

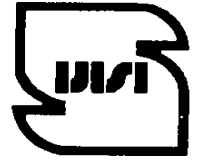


جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۸۴۸۹

چاپ اول

ISIRI

8489

1st.edition

**عملکرد الکتریکی مدول‌ها و آرایه‌های فتوولتائیک**

**زمینی غیر متمرکز با استفاده از سلول مرجع -**

**روش آزمون**

**Electrical performance of  
non-concentrator terrestrial photovoltaic  
modules and arrays using reference cells-  
Test methods**

## « بسمه تعالی »

۲ آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعت ایران

يٰۤاَيُّهَا الَّذِيْنَ اٰمَنُوْا اٰتُوا زَكٰتَ ۙ وَاذْكُرُوْا اَنۡ تَكُوْنُوْا مِّنَ الْخٰسِرِيْنَ  
بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ  
تدوین استاندارد در رشته های مختلف توسط کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط با موضوع صورت میگیرد. سعی بر این است که استانداردهای ملی، در جهت مطلوبیت ها و مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فنی و فن آوری حاصل از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل: تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، بازرگانان، مراکز علمی و تخصصی و نهادها و سازمانهای دولتی باشد. پیش نویس استانداردهای ملی جهت نظرخواهی برای مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال میشود و پس از دریافت نظرات و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که توسط مؤسسات و سازمانهای علاقمند و ذیصلاح و با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می شود نیز پس از طرح و بررسی در کمیته ملی مربوط و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی چاپ و منتشر می گردد. بدین ترتیب استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره (۵) تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط مؤسسه تشکیل میگردد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد میباشد که در تدوین استانداردهای ملی ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندیهای خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی استفاده می نماید.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون به منظور 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 استانداردها را با تصویب شورای عالی استاندارد اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آنرا اجباری نماید.

همچنین بمنظور اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و گواهی کنندگان سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاهها و کالیبره کنندگان وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد اینگونه سازمانها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران مورد ارزیابی قرار داده و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا نموده و بر عملکرد آنها نظارت می نماید. ترویج سیستم بین المللی یکاها، کالیبراسیون وسایل سنجش تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی از دیگر وظایف این مؤسسه می باشد.



## کمیسیون استاندارد "عملکرد الکتریکی مدول‌ها و آرایه‌های فتوولتائیک"

### زمینی غیر متمرکز با استفاده از سلول مرجع - روش آزمون"

#### رئیس

صرافی، محسن

(دکترای فیزیک)

#### سمت یا نمایندگی

دانشگاه زنجان

#### اعضاء

سهیلی، عبدالکریم

(لیسانس فیزیک)

شرکت کابل کمان

شاهنواز، محمدرضا

(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

سازمان انرژی های نو ایران (سانا)

رهروی، مجید

(فوق لیسانس انرژی)

شرکت برق منطقه ای زنجان

زارعی، علی

(لیسانس مهندسی برق)

سازمان انرژی های نو ایران (سانا)

عابدینی، یوسفعلی

(دکترای فیزیک)

دانشگاه زنجان

#### دبیر

خدائی فرد، شراره

(فوق لیسانس فیزیک)

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان زنجان

# اعضای شرکت کننده در سیصد و چهل و هشتمین اجلاسیه کمیته ملی برق و

## الکترونیک مورخ ۸۴/۱۲/۱۴

### رئیس کمیته ملی

کاظمی، ناصر

(کارشناس اقتصاد)

### نمایندگی

سازمان حمایت مصرف کنندگان و تولیدکنندگان

### اعضاء

خدائی فرد، شراره

(فوق لیسانس فیزیک)

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان زنجان

رحمتیان، زهرا

(فوق لیسانس فیزیک)

اداره کل برق و الکترونیک مؤسسه استاندارد

رهروی، مجید

(فوق لیسانس انرژی)

شرکت برق منطقه ای زنجان

زارعی، علی

(لیسانس مهندسی برق)

سازمان انرژی های نو ایران

سهیلی، عبدالکریم

(لیسانس فیزیک)

شرکت کابل کمان

شاهنواز، محمدرضا

(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

سازمان انرژی های نو ایران

شیروانی، فهیمه

(دیپلم اقتصاد)

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

عابدینی، یوسفعلی

(دکتری فیزیک)

دانشگاه زنجان

نوروزی، سعید

نماینده ریاست مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

(دکترا)

هاشمی، مهدی

(فوق لیسانس)

دبیر کمیته ملی

طوماریان، سهیلا

(لیسانس مهندسی الکترونیک)

مرکز تحقیقات مخابرات ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

## فهرست مندرجات ..... صفحه

پیش گفتار	۱
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۳
۴ اصول روش آزمون	۵
۵ اهمیت و کاربرد	۶
۶ وسایل لازم	۸
۷ روش‌های اجرای آزمون	۱۲
۸ روش محاسبه	۱۴
۹ گزارش آزمون	۱۸
۱۰ دقت و پیش مقدار	۲۰
۱۱ کلید واژه‌ها	۲۲
پیوست الف	۲۳
پیوست ب	۲۸

## پیش‌گفتار

استاندارد "عملکرد الکتریکی مدول‌ها و آرایه‌های فتوولتائیک زمینی غیر متمرکز با استفاده از سلول مرجع- روش آزمون استاندارد" که پیش نویس آن توسط کمیسیونهای مربوط تهیه و تدوین شده و در سیصد و چهل و هشتمین جلسه کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۱۴/۱۲/۸۴ 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 بعنوان 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 هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ایران باید همواره از آخرین تجدیدنظر آنها استفاده کرد.

در تهیه و تدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان بین این استاندارد و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود. منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد بکار رفته به شرح زیر است:

1. ASTM E 1036:2002 Standard Test Methods for Electrical Performance of Nonconcentrator Terrestrial Photovoltaic Modules and Arrays Using Reference Cells.



## عملکرد الکتریکی مدول‌ها و آرایه‌های فتوولتائیک زمینی غیر متمرکز با

### استفاده از سلول مرجع- روش آزمون

#### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین و ارائه روش آزمون عملکرد الکتریکی مدول‌ها و آرایه‌های فتوولتائیک تحت نور طبیعی خورشید یا نور شبیه‌سازی شده با استفاده از سلول مرجع کالیبره شده، می‌باشد.

۲-۱ اندازه‌گیری‌ها تحت شرایط متغیری صورت می‌گیرند و نتایج اندازه‌گیری‌های بدست آمده به خاطر سهولت مقایسه، با انتخاب مجموعه‌ای از شرایط گزارش (RC) ارائه می‌شود.

۳-۱ این روشهای آزمون فقط برای آرایه‌ها و مدول‌های زمینی غیر متمرکز بکار می‌رود.

۴-۱ پارامترهای عملکردی که توسط این روشهای آزمون تعیین شده است فقط در زمان آزمون به کار می‌رود و سطح عملکرد گذشته و یا آینده را بیان نمی‌کند.

۵-۱ تاکنون استاندارد ایزو مشابه این استاندارد منتشر نشده است.

۶-۱ این استاندارد تمام موارد مرتبط با ایمنی را بیان نمی‌کند ولی بر بکارگیری آن تأکید دارد.

رعایت تمام موارد مربوط به ایمنی، محدودیت‌های قانونی و کاربردی بر عهده استفاده‌کننده این استاندارد می‌باشد.

---

<sup>۱</sup> Reporting conditions

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آن ها ارجاع شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می شود. در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و/یا تجدید نظر، اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای بعدی این مدارک مورد نظر نیست. معهدا بهتر است کاربران ذینفع این استاندارد، امکان کاربرد آخرین اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند. در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و/یا تجدیدنظر، آخرین چاپ و/یا تجدید نظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- |     |   |
|-----|---|
| ۱-۲ | استاندارد ملی ایران ۸۴۸۵ : ۱۳۸۴- مشخصات شبیه ساز خورشیدی برای آزمایش فتوولتائیک زمینی.                                    |
| ۲-۲ | استاندارد ملی ایران ۸۴۸۶ : ۱۳۸۴- عملکرد الکتریکی سلول های فتوولتائیک با استفاده از سلول مرجع- روش آزمون.                  |
| ۳-۲ | استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ : ۱۳۸۴- تعیین پارامتر عدم تطبیق طیفی بین یک قطعه فتوولتائیک و یک سلول مرجع فتوولتائیک- روش آزمون |
| ۴-۲ | استاندارد ملی ایران ۸۴۸۸ : ۱۳۸۴- اندازه گیری پاسخ طیفی سلول های فتوولتائیک- روش آزمون.                                    |
| ۵-۲ | استاندارد ملی ایران ۸۴۹۰ : ۱۳۸۴- کالیبراسیون سلول های مرجع اولیه فتوولتائیک غیرمتمرکز سیلیکونی تحت تابش کلی - روش آزمون.  |
| ۶-۲ | استاندارد ملی ایران ۸۴۹۱ : ۱۳۸۴- مشخصات ویژگی فیزیکی سلول های مرجع فتوولتائیک زمینی غیرمتمرکز.                            |

۷-۲ استاندارد ملی ایران ۸۴۹۳ : ۱۳۸۴- تبدیل انرژی خورشیدی فتوولتائیک -

اصطلاحات و واژه ها.

۸-۲ استاندارد ملی ایران ۸۴۹۴ : ۱۳۸۴- کالیبراسیون سلول های مرجع ثانویه

فتوولتائیک غیرمتمرکز- روش آزمون.

2.9 ASTM E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of Test Method.

2.10 ASTM E 772 Terminology Relating to Solar Energy Conversion

2.11 ASTM E 941 Test Method for Calibration of Reference Pyranometers With Axis Tilted by the Shading Method.

2.12 ASTM E 1125 Test Method for Calibration of Primary Nonconcentrator Terrestrial Photovoltaic Reference Cells Using a Tabular Spectrum.

2.13 G 159 Tables for References solar Spectral Irradiance at Air Mass 1.5: Direct Normal and Hemispherical for 37° Tilted Surface (Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.04).

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

۱-۳ در این استاندارد اصطلاحات و/یا واژه ها با تعاریفی که در استاندارد ملی ایران ۸۴۹۳ و

واژه نامه ASTM E772 شرح داده شده است، به کار می رود.

۲-۳ شرح اصطلاحات ویژه در این استاندارد:

۱-۲-۳ **دمای اسمی عملیاتی سلول- NOCT**<sup>۱</sup>

دمای سلول خورشیدی داخل یک مدول عملیاتی است که در دمای محیط ۲۰°C، تابش

$800 \text{ Wm}^{-2}$  و سرعت متوسط باد  $1 \text{ ms}^{-1}$  بکار می رود.

---

<sup>۱</sup> Nominal operating cell temperature

### ۳-۲-۲ شرایط گزارش، RC

دمای قطعه، تابش کل و شرایط تابش طیفی مرجع که داده عملکرد مدول یا آرایه به آن تصحیح شده اند.

### ۳-۳ نمادها

۳-۳-۱ نمادها و یکاهای زیر در این روش آزمون استفاده می شود:

$\alpha_r$  - ضریب دمایی  $I_{sc}$  سلول مرجع،  $^{\circ}C^{-1}$

$\alpha$  - تابع دمایی جریان قطعه تحت آزمون،  $^{\circ}C^{-1}$

$\beta(E)$  - تابع دمایی ولتاژ قطعه تحت آزمون،  $^{\circ}C^{-1}$

$C$  - ثابت کالیبراسیون سلول مرجع،  $Am^2W^{-1}$

$C'$  - ثابت کالیبراسیون تنظیم شده سلول مرجع،  $Am^2W^{-1}$

$C_f$  - فاکتور تصحیح NOCT،  $^{\circ}C$

$\delta(T)$  - تابع تصحیح تابشی ولتاژ قطعه تحت آزمون، بدون بعد

$\Delta(T)$  - اختلاف دمای محیط سلول NOCT،  $^{\circ}C$

$E$  - تابش،  $Wm^{-2}$

$E_0$  - تابش در RC،  $Wm^{-2}$

FF - عامل پرکننده، بدون بعد

$I$  - جریان الکتریکی، A

$I_{mp}$  - جریان در توان حداکثر، A

$I_0$  - جریان در RC، A

$I_r$  - جریان اتصال کوتاه سلول مرجع، A

$I_{sc}$  - جریان اتصال کوتاه، A

$M$  - پارامتر عدم تطابق طیفی، بدون بعد

$P$  - توان الکتریکی، W

$P_m$  - توان حداکثر، W

$T$  - دما، °C

$T_a$  - دمای محیط، °C

$T_c$  - دمای سلول در مدول، °C

$T_0$  - دمای سلول در RC، °C

$T_r$  - دمای سلول مرجع، °C

$v$  - سرعت باد،  $ms^{-1}$

$V$  - ولتاژ، V

$V_{mp}$  - ولتاژ در توان حداکثر، V

$V_0$  - ولتاژ در RC، V

$V_{oc}$  - ولتاژ مدار باز، V

## ۴ اصول روش آزمون

**۴-۱** اندازه گیری عملکرد مدول یا آرایه فتوولتائیک که توسط چشمه نور، نوردهی شده است

شامل تعیین حداقل مشخصات الکتریکی زیر می باشد: جریان اتصال کوتاه، ولتاژ مدار باز، توان

حداکثر و ولتاژ در توان حداکثر.

**۴-۲** این پارامترها از بکار بردن روش اجرایی بند ۸ با مجموعه‌ای از جفت داده‌های جریان-

ولتاژ (داده  $I-V$ ) با آرایه یا مدول آزمون عمل کننده در یک چهارم توان تولیدی، بدست می‌آیند.

**۳-۴** آزمایش عملکرد قطعه فتوولتائیک مستلزم استفاده از یک سلول مرجع فتوولتائیک کالیبره شده برای تعیین تابش کل می‌باشد.

**۱-۳-۴** سلول مرجع بر اساس توزیع طیف تابشی تحت شرایطی که کالیبره شده است مثلاً طیف کلی یا طیف مستقیم عمود انتخاب می‌شود. این طیف‌ها در جداول G 159 تعریف شده‌اند. بنابراین این سلول مرجع است که تعیین می‌کند در آزمون عملکرد مدول یا آرایه به کدام طیف مراجعه شود.

**۲-۳-۴** چنانچه پارامتر عدم تطابق طیفی  $0/05 \pm 1/00$  باشد سلول مرجع باید همانطوریکه در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ تعیین شده است با قطعه تحت آزمون هماهنگ شود.

**۳-۳-۴** مشخصات فیزیکی سفارش شده برای سلول‌های مرجع، در استاندارد ملی ایران ۸۴۹۱ شرح داده شده است.

**۴-۴** پاسخ طیفی مدول یا آرایه معمولاً از یک سلول انتخاب شده از مدول یا آرایه ای گرفته می‌شود که بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۴۸۸ آزمون شده باشد. سلول انتخاب شده باید طوری بسته بندی شود که خواص اپتیکی مدول یا آرایه بسته بندی شده با سلول انتخاب شده مشابه باشند.

**۵-۴** آزمون‌ها با استفاده از نور طبیعی خورشید یا نور شبیه سازی شده انجام می‌شوند. الزامات شبیه‌سازی خورشیدی در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۵ بیان شده است.

**۱-۵-۴** اگر شبیه ساز خورشیدی ضربانی بعنوان چشمه نور مورد استفاده قرار گیرد پاسخ‌های گذرای مدول یا آرایه و سلول مرجع باید با وسایل آزمون سازگار باشد.

**۶-۴** داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها به مجموعه شرایط گزارشی (به بند ۵-۳ مراجعه کنید) تبدیل می‌شوند که بوسیله کاربر این روش‌های آزمون انتخاب شده‌اند. نهایتاً شرایط آزمون عملی،

داده آزمون (اگر قابل دستیابی است) و همچنین داده تبدیل شده گزارش داده می شود.

## ۵ اهمیت و کاربرد

**۱-۵** هدف از این روش‌های اجرایی تعیین روش‌های مشخص برای آزمایش و گزارش عملکرد الکتریکی مدول‌ها و آرایه‌های فتوولتائیک می باشد.

**۲-۵** نتایج آزمون می تواند برای مقایسه انواع مدول‌ها و آرایه‌های مختلف از جمله گروهی از اقلام مشابه که ممکن است در برابر آزمایش گروهی از مدول‌ها یا آرایه‌ها از یک چشمه تکی بدست آید، بکار رود. همچنین برای مقایسه چندین طرح، مانند محصولات کارخانجات مختلف می تواند مورد استفاده قرار گیرد. همچنین از اندازه‌گیری‌های تکراری یک مدول یا آرایه برای مطالعه تغییرات در عملکرد قطعه می توان استفاده نمود.

**۳-۵** اندازه‌گیری‌ها می تواند در محدوده شرایط آزمون انجام گیرد. داده‌های اندازه‌گیری از شرایط آزمون به SRC، شرایط کار اسمی، یا شرایط خاص انتخابی گزارش کاربر به صورت عددی تبدیل می شود (به بند ۸ مراجعه کنید). SRC در جدول ۱ تعریف شده است.

**۴-۵** روش‌های آزمون بر اساس دو الزام زیر است:

**۱-۴-۵** اول، سلول مرجع طوری انتخاب می شود که پاسخ طیفی آن نزدیک به پاسخ طیفی مدول یا آرایه مورد آزمون باشد.

**۲-۴-۵** دوم، پاسخ طیفی سلول انتخابی و توزیع طیفی چشمه تابش باید معلوم باشد. آنگاه ثابت کالیبراسیون سلول مرجع با استفاده از پارامتر عدم تطابق طیفی به اندازه اختلاف بین مقدار عملی و توزیع تابشی طیف مرجع بطوریکه در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ بیان شده است، تصحیح می شود.

**۵-۵** سلول مرجع زمینی با در نظر گرفتن توزیع تابش طیفی مرجع برای مثال جداول

### جدول ۱- شرایط گزارش

دمای قطعه ° C	تابش طیفی	تابش کل Wm <sup>-2</sup>	
۲۵	G 159	۱۰۰۰	شرایط گزارش استاندارد
دمای اسمی عملیاتی سلول	...	۸۰۰	شرایط کار اسمی

۶-۵ برخوردار تابش کل روی مدول یا آرایه نشان می دهد که پاسخ طیفی سلول مرجع که به طریق بیان شده در بند ۴-۳ ساخته و کالیبره شده است نزدیک سلول مرجع است.

۷-۵ با داده عملکردی که بر اساس این روش های آزمون تعیین می شود پیش بینی عملکرد مدول یا آرایه حاصل از اندازه گیری تحت هر چشمه نور آزمون برحسب هر توزیع تابش طیف مرجع امکان پذیر است.

۸-۵ این روش های آزمون برای محدوده دمایی و شرایط تابشی ای معتبر است که فاکتور تصحیح آن (در پیوست الف تعریف شده است) معین باشد. قطعاتی که فاکتور تصحیح آنها را نمی توان تعیین کرد یا قابل دستیابی نمی باشند در صورت امکان در دما یا شرایط تابشی که نزدیک شرایط گزارش خواسته شده است اندازه گیری خواهند شد.

### ۶ وسایل لازم

#### ۱-۶ سلول مرجع فتوولتائیک

سلول مرجع کالیبره شده ای است که برای تعیین تابش کل در طول اندازه گیری عملکرد الکتریکی بکار می رود.



**۱-۱-۶** سلول مرجع باید داخل پاسخ طیفی خود با سلول انتخابی مدول یا آرایه آزمون هماهنگ شده باشد که در آن پارامتر عدم تطابق طیفی که توسط استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ تعیین می شود عبارت از  $1/0.0 \pm 0/05$  می باشد.

**۲-۱-۶** استاندارد ملی ایران ۸۴۹۱ مشخصات فیزیکی سفارش شده سلول های مرجع را ارائه می دهد.

**۳-۱-۶** سلول مرجع را می توان بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۴۹۰ و ASTM E1125 یا استاندارد ملی ایران ۸۴۹۴ برای کاربرد خاص نیز کالیبره نمود.

**۴-۱-۶** وسایل اندازه گیری جریان (به بند ۶-۷ مراجعه کنید) باید برای تعیین Isc سلول مرجع وقتی که با چشمه نور نوردی می شود بکار رود. (به بند ۶-۴ مراجعه کنید)

## **۲-۶ اسباب آزمون**

قطعه مورد آزمون بر روی اسباب آزمون که اندازه گیری دما و اندازه گیری جریان- ولتاژ چهار سیم (به اتصال کلوین، ۳-۶ مراجعه کنید) را تسهیل می کند، قرار داده می شود. طرح اسباب آزمون باید به گونه ای باشد که از هر گونه افزایش یا کاهش خروجی قطعه در اثر بازتاب یا سایه جلوگیری کند. آرایه های نصب شده در میدان باید پس از نصب آزمون شود، برای محدودیت های دیگر و الزامات گزارش به بند ۷-۲-۳ مراجعه کنید.

## **۳-۶ اتصال کلوین**

آرایشی است از اتصالات که شامل دو زوج از سیم های متصل شده به دو ترمینال خروجی قطعه تحت آزمون می باشد. یک زوج از سیمها برای متصل کردن جریان جاری داخل قطعه و زوج دیگر برای اندازه گیری ولتاژ دو سر قطعه استفاده می شود. نمایش طرح واره اندازه گیری I-V با استفاده از اتصال کلوین در شکل ۱ استاندارد ملی ایران ۸۴۸۶ بیان شده است.

#### ۴-۴ چشمه نور

چشمه نور یا باید نور طبیعی خورشید باشد یا شبیه ساز خورشیدی باشد که گروه A، B یا C شبیه سازی را که در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۵ تعریف شده است را پوشش می دهد.

#### ۵-۴ وسایل اندازه گیری دما

وسيله یا وسایل بکار رفته برای اندازه گیری دمای سلول مرجع و قطعه تحت آزمون باید تفکیک پذیری حداقل ۰/۱ درجه سلسیوس و خطای کل خواندن کمتر از  $1 \pm$  درجه سلسیوس داشته باشد.

#### ۱-۵-۴ حس گرهای دما نظیر ترموکوپل ها یا ترمیستورهای مناسب برای محدوده دمای

آزمون باید طوری که امکان اندازه گیری دمای قطعه را بدهد، به آن متصل شوند. بدلیل امکان تغییر دمای مدول و آرایه بخصوص در اثر تابش مداوم، حس گرهای چندگانه پراکنده روی قطعه استفاده می شود لذا برای بدست آوردن دمای قطعه از نتایج، میانگین گرفته می شود.

#### ۲-۵-۴ هنگام آزمایش مدول ها یا آرایه ها اگر برای آنها اندازه گیری مستقیم دمای سلول در

داخل بسته امکان پذیر نباشد، حس گرها را می توان به ضلع جانبی قطعه متصل کرد. خطا در اثر گرادیان های دمایی بستگی به مشخصات دمایی بسته، مخصوصا تحت نوردهی مداوم خواهد داشت. برای مثال مدول های با صفحات پشت شیشه ای گرادیان بالاتری نسبت به مدول های با لایه پستی پلیمر نازک خواهند داشت.

#### ۶-۴ بار متغیر

بار الکترونیکی همانند یک رزیستور متغیر، یک چشمه تغذیه برنامه پذیر، یا خازن جاروب کننده مدار، برای عمل کردن قطعه مورد آزمون در نقاط مختلف مشخصه I-V استفاده می شود.

#### ۱-۶-۴ بهتر است بار متغیر توانایی کارکردن قطعه مورد آزمون در یک نقطه از مشخصه I -V

را داشته باشد بطوریکه ولتاژ در محدوده یک درصد  $V_{OC}$  در یک چهارم توان تولیدی باشد.

**۶-۶-۲** بهتر است بار متغیر توانایی کارکردن قطعه مورد آزمون در یک نقطه از مشخصه  $I-V$

را داشته باشد بطوریکه جریان در محدوده یک درصد  $I_{SC}$  در یک چهارم توان تولیدی باشد.

**۶-۶-۳** بهتر است بار متغیر اجازه دهد توان خروجی قطعه (حاصل ضرب جریان و ولتاژ

قطعه) به میزان ۰/۲ درصد توان حداکثر افزایش یابد.

**۶-۶-۴** زمان پاسخ الکتریکی بار متغیر بهتر است بقدری سریع باشد که محدوده مورد نیاز

نقاط کار  $I-V$  را در مدت زمان اندازه گیری جاروب کند. امکان دارد که زمان پاسخ قطعه تحت

آزمون سرعت محدوده نقاط  $I-V$  را که می تواند جاروب کند، محدود کند بخصوص وقتی که از

شبیه ساز ضربانی استفاده می شود. در این حالتها، ممکن است اندازه گیری های چند گانه ای روی

بخشهای کوچکتری از منحنی  $I-V$  صورت گیرد تا محدوده پیشنهادی کاملی بدست آید.

## **۶-۷ وسایل اندازه گیری جریان**

وسیله یا وسایل بکار رفته برای اندازه گیری جریان عبوری از قطعه تحت آزمون و  $I_{SC}$  سلول

مرجع می باشد که باید تفکیک پذیری حداقل ۰/۰۲ درصد و خطای کل کمتر از ۰/۱ درصد

جریان حداکثر اندازه گیری شده را داشته باشد.

## **۶-۸ وسایل اندازه گیری ولتاژ**

وسیله یا وسایل بکار رفته برای اندازه گیری ولتاژ دو سر قطعه تحت آزمون می باشد که باید

تفکیک پذیری حداقل ۰/۰۲ درصد و خطای کل کمتر از ۰/۱ درصد ولتاژ حداکثر اندازه گیری

شده را داشته باشد.

## **۷ روش های اجرای آزمون**

## ۱-۷ تکنیک نوردهی لمپه ای

۱-۱-۷ این تکنیک برای استفاده شبیه سازه‌های خورشیدی ضربانی، شبیه سازه‌های خورشیدی پیوسته کرکه‌ای<sup>۱</sup> یا نور خورشید کرکه ای، معتبر است. برای آزمایش تحت نوردهی مداوم به بند ۲-۷ مراجعه کنید.

۲-۱-۷ پارامتر عدم تطابق طیفی،  $M$ ، را با استفاده از استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ تعیین کنید.

۳-۱-۷ سلول مرجع و قطعه مورد آزمون را در اسباب آزمون بصورت هم صفحه در محدوده  $\pm 2$  درجه و عمود بر چشمه نور تابنده در محدوده  $\pm 10$  درجه قرار دهید. هر آرایه یا مدولی را که نتوان در محدوده  $\pm 10$  درجه تنظیم نمود زاویه خورشیدی برخورد، جهت قطعه و زاویه انحناء آن باید با داده گزارش شود.

۴-۱-۷ چهار سیم پراب کلون را به ترمینالهای خروجی مدول یا آرایه متصل کنید.

۵-۱-۷ مدول یا آرایه را در معرض چشمه نور قرار دهید.

۶-۱-۷ اگر ناپایداری موقتی چشمه نور (همانطور که در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۵ تعریف شده است) کمتر از ۰/۱ درصد باشد تابش کل را می توان با استفاده از سلول مرجع پیش از اندازه گیری عملکرد تعیین نمود. در این حالت، جریان اتصال کوتاه سلول مرجع،  $I_T$ ، را اندازه گیری کنید.

۷-۱-۷ مشخصه  $I-V$  قطعه آزمون را توسط تغییر دادن نقطه کار با تغییر بار طوری که شرایط ۶-۶ برقرار شود، اندازه گیری کنید. در هر نقطه مشخصه  $I-V$ ، ولتاژ قطعه، جریان قطعه و  $I_T$  را اندازه گیری کنید.

۱-۷-۱-۷ اگر شرط ۶-۱-۷ برقرار باشد اندازه گیری  $I_T$  در هر نقطه کار آن لازم نیست.

**۸-۱-۷** دمای سلول مرجع،  $T_r$ ، و دمای قطعه آزمون،  $T_c$ ، را اندازه گیری کنید. تغییرات دما در طول آزمون باید کمتر از ۲ درجه سلسیوس باشد.

### **۲-۷ تکنیک نوردهی مداوم:**

**۱-۲-۷** این تکنیک برای آزمایش در شبیه سازهای خورشیدی مداوم یا نور طبیعی خورشید معتبر است.

**۲-۲-۷** پارامتر عدم تطابق طیفی،  $M$ ، را با استفاده از استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ تعیین کنید.

**۳-۲-۷** سلول مرجع و قطعه مورد آزمون را در اسباب آزمون به صورت هم صفحه در محدوده  $\pm 2$  درجه و عمود بر چشمه نوردهی در محدود  $\pm 10$  درجه قرار دهید. اگر یک آرایه یا مدول را نتوان در محدوده  $\pm 10$  درجه تنظیم نمود، زاویه خورشیدی برخورد، جهت قطعه و زاویه انحناء آن باید با داده گزارش شود.

**۴-۲-۷** پراب چهار سیم کلومین را به ترمینالهای خروجی مدول یا آرایه متصل کنید.

**۵-۲-۷** قطعه آزمون را برای مدت زمان کافی تا رسیدن قطعه به تعادل حرارتی در معرض نوردهی چشمه نور قرار دهید.

**۶-۲-۷** اگر ناپایداری موقتی چشمه نور (همانطوریکه در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۵ تعریف شده است) کمتر از ۰/۱ درصد باشد تابش کل را می توان با استفاده از سلول مرجع پیش از اندازه گیری عملکرد تعیین کرد. در این حالت جریان اتصال کوتاه سلول مرجع،  $I_r$ ، را اندازه گیری کنید.

**۷-۲-۷** متوسط دمای،  $T_c$ ، سلول داخل مدول یا آرایه را با به کار بردن یکی از دو روش زیر بدست آورید:

---

<sup>۱</sup>Shuttered continuous solar simulators

**۱-۷-۲-۷** برای اندازه گیری های فضای باز زیر نور طبیعی خورشید اگر فاکتور تصحیح NOCT معلوم باشد (به پیوست الف مراجعه کنید) دمای هوای محیط و سرعت باد را اندازه گیری کنید. سرعت متوسط باد در خلال ۵ دقیقه اجرای آزمون و در طول آزمون نمی بایست از  $1/75 \text{ m s}^{-1}$  بیشتر شود.

**۲-۷-۲-۷** دمای حس گرها را با دنبال کردن بندهای ۵-۶ اندازه گیری کنید.

**۸-۲-۷** دمای سلول مرجع،  $T_r$ ، را اندازه گیری کنید.

**۹-۲-۷** مشخصه  $I - V$  قطعه آزمون را توسط تغییر نقطه کار با تغییر بار طوری که بند ۶-۶ برقرار شود، اندازه گیری کنید. در هر نقطه کار مشخصه های  $I-V$ ، ولتاژ قطعه و جریان قطعه و  $I_r$  را اندازه گیری کنید.

**۱-۹-۲-۷** اگر بند ۶-۲-۷ برقرار باشد، اندازه گیری  $I_r$  در هر نقطه کار لازم نیست.

**۱۰-۲-۷** بلافاصله بدنبال ثبت  $I-V$  اندازه گیری دما را تکرار کنید و تأیید کنید که تغییرات دما در طول آزمون کمتر از ۲ درجه سلسیوس می باشد.

## **۸ روش مناسبه**

**۱-۸** تنظیم ثابت کالیبراسیون سلول مرجع با استفاده از فرمول ۱ به شرح زیر:

$$C' = \frac{C}{M} [1 + \alpha_r (T_r - T_0)] \quad (1)$$

**۲-۸** تصحیح جریان در هر نقطه از داده  $I - V$  برای تابش با استفاده از فرمول ۲ به شرح زیر:

$$I = I_m \frac{E_0 C'}{I_r} \quad (2)$$

که:

$I_m$ : جریان تصحیح نشده قطعه می باشد که در بخش ۷ اندازه گیری شده است.

**۳-۸** با استفاده از فرمول ۳ به شرح زیر تابش کل را در طول اندازه گیری عملکرد محاسبه کنید (اگر  $I_r$  در هر نقطه کار اندازه گیری شده باشد مقدار متوسط  $I_r$  را بکار برید):

$$E = \frac{I_r}{C'} \quad (۳)$$

**۴-۸** تعیین جریان اتصال کوتاه تصحیح نشده،  $I_{scu}$ ، از داده  $I-V$  با استفاده از یکی از روش های اجرایی زیر:

**۱-۴-۸** اگر جفت داده  $I-V$  موجود باشد که  $V$  در آن  $V_{oc} \pm 0.005 \pm 0.0$  باشد،  $I$  این جفت می تواند جریان اتصال کوتاه در نظر گرفته شود.

**۲-۴-۸** اگر بند ۱-۴-۸ برقرار نشود، جریان اتصال کوتاه از چندین جفت داده  $I-V$  که  $V$  با استفاده از درونیابی یا برونیابی خطی، به صفر نزدیک می گردد، محاسبه می شود.

**۵-۸** ولتاژ مدار باز تصحیح نشده،  $V_{ocu}$ ، را از اندازه گیری داده  $I-V$  در بخش ۷ با استفاده از یکی از روش های اجرایی زیر تعیین کنید:

**۱-۵-۸** اگر جفت داده  $I-V$  موجود باشد که  $I$  در آن  $I_{sc} \pm 0.001 \pm 0.0$  باشد،  $V$  از این جفت داده می تواند ولتاژ مدار باز در نظر گرفته شود.

**۲-۵-۸** اگر بند ۱-۵-۸ برقرار نشود، ولتاژ مدار باز از چندین جفت داده  $I-V$  که  $I$  با استفاده از درونیابی یا برونیابی خطی، به صفر نزدیک می گردد، محاسبه شود.

**۶-۸** جریان اتصال کوتاه تصحیح نشده را با استفاده از معادله زیر به  $RC$  تبدیل کنید:

$$I_{sc} = \frac{I_{scu}}{[1 + \alpha(T_c - T_0)]} \quad (۴)$$

**۷-۸** ولتاژ مدار باز تصحیح نشده را با استفاده از معادله زیر به  $RC$  تبدیل کنید:

$$V_{oc} = \frac{V_{ocu}}{[1 + \beta(E_0)(T_c - T_0)][1 + \delta(T_c) \ln(E/(E_0))]} \quad (۵)$$

**یادآوری ۱-** توابع تبدیل  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\delta$  از محاسبات تجربی بدست می آیند. روش مورد قبول در پیوست ب توضیح داده شده است. اندازه گیری توابع تبدیل برای هر قطعه آزمون لازم نیست و می توان از توابعی که از پیش برای یک قطعه با طراحی و ساخت مشابه تعیین شده است، استفاده کرد.

**۸-۸** هر نقطه داده  $I-V$  را با استفاده از معادله زیر به  $RC$  تبدیل کنید:

$$I_0 = I \frac{I_{sc}}{I_{scu}} \quad (6)$$

و

$$V_0 = V \frac{V_{oc}}{V_{ocu}} \quad (7)$$

**۹-۸** جدول مقادیر  $P$  بر حسب  $V_0$  را با ضرب کردن  $I_0$  در  $V_0$  تشکیل دهید.

**۱۰-۸** نقطه توان حداکثر  $P_m$  و  $V_{mp}$  متناظر در جدول  $P$  بر حسب  $V_0$  را بیابید. بدلیل نوسانات تصادفی و احتمالی یک نقطه در جدول داده  $I_0-V_0$  ممکن است این نقطه دقیقاً روی نقطه توان حداکثر نباشد. سفارش می شود که روش اجرایی زیر برای محاسبه نقطه توان حداکثر، بخصوص برای قطعه ای با عامل پرکننده بزرگتر از ۸۰ درصد استفاده شود.

**۱-۱۰-۸** حداقل مربعات چند جمله ای مرتبه چهار را برای داده  $P$  بر حسب  $V_0$  که در محدوده زیر باشند، برازش کنید.

$$0.75 I_{mp} \leq I_0 \leq 1.15 I_{mp} \quad (8)$$

و

$$0.75 V_{mp} \leq V_0 \leq 1.15 V_{mp} \quad (9)$$



این حدود بعنوان راهنما می توانند مفید باشند و لازم نیست دقیقا در روش های اجرایی دنبال شود. این نتایج در یک چندجمله ای از  $P$  که تابعی از  $V_0$  می باشد ارائه شده است.

**۱-۱-۱۰-۸** سفارش می شود که منحنی داده  $I_0-V_0$  و برازش چند جمله ای آن ایجاد شود که با مشاهده آنها قابل اطمینان بودن تطابق آنها ارزیابی شود.

**۲-۱-۱۰-۸** تشکیل چند جمله ای برای تعداد نقاط کمتر ممکن است نیاز به کاهش درجه چند جمله ای داشته باشد.

**۲-۱-۱۰-۸** مشتق چندجمله ای به دست آمده از بند ۱-۱۰-۸ را محاسبه کنید.

**۳-۱-۱۰-۸** ریشه مشتق چند جمله ای بدست آمده از بند ۲-۱۰-۸ را با استفاده از  $V_{mp}$  بعنوان یک حدس اولیه بیابید. روش نیوتن-هورنر کاهشی روش اجرایی عددی مناسبی می باشد. این ریشه  $V_{mp}$  می باشد.

**۴-۱-۱۰-۸**  $P_m$  را با جایگذاری  $V_{mp}$  جدید در داخل چندجمله ای اصلی از بند ۱-۱۰-۸ محاسبه کنید.

**۱۱-۸** عامل پرکننده،  $FF$ ، را با استفاده از معادله زیر محاسبه کنید:

$$FF = \frac{P_m}{V_{oc} I_{sc}} \quad (10)$$

## ۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید دارای آگاهی های زیر باشد:

**۱-۹** روش آزمون طبق استاندارد ملی ایران ۸۴۸۹.

**۲-۹** شرحی از مدول یا آرایه آزمون

**۱-۲-۹** شناسه

- ۲-۲-۹ شرح فیزیکی
- ۳-۲-۹ مساحت
- ۱۴-۲-۹ توابع دمایی ولتاژ، اگر معلوم است.
- ۵-۲-۹ توابع دمایی جریان، اگر معلوم است.
- ۶-۲-۹ ضریب توابع تابش ولتاژ، اگر معلوم است.
- ۷-۲-۹ پاسخ طیفی سلول انتخابی، به شکل نمودار یا جدولی، همانگونه که در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۸ خواسته شده است.
- ۸-۲-۹  $C_f$ ، NOCT و تابع وابسته  $\Delta T$  ، اگر معلوم است.
- ۳-۹ شرح سلول مرجع
- ۱-۳-۹ شناسه
- ۲-۳-۹ شرح فیزیکی
- ۳-۳-۹ آزمایشگاه کالیبراسیون
- ۱۴-۳-۹ روش اجرایی کالیبراسیون (به بند ۶-۱-۳ مراجعه کنید)
- ۵-۳-۹ تاریخ کالیبراسیون
- ۶-۳-۹ توزیع تابشی طیف مرجع (به بند ۴-۳-۱ مراجعه کنید)
- ۷-۳-۹ پاسخ طیفی، به شکل نمودار یا جدولی، همانگونه که در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۸ بیان شده است.
- ۸-۳-۹ ثابت کالیبراسیون
- ۱۴-۹ شرایط آزمون :
- ۱-۱۴-۹ شرایط گزارش

۲-۴-۹ شرح و طبقه بندی چشمه نور (برای شبیه سازهای خورشیدی) یا دمای محیط،

سرعت باد، زاویه برخورد خورشیدی و موقعیت جغرافیایی (برای اندازه گیری در فضای باز)

۳-۴-۹ تاریخ و ساعت آزمون

۴-۴-۹ پارامتر عدم تطابق طیفی

۵-۴-۹ متوسط تابش اندازه گیری شده با سلول مرجع

۶-۴-۹ دمای قطعه،  $T_C$

۵-۹ نتایج آزمون:

۱-۵-۹ جریان اتصال کوتاه

۲-۵-۹ ولتاژ مدار باز

۳-۵-۹ توان حداکثر

۴-۵-۹ ولتاژ در توان حداکثر

۵-۵-۹ عامل پرکننده

۶-۵-۹ داده  $I_0-V_0$  بصورت جدولی و ترسیم

۷-۵-۹ نام و نام خانوادگی و امضاء آزمون کننده

## ۱۰ دقت و پیش مقدار<sup>۱</sup>

### ۱-۱۰ برنامه آزمون بین آزمایشگاهی

یک مطالعه بین آزمایشگاهی از اندازه گیری عملکرد مدول در سالهای ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۴ انجام

---

<sup>۱</sup> Bias

به تعریف مندرج در بند ۱۰-۴ مراجعه کنید.

گرفت. هفت آزمایشگاه سه تکرار روی هر یک از شش مدول که بین شرکت کنندگان توزیع شده بود، انجام دادند. طراحی آزمایشها مطابق با روش اجرایی ASTM E691 انجام گرفت و تجزیه و تحلیل کلی اطلاعات گرفته شده در گزارش تحقیقات ASTM شماره RR:E44-1005 ارائه شده است.

### ۲-۱۰ نتیجه آزمون

چون اندازه گیری های I-V جدولی از جریان برحسب ولتاژ با بیش از یک نتیجه عددی ارائه می کند، تحلیل دقیقی بر روی داده های نقطه توان حداکثری که بوسیله شرکت کنندگان ارائه شده، انجام گرفت. اطلاعات دقیقی که در زیر ارائه می شود بر حسب درصد توان حداکثر بر حسب وات می باشد.

### ۳-۱۰ دقت:

۹۵ درصد حد تکرار پذیری (داخل آزمایشگاهی)	۰/۷ درصد
۹۵ درصد حد قابلیت تولید مجدد (بین آزمایشگاهی)	۶/۷ درصد

### ۴-۱۰ پیش مقدار

پیش مقدار خطای کل، بستگی به پیش مقدار هر پارامتر جداگانه دارد که در تعیین عملکرد قطعه استفاده شده است.

۱-۴-۱۰ نشان داده شده است که پیش مقدار کل بوسیله سه منبع زیر تحت تأثیر قرار می گیرد: کالیبراسیون سلول مرجع، غیر یکنواختی چشمه نور ناشی از بعد مسافت و اندازه گیری سطح برای تعیین بازده. سهم پیش مقدار وسایل اغلب چند دهم درصد می باشد در حالیکه پیش مقدار حاصل از سه عامل یاد شده در صورتیکه پیش مقدار حداقل نشده باشد می تواند تا چند ده برابر بزرگتر باشد.

**۱۰-۱۴-۲** منبع ممکن دیگر پیش مقدار پسماند در داده I-V در اثر جاروب تند منحنی I-V می باشد. این اثر می تواند از مقدار توان حداکثر که یا خیلی بالا و یا خیلی پایین می باشد، نتیجه شود. این اثر بخصوص در سیستمهای شبیه ساز خورشیدی ضربانی آشکار است.

**۱۰-۱۴-۳** بارگذاری سلول مرجع با وسایل اندازه گیری جریان که دارای امپدانس ورودی غیر صفر می باشد، می تواند اندازه گیری مقدار تابش که خیلی کوچک می باشد را نتیجه دهد. بزرگی این خطا به ولتاژ دو سر سلول مرجع در مدت اندازه گیری و شیب منحنی I-V آن نزدیک نقطه جریان اتصال کوتاه بستگی دارد.

**۱۰-۱۴-۴** اندازه گیری دمای سلول در پشت قطعه ممکن است مقداری نتیجه دهد که کمتر از دمای پیوند در طول مدت زمان نوردهی به تابش آزمون باشد. این موضوع همچنین ممکن است در مقدار ولتاژ نسبتاً کم وقتی که به RC تبدیل می شود نتیجه شود.

**۱۰-۱۴-۵** زاویه تنظیم غلط بین سلول مرجع و قطعه تحت آزمون می تواند خطای پیش مقدار تولید کند. هنگامی که زاویه برخورد چشمه نور افزایش می یابد خطای ناشی از تنظیم غلط افزایش می یابد. بزرگی این خطا مساوی درصد اختلاف بین  $\text{Cos}(\theta_i)$  و  $\text{Cos}(\theta_i + \theta_e)$  است که  $\theta_i$  زاویه برخورد و  $\theta_e$  زاویه تنظیم غلط می باشد. اگر حدود تعریف شده در بند ۷-۱-۳ و بند ۷-۲-۳ برقرار باشد، حداکثر خطای ۰/۷ درصد می باشد.

## **۱۱ کلید واژه ها:**

**۱-۱۱** آرایه ها، مدول ها، عملکرد، فتوولتائیک، آزمایش.

## پیوست الف

### روش تعیین دمای سلول عملیاتی اسمی (NOCT) از یک آرایه یا مدول

#### (الزامی)

#### الف-۱ تفسیر

**الف-۱-۱** دمای سلول خورشیدی،  $T_c$ ، در اصل تابعی از دمای هوا،  $T_a$ ، متوسط سرعت باد،  $v$ ، پیکربندی نصب مدول و تابش خورشیدی کل،  $E$ ، تابیده شده بر وجه فعال قطعه می باشد.

NOCT عبارت است از تعریف دمای اسمی قطعه در شرایط محیطی زمینی (NTE):

دمای هوا  $T_a = 20^\circ\text{C}$

سرعت متوسط باد  $v = 1 \text{ mS}^{-1}$

شرایط دیگر عبارتست از:

تابش  $E = 800 \text{ Wm}^{-2}$

پایه راستای عمود به ظهر خورشیدی داده شده، پشت باز یا بسته

بار الکتریکی مدار باز

**الف-۱-۲** نزدیک شدن به NOCT معین بر اساس این امر است که اختلاف دما  $(T_c - T_a) = \Delta T$

بطور کلی وابسته به دمای هوا و اساساً بطور خطی متناسب با میزان تابش می باشد. بنابراین

نمودار  $\Delta T$  بعنوان تابعی از  $E$  بهتر است تقریباً خط راست باشد. داده برگشته خطی می تواند

برای بدست آوردن شیب و معادله محل تقاطع به شکل:

$$(T_c - T_a) = m.E + b \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن  $m$  شیب و  $b$  محل تقاطع  $\Delta T$  می باشد.

با قرار دادن  $E = 800 \text{ Wm}^{-2}$  و  $T_a = 20^\circ\text{C}$  در این معادله و حل معادله برای  $T_c$  مقدار NOCT تصحیح نشده بدست خواهد آمد:

$$T_c = \text{NOCT} = m.(800\text{Wm}^2) + b + (20^\circ\text{C}) \quad (\text{الف-۲})$$

**الف-۱-۳** سپس این مقدار NOCT تصحیح نشده برای رسیدن به مقدار نهایی NOCT مطابق با سرعت باد در شکل الف-۱ تصحیح می شود.

**الف-۱-۴** روش اجرایی آزمون NOCT بر اساس اندازه گیری  $T_c$  از بین گره‌های دمایی است که مستقیماً به خود هر سلول داخل مدول وصل شده و در محدوده شرایط محیطی مشابه NTE می باشد. نموداری از  $\Delta T$  بر حسب  $E$  از حداقل دو آزمون میدانی مطابق با روش اجرایی آزمون زیر بدست می آید.

## الف-۲ وسایل

### الف-۲-۱ پیرانومتر<sup>۱</sup>

پیرانومتر مرجع همانطوریکه در روش آزمون ASTM E941 تعریف شده است.

### الف-۲-۲ ترانسدیوسر<sup>۲</sup> باد

برای ثبت جهت و سرعت باد مورد استفاده قرار می گیرد.

### الف-۲-۳ حس گرهای دما

برای ثبت دمای هوا و سلول در محدوده  $\pm 1$  درجه سلسیوس مورد استفاده قرار می گیرد.

---

<sup>۱</sup> Pyranometer

<sup>۲</sup> Transducer

## **الف-۲-۴ پایه ها**

قطعه باید با روش مشابه با شرایط هنگام استفاده از آن در معرض یا دور از باد نصب شده باشد.

## **الف-۲-۵ وسیله ثبت داده**

زمان پاسخ و محدوده های مقیاس باید متناسب با ترانسدیوسرهای مورد استفاده باشد.

## **الف-۳ تدارک**

**الف-۳-۱** مدول مورد آزمون را در داخل یک زیر آرایه قرار دهید. پانل های آلومینیومی سیاه یا مدول های دیگر با طرح مشابه باید برای پر کردن فضای باز باقی مانده ساختمان زیر آرایه استفاده شود. وضعیت صفحه مدول ها به گونه ای باشد که عمود به خورشید در محدوده  $\pm 5$  درجه در ظهر خورشیدی باشد.

**الف-۳-۲** پیرانومتر را در همان صفحه ای که مدول هست و تقریباً نزدیک به مدول آزمون قرار دهید.

**الف-۳-۳** ترانسدیوسر باد را تقریباً در ارتفاع مدول و نزدیک به یکی از وجه های مدول که امکان پذیر است، قرار دهید.

**الف-۳-۴** برای اندازه گیری دمای هوای محیط، حس گر دما باید تقریباً در ارتفاع مدول قرار داده شود. اندازه گیری در سایه مدول انجام می گیرد.

**الف-۳-۵** برای اندازه گیری دمای سلول، پراب های حس گر مستقیماً به پشت سلول های پایش شده متصل می شوند. در هر یک چهارم مدول حداقل یک سلول باید اندازه گیری شود. مطمئن شوید از اینکه سلول در پیش ولت معکوس کار نمی کند.

**الف-۳-۶** اطمینان حاصل کنید که موانعی از تابش کل مدول، برای مدت زمان شروع حداقل



چهار ساعت پیش و چهار ساعت پس از ظهر خورشیدی جلوگیری نمی کند. زمین اطراف مدول باید بازتاب خورشیدی زیادی نداشته باشد و بهتر است هموار یا شیب دار، یا هر دو، و دور از اسباب آزمون باشد. سفارش می شود ناحیه اطراف محل با علف و انواع مختلف از پوشش های زمین، آسفالت و خاک پوشیده شود. ساختمانها سطوح بازتابش بالایی دارند و بهتر است نزدیک دور و بر مدول وجود نداشته باشند. نظر مهندسی مناسب باید برای اطمینان از اینکه وجوه جلویی و عقبی مدول حداقل انرژی خورشیدی منعکس شده از ناحیه اطراف را دریافت می کنند، بکار گرفته شود.

**الف-۳-۷** باد باید عمدتاً یا به طرف شمال یا به طرف جنوب باشد. جریان به موازات نقشه آرایه قابل قبول نمی باشد و می تواند یک مقدار کم از NOCT را نتیجه دهد.

**الف-۳-۸** ترمینالهای مدول در حالت مدار باز رها می شود.

**الف-۳-۹** وجه فعال مدول و حباب پیرانومتر را پیش از شروع هر آزمون تمیز کنید. در هنگام اندازه گیری نباید گرد و خاک بلند شود. ثابت شده است که تمیز کردن با محلول ملایم صابون و پس از آن شستن با آب مقطر مؤثر می باشد.

**الف-۳-۱۰** پیش از شروع آزمون بهتر است بررسی کالیبراسیون تمام تجهیزات انجام گیرد.

#### **الف-۴ روشهای اجرایی**

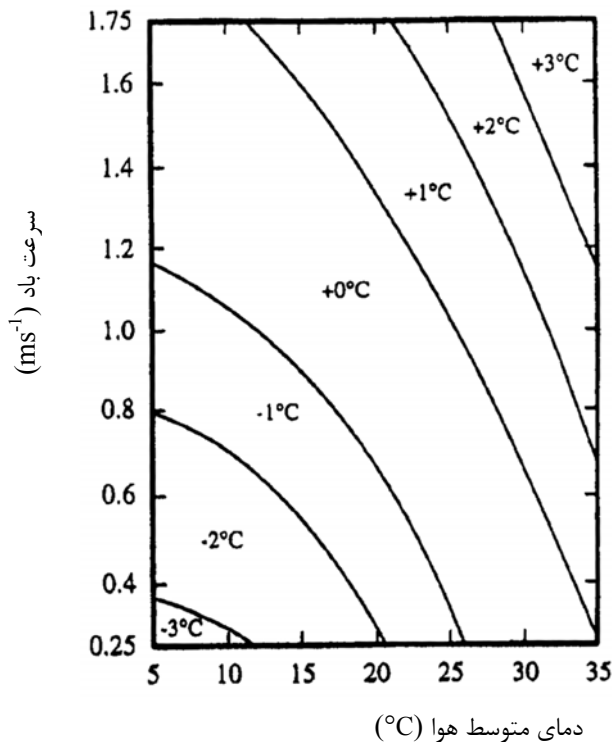
**الف-۴-۱** ثبت نیمه مداومی از  $\Delta T$  در طول یک یا دو روز به دست آورید. بعلاوه، تابش، سرعت باد، جهت باد و دمای هوا باید بطور مداوم ثبت شود. تمام داده ها را تقریباً هر ۵ دقیقه ثبت کنید. داده های قابل قبول شامل اندازه گیری انجام شده وقتی سرعت متوسط باد  $1 \pm 0.075 \text{ ms}^{-1}$  می باشد و تندی باد کمتر از  $4 \text{ ms}^{-1}$  برای مدت زمان پنج دقیقه پیش و پس از زمان

اندازه گیری می‌باشد.

**الف-۴-۲** نموداری از مجموعه اندازه گیری های انجام یافته در پیش و پس از ظهر خورشیدی که ارتباط بین  $\Delta T$  و  $E$  را تعیین می کند، رسم کنید.

**الف-۴-۳** با استفاده از نمودار  $\Delta T$  بر حسب  $E$ ، مقدار  $\Delta T$  در NTE توسط درونیابی مقدار متوسط  $\Delta T$  برای  $E=800 \text{ Wm}^{-2}$  تعیین می شود. از معادله الف.۱ برای درونیابی استفاده کنید.

**الف-۴-۵** عامل تصحیح،  $C_f$ ، با NOCT تصحیح نمی شود و برای دمای هوای متوسط و سرعت باد توسط شکل الف-۱ تعیین می شود. با اضافه کردن این مقدار به NOCT تصحیح نشده داده به ۲۰ درجه سلسیوس و  $1 \text{ ms}^{-1}$  تصحیح می گردد.



## پیوست ب

### روش تعیین عامل تصحیح برای قطعه فتوولتائیک

#### (الزامی)

**ب-۱** عوامل تصحیح برای قطعه فتوولتائیک توسط ماتریسی از مقادیر ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه که از اندازه گیری  $I-V$  قطعه در طول محدوده دمای کار و تلاقی تابش ها ایجاد می شود، تعیین می شود.

**ب-۱-۱** ممکن است ضرورتی به تعیین عوامل تصحیح برای هر قطعه که عوامل تصحیح را به کار می برد، نباشد. عوامل تصحیح بدست آمده از قطعه دیگر که بطور مشابه طراحی و رسم شده، می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

**ب-۱-۲** حداقل سازی اختلاف های طیفی در تلاقی تابش در طول این اندازه گیریها اهمیت دارد، بنابراین بیشتر مناسب است که اندازه گیریها با استفاده از شبیه سازهای خورشیدی ضربانی صورت گیرد.

**ب-۲** روش اجرایی زیر برای بدست آوردن ماتریس های  $V_{oc}$  و  $I_{sc}$  سفارش می شود.

**ب-۲-۱** انتخاب محدوده های دماها و تابش ها در اندازه گیری ها انجام خواهد شد. محدوده های انتخاب شده بهتر است شامل  $RC$  که اندازه گیری های عملکرد با آن تصحیح می شود باشد و بهتر است شامل مقادیر دما و تابش در اندازه گیری های  $I-V$  که انجام می شود، باشد. محدوده های پیشنهادی  $0-80^{\circ}C$  و  $100-1200 W/m^2$  می باشد. سفارش می شود حداقل شش دما و شش تابش برای اندازه گیری های عامل تصحیح انتخاب شده و در دو آرایه ۳۶ عنصری هر یک برای مقادیر  $V_{oc}$  و  $I_{sc}$  نتیجه گیری شود.

**ب-۲-۲** دمای قطعه می تواند با گرمای وسایل زیر مدول تغییر کند. سفارش می شود که دما تا هر مقدار انتخاب شده در ب-۲-۱ افزایش یافته و ثابت نگهداشته شود. در حالیکه دمای قطعه ثابت نگهداشته شده است مقادیر  $V_{oc}$  و  $I_{sc}$  پس از هر مقدار تابش انتخاب شده در ب-۲-۱ بدست می آید.

**ب-۲-۳** بخشی از تابش را می توان با پوشاندن قطعه با لایه های پشت سرهم صفحات یا توسط کاغذ نازک تغییر داد در حالیکه تابش شبیه ساز خورشیدی در مقدار تابش حداکثر نگهداشته شده است. مقدار تابش حداکثر بهتر است با سلول مرجع کالیبره شده ثبت و اندازه گیری شود.

**ب-۲-۴** در هر تنظیم دما و تابش، منحنی  $I-V$  مدول را اندازه گیری و نتیجه گیری مقادیر  $V_{oc}$  و  $I_{sc}$  ثبت کنید.

**ب-۲-۵** مقادیر تابش را از داده  $I_{sc}$  قطعه با استفاده از فرمول ب-۱ به شرح زیر محاسبه کنید:

$$E_f = E_n \frac{I_{scf}}{I_{scu}} \quad (\text{ب-۱})$$

که در آن  $E_f$  عبارت از تابش روی مدول در حال فیلتر شده،  $E_n$  عبارت از تابش حداکثر فیلتر نشده که با سلول مرجع اندازه گیری شده است و  $I_{scu}$  و  $I_{scf}$  عبارت از مقادیر جریان اتصال کوتاه اندازه گیری شده بدون فیلتر و فیلتر شده مدول بصورت انتخابی می باشند.

مقادیر  $E_f$  برای هر دما محاسبه می شود و برای بدست آوردن اندیس های ماتریس تابش میانگین گرفته می شود. این روش اجرایی فرض می کند که فیلتر کردن و تابش حداکثر در هر دما یکسان هستند.

**ب-۳** شیب  $I_{sc}$  را بر حسب دما،  $\frac{\Delta I_{sc}}{\Delta T}$ ، در هر سطح تابش با استفاده از برازش حداقل مربعات

خطی از داده بدست آمده در ب-۲ محاسبه کنید که از آن برای محاسبه تابع دمایی جریان،  $\alpha$ ، استفاده خواهد شد.

**ب-۴** شیب  $V_{oc}$  را بر حسب دما،  $\frac{\Delta V_{oc}}{\Delta T}$ ، در هر سطح تابش با استفاده از برازش حداقل مربعات خطی از داده بدست آمده در ب-۲ محاسبه کنید که از آن برای محاسبه تابع دمایی جریان،  $\beta(E)$  استفاده خواهد شد.

**ب-۵** شیب  $V_{oc}$  را بر حسب لگاریتم طبیعی تابش،  $\frac{\Delta V_{oc}}{\Delta \ln E}$ ، برای هر دمای مدول با استفاده از برازش حداقل مربعات خطی داده بدست آمده در ب-۲ محاسبه کنید که از آن برای محاسبه تابع تصحیح تابش ولتاژ  $\delta(E)$  استفاده می شود.

**ب-۶** عوامل بهنجارش را برای شیب های بدست آمده در ب-۴ و ب-۵ بدست آورید. برای این عوامل بهنجارش مقادیر  $V_{oc}$  در  $T_0$  و تابش در شیب های تعیین شده است و برای مقادیر  $V_{oc}$  در  $E_0$  و دماها در شیب های تعیین شده است.

**ب-۷** حداقل مربعات لگاریتمی شیبها ی  $\frac{\Delta V_{oc}}{\Delta T}$  بهنجار را نسبت به تابش برازش کنید. نتیجه معادله لگاریتمی، تابع تصحیح ولتاژ،  $\beta(E)$ ، می باشد.

**ب-۸** حداقل مربعات خطی شیبها ی  $\frac{\Delta V_{oc}}{\Delta \ln E}$  بهنجار را نسبت به دما برازش کنید. نتیجه معادله خطی، تابع تصحیح تابش ولتاژ،  $\delta(E)$ ، می باشد.

**ب-۹** سفارش می شود که ماتریسی از مقادیر  $V_{oc}$  و  $I_{sc}$  استفاده شده برای تعیین توابع تصحیح تهیه شده و بهمراه نتایج، گزارش شود بطوری که توابع بتوانند دوباره با مجموعه متفاوتی از شرایط گزارش محاسبه و بهنجار شوند.

---

---

ICS:27.160

صفحة : ٣٠

---

---