



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۲۴۹۱

چاپ اول

۱۳۹۶

INSO

22491

1st Edition

2017

مدول‌ها و پنل‌های فتوولتائیک

صفحه تخت

**Flat-Plate Photovoltaic
Modules and Panels**

ICS: 27.160

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد 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.

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، 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 مقررات 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)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 استاندارد 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 واسنجی (کالیبراسیون) 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، 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
«مدول ها و پنل های فتوولتائیک صفحه تخت»

رئیس:

احمدی زاده، عبدالامیر
(کارشناسی مهندسی برق)

دبیر:

شاهنواز، محمدرضا
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

سمت و / یا محل اشتغال:

رئیس گروه طرح های پیک سایی و گسترش
خدمات نوین - شرکت توانیر

رئیس گروه تدوین استاندارد - سازمان
انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق
(ساتبا)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اعظمی، نسترن
(کارشناسی مهندسی شیمی)

کارشناس انرژی تجدید پذیر - شرکت
کومینز یدک

جزینی، محسن
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

کارشناس طرح برق روستایی کشور - شرکت
توانیر

جزینی، محمد
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

کارشناس ارشد مصارف عمده دفتر برنامه
ریزی فنی و برآورد بار - شرکت برق
منطقه ای تهران

جزینی، مهدی
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

مسئول الویتهای تحقیقاتی و استاندارد -
شرکت برق منطقه ای تهران

جعفر کاظمی، فرزاد
(دکترای مهندسی مکانیک)

مدیر عامل - شرکت مهرتاب انرژی

خلیل لو، امیر حسین
(کارشناسی مدیریت صنعتی)

کارشناس طرح برق روستایی کشور - شرکت
توانیر

دریاباری، سید حامد
(کارشناسی ارشد مهندسی MBA)

مدیر عامل - شرکت کومینز یدک

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سمت و/ یا محل اشتغال:

شیخ کانلوی میلان، قادر (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	کارشناس ارشد برق - شرکت مهندسین مشاور توسعه صنعت برق
عارضی، فاطمه (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	هماهنگ کننده واحد R&D - صنایع الکترونیک فاران
عبداللهی، ربابه (کارشناسی مهندسی برق)	کارشناس - سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)
قادری، بیژن (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	مدیرعامل - شرکت سولار ذکا نیرو
قربانی، عبدالحمید (کارشناسی مهندسی برق)	کارشناس طرح برق روستایی کشور - شرکت توانیر
محمد صالحیان پیرمرد، عباس (کارشناسی مهندسی مکانیک)	مجری طرح زیست توده - سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)
مرتضوی نیر، سید احمد (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	مدیر تحقیق و توسعه - شرکت ویما
منشی پور، سمیرا (کارشناسی مهندسی برق)	رئیس گروه مطالعات و ارزیابی فناوری‌های خورشیدی - انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)
نیوشا، علی (دکتری مهندسی سازه)	مدیر کنترل کیفیت پروژه‌ها - شرکت کیسون
همایون فال، امید (کارشناسی مهندسی مکانیک)	کارشناس استاندارد و توسعه فناوری - شرکت توانیر
همدانی، بنفشه (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	کارشناس پژوهش - پژوهشگاه نیرو

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

هوشمند خوی، علی
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

ویراستار:

ایازی، جمیله
(کارشناسی مهندسی الکترونیک)

سمت و/ یا محل اشتغال:

کارشناس فنی - پژوهشگاه نیرو

رئیس گروه نظارت بر اجرای استاندارد برق و
مهندسی برق و مهندسی پزشکی - سازمان
ملی استاندارد

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ی	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصطلاحات و تعاریف
۷	۴ اجزاء
۷	۵ واحدهای اندازه‌گیری
۷	۶ کلیات
۸	۷ مواد پلیمری
۱۰	۸ قطعات حامل جریان و سیم‌کشی داخلی
۱۱	۹ مسیر عبور سیم‌ها
۱۱	۱۰ ابزار اتصال
۱۳	۱۱ همبندی و زمین‌کردن
۱۴	۱۲ فاصله‌ها
۱۶	۱۳ محفظه‌های سیم‌کشی
۱۶	۱-۱۳ کلیات
۱۷	۲-۱۳ محفظه‌های سیم‌کشی فلزی
۱۸	۳-۱۳ محفظه‌های سیم‌کشی غیرفلزی
۱۸	۱۴ مقاومت در برابر خوردگی
۲۰	۱۵ دسترس پذیری قطعات برق دار عایق نشده
۲۲	۱۶ مقاومت در برابر آتش
۲۲	۱۷ صفحه رویی مدول یا پنل
۲۲	۱۸ کلیات
۲۶	۱۹ آزمون دما
۳۰	۲۰ آزمون اندازه‌گیری ولتاژ، جریان و توان
۳۰	۲۱ آزمون جریان نشتی
۳۱	۲۲ آزمون کاهنده کشش
۳۲	۲۳ آزمون فشار

صفحه	عنوان
۳۲	۲۴ آزمون برش
۳۵	۲۵ آزمون مقاومت مسیر همبندی
۳۵	۲۶ آزمون تحمل ولتاژ دی الکتریک
۳۶	۲۷ آزمون مقاومت عایق خیس
۳۶	۲۸ آزمون اضافه بار جریان معکوس
۳۷	۲۹ آزمون گشتاور پایانه
۳۸	۳۰ آزمون ضربه
۳۸	۳۱ آزمون آتش
۳۸	۱-۳۱ آزمون گسترش شعله
۳۹	۲-۳۱ آزمون داغ زنی
۳۹	۳۲ شرایط عمومی آزمون‌های بند ۳۱
۴۰	۳۳ آزمون پاشش آب
۴۳	۳۴ آزمون پیرسازی تسریع شده
۴۴	۳۵ آزمون چرخه دمایی
۴۶	۳۶ آزمون رطوبت
۴۸	۳۷ آزمون محیط خورنده
۴۸	۱-۳۷ آزمون پاشش نمک
۵۰	۲-۳۷ کربن دی اکسید / سولفور دی اکسید مرطوب
۵۱	۳۸ آزمون ضخامت پوشش فلزی
۵۳	۳۹ آزمون تحمل نقطه داغ
۵۳	۱-۳۹ کلیات
۵۳	۲-۳۹ انتخاب سلول و ادوات ابزار دقیق
۵۴	۳-۳۹ روش مداخله‌ای
۵۵	۴-۳۹ روش غیرمداخله‌ای
۵۵	۵-۳۹ تئوری و روش انتخاب سلول
۵۷	۶-۳۹ انتخاب میزان گرم شدن در آزمون نقطه داغ
۵۸	۷-۳۹ سلول‌های نوع A (مقاومت موازی بالا)
۵۸	۸-۳۹ سلول‌های نوع B (مقاومت موازی پایین)

صفحه	عنوان
۵۸	۹-۳۹ انجام آزمون
۶۰	۴۰ آزمون جرقه زنی
۶۰	۱-۴۰ کلیات
۶۱	۲-۴۰ روش A
۶۱	۳-۴۰ روش B
۶۱	۴-۴۰ روش A و B
۶۱	۵-۴۰ روش C
۶۲	۶-۴۰ همه ی روش ها
۶۲	۴۱ آزمون بارگذاری مکانیکی
۶۴	۴۲ آزمون استحکام محفظه سیم کشی
۶۴	۴۳ آزمون ولتاژ تحمل دی الکتریک کارخانه ای
۶۵	۴۴ آزمون اندازه گیری های ولتاژ، جریان و توان کارخانه ای
۶۵	۴۵ آزمون پیوستگی زمین
۶۶	۴۶ جزئیات
۶۶	۴۷ جزئیات
۶۸	۴۸ دستورالعمل های نصب و مونتاژ
۷۰	پیوست الف (الزامی) آزمون های نمونه ای خط تولید
۷۱	پیوست ب (الزامی) استانداردها برای اجزاء

پیش گفتار

استاندارد "مدول‌ها و پنل‌های فتوولتائیک صفحه تخت" که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین المللی / منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ تهیه و تدوین شده در نود و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد انرژی مورخ ۱۳۹۶/۱۱/۰۱ تصویب شد. اینک این استاندارد 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.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه 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، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد. منبع و مأخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

UL 1703: 2004, Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels

مدول‌ها و پنل‌های فتوولتائیک صفحه تخت

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزاماتی برای مدول‌ها و پنل‌های فتوولتائیک صفحه تخت است که روی ساختمان (جزء تشکیل دهنده ساختمان نمی‌باشد) یا به صورت یکپارچه با آن (جزء تشکیل دهنده ساختمان می‌باشد) و یا خود ایستا^۱ (به این معنی که به ساختمان متصل نیستند) نصب می‌شوند. این استاندارد، مدول‌ها و پنل‌هایی را پوشش می‌دهد که برای استفاده در سامانه‌هایی با بیشینه ولتاژ $V 1000$ یا کمتر در نظر گرفته شده‌اند. این استاندارد همچنین قطعات موردنیاز برای اتصالات الکتریکی به مدول‌ها و پنل‌های فتوولتائیک صفحه تخت و وسایل نصب آنها را دربر می‌گیرد.

این استاندارد موارد زیر را پوشش نمی‌دهد:

- الف- تجهیزات موردنظر برای دریافت توان الکتریکی خروجی آرایه، مانند واحدهای پردازشگر توان (اینورترها) و باتری‌ها؛
- ب- هرگونه دستگاه ردیاب؛
- پ- مجموعه سلول‌هایی که برای بهره‌برداری تحت نور متمرکز خورشید به کار می‌روند؛
- ت- متمرکزکننده‌های اپتیکی؛
- ث- مدول‌ها یا پنل‌های ترکیبی فتوولتائیک - حرارتی.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند. در صورتی که 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 ANSI Z97.1, Safety Glazing Materials Used in Buildings - Safety Performance Specifications and Methods of Test
- 2-2 ASTM E28, Standard Test Methods for Softening Point of Resins Derived from Pine Chemicals and Hydrocarbons, by Ring-and-Ball Apparatus
- 2-3 ASTM A90/A90M, Standard Test Method for Weight [Mass] of Coating on Iron and Steel

- Articles with Zinc or Zinc-Alloy Coatings
- 2-4 ASTM G159-1998, Standard Tables for Terrestrial Solar Spectral Irradiance at Air Mass 1.5 for 37 Degree Tilted Surface
- 2-5 ASTM E162, Standard Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source
- 2-6 ASTM D395-01, Standard Test Methods for Rubber Property—Compression Set
- 2-7 ASTM A653/A653M, Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process
- 2-8 ASTM E927-91, Standard Specifications for Solar Simulation for Terrestrial Photovoltaic Testing
- یادآوری— استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۴۶۰: سال ۱۳۹۲، مشخصات شبیه ساز خورشیدی برای آزمون فتوولتاییک، بر مبنای استاندارد ASTM E927-2010 تدوین شده است.
- 2-9 ASTM E1036-96, Standard Methods of Testing Electrical Performance of Nonconcentrator Terrestrial Photovoltaic Modules and Arrays Using Reference Cells
- یادآوری— استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۸۹: سال ۱۳۸۴، عملکرد الکتریکی مدول ها و آرایه های فتوولتاییک زمینی غیرمتمرکز با استفاده از سلولهای مرجع - روش آزمون، بر مبنای استاندارد ASTM E1036: 2002 تدوین شده است.
- 2-10 IEC 891, Procedures for Temperature Irradiance Corrections to Measured I-V Characteristics of Crystalline Silicon Photovoltaic Devices
- یادآوری— استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۲۰۵: سال ۱۳۹۲، افزارهای فتوولتاییک - رویه های تصحیح دما و تابش به مشخصه های I-V اندازه گیری شده، بر مبنای استاندارد IEC 60891: 2009 تدوین شده است.
- 2-11 IEC 904-1, Photovoltaic Devices, Part 1: Measurement of Photovoltaic Current-Voltage Characteristics
- یادآوری— استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۱۱۵-۱: سال ۱۳۹۲، افزارهای فتوولتاییک - قسمت ۱: اندازه گیری مشخصه های جریان-ولتاژ فتوولتاییک، بر مبنای استاندارد IEC 60904-1: 2006 تدوین شده است.
- 2-12 IEC 904-3, Photovoltaic Devices, Part 3: Measurement Principles for Terrestrial Photovoltaic (PV) Solar Devices With Reference Spectral Irradiance Data
- یادآوری— استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۱۱۵-۳: سال ۱۳۹۲، افزارهای فتوولتاییک - قسمت ۳: اصول اندازه گیری برای افزارهای خورشیدی فتوولتاییک (PV) زمینی با داده های تابش طیفی مرجع، بر مبنای استاندارد IEC 60904-3: 2008 تدوین شده است.
- 2-13 NFPA 70, National Electrical Code (NEC)
- 2-14 UL 44, Thermoset-Insulated Wires and Cables
- 2-15 UL 83, Thermoplastic-Insulated Wires and Cables
- 2-16 UL 94, Standard for Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances
- 2-17 UL 224, Extruded Insulating Tubing
- 2-18 UL 310, Electrical Quick-Connect Terminals
- 2-19 UL 486A, Wire Connectors and Soldering Lugs for Use with Copper Conductors
- 2-20 UL 486B, Wire Connectors for Use with Aluminum Conductors
- 2-21 UL 512, Fuseholders
- 2-22 UL 514A, Metallic Outlet Boxes
- 2-23 UL 514C, onmetallic Outlet Boxes, Flush-Device Boxes, and Covers

- 2-24 UL 746A, Polymeric Materials – Short Term Property Evaluations
- 2-25 UL 746B, Polymeric Materials – Long Term Property Evaluations
- 2-26 UL 746C, Polymeric Materials - Use in Electrical Equipment Evaluations
- 2-27 UL 746D, Polymeric Materials - Fabricated Parts
- 2-28 UL 790, Standard Test Methods for Fire Tests of Roof Coverings
- 2-29 UL 796, Printed-Wiring Boards
- 2-30 UL 969, Marking and Labeling Systems
- 2-31 UL 1439, Tests for Sharpness of Edges on Equipment
- 2-33 UL 1446, Systems of Insulating Materials – General
- 2-34 UL 1977, Component Connectors for Use in Data, Signal, Control and Power Applications

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات با تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

جرم هوا (AM)

Air Mass (AM)

کمیتی بدون بُعد، که عبارت است از نسبت طول مسیر واقعی تابش از اتمسفر به طول مسیر عمودی تابش از اتمسفر به سطح دریا. جرم هوا در سطح دریا، به ازای تمام زوایای خط الراس^۱ (θ_z) (زاویه تشکیل شده توسط سمت الراس و خط دید خورشید)، به جز زوایای بسیار بزرگ برابر است با^۲:

$$AM = \sec(\theta_z)$$

۲-۳

آرایه

array

مجموعه‌ای به صورت مکانیکی یکپارچه که از مدول‌ها یا پنل‌ها، فونداسیون و سازه‌ی نگهدارنده، ردیاب، کنترل‌کننده دما و سایر اجزا (در صورت استفاده) ساخته شده و واحد تولید توان d.c. را تشکیل می‌دهند.

۳-۳

دیود مسدود کننده

blocking diode

1- Zenith angle

2- $\sec(\theta) = 1/\cos(\theta)$

دیود استفاده شده برای مسدود کردن جریان معکوس به داخل مدار منبع فتوولتائیک.

۴-۳

دیود کنارگذر

bypass diode

دیود متصل شده به موازات یک یا چند سلول، مدول یا پنل در جهت جریان مستقیم، برای فراهم کردن امکان عبور جریان از مسیر کنارگذر این سلول‌ها، مدول‌ها یا پنل‌ها.

۵-۳

سلول

cell

المان پایه فتوولتائیک که وقتی در معرض نور خورشید قرار می‌گیرد، الکتریسیته تولید می‌کند.

۶-۳

شوک الکتریکی

electric shock

خطر شوک الکتریکی جایی وجود خواهد داشت که اختلاف پتانسیل بین یک قطعه و زمین یا با هر قطعه در دسترس دیگری، بیشتر از ۳۰ V d.c. بوده و جریان نشتی از مقادیر مشخص شده در جدول ۶ بیشتر باشد.

۷-۳

عایق کپسولی

encapsulant

مواد عایق کننده شفاف که سلول‌ها و اتصالات داخلی سلول را احاطه می‌کنند.

۸-۳

اتصال داخلی

interconnect

هادی درون مدول که مسیر هدایت الکتریسیته بین سلول‌ها را فراهم می‌کند.

۹-۳

بیشینه توان (P_{max})

maximum power

در شرایط آزمون استاندارد^۱ (STC)، نقطه‌ای روی منحنی جریان - ولتاژ (I-V) مدول، که حاصل ضرب جریان و ولتاژ بیشینه است.

۱۰-۳

بیشینه ولتاژ سامانه

maximum system voltage

مجموع بیشینه‌ی ولتاژهای مدار باز از بیشینه تعداد مدول‌ها یا پنل‌ها که بصورت سری در سامانه به یکدیگر متصل شده‌اند.

۱۱-۳

فلز پوشانی

metallization

پوشش فلزی رسانای الکتریکی روی سطح سلول.

۱۲-۳

مدول (صفحه تخت)

module (flat-plate)

کوچکترین مجموعه سلول‌های خورشیدی مسطح و اجزای وابسته آنها مانند اتصالات داخلی و پایانه‌ها که در برابر عوامل محیطی حفاظت شده‌اند و برای تولید توان d.c. تحت نور غیرمتمرکز خورشید استفاده می‌شوند. بخش سازه مدول (حامل بار مکانیکی) می‌تواند لایه‌ی بالایی (لایه رویی) یا لایه‌ی پشتی (لایه زیرین) باشد که در آن:

الف- لایه رویی ماده‌ای شفاف است که سطح بیرونی بالای مدول (رو به نور) را تشکیل می‌دهد. اگر سطح باربر باشد، لایه رویی، سازه‌ای محسوب می‌شود.

ب- لایه زیرین ماده‌ای است که سطح بیرونی پشت مدول را تشکیل می‌دهد. اگر سطح باربر باشد، لایه زیرین، سازه‌ای محسوب می‌شود.

۱۳-۳

دمای نامی سلول در بهره‌برداری (NOCT)

nominal operating cell temperature (NOCT)

دمای تعادلی اتصال سلول مطابق با شرایط بهره‌برداری نامی مدول در محیط مرجع با شدت تابش 80 mW/cm^2 ، دمای محیط 20°C ، سرعت باد روی سطح مدول 1 m/s ، که از نظر الکتریکی مدار باز بوده و مطابق با زیربندهای ۱۹-۶ و ۱۹-۷ نصب شده است.

۱۴-۳

پنل (صفحه تخت)

panel (flat-plate)

مجموعه‌ای از مدول‌ها که به طور مکانیکی به هم متصل و سیم‌کشی شده‌اند و برای تشکیل واحدی قابل نصب در محل، طراحی شده‌اند.

۱۵-۳

ولتاژ اسمی بهره‌برداری

rated operating voltage

ولتاژی با تolerانس $\pm 10\%$ ، که در آن بیشینه توان از مدول یا پنل تحت شرایط STC قابل دستیابی است.

۱۶-۳

جریان معکوس

reverse current

جریان الکتریکی عبوری در جهت عکس جریان عادی که از تابش عادی روی مدول PV، شارش پیدا می‌کند.

۱۷-۳

شرایط آزمون استاندارد (STC)

standard test conditions (STC)

شرایط آزمون شامل:

الف- شدت تابش 1000 mW/cm^2 ،

ب- جرم هوا برابر $1/5$ ،

پ- دمای سلول 25°C .

۱۸-۳

نمونه‌ها یا مدول‌های مطلق (بدون پیش آماده‌سازی)

unconditioned modules or specimens

نمونه‌ها یا مدول‌هایی که قبلاً تحت آزمون‌ها یا در معرض شرایط محیطی یا پیش‌آماده سازی قرار نگرفته‌اند.

۴ اجزاء

۴-۱ به غیر از مواردی که در زیربند ۴-۲ آورده شده است، یک جزء محصول تحت پوشش این استاندارد باید با الزامات برای آن جزء مطابقت داشته باشد. در پیوست ب فهرستی از استانداردهایی ارائه شده است که در برگیرنده اجزای متشکله محصولاتی هستند که توسط این استاندارد پوشش داده شده‌اند.

۴-۲ نیازی نیست یک جزء با الزامی خاص مطابقت داشته باشد که:

الف- این الزام خاص، دارای ویژگی یا مشخصه‌ای باشد که در کاربرد این جزء در محصولات تحت پوشش این استاندارد، موردنیاز نباشد،

ب- الزام دیگری در این استاندارد جایگزین آن الزام خاص شده باشد.

۴-۳ یک جزء باید در شرایط کاری که مطابق با مقدار مجاز تعیین شده است، استفاده شود.

۴-۴ اجزاء خاصی هستند که به لحاظ ویژگی‌های ساخت یا محدودیت در قابلیت‌های عملکردی به عنوان اجزای غیرکامل شناخته می‌شوند. این اجزاء، فقط برای بکارگیری تحت شرایط محدودی از قبیل دماهای معینی که از حدود خاصی فراتر نمی‌روند، در نظر گرفته می‌شوند و باید فقط تحت آن شرایط خاصی که برای آنها تعیین شده است، استفاده شوند.

۵ واحدهای اندازه‌گیری

در این استاندارد از سیستم بین المللی یکاها (SI) استفاده می‌شود.

ساختار

۶ کلیات

۶-۱ مدول هنگام حمل از کارخانه باید کاملاً مونتاژ شده باشد. پنل می‌تواند هنگام حمل از کارخانه به صورت کاملاً مونتاژ شده یا به صورت زیرمونتاژها^۱ (قطعات قابل مونتاژ نهایی در محل) ارائه شوند به شرطی که مونتاژ پنل مستلزم هیچ‌گونه عملیاتی نباشد که باعث تاثیر احتمالی بر انطباق با این استاندارد گردد.

استثنا: یک جزء قابل الحاق لازم نیست در کارخانه به مدول متصل شود.

۶-۲ پیچ، مهره یا دیگر اجزایی که برای مونتاژ مدول یا پنل در نظر گرفته شده‌اند، نباید برای محکم کردن کل وسیله به سطح یا قاب نگه‌دارنده استفاده شوند.

۶-۳ ترکیب مدول یا پنل در مونتاژ نهایی، نباید نیاز به هیچ تغییری در مدول یا پنل داشته باشد مگر اینکه جزئیات خاص توصیف‌کننده‌ی اصلاح (اصلاحات) ضروری برای روش نصب جایگزین، در دستورالعمل‌های نصب ارائه شده باشد. اگر مدول یا پنلی، برای نصب و بهره‌برداری آرایه‌ی مورد نظر (برای مثال، اجازه دادن به

اتصال‌دهنده‌ها برای جفت شدن) باید ارتباط مشخصی با دیگری داشته باشد، باید طوری ساخته شود که به آن اجازه داده شود تا اتصال آن به آرایه، با ارتباطی صحیح و بدون نیاز به تغییرات باشد.

۴-۶ ساخت محصول باید طوری باشد که در مدت نصب آن نیازی به تغییر دادن یا برداشتن هیچ پوشش، تیغه، عایق یا حفاظی نباشد، این اجزاء برای کاهش احتمال بروز موارد زیر لازم هستند:

الف- دمای بیش از اندازه،

ب- تماس غیرعمدی با قسمتی که ممکن است دارای خطر شوک الکتریکی باشد.

استثنا: پوشش محفظه سیم‌کشی که دسترسی به وسایل اتصال را که ممکن است دارای خطر شوک الکتریکی باشد، فراهم می‌کند، می‌تواند به منظور انجام اتصالات الکتریکی، قابل جداکردن باشد.

۵-۶ باید از شل شدن و چرخش قطعاتی که بتواند منجر به خطر آتش‌سوزی، شوک الکتریکی یا آسیب به اشخاص شود، جلوگیری شود.

۶-۶ اصطکاک بین سطوح به عنوان تنها عامل جلوگیری از چرخیدن یا شل شدن یک قطعه قابل قبول نیست، اما واشر قفل‌کننده که به صورت صحیحی برای این منظور به کار رفته باشد، قابل قبول است.

۷-۶ چنانچه تغییر مکان قطعه سازه‌ای قابل تنظیم یا متحرک، بتواند منجر به خطر احتمالی آتش‌سوزی، شوک الکتریکی یا آسیب به اشخاص شود، باید به قفل‌کننده‌ای به منظور کاهش احتمال تغییر مکان غیرعمدی مجهز شود.

۸-۶ فلزات استفاده شده در مکان‌هایی که ممکن است خیس یا مرطوب باشند، نباید در ترکیب با فلزات دیگری استفاده شوند که بتواند منجر به خرابی فلز شده و محصول با الزامات این استاندارد مطابقت نکند.

۹-۶ لبه‌ها، برآمدگی‌ها و گوشه‌های مدول‌ها و پنل‌های فتوولتائیک باید طوری باشند که خطر آسیب به اشخاص را کاهش دهند.

۱۰-۶ هرگاه لازم باشد اندازه‌گیری مرجع تعیین کند که یک جزء، همان‌طوریکه در زیربند ۹-۶ اشاره شده است، به اندازه‌ی کافی تیز نیست که به اشخاص آسیب بزند، باید از روش توضیح داده شده در الزامات مندرج در استاندارد UL 1439، استفاده گردد.

۷ مواد پلیمری

۱-۷ سامانه‌ی مواد پلیمری که به عنوان غلاف قطعه استفاده می‌شود و دارای خطر آتش‌سوزی یا شوک الکتریکی است باید با الزامات کاربردی استاندارد UL 746C درباره موارد زیر مطابقت داشته باشد:

الف- قابلیت اشتعال،

ب- قرار گرفتن در معرض تابش نور فرابنفش،

پ- قرار گرفتن در معرض آب و غوطه‌وری آن،

ت- اشتعال ناشی از داغ شدن سیم (HWI)^۱.

استثنا: آزمون‌های اشتعال‌پذیری تعیین‌شده در استاندارد UL 746C، در مورد لایه رویی، عایق کپسولی و لایه زیرین کاربرد ندارد. این مواد باید با الزامات زیربند ۴-۷ مطابقت داشته باشند.

۲-۷ سامانه‌ی ماده پلیمری که به عنوان نگهدارنده یا عایق قطعه‌ی دارای خطر آتش سوزی یا شوک الکتریکی بکار می‌رود، باید:

الف- دارای رده‌بندی قابلیت اشتعال HB، V-2، V-1 یا V-0 که بر طبق آزمون‌های تشریح شده در استاندارد UL 94 تعیین شده است، باشد.

ب- دارای رده سطح عملکردی (PLC)^۲ کمینه جرقه قوس جریان بالا (HAI)^۳ مطابق مقادیر زیر باشد:

رده‌بندی قابلیت اشتعال	جرقه قوس جریان بالا، PLC
HB	۱
V-2	۲
V-1	۲
V-0	۳

پ- وقتی مقدار مجاز ولتاژ سامانه ۶۰۰V یا کمتر باشد، همان‌طوریکه در استاندارد UL 746A تعیین شده است، دارای رده سطح عملکردی (PLC) با شاخص مقایسه‌ای نشت جریان برق در عایق برابر با ۲ یا رده‌ای بهتر می‌باشد.

ت- هنگامی که مقدار مجاز ولتاژ سامانه در بازه‌ی ۶۰۱V تا ۱۰۰۰V است، دارای مقدار مجاز نشت جریان مایل در صفحه (ASTM D2303) با اعمال ولتاژ ۲/۵ کیلوولت با مدت زمان اعمال یک ساعت می‌باشد.

ث- هنگامیکه محصول در مدت بهره‌برداری عادی در معرض نور قرار می‌گیرد، با الزامات قرار گیری در معرض تابش نور فرابنفش که در استاندارد UL 746C تعیین شده است، مطابقت دارد. مواد پلیمری که در معرض نور خورشید هستند و توسط شیشه یا ماده شفاف دیگری محافظت می‌شوند، باید همراه با لایه‌ای معادل آن ماده که در مدت آزمون، نور فرابنفشی که در معرض آن قرار می‌گیرد را تضعیف می‌کند، آزمون شود.

استثنا: لازم نیست که مواد عایق کپسولی بین لایه زیرین و لایه رویی، با این الزامات مطابقت نماید.

۳-۷ لایه زیرین یا لایه رویی پلیمری، باید دارای شاخص حرارتی الکتریکی و مکانیکی مطابق با استاندارد UL 746B بوده که این شاخص نباید کمتر از ۹۰°C باشد. همچنین، شاخص حرارتی نباید کمتر از ۲۰°C بالاتر

1- Hot-wire ignition

2- Performance level category

3- High-current arc ignition

از دمای بهره‌برداری اندازه‌گیری شده‌ی ماده باشد. شاخص حرارتی (الکتریکی و مکانیکی) دیگر مواد پلیمری، باید 20°C بالاتر از دمای بهره‌برداری اندازه‌گیری شده باشند. دمای بهره‌برداری اندازه‌گیری شده، بزرگترین مقدار بین دمای اندازه‌گیری شده در حالت مدار باز برای آزمون دما، (بخش ۱۹) یا دما در حالت اتصال کوتاه است.

۴-۷ ماده‌ی پلیمری که به عنوان غلاف بیرونی مدول یا پنل بکار برده می‌شود که:

الف- برای نصب در سامانه‌ی چند مدولی یا چند پنلی در نظر گرفته شده است؛

ب- دارای سطح در معرض بزرگتر از 0.93 m^2 یا تک بُعد بزرگتر از 1.83 m است.

باید دارای شاخص گسترش شعله برابر با ۱۰۰ یا کمتر، همانطوریکه در استاندارد ASTM E162-2001 تعیین شده است، باشد.

استثنا شماره ۱: ماده‌ای که به عنوان غلاف بیرونی پوشش یا جعبه‌ی مورد استفاده برای اتصالات الکتریکی بکار برده می‌شود، لازم نیست دارای شاخصی برابر با ۱۰۰ یا کمتر باشد.

استثنا شماره ۲: ماده‌ای که به عنوان غلاف بیرونی مدول یا پنل بکار می‌رود، باید مطابق با زیربند ۱۶-۱ باشد و مفاد این الزام را برآورده سازد.

۵-۷ مانع یا بوش^۱ از جنس مواد عایق پلیمری که تنها عایق بین قطعه برق‌دار و قطعه فلزی در دسترس یا بین قطعات برق‌دار عایق نشده که دارای پتانسیل یکسان نمی‌باشند، را فراهم می‌کند، باید به اندازه کافی ضخیم و متشکل از ماده‌ای مناسب برای این کاربرد باشد. مانع یا بوش باید در جای خود نگه داشته شود و نباید به اندازه‌ای متاثر شود که خواص موردنیاز آن به پایین‌تر از مقادیر کمینه مورد قبول برای کاربرد آن، افت نماید.

۸ قطعات حامل جریان و سیم‌کشی داخلی

۸-۱ قطعات حامل جریان و سیم‌کشی باید استحکام مکانیکی و ظرفیت عبور جریان لازم برای کاربرد موردنظر را داشته باشند.

۸-۲ قطعه حامل جریان باید از نقره، آلیاژی بر پایه مس، فولاد ضد زنگ، آلومینیوم یا سایر مواد مناسب برای کاربرد باشد.

۸-۳ با توجه به دما، ولتاژ و شرایط کاربرد که سیم‌کشی داخل تجهیزات احتمالاً تحت شرایط مذکور قرار می‌گیرد، سیم‌کشی داخل مدول یا پنل باید بنحوی عایق‌بندی شود که برای اهداف مورد نظر قابل قبول باشد.

۸-۴ مفصل یا قطعه اتصال‌دهنده^۲ باید دارای عایق بندی معادل یا عایق‌بندی مورد استفاده برای سیم‌ها باشد.

1- Barrier or liner

2- Splice

۸-۵ اتصال باید از نظر مکانیکی محکم بوده و بدون فشار روی اتصالات و پایانه‌ها، تماس الکتریکی را فراهم کند. اتصالات لحیم‌کاری‌شده بین اتصالات داخلی و فلزپوشانی‌ها وقتی از نظر مکانیکی محکم هستند که با سیستم‌های عایق پوششی نگه‌داشته شوند.

۸-۶ قسمت برق‌دار عایق نشده، شامل یک پایانه، باید با روشی غیر از اصطکاک بین سطوح به سطح نگهدارنده‌اش محکم شود، به طوری که از چرخش و جابجایی که چنین حرکتی بتواند منجر به کاهش فواصل کمتر از مقادیر لازم در جداول ۲ و ۳ شود، جلوگیری گردد.

۸-۷ به منظور جلوگیری از انتقال تنش به اتصالات داخلی مدول یا پنل، باید کاهنده‌ی کشش^۱ برای سرسیم در محل نصب در نظر گرفته شود، یا از روش دیگری مانند کابل انعطاف‌پذیر استفاده شود.

۸-۸ سیم‌کشی مدول یا پنل باید به گونه‌ای جاسازی شود که بعد از نصب محصول با شیوه‌ی مورد نظر، در معرض اثرات مخرب نور مستقیم خورشید قرار نگیرد.

استثنا: سیم‌کشی که در برابر نور خورشید مقاوم است، لازم نیست اینگونه جاسازی شود.

۹ مسیر عبور سیم‌ها^۲

۹-۱ محفظه عبور سیم باید صاف و عاری از لبه‌های تیز، زائده‌ها یا موارد مشابه که می‌تواند به عایق یا هادی‌ها آسیب بزند، باشد.

۱۰ ابزار اتصال

۱۰-۱ در زیربندهای ۱۰-۲ تا ۱۰-۱۰، روش‌های اتصال برای سیم‌کشی نصب در محل تعیین شده است. روش‌های اتصال می‌تواند در داخل محفظه سیم‌کشی، اتصال دهنده‌هایی خارج از محفظه سیم‌کشی یا روش‌های قابل قبول دیگری برای کاربرد موردنظر باشد.

۱۰-۲ مدول یا پنل باید قادر به انطباق با حداقل یکی از سامانه‌های سیم‌کشی قابل قبول توصیف شده در استانداردهای ملی (در اولویت اول در صورت وجود) یا NFPA 70 باشد.

۱۰-۳ مدول یا پنل باید همراه با پایانه‌های سیم‌کشی، اتصال‌دهنده‌ها یا سرهای اتصال برای تطبیق هادی‌های حامل جریان بار، فراهم شود.

۱۰-۴ اتصال برای مدول یا پنل باید طوری جاسازی شود که بعد از نصب محصول با شیوه‌ی مورد نظر، در معرض اثرات مخرب نور مستقیم خورشید قرار نگیرد.

استثنا: اتصالاتی که در برابر نور خورشید مقاوم هستند، لازم نیست اینگونه جاسازی شوند.

1- Strain relief

2- Wireways

۱۰-۵ سرسیمی که در نظر است در سایت به هادی مدار متصل شود، اندازه آن نباید کوچکتر از 0.82 mm^2 و ضخامت عایق آن نباید کمتر از 0.8 mm باشد.

۱۰-۶ طول آزاد سرسیم برای اتصال در محل نصب باید حداقل 152 mm باشد.

۱۰-۷ سرپیچ بست سیمی^۱ یا پایانه‌ی نوع میله‌ای و مهره‌ای^۲ استفاده شده برای پایان‌دهی هادی‌هایی که سطح مقطع آنها بزرگتر از $5/3 \text{ mm}^2$ نیستند باید با موارد زیر مطابقت کند:

الف- پیچ یا میله رزوه‌دار باید از فلز غیر آهنی، فولاد ضد زنگ، یا فولاد پوشش‌دار مناسب برای کاربرد باشد. پیچ یا میله رزوه‌دار نباید بیشتر از ۳۲ رزوه بر اینچ داشته و وقتی برای پایان‌دهی سیم با سطح مقطع $5/3 \text{ mm}^2$ یا $3/3 \text{ mm}^2$ استفاده شود نباید از سطح مقطع $8/4 \text{ mm}^2$ کوچکتر باشد. وقتی برای پایان‌دهی سیم با سطح مقطع $2/1 \text{ mm}^2$ و کوچکتر استفاده شود نباید از سطح مقطع $13/3 \text{ mm}^2$ کوچکتر باشد. سرپیچ بست سیمی یا پایانه‌ی نوع میله‌ای و مهره‌ای باید همراه با گوشک‌های چرخیده شده به بالا، یک واشر فنجانی، یک مانع یا ابزار معادل دیگر برای نگه‌داشتن سیم در جای خود فراهم شود. سرپیچ بست سیمی استفاده شده برای پایان‌دهی سیم با سطح مقطع $3/3 \text{ mm}^2$ یا کوچکتر باید دارای حداقل قطر 7 mm بوده و سرپیچ استفاده شده برای پایان‌دهی سیم با سطح مقطع $5/3 \text{ mm}^2$ باید حداقل قطر $8/3 \text{ mm}$ را داشته باشد.

ب- صفحه ترمینال انشعاب دار باید:

۱- از فلز غیر آهنی باشد،

۲- حداقل دو رزوه کامل داشته باشد،

۳- برای پایان‌دهی سیم با سطح مقطع $5/3 \text{ mm}^2$ یا سیم با سطح مقطع $3/3 \text{ mm}^2$ ضخامت صفحه فلزی باید بیشتر یا مساوی $1/27 \text{ mm}$ و برای پایان‌دهی سیم با سطح مقطع $2/1 \text{ mm}^2$ صفحه فلزی باید با ضخامت بیشتر یا مساوی 0.76 mm باشد. فلز اکستروود نشده برای رزوه‌های پیچی که با اکستروود کردن یک سوراخ فراهم شده‌اند، باید ضخامتی بیشتر یا مساوی گام رزوه پیچ داشته باشد.

۱۰-۸ اتصال‌دهنده‌ی در نظر گرفته شده برای استفاده در سیم‌کشی خروجی مدول یا پنل، باید فقط مطابق با موارد زیر باشد:

الف- استاندارد UL 1977،

ب- آزمون چرخه‌ی دما، بند ۳۵، به استثنا آزمون استحکام^۳ محفظه سیم‌کشی و آزمون مقاومت عایق خیس که در ادامه آورده شده است،

1- Wire-binding screw

2- Stud- and nut-type terminal

3- Securement test

پ- آزمون رطوبت، بند ۳۶، به استثنای آزمون استحکام محفظه سیم کشی و آزمون مقاومت عایق خیس که در ادامه آورده شده است.

۹-۱۰ قطب‌های اتصال دهنده‌ی چندقطبی جداشدنی باید مشخص شوند. اگر دو یا چند اتصال دهنده‌ی جداشدنی به کار گرفته می‌شود، آنها باید طوری پیکربندی یا چیدمان شوند که اگر اتصالی نادرست است اتصال دهنده جفت شونده برای یکی، توسط دیگری مورد پذیرش قرار نگیرد و برعکس.

۱۰-۱۰ برای اتصال دهنده‌ای که دارای جزء زمین‌کننده است، جزء زمین‌کننده باید اولین جزئی باشد که با اتصال دهنده جفت‌شونده اتصال برقرار می‌کند و آخرین جزئی باشد که از اتصال دهنده جفت‌شونده قطع می‌شود.

۱۱ همبندی و زمین کردن

۱-۱۱ مدول یا پنل باید دارای تمهیداتی برای زمین کردن همه‌ی قطعات رسانای در دسترس باشد. تمهیدات زمین‌کننده باید با الزامات کاربردی ابزار اتصال، مندرج در بند ۱۰ مطابقت داشته باشد. تمهیدات زمین‌کننده باید به هر بخش رسانای مدول یا پنل که در مدت استفاده‌ی عادی در معرض تماس هستند، متصل شود. تمهیدات زمین‌کننده باید در کتاب راهنمای نصب به تفصیل شرح داده شود. به بند ۴۸ دستورالعمل‌های نصب و مونتاژ، مراجعه شود.

استثنا: وقتی تمهیدات زمین‌کننده، یک جزء نصب مدول یا پنل است که برای اتصال با یک جزء سازه‌ای آرایه‌ی در نظر گرفته شده است، لازم نیست که تمهیدات زمین‌کننده مدول یا پنل با الزامات وسایل اتصال دهنده بند ۴۸ مطابقت نماید.

۲-۱۱ اقدامات تعمیر و نگهداری معمول مدول یا پنل نباید منجر به شکستن یا اختلال در مسیر همبندی شود. پیچ، مهره یا جزء دیگری که به منظور همبندی در مدول یا پنل استفاده شده است نباید برای محکم کردن کل وسیله به سطح نگهدارنده یا قاب در نظر گرفته شود.

۳-۱۱ همبندی باید با ابزار ساده‌ای مانند گیره، پرچ کردن، اتصالات پیچ شده یا پیچ و مهره شده، جوش کاری، لحیم کاری (به زیربند ۱۱-۵ مراجعه شود) یا جوش برنجی انجام شود. اتصال همبندی باید در پوشش‌های غیررسانا مانند رنگ، یا لعاب شیشه‌ای نفوذ کند.

۴-۱۱ اتصال پیچ شده یا پیچ و مهره شده که از واشری ستاره‌ای در زیر کنگی پیچ یا کنگی دنداندار پیچ استفاده می‌کند، می‌تواند برای نفوذ کردن در پوشش‌های غیررسانا قابل قبول باشد. اگر وسایل همبندی وابسته به رزوه‌های پیچ باشد، باید دو پیچ یا بیشتر یا دو رزوه کامل از یک پیچ با فلز درگیر شوند.

۵-۱۱ همه‌ی اتصالات در مسیر همبندی، صرف نظر از نوع لحیم کاری، باید به صورت مکانیکی محکم شوند.

۱۱-۶ رسانا یا تسمه^۱ همبندی مجزا باید:

الف- از جنس مس، آلیاژ مس یا سایر مواد قابل قبول برای استفاده به عنوان هادی الکتریکی باشد؛

ب- از آسیب مکانیکی محافظت شود؛

پ- توسط یک بست جداسازی که برای اهدافی به غیر از همبندی استفاده شده است، محکم نشده باشد، مگر

اینکه احتمال جدا شدن هادی همبندی پس از جدا کردن و تعویض بست، غیرممکن باشد.

۱۱-۷ قطعه فلز آهنی در مسیر زمین باید در برابر خوردگی توسط پوشش‌های فلزی یا غیرفلزی مانند رنگ

کاری، گالوانیزه کردن یا آبکاری محافظت شوند. فولاد ضد زنگ، بدون پوشش اضافی، قابل قبول است.

۱۱-۸ لولای چند یاتاقانه‌ی سوزنی شکل فلز- به- فلز به عنوان وسیله قابل قبول برای همبندی در نظر گرفته

می‌شود.

۱۱-۹ پایانه‌ی مدول یا پنل (برای مثال، پیچ بست سیمی^۲، اتصال دهنده فشاری سیم یا میله مهره‌دار^۳) که برای

هادی زمین‌کننده تجهیزات در نظر گرفته شده است، باید با نشانه‌گذاری "G"، "GR"، "GROUND"،

"GROUNDING" یا شبیه آن مشخص شود، یا بخشی سبز رنگ داشته باشد. هیچ پایانه‌ی دیگری نباید با این

روش مشخص شود.

۱۱-۱۰ اگر نشانه‌گذاری برای مشخص کردن پایانه‌ی زمین‌کننده تجهیزات استفاده شده است، باید روی پایانه،

کنار پایانه و یا روی نقشه‌ی سیم‌کشی که کنار پایانه مدول یا پنل چسبانده می‌شود، قرار داده شود.

۱۱-۱۱ اگر پایانه‌ی زمین تجهیزات سبز رنگ باشد، باید در هنگام و پس از نصب هادی زمین‌کننده تجهیزات به

آسانی قابل رویت باشد و بخشی از پایانه که سبز است، نباید به آسانی از بخش باقیمانده‌ی پایانه قابل جدا کردن

باشد.

۱۱-۱۲ سطح سرسیم مدول یا پنل که برای اتصال هادی زمین‌کننده تجهیزات در نظر گرفته شده است، باید با

عایق سبز رنگ یا سبز با نوار (های) زرد رنگ مشخص شود. هیچ سرسیم دیگری نباید با این روش مشخص

شود.

۱۲ فاصله‌ها

۱۲-۱ فواصل بین قطعات برق‌دار بدون عایق با پتانسیل‌های مختلف و بین قطعه برق‌دار و قطعه فلزی در معرض

تماس، نباید از مقادیر مشخص شده در جداول ۱ و ۲ کمتر باشد.

1- Strap

2- Wire-binding

3- Nut-on-stud

استثنا: این الزامات فاصله‌گذاری در مورد فواصل ذاتی یک جزء کاربرد ندارد؛ این فواصل باید با الزامات جزء مورد بحث، مطابقت نماید.

جدول ۱- کمینه فاصله‌گذاری‌های قابل قبول در پایانه‌های سیم‌کشی

فاصله هوایی و از روی سطح	پتانسیل اعمال شده V
mm	
۶/۴	۰ تا ۵۰
۹/۵	۵۱ تا ۳۰۰
۱۲/۷	۳۰۱ تا ۶۰۰
۱۵/۹	۶۰۱ تا ۱۰۰۰

جدول ۲- کمینه فاصله‌گذاری‌های قابل قبول برای موقعیت‌هایی غیر از پایانه‌های سیم‌کشی

فاصله از روی سطح	فاصله هوایی	پتانسیل اعمال شده V
mm	mm	
۱/۶	۱/۶	۰ تا ۵۰
۶/۴	۳/۲	۵۱ تا ۳۰۰
۹/۵	۶/۴	۳۰۱ تا ۶۰۰
۱۲/۷	۹/۵	۶۰۱ تا ۱۰۰۰

۱۲-۲ فاصله‌ها در پایانه سیم‌کشی در محل، باید با و بدون سیم متصل شده به پایانه اندازه‌گیری شود. سیم همانطوریکه به صورت واقعی استفاده می‌شود، باید متصل شود. اگر پایانه به صورت مناسب سیم را در خود جای می‌دهد و اگر روی پایانه محدودیت استفاده از سائز سیم، علامت‌گذاری نشده باشد، سیم باید دارای سطح مقطع یک سائز بزرگتر از اندازه لازم باشد، در غیر اینصورت سطح مقطع سیم باید برابر با اندازه لازم باشد.

۱۲-۳ برای بررسی فواصل روی سطح، سطوح جدا شده با شکافی ۰/۳۳ mm یا کمتر، باید در تماس با یکدیگر در نظر گرفته شوند.

۱۲-۴ در جداول ۱ و ۲، پتانسیل اعمال شده، بیشینه ولتاژی است که می‌تواند بین قطعات در هنگام بهره‌برداری از مدول یا پنل وجود داشته باشد.

۱۲-۵ مانع یا بوش از جنس فیبر عایق الکتریکی که تنها عایق بین قطعه برق‌دار و قطعه فلزی در دسترس یا بین قطعات برق‌دار بدون عایق که دارای پتانسیل یکسان نمی‌باشند را فراهم می‌کند، نباید دارای ضخامت کمتر

از ۰/۷۱ mm باشد. مانع یا بوش باید به طور مطمئن در جای خود نگه داشته شود و نباید به اندازه‌ای متاثر شوند که خواص موردنیاز آنها به کمتر از مقادیر کمینه مورد قبول برای کاربرد آنها، افت نماید.

۱۳ محفظه‌های سیم‌کشی

۱-۱۳ کلیات

۱-۱-۱۳ محفظه سیم‌کشی باید با الزامات مشخص شده در زیربندهای ۱-۱-۱۳ تا ۱۳-۳-۴ مطابقت کند.
۱-۱-۱۳ حجم داخلی محفظه سیم‌کشی باید مطابق با جدول ۳ باشد. حجم برای هر هادی در نظر گرفته شده برای نصب، باید با لحاظ کردن هادی‌های جداناپذیر مدول یا پنل محاسبه شود. در فضای محاسبه شده برای کمینه حجم موردنیاز، هیچ یک از ابعاد محفظه نباید کمتر از ۱۹/۱ mm باشد. حجم داخلی باید با استفاده از آب تعیین شود، همانطوریکه در آزمون تأیید حجم مندرج در استاندارد UL 514 A، تعیین شده است.

جدول ۳- حجم موردنیاز برای هر هادی

فضای آزاد در محفظه برای هر رسانا cm ^۳	سطح مقطع هادی mm ^۲
۲۴/۶	۰/۸۲
۲۸/۷	۱/۳۱
۳۲/۸	۲/۰۸
۳۶/۹	۳/۳۱
۴۱	۵/۲۶
۴۹/۲	۸/۳۷
۸۲	۱۳/۳

۱-۱-۱۳ محفظه سیم‌کشی باید دارای تمهیداتی برای تطبیق با سامانه‌ی سیم‌کشی باشد که از مسیر سیم یا کابل استفاده می‌کند.

۱-۱-۱۳ وقتی مدول یا پنل از کارخانه حمل می‌شود محفظه سیم‌کشی نباید بیشتر از یک دهانه داشته باشد. سوراخ‌های نواربندی‌شده با رابط‌های پیچ شده و ورودی‌های باز نشده^۱ (که با شکستن یا پاره کردن قابل باز شدن می‌باشند) به عنوان دهانه در نظر گرفته نمی‌شوند.

۱۳-۱-۵ واشرها و آببندها نباید بیش از حد تعیین شده در پیرسازی تسریع شده، خراب شوند و نباید در جاهایی که ممکن است در مدت بهره‌برداری عادی در معرض خم شدن قرار گیرند، استفاده شوند. به آزمون بند ۳۲ پیرسازی تسریع شده، مراجعه شود.

۱۳-۱-۶ محفظه سیم‌کشی که توسط چسب به لایه زیرین محکم می‌شود باید با آزمون بند ۴۲ استحکام محفظه سیم‌کشی، مطابقت کند.

۱۳-۲ محفظه‌های سیم‌کشی فلزی

۱۳-۲-۱ محفظه سیم‌کشی از جنس ورقه فولاد، اگر بدون پوشش است باید ضخامت دیواره آن بیشتر یا مساوی ۱/۳۵ mm باشد یا اگر پوشش از جنس روی داشته باشد باید ضخامت دیواره بیشتر یا مساوی ۱/۴۲ mm باشد.

۱۳-۲-۲ محفظه سیم‌کشی از جنس ورق آلومینیوم باید ضخامت دیواره آن بیشتر یا مساوی ۱/۵۹ mm باشد.

۱۳-۲-۳ محفظه سیم‌کشی ریخته‌گری شده از جنس آهن، آلومینیوم، برنج یا برنز باید ضخامت دیواره آن بیشتر یا مساوی ۲/۴ mm باشد.

۱۳-۲-۴ هر سوراخ رزوه‌دار در محفظه سیم‌کشی فلزی که برای اتصال کاندوئیت فلزی انعطاف‌ناپذیر در نظر گرفته شده است، باید تقویت شود تا ضخامت فلز کمتر از ۶/۴ mm نباشد و باید ضخامت آن بتدریج کم شود مگر اینکه کاندوئیت با انتهای بسته^۱ تعبیه شده باشد.

۱۳-۲-۵ اگر رزوه‌هایی برای اتصال کاندوئیت، برای همه‌ی مسیرهای عبوری از میان یک سوراخ در دیواره‌ی محفظه نواربندی شده‌اند، یا اگر ساختمانی معادل استفاده می‌شود، نباید در فلز و ساختمان آن کمتر از ۳/۵ شیار و بیشتر از ۵ رزوه وجود داشته باشد و ساختمان باید طوری باشد که پوشینگ کاندوئیتی بتواند همانطوریکه مدنظر است به آن متصل شود.

۱۳-۲-۶ اگر رزوه‌های اتصال کاندوئیت، در همه‌ی مسیرهای عبوری از میان یک سوراخ در دیواره‌ی محفظه نواربندی نشده باشند، باید حداقل ۵ رزوه کامل در فلز وجود داشته باشد و برای هادی‌هایی که باید حفاظت رساناها را معادل با آنچه توسط پوشینگ کاندوئیتی استاندارد فراهم می‌شود، تأمین کنند، باید یک سوراخ صاف و با ورودی دایره‌ای شکل وجود داشته باشد. قطر گلوبی سوراخ ورودی، باید مطابق با استاندارد UL 514A باشد.

۱۳-۲-۷ برای دهانه‌ی بدون رزوه در محفظه سیم‌کشی فلزی که برای انطباق با کاندوئیت فلزی انعطاف‌ناپذیر در نظر گرفته شده است، به منظور پذیرش سطوح یا تاقان پوشینگ و واشر قفل کننده، باید در اطراف دهانه یک سطح تخت با مساحت کافی، مطابق آنچه در استاندارد UL 514A توصیف شده است، فراهم شود.

1- Conduit end stop

۱۳-۳ محفظه‌های سیم‌کشی غیرفلزی

۱۳-۳-۱ ملاحظات اشاره شده در زیربند ۷-۱ که برای مواد پلیمری غلاف استفاده می‌شوند، برای محفظه سیم‌کشی غیرفلزی بکار برده می‌شوند.

۱۳-۳-۲ محفظه سیم‌کشی غیرفلزی در نظر گرفته شده برای انطباق با کاندوئیت غیرفلزی، باید دارای موارد زیر باشد:

الف- یک یا چند عدد سوکت بدون رزوه برای اتصال کاندوئیت به صورت یکپارچه با جعبه که با الزامات UL514C، مطابقت می‌کند.

ب- یک یا چند دهانه‌ی رزوه‌دار یا بدون رزوه برای سوکت اتصال کاندوئیت، یا

پ- یک یا چند ورودی باز نشده که مطابق با استاندارد UL 514C باشند.

۱۳-۳-۳ با توجه به زیربند ۱۳-۳-۲ ب، مدول یا پنل تأمین شده با یک محفظه سیم‌کشی غیرفلزی که دارای یک دهانه‌ی رزوه‌دار می‌باشد، باید مطابق زیربند ۴۷-۸ نشانه‌گذاری شود.

۱۳-۳-۴ در محفظه سیم‌کشی غیرفلزی، سوکتی برای اتصال کاندوئیت غیرفلزی، باید یک سر انتهایی بسته ساده^۱ برای کاندوئیت فراهم نماید، قطرهای سوکت، قطر گلوگاه در ورودی محفظه، عمق‌های سوکت و ضخامت دیواره سوکت، باید در حدود مشخص شده در استاندارد UL 514C باشد.

۱۳-۳-۵ یک ورودی باز نشده یا دهانه در محفظه سیم‌کشی غیرفلزی، که برای جادادن کاندوئیت انعطاف‌ناپذیر غیرفلزی در نظر گرفته شده است، باید با الزامات استاندارد UL 514C مطابقت کند.

۱۴ مقاومت در برابر خوردگی

۱۴-۱ ورق فولادی با ضخامت ۳/۰۵ mm یا بیشتر که ممکن است در معرض فضای آزاد قرار گیرد، باید توسط یکی از پوشش‌های زیر در برابر خوردگی مقاوم شود:

الف- ورق فولادی با گالوانیزه‌ی گرم غوطه‌وری^۲ منطبق با کد تخصیصی پوشش G60 یا A60 برای مشخصات ورق فولادی، پوشش فلز روی (گالوانیزه) یا پوشش آلیاژ آهن- روی (گالوانیزه همراه با فرایند گرم کردن و سرد کردن^۳) توسط فرایند غوطه‌وری گرم بر طبق استاندارد ASTM A653/A653M، با بیشتر یا مساوی ۴۰٪ فلز روی در هر طرف، بر اساس کمینه الزامات آزمون تک نقطه در مشخصات این استاندارد؛ وزن پوشش فلز روی می‌تواند با هر روشی تعیین شود؛ با این حال، در صورت تردید، وزن پوشش باید مطابق با روش آزمون استاندارد ASTM A90 تعیین شود.

1- Positive end stop

2- Hot-dipped mill-galvanized

3- Galvannealed

ب- پوشش روی، غیر از آنچه با ورق فولادی گالوانیزه‌ی گرم غوطه‌وری فراهم شده است، به صورت یکنواخت و با ضخامت متوسط بیشتر یا مساوی ۰/۰۱۰ mm بر روی هر سطح با کمینه ضخامت ۰/۰۰۹ mm ایجاد شده باشد. ضخامت پوشش باید با آزمون ضخامت پوشش فلزی، بند ۳۸ تعیین شود.

پ- سامانه‌ی پوشش حفاظتی آلی یا معدنی روی هر دو سطح، بعد از شکل‌گیری، اعمال می‌شود. نتایج ارزیابی سامانه‌ی پوشش باید نشان دهد که این سامانه کمینه حفاظت معادل با پوشش فلز روی که در زیربند ۱۴-۱ الف توصیف شده است را فراهم می‌کند. به مواد پلیمری، بند ۷ و آزمون محیط خورنده، بند ۳۷ مراجعه شود.

ت- هر یک از روش‌های مشخص شده در زیربند ۱۴-۲.

۱۴-۲ ورق فولاد با ضخامت کمتر از ۳/۰۵ mm که ممکن است در معرض فضای آزاد قرار گیرد، باید با یکی از پوشش‌های زیر در برابر خوردگی مقاوم شود:

الف- ورق فولادی با گالوانیزه‌ی گرم غوطه‌وری کد تخصیصی پوشش G90 برای مشخصات ورق فولادی، پوشش فلز روی (گالوانیزه) یا پوشش آلیاژ آهن-روی (گالوانیزه همراه با فرایند گرم و سرد کردن) توسط فرایند غوطه‌وری گرم و استاندارد ASTM A653/A653M با بیشتر یا مساوی ۴۰٪ فلز روی در هر طرف، بر اساس کمینه الزامات آزمون تک نقطه در مشخصات این استاندارد ASTM. وزن پوشش فلز روی می‌تواند با هر روش قابل قبولی تعیین شود، با این وجود، در صورت تردید، وزن پوشش باید مطابق با روش آزمون استاندارد ASTM A90 تعیین شود.

ب- پوشش روی، غیر از آنچه با ورق فولادی گالوانیزه‌ی گرم غوطه‌وری فراهم شده است، به صورت یکنواخت و با ضخامت متوسط معادل یا بیشتر از ۰/۰۱۵ mm بر روی هر سطح با کمینه ضخامت ۰/۰۱۴ mm ایجاد شده باشد. ضخامت پوشش باید با آزمون ضخامت پوشش فلزی، بند ۳۸ تعیین شود. پوشش با فرایند گرم کردن و آهسته سرد کردن^۱ باید مطابق با زیربندهای ۱۴-۵ و ۱۴-۶ نیز باشد.

پ- پوشش کادمیومی با ضخامت معادل یا بیشتر از ۰/۰۲۵ mm روی هر دو سطح. ضخامت پوشش باید با آزمون ضخامت پوشش فلزی، بند ۳۸ تعیین شود.

ت- پوشش فلز روی مطابق با زیربند ۱۴-۱ الف یا زیربند ۱۴-۱ ب با یک پوشش از رنگ در فضای باز. سامانه‌ی پوشش کاری باید با زیربند ۱۴-۳ مطابقت کند.

ث- پوشش کادمیومی با ضخامت معادل یا بیشتر از ۰/۰۱۹ mm بر روی هر دو سطح با پوششی از رنگ در فضای باز بر روی هر دو سطح یا با ضخامت معادل یا بیشتر از ۰/۰۱۳ mm روی هر دو سطح با دو پوشش از رنگ در فضای باز روی هر دو سطح. ضخامت پوشش باید با آزمون ضخامت پوشش فلزی، بند ۳۸ تعیین شود و سیستم پوشش‌دهی باید با زیربند ۱۴-۳ مطابقت کند.

۳-۱۴ با ارجاع به زیربندهای ۲-۱۴-ت و ۲-۱۴-ث، نتایج ارزیابی سیستم پوشش‌دهی باید نشان دهد که این سیستم حداقل حفاظت معادل پوشش دهی با فلز روی (G90) که در زیربند ۲-۱۴-الف توصیف شده است را فراهم می‌کند. به مواد پلیمری، بند ۷ و آزمون محیط خورنده، بند ۳۷ مراجعه شود.

۴-۱۴ با ارجاع به زیربندهای ۱-۱۴ و ۲-۱۴، سایر پرداخت‌های نهایی^۱، شامل رنگ‌ها، سایر پرداخت‌های فلزی و ترکیب آن دو، وقتی می‌تواند قابل قبول باشد که آزمون‌های تطبیقی با ورق فولاد گالوانیزه (بدون گرم کردن و آهسته سرد کردن، سائیدن^۲ یا سایر عملیات سطحی^۳) مطابق با زیربندهای ۱-۱۴-الف یا ۲-۱۴-اگر کاربرد داشته باشد، نشان دهد که آنها حفاظت معادلی را فراهم می‌کنند. به آزمون محیط خورنده، بند ۳۷ مراجعه شود.

۵-۱۴ یک پوشش با فرایند گرم کردن و آهسته سرد کردن بر روی ورق فولادی که خم شده است یا به صورت مشابه شکل داده شده یا اکستروود شده یا در لبه سوراخ‌ها نورد شده باشد، اگر فرآیند خمش و شکل‌گیری به پوشش فلز روی آسیب بزند، باید نواحی خم شده یا شکل داده شده بعد از فرایند گرم کردن و آهسته سرد کردن، مجدداً رنگ شوند. اگر ترک و شکافی در پوشش فلز روی در شعاع بیرونی بخش خم شده یا شکل‌گرفته، با دستگاهی با بزرگنمایی ۲۵ قابل رویت باشد، پوشش فلز روی به عنوان پوشش آسیب دیده در نظر گرفته می‌شود.

۶-۱۴ لازم نیست لبه‌های بریده شده یا برش خورده و سوراخ‌های پانچ شده، به طور مضاعف محافظت شوند.

۷-۱۴ آهن یا فولادی که به عنوان یک قطعه ضروری محصول بکار رفته باشد اما در معرض هوا نباشد، باید برای حفاظت در برابر خوردگی، روکش‌دار، رنگ‌زده یا لعاب‌دار شود.

۸-۱۴ آلومینیوم، فولاد ضد زنگ و مواد پلیمری می‌توانند بدون پوشش‌های مقاوم در برابر خوردگی یا آبکاری‌ها به کار برده شوند.

۹-۱۴ موادی که در این بخش صریحاً به آن‌ها اشاره نشده است، باید به صورت جداگانه ارزیابی شوند. آزمون‌های توصیف شده در مواد پلیمری، بند ۷ و آزمون خوردگی محیط، بند ۳۷ می‌توانند برای ارزیابی استفاده شوند.

۱۵ دسترس‌پذیری قطعات برق‌دار عایق نشده

۱-۱۵ قطعه در دسترس مدول یا پنل نباید دارای خطر شوک الکتریکی باشد.

استثنا: زمانی که قطعه در دسترس، برق‌دار نیست، لازم نیست با این الزام مطابقت داشته باشد.

۲-۱۵ برای تعیین برق‌دار بودن قطعه، باید مدول یا پنل در حالات زیر بررسی شود:

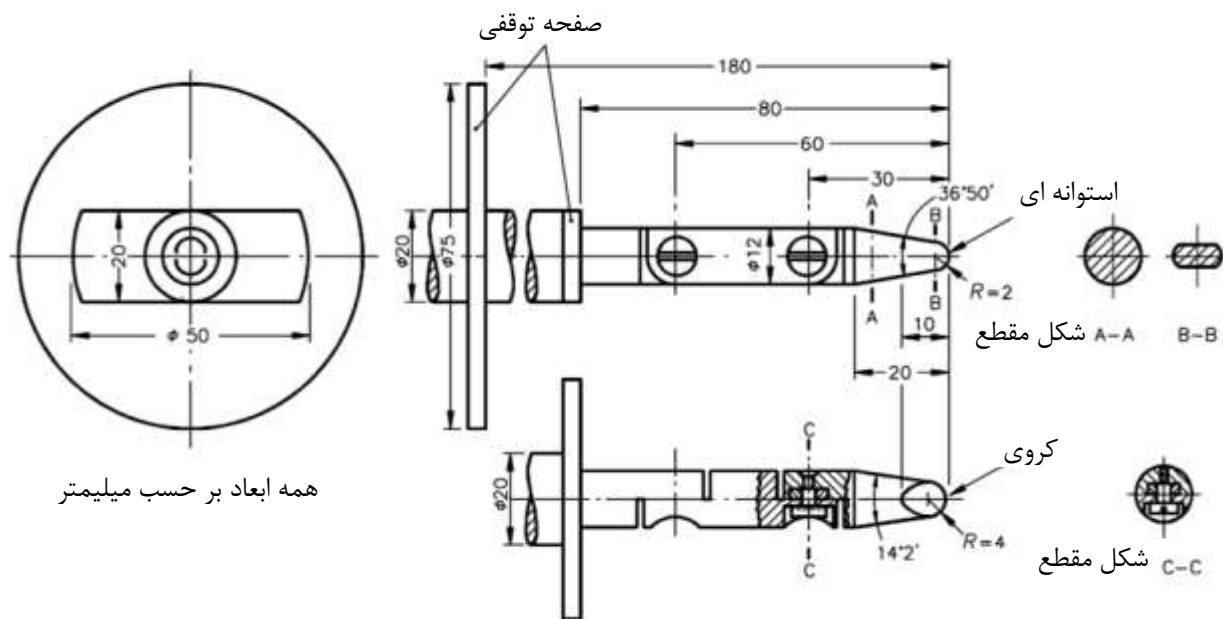
الف- متصل نشده،

1- Finishes
2- Wiping
3- Surface treatment

ب- با هر روش قابل قبول به کار گرفته یا توصیف شده، متصل شده باشد. در هر دو حالت، مدول یا پنل باید در وضعیت بیان شده در زیربند ۱۵-۴ و در شرایط محیطی بیان شده در زیربند ۲۰-۲ باشد.

۱۵-۳ برای ولتاژها و جریان‌های بین قطعات جداگانه متصل نشده محصول، ولتاژ باید مطابق زیربند ۲۰-۲ تعیین شود. برای ولتاژها و جریان‌های بین قطعات مونتاژی محصول، ولتاژ باید بیشینه ولتاژ سامانه و جریان باید جریان موجود باشد.

۱۵-۴ قطعه‌ای در دسترس در نظر گرفته می‌شود، اگر در مدول یا پنلی که به طور کامل مونتاژ شده است (یعنی با همه‌ی پوشش‌ها در محل) این بخش بتواند توسط پراب^۱ نشان داده شده در شکل ۱ تماس پیدا کند. پوششی که می‌تواند بدون استفاده از ابزار برداشته شود، باید برای اهداف این الزام برداشته شود. پوششی که می‌تواند (با یا بدون ابزار) برای تعمیر و نگهداری معمول مانند تمیز کردن یا برای حصول دسترسی به قطعات، برداشته شود، باید برای اهداف این الزام برداشته شود.



شکل ۱: پراب برای تعیین دسترسی پذیری قطعات برق دار

۱۵-۵ پراب نشان داده شده در شکل ۱ باید در هر عمقی که دهانه اجازه می‌دهد به کار رود و باید قبل از جاگذاری، در مدت جاگذاری و بعد از جاگذاری در دهانه به هر موقعیتی که لازم است تا محصول آزمون شود، چرخانده یا زاویه دار شود. پراب باید در هر پیکربندی ممکن به کار رود و اگر لازم است پیکربندی باید بعد از جاسازی در دهانه تغییر کند. پراب به عنوان ابزار اندازه‌گیری برای سنجش قابلیت دسترسی پذیری فراهم شده

توسط هر یک از دهانه‌ها استفاده می‌شود و به عنوان ابزاری برای سنجش استحکام یک ماده نمی‌باشد، همچنین پراب باید با کمترین نیروی لازم برای تعیین دقیق دسترس‌پذیری استفاده شود.

۱۶ مقاومت در برابر آتش

۱۶-۱ مدول یا پنلی که برای نصب اتکایی^۱، نصب به صورت قفسه‌ای، نصب مستقیم در ترکیب با پشت‌بام تعیین شده یا برای نصب یکپارچه در نظر گرفته شده است، هرگاه به صورت مستقیم یا غیرمستقیم نشان داده شود که مدول یا پنل برای آتش رتبه‌بندی شده است، باید با الزامات مقاومت در برابر آتش برای مواد پوشش‌دهنده پشت‌بام رده A، B یا C مطابقت نماید. برای ساختار ترکیبی، مقدار مجاز باید مطابق یا در یک سطح پایین‌تر از رتبه‌ی مواد پایه پوشش‌دهنده پشت‌بام باشد. مقاومت در برابر آتش باید طبق استاندارد UL 790، همانطوریکه برای آزمون‌های آتش در بند ۳۱ اصلاح شده است، تعیین شود.

۱۷ صفحه رویی مدول یا پنل

۱۷-۱ صفحه رویی مدول یا پنل باید حداقل با یکی از موارد زیر مطابقت کند:

الف- الزامات ANSI Z97.1

ب- الزامات Title 16 CPSC Part 1201

پ- آزمون ضربه، بخش ۳۰.

استثنا شماره ۱: مواد لعاب انعطاف‌پذیر لایه نازک که ضخامت 0.254mm یا کمتر دارند، لازم نیست با این الزام مطابقت نمایند.

استثنا شماره ۲: عایق کپسولی که با توری سیمی یا سایر ابزارهای مشابه حفاظت می‌شود و دهانه‌هایی دارند که پراب نیم‌کره‌ای نوک تیز با قطر 12.7mm با اعمال نیروی $4/4\text{N}$ از آن عبور نمی‌کند، استفاده شود.

عملکرد

۱۸ کلیات

۱۸-۱ باید روش‌های آزمون یکسانی برای اندازه‌گیری‌های عملکرد الکتریکی مورد نیاز برای آزمون دمای بند ۱۹، آزمون اندازه‌گیری‌های ولتاژ، جریان و توان بند ۲۰ و آزمون تحمل نقطه داغ بند ۳۹، استفاده شوند. روش‌های آزمون توصیف شده در زیر باید هر جا که کاربرد دارد، استفاده شوند:

- Standard Tables for Terrestrial Solar Spectral Irradiance at Air Mass 1.5 for 37 Degree Tilted Surface, ASTM G159-1998;
- Standard Specifications for Solar Simulation for Terrestrial Photovoltaic Testing, ASTM E927-91;

1- Stand-off

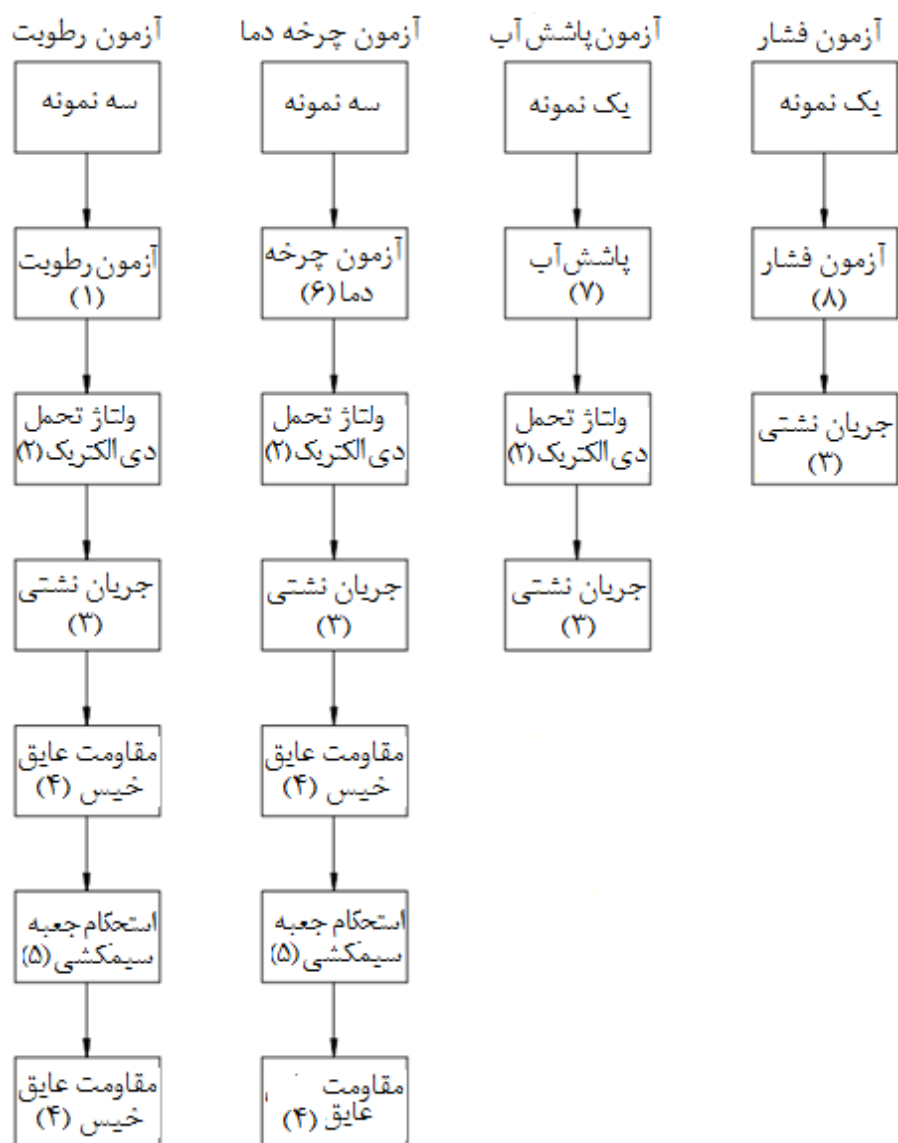
- Standard Methods of Testing Electrical Performance of Nonconcentrator Terrestrial Photovoltaic Modules and Arrays Using Reference Cells, ASTM E1036-96;
- Procedures for Temperature Irradiance Corrections to Measured I-V Characteristics of Crystalline Silicon Photovoltaic Devices, IEC 891;
- Photovoltaic Devices, Part 1: Measurement of Photovoltaic Current-Voltage Characteristics, IEC 904-1;
- Photovoltaic Devices, Part 3: Measurement Principles for Terrestrial Photovoltaic (PV) Solar Devices With Reference Spectral Irradiance Data, IEC 904-3.

۱۸-۲ براساس آزمون‌های اشاره شده در زیربند ۱۸-۱، پارامترها می‌توانند تحت شرایطی غیر از تابش، جرم هوا یا دمای تعیین شده اندازه‌گیری شوند و مقادیر در شرایط مشخصی محاسبه شده و سپس با استفاده از ضرایب تصحیح تعیین شده در استانداردهایی که به آنها ارجاع داده شده، تصحیح شوند.

۱۸-۳ نمونه‌های مدول، پنل، جزئی یا تعیین شده، باید در معرض آزمون‌های اشاره شده در جدول ۴ قرار گیرند. ترتیب آزمون‌ها در جدول ۴ فقط برای سهولت است و بدان معنا نیست که هر نمونه تحت توالی کامل یا بخشی از توالی آزمون‌ها قرار گیرد مگر اینکه به صورت خاص در شکل ۲ بیان شده باشد. بجز یک نمونه که باید در معرض توالی خاصی از آزمون‌ها قرار گیرد، نمونه‌های مجزا باید قادر باشند برای هر آزمونی استفاده شوند. استثنا: نمونه‌های مدول یا پنل با مقدار ولتاژ مدار باز نامی سامانه کمتر از 30 V و جریان اتصال کوتاه نامی کمتر از 8 A ، فقط برای قرارگیری در معرض آزمون‌های دما، اندازه‌گیری ولتاژ و جریان، کاهنده کشش، فشار، مقاومت مسیر هم‌بندی و ولتاژ استقامت دی الکتریک قرار گیرند، مورد نیاز هستند.

جدول ۴- عملکرد مدول و پنل

بخش	آزمون	تعداد نمونه‌ها
۱۹	آزمون دما ^d	۱
۲۰	آزمون اندازه‌گیری‌های ولتاژ و جریان ^d	۱
۲۱	آزمون جریان نشتی	۳
۲۲	آزمون کاهنده کشش ^d	۱
۲۳	آزمون فشار ^d	۱
۲۴	آزمون برش	۱
۲۵	آزمون مقاومت مسیر همبندی	۳
۲۶	آزمون ولتاژ تحمل دی‌الکتریک ^d	۳
۲۷	آزمون مقاومت عایق خیس	۳
۲۸	آزمون اضافه بار جریان معکوس	۱
۲۹	آزمون گشتاور پایانه	۱
۳۰	آزمون ضربه	۱
۳۱	آزمون آتش	a
۳۳	آزمون پاشش آب	۱
۳۴	آزمون پیرسازی تسریع شده	b
۳۵	آزمون چرخه دما	۳
۳۶	آزمون رطوبت	۳
۳۷	آزمون محیط خورنده	۲
۳۸	آزمون ضخامت پوشش فلزی	۱
۳۹	آزمون تحمل نقطه داغ	۱
۴۰	آزمون جرقه‌زنی	c
۴۱	آزمون بارگذاری مکانیکی ^۱	۱
۴۲	آزمون استحکام محفظه سیم‌کشی	۱
^a تابعی از اندازه‌ی فیزیکی مدول. ^b تابعی از اندازه‌ی فیزیکی واشر و جنس آب‌بند ^c یک یا چند عدد، بستگی به رویه‌ی آزمون انتخاب شده دارد. ^d با ارجاع به استثنا مربوط به زیربند ۱۸-۳، این آزمون‌ها فقط برای مدول یا پنلی با مقادیر مجاز مشخص، لازم هستند.		



یادآوری ها -

- (۱) = بخش ۳۶
- (۲) = بخش ۲۶
- (۳) = بخش ۲۱
- (۴) = بخش ۲۷
- (۵) = بخش ۴۲
- (۶) = بخش ۳۵
- (۷) = بخش ۳۳
- (۸) = بخش ۲۳

شکل ۲: نمونه ها و توالی های آزمون

۱۹ آزمون دما

۱۹-۱ وقتی مدول یا پنلی در تعادل گرمایی در کاربرد مورد نظر خود در حالت مدار باز الکتریکی و در گرمایش نقطه داغ ولتاژ معکوس مرتبط با بهره‌برداری به صورت اتصال کوتاه است، به زیربند ۱۹-۵ مراجعه شود، هیچ بخشی نباید به دمایی برسد که:

الف- مواد یا اجزاء جرقه بزند؛

ب- باعث تجاوز از حدود دمای سطوح، مواد یا اجزاء شود، همانطوریکه در جدول ۵ شرح داده شده است؛

پ- باعث خزش، کج شدن، ورم کردن (باد کردن)^۱، نیم‌سوز شدن یا آسیب مشابه به هر بخش از محصول شود، اگر چنین آسیب یا خرابی موجب اخلال در عملکرد محصول تحت الزامات این استاندارد شود.

۱۹-۱-الف با ارجاع به زیربند ۱۹-۱، تعادل گرمایی وقتی بدست می‌آید که سه قرائت متوالی، هیچ تغییری در دما را نشان ندهند. این قرائت‌ها باید در پایان سه فاصله زمانی مساوی و متوالی صورت گیرند، هر فاصله زمانی، دارای کمینه زمان آزمون ۱۰ دقیقه‌ای است. سرعت باد و تابش باید در هر اندازه‌گیری ثابت فرض شوند.

۱۹-۲ دمای مواد و اجزاء باید برای دمای محیط 40°C ، جرم هوای AM $1/5$ و تابش 100 mW/cm^2 اندازه‌گیری شده در صفحه مدول یا پنل و سرعت میانگین باد 1 m/s ، تعیین شوند. دمای محیط می‌تواند در گستره‌ی 10°C تا 55°C باشد که در آن حالت دمای مشاهده شده باید با افزودن (اگر دمای محیط زیر 40°C است) یا تفریق کردن (اگر دمای محیط بالای 40°C است) اختلاف بین 40°C و دمای محیط مشاهده شده، تصحیح شود. اگر تابش غیر از 100 mW/cm^2 باشد، دما باید برای سطوح تابش متعدد تعیین شود و یک برازش خطی برای تعیین دما در تابش زیر 100 mW/cm^2 انجام شود.

۱۹-۳ اگر در مدت آزمون دما با عملکرد غیرقابل قبولی مواجه شدید که این عملکرد ناشی از شرایط آزمونی باشد که هر چند در حدود شرایط آزمون مشخص شده بوده ولی با مقدار مورد نیاز تفاوت زیادی دارد، برای مثال دمای محیط نزدیک به حدود مجاز (10°C تا 55°C)، آزمون می‌تواند تحت شرایطی نزدیک به حالت معمول انجام شود.

۱۹-۴ برای تعیین دماها، مدول یا پنل باید تحت هر دو شرایط مدار باز و اتصال کوتاه بهره‌برداری شود.

۱۹-۵ برای پوشش اثر گرمایش نقطه داغ ناشی از عملکرد ولتاژ معکوس سلول، سلول باید در مدت شرایط اتصال کوتاه آزمون دما، با پوشاندن نصف یکی از سلول‌های مدول یا پنل با نوار وینیلی سیاه رنگ با ضخامت 0.18 mm ، در تماس مستقیم با لایه رویی به طوری که این سلول به صورت کامل تحت تابش قرار نگیرد، تحت سایه قرار گیرد. در مدت این آزمون، مدول‌ها یا پنل‌ها باید بصورت سری تا اندازه‌ای که توسط نشانه‌گذاری‌های مشخص شده در زیربند ۴۷-۹ مجاز بوده و بدون دیود کنارگذر، متصل شوند. دماهای سلول سایه‌دار شده و ناحیه‌ی مجاور، باید اندازه‌گیری شوند.

۱۹-۶ مدول یا پنل باید مطابق با دستورالعمل‌های فراهم شده با آن نصب شود. اگر دستورالعمل‌های سازه، فواصل و موارد مشابه را شرح نمی‌دهند، مدول یا پنل باید همانند آنچه در زیربندهای ۱۹-۸ تا ۱۹-۱۰ شرح داده شده، نصب شوند.

۱۹-۷ با ارجاع به زیربندهای ۱۹-۸ و ۱۹-۹، نوع نصب مورد نظر (برای مثال اتکایی، مستقیم و مشابه) باید با توجه به نوع ساختمان مدول یا پنل تعیین شود. اگر بیشتر از یک نوع نصب امکان‌پذیر است، مدول یا پنل باید در هر یک از چنین نوع نصب‌هایی آزمون شوند، مگر اینکه یک نوع نصب بتواند همه انواع دیگر را پوشش دهد.

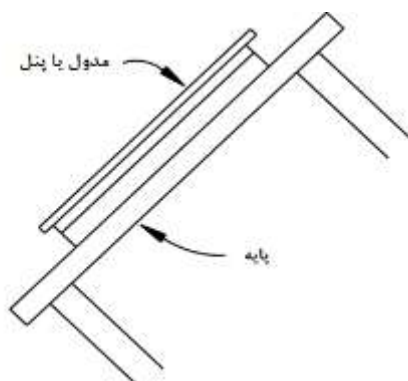
۱۹-۸ مدول یا پنلی که برای نصب مستقیم روی سطح پشت‌بام یا دیوار در نظر گرفته شده است باید روی سکوی^۱ ساخته شده از چوب، چوب فشرده شده یا تخته چند لایه با ضخامت ۱۹ mm نصب شود (به شکل ۳ مراجعه شود). سطحی از سکو که مواجه با نمونه آزمون است باید با رنگ سیاه با ضخامتی یکنواخت رنگ آمیزی شود. سکو باید حداقل ۰/۶ m اطراف مدول یا پنل در تمامی طرف‌ها امتداد داشته باشد.

۱۹-۹ مدول یا پنلی که برای نصب اتکایی یا قفسه‌ای روی پشت‌بام، دیوار یا زمین در نظر گرفته شده است باید روی قاب ساخته شده از الوار ۵ cm در ۱۰ cm (اندازه تجاری) نصب شود. دو جزء قاب باید در لبه‌های بیرونی سطح پایینی مدول یا پنل قرار داده شوند و باید به صورت عمودی در امتداد محور طولی مدول یا پنل قرار داده شود. اجزای اضافی قاب باید در لبه‌های بیرونی سطح پایینی مدول یا پنل در امتداد محور عرضی مدول یا پنل قرار داده شوند. اگر فاصله‌ی بیرونی بین دو جزء محور عرضی بیشتر از ۰/۶ m است، باید یک جزء قاب اضافی در خط مرکزی مجموعه مدول یا پنل قرار داده شود. قاب باید همانطوریکه در زیربند ۱۹-۸ شرح داده شده است با یک فاصله گذاری ۱/۲۲ m بین پشت مدول یا پنل و سکو، به سکو محکم شوند (به شکل ۴ مراجعه شود). سطحی از قاب که مواجه با نمونه آزمون است باید با رنگ سیاه رنگ آمیزی شود.

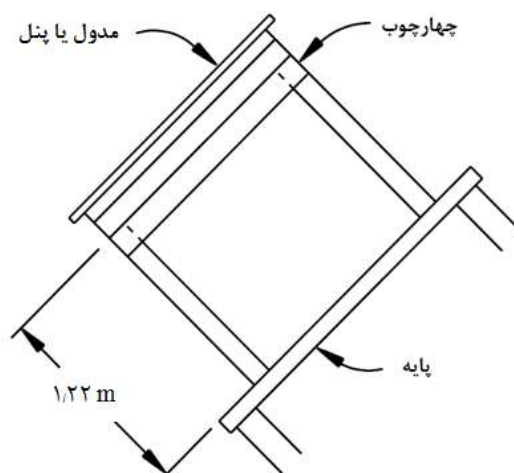
۱۹-۱۰ مدول یا پنلی که به عنوان جزئی یا کل پشت‌بام یا دیوار در نظر گرفته شده است، باید هنگامی که روی قاب ساخته شده است مانند آنچه در زیربند ۱۹-۸ شرح داده شده، نصب می‌شود، مدول یا پنل باید در سکویی با تخته‌های چوبی با ضخامت یک اینچ (اندازه تجاری) که به اندازه‌ی کافی برای پوشش لبه‌های بیرونی پهن هستند، (به شکل ۵ مراجعه شود) آزمون شود. تخته‌های مواجه باید با نمونه آزمون با رنگ سیاه به صورت یکنواخت رنگ آمیزی شود.

جدول ۵- دماهای بیشینه

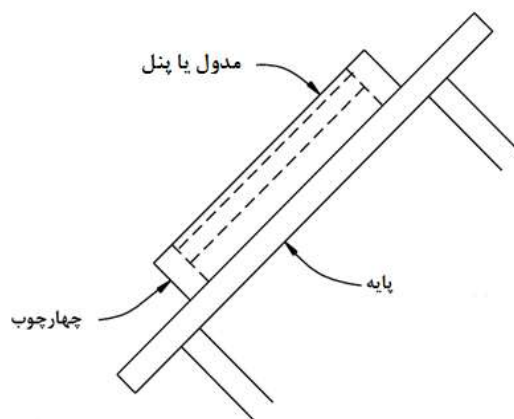
دما		بخش، ماده یا جزء
(F°)	°C	
		۱- مواد عایق کننده: ^d
a	a	پلیمری
۱۸۵	۸۵	پارچه آغشته ^۱
۱۹۴	۹۰	فیبر
۲۵۷	۱۲۵	ترکیب فنولیک لمینیت شده
۳۰۲	۱۵۰	ترکیب فنولیک پرسی
b	b	۲- ترکیب آببندی کننده ^d
۱۴۰	۶۰	۳- پایانه‌های سیم‌کشی میدانی ^c
۱۴۰	۶۰	۴- محفظه‌های سیم‌کشی میدانی که سیم‌ها ممکن است تماس پیدا کنند ^c
دمای مجاز		۵- رساناهای عایق شده
۱۹۴	۹۰	۶- چوب و محصولات چوبی
e	e	۷- سطوح در دسترس تماس
۱۹۴	۹۰	۸- سطح نصب و اجزای سازه‌ای مجاور
^a برای حالت مدار باز، شاخص دمایی نسبی، کمتر از ۲۰۰°C. برای گرمایش نقطه داغ ولتاژ معکوس تحت شرایط اتصال کوتاه، شاخص دمایی نسبی. ^b بیشینه دمای ترکیب آببندی کننده، وقتی به دمای محیطی ۴۰۰°C اصلاح شده است، باید ۱۵۰°C کمتر از نقطه نرم‌شدن ترکیب، همانطوریکه در استاندارد ASTM E28 تعیین شده است، باشد. ^c اگر نشانه‌گذاری مطابق زیربند ۴۷-۵ فراهم شود، دماهای مشاهده شده روی پایانه‌ها و در نقاط داخل محفظه سیم‌کشی، می‌توانند از مقادیر مشخص شده تجاوز کنند؛ ولی نباید به دماهایی بالاتر از ۹۰۰°C برسند. ^d دماهای بالاتر از مقادیر مشخص شده قابل قبول هستند، اگر مشخص شود که دماهای بالاتر باعث خطر آتش‌سوزی یا شوک الکتریکی یا شرایطی ناسازگار با آیت‌های a یا e زیربند ۱۹-۱ نمی‌شوند. ^e فقط برای گرمایش نقطه داغ ناشی از ولتاژ معکوس تحت شرایط اتصال کوتاه، برای سطوح غیرفلزی ۴۰۰°C بالاتر از دمایی که در طول شرایط مدار باز بدست می‌آید، برای سطوح فلزی ۲۰۰°C بالاتر از دمایی که در مدت شرایط مدار باز بدست می‌آید.		



شکل ۳- وسیله نگهدارنده^۱ محصولات تحت آزمون برای حالت نصب مستقیم



شکل ۴- وسیله نگهدارنده محصولات تحت آزمون برای حالت نصب قفسه‌ای یا اتکایی



شکل ۵- وسیله نگهدارنده محصولات تحت آزمون برای حالت نصب یکپارچه

۱۱-۱۹ دماها باید توسط ترموکوپل اندازه‌گیری شود. ترموکوپل‌های در معرض تابش، باید از اثر مستقیم چنین تابشی حفاظت شوند. اتصال ترموکوپل باید به صورت محکم در تماس گرمایی مناسب با سطح ماده‌ای که دمای آن باید اندازه‌گیری شود، نگه داشته شود. تماس گرمایی می‌تواند با چسباندن محکم ترموکوپل در محل بدست آید. برای سطح فلزی از جوش برنجی، جوش نقطه‌ای یا لحیم کردن ترموکوپل به فلز می‌تواند استفاده شود. اتصال ترموکوپل می‌تواند با نواربندی به عایق سیم یا سطوح چوبی محکم شود.

۱۲-۱۹ از ترموکوپل‌های دارای سیم کنستانتان و آهن دارای سطح مقطع 0.5 mm^2 باید استفاده شود. با این وجود وقتی استفاده از ترموکوپل‌های از جنس آهن و کنستانتان عملی نیست باید انواع دیگر توصیف شده در استاندارد ملی مربوط، استفاده شود.

۲۰ آزمون اندازه‌گیری ولتاژ، جریان و توان

۱-۲۰ جریان اتصال کوتاه (I_{sc})، جریان اسمی (I_r)، بیشینه توان (P_{max}) و ولتاژ مدار باز (V_{oc}) باید در حدود مقدار مجاز با رواداری $\pm 1\%$ (به زیربندهای ۱-۴۳ و ۱-۴۴-پ مراجعه شود) تحت شرایط زیر باشند:

الف- شرایط آزمون استاندارد (STC) و

ب- همچنین برای I_r و P_{max} در دمای نامی سلول در بهره‌برداری (NOCT).

۲-۲۰ به منظور قابلیت دسترسی قطعات برق‌دار مدول یا پنل، همانطوریکه در زیربند ۱۵-۳ مشخص شده است، ولتاژ باید تحت شرایط مدار باز، تابش 100 mW/cm^2 ، جرم هوای AM ۱.۵ و دمای سلول کمتر از 20°C تعیین شود.

۲۱ آزمون جریان نشتی

۱-۲۱ جریان نشتی مدولی که بیشینه ولتاژ سامانه‌ی نشانه‌گذاری شده‌ی بیشتر از 30 V دارد، هنگامیکه همانند آنچه در زیربندهای ۲۱-۲ تا ۲۱-۷ توصیف شده است، آزمون شود، نباید از مقادیر مشخص شده در جدول ۶ بیشتر باشد.

۲-۲۱ آزمون باید روی سه مدول مطلق و مدول‌هایی که در معرض آزمون پاشش آب (بند ۳۱)، آزمون چرخه دما (بند ۳۳) و آزمون رطوبت (بند ۳۴) قرار گرفته‌اند، انجام شود. جریان نشتی مدول‌های مطلق باید با دمای سلول مدول در $(25 \pm 3)^\circ\text{C}$ و سپس با سلول‌هایی در دمای نامی سلول در بهره‌برداری با رواداری $\pm 2^\circ\text{C}$ اندازه‌گیری شود. اگر پنل‌ها برای آزمون پاشش آب استفاده شوند، باید یک مدول از یک پنل برای آزمون جریان نشتی استفاده شود.

جدول ۶- جریان ناشی مجاز

بیشینه جریان (d.c.)	سطح یا بخشی که اندازه‌گیری در آن انجام می‌شود
۱۰ μ A	قاب رسانا، لاوک ^۱ رسانا یا موارد مشابه در دسترس
۱ mA	قطعات در دسترس مدار
۱ mA	ورق رسانا روی سطوح عایق در دسترس

۳-۲۱ جریان ناشی به همه‌ی جریان‌هایی اطلاق می‌شود که وقتی مدول به منبع توصیف‌شده در زیربندهای ۴-۲۱ و ۵-۲۱ متصل می‌شود، می‌تواند بین قطعات در دسترس مدول جریان یابد.

۴-۲۱ ولتاژ آزمون d.c. باید برابر با بیشینه ولتاژ اسمی سامانه باشد.

۵-۲۱ همه قطعات و سطوح در دسترس باید برای جریان ناشی آزمون شوند. پایانه‌های مثبت و منفی مدولی که تحت تابش قرار نگرفته است، باید به همدیگر و به یک پایانه‌ی منبع تغذیه d.c. متصل شوند. باید هر دو پلاریته اتصال منبع استفاده شود، مگر اینکه بتوان نشان داد که یک پلاریته نماینده هر دو می‌باشد. باید جریان‌های ناشی بین قطعه یا سطح و پایانه‌ی دیگر منبع تغذیه اندازه‌گیری شود. جریان ناشی باید با دستگاه اندازه‌گیری شرح داده شده در زیربند ۷-۲۱ اندازه‌گیری شود.

۶-۲۱ وقتی جریان ناشی در سطح عایق اندازه‌گیری می‌شود، باید یک فویل رسانای با ابعاد ۴۰ cm در ۲۰ cm با سطح در تماس باشد و اندازه‌گیری باید از این فویل انجام شود. اگر ابعاد سطح از ۲۰ cm در ۴۰ cm کمتر است، فویل باید هم‌اندازه‌ی سطح باشد.

۷-۲۱ با ارجاع به زیربند ۵-۲۱، دستگاه اندازه‌گیری باید فقط برای d.c. باشد و باید امپدانس ورودی برابر با 500Ω داشته باشد.

۲۲ آزمون کاهنده کشش

۱-۲۲ سرسیم یا کابل اتصال دهنده به سیم‌کشی بیرونی، یا سرسیم یا کابلی که هر دو انتهای آن در محصول پایان‌دهی شده است، ولی ممکن است در مدت نصب یا سرویس معمول مدول یا پنل در معرض جابجایی قرار گیرند، باید به مدت یک دقیقه نیروی اعمالی ۸۹ N را در هر جهتی که ساختار آن اجازه می‌دهد، بدون آسیب به سرسیم یا کابل، وسایل اتصال آن و مدول یا پنل تحمل کند.

۲-۲۲ اتصال‌دهنده‌ی جداشدنی که توسط محفظه سیم‌کشی در بر گرفته نمی‌شود و اتصال چنین اتصال‌دهنده‌ای به جفت خودش، باید نیروی ۸۹ N در هر جهتی که ساختار آن اجازه می‌دهد، چه مستقیم و چه از طریق هر سیم یا کابل متصل شده به اتصال دهنده‌ی جفت، اعمال شود و نیرو را بدون آسیب به

اتصال دهنده، مدول یا پنل یا سوار کننده اتصال دهنده^۱ به مدول یا پنل یا انفصال دو اتصال دهنده‌ی جفت شده، به مدت یک دقیقه تحمل کند.

۲۳ آزمون فشار^۲

۲۳-۱ مدول یا پنل باید به مدت یک دقیقه توانایی تحمل اعمال نیروهای زیر را بدون ایجاد خطر آتش‌سوزی، شوک الکتریکی یا صدمه به اشخاص داشته باشد:

الف- نیروی ۸۹ N که توسط میله فولادی با قطر ۱۲/۷ mm (۱/۲ اینچ) و سر میله گرد شده به صورت نیمکره با قطر ۱۲/۷ mm اعمال شود؛

ب- نیروی ۱۷/۸ N که توسط میله فولادی با قطر ۱/۶ mm (۱/۱۶ اینچ) و سر میله گرد شده به صورت نیمکره با قطر ۱/۶ mm اعمال شود.

۲۳-۲ خطر آتش‌سوزی وقتی در نظر گرفته می‌شود که اگر در نتیجه‌ی استفاده از هر یک از پراب‌ها، قطعاتی از مدول تا اندازه‌ای جابجا شوند که جرقه‌زنی بین قطعات دارای جریان و ولتاژ در ناحیه‌ی "آزمون جرقه‌زنی"، شکل ۱۴، بوجود بیاید.

۲۳-۳ خطر شوک الکتریکی وقتی وجود دارد که:

الف- قطعه دارای خطر شوک الکتریکی با پراب استفاده شده تماس پیدا کند؛

ب- قطعه دارای خطر شوک الکتریکی، در نتیجه‌ی استفاده از هر یک از پراب‌ها، در دسترس (موقتی یا دائمی) قرار گیرد؛

پ- بین قطعه دارای خطر شوک الکتریکی و یک قطعه در دسترس کاهش مقاومت الکتریکی وجود داشته باشد به طوری که مدول یا پنل با آزمون جریان نشتی، بند ۲۱، مطابقت نکند.

۲۳-۴ خطر صدمه به اشخاص وقتی وجود دارد که در نتیجه‌ی استفاده از هر یک از پراب‌ها، قطعاتی جابجا یا شکسته شوند به طوری که لبه‌هایی در معرض تماس قرار می‌گیرند با الزامات برای لبه‌های تیز زیربند ۶-۹ مطابقت نکنند.

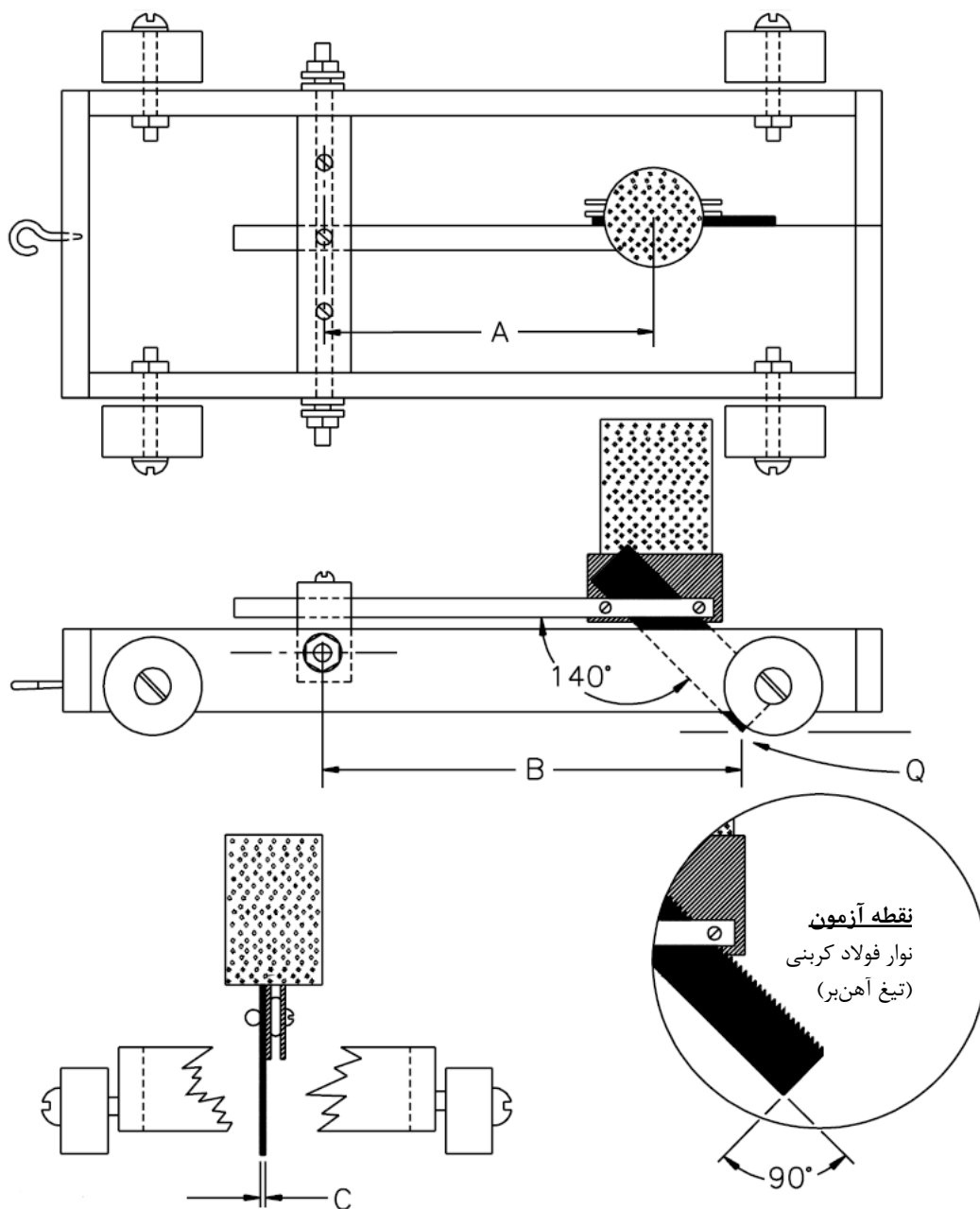
۲۴ آزمون برش

۲۴-۱ مدول یا پنل باید در برابر بکارگیری یک شیء تیز که روی سطوح لایه رویی و لایه زیرین کشیده می‌شود، بدون ایجاد شرایط توصیف شده در زیربند ۲-۷، استقامت داشته باشد.
استثنا: لازم نیست سطوح شیشه‌ای آزمون شوند.

1- Mounting of the connector
2- Push test

۲-۲۴ مدول یا پنل باید به صورت افقی که سطح مورد آزمون آن رو به بالا باشد، قرار داده شود. ابزار نشان داده شده در شکل ۶ باید به مدت یک دقیقه روی سطح قرار داده شود و سپس روی سطح مورد آزمون مدول یا پنل با سرعت $(152/4 \pm 30/5)$ mm/s کشیده شود.

۳-۲۴ شرایط توصیف شده در زیربند ۲-۷ وقتی وجود دارد که تیغی ابزار نشان داده شده در شکل ۶ با یک قطعه توصیف شده در زیربند ۲-۷ تماس پیدا کند یا چنین بخشی، در نتیجه‌ی قرار دادن تیغه روی آن یا کشیدن تیغه روی سطح آن، در دسترس (موقتی یا دائمی) قرار گیرد.



- A ۱۴۹ میلی‌متر از محور تا مرکز جرم
 B ۱۶۸ میلی‌متر از محور تا نقطه آزمون
 C نقطه آزمون - نوار فولاد کربنی با ضخامت ۰٫۶۴ میلی‌متر
 Q نیروی کلی وارد شده در نقطه آزمون Q: 907 g

شکل ۶- ابزار آزمون برش

۲۵ آزمون مقاومت مسیر همبندی

۲۵-۱ مقاومت بین سرسیم یا پایانه‌ی زمین و هر قطعه رسانای در دسترس وقتی مطابق با زیربند ۲۵-۲ اندازه‌گیری شود، نباید از 0.1Ω بیشتر باشد.

۲۵-۲ باید جریانی دو برابر جریان اسمی فیوز، مشخص شده مطابق زیربند ۴۷-۱۰، از بین سرسیم یا پایانه‌ی زمین و بخش رسانا عبور داده شود. مقاومت باید با استفاده از افت ولتاژ اندازه‌گیری شده بین سرسیم یا پایانه‌ی زمین و یک نقطه با فاصله‌ای در حدود 12.7 mm از نقطه‌ی تزریق جریان محاسبه شود.

۲۵-۳ اگر بیش از یک آزمون برای ارزیابی مسیرهای رسانای بین بخش‌های فلزی در دسترس، مورد نیاز است، زمان خنک‌سازی حداقل ۱۵ دقیقه‌ای بین آزمون‌ها باید وجود داشته باشد.

۲۵-۴ آزمون باید روی سه نمونه مطلق انجام شود.

۲۶ آزمون تحمل ولتاژ دی‌الکتریک

۲۶-۱ عایق و فواصل مابین قطعات برق‌دار و قطعات رسانای در دسترس یا سطوح غیررسانای بدون پوشش، باید ولتاژ آزمون d.c. دو برابر ولتاژ سامانه به علاوه‌ی 1000 V را با جریان نشتی کمتر یا مساوی $50 \mu\text{A}$ بین این نقاط تحمل کند. ولتاژ باید در هر دو پلاریته اعمال شود.

استثنا: برای مدول یا پنل با ولتاژ سامانه اسمی 30 V یا کمتر، ولتاژ اعمالی باید 500 V باشد.

۲۶-۲ ولتاژ آزمون باید بین تمامی قطعات حامل جریان و تمامی قطعات در دسترس اعمال شود.

۲۶-۳ ولتاژ همانطوریکه در زیربند ۲۶-۴ توصیف شده است باید با نرخ یکنواخت از صفر افزایش یابد، بطوریکه تقریباً در مدت ۵ ثانیه به ولتاژ آزمون تعیین شده برسد و سپس باید در ولتاژ آزمون مشخص شده نگه داشته شود تا جریان نشتی برای حداقل یک دقیقه پایدار شود. مدول یا پنل باید در مدت آزمون بررسی شود و نباید هیچ علامتی از جرقه یا تخلیه‌ی غیرعادی وجود داشته باشد.

۲۶-۴ با ارجاع به زیربند ۲۶-۳، ولتاژ آزمون باید به صورت تدریجی و یکنواخت تا مقدار مشخص شده افزایش یابد بطوریکه:

الف- حالت‌های گذرای که ممکن است باعث شوند ولتاژ آنی از مقدار پیک مشخص شده تجاوز کند، وجود نداشته باشد؛

ب- جاری شدن جریان خازنی، به علت شارژ، باعث خرابی دستگاه آزمون نشود.

۲۶-۵ آزمون باید روی سه نمونه‌ی مطلق و نمونه‌هایی که تحت آزمون پاشش آب (بند ۳۳)، آزمون چرخه دما (بند ۳۵)، آزمون رطوبت (بند ۳۶) و آزمون محیط خورنده (بند ۳۷) قرار گرفته‌اند، انجام شود. نمونه‌های مطلق باید هم در دمای اتاق آزمون شوند و هم در حالت گرم شده به خاطر عملکرد مدار اتصال کوتاه آزمون دما در بخش ۱۹ آزمون شوند.

۲۶-۶ برای آزمون‌های سطوح در معرض قطعات عایق، این قطعه باید با ورق رسانا یا معادل آن پوشانده شود.

۲۶-۷ تجهیزات موردنیاز برای انجام آزمون تحمل ولتاژ دی الکتریک، باید مشخصات زیر را داشته باشند:

الف- ابزاری برای نمایش ولتاژ آزمون که به محصول تحت آزمون اعمال می شود؛

ب- دارای حساسیتی باشد که جریان خروجی بیش از $50 \mu A$ را به عنوان عملکرد غیرقابل قبول نشان دهد؛

پ- حداقل ظرفیت $500 VA$ داشته باشند.

استثنا: اگر وسایل نشان دهنده ولتاژ آزمون در خروجی مدار قرار گیرند برای حفظ پتانسیل اشاره شده در زیربند ۲۶-۱ به استثنای پتانسیل حالت شکست، ظرفیت می تواند کمتر باشد. ولتاژ منبع باید به صورت پیوسته قابل تنظیم باشد.

۲۷ آزمون مقاومت عایق خیس

۲۷-۱ به عنوان نتیجه ی آزمون توصیف شده در زیربندهای ۲۷-۲ و ۲۷-۳:

الف- نباید شکست دی الکتریک یا نشت جریان سطحی در نتیجه ی ولتاژ d.c. اعمالی وجود داشته باشد؛

ب- برای مدولی با مساحت $0.1 m^2$ یا کمتر، مقاومت عایق نباید کمتر از $400 M\Omega$ باشد؛

پ- برای مدولی با مساحت بزرگتر از $0.1 m^2$ ، حاصل ضرب مقاومت عایق اندازه گیری شده و مساحت مدول نباید کمتر از $40 M\Omega.m^2$ باشد.

۲۷-۲ باید بخش لمینت مدول یا پنل، در محلول عامل مایع غیرخورنده (ماده ی فعال کننده ی سطح^۱) غوطه ور شود. عامل مایع باید بیشینه مقاومت $35 \Omega.m$ ، بیشینه کشش سطحی $0.3 N/m$ و دمای $22 \pm 3^\circ C$ را داشته باشد. جعبه های پایانه و سرهای خرطومی یا سایر اتصال دهنده ها باید بالای سطح محلول نگه داشته شوند و باید با ریختن محلول روی این نواحی به صورت کامل خیس شوند. پایان دهی های عایق نشده نباید خیس شوند.

۲۷-۳ بعد از دو دقیقه غوطه وری در محلول، باید مقاومت عایق بین پایانه های خروجی اتصال کوتاه شده ی مدول یا پنل و محلول در هر دو پلاریته، با دستگاه اندازه گیری با ولتاژ $500 V d.c.$ اندازه گیری شود.

۲۸ آزمون اضافه بار جریان معکوس

۲۸-۱ وقتی جریان معکوسی برابر با 135% جریان مجاز فیوز سری با مدول یا پنل (به زیربند ۴۷-۱۰ مراجعه شود) در مدول یا پنل جاری شود، نباید شعله ور شدن یا نیم سوز شدن پارچه درشت باف یا دستمال کاغذی در تماس با مدول یا پنل یا شعله ور شدن خود مدول یا پنل برای ۱۵ ثانیه یا بیشتر وجود داشته باشد.

۲۸-۲ برای تعیین اینکه آیا مدول یا پنل با الزامات زیربند ۲۸-۱ مطابقت می کند یا خیر، مدول یا پنل باید روی یک تک لایه ی دستمال کاغذی سفید روی یک تخته چوبی از جنس کاج با ضخامت $19/1 mm$ قرار داده شود و

با یک پارچه درشت‌باف تک‌لایه پوشانده شود. پارچه درشت‌باف کتانی باید پارچه معادل $26 \text{ m}^2/\text{kg}$ تا $28 \text{ m}^2/\text{kg}$ و هر آنچه در بازار به عنوان شماره ۳۲ در ۲۸ است، باشد.

۲۸-۳ برای آزمون الزامی زیربند ۱-۲۸، باید هر دیود مسدود کننده‌ی تدارک‌دیده‌شده، به عنوان بخشی از مدول یا پنل از مدار خارج شود (اتصال کوتاه شود).

۲۸-۴ آزمون الزامی زیربند ۱-۲۸، باید در محیط تمیز انجام شود و تابش روی مدول یا پنل باید کمتر از 5 mW/cm^2 باشد.

۲۸-۵ آزمون الزامی زیربند ۱-۲۸، باید برای دو ساعت یا تا زمانی که نتایج نهایی معلوم می‌شوند، هر کدام که زودتر رخ داد، ادامه یابد.

۲۹ آزمون گشتاور پایانه

۲۹-۱ پیچ بست سیم^۱ یا مهره در پایانه‌ی سیم‌کشی باید قادر به تحمل ۱۰ چرخه‌ی محکم کردن و شل کردن با مقدار گشتاور کاربردی مشخص شده در جدول ۷ بدون بروز موارد زیر باشد:

الف- آسیب به جزء نگه‌دارنده‌ی پایانه،

ب- از دست رفتن پیوستگی،

پ- اتصال کوتاه مدار الکتریکی به فلز در دسترس.

جدول ۷- الزامات گشتاور

گشتاور	اندازه پیچ
N.m	
۱/۴	شماره ۶
۱/۸	شماره ۸
۲/۳	شماره ۱۰

۳۰ آزمون ضربه

۳۰-۱ ماده‌ی پلیمری که به عنوان غلاف قطعه‌ی دارای خطر آتش‌سوزی یا شوک الکتریکی بکار گرفته می‌شود و ماده لایه رویی مطابق زیربند ۱۷-۱-پ ارزیابی شده، باید در معرض آزمون‌های توصیف شده در زیربندهای ۳۰-۲ و ۳۰-۳ قرار گیرند.

۳۰-۲ وقتی مدول یا پنل، همانطوریکه در زیربند ۳۰-۳ توصیف شده است، تحت ضربه قرار می‌گیرد، نباید هیچ قطعه برق‌دار در دسترس همانطوریکه در قابلیت دسترسی قطعات برق‌دار عایق‌نشده، بخش ۱۵، تعریف شده است، وجود داشته باشد. شکست ماده‌ی لایه رویی، به شرطی که ذراتی که از مکان نصب معمولشان جدا می‌شوند بزرگتر از 6.5 cm^2 نباشند، قابل قبول است.

۳۰-۳ مدول یا پنل باید با روشی که نمایانگر استفاده‌ی مورد نظر است، نصب شود و باید در معرض ضربه $J 6.78$ عمود بر سطح ناشی از گره‌ی فولادی صاف با قطر 51 mm با وزن 535 g که از فاصله‌ی 1.295 m رها می‌شود، قرار گیرد. مدول یا پنل باید در هر نقطه که خیلی آسیب‌پذیر است مورد اصابت قرار گیرد. اگر ساختمان مدول یا پنل اجازه‌ی اصابت آزاد از بالا با گره‌ی سقوط‌کننده از بالا را نمی‌دهد، گره باید با یک طناب آویزان شود و اجازه داده شود که مانند یک آونگ از ارتفاع عمودی 1.295 m در جهت عمود بر سطح پایین بیاید. برای محفظه‌ی سیم‌کشی پلیمری، آزمون باید روی محفظه در دمای 25°C و همچنین بعد از سرد شدن و نگهداری به مدت ۳ ساعت در دمای $(-35 \pm 2)^\circ\text{C}$ انجام شود.

۳۱ آزمون آتش

۳۱-۱ آزمون گسترش شعله

۳۱-۱-۱ مدول یا پنل در نظر گرفته شده برای نصب روی پشت‌بام و طراحی‌شده برای نصب در بالا، روی یا یکپارچه با سازه‌ی پشت‌بام ساختمان که سطح آن از مواد پوشانده پشت‌بام نوع A، B یا C تشکیل شده است، باید همانطوریکه در UL 790 توصیف شده است، در معرض آزمون گسترش شعله قرار گیرند. نباید در هیچ زمانی هنگام یا بعد از آزمون‌ها، موارد زیر رخ دهند:

- الف- حتی یک قسمت از مدول یا پنل به شکل تکه‌های شعله‌ور یا مشتعل پرت شده یا از سکوی آزمون بیفتد؛
- ب- قسمت‌هایی از کف پشت‌بام یا جزءهایی از مدول یا پنل موردنظر برای نصب یکپارچه با سازه‌ی پشت‌بام ساختمان یا تشکیل دهنده‌ی بخشی از سازه پشت‌بام، به شکل ذرات شعله‌ور به پایین بریزد؛
- پ- شعله بیشتر از 1.82 m برای مواد پشت‌بام نوع A، بیشتر از 2.4 m برای نوع B یا بیشتر از 3.9 m برای نوع C گسترش یابد؛

ت- گسترش جانبی قابل توجه شعله از مسیری که به صورت مستقیم در معرض شعله‌ی آزمون قرار گرفته است، وجود داشته باشد. گسترش شعله شامل شعله‌وری روی سطح بالا (سطحی که شعله‌ی خارجی به آن

اعمال می‌شود) و هر کانال واسطه مانند فضای بین مدول‌های اتکایی یا یکپارچه و یک پشت‌بام تکی می‌باشد.

۳۱-۱-۲ برای مدول یا پنل که برای نصب بالای سازه‌ی پشت‌بام ساختمان در نظر گرفته شده است، آزمون گسترش شعله باید با مدول یا پنل جهت‌داده‌شده نسبت به شعله‌ی آزمون انجام شود، طوری که شعله فقط به سطح بالایی مدول یا پنل برخورد کند.

۳۱-۲ آزمون داغ‌زنی^۱ (در اثر تماس با یک شیء داغ)

۳۱-۲-۱ مدول یا پنل در نظر گرفته شده برای نصب روی پشت‌بام و طراحی‌شده برای نصب در بالا، روی یا یکپارچه با سازه‌ی پشت‌بام ساختمان که سطح آن از مواد پوشانده پشت‌بام رده A، B یا C تشکیل شده است، باید در معرض آزمون داغ‌زنی با یک شیء داغ همانطوریکه در UL 790 توصیف شده است، قرار گیرد. در هیچ زمانی هنگام یا بعد از آزمون‌ها نباید موارد زیر رخ دهند:

- الف- حتی یک قسمت از مدول یا پنل به شکل تکه‌های شعله‌ور یا مشتعل پرت شده یا از سکوی آزمون بیفتد؛
- ب- داغ‌زنی، سوراخی در پشت‌بام یا هر بخش مدول یا پنل ایجاد کند؛
- پ- اجزایی از مدول یا پنل در نظر گرفته‌شده برای نصب یکپارچه با سازه‌ی پشت‌بام ساختمان یا تشکیل‌دهنده‌ی بخشی از سازه‌ی پشت‌بام، به شکل ذرات شعله‌ور به پایین بریزد؛
- ت- مدول یا پنل به صورت پایدار شعله‌ور بماند.

۳۲ شرایط عمومی آزمون‌های بند ۳۱

۳۲-۱ برای آزمون‌های گسترش شعله و داغ‌زنی، شدت آزمون (رده A، B یا C) باید متناسب با رده طراحی شده‌ی مواد پوشانده پشت‌بام مورد نظر باشد.

۳۲-۲ برای آزمون‌های گسترش شعله و داغ‌زنی، باید مدول یا پنل مطابق با دستورالعمل‌های ارائه شده همراه آن نصب شود. باید از ادوات تهیه شده برای نصب مدول یا پنل یا ابزار نصب توصیه‌شده در دستورالعمل‌ها، برای نصب مدول یا پنل برای آزمون استفاده شود. شیب مدول یا پنل نسبت به صفحه‌ی افقی، باید برابر با کمینه شیب تعیین شده در دستورالعمل‌های نصب باشد. شیب سطح پشت‌بام شبیه‌سازی شده نباید از ۴۱۶ mm/m بیشتر باشد.

۳۲-۳ مدول یا پنل لازم نیست بعد از هر آزمون این بخش، قابل استفاده باشد.

۳۲-۴ برای هر رده‌بندی آتش خواسته شده، فقط انجام یکی از آزمون‌های گسترش شعله و داغ‌زنی الزامی است.

۳۳ آزمون پاشش آب

۳۳-۱ مدول یا پنل باید همانطوریکه در زیربندهای ۳۳-۲ تا ۳۳-۸ توصیف شده است در معرض آزمون پاشش آب قرار گیرد. آزمون نباید منجر به ظاهر شدن آب روی بخش‌های برق‌دار عایق نشده یا جمع شدن آب در قسمت دارای بخش‌های برق‌دار شود. بلافاصله بعد از آزمون، باید مدول یا پنل با موارد زیر مطابقت کند:

الف- آزمون ولتاژ تحمل دی‌الکتریک بند ۲۶؛

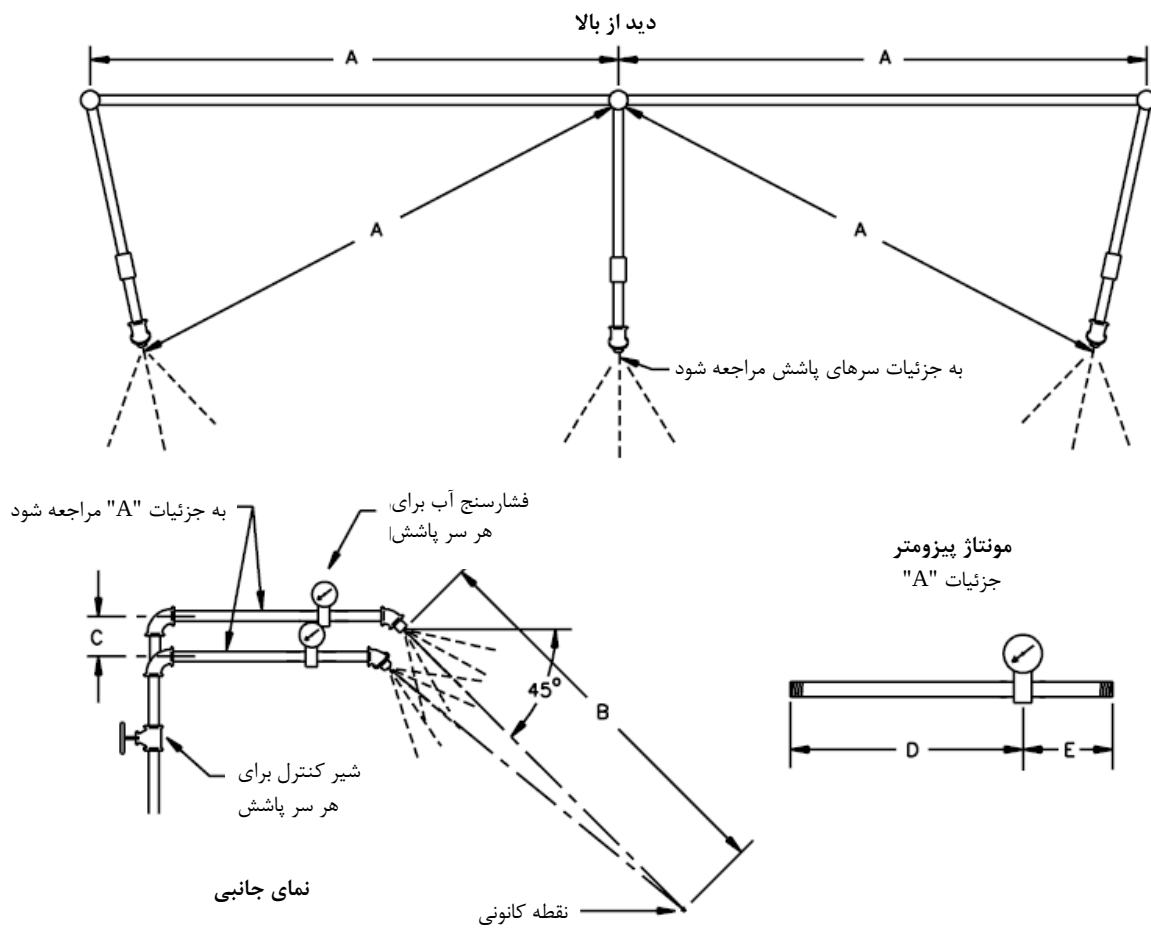
ب- آزمون جریان ناشی بند ۲۱.

هر دو آزمون ولتاژ تحمل دی‌الکتریک و جریان ناشی باید بدون هرگونه خشک کردن نمونه‌ها انجام شوند. ۳۳-۲ مدول یا پنل باید به طریقی نصب و قرار داده شود که نمایانگر استفاده‌ی مورد نظر در ناحیه‌ی کانونی دستگاهی که در زیربند ۳۳-۵ توصیف شده است، باشد. اگر نصب و قرارگیری مدول یا پنل تحت پاشش آب ممکن است روی نتایج تاثیر بگذارد، آزمون باید با مدول یا پنل، در نصب‌ها و جهت‌هایی انجام شود که همه حالات محتمل استفاده از محصول را پوشش دهد؛ همچنین در نظر داشته باشید که مدول یا پنل می‌تواند روی قاب ردیابی کننده‌ای که جهت مدول را تغییر می‌دهد، نصب شود.

۳۳-۳ اگر مدول یا پنل به صورت یکپارچه با پشت‌بام به همراه مدول یا پنل مجاور در یک آرایه، با استفاده از اجزای متصل‌کننده طراحی شده توسط کارخانه، در نظر گرفته شده است، آزمون باید با استفاده از ادوات متصل‌کننده مطابق با دستورالعمل‌های نصب انجام شود.

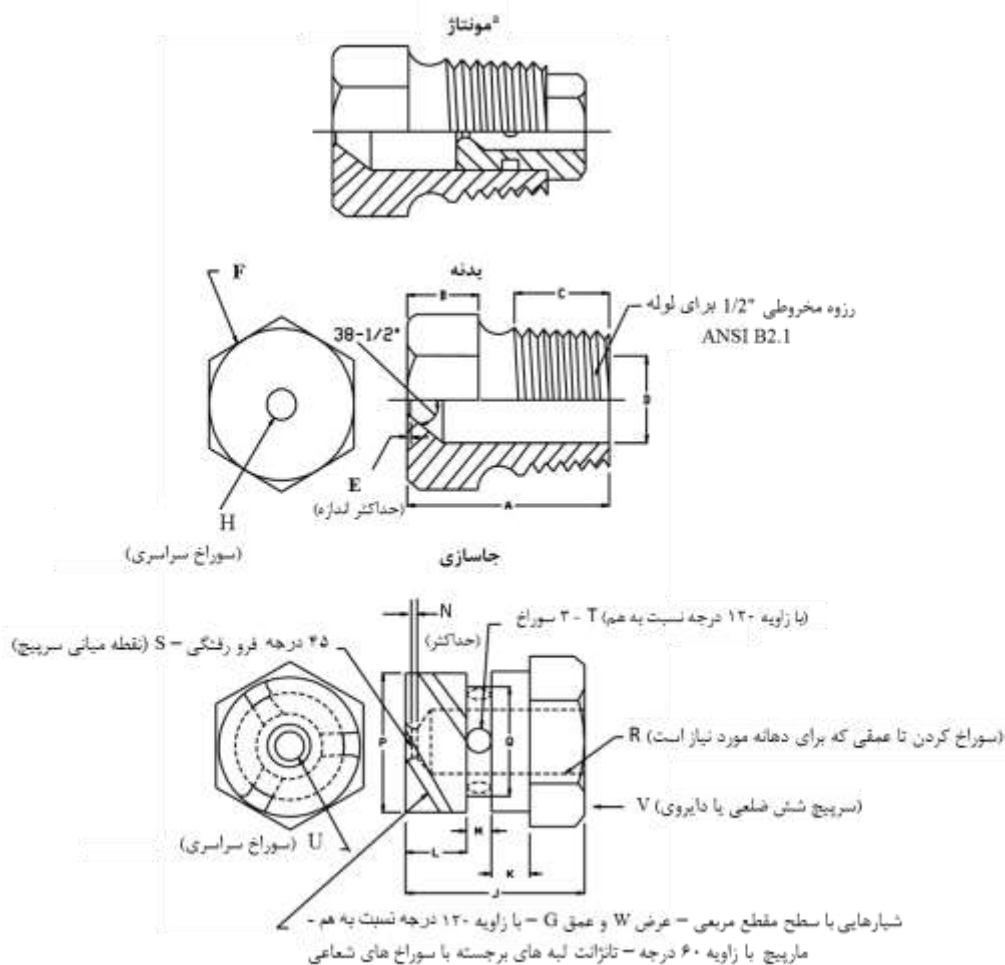
۳۳-۴ اتصالات سیم‌کشی در محل نصب باید مطابق با روش‌های سیم‌کشی تعیین‌شده در دستورالعمل‌های نصب انجام شوند. وقتی بیشتر از یک روش سیم‌کشی تعیین شده باشد، باید از روشی استفاده شود که احتمال ورود آب به محفظه سیم‌کشی در محل نصب را محدود می‌کند.

۳۳-۵ همانطوریکه در شکل ۷ نشان داده شده است، دستگاه آزمون باران باید متشکل از سه سر پاشش نصب شده در یک منبع آب باشد. سرهای پاشش باید مطابق با شکل ۸ ساخته شوند. فشار آب برای همه‌ی آزمون‌ها باید در مقدار 34.5 kPa در هر سر نگه‌داشته شود. فاصله‌ی بین نازل مرکزی و محصول باید تقریباً 9 mm باشد. محصول باید به داخل ناحیه‌ی مرکزی بین سه سر پاشش آورده شود. در چنین موقعیتی و تحت چنین شرایطی، بیشترین مقدار آب برای ورود به محصول مهیا است. آب باید با زاویه‌ی 45° درجه نسبت به خط عمود، به سمت مدول یا پنل پاشیده شود.



بخش	mm
A	۷۱۰
B	۱۴۰۰
C	۵۵
D	۲۳۰
E	۷۵

شکل ۷- لوله کشی سر پاشش برای آزمون باران



mm	in	بخش	mm	in	بخش
0.80	1/32	N	31.0	1-7/32	A
14.61	.575	P	11.0	7/16	B
14.63	.576		14.0	9/16	C
11.51	.453	Q	14.68	.578	D
11.53	.454		14.73	.580	
6.35	1/4	R	0.40	1/64	E
0.80	1/32	S	^c	^c	F
2.79	(No. 35) ^b	T	1.52	.06	G
2.49	(No. 40) ^b	U	5.0	(No. 9) ^b	H
16.0	5/8	V	18.3	23/32	J
1.52	0.06	W	3.97	5/32	K
			6.35	1/4	L
			2.38	3/32	M

^a در آزمایشگاه‌های آزمون کننده، سرهای پاشش پرسی پلاستیکی آزمون باران وجود دارند.

^b اندازه مته ANSI B94.11

^c M اختیاری برای بکارگیری به عنوان آچار لوله

شکل ۸- سر پاشش برای آزمون باران

۳۳-۶ آب مورد استفاده برای آزمون، باید قبل از آزمون در دمای 25°C دارای مقاومت (175 ± 3500) ohm-cm باشد. در پایان آزمون، مقاومت آب در دمای 25°C نباید کمتر از ۳۲۰۰ ohm-cm و بیشتر از ۳۸۰۰ ohm-cm باشد.

۳۳-۷ مدت زمان در معرض گذاری باید یک ساعت باشد.

۳۳-۸ بعد از در معرض گذاری، باید مدول یا پنل برای شواهدی مبنی بر نفوذ آب به داخل و بالای بخش های برق دار عایق نشده و جمع شدن آب در هر قسمت دارای بخش های برق دار بررسی شود. اگر مجاری خروج آب وجود دارد، باید ملاحظات مربوط به جلوگیری از رسیدن سطح آب به بخش های برق دار عایق نشده در آن ها در نظر گرفته شود.

۳۴ آزمون پیرسازی تسریع شده

۳۴-۱ مواد استفاده شده برای واشرها، آب بندی و قطعات مشابه (غیر از چوب پنبه، مواد فیبری و محصولات مشابه) باید خواص فیزیکی جدول ۸ را داشته باشند و باید با الزامات خواص فیزیکی جدول ۹ مطابقت داشته باشد. مواد نباید به میزانی تغییر شکل داده، ذوب شده یا سخت شوند که خواص آب بندی آنها تحت تاثیر قرار گیرند.

جدول ۸- الزامات خواص فیزیکی

کمینه مقاومت کششی ^a	کمینه حد نهایی از دیاد طول ^a	تنظیم فشار روی ماده ^c بیشینه تنظیم
سیلیکون رابر - $500 \text{ psi } (3.45 \text{ MPa})$	۱۰۰٪	۱۵٪
مواد با ساختار سلولی انعطاف پذیر (از قبیل لاستیک فومی) - $65 \text{ psi } (0.448 \text{ MPa})$	۱۰۰٪	d
سایر الاستومرها - $1500 \text{ psi } (10.3 \text{ MPa})^b$	$300\%^b$	۱۵٪
مواد غیرالاستومر (باستثنای چوب پنبه، فیبر و مواد مشابه) - $1500 \text{ psi } (10.3 \text{ MPa})^b$	۲۰۰٪	۱۵٪
^a مقاومت کششی و حد نهایی از دیاد طول باید با استفاده از نمونه های قالب C تشریح شده در ASTM D 412-98 یا نمونه های نوع I تشریح شده در ASTM D 638-01 تعیین شود.		
^b به عنوان جایگزین، حد نهایی از دیاد طول ۲۰۰٪، به شرط مقاومت کششی حداقل $15/1 \text{ MPa } (2200 \text{ psi})$ ، قابل قبول است.		
^c تنظیم فشار باید ۳۰ دقیقه بعد از خارج کردن آزمون و با استفاده از روش B استاندارد ASTM D395-01 تعیین شود.		
^d تنظیم فشار روی مواد با ساختار سلولی انعطاف پذیر کاربرد ندارد.		

جدول ۹- الزامات فیزیکی بعد از آماده سازی

بیشینه تغییر از مقدار مطلق ^{a, b}	کمینه درصد نتیجه با نمونه‌های پیر نشده		رویه آماده سازی	دمای مواد در آزمون دما
	حد نهایی	مقاومت کششی		°C
۵	۶۰	۶۰	پیرسازی با کوره هوا برای ۷۰ ساعت در دمای $(100 \pm 2)^{\circ}\text{C}$	۶۰ یا کمتر
۵	۵۰	۵۰	پیرسازی با کوره هوا برای ۱۶۸ ساعت در دمای $(100 \pm 2)^{\circ}\text{C}$	۷۵-۶۱
۱۰	۵۰	۵۰	پیر شده در کشش کامل، کوره با گردش هوا برای ۱۶۸ ساعت در دمای $(121 \pm 2)^{\circ}\text{C}$	۹۰-۷۶
۱۰	۵۰	۵۰	پیر شده در کشش کامل، کوره با گردش هوا برای ۱۶۸ ساعت در دمای $(136 \pm 2)^{\circ}\text{C}$	۱۰۵-۹۱
۱۰	۵۰	۵۰	$(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ بیشتر از دمای استفاده شده در کوره همرفت گردشی، ۱۶۸ ساعت به صورت روباز در کوره	بالای ۱۰۵
^a مطابق با ASTM D2240-02 تعیین شده است.				
^b برای مواد با ساختار سلولی انعطاف پذیر (از قبیل لاستیک فومی) کاربرد ندارد.				

۳۵ آزمون چرخه دمایی

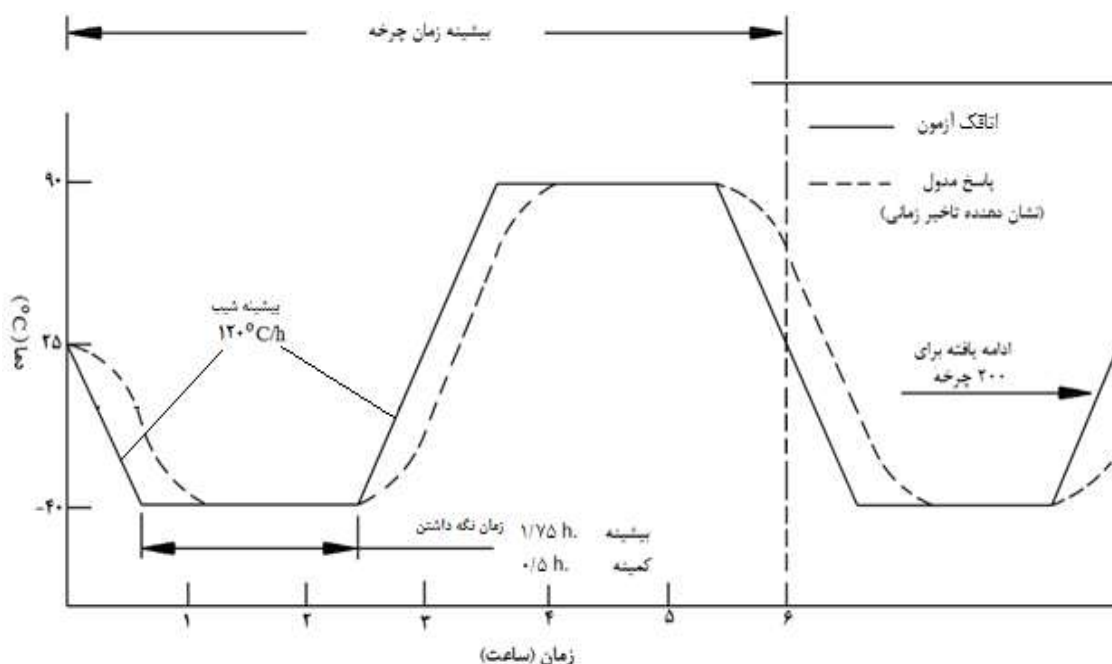
۳۵-۱ مدول یا پنل باید در معرض ۲۰۰ چرخه‌ی تغییر دما، همانطوریکه در زیربندهای ۳۵-۲ تا ۳۵-۴ توصیف شده است، قرار گیرد و

الف- آزمون نباید منجر به موارد زیر شود:

- ۱- از دست رفتن پیوستگی مدار؛
- ۲- در دسترس قرار گرفتن قطعات دارای خطر شوک الکتریکی، از قبیل لایه‌لایه‌شدگی یا جدا شدن مواد؛
- ۳- کاهش مقاومت بین قطعات دارای خطر شوک الکتریکی و قطعه در دسترس بطوریکه مدول یا پنل مطابق با آزمون جریان نشتی، بند ۲۱ نباشد؛
- ۴- کاهش ضخامت دیواره محفظه سیم‌کشی غیرفلزی به کمتر از مقادیر مورد نیاز؛
- ۵- کاهش حجم محفظه سیم‌کشی غیرفلزی به کمتر از مقادیر مورد نیاز؛

- ۶- شکافی بزرگتر از ۱/۶ mm یا افزایش ۱/۶ mm یا بیشتر در دهانه‌ی موجود بین دیواره‌های محفظه سیم-کشی غیرفلزی و پوشش؛
- ب- مدول یا پنل باید با آزمون تحمل ولتاژ دی‌الکتریک، بند ۲۶، در دمای 50°C یا بالاتر و همچنین در دمای اتاق مطابقت داده شود؛
- پ- بلافاصله بعد از آزمون تحمل ولتاژ دی‌الکتریک، مدول یا پنل باید با آزمون جریان نشتی، بند ۲۱، مطابقت داده شود؛
- ت- بلافاصله بعد از آزمون جریان نشتی، مدول یا پنل باید با آزمون مقاومت عایق خیس، بند ۲۷، مطابقت داده شود؛
- ث- مدول یا پنل با محفظه سیم‌کشی، همانگونه که در زیربند ۱۳-۱-۶ توصیف شده است، باید با آزمون استحکام محفظه سیم‌کشی، بند ۴۲، بعد از آزمون مقاومت عایق خیس مطابقت داده شود؛
- ج- مدول یا پنل با محفظه سیم‌کشی، همانگونه که در زیربند ۱۳-۱-۶ توصیف شده است، باید با آزمون مقاومت عایق خیس، بند ۲۷، بعد از آزمون استحکام محفظه سیم‌کشی مطابقت داده شود؛
- ۳۵-۲ سه نمونه مدول یا پنل باید در اتاقک گردش هوا که دما و رطوبت آن قابل تغییر و کنترل باشند، قرار داده شوند. رطوبت باید به اندازه‌ای تنظیم شود که از جمع شدن رطوبت روی نمونه‌ها جلوگیری شود. به منظور فراهم کردن تشخیص مستمر و مجزای از دست رفتن پیوستگی مدار و افت مقاومت بین مدار الکتریکی و فلز در دسترس، سرسیم‌ها باید به پایه‌ها و قاب نمونه‌ها متصل شوند.
- ۳۵-۳ نمونه‌ها باید طوری در اتاقک نصب یا نگه داشته شوند که هوا به صورت آزاد اطراف آنها گردش کند. هدایت حرارتی وسایل نصب یا نگه داشتن نمونه‌ها باید پایین باشند تا نمونه‌ها از نظر حرارتی از یکدیگر ایزوله باشند.
- ۳۵-۴ هر آزمون باید شامل موارد زیر باشد:
- الف- یک گذار در دمای اتاقک آزمون از دمای 25°C به دمای 40°C ؛
- ب- نمونه‌ها باید در دمای اتاقک 40°C به مدت حداقل ۳۰ دقیقه نگه داشته شوند اگر کاهش دمای نمونه‌ها به کندی اتفاق بیفتد بایستی تا زمان رسیدن دمای نمونه‌ها به دمایی با اختلافی در حدود 2°C نسبت به دمای اتاقک نگه داشته شود. کل زمان نگه داشتن نباید بیشتر از یک ساعت و ۴۵ دقیقه باشد؛
- پ- یک گذار در دمای اتاقک آزمون از دمای 40°C به دمای 90°C ؛
- ت- نمونه‌ها باید در دمای اتاقک 90°C به مدت حداقل ۳۰ دقیقه نگه داشته شوند اگر افزایش دمای نمونه‌ها به کندی اتفاق بیفتد بایستی تا زمان رسیدن دمای نمونه‌ها به دمایی با اختلافی در حدود 2°C نسبت به دمای اتاقک نگه داشته شود. کل زمان نگه داشتن نباید بیشتر از یک ساعت و ۴۵ دقیقه باشد؛

ث- یک گذار در دمای اتاقک آزمون از دمای 90°C به دمای 25°C . کل زمان چرخه نباید بیشتر از ۶ ساعت باشد. اگر دمای 25°C شروع یا پایان 200 چرخه باشد، هر دمای نامی اتاق در گستره‌ی دمایی 15°C تا 35°C می‌تواند استفاده شود. برای همه‌ی گذارها، نرخ آنی تغییر دمای اتاقک آزمون نسبت به زمان نباید بزرگتر از 120°C/h باشد. به شکل ۹ مراجعه شود.



شکل ۹- آزمون چرخه‌ی دمایی

۳۶ آزمون رطوبت

۳۶-۱ مدول یا پنل باید در معرض 10 چرخه‌ی رطوبت- انجماد همانطوریکه در زیربندهای ۳۶-۲ تا ۳۶-۶ شرح داده شده است، قرار گیرد و

الف- آزمون نباید منجر به موارد زیر شود:

- ۱- از دست رفتن پیوستگی مدار؛
- ۲- در دسترس قرار گرفتن قطعات دارای خطر شوک الکتریکی، از قبیل لایه لایه شدگی یا جدا شدن مواد؛
- ۳- کاهش مقاومت بین قطعات دارای خطر شوک الکتریکی و یک قطعه در دسترس بطوریکه مدول یا پنل مطابق با آزمون جریان نشستی، بند ۲۱ نباشد؛
- ۴- خوردگی قطعات فلزی؛
- ۵- کاهش ضخامت دیواره محفظه سیم‌کشی غیرفلزی به کمتر از مقادیر مورد نیاز؛
- ۶- کاهش حجم محفظه سیم‌کشی غیرفلزی به کمتر از مقادیر مورد نیاز؛

۷- شکافی بزرگتر از ۱/۶ mm یا افزایش ۱/۶ mm یا بیشتر در دهانه‌ی موجود بین دیواره‌های محفظه

سیم‌کشی غیرفلزی و پوشش؛

ب- بلافاصله بعد از آزمون، مدول یا پنل باید با آزمون تحمل ولتاژ دی الکتریک، بند ۲۶، مطابقت داده شود؛

پ- بلافاصله بعد از آزمون تحمل ولتاژ دی الکتریک، مدول یا پنل باید با آزمون جریان نشتی، بند ۲۱، مطابقت داده شود؛

ت- بعد از آزمون جریان نشتی، مدول یا پنل باید با آزمون مقاومت خیس، بند ۲۷، مطابقت داده شود؛

ث- مدول یا پنل با محفظه سیم‌کشی، همانند آنچه در زیربند ۱۳-۱-۶ توصیف شده است، باید با آزمون استحکام محفظه سیم‌کشی، بند ۴۲، بعد از آزمون مقاومت عایق خیس مطابقت داده شود؛

ج- مدول یا پنل با محفظه سیم‌کشی، همانند آنچه در زیربند ۱۳-۱-۶ توصیف شده است، باید با آزمون مقاومت عایق خیس، بند ۲۷، بعد از آزمون استحکام محفظه سیم‌کشی مطابقت داده شود.

۳۶-۲ سه نمونه مدول یا پنل باید در اتاقک گردش هوا که دما و رطوبت آن قابل تغییر و کنترل باشند، قرار داده شوند. در صورت نیاز، به منظور فراهم کردن تشخیص مستمر مجزای از دست رفتن پیوستگی مدار و افت مقاومت بین مدار الکتریکی و فلز در دسترس، سرسیم‌ها باید به پایانه‌ها و قاب نمونه‌ها متصل شوند.

۳۶-۳ نمونه‌ها باید طوری در اتاقک نصب یا نگه داشته شوند که هوا به صورت آزاد اطراف آنها گردش کند. هدایت حرارتی وسایل نصب یا نگه داشتن نمونه‌ها باید پایین باشند تا نمونه‌ها از نظر حرارتی از یکدیگر ایزوله باشند.

۳۶-۴ دستگاه آزمون و چیدمان نمونه‌ها باید به گونه‌ای باشند که از چکیدن میعانات روی نمونه جلوگیری شود. پایان‌دهی‌ها در هر یک از حالات نصب در نظر گرفته شده برای محصول، باید حداقل درجه‌ی حفاظتی در برابر چگالش آب را فراهم کنند.

۳۶-۵ هر چرخه باید شامل موارد زیر باشد:

الف- یک گذار در دمای مخزن آزمون از دمای 25°C به دمای 85°C ؛

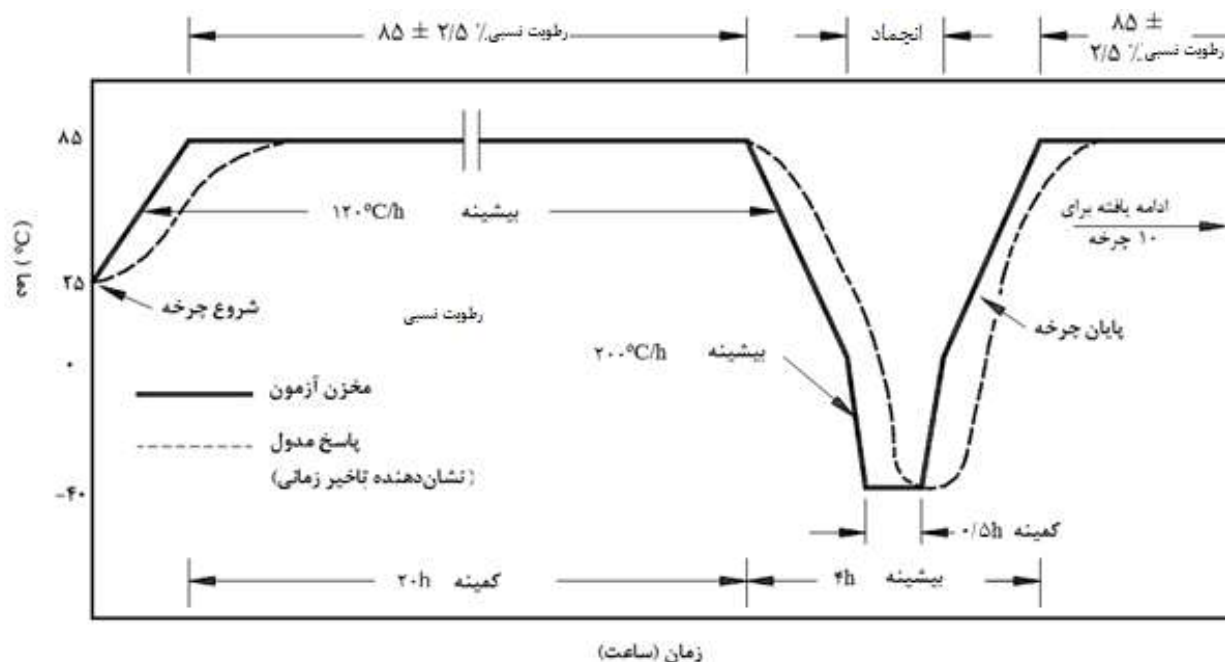
ب- یک زمان نگه‌داشتن ۲۰ ساعته در دمای 85°C ؛

پ- یک گذار در دمای اتاقک آزمون از دمای 85°C به دمای 40°C ؛

ت- یک زمان نگه‌داشتن حداقل ۳۰ دقیقه‌ای در دمای 40°C ؛

ث- یک گذار در دمای مخزن آزمون از دمای 40°C به دمای 25°C . وقتی دما 0°C یا بالاتر است، گذارهای دمایی اتاقک آزمون نسبت به زمان نباید بزرگتر از 120°C/h باشند. وقتی دما کمتر از 0°C است، گذارهای دمایی مخزن آزمون نسبت به زمان نباید بزرگتر از 200°C/h باشد. مجموع کل زمان گذارها و زمان نگه داشتن در دمای 40°C ، نباید از ۴ ساعت تجاوز کند. اگر دمای 25°C شروع یا پایان ۱۰ چرخه باشد،

دمای نامی اتاق در گستره‌ی دمای 15°C تا دمای 35°C می‌تواند استفاده شود. کل زمان چرخه نباید از ۲۴ ساعت تجاوز کند. به شکل ۱۰ مراجعه شود.



شکل ۱۰- آزمون چرخه رطوبت- انجماد

۳۶-۶ زمانی که دمای هوای اتاق 85°C است، رطوبت نسبی اتاق باید $85 \pm 2/5\%$ باشد. در طول مدت همه‌ی گذارهای دمایی، برای اینکه به بخار هوای کندانس شده^۱ اجازه‌ی انجماد در داخل مدول یا پنل داده شود، هوای اتاق باید از هوای بیرون ایزوله شود (هوای جبرانی وجود نداشته باشد).

۳۷ آزمون محیط خورنده

۳۷-۱ آزمون پاشش نمک

۳۷-۱-۱ یک نمونه‌ی کامل مدول یا نمونه‌های آزمون از موادی که معرف مواد مورد استفاده در مدول می‌باشند، باید در معرض آزمون پاشش نمک، همانطوریکه در زیربندهای ۳۷-۱-۳ تا ۳۷-۱-۱۱ شرح داده شده است، قرار گیرند.

استثنا: لازم نیست مدول ساخته شده از موادی مانند پلاستیک، فولاد ضد زنگ یا آلومینیوم که ذاتاً در مقابل محیط خورنده مقاوم است، آزمون شود.

۳۷-۱-۲ پس از آزمون، براساس زیربند ۳۷-۱-۱، اثرات خوردگی روی نمونه‌ی تحت آزمون خوردگی با مشاهده‌ی چشمی نباید بیشتر از آنچه که روی نمونه‌ی مرجع تشکیل شده است، باشند. خوردگی در ناحیه‌ی خط خراشیده شده، با گسترش خوردگی از خط خراشیده شده تشخیص داده می‌شود.

۳۷-۱-۳ دستگاه آزمون پاشش نمک باید شامل اتاقکی با ابعاد داخلی 1.22 m در 0.76 m در 0.91 m یا در صورت لزوم بزرگتر، یک مخزن محلول نمک، یک منبع هوای فشرده، یک برج پاشش نمک برای تولید اسپری نمک که مطابق با ASTM کد تخصیصی B117-97 ساخته شده، نگهدارنده‌های آزمون، وسایل برای حرارت دادن به اتاقک و ابزار لازم برای کنترل باشد.

۳۷-۱-۴ برج پاشش نمک برای تولید اسپری نمک، باید در مرکز اتاقک قرار داده شود و با هوای مرطوب شده در فشار نسبی 117 kPa تا 131 kPa تغذیه شود، بطوریکه محلول به صورت مه یا غبار نرم به داخل مخزن دمیده شود.

۳۷-۱-۵ محلول نمک باید متشکل از ۵٪ وزنی نمک معمولی (کلرید سدیم) در آب مقطر باشد. مقدار PH محلول تهیه شده باید بین ۶/۵ و ۷/۲ باشد و وزن مخصوصی بین ۱/۰۲۶ و ۱/۰۴۰ در دمای 35°C داشته باشد. در مدت آزمون، باید دمای مخزن در گستره‌ی دمای 33°C تا دمای 36°C نگه داشته شود.

۳۷-۱-۶ نمونه‌ی آزمون باید روی قفسه‌های پلاستیکی با زاویه ۱۵ درجه نسبت به عمود نگه‌داشته شوند. ۳۷-۱-۷ باید از چکیدن قطرات محلولی که روی سقف داخلی یا پوشش اتاقک جمع می‌شوند بر روی آزمون‌ه‌ی جلوگیری شود. قطرات محلولی که از آزمون‌ه‌ها می‌افتند نباید مجدداً استفاده شوند، بلکه باید توسط یک مسیر تخلیه در کف دستگاه، خارج شوند.

۳۷-۱-۸ باید از آزمون‌ه‌های مرجع با ابعاد $102\text{ mm} \times 305\text{ mm}$ از جنس ورق فولادی تجاری با پوشش از جنس روی، برای مقایسه استفاده شوند. آزمون‌ه‌های انتخاب شده باید معرف کمینه مقدار قابل قبول پوشش از جنس روی تحت الزامات تخصیص پوشش G90 یا G60 (هر جا کاربرد داشته باشد، به قابلیت دسترسی قطعات عایق‌بندی نشده، بند ۱۵، مراجعه شود) باشند، همانطوریکه در ASTM A90-81 تعیین شده است. این پوشش‌های از جنس روی به عنوان فراهم کننده حفاظت قابل قبول در برابر خوردگی در نظر گرفته می‌شوند.

۳۷-۱-۹ آزمون‌ه‌های مرجع با پوشش از جنس روی باید قبل از قرار گرفتن در اتاقک پاشش نمک، با صابون و آب تمیز شوند، با اتیل الکل و اتیل اتر شستشو داده شده، خشک شوند و لبه‌های برنده آن با رنگ، واکس یا سایر مواد موثر حفاظت شوند.

۳۷-۱-۱۰ به منظور در معرض‌گذاری فولاد زیرین، باید شیاری به طول تقریبی 152 mm در آزمون‌ه‌ی مرجع و نمونه‌ی تحت آزمون ایجاد شود.

۳۷-۱-۱۱ آزمون باید تا زمانی ادامه یابد که پوشش از جنس روی نمونه‌های تحت آزمون یا نمونه‌های مرجع تخریب شده و اثرات خوردگی روی فولاد زیرین تشکیل شود.

۳۷-۲ کربن دی اکسید / سولفور دی اکسید مرطوب

۳۷-۲-۱ یک نمونه مدول کامل یا نمونه‌های آزمون که از جنس مواد مورد استفاده در مدول هستند، باید در معرض آزمون کربن دی اکسید / سولفور دی اکسید مرطوب، همانطوریکه در زیربندهای ۳۷-۲-۳ تا ۳۷-۲-۹ توصیف شده، قرار گیرند.

استثنا: لازم نیست مدولی که از موادی مانند پلاستیک، فولاد ضد زنگ یا آلومینیوم که ذاتاً در مقابل محیط خورنده مقاوم است، ساخته شده است آزمون شود.

۳۷-۲-۲ اثرات خوردگی تشکیل شده روی نمونه‌ی تحت آزمون وقتی با مشاهده چشمی تعیین می‌شود، نباید بیشتر از آنچه روی نمونه مرجع تشکیل شده است، باشد. خوردگی در ناحیه‌ی خط خراشیده شده، با گسترش خوردگی از خط خراشیده شده قابل تشخیص است.

۳۷-۲-۳ باید اتاقکی با ابعاد $1.22\text{ m} \times 0.76\text{ m} \times 0.91\text{ m}$ یا بزرگتر در صورت لزوم، دارای یک ژاکت آب و یک گرمکن قابل کنترل با ترموستات برای حفظ دمای $(2 \pm 35)^\circ\text{C}$ مورد استفاده قرار گیرد.

۳۷-۲-۴ سولفور دی اکسید و کربن دی اکسید باید از سیلندرهای تجاری محتوی این گازهای تحت فشار، به مخزن آزمون تغذیه شوند. باید مقداری سولفور دی اکسید معادل با ۱٪ حجم اتاقک آزمون و حجم برابری از کربن دی اکسید هر روز به داخل اتاقک آزمون تزریق شود. قبل از تزریق شارژ گاز جدید در هر روز، باید گاز باقیمانده‌ی روز قبل، از اتاقک آزمون تخلیه شود. باید مقدار کمی آب برای حفظ رطوبت، در ته مخزن باقی بماند.

۳۷-۲-۵ نمونه‌های آزمون باید روی قفسه‌های پلاستیکی با زاویه‌ی 15° نسبت به راستای قائم نگه‌داشته شوند. ۳۷-۲-۶ باید آزمون‌های مرجع با ابعاد $102\text{ mm} \times 305\text{ mm}$ از جنس ورق فولادی تجاری با پوشش از جنس روی، برای مقایسه استفاده شوند. آزمون‌های انتخاب شده باید معرف کمینه مقدار قابل قبول پوشش از جنس روی تحت الزامات تخصیص پوشش G90 یا G60 (هر جا کاربرد داشته باشد، به مقاومت در برابر خوردگی، بند ۱۵، مراجعه شود) باشند، همانطوریکه در ASTM A90-81 تعیین شده است. این پوشش‌های از جنس روی به عنوان فراهم کننده حفاظت قابل قبول در برابر خوردگی در نظر گرفته می‌شوند.

۳۷-۲-۷ آزمون‌های مرجع با پوشش از جنس روی، قبل از قرار گرفتن در مخزن پاشش نمک، باید با آب و صابون تمیز شوند، با اتیل الکل و اتیل اتر شستشو داده شده، خشک شده و لبه‌های برنده آن با رنگ، واکس یا سایر مواد موثر حفاظت شوند.

۳۷-۲-۸ به منظور در معرض گذاری فولاد زیرین، باید شیاری به طول تقریبی 152 mm در آزمون‌ی مرجع و نمونه‌ی تحت آزمون خراشیده شود.

۳۷-۲-۹ آزمون باید تا زمانی ادامه یابد که پوشش نمونه‌های تحت آزمون یا نمونه‌های مرجع تخریب شده و اثرات خوردگی روی فولاد زیرین مشاهده شود.

۳۸ آزمون ضخامت پوشش فلزی

۳۸-۱ روش تعیین ضخامت پوشش از جنس روی یا کادمیوم اشاره شده در زیربندهای ۱۴-۱ و ۱۴-۲، در زیربندهای ۳۸-۲ تا ۳۸-۹ شرح داده می‌شود.

۳۸-۲ محلولی که برای آزمون ضخامت پوشش فلزی استفاده می‌شود باید از آب مقطر ساخته شود و دارای کروم تری‌اکسید (CrO_3) ۲۰۰ گرم بر لیتر با گرید آزمایشگاهی (یا بهتر) و ۵۰ گرم بر لیتر از اسید سولفوریک غلیظ (H_2SO_4) با گرید آزمایشگاهی باشد. ۵۰ گرم بر لیتر اسید سولفوریک غلیظ با گرید آزمایشگاهی معادل با ۲۷ میلی لیتر بر لیتر اسید سولفوریک با وزن مخصوص ۱/۸۴ و خلوص ۹۶٪ H_2SO_4 است.

۳۸-۳ محلول آزمون باید در ظرفی شیشه‌ای مانند قیف جداکننده با یک انشعاب خروجی مجهز به یک شیر و یک لوله‌ی موئین با قطر داخلی تقریباً ۰/۶۴ mm (۰/۲۵ اینچ) و طول ۱۵۰ mm نگهداری شود. انتهای پایینی لوله موئین باید بتدریج باریک شود تا نوکی تشکیل شود که قطرات چکیده‌ی آن ۰/۰۵ ml شوند. برای حفظ ارتفاع محلول در سطحی موثر و ثابت، یک لوله‌ی شیشه‌ای کوچک از طریق درپوش لاستیکی به سر قیف وارد شود و محل آن طوری تنظیم شود که وقتی شیر باز است، نرخ چکیدن (5 ± 100) قطره بر دقیقه باشد. در صورت تمایل برای کنترل نرخ چکیدن، یک شیر اضافی به جای لوله‌ی شیشه‌ای می‌تواند استفاده شود.

۳۸-۴ باید نمونه و محلول آزمون به اندازه‌ی کافی در اتاق آزمون نگه داشته شوند تا دمای آن‌های به دمای اتاق برسد و دما باید یادداشت و ثبت شود. آزمون باید در اتاقی با دمای 21.2°C تا 32.0°C انجام شود.

۳۸-۵ قبل از آزمون، باید نمونه به صورت کامل تمیز شود. همه‌ی چربی‌ها، لاک‌ها، رنگ‌ها یا سایر پوشش‌های غیرفلزی شامل روغن‌های محافظ، باید به طور کامل با استفاده از حلال‌ها برداشته شوند. سپس باید نمونه به صورت کامل در آب شستشو داده شده و با الیاف کتان تمیز خشک شود.

۳۸-۶ نمونه‌ای که باید آزمون شود باید در فاصله ۱۷ mm تا ۲۵ mm زیر روزنه نگه داشته شود. سطحی که باید آزمون شود باید حدود 45° نسبت به سطح افقی کج شود تا قطره‌های محلول با نقطه‌ای که باید آزمون شود برخورد کنند و سریع خارج شوند.

۳۸-۷ شیر باید باز شود و تا زمانی که محلول در حال چکیدن، پوشش فلزی حفاظتی را حل کند و فلز پایه را بدون حفاظ کند، زمان باید برحسب ثانیه اندازه‌گیری شود. نقطه‌ی پایانی، اولین لحظه نمایان شدن فلز پایه است که با تغییر رنگ در آن نقطه قابل تشخیص است.

۳۸-۸ باید نمونه‌ی یک مجموعه آزمون، در سه نقطه یا بیشتر، به استثنا سطوح برش خورده، سطوحی که بر روی آن چاپ شده یا بر روی آن شیار ایجاد شده در معرض آزمون قرار گیرد. این آزمون‌ها هم بر روی سطح داخلی و هم به تعداد نقاط برابر روی سطح بیرونی، در مکان‌هایی که انتظار می‌رود پوشش فلزی باریک‌ترین

است (در غلاف‌های ساخته شده از ورق‌های پیش پوشش‌شده، احتمالاً گوشه‌های بیرونی که تحت بیشترین تغییر شکل قرار دارند، دارای پوشش‌های نازکی هستند) انجام شود.

۳۸-۹ برای محاسبه‌ی ضخامت پوشش‌هایی که مورد آزمون قرار گرفته‌اند، از جدول ۱۰، ضریب ضخامت مناسب را برای دمایی که آزمون در آن انجام می‌شود انتخاب کنید و آن را در زمان برحسب ثانیه که برای ظاهر شدن فلز پایه لازم است، همانطوریکه در زیربند ۳۸-۷ ذکر شده است، ضرب کنید.

جدول ۱۰- ضرایب ضخامت پوشش‌های فلزی

ضرایب ضخامت، 0.00025 mm/s		دما
روکش‌های روی	روکش‌های کادمیومی	$^{\circ}\text{C}$
۰/۹۸۰	۱/۳۳۱	۲۱/۱
۰/۹۹۰	۱/۳۴۰	۲۱/۷
۱/۰۰۰	۱/۳۵۲	۲۲/۲
۱/۰۱۰	۱/۳۶۲	۲۲/۸
۱/۰۱۵	۱/۳۷۲	۲۳/۳
۱/۰۲۵	۱/۳۸۳	۲۳/۹
۱/۰۳۳	۱/۳۹۵	۲۴/۴
۱/۰۴۲	۱/۴۰۵	۲۵/۰
۱/۰۵۰	۱/۴۱۶	۲۵/۶
۱/۰۶۰	۱/۴۲۷	۲۶/۱
۱/۰۷۰	۱/۴۳۸	۲۶/۷
۱/۰۸۰	۱/۴۵۰	۲۷/۲
۱/۰۸۵	۱/۴۶۰	۲۷/۸
۱/۰۹۵	۱/۴۷۰	۲۸/۳
۱/۱۰۰	۱/۴۸۰	۲۸/۹
۱/۱۱۰	۱/۴۹۰	۲۹/۴
۱/۱۲۰	۱/۵۰۱	۳۰/۰
۱/۱۳۰	۱/۵۱۳	۳۰/۶
۱/۱۴۱	۱/۵۲۴	۳۱/۱
۱/۱۵۰	۱/۵۳۴	۳۱/۷
۱/۱۶۰	۱/۵۴۶	۳۲/۲

۳۹ آزمون تحمل نقطه داغ

۳۹-۱ کلیات

۳۹-۱-۱ هر سلول نماینده یک مدول یا پنل باید بطور متناوب برای مدت ۱۰۰ ساعت در معرض شرایط شبیه‌سازی شده‌ی گرمایش نقطه داغ ولتاژ معکوس، همانطوریکه در زیربندهای ۳۹-۱-۲ تا ۳۹-۹-۸ شرح داده است، قرار گیرد. آزمون نباید منجر به موارد زیر شود:

الف- در دسترس قرار گرفتن قطعات دارای خطر احتمالی شوک الکتریکی؛

ب- ذوب شدن لحیم؛

پ- هر نشانه‌ی دیگری از خطر احتمالی آتش یا شوک الکتریکی.

۳۹-۱-۲ شرایط گرم شدن نقطه داغ ولتاژ معکوس مشخص شده در زیربند ۳۹-۱-۱ وقتی اتفاق می‌افتد که یک مدول در مقادیر جریانی کار می‌کند که از ظرفیت جریان اتصال کوتاه کاهش‌یافته‌ی سلول تکی یا گروهی از سلول‌ها در یک مدار آرایه، بیشتر است. این ظرفیت جریان اتصال کوتاه کاهش‌یافته می‌تواند نتیجه‌ی علل متعددی شامل تابش غیریکنواخت روی مدول (در سایه قرار گرفتن بخشی از مدول)، خرابی سلول تکی به علت ترک خوردن یا از دست رفتن قسمتی از مدار سری- موازی به علت مدار باز شدن اتصال داخلی منفرد باشد. یک مدول می‌تواند در سطوح جریان بیشتر از ظرفیت جریان اتصال کوتاه کاهش‌یافته‌اش در مدت شرایط کنترل نشده یا در مدت خطای عمدی مانند اتصال کوتاهی که به صورت عمدی روی مدول به منظور تعمیر یا به عنوان روشی دیگر برای غیرفعال کردن آرایه قرار داده شده است، کار کند. در هنگام گرم شدن نقطه داغ ولتاژ معکوس، توان در سلول یا سلول‌هایی که دچار اضافه جریان شده^۱ در مقداری برابر با حاصل ضرب جریان و ولتاژ معکوس تلف می‌شود که در سلول یا سلول‌ها گسترش می‌یابد. این عامل می‌تواند سلول یا سلول‌ها را تا دماهای بالا گرم کند.

۳۹-۱-۳ روش انجام این آزمون به صورت زیر است:

الف- انتخاب و اتصال منابع تغذیه و ادوات ابزار دقیق مناسب برای آزمون سلول‌ها،

ب- تعیین سطوح آزمون نقطه داغ،

پ- انجام آزمون تحمل نقطه داغ.

۳۹-۲ انتخاب سلول و ادوات ابزار دقیق

۳۹-۲-۱ میزان گرم شدن نقطه داغ در یک سلول متأثر، تا اندازه‌ای به منحنی مشخصه I-V در ولتاژ معکوس سلول متأثر بستگی دارد. منحنی مشخصه I-V در ولتاژ معکوس می‌تواند از سلولی به سلول دیگر در یک مدول معین تغییر کند. بنابراین گستره‌ی تاریک منحنی مشخصه‌های I-V در ولتاژ معکوس برای نمونه‌ی نماینده

1- Overcurrenting cell or cells

سلول‌ها (حداقل ۱۰ سلول) در مدول آزمون باید مطابق با زیربندهای ۲-۲-۳۹ تا ۵-۵-۳۹ تعیین شود. این موضوع می‌تواند مستقیماً با دسترسی به سلول‌های تکی (روش مداخله‌ای) یا اگر مدول یک رشته‌ی سری ساده از سلول‌ها است با روش سایه‌اندازی (روش غیرمداخله‌ای) انجام شود. انتخاب روش مداخله‌ای- غیرمداخله‌ای، فقط به انتخاب سلول بستگی دارد. باید همه‌ی سلول‌هایی که در معرض تحمل نقطه داغ قرار گرفته‌اند به صورت تکی در دسترس باشند.

۲-۲-۳۹ گستره تاریک منحنی‌های I-V در ولتاژ معکوس، برای حداقل ده سلول در مدول، مدول‌ها یا پنل، باید با استفاده از یکی از فرمول‌های زیر برای ولتاژهای معکوس از صفر تا بیشینه حد ولتاژ (V_L) یا جریان‌های از صفر تا بیشینه حد جریان (I_L)، هر حدی که اول حاصل شد، تعیین شوند:

$$I_L = I_{SC}$$

یا

$$V_L = N \times V_{mp}$$

که در آن‌ها:

I_{SC} : جریان اتصال کوتاه یک سلول معمولی در 100 mW/cm^2 و شرایط NOCT است.

N: تعداد سلول‌های سری به ازای هر دیود کنارگذر است:

الف- به عنوان بخش یکپارچه‌ی مدول یا پنل

ب- همانطوریکه برای استفاده با مدول یا پنل در یک نشانه‌گذاری چسبیده به مدول یا پنل شرح داده شده است، هر کدام که کمتر است. به زیربند ۹-۴۷ مراجعه شود.

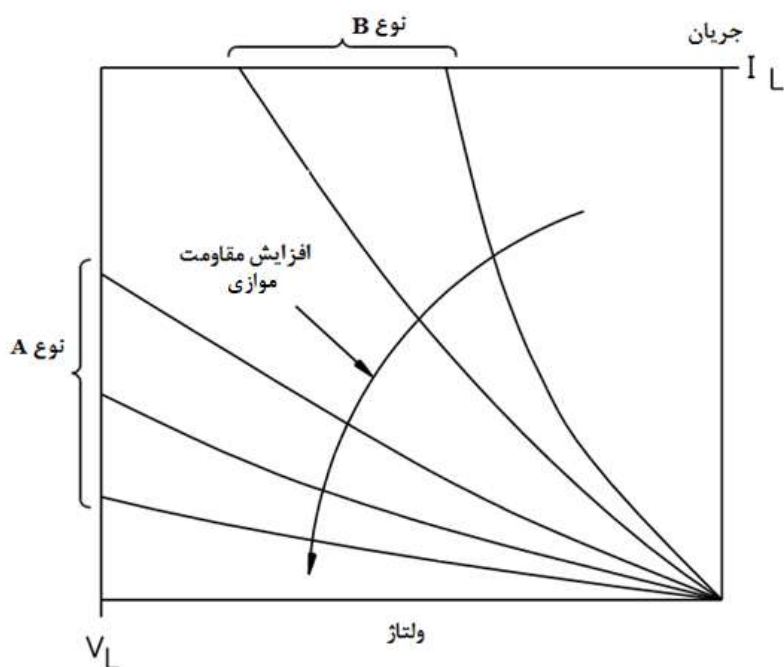
V_{mp} : متوسط ولتاژ در توان بیشینه یک سلول معمولی در 100 mW/cm^2 و شرایط NOCT است.

وقتی اطلاعات دیود کنارگذر در دسترس نیست، N باید برابر با تعداد سلول‌های سری باشد.

۳-۳۹ روش مداخله‌ای

۱-۳-۳۹ با ارجاع به زیربند ۲-۲-۳۹، برای تعیین مشخصات I-V سلول با روش مداخله‌ای، باید هر سلول تحت آزمون همراه با سرسیم‌های مجزا اتصال الکتریکی مثبت و منفی تهیه شود تا مستقل از سایر سلول‌ها در دسترس باشد.

۲-۳-۳۹ منحنی‌های I-V ولتاژ معکوس سلول آزمون‌شده باید رسم شوند. به زیربند ۳-۳-۳۹ مراجعه شود. سلول‌ها به عنوان نوع A (ولتاژ محدود شده) و نوع B (جریان محدود شده) باید معرفی شوند. یک نمودار شبیه شکل ۱۱ باید بدست آید.



شکل ۱۱- نمونه‌ای از منحنی I-V در ولتاژ معکوس برای نمونه سلول‌ها

۳-۳-۳۹ با ارجاع به زیربند ۲-۳-۳۹، برای رسم منحنی I-V، یک منبع تغذیه لازم است تا به سلول تحت آزمون با پلاریته مشخص شده برای تحریک سلول با ولتاژ معکوس متصل شود. در این مدت سلول‌ها نباید تحت تابش قرار گیرند.

۴-۳۹ روش غیرمداخله‌ای

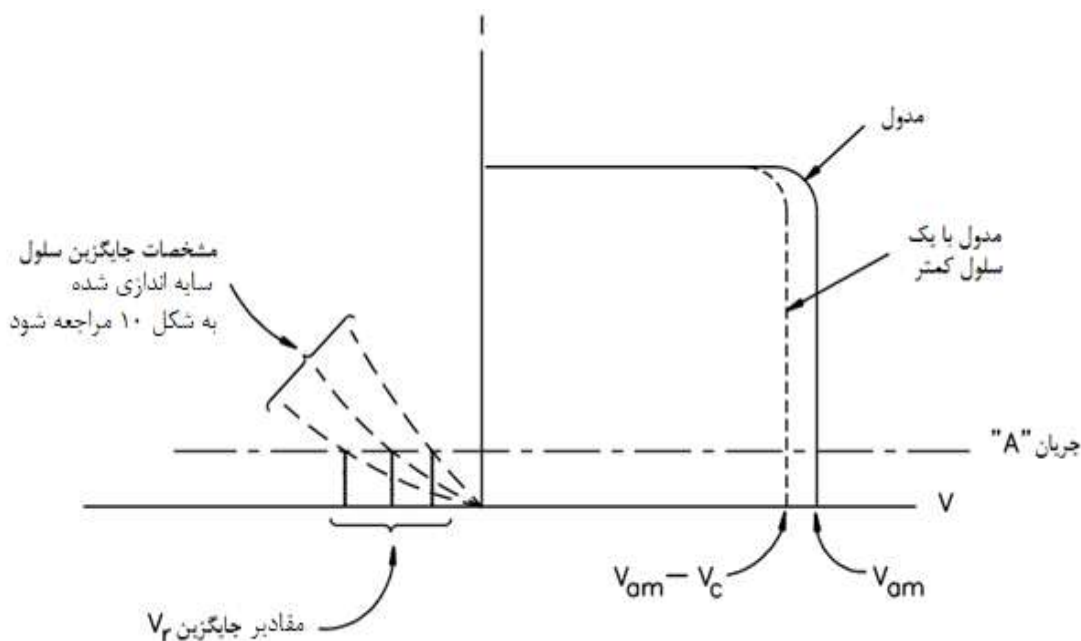
۱-۴-۳۹ اگر مدول متشکل از یک رشته سلول سری بدون دیود کنارگذر باشد، روش غیرمداخله‌ای می‌تواند برای تعیین مشخصات I-V سلول استفاده شود. این روش شامل تحت تابش قرار دادن یکنواخت همه‌ی سلول‌ها بجز یکی از آنها است، در حالیکه جریانی معین (کمتر از جریان اتصال کوتاه در معرض تابش) از مدول عبور می‌کند. این کار منجر به بایاس معکوس سلول سایه‌دار شده می‌شود، درحالی‌که سایر سلول‌های تحت تابش قرار گرفته، در شرایط عادی بایاس مستقیم هستند.

۵-۳۹ تئوری و روش انتخاب سلول

۱-۵-۳۹ برای مثال در یک سطح جریان معلوم خاص، A در شکل ۱۲، ولتاژ خروجی در پایانه‌های مدول (V_0) تحت شرایطی که یکی از سلول‌ها سایه‌دار شده است برابر با ولتاژ خروجی عادی مدول با همه‌ی سلول‌های تحت تابش قرار گرفته (V_{am})، منهای ولتاژ یک سلول (V_c) منهای ولتاژ معکوس سلول سایه‌دار شده (V_r) خواهد بود.

$$V_o = V_{am} - V_c - V_r$$

ولتاژ خروجی عادی مدول و ولتاژ یک سلول، هر دو در یک سطح جریان خاص ثابت می‌شوند. ولتاژ معکوس یک سلول در یک سطح جریان خاص متغیر است، که ولتاژ سلول به سلول است و برای مقاومت‌های موازی بزرگتر، ولتاژ معکوس بیشتر می‌شود. بنابراین، سایه‌دار کردن سلولی با بیشترین مقاومت موازی، کمترین ولتاژ خروجی مدول را نتیجه می‌دهد و سایه‌دار کردن سلولی با کمترین مقاومت موازی، بیشترین ولتاژ مدول را نتیجه می‌دهد.



شکل ۱۲- مشخصات مدول و سلول - سلول‌های سایه اندازی شده

۲-۵-۳۹ برای تعیین مشخصات I-V نسبی سلول با روش غیرمداخله‌ای، باید مدول به یک مقاومت متغیر متصل شود، طوری که جریان خروجی تحت شرایط سایه‌اندازی هر یک از سلول‌ها (جریان یکسان صرف نظر از اینکه کدام سلول سایه‌اندازی شده است) در یک سطح ثابت نگه‌داشته شود. باید مدول توسط منبعی با قابلیت تابش با شدت یکنواخت و قابل تکرار بر روی همه سلول‌ها، تحت تابش قرار گیرد. باید دمای مدول پایش و ثابت نگه‌داشته شود. معمولاً این شرایط می‌تواند با آزمون در فضای بیرونی تحت نور خورشید بدست آید.

۳-۵-۳۹ با مدولی که همانند آنچه که در زیربند ۲-۵-۳۹ توصیف شده است، متصل و تحت تابش قرار گرفته است، هر سلول باید به نوبت سایه‌دار شود، برای حفظ جریان در یک مقدار ثابت از پیش انتخاب‌شده، مقاومت تنظیم شود و ولتاژ خروجی مدول اندازه‌گیری شود. وقتی ولتاژ خروجی بیشینه است، سلول سایه‌دار شده سلول

با کمترین مقاومت موازی است و وقتی ولتاژ خروجی کمینه است، سلول سایه‌دار شده سلول با بیشترین مقاومت موازی است. سلول‌های با مقاومت موازی میانی، دارای ولتاژهای خروجی میانی مدول هستند.

۳۹-۵-۴ روش غیرمداخله‌ای صرفاً نسبی است و در روشی که ارائه شده است، مقدار عددی هیچ یک از مقاومت‌ها بدست نمی‌آید. سلول‌های یک مدول می‌توانند همگی با ولتاژ محدود شده (مقاومت موازی بالا، نوع A)، همگی با جریان محدود شده (مقاومت موازی پایین، نوع B) یا تلفیقی از هر دو نوع باشند- به زیربند ۳۹-۳-۲ مراجعه شود. در حالت کلی، سلول‌هایی با بالاترین سطوح گرم شدن نقطه داغ، آنهایی هستند که بیشترین مقاومت موازی را دارند، اگرچه مقاومت موازی کم می‌تواند همراه با گرم شدن موضعی بالا باشد.

۳۹-۵-۵ باید سه سلول مجزای غیرهمجوار در مدول یا پنل آزمون انتخاب شوند: یکی نماینده بالاترین مقاومت موازی بدست آمده، یکی نماینده مقدار میانی مقاومت موازی و دیگری نماینده کمترین مقاومت موازی. هر سلولی که باید آزمون شود، باید دارای سرسیم‌های اتصال الکتریکی مثبت و منفی مجزا باشد تا سلول بتواند به صورت مجزا و مستقیماً به منابع تغذیه‌ی جداگانه وصل شود. باید مسیرهای جریان موازی در اطراف سلول‌هایی که باید آزمون شوند، در صورت نیاز توسط قطع اتصالات سلول به سلول حذف شوند. اتصال سرسیم، باید اختلال در مشخصات هدایت حرارتی سلول یا تحمل نقطه داغ سامانه‌ی عایق کپسولی را کمینه کند.

۳۹-۶ انتخاب میزان گرم شدن در آزمون نقطه داغ

۳۹-۶-۱ هدف این قسمت از روش انجام آزمون، انتخاب میزان گرم شدن و شرایط آزمون متناظری است که مدول یا پنل را به روشی مشابه با شرایط میدانی ایجاد نقطه داغ شدید، تحت تنش قرار دهد. شدت سختی شرایط میدانی بستگی به آرایش مدار آرایه، نقاط کاری مشخصه I-V آرایه، شرایط دمایی محیط اطراف، سطح تابش کلی و مشخصات توصیف‌شده‌ی قبلی سلول‌های متاثر دارد. وقتی مدولی در یک مدار منبع فتوولتائیک قرار داده می‌شود، بیشینه ولتاژ معکوس تحمیل‌شده به یک سلول مجزا می‌تواند به ولتاژ سامانه برسد، مگر اینکه دیودهای کنارگذر به صورت صحیح استفاده شده باشند. وقتی مدول در یک مدار با کمترین تعداد دیود کنارگذر مشخص شده در نشانه‌گذاری‌هایش استفاده می‌شود، V_L برای حصول بیشینه ولتاژ معکوسی که می‌تواند به یک سلول اعمال شود، تنظیم می‌شود.

۳۹-۶-۲ ترموکوپل‌ها باید به سامانه‌ی عایق‌بندی سلول چسبانده شوند. به زیربندهای ۱۹-۱۱ و ۱۹-۱۲ مراجعه شود.

۳۹-۶-۳ در زیربندهای ۳۹-۷-۱ تا ۳۹-۸-۱، سطوح شرح داده شده برای سلول‌های نوع A و B به صورت جداگانه تعیین می‌شوند.

۳۹-۶-۴ آزمون باید در دمای محیط $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ و با منبع حرارتی تابشی که منتج به دمای یکنواخت در پشت سلول مدول برابر با $(NOCT \pm 2)^\circ\text{C}$ می‌شود، انجام گیرد.

۳۹-۷ سلول‌های نوع A (مقاومت موازی بالا)

۳۹-۷-۱ پارامترهای حاکم بر گرم شدن بر اثر ولتاژ معکوس عبارتند از:

الف- بیشینه ولتاژ معکوس سلول (V_L),

ب- میزان تابش سلول،

پ- محیط گرمایی پیرامون.

۳۹-۷-۲ V_L باید معادل با N برابر V_{mp} یک سلول مجزا تنظیم شود که N تعداد سلول‌های سری تعیین شده به ازای هر دیود کنارگذر یا یکپارچه با دیودهای کنارگذر است.

۳۹-۷-۳ شدت تابش، به صورت مستقیم میزان جریان نقطه داغ و بنابراین میزان توان را کنترل می‌کند. همانطوریکه در شکل ۱۳ نشان داده شده است، یک شدت تابش منحصر بفرد وجود دارد که منطبق با بدترین حالت اتلاف توان برای هر سلول فتوولتائیک خاص از نوع A است. شدت تابش روی سلول آزمون برای دست یافتن به این بدترین حالت اتلاف، باید در جریان I_{TEST} تنظیم شود، که I_{TEST} بیشینه توان جریان سلول در 100 mW/cm^2 ، شرایط NOCT است.

۳۹-۸ سلول‌های نوع B (مقاومت موازی پایین)

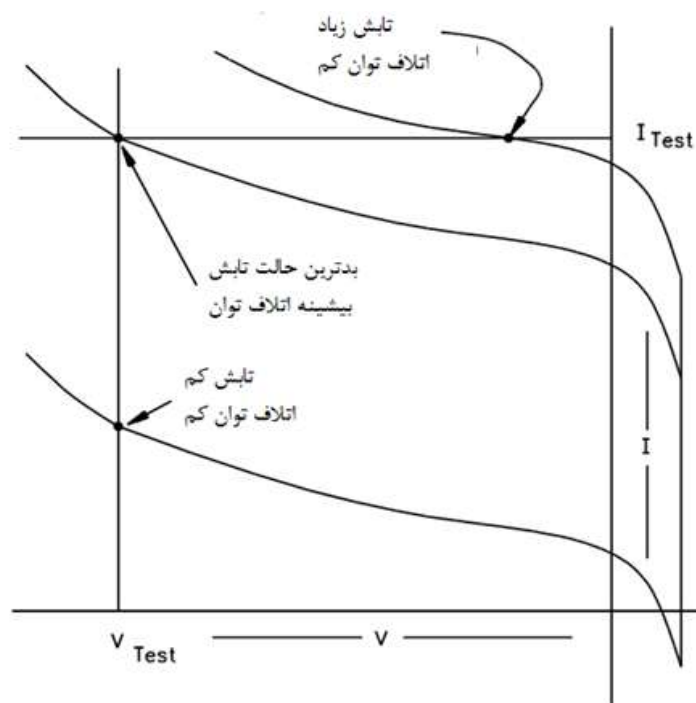
۳۹-۸-۱ مقاومت موازی سلول نوع B آنقدر پایین است که بیشینه ولتاژ معکوس، توسط افت $I-R$ در سلول تنظیم می‌شود. بدترین حالت گرمایش هنگامی اتفاق می‌افتد که سلول آزمون به طور کامل در سایه قرار داده شده است و سطح جریان در مقدار بیشینه است. بنابراین، نباید تابش از 5 mW/cm^2 بیشتر باشد. برای تأمین این سطح تابش، به روشنایی اتاق و یک منبع گرمایشی مادون قرمز نیاز داریم. جریان (I_L) باید برابر با جریان اتصال کوتاه یک سلول میانی در تابش 100 mW/cm^2 و شرایط NOCT باشد.

۳۹-۹ انجام آزمون

۳۹-۹-۱ باید سه سلول آزمون انتخاب شده در معرض چرخه گرمایش نقطه داغ در سطح تعیین شده طبق زیربندهای ۳۹-۷-۳ یا ۳۹-۸-۱، برای دوره‌ی کلی ۱۰۰ ساعته، همانطوریکه در زیربندهای ۳۹-۹-۲ تا ۳۹-۹-۶ مشخص شده است، قرار گیرند.

۳۹-۹-۲ یک منبع تغذیه ولتاژ ثابت (برای سلول‌های نوع A) و یک منبع تغذیه جریان ثابت (برای سلول‌های نوع B)، باید به سلول تحت آزمون با پلاریته مشخص شده برای تحریک سلول با ولتاژ معکوس متصل شود. ولتاژ باید در V_L تنظیم شود و سپس باید جریان در I_{TEST} (برای سلول‌های نوع A) یا I_L (برای سلول‌های نوع B) تنظیم شود. به زیربندهای ۳۹-۷-۲ تا ۳۹-۸-۱ مراجعه شود.

۳۹-۹-۳ یک منبع گرمایش تابش مادون قرمز همراه با مقدار نور مرئی زیر 5 mW/cm^2 ، برای مدول یا پنل باید بکار برده شود و طوری تنظیم شود که منجر به دمای سلول مدول یکنواخت معادل با $(\pm 2)^\circ\text{C}$ (NOCT) شود. هوای پیرامون ساکن باید در دمای $(\pm 5)^\circ\text{C}$ باشد.



شکل ۱۳- اثر شدت روشنایی سلول آزمون روی اتلاف توان نقطه-داغ

۳۹-۹-۴ برای سلول نوع A، باید از یک منبع نور اضافی برای روشن کردن هر سلول آزمون تا سطح تعیین شده در زیربند ۳۹-۷-۳ (شکل ۱۳) استفاده شود. روشن کردن، بعد از روشن شدن منبع تغذیه و منبع مادون قرمز با تنظیم سطح تابش برای حصول جریان I_{TEST} ، بعد از پایدار شدن شرایط آزمون تعادلی، به راحتی انجام می شود.

۳۹-۹-۵ منبع تغذیه، منبع مادون قرمز و منبع تابش باید به مدت ۱ ساعت روشن شوند و در ادامه به منظور خنک شدن سلول های تحت آزمون تا اختلاف حدود $10^{\circ}C$ با دمای محیط پیرامون، برای مدت کافی خاموش شوند.

۳۹-۹-۶ عملیات تا زمانیکه زمان به ۱۰۰ ساعت برسد، باید تکرار شود.

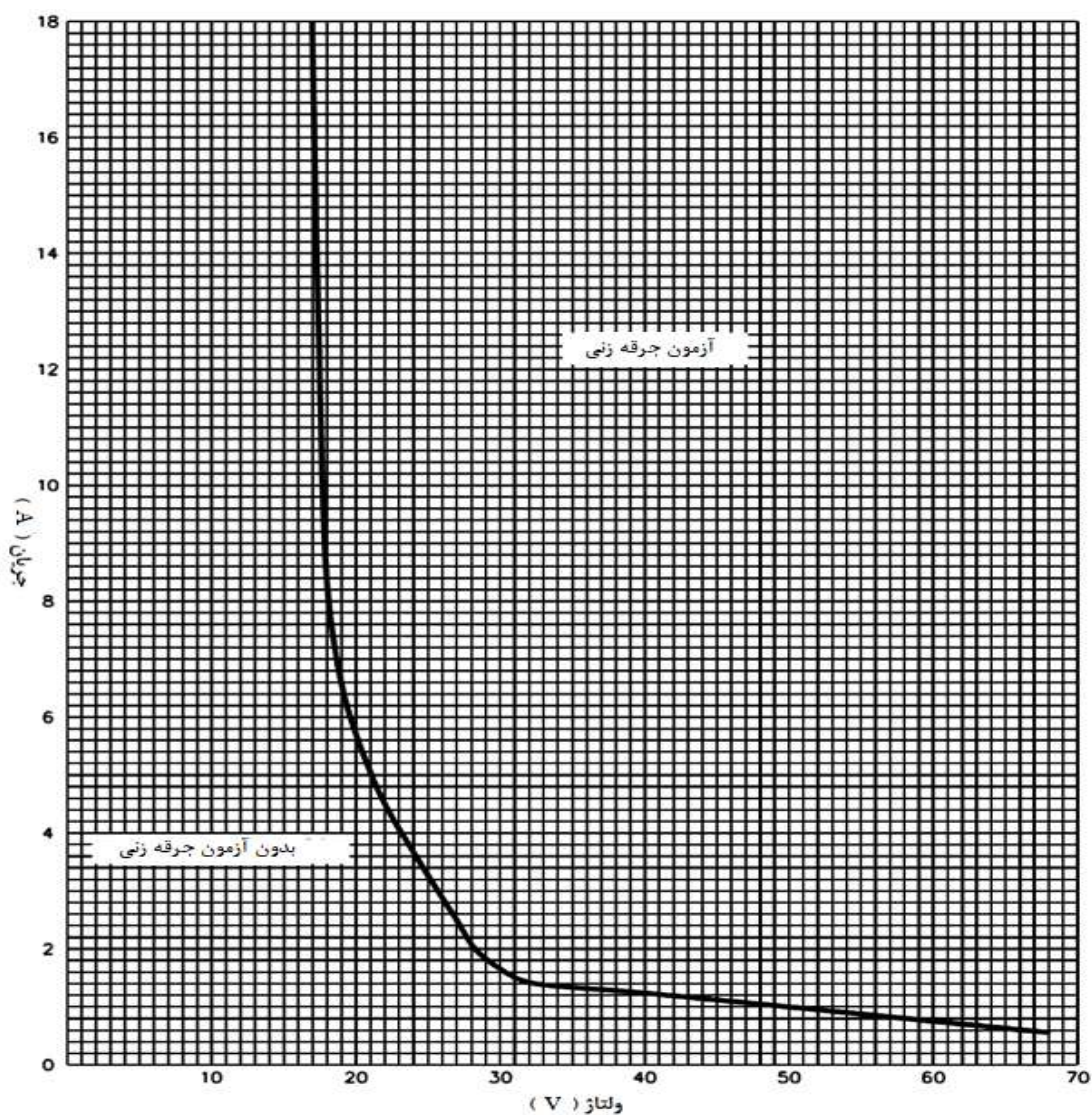
۳۹-۹-۷ سلول های آزمون و نواحی کناری سامانه ی عایق بند کپسولی، باید به صورت چشمی در فواصل زمانی ۲۴ h طی آزمون هنگامی که سلول ها تحت شرایط ولتاژ موثر قرار دارند و همچنین تکمیل ۱۰۰h عملیات مدت دار، بررسی شوند.

۳۹-۹-۸ در پایان آزمون، باید مدول برای نشانه های قابل رویتی از لحیم ذوب شده، شکاف ها یا سوراخ هایی در غلاف، لایه لایه شدن و نقاط سوخته روی لایه زیرین، بررسی شود.

۴۰ آزمون جرقه‌زنی

۱-۴۰ کلیات

۱-۴۰ اگر نقطه جریان (در ولتاژ بهره‌برداری اسمی) و ولتاژ V_L همانطوریکه از رابطه‌ی داده‌شده در زیربند ۲-۳۹ تعیین شده است) که می‌تواند در یک سلول یا شکست اتصال داخلی ظاهر شود، در ناحیه‌ی "آزمون جرقه‌زنی" در شکل ۱۴ باشد، مدول یا پنل باید با شرایط زیربندهای ۲-۱-۴۰ تا ۳-۶-۴۰ مطابقت کند. همچنین به زیربند ۹-۴۷ مراجعه شود.



شکل ۱۴- ولتاژ و جریان برای آزمون جرقه‌زنی

۴۰-۱-۲ با ارجاع به زیربند ۴۰-۱-۱، در مدت برقراری شرایط شبیه‌سازی سلول یا شکست اتصال داخلی، نباید جرقه‌زنی در مدول یا پنل وجود داشته باشد.

۴۰-۲ روش A

۴۰-۲-۱ مدول‌ها یا پنل‌های مشابه تحت آزمون باید به صورت سری به یکدیگر متصل شوند تا ولتاژ مدار باز دو طرف محل شکستگی برابر با آنچه که در مدت استفاده‌ی معمول مدول‌ها یا پنل‌های با دیودهای کنارگذر مشخص مشاهده می‌شود، بدست آید. مدول‌ها یا پنل‌ها، باید تحت تابش 80 mW/cm^2 یا بیشتر در دمای 20°C تا 30°C قرار گیرند.

۴۰-۳ روش B

۴۰-۳-۱ مدول یا پنل تکی، باید با منبع تغذیه جداگانه که بصورت سری و به منظور تأمین کسری منبع متصل می‌شود (همانطوریکه در زیربند ۴۰-۵-۲ توصیف شده)، استفاده شود. مدول یا پنل تحت آزمون، باید تحت تابش 80 mW/cm^2 یا بیشتر در دمای 20°C تا 30°C قرار گیرد.

۴۰-۴ روش‌های A و B

۴۰-۴-۱ همه‌ی دیودهای کنارگذر، چه همراه با مدول یا پنل و چه توصیف‌شده در نشانه‌گذاری‌ها، باید در مدار آزمون قرار داده شوند.

۴۰-۵ روش C

۴۰-۵-۱ یک پنل یا مدول تکی باید مقتضیات لازم برای جرقه‌زنی را فراهم کنند. با این وجود، توان موردنیاز برای جرقه‌زنی باید توسط یک منبع تغذیه بیرونی (همانطوریکه در زیربند ۴۰-۵-۲ توصیف شده) که به صورت سری فقط با اجزای غیرفعال مدار مدول متصل شده است فراهم شود. اگر نیاز به اتصال بخش‌های خاص سامانه‌ی عایق‌بندی مدول یا پنل است، سلول‌ها باید توسط سیم اضافی به یکدیگر ارتباط داده شوند.

۴۰-۵-۲ با ارجاع به زیربندهای ۴۰-۳-۱ و ۴۰-۵-۱، منبع تغذیه باید یک منبع ولتاژ ثابت سری شده با یک مقاومت محدود کننده‌ی جریان باشد. پارامترهای کلی سامانه باید به شرح زیر باشند:

الف- ولتاژ مدار باز (در دو طرف محل شکستگی): ولتاژی که در مدت استفاده‌ی معمول مدول یا پنل همراه با دیودهای کنارگذر تعیین شده، در دو طرف محل شکستگی ظاهر می‌شود.

ب- جریان اتصال کوتاه: جریانی که کمتر از ۸۰٪ و بیشتر از جریان اتصال کوتاه اسمی مدول یا پنل نباشد، زمانی که مقاومت محدودکننده‌ی جریان به گونه‌ای تنظیم شود که ولتاژ در مدول یا پنل آزمون شده صفر باشد.

۴۰-۶ همه‌ی روش‌ها

۴۰-۶-۱ بار سامانه باید اتصال کوتاه شود.

۴۰-۶-۲ هرگونه اتصال (ها) در مدول یا پنل ممکن است شکسته باشند (ترک بردارند). باید شکستگی‌هایی انتخاب شوند که منجر به حصول بدترین شرایط بیشینه ولتاژ مدار باز و/یا بیشینه جریان اتصال کوتاه در یکی از نقاط شکستگی شود.

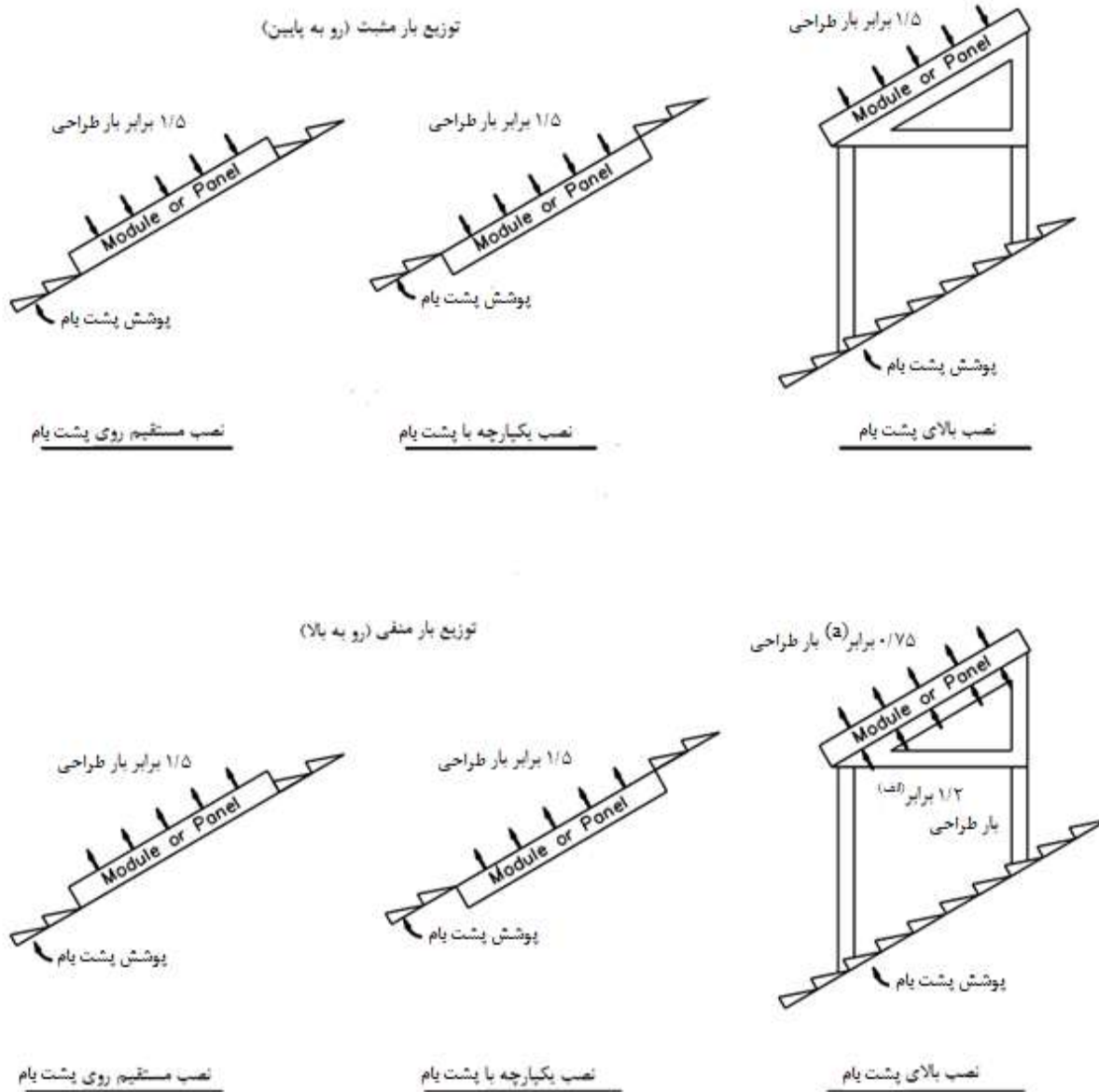
استثنا: هیچکدام از اتصالات الکتریکی ساخته‌شده با سیم‌هایی با سطح مقطع دایره‌ای یا ساختار افشان^۱ قابل انعطاف که به صورت مکانیکی به نقاط اتصال محکم شده، نباید شکسته شود. روی سیم افشان یا بهم تابیده نباید هیچ فرایندی که قابلیت انعطاف آن را کاهش دهد، انجام شود. روکش لحیمی قسمتی از سیم در نقاط اتصال، قابل قبول است.

۴۰-۶-۳ یک جرعه باید از روی شکستگی‌ها و همچنین مواد مدول یا پنل که ممکن است در مدت استفاده‌ی مدول یا پنل در تماس باشند، عبور کند. جرعه‌زنی باید برای ۱۵ دقیقه در هر موقعیت آزمون ادامه یابد.

۴۱ آزمون بارگذاری مکانیکی

۴۱-۱ مدول یا پنل و هر سخت‌افزار موردنیاز نصب که همراه مدول یا پنل تهیه می‌شوند، باید باری مانند آنچه در شکل ۱۵ نشان داده شده و در زیربند ۴۱-۲ تعیین شده است را برای یک دوره‌ی ۳۰ دقیقه‌ای، بدون نشانه‌ای از خرابی سازه‌ای یا مکانیکی، تحمل کند. مدول‌های در نظر گرفته شده برای نصب به عنوان بخشی از دیوار ساختمان یا سازه‌ی پشت‌بام، که به عنوان اجزای اصلی آن سازه بکار گرفته می‌شوند، نباید خمشی بیشتر از $L/240$ داشته باشند که L برابر طول دهانه‌ی آزاد جزء خمیده شده برحسب ft است. همه‌ی مواد گالوانیزه شده باید استحکام کافی برای تحمل بارهای مشخص شده در زیربند ۴۱-۲ را داشته باشند.

۴۱-۲ بار طراحی باید معادل $146/5 \text{ kg/m}^2$ مثبت (رو به پایین) یا منفی (رو به بالا) یا یک بار طراحی که توسط تولیدکننده طراحی شده است، هر کدام بزرگتر است، باشد. باری معادل $1/5$ برابر بار طراحی، باید برای همه‌ی آزمون‌ها غیر از بار منفی (رو به بالا) روی آرایش نصب بالای پشت‌بام، همانطور که در شکل ۱۵ آورده شده است، اعمال شود. بارهای رو به بالا و رو به پایین، نباید همزمان اعمال شوند.



یادآوری (a) - ضرایب توزیع بار پایه برای این آرایش نصب و برای بار مکشی ۰/۵ و برای بار بالابرنده ۰/۸ هستند. حاصل ضرب این ضرایب در ۱/۵، ضرایب اشاره شده‌ی ۰/۷۵ و ۱/۲ را نتیجه می‌دهد.

شکل ۱۵- اعمال بار

۴۲ آزمون استحکام محفظه سیم‌کشی

۴۲-۱ هنگامی که آزمون مطابق با آنچه که در زیربندهای ۴۲-۲ و ۴۲-۳ توصیف شده است، آزمون انجام می‌شود، نیروی کششی موردنیاز برای جداکردن محفظه یا جعبه سیم‌کشی از مدول نباید کمتر از $155/7\text{ N}$ یا کمتر از چهار برابر وزن محفظه یا جعبه سیم‌کشی، هرکدام بزرگتر است، باشد. برای آزمونی که در آن لایه زیرین یا لایه رویی قبل از چسبیدن خراب می‌شود، باید نیروی موردنیاز برای خرابی لایه زیرین یا لایه رویی برای تعیین انطباق استفاده شود و نباید کمتر از کمینه نیروی جداسازی تعیین شده باشد.

۴۲-۲ باید هفت مجموعه دارای یک محفظه یا جعبه سیم‌کشی محکم شده به مدول با چسب همانطوریکه مورد نظر است، آزمون شوند. یک مجموعه باید در شرایط مطلق آزمون شود، سه مجموعه بعد از آماده‌سازی مطابق آزمون چرخه دمایی، (بند ۳۵) و سه مجموعه بعد از آماده‌سازی مطابق آزمون رطوبت، (بند ۳۶) آزمون شوند. ۴۲-۳ نیرو باید به هر مجموعه اعمال شود تا محفظه یا جعبه سیم‌کشی را از مدول جدا کند. باید نیرو تا زمانی که محفظه یا جعبه سیم‌کشی و مدول جدا شوند یا زیر لایه یا لایه رویی خراب شود، اعمال شود.

آزمون‌های خط تولید

۴۳ آزمون ولتاژ تحمل دی‌الکتریک کارخانه‌ای

۴۳-۱ هر مدول یا پنل باید به عنوان یک آزمون عادی^۱ خط تولید، ولتاژ d.c. آزمون را همانطوریکه در زیربند ۴۳-۲ توصیف شده است، برای بین قطعات دارای خطر شوک الکتریکی و قطعات فلزی در دسترس، به مدت ۱min و بدون شکست الکتریکی تحمل کند.

استثنا شماره ۱: اگر ولتاژ آزمون تا ۱۲۰٪ مقدار مشخص شده در زیربند ۴۳-۲ افزایش یابد، دوره زمانی آزمون می‌تواند به ۱ ثانیه کاهش یابد.

استثنا شماره ۲: نیازی نیست که مدول یا پنل با ولتاژ سامانه اسمی $V \times 30$ یا کمتر آزمون شود.

۴۳-۲ ولتاژ d.c. آزمون باید $(V \times 2 + 1000)$ ولت باشد که "V" بیشینه ولتاژ سامانه اسمی قابل قبول است. ۴۳-۳ تجهیزات آزمون باید شامل وسایل نشان دهنده ولتاژ آزمونی که به محصول تحت آزمون اعمال می‌شود، باشد. این موضوع می‌تواند با مشاهده و دریافت ولتاژ در سرسیم‌های اتصال آزمون یا توسط ابزار معادل انجام شود. همچنین تجهیزات آزمون باید شامل وسایلی باشد که به صورت موثر عملکرد غیرقابل قبول را نشان دهند. نشان دهنده باید به صورت‌های زیر باشد:

الف- شنیداری باشد، در صورتیکه صدای آن بلندتر از صدای محیط باشد؛

ب- بصری باشد، در صورتیکه دستورات آن توجه بهره‌بردار را جلب کند؛

پ- دستگاهی باشد که به صورت خودکار محصول غیرقابل قبول را رد کند. در صورتیکه نشانه عملکرد غیرقابل قبول، دیداری یا شنیداری است، نشانه باید فعال و آشکار باقی بماند تا زمانیکه تجهیز آزمون به صورت دستی مجدداً راهاندازی شود.

۴۳-۴ پتانسیل آزمون تعیین شده‌ی در زیربند ۴۳-۲ می‌تواند از هر منبع مناسب دارای حداقل ظرفیت VA ۵۰۰ بدست آید.

استثنا: اگر وسایل نشان دهنده ولتاژ آزمون به منظور حفظ پتانسیل اشاره شده در زیربند ۴۳-۲ به استثنای حالت شکست، در مدار خروجی قرار داده شوند، ظرفیت می‌تواند پایین‌تر باشد. ولتاژ منبع باید به صورت پیوسته قابل تنظیم باشد.

۴۳-۵ اگر جریان نشتی در ولتاژ آزمون از $50 \mu A$ بیشتر شود تجهیزات آزمون باید عملکرد غیرقابل قبول را در مدت زمان $0.5 s$ نشان دهد.

۴۳-۶ آزمون باید وقتی انجام شود که مدول کامل و آماده‌ی بسته‌بندی است یا وقتی که به استثنای پوشش‌ها و سایر بخش‌هایی که می‌توانند در انجام آزمون مزاحمت ایجاد کنند، کامل باشد.

۴۴ آزمون اندازه‌گیری‌های ولتاژ، جریان و توان کارخانه‌ای

۴۴-۱ جریان اتصال کوتاه (I_{SC})، بیشینه توان (P_{max}) و ولتاژ مدار باز (V_{OC}) در هر مدول تولید شده، باید مطابق با رویه‌ی آزمون مناسب (ASTM E1036-85 یا IEC 904-1) اندازه‌گیری شوند و نتایج در شرایط آزمون استاندارد (STC) با استفاده از روش‌های تصحیحی مناسب ثبت شوند. مقادیر ثبت شده‌ی I_{SC} ، P_{max} و V_{OC} باید در محدوده تolerانس تعیین شده باشند، به زیربند ۴۸-۲ مراجعه شود. باید روش‌های اشاره شده در زیربند ۱۸-۲ اعمال شوند. استثنا: به پیوست الف مراجعه شود.

۴۵ آزمون پیوستگی زمین

۴۵-۱ هر مدول یا پنل دارای یک اتصال برای زمین کردن قطعات رسانای در دسترس، به منظور نشان دادن پیوستگی بین اتصال زمین و همه قطعات رسانای در دسترس، باید در معرض آزمون عادی (تک به تک) خط تولید قرار گیرد.

۴۵-۲ هر وسیله نشان دهنده مناسب مانند اهم‌متر، ترکیبی از یک باتری ولتاژ پایین و بیزر یا دستگاه‌های مشابه می‌تواند برای آزمون توصیف شده در زیربند ۴۵-۱ بکار برده شود.

مقادیر مجاز

۴۶ جزئیات

۱-۴۶ مقادیر مجاز الکتریکی مدول یا پنل، باید شامل مقادیر مجاز ولتاژ، جریان و توان مشخص شده در جدول ۱۱ باشد.

جدول ۱۱- مقادیر مجاز الکتریکی

ولتاژ	جریان	توان
ولتاژ مدار باز ولتاژ بهره‌برداری بیشینه ولتاژ سامانه	جریان اتصال کوتاه جریان در ولتاژ بهره‌برداری اسمی	بیشینه توان

نشانه‌گذاری

۴۷ جزئیات

۱-۴۷ مدول یا پنل، باید دارای نشانه‌گذاری ساده، خوانا، دائمی و شامل موارد زیر باشد:

الف- نام سازنده، علامت تجاری یا دیگر نشانه‌گذاری توصیفی ثبت شده برای محصول؛

ب- شماره‌ی مدل یا معادل آن؛

پ- مقادیر مجاز الکتریکی - به زیربند ۴۶-۱ مراجعه شود؛ و

ت- تاریخ دقیق یا دیگر دوره‌های زمانی تولید که این دوره‌ها نمی‌تواند از سه ماه تجاوز کند.

استثنا شماره ۱: شناسه سازنده می‌تواند به صورت یک کد قابل ردیابی باشد، اگر محصول توسط عنوان تجاری یا علامت تجاری که در تملک یک برچسب‌گذار خصوصی است، شناسایی شود.

استثنا شماره ۲: تاریخ تولید می‌تواند به صورت اختصاری باشد، یا می‌تواند به صورت کد مرسوم پذیرفته شده‌ی ملی یا کد تعیین شده توسط سازنده باشد، به شرطی که:

الف- در کمتر از ۱۰ سال تکرار نشود؛

ب- نیازی به ارجاع به مدارک و مستندات تولید سازنده به منظور تعیین زمان تولید محصول نداشته باشد.

۲-۴۷ نشانه‌گذاری دائمی باید به صورت پرسی، قالب حدیده‌ای، استنسیل شده‌ی رنگی، مهر زده شده یا فلز چایی که به صورت دائمی محکم شده است باشد یا به صورت پاک نشدنی روی برچسبی حساس به فشار مهر زده شود که با چسبی مطابق با استاندارد UL 969 محکم شده باشد. باید استفاده‌ی متداول، جابجایی، انبار کردن و سایر فعالیت‌های مشابه آنها در تعیین اینکه آیا نشانه‌گذاری دائمی است، در نظر گرفته شوند.

۳-۴۷ اگر مدول یا پنل در چند کارخانه ساخته می‌شود، باید نشانه‌گذاری، مکان تولید آن را مشخص کند.

۴-۴۷ توان خروجی پایانه‌های سیم‌کشی، سرسیم‌ها، اتصال‌دهنده یا سایر وسایل اتصال مدول یا پنل، باید با یکی از عبارات نشانه‌گذاری جدول ۱۲ مشخص شوند:

جدول ۱۲- نشانه‌گذاری پایانه‌ها

"-"	"+"
"NEG"	"POS"
"NEGATIVE"	"POSITIVE"

۴۷-۵ در مدت آزمون دما، اگر دما روی یک سرسیم نصب‌شده‌ی در محل نصب یا روی هر قطعه‌ای از محفظه سیم‌کشی که سرسیم ممکن است اتصالی داشته باشد، که دمای آن بیشتر از 60°C شود، مدول یا پنل باید با یکی از عبارات بیان شده در زیربندهای ۴۷-۵-الف یا ب یا معادل آن نشانه‌گذاری شود. نشانه‌گذاری باید در/یا نزدیک نقاطی که اتصالات در محل نصب ایجاد خواهند شد، بوده و در مکانی باشد که در مدت نصب براحتی قابل مشاهده است.

الف- "برای اتصالات میدانی، از سیم‌های با سطح مقطع mm^2 که برای کمینه دمای 75°C عایق‌بندی شده‌اند استفاده کنید"

ب- "برای اتصالات میدانی، از سیم‌های با سطح مقطع mm^2 که برای کمینه دمای 90°C عایق‌بندی شده‌اند استفاده کنید".

۴۷-۶ اگر اتصال‌دهنده‌های فشاری سیم برای استفاده در مدول یا پنل با سیم آلومینیومی قابل قبول نیستند یا اگر سازنده‌ی مدول یا پنل فقط قصد استفاده از سیم مسی را دارد، مدول یا پنل باید در پایانه‌ها یا در مجاورت پایانه‌ها، با عبارت "فقط از سیم مسی استفاده کنید"، "CU Only" یا معادل آن نشانه‌گذاری شود. این نشانه‌گذاری‌ها می‌توانند با نشانه‌گذاری‌های الزامی زیربند ۴۷-۵ تلفیق شوند.

۴۷-۷ اگر اتصال‌دهنده‌های فشاری سیم برای استفاده در مدول یا پنل برای جا دادن هر دو نوع سیم آلومینیومی یا مسی قابل قبول هستند یا اگر سازنده‌ی مدول یا پنل استفاده از هر دو نوع را مجاز بداند، مدول یا پنل باید (مستقل از هر نشانه‌گذاری پایانه) با عبارت "از سیم مسی یا آلومینیومی استفاده کنید"، "CU-AL" یا معادل آن نشانه‌گذاری شود. این نشانه‌گذاری‌ها می‌توانند با نشانه‌گذاری‌های الزامی زیربند ۴۷-۵ تلفیق شوند.

۴۷-۸ مطابق زیربند ۱۳-۳-۳، مدول یا پنل که از یک محفظه سیم‌کشی غیرفلزی دارای دهانه‌ی پیچ‌دار استفاده می‌کند، باید با عبارت "فقط برای استفاده با سامانه‌ی سیم‌کشی غیرفلزی" یا معادل آن نشانه‌گذاری شود.

۴۷-۹ مدول یا پنل باید به گونه‌ای نشانه‌گذاری شود که:

الف- کمترین مقادیر مجاز دیود کنارگذر و همچنین آرایش کنارگذری را نشان دهد.

ب- به نوشته‌های سازنده در جایی که اطلاعات بای‌پس کردن دیودی می‌تواند پیدا شود، ارجاع بدهد. سازنده‌ی مدول یا پنل باید این نوشته‌ها را همراه با مدول یا پنل ارائه دهد.

استثنا شماره ۱: هنگامیکه مقدار مجاز ولتاژ d.c. سامانه برابر است با ولتاژ حد (V_L) که برای آزمون تحمل نقطه داغ و آزمون جرقه زنی استفاده شده است، نشانه گذاری و نوشته ها لازم نیست. به ترتیب به زیربندهای ۳۹-۲ و ۴۰-۱ مراجعه شود.

استثنا شماره ۲: هنگامیکه نوع، مقدار مجاز ولتاژ، مقدار مجاز جریان و آرایش دیود کنارگذر در دستورالعمل های نصب تعیین شده است، لازم نیست مدول یا پنلی که همراه با دیود کنارگذر تأمین شده است، نشانه گذاری شود. ۴۷-۱۰ مدول یا پنل باید متناسب با بیشینه مقدار مجاز الکتریکی یک سری فیوز قابل قبول نشانه گذاری شود (برای حفاظت در برابر تغذیه ی معکوس).

۴۷-۱۱ مدول یا پنل باید برای درجه مقاومت در برابر آتش به عنوان یک پوشش پشت بام نشانه گذاری شود. مدول یا پنل باید به صورت "ارزیابی نشده برای آتش" نشانه گذاری شود، مگر اینکه با الزامات درجه مقاومت در برابر آتش مطابقت کند. اگر مدول یا پنل برای آتش رتبه بندی شده است و اگر توسط سازنده استفاده از آن مجاز شده است، باید مطابق با آن، برای مثال، "مدول ها به صورت خودایستا، ۱۵۲ mm بالای پشت بام رده B قرار گرفته و تشکیل پشت بام رده C داده اند" نشانه گذاری شوند.

۴۷-۱۲ مدول تهیه شده به عنوان بخشی از یک پنل، باید همه ی نشانه گذاری هایی که برای وجود آن به عنوان قطعه جداگانه لازم است را داشته باشد.

۴۷-۱۳ مدول یا پنلی که برای بارهای سازه ای بزرگتر از $146/5 \text{ kg/m}^2$ در نظر گرفته شده است، باید با مقدار بار مورد نظر برحسب kg/m^2 نشانه گذاری شود.

۴۸ دستورالعمل های نصب و مونتاژ

۴۸-۱ مدول یا پنل باید همراه با دستورالعمل روش های نصب الکتریکی و مکانیکی و مقادیر مجاز الکتریکی مدول یا پنل ارائه شود. هنگامی که درجه مقاومت در برابر آتش به سازه ی نصب خاص، فاصله گذاری خاص یا وسایل خاص جهت اتصال به پشت بام یا سازه بستگی دارد، باید جزئیات پارامتر یا پارامترهای خاص در دستورالعمل ها آورده شود.

۴۸-۱-۱ دستورالعمل های نصب الکتریکی باید شامل جزئیات روش سیم کشی مطابق استانداردهای ملی باشد. توصیفات باید شامل موارد زیر باشد:

الف- روش زمین کردن مورد استفاده؛

ب- اندازه، نوع و مقدار مجاز دمای هادی های مورد استفاده؛

پ- نوع حفاظت مورد استفاده در برابر اضافه جریان؛

ت- کمینه و بیشینه قطرهای کابل مورد استفاده، وقتی روش سیم کشی به صورت کابلی است؛

ث- هرگونه محدودیت در مورد روش های سیم کشی که باید برای محفظه یا جعبه سیم کشی اعمال شود.

۴۸-۱-۲ دستورالعمل های نصب مکانیکی روی پشت بام باید شامل موارد زیر باشند:

الف- عبارتی که نشان‌دهنده‌ی کمترین وسایل مکانیکی لازم برای محکم کردن مدول یا پنل به پشت‌بام باید استفاده شوند؛

ب- برای مدول یا پنل غیریکپارچه با پشت‌بام (به شکل ۱۵ مراجعه شود)، عبارتی مبنی بر اینکه مجموعه باید روی پوشش پشت‌بام مقاومی که جهت بکارگیری در برابر آتش رتبه‌بندی شده است، نصب شود؛

پ- اشاره به هر شیب کمتر از $127\text{ mm}/305\text{ mm}$ که برای حفظ مقدار مجاز رتبه‌ی آتش الزامی است.
۴۸-۲ مقادیر مجاز الکتریکی اشاره شده در زیربند ۴۸-۱ باید شامل اطلاعات نشان داده شده در زیربند ۴۸-۱ و عبارت "مشخصات الکتریکی در محدوده‌ی $\pm 10\%$ مقادیر اشاره شده‌ی I_{SC} ، P_{max} و V_{OC} تحت شرایط آزمون استاندارد STC هستند" یا معادل آن باشند.

استثنا: رواداری ممکن است کمتر از $\pm 10\%$ باشد یا اینکه در نظر گرفته نشود، به شرطی که مقادیر اندازه‌گیری شده طی آزمون‌های خط تولید (به زیربند ۴۴-۱ مراجعه شود) موارد زیر باشند:

الف- در حدود رواداری اشاره شده در دستورالعمل‌ها باشند، وقتی یک رواداری کوچکتر نشان داده می‌شود؛

ب- برابر با مقدار اشاره شده در دستورالعمل‌ها باشند، وقتی که رواداری حذف می‌شود.

۴۸-۳ دستورالعمل‌های نصب باید شامل عبارتی باشند که توصیه می‌کند نور خورشید مصنوعی متمرکز شده نباید روی مدول یا پنل هدایت شود.

۴۸-۴ اگر محصول به صورت غیرمونتاژ شده (منفصله) حمل می‌شود باید دستورالعمل‌های مونتاژ همراه آن ارائه شود و باید شامل جزئیات برای تسهیل مونتاژ کامل محصول باشد.

۴۸-۵ در حالتی که خروجی مدول یا پنل در شرایط خاص بکارگیری امکان افزایش داشته باشد، دستورالعمل‌های نصب برای مدول یا پنلی که شامل سلول‌های سیلیکون کریستالی است باید شامل این عبارت یا معادل آن باشد: "تحت شرایط عادی، یک مدول فتوولتائیک ممکن است شرایطی را تجربه کند که جریان بیشتری تولید کند و/یا ولتاژی که بیشتر از مقدار گزارش شده در شرایط آزمون استاندارد STC را تولید کند. بنابراین مقادیر I_{SC} و V_{OC} که روی این مدول نشانه‌گذاری شده‌اند، باید هنگام تعیین مقادیر مجاز ولتاژ اجزاء، آمپراژ هادی، اندازه فیوزها و اندازه کنترل‌های متصل‌شده به خروجی PV، در ضریب $1/35$ ضرب شوند". برای مدول یا پنل متشکل از سلول‌هایی غیر از سلول‌های سیلیکون کریستالی، باید ضریبی برای شرایط تابش $125\text{ mW}/\text{cm}^2$ ، AM برابر 1.5 و دمای سلول 10°C برای V_{OC} و 75°C برای I_{SC} تعیین شده باشد و این ضریب باید در دستورالعمل‌ها آورده شود.

۴۸-۶ جهت اطلاع دادن به نصاب در مورد اینکه ضریبی علاوه بر آنچه در زیربند ۴۸-۵ اشاره شده است می‌تواند کاربرد داشته باشد، دستورالعمل‌های نصب باید شامل عبارت نشان دهنده آن موضوع باشد. برای مثال "به 8-690 از NEC برای ضریب 125% که می‌تواند کاربرد داشته باشد، مراجعه کنید." یا معادل آن باشد.

پیوست الف

(الزامی)

آزمون‌های نمونه‌ای خط تولید

الف-۱ هدف و دامنه کاربرد

الف-۱-۱ این پیوست آزمون‌هایی را توصیف می‌کند که باید روی نمونه‌ی مدول‌ها یا پنل‌های تولیدشده انجام شوند.

الف-۲ اندازه‌ی نمونه

الف-۲-۱ تعداد مناسبی از نمونه‌هایی که باید آزمون شوند، باید با مرور اطلاعات ثبت شده‌ی قبلی در مورد قابلیت فرایند تولید، تعیین شوند.

الف-۲-۲ اگر مرور اطلاعات ثبت شده‌ی قبلی در مورد قابلیت فرایند تولید در دسترس نیست، ۱۰۰ درصد آزمون‌های خط تولید باید تا زمانی که تعداد کافی از نمونه‌ها انطباق با مشخصات را نشان دهند، انجام شوند.

الف-۳ آزمون اندازه‌گیری‌های ولتاژ، جریان و توان کارخانه‌ای

نمونه‌های مشخص شده در زیربند الف-۱-۲ باید در معرض آزمون‌های تعیین شده در زیربند ۴۱-۱ قرار گیرند. مقادیر ثبت شده‌ی V_{OC} و P_{max} باید در محدوده تolerانس تعیین شده باشند.

پیوست ب

(الزامی)

استانداردها برای اجزاء

اجزاء سازنده محصولاتی که به وسیله‌ی این استاندارد پوشش داده شده‌اند تحت استانداردهای زیر ارزیابی می‌شوند:

Fuseholders – UL 512

Insulating Materials – General, Systems of – UL 1446

Marking and Labeling Systems – UL 969

Outlet Boxes, Flush-Device Boxes and Covers, Nonmetallic – UL 514C

Outlet Boxes, Metallic – UL 514A

Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances, Tests for Flammability of – UL 94

Polymeric Materials – Fabricated Parts – UL 746D

Polymeric Materials – Long Term Property Evaluations – UL 746B

Polymeric Materials – Short Term Property Evaluations – UL 746A

Polymeric Materials – Use in Electrical Equipment Evaluations – UL 746C

Printed-Wiring Boards – UL 796

Roof Covering Materials, Tests for Fire Resistance of – UL 790

Sharpness of Edges on Equipment, Test for – UL 1439

Terminals, Electrical Quick-Connect – UL 310

Tubing, Extruded Insulating – UL 224

Wire Connectors and Soldering Lugs for Use with Copper Conductors – UL 486A

Wire Connectors for Use with Aluminum Conductors – UL 486B

Wires and Cables, Thermoset-Insulated – UL 44