



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۳۹۲

چاپ اول

۱۳۹۲

INSO

17392

1st.Edition

Apr.2014

راهنمای پیش‌گیری از آتش‌سوزی پانل‌ها،  
ماژول‌ها و سامانه‌های فتوولتاییک

**Standard guide for fire Prevention for  
photovoltaic panels, modules, and systems**

**ICS: 27.160**

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردها کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (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 of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

" راهنمای پیش‌گیری از آتش‌سوزی پانل‌ها، ماژول‌ها و سامانه‌های فتوولتاییک "

**رئیس:**

**سمت و/یا نمایندگی**

احمدی بروغنی، سید یوسف

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

(دکترای مکانیک)

**دبیر:**

بذری، مصطفی

کارشناس اداره کل استاندارد خراسان جنوبی

(لیسانس مهندسی صنایع)

**اعضاء:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احمدی بروغنی، زهرا

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

(فوق لیسانس مهندسی کامپیوتر)

اعتبار، الهه

کارشناس

(لیسانس مهندسی برق)

چوبینه، معین

کارشناس ارشد آزمایشگاه تست میدانی

فتولتاییک پژوهشکده هوا خورشید دانشگاه

فردوسی مشهد

(فوق لیسانس برق قدرت)

خدایی‌فرد، شراره

کارشناس اداره کل استاندارد استان زنجان

(لیسانس فیزیک)

شاهنواز، محمد رضا

کارشناس سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)

(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

صفوی‌نژاد، علی

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

(دکترای مکانیک)

سرپرست تولید کارخانه آریا سولار بیرجند

کیانی، حمیده  
(لیسانس فیزیک)

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

میربزرگی، سید علی  
(دکترای مکانیک)

رئیس کمیته علمی-اجرایی نیروگاه  
فتوولتاییک دانشگاه بیرجند

نجفی، حمید رضا  
(دکترای مهندسی برق)

رئیس گروه تحقیقات شرکت توزیع نیروی  
برق خراسان جنوبی

وحیدی، تقی  
(لیسانس مهندسی برق)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ه	پیش‌گفتار
و	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۴ خلاصه آیین کار
۳	۵ اهمیت و کاربرد
۳	۶ قوس
۴	۷ پانل‌ها و مازول‌های فتوولتاییک
۷	۸ سامانه‌های فتوولتاییک

## پیش گفتار

استاندارد " راهنمای پیش‌گیری از آتش‌سوزی پانل‌ها، ماژول‌ها و سامانه‌های فتوولتاییک " که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در هفتصد و پنجاه و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۹۲/۱۲/۱۴ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع ، علوم و خدمات ، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود ، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین ، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد .

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ASTM E2908: 2012, Standard guide for fire prevention for photovoltaic panels, modules, and systems

## راهنمای پیش‌گیری از آتش‌سوزی پانل‌ها، ماژول‌ها و سامانه‌های فتوولتاییک

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

- ۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین اصول اساسی طراحی ماژول‌های فتوولتاییک، مونتاژ پانل و نصب سامانه برای کاهش خطر آتش‌سوزی ناشی از مدار منبع فتوولتاییک می‌باشد.
- ۲-۱ این استاندارد برای پوشش دادن تمام حالاتی که می‌تواند منجر به آتش‌سوزی شود، در نظر گرفته نشده است. این استاندارد در نظر دارد مجموعه روش‌های کلی پذیرفته شده مونتاژ را ارائه نماید.
- ۳-۱ این استاندارد برای سامانه‌هایی که شامل ماژول‌های فتوولتاییک و پانل‌ها به عنوان چشمه<sup>۱</sup> dc هستند در نظر گرفته شده است، هر چند که روش‌های توصیه شده را می‌توان برای سامانه‌هایی که از ماژول‌های ac بهره می‌گیرند، نیز به کار برد.
- ۴-۱ این استاندارد روش‌های مهار آتش در حادثه آتش‌سوزی مربوط به یک ماژول و یا سامانه فتوولتاییک را پوشش نمی‌دهد.
- ۵-۱ این استاندارد آتش ناشی از سایر منابع را پوشش نمی‌دهد.
- ۶-۱ این استاندارد ملاحظات مکانیکی، ساختاری، و الکتریکی ماژول فتوولتاییک و یا دیگر ملاحظات کلیدی برای طراحی، نصب سامانه را پوشش نمی‌دهد.
- ۷-۱ این استاندارد معدوم کردن ماژول‌های آسیب دیده توسط آتش، و یا دیگر خطرات مواد مربوط به این ماژول‌ها را پوشش نمی‌دهد.
- ۸-۱ یکاها - مقادیر معین شده در سیستم SI به عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شود. هیچ یکای اندازه‌گیری دیگری در این استاندارد به کار گرفته نشده است.
- ۹-۱ این استاندارد، در خصوص مطرح کردن تمام مسائل ایمنی که ممکن است در ارتباط با استفاده از آن وجود داشته باشد، صحبت نمی‌کند. این امر مسئولیت کاربر استاندارد است، که عملیات لازم برای ایمنی و سلامت را فراهم آورده و عملی بودن محدودیت‌های نظارتی را قبل از استفاده مشخص نماید.

### ۲ مراجع الزامی

- مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۸۸۱:۱۳۸۸، ماژول‌های فتوولتاییک (PV) زمینی سیلیکون کریستالی - احراز شرایط طراحی و تأیید نوع

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۲۷۴:۱۳۸۷، احراز شرایط ایمنی ماژول فتوولتاییک - قسمت اول - الزامات ساختمان ماژول

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۶۱۷۳۰:۱۳۹۰، صلاحیت ایمنی ماژول فتوولتاییک (PV) قسمت ۲- الزامات آزمون

2-4 E772 Terminology of Solar Energy Conversion

2-5 E2481 Test Method for Hot Spot Protection Testing of Photovoltaic Modules

2-6 North American Board of Certified Energy Practitioners (NABCEP), Study Guide for Photovoltaic System Installers

2-7 NFPA 70 US National Electrical Code (article 690)

2-8 UL 1703 Standard for Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels

2-9 UL 1741 Inverters, Converters, and Controllers for Use in Independent Power Systems

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

۱-۳ در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ASTM E772، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۲-۳ تعاریف و اصطلاحات خاص این استاندارد:

۱-۲-۳

#### خطای اتصال به زمین

وضعیتی که در آن اتصال الکتریکی ناخواسته بین مدار فتوولتاییک فعال و زمین وجود دارد.

#### ۴ خلاصه آیین کار

۱-۴ ماژول‌ها و پانل‌های فتوولتاییک باید طوری طراحی شوند تا خطر آتش سوزی کمینه شده و با آیین کارهای کنترل کیفیت مناسبی مونتاژ شوند.



۴-۲ سامانه‌های فتوولتاییک باید طوری طراحی شوند تا خطر آتش سوزی کمینه شده و در هنگام نصب، ایمنی آنها در برابر آتش سوزی مد نظر قرار گیرد. نصب کنندگان این سامانه‌ها باید از موارد آتش سوزی مرتبط با سلول‌های فتوولتاییک که تاکنون اتفاق افتاده و همچنین علت این آتش سوزی‌ها آگاه باشند.

## ۵ اهمیت و کاربرد

۵-۱ ماژول‌های فتوولتاییک، منابع الکتریکی جریان مستقیم (dc) هستند. با توجه به نحوه شکل‌گیری قوس الکتریکی و قطع آن در مدارهای dc، که به یکباره تشکیل شده و به دلیل عدم گذر جریان مستقیم از صفر، قوس الکتریکی به طور خودکار قطع نمی‌شود، منابع dc توجه خاصی را می‌طلبند. ماژول‌های خورشیدی در مجموعه‌ای که در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند، از طریق نور خورشید و یا در خلال شرایط خطا، انرژی‌دار خواهند شد.

۵-۲ با افزایش روز افزون نصب تعداد سامانه‌های فتوولتاییک، این استاندارد با هدف افزایش سطح آگاهی از روش‌ها برای کاهش خطر آتش سوزی سامانه‌های فتوولتاییک تلاش می‌کند.

۵-۳ این استاندارد برای راهنمایی تولیدکنندگان ماژول، مونتاژ کنندگان پانل، طراحان سامانه، نصب‌کنندگان و تشریح‌کنندگان سامانه در نظر گرفته شده است.

۵-۴ این استاندارد را می‌توان برای تعیین حداقل الزامات مورد استفاده قرار داد. در این استاندارد تمام شرایط و یا حالاتی که می‌تواند منجر به یک آتش سوزی شود، در نظر گرفته نشده است.

## ۶ ایجاد قوس الکتریکی

### ۶-۱ ایجاد قوس الکتریکی dc:

۶-۱-۱ قوس الکتریکی می‌تواند بین دو هادی مجاور دارای اختلاف پتانسیل الکتریکی تشکیل شود. برخلاف قوس‌های ac که ممکن است در طول دوره تناوب جریان در نقطه گذر از صفر جریان خاموش شوند، یک قوس الکتریکی dc به طور نامحدود تا زمانی که قطع شود، ادامه خواهد داشت. تا زمانیکه اعمالی نظیر کاهش اندازه ولتاژ، اختلال در جریان قوس توسط دسنگاه تشخیص قوس و یا افزایش فاصله موثر بین هادی‌ها انجام نشود، قوس dc تداوم خواهد داشت، حتی زمانیکه قوس الکتریکی حذف شود ممکن است موجب سوختن و یا اشتعال مواد اطراف آن شود.

۶-۱-۲ قوس الکتریکی ممکن است در سراسر سطح ماژول (به عنوان مثال، در امتداد فاصله بین ردیف‌هایی از سلول‌ها) همچنان که مواد در حال سوختن هستند، انتشار یابد.

۶-۱-۳ قوس الکتریکی ممکن است خاموش و دوباره بدلیل تغییر شرایط محیطی و یا با انبساط و انقباض مواد سوخته مشتعل شود، و همچنین ممکن است در شب خاموش شده و روز بعد دوباره قوس الکتریکی ایجاد شود.

- ۴-۱-۶ منابع متداول قوس‌های الکتریکی در ماژول‌های فتوولتاییک:
- ۱-۴-۱-۶ وجود ترک‌هایی در سلول‌های خورشیدی (کریستالی یا لایه نازک).
- ۲-۴-۱-۶ عدم وجود فاصله کافی بین بخش‌های دارای اختلاف پتانسیل.
- ۳-۴-۱-۶ پیوند نامناسب اتصالات بین سلول‌ها.
- ۴-۴-۱-۶ پیوند نامناسب اتصالات به باسبار.
- ۵-۴-۱-۶ اتصال نامناسب باسبار به پایانه سیم‌کشی و یا اتصال‌گر.
- ۶-۴-۱-۶ فاصله آزاد ناکافی برای انبساط و انقباض حرارتی بین مواد که منجر به خستگی مکانیکی<sup>۱</sup> تجهیزات می‌شود. مثال‌های متداول و شایع شامل اتصالات سلول‌ها و مفصل انبساطی در کانال‌های محل عبور سیم‌ها است.
- ۷-۴-۱-۶ فضای رفع کنش<sup>۲</sup> ناکافی بین بخش‌ها، به خصوص انتهای رشته سیم‌کشی و اتصالات لحیم-کاری، و رساناهای داخلی.

## ۲-۶ قوس الکتریکی ac:

۱-۲-۶ در سامانه‌های فتوولتاییک خورشیدی ممکن است هر دو مدار ac و dc وجود داشته باشند و هر دو مدار شامل منابع بالقوه قوس الکتریکی هستند. با توجه به یک جهت بودن جریان dc، قوس الکتریکی dc ممکن است در فاصله بزرگتر و مدت زمان طولانی‌تری نسبت به یک قوس الکتریکی ac برقرار بماند و این قوس به راحتی نیز قطع نمی‌شود. جریان در قوس الکتریکی ac همیشه در هر دوره تناوب دو بار صفر می‌شود.

## ۷ پانل‌ها و ماژول‌های فتوولتاییک

- ۱-۷ طراحی در برابر قوس الکتریکی - ماژول‌ها باید به گونه‌ای طراحی شده باشند تا احتمال خطر قوس الکتریکی کاهش یابد.
- ۱-۱-۷ ماژول‌ها باید الزامات مربوط به فواصل را طبق استانداردهای ملی ایران به شماره ۱-۱۱۲۷۴ و ۲-۶۱۷۳۰ یا UL 1703 برآورده سازند تا امکان وقوع قوس الکتریکی تحت شرایط بهره برداری عادی و شرایط خطا کاهش یابد.
- ۲-۱-۷ مواد و روش‌های اجرایی مورد استفاده در ساخت ماژول‌های فتوولتاییک باید به گونه‌ای طراحی شوند که در تمام مدت عمر کاری ماژول فتوولتاییک قابل اعتماد و با دوام باشند.
- ۳-۱-۷ ساز و کارهای خرابی، مانند عدم تطابق ضرایب انبساط حرارتی، خستگی فلز، خوردگی و یا لرزش، باید در طی انتخاب مواد، جانمایی ماژول و مونتاژ آن نیز در نظر گرفته شوند.
- ۴-۱-۷ انتخاب مواد باید با توجه به دمای عملیاتی و مشخصه‌های پیری مواد باشد.

1 - Mechanical fatigue

2 - strain

## ۲-۷ طراحی برای مهار قوس الکتریکی و آتش:

۱-۲-۷ مواد در تماس نزدیک با منابع بالقوه قوس الکتریکی، مانند جعبه انشعاب، باید دارای کمترین قوس الکتریکی و میزان اشتعال پذیری مطابق با استانداردهای ملی ایران به شماره ۱-۱۱۲۷۴ و ۲-۶۱۷۳۰ یا UL 1703 باشد. این ویژگی سبب کاهش خطر آتش سوزی در هنگام بروز قوس الکتریکی می‌شود.

۲-۲-۷ با توجه به کد منطقه‌ای برق<sup>۱</sup> و ویرایش سال ۲۰۱۱، دستگاه آشکارساز قوس الکتریکی برای قطع جریان در صورت بروز قوس الکتریکی مورد نیاز است. بسته به محل نصب دستگاه، قابلیت محافظت از ماژول تک یا مجموعه‌ای از ماژول‌ها توسط دستگاه فوق وجود دارد. ملاحظات برای قابلیت اطمینان چنین دستگاه‌هایی باید مبذول داشت تا از در دسر سفرها و سرویس‌دهی هزینه بر، جلوگیری شود.

## ۳-۷ دمای عملیاتی:

۱-۳-۷ یک ماژول فتوولتاییک بخشی از انرژی خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. بخشی از انرژی خورشید که به انرژی الکتریکی تبدیل نمی‌شود بازتاب شده، از میان ماژول منتقل گردیده و یا تبدیل به انرژی حرارتی می‌شود. بنابراین، ماژول فتوولتاییک به طور معمول در دمایی گرم‌تر از دمای محیط اطراف آن عمل می‌کند.

۲-۳-۷ **ملاحظات مربوط به دمای عملیاتی - دمای عملیاتی دقیق ماژول و هر یک از اجزای داخلی آن، بستگی به عوامل مختلف دارد.**

۱-۲-۳-۷ **عوامل محیطی - سرعت باد، جهت باد دمای محیط، تابش خورشیدی، و پوشش ابر.**

۲-۲-۳-۷ **عوامل مربوط به نصب - زاویه نصب، نوع قاب‌ها، فاصله‌گذاری ماژول، محل قرارگیری، موانع وزش باد، تجهیز سلول به ردیاب خورشیدی و یا عدم نصب ردیاب، تهویه، حوادث منجر به سایه‌دار شدن سلول.**

۳-۲-۳-۷ **عوامل مرتبط با ماژول - شامل عدم تطابق سلول (که منجر به تولید حرارت غیر یکنواخت می‌شود)، عایق‌بندی بخش‌ها (به عنوان مثال جعبه‌های انشعاب)، رنگ، فریم، شفافیت، رسانایی حرارتی مواد، ویژگی‌های همرفت حرارتی، محدودیت عبور جریان از قطعات برق‌دار می‌باشد.**

۳-۳-۷ **سایه‌دار شدن - رویدادهای منجر به سایه‌دار شدن می‌تواند باعث ایجاد سلول‌های سایه‌دار شده که به عنوان مصرف کننده توان الکتریکی (مقاومت) در مقابل مولد توان الکتریکی عمل می‌کنند. بنابراین، سلول‌های سایه‌دار شده می‌توانند بسیار داغ‌تر از سلول‌های مجاور باشند. اگر چه ماژول‌ها به منظور عمل در شرایط بدون سایه طراحی شده‌اند، ولی چند درجه سایه موضعی در بسیاری از تاسیسات اجتناب ناپذیر است. برای اطلاعات بیشتر به استاندارد ملی ایران شماره .... (ASTM E2481) مراجعه کنید.**

۱-۳-۳-۷ **مقدار حرارت یک سلول به ویژگی‌های مقاومت سری و شنت در سلول‌های سایه‌دار، جریان عبوری از طریق سلول، و اینکه سلول‌ها تا چه حدی می‌توانند نور دریافت کنند، بستگی دارد.**

1 - National Electrical Code in usa

۲-۳-۳-۷ **اشتعال مواد** - موادی که در تماس با سلول‌ها هستند، باید قادر به تحمل دمای تحت شرایط سایه‌دار بدون فراتر رفتن از میزان دمای اشتعال مواد باشند. این طرح در ارزیابی تناسب مواد مندرج در UL 1703، بخش ۱۹، قسمت آزمون دما قابل آزمون است.

۳-۳-۳-۷ **ماژول‌ها** باید حفاظت کافی در برابر وقوع سایه داشته باشد.

۴-۳-۳-۷ **دیودها** - یک روش معمول برای حفاظت در برابر سایه استفاده از دیودهای کنارگذر است که به صورت موازی با سلول‌های موردنظر متصل می‌شوند. از آنجایی که مشخصه‌های مستقیم و معکوس یک سلول فتوولتاییک با همدیگر متفاوت هستند، دیودها باید به گونه‌ای سایزبندی شوند که در هنگام بروز سایه در تمام یا قسمتی از یک یا چند سلول از تشکیل نقاط داغ موضعی جلوگیری شود. دیودهای کنارگذر باید توانایی عبور جریان مجموعه سلول‌ها را داشته باشند. فعال شدن دیود در خلال یک رویداد وقوع سایه در سلول نباید موجب افزایش بیش از حد گرمای دیود و مواد اطراف آن شود. دیود باید با استفاده از یک روش مقاوم و قابل اعتماد، به صورت مناسب نصب و متصل شود. کیفیت دیود و روش نصب باید از لحاظ میزان دوام مورد ارزیابی قرار گرفته باشد. اگر دیودها به صورت مکانیکی نصب شده باشند، برای حصول اطمینان از اتصال مناسب در طول زمان نگهداری باید تحت شرایط میدانی شبیه سازی شده، تحت آزمون قرار گیرند.

۴-۷ **مستندسازی:**

۱-۴-۷ **تشخیص** - ماژول باید توسط سازمان مصوب برای برآوردن حداقل سطح ایمنی تایید شود. استانداردهای UL 1703 و استانداردهای ملی ایران به شماره ۱-۱۱۲۷۴ و ۲-۶۱۷۳۰ به طور معمول برای ارزیابی حداقل سطح ایمنی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۴-۷ **سیستم کیفیت** - تولیدکننده فتوولتاییک باید دارای یک سیستم مدیریت کیفیت باشد تا اطمینان حاصل شود که تمام ماژول‌های ساخته شده از سطح پایه کیفیت از نقطه نظر ایمنی آتش برخوردارند. منابع قوس dc و همچنین هر گونه مواد یا فرایند گام‌های حیاتی برای دمای عملیاتی ماژول، باید مورد توجه خاص باشند.

۳-۴-۷ **راهنمای نصب** - هرگونه محدودیت در محل و شرایط نصب موثر بر بهره‌برداری ایمن سامانه فتوولتاییک باید در راهنمای نصب نشان داده شده باشد. این راهنما ممکن است شامل شرایط محیطی، پیکربندی نصب، الزامات سیم‌کشی، دستگاه‌های حفاظت اضافه جریان و جریان نامی فیوز باشد.

۸ **سامانه‌های فتوولتاییک**

۱-۸ **ملاحظات طراحی سامانه:**

۱-۱-۸ **حفاظت از فیوز سری** - در اغلب موارد که در آن دو یا چند رشته ماژول فتوولتاییک به صورت موازی به هم متصل شده‌اند، هر شاخه و یا رشته فرعی باید توسط یک فیوز محافظت شود. فیوز از ماژول‌ها و دیگر اجزای الکتریکی سامانه در برابر اضافه جریان در زمان بروز وضعیت خطا محافظت می‌کند.

۸-۱-۲ **اتصالات ماژول به ماژول** - تمام سیم‌کشی و اتصالات مورد استفاده باید از نظر نوع و اندازه مطابق توصیه تولیدکننده ماژول و مطابق با قوانین منطقه‌ای باشد. سیم‌کشی باید متناسب با کاربرد آن از جمله بازه دمایی، سنجه سیم، مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش، مقاومت در برابر آب و ولتاژ سامانه در نظر گرفته شده باشد. ملاحظات در خصوص شرایط حدی و اسمی مورد انتظار در سراسر طول عمر ماژول باید اتخاذ شود. وسیله اتصال باید مطابق با راهنماهای نصب و راه‌اندازی ماژول و اتصال‌گر و یا هر قانون منطقه‌ای قابل اجرا باشد. سیم‌کشی بایستی به لحاظ مکانیکی ایمن بوده و در صورت لزوم، برای جلوگیری از فشار بر روی اتصالات الکتریکی، با فاصله کافی برای انبساط حرارتی و انقباض سیم‌کشی انجام شود.

۸-۱-۳ **سایر سیم‌کشی** - سایر سیم‌کشی‌ها در سامانه فتوولتاییک باید ایمن و متناسب با برنامه در نظر گرفته شده باشند و در صورت لزوم، به همان عواملی که برای سیم‌کشی ماژول به ماژول شرح داده شده است توجه شود. سیم‌کشی ایمن یعنی باید قادر به تامین استقامت کافی در برابر شرایط فضای باز، از جمله اشعه ماوراء بنفش، طول عمر کارکرد مورد انتظار از سامانه، بوده و همچنین باید به طور مداوم به عنوان بخشی از تعمیر و نگهداری سامانه به طور منظم بررسی شود. اگر سیم‌کشی در مجرای فلزی انجام شود، باید توجه خاص به نصب صحیح و فنون مدیریت سیم به منظور کاهش احتمال خطای اتصال زمین صورت گیرد.

۸-۱-۴ **قطع‌کننده مدار dc** - برای قطع ایمن یک رشته dc در سامانه، از اینورتر، جعبه ترکیب، کنترل‌کننده شارژ و یا سایر اجزای الکتریکی باید از قطع‌کننده dc استفاده شود. مقادیر نامی قطع‌کننده باید متناسب با جریان dc و ولتاژ سامانه و مطابق با قوانین منطقه‌ای باشد. یادآوری می‌شود که قطع‌کننده ac برای یک مدار dc با توجه به اینکه اساس کار آن به ماهیت طبیعی جریان ac متکی است، ممکن است مناسب باشد یا نباشد.

۸-۱-۵ **اینورتر** - اینورتر باید با اندازه مناسب برای محل در نظر گرفته شود و توسط استانداردهای منطقه‌ای مانند UL1741 تایید و قوانین منطقه‌ای مورد نیاز برای اتصال به شبکه را برآورده سازد. ممکن است اینورترها دارای قابلیت آشکارسازی قوس الکتریکی داخلی باشند که در صورت وقوع قوس الکتریکی، به منظور کاهش آسیب به سامانه و ساختارهای پشتیبانی، سامانه را قطع کند.

۸-۱-۶ **حفاظت اتصال زمین** - ملاحظات در مورد اتصال زمین باید برای طرح پایه، به منظور کمینه کردن قوس و مسیره‌ای جریان ناشی از اختلاف پتانسیل بین قطعات فعال و ولتاژ زمین در نظر گرفت.

## ۲-۸ **دمای عملیاتی:**

۸-۲-۱ **دمای عملیاتی ماژول فتوولتاییک** به شدت به محل نصب و روش‌های نصب مورد استفاده وابسته است.

۸-۲-۲ **طراحی یک سامانه فتوولتاییک** باید طوری باشد که دمای عملیاتی ماژول فتوولتاییک و تمام اجزاء در مقادیر نامی قرار گیرد. مواد مناسب برای محل نصب و راه‌اندازی و دماهای عملیاتی در هر دو شرایط عادی و خطا (مانند سایه و جریان معکوس) باید استفاده شود.

۸-۲-۳ **تاباندن نور خورشید** به صورت متمرکز در ماژول مجاز نیست، مگر اینکه به صراحت توسط تولیدکننده فتوولتاییک مجاز شده باشد.

۸-۲-۴ ماژول فتوولتاییک را مطابق با روش اجرایی توصیه شده، نصب کنید.

۸-۲-۵ از تهویه کافی ماژول فتوولتاییک، مطابق با آیین کار توصیه شده سازنده اطمینان پیدا کنید. توجه داشته باشید در مورد پوشش خورشیدی، کاشی‌های فتوولتاییک، و یا دیگر محصولات فتوولتاییک یکپارچه ساختمان<sup>۱</sup> (BIPV)، تولید کننده ممکن است، حداقل تهویه مطابق با الزامات زیبایی شناختی طراحی و یا جزئیات خاص از رتبه‌بندی آتش‌سوزی ماژول را توصیه نماید. نتایج دمای عملیاتی هنوز هم باید در حد مقادیر نامی برای ماژول و مواد پشتیبان باقی بماند.

۸-۲-۶ برای جلوگیری از رویدادهای سایه متداول بر روی آرایه فتوولتاییک، آرایه را با فاصله کافی قرار دهید.

### ۸-۳ نصب:

۸-۳-۱ همه نصاب‌ها باید به صورت مناسب روش صحیح اتصال الکتریکی و رفع کنش را آموزش دیده باشند. توجه کنید که یک سامانه فتوولتاییک، در حضور نور و یا باتری در سامانه، مثل یک منبع فعال مدار هست. توصیه می‌شود نصب کننده‌هایی که گواهینامه معتبر دارند عملیات سیم‌کشی و اتصالات الکتریکی از آرایه فتوولتاییک به بقیه مدار سامانه را انجام دهند.

۸-۳-۲ در حالت ایده‌آل برای به حداقل رساندن خطرات شوک، قطع و وصل اتصالات الکتریکی باید زمانی که سامانه فتوولتاییک روشن نیست (عدم تولید جریان) انجام شود، اما واقعیت این است که این کار عملی نیست. بهترین کار حداقل کردن موارد قطع و وصل منبع مدار فتوولتاییک و اطمینان از برق دار نبودن مدارهای بار معکوس پیش از قطع یا وصل مدار است. نصب‌کننده باید برای جلوگیری از تشکیل قوس در طول روش اجرایی توجه ویژه‌ای داشته باشد و اتصالات فتوولتاییک فهرست شده، برای هشدار در برابر این خطر باید علامت‌گذاری شوند. برای جزئیات بیشتر به فهرست مدارک اتصال ماژول فتوولتاییک مراجعه شود.

۸-۳-۳ ترتیب اتصال - اتصال ماژول‌ها ابتدا باید در مجموعه به شکل رشته‌هایی با ولتاژ مشخص شده، پس از آن اتصال زنجیره سمت DC اینورتر، سپس سمت AC اینورتر، و در نهایت برق‌دار کردن از سامانه الکتریکی ساختمان (به طور معمول با یک قطع کننده اختصاصی) انجام شود. هنگام قطع، ترتیب باید معکوس شود، اول قطع برق مدار، پس از آن اتصالات AC اینورتر، و سپس اتصالات DC به زنجیره‌های ماژول، و در نهایت اتصالات هر کدام از ماژول‌ها صورت گیرد.

### ۸-۴ راه اندازی:

۸-۴-۱ تمام اتصالات الکتریکی باید پس از نصب و پیش از راه اندازی سامانه برای اطمینان از اتصال الکتریکی و رفع کرنش در تمام اتصالات الکتریکی تایید و ثبت شوند. رفع کرنش نباید منجر به فشردگی یا کشیدگی سیم‌ها شود. توصیه می‌شود که گشتاور تمام اتصالات دهنده‌های مکانیکی به اندازه کافی در جریان عملیات

1- Building-Integrated PhotoVoltaic

نگهداری و تعمیرات به طور منظم بررسی شود، چرا که آنها در طول زمان به علت تنش حرارتی چرخه‌ای می‌توانند شل شوند.

۸-۴-۲ جریان درست<sup>۱</sup> و ولتاژ dc اسمی تمام اجزای الکتریکی باید تصدیق شده باشند.

۸-۴-۳ از تایید عادی سایه کردن ماژول اجتناب نموده و فواصل توصیه شده بین ماژول‌ها و سطوح نصب حفظ شود.

۸-۴-۴ اطمینان حاصل کنید که اقدامات احتیاطی مناسبی برای جلوگیری از صدمه مکانیکی به ماژول‌های فتوولتاییک و تجهیزات الکتریکی به کار گرفته شده است. ترک‌ها، فرورفتگی‌ها و دیگر آسیب‌های فیزیکی می‌توانند به رویدادهای قوس منجر شوند. به خصوص، شیشه ماژول و پشت ورق‌ها در معرض خراش و ضربه‌پذیری در طول جابجایی، نصب و راه اندازی هستند. نصب کننده باید برای محافظت از این سطوح کوشا باشد، حتی خراش جزئی می‌تواند منجر به خطرات شوک احتمالی در طول زمان شود.

### ۸-۵ تعمیر و نگهداری:

۸-۵-۱ تعمیر و نگهداری منظم برای اطمینان از ایمنی و در دسترس بودن سامانه در طول عمر مورد انتظار این سامانه‌ها، مهم است. تعمیر و نگهداری شامل بازرسی چشمی دقیق برای نشانه‌های بالا رفتن شرایط عملیاتی یا قوس (مانند تغییر رنگ مواد، قوس، و نقاط داغ)، آسیب‌های فیزیکی (مانند ماژول شکسته، سوراخ یا بریدگی سطوح پلاستیکی) و نقصان در یکپارچگی سیم‌کشی و دستگاه‌های رفع کرنش (مانند شل بودن اتصالات، سیم-کشی‌های شکننده، یا مهار سیم‌کشی شکسته) است. تمام اجزا از جمله اینورتر و جعبه ترکیب کننده باید بازرسی شوند.

۸-۵-۲ یک روش اجرایی عادی بازرسی برای کاهش احتمال خطر آتش سوزی ایجاد کنید. برای مثال، بازرسی اولیه باید یک سال پس از بهره‌برداری انجام شده و دست‌کم هر دو سال تکرار شود. فواصل کوتاه‌تر ممکن است براساس آیین‌نامه‌های محلی مورد نیاز باشد یا اگر نقص یا مشکلات قبلاً مشاهده شده باشند.

۸-۵-۳ استفاده از دوربین مادون قرمز می‌تواند در تشخیص گرمایش موضعی در مدارهای dc و ac کمک کند. تشخیص زودهنگام گرمایش موضعی ممکن است از ایجاد شرایط نایمن و آسیب فاجعه بار به سامانه جلوگیری کند.

۸-۵-۴ مسیرهای دسترسی به قطعات بحرانی مانند جعبه‌های ترکیب کننده و اینورترها باید به طور منظم کنترل و نگهداری شوند تا امکان بازرسی و خاموشی اضطراری وجود داشته باشد.

### ۸-۵-۵ سامانه‌های نصب شده بر روی زمین:

۸-۵-۵-۱ بسته به شرایط اقلیمی و خاک محلی، به طور منطقی می‌توان انتظار داشت که پوشش گیاهی بر روی هر قطعه آرایه خورشیدی سایت<sup>۲</sup> که بر روی زمین نصب شده رشد کند. این شرایط خطر آتش-

1 - Correct current

2 - Site

سوزی جنگل یا پوشش گیاهی را افزایش می‌دهد، بنابراین باید در مرحله اولیه به کنترل مداوم پوشش گیاهی در محل سایت توجه داده شود. که می‌تواند شامل خصوصیات پوشش گیاهی کم‌رشد (پوشش زمین) و یا سبزه با رشد محدود شده، اما هنوز هم با رشد به اندازه مناسب در یک محیط سایه‌دار، باشد.

۸-۵-۵-۲ اقدامات کنترلی پوشش گیاهی ممکن است شامل چمن‌زنی به طور منظم، کنترل شیمیایی نرخ رشد، یا استفاده از حیوانات علف‌خوار (گوسفند، بز، غاز یا دیگر) برای حفظ رشد پایین باشد. دفعات آن بستگی به عوامل محلی، از جمله خاک، آب و هوا و پوشش گیاهی محلی دارد. اگر چمن‌زنی برای کنترل پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، مهم این است که تمام چمن و سایر پوشش‌های گیاهی پس از قطع، جمع-آوری شده و نباید در محل سایت انباشته شوند.

۸-۵-۵-۳ پوشش گیاهی سبز تازه به طور معمول تا ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر قابل قبول است و بستگی به ارتفاع پایین‌ترین پنل و قفسه آن دارد. پوشش گیاهی نفوذی و یا سایر مواد خارجی در زیر ماژول‌ها باید به طور منظم برداشته شوند.