



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

INSO
14118

1st. Revision

2017

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران
۱۴۱۱۸

تجدیدنظر اول

۱۳۹۵

مدول فتوولتایک - کالیبراسیون سلول‌های
فتوولتایک اولیه زمینی غیرمت مرکز با
استفاده از یک طیف جدولی

**Photovoltaic module- Calibration of
primary non-concentrator terrestrial
reference cells using a tabular spectrum**

ICS: 27.160

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۸۸۸۷۹۴۶۱-۵

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۰۲۶(۳۲۸۰۶۰۳۱)-۸

دورنگار: ۰۲۶(۳۲۸۰۸۱۱۴)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد 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.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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، مصرفکنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهایی‌ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیته‌ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران‌چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی‌ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته‌ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد^۱، کمیسیون بین‌المللی الکترونیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهایی‌ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرفکنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباریکند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباریکند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرگانی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسائل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها پایش می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاه، واسنجی وسائل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبهای 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Métrologie Legale)

4-Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«مدول فتوولتاییک - کالیبراسیون سلول های فتوولتاییک اولیه زمینی غیرمت مرکز با استفاده از یک طیف جدولی»

سمت و / یا محل اشتغال:

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

رئیس:

خادم، جواد

(دکتری مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی)

دبیر:

اداره کل استاندارد استان خراسان جنوبی

بذری، مصطفی

(کارشناسی مهندسی صنایع)

اعضا: (اسمی به ترتیب حروف الفبا)

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

احمدی بروغنی، زهرا

(کارشناسی ارشد مهندسی رایانه - نرم افزار)

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

احمدی بروغنی، سید یوسف

(دکتری مهندسی مکانیک- طراحی کاربردی)

سازمان انرژی های نو ایران (سانا)

بهار، شیرین

(کارشناسی ارشد مهندسی طراحی محیط)

اداره کل استاندارد استان زنجان

خدایی‌فرد، شراره

(کارشناسی ارشد فیزیک)

عضو مستقل

سعادتی، آسیه

(کارشناسی مهندسی صنایع)

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

صفوی نژاد، علی

(دکتری مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی)

عضو مستقل

علیزاده، فائزه

(کارشناسی ارشد م)

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

میربزرگی، سید علی

(دکتری مهندسی مکانیک)

نیروگاه فتوولتاییک دانشگاه بیرجند

نجفی، حمید رضا

(دکتری مهندسی برق- قدرت)

سمت و/یا محل اشتغال:

ویراستار:

اداره کل استاندارد استان خراسان شمالی

طاهری، احسان

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- طراحی کاربردی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و کوتاهنوشت‌ها
۴	۴ خلاصه‌ای از روش آزمون
۴	۵ اهمیت و کاربرد
۵	۶ دستگاه‌ها
۷	۷ مشخصات
۸	۸ روش اجرای آزمون
۹	۹ محاسبه نتایج
۱۰	۱۰ گزارش
۱۱	۱۱ دقت و انحراف
۱۳	۱۳ پیوست الف (آگاهی‌دهنده) طراحی موازی‌ساز

پیش‌گفتار

استاندارد «مدول فتوولتاییک - کالیبراسیون سلول‌های فتوولتاییک اولیه زمینی غیرمت مرکز با استفاده از یک طیف جدولی» که نخستین بار در سال ۱۳۸۹ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در هفتادمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد انرژی مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۱۱ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ایمیلی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ایمیلی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط موردنظر قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۱۱۸: سال ۱۳۸۹ می‌شود.

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

ASTM E 1125:2016 Photovoltaic module- Calibration of primary non-concentrator terrestrial reference cells using a tabular spectrum

مدول فتوولتاییک - کالیبراسیون سلول‌های فتوولتاییک اولیه زمینی غیرمت مرکز با استفاده از یک طیف جدولی

هشدار - در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. در صورت مواجه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشت و ایمنی مناسب و اجرای آن بر عهده کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین و ارائه روش آزمون کالیبراسیون و نیز متمایز نمودن سلول‌های مرجع فتوولتاییک زمینی از توزیع تابشی و طیفی مرجع مورد نظر (همانند مندرجات جداول استاندارد ASTM G173) می‌باشد. الزامات فیزیکی توصیه شده برای این سلول‌های مرجع، در مشخصات استاندارد ASTM E1040 توصیف می‌شوند. سلول‌های مرجع اصولاً برای تعیین عملکرد الکتریکی قطعات فتوولتاییک استفاده می‌شوند.

۲-۱ سلول‌های مرجع فتوولتاییک اولیه، زیر نور طبیعی خورشید، با استفاده از پاسخ طیفی نسبی سلول، طیف نسبی نور خورشید و جداول مرجع توزیع تابشی، کالیبره می‌شوند.

۳-۱ این روش آزمون نیاز به استفاده از یک پیرانومتر کالیبره شده مطابق با روش آزمون استاندارد ASTM E816 دارد، که لازمه استفاده از این پیرانومتر خورشیدی قابلیت رדיابی آن به مرجع پرتونسج جهانی^۱ (WRR) می‌باشد. بنابراین، سلول‌های مرجع کالیبره شده مطابق با این استاندارد، قابل رדיابی WRR می‌باشند.

۴-۱ این روش آزمون، تکنیکی است که می‌تواند بجای شیوه‌های ذکر شده در استاندارد ASTM E1362 مورد استفاده قرار گیرد. این روش آزمون، در هر طیفی به سهولت توانایی لازم برای متمایز نمودن یک سلول مرجع که برای آن داده‌های جدولی در دسترس هستند، را ارایه می‌دهد. انتخاب طیف مرجع خاص نیز به کاربر واگذار می‌شود.

۵-۱ این روش آزمون، تنها برای کالیبره نمودن سلول فتوولتاییکی بکار می‌رود که یک جریان اتصال کوتاه خطی بر حسب مشخصه‌های تابش روی محدوده استفاده مطلوب از آن، همان‌طوریکه که در روش آزمون استاندارد ASTM E 1143 تعریف شده است، را نشان می‌دهد.

۶-۱ این روش آزمون فقط برای کالیبراسیون سلول مرجع ساخته شده با یک تک اتصال فتوولتاییک به کار می‌رود.

۷-۱ 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.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

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

یادآوری - استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۹۰۸: سال ۱۳۹۳، تبدیل انرژی خورشیدی- واژنامه، با استفاده از استاندارد ASTM E772:2013 تدوین شده است.

2-2 ASTM E 816: Test Method for Calibration of Pyrheliometers by Comparison to Reference Pyrheliometers

2-3 ASTM E 948: Test Methods for Electrical Performance of Non-Concentrator Terrestrial Photovoltaic Cells Using Reference Cells

2-4 ASTM E 973: Test Method for Determination of the Spectral Mismatch Between a Photovoltaic Device and a Photovoltaic Reference Cell

2-5 ASTM E 1021: Test Methods for Measuring the Spectral Response of Photovoltaic Cells

یادآوری - استاندارد ملی ایران به شماره ۸۴۸۸: سال ۱۳۸۴، اندازه‌گیری پاسخ طیفی سلول‌های فتوولتاییک- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ۱۹۹۵:۱۹۹۵ تدوین شده است.

2-6 ASTM E1039 Test Method for Calibration and Characterization of Non-Concentrator Terrestrial Photovoltaic Reference Cells Under Global Irradiation

یادآوری - استاندارد ملی ایران به شماره ۸۴۹۰: سال ۱۳۸۴، کالیبراسیون سلول‌های مرجع اولیه فتوولتاییک غیر مت مرکز سلیکونی تحت تابش کلی - روش آزمون، با استفاده از استاندارد ۱۹۹۹:۱۹۹۹ ASTM E1039، تدوین شده است.

2-7 ASTM E 1040: Specification for Physical Characteristics of Non-Concentrator Terrestrial Photovoltaic Reference Cells

یادآوری - استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۱۱۷: سال ۱۳۹۲، مدول فتوولتاییک - ویژگی‌های فیزیکی سلول‌های فتوولتاییک مرجع زمینی غیز مت مرکز، با استفاده از استاندارد ۲۰۱۰:۲۰۱۰ ASTM E1040، تدوین شده است.

- 2-8 ASTM E 1328: Terminology Relating to Photovoltaic Solar Energy Conversion
- 2-9 ASTM E 1362: Test Method for Calibration of Non-Concentrator Photovoltaic Secondary Reference Cells
- 2-10 ASTM G 173: Tables for Reference Solar Spectral Irradiances: Direct Normal and Hemispherical on 37° Tilted Surface

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و کوتنهنوشت‌ها

۱-۳ در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استانداردهای ASTM E1328 و ASTM E772، به کار می‌رود.

۲-۳ نمادها - در این استاندارد نمادها و یکاهای زیر به کار می‌روند:

طول موج، λ nm یا μm

جريان اتصال کوتاه، I_{sc}

تابش، E Wm^{-2}

تابش کل، E_t Wm^{-2}

تابش طیفی، $E(\lambda)$ $\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$

پاسخ طیفی، $R(\lambda)$ AW^{-1}

پاسخ طیفی سلول مرجع، $R_r(\lambda)$ AW^{-1}

دما، T $^{\circ}\text{C}$

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

تعداد کل نقاط داده‌ها، n

ثابت کالیبراسیون، C Am^2W^{-1}

پارامتر عدم تطبیق طیفی، M

فاکتور تصحیح طیفی، F

انحراف استاندرد، S

۴ خلاصه‌ای از روش آزمون

۱-۴ کالیبراسیون یک سلول مرجع فتوولتاییک اولیه، وقتی با نور طبیعی آفتاب نوردهی شود، شامل اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه سلول با تابش کل خورشیدی با استفاده از یک پیرانومتر است. نسبت جریان اتصال کوتاه سلول به تابش، تقسیم بر ضریب تصحیح، شبیه به پارامتر عدم تطابق کیفی تعريف شده در روش آزمون استاندارد ASTM E973، ثابت کالیبراسیون برای سلول مرجع است. همچنین، اگر دمای سلول $(1\pm 25)^{\circ}\text{C}$ نباشد، جریان اتصال کوتاه باید به دمای 25°C تصحیح شود.

۱-۱-۴ تابش طیفی مناسب نور خورشید، با استفاده از یک ابزار اندازه‌گیری تابش طیفی، همان‌طور که در استاندارد ASTM E973 مشخص شده است، اندازه‌گیری می‌شود.

۲-۴ در ادامه فهرستی از اندازه‌گیری‌هایی که برای توصیف سلول‌های مرجع بکار رفته است و توسط داده‌های کالیبراسیون گزارش می‌شوند، آمده است:

۱-۲-۴ پاسخ طیفی سلول، مطابق با استاندارد ASTM E1021 تعیین می‌شود.

۲-۲-۴ ضریب دمایی جریان اتصال کوتاه سلول، به طور تجربی با اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه در دماهای مختلف و محاسبه‌ی ضریب دمایی تعیین می‌شود (به زیر بند ۲-۷ مراجعه شود).

۳-۲-۴ خطی بودن جریان اتصال کوتاه در مقابل تابش، مطابق با استاندارد ASTM E1143 تعیین می‌شود.

۴-۲-۴ عامل پرکننده^۱ سلول مرجع، با استفاده از استاندارد ASTM E948 تعیین می‌شود. بدست آوردن عامل پرکننده با داده کالیبراسیون امكان بررسی خرابی یا آسیب الکتریکی سلول مرجع در آینده را می‌دهد.

۵ اهمیت و کاربرد

۱-۵ خروجی الکتریکی قطعه فتوولتاییک، به محتوی چشمeh نوردهی، شدت آن و دمای قطعه بستگی دارد. برای استاندارد کردن، دقت اندازه‌گیری‌های عملکرد قطعه فتوولتاییک، تحت یک چشمeh نور متغیر، اگر پاسخ طیفی نسبی سلول مرجع، با پاسخ طیفی قطعه آزمون شده، یکسان نباشد، لازم است تا خطای جریان اتصال کوتاه پیش آمده، محاسبه شود.

1- Fill factor

یک خطای مشابه دیگر در صورتی اتفاق می‌افتد که توزیع طیفی چشمۀ نور آزمون، با توزیع تابش طیفی مرجع مناسب، یکسان نباشد. این خطاهای توسط پارامتر عدم تطابق طیفی (در استاندارد ASTM E973 توصیف شده است) کمیت اندازه‌گیری خطای اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه محاسبه می‌شوند. هدف از این استاندارد ارائه یک روش مشخص برای کالیبره کردن، تشخیص و گزارش داده کالیبراسیون برای سلول‌های مرجع فتوولتایک اولیه، با استفاده از یک جدول طیف مرجع است.

۲-۵ کالیبراسیون یک سلول فتوولتایک مرجع، با یک توزیع تابش طیفی مشخص شده است. مشخص کردن توزیع تابش مسئولیت کاربر است، برای مثال با جداول مندرج در استاندارد ASTM G173 این استاندارد امکان کالیبراسیون در رابطه با هر جدول طیفی را فراهم می‌سازد.

۳-۵ یک سلول مرجع، بهتر است در فواصل سالانه، یا اگر سلول به صورت مداوم در فضای باز استفاده می‌شود هر شش ماه کالیبراسیون شود.

۴-۵ مشخصات فیزیکی سفارش شده سلول‌های مرجع، را می‌توان در استاندارد ASTM E1040 یافت.

۵-۵ از آنجا که سلول‌های خورشیدی ساخته شده سیلیکونی بر روی زیر لایه نوع P، نسبت به افت I_{sc} ، با قرار گرفتن اولیه در معرض نور حساس هستند، لازم است که سلول‌های مرجع جدید ساخته شده، قبل از توصیف مشخصات اولیه در بند ۷، در یک سطح تابش بزرگ‌تر از 850 W/m^2 بمدت دو ساعت قرار گیرند.

۶ دستگاه‌ها

۱-۶ پیرانومتر^۱

یک پیرانومتر مرجع ثانویه که مطابق با روش آزمون استاندارد Astm E816 کالیبره می‌شود. یک پرتوسنج حفره‌ای مطلق نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. چون پیرانومترهای مرجع ثانویه در مقابل یک پرتوسنج حفره‌ای مطلق کالیبره می‌شوند، عدم قطعیت کلی در ثابت کالیبراسیون سلول مرجع اولیه کاهش خواهد یافت در صورتی که یک پرتوسنج کاواکی مطلق استفاده شود.

۲-۶ موازی‌ساز

یک موازی ساز متناسب با سلول مرجع در طی کالیبراسیون که همان میدان دید پیراهلیومتر را دارد. یک طرح موازی ساز قابل قبول در پیوست الف توصیف می شود.

۳-۶ تجهیزات اندازه گیری تابش طیفی - همانند تجهیزات مورد نیاز در استاندارد ASTM E973 لازم است.

۱-۳-۶ گسترهای طیفی اندازه گیری تابش طیفی، باید به قدر کافی وسیع باشد تا شامل پاسخ طیفی سلول کالیبره شود.

۲-۳-۶ گسترهای طیفی اندازه گیری های تابش، شامل٪ ۹۸ تابش کلی باشد که پیراهلیومتر به آن حساس است.

۳-۳-۶ اگر اندازه گیری تابش طیفی نتواند گسترهای طول موج کافی مورد نیاز در زیربند ۲-۳-۶ را اندازه گیری کند، استفاده از یک طیف مرجع همچون جداول استاندارد ASTM G173 قابل قبول است، تا طول موج های مفقود را تامین کند. طیف مرجع برای مطابقت داده تابش طیفی اندازه گیری شده در یک بازه طول موج مناسب در محدوده طول موج تجهیزات اندازه گیری تابش طیفی مقیاس بندی شده است. محاسبه داده های تابش طیفی از دست رفته نیز با استفاده از یک مدل عددی، قابل قبول است.

۴-۳-۶ تجهیزات اندازه گیری تابش طیفی، باید همان میدان دید پیراهلیومتر و موازی ساز سلول مرجع را داشته باشند.

۴-۶ صفحه ردیاب برخورد عمودی

یک صفحه ردیاب برای دنبال کردن خورشید در طی کالیبراسیون و نگهداشتن سلول مرجع کالیبره شده، پیرانومتر، موازی ساز و تجهیزات اندازه گیری پاسخ طیفی تابش به کار می رود. پیرانومتر و موازی ساز باید با در محدوده $^{\pm 0,25}$ موazی باشند. صفحه ردیاب قادر به ردیابی خورشید در محدوده $^{\pm 0,5}$ در طول مراحل کالیبراسیون باشند.

۵-۶ وسائل اندازه گیری دما

ابزار یا ابزارهای به کار رفته برای اندازه گیری دمای سلول مرجع که کالیبره می شود، تفکیک پذیری حداقل $^{\pm 1}$ و خطای کل خواندن کمتر از $^{\circ}C$ داشته باشند.

۶-۵-۱ حسگرهایی نظیر ترموموکوپلها یا ترمیستورهای به کار رفته برای اندازه گیری دما باید در وضعیتی قرار گیرند که هر گونه تغییرات دمایی بین حسگر و پیوند قطعه فتوولتاویک را حداقل نماید.

۶-۶ وسایل اندازه‌گیری جریان

ولت‌سنج‌ها، آمپرسنج‌ها یا دیگر ابزارهای اندازه‌گیری جریان مناسب که برای اندازه‌گیری I_{sc} سلولی که باید کالیبره شود و خروجی پیرهیلومتر^۱، بکار می‌روند، تفکیک‌پذیری حداقل ۰.۰۲٪ حداکثر جریان یا ولتاژ عبوری و همچنین خطای کل خواندن کمتر از ۰.۱٪ حداکثر جریان یا ولتاژ عبوری داشته باشند.

۷-۶ تجهیزات اندازه‌گیری پاسخ طیفی

در استاندارد ASTM E1021 ارائه شده است.

۶-۷-۶ طول موج ما بین نقاط داده شده‌ی پاسخ طیفی باید حداکثر ۵۰ nm باشد.

۸-۶ بلوک کنترل دما (انتخابی)

وسیله‌ای که دمای سلول مرجع در دمای $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ در مدت زمان کالیبراسیون نگه می‌دارد.

۷ مشخصات

۷-۱ پیش از اندازه‌گیری مشخصات، سلول مرجع را که باید کالیبره شود، در 1000 Wm^{-2} به مدت دو ساعت نوردهی شود. این کار برای پایدار کردن هر گوه تغییرات جزئی تحریک نوری سلول پیش از کالیبراسیون، ضروری است.

۷-۲ سلول مرجع توصیفی به وسیله روش‌های زیر کالیبره می‌شود:

۷-۲-۱ پاسخ طیفی

پاسخ طیفی نسبی ($R(\lambda)$) (پاسخ طیفی مطلق اختیاری است) سلولی که کالیبره می‌شود، مطابق با استاندارد ASTM E1021 تعیین می‌شود.

۷-۲-۲ ضریب دمایی

ضریب دما، α ، سلولی که کالیبره می‌شود، به صورت زیر تعیین می‌شود:

۱-۲-۲-۷ با استفاده از وسایل اندازه‌گیری جریان، I_{sc} را در چهار دما یا تعداد دمای بیشتر در بازه دمایی بالای حداقل ${}^{\circ}C\ 50$ با مرکزیت حدود دمای ${}^{\circ}C\ 35$ اندازه‌گیری کنید. اگر اندازه‌گیری با سلول مرجع ثانویه انجام شود تابش باید حداقل $Wm^{-2}\ 750$ و کمتر از $Wm^{-2}\ 1100$ باشد. دمای سلول کالیبره شده را در همان زمان اندازه‌گیری کنید.

۲-۲-۲-۷ هر مقدار I_{sc} را بر سطح تابش لحظه‌ای بهنجار شده در زمان اندازه‌گیری تقسیم کنید.
یادآوری- تابش لحظه‌ای بهنجار شده را می‌توان با تقسیم کردن I_{sc} سلول مرجع ثانویه بر ثابت کالیبراسیون محاسبه کرد.

۳-۲-۷ ضریب دمایی را توسط انجام یک برآش حداقل مربعات داده‌های I_{sc} بر حسب T با یک خط مستقیم تعیین کنید. شب خط، تقسیم بر مقدار I_{sc} درون یابی شده در $25^{\circ}C$ ، ضریب دمایی، α ، می‌باشد.

۳-۲-۷ خطی بودن

جريان اتصال کوتاه را بر حسب خطی بودن تابش سلول کالیبره شونده مطابق با روش آزمون استاندارد ASTM E 1143 محدوده تابش Wm^{-2} تا 750 و 1100 تعیین کنید.

۱-۳-۲-۷ برای سلول‌های مرجعی که از سلول‌های خورشیدی سیلیکونی تک کریستالی استفاده می‌کنند یا سلول‌های مرجعی که قبلاً مشخص شده‌اند، تعیین خطی بودن جريان اتصال کوتاه، اختیاری است.

۱-۴-۲ عامل پرکننده^۱

عامل پرکننده سلول کالیبر شده را از منحنی V-I قطعه که مطابق با استاندارد ASTM E 948 اندازه‌گیری شده است، تعیین کنید.

۸ روش اجرای آزمون

۱-۸ سلول مرجعی که باید کالیبره شود، موازی‌ساز، پیرهليومتر و تجهیزات اندازه‌گیری تابش طیفی را روی صفحه ردیاب خورشید قرار دهید.

۲-۸ اندازه‌گیری تابش طیفی نسبی خورشید، $E(\lambda)$ با استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری تابش طیفی و استاندارد ASTM E 973، در طی اندازه‌گیری تابش طیفی، مراحل زیر را انجام دهید:

۱-۲-۸ اندازه‌گیری خروجی پیرهليومتر، E_t ، و تایید اینکه تابش کل بین $750 Wm^{-2}$ و $1100 Wm^{-2}$ است.

۲-۲-۸ جريان اتصال کوتاه سلول مرجع، I_{sc} را اندازه‌گیری کنید.

۳-۲-۸ دمای سلول مرجع، T را اندازه‌گیری کنید.

۴-۲-۸ زیربندهای ۱-۲-۸ و ۲-۲-۸ حداقل چهار بار اجرا نمایید. این تکرارها باید به موقع در طی اندازه‌گیری تابش طیفی توزیع شود. برای تضمین ثبات موقتی، جریان اتصال کوتاه سلول مرجع نباید تا بیش از $\pm 0.2\%$ در طی تکرارها تغییر داشته باشد.

۵-۲-۸ میانگین مقادیر جریان اتصال کوتاه و تابش کل بدست آمده از زیربند ۴-۲-۸ برای به دست آوردن I_{sc} و E_t متناظر با اندازه‌گیری تابش طیفی را محاسبه کنید.

۳-۸ حداقل ۵ تکرار از زیربند ۲-۸ را انجام دهید.

۴-۳-۸ این ۵ تکرار باید حداقل در ۳ روز جداگانه انجام شود. بنابراین کل ۵ تکرار انجام شده در یک روز، یک مجموعه داده قابل قبول برای کالیبراسیون نخواهد بود.

۴-۳-۸ به منظور کاهش خطاهای دقت در طول معدل گیری، توصیه می‌شود که از بند ۲-۸ حداقل ۳۰ تکرار انجام شود.

۹ محاسبه نتایج

۱-۹ هر اندازه‌گیری تابش طیفی بدست آمده در بند ۲-۸ یک نقطه‌ی داده تعریف می‌کند. تعداد کل این نقاط داده بصورت n نشان داده می‌شود.

۱-۱-۹ برای هر نقطه‌ی داده، فاکتور تصحیح کیفی F را با استفاده از محاسبه‌ی پارامتر عدم تطبیق طیفی، زیربند ۱-۸ استاندارد ASTM E973 محاسبه کنید. برای انجام این محاسبه، پاسخ طیفی سلول مرجع ($R_r(\lambda)$ با یک واحد (این معرف پاسخ طیفی پیراهلیومتر است) و M را با F جایگزین نمایید.

۲-۹ ضریب کالیبراسیون برای هر نقطه داده، با استفاده از فرمول ۱ به شرح زیر بدست می‌آید:

$$C_i = \frac{I_{sc}}{E_t} \frac{1}{F} \frac{1}{1 - \alpha(25 - T)} \quad (1)$$

یادآوری - تصحیح دمایی در صورتی حذف می‌شود که دمای سلول مرجع اندازه گیری شده، ${}^{\circ}\text{C}$ (25 ± 1) باشد.

۳-۹ میانگین ثابت کالیبراسیون با استفاده از فرمول ۲ به شرح زیر بدست می‌آید:

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

۴-۹ انحراف استاندارد از ثابت کالیبراسیون را با استفاده از فرمول ۳ به شرح زیر محاسبه کنید:

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

۱-۴-۹ مقدار S ، باید یک درصد ثابت کالیبراسیون C یا کمتر از آن باشد.

۱۰ گزارش

۱-۱۰ گزارش حداقل دارای اطلاعات زیر باشد:

۱-۱-۱ شماره سریال سلول مرجع؛

۱-۱-۲ تاریخ کالیبراسیون؛

۱-۱-۳ ثابت کالیبراسیون با استفاده از زیربند ۲-۹؛

۱-۱-۴ انحراف استاندارد با استفاده از زیربند ۴-۹؛

۱-۱-۵ عامل پرکننده با استفاده از زیربند ۷-۴-۲؛

۱-۱-۶ تایید خطی بودن با استفاده از زیربند ۷-۲-۳؛

۱-۱-۷ پاسخ طیفی با استفاده از زیربند ۷-۲-۱؛

۱-۱-۸ ضریب دمایی با استفاده از زیربند ۷-۲-۲؛

۱-۱-۹ پیراهنیومتر (نوع، کارخانه سازنده، شماره سریال، ثابت کالیبراسیون، تاریخ آخرین کالیبره)

۱۰-۱-۱۰ توصیف کامل سیستم اندازه‌گیری؛

۱۱-۱-۱۰ هر انحراف از روش اجرایی کالیبراسیون استاندارد؛

۱۲-۱-۱۰ هر نقطه داده در کالیبراسیون، شامل موارد زیر باشد:

۱۰-۱-۱۳ هر اتفاق غیر عادی در مدت کالیبراسیون؛

۱۰-۱-۱۳-۱ دمای سلول؛

۱۰-۱-۱۳-۲ تابش کل؛

۱۰-۱-۱۳-۳ جریان اتصال کوتاه؛

۱۰-۱-۱۳-۴ فاکتور تصحیح کیفی

۱۱ دقต و انحراف

۱-۱۱ دقت

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

۱۱-۱-۱ تغییرات زمانی تابش کل و طیفی خورشید در طی اندازه‌گیری تابش طیفی (به زیربند ۲-۸ مراجعه شود) باعث ایجاد خطاهایی در دوره‌ی کالیبراسیون خواهد شد. برای به حداقل رساندن این خطاهای باید دوره‌های کالیبراسیون انتخاب شوند که در آنجا، تغییرات در جریان اتصال کوتاه سلول مرجع و خروجی پیراهیلومتر تا حد امکان کوچک باشد.

۱۱-۱-۲ بررسی دقت اندازه‌گیری‌های طیفی در زیربند 9.1 استاندارد ASTM E 973 قابل اعمال برای روش آزمون کالیبراسیون سلول مرجع، است.

۱۱-۱-۳ تغییرات دمای سلول مرجع که در محدوده $25^{\circ}\pm 1$ (۲۵±۱) کالیبره می‌شود، اگر تصحیح دما اعمال نگردد (به یادآوری زیربند ۲-۹ مراجعه شود) خطاهای کوچک در ثابت کالیبراسیون نشان خواهد داد. ضریب دمایی (به زیربند ۲-۷ مراجعه شود) بزرگی این خطاهای را تعیین خواهد کرد.

۱۱-۱-۴ وسایل الکترونیکی به کار رفته برای اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه سلول مرجع، تابش کل و دمای سلول، در خطاهای دقت نسبت به ثابت کالیبراسیون کمک خواهند کرد.

۲-۱۱ انحراف

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

۱-۲-۱۱ شیب منحنی I-V سلول در نزدیکی به ولتاژ صفر و بارگذاری سلول به وسایل اندازه‌گیری جریان ناشی از امپدانس ورودی غیر صفر می‌تواند تا حدی مقدار جریان اتصال کوتاه کوچکتری نتیجه دهد. این وضعیت را می‌توان با نزدیک کردن ولتاژ سلول مرجع به صفر تا حد ممکن در حین اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه حداقل نمود.

۲-۲-۱۱ اندازه‌گیری دمای سلول در قسمت پشت قطعه مقداری را نشان می‌دهد که کوچکتر از دمای پیوند در مدت در معرض نور قرار دادن سلول با نور خورشید می‌باشد. این امر ممکن است مقدار اندکی بیشتر را برای جریان اتصال کوتاه نتیجه دهد. به دلیل اینکه ضریب دمایی جریان اتصال کوتاه معمولاً کوچک است این منبع انحراف تمایل به سمت کوچک شدن دارد.

۳-۲-۱۱ هر ابزار اندازه‌گیری انحراف را در کالیبراسیون نهایی در مقادیر متغیر معرفی خواهد کرد. فرض می‌شود که تمام ابزارها در دوره‌های منظم کالیبره شده باشند. هر چند هر مجموعه ابزاری حتی پس از کالیبراسیون دقیق انحراف را تحت تاثیر قرار خواهد داد.

۴-۲-۱۱ دقت مطلق٪ ۰/۲۵ برای اندازه‌گیری‌های تابش‌سنجد خورشیدی زمینی برای تابش‌سنجد های حفره مطلق که با مرجع تابش‌سنجدی جهانی مقایسه شده‌اند، ثبت گردیده است. اگر یک پیراهلیومتر مرجع ثانویه استفاده شود، خطای انتقال٪ ۱ از تابش‌سنجد حفره‌ای هنگام کاربرد روش اجرایی استاندارد Astm E 816 می‌تواند قابل انتظار باشد.

۵-۲-۱۱ بررسی انحراف اندازه‌گیری طیفی در زیربند ۹.۲ استاندارد Astm E973 برای روش آزمون کالیبراسیون سلول مرجع قابل اعمال است.

پیوست الف

(آگاهی دهنده)

طراحی موازی ساز

الف-۱ یک موازی ساز همتراز با پرتو خورشید برای محدود کردن زمینه دید یک سلول خورشیدی به اشعه مستقیم نور خورشید به اضافه مقداری از تشعشع دور خورشید استفاده می‌شود.

شكل الف-۱ طراحی یک تیوب موازی ساز را به صورت شماتیک نشان می‌دهد. مقدار تشعشع دور خورشید در یک روزنہ دریافت کننده با شعاع r و زاویه Θ_0 که می‌تواند به صورت نسبت $R/2R$ تعریف شود، مشخص می‌شود (طول تقسیم بر قطر تیوب موازی ساز).

مقدار $R/2R$ بین ۱۰ تا ۱۲ می‌تواند باشد در صورتی که در موازی سازی دقت٪ ۵ برقرار باشد. (مقدار $L/2R = 10$ مقداری است که برای گرماسنج و نیروسنجه خورشیدی استاندارد بر اساس زاویه باز مخروط به میزان $= 5/72^\circ = 2\Theta_0$ استفاده می‌شود).

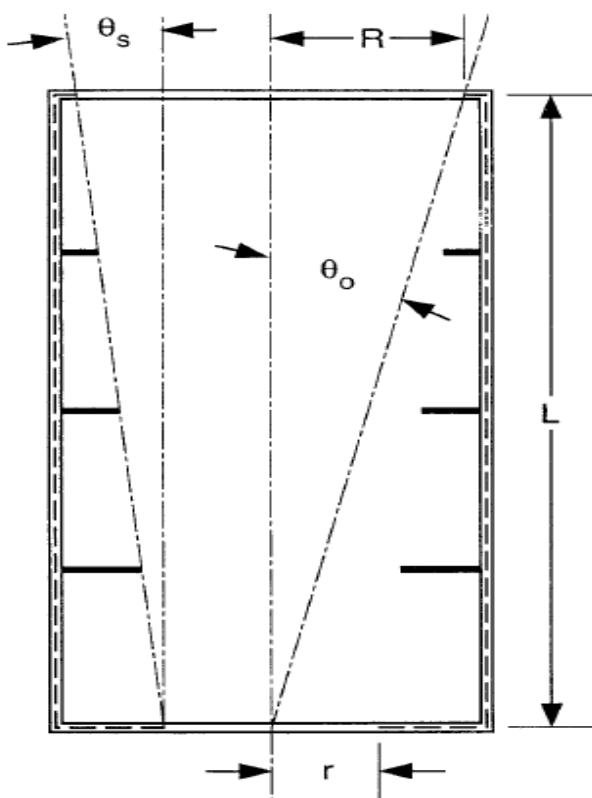
الف-۲ زاویه شیب θ شامل طراحی موازی ساز به منظور اجازه نقطه یابی، ردیابی خطأ و زاویه وتر خورشید می‌باشد. صفحه‌ی خورشید شامل نصف زاویه 26° از مرکز به لبه است.

خطاهای ردیابی شده ممکن است تا مقدار نیم درجه باشد. بنابراین مقدار طراحی برای زاویه شیب حداقل 126° خواهد بود. زاویه‌های شیب بزرگ‌تر دامنه تغییرات بزرگ‌تر را در ردیابی خطاهای اجازه می‌دهند. اما به تیوب موازی سازی بزرگ‌تر منتج می‌شود.

حد بالایی کاربردی برای زاویه شیب ۲ درجه می‌باشد. شعاع روزنہ دریافت کننده ۲ بستگی دارد به اندازه‌ی سلول خورشیدی که در موازی ساز استفاده می‌شود. برای سلول مربعی یا مستطیلی r به اندازه نصف قطر سلول انتخاب می‌شود.

الف-۲ خلاصه‌ی طراحی – با زاویه شیب، نسبت طول به قطر و روزنہ ی دریافت کننده، ابعاد موازی ساز با ملاحظات هندسی تعیین می‌شود.

سطح داخلی موازی ساز باید سیاه و مات باشد تا انعکاس دیوارهای داخلی را کاهش دهد.



شکل الف-۱- طراحی موازی ساز