INSO
19775-3
1st Edition
2020

Identical with
IEC 61853-3:
2018

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۹۷۷۵-۳
چاپ اول
۱۳۹۹

آزمون عملکرد مدول فتوولتائیک (PV) و رتبه‌بندی انرژی- قسمت ۳: رتبه‌بندی انرژی مدول‌های فتوولتائیک

Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating - Part 3: Energy rating of PV modules

ICS: 27.160

shaghool.ir

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب‌غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن:۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

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

shaghool.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱تنها مرجع رسمی کشوراست که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشراستانداردهای ملی (رسمی) ایران را به‌عهده 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 منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی 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 می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد(ISO)[1]،کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی(OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی(CAC)[5] 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 زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

shaghool.ir

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«آزمون عملکرد مدول فتوولتائیک (PV) و رتبه‌بندی انرژی- قسمت ۳ : رتبه‌بندی انرژی مدول‌های فتوولتائیک»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
مرتضوی، سیدمهدی (دکتری مهندسی برق- الکترونیک)	رئیس گروه استانداردهای بین‌المللی برق، الکترونیک و مخابرات- سازمان ملی استاندارد
دبیر:	
شاکری، روشنک (کارشناسی ارشد فیزیک اتمی- مولکولی)	کارشناس استاندارد- سازمان ملی استاندارد ایران
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آقاجانی، ساره (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع- مدیریت سیستم‌ها و بهره‌وری)	کارشناس استاندارد- سازمان ملی استاندارد
دهقان، مازیار (دکتری مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی)	عضو هیئت علمی- پژوهشگاه مواد و انرژی
کرمی، سینا (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- ساخت و تولید)	عضو مستقل
معینی، گیتا (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- طراحی فرآیندها)	کارشناس امور پژوهش- پژوهشگاه استاندارد
منشی‌پور، سمیرا (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع- سیستم‌ها و بهره‌وری انرژی)	کارشناس دفتر استاندار و تدوین مقررات فنی- سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی (ساتبا)
مؤمنی، محمد (کارشناسی ارشد مهندسی برق- کنترل)	کارشناس بازار برق- شرکت مدیریت توسعه انرژی تأمین
ویراستار:	
نوله‌دان، نوید (کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات- میدان و امواج)	کارشناس هماهنگی امور تدوین استانداردهای ملی- سازمان ملی استاندارد

shaghool.ir

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار و
مقدمه ز
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ آزمون ۳
۵ گزارش ۳
۶ انرژی گردآوری‌شده مدول ۴
۶-۱ کلیات ۴
۶-۲ داده‌های ورودی مدول برای رتبه‌بندی انرژی ۴
۶-۳ نمایه‌های آب‌وهوایی ورودی مرجع استاندارد ۵
۷ روش اجرایی رتبه‌بندی انرزی ۵
۷-۱ کلیات ۵
۷-۲ شدت تابش کلی درصفحه تصحیح‌شده برای اثرات زاویه تابش ۷
۷-۳ شدت تابش کلی درصفحه طیفی تصحیح‌شده ۸
۷-۴ محاسبه دمای مدول ۸
۷-۵ تعین توان لحظه‌ای مدول ۹
۷-۶ محاسبه انرژی خروجی ساعتی مدول ۱۰
۷-۷ محاسبه انرژی خروجی سالانه مدول ۱۰
۷-۸ رتبه‌بندی انرژی ویژه آب‌وهوای ۱۰

شکل۱- نمودار گردشی روش اجرایی محاسبه ۶

shaghool.ir

پیش‌گفتار

استاندارد «آزمون عملکرد مدول فتوولتائیک (PV) و رتبه‌بندی انرژی- قسمت ۳: رتبه‌بندی انرژی مدول‌های فتوولتائیک» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در یکصد و سی و سومین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد انرژی مورخ ۹۹/۰۴/۱۴ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم وخدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر درکمیسیون فنی مربوط، موردتوجه قرارخواهدگرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

IEC 61853-3: 2018, Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating- Part 3: Energy rating of PV modules

shaghool.ir

مقدمه

این مجموعه استاندارد، الزاماتی را برای تعیین عملکرد مدول فتوولتائیک (PV)[1] برحسب توان (وات)، رتبه‌بندی انرژی ویژه مدول (kWh/kW) و رتبه‌بندی انرژی ویژه آب‌وهوایی (بدون بعد) تعیین می‌کند. این استاندارد برای به‌کارگیری در تمام فناوری‌های فتوولتائیک از جمله افزاره‌های غیرخطی تدوین‌شده است. روش‌شناسی موجود، تخریب تدریجی یا رفتارهای گذرا، مانند تغییرات ناشی از نور و/یا عملیات حرارتی[2] را در نظر نمی‌گیرد.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۹۷۷۵ است. سایر قسمت‌ها عبارتند از:

- قسمت ۱: اندازه‌گیری‌های عملکرد شدت تابش و دما و رتبه‌بندی توان، که شرایط مورد نیاز برای ارزیابی عملکرد فتوولتائیک را برحسب توان (وات) برای محدوده‌های وسیع از شدت تابش‌ها و دماها رتبه‌بندی می‌کند؛
- قسمت ۲: حساسیت طیفی، زاویه تابش و اندازه‌گیری دمای عملیاتی مدول، که روش‌های آزمون برای اندازه‌گیری اثر زاویه‌های مختلف تابش و طیف نور خورشید و همچنین تخمین دمای مدول در اثر شدت تابش، دمای محیط و سرعت باد را توصیف می‌کند؛
- قسمت ۴: نمایه‌های آب‌وهوایی مرجع استاندارد، که دوره‌های زمانی استاندارد و مجموعه داده‌های محیطی را توصیف می‌کند که برای محاسبات رتبه‌بندی انرژی استفاده می‌شود.

1- Photovoltaic
2- Thermal annealing

shaghool.ir

آزمون عملکرد مدول فتوولتائیک (PV) و رتبه‌بندی انرژی- قسمت ۳: رتبه‌بندی انرژی مدول‌های فتوولتائیک

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، محاسبه مقادیر رتبه‌بندی انرژی مدول فتوولتائیک (PV)[1] است. در استاندارد IEC 61853-1 الزاماتی را برای ارزیابی عملکرد مدول فتوولتائیک در دماها و شدت تابش‌های مختلف برحسب توان (وات) تعریف می‌شود. در استاندارد IEC 61853-2 روش‌های آزمون تعیین دمای مدول بر اثر شدت تابش، دمای محیط و سرعت باد، روشی برای اندازه‌گیری اثرات زاویه تابش[2]، و پاسخ طیفی[3] توصیف می‌شود. همچنین مشخصات نمایه‌های آب‌وهوایی مرجع استاندارد (مجموعه داده‌های استاندارد محیطی) را که برای محاسبه مقادیر رتبه‌بندی انرژی استفاده می‌شود، شرح می‌دهد.

در این استاندارد، روشی برای تعیین میزان خروجی انرژی مدول فتوولتائیک (وات- ساعت) و رتبه‌بندی انرژی ویژه آب‌وهوایی (بدون بعد) برای یک سال کامل تحت بیشینه توان عملیاتی برای نمایه(های) آب‌وهوایی مرجع ارائه‌شده در استاندارد IEC 61853-4 تعریف می‌شود. همچنین این استاندارد برای تعیین خروجی یک مدول ویژه در یک نمایه آب‌وهوایی مرجع استاندارد به‌منظور مقایسه مدول‌های رتبه‌بندی‌شده استفاده می‌شود.

این روش، تخریب تدریجی یا رفتارهای گذرا، مانند تغییرات ناشی از نور و/یا عملیات حرارتی را در نظر نمی‌گیرد.

این استاندارد برای مدول‌های تک رُویه (یک‌وجهی)[4] کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

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

درصورتی‌که 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:

1- Photovoltaic
2- Angle of incidence
3- Spectral responsivity
4- Mono-facial

shaghool.ir

2-1 IEC 60891, Photovoltaic devices- Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۲۰۵: سال ۱۳۹۲، افزارهای فتوولتائیک- رویه‌های تصحیح دما و تابش به مشخصه‌های I-V اندازه‌گیری‌شده، با استفاده از استاندارد IEC 60891: 2009 تدوین شده است.

2-2 IEC 60904-3, Photovoltaic devices- Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۴۱۱۵: سال ۱۳۹۲، اصول اندازه‌گیری برای افزارهای خورشیدی فتوولتائیک (PV) زمینی با داده‌های تابش طیفی مرجع، با استفاده از استاندارد IEC 60904-3: 2008 تدوین شده است.

2-3 IEC 60904-7, Photovoltaic devices- Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۷-۱۴۱۱۵: سال ۱۳۹۲، افزارهای فتوولتائیک- قسمت ۷: محاسبه تصحیح عدم‌انطباق طیفی برای اندازه‌گیری افزارهای فتوولتائیک، با استفاده از استاندارد IEC 60904-7: 2008 تدوین‌شده است.

2-4 IEC 60904-8-1, Photovoltaic devices- Part 8-1: Measurement of spectral responsivity of multi-junction photovoltaic (PV) devices

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸-۱۴۱۱۵: سال ۱۳۹۶، افزاره‌های فتوولتائیک- قسمت ۱-۸: اندازه‌گیری پاسخ طیفی افزاره‌های فتوولتائیک (PV) چند پیوندی، با استفاده از استاندارد IEC 60904-8-1: 2017 تدوین‌شده است.

2-5 IEC TS 61836, Solar photovoltaic energy systems- Terms, definitions and symbols

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۸۵۲: سال ۱۳۹۵، سامانه‌های انرژی فتوولتائیک خورشیدی- اصطلاحات، تعاریف و نمادها، با استفاده از استاندارد IEC/TS 61836: 2007 تدوین‌شده است.

2-6 IEC 61853-1, Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating- Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۷۷۵: سال ۱۳۹۴، آزمایش عملکرد مدول فتوولتائیک (PV) و مقدار مجاز انرژی- قسمت ۱: اندازه‌گیری‌های عملکرد شدت تابش و دما و مقدار مجاز توان، با استفاده از استاندارد IEC 60904-8-1: 2017 تدوین شده است.

2-7 IEC 61853-2, Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating- Part 2: Spectral responsivity, incidence angle and module operating temperature measurements

2-8 IEC 61853-4, Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating- Part 4: Standard reference climatic profiles

shaghool.ir

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاح و تعریف زیر به‌کار می‌رود[۱]:

۳-۱

رتبه‌بندی انرژی ویژه آب‌وهوایی

climatic specific energy rating

مجموع انرژی دریافتی نرمال‌شده برای نمایه آب‌وهوایی مرجع، یعنی نسبت مجموع انرژی واقعی به آن‌چه که می‌توان به‌دست آورد، درصورتی‌که مدول فتوولتائیک همواره با بازده تبدیل انرژی که تحت شرایط آزمون استاندارد اندازه‌گیری می‌شود، عمل نماید.

یادآوری- رتبه‌بندی انرژی ویژه آب‌وهوایی بدون بعد است.

۴ آزمون

در این استاندارد هیچ آزمونی ارائه نمی‌شود. اگرچه، محاسبات رتبه‌بندی انرژی تعریف‌شده در بند ۷ از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها مطابق با استانداردهای IEC 61853-1 و IEC 61853-2 و نمایه‌های آب‌وهوایی مرجع‌استاندارد از استاندارد IEC 61853-4 استفاده می‌کند.

۵ گزارش

پس از تکمیل روش اجرایی، گزارش نتایج رتبه‌بندی انرژی، توسط آزمایشگاه تهیه می‌شود. هر گواهی‌نامه یا گزارش آزمون حداقل باید اطلاعات زیر را در برگیرد:

الف- عنوان؛

ب- نام و نشانی آزمایشگاه آزمون و مکانی که کالیبراسیون یا آزمون‌ها در آن انجام‌شده‌است؛

پ- شناسه‌ی منحصر به‌فرد برای هر صفحه گواهی‌نامه یا گزارش؛

ت- نام و نشانی مشتری، در موارد مقتضی؛

ث- توصیف و شناسایی مورد کالیبره شده یا تحت آزمون قرارگرفته؛

ج- مشخصات و شرایط کالیبراسیون یا مورد آزمون؛

چ- تاریخ دریافت مورد آزمون و تاریخ(های) کالیبراسیون یا آزمون، در موارد مقتضی؛

۱- اصطلاحات و تعاریف به‌کاررفته در استانداردهای IEC و ISO در وبگاه‌های http://www.electropedia.org/ و http://www.iso.org/obp قابل دسترس است.

shaghool.ir

ح- مشخص‌کردن روش کالیبراسیون یا آزمون استفاده‌شده؛

خ- ارجاع به روش انجام نمونه‌برداری، در صورت لزوم؛

د- هرگونه انحراف، موارد تکمیلی یا استثنا از روش کالیبراسیون یا آزمون و هر اطلاعات دیگری مربوط به کالیبراسیون یا آزمون ویژه، از قبیل شرایط محیطی؛

ذ- نام پرونده‌های اطلاعات آب‌وهوایی مرجع و نسخهٔ استاندارد IEC 61853-4 مربوط به پرونده‌های اطلاعات؛

ر- ویژگی‌های متداول درون‌یابی که برای استخراج داده‌های مدول از جداول عملکرد اندازه‌گیری‌شده استفاده می‌شود؛

ز- خروجی انرژی مدول برای افزاره‌های آزمون به‌صورت مجزا و همچنین میانگین داده‌ها (برای سه مدولی که برای آزمون، در استاندارد IEC 61853-1 ارائه‌شده است)؛

ژ- رتبه‌بندی انرژی ویژه آب‌وهوایی برای افزاره‌های آزمون به‌صورت مجزا و همچنین میانگین داده‌ها (برای سه مدولی که برای آزمون، در استاندارد IEC 61853-1 ارائه‌شده است)؛

س- بیان عدم‌قطعیت برآوردشده‌ی نتایج رتبه‌بندی انرژی؛

ش- امضا و سمت، یا شناسه‌ی معادل شخص یا اشخاصی که مسئولیت محتوای گواهی‌نامه یا گزارش را قبول کرده‌اند و تاریخ صدور آن؛

ص- بیان اینکه نتایج، فقط مربوط به موارد کالیبره‌شده یا آزمون‌شده هستند، در صورت لزوم؛

ض- بیان اینکه گواهی‌نامه یا گزارش نباید بدون موافقت کتبی آزمایشگاه تکثیر شود، مگر به‌صورت کامل.

۶ انرژی گردآوری‌شده مدول

۶-۱ کلیات

در درجه اول توان خروجی مدول فتوولتائیک به پارامترهای زیر بستگی دارد:

– شدت تابش برروی سطح مدول؛

– دمای مدول.

همان‌طورکه در استاندارد IEC 61853-2، تعیین‌شده است، دمای مدول یک پارامتر مشتق‌شده است و از جدول شدت تابش، دمای محیط و سرعت باد به همراه پارامترهای دمایی مدول تعیین می‌شود.

این پارامترها تابعی از شرایط محیطی در یک بازه زمانی سالانه مشخص‌شده از هر نمایه آب‌وهوایی مرجع استاندارد است که به‌عنوان داده‌های ساعتی در استاندارد IEC 61853-4 جدول‌بندی‌شده است. زاویه تابش و

shaghool.ir

اثرات طیفی به دلایل کامل بودن در محاسبات در نظر گرفته‌شده است و برای اطمینان از این‌که مدول‌ها با مشخصه‌های ویژه به‌درستی رتبه‌بندی می‌شوند.

۶-۲ داده‌های ورودی مدول برای رتبه‌بندی انرژی

پارامترهای عملکرد مدول زیر، بر خروجی توان لحظه‌ای و از این‌رو تولید انرژی یک مدول فتوولتائیک تأثیر می‌گذارند:

الف- ماتریس P_{max} در مقابل شدت تابش در جرم هوای ۱٫۵ مربوط به طیف کلی (در g[1] AM 1.5[2]) و در مقابل دمای مدول (استاندارد IEC 61853-1) که ممکن است برای به‌دست آوردن توان لحظه‌ای در شدت تابش و دمای معین مدول درون‌یابی[3] شود.

ب- ضرایب دمایی u_0 و u_1 که توصیف‌کننده دمای عملکرد مدول به‌عنوان تابعی از شدت تابش و سرعت باد است، که برای محاسبه دمای لحظه‌ای مدول (استاندارد IEC 61853-2) استفاده می‌شود.

پ- پاسخ زاویه تابش، a_r (استاندارد IEC 61853-2) که برای محاسبه انتقال نور مؤثر به مدول در زاویه‌های تابش مختلف استفاده می‌شود.

ت- پاسخ طیفی (استاندارد IEC 61853-2)، برای محاسبه عدم سازگاری طیفی و از این‌رو صحیح بودن شرایط طیفی مرجع استفاده می‌شود. که به‌صورت جدولی از مقادیر برای طیف وسیعی از طول موج‌هایی است که مدول دارای عکس‌العمل است، ارائه می‌شود.

پارامترهای عملکردی ذکرشده در مورد الف با روش‌های ذکرشده در استاندارد IEC 61853-1 اندازه‌گیری می‌شوند. پارامترهای عملکردی ذکرشده در موارد ب، پ و ت مطابق با روش‌های اجرایی ذکرشده در استاندارد IEC 61853-2 تعیین می‌شوند. از این‌رو، در بعضی موارد پارامترهای موجود در موارد ب و پ ممکن است مقادیر نامی باشند که در آن ارائه شده است.

۶-۳ نمایه‌های آب‌وهوایی ورودی مرجع استاندارد

در استاندارد IEC 61853-4 نمایه‌های آب‌وهوایی مرجع استاندارد برای استفاده در رتبه‌بندی انرژی ارائه شده است. اطلاعات ارائه‌شده با هر نمایه‌های آب‌وهوایی مرجع استاندارد در زیربند ۴-۲ استاندارد IEC 61853-4: 2018 ارائه‌شده است.

1- Global spectrum
2- Air Mass
3- Interpolated

shaghool.ir

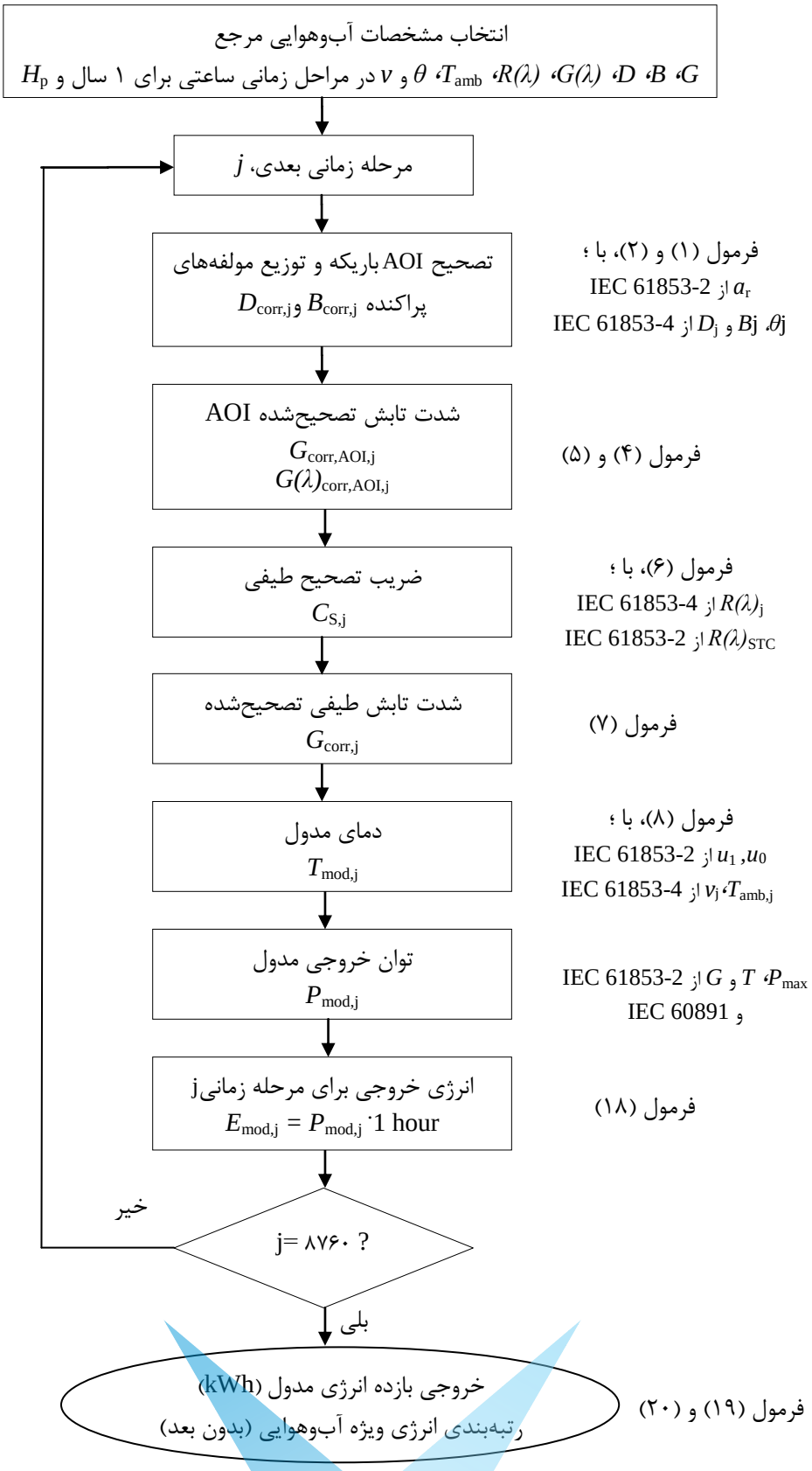
۷ روش انجام آزمون رتبه‌بندی انرژی

۷-۱ کلیات

برای هر یک از سه مدول و برای میانگین مقادیر گزارش‌شده از سه مدول مطابق استاندارد IEC 61853-1 روش‌اجرایی زیر باید دنبال شود. بیشینه توان و انرژی خروجی مدول برای یک مرحله زمانی خاص با به‌کارگیری مجموعه‌ای از محاسبات شرح داده‌شده در این بند تعیین می‌شود. انرژی خروجی مدول در هر ساعت محاسبه می‌شود. این مقادیر انرژی ساعتی منحصر به‌فرد پس از جمع‌آوری داده‌ها برای تعیین تولید سالانه انرژی به‌کار می‌رود.

روش‌اجرایی برای هر مرحله زمانی در شکل ۱ تعین‌شده است.

shaghool.ir



شکل ۱- نمودار گردشی روش اجرایی محاسبه

shaghool.ir

۷-۲ شدت تابش کلی در صفحه[1] تصحیح‌شده برای اثرات زاویه‌ای تابش

مؤلفه‌های تصحیح‌شده درصفحهٔ مستقیم B_{corr} و پراکنده D_{corr} برای زاویه تابش به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$B_{corr,j} = B_j \left[\frac{1-\exp\left(-\frac{\cos(\theta_j)}{a_r}\right)}{1-\exp\left(-\frac{1}{a_r}\right)} \right] \quad (۱)$$

$$D_{corr,j} = D_j \left\{ 1-\exp\left[-\frac{1}{a_r}\left(\frac{4}{3\pi}\left(\sin\beta + \frac{\pi-\beta-\sin\beta}{1+\cos\beta}\right) + (0,5a_r - 0,154)\left(\sin\beta + \frac{\pi-\beta-\sin\beta}{1+\cos\beta}\right)^2 \right) \right] \right\} \quad (۲)$$

که در آن:

B_j شدت تابش مستقیم درصفحه تصحیح‌نشده در ساعت j - ام است،

D_j شدت تابش پراکنده درصفحه تصحیح‌نشده در ساعت j - ام است،

θ_j زاویه بین خورشید و سطح نرمال مدول در ساعت j،

B زاویه شیب (برحسب رادیان) مدول نسبت به افق است، و

ضریب a_r با تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌های زاویه تابش همان‌طورکه در استاندارد IEC 61853-2 انجام‌شده است، ارائه می‌شود.

D_j به‌طور مستقیم در مجموعه داده‌ها ارائه نمی‌شود اما می‌توان از شدت تابش کلی درصفحه G_j و از شدت تابش مستقیم درصفحه B_j محاسبه نمود.

$$D_j = G_j - B_j \quad (۳)$$

سرانجام، شدت تابش کلی درصفحه تصحیح‌شده زاویه‌ای $G_{corr,AOI,j}$ به شکل زیر می‌تواند محاسبه شود:

$$G_{corr,AOI,j} = B_{corr,j} + D_{corr,j} \quad (۴)$$

مجموعه داده‌های آب‌وهوایی شامل شدت تابش کلی درصفحه، شدت تابش مستقیم وسیع و شدت تابش کلی درصفحهٔ طیفی تفکیک‌شده برای مجموعه‌ای از باندهای گسسته است، اما شامل شدت تابش طیفی تفکیک‌شده مستقیم یا پراکنده نیست. برای محاسبه شدت تابش کلی طیفی تفکیک‌شده درصفحه تصحیح‌شده زاویه‌ای، فرمول زیر باید به‌کار برده شود:

1- In-plane

shaghool.ir

$$G(\lambda)_{corr,AOI,j} = \frac{G_{corr,AOI,j} . G(\lambda)_j}{G_j} \qquad (۵)$$

که در آن:

$G_{corr,AOI,j}$ شدت تابش درصفحه وسیع زاویه‌ای تصحیح‌شده برای ساعت j - ام است؛ و

$G(\lambda)_j$ شدت تابش طیفی کلی درصفحه در باند (نوار) مجزا در ساعت j است.

۳-۷ شدت تابش درصفحه کلی طیفی تصحیح‌شده

به‌طور معمول، تصحیح طیفی مطابق با استاندارد IEC 60904-7 برای جریان اتصال‌کوتاه به‌کار برده می‌شود. تغییر جریان اتصال‌کوتاه در هنگام استفاده از طیف مختلف می‌تواند برای اعمال تغییر متناسب در شدت تابش، ایجاد شدت تابش «مؤثر» یا «تصحیح‌شده»، G_{corr} مورد استفاده قرار گیرد.

از پاسخ طیفی مدول $S(\lambda)$ برای طول موج‌های مختلف λ که مطابق با استانداردهای IEC 61853-2 و IEC 60904-8 تعیین‌شده استفاده می‌شوند. ضریب تصحیح طیفی C_s در ساعت j می‌تواند به‌صورت زیر محاسبه شود:

$$C_{S,J} = \frac{1000\int_{\lambda_s}^{\lambda_e} S(\lambda) R_{corr,AOI,j}(\lambda) d\lambda}{G_{corr,AOI,j}\int_{\lambda_s}^{\lambda_e} S(\lambda) R_{STC}(\lambda) d\lambda} \qquad (۶)$$

که در آن:

$G_{corr,AOI,j}$ شدت تابش کلی درصفحه بازرسی نوری خودکار AOI- تصحیح‌شده است؛

$R_{corr,AOI,j}(\lambda)$ شدت تابش درصفحه طیفی تفکیک‌شده در $W/(m^2 \cdot nm)$ است و به‌صورت نسبت $G(\lambda)_{corr,AOI,j}$ و عرض هر باند (نوار) طیفی، برحسب نانومتر محاسبه می‌شود؛

$R_{STC}(\lambda)$ شدت طیف متناظر برای شرایط آزمون استاندارد طیف جرم هوای ۱٫۵ مربوط به طیف کلی (استاندارد IEC 60904-3) است.

محدوده‌های انتگرال‌گیری عبارتند از: λ_s = ۳۰۰ nm λ_e = ۴ ۰۰۰ nm و مقدار این انتگرال با روش‌های عددی به‌دست می‌آید. شدت تابش کلی درصفحه طیفی تصحیح‌شده در ساعت j، $G_{corr,j}$، به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$G_{corr,j} = C_{S,j} . G_{corr,AOI,j} \qquad (۷)$$

برای مدول‌های فتوولتائیک چند پیوندی، تصحیح طیفی فقط زمانی ممکن است اعمال شود که همان پیوند در هر دو مرجع و تابش‌های طیفی ساعتی محدود شود (به استاندارد IEC 60904-8-1 مراجعه شود).

shaghool.ir

۷-۴ محاسبه دمای مدول

دمای مدول T_{mod} باید با استفاده از فرمول زیر محاسبه شود:

$$T_{\mathrm{mod},j} = T_{amb,j} + \frac{G_{corr,AOI,j}}{u_0 + u_1 v_j} \qquad (۸)$$

که در آن:

T_{amb} دمای محیط است که ازاستاندارد IEC 61853-4 استخراج می‌شود؛

v_j سرعت باد در بالای مدول است، که ازاستاندارد IEC 61853-4 استخراج می‌شود؛ و

$G_{corr,AOI,j}$ شدت تابش کلی درصفحه، که برای اثرات زاویه تابش، برای ساعت j - ام تصحیح‌شده است؛

دو پارامتر u_0 و u_1 از روش اجرایی توصیف‌شده در استاندارد IEC 61853-2 به‌دست می‌آید.

۷-۵ تعین توان لحظه‌ای مدول

حال می‌توان پارامترهای محاسبه‌شده از فرمول‌های (۷) و (۸) یعنی (G_{corr} و T_{mod}) را با استفاده از جدول توان مدول (P_{max}) تهیه‌شده از استاندارد IEC 61853-1، برای تعیین توان مدول (G_{corr}، T_{mod}) P_{mod} مورد استفاده قرارداد. به‌طورکلی، لازم است یک درون‌یابی دوبعدی (2-D)، یا معادل آن، از مقادیر P_{max} (بیشینه توان) داده‌شده در جدول در شرایط مختلف دما و شدت تابش انجام شود. هنگامی که مقادیر G_{corr} و T_{mod} خارج از محدوده مقادیر موجود در جدول توان هستند، باید از برون‌یابی خطی استفاده شود.

برای محاسبه توان مدول $P(G,T)$ برای مقادیر داده‌شده از شدت تابش درصفحه G و دمای مدول T با درون‌یابی دوبعدی، بهتر است روش اجرایی زیر به‌کار گرفته شود. به‌دست آوردن مقادیر T_1 و T_2 ازجدول توان به‌طوریکه $T_1<T<T_2$، و G_1 و G_2 به‌گونه‌ای مشابه که $G_1<G<G_2$.

برای هر یک از جفت مقادیر (G,T) مقدار $\eta(G,T) = P(G,T)/G$ را به‌دست آورید. سپس محاسبه کنید:

$$\eta(G,T_1) = \eta(G_1,T_1) + \frac{G-G_1}{G_2-G_1}\left(\eta(G_2,T_1) - \eta(G_1,T_1)\right) \qquad (۹)$$

$$\eta(G,T_2) = \eta(G_1,T_2) + \frac{G-G_1}{G_2-G_1}\left(\eta(G_2,T_2) - \eta(G_1,T_2)\right) \qquad (۱۰)$$

$$\eta(G,T) = \frac{T_2-T}{T_2-T_1}\eta(G,T_1) + \frac{T-T_1}{T_2-T_1}\eta(G,T_2) \qquad (۱۱)$$

توان درون‌یابی‌شده را می‌توان به‌صورت $P(G,T) = \eta(G,T)\cdot G$ به‌دست آورد.

برون‌یابی خطی هنگامی‌که فقط یکی از متغیرهای T , G خارج از محدوده مقادیر جدول توان باشد به روش زیر می‌تواند انجام شود، که در آن T_{max} بالاترین مقدار دما در جدول است:

shaghool.ir

$$\eta(G,T_{\max})=\eta(G_1,T_{\max})+\frac{G-G_1}{G_2-G_1}\left(\eta(G_2,T_{\max})-\eta(G_1,T_{\max})\right) \quad (۱۲)$$

$$\eta(G,T_{\max-1})=\eta(G_1,T_{\max-1})+\frac{G-G_1}{G_2-G_1}\left(\eta(G_2,T_{\max-1})-\eta(G_1,T_{\max-1})\right) \quad (۱۳)$$

$$\eta(G,T)=\eta(G,T_{\max-1})+\frac{T-T_{\max-1}}{T_{\max}-T_{\max-1}}\left(\eta(G,T_{\max})-\eta(G,T_{\max-1})\right) \quad (۱۴)$$

درآخر، اگر $G>G_{\max}$ و $T>T_{\max}$:

$$\eta(G,T_{\max})=\eta(G_{\max-1},T_{\max})+\frac{G-G_{\max-1}}{G_{\max}-G_{\max-1}}\left(\eta(G_{\max},T_{\max})-\eta(G_{\max-1},T_{\max})\right) \quad (۱۵)$$

$$\eta(G_{\max},T)=\eta(G_{\max},T_{\max-1})+\frac{T-T_{\max-1}}{T_{\max}-T_{\max-1}}\left(\eta(G_{\max},T_{\max})-\eta(G_{\max},T_{\max-1})\right) \quad (۱۶)$$

$$\eta(G,T)=\eta(G,T_{\max})+\left(\eta(G_{\max},T)-\eta(G_{\max},T_{\max})\right) \quad (۱۷)$$

۷-۶ محاسبه انرژی خروجی ساعتی مدول

انرژی خروجی $E_{\mathrm{mod,j}}$ از مدول در دوره زمانی j (۱ساعت) است:

$$E_{\mathrm{mod},j}=P_{\mathrm{mod},j}(G_{corr,j},T_{\mathrm{mod},j}).1hour \quad (۱۸)$$

۷-۷ محاسبه انرژی خروجی سالانه مدول

انرژی تولیدشده توسط مدول در طی یک سال، از جمع انرژی تولیدشده به‌وسیله مدول در هر دوره زمانی تعیین می‌شود.

مجموع تمام دوره‌های زمانی نمایه مرجع انتخاب‌شده از رابطه زیر به‌دست می‌آید (به استاندارد IEC 61853-4 مراجعه شود).

$$E_{\mathrm{mod},year}=\sum_{j=1}^{j=8760}E_{\mathrm{mod},j} \quad (۱۹)$$

که در آن:

j محدوده‌هایی از ۱ تا ۸۷۶۰ در دوره مرجع (۱ سال) است.

۷-۸ رتبه‌بندی انرژی ویژه آب‌وهوایی

رتبه‌بندی انرژی ویژه آب‌وهوایی انرژی گردآوری‌شده نرمال‌شده برای مشخصات آب‌وهوایی مرجع است:

shaghool.ir

$$CSER = \frac{E_{\mathrm{mod},year} . G_{ref}}{P_{\mathrm{max},STC} . H_p} \qquad (۲۰)$$

که در آن:

H_p کل مقادیر شدت تابش کلی درصفحه ساعتی G برای دوره آب‌وهوایی مرجع (۱ سال) از استاندارد IEC 61853- 4؛

G_{ref} = 1 000 W/m^2 شدت تابش در شرایط آزمون استاندارد است؛

$P_{max,STC}$ بیشینه توان در شرایط آزمون استاندارد است که از اندازه‌گیری توان طبق استاندارد IEC 61853-1 گرفته‌شده است.

shaghool.ir