر خطایی که در یک مدار غیر ایمنی رخ می‌دهد نباید باعث وقفه در هر یک از مدارهای موجود در سیستم‌های تأمین ایمنی شود.

۹-۲۱-۸- برای منابع ایمنی که به‌صورت موازی قادر به کار نیستند الزامات ویژه‌ای وجود دارد:

- برای جلوگیری از موازی سازی منابع باید اقدامات احتیاطی کافی انجام شود.

---

[1] گروه بندی ساختمانها مطابق مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان – ویرایش سال ۱۳۹۵– انجام شده است.

• حفاظت اتصال کوتاه و خطا در سیستم تغذیه الکتریکی برای سیستم تأمین ایمنی برای هر منبع باید فراهم شود.

۹-۲۱-۹- برای سیستم‌های تأمین ایمنی با منابعی که قادرند به‌صورت موازی کار کنند، الزامات ویژه ای وجود دارد:

• کارکرد موازی منابع مستقل ممکن است به تجهیزات ویژه‌ای مانند تجهیزات جلوگیری از توان معکوس نیاز داشته باشد.

• هنگامی که تاسیسات به‌وسیله دو منبع مجزا یا موازی تغذیه شوند، حفاظت اتصال کوتاه و خطا باید فراهم شود.

• برای محدود کردن جریان گردشی برقرار شده بین نقاط خنثی منابع، به ویژه تأثیر هارمونیک‌های سوم تمهیدات احتیاطی لازم درنظر گرفته شود.

۹-۲۱-۱۰- برای سیستم منبع تغذیه مرکزی، الزاماتی وجود دارد. باتری‌ها باید از نوع منفذدار یا دارای سوپاپ تنظیم[1] با نگهداری کم و دارای طراحی صنعتی برای کار در شرایط سخت[2] باشند. به‌عنوان مثال سلول‌هایی مطابق با استاندارد IEC 60623 یا استاندارد IEC 60896 (تمام قسمت‌ها). این مورد مانع استفاده از فن‌آوری‌های جدید نمی‌شود. حداقل طول عمر طراحی باتری‌ها در دمای ۲۰° C باید ۱۰ سال باشد.

۹-۲۱-۱۱- در صورت استفاده از سیستم برق بدون وقفه[3] باید:

• با تمام وسایل حفاظتی واقع در طرف بار UPS، قادر به کار باشد.

• در شرایط اضطراری، قادر به راه‌اندازی سیستم‌های تأمین ایمنی باشد.

• در صورت کاربرد، مطابق با بند ۹-۲۱-۱۰ باشد.

• در صورت کاربرد، مطابق با استانداردهای IEC 62040 قسمت‌های ۱ تا ۳ باشد.

• مستقل از قابلیت دسترسی به تغذیه بالادست، قادر به شروع تغذیه باشد.

[1] Valve-Regulated
[2] Heavy Duty Industrial Design
[3] UPS

۹-۲۱-۱۲- وضعیت منبع ایمنی (آماده به کار، تحت شرایط خطا، تغذیه از منبع الکتریکی برای سیستم‌های تأمین ایمنی) باید پایش شود.

۹-۲۱-۱۳- بنا به دلایل زیر از ژنراتور گازی که در آن از شبکه گاز شهری به‌عنوان سوخت نیروی محرکه مولد برق اضطراری استفاده می‌شود فقط برای تأمین مصارف برق اضطراری و به غیر از مصارف سیستم‌های تأمین ایمنی می‌توان استفاده کرد.

- مدت زمان راه‌اندازی ژنراتورهای گازی بیش از ۱۵ ثانیه است.
- احتمال قطع گاز شبکه شهری به دلایل ناخواسته وجود دارد.

۹-۲۲- مدارهای الکتریکی سیستم‌های تأمین ایمنی

۹-۲۲-۱- مدارهای سیستم‌های تأمین ایمنی باید مستقل از مدارهای دیگر باشد. یک خطای الکتریکی یا هر گونه اصلاح در یک سیستم نباید بر عملکرد صحیح سیستم دیگر تأثیر بگذارد. این امر مستلزم این است که مدارها به‌وسیله مواد مقاوم در برابر حریق یا مسیر یا محفظه های مناسب جداسازی شوند.

۹-۲۲-۲- مدارهای برق ایمنی نباید از مکان‌هایی که در معرض خطر آتش‌سوزی هستند عبور کند، مگر اینکه مقاوم در برابر حریق باشد. به هر حال مدارها نباید از مناطقی که مستعد انفجار هستند عبور کند. در صورت امکان بهتر است از عبور هر مدار از مکان‌هایی که در معرض خطر آتش‌سوزی هستند، اجتناب شود.

۹-۲۲-۳- مطابق با بند ۳-۳ از استاندارد ملی ایران به شماره ۴۳-۴-۱۹۳۷ اگر نبود تغذیه در صورت عملکرد حفاظت اضافه بار خطر بزرگ‌تری را ایجاد کند، آن حفاظت باید حذف شود. در صورت حذف حفاظت، وقوع هرگونه اضافه بار باید پایش شود.

۹-۲۲-۴- وسایل حفاظت در برابر اضافه جریان باید طوری انتخاب و نصب شود که از عبور اضافه جریان در یک مدار که باعث مختل شدن کارکرد صحیح مدارهای ایمنی می‌شود جلوگیری کند.

۹-۲۲-۵- در تجهیزاتی که از دو مدار مختلف تغذیه می شود، بروز خطا در یک مدار نباید به حفاظت در برابر برق‌گرفتگی و کارکرد صحیح مدار دیگر آسیب برساند. در صورت لزوم چنین تجهیزاتی باید به هادی حفاظتی هر دو مدار وصل شود.

۹-۲۲-۶- علاوه بر دیاگرام کلی، جزئیات کامل تمام منابع الکتریکی ایمنی باید در یک دیاگرام تک‌خطی ارایه شده و این اطلاعات در نزدیکی تابلو توزیع برق نگهداری شود.

۹-۲۲-۷- نقشه تاسیسات الکتریکی ایمنی باید مکان دقیق موارد زیر را نشان دهد:

- تمام تجهیزات الکتریکی و تابلوهای توزیع مربوط به همراه کدگذاری.
- تجهیزات ایمنی با مدارهای ایمنی کدگذاری شده، مشخصات و کاربرد آن تجهیزات.
- تجهیزات ویژه کلیدزنی و پایش برای منبع تغذیه ایمنی (به‌عنوان مثال تجهیزات هشدار دیداری و شنیداری).

۹-۲۲-۸- مدارهای ایمنی نباید به‌وسیله RCD یا AFDD ها حفاظت شود.

۹-۲۲-۹- برای سیستم‌های تأمین ایمنی مورد نیاز برای کار در شرایط حریق باید از یک یا چند سیستم سیم‌کشی زیر استفاده شود:

- کابل عایق شده معدنی مطابق با استانداردهای IEC 60702-1,2 و IEC 60332-1-2.
- کابل مقاوم در برابر حریق مطابق با قسمت مناسب مجموعه استاندارد IEC 60331 و IEC 60332-1-2.
- حفظ و نگاه‌داشت سیستم سیم‌کشی لازم برای حفاظت مکانیکی و حریق.

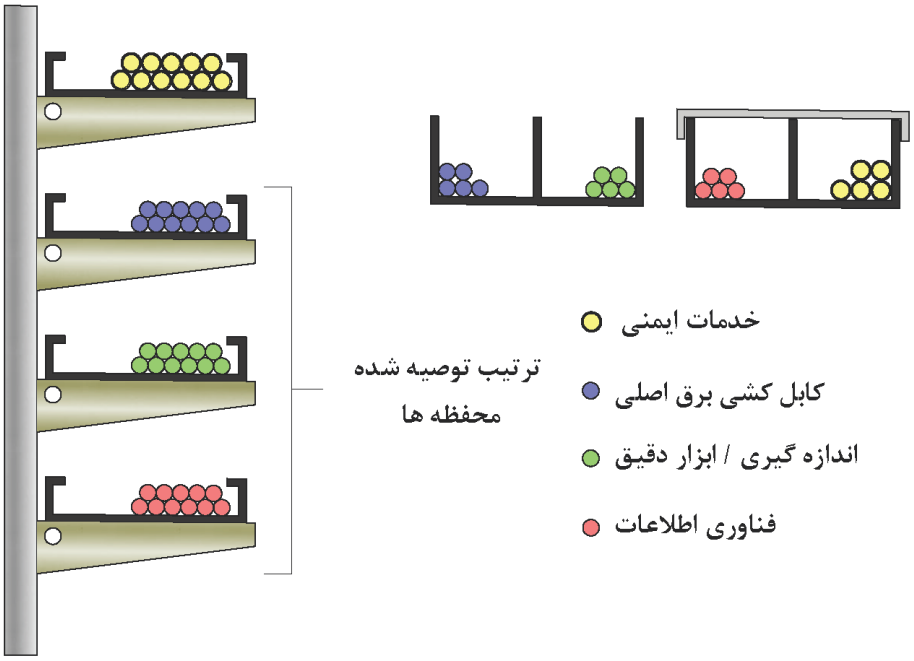
۹-۲۲-۱۰- سیستم سیم‌کشی و نگهدارنده‌های آن‌ها باید طوری نصب شود که در حین حریق، یکپارچگی مدار از بین نرود.

۹-۲۲-۱۱- در سیستم‌های سیم‌کشی عمودی طولانی، برای تضمین عدم فرو ریختن ناگهانی کابل‌ها در شرایط حریق، نگهدارنده‌های کابل باید دارای حفاظت در برابر حریق باشند.

۹-۲۲-۱۲- مدارهای ایمنی که می‌توانند به‌وسیله جریان مستقیم تغذیه شود، باید دارای وسایل حفاظتی دوپل حفاظت اضافه جریان باشد.

۹-۲۲-۱۳- لوازم کلیدزنی و کنترل مورد استفاده برای هر دو منبع تغذیه (a.c.) و (d.c.)، باید مناسب هر دو کارکرد (a.c.) و (d.c.) باشد.

۹-۲۲-۱۴- سیستم‌های سیم‌کشی مدارهای ایمنی باید از سایر مدارهای غیر ایمنی به جز کابل‌های مقاوم در برابر حریق دارای نوار محافظ فلزی[1]، جداسازی شوند، به گونه‌ای که بروز هر گونه خطایی در مدارهای غیر ایمنی، تأثیر سویی بر عملکرد مدارهای ایمنی نداشته و خطر حریق را کاهش دهد. مثالی از اجرای کابل‌های مدارهای ایمنی در شکل (۹-۵) نشان داده شده است.



شکل۹-۵- مثالی از نحوه اجرای مدارهای ایمنی در سینی یا نردبان‌های کابل

۹-۲۳- کاربردهای روشنایی ایمنی

۹-۲۳-۱- چراغ‌های روشنایی ایمنی ممکن است به‌وسیله سیستم برق بدون وقفه تغذیه شود یا چراغ باتری‌دار[2] باشد. این چراغ‌ها باید مطابق استاندارد IEC 60598-2-22 باشند.

۹-۲۳-۲- مدارهای تغذیه سیستم روشنایی ایمنی از منبع به هر منطقه حفاظت شده در برابر حریق، در صورت بروز آتش باید برای مدت کافی برقرار باشد. این امر با استفاده از سیستم‌های سیم‌کشی با مقاومت بالا در برابر حریق امکان‌پذیر می‌شود. در منطقه حفاظت شده در برابر حریق که چراغ‌های روشنایی ایمنی در آن‌ها نصب شده‌اند، سیستم سیم‌کشی بین چراغ‌های ایمنی، الزامی برای مقاوم در برابر حریق بودن ندارد.

[1] Metallic Screened Fire-Resistant Cables
[2] Self-Contained

۹-۲۳-۳- برای مناطق حفاظت شده در برابر حریق که بیش از یک چراغ روشنایی ایمنی دارند، این چراغ‌ها باید به طور متناوب حداقل از دو مدار جداگانه، سیم‌کشی شود که در صورت از دست رفتن یک مدار، سطح مناسبی از شدت روشنایی در طول راه خروج اضطراری حفظ شود.

۹-۲۳-۴- در جایی که چراغ‌های روشنایی ایمنی، متناوباً با مدارهای جداگانه تغذیه می‌شود، باید از وسایل حفاظتی اضافه جریان استفاده شود تا اتصال کوتاه در یک مدار، تغذیه چراغ‌های روشنایی ایمنی مجاور در داخل آن منطقه حفاظت شده در برابر حریق یا سایر چراغ‌های روشنایی ایمنی در سایر مناطق حفاظت شده در برابر حریق را مختل نکند.

۹-۲۳-۵- نباید بیش از ۲۰ چراغ روشنایی ایمنی که بار کلی آن از ۶۰٪ جریان نامی وسیله حفاظتی اضافه جریان تجاوز نمی‌کند، از هر مدار نهایی ایمنی تغذیه شود.

۹-۲۳-۶- برای تخلیه ساختمان در شرایط اضطراری، جهت استخراج مقدار حداقل شدت روشنایی ایمنی، زمان پاسخ و زمان کارکرد اسمی چراغ‌های روشنایی ایمنی به فصل پنجم این نشریه یا به استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۴۶۳ مراجعه شود.

چراغ‌های روشنایی ایمنی باید در یکی از این سه حالت سیم‌کشی شوند:

- حالت نگهداری[1] (دایم روشن)
- حالت غیرنگهداری[2] (فقط در زمان فقدان منبع برق عادی، روشن هستند)
- حالت ترکیبی

۹-۲۳-۷- در حالت غیرنگهداری، منبع تغذیه روشنایی عادی آن ناحیه باید پایش شود. اگر از دست رفتن منبع روشنایی عادی در یک منطقه باعث مختل شدن روشنایی عادی شود، باید روشنایی ایمنی به‌صورت خودکار فعال شود.

۹-۲۳-۸- در جایی که ترکیب حالت‌های نگهداری و غیرنگهداری استفاده شود، هر یک از تجهیزات تبدیل اتوماتیک[3] باید دارای ابزار پایش مربوط به خود بوده و قادر به کلیدزنی به‌صورت مجزا باشد.

[1] Maintained Mode
[2] Non-Maintained Mode
[3] Changeover Devices

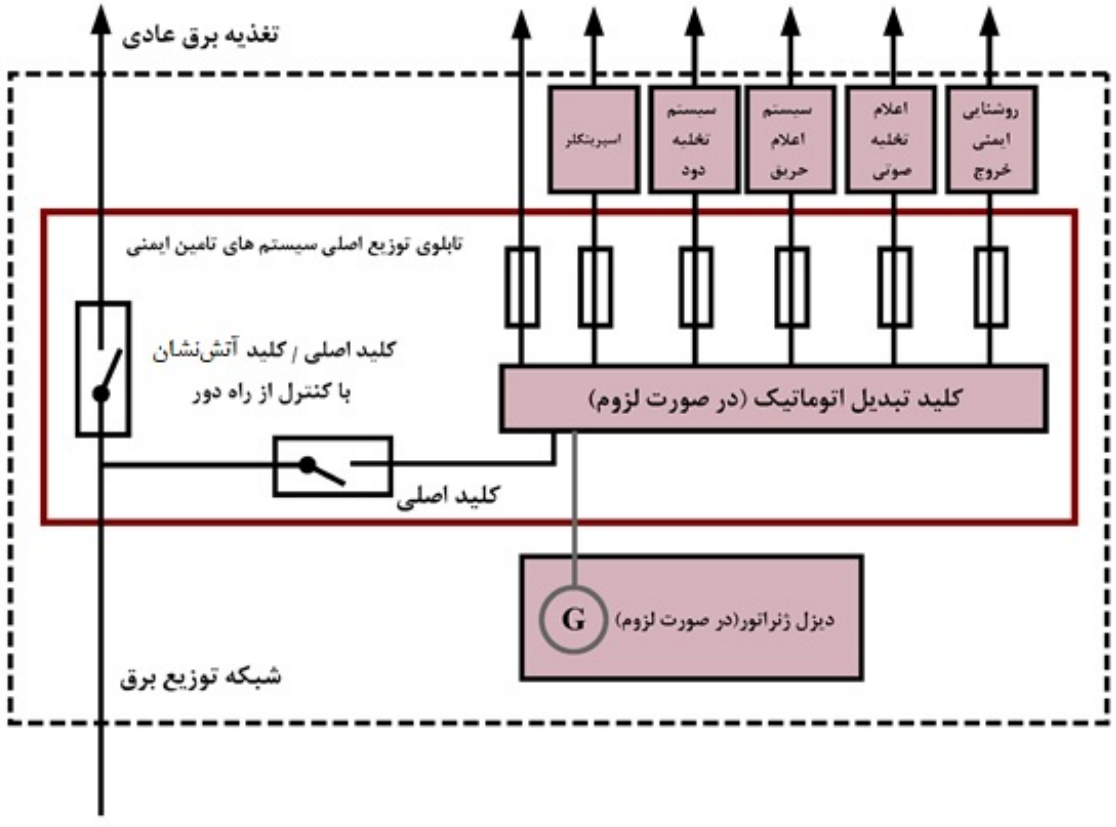
۹-۲۳-۹- اگر ولتاژ تغذیه به مدت حداقل ۰٫۵ثانیه به کم‌تر از ۰٫۶ برابر ولتاژ تغذیه اسمی افت کند، تغییر وضعیت از حالت عادی به اضطراری باید به طور خودکار شروع شود. اگر ولتاژ تغذیه به بیش‌تر از ۰٫۸۵ برابر ولتاژ تغذیه اسمی برسد، باید به حالت عادی برگردد.

۹-۲۳-۱۰- چراغ‌های روشنایی ایمنی و تجهیزات مدار مربوط باید به طور مثال با برچسب قرمز به قطر حداقل ۳۰ میلی‌متر شناسایی شود.

۹-۲۴- سیستم‌های ایمنی حفاظت در برابر حریق

۹-۲۴-۱- سیستم سیم‌کشی برای سیستم اعلام حریق و منابع تغذیه کننده اطفا حریق باید به‌وسیله مدار جدا از تغذیه اصلی ورودی، تغذیه شود.

در صورت نیاز به کلید آتش‌نشان، مدارهای تغذیه کننده تجهیزات حفاظت در برابر حریق که کارکرد آن‌ها طی حریق ضروری است، باید در سمت منبع تغذیه کلید آتش‌نشان متصل شوند. این امر باید به وضوح مشخص شود. طرحواره نصب کلید آتش‌نشان در شکل (۹-۶) نشان داده شده است.



شکل۹-۶- طرحواره نصب کلید آتش‌نشان

بهتر است حداقل الزامات سیستم‌های ایمنی حفاظت در برابر حریق مطابق جدول (۹-۲) باشد.

جدول۹-۲- راهنمای تجهیزات ایمنی حفاظت در برابر حریق

مثال‌هایی برای تجهیزات ایمنی	الزامات								
	زمان کارکرد اسمی منبع (h)	حداکثر زمان پاسخ منبع (s)	سیستم برق بدون وقفه	واحد باتری خوددار	واحد موتور- ژنراتور بدون وقفه (صفرثانیه)	واحد موتور- ژنراتور با وقفه کوتاه (۰/۵s)	دیزل ژنراتور با وقفه متوسط (۱۵s)	سیستم تغذیه از دو منبع متفاوت	پایش و تبدیل اتوماتیک در شرایط خرابی منبع
پمپ اطفا حریق	۱۲	۱۵			√	√	√	√	√
آسانسور دسترسی آتش‌نشان	۸	۱۵			√	√	√	√	√
آسانسورهای با الزامات ویژه	۳	۱۵			√	√	√	√	√
دستگاه‌های هشدار و اعلام خطر	۳	۱۵	√		√	√	√	√	a√
تجهیزات تخلیه دود و حرارت	۳	۱۵	√	√	√	√	√	√	a√
تجهیزات اعلام نشت گاز مونواکسید کربن	۱	۱۵	√	√	√	√	√	√	a√

√- سیستم‌های مناسب را نشان می دهد.
a- فقط در صورت عدم وجود تجهیزات تغذیه ایمنی جداگانه

جدول۹-۳- رقم اول مشخصه IP برای حفاظت اشخاص و نیز حفاظت قسمت‌های ماشین در داخل دستگاه(IEC 60034-5)

رقم اول مشخصه	شرح مختصر [الف]	تعریف IEC
۰	ماشین بدون حفاظت	هیچ‌گونه حفاظت ویژه‌ای وجود ندارد.
۱ [ب]	ماشین در برابر اجسام جامد خارجی با قطر بیش از ۵۰ میلی‌متر حفاظت دارد.	دارای حفاظت در برابر تماس تصادفی یا نزدیک‌شدن اعضای بدن انسان مانند دست (ولی بدون حفاظت در برابر دسترسی عمدی) و اجسام جامد خارجی با قطر بیش از ۵۰ میلی‌متر با قسمت‌های برق‌دار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه.
۲ [ب]	ماشین در برابر اجسام جامد خارجی با قطر بیش از ۱۲ میلی‌متر حفاظت دارد.	دارای حفاظت در برابر نزدیک‌شدن انگشتان یا سایر اجسام مشابه که طول آن از ۸۰ میلی‌متر تجاوز نکند و اجزای اجسام جامد با قطر بیش از ۱۲ میلی‌متر با قسمت‌های برق‌دار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه
۳ [ب]	ماشین در برابر اجسام جامد خارجی با قطر بیش از ۲٫۵ میلی‌متر حفاظت دارد.	دارای حفاظت در برابر تماس یا نزدیک‌شدن ابزار یا سیم‌ها با قطر بیش از ۲٫۵ میلی‌متر با قسمت‌های برق‌دار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه.
۴ [ب]	ماشین در برابر اجسام جامد با قطر بیش از یک میلی‌متر حفاظت دارد.	دارای حفاظت در برابر تماس یا نزدیک‌شدن سیم‌ها یا نوارهایی به قطر بیش از یک میلی‌متر و اجزای اجسام جامد با قطر بیش از یک میلی‌متر با قسمت‌های برق‌دار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه.
۵ [ج]	ماشین در برابر گرد و خاک حفاظت دارد.	از ورود گرد و خاک به طور کامل جلوگیری نمی‌شود ولی گرد و خاک نیز به مقداری که برای اختلال در کار رضایت‌بخش ماشین کافی باشد وارد دستگاه نخواهد شد.
۶	کاملاً بسته در برابر گرد و غبار	از ورود گرد و غبار به طور کامل جلوگیری می‌شود.

الف) شرح ارایه شده در ستون دوم این جدول نباید برای مشخص نمودن نوع حفاظت استفاده شود.

ب) ماشین‌هایی که رقم اول مشخصه آن دارای شماره‌های ۱، ۲، ۳ یا ۴ است، اشیا منظم یا غیرمنظمی که ابعاد سه‌گانه عمود بر هم آن از رقم تعیین شده در جدول متجاوز باشد را شامل نمی‌شود.

ج) درجه حفاظت تعیین شده در برابر گرد و خاک در این استاندارد کلی است. هنگامی که نوع گرد و خاک (ابعاد ذرات، ماهیت آن مانند فیبری) مشخص شود، شرایط آزمون باید با توافق سازنده و مصرف‌کننده تعیین شود.

جدول۹-۴- رقم دوم مشخصه IP برای حفاظت در برابر اثرات زیان‌آور نفوذ آب به ماشین‌های دوار(IEC 60034-5)

رقم دوم مشخصه	شرح مختصر [الف]	تعریف IEC
۰	ماشین بدون حفاظت	هیچ‌گونه حفاظت ویژه‌ای وجود ندارد.
۱	ماشین در برابر قطرات آب حفاظت دارد.	قطرات آب که به طور عمودی بر روی ماشین فرو می‌افتد هیچ‌گونه اثر زیان‌باری نخواهد داشت.
۲	ماشین با انحراف حداکثر ۱۵ درجه در برابر قطرات آب حفاظت دارد.	قطرات عمودی آب بر روی ماشینی که حداکثر ۱۵ درجه نسبت به وضعیت عادی آن منحرف شده باشد، هیچ‌گونه اثر زیان‌باری نخواهد داشت.
۳	ماشین در برابر افشاندن آب (spraying) حفاظت دارد.	قطرات آب که به‌صورت افشان و با زاویه حداکثر ۶۰ درجه نسبت به خط قائم بر روی دستگاه فرود آید اثر زیان‌آوری نخواهد داشت.
۴	ماشین در برابر پاشیده شدن آب حفاظت دارد.	آبی که از هر جهت بر روی ماشین پاشیده شود هیچ‌گونه اثر سویی بر آن نخواهد داشت.
۵	ماشین در برابر فوران آب با فشار حفاظت دارد.	فوران آب از هر نازل و از هرجهت هیچ‌گونه اثر زیان‌آور بر روی ماشین نخواهد داشت.
۶	ماشین در برابر دریاهای طوفانی حفاظت دارد.	آب دریاهای طوفانی یا آب فواره‌های قوی و با فشار، به طوری که اثر سوء بر دستگاه باقی گذارد، وارد آن نخواهد شد.
۷	ماشین در برابر فرورفتن در آب حفاظت دارد.	اگر ماشین در شرایط مشخصی از فشار و زمان در آب فرو رود آب به‌صورت زیان‌آور وارد ماشین نخواهد شد.
۸	ماشین در برابر فرورفتن دایم در آب حفاظت دارد.	ماشین برای فرورفتن دایم در آب در شرایطی که به‌وسیله سازنده مشخص می‌شود مناسب است. ب

الف) شرح ارایه شده در ستون دوم این جدول نباید برای مشخص نمودن نوع حفاظت استفاده شود.
ب) معمولا این بدان معنی است که ماشین به‌صورت غیرقابل نفوذ بسته است. هر چند، در برخی انواع ماشین‌ها می‌تواند بدان معنی باشد که آب فقط ممکن است به گونه‌ای وارد دستگاه شود که زیان‌آور نباشد.

فصل ۱۰

سیستم برق بدون وقفه (UPS)

۱۰-۱- دامنه پوشش

مطالب ارایه‌شده در این فصل شامل مشخصات فنی عمومی و اجرایی انواع سیستم‌های برق بدون وقفه (UPS[1]) از نوع استاتیک و برای کاربرد در ساختمان می‌باشد. این‌گونه سیستم‌ها علاوه بر تغذیه بار در زمان قطع برق شبکه شهری، افزایش یا افت ناگهانی ولتاژ[2]، تغییر فرکانس و انواع اعوجاج لحظه‌ای یا دایم را نیز اصلاح می‌کند. در این فصل به سیستم برق بدون وقفه دینامیک اشاره‌ای نشده است.

۱۰-۲- تعاریف و اصطلاحات

۱۰-۲-۱- سیستم برق بدون وقفه (UPS)

uninterruptible power system (UPS)

مجموعه‌ای شامل کلیدها، مبدل‌ها و وسایل ذخیره انرژی (مانند باتری) می‌باشد که عملکرد آن تامین پیوسته و مداوم توان بار در شرایطی است که توان ورودی به بار دچار اشکال یا قطعی باشد.

یادآوری- اشکال در توان ورودی هنگامی رخ می‌دهد که ولتاژ و فرکانس در خارج از محدوده‌های تلورانس[3] گذرا و حالت ماندگار باشد یا اعوجاج[4] یا وقفه‌ها خارج از حدود مشخص شده برای UPS باشد.

۱۰-۲-۲- مبدل (توان) (الکترونیکی)

(electronic) (power) converter or convertor

واحد عملیاتی[5] تبدیل الکترونیکی توان، شامل یک یا چند شیر الکترونیکی[6]، ترانسفورماتورها و فیلترها (در صورت لزوم) و وسایل کمکی (در صورت وجود).

یادآوری- در زبان انگلیسی هر دو اصطلاح converter و convertor به کار می‌رود که هر دو صحیح و به معنای مبدل است.

۱۰-۲-۳- واحد عملکردی UPS

UPS functional unit

واحدهای کاری از قبیل: یکسوساز، مبدل جریان مستقیم به متناوب (اینورتر) و کلید UPS.

---

[1] Uninterruptible Power Supply
[2] Sag Surge
[3] Tolerance Bands
[4] Distortion
[5] Operative Unit
[6] Electronic Valve Device

۱۰-۲-۴- یکسوساز UPS

UPS rectifier

یک مبدل الکترونیکی جریان متناوب به جریان مستقیم ((a.c.) به (d.c.)) برای یکسوسازی.

۱۰-۲-۵- اینورتر UPS

UPS inverter

یک مبدل الکترونیکی برای تبدیل جریان مستقیم به جریان متناوب.

۱۰-۲-۶- سیستم ذخیره انرژی

energy storage system

سیستمی که شامل یک یا چند دستگاه است و برای تأمین توان اینورتر UPS در مدت زمان ذخیره انرژی مورد نیاز، طراحی شده است.

یادآوری- صرف نظر از چالش‌های شارژ مجدد، نمونه‌هایی از سیستم‌های ذخیره انرژی شامل باتری، خازن‌های دولایه[1] (خازن سوپر یا اولترا[2])، سیستم‌های چرخ‌طیار و پیل-سوختی[3] هستند، گرچه محدود به موارد فوق نیستند.

۱۰-۲-۷- خط ارتباط (d.c.)

d.c. link

اتصال داخلی توان جریان مستقیم بین یکسوساز یا یکسوساز/شارژر و واحد عملکردی اینورتر.

یادآوری ۱- ولتاژ سیستم ذخیره انرژی می‌تواند با ولتاژ خط ارتباط (d.c.) متفاوت باشد.

یادآوری ۲- خط ارتباط (d.c.) می‌تواند شامل مبدل‌هایی نیز باشد.

۱۰-۲-۸- باتری

battery

مجموعه‌ای از سلول‌های الکتروشیمیایی مشابه که به نحوی متصل شده‌اند تا عملکرد واحدی داشته باشند.

۱۰-۲-۹- باتری قابل‌شارژ (سلول‌های الکتروشیمیایی)

secondary battery (of electrochemical cells)

سیستم مرکبی که در آن انرژی الکتریکی واکنش‌های شیمیایی ایجاد می‌کند یا بالعکس با انجام واکنش‌های شیمیایی، انرژی عمدتاً به‌صورت الکتریکی تحویل داده می‌شود.

[1] Double-Layer Capacitor
[2] "Super" or "Ultra" Capacitor
[3] Flywheel and Fuel-Cell Systems

یادآوری ۱- باتری قابل شارژ با دریچه خودتنظیم[1] شامل سلول‌هایی است که در شرایط عادی بسته بوده ولی دارای دریچه‌ای است که در صورت افزایش فشار داخلی از مقدار معین، اجازه خروج گاز را می‌دهد. به سلول‌های اسید-سربی با دریچه خودتنظیم، اختصاراً سلول‌های VRLA[2] گفته می‌شود.

یادآوری ۲- باتری قابل شارژ منفذدار[3] شامل سلول‌هایی با بدنه[4] مجهز به دریچه است که گازهای تولید شده حاصل از الکترولیز و تبخیر می‌تواند آزادانه از آن خارج شده یا از طریق سیستم تخلیه گاز بیرون رود.

۱۰-۲-۱۰- شارژر باتری

battery charger

وسیله‌ای که به منظور تبدیل توان (a.c.) به توان (d.c.) برای شارژ کردن باتری به کار می‌رود.

۱۰-۲-۱۱- کلید UPS

UPS switch

مجموعه کلیدهای قابل کنترل دستگاه UPS که بر اساس نیاز و به منظور تداوم تامین توان بار قابلیت اتصال درگاه‌های خروجی را به بار و یا بای‌پس آن‌ها را دارد.

یادآوری ۱- در بخش ۱۰-۶ کاربردهای کلید UPS شرح داده شده است.

یادآوری ۲- گروهی از ترمینال‌ها و پریزها نمونه‌ای از درگاه[5] است.

۱۰-۲-۱۲- کلید انتقال

transfer switch

کلیدی در دستگاه UPS که برای انتقال توان بار از یک منبع به منبع دیگر به کار می‌رود.

یادآوری- انتقال، جایگزین کردن مسیر توان تحویلی به بار، از یک منبع به منبع دیگر است.

۱۰-۲-۱۳- قطع کننده آنی

interrupter

کلیدی در دستگاه UPS است که قادر به وصل، عبور و قطع جریان در شرایط کار عادی مدار و همچنین وصل و عبور جریان برای مدت زمان مشخص و قطع جریان تحت شرایط معین غیرعادی مدار می‌باشد.

---

[1] Valve Regulated Secondary Battery
[2] VRLA: Valve Regulated Lead-Acid
[3] Vented Battery
[4] Cover
[5] Ports

۱۰-۲-۱۴- کلید جدا ساز

isolation switch

کلیدی در دستگاه UPS که دارای عملکرد مکانیکی بوده و فاصله ایزولاسیون[1] لازم را در وضعیت باز فراهم می‌کند و ممکن است قادر به وصل، حمل و قطع جریان بر طبق الزامات عملکردی UPS باشد.

۱۰-۲-۱۵- کلید رابط

tie switch

کلیدی در دستگاه UPS که می‌تواند دو یا چند شینه[2] را به هم‌دیگر وصل کند.

۱۰-۲-۱۶- کلید بای‌پس تعمیر و نگهداری UPS

maintenance bypass switch

کلیدی که برای ایزوله کردن UPS یا بخشی از آن از بار در نظر گرفته شده است تا پیوستگی توان بار در مدت زمان تعمیر و نگهداری از مسیر دیگر ادامه یابد.

۱۰-۲-۱۷- بای‌پس (کنارگذر)

bypass

مسیر جایگزین تامین توان بار از مبدل AC به منبع اصلی

۱۰-۲-۱۸- (مسیر) بای‌پس تعمیر و نگهداری

maintenance bypass (path)

مسیر توان جایگزین برای تامین پیوستگی توان بار در مدت زمان تعمیر و نگهداری

۱۰-۲-۱۹- بای‌پس استاتیک (بای‌پس الکترونیکی)

static bypass (electronic bypass)

مسیر برق (اصلی یا آماده به کار[3]) که جایگزین مبدل (a.c.) غیرمستقیم است و کنترل آن از طریق یک کلید الکترونیکی قدرت از قبیل ترانزیستورها، تریستورها، ترایاک‌ها، وسایل نیمه‌هادی یا سایر وسایل صورت می‌گیرد.

۱۰-۲-۲۰- واحد UPS

UPS unit

UPS کاملی است که دست‌کم یک واحد از هر یک از واحدهای عملکردی زیر داشته باشد:

- اینورتر UPS

[1] Isolating Distance
[2] Busbar
[3] Stand-By

- یکسوساز UPS
- باتری یا سایر منابع ذخیره انرژی

یادآوری- یک واحد UPS ممکن است به گونه‌ای با واحدهای دیگر UPS کار کند که یک UPS موازی یا جایگزین را ایجاد کند.

۱۰-۲-۲۱- UPS تکی

single UPS

UPS است که تنها از یک واحد UPS تشکیل شود.

۱۰-۲-۲۲- UPS موازی

parallel UPS

UPS که شامل دو یا چند واحد UPS است که به‌صورت موازی کار می‌کنند.

۱۰-۲-۲۳- سیستم جایگزین

redundant system

افزودن واحدها یا گروهی از واحدهای عملکردی به سیستم می‌باشد که بتواند پیوستگی تامین توان مورد نیاز بار را بهبود بخشد.

۱۰-۲-۲۴- UPS جایگزین آماده به کار

stand-by redundant UPS

UPS که در آن یک یا چند واحد UPS به‌صورت رزرو (پشتیبان)[1] نگه‌داشته می‌شود تا هنگامی که UPS اصلی در حال کار دچار نقص شد، از آن‌ها استفاده شود.

۱۰-۲-۲۵- UPS جایگزین موازی

parallel redundant UPS

UPS شامل تعدادی از واحدهای UPS موازی شده با هم که عمل تأمین توان را مشترکاً انجام می‌دهند و در صورت بروز نقص در یک یا چند واحد UPS، می‌تواند پیوستگی تامین توان بار کامل را فراهم کند.

۱۰-۲-۲۶- برق اصلی

primary power

منبع برق خارجی است که معمولا برق شهر یا سایر منابع معادل آن از قبیل برق تولید شده توسط خود کاربر می‌باشد.

[1] Reserve Until

۱۰-۲-۲۷- توان آماده به کار

stand-by power

منبع برق خارجی است که برای جایگزینی با برق اصلی در صورت اشکال در آن در نظر گرفته می‌شود.

۱۰-۲-۲۸- برگشت تغذیه

backfeed

وضعیتی که در آن ولتاژ یا انرژی موجود در UPS در حالت کار با انرژی ذخیره یا در زمانی‌که برق (a.c.) ورودی در دسترس نباشد، مستقیماً یا از طریق مسیر نشتی به هر یک از ترمینال‌های ورودی برمی‌گردد.

۱۰-۲-۲۹- بار غیر خطی

non-linear load

باری که در آن پارامتر Z (امپدانس بار) همیشه ثابت نبوده و به سایر پارامترها از قبیل ولتاژ یا زمان بستگی دارد.

۱۰-۲-۳۰- عملکرد UPS در حالت عادی

normal mode of UPS operation

عملکرد UPS در حالت پایدار که تحت شرایط زیر تغذیه شود:

الف) تغذیه ورودی (a.c.) در محدوده تلورانس مورد نیاز است و UPS را تغذیه می‌کند؛

ب) سیستم ذخیره انرژی، شارژ شده یا تحت شارژ مجدد است؛

پ) بار در محدوده تلورانس مجاز تعیین شده UPS است؛

ت) بای‌پس در دسترس است و در محدوده تلورانس‌های مشخص‌شده قرار دارد (در صورت کاربرد).

۱۰-۲-۳۱- عملکرد UPS در حالت کار با انرژی ذخیره شده (مانند باتری)

stored energy mode of UPS operation

عملکرد UPS در حالت پایدار که تحت شرایط زیر تغذیه شود:

الف) برق ورودی (a.c.) قطع شده است یا خارج از تلورانس مورد نیاز قرار دارد؛

ب) تمامی توان از سیستم ذخیره انرژی (مانند باتری) تأمین شود؛

پ) بار در محدوده تلورانس مجاز تعیین شده UPS قرار دارد.

۱۰-۲-۳۲- عملکرد UPS در حالت بای‌پس

bypass mode of UPS operation

حالت عملکرد UPS است که توان بار فقط از طریق بای‌پس تأمین می‌شود.

۱۰-۲-۳۳- تبدیل دومرحله‌ای UPS (موسوم به UPS دو تبدیله)

UPS double conversion

عملکردی از UPS است که در آن پیوستگی توان بار توسط اینورتر حفظ می‌شود به طوری که در حالت کار عادی انرژی از خط ارتباط (d.c.) یا در حالت کار با انرژی ذخیره شده از سیستم ذخیره انرژی تأمین می‌شود.

یادآوری- ولتاژ و فرکانس خروجی مستقل از شرایط ولتاژ و فرکانس ورودی است.

۱۰-۲-۳۴- تبدیل دومرحله‌ای UPS با بای‌پس

UPS double conversion with bypass

تبدیل دو مرحله‌ای UPS همراه با اضافه شدن مسیر بای‌پس جایگزین برای تأمین توان بار است.

۱۰-۲-۳۵- عملکرد UPS در حالت تعاملی خط

UPS line interactive operation

عملکردی از UPS است که در حالت کار عادی، بار از برق ورودی (a.c.) تنظیم شده[1] در فرکانس تغذیه ورودی و هنگام عملکرد در حالت کار با انرژی ذخیره شده، بار از خروجی اینورتر تغذیه می‌شود.

۱۰-۲-۳۶- کارکرد تعاملی خط UPS با بای‌پس

UPS line interactive operation with bypass

کارکرد تعاملی خط UPS همراه با اضافه شدن مسیر جایگزین بای‌پس برای تأمین توان بار است.

۱۰-۲-۳۷- عملکرد UPS در حالت آماده به کار غیر فعال

UPS passive stand-by operation

عملکردی از UPS است که در حالت کار عادی، بار از منبع برق اصلی تغذیه شده مگر اینکه برق اصلی خارج از محدوده تعیین شده باشد که در این حالت بار از طریق اینورتر UPS که در حالت کار با انرژی ذخیره شده است، تغذیه می‌شود.

یادآوری ۱- برق اصلی ممکن است با وسیله‌های دیگری برای مثال: تنظیم‌کننده‌های فرورزونانت یا ایستایی تنظیم شود.

یادآوری ۲- به بند ۱۰-۴-۴ مراجعه شود.

۱۰-۲-۳۸- (کنترل) دستی

manual (control)

کنترل یک عملکرد با دخالت انسان.

[1] Conditioned a.c. Input Power

۱۰-۲-۳۹- (کنترل) خودکار

automatic (control)

کنترل یک عملکرد بدون دخالت انسان، در پاسخ به بروز شرایط از قبل تعیین شده.

۱۰-۲-۴۰- ضریب قدرت (توان)

power factor

نسبت قدر مطلق توان حقیقی به توان ظاهری است.

$$\lambda = \frac{|P|}{S} \qquad (۱-۱۰)$$

یادآوری- در این فصل، ضریب قدرت بار با فرض اینکه ولتاژ تغذیه کاملاً سینوسی است، محاسبه می‌شود. هرگاه بار، غیرخطی باشد ضریب قدرت بار شامل مولفه‌های هارمونیکی توان است.

۱۰-۲-۴۱- توان ظاهری

apparent power

حاصل‌ضرب مقدار موثر ولتاژ و جریان در یک درگاه.

$$S=UI \qquad (۲-۱۰)$$

۱۰-۲-۴۲- اعوجاج هارمونیکی کل

total harmonic distortion (THD)

نسبت مقدار موثر محتوای هارمونیک‌های موجود یک کمیت متناوب به مقدار موثر مولفه اصلی کمیت.

۱۰-۲-۴۳- زمان بازیابی

recovery time

فاصله زمانی بین یک تغییر پله‌ای در یکی از کمیت‌های کنترلی یا کمیت‌های تأثیر گذار و لحظه‌ای که کمیت خروجی تثبیت شده به محدوده تلورانس حالت ماندگار برگشته و در آن باقی می‌ماند.

۱۰-۲-۴۴- مدت زمان دشارژ انرژی ذخیره شده

stored energy time

حداقل زمانی است که UPS پس از اشکال در برق اصلی، پیوستگی توان بار را تحت شرایط کاری مشخص تضمین می‌کند.

یادآوری- فرض بر این است که سیستم ذخیره انرژی طبق بند ۳-۳-۳۴ استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷ به حد کافی شارژ شده است.

۱۰-۲-۴۵- مدت زمان شارژ (ذخیره) مجدد انرژی

restored energy time

حداکثر زمان لازم برای شارژ دوباره سیستم ذخیره انرژی UPS در حالت کار عادی و گنجایش شارژ نصب شده به گونه‌ای که مدت زمان انرژی ذخیره دوباره به دست آید.

۱۰-۲-۴۶- نسبت نامتعادلی

unbalance ratio

نسبت تفاوت بین بالاترین و پایین‌ترین مقادیر موثر هارمونیک‌های اصلی در یک سیستم سه‌فاز متناوب به میانگین مقادیر موثر هارمونیک‌های اصلی جریان‌ها یا ولتاژهای بین سه‌فاز است.

یادآوری- نامتعادلی ممکن است با نسبت نامتعادلی (به صورتی‌که در این فصل بیان شده است) یا با ضریب نامتعادلی بیان شود. برای اطلاعات بیش‌تر به استاندارد IEC 60146-2 مراجعه شود.

۱۰-۲-۴۷- ظرفیت اسمی (آمپر-ساعت)

rated capacity

ظرفیت آمپر-ساعتی است که توسط سازنده برای سلول باتری اظهار می‌شود. این ظرفیت برای نرخ و زمان دشارژ معین در یک دمای الکترولیت مشخص و گرانش ویژه[1] تا رسیدن به ولتاژ نهایی دشارژ تعیین می‌شود.

۱۰-۲-۴۸- تداخل الکترومغناطیسی

electromagnetic interference

اختلال در عملکرد وسایل، تجیهزات یا سیستم‌های مختلف ناشی از اغتشاشات الکترومغناطیسی[2].

یادآوری- اغتشاش و تداخل به ترتیب علت و معلول هستند.

۱۰-۲-۴۹- شارژ

charge

فرآیند ذخیره انرژی در باتری یا تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی

۱۰-۲-۵۰- دشارژ (تخلیه انرژی)

discharge

فرایند تبدیل انرژی شیمیایی باتری به انرژی الکتریکی و در نتیجه کاهش ظرفیت باردهی باتری

[1] Specific Gravity
[2] Electromagnetic Disturbance

۱۰-۲-۵۱- شارژ نگهداری

trickle charge

شارژ اندک و مداومی که تقریباً برابر تلفات داخلی باتری است و آن را در وضعیت شارژ کامل نگه می‌دارد. شارژ نگهداری ممکن است برای جبران‌سازی مقادیر دشارژ جزیی ناشی از مصرف بارهای کوچک نیز به کار رود.

۱۰-۲-۵۲- شارژ شناور

float charge

اعمال ولتاژ ثابت به یک باتری قابل شارژ برای نگهداری آن در وضعیت شارژ کامل در زمان بی‌باری یا هنگام بهره‌برداری با بار سبک.

۱۰-۲-۵۳- شارژ یکسان‌کننده

equalizing charge

شارژ مداومی که به منظور ترمیم کامل مواد فعال تمامی صفحه‌ها در تمام سلول‌ها به باتری داده می‌شود.

۱۰-۲-۵۴- شارژ سریع

boost charge

شارژ جزیی کوتاه‌مدت با نرخ بالا.

۱۰-۲-۵۵- باتری ذخیره‌ای

storage battery

وسیله‌ای که به طور مکرر قابلیت ذخیره انرژی الکتریکی به‌صورت شیمیایی و سپس تبدیل مجدد آن به انرژی الکتریکی را دارد.

۱۰-۲-۵۶- سلول (سل) ذخیره‌ای

storage cell

واحد پایه در هر باتری ذخیره‌ای که شامل یک یا چند صفحه مثبت با اتصال الکتریکی به یکدیگر، یک یا چند صفحه منفی با اتصال الکتریکی به یکدیگر، جداکننده‌های لازم، الکترولیت و ظرف مناسب باشد. یک باتری ذخیره‌ای ممکن است از یک سلول واحد یا چند سلول با اتصال الکتریکی به یکدیگر تشکیل شود.

۱۰-۲-۵۷- مواد فعال

active material

مواد به کار رفته در صفحات باتری که در هنگام دشارژ با واکنش شیمیایی، انرژی الکتریکی تولید می‌کند. مواد فعال سلول‌های ذخیره‌ای در شرایط شارژ به‌وسیله جریان شارژکننده به فرایندهای اکسیداسیون یا احیاء به شکل ترکیب اصلی باز می‌شود.

۱۰-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی هستند که در متن این فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۴۲۸۰، باتری‌های سرب اسیدی برای مصارف عمومی (انواع مجهز به شیرهای خود تنظیم) قسمت ۱- الزامات کلی، ویژگی‌های کارکردی -روش‌های آزمون.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴۷۵۳، باتری و سلول‌های قابل شارژ دارای الکترولیت‌های قلیایی یا سایر الکترولیت‌های غیر اسیدی سلول‌های تکی نیکل -کادمیم قابل شارژ، چند وجهی، بدون منفذ.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۶۲۶۹، الزامات ایمنی برای باتری‌های ثانویه و تاسیسات باتری-قسمت اول: اطلاعات ایمنی عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۶۲۲۵، خطرات ممکن برای ایمنی و سلامتی، هنگام استفاده از باتری‌ها و سلول‌های ثانویه آلکالاین، راهنمای سازندگان و مصرف کننده‌های تجهیزات.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴۸۶۸، باتری‌های اسید سربی ساکن، مقررات عمومی و روش‌های آزمون، قسمت اول: انواع منفذدار.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱-۴۸۶۸، باتری‌های اسید سربی ساکن -قسمت ۱۱-انواع منفذدار-الزامات عمومی و روش‌های آزمون.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱-۴۸۶۸، باتری‌های سرب اسیدی ساکن قسمت -۲۱-انواع دارای دریچه خود تنظیم -روش‌های آزمون.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۲-۴۸۶۸، باتری‌های سرب اسیدی ساکن قسمت -۲۲-انواع دارای دریچه خود تنظیم -الزامات.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱-۷۰۲۷، سیستم‌های قدرت بدون وقفه (UPS)-قسمت ۱-۱: مقررات عمومی و ایمنی برای UPSهایی که در فضای دسترسی کاربر استفاده می‌شوند.

- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱-۷۰۲۷، سیستم‌های قدرت بدون وقفه (UPS)-قسمت ۲-۱: مقررات عمومی و ایمنی برای UPSهایی که در فضای دسترسی محدود شده استفاده می‌شوند.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۷۰۲۷، سیستم‌های قدرت بدون وقفه (UPS) - قسمت ۲: الزامات سازگاری الکترومغناطیسی (EMC).
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷، سیستم‌های قدرت بدون وقفه (UPS) - قسمت ۳: روش تعیین کارایی و الزامات آزمون.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴-۷۰۲۷، سیستم‌های قدرت بدون وقفه (UPS) - قسمت ۴: جنبه‌های زیست محیطی – الزامات و گزارش‌دهی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۵-۷۰۲۷، سیستم‌های قدرت بدون وقفه (UPS) - قسمت ۵-۳: UPS با خروجی DC – الزامات عملکرد و آزمون.
- IEC 60051 (all parts), Direct acting analogue electrical measuring instruments and their accessories.
- IEC 60068 (all parts), Environmental testing.
- IEC 61140: 2016, Protection against electric shock – common aspects for installation and equipment.
- IEC 60146-1-1: 2009, Semiconductor convertors, general requirements and line commutated convertors – Part 1-1: Specifications of basic requirements.
- IEC 60146-2: 1999, Semiconductor convertors, Part 2: Self – commutated semiconductor convertors including direct d. c. convertors.
- IEC 60255 (all parts), Measuring relays and protection equipment.
- IEC 60269 (all parts), Low-voltage fuses.
- IEC 60364-5-54: 2011, Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors.
- IEC 60445: 2017, Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification - Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors.
- IEC 60529: 1989+AMD1: 1999+AMD2: 2013, Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).
- IEC 60622: 2002, Secondary cells and batteries containing alkaline or other non – acid electrolytes – sealed nickel – cadmium prismatic rechargeable single cells.
- IEC 60623: 2017, Secondary cells and batteries containing alkaline or other non – acid electrolytes – vented nickel – cadmium prismatic rechargeable single cells.
- IEC 60896-11: 2002, Stationary lead-acid batteries - Part 11: Vented types - General requirements and methods of tests.
- IEC 60896-21: 2004, Stationary lead – acid batteries – Part 21: Valve regulated types – Methods of test.
- IEC 60896-22: 2004, Stationary lead – acid batteries – Part 22: Valve regulated types – Requirements.

- IEC 60947-3: 2020, Low voltage switchgear and controlgear, Part 3: Switches, disconnectors, switch disconnectors and fuse – combination units.
- IEC 60993: 1989, Electrolyte for vented nikel – cadmium cells.
- IEC 62040-1: 2017, Uninterruptible power systems (UPS) - Part 1: Safety requirements.
- IEC 62040-2: 2016, Uninterruplible power systems – Part 2: Electromagnetic compatibility EMC requirements.
- IEC 62040-3: 2011, Uninterruptible power systems (UPS) – Part 3: Method of specifying the performance and test requirements.
- IEC 62040-4: 2013, Uninterruptible power systems (UPS) - Part 4: Environmental aspects - Requirements and reporting.
- IEC 62040-5-3: 2016, Uninterruptible power systems (UPS) - Part 5-3: DC output UPS - Performance and test requirements.
- IEC TR 61438: 1996, Possible safety and health hazards in the use of alkaline secondary cells and batteries – Guide to equipment manufacturers and users.
- NEMA PE 1: 2012 (R2017), Uninterruptible power system (UPS) – specification and performance verification.
- NEMA PE 5: 1996 (R2003), Utility type battery chargers.
- NEMA PE 7: 2018, Communications type battery chargers.
- BS 6290-2: 1999, Lead – acid stationary cells and batteries – Part 2: Specification for the high – performance plante positive type (E).
- BS 6290-3: 1999, Lead– acid stationary cells and batteries – Part 3: Specification for the flat positive plate type (E).
- IEEE Std 484: 2019, IEEE Recommended Practice for Installation Design and Installation of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications.
- IEEE Std 1578: 2018, IEEE Recommended Practice for Stationary Battery Electrolyte Spill Containment and Management.
- IEEE Std 450: 2010, IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications.
- IEEE Std 1188a: 2014, IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications - Amendment 1: Updated VRLA Maintenance Considerations.
- IEEE Std 1184: 2006(R2011), IEEE Guide for Batteries for Uninterruptible Power Supply Systems.
- IEEE Std 1115: 2014, IEEE Recommended Practice for Sizing Nickel-Cadmium Batteries for Stationary Applications.
- IEEE Std 485: 2020, IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stationary Applications.
- IEEE Std 1187: 2013, IEEE Recommended Practice for Installation Design and Installation of Valve-Regulated Lead-Acid Batteries for Stationary Applications.
- IEEE Std 1106: 2015, IEEE Recommended Practice for Installation, Maintenance, Testing, and Replacement of Vented Nickel-Cadmium Batteries for Stationary Applications.

۱۰-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در سیستم برق بدون وقفه و باتری‌های ذخیره انرژی ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه‌نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

در صورتی‌که در خصوص بخشی یا کل آزمون‌های مورد نیاز برای یک قطعه، وسیله یا تجهیز، استاندارد ملی ایران و شیوه‌نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، هر دو موجود نباشند، انجام آزمون مطابق استانداردهای بین‌المللی نظیر IEC و ISO در یک آزمایشگاه معتبر و صاحب صلاحیت[1] و اخذ گواهی آزمون ضروری است.

فهرستی از قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در سیستم برق بدون وقفه و باتری‌های ذخیره انرژی و استانداردهای ساخت و آزمون مربوطه در جدول (۱۰-۶) آمده است.

جدول۱۰-۱- استاندارد ساخت و آزمون

ردیف	شرح تجهیز	استاندارد ساخت و آزمون مربوطه
۱	باتری‌های اسید-سربی ساکن	INSO 4868 INSO 4280 IEC 60896
۲	باتری‌های نیکل ـ کادمیوم	INSO 4753 IEC 60622 IEC 60623
۳	سیستم برق بدون وقفه (UPS)	INSO 7027

۱۰-۴- پیکره‌بندی‌های سیستم برق بدون وقفه (UPS)

۱۰-۴-۱- کلیات

سیستم برق بدون وقفه (UPS) آن گونه که در این فصل شرح داده شده، سیستمی می‌باشد که بر مبنای تجهیزات الکترونیک قدرت عمل می‌کند. کارکرد اصلی UPS، تأمین پیوستگی و کیفیت مشخصی از برق برای تجهیزات استفاده‌کننده به هنگام بروز اشکال کلی یا جزئی در منبع اصلی برق که معمولا شبکه برق محلی است، می‌باشد. هنگامی که توان تولیدشده توسط شبکه برق در دسترس نباشد یا قابل قبول نباشد، این کار با تبدیل توان از برق و/یا گونه‌ای از شکل‌های انرژی ذخیره برای تأمین توان مورد نیاز تجهیزات استفاده‌کننده در دوره زمانی معین انجام می‌شود.

[1] صلاحیت آزمایشگاه توسط یکی از مراجع ذیصلاح ملی (شامل سازمان ملی استاندارد ایران یا مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) تعیین می‌شود.

تجهیزات استفاده کننده که بیش‌تر به آن‌ها بار حساس گفته می‌شود، ممکن است شامل یک یا چند تجهیز باشد که در یک اتاق یا ساختمان قرار دارند و تجهیزاتی هستند که استفاده کننده تشخیص‌داده که آن‌ها به برقی که دارای پیوستگی و کیفیت بهتری نسبت به برقی که به طور عادی در دسترس است، نیاز دارند. بار حساس معمولا شکلی از تجهیزات پردازش داده می‌باشد، اگرچه ممکن است شامل تجهیزات دیگری مانند وسایل روشنایی، وسایل اندازه‌گیری، پمپ‌ها یا تجهیزات مخابراتی نیز باشد. منبع انرژی ذخیره مورد نیاز برای تغذیه برق این بارها که غالباً به‌صورت باتری است، می‌تواند برای مدت زمان مشخصی از چند لحظه تا چند ساعت برق تجهیزات را تأمین کند. این فاصله زمانی، مدت زمان انرژی ذخیره یا زمان انرژی پشتیبانی[1] گفته می‌شود.

UPSهای گوناگون برای برآورده‌کردن نیازهای کاربران در مورد پیوستگی و کیفیت برق برای بارهای کوچک‌تر از چند صد وات تا چندین مگاوات ساخته می‌شوند.

متن زیر محدوده‌ای از پیکره‌بندی‌های مختلف UPS را از یک واحد تکی[2] گرفته تا سیستم‌های پیچیده‌تر، برای افزایش شاخص دسترس‌پذیری برق تغذیه کننده بار ارایه می‌دهد.

پیکره‌بندی‌های متفاوت UPS برای به دست آوردن درجه‌های شاخص دسترس‌پذیری برق تغذیه کننده بار و/یا افزایش توان اسمی خروجی به کار می‌رود.

این بخش مشخصه‌های پیکره‌بندی‌های متداول مورد استفاده را شرح می‌دهد.

۱۰-۴-۲- UPS تک خروجی[3]

۱۰-۴-۲-۱- کلیات

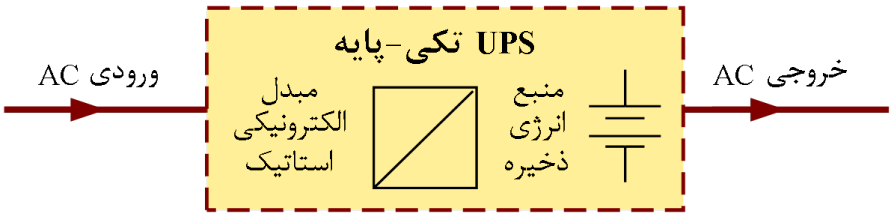
UPS تکی شامل یک منبع ذخیره انرژی و یک یا چند مبدل توان ایستا همچون یکسوساز/شارژر باتری و اینورتر است و دارای کارایی اظهارشده سازنده است (به بند ۵-۳-۴ در استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷ مراجعه شود). UPS تکی دارای شاخص دسترس‌پذیری مناسب برای تجهیزاتی است که نیازمند"تراز اطمینان به درستی ۱"هستند (IRL 1 به پیوست"ذ" استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷ مراجعه شود).

۱۰-۴-۲-۲- UPS تکی پایه[4]

یک UPS تکی پایه، یک واحد UPS است که هیچ مسیر جایگزینی برای اطمینان از پیوستگی تامین توان بار ندارد. به شکل (۱۰-۱) مراجعه شود.

---

[1] Back Up
[2] Single Unit
[3] Single Output Bus UPS
[4] Basic Single UPS



شکل۱۰-۱- UPS تکی - پایه

هنگام بروز اشکال در برق (a.c.) ورودی، منبع ذخیره انرژی (برای مثال باتری) توان خروجی را در حالی که ولتاژ (d.c.) در حال پایین آمدن می‌باشد تامین می‌کند و این کار تا زمانی ادامه می‌یابد که این ولتاژ به قدری پایین نیامده باشد که دیگر نتوان ولتاژ خروجی را در محدوده مورد نظر نگه داشت. مدت زمانی‌که دستگاه می‌تواند بدون ورودی (a.c.) کار کند توسط نوع و ظرفیت باتری تعیین می‌شود.

یادآوری ۱- توپولوژی‌های UPS دو تبدیله، تعاملی خط و آماده به کار که در بخش ۱۰-۵ شرح داده شده‌اند، مثال‌هایی از UPS تکی پایه هستند.

یادآوری ۲- در برخی از کاربردهای UPS پذیرفته شده است که افزون بر خروجی (a.c.) یک منبع برق (d.c.) بدون وقفه نیز مورد نیاز است. بر پایه توافق بین سازندهUPS و خریدار، توان (d.c.) می‌تواند از خط ارتباط (d.c.) گرفته شود. چنین الزامات مربوط به (d.c.) در دامنه کاربرد این نشریه قرار نمی‌گیرد.

۱۰-۴-۲-۳- UPS تکی با بای‌پس

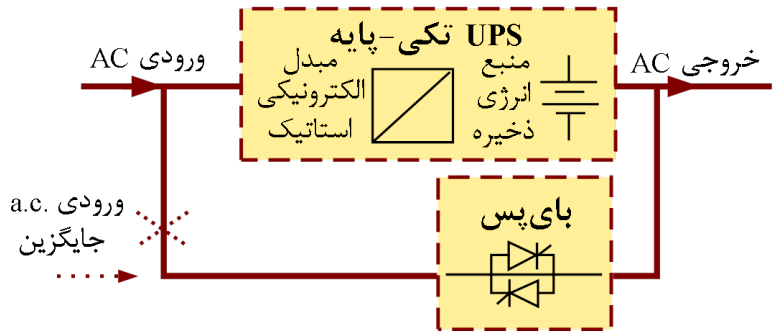
UPS تکی با بای‌پس، UPS تکی پایه‌ای است که مسیری جایگزین (بای‌پس) به آن افزوده شده است تا از پیوستگی تامین توان بار در شرایط زیر اطمینان به دست آید (به شکل (۱۰-۲) مراجعه شود):

الف) خرابی UPS تکی پایه

ب) وقوع پدیده‌های گذرا در جریان بار (نظیر جریان‌های اضافه‌بار، هجومی یا خطا) بیش از جریانی که برای UPS تکی پایه‌ای مجاز است ولی از جریان مجاز مسیر بای‌پس بیش‌تر نیست.

چنانچه منبع (a.c.) ورودی با الزامات موجود برای (a.c.) خروجی، سازگار باشد، افزودن بای‌پس دسترس‌پذیری برق را افزایش می‌دهد.

پیاده‌سازی فیزیکی بای‌پس می‌تواند با نیمه‌هادی (مانند: تریستور، ترایاک، ترانزیستور) و/یا وسایل الکترومکانیکی (مانند: رله، اتصال‌دهنده) انجام شود به شرط آن که کنترل و فعال‌سازی بای‌پس با الزامات مشخص‌شده برای UPS سازگار باشد (به بند ۵ استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷ مراجعه شود).



یادآوری ۱- فرکانس ورودی و خروجی به طور معمول یکسان هستند و اگر ولتاژ ورودی و خروجی متفاوت باشد، ترانسفورماتور بای‌پس به کار گرفته می‌شود. برای برخی از بارها، خروجی UPS و ورودی (a.c.) هم‌زمان می‌شوند تا پیوستگی توان بار فراهم شود.

یادآوری ۲- از قطع‌کننده آنی UPS برای وصل یا قطع UPS تکی پایه به/از (a.c.) خروجی استفاده می‌شود.

یادآوری ۳- می‌توان از طرح ورودی (a.c.) مجزا با رعایت الزامات سازگاری احتمالی بیان شده از سوی سازنده استفاده نمود.

یادآوری ۴- برای تعمیر و نگهداری، یک کلید بای‌پس نگهداری کلی می‌تواند افزوده شود.

یادآوری ۵- استفاده از مسیر بای‌پس امکان تاثیر اغتشاشات ورودی (a.c.) را بر روی بار پدید می‌آورد.

شکل۱۰-۲- UPS تکی با بای‌پس

۱۰-۴-۳- UPS موازی

UPS موازی شامل دو یا چند UPS تکی است که خروجی‌های (a.c.) آن‌ها در شرایط عادی به یک خط خروجی مشترک (a.c.) وصل شده است.

یادآوری ۱- به هنگام کاربرد UPS موازی می‌توان از قطع کننده‌های آنی برای وصل یا قطع UPS از خط خروجی مشترک (a.c.) استفاده نمود (به بخش ۱۰-۶ مراجعه شود).

تعداد کل UPSهای تکی در UPS موازی برابر است با "n+r" که در آن:

n تعداد UPSهای تکی مورد نیاز برای تأمین بار؛

r تعداد UPSهای جایگزین[1] است.

UPS موازی جایگزین، شامل دست کم یک UPS جایگزین "n+۱" است و دسترس‌پذیری بیش‌تری نسبت به UPS تکی مشابه دارد، زیرا هر UPS در صورت بروز نقص و یا انجام برنامه نگهداری می‌تواند بدون اثرگذاری بر روی پیوستگی توان تحویلی به بار از مجموعه جدا شود.

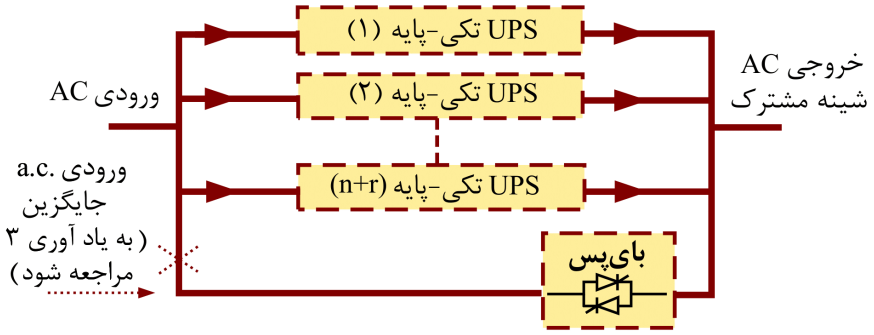
UPS موازی شارژ سریع هیچ UPS جایگزینی ندارد "n +۰" و دسترس‌پذیری کم‌تری نسبت به UPS تکی مشابه دارد، زیرا خرابی هر UPS می‌تواند بر روی پیوستگی توان تحویلی به بار تأثیرگذار باشد.

[1] Redundant

۱۰-۴-۳-۱- UPS موازی با بای‌پس مشترک

این پیکره‌بندی در برگیرنده UPS تکی پایه موازی شده و یک بای‌پس مشترک کلی تعبیه شده است. به شکل (۱۰-۳) مراجعه شود.

یادآوری- یادآوری‌های ۱ تا ۵ شکل (۱۰-۲) در اینجا نیز کاربرد دارد.

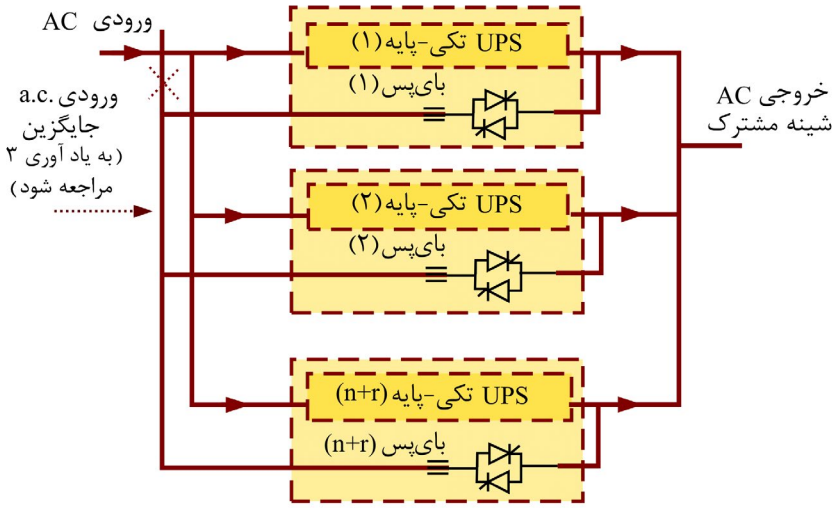


شکل۱۰-۳- UPS موازی با بای‌پس مشترک

۱۰-۴-۳-۲- UPS موازی با بای‌پس توزیع شده

این پیکره‌بندی شامل UPSهای موازی‌شده با طراحی بای‌پس است تا اطمینان حاصل شود هنگامی که UPS در حالت بای‌پس کار می‌کند، جریان اسمی بار از مسیر بای‌پس توزیع‌شده می‌گذرد بدون اینکه در هیچ یک از آن‌ها اضافه بار روی دهد. به شکل (۱۰-۴) مراجعه شود.

یادآوری- یادآوری‌های ۱ تا ۵ شکل (۱۰-۲) در اینجا نیز کاربرد دارد.

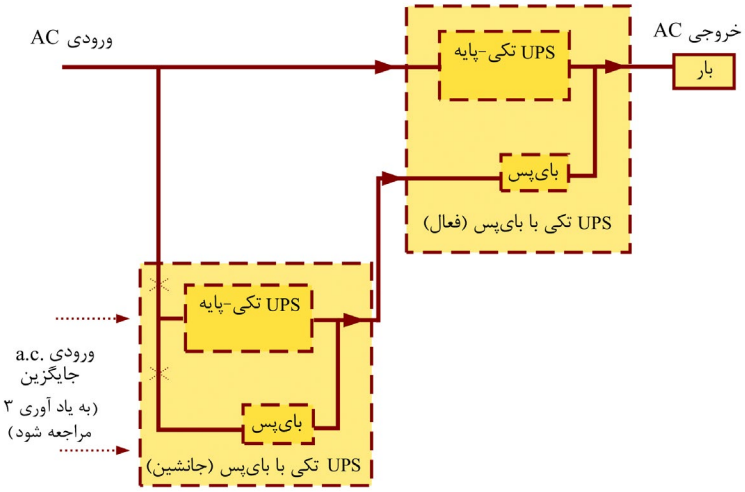


شکل۱۰-۴- UPS موازی با بای‌پس توزیع‌شده

۱۰-۴-۳-۳- UPS جایگزین آماده به کار

پیکره‌بندی UPS جایگزین آماده به کار شامل دست کم دو UPS تکی با بای‌پس است. ورودی بای‌پس UPS فعال[1] (که توان بار حساس را تامین می‌کند) از طریق خروجی (a.c.) یک UPS جانشین[2] تغذیه می‌شود. معمولا UPS تکی پایه‌ای فعال، تغذیه توان بار را به عهده دارد و در صورت بروز خرابی، بار را به UPS جانشین انتقال می‌دهد. به شکل (۱۰-۵) مراجعه شود.

یادآوری- یادآوری‌های ۱ تا ۵ شکل (۱۰-۲) در اینجا نیز کاربرد دارد.



شکل۱۰-۵- UPS جایگزین آماده به کار

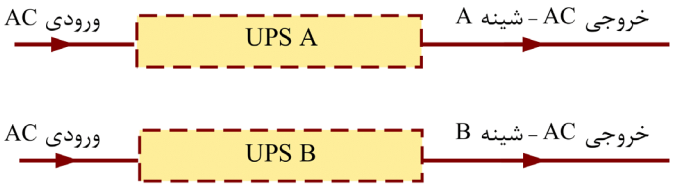
گونه‌ای از پیکره‌بندی UPS جایگزین آماده به کار شامل دو یا چند UPS فعال است که به یک UPS جانشین وصل است.

۱۰-۴-۴- UPS دو خروجی[3]

۱۰-۴-۴-۱- UPS دو خروجی پایه

یک UPS دو خروجی پایه، شامل دو UPS است که هر کدام دارای یکی از پیکره‌بندی‌های معرفی شده در بخش ۱۰-۴ می‌باشد و خروجی (a.c.) آن‌ها به مسیرهای جداگانه وصل شده است. به شکل (۱۰-۶) مراجعه شود.

یادآوری- یادآوری‌های ۱ تا ۵ شکل (۱۰-۲) در اینجا نیز کاربرد دارد.



شکل۱۰-۶- UPS دو خروجی

[1] Working
[2] Idling
[3] Dual Bus UPS

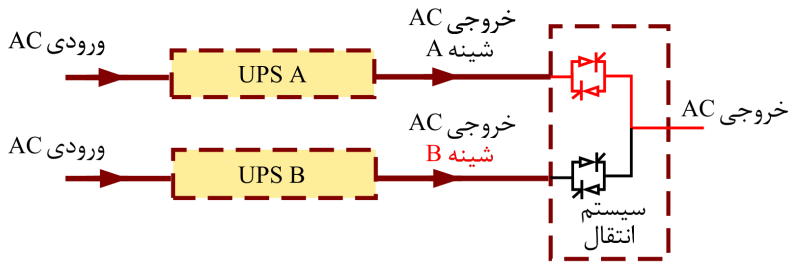
- هدف اصلی از پیکره‌بندی دو خروجی، تغذیه بارهایی است که امکان پذیرش ورودی دوگانه را دارد.
- یک UPS با پیکره‌بندی دو خروجی پایه به طور معمول دارای طراحی جایگزینی است به گونه‌ای که هر یک از دو مسیر بتوانند کل بار را تغذیه نمایند ("۲n"). دسترس‌پذیری UPS دو خروجی جایگزین از دسترس‌پذیری پیکره‌بندیUPS موازی جایگزین با همان تعداد UPS مشابه بیش‌تر است.
- دسترس‌پذیری بالاتر به دلیل آن است که علاوه بر وجود جایگزین برای تغذیه‌کننده بروز اشکال در یک خروجی، برای خروجی دیگر مشکلی پدید نمی‌آورد.

یادآوری- پیکره‌بندی دو خروجی نیازمند سیم‌کشی دوگانه برای تغذیه است.

۱۰-۴-۴-۲- UPS دو خروجی جایگزین-آماده به کار

پیکره‌بندی دو خروجی جایگزین آماده به کار، پیکره‌بندی دو مسیره‌ای است که برای تغذیه بارهای تک ورودی به کار گرفته شده‌است و آن را می‌توان با استفاده از سیستم انتقال توان که تأثیر اشکال در یک ورودی را در خروجی از بین می‌برد، ساخت. سیستم انتقال، اطمینان می‌دهدکه توان تنها از یکی از دو مسیر به بار تحویل داده می‌شود و در حالت اشکال در تغذیه، بار به مسیر آماده کار جانشین، انتقال می‌یابد. به شکل (۱۰-۷) مراجعه شود. برای سیستم انتقال به بند ۵-۵ استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷ مراجعه شود.

یادآوری- برخی از بارها نیاز دارند که UPSهای A و B برای حفظ پیوستگی تغذیه بار در لحظه انتقال توان با هم سنکرون بشوند.



شکل۱۰-۷- UPS دو خروجی جایگزین آماده به کار

۱۰-۵- توپولوژی‌ها - سیستم برق بدون وقفه

۱۰-۵-۱- کلیات

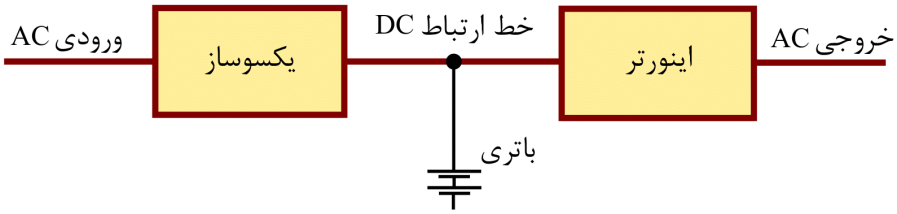
این بخش توپولوژی‌های معمول مورد استفاده UPS و حالت کار هر یک از آن‌ها را به‌صورت نمودار بلوکی[1] شرح می‌دهد. منبع ذخیره انرژی به طور معمول باتری است و در این بخش با نماد باتری نمایش داده شده است. اما استفاده از دیگر منابع ذخیره انرژی نیز امکان‌پذیر است. به بند ۵-۴-۱ استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷ مراجعه شود.

[1] Block Diagram

استفاده از سایر اجزا و مدارها مانند فیلتر (گذرا و EMC[1]) و ترانسفورماتور ایزوله ممکن است با در نظرگرفتن توپولوژی، الزامات بار و سیستم توزیع توان (a.c.) لازم باشد. این جزئیات برای سادگی حذف شده است. در این بخش مزایای فنی بررسی نمی‌شود و بهتر است خریدار با فروشنده، مناسب بودن هر یک از سیستم‌ها را برای تجهیزات بار مورد نظر بررسی نمایند.

۱۰-۵-۲- توپولوژی دو تبدیله

توپولوژی دو تبدیله شامل یک مبدل (a.c.) به (d.c.) (به طور معمول یکسوساز) و یک مبدل (d.c.) به (a.c.) (به طور معمول اینورتر) است. به شکل (۱۰-۸) مراجعه شود.



شکل۱۰-۸- توپولوژی دو تبدیله

- در حالت کار عادی، بار با ترکیب یکسوساز/اینورتر به طور پیوسته تغذیه می‌شود.
- خط ارتباط (d.c.) ممکن است به طور مستقیم یا از طریق یک مبدل (d.c.) به (d.c.)، یک کلید یا یک نیمه‌هادی به منبع ذخیره انرژی وصل شود. شارژ دوباره منبع ذخیره انرژی می‌تواند به‌وسیله یکسوساز یا وسایل دیگر مانند شارژر جداگانه فراهم شود.
- هرگاه تغذیه ورودی (a.c.) خارج از تلورانس‌های از پیش تنظیم شده UPS باشد، UPS بر روی تغذیه از طریق انرژی ذخیره (مثلاً باتری) قرار می‌گیرد که در این حالت ترکیب باتری/اینورتر پیوستگی تغذیه بار را به عهده می‌گیرند. این حالت تا زمان دشارژ انرژی ذخیره ادامه می‌یابد، مگر اینکه تغذیه ورودی (a.c.) به وضعیت نرمال تعریف شده برای UPS برگردد.

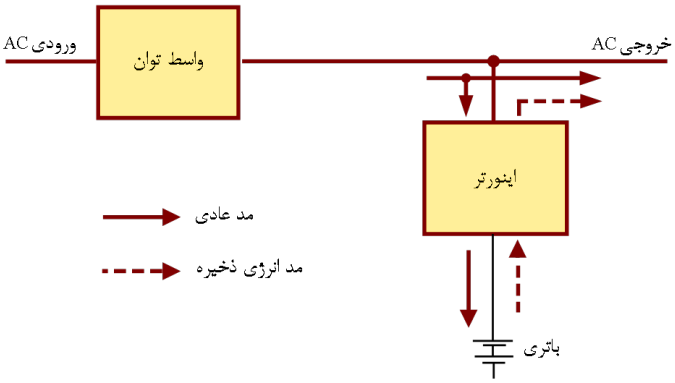
یادآوری ۱- توپولوژی دو تبدیله اغلب "on-line UPS" نامیده می‌شود. به این معنی که صرف‌نظر از شرایط منبع ورودی (a.c.)، بار همواره به‌وسیله اینورتر تغذیه می‌شود. عبارت "on-line" همچنین به مفهوم "on-the mains" است. از آنجایی که از عبارت "on-line" می‌تواند به معنای "وصل به برق" برداشت شود، برای پرهیز از سردرگمی توصیه شده است از به کاربردن عبارت "on-line" خودداری نمود و اصطلاح "دو تبدیله" را به کار برد.

[1] EMC: Electromagnetic Compatibility

یادآوری ۲- UPS دو تبدیله نمونه‌ای از UPS است که کارایی VFI[1] را فراهم می‌کند (به بند ۵-۳-۴ استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷ مراجعه شود).

۱۰-۵-۳- توپولوژی تعاملی خط

توپولوژی تعاملی خط دربرگیرنده مبدل دوطرفه (a.c.) به (d.c.) می‌باشد که به طور معمول یک اینورتر دوسویه و واسط توان (a.c.) است. به شکل (۱۰-۹) مراجعه شود.



شکل۱۰-۹- توپولوژی تعاملی خط

در حالت عادی، بار با توان بهبود یافته از طریق آرایش اتصال موازی ورودی (a.c.) و اینورتر UPS تغذیه می‌شود. اینورتر یا واسط توان، بهسازی ولتاژ خروجی و/یا شارژ باتری را انجام می‌دهد. فرکانس خروجی به فرکانس ورودی (a.c.) وابسته است.

هرگاه ولتاژ یا فرکانس تغذیه ورودی (a.c.) خارج از تلورانس‌های از پیش‌تنظیم‌شده UPS باشد، اینورتر و باتری، پیوستگی تغذیه بار را در حالت کار با انرژی ذخیره به عهده می‌گیرند و کلید برای جلوگیری از برگشت توان اینورتر به خط تغذیه، مدار تغذیه ورودی (a.c.) را قطع می‌کند.

UPS تا پایان زمان دشارژ انرژی ذخیره یا تا زمانی‌که تغذیه ورودی (a.c.) به وضعیت نرمال پارامترهای تعریف شده برای UPS برگردد (هر کدام که زودتر باشد)، در حالت کار با انرژی ذخیره باقی می‌ماند.

یادآوری ۱- ماهیت این طراحی مستلزم قراردادن امپدانسی میان ورودی (a.c.) و اینورتر است.

یادآوری ۲- طراحی اینورتر می‌تواند دوسویه باشد همان گونه که در بالا گفته شده است و واسط ورودی (a.c.) ممکن است شامل یک امپدانس غیرفعال باشد. در روش دیگر، اینورتر می‌تواند یک‌سویه باشد و واسط ورودی (a.c.) شامل یک بهساز توان باشد. در این حالت یک شارژر ذخیره انرژی جداگانه گذاشته می‌شود.

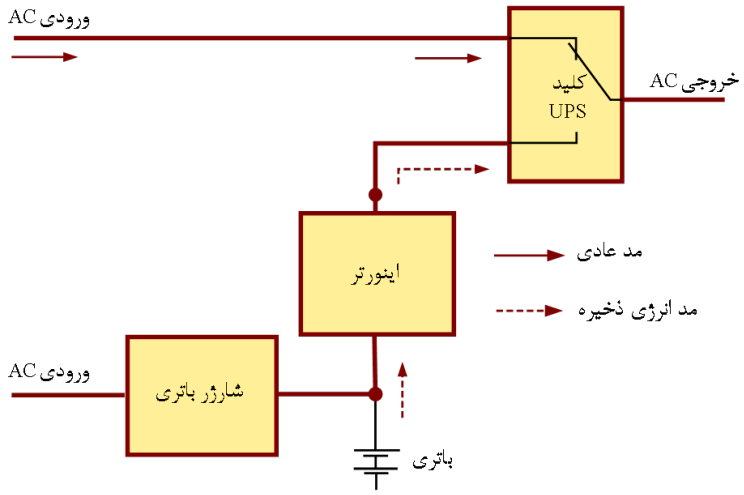
یادآوری ۳- UPS با توپولوژی تعاملی خط نمونه‌ای از UPS است که کارایی VI[1] را فراهم می‌کند.

---

[1] UPS های قرار گرفته در دسته‌بندی VFI عملکردی مستقل از تغییرات ولتاژ و فرکانس تغذیه‌شان داشته و باید از بار خود در برابر اثرات مخرب ناشی از این تغییرات بدون اینکه منبع ذخیره انرژی تخلیه شود حفاظت نمایند (برای توضیحات بیش‌تر به بند 5.3.4 استاندارد IEC 62040-3 مراجعه کنید.).

۱۰-۵-۴- توپولوژی آماده به کار

توپولوژی آماده به کار دربرگیرنده شارژر باتری و یک مبدل (d.c.) به (a.c.) (به طور معمول یک اینورتر یک‌سویه است) و یک کلید UPS می‌باشد. به شکل (۱۰-۱۰) مراجعه شود.



شکل۱۰-۱۰- توپولوژی آماده به کار

- در حالت کار عادی، بار توسط کلید UPS از برق (a.c.) ورودی تغذیه می‌شود. هرگاه تغذیه ورودی (a.c.) خارج از تلورانس‌های از پیش تنظیم‌شده UPS باشد، واحد UPS با فعال نمودن اینورتر، به حالت کار با انرژی ذخیره در می‌آید و بار به طور مستقیم یا از راه کلید UPS به اینورتر وصل می‌شود.
- ترکیب باتری/اینورتر پیوستگی تغذیه بار را به عهده می‌گیرند. این حالت تا پایان دشارژ انرژی ذخیره یا تا زمانی‌که تغذیه ورودی (a.c.) به تلورانس‌های از پیش‌تعیین‌شده UPS برگردد و بار را تغذیه کند (هر کدام که زودتر باشد) ادامه می‌یابد.
- در کارکرد آماده به کار فعال، اینورتر همیشه به‌صورت بی‌بار روشن است.
- در کارکرد آماده به کار غیرفعال اینورتر خاموش است ولی در اثر خرابی برق به کار می‌افتد.

یادآوری ۱- توپولوژی آماده به کار غالباً "off-line UPS" نامیده می‌شود، به این مفهوم که توان بهبود شرایط یافته به طریق الکترونیکی تنها در مواقعی که تغذیه ورودی (a.c.) خارج از تلورانس باشد، بار را تغذیه می‌کند. از آنجایی که عبارت "off-line"می‌تواند به معنای "قطع از برق" برداشت شود و این در حالی است که در حالت کار عادی بار از برق شهر تغذیه می‌کند، برای پرهیز از سردرگمی در تعریف بهتر است از اصطلاح "off-line" خودداری نمود و اصطلاح "آماده به کار غیرفعال" را به کار برد.

---

[1] UPS های قرار گرفته در دسته‌بندی VI باید بار را علاوه بر رعایت خواسته‌های VFD، در شرایط اعمال پیوسته کاهش ولتاژ و اضافه‌ولتاژ به ورودی نیز محافظت کند (برای توضیحات بیش‌تر به بند 5.3.4 استاندارد IEC 62040-3 مراجعه کنید.).

یادآوری ۲- کلید انتقال بار UPS بسته به نیازهای بار می‌تواند الکترومکانیکی یا الکترونیکی باشد (به بند ۱۰-۶-۲ مراجعه شود).

یادآوری ۳- یک UPS آماده به کار نمونه‌ای از UPS است که کارایی VFD[1] را فراهم می‌کند (به بند ۵-۳-۴ استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷ مراجعه شود).

یادآوری ۴- افزودن وسایل دیگری همچون ترانسفورماتورهای فرورزونانس یا تپ‌چنجر خودکار[2] برای بهبود شرایط توان در داخل دستگاه، UPS آماده به کار غیرفعال را به UPS تعاملی خط تبدیل می‌کند.

۱۰-۶- کاربردهای کلید UPS

۱۰-۶-۱- کلیات

این بخش مشخصه‌های کلی و کاربردهای کلیدهای UPS را که بخشی از UPS هستند، شرح می‌دهد. کلیدهای UPS که در بند ۳-۱ استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷ تعریف شده‌اند، شامل قطع‌کننده‌های آنی، کلیدهای بای‌پس، کلیدهای جداسازی، کلیدهای انتقال بار و کلیدهای رابط[3] می‌باشد. این کلیدها با سایر واحدهای کارکردی UPS، عملکرد هماهنگ دارند تا در شرایط از پیش تعیین‌شده شامل شرایط خرابی و سرویس و نگهداری، پیوستگی تغذیه بار را تأمین نمایند. دیگر کلیدها یا قطع کننده‌ها که در تابلوهای توزیع برق معمول به کار می‌روند، همچون کلید ورودی یکسوساز، کلیدهای قطع کننده باتری یا دیگر کلیدها یا قطع کننده‌های همه منظوره در این پیوست بررسی نمی‌شوند.

یادآوری ۱- سیستم‌های انتقالی ایستای مستقل (STS)[4] که بخشی از UPS نیست، در دامنه کاربرد این فصل قرار نمی‌گیرند. الزامات آزمون و کارایی STS در استاندارد IEC 62310-3 آمده است.

یادآوری ۲- در این بخش کلیدهای UPS در شکل‌ها به‌صورت واحدهای جدا از UPS نشان داده شده‌اند. در عمل کلید UPS ممکن است داخل UPS باشد.

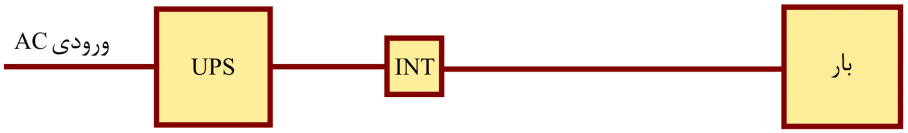
۱۰-۶-۲- قطع کننده‌های آنی[5]

قطع کننده آنی (INT) خروجی UPS را به شینه بار وصل و یا از آن قطع می‌کند (به شکل (۱۰-۱۱) مراجعه شود).

---

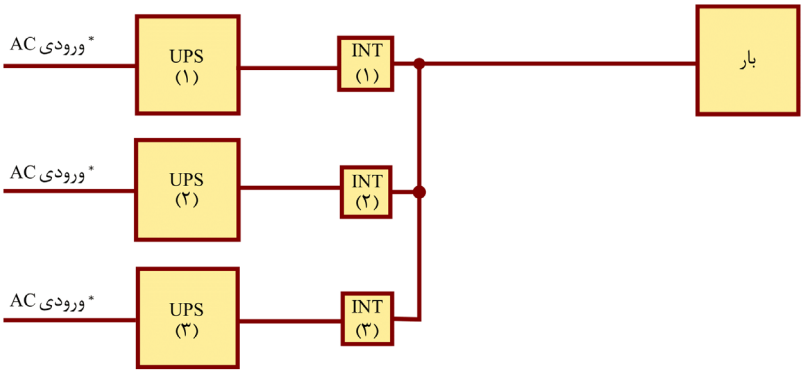
[1] UPS قرار گرفته در دسته‌بندی VFD باید از بار در برابر قطع برق (power outage) محافظت کند (برای توضیحات بیش‌تر به بند 5.3.4 استاندارد IEC 62040-3 مراجعه کنید).

[2] Automatic Tap-Changer
[3] Tie Switch
[4] Stand-Alone Static
[5] Interrupters



شکل۱۰-۱۱- قطع کننده آنی UPS

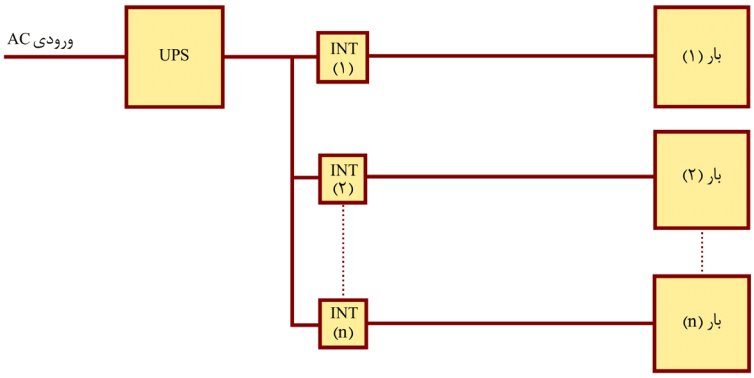
برای قطع و وصل واحدهای UPS به شینه مشترک در کاربردهای UPS موازی می‌توان از قطع کننده‌های آنی UPS استفاده کرد (به شکل (۱۰-۱۲) مراجعه شود). قطع‌کننده‌های آنی، این امکان را فراهم می‌کند که UPSهای در حال کار همچنان به بار متصل بمانند و UPSهای از کار افتاده بی‌درنگ از بار جدا شود بدون اینکه در کیفیت تغذیه بار اختلالی پدید آید.



ورودی‌های (a.c.) می‌توانند به هم وصل شده باشد.

شکل۱۰-۱۲- قطع کننده‌های آنی UPS در کاربرد UPS موازی

قطع کننده‌های آنی UPS ممکن است برای وصل شاخه(های) بار به شینه مشترک و یا قطع از آن به کار رود. به شکل (۱۰-۱۳) مراجعه شود.



شکل۱۰-۱۳- قطع کننده‌های آنی UPS در کاربرد بار چندتکه

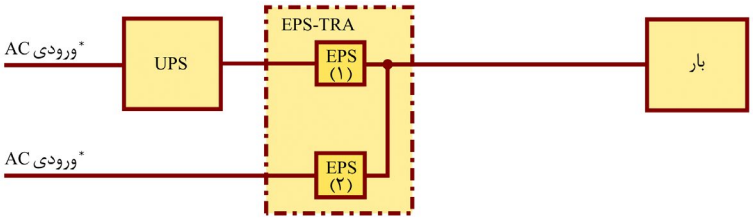
یادآوری ۱- قطع کننده آنی می‌تواند از کلیدهای زیر ساخته شود:

- کلید قدرت الکترونیکی که باز و بسته شدن خیلی سریع را فراهم می‌کند؛
- کلید قدرت مکانیکی که جداسازی با فاصله هوایی را به هنگام باز بودن و تحمل اضافه بار بالا را به هنگام بسته بودن فراهم می‌کند؛
- کلید قدرت ترکیبی که بسته شدن خیلی سریع و تحمل اضافه بار بالا را به هنگام بسته بودن فراهم می‌کند.

یادآوری ۲- در برخی طراحی‌های UPS، ادوات کلیدزنی الکترونیکی (شیرها[1]) که برای تبدیل توان (d.c.) به (a.c.) به کار گرفته شده‌است. کار قطع کننده آنی را نیز انجام می‌دهد.

۱۰-۶-۳- کلیدهای انتقال، کلیدهای انتقال بای‌پس

کلید انتقال (TRA[2]) بار را به خروجی UPS یا منبع جایگزین همچون بای‌پس وصل می‌کند. کلید انتقال در حالت کلی دو کلید قدرت الکترونیکی (EPS[3]) را در بر می‌گیرد. به شکل (۱۰-۱۴) مراجعه شود.



ورودی‌های (a.c.) می‌توانند به هم وصل شوند.

شکل۱۰-۱۴- کلید انتقال بای‌پس

از کلید انتقال بای‌پس برای حفاظت بار در برابر اختلال یا قطع برق ناشی از جریان‌های هجومی یا اتصالی که می‌تواند سبب اضافه بار در UPS شود و یا در دسترس نبودن توان، در زمان خرابی یا سرویس و نگهداری UPS استفاده می‌شود.

یادآوری ۱- بسته به شرایط پیش از روی دادن انتقال، انتقال هم‌زمان[4] یا انتقال ناهم‌زمان[5] روی می‌دهد.

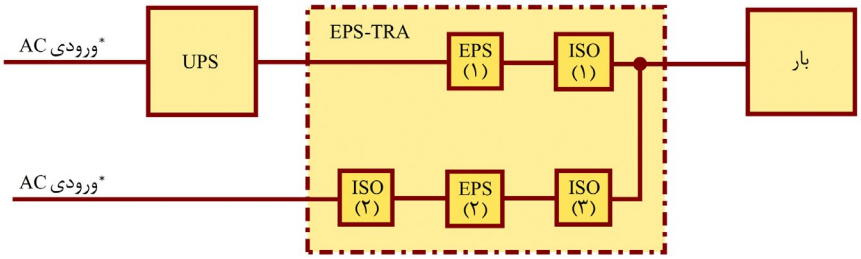
یادآوری ۲- کلیدهای انتقال می‌تواند از کلیدهای زیر ساخته شده باشند:

- کلید قدرت الکترونیکی که باز و بسته شدن خیلی سریع را فراهم می‌کند؛
- کلید قدرت مکانیکی که جداسازی با فاصله هوایی را به هنگام باز بودن و تحمل اضافه بار بالا را به هنگام بسته بودن فراهم می‌کند؛
- کلید قدرت ترکیبی که بسته شدن خیلی سریع و تحمل اضافه بار بالا را به هنگام بسته بودن فراهم می‌کند.

[1] Valves
[2] Transfer Switch
[3] Electronic Power Switch
[4] Synchronous
[5] Asynchronous

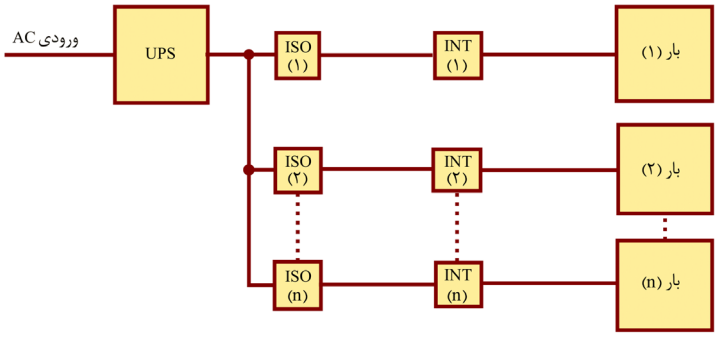
۱۰-۶-۴- کلیدهای جداسازی

کلیدهای جداسازی UPS، (ISO[1]) برای جداکردن کلیدهای الکترونیکی UPS از هر منبع برق به منظور سرویس و نگهداری به کار می‌روند. شکل‌های (۱۰-۱۵) و (۱۰-۱۶) نمونه‌هایی از کلیدهای جداسازی UPS جداگانه را نشان می‌دهد. شکل (۱۰-۱۷) نمونه‌ای از کلید جداسازی با کارکرد قطع آنی را نشان می‌دهد.

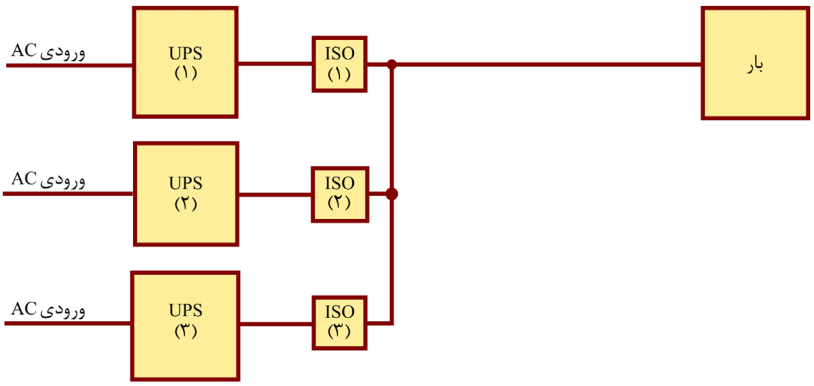


ورودی‌های (a.c.) می‌توانند به هم متصل شوند.

شکل۱۰-۱۵- جداسازی کلید انتقال بای‌پس



شکل۱۰-۱۶- جداسازی قطع کننده‌های آنی

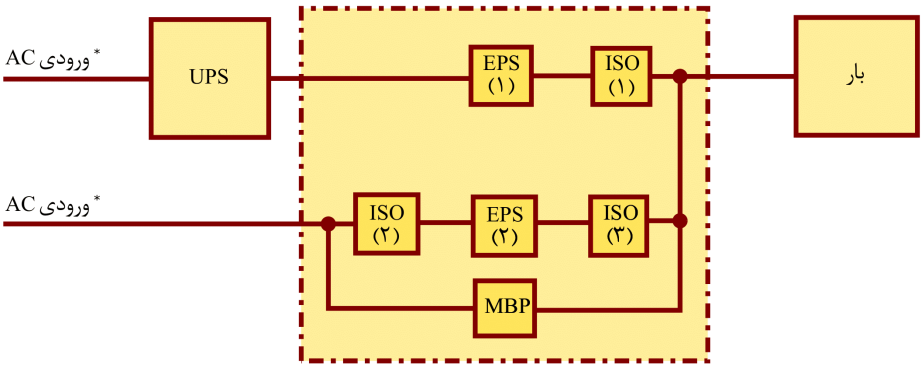


شکل۱۰-۱۷- کلیدهای جداسازی با کارکرد قطع آنی

[1] Isolation Switch

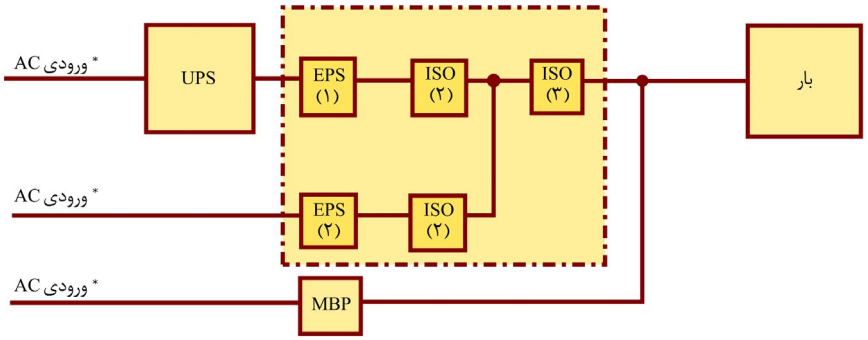
۱۰-۶-۵- کلیدهای بای‌پس نگهداری

کلید بای‌پس نگهداری UPS، (MBP[1]) برای بای‌پس نمودن کلید انتقال و اطمینان از پیوستگی تغذیه بار استفاده می‌شود. شکل‌های (۱۰-۱۸) و (۱۰-۱۹) نمونه‌هایی از کلیدهای بای‌پس نگهداری UPS را نشان می‌دهند.



یادآوری- ورودی‌های UPS می‌توانند به هم وصل شوند.

شکل۱۰-۱۸- کلید بای‌پس نگهداری داخلی



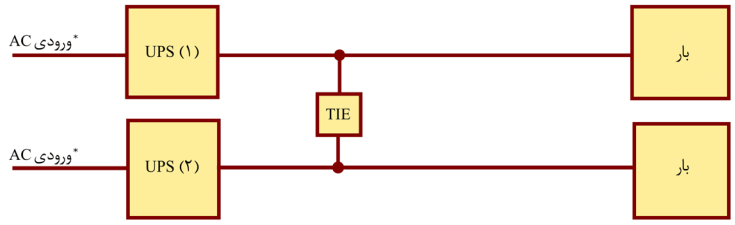
یادآوری- ورودی‌های بای‌پس می‌توانند به هم وصل شوند.

شکل۱۰-۱۹- کلید بای‌پس نگهداری بیرونی

۱۰-۶-۶- کلیدهای رابط[2]

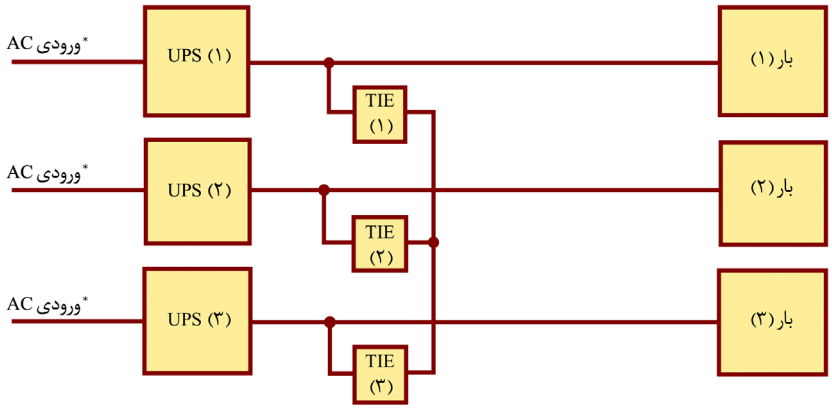
کلیدهای رابط UPS بیش‌تر برای اتصال شینه خروجی دو یا چند UPS به شینه دو یا چند بار استفاده می‌شوند به گونه‌ای که پذیرش تغییر پیکره‌بندی UPS را به ویژه به هنگام نگهداری سیستم‌های دومسیره به سادگی فراهم کند. در شکل (۱۰-۲۰) با فرض اینکه UPS دارای ظرفیت کافی می‌باشد. کلید رابط امکان تغذیه هر دو بار را از یک UPS در هنگامی‌که UPS دیگر در دسترس نمی‌باشد، فراهم می‌سازد. شکل (۱۰-۲۱) همین موضوع را برای کاربردهای سه‌مسیره نشان می‌دهد.

[1] Maintenance Bypass
[2] Tie Switches



ورودی‌های (a.c.) می‌توانند به هم وصل شوند.

شکل۱۰-۲۰- کلید رابط در کاربردهای دومسیره

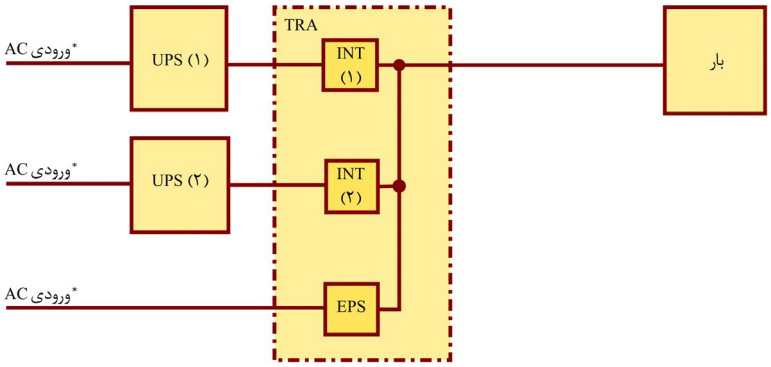


یادآوری- ورودی‌های (a.c.) می‌توانند به هم وصل شوند.

شکل۱۰-۲۱- کلید رابط در کاربردهای سه‌مسیره

۱۰-۶-۷- کلیدهای چندکاره[1]

کلیدهای UPS می‌توانند با هم ترکیب شده تا یک کلید چندکاره را به وجود آورند. شکل (۱۰-۲۲) مجموعه UPS موازی جایگزین را با کلید انتقال بای‌پس ترکیب شده با دو قطع‌کننده آنی که می‌توانند کلیدهای جداساز نیز باشند، نشان می‌دهد.



ورودی‌های (a.c.) می‌توانند به هم وصل شوند.

شکل۱۰-۲۲- کلید چند کاره بای‌پس، قطع کننده آنی و جداساز

[1] Multiple Function Switches

۱۰-۷- برگ راهنمای خریدار برای تعیین ویژگی‌ها

۱۰-۷-۱- کلیات

UPSهای گوناگون برای برآورده کردن خواسته‌های استفاده‌کننده (کاربر) در مورد پیوستگی و کیفیت برق برای بارهای کوچک‌تر از یک‌صد وات تا چندین مگاوات توان در دسترس هستند.

این بخش برای کمک به خریداران تهیه شده است تا بتوانند معیارهای مهم در کاربردهای خود را مشخص و/یا موافقت با شرایط اظهارشده از سوی سازنده/عرضه‌کننده را تأیید نمایند.

برای شرح پیکره‌بندی‌های معمول UPS، حالت‌های کارکرد و توپولوژی باید به بخش‌های ۱۰-۴، ۱۰-۵ و ۱۰-۶ توجه شود.

داده‌برگ‌های فنی UPS که در این بخش آورده شده‌است، چکیده‌ای از شرایط الکتریکی و محیطی عادی و غیرمعمول را که باید دیده شود نشان می‌دهد. در این داده‌برگ‌ها مرجع بند مرتبط نیز داده شده‌است.

خواننده باید به بندهای ۴ (شرایط محیطی) و ۵ (شرایط الکتریکی) استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷ توجه کند. بهتر است بندهای زیر نیز دیده شود.

۱۰-۷-۲- باری که باید توسط UPS تغذیه شود

گوناگونی بار و مشخصه‌های مربوط به آن‌ها همواره با فن‌آوری در حال تغییر است. از این رو با بارگذاری[1] بارهای غیرفعال مرجع که در حد امکان بارهای مورد نظر را شبیه‌سازی می‌کنند، کارایی UPS مشخص می‌شود تا بتوان بهترین شبیه‌سازی بار واقعی را انجام داد. ولی این بارها را نمی‌توان کاملاً نماینده بار واقعی در یک کاربرد معین دانست.

سازندگان UPS عموماً مشخصه‌های خروجی UPS را بیش‌تر در شرایط باردهی خطی یعنی بار مقاومتی یا مقاومتی/القایی مشخص می‌کنند. در فن‌آوری امروزه بیش‌تر بارها دارای مشخصه غیرخطی هستند که این مشخصه‌ها برآمده از منابع تغذیه از نوع یکسوسازهای تک‌فاز یا سه‌فاز خازنی است (به پیوست ث استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷ مراجعه شود).

در بسیاری از موارد تأثیر بارهای غیرخطی در حالت‌های ماندگار و گذرا بر روی خروجی UPS، باعث انحراف از مشخصه خروجی می‌شود که از سوی سازنده/عرضه کننده مشخص شده است.

هرگاه این مشخصه‌ها در شرایط بار خطی اعلام شده باشد، به دلیل بزرگ‌تر بودن نسبت جریان پیک به مقدار موثر حالت ماندگار، اعوجاج هارمونیکی کل (THD[2]) ولتاژ خروجی ممکن است فراتر از حدود بیان شده شود. سازگاری با بار برای مقادیر بزرگ‌تر اعوجاج هارمونیکی کل، بستگی به توافق بین سازنده و/یا عرضه‌کننده و خریدار دارد.

[1] Loading
[2] THD: Total Harmonic Distortion

بارگذاری پله‌ای بار غیرخطی به دلیل ایجاد جریان‌های هجومی گذرای بزرگ نسبت به حالت ماندگار، می‌تواند موجب انحراف از مشخصه‌های ولتاژ پویای خطی شود. به ویژه اگر UPS در حالت کار عادی از محدود کننده‌های جریان الکترونیکی استفاده کند.

هرگاه این بارها اولین تجهیزی باشد که برق‌دار می‌شود یا اثر نامطلوبی بر روی بارهای متصل فعلی نداشته باشد، اثر جریان‌های هجومی گذرای بزرگ بر روی ولتاژ بار ممکن است قابل اغماض باشد. این امر همچنین در مورد قطع و وصل ترانسفورماتورها و سایر قطعات مغناطیسی که دارای پسماند مغناطیسی هستند و در مورد بارهایی که حاوی خازن هستند نیز کاربرد دارد.

برای این منظور برخی از ساختارهای UPS در سیستم‌های چندمدوله یا جایگزین، از تغذیه ورودی (a.c.)/بای‌پس استفاده می‌کنند تا اقتصادی شدن اندازه سیستم UPS میسر شود. هرگاه واحدهای تکی نتوانند این بارهای پله‌ای را در محدوده مشخصات تغذیه کنند، اگر کل سیستم بتواند این بارهای پله‌ای را تغذیه کند، پذیرفتنی است.

هرگاه بار به تغییرات فرکانس بالاتر از میزان عادی برق، تغییرات ولتاژ یا اعوجاج شکل موج تغذیه حساس باشد، بهتر است انتخاب بهترین ساختار UPS برای این کاربردها بررسی شود.

بهتر است توصیه‌های سازنده/عرضه کننده در این مورد درخواست شود.

نمونه‌هایی از بارها که بهتر است از سوی سازنده شناسایی شود، دربرگیرنده تجهیزات IT به طور کلی موتورها، منابع تغذیه با ترانسفورماتور اشباع، یکسوسازهای دیودی، یکسوسازهای تریستوری، منابع تغذیه کلیدزنی می‌باشد.

نمونه‌هایی از ویژگی‌ها یا الزامات خاص بارها شامل دوره کاری آن‌ها، هرگونه عدم تعادل بین فازها، غیرخطی بودن (تولید جریان‌های هارمونیکی)، مقادیر مجاز قطع کننده‌ها و فیوزهای مدارهای فرعی بالاترین پله بار و نمایه بار[1]، روش مورد نیاز وصل بارها به خروجی UPS است.

۱۰-۷-۳- وسیله ذخیره انرژی (باتری، اگر کاربرد داشته باشد)

سیستم ذخیره انرژی اغلب از سوی سازنده/عرضه کننده برای سازگاری با طراحی UPS توصیه می‌شود. با این وجود، خریدار می‌تواند الزامات مرتبط با موارد زیر را مشخص کند:

الف) نوع باتری/باتری‌ها و ساختار آن‌ها؛

ب) ولتاژ نامی، تعداد سلول، ظرفیت آمپرساعت (اگر از سوی خریدار تأمین شود)؛

پ) مدت زمان اسمی انرژی ذخیره؛

ت) مدت زمان اسمی بازذخیره انرژی؛

ث) طول عمر مفید درخواستی باتری؛

ج) وجود سایر بارها برروی باتری و تلورانس‌های ولتاژ آن‌ها؛

[1] Load Profile

چ) وجود باتری‌خانه‌های جداگانه؛

ح) وسایل ایزوله‌کننده و حفاظت‌کننده باتری؛

خ) الزامات ویژه مانند ریپل جریان[1]؛

د) دمای اتاق باتری (۲۰ تا ۲۲ درجه سلسیوس توصیه می‌شود)؛

ذ) ولتاژ قطع[2] باتری؛

ر) الزامات تنظیم ولتاژ شارژ باتری نسبت به دما[3] و الزامات شارژ سریع[4] یا یکسان‌کننده[5].

۱۰-۷-۴- الزامات فیزیکی و محیطی

اگر الزامات فیزیکی و محیطی با الزامات بندهای ۴ و ۵ استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷ متفاوت باشد؛ بهتر است خریدار موارد زیر را مشخص کند:

الف) بازده در شرایط بار مشخص؛

ب) محدوده دمای محیط کار؛

پ) سیستم خنک‌سازی (محل نصب UPS و باتری)؛

ت) وسایل اندازه‌گیری (در محل، از راه دور)؛

ث) سیستم پایش و کنترل از راه دور (RS232، سایر)؛

ج) شرایط ویژه محیطی: بخار، رطوبت، گرد و غبار، نمک، باد، گرما و سایر موارد؛

چ) شرایط ویژه مکانیکی: ارتعاش، ضربه یا انحراف از راستای قائم، شرایط ویژه جابجایی، شرایط نصب یا نگهداری، محدودیت‌های حجمی و وزنی؛

ح) محدودیت‌های کارایی مانند: نویز الکتریکی و شنیداری؛

خ) توسعه آتی سیستم‌های UPS.

۱۰-۷-۵- سازگاری الکترومغناطیسی

اگر الزامات سازگاری الکترومغناطیس (EMC) با الزامات EMC داده شده در استاندارد IEC 62040-2 متفاوت باشد، بهتر است خریدار موارد زیر را مشخص کند:

---

[1] Ripple Current
[2] Cut-Off Voltage
[3] Temperature Compensated Charging Voltage
[4] Boost
[5] Equalization

الف) استانداردهای مورد نیاز در مورد انتشار (گسیل)[1] و رده‌ای که دستگاه باید الزامات آن رده را برآورده سازد؛

ب) استانداردهای مصونیت[2] قابل کاربرد و رده آزمونی که دستگاه باید الزامات آن را برآورده سازد.

۱۰-۷-۶- داده‌برگ‌های[3] فنی UPS، موارد اظهار شده از سوی سازنده

جدول۱۰-۲- داده فنی UPS - اظهار سازنده - کلیات

شماره بند مرتبط در استاندارد ملی ایران به شماره ۷۰۲۷-۳	مشخصه‌های اظهار شده کلیات		مقدار اظهار شده از سوی سازنده	مقدار تعیین شده از سوی خریدار
	مدل (سازنده مرجع است)			
	توان، اسمی	- ظاهری	VA	
		- حقیقی	W	
۵-۱-۱	پیکره‌بندی UPS			
۵-۳-۴	رده‌بندی کارایی			
	مکانیکی			
	ابعاد (ارتفاع × پهنا × عمق)		mm	
	جرم		Kg	
	جرم با باتری (اگر در داخل UPS باشد)		Kg	
۶-۵-۵	نویز صوتی در فاصله ۱ متر:	- حالت عادی	dBA	
		- حالت کار با انرژی ذخیره	dBA	
	ایمنی			
IEC 62040-1	دسترسی (دردسترس کاربر یا با دسترسی محدود)			
	درجه حفاظت در برابر خطرات و نفوذ آب		IP	
	سازگاری الکترومغناطیسی			
IEC 62040-2	انتشار (گسیل)		رده UPS	
	مصونیت		رده UPS	
	محیطی			
۴-۱-۲-۱	محدوده دمای محیط		°C	
	گستره رطوبت نسبی		%	
۴-۱-۲-۲	ارتفاع از سطح دریا		M	
۴-۳	**شرایط غیرعادی یا دیگر شرایط**			
۵-۶	**مدارهای ارتباطی**			
	(فهرست مدارهای ارتباطی/سیگنال)			

[1] Emission
[2] Immunity Standards
[3] Data Sheet

جدول۱۰-۳- داده فنی UPS - اظهار سازنده – مشخصه‌های خروجی (الکتریکی)

شماره بند مرتبط در استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷	مشخصه‌های اظهار شده خروجی (الکتریکی)				مقادیر اظهار شده از سوی سازنده	مقادیر تعیین شده از سوی خریدار
۲-۳-۵	**سیستم توزیع توان** (a.c.)	- سازگاری با (TN,TT,IT)				
		- تعداد فازهای در دسترس (۱، ۲ یا ۳)				
		- زمین در دسترس (بله/خیر)				
	ولتاژ (مقدار موثر، حالت ماندگار)	- اسمی			V	
		- تغییرات در حالت کارعادی			%	
		- تغییرات درحالت کار با انرژی ذخیره			%	
		- اعوجاج هارمونیکی کل دربار کامل	- حالت کار عادی	- خطی	%	
				- غیر خطی	%	
			- حالت کار با انرژی ذخیره	- خطی	%	
				- غیر خطی	%	
		- نامتعادلی ولتاژ و جابجایی زاویه فاز در ۱۰۰ ٪ بار نامتعادل			%, °	
		- گذار ولتاژ و زمان بازیابی با اعمال ۱۰۰ ٪ بار پله‌ای	- خطی		%, s	
			- غیر خطی		%, s	
۲/۱-۱۱-۲-۴-۶		- هنگام گذر از حالت کار عادی به حالت کار با انرژی ذخیره			%, s	
	فرکانس (حالت ماندگار)	- اسمی			Hz	
		- تغییر فرکانس در حالت کار عادی			%	
		- تغییر فرکانس در حالت کار با انرژی ذخیره			%	
		- تغییرات فرکانس خودران[1]			%	
		- هم‌زمان‌سازی (حداکثر محدوده به‌صورت درصدی از فرکانس اسمی)			%	
		- حداکثر خطای فاز هم‌زمانی (برحسب درجه)			°	
		- حداکثر شیب همزمان‌سازی[2]			Hz/s	
	جریان (r. m. s)	- اسمی				
۱-۲-۳-۵		- توانایی تحمل اضافه بار (درصدی از جریان اسمی در مدت زمان)			% /s	
		- سقف جریان (درصدی از جریان اسمی در مدت زمان)			% /s	
۳ ،۴-۱۰-۲-۴-۶		- توانایی رفع خطا (حالت کار عادی/جالت کار با انرژی ذخیره)			فیوز نوع gL	
	ضریب قدرت بار	- اسمی				
		- محدوده مجاز ضریب قدرت (پیش‌فاز – پس‌فاز)				
۶-۱-۴-۶/۲-۳-۵	بازده	- بازده (a.c.) به (a.c.)در حالت کار عادی با۱۰۰ ٪ بار			%	
۶-۱-۴-۶/۲-۳-۵		- بازده (a.c.)به (a.c.) درحالت کار عادی با ٪۷۵ بار			%	
۶-۱-۴-۶/۲-۳-۵		- بازده (a.c.) به (a.c.) درحالت کار عادی با٪۵۰ بار			%	
۶-۱-۴-۶/۲-۳-۵		- بازده (a.c.) به (a.c.) در حالت کار عادی با ٪۲۵ بار			%	

[1] Free-Running
[2] Synchronization

جدول ۱۰-۳- داده فنی UPS - اظهار سازنده – مشخصه‌های خروجی (الکتریکی) (ادامه)

شماره بند مرتبط در استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷	مشخصه‌های اظهار شده خروجی (الکتریکی)		مقادیر اظهار شده از سوی سازنده	مقادیر تعیین شده از سوی خریدار
	بای‌پس	- بای‌پس	خودکار استاتیک یا الکترومکانیکی	
		- زمان گذار بای‌پس	Ms	
		- جریان اسمی بای‌پس	A	
۵-۳-۲-۱		- جریان اضافه بار بای‌پس(درصدی از جریان اسمی در مدت زمان)	% /s	
		- بای‌پس تعمیر و نگهداری (درونی یا بیرونی)		
		- ترانسفورماتور جداساز بای‌پس	بلی/خیر	
		- مقدار اسمی فیوز یا قطع‌کننده بای‌پس		
۵-۵		- کلیدخودایستا[1] (فهرست کلید و استاندارد را بنویسید)		
۵-۳-۳	- شرایط ویژه یا دیگر شرایط			

جدول۱۰-۴- داده فنی UPS - اظهار سازنده – مشخصه‌های ورودی (الکتریکی)

شماره بند مرتبط در استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷	مشخصه‌های اظهار شده ورودی (الکتریکی)		مقادیر اظهار شده از سوی سازنده	مقادیر تعیین شده از سوی خریدار
۵-۲-۱ (الف)	- ولتاژ (حالت ماندگار، مقدار مؤثر r. m. s)	- اسمی	V	
(ب)		- تلورانس	%	
۵-۲-۱ (پ)	- فرکانس	- اسمی	Hz	
۵-۲-۱ (ت)		- تلورانس	%	
۵-۲-۲ (پ)	- جریان اسمی (مقدار موثرr.m.s)(هنگامی که وسیله ذخیره انرژی شارژ کامل باشد)		A	
۵-۲-۲ (ج)	- حداکثر جریان (مقدار موّثرr.m.s)(با کم‌ترین ولتاژ ورودی و وسیله ذخیره انرژی در حال شارژ)		A	
۵-۲-۲ (خ)	- اعوجاج هارمونیکی کل جریان(THD)		%	
۵-۲-۲ (ح)	- اضافه بار(درصدی از جریان اسمی در مدت زمان)		% ,s	
۵-۲-۲ (ث)	- جریان هجومی(درصدی از جریان اسمی در مدت زمان)		% ,s	
	- ضریب قدرت			
۵-۲-۲ (د)	- سیستم توزیع برق (a.c.)	- سازگاری با (IT، TT، TN)		
۵-۲-۲ (خ)		- توان اتصال کوتاه	Ssc	
۵-۲-۲ (الف)		- فازهای مورد نیاز		
۵-۲-۲ (ب)		- نیاز به سیم خنثی		
۵-۲-۳	- شرایط ویژه یا دیگر شرایط			

[1] Stand-alone/Switch

جدول۱۰-۵- داده فنی باتری - اظهار سازنده

شماره بند مرتبط در استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۷۰۲۷	مشخصه‌های اظهار شده باتری/وسیله ذخیره انرژی	مقادیر اظهارشده از سوی سازنده	مقادیر تعیین شده از سوی خریدار
۵-۴-۲-۲ (ت)	- فن‌آوری		
۵-۴-۲-۲ (الف)	- طول عمر - طول عمر طراحی شده - طول عمر کار شناور	سال	
۵-۴-۲-۲ (ب)	- تعداد سلول‌ها و زنجیره‌ها		
۵-۴-۲-۲ (پ)	- ولتاژ نامی (بانک باتری)	V (d.c.)	
۵-۴-۲-۲ (ث)	- ظرفیت نامی آمپرساعت (C10)	Ah	
۵-۴-۲-۲ (ج)	- مدت زمان انرژی ذخیره (زمان پشتیبانی در بار کامل)		
۵-۴-۲-۲ (چ)	- مدت زمان بازذخیره انرژی (زمان شارژ دوباره تا ۹۰ درصد ظرفیت)		
۵-۴-۲-۲ (ح)	- دمای مرجع	°C	
۵-۴-۲-۲ (خ)	- شرایط اتصال زمین/جداسازی		
۵-۴-۲-۲ (د)	- مقدار موثر ریپل جریان	%	
۵-۴-۲-۲ (ذ)	- جریان نامی تخلیه	A	
۵-۴-۲-۲ (ر)	- میزان جریان اتصال کوتاه (d.c.)	A (d.c.)	
۵-۴-۲-۲ (ز)	- توصیه در مورد افت ولتاژ کابل (کوچکتر یا مساوی درصدی از جریان نامی تخلیه)	%	
۵-۴-۲-۲ (ژ)	- دیگر الزامات مربوط به حفاظت		
۵-۴-۲-۲ (س)	- روند شارژ		
۵-۴-۲-۲ (ش)	- ولتاژ شارژ (شناور، سریع) و محدوده تلورانس	V (d.c.)	
۵-۴-۲-۲ (ص)	- ولتاژ پایانی تخلیه	V (d.c.)	
۵-۴-۲-۲ (ض)	- حداکثر جریان شارژ (یا محدوده)	A (d.c.)	
۵-۴-۲-۳	- شرایط ویژه یا دیگر شرایط		

۱۰-۸- انواع باتری

۱۰-۸-۱- عمومی

کوچک‌ترین واحد باتری، سلول است که دارای اجزای اساسی زیر می‌باشد:

- محفظه[1]
- صفحات مثبت
- جداکننده[2]/نگهدارنده[3]
- صفحات منفی
- الکترولیت

[1] Container
[2] Separators
[3] Retainers

- بدنه (یا پوشش خارجی)[1]
- شعله‌گیر[2] به همراه منفذ[3] یا دریچه[4]
- هادی‌های اتصال تسمه‌ای[5]، پایه‌های ترمینال[6] و سایر اجزای حامل جریان

به منظور بهینه‌سازی عملکرد در کاربردهای خاص ممکن است این اجزا به شیوه‌های مختلف طراحی و پیاده‌سازی شوند (به پیوست C و پیوست D از استاندارد IEEE 1184 مراجعه شود).

۱۰-۸-۲- ملاحظات عملکردی

انواع باتری‌ها به‌صورت زیر برای کاربردهای آماده به کار[7] موجود هستند:

الف) باتری طولانی مدت (یا با قابلیت دشارژ طولانی)[8] (به‌عنوان مثال مخابراتی یا نرخ دشارژ پایین) برای کاربردهایی که بارهای آماده به کار آن‌ها نسبتاً ثابت است و نیاز است که باتری حداقل ۳ ساعت این بارها را تأمین کند. باتری‌های طولانی مدت صفحات ضخیم‌تری دارند.

ب) باتری‌های با مصارف عمومی[9] (به‌عنوان مثال تابلو برق[10] و کنترل) مشابه باتری طولانی مدت بوده، اما دارای ویژگی‌های طراحی اضافی برای بهبود هدایت هستند. در کابردهای UPS، این نوع مناسب‌ترین طراحی برای زمان دشارژ ۱ تا ۳ ساعت است.

پ) باتری‌های کوتاه مدت (یا با قابلیت دشارژ کوتاه)[11] (به‌عنوان مثال UPS یا سرعت دشارژ زیاد) به‌منظور تأمین مقادیر زیاد توان برای مدت زمان نسبتاً کوتاهی طراحی شده‌اند. معمولا صفحات نازک‌تر مشخصه‌ی باتری‌های کوتاه مدت هستند. این باتری‌ها مناسب‌ترین نوع برای کابردهایی که نیاز به زمان ذخیره ۱ ساعت و یا کم‌تر دارند، است.

علاوه بر این طرح‌ها، که به‌طور معمول کاربردهای شناور یا آماده به کار ساکن را تامین می‌کنند، باتری‌هایی برای سایر کاربردها نیز وجود دارد. از چنین باتری‌هایی به‌ندرت در UPS استفاده می‌شود.

---

[1] Cover
[2] Flame Arrestor
[3] Vent
[4] Valve
[5] Plate Straps
[6] Terminal Posts
[7] Standby
[8] Long Duration
[9] General-Purpose
[10] Switchgear
[11] Short Duration

۱۰-۸-۳- باتری‌های سرب-اسیدی منفذدار (VLA[1])

۱۰-۸-۳-۱- کلیات

سلول‌های VLA با الکترولیت مایع ساخته می‌شوند که کاملاً فضای بین صفحاتی را که در فاصله نزدیکی از هم قرار گرفته‌اند را پر می‌کند و به‌صورت کامل صفحات را پوشش می‌دهد[2] (غوطه‌ور می‌کند[3]). الکترولیت تماس یکنواختی با صفحات دارد. بسته به ضخامت صفحه (از بین فاکتورهای دیگر) سلول‌های این طرح به‌دلیل کم بودن مقاومت داخلی‌شان می‌توانند یک جریان بسیار زیاد و کوتاه مدت ایجاد کنند (به استاندارد IEEE 1184 مراجعه شود).

۱۰-۸-۳-۲- ولتاژ

سلول سرب-اسیدی کاملاً شارژ شده دارای ولتاژ مدار باز تقریباً ۲٫۱۰ ولت است که به‌صورت تابعی از گرانش ویژه[4] و دمای سلول تغییر می‌کند. ولتاژ مدار باز با گرانش ویژه افزایش و با دما کاهش می‌یابد و به‌طور معمول از ۲٫۰۶ ولت بر سلول تا ۲٫۱۰ ولت بر سلول است. ولتاژهای شناور از ۲٫۱۵ ولت بر سلول تا ۲٫۳۰ ولت بر سلول، بسته به نوع طراحی سلول، دما و توصیه‌های تولیدکننده متغیر است.

۱۰-۸-۳-۳- ساختار

باتری‌های سرب-اسیدی بر اساس ساختار صفحاتشان و (در صورت وجود) عناصر آلیاژی که برای تقویت ساختمان این صفحات به کار گرفته شده است، توصیف می‌شوند. تاکنون چندین طرح برای بهبود مشخصه‌های کارایی آن‌ها نظیر چرخه (شارژ و دشارژ)[5] و طول عمر مورد انتظار[6] ابداع شده است. با این‌حال، هر یک از طرح‌ها محدودیت‌های خاص خود را در بهره‌برداری سلول ایجاد می‌کند (ر.ک. به بخش C.2 در استاندارد IEEE 1184).

۱۰-۸-۴- باتری‌های سرب-اسیدی دارای دریچه خود تنظیم (VRLA)

۱۰-۸-۴-۱- کلیات

سلول‌های VRLA به استثنای دریچه‌ای که در صورت لزوم برای کاهش فشار بیش از حد داخلی باز می‌شود، آب‌بندی می‌شوند. این سلول‌ها روشی برای بازترکیب گازها به‌منظور محدود کردن مصرف آب فراهم می‌کنند. روش مذکور این است که به اکسیژن خروجی از صفحه مثبت اجازه می‌دهند به سمت صفحه منفی برود و در آن‌جا واکنش بازترکیب رخ

---

[1] VLA: Vented Lead-Acid
[2] Covering
[3] Flooding
[4] به انگلیسی Specific Gravity برابر با نسبت چگالی الکترولیت باتری به چگالی آب است و برای سنجش آن از هیدرومتر استفاده می‌شود.
[5] Cycling
[6] Life Expectancy

می‌دهد. دریچه به‌منظور بهینه کردن بازده بازترکیب، فشار داخلی را تنظیم می‌کند. از این‌رو، واژه "دارای دریچه خود تنظیم" به آن اطلاق می‌شود.

سلول‌های VRLA نسبت به دمای عملکرد بالا و شرایط بد حساس‌تر هستند. در موارد استثنایی این شرایط می‌تواند منجر به وقوع پدیده گریز حرارتی[1] شود (ر.ک. به پیوست C از استاندارد IEEE 1184).

۱۰-۸-۴-۲- ولتاژ

یک سلول VRLA کاملاً شارژ شده دارای ولتاژ مدار بازی تقریباً برابر با ۲٫۱۵ ولت است که به‌صورت تابعی از گرانش ویژه و دمای سلول تغییر می‌کند. ولتاژ مدار باز با گرانش ویژه افزایش و با دما کاهش می‌یابد و ممکن است از ۲٫۰۶ ولت بر سلول تا ۲٫۱۷ ولت بر سلول باشد. ولتاژ شناور از ۲٫۲۰ ولت بر سلول تا ۲٫۳۵ ولت بر سلول، بسته به نوع طراحی سلول، دما و توصیه‌های تولیدکننده‌ی آن متغیر است.

۱۰-۸-۴-۳- عدم‌تحرک[2] الکترولیت

یکی از الزامات بازترکیب موثر این است که الکترولیت بی‌حرکت باشد. برای دست‌یابی به این امر، دو روش وجود دارد که تحت عنوان الکترولیت جذب شده و الکترولیت ژل‌دار شناخته می‌شوند.

۱۰-۸-۴-۳-۱- سیستم‌های الکترولیت جذب شده

سلول‌های VRLA این طرح متشکل از یک حجم کنترل شده از الکترولیت مایع موجود در یک جداکننده بسیار جاذب شبیه به بلاتر[3]، می‌باشد که بین صفحاتی که در فاصله کمی از هم‌دیگر هستند، قرار گرفته است. این جداکننده بی‌بافت، الکترولیت را به‌طور یکنواخت توزیع می‌کند و آن را در تماس با صفحه فعال مواد نگه می‌دارد، در عین حال به اکسیژن خروجی در هنگام شارژ اجازه عبور می‌دهد. سلول‌هایی با فناوری الکترولیت جذب شده ذاتاً مقاومت داخلی کمی دارند و می‌توانند برای تأمین یک جریان با نرخ بسیار زیاد و کوتاه مدت طراحی شوند. سلول‌های دارای الکترولیت جذب شده به‌عنوان انواع "صفحه شیشه‌ای جذبی[4]" (AGM) نیز شناخته می‌شوند.

۱۰-۸-۴-۳-۲- سیستم‌های الکترولیت ژل‌دار

سلول‌های VRLA این طرح مشابه طرح‌های منفذدار هستند، با این تفاوت که الکترولیت به ژل تبدیل شده است تا آن را بی‌حرکت کند. آن‌ها می‌توانند جریان با نرخ بسیار زیاد و کوتاه مدت را فراهم کنند، اما به دلیل مقاومت داخلی بالاتر آن‌ها به اندازه طراحی الکترولیت جذب شده موثر نیستند. اگرچه، رسانایی گرمایی بالاتر در طرح‌های ژله‌ای باعث می‌شود تا آن‌ها برای کاربردهای دمای بالا نسبت به سلول‌های الکترولیت جذب شده‌ی معادل از شرایط مناسب‌تری

[1] Thermal Runaway
[2] Immobilization
[3] Blotter-Like
[4] Absorbed Glass Mat

برخوردار باشند. برای یک ظرفیت مشخص، سلول الکترولیت ژله‌ای معمولا سنگین‌تر و بزرگ‌تر از یک سلول الکترولیت جذب شده است.

۱۰-۸-۴-۴- دریچه‌ها و شعله‌گیرها

هر کدام از تکنیک‌های بی‌حرکت‌سازی الکترولیت‌ها که انتخاب شده باشد، این طراحی سلول از یک کاهش فشار استفاده می‌کند. این دریچه طراحی شده است تا:

الف) حداکثر فشار داخل سلول را محدود کند.

ب) از ورود اکسیژن جو به سلول و دشارژ صفحات منفی جلوگیری کند.

اگر این دریچه یا سایر آب‌بندی‌ها خراب شود، سلول فرآیند شکل دادن یک سلول منفذدار، آزاد کردن گازها ودر نهایت خشک شدن را شروع می‌کند.

شرایطی از عملکرد سلول وجود دارد که ممکن است ترکیب‌های قابل انفجاری از هیدروژن و اکسیژن وجود داشته باشد؛ بنابراین شعله‌گیر باید تهیه شود.

۱۰-۸-۴-۵- تهویه

سلول‌های دارای دریچه خود تنظیم باید در محیط کنترل‌شده‌ای قرار گیرند که دارای تهویه مناسب باشد و نباید در جریان حرارتی تجهیزات الکترونیکی داخل محفظه یکسانی قرار گیرند. تهویه مناسب سلول در اطراف جداره سلول برای کاهش احتمال گریز حرارتی توصیه می‌شود. طی عملکرد بازترکیب عادی، سلول‌های دارای دریچه خود تنظیم به‌طور متناوب مقادیر کمی از هیدروژن تخلیه می‌کنند و مقداری هیدروژن نیز ممکن است از طریق بدنه پلاستیکی پخش شود. زمانی‌که باتری بیش از حد شارژ می‌شود مقادیر بیش‌تری گاز ساطع می‌شود. کاربران باید مشخصات تولیدکنندگان را بررسی کنند تا تعیین کنند که آیا تهویه اضافی برای یک کاربرد خاص مورد نیاز هست یا خیر؟

شارژ کردن بیش از مقدار ولتاژ توصیه شده توسط سازنده یا کار در دمای بالا بدون کاهش ولتاژ شناور برای جبران درجه حرارت بالا، ممکن است منجر به تخلیه هیدروژن و اکسیژن از سلول شود.

۱۰-۸-۵- باتری‌های منفذدار نیکل-کادمیم

۱۰-۸-۵-۱- کلیات

باتری‌های نیکل-کادمیم از یک الکترولیت قلیایی (هیدروکسید پتاسیم) استفاده می‌کنند. مواد فعال نیکل اکسی هیدروکسید (NiOOH) در صفحه مثبت و فلز کادمیم (Cd) در صفحه منفی هستند.

الکترولیت موجود در باتری نیکل-کادمیم در واکنش کلی سلول نقش ندارد، بنابراین مقدار گرانش ویژه در هنگام شارژ و دشارژ تغییر نمی‌کند. الکترولیت توانایی خود را در انتقال یون‌ها بین صفحات سلول، مستقل از سطح بار حفظ می‌کند و همچنین به‌عنوان یک نگهدارنده‌ی اجزای فولادی در ساختار مکانیکی سلول عمل می‌کند.

این نوع باتری‌ها در برابر فشارهای مکانیکی و الکتریکی مقاوم هستند، به خوبی در یک محدوده دمایی گسترده کار می‌کنند و می‌توانند دشارژ مکرر کم عمق یا عمیق را تحمل کنند.

۱۰-۸-۵-۲- مشخصات

سلول نیکل-کادمیم ولتاژ مدار بازی تقریباً برابر با ۱٫۳۰ ولت و یک ولتاژ دشارژ اسمی[1] برابر با ۱٫۲۰ ولت دارد. توصیه‌های سازندگان طیف وسیعی از ولتاژهای شناور ۱٫۴۰ ولت بر سلول تا ۱٫۴۷ ولت بر سلول و ولتاژهای با سرعت بالا ۱٫۴۵ ولت بر سلول تا ۱٫۶۵ ولت بر سلول را بسته به نوع طراحی اختصاصی آن‌ها و الزامات کاربرد بیان می‌کند. سلول‌های نیکل-کادمیم می‌توانند بدون آسیب دیدن، سرعت شارژ بسیار بالا را تحمل کنند. برخی طرح‌ها می‌توانند بدون کاهش در عمر بهره‌برداری سال‌ها در انبار نگهداری شوند.

سلول می‌تواند یک دشارژ کامل را تقریباً بدون هیچ زوال دایمی در ظرفیت یا عمرش تحمل کند. بسته به تعداد سلول‌های استفاده شده، ولتاژ دشارژ پایانی[2] نوعی در این کاربرد ممکن است از ۱٫۰۰ ولت بر سلول تا ۱٫۱۰ ولت بر سلول متغیر باشد. توصیه می‌شود همواره از کم‌ترین ولتاژ دشارژ پایانی و بیش‌ترین تعداد سلول‌های ممکنی که در دستورالعمل سازنده برای نحوه شارژ کردن پیشنهاد شده است، استفاده کنید. این کار منجر به انتخاب اقتصادی‌ترین باتری برای کاربرد مورد نظرتان می‌شود.

۱۰-۸-۵-۳- ساختار

برای باتری‌های منفذدار نیکل-کادمیم بسته به نوع صفحاتشان چندین طرح در دسترس هستند. از پرکاربردترین طرح‌ها می‌توان به صفحه جیبی[3]، صفحه فیبری (یا الیافی)[4]، صفحه پخته شده[5] و صفحه پیوند خورده پلاستیکی[6] اشاره کرد (ر.ک. به پیوست D از استاندارد IEEE 1184).

سلول‌های نیکل-کادمیم با صفحاتی در ضخامت‌های مختلف طراحی شده‌اند. برای انواع طولانی مدت با نرخ دشارژ-پایین[7] صفحات ضخیم (۳ میلی‌متر تا ۴ میلی‌متر) استفاده می‌شود. سلول‌های با نرخ دشارژ-متوسط[8]، که اغلب در کاربردهایی که ترکیبی از جریان دشارژ پایین و بالا مورد نیاز است به کار می‌روند، صفحات نازک‌تری (۲ میلی‌متر تا ۳

[1] Nominal Discharge Voltage
[2] End-of-Discharge
[3] Pocket-Plate
[4] Fiber Plate
[5] Sintered Plate
[6] Plastic Bonded Plate

[7] موسوم به تیپ L
[8] موسوم به تیپ M

میلی‌متر) دارند. برای انواع کوتاه-مدت با نرخ دشارژ-بالا[1] که بیش‌تر به میزان سطح در دسترس صفحه فعال بستگی دارد تا مقدار کل مواد فعال، صفحات نازک (۰٫۸ میلی‌متر تا ۱٫۵ میلی‌متر) استفاده می‌شود.

۱۰-۸-۶- باتری بدون منفذ نیکل-کادمیم

سلول‌های نیکل-کادمیم بدون منفذ به‌طور معمول در وسایل الکترونیکی و تجهیزات مصرفی، مانند ابزار قدرت بی‌سیم استفاده می‌شوند. ظرفیت آن‌ها محدود است و بنابراین عمدتاً در کاربردهای دارای UPS کوچک استفاده می‌شوند.
سلول‌ها به‌طور معمول از الکترودهای متخلخل یا چسب‌خورده ساخته می‌شوند که با یک جداکننده برای تشکیل یک گروه صفحه استوانه‌ای به دور هم پیچیده می‌شوند. منافذ ظرف سلول کاملاً پوشانده شده است و در شرایط کار عادی هیچ گازی نشت نمی‌کند. طرح‌های بازترکیبی نیز برای ظرفیت‌های بزرگ‌تر موجود است. ساختار آن‌ها شبیه سلول‌های منفذدار است که مضاف بر آن دارای یک جداکننده خاص می‌باشد که اجازه بازترکیب گازهای شارژ را می‌دهد.

۱۰-۹- ملاحظات انتخاب باتری

۱۰-۹-۱- ملاحظات طراحی

۱۰-۹-۱-۱- سلول‌های سرب-اسیدی

طرح‌های خاصی برای کاربردهای طولانی مدت، مصارف عمومی[2] و کوتاه مدت وجود دارد، که معمولا با ضخامت صفحه آن‌ها مشخص می‌شوند (به بند ۱۰-۸-۲ مراجعه شود). طرح‌های صفحه-نازک‌تر برای دشارژهای سرعت-بالا، کوتاه-مدت بهینه شده‌اند.

الف) سلول‌های منفذدار: صفحات یک سلول VLA در یک الکترولیت مایع غوطه‌ور شده و در یک ظرف شفاف قرار می‌گیرند. ظرف شفاف امکان بازرسی دیداری صفحات و اجزای داخلی را فراهم می‌کند. شارژ عادی منجر به گازدهی و مصرف آب می‌شود. در حالی‌که انجام تعمیر و نگهداری الکترولیت را ضروری می‌کند، توانایی دوباره پرکردن آب از دست رفته، سلول‌های منفذدار را نسبت به سلول‌های VRLA در مقابل شارژ بیش از حد و کار در دمای بالا مقاوم‌تر می‌کند.

ب) سلول‌های VRLA: سلول‌های AGM به‌طور کلی برای دشارژهای سرعت-زیاد، کوتاه-مدت مناسب‌تر هستند، در حالی‌که الکترولیت‌های نوع ژله‌ای برای دشارژهای طولانی‌تر مناسب‌تر هستند (به بند ۱۰-۸-۴-۲ مراجعه شود). با این‌حال تراکم انرژی بالاتر طرح‌های AGM باعث می‌شود در جاهایی که فضا محدود است، فارغ از مدت زمان دشارژ غالباً استفاده از آن‌ها را به گزینه مورد علاقه تبدیل کند.

---

[1] موسوم به تیپ H

[2] General Purpose

۱۰-۹-۱-۲- باتری نیکل-کادمیم

سلول‌های نیکل-کادمیم برای طولانی مدت، مقاصد عمومی و کوتاه مدت طراحی شده‌اند. این طرح‌ها در درجه اول مبتنی بر ضخامت صفحه هستند. اما عمر مورد انتظار مستقیماً با ضخامت صفحه ارتباط مستقیمی ندارد. ماده فعال به تدریج فرسوده می‌شود و تخریب ساختار صفحه وجود ندارد، بنابراین زوال ناگهانی در قابلیت سلول اتفاق نمی‌افتد.

۱۰-۹-۱-۳- قابلیت اطمینان

در بیش‌تر موارد برای محیط‌های مشابه، قابلیت اطمینان یک VLA بهتر از سلول‌های VRLA است. باتری‌های VLA همچنین نسبت به شرایط محیطی مانند دما و جریان موج‌دار مقاومت بیش‌تری دارند (به بند ۱۰-۱۰-۲-۲ مراجعه شود).

سلول‌های نیکل-کادمیم قابلیت اطمینانی مشابه باتری‌های VLA دارند. سلول‌های نیکل-کادمیم ممکن است عملکرد بهتری نسبت به VLA در کاربردهای با درجه حرارت‌های خیلی پایین یا خیلی بالا داشته باشند.

۱۰-۹-۲- سطح پوشش باتری و بارگذاری کف

در باتری‌های منفذدار (VLA و نیکل-کادمیم) باید منفذ سلول رو به بالا باشد. بعضی باتری‌های VRLA مجازند به‌صورت افقی قرار بگیرند تا سطح پوشش کوچک‌تری نسبت به باتری‌های منفذدار با اندازه مشابه خود داشته باشند. به‌طور کلی، باتری‌های VRLA دارای چگالی انرژی حجمی بالاتری نسبت به VLA هستند و بنابراین می‌تواند سطح پوشش کوچک‌تری داشته باشند. بارگذاری کف همیشه باید در طراحی سیستم در نظر گرفته شود.

۱۰-۹-۳- عمر باتری

۱۰-۹-۳-۱- دمای کاری

محل و آرایش سلول‌ها نباید به نوعی باشد که در یک لحظه مشخص تفاوت دمایی بیش از ۳ درجه سلسیوس بین سلول‌ها وجود داشته باشد. از شرایطی که منجر به گرم‌شدن یا سردشدن نقطه‌ای[1] می‌شود اجتناب کنید، زیرا تفاوت دما باعث عدم تعادل الکتریکی در باتری می‌شود.

کار در دمای بالا باعث کاهش طول عمر باتری می‌شود. قاعده‌ای سرانگشتی برای تاثیر کار طولانی مدت در دمای بالا بر روی باتری‌های سرب-اسیدی وجود دارد که می‌گوید عمر باتری به ازای هر ۸ درجه سلسیوس بالا رفتن دما نسبت به ۲۵ درجه سلسیوس تقریباً ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. سلول‌های نیکل-کادمیم نسبت به باتری‌های سرب-اسیدی کم‌تر تحت تأثیر قرار می‌گیرند به طوری‌که به ازای همان میزان افزایش دما، کاهش عمر حدوداً ۲۰ درصدی دارند.

[1] Spot Heating or Colling

کارایی اسمی سلول‌ها معمولا در دمای ۲۵ درجه سلسیوس رخ می‌دهد. انتخاب محلی که در آن بتوان این دما را حفظ کرد، منجر به بهینه شدن طول عمر، کارایی و هزینه بهره‌برداری باتری می‌شود. باید از شرایط دمای محیطی خیلی پایین یا خیلی بالا اجتناب شود زیرا دمای پایین ظرفیت باتری را کاهش می‌دهد، در حالی‌که دمای بالای طولانی مدت عمر باتری را کوتاه کرده و هزینه نگهداری را افزایش می‌دهد. نصب در مکانی با دمایی پایین‌تر از دمای اسمی، روی تعیین ظرفیت[1] باتری تأثیر می‌گذارد (ر.ک. به IEEE 485 و IEEE 1115).

۱۰-۹-۳-۱-۱- باتری VLA

سلول‌های بدون منفذ در مقایسه با VRLA تحمل بیش‌تری نسبت به استفاده نامناسب از سیستم و شرایط سخت محیطی دارند.

۱۰-۹-۳-۱-۲- باتری VRLA

برای باتری‌های VRLA، بازترکیب بهینه گاز، تابعی از دمای کاری و ولتاژ شناور است. مسائل اضافی (ناشی از) خشک شدن احتمالی و گریز حرارتی در باتری‌های VRLA باید به‌دقت برای دمای کاری بالا ارزیابی شود. هم‌چنین باید به شارژرهای محدودکننده جریان در کاربردهای دما بالا توجه شود. علاوه بر این، استفاده از شارژرهای جبران‌شده-دما برای کاربردهایی که می‌توان تغییرات دما را در آن‌ها انتظار داشت، توصیه می‌شود.

۱۰-۹-۳-۱-۳- باتری نیکل-کادمیم

باتری نیکل-کادمیم در اثر دمای پایین یا یخ‌زدگی آسیب نخواهد دید. با یک الکترولیت معمولی، باتری در دمای پایینی تا حتی منفی ۲۰ درجه سلسیوس کار خواهد کرد و با الکترولیتی با گرانش ویژه بالاتر حتی در دماهای پایین‌تر از این نیز کار خواهد کرد. ظرفیت قابل دسترس باتری نیکل-کادمیم در دماهای پایین کاهش می‌یابد، اما در دمای منفی ۴۰ درجه سلسیوس، این باتری می‌تواند بیش از ۶۰ درصد از ظرفیت نامی‌اش را تحویل دهد.

۱۰-۹-۳-۲- فرکانس و عمق دشارژ[2]

عمر باتری به فرکانس و عمق دشارژ آن بستگی دارد. باتری می‌تواند چرخه‌های کم عمق[3] کوتاه-مدت بیش‌تری را در مقایسه با چرخه‌های دشارژ عمیق[4] طولانی-مدت تامین کند. حتی نوسانات لحظه‌ای در توان (a.c.) تحویلی به UPS ممکن است منجر به دشارژ چند ثانیه‌ای یا حتی بیش‌تر در باتری شود. چرخه‌های مکرر (شارژ و دشارژ) باتری UPS، حتی برای مدت زمان کوتاه، طول عمر باتری را کاهش می‌دهد.

[1] Sizing
[2] Frequency and Depth of Discharge
[3] Shallow Cycles
[4] Deep Discharge Cycles

۱۰-۹-۳-۲-۱- باتری VLA

با قراردادن صفحه‌های نگهدارنده در برابر صفحات مثبت یا با پوشاندن صفحات مثبت در یک مجرای سوراخ‌دار[1]، می‌توان یک باتری VLA را برای تعداد چرخه طولانی‌شده طراحی کرد. این جداسازی الکتریکی جزئی باعث افزایش مقاومت داخلی شده و ممکن است سرعت خروج توان از باتری را محدود کند (به پیوست C. 6 از استاندارد IEEE 1184 مراجعه شود).

۱۰-۹-۳-۲-۲- باتری VRLA

بسیاری از طرح‌های AGM می‌توانند سرویس چرخه بهتری را به سلول‌های منفذدار با آلیاژ شبکه یکسان ارایه دهند، چرا که عنصر صفحه تحت فشار است و صفحه الیاف شیشه‌ای به‌عنوان یک نگهدارنده عمل می‌کند. تولیدکنندگان طرح‌های ژل ممکن است مواد افزودنی را در الکترولیت گنجانده باشد که سرویس‌دهی چرخه طولانی را فراهم می‌کند.

۱۰-۹-۳-۲-۳- باتری نیکل-کادمیم

سلول‌های نیکل-کادمیم می‌توانند سرویس چرخه طولانی-مدت را برای کاربردهای دشارژ عمیق فراهم کنند. برای تقویت تعداد چرخه و برای کاهش اثر سوء دماهای بالا، ممکن است مقادیر مختلفی از هیدروکسید لیتیوم به الکترولیت هیدروکسید پتاسیم اضافه شود. تولیدکنندگان مقدار دقیق اضافه شده در حین تولید را مشخص می‌کنند.

۱۰-۹-۴- تهویه

با نزدیک شدن وضعیت سلول به حالت شارژ کامل، فرآیند شارژ ناکارآمدتر شده و مقدار جریان ورودی در حال افزایشی صرف الکترولیز می‌شود. در این فرآیند، با آزاد شدن اکسیژن از صفحات مثبت و هیدروژن از صفحات منفی، آب تجزیه می‌شود. وقتی سلول به حالت کاملاً شارژ رسید، تقریباً تمام جریان صرف فرآیند الکترولیز می‌شود. در یک سلول منفذدار، به گازهای اکسیژن و هیدروژن اجازه آزاد شدن در اتمسفر داده می‌شود که در نتیجه آب از دست می‌رود.
چرخه بازترکیب اکسیژن در سلول‌های VRLA، آزاد شدن هیدروژن و از دست رفتن آب را محدود می‌کند، اما منجر به تولید گرما می‌شود. بنابراین سیستم‌های تهویه باید برای هر دو هدفِ حذف هیدروژن و مدیریت حرارتی طراحی شوند.

۱۰-۹-۴-۱- حذف هیدروژن

ناحیه باتری باید توسط سیستم تهویه طبیعی یا مکانیکی تهویه شود، تا از تجمیع هیدروژن جلوگیری شود. سیستم تهویه باید تجمیع هیدروژن را به کم‌تر از ۲ درصد از حجم کل هوا در ناحیه باتری یا طبق الزامات کدهای محلی برای تاسیسات خاص، کاهش دهد. محل نباید دارای نواحی باشد که ممکن است بسته‌های هیدروژن در آن‌ها جمع شود. حداکثر نرخ آزادسازی هیدروژن به شرح ذیل است.

[1] Perforated Sleeve

حداکثر نرخ آزادسازی هیدروژن:

$$۱٫۲۷ \times ۱۰^{-۷}$$ به ازای هر آمپر شارژ و هر سلول در ۲۵ درجه سلسیوس و فشار ۱۰۱٫۳۲۵ کیلو پاسکال (۳-۱۰)

بدترین حالت در هنگام وارد کردن حداکثر جریان به یک باتری کاملاً شارژ شده ایجاد می‌شود. حداکثر جریان شارژ هنگامی به وجود می‌آید که باتری در بالاترین ولتاژ و حداکثر دما شارژ شود که از تولیدکننده قابل استعلام است. اگرچه فرآیند بازترکیب طبیعی، آزادسازی هیدروژن را در سلول‌های VRLA محدود می‌کند، اما مقدار کمی هیدروژن به‌طور دوره‌ای در نتیجه فرآیند خوردگی شبکه آزاد می‌شود. مقادیر بیش‌تری هیدروژن، به همراه مقداری اکسیژن، هنگامی که باتری بیش از حد شارژ شود، آزاد می‌شود. طراح سیستم باید از فرمول فوق برای محاسبه حداکثر آزادسازی هیدروژن استفاده کند.

۱۰-۹-۴-۲- مدیریت حرارتی

حفظ دمای کارکرد باتری بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس باعث افزایش عمر سرویس‌دهی و بهره‌وری آن می‌شود.

شارژ طبیعی یک سلول منفذدار منجر به تولید حرارت بسیار کمی می‌شود. مقدار کم گرمای تولید شده به‌راحتی از طریق قسمت عمده‌ای از الکترولیت مایع یا به‌همراه گاز آزاد شده، پراکنده می‌شود. اگرچه ممکن است گرما در شرایط خطا تولید شده باشد (به‌عنوان مثال، شارژ بیش از حد با سطوح الکترولیت کم)، تحت چنین شرایطی نگرانی اصلی معمولا درباره حذف هیدروژن است تا درباره مدیریت حرارتی.

وقتی یک سلول VRLA در مُد کاملاً بازترکیب در حالت شناور یا شارژ بیش از حد کار می‌کند، عملاً هیچ واکنش شیمیایی خالصی وجود ندارد و تقریباً تمام انرژی شارژ بیش از حد منجر به تولید گرما می‌شود. اگر طراحی سیستم و محیط آن به گونه‌ای است که بتوان گرمای تولید شده را از بین برد و تعادل گرمایی قابل دسترسی باشد، قابلیت گریز حرارتی کاهش می‌یابد. با این‌حال، اگر واکنش بازترکیب تا جایی افزایش یابد که نرخ تولید گرما از نرخ اتلاف گرما بیش‌تر شود، درجه حرارت باتری افزایش می‌یابد و جریان بیش‌تری برای حفظ ولتاژ شناور مورد نیاز است. جریان اضافی منجر به بازترکیب و تولید گرمای بیش‌تر شده، که خود باعث افزایش بیش‌تر درجه حرارت باتری می‌شود. این فرآیند به‌عنوان گریز حرارتی شناخته می‌شود و در صورتی‌که بدون بازبینی رها شود می‌تواند منجر به خرابی فاجعه‌بار باتری شود. این مشکل بالقوه با افزایش درجه حرارت محیط، اتصال کوتاه شدن سلول‌ها یا عملکرد نادرست سیستم شارژ بیش‌تر می‌شود.

شرایطی که می‌تواند منجر به وقوع پدیده گریز حرارتی شود شامل موارد زیر است:

- محیط کار غیرعادی[1] بدون جبران‌سازی ولتاژ شناور
- تنظیم نامناسب ولتاژ شناور
- محدودسازی نامناسب جریان در مدار شارژ باتری

[1] High Operating Ambient

- سلول(های) اتصال کوتاه شده در یک رشته باتری
- ریپل (a.c.) زیاد در مدار (d.c.)
- عملکرد نادرست شارژر
- عملکرد نادرست سیستم‌های تهویه مطبوع

شرایط گریز حرارتی اصلاح نشده منجر به آزادسازی بیش از حد هیدروژن، تخلیه، خشک شدن نهایی و شکست می‌شود. وقتی جریان شارژ در بیش‌ترین مقادیر قرار دارد، دمای باتری می‌تواند باعث ذوب شدن، آتش‌سوزی یا انفجار شود.
در حالت ایده‌آل، سلول‌های VRLA باید در یک محیط کنترل شده قرار گیرند. برای کاهش احتمال گریز حرارتی، تهویه مناسب در اطراف جداره سلول توصیه می‌شود. خطر گریز حرارتی را می‌توان با محدود کردن جریان شارژ و جبران‌سازی دمای ولتاژ شارژ بیش‌تر از این هم کاهش داد. بعضی از انواع ساختار سلول برای دفع گرما مناسب‌تر از انواع دیگر هستند. برای اطلاعات بیش‌تر با سازنده تماس بگیرید.

۱۰-۱۰- ملاحظات کاربردی باتری

زیرمجموعه‌های زیر مروری بر تکنیک‌ها و ملاحظات کاربردی استفاده شده برای تعیین طراحی یک سیستم باتری است. استانداردهای IEEE 484، IEEE 1187 و IEEE 1106 موارد بیش‌تری را درمورد طراحی تاسیسات ارایه می‌دهند.

۱۰-۱۰-۱- طراحی تأسیسات

کاربرد سیستم و شرایط محیطی محلی تأثیر زیادی در طراحی دارد، که می‌تواند یک اثر قابل توجه در عملکرد و عمر باتری داشته باشد. ملاحظاتی درباره زیرمجموعه‌های قابل اجرا باید در نظر گرفته شود.

۱۰-۱۰-۱-۱- تهویه

شرایط تهویه باید متناسب با نوع باتری انتخاب شده باشد (به بند ۱۰-۹-۴ مراجعه شود).

۱۰-۱۰-۱-۲- رشته‌های موازی[1]

رشته‌های موازی باتری‌ها می‌توانند برای افزایش ظرفیت و/یا افزونگی[2] استفاده شوند. در حالت ایده‌آل، رشته‌ها باید تا حد امکان شبیه باشند. حداقل باید الزامات ولتاژ شناور برآورده شود. افزونگی با استفاده از تعداد رشته‌هایی بیش از تعداد مورد نیاز برای تأمین حداقل نیازهای سیستم حاصل می‌شود.
از رشته‌های موازی ممکن است برای انعطاف‌پذیری در تعمیر و نگهداری استفاده شود، به‌عنوان مثال، یک رشته باتری ۵۰۰ کیلووات در مقابل دو رشته ۲۵۰ کیلوواتی، در حالتی که زمان پشتیبان‌گیری کلی در هر دو حالت ۱۵ دقیقه است.

[1] Parallel Strings
[2] Redundancy

در این مثال، استفاده از دو رشته با قطع اتصال جداگانه باتری، امکان حذف یک رشته را برای انجام تعمیر و نگهداری، درحالی‌که رشته دیگر با یک زمان پشتیبان کم‌تر، در مدار نگه داشته شده است، فراهم می‌کند. با افزودن رشته سوم ۲۵۰ کیلوواتی می‌توان افزونگی را در این سیستم به وجود آورد.

هنگام استفاده از رشته‌های موازی محدودیت‌هایی وجود دارد که باید در نظر گرفته شوند.در تاسیسات بزرگ‌تر و پیچیده‌تر تعمیر و نگهداری با افزایش رشته‌های اضافی افزایش می‌یابد. باید به تعیین ظرفیت شارژر و الزامات آزمایش بار توجه شود. قطع اتصال جداگانه باتری باید در طراحی سیستم گنجانده شود.

مزایای استفاده از رشته‌های موازی اغلب از محدودیت‌های آن‌ها بیش‌تر است. استفاده از رشته‌های اضافی قابلیت اطمینان سیستم را افزایش می‌دهد و دسترسی به تعمیر و نگهداری خارج از خط را با استفاده از قطع اتصال جداگانه رشته باتری بهبود می‌بخشد. تعیین ظرفیت کابل[1] بین باتری و بار باید متناسب با بار افزایش‌یافته‌ای شده باشد که برای رشته(ها) قطع شده، به‌وجود می‌آید.

هنگام اندازه‌گیری سیستم‌های باتری با سیم‌های موازی باید دقت کافی بعمل آمده و نرخ یک دقیقه‌ای[2] و افت شلاقی[3] (افت ولتاژ اولیه زیر بار) باید برای هر رشته در نظر گرفته شود.

در مثال بالا، اگر یک رشته به تنهایی نمی‌تواند بار متصل شده را طی افت ولتاژ شلاقی پشتیبانی کند، استفاده از دو رشته ۲۵۰ کیلو وات برای بار ۵۰۰ کیلو وات مزیت چندانی نخواهد داشت. حتی اگر یک رشته منفرد بار را طی افت ولتاژ شلاقی پشتیبانی کند، زمان راه‌اندازی به شدت کاهش می‌یابد که بسته به طراحی سلول، می‌تواند در حدود ۲ دقیقه باشد.

۱۰-۱۰-۱-۳- پایه‌ها و کابینت‌ها

رشته(های) باتری روی پایه‌های باتری یا در کابینت‌ها نصب خواهد شد. شاخص لرزه‌ای محل نصب باید در انتخاب پایه‌ها یا کابینت‌ها درنظر گرفته شود. برای الزامات طراحی لرزه‌نگاری قابل اجرا به کدهای ساختمانی محلی مراجعه کنید. مناطق با لرزه زیاد به پایه با ساختار محکم‌تر نیاز دارند. پایه‌های باز می‌توانند دارای طرح پله‌ای یا طبقاتی باشند که به‌طور معمول در سلول‌های VRLA منفذدار و بزرگ دیده می‌شوند. پایه‌های باز تهویه و دسترسی بهتری را برای تعمیر و نگهداری فراهم می‌کنند.

- کابینت‌های باتری عمدتاً در سیستم‌های UPS، ۳۰۰ کیلو ولت آمپری و پایین‌تر از آن وجود دارند و حاوی سلول‌های VRLA هستند. سلول‌ها/واحدهای باتری[4] اتصال-از-بالا[5] برای انجام ایمن تعمیر و نگهداری توصیه

[1] Cable Sizing
[2] One-Minute Rate
[3] Coup De Fouet
[4] Battery Cells/Units
[5] Top-Connected

شده، به فاصله عمودی کافی نیاز دارند. ملاحظات تهویه و گرمایی غالباً موضوع ثانویه در طراحی کابینت است اما نباید از آن غافل شد.

- تمام چیدمان پایه و کابینت باید فضای کافی برای نگهداری و آزمایش مناسب و ایمن را داشته باشد.
- سازندگان و تامین‌کنندگان باتری‌ها ممکن است حداقل فاصله را تعیین کنند.

۱۰-۱۰-۱-۴- وسیله قطع باتری

وسیله قطع باتری ابزاری را برای از مدار خارج کردن باتری و جدا کردن آن از سیستم UPS فراهم می‌کند و باید متناسب با بار کامل انتخاب شود. این می‌تواند یک مزیت در هنگام نصب و تعمیر و نگهداری باشد. وسیله قطع بُعد ایمنی اضافی به سیستم می‌دهد. وسیله قطع باتری اغلب در رشته‌های موازی برای فراهم کردن امکان جداسازی هر رشته استفاده می‌شود. وسیله قطع باتری باید در هنگامی که باتری در اتاقی غیر از اتاق سیستم UPS واقع شده است، به‌کار رود. برای سیستم‌های UPS که نیاز دارند یک رشته باتری در چندین پایه نصب شود یا برای رشته‌هایی که ولتاژ شینه (d.c.) آن‌ها از ۲۵۰ ولت بیش‌تر است، باید برای تقسیم رشته به چندین بخش یک وسیله قطع باتری چندقطبی به‌کار گرفته شود، که باعث می‌شود ولتاژ کلی در یک پایه کاهش و ایمنی کارکنان در حین تعمیر و نگهداری افزایش یابد. قطع اتصال باتری باید همیشه قابلیت فعال شدن (باز شدن) در ناحیه باتری را داشته باشد و باید دارای قابلیت قفل‌کردن/برچسب‌گذاری در اتاق باتری باشد.

۱۰-۱۰-۱-۵- مهار نشت[1]

الکترولیت باتری در صورت بیرون ریختن، می‌تواند باعث بروز خطراتی شود. نشت می‌تواند به دلیل روش جابجایی نادرست[2]، محفظه‌های[3] ترک‌خورده و/یا سوراخ شده ناشی از نصب نادرست، رشد صفحه[4]، گریز حرارتی، آتش‌سوزی، خرابی‌های مکانیکی و استفاده از حلال‌های تمیز کننده روی محفظه رخ دهد. تدابیر خنثی‌سازی و مهار نشت متناسب با نوع باتری انتخاب شده حین جابجایی (نصب و جمع‌آوری[5]) در بهره‌برداری عادی و همچنین انبار کردن موقتی، باید در نظر گرفته شود. مقررات و الزامات مربوطه باید تبعیت شود (استاندارد IEEE P1578 اطلاعات اضافه‌تری در مورد مهار نشت الکترولیت باتری ارایه می‌دهد).

۱۰-۱۰-۱-۶- انتخاب کابل، تعیین ظرفیت و اتصالات

در نقشه سیستم باتری باید مسیریابی، طول و نوع کابل‌کشی و همچنین درجه حرارت در نظر گرفته شود. در حالتی‌که زمان راه‌اندازی کوتاه‌تر از زمان انتظار است، انتخاب کابلی با اندازه کوچک می‌تواند عامل اصلی در افت ولتاژ کابل باشد

[1] Spill Containment
[2] Handling
[3] Jars
[4] Plate Growth
[5] Removal

(به‌عنوان مثالی از تعیین ظرفیت به بخش 7.5.2 استاندارد IEEE Std 1184 مراجعه شود). ایمنی زمانی به مخاطره می‌افتد که تلفات منجر به گرمای بیش از حد کابل شود. استفاده از کابل افشان، انعطاف‌پذیر و دارای عایق‌بندی برای اتصالات کابلشو باتری در هر جایی‌که از اتصالات کابلی به کار رفته است، توصیه می‌شود. آب‌بندی قطب‌های باتری می‌تواند در اثر یک اتصال نامناسب کابل آسیب ببیند. این کابل نباید فشار مضاعفی بر قطب‌های سلول باتری ایجاد کند. اتصال چند کابلی در قطب‌های باتری باید با استفاده از صفحات ترمینال و سیستم‌های مدیریت کابل در هر جایی که امکان آن وجود دارد، به‌کار رود.

۱۰-۱۰-۱-۷- مقررات مربوط به تعمیر و نگهداری و آزمایش

نصب باتری باید به‌گونه‌ای باشد که اجازه دسترسی و فضای بالاسری سرویس‌دهی ایمن و کافی برای تعمیر و نگهداری، آزمایش و جایگزینی را بدهد. برخی از سیستم‌های کابینت ممکن است اجازه دسترسی آسان و ایمن به باتری را ندهند و نباید استفاده شوند. دسترسی مناسب به پایانه‌های[1] سلول/ماژول[2] باید برای پروب‌ها[3]/گیره‌های[4] مربوط به تمام دستگاه‌های اندازه‌گیری استفاده شده در تست و تعمیرات و نگهداری مطابق با استانداردهای IEEE 450، IEEE 1188 و IEEE 1106 فراهم باشد. فضای راهرو برای تاسیسات دارای رک‌های چند طبقه باید اجازه دسترسی به نردبان و تجهیزات بالابر سلول را بدهد. نوع کابینت‌ها و رک‌ها بر دسترسی به باتری تأثیر می‌گذارند، بنابراین تعمیر و نگهداری و تست مناسب را آسان یا محدود می‌کنند.

۱۰-۱۰-۱-۸- پایش (مانیتورینگ)

گنجاندن یک سیستم مانیتورینگ ممکن است در عملکرد تعمیر و نگهداری توصیه شده و فعالیت‌های آزمون، کمک کننده باشد. روش انتخاب شده ممکن است دارای قابلیت ثبت دشارژ، ولتاژ سلول، دما، مقاومت اتصال، اهمی داخلی یا سایر اندازه‌گیری‌ها باشد. ممکن است بعضی از روش‌ها بتوانند در طول آزمایش بار، داده‌های آزمون را بدون تاخیر زمانی ارایه دهند. اگر قرار باشد در آینده مانیتورینگ (پایش) اضافه شود، درنظرگرفتن یک رابط مناسب برای یک سیستم مانیتورینگ اثرات بالقوه لجستیک را کاهش دهد.

۱۰-۱۰-۲- بررسی عملکرد UPS

UPS ولتاژ خروجی (a.c.) ثابتی را برای بار تامین می‌کند. طی یک دشارژ باتری، باتری توان ثابتی را برای مبدل اینورتر UPS تامین می‌کند. ولتاژ ورودی (d.c.) به مبدل اینورتر در طی دشارژ کاهش می‌یابد. برای حفظ یک توان ثابت خروجی، جریان دشارژ باتری مطابق با این تغییرات افزایش می‌یابد.

[1] Terminals
[2] Cell/module
[3] Probes
[4] Clamps

۱۰-۱۰-۲-۱- محدودیت‌های شارژ UPS

هنگام محاسبه رابطه بین اندازه باتری و زیر سیستم‌های یکسوساز و مبدل اینورتر UPS، کاربر باید قابلیت شارژ باتری یکسوساز و میزان باری را که باتری می‌تواند قبول کند، در نظر بگیرد. سیستم UPS باید دوره‌های دشارژ تحمیل شده به باتری را که ناشی از تغییرات بار بیش از خروجی یا قابلیت پاسخ یکسوساز است، به حداقل برساند.

به‌علاوه، ظرفیت یکسوساز باید طوری انتخاب شود تا الزامات بار کامل سیستم، تلفات سیستم و گذرا را برآورده کند. درعین حال جریان شارژ مجدد باتری را به‌منظور به حداقل رساندن دوره زمانی‌که، بار توسط یک باتری کاملاً شارژ شده محافظت نشده است، تأمین کند. شارژ مجدد باتری تابعی از پذیرش شارژ است که با فن‌آوری و درجه حرارت باتری ارتباط دارد. حفاظت کامل بار در طی بازیابی یکسوساز به ولتاژ (.a.c) عادی، موضوع مهمی است.

یادآوری- توجه شود که باید از مناسب بودن اندازه شارژر برای عملکرد رشته موازی مطمئن شد.

۱۰-۱۰-۲-۲- جریان ریپل (.a.c)

جریان ریپل (.a.c) می‌تواند باعث گرم شدن بیش از حد در باتری‌های VRLA شود و هم‌چنین ممکن است اثرات مخربی روی باتری‌های VLA و به میزان کم‌تری، روی نیکل-کادمیم بگذارد. کاربردهای UPS می‌توانند شرایط غیرمعمولی را برای باتری به‌وجود آورند. به‌طور معمول، هدف طراحی باتری UPS رسیدن به مشخصه‌های جریانی کوتاه-مدت و با سرعت-بالا عالی است که برای رسیدن به این هدف کم‌ترین مقاومت داخلی ممکن سلول مورد نیاز است. این مقاومت پایین مسیری با امپدانسی کم‌تر از خازن‌های فیلتر موجود در خروجی یکسوساز، برای جریان ریپل که از بخش یکسوساز UPS خارج می‌شود، فراهم می‌کند.

علاوه بر این، بخش مبدل اینورتر UPS به‌دلیل ایجاد توان (.a.c) از ترکیب موازی یکسوساز/باتری، به جریان‌های گذرا زیادی احتیاج دارد.

با یک منبع تغذیه (.a.c) (با امپدانس بالا)، تغییرات جریان بار لحظه‌ای و کوتاه-مدت از باتری امپدانس پایین‌تر کشیده می‌شود. این عوامل ممکن است منجر به یک جزء (.a.c) نسبتاً بالا در باتری شود. در حال حاضر تولیدکنندگان، سلول‌های VLA را که در یک محیط با جریان ریپل زیاد کار می‌کنند جزء موارد خارج از ضمانت‌نامه قرار نداده‌اند. اما برخی از تولیدکنندگان حداکثر ریپل مجاز برای VRLA را اعلام می‌کنند. ریپل از لحاظ تاثیر بر طول عمر طراحی ملاحظه‌ای مهم به حساب می‌آید و توصیه می‌شود فیلترهای یکسوساز مطابق با توصیه سازنده، تامین شوند.

۱۰-۱۰-۲-۳- شارژ یکسان‌کننده

شارژ یکسان‌کننده یا تجدید کننده[1] در ولتاژی بالاتر از ولتاژ شناور و برای مدت انتخاب شده جهت تصحیح انحرافات از ولتاژ تعیین شده یا چگالی الکترولیت سازنده، یا اگر یک یا تعداد سلول‌های بیش‌تری زیر حداقل ولتاژ تعریف شده توسط سازنده (تصحیح شده برای حرارت) رسیده باشد، داده می‌شود.

شارژ یکسان‌کننده نباید از حدود ولتاژ تجهیزات متصل شده (UPS) و مشخصات سازنده باتری تجاوز کند. شارژ یکسان‌کننده می‌تواند به کل باتری یا یک سلول منحصر به فرد اعمال شود. از آنجایی که شارژ یکسان‌کننده‌ی بیش از اندازه اثر نامساعدی بر عمر باتری دارد، یکسان‌کنندگی باید حداقل شود.

با این ملاحظات داده شده، نیاز خواهد بود که کاربر استفاده از هر تجهیزی را که به‌طور اتوماتیک بعد از دشارژ یکسان می‌شود، ارزیابی کند، به‌خصوص اگر آن تجهیز به‌طور اتوماتیک و برای مدت طولانی بعد از دشارژهای کوتاه و یا در مدت پایه از پیش تعیین شده یکسان شود. دشارژ در ولتاژهای شناور عادی اتفاق خواهد افتاد؛ هرچند دشارژ می‌تواند با استفاده از شارژ برابر کننده تسریع شود.

یادآوری- سلول‌های VRLA نباید یکسان شوند مگر بنابر توصیه سازنده باتری.

۱۰-۱۰-۳- ملاحظات در خصوص ضمانت‌نامه[2]

از آنجایی که شرایط ضمانت‌نامه‌ها بطور وسیعی در میان سازندگان تغییر می‌کند، شایسته است در زمان انتخاب باتری، ملاحظات دقیقی درباره ضمانت‌نامه صورت پذیرد.

۱۰-۱۰-۳-۱- معیار پذیرش

ضمانت‌نامه عرضه شده باید کاربرد و نحوه استفاده از باتری را تعیین کند. بعضی از سازندگان ضمانت‌نامه‌ها را براساس دوره سرویس‌دهی (تعداد دوره‌ها) و/یا دما عرضه می‌کنند که ممکن است نیازمند یک سیستم پایش، برای تایید باشد. ضمانت‌نامه می‌تواند براساس سرویس شناور کامل و عمر طراحی باشد. (توجه به نحوه کاربرد تعریف شده برای UPS از طرف سازنده و نحوه اثرگذاری این موضوع بر ضمانت‌نامه موضوع مهمی است). مهم است توجه شود نگهداری چه نوعی از سوابق ممکن است برای معتبر بودن ضمانت‌نامه مورد نیاز باشد.

۱۰-۱۰-۳-۲- ضمانت‌نامه تعویض کامل

اگر باتری یا یک سلول در بازه اولیه‌ی عمر سرویس (نوعاً یک سال) معیوب شود، معمولا تحت ضمانت‌نامه کامل توسط سازنده تعویض خواهد شد. این موضوع به‌طور معمول شامل (هزینه مربوط به) نیروی کار لازم برای تغییر باتری یا سلول و/یا هزینه حمل‌ونقل نمی‌شود.

[1] Freshening
[2] Warranty

۱۰-۱۰-۳-۳- اصلاح ارزیابی اولیه[1]

اگر باتری یا یک سلول پس از بازه گارانتی تعویض کامل، پیش از موعد دچار خرابی شود، هزینه باتری جایگزین معمولا براساس ماه‌های استفاده از سرویس و دوره گارانتی اعلام شده امتیازدهی می‌شود.

این اعتبار به‌طور معمول به قیمت فعلی باتری اعمال می‌شود. این پوشش به‌طور معمول شامل (هزینه مربوط به) نیروی کار برای تغییر باتری یا سلول جدید، هزینه حمل‌ونقل باتری یا سلول جدید و/یا هزینه دفع باتری یا سلول خراب نیست.

۱۰-۱۰-۳-۴- هزینه‌های دیگر

حمل‌ونقل و نصب باتری جدید ممکن است به‌عنوان بخشی از تنظیم ضمانت‌نامه پوشش داده نشود. دفع امحاء باتری معیوب غالبا به‌عنوان بخشی از ضمانت‌نامه پوشش داده نمی‌شود.

۱۰-۱۰-۳-۵- ارزیابی ضمانت‌نامه

در ارزیابی ضمانت‌نامه آیتم‌های ذیل باید در نظر گرفته شوند:

- دوره تعویض کامل
- دوره تنظیم امتیازدهی
- هزینه ناوگان
- هزینه نصب
- شرایط استفاده
- دما
- چرخه شارژ و دشارژ
- شارژ کردن
- سوابق تعمیر و نگهداری
- تاریخ شروع ضمانت‌نامه
- دفع باتری معیوب
- ادعا[2]
- هزینه تایید
- قیود و الزامات آزمون نصب

[1] Pro-Rated Adjsutment
[2] Claim

۱۰-۱۱- تعیین ظرفیت باتری

بندهای فرعی ذیل مرور کلی بر تکنیک‌ها و ملاحظات کاربردی استفاده شده جهت تعیین ظرفیت باتری را ارایه می‌کند. استانداردهای IEEE 485 وIEEE 1115 اطلاعات جزئی و روش‌های بیش‌تری در خصوص روش‌های به‌کار رفته جهت تعیین ظرفیت را عرضه می‌کند.

۱۰-۱۱-۱- طراحی پنجره ولتاژ[1]

پنجره ولتاژ UPS رنج ولتاژی را که باتری در بالاتر از آن رنج مجاز به کار است، تعیین می‌کند. تعداد سلول‌های باتری باید طوری انتخاب شود تا در عین حالی که باتری به اندازه کافی شارژ می‌شود، اجازه دهد ولتاژ دشارژ پایانی منجر به بهره‌برداری موثر از ظرفیت باتری شود (به بند ۱۰-۱۱-۴-۳ مراجعه شود).

حداکثر ولتاژ کاری (d.c.) مربوط به UPS، حداکثر ولتاژی است که ممکن است به باتری اعمال شود. حداقل ولتاژ کار (d.c.) مبدل اینورتر ولتاژ نهایی را که ممکن است باتری به آن اندازه دشارژ شود، تعیین می‌کند.

در حالت کلی، اقتصادی‌تر است که تعداد سلول‌های باتری طوری انتخاب شود که کم‌ترین مقدار ولتاژ دشارژ پایانی ممکن را نتیجه بدهد مشروط بر آنکه:

۱) باتری ممکن است مطابق با توصیه‌های سازنده درون محدوده حداکثر ولتاژ سیستم شارژ شود.

۲) به‌ازای زمان دشارژ معین، ولتاژ دشارژ پایانی کم‌تر از مقدار حداقل دشارژ تعیین شده توسط سازنده نباشد.

۱۰-۱۱-۲- دما

دمای کاری باتری بر عمر و کارایی باتری اثرگذار است.

۱۰-۱۱-۲-۱- باتری سرب-اسیدی

کارایی این نوع باتری در دمای زیر ۲۵ درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. توجه داشته باشید که ضرایب تصحیح دما به نرخ دشارژ اعمال می‌شود نه به زمان دشارژ (به جدول (۱۰-۶) و استاندارد IEEE Std 485 مراجعه شود). به‌عنوان مثال در یک نوع سلول خاص، دمای ۱۵٫۶ درجه سلسیوس معادل با ضریب تصحیح دمایی ۱٫۱۱ می‌باشد که نشان می‌دهد کارایی این باتری نسبت به دمای ۲۵ درجه سلسیوس تقریباً ۱۰ درصد کم‌تر می‌شود. اگر این باتری بتواند ۱۰۰ کیلو وات را برای ۱۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس تغذیه کند، قادر به تحویل ۹۰ کیلو وات به مدت ۱۵ دقیقه و در دمای ۱۵٫۶ درجه سلسیوس خواهد بود. مقدار این اثر با ساختار سلول تغییر می‌کند.

جدول (۱۰-۵) براساس سلول‌های VLA با الکترولیت با گرانش ویژه اسمی ۱٫۲۱۵ است. در خصوص انواع دیگر باتری VLAیا VRLA باید به دستورالعمل سازنده مراجعه شود.

[1] Voltage Window

جدول۱۰-۶- ضرایب تصحیح دمایی تعیین ظرفیت [1] برای سلول‌های سرب-اسیدی براساس الکترولیت با گرانش ویژه اسمی ۱٫۲۱۵

ضریب تصحیح دما	دمای اولیه	ضریب تصحیح دما	دمای اولیه
۱٫۰۰۰	۲۵	۱٫۵۲۳	-۴
۰٫۹۹۸	۲۶	۱٫۴۵۹	-۲
۰٫۹۷۰	۲۸	۱٫۳۹۹	۰
۰٫۹۵۶	۳۰	۱٫۳۴۴	۲
۰٫۹۴۱	۳۲	۱٫۳۰۷	۴
۰٫۹۳۴	۳۴	۱٫۲۷۱	۶
۰٫۹۲۳	۳۶	۱٫۲۳۳	۸
۰٫۹۰۹	۳۸	۱٫۱۹۰	۱۰
۰٫۸۹۴	۴۰	۱٫۱۶۱	۱۲
۰٫۸۸۵	۴۲	۱٫۱۳۳	۱۴
۰٫۸۷۸	۴۴	۱٫۱۰۶	۱۶
۰٫۸۷۰	۴۶	۱٫۰۸۳	۱۸
۰٫۸۶۳	۴۸	۱٫۰۵۶	۲۰
۰٫۸۵۶	۵۰	۱٫۰۳۱	۲۲
۰٫۸۴۹	۵۲	۱٫۰۱۰	۲۴

۱۰-۱۱-۲-۲- باتری نیکل-کادمیم

اگرچه بیش‌تر باتری‌های UPS در محیط‌های کنترل شده آب‌وهوایی کار می‌کنند، برای باتری‌های UPS نیکل-کادمیم قرار گرفتن در معرض رنج وسیعی از دما غیر معمول نیست. اگر کم‌ترین دمای مورد انتظار الکترولیت پایین‌تر از دمای استانداردی که برای درجه‌بندی‌های عملکرد به‌کار می‌رود (به طور معمول ۲۵ درجه سلسیوس) باشد، ظرفیت باتری باید افزایش یابد. مقدار ضریب تصحیح دما به طراحی باتری، زمان دشارژ و دمای الکترولیت در زمان شروع دشارژ بستگی دارد. کاربرد ضریب کاهنده [2] مانند سلول سرب-اسیدی است (به بند ۱۰-۱۱-۲-۱ مراجعه شود). به‌طور کلی افزایش قابل توجهی در ظرفیت قابل دسترس در دمای بالاتر از ۲۵ درجه سلسیوس مشاهده نمی‌شود. برای یافتن ضرایب کاهنده دما به ازای زمان‌های دشارژ و دماهای مختلف، با سازنده باتری مشورت کنید.

۱۰-۱۱-۳- ملاحظات طراحی و فرسودگی [3]

اگر چه تعیین ظرفیت باتری برای بار متصل شده کم‌تر به آن امکان پذیر است، اما باتری UPS عموماً برای تطبیق با ظرفیت نامی بار کامل UPS سایز می‌شود. ظرفیت باتری نصب شده باید طوری انتخاب شود که باتری در پایان عمر خود توانایی پشتیبانی از بار کامل را داشته باشد.

[1] Sizing
[2] Deraring Factor
[3] Aging

هنگامی که ظرفیت در دسترس به مقدار ۸۰ درصد ظرفیت نامی کاهش یابد، یک باتری سرب-اسیدی به پایان عمر خود رسیده است. بنابراین برای اطمینان از اینکه باتری از UPS با بار کامل در تمام طول عمر پشتیبانی می‌کند، سایز باتری محاسبه شده باید به اندازه یک حاشیه ۲۵ درصدی افزایش یابد.

برای باتری‌های نیکل-کادمیم نقطه پایان عمر مشخصی وجود ندارد. به‌طور کلی از ضریب فرسودگی ۱٫۲۵ استفاده می‌شود. هرچند ممکن است ضرایب بسته به طراحی سلول، شرایط کاری مورد انتظار و طول عمر برنامه ریزی شده سیستم UPS ممکن است از ۱٫۱۰ تا ۱٫۴۰ متغیر باشد. برای اطلاعات بیش‌تر در مورد ضریب فرسودگی با سازنده تماس بگیرید.

تاثیرات فرسودگی ممکن است با استفاده از یک ضریب جداگانه و یا با گنجاندن در حدود[1] طراحی سیستم (متداول‌تر است)، در نظر گرفته شود.

۱۰-۱۱-۴- محاسبات تعیین ظرفیت باتری

۱۰-۱۱-۴-۱- راندمان و ضریب قدرت UPS

توان UPS بر حسب ولت آمپر (VA) و/یا وات است. مطابق فرمول (۱۰-۴) مقدار برحسب توان برابر است با مقدار ولت آمپر ضرب در ضریب قدرت. منظور از بار باتری مورد استفاده در تعیین ظرفیت، توان خروجی UPS برحسب وات تقسیم بر راندمان مبدل اینورتر (طبق فرمول (۱۰-۵)) است. راندمان بر حسب نرخ خروجی UPS در نظر گرفته می‌شود.

توان خروجی UPS (W) = توان خروجی UPS (VA) × ضریب قدرت (۱۰-۴)

بار اسمی باتری = توان خروجی UPS/راندمان مبدل اینورتر (۱۰-۵)

۱۰-۱۱-۴-۲- محاسبه بار باتری تنظیم شده

بار اسمی باتری باید برحسب فرسودگی و شرایط دمای کاری تنظیم شود.

(بار باتری تنظیم شده) = (بار اسمی باتری) × (حد فرسودگی[2]) × (ضریب تصحیح دما) (۱۰-۶)

۱۰-۱۱-۴-۳- پنجره ولتاژ و تعداد سلول‌ها

مبدل اینورتر UPS دارای یک دامنه ولتاژ ورودی (d.c.) است. دامنه ولتاژ به‌علاوه افت ولتاژ در کابل بین باتری و UPS لازم است در نظر گرفته شود. ولتاژ سلول مورد نیاز برای شارژ ممکن است به‌صورت شناور و یا ولتاژ یکسان‌کننده باشد هر طور که سازنده توصیه کرده باشد.

[1] Margins
[2] Aging Margin

برای بهره‌مندی کامل از ظرفیت قابل استفاده باتری، باید از کم‌ترین ولتاژ پایان- دشارژ سلول ممکن استفاده شود. این موضوع تابع محدودیت‌های به‌وجود آمده توسط حداقل ولتاژ سیستم مجاز و نیز حداقل ولتاژ سلول اعلام شده توسط سازنده باتری برای زمان دشارژ مورد نظر است.

از همه مهم‌تر اینکه باتری ابتدا باید مطابق با توصیه سازنده و در نهایت تا حداکثر ولتاژ سیستم شارژ شود. این مفاهیم در فرمول‌های (۱۰-۷) تا (۱۰-۹) نشان داده شده است.

$$\text{تعداد سلول} = \frac{\text{حداکثر ولتاژ UPS}}{\text{ولتاژ مورد نیاز سلول برای شارژ}} \qquad (۱۰-۷)$$

$$\text{حداقل ولتاژ باتری} = \text{(ولتاژ قطع}^{1}\text{)} + \text{حداقل ولتاژ UPS} + \text{افت ولتاژ کابل در شرایط نامی} \qquad (۱۰-۸)$$

$$\text{حداقل ولتاژ سلول} = \frac{\text{حداقل ولتاژ ترمینال باتری}}{\text{تعداد سلول}} \qquad (۱۰-۹)$$

تعداد سلول‌ها را می‌توان بر اساس دامنه ولتاژ UPS، حداقل ولتاژ دشارژ و ولتاژ شارژ سلول تعیین کرد. معمولا گزینه‌هایی برای تعداد سلول وجود دارد و ممکن است یک روش تکراری[2] برای بهینه‌سازی انتخاب که منعکس‌کننده ولتاژ عملکرد توصیه شده و اندازه‌های سلول موجود باشد، دنبال شود. به‌عنوان مثال اگر حداقل ولتاژ سلول محاسبه شده کم‌تر از مقدار توصیه شده توسط سازنده برای زمان دشارژ باشد، محاسبه باید تکرار شود تا حداقل ولتاژ سلول برابر با مقدار تعیین شده توسط کارخانه سازنده باشد.

۱۰-۱۱-۴-۴- انتخاب سلول

تولیدکنندگان داده‌های عملکردی را برحسب وات یا کیلووات به‌ازای هر سلول ارایه می‌دهند. بنابراین توان باتری مورد نیاز (از بند ۱۰-۱۱-۴-۲) باید بین سلول‌ها تقسیم شود (به بند ۱۰-۱۱-۴-۳ مراجعه شود). سپس یک سلول مشخص می‌شود که می‌تواند این توان را حداقل برای مدت زمان مشخصی تا پایان مشخص شده برای ولتاژ دشارژ فراهم کند.

۱۰-۱۲- استاندارد ساخت باتری و آزمون‌های ساخت

۱۰-۱۲-۱- استاندارد ساخت

۱۰-۱۲-۱-۱- باتری‌های اسید-سربی ساکن باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۸۶۸، استاندارد IEC 60896 یا یکی از استانداردهای مشابه جهانی طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرند.

[1] Cutoff Voltage
[2] Iterative

۱۰-۱۲-۲-۱- باتری‌های نیکل ـ کادمیوم باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۷۵۳، استاندارد IEC60622، استاندارد IEC 60623 یا یکی از استانداردهای معتبر و شناخته‌شده جهانی ساخته و مورد آزمون قرار گیرند.

۱۰-۱۲-۲- ویژگی‌های لازم برای سلول‌ها و باتری‌ها

۱۰-۱۲-۲-۱- باتری‌ها و سلول‌ها باید برای حداقل مدت بهره‌برداری مشخص شده در برگ مشخصات باتری‌ها از استقامت و دوام لازم برخوردار باشد.

۱۰-۱۲-۲-۲- سازنده باید مقدار جریان اتصال کوتاه (I_{sc}) و مقاومت داخلی باتری (Ω) R را مشخص کند.

۱۰-۱۲-۳- آزمون‌ها و گواهی‌ها

آزمون‌های نوعی و گواهی‌های مورد لزوم باید با شرایط مندرج در استانداردهای مربوط (به بخش ۱۰-۱۲-۱ مراجعه شود) شامل موارد زیر مطابقت کند:

- آزمون قابلیت برای عملکرد در شارژ نگهداری باتری
- دوره‌های دوام (شارژ ـ تخلیه)
- آزمون بقای شارژ
- آزمون جریان اتصال کوتاه و مقاومت داخلی
- اندازه‌گیری عایق‌بندی جرم باتری
- کنترل ایستادگی در برابر ضربه و ارتعاش
- کنترل کفایت لوازم فرعی
- کنترل کفایت ابزارها و وسایل (در موارد مربوط)

۱۰-۱۲-۴- اسناد و مدارک سازنده

سازنده یا تهیه‌کننده باتری‌ها باید اسناد و مدارک زیر را همراه با تجهیزات ارایه کند:

الف) وزن و ابعاد سلول‌ها

ب) داده‌های لازم برای طراحی شارژر باتری

پ) داده‌ها و اطلاعات مربوط به عملکردها در آزمون‌های نوعی و عادی

ت) گواهی‌های آزمون‌ها

ث) دستورالعمل‌های مربوط به نصب و بررسی‌های لازم

ج) دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری

۱۰-۱۳- اصول و روش‌های نصب باتری‌های انباره‌ای ساکن

۱۰-۱۳-۱- اتاق باتری‌ها باید حتی‌المقدور نزدیک به مرکز بار الکتریکی یا محل مصرف مربوط در نظر گرفته شود. محل استقرار باتری‌ها باید تمیز و خشک بوده و به‌گونه‌ای واقع شود که بازرسی و نگهداری باتری‌ها به‌سهولت امکان‌پذیر باشد.

۱۰-۱۳-۲- کف اتاق باتری‌ها باید در برابر لغزندگی و مواد اسیدی یا قلیایی (هرکدام که مورد مصرف قرار می‌گیرد) مقاوم باشد.

۱۰-۱۳-۳- اتاق باتری‌ها باید عاری از گازها و بخارهای خورنده بوده و حداکثر حرارت محیط آن نباید مکرراً از ۳۸ درجه سلسیوس تجاوز کند.

۱۰-۱۳-۴- در مواردی‌که سطح خطر زمین لرزه "بالا" یا "متوسط" باشد باید قفسه محل استقرار باتری‌ها از استحکام کافی برخوردار بوده و دارای نگهدارنده‌های جانبی باشد.

۱۰-۱۳-۵- اطلاعات توصیه شده برای نصب در اتاق باتری‌ها شامل موارد زیر خواهد بود:

الف) ولتاژ باتری

ب) نوع مرجع سازنده یا تهیه‌کننده

پ) آمپرساعت ظرفیت با نرخ تخلیه و ولتاژ نهایی

ت) نام نصب‌کننده

ث) تاریخ انجام کار

ج) چگالی الکترولیت (راه‌اندازی در دمای مرجع)

چ) شرح توصیه‌های ایمنی در هنگام فعال‌کردن و نگهداری.

۱۰-۱۳-۶- باتری‌های سرب-اسیدی و نیکل-کادمیوم نباید در یک اتاق استقرار یابد مگر این که برای خارج‌ساختن گازها و بخارهای ناشی از باتری‌های سرب-اسیدی تهویه کافی در نظر گرفته شود.

۱۰-۱۳-۷- تمامی اتاق‌ها و محفظه‌های باتری‌ها باید دارای تهویه خوب و سیستم زهکشی و تخلیه فاضلاب مناسب بوده و بدور از گرد و خاک، خاکستر، دوده، برف و باران و مانند آن باشد.

۱۰-۱۳-۸- سلول‌ها باید برروی پایه‌های مخصوص جداگانه[1] و با رعایت فواصل هوایی لازم نصب شود.

[1] Battery Racks

۱۰-۱۳-۹- در مواردی‌که برای نگهداری باتری‌ها دسترسی از قسمت بالای محفظه باشد، حداقل فاصله بین سر سلول‌ها و قسمت زیرین درپوش دسترسی باید ۶ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

۱۰-۱۳-۱۰- در مواردی‌که سرویس باتری‌ها از طرف جانبی قفسه یا محفظه آن صورت می‌گیرد حداقل فاصله بین سلول‌ها و سقف قفسه یا محفظه باید ۲۰ سانتی‌متر یا ترجیحاً ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

۱۰-۱۳-۱۱- در هنگام استقرار باتری‌ها و نصب رابط‌های میان سلولی باید پلاریته تمامی سلول‌ها با دقت کامل مورد بررسی قرار گیرد، به‌گونه‌ای که از اتصال صحیح سلول‌ها به‌طور سری اطمینان حاصل شود. کابل اتصال باتری‌ها باید مجهز به کفشک‌ها یا سرکابل‌های آبکاری شده با نیکل بوده و مهره‌های تمامی ستون‌های ترمینال‌ها باید کاملاً محکم شود.

۱۰-۱۳-۱۲- سیستم کابل‌کشی باتری‌ها باید به‌طرز صحیحی انجام شده و به‌طور محکم در جای خود نصب شود. این‌گونه کابل‌ها هرگز نباید برروی سطح فوقانی سلول‌ها اتکا داده شود.

۱۰-۱۳-۱۳- قفسه فلزی محل استقرار باتری‌ها، پوشش‌ها و سینی‌های کابل باید با استفاده از هادی‌های مسی حداقل با مقطع ۱۰ میلی‌مترمربع به سیستم زمین اتصال داده شود.

۱۰-۱۳-۱۴- برای جزییات بیش‌تر در مورد نصب، شارژ و نگهداری انواع باتری‌ها به نشریه شماره ۳-۱۳۸ معاونت نظارت راهبردی ـ دفتر نظام فنی اجرایی مراجعه نمایید.

فصل ۱۱

جبران سازی توان راکتیو و ادوات کیفیت توان

۱۱-۱- دامنه پوشش

در این فصل تعاریف، مشخصات فنی و دستورالعمل‌های طراحی و ساخت سیستم‌های جبران سازی توان راکتیو و همچنین تعاریف، مشخصات فنی و حدود شاخص‌های کیفیت توان و بهره‌برداری از ادوات سنجش این شاخص‌ها ارایه شده است.

۱۱-۲- تعاریف و اصطلاحات

۱۱-۲-۱- کیفیت توان

۱۱-۲-۱-۱- کیفیت برق

تغییرات خصوصیات و مشخصات انرژی الکتریکی را نشان می‌دهد و کیفیت مناسب برق نشان دهنده وضعیت مناسب تغییرات و یا اغتشاش در کمیت‌های ولتاژ، جریان و فرکانس بوده که خرابی و یا عملکرد نادرست تجهیزات الکتریکی مصرف کننده را به دنبال نخواهد داشت.

۱۱-۲-۱-۲- گذرا

پدیده یا کمیتی که بین دو شرایط ماندگار شبکه و در فاصله زمانی کوتاه اتفاق می‌افتد.

۱۱-۲-۱-۳- افتادگی ولتاژ

voltage sag

کاهش در مقدار موثر ولتاژ در فرکانس نامی، به اندازه ۱۰ تا ۹۰ درصد و برای مدت زمان بین ۱۰ میلی‌ثانیه (نیم سیکل) تا یک دقیقه.

۱۱-۲-۱-۴- برآمدگی ولتاژ

voltage swell

افزایش در مقدار موثر ولتاژ در فرکانس نامی به میزان بیش از ۱۰ درصد مقدار نامی و برای مدت زمان بین ۱۰ میلی‌ثانیه (نیم سیکل) تا یک دقیقه.

۱۱-۲-۱-۵- نوسان ولتاژ (فلیکر)

voltage fluctuation (flicker)

تاثیر زودگذری که یک منبع روشنایی روی حس بینایی انسان گذاشته، در حالی که طیف فرکانسی یا شدت روشنایی آن تغییر می‌کند.

۱۱-۲-۱-۶- هارمونیک

harmonic

مولفه فرکانسی با مرتبه بزرگ‌تر از یک در سری فوریه یک کمیت متناوب.

۱۱-۲-۱-۷- هارمونیک میانی

interharmonic

مولفه فرکانسی یک کمیت متناوب که فرکانس آن ضریب صحیحی از فرکانس مولفه اصلی موج نیست.

۱۱-۲-۱-۸- هارمونیک غیرمشخصه

هارمونیک‌هایی هستند که تجهیزات تولید کننده هارمونیک، بخصوص یکسو کننده‌ها در طول کار عادی خود تولید نمی‌کنند ولی ممکن است در اثر عدم تقارن یا تعادل سیستم برق و یا به علت اشکالات یکسو کننده‌ها تولید شود.

۱۱-۲-۱-۹- شاخص کوتاه مدت فلیکر

short-term flicker (P_{st})

به میزان شدت فلیکر در یک دوره زمانی ۱۰ دقیقه‌ای گفته می‌شود. وقتی این شاخص برابر یک است، میزان فلیکر در آستانه آزاردهی چشم انسان است.

۱۱-۲-۱-۱۰- شاخص بلند مدت فلیکر

long-term flicker (P_{lt})

به میزان محاسبه شده شدت ۱۲ فلیکر کوتاه مدت در یک دوره زمانی ۲ ساعته اطلاق می‌شود.

۱۱-۲-۱-۱۱- درصد عدم تعادل ولتاژ

voltage unbalance (imbalance)

نسبت درصد مقدار مولفه صفر یا منفی ولتاژ به مقدار مولفه توالی مثبت آن.

۱۱-۲-۱-۱۲- اعوجاج هارمونیکی کل

total harmonic distortion (THD)

نسبت مقدار موثر محتوای هارمونیکی ولتاژ به مقدار موثر مولفه فرکانس اصلی ولتاژ بر حسب درصدی از مولفه اصلی آن.

۱۱-۲-۲- جبران سازی توان راکتیو

۱۱-۲-۲-۱- عنصر خازن

capacitor element

قطعه‌ای که اساساً شامل دو الکترود است که توسط یک ماده عایق (دی‌الکتریک) از هم جدا شده است.

۱۱-۲-۲-۲- واحد خازن

capacitor unit

مجموعه‌ای از یک یا چند عنصر خازن در یک محفظه است که ترمینال‌هایش از محفظه بیرون است.

۱۱-۲-۲-۳- خازن خود ترمیم‌کننده

self-healing capacitor

خازنی است که خواص الکتریکی آن بعد از شکست موضعی دی‌الکتریک، به سرعت و به طور اساسی به حالت اولیه برمی‌گردد.

۱۱-۲-۲-۴- خازن غیرخود ترمیم‌کننده

non-self-healing capacitor

خازنی که در آن ماده عایق (دی‌الکتریک)، پس از شکست محلی، ترمیم نمی‌شود.

۱۱-۲-۲-۵- بانک خازنی

capacitor bank

ترکیبی از یک یا چند خازن فشار ضعیف به همراه وسایل کلیدزنی و کنترل، اندازه‌گیری، سیگنال‌دهی، حفاظت، تنظیم و غیره که تحت مسئولیت مونتاژ کننده، با همه اتصالات مکانیکی و الکتریکی و قطعات ساختاری داخلی به طور کامل مونتاژ می‌شود.

۱۱-۲-۲-۶- خازن

capacitor

در این بخش، واژه خازن هنگامی به کار برده می‌شود که تاکید خاصی روی معانی مختلف خازن یا مجموعه خازن و یا واحد خازن نباشد.

۱۱-۲-۲-۷- پله بانک خازنی

step of capacitor bank

ترکیب یک یا چند واحد خازن که از طریق یک کلید واحد با راکتورهای نامیزان‌ساز[1]، سیم‌های اتصال و دستگاه‌های قطع و وصل و فرمان مربوطه کلید زنی می‌شوند.

۱۱-۲-۲-۸- تجهیزات خازن

مجموعه‌ای از واحدهای خازنی و ابزار جانبی برای اتصال به مدار

[1] Detuned Reactors

۱۱-۲-۲-۹- وسیله تخلیه خازن

discharge device of a capacitor

وسیله‌ای که در بین ترمینال‌های خازن و یا شینه‌ها و یا در داخل واحد خازنی قرار داده می‌شود تا هنگام قطع اتصال خازن از منبع، بار ذخیره شده در داخل خازن از راه آن تخلیه گردیده و ولتاژ خازن به صفر برسد.

۱۱-۲-۲-۱۰- فیوز داخلی یک خازن

internal fuse of a capacitor

فیوزی است که در داخل واحد خازنی به طور سری به یک عنصر یا گروهی از عناصر وصل شده است.

۱۱-۲-۲-۱۱- قطع‌کننده افزایش فشار یک خازن

overpressure disconnector for a capacitor

وسیله قطع‌کننده‌ای است که برای قطع خازن در حالت افزایش غیرعادی فشار داخلی طراحی شده است.

۱۱-۲-۲-۱۲- قطع‌کننده افزایش دمای یک خازن

overtemperature disconnector for a capacitor

وسیله قطع‌کننده‌ای است که برای قطع خازن در حالت افزایش غیرعادی دمای داخلی طراحی شده است.

۱۱-۲-۲-۱۳- ترمینال‌های خط

line terminal

ترمینال‌های خازن که به خطوط متصل می‌شود. در خازن‌های چندفاز، ترمینالی که به خط خنثی یا زمین متصل می‌شود جزء ترمینال‌های خط محسوب نمی‌شود.

۱۱-۲-۲-۱۴- ظرفیت اسمی یک خازن (C_N)

مقدار ظرفیت خازنی است که خازن برای آن طراحی شده است.

۱۱-۲-۲-۱۵- توان راکتیو اسمی (Q_N)

کل توان راکتیو یک بانک خازنی در فرکانس و ولتاژ اسمی است که به‌وسیله امپدانس کل بانک از جمله راکتورها (در صورت وجود) محاسبه می‌شود.

۱۱-۲-۲-۱۶- ولتاژ اسمی یک خازن (U_N)

مقدار موثر ولتاژ متناوب است که خازن برای آن طراحی شده است. در حالتی که خازن‌ها شامل یک یا چند مدار مجزا (از قبیل واحدهای تک‌فاز که برای استفاده در اتصال چندفاز در نظر گرفته شده است، یا واحدهای چندفاز با مدارهای مجزا) باشد، U_N به ولتاژ اسمی هر یک از مدارها نسبت داده می‌شود.

برای خازن‌های چندفاز با اتصالات الکتریکی داخلی بین فازها و برای بانک‌های خازنی چندفاز،U_N به ولتاژ فاز به فاز اطلاق می‌شود.

۱۱-۲-۲-۱۷- فرکانس اسمی یک خازن (f_N)

فرکانسی است که خازن برای آن طراحی شده است.

۱۱-۲-۲-۱۸- جریان اسمی یک خازن (I_N)

مقدار موثر جریان متناوب است که خازن برای آن طراحی شده است.

۱۱-۲-۲-۱۹- تلفات خازن

capacitor losses

توان اکتیوی است که در خازن تلف می‌شود.

یادآوری- تلفات تمامی مولفه‌های تولیدکننده تلفات بایستی در نظر گرفته شود برای مثال:

- برای یک واحد، تلفات دی‌الکتریک، فیوزهای داخلی، مقاومت‌های تخلیه داخلی، اتصالات و غیره،
- برای یک بانک خازنی، تلفات واحدها، فیوزهای خارجی، شینه‌ها، راکتورهای تخلیه و کاهنده و غیره.

۱۱-۲-۲-۲۰- تانژانت زاویه تلفات خازن

tangent of the loss angle of a capacitor

عبارت است از نسبت مقاومت‌های سری معادل، به راکتانس‌های خازنی یک خازن در ولتاژ و فرکانس متناوب سینوسی تعیین شده.

۱۱-۲-۲-۲۱- بیشینه مقدار مجاز ولتاژ متناوب خازن

maximum permissible (a.c.) voltage of a capacitor

بیشینه ولتاژ متناوبی که خازن می‌تواند برای یک زمان معین در وضعیت‌های مشخص تحمل کند.

۱۱-۲-۲-۲۲- بیشینه مقدار مجاز جریان متناوب خازن

maximum permissible (a.c.) current of a capacitor

بیشینه جریان متناوبی که خازن می‌تواند برای یک زمان معین در وضعیت‌های مشخص تحمل کند.

۱۱-۲-۲-۲۳- دمای هوای محیط

ambient air temperature

دمای هوا در مکانی که قرار است خازن در آن مکان نصب شود.

۱۱-۲-۲-۲۴- دمای هوای خنک‌کننده (خنک‌ساز)

cooling air temperature

دمای هوای خنک‌کننده تحت شرایط پایدار، در گرم‌ترین وضعیت بانک خازنی، مابین دو واحد خازنی اندازه‌گیری می‌شود. اگر فقط یک واحد خازنی در داخل بانک خازنی در مدار قرار گرفته باشد، دمای هوای خنک‌کننده، دمای اندازه‌گیری شده در نقطه تقریباً به فاصله ۰٫۱ متر از محفظه خازن و ارتفاع دو سوم از پایه است.

۱۱-۲-۲-۲۵- شرایط حالت پایدار

steady-state condition

تعادل حرارتی به دست آمده توسط خازن در شرایط خروجی ثابت و دمای ثابت هوای محیط است.

۱۱-۲-۲-۲۶- ولتاژ باقی‌مانده

residual voltage

ولتاژی است که در یک زمان معین بعد از قطع تغذیه مابین پایانه‌های یک خازن باقی می‌ماند.

۱۱-۲-۲-۲۷- کنترل کننده توان راکتیو خودکار

automatic reactive power controller

وسیله‌ای که برای محاسبه توان راکتیو جذب شده توسط بار متصل به خطوط برق و کنترل خودکار کلیدزنی پله‌های بانک خازنی جهت جبران توان راکتیو طراحی شده است.

۱۱-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این فصل از نشریه به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

در این بخش استانداردهای مربوط به تعیین شاخص‌های مختلف کیفیت توان و ادوات اندازه‌گیری آن و همچنین الزامات عمومی و مشخصات فنی مربوط به خازن‌های فشار ضعیف به منظور استفاده در بانک‌های خازنی جهت اصلاح ضریب قدرت معرفی شده است.

۱۱-۳-۱- کیفیت توان

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۶۳۷۵، مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)-قسمت ۱: کلیات کیفیت برق تحویلی به مشترکین.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۶۳۷۵، مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)-قسمت ۲: حدود مجاز هارمونیک‌ها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۶۳۷۵، مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)-قسمت ۳: فلش (افتادگی ولتاژ) و قطعی ولتاژ.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴-۶۳۷۵، مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)-قسمت ۴: تغییرات ولتاژ و فرکانس.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵-۶۳۷۵، مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)-قسمت ۵: پدیده‌های گذرا.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۷-۶۳۷۵، مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)-قسمت ۷: مشخصات فنی وسایل اندازه‌گیری و معیار انتخاب آن‌ها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۸-۶۳۷۵، مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی (کیفیت برق)-قسمت ۸: دستورالعمل اندازه‌گیری کیفیت برق ، بازرسی و اطمینان از کیفیت آن.
- IEC 61000-x, Electromagnetic compatibility (EMC).
- IEC 61557-12, Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V AC and 1 500 V DC - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 12: Power metering and monitoring devices (PMD).
- IEEE 1159-2019, Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.

۱۱-۳-۲- جبران سازی توان راکتیو

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۵۹۲۵، خازن‌های قدرت-بانک‌های اصلاح ضریب قدرت فشار ضعیف.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۷۲۱۳، خازن‌های قدرت موازی از نوع خود ترمیم‌کننده برای سیستم‌های (a.c.) با ولتاژ اسمی تا و خود ۱۰۰۰ ولت-قسمت ۱، کلیات-کارآیی، آزمون و مقادیر نامی-مقررات ایمنی-راهنمایی برای نصب و کاربرد.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۱۰۳، تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف-قسمت ۱: مقررات عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱۲۱۰۳، تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف-قسمت ۱: تابلوهای قطع و وصل و فرمان قدرت.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۰۹۷۳، محفظه‌های خالی برای تابلوهای تجهیزات قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف-الزامات عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۴۸۳۵، مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف-قسمت ۱: الزامات عمومی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۴۸۳۵، مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف-قسمت ۲: کلیدهای خودکار.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۴-۴۸۳۵، مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف-قسمت ۱-۴: کنتاکتورها و راه‌اندازهای موتوری-کنتاکتورهای الکترومکانیکی و راه‌اندازهای موتوری.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۴-۴۸۳۵، مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف-قسمت ۳-۴: کنترل کننده‌ها و کنتاکتورهای نوع نیمه هادی جریان متناوب برای بارهای غیر موتوری.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۶-۶۰۰۷۶، ترانسفورماتورهای قدرت-قسمت ۶: راکتورها.
- IEC 61921, Power capacitors - Low-voltage power factor correction banks.
- IEC 60831-1, Shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V - Part 1: General - Performance, testing and rating - Safety requirements - Guide for installation and operation.
- IEC 61439-1, Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1: General rules.
- IEC 61439-2, Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies.
- IEC 62208, Empty enclosures for low-voltage switchgear and controlgear assemblies - General requirements.
- IEC 60947-1, Low-voltage switchgear and controlgear - Part 1: General rules.
- IEC 60947-2, Low-voltage switchgear and controlgear - Part 2: Circuit-breakers.
- IEC 60947-4-1, Low-voltage switchgear and controlgear - Part 4-1: Contactors and motor-starters - Electromechanical contactors and motor-starters.

- IEC 60947-4-3: Low-voltage switchgear and controlgear - Part 4-3: Contactors and motor-starters - Semiconductor controllers and semiconductor contactors for non-motor loads.
- IEC 60076-6: Power transformers - Part 6: Reactors.

۱۱-۳-۳- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در تابلوهای بانک خازن و ادوات کیفیت توان ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (در صورت وجود) ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

۱۱-۴- کیفیت توان

۱۱-۴-۱- کلیات

واژه کیفیت برق که مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی را مشخص می‌کند تعداد بسیار زیادی از اعوجاج‌های موجود در شبکه برق را پوشش می‌دهد. بطور کلی حساسیت تجهیزات الکتریکی مدرن مانند کنترل کننده‌های میکروپروسسوری، درایو کنترل سرعت و مانند آن اهمیت ویژه مبحث کیفیت توان را نمایان می‌سازد.

۱۱-۴-۲- پدیده‌های موثر در کیفیت برق

۱۱-۴-۲-۱- نوسان ولتاژ

نوسان ولتاژ اغلب خود را به‌صورت سوسو زدن لامپ‌ها نشان می‌دهد. از عوامل اصلی ایجاد این مشکل بارهای صنعتی، ماشین‌های جوشکاری، کارخانه نورد آهن و کوره‌های قوس الکتریکی است. نوسان ولتاژ می‌تواند نور خروجی لامپ‌های رشته‌ای را به مقدار زیادی کاهش دهد ولی در مورد نور لامپ‌های تخلیه در گاز تاثیر کم‌تری از خود نشان می‌دهد. علاوه بر این نوسان ولتاژ می‌تواند روی گیرنده‌های تلویزیونی، وسایل کنترل الکترونیکی و کامپیوترهای شخصی نیز تاثیر بگذارد.

۱۱-۴-۲-۲- هارمونیک‌ها

هارمونیک‌ها، ولتاژها یا جریان‌های سینوسی هستند که فرکانس آن‌ها مضربی صحیح از فرکانس نامی شبکه است. هارمونیک‌ها به دلیل وجود مشخصه غیرخطی بارها ایجاد می‌شود. سطح اعوجاج هارمونیکی توسط طیف کامل هارمونیکی شکل موج توصیف شده که در آن هر مولفه هارمونیکی به شکل مجزا با دامنه و زاویه فاز خود مشخص

می‌شود. جریان‌های هارمونیکی تزریق شده به شبکه قدرت می‌تواند سبب بروز اضافه حرارت در تجهیزات، ترانسفورماتورها و هادی‌های حامل جریان و در نتیجه عملکرد نامناسب وسایل حفاظتی شود. این اعوجاج‌ها در صورت ایجاد تشدید هارمونیکی ممکن است موجب خرابی و صدمه دیدن تجهیزات مصرف کننده و همچنین شبکه توزیع شود.

۱۱-۴-۲-۳- هارمونیک‌های میانی

هارمونیک‌های میانی، ولتاژها یا جریان‌های سینوسی هستند که فرکانس آن‌ها مضرب صحیحی از فرکانس اصلی نیست. هارمونیک‌های میانی می‌توانند در شبکه‌های با سطوح مختلف ولتاژ ظاهر شوند. منبع اصلی تولید این نوع هارمونیک مبدل‌های فرکانسی، برخی یکسو کننده‌ها، موتورهای القایی و کوره‌های القایی هستند. هارمونیک‌های میانی در گیرنده‌های ریپل کنترل تاثیر نامناسبی می‌گذارند و همچنین اثراتی در موتورهای القایی و کوره‌های قوس الکتریکی دارند.

۱۱-۴-۲-۴- عدم تعادل ولتاژ

عدم تعادل ولتاژ به شرایطی اطلاق می‌شود که مقادیر ولتاژ سه‌فاز با یکدیگر متفاوت بوده و یا اختلاف زاویه ۱۲۰ درجه بین فازها وجود نداشته باشد. درصد عدم تعادل ولتاژ با نسبت اندازه مولفه توالی صفر ولتاژ به اندازه مولفه توالی مثبت آن مشخص می‌شود. علت اصلی ایجاد عدم تعادل ولتاژ، وجود بارهای تک‌فاز در شبکه و توزیع غیریکنواخت آن‌ها روی سه‌فاز است. عدم تعادل ولتاژ می‌تواند تاثیر قابل ملاحظه‌ای در ژنراتورها به وجود آورد و اثرات حرارتی نامناسبی را روی برخی تجهیزات شبکه توزیع و مصرف کننده ایجاد کند که ممکن است باعث صدمه دیدن این تجهیزات شود.

۱۱-۴-۲-۵- تغییرات بلند مدت ولتاژ

تغییرات بلند مدت ولتاژ به هرگونه انحراف در مقدار موثر ولتاژ در فرکانس نامی اطلاق می‌شود که برای مدت زمان بیش‌تر از یک دقیقه ادامه داشته باشد. تغییرات بلند مدت ولتاژ می‌تواند به‌صورت اضافه ولتاژ، کاهش ولتاژ و قطعی بلند مدت با دوام رخ دهد.

اضافه ولتاژ بلند مدت ممکن است سبب خرابی تجهیزات مخصوصاً تجهیزات الکترونیکی شده و باعث کاهش طول عمر کابل‌ها، شینه، کلید، ماشین‌های گردان، لامپ‌ها و خازن‌ها شود. اضافه ولتاژ بلند مدت ممکن است در مورد برخی رله‌های حفاظتی عملکرد ناخواسته‌ای را به دنبال داشته باشد.

کاهش ولتاژ بلند مدت می‌تواند موجب عملکرد نادرست تجهیزات شود. کنترل کننده‌های موتورها ممکن است تحت این شرایط از کار بیفتد. کاهش ولتاژ بلند مدت می‌تواند در موتورهای القایی تلفات گرمایی را افزایش دهد. همچنین سرعت این موتورها نیز در اثر این شرایط تغییر می‌کند. وسایل الکترونیکی ممکن است در طی شرایط کاهش ولتاژ از مدار خارج شود. کاهش ولتاژ موجب کم شدن توان راکتیو خروجی در بانک‌های خازنی می‌شود. همچنین این شرایط روی سیستم‌های روشنایی نیز تاثیر خواهد گذاشت.

قطعی‌های بلند مدت (بادوام) می‌توانند به علل مختلف به وجود آید. یکی از این علت‌ها می‌تواند ناشی از قطع کلیدها، سوختن فیوزها و غیره باشد. قطعی با دوام باعث خروج بار از مدار می‌شود البته این نوع قطعی روی تجهیزاتی که با UPS و یا وسایل ذخیره کننده انرژی محافظت می‌شود تاثیری نخواهد گذاشت.

۱۱-۴-۲-۶- تغییرات کوتاه مدت ولتاژ

تغییرات کوتاه مدت ولتاژ به هرگونه انحراف در مقدار موثر ولتاژ در فرکانس نامی اطلاق می‌شود که برای مدت یک دقیقه و یا کم‌تر باشد. تغییرات کوتاه مدت ولتاژ می‌تواند به‌صورت افتادگی ولتاژ، برآمدگی ولتاژ و یا از دست رفتن کامل آن (قطعی کوتاه مدت) رخ دهد.

برآمدگی ولتاژ، افزایشی در ولتاژ موثر به اندازه ۱۰ تا ۸۰ درصد در فرکانس نامی بوده که مدت تداوم آن از ۱۰ میلی‌ثانیه (نیم سیکل) تا یک دقیقه باشد.

برآمدگی ولتاژ ممکن است سبب خرابی برخی تجهیزات از جمله وسایل الکترونیکی، درایو تنظیم سرعت موتور الکتریکی، کامپیوترهای شخصی و کنترل کننده‌های الکترونیکی شود. از طرف دیگر برآمدگی ولتاژ ممکن است روی عملکرد برخی از رله‌های حفاظتی نیز تاثیر بگذارد.

افتادگی ولتاژ، کاهشی در ولتاژ موثر به اندازه ۱۰ تا ۹۰ درصد در فرکانس نامی است که برای مدت زمانی از ۱۰ میلی‌ثانیه (نیم سیکل) تا یک دقیقه تداوم یابد. افتادگی ولتاژ را می‌توان با دو پارامتر دامنه و مدت زمان وقوع مشخص نمود. افتادگی ولتاژ موجب خروج از مدار برخی تجهیزات می‌شود. افتادگی ولتاژ ممکن است توسط کنترل کننده‌های تجهیزات حساس تشخیص داده شده و قطع این وسایل را به دنبال داشته باشد.

در طی وقوع افتادگی ولتاژ سرعت ماشین‌های القایی کمی کاهش می‌یابد. همچنین توان راکتیو بانک‌های خازنی کم می‌شود و روشنایی لامپ‌ها نیز کاهش می‌یابد که با چشم قابل مشاهده است.

۱۱-۴-۲-۷- تغییرات فرکانس

هنگامی که تعادل بین بار مصرفی و مقدار تولید تغییر کند، فرکانس شبکه تغییر می‌یابد. اندازه تغییر فرکانس و مدت زمان این تغییر بستگی به مشخصه بار و پاسخ سیستم کنترل در نیروگاه‌ها دارد. تغییرات فرکانس ممکن است باعث صدمه دیدن ژنراتور و توربین شود.

۱۱-۴-۲-۸- حالات گذرا

حالت‌های گذرا به تغییرات بسیار سریع ولتاژ و جریان که مدت تداوم آن‌ها کم‌تر از ۱۰ میلی‌ثانیه (نیم سیکل) است اطلاق می‌شود. حالت‌های گذرا به علت صاعقه و کلیدزنی به وجود می‌آید و می‌تواند روی عایق تجهیزات تاثیر بگذارد. دامنه‌های بالا و شیب سریع حالات گذرا ممکن است منجر به پدیده شکست عایقی در تجهیزات الکتریکی از قبیل ماشین‌های گردان، ترانسفورماتورها، خازن‌ها، کابل‌ها و ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ شود. تکرار اعمال حالت‌های گذرا

با دامنه‌های کم‌تر نیز ممکن است سبب کم شدن طول عمر و خرابی عایق شود. حالات گذرا همچنین می‌تواند باعث اشکال در تجهیزات الکترونیکی و یا قطع ناخواسته تجهیزات مدرن مانند درایو کنترل سرعت موتور الکتریکی شود.

۱۱-۴-۳- اندازه‌گیری کیفیت توان

به منظور بهره‌برداری صحیح از تاسیسات الکتریکی، اندازه‌گیری شاخص‌های اصلی منبع تغذیه مانند ولتاژ، جریان، فرکانس، توان اکتیو و غیره به‌عنوان حداقل ملزومات باید در نظر گرفته شود. برخی از پدیده‌های الکتریکی ممکن است اثرات نامطلوبی بر روی تجهیزات الکتریکی و عملکرد آن بگذارد که باید با اندازه‌گیری و پایش صحیح این شاخص‌ها از بروز خسارت و همچنین کاهش قابلیت اطمینان شبکه تاسیسات الکتریکی جلوگیری نمود.

برخی مشکلات ناشی از کیفیت پایین توان الکتریکی و اثرات آن بر روی بهره‌وری انرژی و عملکرد تجهیزات در جدول (۱۱-۱) معرفی شده است.

جدول۱۱-۱- تاثیر کیفیت پایین شاخص‌های الکتریکی بر روی بهره‌وری انرژی و عملکرد تجهیزات

شاخص	اندازه‌گیری	تاثیر روی بهره‌وری انرژی	تاثیر بر عملکرد تجهیزات در تاسیسات الکتریکی
ضریب قدرت (PF یا $\cos\varphi$)	PF	ضریب قدرت پایین منجر به افزایش تلفات در تاسیسات و اخذ جرایم توسط شرکت توزیع نیروی برق می‌شود	گرم شدن کابل‌ها (لزوم افزایش سایز هادی‌ها)
هارمونیک‌های ولتاژ و جریان	THD_u THD_i	هارمونیک‌های توالی منفی باعث کاهش سرعت موتورها و همچنین افزایش تلفات در تاسیسات می‌شود	خرابی زودهنگام وسایل برقی بالاخص موتورها
انحراف ولتاژ گذرا یا دایمی	U	وسایل برقی مانند موتورها ممکن است خارج از محدوده نامی خود کار کنند و باعث افزایش مصرف شود	خرابی زودهنگام وسایل برقی بالاخص موتورها
افت یا قطعی ولتاژ	U_{dip} U_{int}	-	اختلال در فرایندها و ایجاد ضرر مالی
فرکانس	f	-	تغییر سرعت موتورها بعلت تغییرات فرکانس
فلیکر یا تغییرات سریع ولتاژ	P_{st} RVC[1]	-	این پدیده می‌تواند تاثیر ناخوشایند بر روی روشنایی داشته باشد

[1] Rapid Voltage Change

۱۱-۴-۳-۱- تجهیزات اندازه‌گیری و پایش کیفیت توان

امروزه با گسترش استفاده از تجهیزات دیجیتالی مدرن در حوزه اندازه‌گیری شاخص‌های مختلف کیفیت توان الکتریکی، علاوه بر افزایش دقت اندازه‌گیری، قابلیت‌های مهم دیگری از جمله دسترسی محلی و از راه دور، ثبت، تجزیه و تحلیل دوره‌ای شاخص‌ها به سادگی در دسترس است.

مشخصات فنی تجهیزات اندازه‌گیری و پایش کیفیت توان می‌بایست مطابق با استانداردهای ذکر شده در بند ۱۱-۳-۱ باشد.

شاخص‌های قابل اندازه‌گیری می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- انرژی اکتیو (مطابق با دسته‌بندی ذکر شده در استانداردهای IEC 62053-21 و IEC 62053-22)
- انرژی راکتیو (مطابق با دسته‌بندی ذکر شده در استاندارد IEC 62053-23)
- انرژی ظاهری
- توان اکتیو، راکتیو و ظاهری
- فرکانس
- مقدار موثر جریان فاز و خنثی
- مقدار موثر ولتاژ
- ضریب قدرت
- برآمدگی و افتادگی ولتاژ
- اختلال‌های ولتاژی
- عدم تعادل ولتاژ
- اعوجاج و هارمونیک ولتاژ
- اعوجاج و هارمونیک جریان
- مقادیر بیشینه، کمینه، پیک و متوسط دیماند

۱۱-۴-۴- حدود مجاز

حدود مجاز شاخص‌های مختلف کیفیت توان باید مطابق با الزامات و حدود مشخص شده در استانداردهای معرفی شده در بند ۱۱-۳-۱ رعایت شود.

۱۱-۴-۴-۱- حدود مجاز هارمونیک‌ها

حدود قابل پذیرش هارمونیک‌های بلند مدت (بیش از ۱۰ دقیقه) در سیستم فشار ضعیف مطابق با استاندارد IEC 61000-2-2 تعیین و بخشی از آن در جدول (۱۱-۲) ارایه شده است.

جدول۱۱-۲- حدسازگاری (قابل پذیرش) هارمونیک‌های ولتاژ در سیستم فشار ضعیف

هارمونیک‌های فرد غیر از ضریب ۳		هارمونیک‌های فرد ضریب ۳		هارمونیک‌های زوج	
مرتبه هارمونیک	درصد هارمونیک ولتاژ	مرتبه هارمونیک	درصد هارمونیک ولتاژ	مرتبه هارمونیک	درصد هارمونیک ولتاژ
۵	۶	۳	۵	۲	۲
۷	۵	۹	۱٫۵	۴	۱
۱۱	۳٫۵	۱۵	۰٫۴	۶	۰٫۵
۱۳	۳	۲۱	۰٫۳	۸	۰٫۵

۱۱-۴-۴-۲- حدود مجاز تغییرات بلند مدت ولتاژ

در شبکه ایران سطوح نامی ولتاژ مطابق جدول (۱۱-۳) است:

جدول۱۱-۳- سطوح نامی ولتاژ

نوع شبکه	علامت اتصال	حداکثر ولتاژ سیستم (کیلوولت)	سطوح نامی ولتاژ (کیلوولت)
فشار ضعیف (توزیع)	LV	-	۰٫۴
فشار متوسط (توزیع)	MV	۲۴ (۱۲و۳۶) الف	۲۰ (۱۱و۳۳) ب
فشار قوی (فوق توزیع)	HV	۷۲٫۵	۶۳
فشار قوی (فوق توزیع)	HV	۱۴۵	۱۳۲
فشار قوی (انتقال)	HV	۲۴۵	۲۳۰
فوق فشار قوی (انتقال)	HV	۴۲۰	۴۰۰
الف وب: این رده ولتاژ فقط در تعداد محدودی از شرکت‌های برق منطقه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.			

با توجه به تاثیر تغییرات ولتاژ در بهره‌برداری و ایمنی شبکه، محدوده‌های ولتاژی زیر تعریف می‌شود:

الف) ولتاژ عادی: افزایش تا ۲٪ و یا کاهش تا ۲٪ ولتاژ نامی

ب) ولتاژ غیرعادی: افزایش تا ۵٪ و یا کاهش تا ۱۰٪ ولتاژ نامی

پ) ولتاژ غیرقابل تحمل: افزایش بیش از ۵٪ و یا کاهش بیش از ۱۰٪

موارد الف و ب حدود مجاز تغییرات بلند مدت ولتاژ است.

۱۱-۴-۴-۳- حدود مجاز فرکانس

در تمام سطوح ولتاژی، میزان تغییرات فرکانس در حالت نرمال باید در محدوده ۰٫۳± هرتز باشد.

۱۱-۴-۴-۴- حدود مجاز فلیکر

دلیل اصلی محدود کردن تغییرات ولتاژ، تاثیر نامطلوبی است که فلیکر روی چشم انسان ایجاد می‌کند. نحوه محاسبه یا اندازه‌گیری فلیکر و همچنین حدود مجاز فلیکر در سیستم فشار ضعیف مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴-۶۳۷۵ تعیین شده است و شاخص کوتاه مدت فلیکر (P_{st}) نباید بزرگ‌تر از ۱ باشد.

دستگاه اندازه‌گیری فلیکر باید با الزامات معرفی شده در استاندارد IEC 61000-4-15 مطابقت داشته باشد.

۱۱-۵- جبران سازی توان راکتیو

۱۱-۵-۱- کلیات

در این بخش مشخصات فنی و الزامات ویژه بانک‌های خازنی موازی فشار ضعیف که برای اصلاح ضریب قدرت استفاده می‌شود و می‌تواند مجهز به دستگاه کنترل و کلیدزنی باشد که اجزاء بانک خازنی را با هدف اصلاح ضریب قدرت قطع یا وصل کند معرفی شده است.

طراحی و نصب سیستم جبران ساز توان راکتیو برای تاسیسات الکتریکی با دیماند ۳۰ کیلووات و بالاتر الزامی است.

۱۱-۵-۱-۱- شرایط بهره‌برداری

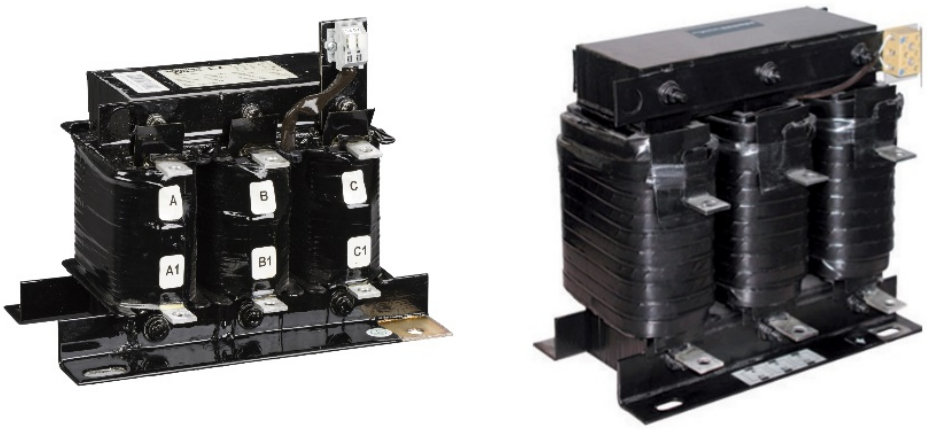
شرایط بهره‌برداری تابلوهای بانک‌های خازنی مشابه شرایط ذکر شده در فصل۶ این نشریه است.

همچنین شرایط کار عادی خازن‌ها به نحوی است که ولتاژ باقی‌مانده در زمان اعمال ولتاژ از ۱۰ درصد ولتاژ اسمی بیش‌تر نباشد و در محدوده دمای ۵۰- درجه سلسیوس تا ۵۵+ درجه سلسیوس و حداکثر ارتفاع ۲۰۰۰ متر از سطح دریا بهره‌برداری شود.

۱۱-۵-۱-۲- تطبیق با شرایط عملکرد و هارمونیک‌ها

خازن‌ها می‌بایست متناسب با شرایط کاری خود در طول عمر پیش‌بینی شده انتخاب شود. لذا شرایط بهره‌برداری از خازن از جمله دمای محیط، اضافه جریان احتمالی ناشی از اختلالات ولتاژ و تعداد دفعات قطع و وصل می‌بایست مد نظر قرار بگیرد. اتصال بانک خازنی روی یک سیستم دارای هارمونیک ممکن است طول عمر آن را کاهش دهد.

اثرات مخرب هارمونیک‌ها می‌تواند با استفاده از راکتور نامیزان ساز مناسب و به‌صورت سری با هر پله خازن کاهش یابد. در صورت استفاده از راکتور با هسته آهنی می‌بایست به اشباع و اضافه حرارت احتمالی هسته، ناشی از وجود هارمونیک‌ها توجه نمود.



شکل۱۱-۱- راکتور نامیزان ساز

اطلاعات تکمیلی در خصوص اثرات هارمونیک‌ها در استاندارد IEC 61642 و همچنین فصل ۱۴ این نشریه ارایه شده است.

۱۱-۵-۲- طراحی سیستم‌های جبران سازی توان راکتیو

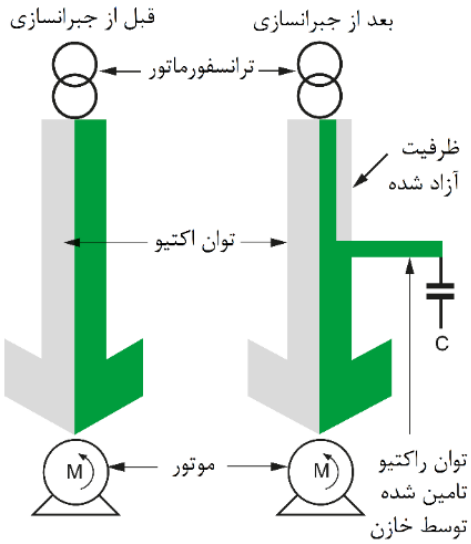
در این بخش اصول کلی و الزامات عمومی برای طراحی سیستم‌های جبران سازی توان راکتیو توسط خازن‌های قدرت موازی معرفی شده است.

۱۱-۵-۲-۱- هدف

گردش توان راکتیو در شبکه تاسیسات الکتریکی عواقب عمده فنی و اقتصادی دارد که می‌بایست از ایجاد آن جلوگیری نمود. در ازای یک مقدار توان اکتیو مشخص، توان راکتیو بیش‌تر به معنی توان ظاهری بزرگ‌تر و در نتیجه جریان‌های بزرگ‌تر است. این مسئله می‌تواند منجر به ایجاد مشکلات زیر در شبکه تاسیسات الکتریکی شود:

- اضافه بار ترانسفورماتورها
- افزایش دمای کابل‌های تغذیه
- افزایش تلفات
- افزایش افت ولتاژ
- افزایش مصرف انرژی و هزینه‌ها
- کاهش توان اکتیو قابل توزیع

بنابراین تولید انرژی راکتیو در محل مصرف می‌تواند منجر به کاهش گردش جریان‌های ناخواسته در شبکه تاسیسات الکتریکی شده و از بروز مشکلات فوق جلوگیری و یا از شدت آن بکاهد. این موضوع به‌عنوان اصلاح ضریب قدرت شناخته می‌شود.



شکل۱۱-۲- تاثیر اصلاح ضریب قدرت بر انرژی مصرفی در تاسیسات برقی

برای این منظور با نصب خازن‌ها و تامین انرژی راکتیو در محل مصرف می‌توان میزان دریافت انرژی راکتیو از شبکه توزیع را کاهش داد که منجر به افزایش ظرفیت شبکه و همچنین کاهش هزینه‌های مصرف انرژی الکتریکی می‌شود.

افزایش ضریب قدرت باعث بهبود شرایط شبکه تاسیسات برقی و افزایش مقدار قدرت قابل تامین توسط ترانسفورماتور می‌شود. جدول (۱۱-۴) میزان افزایش توان قابل تحویل در خروجی ترانسفورماتور از ضریب قدرت ۰/۷ تا ۱ را نشان می‌دهد.

جدول۱۱-۴- میزان افزایش توان قابل تحویل در خروجی ترانسفورماتور از ضریب قدرت ۰/۷ تا ۱

ضریب قدرت	افزایش توان در دسترس
۰/۷	٪۰
۰/۸	+٪۱۴
۰/۸۵	+٪۲۱
۰/۹۰	+٪۲۸
۰/۹۵	+٪۳۶
۱	+٪۴۳

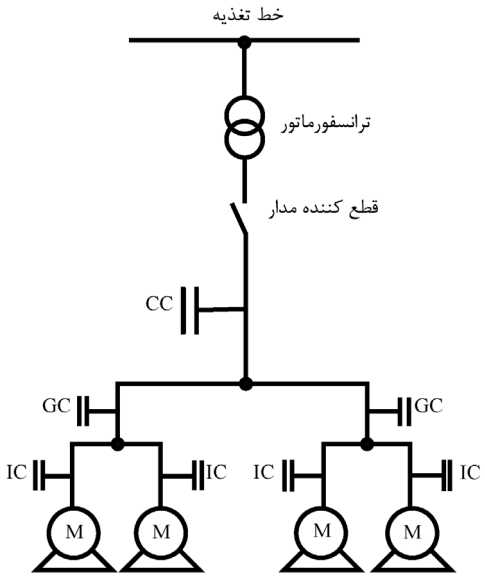
۱۱-۵-۲-۲- انتخاب روش جبران سازی

با در نظر گرفتن شرایط مختلف جهت انتخاب محل نصب بانک خازن، روش‌های مختلفی برای جبران سازی ضریب قدرت قابل استفاده است.

- جبران‌سازی مرکزی: در این روش بانک خازن در ورودی تاسیسات الکتریکی مجموعه نصب شده و میزان انرژی راکتیو مورد نیاز تمام بارهای نصب شده را تامین می‌کند. این روش در تاسیسات با شرایط بهره‌برداری و مقدار بار ثابت انتخاب مناسبی است.

• جبران‌سازی گروهی: در این روش هر بانک خازن در ورودی مجموعه‌ای از مصرف کننده‌ها که دارای شرایط بهره‌برداری مشابه هستند، نصب می‌شود. این روش مناسب تاسیسات بزرگی است که دارای ساختمان‌های مختلف و کارگاه‌های متعدد است.

• جبران‌سازی اختصاصی: در این روش خازن یا مجموعه بانک خازن در محل بار (مخصوصاً موتورهای الکتریکی بزرگ) نصب می‌شود. این روش مناسب تاسیساتی است که دارای بارهای مستقل با توان مصرفی بزرگ باشد. جبران سازی اختصاصی ایده‌آل ترین روش جبران‌سازی به شمار می‌رود زیرا انرژی راکتیو دقیقاً در محل مورد نیاز و متناسب با بار مصرفی تامین می‌شود.



شکل۱۱-۳- روش‌های جبران سازی توان راکتیو

۱۱-۵-۲-۳- انتخاب نوع جبران سازی

جبران‌سازی ضریب قدرت بر اساس الزامات عملکرد و پیچیدگی تاسیسات الکتریکی و نوع مصرف کننده‌ها ممکن است به یکی از انواع زیر صورت پذیرد:

• جبران سازی ثابت: در این چیدمان، یک یا چند خازن برای تامین یک سطح مشخص از جبران‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد و ممکن است به‌صورت دستی (توسط کلید قطع و وصل)، نیمه خودکار (توسط کنتاکتور) و یا به‌صورت نصب ثابت در محل ترمینال‌های بار و همراه بار کنترل شود. در این روش خازن‌ها در محل نصب بارهای القایی (مانند موتورها)، بر روی شینه تغذیه کننده چندین موتور الکتریکی کوچک که نصب خازن اختصاصی برای هر کدام از بارها هزینه بر است و یا در مواردی‌که ضریب قدرت تاسیسات تا حد

قابل قبولی ثابت است مورد استفاده قرار می‌گیرد. در تاسیساتی که مقدار توان راکتیو مورد نیاز کم‌تر از ۱۵درصد توان ترانسفورماتور تغذیه کننده پست اختصاصی مجموعه است می‌توان از جبران سازی ثابت استفاده نمود و در سایر موارد می‌بایست از جبران‌سازی خودکار استفاده شود.

- جبران‌سازی خودکار: در این نوع جبران‌سازی کنترل بانک خازن به‌صورت خودکار صورت می‌پذیرد و متناسب با شرایط بار و مقدار انرژی راکتیو مورد نیاز برای رسیدن به ضریب قدرت هدف، پله‌های خازنی به‌صورت خودکار وارد مدار شده و یا از مدار خارج می‌شود. کنترل این سیستم عموماً توسط تجهیزات الکترونیکی مانند کنترل کننده ضریب قدرت (رگولاتور) انجام می‌شود که به‌صورت پیوسته شاخص‌های مختلف شبکه و توان مصرفی بارها را پایش نموده و متناسب با ضریب قدرت اندازه‌گیری شده، مقدار انرژی راکتیو مورد نیاز را محاسبه و فرمان قطع یا وصل هر پله را صادر می‌کند.
- جبران سازی پویا: این نوع جبران‌سازی در خصوص تاسیساتی که نوسانات بار شدید است و می‌بایست از نوسان ولتاژ جلوگیری شود کاربرد دارد. اساس کار این نوع جبران‌سازی تلفیق بانک خازن ثابت و جبران‌ساز الکترونیکی توان راکتیو است. خروجی این سیستم بطور پیوسته و متناسب با شرایط بار تغییر می‌کند.

۱۱-۵-۲-۴- محاسبه توان راکتیو مورد نیاز

توان واحدهای خازنی فشار ضعیف، با توجه به میزان خازن مورد نیاز، و تعداد پله‌های خازنی برای کلیدزنی اتوماتیک تعیین شده و آن‌گاه، با توجه به اندازه واحدهای خازنی که به‌وسیله سازندگان تولید می‌شود، خازن مورد نیاز مناسب انتخاب می‌شود.

فرمول کلی برای محاسبه مقدار توان راکتیو مورد نیاز به‌صورت زیر است:

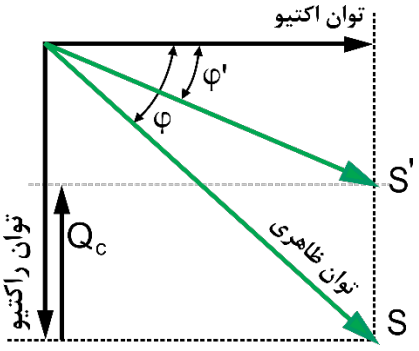
$$Q_C = P.\ (\tan\varphi - \tan\varphi') \qquad (۱-۱۱)$$

Q_C: توان بانک خازن به کیلووار (kvar)

P: توان اکتیو بار به کیلووات (kW)

tanφ: تانژانت زاویه جابجایی فاز قبل از جبرانسازی

tanφ': تانژانت زاویه جابجایی فاز پس از جبرانسازی



شکل۱۱-۴- زاویه جابجایی فاز قبل و بعد از جبران سازی

تعیین مقادیر φ و یا tanφ از طریق قبض مصرفی یا اندازه‌گیری مستقیم آن در شبکه تاسیسات برقی مد نظر امکان پذیر است.

همچنین به منظور سهولت در محاسبه tanφ و تعیین مقدار توان بانک خازن، می‌توان از جدول (۱۱-۵) که در آن مقادیر متداول برای tanφ و مقدار cosφ (ضریب قدرت) معادل آن درج شده است استفاده نمود:

جدول۱۱-۵- ظرفیت نامی بانک خازن به ازای هر کیلووات بار

قبل از جبران‌سازی		ظرفیت نامی (برحسب کیلووار) بانک خازنی برای نصب به ازای هر کیلووات بار به منظور بهبود ضریب قدرت به مقادیرموردنظر												
tanφ		۰٫۷۵	۰٫۵۹	۰٫۴۸	۰٫۴۶	۰٫۴۳	۰٫۴۰	۰٫۳۶	۰٫۳۳	۰٫۲۹	۰٫۲۵	۰٫۲۰	۰٫۱۴	۰
cosφ	cosφ	۰٫۸۰	۰٫۸۶	۰٫۹۰	۰٫۹۱	۰٫۹۲	۰٫۹۳	۰٫۹۴	۰٫۹۵	۰٫۹۶	۰٫۹۷	۰٫۹۸	۰٫۹۹	۱
۲٫۲۹	۰٫۴۰	۱٫۵۴	۱٫۷۰	۱٫۸۱	۱٫۸۳	۰٫۸۶	۱٫۸۹	۱٫۹۳	۱٫۹۶	۲٫۰۰	۲٫۰۴	۲٫۰۹	۲٫۱۵	۲٫۲۹
۲٫۱۶	۰٫۴۲	۱٫۴۱	۱٫۵۷	۱٫۶۸	۱٫۷۰	۱٫۷۳	۱٫۷۶	۱٫۸۰	۱٫۸۳	۱٫۸۷	۱٫۹۱۴	۱٫۹۶	۲٫۰۲	۲٫۱۶
۲٫۰۴	۰٫۴۴	۱٫۲۹	۱٫۴۵	۱٫۵۶	۱٫۵۸	۱٫۶۱	۱٫۶۴	۱٫۶۸	۱٫۷۱	۱٫۷۵	۱٫۷۹	۱٫۸۴	۱٫۹۰	۲٫۰۴
۱٫۹۳	۰٫۴۶	۱٫۱۸	۱٫۳۴	۱٫۴۵	۱٫۴۷	۱٫۵۰	۱٫۵۳	۱٫۵۷	۱٫۶۰	۱٫۶۴	۱٫۶۸	۱٫۷۳	۱٫۷۹	۱٫۹۳
۱٫۸۳	۰٫۴۸	۱٫۰۸	۱٫۲۴	۱٫۳۵	۱٫۳۷	۱٫۴۰	۱٫۴۳	۱٫۴۷	۱٫۵۰	۱٫۵۴	۱٫۵۸	۱٫۶۳	۱٫۶۹	۱٫۸۳
۱٫۷۳	۰٫۵۰	۰٫۹۸	۱٫۱۴	۱٫۲۵	۱٫۲۷	۱٫۳۰	۱٫۳۳	۱٫۳۷	۱٫۴۰	۱٫۴۴	۱٫۴۸۸	۱٫۵۳	۱٫۵۹	۱٫۷۳
۱٫۶۴	۰٫۵۲	۰٫۸۹	۱٫۰۵	۱٫۱۶	۱٫۱۸	۱٫۲۱	۱٫۲۴	۱٫۲۸	۱٫۳۱	۱٫۳۵	۱٫۳۹۸	۱٫۴۴	۱٫۵۰	۱٫۶۴
۱٫۵۶	۰٫۵۴	۰٫۸۱	۰٫۹۷	۱٫۰۸	۱٫۱۰	۱٫۱۳	۱٫۱۶	۱٫۲۰	۱٫۲۳	۱٫۲۷	۱٫۳۱	۱٫۳۶	۱٫۴۲	۱٫۵۶
۱٫۴۸	۰٫۵۶	۰٫۷۳	۰٫۸۹	۱٫۰۰	۱٫۰۲	۱٫۰۵	۱٫۰۸	۱٫۱۲	۱٫۱۵	۱٫۱۹	۱٫۲۳	۱٫۲۸	۱٫۳۴	۱٫۴۸
۱٫۴۰	۰٫۵۸	۰٫۶۵	۰٫۸۱	۰٫۹۲	۰٫۹۴	۰٫۹۷	۱٫۰۰	۱٫۰۴	۱٫۰۷	۱٫۱۱	۱٫۱۵	۱٫۲۰	۱٫۲۶	۱٫۴۰
۱٫۳۳	۰٫۶۰	۰٫۵۸	۰٫۷۴	۰٫۸۵	۰٫۸۷	۰٫۹۰	۰٫۹۳۹	۰٫۹۷	۱٫۰۰	۱٫۰۴	۱٫۰۸	۱٫۱۳	۱٫۱۹	۱٫۳۳
۱٫۲۷	۰٫۶۲	۰٫۵۲	۰٫۶۸	۰٫۷۹	۰٫۸۱	۰٫۸۴	۰٫۸۷	۰٫۹۱	۰٫۹۴	۰٫۹۸	۱٫۰۲	۱٫۰۷	۱٫۱۳	۱٫۲۷
۱٫۲۰	۰٫۶۴	۰٫۴۵	۰٫۶۱	۰٫۷۲	۰٫۷۴	۰٫۷۷	۰٫۸۰	۰٫۸۴	۰٫۸۷	۰٫۹۱	۰٫۹۵	۱٫۰۰	۱٫۰۶	۱٫۲۰
۱٫۱۴	۰٫۶۶	۰٫۳۹	۰٫۵۵	۰٫۶۶	۰٫۶۸	۰٫۷۱	۰٫۷۴	۰٫۷۸	۰٫۸۱	۰٫۸۵	۰٫۸۹	۰٫۹۴	۱٫۰۰	۱٫۱۴
۱٫۰۸	۰٫۶۸	۰٫۳۳	۰٫۴۹	۰٫۶۰	۰٫۶۲	۰٫۶۵	۰٫۶۸	۰٫۷۲	۰٫۷۵	۰٫۷۹	۰٫۸۳	۰٫۸۸	۰٫۹۴	۱٫۰۸
۱٫۰۲	۰٫۷۰	۰٫۲۷	۰٫۴۳	۰٫۵۴	۰٫۵۶	۰٫۵۹	۰٫۶۲	۰٫۶۶	۰٫۶۹	۰٫۷۳	۰٫۷۷	۰٫۸۲	۰٫۸۸	۱٫۰۲
۰٫۹۶	۰٫۷۲	۰٫۲۱	۰٫۳۷	۰٫۴۸	۰٫۵۰	۰٫۵۳	۰٫۵۶	۰٫۶۰	۰٫۶۳	۰٫۶۷	۰٫۷۱۷	۰٫۷۶	۰٫۸۲	۰٫۹۶
۰٫۹۱	۰٫۷۴	۰٫۱۶	۰٫۳۲	۰٫۴۳	۰٫۴۵	۰٫۴۸	۰٫۵۱	۰٫۵۵	۰٫۵۸	۰٫۶۲	۰٫۶۶	۰٫۷۱	۰٫۷۷	۰٫۹۱
۰٫۸۶	۰٫۷۶	۰٫۱۱	۰٫۲۷	۰٫۳۸	۰٫۴۰	۰٫۴۳	۰٫۴۶	۰٫۵۰	۰٫۵۳	۰٫۵۷	۰٫۶۱	۰٫۶۶	۰٫۷۲	۰٫۸۶
۰٫۸۰	۰٫۷۸	۰٫۰۵	۰٫۲۱	۰٫۳۲	۰٫۳۴	۰٫۳۷	۰٫۴۰	۰٫۴۴	۰٫۴۷	۰٫۵۱	۰٫۵۵۱	۰٫۶۰	۰٫۶۶۲	۰٫۸۰
۰٫۷۵	۰٫۸۰	۰٫۰۰	۰٫۱۶	۰٫۲۷	۰٫۲۹	۰٫۳۲	۰٫۳۵	۰٫۳۹	۰٫۴۲	۰٫۴۶	۰٫۵۰	۰٫۵۵	۰٫۶۱	۰٫۷۵
۰٫۷۰	۰٫۸۲		۰٫۱۱	۰٫۲۲	۰٫۲۴	۰٫۲۷	۰٫۳۰	۰٫۳۴	۰٫۳۷	۰٫۴۱	۰٫۴۵	۰٫۵۰	۰٫۵۶	۰٫۷۰
۰٫۶۵	۰٫۸۴		۰٫۰۶	۰٫۱۷	۰٫۱۹	۰٫۲۲	۰٫۲۵	۰٫۲۹	۰٫۳۲	۰٫۳۶	۰٫۴۰	۰٫۴۵	۰٫۵۱	۰٫۶۵
۰٫۵۹	۰٫۸۶			۰٫۱۱	۰٫۱۳	۰٫۱۶	۰٫۱۹	۰٫۲۳	۰٫۲۶	۰٫۳۰	۰٫۳۴	۰٫۳۹	۰٫۴۵	۰٫۵۹
۰٫۵۴	۰٫۸۸			۰٫۰۶	۰٫۰۸	۰٫۱۱	۰٫۱۴	۰٫۱۸	۰٫۲۱	۰٫۲۵	۰٫۲۹	۰٫۳۴	۰٫۴۰	۰٫۵۴
۰٫۴۸	۰٫۹۰				۰٫۰۲	۰٫۰۵	۰٫۰۸	۰٫۱۲	۰٫۱۵	۰٫۱۹	۰٫۲۳۹	۰٫۲۸	۰٫۳۴۴	۰٫۴۸

مثال: برای اصلاح ضریب قدرت (cosφ) یک مجموعه با توان ۳۶۰ کیلووات از ۰٫۸۲ به ۰٫۹۵ مطابق با جدول (۱۱-۵) داریم:

$Q_C = P. (\tan\varphi - \tan\varphi') = 360 \times (0.7\text{-}0.33) = 360 \times 0.37 = 133$ kvar

مقادیر میانگین ضریب قدرت برای تجهیزات و وسایل برقی که بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند در جدول (۱۱-۶) معرفی شده است.

جدول۱۱-۶- مقادیر cos φ و tan φ برخی از تجهیزات

تجهیزات و لوازم برقی		cos ϕ	tan ϕ
موتور القائی متداول	درصد بارگذاری ٪۰	۰٫۱۷	۵٫۸۰
	٪۲۵	۰٫۵۵	۱٫۵۲
	٪۵۰	۰٫۷۳	۰٫۹۴
	٪۷۵	۰٫۸۰	۰٫۷۵
	٪۱۰۰	۰٫۸۵	۰٫۶۲
لامپ‌های رشته‌ای		۱	۰
لامپهای فلورسنت (جبران نشده)		۰٫۵	۱٫۷۳
لامپهای فلورسنت (جبران شده)		۰٫۹۳	۰٫۳۹
لامپ‌های تخلیه		۰٫۴ تا ۰٫۶	۲٫۲۹ تا ۱٫۳۳
کوره از نوع مقاومتی		۱	۰
کوره‌های القائی		۰٫۸۵	۰٫۶۲
کوره‌های دی‌الکتریک		۰٫۸۵	۰٫۶۲
دستگاه‌های جوش مقاومتی		۰٫۸ تا ۰٫۹	۰٫۷۵ تا ۰٫۴۸
دستگاه قوس الکتریکی تک‌فاز ثابت		۰٫۵	۱٫۷۳
دستگاه قوس الکتریکی موتور - ژنراتور		۰٫۷تا ۰٫۹	۱٫۰۲ تا ۰٫۴۸
دستگاه جوش قوس الکتریکی ترانسفورماتور-یکسوکننده		۰٫۷ تا ۰٫۸	۱٫۰۲ تا ۰٫۷۵
کوره‌های قوسی		۰٫۸	۰٫۷۵

۱۱-۵-۲-۵- انتخاب تعداد و سایز پله‌های خازنی

برای انتخاب تعداد و سایز هر پله بانک خازنی می‌بایست شرایط مختلفی از جمله توان راکتیو کل مورد نیاز، توان راکتیو مورد نیاز بارهای بزرگ و شرایط بهره‌برداری از تاسیسات الکتریکی مد نظر قرار بگیرد. با بهینه‌سازی تعداد و سایز پله‌های خازنی علاوه بر کاهش هزینه‌ها می‌توان از قطع و وصل بی مورد پله‌های بانک خازنی جلوگیری نمود.

۱۱-۵-۳- تابلو برق بانک خازن

در این بخش الزامات عمومی و مشخصات فنی تابلوهای برق برای اصلاح ضریب قدرت معرفی شده است.

۱۱-۵-۳-۱- محفظه و بدنه تابلو

محفظه یا بدنه تابلوهای مورد استفاده برای نصب تجهیزات بانک خازن می‌بایست متناسب با تعداد و سایز تجهیزات و با در نظر گرفتن الزامات عمومی ذکر شده در بند ۶-۶ فصل ۶ این نشریه انتخاب شود.

درجه حفاظتی (IP) محفظه تابلو می‌بایست به نحوی انتخاب شود که از ورود ذرات خارجی یا مایعات به داخل تابلو جلوگیری شود. به منظور تسهیل تبادل حرارت حاصل از تلفات انرژی تجهیزات داخل تابلو با محیط بیرون، محفظه تابلو می‌بایست مجهز به دریچه تهویه با فیلتر مناسب باشد.

۱۱-۵-۳-۲- ابعاد تابلو

ابعاد تابلو برق بانک خازن می‌بایست به نحوی انتخاب شود که مواردی مثل فاصله عایقی، تهویه و مسائل ایمنی در آن رعایت شده باشد. به طور کلی تعیین ابعاد تابلو به شرایط زیر بستگی دارد:

- ظرفیت کل بانک خازنی
- نوع بانک خازنی (معمولی یا مجهز به فیلتر هارمونیک)
- تعداد پله‌های بانک خازنی
- نوع وسیله حفاظت ورودی (کلیدفیوز، کلید کمپکت، کلید هوایی)
- نوع وسایل حفاظت خروجی (کلیدفیوز، کلید مینیاتوری، کلید کمپکت)
- نوع و تعداد خازن‌ها
- جهت ورودی کابل (پایین یا بالای تابلو)
- نوع نصب تابلو (داخل ساختمان یا بیرون ساختمان)
- سایز شینه‌ها و محل نصب آن

۱۱-۵-۳-۳- تهویه تابلو

تضمین عملکرد صحیح و ایمن تابلو برق بانک خازنی وابسته به عوامل مختلفی از جمله تهویه مناسب آن است. طراحی تابلو می‌بایست به نحوی صورت پذیرد که گردش هوای آزاد به طور دایم درون محفظه وجود داشته باشد زیرا انباشته شدن گرما در داخل تابلو منجر به آسیب رسیدن به تجهیزات شده و احتمال بروز خطرات ایمنی را افزایش می‌دهد لذا تعبیه دریچه‌های تهویه در قسمت پایین (جهت ورود هوای آزاد) و در قسمت بالا (جهت خروج هوای گرم) الزامی است. همچنین در خصوص بانک‌های خازنی با ظرفیت بالا استفاده از فن ممکن است الزامی باشد. برای این منظور با محاسبه میزان تلفات حرارتی تجهیزات نصب شده داخل تابلو برق مطابق با شرایط زیر می‌توان مقدار جریان هوای مورد نیاز را با تقریب مناسبی تخمین زد:

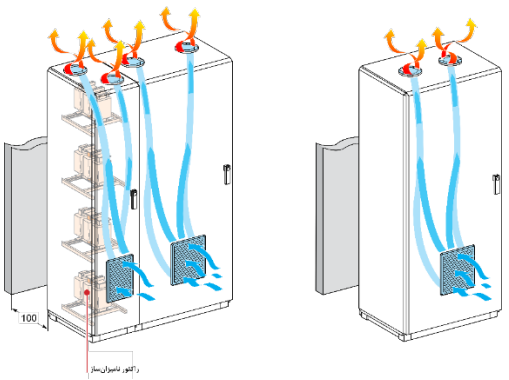
- تلفات حرارتی پله بانک خازنی بدون راکتور حدوداً برابر ۲٫۵ وات به ازای هر کیلووار است.

- تلفات حرارتی پله بانک خازنی مجهز به راکتور حدوداً برابر ۹ وات به ازای هر کیلووار است.
- مقدار جریان هوای مورد نیاز جهت تهویه مناسب تابلو معادل ۰٫۳ مجموع تلفات حرارتی محاسبه شده و بر حسب متر مکعب در ساعت است.

به‌عنوان مثال تلفات حرارتی یک بانک خازن معمولی با ظرفیت ۲۰۰ کیلووار برابر ۵۰۰ وات است. لذا تهویه به میزان ۱۵۰ مترمکعب در ساعت باید پیش بینی شود که می‌تواند با استفاده از یک فن با ظرفیت ۱۶۰ مترمکعب در ساعت تامین شود.

به منظور طراحی سیستم تهویه مناسب در تابلو برق بانک خازنی شرایط زیر می‌بایست مد نظر قرار بگیرد:

- جهت جریان هوا می‌بایست به سمت بالای تابلو باشد.
- توصیه می‌شود که فن‌های مکنده در بالای تابلو نصب شود.
- دریچه ورودی هوا تا حد امکان نزدیک به کف تابلو تعبیه شود.
- سطح دریچه خروجی هوا می‌بایست بزرگ‌تر از دریچه ورودی باشد.
- دریچه‌های تعبیه شده می‌بایست متناسب با درجه حفاظتی (IP) تابلو طراحی شود.
- حداقل فاصله ۱۰ سانتی‌متر بین فن و سایر تجهیزات در نظر گرفته شود.
- دریچه ورودی هوا نباید توسط تجهیزات یا صفحات پوشش تابلو مسدود شده باشد.
- فاصله مناسب بین پوشش در پشت تابلو و دیوار در نظر گرفته شود.
- میزان کاهش فشار هوای ورودی و خروجی مد نظر قرار گرفته شود.
- مقدار جریان هوای واقعی در عمل بین ۰٫۶ تا ۰٫۷۵ عددی است که سازنده فن اعلام می‌کند.



شکل۱۱-۵- پیش بینی تهویه مناسب برای تابلو برق بانک خازن

۱۱-۵-۳-۴- نشانه گذاری تابلو بانک خازنی

حداقل اطلاعات زیر باید توسط سازنده در پلاک مشخصاتی که بر روی بانک خازنی نصب می‌شود، ارایه شود:

- نام یا علامت تجاری تولید کننده
- شماره شناسایی یا تعیین نوع

- تاریخ ساخت، به طور واضح یا به شکل کد
- توان راکتیو اسمی Q_N به کیلووار (kvar)؛
- ولتاژ اسمی U_N به ولت (v)؛
- فرکانس اسمی، F_N بر حسب هرتز (Hz)؛
- ارجاع به شماره استاندارد مربوطه (بند ۱۱-۳-۲)؛

همچنین بهتر است اطلاعات زیر توسط سازنده در پلاک مشخصات با دستورالعمل ارایه شود:

- مقدار اسمی پله‌ها بر حسب kvar
- مقدار راکتورهای سری (در صورت وجود)
- کمینه و بیشینه دمای محیط بر حسب درجه سلسیوس (°C)
- درجه حفاظت محفظه (IP)
- نوع محل نصب (داخل یا خارج ساختمان)
- جریان استقامت کوتاه مدت اسمی (I_{cw})
- جریان اتصال کوتاه مشروط اسمی (I_{cc})
- بیشینه جریان مجاز
- ولتاژ عایقی اسمی (U_i)
- ولتاژ استقامت ضربه اسمی (U_{imp})

۱۱-۵-۴- مشخصات فنی خازن

۱۱-۵-۴-۱- الزامات عمومی

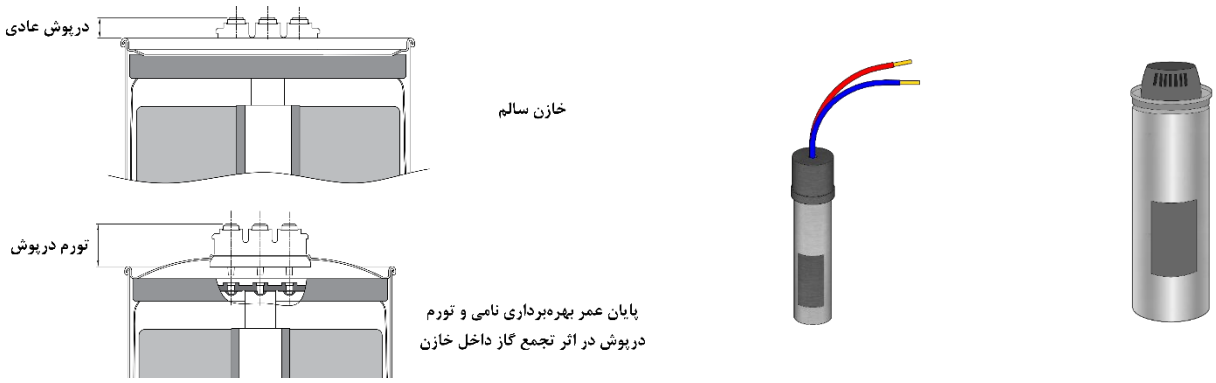
خازن‌های مورد استفاده در بانک خازنی می‌بایست از نوع خشک و مجهز به قطع کننده افزایش فشار باشد.

خازن‌های مورد استفاده باید برای کار عادی در شرایط مشخص شده مناسب بوده و حتی‌المقدور دارای حداقل تلفات باشد.

اتصالات خازن باید با استفاده از مواد فساد ناپذیر در برابر شرایط مختلف کار به‌صورت غیرقابل نفوذ آب‌بندی شود.

محفظه خازن و تمامی اجزای فلزی آن که در معرض هوا قرار می‌گیرد مانند پیچ‌ها، مهره‌ها، ترمینال‌ها و غیره باید در برابر زنگ‌زدگی و خوردگی و سایر عوامل فاسدکننده مقاوم باشد.

محفظه فلزی خازن باید مجهز به‌وسیله مناسبی برای اتصال الکتریکی مطمئن به بدنه باشد تا بدان وسیله بتوان محفظه خازن را در پتانسیل ثابتی نگه‌داری کرد.



شکل۱۱-۶- خازن سیلندری از نوع خشک (مجهز به قطع کننده افزایش فشار)

۱۱-۵-۴-۲- طبقه‌بندی دمای کار

رده‌بندی دمای محیط کار خازن بر حسب حروف A، B، C و D همراه با بالاترین مقدار متوسط در کل هر دوره زمانی در جدول (۱۱-۷) ارایه شده است. هر رده از جدول مزبور با یک عدد که بعد از یک حرف لاتین قرار می‌گیرد، مشخص می‌شود. عدد، نشان دهنده کم‌ترین دمای هوای محیطی است که خازن می‌تواند در آن کار کند.

کم‌ترین دمای هوای محیط که خازن می‌تواند در آن کار کند، از پنج مقدار ترجیحی شامل ۵+ درجه سلسیوس، ۵- درجه سلسیوس، ۲۵- درجه سلسیوس، ۴۰- درجه سلسیوس، و ۵۰- درجه سلسیوس ممکن است انتخاب شود.

در مواردی‌که از خازن‌ها در داخل ساختمان استفاده می‌شود، معمولاً حد پایینی ۵- درجه سلسیوس به کار می‌رود.

جدول۱۱-۷- طبقه بندی دمای کار خازن

نشان	دمای محیط درجه سلسیوس		
	بیشینه	بالاترین مقدار متوسط در کل هر دوره زمانی:	
		۲۴ ساعت	یکسال
A	۴۰	۳۰	۲۰
B	۴۵	۳۵	۲۵
C	۵۰	۴۰	۳۰
D	۵۵	۴۵	۳۵

جدول (۱۱-۷) بر اساس شرایط کاری تنظیم شده است که در آن خازن بر دمای هوای محیط تاثیر ندارد. در مواردی‌که خازن بر دمای محیط تاثیر داشته باشد، تهویه هوا و/یا انتخاب خازن، باید به گونه‌ای باشد که حدود جدول (۱۱-۷) رعایت شود. در چنین شرایطی، دمای هوای خنک‌کننده، نباید از حدود دمایی جدول مزبور بیش از ۵ درجه سلسیوس افزایش یابد.

هر ترکیب از مقادیر کمینه و بیشینه ممکن است برای طبقه‌بندی دمایی استاندارد یک خازن انتخاب شود. مقادیر طبقه‌بندی‌های ترجیحی مانند مقادیر زیر خواهد بود:

-۴۰/A ،-۲۵/A ،-۵/A ،-۵/C

۱۱-۵-۴-۳- دمای کار خازن

دمای کار خازن تاثیر بسیاری در دوام و عمر آن دارد و عامل تعیین‌کننده، دمای گرم‌ترین نقطه درون خازن است که اندازه‌گیری مستقیم آن در عمل ممکن نیست، بنابراین دمای هوای خنک‌کننده باید ملاک دمای مطلوب خازن قرار گیرد، به این ترتیب که میانگین آن در طول یک ساعت نباید ۵ درجه سلسیوس بیش از دمای محیط باشد.

خازن‌ها باید به گونه‌ای نصب شود که حرارت ناشی از تلفات خازن به‌وسیله تابش و تبادل حرارتی انتقال یافته و در نتیجه دمای خازن از حد مشخصی بالاتر نرود، بنابراین نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- تهویه اتاقی که خازن‌ها در آن نصب می‌شود و نیز ترتیب گردش هوا در اطراف هر واحد خازن باید مدنظر قرار گیرد. این امر به ویژه هنگامی که واحدهای خازن بر روی یکدیگر قرار می‌گیرد از اهمیت خاصی برخوردار است.
- در مواردی‌که دمای خازن‌ها بر اثر تابش خورشید یا هر منبع حرارتی دیگر افزایش می‌یابد، برای کنترل دما باید با توجه به دمای هوای خنک‌کننده و همچنین شدت و مدتی که خازن‌ها در برابر تابش قرار می‌گیرد، یکی از روش‌های زیر مورد استفاده قرار گیرد:
  - حفاظت خازن‌ها در برابر تابش خورشید یا منبع حرارتی
  - انتخاب خازن‌هایی که برای دمای محیط بالاتر طراحی شده باشد.
  - استفاده از خازن‌هایی با ولتاژ نامی بالاتر (در این حالت کاهش توان راکتیو خازن‌ها نیز باید منظور شود).

به منظور کنترل دمای داخل تابلو بانک خازنی پیشنهاد می‌شود از دو ترموستات استفاده شود. ترموستات اول برای صدور فرمان وصل فن‌ها در صورت افزایش حرارت داخل تابلو بیش از ۳۵ درجه سلسیوس و ترموستات دوم برای صدور فرمان قطع بانک خازن در صورت افزایش حرارت داخل تابلو بیش از درجه حرارت قابل تحمل خازن‌ها (حداکثر ۵۵ درجه سلسیوس).

۱۱-۵-۴-۴- شرایط کاری خاص

علاوه بر موارد عنوان شده، مهم‌ترین شرایطی که سازنده باید از آن آگاه شود به قرار زیر است:

- رطوبت نسبی بالا: در مواردی‌که رطوبت نسبی بالا باشد ممکن است استفاده از عایق با طراحی خاص ضروری باشد. همچنین باید به امکان ایجاد مسیر موازی با فیوزهای خارجی از طریق رطوبتی که بر روی سطح آن قرار می‌گیرد توجه شود.
- رشد سریع کپک: رشد کپک بر روی فلزات، مواد سرامیکی و برخی از انواع رنگ‌ها و لاک‌ها صورت نمی‌گیرد. برای سایر مواد، رشد کپک ممکن است در مکان‌های مرطوب به ویژه محل‌هایی که گرد و خاک وجود دارد صورت گیرد. استفاده از فرآورده‌های ضد تولید قارچ می‌تواند رفتار این مواد را بهبود بخشد ولی چنین فرآورده‌هایی نمی‌تواند خاصیت سمی خود را بیش‌تر از دوره معینی حفظ کند.

- فضای خورنده: فضای خورنده در محیط‌های صنعتی و ساحلی ممکن است وجود داشته باشد. بایستی دقت شود که در هوای با دمای بالاتر، اثرات چنین فضای خورنده‌ای ممکن است شدیدتر باشد. هوای خورنده با دمای بالاتر ممکن است حتی در تاسیسات داخلی ساختمان نیز وجود داشته باشد.
- آلودگی: در مواردی‌که خازن‌ها در محلی با درجه آلودگی بالا نصب می‌شود، تمهیدات خاصی باید پیش‌بینی شود.
- ارتفاع بالاتر از ۲۰۰۰ متر: خازن‌هایی که در ارتفاع بالاتر از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا استفاده می‌شود تابع شرایط خاصی خواهد بود. انتخاب نوع خازن در این گونه موارد باید بر اساس توافق بین خریدار و سازنده صورت گیرد.

۱۱-۵-۴-۵- شرایط محل نصب

محل نصب خازن‌های طراحی شده برای فضاهای داخلی باید تمیز و خشک بوده و دارای تهویه مناسب باشد. خازن‌های مورد استفاده در فضاهای باز باید از نوع مناسب برای فضای آزاد باشد.

در مناطق گرمسیری، علاوه بر دمای زیاد محیط، شرایط نامناسب دیگری مانند رطوبت نسبی زیاد و متناوب، امکان رشد سریع کپک، ایجاد خوردگی در اثر عوامل جوی موجود در مناطق صنعتی و ساحلی، و حمله حشرات موذی ممکن است وجود داشته باشد، در این گونه موارد خریدار باید هنگام سفارش خازن‌ها و لوازم جانبی آن، شرایط نامبرده را به اطلاع سازندگان مربوط برساند.

در محیط‌های مخاطره‌آمیز که به علت وجود گازها، بخارها، غبارها و مایعات قابل اشتعال، الیاف و رشته‌های قابل اشتعال و مانند آن، امکان به وجود آمدن آتش‌سوزی و انفجار در اثر جرقه، قوس الکتریکی و دمای بیش از حد بسیار است، خازن‌ها و دیگر لوازم و تجهیزات الکتریکی باید برابر یکی از استانداردهای شناخته شده ملی یا بین‌المللی متبر از نوع تایید شده و متناسب با مکان مورد استفاده، انتخاب و به کار گرفته شود.

در صورتی‌که بانک خازن مجهز به راکتورهای سری به منظور کاهش جریان هجومی و یا اصلاح کیفیت توان و جلوگیری از افزایش ولتاژ و شدت هارمونیک‌ها باشد، لازم است تهویه مناسب برای افزایش تبادل حرارتی داخل تابلو با محیط بیرون در نظر گرفته شود.

۱۱-۵-۴-۶- انتخاب ولتاژ اسمی

ولتاژ اسمی خازن باید حداقل برابر ولتاژ کار شبکه‌ای که در آن نصب می‌شود و با احتساب اثر خود خازن انتخاب شود. در مواردی‌که اختلاف قابل توجهی بین ولتاژ کار و ولتاژ اسمی شبکه وجود داشته باشد، جزییات آن باید توسط خریدار به سازنده ارایه شود.

ولتاژ مورد انتظار در ترمینال‌های خازن باید با توجه به موارد زیر محاسبه شود:

- خازن‌های با اتصالات موازی ممکن است باعث افزایش ولتاژ از منبع تا نقطه‌ای که خازن در آن قرار دارد، بشود. این افزایش ممکن است به علت وجود هارمونیک‌ها بیش‌تر شود. بنابراین خازن‌ها در معرض کار در ولتاژی بیش از ولتاژ اندازه‌گیری شده قبل از اتصال آن قرار می‌گیرد.
- ولتاژ ترمینال‌های خازن ممکن است در شرایط بار کم به طور ویژه‌ای افزایش یابد. در این گونه موارد برخی یا تمامی خازن‌ها باید از مدار خارج شود تا از اضافه فشار بر خازن‌ها و افزایش ولتاژ شبکه جلوگیری شود. به طور کلی، تنها در حالت اضطراری، می‌توان از خازن‌ها در بیشینه مقدار مجاز ولتاژ و بیشینه دمای محیط و فقط برای کوتاه‌مدت بهره‌برداری نمود.

۱۱-۵-۴-۷- اضافه ولتاژ مجاز

واحدهای خازنی باید برای کار در سطوح ولتاژ مطابق با جدول (۱۱-۸) مناسب باشد.

جدول۱۱-۸- مقادیر اضافه ولتاژ مجاز خازن

نوع	ضریب ولتاژ× U_N مقدار موثر	بیشینه مدت زمان	ملاحظات
فرکانس قدرت	۱٫۰۰	دایم	بالاترین مقدار متوسط در هر دوره از اعمال ولتاژ به خازن، برای دوره‌های تناوب اعمال ولتاژ کم‌تر از ۲۴ ساعت، ولتاژهای خاصی به‌صورت زیر اعمال می‌شود. (به بند ۱۱-۵-۴-۶ مراجعه شود)
فرکانس قدرت	۱٫۱۰	۸ ساعت در هر ۲۴ ساعت	تغییر و تنظیم ولتاژ سیستم
فرکانس قدرت	۱٫۱۵	۳۰ دقیقه در هر ۲۴ ساعت	تغییر و تنظیم ولتاژ سیستم
فرکانس قدرت	۱٫۲۰	۵ دقیقه	صعود ولتاژ در بارکم (به بند ۱۱-۵-۴-۶ مراجعه شود)
فرکانس قدرت	۱٫۳۰	۱ دقیقه	
فرکانس قدرت به علاوه هارمونیک‌ها	به طوری که جریان از مقدار ارایه شده در بند ۱۱-۵-۴-۸ تجاوز نکند.		

۱۱-۵-۴-۸- اضافه جریان مجاز

واحدهای خازنی باید برای عملکرد پیوسته در جریان موثر خط معادل با ۱٫۳ برابر جریانی که تحت ولتاژ اسمی سینوسی و فرکانس اسمی، به غیر از حالت‌های گذرا به وجود می‌آید، مناسب باشد. با احتساب رواداری‌های ظرفیت خازنی معادل با ۱٫۱ برابر ظرفیت اسمی (C_N)، بیشینه جریان می‌تواند به ۱٫۴۳ برابر جریان اسمی (I_N) برسد.

۱۱-۵-۴-۹- وسیله تخلیه خازن

هر دستگاه خازن باید به یک وسیله تخلیه شارژ الکتریکی که مستقیماً به طور ثابت به آن وصل است مجهز باشد. این وسیله باید در مدت ۳ دقیقه ولتاژ را از اوج ولتاژ اصلی معادل با برابر ولتاژ اسمی (U_N) به ۷۵ ولت یا کم‌تر کاهش دهد و در مسیر مدار تخلیه خازن نباید کلید یا هر نوع وسیله قطع‌کننده قرار گیرد.

مدارهای تخلیه بایستی دارای ظرفیت کافی برای عبور جریان تخلیه خازن از اوج اضافه ولتاژ برابر ۱٫۳ برابر ولتاژ اسمی باشد.

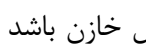
وسیله تخلیه نباید به‌عنوان جانشین برای اتصال کوتاه نمودن ترمینال‌های خازن به یکدیگر یا به زمین، که هنگام سرویس و قبل از دست زدن به آن باید انجام شود، مورد استفاده قرار گیرد، زیرا ممکن است به علت قطع اتصالات داخلی بین واحدهای خازنی سری شده و یا قطع فیوز آن، بار الکتریکی همچنان در واحدهای خازنی باقی‌مانده باشد.

۱۱-۵-۴-۱۰- اتصالات محفظه

به منظور ثابت نگاه‌داشتن پتانسیل محفظه فلزی خازن‌ها به گونه‌ای که محفظه بتواند در صورت بروز شکست جریان خطا را از خود عبور دهد، محفظه فلزی باید مجهز به اتصال زمین مناسب برای عبور جریان خطا باشد.

۱۱-۵-۴-۱۱- پلاک مشخصات مقادیر اسمی

هر واحد خازن باید دارای یک پلاک شناسایی از جنس فولاد گالوانیزه، یا دیگر مواد ضد آب و فسادناپذیر باشد. پلاک مزبور باید حاوی اطلاعات زیر به‌صورت حکاکی یا مشابه آن بوده و به گونه‌ای نصب شود که به آسانی قابل رویت باشد.

- نام سازنده خازن
- شماره شناسایی و سال ساخت (سال ساخت ممکن است بخشی از شماره شناسایی یا به‌صورت یک کد باشد)
- قدرت خروجی (Q_N) بر حسب کیلووار(kvar)
- ولتاژ اسمی (U_N) بر حسب ولت (v)
- فرکانس اسمی (F_N) بر حسب هرتز (Hz)
- طبقه‌بندی دما
- وسیله تخلیه، در صورتی‌که در داخل خازن باشد باید به‌صورت نوشتاری، یا با علامت  یا با مقدار مقاومت اسمی بر حسب کیلواهم (kΩ) یا مگااهم (MΩ) نشان داده شود.
- نشان خودترمیمی: SH یا  یا خود ترمیم‌کننده.
- در خازن‌های سه‌فاز، نوع اتصال فازها به یکدیگر باید به‌وسیله یکی از علایم زیر نشان داده شود:
  - مثلث: Δ یا D
  - ستاره: Y
  - ستاره با سیم خنثی: Y یا YN
  - سه بخش بدون اتصال داخلی: |||

- فیوزهای داخلی (در صورت وجود) باید به‌صورت نوشتاری یا با علامت نشان داده می‌شود.
- مشخص نمودن قطع‌کننده اضافه فشار یا حرارت (در صورت وجود)
- سطح عایقی U_i بر حسب کیلوولت (kv). تنها در مورد واحدهایی که تمامی ترمینال‌های آن نسبت به محفظه عایق شده باشد. سطح عایقی باید به‌وسیله دو رقم که توسط یک خط مورب (/) از هم جدا شده‌اند، نشانه‌گذاری شود. رقم اول مقدار موثر ولتاژ آزمون را بر حسب کیلوولت و رقم دوم عدد مقدار اوج ولتاژ آزمون ایمپالس را بر حسب کیلوولت نشان می‌دهد (مانند ۳/۱۵ کیلوولت)
- شماره استاندارد مرجع

۱۱-۵-۴-۱۲- آزمون‌های جاری

آزمون‌های جاری خازن‌های قدرت موازی از نوع خود ترمیم کننده مطابق با استاندارد معرفی شده در بند ۱۱-۳-۲ انجام می‌شود و شامل موارد زیر است:

- اندازه‌گیری ظرفیت خازنی و محاسبه خروجی
- اندازه‌گیری تانژانت زاویه تلفات خازن
- آزمون ولتاژ بین ترمینال‌ها
- آزمون ولتاژ بین ترمینال‌ها و محفظه
- آزمون وسیله تخلیه کننده داخلی
- آزمون درزبندی

آزمون‌های جاری باید روی هر یک از خازن‌ها قبل از تحویل توسط سازنده انجام گیرد. در صورت درخواست خریدار، سازنده موظف است که گواهی نتایج آزمون‌های جاری را ارایه کند.

۱۱-۵-۴-۱۳- آزمون‌های نوعی

آزمون‌های نوعی خازن‌های قدرت موازی از نوع خود ترمیم کننده مطابق با استاندارد معرفی شده در بند ۱۱-۳-۲ انجام می‌شود و شامل موارد زیر است:

- آزمون‌های پایداری حرارتی
- اندازه‌گیری تانژانت زاویه تلفات خازن پس از پایداری دما
- آزمون ولتاژ بین ترمینال‌ها
- آزمون ولتاژ بین ترمینال‌ها و محفظه
- آزمون ولتاژ لحظه‌ای آذرخش بین ترمینال‌ها و محفظه
- آزمون تخلیه

- آزمون کهنگی
- آزمون خود ترمیمی
- آزمون تخریب

آزمون‌های نوعی باید به‌وسیله کارخانه سازنده قبل از تحویل خازن‌ها انجام گرفته و نتایج جزییات آن در صورت درخواست خریدار به‌صورت یک گواهی‌نامه به وی ارایه شود. این نوع آزمون‌ها باید بر روی یک خازن نمونه که از بین یک سری از خازن‌ها با مشخصات یکسان انتخاب شده باشد، انجام گیرد.

۱۱-۵-۵- حفاظت بانک خازنی

۱۱-۵-۵-۱- حفاظت اضافه ولتاژ

در صورت بروز اضافه ولتاژ بیش از دامنه ولتاژ قابل تحمل خازن، تنش الکتریکی دی‌الکتریک خازن و همچنین دامنه جریان خازن افزایش می‌یابد. بنابراین در تاسیساتی که احتمال بروز اضافه ولتاژ بیش از دامنه ولتاژ قابل تحمل خازن وجود دارد، تجهیزات بانک خازنی می‌بایست با تعبیه رله اضافه ولتاژ از مدار خارج شود.

همچنین بهتر است از اضافه ولتاژهایی که به علت عملکرد بانک خازنی و به طور داخلی تولید می‌شود، اجتناب شود یا به حداقل برسد. در هر صورت اضافه ولتاژهای کلیدزنی نباید از حدود تعیین شده در استاندارد IEC 60831-1 یا IEC 60931-1 تجاوز کند. اگر اجزاء کلیدزنی به گونه‌ای انتخاب می‌شود که به طور خاص برای کاربردهای خازنی هستند نباید مشکلی به وجود آید. با این وجود، تجهیزات با گذشت زمان خراب می‌شود و بهتر است اتصالات فرسوده در حین تعمیر و نگهداری منظم تعویض شوند.

۱۱-۵-۵-۲- حفاظت اضافه جریان

خازن‌ها هرگز نباید با جریان بیش از حداکثر مقادیر مشخص شده در بند ۱۱-۵-۴-۸ کار کند لذا جریان نامی وسیله حفاظت اضافه بار و یا تنظیم رله حرارتی کلید نباید بزرگ‌تر از ۱٫۴۳ برابر جریان نامی خازن انتخاب شود. توصیه می‌شود خازن‌ها توسط کلیدهای خودکار در برابر اضافه جریان حفاظت شوند زیرا فیوزها حفاظت اضافه جریان مناسبی را فراهم نمی‌کنند.

جریان‌های اضافه بار ممکن است در اثر اضافه ولتاژ در فرکانس نامی و یا وجود هارمونیک‌ها ایجاد شود. عمده ترین منابع ایجاد هارمونیک شامل یکسوسازها، تجهیزات الکترونیک قدرت و هسته اشباع شده ترانسفورماتورها است. در صورتی‌که ولتاژ شبکه هنگام کم‌باری توسط خازن‌ها افزایش یابد، اشباع هسته ترانسفورماتور باید مورد توجه قرار گیرد. در این حالت هارمونیک‌هایی با دامنه غیرعادی تولید می‌شود که ممکن است یکی از این هارمونیک‌ها بر اثر ایجاد رزونانس بین خازن و ترانس تشدید یابد.

۱۱-۵-۵-۳- حفاظت اتصال کوتاه

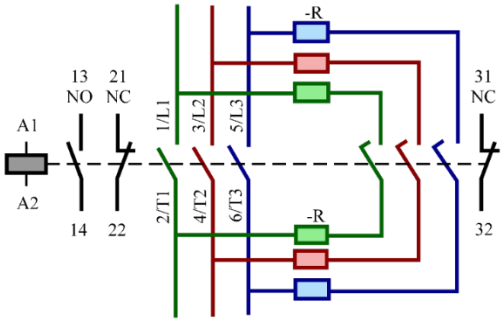
وسیله حفاظت اتصال کوتاه در ورودی بانک خازن می‌بایست از نوع کلید اتوماتیک محدود کننده جریان با قدرت قطع متناسب با سطح اتصال کوتاه تابلو انتخاب شود. همچنین به منظور حفاظت اتصال کوتاه مدار هر پله بانک خازنی می‌توان از کلیدهای کمپکت، مینیاتوری و یا کلید فیوز استفاده نمود.

۱۱-۵-۵-۴- حفاظت اضافه دما

در صورت افزایش دمای محیط داخل تابلو بیش از دمای قابل تحمل توسط خازن‌ها، کنترل کننده توان راکتیو خودکار (رگولاتور) می‌بایست فرمان قطع کنتاکتورها را صادر کند. اندازه‌گیری دما ممکن است توسط ترموستات داخلی رگولاتور و یا ترموستات مستقل انجام شود.

۱۱-۵-۶- وسایل قطع و وصل

برای قطع و وصل خازن‌ها می‌بایست از کنتاکتورهای خازنی با کلاس بهره‌برداری AC6b استفاده نمود. در صورت استفاده از کنتاکتورهای قدرت با کلاس بهره‌برداری AC3 برای قطع و وصل خازن‌ها با ظرفیت بزرگ، مدار تغذیه هر خازن می‌بایست مجهز به راکتورهای سری باشد.



شکل۱۱-۷- کنتاکتور خازنی با کلاس بهره‌برداری AC6b

وسایل کلیدزنی خازن‌ها می‌بایست به نحوی انتخاب شود که قادر به قطع و وصل و عبور دایمی جریان‌های معرفی شده در بند ۱۱-۵-۴-۸ باشد. همچنین وسایل کلیدزنی باید بتواند تنش‌های حرارتی و الکترودینامیکی که ممکن است به‌وسیله جریان‌های اضافی گذرا با دامنه و فرکانس بالا در زمان اتصال روی دهد را تحمل کند.

بعضی از راه‌کارهای مورد استفاده برای کاهش حالت گذرا در کلیدزنی، استفاده از راکتورهای سری، کنتاکتورهای خازنی با مقاومت پیش شارژ یا کلیدهای نیمه‌هادی است.

به منظور اطمینان از تخلیه شارژ خازن پس از قطع کنتاکتور، فاصله زمانی حداقل ۱ دقیقه بین هر قطع و وصل می‌بایست در نظر گرفته شود. در صورت نیاز به قطع و وصل سریع پله‌های بانک خازنی می‌توان از وسایل کلیدزنی تریستوری استفاده نمود.

۱۱-۵-۷- سطح مقطع هادی‌ها

سایز هادی مدار تغذیه خازن باید به نحوی انتخاب شود که قادر به عبور حداکثر جریان مجاز مدار (حدوداً ۱/۵ برابر جریان نامی خازن) به‌صورت دایمی باشد.

جدول (۱۱-۹) حداقل سطح مقطع هادی مسی جهت تغذیه خازن با ظرفیت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول۱۱-۹- حداقل سطح مقطع پیشنهادی هادی مسی تغذیه کننده خازن

توان نامی خازن (کیلووار)	حداقل سطح مقطع هادی‌مسی (میلی‌مترمربع)		
	۲۳۰ V/۲۴۰V	۵۷۵ > V ≥ ۴۰۰	≥۵۷۵V
۵	۲/۵	۲/۵	۶
۷/۵	۶	۴	۶
۱۰	۶	۶	۶
۱۲/۵	-	۶	۶
۱۵		۶	۶
۲۰		۶	۶
۲۵		۱۰	۶
۳۰		۱۰	۶
۴۰		۱۶	۱۰
۵۰		۲۵	۱۰

۱۱-۵-۸- ترانسفورماتور جریان

۱۱-۵-۸-۱- الزامات عمومی

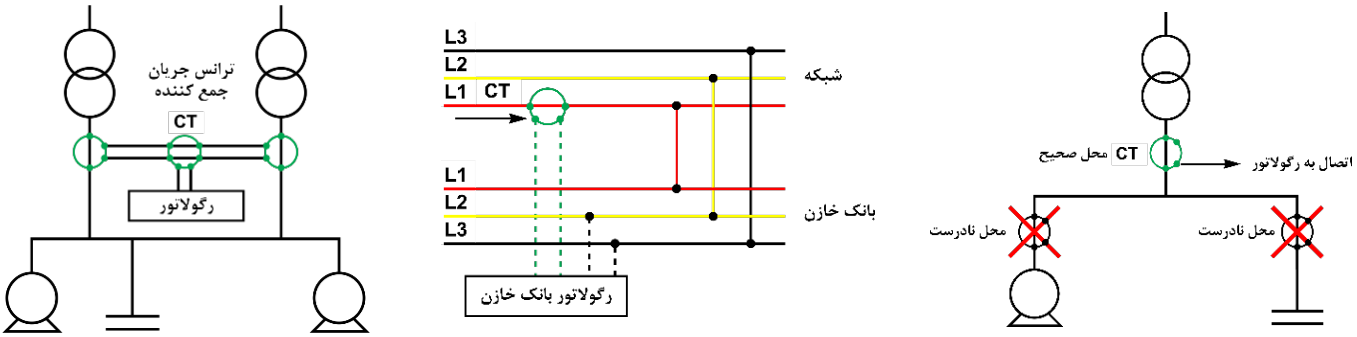
برای انتخاب ترانسفورماتور جریان، الزامات عمومی و مشخصات فنی ذکر شده در بند ۶-۱۱-۲ فصل۶ این نشریه باید مد نظر قرار بگیرد.

۱۱-۵-۸-۲- شرایط نصب

با توجه به اهمیت محل نصب و نحوه اتصال ترانسفورماتور جریان موارد زیر می‌بایست مورد توجه قرار بگیرد:

- ترانسفورماتور جریان باید در سمت بالادست تاسیسات یا باری که جبران‌سازی توان راکتیو برای آن پیش بینی شده نصب شود.
- ترمینال‌های نمونه ولتاژ خط و همچنین ترانسفورماتور جریان مطابق با دستورالعمل سازنده رگولاتور متصل شود (معمولاً نمونه ولتاژ بین فاز ۲ و ۳ و ترانسفورماتور جریان روی فاز ۱ نصب می‌شود)
- در صورتی‌که تاسیسات الکتریکی از چند ترانسفورماتور تغذیه می‌شود، می‌بایست از ترانسفورماتور جریان جمع کننده برای اندازه‌گیری میزان جریان مصرفی استفاده نمود.

- در صورتی‌که تاسیسات الکتریکی دارای سیستم برق اضطراری است، مدار کنترل بانک خازن و یا محل قرارگیری ترانس جریان باید به نحوی انتخاب شود که هنگام تغذیه تاسیسات الکتریکی از دیزل ژنراتور، پله‌های بانک خازن وارد مدار نشود.
- محل صحیح نصب ترانسفورماتور جریان مطابق با شکل (۱۱-۸) رعایت شود.

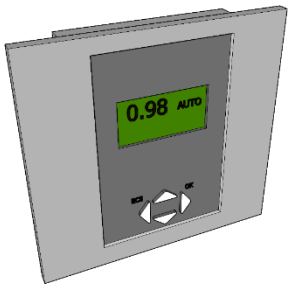


شکل۱۱-۸- جانمایی نصب ترانسفورماتور جریان در سیستم‌های اصلاح ضریب قدرت

۱۱-۵-۹- کنترل کننده توان راکتیو خودکار (رگولاتور[1])

کنترل کننده ضریب قدرت (رگولاتور) در واقع یک تجهیز الکترونیکی بر پایه میکروپروسسور است که با قرائت پیوسته ورودی‌ها از شبکه، میزان توان راکتیو مورد نیاز را با قطع و وصل پله‌های خازن کنترل می‌کند.

رگولاتور می‌بایست مجهز به تعداد خروجی لازم متناسب با تعداد پله‌های بانک خازنی و قادر به عملکرد در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و بالاتر باشد. همچنین رگولاتور ممکن است مجهز به ترموستات داخلی جهت پایش دمای داخل محفظه بانک خازن باشد.



شکل۱۱-۹- کنترل کننده توان راکتیو خودکار

[1] Regulator

۱۱-۵-۱۰- تجهیزات اپراتوری و سیگنال دهی

به منظور کنترل وضعیت قطع و وصل هر پله، بانک خازنی می‌بایست مجهز به کلیدهای فرمان جهت انتخاب حالت‌های قطع، وصل دستی و وصل خودکار (از طریق رگولاتور) باشد. همچنین برای آگاهی از وضعیت وصل بودن کنتاکتورهای بانک خازنی، یک عدد چراغ سیگنال قرمز به ازای هر پله در نظر گرفته می‌شود.

۱۱-۵-۱۱- شرایط نصب تجهیزات

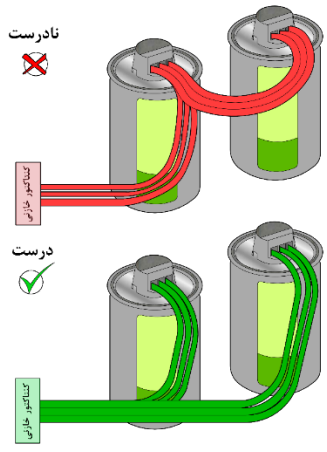
الزامات عمومی نصب تجهیزات بانک خازنی مطابق با بخش ۶-۱۲ فصل ۶ این نشریه است.

به منظور تسهیل در گردش هوا داخل تابلو، می‌بایست فاصله حداقل ۳ سانتی‌متر بین خازن‌ها با یکدیگر و بین خازن و بدنه تابلو در نظر گرفته شود.

خازن می‌بایست به‌صورت عمودی بر روی پایه فلزی با استحکام مناسب نصب شود. در صورتی‌که سازنده خازن امکان نصب افقی آن را پیش بینی کرده باشد، الزامات نصب مطابق با دستورالعمل سازنده می‌بایست مد نظر قرار بگیرد.

همبندی محفظه خازن با شینه حفاظتی تابلو باید مطابق با دستورالعمل سازنده و از طریق ترمینال ارت خازن برقرار شود.

در صورت نیاز به اتصال موازی دو خازن، هر خازن می‌بایست به‌صورت مجزا به ترمینال‌های خروجی کنتاکتور متصل شود.



شکل۱۱-۱۰- نصب صحیح مدار تغذیه دو یا چند خازن به‌صورت موازی

شرایط نصب راکتور (در صورت وجود) می‌بایست مطابق با دستورالعمل سازنده رعایت شود و از نصب راکتور نزدیک خازن اجتناب شود. برای این منظور توصیه می‌شود راکتور بالاتر از خازن و در ردیف مجزا نصب شود تا حرارت ایجاد شده توسط آن عملکرد خازن را تحت تاثیر قرار ندهد.

راکتورها می‌بایست بر روی ریل فلزی با استحکام مناسب نصب شود و از نصب آن بر روی صفحات فلزی که تبادل حرارتی راکتور با محیط را محدود می‌کند اجتناب شود.

۱۱-۵-۱۲- بازرسی و تست

الزامات کلی و شرایط بازرسی و تست تابلوهای بانک خازن مطابق با بخش ۶-۱۴ فصل ۶ این نشریه است.

۱۱-۵-۱۳- بسته‌بندی و بارگیری

الزامات کلی و شرایط بسته‌بندی و بارگیری تابلوهای بانک خازن مطابق با بخش ۶-۱۵ فصل ۶ این نشریه است.

فصل ۱۲

اتصال زمین سیستم نیرو و حفاظت در برابر برق‌گرفتگی

۱۲-۱- دامنه پوشش

در این فصل الزامات اتصال زمین سیستم نیروی برق فشار ضعیف تعیین شده است. همچنین الزامات ضروری در خصوص حفاظت در برابر برق‌گرفتگی[۱] شامل حفاظت پایه[۲] (حفاظت در برابر تماس مستقیم) و حفاظت خطا[۳] (حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم) برای انسان‌ها را مشخص کرده است. همچنین به کاربرد و هماهنگی این الزامات در ارتباط با تاثیرات خارجی[۴] و نیز الزامات به‌کارگیری حفاظت اضافی[۵] در موارد خاص پرداخته شده است.

۱۲-۲- تعاریف و اصطلاحات

۱۲-۲-۱- قسمت برق‌دار(زنده)

live part

قسمت رسانایی است که انتظار می‌رود در شرایط عادی برق‌دار[۶] شود و شامل هادی خنثی (N) نیز است ولی به طور قراردادی شامل هادی PEN[۷] نیست.

یادآوری- این اصطلاح ضرورتاً به معنای وجود خطر برق‌گرفتگی نیست.

۱۲-۲-۲- قسمت-برق‌دار(زنده)-خطرناک

hazardous-live-part

قسمت برق‌داری که تحت شرایط معین می‌تواند موجب برق‌گرفتگی زیان‌آور[۸] شود.

یادآوری- در کاربرد فشارقوی، ممکن است ولتاژ خطرناکی بر روی سطح عایق جامد[۹] ظاهر شود. در چنین مواردی، سطح مذکور به‌عنوان قسمت-برق‌دار-خطرناک در نظر گرفته می‌شود.

---

[1] Electric Shock
[2] Basic Protection
[3] Fault Protection
[4] External Influences
[5] Additional Protection
[6] To Be Energized
[۷] هادی PEN به‌صورت مرکب کارکرد هادی PE و N را انجام می‌دهد. تعریف و الزامات این هادی در فصل ۱۳ تشریح شده است.
[8] Harmful Electric Shock
[9] Solid Insulation

۱۲-۲-۳- قسمت-رسانای-قابل‌تماس[۱]

exposed-conductive-part

قسمت رسانای تجهیزات (الکتریکی) که می‌تواند لمس شود و به طور معمول برق‌دار نیست ولی در صورت شکست عایق‌بندی پایه[۲] می‌تواند برق‌دار شود.

یادآوری- قسمت رسانایی در تجهیزات الکتریکی که تنها از طریق برق‌دار شدن یک قسمت-رسانای-قابل‌تماس می‌تواند برق‌دار شود، خودش به‌عنوان قسمت-رسانای-قابل‌تماس به حساب نمی‌آید.

۱۲-۲-۴- قسمت-رسانای-بیگانه[۳]

extraneous-conductive-parts

به قسمت‌های فلزی گفته می‌شود که جزئی از تاسیسات الکتریکی نیستند اما احتمال ایجاد یک پتانسیل الکتریکی در آن‌ها (معمولا پتانسیل الکتریکی زمین محلی) وجود دارد.

۱۲-۲-۵- برق‌گرفتگی (شوک الکتریکی)

electric shock

به آثار فیزیولوژیکی[۴] ناشی از عبور جریان الکتریکی از بدن انسان یا احشام[۵] گفته می‌شود.

یادآوری- اثرات فیزیولوژیکی شامل ادراک[۶]، انقباض ماهیچه‌ها[۷]، دشواری در تنفس[۸]، اختلال در کارکرد قلب[۹]، ناتوانی در حرکت[۱۰] (برای رهاسازی قسمت برق‌دار)، ایست قلبی[۱۱]، ایست تنفسی[۱۲]، سوختگی یا سایر آسیب‌ها به بافت سلولی[۱۳] هستند.

۱۲-۲-۶- حفاظت پایه[۱۴]

basic protection

حفاظت در برابر برق‌گرفتگی در شرایطی که خطایی رخ نداده باشد.

---

[۱] در برخی منابع از اصطلاح "بدنه هادی (دستگاه‌ها و تجهیزات الکتریکی)" یا "قسمت رسانای در دسترس"یا "قسمت رسانای در معرض" استفاده شده است.

[2] Basic Insulation

[۳] در برخی منابع از اصطلاح "قسمت هادی بیگانه و یا بدنه‌های هادی بیگانه" استفاده شده است.

[4] Physiological Effect
[5] Livestock
[6] Perception
[7] Muscular Contractions
[8] Difficulty in Breathing
[9] Disturbances of Heart Function
[10] Immobilization
[11] Cardiac Arrest
[12] Breathing Arrest
[13] Burns or Other Cellular Damage

[۱۴] در برخی منابع از اصطلاح "حفاظت اصلی" استفاده شده است.

۱۲-۲-۷- حفاظت خطا

fault protection

حفاظت در برابر برق‌گرفتگی در شرایط وقوع تک‌خطا[1].

۱۲-۲-۸- حفاظت اضافی

additional protection

حفاظتی است در برابر برق‌گرفتگی که علاوه بر حفاظت پایه و/ یا حفاظت خطا در نظر گرفته می‌شود.

۱۲-۲-۹- تاثیرات خارجی

external influence

شامل حضور آب، روغن، مصالح ساختمانی، مواد خورنده و آلوده‌کننده و نیروهای مکانیکی خارجی نظیر برف، باد و سایر خطرات محیطی (بخش ۵۱۲-۲ استاندارد ملی ایران به شماره ۵۱-۵-۱۹۳۷) می‌شود.

۱۲-۲-۱۰- ولتاژ-خیلی-ضعیف[2] (ELV)

extra-low-voltage (ELV)

ولتاژی که از حداکثر مقدار ولتاژ تماسی مجاز (در این نشریه برای محیط عادی ۵۰ ولت (a.c.) و برای محیط مرطوب ۲۵ ولت (a.c.))، تجاوز نمی‌کند.

۱۲-۲-۱۰-۱- سیستم SELV (ولتاژ-خیلی-ضعیف ایمنی[3])

SELV system

سیستم الکتریکی که در آن ولتاژ نمی‌تواند در شرایط زیر از مقدار ولتاژ-خیلی-ضعیف تجاوز کند:

- تحت وضعیت عادی.
- تحت وضعیت تک‌خطا، شامل وقوع خطای زمین در سایر مدارهای الکتریکی.

۱۲-۲-۱۰-۲- سیستم PELV (ولتاژ-خیلی-ضعیف حفاظتی[4])

PELV system

سیستم الکتریکی که در آن ولتاژ نمی‌تواند در شرایط زیر از مقدار ولتاژ-خیلی-ضعیف تجاوز کند:

- تحت وضعیت عادی.
- تحت وضعیت تک‌خطا، به غیر از وقوع خطای زمین در سایر مدارهای الکتریکی.

---

[1] Single Fault

[2] در برخی منابع از اصطلاح "ولتاژ خیلی پایین" یا "ولتاژ بسیار ضعیف" استفاده شده است.

[3] Safety Extra-Low Voltage

[4] Protective Extra-Low Voltage

۱۲-۲-۱۱- وضعیت تک‌خطا

single fault condition

وضعیتی که در آن یکی از عوامل حفاظت در برابر برق‌گرفتگی دچار نقص شده است یا خطایی وجود دارد که می‌تواند منجر به ایجاد خطر شود.

یادآوری- اگر وضعیت تک‌خطا منجر به یک یا تعداد بیش‌تری وضعیت خطای دیگر شود، تمام آن‌ها به‌عنوان یک وضعیت تک‌خطا در نظر گرفته می‌شود.

۱۲-۲-۱۲- عایق‌بندی پایه[1]

basic insulation

عایق‌بندی است که به قسمت‌های- برق‌دار- خطرناک[2] اعمال می‌شود تا حفاظت پایه را (به منظور ایمنی در برابر برق‌گرفتگی) فراهم کند.

یادآوری- این اصطلاح شامل عایق‌بندی که منحصراً برای اهداف عملکردی به کار می‌رود، نیست.

۱۲-۲-۱۳- عایق‌بندی تکمیلی

supplementary insulation

عایق‌بندی مستقلی که علاوه بر عایق‌بندی پایه، برای حفاظت خطا اعمال می‌شود.

۱۲-۲-۱۴- عایق‌بندی مضاعف (دوبل)

double insulation

عایق‌بندی متشکل از عایق‌بندی پایه و عایق‌بندی تکمیلی.

۱۲-۲-۱۵- عایق‌بندی تقویت‌شده

reinforced insulation

عایق‌بندی قسمت‌های- برق‌دار- خطرناک که برای حفاظت در برابر برق گرفتگی، درجه‌ای از حفاظت را که معادل با عایق‌بندی مضاعف است ایجاد کند.

یادآوری- عایق‌بندی تقویت‌شده ممکن است از چندین لایه تشکیل شود به گونه‌ای که نتوان هر یک از آن‌ها را به تنهایی به‌عنوان عایق‌بندی پایه و عایق‌بندی تکمیلی مورد آزمون قرار داد.

---

[1] در برخی منابع از اصطلاح "عایق‌بندی اصلی" استفاده شده است

[2] Hazardous Live Parts

۱۲-۲-۱۶- مانع حفاظتی (الکتریکی)

(electrically) protective obstacle

قسمتی است که مانع از تماس غیر عمدی انسان یا احشام با قسمت برق‌دار شود ولی در برابر یک عمل عمدی که منجر به تماس مستقیم می‌شود ممانعت به عمل نیاورد.

۱۲-۲-۱۷- حصار حفاظتی (الکتریکی)

(electrically) protective barrier

قسمتی است که در برابر تماس افراد یا احشام از تمامی جهات عادی دسترسی به قسمت برق‌دار حفاظت ایجاد می‌کند.

۱۲-۲-۱۸- محفظه حفاظتی (الکتریکی)

(electrically) protective enclosure

محفظه الکتریکی است که قسمت‌های داخلی تجهیزات را به منظور ممانعت از دسترسی در تمامی جهات به قسمت برق‌دار، در بر گرفته است.

یادآوری- علاوه بر این، به طور کلی محفظه در برابر تاثیرات داخلی و خارجی (نظیر نفوذ گرد و خاک یا آب یا جلوگیری از خسارت مکانیکی) حفاظت ایجاد می‌کند.

۱۲-۲-۱۹- محدوده دسترس

arm's reach

منطقه‌ای است که حدود آن از سطح فعالیت یا رفت و آمد عادی افراد بدون هرگونه کمک، قابل لمس باشد.

۱۲-۲-۲۰- قطع خودکار (مدار) تغذیه

automatic disconnection of supply

قطع یک یا تعدای هادی فاز در اثر عملکرد خودکار وسیله حفاظتی در صورت وقوع خطا.

یادآوری- این ضرورتا به معنای قطع تمامی هادی‌های سیستم تغذیه نیست.

۱۲-۲-۲۱- تمهید حفاظتی

protective provision

تمهید مستقلی که به منظور حفاظت در برابر برق گرفتگی تحت شرایط مشخصی در نظر گرفته شده است.

یادآوری- این تمهید ممکن است یک ابزار یا تکنیک یا وسیله یا فرآیند[1] باشد.

[1] Process

۱۲-۲-۲۲- تمهید حفاظتی ارتقا یافته

enhanced protective provision

تمهید حفاظتی با این قابلیت اطمینان که حفاظتی که فراهم می‌کند از حفاظتی که حداقل دو تمهید حفاظتی مستقل ارایه می‌دهند، کم‌تر نیست.

۱۲-۲-۲۳- تدبیر حفاظتی

protective measure

ترکیب مناسبی از تمهیدات حفاظتی به منظور حفاظت در برابر برق گرفتگی.

۱۲-۲-۲۴- فرد کارآزموده[1] (الکتریکی)

(electrically) skilled person

فردی است (مانند یک مهندس یا تکنسین) دارای دانش فنی و تجربه کافی که او را قادر به اجتناب از خطرات ناشی از برق کند.

۱۲-۲-۲۵- فرد آموزش‌دیده (الکتریکی)

(electrically) instructed person

فردی است (مانند عضو گروه عملیات یا نگهداری) که به قدر لازم تعلیم دیده یا تحت نظارت فردی کارآزموده قرار داشته باشد تا او را قادر به اجتناب از خطرات ناشی از برق کند.

۱۲-۲-۲۶- فرد معمولی

ordinary person

فردی که نه کارآزموده باشد و نه آموزش‌دیده

[1] در برخی منابع، فرد "ماهر" یا "متخصص" نام‌گذاری شده است.

۱۲-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این فصل از نشریه به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این فصل الزامی است:

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها – قسمت ۱: اصول اساسی، ارزیابی مشخصه‌های کلی و اصطلاحات و تعاریف.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف – قسمت ۴-۴۱: حفاظت برای ایمنی – حفاظت در برابر برق‌گرفتگی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴۳-۴-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف – قسمت ۴-۴۳: حفاظت برای ایمنی – حفاظت در برابر اضافه جریان.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵۱-۵-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها – قسمت ۵-۵۱: انتخاب و برپاسازی تجهیزات الکتریکی – قوانین مشترک.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵۲-۵-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف – قسمت ۵-۵۲: انتخاب و نصب تجهیزات الکتریکی – سیستم‌های سیم‌کشی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۷-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف – قسمت ۷: تمام بخش‌ها.
- IEC 60364-4-41: 2005+AMD1: 2017, Low voltage electrical installations - Part 4-41: Protection for safety - Protection against electric shock.
- IEC 60364-5-53: 2019+AMD1: 2020, Low-Voltage electrical installations - Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Devices for protection for safety, isolation, switching, control and monitoring.
- IEC 60417: 2002, Graphical symbols for use on equipment.
- IEC 80416-3: 2002+AMD1: 2011, Basic principles for graphical symbols for use on equipment - Part 3: Guidelines for the application of graphical symbols.
- IEC 61439, Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – all parts.
- IEC 61084, Cable trunking systems and cable ducting systems for electrical installations - all parts.
- IEC 61386, Conduit systems for cable management - all parts.
- IEC 61558-2-6: 2009, Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1100 V - Part 2-6: Particular requirements and tests for safety isolating transformers and power supply units incorporating safety isolating transformers.
- IEC TS 61201: 2007, Use of conventional touch voltage limits - Application guide.

- IEC 60146-2: 1999, Semiconductor converters - Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d. c. converters.
- IEC 61140: 2016, Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment.

۱۲-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در حفاظت در برابر برق‌گرفتگی ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه‌نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

در صورتی‌که در خصوص بخشی یا کل آزمون‌های مورد نیاز برای یک قطعه، وسیله یا تجهیز، استاندارد ملی ایران و شیوه‌نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، هر دو موجود نباشند، انجام آزمون مطابق استانداردهای بین‌المللی نظیر IEC و ISO در یک آزمایشگاه معتبر و صاحب صلاحیت[۱] و اخذ گواهی آزمون ضروری است.

فهرستی از قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در حفاظت در برابر برق‌گرفتگی و استانداردهای ساخت و آزمون مربوطه در جدول (۱۲-۱) آمده است.

طراحی، اجرا، نظارت و آزمون و تحویل حفاظت در برابر برق‌گرفتگی مطابق الزامات بیان شده در این فصل باید به ترتیب توسط طراحان، مجریان، ناظران و بازرسان متخصص و کارآزموده که دارای مجوز مرتبط و معتبر از مراجع ذیصلاح ملی و/یا گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشند، انجام شود.

جدول۱۲-۱- استاندارد ساخت و آزمون

ردیف	شرح تجهیز	استاندارد ساخت و آزمون مربوطه
۱	ترانسفورماتور ایزوله	IEC 61558-2-6
۲	وسایل حفاظتی جریان باقی‌مانده (RCD)	IEC 61008 IEC 61009 IEC 62423
۳	وسایل مانیتورینگ جریان باقی‌مانده (RCM)	IEC 62020
۴	وسایل مانیتورینگ سیستم عایقی (IMD)	IEC 61557-15 IEC 61326-2-2
۵	دوشاخه و پریز SELV	IEC 60884-2-4 IEC 60906-3
۶	وسایل روشنایی ELV	IEC 60598-2-23
۷	مبدل‌های الکترونیک قدرت - جنبه‌های ایمنی	IEC 62477-1

[۱] صلاحیت آزمایشگاه توسط یکی از مراجع ذیصلاح ملی (شامل سازمان ملی استاندارد ایران یا مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) تعیین می‌شود.

۱۲-۴- اتصال زمین سیستم

۱۲-۴-۱- سه روش متداول اتصال زمین سیستم عبارتند از TN، TT و IT. در این نمادهای دوحرفی، حرف اول نشان دهنده رابطه بین سیستم نیرو (مدار الکتریکی) با زمین و حروف دوم نشان دهنده رابطه بین قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس موجود در تاسیسات الکتریکی (تجهیزات الکتریکی) با زمین است.

یادآوری- روش‌های زمین کردن سیستم به‌صورت مبسوط در بخش ۳۱۲ استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۹۳۷ توضیح داده شده‌اند.

۱۲-۴-۲- در سیستم نیروی TN یک نقطه در منبع مستقیماً زمین شده است و قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس تاسیسات الکتریکی به‌وسیله هادی‌های حفاظتی به آن نقطه متصل شده‌اند. بسته به آرایش هادی‌های حفاظتی و خنثی سه نوع سیستم TN قابل دستیابی است:

- سیستم TN-S که در سرتاسر آن از یک هادی حفاظتی مجزا[1] استفاده می‌شود.
- سیستم TN-C-S که در قسمتی از آن هادی‌های حفاظتی و خنثی در یک هادی ترکیب شده‌اند.
- سیستم TN-C که در سرتاسر آن هادی‌های حفاظتی و خنثی در یک هادی ترکیب شده‌اند.

۱۲-۴-۳- در سیستم نیروی TT فقط یک نقطه مستقیماً زمین شده است و قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس تاسیسات الکتریکی به الکترودهای زمینی متصل شده‌اند که به لحاظ الکتریکی از الکترود زمین سیستم تغذیه مستقل هستند.

۱۲-۴-۴- در سیستم نیروی IT تمامی قسمت‌های برق‌دار از زمین ایزوله شده‌اند یا از طریق یک امپدانس به قدر کافی بزرگ در یک نقطه زمین شده‌اند. قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس تاسیسات الکتریکی نیز به طور مستقل یا به‌صورت تجمیعی زمین شده‌اند.

۱۲-۴-۵- در تمام تاسیسات تحت پوشش این نشریه باید از سیستم نیروی برق TN-S یا TN-C-S استفاده شود مگر در مواردی‌که با توجه به نوع کاربری و بر اساس الزام استاندارد ملی معتبر مربوطه یا ضوابط و مقررات نافذی که به تایید مرجع ذیصلاح رسیده است، استفاده از سایر انواع سیستم‌های نیرو مجاز یا لازم باشد. در صورت استفاده از سیستم TN-C-S نقطه جدایی هادی حفاظتی از هادی خنثی باید در نزدیک‌ترین نقطه عملیاتی ممکن به مبدا تاسیسات الکتریکی[2] (به طور مثال تابلو لوازم اندازه‌گیری انرژی الکتریکی یا تابلو توزیع اصلی ساختمان) باشد.

---

[1] Separate Protective Conductor

[2] مبدا تاسیسات الکتریکی (به انگلیسی origin of the electrical installation) نقطه‌ای از سیستم نیروی برق است که منبع تغذیه در آن قرار دارد یا نقطه تحویل نیرو به مشترک است به طور مثال تابلو لوازم اندازه‌گیری انرژی الکتریکی (تابلو کنتور)، پست برق اختصاصی یک مجتمع یا اتاق مولد برق اضطراری یا تولید پراکنده. باید توجه شود که تاسیسات الکتریکی ممکن است بیش از یک مبدا داشته باشد.

۱۲-۵- حفاظت در برابر برق‌گرفتگی

۱۲-۵-۱- الزامات کلی

۱۲-۵-۱-۱- هر تدبیر حفاظتی[1] باید شامل یکی از موارد زیر باشد:

- ترکیب مناسبی از دو تمهید[2] مستقل، یکی برای حفاظت پایه[3] و دیگری برای حفاظت خطا[4].
- یک تمهید حفاظتی ارتقا یافته[5] به گونه‌ای که توانایی تامین هر دو حفاظت پایه و حفاظت خطا را داشته باشد.

حفاظت اضافی[6] به‌عنوان قسمتی از تدبیر حفاظتی تحت شرایط معینی از تاثیرات خارجی[7] و در مکان‌های خاص معین اتخاذ می‌شود.

یادآوری ۱- در برخی کاربردهای خاص، به کارگیری تدابیر حفاظتی که از این بند پیروی نمی‌کنند مجاز است (بندهای ۱۲-۵-۱-۴ و ۱۲-۵-۱-۵).

یادآوری ۲- عایق‌بندی تقویت شده[8] مثالی از تدبیر حفاظتی ارتقاء یافته است.

۱۲-۵-۱-۲- در هر قسمت از تاسیسات با لحاظ کردن شرایط تاثیرات خارجی باید یک یا تعداد بیش‌تری تدابیر حفاظتی به کار گرفته شود. به طور کلی تدابیر حفاظتی زیر مجاز است:

- قطع خودکار (مدار) تغذیه[9] (بند ۱۲-۵-۲).
- عایق‌بندی مضاعف یا تقویت‌شده[10] (بند ۱۲-۵-۳).
- جدایی الکتریکی[11] برای تغذیه یک مورد[12] از مصرف‌کننده‌ها[13] (بند ۱۲-۵-۴).
- ولتاژ خیلی ضعیف[14] (SELV و PELV) (بند ۱۲-۵-۵).

برای تاسیسات خاص، به بندهای ۱۲-۵-۱-۳ تا ۱۲-۵-۱-۸ مراجعه شود.

یادآوری- در تاسیسات الکتریکی متداول‌ترین تدبیر حفاظتی مورد استفاده، قطع خودکار تغذیه است.

---

[1] Protective Measure
[2] Provision
[3] Basic Protection
[4] Fault Protection
[5] Enhanced Protective Provision
[6] Additional Protection
[7] External Influence
[8] Reinforced Insulation
[9] Automatic Disconnection of Supply
[10] Double or Reinforced Insulation
[11] Electrical Separation
[12] One Item
[13] Current-Using Equipment
[14] Extra-Low-Voltage

۱۲-۵-۱-۳- برای تاسیسات یا مکان‌های خاص، تدابیر حفاظتی خاص مطابق قسمت ۷ استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷ باید به کار برده شوند.

۱۲-۵-۱-۴- تدابیر حفاظتی مانند استفاده از موانع[1] و استقرار خارج از دسترس[2]، باید فقط در تاسیساتی که در اختیار افراد زیر هستند به کار گرفته شود (ر.ک. به پیوست ب استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷):

- افراد کارآزموده یا آموزش‌دیده
- افرادی که تحت نظارت[3] فردی کارآزموده یا آموزش‌دیده قرار دارند.

۱۲-۵-۱-۵- تدابیر حفاظتی مشخص شده در پیوست پ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷، مانند:

- ایجاد مکانی نارسانا[4]
- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده محلی بدون-زمین[5]
- جدایی الکتریکی برای تغذیه بیش از یک مورد از مصرف‌کننده‌ها

را فقط زمانی می‌توان تحت نظارت افراد کارآزموده یا آموزش‌دیده، به کار برد که تغییرات غیرمسئولانه[6] در آن‌ها قابل انجام نباشند.

۱۲-۵-۱-۶- اگر برخی مفاد یک تدبیر حفاظتی قابل انجام نباشند، باید تمهیدات تکمیلی جایگزینی به کار برد که سطح مشابهی از ایمنی تضمین شود.

یادآوری- مثالی از کاربرد این قاعده در بند ۱۲-۵-۲-۶ ارایه شده است.

۱۲-۵-۱-۷- تدابیر حفاظتی مختلف که توامان در یک تاسیسات، بخشی از تاسیسات، یا داخل یک تجهیز به خصوص مورد استفاده قرار می‌گیرند نباید هیچ تاثیری بر روی دیگر تدابیر داشته باشند (یعنی ناموفق بودن یک تدبیر حفاظتی به هر دلیل، منجر به معیوب شدن سایر تدابیر حفاظتی نشود).

۱۲-۵-۱-۸- می‌توان برای تجهیزات زیر، از تمهیدات مربوط به حفاظت خطا (حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم) صرف نظر کرد:

- تکیه‌گاه فلزی مقره‌های خط هوایی که به ساختمان متصل بوده ولی در موقعیتی خارج از دسترس مستقرند.

---

[1] Obstacles
[2] Placing Out of Reach
[3] Supervision
[4] Non-Conducting Location
[5] Earth-Free Local Equipotential Bonding
[6] Unauthorized Changes

- تیرهای بتن مسلح خطوط هوایی که آرماتورهای فولادی آن در دسترس نیستند.
- قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس که به خاطر اندازه کوچک‌شان (تقریباً ۵۰×۵۰ میلی‌متر)، یا به خاطر موقعیت‌شان نمی‌توانند در دست گرفته شده یا نمی‌توانند تماس قابل‌توجهی با یک قسمت از بدن انسان پیدا کنند، یا اتصال آن‌ها به هادی حفاظتی دشوار یا نامطمئن است.

یادآوری- به طور مثال این معافیت برای پیچ‌ها، پرچ‌ها، پلاک مشخصات و بست‌های کابل قابل استفاده خواهد بود.

- لوله‌های فلزی یا سایر محفظه‌های فلزی که از تجهیزات ذکر شده در بند ۱۲-۵-۳ حفاظت می‌کنند.

۱۲-۵-۲- تدبیر حفاظتی: قطع خودکار (مدار) تغذیه

۱۲-۵-۲-۱- کلیات

قطع خودکار تغذیه یک تدبیر حفاظتی است در صورتی‌که:

- حفاظت پایه با استفاده از عایق‌بندی پایه قسمت‌های برق‌دار یا با استفاده از حصارکشی‌ها[1] یا محفظه‌ها[2]، مطابق پیوست الف استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ ایجاد شده باشد،
- حفاظت خطا به‌وسیله هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی و قطع خودکار در صورت وقوع خطا، مطابق بخش‌های ۱۲-۵-۲-۳ الی ۱۲-۵-۲-۶ انجام شده باشد.

یادآوری ۱- جایی‌که این تدبیر حفاظتی اجرا شود، ممکن است از تجهیزات کلاس II (عایق‌بندی مضاعف) نیز استفاده شود.

در موارد مشخصی، حفاظت اضافی با استفاده از وسیله حفاظتی جریان باقی‌مانده (RCD) با جریان عامل باقی‌مانده اسمی[3] حداکثر ۳۰ میلی‌آمپر مطابق بند ۱۲-۵-۶-۱ فراهم می‌شود.

یادآوری ۲- نمایش‌گرهای جریان باقی‌مانده[4] (RCMs) وسایل حفاظتی نیستند ولی ممکن است از آن‌ها برای پایش جریان‌های باقی‌مانده در تاسیسات الکتریکی استفاده شود. RCMها زمانی‌که جریان باقی‌مانده از مقدار از پیش تعیین شده‌ای تجاوز کند علامت شنیداری و/یا دیداری تولید می‌کنند.

[1] Barriers
[2] Enclosures
[3] Rated Residual Operating Current
[4] Residual Current Monitors

۱۲-۵-۲-۲- الزامات برای حفاظت پایه

تمام تجهیزات الکتریکی باید مطابق یکی از تمهیدات در نظر گرفته شده برای حفاظت پایه (حفاظت در برابر تماس مستقیم) شرح داده شده در پیوست الف یا، در موارد مناسب، پیوست ب استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ باشند.

۱۲-۵-۲-۳- الزامات برای حفاظت خطا

۱۲-۵-۲-۳-۱- اتصال زمین حفاظتی و هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی

۱۲-۵-۲-۳-۱-۱- اتصال زمین حفاظتی

قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس باید تحت شرایط مشخص شده برای هر یک از انواع سیستم نیرو (بند ۱۲-۵-۲-۴ برای سیستم TN و بند ۱۲-۵-۲-۵ برای سیستم‌های TT و IT)، به هادی حفاظتی متصل شوند. قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس که هم‌زمان در دسترس هستند باید به‌صورت جداگانه، گروهی یا دسته‌جمعی به یک سیستم اتصال زمین مشابه متصل شوند.

جزئیات هادی‌های اتصال زمین حفاظتی باید مطابق با الزامات بخش ۱۳-۶ فصل ۱۳ باشند. هر مدار باید هادی حفاظتی قابل دسترس[1]، متصل به ترمینال اتصال زمین داشته باشد.

۱۲-۵-۲-۳-۱-۲- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی

قسمت‌های فلزی ورودی[2] به هر ساختمان، که جزو تاسیسات الکتریکی نیست ولی محتمل است اختلاف پتانسیل‌های خطرناکی پیدا کند، باید به‌وسیله هادی‌های هم‌بندی حفاظتی به ترمینال اصلی اتصال زمین متصل شوند. مثال‌هایی از این قسمت‌های فلزی به شرح زیرند:

- لوله‌های تاسیساتی شهری، مانند: گاز، آب و ...
- قسمت‌های-رسانای-بیگانه سازه[3]
- آرماتورهای در دسترس سازه بتن مسلح[4]

در جایی که این قسمت‌های رسانا از بیرون ساختمان شروع و به داخل ساختمان ختم می‌شوند، باید در نزدیک‌ترین فاصله عملیاتی ممکن از نقطه ورودشان به داخل ساختمان، هم‌بند شوند. لوله‌های فلزی که در نقطه ورود به ساختمان دارای قطعه عایق‌کننده[5] هستند نیاز نیست به هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی متصل شوند.

---

[1] Available
[2] Incoming Metallic Parts
[3] Structural Extraneous Conductive Parts
[4] Accessible Reinforcement of Constructional Reinforced Concrete
[5] Insulating Section

۱۲-۵-۲-۳-۲- قطع خودکار در صورت وقوع خطا

۱۲-۵-۲-۳-۲-۱- وسیله حفاظتی باید در صورت وقوع اتصالی مابین هادی فاز و قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس یا هادی حفاظتی مدار یا تجهیز، در مدت زمان مجازی که در بندهای ۱۲-۵-۲-۳-۲-۲ و ۱۲-۵-۲-۳-۲-۳ آمده، فاز را به‌صورت خودکار قطع کند. این وسیله حفاظتی باید برای ایزوله کردن هادی(های) فاز، پس از انجام عمل قطع، مناسب باشد.

۱۲-۵-۲-۳-۲-۲- حداکثر زمان قطع داده شده در جدول (۱۲-۲) باید به مدارهای نهایی با حداکثر جریان اسمی زیر، اعمال شود:

- ۶۳ آمپر با یک یا چند پریز
- ۳۲ آمپر فقط برای تغذیه مصرف‌کننده‌های با اتصال ثابت [1]

جدول۱۲-۲- حداکثر زمان‌های قطع (ثانیه)

سیستم نیرو	$50 < U_0 \leq 120$		$120 < U_0 \leq 230$		$230 < U_0 \leq 400$		$U_0 > 400$	
	(a.c.)	(d.c.)	(a.c.)	(d.c.)	(a.c.)	(d.c.)	(a.c.)	(d.c.)
TN	۰٫۸	الف	۰٫۴	۵	۰٫۲	۰٫۴	۰٫۱	۰٫۱
TT	۰٫۳	الف	۰٫۲	۰٫۴	۰٫۰۷	۰٫۲	۰٫۰۴	۰٫۱
در صورتی‌که در سیستم‌های TT قطع مدار تغذیه توسط وسیله حفاظتی اضافه‌جریان انجام شده و هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی تمامی قسمت‌های-رسانای-بیگانه در تاسیسات را شامل شود، ممکن است برای آن، همان حداکثر زمان قطع سیستم‌های TN مورد استفاده قرار گیرد. U_0 ولتاژ نامی فاز (a.c.) یا (d.c.) نسبت به زمین است.								
الف قطع مدار تغذیه ممکن است به عللی غیر از حفاظت در برابر برق‌گرفتگی الزامی باشد.								
یادآوری- در مواردی‌که قطع تغذیه به‌وسیله RCD انجام شود، بند ۱۲-۵-۲-۴-۴، یادآوری ۴ بخش ۴۱۱-۵-۳ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ و یادآوری بخش ۴۱۱-۶-۴ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ باید مد نظر قرار گیرند.								

۱۲-۵-۲-۳-۲-۳- در سیستم‌های TN، برای مدارهای توزیع و برای مدارهایی که توسط ۱۲-۵-۲-۳-۲-۲ پوشش داده نشده‌اند، زمان قطع حداکثر ۵ ثانیه مجاز است و در سیستم‌های TT، این زمان حداکثر ۱ ثانیه است.

۱۲-۵-۲-۳-۲-۴- در مواردی‌که قطع تغذیه برای وسیله حفاظتی اضافه‌جریان، مطابق با بند ۱۲-۵-۲-۳-۲ ممکن نبوده، یا استفاده از RCD برای این منظور مناسب نباشد، باید از پیوست D استاندارد IEC 60364-4-41 تبعیت شود. با این حال، قطع تغذیه ممکن است به عللی غیر از حفاظت در برابر برق‌گرفتگی الزامی باشد.

[1] Fixed Connected Current-Using Equipment

۱۲-۵-۲-۳-۲-۵- اگر قطع خودکار مطابق ۱۲-۵-۲-۳-۲-۱ در مدت زمان الزام شده در بندهای ۱۲-۵-۲-۳-۲-۲ و ۱۲-۵-۲-۳-۲-۳ قابل انجام نباشد، هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی تکمیلی[1] باید مطابق با بند ۱۲-۵-۶-۲ اجرا شود.

۱۲-۵-۲-۳-۳- الزامات بیش‌تر برای پریزهای برق و برای تغذیه تجهیزات سیار برای استفاده در فضاهای خارجی

برای موارد زیر، باید حفاظت اضافی توسط RCD با جریان عامل باقی‌مانده اسمی[2] حداکثر ۳۰ میلی‌آمپر انجام شود:

- مدارهای تغذیه کننده پریزهای برق (a.c.) با جریان اسمی حداکثر ۳۲ آمپر که محتمل است توسط افراد معمولی[3] مورد استفاده قرار بگیرند و برای استفاده عمومی[4] در نظر گرفته شده‌اند.
- تجهیزات سیار (a.c.) برای استفاده در فضاهای خارجی با جریان اسمی حداکثر ۳۲ آمپر.

۱۲-۵-۲-۳-۴- الزامات بیش‌تر برای مدارهای حاوی چراغ‌های روشنایی در سیستم‌های TN و TT

در خصوص مدارهای نهایی تغذیه‌کننده چراغ‌های روشنایی در ساختمانی[5] که برای اقامت تنها یک خانوار[6] طراحی شده است (مانند خانه‌های ویلایی)، باید حفاظت اضافی توسط RCD با جریان عامل باقی‌مانده اسمی حداکثر ۳۰ میلی‌آمپر در نظر گرفته شود.

۱۲-۵-۲-۴- سیستم TN

۱۲-۵-۲-۴-۱- در سیستم‌های TN یکپارچگی[7] اتصال زمین تاسیسات، به اتصال موثر و قابل اطمینان هادی‌های PEN یا PE به زمین بستگی دارد. در مواردی‌که اتصال زمین توسط سیستم توزیع عمومی[8] یا سایر سیستم‌های توزیع فراهم شده، تحقق الزامات مربوط به بخش‌های خارج از تاسیسات بر عهده (و مسئولیت[9]) بهره‌بردار شبکه توزیع است. برای مثال:

[1] Supplementary Protective Equipotential Bonding
[2] Rated Residual Operating Current
[3] Ordinary Person
[4] General Use
[5] Premise
[6] Single Household
[7] Integrity
[8] Public
[9] Responsibility

- مواردی‌که هادی PEN در نقاط متعدد به زمین متصل شده (موسوم به اتصال زمین مکرر حفاظتی یا PME[1]) و به گونه‌ای نصب و اجرا شود که ریسک ناشی از قطع هادی PEN به حداقل برسد.
- شرایطی که: $R_B \leq \frac{50}{U_0-50} R_E$

که در آن:

R_B: مقاومت الکترود زمین معادلِ تمامی الکترودهای زمین موازی.

R_E: حداقل مقدار مقاومت تماسی بین زمین و قسمت‌های-رسانای-بیگانه‌ای که به هادی حفاظتی متصل نبوده و فاز ممکن است به آن‌ها اتصالی کند.

U_0: ولتاژ موثر نامی فاز (a.c.) نسبت به زمین.

۱۲-۵-۲-۴-۲- نقطه خنثای سیستم تغذیه برق باید زمین شود. اگر نقطه خنثی در سیستم وجود نداشته باشد، یکی از هادی‌های فاز باید زمین شود. قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس تاسیسات باید به‌وسیله هادی حفاظتی به ترمینال اصلی اتصال زمین تاسیسات که به نقطه زمین شده سیستم تغذیه برق متصلند، هم‌بند شوند.

اگر نقاط اتصال موثر دیگری به زمین وجود دارد، پیشنهاد می‌شود در هر جایی که ممکن باشد هادی‌های حفاظتی به چنین نقاطی متصل شوند. برای اطمینان از اینکه در صورت وقوع خطا، پتانسیل هادی‌های حفاظتی در نزدیک‌ترین مقدار ممکن به سطح پتانسیل زمین باقی می‌ماند، ممکن است اتصال به زمین در نقاط اضافی (به گونه‌ای که این نقاط تا حد ممکن در فواصل مساوی توزیع شده باشند) ضروری باشد.

پیشنهاد می‌شود هادی‌های حفاظتی (PE و PEN) در نقطه‌ای که به هر ساختمان یا ملک[2] وارد می‌شوند، با احتساب جریان خنثای انحراف‌یافته[3] از هادی‌های PEN مکرر زمین شده، زمین شوند.

۱۲-۵-۲-۴-۳- در تاسیسات نصب ثابت، مجاز است از یک هادی هم به‌عنوان هادی حفاظتی و هم به‌عنوان هادی خنثی (هادی PEN) استفاده شود، به شرطی که الزامات بند ۱۳-۶-۴ فصل ۱۳ را برآورده کند. در این صورت هیچ‌گونه وسیله قطع و وصل یا ایزوله‌کننده‌ای نباید سر راه هادی PEN قرار داده شود.

یادآوری- در تمام ساختمان‌های تحت پوشش این نشریه، توصیه می‌شود از هادی PEN در پایین دست تابلو توزیع اصلی استفاده نشود.

---

[1] PME: Protective Multiple Earthing

[2] Premises

[3] در اینجا منظور از جریان خنثای انحراف‌یافته (به انگلیسی Diverted Neutral Currents)، بخشی از جریان هادی خنثا در سیستم TN-C-S است که به جای هادی PEN مکرر زمین شده از مسیر الکترودهای زمین متصل به آن و از طریق جرم زمین به نقطه زمین شده سیستم نیرو در بالادست بر می‌گردد.

۱۲-۵-۲-۴-۴- مشخصات وسایل حفاظتی (بند ۱۲-۵-۲-۴-۵) و امپدانس مدار باید در رابطه زیر صدق کنند:

$$Z_s \times I_a \leq U_0 \qquad (۱-۱۲)$$

که در آن:

Z_s: امپدانس حلقه اتصال کوتاه شامل: منبع، هادی فاز از منبع تا نقطه اتصالی و هادی حفاظتی از منبع تا نقطه اتصالی است.

I_a: جریانی است بر حسب آمپر که باعث عملکرد خودکار وسیله قطع کننده در مدت زمان مشخص شده در ۱۲-۵-۲-۳-۲-۲ و ۱۲-۵-۲-۳-۲-۳ می‌شود. این جریان، زمانی‌که از RCD استفاده می‌شود، همان جریان باقی‌مانده‌ای است که باعث قطع تغذیه در زمان تعیین شده در ۱۲-۵-۲-۳-۲-۲ و ۱۲-۵-۲-۳-۲-۳ می‌شود.

U_0: ولتاژ نامی فاز (a.c.) یا (d.c.) نسبت به زمین.

۱۲-۵-۲-۴-۵- در سیستم‌های TN، ممکن است وسایل حفاظتی زیر برای حفاظت خطا (حفاظت در برابر تماس غیر مستقیم) مورد استفاده قرار گیرند:

- وسایل حفاظتی اضافه جریان
- وسایل حفاظتی جریان باقی‌مانده (RCD ها)

یادآوری ۱- مواردی‌که از RCD برای حفاظت خطا استفاده شده باشد، آن مدار همچنین باید توسط وسیله حفاظتی اضافه‌جریان مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۳-۴-۱۹۳۷ حفاظت شود.

یادآوری ۲- از وسیله حفاظتی جریان باقی‌مانده (RCD) نباید در سیستم‌های TN-C استفاده شود.

یادآوری ۳- در مواردی‌که هماهنگی حفاظتی[1] بین RCDها ضروری باشد، باید به بخش 535.3 استاندارد IEC 60364-5-53 مراجعه شود.

۱۲-۵-۲-۵- سایر سیستم‌های نیرو

۱۲-۵-۲-۵-۱- در سیستم‌های TT، تمامی قسمت‌های- رسانای- قابل‌تماس که به‌صورت دسته‌جمعی توسط یک وسیله حفاظتی حفاظت می‌شوند باید به الکترود زمینی که بین تمام آن قسمت‌ها مشترک است، متصل شوند. هم‌چنین نقطه خنثی منبع تغذیه باید زمین شود و در صورتی‌که نقطه خنثی موجود نباشد باید یکی از فازها زمین شود.

۱۲-۵-۲-۵-۲- به طور کلی در سیستم‌های TT، باید از RCD ها جهت حفاظت خطا استفاده شود. به‌عنوان جایگزین می‌توان از وسایل حفاظتی اضافه جریان برای حفاظت خطا استفاده کرد مشروط بر این که مقدار کوچکی برای امپدانس حلقه خطا (Z_s) به طور پایدار و قابل اطمینان فراهم شود.

[1] Discrimination

یادآوری- در صورتی‌که از RCD برای حفاظت خطا استفاده شود، توصیه می‌شود مدار توسط یک وسیله حفاظتی اضافه جریان نیز حفاظت شود.

۱۲-۵-۲-۵-۳- رعایت سایر الزامات سیستم نیرو TT مطابق مفاد بخش ۴۱۱-۵ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ در مورد این نشریه الزامی است.

۱۲-۵-۲-۵-۴- قسمت‌های برق‌دار سیستم IT باید نسبت به زمین عایق شوند یا از طریق امپدانس به اندازه کافی بزرگ، زمین شوند. این اتصال می‌تواند در نقطه خنثی سیستم یا در نقطه خنثی مصنوعی برقرار شود. در صورتی‌که هیچ‌گونه نقطه خنثی وجود نداشته باشد، می‌توان یکی از هادی‌های فاز را از طریق یک امپدانس بزرگ به زمین وصل کرد.

۱۲-۵-۲-۵-۵- در سیستم نیرو IT قسمت‌های-رسانای-قابل تماس باید به طور مجزا، گروهی یا دسته جمعی به زمین متصل شوند.

۱۲-۵-۲-۵-۶- در کاربردهایی که به دلیل استمرار تغذیه برق (حتی در صورت وقوع اولین خطای زمین) از سیستم IT استفاده می‌شود، باید یک وسیله پایش عایق‌بندی (IMD[1]) به منظور تشخیص وقوع اولین اتصال بین قسمت برق‌دار با قسمت‌های-رسانای-قابل تماس یا با زمین فراهم شود. عملکرد این وسیله باید با یک علامت شنیداری و/یا دیداری آغاز شود که تا زمان رفع خطا ادامه می‌یابد.

۱۲-۵-۲-۵-۷- رعایت سایر الزامات سیستم نیرو IT مطابق مفاد بخش ۴۱۱-۶ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ در مورد این نشریه الزامی است.

۱۲-۵-۲-۶- ولتاژ - خیلی- ضعیف عملکردی[۲] (FELV)

در مواردی‌که به دلایل عملکردی از ولتاژ نامی حداکثر ۵۰ ولت (a.c.) یا ۱۲۰ ولت (d.c.) استفاده شود ولی تمامی الزامات بند ۱۲-۵-۵ مربوط به SELV یا مربوط به PELV برآورده نشده باشد و در مواردی‌که SELV و PELV ضروری نباشد، باید تمهیدات تکمیلی مشروح در بخش‌های ۴۱۱-۷-۲ و ۴۱۱-۷-۳ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ برای اطمینان یافتن از حصول حفاظت پایه و حفاظت خطا در نظر گرفته شوند. چنین ترکیبی از تمهیدات به‌عنوان FELV شناخته می‌شود.

[1] Insulation Monitoring Device

[۲] این اصطلاح (به انگلیسی Functional Extra-Low Voltage) در برخی منابع به‌صورت "ولتاژ خیلی پایین عملیاتی" یا "ولتاژ بسیار ضعیف عملکردی" نام گذاری شده است.

یادآوری- برای ذکر مثال از چنین وضعیتی می‌توان به موردی اشاره کرد که مدار حاوی تجهیزاتی است (از قبیل ترانسفورماتورها، رله‌ها، کلیدهای کنترل از راه دور، کنتاکتورها) که به‌صورت ناکافی نسبت به مدارهای ولتاژ بالاتر عایق‌بندی شده باشد.

۱۲-۵-۳- تدبیر حفاظتی: عایق‌بندی مضاعف (دوبل) یا تقویت شده

۱۲-۵-۳-۱- کلیات

۱۲-۵-۳-۱-۱- عایق‌بندی مضاعف یا تقویت شده نوعی تدبیر حفاظتی است که:

- حفاظت پایه توسط عایق‌بندی پایه تامین می‌شود و حفاظت خطا توسط عایق‌بندی تکمیلی فراهم می‌شود، یا
- حفاظت پایه و خطا توسط عایق‌بندی تقویت شده بین قسمت‌های برق‌دار و قسمت‌های در دسترس تامین می‌شود.

یادآوری- هدف از به کارگیری این تدبیر حفاظتی، ممانعت از ایجاد ولتاژ خطرناک بر روی قسمت‌های در دسترس تجهیزات الکتریکی در صورت وقوع خطا در عایق‌بندی پایه است.

تدبیر حفاظتی توسط عایق‌بندی مضاعف یا تقویت‌شده در تمامی موقعیت‌ها قابل بکارگیری است، به غیر از برخی محدودیت‌ها که در قسمت ۷ متناظر در استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷ داده شده است.

۱۲-۵-۳-۱-۲- مواقعی که این تدبیر حفاظتی به‌عنوان تنها تدبیر استفاده شود (در صورتی‌که کل تاسیسات یا مدار کاملاً متشکل از تجهیزات با عایق‌بندی مضاعف یا عایق‌بندی تقویت‌شده باشند) باید در نظر گرفته شدن تدابیر موثری مانند نظارت کافی جهت جلوگیری از هرگونه تغییراتی که اثربخشی تدبیر حفاظتی را تضعیف کند، راستی‌آزمایی[1] شود.

در نتیجه این تدبیر حفاظتی نباید برای هر مداری که شامل کنتاکت اتصال زمین است (مانند پریز با کنتاکت اتصال زمین) به کار رود.

۱۲-۵-۳-۲- الزامات برای حفاظت پایه و حفاظت خطا

۱۲-۵-۳-۲-۱- تجهیزات الکتریکی

مواقعی که تدبیر حفاظتی، با استفاده از عایق‌بندی مضاعف یا تقویت شده برای کل تاسیسات یا قسمتی از تاسیسات بکار می‌رود، تجهیزات الکتریکی باید با یکی از زیربندهای ذیل مطابقت داشته باشند:

[1] Verified

- ۱۲-۵-۳-۲-۱-۱؛ یا
- ۱۲-۵-۳-۲-۱-۲ و ۱۲-۵-۳-۲-۲؛ یا
- ۱۲-۵-۳-۲-۱-۳ و ۱۲-۵-۳-۲-۲؛

۱۲-۵-۳-۲-۱-۱- تجهیزات الکتریکی باید از انواع زیر بوده، به‌صورت نوعی مورد آزمون قرار گرفته و مطابق استانداردهای مربوطه علامت‌گذاری شده باشند:

- تجهیزات الکتریکی دارای عایق‌بندی مضاعف یا تقویت شده (تجهیزات کلاس II)
- تجهیزات الکتریکی که در استاندارد محصول مربوطه معادل با کلاس II اعلام شده است، همانند مونتاژ تجهیزات الکتریکی با عایق‌بندی کلی[1] (استانداردهای سری IEC 61439)

یادآوری- این تجهیزات با نماد ⧈، IEC 60417-5172: 2003-02 شناسایی می‌شوند.

۱۲-۵-۳-۲-۱-۲- تجهیزات الکتریکی که فقط عایق‌بندی پایه دارند باید در فرآیند نصب تاسیسات الکتریکی مجهز به عایق‌بندی تکمیلی شوند تا درجه‌ای از ایمنی معادل با تجهیزات الکتریکی مطابق با ۱۲-۵-۳-۲-۱-۱ و در انطباق با ۱۲-۵-۳-۲-۲-۲ تا ۱۲-۵-۳-۲-۲-۳ ایجاد شود. توصیه می‌شود نماد ⧄ در موقعیت قابل رویت بر روی سطح داخلی و خارجی محفظه درج شود.

۱۲-۵-۳-۲-۱-۳- تجهیزات الکتریکی که قسمت‌های برق‌دار عایق نشده دارد باید دارای عایق‌بندی تقویت‌شده‌ای باشد که در حین عملیات نصب تاسیسات الکتریکی اعمال می‌شود تا درجه‌ای از ایمنی معادل با تجهیزات الکتریکی مطابق با ۱۲-۵-۳-۲-۱-۱ ایجاد کرده و در انطباق با ۱۲-۵-۳-۲-۲-۲ تا ۱۲-۵-۳-۲-۲-۳ است. چنین عایق‌بندی تنها در صورتی مورد پذیرش است که ویژگی‌های ساختمانی[2] مانع از به کارگیری عایق‌بندی مضاعف باشد. توصیه می‌شود نماد ⧄ در موقعیتی قابل رویت خارج و داخل محفظه درج شود.

۱۲-۵-۳-۲-۲- محفظه‌ها

۱۲-۵-۳-۲-۲-۱- تجهیزات الکتریکی آماده به کاری[3] که تمامی قسمت‌های رسانایشان فقط با استفاده از عایق‌بندی پایه از قسمت‌های برق‌دار جداسازی شده است، باید در یک محفظه عایقی[4] با حداقل درجه حفاظتی IPXXB یا IP2X قرار داده شوند.

[1] Total Insulation
[2] Constructional Features
[3] Being Ready for Operation
[4] Insulating Enclosure

۱۲-۵-۳-۲-۲-۲- الزامات زیر به همان شکلی که مشخص شده باید اعمال شوند:

- قسمت‌های رسانایی که احتمال دارد پتانسیل از طریق آن‌ها منتقل شود، نباید از محفظه عایقی عبور کند.
- محفظه عایقی نباید دارای هرگونه پیچ یا انواع بست از جنس مواد عایقی باشد چرا که ممکن است در حین عملیات نصب و نگهداری نیاز باشد یا اینکه حتی محتمل باشد برداشته شود و سپس با پیچ‌ها یا دیگر بست‌های فلزی جایگزین شده که در نتیجه می‌تواند عایق‌بندی محفظه را دچار نقص کند.

در صورتی‌که بنا باشد مفصل‌ها یا اتصالات مکانیکی از محفظه عایقی عبور کنند (به طور مثال برای دستگیره عملیاتی لوازم داخل محفظه[1])، آن‌ها باید به گونه‌ای آرایش یابند که در صورت وقوع خطا، حفاظت در برابر برق‌گرفتگی دچار نقصان نشود.

۱۲-۵-۳-۲-۳-۲- در مواردی‌که درپوش یا در محفظه عایقی بتواند بدون نیاز به استفاده از ابزار یا کلید باز شود، به منظور ممانعت از تماس غیرعمدی افراد در وضعیتی که درپوش یا در باز است، باید تمامی قسمت‌های رسانایی که قابل دسترس هستند پشت یک حصار عایقی[2] (با تامین درجه حفاظتی که کم‌تر از IPXXB یا IP2X نباشد) قرار بگیرند. این حصار عایقی باید تنها به‌وسیله ابزار یا کلید قابل برداشتن باشد.

۱۲-۵-۳-۲-۴-۲- اتصال قسمت‌های رسانا محصور در محفظه عایقی به هادی حفاظتی ضروری نیست. با این حال ممکن است تمهیدی برای اتصال هادی‌های حفاظتی تجهیزات الکتریکی که مدار تغذیه آن‌ها از محفظه عبور می‌کند در نظر گرفته شود. در داخل محفظه، چنین هادی‌هایی و ترمینال‌هایشان باید مشابه (و هم‌تراز با) قسمت‌های برق‌دار عایق‌بندی شده و ترمینال‌هایشان به‌عنوان ترمینال‌های PE علامت‌گذاری شوند.

اتصال قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس و قسمت‌های میانی به هادی حفاظتی ضروری نیست، مگر این که تمهید خاصی برای این منظور در مشخصات تجهیزات در نظر گرفته شده باشد.

۱۲-۵-۳-۲-۵-۲- محفظه نباید بر روی عملکرد تجهیزات حفاظت شده به این شیوه تاثیر منفی بگذارد.

۱۲-۵-۳-۲-۳- تاسیسات

۱۲-۵-۳-۲-۱-۳- نصب تجهیزات ذکر شده در ۱۲-۵-۳-۲-۱ (نصب ثابت[3]، اتصال هادی‌ها، غیره) باید به گونه‌ای انجام شود که حفاظتی که در انطباق با مشخصات تجهیزات ایجاد شده، از بین نرود.

[1] Operating Handles of Built-In Apparatus
[2] Insulating Barrier
[3] Fixing

۱۲-۵-۳-۲-۳-۲- به استثنای موارد مشخص شده در ۱۲-۵-۳-۱-۲، مدار تغذیه‌کننده تجهیزات کلاس II باید دارای هادی حفاظتی مدار برای اتصال به هر نقطه از سیم‌کشی و هر یک از لوازم جانبی[1] باشد.

یادآوری- این الزام به منظور فراهم آوردن امکان تعویض تجهیزات کلاس II با تجهیزات کلاس I توسط بهره‌بردار در نظر گرفته شده است.

۱۲-۵-۳-۲-۴- سیستم‌های سیم‌کشی

۱۲-۵-۳-۲-۴-۱- سیستم‌های سیم‌کشی که مطابق با فصل دوم اجرا شده‌اند، در صورتی الزامات ۱۲-۵-۳-۲ را برآورده می‌کنند که از موارد زیر تشکیل شوند:

الف) هادی‌های مجهز به عایق‌بندی با ولتاژ اسمی کم‌تر از ولتاژ نامی سیستم و حداقل ۳۰۰ ولت تا ۵۰۰ ولت، که توسط ترانکینگ یا داکت با مشخصات عایقی الکتریکی مطابق با مجموعه استاندارد IEC 61084، یا لوله محافظ با مشخصات عایق‌کنندگی الکتریکی مطابق با مجموعه استاندارد IEC 61386 محصور شده باشد، یا

ب) کابلی که برای تحمل تنش‌های الکتریکی، حرارتی، مکانیکی و محیطی با همان قابلیت اطمینان حفاظتی که توسط عایق‌بندی مضاعف تامین می‌شود، مناسب باشد.

یادآوری- چنین سیستم‌های سیم‌کشی با نماد ⧈ یا با نماد ⊠ نشانه‌گذاری نمی‌شوند.

۱۲-۵-۴- تدبیر حفاظتی: جدایی الکتریکی

۱۲-۵-۴-۱- کلیات

۱۲-۵-۴-۱-۱- جدایی الکتریکی نوعی تدبیر حفاظتی است که در آن

- حفاظت پایه با استفاده از عایق‌بندی پایه قسمت‌های برق‌دار یا با استفاده از حصارها[2] و محفظه‌ها مطابق با پیوست الف استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ ایجاد شده است و
- حفاظت خطا از طریق ایجاد جدایی ساده[3] بین مداری که از سایر مدارها و از زمین جداسازی[4] شده است.

[1] Accessory
[2] Barriers
[3] Simple Seperation
[4] Separated Circuit

۱۲-۵-۴-۱-۲- به استثنای مواردی‌که در ۱۲-۵-۴-۱-۳ مجاز شمرده شده است، این تدبیر حفاظتی باید به تغذیه یک مورد مصرف‌کننده‌ای که از یک عدد منبع زمین نشده با جدایی ساده تغذیه می‌شود، محدود شود.

یادآوری- هنگامی که این تدبیر حفاظتی به کار می‌رود، کسب اطمینان از انطباق عایق‌بندی پایه با استاندارد محصول بسیار مهم است.

۱۲-۵-۴-۱-۳- هنگامی که بیش از یک مصرف‌کننده از منبعی زمین نشده با جدایی ساده تغذیه شود، باید الزامات بند پ-۳ از استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ برآورده شود.

۱۲-۵-۴-۲- الزامات حفاظت پایه

تمام تجهیزات الکتریکی باید مجهز به یکی از تمهیدات حفاظتی پایه ارایه شده در پیوست الف استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ یا تدبیر حفاظتی مندرج در بند ۱۲-۵-۳ باشند.

۱۲-۵-۴-۳- الزامات حفاظت خطا

۱۲-۵-۴-۳-۱- حفاظت به طریق جدایی الکتریکی باید مطابق با ۱۲-۵-۴-۳-۲ تا ۱۲-۵-۴-۳-۶ تضمین شود.

۱۲-۵-۴-۳-۲- مدار جداسازی شده باید از طریق منبعی با حداقل جدایی ساده تغذیه شود و ولتاژ مدار جداسازی شده نباید از ۵۰۰ ولت تجاوز کند.

۱۲-۵-۴-۳-۳- قسمت‌های برق‌دار مدار جداسازی شده نباید در هیچ نقطه‌ای به مدار دیگر یا زمین یا به هادی حفاظتی متصل شوند. برای کسب اطمینان از جدایی الکتریکی، آرایش‌ها باید طوری باشند که عایق‌بندی پایه بین مدارها حاصل شود.

۱۲-۵-۴-۳-۴- کابل‌ها و سیم‌های قابل‌انعطاف باید در تمامی طول مسیر خود که مستعد آسیب مکانیکی هستند، قابل رویت باشند.

۱۲-۵-۴-۳-۵- توصیه می‌شود برای مدارهای جداسازی‌شده، از سیستم‌های سیم‌کشی جداگانه[1] استفاده شود. اگر مدارهای جداسازی‌شده و سایر مدارها در سیستم سیم‌کشی مشترک باشند، باید از کابل‌های چندرشته بدون پوشش فلزی، هادی‌های روکش‌دار در لوله محافظ، داکت یا ترانکینگ عایق استفاده شود، مشروط بر آنکه:

[1] Separate Wiring Systems

- ولتاژ اسمی[1] کم‌تر از بالاترین ولتاژ نامی[2] نباشد و
- هر مدار در برابر اضافه جریان حفاظت شده باشد.

۱۲-۵-۴-۳-۶- قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس مدار جداسازی‌شده نباید به هادی حفاظتی یا قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس سایر مدارها یا به زمین متصل شود.

یادآوری- اگر برقراری تماس به‌صورت عمدی یا تصادفی بین قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس مدار جداسازی‌شده با قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس سایر مدارها محتمل باشد، حفاظت در برابر برق‌گرفتگی دیگر تنها به حفاظت از طریق جدایی الکتریکی منحصر نمی‌شود بلکه وابسته به تمهیدات حفاظتی است که برای قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس سایر مدارها در نظر گرفته شده است.

۱۲-۵-۵- تدبیر حفاظتی: ایجاد ولتاژ-خیلی-ضعیف با استفاده از SELV و PELV

۱۲-۵-۵-۱- کلیات

۱۲-۵-۵-۱-۱- حفاظت با استفاده از ولتاژ-خیلی-ضعیف، تدبیری است حفاظتی متشکل از یکی از دو سیستم مختلف ولتاژ-خیلی-ضعیف زیر:

- ولتاژ-خیلی-ضعیف ایمنی (SELV)
- ولتاژ-خیلی-ضعیف حفاظتی (PELV)

الزامات این تدبیر حفاظتی به شرح زیر هستند:

- محدود کردن ولتاژ در سیستم‌های SELV یا PELV به حد بالای ولتاژ باند I، ۵۰ ولت (a.c.) یا ۱۲۰ ولت (d.c.).
- جدایی حفاظتی سیستم‌های SELV یا PELV از تمامی مدارها به غیر از مدارهای SELV و PELV و عایق‌بندی پایه بین سیستم SELV یا PELV و سایر سیستم‌های SELV یا PELV.
- فقط برای سیستم‌های SELV، عایق‌بندی پایه بین سیستم SELV و زمین.

۱۲-۵-۵-۱-۲- بکارگیری SELV و PELV مطابق با بند ۱۲-۵-۵، به‌عنوان تدبیر حفاظتی در تمامی موقعیت‌ها در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری- در موارد خاصی، استانداردهای ملی ایران سری ۷-۱۹۳۷ مقدار ولتاژ خیلی-ضعیف را به مقداری کم‌تر از ۵۰ ولت (a.c.) یا ۱۲۰ ولت (d.c.) محدود می‌کنند.

---
[1] Rated Voltage
[2] Highest Nominal Voltage

۱۲-۵-۵-۲- الزامات حفاظت پایه و حفاظت خطا

حفاظت پایه و حفاظت خطا زمانی تامین می‌شود که:

- ولتاژ نامی نتواند از حد بالای ولتاژ باند I تجاوز کند.
- تغذیه به‌صورت یکی از منابع مندرج در ۱۲-۵-۵-۳ باشد.
- شرایط ۱۲-۵-۵-۴ برآورده شود.

یادآوری ۱- اگر یک سیستم ELV از طریق سیستمی با ولتاژ بالاتر و توسط تجهیزاتی که حداقل جدایی ساده بین آن سیستم و سیستم ELV را فراهم می‌کند، تغذیه شده باشد اما الزامات مورد نیاز برای منابع SELV و PELV مطابق ۱۲-۵-۵-۳ را رعایت نکرده باشد، الزامات FELV می‌تواند به کار گرفته شود.

یادآوری ۲- در مدارهای ELV ولتاژهای (d.c.) که توسط مبدل نیمه‌هادی تولید می‌شود (استاندارد IEC 60146-2) به یک مدار ولتاژ (a.c.) داخلی برای تغذیه واحد[1] یکسوساز احتیاج دارد. به دلایل فیزیکی اندازه این ولتاژ (a.c.) داخلی از اندازه ولتاژ (d.c.) فراتر می‌رود. با این حال این مدار (a.c.) داخلی نباید به‌عنوان مدار ولتاژ بالاتری که مورد نظر این بند است در نظر گرفته شود. رعایت جدایی حفاظتی بین مدارهای داخلی و مدارهای با ولتاژ بالاتر خارجی، الزامی است.

یادآوری ۳- در سیستم‌های (d.c.) دارای باتری، ولتاژهای شارژ و شناوری باتری بسته به نوع باتری از ولتاژ نامی باتری فراتر می‌رود که این علاوه بر مواردی‌که در این بند مشخص شده است به هیچ‌گونه تمهید حفاظتی دیگری نیاز ندارد. توصیه می‌شود ولتاژ شارژ متناسب با شرایط محیطی حداکثر از مقادیر ۷۵ ولت (a.c.) یا ۱۵۰ ولت (d.c.) که در جدول ۱ استاندارد IEC TS 61201 آمده است، فراتر نرود.

۱۲-۵-۵-۳- منابع برای SELV و PELV

برای سیستم‌های SELV و PELV می‌توان از منابع زیر استفاده کرد:

۱۲-۵-۵-۳-۱- ترانسفورماتور ایزوله ایمنی مطابق با IEC 61558-2-6.

۱۲-۵-۵-۳-۲- یک منبع جریان با تامین درجه‌ای از ایمنی معادل با ترانسفورماتور ایزوله ایمنی که در بند ۱۲-۵-۵-۳-۱ مشخص شده است (برای مثال موتور ژنراتور[2] با سیم‌پیچ‌هایی که ایزولاسیون معادل را فراهم می‌کند).

۱۲-۵-۵-۳-۳- یک منبع الکتروشیمیایی (مانند باتری) یا یک منبع دیگر که مستقل از مدار با ولتاژ بالاتر (برای مثال دیزل ژنراتور[3]).

[1] Stack
[2] Motor Generator
[3] Diesel-Driven Generator

۱۲-۵-۵-۳-۴- در برخی وسایل الکترونیکی استاندارد، تمهیداتی اتخاذ می‌شود تا ولتاژ ترمینال‌های خروجی حتی در صورت وقوع خطای داخلی از مقادیر مشخص شده در ۱۲-۵-۵-۱-۱ تجاوز نکند. اگر اطمینان حاصل شود که در صورت تماس با یک قسمت برق‌دار یا اتصالی بین یک قسمت برق‌دار و قسمت-رسانای-قابل‌تماس، ولتاژ ترمینال‌های خروجی بلافاصله به مقداری کم‌تر از مقادیر ذکر شده کاهش می‌یابد، وجود ولتاژهای بالاتر در ترمینال‌های خروجی مجاز است.

یادآوری ۱- مثال‌ها از چنین ادواتی شامل تجهیزات آزمون عایقی و وسایل پایش[1] هستند.

یادآوری ۲- مواقعی که ولتاژهای بالاتر در ترمینال‌های خروجی وجود داشته باشد، مطابقت با این بند در صورتی برآورده می‌شود که اندازه‌گیری ولتاژ در ترمینال‌های خروجی با ولت‌متری با مقاومت داخلی حداقل ۳۰۰۰ اهم، در محدوده تعیین شده در ۱۲-۵-۵-۱-۱ باشد.

۱۲-۵-۵-۴- الزامات مدارهای SELV و PELV

۱۲-۵-۵-۴-۱- مدارهای SELV و PELV باید دارای موارد زیر باشند:

- عایق‌بندی پایه بین قسمت‌های برق‌دار و دیگر مدارهای SELV یا PELV، و
- جدایی حفاظتی از قسمت‌های برق‌دار مدارهایی که SELV یا PELV نیستند که از طریق عایق‌بندی مضاعف یا تقویت شده یا از طریق عایق‌بندی پایه و پرده حفاظتی[2] برای بالاترین ولتاژ موجود ایجاد می‌شود.

بین قسمت‌های برق‌دار و زمین مدارهای SELV باید عایق‌بندی پایه ایجاد شود.

زمین کردن مدارهای PELV و/ یا قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس تجهیزاتی که توسط مدارهای PELV تغذیه می‌شوند، مجاز است.

یادآوری ۱- به طور خاص، جدایی حفاظتی بین قسمت‌های برق‌دار تجهیزات الکتریکی از قبیل رله‌ها، کنتاکتورها، کلیدهای کمکی و هر قسمت از مدار با ولتاژ بالاتر یا یک مدار FELV ضروری است.

یادآوری ۲- ممکن است اتصال زمین مدارهای PELV با اتصال به زمین یا اتصال به یک هادی حفاظتی زمین شده در داخل خود منبع حاصل شود.

۱۲-۵-۵-۴-۲- جدایی حفاظتی سیستم‌های سیم‌کشی مدارهای SELV و PELV از قسمت‌های برق‌دار سایر مدارها که حداقل عایق‌بندی پایه دارند، می‌تواند با یکی از آرایش‌های مجاز زیر حاصل شود:

- هادی‌های مدار SELV و PELV علاوه بر عایق‌بندی پایه، باید درون غلاف[3] غیرفلزی یا محفظه عایقی محصور شوند؛

[1] Monitoring Devices
[2] Protective Screening
[3] Sheath

- هادی‌های مدار SELV و PELV باید با استفاده از غلاف فلزی زمین شده یا پرده فلزی[1] زمین شده از هادی‌های مدارهای با ولتاژهای بالاتر از باند I جداسازی شوند.
- هادی‌های مدار در ولتاژهای بالاتر از باند I می‌توانند رشته‌هایی از یک کابل چندرشته یا سایر گروه‌های هادی باشند مشروط بر اینکه هادی‌های SELV و PELV برای بالاترین ولتاژ موجود عایق شده باشند.
- سیستم‌های سیم‌کشی سایر مدارهای منطبق با ۱۲-۵-۳-۲-۴-۱ باشند؛
- جدایی فیزیکی.

۱۲-۵-۵-۴-۳- در سیستم‌های SELV و PELV دوشاخه‌ها و پریزها باید با شرایط زیر مطابقت داشته باشند:

- دوشاخه‌ها نباید قادر باشند به پریزهای سایر سیستم‌های ولتاژی وارد شوند.
- پریزها نباید دوشاخه‌های سایر سیستم‌های ولتاژی را به خود راه بدهند.
- دوشاخه‌ها و پریزها در سیستم‌های SELV نباید کنتاکت هادی حفاظتی داشته باشند.

۱۲-۵-۵-۴-۴- قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس مدارهای SELV نباید به زمین یا هادی‌های حفاظتی یا قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس مدار دیگر متصل شود.

یادآوری- اگر برقراری تماس به‌صورت عمدی یا تصادفی بین قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس مدارهای SELV با قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس سایر مدارها محتمل باشد، دیگر حفاظت در برابر برق‌گرفتگی تنها به حفاظت در نظر گرفته با استفاده از SELV بستگی نداشته بلکه همچنین وابسته به تمهید حفاظتی است که برای قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس سایر مدارها در نظر گرفته شده است.

۱۲-۵-۵-۴-۵- اگر ولتاژ نامی از ۲۵ ولت (a.c.) یا ۶۰ ولت (d.c.) فراتر رود یا اگر تجهیزات (در آب) غوطه‌ور شوند[2]، باید حفاظت پایه برای مدارهای SELV و PELV توسط موارد زیر ایجاد شود:

- عایق‌بندی مطابق با بند الف-۱ از استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷-۴-۴۱ یا
- حصارها یا محفظه‌هایی مطابق با بند الف-۲ از استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷-۴-۴۱.

حفاظت پایه عموماً در شرایط خشک عادی[3] برای موارد زیر غیر ضروری است:

- مدارهای SELV که ولتاژ نامی از ۲۵ ولت (a.c.) یا ۶۰ ولت (d.c.) فراتر نمی‌رود.
- مدارهای PELV که ولتاژ نامی از ۲۵ ولت (a.c.) یا ۶۰ ولت (d.c.) فراتر نمی‌رود و قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس و/ یا قسمت‌های برق‌دار با استفاده از هادی حفاظتی به ترمینال اصلی اتصال زمین متصل می‌شود.

---

[1] Metallic Screen
[2] Is Immersed
[3] Normal Dry Conditions

در تمامی موارد دیگر، اگر ولتاژ نامی سیستم SELV یا PELV از ۱۲ ولت (a.c.) یا ۳۰ ولت (d.c.) فراتر نرود حفاظت پایه الزامی نیست.

۱۲-۵-۶- حفاظت اضافی[1]

یادآوری- حفاظت اضافی ممکن است تحت شرایط معین از تاثیرات خارجی[2] و همچنین در مکان‌های خاص معین، همراه با تدبیر حفاظتی به کار گرفته شود.

۱۲-۵-۶-۱- حفاظت اضافی: تجهیزات حفاظت جریان باقی‌مانده (RCDs)

۱۲-۵-۶-۱-۱- استفاده از RCD با جریان عامل باقی‌مانده اسمی حداکثر ۳۰ میلی‌آمپر، به‌عنوان یک حفاظت اضافی در سیستم‌های (a.c.) در صورت وقوع خرابی در تمهید به کار رفته برای حفاظت پایه و/یا تمهید به کار رفته برای حفاظت خطا، یا سهل‌انگاری کاربر، شناخته می‌شود.

۱۲-۵-۶-۱-۲- استفاده از RCD به‌عنوان تنها حفاظت در برابر برق‌گرفتگی، کافی نبوده و الزام به اجرای یکی از تدابیر حفاظتی گفته شده در بخش‌های ۱۲-۵-۲ تا ۱۲-۵-۵ را مرتفع نمی‌کند.

۱۲-۵-۶-۲- حفاظت اضافی: هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی تکمیلی[3]

یادآوری ۱- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی تکمیلی، به‌عنوان روشی اضافه بر حفاظت خطا در نظر گرفته می‌شود.
یادآوری ۲- استفاده از هم‌بندی حفاظتی تکمیلی باعث نمی‌شود الزام قطع خودکار مدار تغذیه به خاطر سایر علل، به طور مثال حفاظت در برابر آتش‌سوزی، تنش‌های حرارتی در تجهیزات و غیره، مرتفع شود.
یادآوری ۳- هم‌بندی حفاظتی تکمیلی ممکن است تمام تاسیسات، بخشی از تاسیسات، یک دستگاه، یا مکان را در بر بگیرد.
یادآوری ۴- در نظر گرفتن الزامات اضافی ممکن است برای مکان‌های خاص یا به علل دیگری ضرورت داشته باشد.

۱۲-۵-۶-۲-۱- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی تکمیلی باید شامل تمام قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس تجهیزات نصب ثابت و قسمت‌های-رسانای-بیگانه از جمله آرماتورهای فلزی اصلی بتن مسلح سازه که همزمان در دسترس هستند، بشود. این سیستم هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده باید به هادی‌های حفاظتی تمامی تجهیزات شامل مواردی‌که از پریز تغذیه می‌شوند، متصل شود.

---

[1] Additional Protection
[2] External Influence
[3] در برخی منابع از اصطلاح "هم‌بندی اضافی" یا "هم‌بندی کمکی" یا "هم‌بندی مکمل" استفاده شده است.

۱۲-۵-۶-۲-۲- مقاومت R (بین قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس و قسمت‌های-رسانای-بیگانه که هم‌زمان در دسترسند) باید در شرط زیر صدق کند:

در سیستم‌های (a.c.): $R \leq \frac{50}{I_a}$

در سیستم‌های (d.c.): $R \leq \frac{120}{I_a}$

که در آن:

I_a جریان عملکرد حفاظت مدار است و:

- برای RCDها، برابر با جریان عامل باقی‌مانده اسمی ($I_{\Delta n}$) است.
- برای وسایل حفاظتی اضافه جریان، برابر با جریان عامل در زمان ۵ ثانیه است.

فصل ۱۳

آرایش‌های اتصال زمین و هادی‌های حفاظتی

۱۳-۱- دامنه پوشش

۱۳-۱-۱- این فصل از نشریه با هدف تامین ایمنی تاسیسات الکتریکی به معرفی آرایش‌های اتصال زمین[1] و هادی‌های حفاظتی از جمله هادی‌های هم‌بندی حفاظتی می‌پردازد.

۱۳-۱-۲- موارد زیر خارج از دامنه کاربرد این فصل از نشریه بوده و برای آن‌ها باید به مقررات و استانداردهای تخصصی مرتبط از جمله بخش ۷ استاندارد IEC 60364 مراجعه شود:

- تاسیسات یا مکان‌های مخصوص[2] به طور مثال مراکز درمانی، شهربازی، اصطبل و دامداری‌ها، کاروان‌ها، استخر و غیره.
- مناطق مستعد خطر انفجار[3].

۱۳-۲- تعاریف و اصطلاحات

۱۳-۲-۱- زمین

earth

مفهومی است در بر گیرنده سیاره زمین و تمام متعلقات فیزیکی[4] آن.

۱۳-۲-۲- زمین کردن

earth (verb)

به برقرار ساختن اتصال الکتریکی مابین زمین محلی و نقطه‌ای از سیستم، تاسیسات یا تجهیزات گفته می‌شود.

یادآوری- اتصال به زمین محلی ممکن است عمدی، غیر عمدی یا تصادفی بوده و ممکن است دایمی یا موقتی باشد.

۱۳-۲-۳- زمین مرجع (زمین دور)

reference earth (remote earth)

قسمتی از جرم زمین که رسانا در نظر گرفته شده و پتانسیل الکتریکی‌اش به طور قراردادی برابر صفر منظور شده و مستقل از حوزه تاثیر[5] و آرایش سیستم اتصال زمین مربوطه است.

یادآوری- در اینجا "جرم زمین" به معنای سیاره زمین با تمام موجودیت فیزیکی‌اش است.

---

[1] Earthing Arrangements
[2] Special Installations or Locations
[3] Hazardous Area/Explosive Atmosphere
[4] Physical Matter
[5] Zone of Influence

۱۳-۲-۴- زمین محلی

local earth

قسمتی از سیاره زمین که در تماس الکتریکی با الکترود زمین است و پتانسیل الکتریکی‌اش الزاماً برابر صفر نیست.

۱۳-۲-۵- آرایش اتصال زمین

earthing arrangement

به الگوی اتصالات منبع و وسایل[1] الکتریکی در هنگام زمین کردن یک سیستم، تاسیسات یا تجهیزات[2] گفته می‌شود.

۱۳-۲-۶- سیستم اتصال زمین

earthing system

مجموعه‌ای از اجزاء هستند که برای زمین کردن یک تجهیز یا سیستم به طور جداگانه یا مشترک در کنار هم استفاده می‌شوند.

۱۳-۲-۷- مقاومت ویژه الکتریکی خاک

electric resistivity of soil (ρ_E)

مقاومت ویژه یک نمونه نوعی از خاک

۱۳-۲-۸- مقاومت زمین

resistance to earth (R_E)

قسمت حقیقی امپدانس زمین

۱۳-۲-۹- امپدانس زمین

impedance to earth (Z_E)

امپدانس مابین نقطه‌ای از سیستم یا تاسیسات یا تجهیزات و زمین مرجع در یک فرکانس معلوم

۱۳-۲-۱۰- الکترود زمین

earth electrode

جرمی رسانا و در تماس الکتریکی با جرم زمین است که می‌تواند در خاک یا یک ماده رسانای خاص[3] به طور مثال بتن یا کک، که خود در دل خاک واقع است، قرار گیرد.

---

[1] Devices
[2] Equipment
[3] Specific Conductive Medium

۱۳-۲-۱۱- الکترود زمین فونداسیون (پی سازه) تعبیه شده در بتن

concrete-embedded foundation earth electrode

الکترود زمین تعبیه شده در بتن فونداسیون ساختمان که معمولا به شکل یک یا چند حلقه بسته است.

۱۳-۲-۱۲- الکترود زمین فونداسیون (پی سازه) تعبیه شده در خاک[1]

soil-embedded foundation earth electrode

الکترود زمین تعبیه شده در خاک زیر فونداسیون ساختمان که معمولا به شکل حلقه بسته است.

۱۳-۲-۱۳- ترمینال اصلی اتصال زمین

main earthing terminal

ترمینال یا شینه‌ای که قسمتی از آرایش اتصال زمین[2] تاسیسات محسوب می‌شود و امکان اتصال الکتریکی تعدادی هادی، متصل به قسمت‌هایی که باید زمین شوند را مهیا می‌کند.

۱۳-۲-۱۴- هادی حفاظتی

protective conductor

هادی‌ای است که برای مقاصد ایمنی (حفاظت در برابر برق‌گرفتگی) در نظر گرفته شده است.

یادآوری- هادی هم‌بندی حفاظتی، هادی اتصال زمین حفاظتی (PE) و هادی اتصال زمین در مواردی‌که برای حفاظت در برابر برق‌گرفتگی از آن استفاده شود نمونه‌هایی از هادی حفاظتی هستند.

۱۳-۲-۱۵- هادی اتصال زمین

earthing conductor

هادی اتصال دهنده الکترود زمین به نقطه‌ای از سیستم هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده، معمولا ترمینال اصلی اتصال زمین، است.

۱۳-۲-۱۶- هادی هم‌بندی حفاظتی

protective bonding conductor

هادی حفاظتی‌ای است که برای هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی در نظر گرفته می‌شود.

۱۳-۲-۱۷- هادی اتصال زمین حفاظتی (PE)

protective earthing conductor (PE)

هادی حفاظتی‌ای است که برای اتصال زمین حفاظتی در نظر گرفته می‌شود.

---

[1] در برخی استانداردها این نوع الکترود به نام "الکترود زمین رینگ (ring earth electrode)" نام‌گذاری شده است.

[2] Earthing Arrangement

۱۳-۲-۱۸- هادی PEN

PEN conductor

هادی‌ای است که به طور هم‌زمان وظایف هر دو هادی اتصال زمین حفاظتی (PE) و هادی خنثی (N) را انجام می‌دهد.

۱۳-۲-۱۹- اتصال زمین حفاظتی (PE)

protective earthing

به زمین کردن نقطه یا نقاطی در سیستم یا در تاسیسات یا در تجهیزات با مقاصد ایمنی الکتریکی گفته می‌شود.

۱۳-۲-۲۰- اتصال زمین عملکردی (FE)

functional earthing

به زمین کردن نقطه یا نقاطی در سیستم یا در تاسیسات یا در تجهیزات با مقاصدی غیر از ایمنی الکتریکی گفته می‌شود.

۱۳-۲-۲۱- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده

equipotential bonding

فراهم کردن اتصالات الکتریکی مابین قسمت‌های رسانا با هدف دست‌یابی به هم‌پتانسیل‌سازی[1]

یادآوری- اثربخشی هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده ممکن است به فرکانس جریانی که از هم‌بندی عبور می‌کند بستگی داشته باشد.

۱۳-۲-۲۲- (ولتاژ) فشارقوی

high voltage

به ولتاژهای (a.c.) بیش از ۱۰۰۰ ولت گفته می‌شود.

۱۳-۲-۲۳- (ولتاژ) فشارضعیف

low voltage

به ولتاژهای (a.c.) کم‌تر یا برابر با ۱۰۰۰ ولت گفته می‌شود.

۱۳-۲-۲۴- افزایش پتانسیل زمین EPR

earth potential rise (EPR)

به ولتاژ مابین سیستم اتصال زمین و زمین مرجع گفته می‌شود.

[1] Equipotentiality

۱۳-۲-۲۵- سیستم اتصال زمین سراسری

global earthing system

به یک سیستم اتصال زمین معادل، بوجود آمده از هم‌بندی سیستم‌های اتصال زمین محلی به یکدیگر گفته می‌شود که تضمین می‌کند به خاطر مجاورت سیستم‌های اتصال زمین، ولتاژهای تماسی خطرناک بوجود نیاید.

یادآوری ۱- چنین سیستم‌هایی اجازه می‌دهند تا جریان خطای زمین به گونه‌ای تقسیم شود که افزایش پتانسیل زمین در سیستم اتصال زمین محلی کاهش پیدا کند. در مورد چنین سیستمی می‌توان گفت یک سطح شبه هم‌پتانسیل[1] تشکیل شده است.

یادآوری ۲- وجود سیستم اتصال زمین سراسری ممکن است از طریق اندازه‌گیری‌های نمونه[2] یا انجام محاسبه برای سیستم‌های نوعی مشخص شود. مثال‌های نوعی از سیستم‌های اتصال زمین سراسری، مراکز شهر[3]، مناطق شهری یا صنعتی با اتصال زمین فشارضعیف و فشارقوی توزیع شده هستند.

۱۳-۲-۲۶- درجه‌بندی (یکنواخت کردن) پتانسیل

potential grading

به کنترل پتانسیل زمین، به خصوص پتانسیل سطح زمین، به وسیله الکترودهای زمین اطلاق می‌شود.

۱۳-۲-۲۷- جریان نشتی

leakage current

جریانی الکتریکی است که در شرایط عادی در یک مسیر ناخواسته جاری می‌شود.

۱۳-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این فصل از نشریه به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این فصل الزامی است:

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها - قسمت ۱: اصول اساسی، ارزیابی مشخصه‌های کلی و اصطلاحات و تعاریف.

---

[1] Quasi Equipotential Surface
[2] Sample Measurements
[3] City Centres

- استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف- قسمت ۴-۴۱: حفاظت برای ایمنی - حفاظت در برابر برق‌گرفتگی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵۴-۵-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف - قسمت ۵-۵۴: انتخاب و نصب تجهیزات الکتریکی - آرایش‌های اتصال زمین و هادی‌های حفاظتی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳، زمین حفاظتی تاسیسات الکتریکی - آیین کار.
- استاندارد ملی ایران معادل با DIN 18014 (در حال تدوین)، الکترود زمین فونداسیون (پی سازه) - طراحی، اجرا و مستندسازی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۸۴۹۹، قطعات سیستم حفاظت در برابر آذرخش (LPSC) (صاعقه‌گیر)- قسمت ۱: الزامات برای قطعات اتصال.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱۸۴۹۹، قطعات سیستم حفاظت در برابر آذرخش (LPSC) (صاعقه‌گیر)- قسمت ۲: الزامات برای هادی‌ها و الکترودهای زمین.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱۸۴۹۹، قطعات سیستم حفاظت در برابر آذرخش (LPSC) (صاعقه‌گیر)- قسمت ۳: الزامات برای جداسازهای فواصل جرقه (ISG).
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴-۱۸۴۹۹، قطعات سیستم حفاظت در برابر آذرخش (LPSC) (صاعقه‌گیر)- قسمت ۴: الزامات برای محکم‌کننده‌های هادی‌ها.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۵-۱۸۴۹۹، قطعات سیستم حفاظت در برابر آذرخش (LPSC) (صاعقه‌گیر)- قسمت ۵: الزامات برای حفاظ‌های بازرسی و درزگیرهای الکترود زمین.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۷-۱۸۴۹۹، قطعات سیستم حفاظت در برابر آذرخش (LPSC) (صاعقه‌گیر)- قسمت ۷: الزامات برای ترکیب‌های افزودنی برای زمین کردن.

- IEC 60364-4-41:2005+AMD1:2017, Low voltage electrical installations - Part 4-41: Protection for safety - Protection against electric shock.
- IEC 60364-4-44:2007+AMD1:2015+AMD2:2018, Low-voltage electrical installations - Part 4-44: Protection for safety - Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances.
- IEC 60364-5-51:2005, Electrical installations of buildings - Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment - Common rules.
- IEC 60364-5-52:2009, Low-voltage electrical installations - Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment - Wiring systems.
- IEC 60364-7, Low-voltage electrical installations - Part 7: Requirements for special installations or locations - all parts.

- IEC 60909-0:2016, Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents.
- IEC 61439-1:2013, Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 0: Guidance to specifying assemblies.
- IEC 61439-2:2020, Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies.
- IEC 60949:1988, Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects.
- IEC 61936-1:2010+AMD1:2014, Power installations exceeding 1 kV (a.c.) - Part 1: Common rules.
- IEC 61400-24:2019, Wind turbines - Part 2: Small wind turbines.
- IEC 61140:2016, Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment.
- IEC 60617, Graphical symbols for diagrams.
- EN 50522:2010, Earthing of power installations exceeding 1 kV (a.c.).
- EN 13601:2013, Copper and copper alloys — Copper rod, bar and wire for general electrical purposes.

۱۳-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در آرایش اتصال زمین، هم‌بندی و هادی‌های حفاظتی ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه‌نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

در صورتی‌که در خصوص بخشی یا کل آزمون‌های مورد نیاز برای یک قطعه، وسیله یا تجهیز، استاندارد ملی ایران و شیوه‌نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، هر دو موجود نباشند، انجام آزمون مطابق استانداردهای بین‌المللی نظیر IEC و ISO در یک آزمایشگاه معتبر و صاحب صلاحیت[۱] و اخذ گواهی آزمون ضروری است.

فهرستی از قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در آرایش اتصال زمین، هم‌بندی و هادی‌های حفاظتی و استانداردهای ساخت و آزمون مربوطه در جدول (۱۳-۱) آمده است.

طراحی، اجرا، نظارت و آزمون و تحویل آرایش اتصال زمین، هم‌بندی و هادی‌های حفاظتی مطابق الزامات بیان شده در این فصل باید به ترتیب توسط طراحان، مجریان، ناظران و بازرسان متخصص و کارآزموده که دارای مجوز مرتبط و معتبر از مراجع ذیصلاح ملی و/یا گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشند، انجام شود.

[۱] صلاحیت آزمایشگاه توسط یکی از مراجع ذیصلاح ملی (شامل سازمان ملی استاندارد ایران یا مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) تعیین می‌شود.

جدول۱۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

ردیف	شرح تجهیز	استانداردهای ساخت و آزمون مربوطه
۱	• شینه‌های اصلی اتصال زمین، شینه‌های هم‌بندی حفاظتی • انواع اتصالات و کلمپ‌های هادی به هادی و هادی به میله/لوله در هوا، خاک یا بتن • انواع اتصالات هادی به آرماتور در بتن و هادی به اسکلت فلزی در هوا • انواع اتصالات به لوله‌ها و سایر تجهیزات تاسیسات مکانیکی • انواع کلمپ‌های اتصال هادی به مسیرهای هدایت کابل نظیر سینی و نردبان کابل • نقطه/صفحه اتصال زمین یا هم‌بندی برای الکترود زمین فونداسیون یا شبکه هم‌بندی اسکلت • انواع مفصل‌های هادی حفاظتی • ادوات مورد نیاز جهت زمین کردن شیلد و زره فلزی کابل	INSO 18499-1
۲	• انواع الکترودهای زمین، شامل میله، لوله، هادی (مدور، چندمفتولی، تسمه)، صفحه (ساده و مشبک) • انواع هادی‌های حفاظتی با/یا بدون روکش برای اجرا در هوا، خاک یا بتن	INSO 18499-2
۳	ایزوله‌کننده قوسی (ISG)	INSO 18499-3
۴	انواع نگهدارنده‌های (بست‌های) دیواری و کفی هادی‌ها و لوله‌ها	INSO 18499-4
۵	دریچه بازدید الکترود زمین	INSO 18499-5
۶	مواده کاهنده زمین و بتن هادی	INSO 18499-7
۷	نرم‌افزار طراحی، شبیه‌سازی و محاسبات سیستم زمین	-
۸	وسایل پایش الکتریکی اتصال زمین	-
۹	اقلام مسی (میله، سیم و شینه)	EN 13601

۱۳-۴- فلسفه اتصال زمین

هدف اصلی از اتصال زمین در یک ساختمان به شرح زیر است:

۱) تامین ولتاژ ایمن در سرتاسر ساختمان به خصوص در شرایطی که خطای زمین در سیستم تغذیه برق فشارضعیف یا فشارقوی در ساختمان یا بیرون آن رخ داده باشد.

۲) به حداقل رساندن اثرات ناشی از اضافه ولتاژ صاعقه[1] بر روی سازه و تجهیزات.

۳) فراهم کردن مسیر امپدانس پایین برای برگشت جریان خطای زمین.

۴) فراهم کردن مسیر نشتی امپدانس پایین برای هرگونه بارهای ساکنی که ممکن است بر روی تجهیزات جمع شده باشند.

[1] Lightning Surges

۵) فراهم کردن مرجع مشترک سیگنال[1] با پهنای باند وسیع و امپدانس نسبی پایین[2] بین دستگاه‌ها، مدارها و سیستم‌های کامل[3] با هدف به حداقل رساندن تداخلات ناشی از نویز در سیستم‌های جریان ضعیف (ابزاردقیق، کنترلی و مخابراتی).

۱۳-۵- آرایش‌های اتصال زمین

۱۳-۵-۱- الزامات عمومی

۱۳-۵-۱-۱- آرایش‌های اتصال زمین ممکن است مشترکاً یا به‌صورت جداگانه برای اهداف حفاظتی و عملکردی استفاده شوند. همواره باید الزامات مربوط به اهداف حفاظتی در اولویت قرار بگیرد.

۱۳-۵-۱-۲- همه الکترودهای زمین موجود در داخل تاسیسات، باید با استفاده از هادی اتصال زمین به ترمینال اصلی اتصال زمین متصل شوند.

یادآوری- الزامی نیست که یک تاسیسات حتماً الکترود زمین اختصاصی داشته باشد.

۱۳-۵-۱-۳- اگر تغذیه تاسیسات با ولتاژ فشارقوی انجام می‌شود، الزامات آرایش‌های اتصال زمین فشارقوی و فشارضعیف، هر دو باید مطابق با بخش ۱۳-۸ رعایت شوند.

۱۳-۵-۱-۴- هدف از الزامات گفته شده برای آرایش‌های اتصال زمین، تحقق شرایط زیر است:

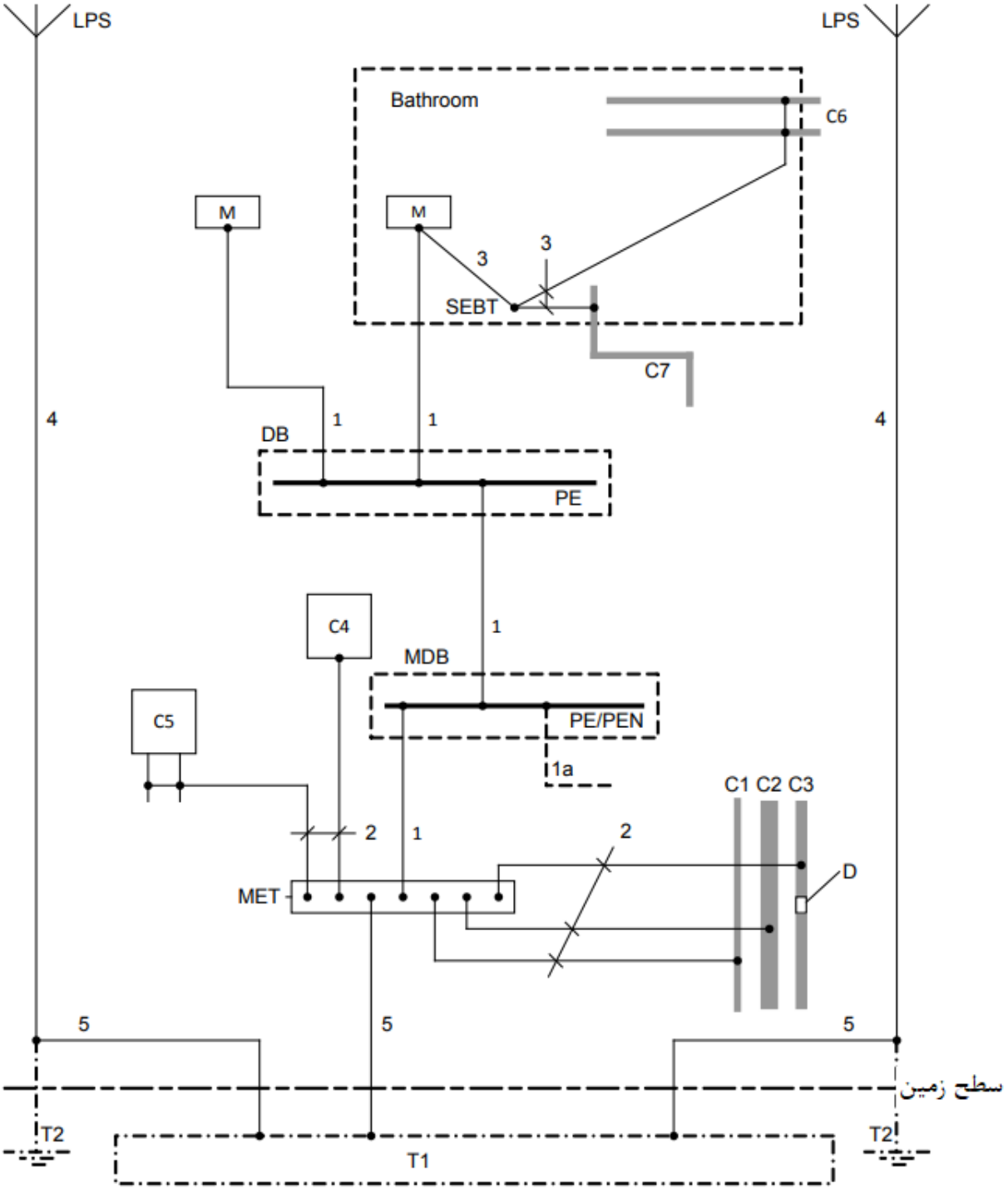
- اتصال زمین، قابل اطمینان و مناسب برای الزامات حفاظتی تاسیسات باشد.
- بتواند جریان‌های خطای زمین و جریان‌های هادی حفاظتی را بدون ایجاد خطر از نقطه نظر تنش‌های حرارتی، حرارتی/مکانیکی و الکترومکانیکی و از نقطه نظر برق‌گرفتگی ناشی از این جریان‌ها، به زمین انتقال دهد.
- در صورت وجود، برای کاربردهای عملکردی نیز مناسب باشد.
- در مقابل عوامل خارجی قابل پیش‌بینی (مثل تنش‌های مکانیکی و خوردگی) مقاوم باشد (ر.ک[4]. استاندارد IEC 60364-5-51).

۱۳-۵-۱-۵- در مواردی‌که انتظار می‌رود جریان‌های فرکانس بالا در سیستم اتصال زمین جاری شود باید ملاحظات لازم طبق بند 444 از استاندارد IEC 60364-4-44 رعایت شوند.

[1] Common Signal Reference
[2] Low Relative Impedance
[3] Complete Systems

[4] رجوع کنید

۱۳-۵-۱-۶- هرگونه تغییر قابل پیش‌بینی در مقاومت الکترود زمین (به طور مثال ناشی از خوردگی، خشک شدن یا یخ‌زدگی خاک) نباید بر روی حفاظت در برابر برق‌گرفتگی (ر.ک. فصل ۱۲)، تاثیر منفی بگذارد.



نشان	نام	توضیح
C	قسمت-رسانای-بیگانه	-
C۱	لوله آب فلزی، ورودی از خارج ساختمان	یا لوله گرمایش منطقه‌ای
C۲	لوله آب فاضلاب فلزی، ورودی از خارج ساختمان	-
C۳	لوله گاز فلزی با رابط عایق‌کننده، ورودی از خارج ساختمان	-
C۴	تهویه مطبوع	-
C۵	سیستم گرمایش	-
C۶	لوله آب فلزی، به طور مثال در حمام	ر.ک. بخش 701.415.2 استاندارد IEC 60364-7-701
C۷	لوله آب فاضلاب فلزی، به طور مثال در حمام	ر.ک. بخش 701.415.2 استاندارد IEC 60364-7-701
D	رابط عایق‌کننده	-
MDB	تابلو توزیع اصلی	-
DB	تابلو توزیع	تغذیه شده از تابلو توزیع اصلی
MET	ترمینال اصلی اتصال زمین	ر.ک. بند ۱۳-۵-۴
SEBT	ترمینال هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده تکمیلی	-
T۱	الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن یا الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در خاک	ر.ک. بند ۱۳-۵-۲-۳
T۲	الکترود زمین برای LPS، در صورت نیاز	ر.ک. بند ۱۴-۵-۱-۴ فصل ۱۴
LPS	سیستم حفاظت صاعقه، در صورت وجود	-
PE	ترمینال (های) PE در تابلو توزیع	-
PE/PEN	ترمینال (های) PE/PEN در تابلو توزیع اصلی	-
M	قسمت-رسانای-قابل‌تماس	-
۱	هادی اتصال زمین حفاظتی (PE)	ر.ک. بخش ۱۳-۶ . برای سطح مقطع ر.ک. بند ۱۳-۶-۱. برای انواع هادی حفاظتی ر.ک. بند ۱۳-۶-۲. برای پیوستگی الکتریکی ر.ک. بند ۱۳-۶-۳ .
۱a	هادی حفاظتی یا هادی PEN از شبکه تغذیه‌کننده، در صورت وجود	-
۲	هادی هم‌بندی حفاظتی برای هم‌بندی اصلی (اتصال به ترمینال اصلی اتصال زمین)	ر.ک. بند ۱۳-۷-۱.
۳	هادی هم‌بندی حفاظتی برای هم‌بندی تکمیلی	ر.ک. بند ۱۳-۷-۲.
۴	هادی نزولی سیستم حفاظت صاعقه (LPS)، در صورت وجود	ر.ک. فصل ۱۵.
۵	هادی اتصال زمین	ر.ک. بند ۱۳-۵-۳ .
یادآوری ۱- در مواردی‌که سیستم حفاظت صاعقه اجرا شده باشد، الزامات اضافی در بند ۱۵-۸-۲ علی‌الخصوص بندهای ۱۵-۸-۲-۱ و ۱۵-۸-۲-۲ فصل ۱۵ بیان شده است. یادآوری ۲- هادی‌های اتصال زمین عملکردی (FE) در شکل (۱۳-۱) نشان داده نشده‌اند.		

شکل۱۳-۱- مثال‌هایی از آرایش‌های اتصال زمین برای الکترود زمین فونداسیون، هادی‌های حفاظتی و هادی‌های هم‌بندی حفاظتی

۱۳-۵-۲- الکترود زمین[1]

۱۳-۵-۲-۱- کلیات

۱۳-۵-۲-۱-۱- باید از الکترود زمین برای اتصال سیستم اتصال زمین[2] تاسیسات الکتریکی به جرم کلی زمین[3] استفاده شود.

۱۳-۵-۲-۱-۲- نوع، جنس و اندازه الکترودهای زمین باید به گونه‌ای انتخاب شوند که تحمل خوردگی و تنش‌های مکانیکی کافی را در طول عمر مفید بهره‌برداری مورد انتظار خود داشته باشند.

یادآوری- برای خوردگی، پارامترهای زیر ممکن است در نظر گرفته شوند:

- مقدار pH خاک محل و اسیدهای آلی
- مقاومت ویژه خاک
- رطوبت خاک
- جریان (d.c.) و (a.c.) نشتی و سرگردان
- آلودگی‌های شیمیایی[4]
- وجود یون کلرید و نمک‌های محلول[5] در خاک (نظیر یون سولفات)
- مجاورت با مواد ناهم‌جنس[6]
- پتانسیل کاهشی خاک[7]

۱۳-۵-۲-۱-۳- کیفیت یک الکترود زمین به نحوه پیکره‌بندی[8] آن و شرایط خاک مکانی[9] که در آن اجرا شده بستگی دارد. متناسب با شرایط خاک و مقدار مورد نیاز مقاومت زمین، باید یک یا چند الکترود زمین انتخاب شوند.

یادآوری- هر چند در این نشریه هیچ مقدار خاصی برای مقاومت الکترود زمین تعیین نشده است، با این حال کاهش مقدار مقاومت سیستم الکترود زمین به کم‌ترین مقدار ممکن برای تامین الزامات مورد نیاز اهداف زیر، ضروری است و باید توسط طراح ذیصلاح سیستم زمین در نظر گرفته شود:

---

[1] Earth Electrode
[2] Earthing System
[3] General Mass of Earth
[4] Chemical Contamination
[5] Dissolved Salts and Chlorides
[6] Dissimilar Materials
[7] Redox Potential
[8] Configuration
[9] Local Soil Conditions

۱) ترمینال زمینی حفاظت صاعقه (ر.ک. فصل ۱۵).

۲) اتصال قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس سمت فشارقوی پست برق به سیستم اتصال زمین ساختمان (ر.ک. بخش ۱۳-۸).

۳) کاهش تنش ولتاژ بر روی سیستم عایقی تجهیزات در هنگام وقوع خطای زمین (ر.ک. فصل ۱۴).

۴) کاهش تداخلات الکترومغناطیسی (EMI[1]) (ر.ک. فصل ۱۴).

۵) کاهش ریسک ناشی از قطع هادی PE/PEN در سیستم نیروی برق نوع TN.

۶) کاهش ریسک ناشی از اتصال کوتاه بین قسمت‌های برق‌داری که دارای اختلاف پتانسیل نسبت به جرم کلی زمین هستند و زمین در سیستم نیروی برق نوع TN (مثلا از طریق اتصال هادی فاز به قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس یا قسمت‌های-رسانای-بیگانه که در تماس موثر با جرم زمین هستند ولی به خوبی با سیستم اتصال زمین تاسیسات الکتریکی هم‌بند نشده‌اند، یا مثلاً افتادن هادی لخت فاز روی سطح زمین).

برای کاهش ریسک مذکور، در ردیف‌های ۵ و ۶ بند فوق، علاوه بر اینکه باید مقاومت سیستم الکترود زمین کاهش یابد، باید اتصال مکرر هادی PE/PEN به زمین (موسوم به PME[2]) در طول شبکه توزیع نیروی برق فشارضعیف نیز انجام شود. اینکار در عمل از طریق نصب الکترودهای زمین در فواصل مشخص توسط شرکت توزیع برق و احداث الکترود زمین در نقطه تحویل نیرو به مشترکین توسط مالکین/سازندگان ساختمان‌ها انجام می‌شود (ر.ک. بند ۱۲-۵-۲-۴-۱ فصل ۱۲).

۱۳-۵-۲-۱-۴- برای برآورد مقاومت الکترود زمین در مرحله طراحی باید از روابطی که در استانداردهای معتبر به قرار زیر داده شده است، استفاده کرد:

- بخش ت-۳-۲ استاندارد ملی ایران به شماره ۵۴-۵-۱۹۳۷.
- بخش ۹-۵ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳.
- پیوست I از استاندارد بین‌المللی IEC 61400-24.

برای الکترودهای زمین با پیکره‌بندی پیچیده یا در شرایطی که مقاومت ویژه خاک در لایه‌های عمودی و/یا افقی مقادیر مختلفی دارد، توصیه می‌شود علاوه بر محاسبات دستی، از نرم‌افزارهای معتبر برای شبیه‌سازی کامپیوتری نیز استفاده شود. در خاک‌های همگن و شبهه همگن، انتظار می‌رود نتایج محاسبات دستی و محاسبات نرم‌افزاری با تقریب قابل قبولی به هم نزدیک باشد.

مقدار مقاومت ویژه خاک که در محاسبات دستی/نرم‌افزاری منظور می‌شود باید بر اساس بدترین شرایط محیطی سایت در طول سال (کم‌ترین رطوبت و/یا پایین‌ترین دمای خاک) در نظر گرفته شود.

[1] Electromagnetic Interference
[2] PME: Protective Multiple Earthing

۱۳-۵-۲-۱-۵- گرادیان پتانسیل در اطراف الکترودهای زمین باید مطابق بند ۹-۶ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳ محاسبه یا با استفاده از نرم‌افزار معتبر شبیه‌سازی شده و در صورتی‌که مقدار آن برای انسان خطرناک است، باید با کمک روش‌های مناسب (نظیر افزایش تعداد الکترودها، بهبود آرایش، افزایش عمق دفن الکترود، استفاده از مواد کاهنده، افزایش مقاومت سطحی خاک اطراف الکترود و ...) مقدار آن کنترل شود.

۱۳-۵-۲-۱-۶- چگالی جریان در سطح الکترود زمین باید مطابق بخش ۹-۸ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳ محاسبه شده و باید اطمینان حاصل شود که الکترود زمین ساختمان قادر به مستهلک کردن انرژی آن تحت هر شرایط کاری است.

۱۳-۵-۲-۱-۷- روش‌های تست (آزمون) و تحویل سیستم اتصال زمین و اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک در فصل ۱۶ شرح داده شده است.

۱۳-۵-۲-۲- انواع الکترودهای زمین

۱۳-۵-۲-۲-۱- انواع الکترود زمین مجاز به شرح زیر است:

الف) الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن.

ب) الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در خاک (به‌صورت رینگ یا شبکه مش دور و/یا زیر فونداسیون).

پ) الکترود فلزی که به‌صورت افقی یا عمودی مستقیماً در خاک تعبیه شده باشد (مثل میله، لوله، هادی مدور، سیم چندمفتولی، تسمه، شبکه مش یا صفحه).

۱۳-۵-۲-۲-۲- استفاده از موارد زیر به‌عنوان الکترود زمین مجاز نبوده و تاثیر آن‌ها در کاهش مقاومت زمین نباید در محاسبات یا اندازه‌گیری لحاظ شود:

الف) لوله فلزی آب

ب) لوله فلزی حاوی گازها، مایعات و پودرهای قابل اشتعال

پ) شیلد یا هرگونه پوشش فلزی کابل

ت) آرماتورهای فولادی بتن مسلح بدون اینکه شرایط هادی الکترود زمین فونداسیون به شرح ۱۳-۵-۲-۳ در آن رعایت شده باشد.

ث) ستون‌های فلزی افقی/عمودی اسکلت ساختمان.

یادآوری- این مطلب الزامی بودن هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی به ترمینال اصلی اتصال زمین برای موارد فوق (جهت انطباق با بند ۱۲-۵-۲-۳-۱-۲ فصل ۱۲) را نقض یا منتفی نمی‌کند.

۱۳-۵-۲-۳- الکترود زمین فونداسیون (پی سازه)

۱۳-۵-۲-۳-۱- اجرای الکترود زمین فونداسیون به شکل یک شبکه مش برای تمامی انواع ساختمان‌ها، به‌صورت زیر الزامی است:

الف) الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن در جایی که فونداسیون (پی/شالوده) ساختمان با خاک تماس مستقیم دارد

ب) الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در خاک (الکترود زمین رینگ) در جایی‌که فونداسیون ساختمان توسط عایق حرارتی/رطوبتی به طور کامل از خاک اطراف ایزوله شده باشد.

یادآوری ۱- هادی الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در خاک باید خارج از لایه عایق‌بندی و در تماس مستقیم با خاک اجرا شود.

یادآوری ۲- در صورت اجرای الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در خاک، لازم است یک شبکه هم‌بندی اسکلت نیز بر روی فونداسیون ساختمان اجرا شود (ر.ک. بند ۱۳-۷-۴).

۱۳-۵-۲-۳-۲- ابعاد شبکه مش الکترود زمین فونداسیون نباید از ۲۰×۲۰ متر بزرگ‌تر باشد. در صورتی‌که ساختمان مجهز به سیستم حفاظت صاعقه باشد ابعاد شبکه مش الکترود زمین فونداسیون نباید از ۱۰×۱۰ متر بزرگ‌تر باشد.

یادآوری- در ساختمان‌های کوچک اجرای یک رینگ به‌صورت حلقه بسته، مشروط بر اینکه ابعاد آن از شبکه مش مربوطه کوچک‌تر باشد، کفایت می‌کند.

۱۳-۵-۲-۳-۳- نحوه طراحی، اجرا و مستندسازی الکترود زمین فونداسیون (تعبیه شده در بتن یا خاک) باید مطابق با شماره‌ای از استاندارد ملی ایران که معادل با استاندارد DIN 18014 است، باشد.

۱۳-۵-۲-۳-۴- جنس، شکل و اندازه انواع هادی‌های مجاز به‌عنوان الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن در جدول (۱۳-۱) و به‌عنوان الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در خاک در جدول (۱۳-۳) داده شده است.

یادآوری- استفاده از فولاد گالوانیزه عمقی داغ[1] برای هادی الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در خاک مجاز نیست (ر.ک. بند ۱۳-۵-۲-۵-۶).

[1] به انگلیسی Hot Dipped Galvanized Steel، در برخی منابع به‌صورت "فولاد گالوانیزه غوطه‌وری گرم" یا خلاصه‌تر "فولاد گالوانیزه یا "فولاد گالوانیزه داغ" معادل‌سازی شده است

۱۳-۵-۲-۳-۵- هادی الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن باید به گونه‌ای جاسازی شود که کوتاه‌ترین فاصله را با خاک داشته باشد. با این حال نباید ضخامت بتن روی هادی تا سطح تماس با خاک در هیچ نقطه‌ای از ۵۰ میلی‌متر کم‌تر شود.

۱۳-۵-۲-۳-۶- برای دسترسی به شبکه مش الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن (یا شبکه مش هم‌بندی فونداسیون) باید تعدادی صفحات/نقاط اتصال زمین[1] در پایین‌ترین طبقه ساختمان و در موقعیت‌های زیر در نظر گرفته شود:

- در ستون‌ها یا دیوار بتنی پیرامون ساختمان به فواصلی که از ۲۰ متر بیش‌تر نباشند.
- در داخل هر یک از چاهک‌های آسانسور.
- در مجاورت تابلوهای توزیع برق در صورت وجود.
- در مجاورت تابلو لوازم اندازه‌گیری انرژی الکتریکی (تابلو کنتور) در صورت وجود.
- در مجاورت تمام رایزرهای برق و سیستم‌های جریان ضعیف.
- در صورت وجود در نقطه یا نقاط ورود لوله‌های تاسیساتی فلزی (آب، گاز، فاضلاب و غیره) به ساختمان.

یادآوری- هادی واسط مابین صفحه اتصال زمین و شبکه مش باید مشابه با هادی شبکه مش در فونداسیون (به‌عنوان الکترود زمین یا به‌عنوان هم‌بندی) باشد.

۱۳-۵-۲-۳-۷- در ساختمان‌های اسکلت فلزی، باید تمام ستون‌ها به شبکه مش الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن (یا شبکه مش هم‌بندی فونداسیون) متصل شوند. برای این منظور کافی است اتصال مناسب با حداقل دو مورد از انکربولت‌های هر صفحه ستون[2] برقرار شود.

۱۳-۵-۲-۴- الکترود زمین تکمیلی

۱۳-۵-۲-۴-۱- در صورتی‌که به دلایلی نظیر کوچک بودن سطح تماس فونداسیون با خاک یا عمق کم فونداسیون در خاک، رسیدن به مقاومت زمین مطلوب در تمام طول سال از طریق احداث الکترود زمین فونداسیون به تنهایی مقدور نباشد، می‌توان از سایر انواع الکترودهای زمین مجاز، در ترکیب با الکترود زمین فونداسیون بهره برد. در صورت استفاده از الکترود زمین تکمیلی، باید جنس آن به گونه‌ای باشد که با الکترود زمین فونداسیون، تشکیل پیل گالوانیک ندهد.

---

[1] به انگلیسی Earthing Plate/Point، قطعه‌ای است فلزی که به طور کامل در داخل بتن (ستون یا دیوار بتنی) جاسازی شده و در تماس مستقیم با شبکه مش تعبیه شده در بتن است.

[2] Base Plate Anchor Bolt

۱۳-۵-۲-۴-۲- در جایی که انتظار می‌رود جریان نشتی زمین پیوسته و بزرگی[1] از الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن جاری شود، توصیه می‌شود به منظور جلوگیری از خوردگی آرماتورهای فونداسیون یا کاهش نرخ آن، از انواع دیگر الکترودهای زمین که شرح آن در این بخش می‌رود، به‌عنوان الکترود اصلی استفاده شود. در این صورت از الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن، می‌توان به‌عنوان الکترود کمکی[2] بهره برد.

یادآوری- خوردگی آرماتورهای فونداسیون ناشی از عبور جریان خطای (a.c.) ناچیز فرض می‌شود.

۱۳-۵-۲-۴-۳- کوبیدن میله/لوله در خاک بکر (دست نخورده) موثرترین و متداول‌ترین نوع الکترود زمین است و نسبت به سایر انواع الکترود زمین اولویت دارد. حداقل طول در تماس با خاک بکر برای یک میله/لوله منفرد نباید از ۲ متر کم‌تر باشد[3]. کوبیدن میله/لوله با طول زیاد (مثلا از طریق اتصال چند میله/لوله با طول کم‌تر به هم برای رسیدن به عمق ۶ الی ۲۰ متری زمین) به دلیل ارتباط با بخشی از خاک که به لحاظ میزان دما و رطوبت تغییرات محدودی در طول سال دارد منجر به حصول یک سیستم زمین پایدار می‌شود.

۱۳-۵-۲-۴-۴- گاهی بجای کوبیدن، اجرای میله/لوله به‌صورت دفنی انجام می‌شود. در این‌حالت باید حفره عمیقی (با عمق بیش از دو متر) به قطر بین ۷٫۵ الی ۳۰ سانتی‌متر توسط ماشین حفاری ایجاد شده و یک الکترود زمین از نوع میله یا لوله به اندازه ۳۰ سانتی‌متر در کف آن کوبیده شود. سپس حفره از کف تا نزدیکی سطح زمین با مواد کاهنده استاندارد یا خاک مناسب پر و به خوبی فشرده شود (شکل ۱۳-۲-الف). عملکرد و کارایی این نوع الکترود زمین نباید هیچ‌گونه وابستگی به تزریق دوره‌ای آب یا الکترولیت داشته باشد.

یادآوری ۱- منظور از خاک مناسب در بند فوق، خاکی است که حائز سه ویژگی زیر باشد:

الف- دانه‌بندی بسیار ریز و پودری شکل داشته باشد (به طور مثال خاک آسیاب شده یا سرند شده).

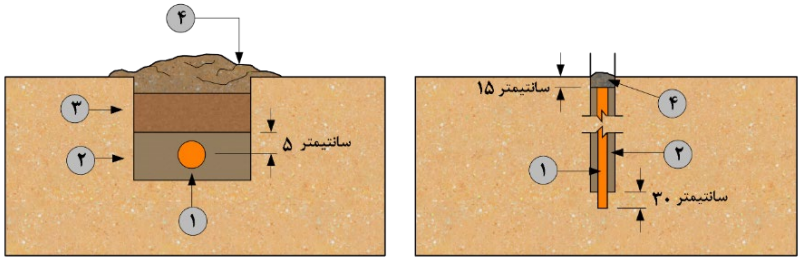
ب- اطمینان حاصل شود که حاوی مواد خورنده (نظیر کلر، آمونیاک و سولفات) نیست یا مقدار آن‌ها ناچیز است.

پ- مقاومت ویژه آن در حالت فشرده و در یک شرایط محیطی مشابه (به طور مثال رطوبت و دمای یکسان)، بیش‌تر از مقاومت ویژه خاک بکر محل اجرای الکترود زمین نباشد.

۱۳-۵-۲-۴-۵- در صورت نیاز به حفر کانال جهت دفن هادی الکترود زمین به‌صورت افقی، عمق دفن هادی باید حداقل ۵۰ سانتی‌متر پایین‌تر از سطح زمین (یا بیش‌تر از عمق یخ زدگی خاک) باشد. توصیه می‌شود اطراف هادی با

[1] Significant Continuous Earth Leakage Current
[2] Auxiliary Electrode
[3] این جمله بدان معنی نیست که طول الکترود باید ۲ متر باشد.

مواد کاهنده استاندارد یا خاک مناسب (مطابق یادآوری بند قبل) پر و به خوبی فشرده شود به گونه‌ای که ضخامت پوشش مواد کاهنده بر روی هادی الکترود زمین در هیچ جهتی کم‌تر از ۵ سانتی‌متر نباشد (شکل ۱۳-۲-ب).



(ب) (الف)

۱ هادی ۳ خاک سرند شده
۲ مواد کاهنده ۴ خاک دستی

شکل ۱۳-۲- اجرای الکترودهای قائم و افقی با استفاده از مواد کاهنده استاندارد

۱۳-۵-۲-۴-۶- اجرای الکترود زمین صفحه‌ای تنها در مواردی توصیه می‌شود که فضای در دسترس برای احداث الکترود زمین محدود بوده و هم‌زمان به دلیل سفت بودن خاک امکان کوبیدن میله یا ایجاد حفره‌های عمیق وجود ندارد. در این حالت ایجاد یک چاهک کم عمق به نحوی که فاصله لبه بالایی صفحه از سطح زمین حداقل ۱٫۵ متر باشد و جاسازی صفحه در آن، باعث افزایش سطح تماس الکترود زمین با خاک می‌شود. اجرای این نوع الکترود زمین به دلیل کم اثر بودن باید جزو آخرین اولویت‌ها در بین انواع الکترودهای زمین مجاز در این نشریه باشد و در صورت اجرای آن، توجه ویژه‌ای باید از حیث حفاظت در برابر خوردگی به نقطه اتصال هادی اتصال زمین به صفحه شود[۱].

۱۳-۵-۲-۴-۷- در هنگام انتخاب نوع و عمق جاسازی یک الکترود زمین، باید به آسیب‌های مکانیکی محتمل و به شرایط خاص محل دفن الکترود با هدف به حداقل رساندن اثر نامطلوب ناشی از خشک شدن یا یخ زدگی خاک توجه شود.

۱۳-۵-۲-۴-۸- الکترودهای زمین نباید مستقیماً در مسیر آب‌های جاری مانند نهر، رودخانه، تالاب، دریاچه و موارد مشابه غوطه‌ور شوند.

۱۳-۵-۲-۴-۹- الکترودهای زمین باید از موادی که باعث خوردگی آن‌ها می‌شود، دور نگه داشته شوند.

---

[۱] بر اساس این نشریه از اجرای روش سنتی احداث الکترود زمین موسوم به "چاه ارت" از طریق حفر چاه عمیق (بیش از ۳ متر) و قطر زیاد (بیش از ۵۰ سانتی‌متر) و دفن صفحات بزرگ یا یک هادی حلقه شده به شکل یک فنر بزرگ (موسوم به ۵ حلقه) و یا سایر اشکال هندسی و سپس پوشاندن اطراف الکترود در یک بخش محدود از عمق چاه توسط مواد کاهنده و تعبیه یک سیستم تزریق مصنوعی آب یا الکترولیت، تا حد امکان باید اجتناب شود.

۱۳-۵-۲-۴-۱۰- توصیه می‌شود هادی اتصال زمین در نقطه خروج از بتن یا خاک به هوا، جهت جلوگیری از خوردگی به طول حداقل ۰٫۳ متر توسط نوار ضد خوردگی یا روکش حرارتی (شیرینگ) پوشش داده شده و هم‌چنین جهت حفاظت مکانیکی از داخل لوله الکتریکی مناسب عبور داده شوند.

۱۳-۵-۲-۵- اندازه و جنس الکترود زمین

۱۳-۵-۲-۵-۱- حداقل مشخصات ابعادی الکترودهای زمین در صورتی‌که برای تعبیه در بتن طراحی شده باشند باید مطابق جدول (۱۳-۲) بوده و در صورتی‌که برای تعبیه در خاک طراحی شده باشند باید از جدول (۱۳-۳) تبعیت کنند.

یادآوری ۱- آرماتورهای موجود در فونداسیون و اسکلت بتن مسلح شرایط لازم برای فراهم کردن پیوستگی الکتریکی مورد نیاز الکترود زمین و هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی را ندارد.

جدول ۱۳-۲- حداقل اندازه هادی‌های مجاز به‌عنوان الکترود زمین و هم‌بندی حفاظتی و عملکردی تعبیه شده در بتن فونداسیون

جنس	شکل	قطر mm	سطح مقطع mm^2	ضخامت mm	وزن روکش g/m^2	ضخامت روکش/غلاف µm
مس	تسمه	–	۵۰	۲	–	–
	هادی مدور	۸	۵۰	–	–	–
فولاد ضدزنگ الف[1]	تسمه	–	۷۵	۳	–	–
	هادی مدور	۱۰	۷۸	–	–	–
فولاد گالوانیزه عمقی داغ ب	تسمه	–	۷۵	۳	۵۰۰	۶۳
	هادی مدور	۱۰	۷۸	–	۳۵۰	۴۵

الف- ۱۶٪ ≤ کروم ۵٪ ≤ نیکل، ۲٪ ≤ مولیبدیم، ۰٫۰۸٪ ≤ کربن.
ب- روکش باید صاف، پیوسته و فاقد شُرّه[2] باشد.

۱۳-۵-۲-۵-۲- در مناطق ساحلی[3] که ممکن است نمک در آب‌های زمینی[4] آن وجود داشته باشد، توصیه می‌شود از به کارگیری فولاد گالوانیزه (به‌عنوان هادی الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن) در تماس با آرماتورهای بتن مسلح (در داخل بتن) اجتناب شود.

۱۳-۵-۲-۵-۳- سیستم اتصال زمین (تعبیه شده در خاک) از جنس فولاد ضدزنگ و مس می‌تواند مستقیماً به آرماتور فولادی در داخل بتن متصل شود.

[1] Stainless Steel
[2] Flux Stains
[3] Coastal Areas
[4] Ground Water

۱۳-۵-۲-۵-۴- توصیه می‌شود سطح مقطع هادی رینگ پیرامونی الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن از مقادیر حداقلی داده شده در جدول (۱۳-۲) بزرگ‌تر و مقاوم‌تر انتخاب شود، مثلا هادی مدور مسی با قطر ۱۰ میلی‌متر یا هادی مدور فولادی (فولاد ضد زنگ یا فولاد گالوانیزه عمقی داغ) با قطر ۱۲ میلی‌متر.

۱۳-۵-۲-۵-۵- با توجه به اینکه پارامتر اندوکتانس تسمه در مقایسه با هادی مدور کم‌تر است، توصیه می‌شود به خصوص در کاربردهای فرکانس بالا و ساختمان‌های مجهز به حفاظت صاعقه، کل یا بخشی از هادی‌های شبکه مش میانی الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن از نوع تسمه انتخاب شود.

۱۳-۵-۲-۵-۶- در جایی که ریسک عبور جریان‌های بزرگ از سیستم الکترود زمین وجود دارد، مثلاً در ساختمان‌هایی با سطح فونداسیون بسیار وسیع یا در جایی که مقدار سطح جریان اتصال کوتاه بسیار بزرگ باشد، توصیه می‌شود از مقاطع بزرگ‌تر هادی الکترود زمین نسبت به مقادیر داده شده در جدول (۱۳-۲) استفاده شود.

یادآوری- در این گونه موارد استفاده از تسمه از جنس مس، فولاد ضد زنگ و فولاد گالوانیزه عمقی داغ تا سطح مقطع نهایتاً ۲۰۰ میلی‌مترمربع عملیاتی خواهد بود.

۱۳-۵-۲-۵-۷- در الکترود زمین کوبشی با استفاده از میله، هر چقدر قطر میله بیش‌تر باشد، سطح و نیروی تماس بین الکترود زمین و خاک اطراف افزایش می‌یابد که در نتیجه این موجب بهبود کارایی الکترود زمین می‌شود. بر این اساس توصیه می‌شود تا جایی که ممکن است از میله با قطر بزرگ‌تر به نسبت مقادیر داده شده در جدول (۱۳-۳)، مثلاً ۲۰ و ۲۵ میلی‌متر استفاده شود.

یادآوری- یکی دیگر از مزایای استفاده از میله‌های قطور، کوپلینگ بهتر بین میله‌های کوتاه و در نتیجه سهولت رسیدن به اعماق عمیق‌تر از خاک است (ر.ک. به بند ۱۳-۵-۲-۴-۳).

۱۳-۵-۲-۵-۸- الکترود زمین از جنس فولاد گالوانیزه، در خاک (مثلاً به‌عنوان ترمینال زمینی سیستم حفاظت صاعقه) باید از طریق ایزوله‌کننده قوسی (ISG[1]) به آرماتورهای فولادی در بتن متصل شود. اتصال مستقیم در خاک ریسک خوردگی را به شکل قابل توجهی افزایش می‌دهد.

۱۳-۵-۲-۵-۹- در خاک رسی یا مرطوب، فولاد گالوانیزه ممکن است خورده شود.

[1] Isolating Spark Gap

جدول ۱۳-۳- حداقل اندازه الکترودهای زمین مجاز تعبیه شده در خاک

جنس	شکل	قطر mm	سطح مقطع			ضخامت mm	وزن روکش g/m^2	ضخامت روکش/غلاف µm
			هادی mm^2	میله/لوله mm^2	صفحه cm^2			
مس، مس قلع‌اندود[1]	تسمه	–	۵۰	–	–	۲	–	–
	هادی مدور	۸	۵۰	–	–	–	–	–
	میله گرد	۱۵	–	۱۷۶	–	–	–	–
	سیم چندمفتولی	۱٫۷ برای هر یک از مفتول‌های سیم	۵۰	–	–	–	–	–
	لوله	۲۰	–	۱۱۰	–	۲	–	–
	صفحه تو پر	–	–	–	۲۵۰۰	۲	–	–
	صفحه مشبک[2]	–	–	–	۳۶۰۰	–	–	–
فولاد ضدزنگ[3]	تسمه	–	۱۰۰	–	–	۳	–	–
	هادی مدور	۱۰	۷۸	–	–	–	–	–
	میله گرد	۱۵	–	۱۷۶	–	–	–	–
	لوله	۲۵	–	۱۴۰	–	۲	–	–
فولاد گالوانیزه عمقی داغ[4]	تسمه	–	۹۰	–	–	۳	۵۰۰	۶۳
	هادی مدور	۱۰	۷۸	–	–	–	۳۵۰	۴۵
	میله گرد	۱۴	–	۱۵۰	–	–	۳۵۰	۴۵
	لوله	۲۵	–	۱۴۰	–	۲	۳۵۰	۴۵
	صفحه تو پر	–	–	–	۲۵۰۰	۳	۵۰۰	۶۳
	صفحه مشبک[5]	–	–	–	۳۶۰۰	–	۵۰۰	۶۳
	پروفیل	–	–	۲۹۰	–	۳	۵۰۰	۶۳
فولاد روکش مس[6]	تسمه	–	۹۰	–	–	۳	–	۷۰
	هادی مدور	۸	۵۰	–	–	–	–	۲۵۰
	هادی مدور	۱۰	۷۸	–	–	–	–	۷۰
	میله گرد	۱۴	–	۱۵۰	–	–	–	۲۵۰

۱- قلع‌اندود کردن با روش غوطه‌وری داغ یا الکتروپلیت ممکن خواهد بود. حداقل ضخامت روکش باید ۱ میکرومتر باشد. از آنجا که قلع‌اندود کردن مس تنها با هدف زیبایی[1] انجام می‌شود، اندازه‌گیری ضخامت روکش الزامی نیست.

۲- صفحه مشبک باید با حداقل مجموع طول هادی برابر ۴٫۸ متر و در ابعاد ۶۰۰×۶۰۰ میلی‌متر متشکل از تسمه با سطح مقطع ۲۵×۲ میلی‌متر یا هادی مدور با قطر ۸ میلی‌متر ساخته شده باشد.

۳- ۱۶٪ ≥ کروم، ۵٪ ≥ نیکل، ۲٪ ≥ مولیبدیم، ۰٫۰۸٪ ≤ کربن.

۴- روکش باید صاف، پیوسته و فاقد شُرّه باشد.

۵- صفحه مشبک باید با حداقل مجموع طول هادی برابر ۴٫۸ متر و در ابعاد ۶۰۰×۶۰۰ میلی‌متر متشکل از تسمه با سطح مقطع ۳۰×۳ میلی‌متر یا هادی مدور با قطر ۱۰ میلی‌متر ساخته شده باشد.

۶- روکش مسی باید ذاتا به مغز فولاد جوش (متصل) شود. ضخامت روکش را می‌توان با استفاده از لوازم اندازه‌گیری ضخامت سنج الکترونیکی اندازه‌گیری کرد.

یادآوری- فولاد گالوانیزه در بتن به دلیل امکان خوردگی فولاد در نقطه خروج از بتن، نباید به داخل خاک امتداد یابد.

[1] Aesthetic

۱۳-۵-۲-۵-۱۰- در موارد زیر توصیه می‌شود از میله/لوله دارای روکش محافظتی (نظیر فولاد روکش مس و فولاد گالوانیزه) برای کوبیدن در خاک استفاده نشده و به جای آن از میله/لوله تماماً مسی یا تماماً از جنس فولاد ضدزنگ استفاده شود:

- در خاک‌هایی که به علت نوع دانه‌بندی احتمال خراشیده شدن روکش میله/لوله هنگام کوبیده شدن داده شود،
- در خاک‌های خورنده‌ای که احتمال داده شود با از بین رفتن لایه نازک روکش، عمر بهره‌برداری الکترود زمین به شدت کاهش یابد.

۱۳-۵-۲-۵-۱۱- تمامی انواع الکترودهای زمین باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱۸۴۹۹ و/یا شیوه‌نامه مربوطه در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته و آزموده شده باشند (ر.ک. بخش ۱۳-۱۰).

۱۳-۵-۲-۶- مواد کاهنده مقاومت خاک[1]

۱۳-۵-۲-۶-۱- در مواردی‌که نیاز به حفر کانال یا چاه برای دفن الکترود زمین در خاک باشد، ممکن است برای کاهش بیش‌تر مقاومت زمین، اطراف الکترود با استفاده از مواد کاهنده پر و فشرده شود.

۱۳-۵-۲-۶-۲- مواد کاهنده زمین باید از نظر شیمیایی برای اکوسیستم خاک بی‌خطر بوده و محیط را آلوده ننمایند. این مواد باید یک محیط پایدار از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی تامین کنند و مقاومت ویژه نسبتاً پایینی داشته باشند. مواد کاهنده زمین نباید باعث خوردگی الکترودهای زمین شوند.

۱۳-۵-۲-۶-۳- در مواردی‌که هدف اصلی از استفاده از ماده کاهنده کاهش مقامت زمین باشد (مثلا در خاک‌هایی با مقاومت ویژه بالا)، مواد کاهنده باید به گونه‌ای انتخاب شوند که مقاومت ویژه آن در تمامی شرایطی محیطی نسبت به خاک محلی سایت بسیار کوچک‌تر (بیش از ۱۰ برابر) بوده و کارایی این مواد هیچ‌گونه وابستگی به آبیاری و/یا تزریق دوره‌ای الکترولیت نداشته باشد.

۱۳-۵-۲-۶-۴- از آنجا که بتن معمولی در صورت خشک شدن یا انجماد، عایق الکتریکی محسوب می‌شود و مقاومت ویژه بسیار بزرگی پیدا می‌کند و امکان هدایت جریان در آن وجود ندارد استفاده از آن به تنهایی به‌عنوان ماده کاهنده زمین توصیه نمی‌شود.

[1] Earthing Enhancing Compounds

۱۳-۵-۲-۶-۵- استفاده از ترکیب سنتی ذغال و نمک به‌عنوان ماده کاهنده زمین به علت خورنده بودن شدید مجاز نیست. علاوه بر آن افزودن هرگونه مواد خورنده نظیر نمک خوراکی، ذغال چوب و مواد حاوی یون کلرید و سولفات به سایر ترکیبات کاهنده زمین به طور کلی ممنوع است.

۱۳-۵-۲-۶-۶- در صورتی‌که برای آماده‌سازی ماده کاهنده از آب استفاده شده باشد یا محل دفن الکترود قبل یا بعد از ریختن ماده کاهنده آبیاری شده باشد، اندازه‌گیری مقاومت زمین الکترود باید با یک فاصله زمانی قابل توجه از زمان احداث آن انجام شود. به گونه‌ای که اطمینان حاصل شود در زمان اندازه‌گیری، آب تزریق شده مصنوعی به خاک یا ماده کاهنده به طور کامل از آن خارج شده باشد.

۱۳-۵-۲-۶-۷- مواد کاهنده زمین باید بر اساس آخرین ویرایش استاندارد ملی ایران به شماره ۷-۱۸۴۹۹ و/یا شیوه‌نامه مربوطه در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته و آزموده شده باشند (ر.ک. بخش ۱۳-۱۰).

۱۳-۵-۲-۶-۸- در فرآیند انجام آزمون خوردگی و آزمون تعیین مقاومت ویژه در آزمایشگاه برای تعیین منحنی‌های تافل و اندازه‌گیری مقاومت پلاریزاسیون (قطبش) و آزمون مقاومت ویژه با حداقل مقدار ممکن آب انجام پذیرد و در نتایج باید درصد آب به ماده خشک قید شود.

۱۳-۵-۲-۷- اتصالات

۱۳-۵-۲-۷-۱- زمانی‌که الکترود زمین از اجزایی تشکیل شده است که باید به یکدیگر در زیر خاک متصل شوند، این اتصال باید با استفاده از جوش احتراقی[1]، اتصالات پرسی[2]، کلمپ یا سایر اتصالات مکانیکی مناسب انجام شود.

یادآوری- در مورد الکترود مدفون در بتن، برای اهداف حفاظتی ایجاد اتصال صرفاً با استفاده از پیچاندن سیم‌های مفتولی آهنی[3] قابل قبول نیست.

۱۳-۵-۲-۷-۲- باید از اتصالات مطمئن و به لحاظ الکتریکی رضایت‌بخش برای اتصال هادی اتصال زمین به الکترود زمین استفاده شود. این اتصال باید با استفاده از جوش احتراقی، اتصالات پرسی، کلمپ یا سایر اتصالات مکانیکی مناسب انجام شود.

۱۳-۵-۲-۷-۳- اتصالات مکانیکی باید مطابق دستورالعمل سازنده نصب گردند.

[1] Exothermic Welding
[2] Pressure Connectors
[3] Wrapped Iron Wire

۱۳-۵-۲-۷-۴- زمانی‌که از کلمپ استفاده می‌شود نباید در اثر محکم کردن آن، به الکترود یا هادی اتصال زمین صدمه‌ای وارد کند.

۱۳-۵-۲-۷-۵- از آنجا که لوازم و تجهیزات اتصال لحیمی استقامت مکانیکی مطمئنی فراهم نمی‌کنند نباید استفاده شوند.

۱۳-۵-۲-۷-۶- تمامی اتصالات مدفون در خاک از هر نوعی که باشد باید با استفاده از نوار محافظ‌خوردگی[1] در نقاط اتصال محافظت شود.

۱۳-۵-۲-۷-۷- تمام اتصالات باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۸۴۹۹ و/یا شیوه‌نامه مربوطه در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته و آزموده شده باشند (ر.ک. بخش ۱۳-۱۰).

۱۳-۵-۲-۷-۸- برای اتصالات از جنس آلیاژ مس که در بتن مدفون نمی‌شود، نباید میزان عنصر مس به لحاظ وزنی از ۸۰ درصد کم‌تر باشد.

۱۳-۵-۲-۷-۹- برای اتصال اجزای الکترود زمین تعبیه شده در بتن به یکدیگر باید از کلمپ‌هایی با جنسی مناسب با نوع هادی بهره برد (مثلا فولاد گالوانیزه، فولاد ضد زنگ یا مسی). ولی برای اتصال هادی الکترود زمین فونداسیون به آرماتورهای فولادی در داخل بتن می‌توان از کلمپ‌های فولادی بدون روکش محافظ استفاده کرد.

یادآوری- باید از تماس مستقیم بین هادی و اتصالات مسی (و آلیاژ مسی) و هادی و اتصالات از جنس فولاد گالوانیزه در داخل خاک یا بتن خودداری شود.

۱۳-۵-۲-۸- دریچه بازدید

۱۳-۵-۲-۸-۱- دریچه بازدید الکترود زمین[2] محفظه‌ای است فلزی یا غیرفلزی که بر روی الکترود زمین، به خصوص الکترودهای عمودی، با هدف بازرسی اتصالات، انجام آزمون بر روی الکترود زمین و جایگزینی احتمالی میله‌های قائم قرار می‌گیرد. البته نصب آن برای تمامی الکترودهای زمین الزامی نیست.

۱۳-۵-۲-۸-۲- دریچه بازدید باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۵-۱۸۴۹۹ و/یا شیوه‌نامه مربوطه در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته و آزموده شده باشد (ر.ک. بخش ۱۳-۱۰).

[1] Corrosion Protection or Anti-Corrosion Tape
[2] Earth Electrode Inspection Housing

۱۳-۵-۳- هادی اتصال زمین[1]

۱۳-۵-۳-۱- هادی اتصال زمین باید تمامی الزامات زیر را پاس کند:

۱) شرایط بندهای ۱۳-۶-۱-۱ و ۱۳-۶-۱-۲.

۲) سطح مقطع آن نباید از ۲۵ میلی‌مترمربع برای مس یا ۵۰ میلی‌مترمربع برای فولاد کوچک‌تر باشد.

۳) در صورتی‌که هادی اتصال به زمین لخت بوده و در زیر خاک دفن شده باشد، ابعاد و مشخصات آن باید مطابق الزامات الکترودهای زمین (جدول (۱۳-۳)) تعیین شود.

۴) هادی آلومینیومی با یا بدون روکش نباید به‌عنوان هادی اتصال زمین استفاده شود.

۱۳-۵-۴- ترمینال اصلی اتصال زمین (MET)

۱۳-۵-۴-۱- در هر تاسیساتی که هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی استفاده شده است، باید ترمینال اصلی اتصال زمین فراهم گردیده و موارد زیر باید به آن متصل شوند (ر.ک. شکل (۱۳-۳)):

- هادی‌های هم‌بندی حفاظتی،
- هادی‌های اتصال زمین،
- هادی‌های حفاظتی،
- در موارد مربوط، هادی‌های اتصال زمین عملکردی.

یادآوری ۱- اتصال مستقیم هر یک از هادی‌های حفاظتی به ترمینال اصلی اتصال زمین در حالی که از طریق سایر هادی‌های حفاظتی به این ترمینال متصل شده‌اند، مورد نظر نیست.

یادآوری ۲- می‌توان از ترمینال اصلی اتصال زمین ساختمان برای اهداف اتصال زمین عملکردی استفاده کرد. برای اهداف فن‌آوری اطلاعات (IT[2])، این ترمینال به‌عنوان نقطه اتصال به زمین در نظر گرفته می‌شود.

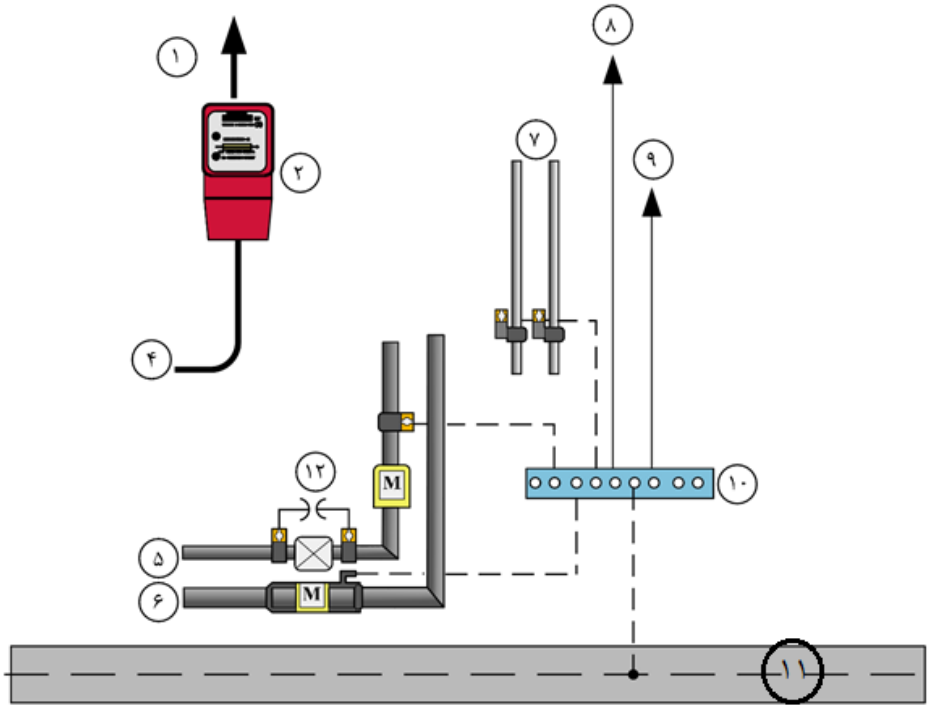
در صورتی‌که بیش از یک ترمینال اتصال زمین موجود باشد، باید همه آن‌ها به یکدیگر هم‌بند گردند.

۱۳-۵-۴-۲- هر یک از هادی‌های متصل به ترمینال اصلی اتصال زمین باید به‌صورت مستقل قابل جدا کردن باشند. این اتصال باید قابل اطمینان بوده و به گونه‌ای باشد که فقط به وسیله نوعی ابزار بتوان آن را جدا نمود.

یادآوری- ممکن است قابلیت جدا کردن به شکل مناسبی با ترمینال اصلی اتصال زمین ترکیب شده تا اجازه اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین را بدهد.

---

[1] Earthing Conductor
[2] IT: Information Technology



۱	تغذیه برق در سمت مشترک	۸	لوازم الکترونیکی
۲	تابلو لوازم اندازه‌گیری انرژی الکتریکی (کنتور برق)	۹	شیلد کابل آنتن
۴	تغذیه برق در سمت شبکه توزیع (در سیستم TN هادی PEN/PE باید به MET متصل شود)	۱۰	ترمینال اصلی اتصال زمین (MET)
۵	لوله گاز فلزی با رابط عایق‌کننده	۱۱	الکترود زمین فونداسیون
۶	لوله آب فلزی	۱۲	ایزوله‌کننده قوسی (ISG)
۷	سیستم گرمایش مرکزی	M	لوازم اندازه‌گیری (کنتور)

شکل۱۳-۳- مثالی از آرایش هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده

۱۳-۶- هادی‌های حفاظتی[1]

یادآوری- الزامات داده شده در بند 516 استاندارد IEC 60364-5-51 باید در نظر گرفته شوند.

۱۳-۶-۱- حداقل سطح مقطع

۱۳-۶-۱- سطح مقطع هادی حفاظتی باید شرایط قطع خودکار مدار تغذیه را مطابق بند ۱۲-۵-۲ فصل ۱۲ برآورده نموده و توانایی تحمل تنش‌های مکانیکی و حرارتی ناشی از جریان اتصال کوتاه مورد انتظار[2] در طول زمان قطع وسیله حفاظتی را داشته باشد.

[1] Protective Conductors
[2] Prospective Fault Current

سطح مقطع هادی حفاظتی یا باید مطابق بند ۱۳-۶-۱-۲ محاسبه شود یا مطابق جدول (۱۳-۴) انتخاب شود. در هر دو مورد الزامات بند ۱۳-۶-۱-۳ باید لحاظ شوند. ترمینال‌های در نظر گرفته شده برای اتصال هادی‌های حفاظتی با اندازه‌ای که توسط مطالب این نشریه الزام می‌شود، باید مطابقت داشته باشند.

۱۳-۶-۱-۲- سطح مقطع هادی‌های حفاظتی نباید از یکی از مقادیر زیر کوچک‌تر باشد:

- مقداری که مطابق استاندارد IEC 60949 تعیین شده باشد.
- به وسیله فرمول زیر که تنها برای زمان قطع حداکثر ۵ ثانیه قابل استفاده است، تعیین شده باشد:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} \qquad (۱-۱۳)$$

که در آن:

S: سطح مقطع بر حسب میلی‌مترمربع است،

I: مقدار موثر جریان مورد انتظار خطا بر حسب آمپر برای خطا با امپدانس ناچیز است که می‌تواند از وسیله حفاظتی عبور کند (ر.ک. استاندارد IEC 60909-0)،

t: زمان عملکرد وسیله حفاظتی برای قطع خودکار بر حسب ثانیه است،

k: ضریبی بر حسب جنس هادی حفاظتی، عایق و سایر قسمت‌های و دمای اولیه و نهایی است (برای محاسبه k به پیوست الف استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷-۵-۵۴ مراجعه شود).

در مواردی‌که نتیجه رابطه فوق منجر به اندازه‌ای خارج از استاندارد شود، باید نزدیک‌ترین سطح مقطع استاندارد و بزرگ‌تر از مقدار محاسبه شده را به کار برد.

یادآوری- توصیه می‌شود اثر محدودکنندگی جریان[1] ناشی از امپدانس مدار و محدودیت I^2t وسیله حفاظتی در نظر گرفته شوند.

جدول۱۳-۴- حداقل سطح مقطع هادی‌های حفاظتی (در مواردی‌که بر اساس بند ۱۳-۶-۱-۲ محاسبه نشده باشد).

سطح مقطع هادی فاز مس بر حسب میلی‌مترمربع	حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی متناظر با آن مس بر حسب میلی‌مترمربع	
	در مواردی‌که هادی حفاظتی هم‌جنس هادی فاز باشد	در مواردی‌که هادی حفاظتی هم‌جنس هادی فاز نباشد
$S \leq ۱۶$	S	$(k_۱ / k_۲) \times S$
$۱۶ < S \leq ۳۵$	۱۶ الف	$(k_۱ / k_۲) \times ۱۶$
$S > ۳۵$	S/۲ الف	$(k_۱ / k_۲) \times (S/۲)$
که در آن: k_1 مقدار k هادی فاز که از فرمول پیوست الف استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷-۵-۵۴ محاسبه یا از جدول‌های استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷-۴-۴۳ بر حسب جنس هادی و عایق انتخاب می‌شود. k_2 مقدار k هادی حفاظتی که متناسب با کاربرد از جدول‌های (الف-۵۴-۲) تا (الف-۵۴-۶) استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷-۵-۵۴ بدست می‌آید.		
الف- سطح مقطع هادی PEN را تنها می‌توان بر اساس قواعد تعیین ابعاد هادی خنثی (ر.ک. استاندارد IEC 60364-5-52)، کاهش داد.		

[1] Current-Limiting Effect

۱۳-۶-۱-۳- سطح مقطع هادی حفاظتی در صورتی‌که رشته‌ای از کابل نبوده یا در محفظه‌ای مشترک[1] با هادی فاز قرار نداشته باشد، نباید از موارد زیر کم‌تر باشد:

- ۲٫۵ میلی‌مترمربع مسی یا ۱۶ میلی‌مترمربع آلومینیومی اگر حفاظت در برابر صدمه مکانیکی فراهم شده باشد.
- ۴ میلی‌مترمربع مسی یا ۱۶ میلی‌مترمربع آلومینیومی اگر حفاظت در برابر صدمه مکانیکی فراهم نشده باشد.

در صورتی‌که هادی حفاظتی رشته‌ای از کابل نباشد تنها در صورتی به لحاظ مکانیکی حفاظت شده در نظر گرفته می‌شود که در داخل لوله[2]، ترانکینگ[3] یا مشابه آن‌ها قرار داشته باشد.

۱۳-۶-۱-۴- در جایی‌که هادی حفاظتی بین دو یا تعداد بیش‌تری مدار مشترک است، سطح مقطع آن باید:

- براساس بند ۱۳-۶-۱-۲ برای شدیدترین جریان خطای قابل انتظار و زمان بهره‌برداری که این مدارها با آن مواجه می‌شوند محاسبه شود.
- مطابق با جدول (۱۳-۵) و متناظر با بزرگ‌ترین هادی فاز آن مدارها انجام شود.

۱۳-۶-۲- انواع هادی‌های حفاظتی

۱۳-۶-۲-۱- هادی‌های حفاظتی ممکن است به شکل یک یا تعدادی از موارد زیر باشند:

- هادی‌های موجود در کابل‌های چندرشته.
- هادی‌های عایق‌شده (روکش‌دار) یا لخت (بدون روکش) در محفظه‌ای مشترک[4] با هادی‌های برق‌دار.
- هادی‌های عایق‌شده یا لخت نصب ثابت.
- غلاف کابل فلزی، شیلد کابل، زره کابل، سیم بافته‌ای لوله‌ای[5]، هادی هم‌مرکز[6]، لوله فلزی در صورتی‌که شرایط بیان شده در ۱۳-۶-۲-۲-الف و ب را داشته باشند.

یادآوری- بند ۱۳-۶-۷ را برای آرایش هادی‌های حفاظتی ببینید.

[1] Common Enclosure
[2] Conduit
[3] Trunking
[4] Common Enclosure
[5] Wirebraid
[6] Concentric

۱۳-۶-۲-۲- برای تجهیزاتی که محفظه‌های فلزی دارند نظیر تابلو قدرت و فرمان فشارضعیف[1] (ر.ک. استانداردهای IEC 61439-1 و IEC 61439-2) یا سیستم‌های باسداکت[2] (ر.ک. استاندارد IEC 60439-2)، ممکن است از محفظه یا چارچوب[3] فلزی‌شان به‌عنوان هادی حفاظتی استفاده شود مشروط بر اینکه هم‌زمان هر سه شرط زیر را رعایت نمایند:

الف) پیوستگی الکتریکی آن‌ها یا باید بر اساس نوع ساختمان‌شان تضمین شود یا با اجرای اتصالات مناسب به گونه‌ای که از داشتن حفاظت کافی در برابر استهلاک[4] مکانیکی، شیمیایی یا الکتروشیمیایی اطمینان حاصل شود.

ب) با الزامات بند ۱۳-۶-۱ انطباق داشته باشد.

پ) باید امکان اتصال سایر هادی‌های حفاظتی را در تمام نقاط انشعاب[5] از پیش تعیین شده بدهد.

۱۳-۶-۲-۳- استفاده از قسمت‌های فلزی زیر به‌عنوان هادی حفاظتی یا هادی هم‌بندی حفاظتی مجاز نیست:

- لوله‌های فلزی آب.
- لوله‌های فلزی حاوی مواد قابل اشتعال نظیر گازها، مایعات، پودر.
- قسمت‌های ساختمانی[6] که در شرایط کار معمول‌شان تحت تنش مکانیکی هستند.
- لوله‌های فلزی قابل انعطاف یا خم‌پذیر[7]، مگر اینکه برای چنین هدفی طراحی شده باشند.
- قسمت‌های فلزی قابل انعطاف.
- سیم‌های نگهدارنده[8]، سینی کابل و نردبان کابل.

یادآوری- مثال‌هایی از هادی حفاظتی شامل هادی هم‌بندی حفاظتی، هادی اتصال زمین حفاظتی (PE) و هادی اتصال زمینی که برای حفاظت در برابر برق‌گرفتگی استفاده می‌شود، هستند.

۱۳-۶-۳- پیوستگی الکتریکی هادی‌های حفاظتی

۱۳-۶-۳-۱- هادی‌های حفاظتی باید به شکل مناسبی در برابر آسیب مکانیکی، تخریب شیمیایی و الکتروشیمیایی، نیروهای الکترودینامیکی و نیروهای ترمودینامیکی محافظت شوند.

---

[1] Low-Voltage Switchgear and Controlgear Assemblies
[2] Busbar Trunking Systems
[3] Frames
[4] Deterioration
[5] Tap-Off Point
[6] Constructional Parts
[7] Pliable
[8] Support Wires

تمامی اتصالات (به طور مثال اتصالات پیچی، کلمپ‌ها) مابین هادی‌های حفاظتی یا مابین هادی حفاظتی و سایر تجهیزات باید پیوستگی الکتریکی با دوام، استقامت و حفاظت مکانیکی کافی را فراهم نمایند. پیچ‌هایی که برای اتصال هادی‌های حفاظتی به کار می‌روند نباید کار دیگری انجام دهند. مفصل[۱] نباید از نوع لحیمی[۲] باشد.
یادآوری- تمامی اتصالات الکتریکی باید ظرفیت حرارتی و استقامت مکانیکی رضایت‌بخشی برای تحمل هر ترکیبی از جریان/زمان که ممکن است در هادی یا کابل/محفظه با بزرگ‌ترین سطح مقطع اتفاق بیافتد، داشته باشند.

۱۳-۶-۳-۲- مفصل هادی‌های حفاظتی باید برای بازرسی و انجام آزمون در دسترس باشند. به جز موارد زیر:

- مفصل‌های پر شده با مواد ترکیبی[۳]
- مفصل‌های کپسول شده[۴]
- مفصل‌ها در لوله‌های فلزی، داکت‌کشی[۵] و سیستم‌های باسداکت[۶]
- مفصل‌هایی که مطابق استانداردهای تجهیز، قسمتی از آن را تشکیل می‌دهند.
- مفصل‌هایی که با جوشکاری یا لحیم‌کاری سخت[۷] ساخته شده باشند.
- مفصل‌هایی که به وسیله ابزار پرسی[۸] ساخته شده باشند.

۱۳-۶-۳-۳- نباید هیچ وسیله قطع و وصلی[۹] در مسیر هادی حفاظتی قرار داده شود ولی استفاده از مفصل به گونه‌ای که برای انجام آزمون بتوان آن را با استفاده از نوعی ابزار قطع نمود، مجاز خواهد بود.

۱۳-۶-۳-۴- در جایی که از پایش الکتریکی اتصال زمین[۱۰] استفاده می‌شود، وسایل اختصاصی (به طور مثال حسگرهای عملیاتی[۱۱]، سیم‌پیچ، ترانسفورماتورهای جریان)، نباید به‌صورت سری در مسیر هادی‌های حفاظتی قرار بگیرند.

۱۳-۶-۳-۵- قسمت‌های-رسانای-قابل‌تماس تجهیزات الکتریکی نباید به‌عنوان قسمتی از هادی حفاظتی برای سایر تجهیزات به کار روند مگر مواردی‌که در بند ۱۳-۶-۲-۲ مشخص گردیده‌اند.

---
[1] Joint
[2] Soldering
[3] Compound-Filled Joints
[4] Encapsulated Joints
[5] Ducting
[6] Busbar Trunking Systems
[7] Brazing
[8] Compression Tool
[9] Switching Device
[10] Electrical Monitoring of Earthing
[11] Operating Sensors

۱۳-۶-۴- هادی‌های PEN

۱۳-۶-۴-۱- استفاده از هادی PEN فقط برای تاسیسات الکتریکی نصب ثابت مجاز است و سطح مقطع آن به دلایل مکانیکی نباید از ۱۰ میلی‌مترمربع مسی یا ۱۶ میلی‌مترمربع آلومینیومی کوچک‌تر باشد.

یادآوری- از منظر سازگاری الکترومغناطیسی (EMC[1]) استفاده از هادی PEN در پایین‌دست مبدا تاسیسات توصیه نمی‌شود.

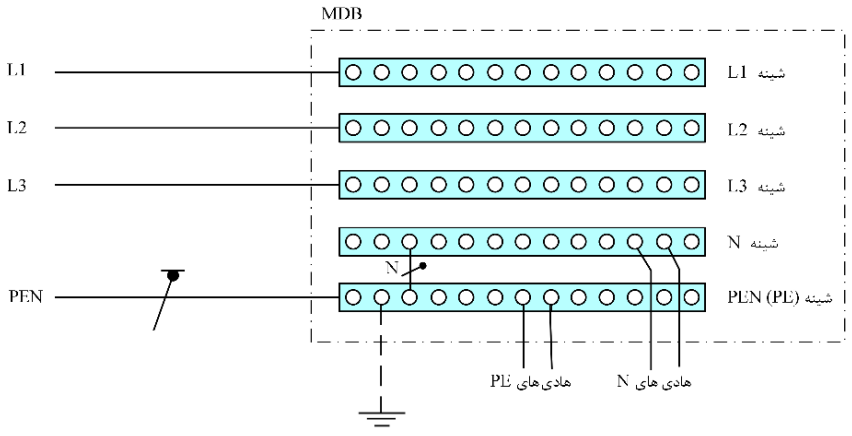
۱۳-۶-۴-۲- هادی PEN باید معادل با ولتاژ نامی هادی فاز، عایق‌بندی شده باشد.

نباید از محفظه فلزی سیستم‌های سیم‌کشی[2] به‌عنوان هادی PEN استفاده شود به جز در مورد سیستم‌های باسداکت[3] که مطابق استاندارد IEC 60439-2 یا سیستم‌های پاورتراک[4] که مطابق با استاندارد IEC 61534-1 تولید شده باشند.

۱۳-۶-۴-۳- از هر نقطه‌ای از تاسیسات که هادی‌های جداگانه‌ای برای عملکرد خنثی و حفاظتی تعبیه شده باشد، اتصال هادی خنثی به هرگونه اجزای زمین شده تاسیسات مجاز نیست. اما انشعاب بیش از یک هادی خنثی و بیش از یک هادی حفاظتی از هادی PEN مجاز است.

هادی PEN باید به ترمینال یا شینه‌ای که برای هادی‌های حفاظتی در نظر گرفته شده است متصل شود، مگر آنکه ترمینال یا شینه به خصوصی برای اتصال هادی PEN وجود داشته باشد (ر.ک. شکل (۱۳-۴)).

۱۳-۶-۴-۴- قسمت‌های-رسانای-بیگانه نباید به‌عنوان هادی PEN استفاده شوند.



MDB تابلو توزیع اصلی

شکل ۱۳-۴- مثالی از نحوه اتصال هادی PEN

[1] EMC: Electromagnetic Compatibility
[2] Wiring Systems
[3] Busbar Trunking Systems
[4] به انگلیسی Powertrack Systems در بخش ۲-۲-۱۹ این نشریه به صورت "سیستم‌های کانال‌های شینه‌دار" ترجمه شده است.

۱۳-۶-۵- هادی‌های مرکب اتصال زمین حفاظتی و عملکردی

در مواقعی که از یک هادی اتصال زمین ترکیبی حفاظتی و عملکردی استفاده می‌شود، باید هم الزامات هادی حفاظتی در مورد آن رعایت شود و هم الزامات عملکردی را برآورد (ر.ک. بخش 444 استاندارد IEC 60364-4-44). در یک سیستم فن‌آوری اطلاعات از هادی برگشت (d.c.) منبع تغذیه، می‌تواند به‌عنوان هادی مرکب اتصال زمین حفاظتی و عملکردی استفاده شود.

یادآوری- اطلاعات بیش‌تر در بخش 7.5.3.1 استاندارد IEC 61140 بیان شده است.

۱۳-۶-۶- جریان عبوری از هادی‌های اتصال زمین حفاظتی (PE)

جریان عبوری از هادی حفاظتی تجهیزات الکتریکی در شرایط عادی بهره‌برداری نباید از مقادیر مشخصی که در بخش 7.6.3 از استاندارد IEC 61140 و بخش 516 و پیوست E از استاندارد IEC 60364-5-51 آورده شده، بیش‌تر باشد.

توصیه می‌شود از هادی اتصال زمین حفاظتی (PE) به‌عنوان مسیر هدایت جریان در شرایط عادی بهره‌برداری (به طور مثال اتصال فیلترها برای دلایل EMC) استفاده نشود (ر.ک. استاندارد IEC 61140). چنانچه جریان در شرایط عادی بهره‌برداری از ۱۰ میلی‌آمپر تجاوز کند باید از هادی حفاظتی تقویت شده[1] استفاده شود (ر.ک. بخش ۵۴۳-۷ استاندارد ملی ایران به شماره ۵۴-۵-۱۹۳۷).

۱۳-۶-۷- آرایش هادی‌های حفاظتی

زمانی‌که از وسایل اضافه جریان برای حفاظت در برابر برق‌گرفتگی استفاده می‌شود، هادی حفاظتی باید در سیستم سیم‌کشی[2] مشابه با هادی‌های برق‌دار اجرا شود یا دقیقاً در مجاورت[3] آن‌ها نصب شود.

۱۳-۷- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده[4]

انواع هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده به شرح زیر است:

۱) هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی، که خود به سه صورت زیر ممکن است تقسیم‌بندی شود:

- اصلی[5]
- تکمیلی[6]

[1] Reinforced Protective Conductor
[2] Wiring System
[3] Immediate Proximity
[4] Equipotential Bonding
[5] Main Protective Equipotential Bonding
[6] Supplementary Protective Equipotential Bonding

• هم‌بندی محلی بدون-زمین[1] (ر.ک. پیوست پ استاندارد ملی ایران به‌شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷)

۲) هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده عملکردی[2] (ر.ک. فصل ۱۴)

۳) هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه (ر.ک. فصل ۱۵)

۱۳-۷-۱- سطح مقطع هادی هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی اصلی (به اختصار هم‌بندی اصلی)

سطح مقطع هادی هم‌بندی حفاظتی برای اتصال به ترمینال اصلی اتصال زمین نباید از نصف سطح مقطع بزرگ‌ترین هادی اتصال زمین حفاظتی (PE) تاسیسات کوچک‌تر بوده و در عین حال نباید از مقادیر زیر نیز کوچک‌تر باشد:

• ۶ میلی‌مترمربع مسی

• ۱۶ میلی‌مترمربع آلومینیومی

• ۵۰ میلی‌مترمربع فولادی.

سطح مقطع هادی‌های هم‌بندی حفاظتی برای اتصال به ترمینال اصلی اتصال زمین نیاز نیست از ۲۵ میلی‌مترمربع مسی (یا سطح مقطع معادل آن برای سایر مواد) بزرگ‌تر باشد.

۱۳-۷-۲- سطح مقطع هادی هم‌بندی هم‌پتانسیل کننده حفاظتی تکمیلی

۱۳-۷-۲-۱- سطح مقطع هادی هم‌بندی حفاظتی که دو قسمت-رسانای-قابل‌تماس را به هم متصل می‌کند نباید از هادی حفاظتی متصل به آن دو (هر کدام کوچک‌ترند) کم‌تر باشد.

۱۳-۷-۲-۲- سطح مقطع هادی هم‌بندی حفاظتی که قسمت-رسانای-قابل‌تماس را به قسمت-رسانای-بیگانه متصل می‌کند نباید از نصف سطح مقطع هادی حفاظتی متصل به قسمت-رسانای-قابل‌تماس کم‌تر باشد.

۱۳-۷-۲-۳- حداقل سطح مقطع هادی‌های هم‌بندی حفاظتی برای هم‌بندی تکمیلی و هادی‌های حفاظتی بین قسمت‌های-رسانای-بیگانه، باید مطابق بند ۱۳-۶-۱-۳ باشد.

[1] Earth-Free Local Equipotential Bonding
[2] Functional Equipotential Bonding

۱۳-۷-۳- هم‌بندی تکمیلی در مسیرهای هدایت کابل

۱۳-۷-۳-۱- تمامی اجزای فلزی مورد استفاده در مسیرهای هدایت کابل (اعم از فشارقوی، فشارضعیف و جریان ضعیف) باید به شکل موثری به یکدیگر هم‌بند شوند. این هم‌بندی هم با اهداف حفاظتی (تامین ایمنی) و هم با اهداف عملکردی (کاهش تداخلات الکترومغناطیسی) انجام می‌شود. در صورت نیاز، می‌توان شبکه هم‌بند مسیر هدایت کابل را به اجزای فلزی سازه و تاسیسات فلزی ساختمان هم‌بند کرد.

۱۳-۷-۳-۲- هم‌بندی تکمیلی مسیرهای هدایت کابل به یکی از دو صورت زیر یا ترکیبی از آن‌ها قابل انجام است:

۱) پیش‌بینی حداقل یک رشته هادی هم‌بندی با سطح مقطع مناسب از جنس مس، آلومینیوم یا گالوانیزه عمقی داغ در تمام مسیر هدایت کابل ساختمان و اتصال تمام اجزای فلزی به آن با استفاده از کلمپ مناسب.

۲) جامپر کردن اجزای فلزی سیستم مدیریت کابل به یکدیگر در تمام نقاط انفصال[۱].

در مسیرهای هدایت کابل، هادی هم‌بندی تکمیلی باید هر جا که به یک تابلوی توزیع برق یا جعبه اتصالات سیستم‌های جریان ضعیف وارد یا از آن خارج می‌شود، مستقیماً به شینه PE/PEN یا FE آن متصل شود.

۱۳-۷-۴- شبکه هم‌بندی در اسکلت ساختمان

۱۳-۷-۴-۱- تعبیه یک شبکه هم‌بندی در اسکلت ساختمان برای تامین اهداف زیر ضرورت دارد:

۱) دسترسی به قسمت‌های فلزی اسکلت در نقاطی که اجرای هم‌بندی اصلی و تکمیلی الزامی است (ر.ک. شکل (۱۳-۵)).

۲) ایجاد یک شبکه هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده عملکردی با امپدانس پایین برای ساختمان‌هایی که تعداد قابل توجهی تجهیزات و شبکه‌های الکترونیکی و مخابراتی حساس در آن‌ها وجود دارد.

۳) تامین موارد زیر برای ساختمان‌هایی که مجهز به سیستم حفاظت صاعقه خارجی هستند (ر.ک. شکل (۱۳-۶)):

- ایجاد یک شبکه هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه امپدانس پایین برای سیستم‌های داخلی[۲]
- امکان انجام هم‌بندی سیستم حفاظت صاعقه خارجی با اسکلت ساختمان به منظور رعایت الزامات فاصله جدایی
- استفاده از شبکه هم‌بندی اسکلت به‌عنوان اجزای طبیعی[۳] برای هادی نزولی سیستم حفاظت صاعقه
- ایجاد یک شبکه شیلد الکترومغناطیسی فراگیر برای سیستم‌های داخلی ساختمان.

---

[۱] در صورت استفاده از روش دوم، در صورت وقوع قطعی در هر یک از جامپرها، ممکن است پیوستگی الکتریکی شبکه هم‌بندی از بین برود.

[2] Internal Systems

[3] Natural Components

۱۳-۷-۴-۲- توصیه می‌شود شینه‌های PE/PEN تابلوهای توزیع در تمام طبقات ساختمان و شینه‌های اصلی اتصال زمین و شینه‌های هم‌بندی تکمیلی ساختمان به شکل موثری به شبکه هم‌بندی اسکلت ساختمان متصل شوند.

۱۳-۷-۴-۳- در ساختمان‌هایی که بخشی یا کل اسکلت به‌صورت بتنی است باید یک شبکه هم‌بندی گسترده و پیوسته به‌صورت حلقه بسته به شرح زیر طراحی و اجرا شود:

۱) از حداقل یک رشته هادی مجاز مطابق با جدول (۱۳-۵) برای اجرای هم‌بندی اسکلت استفاده شود.

۲) در صورتی‌که قرار باشد از شبکه هم‌بندی اسکلت به‌عنوان هادی نزولی سیستم حفاظت صاعقه استفاده شود، سطح مقطع هادی هم‌بندی در مسیرهای بالارو (ستون‌ها) باید مطابق جدول (۱۳-۲) انتخاب شود.

۳) هادی هم‌بندی اسکلت در تمام مسیر خود باید در فواصلی که بیش‌تر از ۲ متر نباشد به آرماتورهای ترجیحاً متعامد با خود به شکل موثری متصل شود.

۴) در هر طبقه از ساختمان باید حداقل یک رینگ به‌صورت حلقه بسته دور تا دور طبقه اجرا شود، به گونه‌ای که تمامی ستون‌های پیرامونی سازه را به هم متصل کند.

۵) بسته به حساسیت ساختمان و کاربری آن لازم است شبکه هم‌بندی اسکلت در طبقات مختلف به‌صورت مش‌هایی با ابعاد ۵×۵ متر الی ۲۰×۲۰ متر (در هر سه بعد هندسی شامل کف، سقف، ستون و دیوار) در نظر گرفته شود (ر.ک. شکل (۱۳-۶)).

یادآوری ۱- ممکن است ابعاد شبکه مش در قسمت‌های مختلف ساختمان با هم برابر نباشد. بسته به ضرورت در برخی قسمت‌ها که تمرکز تجهیزات حساس وجود دارد، شاید شبکه مشی با ابعاد کوچک‌تر لازم باشد، در حالی که در مابقی ساختمان ابعاد بزرگ‌تر کفایت کند.

یادآوری ۲- پارامترهای تاثیرگذار بر روی ابعاد شبکه مش عبارتند از (به‌عنوان مثال): میزان حضور و تمرکز تجهیزات حساس الکترونیکی و مخابراتی، فرکانس کاری شبکه کامپیوتری، نصب سیستم حفاظت صاعقه در ساختمان، استفاده از شبکه مش به‌عنوان شیلد مغناطیسی و غیره.

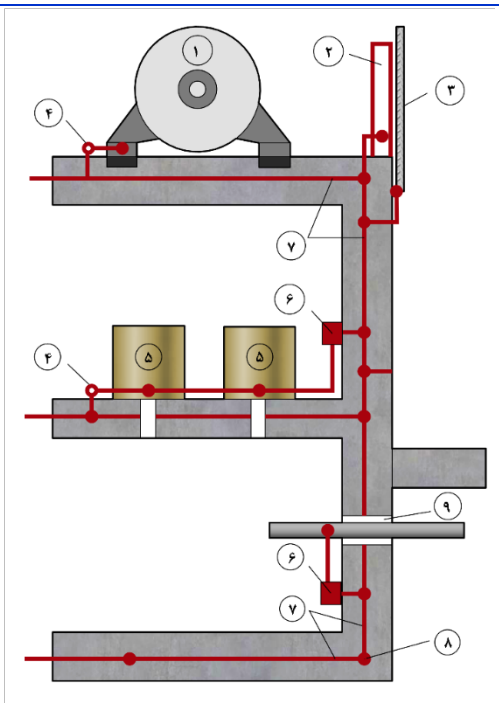
۶) در تمامی نقاط زیر باید یک نقطه/صفحه اتصال هم‌بندی بر روی ستون یا دیوارهای بتنی تعبیه شود:

- در مجاورت تابلوهای توزیع برق،
- در مجاورت تمام فضاهایی که نیاز به انجام هم‌بندی تکمیلی دارند،
- در بام، خرپشته و نمای خارجی ساختمان جهت اتصال سیستم ترمینال هوایی حفاظت صاعقه، در صورت وجود.

جدول ۱۳-۵- حداقل اندازه هادی‌های مجاز به‌عنوان هم‌بندی حفاظتی/عملکردی تعبیه شده در اسکلت بتنی ساختمان

مواد و سطح	شکل	قطر mm	سطح مقطع mm^2	ضخامت mm	وزن روکش g/m^2	ضخامت روکش/غلاف µm
مس	تسمه	–	۳۰	۱٫۵	–	–
	هادی مدور	۶	۲۸	–	–	–
فولاد ضدزنگ[1]	تسمه	–	۵۰	۲	–	–
	هادی مدور	۸	۵۰	–	–	–
فولاد گالوانیزه عمقی داغ[2]	تسمه	–	۵۰	۲	۵۰۰	۶۳
	هادی مدور	۸	۵۰	–	۳۵۰	۴۵

۱- ۱۶٪ ≤ کروم، ۵٪ ≤ نیکل، ۲٪ ≤ مولیبدیم، ۰٫۰۸٪ ≤ کربن.
۲- روکش باید صاف، پیوسته و فاقد شُرّه باشد.



۱ منبع تغذیه الکتریکی (ترانسفورماتور، مولد برق پشتیبان)
۲ تیر فولادی (تیر آهن)
۳ پوشش فلزی نمای ساختمان
۴ صفحه اتصال هم‌بندی
۵ تجهیزات الکتریکی یا الکترونیکی
۶ شینه هم‌بندی
۷ آرماتورهای فولادی در بتن (به همراه هادی‌های شبکه مش اضافه شده)
۸ الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن
۹ دریچه ورودی مشترک برای خدمات مختلف (مانند لوله‌های فلزی آب، گاز و فاضلاب)

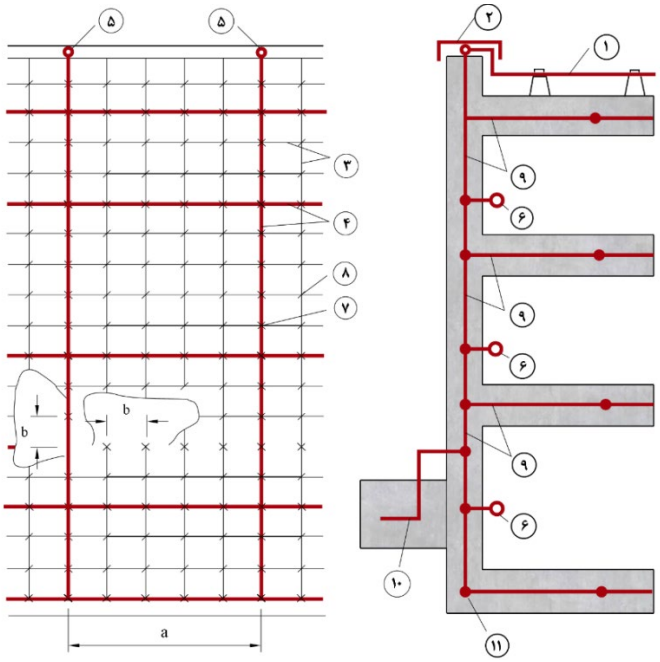
شکل ۱۳-۵- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده در اسکلت بتنی ساختمان

۱۳-۷-۴-۴- ساختمان‌های با اسکلت فلزی (جوشی یا پیچ و مهره‌ای) معمولا به لحاظ الکتریکی پیوسته هستند و در نتیجه نیازی به اجرای هادی هم‌بندی برای اتصال اجزای مختلف آن به هم نیست.

یادآوری- پیوستگی الکتریکی سازه را می‌توان به قرار توضیحات ارایه شده در بند ۱۵-۴-۴ فصل ۱۵، مورد آزمون و ارزیابی قرار داد.

۱۳-۷-۴-۵- در صورت اجرای الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در خاک، باید شبکه هم‌بندی اسکلت بر روی فونداسیون ساختمان (هم برای اسکلت بتنی و هم برای اسکلت فلزی) مطابق ۱۳-۵-۲-۳ اجرا گردیده و سپس این دو، در فواصل حداکثر ۲۰ متر یک‌بار به شکل مناسب به یکدیگر متصل شوند. در این حالت شبکه هم‌بندی می‌تواند بر روی سطح آرماتورهای فوقانی فونداسیون تعبیه شود.

یادآوری- در صورت اجرای الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن، اجرای یک شبکه جداگانه برای هم‌بندی اسکلت در تراز فونداسیون ضرورت ندارد، مشروط بر آن که الکترود زمین فونداسیون الزامات حفاظتی و عملکردی مورد نیاز شبکه هم‌بندی اسکت در تراز فونداسیون را برآورده کند.



۱	هادی ترمینال هوایی (سیستم حفاظت صاعقه)	۸	اتصال اختیاری آرماتورها به هم (مثلا توسط سیم‌مفتول)
۲	پوشش فلزی جان‌پناه بام (فلاشینگ)	۹	آرماتورهای فولادی در بتن (به همراه هادی‌های شبکه مش اضافه شده)
۳	آرماتورهای فولادی	۱۰	الکترود زمین رینگ (در صورت وجود)
۴	هادی‌های شبکه مش اضافه شده به آرماتور	۱۱	الکترود زمین فونداسیون تعبیه شده در بتن
۵	صفحه اتصال هادی مش (شبکه هم‌بندی اسکلت)	a	فاصله نوعی ۵ متر برای ابعاد شبکه مش اضافه شده
۶	صفحه اتصال برای شینه هم‌بندی داخلی	b	فاصله نوعی ۱ متر برای اتصال هادی شبکه مش به آرماتور
۷	اتصال هادی شبکه مش به آرماتور با استفاده از کلمپ		

شکل ۱۳-۶- استفاده از آرماتورهای اسکلت بتنی ساختمان برای هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده

۱۳-۸- آرایش اتصال زمین در تاسیسات الکتریکی با تغذیه فشارقوی

۱۳-۸-۱- اگر سیستم‌های اتصال زمین فشارضعیف و فشارقوی در مجاورت یکدیگر قرار گرفته و تشکیل سیستم اتصال زمین سراسری نداده باشند، بخشی از EPR[1] از سیستم HV[2] می‌تواند به سیستم LV[3] منتقل شود. برای اجتناب از این مشکل، در حال حاضر دو روش زیر به کار می‌رود:

الف) اتصال تمام سیستم‌های اتصال زمین HV و LV به هم.

ب) جدایی کامل سیستم‌های اتصال زمین HV از LV.

در هر دو مورد، الزامات مربوط به پتانسیل‌های گام، تماس و انتقالی[4] داخل پست و در تاسیسات LV تغذیه شده از آن پست باید رعایت گردند.

یادآوری- در صورتی‌که اجرایی کردن الزامات مورد نیاز مشروح در این بخش قابل انجام باشد، اتصال تمام سیستم‌های اتصال زمین HV و LV به هم ترجیح داده می‌شود[5].

۱۳-۸-۲- می‌توان برای کاهش ولتاژهای گام و تماسی که در خلال اتصال کوتاه ظاهر می‌شوند، درجه‌بندی (یکنواخت کردن) پتانسیل را با نصب الکترودهای زمین انجام داد.

یادآوری- برای درجه‌بندی پتانسیل معمولا الکترودهای زمین در فاصله افقی ۱ متر از تجهیزات یا هر جرم رسانای دیگر و در عمق ۰٫۵ متر از سطح زمین دفن شده و به سیستم اتصال زمین متصل می‌شوند (ر.ک. بند ۱۵-۶-۳-۴).

۱۳-۸-۳- الزامات ویژه‌ای که باید برای تاسیسات فشارقوی (شامل پست‌ها) رعایت گردند در بخش ۱۰ استاندارد بین‌المللی IEC 61936-1 و استاندارد اروپایی EN 50522 ارایه شده است. همچنین الزاماتی که باید برای حفاظت از تاسیسات LV در برابر اضافه ولتاژهای موقتی ناشی از وقوع خطاهای زمین در سیستم تغذیه HV رعایت گردند، در فصل ۱۴ و بخش 442 استاندارد IEC 60364-4-44 شرح داده شده است.

یادآوری- راهنمایی‌های بیش‌تری در خصوص ارتباط زیرسیستم‌های LV و HV، شامل مثال‌هایی از چیدمان اتصال زمین[6]، در پیوست الف استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳ ذکر شده‌اند.

---

[1] EPR/GPR: Earth/Ground Potential Rise
[2] HV: High Voltage
[3] LV: Low Voltage
[4] Transfer
[5] Interconnection Is Preferred When Practicable.
[6] Earthing Layouts

۱۳-۹- زمین کردن شیلد و زره فلزی کابل

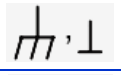
۱۳-۹-۱- شیلد و زره فلزی کابل‌های برق چندرشته و کابل مخابراتی و IT، که کل مسیر آن‌ها در داخل یک ساختمان است، در صورت امکان باید در هر دو سمت به شکلی مناسب مستقیماً زمین شده و/یا در سمت مصرف‌کننده یا تجهیز، به قسمت-رسانای-قابل‌تماس مربوطه متصل گردند[۱].

۱۳-۹-۲- اگر شیلد و زره یک کابل برق تک‌رشته در هر دو طرف زمین شود، باید اثر حرارتی ناشی از جاری شدن جریان القایی در شیلد کابل در کاهش ظرفیت جریانی آن در نظر گرفته شود. در صورتی‌که این کاهش ظرفیت قابل قبول نباشد، با در نظر گرفتن سایر ملاحظات می‌توان شیلد و زره چنین کابل‌هایی را تنها از یک طرف زمین کرد (ر.ک. بخش ۶-۱۱-۳ و ۹-۱۲-۲ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳).

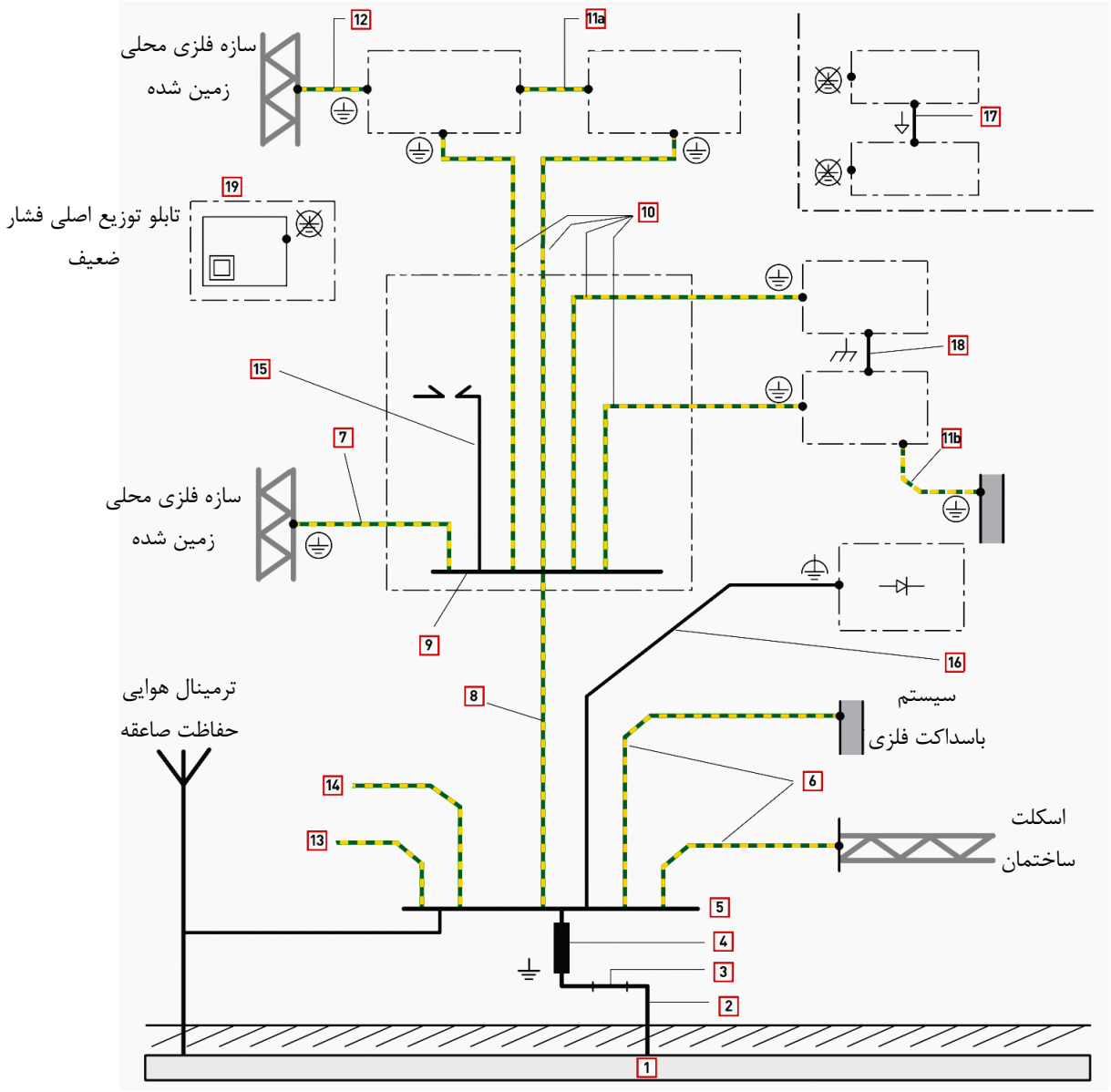
۱۳-۹-۳- شیلد و زره فلزی تمامی انواع کابل‌ها که از خارج ساختمان به آن وارد می‌شوند باید در نزدیک‌ترین فاصله از نقطه ورود، به شکلی مناسب به سیستم اتصال زمین آن ساختمان متصل شوند. در صورتی‌که اتصال مستقیم به دلایل فنی مجاز نباشد، اتصال باید با استفاده از یک ایزوله‌کننده قوسی (ISG) صورت گیرد.

۱۳-۱۰- علائم ترسیمی

جدول ۱۳-۶- علائم ترسیمی مطابق استاندارد IEC 60617

شرح علامت	علامت
زمین، علامت کلی	
اتصال زمین حفاظتی (PE)	
هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی	
اتصال زمین عملکردی	
هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده عملکردی	
قسمت-رسانای-قابل‌تماسی که نباید به سیستم اتصال زمین حفاظتی ساختمان متصل شود.	
تجهیزات با عایق‌بندی مضاعف (دوبل)	

[۱] در کابل‌های کنترلی و ابزاردقیق ممکن است برای کاهش تداخلات الکترومغناطیسی نیاز شود شیلد فلزی از یک طرف زمین شده و در طرف دیگر عایق شود. (اطلاعات بیش‌تر در استاندارد IEEE Std 1050 بیان شده است)



۱ الکترود زمین
۲ هادی اتصال زمین
۳ وسیله جداکننده برای اندازه‌گیری
۴ شینه یا ترمینال یا مفصل
۵ شینه یا ترمینال اصلی اتصال زمین
۶ هادی‌های هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده اصلی
۷ هادی‌های هم‌بندی اصلی
۸ هادی حفاظتی اصلی
۹ شینه یا ترمینال هادی‌های حفاظتی
۱۰ هادی‌های حفاظتی
۱۱ اتصال هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده تکمیلی
۱۲ اتصال هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده محلی
۱۳ هادی حفاظتی ترانسفورماتور LV و HV
۱۴ یک هادی اتصال به‌عنوان قسمت-رسانای-قابل‌تماس فشارقوی
۱۵ اتصال زمین وسیله حفاظتی سرج (SPD)
۱۶ هادی زمین عملکردی
۱۷ اتصال هم‌بندی محلی بدون زمین
۱۸ هادی هم‌بندی عملکردی
۱۹ تجهیز کلاس II

شکل ۱۳-۷- مثالی از علائم ترسیمی برای سیستم اتصال زمین در یک ساختمان نوعی

فصل ۱۴

حفاظت در برابر اغتشاشات ولتاژی و اغتشاشات الکترومغناطیسی

۱۴-۱- دامنه پوشش

این فصل از نشریه به موضوعات زیر می‌پردازد:

- الزامات در خصوص محدود کردن ولتاژ جهت دست‌یابی به هماهنگی عایقی مورد نیاز تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها.
- الزامات حفاظت از تاسیسات الکتریکی ساختمان در برابر اضافه‌ولتاژ گذرا[1] و نحوه نصب و انتخاب آن‌ها.
- الزامات مربوط به ایمنی تاسیسات الکتریکی در صورت وقوع اغتشاشات ولتاژی و اغتشاشات الکترومغناطیسی که به علل مشخص مختلفی تولید شده‌اند.

۱۴-۱-۱- ضوابط ارایه شده در این فصل از نشریه قابل تعمیم به شبکه‌های توزیع عمومی برق یا شبکه‌های تولید و انتقال نیرو نیست، اگرچه اغتشاشات از طریق همین سیستم‌های تغذیه ممکن است به سمت تاسیسات الکتریکی هدایت شود.

۱۴-۲- تعاریف و اصطلاحات

۱۴-۲-۱- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده

equipotential bonding

ایجاد اتصال الکتریکی بین قسمت‌های رسانا با هدف هم‌پتانسیل‌سازی.

۱۴-۲-۲- شبکه هم‌بندی (BN)

bonding network (BN)

مجموعه‌ای از سازه‌های رسانای به هم متصل که قابلیت "شیلد الکترومغناطیسی" را برای سیستم‌های الکترونیکی در محدوده فرکانسی از جریان مستقیم (d.c.) تا فرکانس‌های پایین رادیویی[2] ایجاد می‌کنند.

۱۴-۲-۳- هادی هم‌بندی رینگ (BRC)

bonding ring conductor (BRC)

هادی/شینه اتصال زمین به شکل حلقه بسته دور تا دور یک اتاق یا طبقه‌ای از ساختمان.

[1] Transient Overvoltage
[2] Low Radio Frequency

۱۴-۲-۴- سیستم هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده مشترک (یا شبکه هم‌بندی مشترک) (CBN)

common equipotential bonding system
common bonding network (CBN)
سیستم هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده‌ای که هم‌زمان هم‌بندی-هم‌پتانسیل‌کننده-حفاظتی و هم‌بندی-هم‌پتانسیل‌کننده-عملکردی را تامین می‌کند.

۱۴-۲-۵- شبکه هم‌بندی مش شده (MESH-BN)

meshed bonding network (MESH-BN)
شبکه هم‌بندی عموماً به شکل مش که در آن تمام چارچوب‌ها، رک‌ها، کابینت‌ها و معمولا هادی برگشت تغذیه (d.c.) تجهیزات مرتبط با هم به یکدیگر هم‌بند شده و علاوه بر این در نقاط متعدد به CBN نیز متصل می‌شوند.
یادآوری- شبکه هم‌بندی مش شده (MESH-BN)، شبکه هم‌بندی مشترک (CBN) را تقویت می‌کند.

۱۴-۲-۶- هادی هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده بای‌پس (یا هادی اتصال زمین موازی) (PEC)

by-pass equipotential bonding conductor
parallel earthing conductor (PEC)
هادی اتصال زمین که با هدف محدود کردن جریان عبوری از شیلد کابل‌های سیگنال و/یا داده به‌صورت موازی به آن‌ها متصل می‌شوند.

۱۴-۲-۷- سرج[1]

surge
پدیده گذرای ایجاد شده به‌وسیله ضربه الکترومغناطیسی صاعقه که به‌صورت اضافه ولتاژ و/یا اضافه جریان ظاهر می‌شود.

۱۴-۲-۸- وسیله حفاظتی سرج[2] (SPD)

surge arrester
surge protective device (SPD)
تجهیزی است که اضافه ولتاژهای گذرا را محدود و سرج‌های جریان را به زمین منحرف می‌کند و حداقل شامل یک المان غیرخطی است.

۱۴-۲-۹- سیستم SPD هماهنگ‌شده

coordinated SPD system

---

[1] در برخی منابع از واژه "فراتاخت" استفاده شده است.
[2] در برخی منابع به‌صورت "برق‌گیر حفاظتی" نام‌گذاری شده است.

ادوات SPD که به درستی انتخاب، هماهنگ و نصب شده‌اند تا سیستمی را جهت کاهش خرابی سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی تشکیل دهند.

۱۴-۲-۱۰- حداکثر ولتاژ کار دایم (U_C)

maximum continuous operating voltage

حداکثر ولتاژ (a.c.) مؤثر یا (d.c.) که به طور دایم در حالت‌های حفاظتی به SPD اعمال می‌شود. این مقدار معادل با ولتاژ اسمی است.

۱۴-۲-۱۱- تراز حفاظت ولتاژ (U_P)

voltage protection level

عددی است که کارکرد SPD را در محدود کردن ولتاژ دو سر ترمینال‌های خود مشخص می‌کند. این مقدار از بالاترین سطح ولتاژ محدود شده اندازه‌گیری شده، بزرگ‌تر است. تراز حفاظت ولتاژ بر اساس لیستی از مقادیر ترجیحی انتخاب می‌شود.

۱۴-۲-۱۲- جریان تخلیه نامی (I_n)

nominal discharge current

مقدار پیک جریان با شکل موج ۸/۲۰ است که از SPD عبور می‌کند و برای دسته‌بندی SPDها در آزمون کلاس II و همچنین به‌عنوان یک پیش‌شرط برای آزمون‌های کلاس I و II استفاده می‌شود.

۱۴-۲-۱۳- جریان ضربه (I_{imp})

impulse current

این جریان با سه پارامتر، مقدار پیک جریان ضربه‌ای I_{peak}، بار الکترونی Q و انرژی مخصوص W/R، تعریف می‌شود. از این پارامتر برای آزمون کلاس I در دسته‌بندی SPDها استفاده می‌شود.

۱۴-۲-۱۴- ولتاژ قابل تحمل ضربه‌ای اسمی (U_w)

rated impulse withstand voltage

ولتاژی است که توسط سازنده برای کل و یا قسمتی از یک دستگاه در سیستم معرفی می‌شود و مشخص کننده توانایی تحمل عایقی آن در برابر اضافه ولتاژها است. در این نشریه تنها ولتاژ تحمل عایقی بین قسمت‌های برق‌دار و زمین مورد نظر است.

۱۴-۲-۱۵- مجموعه (یا شاکله) SPD

SPD assembly

به یک یا چند SPD، به همراه تمامی قطع‌کننده‌هایی که توسط سازنده در کنار SPD الزام شده‌اند گفته می‌شود، که حفاظت اضافه ولتاژ مورد نیاز بر اساس نوع سیستم زمین را فراهم می‌کند.

۱۴-۲-۱۶- جریان دنباله (I_f)

follow current (I_f)

جریانی است که توسط سیستم قدرت الکتریکی تامین می‌شود و پس از تخلیه جریان ضربه از SPD عبور می‌کند. جریان دنباله به طور قابل توجهی از جریان کار دایم[1] (I_C) متفاوت است.

۱۴-۲-۱۷- قدرت قطع جریان دنباله (I_{fi})

follow current interrupt rating

جریان اتصال کوتاه قابل انتظاری[2] است که SPD قادر است بدون عمل‌کردن جداکننده[3]، آن را قطع کند.

۱۴-۲-۱۸- جریان باقی‌مانده

residual current (I_Δ)

مقدار RMS[4] بردار مجموع مقادیر لحظه‌ای تمامی جریان‌هایی که از مدار اصلی وسیله جریان باقی‌مانده عبور می‌کند.

۱۴-۲-۱۹- وسیله (حفاظتی) جریان باقی‌مانده (RCD)

residual current (protective) device (RCD)

کلید مکانیکی یا مجموعه‌ای از قطعاتی است که تحت شرایط خاص در زمان رسیدن جریان باقی‌مانده‌ای بیش از یک مقدار تعیین شده، قطع می‌کند.

۱۴-۲-۲۰- اضافه ولتاژ موقتی

temporary overvoltage

اضافه ولتاژ نسبتاً طولانی مدت (کسری از ثانیه تا چند ثانیه) در فرکانس اصلی قدرت

۱۴-۲-۲۱- اضافه ولتاژ گذرا

transient overvoltage

اضافه ولتاژی با مدت زمان در حدود چند میلی‌ثانیه یا کم‌تر، به‌صورت نوسانی یا غیر نوسانی، معمولا شدیداً میرا شده

---

[1] Continuous Operating Current
[2] Prospective Short-Circuit Current
[3] Disconnector
[4] Root Mean Square

۱۴-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی هستند که در متن این فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این فصل الزامی است:

- استاندارد ملی ایران به شماره ۴۳-۴-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف – قسمت ۴-۴۳: حفاظت برای ایمنی – حفاظت در برابر اضافه جریان.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳، زمین حفاظتی تاسیسات الکتریکی – آیین کار.
- IEC 60364-4-44:2007+AMD1:2015+AMD2:2018, Low-voltage electrical installations-Part 4-44: Protection for safety - Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances.
- IEC 60364-5-53:2019, Low-voltage electrical installations - Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Devices for protection for safety, isolation, switching, control and monitoring.
- IEC 61643-11:2011, Low-voltage surge protective devices - Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Requirements and test methods.
- IEC 61643-12:2020, Low-voltage surge protective devices - Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Selection and application principles.
- IEC 61643-21:2000+AMD1:2008+AMD2:2012, Low voltage surge protective devices - Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - Performance requirements and testing methods.
- IEC 61643-22:2015, Low-voltage surge protective devices - Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - Selection and application principles.
- IEC 60664-1:2020, Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems - Part 1: Principles, requirements and tests.
- IEC 61000-4-5:2014+AMD1:2017, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test.
- IEC 61009-1:2010+AMD1:2012+AMD2:2013, Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) - Part 1: General rules.
- IEC 61008-1:2010+AMD1:2012+AMD2:2013, Residual current operated circuit-breakers without. integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) - Part1: General rules.
- IEC 60038:2009, IEC standard voltages.
- ISO/IEC 30129:2015+AMD1:2019, Information Technology-Telecommunications bonding networks for buildings and other structures.

۱۴-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در حفاظت در برابر اغتشاشات ولتاژی و اغتشاشات الکترومغناطیسی ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه‌نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

در صورتی‌که در خصوص بخشی یا کل آزمون‌های مورد نیاز برای یک قطعه، وسیله یا تجهیز، استاندارد ملی ایران و شیوه‌نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، هر دو موجود نباشند، انجام آزمون مطابق استانداردهای بین‌المللی نظیر IEC و ISO در یک آزمایشگاه معتبر و صاحب صلاحیت[۱] و اخذ گواهی آزمون ضروری است.

فهرستی از قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در حفاظت در برابر اغتشاشات ولتاژی و اغتشاشات الکترومغناطیسی و استانداردهای ساخت و آزمون مربوطه در جدول (۱۴-۱) آمده است.

طراحی، اجرا، نظارت و آزمون و تحویل حفاظت در برابر اغتشاشات ولتاژی و اغتشاشات الکترومغناطیسی مطابق الزامات بیان شده در این فصل باید به ترتیب توسط طراحان، مجریان، ناظران و بازرسان متخصص و کارآزموده که دارای مجوز مرتبط و معتبر از مراجع ذیصلاح ملی و/یا گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشند، انجام شود.

جدول۱۴-۱- استاندارد ساخت و آزمون

ردیف	شرح تجهیز	استاندارد ساخت و آزمون
۱	وسیله حفاظتی سرج (SPD) فشار ضعیف	IEC 61643-11
۲	وسیله حفاظتی سرج (SPD) جریان ضعیف	IEC 61643-21
۳	سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)	IEC 61000

۱۴-۴- حفاظت از تاسیسات فشار ضعیف در برابر اضافه‌ولتاژهای موقتی ناشی از وقوع خطا

۱۴-۴-۱- علل اصلی ایجاد اضافه‌ولتاژهای موقتی شدید در تاسیسات الکتریکی به قرار زیر هستند:

- وقوع اتصالی بین سمت فشار قوی و زمین در پست ترانسفورماتوری که تاسیسات فشار ضعیف را تغذیه می‌کند (ر.ک[۲]. بخش 442.2 استاندارد IEC 60364-4-44).
- قطع هادی خنثی در سیستم TN و TT (ر.ک. بخش 442.3 استاندارد IEC 60364-4-44).

---

[۱] صلاحیت آزمایشگاه توسط یکی از مراجع ذیصلاح ملی (شامل سازمان ملی استاندارد ایران یا مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) تعیین می‌شود.

[۲] رجوع کنید.

- اتصال زمین اتفاقی[1] در سیستم IT با هادی خنثای توزیع شده (ر.ک. بخش 442.4 استاندارد IEC 60364-4-44).
- وقوع اتصال کوتاه بین هادی‌های فاز و خنثی در تاسیسات فشار ضعیف (ر.ک. بخش 442.5 استاندارد IEC 60364-4-44).

یادآوری- الزامات آرایش اتصال زمین در پست‌های ترانسفورماتوری در بخش ۱۳-۸ فصل ۱۳ عنوان شده است.

۱۴-۴-۲- وقوع اضافه ولتاژ موقتی باعث اعمال تنش ولتاژی به سیستم عایقی تجهیزات و تاسیسات الکتریکی می‌شود. مقدار این اضافه ولتاژها باید توسط تدابیر مناسب نظیر کاهش مقدار مقاومت آرایش اتصال زمین، کاهش جریان اتصال کوتاه زمین، جدا کردن آرایش اتصال زمین HV[2] و LV[3] از هم و کاهش مدت زمان برقراری خطای اتصال کوتاه، تا حد ممکن کاهش یابد. در هر صورت سطح عایقی تجهیزات و تاسیسات الکتریکی باید به گونه‌ای انتخاب شود که تحمل بزرگ‌ترین تنش‌های ولتاژی ناشی از اضافه ولتاژ موقتی را داشته باشد.

۱۴-۵- حفاظت در برابر اضافه‌ولتاژهای گذرا با منشاء جوی یا ناشی از کلیدزنی (قطع و وصل)

۱۴-۵-۱- کلیات

در حالت کلی اضافه‌ولتاژهای کلیدزنی[4] اندازه کوچک‌تری در مقایسه با اضافه ولتاژهای گذرای دارای منشاء جوی[5] دارد. در نتیجه، الزامات حفاظت در برابر اضافه ولتاژهای گذرا با منشاء جوی به طور معمول الزامات حفاظت در برابر اضافه ولتاژهای کلیدزنی را نیز پوشش می‌دهد. در صورتی‌که هیچ‌گونه حفاظت اضافه ولتاژ گذرایی در برابر اغتشاشات با منشاء جوی نصب نشده باشد، ممکن است حفاظت در برابر اضافه ولتاژ کلیدزنی نیز ضرورت یابد.

یادآوری- اضافه‌ولتاژهای ناشی از کلیدزنی می‌تواند بازه زمانی طولانی‌تری داشته و حامل انرژی بیش‌تری نسبت به اضافه ولتاژهای گذرا با منشاء جوی باشد.

حفاظت در برابر اضافه ولتاژهای گذرا به‌وسیله نصب وسایل حفاظت سرج[6] موسوم به SPD فراهم می‌شود. در صورتی‌که استفاده از SPD برای خطوط تغذیه برق نیاز شود، پیشنهاد می‌شود برای سایر خطوط از قبیل خطوط مخابرات نیز SPD پیش‌بینی شود.

[1] Accidental Earthing
[2] HV: High Voltage
[3] LV: Low Voltage
[4] Switching Overvoltage
[5] Atmospheric Origin
[6] SPDs: Surge Protective Devices

در این نشریه، در مورد الزامات حفاظت در برابر اضافه ولتاژهای گذرا که از طریق سیستم‌های انتقال داده[1] منتقل می‌شود بحث نشده و باید برای اینگونه موارد به استاندارد IEC 61643-22 مراجعه شود.

۱۴-۵-۲- ضرورت تعبیه وسیله حفاظتی سرج در تاسیسات الکتریکی

ضرورت نصب وسیله حفاظتی سرج (SPD) برای تاسیسات الکتریکی به طرق زیر قابل تعیین است:

الف) از طریق انجام مطالعه مدیریت ریسک صاعقه مبتنی بر بخش ۱۵-۵ فصل ۱۵ که ممکن است منجر به الزامی شدن یک یا هر دو تدبیر حفاظتی زیر شود:

۱) تعبیه SPDهای هم‌بندی به‌عنوان بخشی از LPS[2] داخلی با هدف جلوگیری از وقوع قوس‌های خطرناک در داخل سازه تحت حفاظت ناشی از جاری شدن جریان صاعقه در LPS خارجی یا سایر اجزای رسانای سازه (پارامترها و نحوه چیدمان چنین وسایل حفاظتی سرجی باید بر اساس بند ۱۵-۶-۲-۲ فصل ۱۵ و بند ۱۴-۵-۴ تعیین شوند).

۲) تعبیه سیستم SPDهای هماهنگ شده به‌عنوان قسمتی از SPM[3] برای جلوگیری از خرابی سیستم‌های داخلی (تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی) زمانی‌که تحت تاثیر ضربه الکترومغناطیسی صاعقه (LEMP[4]) قرار می‌گیرند (پارامترها و نحوه چیدمان چنین وسایل حفاظتی سرجی باید بر اساس بند ۱۵-۷-۴ فصل ۱۵ و بند ۱۴-۵-۴ تعیین شوند).

ب) در موارد زیر که اضافه ولتاژ گذرا با منشاء جوی (منتقل شده از طریق شبکه توزیع نیروی برق، مثلاً در اثر برخورد مستقیم صاعقه به خط هوایی) و اضافه ولتاژ گذرای ناشی از کلیدزنی، وجود حفاظت اضافه ولتاژ را ضروری کند، باید مطابق بند ۱۴-۵-۴ عمل شود:

۱) در مواقعی که اضافه ولتاژ گذرا منجر به اثرات نامطلوب برروی موارد زیر شود، باید حفاظت مناسب در برابر اضافه ولتاژ گذرا پیش‌بینی شود:

- جان انسان به‌عنوان مثال سیستم‌های تامین ایمنی، امکانات مراقبت بهداشتی.
- خدمات عمومی و میراث فرهنگی. به‌عنوان مثال قطع خدمات عمومی (آب، برق و گاز)، مراکز IT، یا آسیب به موزه‌ها.
- فعالیت‌های تجاری یا صنعتی به‌عنوان مثال هتل‌ها، بانک‌ها، صنایع، بازارهای تجاری، مزارع کشاورزی.

---

[1] Data Transmission Systems
[2] LPS: Lightning Protection System
[3] SPM: LEMP Protection Measures
[4] LEMP: Lightning Electromagnetic Impulse

۲) پیش‌بینی حفاظت در برابر اضافه ولتاژ گذرا در مواردی‌که اضافه ولتاژ بتواند بر روی یک انسان اثر نامطلوب بگذارد ضروری است به‌عنوان مثال در ساختمان‌های مسکونی یا دفاتر کوچکی که تجهیزاتی با رده اضافه ولتاژ I یا II در آن‌ها نصب شده باشد.

۳) توصیه می‌شود حفاظت در برابر اضافه ولتاژ گذرا برای ساختمان‌های دارای ریسک آتش‌سوزی لحاظ شود.

۴) توصیه می‌شود در مواقعی که در ساختمان تجهیزاتی هست که احتمال تولید اضافه ولتاژ یا اغتشاشات ناشی از کلیدزنی در آن‌ها وجود دارد و اندازه این اضافه ولتاژ می‌تواند از مقادیر اسمی برای تاسیسات موردنظر تجاوز کند، حفاظت در برابر اضافه ولتاژهای کلیدزنی در نظر گرفته شود. به‌عنوان مثال جایی که از ژنراتور LV برای تغذیه تاسیسات استفاده شده، یا بارهای سلفی و خازنی (به‌عنوان مثال الکتروموتورها، ترانسفورماتورها، بانک‌های خازنی و غیره)، یا واحدهای ذخیره‌ساز انرژی نصب شده باشند.

۱۴-۵-۳- دسته‌بندی ولتاژهای ضربه اسمی

در هر تاسیسات الکتریکی با هدف تضمین هماهنگی عایقی[1] برای تجهیزات مختلف یک ولتاژ ضربه اسمی[2] (یا بطور متناظر، یک رده اضافه ولتاژ) تعیین شده و از آن برای دسته‌بندی کردن تجهیزاتی که مستقیماً از تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف تغذیه می‌شوند، استفاده می‌شود.

برای اکثر تجهیزات حساسی که باید تحت حفاظت قرار گیرند، در نظر گرفتن ولتاژ ضربه اسمی U_W (ر.ک. استاندارد IEC 60664-1) ضرورت دارد اما در مواردی‌که حتی توقف موقتی کارکرد تجهیزات نیز باعث ایجاد شرایط بحرانی می‌شود، باید به جای آن، پارامتر سطح ایمنی تجهیزات[3] (ر.ک. استاندارد IEC 61000-4-5) را در نظر گرفت.

نکات زیر باید همواره مورد توجه قرار گیرند:

الف) تجهیزات با ولتاژ ضربه اسمی متناظر با رده اضافه ولتاژ IV، برای استفاده در مبدا تاسیسات یا در نزدیکی آن (مثلاً در بالادستِ تابلو توزیع اصلی) مناسب هستند. تجهیزات در رده اضافه ولتاژ IV قابلیت تحمل ضربه بسیار بالایی داشته و درجه بالایی از قابلیت اطمینان را فراهم می‌کنند. ولتاژ ضربه اسمی آن‌ها نباید کوچک‌تر از مقادیر مشخص شده در جدول (۱۴-۲) باشد.

یادآوری ۱- نمونه‌هایی از این تجهیزات عبارتند از:کنتورها[4]، رله‌های اضافه جریان اولیه (پرایمری)[5] و دستگاه‌های کنترل ریپل[6].

---

[1] Insulation Coordination
[2] Rated Impulse Voltage
[3] Equipment Level Immunity
[4] Electricity Meters
[5] Primary Overcurrent Protective Devices
[6] Ripple Control Units

ب) تجهیزات دارای ولتاژ ضربه اسمی متناظر با رده اضافه ولتاژ III، برای استفاده در تابلوهای توزیع اصلی یا پایین دست آن مناسب هستند. این تجهیزات درجه بالایی از دسترس‌پذیری[1] را دارند و نباید ولتاژ ضربه اسمی آن‌ها کوچک‌تر از مقادیر مشخص شده در جدول (۱۴-۲) باشد.

یادآوری ۲- نمونه‌هایی از این تجهیزات عبارتند از: تابلوهای توزیع، قطع‌کننده مدار[2]، سیم‌کشی ساختمان‌ها[3] (شامل کابل‌ها، شینه‌ها، جعبه تقسیم‌ها[4]، کلیدها، پریزها[5])، تجهیزات صنعتی، موتورهای ساکن[6] با اتصال دایمی به تاسیسات الکتریکی و غیره.

پ) تجهیزات با ولتاژ ضربه اسمی متناظر با رده اضافه ولتاژ II، برای اتصال به تاسیسات نصب ثابت مناسب هستند، درجه‌ای از دسترس‌پذیری را فراهم می‌کنند که به طور معمول برای مصرف‌کننده‌ها[7] کافی است. ولتاژ ضربه اسمی آن‌ها نباید کوچک‌تر از مقادیر مشخص شده در جدول (۱۴-۲) باشد.

یادآوری ۳- لوازم خانگی[8] و بارهای مشابه نمونه‌هایی از این تجهیزات هستند.

ت) تجهیزات با ولتاژ ضربه اسمی متناظر با رده اضافه ولتاژ I، فقط برای استفاده در تاسیسات نصب ثابتی که SPDهایی در بیرون تجهیزات نصب شده و اضافه ولتاژهای گذرا را به سطح معینی محدود نمایند، مناسب هستند. ولتاژ ضربه اسمی آن‌ها نباید کوچک‌تر از مقادیر مشخص شده در جدول (۱۴-۲) باشد. بنابراین توصیه می‌شود تجهیزات با ولتاژ ضربه اسمی متناظر با رده اضافه ولتاژ I ترجیحاً در مبدا تاسیسات یا در نزدیکی آن نصب نشوند.

یادآوری ۴- تجهیزاتی که دارای مدارهای الکترونیکی هستند (نظیر کامپیوترها، تجهیزات الکترونیکی خانگی و غیره) نمونه‌هایی از این تجهیزات هستند.

---

[1] Availability
[2] Circuit Breakers
[3] Wiring Systems
[4] Junction Boxes
[5] Socket Outlets
[6] Stationary Motors
[7] Current-Using Equipment
[8] Household Appliances

جدول۱۴-۲- ولتاژ ضربه اسمی ضروری تجهیزات، U_W

ولتاژ نامی تاسیسات[الف] ولت	ولتاژ خط به خنثای نامی (a.c.) یا (d.c.) (تا این مقادیر و شامل آن‌ها) ولت	حداقل ولتاژ ضربه اسمی مورد نیاز تجهیزات[ج] کیلو ولت			
		برای مثال، لوازم اندازه‌گیری انرژی (کنتور برق)، سیستم‌های کنترل از راه دور[1]	برای مثال، تابلوهای توزیع، کلید و پریزها	برای مثال، وسایل برقی خانگی و ابزارآلات	برای مثال، تجهیزات الکترونیکی حساس
--	--	--	رده اضافه ولتاژ III (تجهیزات با ولتاژ ضربه اسمی بالا)	رده اضافه ولتاژ II (تجهیزات با ولتاژ ضربه اسمی عادی)	رده اضافه ولتاژ I (تجهیزات با ولتاژ ضربه اسمی کم)
--	--	رده اضافه ولتاژ IV (تجهیزات با ولتاژ ضربه اسمی بسیار بالا)			
۱۲۰/۲۰۸	۱۵۰	۴	۲٫۵	۱٫۵	۰٫۸
۲۳۰/۴۰۰[ب]	۳۰۰	۶	۴	۲٫۵	۱٫۵

الف- مطابق با استاندارد IEC 60038.

ب- برای سیستم‌های IT با ولتاژ بهره‌برداری ۲۴۰-۲۲۰ ولت، به خاطر افزایش ولتاژ نسبت به زمین در هنگام وقوع خطای زمین بر روی یکی از خطوط باید مقادیر ردیف ۲۳۰/۴۰۰ استفاده شود.

ج- این ولتاژ ضربه اسمی بین هادی‌های برق‌دار و PE[2] اعمال می‌شود.

۱۴-۵-۴- انتخاب و نصب SPD ها

۱۴-۵-۴-۱- محل نصب SPD و کلاس آزمون SPD

برای حفاظت در برابر اثرات صاعقه و در برابر اضافه‌ولتاژهای کلیدزنی، باید SPD با کلاس آزمون II استفاده شود. وسایل حفاظتی سرج باید در نزدیک‌ترین نقطه ممکن به مبدا تاسیسات نصب شوند. در سازه‌هایی که مجهز به سیستم حفاظت صاعقه خارجی هستند یا به گونه‌ای حفاظت در برابر اثرات مستقیم صاعقه برای آن‌ها در نظر گرفته شده است، باید از SPD با کلاس آزمون I استفاده شود.

در سازه‌هایی که به سیستم حفاظت صاعقه خارجی مجهز نشده‌اند، ولی در عین حال امکان اصابت مستقیم صاعقه به خطوط هوایی در فاصله بین آخرین پایه شبکه توزیع برق و نقطه ورودی تاسیسات وجود داشته باشد، باید SPD با کلاس آزمون I مطابق جدول (۱۴-۳) در مبدا تاسیسات الکتریکی یا نزدیک آن تعبیه شود.

[1] Telecontrol Systems
[2] PE: Protective Earthing

جدول۱۴-۳- انتخاب جریان تخلیه ضربه (I_{imp})

نوع اتصال	I_{imp} با واحد کیلو آمپر			
	سیستم تغذیه			
	تک‌فاز		سه‌فاز	
	CT1[1]	CT2	CT1	CT2
L - N	--	۵	--	۵
L - PE	۵	--	۵	--
N - PE	۵	۱۰	۵	۲۰
یادآوری- این جدول بر اساس تراز حفاظت صاعقه III و IV است.				

یادآوری ۱- مبدا تاسیسات می‌تواند جایی باشد که مدار تغذیه به ساختمان یا تابلو توزیع اصلی وارد می‌شود.

ممکن است برای این که تاسیسات به اندازه کافی حفاظت شود (کاهش تراز حفاظت ولتاژ U_P با توجه به ولتاژ ضربه اسمی U_W تجهیزات مورد حفاظت) استفاده از SPDهایی با کلاس آزمون II یا کلاس آزمون III نیاز باشد. در این صورت SPDهای مذکور باید در پایین دست تاسیسات الکتریکی نصب ثابت قرار گیرند (مثلاً در تابلوهای فرعی یا در پریزها). این SPDها نباید بدون آنکه SPD در مبدا تاسیسات نصب شده باشد استفاده گردند و باید با SPDهای بالادست خود هماهنگ گردند.

اگر SPD با کلاس آزمون I قادر به فراهم نمودن حفاظت مورد نظر در بخش 534.4.4.2 استاندارد IEC 60364-5-53 نباشد، باید SPDهایی با کلاس آزمون II یا کلاس آزمون III به آن افزوده شود تا از تامین تراز حفاظت ولتاژ مورد نیاز اطمینان حاصل شود.

ممکن است نیاز شود تعدادی SPD اضافی با کلاس آزمون II یا کلاس آزمون III نیز در نزدیکی تجهیزات حساس نصب شوند تا تجهیزات مطابق جدول (۱۴-۲) به اندازه کافی حفاظت شوند. در این صورت هماهنگی لازم با SPDهای بالادست باید انجام شود.

یادآوری ۲- این قبیل SPDهای اضافی ممکن است جزئی از تاسیسات الکتریکی نصب ثابت بوده یا از نوع سیار باشند.

ممکن است نصب SPDهای اضافی جهت حفاظت اضافه ولتاژ گذرا در برابر تهدیداتی که از سوی سایر منابع اضافه ولتاژ محتمل است نیز ضروری باشد. منابعی از قبیل:

- اضافه ولتاژهای کلیدزنی که توسط مصرف‌کننده‌هایی که در داخل تاسیسات قرار دارند تولید می‌شود.
- اضافه ولتاژهای روی سایر تاسیسات خدماتی شهری ورودی نظیر خطوط تلفن، شبکه‌های کابلی اینترنت.
- اضافه ولتاژهای روی خطوطی که سازه‌های دیگر را تغذیه می‌کنند، نظیر ساختمان‌های فرعی، تاسیسات روشنایی خارجی، خطوط تغذیه حسگرهای خارجی.

[1] CT: Connection Type

در موارد فوق توصیه می‌شود نصب SPD در نزدیک‌ترین نقطه ممکن به مبدا چنین تهدیداتی در نظر گرفته شود. اطلاعات بیش‌تر را می‌توان در استانداردهای IEC 61643-12 و IEC 61643-22 یافت. در صورت نصب SPD در پایین دست یک تابلوی فرعی (به طور مثال در یک پریز)، باید به شکل دایمی در این تابلو توزیع علامت‌گذاری شود (به طور مثال به‌وسیله یک برچسب).

۱۴-۵-۴-۲- الزامات حفاظت اضافه ولتاژ گذرا

حفاظت در برابر اضافه ولتاژهای گذار ممکن است از طرق زیر فراهم شود:

- مابین هادی‌های برق‌دار و اتصال زمین حفاظتی PE (حفاظت مود مشترک)
- مابین هادی‌های برق‌دار (حفاظت مود تفاضلی)

یادآوری ۱- اتصال نوع CT1[۱] در وهله اول حفاظت مود مشترک را فراهم می‌کند. اگر حفاظت مود تفاضلی نیز ضرورت داشته باشد، اغلب به تعبیه SPDهای اضافه مابین هادی‌های برق‌دار نیاز است.

یادآوری۲- اتصال نوع CT2[۲] ترکیبی از حفاظت مود مشترک و حفاظت مود تفاضلی را فراهم می‌کند.

حفاظت بین هادی‌های برق‌دار و اتصال زمین حفاظتی PE (چنانچه هادی خنثی وجود داشته باشد شامل خنثی به PE نیز می‌شود) اجباری است.

حفاظت بین هادی‌های فاز و خنثی (چنانچه هادی خنثی وجود داشته باشد) به منظور حصول اطمینان از حفاظت تجهیزات پیشنهاد می‌شود.

حفاظت بین هادی‌های فاز (در شرایط وجود چندفاز) اختیاری است.

برخی تجهیزات ممکن است به هر دو حفاظت مود مشترک (برای تحمل عایقی در برابر ضربه) و مود تفاضلی (برای ایمنی در برابر ضربه) احتیاج داشته باشند.

یادآوری ۳- برای مثال، تجهیزات الکترونیکی کلاس I یا کلاس II دارای اتصال زمین عملکردی FE[۳] به حفاظت مود مشترک و در عین حال حفاظت مود تفاضلی برای حصول اطمینان از یک حفاظت جامع در برابر اضافه ولتاژهای گذرای ناشی از کلیدزنی یا پدیده‌های جوی احتیاج دارند.

۱۴-۵-۴-۳- انواع اتصال

در سیستم‌های TN-S یا TN-C-S، در صورتی‌که فاصله بین نقطه جدایی PE و N و محل نصب SPDها کم‌تر از ۰٫۵ متر باشد، یا نقطه جدایی و SPDها در داخل یک تابلو فرعی واقع شده باشد، می‌توان SPD بین خنثی و PE را حذف نمود.

---

[۱] در اتصال نوع CT1 پل‌های SPD بین هادی‌های برق‌دار از یک طرف و هادی یا شینه PE از طرف دیگر متصل می‌شوند.

[۲] در اتصال نوع CT2 پل‌های SPD بین هادی‌های فاز از یک طرف و هادی یا شینه خنثی از طرف دیگر متصل می‌شوند. در این نوع اتصال ممکن است یک SPD مخصوص نیز بین هادی یا شینه خنثی و هادی یا شینه PE قرار گیرد.

[3] FE: Functional Earthing

۱۴-۵-۴-۴- انتخاب SPD ها

انتخاب SPDها باید بر پایه پارامترهای زیر باشد (ر.ک. بخش 534.4.4 استاندارد IEC 60364-5-53):

- تراز حفاظت ولتاژ (U_p) و ولتاژ ضربه اسمی (U_W) تجهیزات تحت حفاظت
- ولتاژ کار دایمی (U_c)
- نوع سیستم نیرو (TT، TN، IT)
- جریان تخلیه نامی (I_n) و جریان تخلیه ضربه (I_{imp})
- هماهنگی بین وسایل حفاظتی سرج
- جریان اتصال کوتاه مورد انتظار[1]
- قدرت قطع جریان دنباله

یادآوری۱- وسایل حفاظتی سرج (SPD) باید مطابق الزامات استاندارد IEC 61643-11 ساخته و آزموده شده باشند.

یادآوری۲- اطلاعات بیش‌تر راجع به انتخاب و کاربرد SPDها در استاندارد IEC 61643-12 آورده شده است.

۱۴-۵-۴-۵- حفاظت SPD در برابر اضافه جریان

وسیله حفاظتی سرج باید با توجه به اندازه جریان اتصال کوتاه، در برابر اضافه جریان حفاظت شود. این حفاظت بر اساس دستورالعمل سازنده ممکن است داخل و/یا خارج از SPD باشد.

مقادیر اسمی و مشخصات فنی وسایل حفاظتی اضافه جریان خارجی (OCPD[2])، مورد نیاز برای حفاظت SPD باید با عنایت به موارد زیر انتخاب شوند:

- مطابق یا مفاد بخش ۴۳۴ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۳-۴-۱۹۳۷.
- تا حد ممکن بزرگ به منظور حصول اطمینان از بالا بودن قابلیت جریان سرج برای کل مجموعه SPD.
- ولی از مقادیر اسمی و مشخصات فنی الزام شده مندرج در دستورالعمل نصب سازنده SPD در خصوص حداکثر مقدار حفاظت اضافه‌جریان تجاوز نکند.

۱۴-۵-۴-۶- حفاظت در برابر اتصال کوتاه[3]

رعایت الزامات بخش 534.4.6 استاندارد IEC 60364-5-53 در مورد این نشریه الزامی است.

۱۴-۵-۴-۷- نصب SPD در مدار مجهز به RCD

اگر SPDها مطابق بند ۱۴-۵-۴-۱ نصب شده و در سمت بار وسیله حفاظتی جریان باقی‌مانده قرارگرفته باشند، RCD(ها) ممکن است با/یا بدون تاخیر زمانی باشد ولی باید بتواند جریان سرج ۸/۲۰ با دامنه ۳ کیلو آمپر را تحمل کند.

[1] Expected Short-Circuit Current
[2] OCPD: Over Current Protection Device
[3] Fault Protection

یادآوری ۱- RCDهای نوع S مطابق با استانداردهای IEC 61008-1 و IEC 61009-1 الزام فوق را برآورده می‌کنند.

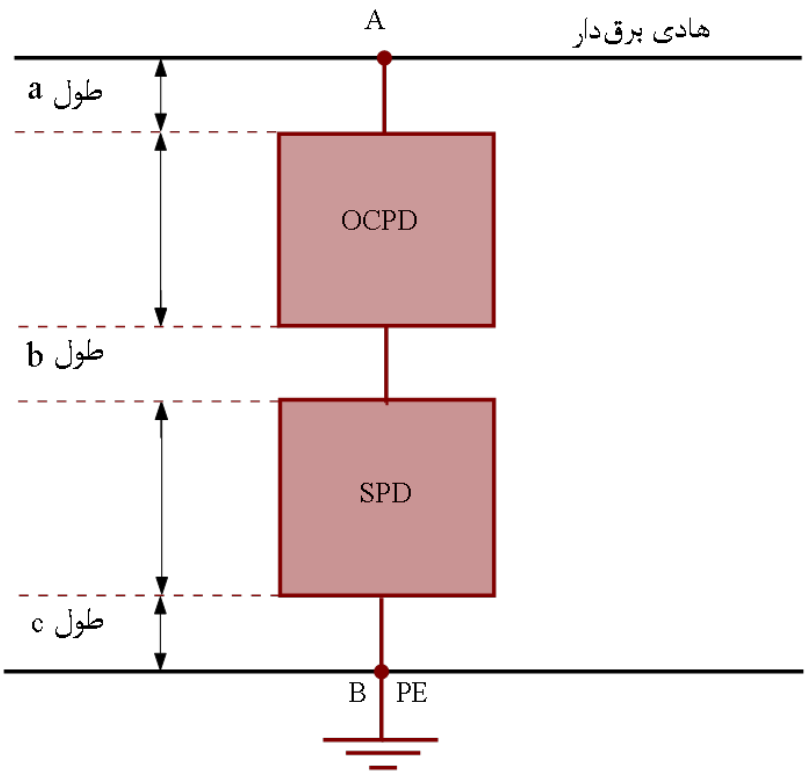
یادآوری ۲- در صورتی‌که جریان سرج ۸/۲۰ بزرگ‌تر از ۳ کیلو آمپر باشد، RCD ممکن است موجب قطع کاذب مدار تغذیه شود.

یادآوری ۳- رعایت موارد فوق ممکن است برای RCDهایی که در بالادست SPDهای اضافی (پیش‌بینی شده برای حفاظت تجهیزات حساس)، قرار گرفته‌اند، ممکن نباشد.

یادآوری ۴- نصب SPDهای با کلاس آزمون I در پایین‌دست RCDها توصیه نمی‌شود.

۱۴-۵-۴-۸- هادی‌های متصل به SPD

طول هادی‌های متصل به SPD، شامل مجموع طول مسیر بین هادی‌های برق‌دار و PE (بین A و B در شکل (۱۴-۱)) باید کم‌تر از ۰٫۵ متر باشد.



OCPD: وسیله حفاظت اضافه جریان — PE: هادی اتصال زمین حفاظتی

SPD: وسیله حفاظتی سرج — A و B: نقاط اتصال در مجموعه SPD

یادآوری- جائی که OCPD وجود نداشته باشد، طول b برابر صفر می‌شود.

شکل ۱۴-۱- نحوه اتصالات در یک SPD

۱۴-۵-۴-۹- فاصله حفاظتی موثر SPD

در مواردی‌که فاصله SPD تا تجهیزات تحت حفاظت، بزرگ‌تر از ۱۰ متر باشد، توصیه می‌شود تدابیر حفاظتی اضافی زیر انجام شود:

- یک SPD اضافی، در مکانی تا حد ممکن نزدیک به تجهیزات تحت حفاظت نصب شود. تراز حفاظت ولتاژ U_P این SPD نباید از مقدار ولتاژ ضربه اسمی U_W مورد نیاز تجهیزات تجاوز کند.
- از SPDهای تک-پورت[1] در مبدا تاسیسات یا نزدیکی آن استفاده شود. به طوری که تراز حفاظت ولتاژی U_P آن‌ها از ۵۰ درصد ولتاژ ضربه اسمی U_W مورد نیاز تجهیزات تحت حفاظت تجاوز نکند.
- از SPDهای دو-پورت[2] در مبدا تاسیسات یا در نزدیکی آن استفاده شود و تراز حفاظت ولتاژی U_P از ولتاژ ضربه اسمی U_W مورد نیاز تجهیزات تحت حفاظت تجاوز نکند. توصیه می‌شود این کار همراه با سایر تدابیر از قبیل استفاده از کابل‌های شیلددار در سراسر مدارهای حفاظت شده، همراه شود.

۱۴-۵-۴-۱۰- هادی اتصال‌دهنده SPD ها

سطح مقطع هادی‌های بین SPD و شینه اصلی اتصال زمین یا هادی حفاظتی نباید کم‌تر از موارد زیر باشد:

- برای SPDهای با کلاس آزمون II که در مبدا تاسیسات یا نزدیکی آن نصب شده‌اند ۶ میلی‌مترمربع مسی یا معادل آن از آلومینیوم.
- برای هادی مسی یا معادل آن برای SPDهای با کلاس آزمون I که در مبدا تاسیسات یا نزدیکی آن نصب شده‌اند ۱۶ میلی‌مترمربع مسی یا معادل آن از آلومینیوم.

هادی‌هایی که SPDها و وسایل حفاظتی اضافه جریان را به هادی‌های برق‌دار متصل می‌کنند باید بر اساس تحمل جریان اتصال کوتاه مورد انتظار تعیین شده و سطح مقطع‌شان کوچک‌تر از حدود زیر نباشد:

- برای SPDهای با کلاس آزمون II که در مبدا تاسیسات یا نزدیکی آن نصب شده‌اند ۲٫۵ میلی‌مترمربع مسی یا معادل آن از آلومینیوم.
- برای SPDهای با کلاس آزمون I که در مبدا تاسیسات یا نزدیکی آن نصب شده‌اند ۶ میلی‌مترمربع مسی یا معادل آن از آلومینیوم.

[1] One-Port SPDs
[2] Two-Port SPDs

۱۴-۶- تدابیر در برابر تاثیرات الکترومغناطیسی

۱۴-۶-۱- کلیات

این بخش از نشریه پیشنهادات اساسی برای کاهش اغتشاشات الکترومغناطیسی ارایه می‌دهد. تداخل الکترومغناطیسی (EMI[1]) ممکن است باعث مختل شدن یا خرابی سیستم‌های فن‌آوری اطلاعات یا تجهیزات فن‌آوری اطلاعات و همچنین تجهیزات دارای مدارها یا قطعات الکترونیکی شود. جریان‌های ناشی از صاعقه، قطع و وصل کردن، اتصال‌کوتاه‌ها و سایر پدیده‌های الکترومغناطیسی ممکن است باعث وقوع اضافه‌ولتاژ و تداخلات الکترومغناطیسی شوند.

شدیدترین این تاثیرات در موارد زیر هستند:

- جایی‌که حلقه‌های فلزی گسترده وجود دارد،
- جایی‌که سیستم‌های سیم‌کشی الکتریکی متفاوت در مسیرهای مشترک اجرا شده است، به طور مثال برای تغذیه برق و برای سیگنال‌دهی[2] تجهیزات فن‌آوری اطلاعات در داخل ساختمان.

۱۴-۶-۲- کاهش تداخل الکترومغناطیسی (EMI)

طراحان و مجریان تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها باید تدابیر مناسب جهت کاهش اثرات الکتریکی و مغناطیسی بر روی تجهیزات الکتریکی به کار بگیرند. علاوه بر مطالب مندرج در این بخش از نشریه لازم است الزامات بخش 444.4 استاندارد IEC 60364-4-44 نیز در نظر گرفته شوند.

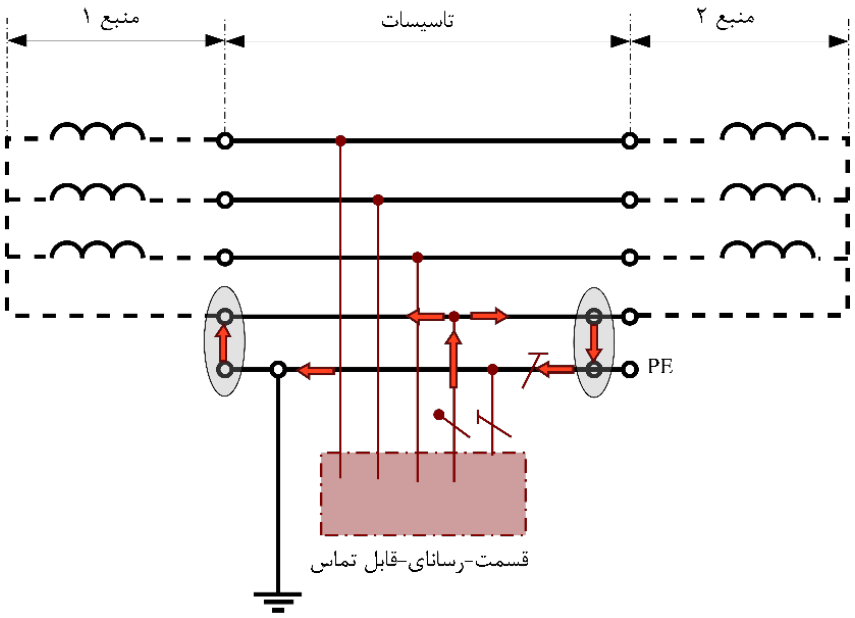
فقط استفاده از تجهیزات الکتریکی مجاز است که الزامات استانداردهای مناسب در مورد EMC[3] یا الزامات EMC مندرج در استاندارد محصولات مربوطه را برآورده کرده باشند.

۱۴-۶-۲-۱- سیستم نیروی TN با منابع تغذیه چندگانه

در صورتی‌که تاسیسات الکتریکی از نوع سیستم نیروی TN با منابع تغذیه چندگانه به‌صورت مناسبی طراحی نشوند، قسمتی از جریان بهره‌برداری ممکن است در مسیرهای ناخواسته جریان یابد. این جریان‌ها ممکن است باعث مشکلاتی نظیر موارد زیر شوند:

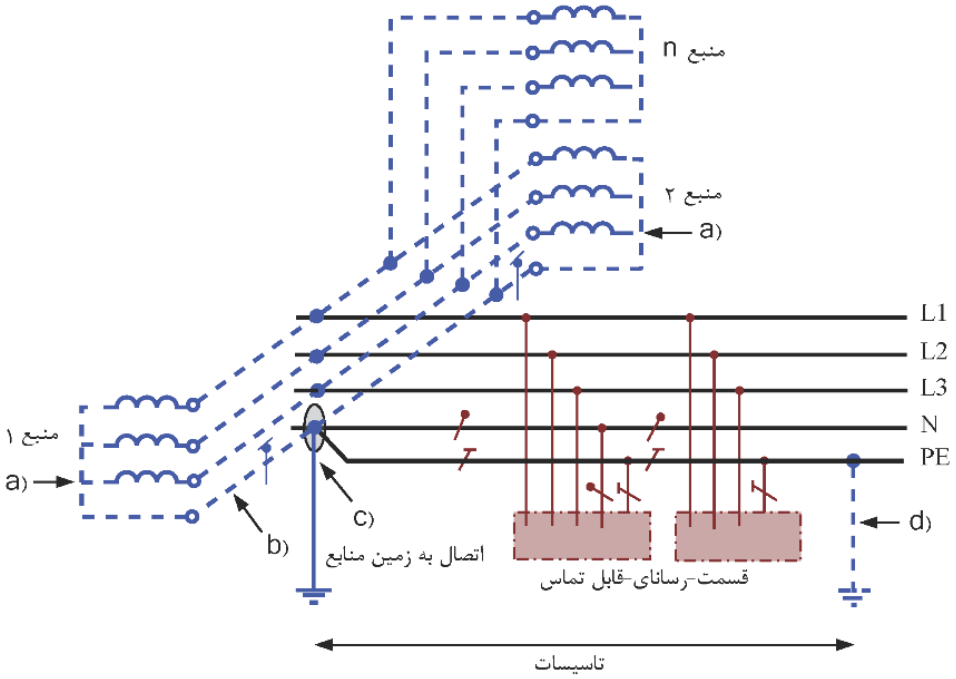
- آتش‌سوزی
- خوردگی
- تداخل الکترومغناطیسی

[1] EMI: Electromagnetic Interference
[2] Signalling
[3] EMC: Electromagnetic Compatibility



شکل۱۴-۲- سیستم TN با منابع تغذیه چندگانه با چندین اتصال نامناسب مابین PEN و زمین

در صورتی‌که یک سیستم نیروی برق از نوع TN توسط چندین منبع تغذیه تاسیسات الکتریکی تغذیه شود، نقاط خنثی منابع تغذیه مختلف باید توسط یک هادی روکش‌دار و عایق‌شده به یکدیگر متصل شده و سپس این هادی روکش‌دار و عایق‌شده به‌صورت متمرکز و تنها از یک نقطه منفرد و مشابه زمین شود (ر.ک. شکل‌های (۱۴-۲) و (۱۴-۳)).



شکل۱۴-۳- سیستم TN با چندین منبع تغذیه در حال نیرو رسانی به تاسیسات است در حالی‌که نقطه خنثی منابع تغذیه تنها در یک نقطه مشابه و منفرد زمین شده‌اند.

در شکل (۱۴-۳):

a: هیچ‌گونه اتصالی بین نقطه خنثای ترانسفورماتور یا نقطه خنثی ژنراتور به زمین مجاز نیست.

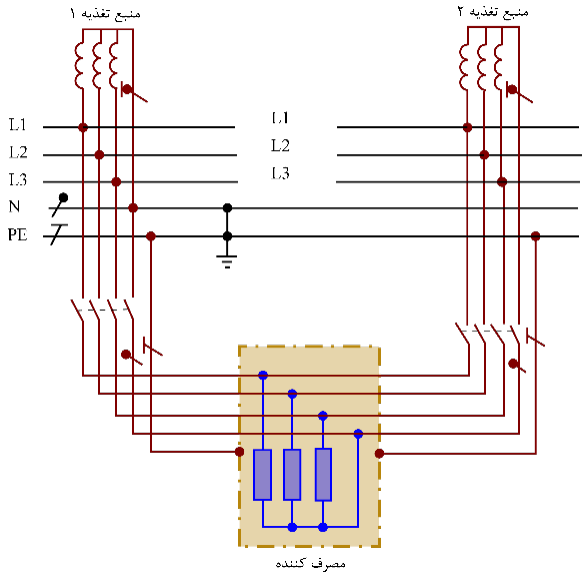
b: هادی اتصال‌دهنده نقاط خنثی ترانسفورماتور و نقاط خنثی ژنراتورها به یکدیگر باید از نوع روکش‌دار باشد. این هادی به‌عنوان PEN عمل کرده و ممکن است به همین نام نیز علامت‌گذاری شود. با این حال نباید از این هادی برای اتصال به مصرف‌کننده‌ها[1] استفاده شود و برای جلوگیری از آن باید علائم هشدار دهنده بر روی آن چسبانده یا در نزدیکی آن قرار داده شود.

c: فقط یک اتصال مابین نقاط خنثای متصل به هم منابع تغذیه چندگانه و هادی PE باید ایجاد شود. این اتصال باید در داخل تابلو توزیع اصلی ساختمان باشد.

d: زمین کردن اضافی هادی PE در تاسیسات مجاز است.

۱۴-۶-۲-۲- آرایش اتصال زمین برای منابع تغذیه پشتیبان[2]

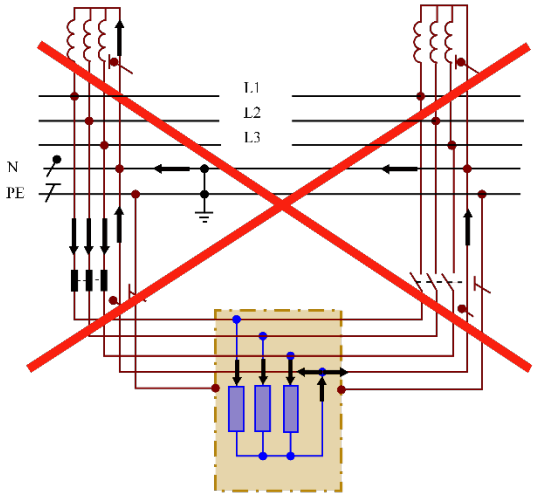
در سیستم‌های TN برای انتقال[3] تغذیه از منبع اصلی به منبع پشتیبان باید از یک تجهیز قطع و وصل استفاده شود که هم هادی‌های فاز و هم در صورت وجود، هادی خنثی را از منبع تغذیه اول قطع و به منبع تغذیه پشتیبان وصل کند (ر.ک. بخش 444.4.7 استاندارد IEC 60364-4-44)[4].



شکل۱۴-۴- منبع تغذیه پشتیبان سه‌فاز با کلید چهارپل

[1] Current-Using-Equipment
[2] Alternative Supply
[3] Transfer
[4] برای کسب اطلاعات بیش‌تر در خصوص نحوه اتصال زمین منابع تغذیه پشتیبان نظیر مولدهای برق و سیستم‌های برق بدون وقفه (UPS) به استانداردهای زیر مراجعه شود: بخش ۷ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳، بخش ۷ استاندارد IEEE Std 446:1995، بخش 8.3.4.2 و بخش8.5.2 استاندارد IEEE Std 1100:2005 و بخش 1.9 استاندارد IEEE Std 142:2007.

یادآوری- این روش از ایجاد میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از جریان‌های پراکنده در سیستم تغذیه اصلی تاسیسات جلوگیری می‌کند. جمع برداری جریان‌های داخل یک کابل باید برابر صفر باشد. این به ما اطمینان می‌دهد که وقتی کلید وصل است جریان خنثی فقط در هادی خنثای مدار جاری می‌شود. باید دقت داشت که مجموع جریان‌های هارمونیک سوم (۱۵۰هرتز) هادی‌های فاز به هادی خنثی سرازیر می‌شوند.



یادآوری- منبع تغذیه پشتیبان سه‌فاز با کلید سه‌پل نامناسب منجربه جریان‌های گردشی ناخواسته و متعاقباً تولید میدان‌های الکترومغناطیسی می‌شوند.

شکل۱۴-۵- جاری شدن جریان خنثی در منبع تغذیه پشتیبان سه‌فاز با کلید سه‌پل نامناسب

۱۴-۶-۳- اتصال زمین و هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده (EB[1])

علاوه بر مطالب مندرج در این بخش باید الزامات و توصیه‌های مندرج در بخش 444.5 استاندارد IEC 60364-4-44 نیز رعایت شود. همچنین برای شبکه‌های هم‌بندی مخابراتی در ساختمان‌ها باید الزامات استانداردهای ISO/IEC 30129 رعایت شوند[۲].

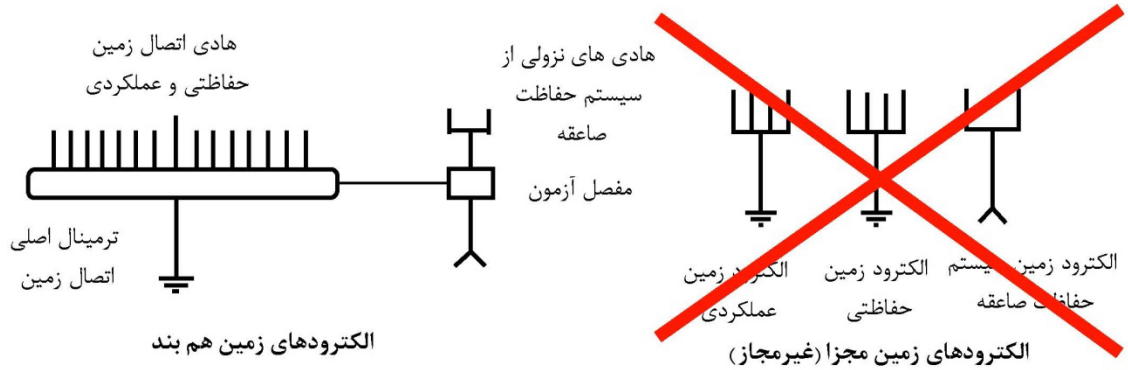
۱۴-۶-۳-۱- اتصال الکترودهای زمین به هم

۱۴-۶-۳-۱-۱- در صورتی‌که از تجهیزات الکترونیکی برای مخابره و تبادل داده بین چند ساختمان مختلف استفاده می‌شود توصیه می‌شود تمامی هادی‌های اتصال زمین عملکردی و حفاظتی این ساختمان‌ها به یک ترمینال اصلی اتصال زمینِ واحد متصل شوند.

[1] EB: Equipotential Bonding

[۲] برای اطلاعات بیش‌تر به بخش 8.5.4 استاندارد IEEE Std 1100:2005 مراجعه شود.

۱۴-۶-۳-۱-۲- تمامی الکترودهای زمین موجود در یک ساختمان (شامل حفاظتی، عملکردی و حفاظت صاعقه)، باید مستقیما و به شکل موثری به یکدیگر متصل شوند (شکل (۱۴-۶)).



شکل ۱۴-۶- هم‌بندی الکترودهای زمین

۱۴-۶-۳-۱-۳- هادی‌های هم‌بندی عملکردی و حفاظتی باید به‌صورت جداگانه به شینه اصلی اتصال زمین متصل شوند به گونه‌ای که در صورت قطع یکی، اتصال سایر هادی‌ها متصل باقی بماند.

۱۴-۶-۳-۲- ساختارهای مجاز برای شبکه هادی‌های هم‌پتانسیل‌کننده و هادی‌های اتصال زمین

۱۴-۶-۳-۲-۱- چهار ساختار اساسی که ممکن است با توجه به اهمیت و آسیب‌پذیری تجهیزات، استفاده شوند به شرح زیرند:

۱) هادی‌های حفاظتی متصل به یک هادی هم‌بندی رینگ[1]

۲) هادی‌های حفاظتی در یک شبکه ستاره‌ای

۳) شبکه ستاره‌ای هم‌بند با مش چندگانه[2]

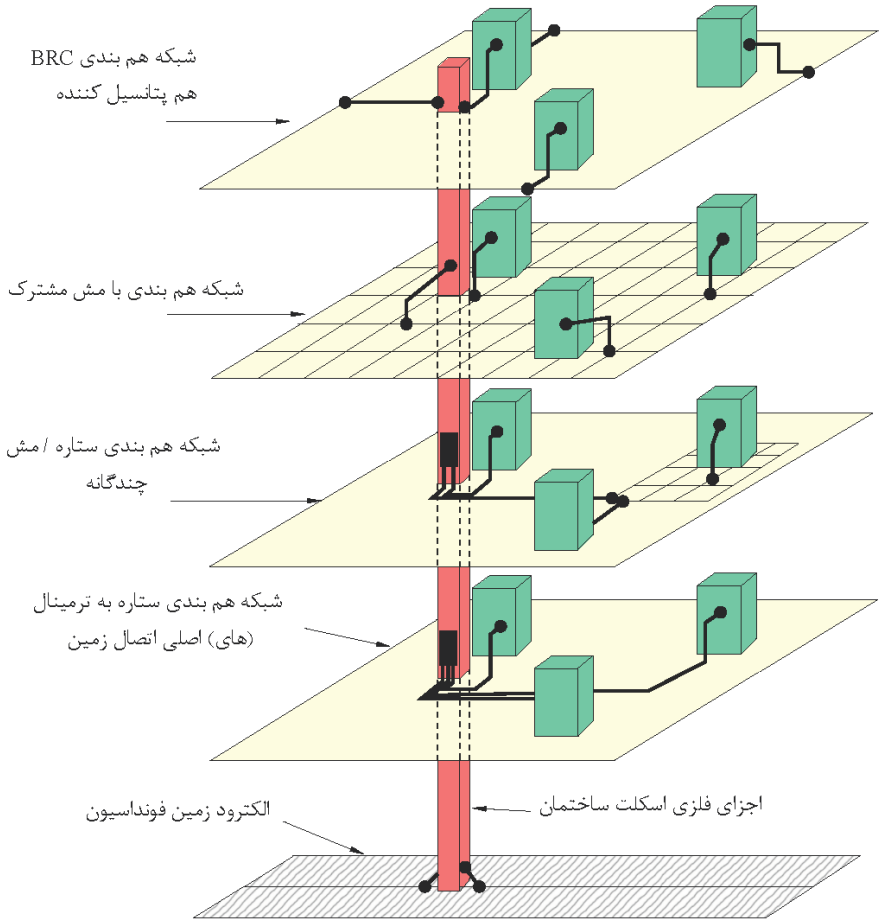
۴) شبکه ستاره‌ای هم‌بند با مش مشترک[3]

۱۴-۶-۳-۲-۲- قسمت‌های -رسانای- قابل‌تماس تجهیزات الکترونیکی و فن‌آوری اطلاعات در داخل ساختمان از طریق هادی‌های حفاظتی به هم متصل می‌شوند. در ساختمان‌های مسکونی که عموماً تعداد محدودی تجهیزات الکترونیکی استفاده می‌کنند، ممکن است یک شبکه هادی حفاظتی ستاره‌ای قابل قبول باشد. ولی در ساختمان‌هایی با تجهیزات الکترونیکی متعدد و شبکه ارتباطی گسترده، ممکن است اجرای سایر شبکه‌های هم‌بندی لازم باشد.

---
[1] Bonding-Ring Conductor
[2] Multiple Meshed Bonding Star Network
[3] Common Meshed Bonding Star Network

۱۴-۶-۳-۳- شبکه‌های هم‌بندی (BN) هم‌پتانسیل‌کننده در ساختمان‌هایی با چندین طبقه

برای ساختمان‌های چند طبقه، پیشنهاد می‌شود در هر طبقه یک سیستم هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده نصب شود، شکل (۱۴-۷) مثال‌هایی از استفاده مشترک از شبکه‌های هم‌بندی در طبقات مختلف را نشان می‌دهد. توصیه می‌شود سیستم‌های هم‌بندی طبقات مختلف حداقل با دو رشته هادی به یکدیگر متصل شوند (ر.ک. بخش ۱۳-۷-۴ فصل ۱۳).



شکل۱۴-۷- مثالی از شبکه‌های هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده در سازه فاقد سیستم حفاظت صاعقه

۱۴-۶-۳-۴- هادی اتصال زمین عملکردی (FE)

۱۴-۶-۳-۴-۱- برخی تجهیزات الکترونیکی برای داشتن عملکرد صحیح به ولتاژ مرجعی برابر با پتانسیل جرم زمین احتیاج دارند. این ولتاژ مرجع به‌وسیله هادی اتصال زمین عملکردی فراهم می‌شود.

۱۴-۶-۳-۴-۲- هادی‌های مورد استفاده برای اتصال زمین عملکردی به توجه به فرکانس کار تجهیزات مورد نظر، ممکن است به‌صورت تسمه‌های فلزی، سیم‌های بافته‌ای تخت یا کابل‌هایی با سطح مقطع مدور (هادی مدور) باشند.

۱۴-۶-۳-۴-۳- برای هادی‌های اتصال زمین عملکردی هیچ رنگی مشخص نشده است. با این حال رنگ سبز-و-زرد که برای هادی‌های اتصال زمین حفاظتی (PE) تعیین شده است نباید استفاده شود. پیشنهاد می‌شود از یک رنگ مشابه در سرتاسر تاسیسات برای مشخص بودن هادی‌های اتصال زمین عملکردی در هر دو سمت هادی به کار برده شود.

۱۴-۶-۴- تفکیک مدارها[1]

کابل‌ها (یا هادی‌های) تغذیه برق و کابل‌های فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات که سیستم هدایت کابل[2] مشابهی یا مسیر مشابهی[3] را به اشتراک می‌گذارند، باید مطابق الزامات داده شده در بخش 444.6 استاندارد IEC 60364-4-44 نصب شوند.

یادآوری- برای اهداف مورد نظر این بخش، سیستم‌های باسداکت[4] و سیستم‌های پاورتراک[5] جزو سیستم‌های هدایت کابل در نظر گرفته می‌شوند.

ایمنی الکتریکی و سازگاری الکترومغناطیسی ممکن است به رعایت الزامات متفاوتی برای برای تفکیک الکتریکی[6] و جدایی الکتریکی[7] منجر شوند. همواره ایمنی الکتریکی اولویت بالاتری دارد.

۱۴-۶-۵- سیستم‌های هدایت کابل

سیستم‌های هدایت کابل به هر دو شکل فلزی و غیر فلزی وجود دارند که باید الزامات داده شده در بخش 444.7 استاندارد IEC 60364-4-44 در مورد آن‌ها رعایت شوند. سیستم‌های هدایت کابل فلزی در صورتی‌که مطابق بخش 444.7.3 استاندارد IEC 60364-4-44 نصب شده باشند، درجات مختلفی از حفاظت ارتقاء یافته[8] در برابر EMI را فراهم می‌کنند.

۱۴-۷- حفاظت در برابر کاهش ولتاژ

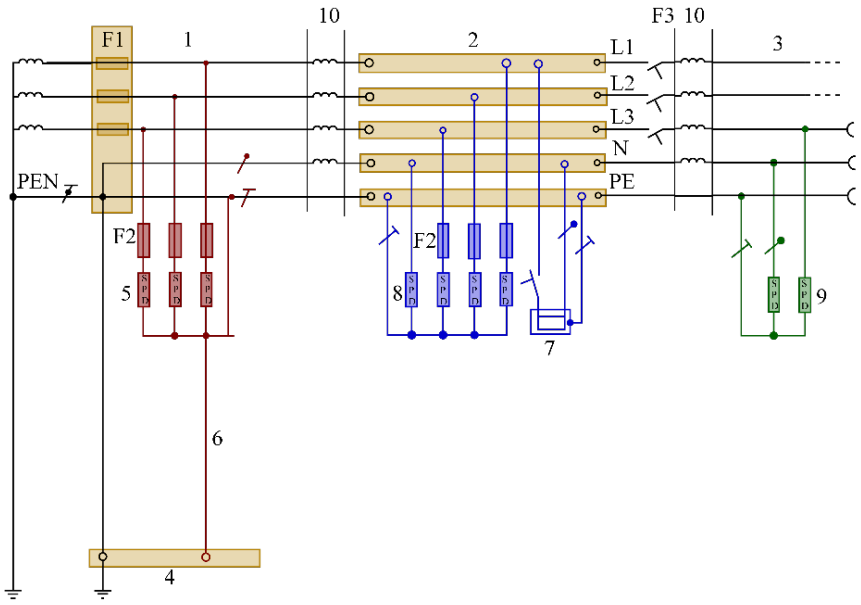
در مواردی‌که افت ولتاژ یا قطع و بازیابی مجدد ولتاژ می‌تواند منجر به وقوع خطر برای افراد یا اموال شود، باید تدابیر حفاظتی مناسبی اتخاذ شود. زمانی‌که قسمتی از تاسیسات یا مصرف‌کننده‌ها[9] ممکن است در اثر افت ولتاژ آسیب ببینند نیز تدابیر مشابهی انجام شود.

---

[1] Segregation of Circuits
[2] Cable Management System
[3] Same Route
[4] Busbar Trunking Systems
[5] Powertrack Systems
[6] Electrical Segregation
[7] Electrical Separation
[8] Enhanced Protection
[9] Current-Using Equipment

در صورتی‌که ریسک آسیب رسیدن به تاسیسات یا تجهیزات مصرف‌کننده قابل تحمل بوده و هیچ خطری افراد را تهدید نکند، پیش‌بینی حفاظت کاهش ولتاژ الزامی نیست. برای اطلاع از سایر تدابیر حفاظتی به بخش 445.1 استاندارد IEC 60364-4-44 مراجعه شود.

۱۴-۸- علائم ترسیمی



۱ مبدا تاسیسات

۲ تابلو توزیع

۳ پریز برق[1]

۴ ترمینال یا شینه اصلی اتصال زمین

۵ وسیله حفاظتی سرج، کلاس آزمون I یا II

۶ هادی اتصال زمین وسیله حفاظتی سرج (SPD)

۷ تجهیزات نصب ثابت

۸ وسیله حفاظتی سرج، کلاس آزمون II (به‌عنوان طرح جایگزین می‌توان از پیکره‌بندی اتصال نوع CT2 به‌صورت ۳+۱ نیز استفاده کرد)

۹ وسیله حفاظتی سرج، کلاس آزمون II یا III (به‌عنوان طرح جایگزین می‌توان از پیکره‌بندی ۱+۱ نیز استفاده کرد)

۱۰ عنصر مجزا کننده[2] یا طول مناسبی از مدار

F۱ و F۲ و F۳ جداکننده‌های حفاظتی اضافه جریان

یادآوری- برای اطلاعات بیش‌تر به استاندارد IEC 61643-12 مراجعه کنید.

شکل۱۴-۸- مثالی از نصب SPD با کلاس آزمون I، II و III در سیستم TN

[1] Distribution Outlet
[2] Decoupling Element

فصل ۱۵

حفاظت در برابر صاعقه

۱۵-۱- دامنه پوشش

این فصل از نشریه به موضوعات زیر می‌پردازد:

- اصول کلی و بنیادین جهت حفاظت صاعقه ساختمان، شامل تاسیسات و محتویات‌شان از جمله افرادی که در داخل ساختمان حضور دارند،
- مدیریت ریسک ناشی از اصابت صاعقه به زمین،
- الزامات برای حفاظت از ساختمان در برابر تخریب فیزیکی با استفاده از به کارگیری یک سیستم حفاظت صاعقه (LPS[1]) و همچنین برای حفاظت در برابر صدمه به موجودات زنده ناشی از ولتاژهای گام و تماس در مجاورت یک LPS،
- اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی، نصب و اجرای سیستم حفاظت از تجهیزات و سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی (SPM[2]) به منظور کاهش ریسک خرابی دایمی ناشی از ضربه الکترومغناطیسی صاعقه (LEMP[3]) در داخل یک ساختمان.

۱۵-۱-۱- موارد زیر خارج از دامنه کاربرد این فصل از نشریه بوده و برای آن‌ها باید به کدها و استانداردهای تخصصی مرتبط مراجعه شود:

- سیستم‌های ریلی
- وسایل نقلیه زمینی، دریایی، هوایی، تاسیسات فراساحل
- لوله‌های پرفشار زیرزمینی
- خطوط مخابراتی، نیروی برق، لوله‌ها که خارج از ساختمان قرار دارند.
- ساختمان‌هایی با ریسک انفجار
- ساختمان‌هایی که خسارت به آن‌ها ممکن است اثر نامطلوبی بر روی محیط[4] بگذارد (به‌عنوان مثال نشت مواد شیمیایی یا رادیواکتیو).

۱۵-۱-۲- این فصل از نشریه برای طراحی، نصب و اجرای سیستم حفاظت صاعقه یک ساختمان بدون هیچ‌گونه محدودیتی از ارتفاع آن قابل کاربرد است.

---

[1] LPS: Lightning Protection System
[2] SPM: LEMP Protection Measures
[3] LEMP: Lightning Electromagnetic Impulse
[4] Environment

این فصل از نشریه موضوع حفاظت در برابر تداخلات الکترومغناطیسی ناشی از صاعقه که ممکن است باعث عملکرد نادرست سیستم‌های داخلی بشوند، نمی‌پردازد. برای این موضوع باید به فصل ۱۴ مراجعه شود.

۱۵-۲- تعاریف و اصطلاحات

۱۵-۲-۱- سیستم حفاظت صاعقه

lightning protection system (LPS)

سیستم کاملی که با هدف کاهش خسارت‌های فیزیکی ناشی از اصابت صاعقه به ساختمان استفاده می‌شود.

یادآوری- این سیستم خود از دو قسمت سیستم حفاظت صاعقه داخلی و سیستم حفاظت صاعقه خارجی تشکیل می‌شود.

۱۵-۲-۲- سیستم حفاظت صاعقه خارجی (یا بیرونی)

external lightning protection system

قسمتی از سیستم حفاظت صاعقه (LPS) که شامل سیستم ترمینال هوایی، سیستم هادی نزولی و سیستم ترمینال زمینی می‌شود.

۱۵-۲-۳- سیستم حفاظت صاعقه داخلی (یا درونی)

internal lightning protection system

قسمتی از سیستم حفاظت صاعقه (LPS) که شامل هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه و/یا عایق‌بندی الکتریکی[1] سیستم حفاظت صاعقه خارجی می‌شود.

۱۵-۲-۴- سیستم الکتریکی

electrical system

سیستمی شامل اجزای تغذیه برق فشار ضعیف

۱۵-۲-۵- سیستم الکترونیکی

electronic system

سیستمی که شامل اجزای الکترونیکی حساس از قبیل تجهیزات مخابراتی، کامپیوتر، سیستم‌های ابزاردقیق و کنترلی، سیستم‌های رادیویی و تاسیسات الکترونیک قدرت است.

[1] Electrical Insulation

۱۵-۲-۶- واسط‌های ایزوله‌کننده

isolating interfaces

ادواتی که قادر به کاهش سرج‌های[1] هدایت شده بر روی خطوط ورودی به زون حفاظت صاعقه هستند.

یادآوری ۱- این ادوات شامل ترانسفورماتورهای ایزوله (که به یک صفحه محافظ زمین شده مابین سیم‌پیچ‌ها مجهز هستند) و کابل‌های فیبر نوری عاری از فلز و اپتوکوپلرها (تزویج‌کننده‌های نوری) هستند.

یادآوری ۲- مشخصه تحمل عایقی این تجهیزات یا به‌صورت ذاتی و یا از طریق وسیله حفاظتی سرج برای کاربرد مورد نظر مناسب هستند.

۱۵-۲-۷- ضربه الکترومغناطیسی صاعقه

lightning electromagnetic impulse
LEMP

تمامی اثرات الکترومغناطیسی ناشی از جریان صاعقه از طریق تزویج مقاومتی، القایی و خازنی، که باعث ایجاد سرج‌ها و میدان‌های الکترومغناطیسی می‌شوند.

۱۵-۲-۸- سرج (فراتاخت)

surge

پدیده گذرای ایجاد شده به‌وسیله ضربه الکترومغناطیسی صاعقه که به‌صورت یک اضافه‌ولتاژ و/یا اضافه جریان ظاهر می‌شود.

۱۵-۲-۹- تدابیر حفاظتی LEMP (SPM)

LEMP protection measures
SPM

شامل تدابیر در نظر گرفته شده به منظور حفاظت سیستم‌های داخلی در برابر اثرات ضربه الکترومغناطیسی صاعقه است.

یادآوری- این تدابیر جزئی از سیستم کلی حفاظت صاعقه است.

۱۵-۲-۱۰- الکترود زمین فونداسیون (پی سازه)

foundation earth electrode

جرمی است فلزی، مدفون در خاک زیر فونداسیون ساختمان یا، ترجیحاً، تعبیه شده در بتن فونداسیون ساختمان، عموماً به شکل حلقه بسته، که شرایط کامل یک الکترود زمین را داشته باشد.

[1] Surges

۱۵-۲-۱۱- اجزای طبیعی LPS

natural component of LPS

اجزای فلزی‌ای که مخصوص سیستم حفاظت صاعقه نصب نشده‌اند و می‌توانند به‌صورت مازاد بر سیستم حفاظت صاعقه استفاده شده یا در برخی موارد می‌توانند به‌عنوان یک یا چند جز از سیستم حفاظت صاعقه عمل کنند.

یادآوری- مثال‌هایی از استفاده از این اصطلاح عبارت است از:

- ترمینال هوایی طبیعی
- هادی نزولی طبیعی
- الکترود زمین طبیعی

۱۵-۲-۱۲- اجزای اتصال‌دهنده

connecting component

قسمتی از یک سیستم حفاظت صاعقه که برای اتصال هادی‌ها به هم‌دیگر یا تاسیسات فلزی استفاده می‌شوند.

یادآوری- این اجزا همچنین شامل جمپرها[1] و قطعات انبساط پذیر[2] می‌شوند.

۱۵-۲-۱۳- بست نگهدارنده

fixing component

قسمتی از یک سیستم حفاظت صاعقه که برای ثابت و محکم نگه داشتن عناصر سیستم حفاظت صاعقه به ساختمان تحت حفاظت استفاده می‌شود.

۱۵-۲-۱۴- تاسیسات فلزی

metal installations

اجرام فلزی موجود در ساختمانِ تحت حفاظت که ممکن است مسیری برای عبور جریان صاعقه تشکیل دهند، از قبیل لوله‌ها، راه‌پله‌ها، ریل راهنمای آسانسور، داکت‌های تهویه، گرمایش و تهویه مطبوع، آرماتورهای به هم پیوسته، اجزای فلزی ساختمان.

۱۵-۲-۱۵- قسمت‌های رسانای خارجی

external conductive parts

اجرام فلزی‌ای که از خارج به ساختمانِ تحت حفاظت وارد و یا از آن خارج می‌شوند، از قبیل لوله‌ها، زره فلزی کابل، داکت‌های فلزی و غیره که ممکن است قسمتی از جریان صاعقه را حمل کنند.

---

[1] Bridging Component
[2] Expansion Piece

۱۵-۲-۱۶- هم‌بندی هم‌پتانسیل کننده صاعقه

lightning equipotential bonding (EB)

به هم‌بندی قسمت‌های فلزی مجزا از هم در یک سیستم حفاظت صاعقه به‌وسیله اتصال مستقیم یا از طریق وسایل حفاظتی سرج (SPD[1]) به منظور کاهش اختلاف پتانسیل مابین آن‌ها ناشی از جریان صاعقه گفته می‌شود.

۱۵-۲-۱۷- آرماتورهای به هم پیوسته

interconnected reinforcing steel

قطعات فولادی داخل یک سازه بتنی که از لحاظ الکتریکی پیوسته باشند.

یادآوری- در اسکلت بتنی تنها با تعبیه یک شبکه مش از هادی مناسب و اتصال آن به آرماتورها از طریق کلمپ، پیوستگی الکتریکی موثر و قابل قبولی ایجاد می‌شود (ر.ک[۲]. بند ۱۳-۷-۴ فصل ۱۳).

۱۵-۲-۱۸- فاصله جدایی

separation distance

فاصله بین دو قسمت فلزی به گونه‌ای که نتواند بین آن‌ها قوس خطرناکی رخ دهد.

۱۵-۲-۱۹- کلاس سیستم حفاظت صاعقه

class of LPS

اعدادی که نشان‌دهنده طبقه‌بندی یک سیستم حفاظت صاعقه مطابق با ترازی است که طراحی LPS بر اساس پارامترهای آن انجام شده است.

۱۵-۲-۲۰- طراح حفاظت صاعقه

lightning protection designer

شخصیتی است ذیصلاح، دارای صلاحیت حرفه‌ای و کارآزموده در زمینه طراحی سیستم حفاظت صاعقه.

۱۵-۲-۲۱- مجری حفاظت صاعقه

lightning protection installer

شخصیتی است ذیصلاح، دارای صلاحیت حرفه‌ای و کارآزموده در زمینه نصب و اجرای سیستم حفاظت صاعقه.

---

[1] SPD: Surge Protective Device

[۲] رجوع کنید.

۱۵-۲-۲۲- ایزوله‌کننده قوسی (یا جرقه‌ای) (ISG)

isolating spark gap (ISG)

تجهیزی است مجهز به یک شکاف یا فاصله هوایی، با امکان تخلیه الکتریکی، که هدف از نصب آن ایزوله کردن الکتریکی قسمت‌های رسانای تاسیسات است.

یادآوری- در هنگام اصابت یک صاعقه، قسمت‌های مختلف تاسیسات در نتیجه وقوع پدیده تخلیه الکتریکی در فاصله هوایی ISG به‌صورت موقت به لحاظ الکتریکی به هم متصل می‌شوند.

۱۵-۲-۲۳- تراز حفاظت صاعقه

lightning protection level (LPL)

عددی است جامعِ مجموعه‌ای از پارامترهای جریان صاعقه که متناسب با این احتمال هستند که در شرایط وقوع یک صاعقه طبیعی این پارامترها از مقادیر طراحی شده حداقل و حداکثر تعیین شده آن تراز تجاوز نکنند.

یادآوری- تراز حفاظتی صاعقه برای طراحی تدابیر حفاظتی مطابق با برخی از پارامترهای جریان صاعقه، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۵-۲-۲۴- زون حفاظت صاعقه

lightning protection zone (LPZ)

زون یا ناحیه‌ای که محیط الکترومغناطیسی صاعقه برای آن تعریف شده است.

یادآوری- مرز زون‌های مختلف یک سیستم حفاظت صاعقه لزوماً مرزهای فیزیکی (مانند دیوارها، کف و سقف) نیستند.

۱۵-۲-۲۵- سیستم SPD هماهنگ‌شده

coordinated SPD system

ادوات SPD که به درستی انتخاب، هماهنگ و نصب شده‌اند تا سیستمی را جهت کاهش خرابی سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی تشکیل دهند.

۱۵-۲-۲۶- ریسک

risk (R)

میزان اتلاف (از دست رفتن)[1] متوسط سالانه (انسان‌ها یا دارایی‌ها) ناشی از صاعقه، تقسیم بر میزان کل آن‌ها در ساختمان تحت حفاظت.

[1] Loss

۱۵-۲-۲۷- ریسک قابل تحمل

tolerable risk (R_T)

حداکثر ریسکی است که برای ساختمان تحت حفاظت می‌تواند قابل تحمل باشد.

۱۵-۲-۲۸- شیلد مغناطیسی

magnetic shield

پوشش فلزی بسته‌ی شبکه‌ای شکل[1] یا پیوسته که ساختمان تحت حفاظت یا قسمتی از آن را می‌پوشاند و برای کاهش خرابی سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی استفاده می‌شود.

۱۵-۲-۲۹- سیستم‌های داخلی

internal systems

به سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی در داخل ساختمان گفته می‌شود.

۱۵-۲-۳۰- خط

line

به خط برق یا خط مخابراتی متصل به ساختمان تحت حفاظت گفته می‌شود.

۱۵-۲-۳۱- میله منتهی به زمین

earth lead-in rod

میله نصب شده مابین هادی نزولی/مفصل آزمون و الکترود زمین است.

یادآوری- میله منتهی به زمین برای بهبود پایداری مکانیکی استفاده می‌شود.

۱۵-۲-۳۲- هادی نزولی

down conductor

قسمتی از سیستم حفاظت صاعقه خارجی است که به منظور هدایت جریان صاعقه از سیستم ترمینال هوایی به ترمینال زمینی استفاده می‌شود.

۱۵-۲-۳۳- سیستم ترمینال هوایی

air termination system

قسمتی از سیستم حفاظت صاعقه خارجی که از عناصر فلزی از قبیل میله‌ها، هادی‌های مش‌شده یا سیم‌های گارد[2] به منظور جذب و دریافت صاعقه‌ها استفاده می‌شود.

---

[1] Grid-Like
[2] Catenary Wire

۱۵-۲-۳۴- سیستم ترمینال زمینی

earth termination system

قسمتی از سیستم حفاظت صاعقه خارجی که به منظور هدایت و پراکنده کردن جریان صاعقه به زمین استفاده می‌شود.

۱۵-۲-۳۵- قطعه انبساط پذیر

expansion piece

نوعی قطعه اتصال‌دهنده بین دو قسمت، به منظور فراهم کردن امکان جبران‌سازی تغییرات طول هادی‌ها و/یا تاسیسات فلزی ناشی از تغییرات دما است.

۱۵-۲-۳۶- شینه هم‌بندی

bonding bar

شینه فلزی که از طریق آن تاسیسات فلزی، قسمت‌های رسانای خارجی، خطوط برق و مخابرات و سایر کابل‌ها می‌توانند به سیستم حفاظت خارجی متصل شوند.

۱۵-۲-۳۷- شبکه هم‌بندی

bonding network

شبکه به هم پیوسته از همه قسمت‌های رسانای ساختمان و از سیستم‌های داخلی (غیر از قسمت‌های برق‌دار) به سیستم ترمینال زمینی.

۱۵-۲-۳۸- هادی هم‌بندی

bonding conductor

هادی اتصال دهنده قسمت‌های رسانای جداسازی شده به سیستم حفاظت صاعقه خارجی

۱۵-۲-۳۹- ساختمان تحت حفاظت

structure to be protected

ساختمانی که برای آن حفاظت در برابر اثرات صاعقه مطابق با این نشریه الزامی است.

یادآوری- یک ساختمان تحت حفاظت ممکن است خود قسمتی از یک ساختمان بزرگ‌تر باشد.

۱۵-۲-۴۰- سیستم حفاظت صاعقه خارجی ایزوله شده از ساختمان تحت حفاظت

external LPS isolated from the structure to be protected

نوعی سیستم حفاظت خارجی است که به همراه سیستم ترمینال هوایی و سیستم هادی نزولی، به گونه‌ای جانمایی شده که مسیر جریان صاعقه هیچ‌گونه تماسی با ساختمان تحت حفاظت نداشته باشد.

یادآوری- در یک سیستم حفاظت صاعقه ایزوله شده، از وقوع قوس‌های خطرناک مابین سیستم حفاظت صاعقه و ساختمان جلوگیری می‌شود.

۱۵-۲-۴۱- سیستم حفاظت صاعقه خارجی ایزوله نشده از ساختمان تحت حفاظت

external LPS not isolated from the structure to be protected

نوعی سیستم حفاظت خارجی است که به همراه سیستم ترمینال هوایی و سیستم هادی نزولی، به گونه‌ای جانمایی شده که مسیر جریان صاعقه می‌تواند با ساختمان تحت حفاظت در تماس باشد.

۱۵-۲-۴۲- الکترود زمین رینگ

ring earth electrode

الکترود زمینی است به شکل یک حلقه بسته دور تا دور ساختمان، زیر یا روی سطح زمین

۱۵-۲-۴۳- هادی رینگ

ring conductor

یک هادی به شکل حلقه بسته دور تا دور ساختمان و متصل به هادی‌های نزولی است (برای توزیع جریان صاعقه بین آن‌ها).

۱۵-۲-۴۴- وسیله حفاظتی سرج (SPD) (برق‌گیر حفاظتی)

surge arrester
surge protective device (SPD)

تجهیزی است که اضافه‌ولتاژهای گذرا را محدود و سرج‌های جریان را به زمین منحرف می‌کند و حداقل شامل یک المان غیرخطی است.

۱۵-۲-۴۵- حداکثر ولتاژ کار دایم (U_C)

maximum continuous operating voltage

حداکثر ولتاژ (a.c.) مؤثر یا (d.c.) که به طور دایم در حالت‌های حفاظتی به SPD اعمال می‌شود. این مقدار معادل با ولتاژ اسمی است.

۱۵-۲-۴۶- تراز حفاظت ولتاژ (U_P)

voltage protection level

عددی است که کارکرد SPD را در محدود کردن ولتاژ دو سر ترمینال‌های خود مشخص می‌کند. این مقدار از بالاترین سطح ولتاژ محدود شده اندازه‌گیری شده، بزرگ‌تر است. تراز حفاظت ولتاژ بر اساس لیستی از مقادیر ترجیحی انتخاب می‌شود.

۱۵-۲-۴۷- جریان تخلیه نامی (I_n)

nominal discharge current

مقدار پیک جریان یک شکل موج ۸/۲۰ است که از SPD عبور می‌کند و برای دسته بندی SPDها در آزمون کلاس II و همچنین به‌عنوان یک پیش‌شرط آزمون‌های کلاس I و II برای SPD استفاده می‌شود.

۱۵-۲-۴۸- جریان ضربه (I_{imp})

impulse current

این جریان با سه پارامتر، مقدار پیک جریان ضربه‌ای I_{peak}، بار الکترونی Q و انرژی مخصوص W/R، تعریف می‌شود. از این پارامتر برای آزمون کلاس I در دسته‌بندی SPDها استفاده می‌شود.

۱۵-۲-۴۹- وسیله (حفاظتی) جریان باقی‌مانده (RCD)

residual current (protective) device (RCD)

کلید مکانیکی و یا مجموعه‌ای از قطعاتی است که تحت شرایط خاص در زمان رسیدن جریان باقی‌مانده‌ای بیش از یک مقدار داده شده، قطع می‌کند.

۱۵-۲-۵۰- دسته‌بندی آزمون ضربه

impulse test classification

۱۵-۲-۵۰-۱- آزمون کلاس I

class I test

به مراحل آزمونی گفته می‌شود که با جریان تخلیه نامی (I_n)، ولتاژ ضربه‌ای ۱٫۲/۵۰ و حداکثر جریان ضربه (I_{imp}) به منظور آزمودن وسایل حفاظتی سرج کلاس I صورت می‌گیرد.

۱۵-۲-۵۰-۲- آزمون کلاس II

class II test

به مراحل آزمونی گفته می‌شود که با جریان نامی تخلیه (I_n)، ولتاژ ضربه‌ای۱٫۲/۵۰ و حداکثر جریان تخلیه (I_{max}) به منظور آزمودن وسایل حفاظتی سرج کلاس II صورت می‌گیرد.

۱۵-۲-۵۰-۳- آزمون کلاس III

class III test

به مراحل آزمونی گفته می‌شود که با موج ترکیبی (۸/۲۰، ۱٫۲/۵۰) به منظور آزمودن وسایل حفاظتی سرج کلاس III صورت می‌گیرد.

۱۵-۲-۵۱- ولتاژ قابل تحمل ضربه‌ای اسمی (U_w)

rated impulse withstand voltage

ولتاژی است که توسط سازنده برای کل یا قسمتی از یک دستگاه در سیستم معرفی می‌شود و مشخص کننده توانایی تحمل عایقی آن در برابر اضافه ولتاژها است. در این نشریه تنها ولتاژ تحمل عایقی بین قسمت‌های برق‌دار و زمین مورد نظر است.

۱۵-۲-۵۲- سامانه هشدار توفان تندری

thunderstorm warning system (TWS)

سامانه‌ای متشکل از ردیاب‌های توفان تندری[1] که قادر به پایش صاعقه یا فعالیت‌های آتی صاعقه در منطقه تحت پایش (MA[2]) هستند و ابزارهایی که برای پردازش داده‌های دریافتی برای صدور یک اخطار معتبر (هشدار) مرتبط با رویدادها یا شرایط مرتبط صاعقه (LREs[3] یا LRC[4]) برای بخش مشخصی از محیط اطراف (SA[5]) استفاده می‌شوند.

۱۵-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی هستند که در متن این فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این فصل الزامی است:

- استاندارد ملی ایران به شماره INSO-IEC 62305، حفاظت در برابر آذرخش – تمام قسمت‌ها (شامل ۴ قسمت).
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۸۴۹۹، قطعات سیستم حفاظت در برابر آذرخش (LPSC) (برق‌گیر) – تمام قسمت‌ها (شامل ۸ قسمت).
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴۳-۴-۱۹۳۷، تاسیسات الکتریکی فشارضعیف – قسمت ۴-۴۳: حفاظت برای ایمنی – حفاظت در برابر اضافه جریان.

---

[1] توفان تندری یا تندرتوفان (به انگلیسی thunderstorm) نوعی از آب و هوای آشفته است که ویژگی آن حضور صاعقه و اثر صوتی آن در جو زمین به نام تندر است. توفان‌های تندری معمولا با باران شدید، باد شدید و گاهی با دانه‌های ریز برف یا تگرگ همراهی می‌شوند و گاهی نیز بدون بارش رخ می‌دهند. هرچند این توفان‌ها بیش‌تر در بهار و تابستان رخ می‌دهند، ممکن است در هر زمان دیگری در سال نیز اتفاق بیافتند.

[2] Monitoring Area
[3] Lightning Related Events
[4] Lightning Related Conditions
[5] Surrounding Area

- IEC 62305, Protection against lightning – All Parts.
- IEC 62793:2020, Protection against lightning – Thunderstorm warning systems.
- IEC 60364-4-44:2007+AMD1:2015+AMD2:2018, Low-voltage electrical installations - Part 4-44: Protection for safety - Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances.
- IEC 60364-5-53:2019, Low-voltage electrical installations - Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Devices for protection for safety, isolation, switching, control and monitoring.
- IEC 61643-11:2011, Low-voltage surge protective devices - Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Requirements and test methods.
- IEC 61643-12:2020, Low-voltage surge protective devices - Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Selection and application principles.
- IEC 61643-21:2000+AMD1:2008+AMD2:2012, Low voltage surge protective devices - Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - Performance requirements and testing methods.
- IEC 61643-22:2015, Low-voltage surge protective devices - Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - Selection and application principles.
- IEC 60664-1:2020, Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems - Part 1: Principles, requirements and tests.
- IEC 61000-4-5:2014+AMD1:2017, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test.
- IEC 61009-1:2010+AMD1:2012+AMD2:2013, Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) - Part 1: General rules.
- IEC 61008-1:2010+AMD1:2012+AMD2:2013, Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) - Part1: General rules.
- EN 13601:2013, Copper and copper alloys. Copper rod, bar and wire for general electrical purposes.

۱۵-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

تمام قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در حفاظت صاعقه ساختمان‌ها باید مطابق ضوابط بیان شده در این فصل از نشریه باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران و/یا شیوه‌نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته، آزموده شده و موفق به دریافت نشان ملی استاندارد ایران یا اخذ گواهی انطباق از آزمایشگاه‌های مرجع مورد تایید سازمان ملی استاندارد ایران و/یا اخذ گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی شده باشد.

در صورتی‌که در خصوص بخشی یا کل آزمون‌های مورد نیاز برای یک قطعه، وسیله یا تجهیز، استاندارد ملی ایران و شیوه‌نامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، هر دو موجود نباشند، انجام آزمون مطابق استانداردهای بین‌المللی نظیر IEC و ISO در یک آزمایشگاه معتبر و صاحب صلاحیت[1] و اخذ گواهی آزمون ضروری است.

فهرستی از قطعات، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در حفاظت صاعقه و استانداردهای ساخت و آزمون مربوطه در جدول (۱۵-۱) آمده است.

طراحی، اجرا، نظارت و آزمون و تحویل حفاظت صاعقه مطابق الزامات بیان شده در این فصل باید به ترتیب توسط طراحان، مجریان، ناظران و بازرسان متخصص و کارآزموده که دارای مجوز مرتبط و معتبر از مراجع ذیصلاح ملی و/یا گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشند، انجام شود.

جدول۱۵-۱- استاندارد ساخت و آزمون

ردیف	شرح تجهیز	استاندارد ساخت و آزمون مربوطه
۱	- شینه‌های زمین و هم‌بندی - انواع کلمپ‌ها (موازی، ضرب‌دری، قطری، پیچی و غیره) و مفصل آزمون	INSO 18499-1
۲	- انواع الکترودهای زمین، شامل میله، لوله، هادی (مدور، چندمفتولی، تسمه)، صفحه (ساده و مشبک) - انواع ترمینال هوایی حفاظت صاعقه، شامل میله (دیواری، خودایستا)، هادی (مدور و تسمه) - انواع هادی نزولی حفاظت صاعقه (مدور و تسمه)	INSO 18499-2
۳	ایزوله‌کننده قوسی (ISG)	INSO 18499-3
۴	انواع بست نگهدارنده دیواری و کفی برای هادی‌های نزولی (فلزی و غیر فلزی) و برای هادی‌ها و میله‌های ترمینال هوایی حفاظت صاعقه	INSO 18499-4
۵	دریچه بازدید الکترود زمین (بتنی یا پلاستیکی/پلمری)	INSO 18499-5
۶	شمارنده صاعقه	INSO 18499-6
۷	مواده کاهنده زمین و بتن هادی	INSO 18499-7
۸	وسایل حفاظت صاعقه ایزوله (شامل نگه‌دارنده‌های عایقی و کابل‌های ایزوله‌کننده)	INSO 18499-8
۹	وسیله حفاظتی سرج (SPD) فشار ضعیف	IEC 61643-11
۱۰	وسیله حفاظتی سرج (SPD) جریان ضعیف	IEC 61643-21
۱۱	اقلام مسی (میله، سیم و شینه)	EN 13601
۱۲	سامانه هشدار توفان تندری	IEC 62793
۱۳	نرم‌افزار طراحی، شبیه‌سازی و محاسبات مدیریت/ارزیابی ریسک صاعقه	-
۱۴	نرم‌افزار طراحی، شبیه‌سازی و محاسبات جانمایی سیستم ترمینال هوایی	-
۱۵	نرم‌افزار طراحی، شبیه‌سازی و محاسبات فاصله جدایی	-
۱۶	نرم‌افزار طراحی، شبیه‌سازی و محاسبات بخش‌های مختلف حفاظت صاعقه	-

[1] صلاحیت آزمایشگاه توسط یکی از مراجع ذیصلاح ملی (شامل سازمان ملی استاندارد ایران یا مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) تعیین می‌شود.

۱۵-۴- ضوابط اصولی برای حفاظت ساختمان‌ها

۱۵-۴-۱- تدابیر حفاظتی

۱۵-۴-۱-۱- کلیات

بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعات مدیریت ریسک (ر.ک. بخش ۱۵-۵)، تدابیر حفاظتی لازم به منظور کاهش خطرات ناشی از صاعقه، متناسب با نوع خسارت[1] باید پیش‌بینی شود.

۱۵-۴-۱-۲- تدابیر حفاظتی برای کاهش آسیب به موجودات زنده ناشی از برق‌گرفتگی

تدابیر حفاظتی ممکن، شامل موارد ذیل است:

- عایق‌بندی مناسب برای قسمت‌های فلزی در معرض تماس
- هم‌پتانسیل‌سازی به‌وسیله یک سیستم زمین مش‌بندی شده
- قراردادن محدودیت‌ها و موانع فیزیکی و نصب علایم هشدار دهنده
- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه (EB[2])

یادآوری- هم‌پتانسیل‌سازی و افزایش مقاومت لایه سطحی زمین، در درون و یا بیرون ساختمان می‌تواند به کاهش خطرات جانی کمک کند.

۱۵-۴-۱-۳- تدابیر حفاظتی جهت کاهش آسیب‌های فیزیکی

این تدابیر حفاظتی با بهره‌گیری از یک سیستم حفاظت صاعقه (LPS) شامل موارد زیر می‌شود:

۱) سیستم ترمینال هوایی
۲) سیستم هادی نزولی
۳) سیستم ترمینال زمینی
۴) هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه
۵) عایق‌بندی الکتریکی و رعایت فاصله جدایی از سیستم حفاظت صاعقه خارجی

۱۵-۴-۱-۴- تدابیر حفاظتی جهت کاهش صدمه به سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی

تدابیر حفاظتی (SPM) ممکن در این خصوص عبارتند از:

- هم‌بندی و اتصال زمین
- استفاده از شیلد مغناطیسی

[1] Damage
[2] EB: Equipotential Bonding

- تعیین مسیر مناسب برای خطوط مرتبط با تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی
- واسط‌های ایزوله‌کننده
- سیستم وسایل حفاظتی سرج[1] هماهنگ‌شده

یادآوری ۱- این تدابیر ممکن است به تنهایی یا به‌صورت ترکیبی به کار رود.

یادآوری ۲- استفاده از ردیاب‌های توفان تندری[2] مطابق با استاندارد IEC 62793 و اتخاذ تمهیدات مناسب می‌تواند منجر به کاهش خرابی سیستم‌های الکترونیکی و الکتریکی شود (ر.ک. بخش ۱۵-۸).

۱۵-۴-۱-۵- انتخاب تدابیر حفاظتی

انتخاب تدابیر حفاظتی بهینه توسط مهندس طراح، بسته به موقعیت مکانی و نوع خطر و آسیب احتمالی و لحاظ کردن ملاحظات اقتصادی و با عنایت به نتیجه مطالعه مدیریت ریسک، انجام می شود. معیارهای لازم برای مدیریت ریسک و انتخاب مناسب‌ترین تدابیر حفاظتی در استاندارد IEC 62305-2 تشریح شده است.

۱۵-۴-۲- معیارهای اساسی جهت حفاظت ساختمان‌ها و تاسیسات در برابر صاعقه

۱۵-۴-۲-۱- کلیات

برای دستیابی به یک سیستم حفاظت صاعقه ایده‌آل، باید ساختمان توسط یک شیلد رسانای پیوسته، با ضخامت مناسب احاطه و به طور مطلوب زمین شده باشد. همچنین باید تمامی تاسیسات و تجهیزات فلزی وارده به ساختمان، مانند لوله‌های فلزی آب و گاز، شیلد کابل‌ها و غیره، در بدو ورود به شکلی مطلوب هم‌بند شده باشند.

تدابیر بالا باعث جلوگیری از نفوذ جریان صاعقه و میدان مغناطیسی مرتبط با آن به تجهیزات داخل ساختمان شده و از بروز آسیب‌ها و خطرات حرارتی جریان و نیز قوس[3] و اضافه‌ولتاژ روی تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی خواهد شد.

در عمل رسیدن به حفاظتی کامل و با ریسک صفر، نوعی ایده‌آل‌گرایی بوده و دارای صرفه اقتصادی نیست، زیرا در حالت واقعی ساختمان‌ها و تاسیسات را نمی‌توان به تمامی و کاملاً داخل چنین شیلد پیوسته‌ای به ضخامت مناسب، قرار داد. به عبارت دیگر، کوچک‌ترین نقصی در پیوستگی یا ضخامت شیلد، باعث نفوذ جریان صاعقه به داخل ساختمان شده و منجر به آسیب‌های فیزیکی یا خطرات جانی یا اختلال در عملکرد تجهیزات داخل ساختمان می‌شود.

در نتیجه لازم است متناسب با طبقه‌بندی مشخصات و پارامترهای جریان صاعقه (تراز حفاظت صاعقه)، تدابیر حفاظتی لازم، با هدف به حداقل رساندن آسیب‌ها و تبعات آن‌ها انجام شوند.

---

[1] SPD: Surge Protective Devices
[2] Thunderstorm Detectors
[3] Spark

۱۵-۴-۲-۲- تراز حفاظت صاعقه[1]

برای حفاظت در برابر صاعقه چهار تراز حفاظتی (I تا IV) متناظر با یک مقدار حداقل و یک مقدار حداکثر جریان صاعقه معرفی می‌شوند.

یادآوری- در این نشریه مجموعه تدابیر حفاظتی در برابر صاعقه که پارامترهای حداقل و حداکثر آن از تراز حفاظتی I تجاوز می‌کند بیان نخواهد شد.

مقادیر حداکثر پارامترهای جریان صاعقه برای ترازهای حفاظتی چهارگانه مطابق جدول (۱۵-۲) است. این پارامترها برای طراحی اجزای سیستم حفاظت صاعقه از جمله سطح مقطع و ضخامت هادی ترمینال هوایی و هادی نزولی، قابلیت عبور جریان از وسیله حفاظتی سرج، انتخاب فاصله جدایی مناسب برای جلوگیری از قوس و مطالعات شبیه‌سازی جریان صاعقه استفاده می‌شود.

جدول۱۵-۲- مقادیر حداکثر جریان صاعقه متناظر با تراز حفاظت صاعقه

تراز حفاظت صاعقه LPL	I	II	III	IV
حداکثر جریان صاعقه (کیلو آمپر)	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۱۰۰

مقادیر حداقل جریان صاعقه مطابق جدول (۱۵-۳) برای ترازهای حفاظتی چهارگانه، به منظور مشخص کردن شعاع گوی غلتان (ر.ک. بند ۱۵-۶-۱-۲-۲-۲) و نیز به منظور تعریف زون‌های حفاظتی صاعقه نیز استفاده می‌شوند. این مقادیر در جانمایی[2] ترمینال هوایی و تعریف LPZ 0_B هم کاربرد دارند.

جدول۱۵-۳- مقادیر حداقل جریان صاعقه و شعاع گوی غلتان مربوطه، متناظر با تراز حفاظت صاعقه

تراز حفاظت صاعقه LPL	I	II	III	IV
حداقل جریان صاعقه (کیلو آمپر)	۳	۵	۱۰	۱۶
شعاع گوی غلتان (متر)	۲۰	۳۰	۴۵	۶۰

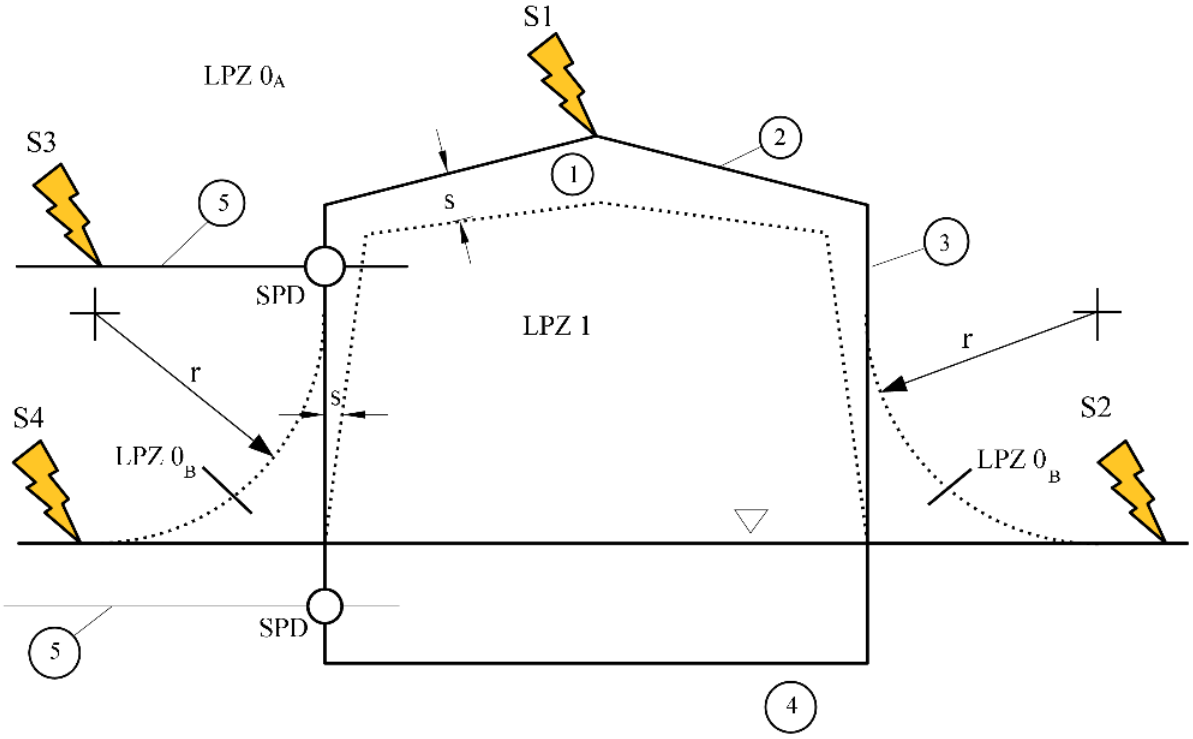
[1] Lightning Protection Levels
[2] Positioning

۱۵-۴-۲-۳- زون‌های حفاظت صاعقه[1]

انجام تدابیر حفاظتی نظیر سیستم حفاظت صاعقه (LPS)، استفاده از کابل‌های دارای شیلد، استفاده از شیلد مغناطیسی و پیش‌بینی وسایل حفاظتی سرج در گرو تعیین صحیح زون‌های حفاظتی صاعقه هستند. زون‌های حفاظتی، متناسب با خطرات ناشی از صاعقه، به شکل زیر تعریف می‌شوند (شکل (۱۵-۱)):

- $LPZ\ 0_A$: زونی که در معرض برخورد مستقیم صاعقه با حداکثر جریان و میدان مغناطیسی است.
- $LPZ\ 0_B$: زونی که در مقابل برخورد مستقیم صاعقه حفاظت شده است ولی قسمتی از جریان صاعقه و تمامی میدان مغناطیسی صاعقه ممکن است به این زون وارد شود.
- LPZ 1: زونی که در آن اضافه جریان صاعقه به کمک تقسیم جریان و استفاده از واسطهای ایزوله‌کننده و/یا استفاده از وسایل حفاظتی سرج در مرز این زون، محدود شده است. ممکن است با استفاده از شیلد فضایی[2] میدان مغناطیسی در داخل زون تضعیف شود.
- LPZ 2, …, n: زون یا زون‌هایی که در آن اضافه جریان صاعقه به کمک تقسیم جریان و استفاده از واسطهای ایزوله‌کننده و/یا استفاده از وسایل حفاظتی سرج در مرز این زون، بیش‌تر از قبل محدود شده باشد. ممکن است با استفاده از شیلد فضایی متعدد میدان مغناطیسی در داخل زون‌های حفاظتی بیش‌تر از قبل تضعیف شوند.

[1] Lightning Protection Zones
[2] Spatial Shielding



۱	ساختمان	S۱	اصابت صاعقه به ساختمان
۲	سیستم ترمینال هوایی	S۲	اصابت صاعقه به مجاورت ساختمان
۳	سیستم هادی نزولی	S۳	اصابت صاعقه به خطوط متصل به ساختمان
۴	سیستم ترمینال زمینی	S۴	اصابت صاعقه به مجاورت خطوط متصل به ساختمان
۵	خطوط ورودی	r	شعاع گوی غلتان
		s	فاصله جدایی در برابر وقوع قوس‌های خطرناک

▽ سطح زمین

○ هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه به‌وسیله SPD

$LPZ\ 0_A$ اصابت مستقیم صاعقه، جریان صاعقه کامل

$LPZ\ 0_B$ عدم اصابت مستقیم صاعقه، جریان صاعقه جزئی یا القایی

LPZ 1 عدم اصابت مستقیم صاعقه، جریان صاعقه محدود یا القایی

شکل۱۵-۱- تعریف زون‌های حفاظت صاعقه (LPZ) به‌وسیله یک سیستم حفاظت صاعقه (LPS)

۱۵-۴-۲-۴- حفاظت ساختمان‌ها

۱۵-۴-۲-۴-۱- حفاظت جهت کاهش خسارت‌های فیزیکی و خطرات جانی

ساختمان تحت حفاظت باید داخل زون حفاظتی LPZ 0_B یا بالاتر قرار گیرد. این کار با طراحی و نصب سیستم حفاظت صاعقه[1] انجام خواهد شد. هر سیستم حفاظت صاعقه (LPS) شامل سیستم حفاظت صاعقه خارجی و سیستم حفاظت صاعقه داخلی است. سیستم حفاظت صاعقه خارجی وظایف زیر را بر عهده دارد:

- جلوگیری از برخورد مستقیم صاعقه به ساختمان و تأسیسات بیرونی (توسط سیستم ترمینال هوایی)
- هدایت ایمن جریان صاعقه به زمین (توسط سیستم هادی نزولی)
- پراکنده کردن جریان صاعقه در زمین (توسط سیستم ترمینال زمینی)

آنچه از سیستم حفاظت صاعقه داخلی[2] انتظار می‌رود جلوگیری از خطرات قوس و اضافه‌ولتاژ خطرناک در داخل ساختمان با استفاده از هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده[3] یا جدایی[4] تجهیزات حساس الکتریکی و الکترونیکی از اجزای سیستم حفاظت صاعقه است.

۱۵-۴-۲-۴-۲- حفاظت جهت کاهش خرابی سیستم‌های داخلی

به منظور حفاظت در برابر ضربه‌های الکترومغناطیسی صاعقه (LEMP) و کاهش خطر بروز خرابی در سیستم‌های داخلی باید موارد زیر محدود شود:

- سرج‌های ناشی از تزویج‌های القایی و مقاومتی به علت برخورد صاعقه به ساختمان.
- سرج‌های ناشی از تزویج القایی به علت برخورد به نزدیکی ساختمان.
- سرج‌های منتقل شده توسط خطوط برق و مخابرات متصل به سازه به علت برخورد به خطوط یا به نزدیکی خطوط.
- تزویج مستقیم میدان مغناطیسی با تجهیز.

سیستم تحت حفاظت باید در داخل LPZ 1 یا زون‌های بالاتر قرار گیرد. دست‌یابی به این هدف از طریق تدابیر حفاظتی (SPM) برای سیستم الکتریکی و الکترونیکی، مشتمل بر شیلدکردن مغناطیسی که میدان‌های القایی را تضعیف می‌کنند و یا مسیریابی مناسب سیم‌کشی به منظور کاهش حلقه‌های القایی محقق می‌شود. هم‌بندی برای قسمت‌های فلزی و سیستم‌هایی که از مرز زون‌های حفاظت صاعقه مختلف عبور می‌کنند باید در مرز هر زون صورت پذیرد. این هم‌بندی باید از طریق هادی‌های هم‌بندی یا در صورت لزوم توسط وسایل حفاظتی سرج (SPD ها) صورت پذیرد. تدابیر حفاظتی برای تمامی LPZها باید با بخش ۱۵-۷ مطابقت داشته باشند.

---

[1] LPS
[2] Internal LPS
[3] Equipotential Bonding
[4] Separation

حفاظت موثر در برابر اضافه‌ولتاژها، که منجر به بروز خرابی در سیستم‌های داخلی ساختمان می‌شوند، ممکن است از طریق واسطهای ایزوله‌کننده و/یا یک سیستم وسایل حفاظتی سرج هماهنگ شده، که اضافه‌ولتاژها را به مقادیری کم‌تر از ولتاژ ضربه اسمی سیستم مورد حفاظت محدود می‌کند، تامین شود. وسایل حفاظتی سرج باید مطابق با الزامات بند ۱۵-۷-۴ انتخاب و نصب شوند.

۱۵-۴-۳- طراحی سیستم حفاظت صاعقه

از منظر اقتصادی انجام طراحی فنی و بهینه برای سیستم حفاظت صاعقه امکان‌پذیر است. به ویژه اگر مراحل طراحی و اجرای سیستم حفاظت صاعقه با مراحل طراحی و ساخت ساختمان تحت حفاظت هماهنگ شده باشند. به طور خاص، در طراحی خود ساختمان، باید از قسمت‌های فلزی آن، تا حد ممکن به‌عنوان قسمتی از سیستم حفاظت خارجی استفاده شود. در طراحی کلاس و مکان سیستم حفاظت صاعقه برای ساختمان‌های موجود، باید محدودیت‌ها و موقعیت فیزیکی ساختمان را در نظر گرفت.

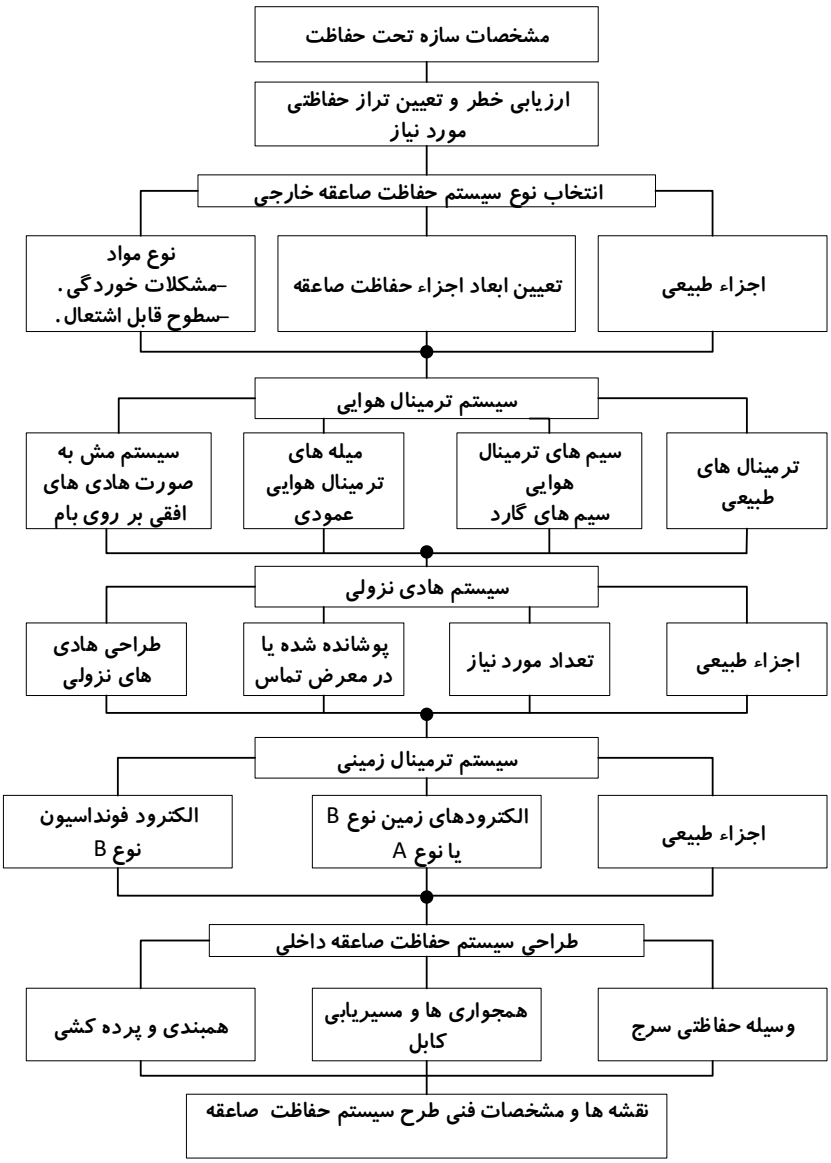
مدارک طراحی سیستم حفاظت صاعقه باید تمامی اطلاعاتی که برای کسب اطمینان از اصلاح و تکمیل تاسیسات نیاز است، در بر داشته باشد (ر.ک. شکل (۱۵-۲)). سیستم حفاظت صاعقه باید به‌وسیله طراحان و مجریان ذیصلاح و کارآزموده طراحی و نصب شوند (ر.ک. بخش E.4.2 استاندارد IEC 62305-3).

۱۵-۴-۴- پیوستگی الکتریکی قسمت‌های فلزی و آرماتورها در ساختمان‌های بتنی

آرماتورهای فولادی به کار رفته در ساختمان‌های بتن مسلح، از نظر الکتریکی در صورتی پیوسته محسوب می‌شوند که توسط یک شبکه از هادی و اتصال الکتریکی مجاز به شکلی ایمن (مثلاً با استفاده از کلمپ) به هم متصل شوند (ر.ک. بند ۱۳-۷-۴ فصل ۱۳).

ارتباط الکتریکی مطلوب آرماتورهای اسکلت بتنی باید به‌وسیله انجام آزمون پیوستگی، بین بالاترین و پایین‌ترین قسمت ساختمان (سطح زمین) بررسی شود. مقاومت الکتریکی کل نباید بزرگ‌تر از ۰٫۲ Ω باشد (اندازه‌گیری باید توسط ابزاری انجام شود که برای این کار مناسب است، به خصوص از لحاظ جریانی که در خلال آزمون برقرار می‌شود). اگر این مقدار به دست نیاید، یا انجام آزمون ممکن نباشد، از آرماتورهای موجود در بتن مسلح نباید به‌عنوان هادی نزولی استفاده شود و طبیعتاً لازم خواهد بود که یک مجموعه هادی نزولی خارجی نصب شود.

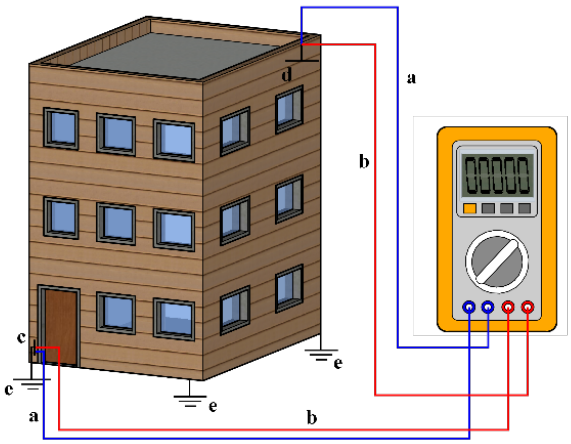
یادآوری- الزام برقراری یک مقاومت الکتریکی حداکثر ۰٫۲ Ω را می‌توان با استفاده از اندازه‌گیری مقاومت بین بالاترین نقطه هادی نزولی یعنی در محل اتصال به ترمینال هوایی و پایین‌ترین نقطه آن یعنی محل اتصال به ترمینال زمینی با استفاده از یک دستگاه اندازه‌گیری با چهار ترمینال (دو ترمینال برای تزریق جریان و دو ترمینال برای اندازه‌گیری ولتاژ) مطابق با شکل (۱۵-۳) بررسی نمود. توصیه می‌شود جریان تزریقی دستگاه آزمون در حدود ۱۰ آمپر تنظیم شود.



یادآوری- نقاط ارتباطی نشان داده شده با علامت ● نیازمند همکاری و تعامل معمار، مهندس و طراح حفاظت صاعقه است.

شکل۱۵-۲- دیاگرام نشان دهنده روند طراحی سیستم حفاظت صاعقه

[1] Screening



a سیم‌های آزمون برای تزریق جریان
b سیم‌های آزمون برای اندازه‌گیری ولتاژ
c شینه هم‌بندی یا اتصال شبکه زمین
d اتصال به آرماتورهای فولادی (به طور مثال از طریق صفحه اتصال تعبیه شده در بام)
e اتصال شبکه زمین

شکل۱۵-۳- اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی کلی آرماتورهای فولادی به هم پیوسته در اسکلت بتن مسلح

یادآوری ۱- از آنجا که اثر حرارتی ناشی از عبور جریان صاعقه ممکن است باعث ترک خوردگی بتن شود، استفاده از آرماتور فولادی (اصلی یا اضافی) به تنهایی به منظور ایجاد پیوستگی الکتریکی در داخل اسکلت بتنی برای اهداف حفاظت در برابر صاعقه مجاز نیست (ر.ک. بند ۱۳-۷-۴ فصل ۱۳).

یادآوری ۲- کلمپ‌هایی که برای ایجاد پیوستگی فولاد داخل ساختمان‌های بتن مسلح به کار می‌روند، باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۸۴۹۹ و/یا شیوه‌نامه مربوطه در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته و آزموده شده باشند.

۱۵-۵- مدیریت ریسک

۱۵-۵-۱- تشخیص ضرورت تعبیه سیستم حفاظت صاعقه و توجیه اقتصادی آن

به منظور تعیین اینکه یک ساختمان نیاز به حفاظت صاعقه دارد یا خیر، باید برای آن ساختمان ضرورتاً مطالعات مدیریت ریسک مطابق با استاندارد IEC 62305-2 انجام پذیرد. ریسک‌های زیر باید در محاسبات در نظر گرفته شوند:

ریسک R_1: ریسک تلف[1] جان انسان (مرگ) یا جراحات دایمی

ریسک R_2: ریسک تلف (یا قطع) خدمات عمومی (از قبیل آب، برق، گاز، تلویزیون و خطوط مخابرات)

ریسک R_3: ریسک تلف (یا آسیب به) میراث فرهنگی

[1] Loss

یادآوری ۱- توصیه می‌شود در تمامی پروژه‌ها بررسی توجیه اقتصادی حفاظت صاعقه مدنظر باشد. لذا ضروری است ریسک R_4 (ریسک تلف (یا زیان) مالی[1]) در مطالعات مدیریت ریسک گنجانده شود.

تعبیه حفاظت در برابر صاعقه برای یک ساختمان تنها در صورتی ضروری است که مقدار ریسک R (R_1 تا R_3) بزرگ‌تر از سطح قابل تحمل[2] R_T باشد.

$$R > R_T$$

در این صورت، باید تدابیر حفاظتی به منظور کاهش ریسک R (R_1 تا R_3) نسبت به سطح قابل تحمل R_T اتخاذ شود.

اگر در یک ساختمان محاسبه ریسک برای بیش از یک نوع از تلفات مد نظر باشد، شرط $R_i > R_T$ باید برای تک‌تک ریسک‌های R_1 تا R_3 برقرار باشد. ریسک قابل تحمل (R_T) باید براساس جدول (۱۵-۳) در نظر گرفته شود:

جدول۱۵-۴- مقدار متناظر ریسک قابل تحمل R_T

نوع تلف		R_T (y^{-1})
L۱	تلف جان انسان (مرگ) یا جراحات دایمی	$۱۰^{-۵}$
L۲	تلف (یا قطع) خدمات عمومی	$۱۰^{-۳}$
L۳	تلف (یا آسیب به) میراث فرهنگی	$۱۰^{-۴}$

اصولا محاسبه تلفات مالی ($L_۴$)، برای انجام مقایسه اقتصادی بین سود/زیان طرح حفاظتی است. چنانچه اطلاعات لازم برای این ارزیابی در دسترس نباشد، مقدار متناظر ریسک قابل تحمل باید برابر $R_T=10^{-3}$ در نظر گرفته شود.

۱۵-۵-۲- چگالی اصابت صاعقه به زمین N_G

چگالی اصابت صاعقه به زمین N_G، برابر با تعداد صاعقه‌هایی است که به هر کیلومترمربع از سطح زمین اصابت می‌کند و از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$N_G \approx 0.1\ T_D \qquad (۱-۱۵)$$

که در آن T_D تعداد روزهای با هوای توفان تندری[3] در هر سال است و از سازمان هواشناسی استعلام می‌شود. توصیه می‌شود بالاترین مقدار در ۳۰ سال گذشته برای این پارامتر در نظر گرفته شود. در صورتی‌که استعلام فوق قابل انجام نبوده یا مقادیر ارایه شده توسط سازمان هواشناسی موثق نباشد، مقدار N_G باید مطابق جدول (۱۵-۵) در نظر گرفته شود.

[1] Loss of Economic Value
[2] Tolerable Risk
[3] Thunderstorm Days

جدول۱۵-۵- مقدار پارامتر N_G برای استان‌های مختلف کشور

ردیف	نام استان	N_G
۱	آذربایجان شرقی	۴
۲	آذربایجان غربی	۴
۳	اردبیل	۴
۴	اصفهان	۱٫۵
۵	البرز	۳
۶	ایلام	۳
۷	بوشهر	۵
۸	تهران	۲٫۵
۹	چهارمحال و بختیاری	۳
۱۰	خراسان جنوبی	۱
۱۱	خراسان رضوی	۱
۱۲	خراسان شمالی	۱
۱۳	خوزستان	۳
۱۴	زنجان	۳
۱۵	سمنان	۱٫۵
۱۶	سیستان و بلوچستان	۱
۱۷	فارس	۲٫۵
۱۸	قزوین	۲٫۵
۱۹	قم	۱٫۵
۲۰	کردستان	۲٫۵
۲۱	کرمان	۱٫۵
۲۲	کرمانشاه	۳
۲۳	کهگیلویه و بویراحمد	۳
۲۴	گلستان	۲٫۵
۲۵	گیلان	۲٫۵
۲۶	لرستان	۳
۲۷	مازندران	۲٫۵
۲۸	مرکزی	۳
۲۹	هرمزگان	۳
۳۰	همدان	۲٫۵
۳۱	یزد	۱٫۵

۱۵-۶- سیستم حفاظت صاعقه (LPS)

۱۵-۶-۱- سیستم حفاظت صاعقه خارجی

۱۵-۶-۱-۱- کلیات

توصیه می‌شود سیستم حفاظت صاعقه ایزوله در مواردی‌که اثرات حرارتی و انفجاری در نقطه اصابت صاعقه یا بر روی هادی حامل جریان صاعقه ممکن است موجب ایجاد خسارات به ساختمان یا محتویات آن شود، در نظر گرفته شود. به‌عنوان نمونه‌هایی از این قبیل سازه‌ها، می‌توان به ساختمان‌هایی با پوشش بدنه قابل اشتعال، ساختمان‌هایی با دیواره‌های قابل اشتعال و مناطق با خطر انفجار و آتش اشاره نمود.

یادآوری- استفاده از یک سیستم حفاظت صاعقه ایزوله ممکن است برای جایی مناسب باشد که پیش‌بینی می‌شود تغییر در ساختمان، محتویات آن یا نحوه کاربری آن باعث شود تا سیستم حفاظت صاعقه نیاز به اصلاح پیدا کند. همچنین زمانی‌که سیستم‌های داخل ساختمان، نسبت به میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از پالس جریان صاعقه جاری شده در هادی نزولی آسیب‌پذیر باشند، می‌توان از سیستم حفاظت صاعقه خارجی ایزوله استفاده نمود.

از اجزای طبیعی ساخته شده از مواد رسانا، که بطور دایمی در داخل یا بر روی ساختمان باقی‌مانده و تغییر نمی‌کنند (به طور مثال آرماتورهای به هم پیوسته، اسکلت فلزی یک ساختمان و غیره) می‌توان به‌عنوان قسمتی از سیستم حفاظت صاعقه استفاده کرد.

سایر اجزای طبیعی، می‌توانند تنها به‌عنوان قسمت‌های اضافی و کمکی در سیستم حفاظت صاعقه در نظر گرفته شوند.

۱۵-۶-۱-۲- سیستم ترمینال هوایی

۱۵-۶-۱-۲-۱- کلیات

اجزای ترمینال‌های هوایی که به منظور جذب صاعقه بر روی ساختمان مورد حفاظت نصب می‌شوند، می‌توانند یک یا ترکیبی از انواع زیر باشند:

الف) میله‌ها[1]

ب) سیم‌های گارد (کتنری)[2]

پ) هادی‌های مش شده[3]

---

[1] Rods

[2] به انگلیسی Catenary Wires ممکن است با نام‌های دیگری همچون ''سیم‌های آویزان'' یا ''سیم‌های معلق'' نیز نام‌گذاری شده باشد.

[3] Meshed Conductors

برای پیروی کردن از این نشریه، همه انواع سیستم‌های ترمینال هوایی[۱] باید مطابق با بندهای ۱۵-۶-۱-۲-۲ و ۱۵-۶-۱-۲-۳ جانمایی شوند. مشخصات فنی همه انواع ترمینال‌های هوایی باید به طور کامل مطابق با مندرجات این نشریه باشند.

در همه انواع ترمینال‌های هوایی، تنها ابعاد فیزیکی واقعی سیستم‌های ترمینال هوایی فلزی در تعیین حجم حفاظت شده، استفاده می‌شوند. توصیه می‌شود به منظور اطمینان از تقسیم مطلوب جریان صاعقه، میله‌های منفرد ترمینال هوایی، در سطح بام به یکدیگر متصل شوند. استفاده از ترمینال‌های هوایی رادیواکتیو[۲] مجاز نیست.

همه انواع ترمینال‌های هوایی از هر نوع که باشند باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره۲-۱۸۴۹۹ و/یا شیوه‌نامه مربوطه در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته و آزموده شده باشند (ر.ک. بخش ۱۵-۹).

۱۵-۶-۱-۲-۲- جانمایی[۳]

اجزای ترمینال هوایی نصب شده بر روی یک ساختمان، باید در گوشه‌ها، نقاط در معرض اصابت[۴] و لبه‌ها (به ویژه در سطح فوقانی هرگونه نمای خارجی[۵]) مطابق با یک یا تعدادی از روش‌های قابل قبول زیر جانمایی شوند:

- روش زاویه حفاظتی[۶]
- روش گوی غلتان[۷]
- روش مش[۸]

مقادیر شعاع گوی غلتان، اندازه مش و زاویه حفاظتی برای هر یک از کلاس‌های سیستم حفاظت صاعقه در جدول (۱۵-۶) و شکل (۱۵-۴) داده شده است.

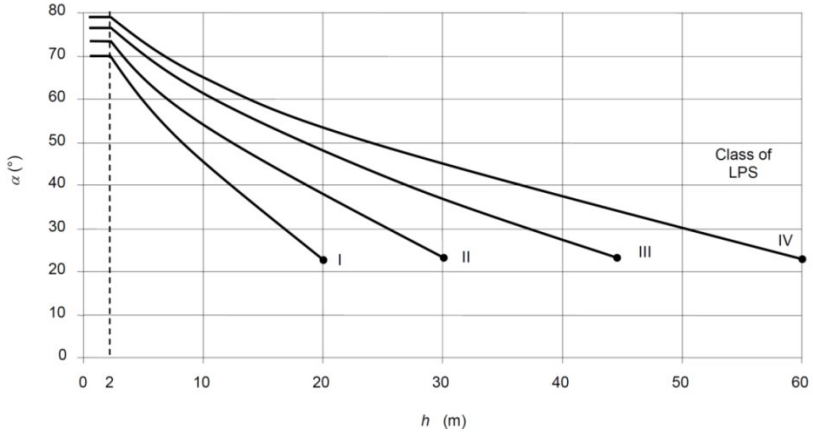
---

[۱] عبارت "همه انواع ترمینال‌های هوایی" در بخش ۱۵-۶-۱-۲-۱ شامل تمامی انواع ترمینال‌های هوایی حفاظت صاعقه پسیو و اکتیو از هر نوعی که باشند و بر اساس هر استانداردی که ساخته و آزموده شده باشند، می‌شود. لازم به ذکر است ترمینال‌های هوایی حفاظت صاعقه به طور کلی به دو نوع پسیو (یا متعارف conventional) و اکتیو (یا نامتعارف non-conventional) تقسیم‌بندی می‌شوند. ترمینال‌های هوایی نوع اکتیو با نام‌های دیگری نظیر صاعقه‌گیر/برق‌گیر الکترونیکی، خازنی، .E.S.E، ضد صاعقه، صاعقه‌نگیر و غیره نیز نام‌گذاری شده و در کشور ما شناخته می‌شوند.

[2] Radioactive Air Terminals
[3] Positioning
[4] Exposed Points
[5] Facades
[6] Protection Angle Method
[7] Rolling Sphere Method
[8] Mesh Method

جدول۱۵-۶- مقادیر حداکثر شعاع گوی غلتان، اندازه مش و زاویه حفاظتی متناظر با کلاس سیستم حفاظت صاعقه

کلاس سیستم حفاظت صاعقه	روش حفاظتی		
	شعاع گوی غلتان r متر	اندازه مش W_m متر	زاویه حفاظتی α^o
I	۲۰	۵ × ۵	شکل (۱۵-۴)
II	۳۰	۱۰ × ۱۰	
III	۴۵	۱۵ × ۱۵	
IV	۶۰	۲۰ × ۲۰	



یادآوری ۱- استفاده از روش زاویه حفاظتی برای مقادیر بزرگ‌تر از نقاط نشان داده شده با ● کاربرد ندارد. در این گونه موارد تنها روش‌های مش و گوی غلتان قابل استفاده هستند.

یادآوری ۲- h ارتفاع ترمینال هوایی از صفحه مرجع ناحیه تحت حفاظت است.

یادآوری ۳- زاویه حفاظتی برای مقادیر زیر ۲ متر تغییر نخواهد کرد.

شکل۱۵-۴- زاویه حفاظتی متناظر با کلاس سیستم حفاظت صاعقه

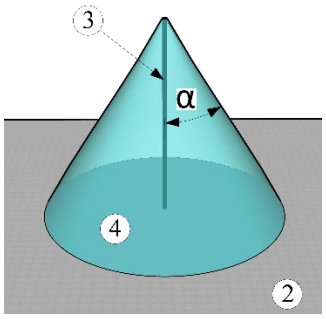
۱۵-۶-۱-۲-۲-۱- روش زاویه حفاظتی

روش زاویه حفاظتی برای ساختمان‌هایی با شکل هندسی ساده یا برای قسمت‌های کوچک‌تر یک ساختمان بزرگ مناسب‌اند. این روش برای ساختمان‌هایی که ارتفاعی بیش از شعاع گوی غلتان متناظر با تراز حفاظت صاعقه انتخاب شده دارند، مناسب نیست.

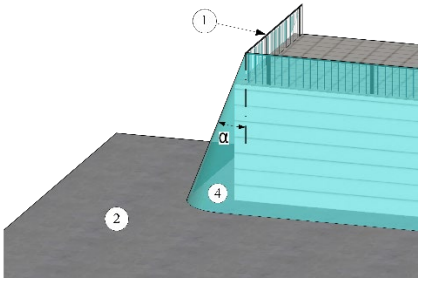
حفاظت در روش زاویه حفاظتی، مبتنی بر تعیین صحیح ارتفاع هادی (میله ساده) از یک صفحه مرجع[1] است. در این حالت یک سطح حفاظتی مخروطی شکل فرضی ایجاد می‌شود که تجهیز تحت حفاظت در ناحیه ایمن زیر آن قرار می‌گیرد. قسمت حفاظت شده باید کاملاً در این مخروط محصور شود (شکل (۱۵-۵)):

[1] Reference Plane

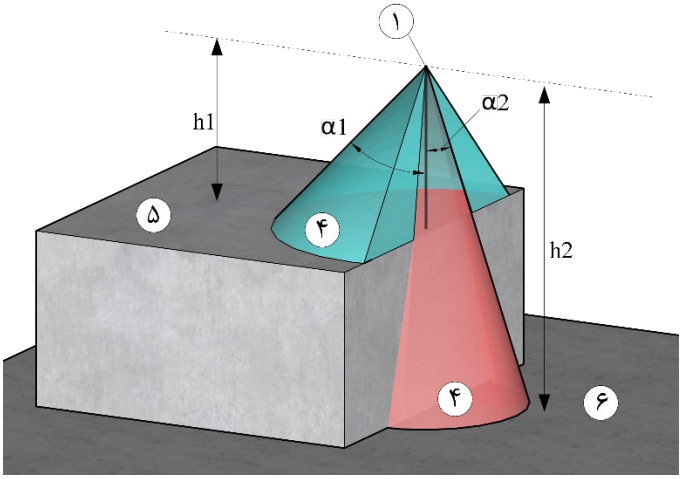
- برای تعیین ابعاد مخروط حفاظتی باید تنها ابعاد فیزیکی قسمت فلزی میله مورد توجه قرار گیرد.
- فضای حفاظت شده توسط یک میله عمودی به‌صورت یک مخروط قائم است که راس آن بر نوک میله منطبق شده است و زاویه آن (α) متناسب با منحنی شکل (۱۵-۴) بسته به ترازهای مختلف حفاظتی، متفاوت خواهد بود.



الف) حجم حفاظت شده توسط میله عمودی



ب) حجم حفاظت شده توسط هادی خط در سمت بیرونی یک گوشه ساختمان



پ) حجم حفاظت شده توسط میله عمودی با استفاده از صفحات مرجع مختلف

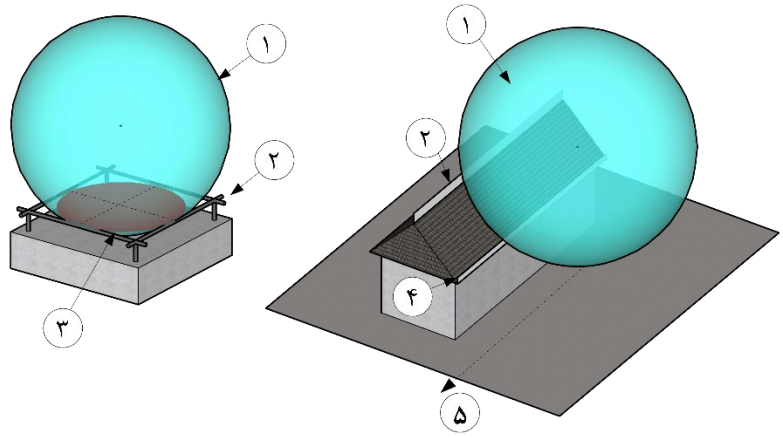
۱	هادی ترمینال هوایی	۴	ناحیه حفاظت شده
۲	صفحه مرجع	۵	صفحه مرجع برای h_1 (α_1)
۳	میله ترمینال هوایی	۶	صفحه مرجع برای h_2 (α_2)

شکل۱۵-۵- کاربرد روش زاویه حفاظتی

۱۵-۶-۱-۲-۲-۲- روش گوی غلتان

روش گوی غلتان در تمامی شرایط به ویژه برای ساختمان‌هایی با اشکال پیچیده مناسب است. در این روش با غلتاندن یک گوی کروی بر روی سطح خارجی ساختمان از تمامی جهات و یافتن نقاط تماس گوی با ساختمان، محل نصب هادی‌های ترمینال هوایی مشخص می‌شوند. در این روش، نقاطی از ساختمان که در تماس با گوی قرار نمی‌گیرند،

حفاظت شده محسوب می‌شوند. لذا نیاز به تعبیه هادی ترمینال هوائی جهت حفاظت از نقاط مذکور نخواهد بود (شکل (۱۵-۶)). شعاع گوی غلتان متناسب با تراز حفاظتی مطابق جدول (۱۵-۶) در نظر گرفته می‌شود.



الف) پیش‌آمدگی لبه بام شیب‌دار حفاظت نمی‌شود ب) ناحیه حفاظت نشده مابین ترمینال‌های هوایی

۱ گوی غلتان
۲ ترمینال هوایی
۳ نقطه تماس (باید خودداری شود)
۴ خط تماس (باید خودداری شود)
۵ جهت غلتیدن

شکل۱۵-۶- برخورد کردن گوی غلتان با سازه تحت حفاظت

۱۵-۶-۱-۲-۲-۳- روش مش

روش مش برای ساختمان‌هایی با بام مسطح مناسب است. برای چنین ساختمان‌هایی، هادی‌های مشی که تمامی سطح بام را بپوشانند، بهترین روش حفاظت برای سطح مورد نظرند. ابعاد این مش‌ها با توجه به تراز حفاظتی مطابق جدول (۱۵-۵) در نظر گرفته می‌شود. یک مش زمانی کل یک سطح صاف را حفاظت می‌کند که شرایط زیر محقق شوند:

۱) هادی‌های ترمینال هوایی در نقاط زیر جانمایی شده باشند:

- کناره‌ها و لبه‌های بام[1]
- برآمدگی‌های بام[2]
- خط‌الراس بام[3]، در صورتی‌که شیب بام بیش از ۱/۱۰ (یک بر روی ده) باشد
- نماهای جانبی ساختمان‌های بلندتر از ۶۰ متر در سطوح بالاتر از ۸۰ درصد ارتفاع ساختمان

[1] Roof Edge Lines
[2] Roof Overhangs
[3] Roof Ridge Lines

۲) ابعاد مش برای ترازهای مختلف حفاظتی از مقادیر داد شده در جدول (۱۵-۶) بیش‌تر نباشند.
۳) شبکه هادی‌های سیستم ترمینال هوایی به گونه‌ای انجام شوند که همواره حداقل دو مسیر فلزی مجزا به زمین داشته باشد و هیچ‌گونه تاسیسات فلزی خارج از فضای محافظت شده توسط سیستم‌های ترمینال هوایی قرار نگیرد.
یادآوری- استفاده از تعداد بیش‌تری از هادی‌های نزولی منجربه کاهش فاصله جدایی و کاهش میدان‌های الکترومغناطیسی داخل ساختمان می‌شود.
۴) هادی‌های ترمینال هوایی تا حد امکان در مسیرهای کوتاه و مستقیم نصب شوند.

۱۵-۶-۱-۲-۳- ترمینال هوایی جهت حفاظت در برابر اصابت صاعقه به دیواره‌های جانبی ساختمان‌های بلند

۱۵-۶-۱-۲-۳-۱- احتمال اصابت صاعقه با مقادیر کوچک به دیواره‌های جانبی عمودی یک ساختمان با ارتفاع کم‌تر از ۶۰ متر به اندازه کافی پایین است به گونه‌ای که نیازی به در نظر گرفتن آن نیست. بام‌ها و پیش‌آمدگی‌های افقی باید مطابق با کلاس سیستم حفاظت صاعقه بدست آمده از محاسبات مدیریت ریسک، حفاظت شوند.

۱۵-۶-۱-۲-۳-۲- در ساختمان‌های بلندتر از ۶۰ متر، اصابت صاعقه به دیواره‌های جانبی، بویژه نقاط نوک تیز، گوشه‌ها و لبه‌های ساختمان، محتمل است. ترمینال هوایی باید جهت حفاظت قسمت‌های فوقانی ساختمان‌های بلند (به‌صورت نوعی ۲۰ درصد بالای ساختمان مشروط بر اینکه ارتفاع آن بیش از ۶۰ متر باشد) و تجهیزات قرار گرفته بر روی آن، نصب شوند. (ر.ک. به بخش‌های 5.2.3.2 و E.5.2.3 از استاندارد IEC 62305-3)

۱۵-۶-۱-۳- سیستم هادی نزولی

۱۵-۶-۱-۳-۱- کلیات

به منظور کاهش احتمال وقوع خسارات ناشی از جریان صاعقه جاری شده در سیستم حفاظت صاعقه، هادی‌های نزولی باید به گونه‌ای جانمایی شوند که از نقطه اصابت صاعقه تا زمین:
۱) چندین مسیر جریان موازی وجود داشته باشد
۲) طول مسیر جریان حداقل باشد
۳) هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده قسمت‌های رسانای ساختمان مطابق با الزامات بند ۱۵-۶-۲-۲ انجام شود.
یادآوری ۱- اتصال هادی‌های نزولی از طرفین به یکدیگر[1] تدبیری موثر تلقی می‌شود.
هندسه و آرایش هادی‌های نزولی و هادی‌های رینگ بر روی فاصله جدایی اثر می‌گذارد (ر.ک. بند ۱۵-۶-۲-۳)

[1] Lateral Connection of Down-Conductors

یادآوری ۲- نصب هر چه بیش‌تر هادی‌های نزولی، حتی‌المقدور در فواصل یکسان دور تا دور محیط خارجی که توسط هادی‌های رینگ به هم متصل شده‌اند، احتمال وقوع قوس‌های الکتریکی خطرناک را کاهش داده و حفاظت تاسیسات داخلی را تسهیل می‌کند. این شرایط در ساختمان‌های با اسکلت فلزی و در ساختمان‌های بتن مسلح که در آن‌ها آرماتورهای متصل به هم، پیوستگی الکتریکی را دارد قابل دست‌یابی است.

مقادیر نوعی که برای فاصله هادی‌های نزولی از یکدیگر ترجیح داده می‌شوند در جدول (۱۵-۷) داده شده‌اند.

۱۵-۶-۱-۳-۲- جانمایی یک سیستم حفاظت صاعقه ایزوله

جانمایی باید به شرح زیر انجام شود:

الف) اگر ترمینال هوایی شامل میله‌هایی مستقر بر پایه (های) مجزا، از جنسی غیر از فلز یا آرماتورهای به هم پیوسته در بتن مسلح باشد، حداقل یک هادی نزولی برای هر پایه نیاز خواهد بود. برای پایه‌های فلزی یا آرماتورهای به هم پیوسته در بتن مسلح، نیازی به هادی‌های نزولی اضافی نیست.

یادآوری- استفاده از بتن مسلح به‌عنوان قسمتی از سیستم حفاظت صاعقه زمانی مجاز است که اثرات حرارتی ناشی از عبور جریان صاعقه بر روی بتن در محاسبات مهندس طراح لحاظ گردیده باشد (حرارت زیاد ممکن است باعث ترک خوردگی بتن شود).

ب) اگر ترمینال هوایی شامل سیم(های) گارد باشد، حداقل یک هادی نزولی در هر یک از سازه‌ها یا پایه‌های محل اتصال سیم‌ها نیاز است.

پ) اگر ترمینال هوایی تشکیل شبکه‌ای از هادی‌ها را داده باشد، نیاز به حداقل یک هادی نزولی در هر یک از محل‌های اتصال طرفین هادی است.

۱۵-۶-۱-۳-۳- جانمایی یک سیستم حفاظت صاعقه غیر ایزوله

برای هر سیستم حفاظت صاعقه غیر ایزوله تعداد هادی‌های نزولی نباید کم‌تر از ۲ باشد و این هادی‌ها باید با در نظر گرفتن محدودیت‌های معماری و عملی در محیط خارجی ساختمان تحت حفاظت توزیع شوند. توصیه می‌شود فاصله‌گذاری برابری بین هادی‌های نزولی در محیط خارجی ساختمان انجام شود. فاصله بین هادی‌های نزولی نیز نباید از مقادیر داده شده در جدول (۱۵-۷) بزرگ‌تر باشد.

یادآوری- مقدار فاصله بین هادی‌های نزولی با فاصله جدایی[1] که در بند ۱۵-۶-۲-۳ ارایه شده، مرتبط است.

[1] Separation Distance

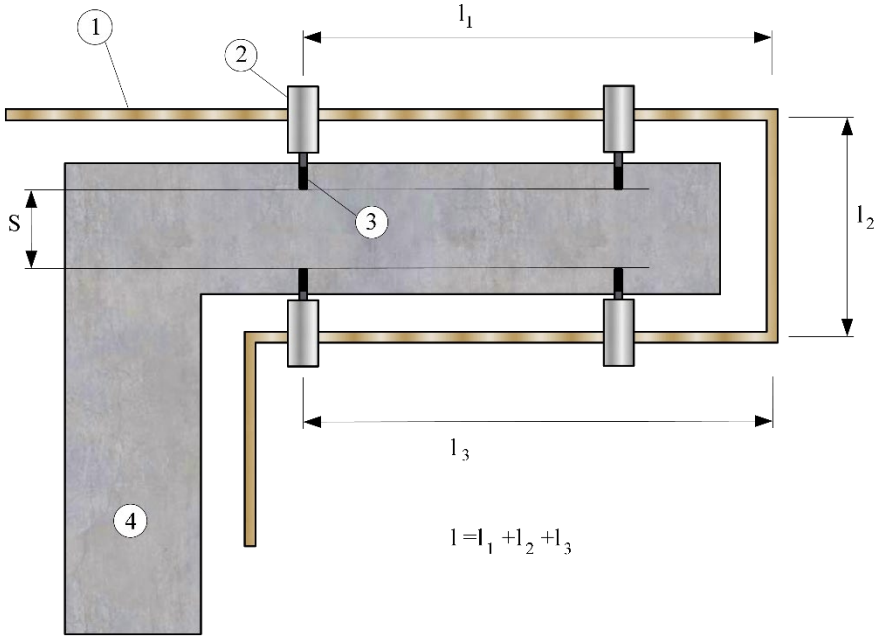
جدول۱۵-۷- مقادیر فاصله حداکثری مابین هادی‌های نزولی متناسب با کلاس سیستم حفاظت صاعقه

کلاس سیستم حفاظت صاعقه	فواصل نوعی متر
I	۱۰
II	۱۰
III	۱۵
IV	۲۰

تا جایی که ممکن است، باید در هر یک از گوشه‌های در معرض اصابت ساختمان یک هادی نزولی نصب شود.

۱۵-۶-۱-۳-۴- نحوه اجرا

هادی‌های نزولی، تا آنجایی که در عمل ممکن است، باید چنان نصب شوند که مسیر مستقیم و ممتدی[1] از هادی‌های ترمینال هوایی را فراهم نمایند. هادی‌های نزولی باید به شکل کاملاً مستقیم و عمودی نصب شوند. به گونه‌ای که کوتاه‌ترین و مستقیم‌ترین مسیر را به زمین فراهم نموده و از تشکیل هرگونه حلقه در مسیر جریان خودداری شود. اما در جایی که ممکن نباشد، فاصله s، که بین دو نقطه از هادی در طرفین فاصله هوایی اندازه‌گیری شده است و طول هادی بین دو نقطه فوق‌الذکر (در شکل (۱۵-۷)) باید از الزامات بند ۱۵-۶-۲-۳ پیروی کند.



۱ هادی نزولی
۲ بست نگهدارنده فلزی
۳ پیچ فلزی برای ثابت کردن بست نگهدارنده فلزی
۴ سازه

شکل۱۵-۷- ایجاد حلقه در مسیر هادی نزولی

[1] Continuation

هادی‌های نزولی، حتی اگر توسط مواد عایقی پوشانیده شود، نباید در آب‌راه‌ها[1] یا ناودانی‌ها[2] نصب شوند.

یادآوری- رطوبت موجود در آب‌راه‌ها منجر به خوردگی شدید هادی نزولی می‌شود.

پیشنهاد می‌شود که هادی‌های نزولی چنان جانمایی شوند که فاصله‌ای، برابر با بند ۱۵-۶-۲-۳، بین آن‌ها و درها و پنجره‌ها فراهم شود. هادی‌های نزولی سیستم حفاظت صاعقه که از ساختمان تحت حفاظت ایزوله نیستند، را می‌توان به‌صورت زیر نصب کرد:

- اگر دیوار از مواد غیر قابل اشتعال ساخته شده باشد، هادی‌های نزولی را می‌توان بر روی سطح یا داخل دیوار اجرا نمود.
- اگر دیوار از مواد قابل اشتعال[3] ساخته شده باشد، هادی‌های نزولی می‌توانند بر روی سطح دیوار نصب شوند مشروط بر اینکه افزایش دمای ناشی از عبور جریان صاعقه خطری برای موادی موجود در دیوار، ایجاد نکند.
- اگر دیوار از مواد قابل اشتعال ساخته شده و افزایش دمای هادی‌های نزولی خطرناک باشد، آن‌ها را باید چنان قرار داد که فاصله بین دیوار با آن‌ها همواره بزرگ‌تر از ۰٫۱ متر باشد. در این شرایط بست‌های نگهدارنده[4] می‌توانند در تماس با دیوار باشند.

زمانی‌که نتوان فاصله کافی بین هادی نزولی تا مواد قابل اشتعال را ایجاد کرد، سطح مقطع هادی نزولی فولادی (یا هر هادی دیگر با ظرفیت حرارتی معادل[5] آن) نباید از ۱۰۰ میلی‌مترمربع کم‌تر باشد.

۱۵-۶-۱-۳-۵- اجزای طبیعی

استفاده از اجزای طبیعی یک ساختمان به‌عنوان هادی‌های نزولی مطابق با شرایط بخش 5.3.5 استاندارد IEC 62305-3 مجاز است.

۱۵-۶-۱-۳-۶- مفصل‌های آزمون[6]

در محل اتصال هر یک از هادی‌های نزولی به ترمینال زمینی، یک مفصل آزمون باید روی هر هادی نزولی قرار داده شود، مگر در مواردی‌که از هادی‌های نزولی طبیعی به‌صورت ترکیب شده با الکترودهای زمین فونداسیون استفاده شده باشد. در شرایط عادی این مفصل بسته است ولی جهت اندازه‌گیری باید امکان باز کردن آن به کمک ابزار خاص وجود داشته باشد.

---

[1] Gutters
[2] Water Spouts
[3] Readily Combustible Material
[4] Mounting Brackets
[5] Thermal Equivalent Conductor
[6] Test Joints

یادآوری- برای اتصال هادی نزولی/مفصل آزمون به الکترود زمین، با هدف بهبود پایداری مکانیکی توصیه می‌شود از قطعه‌ای با نام "میله منتهی به زمین[1]" استفاده شود. تدابیر لازم برای حفاظت از این میله در برابر خوردگی در نقطه خروج از خاک/بتن به طور مثال با استفاده از روکش کردن آن باید اندیشیده شود. سطح مقطع میله‌های منتهی به زمین باید مطابق جدول (۱۵-۹) باشد.

۱۵-۶-۱-۴- سیستم ترمینال زمینی

۱۵-۶-۱-۴-۱- کلیات

به منظور پراکنده کردن[2] جریان فرکانس بالای صاعقه در زمین و در عین حال کاهش اضافه‌ولتاژهای خطرناک حاصله، معیار مهم شکل و ابعاد سیستم ترمینال زمینی است. در حالت کلی، سیستم زمین با مقاومت پایین (با احتساب اندازه‌گیری در فرکانس پایین در صورت امکان کم‌تر از ۱۰ اهم) توصیه می‌شود. از نقطه نظر حفاظت صاعقه، استفاده از ترمینال زمینی مشترک با ساختاری یکپارچه[3] ترجیح داده شده و برای تمامی اهداف (نظیر حفاظت صاعقه، سیستم قدرت و سیستم‌های مخابرات و غیره) مناسب است. همه سیستم‌های زمین باید مطابق الزامات بند ۱۵-۶-۲-۲ هم‌بند شوند.

یادآوری ۱- شرایط جداسازی و هم‌بندی سایر سیستم‌های ترمینال زمینی معمولا به‌وسیله مراجع ذیصلاح مربوطه تعیین می‌شوند.

یادآوری ۲- زمانی‌که سیستم‌های اتصال زمین اجرا شده با فلزات متفاوت، به یکدیگر متصل شوند، می‌تواند مشکلات جدی خوردگی ایجاد شود.

۱۵-۶-۱-۴-۲- آرایش اتصال زمین در حالت کلی

برای سیستم‌های ترمینال زمینی، دو نوع اساسی از آرایش‌های الکترود زمین به کار می‌رود.

۱۵-۶-۱-۴-۲-۱- آرایش نوع A

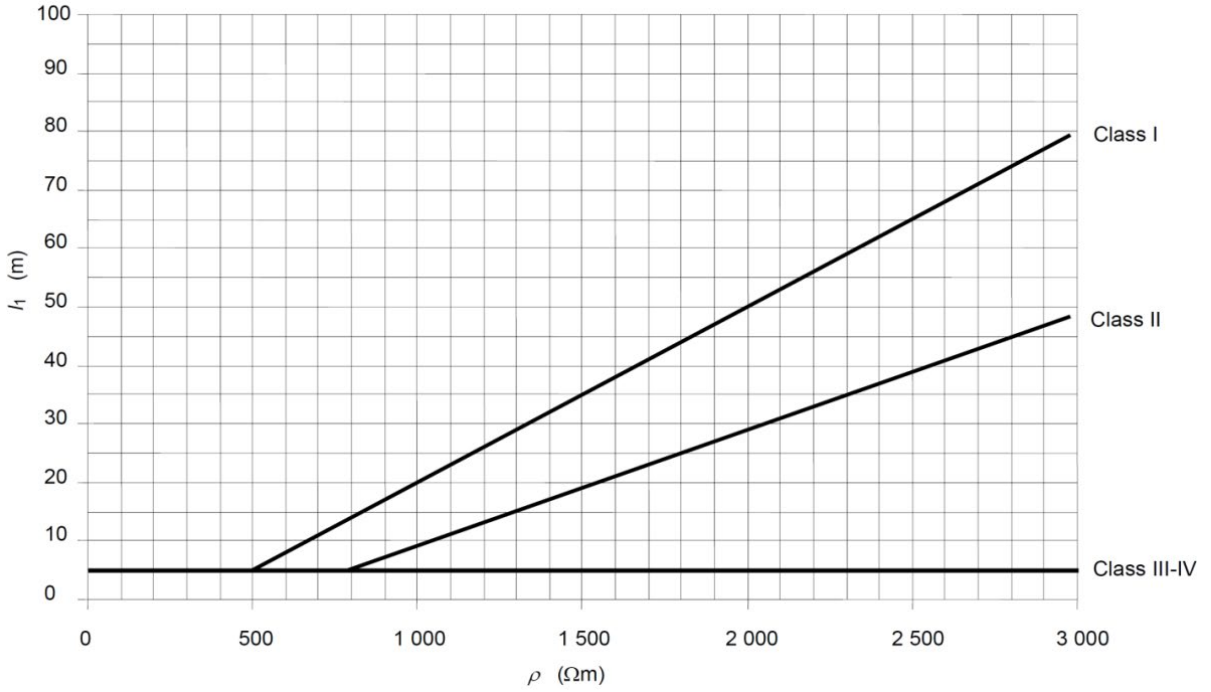
این نوع آرایش، از الکترودهای زمین افقی و عمودی تشکیل می‌شود که بیرون ساختمان نصب شده و بدون اینکه تشکیل یک حلقه بسته بدهند به هر یک از هادی‌های نزولی یا الکترودهای زمین فونداسیون متصل می‌شوند. در آرایش نوع A، تعداد کل الکترودهای زمین نباید کم‌تر از ۲ باشد. حداقل طول هر یک از الکترودهای زمین متصل به هر یک از هادی‌های نزولی برابر است با:

[1] Earth Lead-In Rod
[2] Dispersion
[3] Single Integrated Structure Earth-Termination System

- l_1: برای الکترودهای افقی، یا
- ۰٫۵ l_1: برای الکترودهای عمودی (یا شیب‌دار[1])

که در آن l_1 حداقل طول الکترودهای افقی است و در شکل (۱۵-۸) برای کلاس‌های مختلف سیستم حفاظت صاعقه نشان داده شده است.

برای الکترودهای مرکب (افقی یا عمودی)، مجموع طول‌ها باید در نظر گرفته شود. در صورتی‌که برای سیستم زمین، مقاومت کم‌تر از ۱۰ اهم بدست آید (اندازه‌گیری در فرکانسی متفاوت از فرکانس قدرت و یا مضارب آن انجام شود تا از تداخل پیش‌گیری شود)، ممکن است از رعایت حداقلی که در شکل (۱۵-۸) برای طول الکترودهای زمین داده شده، صرف‌نظر شود.



یادآوری- کلاس‌های III و IV مستقل از مقاومت ویژه خاک هستند.

شکل۱۵-۸- حداقل طول l_1 برای هر یک از الکترودهای زمین مطابق با کلاس سیستم حفاظت صاعقه

یادآوری ۱- در صورتی‌که الزامات فوق قابل دست‌یابی نباشد، باید از آرایش نوع B استفاده شود.

یادآوری ۲- افزایش طول الکترودها با هدف کاهش مقاومت زمین، در عمل تا طول ۶۰ متر منطقی به نظر می‌رسد. لذا در خاک با مقاومت ویژه بزرگ‌تر از ۳۰۰۰ اهم-متر، استفاده از الکترود زمین نوع B با استفاده از مواد کاهنده زمین[2] پیشنهاد می‌شود.

یادآوری ۳- برای کسب اطلاعات بیش‌تر، به پیوست E از استاندارد IEC 62305-3 مراجعه شود.

[1] Inclined
[2] Earthing Enhancing Compounds

۱۵-۶-۱-۴-۲-۲- آرایش نوع B

در این نوع از آرایش، یا از یک هادی رینگ خارج از ساختمان تحت حفاظت، که حداقل در ۸۰ درصد مجموع طول خود با خاک در تماس باشد یا از الکترود زمین فونداسیونی که تشکیل حلقه بسته داده است، استفاده می‌شود. این قبیل الکترودها ممکن است به‌صورت مش هم اجرا شوند.

یادآوری- اگرچه ۲۰ درصد از هادی رینگ ممکن است در تماس با خاک نباشد، با این حال این هادی باید در سرتاسر طول خود همواره متصل و پیوسته باشد.

برای الکترود زمین رینگ (یا الکترود زمین فونداسیون)، شعاع متوسط r_e سطح محصور به‌وسیله الکترود زمین رینگ (یا الکترود زمین فونداسیون) باید از مقدار l_1 کم‌تر نباشد:

$$r_e \geq l_1 \qquad (۲-۱۵)$$

که l_1 در شکل (۱۵-۸) مطابق با کلاس سیستم حفاظت صاعقه I، II، III و IV نشان داده شده است.

زمانی‌که مقدار مطلوب l_1 بزرگ‌تر از مقدار مناسب r_e است، الکترودهای افقی و عمودی (یا شیب‌دار) اضافی باید به طول منفرد l_r (افقی) و l_v (عمودی) به آن اضافه شوند:

$$l_r = l_1 - r_e \qquad (۳-۱۵)$$

$$l_v = (l_1 - r_e)/2 \qquad (۴-۱۵)$$

پیشنهاد می‌شود تعداد الکترودها کم‌تر از تعداد هادی‌های نزولی نبوده و از ۲ نیز کم‌تر نباشد. توصیه می‌شود الکترودهای اضافی درست در نقطه‌ای که هادی‌های نزولی به الکترود زمین رینگ وصل شده و تا حد امکان در فواصل یکسان، به آن متصل گردند.

۱۵-۶-۱-۴-۳- نصب الکترودهای زمین

توصیه می‌شود الکترود زمین رینگ (آرایش نوع B) در عمق حداقل ۰٫۵ متر و در فاصله‌ای حدوداً به اندازه ۱ متر از دیواره خارجی ساختمان دفن شوند.

لبه بالایی الکترودهای زمین (آرایش نوع A) باید در عمق حداقل ۰٫۵ متر و تا حد ممکن یکنواخت نصب شوند تا اثر تزویج‌های الکتریکی[1] در زمین به حداقل برسد.

یادآوری ۱- اگر الکترود نوع A در داخل یک دریچه بازدید[2] قرار گرفته باشد که آن نیز به نوبه خود در محلی با سنگ فرش یا کف بتنی با مقاومت بالا نصب شده باشد، می‌توان از الزام ۰٫۵ متر صرف نظر کرد.

الکترودهای زمین باید به گونه‌ای نصب شوند که امکان بازرسی آن‌ها در خلال ساخت و ساز فراهم باشد. عمق پوشش بتن و نوع الکترودهای زمین باید به گونه‌ای باشد که اثراتی از قبیل خوردگی، خشک شدن و یخ زدگی خاک و امثال آن

[1] Electrical Coupling Effects
[2] Inspection Housing

به حداقل رسیده و مقاومت ویژه آن مقداری حتی الامکان پایدار[۱] داشته باشد. پیشنهاد می‌شود تا قسمت بالایی الکترودهای زمین عمودی که بالاتر از تراز یخ زدگی خاک قرار دارد به دلیل موثر نبودن در شرایط یخبندان، در نظر گرفته نشود.

یادآوری ۲- بنابراین، به ازای هر الکترود عمودی، توصیه می‌شود ۰٫۵ متر به مقدار طول l_1 که در بندهای ۱۵-۶-۱-۴-۲-۱ و ۱۵-۶-۱-۴-۲-۲ محاسبه شد، افزوده شود.

برای مناطق صخره‌ای[۲]، آرایش نوع B پیشنهاد می‌شود.

برای ساختمان‌هایی با سیستم‌های وسیع الکترونیکی یا با خطر بالای آتش‌سوزی، آرایش زمین نوع B ارجح است.

۱۵-۶-۱-۴-۴- الکترودهای زمین طبیعی

توصیه می‌شود از آرماتورهای به هم پیوسته در فونداسیون بتن مسلح مطابق با بخش ۱۳-۵-۲-۳ فصل ۱۳، یا سایر سازه‌های فلزی زیر زمینی مناسب، به‌عنوان الکترود زمین استفاده شود. در این صورت، به منظور جلوگیری از ترک خوردگی مکانیکی[۳] بتن، باید در اتصالات آرماتورها احتیاط ویژه‌ای بشود.

یادآوری ۱- اگر از الکترود زمین فونداسیون استفاده شود، افزایش بلندمدت در مقاومت زمین امکان پذیر خواهد بود.

۱۵-۶-۱-۵- اجزا

۱۵-۶-۱-۵-۱- کلیات

اجزای سیستم حفاظت صاعقه، باید بدون اینکه آسیب ببینند، اثرات الکترومغناطیسی جریان صاعقه و تنش‌های قابل پیش‌بینی را تحمل کنند. این مقصود، با گذراندن آزمون‌های مندرج در استاندارد ملی ایران سری ۱۸۴۹۹ قابل تحقق است. اجزای هر سیستم حفاظت صاعقه باید با استفاده از مواد فهرست شده در جدول (۱۵-۸) یا مواد دیگری با مشخصات مکانیکی، الکتریکی و شیمیایی (خوردگی) مشابه تولید شوند.

یادآوری- اجزای ساخته شده غیر فلزی ممکن است به‌عنوان بست نگهدارنده مورد استفاده قرار گیرند.

---

[۱] منظور از پایداری مقاومت زمین در اینجا، نداشتن تغییرات و نوسانات شدید در مقدار مقاومت زمین است.

[2] Bare Solid Rock

[3] Mechanical Splitting

جدول۱۵-۸- جنس اجزای سیستم حفاظت صاعقه و شرایط استفاده[الف]

جنس	کاربری			خوردگی		
	در هوای آزاد	در زمین	در بتن	مقاومت	تشدید می‌شود به دلیل وجود	امکان تخریب به‌وسیله اتصال گالوانیکی با
مس	استخوانی[1] چندمفتولی	استخوانی چندمفتولی به‌عنوان روکش	استخوانی به‌عنوان روکش	خوب در بسیاری از محیط‌ها	ترکیبات گوگرد مواد آلی[2]	-
فولاد گالوانیزه عمقی داغ پ، ت، ث	استخوانی چندمفتولی[ب]	استخوانی	استخوانی	قابل قبول در هوا، بتن و خاک خوب[3]	کلرید با غلظت زیاد	مس
فولاد با آبکاری الکتریکی مس	استخوانی	استخوانی	استخوانی	مناسب در اکثر محیط‌ها	ترکیبات گوگرد	-
فولاد ضدزنگ	استخوانی چندمفتولی	استخوانی	استخوانی	مناسب در اکثر محیط‌ها	کلرید با غلظت زیاد	-
آلومینیوم	استخوانی چندمفتولی	نامناسب	نامناسب	مناسب جوهایی با غلظت کم گوگرد و کلرید	حلال‌های قلیایی	مس

الف- این جدول تنها راهنمایی‌های کلی را ارایه می‌دهد. در شرایط ویژه، ملاحظات محتاطانه‌تری در مقابل خوردگی نیاز است.
ب- هادی‌های چندمفتولی نسبت به هادی‌های استخوانی آسیب‌پذیری بیش‌تری در مقابل خوردگی دارند. همچنین هادی‌های چندمفتولی در جایی که از موقعیت زمین/بتن خارج یا وارد می‌شوند، آسیب‌پذیر خواهند بود. به همین دلیل فولاد گالوانیزه چندمفتولی در زمین و بتن پیشنهاد نمی‌شود.
پ- فولاد گالوانیزه ممکن است در خاک رسی[4] یا خاک مرطوب[5] خورده شود.
ت- قرار گرفتن هادی فولادی در دو بستر خاک و بتن توصیه نمی‌شود. به دلیل اینکه قسمتی از فولاد درست در نقطه‌ای که از بتن خارج می‌شود ممکن است خوردگی پیدا کند.
ث- در مناطق ساحلی به دلیل احتمال وجود نمک در آب‌های زیر زمینی، نباید از فولاد گالوانیزه در تماس با آرماتورهای بتن مسلح استفاده شود.

۱۵-۶-۱-۵-۲- بست نگهدارنده[6]

ترمینال‌های هوایی و هادی‌های نزولی باید چنان محکم ثابت نگه داشته شوند که نیروهای الکترودینامیکی یا مکانیکی احتمالی (برای مثال ارتعاشات، سقوط برف جمع شده روی بام، انبساط حرارتی و غیره) منجر به قطع شدن یا شل شدن هادی‌ها نشود (ر.ک. پیوست D استاندارد IEC 62305-1). فواصل پیشنهادی بین بست‌های نگهدارنده در جدول (۱۵-۹) داده شده‌اند.

[1] Solid
[2] Organic Materials
[3] Benign Soil
[4] Clay Soil
[5] Moist Soil
[6] Fixing

جدول۱۵-۹- فاصله پیشنهادی بین بست‌های نگهدارنده

آرایش	فاصله برای هادی‌های تسمه‌ای، مدور نرم[1] و چندمفتولی میلی‌متر	فاصله برای هادی‌های استخوانی مدور[2] میلی‌متر
هادی‌های افقی روی سطوح افقی	۱۰۰۰	۱۰۰۰
هادی‌های افقی روی سطوح عمودی	۵۰۰	۱۰۰۰
هادی‌های عمودی از زمین تا ۲۰ متر	۱۰۰۰	۱۰۰۰
هادی‌های عمودی از ۲۰ متر به بالا	۵۰۰	۱۰۰۰
یادآوری ۱- این جدول برای بست‌های نگهدارنده نوع توکار[3] که ممکن است نیاز به منظور کردن ملاحظاتی ویژه داشته باشند، قابل اعمال نیست. یادآوری ۲- توصیه می‌شود نتایج حاصل از بررسی شرایط محیطی (مثل بارگذاری ناشی از وزش باد) در نظر گرفته شود و ممکن است تخطی از فواصل پیشنهادی برای مراکز بست‌های نگهدارنده ضروری باشد.		

۱۵-۶-۱-۵-۳- اتصالات[4]

همواره باید کم‌ترین اتصالات ممکن در طول هادی‌ها به کار گرفته شود. اتصالات باید به‌وسیله روش‌هایی نظیر لحیم‌کاری سخت[5]، جوشکاری[6]، کلمپ[7]، پرس‌کاری[8]، درزگیری[9]، پیچ کردن[10] یا با پیچ و مهره بستن[11] کاملاً محکم شوند.

یادآوری ۱- برای اتصالات زیر خاک الزامات بند ۱۳-۵-۲-۷ فصل ۱۳ باید رعایت شود.

یادآوری ۲- تمام اتصالات باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۸۴۹۹ و/یا شیوه‌نامه مربوطه در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ساخته و آزموده شوند.

۱۵-۶-۱-۶- جنس و ابعاد

۱۵-۶-۱-۶-۱- در انتخاب جنس و ابعاد همواره باید احتمال خوردگی را هم در ساختمان تحت حفاظت و هم در سیستم حفاظت خارجی در نظر داشت.

---

[1] Soft Drawn Round Conductor
[2] Round Solid Conductors
[3] Built-In Type
[4] Connections
[5] Brazing
[6] Welding
[7] Clamping
[8] Crimping
[9] Seaming
[10] Screwing
[11] Bolting

۱۵-۶-۱-۶-۲- جنس، شکل و حداقل سطح مقطع هادی‌های ترمینال هوایی، میله‌های ترمینال هوایی، میله‌های منتهی به زمین و هادی‌های نزولی مجاز در جدول (۱۵-۱۰) و جدول ۶ استاندارد IEC 62305-3 ارایه شده و در عین حال این قسمت‌ها همواره باید الزامات و آزمون‌های استاندارد ملی ایران سری ۱۸۴۹۹ را برآورده سازند (ر.ک. بخش ۱۵-۹).

۱۵-۶-۱-۶-۳- جنس، شکل و حداقل ابعاد الکترودهای زمین مجاز در جدول‌های (۱۳-۲) و (۱۳-۳) فصل ۱۳ حسب مورد ارایه شده و همواره باید الزامات و آزمون‌های استاندارد ملی ایران سری ۱۸۴۹۹ و/یا شیوه‌نامه مربوطه در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی را برآورده سازند (ر.ک. بخش ۱۵-۹).

یادآوری- در صورتی‌که قرار باشد از شبکه هم‌بندی اسکلت به‌عنوان هادی نزولی صاعقه استفاده شود، جنس، شکل و سطح مقطع هادی هم‌بندی در مسیرهای بالا رو (ستون‌ها) باید مطابق جدول (۱۳-۲) فصل ۱۳ انتخاب شود.

جدول۱۵-۱۰- جنس، شکل و حداقل سطح مقطع هادی‌های ترمینال هوایی، میله‌های ترمینال هوایی، میله‌های منتهی به زمین و هادی‌های نزولی

جنس	شکل	سطح مقطع mm^2
مس، مس قلع اندود[1]	تسمه	۵۰
	هادی مدور	۵۰
	چند مفتولی	۵۰
	میله مدور	۱۷۶
فولاد ضد زنگ[2]	تسمه	۵۰
	هادی مدور	۵۰
	چند مفتولی	۷۰
	میله مدور	۱۷۶
آلیاژ آلومینیوم با روکش مسی[3]	هادی مدور	۵۰

۱- قلع‌اندود کردن با روش غوطه‌وری داغ یا الکتروپلیت ممکن خواهد بود. حداقل ضخامت روکش باید ۱ میکرومتر باشد. از آنجا که قلع‌اندود کردن مس تنها با هدف زیبایی[1] انجام می‌شود، اندازه‌گیری ضخامت روکش الزامی نیست.
۲- ۱۶٪ ≤ کروم، ۸٪ ≤ نیکل، ۰٫۰۸٪ ≤ کربن.
۳- روکش مسی باید ضخامت شعاعی حداقل ۷۰ میکرومتر و خلوص ۹۹٫۹٪ داشته باشد.

۱۵-۶-۲- سیستم حفاظت صاعقه داخلی

۱۵-۶-۲-۱- کلیات

سیستم حفاظت صاعقه داخلی، باید از بروز قوس‌های الکتریکی خطرناک در داخل ساختمان، متعاقب جاری شدن جریان صاعقه در سیستم حفاظت صاعقه خارجی یا در سایر قسمت‌های رسانای ساختمان، جلوگیری کند. بروز قوس، بین سیستم حفاظت صاعقه خارجی و یکی از اجزاء زیر می‌تواند محتمل باشد:

[1] Aesthetic

- تاسیسات فلزی
- سیستم‌های داخلی
- قسمت‌های رسانای خارجی و خطوط (برق، مخابرات و ...) متصل به ساختمان

یادآوری ۱- قوس‌های رخ داده در داخل ساختمان‌های با خطر انفجار همیشه خطرناک هستند. در این شرایط تدابیر حفاظتی خاصی باید به کار برود که در پیوست D استاندارد IEC 62305-3 به آن‌ها اشاره شده است.

یادآوری ۲- برای حفاظت سیستم‌های داخلی در برابر اضافه‌ولتاژ، به بخش ۱۵-۷ مراجعه شود.

به منظور جلوگیری از بروز قوس‌های خطرناک بین اجزاء مختلف می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود:

- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده مطابق با بند ۱۵-۶-۲-۲، یا
- عایق‌بندی الکتریکی بین اجزای مختلف مطابق با بند ۱۵-۶-۲-۳

۱۵-۶-۲-۲- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه

۱۵-۶-۲-۲-۱- کلیات

هم‌پتانسیل‌سازی در یک ساختمان به‌وسیله اتصال اجزاء سیستم حفاظت صاعقه با قسمت‌های زیر حاصل می‌شود:

- تاسیسات فلزی
- سیستم‌های داخلی
- قسمت‌های رسانای خارجی و خطوط (برق، مخابرات و ...) متصل به ساختمان

هنگامی که هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده، بین سیستم حفاظت صاعقه و سیستم‌های داخلی ساختمان ایجاد می‌شود، احتمال جاری شدن قسمتی از جریان صاعقه به این قبیل تجهیزات وجود دارد. برای ایجاد ارتباطات لازم با سیستم هم‌بندی می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود:

- استفاده از هادی‌های هم‌بندی، در جاهایی که پیوستگی الکتریکی به‌صورت طبیعی وجود نداشته باشد.
- استفاده از وسیله حفاظتی سرج (SPD) در جاهایی که اتصال مستقیم با استفاده از هادی‌های هم‌بندی ممکن نباشد[۱]
- استفاده از ایزوله‌کننده قوسی (ISG) در جاهایی که اتصال مستقیم با استفاده از هادی‌های هم‌بندی مجاز نباشد[۲].

---

[۱] مانند هم‌بندی با هادی‌های فاز و یا حاوی سیگنال مخابراتی خطوط ورودی به سازه تحت حفاظت

[۲] مانند هم‌بندی به سیستم زمین یا بدنه هادی تاسیسات که بدلیل برخی محدویت‌های مهندسی در شرایط کار عادی از ترمینال زمینی LPS ایزوله هستند.

۱۵-۶-۲-۲-۲- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه با تاسیسات فلزی

در صورت استفاده از سیستم حفاظت صاعقه ایزوله، هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده با این سیستم باید فقط در سطح زمین صورت پذیرد. در صورت استفاده از سیستم حفاظت صاعقه غیرایزوله، هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده باید در مکان‌های زیر صورت پذیرد:

۱) در زیرزمین[1] یا در نزدیکی سطح زمین. هادی‌های هم‌بندی باید به شینه هم‌بندی موجود به گونه‌ای متصل شوند که امکان دسترسی آسان و بازرسی دوره‌ای آن وجود داشته باشد. شینه‌های هم‌بندی باید به ترمینال زمینی متصل شوند. در ساختمان‌های بزرگ (به طور معمول با طول بیش‌تر از ۲۰ متر در یکی از اضلاع ساختمان)، شینه هم‌بندی می‌تواند به‌صورت یک رینگ پیرامون ساختمان یا چندین شینه هم‌بندی در نقاط مختلف ساختمان که به یکدیگر متصل شده‌اند، اجرا شود.

۲) در جایی که الزامات عایقی رعایت نشده باشد (مطابق با بند ۱۵-۶-۲-۳)

یادآوری ۱- اتصالات هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی باید تا حد امکان به‌صورت مستقیم (بدون پیچ و تاب) اجرا شوند.

یادآوری ۲- زمانی‌که هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه با اجزا داخلی ایجاد می‌شود، قسمتی از جریان صاعقه ممکن است وارد این اجزا شود. بنابراین آثار و نتایج آن را نیز باید در نظر گرفت.

حداقل سطح مقطع هادی هم‌بندی برای اتصال شینه‌های هم‌بندی مختلف به یکدیگر و یا اتصال به ترمینال زمینی باید مطابق جدول (۱۵-۱۱) باشد. حداقل سطح مقطع هادی هم‌بندی متصل‌کننده تاسیسات فلزی داخلی به شینه‌های هم‌بندی در جدول (۱۵-۱۲) آمده است:

جدول۱۵-۱۱- حداقل سطح مقطع هادی هم‌بندی برای اتصال شینه‌های هم‌بندی مختلف به یکدیگر و یا اتصال به ترمینال زمینی

کلاس حفاظت سیستم حفاظت صاعقه	جنس	سطح مقطع بر حسب میلی‌مترمربع
I تا IV	مس	۱۶
	آلومینیوم	۲۵
	فولاد	۵۰

جدول۱۵-۱۲- حداقل سطح مقطع هادی هم‌بندی که تاسیسات فلزی داخلی را به شینه‌های هم‌بندی متصل می‌کند

کلاس حفاظت سیستم حفاظت صاعقه	جنس	سطح مقطع بر حسب میلی‌مترمربع
I تا IV	مس	۶
	آلومینیوم	۱۰
	فولاد	۱۶

[1] Basement

اگر یک قطعه عایق‌کننده (همانند فلنج عایقی) بین لوله‌های فلزی گاز و آب داخل ساختمان و خطوط شهری قرار گرفته باشد، به منظور حفاظت در داخل ساختمان، با کسب مجوز از اداره گاز و اداره آب[1]، باید دو طرف آن قطعه عایق، توسط ایزوله‌کننده قوسی که بدین منظور طراحی شده مرتبط گردند.

ایزوله‌کننده‌های قوسی (ISG) باید براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱۸۴۹۹ آزمون شده و دارای مشخصات فنی زیر باشند:

- $I_{imp} \geq K_c I$ که در آن $K_c I$ جریان صاعقه‌ای است که در امتداد قسمت مربوطه از سیستم حفاظت صاعقه خارجی جاری می‌شود (ر.ک. پیوست C استاندارد IEC 62305-3).
- ولتاژ ضربه اسمی بروز قوس U_{RIMP} از قدرت تحمل ضربه[2] قطعه عایق قرار گرفته بین قسمت‌ها، کوچک‌تر باشد.

۱۵-۶-۲-۲-۳- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه برای قسمت‌های رسانای خارجی

به منظور ایجاد هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده برای قسمت‌های رسانای خارجی، این امر باید تا حد امکان نزدیک به نقطه ورود تاسیسات به ساختمان مورد حفاظت صورت پذیرد. هادی‌های هم‌بندی باید توانایی تحمل عبور بخشی از جریان صاعقه (I_F)، که مطابق با پیوست E از استاندارد IEC 62305-1 تخمین زده می‌شود را داشته باشند.

اگر هم‌بندی مستقیم قابل قبول نباشد، باید از ISGها با مشخصات فنی استاندارد استفاده شود. ایزوله‌کننده قوسی (ISG) بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱۸۴۹۹ آزمون می‌شوند و باید دارای مشخصات فنی زیر باشند:

- $I_{imp} \geq I_F$ که در آن I_F جریان صاعقه‌ای است که در امتداد قسمت رسانای خارجی مورد نظر جاری می‌شود (ر.ک. پیوست E استاندارد IEC 62305-1).
- ولتاژ ضربه اسمی بروز قوس U_{RIMP} از قدرت تحمل ضربه قطعه عایق قرار گرفته بین قسمت‌ها، کوچک‌تر باشد.

یادآوری- زمانی‌که هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده ضروری بوده اما نصب سیستم حفاظت صاعقه الزامی نباشد، می‌توان از ترمینال زمینی تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف بدین منظور استفاده نمود. به منظور بررسی نیاز به نصب سیستم حفاظت صاعقه (بر اساس مطالعات مدیریت ریسک) به بخش ۱۵-۵ مراجعه نمایید.

۱۵-۶-۲-۲-۴- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه برای سیستم‌های داخلی

اجرای هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه باید براساس موارد ۱ و ۲ بند ۱۵-۶-۲-۲-۲ صورت پذیرد. اگر کابل‌های سیستم‌های داخلی شیلددار بوده و یا از داخل لوله‌های فلزی عبور کرده باشند، کافی‌است شیلد این کابل‌ها و یا لوله‌های فلزی هم‌بند شوند (ر.ک. پیوست B در استاندارد IEC 62305-3).

---

[1] Gas & Water Supplier
[2] Impulse Withstand Level

یادآوری- این امکان وجود دارد که هم‌بندی شیلد کابل‌ها و لوله‌ها، مانع از بروز ایراد در تجهیزات متصل به این کابل‌ها، در اثر اضافه‌ولتاژها نشود. برای حفاظت این قبیل تجهیزات به ۱۵-۷ مراجعه نمایید.

اگر کابل‌های سیستم‌های داخلی فاقد شیلد بوده و از داخل لوله فلزی نیز عبور نکرده باشند، باید هم‌بندی آن‌ها از طریق SPDها صورت پذیرد. در سیستم TN هادی‌های حفاظتی (PE[1]) و حفاظتی/خنثی (PEN) باید به‌صورت مستقیم یا از طریق وسیله حفاظتی سرج (SPD) به سیستم حفاظت صاعقه متصل گردند.

هادی‌های هم‌بندی باید دارای تحمل جریانی یکسان با ISGها باشند (بند ۱۵-۶-۲-۲-۲).

وسایل حفاظتی سرج (SPDs) باید مطابق با استانداردهای IEC 61643-11 و IEC 61643-21 بوده و دارای مشخصات فنی زیر باشند:

- با $I_{imp} \geq K_c I$ آزمون شده باشند که در آن $K_c I$ جریان صاعقه‌ای است که در امتداد قسمت مربوطه از سیستم حفاظت صاعقه خارجی جاری می‌شود (ر.ک. پیوست C استاندارد IEC 62305-3).
- سطح حفاظتی (U_P) آن‌ها از قدرت تحمل ضربه قطعه عایق قرار گرفته بین قسمت‌ها، کوچک‌تر باشد.

در صورت نیاز به حفاظت سیستم‌های داخلی در برابر سرج، هماهنگی حفاظتی بین وسایل حفاظتی سرج مطابق الزامات بند ۱۵-۷-۴ ضروری است.

۱۵-۶-۲-۲-۵- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه برای خطوط متصل به ساختمان تحت حفاظت

هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه برای خطوط الکتریکی و مخابراتی باید مطابق با بند ۱۵-۶-۲-۲-۳ انجام شود. تمام هادی‌ها در هر یک از خطوط باید از طریق وسیله حفاظتی سرج به شینه هم‌بندی متصل شوند. در سیستم TN هادی‌های حفاظتی (PE) و حفاظتی/خنثی (PEN) باید به‌صورت مستقیم یا از طریق وسیله حفاظتی سرج به شینه هم‌بندی متصل شوند.

اگر خطوط شیلددار بوده یا مسیر عبور آن‌ها از درون لوله‌های فلزی باشد، شیلد یا لوله‌ها باید هم‌بند شوند. هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه برای هادی‌ها در صورتی‌که سطح مقطع S_C این شیلدها یا لوله‌های فلزی، از حداقل سطح مقطع S_{CMIN} تعیین شده در پیوست B استاندارد IEC 62305-3 کم‌تر نباشد، ضروری نیست. هم‌بندی شیلد کابل‌ها یا لوله‌های فلزی، به منظور هم‌پتانسیل‌سازی، باید در نزدیک‌ترین نقطه ورود آن‌ها به ساختمان اجرا شود. هادی‌های هم‌بندی باید دارای تحمل جریانی یکسان با ISGها مطابق مطالب بیان شده در بند ۱۵-۶-۲-۲-۳ باشند.

وسایل حفاظتی سرج باید مطابق استانداردهای IEC 61643-11 و IEC 61643-21 بوده و دارای مشخصات فنی زیر باشند:

- با $I_{imp} \geq I_F$ آزمون شده باشند که در آن I_F جریان صاعقه‌ای است که در امتداد خطوط جاری می‌شود (ر.ک. پیوست E استاندارد IEC 62305-1).

[1] PE: Protective Earthing

• سطح حفاظتی (U_P) آن‌ها از قدرت تحمل ضربه قطعه عایق قرار گرفته بین قسمت‌ها، کوچک‌تر باشد.

اگر سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی متصل به خطوط ورودی به ساختمان، نیاز به حفاظت در برابر سرج داشته باشند، هماهنگی حفاظتی مابین وسایل حفاظتی سرج مطابق الزامات ۱۵-۷-۴ ضروری است.

یادآوری- زمانی‌که هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده ضروری بوده اما نصب سیستم حفاظت صاعقه الزامی نباشد، می‌توان از ترمینال زمینی تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف بدین منظور استفاده نمود. به منظور بررسی نیاز به نصب سیستم حفاظت صاعقه (بر اساس مطالعات مدیریت ریسک) به ۱۵-۵ مراجعه نمایید.

۱۵-۶-۲-۳- عایق‌بندی الکتریکی سیستم حفاظت صاعقه خارجی

۱۵-۶-۲-۳-۱- کلیات

عایق‌بندی الکتریکی بین ترمینال هوایی یا هادی نزولی و قسمت‌های فلزی ساختمان، تاسیسات فلزی و سیستم‌های داخلی، از طریق رعایت فاصله جدایی، s، بین این قسمت‌ها فراهم می‌شود. فرمول کلی برای محاسبه s به‌صورت زیر است:

$$S = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l \quad (m) \qquad (۱۵-۵)$$

که در آن:

k_i: بستگی به کلاس سیستم حفاظت صاعقه منتخب دارد (جدول (۱۵-۱۳)).

k_m: بستگی به جنس عایق الکتریکی دارد (جدول (۱۵-۱۴)).

k_c: بستگی به (بخشی[1] از) جریانی دارد که از ترمینال هوایی و هادی نزولی عبور می‌کند (ر.ک. جدول (۱۵-۱۵) و پیوست C استاندارد IEC 62305-3).

l: طول بر حسب متر، در امتداد ترمینال هوایی و هادی نزولی از نقطه‌ای که فاصله جدایی باید مورد محاسبه قرار گیرد تا نزدیک‌ترین نقطه هم‌بندی یا ترمینال زمینی است (ر.ک. پیوست E بخش E.6.3 استاندارد IEC 62305-3).

جدول۱۵-۱۳- عایق‌بندی قسمت خارجی سیستم حفاظت صاعقه – مقادیر مختلف ضرایب k_i

کلاس سیستم حفاظت صاعقه	k_i
I	۰٫۰۸
II	۰٫۰۶
III و IV	۰٫۰۴

[1] Partial

جدول۱۵-۱۴- عایق‌بندی قسمت خارجی سیستم حفاظت صاعقه – مقادیر مختلف ضرایب k_m

جنس ماده	m
هوا	۱
آجر، بتن	۰/۵
یادآوری ۱- در صورتی‌که چندین ماده عایقی به‌صورت سری قرار داشته باشند، بهترین کار استفاده از کم‌ترین مقدار k_m است. یادآوری ۲- در صورتی‌که از مواد خاصی جهت عایق‌بندی استفاده شده باشد، مقدار ضریب k_m باید توسط سازنده ارایه شود.	

در صورتی‌که خطوط یا رساناهای خارجی به ساختمان وارد می‌شوند، همواره باید از هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه در نقطه ورود به ساختمان مطمئن بود (با اتصال مستقیم یا با اتصال از طریق وسیله حفاظتی سرج (SPD)).

در ساختمان‌های دارای اسکلت فلزی یا بتن مسلح با آرماتورهای به لحاظ الکتریکی به هم پیوسته، رعایت فاصله جدایی الزامی نیست.

ضریب k_c مربوط به جریان صاعقه گذرنده از ترمینال هوایی و هادی‌های نزولی به کلاس سیستم حفاظت صاعقه، به تعداد کل هادی‌های نزولی n، به موقعیت هادی‌های نزولی، هادی‌های ارتباطی رینگ‌ها و نوع ترمینال زمینی وابسته است. فاصله جدایی مورد نیاز، به افت ولتاژ در کوتاه‌ترین مسیر از نقطه‌ای که فاصله جدایی باید در آن مد نظر قرار گیرد تا الکترود زمین یا نزدیک‌ترین نقطه هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده بستگی دارد.

۱۵-۶-۲-۳-۲- روش ساده‌سازی شده[1]

در ساختمان‌های نوعی[2] برای استفاده از فرمول (۱۵-۵)، شرایط زیر باید مد نظر قرار گیرد:

k_c: بستگی به (بخشی از) جریانی دارد که از آرایش هادی‌های نزولی عبور می‌کند (ر.ک. جدول ۱۲ از پیوست C استاندارد IEC 62305-3).

l: طول عمودی بر حسب متر در امتداد هادی نزولی از نقطه‌ای که باید فاصله جدایی محاسبه شود تا نزدیک‌ترین نقطه هم‌بندی یا ترمینال زمینی.

جدول۱۵-۱۵- ایزوله کردن سیستم حفاظت صاعقه خارجی – مقادیر تقریبی برای ضریب k_c

تعداد هادی‌های نزولی n	k_c
۱ (فقط در مورد سیستم حفاظت صاعقه ایزوله)	۱
۲	۰/۶۶
۳ و بیش‌تر	۰/۴۴
یادآوری- مقادیر این جدول برای تمامی آرایش‌های اتصال زمین نوع B و برای تمامی آرایش‌های اتصال زمین نوع A، به شرطی کاربرد دارد که مقاومت زمین الکترودهای زمین مجاور با ضریب بیش‌تر از ۲ تغییر نکند. اگر مقاومت زمین یک الکترودهای زمین منفرد با ضریبی بیش‌تر از ۲ تغییر کند، در این حالت باید ضریب k_c برابر ۱ در نظر گرفته شود.	

[1] Simplified Approach
[2] Typical

اطلاعات بیش‌تر در خصوص تقسیم جریان بین هادی‌های نزولی در پیوست C استاندارد IEC 62305-3 ارایه شده است.
یادآوری- روش ساده‌سازی شده معمولا منجر به نتایجی در محدوده ایمن می‌شود.

۱۵-۶-۲-۳-۳- روش تفصیلی (مفصل‌تر)[1]

در یک سیستم حفاظت صاعقه با سیستم ترمینال هوایی مش یا هادی‌های رینگ متصل به هم، به علت تقسیم جریان، ترمینال‌های هوایی و یا هادی‌های نزولی دارای مقادیر متفاوت جریانی، در امتداد طول خود خواهند بود. در این موارد ارزیابی دقیق فاصله جدایی s باید با استفاده از فرمول زیر انجام شود:

$$s = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c1} \times l_1 + k_{c2} \times l_2 + \ldots + k_{cn} \times l_n) \qquad (۶\text{-}۱۵)$$

هنگامی که ترمینال هوایی و هادی‌های نزولی، به علت اتصال هادی‌های رینگ، دارای مقادیر مختلف جریانی در امتداد طول خود باشند (ر.ک. شکل‌های C.4 و C.5 استاندارد IEC 62305-3).

یادآوری ۱- این روش برای ارزیابی فاصله جدایی در ساختمان‌های خیلی بزرگ یا ساختمان‌ها با اشکال پیچیده مناسب است.

یادآوری ۲- برای محاسبه ضرایب k_c برای هر کدام از هادی‌ها، می‌توان از نرم‌افزارهای کامپیوتری استفاده نمود.

۱۵-۶-۳- حفاظت موجودات زنده در برابر آسیب‌های ناشی از ولتاژهای گام و تماس صاعقه

۱۵-۶-۳-۱- نزدیک بودن موجودات زنده به هادی‌های نزولی در یک سیستم حفاظت صاعقه؛ امکان بروز خطرات جانی را در پی دارد؛ حتی اگر طراحی سیستم حفاظت صاعقه به درستی و با دقت انجام شده باشد.

با اتخاذ یکی از روش‌های زیر می‌توان میزان خطر ولتاژ گام و تماس را به میزان قابل قبولی کاهش داد:

۱) در شرایط بهره‌برداری عادی هیچ فردی در فاصله ۳ متری از هادی‌های نزولی حضور نداشته باشد.

۲) به کارگیری حداقل ۱۰ هادی نزولی مطابق با بند ۱۵-۶-۱-۳-۵

۳) ایجاد یک لایه سطحی با حداقل مقاومت ۱۰۰ کیلو اهم در محدوده ۳ متری از هادی‌های نزولی

یادآوری- به کارگیری لایه‌ای از ماده عایق کننده، به طور مثال آسفالت به ضخامت ۵ سانتی‌متر (یا لایه‌ای از گراول[2] به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر) خطر را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.

۱۵-۶-۳-۲- در صورت عدم تحقق هیچ یک از موارد سه‌گانه بند ۱۵-۶-۳-۱، به منظور کاهش خطرات ناشی از ولتاژ تماس، باید تدابیر حفاظتی زیر صورت پذیرد:

[1] Detailed Approach
[2] Gravel

- عایق نمودن هادی‌های نزولی قابل تماس به گونه‌ای که قابلیت تحمل ولتاژ ضربه با شکل موج ۱٫۲/۵۰ و دامنه ۱۰۰ کیلوولت را داشته باشد، به طور نمونه پلی‌اتیلن‌کراس لینک[1] با ضخامت حداقل۳ میلی‌متر[2]
- استفاده از محدودیت‌های فیزیکی و/یا علائم هشدار دهنده به منظور کاهش احتمال تماس افراد با هادی‌های نزولی

۱۵-۶-۳-۳- درصورت عدم تحقق هیچ یک از موارد سه‌گانه بند ۱۵-۶-۳-۱، به منظور کاهش خطرات ناشی از ولتاژ گام، باید تدابیر حفاظتی زیر صورت پذیرد:

- انجام هم‌پتانسیل‌سازی به‌وسیله احداث ترمینال زمینی مش‌بندی شده
- استفاده از محدودیت‌های فیزیکی و/یا علائم هشدار دهنده به منظور کاهش احتمال دسترسی به منطقه خطر در محدوده ۳ متری هادی‌های نزولی.

۱۵-۶-۳-۴- چنانچه افراد زیادی در منطقه‌ای که با ریسک ناشی از قرارگیری در نزدیکی سازه یا ساختمانی مجهز به حفاظت صاعقه مواجه است، اغلب مواقع حضور داشته باشند، توصیه می‌شود برای حفاظت از این افراد تدبیری جهت کنترل پتانسیل به کار گرفته شود. برای انجام این کنترل پتانسیل کفایت می‌کند شیب مقاومت[3] بر روی سطح زمین منطقه مورد نظر از ۱ اهم بر متر تجاوز نکند.

برای دستیابی به این هدف، باید یک الکترود زمین رینگ در فاصله ۱ متری و عمق ۰٫۵ متری به الکترود زمین فونداسیون موجود افزوده شود. چنانچه ساختمان مورد نظر در حال حاضر مجهز به سیستم ترمینال زمینی از نوع الکترود زمین رینگ است، این رینگ باید به‌عنوان اولین لایه از رینگ کنترل پتانسیل در نظر گرفته شود. در هر صورت توصیه می‌شود الکترودهای زمین رینگ اضافی در فاصله ۳ متری از الکترود زمین رینگ قبلی اجرا شوند. عمق دفن الکترودهای زمین رینگ اضافی هر چه که از ساختمان دور می‌شود باید در پله‌های ۰٫۵ متری افزایش یابد. هادی‌های نزولی باید به تمامی رینگ‌های کنترل پتانسیل متصل شده، به گونه‌ای که هر یک از رینگ‌ها حداقل ۲ مرتبه متصل شده باشند.

---

[1] Cross-Linked Polyethylene

[2] این بند به معنای مجاز بودن استفاده از کابل قدرت معمولی (فشار ضعیف یا فشار قوی) صرفا با دارا بودن ضخامت عایق حداقل ۳ میلی متر به عنوان هادی نزولی ایزوله نیست. تمامی اجزای سیستم حفاظت صاعقه ایزوله باید مطابق استاندارد ملی ایران معادل با استاندارد IEC 62561-8 ساخته و آزموده شده باشند.

[3] Resistance Gradient

۱۵-۷- سیستم حفاظت LEMP (SPM)

۱۵-۷-۱- کلیات

با توجه به احتمال بروز خسارات ناشی از ضربات الکترومغناطیسی صاعقه (LEMP[1]) بر روی سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی، برای جلوگیری از آسیب‌های وارده به سیستم‌های داخلی نیاز به در نظر گرفتن تدابیر حفاظت در برابر LEMP (موسوم به SPM[2]) است.

طراحی SPM باید توسط متخصصین حفاظت صاعقه و سرج که اطلاعات وسیعی درخصوص سازگاری الکترومغناطیسی (EMC[3]) و روش‌های اجرا و نصب دارند، صورت گیرد.

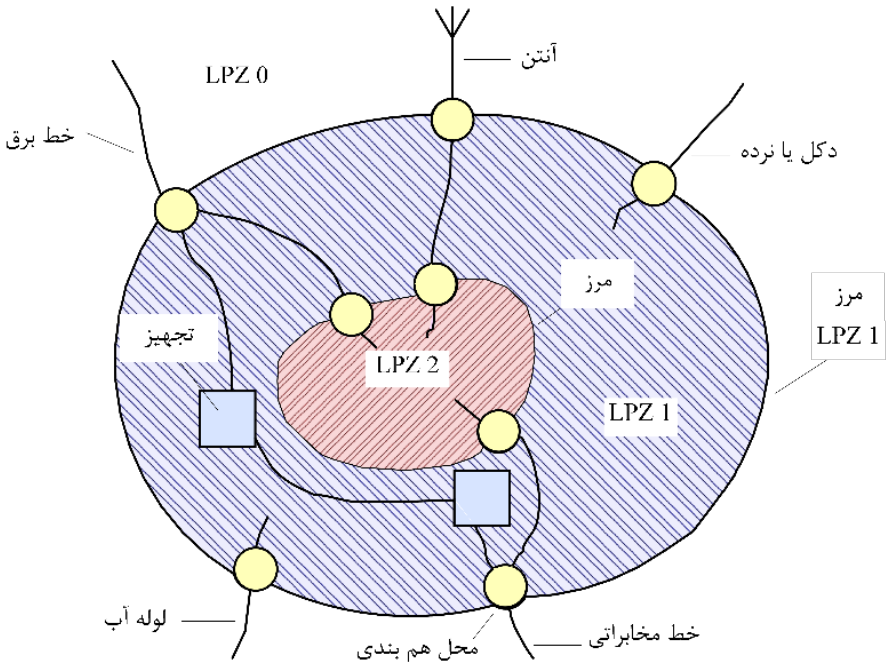
حفاظت در برابر LEMP بر اساس مفهوم زون‌های حفاظت صاعقه (LPZ) صورت می‌گیرد که در آن ناحیه‌ای که شامل سیستم‌هایی است که مد نظر است تا حفاظت شوند باید به زون‌های مختلف تقسیم‌بندی شود (شکل (۱۵-۹)).

۱۵-۷-۲- اتصال زمین و هم‌بندی

اتصال زمین و هم‌بندی مناسب، بر اساس یک سیستم اتصال زمین کامل (شکل (۱۵-۱۰)) بوده و از موارد زیر تشکیل می‌شود:

- سیستم ترمینال زمینی (که جریان صاعقه را در خاک پراکنده می‌کند)؛
- شبکه هم‌بندی (که اختلاف پتانسیل بین نقاط مختلف ساختمان را به حداقل رسانده و میدان مغناطیسی را کاهش می‌دهد).

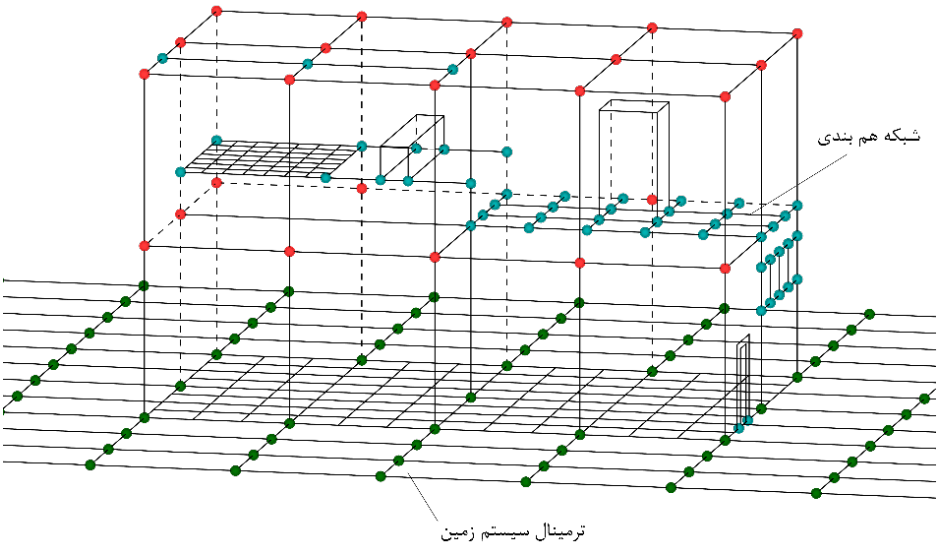
[1] LEMP: Lightning Electromagnetic Impulse
[2] SPM: LEMP Protection Measures
[3] EMC: Electromagnetic Compatibility



علامت دایره در شکل فوق(○) هم‌بندی خدمات[1] ورودی به طور مستقیم و یا از طریق یک SPD مناسب را نمایش می‌دهد.

یادآوری- این شکل نمایش‌دهنده تقسیم‌بندی ساختمان به زون‌های داخلی است. تمام قسمت‌های فلزی ورودی به ساختمان در LPZ 1 توسط شینه‌های هم‌بندی به یکدیگر متصل شده‌اند. خدمات ورودی به LPZ 2 (برای مثال اتاق کامپیوتر) توسط شینه‌های هم‌بندی در LPZ 2 به هم متصل شده‌اند.

شکل۱۵-۹- اصول کلی تقسیم‌بندی زون‌های مختلف



یادآوری- تمام هادی‌های نزولی باید به قسمت‌های فلزی ساختمان و یا به هادی هم‌بندی، متصل شده باشند. برخی از آن‌ها می‌توانند نقش هدایت و پراکنده‌سازی جریان صاعقه به زمین را ایفا نمایند.

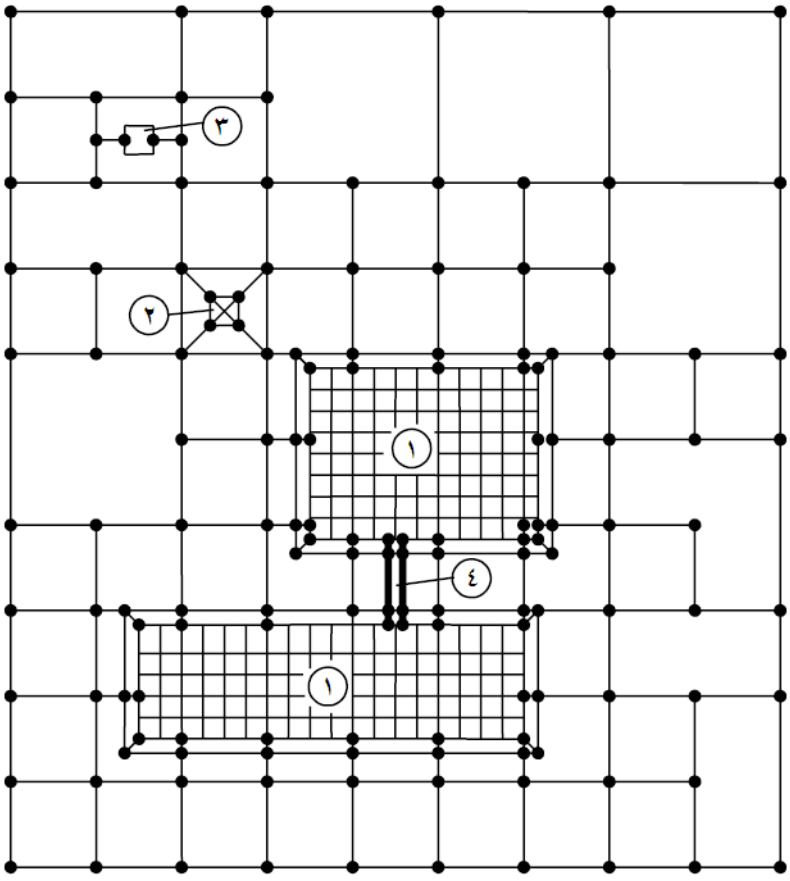
شکل۱۵-۱۰- نمونه‌ای از یک سیستم زمین سه بعدی که شامل شبکه هم‌بندی متصل به ترمینال زمینی است.

[1] Services

۱۵-۷-۲-۱- سیستم ترمینال زمینی

ترمینال زمینی ساختمان‌ها باید براساس الزامات بند ۱۵-۶-۱-۴ و همچنین استاندارد IEC 62305-3 باشد. در ساختمان‌هایی که تنها شامل سیستم‌های الکتریکی هستند، آرایش زمین نوع A ممکن است مورد استفاده قرارگیرد، ولی ارجحیت با استفاده از آرایش زمین نوع B است. ولی در ساختمان‌هایی که شامل سیستم‌های الکترونیکی هستند، آرایش زمین از نوع B توصیه می‌شود.

الکترود زمین رینگ دور ساختمان یا الکترود زمین رینگ در داخل بتن پیرامون فونداسیون باید با شبکه مش (معمولا با عرض مش ۵ متر) در زیر و اطراف ساختمان یکپارچه شود. این کار باعث بهبود عملکرد ترمینال زمینی می‌شود. چنانچه بتن مسلح فونداسیون نیز، یک شبکه مش به هم پیوسته را تشکیل داده و هر ۵ متر به ترمینال زمینی متصل شود، می‌تواند روش مناسبی محسوب شود. در شکل (۱۵-۱۱) مثالی از سیستم زمین مش‌بندی شده در یک کارخانه نشان داده شده است.



۱ ساختمانی با شبکه مش‌بندی آرماتورهای فونداسیون
۲ دکل در داخل کارخانه
۳ یک تجهیز مستقل[1]
۴ سینی کابل

شکل۱۵-۱۱- سیستم ترمینال زمینی مش‌بندی شده یک کارخانه

[1] Stand-Alone

برای کاهش اختلاف پتانسیل دو نقطه از سیستم‌های داخلی، که ممکن است در برخی موارد خاص به سیستم‌های زمین مجزایی متصل شده باشند، روش‌های زیر را می‌توان بکار برد:

- قرار دادن چندین هادی هم‌بندی به‌صورت موازی در مسیرهای مشترک با کابل‌های الکتریکی و یا عبور دادن کابل‌ها از داخل داکت‌های بتن مسلح شبکه‌ای شکل[1] (یا لوله‌های فلزی با پیوستگی الکتریکی) و متصل نمودن آن‌ها به هر دو سیستم ترمینال زمینی؛
- استفاده از کابل‌های شیلددار با سطح مقطع مناسب و اتصال شیلدها از دو سر کابل به سیستم‌های اتصال زمین مجزا.

۱۵-۷-۲-۲- شبکه هم‌بندی

به جرات می‌توان گفت که اجرای یک سیستم هم‌بندی صحیح، می‌تواند نقش بسزایی در کاهش خطرات ناشی از صاعقه در یک ساختمان داشته باشد و به هیچ عنوان قابل حذف و چشم پوشی نیست. به این منظور برای جلوگیری از ایجاد اختلاف پتانسیل‌های خطرناک مابین تجهیزات موجود در زون‌های حفاظتی داخل ساختمان، به یک شبکه هم‌بندی با امپدانس پائین نیاز است. علاوه بر این، شبکه هم‌بندی ایجاد شده از شدت میدان‌های مغناطیسی خواهد کاست.

این مهم می‌تواند از طریق ایجاد یک شبکه هم‌بندی مش که قسمت‌های فلزی ساختمان یا اجزای سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی داخل ساختمان را یکپارچه نموده و از طریق هم‌بندی قسمت‌های فلزی یا تاسیسات فلزی (مانند لوله‌های برق، مخابرات، گاز، آب و ...) در مرز هر یک از زون‌های حفاظتی به‌صورت مستقیم و یا با استفاده از SPD، محقق شود.

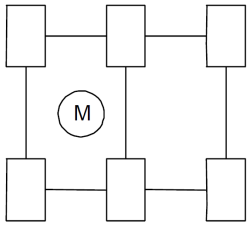
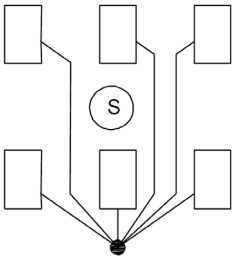
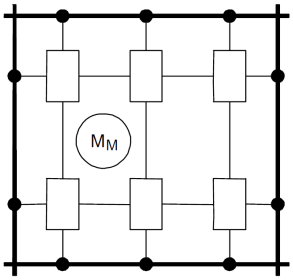
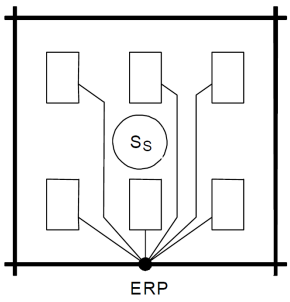
شبکه هم‌بندی را می‌توان به‌صورت یک ساختمان مش‌بندی شده سه بعدی، که مش‌ها به طور معمول دارای عرض ۵ متر است، در نظر گرفت (شکل (۱۵-۱۰)). این امر مستلزم ایجاد اتصالات متعدد بین اجزا فلزی موجود در ساختمان (همانند آرماتورهای مدفون در بتن، ریل‌های آسانسورها، جرثقیل‌ها، بام‌ها و نماهای فلزی، چهارچوب‌ها، درها و پنجره‌های فلزی، لوله‌ها و سینی‌های مربوط به کابل) است. انواع شینه‌های هم‌بندی (همانند شینه‌های هم‌بندی رینگ، شینه هم‌بندی مختلف در طبقات ساختمان) و شیلدهای مغناطیسی زون‌های حفاظتی (LPZ) نیز باید به همین روش، به یکدیگر متصل شوند. مثال‌هایی از شبکه هم‌بندی در شکل‌های (۱۳-۵) و (۱۳-۶) فصل ۱۳ آمده‌اند.

قسمت‌های رسانا (مانند تابلوها، محفظه‌ها و رک‌ها) و هادی‌های حفاظتی (PE) سیستم‌های داخلی باید مطابق شکل (۱۵-۱۲) به شبکه هم‌بندی متصل گردند.

در صورت استفاده از چیدمان S، تمام قسمت‌های فلزی (همانند تابلوها، محفظه‌ها و رک‌ها) سیستم‌های داخلی باید از سیستم زمین، ایزوله باشند. اتصال چیدمان S به سیستم زمین باید تنها از طریق یک شینه هم‌بندی صورت پذیرد؛ که به‌عنوان نقطه مرجع زمین (ERP[2]) عمل می‌کند و نتیجه این امر، چیدمان S_S خواهد بود. در هنگام استفاده از چیدمان S، تمام خطوط بین تجهیزات باید به موازات و در نزدیکی هادی‌های هم‌بندی چیدمان ستاره قرار گیرند تا از ایجاد

[1] Grid-Like Reinforced Concrete Ducts
[2] ERP: Earth Reference Point

حلقه‌های القایی خودداری شود. می‌توان از چیدمان S در جایی که سیستم‌های داخلی در زون‌های نسبتاً کوچک قرار گرفته و در آن تمامی خطوط تنها از یک نقطه وارد زون می‌شوند، استفاده نمود.

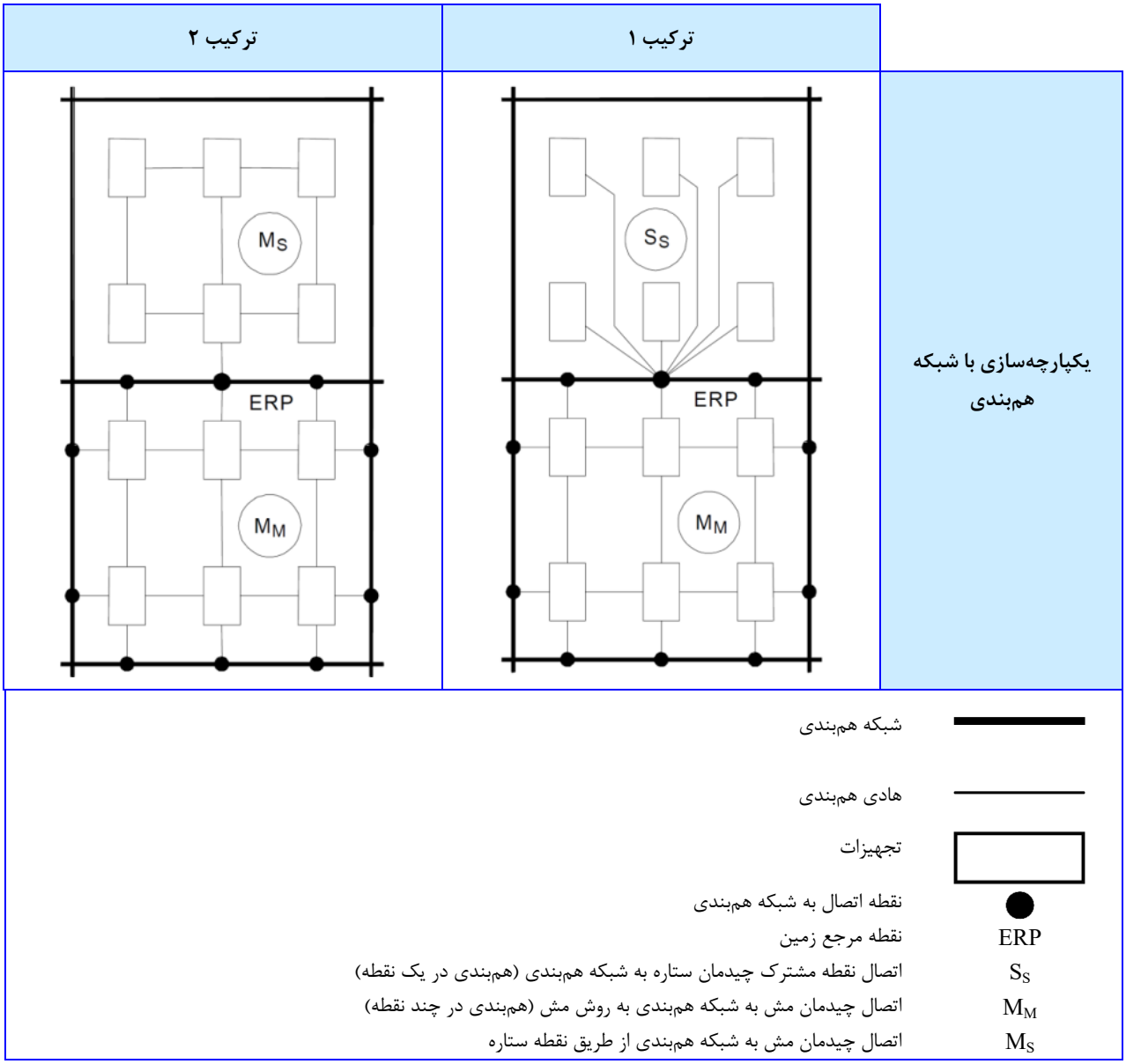
	چیدمان مش M	چیدمان ستاره S
چیدمان پایه		
یکپارچه‌سازی با شبکه هم‌بندی		
شبکه هم‌بندی		
هادی هم‌بندی		
تجهیزات		
نقطه اتصال به شبکه هم‌بندی		
ERP نقطه مرجع زمین		
S_S اتصال نقطه مشترک چیدمان ستاره به شبکه هم‌بندی (هم‌بندی در یک نقطه)		
M_M اتصال چیدمان مش به شبکه هم‌بندی به روش مش (هم‌بندی در چند نقطه)		

شکل۱۵-۱۲- نحوه اتصال قسمت‌های رسانای سیستم‌های داخلی به شبکه هم‌بندی

در صورت استفاده از چیدمان M، قسمت‌های فلزی (همانند تابلوها، محفظه‌ها، رک‌ها) سیستم‌های داخلی، لازم نیست از سیستم زمین ایزوله گردند، بلکه باید در نقاط مختلف با آن هم‌بند شده باشد که نتیجه آن، چیدمان M_M است. چیدمان نوع M در موارد زیر ترجیح داده می‌شود:

- اگر سیستم‌های داخلی در زون‌هایی با گستردگی زیاد یا در کل ساختمان پراکنده باشند.
- جایی که خطوط متعددی (برق، مخابرات و ...) مابین تجهیزات وجود داشته باشند
- اگر خطوط (برق، مخابرات، ...) از نقاط مختلف وارد ساختمان شوند.

در سیستم‌های با ساختار پیچیده، می‌توان از ترکیب این دو نوع چیدمان (چیدمان M و S) که به‌عنوان ترکیب ۱ (S_S در ترکیب با M_M) و یا ترکیب ۲ (M_S در ترکیب با M_M) مطابق شکل (۱۵-۱۳) استفاده نمود.



شکل۱۵-۱۳- ترکیبی از روش‌های اتصال قسمت‌های رسانای سیستم‌های داخلی به شبکه هم‌بندی

۱۵-۷-۲-۳- شینه هم‌بندی

شینه‌های هم‌بندی برای مرتبط کردن قسمت‌های زیر باید مورد استفاده قرار گیرند:

- تمام خدمات رسانا (همانند لوله‌های فلزی آب، گاز و ...) که به زون‌های حفاظت صاعقه وارد می‌شوند (به صورت مستقیم یا با استفاده از وسایل حفاظتی سرج مناسب)
- هادی حفاظتی (PE)
- قسمت‌های فلزی سیستم‌های داخلی (همانند تابلوها، محفظه‌ها و رک‌ها)
- شیلدهای مغناطیسی زون حفاظت صاعقه (LPZ) در پیرامون و داخل ساختمان.

برای انجام هم‌بندی موثر، رعایت نکات زیر در هنگام نصب حائز اهمیت است:

- اساس تمامی تدابیر هم‌بندی، ایجاد یک شبکه هم‌بندی با امپدانس ناچیز است؛
- شینه‌های هم‌بندی باید از طریق کوتاه‌ترین مسیر ممکن به سیستم اتصال زمین متصل گردند؛
- جنس و ابعاد شینه‌ها و هادی‌های هم‌بندی باید مطابق با بند ۱۵-۷-۲-۵ باشد؛
- وسایل حفاظتی سرج باید از طریق کوتاه‌ترین مسیر ممکن به شینه‌های هم‌بندی و همچنین هادی‌های فاز متصل گردند تا ولتاژ القایی در آن‌ها به حداقل ممکن برسد.
- در سمت حفاظت شده مدار، (پایین دست وسایل حفاظتی سرج)، اثرات القای متقابل باید از طریق حداقل کردن سطح حلقه و یا به کارگیری کابل‌های شیلددار و یا داکت کابل کاهش یابد.

۱۵-۷-۲-۴- هم‌بندی در مرز زون‌های حفاظت صاعقه

در جایی‌که زون حفاظت صاعقه تعریف می‌شود، هم‌بندی باید برای همه قسمت‌های فلزی و خدمات (مانند لوله‌های فلزی، خطوط برق یا خطوط سیگنال) در مرز ورودی به زون حفاظت صاعقه در نظر گرفته شود.

یادآوری- هم‌بندی خدمات که به LPZ 1 وارد می‌شوند (مانند خطوط برق یا خطوط مخابراتی) باید توسط کارشناسان شرکت ارایه دهنده خدمت مربوطه، مورد بحث و تبادل نظر قرار گیرند، زیرا ممکن است با قوانین این شرکت‌ها در تضاد باشند.

هم‌بندی باید از طریق شینه‌های هم‌بندی، که در نزدیک‌ترین محل ممکن به نقطه ورودی در مرز زون مورد نظر نصب شده است، انجام شود. در صورت امکان خدمات ورودی به LPZ باید از یک نقطه وارد شده و به یک شینه هم‌بندی مشترک متصل گردند. اگر خدمات مختلف از نقاط متفاوت وارد LPZ شوند، هر خدمت باید به یک شینه هم‌بندی مجزا وصل شده و تمام این شینه‌ها نیز به هم متصل گردند. برای برآورده شدن این هدف، توصیه می‌شود این شینه‌ها به شینه هم‌بندی رینگ (هادی رینگ) متصل گردند.

هم‌بندی برای هم‌پتانسیل‌سازی وسایل حفاظتی سرج همواره در نقطه ورودی به زون حفاظت صاعقه الزامی است تا خطوط ورودی متصل به سیستم‌های واقع در درون زون حفاظت صاعقه داخل ساختمان را هم‌بند کند. به منظور کاهش تعداد وسایل حفاظتی سرج مورد نیاز می‌توان از نواحی حفاظت صاعقه بزرگ یا متصل به هم استفاده نمود.

کابل‌های شیلددار یا داکت‌های فلزی متصل به هم که در مرز LPZ به یکدیگر هم‌بند شده‌اند، می‌توانند چندین LPZ با مرتبه مشابه را به هم متصل کنند تا یک زون حفاظت صاعقه مشترک تشکیل شود یا یک LPZ را تا مرز LPZ بعدی گسترش دهند.

۱۵-۷-۲-۵- جنس و ابعاد عناصر هم‌بندی

جنس، اندازه و شرایط استفاده باید مطابق استاندارد IEC 62305-3 باشد. حداقل سطح مقطع برای اجزاء هم‌بندی باید مطابق با جدول (۱۵-۱۶) باشد. ابعاد کلمپ‌ها باید متناسب با مقدار جریان تراز حفاظت صاعقه (LPL) (ر.ک. ۱۵-۴) و نتایج برآورد تقسیم جریان (ر.ک. ۱۵-۶) باشند. پارامترهای SPD باید مطابق با بند ۱۵-۷-۴ باشد.

جدول۱۵-۱۶- حداقل سطح مقطع اجزاء هم‌بندی

اجزای هم‌بندی		جنس مواد[الف]	سطح مقطع mm^2
شینه‌های هم‌بندی (مس، فولاد با روکش مس یا فولاد گالوانیزه)		مس، آهن	۵۰
هادی‌های ارتباطی از شینه‌های هم‌بندی به سیستم اتصال زمین یا به شینه‌های هم‌بندی دیگر (حامل تمام یا قسمت بزرگی از جریان صاعقه)		مس	۱۶
		آلومینیوم	۲۵
		آهن	۵۰
هادی‌های ارتباطی از تاسیسات فلزی داخلی به شینه‌های هم‌بندی (حامل قسمتی از جریان صاعقه)		مس	۶
		آلومینیوم	۱۰
		آهن	۱۶
هادی‌های اتصال زمین متصل به‌وسیله حفاظتی سرج (SPD) (حامل تمام یا قسمت بزرگی از جریان صاعقه[ب]	کلاس I	مس	۱۶
	کلاس II		۶
	کلاس III		۱
	SPDهای دیگر[ج]		۱

الف- سایر مواد باید سطح مقطعی با مقاومت معادل داشته باشند.
ب- برای SPDهای استفاده شده در کاربردهای قدرت، اطلاعات اضافی در رابطه با هادی‌های ارتباطی در فصل ۱۴ و استاندارد IEC 61643-12 داده شده است.
ج- سایر SPDها شامل SPDهای استفاده شده در سیستم‌های مخابراتی و سیگنالینگ است.

۱۵-۷-۳- شیلد کردن مغناطیسی و مسیریابی خطوط

۱۵-۷-۳-۱- کلیات

شیلد کردن مغاطیسی می‌تواند از شدت میدان الکترومغناطیسی و همین‌طور دامنه سرج‌های القاء شده در داخل ساختمان بکاهد. همچنین انتخاب مسیر مناسب برای کابل‌های داخل ساختمان، می‌تواند نقش بسزایی در کاهش میزان سرج‌های القایی داشته باشد. هر دو تدبیر، در کاهش خرابی‌های دایمی سیستم‌های داخلی موثر است.

۱۵-۷-۳-۲- شیلد کردن فضایی[1]

روش شیلد کردن فضایی، زون‌های حفاظتی مختلفی را تعیین می‌کند، که می‌توانند شامل کل ساختمان، قسمتی از آن، یک اتاق و یا تنها محفظه یک تجهیز باشند. چنین شیلدی ممکن است شبکه‌ای شکل[2]، یا به‌صورت شیلدهای فلزی پیوسته و یا متشکل از اجزاء طبیعی خود ساختمان باشد (ر.ک. ۱۵-۶).

استفاده از شیلدهای فضایی در جایی که حفاظت از یک زون مشخص از ساختمان عملی و سودمند باشد؛ در قیاس با حفاظت از تجهیزات به‌صورت تک‌تک و مجزا توصیه می‌شود. به منظور استفاده از شیلدهای فضایی، باید در مراحل نخست طراحی هر ساختمان جدید یا هر سیستم داخلی جدید در یک ساختمان موجود، ملاحظات لازم را در این مورد مد نظر قرار داد. گاهی افزودن شیلدهای فضایی به تاسیسات موجود و در حال بهره‌برداری می‌تواند هزینه و مشکلات فنی زیادی به همراه داشته باشد.

۱۵-۷-۳-۳- شیلد کردن خطوط داخلی

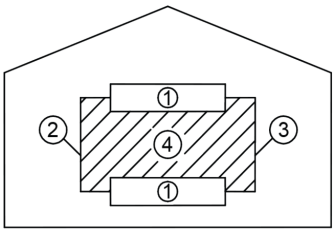
شیلد کردن ممکن است محدود به کابل‌کشی و تجهیزات سیستم تحت حفاظت، شیلد فلزی کابل‌ها، داکت‌های فلزی بسته برای عبور کابل‌ها و محفظه‌های فلزی تجهیزات باشد.

۱۵-۷-۳-۴- مسیریابی خطوط داخل ساختمان

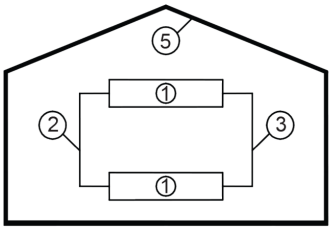
انتخاب مسیر مناسب خطوط داخل ساختمان، حلقه‌های القایی را به حداقل ممکن می‌رساند و از ایجاد ولتاژهای سرج در داخل ساختمان جلوگیری می‌کند. می‌توان با مسیریابی کابل‌ها در مجاورت اجزاء خنثی ساختمان که به زمین متصل شده‌اند و/یا با یافتن مسیرهایی که خطوط برق و سیگنال در کنار هم حرکت کرده‌اند، مساحت حلقه‌ها را به حداقل رسانید (شکل (۱۵-۱۴)).

یادآوری- در هر حال برای جلوگیری از بروز اختلال، فاصله بین خطوط برق و خطوط سیگنال شیلد نشده باید رعایت شود.

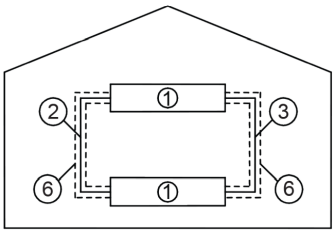
[1] Spatial Shielding
[2] Grid-Like



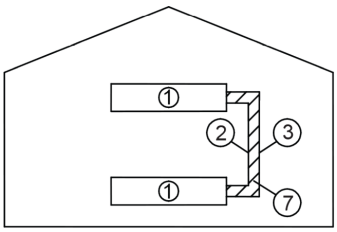
الف) سیستم حفاظت نشده



ب) کاهش دادن میدان مغناطیسی درون LPZ داخلی به‌وسیله شیلد فضایی



پ) کاهش دادن تاثیر میدان بر روی خطوط به‌وسیله شیلد کردن خط



ت) کاهش دادن سطح حلقه القایی به‌وسیله مسیریابی مناسب خط

۱ تجهیزات
۲ سیم‌کشی سیگنال
۳ سیم‌کشی برق
۴ حلقه القایی
۵ شیلد کردن فضایی
۶ شیلد کردن خط
۷ سطح حلقه کاهش یافته

شکل۱۵-۱۴- کاهش دادن اثرات القایی به‌وسیله مسیریابی خط و تدابیر شیلد کردن

۱۵-۷-۳-۵- شیلد کردن خطوط خارج از ساختمان

شیلد کردن خطوط خارجی که به ساختمان وارد می‌شوند مشتمل بر شیلد کابل‌ها، داکت‌های فلزی درپوش‌دارِ کابل‌ها و نیز داکت‌های بتنی مسلح با آرماتورهای به هم پیوسته است. شیلد کردن خطوط خارج از ساختمان مفید است، ولی اغلب در حیطه کاری طراح SPM[1] قرار نمی‌گیرد (چون معمولا مالک خطوط خارج از ساختمان، شرکت‌های تاسیساتی شهری هستند).

۱۵-۷-۳-۶- جنس و ابعاد شیلدهای مغناطیسی

در مرز $LPZ\ 0_A$ و LPZ 1 جنس و ابعاد شیلدهای مغناطیسی (مانند شیلد فضایی شبکه‌ای شکل، شیلد کابل‌ها و محفظه تجهیزات) باید مطابق الزامات بخش ۱۵-۶ برای هادی‌های ترمینال هوایی و/یا هادی‌های نزولی باشد. به طور خاص:

[1] LEMP Protection Measures

- حداقل ضخامت ورقه‌های فلزی، داکت‌های فلزی، لوله‌ها و شیلد کابل‌ها باید مطابق جدول ۳ از استاندارد IEC 62305-3 تعیین گردند.
- چیدمان شیلدهای فضایی شبکه‌ای شکل و همچنین حداقل سطح مقطع هادی به کار رفته در آن‌ها، باید منطبق بر جدول ۶ از استاندارد IEC 62305-3 باشد.

شیلدهای مغناطیسی که عبور جریان صاعقه از آن‌ها مد نظر نباشد، لزومی به تطبیق ابعادشان با جداول ۳ و ۶ از استاندارد IEC 62305-3 نیست:

- در مرز زون‌های LPZ 1/2 یا بالاتر، به شرط آن که فاصله جدایی (s) بین شیلدهای مغناطیسی و LPSها رعایت شده باشد (ر.ک. بند ۱۵-۶-۲-۳)
- در مرز هر یک LPZ ها، هرگاه تعداد رویدادهای خطرناک N_D ناشی از اصابت صاعقه به ساختمان قابل صرف نظر باشد یا به عبارتی $N_D < 0.01$ در سال باشد. (نحوه محاسبه پارامتر N_D در پیوست A استاندارد IEC 62305-2 شرح داده شده است)

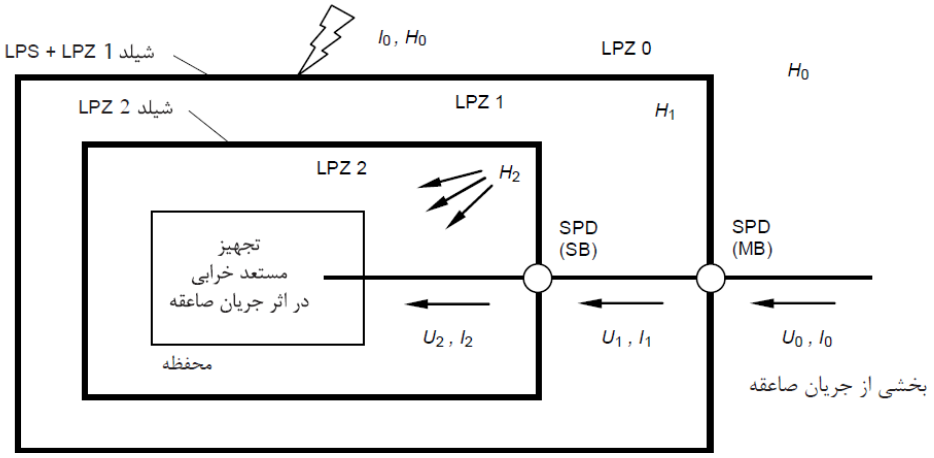
۱۵-۷-۴- سیستم SPD هماهنگ شده

حفاظت از سیستم‌های داخلی در برابر سرج، در گرو وجود شیوه‌ای سیستماتیک مبتنی بر بکارگیری SPDهای هماهنگ شده برای حفاظت از خطوط برق و مخابرات است. ضوابط انتخاب و نصب SPDهای هماهنگ شده در هر دو مورد (خطوط برق و مخابرات) یکسان است (ر.ک. پیوست C استاندارد IEC 62305-4).

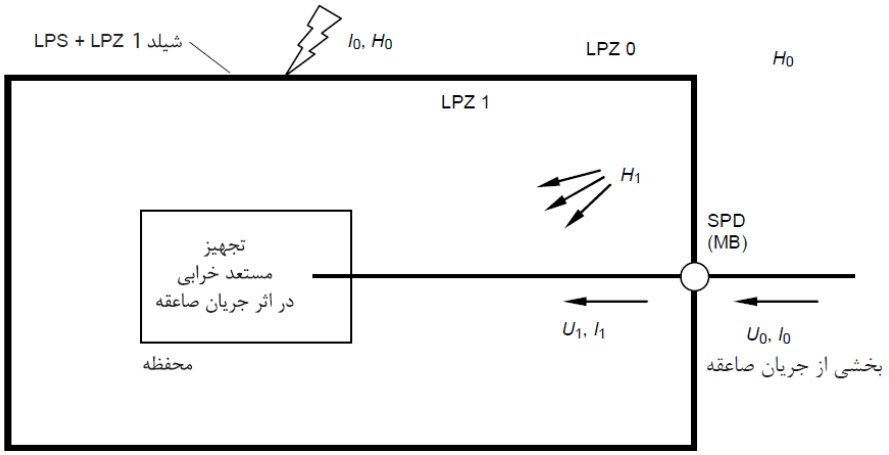
در یک SPM که از تکنیک زون‌های حفاظت صاعقه استفاده می‌کند و از بیش از یک زون داخلی (LPZ1، LPZ 2 یا بالاتر) تشکیل شده است، SPDهای مناسبی باید در محل ورود خطوط به داخل هر یک از زون‌های حفاظت صاعقه، پیش‌بینی شوند (شکل (۱۵-۱۵)).

در SPMهایی که تنها شامل LPZ 1 هستند باید حداقل یک SPD در ورودی LPZ 1 نصب شود.

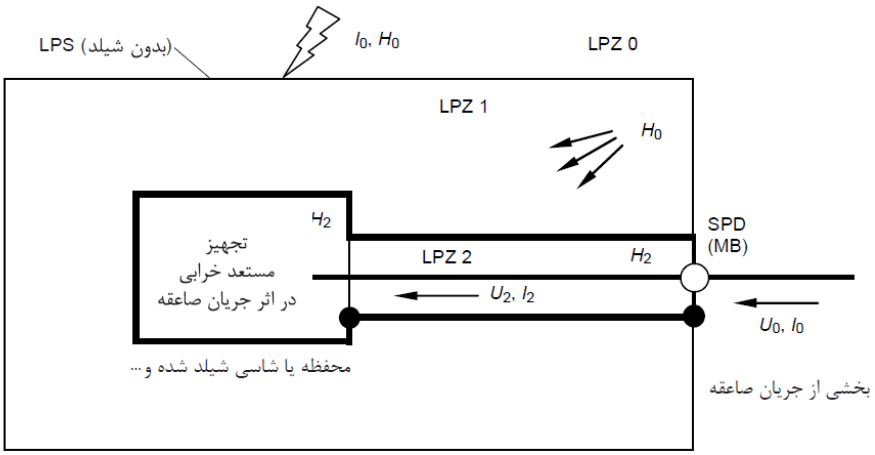
در هر دو حالت فوق، اگر فاصله بین مکان نصب SPD و تجهیزاتی که باید حفاظت شوند زیاد باشد، این امکان وجود دارد که تعداد SPDهای مورد نیاز اضافه شود (ر.ک. پیوست C استاندارد IEC 62305-4).



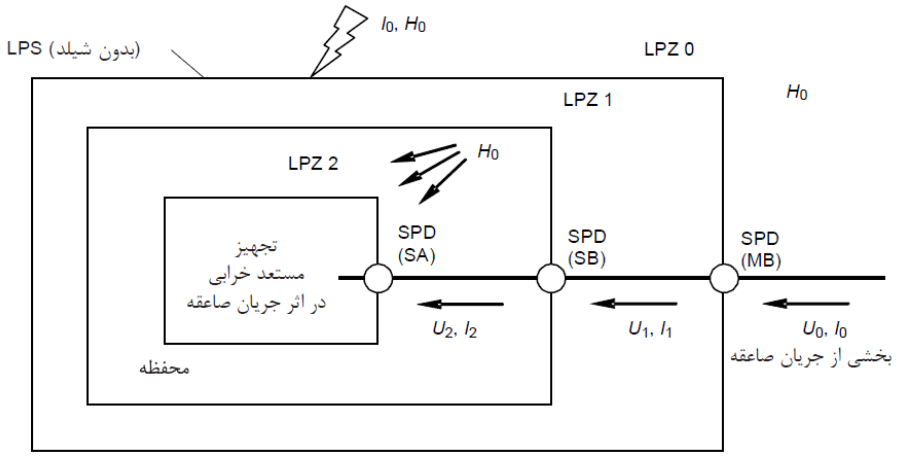
الف) SPM با استفاده از شیلد فضایی و یک سیستم SPD هماهنگ شده – تجهیز به خوبی در برابر سرج‌های هدایتی ($I_2 << I_0$ و $U_2 << U_0$) و در برابر میدان‌های مغناطیسی تشعشعی ($H_2 << H_0$) حفاظت شده است.



ب) SPM با استفاده از شیلد فضایی LPZ 1 و SPD در ورودی LPZ 1 – تجهیز در برابر سرج‌های هدایتی ($I_1 < I_0$ و $U_1 < U_0$) و در برابر میدان‌های مغناطیسی تشعشعی ($H_1 < H_0$) حفاظت شده است.



پ) SPM با استفاده از شیلد کردن خط داخلی و SPD در ورودی LPZ 1 – تجهیز در برابر سرج‌های هدایتی ($I_2 < I_0$ و $U_2 < U_0$) و در برابر میدان‌های مغناطیسی تشعشعی ($H_2 < H_0$) حفاظت شده است.



ت) SPM با استفاده از یک سیستم SPD هماهنگ شده - تجهیز در برابر سرج‌های هدایتی ($U_2 << U_0$ و $I_2<<I_0$) حفاظت شده، ولی در برابر میدان‌های مغناطیسی تشعشعی (H_0) حفاظت نشده است.

مرز شیلد شده

مرز شیلد نشده

یادآوری ۱- SPDها می‌توانند در نقاط زیر قرار گیرند:

در مرز LPZ 1 (به طور مثال در تابلوی توزیع اصلی MB)،

در مرز LPZ 2 (در تابلوهای توزیع ثانویه SB)،

در داخل یا نزدیکی تجهیزات (به طور مثال پریز برق SA).

یادآوری ۲- برای کسب ضوابط اجرایی جزئی‌تر به فصل ۱۴ مراجعه نمایید.

شکل۱۵-۱۵- نمونه‌هایی از طرح‌های SPM ممکن (تدابیر حفاظت در برابر LEMP)

آزمون SPDها باید مطابق استانداردهای زیر صورت گیرد:

- برای سیستم‌های قدرت: IEC 61643-11
- برای سیستم‌های مخابراتی و سیگنالینگ: IEC 61643-21

اطلاعات لازم برای انتخاب و نصب سیستم SPD هماهنگ شده در پیوست C استاندارد IEC 62305-4 ارایه شده است.

همچنین انتخاب و نصب سیستم SPD هماهنگ شده باید منطبق بر استانداردهای زیر باشد:

- برای حفاظت سیستم‌های قدرت: استانداردهای IEC 61643-12 و IEC 60364-5-53
- برای حفاظت سیستم‌های مخابراتی و سیگنالینگ: استاندارد IEC 61643-22

در پیوست C استاندارد IEC 62305-4 به اطلاعات اولیه‌ای در مورد نصب و انتخاب حفاظت SPDهای هماهنگ، اشاره شده است. اطلاعاتی در خصوص دامنه سرج ناشی از صاعقه، به منظور تعیین و محاسبه پارامترهای SPDها در نقاط مختلف تاسیسات درون ساختمان در پیوست D استاندارد IEC 62305-4 و پیوست E از استاندارد IEC 62305-1 ارایه شده است.

۱۵-۸- سامانه هشدار توفان تندری

پدیده‌های الکتریکی جوی[1] به طور خاص صاعقه‌های ابر به زمین، تهدیدات جدی را برای موجودات زنده و دارایی‌های افراد ایجاد می‌کند. اصابت مستقیم و غیر مستقیم صاعقه هر ساله منجر به بروز صدمات شدید و وقوع مرگ برای تعداد زیادی از انسان‌ها می‌شود.

سامانه‌هایی با قابلیت پایش مستمر و بلادرنگ[2] پدیده‌های الکتریکی جوی و صاعقه، می‌تواند با فراهم کردن اطلاعاتی ارزشمند و با کیفیت به‌صورت بلادرنگ با وقوع توفان تندری، دستیابی به اطلاعاتی فوق‌العاده ارزشمند را امکان‌پذیر سازند. البته در صورتی‌که این اطلاعات با نقشه دقیقی از اقدامات[3] مناسب هماهنگ شوند.

این اطلاعات به بهره‌بردار اجازه می‌دهد تا تدابیر پیشگیرانه موقتی پیش‌بینی شده‌ای را اعمال کند، با این حال باید به این نکته توجه کرد که تمامی تدابیر اتخاذ شده بر پایه اطلاعات تحت پایش با مسئولیت بهره‌بردار سامانه و بر اساس مقررات مربوطه باشد. اثربخشی این سامانه تا حد زیادی به ریسک‌های مرتبط و تصمیمات برنامه‌ریزی‌شده بستگی دارد (ر.ک. پیوست C استاندارد IEC 62793).

تکنیک‌های مختلف آزمودن و ارزیابی قابلیت‌های مختلف سامانه هشدار توفان تندری در پیوست E استاندارد IEC 62793 ارایه شده است. سامانه‌های هشدار توفان تندری باید قبل از نصب در ساختمان‌های تحت شمول این نشریه مطابق استاندارد IEC 62793 یا شیوه‌نامه مربوطه در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی آزموده شده و گواهینامه فنی یا نشان استاندارد ملی دریافت کرده باشند (ر.ک. بخش ۱۵-۹).

به طور کلی، TWSها برای کنترل، پیشگیری یا کاهش تلفات انسانی، خسارت به کالاها/خدمات یا دارایی‌ها (شامل تلفات اقتصادی مربوطه) و خطرات محیطی مفید هستند. در انجام مطالعه مدیریت ریسک برای به کارگیری TWS باید وضعیت‌های مختلف متعددی در نظر گرفته شود. به طور کلی، هدف از به کارگیری TWSها کاهش ریسک مرتبط با رویدادهای خطرناک از طریق تدابیر پیشگیرانه برنامه‌ریزی‌شده است. باید توجه شود به‌کارگیری TWS در یک ساختمان، جایگزین سیستم حفاظت صاعقه و وسایل حفاظتی سرج برای آن ساختمان نمی‌شود.

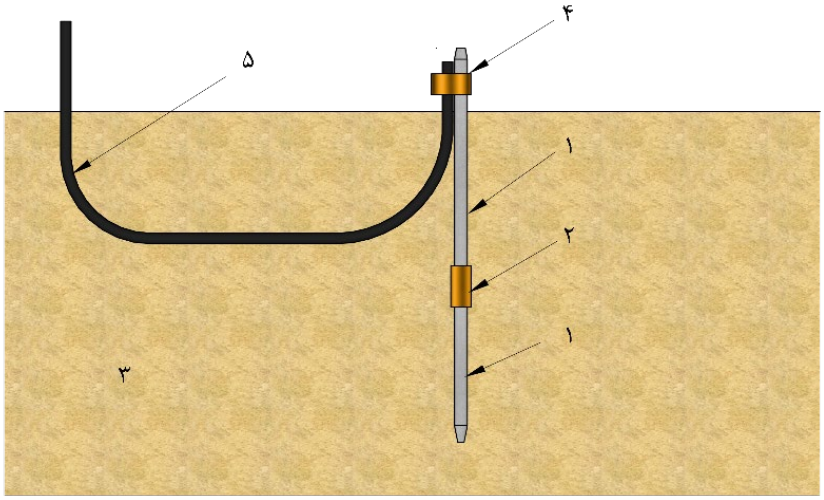
پیاده‌سازی تدابیر حفاظتی صاعقه در یک منطقه معین به کاربری ساختمان، بخش‌های عمومی در معرض توفان تندری، حضور انسان‌ها در این بخش‌ها و احتمال اتخاذ اقدامات پیشگیرانه در نتیجه اطلاعاتی که توسط TWS فراهم شده است، بستگی دارد.

در صورتی‌که امکان به خطر افتادن ایمنی انسان‌ها در اثر صاعقه وجود داشته باشد، استفاده از TWS توصیه می‌شود. جدول F.1 در استاندارد IEC 62793 چک لیستی را برای کمک به بهره‌بردار جهت تصمیم‌گیری استفاده یا عدم استفاده

[1] Natural Atmospheric Electric Activity
[2] Real-Time Monitoring
[3] Action

از TWS با احتساب تدابیر پیش‌گیرانه‌ای که می‌تواند اتخاذ شود، ارایه می‌کند. چنانچه نتیجه ارزیابی ریسک انجام شده مطابق IEC 62305-2 منتج به به‌کارگیری TWS شود، دیگر نیازی به استفاده از چک لیست معرفی شده نیست.

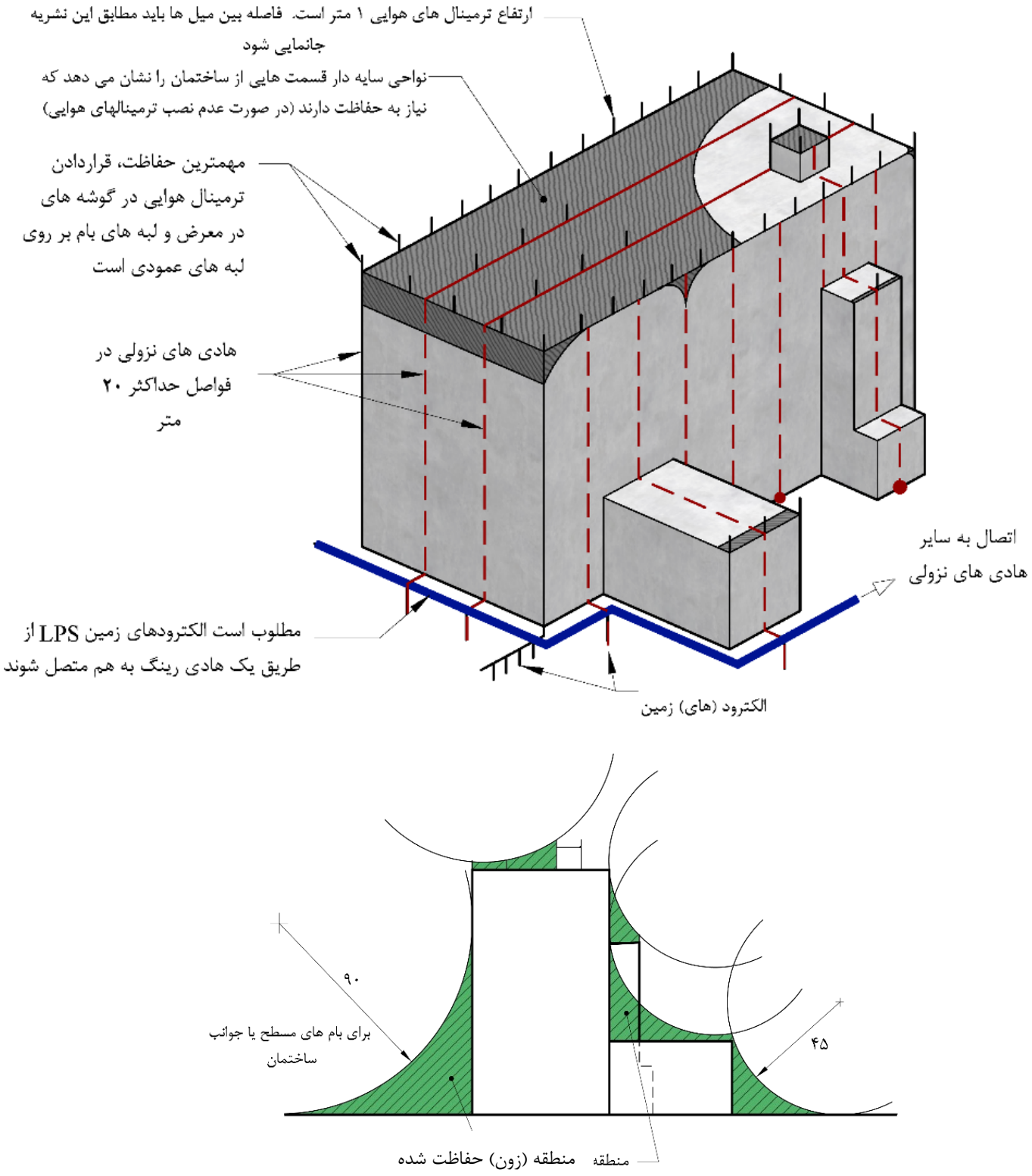
یادآوری- در برخی موارد، مانند فعالیت‌ها و مناسبت‌های موقتی که در فضای آزاد انجام می‌شود، روش ارزیابی ریسک ارایه شده در استاندارد IEC 62305-2 به طور کلی قابل استفاده نیست.



۱ میله زمین قابل توسعه
۲ اتصال دهنده (کوپلینگ) میله
۳ خاک
۴ کلمپ هادی به میله
۵ هادی اتصال زمین

شکل۱۵-۱۶- مثالی از یک آرایش اتصال زمین نوع A به کمک الکترود زمین از نوع میله قائم

۱۵-۹- علائم ترسیمی



شکل۱۵-۱۷- طرحی از یک LPS با به کارگیری ترمینال‌های هوایی عمودی، برای حفاظت در تراز III

فصل ۱۶

تست و تحویل تاسیسات الکتریکی

۱۶-۱- دامنه پوشش

در این بخش به الزامات تحویل اولیه و دوره‌ای تاسیسات الکتریکی پرداخته شده است. تحویل اولیه بعد از تکمیل شدن تاسیسات جدید یا بعد از تکمیل قسمت‌هایی که به تاسیسات اضافه شده‌اند یا پس از تغییر در تاسیسات موجود، انجام می‌شود.

الزامات تحویل دوره‌ای تا جایی که از نظر منطقی عملی باشد، رضایت بخش بودن شرایط تاسیسات و تمام تجهیزات تشکیل دهنده آن را تعیین می‌کند.

۱۶-۲- تعاریف و اصطلاحات

۱۶-۲-۱- تحویل (تایید)

verification

تمام اقداماتی که به منظور انطباق تاسیسات الکتریکی با الزامات مربوط به استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷ بررسی می‌شود را شامل می‌شود.

تحویل شامل سه رکن زیر است:

۱) بازرسی

۲) انجام آزمون‌ها

۳) گزارش‌دهی

تحویل تاسیسات الکتریکی باید توسط افراد ذیصلاح و کارآزموده انجام پذیرد.

۱۶-۲-۲- بازرسی

inspection

عبارتست از بررسی تاسیسات الکتریکی با استفاده از حواس مناسب جهت اطمینان از انتخاب صحیح و اجرای مناسب تجهیزات الکتریکی.

۱۶-۲-۳- انجام آزمون‌ها

testing

انجام اقداماتی جهت ارزیابی تاسیسات الکتریکی که به‌وسیله آن کارایی تاسیسات و تجهیزات نصب شده اثبات می‌شود. آزمون‌ها شامل مقادیر مشخصی است که توسط دستگاه‌های سنجش مناسب، اندازه‌گیری شده و با بازرسی قابل کشف نیست.

۱۶-۲-۴- گزارش‌دهی

reporting

عبارتست از ثبت نتایج بازرسی و آزمون‌ها.

۱۶-۳- استانداردها

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی هستند که در متن این فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این نشریه محسوب می‌شود. در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این فصل الزامی است:

- استاندارد ملی ایران به شماره ۶-۱۹۳۷: تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف – قسمت ۶ : بازرسی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ : تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف – قسمت ۴۱-۴ : حفاظت برای ایمنی- حفاظت در برابر برق‌گرفتگی.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳ : زمین حفاظتی تاسیسات الکتریکی – آیین کار.
- استاندارد ملی ایران ISIRI-IEC 61557-1 ، ایمنی الکتریکی در سیستم‌های توزیع فشار ضعیف تا سطح ولتاژ ۱۰۰۰ ولت متناوب و ۱۵۰۰ ولت مستقیم – تجهیزات برای آزمون، اندازه‌گیری یا پایش شاخص‌های حفاظتی - قسمت ۱: الزامات عمومی.
- استاندارد ملی ایران ISIRI-IEC 61557-6 ، ایمنی الکتریکی در سیستم‌های توزیع فشار ضعیف تا سطح ولتاژ ۱۰۰۰ ولت متناوب و ۱۵۰۰ ولت مستقیم – تجهیزات برای آزمون، اندازه‌گیری یا پایش شاخص‌های حفاظتی – قسمت ۶ : اثربخشی وسایل حفاظتی جریان باقی‌مانده (RCD) در سیستم‌های TT ، TN و IT.
- استاندارد ملی ایران ISIRI-IEC 61557-8 ، ایمنی الکتریکی در سیستم‌های توزیع فشار ضعیف تا سطح ولتاژ ۱۰۰۰ ولت متناوب و ۱۵۰۰ ولت مستقیم – تجهیزات برای آزمون، اندازه‌گیری یا پایش شاخص‌های حفاظتی – قسمت ۸ : وسایل پایش عایق برای سیستم‌های IT.
- IEC 60364-6 :2016, Low voltage electrical installations – Part 6: Verification.
- IEEE Std81: IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.

۱۶-۳-۱- استاندارد ساخت و آزمون

نظارت، آزمون و تحویل تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها مطابق الزامات بیان شده در این فصل باید به ترتیب توسط ناظران و بازرسان متخصص و کارآزموده که دارای مجوز مرتبط و معتبر از مراجع ذیصلاح ملی و/یا گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشد، انجام شود.

۱۶-۴- تحویل اولیه

۱۶-۴-۱- تا جایی که امکان پذیر است، تمام تاسیسات الکتریکی باید در خلال عملیات نصب، پس از تکمیل و قبل از آغاز بهره‌برداری، تحویل آن‌ها انجام شود.

۱۶-۴-۲- مجموعه‌ای از اقدامات احتیاطی باید صورت پذیرد تا اطمینان حاصل شود تحویل، خطری برای اشخاص یا احشام ایجاد نکرده و همچنین حتی اگر عیبی در مدار وجود داشته باشد باعث آسیب به اموال و تجهیزات نمی‌شود.

۱۶-۴-۳- تحویل تاسیسات الکتریکی بعد از هرگونه توسعه، اضافه شدن یا جایگزین شدن با تاسیسات الکتریکی موجود باید انجام شده و تطابق آن با سری استاندارد ملی ۱۹۳۷ بررسی شود. تحویل باید تایید کند، اقدامات فوق ضمن حفظ ایمنی تاسیسات جدید باعث خدشه‌دار شدن ایمنی تاسیسات موجود نمی‌شود.

۱۶-۴-۴- بازرسی باید قبل از آزمون‌ها و مسلماً قبل از برق‌دار کردن تاسیسات انجام شود.

۱۶-۴-۵- جهت تایید موارد زیر، بازرسی تجهیزات الکتریکی که جزیی از تاسیسات ثابت هستند ضروری است:

- رعایت الزامات ایمنی استانداردهای مربوط به تجهیزات.

یادآوری- این را می‌توان با بررسی اطلاعات تولیدکننده، نشانه‌گذاری‌ها یا گواهینامه تجهیزات، تأیید کرد.

- با توجه به سری استانداردهای ملی ایران به شماره ۱۹۳۷ به درستی انتخاب و نصب شده، همچنین دستورالعمل‌های سازندگان نیز در نظر گرفته شده‌اند.
- عدم وجود آسیب یا نقص مشهودی که منجر به مختل شدن ایمنی شود.

۱۶-۴-۶- بازرسی در موارد مرتبط باید حداقل شامل موارد مندرج در جدول (۱۶-۱) باشد.

جدول۱۶-۱- بازرسی بخش‌های مختلف تاسیسات الکتریکی براساس زیرمجموعه‌های مختلف استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷ و این نشریه

مواردی‌که باید در بازرسی بررسی شوند	شماره زیر مجموعه از استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷	فصول این نشریه
روش حفاظت در برابر برق گرفتگی	۴-۴۱	۱۲
وجود موانع گسترش حریق و دیگر اقدامات جهت پیشگیری از انتشار حریق و حفاظت در برابر آثار حرارتی	۴-۴۲ ۵-۵۲	۲ و ۶
انتخاب صحیح هادی‌ها بر اساس جریان مجازشان	۴-۴۳ و ۵-۵۲	۲ و ۳
مناسب بودن مفصل‌ها و اتصالات به ترمینال‌ها در کابل‌ها و سیم‌ها	۵-۵۲	۲ و ۳
انتخاب و نصب سیستم زمین ، هادی‌های حفاظتی و اتصالات آن‌ها	۵-۵۴	۱۳
انتخاب، تنظیم، سلکتیویته و هماهنگی بین تجهیزات حفاظتی و مانیتورینگ	۵-۵۳	۶
انتخاب، جانمایی و نصب صحیح تجهیزات حفاظتی اضافه ولتاژ SPD هر جا که لازم باشد	۵-۵۳	۱۴ و ۱۵
انتخاب، جانمایی و نصب صحیح تجهیزات جداکننده و کلیدزنی	۵-۵۳	۶
انتخاب تجهیزات و اقدامات حفاظتی مناسب جهت اثرات خارجی و صدمات مکانیکی	۴-۴۲ و ۵-۵۱ و ۵-۵۲	۲ و ۳
شناسایی هادی خنثی و هادی حفاظتی	۵-۵۱	۲ و ۶ و ۱۳
وجود دیاگرام‌ها؛ علائم هشداردهنده یا اطلاعات مشابه	۵-۵۱	۶
شناسایی مدارها، وسایل حفاظت اضافه جریان، کلیدها ، ترمینال‌ها و ...	۵-۵۱	۶
در دسترس بودن تجهیزات جهت بهره‌برداری، شناسایی و نگهداری راحت	۵-۵۱	۴ و ۵ و ۶
اقدامات لازم در برابر اغتشاشات الکترومغناطیسی	۴-۴۴	۱۴
اتصال تمام بدنه‌های هادی به سیستم زمین	۴-۴۱	۱۲ و ۱۳
انتخاب و اجرای صحیح سیستم‌های سیم‌کشی	۵-۵۲	۲
یادآوری- بازرسی باید تمام الزامات ویژه محیط‌های مخصوص را نیز مطابق با قسمت ۷ استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷ در بر بگیرد.		

۱۶-۵- انجام آزمون‌ها

۱۶-۵-۱- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷ آزمون‌های زیر را به‌عنوان روش‌های مرجع ارایه می‌دهد. استفاده از روش‌های دیگر برای انجام آزمون‌ها به شرط آنکه دارای اعتبار قابل قبول باشد، بلامانع است.

۱۶-۵-۲- ابزار اندازه‌گیری و حداقل مشخصات فنی آن‌ها باید براساس بندهای مربوطه از استاندارد ISIRI-IEC 61557-1 انتخاب شوند. اگر تجهیزات اندازه‌گیری دیگری مورد استفاده قرار گیرد، نباید دارای درجه عملکرد و ایمنی کم‌تری باشد.

۱۶-۵-۳- آزمون‌های زیر باید در موارد مرتبط و ترجیحاً با همین ترتیب که در زیر می‌آید انجام شود:

۱) آزمون پیوستگی هادی‌ها.

۲) آزمون مقاومت عایقی.

۳) آزمون مقاومت عایقی جهت تایید کارایی حفاظت سیستم‌های SELV و PELV یا جداسازی الکتریکی.

۴) آزمون مقاومت عایقی جهت تایید کارایی مقاومت/امپدانس کف و دیوارهای عایق.

۵) آزمون قطبیت یا پلاریته.

۶) آزمون تأیید کارایی تجهیزات قطع خودکار تغذیه.

۷) آزمون اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین.

۸) آزمون تأیید کارایی حفاظت‌های اضافی (مانند RCD).

۹) آزمون ترتیب فازها.

۱۰) آزمون‌های عملیاتی (مانند: تابلوهای برق، راه اندازها، اینترلاک‌ها و ...).

۱۱) آزمون افت ولتاژ.

در صورت انجام هرگونه تست که نشان‌دهنده عدم انطباق باشد، آن آزمون و تمام آزمون‌های قبلی که نتایج آن ممکن است تحت تأثیر آن عیب باشد، پس از اصلاح عیب، باید تکرار شود.

یادآوری- در هنگام تست در محیط‌های مستعد انفجار، رعایت پیشگیری‌های مناسب ایمنی بر اساس استاندارد IEC 60079-17 الزامی است.

۱۶-۵-۳-۱- آزمون پیوستگی هادی‌ها

پیوستگی هادی‌ها و اتصال به قسمت‌های رسانای قابل‌تماس، باید از طریق اندازه‌گیری مقاومت هادی‌های زیر بررسی شود:

۱) هادی‌های حفاظتی شامل هادی‌های هم‌بندی حفاظتی

۲) قسمت‌های رسانای قابل‌تماس

۳) در مورد مدارهای حلقوی نهایی، هادی‌های برق‌دار

یادآوری- آزمون پیوستگی در مدارهای حلقوی، فقط مختص هادی حفاظتی نبوده و برای هادی‌های برق‌دار (فاز و خنثی) نیز باید اجرا شود.

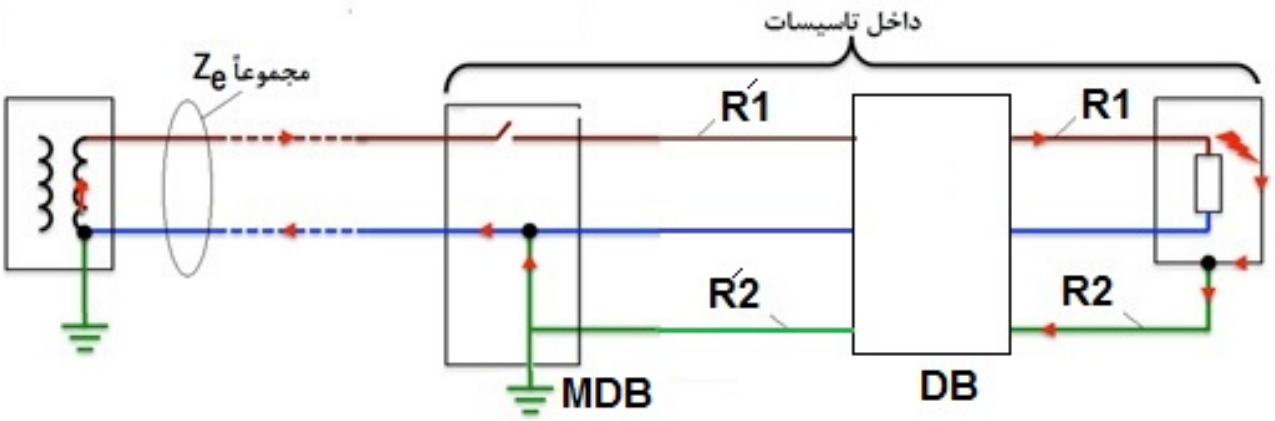
مجموع مقاومت هادی فاز و هادی حفاظتی با توجه به سطح مقطع در واحد طول هادی و در دمای مرجع از جدول (۱۶-۲) قابل دست‌یابی است. پس از انجام آزمون پیوستگی، مقادیر خوانده شده با مقادیر مورد انتظار مقایسه و در جدول (۱۶-۳) درج می‌شود.

جدول۱۶-۲- مجموع مقاومت هادی فاز و حفاظتی برای هادی مسی و آلومینیومی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس برای سطح مقطع‌های متفاوت جهت محاسبه تقریبی مقاومت هادی‌ها

مقاومت در واحد طول (متر) (R1+R2)/metre(mΩ/m)		سطح مقطع هادی (mm^2)	
هادی آلومینیومی	هادی مسی	هادی حفاظتی	هادی فاز
	۱۸٫۱۰	–	۱
	۳۶٫۲۰	۱	۱
	۱۲٫۱۰	–	۱٫۵
	۳۰٫۲۰	۱	۱٫۵
	۲۴٫۲۰	۱٫۵	۱٫۵
	۷٫۴۱	–	۲٫۵
	۲۵٫۵۱	۱	۲٫۵
	۱۹٫۵۱	۱٫۵	۲٫۵
	۱۴٫۸۲	۲٫۵	۲٫۵
	۴٫۶۱	–	۴
	۱۶٫۷۱	۱٫۵	۴
	۱۲٫۰۲	۲٫۵	۴
	۹٫۲۲	۴	۴
	۳٫۰۸	–	۶
	۱۰٫۴۹	۲٫۵	۶
	۷٫۶۹	۴	۶
	۶٫۱۶	۶	۶
	۱٫۸۳	–	۱۰
	۶٫۴۴	۴	۱۰
	۴٫۹۱	۶	۱۰
	۳٫۶۶	۱۰	۱۰
۱٫۹۱	۱٫۱۵	–	۱۶
–	۴٫۲۳	۶	۱۶
–	۲٫۹۸	۱۰	۱۶
۳٫۸۲	۲٫۳۰	۱۶	۱۶
۱٫۲۰	۰٫۷۲۷	–	۲۵
–	۲٫۵۵۷	۱۰	۲۵
–	۱٫۸۷۷	۱۶	۲۵
۲٫۴۰	۱٫۴۵۴	۲۵	۲۵
۰٫۸۷	۰٫۵۲۴	–	۳۵
۲٫۷۸	۱٫۶۷۴	۱۶	۳۵
۲٫۰۷	۱٫۲۵۱	۲۵	۳۵
۱٫۷۴	۱٫۰۴۸	۳۵	۳۵
۰٫۶۴	۰٫۳۸۷	–	۵۰
۱٫۸۴	۱٫۱۱۴	۲۵	۵۰
۱٫۵۱	۰٫۹۱۱	۳۵	۵۰
۱٫۲۸	۰٫۷۷۴	۵۰	۵۰

در آزمون پیوستگی، مقاومت هادی‌های داخل تأسیسات اندازه‌گیری می‌شود:

- $R'_1 + R_1 + R_2 + R'_2$
- $R_1 + R_2$



MDB تابلوی اصلی فشار ضعیف ساختمان و DB تابلوی توزیع محلی طبقات یا واحدهاست.

شکل۱۶-۱- نمای شماتیک هادی‌های فاز و حفاظتی

مثال:

در مدار پریز از سیم ۲٫۵ مسی به‌عنوان هادی فاز و هادی حفاظتی استفاده شده است. اگر طول مدار نهایی ۲۸ متر و دمای محیط ۳۰ درجه و مقدار اندازه‌گیری شده در آزمون پیوستگی ۰٫۶۳ اهم باشد آیا مقدار اندازه‌گیری شده قابل قبول است؟

مطابق جدول (۱۶-۳) مقدار مقاومت قابل انتظار مدار بدست می‌آید:

$$۱۴٫۸۲\times۲۸=۴۱۴٫۹۶m\Omega$$

با احتساب ۵ درصد خطا در اندازه‌گیری طول (اعمال این ضریب توصیه می‌شود):

$$۴۱۴٫۹\times۱٫۰۵=۴۳۴m\Omega$$

$$R_\Theta=R_{20}[1+0.00393(30-20)] = 0.434\times1.04=0.45\Omega$$

به دلیل بیش‌تر بودن مقاومت اندازه‌گیری شده -۰٫۶۳ اهم - از مقاومت قابل انتظار مدار، آزمون پیوستگی این مدار قبول نمی‌شود.

جدول۱۶-۳- گزارش تحویل نتایج آزمون‌های تاسیسات الکتریکی

جزئیات تابلو توزیع
مرجع.....
محل.....
Z_S.....Ω
I_{pf}.....KA
صحه گذاری قطبیت صحیح تغذیه (✓ یا x)

جزئیات مدارها و/یا تجهیزات نصب‌شده آسیب‌پذیر نسبت به آزمون
.....
.....
.....
.....

مجری آزمون.....
امضاء.....تاریخ.....

| | جزئیات مدار | | |

۱۶-۵-۳-۲- آزمون مقاومت عایقی تاسیسات الکتریکی

مقاومت عایقی باید بین موارد زیر اندازه‌گیری شود:

- هادی‌های برق‌دار و
- هادی‌های برق‌دار و هادی حفاظتی که به سیستم زمین متصل است.

در موارد مناسب هنگام این آزمون، هادی‌های برق‌دار می توانند به یکدیگر متصل شوند. در عمل ممکن است لازم شود که این اندازه‌گیری در حین نصب تاسیسات و قبل از اتصال تجهیزات انجام شود.

در مواردی‌که مدار شامل تجهیزاتی باشد که احتمال تأثیرگذاری آن‌ها روی نتایج یا آسیب‌دیدگی تجهیزات وجود داشته باشد، باید اندازه‌گیری بین هادی‌های برق‌دار متصل به یکدیگر و زمین انجام شود. (مانند مدارهای دارای لوازم الکترونیکی).

مقادیر مقاومت عایقی اندازه‌گیری شده با ولتاژهای آزمون جدول (۱۶-۴) برای کل تابلو و هر یک از مدارهای توزیع که به‌صورت جداگانه آزموده می‌شود، در حالتی که تمام مدارهای نهایی آن‌ها متصل بوده اما مصرف‌کنندگان از مدار جدا هستند نباید کم‌تر از مقادیر مندرج در جدول (۱۶-۴) باشد.

جدول۱۶-۴- حداقل مقادیر مقاومت عایقی

ولتاژ اسمی مدار (ولت)	ولتاژ آزمون (d.c.) (ولت)	حداقل مقاومت عایقی MΩ
سیستم SELV و PELV	۲۵۰	۰٫۵
تا و خود ۵۰۰ ولت ، سیستم FELV	۵۰۰	۱
بیش از ۵۰۰ ولت	۱۰۰۰	۱

مقادیر جدول(۱۶-۴) جهت تحویل مقاومت عایقی بین هادی‌های حفاظتی زمین نشده و سیستم زمین باید اعمال شود.

مدارهای FELV باید با همان ولتاژ آزمون اعمال شده به سمت اولیه منبع، آزمایش شوند.

در مواردی‌که وسایل حفاظتی سرج (SPD ها) یا تجهیزات دیگر که ولتاژ تحویل را تحت تأثیر قرار می‌دهد یا آسیب می‌بینند، این تجهیزات باید قبل از انجام آزمون مقاومت عایقی از مدار خارج شوند.

اگر جداسازی تجهیزات فوق از مدار، عملی و منطقی نباشد (مانند SPDهای جاسازی شده در پریزهای ثابت) می‌توان ولتاژ آزمون را برای آن مدارهای خاص تا ۲۵۰ ولت (d.c.) نیز کاهش داد اما مقدار مقاومت عایقی نباید از ۱ مگا اهم کم‌تر باشد.

جهت تسهیل اندازه‌گیری، هادی خنثی باید از ترمینال اصلی اتصال زمین (MET) جدا شود.

در سیستم‌های TN-C، اندازه‌گیری بین هادی‌های برق‌دار و هادی PEN انجام می‌شود.

مقادیر مقاومت عایقی معمولا خیلی بیش‌تر از مقادیری است که در جدول (۱۶-۴) آمده است. هنگامی که مقادیر اندازه‌گیری شده تفاوت آشکاری را بین مدارها نشان می‌دهد، بررسی‌های بیش‌تری برای شناسایی دلایل، مورد نیاز است.

۱۶-۵-۳-۲-۱- حفاظت با استفاده از سیستم SELV

جدایی قسمت‌های برق‌دار از مدارهای دیگر و از سیستم زمین مطابق با بند ۱۲-۵-۵ این نشریه باید با اندازه‌گیری مقاومت عایقی تایید شود.

۱۶-۵-۳-۲-۲- حفاظت با استفاده از سیستم PELV

جدایی قسمت‌های برق‌دار از مدارهای دیگر مطابق با بند ۱۲-۵-۵ این نشریه باید با اندازه‌گیری مقاومت عایقی تایید شود.

۱۶-۵-۳-۲-۳- حفاظت با استفاده از جدایی الکتریکی

جدایی قسمت‌های برق‌دار از مدارهای دیگر و از سیستم زمین مطابق بند ۱۲-۵-۴ این نشریه باید با اندازه‌گیری مقاومت عایقی تایید شود.

برای سیستم‌های با جدایی الکتریکی و بیش از یک مصرف کننده، در حالتی که دو خطای پیاپی با امپدانس ناچیز بین هادی‌های فاز مختلف و همچنین هادی هم‌بندی حفاظتی یا قسمت‌های رسانای قابل تماس متصل به آن اتفاق بیفتد، حداقل یکی از مدارهای دارای خطا باید قطع شوند. این موضوع باید از طریق اندازه‌گیری یا محاسبات تأیید شود. زمان قطع براساس الزامات قطع تغذیه خودکار حفاظتی در سیستم TN تعیین می‌شود.

۱۶-۵-۳-۲-۴- مقاومت/امپدانس عایقی کفپوش‌ها و دیوارها

در جاهایی که مطابق با الزامات بند پ-۱ استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷-۴-۴۱ لازم باشد، حداقل سه اندازه‌گیری باید در یک محل واحد انجام شود:

- یک اندازه‌گیری در فاصله تقریبا یک متری از تمام هادی‌های بیگانه در دسترس در آن محل.
- دو اندازه‌گیری دیگر در فواصل بیش‌تر.

اندازه‌گیری مقاومت/امپدانس عایقی کفپوش‌ها و دیوارها باید با ولتاژ بین سیستم و زمین با فرکانس نامی انجام شود.

سری اندازه‌گیری‌های فوق برای هر سطح مربوطه باید تکرار شود.

در بند ب استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷-۶ اطلاعات بیش‌تری در مورد اندازه‌گیری مقاومت/امپدانس عایقی کفپوش‌ها و دیوارها ارایه شده است.

۱۶-۵-۳-۳- آزمون قطبیت (پلاریته)

در موارد مرتبط، قطبیت تغذیه در ورودی تاسیسات باید قبل از برق‌دار شدن تاسیسات تحویل شود.

در مواردی‌که استفاده از تجهیزات کلیدزنی تک‌پل در هادی خنثی مجاز نباشد، باید آزمونی جهت تحویل این‌که همه این تجهیزات فقط در هادی/های فاز وصل شده‌اند، انجام شود.

توصیه می‌شود موارد زیر در حین آزمون قطبیت تحویل شود:

۱) همه فیوزها و تجهیزات حفاظت و کنترل تک‌پل فقط بر روی هادی فاز وصل شده باشد

۲) به جز در سرپیچ‌های لامپ E14 و E27 مطابق با استاندارد IEC 60238، در مدارهایی که دارای سرپیچ‌های رزوه ادیسون و سرپیچ‌های میخی با کنتاکت مرکزی متصل به هادی خنثی زمین شده هستند، کنتاکت‌های بیرونی یا رزوه‌ای به هادی خنثی متصل باشد

۳) سیم‌کشی به طور صحیح به پریزها و لوازم جانبی مشابه متصل شده باشد.

۱۶-۵-۳-۴- آزمون تأیید کارایی تجهیزات قطع خودکار تغذیه

چنانچه از وسایل حفاظتی جریان باقی‌مانده برای حفاظت در برابر آتش نیز استفاده شده باشد، تحویل شرایط حفاظت با قطع خودکار تغذیه را می توان به‌عنوان پوشش الزامات مرتبط با استاندارد IEC 60364-4-42 درنظر گرفت.

اقدامات موثر تحویل که برای حفاظت در برابر خطا توسط قطع خودکار تغذیه انجام می‌شود به شرح زیر است:

الف) برای سیستم TN

مطابقت با قوانین بندهای ۱۲-۵-۲-۴-۴ و ۱۲-۵-۲-۳-۲ فصل ۱۲ این نشریه باید توسط موارد زیر تحویل شود:

۱) اندازه‌گیری امپدانس حلقه اتصال زمین در صورت امکان

در مواردی‌که اندازه‌گیری امپدانس حلقه اتصال زمین امکان‌پذیر نباشد، تحویل پیوستگی الکتریکی هادی‌های حفاظتی به شرط آنکه محاسبات امپدانس حلقه اتصال زمین یا مقاومت هادی حفاظتی دردسترس باشند، کفایت می‌کند.

۲) تحویل مشخصات و/یا کارایی وسیله حفاظتی مرتبط. این بخش از تحویل باید برای موارد زیر انجام شود:

- برای وسایل حفاظتی اضافه جریان، با بازرسی چشمی یا سایر روش‌های مناسب (یعنی تنظیم قطع لحظه‌ای یا کوتاه مدت در مورد کلید قدرت، جریان اسمی و نوع در مورد فیوزها).
- برای کلیدهای جریان باقی‌مانده، با بازرسی چشمی و آزمون.

کارایی قطع خودکار ایجاد شده با وسایل حفاظتی جریان باقی‌مانده باید طبق استاندارد ISIRI-IEC 61557-6 با استفاده از تجهیزات مناسب تحویل شود تا برآورده شدن الزامات مرتبط فصل ۱۲ با توجه به مشخصه عملکردی وسیله تایید شود. کارایی اقدامات حفاظتی در صورتی تحویل خواهد شد که عمل قطع، در جریان خطای کم‌تر یا برابر با جریان عامل باقی‌مانده اسمی $I_{\Delta n}$ رخ دهد.

پیشنهاد می‌شود زمان‌های قطع خواسته شده در جدول ۱۲-۱ فصل ۱۲ تحویل شود. البته الزامات زمان‌های قطع باید در خصوص اضافه شدن‌ها و تغییرات اعمال شده در تاسیسات موجود که در آن‌ها وسایل حفاظتی جریان باقی‌مانده موجود، به‌عنوان وسایل قطع این بخش‌ها نیز استفاده می‌شود، تحویل شود.

در مواردی‌که کارایی اقدامات حفاظتی در نقطه‌ای پایین دست یک RCD تایید شده باشد، حفاظت تاسیسات پایین‌دست از این نقطه را می توان با تأیید پیوستگی هادی‌های حفاظتی قبول کرد.

ب) برای سیستم TT

مطابقت با قوانین بند ۴۱۱-۵-۳ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ و بند ۱۲-۵-۲-۳-۲ فصل ۱۲ باید توسط موارد زیر تحویل شود:

۳) اندازه‌گیری مقاومت R_A الکترود زمین برای قسمت‌های رسانای قابل تماس تاسیسات.

در مواردی‌که اندازه‌گیری R_A عملی نباشد می‌توان از مقدار اندازه‌گیری شده امپدانس حلقه اتصال زمین خارجی استفاده کرد. (به بند ۱۶-۵-۳-۵ مراجعه شود).

۴) تحویل مشخصات و/یا کارایی وسیله حفاظتی مرتبط. این تحویل باید به‌صورت زیر انجام شود:

- برای وسایل حفاظتی اضافه جریان، با بازرسی چشمی یا سایر روش‌های مناسب (یعنی تنظیم قطع لحظه‌ای یا کوتاه مدت در مورد کلیدهای قدرت، جریان اسمی فیوزها و تعیین نوع آن‌ها).
- برای کلیدهای جریان باقی‌مانده، با بازرسی چشمی و آزمون.

کارایی قطع خودکار ایجاد شده با وسایل حفاظتی جریان باقی‌مانده باید طبق استاندارد ISIRI-IEC 61557-6 با استفاده از تجهیزات مناسب تحویل شود تا برآورده شدن الزامات مرتبط با فصل ۱۲ با توجه به مشخصه عملکردی تجهیز تایید شود. کارایی اقدامات حفاظتی در صورتی تحویل خواهد شد که عمل قطع، در جریان خطای کم‌تر یا برابر با جریان عامل باقی‌مانده اسمی $I_{\Delta n}$ رخ دهد.

پیشنهاد می‌شود زمان‌های قطع خواسته شده در جدول ۱۲-۱ فصل ۱۲ تحویل شود. البته الزامات زمان‌های قطع باید در خصوص اضافه شدن‌ها و تغییرات اعمال شده در تاسیسات موجود که در آن‌ها وسایل حفاظتی جریان باقی‌مانده موجود، به‌عنوان وسایل قطع این بخش‌ها نیز استفاده می شود، تحویل شود.

پ) برای سیستم IT

مطابقت با قوانین بند ۴۱۱-۶-۲ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ باید با محاسبه یا اندازه‌گیری جریان I_d مربوط به اولین خطای هادی برق‌دار تحویل شود.

این اندازه‌گیری زمانی انجام می‌شود که به دلیل مشخص نبودن همه پارامترها امکان محاسبه وجود نداشته باشد. در انجام این اندازه‌گیری به منظور ممانعت از ایجاد خطر ناشی از خطای دوگانه[1] باید اقدامات احتیاطی اتخاذ شود.

در مورد اتصال زمین دوگانه، امپدانس حلقه خطا باید با محاسبه یا با اندازه‌گیری تحویل شود. در مواردی‌که شرایط، مشابه سیستم TT باشد (به مورد ب بند ۴۱۱-۶-۴ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ مراجعه شود)، تحویل باید همانند سیستم TT انجام شود. در مواردی‌که شرایط، مشابه سیستم TN باشد (به بند ۴۱۱-۶-۲ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱-۴-۱۹۳۷ مراجعه شود)، تحویل باید با اندازه‌گیری به‌صورت زیر انجام شود:

[1] Double Fault

- برای تاسیسات IT با تغذیه از ترانسفورماتور محلی، امپدانس حلقه زمین با وارد کردن اتصالی با امپدانس ناچیز بین هادی برق‌دار و زمین در ورودی تاسیسات اندازه‌گیری می‌شود. امپدانس حلقه زمین در انتهای این مدار بین هادی برق‌دار دوم و زمین حفاظتی اندازه‌گیری می‌شود. تحویل در صورتی حاصل خواهد شد که مقدار اندازه‌گیری شده کم‌تر یا مساوی با ۵۰٪ حداکثر مجاز امپدانس حلقه باشد.
- برای تاسیسات IT متصل به شبکه عمومی، امپدانس حلقه اتصال زمین توسط تحویل پیوستگی هادی حفاظتی و اندازه‌گیری امپدانس حلقه در انتهای این مدار بین دو هادی برق‌دار تعیین می‌شود. تحویل در صورتی حاصل خواهد شد که مقدار اندازه‌گیری شده کم‌تر یا مساوی با ۵۰٪ حداکثر مجاز امپدانس حلقه مجاز باشد. در صورت عدم حصول تحویل، به اندازه‌گیری‌های دقیق‌تری نیاز خواهد بود.

۱۶-۵-۳-۵- اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین

اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین، باید با روش مناسب انجام شود. در مواردی‌که امکان اندازه‌گیری مقاومت وجود نداشته باشد می توان آن را با استفاده از روش‌های کاربردی نیز محاسبه نمود.

یادآوری- در مواردی‌که محل تاسیسات (مانند شهرها) به گونه‌ای باشد که عملا امکان کوبیدن الکترودهای کمکی زمین وجود نداشته باشد اندازه‌گیری امپدانس حلقه اتصال زمین مقدار تقریبا قابل قبولی ارایه خواهد نمود.

روش‌های مورد تأیید اندازه‌گیری مقاومت الکترودهای زمین عبارتند از:

الف) روش‌های افت پتانسیل[1]

۱) روش کلاسیک

۲) روش ۶۲ درصد[2]

۳) روش شیب[3]

۴) آزمون ۹۰°/۱۸۰°[4]

۵) تکنیک چیدمان مثلثی[5]

۶) تکنیک الکترود متصل[6]

[1] Fall of Potential
[2] 62% Method
[3] Slope Method
[4] 90°/180° Test
[5] Electrodes Arranged in Triangular Formation
[6] Attached Rod Technique (ART)

ب) روش‌های بدون میله

۱) روش دونقطه[1] (ارت مرده)

۲) روش تزریق جریان (کلمپی)[2]

پ) روش امپدانس حلقه[3]

در جداول(۱۶-۵) و (۱۶-۶) استاندارد مرجع، مزایا و محدودیت‌های هر کدام از روش‌های اندازه‌گیری ارایه شده است.

جدول۱۶-۵- استانداردهای مرجع روش‌های مختلف اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین

روش اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین	استاندارد مرجع	بهترین کاربرد
افت پتانسیل کلاسیک	استاندارد ملی ایران به شماره ۶-۱۹۳۷ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳	الکترودهای تکی یا دوتایی میله‌ای یا صفحه‌ای و سیستم‌های گسترده
افت پتانسیل ۶۲ درصد	استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳ استاندارد IEEE Std 81	سیستم‌های زمین متوسط و بزرگ
افت پتانسیل روش شیب	استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳	سیستم‌های زمین متوسط و بزرگ
تکنیک چیدمان مثلثی	استاندارد ملی ایران به شماره ۶-۱۹۳۷	الکترودهای تکی یا دوتایی میله‌ای یا صفحه‌ای و سیستم‌های گسترده
آزمون 180°/ 90°	استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳	سیستم‌های زمین بزرگ
تکنیک الکترود متصل	استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳	اندازه‌گیری مقاومت یک الکترود متصل به یک مجموعه بدون نیاز به جداسازی
روش دونقطه (ارت مرده)	استاندارد IEEE Std 81	به‌عنوان روش اصلی اندازه‌گیری قابل اعتماد نیست.
روش تزریق جریان (کلمپی)	استاندارد ملی ایران به شماره ۶-۱۹۳۷ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۳ استاندارد IEEE Std 81	برای سیستم‌های ساده که دارای مسیر برگشت جریان از چندین الکترود زمین باشند.
روش امپدانس حلقه	استاندارد ملی ایران به شماره ۶-۱۹۳۷	برای سیستم‌های ساده که با دستگاه آزمون حلقه انجام می‌شود.

معیار پذیرش، مطابقت مقاومت الکترود زمین اندازه‌گیری شده، با مقادیر طراحی است که مطابق با فصل ۱۳ انجام شده است.

[1] Two-Point Method
[2] Clamp-On Method
[3] Fault Loop Impedance Test

جدول۱۶-۶- مزایا و محدودیت‌های روش‌های مختلف اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین

روش اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین	مزایای روش	محدودیت‌های روش
افت پتانسیل کلاسیک	بسیار مطمئن و مورد اعتماد است. اپراتور کنترل کاملی بر نحوه انجام آزمایش دارد.	نیاز به فواصل طولانی دارد و سیم‌های رابط بلند خصوصا در سیستم‌های بزرگ و متوسط پرزحمت و وقت‌گیر است.
افت پتانسیل ۶۲ درصد	کم‌ترین تعداد جابجایی میله‌ها را نیاز خواهد داشت	در شرایط نسبتا ایده‌آل قابل انجام است. اگر مرکز الکتریکی معلوم نباشد انجام‌پذیر نیست.
افت پتانسیل روش شیب	دانستن مرکز الکتریکی شبکه زمین لازم نیست. نیاز به فواصل زیاد بین میله‌ها نیست.	به محاسبات نیاز دارد. دقتش کم است به نایکنواختی خاک حساس است.
تکنیک چیدمان مثلثی	در برخی محیط‌ها که امکان کوبیدن میله‌ها در یک راستا وجود ندارد استفاده می‌شود	دقتش کم است به نایکنواختی خاک حساس است.
آزمون $90^{o}/180^{o}$	معمولا جهت اعتبارسنجی روش‌های شیب و ۶۲ درصد استفاده می‌شود.	اجرام فلزی مدفون در زمین می تواند تغییرات جدی در شکل نمودار ایجاد کند.
تکنیک الکترود متصل	سریع و آسان به دلیل عدم نیاز به جداسازی الکترود از سایر مجموعه	در شرایط نسبتا ایده‌آل قابل انجام است. اگر مرکز الکتریکی معلوم نباشد انجام‌پذیر نیست.
روش دونقطه (ارت مرده)	سریع و آسان	دقت کم. امکان تداخل حوزه مقاومتی الکترود اصلی و الکترود کمکی وجود دارد.
روش تزریق جریان (کلمپی)	سریع و آسان و آثار هم‌بندی و سایر مقاومت‌ها مانند اتصالات را نیز نشان می دهد.	فقط برای سیستم‌هایی با چندین الکترود زمین موازی کاربرد دارد. امکان تایید نتایج آن وجود ندارد.
روش امپدانس حلقه	سریع و آسان است	برای اندازه‌گیری، اتصال به هادی فاز برق‌دار الزامی است.

۱۶-۵-۳-۵-۱- مستندسازی و اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین فونداسیون

مطابق با استاندارد ملی معادل با DIN 18014 مستندسازی باید پیش از بتن‌ریزی انجام شود. مقدار مقاومت هم باید توسط فرد دارای صلاحیت و کارآزموده، اندازه‌گیری شده و گزارش شود.

مستندسازی باید شامل موارد زیر باشد:

- نقشه جانمایی الکترود زمینی که باید نصب شود شامل هادی هم‌بندی عملکردی.
- تصاویر قابل‌فهم از سیستم‌های زمین.
- تصاویر قابل شناسایی از اتصالات (به‌عنوان مثال شینه اصلی اتصال زمین و اجزای اتصال سیستم حفاظت صاعقه).
- نتایج اندازه‌گیری مقاومت مطابق با بند ۱۶-۵-۳-۵-۲.

یادآوری- مستندسازی فوق برای شبکه همبندی اسکلت بتن مسلح ساختمان نیز انجام شود.

۱۶-۵-۳-۵-۲- اندازه‌گیری مقاومت

اندازه مقاومت بین شینه اصلی اتصال زمین و همه اجزای اتصال دیگر باید با استفاده از وسایلی که جزئیات آن در بند ۱۶-۵-۲ آمده اندازه‌گیری شده و حداکثر ۰٫۲ اهم باشد. اندازه‌گیری باید پیش از بتن‌ریزی انجام شود.

یادآوری- مقدار جریان برای کوچک‌ترین محدوده اندازه‌گیری ۰٫۲ آمپر خواهد بود.

۱۶-۵-۳-۵-۳- گزارش اندازه‌گیری مقاومت الکترودهای زمین حداقل باید شامل موارد زیر باشد:

- نام و نام خانوادگی کاربر مسئول اندازه‌گیری.
- مشخصات دستگاه اندازه‌گیری (شماره سریال و گواهی معتبر کالیبراسیون)
- تاریخ اندازه‌گیری.
- آدرس و جانمایی الکترودهای زمین در ساختمان یا محوطه.
- شرایط محیطی خاک و هوا (دما، تاریخ آخرین بارندگی و ...)
- روش آزمون انتخابی.
- مشخصات و آرایش الکترودها.
- کاربری سیستم زمین و الکترودها.
- جداول اندازه‌گیری.
- نمودار نتایج اندازه‌گیری (بسته به روش اندازه‌گیری).
- نتیجه نهایی اندازه‌گیری و گزارش تحلیلی.
- ضمائم شامل گزارش نرم افزاری خروجی دستگاه (در صورت داشتن این قابلیت) و تصاویر از انجام مراحل مختلف.

۱۶-۵-۳-۶- حفاظت‌های اضافی

اثربخشی اقدامات انجام شده برای حفاظت‌های اضافی، با بازرسی چشمی و انجام آزمون‌ها، تحویل می‌شود. در مواردی‌که برای حفاظت اضافی به RCD نیاز باشد، اثربخشی قطع خودکار تغذیه توسط RCD باید با استفاده از تجهیزات مناسب آزمون ارایه شده در استاندارد ISIRI-IEC 61557-6 تحویل شود.

در مواردی‌که حفاظت اضافی توسط هم‌بندی حفاظتی تکمیلی حاصل شود، اثربخشی آن هم‌بندی به‌صورت زیر باید بررسی شود:

مقاومت R بین قسمت رسانای قابل تماس و قسمت رسانای بیگانه که به طور هم‌زمان در دسترس باشند باید در فرمول‌های زیر صدق کند:

$R \leq \frac{50\,V}{I_a}$:در سیستم(a.c.) (۱-۱۶)

$R \leq \frac{120\,V}{I_a}$:در سیستم (d.c.) (۲-۱۶)

I_a: جریان عملکرد تجهیز حفاظتی برحسب آمپر:

- برای وسیله حفاظتی جریان باقی‌مانده (RCD) ، $I_{\Delta n}$.
- برای وسایل حفاظتی جریان زیاد، جریانی که باعث قطع وسیله حفاظتی در ۵ ثانیه می‌شود.

۱۶-۵-۳-۷- توالی فازها

در مدارهای چندفاز، برقراری توالی فاز باید تحویل شود.

۱۶-۵-۳-۸- آزمون‌های عملیاتی

به منظور تحویل نصب و تنظیم صحیح منطبق بر الزامات مرتبط با مجموعه استانداردهای ملی ایران به شماره ۱۹۳۷، باید آزمون‌های عملیاتی بر روی تجهیزات انجام شود. موارد زیر نمونه‌هایی از چنین تجهیزاتی هستند:

- تابلوهای قطع و وصل و فرمان، راه‌اندازها، کنترل‌کننده‌ها و اینترلاک‌ها.
- سیستم‌های قطع اضطراری و توقف اضطراری.
- سیستم‌های پایش عایقی و ... .

در صورت نیاز، عملکرد وسایل حفاظتی به منظور تحویل نصب و تنظیم مناسب باید مورد آزمایش قرار بگیرند. در مواردی‌که حفاظت در برابر خطا و/یا حفاظت اضافی توسط RCD تأمین شده باشد کارایی هر یک از دستگاه‌های ملحق شده به این تجهیزات باید تحویل شود.

یادآوری- این آزمون عملیاتی جایگزین آزمون عملیاتی مشخص شده در استانداردهای مرتبط نیست.

۱۶-۵-۳-۹- تحویل افت ولتاژ

در مواردی‌که به تحویل مطابق با بند ۵۲۵ استاندارد ملی ایران به شماره ۵۲-۵-۱۹۳۷ نیاز باشد، افت ولتاژ باید با اندازه‌گیری یا با محاسبه ارزیابی شود. این اندازه‌گیری می‌تواند:

- مقایسه تفاوت بین ولتاژ با و بدون اتصال بار طراحی شده باشد، یا
- مقایسه تفاوت بین ولتاژ با و بدون اتصال یک بار مشخص و محاسبه مجدد آن برای بار طراحی شده باشد، یا
- مقادیر امپدانس مدار باشد.

۱۶-۶- گزارش‌نویسی تحویل اولیه

۱۶-۶-۱- پس از اتمام تحویل تاسیسات جدید یا اضافه شدن بخش‌های جدید یا انجام تغییرات در تاسیسات موجود، باید گزارش تحویل تاسیسات الکتریکی تهیه شود. چنین مدرکی باید شامل جزئیات بخشی از تاسیساتی که این گزارش بر آن حاکم است و همچنین سابقه بازرسی و نتایج آزمون‌ها باشد.

۱۶-۶-۲- هر گونه نقص یا اشکالی که در طی تحویل تاسیسات آشکار شده است، باید قبل از آنکه فرد مجری تحویل، تطابق تاسیسات با مجموعه استانداردهای ملی ایران به شماره ۱۹۳۷ را اعلام کند، تصحیح شود.

۱۶-۶-۳- در گزارش تحویل اولیه بخش‌هایی از تاسیسات که تغییراتی در آن‌ها ایجاد شده یا بخش‌هایی که به تاسیسات موجود اضافه شده‌اند می‌تواند شامل پیشنهادهای ممکن برای تعمیرات و بهبود در آن بخش‌ها باشد.

۱۶-۶-۴- گزارش اولیه باید شامل ثبت موارد زیر باشد:

- بازرسی‌ها
- مدارهای آزموده شده و نتایج آزمون‌ها

ثبت جزییات مدارها و نتایج آزمون‌ها باید به گونه‌ای باشد که در آن هر مداری همراه با وسیله حفاظتی مرتبط، قابل شناسایی بوده و شامل نتایج آزمون‌ها و اندازه‌گیری‌های مناسب باشد.

۱۶-۶-۵- فرد یا افراد مسئول طراحی، ساخت و تحویل تاسیسات باید گزارشی با توجه به مسئولیت‌های مرتبط خود، همراه با ثبت موارد ذکر شده در بند ۱۶-۶-۴ به کارفرما ارایه کنند.

توصیه می‌شود در گزارش اولیه تاسیسات الکتریکی، پیشنهادی برای بازه زمانی بین تحویل اولیه و اولین تحویل دوره‌ای ارایه شود.

۱۶-۶-۶- گزارش‌ها باید توسط فرد یا افراد ماهر ذیصلاح در تحویل، گردآوری و امضا شده یا به گونه دیگری تایید اعتبار شوند.

۱۶-۶-۷- در بخش ۱۶-۸ این فصل نمونه‌هایی از فرم‌های گزارش ارایه شده است که می توان از آن‌ها برای تحویل اولیه و دوره‌ای تاسیسات استفاده کرد.

۱۶-۷- تحویل دوره‌ای

۱۶-۷-۱- کلیات

۱۶-۷-۱-۱- در صورت نیاز، تحویل دوره‌ای هر یک از تاسیسات الکتریکی باید مطابق بندهای ۱۶-۷-۱-۲ تا ۱۶-۷-۱-۵ انجام شوند. در صورت امکان، سوابق و پیشنهادات تحویل‌های قبلی باید مورد توجه قرار گیرند. در مواردی‌که گزارش قبلی در دسترس نباشد، انجام بررسی مقدماتی لازم است.

۱۶-۷-۱-۲- تحویل دوره‌ای باید بدون پیاده کردن یا در صورت نیاز با پیاده کردن جزئی، و با آزمون‌ها و اندازه‌گیری‌های مناسب بند ۱۶-۵-۳، برای تأمین موارد زیر انجام شود:

۱) ایمنی افراد و احشام در برابر اثرات برق گرفتگی و سوختگی.

۲) حفاظت در برابر آسیب به اموال توسط آتش و حرارت ناشی از بروز نقص الکتریکی در تاسیسات.

۳) تایید صحت مقادیر اسمی و تنظیمات وسایل حفاظتی مورد نیاز توسط استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۳۷-۴-۴۱ و فصل ۱۲ این نشریه

۴) تایید صحت مقادیر اسمی و تنظیمات تجهیزات پایشی.

۵) تایید اینکه تاسیسات به قدری آسیب دیده یا خراب نیست که باعث اختلال ایمنی شود.

۶) شناسایی عیوب تاسیسات و عدم تطابق‌ها با الزامات قسمت‌های مرتبط مجموعه استانداردهای ملی ایران به شماره ۱۹۳۷ که ممکن است منجر به ایجاد خطر شوند.

در مواردی‌که مدار به‌صورت دایمی با RCM طبق استاندارد IEC 62020 یا با IMD طبق استاندارد ملی ایران به شماره ISIRI-IEC 61557-8 پایش می‌شود، در صورت عملکرد صحیح IMD یا RCM، نیازی به اندازه‌گیری مقاومت عایقی نخواهد بود. البته عملکرد IMD یا RCM باید بازرسی شود.

۱۶-۷-۱-۳- به منظور اطمینان از اینکه حتی در صورت ناقص بودن مدار، تحویل دوره‌ای نتواند باعث ایجاد خطر برای افراد یا احشام و باعث آسیب به اموال و تجهیزات شود باید اقدامات احتیاطی اتخاذ شود. وسایل اندازه‌گیری و تجهیزات پایش و روش‌ها باید براساس بخش‌های مرتبط با مجموعه استانداردهای ISIRI-IEC 61557 انتخاب شوند. استفاده از سایر تجهیزات اندازه‌گیری نباید باعث کاهش درجه عملکرد و ایمنی شود.

۱۶-۷-۱-۴- جزئیات هرگونه آسیب، خرابی، نقص یا شرایط خطرناک باید در گزارش ثبت شود.

۱۶-۷-۲- تناوب تحویل دوره‌ای

۱۶-۷-۲-۱- تناوب تحویل دوره‌ای تاسیسات باید با توجه به نوع تاسیسات و تجهیزات، استفاده و کارکرد آن‌ها، تناوب و کیفیت تعمیر و نگهداری و اثرات خارجی اعمال شده به آن‌ها تعیین شود.

جز در موارد زیر که به دلیل ریسک بیش‌تر ممکن است به بازه‌های زمانی کوتاه‌تری نیاز شود، بازه زمانی بین بازرسی‌های دوره‌ای حداکثر سه سال پیشنهاد می‌شود.

- کارگاه یا محل‌هایی که ریسک بروز برق‌گرفتگی، آتش‌سوزی یا انفجار ناشی از فرسودگی وجود دارد.
- کارگاه یا محل‌هایی که هر دو تاسیسات برق فشار قوی و فشار ضعیف در آن وجود دارد.
- مراکز عمومی.
- کارگاه‌های ساختمانی.
- تاسیسات ایمنی (مانند چراغ‌های ایمنی).

برای ساختمان‌های مسکونی، دوره‌های طولانی‌تر (مانند ۱۰ سال) می‌تواند مناسب باشد. قویاً پیشنهاد می‌شود که تحویل دوره‌ای تاسیسات الکتریکی با تغییر تصرف مسکونی انجام شود.

توصیه می‌شود نتایج و پیشنهادات گزارش‌های قبلی نیز مورد توجه قرار گیرد.

۱۶-۷-۲-۲- در خصوص تاسیساتی که در کار عادی، تحت نظارت یک سیستم مدیریت کارآمد برای تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه هستند، می‌توان بازرسی دوره‌ای با افراد ماهر را جایگزین نظام متناسبی از پایش و تعمیر و نگهداری پیوسته تاسیسات، و تمام تجهیزات تشکیل‌دهنده آن کرد. سوابق مناسب باید حفظ شود.

۱۶-۷-۳- گزارش‌نویسی تحویل دوره‌ای

۱۶-۷-۳-۱- گزارش شرایط تاسیسات الکتریکی باید بعد از تکمیل تحویل دوره‌ای تاسیسات موجود، تهیه شود.

۱۶-۷-۳-۲- این گزارش باید شامل موارد زیر باشد:

- جزییات قسمت‌های بازدید شده تاسیسات.
- هرگونه محدودیت‌های بازدید و آزمون.
- هرگونه آسیب، خرابی، نقص یا شرایط خطرناک.
- هرگونه عدم تطابق با الزامات مجموعه استانداردهای ملی ایران به شماره ۱۹۳۷ که ممکن است منجر به خطر شود.
- جدول‌های بازدید.
- جدول‌های نتایج آزمون‌های مناسب در بند ۱۶-۵-۳.

۱۶-۷-۳-۳- در صورت نیاز می‌توان در این گزارش پیشنهاداتی برای تعمیرات و ارتقا، مانند به‌روزرسانی تاسیسات برای مطابقت با استاندارد جاری، ارایه کرد.

۱۶-۷-۳-۴- در این گزارش باید پیشنهادی برای بازه زمانی تا بازدید دوره‌ای بعدی ارایه شود.

۱۶-۷-۳-۵- این گزارش باید توسط فرد یا افراد کارآزموده ذیصلاح در تحویل، گردآوری و امضا شده یا به گونه دیگری تایید اعتبار شوند.

۱۶-۷-۳-۶- این گزارش باید توسط فردی که مسئول انجام تحویل است، یا توسط فردی که از جانب آن‌ها صلاحیت اجرا دارد به فرد سفارش دهنده، تحویل داده شود.

۱۶-۸- نمونه فرم‌های بازدید تاسیسات الکتریکی

این بخش شامل پیشنهاداتی برای گزارش‌نویسی بازرسی تاسیسات الکتریکی است.

۱۶-۸-۱- نمونه جدول موارد نیازمند به بازدید در بازرسی اولیه تاسیسات الکتریکی.

تمام موارد به منظور تایید مطابقت با بندهای مرتبط مجموعه استانداردهای ملی ایران به شماره ۱۹۳۷ بازدید شود.
فهرست موارد زیر جامع نیست.

۱۶-۸-۱-۱- تجهیزات ورودی برق:

- ☐ کابل سرویس
- ☐ کات‌اوت/فیوز سرویس
- ☐ کابل اتصال‌دهنده کنتور به قطع‌کننده - توزیع کننده[1]
- ☐ کابل اتصال دهنده کنتور به قطع کننده - مصرف کننده[2]
- ☐ وسایل اندازه‌گیری
- ☐ کلید جداکننده

۱۶-۸-۱-۲- منابع تغذیه موازی یا سوئیچ شونده جایگزین:

- ☐ آرایش اتصال زمین اختصاصی مستقل از آرایش زمین تغذیه عمومی.
- ☐ وجود آرایش‌های مناسب در مواردی‌که ژنراتور به طور موازی با سیستم تغذیه عمومی کار می‌کند.

[1] Meter Tails- Distributer
[2] Meter Tails - Consumer

☐ اتصال صحیح ژنراتور موازی.

☐ سازگاری مشخصات وسایل مولد.

☐ وسایل قطع خودکار ژنراتور برای زمانی‌که سیستم تغذیه عمومی از دست رفته باشد یا انحرافی بیش از مقادیر اظهار شده در ولتاژ یا فرکانس ایجاد شده باشد.

☐ وسایل مانع اتصال ژنراتور برای زمانی‌که سیستم تغذیه عمومی از دست رفته باشد یا انحرافی بیش از مقادیر اظهار شده در ولتاژ با فرکانس ایجاد شده باشد.

☐ وسایل جداکننده ژنراتور از سیستم تغذیه عمومی.

۱۶-۸-۱-۳- قطع خودکار تغذیه:

☐ آرایش اصلی اتصال زمین/هم‌بندی.

۱۶-۸-۱-۳-۱- وجود و کفایت موارد زیر:

☐ آرایش اتصال زمین توزیع‌کننده یا آرایش الکترود زمین تاسیسات.

☐ هادی زمین و اتصال‌های زمین.

☐ هادی‌ها و اتصال‌های هم‌بندی حفاظتی اصلی.

☐ برچسب‌های اتصال زمین/هم‌بندی در تمام محل‌های مناسب.

۱۶-۸-۱-۳-۲- دسترسی به:

☐ اتصال‌های هادی زمین.

☐ تمام اتصال‌های هم‌بندی حفاظتی.

☐ FELV - برآورده شدن الزامات.

۱۶-۸-۱-۴- سایر روش‌های حفاظت:

(در صورت استفاده از هر یک از روش‌های زیر توصیه می‌شود جزئیات آن در صفحه‌های مجزا ارایه شود).

در صورت استفاده از حفاظت پایه و خطا، تایید بر آورده‌شدن الزامات:

☐ SELV.

☐ PELV.

☐ عایق‌بندی مضاعف.

☐ عایق‌بندی تقویت شده.

۱۶-۸-۱-۵- حفاظت پایه:

☐ عایق‌بندی قسمت‌های برق‌دار.

☐ پوشش‌ها یا محفظه‌ها.

☐ موانع.

☐ خارج از دسترس قرار داشتن

۱۶-۸-۱-۶- حفاظت در برابر خطا:

☐ محل نارسانا باشد – هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده محلی بدون زمین.

☐ جداسازی الکتریکی.

۱۶-۸-۱-۷- حفاظت اضافی:

☐ RCDهایی که جریان عامل آن‌ها از ۳۰ میلی آمپر بیش‌تر نباشد.

☐ هم‌بندی تکمیلی.

۱۶-۸-۱-۸- تجهیزات توزیع:

☐ کفایت فضای کار/دسترسی به تجهیزات.

☐ امنیت نصب مطمئن تجهیزات.

☐ آسیب‌ندیدگی عایق‌بندی قسمت‌های برق‌دار در خلال عملیات نصب.

☐ کفایت/امنیت موانع

☐ کفایت محفظه‌ها برای مقادیر اسمی IP و آتش.

☐ آسیب‌دیدگی محفظه‌ها در خلال عملیات نصب

☐ وجود و اثربخشی موانع.

☐ خارج از دسترس قرار داشتن.

☐ وجود کلید(های) اصلی، وجود اتصالات ارتباطی در جایی که لازم است.

☐ کارکرد کلید(های) اصلی (بررسی عملکردی).

☐ کارکرد دستی کلیدهای قدرت و RCDها برای اثبات عملکرد.

☐ تایید این امر که فعال شدن دکمه/کلید آزمون داخلی باعث تریپ RCD(ها) می‌شود (بررسی عملکردی).

☐ تعبیه RCD(ها) برای حفاظت در برابر خطا، در مواردی‌که تعیین شده باشد.

☐ تعبیه RCD(ها) برای حفاظت اضافی، در مواردی‌که تعیین شده باشد.

☐ تایید تعبیه حفاظت در برابر اضافه ولتاژ گذرا (SPDها)، در مواردی‌که تعیین شده باشد.

☐ تایید نشان دهنده عملکرد SPD .

☐ وجود اخطار آزمون سه ماهه RCD نزدیک یا روی ورودی.

☐ وجود نمودارها، نقشه‌ها یا جدول‌ها نزدیک یا روی هر یک از تابلوهای توزیع، در صورت نیاز.

☐ وجود اخطار هشداردهنده در مورد رنگ کابل غیراستاندارد (ترکیبی) نزدیک یا روی تابلو توزیع مناسب، در صورت نیاز.

۱۶-۸-۱-۹- وجود اخطار هشداردهنده در مورد تغذیه جایگزین نزدیک یا روی:

☐ ورودی.

☐ محل کنتور، اگر دور از ورودی باشد.

☐ تابلو توزیعی که منابع جایگزین/اضافی به آن متصل شده‌اند.

☐ تمام نقاط ایزوله کردن تمام منابع تغذیه.

☐ وجود برچسب پیشنهاد برای بازدید بعدی.

☐ وجود سایر برچسب‌های مورد نیاز.

☐ بررسی وجود وسایل حفاظتی با پایه(ها) مخصوص هر یک ؛ نوع و مقدار اسمی صحیح. (نباید نشانه‌های غیرقابل قبولی از آسیب‌های حرارتی، آرک‌زدگی یا اضافه حرارت داشته باشند)

☐ وسایل حفاظتی تک‌پل فقط در هادی فاز.

☐ حفاظت در برابر آسیب مکانیکی، در محل ورود کابل‌ها به تجهیز.

☐ حفاظت در برابر اثرات الکترومغناطیسی، در محل ورود کابل‌ها به محفظه‌های فرومغناطیسی.

☐ تایید قرارگیری صحیح تمام اتصال‌های هادی‌ها، از جمله اتصال به شینه‌ها، در ترمینال‌ها و محکم و ایمن بودن آن‌ها.

۱۶-۸-۱-۱۰- مدارها:

☐ شناسایی هادی‌ها

☐ وجود تکیه‌گاه‌های صحیح در سرتاسر کابل‌ها.

☐ بررسی کابل‌ها برای جستجوی نشانه‌های آسیب مکانیکی در خلال عملیات نصب.

☐ بررسی عایق قسمت‌های برق‌دار که در خلال عملیات نصب آسیب ندیده باشند.

☐ حفاظت از کابل‌های بدون غلاف با قرار دادن آن‌ها در لوله برق، مجرا یا کانال.

☐ مناسب بودن سیستم‌های مهار (از جمله لوله برق انعطاف‌پذیر).

☐ مقدار اسمی صحیح دمای عایق کابل.

☐ سربندی صحیح کابل‌ها در محفظه‌ها.

☐ کفایت کابل‌ها برای ظرفیت عبور جریان با توجه به نوع و ماهیت تاسیسات.

☐ کفایت وسایل حفاظتی: نوع و مقدار اسمی جریان خطا برای حفاظت در برابر خطا.

☐ وجود و کفایت هادی‌های حفاظتی مدار.

☐ هماهنگی بین هادی‌ها و وسایل حفاظتی اضافه بار.

☐ روش‌ها/شیوه‌های سیستم‌های سیم‌کشی و نصب کابل با توجه به نوع آن‌ها و ماهیت تاسیسات و تأثیرات خارجی.

☐ حفاظت کافی از کابل‌های مدفون در کف، بالای سقف، درون دیوارها در برابر آسیب ناشی از تماس با بست‌ها.

۱۶-۸-۱-۱۰-۱- تامین حفاظت بیش‌تر با RCDهای با جریان عامل باقی‌مانده اسمی ($I_{\Delta n}$) کم‌تر یا مساوی با ۳۰ میلی‌آمپر:

☐ برای مدارهای استفاده شده در تغذیه تجهیزات سیار با مقدار اسمی کم‌تر یا مساوی با ۳۲ آمپر برای مصارف بیرون ساختمانی در تمام موارد.

☐ برای تمام پریزهای با مقدار اسمی ۳۲ آمپر یا کم‌تر در نظر گرفته شده برای استفاده توسط افراد معمولی مگر آنکه مستثنی شده باشد.

☐ برای کابل‌های مدفون در دیوارها در عمق کم‌تر از ۵۰ میلی‌متر.

☐ تامین موانع گسترش آتش، آرایش‌های درزبندی جهت به حداقل رساندن گسترش آتش.

☐ تفکیک/از هم جدا بودن کابل‌های کلاس II از کابل‌های کلاس I.

☐ تفکیک/از هم جدا بودن کابل‌ها از سرویس‌های غیر برقی.

۱۶-۸-۱-۱۰-۲- سربندی کابل‌ها در محفظه‌ها:

☐ اتصالات تحت فشار نامطلوب نباشد.

☐ عایق‌بندی پایه هادی‌ها در خارج از محفظه قابل مشاهده نباشد.

☐ اتصال‌های هادی‌های برق‌دار به خوبی محصور شده باشد.

☐ در محل ورود به محفظه به خوبی متصل شده باشد (گلندها، بوشن‌ها و نظایر آن).

☐ تناسب لوازم جانبی مدار نسبت به تاثیرات خارجی.

☐ لوازم جانبی مدار طی عملیات نصب آسیب ندیده باشد.

☐ وسیله‌های کلیدزنی تک‌پل تنها در هادی فاز هستند.

☐ کفایت اتصال‌ها، از جمله CPCها، درون لوازم جانبی و تجهیزات نصب ثابت و ساکن.

☐ وجود، عمل‌کردن و محل صحیح وسیله‌های مناسب برای ایزوله‌کردن و کلیدزنی.

۱۶-۸-۱-۱۱- ایزوله‌کردن و کلیدزنی:

۱۶-۸-۱-۱۱-۱- ایزوله‌کننده‌ها:

☐ وجود و شرایط وسایل مناسب.

☐ قابلیت ایمن‌شدن در وضعیت خاموش.

☐ بازرسی کارکرد صحیح (بررسی عملکردی).

☐ تاسیسات، مدار یا قسمتی از آن که ایزوله خواهد شد به وضوح با محل و یا نشانه‌گذاری بادوام قابل شناسایی است.

☐ چسباندن برچسب هشداردهنده در موقعیت‌هایی که نمی‌توان قسمت‌های برق‌دار را توسط فقط یک وسیله ایزوله کرد.

۱۶-۸-۱-۱۱-۲- قطع کلید برای نگهداری مکانیکی:

☐ وجود وسایل مناسب.

☐ محل- حالت قابل قبول چنانچه در محل یا دور از تجهیز خواسته شده باشد.

☐ قابلیت ایمن شدن در وضعیت خاموش.

☐ تحویل کارکرد صحیح (بررسی عملکردی).

☐ مدار یا قسمتی از آن که قطع خواهد شد به وضوح با محل و/یا نشانه‌گذاری بادوام قابل شناسایی است.

۱۶-۸-۱-۱۱-۳- کلیدزنی/توقف اضطراری:

☐ وجود و موقعیت وسایل مناسب.

☐ دسترسی آسان برای کار انداختن در مواردی‌که امکان بروز خطر وجود دارد.

☐ بازرسی کارکرد صحیح (بررسی عملکردی).

☐ تاسیسات، مدار یا قسمتی از آن که قطع خواهد شد، به وضوح با محل و یا نشانه‌گذاری با دوام قابل شناسایی است.

۱۶-۸-۱-۱۱-۴- کلیدزنی عملیاتی:

☐ وجود و موقعیت وسایل مناسب.

☐ بازرسی کارکرد صحیح (بررسی عملیاتی).

۱۶-۸-۱-۱۲- تجهیزات مصرف کننده توان (با اتصال دایمی):

☐ تناسب تجهیز از نظر مقادیر اسمی IP و آتش.

☐ عدم آسیب دیدگی/تخریب محفظه در طی نصب به گونه‌ای که مخل ایمنی نباشد.

☐ تناسب با محیط و تاثیرات خارجی.

☐ ایمنی نصب مطمئن تجهیزات.

☐ ابعاد یا درزبندی سوراخ‌های موجود در سقف بالای چراغ‌ها که برای ورود کابل تعبیه شده‌اند به گونه‌ای که مانع گسترش آتش باشند.

☐ تامین حفاظت کاهش ولتاژ، در مواردی‌که تعیین شده باشد.

☐ تامین حفاظت اضافه بار، در مواردی‌که تعیین شده باشد.

۱۶-۸-۱-۱۲-۱- چراغ‌های توکار (چراغ‌های فروتاب):

☐ نوع صحیحی از لامپ‌ها نصب شده‌اند.

☐ به گونه‌ای نصب شده‌اند که با استفاده از اتصالات "ضد حریق" و قوطی‌های عایقی منبسط‌شونده با حرارت یا موارد مشابه آن، حرارت ایجاد شده را به حداقل برساند.

۱۶-۸-۱-۱۳- تاسیسات یا محل‌های خاص:

در صورت وجود تأسیسات یا محل‌های خاص، فهرست بازدیدهای خاص اعمال شده تهیه شود.

۱۶-۸-۲- نمونه جدول بازدید موارد نیازمند به بازدید در تاسیسات الکتریکی موجود:

توصیه می‌شود در ابتدا شرایط خارجی تمام تجهیزات الکتریکی که پنهان نیستند، بازدید چشمی شود.

توصیه می‌شود بازدید جزئی‌تری، شامل پیاده‌سازی جزئی تجهیز در صورت نیاز، با توافق کارفرما انجام شود. فهرست اقلام زیر شامل تمام جزئیات نیست.

۱۶-۸-۲-۱- تجهیزات ورودی برق:

☐ کابل سرویس.

☐ کات اوت/فیوز سرویس.

☐ کابل اتصال‌دهنده کنتور به قطع‌کننده – توزیع‌کننده.

☐ کابل اتصال‌دهنده کنتور به قطع‌کننده – مصرف‌کننده.

☐ تجهیزات اندازه‌گیری.

☐ ایزوله‌کننده.

در صورت مواجهه با عدم کفایت در تجهیزات توزیع‌کننده، پیشنهاد می‌شود شخص سفارش‌دهنده گزارش، مسئولین مرتبط را آگاه سازد.

۱۶-۸-۲-۲- وجود آرایش‌های مناسب برای منابع تغذیه موازی یا کلیدزنی جایگزین:

۱۶-۸-۲-۲-۱- قطع خودکار تغذیه:

☐ آرایش اصلی اتصال زمین/هم‌بندی.
☐ وجود آرایش اتصال زمین توزیع‌کننده یا وجود آرایش الکترود زمین تاسیسات.
☐ وجود و کفایت هادی اتصال زمین.
☐ اتصال‌های هادی اتصال زمین حفاظتی اصلی.
☐ دسترسی به اتصال‌های هادی اتصال زمین.
☐ وجود و کفایت هادی‌های هم‌بندی حفاظتی اصلی.
☐ اتصال‌های هادی هم‌بندی حفاظتی اصلی.
☐ دسترسی به تمام اتصال‌های هم‌بندی حفاظتی.
☐ تامین برچسب‌های اتصال زمین/هم‌بندی در تمام محل‌های مناسب.
☐ FELV.

۱۶-۸-۲-۲-۲- سایر روش‌های حفاظت:

(در صورت استفاده از هر یک از روش‌های زیر توصیه می‌شود جزئیات آن در صفحات مجزا ارایه شود).

۱۶-۸-۲-۲-۳- حفاظت پایه و خطا:

☐ SELV.
☐ PELV.
☐ عایق‌بندی مضاعف.
☐ عایق‌بندی تقویت‌شده.

۱۶-۸-۲-۲-۴- حفاظت پایه:

☐ عایق‌بندی قسمت‌های برق‌دار.
☐ حائل‌ها یا محفظه‌ها.
☐ موانع.
☐ خارج از دسترس قرار داشتن.

۱۶-۸-۲-۲-۵- حفاظت در برابر خطا:

☐ محل نارسانا باشد - هم‌بندی هم‌پتانسیل‌سازی محلی بدون زمین.

☐ جداسازی الکتریکی.

۱۶-۸-۲-۲-۶- حفاظت اضافی:

☐ RCDها بیش‌تر از ۳۰ میلی‌آمپر نباشند، طبق آنچه مشخص شده است.

☐ هم‌بندی تکمیلی.

۱۶-۸-۲-۲-۷- تجهیزات توزیع:

☐ کفایت فضای کار/دسترسی به تجهیزات.

☐ امنیت نصب مطمئن تجهیزات.

☐ شرایط عایق‌بندی قسمت‌های برق‌دار.

☐ کفایت/امنیت حائل‌ها.

☐ شرایط محفظه (ها) از منظر مقادیر اسمی IP و آتش.

☐ عدم آسیب‌دیدگی/تخریب محفظه به گونه‌ای که مخل ایمنی نباشد.

☐ وجود و اثربخشی موانع.

☐ خارج از دسترس قرار داشتن.

☐ وجود کلید(های) اصلی، وجود اتصال ارتباطی در جایی که لازم است.

☐ کارکرد کلید(های) اصلی (بررسی عملکردی).

☐ کارکرد دستی کلیدهای قدرت و RCDها برای اثبات قطع.

☐ تایید این امر که فعال شدن دکمه/کلید آزمون داخلی باعث قطع RCD(ها) می‌شود (بررسی عملیاتی).

☐ تعبیه RCD(ها) برای حفاظت در برابر خطا .

☐ تعبیه RCD(ها) برای حفاظت بیش‌تر، در صورت نیاز.

☐ تایید نشان‌دهنده عملکرد SPD .

☐ وجود اخطار آزمون سه ماهه RCD نزدیک یا روی وسیله، در صورت نیاز.

☐ وجود نمودارها، نقشه‌ها یا جدول‌ها نزدیک یا روی وسیله، در صورت نیاز.

☐ وجود اخطار هشداردهنده در مورد رنگ کابل غیر استاندارد (ترکیبی) نزدیک یا روی وسیله، در صورت نیاز.

☐ وجود اخطار هشداردهنده در مورد تغذیه جایگزین نزدیک یا روی تجهیز، در صورت نیاز.

☐ وجود برچسب پیشنهاد برای بازدید بعدی.

☐ وجود سایر برچسب‌های مورد نیاز (لطفا مشخص شوند).

☐ بررسی وسیله(های) حفاظتی و پایه(ها)؛ نوع و مقدار اسمی صحیح (فقدان هرگونه نشانه مبنی بر آسیب حرارتی، قوس با حرارت بیش از حد غیرقابل قبول).

☐ وسایل حفاظتی تک‌پل فقط بر روی هادی فاز هستند.

☐ حفاظت در برابر آسیب مکانیکی، در محل ورود کابل‌ها به تجهیز.

☐ حفاظت در برابر اثرات الکترومغناطیسی، در محل ورود کابل‌ها به محفظه‌های فرومغناطیسی.

☐ تایید قرارگیری صحیح تمام اتصال‌های هادی‌ها، از جمله اتصال به شینه‌ها، در ترمینال‌ها و محکم و ایمن بودن آن‌ها.

۱۶-۸-۲-۲-۸- مدارها:

☐ شناسایی هادی‌ها.

☐ بررسی تکیه‌گاه‌های صحیح در سرتاسر کابل‌ها.

☐ شرایط کابل‌ها.

☐ شرایط عایق‌بندی قسمت‌های برق‌دار.

☐ حفاظت از کابل‌های بدون غلاف با قراردادن آن‌ها در لوله برق، مجرا یا کانال.

☐ مناسب بودن سیستم‌های مهار برای استفاده پیوسته (از جمله لوله برق انعطاف‌پذیر).

☐ سربندی صحیح کابل‌ها در محفظه‌ها.

☐ بررسی کابل‌ها برای مشاهده نشانه‌هایی از آسیب/تخریب غیر قابل قبول حرارتی یا مکانیکی.

☐ کفایت کابل‌ها برای ظرفیت حمل جریان با توجه به نوع و ماهیت تاسیسات.

☐ کفایت وسایل حفاظتی: نوع و مقدار اسمی جریان خطا برای حفاظت در برابر خطا.

☐ وجود و کفایت هادی‌های حفاظتی مدار.

☐ هماهنگی بین هادی‌ها و وسایل حفاظتی اضافه‌بار.

☐ روش‌ها/شیوه‌های سیستم‌های سیم‌کشی و نصب کابل با توجه به نوع آن‌ها و ماهیت تاسیسات و تاثیرات و خارجی.

☐ در صورت مواجهه با نور مستقیم آفتاب، نوع کابل مناسب است.

☐ حفاظت کافی از کابل‌های پنهان در کف، بالای سقف، درون دیوارها در برابر آسیب ناشی از تماس با اتصالات و بستها

۱۶-۸-۲-۲-۸-۱- تامین حفاظت بیش‌تر با RCD های با جریان عامل باقی‌مانده اسمی ($I_{\Delta n}$) کم‌تر یا مساوی با ۳۰ میلی آمپر:

☐ برای مدارهای استفاده شده در تغذیه تجهیزات سیار با مقدار اسمی کم‌تر یا مساوی با ۳۲ آمپر برای مصارف برون ساختمانی در تمام موارد.

☐ برای تمام پریزهای با مقدار اسمی۳۲ آمپر یا کم‌تر در نظر گرفته شده برای استفاده توسط افراد معمولی مگر آنکه مستثنی شده باشند.

☐ برای کابل‌های پنهان در دیوارها در عمق کم‌تر از ۵۰ میلی‌متر.

☐ تامین موانع گسترش آتش، آرایش‌های درزبندی و حفاظت در برابر اثرات حرارتی.

☐ تفکیک/از هم جدابودن کابل‌های کلاس II از کابل‌های کلاس I .

☐ تفکیک/از هم جدا بودن کابل‌ها از سرویس‌های غیربرقی.

☐ شرایط لوازم جانبی مدار.

۱۶-۸-۲-۲-۸-۲- سربندی کابل‌ها در محفظه‌ها- شناسایی/ثبت شماره‌ها و محل اقلام بازدیدشده:

☐ اتصالات تحت فشار نامطلوب نباشند

☐ عایق‌بندی پایه هادی‌ها در خارج از محفظه قابل مشاهده نباشد.

☐ اتصال‌های هادی‌های برق‌دار به خوبی محصور شده باشند.

☐ در محل ورود به محفظه به خوبی متصل شده باشند (گلندها، بوشن‌ها و نظایر آن).

☐ تناسب لوازم جانبی مدار نسبت به تاثیرات خارجی.

☐ شرایط لوازم جانبی از جمله پریزها، کلیدها و جعبه‌های اتصال.

☐ وسایل کلیدزنی تک‌پل تنها در هادی فاز هستند.

☐ تناسب اتصال ها، از جمله CPC ها، درون لوازم جانبی و تجهیزات نصب ثابت و ساکن.

☐ وجود، عمل‌کردن و محل صحیح وسایل مناسب برای ایزوله‌کردن و کلیدزنی.

☐ شرایط کلی سیتم‌های سیم‌کشی.

☐ مقدار اسمی دمای عایق‌بندی کابل.

۱۶-۸-۲-۲-۹- ایزوله کردن و کلیدزنی:

۱۶-۸-۲-۲-۹-۱- ایزوله‌کننده‌ها:

☐ وجود و شرایط وسایل مناسب.

☐ محل- حالت قابل قبول چنانچه در محل یا دور از تجهیز خواسته شده باشد.

☐ قابلیت ایمن شدن در وضعیت خاموش.

☐ بازرسی کارکرد صحیح.

☐ به وضوح با محل و/یا نشانه‌گذاری بادوام مشخص شده است.

☐ چسباندن برچسب هشداردهنده در موقعیت‌هایی که نمی‌توان قسمت‌های برق‌دار را توسط فقط یک وسیله ایزوله کرد.

۱۶-۸-۲-۲-۹-۲- قطع کلید برای نگهداری مکانیکی:

☐ وجود و شرایط وسایل مناسب.

☐ محل - حالت قابل قبول چنانچه در محل یا دور از تجهیز خواسته شده باشد.

☐ قابلیت ایمن شدن در وضعیت خاموش.

☐ بازرسی کارکرد صحیح.

☐ به وضوح با محل و/یا نشانه‌گذاری بادوام مشخص شده است.

۱۶-۸-۲-۲-۹-۳- کلیدزنی/توقف اضطراری:

☐ وجود و شرایط وسایل مناسب.

☐ دسترسی آسان برای کار انداختن در مواردی‌که امکان بروز خطر وجود دارد.

☐ بازرسی کارکرد صحیح.

☐ به وضوح با محل و/یا نشانه‌گذاری بادوام مشخص شده است.

۱۶-۸-۲-۲-۹-۴- کلیدزنی عملیاتی:

☐ وجود و شرایط وسایل مناسب.

☐ بازرسی کارکرد صحیح.

۱۶-۸-۲-۲-۹-۵- تجهیزات مصرف‌کننده جریان (با اتصال دایمی):

☐ شرایط تجهیزات از نظر مقادیر اسمی IP و آتش.

☐ عدم آسیب‌دیدگی/تخریب محفظه به‌گونه‌ای که مخل ایمنی نباشد.

☐ تناسب با محیط و تاثیرات خارجی.

☐ ایمنی نصب مطمئن تجهیزات

☐ ابعاد یا درزبندی موجود در سقف بالای چراغ‌ها که برای ورود کابل تعبیه شده‌اند به گونه‌ای که مانع گسترش آتش باشند.

☐ شرایط و تامین حفاظت کاهش ولتاژ، در مواردی‌که نیاز باشد.

☐ شرایط و تامین حفاظت اضافه بار، در مواردی‌که نیاز باشد.

۱۶-۸-۲-۲-۹-۶- چراغ‌های توکار (چراغ‌های فروتاب):

☐ نوع صحیحی از لامپ‌ها نصب شده‌اند.

☐ به گونه‌ای نصب شده‌اند که با استفاده از اتصالات "ضد حریق" و قوطی‌های عایقی منبسط شونده با حرارت یا موارد مشابه آن، حرارت ایجاد شده را به حداقل برساند.

☐ هیچ نشانه‌ای از حرارت بیش از حد در ساختار ساختمان مشاهده نشد.

☐ هیچ نشانه‌ای از حرارت بیش از حد در هادی ها/ترمینال‌ها مشاهده نشد.

۱۶-۹- تحویل سیستم حفاظت صاعقه

تحویل به منظور ایجاد اطمینان از موارد زیر صورت می‌پذیرد:

- سیستم حفاظت صاعقه مطابق با طراحی و بر اساس این نشریه است.
- تمامی اجزاء سیستم حفاظت صاعقه در شرایط مطلوبی قرار داشته و قادر به ایفای عملکردهای طراحی شده بوده و همچنین دارای مشکل خوردگی نیست.
- تمامی خدمات و توسعه‌های جدید ساختمان مورد نظر، در محدوده حفاظتی سیستم حفاظت صاعقه قرار دارد.

۱۶-۹-۱- محدوده تحویل

گزارش طراحی سیستم حفاظت صاعقه مشتمل بر اطلاعات لازم در مورد سیستم حفاظت صاعقه همانند معیارهای طراحی، شرح و توضیحات لازم در مورد طراحی و نقشه‌های سیستم حفاظت صاعقه باید در اختیار بازرس سیستم حفاظت صاعقه قرار گیرد.

تمامی سیستم‌های حفاظت صاعقه را باید در مواقع زیر مورد بررسی قرار داد:

- در هنگام نصب سیستم حفاظت صاعقه، به خصوص در زمان نصب تجهیزاتی که در ساختمان پنهان می‌شوند و در آینده دسترسی به آن‌ها امکان‌پذیر نیست.
- پس از نصب کامل سیستم حفاظت صاعقه
- در فواصل زمانی معین مطابق جدول (۱۶-۷)

جدول۱۶-۷- حداکثر فواصل زمانی بازرسی سیستم حفاظت صاعقه

مکان‌های خاص[a b] تحویل کامل (سال)	تحویل کامل (سال)	بازرسی (سال)	سطح حفاظتی
۱	۲	۱	I و II
۱	۴	۲	III و IV
a سیستم‌های حفاظت صاعقه ساختمان‌های حاوی مواد قابل انفجار باید هر ۶ ماه یک‌بار، مورد بازرسی قرارگیرند. آزمون تاسیسات به صورت الکتریکی (به طور مثال تست پیوستگی مسیر، مقاومت زمین و ...) باید به‌صورت سالیانه صورت پذیرد.			
به جای آزمون سیستم به‌صورت سالیانه، می‌توان در بازه‌های ۱۴ یا ۱۵ ماهه، به منظور بررسی اثرات تغییرات در زمان‌های مختلف سال (تابستان، زمستان و ...) آزمون‌ها را انجام داد. b منظور از مکان‌های خاص، ساختمان‌های حاوی سیستم‌های حساس (به طور مثال تجهیزات الکترونیکی) داخلی، ساختمان‌های اداری، ساختمان‌های تجاری یا مکان‌هایی که در آن افراد زیادی حضور دارند است.			

سیستم حفاظت صاعقه باید حداقل به‌صورت سالیانه مورد بازرسی چشمی قرار گیرد. در برخی از مناطق که شرایط خاص آب هوایی وجود دارد، پیشنهاد می‌شود تا فواصل زمانی بازرسی کم‌تر از مقادیر ارایه شده در جدول (۱۶-۷) باشد. در جایی که سیستم حفاظت صاعقه بخشی از برنامه نگهداری پیش‌بینی شده یا یکی از الزامات شرکت‌های بیمه باشد، سیستم حفاظت صاعقه باید هر سال مورد بازرسی کامل (تست الکتریکی) قرار گیرد.

فواصل بین بازرسی‌های سیستم حفاظت صاعقه تحت تاثیر عوامل زیر است:

- ساختمان تحت حفاظت در کدام دسته‌بندی قرار می‌گیرد، به خصوص با توجه به پیامدهای خسارت[1] ناشی از برخورد صاعقه،
- کلاس سیستم حفاظت صاعقه،
- شرایط محیطی، به طور مثال در جایی که محیط خورنده باشد، فواصل زمانی بین بازرسی‌ها باید کوتاه‌تر در نظر گرفته شود،
- جنس اجزاء سیستم حفاظت صاعقه،
- نوع سطحی که اجزاء سیستم حفاظت صاعقه بر روی آن نصب می‌شود،
- جنس خاک و میزان خوردگی.

علاوه بر موارد اشاره شده، سیستم حفاظت صاعقه باید در هر زمان که تغییرات و تعمیرات اساسی در ساختمان صورت می‌پذیرد و همچنین در مواردی‌که اطمینان از برخورد صاعقه به سیستم حفاظت صاعقه وجود دارد مورد بازرسی قرار گیرد.

در بسیاری از مکان‌های جغرافیایی، به خصوص در اماکنی که تغییرات فصلی به طور مثال تغییرات دمایی و یا بارندگی قابل توجه است، تغییرات مقاومت سیستم زمین با سنجش مقاومت ویژه خاک لایه‌های عمقی در شرایط مختلف آب و هوایی در نظر گرفته شوند.

[1] Damage

در زمانی‌که مقادیر اندازه‌گیری مقاومت، بیش‌تر از مقاومت در نظر گرفته شده برای طراحی باشد به خصوص در زمانی‌که میزان مقاومت به‌صورت پیوسته در فواصل سنجش تغییر کند، احیاء سیستم زمین باید مورد توجه قرار گیرد.

۱۶-۹-۲- ترتیب مراحل تحویل

تحویل باید به‌صورت زیر انجام شود:

- در زمان ساخت ساختمان، به منظور بررسی وضعیت الکترودهای مدفون در بتن و یا اسکلت فلزی.
- پس از نصب سیستم حفاظت صاعقه
- به‌صورت دوره‌ای در بازه زمانی مشخص که با توجه به ماهیت ساختمان مورد حفاظت یعنی مشکلات خوردگی و کلاس سیستم حفاظت صاعقه مشخص می‌شود.
- پس از ایجاد تغییر و تعمیرات یا در زمانی‌که از برخورد صاعقه با ساختمان برخورد آگاهی وجود داشته باشد.

در تحویل دوره‌ای، بررسی موارد زیر دارای اهمیت است:

- خرابی و خوردگی اجزاء ترمینال هوایی، هادی‌ها و اتصالات
- خوردگی الکترودهای زمین
- مقدار مقاومت زمین سیستم ترمینال زمینی
- شرایط اتصالات، هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صاعقه و بست‌های نگهدارنده

۱۶-۹-۲-۱- روند تحویل

هدف از تحویل، ایجاد اطمینان خاطر از مطابقت کامل سیستم حفاظت صاعقه با این نشریه است. تحویل شامل بررسی مستندات فنی، بازرسی، انجام آزمون و ثبت رویدادها در گزارش است.

۱۶-۹-۲-۲- بررسی مستندات فنی

مستندات فنی باید از لحاظ کامل بودن، مطابقت با این نشریه و مطابقت با نحوه اجرا مورد بررسی قرار گیرند.

۱۶-۹-۲-۳- بازرسی

بازرسی‌ها باید به منظور اطمینان از موارد زیر صورت پذیرد:

- طراحی مطابق با این نشریه است،
- سیستم حفاظت صاعقه در شرایط مناسبی قرار دارد،
- اتصالات شل نیستند و هادی‌های سیستم حفاظت صاعقه و اتصالات به‌صورت سهوی قطع نشده‌اند،
- هیچ قسمتی از سیستم حفاظت صاعقه، به خصوص قسمت‌هایی که در نزدیکی سطح زمین قرار دارند، در اثر خوردگی ضعیف نشده‌اند،

- تمامی قسمت‌های قابل رویت اتصالات زمین، سالم هستند (از لحاظ قابلیت بهره‌برداری)،
- تمامی هادی‌های قابل رویت و اجزاء سیستم حفاظت صاعقه به سطوحی که بر روی آن قرار گرفته‌اند محکم شده‌اند و اجزائی که حفاظت مکانیکی را بر عهده دارند از لحاظ قابلیت بهره‌برداری سالم بوده و در مکان مناسب قرار گرفته‌اند،
- قسمت جدیدی به ساختمان اضافه نشده است یا تغییراتی در ساختمان‌های تحت حفاظت به وجود نیامده است، که نیاز به حفاظت داشته باشد،
- نشانه‌ای از وارد شدن آسیب به سیستم حفاظت صاعقه، وسایل حفاظتی سرج (SPD) یا هر نوع مشکلی در فیوزهای حفاظتی SPDها وجود ندارد،
- هم‌بندی هم‌پتانسیل‌کننده صحیح برای هر نوع خدمات یا قسمت جدیدی که پس از آخرین بازرسی، به ساختمان اضافه شده، در داخل ساختمان صورت پذیرفته است و تست پیوستگی برای این قبیل قسمت‌های اضافه شده انجام شده است،
- هادی‌های هم‌بندی و اتصالات در داخل ساختمان وجود داشته و از لحاظ قابلیت بهره‌برداری سالم هستند،
- فواصل جدایی رعایت شده‌اند،
- هادی‌های هم‌بندی، اتصالات، تجهیزات شیلد کردن، مسیر کابل‌ها و وسایل حفاظتی سرج مورد بررسی و آزمون قرار گرفته‌اند.

۱۶-۹-۲-۴- انجام آزمون بر روی سیستم حفاظت صاعقه

انجام آزمون سیستم حفاظت صاعقه باید مطابق اقدامات زیر تکمیل شود:

- انجام تست‌های پیوستگی مسیر، به ویژه پیوستگی بخش‌هایی از سیستم حفاظت صاعقه که در هنگام نصب اولیه قابل رویت نبودند و در آینده نیز برای بازرسی چشمی در دسترس نیستند.
- سنجش مقاومت سیستم ترمینال زمینی. اندازه‌گیرهای ایزوله و ترکیبی و بررسی‌های زیر باید صورت پذیرند و نتایج آن در گزارش بازرسی سیستم حفاظت صاعقه ثبت گردند.

یادآوری- سنجش مقاومت زمین به‌صورت فرکانس بالا و یا ضربه‌ای به منظور تعیین مقاومت فرکانس بالا و ضربه‌ای سیستم زمین مفید است. این اندازه‌گیری‌ها را می‌توان در مراحل نصب و همچنین به‌صورت دوره‌ای جهت نگهداری سیستم زمین، جهت بررسی کارایی، بین سیستم زمین طراحی شده و مورد نیاز صورت پذیرد.

- سنجش مقاومت هر الکترود محلی زمین و در جایی که این کار عملی است مقاومت زمین کل سیستم ترمینال زمینی مورد سنجش قرار گیرد. سنجش مقاومت الکترود محلی زمین، در زمان قطع اتصال از طریق جداسازی مفصل آزمون[1]، بین هادی نزولی و الکترود زمین (اندازه‌گیری ایزوله شده) باید انجام شود. اگر

[1] Test Joint

مقاومت سیستم ترمینال زمینی (مقاومت کل الکترودهای زمین) از ۱۰Ω بیش‌تر شود، در این صورت باید بررسی کرد که آیا طول الکترود زمین مورد نیاز مطابق الزامات فصل ۱۵ رعایت شده است یا خیر؟ در صورتی‌که طول الکترود مورد نیاز مطابق الزامات فصل ۱۵ باشد نیازی به نصب الکترود اضافی نیست. اگر اندازه‌گیری مقاومت زمین، افزایش یا کاهش قابل توجهی داشته باشد، بررسی‌های بیش‌تری در مورد علت این تغییرات باید صورت پذیرد.

- نتایج بازرسی تمامی هادی‌ها، هم‌بندی‌ها، اتصالات یا سنجش پیوستگی مسیر و ... در گزارش اندازه‌گیری ثبت شود.

اگر بنا به دلایلی سیستم ترمینال زمینی منطبق بر الزامات فوق نباشد و یا امکان بررسی این الزامات، به دلیل کمبود اطلاعات میسر نیست، سیستم ترمینال زمینی باید با استفاده از نصب الکترودهای بیش‌تر یا از طریق نصب یک سیستم ترمینال زمینی جدید بهبود یابد.

۱۶-۹-۲-۵- مستندسازی گزارشات تحویل

راهنمای تحویل سیستم حفاظت صاعقه باید جهت ایجاد سهولت در انجام مراحل تحویل تهیه شود. این مستندات باید به منظور راهنمایی بازرس سیستم در انجام فرآیند تحویل، شامل اطلاعات کافی باشد؛ به گونه‌ای که تمامی موارد مهم همانند روش نصب سیستم حفاظت صاعقه، روش‌های آزمون و نتایج آزمون صورت پذیرفته در آن ثبت شود.

گزارش بازرسی سیستم حفاظت صاعقه باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- شرایط عمومی هادی‌های ترمینال هوایی و سایر اجزاء ترمینال هوایی
- میزان کلی خوردگی و شرایط حفاظت کاتدیک
- محکم بودن بست‌های نگهدارنده هادی‌ها و اجزاء سیستم حفاظت صاعقه
- اندازه‌گیری مقاومت زمین سیستم ترمینال زمینی
- هر گونه تخلف در رعایت الزامات این نشریه
- مستندسازی تمامی تغییرات و توسعه سیستم حفاظت صاعقه و همچنین ایجاد هرگونه تغییرات در ساختمان تحت حفاظت. علاوه بر آن، نقشه‌های اجرایی سیستم حفاظت صاعقه و جزئیات طراحی سیستم حفاظت صاعقه باید مورد بازبینی قرار گیرد.
- نتایج آزمون‌های انجام شده

خواننده گرامی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر نهصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه/نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **nezamfanni.ir** قابل دستیابی است.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

General Technical Specifications and Execution Procedures for Electrical Installations of Building

Part 1: Low and Medium Voltage Electrical Installations (Revision 3)

No. 110-1

Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs

Department of Technical & Executive affairs, Consultants and Contractors

nezamfanni.ir

Road, Housing & Urban Development Research Center

Department of Research

Bhrc.ac.ir

2022

این نشریه

با عنوان مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی ساختمان، جلد اول از مجموعه سه جلدی، در راستای معرفی و آشنایی با سیستم تاسیسات برقی ساختمان فشار متوسط و ضعیف در شانزده فصل تدوین شده است که شامل: لوله‌گذاری برق، سیم، کابل و باسداکت فشار ضعیف، کابل‌های فشار متوسط، کلید و پریز، سیستم روشنایی، تابلوهای فشار ضعیف، تابلوهای فشار متوسط، ترانسفورماتورهای توزیع، مولدهای برق، سیستم برق بدون وقفه (UPS)، جبران‌سازی توان راکتیو و ادوات کیفیت توان، اتصال زمین سیستم نیرو و حفاظت در برابر برق‌گرفتگی، آرایش‌های اتصال زمین و هادی‌های حفاظتی، حفاظت در برابر اغتشاشات ولتاژی و اغتشاشات الکترومغناطیسی، حفاظت در برابر صاعقه و تست و تحویل تاسیسات الکتریکی است. مطالب مورد بحث در هر فصل مشتمل بر دامنه پوشش، تعاریف و اصطلاحات، استانداردها و مشخصات فنی است که به همراه تصاویر و جداول لازم به بیان جزئیات هر یک پرداخته است.

shaghool.ir