

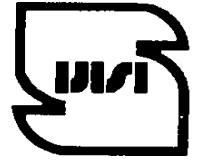


جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۸۴۹۴

چاپ اول

ISIRI

8494

1st.edition

**کالیبراسیون سلول های مرجع ثانویه فتوولتائیک**

**غیرمتمرکز - روش آزمون**

Calibration of non-concentrator photovoltaic  
secondary reference cells- Test method

## « بسمه تعالی »

### آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب قانون، تنها مرجع رسمی کشور است که عهده دار وظیفه تعین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) میباشد.

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.

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

دفتر مرکزی : تهران - ضلع جنوبی میدان ونک - صندوق پست : ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ ۱

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](mailto:Standard@isiri.or.ir) :

بهاء: ۲۰۰۰ ریال

Headquarters :Institute Of Standards And Industrial Research Of IRAN

31585-163 Karaj – IRAN P.O.Box: 1

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

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

Central Office : Southern corner of Vanak square , Tehran

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

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

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

Standard @ isiri.or.ir Email: :

2000”RLS Price:

# کمیسیون استاندارد "کالیبراسیون سلول های مرجع ثانویه فتوولتائیک

## غیرمتمرکز - روش آزمون"

### رئیس

صرافی، محسن  
(دکترای فیزیک)

### اعضاء

سهیلی، عبدالکریم  
(لیسانس فیزیک)

شاهنواز، محمدرضا  
(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

رهروی، مجید

(فوق لیسانس انرژی)

زارعی، علی

(لیسانس مهندسی برق)

عابدینی، یوسفعلی

(دکترای فیزیک)

### دبیر

خدائی فرد، شراره

(فوق لیسانس فیزیک)

### سمت یا نمایندگی

دانشگاه زنجان

شرکت کابل کمان

سازمان انرژی های نو ایران (سانا)

شرکت برق منطقه ای زنجان

سازمان انرژی های نو ایران (سانا)

دانشگاه زنجان

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان زنجان

# اعضای شرکت کننده در سیصد و چهل و نهمین 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 .....	ب
۱ هدف و دامنه کاربرد .....	۱
۲ مراجع الزامی .....	۲
۳ اصطلاحات و تعاریف .....	۳
۴ اصول روش آزمون .....	۵
۵ اهمیت و کاربرد .....	۶
۶ وسایل لازم .....	۷
۷ توصیف .....	۹
۸ روش اجرای آزمون .....	۱۰
۹ روش محاسبه .....	۱۱
۱۰ گزارش آزمون .....	۱۲
۱۱ دقت و پیش مقدار .....	۱۴
۱۲ کلید واژه ها .....	۱۵

## پیش‌گفتار

استاندارد "کالیبراسیون سلول های مرجع ثانویه فتوولتائیک غیرمتمرکز- 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 می شود.

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 1362:1999 Standard Test Method for Calibration of Non-Concentrator Photovoltaic Secondary Reference Cells.



## کالیبراسیون سلول های مرجع ثانویه فتوولتائیک غیرمتمرکز - روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین و ارائه روش آزمون کالیبراسیون و توصیف سلول‌های مرجع فتوولتائیک زمینی ثانویه با توزیع تابش طیفی مرجع خواسته شده، می باشد. الزامات فیزیکی سفارش شده برای این سلول های مرجع در استاندارد ملی ایران ۸۴۹۱ شرح داده شده است. عمدتاً سلول های مرجع برای تعیین عملکرد الکتریکی قطعه فتوولتائیک استفاده می شود.

۲-۱ سلول های مرجع ثانویه کالیبره شده در فضای بسته با استفاده از شبیه ساز نور خورشید یا در فضای باز زیر نور طبیعی خورشید توسط ارجاع به یک سلول مرجع اولیه که پیشتر کالیبره شده است و با همان توزیع تابش طیفی مرجع مناسب کالیبره می شود.

۳-۱ سلول های مرجع ثانویه کالیبره شده مطابق این روش آزمون همان قابلیت ردیابی رادیومتری سلول مرجع اولیه استفاده شده برای کالیبراسیون را خواهد داشت. بنابراین اگر سلول مرجع اولیه به مرجع رادیومتری جهانی (WRR) (به روش آزمون ASTM E816 مراجعه کنید) قابل ردیابی باشد نتایج سلول مرجع ثانویه نیز به WRR قابل ردیابی خواهد بود.

۴-۱ این روش آزمون همانطوریکه در روش آزمون ASTM E1143 تعریف شده است فقط برای کالیبراسیون سلول فتوولتائیکی بکار می رود که نمایانگر جریان اتصال کوتاه خطی بر حسب مشخصه تابش روی محدوده استفاده مطلوب آن می باشد.

۵-۱ این روش آزمون فقط برای کالیبراسیون سلول فتوولتائیکی بکار می رود که با استفاده از یک پیوند فتوولتائیک تکی ساخته شده است.

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 تجدیدنظریهای بعدی این مدارک مورد نظر نیست. معهدا بهتر است کاربران ذینفع این استاندارد، امکان کاربرد آخرین اصلاحیه ها و تجدیدنظریهای 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.

## 2.8 ASTM E 490 Constant and Air Mass Zero Solar Spectral Irradiance Tables.

## 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 E816 Specification for Calibration of Pyrheliometers by Comparison to Reference Pyrheliometers.

### 2.12 ASTM E 891 Tables for Terrestrial Direct Normal Solar Spectral Irradiance for Air Mass 1.5.

### 2.13 ASTM E 892 Tables for Terrestrial Solar Spectral Irradiance at Air Mass 1.5 for a 37° Tilted Surface.

### 2.14 ASTM E 1125 Test Method for Calibration of Primary Non-Concentrator Terrestrial Photovoltaic Reference Cells Using a Tabular Spectrum.

### 2.15 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.

**۳-۲** شرح اصطلاحات ویژه در این استاندارد:

**۳-۲-۱ دمای سلول**، درجه سلسیوس

دمای پیوند نیمرسانای یک سلول فتوولتائیک می باشد.

**۳-۲-۲ دمای پیوند**،

مترادف با دمای سلول است.

**۳-۲-۳ چشمه نور آزمون**

چشمه انرژی تابشی که برای کالیبراسیون سلول مرجع ثانویه مورد استفاده قرار می گیرد.

**۳-۳ نمادها**

**۳-۳-۱** نمادها و یکاهای زیر در این روش آزمون مورد استفاده قرار می گیرد:

C - ثابت کالیبراسیون،  $Am^2W^{-1}$

E - تابش،  $Wm^{-2}$

$E_t$  - تابش کل،  $Wm^{-2}$

I - جریان، A

$I_p$  - جریان اتصال کوتاه سلول مرجع اولیه، A

$I_s$  - جریان اتصال کوتاه سلول مرجع ثانویه، A

$I_{sc}$  - جریان اتصال کوتاه، A

L - طول باریکه ساز (موازی ساز)، m

M - پارامتر عدم تطابق طیفی

n - تعداد کل نقاط داده

r- شعاع روزنه دریافت باریکه ساز، m

R- شعاع روزنه ورودی باریکه ساز، m

R<sub>a</sub>- پاسخ طیفی مطلق، AW<sup>-1</sup>

R<sub>r</sub>- پاسخ طیفی نسبی

S- انحراف استاندارد

T- دما، °C

α- ضریب دمایی سلول مرجع، °C<sup>-1</sup>

θ<sub>0</sub>- زاویه دهانه باریکه ساز، درجه

λ- طول موج nm یا μm

۳-۳-۲ نماد کمیت هایی که تابعی از طول موج هستند به صورت X(λ) ظاهر می شوند.

## ۴ اصول روش آزمون

۴-۱-۱ کالیبراسیون سلول مرجع فتوولتائیک ثانویه شامل اندازه گیری جریان اتصال کوتاه سلول

تحت نور طبیعی خورشید یا شبیه سازی شده با استفاده از یک سلول مرجع اولیه با اندازه گیری

تابش فرودی می باشد. علاوه بر جریان اتصال کوتاه، پاسخ طیفی نسبی سلول کالیبره شده و تابش

طیفی نسبی چشمه نور نیز باید تعیین شود. سپس خطاها در جریان اتصال کوتاه در اثر تابش

طیفی از چشمه نور و پاسخ طیفی سلول مرجع اولیه با تقسیم کردن جریان اتصال کوتاه بر پارامتر

عدم تطابق طیفی تصحیح می شود. اگر دمای سلول ۱±۲۵ درجه سلسیوس نباشد ضریب دمایی

برای جریان اتصال کوتاه نیاز است. فهرست روش های آزمون ضروری عبارتست از:

۴-۱-۱-۱ پاسخ طیفی سلول کالیبره شده بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۴۸۸ تعیین می شود.

۴-۱-۲ ضریب دمایی جریان اتصال کوتاه سلول بطور عملی توسط اندازه گیری جریان اتصال

کوتاه در دماهای مختلف و محاسبه ضریب دمایی تعیین می شود.

**۳-۱-۴** خطی بودن جریان اتصال کوتاه بر حسب تابش بر اساس روش آزمون ASTM E1143 تعیین می شود.

**۴-۱-۴** توزیع طیفی نسبی چشمه نور با استفاده از وسایل اندازه گیری تابش طیفی همانطوریکه در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ مشخص شده است، تعیین می شود.

## **۵ اهمیت و کاربرد**

**۱-۵** خروجی الکتریکی قطعات فتوولتائیک به محتوای طیفی چشمه نوردهی و شدت آن بستگی دارد. برای اندازه گیری دقیق عملکرد قطعات فتوولتائیک تحت چشمه های نور متغیر، چنانچه پاسخ طیفی نسبی سلول مرجع اولیه فتوولتائیک مشابه با پاسخ طیفی سلولی که کالیبره می شود نباشد، محاسبه خطای رخ داده در جریان اتصال کوتاه ضروری است. اگر توزیع تابشی طیفی چشمه نور آزمون با توزیع تابش طیفی مرجع مطلوب یکسان نباشد خطای مشابهی رخ می دهد. این خطاها توسط پارامتر عدم تطابق طیفی،  $M$ ، (به استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ مراجعه کنید) کمیتی که خطا را در اندازه گیری جریان اتصال کوتاه برآورد می کند، محاسبه می شوند. مقصود از این روش آزمون ارائه روش اجرایی مورد تأییدی برای کالیبراسیون، شرح و گزارش داده کالیبراسیون برای سلول های مرجع ثانویه فتوولتائیک می باشد.

**۲-۵** سلول مرجع ثانویه با استفاده از همان توزیع تابش طیفی مرجع که برای سلول مرجع اولیه در طول کالیبراسیون از آن استفاده شده است، کالیبره می شود. سلول های مرجع اولیه را می توان با استفاده از استاندارد ملی ایران ۸۴۹۰ یا روش آزمون ASTM E1125 کالیبره کرد.

**یادآوری-** تا کنون هیچ استانداردی برای کالیبراسیون سلول های مرجع با استفاده از توزیع تابش طیفی فرا زمینی ارائه نشده است.

**۳-۵** سلول مرجع ثانویه باید هر ساله یا اگر سلول دائما در فضای باز مورد استفاده قرار می‌گیرد هر شش ماه مجددا کالیبره شود.

**۴-۵** مشخصات فیزیکی سفارش شده‌ی سلول های مرجع در استاندارد ملی ایران ۸۴۹۱ ارائه شده است.

## **۶ وسایل لازم**

**۱-۶ نقشه ردیابی برافورد عمودی** (برای کالیبراسیون هادی ها با نور طبیعی خورشید)

یک صفحه ردیاب که سلول مرجع اولیه و سلول کالیبره شونده را نگه می‌دارد برای دنبال کردن خورشید مورد استفاده قرار می‌گیرد. ردیاب باید قادر به ردیابی خورشید در محدوده  $\pm 0/5$  درجه در طول روش اجرای آزمون کالیبراسیون باشد.

**۱-۱-۶** وقتی کالیبراسیون در نور طبیعی و مستقیم خورشید انجام شده باشد، هر اندازه گیری سلول و تابش طیفی (به بند ۶-۷ مراجعه کنید) باید دارای باریکه ساز مطابق با الزامات پیوست الف روش آزمون ASTM E1125 باشد.

**۲-۱-۶** وقتی کالیبراسیون در شرایط عمود کلی انجام شود، 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 گونه ای که یک وضعیت بازتاب بالای زمینی وجود داشته باشد، اجتناب گردد. اگر امکان انعکاس قابل توجهی وجود دارد 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 هر سلول مرجع نیز در نظر گرفته شده باشد تا مانع دید پایین از محل افق تا پایین ترین حد میدان دید شود.

#### **۲-۶ شبیه ساز خورشید**

چشمه نوری است که الزامات شبیه ساز خورشیدی گروه A برحسب غیریکنواختی و ناپایداری موقتی تابش کل و الزامات شبیه ساز خورشیدی گروه B برحسب توزیع طیفی عملکرد تابش که در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۵ مشخص شده را برآورده می سازد.

#### **۳-۶ وسایل اندازه گیری دما**

وسیله یا وسایلی که برای اندازه گیری دمای سلول مرجع اولیه و سلول مورد کالیبراسیون مورد استفاده قرار می گیرد تفکیک پذیری حداقل ۰/۱ درجه سلسیوس و خطای کل خواندن کمتر از ۱ ± درجه سلسیوس دارد.

**۱-۳-۶** حس گرهای بکار رفته برای اندازه گیری دما باید در موقعیتی قرار داده شوند که هر گونه تغییرات دمایی بین حسگر و پیوند قطعه فتوولتائیک را حداقل نماید.

#### **۴-۶ وسایل اندازه گیری جریان**

وسیله یا وسایلی که برای اندازه گیری  $I_{sc}$  سلول مرجع کالیبره شده و سلول مرجع اولیه مورد استفاده قرار می گیرد تفکیک پذیری حداقل ۰/۰۲ درصد جریان حداکثر و خطای کل کمتر از ۰/۱ درصد جریان حداکثر عبوری دارد.



#### ۵-۶ بلوک کنترل دما (اختیاری)

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

#### ۶-۶ وسایل اندازه گیری پاسخ طیفی

همانطوریکه در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۸ بیان شده است.

۱-۶-۶ فواصل طول موج بین نقاط داده پاسخ طیفی باید حداکثر ۵۰ نانومتر باشد.

۷-۶ وسایل اندازه گیری تابش طیفی همانطوریکه در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ بیان شده است.

### ۷ توصیف

۱-۷ توصیف کالیبره شدن سلول مرجع با روش های زیر:

#### ۱-۱-۷ پاسخ طیفی

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

#### ۲-۱-۷ ضریب دمایی

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

۱-۲-۱-۷ 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.

**۷-۲-۲** مقدار  $I_{sc}$  را بر سطح تابش لحظه ای بهنجار شده در زمان اندازه گیری تقسیم کنید و نمودار داده نتیجه شده را برحسب دمای اندازه گیری رسم کنید.

**یادآوری ۲-** تابش لحظه ای بهنجار شده را می توان با تقسیم کردن  $I_{sc}$  سلول مرجع بر ثابت کالیبراسیون محاسبه کرد.

**۷-۲-۳** ضریب دمایی را توسط انجام یک برازش حداقل مربعات داده ای با یک خط مستقیم تعیین کنید. شیب خط، تقسیم بر مقدار  $I_{sc}$  درونیایی شده در ۲۵ درجه سلسیوس ضریب دمایی است.

### **۷-۱-۳ قطعی 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.

### **۷-۱-۴ عامل پرکننده**

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

## **۸ روش اجرای آزمون**

**۸-۱** سلول مرجع اولیه و سلول مورد کالیبراسیون را تقریباً نزدیک هم بطور هم صفحه قرار دهید. برای اندازه گیری های نور طبیعی خورشید جهت گیری های سلول را در حدود  $\pm 0.5^\circ$  درجه عمود بر پرتو مستقیم خورشیدی نمایید.

**۸-۲** بررسی کنید که الزامات شرایط آزمون زیر برقرار شود:

### ۱-۲-۸ تابش کل

تابش کل در زمان کالیبراسیون که با سلول مرجع اولیه اندازه گیری می شود باید بیشتر از  $750 \text{ Wm}^{-2}$  باشد

### ۲-۲-۸ پایداری تابش

تابش باید بحد کافی پایدار باشد طوریکه تغییر جریان اتصال کوتاه سلول مرجع اولیه کمتر از ۱ درصد در طول کالیبراسیون باشد.

### ۱-۲-۲-۸ ابرها و گرد و غبار

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

۳-۸  $I_{sc}$  را برای سلول مرجع اولیه و سلول مورد کالیبراسیون در مدت زمان یکسان اندازه گیری کنید. در طول این مدت زمان، تابش طیفی فرودی را مطابق با استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ اندازه بگیرید.

یادآوری ۳- برای کالیبراسیون با استفاده از شبیه ساز خورشیدی، چنانچه تابش طیفی متوسط بیشتر از  $\pm 3$  درصد روی هر  $100 \text{ nm}$  فاصله طول موج بین دو اندازه گیری تغییر نکند، اندازه گیری تابش طیفی در زمان جریان اتصال کوتاه ضروری نیست.

۴-۸ دمای هر دو سلول را اندازه بگیرید.

۵-۸ بندهای ۲-۸، ۳-۸ و ۴-۸ را حداقل سه بار اجرا کنید. از هر بار اجرای بندهای ۲-۸، ۳-۸ و ۴-۸ یک نقطه بدست خواهد آمد.

## ۹ روش محاسبه

### ۱-۹ عدم تطابق طیفی

پارامتر عدم تطابق طیفی،  $M$ ، را برای هر مجموعه داده بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ تعیین کنید.

۱-۱-۹ هر نقاط داده ای که پارامتر عدم تطابق طیفی آن  $0/20 \pm 1/00$  نمی باشد را رد کنید.

### ۲-۹ ثابت کالیبراسیون سلول مرجع

برای هر نقطه داده عبارت زیر را محاسبه کنید:

$$C_i = \frac{I_{si}}{M_i} \cdot \frac{C_p}{I_{pi}} \cdot \frac{1 - \alpha_p (T_{pi} - 25)}{1 - \alpha_s (T_{si} - 25)} \quad (1)$$

که در آن اندیس  $i$  به  $i$  آمین نقطه داده، اندیس  $s$  به سلول مرجع ثانویه مورد کالیبراسیون و اندیس  $p$  به سلول مرجع اولیه نسبت داده می شود.

**یادآوری ۴-** چنانچه از بلوک کنترل دما (به بند ۶-۵ مراجعه کنید) استفاده می شود جملات تصحیح دما را می توان حذف کرد.

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

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

### ۳-۹ انحراف استاندارد از ثابت کالیبراسیون

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

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

۱-۳-۹ 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 ۸۴۹۴.

۱-۱-۱۰ کالیبراسیون سلول مرجع ثانویه:

۱-۱-۱-۱۰ ثابت کالیبراسیون در ۲۵ درجه سلسیوس

۲-۱-۱-۱۰ توزیع تابش طیفی مرجع بکار رفته برای کالیبراسیون (برای مثال جداول ASTM

E490, ASTM E891 یا ASTM E892)

۳-۱-۱-۱۰ تایید خطی بودن (s/m) را که با استفاده از روش آزمون ASTM E1143 محاسبه

شده است، گزارش کنید)

۴-۱-۱-۱۰ پاسخ طیفی، همانطوریکه در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۸ بیان شده است.

۵-۱-۱-۱۰ تاریخ کالیبراسیون

۶-۱-۱-۱۰ شماره سریال

۷-۱-۱-۱۰ ضریب دمایی

۸-۱-۱-۱۰ عامل پرکننده

۲-۱-۱۰ سلول مرجع اولیه:

۱-۲-۱-۱۰ ثابت کالیبراسیون

۲-۲-۱-۱۰ شماره سریال

۳-۲-۱-۱۰ تاریخ کالیبراسیون

۴-۲-۱-۱۰ ضریب دمایی

- ۳-۱-۱۰ شرحی از چشمه نور استفاده شده برای کالیبراسیون
- ۴-۱-۱۰ شرحی از وسایل اندازه گیری تابش طیفی
- ۵-۱-۱۰ داده برای هر نقطه در کالیبراسیون باید شامل موارد زیر باشد:

  - ۱-۵-۱-۱۰ دمای هر دو سلول
  - ۲-۵-۱-۱۰ جریان اتصال کوتاه هر دو سلول
  - ۳-۵-۱-۱۰ پارامتر عدم تطابق طیفی
  - ۴-۵-۱-۱۰ نام و نام خانوادگی و امضاء آزمون کننده

## ۱۱ دقت و پیش مقدار

### ۱-۱۱ برنامه آزمون بین آزمایشگاهی

یک مطالعه بین آزمایشگاهی کالیبراسیون سلول مرجع ثانویه در سالهای ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۴ انجام گرفت. هفت آزمایشگاه ۱۰ سلول مرجع که بین شرکت کننده ها توزیع شده بود، را کالیبره کردند. طراحی آزمایشها مشابه روش اجرایی ASTM E691 می باشد و تجزیه و تحلیل کلی اطلاعات گرفته شده در گزارش تحقیقات ASTM شماره RR:E44-1004 ارائه شده است.

### ۲-۱۱ نتیجه آزمون

اطلاعات دقیق زیر بر حسب درصد نقاط ثابت کالیبراسیون ارائه شده توسط هر آزمایشگاه داده شده است. از آنجائیکه هر شرکت کننده یک کالیبراسیون گزارش داده است که متوسط سه اندازه گیری است، دقت داخل آزمایشگاهی ارائه نشده است.

### ۳-۱۱ دقت:

Bias

به تعریف مندرج در بند ۱۱-۴ مراجعه کنید.

۵/۷ درصد ۹۵ درصد حد قابلیت تولید مجدد (بین آزمایشگاهی)

## ۱۴-۱۱ پیش مقدار

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

۱-۱۴-۱۱ بارگذاری سلول توسط وسایل اندازه گیری فعلی (ناشی از امپدانس ورودی غیر صفر) می تواند مقداری کوچکتر از آنچه هست برای جریان اتصال کوتاه نتیجه دهد. این وضعیت را می توان با میل دادن ولتاژ سلول به صفر در طول اندازه گیری جریان برطرف نمود.

۲-۱۴-۱۱ اندازه گیری دمای سلول در یک نقطه دور از پیوند ممکن است یک عامل جبران کننده در اندازه گیری جریان اتصال کوتاه تولید کند.

۳-۱۴-۱۱ 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.

۴-۱۴-۱۱ چون کالیبراسیون سلول های مرجع ثانویه از یک سلول مرجع اولیه برای اندازه گیری تابش کل فرودی استفاده می شود، هر پیش مقداری که در ثابت کالیبراسیون سلول مرجع اولیه وجود دارد به سلول مرجع ثانویه منتقل می شود. ثابت کالیبراسیون سلول مرجع اولیه احتمال غلبه بیشتری بر وسایل سنجش (پیرانومتر<sup>۱</sup> یا پیرهلیمومتر<sup>۲</sup>) مورد استفاده برای اندازه گیری تابش کل در طول کالیبراسیون دارد. در شرایط عادی، پیش مقدار سلول مرجع اولیه بر پیش مقدار کل ثابت کالیبراسیون سلول مرجع ثانویه غلبه خواهد کرد.

## ۱۲ کلید واژه ها

---

Pyranometer  
Pyrheliometer

١-١٦ كالبيراسيون، فتوولتائيك، سلول مرجع، ثانويه



---

**ICS:27.160**

**صفحة: ١٧**

---