



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۳۹۱

چاپ اول

۱۳۹۲

INSO

17391

1st.Edition

Apr.2014

روش آزمون استاندارد برای حفاظت از  
نقطه داغ ماژول‌های فتوولتاییک

**Standard test method for hot spot  
protection of photovoltaic modules**

ICS: 27.160

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

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

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

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

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

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

### " استاندارد روش آزمون برای حفاظت از نقطه داغ مازول‌های فتوولتاییک "

#### رئیس:

احمدی بروغنی، سید یوسف  
(دکترای مکانیک)

#### سمت و/یا نمایندگی

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

#### دبیر:

بذری، مصطفی

(لیسانس مهندسی صنایع)

کارشناس اداره کل استاندارد خراسان جنوبی

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

احمدی بروغنی، زهرا

(فوق لیسانس مهندسی کامپیوتر)

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

اعتبار، الهه

(لیسانس مهندسی برق)

کارشناس

چوبینه، معین

(فوق لیسانس برق قدرت)

کارشناس ارشد آزمایشگاه تست میدانی

فتولتاییک پژوهشکده هوا خورشید دانشگاه

فردوسی مشهد

خدایی فرد، شراره

(لیسانس فیزیک)

کارشناس اداره کل استاندارد استان زنجان

شاهنواز، محمد رضا

(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

کارشناس سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)

صفوی نژاد، علی

(دکترای مکانیک)

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

سرپرست تولید کارخانه آریا سولار بیرجند

کیانی، حمیده  
(لیسانس فیزیک)

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

میربزرگی، سید علی  
(دکترای مکانیک)

رئیس کمیته علمی - اجرایی نیروگاه  
فتوولتاییک دانشگاه بیرجند

نجفی، حمید رضا  
(دکترای مهندسی برق)

رئیس گروه تحقیقات شرکت توزیع نیروی برق  
خراسان جنوبی

وحیدی، تقی  
(لیسانس مهندسی برق)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ه	پیش‌گفتار
و	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ اهمیت و کاربرد
۶	۵ دستگاه‌ها
۷	۶ روش اجرایی
۹	۷ گزارش
۹	۸ دقت و انحراف

## پیش‌گفتار

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

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

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

ASTM E4281: 2012, Standard test method for hot spot protection testing of photovoltaic modules

# استاندارد روش آزمون برای حفاظت از نقطه داغ ماژول‌های فتوولتائیک

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، ارائه روش اجرایی برای تعیین توانایی ماژول فتوولتائیک<sup>۱</sup> (PV) در تحمل اثرات طولانی مدت گرمایش دوره‌ای "نقطه داغ" می‌باشد. گرمایش نقطه داغ مربوط به شرایط نقص رایج، نظیر ترک خوردگی شدید سلول‌ها و یا عدم انطباق آنها می‌باشد. از جمله نقایص دیگر می‌توان به نقص باز بودن مدار در یک نقطه (به عنوان مثال، نقایص اتصالی)، سایه جزئی (یا غیر یکنواخت) و یا لکه اشاره نمود. چنین تاثیراتی عمدتاً شامل ذوب شدن لحیم، یا خرابی کپسوله می‌باشد، اما در موارد شدید می‌تواند احتراق ماژول فتوولتائیک و مواد اطراف آن را در بر گیرد.

۱-۲ سلول‌ها به دو طریق موجب مشکل نقطه داغ می‌شوند؛ یا دارای مقاومت بالا باشند بطوریکه مقاومت بزرگی در مدار بوجود آید، یا دارای سطحی با مقاومت پائین (سنت) باشد بطوریکه شدت جریان بالائی در یک ناحیه محدود بوجود آید. سلول انتخابی این روش آزمون، تحت تنش هر دو نوع مشکل است.

۱-۳ این استاندارد سطوح قبول یا رد را تعیین نمی‌کند. تعیین نتایج قابل قبول یا غیر قابل قبول خارج از دامنه کاربرد این استاندارد است.

۱-۴ مقادیر معین شده در سیستم SI به عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شود. هیچ یکای اندازه‌گیری دیگری در این استاندارد به کار گرفته نشده است.

۱-۵ این استاندارد، در خصوص مطرح کردن تمام مسائل ایمنی که ممکن است در ارتباط با استفاده آن وجود داشته باشد، صحبت نمی‌کند. این امر مسئولیت کاربر استاندارد است، که عملیات لازم برای ایمنی و سلامت را فراهم آورده و عملی بودن محدودیت‌های نظارتی را قبل از استفاده مشخص نماید.

## ۲ مراجع الزامی

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

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

---

1- Photovoltaic

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۸۵: ۱۳۸۴، مشخصات شبیه ساز خورشیدی برای آزمایش فتولتاییک زمینی

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۸۹: ۱۳۸۴، عملکرد الکتریکی ماژول‌ها و آرایه‌های فتولتاییک زمینی غیر متمرکز با استفاده از سلول مرجع - روش آزمون

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۱۱۶: ۱۳۹۲، ماژول فتولتاییک - بازرسی چشمی ماژول‌های فتولتاییک

۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۹۶: ۱۳۸۴، آزمایش عایق بندی کامل رطوبتی ماژول‌های فتولتاییک - روش‌های آزمون

## 2-5 E772 Terminology of Solar Energy Conversion

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

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

#### ۲-۳ تعاریف و اصطلاحات خاص این استاندارد:

۱-۲-۳

#### نقطه داغ<sup>۱</sup>

به طور معمول به دلیل سایه، شرایطی رخ می‌دهد که یک سلول خورشیدی یا گروهی از سلول‌ها مجبور به بایاس معکوس شده و باید توان تلف نمایند، که نتیجه‌اش می‌تواند دمای بالای غیر معمول سلول باشد.

#### ۴ اهمیت و کاربرد

۱-۴ در طراحی یک ماژول یا سیستم فتولتاییک با هدف تبدیل امن انرژی تابشی خورشید به برق مفید، باید امکان سایه جزئی ماژول(ها) طی عملکرد لحاظ شود. این روش آزمون، روش اجرایی برای تصدیق طراحی و ساخت ماژول شرح می‌دهد که حفاظت کافی در مقابل تاثیرات مضر نقطه داغ طی نصب و کاربرد معمولی فراهم شده باشد.

۲-۴ این روش آزمون، روش اجرایی برای تعیین توانایی ماژول در فراهم ساختن حفاظت از نقص‌های داخلی که می‌توانند باعث افت عایق بندی الکتریکی یا خطرات احتراق باشد، بیان می‌کند.

۳-۴ گرمایش نقطه داغ زمانی در ماژول رخ می‌دهد که شدت جریان کاری آن از شدت جریان اتصال کوتاه (ISC) کاهش یافته یک سلول یا مجموعه‌ای از سلول‌های معیوب یا سایه‌دار فراتر رود. در چنین شرایطی، سلول

---

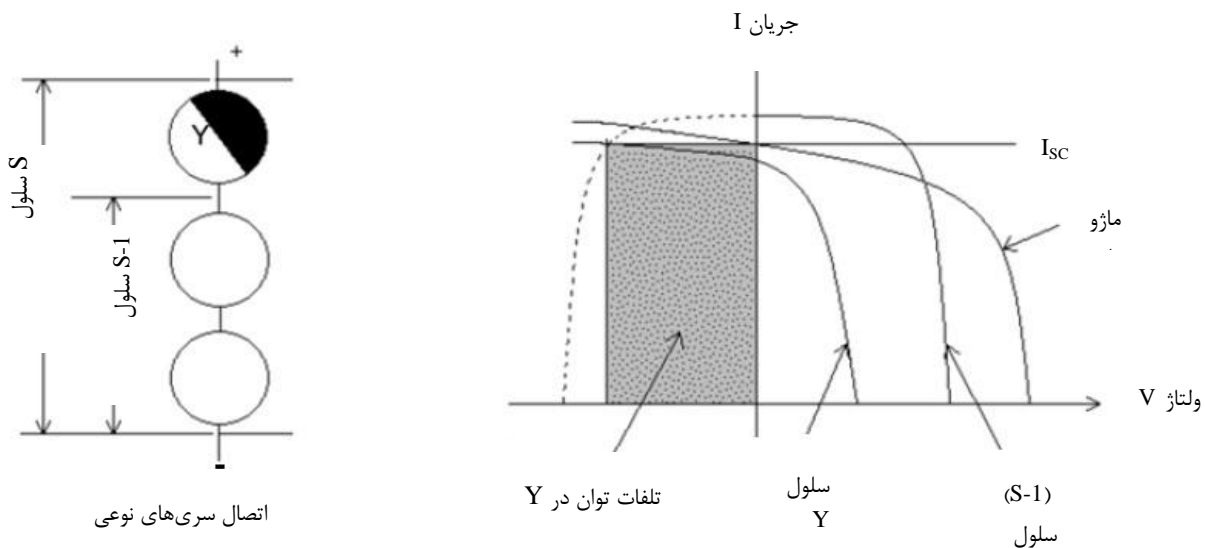
1- Hot spot



یا مجموعه سلول‌های تحت تاثیر قرار گرفته مجبور به بایاس معکوس و اتلاف توان می‌شوند، که می‌تواند منجر به گرمایش بیش از حد شود.

**یادآوری ۱-** استفاده صحیح از دیودهای بای‌پس می‌تواند باعث جلوگیری از صدمه نقطه داغ شود.

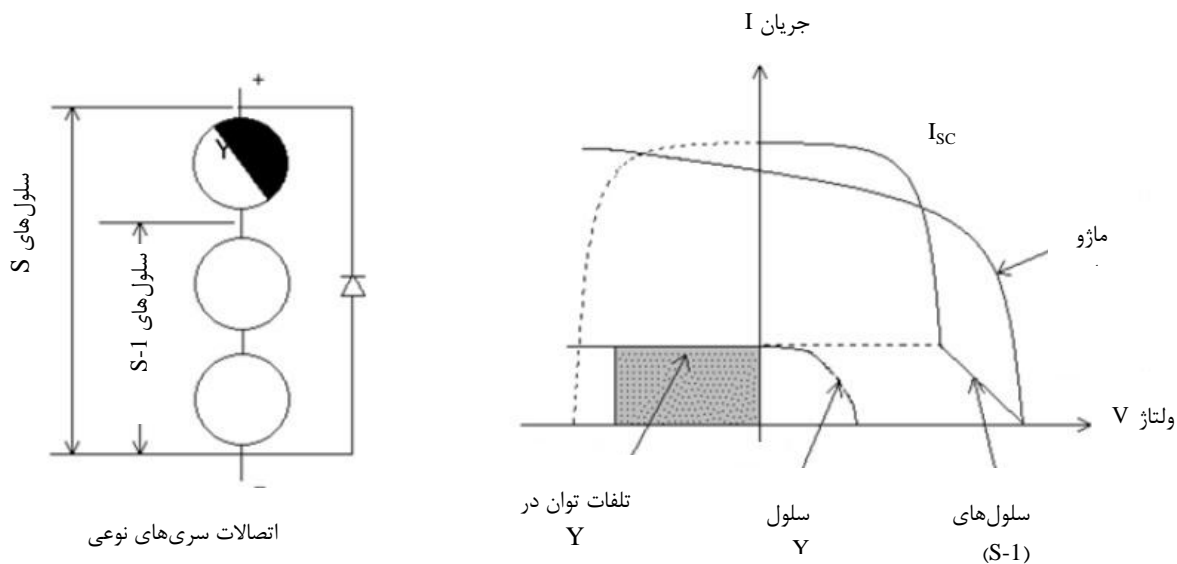
**۴-۴** شکل ۱ تاثیر نقطه داغ در یک زنجیره سری از سلول‌ها را تشریح می‌کند که یکی از سلول‌ها، سلول  $Y$ ، بصورت جزئی سایه‌دار شده است. مقدار توان الکتریکی تلف شده در  $Y$  معادل حاصل ضرب شدت جریان ماژول در ولتاژ معکوس برقرار شده در  $Y$  می‌باشد. برای هر سطح تابش، وقتی ماژول در حال اتصال کوتاه است توان اتلاfi وقتی ولتاژ معکوس در سرتاسر  $Y$  معادل ولتاژ تولید شده در باقی‌مانده ( $s-1$ ) سلول‌های ماژول باشد بیشینه است. این در شکل ۱ با مستطیل هاشور خورده نشان داده شده است، این مستطیل در محل تلاقی منحنی مشخصه  $I-V$  معکوس  $Y$  با تصویر منحنی مشخصه  $I-V$  مستقیم سلول‌های ( $s-1$ ) نمایش داده شده است.



شکل ۱- تاثیر نقطه داغ

**۵-۴** همان‌گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، دیودهای بای‌پس، در صورت وجود، وقتی یک زنجیره اتصال سری در ماژول در بایاس معکوس قرار گیرند شروع به اتصال کرده، در نتیجه توان تلف شده را در سلول خروجی کاهش یافته، محدود می‌کنند.

**یادآوری ۲-** اگر ماژول دارای دیودهای بای‌پس نباشد، دستورالعمل سازنده را قبل از نصب دیودهای بای‌پس بررسی کنید تا ببینید آیا تعداد بیشینه ماژول‌های سری توصیه شده است. اگر تعداد بیشینه ماژول‌های توصیه شده بیش از یک باشد، آزمون نقطه داغ باید با آن تعداد ماژول بصورت سری اجرا شود. برای راحتی، یک منبع تغذیه جریان ثابت ممکن است جایگزین ماژول‌های اضافی گردد تا جریان معلوم شده را تامین نماید.



شکل ۲- تاثیر دیودهای بای پس

۶-۴ مشخصه‌های معکوس سلول‌های خورشیدی می‌تواند بصورت قابل ملاحظه‌ای تغییر کند. سلول‌ها می‌توانند دارای مقاومت شنت بالا باشند که عملکرد معکوس آنها ولتاژ-محدود است یا دارای مقاومت شنت پائین باشند که عملکرد معکوس آنها شدت جریان-محدود است. هرکدام از این نوع سلول‌ها می‌توانند از مشکل نقطه داغ به طریق متفاوت رنج ببرند.

#### ۱-۶-۴ سلول‌های مقاومت شنت پایین:

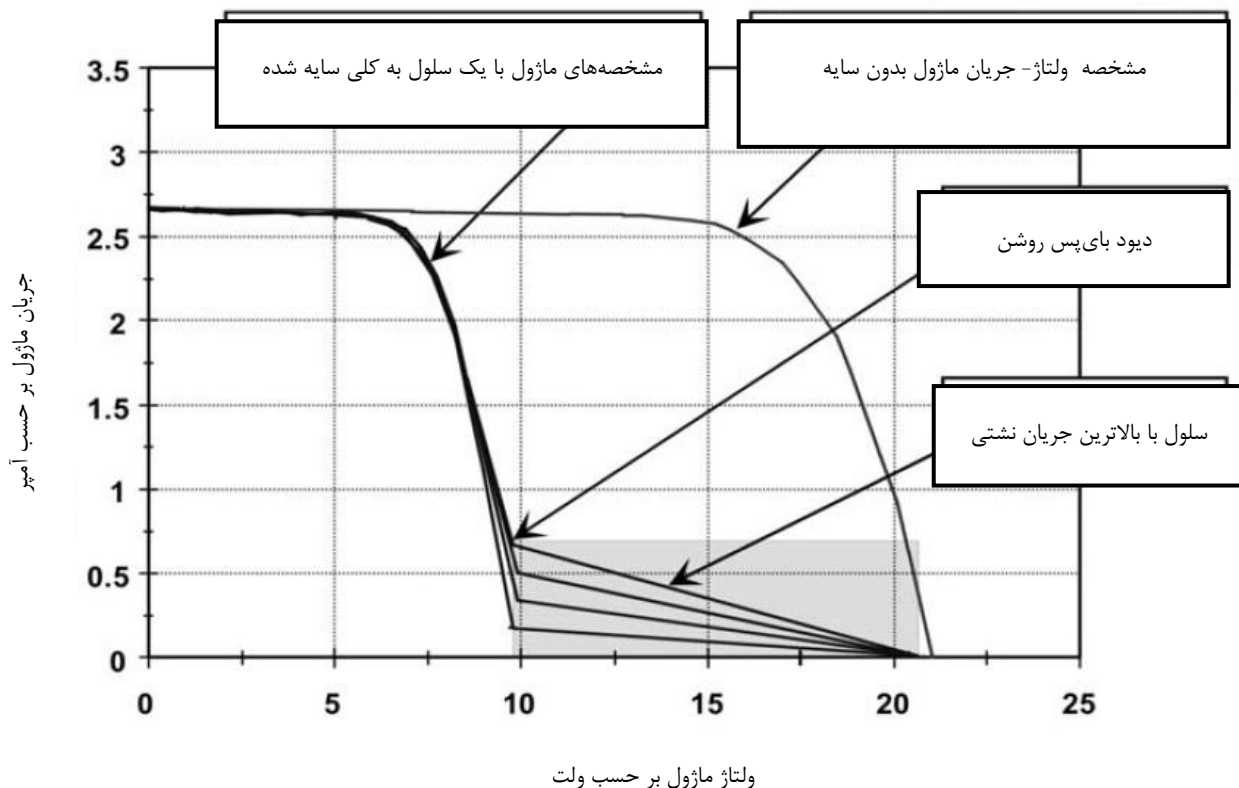
۱-۶-۴-۱ بدترین مورد شرایط سایه زمانی رخ می‌دهد که کل سلول (یا بخش اعظم آن) سایه شده باشد.

۲-۶-۴-۱ به دلیل شنت‌های موضعی، اغلب سلول‌های مقاومت شنت پایین بدین گونه هستند. در این مورد گرمایش نقطه داغ بدلیل مقدار شدت جریان زیاد در سطح کوچک اتفاق می‌افتد. چون این یک پدیده موضعی است، مقدار زیادی پراکندگی در عملکرد این نوع سلول وجود دارد. سلول‌های با پایین‌ترین مقاومت شنت وقتی که بایاس معکوس شوند، دارای احتمال زیاد عمل کردن در دمای بالای بیش از حد هستند.

۳-۶-۴-۱ از آنجا که حرارت موضعی است، خرابی‌های نقطه داغ در سلول‌های مقاومت شنت پایین به سرعت رخ می‌دهد.

#### ۲-۶-۴ سلول‌های مقاومت شنت بالا:

- ۱-۲-۶-۴ بدترین مورد شرایط سایه زمانی رخ دهد، که بخش کوچکی از سلول سایه‌دار باشد.
- ۲-۲-۶-۴ سلول‌های مقاومت شنت بالا شدت جریان معکوس مدار را محدود می‌کنند و در نتیجه حرارت بالا می‌رود. سلول با بالاترین مقاومت شنت دارای بالاترین اتلاف توان خواهد بود.
- ۳-۲-۶-۴ چون گرمایش روی کل سطح سلول یکنواخت می‌باشد، تا مرحله صدمه دیدن سلول می‌تواند زمان زیادی طول بکشد.
- ۴-۲-۶-۴ سلول‌های مقاومت شنت بالا نیاز به دیودهای بای‌پس در مدار ماژول را معین کرده و مشخصه عملکردی آنها تعداد سلول‌هایی که می‌تواند با هر دیود محافظت شود را مشخص می‌کند.
- ۷-۴ موضوع مهم فنی این است که چگونه سلول‌های با بالاترین و پایین‌ترین مقاومت شانت شناسایی شوند و سپس چگونه بدترین مورد سایه برای این سلول‌ها مشخص شود. اگر دیودهای بای‌پس برداشتنی هستند، سلول‌های با شنت موضعی را می‌توان با بایاس معکوس زنجیره سلول‌ها و استفاده از دوربین<sup>۱</sup> IR برای دیدن نقاط داغ، شناسایی نمود. اگر مدار ماژول قابل دسترسی است شدت جریان از سلول سایه شده می‌تواند به طور مستقیم مورد بازبینی قرار گیرد. به هر حال بسیاری از ماژول‌های فتوولتائیک دارای دیود برداشتنی یا مدار الکتریکی در دسترس نیستند. بنابراین برای این ماژول‌ها لازم است یک روش غیر تهاجمی به کار گرفته شود.
- ۴,۸ رویکرد انتخابی بر پایه گرفتن مجموعه‌ای از منحنی‌های I-V برای ماژول می‌باشد که به نوبت همه سلول را سایه می‌کنند. شکل ۳ مجموعه منحنی‌های I-V حاصل را برای ماژول نمونه نشان می‌دهد. در نقطه‌ای که دیود روشن است، منحنی بالاترین نشت جریان مربوط به زمانی است که سلول با پایین‌ترین مقاومت شنت سایه شده است.



شکل ۳- مشخصه‌های ولتاژ - جریان ماژول با سلول‌های مختلف به طور کامل سایه

۹-۴ اگر ماژول مورد آزمون دارای زنجیره‌های موازی است، هر زنجیره باید جداگانه آزمون شود.

۱۰-۴ این روش آزمون را می‌توان به عنوان بخشی از یک سری آزمون‌های احراز صلاحیت از جمله اندازه‌گیری عملکرد و تعیین الزامات عملکردی مشخص شده به کار برد. تعیین حداقل معیارهای پذیرش برای صدمات فیزیکی یا الکتریکی، به عهده کاربر این روش آزمون است.

## ۵ دستگاه‌ها

۱-۵ علاوه بر دستگاه‌های مورد نیاز در استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۸۹، دستگاه‌های زیر مورد نیاز است:

۱-۱-۵ منبع روشنایی - نور خورشید طبیعی یا شبیه ساز خورشید حالت پایدار کلاس C (یا بهتر) همان‌گونه که در استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۸۵ تعریف شده است.

۲-۱-۵ مجموعه‌ای از پوشش دهنده‌های مات برای سایه کردن سلول. سطح پوشش دهنده‌ها باید بر اساس سطح سلول‌های ماژول مورد آزمون با ۵٪ افزایش باشد.

۳-۱-۵ آشکارساز مناسب دما برای اندازه‌گیری دمای محیط و دمای سطح ماژول

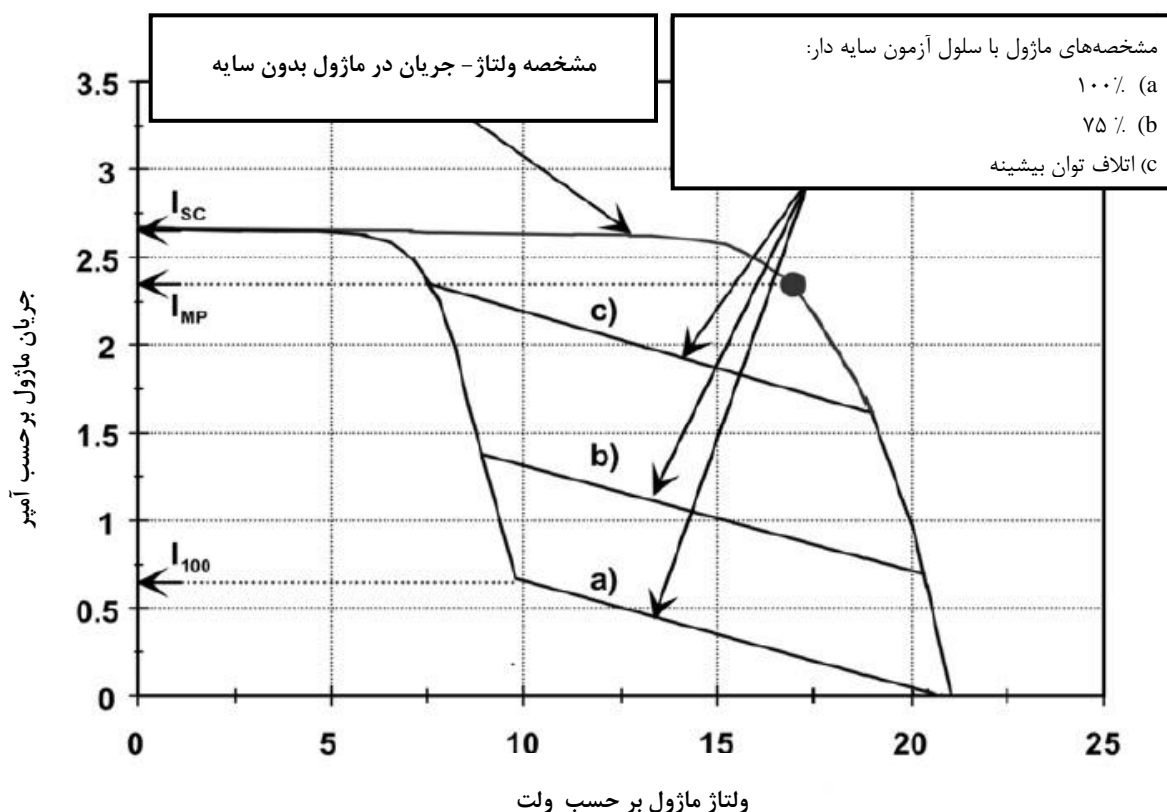
۴-۱-۵ دستگاه‌های اندازه‌گیر مناسب برای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان ماژول.

## ۶ روش اجرایی

- ۱-۶ اندازه‌گیری عملکرد الکتریکی ( مشخصه‌های I-V ) ماژول، مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۸۹.
- ۲-۶ انجام بازرسی چشمی مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۱۱۶.
- ۳-۶ انجام آزمون عایق‌بندی بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۹۶.
- ۴-۶ ماژول را با استفاده از یکی از روش‌های زیر، در معرض تابش  $800 \text{ Wm}^{-2}$  تا  $1000 \text{ Wm}^{-2}$  قرار دهید:
- ۱-۴-۶ شبیه ساز ضربانی که در آن دمای ماژول نزدیک به دمای اتاق  $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ ، خواهد بود.
- ۲-۴-۶ شبیه ساز حالت پایدار که در آن دمای ماژول باید در حدود  $5^\circ\text{C} \pm$  قبل از شروع اندازه‌گیری‌ها پایدار بماند یا اینکه
- ۳-۴-۶ نور خورشید طبیعی که در آن دمای ماژول باید در حدود  $5^\circ\text{C} \pm$  قبل از شروع اندازه‌گیری‌ها پایدار بماند.
- ۵-۶ بعد از اینکه پایداری حرارتی ایجاد شد، مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۸۹، شدت جریان توان بیشینه  $I_{MPI}$  را بدست آورید. ضروری نیست که مقدار را به شرایط آزمون استاندارد<sup>۱</sup> تصحیح نمایید.
- ۶-۶ به نوبت هر سلول را بطور کامل پوشانده، منحنی I-V حاصل را اندازه گرفته و مجموعه‌ای از نمودار شبیه شکل ۳ تهیه کنید.
- ۱-۶-۶ سه سلول با کمترین مقاومت شنت (بالاترین جریان نشتی) را انتخاب نمایید.
- ۲-۶-۶ سلول با بالاترین مقاومت شنت (پایین‌ترین جریان نشتی) را انتخاب نمایید.
- یادآوری ۳- اطمینان از اینکه تک تک سلول‌ها طی روش اجرایی تهیه منحنی مشخصه I-V کاملاً پوشانیده شده باشد، مهم است. حتی اگر ۱٪ سطح سلول پوشانیده نشده باشد، ممکن است باعث انتخاب اشتباه سلول در آزمون تنش شود.
- ۷-۶ برای هر یک از سلول‌های انتخابی، بدترین حالت شرایط پوشش را انتخاب کنید، همان‌گونه که در شکل ۴ نشان داده شده، اینکار با ترسیم مجموعه‌ای از منحنی‌های I-V انجام خواهد شد که هر کدام از سلول‌های مورد آزمون به میزان متفاوتی پوشش داده شده است. بدترین حالت شرایط پوشش زمانی اتفاق می‌افتد که شکست شدید<sup>۲</sup> در منحنی I-V با پوشش سایه‌دار منطبق بر  $I_{MPI}$  (خط C در شکل ۴) باشد.

1- Standard test conditions

2- Kink



شکل ۴- مشخصه‌های ولتاژ - جریان ماژول با سلول آزمون سایه‌دار در سطوح مختلف

- ۸-۶ یکی از سه سلول با مقاومت شانت پایین را که در مرحله ۶-۶ برگزیده شده‌اند را انتخاب نمایید. آن سلول را با شرایط بدترین حالتی که در ۶-۷ بدست آمده بیوشانید. ماژول را اتصال کوتاه نمایید.
- ۹-۶ ماژول را در معرض منبع روشنایی قرار دهید. تابش باید بین  $800 \text{ Wm}^{-2}$  تا  $1200 \text{ Wm}^{-2}$  باشد. مقدار جریان اتصال کوتاه  $I_{SC}$ ، تابش، دمای محیط و دمای ماژول را ثبت نمایید.
- ۱۰-۶ این شرایط را برای کل زمان یک ساعت در معرض تابش بودن حفظ نمایید.
- ۱۱-۶ بندهای ۶-۸ تا ۶-۱۰ را برای دو سلول دیگر با مقاومت شنت پایین انتخابی در بند ۶-۶ تکرار نمایید.
- ۱۲-۶ سلول با بالاترین مقاومت شنت را با شرایط بدترین حالتی که در ۶-۷ تعیین شده بیوشانید. ماژول را اتصال کوتاه نمایید.
- ۱۳-۶ ماژول را در معرض منبع روشنایی قرار دهید. تابش باید بین  $800 \text{ Wm}^{-2}$  تا  $1200 \text{ Wm}^{-2}$  باشد. مقدار جریان اتصال کوتاه  $I_{SC}$ ، تابش، دمای محیط و دمای ماژول را ثبت نمایید.
- ۱۴-۶ مقدار تابش را در هر پنج دقیقه اندازه گیری نمایید تا اینکه مقدار تشعشع کل به  $180 \text{ MJm}^{-2}$  برسد (این مقدار معادل ۵۰ ساعت در  $1000 \text{ Wm}^{-2}$  می باشد).

۶-۱۴-۱ اگر از شبیه ساز حالت یکنواخت استفاده می‌کنید، بعد از هر پنج ساعت تابش حداقل یک ساعت ماژول را از منبع نور جدا سازید.

۶-۱۵ عملکرد الکتریکی (مشخصه I-V) ماژول را بر طبق روش آزمون استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۸۹ اندازه‌گیری نمایید.

۶-۱۶ بازرسی چشمی را براساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۱۱۶ انجام دهید.

۶-۱۷ آزمون عایقندی را براساس استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۹۶ انجام دهید.

## ۷ گزارش

۷-۱ گزارش باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

۷-۱-۱ کارخانه سازنده ماژول و شناسایی کامل آزمون،

۷-۱-۲ توصیفی از ساختار ماژول،

۷-۱-۳ توصیفی از تجهیزات اندازه‌گیری الکتریکی،

۷-۱-۴ نتایج اندازه‌گیری I-V ماژول، پیش و پس از در معرض قرار گرفتن نقطه داغ،

۷-۱-۵ شرایط محیطی در طی آزمون،

۷-۱-۶ مقادیر اندازه‌گیری شده جریان و دمای ماژول،

۷-۱-۷ توصیفی از هر تغییر ظاهری بدلیل انجام آزمون. برای مثال، نشانه‌ای از اتصال کوتاه، جرقه، حرارت

بیش از حد، آسیب به مواد ماژول، و یا خرابی‌های دیگر که نتیجه‌اش در دسترس قرار گرفتن قطعات برق‌دار است،

۷-۱-۸ شناسایی نواحی ماژول که مشکلی در آنها پیدا شده، و

۷-۱-۹ هر گونه انحراف از روش انجام آزمون.

## ۸ دقت و انحراف

۸-۱ روش اجرایی توصیف شده توسط این روش آزمون، نتایج عددی که مشمول الزامات استاندارد برای

ارزیابی دقت و انحراف این روش آزمون باشد را تولید نمی‌کند. با این حال، دقت و انحراف از اندازه‌گیری‌های

الکتریکی، که براساس استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۸۹ انجام می‌شود، مشمول مفاد آن استاندارد خواهند بود.