جمهوری اسلامی ایران

# مشخصات فنی عمومی و اجرایی
# پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال
# سوئیچگیرهای فشار متوسط در پست‌های فشار قوی

نشریه شماره ۲- ۴۷۶


معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور
معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
http://tec.mporg.ir

وزارت نیرو – شرکت توانیر
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق
www.tavanir.org.ir

جمهوری اسلامی ایران

# مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال سوئیچگیرهای فشار متوسط در پست های فشارقوی

## نشریه شماره ۲– ۴۷۶


معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور
معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
http://tec.mporg.ir

وزارت نیرو – شرکت توانیر
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق
www.tavanir.ir

بسمه تعالی

**ریاست جمهوری**
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

| | | |
|---|---|---|
| بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران | شماره: | ۱۰۰/۲۲۴۹۷ |
| | تاریخ: | ۱۳۸۸/۳/۱۰ |

موضوع:
مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال- سوییچگیرهای فشار متوسط در پست‌های فشار قوی (جلد اول) و (جلد دوم)

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/٤/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۴۷۶ دفتر نظام فنی اجرایی، در دو مجلد با عنوان «**مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال- سوییچگیرهای فشار متوسط در پست‌های فشار قوی (جلد اول) و (جلد دوم)**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنمای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این بخشنامه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را به دفتر نظام فنی اجرایی ارسال کنند.

امیرمنصور برقعی
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

٦٠٤٢٠٥

# اصلاح مدارک فنی

## خواننده گرامی:

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آن را برای استفاده به جامعه 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 این رو، ***از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

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

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان، متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر 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 صفی علی شاه
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی

سازمان مرکزی- تهران ۱۱۴۹۹۴۳۱۴۱- خیابان صفی علی شاه
**http://tec.mporg.ir**

**بسمه تعالي**

## پیشگفتار

در اجرای ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور و بـه منظـور تعمـیم اسـتانداردهای صنعت برق و ایجاد هماهنگی و یکنواختی در طراحی و اجرای پروژه‌های مربوط به تولید، انتقـال و توزیـع نیـروی بـرق، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور (معاونت نظارت راهبردی – دفتر نظام فنـی اجرایـی) بـا همکـاری وزارت نیرو – شرکت توانیر در قالب طرح «ضوابط و معیارهای فنی صـنعت بـرق» اقـدام بـه تهیـه مجموعـه کـاملی از استانداردهای مورد لزوم نموده است.

نشریه حاضر با عنوان « مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فـوق توزیـع و انتقـال – سـوئیچگیرهای فشار متوسط در پست های فشار قوی- جلد دوم» در برگیرنده مباحث مربوط بـه سـوئیچگیرهای فشـار متوسـط شـامل کلیات و تعاریف، معیارهای طراحـی و مهندسـی، آزمونهـای نـوعی ( کـه بـه منظـور بررسـی و تائیـد مشخصـات فنـی سوئیچگیرها انجام می گیرد) و آزمونهای جاری ( که برای تشخیص نقائص و خطاهای موجـود در سـاختار سـوئیچگیرها صورت می گیرد) می باشد.

معاونت نظارت راهبردی به این وسیله از کوشش‌های دست‌اندرکاران به ثمر رسیدن این نشریه و همچنین سازمان‌هـا و شرکت‌های مهندسی مشاور که با اظهارنظرهای سازنده خود این معاونت را در جهت غنا بخشیدن به آن یاری نموده‌اند سپاسگزاری و قدردانی نموده و توفیق روزافزون آنان را از درگاه ایزد یکتا آرزومند است.

**معاون نظارت راهبردي**

**۱۳۸۸**

# مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - سوئیچگیرهای فشار متوسط در پست های فشار قوی - نشریه شماره ۲- ٤٧٦

## تهیه کننده

این مجموعه به وسیله شرکت مهندسین مشاور نیرو با همکاری آقایان مهندسین شهرام کاظمی، حامد نفیسی و خانم مهندس طاهره نوری و آقای دکتر عارف درودی تهیه و تدوین شده است و توسط آقای اسماعیل زارعی مورد ویراستاری قرار گرفته است.

## کمیته فنی

این نشریه همچنین در کمیته فنی طرح با مشارکت مجری و مشاور طرح و نمایندگان شرکت‌های مهندسی مشاور تحت پوشش وزارت نیرو به شرح زیر بررسی، اصلاح و تصویب شده است.

| | |
|---|---|
| آقای مهندس جمال بیاتی | وزارت نیرو – سازمان توانیر – مجری طرح |
| آقای مهندس بهمن الله مرادی | سازمان توسعه برق ایران |
| آقای مهندس محمد برکاتی | شرکت مشانیر |
| آقای دکتر عارف درودی | مهندسین مشاور نیرو |
| آقای مهندس رضا صائمی | شرکت مشانیر |
| آقای مهندس سید حسن عرب اف | مهندسین مشاور قدس نیرو |
| آقای مهندس بهروز قهرمانی | سازمان توسعه برق ایران |
| آقای مهندس علی مظفر گودرزی | وزارت نیرو – دفتر استانداردها |
| آقای مهندس سید جمال الدین واسعی | پژوهشگاه نیرو |
| خانم مهندس طاهره نوری | مهندسین مشاور نیرو |
| آقای مهندس امیر رضا یزدان دوست | مهندسین مشاور قدس نیرو |
| آقای مهندس احسان الله زمانی | وزارت نیرو – سازمان توانیر – دبیر کمیته فنی طرح |

مسوولیت کنترل و بررسی نشریه در راستای اهداف دفترنظام فنی اجرائی به عهده آقایان مهندسین پرویز سیداحمدی و محمدرضا طلاکوب بوده است.

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**

### فصل اول- اهداف، کلیات، تعاریف


مقدمه ..... ۳
۱-۱- تعاریف ..... ۳
۱-۱-۱- تجهیزات کلیدزنی و کنترل ..... ۳
۱-۱-۲- تجهیزات کلیدزنی و کنترل با پوشش فلزی ..... ۳
۱-۱-۳- واحد عملیاتی (برای یک مجموعه) ..... ۳
۱-۱-۴- چند ردیفه ..... ۳
۱-۱-۵- تجهیزات کلیدزنی و کنترل متال کلد ..... ۳
۱-۱-۶- محفظه ..... ۴
۱-۱-۷- خانه ..... ۴
۱-۱-۷-۱- خانه قابل دسترسی کنترل شده با اینترلاک ..... ۴
۱-۱-۷-۲- خانه قابل دسترسی مبتنی بر روند ..... ۴
۱-۱-۷-۳- خانه با دسترسی مبتنی بر ابزار ..... ۴
۱-۱-۷-۴- خانه بدون قابلیت دسترسی ..... ۴
۱-۱-۸- دیواره ..... ۵
۱-۹- کلاس دیواره ..... ۵
۱-۹-۱- کلاس PM ..... ۵
۱-۹-۲- کلاس PI ..... ۵
۱-۱-۱۰- حائل ..... ۵
۱-۱-۱۱- جدائی (بین هادی‌ها) ..... ۵
۱-۱-۱۲- بوشینگ ..... ۵
۱-۱-۱۳- مدار اصلی ..... ۶
۱-۱-۱۴- مدار زمین ..... ۶
۱-۱-۱۵- مدار فرعی ..... ۶
۱-۱-۱۶- بخش جدا شونده ..... ۶
۱-۱-۱۷- بخش کشوئی ..... ۶
۱-۱-۱۸- وضعیت زمین شده ..... ۶

۱-۱-۱۹- وضعیت سرویس‌دهی ..... ۷
۱-۱-۲۰- وضعیت آزمون ..... ۷
۱-۱-۲۱- وضعیت قطع ..... ۷
۱-۱-۲۲- وضعیت جدا شده ..... ۷
۱-۱-۲۳- دسته‌بندی فقدان پیوستگی عملکرد (LSC) ..... ۷
۱-۱-۲۳-۱- دسته‌بندی LSC2 ..... ۷
۱-۱-۲۳-۲- دسته‌بندی LSC1 ..... ۸
۱-۱-۲۴- تابلوی دسته‌بندی شده براساس قوس داخلی (IAC) ..... ۸
۱-۱-۲۵- درجه حفاظت ..... ۸
۱-۱-۲۶- دمای محیط ..... ۸
۱-۱-۲۷- تخلیه مخرب ..... ۸
۱-۱-۲۸- ولتاژ نامی ..... ۹
۱-۱-۲۹- جریان نامی ..... ۹
۱-۱-۳۰- جریان تحمل کوتاه‌مدت نامی ..... ۹
۱-۱-۳۱- جریان تحمل پیک نامی ..... ۹
۱-۱-۳۲- مدت زمان اتصال کوتاه نامی ..... ۹
۱-۲- معرفی و شناخت ..... ۹

## فصل دوم- انتخاب و طراحی تابلوهای متال‌کلد

مقدمه ..... ۱۷
۲-۱- مشخصات سیستم ..... ۱۷
۲-۱-۱- ولتاژ نامی سیستم ..... ۱۷
۲-۱-۲- حداکثر ولتاژ سیستم ..... ۱۷
۲-۱-۳- فرکانس نامی سیستم ..... ۱۷
۲-۱-۴- جریان نامی اتصال کوتاه سیستم ..... ۱۷
۲-۱-۵- نحوه زمین‌شدن نقطه نوترال سیستم ..... ۱۷
۲-۲- تابلوی متال کلد ..... ۱۷
۲-۲-۱- ولتاژ نامی ..... ۱۷
۲-۲-۲- فرکانس نامی ..... ۱۷
۲-۲-۳- جریان نامی ..... ۱۸
۲-۲-۴- جریان تحمل کوتاه‌مدت نامی ..... ۱۸

۲-۲-۵- جریان تحمل پیک نامی ..... ۱۸
۲-۲-۶- مدت زمان اتصال کوتاه نامی ..... ۱۸
۲-۲-۷- سطح عایقی نامی ..... ۱۸
۲-۲-۸- درجه حفاظت ..... ۱۹
۲-۲-۸-۱- حفاظت در برابر تماس افراد با بخشهای برقدار و بخشهای متحرک ..... ۱۹
۲-۲-۸-۲- حفاظت از تجهیزات در برابر عوامل خارجی ..... ۱۹
۲-۲-۸-۳- حفاظت در برابر آسیب مکانیکی ..... ۱۹
۲-۲-۸-۴- خطای داخلی ..... ۱۹
۲-۲-۹- ولتاژهای کمکی ..... ۲۰
۲-۲-۱۰- ضخامت ورقه بدنه ..... ۲۰
۲-۳- کلید قدرت ..... ۲۰
۲-۳-۱- نوع کلید قدرت ..... ۲۰
۲-۳-۲- ولتاژ نامی ..... ۲۰
۲-۳-۳- سطوح عایقی نامی ..... ۲۰
۲-۳-۴- فرکانس نامی ..... ۲۰
۲-۳-۵- جریان نامی ..... ۲۰
۲-۳-۶- جریان نامی اتصال کوتاه قطع و وصل ..... ۲۰
۲-۴- ترانسفورماتور جریان ..... ۲۱
۲-۴-۱- نوع ..... ۲۱
۲-۴-۲- جریان نامی اولیه ..... ۲۱
۲-۴-۳- جریان نامی ثانویه ..... ۲۱
۲-۴-۴- جریان نامی دائم حرارتی ..... ۲۱
۲-۴-۵- تعداد هسته‌های ثانویه ..... ۲۱
۲-۴-۶- کلاس دقت ..... ۲۱
۲-۴-۷- توان خروجی ..... ۲۱
۲-۵- ترانسفورماتور ولتاژ ..... ۲۱
۲-۵-۱- نوع ..... ۲۱
۲-۵-۲- ولتاژ نامی اولیه ..... ۲۲
۲-۵-۳- ولتاژ نامی ثانویه ..... ۲۲
۲-۵-۴- کلاس دقت ..... ۲۲
۲-۵-۵- خروجی نامی ..... ۲۲

## فصل سوم- آزمونهای تابلوهای متال‌کلد


مقدمه ..... ۲۵

۳-۱- آزمون‌های نوعی ..... ۲۵

۳-۱-۱- آزمون عایقی ..... ۲۶

۳-۱-۱-۱- شرایط محیطی در حین آزمون ..... ۲۶

۳-۱-۱-۲- شرایط تابلو در حین آزمون‌های عایقی ..... ۲۶

۳-۱-۱-۳- معیارهای قبولی در آزمون ..... ۲۶

۳-۱-۱-۴- اعمال ولتاژهای آزمون و شرایط آزمون ..... ۲۷

۳-۱-۱-۵- ولتاژهای آزمون ..... ۲۸

۳-۱-۱-۶- آزمون‌های تحمل ولتاژ ضربه صاعقه ..... ۲۸

۳- ۱-۱- ۷- آزمونهای ولتاژ با فرکانس قدرت روی مدار اصلی ..... ۲۹

۳-۱-۱-۸- آزمونهای تخلیه جزیی ..... ۲۹

۳-۱-۱-۹- آزمونهای عایقی بر روی مدارات فرعی و کنترل ..... ۲۹

۳-۱-۱-۱۰- آزمون‌های آلودگی مصنوعی ..... ۳۰

۳-۱-۱-۱۱- آزمون‌های عایقی روی مدارهای آزمون کابل ..... ۳۰

۳-۱-۲- آزمون‌های افزایش درجه حرارت ..... ۳۰

۳-۱-۳- آزمون اندازه‌گیری مقاومت مدارها ..... ۳۱

۳-۱-۳-۱- مدار اصلی ..... ۳۱

۳-۱-۳-۲- مدار فرعی ..... ۳۱

۳-۱-۴- آزمون‌های تحمل جریان کوتاه‌مدت و آزمون‌های تحمل جریان پیک ..... ۳۱

۳-۱-۴-۱- آزمون روی مدارات اصلی ..... ۳۱

۳-۱-۴-۲- آزمون روی مدارهای زمین ..... ۳۲

۳-۱-۵- تأیید ظرفیت قطع و وصل ..... ۳۲

۳-۱-۶- آزمون‌های عملکرد مکانیکی ..... ۳۲

۳-۱-۶-۱ وسایل کلیدزنی و بخشهای جداشونده ..... ۳۲

۳-۱-۶-۲- اینترلاکها ..... ۳۳

۳-۱-۷- تأیید درجه حفاظت ..... ۳۳

۳-۱-۸- اندازه‌گیری جریان‌های خزشی ..... ۳۳

۳-۱-۹- قوس ناشی از خطای داخلی ..... ۳۴

۳-۱-۱۰ آزمون‌های تأثیر مکانیکی ..... ۳۴

۳-۱-۱۱- آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی ..... ۳۴

۳-۱-۱۲- آزمون‌های اضافی روی مدارات فرعی و کنترلی ..... ۳۴
۳-۱-۱۳- آزمون حفاظت در برابر شرایط جوی ..... ۳۴
۳-۲- آزمون‌های جاری ..... ۳۵
۳-۲-۱- آزمونهای عایقی روی مدار اصلی ..... ۳۵
۳-۲-۲- آزمون‌های روی مدارهای فرعی و کنترل ..... ۳۵
۳-۲-۳- اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی ..... ۳۵
۳-۲-۴- اندازه‌گیری تخلیه جزیی ..... ۳۵
۳-۲-۵- آزمونهای عملکرد مکانیکی ..... ۳۵
۳-۲-۶- آزمون وسایل کمکی الکتریکی، پنوماتیکی و هیدرولیکی ..... ۳۶
۳-۲-۷- آزمونهای بعد از راه‌اندازی در محل ..... ۳۶

## فصل چهارم- مشخصات و دستورالعملهای اجرایی

مقدمه ..... ۵۹
۴-۱- کلیات ..... ۵۹
۴-۲- شرایط حمل ، انبارداری و نصب ..... ۵۹
۴-۳- انبارداری ..... ۵۹
۴-۴- نصب ..... ۶۰
۴-۴-۱- بازکردن در جعبه‌ها و خارج نمودن تابلو ..... ۶۰
۴-۴-۲- سوار نمودن تابلو ..... ۶۰
۴-۴-۳- نصب تابلو ..... ۶۰
۴-۴-۴- اتصالات ..... ۶۰
۴-۴-۴-۱- اتصال شینه‌ها ..... ۶۰
۴-۴-۴-۲- اتصال کابلها ..... ۶۰
۴-۴-۴-۳- اتصال مدارات کنترل ..... ۶۱
۴-۴-۴-۴- اتصال زمین ..... ۶۱
۴-۴-۵- بازدید نهایی نصب ..... ۶۱
۴-۵- بهره‌برداری ..... ۶۲
۴-۶- نگهداری و تعمیر ..... ۶۲
۴-۶-۱- پیشنهادات سازنده ..... ۶۲
۴-۶-۲- پیشنهادات لازم جهت خریدار ..... ۶۴
۴-۶-۳- گزارش خطا ..... ۶۴

# فصل ۱

# اهداف، کلیات، تعاریف

## مقدمه

این گزارش در ارتباط با بخش الکتریکی سوئیچگیرهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت می‌باشد که در پست‌های فوق‌توزیع و سیم‌پیچ ثانویه ترانسفورماتورهای قدرت جهت تغذیه داخلی پست و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. عمده تجهیز این سوئیچگیرها شامل تابلوهایی است که از وسایل کلیدزنی یا قطع مدار، شینه‌ها، ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری، تغذیه مدارکنترل، رله‌ها و سایر تجهیزات اندازه‌گیری تشکیل یافته‌اند و در دسته‌بندی تجهیزات کلیدزنی و کنترل، در مجموعه تابلوهای با پوشش فلزی قرار می‌گیرند.

## ۱-۱- تعاریف

### ۱-۱-۱- تجهیزات کلیدزنی و کنترل[1]

مجموعه‌ای از وسایل کلیدزنی همراه با تجهیزات کنترلی، حفاظت و وسایل تنظیم‌کننده است که شامل وسایل جانبی، اتصالات مربوطه، محفظه‌ها و سازه‌های نگهدارنده می‌باشد.

### ۱-۱-۲- تجهیزات کلیدزنی و کنترل با پوشش فلزی[2]

مجموعه‌ای از تجهیزات کلیدزنی و کنترل که در یک محفظه فلزی خارجی با قابلیت زمین‌کردن قرارگرفته و کل مجموعه به جز اتصالات خارجی به طور کامل مونتاژ شده‌اند.

### ۱-۱-۳- واحد عملیاتی[3] (برای یک مجموعه)

قسمتی از تابلوی متال‌کلد که شامل تمامی اجزائی از مدارات اصلی و فرعی است که در انجام یک عملیات واحد شرکت می‌کنند.

**توجه:**

واحدهای عملیاتی بر طبق عملیاتی که قرار است انجام دهند به عنوان مثال واحد ورودی، واحد خروجی و ... شناخته می‌شوند.

### ۱-۱-٤- چند ردیفه[4]

دو یا چندین واحد عملیاتی که به صورت عمودی درون یک محفظه قرار گرفته‌اند.

### ۱-۱-۵- تجهیزات کلیدزنی و کنترل متال‌کلد[5]

نوعی از تجهیزات کلیدزنی و کنترل با پوشش فلزی می‌باشند که در آن اجزاء در خانه‌هایی[6] قرار گرفته‌اند که به کمک دیواره‌های[7] فلزی زمین‌شده‌ای از هم مجزا می‌شوند. در این گزارش جهت اختصار از عنوان "تابلوی متال‌کلد" استفاده خواهد شد.

---

1 . Switchgear and controlgear
2. Metal –enclosed switchgear and controlgear
3 . Functional unit
4 . Multi- tier
5 . Metal –clad Switchgear and Control gear
6. Compartment
7 .Partition

### ۱-۱-٦- محفظه[1]

بخشی از تجهیزات کلیدزنی و کنترل با پوشش فلزی است که درجه حفاظت مشخصی را برای تجهیزات در برابر عوامل خارجی و نیز درجه حفاظت مشخصی را در برابر دسترسی یا برقراری تماس با قسمتهای برقدار و یا متحرک فراهم می‌نماید.

### ۱-۱-۷- خانه

بخشی از محفظه فلزی حاوی تجهیزات کلیدزنی و کنترل است که جز قسمتهایی که جهت اتصالات، کنترل و یا تهویه باید باز بماند، کاملاً پوشیده شده است.

چهار نوع خانه وجود دارد، سه نوع از آنها می‌توانند باز شوند که قابل دسترسی[2] نامیده شده و یک نوع از آنها نمی‌تواند باز شود که بدون قابلیت دسترسی[3] نامیده می‌شود.

#### ۱-۱-۷-۱- خانه قابل دسترسی کنترل شده با اینترلاک[4]

خانه‌هایی که شامل اجزای ولتاژ بالا هستند و برای عملکرد معمولی و یا نگهداری معمولی مطابق دستورالعمل سازنده می‌توانند باز شوند. امکان دسترسی به این نوع خانه‌ها با توجه به طراحی دو بخش تجهیزات کلیدزنی و تجهیزات کنترل، میسر خواهد بود.

**توجه:**

نصب، گسترش، تعمیر و ... به عنوان نگهداری معمولی در نظر گرفته نشده‌اند.

#### ۱-۱-۷-۲- خانه قابل دسترسی مبتنی بر روند[5]

خانه‌هایی که شامل اجزای ولتاژ بالا هستند و برای عملکرد معمولی و یا نگهداری معمولی مطابق دستورالعمل سازنده می‌توانند باز شوند. امکان دسترسی به این نوع خانه‌ها، به وسیله روندی ترکیب شده با لاکینگ، کنترل می‌شود.

**توجه:**

نصب، گسترش، تعمیر و ... به عنوان نگهداری معمولی در نظر گرفته نشده‌اند.

#### ۱-۱-۷-۳- خانه با دسترسی مبتنی بر ابزار[6]

خانه‌هایی که شامل اجزای ولتاژ بالا هستند و ممکن است باز شوند (اما نه برای عملکرد و نگهداری معمولی). این خانه‌ها، برای باز شدن به رویه و ابزار خاصی نیازمند است.

#### ۱-۱-۷-٤- خانه بدون قابلیت دسترسی

خانه‌هایی که شامل اجزای ولتاژ بالا هستند و نبایستی باز شوند. باز کردن ممکن است بی‌نقصی خانه را از بین ببرد.

---

1. Enclosure
2 . Accessible compartment
3 . Non-accessible compartment
4 . Interlock- controlled accessible compartment
5 . Procedure- base accessible compartment
6 . Tool- base accessible compartment

### ۱-۱-۸- دیواره

بخشی از محفظه فلزی که یک خانه را از سایر خانه‌ها جدا می‌سازد.

### ۱-۹- کلاس دیواره[1]

کلاس به جهت این تعریف شده است که آیا از مواد فلزی یا غیر فلزی برای جدا کردن قسمت‌های برقدار استفاده شده است یا خیر؟

#### ۱-۹-۱- کلاس PM

تابلوهای متال‌کلدی که از دیواره‌ها و یا حائل‌های (اگر استفاده شده باشد) فلزی پیوسته قابل زمین شدن تشکیل شده‌اند. این دیواره‌ها بین خانه‌های در دسترس باز شده و قسمت‌های برقدار مدار اصلی قرار می‌گیرند.

#### ۱-۹-۲- کلاس PI

تابلوهای متال‌کلد دارای یک یا چندین دیواره یا حائل غیرفلزی که بین خانه‌های در دسترس باز شده و قسمت‌های برقدار مدار اصلی قرار می‌گیرند.

### ۱-۱-۱۰- حائل[2]

بخشی از تابلوی با پوشش فلزی که می‌تواند از موقعیتی به موقعیت دیگر تغییر وضعیت بدهد. در موقعیت اول در وضعیتی قرار می‌گیرد که به کنتاکتهای یک بخش جدا شونده اجازه می‌دهد کنتاکتهای ثابت را در برگیرند و در موقعیت دیگر به صورت بخشی از محفظه یا دیواره محافظ کنتاکتهای ثابت در می‌آید.

### ۱-۱-۱۱- جدائی (بین هادی‌ها)[3]

آرایشی از هادی‌ها و فلز زمین شده‌ای که بین آنها قرار گرفته است به نحوی که تخلیه‌های مخرب تنها می‌تواند به زمین رخ دهد.

### ۱-۱-۱۲- بوشینگ[4]

سازه‌ای که یک یا چند هادی را از محفظه عبور داده و آنها را از محفظه عایق می‌کند.

---

1 .Partition class
2. Shutter
3 . Segregation of conductors
4 .Bushing

### ۱-۱-۱۳- مدار اصلی [1]

کلیه بخشهای هادی تابلوی با پوشش فلزی که تشکیل یک مدار را می‌دهند و جهت انتقال انرژی الکتریکی در نظر گرفته شده‌اند.

### ۱-۱-۱٤- مدار زمین [2]

اتصال هر وسیله زمین (یا نقاطی که برای این منظور تعبیه شده‌اند) به ترمینالی که برای اتصال به سیستم زمین در زمان نصب در نظر گرفته شده است.

### ۱-۱-۱۵- مدار فرعی [3]

کلیه بخشهای هادی تابلوی با پوشش فلزی که تشکیل یک مدار را می‌دهند (به غیر از مدار اصلی) و جهت کنترل، اندازه‌گیری، ارسال و دریافت سیگنال و تنظیم‌کردن در نظر گرفته شده‌اند.

**توجه:**

مدارات فرعی تابلوی متال‌کلد، مدارات کنترل و فرعی وسیله کلیدزنی (کلید) را نیز شامل می‌شود.

### ۱-۱-۱٦- بخش جدا شونده [4]

بخشی از تجهیزات کلیدزنی و کنترل که حتی اگر مدار اصلی برقدار باشد می‌تواند از تابلو جدا شده و جایگزین شود.

### ۱-۱-۱۷- بخش کشوئی [5]

بخشی جدا شونده از تجهیزات کلیدزنی و کنترل که می‌تواند در موقعیتی قرارگیرد که در آن موقعیت، در حالیکه که از لحاظ مکانیکی با محفظه اتصال دارد، فاصله‌ای عایقی یا جداکنندگی بین کنتاکتهای باز را فراهم آورد.

### ۱-۱-۱۸- وضعیت زمین شده [6]

وضعیتی از یک بخش جداشونده یا حالتی از یک سکسیونر که در آن بسته شدن یک وسیله کلیدزنی مکانیکی باعث اتصال کوتاه شدن مدار اصلی و زمین شدن آن می‌گردد.

---

1. Main circuit
2 . Earthing circuit
3. Auxiliary circuit
4 . Removable part
5.Withdrawable Part
6. Earthing Position

### ۱-۱-۱۹- وضعیت سرویس دهی[1]

وضعیتی که یک بخش جداشونده، جهت انجام عملکرد مشخص خود در حالت وصل کامل باشد.

### ۱-۱-۲۰- وضعیت آزمون[2]

وضعیتی از یک بخش کشوئی که در آن یک فاصله عایقی یا جدا کنندگی در مدار اصلی ایجاد می‌گردد. در این شرایط مدارات کنترلی متصل هستند.

### ۱-۱-۲۱- وضعیت قطع[3]

وضعیتی از یک بخش کشوئی که در آن فاصله عایقی یا جداکنندگی در مدارات بخش کشوئی به‌گونه‌ای ایجاد می‌شود که آن بخش بطور مکانیکی در اتصال با محفظه باقی می‌ماند.

### ۱-۱-۲۲- وضعیت جدا شده[4]

وضعیتی از یک بخش جدا شونده که خارج از تابلو قرار گرفته و از لحاظ الکتریکی و مکانیکی از محفظه جدا شده است.

### ۱-۱-۲۳- دسته‌بندی فقدان پیوستگی عملکرد[5] (LSC)

این دسته‌بندی امکان برقدار نگهداشتن خانه‌ها و یا واحدهای عملیاتی دیگر را زمانی که یک خانه از مدار اصلی، اتصال باز می‌شود را تعریف می‌کند.

**توجه:**

- دسته‌بندی LSC قابلیت اطمینان تابلو را توصیف نمی‌کند.
- دسته‌بندی LSC محدوده‌ای از تابلو را توصیف می‌کند که در هنگام لزوم دسترسی به خانه مدار اصلی، در حالت عملکرد باقی می‌مانند.

#### ۱-۱-۲۳-۱- دسته‌بندی LSC2

تابلوهایی که به جز خانه شینه مربوط به تابلوهای تک‌شینه‌ای، دارای خانه‌های قابل دسترسی هستند.

در تابلوهای متال‌کلد، هر گاه خانه‌ای قابل دسترسی در یک واحد عملیاتی باز شود، تمامی واحدهای عملیاتی دیگر در حالت برقدار و عملکرد معمولی باقی خواهند ماند. تنها استثناء در مورد خانه شینه تابلوهای تک شینه‌ای می‌باشد که در آن هنگام باز شدن پیوستگی عملکرد از بین می‌رود.

---

1. Service Position
2. Test Position
3. Disconnected Position
4. Removed Position
5. Loss of service continuity category

دو زیر دسته‌بندی نیز وجود دارد:

LSC2B: تابلوهایی با دسته‌بندی LSC2 که در آن خانه کابل نیز برقدار باقی می‌ماند زمانی که هر خانه دیگری با قابلیت دسترسی از واحد عملیاتی متناظر باز شود.

LSC2A: تابلوهایی از دسته‌بندی LSC2 غیر از LSC2B می‌باشد.

### ۱-۱-۲۳-۲- دسته‌بندی LSC1

تابلوهایی به جز تابلوهای با دسته‌بندی LSC2 می‌باشد.

### ۱-۱-۲٤- تابلوی دسته‌بندی شده براساس قوس داخلی[1] (IAC)

تابلوهایی که در آنها مشخصه تعیین شده‌ای برای حفاظت اشخاص در زمان وقوع قوس داخلی (این امر به وسیله آزمون‌های مناسبی به اثبات می‌رسد) تدارک دیده شده است.

### ۱-۱-۲۵- درجه حفاظت[2]

درجه حفاظت فراهم شده توسط محفظه جهت محافظت اشخاص در برابر تماس یا دسترسی به بخشهای برقدار و در برابر تماس با بخشهای متحرک درون محفظه و همچنین محافظت تجهیزات در برابر ورود اشیاء جامد یا نفوذ آب.

### ۱-۱-۲٦- دمای محیط[3]

دمای هوای احاطه کننده تابلوی متال‌کلد است که تحت شرایط معینی تعیین می‌شود.

### ۱-۱-۲۷- تخلیه مخرب[4]

پدیده‌ای که منجر به تخریب عایق تحت تنش الکتریکی می‌شود. در این حالت، عایق تحت آزمون به طور کامل اتصال کوتاه می‌شود و ولتاژ بین الکترودها را به صفر یا نزدیک صفر کاهش می‌دهد.

**توجه:**

این واژه به تخلیه‌هایی که در عایق‌های جامد، مایع، گاز و ترکیب آنها رخ می‌دهد، اطلاق می‌شود.

تخلیه مخرب در عایق‌های جامد غیر خود ترمیم شونده[5] باعث نقصان دائمی استقامت عایقی می‌گردد و در عایق‌های مایع یا گازی خود ترمیم‌شونده[6] این نقصان می‌تواند به صورت موقتی باشد.

1 . Internal arc classified
2. Degree of Protection
3 . Ambient air temperature
4 . Disruptive discharge
5 . None - self- restoring
6 . Self- restoring

عبارت جرقه[1] زمانی استفاده می‌شود که تخلیه مخرب در عایق گازی یا مایع اتفاق بیافتد. عبارت قوس الکتریکی[2] هنگامی استفاده می‌شود که تخلیه مخرب در طول سطح عایق جامد و در یک محیط گازی یا مایع رخ دهد. عبارت سوراخ شدن[3] زمانی استفاده می‌شود که تخلیه مخرب در میان عایق جامد اتفاق بیافتد.

### ۱-۱-۲۸- ولتاژ نامی

ولتاژ نامی تابلو طوری انتخاب می‌شود که با حداکثر مقدار موثر ولتاژ سیستم در نقطه نصب تابلو مساوی یا از آن بزرگتر باشد.

### ۱-۱-۲۹- جریان نامی

مقدار مؤثر جریانی است که تجهیزات کلیدزنی باید قادر به عبور پیوسته آن تحت شرایط مشخص‌شده‌ای باشند. برخی از مدارهای اصلی تجهیزات کلیدزنی (مانند شینه‌ها، فیدرها و غیره) ممکن است مقادیر یکسانی از جریان نامی را دارا نباشند.

### ۱-۱-۳۰- جریان تحمل کوتاه‌مدت نامی

مقدار مؤثر جریانی که تجهیز در طول مدت زمان کوتاه مشخص، بصورت جریان اضافی یا اتصال کوتاه از خود عبور دهد.

### ۱-۱-۳۱- جریان تحمل پیک نامی

جریان پیک مربوط به اولین سیکل جریان تحمل کوتاه‌مدت نامی که تجهیز در شرایط نامی می‌تواند از خود عبور دهد.

### ۱-۱-۳۲- مدت زمان اتصال کوتاه نامی

مدت زمانی که تجهیز می‌تواند جریانی معادل با جریان تحمل کوتاه‌مدت نامی را از خود عبور دهد.

## ۱-۲- معرفی و شناخت

براساس استاندارد IEC شماره ۶۲۲۷۱-۲۰۰ دسته‌بندی تابلوهای با پوشش فلزی[4] به صورت جدول زیر می‌باشند.

1 . Spark
2 . Flashover
3 . Puncture
4 . Metal- enclosed

**جدول ۱-۱: دسته‌بندی مربوط به ایمنی کارکنان در هنگام قوس داخلی**

| انواع خانه‌ها با توجه به قابلیت دسترسی | | ویژگی |
|---|---|---|
| خانه قابل دسترسی اپراتور[1] | خانه قابل دسترسی مبتنی بر اینترلاک[2] برای عملکرد معمولی و نگهداری باز خواهد شد. | نیازی به ابزار برای باز کردن نیست- اینترلاک تنها زمانی اجازه دسترسی خواهد داد که قسمت‌های HV بی‌برق یا زمین شده باشند. |
| | خانه قابل دسترسی مبتنی بر روند[3] برای عملکرد معموی و نگهداری باز خواهد شد. | نیازی به ابزار برای باز کردن نیست- شرط برای لاک کردن باید با رویه متصدی ترکیب شود و تنها زمانی اجازه دسترسی خواهد داد که قسمت‌های HV بی‌برق یا زمین شده باشند. |
| خانه قابل دسترسی ویژه[4] | خانه قابل دسترسی مبتنی بر ابزار[5] برای اپراتور باز کردن امکان‌پذیر است، اما نه برای عملکرد معمولی و نگهداری. | ابزار برای باز کردن نیاز است. شرط خاصی برای رویه دسترسی وجود ندارد.<br>رویه‌های خاصی ممکن است برای ادامه دادن عملکرد نیاز باشد. |
| خانه بدون قابلیت دسترسی[6] | امکانی برای باز کردن برای اپراتور وجود ندارد. | بازکردن باعث تخریب خانه می‌شود. |

| دسته‌بندی با توجه به فقدان پیوستگی عملکرد زمانی‌که خانه‌های در دسترس باز هستند | | ویژگی |
|---|---|---|
| LSC1 | | واحدهای عملیاتی دیگر یا تعدادی از آنها می‌توانند قطع شوند. |
| LSC2 | LSC2A | واحدهای عملیاتی دیگر می‌توانند برقدار شوند. |
| | LSC2B | واحدهای عملیاتی دیگر و تمامی خانه‌های کابل می‌توانند برقدار شوند |

| طبقه‌بندی با توجه به نوع مانع بین قسمت‌های برقدار و خانه در دسترس باز شده | ویژگی |
|---|---|
| PM | وجود حائل‌ها و دیواره‌های فلزی بین قسمت‌های برقدار و خانه باز |
| PI | عدم پیوستگی پوشیده شده با عایق در دیواره/ وجود حائل‌های غیرفلزی بین قسمت‌های برقدار و خانه باز |

| طبقه‌بندی با توجه به خطرات مکانیکی، الکتریکی و آتش‌سوزی در هنگام قوس داخلی حین عملکرد معمولی | ویژگی |
|---|---|
| IAC | هیچ قسمتی به خارج پرتاب نمی‌شود، اشتعالی روی پوشش رخ نمی‌دهد و محفظه زمین شده باقی می‌ماند. |

تابلوهای متال‌کلد زیر مجموعه‌ای از تابلوهای با پوشش فلزی می‌باشند. این تابلوها براساس استاندارد IEEE شماره C37-20-2 لزوماً دارای مشخصه‌های زیر می‌باشند:

۱) وسیله اصلی کلیدزنی و قطع در این تابلوها از نوع جدا شونده[7] (کشویی)[8] است که همراه با مکانیزمی جهت تغییر وضعیت فیزیکی آن بین موقعیتهای اتصال یافته و جدا شده، در داخل تابلو قرار داده می‌شود. وسیله کلیدزنی به تجهیزات قطع کننده و

1 . Operator- accessible compartment
2 . Interlocked- base accessible compartment
3 . Procedure- base accessible compartment
4 . Special accessible compartment
5 . Tool- base accessible compartment
6 . Non- accessible compartment
7 .Removable
8 . Draw out

اتصالات قابل قطع مجهز می‌باشد. این وسایل قطع کننده به طور خودکار در جای خود قرار گرفته[1] و اتصالات بین آنها برقرار می‌گردد.

۲) بخشهای اصلی مدار اولیه که شامل وسایل کلیدزنی یا قطع مدار، شینه‌ها، ترانسفورماتورهای ولتاژ و ترانسفورماتورهای مربوط به تغذیه مدار کنترل می‌باشند، با ورقه‌های فلزی زمین شده پوشانیده می‌شوند به طوری که هیچ شکافی بین خانه‌ها وجود نداشته باشد. بویژه یک ورقه فلزی در جلو یا بخشی از وسیله قطع مدار در نظر گرفته می‌شود تا اطمینان حاصل شود که زمانی که این وسیله در موقعیت اتصال یافته قرار دارد، هیچ جزئی از مدار اولیه با باز کردن در، بدون حفاظ نمی‌گردد.

۳) کلیه بخشهای برقدار با خانه‌های فلزی زمین شده پوشانیده می‌شوند.

۴) هنگامی که المان جدا شونده در وضعیت قطع، آزمون یا جدا شده قرار گیرد، حائل‌هایی بصورت اتوماتیک المانهای مدار اولیه را در بر می‌گیرند.

۵) شینه‌ها و اتصالات با مواد عایقی پوشانده می‌شوند.

۶) اینترلاکهای مکانیکی برای ترتیب عملکرد مناسب تحت شرایط عادی کلیدزنی فراهم می‌گردد.

۷) وسایل اندازه‌گیری، رله‌ها، کنترل ثانویه و سیم‌کشی آنها بوسیله حصارهای فلزی زمین شده از کلیه اجزا مدار اولیه ایزوله می‌شوند (به جز مسیرهای کوتاه سیم‌کشی، مانند آنچه در ترمینال‌های تراسنفورماتور جریان وجود دارد).

۸) دری که از طریق آن وسایل قطع مدار درون محفظه قرار می‌گیرد را می‌توان مانند تابلوی اندازه‌گیری یا رله در نظر گرفت و همچنین می‌توان دسترسی به خانه ثانویه یا کنترل درون محفظه را فراهم کرد.

۹) ممکن است بخشهای عمودی فرعی برای نصب وسایل یا عبور شینه مورد نیاز باشد.

تابلوهای متال‌کلد در سطوح ولتاژ بین ۴/۷ کیلوولت تا ۳۶ کیلوولت ساخته می‌شوند. این تابلوها در سطح ولتاژ ۲۰ و ۳۳ کیلوولت بیشترین مورد کاربرد را دارند. عموماً عایق رایج مورد استفاده هوا با فشار اتمسفر می‌باشد.

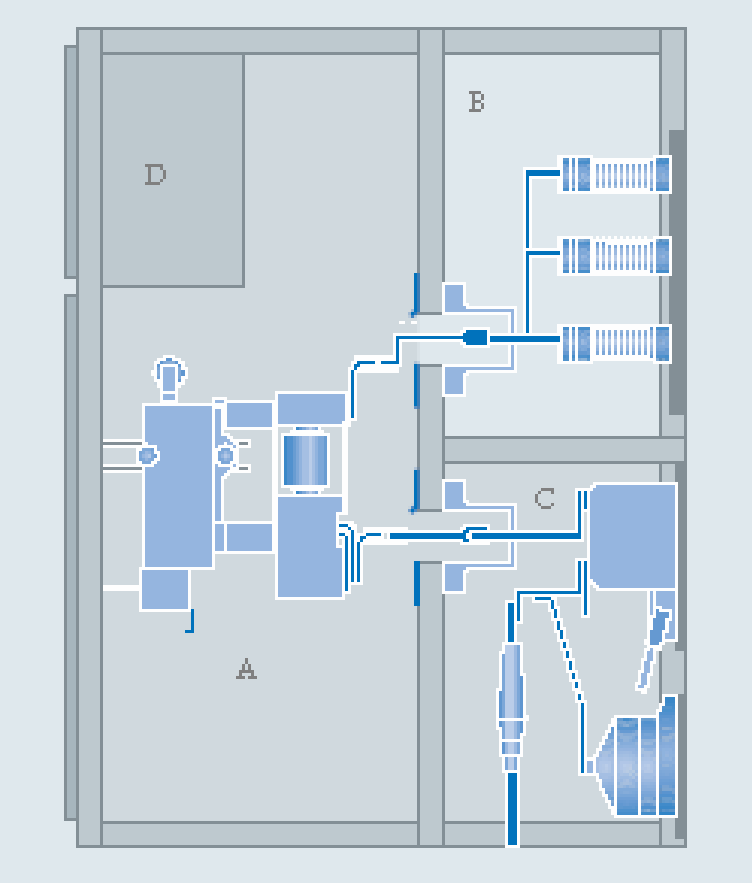
در تابلوهای متال‌کلد معمولاً خانه‌ها در چهار قسمت مجزا آرایش می‌یابند:

- خانه شینه
- خانه کلید قدرت
- خانه مربوط به ترمینال‌های کابل
- خانه فشارضعیف

که بین هر خانه دیواره‌های فلزی زمین شده قرار دارد.

کلیه رله‌های حفاظتی، وسایل مانیتورینگ و کنترل می‌تواند در خانه فلزی فشار ضعیف مستقلی و در بالای محفظه فشارقوی قرار گیرند. شکل ۱-۱ نمونه‌ای از نحوه آرایش تابلوهای متال‌کلد را نشان می‌دهد.

1 . Self aligning



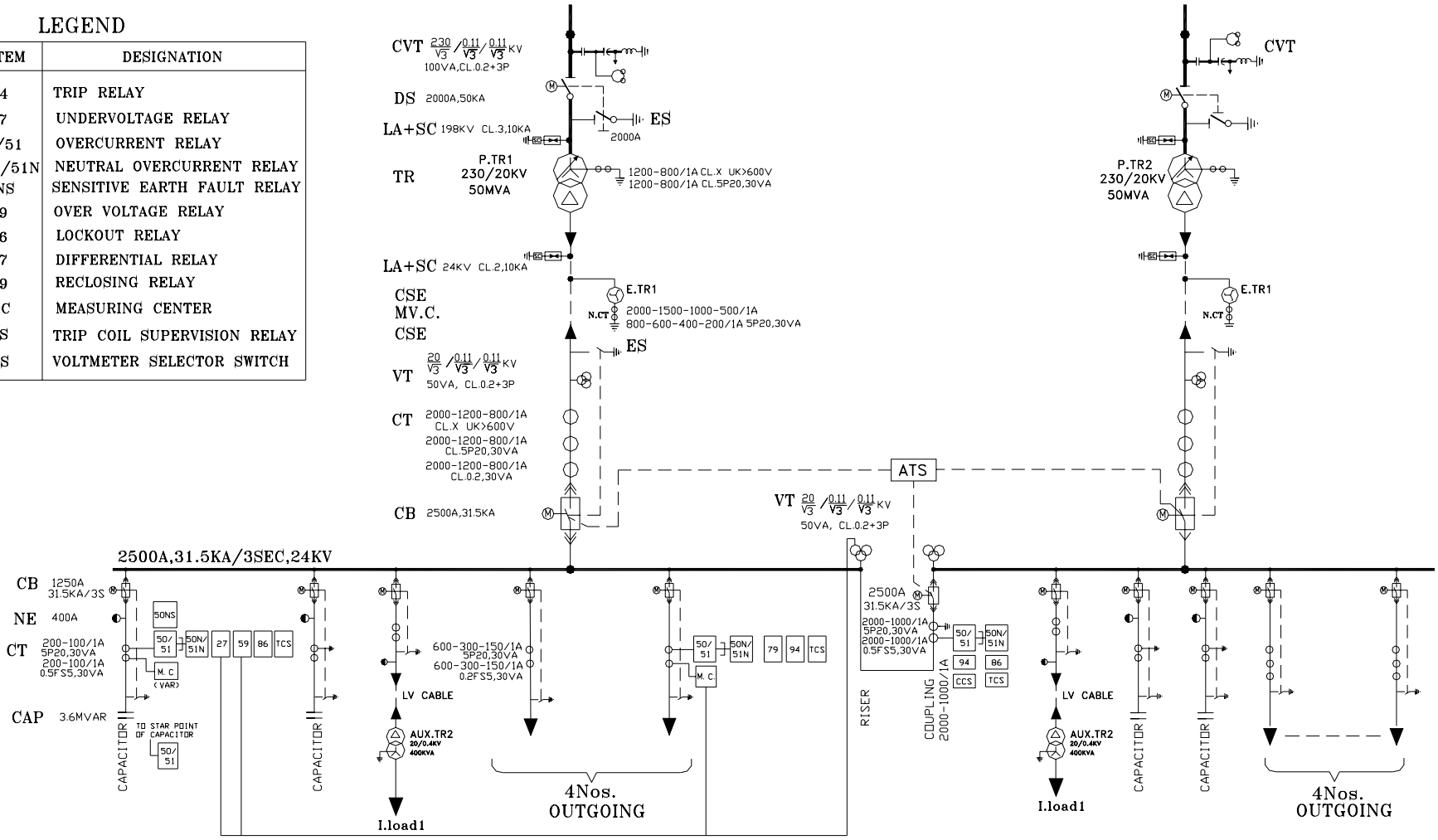

A: خانه مربوط به تجهیزات اصلی کلیدزنی
B: خانه مربوط به شینه
C: خانه مربوط به ترمینال‌های کابل
D: خانه مربوط به تجهیزات فشار ضعیف

**شکل ۱-۱: نمونه‌ای از نحوه آرایش تابلوهای متال‌کلد**

شکل ۱-۲ نیز دیاگرام تک‌خطی یک سوئیچگیر ۲۰ کیلوولت نمونه را نشان می‌دهد.

LEGEND

| ITEM | DESIGNATION |
|---|---|
| 94 | TRIP RELAY |
| 27 | UNDERVOLTAGE RELAY |
| 50/51 | OVERCURRENT RELAY |
| 50N/51N | NEUTRAL OVERCURRENT RELAY |
| 50NS | SENSITIVE EARTH FAULT RELAY |
| 59 | OVER VOLTAGE RELAY |
| 86 | LOCKOUT RELAY |
| 87 | DIFFERENTIAL RELAY |
| 79 | RECLOSING RELAY |
| M.C | MEASURING CENTER |
| TCS | TRIP COIL SUPERVISION RELAY |
| VS | VOLTMETER SELECTOR SWITCH |




**شکل ۱-۲: دیاگرام تک خطی یک سوئیچگیر ۲۰ کیلوولت نمونه**

# فصل ۲

## انتخاب و طراحی تابلوهای متال‌کلد

## مقدمه

انتخاب و طراحی یک تابلوی متال کلد مستلزم دردست داشتن اطلاعاتی نظیر شرایط اقلیمی، مشخصات سیستم و پارامترهای الکتریکی از جمله جریان نامی، سطوح عایقی، جریان اتصال کوتاه و ... می‌باشد. در این فصل چگونگی انتخاب مشخصات یک تابلوی متال کلد ارائه می‌گردد.

## ۲-۱- مشخصات سیستم

### ۲-۱-۱- ولتاژ نامی سیستم

برابر با ولتاژ سیستمی است که تابلوی متال کلد در آن نصب می‌گردد. با توجه به نصب این تابلوها در سمت فشار متوسط پست‌های فوق‌توزیع این مقدار برابر با ۲۰ یا ۳۳ کیلوولت خواهد بود.

### ۲-۱-۲- حداکثر ولتاژ سیستم

با توجه به ولتاژ نامی، حداکثر ولتاژ سیستم برابر با ۲۴ و یا ۳۶ کیلوولت می‌باشد.

### ۲-۱-۳- فرکانس نامی سیستم

فرکانس نامی سیستم برابر با فرکانس شبکه سراسری ایران یعنی ۵۰ هرتز است.

### ۲-۱-٤- جریان نامی اتصال کوتاه سیستم

جریان نامی اتصال کوتاه سیستم با توجه به موقعیت پست محاسبه می‌گردد. در سوئیچگرهای ۲۰ یا ۳۳ کیلوولت پست‌های فوق‌توزیع این جریان عموماً می‌تواند ۱۶، ۲۰ و ۲۵ کیلوآمپر انتخاب شود و در موارد خاص ۳۱/۵ کیلو آمپر نیز می‌تواند اختیار گردد.

### ۲-۱-۵- نحوه زمین‌شدن نقطه نوترال سیستم

نقطه نوترال سیستم بطور غیرمؤثر یا موثر زمین می‌گردد.

## ۲-۲- تابلوی متال‌کلد

### ۲-۲-۱- ولتاژ نامی

ولتاژ استاندارد برای تابلوهای متال‌کلد برابر با حداکثر ولتاژ سیستم یعنی ۲۴ و یا ۳۶ کیلوولت می‌باشد.

### ۲-۲-۲- فرکانس نامی

باتوجه به شبکه داخلی کشور، فرکانس ۵۰ هرتز انتخاب می‌گردد.

### ۲-۲-۳- جریان نامی

جریان نامی فیدرهای خروجی باتوجه به بار مربوطه تعیین می‌گردد. جریان فیدرهای ورودی نیز با توجه به ظرفیت‌های ترانسفورماتورهای نصب شده در پست تعیین و از بین مقادیر استاندارد مربوطه انتخاب می‌گردد.

این جریان باید از سری R10 که در استاندارد IEC شمارهٔ ۶۰۰۵۹ مشخص شده است انتخاب گردد. سری R10 عبارت است از:

۱، ۱/۲۵، ۱/۶، ۲، ۲/۵، ۳/۱۵، ۴، ۵، ۶/۳، ۸

و مضارب $10^n$ آنها.

از بین مقادیر فوق مقادیر زیر ارجحیت دارد (مقادیر بر حسب آمپر هستند):

۴۰۰، ۵۰۰، ۶۳۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۶۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰، ۳۱۵۰

### ۲-۲-٤- جریان تحمل کوتاه‌مدت نامی

جریان تحمل کوتاه‌مدت نامی تابلو با محاسبه بزرگترین جریان اتصال کوتاه در سمت فشار متوسط پست‌های فوق‌توزیع بدست می‌آید. بطور معمول این جریان برای تابلوهای متال‌کلد ۲۰ و ۳۳ کیلوولت از بین مقادیر ۱۶، ۲۰ و ۲۵ و ۳۱/۵کیلوآمپر انتخاب می‌گردد.

### ۲-۲-۵- جریان تحمل پیک نامی

این جریان معادل ۲/۵ برابر جریان تحمل کوتاه‌مدت نامی انتخاب می‌شود.

### ۲-۲-٦- مدت زمان اتصال کوتاه نامی

مقدار استاندارد مدت زمان اتصال کوتاه نامی یک یا سه ثانیه است.

### ۲-۲-۷- سطح عایقی نامی

مقدار نامی سطح عایقی تابلوی متال کلد باید از مقادیر مندرج در جدول ۲-۱ انتخاب شود.

در این جدول $U_p$ ولتاژ نامی تحمل موج ضربه صاعقه و $U_d$ مقدار نامی تحمل ولتاژ با فرکانس شبکه می‌باشد.

**جدول ۲-۱: مقادیر نامی سطوح عایقی**

| ولتاژ نامی ($U_r$) kV (rms) | ولتاژ تحمل موج ضربه صاعقه ($U_p$) kV (peak) | | تحمل ولتاژ با فرکانس شبکه ($U_d$) kV(rms) | |
|---|---|---|---|---|
| | مقادیرمتداول | روی فاصله عایقی[1] | مقادیر متداول | روی فاصله عایقی |
| ۲۰ | ۹۵ | ۱۱۰ | ۵۰ | ۶۰ |
| | ۱۲۵ | ۱۴۵ | | |
| ۳۳ | ۱۴۵ | ۱۶۵ | ۷۰ | ۸۰ |
| | ۱۷۰ | ۱۹۵ | | |

1 . Across the isolating distance

### ۲-۲-۸- درجه حفاظت

#### ۲-۲-۸-۱- حفاظت در برابر تماس افراد با بخشهای برقدار و بخشهای متحرک

درجه حفاظت برای تابلوهای متال‌کلد باید بصورت جداگانه برای محفظه هر بخش از تابلو تعیین گردد. درجه حفاظت در برابر تماس افراد با بخش‌های برقدار مدارات فرعی و هریک از بخشهای متحرک (غیر از محورهای گردان و اتصالات متحرک) باید مطابق با جدول زیر مشخص گردد. به طورکلی درجه حفاظت مناسب برای تابلوهای متال کلد، IP4X می‌باشد.

**جدول ۲-۲: درجات حفاظت تابلو**

| درجه حفاظت | حفاظت در برابر تماس با بخشهای برقدار و بخشهای متحرک |
|---|---|
| IP2X | حفاظت در برابر ورود انگشت یا وسیله‌ای شبیه آن با قطر بزرگتر از ۱۲ میلیمتر |
| IP3X | حفاظت در برابر ورود سیمی که قطر یا ضخامت آن بزرگتر از ۲/۵ میلیمتر باشد |
| IP4X | حفاظت در برابر ورود سیمی که قطر یا ضخامت آن بزرگتر از ۱ میلیمتر باشد |

#### ۲-۲-۸-۲- حفاظت از تجهیزات در برابر عوامل خارجی

- حفاظت در برابر ورود اجسام جامد مطابق با بند ۲-۲-۸-۱ می‌باشد.
- حفاظت در برابر شرایط جوی : تجهیزاتی که باید درخارج ساختمان نصب گردند و امکانات حفاظت آنها فراهم گردیده است، مطابق استاندارد IEC شماره ۶۰۵۲۹ بعد از حرف IP بلافاصله حرف W قرار می‌گیرد.
- حفاظت در برابر نفوذ آب: برای تابلوهای نصب شده در داخل ساختمان لازم نیست.

#### ۲-۲-۸-۳- حفاظت در برابر آسیب مکانیکی

اگر محفظه تابلو در شرایطی نصب شود که تحت اثرات مکانیکی یا مشابه آن قرار می‌گیرد باید با سازنده مشورت شود.

#### ۲-۲-۸-٤- خطای داخلی[1]

خطای داخل محفظه تابلو ناشی از نقص یا شرایط سرویس‌دهی خاص یا بهره‌برداری نادرست، ممکن است باعث بروز جرقه در داخل محفظه گردد. احتمال بسیار کمی وجود دارد که چنین اتفاقی در مورد ساختاری از تابلو که نیازهای استاندارد را برآورده می‌سازد رخ دهد، اما به هرحال نمی‌توان از آن صرفنظر کرد چراکه حتی اگر احتمال چنین اتفاقی بسیار کم باشد، در صورتی که شخص یا اشخاصی در هنگام بروز چنین واقعه‌ای در محل تابلو باشند، ممکن است برای آنها ایجاد خطر جانی نماید.

هدف این است که بالاترین درجه حفاظت ممکن برای اشخاص فراهم گردد. اهتمام اصلی باید بر جلوگیری از بروز جرقه و یا محدود کردن مدت زمان و دفعات تکرار وقوع آن متمرکز گردد. همچنین آزمون‌های مربوطه طبق آخرین استاندارد IEC شماره ۶۲۲۷۱-۲۰۰ باید انجام گیرد.

1 . Internal arc

### ۲-۲-۹- ولتاژهای کمکی

ولتاژ dc جهت موتورکلید قدرت و مدارهای کنترل برابر با ۱۱۰ یا ۱۲۵ ولت و ولتاژ ac جهت روشنایی و گرمایش برابر با ۲۳۰ ولت می‌باشد.

### ۲-۲-۱۰- ضخامت ورقه بدنه

ضخامت استاندارد ورقه بدنه تابلوها حداقل ۲/۵ میلی‌متر می‌باشد.

## ۲-۳- کلید قدرت

### ۲-۳-۱- نوع کلید قدرت

کلیدهای قدرت مورد استفاده در تابلوهای متال‌کلد از نوع خلاء یا $SF_6$ بوده و بصورت کشویی می‌باشند.

### ۲-۳-۲- ولتاژ نامی

ولتاژ نامی کلید قدرت با توجه به ولتاژ نامی تابلو برابر با ۲۴ و یا ۳۶کیلوولت انتخاب می‌گردد.

### ۲-۳-۳- سطوح عایقی نامی

سطوح عایقی نامی کلید قدرت مشابه سطوح عایقی نامی تابلو انتخاب می‌گردد.

### ۲-۳-٤- فرکانس نامی

فرکانس نامی کلید قدرت برابر با فرکانس شبکه یعنی ۵۰ هرتز می‌باشد.

### ۲-۳-۵- جریان نامی

جریان نامی کلید قدرت با توجه به مجموع بارها، درنظرگرفتن فیدرهای ذخیره و ضریب همزمانی بار محاسبه می‌گردد. این جریان نیز باید از سری R10 مندرج دراستاندارد IEC شماره ۶۰۰۵۹ انتخاب گردد. مقادیر ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۳۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۶۰۰، ۲۰۰۰ و ۲۵۰۰ آمپر جهت کلیدهای قدرت مورد استفاده در تابلوهای متال کلد ۲۰ و ۳۳کیلوولت پیشنهاد می‌گردد.

### ۲-۳-٦- جریان اتصال کوتاه قطع و وصل نامی

جریان اتصال کوتاه قطع نامی با محاسبه بیشترین مقدار اتصال کوتاه در سمت فشار متوسط پست‌های فوق‌توزیع بدست می‌آید. در پستهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت مقادیر ۳۱/۵ کیلوآمپر جهت جریان اتصال کوتاه قطع نامی و مقدار ۲/۵ برابر این جریان یعنی ۸۰ کیلوآمپر پیک جهت جریان اتصال کوتاه وصل نامی پیشنهاد می‌شود.

## ۲-٤- ترانسفورماتور جریان

### ۲-٤-۱- نوع

ترانسفورماتورهای جریان مورد استفاده در تابلوهای متال کلد، از نوع خشک با رزین اپوکسی انتخاب می‌گردند.

### ۲-٤-۲- جریان اولیه نامی

جریان اولیه نامی ترانسفورماتورهای جریان، باتوجه به جریان نامی محل نصب آنها انتخاب می‌گردد.

### ۲-٤-۳- جریان ثانویه نامی

جریان ثانویه نامی برابر با ۱ یا ۵ آمپر انتخاب می‌گردد.

### ۲-٤-٤- جریان دائم حرارتی نامی

جریان نامی دائم حرارتی نامی بعنوان درصدی از جریان اولیه نامی بیان می‌گردد که معمولاً عبارت است از ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ درصد جریان اولیه نامی.

### ۲-٤-۵- تعداد هسته‌های ثانویه

تعداد هسته‌های ثانویه با توجه به کاربردهای اندازه‌گیری و حفاظت انتخاب می‌گردد.

### ۲-٤-٦- کلاس دقت

کلاس دقت برای ترانسفورماتورهای جریان اندازه‌گیری از بین مقادیر زیر انتخاب می‌گردد.

۰/۵ S و ۰/۲S، ۵، ۳، ۱، ۰/۵، ۰/۲، ۰/۱

### ۲-٤-۷- توان خروجی

مقدار توان مشخصی (برحسب ولت آمپر و در یک ضریب قدرت مشخص) که ترانسفورماتور جریان در جریان ثانویه نامی و با بردن[1] نامی متصل به آن ارائه می دهد. مقادیر استاندارد خروجی نامی ترانسفورماتورهای جریان به شرح زیر است:

۳۰و ۱۵، ۱۰، ۵، ۲/۵

## ۲-۵- ترانسفورماتور ولتاژ

### ۲-۵-۱- نوع

ترانسفورماتورهای ولتاژ بکاررفته در تابلوهای متال‌کلد از نوع خشک با رزین اپوکسی انتخاب می‌گردند.

1 . Burden

### ۲-۵-۲- ولتاژ اولیه نامی

ولتاژ نامی اولیه برابر با ولتاژ نامی سیستم یعنی $۲۰/\sqrt{۳}$ یا $۳۳/\sqrt{۳}$ کیلوولت بر فاز می‌باشد.

### ۲-۵-۳- ولتاژ ثانویه نامی

ولتاژ نامی ثانویه ترانسفورماتورهای ولتاژ جهت کاربرد در تابلوهای متال‌کلد برابر با $۱۰۰/\sqrt{۳}$ یا $۱۱۰/\sqrt{۳}$ ولت بر فاز می‌باشد.

### ۲-۵-٤- کلاس دقت

کلاس دقت ترانسفورماتورهای ولتاژ اندازه‌گیری از بین مقادیر زیر انتخاب می‌گردد.

۰/۱ ،۰/۲ ،۰/۵ ،۱ و۳

### ۲-۵-۵- خروجی نامی

انتخاب میزان خروجی نامی ترانسفورماتور ولتاژ با توجه به مجموع بارهای مصرفی متصل به آن (و نیز پیش‌بینی توسعه پست) صورت می‌گیرد.

# فصل ۳

## آزمونهای مربوط به تابلوهای متال‌کلد

**مقدمه**

در این فصل آزمون‌های لازم جهت تابلوهای متال‌کلد ارائه می‌گردد. این آزمونها، شامل آزمونهای نوعی و آزمونهای جاری بوده و براساس استاندارد IEC شماره ۲۰۰-۶۲۲۷۱ می‌باشد.

## ۳-۱- آزمون‌های نوعی

آزمونهای نوعی باید مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ انجام گیرد. علاوه بر آن مطالب زیر نیز باید در نظر گرفته شود.

اجزایی که در تابلوهای متال‌کلد بکار رفته‌اند و دارای مشخصه‌های خاصی هستند که در استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ آورده نشده است، باید با درنظر گرفتن شرایط داده شده در بخشهای بعدی، با مشخصه‌های ارائه شده در آنها مطابقت کرده و مورد آزمون قرار گیرند.

آزمونهای نوعی بر روی یک واحد عملیاتی نمونه انجام می‌گردد. به دلیل تنوع در مقادیر نامی و آرایشها و ترکیبات ممکن، انجام آزمونهای نوعی با کلیه آرایشهای ممکن در تابلوی متال‌کلد امکان‌پذیر نمی‌باشد. عملکرد هر آرایش خاص می‌تواند براساس نتایج آزمون آرایشهای قابل مقایسه، تأیید گردد.

**توجه:**

نمونه مورد آزمون ممکن است برای ساخت یک واحد قابل توسعه بکار رود. به هرحال ممکن است اتصال دو یا سه واحد از این دست به یکدیگر ضروری باشد.

به غیر از آزمونهایی که در این فصل مشخص خواهد شد، می‌توان آزمون‌های دیگری را بر روی تابلوهایی که دارای عایق از جنس مواد آلی هستند انجام داد. این آزمونها باید به توافق بین سازنده و خریدار برسد.

**آزمون‌های نوعی اجباری**

- آزمون‌های تأیید سطوح عایقی تجهیزات.
- آزمون‌های تأیید مقدار افزایش دما در هر بخش از تجهیزات و اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی.
- آزمونهای تأیید ظرفیت مدارهای اصلی و زمین که در معرض عبور جریان‌های تحمل پیک کوتاه‌مدت نامی قرار می‌گیرند.
- آزمون تأیید ظرفیت وصل و قطع وسایل کلیدزنی.
- آزمونهای تأیید عملکرد رضایت‌بخش وسایل کلیدزنی مربوطه و بخشهای جداشونده.
- آزمونهای تأیید حفاظت افراد در مقابل دسترسی به بخشهای پرخطر و حفاظت تجهیزات در برابر اشیاء جامد خارجی.

**آزمون‌های نوعی اجباری (در مواردیکه قابل اجراست)**

- آزمون‌های تأیید حفاظت افراد در برابر اثرات الکتریکی خطرناک
- آزمون‌های لازم جهت تعیین اثرات قوس ناشی از خطای داخلی (برای تابلوهای IAC)
- آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی

## آزمون‌های نوعی اختیاری (براساس توافق بین سازنده و خریدار)

- آزمون‌های تأیید تجهیزات در مقابل اثرات خارجی ناشی از شرایط محیطی
- آزمون‌های تأیید حفاظت تجهیزات در مقابل صدمات مکانیکی
- آزمون‌های ارزیابی عایق تجهیزات با اندازه‌گیری تخلیه‌های جزئی
- آزمون‌های آلودگی مصنوعی
- آزمون‌های عایقی بر مدارهای آزمون کابل

برخی از آزمون‌های نوعی می‌توانند به کیفیت نمونه‌های مورد آزمون جهت استفاده بعدی در سرویس‌دهی آسیب وارد کنند. بنابراین قطعات استفاده شده برای آزمون نوعی نباید بدون توافق بین سازنده و خریدار مورد استفاده قرار گیرد.

آزمون‌های نوعی اجباری به جز آزمون‌های لازم جهت تعیین اثرات قوس ناشی از خطای داخلی و سازگاری الکترومغناطیسی می‌بایستی حداکثر روی چهار قطعه انجام گیرند و بقیه موارد باید مطابق با شرایط ذکر شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ باشد.

### ۳-۱-۱- آزمون عایقی

#### ۳-۱-۱-۱- شرایط محیطی در حین آزمون

شرایط محیطی استاندارد باید مطابق با شرایط ذکرشده در استاندارد IEC شماره۶۰۶۹۴ باشد.

#### ۳-۱-۱-۲- شرایط تابلو در حین آزمون‌های عایقی

شرایط تابلو در حین آزمونهای عایقی باید مطابق با شرایط توصیف‌شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ باشد.

#### ۳-۱-۱-۳- معیارهای قبولی در آزمون

شرایط اشاره شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ با تصحیحات زیر قابل اعمال است:

- آزمونهای مرطوب در این حالت قابل اعمال نخواهد بود.
- تابلو آزمون موج ضربه را با موفقیت پشت سر گذاشته است اگر:
  - تعداد تخلیه‌های جزئی برای هر ۱۵ موج ضربه از ۲ فراتر نرود.
  - هیچگونه تخلیه جزئی روی عایقهای غیر خود ترمیم رخ ندهد.

این شرایط را می‌توان با اعمال حداقل پنج موج ضربه و عدم مشاهده هیچ‌گونه تخلیه جزئی پس از اعمال موج ضربه‌ای که آخرین تخلیه جزئی را ایجاد نموده است اثبات نمود. اگر این موج ضربه یکی از پنج ضربه انتهایی سری ۱۵ تایی باشد، ضربه‌های بیشتری باید اعمال گردد تا تعداد تخلیه‌های جزئی در کل سری‌ها از دو فراتر نرود. این می‌تواند به ماکزیمم ۲۵ موج ضربه در هر سری منتج گردد.

### ۳-۱-۱-٤- اعمال ولتاژهای آزمون و شرایط آزمون

در این مورد استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ قابل اجرا نمی‌باشد. به دلیل تنوع گسترده طراحی‌ها، ارائه شرایطی مشخص برای آزمونها جهت اعمال بر مدار اصلی امکان‌پذیر نیست. به هر حال شرایط زیر باید پوشش داده شود:

### الف) آزمون ولتاژ فاز به زمین و فاز به فاز

هر فاز مدار اصلی باید به ترمینال فشارقوی منبع آزمون اتصال یافته و ولتاژهای آزمون بند ۳-۱-۱-۵ به آن اعمال گردد. سایر هادیهای مدار اصلی و مدارهای فرعی باید به هادی زمین یا بدنه و به ترمینال زمین منبع تغذیه آزمون متصل شوند. این آزمون باید برای هر سه فاز به طور جداگانه انجام گیرد.

اگر هادیهای فاز از هم جدا شده[1] باشند، تنها آزمونهای فاز به زمین انجام می‌شود و انجام آزمونهای فاز به فاز لازم نخواهد بود.

آزمونهای عایقی باید در شرایطی انجام شود که کلیه وسایل کلیدزنی بسته بوده و بخشهای جداشونده در وضعیت سرویس‌دهی خود قرار داشته باشند. باید توجه شود که اگر وسایل کلیدزنی درحالت باز بوده و یا بخشهای جدا شونده این وسایل در وضعیت قطع، جداشده، آزمون یا زمین‌شده قرار داشته باشند، ممکن است منجر به ایجاد شرایط نامطلوب گردد. در چنین شرایطی آزمونها باید تکرار گردند. با این وجود، بخشهای جداشونده تجهیز کلیدزنی نباید در شرایط قطع‌شده، آزمون یا جداشده تحت این آزمونهای ولتاژ قرار گیرند.

برای این آزمون‌ها، تجهیزاتی مانند ترانسفورماتورهای جریان، سر کابل‌ها[2] و هرگونه رله‌های اضافه جریان[3] و یا نشان‌دهنده‌های اضافه جریان[4] ، باید در شرایطی همانند شرایط عادی نصب گردند. اگر در مورد بدترین ترکیب ممکن تردیدی وجود داشت، آزمون‌ها می‌بایستی با آرایش مختلف تکرار شوند.

به منظور بررسی اینکه نیازهای عایقی مربوط به دریچه‌های بازرسی[5] و دیواره‌ها و حائل‌ها در هنگام بهره‌برداری یا تعمیرات برآورده گردد، این قسمتها باید جهت آزمون در بدترین حالت قرار گیرند و سطح قابل دسترس آنها با یک فویل فلزی دایره‌ای یا مربعی شکل که سطح آن تا حد امکان نزدیک به ۱۰۰ سانتیمترمربع باشد پوشانده شود. این فویل باید به زمین متصل شود. در مواقعی که در مورد بدترین شرایط ممکن تردید وجود دارد آزمونها باید در حالتهای مختلف تکرار شوند. برای سهولت در آزمون، با توافق بین سازنده و خریدار، می‌تواند بیش از یک فویل فلزی به طور همزمان مورد استفاده قرار گیرد یا بخشهای بزرگتری از مواد عایقی پوشانده شوند.

### ب) آزمون ولتاژ بین فواصل عایقی

هریک از فواصل عایقی مدار اصلی باید با استفاده از ولتاژ آزمون مشخص‌شده در بند ۳-۱-۱-۵ مورد آزمون قرار گیرد.

فاصله عایقی می‌تواند از موارد زیر تشکیل شده باشد:

- یک قطع کننده در وضعیت قطع
- فاصله بین دو بخش از مدار اصلی که به یک وسیله کلیدزنی کشویی یا جداشونده متصل شده است.

---

1 . Segregated
2 . Cable termintions
3 . Direct overcurrent Release
4 . Over current indicator
5 . Inspection windows

اگر در وضعیت قطع، یک حائل فلزی زمین شده بین کنتاکتهای بدون حفاظ[1] وارد شود تا آنها را از هم جدا کند، فاصله بین حائل زمین شده فلزی و بخشهای برقدار باید تنها ولتاژ آزمون فاز به زمین را تحمل کند.

اگر در وضعیت قطع، هیچ حائل یا دیواره فلزی زمین‌شده‌ای بین بخش ثابت و بخش کشویی وجود نداشته باشد، ولتاژهای آزمون مشخص‌شده در دوسر فاصله عایقی باید بصورت زیر اعمال گردد:

– اگر امکان تماس سهوی با بخشهای هادی مدار اصلی قسمت کشویی وجود داشته باشد، ولتاژ آزمون باید بین کنتاکتهای ثابت و کنتاکتهای متحرک اعمال گردد.

– درصورتی که تماس با کنتاکتهای ثابت بطور سهوی امکان‌پذیر نباشد، ولتاژ آزمون باید بین کنتاکتهای ثابت در یک طرف و کنتاکتهای ثابت سمت دیگر درحالی اعمال گردد که بخش کشویی در وضعیت وصل قرار گرفته باشد. اگر امکان بستن وسیله سوئیچینگ در وضعیت قطع وجود نداشته باشد، این آزمون می‌بایستی در حالی که بخش کشویی وصل است تکرار گردد.

## پ) آزمونهای تکمیلی

به منظور بازبینی تطابق با نیازهای ذکرشده جهت عایق بین بخشهای برقدار مدار اصلی و سطح داخلی دیواره‌ها و حائل‌های عایقی، باید پس از اینکه سطح داخلی دیواره یا حائل دربرگیرنده بخشهای برقدار با یک فویل فلزی زمین‌شده پوشانیده شد، این عایق‌ها به مدت یک دقیقه تحت آزمون ولتاژ با فرکانس قدرت با ولتاژی برابر ۱۵۰درصد ولتاژ نامی مطابق آنچه که در بالا و در بخش "الف" اشاره شد، قرار گیرند.

### ۳-۱-۱-۵- ولتاژهای آزمون

ولتاژهای آزمون مطابق با جدول زیر می‌باشد:

**جدول ۳-۱: ولتاژهای آزمون تابلو**

| ولتاژ نامی ($U_r$) kV (rms) | ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه ($U_P$) kV (peak) | | تحمل ولتاژ با فرکانس شبکه ($U_d$) kV (rms) | |
|---|---|---|---|---|
| | مقدار متداول | روی فاصله عایقی | مقدار متداول | روی فاصله عایقی |
| ۲۰ | ۹۵ | ۱۱۰ | ۵۰ | ۶۰ |
| | ۱۲۵ | ۱۴۵ | | |
| ۳۳ | ۱۴۵ | ۱۶۵ | ۷۰ | ۸۰ |
| | ۱۷۰ | ۱۹۵ | | |

ولتاژهای آزمون فاز به زمین و فاز به فاز باید از مقدار متداول جدول استخراج شود.

### ۳-۱-۱-۶- آزمون‌های تحمل ولتاژ ضربه صاعقه

رویه B استاندارد IEC شماره ۱-۶۰۰۶۰ باید با استفاده از موج ضربه صاعقه استاندارد ($\frac{۱/۲}{۵۰}\mu s$) اعمال گردد. ۱۵ موج ضربه صاعقه در ولتاژ تحمل نامی برای هر شرایط آزمون و هر پلاریته باید اعمال گردد.

ترانسفورماتورهای ولتاژ، ترانسفورماتورهای قدرت و یا فیوزها را می‌توان با نمونه‌های مشابهی که آرایش میدانی اتصالات فشار قوی را شبیه‌سازی می‌کنند، جایگزین کرد.

1 . Disengaged contacts

تجهیزات حفاظت اضافه ولتاژ باید قطع یا جدا شده و ثانویه ترانسفورماتورهای جریان باید اتصال کوتاه و زمین شود. در ترانسفورماتورهای جریان با نسبت پایین، ممکن است لازم باشد سمت اولیه را نیز اتصال کوتاه کرد.

در حین آزمون ولتاژ ضربه صاعقه، ترمینال زمین‌شده ژنراتور ضربه باید به محفظه تابلوی متال‌کلد متصل شود (به جز در حین آزمونهایی که مطابق با بند ب از بخش ۳-۱-۱-۳ هستند). در این آزمونها در صورت لزوم و به منظور اینکه ولتاژ آشکارشده بین هر یک از بخشهای برقدار و محفظه از ولتاژ آزمون مشخص‌شده در بند الف از بخش ۳-۱-۱-۳ فراتر نرود، باید محفظه از زمین عایق شود.

### ۳- ۱-۱- ۷- آزمونهای ولتاژ با فرکانس قدرت روی مدار اصلی

این آزمونها باید مطابق با استاندارد IEC شماره ۱-۶۰۰۶۰ انجام گیرند. ولتاژ آزمون باید تا مقدار آزمون برای هر شرایطی افزایش داده شود و به مدت ۱ دقیقه در آن ولتاژ نگهداشته شود.

آزمون باید در شرایط خشک انجام گیرد.

ترانسفورماتورهای ولتاژ، ترانسفورماتورهای قدرت و فیوزها می‌توانند با نمونه‌های مشابه که آرایش میدانی اتصالات فشار قوی را شبیه‌سازی می‌کنند، جایگزین شوند. تجهیزات حفاظت اضافه ولتاژ می‌توانند قطع یا جدا شوند.

در حین آزمونهای ولتاژ فرکانس قدرت، به جز آزمونهایی که مطابق با بند ب از بخش ۳-۱-۱-۳ انجام می‌شوند، یک ترمینال از ترانسفورماتور آزمون باید به زمین و به محفظه تابلو متصل شود. در این آزمونها نقطه میانی یا سایر نقاط نزدیک به نقطه میانی منبع ولتاژ باید به زمین و به محفظه متصل شوند تا ولتاژ بین بخشهای برقدار و محفظه از ولتاژ آزمون مشخص‌شده در بند "الف" از بخش ۳-۱-۱-۳ تجاوز نکند.

در مواردی که اجرای روش فوق مقدور نیست، با توافق بین سازنده و خریدار، یک ترمینال از ترانسفورماتور آزمون می‌تواند به زمین وصل‌شده و محفظه در صورت لزوم باید از زمین عایق شود.

### ۳-۱-۱-۸- آزمونهای تخلیه جزیی

این آزمونها باید مطابق با استاندارد IEC شماره ۲۰۰-۶۲۲۷۱ همراه با توضیحات تکمیلی زیر انجام شوند.

این آزمون طبق توافق سازنده خریدار انجام می‌گیرد.

این آزمون باید بعد از آزمون‌های ضربه صاعقه و ولتاژ فرکانس قدرت انجام شود. ترانسفورماتورهای ولتاژ، ترانسفورماتورهای قدرت و فیوزها می‌توانند با نمونه‌های مشابه که آرایش میدانی اتصالات فشارقوی را شبیه‌سازی می‌کنند، جایگزین شوند.

روش اندازه‌گیری تخلیه جزئی در پیوست ۳-۲ آمده است.

### ۳-۱-۱-۹- آزمونهای عایقی بر روی مدارات فرعی و کنترل

این آزمون باید مطابق با بند ۶-۲-۱۰ از استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ انجام شود.

ثانویه ترانسفورماتورهای جریان باید اتصال کوتاه شده و از زمین جدا شود. ثانویه ترانسفورماتورهای ولتاژ نیز باید مدار باز شوند. اگر تجهیزات محدود کننده ولتاژ موجود باشند، باید تمام آن‌ها قطع شوند.

### ۳-۱-۱-۱۰- آزمون‌های آلودگی مصنوعی

تابلوی متال‌کلد برای استفاده در شرایط سرویسی شدیدتر از لحاظ تراکم و آلودگی از شرایط سرویس مشخص شده در استاندارد IEC شماره ۶۲۲۷۱-۲۰۰ در نظر گرفته شده است و این آزمون براساس استاندارد IEC شماره ۶۰۹۳۲ طبق توافق سازنده و خریدار انجام می‌شود.

### ۳-۱-۱-۱۱- آزمون‌های عایقی روی مدارهای آزمون کابل

برای انجام آزمونهای عایقی روی کابل‌ها در حالی که تابلو در سرویس است، آزمون نوعی ولتاژ تحمل فرکانس قدرت ممکن است اعمال شود تا توانایی فاصله عایقی برای استقامت در ولتاژ آزمون کابل در حالی که سمت دیگر فاصله هوایی همچنان برقدار است، اثبات شود.

مقادیر آزمون براساس توافق بین سازنده و خریدار انتخاب می‌شود.

**توجه:**

مقادیر توافقی آزمون باید طوری انتخاب شود تا حاشیه اطمینانی بین ولتاژ آزمون فرکانس قدرت برای فاصله عایقی و تنش ولتاژ منتجه روی فاصله عایقی به عنوان مثال به دلیل کاربرد ولتاژ dc آزمون کابل در حالی که سمت دیگر فاصله عایقی تابلو همچنان برقدار است، وجود داشته باشد.

## ۳-۱-۲- آزمون‌های افزایش درجه حرارت

این آزمون باید مطابق با بند ۶-۵ استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴، با درنظر گرفتن موارد زیر انجام گردد.

اگر طراحی به گونه‌ای است که می‌توان از اجزاء و آرایش‌های مختلفی استفاده نمود، آزمون باید با اجزاء و آرایش‌هایی انجام گردد که بدترین شرایط را بدست دهند. واحد عملیاتی نمونه شامل کلیه محفظه‌های عادی، دیواره، حائل‌ها و... باید درشرایطی معادل سرویس‌دهی نصب شده و پوشش‌ها و درها باید بسته باشد.

آزمون‌ها باید در حالت عادی با تعداد نامی فازها و جریان نامی عبوری از یک انتهای طولی شینه به ترمینال‌های تهیه‌شده جهت اتصال کابلها انجام شود.

در حین آزمون واحدهای عملیاتی مجزا، واحدهای مجاور باید جریانی را عبور دهند که تلفات توانی مطابق با شرایط نامی تولید کنند. اگر آزمون نتواند تحت شرایط عملی انجام شود، بهتر است که شرایط معادلی بوسیله هیترها یا عایقهای گرمایی شبیه‌سازی شود.

جاییکه اجزا عملیاتی اصلی دیگری داخل محفظه نصب می‌شوند باید جریانی که منجر به تولید تلفات توان متناظر با شرایط نامی می‌شود را عبور دهد. رویه‌های معادلی که اتلاف توان مشابهی تولید می‌کنند، قابل قبول هستند.

در حین آزمون اجزاء مختلف باید درجه حرارت محیط بیرون محفظه بعنوان مرجع درنظر گرفته شود و افزایش درجه حرارت اندازه‌گیری شده نباید از مقادیر مشخص‌شده برای آنها در استانداردهای مربوطه، افزایش یابد. اگر درجه حرارت هوای محیط ثابت نباشد، در شرایط محیطی یکسان، درجه حرارت سطح یک محفظه مشابه با محفظه اصلی می‌تواند درنظر گرفته شود.

### ۳-۱-۳- آزمون اندازه‌گیری مقاومت مدارها

#### ۳-۱-۳-۱- مدار اصلی

این آزمون باید مطابق با بند ۶-۴-۱ استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ با در نظر گرفتن موارد زیر انجام شود.

مقاومت اندازه‌گیری شده در دو سر مدار اصلی یک تابلوی متال‌کلد شاخصی از مناسب‌بودن شرایط فراهم‌شده مسیر عبور جریان است. این مقاومت اندازه‌گیری شده باید به عنوان مرجع برای آزمون جاری در نظر گرفته شود.

#### ۳-۱-۳-۲- مدار فرعی

این آزمون باید مطابق با بند ۶-۴-۲ استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ انجام گیرد.

### ۳-۱-٤- آزمون‌های تحمل جریان کوتاه‌مدت و آزمون‌های تحمل جریان پیک

این آزمونها باید مطابق با بند ۶-۶ استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ انجام شوند.

#### ۳-۱-٤-۱- آزمون روی مدارات اصلی

مدارات اصلی تابلو باید به منظور تأیید قابلیت آنها نسبت به تحمل جریان کوتاه‌مدت نامی و جریان پیک تحت شرایط درنظر گرفته شده نصب و کاربرد، مورد آزمون قرار گیرند. یعنی این مدارات باید همراه با کلیه اجزاء مربوط به عملکرد آنها یا موثر بر جریان اتصال کوتاه، درون تابلو نصب شده و سپس مورد آزمون قرار گیرند.

برای این آزمون‌ها، سیم‌های ارتباطی و اتصالات کوچک تا تجهیزات کمکی (مانند ترانسفورماتورهای ولتاژ، ترانسفورماتورهای کمکی، برق‌گیرها، ابزار تشخیص ولتاژ و تجهیزات مشابه) جزء مدار اصلی درنظر گرفته نمی‌شود.

آزمون‌های جریان اتصال کوتاه باید مطابق با تعداد فازهای نامی انجام شود. ترانسفورماتور جریان و تجهیزات قطع کننده‌ای که ممکن است وجود داشته باشد باید مشابه شرایط کارکرد عادی نصب شوند، اما باید به طریقی مانع عملکرد آنها شد.

تجهیزاتی که شامل وسیله محدودکننده جریان نمی‌باشند، ممکن است در هر ولتاژ مناسبی تحت آزمون قرار گیرند. تجهیزاتی که دارای وسیله محدودکننده جریان هستند، باید تحت ولتاژ نامی مورد آزمون قرار گیرند. ولتاژهای آزمون دیگری می‌تواند استفاده شود اگر بتوان نشان داد که هر دو جریان پیک اعمالی و اثرات حرارتی منتجه آن برابر یا بزرگتر از زمانی است که ولتاژ نامی اعمال می‌شود.

برای تجهیزاتی که شامل وسایل محدودکننده جریان هستند (پیک، مقدار موثر و مدت زمان) جریان اعمال شده نباید کمتر از مقدار نامی باشد.

کلیدهای خود قطع شونده اگر وجود داشته باشند، می‌بایستی روی بیشترین مقدار قطع‌کنندگی خود تنظیم شوند.

بعد از آزمون هیچ تغییرشکل یا آسیبی که عملکرد مطلوب مدارات اصلی را دچار اشکال کند نباید در اجزاء یا هادیهای داخل محفظه مشاهده گردد.

### ۳-۱-٤-۲- آزمون روی مدارهای زمین

هادیهای زمین، اتصالات زمین و وسایل زمین‌کننده تابلوی متال‌کلد باید مورد آزمون قرار گیرند تا تحمل آنها در برابر جریان کوتاه‌مدت نامی و جریان پیک تحت شرایطی که نوترال سیستم زمین شده است، تأیید گردد. این اجزاء باید همراه با کلیه تجهیزات مربوطه که بر عملکرد یا تصحیح جریان اتصال کوتاه مؤثرند، در داخل تابلو نصب‌شده و مورد آزمون قرارگیرند.

آزمون‌های جریان اتصال کوتاه با تجهیزات زمین، باید مطابق با تعداد فازهای نامی انجام شود. اگر نیاز به بررسی عملکرد کلیه مداراتی که فراهم کننده اتصال بین وسیله زمین‌کننده و زمین هستند، موردنیاز باشد، آزمونهای اتصال کوتاه تکفاز نیز باید انجام شود.

اگر بخشهای کشویی وجود دارند اتصالات زمین بین بخش ثابت و بخش جداشونده باید تحت شرایط خطای زمین، مورد آزمون قرار گیرد. جریان خطای زمین باید بین هادی زمین و قاب بخش جداشونده جریان یابد. اگر وسیله زمین‌کننده بتواند در موقعیت‌های دیگری به جز موقعیت سرویس‌دهی عادی عمل کند به عنوان مثال در تابلوهای باسبار دوبل، آزمونی هم باید در آن موقعیت‌ها انجام گیرد.

بعد از آزمون، اندکی تغییرشکل بر روی هادی زمین، اتصالات و تجهیزات زمین در صورت حفظ پیوستگی مدار مجاز خواهد بود. بازرسی ظاهری برای بررسی حفظ پیوستگی مدار کافی است.

در مواردی که تردید وجود دارد که آیا اتصالات زمین کافی هستند، زمین باید با آزمون عبور جریان مستقیمی برابر ۳۰ آمپر از نقطه زمین شده، مورد تأیید قرار گیرد. افت ولتاژ باید کمتر از ۳ ولت باشد.

### ۳-۱-۵- تأیید ظرفیت قطع و وصل

وسایل کلیدزنی که بخشی از مدار اصلی و تیغه زمین تابلوی متال‌کلد را تشکیل می‌دهند باید به منظور تأیید همخوانی ظرفیت قطع و وصل با استانداردهای مربوطه و تحت شرایط مطلوب نصب و کاربرد مورد آزمون قرار گیرند. این وسایل باید در شرایط عادی همراه با کلیه تجهیزات مربوطه مؤثر بر عملکرد آن از جمله اتصالات، محافظها، تسهیلات لازم جهت تهویه و... در داخل تابلوی متال‌کلد نصب شده و سپس مورد آزمون قرار گیرند. اگر آزمون‌های قطع و وصل با شرایط سخت‌تری بر روی تجهیزات کلیدزنی نصب شده در داخل تابلوی متال‌کلد انجام شده باشد، انجام این آزمون‌ها ضروری نیستند.

**توجه:**

در تعیین اینکه کدامیک از اجزاء بر عملکرد تابلو مؤثر هستند توجه خاصی باید به نیروهای مکانیکی ناشی از اتصال کوتاه، تهویه محصولات ناشی از بروز قوس، امکان تخلیه‌های مخرب و... معطوف گردد. بدیهی است در بعضی موارد این اثرات ممکن است کاملاً قابل چشم‌پوشی باشند.

### ۳-۱-٦- آزمون‌های عملکرد مکانیکی

#### ۳-۱-٦-۱ وسایل کلیدزنی و بخشهای جداشونده

به منظور تأیید عملکرد مطلوب تجهیز، وسایل کلیدزنی و بخشهای جداشونده باید ۵۰ بار عمل نمایند. همچنین بخشهای جداشونده باید به صورت کشویی ۲۵ بار داخل و ۲۵ بار خارج گردند تا عملکرد مطلوب تجهیز تأیید شود.

اگر قسمت کشوئی یا جابجا شونده به عنوان قطع‌کننده استفاده می‌شود، آزمون باید مطابق با استاندارد IEC شماره ۱۰۲-۶۲۲۷۱ انجام گیرد.

### ۳-۱-۶-۲- اینترلاکها

اینترلاکها باید به نحوی تنظیم شوند که از عملکرد وسایل کلیدزنی و ورود یا خروج بخشهای جداشونده ممانعت بعمل آید. جهت آزمون باید وسایل کلیدزنی ۵۰ بار عمل کرده و نیز بخشهای جداشونده بصورت کشویی ۲۵ بار داخل و ۲۵ بار خارج شوند. درحین این آزمون‌ها تنها نیروهای عادی جهت عملکرد باید بکارگرفته شود و هیچ تنظیمی نباید بر روی وسایل کلیدزنی، بخشهای جداشونده یا اینترلاکها انجام شود. در مواردی که تجهیز به صورت دستی عمل می‌کند، دستگیره عملکرد دستی نرمال باید جهت انجام آزمون استفاده شود.

درصورتی که موارد زیر برقرار باشد، عملکرد اینترلاکها رضایت‌بخش است:

- وسایل کلیدزنی قادر به عملکرد نباشند.
- ورود و خروج بخشهای جداشونده امکان‌پذیر نباشد.
- وسایل کلیدزنی، بخشهای جداشونده و اینترلاکها در وضعیتی باشند که به نحوی مطلوب عمل کنند و میزان نیروی لازم جهت بکار انداختن آنها قبل و بعد از آزمون یکسان باشد.

### ۳-۱-۷- تأیید درجه حفاظت

این آزمون باید مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ با در نظر گرفتن موارد زیر انجام شود.

کمترین درجه حفاظت تابلوی متال‌کلد باید IP2X مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۵۲۹ باشد. درجه حفاظت بالاتر ممکن است مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۵۲۹ تعیین شده باشد.

### ۳-۱-۸- اندازه‌گیری جریان‌های خزشی

در مواقعی که تابلوی متال‌کلد دارای دیواره یا حائل‌های عایقی است، آزمونهای زیر باید به منظور تأیید همخوانی با نیازهای مربوطه، انجام شود:

مدار اصلی باید با صلاحدید سازنده، یا به منبع سه فاز با ولتاژ و فرکانسی مساوی با ولتاژ و فرکانس نامی تابلو متصل شود به گونه‌ای که یک فاز به زمین متصل باشد و یا به منبع ولتاژ تکفازی با فرکانس نامی وصل شود که ولتاژ آن معادل با ولتاژ نامی تابلو است و بخشهای برقدار مدار اصلی به هم متصل شده‌اند. برای آزمونهای سه فاز، سه اندازه‌گیری باید با اتصال فازهای مختلف به زمین، انجام شود. درحالتی که آزمون‌ها بصورت تکفاز انجام می‌شوند، تنها یک اندازه‌گیری کافی خواهد بود.

یک فویل فلزی باید در بدترین شرایط ممکن برای آزمون، روی سطوح قابل دسترس عایقی که حفاظت در برابر تماس با بخشهای برقدار را فراهم می‌کنند، قرار گیرد. درصورتی که درمورد بدترین شرایط تردید وجود داشته باشد، آزمون باید در موقعیتهای مختلف تکرار گردد.

فویل فلزی باید تقریباً به شکل دایره یا مربع کامل بوده و مساحت آن تا حد امکان بزرگ بوده و مقدار آن از ۱۰۰ سانتیمترمربع تجاوز ننماید. محفظه و قاب تابلوهای متال‌کلد باید زمین شود. جریان نشتی عبوری از فویل فلزی به زمین باید در حالتی که عایقها تمیز و خشک باشند، اندازه‌گیری شود.

اگر مقدار جریان خزشی اندازه‌گیری شده بیش از ۰/۵ میلی‌آمپر باشد، سطح عایقی حفاظت موردنیاز استاندارد را برآورده نمی‌سازد.

اگر مسیر پیوسته روی صفحات عایقی بوسیله فواصل هوایی گاز یا مایع قطع شود، چنین شکاف‌هایی باید از لحاظ الکتریکی برداشته شوند. اگر این شکافها به منظور اجتناب از عبور جریان خزشی از بخشهای برقدار به بخشهای قابل دسترس دیواره و حائل‌های عایق ایجاد شده‌اند، شکاف‌ها باید در برابر ولتاژهای آزمون مشخص شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ برای آزمون‌های ولتاژ فاز به زمین و فاز – فاز تحمل لازم را داشته باشد.

اگر بخشهای فلزی زمین شده به نحوی مناسب آرایش‌بندی شوند و اطمینان حاصل گردد که جریان‌های خزشی نمی‌توانند به بخشهای قابل دسترس دیواره‌ها و حائل‌های عایقی برسند، اندازه‌گیری جریان‌های خزشی ضروری نیست.

### ۳-۱-۹- قوس ناشی از خطای داخلی

این آزمون برای سوئیچ‌گیرهای متال‌کلد برای دسته‌بندی IAC با توجه به حفاظت کارکنان درهنگام بروز قوس داخلی کاربرد دارد. روش این آزمون می‌بایستی مطابق با پیوست ۳-۱ انجام گیرد.

خانه‌هایی که با فیوزهای محدودکننده جریانِ تحتِ آزمونِ نوعی قرار گرفته، محافظت می‌شوند باید با نوعی از فیوزها مورد آزمون قرار گیرند که سبب بالاترین جریان Cut off شوند. مدت زمان واقعی عبور جریان به وسیله فیوزها کنترل می‌شوند. آزمون‌ها می‌بایستی در ماکزیمم ولتاژ نامی تجهیزات انجام گیرد.

هر وسیله‌ای (مانند مثال رله‌های حفاظتی) که ممکن است مدار را قبل از اتمام مدت زمان مورد نیاز آزمون قطع کند می‌بایستی در حین آزمون غیرفعال گردد. اگر خانه‌ها یا واحدهای عملیاتی با تجهیزاتی جهت محدود کردن مدت جرقه (به عنوان مثال به کمک انتقال جریان به اتصال کوتاه فلزی) تجهیز شده‌اند، آن تجهیزات می‌بایستی در حین آزمون غیر فعال گردد، مگر اینکه خود تجهیزات نیز تحت آزمون قرار گیرند. جریان آزمون می‌بایستی برای مدت اتصال کوتاه نامی مدار اصلی اعمال شود.

### ۳-۱-۱۰ آزمون‌های تأثیر مکانیکی

این آزمونها باید مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ انجام شوند.

### ۳-۱-۱۱- آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی

این آزمون‌ها باید مطابق با بخش ۶-۹ استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴، به جز آزمون ولتاژ تداخل رادیویی انجام گیرند.

### ۳-۱-۱۲- آزمون‌های اضافی روی مدارات فرعی و کنترلی

استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ قابل استفاده می‌باشد.

### ۳-۱-۱۳- آزمون حفاظت در برابر شرایط جوی[1]

براساس توافق سازنده و خریدار آزمون محافظت در برابر شرایط جوی روی تابلوهایی که برای مقاصد بیرونی در نظر گرفته شده‌اند، می تواند انجام گیرد. روش پیشنهادی در استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ آورده شده است.

1 . Weatherproofing test

## ۳-۲- آزمون‌های جاری

آزمونهای جاری باید توسط سازنده روی هر یک از واحدهای ارسالی انجام شود تا ثابت گردد که محصول تولیدی با تجهیزاتی که آزمون نوعی بر روی آنها انجام شده است همخوانی دارد.

این آزمون‌ها باید مطابق با بند ۷ از استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ انجام گردند. علاوه بر آن آزمون‌های زیر نیز باید انجام شود:

- آزمونهای عملکرد مکانیکی
- آزمونهای وسایل کمکی الکتریکی، پنوماتیکی و هیدرولیکی
- آزمونهای بعد از راه‌اندازی در محل.

### ۳-۲-۱- آزمونهای عایقی روی مدار اصلی

این آزمونها باید مطابق با بند ۷-۱ از استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ همراه با توضیحات تکمیلی زیر انجام شود.

آزمون ولتاژ فرکانس قدرت باید مطابق با نیازهای ذکرشده در بند ۳-۱-۷ انجام شود. ولتاژ آزمون مشخص‌شده در جدول ۳-۱ باید در حالی که هادی هر فاز از مدار اصلی به نوبت به ترمینال فشار قوی منبع آزمون وصل می‌شود، اعمال گردد. سایر هادیهای فاز باید به زمین متصل‌شده و پیوستگی مدار اصلی (بعنوان مثال با بستن وسایل کلیدزنی یا مانندآن) تضمین شود.

### ۳-۲-۲- آزمون‌های روی مدارهای فرعی و کنترل

این آزمونها باید مطابق با بند ۷-۲ از استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ انجام گردد.

### ۳-۲-۳- اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی

دراین آزمون استاندارد IEC شماره ۶۰۶۹۴ کاربرد ندارد و این آزمون طبق توافق بین سازنده و خریدار انجام می‌گیرد.

افت ولتاژ DC یا مقاومت هر فاز از مدار اصلی باید تحت وضعیتی هرچه نزدیکتر به شرایطی که آزمون نوعی انجام شده است، انجام شود. مقدار اندازه‌گیری شده آزمون نوعی می‌تواند جهت تعیین محدوده برای مقدار مقاومت آزمون جاری استفاده شود.

### ۳-۲-٤- اندازه‌گیری تخلیه جزیی

این آزمون باید با توافق بین سازنده و خریدار انجام شود.

اندازه‌گیری تخلیه‌های جزیی می‌تواند بعنوان یک آزمون جاری به منظور تعیین نقایص احتمالی موجود در مواد و یا ناشی از ساخت، بویژه برای خانه‌های پرشده از گاز، انجام گردد.

اگر چنین آزمونی مورد توافق قرار گیرد، روند آزمون باید مطابق با پیوست ۳-۲ باشد.

### ۳-۲-۵- آزمونهای عملکرد مکانیکی

آزمونهای عملکرد به منظور تأیید اینکه وسایل کلیدزنی و بخشهای قابل جداشدن با شرایط عملکرد موردنیاز همخوانی دارد و اینکه اینترلاکهای مکانیکی به طرز مناسبی عمل می‌کنند، انجام می‌شود.

در حین این آزمونها که بدون اعمال ولتاژ یا جریان در مدار اصلی انجام می‌شود، باید تأیید گردد که برای هر تجهیز کلیدزنی در محدوده‌های مشخص شده برای ولتاژ منبع تغذیه و فشار تجهیزات عمل کننده آنها، وسایل راه‌انداز به درستی باز و بسته می‌شوند.

هر وسیله کلیدزنی و هر بخش قابل جداشدن باید مشابه روش ارائه شده در بند ۳-۱-۶ تحت آزمون قرار گیرد، با این تفاوت که در این مرحله تعداد دفعاتی که برای بکارانداختن وسایل کلیدزنی یا داخل و خارج کردن بخش‌های قابل جداشدن اقدام می‌شود به پنج مورد محدود می‌شود.

## ۳-۲-٦- آزمون وسایل کمکی الکتریکی، پنوماتیکی و هیدرولیکی

اینترلاکهای الکتریکی، پنوماتیکی و غیره همراه با وسایل کنترلی که ترتیب از پیش تعیین‌شده‌ای جهت عملکرد دارند باید پنج‌بار در شرایط موردنظر کاربرد و در محدوده بدترین شرایط منبع تغذیه کمکی (۸۵٪ ولتاژ نامی) تحت آزمون قرار گیرند. در حین این آزمون هیچ تنظیمی نباید صورت گیرد.

آزمون‌ها در صورتی رضایت‌بخش هستند که تجهیزات کمکی به شکل مناسبی عمل کرده و بعد از آزمون در شرایط عملکرد مطلوبی قرار داشته باشند. همچنین باید نیروی مورد نیاز برای راه‌اندازی آنها قبل و بعد از آزمون یکسان باشد.

## ۳-۲-۷- آزمونهای بعد از راه‌اندازی در محل

تابلوی متال‌کلد باید بعد از راه‌اندازی مورد آزمون قرارگیرد تا عملکرد صحیح آن بررسی شود.

برای بخشهایی که در محل سوار شده‌اند آزمون ولتاژ روی مدار اصلی مطابق زیر انجام گردد.

در صورت توافق بین سازنده و خریدار آزمونهای ولتاژ با فرکانس قدرت در شرایط خشک باید بر روی مدارهای اصلی تابلو بعد از راه‌اندازی آنها در محل دقیقاً به روشی مشابه با آزمون جاری شرح داده شده در بند ۳-۲-۱ انجام گردد.

ولتاژ آزمون فرکانس قدرت باید۸۰٪ مقدار مشخص شده در بند ۳-۲-۱ باشد و به ترتیب به هر هادی فاز مدار اصلی در حالیکه بقیه هادیهای زمین شده‌اند، اعمال شود. برای این آزمون‌ها، یک ترمینال از ترانسفورماتور آزمون باید به زمین و به محفظه تابلوی متال‌کلد وصل شود.

اگر آزمون ولتاژ بعد از راه‌اندازی تابلو، جایگزین آزمون جاری می‌شود که باید در خط تولید سازنده انجام شود، ولتاژ کامل آزمون فرکانس قدرت باید اعمال گردد.

**توجه:**

ترانسفورماتورهای ولتاژ باید در هنگام آزمون‌های عایقی در محل جدا شوند، مگر اینکه فرکانس آزمون مورد استفاده به اندازه کافی بالا باشد تا از اشباع هسته جلوگیری کند.

## پیوست ۳-۱- روش آزمون تابلوی متال‌کلد تحت شرایط قوس ناشی از خطای داخلی

### ۱- کلیات

این پیوست در خصوص سوئیچگیرهای متال‌کلد نوع IAC کاربرد دارد. در این پیوست، شرایط عملکرد معمولی به شرایطی اطلاق می‌شود که برای انجام اعمالی از قبیل قطع یا وصل تجهیزات کلیدزنی ولتاژ بالا، وصل و قطع قسمت‌های کشوئی، خواندن لوازم اندازه‌گیری و تجهیزات مانیتورینگ و ... لازم است. اگر هر کدام از اعمال فوق بخواهد انجام گیرد باید تمامی پوشش‌ها برداشته شده و تمامی درها باز شوند. بنابراین آزمون توصیف شده در زیر باید بدون پوشش و با درهای باز انجام گیرد.

برداشتن یا جابجا کردن اجزا فعال[1] (برای مثال فیوزهای ولتاژ بالا یا هر جز قابل جابجایی دیگر) جزء شرایط عملکرد معمولی در نظر گرفته نمی‌شوند.

بروز قوس در داخل تابلوی متال‌کلد می‌تواند در نقاط مختلفی اتفاق افتاده و پدیده‌های فیزیکی گوناگونی را به دنبال داشته باشد. بعنوان مثال، انرژی قوس ناشی از گسترش قوس درون محفظه، منجر به یک اضافه فشار داخلی و اضافه دمای موضعی می‌گردد که می‌تواند باعث وارد آمدن تنش‌های مکانیکی و گرمایی روی تجهیزات شود. علاوه بر آن مواد تشکیل دهنده ممکن است تولید ترکیبات داغ گازدار یا بخاردار نمایند که امکان دارد به خارج از محفظه تخلیه شود.

براساس این استاندارد اضافه فشارهای داخلی وارده به محفظه‌ها، درها، دریچه‌های بازرسی و همچنین اثرات گرمایی قوس بر روی محفظه و نیز اثرات خروج گازها و ذرات گداخته شده مجاز می‌باشد، البته نباید خسارتی به دیواره‌ها و حایل‌ها وارد گردد.

**توجه:**

اثرات قوس داخلی بین خانه‌ها به وسیله این استاندارد پوشش داده نشده است.

آزمون قوس داخلی که در ادامه به آن اشاره شده است جهت تأیید کارائی طراحی برای حفاظت اشخاص در زمان بروز قوس داخلی در نظر گرفته شده است. در این استاندارد کلیه جوانب خطر از جمله گازهای سمی ایجاد شده بعد از بروز قوس داخلی در نظر گرفته نشده است. از این نقطه‌نظر، تخلیه سریع و تهویه بیشتر اتاق سوئیچ‌گیر قبل از ورود دوباره به محل لازم است.

همچنین خطر انتشار آتش به مواد و تجهیزات قابل اشتعال در نزدیکی سوئیچگیر بعد از بروز قوس داخلی در این استاندارد پوشش داده نشده است.

محل بروز، عوامل و راهکارهای پیشنهادی جهت کاهش احتمال بروز خطای داخلی و یا کاهش خطرات ناشی از آن در جدول ۳-۲ آمده است.

1 . Active component

**جدول ۳-۲: محل بروز، عوامل و راهکارهای پیشنهادی کاهش احتمال بروز خطای داخلی یا کاهش خطرات ناشی از آن**

| محلی که خطای داخلی در آن بیشتر اتفاق می‌افتد | علل احتمالی خطای داخلی | راهکارهای پیشنهادی |
|---|---|---|
| خانه‌های کابل | طراحی ناقص | انتخاب ابعاد مناسب |
| | نصب نامناسب | اجتناب از اتصالات متقاطع کابلها، بررسی نحوه کار اپراتور در محل |
| | عیب یا نقص در عایق جامد یا مایع | بررسی نحوه کار افراد و یا آزمون عایقی در محل، بررسی منظم سطوح مایع |
| قطع‌کننده‌ها، کلیدها، کلیدهای زمین | عملکرد نادرست | بکار بردن اینترلاکها، عملکرد با تأخیر، عملکرد مستقل دستی، تصحیح ظرفیت کلیدزنی کلیدها و کلیدهای زمین، دادن دستورالعملهای مناسب به پرسنل |
| اتصالات پیچی و کنتاکتها | خوردگی | استفاده از پوشش‌های مقاوم در برابر خوردگی و یا گریسها |
| | نصب معیوب | بررسی نحوه کار با روشهای مناسب |
| ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری | اتصال کوتاه سمت فشارضعیف برای ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری | جلوگیری از اتصال کوتاه به کمک وسائل مناسب به طور مثال پوشش حفاظتی و فیوزهای فشارضعیف |
| | فرو رزونانس | اجتناب از بروز چنین اثرات الکتریکی با طراحی مناسب مدارها |
| کلید قدرت | تعمیرات ناکافی | تعمیرات برنامه‌ریزی شده و مرتب، دادن دستورالعملهای لازم به افراد |
| کلیه نقاط | خطای افراد | محدودکردن دسترسی به خانه‌ها، عایقکاری بخشهای برقدار، دادن دستورالعمل لازم به افراد |
| | پیری ناشی از فشارهای الکتریکی | آزمون جاری تخلیه جزیی |
| | آلودگی، رطوبت، ورود گرد و غبار، ورود جانوران موذی و... | اندازه‌گیری‌های لازم به منظور تأیید اینکه شرایط سرویس‌دهی مشخص‌شده فراهم شده است، استفاده از خانه‌های پرشده با گاز |
| | اضافه ولتاژها | حفاظت صاعقه، هماهنگی عایقی مناسب، آزمونهای عایقی در محل |

نمونه‌هایی از روشهای محدودکردن عواقب خطاهای داخلی عبارتند از:

- رفع سریع خطا که بوسیله نشان‌دهنده‌های حساس به نور، فشار یا گرما و یا بوسیله حفاظت دیفرانسیل شینه آغاز می‌شود
- بکاربردن فیوزهای مناسب همراه با وسایل کلیدزنی جهت محدودکردن جریان عبوری و مدت زمان خطا
- کنترل از راه دور
- وسایل کاهنده فشار
- تغییر وضعیت یک بخش کشویی به موقعیت سرویس یا خارج شدن از آن، تنها هنگامی که در جلویی بسته باشد.

## ۲- انواع قابلیت دسترسی

### الف) تابلوهای متال‌کلد به جز تابلوهای نصب شده روی تیر

تفاوتی بین دو نوع از قابلیت دسترسی به تابلو ممکن است وجود داشته باشد:

نوع A: تابلوی متال‌کلد که قابلیت دسترسی آن تنها به پرسنل مجاز، محدود شده است.

نوع B: تابلوی متال‌کلد که قابلیت دسترسی آن محدود نمی‌باشد.

براساس این دو نوع قابلیت دسترسی، شرایط متفاوتی جهت آزمون باید در نظر گرفت که در بخش ۵-۳ این پیوست آورده شده است. به منظور شناسایی سمت‌های مختلف محفظه (مراجعه کنید به بخش ۷)، کدهای زیر باید استفاده شود:

F: برای سمت جلو

L: برای سمت جانبی

R: برای سمت عقب

سمت جلو باید به صورت واضح به وسیله سازنده مشخص شود.

## ۳- آرایش مدار آزمون

باید درمورد انتخاب واحدهای عملیاتی، شماره آنها، تجهیزات و موقعیت آنها در اتاق و همچنین محل شروع قوس بین سازنده و خریدار توافق شود. در هر یک از موارد نکات زیر باید رعایت گردد:

- آزمون باید روی واحد عملیاتی که قبلاً دچار قوس نشده، انجام گیرد.
- شرایط نصب باید هر چه نزدیکتر به شرایط سرویس‌دهی عادی باشد. اتاق باید حداقل دارای کف، سقف، دو دیوار عمودی بین آنها و مسیرهای شبیه‌سازی شده دسترسی به کابل باشد.
- واحد عملیاتی باید کاملاً مجهز باشد. می‌توان به جای اجزاء داخلی از نمونه‌های بدلی آن استفاده نمود به شرط اینکه دارای حجم و مواد خارجی یکسان با نمونه اصلی باشند.
- واحد آزمون باید در محل مورد نظر زمین گردد.
- قوس باید طوری شروع شود که بتواند خطا را همانگونه که در شرایط سرویس‌دهی اتفاق می‌افتد، شبیه‌سازی کند.

## ٤-جریان و ولتاژ اعمال شده

آزمونهای مربوط به تابلوهای متال‌کلد باید بصورت سه فاز (برای سیستم‌های سه فاز) انجام شود. جریان اتصال کوتاه اعمال شده در طول آزمون باید مطابق با جریان تحمل کوتاه‌مدت نامی باشد. در صورت درخواست سازنده این مقدار می‌تواند کوچکتر نیز انتخاب گردد.

آزمون انجام گرفته در ولتاژ، جریان و مدت زمان معین عموماً برای تمامی مقادیر جریان، ولتاژ و مدت زمان پایین‌تر صحیح می‌باشد.

### ٤-۱- ولتاژ

ولتاژ اعمال شده به مدار آزمون باید برابر با ولتاژ نامی تابلوی متال‌کلد باشد. درصورتی که دستگاه آزمون توانایی چنین کاری را نداشته باشد، باید ولتاژهای پایین‌تری که شرایط زیر را در حین زمان آزمون برآورده نماید انتخاب نمود:

- مقدار موثر جریان واقعی محاسبه شده به کمک وسیله ثبت دیجیتال با نیازمندیهای جریان بخش ۴-۲ مطابقت داشته باشد.
- قوس در هر فازی که شروع شده است به صورت آنی خاموش نشود.

## ٤-٢- جریان

### ٤-٢-١- مولفه AC

تلورانس در نظر گرفته شده جریان اتصال کوتاه برای تابلوهای متال‌کلد با در نظر گرفتن قوس باید بین مقادیر ۵٪ +و ۰٪- تنظیم شود. درصورتی که ولتاژ اعمالی برابر با ولتاژ نامی باشد، این تلورانس تنها در مورد جریان مورد انتظار اعمال می‌گردد.

جریان باید ثابت باقی بماند. اگر در محل آزمون چنین امکانی وجود ندارد، آزمون باید تا زمانی که مجموع مؤلفه‌های ac جریان برابر با مقدار مشخص شده در محدوده ۱۰٪+ و ۰٪- گردد، ادامه پیدا کند. در این حالت، جریان باید برابر با مقدار مشخص‌شده حداقل درطول سه نیم سیکل اول بوده و نباید در پایان آزمون کمتر از ۵۰ درصد مقدار مشخص شده باشد.

### ٤-٢-٢- جریان پیک

لحظه بسته‌شدن باید به گونه‌ای انتخاب گردد که مقدار مورد انتظار جریان پیک با تلورانس ۵٪+ و ۰٪- در یکی از فازهای خارجی ۲/۵ برابر مقدار موثر مؤلفه ac تعیین‌شده در بند۴-۲-۱ بوده و به گونه‌ای باشد که یک حلقه اصلی[1] نیز در فاز خارجی دیگر رخ دهد. اگر ولتاژ پایین‌تر از ولتاژ نامی باشد مقدار پیک جریان اتصال کوتاه برای تابلوی متال‌کلد تحت آزمون نباید به زیر ۹۰٪ مقدار پیک موردانتظار کاهش یابد.

در مواردی که در دو فاز قوس آغاز می‌شود لحظه بسته شدن می‌بایستی طوری انتخاب شود تا ماکزیمم مولفه dc ممکن را فراهم آورد.

**توجه:**

برای ثابت زمانی dc بزرگتر شبکه تغذیه کننده، مقدار ۲/۷ برابر مقدار موثر مولفه ac باید به عنوان مقدار نامی استفاده شود.

## ٤-٣- فرکانس

فرکانس در شروع آزمون باید بین ۴۸ تا ۵۲ هرتز باشد.

جائیکه عملکرد ادوات حفاظتی سریع به فرکانس وابسته باشد، آزمون می‌بایستی با تلورانس ۱۰٪± فرکانس نامی آن ادوات انجام گیرد.

## ٤-٤- مدت زمان آزمون

مدت زمان آزمون باید به وسیله سازنده بیان شود. مقادیر پیشنهادی استاندارد ۱، ۰/۵ و ۰/۱ ثانیه است

برای آزمون تابلوی متال‌کلدی که دارای وسایل دفع فشار[2] است، تنها برای اثبات مقاومت آن در برابر فشار، معمولاً یک قوس با مدت زمان ۰/۱ ثانیه کفایت می‌کند.

1 . Major loop
2 . Pressure relief

**توجه:**

در حالت عادی امکان محاسبه مدت زمان مجاز قوس برای جریانی که با جریان بکاررفته در آزمون متفاوت است، وجود ندارد. معمولاً حداکثر فشار در حین آزمون با کوتاهترشدن زمان قوس کاهش نخواهد یافت و هیچ قانون جامعی حاکی بر اینکه ممکن است مدت زمان قوس با یک جریان آزمون پایین‌تر افزایش یابد وجود ندارد.

## ۵- روش آزمون

### ۵-۱- مدار تغذیه

مدار تغذیه باید سه فاز باشد به جز برای آزمون‌هایی که روی تابلوهای با فازهای جدا انجام می‌گیرد (اگر اثر القاء متقابل بین خانه‌های فازهای جدا وجود نداشته باشد). نقطه نوترال مدار تغذیه ممکن است یا ایزوله شود یا با امپدانس زمین شود به طوریکه حداکثر جریان زمین از ۱۰۰ آمپر کمتر باشد. در این موقعیت، این ترکیب تمامی موقعیت‌های نوترال را پوشش می‌دهد.

**توجه:**

خطاهای قوس داخلی در سیستم‌های با نوترال مستقیماً زمین شده شدت کمتری دارند.

زمانیکه آزمون روی تابلویی با فازهای جدا انجام می‌گیرد، مدار تغذیه باید تک فاز باشد و یکی از ترمینال‌ها زمین شده باشد. جریان آزمون باید برابر با مقدار سه فاز ذکر شده در بخش ۴-۲-۱ این پیوست باشد.

باید توجه داشت که نوع اتصالات، شرایط آزمون را تغییر ندهند.

جهت تغذیه باید به صورت زیر باشد:

- برای خانه کابل: تغذیه از سمت شینه و از طریق وسیله کلیدزنی اصلی
- برای خانه شینه: اتصالات تغذیه در خانه تحت آزمون نباید موجب هیچگونه بازشوندگی در آن شوند. تغذیه باید از طریق یک مانع[1] انجام شود (اگر این موانع جهت تشکیل جداگانه چند خانه شینه و بین واحدهای عملیاتی استفاده شده‌اند) یا از طریق تجهیزات کلیدزنی اصلی قرار داده شده در یک انتهای تابلو انجام شود (اگر خانه شینه برای تمام سوئیچگیر مشترک باشد).

**توجه:**

در موارد طراحی‌های غیر متقارن خانه شینه، آغاز بزرگترین قوس داخلی با توجه به انرژی قوس باید مورد توجه قرار گیرد.

- برای خانه تجهیز اصلی کلیدزنی: تغذیه از سمت شینه می‌باشد و تجهیز در وضعیت بسته قرار دارد.
- برای خانه‌ای که داخل آن دارای چندین جز مدار اصلی است: تغذیه از طریق یک مجموعه در دسترس از بوشینگ‌های ورودی صورت می‌گیرد. در این حال تمامی تجهیزات کلیدزنی در وضعیت وصل بوده به جز تیغه‌های زمین که اگر وجود داشته باشند باید در وضعیت قطع باشند.

1 . Barrier

## ۵-۲- شروع قوس

قوس باید ترجیحاً بین فازها و بوسیله یک سیم فلزی با قطر حدود نیم میلیمتر و یا در حالتی که هادی‌های فاز جداشده باشند بین یک فاز و زمین شروع شود.

نقطه شروع باید در دورترین نقطه قابل دسترسی از منبع در داخل خانه تحت آزمون قرار گیرد.

در واحدهای عملیاتی که بخشهای برقدار با مواد عایقی جامد پوشانده شده‌اند، قوس باید بین دو فاز مجاور با جریانی برابر با ۸۷٪ جریان نامی و یا در مورد هادی‌های فاز جداشده، بین یک فاز و زمین در محل‌های زیر اعمال گردد:

- در شکافهای عایقی بخشهای پوشانده شده با عایق
- در مواردی که بخشهای عایقی پیش‌ساخته مورد استفاده نیست، با ایجاد سوراخ در اتصالات عایق شده که در محل انجام می‌شود.

به جز حالت دوم، عایق جامد نباید سوراخ شود. تغذیه ورودی از مدار منبع باید سه فاز باشد تا به خطا امکان بروز در سه فاز را بدهد.

## ۵-۳- نشان‌دهنده‌ها (برای ارزیابی اثرات گرمایی گازها)

### ۵-۳-۱- کلیات

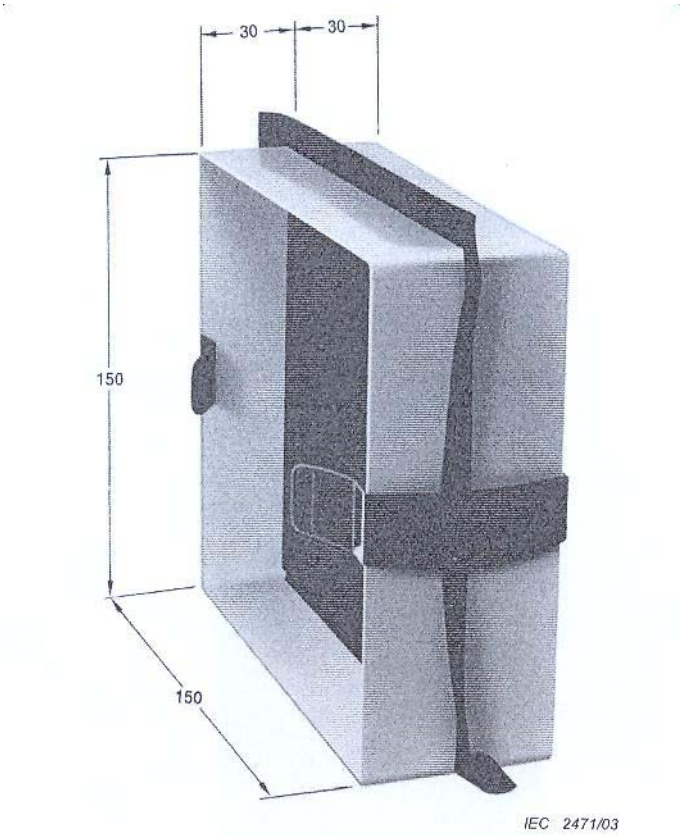
برای این منظور از تکه پارچه‌های کتان سیاه استفاده می‌گردد. این پارچه‌ها باید بگونه‌ای آرایش یابند که لبه بریده شدهٔ آنها رو به واحد مورد آزمون نباشد.

کریتون سیاه (فیبر کتان تقریباً $g/m^2$ ۱۵۰) یا کتان نازک مشکی آستردار (تقریباً $g/m^2$ ۴۰) با توجه به شرایط دسترسی باید برای نشان دهنده‌ها استفاده شود.

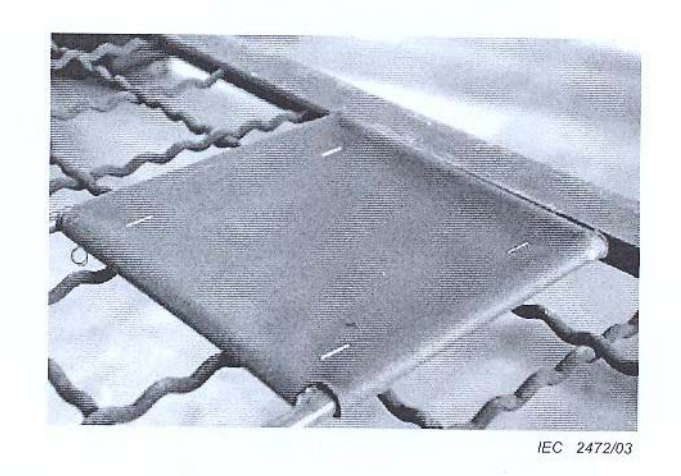
باید توجه شود که نشان‌دهنده‌های عمودی نتوانند یکدیگر را شعله‌ور کنند. این امر با ثابت کردن آنها، بعنوان مثال از طریق قراردادن آنها در قابهای فولادی با عمق ۳۰×۲ میلی‌متر با تلورانس ۰+ و ۳- میلی‌متر، انجام می‌شود (مطابق شکل ۳-۱).

در نشان‌دهنده‌های افقی باید توجه شود که ذرات مشتعل شونده انباشته نشوند. این امر در صورت استفاده از نشان‌دهنده‌های بدون قاب (مطابق شکل ۳-۲) حاصل می‌شود.

ابعاد این پارچه‌ها باید در حدود ۱۵۰mm × ۱۵۰mm با تلورانس ۱۵+و ۰- میلی‌متر باشد.




**شکل ۳-۱: قاب نگهدارنده برای نشان دهنده‌های عمودی**




**شکل ۳-۲: نشان‌دهنده افقی**

### ۵-۳-۲- آرایش نشان‌دهنده‌ها

نشان‌دهنده‌ها باید در هر سمت قابل دسترس بر روی چارچوب نگهدارنده در فاصله‌ای که به نوع قابلیت دسترسی بستگی دارد، قرار داده شوند.

طول چهارچوب نگهدارنده باید بزرگتر از نمونه آزمون باشد به طوریکه امکان خروج گازهای گرم با زاویه‌ای تا ۴۵ درجه از سطح تحت آزمون مدنظر قرار گیرد. این بدان معنی است که در مواردی که قابل اجرا است قاب نگهدارنده در هر طرف باید ۱۰۰میلی‌متر بزرگتر از واحد تحت آزمون (در مورد قابلیت دسترسی A) یا ۳۰۰ میلی متر (در مورد قابلیت دسترسی B) باشد به شرط آنکه موقعیت دیوار در ترکیب شبیه‌سازی اتاق این گسترش را محدود نکند.

**توجه:**

در تمامی موارد فاصله بین نشان‌دهنده‌های قرار گرفته به صورت عمودی تا تابلوی متال‌کلد از سطح محفظه بدون در نظرگیری عناصر برجسته (برای مثال: دستگیره‌ها، قاب دستگاه‌ها و ...) اندازه‌گیری می‌شود. اگر سطح تابلوی متال‌کلد عادی نبود، نشان‌دهنده‌ها باید طوری قرار گیرند تا واقع‌بینانه‌ترین موقعیتی که شخص اغلب در جلوی تجهیز قرار می‌گیرد را بر اساس نوع قابلیت دسترسی شبیه‌سازی کند.

- **قابلیت دسترسی نوع A (افراد مجاز)**

برای نشان دهنده‌ها باید از کرتون مشکی (فیبرکتان تقریباً $g/m^2$ ۱۵۰) استفاده شود.

نشان‌دهنده‌ها باید به صورت عمودی در تمامی سطوح قابل دسترس تابلو تا ارتفاع ۲ متری به صورت متعادل توزیع شده و طوری قرار گیرند تا ۴۰ تا ۵۰ درصد سطح را بپوشانند.

همچنین نشان‌دهنده‌ها باید به صورت افقی در ارتفاع ۲ متری از کف باشند و تمامی سطح بین ۳۰۰ میلی‌متر و ۸۰۰ میلی‌متر از تابلو را بپوشاند. زمانی که سقف در ارتفاع ۲ متری از کف قرار گرفته است، نیازی به نشان‌دهنده‌های افقی نیست. نشان‌دهنده‌ها باید به صورت متعادل طوری توزیع شده باشند که ۴۰ تا ۵۰ درصد سطح را بپوشانند (شکل‌های ۳-۳ و ۳-۴).

- **قابلیت دسترسی نوع B (عمومی)**

برای این نشان‌دهنده‌ها باید کتان نازک مشکی آستردار (تقریباً $g/m^2$ ۴۰) مورد استفاده قرار گیرد.

نشان‌دهنده‌ها باید بصورت عمودی روی کلیه سطوح قابل دسترس تابلو تا ارتفاع ۲ متری از کف قرار گیرند. اگر ارتفاع واقعی قطعه کمتر از ۱/۹ متر باشد، نشان دهنده‌های عمودی باید در ارتفاعی ۱۰۰ میلی‌متر بالاتر از ارتفاع قطعه آزمون قرار گیرند. نشان‌دهنده‌ها باید به صورت متعادل توزیع شده باشند به طوری که ۴۰ تا ۵۰ درصد سطح را بپوشانند.

فاصله نشان دهنده‌ها تا تابلو باید ۳۰۰ میلی‌متر با تلورانس ۱۵± میلی‌متر باشد.

همچنین نشان‌دهنده‌ها باید به صورت افقی در ارتفاع ۲ متری از کف باشند و تمامی سطح بین ۳۰۰ میلی‌متر و ۸۰۰ میلی‌متر از تابلو را بپوشاند. اگر قطعه آزمون کمتر از ۲ متر باشد، نشان‌دهنده‌ها باید مستقیماً روی پوشش‌های بالایی برای سطوح قابل دسترس در فاصله‌ای ۱۰۰ میلی‌متری با تلورانس ۵± میلی‌متر قرار گیرند. آنها باید به صورت متعادل طوری توزیع شده باشند که ۴۰ تا ۵۰ درصد سطح را بپوشانند (شکل‌های ۳-۳ و ۳-۶).

- **شرایط قابلیت دسترسی ویژه**

برای این نشان‌دهنده‌ها باید کتان نازک مشکی آستردار (تقریباً $g/m^2$ ۴۰) مورد استفاده قرار گیرد.

جائیکه در شرایط عملکرد عادی نیاز است که اشخاص در رفت و آمد باشند و یا بایستند، نشان دهنده‌های افقی باید به اندازه ارتفاع تابلو بالاتر از سطح قابل دسترس قرار گیرند.

## ٦- معیارهای پذیرش

تابلوهای متال‌کلد از نوع IAC (مطابق با نوع قابلیت دسترسی مربوطه) دارای شرایط لازم است اگر معیارهای زیر را برآورده کند.

### معیار شماره ١

درها و پوشش‌ها باز نشوند. تغییر شکل مورد قبول است به شرط آنکه هیچ قسمتی (از هر سمت) به موقعیت نشان‌دهنده‌ها یا دیوارها (هر کدام که نزدیکتر است) نرسد. نیازی نیست که سوئیچگیر با کد IP خودش بعد از آزمون مطابقت کند.

### معیار شماره ٢

- در طول زمان مشخص شده برای آزمون، محفظه نباید تکه‌تکه شود.
- برآمدگی قسمت‌های کوچک تا جرم ۶۰ گرم قابل قبول است.

### معیار شماره ٣

قوس نباید منجر به ایجاد سوراخ‌هایی در سمت‌های در دسترس تا ارتفاع ٢ متر شود.

### معیار شماره ٤

نشان‌دهنده‌ها به علت اثر گازهای گرم نباید شعله‌ور گردند. این امر نشان‌دهنده‌های سوخته شده در اثر رنگ یا چسب را شامل نمی‌شود. دقت شود که اگر این نشان‌دهنده‌ها در حین آزمون شروع به سوختن کردند ممکن است باعث سوختگی بوجود آمده، ذرات شعله‌ور باشند نه گازهای داغ. همچنین باید توسط دوربین‌های سریع عکسهایی بعنوان مدرک گرفته شود.

### معیار شماره ٥

محفظه به صورت متصل به نقطه زمین شده خودش باقی بماند. عموماً بازرسی بصری برای ارزیابی کافی می‌باشد. در مواردی که تردید وجود دارد، پیوستگی اتصال زمین باید بررسی گردد.

## ٧- گزارش آزمون

اطلاعات زیر باید در گزارش آزمون وارد شود:

- مقادیر نامی و شرح واحد آزمون با نقشه‌هایی که ابعاد اصلی، جزئیات مربوط به استقامت مکانیکی، آرایش دریچه‌های کاهش فشار و روش ثابت کردن تابلوی متال‌کلد به زمین و دیوار را نشان دهد.
- آرایش اتصالات آزمون
- نقطه و روش شروع خطای داخلی
- نقشه‌های اتصالات آزمون با توجه به نوع دسترسی (A،B یا C) سمت (F،L یاR) و شرایط نصب

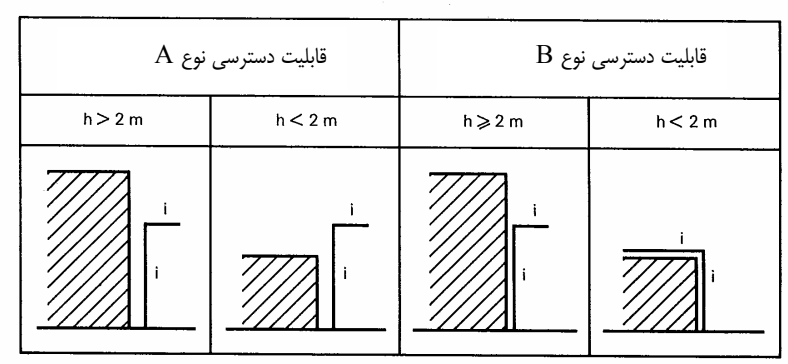
- ولتاژ و فرکانس اعمال شده
- برای جریان مورد انتظار یا جریان آزمون موارد زیر ذکر شود:

  i) مقدار مؤثر مؤلفه ac در حین سه نیم سیکل اول

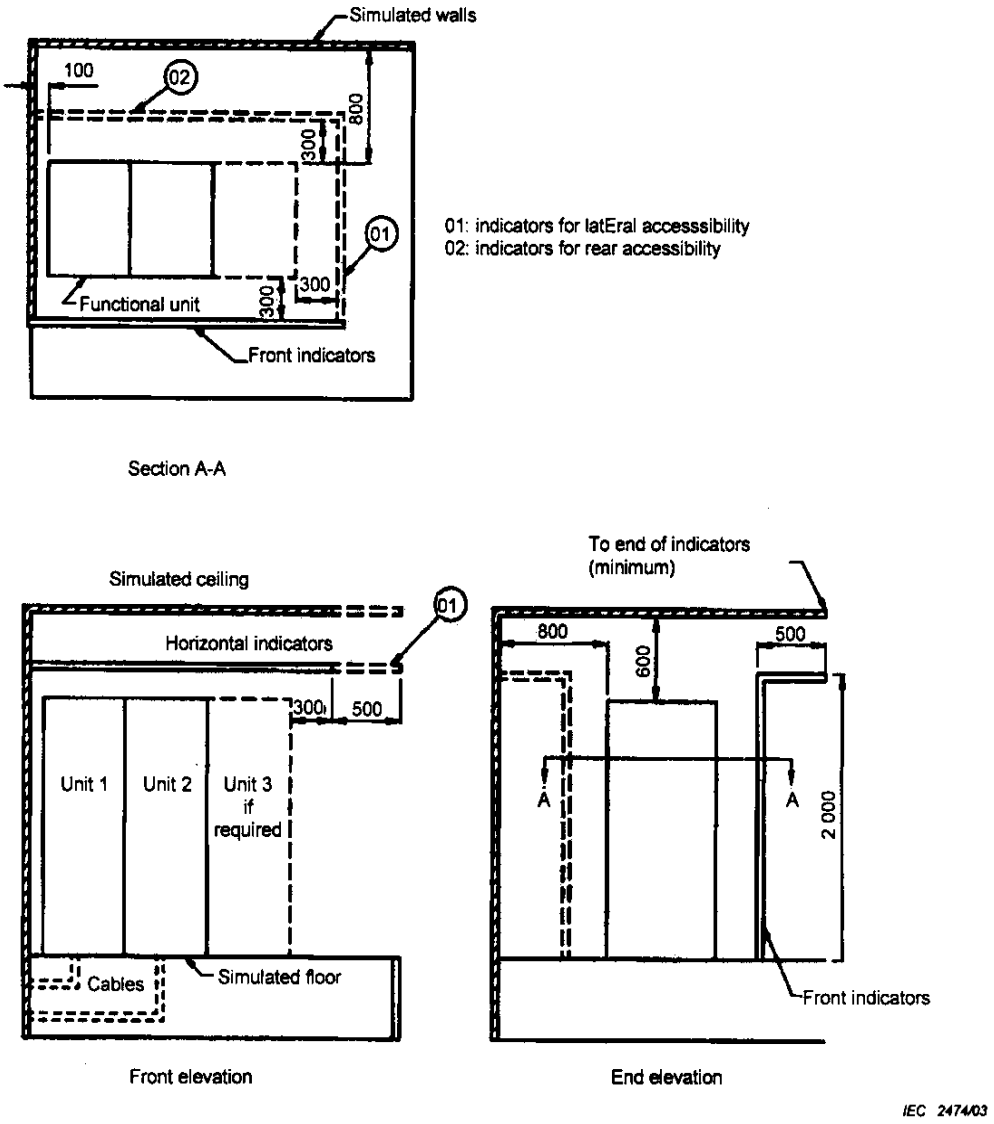
  ii) مقدار بالاترین پیک

  iii) مقدار متوسط مؤلفه ac در مدت زمان عملی آزمون

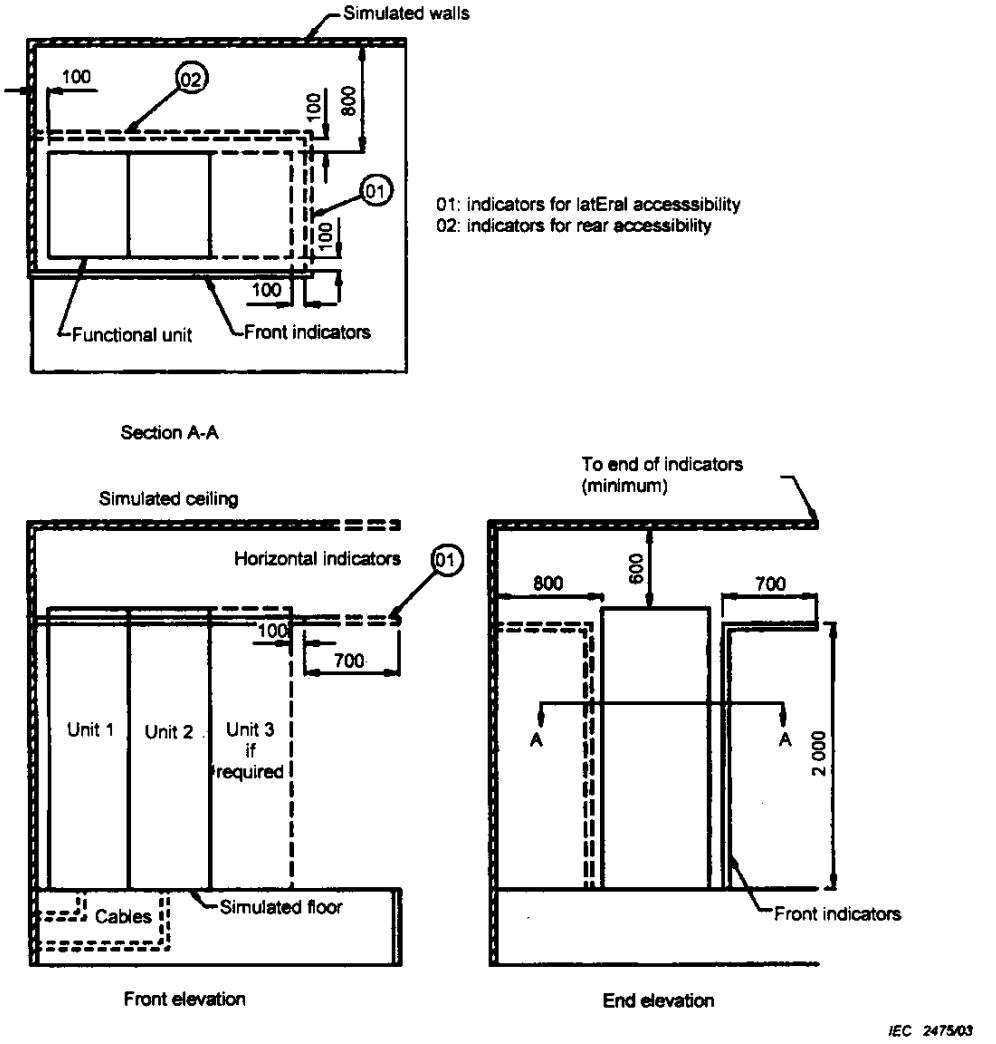
  iv) مدت زمان آزمون
- اسیلوگرامی که جریان‌ها و ولتاژها را نشان دهد
- معیارهای نتایج آزمون شامل ثبت مشاهدات براساس بند ۶
- عکس‌های قبل و بعد از آزمون تجهیزات تحت آزمون
- سایر موارد مربوطه



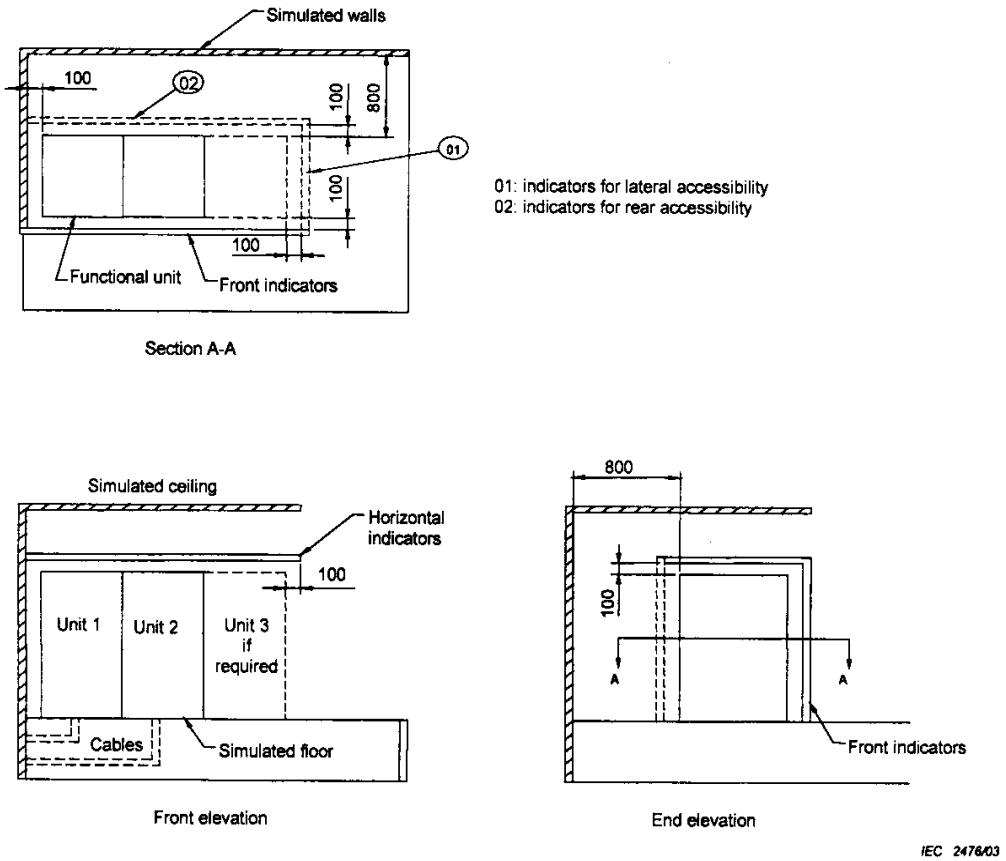

**شکل ۳-۳: موقعیت نشان‌دهنده‌ها (i)، ارتفاع تجهیزات(h)**




شکل ٣-٤: شبیه‌سازی اتاق و موقعیت نشان دهنده برای قابلیت دسترسی A، واحد عملیاتی در ارتفاع ١/٥ متر یا بالاتر




شکل ۳-۵: شبیه‌سازی و موقعیت نشان دهنده برای قابلیت دسترسی B، واحد عملیاتی ارتفاع بالاتر از ۲ متر




**شکل ۳-٦: شبیه‌سازی اتاق و موقعیت نشان دهنده برای قابلیت دسترسی B، واحد عملیاتی ارتفاع کمتر از ۲ متر**

## پیوست ۳-۲- اندازه‌گیری تخلیه جزئی

اندازه‌گیری تخلیه‌های جزئی روش مناسبی برای تشخیص عیوب مشخص در تجهیزات تحت آزمون و مکمل آزمونهای عایقی است. تجربه نشان می‌دهد که تخلیه‌های جزئی ممکن است در آرایش‌های خاص، منجر به افت تدریجی استقامت عایقی به خصوص در عایقهای جامد گردند.

ازطرف دیگر به دلیل پیچیدگی سیستمهای عایقی مورد استفاده در تابلوها امکان برقراری یک رابطه قطعی بین نتایج اندازه‌گیری‌های تخلیه جزیی و طول عمر موردانتظار تجهیزات وجود ندارد.

### ۱- کاربرد

اندازه‌گیری تخلیه جزئی در صورتیکه مواد عایقی آلی[1] در داخل تابلوها بکاررفته باشد می‌تواند مناسب باشد.

به دلیل طراحی‌های مختلف نمی‌توان یک مشخصات کلی معین برای تابلوهای مورد آزمون ارائه داد. به طور کلی، فشارهای عایقی وارده بر نمونه مورد آزمون باید همانند فشارهایی باشد که در یک مجموعه کامل تجهیزات رخ خواهد داد.

**توجه:**

- نمونه‌هایی که شامل یک مجموعه کامل هستند جهت آزمون ترجیح داده می‌شود. درمورد تابلوهای با طراحی یکپارچه، به خصوص در مواردی که بخشهای برقدار و اتصالات مختلف در یک عایق جامد جاداده شده‌اند، ضروری است که آزمون روی مجموعه کامل صورت گیرد.
- در مواردی که طراحی‌ها شامل مجموعه‌ای از اجزاء معمول (بعنوان مثال ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری و بوشینگها) می‌باشد که می‌توانند به طور جداگانه مطابق با استاندارد مربوطه خود مورد آزمون قرارگیرند، هدف از این آزمون تخلیه جزئی، بررسی کردن آرایش اجزاء در مجموعه کلی می‌باشد.

به دلایل فنی و اقتصادی، پیشنهاد می‌شود آزمونهای تخلیه جزئی روی همان مجموعه‌هایی که جهت آزمونهای عایقی اجباری مورد استفاده قرار می‌گیرند، انجام شود.

**توجه:**

این آزمون می‌تواند بر روی مجموعه‌ها یا زیرمجموعه‌ها انجام شود. باید دقت شود که تخلیه‌های جزیی خارجی بر روی اندازه‌گیری تأثیر نگذارد.

نکات مهمی که باید در تصمیم‌گیری لزوم آزمون تخلیه جزئی در نظر گرفته شود عبارتند از:

- تجربیات عملی در سرویس‌دهی شامل نتایج اینچنین آزمونهایی که در یک دوره مشخص از تولید محصول انجام شده است.
- مقدار استقامت میدان الکتریکی در منطقه‌ای از عایق جامد که تحت بیشترین تنش قرار دارد.
- نوع مواد عایقی بکار رفته در تجهیزات بعنوان بخشی از قسمت اعظم عایقی.

1 . Organic insulating material

## ۲- مدارات آزمون و لوازم اندازه‌گیری

اگر آزمون تخلیه جزئی انجام گرفت، این آزمون باید مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۲۷۰ باشد.

### الف) مدار آزمون تکفاز

- **روش A**

این روش به طور کلی جهت تجهیزاتی که به منظور استفاده در یک سیستم با نوترال مستقیماً زمین شده یا زمین نشده طراحی شده‌اند بکار می‌رود.

برای اندازه‌گیری مقادیر تخلیه جزیی، هر فاز باید به ترتیب به منبع ولتاژ آزمون متصل شود، و دو فاز دیگر و کلیه بخشهایی که در سرویس‌دهی زمین می‌شوند، زمین گردند.

- **روش B**

این روش در مورد تجهیزاتی که منحصراً برای استفاده در سیستمهای با نوترال مستقیماً زمین شده طراحی شده‌اند، کاربرد خواهد داشت.

برای اندازه‌گیری مقادیر تخلیه جزئی دو آرایش آزمون باید مورد استفاده قرار گیرد.

در ابتدا اندازه‌گیری‌ها باید در ولتاژ آزمون ۱/۱ برابر ولتاژ نامی انجام شود. هر فاز باید به ترتیب به منبع ولتاژ آزمون متصل گردد و دو فاز دیگر زمین شوند. لازم است کلیه بخشهای فلزی که در حالت عادی در سرویس‌دهی زمین می‌گردند، عایق شوند یا جدا گردند.

روش اندازه‌گیری دیگر باید در ولتاژ آزمون $1/1/\sqrt{3}$ برابر ولتاژ نامی انجام گیرد، در حالیکه بخشهایی که در سرویس‌دهی زمین می‌گردند، زمین شوند و سه فاز متصل به منبع ولتاژ بهم وصل شوند.

### ب) مدار آزمون سه فاز

درصورتی که امکانات مناسب جهت آزمون در دسترس باشد، آزمونهای تخلیه جزئی می‌تواند با آرایش سه فاز انجام شود.

در این حالت پیشنهاد می‌شود که از سه خازن کوپلینگ استفاده گردد که مطابق شکل ۳-۷ بهم اتصال یافته باشند. از یک نشان‌دهنده تخلیه می‌توان بهره گرفت که به ترتیب به سه امپدانس اندازه‌گیری وصل می‌شود.

برای کالیبراسیون نشاندهنده در یک موقعیت اندازه‌گیری از آرایش سه فاز، پالسهای جریان کوتاه‌مدت با شارژ معین، بین هر فاز از یک طرف و زمین و سایر فازها از طرف دیگر به ترتیب تزریق می‌گردد. کالیبراسیونی که کمترین انحراف را داشته باشد برای تعیین مقدار تخلیه بکار می‌رود.

در مواردی که تجهیزات برای استفاده در سیستمهای بدون نوترال مستقیماً زمین شده طراحی شده‌اند، آزمون اضافی (فقط بعنوان آزمون نوعی) باید انجام گیرد. برای این آزمون هر فاز از تجهیز مورد آزمون و فاز متناظر آن در منبع ولتاژ، باید به ترتیب مطابق شکل ۳-۸ زمین شوند.

## ۳- روش آزمون

ولتاژ فرکانس قدرت اعمال‌شده مطابق با مدار آزمون جدول ۳-۳ حداقل تا ۱/۳ یا $1/3/\sqrt{3}$ برابر ولتاژ نامی افزایش پیدا می‌کند و در این مقدار برای حداقل ۱۰ ثانیه نگه داشته می‌شود. تخلیه جزئی به وجود آمده در این بازه باید نادیده گرفته شود.

سپس ولتاژ بدون وقفه به ۱/۱ یا $1/1/\sqrt{3}$ برابر ولتاژ نامی مطابق با مدار آزمون کاهش داده می‌شود و مقدار تخلیه جزئی در این ولتاژ آزمون اندازه‌گیری می‌شود ( مطابق جدول ۳-۳).

تا حد امکان و با در نظر گرفتن سطح نویز عملی، ولتاژ شروع تخلیه جزئی و ولتاژ استهلاک آن باید ثبت گردد.

بطور کلی، آزمونها باید در حالتی بر روی مجموعه‌ها یا زیرمجموعه‌ها انجام شود که وسایل کلیدزنی در وضعیت بسته قرار داشته باشند. درحالتی که خرابی عایق بین دو کنتاکت باز جداکننده‌ها بر اثر تخلیه جزئی چشمگیر باشد، اندازه‌گیری‌های اضافی تخلیه جزئی باید درحالیکه قطع‌کننده درحالت باز قرار دارد نیز انجام شود.

## ٤- حداکثر مقدار مجاز تخلیه جزیی

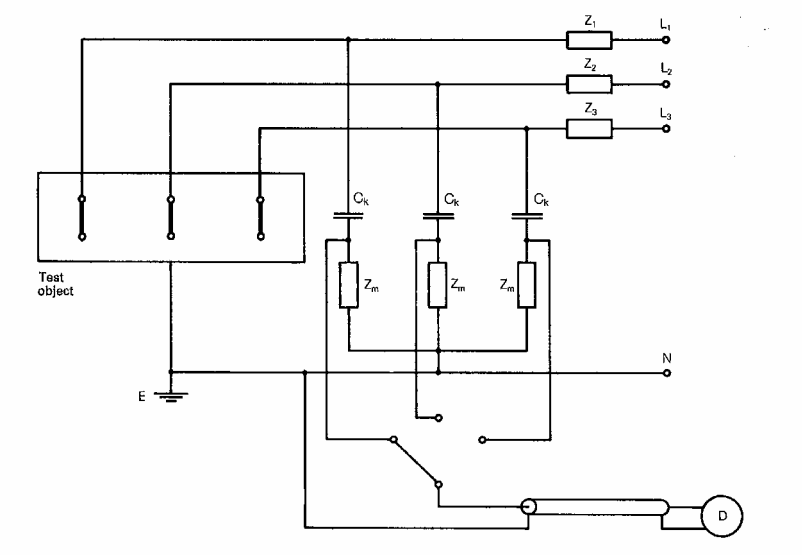
مقدار تخلیه جزئی پیشنهاد شده، باری ظاهری است که اغلب با پیکوکلمب (pC) بیان می‌شود.

حداکثر مقدار مجاز تخلیه جزئی در ولتاژ ۱/۱ و یا $1/1/\sqrt{3}$برابر ولتاژ نامی باید مورد توافق سازنده و خریدار قرار گیرد.

برای عایق جامد، محدوده قابل پذیرش برابر ۱۰pC در ۱/۱ ولتاژ فاز به فاز نامی (در $1/1/\sqrt{3}$ ولتاژ فاز به زمین نامی) و برای سیستم‌هایی بدون نوترال مستقیماً زمین شده نیز ۱۰۰pC در ۱/۱ ولتاژ فاز به زمین نامی می‌باشد.

**توجه:**

محدوده مقادیر تخلیه جزئی تا زمانی که اطلاعات مستند بیشتری در دسترس نباشد، تعیین نخواهد شد. در اجزا تابلوی متال‌کلد ممکن است از یک یا چندین تکنولوژی متفاوت (برای مثال: عایق جامد، گاز یا مایع) استفاده شده باشد که هر کدم از آن ها نیازمندیهای متفاوتی دارند. بنابراین تعیین مقدار ماکزیمم قابل قبول تخلیه جزئی برای کاربردهای کلی تابلوی تکمیل شده یا قسمتی از آن بسیار مشکل و بحث برانگیز خواهد بود. عجالتاً این مقادیر به عهده سازنده یا در موارد آزمون پذیرش طبق توافق سازنده و خریدار خواهد بود.




N: نقطه نوترال

E: نقطه زمین

$L_1,L_2,L_3$: ترمینال‌های اتصال به منبع ولتاژ سه فاز

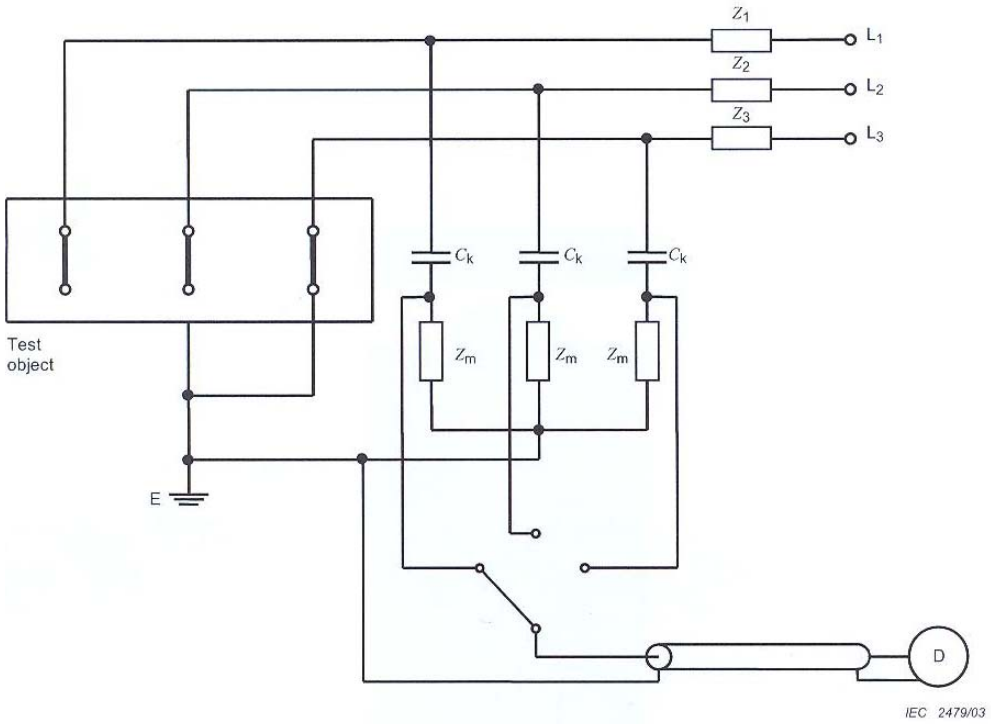
$Z_1,Z_2,Z_3$: امپدانس‌های مدار آزمون

$C_k$ : خازن کوپلینگ

$Z_m$: امپدانس اندازه‌گیری

D: شاخص تخلیه جزئی

**شکل ۳-۷: مدار آزمون تخلیه جزئی (آرایش سه فاز)**




E: نقطه زمین

$L_1,L_2,L_3$: ترمینال‌های اتصال به منبع ولتاژ سه فاز

$Z_1,Z_2,Z_3$: امپدانس‌های مدار آزمون

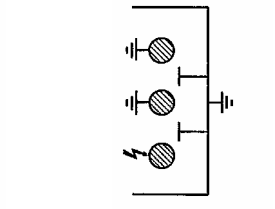
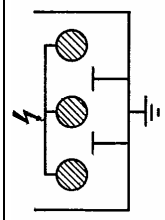
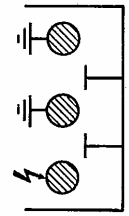
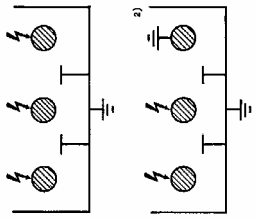
$C_k$: خازن کوپلینگ

$Z_m$: امپدانس اندازه‌گیری

D: شاخص تخلیه جزئی

**شکل ۳-۸: مدار آزمون تخلیه جزئی (سیستم بدون نوترال زمین شده)**

**جدول ۳-۳: مدارات و روشهای آزمون**

| | آزمون تکفاز | | آزمون سه فاز |
|---|---|---|---|
| | روش A | روش B | |
| ولتاژ منبع متصل به | هر فاز به ترتیب | هرفاز به ترتیب | سه فاز همزمان | سه فاز (شکل ۱) |
| المانهای متصل به زمین | هر یک از دو فاز دیگر و کلیه بخشهایی که در سرویس‌دهی زمین می‌شوند | هر یک از دو فاز دیگر | کلیه بخشهایی که در سرویس‌دهی زمین می‌شوند | کلیه بخشهایی که در سرویس‌دهی زمین می‌شوند |
| حداقل ولتاژ | ۱/۳ | ۱/۳ | ۱/۱/$\sqrt{3}$ | ۱/۳[1] |
| ولتاژ آزمون | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۳/$\sqrt{3}$ | ۱/۱[2] |
| دیاگرام کلی |  |  |  |  |

[1]. ولتاژ بین فازها

[2]. آزمون اضافه در مواردی که سیستم دارای نوترال بطور مستقیم زمین شده نباشد (تنها برای آزمونهای نوعی)

# فصل ۴

# دستورالعملهای اجرایی

## مقدمه

در این فصل دستورالعملهای اجرایی مربوط به تابلوهای متال‌کلد ارائه می‌شود.

## ٤-١- کلیات

حمل و نقل، انبارداری، نصب، بهره‌برداری و نگهداری تابلو از اهمیت ویژه ای برخوردار است و باید مطابق با دستورالعملهای سازنده انجام گردد. سازنده باید دستورالعمل حمل و نقل و انبارداری را در مدت زمانی مناسب قبل از حمل در اختیار خریدار قرار داده و دستوالعمل‌های نصب، بهره‌برداری و نگهداری را حداکثر تا زمان حمل تابلو ارائه نماید.

## ٤-٢- شرایط حمل، انبارداری و نصب

تابلوهای متال‌کلد باید قبل از خروج از کارخانه به دقت بازرسی و بسته‌بندی شوند. همچنین بلافاصله پس از حمل بازرسی شده تا در حین حمل آسیبی به آنها وارد نشده باشد.

لازم است ملاحظات خاص در هنگام حمل، انبارداری و نصب و نیز قبل از برقدار کردن تابلو، جهت حفاظت عایقی و به منظور اجتناب از نفوذ رطوبت به عنوان مثال در هنگام بارندگی، برف یا انباشته شدن رطوبت، انجام گردد. باید لرزش‌های احتمالی در هنگام حمل در نظر گرفته شود و دستورالعمل‌های لازم ارائه گردد. بسته‌بندی‌ها باید متناسب با اندازه و وزن تجهیزات باشد.

## ٤-٣- انبارداری

تابلوهای متال‌کلد که نمی‌توان آنها را فوراً نصب نمود باید در یک محل خشک و تمیز انبار شوند و در دورهٔ انبارداری در جعبه‌های خود باقی بمانند.

هرچه دورهٔ انبارداری طولانی‌تر باشد، باید دقت بیشتری در حفاظت تابلوها بعمل آید.

درحین انبارداری باید تابلوی متال‌کلد در سطحی قرارگیرد که به راحتی جابجا شود و از آسیب احتمالی جلوگیری بعمل آید.

درحین دورهٔ نصب باید حفاظت لازم در برابر گرد و غبار، آلودگی، سقوط اشیاء، چکه‌کردن آب، آبهای خورنده، رطوبت خورنده و سایر عوامل ایجاد آسیب در تجهیزات، بعمل آید.

هرگونه پوشش موقتی نباید جلوی تهویه را بگیرد و تا هنگامی که تجهیز برای نصب آماده می‌شود، نباید این پوشش برداشته شود.

ترجیحاً تجهیزات در داخل ساختمانی انبار شوند که دارای سیستم گرمایش باشد. درصورتی که این امر امکان‌پذیر نباشد، باید ملاحظات خاص درنظر گرفته شود که تجهیز به اندازهٔ کافی گرم باشد. همچنین باید تهویه مناسبی فراهم گردد که از جمع‌شدن آلودگی در دورهٔ انبارداری جلوگیری بعمل آید. درصورت لزوم گرمایش موقتی باید در تجهیز نصب گردد.

دریچه‌های تهویه در تابلوی متال‌کلد باید باز گذاشته شود تا گردش هوا امکان‌پذیر گردد.

## ٤-٤- نصب

نصب باید مطابق با دستورالعمل سازنده انجام گردد و شامل حداقل موارد زیر باشد:

### ٤-٤-١- بازکردن در جعبه‌ها و خارج نمودن تابلو

اطلاعات لازم جهت بازکردن در جعبه‌ها و خارج نمودن تابلوها شامل جزئیات لازم مربوط به روشهای خاص خارج نمودن تابلو از جعبه و قرار گرفتن وسایل، ارائه گردد.

### ٤-٤-٢- سوار نمودن تابلو

در صورتی که قطعات تابلو جهت سهولت حمل، بطور کامل سوار نشده باشند، کلیه وسایل باید دارای علامت مشخص‌کننده بوده و نقشه مربوط به جانمایی قطعات تابلو ارائه گردد.

### ٤-٤-٣- نصب تابلو

دستورالعمل‌های مربوط به نصب تابلو و بهره‌برداری تجهیزات اصلی و کمکی، شامل جزئیات کافی نحوه قرارگیری صحیح تابلو و اطلاعات لازم باید ارائه گردد.

بعد از نصب تابلوی متال‌کلد در محل دائمی خود، باید یک بازبینی دقیق انجام شود تا اطمینان حاصل گردد که کلیه بسته‌بندیها بازشده باشند.

### ٤-٤-٤- اتصالات

دستورالعمل‌ها باید شامل موارد زیر باشند:

- نحوه اتصال شینه‌ها و کابل‌ها شامل وسایل لازم جهت جلوگیری از واردآمدن اضافه حرارت یا اضافه فشار بر تابلو و برقراری فواصل عایقی مناسب
- اتصال مدارات کنترل
- اتصال زمین

#### ٤-٤-٤-١- اتصال شینه‌ها

درمواردی که تابلوی متال‌کلد در چندین بخش جداگانه حمل می‌شود، لازم است شینه اصلی قبل از حمل جدا شود. بسیار حائز اهمیت است که اتصالات بطرز ایمنی برقرار گردند زیرا هدایت نقاط اتصال بستگی به فشار وارده دارد. در این باره باید به دستورالعملهای سازنده مراجعه گردد.

#### ٤-٤-٤-٢- اتصال کابلها

قبل از اینکه اتصالات کابلها برقرار گردد، فازبندی هریک از کابل‌ها باید مطابق با دیاگرام اتصال تعیین شود و کابلها باید برطبق آن علامتگذاری شوند. باید در هنگام ترمینال‌بندی کابل‌ها و درحین نصب آنها از دستورالعملهای سازنده کابل پیروی شود. اتصالات

باید تمیز باشند و باتوجه به دستورالعملهای سازنده بارگذاری شوند، زیرا هدایت نقاط اتصال متناسب با فشار وارده می‌باشد. وسایل ترمینال‌بندی (درصورت نیاز) باید مطابق با دستورالعملهای سازنده در این خصوص نصب گردد.

**٤-٤-٤-٣- اتصال مدارات کنترل**

سیمهای کنترل بین بخشهای حمل‌شده باید همانگونه که توسط سازنده علامتگذاری شده است، مجدداً وصل شوند. اتصالاتی که باید از تابلو به ترمینالهای موجود در وسایل کنترل از راه دور وصل گردند، باید براساس دیاگرام اتصال به دقت بازبینی شوند. در برقراری اتصال به ترمینال‌ها باید دقت لازم بعمل آید تا اطمینان حال شود که اتصالات به نحو مطلوبی برقرار شده‌اند.

**٤-٤-٤-٤- اتصال زمین**

بخشهایی از شینه زمین که قبلاً درهنگام حمل جدا شده‌اند، باید هنگامی که واحدهای تابلو نصب می‌گردند، مجدداً اتصال یابند. باید اطمینان حاصل شود که کلیه سیم‌کشی‌های ثانویه مطابق با آنچه در نقشه مشخص شده است، به شینه زمین تابلو وصل شوند.

## ٤-٤-٥- بازدید نهایی نصب

باید دستورالعمل‌های لازم جهت بازدید و آزمونهایی که باید پس از نصب تابلو و برقراری کامل اتصالات انجام شود، فراهم گردد. این دستورالعمل‌ها شامل موارد زیر می‌باشند:

- فهرست آزمون‌های پیشنهادی جهت تائید عملکرد صحیح
- روش‌های انجام هر گونه تنظیم که جهت عملکرد صحیح ضروری است.
- پیشنهادات لازم برای کلیه اندازه‌گیری‌های مربوطه که باید جهت تعمیرات آتی، انجام و نتایج آن ثبت گردد.
- دستورالعمل‌های بازدید نهایی و قرار گرفتن در سرویس

باید دقت لازم بعمل آید تا درصورت متصل‌بودن لوازم آزمون به تابلوی متال‌کلد از برقدارشدن آن جلوگیری بعمل آید. کلیه اتصالات داخلی باید مورد آزمایش قرارگیرند تا اطمینان حاصل شود که هیچ نقص و آسیبی درحین حمل و نقل یا نصب به آنها وارد نیامده است. کلیه اتصالات پیچ‌شده و نقاط وصل باید محکم شوند تا اطمینان حاصل گردد که اتصالها به خوبی برقرار می‌باشند. اگر واشرهای فنری در سرهای پیچ و مهره‌ها به کار می‌رود، باید مطابق با دستورالعمل سازنده محکم شوند.

استحکام کلیه اتصالات سیم‌کشی، ازجمله آنهایی که در ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری و کلیه جعبه‌های ترمینال هستند، باید بازبینی شود.

در کلیه مدارهایی که برقدار می‌شوند، وسایل اتصال کوتاه‌کننده ترانسفورماتورهای جریان باید جدا شود. رله‌های حفاظتی، وسایل قطع اضافه جریان و لوازم جانبی کلیدها که در تابلوی متال‌کلد وجود دارد، باید جهت تأیید صحت اتصالات و صحت عملکرد در کارخانه مورد آزمون قرارگیرند. تنظیم وسایل حفاظتی ازقبیل جریان، ولتاژ یا سایر پارامترها باید بوسیله کاربر مطابق با عملکرد مربوطه آن صورت گیرد. باید قبل از تنظیم وسایل حفاظتی کتابچه دستورالعملهای سازنده به دقت مطالعه شود.

پیشنهاد می‌گردد که صحت سیم‌پیچی‌های مدار کنترل بوسیله یک اهم‌متر بازبینی شود تا اطمینان حاصل گردد که اتصال کوتاهی در سیم‌کشی کنترل وجود ندارد. سیم‌کشی کنترل باید یک آزمون عایقی یا آزمون مقاومت عایقی را بگذرانند و مدارهای قدرت، ازجمله شینه‌ها و کلیدهای قدرت، باید آزمون تحمل ولتاژ با فرکانس قدرت را مطابق با آنچه در فصل مربوطه توضیح داده شده است، بگذرانند.

بعدازاینکه تابلوی متال‌کلد نصب شد و کلیه اتصالات داخلی کامل شد، شماهای کنترلی باید ازلحاظ عملکرد مورد آزمون قرارگیرند و اتصالات تغذیه بازبینی نهایی گردد تا قبل ازاینکه تابلوی متال‌کلد جهت سرویس‌دهی برقدار شود، ترتیب فازها بررسی گردد.

کلیه کلیدهای قدرت باید مطابق با دستورالعمل سازنده بازرسی شوند تا بخشهای معیوب و اتصالات ناقص وجود نداشته باشد. حایل‌ها باید مورد بازبینی قرارگیرند تا اطمینان حاصل شود که به طرز مناسبی عمل می‌کنند به نحوی که وسایل قطع‌کننده اولیه موجود در محفظه تابلو در هنگام بیرون‌آمدن کلید قدرت، بطور اتوماتیک پوشش داده می‌شوند.

اینترلاکها باید قبل از برقدارشدن تابلو بازبینی شوند تا اطمینان حاصل گردد که عملکرد مطلوبی دارند.

همچنین اینترلاکها بین المانهای قابل جداشدن و محفظه مورد بازبینی قرارگیرند تا اطمینان حاصل شود که هنگامی که کلید در وضعیت بسته قرار دارد، نمی‌تواند به موقعیت اتصال یافته و یا از آن، جابجا شود. همچنین اطمینان حاصل شود که کلید قدرت نمی‌تواند به غیر از مواردی که در وضعیت کاملاً اتصال یافته یا وضعیت آزمون قراردارد، بسته شود.

## ٤-٥- بهره‌برداری

دستورالعمل ارائه شده توسط سازنده باید شامل موارد زیر باشد:

- توضیحات مربوط به تجهیزات ایمنی و عملکرد اینترلاکها و ابزار قفل
- توضیحات مربوط به کارهای لازم جهت فراهم کردن عایق‌بندی، اتصالات زمین، تعمیرات و انجام آزمون عایقی

بعد ازاینکه اجزاء جداشدنی کلید قدرت و اینترلاکها به نحو رضایت‌بخشی آزمایش شدند و آزمون نهایی عایقی به طور رضایت‌بخشی کامل شد، کلید قدرت می‌تواند به وضعیت اتصال یافته جابجا شود.

## ٤-٦- نگهداری وتعمیر

موثر بودن تعمیرات بستگی کامل به دستورالعمل‌های تهیه شده توسط سازنده و نحوه اجرای آن بوسیله خریدار دارد.

### ٤-٦-١- پیشنهادات سازنده

الف) سازنده باید یک دستورالعمل تعمیر و نگهداری تهیه کند که شامل اطلاعات زیر باشد:

۱) میزان و دورهٔ تکرار تعمیرات که برای این منظور باید پارامترهای زیر در نظر گرفته شود:

- عملکردهای کلیدزنی (جریان و تعداد آنها)
- تعداد کلی عملکردها
- زمان ماندن در سرویس (در دوره‌های متناوب)
- شرایط محیطی
- اندازه‌گیری‌ها و آزمون‌های عیب‌یابی

۲) شرح جزئیات تعمیرات

– مکان پیشنهادی جهت انجام تعمیرات (فضای سرپوشیده، فضای آزاد، داخل کارخانه، در محل نصب و...)

– روش بازبینی، آزمون‌های عیب‌یابی، آزمایش و معاینات پس از تعمیر

– مرجع نقشه‌ها

– مرجع مربوط به شماره قطعه یا قطعات

– استفاده از ابزار و لوازم ویژه

– ملاحظات لازم (از جمله تمیزی، اثرات احتمالی جرقه‌های گرمازا و...)

– روش روغنکاری

۳) نقشه‌های جامع تابلو شامل جزئیاتی که جهت انجام تعمیرات مهم است، همراه با اطلاعات تعیین‌کننده (از جمله شماره قطعه و مشخصات) مربوط به تابلوی اصلی و فرعی و قطعات خاص

۴) محدوده‌های مقادیر مهم و تلورانس‌های آنها که در صورت تجاوز از این حدود، اعمال ضرایب تصحیح ضروری است بعنوان مثال:

– مقاومت‌ها و خازن‌ها (مدار اصلی)

– زمان‌های عملکرد

– مشخصه‌های ماده عایقی

– کمیت و کیفیت ماده عایقی

– فرسایش مجاز قطعاتی که تحت فرسایش قرار دارند

– گشتاورها

– ابعاد مهم

۵) مشخصات ابزار فرعی تعمیرات، شامل پلاک‌های هشدار جهت مواد زیر:

– گریس

– روغن

– مایعات

– مواد پاک‌کننده و از بین برنده گریس

۶) لیست ابزار خاص و تجهیزات لازم جهت جابجایی و دستیابی به تابلو

۷) آزمون‌های بعد از عملیات تعمیر

۸) لیست لوازم یدکی پیشنهادی (توضیحات، شماره مرجع، تعداد) و ورش انبارداری آنها

۹) چگونگی عملکرد در رابطه با قطعاتی که دوره عمر آنها به پایان رسیده، با در نظر گرفتن نیازهای محیطی

۱۰) برآورد بازه زمانی تعمیرات

## ٤-٦-٢- پیشنهادات لازم جهت خریدار

الف) اگر خریدار بخواهد تعمیرات را خودش انجام دهد، باید اطمینان حاصل نماید که ابزار و امکاناتی که در اختیار دارد از کیفیت لازم برخوردار است.

ب) خریدار باید اطلاعات زیر را ثبت نماید

- شماره سریال و نوع تابلو
- تاریخی که تابلو در سرویس قرار می‌گیرد
- نتایج کلیه اندازه‌گیری‌ها و آزمون‌ها شامل آزمونهای عیب‌یابی که در طول عمر تابلو انجام می‌گردد.
- تاریخ و میزان تعمیرات انجام شده
- تاریخچه سرویس، مواردی که بصورت دوره‌ای توسط شمارنده‌های عملکرد ثبت شده است و سایر موارد (مانند عملکردهای مربوط به اتصال کوتاه)
- مراجع مربوط به هرگزارش خطا

پ) در هنگام بروز خطا یا عیب، خریدار باید یک گزارش خطا تهیه کند و سازنده را از شرح وقایع و اندازه‌گیری‌های انجام شده مطلع کند. بسته به ماهیت خطا، آنالیز خطا باید با همکاری سازنده انجام گیرد.

## ٤-٦-٣- گزارش خطا

هدف از گزارش خطا استاندارد کردن عمل ثبت خطای تابلو با انجام اعمال زیر است:

- شرح خطا با استفاده از اصطلاحات رایج
- تهیه داده‌های مناسب برای ثبت آماری خریدار
- تهیه یک گزارش خوب برای سازنده بصورت زیر

الف) مشخصات تابلویی که خطا درآن رخ داده شامل:

- نام پست
- مشخصات تابلو (سازنده، شماره سریال، مقادیر نامی )
- موقعیت نصب، داخلی یا خارجی
- محفظه
- مکانیزم عملکرد (هیدرولیک، پنوماتیک، فنری ، موتوری ، دستی)

ب) تاریخچه تابلو:

- تاریخ وقوع خطا یا عیب
- تعداد کامل سیکلهای عملکرد درصورت دسترسی
- تاریخ آخرین تعمیر
- جزئیات هرگونه تغییرات انجام شده بر روی تجهیزات از لحظه ساخت

- تعداد کل سیکل‌های عملکرد از آخرین تعمیر
- شرایط تابلو هنگام تشخیص خطا (در سرویس، تحت تعمیر و ..)

پ) مشخصات زیرمجموعه‌هایی که در خطا یا عیب اولیه پاسخگو بوده‌اند

- مولفه‌هایی که تحت ولتاژ بالا قرار دارند
- مدارهای الکتریکی کنترل و فرعی
- مکانیزم عملکرد
- سایر تجهیزات

ت) مواردی که احتمال می‌رود درخطا یا عیب نقش داشته‌اند

- دسته‌بندی خطا
- خطای بزرگ
- خطای کوچک
- عیب

ث) ماهیت و علت خطا یا عیب

- ماهیت خطا (مکانیکی، الکتریکی، ....)
- علت خطا (طراحی، ساخت، دستورالعمل نامناسب، نصب غیر صحیح ، تعمیر نادرست، فشارهای بیش از حد مشخص شده و..)

چ) مراحل رفع خطا یا عیب

- زمان پیاده کردن تابلو
- زمان صرف شده جهت تعمیر
- هزینه انجام کار
- هزینه قطعات یدکی

یک گزارش خطا باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- نقشه‌ها، طرح‌ها
- عکس‌های اجزاء معیوب
- دیاگرام تک خطی پست
- مراحل عملکردها و ترتیب زمانی آنها
- اطلاعات ثبت شده یا پلات شده
- مراجع مورد استفاده جهت انجام تعمیرات

## فهرست مراجع:

[1] IEC Std, 62271-200, High Voltage Switchgear and Controlgear- Part 200: AC Metal- Enclosed Switchgear and Controlgear for Rated Voltages Above 1kV and Up to and Including 52kV.
[2] IEC Std. 62271-100, High Voltage Switchgear and Controlgear- Part 100: High Voltage Alternating – Current Circuit Breakers.
[3] IEC Std. 60050-441, International Electro Technical Vocabulary Chapter 441: Switchgear, Controlgear and Fuses.
[4] IEC Std. 60694, Common Specifications for High-Voltage Switchgear and Controlgear Standards Edition 2.2.
[5] IEC Std. 62271-105, High Voltage Switchgear And Controlgear – Part 105: Alternating – Current Switch – Fuse Combustions.
[6] IEEE Std. C37-20-2, Standard for Metal – Clad Switchgear.
[7] IEEE Std. C37-20-2B Supp., Supplement To IEEE Standard For Metal – Clad And Station-Type Cubicle Switchgear: Current Transformer Accuracies.

[۸] استاندارد پست‌های (۳۳) ۱۳۲/۲۰ کیلوولت معمولی، جلد ۳۱۱، مشخصات فنی تجهیزات سوئیچگیر، مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۷۵.

[۹] استاندارد پست‌های (۳۳) ۱۳۲/۲۰ کیلوولت معمولی، جلد ۳۱۲، جداول فنی تجهیزات سوئیچگیر، مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۷۵.

[۱۰] استاندارد پست‌های (۳۳) ۱۳۲/۲۰ کیلوولت معمولی، جلد ۳۱۳، فهرست مقادیر تجهیزات سوئیچگیر، مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۷۵.

[۱۱] استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع، جلد اول، مبانی استاندارد تابلوهای فشار متوسط و ضعیف، مرکز تحقیقات نیرو، ۱۳۷۵.

**خواننده گرامی**

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. 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 **http://tec.mporg.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

**دفتر نظام فنی اجرایی**

**Islamic Republic of Iran**
**Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision**

# General Technical Specification and Execution Procedures for Transmission and Subtransmission Networks Metalclad Switchgear at HV Substations

## NO: 476-2

**Office of Deputy for Strategic Supervision**
**Bureau of Technical Execution System**
**http://tec.mporg.ir**

**Energy Ministry - Tavanir Co.**
**Power Industry Technical Criteria Project**
**www.tavanir.ir**

این نشریه

با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال – سوئیچگیرهای فشار متوسط در پست های فشار قوی» جلد دوم از مجموعه دو جلدی است. در این مجلد مباحث مربوط به سوئیچگیرهای فشار متوسط شامل کلیات و تعاریف، معیارهای طراحی و مهندسی، آزمونهای نوعی و جاری ارائه شده است.