INSO
22806
1st Edition
2020

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۲۸۰۶
چاپ اول
۱۳۹۹

Identical with
IEC/TS 62738:
2018

نیروگاه‌های فتوولتائیک نصب‌شده روی زمین- راهنما و توصیه‌های طراحی

دارای محتوای رنگی

Ground-mounted photovoltaic power plants- Design guidelines and recommendations

ICS: 27.160

shaghool.ir

استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۲۲۸۰۶ (چاپ اول): سال۱۳۹۹

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب‌غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن:۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website:http://www.isiri.gov.ir

shaghool.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به‌عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

shaghool.ir

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«نیروگاه‌های فتوولتائیک نصب‌شده روی زمین- راهنما و توصیه‌های طراحی»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
دهقان، مازیار (دکتری مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی)	پژوهشگاه مواد و انرژی
دبیر:	
شاکری، روشنک (کارشناسی ارشد فیزیک اتمی- مولکولی)	سازمان ملی استاندارد
اعضا: (اسامی به‌ترتیب حروف الفبا)	
اسلامی، شهاب (دکتری مهندسی مکانیک- سیستم‌های انرژی)	دانشگاه تهران
الهامی‌فرد، عرفان (کارشناسی ارشد مهندسی انرژی- سیستم‌های انرژی)	شرکت آنما انرژی
خوشحال، هادی (کارشناسی ارشد مهندسی انرژی)	سازمان ملی استاندارد
رهگذر، سعید (دکتری مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی)	پژوهشگاه مواد و انرژی
قزلباش، پریچهر (کارشناسی فیزیک)	سازمان ملی استاندارد
معدندار، ولی‌اله (کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی)	سازمان ملی استاندارد ایران
منشی‌پور، سمیرا (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع- سیستم‌ها و بهره‌وری انرژی)	سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی (ساتبا)
مؤمنی، محمد (کارشناسی ارشد مهندسی برق- کنترل)	شرکت مدیریت توسعه انرژی تأمین
نوروزی، شراره (دکتری مهندسی برق- کنترل سیستم)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

shaghool.ir

نوله‌دان، نوید — سازمان ملی استاندارد
(کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات- میدان و امواج)

هاشمی، علی — پژوهشگاه نیرو
(کارشناسی ارشد هوا فضا- پیشرانش)

ویراستار:

قزلباش، پریچهر — سازمان ملی استاندارد
(کارشناسی فیزیک)

shaghool.ir

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ک
مقدمه ل
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۲
۳ اصطلاحات و تعاریف ۷
۴ انطباق با استاندارد IEC 62548 ۸
۵ پیکربندی سیستم آرایه فتوولتائیک ۸
۵-۱ کلیات ۸
۵-۲ پیکربندی‌های زمین‌کردن ۸
۵-۲-۱ کلیات ۸
۵-۲-۲ استفاده از مدارهای جریان مستقیم زمین‌نشده ۸
۵-۲-۳ استفاده از مدارهای زمین‌شده مقاومت بالا ۹
۵-۲-۴ استفاده عملیاتی از مدارهای جریان مستقیم زمین‌شده ۹
۵-۳ نمودارهای الکتریکی آرایه ۹
۵-۳-۱ کلیات ۹
۵-۳-۲ پیکربندی‌های چند زیرآرایه ۹
۵-۳-۳ پیکربندی آرایه منفرد ۱۳
۵-۳-۴ جعبه‌های ترکیب‌کننده و مهارهای سیم‌کشی رشته ۱۴
۵-۳-۵ پیکربندی سری- موازی ۱۵
۵-۴ ذخیره انرژی در نیروگاه‌های فتوولتائیک ۱۵
۵-۵ پیکربندی‌های فیزیکی آرایه ۱۵
۵-۵-۱ آرایه‌های با شیب ثابت ۱۵
۵-۵-۲ آرایه‌های با شیب قابل‌تنظیم ۱۶
۵-۵-۳ آرایه‌های ردیاب تک محوره ۱۶
۵-۵-۴ آرایه‌های ردیاب دو محوره ۱۷
۵-۵-۵ آرایه‌های فتوولتائیک متمرکزکننده ۱۷
۵-۵-۶ پیکربندی‌های اینورتر مرکزی ۱۷
۵-۵-۷ پیکربندی‌های اینورتر رشته یا مدول ۱۸
۵-۶ طراحی مکانیکی ۱۹
۵-۶-۱ بارهای مکانیکی بر روی سازه‌های فتوولتائیک ۱۹

shaghool.ir

عنوان **صفحه**

۵-۶-۲ باد ۱۹
۵-۶-۳ برف ۲۰
۵-۶-۴ انبساط حرارتی ۲۰
۵-۶-۵ سیل ۲۰
۵-۶-۶ زمین لرزه ۲۰
۵-۶-۷ خوردگی ۲۱
۵-۶-۸ دسترسی ۲۱
۶ مسائل ایمنی ۲۱
۶-۱ کلیات ۲۱
۶-۲ دسترسی محدود ۲۲
۶-۲-۱ کلیات ۲۲
۶-۲-۲ دسترسی به اجزا ۲۲
۶-۳ حفاظت در برابر اضافه‌جریان ۲۲
۶-۳-۱ افزاره‌های حفاظت در برابر اضافه‌جریان DC ۲۲
۶-۳-۲ الزامات برای حفاظت در برابر اضافه‌جریان رشته ۲۲
۶-۳-۳ اندازه حفاظت در برابراضافه‌جریان رشته ۲۳
۶-۳-۴ حفاظت در برابر اضافه‌جریان زیرآرایه و آرایه فتوولتائیک ۲۴
۶-۴ حفاظت در برابر اثرات خطاهای عایق‌بندی ۲۵
۶-۵ حفاظت در برابر اثرات صاعقه و اضافه ولتاژ ۲۵
۶-۵-۱ حفاظت در برابر صاعقه ۲۵
۶-۵-۲ حفاظت در برابر اضافه ولتاژ ۲۸
۶-۶ حفاظت در برابر آتش ۲۸
۶-۶-۱ حفاظت در برابر خطای زمین ۲۸
۶-۶-۲ حفاظت در برابر جریان‌های قوسی ۲۹
۷ انتخاب و نصب تجهیزات الکتریکی ۲۹
۷-۱ کلیات ۲۹
۷-۲ ولتاژ طراحی آرایه فتوولتائیک ۳۰
۷-۲-۱ ولتاژ بیشینه آرایه فتوولتائیک ۳۰
۷-۲-۲ ملاحظات ناشی از پنجره ولتاژ دنبال‌کننده بیشینه نقطه توان (MPPT) اینورتر ۳۰
۷-۲-۳ ملاحظات ناشی از بازده اینورتر ۳۱
۷-۳ الزامات اجزا ۳۱

shaghool.ir

عنوان **صفحه**

۷-۳-۱ کلیات ۳۱
۷-۳-۲ جعبه‌های ترکیب‌کننده فتوولتائیک ۳۱
۷-۳-۳ قطع‌کننده‌ها و کلیدهای قطع‌کن ۳۳
۷-۳-۴ کابل‌ها ۳۵
۷-۳-۵ ردیاب‌ها ۴۴
۸ پذیرش ۴۵
۸-۱ کلیات ۴۵
۸-۲ پایش ۴۵
۸-۳ آزمون‌های راه‌اندازی ۴۵
۸-۴ آزمون اولیه پذیرش کارایی ۴۵
۸-۵ آزمون نهایی پذیرش کارایی ۴۵
۹ نگهداری ۴۶
۱۰ علامت‌گذاری و مستندسازی ۴۶
۱۰-۱ کلیات ۴۶
۱۰-۲ برچسب‌گذاری و شناسایی ۴۶
۱۰-۲-۱ کلیات ۴۶
۱۰-۲-۲ برچسب‌گذاری افزاره‌های قطع و جعبه‌های ترکیب‌کننده ۴۶
۱۰-۳ مستندسازی ۴۶
۱۱ سیستم‌های جریان متناوب ولتاژ بالا و ولتاژ متوسط ۴۷
۱۱-۱ کلیات ۴۷
۱۱-۲ انتخاب ولتاژ سیستم جمع‌آوری جریان متناوب ۴۸
۱۱-۳ پیکربندی‌های سیستم جمع‌آوری ۴۸
۱۱-۳-۱ کلیات ۴۸
۱۱-۳-۲ سیستم‌های شعاعی ۴۸
۱۱-۳-۳ سیستم‌های حلقه‌ای ۴۹
۱۱-۴ ترانسفورماتور ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا ۴۹
۱۱-۴-۱ انواع ترانسفورماتور ۴۹
۱۱-۴-۲ نصب ۵۰
۱۱-۴-۳ حفاظت ۵۰
۱۱-۵ تجهیزات کلیدزنی و ایستگاه‌های ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا ۵۱
۱۱-۵-۱ کلیات ۵۱

shaghool.ir

عنوان **صفحه**

۱۱-۵-۲ ویژگی‌های تجهیزات کلیدزنی ۵۱
۱۱-۶ کابل ولتاژ متوسط ۵۱
۱۱-۷ واسط تأسیسات ۵۱
۱۲ سیستم‌های برق کمکی ۵۲
۱۳ سیستم‌های ارتباطی ۵۲
۱۳-۱ کلیات ۵۲
۱۳-۲ الزامات سرعت داده‌برداری ۵۳
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) ملاحظات کاربرد اینورتر در نیروگاه‌های فتوولتائیک ۵۴
الف- ۱ کلیات ۵۴
الف-۲ مزایا و معایب اینورترهای مرکزی ۵۴
الف-۳ مزایا و معایب اینورترهای رشته‌ای ۵۴
الف-۴ موارد موثر بر اندازه اینورتر ۵۵
الف-۴-۱ خروجی آرایه فتوولتائیک ۵۵
الف-۴-۲ مقادیر مجاز اینورتر ۵۶
الف-۴-۳ الزامات کنترل خروجی اینورتر ۵۶
الف-۴-۴ نسبت توان فتوولتائیک به توان اینورتر (PVIR) ۵۶
کتاب‌نامه ۵۷

شکل ۱- نمودار آرایه فتوولتائیک- نمونه چندین رشته موازی با آرایه، تقسیم‌شده به زیرآرایه‌ها ۱۱
شکل ۲- نمونه آرایه فتوولتائیک با استفاده از تجهیزات مبدل توان همراه با MPPT چندگانه جریان مستقیم ۱۲
شکل ۳- آرایه فتوولتائیک با به‌کارگیری یک تجهیزات مبدل توان با چندین ورودی داخلی جریان مستقیم متصل به گذرگاه جریان مستقیم مشترک ۱۳
شکل ۴- نمودار آرایه فتوولتائیک- نمونه چندین رشته موازی ۱۴
شکل ۵- نمونه نیروگاه با آرایه شیب ثابت ۱۶
شکل ۶- طرح نمونه اینورتر مرکزی نیروگاه براساس آرایه ۱۸
شکل ۷- طرح نمونه نیروگاه با اینورترهای رشته‌ای ۱۹
شکل ۸- مثال طرح زمینی برای تجهیزات اتصال یک میدان آرایه فتوولتائیک ۲۷
شکل ۹- نمونه‌ای از پیکربندی‌های سینی کابل روی سطح زمین برای نیروگاه‌های فتوولتائیک ۳۹
شکل ۱۰- مثالی از نمودار ترانشه با کابل‌های درون مجراها ۴۱
شکل ۱۱- مثالی از نمودار ترانشه با کابل‌های جریان مستقیم و ارتباطی دفن‌شده مستقیم ۴۲

shaghool.ir

عنوان **صفحه**

شکل ۱۲- مثالی از نمودار ترانشه با کابل‌های ارتباطی و دفن‌شده مستقیم ولتاژ متوسط جریان متناوب ۴۳

shaghool.ir

پیش‌گفتار

استاندارد «نیروگاه‌های فتوولتائیک نصب‌شده روی زمین- راهنما و توصیه‌های طراحی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در یکصد و سی و چهارمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد انرژی مورخ ۱۳۹۹/۰۴/۲۱ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر درکمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرارخواهدگرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

IEC/TS 62738: 2018, Ground-mounted photovoltaic power plants- Design guidelines and recommendations

shaghool.ir

مقدمه

این استاندارد راهنما و توصیه‌های کلی برای طراحی و نصب نیروگاه‌های فتوولتائیک (PV)[1] نصب‌شده روی زمین ارائه می‌دهد. تمرکز بیشتر بر جنبه‌هایی از طراحی است که با سیستم‌های فتوولتائیک مسکونی و تجاری معمول، متفاوت است. نیروگاه‌ها مؤلفهٔ مهم و رو به رشد بازار فتوولتائیک هستند، باز هم روش‌شناسی‌های طراحی به‌طور چشمگیری گسترش می‌یابد، بخشی از آن ناشی از این واقعیت است که سیستم‌ها دردسترس عموم یا کارکنان فاقد صلاحیت نیست. برای اطمینان از سیستم‌های ایمن، قابل‌اطمینان و مولد، هنوز هم به دستورالعمل‌هایی نیاز است.

1- Photovoltaic

shaghool.ir

نیروگاه‌های فتوولتائیک نصب‌شده روی زمین- راهنما و توصیه‌های طراحی

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنما و توصیه‌های کلی برای طراحی و نصب نیروگاه‌های فتوولتائیک (PV)[1] نصب‌شده روی زمین است. در این استاندارد یک نیروگاه فتوولتائیک متصل به شبکه شامل چندین آرایه فتوولتائیک نصب‌شده روی زمین که به‌طور مستقیم به یک شبکه ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا متصل شده است، تعریف می‌شود. افزون بر این در نیروگاه‌های فتوولتائیک از دسترسی افراد فاقد صلاحیت به نیروگاه جلوگیری به‌عمل آمده و همچنین به‌طور مداوم از لحاظ ایمنی و حفاظت، توسط کارکنان ساکن در نیروگاه و یا به‌صورت پایش فعال از راه دور مورد بررسی قرار می‌گیرد. حوزه‌های فنی اشاره شده در این استاندارد، ازجمله پیکربندی آرایه‌های نصب‌شده روی زمین، روش‌های مسیریابی کابل، انتخاب کابل، راهبردهای حفاظت در برابر اضافه‌جریان، همسان‌سازی پتانسیل تجهیزات در مساحت‌های جغرافیایی بسیار بزرگ و بررسی تجهیزات، ازجمله مواردی هستند که تا حد زیادی سبب ایجاد تفاوت بین نیروگاه‌های فتوولتائیک بزرگ از تأسیسات کوچکتر و دیگر موارد مشابه می‌شود.

برای نشان دادن تفاوت‌های آشکار مربوط به الزامات طراحی برای کاربردهای مسکونی، تجاری و سایر کاربردهای غیرنیروگاهی، الزامات ایمنی و طراحی به الزامات کاربردی استاندارد IEC 62548 ارجاع داده شده است. به‌طورکلی، در هر کجا که ممکن باشد برای یکسان‌سازی به استانداردهای موجود ارجاع داده می‌شود. تأکید بر سیستم‌هایی است که بر اساس رشته‌های جریان مستقیم و با استفاده از اینورترهای مرکزی در مقیاس بزرگ یا اینورترهای رشته‌ای ۳ فاز استفاده می‌کنند، اما بخش‌های مربوط برای سیستم‌هایی که از مدول‌های جریان متناوب یا مبدل‌های جریان مستقیم/جریان مستقیم استفاده می‌کنند نیز به‌کاربرده می‌شود. ترانسفورماتورهای ولتاژ متوسط، تجهیزات کلیدزنی، سیستم‌های جمع‌آوری، پست برق، تأسیسات اتصال‌میانی به شبکه، بارهای داخلی، سیستم‌های ذخیره انرژی و خدمات ارتباطی مورد اشاره قرار می‌گیرد، اما مباحث بیشتر به مراجع توصیه‌شده در سایر استانداردها و الزامات محدود شده است.

سیستم‌های نصب‌شده روی پشت‌بام، فتوولتائیک ترکیبی با ساختمان (BIPV)[2] و ساختمان‌های مجهز به سیستم‌های فتوولتائیک (BAPV)[3] شامل هدف و دامنه کاربرد این استاندارد نمی‌شود. اصول نیروگاه‌های دارای دسترسی محدود با سیستم‌های موجود در ساختمان‌هایی که برای اهداف دیگری غیر از تولید برق نیز استفاده می‌شود، سازگار نیست.

1- Photovoltaic
2- Building Integrated Photovoltaic
3- Building Applied Photovoltaic

shaghool.ir

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

درصورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 IEC 60076-1, Power transformers- Part 1: General

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۶۲۰: سال ۱۳۹۰، مبدل‌های قدرت- قسمت ۱:کلیات، با استفاده از استاندارد IEC 60076-1 ed3.0: 2011 تدوین شده است.

2-2 IEC 60076-2, Power transformers- Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۶۲۰: سال ۱۳۹۲ (تجدیدنظر اول)، مبدل‌های قدرت- قسمت ۲: افزایش دما در مبدل‌های غوطه‌ور در مایع، با استفاده از استاندارد IEC 60076-2 ed3.0: 2011 تدوین شده است.

2-3 IEC 60076-3, Power transformers- Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۳-۲۶۲۰: سال۱۳۹۵، مبدل‌های قدرت- قسمت ۳: سطوح عایق‌بندی، آزمون‌های دی‌الکتریک و فواصل هوایی خارجی، با استفاده از استاندارد IEC 60076-3: 2013 تدوین شده است.

2-4 IEC 60076-4, Power transformers- Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing- Power transformers and reactors

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۴-۶۰۰۷۶: سال ۱۳۹۰، مبدل‌های قدرت- قسمت ۴: مبدل‌های قدرت- قسمت ۴: راهنمای آزمون ضربه صاعقه و ضربه کلیدزنی- راکتورها و مبدل‌های قدرت، با استفاده از استاندارد IEC 60076-4: 2002 تدوین شده است.

2-5 IEC 60076-5, Power transformers- Part 5: Ability to withstand short-circuit

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۵-۲۶۲۰: سال ۱۳۹۰، مبدل‌های قدرت- قسمت ۵: توانایی تحمل اتصال‌کوتاه، با استفاده از استاندارد IEC 60076-5 ed3.0: 2006 تدوین شده است.

2-6 IEC 60076-7, Power transformers- Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۷-۶۰۰۷ : سال۱۳۹۲، مبدلهای قدرت- قسمت ۷: عایق بندی الکتریکی- ارزیابی حرارتی و نمادگذاری، با استفاده از استاندارد IEC 60076-7: 2005 تدوین شده است.

2-7 IEC 60085, Electrical insulation- Thermal evaluation and designation

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۰: سال۱۳۸۶، عایق بندی الکتریکی- ارزیابی حرارتی و نمادگذاری، با استفاده از استاندارد IEC 60085: 2007 تدوین شده است.

2-8 IEC 60137, Insulated bushings for alternating voltages above 1000 V

shaghool.ir

2-9 IEC 60183, Guidance for the selection of high-voltage A.C. cable systems

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۹۴: سال ۱۳۹۵ (تجدیدنظر دوم)، راهنمای انتخاب سیستم‌های کابل A.C فشارقوی، با استفاده از استاندارد IEC 60183:2015 تدوین شده است.

2-10 IEC 60255-21-3, Electrical relays- Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment- Section 3: Seismic tests

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۳-۲۱-۴۲۲۱: سال ۱۳۹۵، رله‌های الکتریکی قسمت ۲۱-۳: ازمون‌های ارتعاش، شوک، ضربه و لرزه در رله‌های اندازه‌گیری و تجهیزات حفاظتی- آزمون‌های ضربه، با استفاده از استاندارد IEC 60255-21-3:1993 تدوین شده است.

2-11 IEC 60296, Fluids for electrotechnical applications- Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۶۱: سال ۱۳۹۲ (تجدیدنظر اول)، سیالات مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی- روغن‌های عایق معدنی کارنکرده برای مبدل‌ها وکلیدهای قطع و وصل- ویژگی‌ها، با استفاده از استاندارد IEC 60296:2012 تدوین شده است.

2-12 IEC 60364-5-52, Low-voltage electrical installations- Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment - Wiring systems

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۵۲-۵-۱۹۳۷: سال ۱۳۹۴ (تجدیدنظر اول)، تأسیسات الکتریکی فشار ضعیف قسمت ۵-۵۲: انتخاب و نصب تجهیزات الکتریکی- سیستم‌های سیم‌کشی، با استفاده از استاندارد IEC 60364-5-52:2009+COR1: 2011 تدوین شده است

2-13 IEC 60364-5-54, Low-voltage electrical installations- Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment- Earthing arrangements and protective conductors

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۵۴-۵-۱۹۳۷: سال ۱۳۹۴ (تجدیدنظر اول)، تأسیسات الکتریکی فشار ضعیف- قسمت ۵-۵۴: انتخاب و نصب تجهیزات الکتریکی- آرایش‌های اتصال‌زمین و هادی‌های حفاظتی، با استفاده از استاندارد IEC 60364-5-54: 2011 تدوین شده است.

2-14 IEC 60502-1, Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (Um = 1,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV) - Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ((Um = 1,2 kV) and 3 kV (Um = 3,6 kV)

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۶۹: سال ۱۳۹۱(تجدیدنظر سوم)، کابل‌های قدرت با عایق اکسترودشده و تجهیزات جانبی آن برای ولتاژهای نامی از 1 kV (Um = 1,2 kV) تا 30 kV (Um = 36 kV) قسمت۱- کابل‌های با ولتاژ نامی از 1 kV (Um = 1,2 kV) و 3 kV (Um = 3,6 kV)، با استفاده از استاندارد IEC 60502-1 :2009 تدوین شده است.

2-15 IEC 60502-2, Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (Um = 1,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV)- Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV (Um = 7,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره۲-۳۵۶۹: سال ۱۳۸۷(تجدیدنظر دوم)، کابل‌های قدرت با عایق اکسترودشده و تجهیزات جانبی آن برای ولتاژهای نامی از 1 kV (Um = 1,2 kV) تا 30 kV (Um = 36 kV) قسمت۲، کابل‌های با ولتاژ نامی از 6 kV (Um = 7,2 kV) تا 30 kV (Um = 36 kV)، از با استفاده استاندارد IEC 60502-2: 2005 تدوین شده است.

2-16 IEC 60853 (all parts), Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables

shaghool.ir

2-17 IEC 60870-5-104, Telecontrol equipment and systems- Part 5-104: Transmission protocols- Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۴-۵-۶۰۸۷۰: سال ۱۳۹۲، سیستم‌ها و تجهیزات کنترل از راه دور- قسمت ۵-۱۰۴: پروتکل‌های انتقال- دسترسی به شبکه برای استاندارد بین‌المللی IEC 60870-5-101 با استفاده از پروفایل‌های انتقال استاندارد، با استفاده از استاندارد IEC 60870-5-104: 2006 تدوین شده است.

2-18 IEC TR 60890, A method of temperature-rise verification of low-voltage switchgear and controlgear assemblies by calculation

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۴۳۵: سال ۱۳۹۶، تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشارضعیف- صحه‌گذاری افزایش دما- روش محاسبه، با استفاده از استاندارد IEC TR 60890:2014 تدوین شده است.

۲-۱۹ استاندارد ملی ایران شماره ۳-۴۸۳۵: سال ۱۳۹۱، مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف- قسمت ۳: کلیدها، جداسازها، کلیدهای جداساز و وسایل ترکیبی فیوزدار.

۲-۲۰ استاندارد ملی ایران شماره ۳-۴۸۳۵ (تجدیدنظر دوم): سال ۱۳۹۱، مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشارضعیف- قسمت ۳: کلیدها، جداسازها، کلیدهای جداساز و وسایل ترکیبی فیوزدار.

2-21 IEC 61000-4-2, Electromagnetic compatibility (EMC)- Part 4-2: Testing and measurement techniques- Electrostatic discharge immunity test

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۴-۷۲۶۰: سال ۱۳۹۱، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)- قسمت ۴-۲ روش‌های آزمون و اندازه‌گیری- آزمون مصونیت در برابر تخلیه الکترواستاتیک، با استفاده از استاندارد IEC 61000-4-2: 2008 تدوین شده است.

2-22 IEC 61215-2, Terrestrial photovoltaic (PV) modules- Design qualification and type approval- Part 2: Test procedures

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۱۸۸۱: سال ۱۳۹۵، مدول‌های فتوولتائیک (PV) زمینی- احراز شرایط طراحی و تایید نوع- قسمت۲: روش‌های آزمون، با استفاده از استاندارد IEC 61215-2: 2016 تدوین شده است.

2-23 IEC 61238-1 (all parts), Compression and mechanical connectors for power cables

2-24 IEC 61427-2, Secondary cells and batteries for renewable energy storage- General requirements and methods of test- Part 2: On-grid applications

2-25 IEC 61439-1, Low-voltage switchgear and controlgear assemblies- Part 1: General rules

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۲۱۰۳: سال ۱۳۹۳، تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف- قسمت ۱- مقررات عمومی، با استفاده از استاندارد IEC 61439-1: 2011 تدوین شده است.

2-26 IEC 61439-2, Low-voltage switchgear and controlgear assemblies- Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies

2-27 IEC 61643-32, Low-voltage surge protective devices- Part 32: Surge protective devices connected to the d.c. side of photovoltaic installations- Selection and application principles

2-28 IEC 61724-1, Photovoltaic system performance- Part 1: Monitoring

shaghool.ir

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۸۵۸-۱: سال ۱۳۹۷، عملکرد سامانه فتوولتائیک- قسمت ۱: پایش، با استفاده از استاندارد IEC 61724-1: 2017 تدوین شده است.

2-29 IEC TS 61724-2, Photovoltaic system performance- Part 2: Capacity evaluation method

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۸۵۸-۲: سال ۱۳۹۶، عملکرد سامانه فتوولتائیک- قسمت ۲: روش ارزیابی ظرفیت، با استفاده از استاندارد IEC TS 61724-2: 2016 تدوین شده است.

2-30 IEC TS 61724-3, Photovoltaic system performance- Part 3: Energy evaluation method

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۸۵۸-۳: سال ۱۳۹۶، عملکرد سامانه فتوولتائیک- قسمت ۳: روش ارزیابی انرژی، با استفاده از استاندارد IEC TS 61724-3: 2016 تدوین شده است.

2-31 IEC 61850 (all parts), Communication networks and systems for power utility automation

2-32 IEC 61936-1, Power installations exceeding 1 kV a.c. - Part 1: Common rules

2-33 IEC 62109-1, Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements

2-34 IEC 62109-2, Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters

2-35 IEC 62271-1, High-voltage switchgear and controlgear-Part 1: Common specifications or alternating current switchgear and controlgear

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۲۲۷۱: سال ۱۳۹۰، مرکز کلید زنی و کنترل فشار قوی- قسمت ۱- ویژگی‌های عمومی، با استفاده از استاندارد IEC 62271-1 :2007 تدوین شده است.

2-36 IEC 62271-100, High-voltage switchgear and controlgear- Part 100: Alternating current circuit-breakers

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۰-۶۲۲۷۱: سال۱۳۹۲، وسایل قطع و وصل و فرمان فشار قوی- قسمت ۱۰۰- قطع‌کننده های مدار جریان متناوب، با استفاده از استاندارد IEC 62271-100: 2012 تدوین شده است.

2-37 IEC 62271-102, High-voltage switchgear and controlgear- Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۲-۸۶۱۸: سال۱۳۸۵، وسایل قطع و وصل و فرمان ولتاژ بالا- قسمت۱۰۲- جداکننده‌ها و کلیدهای زمین‌کننده جریان متناوب، با استفاده از استاندارد IEC 62271-102: 2001 تدوین شده است.

2-38 IEC 62271-103, High-voltage switchgear and controlgear- Part 103: Switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۳-۶۲۲۷۱: سال ۱۳۹۰، وسایل قطع و وصل و فرمان ولتاژ بالا- قسمت ۱۰۳- کلیدهای برای ولتاژهای نامی بالاتر از ۱ kV تا و خود ۵۲ kV ، با استفاده از استاندارد IEC 62271-103: 2011 تدوین شده است.

2-39 IEC 62271-200, High-voltage switchgear and controlgear- Part 200: A.C metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

shaghool.ir

2-40 IEC TS 62271-210, High-voltage switchgear and controlgear- Part 210: Seismic qualification for metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear assemblies for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۰-۸۶۱۸: سال۱۳۹۴، وسایل کلیدزنی و کنترل فشار قوی- قسمت ۲۱۰- تائید صلاحیت مربوط به زلزله برای هم‌گذاری‌های وسایل کلیدزنی و کنترل با محفظه عایق جامد و محفظه فلزی برای ولتاژ نامی بالاتر از kV ۱ تا و شامل kV ۵۲، با استفاده از استاندارد IEC/TS 62271-210: 2013 تدوین‌شده است.

2-41 IEC TR 62271-300, High-voltage switchgear and controlgear- Part 300: Seismic qualification of alternating current circuit-breakers

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۳۰۰- ۶۲۲۷۱: سال۱۳۸۹، مرکز کلیدزنی و کنترل فشار قوی- قسمت ۳۰۰- بررسی شرایط و آمادگی کلیدهای قدرت جریان متناوب به‌هنگام بروز زمین لرزه، با استفاده از استاندارد IEC/TR 62271-300: 2006 تدوین‌شده است.

2-42 IEC 62305-2, Protection against lightning- Part 2: Risk management

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۵۲۳۲۶ -۲: سال ۱۳۹۲، حفاظت در برابر آذرخش- قسمت ۲- مدیریت ریسک، با استفاده از استاندارد IEC 62305-2: 2010 تدوین شده است.

2-43 IEC 62446-1, Photovoltaic (PV) systems- Requirements for testing, documentation and maintenance- Part 1: Grid connected systems- Documentation, commissioning tests and inspection

2-44 IEC 62446-2, Photovoltaic (PV) systems- Requirements for testing, documentation and maintenance- Part 2: Grid connected systems- Maintenance of PV systems (to be published)

2-45 IEC 62548:2016, Photovoltaic (PV) arrays- Design requirements

2-46 IEC 62817, Photovoltaic systems- Design qualification of solar trackers

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۸۲۳: سال۱۳۹۴، سیستم‌های فتوولتائیک احراز شرایط طراحی ردیاب‌های خورشیدی، با استفاده از استاندارد IEC 62817: 2014 تدوین شده است.

2-47 IEC 62852, Connectors for D.C-application in photovoltaic systems- Safety requirements and tests

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۰۱۹: سال۱۳۹۴، اتصال‌دهنده‌ها برای جریان مستقیم در سیستم‌های فتوولتائیک- الزامات ایمنی و آزمون‌ها، با استفاده از استاندارد IEC 62852, Edition 1.0: 2014 تدوین شده است.

2-48 EN 50539-11, Low-voltage surge protective devices- Surge protective devices for specific application including D.C- Part 11: Requirements and tests for SPDs in photovoltaic applications

shaghool.ir

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در استاندارد IEC 62548، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود.[۱]

۳-۱

نیروگاه فتوولتائیک

PV power plant

سیستم فتوولتائیک متصل به شبکهٔ نصب‌شده روی زمین، شامل چندین آرایه فتوولتائیک و تجهیزات جانبی است که به‌طور مستقیم به شبکه ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا متصل شده‌است.

یادآوری- افزون بر این، در نیروگاه‌های فتوولتائیک از دسترسی افراد فاقد صلاحیت به نیروگاه جلوگیری به‌عمل آمده و به‌طور مداوم از لحاظ ایمنی و حفاظت، توسط کارکنان ساکن در نیروگاه یا با پایش فعال، از راه دور مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۲

برقکار ماهر

electrically skilled person

شخصی که با دارا بودن آموزش و تجربه مرتبط، قادر به درک خطرات بوده و از مخاطراتی که برق می‌تواند ایجاد کند، جلوگیری نماید.

۳-۳

تکنسین برق (فرد آموزش‌دیده در زمینه برق)

electrically instructed person

شخصی که به‌اندازه کافی توسط برقکاران ماهر، آگاه یا نظارت‌شده است، تا قادر به درک خطرات باشد و بتواند از مخاطراتی که برق می‌تواند ایجادکند، جلوگیری نماید.

۳-۴

فرد عادی

ordinary person

شخصی که فرد ماهر و یا فرد آموزش‌دیده نیست.

۱- اصطلاحات و تعاریف به‌کاررفته در استانداردهای IEC و ISO در وبگاه‌های http://www.electropedia.org/ و http://www.iso.org/obp قابل دسترس است.

shaghool.ir

۵-۳

مهار سیم‌کشی رشته‌ها

string wiring harness

آرایش کابل که تجمیع هادی خروجی چندین رشته فتوولتائیک در امتداد یک هادی اصلی است.

یادآوری- مهار ممکن است شامل فیوز روی هادی‌های رشته منفرد باشد یا نباشد. مهار سیم‌کشی به‌طور معمول شامل افـزاره قطع اتصال در مسیر نیست.

۴ انطباق با استاندارد IEC 62548

همان‌طور که در این استاندارد معین‌شده است به‌طورکلی ضروری است طراحی، نصب و تأیید نیروگاه‌های فتوولتائیک با الزامات استاندارد IEC 62548 و ارجاعات آن به مجموعه استانداردهای IEC 60364 منطبق باشد.

استثناهای مشخص و تغییرات در الزامات استاندارد IEC 62548 که در این استاندارد آمده است به‌دلیل شرایط دسترسیِ محدودِ قرارداده‌شده در نیروگاه‌های فتوولتائیک، مجاز است.

۵ پیکربندی سیستم آرایه فتوولتائیک

۵-۱ کلیات

این بند به زمین‌کردن، کنترل، چیدمان و پیکربندی مکانیکی آرایه فتوولتائیک موجود در نیروگاه‌های فتوولتائیک اشاره می‌نماید.

۵-۲ پیکربندی‌های زمین‌کردن

۵-۲-۱ کلیات

در این بند ملاحظات زمین‌کردن یک آرایه فتوولتائیک ارائه شده است. الزامات تولیدکنندگان مدول‌های فتوولتائیک و تولیدکنندگان تجهیزات مبدل توان (PCE)[1] که آرایه فتوولتائیک به آن‌ها متصل شده است باید در تعیین آرایش‌های زمین مجاز یا لازم سیستم در نظر گرفته شود.

۵-۲-۲ استفاده از مدارهای جریان مستقیم زمین‌نشده

با نصب سیستم پایش جریان نشتی و/یا با تشخیص مقاومت عایقی در سیستم‌های فتوولتائیک با آرایه‌های جریان مستقیم زمین‌نشده، حفاظت قوی در برابر خطای زمین ایجاد می‌شود. خرابی در هر کابل (مثبت یا منفی) سبب ایجاد یک اتصال‌کوتاه بین کابل و یک سطح زمین‌شده می‌شود که نتیجه آن تنها تغییر مرجع

1- Power Conversion Equipment

shaghool.ir

ولتاژ آرایه از حالت شناور به حالت زمین‌مرجع است. این مسئله یک مدار بسته برای عبور جریان خطا به‌وجود نمی‌آورد و بنابراین خطر آتش‌سوزی ایجاد نمی‌کند. مدارهای جریان مستقیم زمین‌نشده نیز در جایی‌که جداسازی یا عایق‌سازی ساده از سیستم جریان متناوب زمین‌شده توسط اینورتر یا یک ترانسفورماتور ایجاد نمی‌شود، الزامی است.

۵-۲-۳ استفاده از مدارهای زمین‌شده مقاومت بالا

سیستم‌های زمین‌شده مقاومت بالا ممکن است در نیروگاه‌هایی به‌کار رود، جایی‌که کاربران می‌خواهند به برخی از مزایای یک سیستم زمین‌نشده یا شناور دست یابند درحالی‌که هنوز یک مرجع ولتاژ آرایه به زمین را حفظ می‌کند تا از کاهش پتانسیل ایجادشده (PID)[1] جلوگیری کند. مقادیر مقاومت طوری تنظیم می‌شوند تا در صورت بروز خطای شدید در قطب مدار جریان مستقیم غیرمرجع، جریان خطا را به سطح هدف (به‌عنوان مثال زیر ۳۰۰ mA) محدود نمایند. این امر باعث می شود، جریان‌های قوسی و آتش‌سوزی ناشی از آن که می‌تواند در سیستم‌های زمین‌شده اتفاق بیفتند به‌طور قابل توجهی کاهش دهد، به‌ویژه آن‌هایی که فاقد سیستم کمکی تشخیص خطای زمین با حساسیت بالا هستند.

۵-۲-۴ استفاده عملیاتی از مدارهای جریان مستقیم زمین‌شده

حفاظت زمین‌کردن هر یک از هادی‌های آرایه فتوولتائیک مجاز نیست. زمین‌کردن یکی از هادی‌های آرایه فتوولتائیک به دلایل عملکردی از طریق اتصالات ذاتی داخلی در بازده تجهیزات مبدل توان یا دیگر افزاره حفاظت خطای زمین در صورت طراحی و واجد شرایط بودن برای این پیکربندی مجاز است. سیستم‌های مبتنی بر آرایه جریان مستقیم زمین‌شده گاهی برای جلوگیری از کاهش پتانسیل ایجادشده مدول به‌صورت کاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۵-۳ نمودارهای الکتریکی آرایه

۵-۳-۱ کلیات

شکل‌های ۱ تا ۴ پیکربندی‌های الکتریکی آرایه معمول برای نیروگاه‌های فتوولتائیک را نشان می‌دهد. نیروگاه‌های معمول از واحدهایی شامل آرایه و تجهیزات مبدل توان، شبیه به پیکربندی‌های نشان داده شده در شکل‌های ۱ تا ۳ استفاده می‌نمایند. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، نیروگاه‌ها همچنین ممکن است از پیکربندی‌های اینورتر رشته‌ای یا از میکرو اینورترها در سطح مدول، استفاده کنند.

۵-۳-۲ پیکربندی‌های چند زیرآرایه

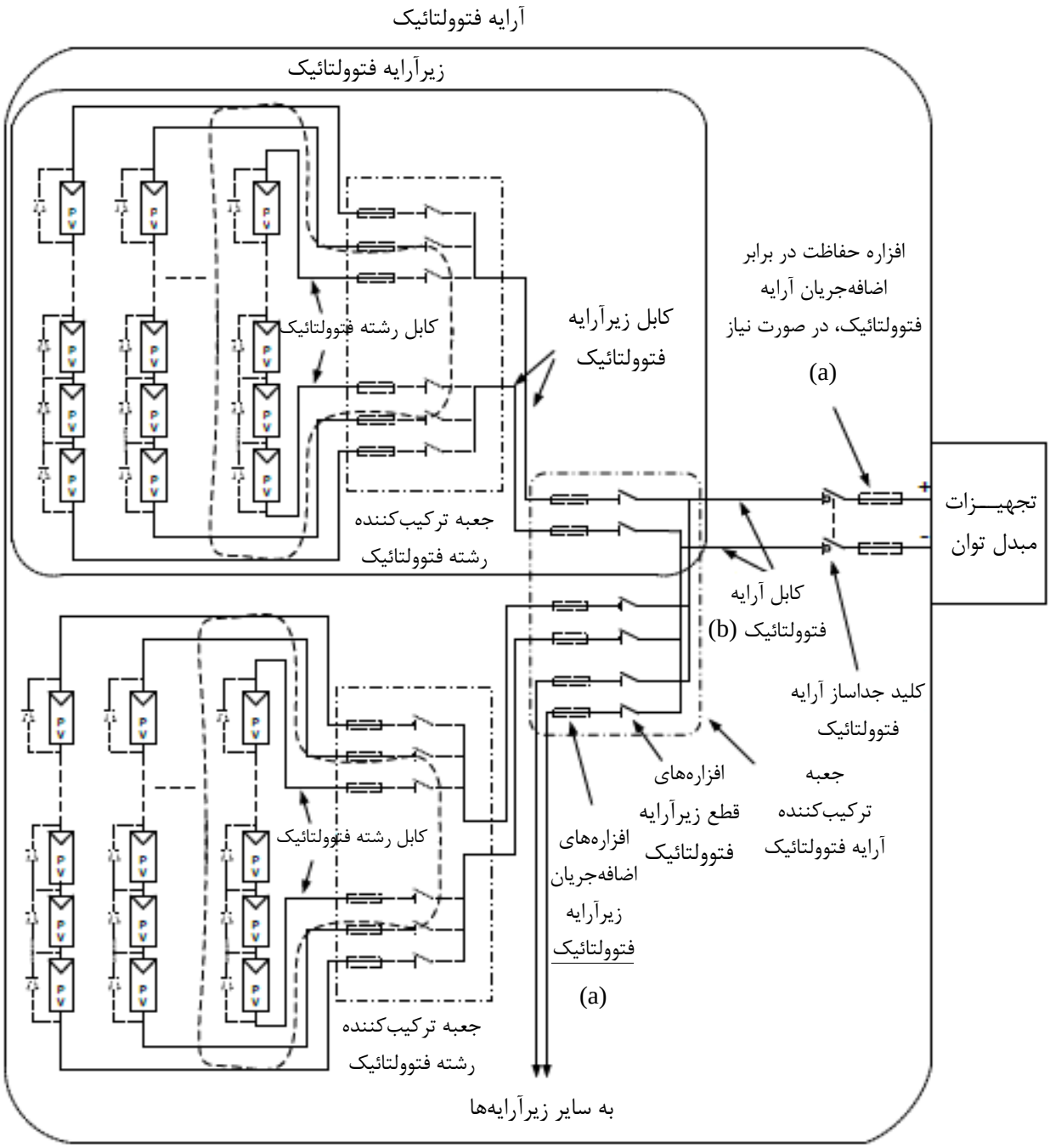
آرایه‌های فتوولتائیک در نیروگاه‌ها اغلب با چند زیرآرایه پیکربندی می‌شوند. همان‌طور که در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است، زیرآرایه‌ها به اینورترهای مرکزی بزرگ که دارای چند ورودی جریان مستقیم

1 - Potential Induced Degradation

shaghool.ir

هستند، یا از طریق یک جعبه ترکیب‌کننده آرایه فتوولتائیک مجزا به تجهیزات مبدل توان که دارای یک ورودی جریان مستقیم هستند (به شکل ۱مراجعه شود) متصل می‌شوند. حفاظت دربرابر اضافه‌جریان و نوع و ضخامت (اندازه) کابل در بخش‌های مختلف آرایه(های) فتوولتائیک به محدودیت هر نوع جریان‌های برگشتی از تجهیزات مبدل توان و از آرایه‌های موازی متصل بستگی دارد.

shaghool.ir



راهنما:

..... عناصری که در همه موارد لازم نیست

·-·-·-·- محفظه

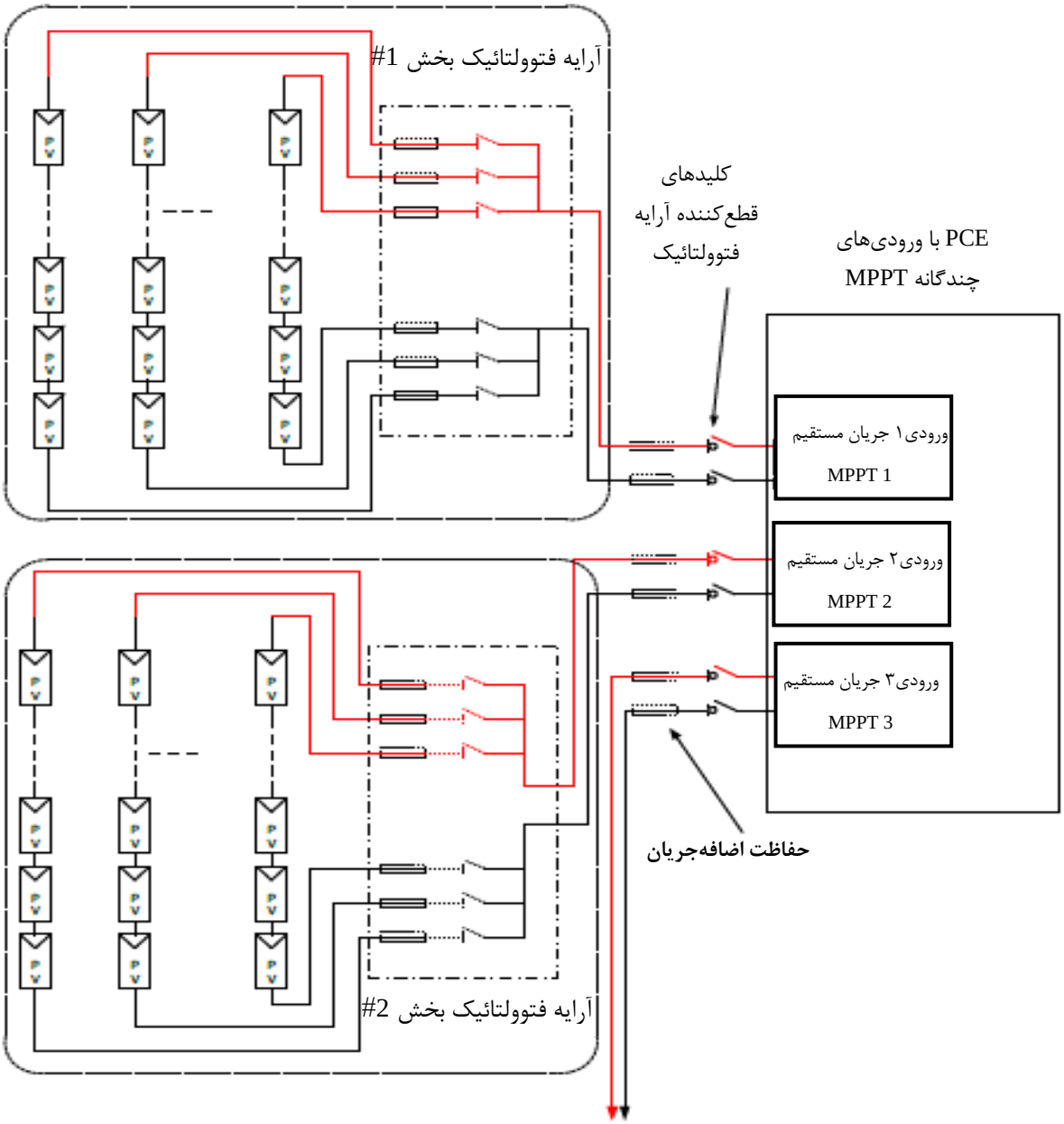
– – – – – مرز سیستم و سیستم فرعی

a افزاره حفاظت در برابر اضافه‌جریان در صورت لزوم زیربند ۶-۳ مشاهده شود.

b ممکن است در بعضی از سیستم‌ها کابل آرایه فتوولتائیک وجود نداشته باشد و تمام رشته‌ها یا زیرآرایه‌های فتوولتائیک بلافاصله در مجاورت یا داخل تجهیزات مبدل توان به یک جعبه ترکیب‌کننده منتهی شود.

شکل ۱- نمودار آرایه فتوولتائیک- نمونه چندین رشته موازی با آرایه، تقسیم‌شده به زیر آرایه‌ها

shaghool.ir



راهنما:

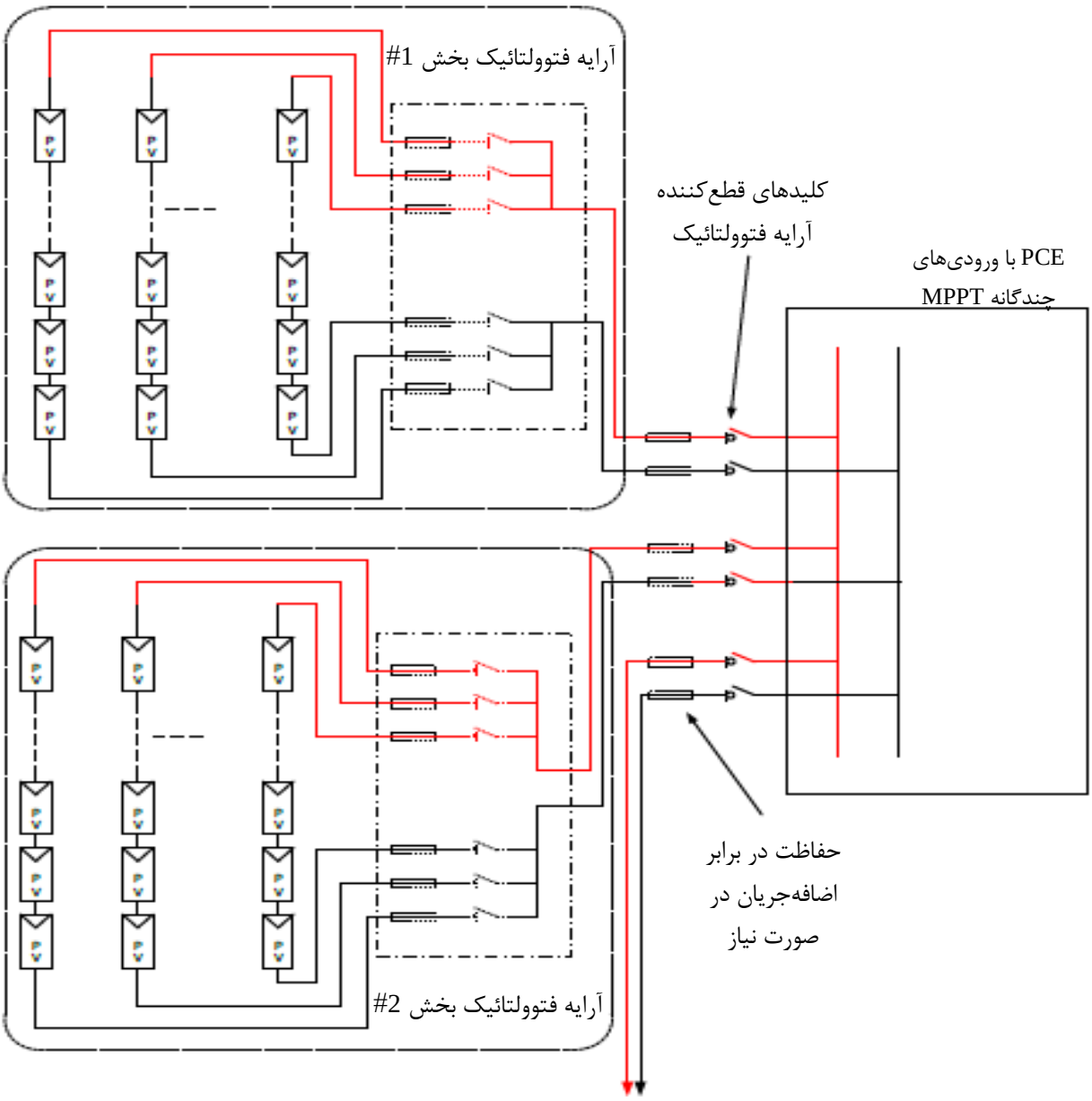
..... عناصری که در همه موارد لازم نیست

-·-·-·- محفظه

– – – – – مرز سیستم و سیستم فرعی

شکل۲- نمونه آرایه فتوولتائیک با استفاده از تجهیزات مبدل توان همراه با MPPT چندگانه جریان مستقیم

shaghool.ir

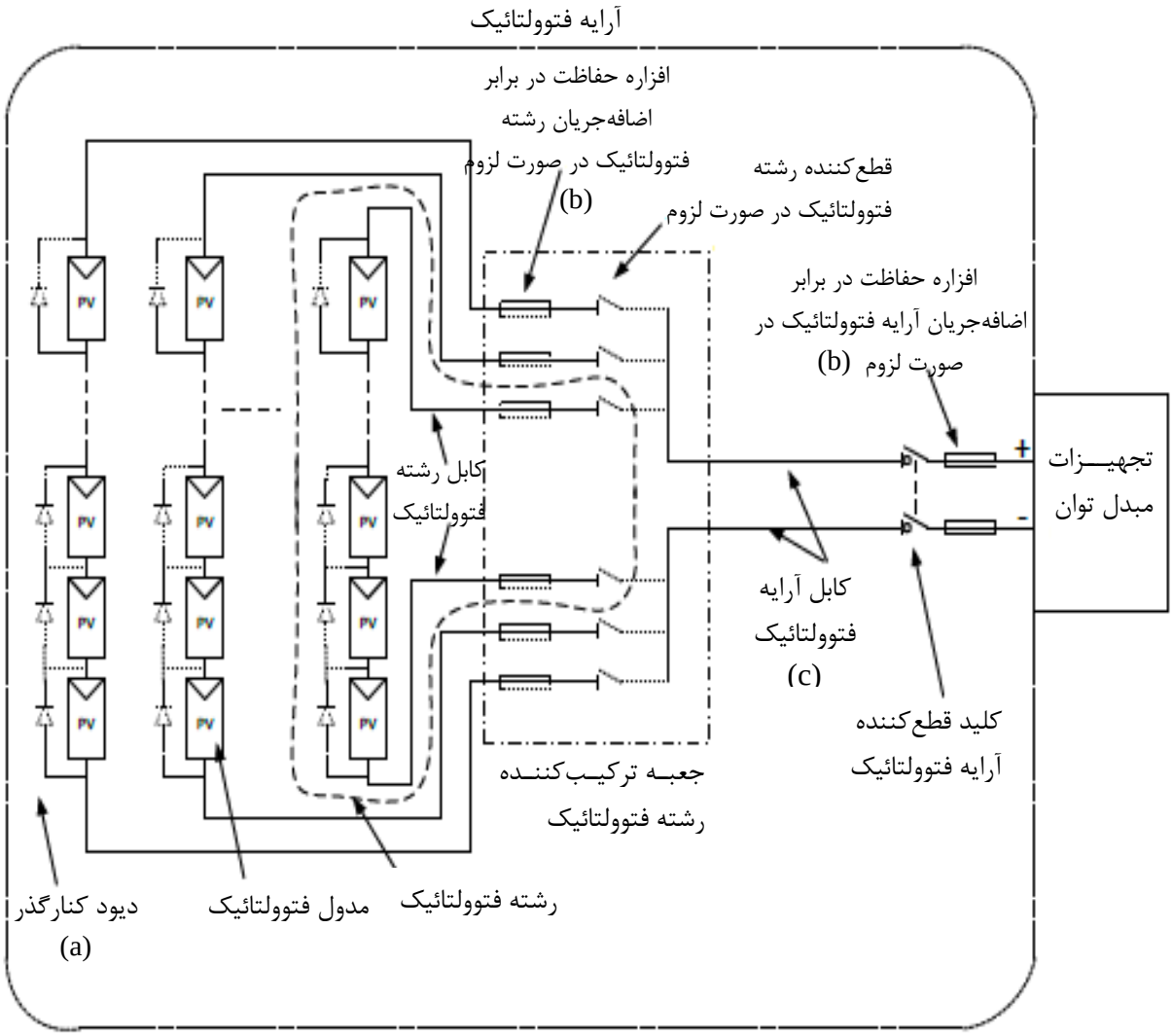


شکل ۳- آرایه فتوولتائیک با به‌کارگیری یک تجهیزات مبدل توان با چندین ورودی داخلی جریان مستقیم متصل به گذرگاه جریان مستقیم مشترک

۳-۳-۵ پیکربندی آرایه منفرد

در شکل ۴، پیکربندی تجهیزات مبدل توان آرایه نشان داده شده است. این پیکربندی به‌طورکلی برای کاربردهای اینورتر مرکزی کوچک یا رشته‌ای به‌کار می‌رود (پیوست **الف** نیز مشاهده شود).

shaghool.ir



راهنما:

..... عناصری که در همه موارد لازم نیست

–·–·– محفظه

– – – – مرز سیستم و سیستم فرعی

a در صورت لزوم دیودهای کنارگذر(بای‌پس) به‌طورکلی به‌عنوان عناصر استاندارد مدول‌های فتوولتائیک توسط سازندگان گنجانده می‌شوند.

b افزاره حفاظت در برابر اضافه‌جریان در صورت لزوم زیربند ۶-۳ مشاهده شود.

c ممکن است در بعضی از سیستم‌ها کابل آرایه فتوولتائیک وجود نداشته باشد و تمام رشته‌ها یا زیرآرایه‌های فتوولتائیک بلافاصله در مجاورت یا داخل تجهیزات مبدل توان به یک جعبه ترکیب‌کننده منتهی شود.

شکل۴- نمودار آرایه فتوولتائیک- نمونه چندین رشته موازی

۴-۳-۵ جعبه‌های ترکیب‌کننده و مهارهای سیم‌کشی رشته

شکل‌های ۱ تا ۴ پیکربندی‌های معمول را نشان می‌دهد که شامل جعبه‌های ترکیب‌کننده رشته‌ای است. کارکردهای ترکیب‌کردن سیم رشته نیز ممکن است با مهارهای سیم‌کشی رشته به‌دست آید، که با به‌کارگیری اتصال‌ها برای جمع‌کردن چندین رشته در امتداد یک هادی اصلی، حاصل می‌شود. هدف این

shaghool.ir

است که تعادل بین اجزا و هزینه در سیستم‌هایی با تعداد زیادی از رشته‌های موازی (مخصوصاً جریان کم)، کاهش یابد. مهار هادی‌های اصلی در یک جعبه ترکیب‌کننده زیرآرایه با فیوزهای بزرگتر انجام می‌شوند (به‌عنوان مثال A ۲۰ تا A ۳۰).

۵-۳-۵ پیکربندی سری- موازی

در صورت به‌کارگیری افزاره‌های کنترل ولتاژ رشته، مانند مدول یا بهینه‌ساز[1]های جریان مستقیم زیر رشته یا مبدل، انحراف از الزامات استاندارد IEC 62548، برای رشته با تعداد مدول یکسان تحت نظارت مهندسی، مجاز است. هر پیکربندی جایگزین رشته باید با محدودیت‌ها و الزامات تعیین‌شده توسط تولیدکنندگان افزاره که بخشی از دستورالعمل‌های نصب محصولاتشان است، مطابقت داشته باشد.

۵-۴ ذخیره انرژی در نیروگاه‌های فتوولتائیک

سیستم‌های ذخیره انرژی که ترکیبی از باتری‌ها یا سایر فناوری‌های ذخیره‌سازی هستند ممکن است در نیروگاه‌های فتوولتائیک مورد استفاده قرار گیرند تا توان مورد نیاز سیستم‌های کنترل یا مکمل توسط مشتریان، خدمات رفاهی یا راهبر شبکه را برطرف کنند. در این استاندارد به الزامات سیستم‌های باتری ذخیره انرژی اشاره نشده است. این سیستم‌ها تمایل دارند که از سمت جریان متناوب، مانند شبکه ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا، با مولدهای فتوولتائیک تزویج شوند به همین دلیل به‌طور مستقیم روی طراحی‌های مربوط به آرایه جریان مستقیم تأثیر نمی‌گذارند. برای کسب اطلاعات بیشتر، به استانداردهای IEC 61427-2 و IEC 60364-5-57 مراجعه شود.

۵-۵ پیکربندی‌های فیزیکی آرایه

۵-۵-۱ آرایه‌های با شیب ثابت

آرایه‌های با شیب ثابت از سازه‌هایی استفاده می‌کنند که مدول‌های فتوولتائیک را که با زاویهٔ سمت[2] و شیبی که در طول سال ثابت است، جهت می‌دهند (نمونه شکل ۵ مشاهده شود). برای بهینه‌سازی تولید انرژی سالانه، آرایه‌ها به‌طور معمول در زاویه‌ای با عرض جغرافیایی محل احداث نیروگاه با انحرافی تا $\pm$ ۲۰° ثابت می‌شوند، اما ممکن است برای رسیدن به اهداف مالی و کارایی خاص در شیب دیگری نصب شوند. به‌عنوان مثال، زاویه‌های شیب پایین‌تر در محدوده ۵° تا ۲۰° گاهی اوقات برای کاهش بارگذاری باد و هزینه نصب سازه، استفاده از نیروگاه با چگالی توان بالاتر یا افزایش تولید انرژی در تابستان، درصورت وجود تعرفه تشویقی در این کار استفاده می‌شود. زاویه شیب پایین‌تر بسته به شرایط محل نصب (نیروگاه) ممکن است منجر به تلفات بیشتر ناشی از گرد و خاک شود و بنابراین ضروری است مورد توجه قرارگیرد. همچنین مشوق‌های ضریب ساعتی (TOD)[3] ممکن است به‌گونه‌ای باشند که جهت‌دهی آرایه‌ها در یک زاویه سمت

1- Optimizer
2- Azimuth
3- Time Of Day

shaghool.ir

به‌غیر از جهت جنوب (یا شمال در نیمکره جنوبی) را ضمانت کند. طراحی‌ها باید با استفاده از تحلیل مهندسی مناسب، تاثیر سایه مدول را در نظر داشته باشند.

شکل۵- نمونه نیروگاه با آرایه با شیب ثابت

۵-۵-۲ آرایه‌های با شیب قابل‌تنظیم

آرایه‌های با شیب قابل‌تنظیم در واقع آرایه‌هایی با شیب ثابت هستند که می‌توانند یک یا چند بار به صورت دستی (غیرخودکار) در سال تنظیم شوند. معمول‌ترین آرایه با شیب قابل‌تنظیم از تنظیم با شیب زاویه‌ای بزرگتر برای ماه‌های زمستان و با شیب زاویه‌ای کوچکتر برای ماه‌های تابستان استفاده می‌کند. به لحاظ پیشینه، استفاده از آرایه‌های با شیب قابل‌تنظیم در نیروگاه‌های فتوولتائیک غیرمرسوم بوده است، اما به تازگی استفاده از آن‌ها در بازارها و مناطقی با هزینه‌های کار پایین، افزایش یافته است.

۵-۵-۳ آرایه‌های ردیاب تک محوره

آرایه‌های ردیاب تک محوره از سازه‌هایی استفاده می‌کنند که مدول‌های فتوولتائیک را در امتداد یک محور می‌چرخانند تا مسیر خورشید را دنبال کنند. در نیروگاه‌ها متداول‌ترین ردیاب افقی با محور شمال- جنوب (N-S) است که در طول یک روز مدول‌ها را از شرق به غرب در امتداد محوری که به صورت موازی نسبت به سطح نیروگاه است، می‌چرخاند. ردیاب‌های تک محوره ممکن است برای جذب بیشتر انرژی دارای شیب (به سمت استوا) باشند.

shaghool.ir

۵-۵-۴ آرایه‌های ردیاب دو محوره

آرایه‌های ردیاب دو محوره از سازه‌هایی استفاده می‌کنند که مدول‌های فتوولتائیک را در امتداد هر دو محورهای شمال- جنوب (N-S) و شرق- غرب (E-W) می‌چرخانند، به این وسیله در طول روز آرایه را در راستای عمود بر زاویه پرتو خورشید قرار می‌دهند.

۵-۵-۵ آرایه‌های فتوولتائیک متمرکزکننده

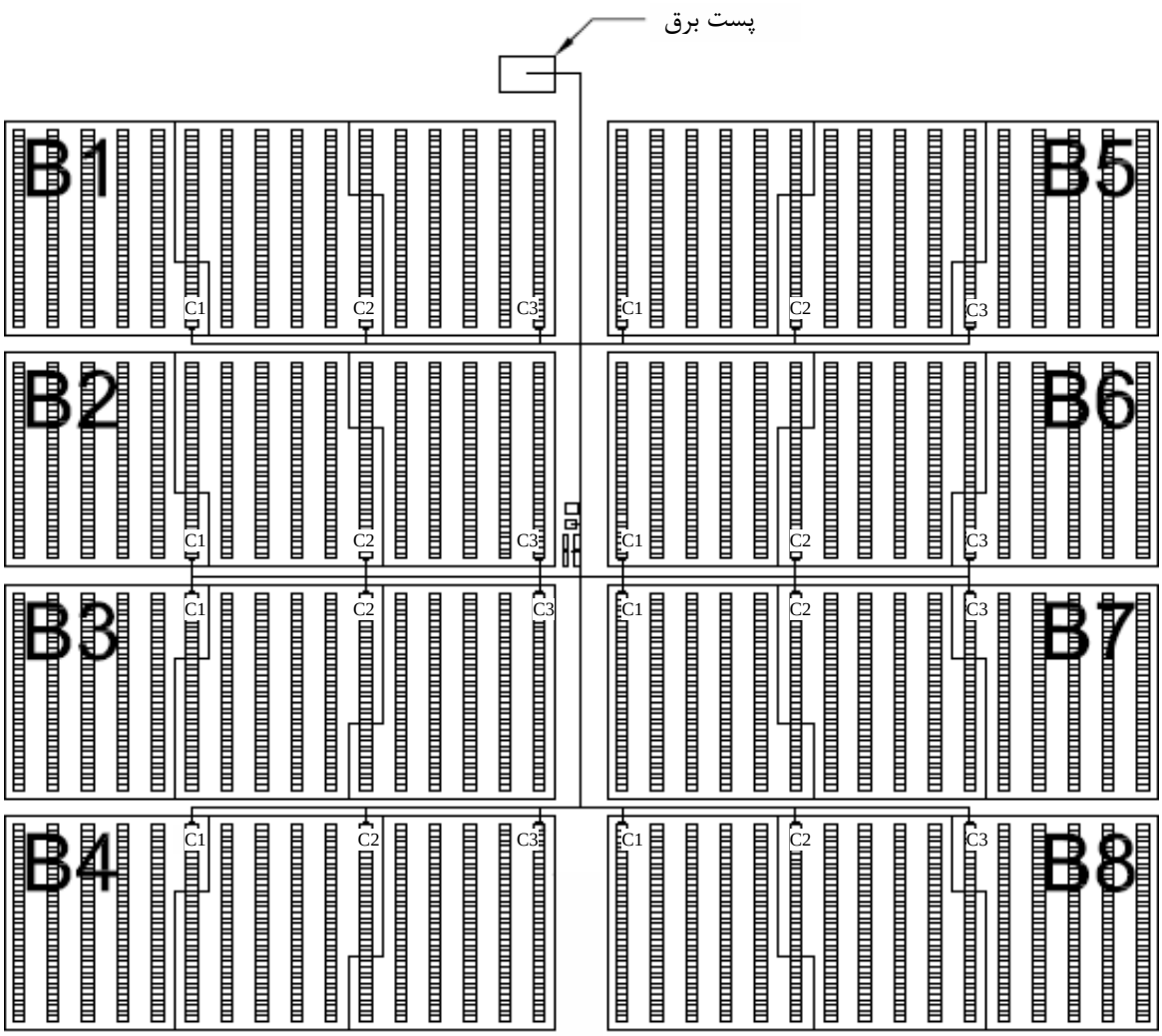
آرایه‌های فتوولتائیک متمرکزکننده متشکل از مدول‌های فتوولتائیک یا سلول‌هایی هستند که از عدسی[1]ها یا سایر دستگاه‌های کانونی برای متمرکز کردن بیشتر نور خورشید بر سلول‌ها استفاده می‌کنند. آرایه‌های متمرکزکننده به‌طورکلی از سازوکار ردیاب تک محوره یا دو محوره استفاده می‌کنند. برای دستیابی به اهداف این استاندارد، کلیه الزامات مربوط به آرایه‌های صفحه‌تخت و بدون متمرکزکننده باید در مورد آرایه‌های فتوولتائیک دارای متمرکزکننده به‌کار گرفته شوند. دستورالعمل‌های سازنده برای رفع هرگونه تفاوت در محاسبه ولتاژ سیستم، جریان‌ها و روش‌های نصب باید رعایت شود.

۵-۵-۶ پیکربندی‌های اینورتر مرکزی

نیروگاه‌های طراحی‌شده با تجهیزات مبدل توان بزرگ مرکزی یا اینورترها، به‌خصوص در سیستم‌های چندین مگاواتی، متداول هستند. رویکرد معمول در طراحی اینورتر مرکزی شامل یک یا چند اینورتر است که در کل به‌عنوان مثال، ۵۰۰kW تا ۴ MW با هم در یک ایستگاه اینورتر (در یک محفظه پوششی (کانتینر) یا روی یک پد[2] تجهیزات) نصب شده است. که شامل یک ترانسفورماتور ولتاژ متوسط است. بیشتر اینورترها یک خروجی ولتاژ جریان متناوب در محدوده ۲۰۰ V تا ۱۰۰۰ V دارند. ترانسفورماتور، ولتاژ پایین جریان متناوب را تا یک سطح ولتاژ متوسط استاندارد یا ولتاژ بالا مانند ۲۰ kV افزایش می‌دهد. شکل ۶ مثالی از چیدمان یک اینورتر مرکزی یک مگاواتی با استفاده از یک ردیاب تک محوره N-S را نشان می‌دهد. برای به حداقل رساندن طول کل کابل‌های جریان مستقیم اینورترها در داخل آرایه (مرکز شکل مشاهده شود) متمرکز شده‌است. شکل کابل‌های خروجی از جایگاه اینورتر به جعبه‌های ترکیب‌کنندهٔ رشته (یا مهار) فتوولتائیک را نشان می‌دهد که در سراسر آرایه‌های فتوولتائیک توزیع شده است. کابل‌های خروجی ولتاژ متوسط (MV)[3] یا ولتاژ بالا (HV)[4] از طریق مسیر زیرزمینی از ترانسفورماتور به سمت یک پست برق خارج می‌شوند که در شمال آرایه قرار دارد.

1- Lense
2- Pad
3- Medium Voltage
4- High Voltage

shaghool.ir



شکل۶- طرح نمونه اینورتر مرکزی نیروگاه براساس آرایه

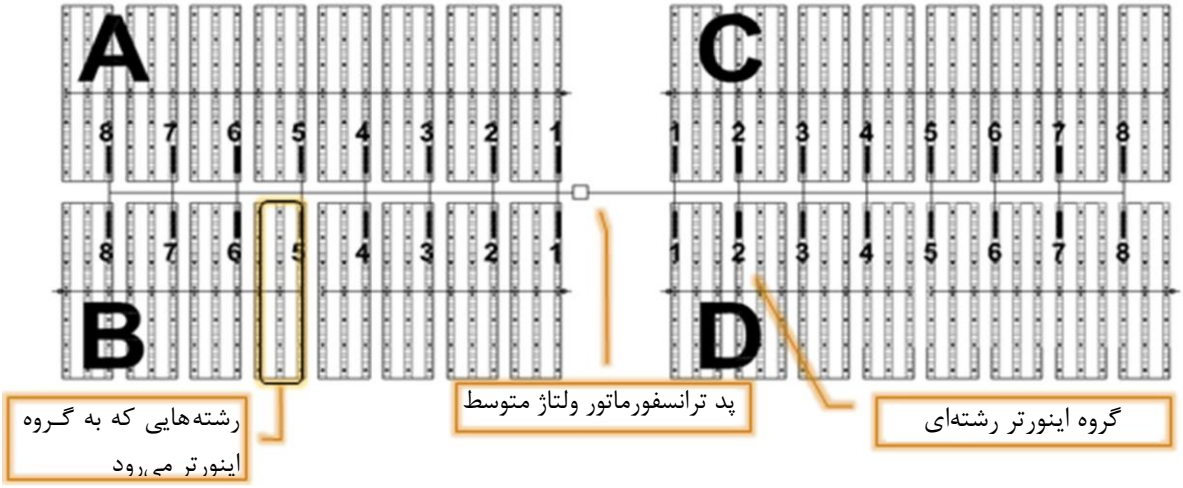
اینورترهای کوچکتر ممکن است مورد استفاده قرار گیرند و در نتیجه توزیع توان جریان متناوب بیشتر و توزیع جریان مستقیم کمتر باشد. برای ارزیابی گزینه‌های مختلف از ایجاد تعادل بین بازده و هزینه تجاری استفاده می‌شود. به‌عنوان نمونه، ممکن است برای تعیین سایز کابل، استفاده از جریان متناوب ۳ فاز در یک ولتاژ معین مزیتی وجود داشته باشد، اما از طرف دیگر ولتاژ جریان مستقیم به‌طور معمول بیشتر از ولتاژ خروجی اینورتر است. بنابراین سطح مقطع کابل جریان مستقیم می‌تواند کوچکتر باشد و در مقایسه با سه یا چهار هادی (با نول) مورد نیاز برای جریان متناوب، فقط نیاز به دو هادی دارد.

۷-۵-۵ پیکربندی‌های اینورتر رشته یا مدول

همچنین ممکن است نیروگاه‌ها از رشته شبکه یا اینورترهای سطح مدول استفاده کنند. شکل ۷ یک رویکرد را با یک سیستم آرایه ردیاب محور N-S مشابه نشان می‌دهد. اینورترهای رشته‌ای به ازای هر سه ردیف

shaghool.ir

مدول‌ها نصب می‌شوند. در پیکربندی‌های اینورتر رشته‌ای معمول بیشینه ولتاژ جریان مستقیم از حدود ۳۰۰V تا ۱۵۰۰ V و خروجی‌های جریان متناوب تک فاز یا سه فاز در محدوده ۲۴۰ V تا ۴۸۰ V است. همان‌طورکه در شکل ۷ نشان داده شده است مدارهای خروجی در مهارهای حفاظت‌شده، تابلوها یا قطع‌کننده دارای فیوز ترکیب‌شده و سپس به سمت ولتاژ پایین (LV)[1] یک ترانسفورماتور ولتاژ بالا/ ولتاژ متوسط متصل می‌شوند.



شکل۷- طرح نمونه نیروگاه با اینورترهای رشته‌ای

۵-۶ طراحی مکانیکی

۵-۶-۱ بارهای مکانیکی وارد بر سازه‌های فتوولتائیک

سازه‌های نگهدارنده آرایه فتوولتائیک نیروگاه را می‌توان به‌جای الزامات بار برای مدول‌های فتوولتائیک تعریف‌شده در استاندارد IEC 61215-2، درصورتی‌که مورد تأیید مراجع تأییدکننده محلی باشد، مطابق با شرایط خاص اندازه‌گیری‌شده و مستندسازی شده در محل احداث، طراحی کرد. سایر انحراف‌ها (از استاندارد) ممکن است تحت نظارت مهندسی و تأیید تولیدکنندگان ذی‌صلاح و مراجع تأییدکننده محلی مجاز باشد.

۵-۶-۲ باد

دستورالعمل‌های محلی حاکم بر محاسبات بار باد برای ساختمان‌ها ممکن است برای آرایه‌های فتوولتائیک مناسب یا کافی نباشند. سازه‌های آرایه فتوولتائیک ممکن است به‌جای این‌که براساس دستورالعمل‌های محلی که توسط مراجع تأییدکننده محلی مستند و تأیید می‌شوند، براساس شرایط ویژه محل احداث که اندازه‌گیری‌شده است و محاسبات مهندسی سازه برای کاربردی ویژه طراحی و برآورد شوند.

1- Low Voltage

shaghool.ir

۵-۶-۳ برف

ضروری است به بارهای ناشی از برف بر روی آرایه‌های فتوولتائیک در نواحی قابل کاربرد توجه شود. توصیه می‌شود تا اثرات لغزش برف بر روی مدول‌ها و درنتیجه بارهای جانبی که به مدول‌ها یا تجهیزات در لبه‌های پایین آرایه‌ها تحمیل می‌شود، مورد توجه قرار گیرد.

عمق فرورفتگی اجزای زیر زمین باید با توجه به عمق یخزدگی در موقعیت محل احداث انتخاب شود. یخزدگی می‌تواند اجزایی که در حال انتقال بین بالا و زیر زمین هستند را نیز تحت تأثیر قرار دهد.

۵-۶-۴ انبساط حرارتی

ضروری است به طول سازه نگهدارنده، فواصل چهارچوب مدول، مدیریت کابل و اتصالات مکانیکی صلب با طول خطی زیاد برای در نظر گرفتن انبساط و انقباض حرارتی توجه ویژه‌ای شود. این ممکن است شامل ایجاد درزهای انبساط برای سازه‌ها، یا اتصالات انبساطی برای مسیرها و سینی‌های کابل باشد.

۵-۶-۵ سیل

در جایی‌که محل اجرای پروژه در معرض خطر سیل قرار دارند، ضروری است ارتفاع سطح مدول‌ها، جعبه‌های ترکیب‌کننده، موتورهای ردیاب و سایر قطعات الکتریکی مورد توجه قرار گیرد. همچنین باید در نوع و ساخت سازه‌های نگهدارنده تأثیرات سیل و غوطه‌وری و زهکشی محل نیز در نظر گرفته شود.

۵-۶-۶ زمین لرزه

در جایی‌که محل اجرای پروژه در معرض زمین لرزه قرار دارند، باید برای بارهای لرزه‌ای سازه‌ها، الزامات دستورالعمل بین‌المللی ساختمان یا دستورالعمل‌های منطبق‌شده محلی در نظر گرفته شود. در صورت کاربرد، باید از استانداردهای تجهیزات با آزمون تایید صلاحیت لرزه‌ای استفاده شود، مانند:

– استاندارد IEC TS 62271- 210، اشاره به تجهیزات کلیدزنی فشار قوی؛

– استاندارد IEC TR 62271-300، اشاره به قطع‌کننده‌های فشار قوی جریان متناوب؛

– استاندارد IEC 60255-21-3، اشاره به رله‌های اندازه‌گیری و تجهیزات حفاظتی.

ملاحظات لرزه‌ای معمول برای نیروگاه فتوولتائیک شامل تغییرات بارگذاری ستون بر اساس طبقه‌بندی خاک، بارهای جانبی بر روی سازه‌های آرایه ثابت یا ردیاب، پدهای تجهیزات بتونی تقویت‌شده، الزامات بیشتر برای پیچ‌کردن محفظه‌ها به پدها، استفاده از لوله انعطاف‌پذیر (به‌خصوص برای ترانسفورماتورها) و پیچ‌های نگهدارنده برای سازه‌های ردیابی است.

معمولاً برای ملاحظات طراحی کامل پست برق به استاندارد IEEE 693 نیز ارجاع داده می‌شود.

shaghool.ir

۵-۶-۷ خوردگی

اجزای نیروگاه‌های فتوولتائیک مستعد خوردگی از نظر نمک موجود در آب، مواد شیمیایی خورنده در محیط محلی مانند آمونیاک در نواحی کشاورزی، و مواد شیمیایی بیشماری مانند سولفات‌های موجود در خاک هستند. این نه تنها برای مدول‌های فتوولتائیک، سازه‌ها (هم از زیرسطح و هم در بالای‌زمین)، کابل‌کشی و محفظه‌ها، بلکه برای اینورترهای مستقر در سایت و حفاظ‌های آن‌ها نیز اعمال می‌شود. ممکن است بهتر باشد برای حفاظت از اجزای حساس داخلی در برابر رطوبت شدید از محفظه‌های هوابندی‌شده یا گرمکن‌های محیطی استفاده شود. طراحی خوردگی شمع‌های فولادی ممکن است مبتنی بر تحلیل شرایط محلی، از جمله ارزیابی مقاومت ژئوتکنیکی، pH و میزان مواد شیمیایی مانند سولفات‌ها و کلریدها باشد. هنگام استفاده از سیستم‌های حفاظت کاتدی، باید توجه ویژه‌ای به محل قرارگیری دریچه سیستم حفاظت کاتدی شود، زیرا گازهای منتشره می‌تواند باعث خوردگی اجزای اطراف شود.

مواد پلیمری مانند آن‌چه در اتصالات پلاستیکی سیم استفاده شده نیز تحت اثرات خوردگی قرار می‌گیرند و باید برای هر مکان و شرایط استفاده مناسب انتخاب شوند.

۵-۶-۸ دسترسی

ردیف مدول‌ها، به‌ویژه در سیستم‌های بسیار بزرگ با شیب ثابت و با فاصله کم بین آن‌ها، می‌تواند بسیار طولانی باشد (برای مثال بیشتر از ۵۰۰ m). با سازه‌های کم ارتفاع، دسترسی ایمن از ردیفی به ردیف دیگر تنها با عبور از انتهای یک ردیف و رفتن به سوی دیگر در راهروی مجاور امکان‌پذیر است. فاصله ردیف به ردیفِ باریک ممکن است از دسترسی ایمن با وسیله نقلیه موتوری جلوگیری کند و از این طریق دسترسی به آرایه داخلی برای کارکنان که باید وسایل و مواد لازم را حمل نمایند محدود می‌شود. این عوامل را وقتی‌که یک هدف طراحی برای ایجاد یک آرایه با تراکم بالا به دلیل محدودیت‌های مکان وجود دارد می‌توان تا حدی نادیده گرفت، اما نباید از آن‌ها کاملاً چشم‌پوشی کرد. در مواقعی که پدها یا محفظه‌ها دارای تجهیزات بزرگی مانند اینورترهای مرکزی یا ترانسفورماتورهای ولتاژ متوسط هستند، جاده‌ها باید برای دسترسی مناسب وسیلهٔ نقلیه (کامیون یا جرثقیل) و قابلیت چرخش حفظ شوند. این موضوع در مورد وسایل نقلیه اضطراری و قوانین آتش‌نشانی محلی نیز صدق می‌کند، که ممکن است بیشینه طول آرایه‌های پیوسته و حداقل عرض راهروهای وسیله نقلیه را در هر جهت نشان دهد.

۶ مسائل ایمنی

۶-۱ کلیات

آرایه‌های فتوولتائیک در نیروگاه‌ها هیچ محدودیتی در بیشینه ولتاژ اسمی به‌غیر از آن‌چه در مقادیر مجاز تجهیزات مورد استفاده اعمال می‌شود، ندارند.

shaghool.ir

۶-۲ دسترسی محدود

۶-۲-۱ کلیات

دسترسی به کل آرایه‌های فتوولتائیک، ایستگاه‌های اینورتر، ترانسفورماتورهای ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا، تجهیزات کلیدزنی جمع‌آوری ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا و امکانات مرتبط با آن در یک نیروگاه فتوولتائیک باید به برقکار ماهر یا تکنسین برق محدود شود. برای محدود کردن دسترسی و اطمینان از ایمنی کارکنان غیرماهر باید قوانین و روش‌های اجرایی ویژه ایمنی این مکان‌ها ایجاد شود. مثال‌ها عبارتند از:

– به تکنسین‌های برق یا افراد عادی برای انجام وظایف خاص (نظیر نظافت آرایه یا مدیریت پوشش گیاهی) باید دسترسی مجاز تحت نظارت کاربران برقکار ماهر داده شود.

– افراد عادی ممکن است در نواحی قابل دید، تأسیسات نگهداری و نظارت و سایر نواحی کنترل‌شده نیروگاه مجاز باشند.

۶-۲-۲ دسترسی به اجزا

تأسیسات نیروگاهی که برای دسترسی محدود فقط برای افراد برقکار ماهر یا آموزش‌دیده ایمن هستند ممکن است دارای رویکردهای حفاظتی باشند که با سیستم‌های نصب‌شده در مکان‌های قابل دسترسی عمومی متفاوت باشد. این افراد باید از مدارها و اجزای فتوولتائیک که ممکن است تحت شرایط کلیدزنی مختلف، حامل انرژی یا دارای انرژی باشند آگاه شوند و مراحل مناسب برای کار با تجهیزات را درک کنند. یک طرح هماهنگی افزاره حفاظتی مناسب و به خوبی مستندشده برای کاهش خطر و مخاطرات ایمنی توصیه می‌شود.

۶-۳ حفاظت در برابر اضافه‌جریان

۶-۳-۱ افزاره‌های حفاظت در برابر اضافه‌جریان DC

افزاره‌های حفاظت در برابر اضافه‌جریان مورد استفاده در رشته‌های فتوولتائیک، مدارهای زیرآرایه و آرایه‌ای که غیر از مواردی که در استاندارد IEC 62548 مجاز اعلام شده است، اگر به‌طور ویژه در بخشی از مطالعات هماهنگی یک افزاره حفاظتی برای نیروگاه انتخاب شود، ممکن است در نیروگاه‌های فتوولتائیک مجاز شود.

۶-۳-۲ الزامات برای حفاظت در برابر اضافه‌جریان رشته

رشته کابل‌ها در امتداد قاب‌های مدول، در لوله‌های‌کابل[1] فلزی یا غیرفلزی، در اطراف لبه‌های سازه‌های ثابت یا دارای دنبال‌کننده و در زیرِزمین هدایت می‌شوند. آن‌ها همچنین ممکن است شامل کابل‌های زیرآرایه

1- Raceway

shaghool.ir

فتوولتائیک در لوله کابل مشترک نیز باشند. بنابراین، آن‌ها در معرض خطای زمین، خطای خط به خط (از رشته کابل‌ها) و احتمالاً خطای خط به خط با سایر کابل‌های زیرآرایه فتوولتائیک قرار دارند.

مطابق با استاندارد IEC 62548، حفاظت در برابر اضافه‌جریان رشته در یک جعبه ترکیب‌کننده یا سیستم مهار رشته مورد نیاز است اگر:

$$((S_A - 1) \times I_{SC_MAX}) > I_{MOD_MAX_OCPR}$$

که در آن S_A تعداد کل رشته‌های فتوولتائیک موازی در آرایه فتوولتائیک است.

در مورد نیروگاه‌هایی که براساس تحلیل مهندسی واجد الزامات دسترسی محدود برای افراد عادی هستند، برخی از استثناها ممکن است در نظر گرفته شود. در زیربندهای زیر ملاحظات بیشتر مهندسی در چنین مواردی تعریف می‌شود.

۶-۳-۳ اندازه حفاظت در برابر اضافه‌جریان رشته

در محاسبات موجود در این بند از الزام ضریب حد بالای $2,4 \times I_{sc}$ در استاندارد IEC 62548 برای مقادیر مجاز فیوز صرف‌نظر شده است. این موضوع امکان انعطاف‌پذیری بیشتری را برای نیروگاه‌های فتوولتائیک با تعداد بیشتری از رشته‌های فتوولتائیک موازی و جریان‌های خطای بالقوه فراهم می‌کند.

که‌در آن حفاظت در برابر اضافه‌جریان رشته اجرا می‌شود، یا:

الف- مقدار نامی حفاظت در برابر اضافه‌جریان از افزاره حفاظت در برابر اضافه‌جریان رشته باید I_n باشدکه:

$$I_n > 1,5 \times I_{SC_MOD} \quad \text{و}$$

$$I_n < I_{MOD_MAX_OCPR}$$

یا

ب- رشته‌ها ممکن است به‌طور گروهی موازی و تحت حفاظت یک افزاره اضافه‌جریان باشند به‌طوری‌که:

$$I_n > 1,5 \times S_G \times I_{SC_MOD} \quad \text{و}$$

$$I_n < I_{MOD_MAX_OCPR} - ((S_G - 1) \times I_{SC_MOD})$$

که در آن:

S_G تعداد رشته‌ها در یک گروه است که تحت حفاظت یک افزاره اضافه‌جریان قرار دارد؛

I_n مقدار نامی حفاظت در برابر اضافه‌جریان از افزاره حفاظت در برابر اضافه‌جریان گروه است.

یادآوری- در بعضی فناوری‌های مدول فتوولتائیک، $I_{SC\ MOD}$ بالاتر از مقدار نامی مجاز در طی هفته‌ها یا ماه‌های اول بهره‌برداری است.

shaghool.ir

برای ارزیابی این‌که آیا از این محدودیت‌ها ممکن است فراتر رود تحلیل مهندسی ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. به‌عنوان مثال، مطابق با استاندارد IEC 62548، به‌طور کلی رشته‌ها فقط درصورتی‌که مقدار بیشینهٔ افزاره حفاظت در برابر اضافه‌جریان مدول بزرگتر از ضرب تعداد رشته‌های حفاظت‌شده منهای یک در مقدار I_{sc} مدول در شرایط آزمون استاندارد باشد، می‌توانند تحت یک افزاره حفاظت در برابر اضافه‌جریان گروه‌بندی شوند. این محدودیت تا حدودی بازتاب خطای جریان محدودشده موجود از رشته‌های مجاور است. در کاربردهای نیروگاهی که در آن ممکن است ده‌ها یا حتی صدها رشته موازی به اینورتر مرکزی یکسانی متصل شوند، سناریوهای خطا/محیطی که منجر به خطاهای جریان درسطحی پایین می‌شوند به مراتب کمتر هستند و منطقی است که رشته‌های حفاظت‌شده بیشتری با یک افزاره نظر گرفته شود. این استثنا فقط باید تحت شرایط زیر به‌کاربرده شود:

- تحلیل حالت خرابی برای شناسایی سناریوهای افزایش جریان برگشتی و بیشینه اندازه جریان فعلی و مدت زمانی که ممکن است بر مدول‌های فتوولتائیک اعمال شود، انجام می‌شود. همچنین در این تحلیل باید جریان از رشته‌های متصل‌شده موازی مشترک با همان افزاره حفاظت در برابر اضافه‌جریان در نظر گرفته شود.
- توانایی مدول‌ها برای مقاومت در برابر اندازه جریان و مدت زمان مشخص‌شده بدون خرابی حرارتی آزمایش می‌شوند، یا جایی که حالت خرابی مدول خطری ناخواسته برای نیروگاه ایجاد نمی‌کند.
- سازنده مدول پیکربندی طراحی را تأیید می‌کند. در غیر این صورت ممکن است ضمانت‌های محصول باطل شود.

۶-۳-۴ حفاظت در برابر اضافه‌جریان زیرآرایه و آرایه فتوولتائیک

اگر بیش از دو زیرآرایه (یا آرایه) به یک تجهیز مبدل توان منفرد یا شینه PCB متصل باشند، باید برای زیرآرایه یا آرایه حفاظت در برابر اضافه‌جریان در برابر کابل‌ها یا رشته‌های مهار مربوط به آن‌ها ایجاد شود. توصیه می‌شود حفاظت در برابر اضافه‌جریان مطابق با الزامات استاندارد IEC 62548 ، به همراه استثناهای زیر باشد:

- اگر محدودیت ذاتی جریان مستقیم وجود داشته باشد، ممکن است مقدار حفاظت افزاره اضافه‌جریان $1{,}25 \times I_{SC\text{-}ARRAY}$ یا کمتر شود. برای مثال، اگر نسبت بارگذاری آرایه به اینورتر جریان مستقیم/جریان متناوب به اندازه کافی زیاد باشد، اینورتر جریان را از زیر آرایه‌ها محدود می‌کند. این وسیله برای حفاظت تجهیزات مبدل توان از بیشینه جریان اتصال‌کوتاه آرایه، و/یا برای حفاظت بهتر از خطای جریان معکوس، بدون ایجاد خطر عبورهای (قطع‌های) مزاحم، مقدار حفاظت افزاره اضافه‌جریان کمتر را ضمانت می‌نماید.
- اگر حفاظت مناسب با مقادیر مختلف قطع برای جریان‌های رو به جلو و معکوس فراهم شود، ممکن است مقدار مجاز حفاظت افزاره اضافه‌جریان $1{,}25 \times I_{SC\text{-}ARRAY}$ یا کمتر باشد.

در تمام موارد:

shaghool.ir

- اقدامات حفاظت در برابر جریان مستقیم آرایه باید هماهنگ شود تا اطمینان حاصل شود که جریان خطا از بیشینه اتصال کوتاه، جریان اسمی ورودی اینورتر فراتر نمی‌رود.
- کابل جریان مستقیم باید حداقل برای جریان خطای موجود از منبع متصل به آن اندازه مناسب داشته باشد تا مبادا حفاظت در برابر اضافه‌جریان بیشتر در انتهای منبع کابل لازم شود.

۶-۴ حفاظت در برابر اثرات خطاهای عایق‌بندی

برای خطاهای عایق‌بندی جریان مستقیم در نیروگاه‌های فتوولتائیک، اقدامات حفاظتی مورد نیاز توسط استاندارد IEC 62548 اعمال می‌شود. محتمل‌تر است که نیروگاه‌های فتوولتائیک با آرایه‌های موازی بزرگ و پیوسته نسبت به سیستم‌های مسکونی یا تجاری کوچکتر، دارای مقاومت عایق‌بندی کمتری هستند که به دلیل جریان‌های نشتی مدول انباشته‌شده و ظرفیت حمل جریان در مناطق بزرگ و به‌ویژه در شرایط مرطوب زمین باشد. همچنین این مقادیر مقاومت می‌توانند تحت تاثیر توپولوژی‌های ترانسفورماتور- اینورتر قرار بگیرند. جریان‌های نشتی بالاتر خطر شوک برای کارکنان را افزایش می‌دهند، بنابراین مقادیر آستانه قطع عایق‌بندی باید بدون ایجاد مشکلات ناشی از قطع‌های مزاحم به بیشینه مقدار ممکن برسند (مطابق با جدول 2 استاندارد IEC 62548: 2016).

در صورت نیاز، ممکن است آستانه‌های مقاومت عایق‌بندی بر اساس مکان ویژه تعیین شود و با آن‌ها مشابه با مطالعات متناسب موجود در سیستم‌های الکتریکی مبتنی بر جریان متناوب رفتار شود. آزمون‌های جریان نشتی مدول می‌تواند به منظور مهندسی بیشینه اندازه مناسب برای آرایه‌های متصل به گذرگاه یک اینورتر با جریان مستقیم استفاده شود. مقاومت عایق‌بندی اندازه‌گیری‌شده نیروگاه‌ها در طول روز یا در شرایط بارانی بسیار متفاوت است، ضروری است که دو آستانه به‌کار رود: یکی برای هشدار، و یکی برای انقطاع (قطع جریان). آستانه هشدار (که مقدار آن بیشتر از آستانه قطع می‌باشد) به نیروگاه اجازه می‌دهد تا به فعالیت خود ادامه دهد اما ممکن است به منظور محدود کردن فعالیت‌های خاصی در آرایه‌ها، هشدارهایی را برای کارکنان نیروگاه یا خدمه نگهداری اعلام نماید.

ممکن است لازم باشد آستانه‌های مقاومت عایق‌بندی در طول زمان کاهش یابد تا نشت اجزای فرسوده را برطرف کند، اما خطر افزایش مربوط به شوک الکتریکی باید در نظر گرفته شود.

۶-۵ حفاظت در برابر اثرات صاعقه و اضافه ولتاژ

۶-۵-۱ حفاظت در برابر صاعقه

به‌طور متداول نیروگاه‌های فتوولتائیک اقدامات متوسطی برای حفاظت از تجهیزات در برابر صاعقه انجام می‌دهند. میزان حفاظت مورد نیاز به میزان فعالیت صاعقه در محل پروژه بستگی دارد. خطر صاعقه باید در مرحله طراحی دقیق با استفاده از استاندارد IEC 62305-2 ارزیابی شود. در مواردی که فعالیت صاعقه بسیار زیاد است، ممکن است اقداماتی مانند نصب ترمینال‌های هوایی در حاشیه یا در سراسر میدان آرایه ضروری باشد. با این وجود در تأسیسات معمولی‌تر، اقدامات منطقی شامل موارد زیر است:

shaghool.ir

الف- تجهیزات اتصال ساختارهای ردیابی آرایه یا ردیاب؛

ب- افزاره‌های حفاظت در برابر صاعقه/ نوسان برق نصب‌شده در جعبه‌های ترکیب‌کننده رشته‌ای یا مهار؛

پ- افزاره‌های حفاظت در برابر صاعقه/ نوسان برق نصب‌شده در جهت جریان مستقیم و جریان متناوب اینورترها؛

ت- حفاظت در برابر نوسان برق ولتاژ متوسط در پست‌های برق و نقاط انتهایی تغذیه‌کننده؛

ث- ساخت ترمینال هوایی نصب‌شده و هادی‌های رو به پایین با حلقه‌های زمینی برای ورود به محوطه‌ها، ساختمان‌های بهره‌برداری و نگهداری (O&M)[1] یا سایر امکانات؛

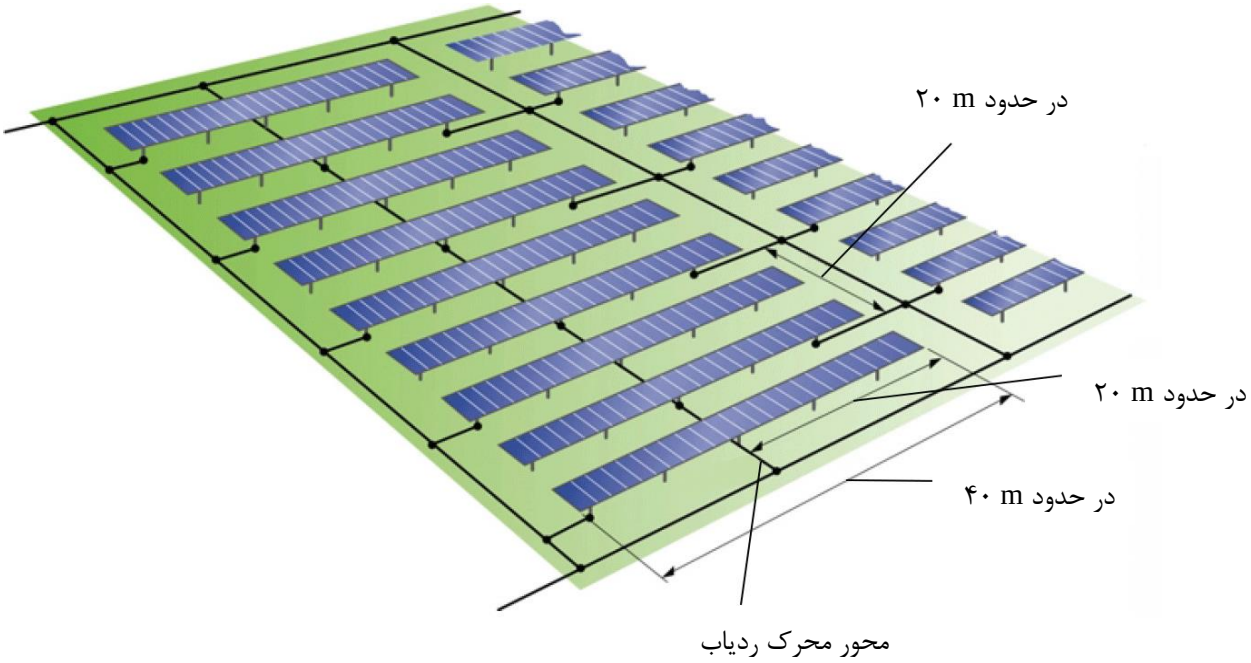
ج- افزاره‌های حفاظت در برابر صاعقه/نوسان برق برای تجهیزات ارتباطی و کابل‌کشی آرایه، به جز کابل‌کشی فیبر نوری.

همه این اقدامات به‌عنوان بهترین روش توصیه می‌شوند، و مطالعه بیشتر در مرحله طراحی دقیق پروژه توصیه می‌شود. معمولاً موارد دوم و سوم از نظر تجاری به‌عنوان گزینه‌هایی با جعبه‌های ترکیب‌کننده و اینورترهای موجود تهیه می‌شوند، و مورد چهارم به استاندارد موجود افزاره‌های حفاظتی نوسان برق ولتاژ متوسط اشاره می‌کند.

تجهیزات اتصال اجزای میدان آرایه (مورد ۱) به منظور دستیابی به یک شبکه ۲۰ m در ۲۰ m مؤثر توصیه می‌شود (برای مثال). در شکل ۸ مثالی نشان داده می‌شود.

1- Operation and Maintenance

shaghool.ir



شکل ۸- مثال طرح زمینی برای تجهیزات اتصال یک میدان آرایه فتوولتائیک

کابل‌های دفنی[1] در هر دو طرف آرایه‌ها برای رسیدن شبکه ۲۰ m در ۲۰ m اتصالات اجزا به زمین ، با ردیف‌های تکی (یا متناوب) ارتباط برقرار می‌کنند. شبکه ۲۰ m × ۲۰ m فقط یک توصیه است. مطالعه مقاومت در برابر خاک در سراسر منطقه نیروگاه، اطلاعات صحیحی را برای تعیین عرض شبکه ارائه خواهد داد.

اجزای فلزی سازه‌های ردگیری یا ردیاب نیز باید از اتصال بین اجزا برخوردار باشند تا نزدیکترین اتصال به زمین از طریق اجزا تضمین شود. محفظه‌های فلزی جعبه‌های ترکیب‌کننده و رابط اتصال زمین داخلی افزاره‌های حفاظت در برابر اضافه‌ولتاژ نیز باید به سازه‌های نگهدارنده یا کابل‌های زیرزمینی متصل شوند که در ترانشه‌ها برای ارتباط با حلقه‌های زمینی و ترمینال‌ها در پدهای اینورتر ادامه دارند. با توجه به جنس و نوع، عایق‌بندی، شناسایی، نصب و اتصالات، هادی‌های اتصالی محافظ باید با مقررات قابل اجرای مشخص‌شده در استاندارد IEC 60364-5-54 مطابقت داشته باشند.

در این نوع پیکربندی احتمال آسیب به مدول‌ها و جعبه‌های ترکیب‌کننده برای برخوردهای نزدیک، که احتمال بیشتری نسبت به برخورد مستقیم دارند، کاهش می‌دهد. این رویکرد در صورت برخورد مستقیم قادر به حفاظت از مناطق محدود نخواهد بود اما معمولاً درجه بالاتری از حفاظت فقط در مکان‌هایی محقق می‌شود که فعالیت صاعقه‌ای بسیار بالایی دارند.

1- Buried ground cable

shaghool.ir

حفاظت در برابر صاعقه و نوسان برق اضافه‌ولتاژ در جعبه‌های ترکیب‌کننده رشته‌ای یا مهار فتوولتائیک به منظور حفاظت از مدارها و مدول‌های جریان مستقیم در آرایه‌های نیروگاه توصیه می‌شود. افزاره‌های حفاظت در برابر صاعقه باید برای ولتاژ مدار باز کاملِ آرایه به‌طور مناسب ارزیابی شوند و باید از هر دو قطب حفاظت نمایند.

دارا بودن مقاومت و خودالقایی پایین کابل افزایش ولتاژ را محدود می‌نماید، بنابراین اثربخشی افزاره‌های حفاظت در برابرصاعقه، به فاصله الکتریکی بین افزاره و مدول‌ها بستگی دارد. حفاظت در برابرصاعقه در جعبه‌های ترکیب‌کننده رشته‌ای یا مهار، با تعداد رشته‌های بیشتر و مسافت‌های طولانی‌تر مدول‌های دورتر، نسبت به جعبه‌هایی که دارای رشته‌ها و مسافت‌های کوتاه‌تری هستند، دارای اثر کمتری خواهند بود. حفاظت مضاعف می‌تواند با افزودن افزاره‌های حفاظت در برابر نوسان برق (SPD)[1] تکمیلی در امتداد کابل‌کشی رشته‌ای، افزودن مقاومت به سازه، یا اتصال هادی‌ها در زمین در امتداد ردیف‌های زیرسازه (در امتداد مسیر مجموعه مدول‌ها) به‌دست آید. این امر احتمال اضافه ولتاژهای تزویج‌شده[2] بیشتر در رشته‌ها و مدول‌ها را کاهش می‌دهد.

۶-۵-۲ حفاظت در برابر اضافه ولتاژ

افزاره‌های حفاظت در برابر نوسان برق در جعبه‌های ترکیب‌کننده و تجهیزات تبدیل نیرو برای حفاظت در برابر اضافه ولتاژ توصیه می‌شوند. افزاره‌های حفاظت در برابر نوسان برق در جهت جریان برق مستقیم باید مطابق با استاندارد EN 50539-11 باشند و صریحاً برای استفاده در جهت جریان برق مستقیم یک سیستم فتوولتائیک ارزیابی شوند. همچنین افزاره‌های حفاظت در برابر نوسان برق در صورتی که قابل اجرا باشد، باید برای حفاظت از مدارهای ورودی و خروجی کنترل‌کننده‌های ردیاب استفاده شوند. اگر سیستم فتوولتائیک به سایر شبکه‌های ورودی (مانند خدمات ارتباط از راه دور و سیگنال‌دهی) متصل باشد، افزاره‌های حفاظت در برابر نوسان برق نیز باید برای حفاظت از تجهیزات فناوری اطلاعات مورد نیاز باشند. به‌طور کلی انتخاب و کاربرد افزاره‌های حفاظت در برابر نوسان برق باید از اصول ذکر شده در استاندارد IEC 61643-32 پیروی نمایند.

۶-۶ حفاظت در برابر آتش

۶-۶-۱ حفاظت در برابر خطای زمین

حفاظت در برابر آتش برای هر سیستم فتوولتائیک، از جمله نیروگاه‌ها از اولویت‌های مورد توجه در طراحی است. در زمینه سیستم‌های اتصال‌زمین، حفاظت در برابر آتش، جریان‌های خطا را به اندازه کافی کم می‌نماید تا از گرمایش و آتش‌سوزی موضعی که می‌تواند منجر به آتش‌سوزی شود جلوگیری نماید. به‌عنوان مثال، سیستم‌های زمین‌نشده که از اینورترهای مبتنی بر رشته‌های بزرگتر استفاده می‌نمایند، ممکن است

1- Surge Protective Device

۲

shaghool.ir

ازمحدوده‌های عبور جریان ۳۰۰ mA استفاده کنندکه بالاتر از حد ایمنی تماس است، اما هنوز هم برای تجهیزات و حفاظت در برابر آتش مؤثر است. الزامات توصیف‌شده در زیربند ۶-۴ و بندهای مربوط در استاندارد IEC 62548، همچنین در استاندارد IEC 62109، اقدامات عملی مربوط به حفاظت در برابرخطای زمین در نیروگاه‌های فتوولتائیک را ارائه نموده است.

یادآوری- در آینده طرح‌های حفاظت در برابرخطای زمین برای آرایه‌های فتوولتائیک در استاندارد IEC 63112 بیشتر مورد بررسی قرارخواهدگرفت

۶-۶-۲ حفاظت در برابر جریان‌های قوسی

قوس‌های الکتریکی عامل اصلی آتش‌سوزی در سیستم‌های فتوولتائیک هستند. با استفاده از روش‌های نصب باکیفیت، ترمینال‌بندی با گشتاور مناسب، استقرار و نصب خوب اتصال‌دهنده‌های فتوولتائیک، مدیریت کیفی سیم (حفاظت مکانیکی) و مدیریت پوشش گیاهی و هجوم جوندگان، از خطاهای قوسی به بهترین شکل جلوگیری می‌شود. دستگاه‌های شناسایی و قطع خطای قوسی مورد نیاز نیستند اما می‌توانند به‌عنوان بخشی مؤثر در نیروگاه فتوولتائیک و حفاظت از ابزار وجود داشته باشند.

یادآوری: در آینده اجزای تشخیص و قطع قوس جریان مستقیم در سیستم‌های فتوولتائیک در استاندارد IEC 63027، «تشخیص و قطع قوس جریان مستقیم در سیستم‌های قدرت فتوولتائیک» مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۷ انتخاب و نصب تجهیزات الکتریکی

۷-۱ کلیات

کلیه تجهیزات مبدل توان باید با استانداردهای IEC 62109-1، IEC 62109-2، و سایر قطعات مرتبط مطابق با نوع تجهیزات، سازگار باشند. در موقعیت‌هایی که استاندارد قابل‌اجرایی موجود یا اجباری نباشد، ممکن است تجهیزات تبدیل نیروی جایگزینی به کار گرفته شوند که دارای استانداردهای ملی یا بین‌المللی هستند، مشروط بر این که:

الف- مستندات مهندسی کافی در مورد قابلیت اجرای مشابه با سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی (حداقل نیازهای اساسی الکتریکی و امنیت در ساخت و ساز) وجود داشته باشد، و؛

ب- تأیید تأسیسات الکتریکی اتصال‌میانی وجود داشته باشد.

shaghool.ir

۷-۲ ولتاژ طراحی آرایه فتوولتائیک

۷-۲-۱ ولتاژ بیشینه آرایه فتوولتائیک

بیشینه طول رشته فتوولتائیک با بیشینه ولتاژ اسمی سیستم مدول، اینورتر و سایر اجزاء جریان مستقیم تعیین می‌شود. بیشینه ولتاژ مدار باز (Voc)[1] رشته فتوولتائیک توسط ولتاژ اسمی شرایط آزمون استاندارد مدول اصلاح‌شده برای کمترین دمای عملیاتی موردانتظار، مطابق استاندارد IEC 62548 محاسبه می‌شود. کمترین دمای عملیاتی موردانتظار باید برابر با میانگین دماهای خیلی پایین سالیانه باشد، استفاده از دمای پایین ثبت‌شده نباید ضروری باشد. اگر داده‌های کافی در دسترس باشند، میانگین داده‌ها با استفاده از یک آستانه بسیار کم برای تابش مانند W/m^2 ۱۰ یا کمتر، می‌تواند محدود به ساعات تابش خورشید شود. به دلیل کاهش تلفات در کابل‌های جریان مستقیم و مقدار کمتری از کابل مورد نیاز براساس یکای توان (W)، بیشینه طول رشته فتوولتائیک محاسبه‌شده اغلب برابر با طول رشته بهینه فتوولتائیک از لحاظ هزینه و کارایی است.

جایی که طول رشته فتوولتائیک هدف با توجه به تخمین‌های خط مستقیم، به‌طور مرزی منجر به ولتاژ بیشینه محاسبه‌شده بالاتر از بیشینه ولتاژ اسمی سیستم می‌شود، ممکن است بررسی مهندسی بیشتری برای تعیین خطر واقعی در شرایط اضافه ولتاژ در نظر گرفته شود. تحلیل باید شامل موارد زیر شود:

– ارزیابی ولتاژهای مدول/سلول به‌عنوان تابعی از دمای محیط و تابش هنگام طلوع خورشید.

– عوامل آب و هوایی مکان، مانند یخزدگی منظم صبح در زمستان که ممکن است سبب شود تا دماهای مدول کمتر از دمای محیط شوند. مکان‌هایی که احتمالا این پدیده در آن‌ها رخ می‌دهد، باید در ارزیابی ولتاژ توضیح داده شده در بالا مورد توجه قرار گیرند.

این‌گونه ارزیابی‌ها ممکن است منجر به طراحی‌های طول رشته فتوولتائیک بزرگتر نسبت به روش‌های خط مستقیم تعریف‌شده در استاندارد IEC 62548 شود، اما اگر طول رشته فتوولتائیک کمتر منجر به محدودیت‌های معنادار یا اتلاف انرژی در شرایط عملیات عادی شود، ممکن است مورد تائید قرار گیرند.

۷-۲-۲ ملاحظات ناشی از پنجره ولتاژ ردیابی بیشینه نقطه توان (MPPT)[2] اینورتر

در صورت امکان، طول‌های رشته فتوولتائیک باید به گونه‌ای طراحی شوند تا از افت ولتاژ جریان مستقیم آرایه MPPT ترمینال‌های اینورتر به پایین‌تر از کمینه ولتاژ اسمی MPPT اینورتر جلوگیری کنند. این شرایط اینورتر را مجبور می‌نماید تا آرایه را با مقادیری غیر از مقادیر ولتاژ MPPT را به کار بیندازد، بنابراین بازده سیستم را کاهش می‌دهد. حداقل محاسبات ولتاژ رشته فتوولتائیک، شامل مقدار ولتاژ در بیشینه نقطه توان (Vmp)[3] در شرایط آزمون استاندارد مدول اصلاح‌شده برای میانگین دماهای بالای سالیانه محیط و

1- Open circuit Voltage
2- Maximum Power Point Tracker
3- Maximum power point voltage

shaghool.ir

اختلاف موردانتظار بین دمای محیط و سلول است. در صورت وجود، محاسبه باید شامل ضریب دمای Vmp مدول باشد. در صورت عدم وجود، ترجیح داده می‌شود که از بیشترین ضریب دمای توان به جای ضریب دمای ولتاژ مدار باز استفاده شود. همچنین در ارزیابی باید افت ولتاژ اضافه بین ترمینال‌های رشته فتوولتائیک و اینورتر که در نتیجه‌ی افت ولتاژ در کابل‌ها، عدم‌تطابق مدول و کاهش ولتاژ مدول در طول زمان رخ می‌دهد در نظر گرفته شود.

۷-۲-۳ ملاحظات ناشی از بازده اینورتر

بازده اینورتر به‌عنوان تابعی از ولتاژ جریان مستقیم، متغیر است و منحنی‌های بازده معمولاً توسط تولیدکنندگان به‌عنوان تابعی از توان و ولتاژ جریان مستقیم ایجاد می‌شوند. به دلیل افزایش اتلاف کلیدزنی در افزاره‌های الکترونیکی قدرت به هنگام روشن و خاموش شدن آن‌ها، بازده در حد بالای پنجره ولتاژ MPPT اینورتر کمی کمتر هستند. در نتیجه، اگر پنجره ولتاژ اینورتر برای جادادن چندین گزینه دیگر به اندازه کافی بزرگ باشد، طول بهینه رشته فتوولتائیک ممکن است برابر با طول بیشینه رشته فتوولتائیک باشد یا نباشد. در جاهایی که چنین گزینه‌هایی وجود دارند، توصیه می‌شود که میزان بازده استفاده از بالاترین ولتاژهای ممکن رشتهٔ فتوولتائیک ارزیابی شود تا میزان اتلاف برق در کابل‌های جریان مستقیم را به حداقل برساند و استفاده از ولتاژهای رشته فتوولتائیک پایین‌تر برای به بیشینه رساندن بازده اینورتر مورد ارزیابی قرار گیرد.

۷-۳ الزامات اجزا

۷-۳-۱ کلیات

الزامات اجزای استاندارد IEC 62548 برای نیروگاه‌های فتوولتائیک به‌جز موارد اصلاح‌شده در این بخش کاربرد دارند.

۷-۳-۲ جعبه‌های ترکیب‌کننده فتوولتائیک

۷-۳-۲-۱ مقادیر مجاز محیطی

مقدار مجاز محیطی اجزا و طراحی جعبه‌های ترکیب‌کننده فتوولتائیک باید به وسیله استانداردهای IEC 61439-1 و IEC 61439-2 مشخص شوند. باید ملاحظات تکمیلی که به‌طور خاص مربوط به کاربردهای نیروگاه فتوولتائیک است، در نظر گرفته شوند. برای مثال:

الف- تأسیسات فتوولتائیک معمول دارای طول عمر مورد انتظار ۲۵ سال یا بیشتر است. اجزای مورد استفاده در سیستم فتوولتائیک باید طوری انتخاب شوند که دارای طول عمر عملیاتی برابر با طول عمر مورد انتظار برای تأسیسات فتوولتائیک باشند. از طرف دیگر، فواصل جایگزینی پیش‌بینی‌شده باید برای اجزایی که عمر مفید کمتری دارند، تعیین شوند.

shaghool.ir

ب- اجزای نصب‌شده در تأسیسات فتوولتائیک معمولاً در معرض شرایط محیطی قرار می‌گیرند که به وسیله مکان یا روشی که نصب شده‌اند، تقویت می‌شوند.

پ- اجزایی که در نصب فتوولتائیک در معرض شرایط محیطی هستند، تحت تاثیر تنش‌های دوره‌ای مرتبط با تغییرات دما و تابش از روز تا شب و همچنین تغییرات در پوشش ابری متناوب قرار می‌گیرند. گرمایش و سرمایش دوره‌ای اجزا با دوره جریان و توان تشدید می‌شود که با نور خورشید و تغییرات دما هم‌زمان است. این امر می‌تواند به‌طور کلی در طول عمر اجزا تأثیر بگذارد، محفظه‌ها و نشانه‌ها را تخریب کند، انبساط و انقباض را افزایش داده و بر اتصالات الکتریکی تنش وارد نماید. اتصالاتی که به درستی انتخاب‌شده و با گشتاور مناسب بسته شوند، و نگهداری منظم به محدود کردن تأثیر این تغییرات کمک می‌نماید.

ت- شرایط محیطی خاص در محدوده نیروگاه فتوولتائیک. برای مثال:

۱- شن و ماسه بادی، گرد و خاک و اجسام گیاهی (خس‌و خاشاک). در مناطق مستعد، میزان تأثیر بر تجهیزات به تعداد طوفان‌ها، شدت آن‌ها (سرعت باد)، مدت زمان و اندازه ذرات (شن‌ریزه یا خاک درشت) بستگی دارد. جهت‌های باد غالب نیز ممکن است برای مشخص کردن حدود مهم باشد. به‌عنوان مثال، صفحه‌های پشتی مدول ممکن است نسبت به ماسه‌های بادی آسیب‌پذیرتر از شیشه سمت جلو باشد. تناسب مقادیر مجاز درجه حفاظت (IP)[1] از محفظه‌ها و تجهیزات داخلی نیز باید برای شرایط غیرمعمول محیطی در نظر گرفته شود.

۲- ماهیت فرسایشی خاک.

۳- نزدیکی به منابع رطوبت (آب شور، آب شیرین).

۴- آسیب‌پذیری در برابرسیل. همان‌طور که در زیربند ۵-۶-۵ بحث شد، محفظه‌ها باید در ارتفاعاتی نصب شوند که سطوح سیل پیش‌بینی‌شده در نظر گرفته شود.

ث- باید توجه ویژه‌ای به انتخاب مواد (پلیمرها و فلزات مختلف در تماس) و انواع ترمینال‌ها برای رعایت ملاحظات کار چرخه حرارتی شود. به‌طور خاص جنس واشر باید برای محیط استفاده ارزیابی شود و در صورت کاربرد، برنامه جایگزینی مشخص شود.

ج- راهنمایی‌های تکمیلی برای محفظه‌هایی که در شرایط با دمای بالا عمل می‌کنند در استاندارد IEC TR 60890 ارائه شده است.

چ- محفظه‌هایی که در مجاورت آرایه‌ها یا پدهای تجهیزات نصب می‌شوند، گاهی اوقات برای انتقال کابل از محفظه برای پیکربندی لایه‌های دفن‌شدهٔ مستقیم، از لوله یا مجرای حفاظ استفاده می‌کنند. این امر می‌تواند باعث ورود رطوبت بیش از حد از زمین به داخل محفظه شود. ممکن است اقداماتی برای

1- International Protection

shaghool.ir

جلوگیری از این ورود، با درزبندی لوله یا مجرای محافظ با استفاده از یک ماده ضدآب، عایق‌بندی شده و مقاوم در برابر آتش مانند فوم درزبندی مناسب یا بتونه صورت گیرد. همچنین در صورت نیاز به چنین درزبندی در محفظه، باید دستورالعمل‌های تولیدکننده تجهیزات را رعایت نمود تا اطمینان حاصل شود که هرکدام از مقادیر مجاز درجه حفاظت محفظه با شرایط محیطی متناسب است. این مقادیر مجاز درجه حفاظت باید برای جهت‌یابی و موقعیت نصب محفظه مربوط به‌کار رود.

۷-۳-۲-۲ محل قرارگیری جعبه‌های ترکیب‌کننده– ملاحظات ناشی از کارایی، بهره‌برداری و نگهداری

ترجیح داده می‌شود که مکان‌های نصب در سایه باشد (برای مثال پشت یا زیر مدول‌ها) اما باید دسترسی مناسب هنگام کار برای کارکنان نگهداری فراهم شود. مکان‌ها و تنظیمات باید منجر به روش‌های واضح و ساده برای کارکنان بهره‌برداری و نگهداری شود و مکان‌ها باید به خوبی در اسناد بهره‌برداری و نگهداری ثبت شوند.

۷-۳-۳ قطع‌کننده‌ها و کلیدهای قطع‌کن

۷-۳-۳-۱ کلیات

این بخش بر قطع‌کننده‌ها و کلیدهای قطع‌کن جریان مستقیم که کاربردهای بی‌نظیری در سیستم‌های فتوولتائیک دارند، متمرکز است. قطع‌کننده‌ها و کلیدهای قطع‌کن مورد استفاده در مدارهای جریان مستقیم نیروگاه‌های فتوولتائیک باید مطابق با الزامات پیوست **D** در استاندارد IEC 60947-3 AMD2: 2015 باشند. این اصلاحیه رده‌بندی‌های به‌کارگیری تغییریافته‌ای را برای کاربردهای خاص فتوولتائیک به شرح زیر مشخص می‌نماید:

– رده DC-PV0، قطع ارتباط هنگامی که جریانی وجود ندارد؛

– رده DC-PV1، اتصال و قطع ارتباط بین تک رشته‌های فتوولتائیک که در آن جریان‌های معکوس و اضافه‌جریان قابل‌توجهی نمی‌تواند رخ دهد؛

– رده DC-PV2، اتصال و قطع اتصال بین مدارهای فتوولتائیک که در آن ممکن است اضافه‌جریان‌های قابل توجهی وجود داشته باشد و جریان فعلی در آن می‌تواند در هر دو جهت باشد.

افزاره‌های رده‌بندی به‌کارگیری DC-PV0 باید با عبارت «تحت بار کار نکنید» نشانه‌گذاری شود مگر این که افزاره برای جلوگیری از چنین بهره‌برداری به هم متصل باشد.

۷-۳-۳-۲ مقادیرمجاز محیطی قطع‌کننده‌ها

مقدارمجاز محیطی و طراحی قطعی‌های آرایه فتوولتائیک باید به وسیله استانداردهای IEC 61439-1 و IEC 61439-2 مشخص شوند. به‌طور ویژه ملاحظات تکمیلی مربوط به برنامه‌های کاربردی فتوولتائیک در زیربند ۷-۳-۲-۱ مشخص شده است که برای قطع ترکیبی نیز کاربرد دارد.

shaghool.ir

۷-۳-۳-۳ جانمایی قطع‌کننده‌ها

۷-۳-۳-۳-۱ کلیات

برای تعیین محل، نوع و مقدار جداسازهای جریان مستقیم باید عوامل زیادی مانند امنیت، اندازه آرایه (توان و مساحت)، توانایی‌های ورودی اینورتر جریان مستقیم، تقسیم‌بندی زیرآرایه و بهره‌برداری و نگهداری در نظر گرفته شوند.

۷-۳-۳-۳-۲ ملاحظات ایمنی

در انتخاب و هماهنگی قطع‌کننده‌ها و کلیدهای قطع‌کن برای کارکردهای جداسازی باید نیاز به قابلیت قطع بار در مکان‌های مختلف با دقت در نظر گرفته شود. در زمانی که یک روش مناسب برای خاموش کردن مدار(ها) به‌عنوان مثال خاموش کردن اینورتر به منظور قطع جریان وجود دارد، جداسازها (بدون قابلیت قطع بار) برای کارکردهای نگهداری بسیار مفید هستند.

تاحدودی کلیدهای قطع‌کن برای مدارهای زیرآرایه در مکان‌های جعبه ترکیب‌کننده، و برای مدارهای آرایه یا زیرآرایه در پد اینورتر توصیه می‌شوند. این امر به کارکنان عملیات اجازه می‌دهد تا یک زیرآرایه خطادار را از هر مکانی در مواقع اضطراری جدا کنند، بدون اینکه مجبور باشند یک مسیر نسبتاً بزرگ را پیمایش کنند. علاوه بر این، محدود کردن مکان‌های قطع‌کننده، قطع بار به پد اینورتر، گزینه‌هایی را که باید در آن‌ها تجهیزات در هنگام خرابی حرارتی روی پد ناامن قرار گیرند، کاهش می‌دهد.

۷-۳-۳-۳-۳ ملاحظات برای حفاظت در برابر آتش

قطع‌کننده‌های قرار گرفته درون محفظه اینورتر ممکن است در صورت آتش‌سوزی اینورتر قابل دسترس نباشند، بنابراین دسترسی امن به کلیدهای قطع‌کن زیرآرایه باید در نظر گرفته شود. این موارد بسته به اندازه سیستم، آرایه و پد، ممکن است در فاصله ایمن با همان پد یا در مکان‌های جعبه ترکیب‌کننده نگهداری شوند.

۷-۳-۳-۳-۴ ملاحظات برای بهره‌برداری و نگهداری

در میدان‌های آرایه بزرگ، الگو و قرارگیری قطع‌کننده‌ها (و جعبه‌های ترکیب‌کننده) در زیرآرایه‌ها باید تا حد امکان برای کارکنان بهره‌برداری و نگهداری استانداردسازی شوند. هنگام کار در آرایه‌ها، میدان دید می‌تواند محدود باشد و زیرآرایه‌ها اغلب از نظر فیزیکی مطابق مدارهای الکتریکی مجزاشده، جدا نمی‌شوند. مکان‌های تجهیزات استانداردسازی شده، احتمال این که کارکنان، جداسازی نادرستی را هنگام کار بر روی یک رشته یا مدار زیرآرایه خاص انجام دهند، کاهش می‌دهد.

قرارگیری قطع‌کننده‌ها باید تأثیرات مطلوب یا نگهداری روزمره توصیه‌شده را تأمین نماید. قطع زیرآرایه‌ای که نیازی به قطع اینورتر یا آرایه بزرگتر ندارد، می‌تواند مدت از کارافتادن و از دست رفتن تولید نیروگاه را به حداقل برساند، بدون اینکه مانع از اقداماتی جهت نگهداری پیشگیرانه شود. همچنین طرح‌ها باید هنگام در

shaghool.ir

نظر گرفتن محل قطع‌کننده‌ها، هماهنگی امن و کارآمد کلیدزنی (مانند رویه‌های قفل و برچسب‌زنی) را تأمین نمایند.

۷-۳-۳-۴ علائم و پلاکاردها

برای کمک به کارکنان نیروگاه (یعنی کارکنان بهره‌برداری و نگهداری در محل) و دیگران (یعنی کارکنان خدمات اضطراری)، پلاکاردها، نقشه‌ها و/یا توضیحات باید در پدهای اینورتر و سایر مکان‌های مرکزی که مکان‌های قطع بحرانی را مشخص می‌کنند، نصب شوند. به‌عنوان مثال در یک نیروگاه بزرگ، یک پلاکارد (نقشه سایت یا توضیحات) که دارای پدهای اینورتر یا کلیدهای گروه اینورتر است، ممکن است در ورودی اصلی نیروگاه یا توسط کارکنان امنیتی نصب شود. پلاکاردهای دقیق‌تر بیشتری نیز ممکن است در هر پد اینورتر که محل قرارگیری اینورتر و جداسازهای کلید زیرآرایه را نشان می‌دهد، نصب شود. همچنین در نیروگاه‌های بسیار بزرگ، شماره‌گذاری و برچسب زدن به مسیرها و راهروهای قابل دسترس و قرار دادن پلاکاردهایی با حروف بزرگ که اینورتر یا شماره پد اینورتر را شناسایی می‌کند، بسیار مفید است.

در نیروگاه‌های فتوولتائیک کوچکتر، ممکن است یک پلاکارد واحد که مکان کلیدهای قطع‌کن را در هر پد اینورتر مشخص می‌کند، کافی باشد.

۷-۳-۴ کابل‌ها

۷-۳-۴-۱ ظرفیت حمل جریان (CCC)[1]

اگر حفاظت در برابر اضافه‌جریان آرایه مطابق با تحلیل‌های مهندسی توضیح داده شده در زیربند ۶-۳-۳ باشد، هادی‌های رشته‌ای را می‌توان در اندازه $1{,}5 \times I_{SC}$ تک رشته اندازه‌گیری کرد.

در پیکربندی‌های نیروگاهی که منجر به دوام طولانی کابل بین ترمینال‌های رشته فتوولتائیک و جعبه‌های ترکیب‌کننده رشته فتوولتائیک می‌شود، ارزیابی بیشتری توصیه می‌شود تا مشخص شود که آیا اندازه کابل‌ها باید برای افت ولتاژ کاهش‌یافته تا حدی افزایش یابند. افت ولتاژ در کابل‌های رشته فتوولتائیک یا مهارها در مدارهای شاخه‌ای جریان متناوب برای بارها با استفاده نهایی[2] به ندرت به سطوحی در حد استاندارد می‌رسد. اندازه‌گیری کابل و تصمیم‌گیری‌ها در مورد افت ولتاژ تا حد زیادی توسط بررسی کارایی و هزینه تعیین می‌شوند. از نظر پیشینه، این امر منجر به طراحی محدوده میانگین افت ولتاژ کابل به میزان ۱ تا ۱٫۵ درصد در شرایط اوج توان شده است، اما این موارد جزء الزامات نیستند. ظرفیت حمل جریان کابل‌های رو و زیر زمینی باید عوامل کاهش مقدارمجاز مرتبط با فاصله و محاسبات مقاومت حرارتی خاک را مطابق با استاندارد IEC 60364-5-52 در نظر بگیرد. همچنین طراحان باید در ملاحظات مربوط به استفاده از کابل‌های موازی، به استاندارد IEC 60364-5-52 مراجعه نمایند تا از اشتراک‌گذاری مناسب جریان استفاده شود.

1- Current Carrying Capacity
2- End-use loads

shaghool.ir

۷-۳-۴-۲ درجه‌بندی کابل زیرآرایه فتوولتائیک

برای درجه‌بندی کابل زیرآرایه فتوولتائیک باید به الزامات موجود در استاندارد IEC 62548 مراجعه شود. برخی تغییرات و استثناها ممکن است بر اساس تحلیل‌های مهندسی برای نیروگاه‌هایی باشد که نیازهای دسترسی محدود به افراد عادی را برآورده می‌نماید. این بخش ملاحظات مهندسی تکمیلی را در چنین مواردی تعریف می‌نماید.

۷-۳-۴-۳ مقادیر مجاز کابل برای حفاظت در برابر خطا

تغییرات در مقادیر مجاز افزاره حفاظت در برابر اضافه‌جریان مشخص‌شده در زیربند ۶-۳-۴ ممکن است در جریان اسمی کابل تأثیر داشته باشد.

با وجود این‌که اندازه کابل جریان مستقیم باید مطابق با اندازه بیشتری از مقدار مجاز افزاره حفاظت در برابر اضافه‌جریان یا جریان خطای موجود در منبع متصل به آن باشد، شاید حفاظت در برابر اضافه‌جریان بیشتر در انتهای منبع کابل نیز لازم باشد.

۷-۳-۴-۴ نوع

الزامات استاندارد IEC 62548 با استثناهای زیر اعمال می‌شوند:

کابل‌های انعطاف‌پذیر (رده ۵ یا بالاتر مطابق با استاندارد IEC 60228) در صورت پایان‌دهی با اتصال‌دهنده‌هایی که دراستاندارد IEC 62852 رعایت شده است، مورد نیاز هستند. کابل‌های مسیریابی‌شده در قسمت‌های متحرک سیستم‌های ردیاب، باید از توصیه‌های زیربند ۷-۳-۴-۷ پیروی نمایند. کابل‌های رده ۵ در جایی که کابل‌ها و اتصال‌دهنده‌ها مانند روش شرح داده شده در زیربند ۷-۳-۴-۶ ثابت می‌شوند، مورد نیاز نیستند.

کابل‌های زیرآرایه فتوولتائیک که مطابق با استانداردهای منطقه‌ای و ملی، مانند استانداردهای EN 50618 یا UL 4703 هستند، در صورت اجازه توسط مقام تأییدکننده، و در صورت انتخاب مناسب برای روش مسیریابی (ترانک[1]، مجرا، مستقیم دفن‌شده زیرزمین و غیره)، قابل‌اجرا هستند. کابل‌های هالوژن‌دار (کابل‌های بدون هالوژن) برای کاربردهایی در خصوص نصب روی زمین، قابل پذیرش هستند.

کابل‌های آلومینیومی برای نصب‌های ثابت مدارهای جریان مستقیم و مدارهای جریان متناوب ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا در نیروگاه‌های فتوولتائیک مجاز هستند.

استاندارد IEC 62930 مشاهده شود.

۷-۳-۴-۵ حفاظت از کابل در برابر آسیب فیزیکی

انتخاب وسایل مدیریت کابل باید برای طراحی، کاربرد، شرایط محل احداث (برای مثال اثرات حرارتی،

1- Trunk

shaghool.ir

گیاهان، جانوران، باد) و پروتکل‌های نگهداری مناسب باشد. کابل‌های رشته فتوولتائیک و مهارها معمولاً بالای سطح زمین در هوا یا در معرض کانال‌ها یا سینی‌ها قرار می‌گیرند. آن‌ها اغلب در پشت مدول‌ها مسیریابی می‌شوند و بنابراین در سایه قرار می‌گیرند، اما قسمت‌های بین مدول‌ها یا سازه‌های نگهدارنده ممکن است در نور مستقیم خورشید باشند. کابل‌ها همیشه نیازی به لوله حفاظ یا سینی به‌صورت پیوسته ندارند و ممکن است به کمک سیستم‌های ردیاب در شرایط امن قرار گیرند. کابل‌ها باید با جلوگیری از نقاط پینچ[1]، پاکسازی مسیر عبور از لبه‌های بالقوه تیز و فلزات سازه‌ای، جلوگیری از حرکت بیش از اندازه به وسیله باد و در صورت لزوم حفاظت در برابر جوندگان، از آسیب فیزیکی در امان باشند. بخش‌هایی از کابل که به‌طور منظم در معرض نور خورشید قرار دارند، با وجود تحت تأثیر قرار گرفتن در برابر پرتو فرابنفش، باید در طول عمر استفاده از سیستم، از نظر تخریب تحت پایش قرار گیرند.

۷-۳-۴-۶ ایمن‌سازی کابل

روش‌های ایمنی کابل باید هدفی برای جلوگیری از آسیب ناشی از تنش بیش از حد، کشش یا شعاع زیاد باشد. روش‌های متداول ایمن‌سازی مدول به سیم‌های مدول و رشته‌های اتصال به پایه[2] یا مهارها برای ساختار آرایه شامل بست‌های سیم، گیره‌ها، کانال‌ها و سینی‌های سبک یا قفس‌های سیمی هستند. بست‌های پلاستیکی یا فلزی سیم که استفاده می‌شود هرکدام دارای چالش‌های خود هستند. بست‌های پلاستیکی سیم باید نسبت به پرتو فرابنفش مقاوم باشد و از استحکام و ضخامت کافی برای چندین سال برخوردار باشد. به‌طور کلی انتظار نمی‌رود که بست‌های پلاستیکی سیم، عمر نیروگاه را داشته باشند و کارفرمایان به‌عنوان یک اقدام پیشگیرانه، نه یک اقدام اصلاحی باید جایگزینی دوره‌ای آن‌ها را پیش‌بینی نمایند. جایگزینی‌های پیشگیرانه خطر بارگذاری بیش از حد در اتصال‌دهنده‌ها را کاهش می‌دهد، که می‌تواند منجر به مقادیر بالای خرابی در مقاومت الکتریکی و قوس الکتریکی شود. مواد پلیمری در بست‌های پلاستیکی سیم نیز تحت تأثیر اثرات خوردگی قرار می‌گیرند و باید به درستی متناسب با هر مکان و شرایط کاربرد انتخاب شوند. بست فلزی سیم ممکن است مورد استفاده قرار گیرد اما باید مراقبت صورت گیرد تا از آسیب لبه‌ها به عایق‌بندی کابل در طول زمان و آسیب به کابل و هادی به دلیل حوادث تخلیه ولتاژ بالا بین گیره و هادی جلوگیری شود. این امر در مورد بست‌های فلزی روکش‌دار نیز صادق است.

استفاده گسترده‌تر از سینی‌ها و کانال‌های کابل باعث کاهش وابستگی به بست سیم برای پشتیبانی وزن کابل می‌شود. این امر ممکن است منجر به هزینه‌های بیشتر تجهیزات و هزینه‌های کمتر نگهداری شود. کابل‌های رشته‌ای یا مهار که در کانال‌ها یا جعبه‌های کم عمق قرار دارند، به ایمن‌سازی با پوشش، بست سیمی، گیره یا وسایل دیگر نیاز دارند، زیرا این کابل‌ها به‌طور قابل توجهی توسط باد، دوره جریان و انبساط حرارتی حرکت می‌کنند.

1- Pinch point
2- homerun

shaghool.ir

حتی اگر در سینی‌های عمیق‌ترکابل یا قفس‌های سیمی، کابل‌ها لزوماً به ایمنی احتیاج نداشته باشند، توصیه می‌شود که از بست سیمی یا وسایل مشابه دیگر برای نگه‌داشتن کلاف‌ها استفاده شود. سینی‌ها یا قفس‌های بزرگتر منجر به هزینه‌های بالاتر مواد می‌شوند اما این هزینه‌ها ممکن است پایین‌تر از هزینه‌های نیروی کار مربوط به ایمن‌سازی همه کابل‌ها در ساختار پشتیبانی باشد.

۷-۴-۳-۷ مسیریابی و انتقال کابل در سیستم‌های ردیاب‌ها

در سیستم‌های ردیابی، کابل‌ها از تجهیزات متحرک (آرایه مدول) گرفته تا تجهیزات ثابت مانند ستون‌ها، سینی‌ها یا لولهٔ حفاظ عبور می‌کنند. در این‌جا برای قابلیت اطمینان کابل خمشی معمول، هادی‌های فتوولتائیک با رده ۵ مطابق با استاندارد IEC 60228 توصیه می‌شود. شعاع خم باید الزامات تولیدکننده کابل را برآورده کند. همچنین باید اقدامات لازم در نظر گرفته شود تا اطمینان حاصل شود که کابل‌های زمینی، سیم‌های قیطان‌بافت یا ارتباط‌دهنده‌ها برای اتصال قطعات ردیاب استفاده می‌شوند و اتصالات آن‌ها به‌منظور حفظ یکپارچگی در حرکت و چرخه مورد انتظار برای طول عمر سیستم طراحی می‌شود.

اگرچه الزامی نیست، اما توصیه می‌شود از لوله حفاظ انعطاف‌پذیر مقاوم در برابر پرتو فرابنفش و آب و هوا، یا کابل نگهدارنده[1] فلزی یا معادل آن برای بخش متحرک کابل‌های کلاف‌دار که به تجهیزات متحرک و ثابت وصل می‌شوند، استفاده شود. این کار کابل‌ها را از قسمت‌های متحرک دور می‌نماید. لوله حفاظ باید الزامات پرتو فرابنفش، دما و انعطاف‌پذیری برای نصب در فضای باز را داشته باشد.

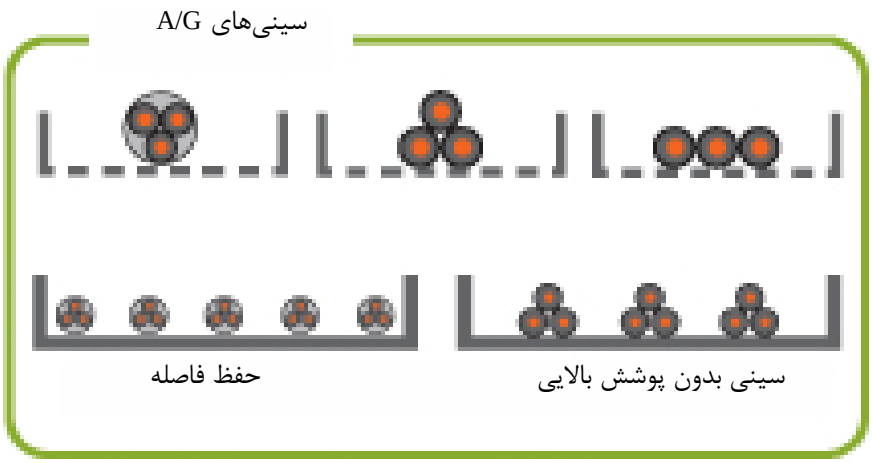
جایی که کابل‌های جریان مستقیم قدرت و کنترل با رتبه‌بندی‌های مختلف عایق‌بندی، از تأسیسات ثابت به اجزای ردیاب متحرک انتقال می‌یابند، برای حفظ جداسازی مناسب بین کابل‌های مختلف، اقدامات لازم باید انجام شود. الزامات مربوط به مجاورت سیستم‌های سیم‌کشی با خدمات الکتریکی و غیرالکتریکی باید مطابق استاندارد IEC 60364-5-52 اعمال شود.

۷-۴-۳-۸ استفاده از سینی‌های کابل(ترانک‌ها)

سینی‌ها یا ترانک‌های کابل به دلیل سهم توزیع‌شده مدارها به اینورترهای رشته‌ای یا مرکزی، یک روش معمول و مفید مسیریابی در کاربردهای نیروگاه فتوولتائیک هستند. موارد زیر باید برای استفاده از آن‌ها مورد توجه قرار گیرند. شکل ۹ نمونه‌ای از سینی‌های افقی نصب‌شده در سطح زمین را نشان می‌دهد.

1- Messenger cable

shaghool.ir



شکل ۹- نمونه‌ای از پیکربندی‌های سینی کابل روی سطح زمین برای نیروگاه‌های فتوولتائیک

موارد زیر الزامات و توصیه‌هایی مربوط به استفاده از سینی‌ها هستند:

- محاسبات اندازه‌گیری کابل باید برای مقدار، فاصله و محل قرارگیری، مطابق با استاندارد IEC 60364-5-52 باشد.
- در کاربردهای نیروگاهی، بسیاری از قسمت‌های سینی حاوی تعداد زیادی کابل نیست و بنابراین بارگیری به ازای هر متر، نسبت به موارد استفاده شده در دستورالعمل‌های معمولی طراحی سینی کم است.
- فواصل بین تکیه‌گاه‌ها باید از طریق محاسبات توصیه‌شده بارها و طول، توسط سازنده تعیین شوند.
- سینی‌های سوراخ‌دار (مشبک) در دو طرف و پایین، برای حفظ دماهای پایین‌تر محیط کابل و کاهش تجمع آب توصیه می‌شود. باید آسیب احتمالی کابل‌ها که ناشی از جانوران و پوشش گیاهی است در هنگام استفاده از جعبه‌های سوراخ‌دار در نظر گرفته شود.
- پوشش‌های سینی برای کاهش قرار گرفتن طولانی مدت در معرض پرتو فرابنفش توصیه می‌شود و پیشنهاد می‌شود حفاظت تکمیلی در برابر جوندگان و جانوران دیگر انجام شود. اگر قرار گرفتن در معرض پرتو فرابنفش محدودتر یا دارای اهمیت کمتری نسبت به مسائل حرارتی باشد، ارزیابی دقیق شرایط ممکن است منجر به تصمیم عدم استفاده از پوشش‌ها شود.

۷-۳-۴-۹ استفاده از کابل زیرزمینی

۷-۳-۴-۹-۱ کلیات

کابل‌های موجود در ترانشه‌ها، چه به صورت مجراها و چه دفن‌شدهٔ مستقیم، باید با توجه به فاصله و مقاومت حرارتی محاسبات خاک مطابق استاندارد IEC 60364-5-52 اندازه‌گیری شوند. ممکن است از نمایه‌های بار خروجی خورشیدی خاص مکان به جای فرضیات عوامل بار ٪ ۱۰۰ استفاده شود تا معیار بارگذاری مؤثر را

shaghool.ir

تعیین کنند، که از روش‌های توصیف‌شده در استاندارد IEC 60853، تمام قسمت‌ها یا روش‌های مشابه استفاده می‌نماید.

یادآوری- جریان‌ها در کابل‌کشی سیستم فتوولتائیک به دلیل چرخه‌های روزانه تابش خورشیدی به‌طور قابل پیش‌بینی‌شده‌ای دوره‌ای هستند، و بنابراین رتبه‌بندی کابل می‌توانند با استفاده از عوامل باری که کمتر از ٪ ۱۰۰ هستند، تعیین شوند. با کابل-های موجود در نصب‌های زیرزمینی، یک فاصله زمانی بین افزایش دمای کابل و افزایش دمای ساختار لوله حفاظتی و/یا زمین اطراف وجود دارد. این فاصله زمانی گرمایشی امکان تعیین جریان اسمی بالاتر را برای کابل‌های زیرزمینی فراهم می‌کند که دارای جریان ثابت در طی یک دوره ۲۴ ساعته نیستند.

زیربندهای زیر، نمونه‌ای از نمایه‌ها و دستورالعمل‌هایی برای ترانشه‌های چندلایه ترکیبی استفاده‌شده در نیروگاه‌های فتوولتائیک را فراهم می‌کنند. این نمایه‌ها فقط نمونه هستند و قرار نیست که جزئیات آن الزامی باشد. استاندارد IEC 60364-5-52، استاندارد حاکم برای الزامات فاصله و عمق است.

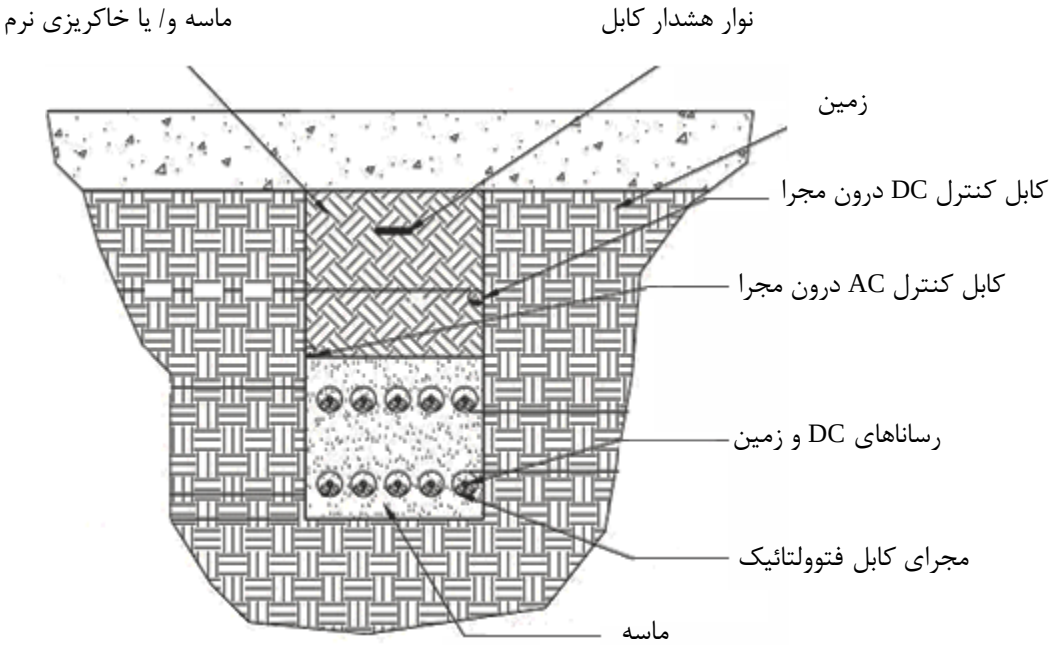
۷-۳-۴-۹-۲ استفاده از مجراها در ترانشه‌ها

استفاده از مجراها برای کابل‌های فتوولتائیک جریان مستقیم و ولتاژ متوسط جریان متناوب بخصوص برای بخش‌هایی از کابل که در زیر جاده‌ها یا مناطقی که به‌طور معمول عبور وسایل نقلیه نگهداری پیش‌بینی می‌شود، توصیه می‌گردد. شکل ۱۰ یک نمونه از نمودار نمایه ترانشه را با ده جفت جریان کابل‌های زیرآرایه مستقیم و کابل‌های کنترلی جریان متناوب در مجراهای زیر یک جاده نشان می‌دهد.

به الزامات محلی مراجعه کنید، اما برخی از روش‌های کلی توصیه‌شده به شرح زیر است:

- بستر خاک نرم باید حداقل تا ٪ ۹۰ از فشرده‌سازی اصلی، فشرده شود و باید سنگ‌ها و تخته سنگ‌ها تخلیه شود. زمانی که ٪ ۹۰ فشردگی با چندین لایه امکان‌پذیر نباشد، ترانشه‌ها در لایه‌ها باید با سطح فشردگی یکسان به‌عنوان سطح موجود پر شوند و آزمون باید برای رسیدن به سطح فشردگی مورد نظر، انجام شود. چنین آزمونی باید در فواصل مشخص (به‌عنوان مثال ۵۰۰ m) در طول مسیر ترانشه انجام شود.
- اگر خاک ترانشه بدون سنگ باشد، بستر ماسه‌ای مورد نیاز نیست.
- نوار هشداردهنده باید در عمق ۳۰۰ mm زیر سطح قرار گیرد تا وجود کابل را به پیمانکاران هشدار دهند. ترانشه‌های بزرگتر از عرض ۱ m باید به‌طور برابر دارای دو یا چند نوار هشداردهنده باشند.
- اگر عمق ترانشه از ۱٫۵ m بیشتر باشد، باید از حفاظ‌های دیوار استفاده شود.

shaghool.ir



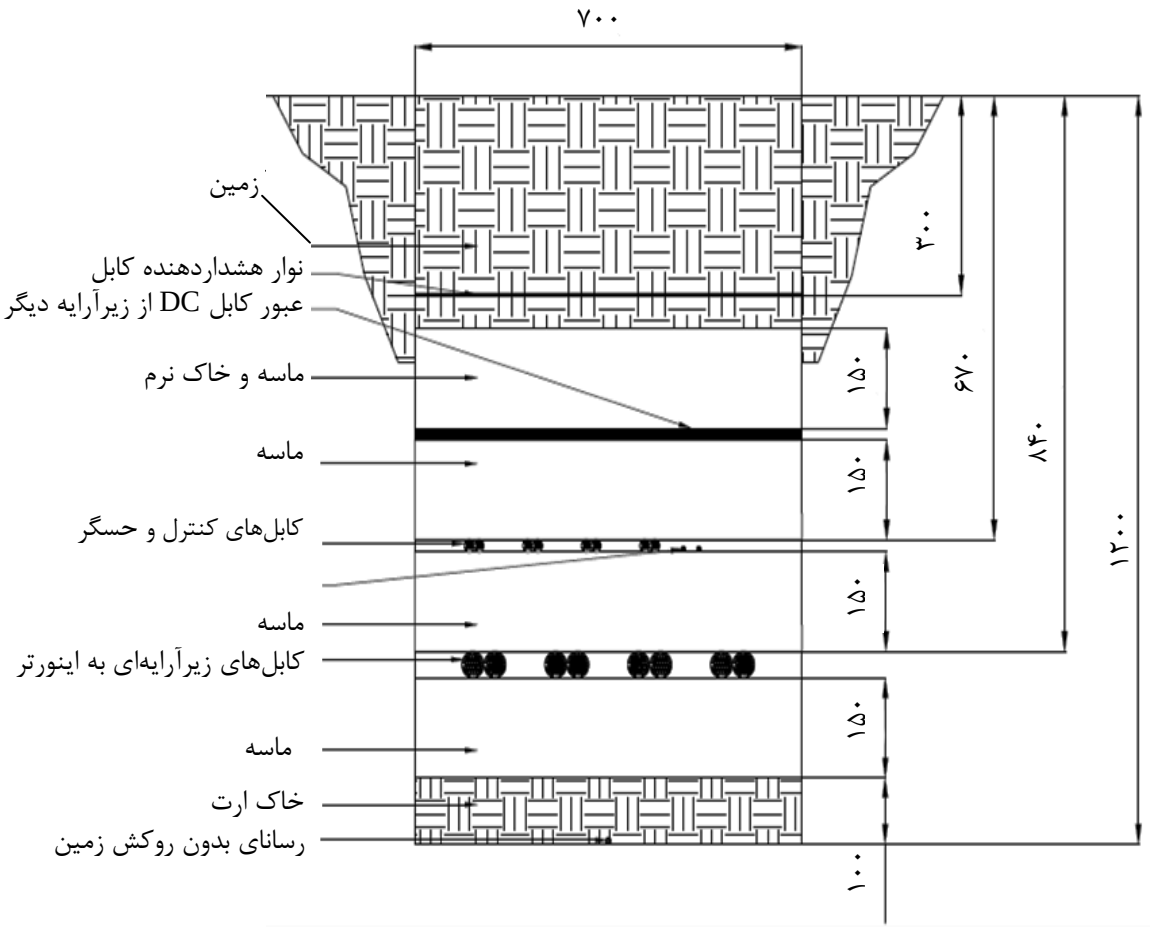
شکل ۱۰- مثالی از نمودار ترانشه با کابل‌های درون مجراها

۷-۳-۴-۹-۳ استفاده از دفن مستقیم کابل

شکل ۱۱ و شکل ۱۲ به ترتیب، مثال‌هایی از نمودارهای نمایهٔ ترانشه‌هایی که به‌طور مستقیم حامل کابل‌های جریان مستقیم و جریان متناوب هستند را نشان می‌دهد. هر یک از کابل‌های ارتباطی، با جداسازی و عمق توصیه‌شده است. این مثال‌ها محدودکننده نیستند، و برای مثال می‌توان کابل‌های جریان مستقیم و ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالای جریان متناوب را در یک ترانشه با فاصله و عمق مناسب قرار داد.

shaghool.ir

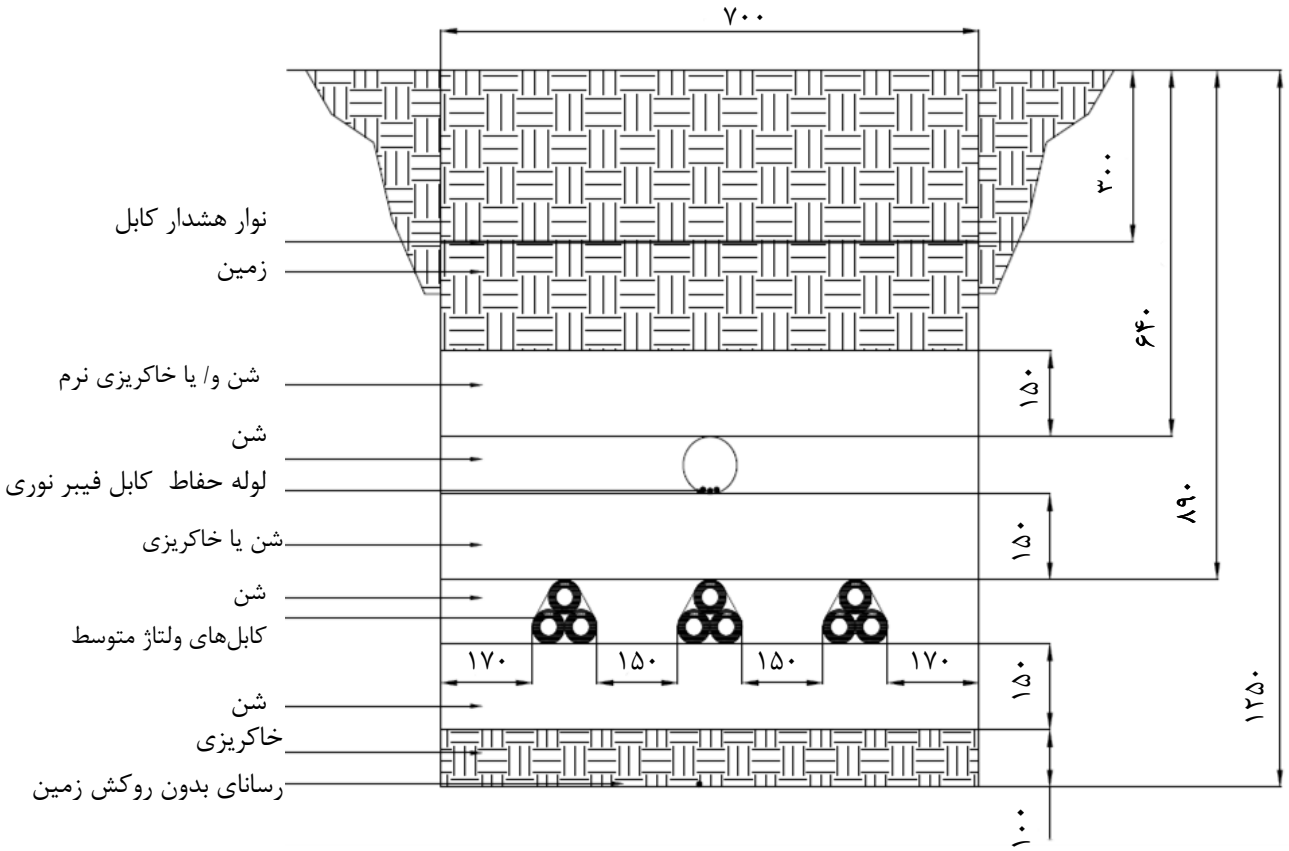
ابعاد بر حسب میلیمتر است



شکل ۱۱- مثالی از نمودار ترانشه با کابل‌های جریان مستقیم و ارتباطی دفن‌شده مستقیم

shaghool.ir

ابعاد بر حسب میلیمتر است



شکل۱۲- مثالی از نمودار ترانشه با کابل‌های ارتباطی و دفن‌شده مستقیم ولتاژ متوسط جریان متناوب

بهتر است اقدامات کلی توصیه‌شده که در زیربند ۷-۳-۴-۹-۱ مشخص‌شده است رعایت شود، همچنین موارد زیر نیز رعایت شود:

– نشانگرهای مسیر کابل باید در فاصله ۵۰m و/یا در نقاط تغییر جهت قرار گیرد.

– کابل‌ها باید حداقل ۵۰ mm از دیوار ترانشه(ها) فاصله داشته باشد.

۷-۳-۴-۱۰ استفاده از کابل‌های آلومینیمی

کابل‌های آلومینیمی از نظر هزینه نسبت به مس مزیت دارند، اما مسائل بیشتری در رابطه با انبساط و انقباض نسبت به کابل‌های مسی در مکان‌های مستعد چرخه حرارتی و جریان الکتریکی دارند و بنابراین خطر بیشتری برای تنش ترمینال و تضعیف اتصالات ایجاد می‌نماید. ضروری است این امر در طراحی اندازه و ضریب اطمینان به‌خصوص در مورد کابل‌های طولانی در سینی‌های بالای سطح زمین یا ترانک‌ها اعمال شود.

shaghool.ir

در هنگام استفاده از کابل‌های آلومینیومی باید نکات خاصی در نظر گرفته شود تا خطر خرابی‌های حرارتی کاهش یابد:

– غشاء اکسید جمع‌شده بر روی ترمینال‌های کابل آلومینیومی باید برداشته شود و باید از یک روش خاص (خمیر ضد اکسید)[1] برای جلوگیری از تشکیل یک لایه اکسید جدید استفاده شود.

– باید از ترمینال‌هایی که برای اتصال کابل‌های آلومینیومی طراحی شده‌اند، استفاده شود.

– باید از قلاب‌های کابل طراحی‌شده برای اتصال کابل‌های آلومینیومی به میله‌های مسی استفاده شود.

– ضروری است برای جلوگیری از سست شدن فشار اتصال، ترمینال‌ها پس از یک دوره، دوباره بررسی شوند.

– ضروری است کابل‌های اتصال به جعبه‌های ترکیب‌کننده کوچکتر یا پیونددهنده‌ها، مجهز به کابل مکمل باشند تا کشش چرخه‌ای در اتصالات و مونتاژ کاهش یابد.

– اتصال‌دهنده‌ها برای تغییر به مس یا مواد دیگر باید مطابق با اندازه مناسب ارزیابی شوند.

۷-۳-۴-۱۱ اتصالات با دندانه فرورونده در روکش

اتصالات با دندانه فرورونده در روکش (IPC)[2] برای مونتاژ مهار سیم‌کشی و سایر اتصالات سیم‌کشی مجاز است. رعایت جدی دستورالعمل‌های اتصال و نصب برای اطمینان از اتصالات با دوام و به حداقل رساندن خطر خرابی‌های حرارتی مقاومتی لازم است.

۷-۳-۵ ردیاب‌ها

جایی‌که نیروگاه‌های فتوولتائیک، اجزای ردیاب خورشیدی، کنترل‌کننده‌ها و/یا سیستم‌ها استفاده شده است توصیه می‌شود به‌وسیله استاندارد IEC 62817 ارزیابی شوند. مقادیر مجاز محیطی ردیاب باید برای نصب مناسب باشند. به‌طور مشابه، آزمون‌های اختیاری که به عوامل محیطی مانند مقدار بار برف یا گرد و غبار ناشی از وزش باد می‌پردازد، چنانچه برای نصب کاربرد دارد باید در نظر گرفته شود. آزمون‌های تکمیلی مدارهای کنترل‌کننده ردیاب ورودی و خروجی برای ایمنی تخلیه الکترواستاتیک براساس استاندارد IEC 61000-4-2 توصیه می‌شود.

محفظه‌های کنترل‌کننده ردیاب ممکن است مستعد ورود آب و سایر عوامل محیطی باشد. ملاحظات تکمیلی که به‌طور خاص مربوط به کاربردهای فتوولتائیک در زیربند ۷-۳-۲-۱ مشخص‌شده است، در مونتاژ کنترل‌کننده ردیاب نیز اعمال می‌شود.

1- Paste
2- Insulation Piercing Connector

shaghool.ir

۸ پذیرش

۸-۱ کلیات

معیار پذیرش نیروگاه فتوولتائیک معمولاً شامل تکمیل موفقیت‌آمیز بازرسی‌ها، آزمون‌های راه‌اندازی و آزمون‌های اعتبارسنجی کارایی است. توصیه‌های این بند در درجه اول برای جریان مستقیم و جریان متناوب فتوولتائیک ولتاژ پایین سیستم‌های فرعی نیروگاه فتوولتائیک به‌کار می‌رود. آزمون‌ها و پذیرش اجزا و سیستم‌های ولتاژ متوسط برای تجهیزات خاص و نصب بسیار اختصاصی است و باید با توصیه‌های تولیدکننده، الزامات تأسیسات و الزامات محلی و ملی تعیین شود.

۸-۲ پایش

پروتکل‌های پایش برای منبع خورشیدی، آب و هوا و کارایی سیستم فتوولتائیک باید مطابق با الزامات استاندارد IEC 61724-1 باشند. نیروگاه‌های بزرگ که دارای چندین ایستگاه ورود به سیستم هستند، با استفاده از برچسب‌های مبتنی بر زمان GPS برای اطمینان از همگام‌سازی مناسب داده‌ها بهره می‌برند.

هنگام استفاده از ایستگاه‌های هواشناسی مرسوم برای پشتیبانی از طرح‌های نیروگاه، توصیه می‌شود تجهیزات اندازه‌گیری سرعت باد که قادر به ثبت میانگین‌های ۳ s برای معیار طراحی باد تندِ لحظه‌ای[1] باشد، در نظر گرفته شود.

۸-۳ آزمون‌های راه‌اندازی

پروتکل‌های آزمون راه‌اندازی و بازرسی باید حداقل شامل آن دسته از مواردی باشند که در رژیم آزمون طبقه ۱ مشخص‌شده در استاندارد IEC 62446-1 قرار دارند. منحنی I-V رشته و آزمون‌های تصویربرداری حرارتی تعریف‌شده در رژیم آزمون طبقه 2 در استاندارد IEC 62446-1 باید برای بخش‌هایی از نیروگاه به‌عنوان نمونه در نظر گرفته شود. در نیروگاه‌هایی که در آن‌ها از مهارهای رشته‌ای استفاده می‌شود، ممکن است منحنی‌های I-V نمونه به جای سطح رشته، در سطح مهار گرفته شود.

۸-۴ آزمون اولیه پذیرش کارایی

ضروری است پروتکل‌های آزمون اولیه پذیرش کارایی شامل الزامات استاندارد IEC 61724-2 باشد. مراحل تکمیلی مانند تأیید مقادیر با توجه به توان اسمی و تحمل مدول به‌وسیله آزمون فلش مدول نمونه می‌تواند در نظر گرفته شود.

۸-۵ آزمون نهایی پذیرش کارایی

ضروری است پروتکل‌های آزمون نهایی پذیرش کارایی شامل الزامات استاندارد IEC 61724-3 باشد.

1- Wind gust

shaghool.ir

۹ نگهداری

ضروری است که رویه‌ها و مراحل نگهداری نیروگاه از الزامات قابل اجرای استاندارد IEC 62446-2 آتی پیروی نماید.

۱۰ علامت‌گذاری و مستندسازی

۱۰-۱ کلیات

الزامات و توصیه‌های این بند در درجه اول در مورد فتوولتائیک جریان مستقیم و جریان متناوب ولتاژ پایین سیستم‌های فرعی نیروگاه فتوولتائیک به‌کار می‌رود.

۱۰-۲ برچسب‌گذاری و شناسایی

۱۰-۲-۱ کلیات

برچسب‌گذاری و شناسایی اجزا باید حداقل با الزامات استاندارد IEC 62446-1 مطابقت داشته باشد.

۱۰-۲-۲ برچسب‌گذاری افزاره‌های قطع و جعبه‌های ترکیب‌کننده

افزاره‌های قطع و جعبه‌های ترکیب‌کننده باید مطابق نمودار سیم‌کشی آرایه فتوولتائیک با یک نام یا شماره شناسایی برچسب‌گذاری شود. اگر افزاره قطع در یک جعبه ترکیب‌کننده قرار داشته باشد، ممکن است کلید با نام و شماره‌گذاری جعبه ترکیب‌کننده شناسایی شود.

همه کلیدها باید دارای وضعیت‌های روشن و خاموش باشد که به وضوح نشان داده شده باشد و ممکن است اطلاعات ایمنی بیشتری در داخل محفظه‌ها فراهم شده باشد.

۱۰-۳ مستندسازی

مستندسازی برای یک نیروگاه فتوولتائیک بسیار گسترده و به‌طور عمده مختص پروژه، الزامات پیمانکاری، الزامات تأسیسات و سایر عوامل است. مستندات سیستم‌های برق فتوولتائیک باید حداقل با الزامات استاندارد IEC 62446-1 مطابقت داشته باشند. اطلاعات تکمیلی که طراحی نیروگاه و معیار انطباق آن را شناسایی می‌کند، باید مستندسازی شوند، که به شرح زیر است:

- پارامترهای طراحی و شرایط مکان؛
- دستورالعمل‌ها و استانداردهای قابل اجرا برای مکان خاصی در نیروگاه،
- سایر الزامات قانونی مربوط به طراحی؛
- لیست مواد و قطعات برای همه اجزای اصلی نیروگاه که شامل شماره شناسه قطعات، تأمین‌کننده، رتبه‌بندی‌ها و گواهی‌نامه‌ها است؛

shaghool.ir

- فهرست قطعات یدکی توصیه‌شده؛
- توجیه روش‌های طراحی که در آن از استانداردها یا دستورالعمل‌ها به‌طور کامل استفاده نمی‌شود، به ویژه مشخص می‌نماید که طرح‌ها یا تجهیزات به چه صورت است:
  - مطابق با استانداردها و دستورالعمل‌ها قابل اجرا نیست؛
  - در صورت استثناها، مطابق با استانداردها و دستورالعمل‌های قابل اجرا است؛
  - مطابق با استانداردها و دستورالعمل‌های معادل یا متناوب است؛
  - از قبل هیچ مبنایی در استانداردها و دستورالعمل‌های موجود ندارند؛
  - به‌جای استانداردها، ارزیابی مهندسی کافی دارند؛
  - به‌جای گواهینامه‌های کارخانه، ارزیابی میدانی کافی دارند؛
- روش اجرایی نصب خاص در صورت استفاده صحیح برای اجرای یک طرح؛
- تصمیم‌گیری یا شیوه‌های بهینه‌سازی طرح، در صورت کاربرد، موضوعاتی مانند تراکم آرایه، سایه‌اندازی، نسبت جریان مستقیم به جریان متناوب، طرح‌های اتصال به زمین، حفاظت در برابر صاعقه، تناسب حفاظت جریان متناوب و غیره؛
- محاسبات طراحی، شبیه‌سازی‌ها و مستندات حواشی و تحمل‌پذیری نیروگاه‌ها با شرایط فوق‌العاده در مکان. این موارد به‌عنوان مثال، مناطقی با رژیم‌های باد شدید، محیط‌های بسیار فرسایشی، شرایط غیرمعمول خاک، مناطق سیل‌خیز و غیره را مورد بررسی قرار می‌دهد.

۱۱ سیستم‌های جریان متناوب ولتاژ بالا و ولتاژ متوسط

۱۱-۱ کلیات

پیکربندی معمول نیروگاه فتوولتائیک در این مشخصات که مورد بحث قرار می‌گیرد شامل ایستگاه‌های اینورتر متمرکز یا تراکم اینورترهای مبتنی بر رشته با ترانسفورماتورها برای افزایش ولتاژ تا ولتاژ متوسط یا سطوح ولتاژ بالا مانند ۱۲ kV یا بالاتر می‌باشد. نیروگاه‌ها دارای اینورترهای رشته‌ای مشابه با تجمع خروجی اینورترها درتابلوهای برق جریان متناوب بزرگ هستند که به نوبه خود به ترانسفورماتورهای ولتاژ متوسط متصل می‌شوند. اندازه فیزیکی نیروگاه‌های بزرگ به سیستم جمع‌آوری ولتاژ متوسط یا بالا نیاز دارد تا برق از ایستگاه‌های ترانسفورماتور- اینورتر به پست برق منتقل شود که نیروگاه را به تأسیسات برق وصل می‌نماید.

یادآوری- سیستم‌های ولتاژ بالای جریان مستقیم و پیکربندی‌های مبدل جریان مستقیم به جریان مستقیم ممکن است در نیروگاه‌های فتوولتائیک نیز یافت شوند.

shaghool.ir

۱۱-۲ انتخاب ولتاژ سیستم جمع‌آوری جریان متناوب

رده‌های ولتاژ متداول مورداستفاده در سیستم‌های جمع‌آوری نیروگاه فتوولتائیک شامل موارد زیر است:

- ۱۲ kV تا ۱۳ kV؛
- ۲۰ kV تا ۲۱ kV؛
- ۲۵ kV؛
- ۳۰ kV تا ۳۴ kV؛
- ۳۵ kV تا ۴۲ kV؛

ولتاژ انتخاب‌شده برای سیستم جمع‌آوری نیروگاه، با مکان (ولتاژهای ویژه تأسیسات استاندارد)، ظرفیت MW نیروگاه، فواصل داخلی بین ایستگاه‌های اینورتر و پست برق، و ولتاژ تأسیسات اتصال‌میانی (در صورت اتصال با ولتاژ متوسط) تعیین می‌شود.

یادآوری- به‌عنوان یک راهنمای تقریبی، حداکثر ظرفیت یک مدار ۳ فازی واحد که در شرایط معمولی عمل می‌کند برابر با ۱۰ MVA به ازای هر ۱۰ kV است. برای مثال، یک مدار ۳ فاز ۳۴ kV قادر به حمل ۳۰MVA از ظرفیت اینورتر است.

مدارهای ولتاژ متوسط چندگانه در صورت نیاز جمع‌آوری می‌شوند تا ظرفیت کامل نیروگاه را به نقطه اتصال‌میانی تأسیسات یا پست برق ولتاژ بالا منتقل کند. نیروگاه‌های بزرگتر ممکن است نقاط اتصال‌میانی چندگانه با بیش از یک تأسیسات پست برق داشته باشد.

۱۱-۳ پیکربندی‌های سیستم جمع‌آوری

۱۱-۳-۱ کلیات

سیستم‌های جمع‌آوری معمولاً به صورت پیکربندی‌های شعاعی یا حلقه‌ای طراحی می‌شوند. انتخاب تا حد زیادی به اهدافی مانند هزینه و قابلیت اطمینان بستگی دارد که به نوبه خود تحت تأثیر اندازه نیروگاه، ولتاژ سیستم، شکل مکان و تغییرات دیگر است. تنظیمات اتصال زمین سیستم جمع‌آوری باید مطابق با استاندارد IEC 61936 باشد.

۱۱-۳-۲ سیستم‌های شعاعی

مدارهای سیستم جمع‌آوری شعاعی یا تغذیه‌کننده‌ها، از پست برق یا نقطه اتصال‌میانی به ایستگاه‌های ترانسفورماتور- اینورتر چندگانه ناشی می‌شود. تغذیه‌کننده تا دورترین ایستگاه به کار خود ادامه داده و در همان جا خاتمه می‌یابد. ترانسفورماتورهای تغذیه‌شده حلقه‌ای، اتصال موازی ترتیبی از ایستگاه‌های اینورتر در یک مدار واحد را امکان‌پذیر می‌سازند. این طراحی کمترین هزینه برای سیستم‌های جمع‌آوری است. در صورت خرابی در خط بین پست برق و ایستگاه، هیچ‌گونه افزونگی برای اتصال‌میانی ایستگاه‌های اینورتر وجود ندارد.

shaghool.ir

۱۱-۳-۳ سیستم‌های حلقه‌ای

تغذیه‌کننده‌های سیستم حلقه‌ای، یک مسیر مداری رفت و برگشتی بین یک پست برق یا نقطه اتصال‌میانی با ایستگاه‌های ترانسفورماتور- اینورتر چندگانه فراهم می‌نماید. همانند سیستم‌های شعاعی، ترانسفورماتورهای دارای تغذیه حلقه‌ای امکان اتصال موازی ترتیبی ایستگاه‌های اینورتر را در یک مدار واحد فراهم می‌کند. به‌طور معمول حلقه «باز» است، یعنی دو مدار از پست برق، مجموعه متفاوتی از ایستگاه‌های اینورتر را تغذیه می‌کند اما در یک کلید باز قرار دارند. خرابی در بعضی از مکان‌های تغذیه‌کننده، امکان تنظیم مجدد کلیدها را برای انتخاب هر چه بیشتر ایستگاه‌های اینورتر تا بیشینه ظرفیت موجود مدارهای تغذیه‌کننده فراهم می‌کند. این شیوه از سیستم‌های شعاعی گرانتر است اما افزونگی را فراهم می‌نماید. همچنین سیستم‌های حلقه می‌تواند در پیکربندی بسته کار کنند که در آن به حلقه توسط تأسیسات از هر دو انتها انرژی داده می‌شود. این امر در نیروگاه‌های فتوولتائیک متداول نیست. بهبود قابلیت اطمینان حاشیه‌ای که می‌تواند توسط سیستم‌های حلقه بسته به‌دست آید، به‌طور معمول برای توجیه هزینه و پیچیدگی حفاظت در برابرخطای اضافه کافی نیست.

۱۱-۴ ترانسفورماتور ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا

۱۱-۴-۱ انواع ترانسفورماتور

انواع ترانسفورماتورهای مورد استفاده در نیروگاه فتوولتائیک بر اساس ولتاژ اتصال‌میانی، مکان نیروگاه و الزامات انطباق متفاوت خواهد بود. به طور کلی، ترانسفورماتورهای نوع غوطه‌ور در مایع (روغنی) یا نوع خشک (رزیتی) می‌تواند برای ارتباط با سیستم جمع‌آوری ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا مستقر شوند.

ترانسفورماتورهای مخصوص ۳ (یا ۴) سیم‌پیچ معمولاً هنگام اتصال چند اینورتر به همان ترانسفورماتور استفاده می‌شوند. این به منظور حفظ جداسازی گالوانی بین اینورترهای موجود در سیم‌پیچ ولتاژ پایین است. طراحی و بهره‌برداری از ترانسفورماتورهای ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا باید، از استانداردهای ذکر شده در زیر پیروی نماید. ترانسفورماتورها همچنین باید سایر الزامات تکمیلی مشخص شده توسط سازنده اینورتر، مانند مقادیر امپدانس، نمودارهای هارمونی خاص، یا نمودارهای بار را رعایت کنند:

- IEC 60296
- IEC 60076-1
- IEC 60076-2
- IEC 60076-3
- IEC 60076-4
- IEC 60076-5
- IEC 60076-7
- IEC 60137
- IEC 60085

shaghool.ir

استانداردهای آزمون کاربردی بر اساس نوع عایق متفاوت است. در زیر برخی از استانداردهای آزمون IEEE کاربردی برای ترانسفورماتورهای ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا آورده شده است (کتاب‌نامه مشاهده شود):

- IEEE C57.12.00-2010
- IEEE C57.154-2012
- IEEE C57.12.90-2010
- IEEE C57.12.91-2011

جدا از موارد فوق، مطابق نظر مراجع ذی‌صلاح محلی ممکن است نیاز به رعایت استانداردهای آزمون تکمیلی داشته باشد. باید قبل از نصب نمودن ترانسفورماتور ولتاژ متوسط اطمینان حاصل شود که کلیه شرایط مـورد نیاز برآورده می‌شود.

۱۱-۴-۲ نصب

شیوه‌های نصب ترانسفورماتورهای ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا می‌تواند بسته به کاربرد مکانی و استقرار آن‌ها متفاوت باشد.

ترانسفورماتورهای ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا، اگر روی سکوهای بتونی/فولادی توخالی از پیش طراحی شده یا در محفظه‌ها نصب شود، ممکن است دارای ورودی در پایین برای هادی‌ها باشد، در حالی‌که ترانسفورماتورهای نصب‌شده روی پد می‌تواند یک گزینه ورود جانبی در محوطه داشته باشد. در تعیین درست تولیدکننده/تأمین‌کننده ترانسفورماتور جهت طراحی مطابق با نیاز مکان باید دقت لازم را انجام داد. با توجه به محل نیروگاه، مقدار محیطی محفظه ترانسفورماتور ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا می‌تواند متفاوت باشد. به‌عنوان مثال، در پروژه‌هایی در نزدیکی ساحل دریا، محیط نمکی می‌تواند تأثیرات خورنده‌ای روی محفظه‌ها و در نهایت تجهیزات برقی داشته باشد.

۱۱-۴-۳ حفاظت

برای هر مدار الکتریکی، باید از حفاظت در برابر شرایط مضر غیرعادی استفاده شود. تجهیزات حفاظتی به سرعت غیرعادی بودن را حس می‌نماید و به افزاره (تجهیزات کلیدزنی) هشدار می‌دهد تا از خط خارج یا خاموش شود. ترانسفورماتورهای ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا باید در برابر خطاهای شبکه و شرایط داخلی مانند خرابی بیش از حد دما، فشار روغن یا عایق حفاظت شود. هماهنگی رله‌ها با رله‌های حفاظت از بالا دست و پایین‌دست باید هر جا که لازم باشد مستقر شوند. رله‌های مغناطیسی حرارتی یا عددی می‌توانند براساس مشخصات تأسیسات، مورد استفاده قرار گیرند. حفاظت‌های معمول استفاده شده شامل حفاظت در برابر اضافه‌جریان، حفاظت در برابر اتصال کوتاه، خطای اتصال به زمین، و حفاظت در برابر دمای بیش از حد محدود نمی‌شوند. مقادیرمجاز ولتاژ بالای مبدل با ولتاژ شبکهٔ ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا تعیین می‌شود. ولتاژ اسمی پایین و توان اسمی ترانسفورماتور با مقادیرمجاز اینورتر متصل، از جمله قابلیت اضافه بار اینورتر تعیین می‌شود. تأثیر هارمونی‌های ایجاد شده توسط اینورتر یا شبکه برق نیز باید در نظر گرفته شود.

shaghool.ir

۱۱-۵ تجهیزات کلیدزنی و ایستگاه‌های ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا

۱۱-۵-۱ کلیات

تجهیزات کلیدزنی یا جعبه‌های اتصال (محفظه‌های تقسیم‌کننده) یا ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا ممکن است با ترانسفورماتورهای جداگانه، و/یا متمرکز برای تجمیع و اتصال‌میانی نهایی با تأسیسات متمرکز شود. این پست‌های برق عموماً در محیط نیروگاه‌ها مجاور جاده‌های عمومی قرار دارند، ممکن است به‌طور جداگانه محصور شوند، و توصیه می‌شود دسترسی به تأسیسات و سایر وسایل نقلیه پیمانکاری امکان پذیر شود.

۱۱-۵-۲ ویژگی‌های تجهیزات کلیدزنی

تجهیزات کلیدزنی ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا باید مطابق با استانداردهای زیر باشد:

- IEC 62271-1
- IEC 62271-200
- IEC 62271-100
- IEC 62271-102
- IEC 62271-102

به‌طور معمول این الزامات ممکن است توسط الزامات خاص ملی یا ابزارهای نرم افزاری تکمیل یا تغییر یابد، بنابراین طراحان باید از شرایط محلی آگاه باشند.

۱۱-۶ کابل ولتاژ متوسط

کابل ولتاژ متوسط یا ولتاژ بالا و نصبشان باید مطابق با استانداردهای زیر باشد:

- IEC 60502-1
- IEC 60502-2
- IEC 60183
- IEC 61238-1
- IEC 61936-1

۱۱-۷ واسط تأسیسات

الزامات واسط تأسیسات باید الزامات‌های تأسیسات محلی، منطقه‌ای یا ملی را برآورده سازد و در حد قابل اجرا، از توصیه‌ها و الزامات استانداردهای IEC منتشرشده توسط کمیته فنی ۸ (TC 8) مربوط به اتصال‌میانی سیستم‌های مبتنی بر انرژی تجدیدپذیر پیروی کند.

shaghool.ir

۱۲ سیستم‌های برق کمکی

سیستم‌های برق کمکی، مدارهایی هستند که برای تأمین برق تجهیزات غیرتولیدی در نیروگاه فتوولتائیک استفاده می‌شوند. طراحی به‌طور معمول شامل برآورد سود و زیان استفاده از یک سیستم مجزا، که گاهی اوقات به طور جداگانه از تولید فتوولتائیک یا در برابر استفاده از برق فتوولتائیک از خروجی مدارهای جریان متناوب به صورت محلی از پدهای ترانسفورماتور-اینورتر اندازه‌گیری می‌شود. مصرف انرژی به طور معمول در سراسر سامانه کم است، مگر این‌که خنک‌کاری قابل توجهی برای اینورتر لازم باشد.

میدان جریان متناوب فتوولتائیک بارهای الکتریکی از نیروگاه به نیروگاه متفاوت است. در بعضی از نیروگاه‌ها وجود ندارد، اما بارهای احتمالی شامل موارد زیر است:

- برق جریان متناوب برای جعبه‌های ترکیب‌کننده برای مدارهای پایش جریان؛
- برق جریان متناوب برای جعبه‌های ترکیب‌کننده برای کنترل کلید یا رله، از جمله قطع‌کننده‌های قوس الکتریکی؛
- برق جریان متناوب برای جعبه‌های ترکیب‌کننده برای سیستم‌های امنیتی؛
- برق جریان متناوب برای ردیابی موتورها و کنترل‌ها؛
- برق جریان متناوب برای گرم کردن محفظه و تهویه جهت جلوگیری از تراکم و حفظ دمای بهره‌برداری و نگهداری و انبار در محدوده قابل پذیرش؛
- برق جریان متناوب برای تجهیزات ارتباط رادیویی (مودم‌های سلول، پیوندهای رادیویی میکروموج)؛
- برق جریان متناوب نسبت به دیگر سیستم‌های پایش؛
- برق جریان متناوب برای چراغ‌های امنیتی میدان؛

در اکثر موارد تهیه این بارها با مدارهای منبع تغذیه اختصاصی، با ترکیب چندین بار بر روی یک کابل تک منبع، امکان پذیر و توصیه می شود. بارهای منفرد به‌طور کلی نیازهای انرژی و جریان کمی دارند.

۱۳ سیستم‌های ارتباطی

۱۳-۱ کلیات

سیستم‌های ارتباطی باید الزامات تأسیسات محلی مربوط به پروتکل‌های سازگار، پارامترهای مورد نیاز و نمونه‌برداری را دنبال کنند. پروتکل‌های ارتباطی عمومی باید الزامات مندرج در استانداردهای زیر در نظر داشته باشد:

- IEC 61850
- IEC 60870-5-104

shaghool.ir

۱۳-۲ الزامات سرعت داده‌برداری

جهت نمونه‌گیری از داده‌ها، به شناسایی الزامات طراحی نیاز است. در بسیاری از نیروگاه‌های فتوولتائیک، میزان نمونه برداری بالا (کمتر از ۳۰ s تا ۱ min) لازم نیست. اگر چه، در حالی که اتصال‌میانی تأسیسات شامل شرایط لازم برای عبور ولتاژ پایین، ولتاژ دینامیک یا کنترل توان راکتیو، نمونه‌برداری با سرعت بالاتر و آمارگیری به‌عنوان مثال ۱ s است، برای ارتباط بین نقطه اندازه‌گیری شده اتصال با تأسیسات و هر یک از اینورترها مفید است. نمونه‌هایی با سرعت بالاتر ممکن است برای تشخیص خطا در نیروگاه متصل میانی به شبکه‌های تأسیسات که نسبتاً ناپایدار هستند یا در غیر این صورت مستعد نوسان ولتاژ یا فرکانس هستند، مورد استفاده قرار گیرد. سرعت آمارگیری یک سیستم داده متمرکز تحت تأثیر تعداد زیادی اینورتر است، بنابراین باید این موضوع را در نظر گرفت. اطمینان از هماهنگی برچسب زمان برای اندازه گیری‌های ترکیبی در هنگام استفاده از چندین منبع داده مهم است.

یادآوری- ابزارهای اندازه‌گیری تخصصی برای استفاده دائمی یا موقت، گاهی اوقات با هماهنگی با سیستم اصلی SCADA[1] برای ضبط داده‌های پر سرعت برای خطاهای خاص تأسیسات ، گذر از خطا، یا اندازه‌گیری‌های هارمونیک، استفاده می‌شوند.

1- Supervisory Control And Data Acquisition

shaghool.ir

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

ملاحظات کاربرد اینورتر در نیروگاه‌های فتوولتائیک

الف-۱ کلیات

این پیوست آگاهی‌دهنده ملاحظات اساسی برای استفاده و کاربرد اینورترها در نیروگاه‌های فتوولتائیک را ارائه می‌دهد. فناوری سیستم فتوولتائیک با سرعت زیادی پیشرفت می‌نماید و به همین دلیل همواره استثناهایی در مورد کلیات انجام شده در این باره وجود خواهد داشت. این پیوست با توجه به ملاحظاتی که در عمل باید مورد بررسی قرار گیرد، جهت ارائه راهنمایی در نظر گرفته شده است.

الف-۲ مزایا و معایب اینورترهای مرکزی

مزایای اصلی اینورترهای مرکزی عبارتند از:

- مدارهای توزیع جریان مستقیم در سراسر آرایه ها ساختار ساده‌ای دارند.
- اغلب طیف وسیعی از گزینه‌های کنترل با توجه به رابط شبکه در دسترس هستند.
- کنترل این اینورترها با توجه به شبکه، متمرکز است.

از معایب توپولوژی سیستم اینورتر مرکزی در پیکربندی سیستم یافت می‌شود که شامل موارد زیر است:

- افزایش هزینه در سیم کشی و حفاظت جریان مستقیم.
- بخش‌های مستقل عملیاتی آرایه فتوولتائیک در بیشینه نقطه توان به سخت افزار بیشتری در قسمت جریان مستقیم نیروگاه نیاز دارد. بنابراین عدم‌تطابق بین بخش‌ها (به‌عنوان مثال ناشی از سایه جزئی) ممکن است به طور قابل توجهی خروجی کلی سیستم را کاهش دهد.
- پایش زیرمجموعه‌های آرایه فتوولتائیک باید در تجهیزات پایش جریان مستقیم جداگانه انجام شود.
- تغییرات افزایشی در اندازه سیستم دشوارتر است.
- افزونگی کمتری نسبت به سیستم‌هایی با اینورترهای چندگانه دارد.

الف-۳ مزایا و معایب اینورترهای رشته‌ای

مزایای اصلی اینورترهای رشته‌ای عبارتند از:

- ساده بودن حفاظت جریان مستقیم مانند قوس الکتریکی و خطای زمین.
- آرایه فتوولتائیک نسبت به مشکلات عدم‌تطابق و سایه تحمل بیشتری دارد.
- اینورتر، پایش جزء به‌جزء رشته‌ها را برای ارزیابی عملکرد و محل خطاها تقویت می‌نماید.

shaghool.ir

– افزایش افزونگی.

– گسترش اندازه سیستم بسیار مدولار است.

– تقسیم‌بندی یک آرایه بزرگ به قطعات کوچکتر در مرحله طراحی دامنه اینورترهایی را که ممکن است در دسترس باشند گسترش می‌دهد و امکان انتخاب انعطاف‌پذیر ولتاژها، جریان‌ها و توان اسمی رشته را برای هر زیربخش فراهم می‌کند.

معایب توپولوژی اینورتر رشته‌ای عبارت است از:

– افزایش سیم‌کشی جریان متناوب و حفاظت.

– نظارت پیچیده‌تر هنگام استفاده از ویژگی‌های مبتنی بر اینورتر برای پاسخگویی به نیازهای رابط شبکه.

الف-۴ موارد موثر بر اندازه اینورتر

الف-۴-۱ خروجی آرایه فتوولتائیک

برای تعیین اندازه دقیق اینورتر به یک تصویر دقیق از خروجی واقعی آرایه فتوولتائیک در محل نصب نیاز است.

تحلیل کارایی سیستم تحت گستره کاملی از شرایط محیطی که در محل نصب تجربه می‌شوند. نتیجه این تحلیل به دقت و جزئیات موجود در داده‌های مورد استفاده بستگی دارد. هرچه دقت بیشتر باشد، دورهٔ داده‌های نمونه‌برداری شده در تمام فصول گسترده‌تر است و مرحله زمانی نمونه‌برداری دقیق‌تر است که نتیجه تحلیل بهتر خواهد بود.

داده‌های مربوط به گستردهٔ وسیعی از شرایط عملیاتی محیطی برای اطمینان از تحت پوشش قرار گرفتن تمام حالت‌های عملیاتی ضروری است. زمان مراحل نمونه‌برداری بسیار مهم است زیرا داده‌های میانگین گرفته شده بالایی و پایینی عملیات و تکرار رخ دادن آن‌ها را نامشخص خواهد ساخت. به‌عنوان مثال اگر نصب فتوولتائیک در محلی است که الگوهای آب و هوایی وجود دارد که به‌صورت منظم ابر پراکنده تولید می‌شود، احتمال قوی وجود دارد که متمرکز شدن ابر به طور مکرر اتفاق بیفتد که ممکن است باعث ایجاد تابش به سطوح بسیار بالا و خروجی بالای فتوولتائیک شود. این به طور منظم ممکن است شامل محتوای انرژی قابل توجهی باشد و به‌طور مرتب جریان‌های بالقوه بالایی را در ورودی اینورتر تولید کند یا ممکن است اینورتر با ردیابی بیشینه نقطه توان، ورودی را محدود کند.

نتایج مهم این تحلیل عبارت است از:

– بیشینه خروجی ولتاژ آرایه؛

– بیشینه و کمینه ولتاژ MPPT؛

– بیشینه توان آرایه؛

shaghool.ir

– بیشینه جریان آرایه.

الف-۴-۲ مقادیر مجاز اینورتر

همان‌طور که توسط سازنده در همه شرایط محیطی عادی و غیرعادیِ قابل پیش‌بینی مشخص شده است، اینورتر باید در بیشینهٔ ولتاژ، جریان و توان اسمی باشد.

اینورتر می تواند ردیابی بیشینه نقطه توان را در محدوده عملیاتی ولتاژ MPPT آرایه داشته باشد.

بازده اینورتر و ملاحظات حرارتی برای محیطی که اینورتر در آن نصب شده است، شامل هرگونه الزامات محفظه باید در نظر گرفته شود.

تأثیر ارتفاع در مقدار مجاز اینورتر باید در نظر گرفته شود (ظرفیت خنک‌کننده و قابلیت ولتاژ افزاره کلیدزنی در هوای رقیق‌تر کاهش می‌یابد).

الف-۴-۳ الزامات کنترل خروجی اینورتر

هنگام دسته‌بندی اینورتر، در نظر گرفتن الزامات نظارت بر شبکه جریان متناوب اضافی دیگری که ممکن است در مقدار مجاز اینورتر مانند نظارت بر توان راکتیو نیز تأثیر بگذارد، مهم است. توجه به زمان لازم برای نظارت بر توان راکتیو با توجه به الزامات خروجی توان آرایه واقعی اینورتر لازم است. در صورتی‌که اینورتر به خروجی توان راکتیو قابل‌توجه در طی بیشینه خروجی آرایه فتوولتائیک لازم داشته باشد، مقدار مجاز خروجی اینورتر نیاز به افزایش خواهد داشت.

الف-۴-۴ نسبت توان فتوولتائیک به توان اینورتر (PVIR)[1]

PVIR = بیشینه توان نامی فتوولتائیک در شرایط آزمون استاندارد/ بیشینه توان خروجی جریان متناوب اینورتر

نیروگاه‌های فتوولتائیک معمولاً با نسبت‌های بالای PVIR برای دستیابی به هزینه نصب‌شده پایین انرژی طراحی می‌شوند. از دیدگاه فنی، درنظرگرفتن تأثیر PVIR بر عملکرد ایمن اینورتر بسیار با اهمیت است. اگر PVIR خیلی زیاد باشد، بسته به مشخصات ورودی سازنده اینورتر ممکن است از حد مجاز ورودی اینورتر فراتر رود.

هنگام ارزیابی بیشینه مقادیر مجاز اینورتر، اوج توان فتوولتائیک موجود در محل پروژه، در محاسبه بیشینه توان خروجی آرایه فتوولتائیک باید اوج تابش و دما در زمان اوج تابش در نظر گرفته شود.

PVIR بالا به این معنی است که:

– اینورتر برای دوره طولانی‌تر در حالت محدودکننده جریان عمل خواهد کرد؛

– خروجی توان با ثبات بیشتر در طی یک دوره طولانی روز (در طول محدودیت جریان)؛

1- PV power to Inverter power Ratio

shaghool.ir

- بازده بالا برای دوره‌های طولانی‌تر روز؛
- دمای عملیاتی بالاتر برای مدت طولانی‌تر و ملاحظات حرارتی باید با دقت مورد بررسی قرار گیرد. کاهش مقدار مجاز توان خروجی اینورتر در مقابل دما ممکن است در صورت زیاد بودن PVIR تأثیر بگذارد؛
- تأثیر بالقوه بر توانایی اینورتر برای ماندن در محدوده بیشینه نقطه توان آن در شرایط سرد و شدت تابش زیاد (اگر پنجره ولتاژ عامل از حد بالایی کافی برخوردار نباشد، اینورتر برای محدود کردن جریان خاموش می‌شود)؛
- تأثیر بالقوه در مقادیر مجاز فیوز جریان مستقیم زیر آرایه (اگر I_{sc} با ضرب از بیشینه مقدار مجاز فیوز ورودی اینورتر فراتر رود).

PVIR پایین به این معنی است که:

- مدت زمان عملیاتی طولانی‌تر با توان خروجی اینورتر پایین‌تر به عنوان درصد مقدار مجاز، و از این رو بازده بالقوه پایین‌تری است؛
- اینورتر سهم بیشتری از تولید بالای صفحات فتوولتائیک بهره‌برداری خواهد کرد،
- اینورتر تولید کمتری از تابش پایین را بهره‌برداری خواهد کرد.

shaghool.ir

کتاب‌نامه

[1] IEC 60038:2009, IEC standard voltages

[2] IEC 60059:1999, IEC standard current ratings-

[3] IEC 60364 (all parts), Low-voltage electrical installations

[4] IEC 60364-5-57, Low-voltage electrical installations- Part 5: Selection and erection of electrical equipment- Clause 57: Stationary secondary batteries (to be published)

[5] IEC 60364-4-41, Low-voltage electrical installations- Part 4-41: Protection for safety - Protection against electric shock

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۳۷-۴-۴۱: سال۱۳۹۴، تأسیسات الکتریکی فشار ضعیف- قسمت ۴-۴۱- حفاظت برای ایمنی- حفاظت در برابر برق گرفتگی، با استفاده از استاندارد IEC 60364-4-41: 2005 تدوین شده است.

[6] IEC 60904 (all parts), Photovoltaic devices

[7] IEC 61140, Protection against electric shock– Common aspects for installation and equipment

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره۱۰۲۴۸: سال۱۳۹۵، حفاظت در برابر شوک الکتریکی- جنبه های عمومی برای تأسیسات وتجهیزات، با استفاده از استاندارد IEC 61140: 2016 تدوین شده است.

[8] IEC 61201, Use of conventional touch voltage limits- Application guide

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره۲۱۰۶۸: سال۱۳۹۴، استفاده از حدود ولتاژ تماس قراردادی- راهنمای کاربرد، با استفاده از استاندارد IEC 61140: 2007 تدوین شده است.

[9] IEC 61427-2, Secondary cells and batteries for renewable energy storage – General requirements and methods of test– Part 2: On-grid applications

[10] IEC 61643-12, Low voltage surge protective devices– Part 12: Surge protective devicesconnected to low voltage power distribution systems– Selection and application principles

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره۶۱۶۴۳-۱۲: سال۱۳۹۱، افزارهای حفاظت موج ضربه فشار ضعیف- قسمت ۱۲- افزارهای حفاظت موج ضربه متصل به سامانه‌های توزیع فشار ضعیف- اصول انتخاب و کاربرد، با استفاده از استاندارد IEC 61643-12: 2008 تدوین شده است.

[11] IEC 61683, Photovoltaic systems- Power conditioners- Procedure for measuring efficiency

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۷۵: سال۱۳۸۷،سامانه های فتوولتائیک- پردازش‌گرهای توان- روش اندازه‌گیری بازده، با استفاده از استاندارد IEC 61683:1999 تدوین شده است.

[12] IEC 61727, Photovoltaic (PV) systems– Characteristics of the utility interface

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره۱۱۸۵۹: سال۱۳۸۸، سامانه‌های فتوولتائیک (PV) ویژگی‌های اتصال به شبکه، با استفاده از استاندارد IEC 61727:2004 تدوین شده است.

[13] IEC 61730 (all parts), Photovoltaic (PV) module safety qualification

shaghool.ir

[14] IEC 61829, Photovoltaic (PV) array- On-site measurement of current-voltage characteristic

[15] IEC 62093, Balance-of-system components for photovoltaic systems- Design qualification natural environments

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره۱۱۸۵۷: سال۱۳۸۸، اجزای تعادل سامانه برای سامانه‌های فتوولتائیک- احراز شرایط طراحی محیط‌های طبیعی ، با استفاده از استاندارد IEC 62093:2005 تدوین شده است.

[16] IEC 62116, Utility-interconnected photovoltaic inverters– Test procedure of islanding prevention measures

[17] IEC 62930, Electric cables for photovoltaic systems with a voltage rating of 1,5 kV DC

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره۱۵۶۱۳: سال۱۳۹۷، کابل‌های الکتریکی برای سامانه های فتوولتائیک با ولتاژ نامی ۱٫۵ kV DC، با استفاده از استاندارد IEC 62930:2017 تدوین شده است.

[18] IEC 63027, DC arc detection and interruption in photovoltaic power systems (to be published)

[19] IEC 63112, Earth fault protection equipment for photovoltaic (PV) arrays– Safety and safetyrelated functionality (to be published)

[20] IEC/IEEE PAS 63547, Interconnecting distributed resources with electric power systems (withdrawn)

[21] EN 50539-11, Low-voltage surge protective devices– Surge protective devices for specific. application including DC– Part 11: Requirements and tests for SPDs in photovoltaic applications

[22] EN 50618, Electric cables for photovoltaic systems

[23] ANSI/UL 4703, Standard for Photovoltaic Wire

[24] IEEE 693, Recommended Practice for Seismic Design of Substations

[25] IEEE C57.12.00-2010, IEEE Standard for General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers

[26] IEEE C57.12.90-2010, IEEE Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers

[27] IEEE C57.12.91-2011, IEEE Standard Test Code for Dry-Type Distribution and Power Transformers

[28] IEEE C57.154-2012, IEEE Standard for the Design, Testing, and Application of Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers Using High-Temperature Insulation Systems and Operating at Elevated Temperatures

shaghool.ir