



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۵۷۶

چاپ اول

۱۳۹۲

INSO

17576

1st.Edition

2014

روش آزمون استاندارد برای آزمون  
یکپارچگی عایق رطوبت در آرایه‌های  
فتوولتاییک

**Standard Test Method for Wet Insulation  
Integrity Testing of Photovoltaic Arrays**

**ICS:27.200.20**

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

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

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

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

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای 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 کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و 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

### « روش آزمون استاندارد برای آزمون یکپارچگی عایق رطوبت در آرایه‌های فتوولتاییک »

#### رئیس:

ابوترابی زارچی، حسین  
(دکترای برق - قدرت)

#### سمت و/یا نمایندگی

عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد و مدیر آزمایشگاه  
تست میدانی فتوولتاییک پژوهشکده هواخورشید دانشگاه  
فردوسی مشهد

#### دبیر:

حسینی، ابراهیم  
(لیسانس فیزیک)

کارشناس استاندارد

#### اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفباء)

اسدی، ابوالفضل

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)

معاونت برنامه ریزی و توسعه شرکت برق منطقه‌ای یزد

بشیر، محسن

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)

کارشناس ارشد پژوهشکده هواخورشید دانشگاه فردوسی  
مشهد

تقی‌زاده، مجید

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)

کارشناس ارشد پژوهشکده هواخورشید دانشگاه فردوسی  
مشهد

چوبینه، معین

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)

کارشناس ارشد آزمایشگاه تست میدانی فتوولتاییک پژوهشکده  
هواخورشید دانشگاه فردوسی مشهد

حسینی مقدم، علی

(کارشناسی مهندسی برق - مخابرات)

سرپرست آزمایشگاه برق و الکترونیک اداره کل استاندارد  
خراسان رضوی

حیرانی، احسان

(کارشناسی مهندسی برق)

سرپرست گروه خورشیدی سازمان توسعه منابع انرژی  
(توان)

رجب‌نیا، میثم

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)

کارشناس ارشد پژوهشکده هواخورشید دانشگاه فردوسی  
مشهد

زیارتی، محمود

(دکترای شیمی)

مدیر دفتر طراحی انرژی‌های تجدید پذیر سازمان توسعه  
منابع انرژی (توان)

- شفاعتی، حامد  
(کارشناسی مهندسی برق)
- کارشناس آزمایشگاه تست میدانی پژوهشکده هواخورشید  
دانشگاه فردوسی مشهد
- کوهساری، غلامرضا  
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)
- کارشناس ارشد آزمایشگاه تست میدانی پژوهشکده  
هواخورشید دانشگاه فردوسی مشهد
- صادقی شقاقی، حمیدرضا  
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک)
- مدیر فنی آزمایشگاه تست میدانی فتوولتایی پژوهشکده  
هواخورشید دانشگاه فردوسی مشهد
- منشی پور، سمیرا  
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)
- رییس گروه مطالعات برق و انرژی روستایی (فتوولتاییک)  
سانا
- میرهادی، سامان  
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)
- مدیر دفتر برق و انرژی روستایی (فتوولتاییک) سانا

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات، تعاریف، انواع سامانه و پارامترها
۲	۴ خلاصه روش آزمون
۲	۵ اهمیت و کاربرد
۳	۶ دستگاه
۴	۷ خطرات
۴	۸ رویه
۷	۹ گزارش
۸	۱۰ دقت و پیش‌مقدار
۸	۱۱ کلمات کلیدی

## پیش‌گفتار

استاندارد " روش آزمون استاندارد برای آزمودن یکپارچگی عایق رطوبت در آرایه‌های فتوولتاییک " که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در هفتصد و چهل و پنجمین اجلاس کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۱۳۹۲/۱۲/۱۴ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ASTM E 2047: 2010, Standard test method for wet insulation integrity testing of photovoltaic arrays

# روش آزمون استاندارد برای آزمون یکپارچگی عایق رطوبت در آرایه‌های فتوولتاییک

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از این استاندارد ارائه روش آزمون برای تعیین مقاومت عایقی یک آرایه فتوولتاییک (و یا رشته‌های تشکیل دهنده آن) است. این مقاومت عایقی مبین مقاومت الکتریکی بین اجزای الکتریکی داخلی آرایه و قسمت‌های در تماس، رسانا، غیر حامل جریان و سطوح آرایه می‌باشد.

۲-۱ این روش آزمون سطوح قبول و یا رد را وضع نمی‌کند. تعیین قابل پذیرش بودن یا نبودن نتایج خارج از دامنه کاربرد این روش آزمون قرار دارد.

۳-۱ مقادیری که با یکاهای SI بیان می‌شوند، باید به عنوان استاندارد در نظر گرفته شوند. هیچ یکای اندازه‌گیری دیگری در این استاندارد بیان نمی‌شود.

## ۲ مراجع الزامی

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

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

2-1 ASTM E 772: Terminology Relating to Solar Energy Conversion.

2-2 ASTM E 1328: Terminology Relating to Photovoltaic Solar Energy Conversion.

2-3 ASTM E 1462: Test Methods for Insulation Integrity and Ground Path Continuity of Photovoltaic Modules.

## ۳ اصطلاحات، تعاریف، انواع سامانه و پارامترها

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر که منطبق بر اصطلاحات و تعاریف استانداردهای ASTM E 772 و ASTM E 1328 است، استفاده می‌گردد.

### ۱-۳

#### مقاومت عایقی

مقاومت الکتریکی عایق یک آرایه فتوولتاییک که بین مدار فتوولتاییک و اجزای در تماس، رسانا و غیرحامل جریان آن و سطوح آرایه اندازه‌گیری می‌شود.

۲-۳

### وریستور اکسید - فلز (MOV)

یک قطعه برای محافظت در مقابل اضافه ولتاژهای گذراست.

۳-۳

### مدار فتوولتاییک

مدار الکتريکی فعالی که توان تولید شده فتوولتاییک را هدایت می کند.

## ۴ خلاصه روش آزمون

۱-۴ در این استاندارد رویه‌ای برای مورد آزمون قرار دادن عایق الکتريکی بین اجزای الکتريکی داخل آرایه و اجزای در تماس، رسانا، غیرحامل جریان و سطوح آرایه ارائه گردیده است.

۲-۴ برای اتصال آرایه در طول آزمون دو روش، یا به صورت مدار باز و یا به صورت اتصال کوتاه در نظر گرفته می شود که هر یک از این دو گزینه دارای معایب و محاسنی هستند. (به بند ۵-۵ مراجعه شود).

۳-۴ یک محلول مرطوب کننده به آرایه اعمال می شود و سپس ولتاژی بین مدار فتوولتاییک و اجزای رسانا و غیرحامل جریان و سطوح آرایه اعمال می گردد و در همان حین جریان یا مقاومت پایش می گردد تا به نواحی موضعی که در آنها مقاومت عایق بطور قابل توجهی توسط محلول مرطوب کننده کاهش یافته دست یابیم. سپس آرایه برای یافتن نشانه‌ای از احتمال قوس الکتريکی بازرسی می گردد.

## ۵ اهمیت و کاربرد

۱-۵ در طراحی یک ماژول فتوولتاییک یا سامانه‌ای که برای تامین تبدیل ایمن انرژی تابش خورشید به الکتريکی مفید است، بایستی ملاحظات و بررسی‌های کافی در رابطه با احتمال پیشامدهایی که مصرف کننده در هنگام تماس با پتانسیل الکتريکی آرایه در معرض آن است، در نظر گرفته شود. همچنین سامانه عایقی مانعی را برای خوردگی الکتروشیمیایی و ترک‌های عایقی که می‌تواند باعث افزایش خوردگی و مشکلات قابلیت اطمینان گردند، فراهم می‌آورد. این روش آزمون توصیف کننده رویه‌ای است تا اطمینان حاصل شود که در طراحی و ساخت آرایه، عایق الکتريکی کافی در طی نصب و استفاده عادی فراهم شده است. در هیچ مکانی از آرایه نبایستی پتانسیل الکتريکی تولید شده فتوولتاییک در دسترس باشد. واضح است که سرهای خروجی از این قاعده مستثنی هستند. عایق‌بندی برای فراهم آوردن ایمنی و اطمینان در نصب، استفاده و خدمات تعمیر و نگهداری سامانه فتوولتاییک ضروری است.

۲-۵ این روش آزمون رویه‌ای را برای تعیین توانایی آرایه برای فراهم آوردن حفاظت در برابر خطرهای الکتريکی توصیف می‌کند. کاربرد اصلی آن پیدا کردن ترک‌های عایقی است که می‌تواند برای افرادی که ممکن است در تماس با آرایه باشند خطرناک باشد. عملیات اصلاحی که در رابطه با این ترک‌ها صورت می‌گیرد خارج از دامنه کاربرد این روش آزمون می باشد.



۳-۵ این روش ممکن است به عنوان بخشی از سری آزمون‌های پذیرش که برای اندازه‌گیری کارایی و نمایش الزامات کارکردی صورت می‌پذیرد، در نظر گرفته شود. آرایه‌های بزرگتر می‌توانند در قسمت‌هایی کوچکتر مورد آزمون قرار گیرند. اندازه قسمت آرایه‌ای که مورد آزمون قرار می‌گیرد (که در این روش آزمون، مدار تحت آزمون نام دارد) به طور معمول در نقطه‌ی مناسبی انتخاب و اندازه‌گذاری گردد که در آن مقاومت یا جریان خوانده شده در یک سوم میانی گستره دستگاه اندازه‌گیری قرار گیرند.

۴-۵ مقاومت نشتی عایق و جریان نشتی عایق به طور عمده‌ای به ابعاد آرایه، رطوبت نسبی محیط، بخار آب جذب شده و سایر عوامل وابسته‌اند. به همین دلیل تعیین کمینه مقاومت نشتی قابل قبول این آزمون برعهده استفاده کننده است.

۱-۴-۵ اگرچه یک کمیت عددی مشخص می‌گردد، ولی نتایج واقعی اغلب به صورت قبول- مردود می‌باشند زیرا هنگامی که ترکی پیدا می‌شود، جریان نشتی از میزان تقریباً صفر تا حداکثر مقدار اندازه‌گیری شده، تغییر می‌کند.

۵-۵ استفاده کننده این روش آزمون باید گزینه‌ای را که برای اتصال به آرایه در طول آزمون استفاده می‌شود، را مشخص کند. گزینه اتصال کوتاه نیازمند وسیله اتصال کوتاه کننده با دو سر برای وصل کردن پایه‌های مثبت و منفی مدار تحت آزمون می‌باشد. برای سیستم‌های بزرگتر یعنی هنگامی که قطعه اتصال کوتاه شده بایستی در معرض جریان‌ها و ولتاژهای بالا قرار گیرد، گزینه مدار باز ممکن است ترجیح داده شود. گزینه مدار باز نیاز به این دارد که استفاده کننده مقادیر خوانده شده برای ولتاژ تولید شده فتوولتاییک را تصحیح نماید و روش مورد استفاده برای چنین تصحیحاتی خارج از دامنه کاربرد این روش آزمون قرار دارد. گزینه اتصال کوتاه در هنگام کار با سیستم‌های کوچکتر یعنی جایی که سطح ولتاژها و جریان‌ها پایین بوده و فاصله بین پایانه‌های مثبت و منفی کوتاه است مناسب‌تر به نظر می‌آید. گزینه اتصال کوتاه امکان قرار گرفتن اجزای آرایه در معرض سطح ولتاژهای بیش از آنچه که برای آن‌ها مجاز شمرده شده است را به مقدار کمینه می‌رساند.

## ۶ دستگاه

۱-۶ یکی از دستگاه‌های زیر را بسته به گزینه مدنظر انتخاب کنید (به بند ۴-۲ و ۵-۵ مراجعه شود).

### ۱-۱-۶ منبع تغذیه با ولتاژ مستقیم متغیر

یک منبع تغذیه با ولتاژ مستقیم که توانایی تامین ولتاژهای آزمون نامی  $V 500$  (همان طور که در روش آزمون استاندارد ASTM E 1462 مشخص شده است) را دارد. یک واژه رایج برای این وسیله، آزمون کننده عایق<sup>۱</sup> است.

## ۶-۱-۲ مگا اهم سنج

یک اهم سنج با مقاومت ظاهری بالا یا وسیله‌ای مشابه که توانایی اندازه‌گیری مقاومت نشتی در گستره پیش‌بینی شده را به طور مناسب داشته باشد و بتواند یک ولتاژ آزمون نامی  $500V$  را مهیا کند.

## ۶-۲ محلول مرطوب کننده

محلولی از آب لوله‌کشی و یک عامل شیمیایی مرطوب کننده که کشش سطحی  $0.03 N/m$  و یا کمتر را در دمای  $23^{\circ}C$  داشته باشد.

## ۶-۳ دستگاه افشانه<sup>۱</sup>

یک سیستمی برای اعمال محلول مرطوب کننده به آرایه که توانایی تامین فشار آبی به میزان  $35 kPa$  را داشته باشد. نرخ جریان و نیروی محلول مرطوب کننده بایستی به مقداری باشد که بتواند به تمام سطوح قسمت‌های مورد آزمون رسیده و سطوح را از هر دو جهت پشت و رو مرطوب نگه دارد.

یادآوری - فشار افشانه تنها برای مرطوب نمودن کامل سطوح در معرض کافی می‌باشد و برای نفوذ به سطوح بسته مانند داخل جعبه‌های اتصال در نظر گرفته نشده است. نیازی به استفاده از جریان شدید نمی‌باشد زیرا عامل شیمیایی مرطوب کننده خود به نفوذ در داخل شکاف‌های کوچک کمک می‌کند.

## ۶-۴ اتصال کوتاه کننده آرایه

یک کلید d.c، مدارشکن و یا وسیله دیگری که قادر به قطع جریان اتصال کوتاه بیشینه تحت آزمون باشد. اتصال کوتاه کننده آرایه تنها در صورتی نیاز است که گزینه اتصال کوتاه استفاده شود.

۶-۴-۱ اتصال کوتاه کننده آرایه بایستی برای بیشینه ولتاژ مدار باز مدار تحت آزمون بعلاوه آزمون کننده عایق توانایی کار داشته باشد.

۶-۴-۲ سیم‌کشی بین اتصال کوتاه کننده آرایه و ترمینال‌های مثبت و منفی مدار تحت آزمون باید برای جریان‌های اتصال کوتاه بیشینه مداوم و پیوسته مدار تحت آزمون توانایی کار داشته باشد.

## ۷ خطرات

۷-۱ لمس ماژول‌ها یا آرایه در طول آزمون به دلیل ولتاژ بالای اعمالی می‌تواند خطرناک باشد.

۷-۲ در هنگام اتصال کوتاه کردن هر آرایه فتوولتاییک ولتاژ بالا احتیاط کنید. برای کاهش خطر اتصال کوتاه آرایه می‌توان این عمل را در شب که جریان و ولتاژ مقدار کمینه خود را دارند، انجام داد.

۷-۳ مگا اهم سنج یا آزمون کننده عایق بایستی در هنگام مرطوب نمودن آرایه خاموش باشد. این مورد ممکن است همیشه مطلوب نباشد، به عنوان مثال هنگامی که تلاش می‌شود مکان یک نقص عایقی مشخص شود. در این گونه موارد محافظت شخصی مناسب (دستکش‌ها با حفاظت الکتریکی، عینک‌های ایمنی و

---

1- Spray Apparatus

غیره) بایستی استفاده شده و مراقبت کافی برای عدم ورود رطوبت به دستکش‌ها، پوتین‌ها و غیره صورت گیرد.

## ۸ رویه

۸-۱ تجهیزات و افراد مورد نیاز را در مکان آرایه تحت آزمایش جمع‌آوری کنید.

۸-۲ محلول مرطوب کننده را آماده کنید.

۸-۳ شرایط هواشناسی سایت (تابش، دمای محیط، سرعت باد) را اندازه‌گیری و ثبت کنید و یا ترتیبی دهید که اطلاعات توسط سامانه جمع‌آوری اطلاعات محل اندازه‌گیری شود.

**یادآوری** - پیشنهاد می‌شود که این آزمون را تحت شرایطی که دمای محیط بیش از  $40^{\circ}\text{C}$  است یا سرعت باد بیش از  $7.5\text{ m/s}$  است انجام ندهید. زیرا مقادیر بالای هر کدام از این‌ها می‌تواند مرطوب نگه داشتن آرایه را برای مدت زمان کافی تا انجام اندازه‌گیری‌های ضروری مشکل سازد. اگر گزینه اتصال کوتاه استفاده گردد ممکن است که اجرای آزمون در تابشی کمتر ضروری باشد. این امر برای اطمینان از این است که جریان تولیدی در اجزای فتوولتاییک اتصال کوتاه شده در محدوده الزامات سازنده باشد. به توصیه‌های سازنده که در رابطه با اتصال کوتاه ماژول‌ها و سایر اجزای آرایه در تابش‌های بالا می‌باشند مراجعه کنید.

۸-۴ مدار یا مدارهای تحت آزمون را قبل از شروع پاشش، ایزوله نمایید. بسته به طراحی سیستم فتوولتاییک این امر ممکن است شامل باز کردن سوئیچ‌های مدار تغذیه، خارج کردن اتصالات قابل برداشتن و یا جداسازی اتصالات یا اتصال دهنده چفت شده باشد. تمام قطب‌های مدار تحت آزمون (مثبت، منفی و خنثی) باید جداسازی شوند. تک قطب‌های مثبت و منفی را از یکدیگر جدا کنید. اتصال زمین میان قالب‌های ماژول، پنل‌ها، سازه‌های آرایه و زمین سیستمی/ ارتی دست نخورده باقی بماند.

۸-۵ از عدم اتصال ورستور اکسید- فلز یا افزاره‌های حفاظت ولتاژ صاعقه مشابه و جدا بودن آن‌ها از مدار ایزوله شده اطمینان حاصل کنید. اگر چنین ادواتی بین مدار آرایه اکتیو و زمین متصل باشند، بایستی جدا شوند زیرا که موجب عدم اعتبار آزمون شده و یا خود توسط ولتاژ آزمون آسیب می‌بینند.

۸-۶ آزمون کننده عایق یا مگا اهم سنج را بر روی مقیاس مناسبی نسبت به اندازه مدار تحت آزمون تنظیم نمایید. مطمئن شوید که آزمون کننده عایق یا مگا اهم سنج قبل از هرگونه اتصال الکتریکی خاموش باشد.

۸-۷ دو گزینه قابل قبول برای اجرای این آزمون وجود دارد: اینکه سرهای خروجی مدار آزمون اتصال کوتاه یا مدار باز باشد. گزینه را متناسب با ملاک توصیف شده در بند ۴-۲ مشخص کنید.

### ۸-۷-۱ مدار اتصال کوتاه شده

سرهای خروجی آرایه را با استفاده از اتصال کوتاه کننده آرایه، به یکدیگر متصل کنید (مگر اینکه این کار قبلاً انجام شده باشد، به بند ۷-۲ مراجعه شود). پایانه‌های خروجی اتصال کوتاه شده رشته‌ها را به ترمینال پتانسیل بالای آزمون کننده عایق متصل کنید.

## ۸-۷-۲ مدار باز شده

سر مثبت آزمون کننده عایق را به ترمینال منفی مدار وصل کنید. ترمینال مثبت مدار تحت آزمون بدون اتصال باقی می ماند، بنابراین خیس نشده و در آزمون نیز دخالتی نخواهد داشت.

**یادآوری** - بسته به مدار تحت آزمون، این مساله قابل قبول و شاید راحت تر باشد که سر منفی مگا اهم سنج به پایانه مثبت مدار تحت آزمون متصل شود، پایانه منفی مدار را بدون اتصال نگه داشته و سر مثبت مگا اهم سنج به ارت متصل گردد.

۸-۸ ترمینال زمین شده (منفی) آزمون کننده عایق یا مگا اهم سنج را به نقطه زمین آرایه یا رشته زیر آرایه تحت آزمون، متصل کنید.

۸-۸-۱ اگر هیچ اتصال زمین مشترکی برای آرایه ها وجود ندارد، فرآیند ممکن است برای اندازه گیری مقاومت عایق بین مدار تحت آزمون و هر قسمت مجزا و بدون اتصال از لحاظ الکتریکی رسانا تکرار گردد.

۸-۸-۲ هر اتصالی به اجزای الکتریکی رسانا بایستی به نقاط غیرعایق صورت گیرد تا نتایج آزمون معتبر باشد. برای مثال یک قالب آلومینیومی آبکاری شده تا زمانی که آبکاری آن در نقطه آزمون از بین نرود، معتبر نیست.

۸-۹ ولتاژ آزمون را اعمال کنید، مقاومت عایقی خشک را در مقیاس مگا اهم اندازه گیری و ثبت نمایید. اینکار را پس از از بین رفتن اثر شارژ خازنی و خواندن مقادیر انجام شد (شاید ۳۰s و یا بیشتر) انجام دهید. برای آزمون کننده های عایقی که جریان نشتی را مشخص می کنند، ولتاژ اعمال شده به وسیله آزمون کننده<sup>۱</sup> را بر حسب ولت توسط جریان خوانده شده از آزمون کننده بر حسب میکروآمپر تقسیم بندی کنید. همچنین هر نوسانی را در مقادیر خوانده شده که ممکن است بیانگر اتصال کوتاه و یا قوس الکتریکی است یادداشت کنید.

**یادآوری** - خازن مدار تحت آزمون ممکن است بقدر کافی بزرگ باشد تا جریان های زیادی را در هنگامی که خازن عایق در حال شارژ است ایجاد نماید. در هنگام استفاده از گزینه مدار باز، مرطوب سازی مدار تحت آزمون می تواند باعث تغییراتی در ولتاژ سیستم با تغییر دمای آرایه گردد. کاربر بایستی از چنین احتمالاتی مطلع بوده و زمان کافی برای پایدار شدن شرایط اختصاص دهد.

۸-۱۰ قسمت پشت مدار تحت آزمون (به دور از نور خورشید) را به طور کامل مرطوب کنید. مراقب باشید که آب به داخل جعبه های اتصال<sup>۲</sup> واسط، واحد تعدیل توان، آزمون کننده عایق یا مگا اهم سنج یا موارد مشابه که تحت آزمون نمی باشد، نرسد. همچنین از مرطوب کردن ماژول ها و پنل های مجاور در قسمت هایی که هنوز مورد آزمون قرار نگرفته اند بپرهیزید زیرا این کار باعث تداخل با اندازه گیری های مقاومت خشک متعاقب می شود (به بند ۸-۹ مراجعه شود).

۸-۱۱ در هنگامی که تمام قسمت های تحت آزمون مرطوب است، جریان یا مقاومت نشتی مرطوب خوانده شده را پس از بین رفتن اثرات شارژ خازنی (شاید ۳۰s یا بیشتر) اندازه گیری و ثبت نمایید. همچنین هرگونه

---

1-Tester

2- Junction box

نوسان در مقادیر خوانده شده و یا مساحت افشانه شده در آن زمان را یادداشت نمایید تا مکان نقصها مشخص گردد. به طور ویژه به تغییرات بزرگ در مقاومت که نشان دهنده نواحی است که در آن‌ها یکپارچگی عایقی کم شده است توجه نمایید.

**یادآوری** - نقصها را می‌توان با مشاهده آزمون کننده عایق یا مگا اهم سنج در هنگام افشانه کردن نواحی کوچک مدار تحت آزمون با استفاده از یک افشانه باغبانی و یا بطری که با ماده محلول مرطوب کننده پر شده باشند، با دقت بیشتری مکان‌یابی نمود.

۸-۱۲ آرایه را در هنگام آزمون برای مشاهده مواردی از قوس الکتریکی و یا تخلیه سطحی مورد بررسی شنیداری و دیداری قرار دهید.

۸-۱۳ ولتاژ اعمال شده را به صفر کاهش دهید. بند ۸-۹ تا ۸-۱۲ را این بار با مرطوب نمودن قسمت در معرض تابش خورشید قسمت تحت آزمون تکرار نمایید.

۸-۱۴ ولتاژ اعمالی را به صفر کاهش دهید. پایانه‌های آزمون کننده عایق یا مگا اهم سنج را قبل از جدا نمودن آن از آرایه اتصال کوتاه نمایید.

۸-۱۵ آرایه را برای هر نشانه‌ای از قوس الکتریکی و تخلیه سطحی بررسی کنید.

۸-۱۶ بند ۸-۷ الی ۸-۱۵ را برای سایر قسمت‌های تحت آزمون تکرار کنید. قطبیت مناسب را برای اتصال آزمون کننده عایق یا مگا اهم سنج رعایت نمایید.

۸-۱۷ سیم‌کشی‌هایی که برای انجام این آزمون جدا شده بودند به سر جای خود برگردانید. مداراتی را که مشخص شده دارای نقص هستند ممکن است ایزوله باقی گذاشته شده و نیاز به تعمیر داشته باشند. اگر گزینه اتصال کوتاه استفاده شده بود، اتصال کوتاه را از ترمینال‌های آرایه بردارید.

۸-۱۸ افشانه ممکن است یک لایه نازک را باقی گذارد. اگر نیاز بود این لایه باقی مانده را پس از اتمام آزمون از روی سطح مازول‌ها پاک کنید.

## ۹ گزارش

۹-۱ موارد زیر عناوین کمینه مواردی است که باید در گزارش به آن اشاره شود:

۹-۱-۱ توصیف کامل از آرایه فتوولتاییک؛

۹-۱-۲ توصیفی از تجهیزات اندازه‌گیری و پارامترها یا شرایط اندازه‌گیری از جمله شرایط آب و هوایی محیطی؛

۹-۱-۳ مقادیر مقاومت عایق بدست آمده در بندهای ۸-۹ و ۸-۱۱؛

۹-۱-۴ توصیفی از هرگونه تغییرات ظاهری به علت آزمون‌گیری؛

۹-۱-۵ مشاهده هرگونه اتصال کوتاه، قوس الکتریکی و یا مشکلات خرابی دیگر؛

۹-۱-۶ مشخص نمودن نواحی از آرایه که مشکلات در آن‌ها پیدا شده است.

۹-۱-۷ هرگونه انحرافی از طرز کار؛

## ۱۰ دقت و پیش مقدار<sup>۱</sup>

۱۰-۱ شاخص‌های زیادی هستند که دقت و پیش مقدار نتایج یک مطالعه‌ی بین آزمایشگاهی را معین می‌سازند که در این آزمون قابل انجام نمی‌باشند.

۱۰-۱-۱ این روش آزمون نیاز به اندازه‌گیری یک آرایه‌ی PV نصب شده دارد. جا به جا کردن چنین آرایه‌ای بین آزمایشگاه‌ها برای آزمون‌گیری ممکن نیست.

۱۰-۱-۲ مقاومت عایق و جریان نشتی عایق می‌توانند به رطوبت نسبی محیط، بخار آب جذب شده، دما، ساخت و عمر آرایه، و فاکتورهای دیگر وابسته باشند.

۱۰-۱-۳ روش آزمون به طور گسترده‌ای توسط مکان، اندازه، شکل، و روش‌های وصل نمودن آرایه و پروب‌های آزمون، و همچنین ساخت ماژول و جزئیات نصب تأثیر می‌پذیرد.

۱۰-۲ دقت و پیش مقدار تابعی از دقت و پیش مقدار ادوات الکتریکی هستند. بنابراین این اندازه‌گیری‌های الکتریکی بایستی در تطابق با روش‌های مهندسی شناخته شده‌ای که دارای لوازمی با واسنجی‌های منطبق با آخرین استانداردهای ملی و بین‌المللی هستند صورت گیرد.

## ۱۱ کلید واژه‌ها

۱۱-۱ آزمون الکتریکی، یکپارچگی عایق، مقاومت عایق، فتوولتاییک، انرژی خورشیدی؛