



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۴۱۱۵-۵

چاپ اول

اردیبهشت ۱۳۹۲

INSO

14115-5

1st. Edition

Apr.2013

افزارهای فتوولتائیک -

قسمت ۵: تعیین معادل دمای سلول (ECT)  
افزارهای فتوولتائیک (PV) به روش ولتاژ مدار  
باز

**Photovoltaic devices –  
Part 5: Determination of the equivalent cell  
temperature (ECT) of photovoltaic (PV)  
devices by the open-circuit voltage method**

ICS: 27.160

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

نام مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۰۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران 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 منصفانه‌ی صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته‌ی ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به‌عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته‌ی ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته‌ی ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به‌عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی 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 زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به‌منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه‌ی مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی‌نامه‌ی تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

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

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

### «افزارهای فتوولتائیک -

قسمت ۵: تعیین معادل دمای سلول (ECT) افزارهای فتوولتائیک (PV) به روش ولتاژ مدار باز»

#### رئیس:

شریعتمدار، سید محمد  
(دکترای مهندسی برق، قدرت)

#### سمت و / یا نمایندگی

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد نراق

#### دبیر:

عبدی، جواد  
(دکترای مهندسی برق، کنترل)

کارشناس مؤسسه ارتباط پژوهان البرز

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

ابراهیم پور، سید مجید  
(لیسانس مهندسی برق الکترونیک)

کارشناس قرارگاه خاتم الانبیاء

جزواحدی، محمدرضا  
(لیسانس مهندسی برق، کنترل)

کارشناس شرکت کیاتل (سهامی خاص)

حافظ عقیلی، حمیدرضا  
(فوق لیسانس مهندسی برق، مخابرات-سیستم)

مسئول آزمایشگاه مرجع مخابرات پژوهشگاه نیرو (سهامی عام)

حقدادی، نوید  
(فوق لیسانس مهندسی برق، قدرت)

شرکت مشاوران راه انرژی دنیا (سهامی خاص)

عابدی، سعید  
(لیسانس مهندسی برق، مخابرات)

مدیر پروژه‌های مخابراتی شرکت بهین ارتباط مهر (سهامی خاص)

عرفانی، علی  
(فوق لیسانس مهندسی برق، مهندسی پزشکی)

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد کرج

کمانکش، سیما  
(فوق لیسانس مهندسی برق، قدرت)

کارشناس پژوهشکده برق پژوهشگاه نیرو (سهامی عام)

فامیل خلیلی، اعظم  
(فوق لیسانس مهندسی کامپیوتر، فناوری اطلاعات)

مسرور تهرانی، حسین  
(فوق لیسانس مهندسی برق، قدرت)

مظفری، بهروز  
(فوق لیسانس مکترونیک)

یوسفزاده فعال دقتی، بهاره  
(لیسانس مهندسی برق، الکترونیک)

کارشناس مؤسسه ارتباط پژوهان البرز

کارشناس ارشد تحقیق، شرکت برق منطقه‌ای استان تهران

مدیر تحقیق و توسعه شرکت نیمه هادی عماد (سهامی خاص)

کارشناس سازمان ملی استاندارد ایران

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ الزامات و اصول اندازه‌گیری
۳	۴ دستگاه‌ها
۳	۵ تعیین پارامترهای ورودی مورد نیاز
۴	۶ رویه
۴	۷ محاسبهٔ دمای معادل سلول
۵	۸ گزارش آزمون

## پیش‌گفتار

استاندارد "افزارهای فتوولتائیک - قسمت ۵: تعیین معادل دمای سلول (ECT) افزارهای فتوولتائیک (PV) به روش ولتاژ مدار باز"، که توسط کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده و در ششصد و پنجاه و پنجمین اجلاس کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۱۳۹۱/۱۲/۰۶ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد 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 هر گونه پیشنهادی که برای اصلاح و 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 تجدید نظر آنها استفاده گردد. 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 مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

IEC 60904-5: 2011, Photovoltaic devices - Part 5: Determination of the equivalent cell temperature (ECT) of photovoltaic (PV) devices by the open-circuit voltage method

## افزارهای فتوولتائیک -

### قسمت ۵: تعیین معادل دمای سلول (ECT) افزارهای فتوولتائیک (PV) به روش ولتاژ مدار باز

#### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین و توصیف روش ترجیحی برای تعیین معادل دمای سلول (ECT)<sup>۱</sup> افزارهای فتوولتائیک (PV)<sup>۲</sup> (سلول‌ها، پودمان‌ها و آرایه‌های از یک نوع مدول)، به منظور مقایسه مشخصه‌های حرارتی آن‌ها، تعیین دمای کاری نامی سلول (NOCT)<sup>۳</sup> و ترجمه مشخصه‌های I-V اندازه‌گیری شده به دماهای دیگر، می‌باشد.

این استاندارد، برای افزارهای خطی با وابستگی لگاریتمی Voc به تابش و در شرایط پایدار، کاربرد دارد. این استاندارد می‌تواند برای تمام فناوری‌ها به کار برده شود، اما به شرط آن که تضمین نمود که هیچ پیش‌زمینه‌ای که بر اندازه‌گیری تأثیر گذارد، وجود نداشته باشد.

#### ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- 2-1 IEC 60891, Photovoltaic devices – Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics
- 2-2 IEC 60904-1, Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics
- 2-3 IEC 60904-2, Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for reference solar devices
- 2-4 IEC 60904-7, Photovoltaic devices – Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices
- 2-5 IEC 60904-10<sup>4</sup>, Photovoltaic devices – Part 10: Methods of linearity measurement

1- Equivalent Cell Temperature

2- Photovoltaic devices

3- Nominal Operating Cell Temperature

۴- استاندارد ملی ایران شماره ۱۵-۱۴۱۵۵:۱۳۸۹، مدول فتوولتائیک - قسمت ۱۰: روش‌های اندازه‌گیری خطی. مرجع این استاندارد ملی ایران، استاندارد بین‌المللی IEC 60904-10: 2009 است.

- 2-6 IEC 61215<sup>1</sup>, Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval
- 2-7 IEC 61829, Crystalline silicon photovoltaic (PV) array – On-site measurement of I-V characteristics
- 2-8 ISO/IEC 17025<sup>2</sup>, General requirements for competence of testing and calibration laboratories

### ۳ الزامات و اصول اندازه‌گیری

روشی که در زیر شرح داده شده، مبتنی بر این واقعیت است که ولتاژ مدار باز ( $V_{oc}$ ) یک سلول خورشیدی به‌گونه‌ای قابل پیش‌بینی، با دما تغییر می‌کند. اگر ولتاژ مدار باز افزار در شرایط آزمون استاندارد همراه با ضریب دمای آن معلوم باشد، دمای معادل تمام سلول‌های درون افزار می‌تواند تعیین شود. ولتاژ مدار باز نیز کمی تحت تأثیر تابش قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که ممکن است تصحیح دیگری همان‌گونه که در استاندارد بین‌المللی IEC 60891 بیان شده، لازم باشد. تجربه نشان می‌دهد که دمای معادل سلول می‌تواند به‌روشی که اینجا شرح داده می‌شود دقیق‌تر از هر تکنیک دیگری تعیین شود. هر چند، از آنجایی که ضریب دما  $\beta$  در تابش‌های کمتر از  $200 \text{ W.m}^{-2}$  به‌سرعت کاهش یابد، بهتر است این روش تنها در تابش‌های بالاتر از این حد آستانه مورد استفاده قرار گیرد.

### ۲-۳ الزامات کلی اندازه‌گیری

الف- افزار تحت آزمون لازم است با معیارهای زیر انطباق داشته باشد:

- ۱- روند تغییرات  $V_{oc}$  نیاز است همان‌گونه که در استاندارد بین‌المللی IEC 60904-10 تعریف شده، نسبت به دما خطی باشد.
  - ۲- روند تغییرات  $V_{oc}$  لازم است دارای وابستگی لگاریتمی به تابش باشد.
  - ۳- لازم است یک مقاومت سری اهمی داشته باشد، زیرا در غیر این‌صورت، برای نواحی دمایی مختلف، ضرایب ECT متفاوتی وجود خواهد داشت.
  - ۴- مقاومت‌های موازی افزار لازم است به‌طور معقولی بالا باشند، مانند اکثر افزارهای تجاری موجود، زیرا در غیر این‌صورت برای نواحی دمایی مختلف، ضرایب ECT متفاوتی وجود خواهد داشت.
- ب- اندازه‌گیری‌های تابش باید با استفاده از یک افزار PV مرجع که مطابق با استاندارد بین‌المللی IEC 60904-2 بسته‌بندی و کالیبره شده یا یک پیرانومتر<sup>۳</sup> انجام شود. افزار PV مرجع باید یا از نظر طیفی با آزمون مطابقت داشته باشد یا باید یک تصحیح عدم‌انطباق طیفی مطابق با استاندارد بین‌المللی IEC 60904-7 انجام شود. جریان اتصال کوتاه افزار مرجع باید همان‌گونه که در استاندارد بین‌المللی IEC 60904-10 تعریف شده روی گستره تابش دلخواه، خطی باشد.

۱- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۸۸۱:۱۳۸۸، مدول‌های فتوولتائیک (PV) زمینی سیلیکون کریستال - احراز شرایط طراحی و تایید نوع. مرجع این استاندارد ملی ایران، استاندارد بین‌المللی IEC 61215: 2005 است.

۲- استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۲۵:۱۳۸۶، الزامات عمومی برای احراز صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون. مرجع این استاندارد ملی ایران، استاندارد بین‌المللی ISO/IEC 17025: 2005 است.



طبق استاندارد بین‌المللی IEC 60904-2، افزار مرجع برای این‌که از نظر طیفی منطبق در نظر گرفته شود، باید با استفاده از محفظه‌بندی و فناوری سلولی همسان با افزار آزمون، ساخته شده باشد. در غیر این‌صورت، باید عدم‌انطباق طیفی گزارش شود.

یادآوری- ممکن است بعضی افزارها، دارای وابستگی مؤثر ولتاژ مدار باز به توزیع طیفی باشند. در چنین حالتی، رادیومتر طیفی<sup>۱</sup> نیاز است تا از طیف تابش فرودی<sup>۲</sup> پایدار اطمینان حاصل شود.

پ- سطح فعال آزمون و افزار مرجع باید با رواداری  $\pm 2^\circ$  هم‌سطح باشند.

ت- ولتاژها باید با دقت  $\pm 0.2\%$  از ولتاژ مدار باز با استفاده از رابط‌های مستقل از ترمینال‌های آزمون و با تا حد امکان کوتاه نگه داشتن آن‌ها، اندازه‌گیری شوند. بهتر است گستره‌های اندازه‌گیری جمع‌آوری داده<sup>۳</sup> باید با دقت انتخاب شوند. در صورتی‌که آزمون<sup>۴</sup> آزمون یک پودمان است، بهتر است اتصال چهار سیمه از ترمینال‌ها یا اتصال‌گرها شروع شود. در صورتی‌که آزمون<sup>۴</sup> آزمون یک سلول است، بهتر است اتصال چهار سیمه از جعبه تقسیم‌ها<sup>۴</sup> شروع شود.

#### ۴ دستگاه‌ها

علاوه بر الزامات کلی اندازه‌گیری بند ۳، تجهیزات زیر برای اندازه‌گیری‌های مشخصه I-V مورد نیاز می‌باشد:

الف- افزار PV مرجع که شرایط بیان شده در بند ۳ الف را برآورده نماید.

ب- تجهیزاتی برای اندازه‌گیری ولتاژ مدار باز تا دقتی بهتر از  $\pm 0.2\%$ .

پ- تجهیزاتی برای اندازه‌گیری دما تا دقت  $\pm 1\text{ K}$ .

#### ۵ تعیین پارامترهای ورودی مورد نیاز

رویه، تعدادی پارامتر ورودی نیاز دارد که عبارتند از:

- ضریب دمایی ولتاژ مدار باز،  $\beta$ . این پارامتر باید از اندازه‌گیری‌های پودمانی یا سلول‌های نمونه مطابق با استاندارد بین‌المللی IEC 60891 تعیین شود.
- ولتاژ مدار باز ( $V_{OC}$ ) در حالت مرجع ( $G_I$  و  $T_I$ ) مطابق با استاندارد بین‌المللی IEC 60904-1 برای یک سلول‌ها یا مدول یا مطابق با استاندارد بین‌المللی IEC 61829 برای یک آرایه PV. حالت مرجع اغلب به‌عنوان شرایط آزمون استاندارد همان‌گونه که در استاندارد بین‌المللی IEC 61215 تعریف شده، یعنی  $G_{STC} = 1000\text{ W.m}^{-2}$  و  $T_{STC} = 25^\circ\text{C}$  انتخاب می‌شود.
- رویه، به یک مقدار ثابت،  $a$ ، نیاز دارد که به‌عنوان ولتاژ دیود حرارتی نیز تعبیر شود. برای تعیین آن، اندازه‌گیری ولتاژ مدار باز در دو سطح تابش مختلف  $G_3$  و  $G_4$  نیاز است، که یکی از آن‌ها می‌تواند نقطه  $T_I$  و یا  $G_I$  باشد.

---

1- Spectroradiometer  
2- Incident spectrum  
3- Data acquisition  
4- Bus-bars

## ۶ رویه

### ۱-۶ کلیات

رویه می‌تواند در یک محیط کنترل شده یا با انجام اندازه‌گیری‌هایی در تابش‌های دلخواه و تصحیح کردن به تابش مرجع  $G_1$  انجام شود.

### ۲-۶ کار در محیط کنترل شده

الف- حسگر تابش را هم‌سطح با افزار آزمون تا مقدار قراردادی بهتر از  $\pm 2^\circ$  نصب کنید.

ب- تابش را با استفاده از افزار مرجع، برابر با تابش حالت مرجع  $G_1$  تنظیم کنید.

پ- به‌طور همزمان ولتاژ مدار باز افزار آزمون  $V_{OC2}$  و تابش فرودی ( $G_2$ ) را بخوانید. در صورتی که هرگونه تغییری در تابش وجود داشته باشد، به‌عنوان اندازه‌گیری در شرایط دلخواه، همان‌گونه که در بند ۳-۶ ارائه شده، در نظر بگیرید و تصحیح مناسب را انجام دهید. بهتر است در صورتی که پراکندگی در ECT تعیین شده از  $1\text{ K}$  بیشتر است، تصحیح تابش انجام شود.

ت- ECT را به‌گونه‌ای که در بند ۷ شرح داده شده، محاسبه کنید.

### ۳-۶ به‌دست آوردن اندازه‌گیری‌ها تحت شرایط تابش دلخواه

الف- حسگر تابش را هم‌سطح با افزار آزمون تا مقدار قراردادی بهتر از  $\pm 2^\circ$  نصب کنید.

ب- به‌طور همزمان ولتاژ مدار باز افزار آزمون  $V_{OC2}$  و تابش فرودی ( $G_2$ ) را اندازه‌گیری کنید.

پ- تصحیح  $V_{OC2}$  به تابشی برابر با  $G_1$  را انجام دهید.

ت- ECT را به‌گونه‌ای که در بند ۷ شرح داده شده، محاسبه کنید.

## ۷ محاسبه دمای معادل سلول

دمای معادل سلول از معادلات تک دیودی که مشخصه ولتاژ جریان را توصیف می‌کنند، نتیجه می‌شود. حل کردن معادله برای  $V_1=V_{OC1}$ ،  $V_2=V_{OC2}$  و  $I_2=I_1=0$ ، وابستگی ولتاژ مدار باز زیر را نتیجه می‌دهد.

$$V_{OC2} = V_{OC1} + V_{OC1} \left[ \beta(T_2 - T_1) + a \ln \frac{G_2}{G_1} \right] \quad (1)$$

که در آن

$V_{OC1}$  ولتاژ مدار باز اندازه‌گیری شده در بند ۵ در تابش  $G_1$  و دمای مدول  $T_1$  می‌باشد؛

$V_{OC2}$  ولتاژ مدار باز اندازه‌گیری شده در بند ۶ در تابش  $G_2$  و دمای مدول  $T_2$  می‌باشد.

ضریب دمایی ولتاژ مدار باز،  $\beta$ ، همچنین به‌عنوان قسمتی از بند ۵ مطابق با استاندارد بین‌المللی IEC 60891 اندازه‌گیری شده است.

پارامتر  $a$ ، ولتاژ حرارتی دیود است که می‌تواند از اندازه‌گیری‌ها در شدت‌های نور متفاوت اما در دماهای یکسان به‌صورت زیر محاسبه شود:

$$a = \frac{V_{OC4} - V_{OC3}}{V_{OC3} \ln(G_4/G_3)} \quad (2)$$

که در آن  $V_{OC3}$  و  $V_{OC4}$ ، ولتاژهای اندازه‌گیری شده در بند ۵ در دماهای مدول یکسان اما در تابش‌های مختلف به ترتیب  $G_3$  و  $G_4$  می‌باشد.

به‌جای تابش‌های  $G_1$  و  $G_2$ ، می‌توانید از نسبت جریان‌های مدار باز نیز استفاده کنید، که در این حالت، خودمرجعی<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. در این صورت لازم است که جریان اتصال کوتاه طبق استاندارد بین‌المللی IEC 60904-10 خطی باشد. این کار، اندازه‌گیری‌هایی که باید انجام شوند را بسیار ساده می‌کند، زیرا اساساً الزام برای اندازه‌گیری تابش و وابستگی به افزارهای منطبق طیفی را از بین می‌برد.

رابطه بین مقادیر مختلف  $V_{OC}$  سپس می‌تواند برای محاسبه ECT معادل به صورت زیر دوباره نوشته شود:

$$ECT = T_2 = T_1 + \frac{1}{\beta} \left[ \frac{V_{OC2}}{V_{OC1}} - 1 - a \ln \left( \frac{G_2}{G_1} \right) \right] \quad (3)$$

**یادآوری** - در این معادله فرض بر این است که غیریکنواختی حرارتی و فضایی بین دو  $V_{OC}$ ، مشابه است. برای روشنایی یا دمای غیریکنواخت، خطای کوچکی در ECT وجود خواهد داشت، زیرا مدل مدار معادل فرض می‌کند که روشنایی و دما یکنواخت هستند.

در حالت به‌دست آوردن اندازه‌گیری‌های پایه شرح داده شده در بند ۵ در شرایط آزمون استاندارد، ECT می‌تواند به صورت زیر تعیین شود:

$$ECT = 25^\circ\text{C} + \frac{1}{\beta} \left[ \frac{V_{OC2}}{V_{OC,STC}} - 1 - a \ln \left( \frac{G_2}{1000} \right) \right] \quad (4)$$

این معادله، رابطه نزدیکی با فرمول‌بندی روش ۱ در استاندارد برای تصحیح‌های دمایی و تابشی (استاندارد بین‌المللی IEC 60891) دارد. عامل  $a$  با تعداد سلول‌های (اتصالات) سری درون مدول ( $n_s$ ) و نیز ولتاژ حرارتی  $D$ ، که در استاندارد بین‌المللی IEC 60891 تعریف شده، ارتباط دارد. بنابراین، می‌توانید ECT را در این استاندارد به صورت زیر بنویسید:

$$ECT = T_2 = T_1 + \beta^{-1} \left[ \frac{V_{OC2}}{V_{OC1}} - 1 + D \times n_s \times \ln \left( \frac{G_2}{G_1} \right) \right] \quad (5)$$

## ۸ گزارش آزمون

گزارش آزمون همراه با مشخصات عملکردی اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون باید توسط واحد آزمون‌گر مطابق استاندارد بین‌المللی ISO/IEC 17025 تهیه شود. گزارش آزمون باید حاوی مطالب زیر باشد:

الف- عنوان.

ب- نام و آدرس آزمایشگاه و محلی که آزمون‌ها در آنجا انجام شدند.

پ- شناسه منحصر به فرد گزارش و هر صفحه از آن.

1- Self-reference

- ت- نام و آدرس مشتری.
- ث- توصیف و معرفی آزمون (سلول خورشیدی، زیرمجموعه سلول‌های خورشیدی یا مدول PV).
- ج- توصیف محیط آزمون (نور آفتاب طبیعی یا شبیه‌سازی و مورد شبیه‌سازی، توصیف مختصر و طبقه‌بندی شبیه‌سازی).
- چ- تاریخ دریافت مورد آزمون و تاریخ(های) کالیبره کردن یا آزمون، جایی که مناسب است.
- ح- ارجاع به رویه نمونه برداری، جایی که مرتبط است.
- خ- معرفی روش آزمون یا کالیبره کردن مورد استفاده.
- د- هرگونه انحراف از، اضافه شده‌ها یا حذف شده‌ها از روش آزمون یا کالیبره کردن، و هرگونه اطلاعات دیگری مربوط به آزمون یا کالیبره کردن خاص، مانند شرایط محیطی.
- ذ- معرفی روش تعیین پارامترهای ورودی.
- ر- بیان نتیجه و عدم قطعیت برآورد شده نتایج آزمون.
- ز- امضاء و عنوان، یا هویت معادل فرد (افراد) پذیرنده مسئولیت محتوای گزارش آزمون و تاریخ صدور.
- ژ- بیان تأثیر این که نتایج فقط مربوط به آزمون آزمون شده می‌باشند.
- س- بیان این که گزارش آزمون نباید بدون تأیید کتبی آزمایشگاه جز به‌طور کامل تکثیر شود.