



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۸۴۹۰

چاپ اول

ISIRI

8490

1st.edition

**کالیبراسیون سلول های مرجع اولیه فتوولتائیک**

**غیر متمرکز سیلیکونی تحت تابش کلی -**

**روش آزمون**

**Calibration of silicon non-concentrator  
photovoltaic primary reference cells  
under global irradiation - Test method**

( )

تدوین استاندارد در رشته های مختلف توسط کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحبان 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 تصویب و انتشار 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.

نشانی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران : کرج - شهر صنعتی، صندوق پستی ۱۶۳-۳۱۵۸۵



نگ = مجلہ لُجَّہ ، ن ق ہلآ لآ وَا تَّ لَہ م - خہلا ل پچ

تلفن مؤسسه در کرج: ۰۲۶۱-۲۸۰۶۰۳۱-۸

(

تلفن مؤسسه در تهران: ۰۲۱-۸۸۷۹۴۶۱-۵

(

دورنگار: کرج ۰۲۶۱-۲۸۰۸۱۱۴ - تهران ۰۲۱-۸۸۸۷۰۸۰-۸۸۸۷۱۰۳

)

بخش فروش - تلفن: ۰۲۶۱-۲۸۰۷۰۴۵ - دورنگار: ۰۲۶۱-۲۸۰۷۰۴۵


☆

پیام نگار: Standard @ isiri.or.ir

:

بهاء: ۲۰۰۰ ریال



 Headquarters :Institute Of Standards And Industrial Research Of IRAN

P.O.Box: 31585-163 Karaj – IRAN

( Tel.(Karaj): 0098 (261) 2806031-8

) Fax.(Karaj): 0098 (261) 2808114

Central Office : Southern corner of Vanak square , Tehran

P.O.Box: 14155-6139 Tehran - IRAN

( Tel.(Tehran): 0098(21)8879461-5

) Fax.(Tehran): 0098 (21) 8887080,8887103

: Email: Standard @ isiri.or.ir

 Price: 2000”RLS

## کمیسیون استاندارد "کالیبراسیون سلول های مرجع اولیه فتوولتائیک غیر

### متمرکز سیلیکونی تمت تابش کلی- 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

شرکت برق منطقه ای زنجان

(فوق لیسانس انرژی)

زارعی، علی

سازمان انرژی های نو ایران (سانا)

(لیسانس مهندسی برق)

عابدینی، یوسفعلی

دانشگاه زنجان

(دکترای فیزیک)

#### دبیر

خدائی فرد، شراره

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان زنجان

(فوق لیسانس فیزیک)

## اعضای شرکت کننده در سیصد و چهل و نهمین اجلاس کمیته ملی برق و

### الکترونیک مورف 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

ب	پیش گفتار	ب
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۲
۳	اصطلاحات و تعاریف	۳
۵	اصول روش آزمون	۵
۶	اهمیت و کاربرد	۶
۷	وسایل لازم	۷
۸	شرح آزمون	۸
۱۰	روش اجرای آزمون	۱۰
۱۱	روش محاسبه	۱۱
۱۲	گزارش آزمون	۱۲
۱۳	دقت و پیش مقدار	۱۳
۱۵	کلید واژه ها	۱۵

## پیش‌گفتار

استاندارد "کالیبراسیون سلول های مرجع اولیه فتوولتائیک غیر متمرکز سیلیکونی تحت تابش کلی- روش آزمون" که پیش نویس آن توسط کمیسیونهای مربوط تهیه و تدوین شده و در سیصد و چهل و نهمین جلسه کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۸۴/۱۲/۱۴ 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 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 1039:1999 Standard Test Method for Calibration of Silicon Non-Concentrator Photovoltaic Primary Reference Cells Under Global Irradiation.



## کالیبراسیون سلول های مرجع اولیه فتوولتائیک غیر متمرکز سیلیکونی تمت

### تابش کلی- روش آزمون

#### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین و ارائه روش آزمون کالیبراسیون و شرح سلول های مرجع فتوولتائیک سیلیکونی زمینی اولیه با توزیع تابش طیفی مرجع کلی که توسط جداول ASTM E892 تعریف شده است، می باشد. الزامات فیزیکی سفارش شده برای این سلول های مرجع در استاندارد ملی ایران ۸۴۹۱ توضیح داده شده است. سلول های مرجع عمدتاً در تعیین عملکرد الکتریکی قطعات فتوولتائیک بکار می رود.

۲-۱ سلول های مرجع کلی اولیه در فضای باز زیر نور طبیعی خورشید با مراجعه به پیرانومتر که برای اندازه گیری تابش کلی استفاده می شود، کالیبره می شوند.

۳-۱ این روش آزمون نیاز به استفاده از یک پیرانومتر که بر اساس روش آزمون ASTM E 941 کالیبره شده است دارد که لازمه استفاده از این پیرانومتر قابلیت ردیابی آن به مرجع پرتوسنجی جهانی (WRR) می باشد. بنابراین سلول های کالیبره شده مطابق با این روش آزمون قابل ردیابی به WRR می باشند.

۴-۱ این روش آزمون فقط برای کالیبراسیون سلول فتوولتائیکی بکار می رود که یک جریان اتصال کوتاه خطی برحسب مشخصه های تابش روی محدوده استفاده مطلوب آن، همانطوریکه در روش آزمون ASTM E1143 تعریف شده است، نشان می دهد.

۵-۱ این روش آزمون فقط برای کالیبراسیون سلول های مرجع سیلیکونی تک کریستالی یا چند کریستالی بکار می رود که با یک پیوند فتوولتائیک تکی ساخته می شود.

۶-۱ تاکنون استاندارد ایزو مشابه این استاندارد منتشر نشده است.

۷-۱ این استاندارد تمام موارد مرتبط با ایمنی را بیان نمی کند ولی بر بکارگیری آن تأکید دارد. رعایت تمام موارد مربوط به ایمنی، محدودیت های قانونی و کاربردی بر عهده استفاده کننده این استاندارد می باشد.

## 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 ۸۴۸۶ : ۱۳۸۴- عملکرد الکتریکی سلول های فتوولتائیک با استفاده از سلول مرجع- روش آزمون.                  |
| ۲-۲ | استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ : ۱۳۸۴- تعیین پارامتر عدم تطبیق طیفی بین یک قطعه فتوولتائیک و یک سلول مرجع فتوولتائیک- روش آزمون |
| ۳-۲ | استاندارد ملی ایران ۸۴۸۸ : ۱۳۸۴- اندازه گیری پاسخ طیفی سلول های فتوولتائیک- روش آزمون.                                    |
| ۴-۲ | استاندارد ملی ایران ۸۴۹۱ : ۱۳۸۴- مشخصات ویژگی فیزیکی سلول های مرجع فتوولتائیک زمینی غیرمتمرکز.                            |

اصطلاحات و واژه ها.

- 2.6 ASTM E 772 Terminology Relating to Solar Energy Conversion
- 2.7 ASTM E 892 Tables for Terrestrial Solar Spectral Irradiance at Air Mass 1.5 for a 37° Tilted Surface.
- 2.8 ASTM E 941 Test Method for Calibration of Reference Pyranometer with Axis Tilted by the Shading Method.
- 2.9 ASTM E 1125 Test Method for Calibration of Primary Nonconcentrator Terrestrial Photovoltaic Reference Cells Using a Tabular Spectrum.
- 2.10 ASTM E 1143 Test Method for Determining the Linearity of a Photovoltaic Device Parameter With Respect to a Test Parameter.

### 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 کدورت آبروسل<sup>۱</sup>

عبارت از کاهش شفافیت جوی ناشی از جذب و پراکندگی تابش توسط آبروسل های جامد یا مایع معلق در هوا به جز ابرها می باشد. مدل کدورت انگستروم عمق اپتیکی آبروسل  $\tau$  را بعنوان تابعی از طول موج تعریف می کند:

$$\tau = \beta \lambda^{-\alpha_\tau}$$

که  $\beta$  ضریب کدورت،  $\lambda$  طول موج و  $\alpha_\tau$  نمای طول موج می باشد.

### ۳-۲-۲ بخار آب قابل بارش، mm

آب داخل فاز گاز معلق در جو را بخار آب قابل بارش می گویند. اندازه قطرات مایع از این بخار که در صورتی که چگالش از طریق روش های معمول رشد کمی صورت گیرد، تشکیل می شود.

### ۳-۲-۳ نمادها:

۳-۲-۴ نمادها و یکاهای زیر در این روش آزمون استفاده شده است:

$\lambda$ -طول موج، nm یا mm

E - تابش،  $Wm^{-2}$

$E_t$  - تابش کل،  $Wm^{-2}$

I - جریان ، A

$I_{sc}$  - جریان اتصال کوتاه، A

T- دما، °C

$\alpha$ - ضریب دمایی سلول مرجع، °C<sup>-1</sup>

n- تعداد کل نقاط داده

C - ثابت کالیبراسیون،  $Am^2W^{-1}$

S - انحراف استاندارد

$\tau$  - کدورت

$\beta$  - ضریب کدورت

$\alpha_\tau$  - نمای طول موج کدورت

### ۴ اصول روش آزمون

**۱-۴** کالیبراسیون سلول مرجع فتوولتائیک کلی اولیه شامل اندازه گیری جریان اتصال کوتاه سلول، تحت نور کلی خورشید با استفاده از یک پیرانومتر برای اندازه گیری تابش فرودی می باشد. نسبت جریان اتصال کوتاه به تابش، ثابت کالیبراسیون برای سلول مرجع می باشد. با محدود کردن حد مجاز پارامترهای جوی می توان بروز خطاها در جریان اتصال کوتاه ناشی از تابش طیفی خورشید و پاسخ طیفی سلول مرجع اولیه را حداقل کرد. این محدوده ها بقدری انتخاب می شوند که تابش طیفی فرودی در طول کالیبراسیون نزدیک توزیع تابش طیفی مرجع کلی تعریف شده در جدول ASTM E892 باشد. همچنین چنانچه دمای سلول  $1 \pm 25$  درجه سلسیوس نباشد، جریان اتصال کوتاه باید به ۲۵ درجه سلسیوس تصحیح شود.

**۲-۴** در زیر فهرستی از اندازه گیری هایی که برای شرح سلول های مرجع بکار رفته است و توسط داده کالیبراسیون گزارش شده است، آمده است:

**۱-۲-۴** پاسخ طیفی سلول مرجع بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۴۸۸ تعیین می شود.

**۲-۲-۴** ضریب دمایی جریان اتصال کوتاه سلول بطور تجربی توسط اندازه گیری جریان اتصال کوتاه در دماهای مختلف و محاسبه ضریب دمایی تعیین می شود.

**۳-۲-۴** خطی بودن جریان اتصال کوتاه برحسب تابش، مطابق با روش آزمون ASTM E1143 تعیین می شود.

**۴-۲-۴** عامل پرکننده سلول مرجع با استفاده از استاندارد ملی ایران ۸۴۸۶ تعیین می شود. بدست آوردن عامل پرکننده با داده کالیبراسیون امکان بررسی خرابی و آسیب الکتریکی سلول مرجع را در آینده می دهد.

## **۵ اهمیت و کاربرد**

**۱-۵** خروجی الکتریکی قطعه فتوولتائیک بستگی به محتوای طیفی چشمه نوردهی، شدت آن

و دمای قطعه دارد. برای استاندارد کردن دقت اندازه گیری های عملکرد قطعه فتوولتائیک تحت یک چشمه نور متغیر، اگر پاسخ طیفی نسبی سلول با پاسخ طیفی قطعه آزمون شده یکسان نباشد، لازم است که خطای جریان اتصال کوتاه پیش آمده، محاسبه شود. اگر توزیع طیفی چشمه نور آزمون با توزیع تابش طیفی مرجع مناسب یکسان نباشد، خطای مشابهی اتفاق می افتد. این خطاها توسط پارامتر عدم تطابق طیفی (در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ توضیح داده شده است)، کمیت اندازه گیری خطای اندازه گیری جریان اتصال کوتاه محاسبه می شوند. هدف از این روش آزمون تعیین روش اجرایی تأیید شده برای کالیبره کردن، شرح و گزارش داده کالیبراسیون برای سلول های مرجع فتوولتائیک اولیه تحت تابش کلی می باشد.

**۲-۵** این روش آزمون به منظور تعیین روشی برای کالیبره کردن سلول های مرجع اولیه می باشد که از پیچیدگی اضافی استفاده از تصحیحات طیفی بکار رفته در روش آزمون ASTM E1125 در استفاده از افزایش عدم اطمینان در نتیجه کالیبراسیون جلوگیری می کند. تصحیحات طیفی را می توان با محدود کردن بازه مجاز پارامترهای جوی بر روی داده کالیبراسیون بدست آورد. محدوده های مجاز برای حداقل کردن خطاها برای سلول های خورشیدی سیلیکونی انتخاب شده اند لذا این روش آزمون فقط برای سلول های مرجع سیلیکونی کاربرد دارد.

**۳-۵** سلول مرجع بهتر است در فواصل سالیانه کالیبره شود یا اگر سلول بصورت مداوم در فضای باز استفاده می شود هر شش ماه مجدداً کالیبره شود.

**۴-۵** مشخصات فیزیکی سفارش شده سلول های مرجع را می توان در استاندارد ملی ایران ۸۴۹۱ یافت که نشان می دهد سلول های مرجعی که برای استفاده در فضای باز تحت شرایط کلی در نظر گرفته شده بهتر است با یک محفظه شفاف برای حداقل کردن بازتاب های داخلی نور وارد شده در زوایای غیر عمود با پوشش شیشه ای پر شود.

## ۶ وسایل لازم

۱-۶ پیرانومتر کالیبره شده مطابق با روش آزمون ASTM E941.

### ۲-۶ صفحه ردیاب برافورد عمودی

یک صفحه ردیاب برای دنبال کردن خورشید بگونه ای که سلول مرجع و پیرانومتر را بصورت هم صفحه در محدوده سه درجه مجاور هم نگه می دارد، بکار می رود. صفحه ردیاب باید قادر به ردیابی خورشید در محدوده  $\pm 0.5^\circ$  درجه در طول روش اجرایی کالیبراسیون باشد.

۱-۲-۶ در مدت کالیبراسیون، هیچ انرژی قابل ملاحظه ای از ساختمان های اطراف یا هر سطح دیگر در مجاورت جایگاه آزمون نباید به سوی سلول های مرجع منعکس شود. باید مراقب بود از کالیبراسیون در محل یا به نحوی که یک وضعیت بازتاب بالای زمینی وجود داشته باشد، اجتناب گردد. اگر امکان انعکاس قابل توجهی وجود داشته باشد استفاده از یک روکش افقی روی ردیاب برای محافظت سلول های مرجع باید پیش بینی شود. این روکش افقی باید شامل یک سطح غیر منعکس کننده سیاه باشد و برای سلول مرجع و پیرانومتر نیز در نظر گرفته شده باشد و مانع دید پایین از محل افق تا پایین ترین حد میدان دید شود.

#### ۳-۶ وسایل اندازه گیری دما

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

۳-۶-۱ حسگرهایی نظیر ترموکوپل ها یا ترمیستورهای بکار رفته برای اندازه گیری ها باید در موقعیتی قرار داده شود که هر گونه تغییرات دمایی بین حسگر و پیوند قطعه فتوولتائیک را حداقل نماید.

#### ۴-۶ وسایل اندازه گیری جریان

وسیله یا وسایل بکار رفته برای اندازه گیری I sc سلول مرجع باید تفکیک پذیری حداقل ۰/۰۲ درصد و خطای کل خواندن کمتر از ۰/۱ درصد حداکثر جریان عبوری داشته باشد.

#### ۵-۶ بلوک کنترل دما (اختیاری)

وسیله ای که دمای سلول مرجع را در  $1 \pm 25$  درجه سلسیوس در مدت زمان کالیبراسیون نگه می دارد.

#### ۶-۶ وسیله اندازه گیری کدورت و بخار آب

نور سنج خورشید کالیبره شده یا دستگاه مناسب دیگر که برای اندازه گیری بخار آب و کدورت در مدت زمان کالیبراسیون بکار می رود.

### ۷ شرح آزمون

۷-۱ پیش از اندازه گیری، سلول مرجع کالیبره شده در  $1000 \text{ Wm}^{-2}$  به مدت دو ساعت نوردهی می شود. این کار برای پایدار کردن هر گونه تغییرات جزئی تحریک نوری سلول پیش از کالیبراسیون، ضروری می باشد.



**۲-۷** شرح کالیبره شدن سلول مرجع با روش های زیر:

### **۱-۲-۷ پاسخ طیفی**

پاسخ طیفی نسبی (برای پاسخ طیفی مطلق اختیاری است) سلول کالیبره شده را مطابق با استاندارد ملی ایران ۸۴۸۸ تعیین کنید.

### **۲-۲-۷ ضریب دمایی**

ضریب دمایی،  $\alpha$ ، سلول کالیبره شده را به صورت زیر تعیین کنید:

**۱-۲-۲-۷** با استفاده از وسایل اندازه گیری الکتریکی،  $I_{sc}$  را در چهار دما یا تعداد دمای بیشتر در بازه دمایی بالای حداقل ۵۰ درجه سلسیوس با مرکزیت حدود ۳۵ درجه سلسیوس اندازه گیری کنید. اگر اندازه گیری با سلول مرجع ثانویه انجام شود تابش باید حداقل  $750 \text{ Wm}^{-2}$  و کمتر از  $1100 \text{ Wm}^{-2}$  باشد. دمای سلول کالیبره شده را در همان زمان اندازه گیری کنید.

**۲-۲-۲-۷** مقدار  $I_{sc}$  را بر سطح تابش لحظه ای بهنجار شده در زمان اندازه گیری تقسیم کنید.

**یادآوری ۱-** تابش لحظه ای بهنجار شده را می توان با تقسیم کردن  $I_{sc}$  سلول مرجع بر ثابت کالیبراسیون محاسبه کرد.

**۳-۲-۲-۷** ضریب دمایی را توسط انجام یک برازش حداقل مربعات داده های  $I_{sc}$  برحسب  $T$  با یک خط مستقیم تعیین کنید. شیب خط، تقسیم بر مقدار  $I_{sc}$  درونیابی شده در ۲۵ درجه سلسیوس ضریب دمایی،  $\alpha$ ، می باشد.

### **۴-۲-۲-۷ خطی بودن**

جریان اتصال کوتاه را بر حسب خطی بودن تابش سلول کالیبره شونده مطابق با روش آزمون ASTM E1143 برای محدوده تابش  $750 \text{ Wm}^{-2}$  تا  $1100 \text{ Wm}^{-2}$  تعیین کنید.

### **۳-۲-۷ عامل پرکننده**

عامل پرکننده سلول کالیبره شده را از منحنی I - V قطعه که مطابق با استاندارد ملی ایران ۸۴۸۶ اندازه‌گیری شده است، تعیین کنید.

## ۸ روش اجرای آزمون

۱-۸ سلول مرجع و پیرانومتر را بر روی صفحه ردیاب قرار دهید و خورشید را ردیابی کنید.

۲-۸ بررسی کنید که الزامات شرایط آزمون زیر در مدت کالیبراسیون برقرار باشند:

### ۱-۲-۸ تابش کل

تابش کل در زمان کالیبراسیون که با پیرانومتر اندازه‌گیری می‌شود باید بیشتر از  $750 \text{ Wm}^{-2}$  باشد.

### ۲-۲-۸ پایداری تابش

تابش باید بحد کافی پایدار باشد بطوریکه تغییر در جریان اتصال کوتاه سلول مرجع، کمتر از ۰/۵ ± درصد در مدت حداقل دو برابر زمان پاسخ پیرانومتر باشد.

### ۳-۲-۸ ابرها و گرد و غبار

برای اندازه‌گیری نور طبیعی خورشید، آسمان باید صاف باشد و هیچ ابری در حدود ۳۰ درجه نصف زاویه فضایی محیط بر خورشید قابل مشاهده نباشد.

### ۴-۲-۸ جرم هوا

فشار تصحیح شده جرم هوای اپتیکی باید مابین ۱/۲۵ و ۱/۷۵ باشد.

---

Air mass

## ۵-۲-۸ بخار آب

بخار آب قابل بارش باید بین ۴ و ۲۶ میلیمتر باشد. حاصلضرب بخار آب و جرم هوای اپتیکی نباید بزرگتر از ۳۹ و یا کمتر از ۶ میلیمتر باشد.

## ۶-۲-۸ کدورت

ضریب کدورت،  $\beta$ ، باید بین ۰/۰۳ و ۰/۱۶ و نمای طول موج،  $\alpha_\tau$ ، باید بین ۰/۸۰ و ۲/۲۰ باشد و در نتیجه عمق اپتیکی آیروسل،  $\tau$ ، در ۰/۵ میکرومتر  $0.185 \pm 0.265$  باشد.

۳-۸  $I_{SC}$  سلول مرجع را اندازه بگیرید.

۴-۸ دمای سلول مرجع را اندازه بگیرید.

۵-۸ تابش کل  $E_t$  را با پیرانومتر اندازه بگیرید.

۶-۸ بندهای ۲-۸ تا ۵-۸ را حداقل ۵ بار اجرا کنید. یک نقطه داده از هر بار اجرای ۲-۸ تا ۵-۸ بدست خواهد آمد.

۱-۶-۸ پنج تکرار باید حداقل در سه روز متفاوت اجرا شود. بنابراین پنج تکرار اجرا شده در یک روز یک مجموعه داده قابل قبول برای کالیبراسیون نخواهد بود.

۲-۶-۸ به منظور کاهش خطاهای دقت در طول متوسط گیری سفارش می شود که حداقل ۳۰ تکرار از بند ۲-۸ تا بند ۵-۸ اجرا شود.

## ۹ روش محاسبه

### ۱-۹ ثابت کالیبراسیون سلول مرجع

برای هر نقطه داده عبارت زیر را محاسبه کنید:

$$C_i = \frac{I_{sci}}{E_{ti}[1 - \alpha(25 - T_i)]} \quad (1)$$

که اندیس I به I آمین نقطه داده نسبت داده می شود.

**یادآوری ۲-** اگر دمای سلول مرجع اندازه گیری شده  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس باشد جمله تصحیح دما را می توان حذف نمود.

**۱-۱-۹** ثابت کالیبراسیون متوسط را با استفاده از فرمول ۲ به شرح زیر محاسبه کنید:

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i \quad (2)$$

### **۲-۹ انحراف استاندارد از ثابت کالیبراسیون**

انحراف استاندارد از ثابت کالیبراسیون را با استفاده از فرمول ۳ به شرح زیر محاسبه کنید:

$$S = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n [(C_i)^2] - nC^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (3)$$

**۱-۲-۹** مقدار S باید یک درصد ثابت کالیبراسیون C یا کمتر از آن باشد.

## **۱۰ گزارش آزمون**

گزارش آزمون باید دارای آگاهی های زیر باشد:

**۱-۱۰** روش آزمون طبق استاندارد ملی ایران ۸۴۹۰.

**۱-۱-۱۰** شماره سریال سلول مرجع

**۲-۱-۱۰** تاریخ کالیبراسیون

**۳-۱-۱۰** ثابت کالیبراسیون با استفاده از بند ۹-۱-۱

**۴-۱-۱۰** انحراف استاندارد با استفاده از بند ۹-۲

**۵-۱-۱۰** عامل پرکننده با استفاده از بند ۷-۲-۵

- ۶-۱-۱۰ خطی بودن با استفاده از بند ۷-۲-۳
- ۷-۱-۱۰ پاسخ طیفی همانطوریکه در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۸ خواسته شده است.
- ۸-۱-۱۰ ضریب دمایی با استفاده از بند ۷-۲-۲.
- ۹-۱-۱۰ گزارش کالیبراسیون پیرانومتر همانطوریکه در روش آزمون ASTM E941 خواسته شده است.
- ۱۰-۱-۱۰ توضیح کامل سیستم اندازه گیری
- ۱۱-۱-۱۰ هر انحراف از روش اجرایی کالیبراسیون استاندارد
- ۱۲-۱-۱۰ هر اتفاق غیرعادی در مدت کالیبراسیون
- ۱۳-۱-۱۰ هر نقطه داده در کالیبراسیون شامل موارد زیر باشد:
- ۱-۱۳-۱-۱۰ جریان اتصال کوتاه سلول مرجع
- ۲-۱۳-۱-۱۰ تابش کل اندازه گیری شده با پیرانومتر
- ۳-۱۳-۱-۱۰ دمای سلول مرجع
- ۴-۱۳-۱-۱۰ جرم هوا
- ۵-۱۳-۱-۱۰ بخار آب
- ۶-۱۳-۱-۱۰ ضریب کدورت،  $\beta$
- ۷-۱۳-۱-۱۰ نمای طول موج،  $\alpha_{\tau}$
- ۸-۱۳-۱-۱۰ نام و نام خانوادگی و امضاء آزمون کننده

## ۱۱ دقت و پیش مقدار

Bias

به تعریف مندرج در بند ۱۱-۲ مراجعه کنید.

## ۱-۱۱ دقت

مشخص کردن دقت روش آزمون کالیبراسیون سلول مرجع با استفاده از نتایج یک مطالعه بین آزمایشگاهی ممکن نیست زیرا هیچ آزمایشگاهی در چنین مطالعه ای شرکت نکرده است. محدودیت های وضع شده روی وسایل و شرایط کالیبراسیون بگونه ای انتخاب شده تا موجب حداقل کردن خطاهای دقت در ثابت کالیبراسیون سلول مرجع شود. عواملی که در خطاهای دقت کل تاثیر دارند عبارتند از:

**۱-۱-۱۱** تغییرات تابش طیفی خورشید در طول دوره کالیبراسیون خطاهایی در ثابت کالیبراسیون ایجاد خواهد کرد. چنانچه پاسخ طیفی سلول مرجع جایگزین پاسخ طیفی پیرانومتر گردد بزرگی این خطاها مساوی پارامتر عدم تطابق طیفی تعریف شده در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ می باشد.

**۲-۱-۱۱** چنانچه تصحیحات دمایی انجام نشود (به یادآوری ۲ مراجعه کنید) تغییرات دمایی سلول مرجع کالیبره شده در محدوده باند  $1 \pm 25$  درجه سلسیوس خطاهایی کوچک در ثابت کالیبراسیون ایجاد خواهد کرد. ضریب دمایی (به بند ۷-۲-۲ مراجعه کنید) بزرگی این خطاها را تعیین خواهد کرد.

**۳-۱-۱۱** وسایل الکترونیکی بکار رفته برای اندازه گیری جریان اتصال کوتاه سلول مرجع، تابش کل و دمای سلول در خطاهای دقت به ثابت کالیبراسیون کمک خواهد کرد.

## ۲-۱۱ پیش مقدار

خطای کل پیش مقدار بستگی به خطای پیش مقدار هر پارامتر جداگانه استفاده شده برای تعیین ثابت کالیبراسیون دارد. حالات جداگانه ممکن پیش مقدار عبارتند از:

**۱-۲-۱۱** شیب منحنی  $V-I$  سلول در نزدیکی صفر ولت و بارگذاری سلول با وسایل اندازه گیری جریان ناشی از امپدانس ورودی غیر صفر می تواند تا حدی مقدار جریان اتصال کوتاه کوچکتری نتیجه دهد. این وضعیت را می توان با نزدیک کردن ولتاژ سلول مرجع به صفر تا حد ممکن در طول اندازه گیری جریان حداقل نمود.

**۲-۲-۱۱** اندازه گیری دمای سلول در پشت قطعه مقداری خواهد داد که کوچکتر از دمای پیوند در مدت در معرض نور قرار دادن سلول با نور خورشید می باشد. این امر ممکن است مقدار اندکی بیشتر را برای جریان اتصال کوتاه نتیجه دهد. چون ضریب دمایی جریان اتصال کوتاه معمولاً کوچک است این منبع پیش مقدار تمایل دارد کوچک باشد.

**۳-۲-۱۱** اگر تابش طیفی غالب با طیف مرجع کلی تفاوت داشته باشد تابش طیفی ناشی از شرایط جوی غالب در طول دوره کالیبراسیون می تواند خطای پیش مقداری در ثابت کالیبراسیون ایجاد کند. این تأثیر شبیه خطاهای دقت بحث شده در بند ۱-۱-۱۱ می باشد.

**۴-۲-۱۱** چون برای کالیبراسیون سلول های مرجع کلی از یک پیرانومتر برای اندازه گیری تابش کل فرودی استفاده می شود، هر پیش مقداری که در ثابت کالیبراسیون پرتوسنج وجود دارد به سلول های مرجع منتقل می شود. در شرایط عادی، پیش مقدار پیرانومتر بر پیش مقدار کل ثابت کالیبراسیون سلول های مرجع غلبه خواهد کرد.

**۵-۲-۱۱** هر کدام از وسایل اندازه گیری باعث ایجاد مقادیر متغیر پیش مقدار در کالیبراسیون نهایی می گردد. با فرض اینکه تمام وسایل در فواصل منظم کالیبره شده اند در هر صورت پیش

مقدار حتی پس از کالیبراسیون دقیق روی وسایل تأثیر خواهد گذاشت.

## **۱۲ کلید واژه ها**

**۱-۱۲** تابش کلی، سلول های مرجع فتوولتائیک زمینی غیرمتمرکز، سلول های فتوولتائیک، سلول

های مرجع فتوولتائیک، سلول های مرجع، نور خورشید.



---

---

**ICS:27.160**

**صفحة: 17**

---

---