

INSO
11858-1
1st Edition
2019

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۱۸۵۸-۱
چاپ اول
۱۳۹۷

Identical with
IEC 61724-1:
2017

عملکرد سامانه فتوولتائیک -
قسمت ۱: پایش

Photovoltaic system performance -
Part 1: Monitoring

ICS: 27.160

استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۸۵۸ (چاپ اول): سال ۱۳۹۷

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران-ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج-ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰ (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>

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، نهادهای 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 کمیته 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 علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته 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)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به‌عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های 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، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی 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

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«عملکرد سامانه فتوولتائیک - قسمت ۱: پایش»

رئیس:

افتخاری ممقانی، عباس
(دکتری مهندسی برق - الکترونیک)

دبیر:

طاهری، فاطمه
(کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آیتی، زهراسادات
(کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)
کارشناس - اداره کل نظارت بر اجرای استاندارد سازمان ملی استاندارد ایران

اخلاقی، محسن
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - صنایع)
کارشناس - سازمان صنعت، معدن و تجارت استان سمنان

بخشی، علی
(دکتری مهندسی برق - کنترل)
مجری طرح سیستم کنترل نیروگاه - پژوهشگاه نیرو

خالصی، حمیدرضا
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک)
عضو شورای راهبری گروه پایش و کنترل نیروگاه - پژوهشگاه نیرو

دائیان، محمدعلی
(کارشناسی مهندسی برق - کنترل)
کارشناس استاندارد - اداره کل استاندارد استان سمنان

شربتی، سمانه
(دکتری مهندسی برق - الکترونیک)
عضو هیات علمی گروه مهندسی برق - دانشگاه سمنان

شفیعی، محمدرضا
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - کنترل)
کارشناس مطالعات شبکه - شرکت توزیع برق استان سمنان

محقق دولت آبادی، سعید
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک)
مسئول آزمایشگاه تست میدانی خورشیدی - پژوهشگاه نیرو

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

مرتضوی، سیدمهدی

(دکتری مهندسی برق - الکترونیک)

منشی پور، سمیرا

(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - سامانه‌ها و بهره‌وری)

سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس گروه هماهنگی استانداردهای بین‌المللی برق،
الکترونیک و مخابرات - سازمان ملی استاندارد ایران

کارشناس دفتر تدوین استانداردها و مقررات فنی - سازمان
انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

ویراستار:

خدام عباسی، روح ا...

(کارشناسی ارشد فیزیک - حالت جامد)

رئیس اداره اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها - اداره کل
استاندارد استان سمنان

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ط	پیش‌گفتار
ی	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصطلاحات و تعاریف
۹	۴ طبقه‌بندی سامانه پایش
۱۰	۵ کلیات
۱۰	۱-۵ عدم قطعیت در اندازه‌گیری
۱۰	۲-۵ کالیبراسیون
۱۰	۳-۵ المان‌های تکراری
۱۰	۴-۵ مصرف داخلی توان
۱۱	۵-۵ مستندسازی
۱۱	۶-۵ بازرسی
۱۱	۶ زمان‌بندی اکتساب داده‌ها و گزارش‌گیری
۱۱	۱-۶ نمونه‌برداری، ثبت و گزارش‌گیری
۱۳	۲-۶ برچسب‌های زمانی
۱۳	۷ پارامترهای اندازه‌گیری شده
۱۳	۱-۷ الزامات کلی
۱۹	۲-۷ میزان تابش
۱۹	۱-۲-۷ اندازه‌گیری میزان تابش در سایت
۲۷	۲-۲-۷ سنجش از راه دور میزان تابش، دریافتی با استفاده از ماهواره
۲۸	۳-۷ عوامل محیطی
۲۸	۱-۳-۷ دمای مدول فتوولتائیک
۳۰	۲-۳-۷ دمای هوای محیط
۳۱	۳-۳-۷ سرعت و جهت باد
۳۱	۴-۳-۷ نسبت کثیفی
۳۵	۵-۳-۷ بارش باران
۳۵	۶-۳-۷ برف

صفحه	عنوان
۳۵	۷-۳-۷ رطوبت
۳۵	۷-۴ سامانه ردیابی
۳۵	۷-۴-۱ ردیاب‌های تک‌محوره
۳۵	۷-۴-۲ ردیاب‌های دو‌محوره
۳۶	۷-۵ اندازه‌گیری‌های الکتریکی
۳۷	۷-۶ الزامات سامانه خارجی
۳۸	۸ پردازش داده‌ها و بررسی کیفیت
۳۸	۸-۱ ساعت‌های نور روز
۳۸	۸-۲ بررسی کیفیت
۳۸	۸-۲-۱ حذف خوانش‌های نامعتبر
۳۸	۸-۲-۲ چگونگی برخورد با داده‌های از دست رفته
۳۹	۹ پارامترهای محاسبه‌شده
۳۹	۹-۱ بررسی اجمالی
۴۰	۹-۲ جمع‌بندی
۴۰	۹-۳ شدت تابش
۴۱	۹-۴ انرژی الکتریکی
۴۱	۹-۴-۱ کلیات
۴۱	۹-۴-۲ انرژی خروجی DC
۴۱	۹-۴-۳ انرژی خروجی AC
۴۱	۹-۵ نرخ توان آرایه
۴۱	۹-۵-۱ نرخ توان DC
۴۲	۹-۵-۲ نرخ توان AC
۴۲	۹-۶ بهره‌دهی‌ها
۴۲	۹-۶-۱ کلیات
۴۲	۹-۶-۲ بهره‌دهی انرژی آرایه فتوولتائیک
۴۲	۹-۶-۳ بهره‌دهی نهایی سامانه
۴۲	۹-۶-۴ بهره‌دهی مرجع
۴۳	۹-۷ تلفات بهره‌دهی
۴۳	۹-۷-۱ کلیات
۴۳	۹-۷-۲ اتلاف جذب آرایه
۴۳	۹-۷-۳ اتلاف تعادل سامانه‌ها

صفحه	عنوان
۴۳	۸-۹ بازده‌ها
۴۳	۱-۸-۹ بازده آرایه (DC)
۴۴	۲-۸-۹ بازده سامانه (AC)
۴۴	۳-۸-۹ بازده BOS
۴۴	۱۰ سنجه‌های عملکردی
۴۴	۱-۱۰ بررسی اجمالی
۴۵	۲-۱۰ مجموع‌یابی‌ها
۴۵	۳-۱۰ نسبت‌های عملکردی
۴۵	۱-۳-۱۰ نسبت عملکرد
۴۶	۲-۳-۱۰ نسبت‌های عملکردی اصلاح شده با دما
۴۸	۴-۱۰ شاخص‌های عملکرد
۴۹	۱۱ فیلتر کردن داده‌ها
۴۹	۱-۱۱ استفاده از داده‌های موجود
۴۹	۲-۱۱ فیلتر کردن داده‌ها برای شرایط خاص
۴۹	۳-۱۱ کاهش توان مبدل، شبکه برق یا دسترسی بار
۵۱	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) فاصله نمونه‌برداری
۵۳	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) انتخاب حسگر دمای پشت صفحه مدول و متعلقات
۵۸	پیوست پ (آگاهی‌دهنده) عوامل کاهش از حد مجاز
۶۰	پیوست ت (آگاهی‌دهنده) سامانه‌هایی با بارهای محلی، ذخیره‌سازی یا منابع کمکی
۶۸	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «عملکرد سامانه فتوولتائیک- قسمت ۱: پایش» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در یکصد و نهمین اجلاس کمیته ملی انرژی مورخ ۱۳۹۷/۱۲/۰۴ 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، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

این استاندارد یکی از استانداردهای تفکیک شده از استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۸۵۸: سال ۱۳۸۸، پایش عملکرد سامانه فتوولتائیک- رهنمودهایی برای اندازه‌گیری، تبادل و تجزیه و تحلیل داده‌ها است که با انتشار تمامی مجموعه استانداردهای تفکیک شده از استاندارد مزبور، آن استاندارد باطل خواهد شد و استانداردهای تفکیک شده جایگزین آن می‌شوند.

با انتشار این استاندارد، استاندارد ملی ایران به شرح زیر باطل و استانداردهای ملی ایران شماره ۱-۱۱۸۵۸، ۲-۱۱۸۵۸ و ۳-۱۱۸۵۸ جایگزین آن خواهد می‌شود:

استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۸۵۸: سال ۱۳۸۸، پایش عملکرد سامانه فتوولتائیک- رهنمودهایی برای اندازه‌گیری، تبادل و تجزیه و تحلیل داده‌ها

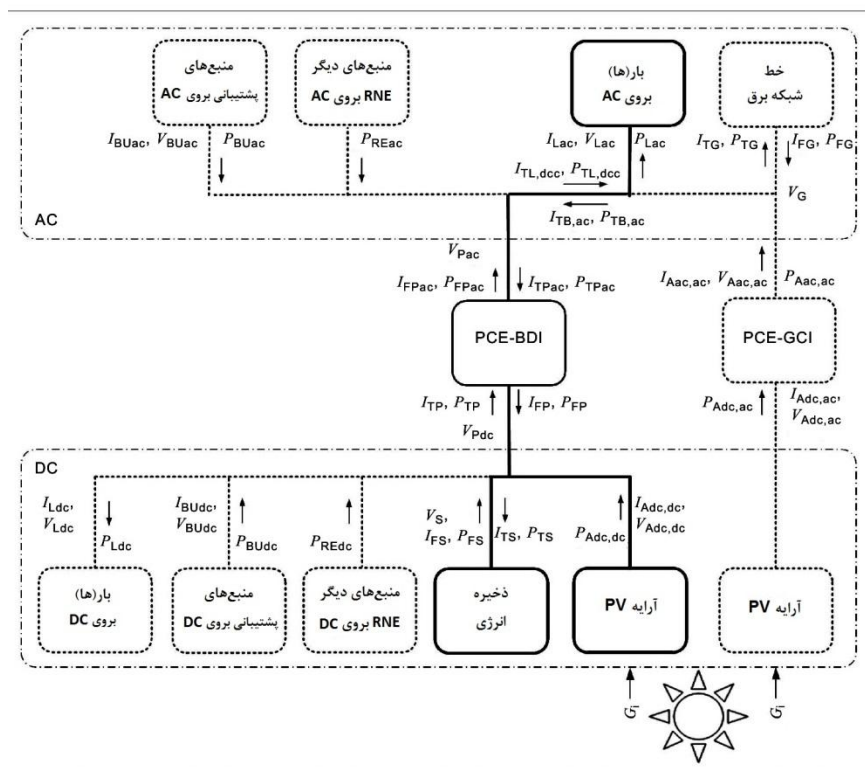
استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. 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 61724-1: 2017, Photovoltaic system performance – Part 1: Monitoring

مقدمه

این استاندارد، رده‌های سامانه‌های پایش عملکرد یک سامانه فتوولتائیک (PV)^۱ را تعریف کرده و به عنوان راهنمایی برای انتخاب‌های مختلف سامانه‌های پایش، به کار می‌رود.

شکل ۱ عناصر محتمل اصلی تشکیل‌دهنده انواع مختلف سامانه‌های فتوولتائیک را نشان می‌دهد. آرایه فتوولتائیک ممکن است شامل سامانه‌های محور ثابت و سامانه‌های ردیابی و سامانه‌های با صفحه تخت و متمرکز کننده باشد. دستگاه پایش سطح مدول^۲، در صورت وجود، ممکن است از اجزای سامانه پایش باشد. همان‌طور که با خطوط پررنگ در شکل ۱ نشان داده شده است، برای سادگی، بخش‌های اصلی این استاندارد، برای سامانه‌های متصل به شبکه بدون بارهای محلی، ذخیره‌کننده انرژی یا منابع کمکی، نوشته شده است. پیوست ۱ شامل جزئیات برای سامانه‌های با اجزای اضافی است.



راهنما:

- | | | | |
|-----|-------------------------------------|-----|--------------------------------|
| RNE | انرژی‌های تجدیدپذیر ^۳ | BDI | مبدل دوسویه ^۴ |
| PCE | تجهیزات وضعیت‌دهی توان ^۵ | GCI | مبدل متصل به شبکه ^۶ |
- خطوط پررنگ نشانگر یک سامانه ساده متصل به شبکه بدون بارهای محلی، ذخیره‌کننده انرژی یا منابع کمکی است.

شکل ۱- اجزای احتمالی سامانه‌های فتوولتائیک

- 1- Photovoltaic system
- 2- Module-level electronics
- 3- Renewable energy
- 4- Bi-directional inverter
- 5- Power conditioning equipment
- 6- Grid-connected inverter

به کارگیری سامانه پایش عملکرد، اهداف متنوعی داشته و می تواند شامل موارد زیر باشد:

- شناسایی روند عملکرد در یک سامانه فتوولتائیک منفرد؛
- مکان یابی خطاهای بالقوه در یک سامانه فتوولتائیک؛
- مقایسه عملکرد سامانه فتوولتائیک با انتظارات و گارانتی های طراحی آن؛
- مقایسه سامانه های فتوولتائیک با پیکربندی های مختلف؛
- مقایسه سامانه های فتوولتائیک در مناطق مختلف جغرافیایی.

این اهداف گوناگون، باعث ایجاد مجموعه ای متنوع از الزامات می شوند و حسگرهای مختلف و/یا روش های تجزیه و تحلیل، ممکن است بسته به هدف خاص، کمابیش مناسب باشند. به عنوان مثال، برای مقایسه عملکرد سامانه با انتظارات و گارانتی های طراحی، بهتر است تمرکز روی داده های سطح سامانه باشد و سازگاری بین پیش بینی و روش های آزمون، انجام گیرد در حالی که برای تجزیه و تحلیل روند عملکرد و خطاهای مکان یابی، ممکن است نیاز به تفکیک پذیری بیشتری در زیرسطح های سامانه داشته باشیم و به جای تاکید روی درستی مطلق^۱، تاکید بیشتر روی تکرارپذیری اندازه گیری ها و معیارهای همبستگی، انجام گیرد.

توصیه می شود سامانه پایش با اندازه سامانه فتوولتائیک و الزامات کاربر، متناسب باشد. به طور کلی، بهتر است سامانه های فتوولتائیک بزرگ تر و گران تر، نقاط پایش بیشتر و حسگرهای با درستی بالاتری نسبت به سامانه های فتوولتائیک کوچک تر و ارزان تر، داشته باشند. این استاندارد سه طبقه بندی سامانه پایش را با الزامات مختلف تعریف می کند که برای گستره ای از مقاصد، مناسب هستند.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۱۸۵۸ است. سایر قسمت های این مجموعه عبارتند از:

- قسمت ۲: روش ارزیابی ظرفیت
- قسمت ۳: روش ارزیابی انرژی

عملکرد سامانه فتوولتائیک - قسمت ۱: پایش

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، مشخص کردن طرح کلی تجهیزات، روش‌ها و اصطلاحات مربوط به پایش عملکرد و تجزیه و تحلیل سامانه‌های فتوولتائیک (PV) است. این استاندارد به حسگرها، نصب و درستی تجهیزات پایش، همچنین به داده‌های پارامتر اندازه‌گیری شده، بررسی‌های کیفیت داده‌ها، پارامترهای محاسبه شده و سنجش‌های عملکردی اشاره دارد. علاوه بر آن، مبنایی برای استانداردهای دیگری است که مبتنی بر داده‌های جمع‌آوری شده هستند.

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 IEC 60050-131, International Electrotechnical Vocabulary – Part 131: Circuit theory

2-2 IEC 60904-2, Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for photovoltaic reference devices

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۴۱۱۵: سال ۱۳۹۶، افزارهای فتوولتائیک - قسمت ۲: الزامات افزارهای مرجع فتوولتائیک، با استفاده از استاندارد IEC 60904-2: 2015، تدوین شده است.

2-3 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، افزارهای فتوولتائیک - قسمت ۳: اصول اندازه‌گیری برای افزارهای خورشیدی فتوولتائیک (pv) زمینی با داده‌های تابش طیفی مرجع، با استفاده از استاندارد IEC 60904-3: 2008، تدوین شده است.

2-4 IEC 60904-5, Photovoltaic devices – Part 5: Determination of the equivalent cell temperature (ECT) of photovoltaic (PV) devices by the open – circuit voltage method

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۵-۱۴۱۱۵: سال ۱۳۹۲، افزارهای فتوولتائیک - قسمت ۵: تعیین معادل دمای سلول (ECT) افزارهای فتوولتائیک (pv) به روش مدار باز، با استفاده از استاندارد IEC 60904-5: 2011، تدوین شده است.

2-5 IEC 60904-10, Photovoltaic devices – Part 10: Methods of linearity measurement

یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۱۰-۱۴۱۱۵: سال ۱۳۸۹، مدول فتوولتائیک – قسمت ۱۰: روش‌های اندازه‌گیری خطی با استفاده از استاندارد IEC 60904-10: 2009، تدوین شده‌است.

2-6 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، تدوین شده‌است.

2-7 IEC 61557-12, Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 12: Performance measuring and monitoring devices (PMD)

2-8 IEC 62053-21, Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements – Part 21: Static meters for active energy (classes 1 and 2)

یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۲۱-۱۰۷۹۵: سال ۱۳۸۸، تجهیزات اندازه‌گیری الکتریسیته (a.c.) – الزامات ویژه – قسمت ۲۱: تجهیزات اندازه‌گیری ایستا برای انرژی اکتیو (رده‌های ۱ و ۲)، با استفاده از استاندارد IEC 62053-21: 2003، تدوین شده است.

2-9 IEC 62053-22, Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements – Part 22: Static meters for active energy (classes 0,2 S and 0,5 S)

یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۲۲-۱۰۷۹۵: سال ۱۳۸۷، تجهیزات اندازه‌گیری الکتریسیته (AC) – الزامات ویژه – قسمت ۲۲: دستگاه‌های اندازه‌گیری استاتیک برای انرژی راکتیو (رده‌های ۰٫۲ S و ۰٫۳ S)، با استفاده از استاندارد IEC 62053-22: 2003، تدوین شده‌است.

2-10 IEC 62670-3, Photovoltaic concentrators (CPV) – Performance testing – Part 3: Performance measurements and power rating

2-11 IEC 62817: 2014, Photovoltaic systems – Design qualification of solar trackers

یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۸۲۳: سال ۱۳۹۴، سامانه‌های فتوولتائیک – احراز شرایط طراحی ردیاب‌های خورشیدی با استفاده از استاندارد IEC 62817: 2014، تدوین شده‌است.

2-12 ISO/IEC Guide 98-1, Uncertainty of measurement – Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement

یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۷۰۶: سال ۱۳۸۲، عدم قطعیت اندازه‌گیری – قسمت ۱: مقدمه‌ای بر بیان عدم قطعیت اندازه‌گیری، با استفاده از استاندارد ISO/IEC Guide 98-1: 2009، تدوین شده‌است.

2-13 ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)

2-14 ISO 9060, Solar energy – Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation

2-15 ISO 9488, Solar energy - vocabulary

یادآوری – استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۵۳۶: سال ۱۳۸۷، انرژی خورشیدی – واژگان، با استفاده از استانداردهای ASTM E 772-87: 2001 و ISO 9488: 2008، تدوین شده‌است.

- 2-16 ISO 9846, Solar energy – Calibration of a pyranometer using a pyrheliometer
- 2-17 ISO 9847, Solar energy – Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۲۶۵: سال ۱۳۹۰، انرژی خورشیدی - کالیبراسیون پیرانومترهای میدانی در مقایسه با پیرانومتر مرجع، با استفاده از استاندارد ISO 9847: 1992، تدوین شده است.
- 2-18 WMO No. 8, Guide to meteorological instruments and methods of observation
- 2-19 ASTM G183, Standard Practice for Field Use of Pyranometers, Pyrheliometers and UV Radiometers

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای IEC 60050-131، IEC TS 61836 و ISO 9488، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می رود^۱:

۱-۳

نمونه

sample

داده‌های به دست آمده از یک حسگر یا وسیله اندازه‌گیری.

۲-۳

بازه نمونه‌برداری

Sampling interval

فاصله زمانی بین نمونه‌ها.

۳-۳

رکورد

record

داده‌های ثبت شده و ذخیره شده در دیتا لاگ^۲، بر پایه نمونه‌های به دست آمده.

۱ - اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org قابل دسترسی است.

2- Data log

برگه یا بخشی از حافظه، که داده‌ها در آن ثبت شده‌اند.

۴-۳

بازه رکوردگیری

τ

recording interval

فاصله زمانی بین رکوردها.

۵-۳

گزارش

report

مقادیر جمع‌آوری شده براساس مجموعه‌ای از رکوردها.

۶-۳

دوره گزارش‌دهی

reporting period

فاصله زمانی بین گزارش‌ها.

۷-۳

میزان تابش

G

irradiance

شار فرودی توان تابشی، بر واحد سطح.

یادآوری - با یکای Wm^{-2} بیان می‌شود.

۸-۳

میزان تابش درون-صفحه‌ای

G_i یا POA

in-plane irradiance

مجموع تابش فرودی مستقیم، پراکنده و منعکس شده از زمین بر روی یک سطح شیب‌دار و موازی با صفحات مدول در آرایه فتوولتائیک که به‌عنوان «میزان تابش درون-صفحه‌ای آرایه» (POA) نیز شناخته می‌شود.

یادآوری - با یکای Wm^{-2} بیان می‌شود.

۹-۳

میزان تابش افقی عمومی

GHI

global horizontal irradiance

میزان تابش مستقیم، به اضافه پراکنده، برخوردکننده به یک سطح افقی.

یادآوری - برحسب یکای Wm^{-2} بیان می‌شود.

۱۰-۳

تابش پیرامونی

circumsolar

تابش مستقیم اطراف دایره خورشیدی.

۱۱-۳

میزان تابش مستقیم عمودی

DNI

direct normal irradiance

میزان تابش ایجادشده از دایره خورشیدی و از یک ناحیه دایره‌ای در آسمان در داخل یک محدوده ۵ درجه‌ای روی صفحات عمود بر پرتوهای خورشیدی.

یادآوری ۱- بعضی از دستگاه‌های اندازه‌گیری *DNI* یک میدان دید با محدوده ۶ درجه‌ای را پوشش می‌دهند.

یادآوری ۲- برحسب یکای Wm^{-2} بیان می‌شود.

۱۲-۳

نسبت تابش پیرامونی

CSR

circumsolar ratio

کسری از میزان تابش مستقیم عمودی (*DNI*) اندازه‌گیری‌شده ساطع از طرف ناحیه دایره‌ای آسمان، یعنی درون ناحیه مربوط به حسگر *DNI* اما بیرون از دایره خورشیدی.

۱۳-۳

میزان تابش افقی پراکنده

G_d یا DHI

diffuse horizontal irradiance

میزان تابش افقی عمومی، به استثنای بخش پراکنده از دایره خورشیدی و از منطقه دایروی خورشید در یک زاویه کامل ۵ درجه.

یادآوری ۱- بعضی از دستگاه‌های اندازه‌گیری میزان تابش پراکنده از یک ناحیه دایروی با پوشش زاویه‌ای ۶ درجه را استثنا می‌کنند.

یادآوری ۲- برحسب یکای Wm^{-2} بیان می‌شود.

۱۴-۳

میزان تابش مستقیم پرتو درون-صفحه‌ای

$G_{i,b}$

in-plane direct beam irradiance

میزان تابش درون-صفحه‌ای ساطع‌شده از دایره خورشیدی و ناحیه پیرامونی از آسمان در داخل ناحیه ۵ درجه، بجز پراکندگی و بازتاب‌ها.

یادآوری ۱- میزان تابش مستقیم پرتو روی صفحه $G_{i,b} = \cos(\theta) \times DNI$ ، که در آن θ زاویه بین خورشید و خط عمود بر صفحه است. زمانی که صفحه آرایه، عمود بر پرتوهای خورشید باشند: $G_{i,b} = DNI$.

یادآوری ۲- برحسب یکای Wm^{-2} بیان می‌شود.

۱۵-۳

میزان تابش پراکنده درون-صفحه‌ای

$G_{i,d}$

in-plane diffuse irradiance

میزان تابش ایجادشده درون-صفحه‌ای منهای میزان تابش مستقیم پرتوها.

یادآوری ۱- $G_{i,d} = G_i - G_{i,b}$

یادآوری ۲- برحسب یکای Wm^{-2} بیان می‌شود.

۱۶-۳

شدت تابش

H

irradiation

مجموع میزان تابش ایجادشده در طول یک دوره زمانی مشخص.

یادآوری - برحسب kW.h.m^{-2} بیان می‌شود.

۱۷-۳

شرایط آزمون استاندارد

STC

standard test conditions

مقادیر مرجع میزان تابش درون صفحه‌ای (1000 W.m^{-2})، دمای پیوندگاه سلول‌های خورشیدی (25°C) و میزان تابش طیفی مرجع، مطابق با استاندارد IEC 60904-3 تعریف شده‌است.

۱۸-۳

نسبت کثیفی (آرایه فتوولتائیک)

SR

soiling ratio

نسبت خروجی توان واقعی آرایه فتوولتائیک تحت شرایط کثیفی داده‌شده، به توانی که اگر آرایه فتوولتائیک تمیز و عاری از کثیفی بود، انتظار می‌رفت.

۱۹-۳

درجه کثیفی

SL

soiling level

کسری از تلفات توان در اثر کثیفی، که به صورت، یک منهای نسبت کثیفی ($1-SR$)، بیان می‌شود.

۲۰-۳

توان اکتیو

P

active power

تحت شرایط متناوب، مقدار متوسط گرفته شده از حاصل ضرب جریان و ولتاژ لحظه‌ای تولید شده در یک دوره تناوب.

یادآوری ۱- تحت شرایط سینوسی، توان اکتیو، قسمت حقیقی توان مختلط می باشد.

یادآوری ۲- برحسب یکای W بیان می شود.

۲۱-۳

توان ظاهری

S

apparent power

حاصل ضرب مقدار موثر ولتاژ بین پایانه‌های یک المان یا یک مدار دو پایانه‌ای، در جریان الکتریکی موثر آن المان یا مدار.

یادآوری ۱- تحت شرایط سینوسی، توان ظاهری برابر قدر مطلق (اندازه) توان مختلط است.

یادآوری ۲- برحسب یکای VA بیان می شود.

۲۲-۳

ضریب توان

λ

power factor

تحت شرایط متناوب، نسبت قدر مطلق توان اکتیو، P ، به توان ظاهری، S :

$$\lambda = \frac{|P|}{S}$$

۴ طبقه‌بندی سامانه پایش

درستی و پیچیدگی مورد نیاز سامانه پایش، به مقیاس سامانه فتوولتائیک و اهداف کاربر، بستگی دارد. این استاندارد، سه طبقه‌بندی از سامانه‌های پایش را مطابق با جدول ۱، برای سطوح مختلف درستی، تعریف می‌کند.

طبقه‌بندی سامانه پایش، باید در همه اظهارات منطبق با این استاندارد، بیان شود. طبقه‌بندی سامانه پایش مطابق با جدول ۱، ممکن است توسط کد حرفی آن (A، B و C) یا با نام آن (درستی بالا، درستی متوسط، درستی پایه) مشخص شود. در این استاندارد، برای راحتی، از کدهای حرفی استفاده می‌شود.

کلاس A یا کلاس B، برای سامانه‌های فتوولتائیک بزرگ، برای مثال در مقیاس نیروگاهی^۱ و تاسیسات تجاری بزرگ، مناسب هستند، درحالی‌که کلاس B یا کلاس C، برای سامانه‌های کوچک، مانند تاسیسات تجاری و مسکونی کوچک‌تر، مناسب می‌باشند. با این وجود، کاربران این استاندارد ممکن است بدون توجه به مقیاس سامانه فتوولتائیک، طبقه‌بندی مناسب را با توجه به کاربری خود، مشخص کنند.

در این استاندارد، بعضی از الزامات جهت کاربرد در یک طبقه‌بندی خاص، در نظر گرفته شده‌است. در مواردی که نامگذاری مشخص نشده باشد، الزامات برای همه طبقه‌بندی‌ها به کار گرفته می‌شود.

جدول ۱- طبقه‌بندی‌های سامانه پایش و کاربردهای پیشنهادی

نمونه کاربردها	کلاس A درستی بالا	کلاس B درستی متوسط	کلاس C درستی پایه
ارزیابی عملکرد سامانه پایه	×	×	×
مستندسازی تضمین عملکرد	×	×	
تجزیه و تحلیل تلفات سامانه	×	×	
ارزیابی تعامل با شبکه برق	×		
موقعیت‌یابی خطا	×		
ارزیابی فناوری فتوولتائیک	×		
اندازه‌گیری دقیق استهلاک سامانه فتوولتائیک	×		

1- Utility-scale

۵ کلیات

۵-۱ عدم قطعیت اندازه گیری

در مواردی که الزامات عدم قطعیت اندازه گیری در استاندارد آمده، منظور عدم قطعیت های مرکب مربوط به حسگرهای اندازه گیری و همه مدارات الکترونیکی آمایش سیگنال است.

عدم قطعیت های اندازه گیری باید در سرتاسر گستره نوعی مقادیر هر کمیت اندازه گیری شده، که در این استاندارد نشان داده شده است و همچنین، در سرتاسر گستره دمای نوعی که سامانه در آن کار خواهد کرد، اعمال شود. اثر غیرخطی بودن اندازه گیری در گستره نوعی، باید در عدم قطعیت مشخص شده، لحاظ شود. عدم قطعیت های اندازه گیری، همان طور که در استانداردهای ISO/IEC Guide 98-1 و ISO/IEC Guide 98-3 تعیین شده است، می تواند محاسبه شود.

۵-۲ کالیبراسیون

حسگرها و مدارات الکترونیکی آمایش سیگنال استفاده شده در سامانه پایش، باید پیش از شروع پایش، کالیبره شوند.

کالیبراسیون مجدد حسگرها و مدارات الکترونیکی آمایش سیگنال، باید مطابق الزامات سازنده یا در فواصل زمانی کوتاه تر از آنچه که تعیین گردیده است، انجام شود.

توصیه می شود به منظور شناسایی حسگرهایی که کالیبره نیستند، بررسی و بازبینی حسگرها در کنار حسگرهای وابسته یا وسایل مرجع، انجام گیرد.

۵-۳ المان های تکراری

با توجه به اندازه سامانه و نیازمندی های کاربر، سامانه پایش می تواند شامل افزونگی^۱ در تعداد و/یا تکرار المان های حسگر، برای اجزای مختلف یا زیرمجموعه های سامانه فتوولتائیک کامل، باشد. بر این اساس، پارامترهای اندازه گیری شده و محاسبه شده ای که در این استاندارد تعریف شده اند، ممکن است چندین نمونه داشته باشد که هر کدام، مربوط به یک زیربخش یا زیرمجموعه از سامانه فتوولتائیک است.

۵-۴ مصرف داخلی توان

توان تلف شده برای سامانه های ردیابی^۲، پایش و سایر سامانه های کمکی مورد نیاز نیروگاه فتوولتائیک^۳، باید به عنوان تلفات توان نیروگاه، در نظر گرفته شود، نه به عنوان بار تغذیه شده از نیروگاه.

1- Redundancy
2- Tracking
3- Photovoltaic plant

۵-۵ مستندسازی

ویژگی‌های همه اجزای سامانه پایش، شامل حسگرها و مدارات الکترونیکی آمایش سیگنال، باید مستند شود. راهنماهای کاربر، باید برای نرم‌افزار سامانه پایش، تهیه شود.

نگهداری کل سامانه، از جمله تمیز کردن حسگرها، مدول‌های فتوولتائیک یا سایر سطوح کثیف، باید مستند شود.

توصیه می‌شود گزارشی از اتفاقات غیرمعمول، تغییرات اجزا و تجهیزات، کالیبراسیون مجدد حسگر، تغییرات سامانه جمع‌آوری داده‌ها، تغییرات در عملکرد کلی سامانه، خرابی‌ها، خطاها یا حوادث، تهیه شود.

زمانی که اظهارنامه انطباق آماده شد، مستندسازی باید، تطبیق با کلاس‌های A و B و C معرفی شده را، نشان دهد.

۵-۶ بازرسی

برای کلاس‌های A و B، بهتر است سامانه پایش، حداقل به‌طور سالانه و ترجیحاً با توالی سریع‌تر، بازرسی شود، درحالی که برای کلاس C، بهتر است با توجه به الزامات مخصوص محل، بازرسی انجام گیرد. توصیه می‌شود، به دنبال آسیب‌دیدگی یا جابجایی حسگرهای بیرونی، شواهدی از حضور رطوبت یا موجودات موزی در محوطه‌ها، اتصالات سیم‌کشی شل در حسگرها یا در محوطه‌ها، جدا شدن حسگرهای دما، ضعف پیوست-ها و سایر مشکلات بالقوه، بازرسی انجام شود.

۶ زمان‌بندی اکتساب داده‌ها و گزارش‌گیری

۶-۱ نمونه‌برداری، ثبت و گزارش‌گیری

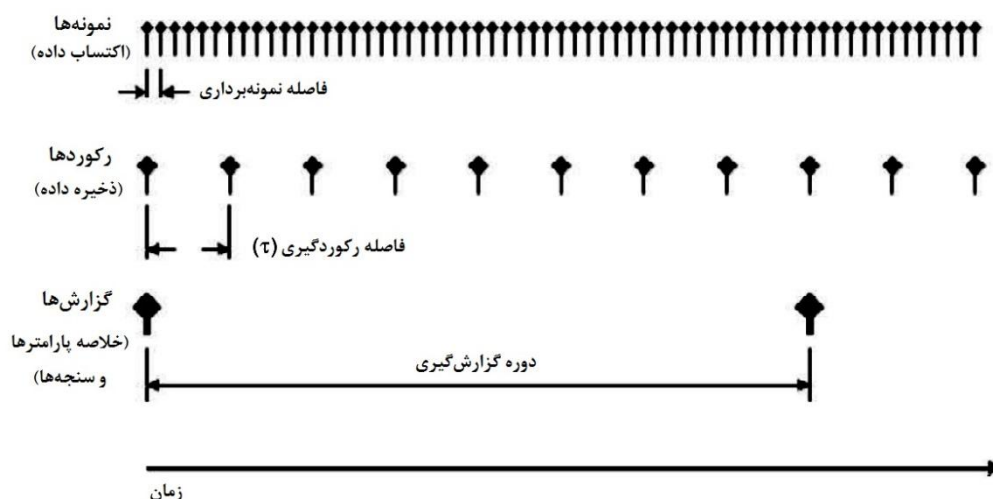
یک نمونه، به‌عنوان داده‌ای تعریف شده‌است، که از یک حسگر یا وسیله اندازه‌گیری، گرفته می‌شود و فاصله نمونه‌برداری، زمان بین نمونه‌ها می‌باشد. نیازی به ذخیره دائمی نمونه‌ها نیست.

یک رکورد، به‌عنوان داده‌ای که برای ذخیره‌سازی، وارد دیتا لاگ می‌شود، تعریف می‌شود که بر اساس نمونه‌های حاصل شده، و فاصله زمانی رکوردها که در این استاندارد با τ نشان داده می‌شود، می‌باشد. فاصله زمانی رکورد باید مضرب صحیحی از فاصله زمانی نمونه‌برداری باشد و تعداد صحیحی از بازه‌های زمانی رکورد باید دقیقاً در مدت زمان یک ساعت، قرار گیرد.

مقدار پارامتر ثبت شده برای هر رکورد، یک مقدار متوسط، بیشینه، کمینه، مجموع یا سایر توابع از نمونه‌های به‌دست آمده در طول بازه زمانی رکورد است، که برای کمیت اندازه‌گیری شده، مناسب باشد. این رکورد، ممکن است شامل داده‌های مکمل، مانند آمارهای اضافی نمونه‌ها، تعداد داده‌های از دست رفته، کدهای خطا، حالات گذرا و/یا داده‌های مهم دیگری که مورد توجه است، نیز باشد. (برای رکوردهای داده‌های باد، به توضیحات زیربند ۷-۳-۳ مراجعه شود).

یک گزارش، به عنوان یک مجموعه از داده‌های وارد شده است که چند بازه زمانی ثبت شده را پوشش می‌دهد و دوره گزارش‌گیری، زمان بین گزارش‌ها است. معمولاً دوره گزارش‌گیری باید به صورت روزانه، هفتگی، ماهانه یا سالانه، انتخاب شود.

شکل ۲، روابط بین نمونه‌ها، رکوردها و گزارش‌ها را نشان می‌دهد. جدول ۲ نیز مقادیر پیشنهادی برای بازه‌های زمانی نمونه‌برداری و رکورد را نشان می‌دهد. ملاحظات بیشتر مربوط به بازه‌های نمونه‌برداری، در پیوست الف، آورده شده است.



شکل ۲ - نمونه‌برداری، رکوردگیری و گزارش‌گیری

جدول ۲ - الزامات بازه‌های نمونه‌برداری و رکوردگیری

کلاس C درستی پایه	کلاس B درستی متوسط	کلاس A درستی بالا	
۱ min ** ۱ min **	۱ min ** ۱ min **	۳ s ۱ min	پیشینه فاصله زمانی نمونه‌برداری برای تابش، دما، باد* و خروجی الکتریکی برای کثیفی، باران، برف و رطوبت
۶۰ min	۱۵ min	۱ min	پیشینه بازه رکوردگیری

* به توضیحات زیربند ۳-۳-۷ در مورد پیشینه و کمینه خوانش‌های رکوردهای داده‌های باد، مراجعه شود.

** الزامات بازه‌های نمونه‌گیری نشان داده شده برای کلاس B و کلاس C، برای اندازه‌گیری‌های مبتنی بر تجهیزات اندازه‌گیری زمینی، اعمال می‌شود، اما در هنگام استفاده از برآوردهای ماهواره‌ای، از پارامترهای تابش یا هواشناسی استفاده نمی‌شود (یک تجهیز زمینی، نمونه‌های مکرر را برای ایجاد میانگین مناسب برای یک فاصله زمانی ثبت، نیاز خواهد داشت. برای مثال برای شرایط نیمه ابری، در حالی که برآورد ماهواره‌ای، ممکن است میانگین یکسانی از یک تصویر را، در طول دوره گزارش‌گیری، به دست آورد).

۶-۲ برچسب‌های زمانی

هر رکورد و هر گزارش، باید شامل یک برچسب زمانی باشد.

داده‌های برچسب زمانی، باید شامل تاریخ و زمان متناظر با شروع و پایان بازه رکوردگیری و دوره‌های گزارش‌گیری بوده و انتخاب (شروع/پایان) باید مشخص باشد.

بهتر است زمان، به زمان استاندارد محلی (نه ساعت آفتابی) یا زمان جهانی، اشاره کند تا از تغییرات زمان در زمستان/تابستان، جلوگیری گردد و این انتخاب زمان، باید مشخص شود.

نیمه‌شب، به‌عنوان آغاز روز جدید شناخته شده و به صورت ۰۰:۰۰ بیان می‌شود.

هنگامی که واحدهای جمع‌آوری داده‌های چندگانه درگیر این هستند که هریک از برچسب‌های زمانی به‌طور مستقل اعمال شوند، ساعت‌های این واحدها، ترجیحاً باید توسط یک مکانیزم خودکار، مانند سامانه موقعیتیابی جهانی (GPS)^۱ یا پروتکل زمان شبکه (NTP)^۲، هماهنگ شوند.

توصیه می‌شود که مستندسازی برچسب‌های زمانی، از استاندارد ISO 8601 پیروی کند.

۷ پارامترهای اندازه‌گیری شده

۷-۱ الزامات کلی

جدول ۳، پارامترهای اندازه‌گیری شده را که در این استاندارد تعریف شده، به همراه خلاصه‌ای از الزامات اندازه‌گیری، ارائه می‌دهد. هدف هر پارامتر پایش شده به‌منظور راهنمایی کاربر، در جدول ۳، فهرست شده است. جزئیات بیشتر و الزامات اضافی، در زیربندهای اشاره‌شده بعدی، ارائه شده است.

نشان تایید^۳ (✓) در جدول ۳، نشان‌دهنده یک پارامتر مورد نیاز برای اندازه‌گیری در سایت است که توسط یادداشت‌های ویژه، در جایی که مورد نیاز است، تایید می‌شود.

جدول ۳، در بسیاری از موارد، کمینه تعداد حسگرهای مورد استفاده در سایت را، با ارجاع به جدول ۴، فهرست می‌کند. اگر در جایی از جدول، هیچ عددی داده نشده، فقط یک حسگر مورد نیاز است، گرچه استفاده از حسگرهای افزونه، معمولاً توصیه می‌شود. هنگامی که حسگرهای چندگانه مورد نیاز هستند، باید در سراسر نیروگاه فتوولتائیک توزیع شوند یا در نقاط پایش مشخص شده در جدول، قرار گیرند. اگر نیروگاه شامل بخش‌های مختلفی است که دارای انواع مختلف فناوری فتوولتائیک می‌باشد یا از لحاظ جغرافیای محلی، متفاوت هستند، حداقل یک حسگر، باید در هر بخش قرار گیرد.

1- Global positioning system (GPS)
2- Network time protocol (NTP)
3- Check mark

نماد «E» در جدول ۳، بیانگر یک پارامتر است که می‌تواند به جای اندازه‌گیری در سایت، براساس داده‌های هواشناسی محلی یا منطقه‌ای یا داده‌های ماهواره‌ای، برآورد شود.

سلول‌های خالی در جدول ۳، بیانگر پارامترهای اختیاری هستند که ممکن است برای نیازهای خاص سامانه یا برای برآورده کردن ویژگی‌های پروژه، انتخاب شوند.

بادآوری - مهمترین تاثیرات مستقیم و قابل توجه بر عملکرد فتوولتائیک، عبارتند از تابش درون-صفحه‌ای دریافتی توسط آرایه فتوولتائیک، دمای سلول فتوولتائیک و تلفات سایه‌ای به علت کثیفی یا برف. پایش پارامترهای هواشناسی فهرست‌شده در جدول ۳، به تخمین برخی از این عوامل به صورت مستقل، کمک می‌کند و قابلیت مقایسه با سوابق داده‌های هواشناسی را برای سایت فراهم می‌کند و می‌تواند در شناسایی مشکلات طراحی یا نگهداری سامانه، کمک کند. پارامترهای اضافی فهرست‌شده در جدول ۳، به موقعیت‌یابی خطا ۱ و ارزیابی اثرات متقابل شبکه، کمک می‌کند.

جدول ۳- الزامات و پارامترهای اندازه‌گیری شده برای هر کلاس سامانه پایش

تعداد حسگرها	الزام؟			هدف پایش	یکاهای	نماد	پارامتر
	کلاس C	کلاس B	کلاس A				
	درستی پایه	درستی متوسط	درستی بالا				
میزان تابش (به زیربند ۷-۳ مراجعه شود)							
جدول ۴ ستون ۱	E یا √	E یا √	√	منبع خورشیدی	W·m ⁻²	G _i	میزان تابش درون - صفحه‌ای (POA)
جدول ۴ ستون ۱		E یا √	√	منبع خورشیدی، ارتباط با سوابق و داده‌های ماهواره‌ای	W·m ⁻²	GHI	میزان تابش افقی عمومی
جدول ۴ ستون ۱		E یا √ برای CPV	√ برای CPV	منبع خورشیدی، متمرکز کننده	W·m ⁻²	DNI	میزان تابش عمودی مستقیم
جدول ۴ ستون ۱		E یا √ برای CPV با تمرکز کمتر از 20x	√ برای CPV با تمرکز کمتر از 20x		W·m ⁻²	G _d	میزان تابش پراکنده
						CSR	نسبت تابش پیرامونی
فاکتورهای محیطی (به زیربند ۷-۳ مراجعه شود)							

تعداد حسگرها	الزام؟			هدف پایش	یکاهای	نماد	پارامتر
	کلاس C درستی پایه	کلاس B درستی متوسط	کلاس A درستی بالا				
جدول ۴ ستون ۲		E یا $\sqrt{}$	$\sqrt{}$	تعیین تلفات مربوط به دما	$^{\circ}\text{C}$	T_{mod}	دمای مدول PV
جدول ۴ ستون ۱	E یا $\sqrt{}$	E یا $\sqrt{}$	$\sqrt{}$	ارتباط با سوابق، به علاوه برآوردی از دماهای PV	$^{\circ}\text{C}$	T_{amb}	دمای هوای محیط
جدول ۴ ستون ۱		E یا $\sqrt{}$	$\sqrt{}$	برآورد دماهای PV	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$		سرعت باد
جدول ۴ ستون ۱			$\sqrt{}$		درجه		جهت باد
جدول ۴ ستون ۱			$\sqrt{}$ اگر تلفات ناشی از کثیفی بیش از ۲٪ مورد انتظار است	تعیین تلفات مربوط به کثیفی		SR	نسبت کثیفی
جدول ۴ ستون ۱		E یا $\sqrt{}$	$\sqrt{}$	تخمین تلفات کثیفی	cm		بارش باران
				تخمین تلفات مربوط به برف			برف

تعداد حسگرها	الزام؟			هدف پایش	یکها	نماد	پارامتر
	کلاس C درستی پایه	کلاس B درستی متوسط	کلاس A درستی بالا				
				تخمین تغییرات طیفی			رطوبت
سامانه ردیاب (به زیربند ۷-۴ مراجعه شود)							
جدول ۴ ستون ۱			✓ برای CPV با تمرکز کمتر از 20x	عیب یابی خطای سامانه ردیاب دو محوره	درجه	$\Delta\varphi_1$	خطای زاویه اولیه ردیاب دو محوری
جدول ۴ ستون ۱			✓ برای CPV با تمرکز کمتر از 20x		درجه	$\Delta\varphi_2$	خطای زاویه ثانویه ردیاب دو محوری
جدول ۴ ستون ۱			✓ برای ردیاب تک- محوری	عیب یابی خطای سامانه ردیاب، تک محوره	درجه	φ_T	زاویه افقی ردیاب تک محوره
خروجی الکتریکی (به زیربند ۷-۵ و زیربند ۷-۶ مراجعه شود)							

تعداد حسگرها	الزام؟			هدف پایش	یکاهای	نماد	پارامتر
	کلاس C درستی پایه	کلاس B درستی متوسط	کلاس A درستی بالا				
در هر مبدل (اختیاری در هر تابلو ترکیب کننده یا هر رشته ^۱)			√	خروجی انرژی، تشخیص و موقعیت یابی خطا	V	V_A	ولتاژ آرایه (DC)
			√		A	I_A	جریان آرایه (DC)
			√		kW	P_A	توان آرایه (DC)
در هر مبدل و در سطح سامانه		√	√	خروجی انرژی	V	V_{out}	ولتاژ خروجی (AC)
		√	√		A	I_{out}	جریان خروجی (AC)
	√	√	√		kW	P_{out}	توان خروجی (AC)
	√	√	√		kWh	E_{out}	انرژی خروجی
		√	√	تطابق با تقاضای زیربنایی		λ	ضریب توان خروجی
در سطح سامانه		اگر قابل اجرا باشد	اگر قابل اجرا باشد	تعیین انطباق درخواست مفید یا بار بر روی عملکرد سامانه PV			تقاضای بار کاهش یافته
در سطح سامانه		اگر قابل اجرا باشد	اگر قابل اجرا باشد			λ_{req}	درخواست ضریب توان خروجی سامانه

جدول ۴ - رابطه بین مقیاس سامانه (AC) و تعداد حسگرها برای حسگرهای خاصی که در جدول ۳، اشاره شده است

تعداد حسگرها		مقیاس سامانه (AC)
ستون ۱	ستون ۲	
۱	۶	$< 5 \text{ MW}$
۲	۱۲	$5 \text{ MW} \leq \text{تا} < 40 \text{ MW}$
۳	۱۸	$40 \text{ MW} \geq \text{تا} < 100 \text{ MW}$
۴	۲۴	$100 \text{ MW} \geq \text{تا} < 200 \text{ MW}$
۵	۳۰	$200 \text{ MW} \geq \text{تا} < 300 \text{ MW}$
۶	۳۶	$300 \text{ MW} \geq \text{تا} < 500 \text{ MW}$
۷	۴۲	$500 \text{ MW} \geq \text{تا} < 750 \text{ MW}$
۸	۴۸	$\geq 750 \text{ MW}$

۲-۷ میزان تابش

۱-۲-۷ اندازه‌گیری میزان تابش در سایت

۱-۱-۲-۷ کلیات

مقادیر میزان تابش، زمانی که در جدول ۳ مورد نیاز باشد، باید مستقیماً در سایت، اندازه‌گیری شوند.

۲-۱-۲-۷ میزان تابش درون-صفحه‌ای

برای سامانه‌های صفحه تخت، میزان تابش درون-صفحه‌ای، با یک حسگر میزان تابش، با روزنه موازی با سطح آرایه (POA) اندازه‌گیری می‌شود که دارای میدان دید حداقل 160° (در هر صفحه عمود بر روزنه حسگر) بوده و روی پایه مدول یا پایه دیگری که به موازات مدول است، نصب می‌باشد.

برای الزامات و انتخاب حسگر، به زیربندهای ۴-۱-۲-۷، ۵-۱-۲-۷ و ۷-۱-۲-۷ مراجعه شود.

در مورد سامانه‌های ردیابی، حسگر میزان تابش باید به‌طور مداوم با صفحه واقعی آرایه مدول‌ها، تراز شود، حتی اگر شامل ردیابی معکوس باشد.

برای سامانه‌های متمرکزکننده، به زیربند ۳-۸-۱-۲-۷ مراجعه شود.

یادآوری ۱- اگر پایه ردیاب که حسگر به آن متصل است درست کار نکند، اندازه‌گیری میزان تابش روی یک سطح ردیاب می‌تواند اشتباه باشد. یک رویکرد برای تصدیق، استفاده از میزان تابش عمودی مستقیم اندازه‌گیری شده DNI و میزان تابش

پراکنده افقی G_d و همچنین تهیه یک مدل جابه‌جایی^۱ برای محاسبه میزان تابش درون-صفحه‌ای مورد انتظار و مقایسه آن با مقدار اندازه‌گیری می‌باشد.

یادآوری ۲- میزان تابش POA نیز می‌تواند از GHI، با استفاده از یک مدل جابه‌جایی، تخمین زده‌شود.

۳-۱-۲-۷ میزان تابش افقی عمومی

تابش افقی عمومی (GHI) با حسگر میزان تابش متمایل به افق، اندازه‌گیری می‌شود.

برای الزامات و انتخاب حسگر، به زیربندهای ۴-۱-۲-۷، ۵-۱-۲-۷ و ۷-۱-۲-۷ مراجعه شود.

یادآوری ۱- اندازه‌گیری‌های میزان تابش افقی، برای مقایسه با سوابق داده‌های هواشناسی مفید است و می‌تواند مربوط به مستندسازی تضمین عملکرد باشد.

یادآوری ۲- GHI می‌تواند از میزان تابش POA، با استفاده از مدل جابه‌جایی، تخمین زده‌شود.

۴-۱-۲-۷ حسگرهای میزان تابش

حسگرهای میزان تابش مناسب، عبارتند از:

- پیرانومترهای ترموپیلی^۲؛

- وسایل مرجع فتوولتائیک، از جمله سلول‌های مرجع و مدول‌های مرجع؛

- و حسگرهای فوتودیود.

پیرانومترهای ترموپیلی، باید مطابق با استاندارد ISO 9060 یا WMO No. 8 طبقه‌بندی شوند.

پیرانومترها باید مطابق با استاندارد ISO 9846 یا ISO 9847 کالیبره شوند.

توصیه می‌شود، برای سامانه‌های کلاس A، زاویه تابش و اصلاحات دمایی پیرانومتر برای مقادیر اندازه‌گیری‌های پیرانومتر، در نظر گرفته شود؛ به استاندارد ASTM G183 مراجعه شود.

وسایل مرجع فتوولتائیک، باید با استاندارد IEC 60904-2 مطابقت داشته و مطابق با روش‌های اجرایی موجود در آن کالیبره و نگهداری شوند. این وسایل باید جریان اتصال کوتاه مندرج در الزامات خطی میزان تابش استاندارد IEC 60904-10 را برآورده کنند. کالیبراسیون وسیله مرجع فتوولتائیک، باید با توجه به طیف مرجع ارائه‌شده در استاندارد IEC 60904-3، انجام شود.

جدول ۵، فهرست انتخاب‌های حسگر و الزامات درستی، برای اندازه‌گیری میزان تابش درون-صفحه‌ای و میزان تابش عمومی را نشان می‌دهد و جدول ۷، الزامات نگهداری برای این حسگرها را فهرست می‌کند.

حسگر، مدارات الکترونیکی آمایش سیگنال و ذخیره‌سازی داده‌ها، باید حداقل شامل گستره $W \cdot m^{-2}$ (۰ تا ۵۰۰) باشد و تفکیک‌پذیری $1 \text{ W} \cdot m^{-2}$ را ارائه دهد.

1- Transposition model

2- Thermopile pyranometers

یادآوری - میزان تابش بیش از حد، در گستره $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ تا $1500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ یا بالاتر، می‌تواند به علت بازتاب‌های حاصل از ابرها، در شرایط نیمه ابری، رخ دهد.

جدول ۵ - انتخاب‌ها و الزامات حسگر برای میزان تابش درون-صفحه‌ای و تابش عمومی

نوع حسگر	کلاس A درستی بالا	کلاس B درستی متوسط	کلاس C درستی پایه
پیرانومتر ترموپیلی	استاندارد کمکی ISO 9060 یا کیفیت بالا مطابق با راهنمای WMO No. 8 (عدم قطعیت $\geq 3\%$ برای مجموع مقادیر ساعتی)	کلاس اول مطابق با استاندارد ISO 9060 یا کیفیت خوب مطابق با راهنمای WMO No. 8 (عدم قطعیت $\geq 8\%$ برای مجموع مقادیر ساعتی)	الزامی ندارد
وسیله مرجع فتوولتائیک	عدم قطعیت $\geq 3\%$ از $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ تا $1500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$	عدم قطعیت $\geq 8\%$ از $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ تا $1500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$	الزامی ندارد
حسگرهای فوتودیود	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	الزامی ندارد

هر نوع حسگر میزان تابش، دارای مزایای خاص خود است:

- پیرانومترهای ترموپیلی، نسبت به تغییرات نوعی طیفی، غیر حساس هستند و بنابراین کل میزان تابش خورشید را اندازه‌گیری می‌کنند. هرچند، این ویژگی می‌تواند تحت شرایط معمولی از 1% تا 3% (میانگین ماهانه) برای میزان تابش قابل استفاده فتوولتائیک، تغییر کند. علاوه بر این، پیرانومترهای ترموپیلی در مقایسه با وسایل فتوولتائیک و فوتودیودها، دارای زمان پاسخ طولانی هستند.

- وسایل مرجع فتوولتائیک سازگار، بخش قابل استفاده فتوولتائیک از طیف تابشی خورشید را اندازه‌گیری می‌کند که با خروجی سامانه پایش فتوولتائیک، مرتبط است. با این وجود، ممکن است این اندازه‌گیری از اندازه‌گیری‌های هواشناسی و سوابق موجود، بسته به ابزار مورد استفاده، متفاوت باشد.

- حسگرهای فوتودیود، به‌طور قابل ملاحظه‌ای ارزان‌تر از دو نوع دیگر می‌باشند و برای سامانه‌های کوچک‌تر یا ارزان‌تر، مناسب هستند، اما معمولاً درستی کمتری دارند.

حساسیت زاویه حسگرهای مختلف، ممکن است با یکدیگر و با سامانه فتوولتائیک متفاوت باشد و این موضوع در زمان اندازه‌گیری میزان تابش افقی عمومی (*GHI*) در زمستان، یا زمانی که زاویه تابش، دور از زاویه عمود باشد، به یک عامل تبدیل می‌شود.

پیرانومترهای ترموپیلی می‌تواند برای اندازه‌گیری *GHI*، بهترین انتخاب باشد، در حالی که وسایل مرجع فتوولتائیک سازگار، ممکن است برای اندازه‌گیری تابش درون-صفحه‌ای (*POA*)، بهترین باشد.

۵-۱-۲-۷ مکان‌های قرارگیری حسگر

مکان قرارگیری حسگرهای اندازه‌گیری میزان تابش اولیه، باید طوری انتخاب شود تا در صورت امکان، از شرایط قرارگیری در سایه، از طلوع خورشید تا غروب خورشید، جلوگیری شود. اگر سایه در نیم ساعت از طلوع خورشید یا غروب خورشید رخ دهد، این وضعیت باید مستند شود.

حسگرهای میزان تابش ثانویه، ممکن است در مکان‌هایی قرار گیرند که به‌طور موقت، توسط ردیف‌های مدول مجاور، بر روی آن‌ها سایه انداخته شود، برای مثال، در طول پایش معکوس یک سامانه ردیابی، به‌منظور پایش این اثر سایه در سنج‌های عملکردی، همیشه از حسگرهایی استفاده می‌شود که سایه روی آن نمی‌افتد در غیر این صورت، به صراحت ذکر می‌شود.

حسگرهای اندازه‌گیری میزان تابش، باید درجایی نصب شوند، که نور خورشید را در تمام طول سال، از طلوع خورشید تا غروب خورشید، بدون تاثیر محیط اطراف و همچنین اجزای نزدیک آرایه فتوولتائیک که موجب سایه یا بازتاب می‌شوند، دریافت کنند.

برای اندازه‌گیری تابش درون-صفحه‌ای در سامانه شیب‌دار ثابت یا سامانه‌های ردیابی، حسگرهای میزان تابش، باید در همان زاویه شیب صفحه یا مدول قرار گیرند، به طوری که یا مستقیم بر روی شاسی مدول یا بر روی یک پایه متصل به مدول، در همان زاویه شیب، کاملاً به دور از سایه و بازتاب، نصب شوند.

یادآوری - میزان تابش اندازه‌گیری‌شده، ممکن است بسته به موقعیت حسگر، متفاوت باشد. برای مثال، اگر حسگر زیر یک ردیف از مدول‌ها قرار گیرد، ممکن است خوانش متفاوتی را نسبت به زمانی که در بالای این ردیف از مدول‌ها قرار می‌گیرد، نشان دهد، زیرا سهم میزان تابش در یک صفحه شیب‌دار، از خصوصیت‌های زمین یا خصوصیت‌های مجاور آن، متاثر می‌شود.

بهتر است بازتاب نور محلی^۱، معرف بازتاب نوری باشد که بدون تاثیر سایه‌ی مدول مجاور، توسط سامانه، حاصل می‌شود. اگر پوشش زمین در سرتاسر میدان، ثابت نباشد، پوشش زمین در کنار حسگرهای میزان تابش، باید نسبت به آنچه که در بقیه میدان وجود دارد، مستند شود.

۶-۱-۲-۷ همراستایی^۲ حسگر

الزامات درستی همراستایی زاویه‌ای حسگر میزان تابش، در جدول ۶، فهرست شده‌است.

جدول ۶ - درستی همراستایی زاویه حسگر میزان تابش

کلاس C	کلاس B	کلاس A	
درستی پایه	درستی متوسط	درستی بالا	
۲°	۱٫۵°	۱°	زاویه شیب
۴°	۳°	۲°	زاویه آزیموت ^۳

روش‌های زیر، برای همراستا کردن حسگر میزان تابش با زاویه‌های مورد نظر، پیشنهاد شده‌است:

الف- زاویه شیب: حسگر نصب‌شده بر روی صفحه را نسبت به یک موقعیت افقی، تنظیم کنید، صحت آن را با شیب‌سنج دیجیتال، تایید کنید، حسگر را روی صفحه تراز کرده و حسگر را روی صفحه محکم کنید؛ سپس صفحه را در زاویه به‌دست آمده با شیب‌سنج دیجیتال، قرار دهید و آنگاه صفحه را محکم کنید.

ب- آزیموت: با استفاده از یک گیرنده GPS، از موقعیت حسگر شروع کنید و سپس حدود ۱۰۰ m را در جهت آزیموت مورد نظر، گام بردارید، سپس این نقطه را با یک نشانگر، مانند پرچم، علامت‌گذاری کنید؛ حال به محل نصب حسگر بازگردید، در امتداد یک لبه مربع صفحه‌ای که حسگری بر روی آن نصب شده، نگاه کنید و صفحه را طوری تنظیم کنید تا در امتداد نشانگری که قبلاً با گیرنده GPS علامت‌گذاری شده، قرارگیرد؛ حال صفحه را محکم کنید.

۷-۱-۲-۷ نگهداری حسگر

الزامات نگهداری حسگر میزان تابش، در جدول ۷، فهرست شده‌است.

1- Local albedo
2- Alignment
3- Azimuthal angle

جدول ۷ - الزامات نگهداری حسگر تابش

مورد	کلاس A	کلاس B	کلاس C
کالیبراسیون مجدد	سالی یکبار	هر دو سال یکبار	مطابق با الزامات سازنده
تمیزکاری	حداقل یکبار در هفته	اختیاری	
حرارت دادن برای جلوگیری از انباشت شبنم و/ یا برفک (رطوبت یخزده)	مورد نیاز در مکان‌هایی که در آن تراکم شبنم و/ یا برفک بر روی اندازه‌گیری بیش از ۷ روز در سال، تاثیر می‌گذارد	مورد نیاز در مکان‌هایی که در آن تراکم شبنم و/ یا برفک بر روی اندازه‌گیری بیش از ۱۴ روز در سال، تاثیر می‌گذارد	
تهویه (برای پیرانومترهای ترموپیلی)	ضروری	اختیاری	
تعویض و بازرسی رطوبت‌گیر (برای پیرانومترهای ترموپیلی)	مطابق با الزامات سازنده	مطابق با الزامات سازنده	مطابق با الزامات سازنده

بهتر است کالیبراسیون مجدد حسگرها و مدارات الکترونیکی آمایش سیگنال، در حداقل زمان ممکن که حسگرها خارج از استفاده هستند، در سایت انجام شود. اگر قرار است حسگرها برای کالیبراسیون مجدد آزمایشگاهی ارسال شوند، توصیه می‌شود، سایت با حسگرهای افزونه، طراحی شده باشد یا در غیر این صورت، برای جلوگیری از وقفه در پایش، باید حسگرهای پشتیبان دیگری برای جایگزینی حسگرهای خارج از استفاده، به کار گرفته شود.

تمیز کردن حسگرهای میزان تابش، بدون تمیز کردن مدول‌ها، می‌تواند منجر به کاهش نسبت عملکرد (تعریف شده در زیربند ۱۰-۳-۱) اندازه‌گیری شده سامانه فتوولتائیک شود. در برخی موارد، ممکن است الزامات قرارداد مشخص کند که حسگرهای میزان تابش، باید همانند مدول‌ها در یک میزان تمیزی یکسان، نگهداری شوند.

بهتر است داده‌های شبانه، برای اطمینان از درستی کالیبراسیون نقطه صفر، بررسی شوند.

یادآوری - برای پیرانومترهای ترموپیلی، نشان دادن سیگنال منفی کوچک در شب، از $1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ تا $3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ عادی است.

۸-۱-۲-۷ اندازه‌گیری‌های اضافی

۱-۸-۱-۲-۷ میزان تابش مستقیم عمودی

میزان تابش مستقیم عمودی (DNI) با یک پایراهیولومتر^۱ (گرماسنج خورشیدی) بر روی یک ردیاب دو محوره، که به‌طور خودکار خورشید را ردیابی می‌کند، اندازه‌گیری می‌شود.

۲-۸-۱-۲-۷ میزان تابش افقی پراکنده

میزان تابش افقی پراکنده G_d (یا DHI)، توسط یک حسگر میزان تابش که به‌صورت افقی نصب شده با یک نوار سایه چرخشی یا توپ ردیابی^۲ که مانع دریافت اشعه‌های مستقیم ساطع شده از دایره خورشیدی می‌شود، اندازه‌گیری می‌شود.

۳-۸-۱-۲-۷ میزان تابش درون-صفحه‌ای برای سامانه‌های متمرکزکننده

برای سامانه‌های متمرکزکننده، کل میزان تابش درون-صفحه‌ای، با میزان تابش جذب‌شده توسط متمرکزکننده، جایگزین می‌شود.

برای سامانه‌های متمرکزکننده‌ای که فقط پرتو مستقیم را جذب می‌کنند:

میزان تابش درون-صفحه‌ای، G_i ، توسط میزان تابش مستقیم پرتو درون-صفحه‌ای $G_{i,b}$ جایگزین می‌شود:

$$G_i = G_{i,b} \quad (۱)$$

برای سامانه‌های متمرکزکننده‌ای که بخشی از نور منتشرشده را، علاوه بر پرتو مستقیم، جذب می‌کنند:

میزان تابش درون-صفحه‌ای، با میزان تابش موثر (G_{eff}) که شامل بخشی از جذب پراکنده نور است، جایگزین می‌شود، که بخشی از نور پراکنده، با پارامتر f_d ، کمیت‌دهی می‌شود:

$$G_i = G_{eff} = (G_{i,b} + f_d \cdot (G_i - G_{i,b})) \quad (۲)$$

تعیین f_d ، با دریافت مشخصه‌های جریان و ولتاژ کامل یک مدول فتوولتائیک متمرکزکننده در طول روزهای زیاد، با تنوع مقدار انرژی پراکنده، آغاز می‌شود.؛ یک روز با آسمان شفاف، نسبت به یک روز ابری، انرژی پراکنده کمتری خواهد داشت. تجزیه و تحلیل یک جزء پراکنده نور، برای یک مدول فتوولتائیک متمرکزکننده با تمرکز کم و متوسط، بهتر است بر اساس تعداد زیادی از منحنی‌های $I-V$ باشد که در آن، تابش درون-صفحه‌ای عمومی (G_i)، بالاتر از 21 Wm^{-2} است.

پیش‌فرض اساسی این روش این است که جریان اتصال کوتاه (I_{sc})، می‌تواند به‌طور مداوم و قابل اطمینان با دستیابی به یک ردیابی کامل از منحنی جریان-ولتاژ ($V-I$) برای وسیله تحت آزمون (DUT)، تخمین زده شود و ضریب دما برای پارامتر I_{sc} در آزمون DUT ، از قبل به خوبی مشخص شده‌است. هنگامی که این

1- Pyrheliometer

2- Tracked ball

پیش فرض معتبر است، مشخصه جذب نور منتشرشده از یک مدول فتوولتائیک متمرکزکننده یا گیرنده، به سادگی موضوع تعیین جریان اتصال-کوتاه $I_{sc,0}$ است که تحت شرایط استاندارد (STC) نرمال سازی شده است و آنگاه $I_{sc,0}$ اندازه گیری شده را با استفاده از «میزان تابش موثر»، G_{eff} ، به این مرجع مرتبط می کند، همان طور که در فرمول (۲)، نشان داده شده است. یکی از مزیت های مهم این رویکرد این است که جبران اثر طیف خورشیدی، می تواند تنها با تنظیم پارامتر I_{sc} انجام شود.

با رسم روابط سمت چپ فرمول (۳) بر روی محور y یک نمودار دوبعدی و رسم $G_{i,b}/G_i$ بر روی محور x ، می توان به سادگی شیب و عرض از مبدا را طبق رابطه $y = mx + b$ ، با انجام تجزیه و تحلیل خطی سازی پارامتر I_{sc} بر حسب داده های $G_{i,b}/G_i$ ، به دست آورد.

$$\frac{1000 \text{ W.m}^{-2}}{G_i} \times \frac{I_{sc}}{[1 + \alpha_{I_{sc}} \cdot (T_c - 25^\circ\text{C})]} = (I_{sc,0} \cdot f_d) + \left(\frac{G_{i,b}}{G_i}\right) \cdot (I_{sc,0} - f_d \cdot I_{sc,0}) \quad (3)$$

که در آن:

$\alpha_{I_{sc}}$ ضریب دما برای I_{sc} است،

T_c دمای سلول بر حسب $^\circ\text{C}$ است.

$I_{sc,0}$ جریان اتصال کوتاه در STC است (به بند ۳ مراجعه شود) و زاویه تابش، صفر درجه است.

سپس f_d از رابطه زیر بدست می آید :

$$f_d = \frac{b}{m + b} \quad (4)$$

یک محدودیت این رویکرد، که بهتر است اشاره شود، این فرض ذاتی است که میزان جذب نور منتشر شده در کل گستره شرایط آب و هوایی که مشاهده می شود، باید ثابت باشد. این کار قطعاً نوفه را به اندازه گیری ها اضافه می کند، اما اگر نمونه برداری به اندازه کافی بالا باشد، تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی مورد بحث در بالا، می تواند برآورد مناسبی برای مقدار متوسط جذب نور منتشرشده باشد که می تواند تعریف بهتری از منبع خورشیدی را برای چنین مدول های فتوولتائیک متمرکزکننده ای فراهم کند.

اگر نتایج مشاهده شده، یک انحنای واضح یا شکستی را در رفتار واکنش جذب نور منتشرشده مدول فتوولتائیک متمرکزکننده نشان دهد، تجزیه و تحلیل رگرسیون، می تواند به روش تکه ای، به چند قسمت تقسیم شود. این می تواند یک نتیجه محتمل باشد با فرض اینکه ماهیت نور منتشرشده مربوط به مقادیر تابش پیرامونی، نسبت به مقادیر نور منتشرشده ایزوتروپیک، کاملاً متغیر است. با بررسی تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی، می توان مقدار جذب نور منتشرشده (f_d) را به عنوان تابعی از نسبت $\frac{G_{i,b}}{G_i}$ در گستره خاصی، تعیین کرد.

۷-۲-۱-۸-۴ میزان تابش طیفی برای سامانه‌های متمرکزکننده

برای سامانه‌های متمرکزکننده، وقتی که قرار است دسته‌بندی توان، مطابق با استاندارد IEC 62670-3 انجام می‌شود، بهتر است، سامانه شامل یک وسیله برای تعیین میزان تابش طیف مستقیم عمودی باشد. برای اطلاعات بیشتر به استاندارد IEC 62670-3، مراجعه شود.

۷-۲-۱-۸-۵ نسبت تابش پیرامونی برای سامانه‌های متمرکزکننده

برای سامانه‌های متمرکزکننده، اندازه‌گیری میزان تابش پیرامونی، می‌تواند مفید باشد. میزان تابش پیرامونی، میزان تابشی است که از ناحیه‌ای از آسمان که در اطراف دایره خورشید قرار دارد، منتشر می‌شود. میزان تابش مستقیم عمودی (*DNI*) می‌تواند شامل سهم زاویه‌ای حسگر *DNI*، به واسطه پذیرش زاویه‌ای حسگر *DNI* باشد. بخشی از تابش *DNI* اندازه‌گیری شده که تابش پیرامونی می‌باشد، به عنوان نسبت تابش پیرامونی تعریف می‌شود. بسته به طراحی، سامانه‌های متمرکزکننده می‌توانند بخشی از تابش پیرامونی را جذب کنند یا نکنند. بنابراین، اندازه‌گیری نسبت تابش پیرامونی، می‌تواند برای اهداف اختصاصی عملکرد مفید باشد؛ با این حال، وسایل اندازه‌گیری *CSR* هنوز، استاندارد نشده‌اند.

۷-۲-۲-سنجش از راه دور میزان تابش، دریافتی با استفاده از ماهواره

در مواردی که جدول ۳ اجازه داده‌است، مقادیر تابش می‌تواند از طریق سنجش از راه دور توسط ماهواره، برآورد شود. چنین تابش‌های اخذ شده از طریق ماهواره، به‌طور گسترده برای پایش عملکرد سامانه‌های تولید پراکنده، از جمله سامانه‌های بدون دستگاه کلاس B و C استفاده می‌شود تا موجب اجتناب از هزینه و الزامات نگهداری اندازه‌گیری‌ها در سایت، شود.

سنجش از راه دور توسط ماهواره، یک رویکرد غیرمستقیم است که به‌طور قابل اعتمادی، می‌تواند تابش نور را در هر سطحی از فروشارش^۱ در مکان و زمان برآورد نماید. این رویکرد غیرمستقیم است، زیرا تجهیزات ماهواره‌ای، میزان تابش منتشر/ بازتاب شده توسط سطح زمین از طریق فیلتر اتمسفر، در تعداد مشخصی از نوارهای طیفی نور مرئی و مادون قرمز را اندازه‌گیری می‌کند؛ تابش فروشارش سطحی از این اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای با استفاده از مدل‌های انتقال تابشی به‌دست می‌آید. مولفه‌های تابش درون-صفحه‌ای یا تابش‌های دیگر، بیشتر از خروجی مدل انتقال تابشی، مدل‌سازی شده‌است.

اطلاعات تابش‌های به‌دست آمده از ماهواره، که شامل تابش‌های افقی عمومی، عمودی مستقیم، پراکنده و درون-صفحه‌ای هستند، معمولاً به‌طور لحظه‌ای، از طریق شرکت‌های خدماتی تجاری، در دسترس است.

ملاحظات مهم در زمان انتخاب مدل‌های ماهواره‌ای، به شرح زیر است:

- توصیه می‌شود، داده‌های حاصل از ماهواره، پس از بررسی درستی (برای مثال با بررسی اعتبارسنجی‌های درخواست (محلی) مرتبط با منبع داده)، به دقت انتخاب شوند.

1- Down welling

- مدل‌های ماهواره‌ای خوب، می‌توانند به صورت محلی، با استفاده از دوره‌های کوتاه مدت، توسط نماینده سازمان اندازه‌گیری‌های منطقه‌ای/محیطی آموزش داده شوند.

یادآوری ۱- میزان تابش‌های حاصل از ماهواره دارای مزایا و معایبی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های تابش در سایت می‌باشند. مزیت اصلی آن‌ها، قابلیت اطمینان و سازگاری آن‌ها از نظر کالیبراسیون و نگهداری است. با یک مجموعه از حسگرهای صفحه‌ای به دقت پایش‌شده، تمام قاره‌ها را، یک‌جا پوشش می‌دهد، ماهواره‌ها عدم قطعیت و هزینه‌های مرتبط با نگهداری در محل، کثیفی ابزار دقیق، رانش‌های کالیبراسیون و عدم تطابق نقطه به نقطه را، حذف می‌کنند. محدودیت اصلی اندازه‌گیری تابش ماهواره‌ای در مقابل روش‌های اندازه‌گیری تابش در سایت، درستی ذاتی آن‌ها است. برخلاف دستگاه‌های اندازه‌گیری زمینی، درستی مدل‌های ماهواره‌ای، به طور نسبی، در سراسر گستره وسیعی از تابش‌ها، ثابت نیست، اما در شرایط مطلق، ثابت است. برای محصول خروجی مدل‌های انتقال تابشی - مدل تابش افقی عمومی (GHI) - مدل‌های ماهواره‌ای مناسب^۱ معمولاً، درستی بهتر از ۲٪ در میزان تابش 1000 Wm^{-2} و درستی حدود ۲۰٪ در میزان تابش 100 Wm^{-2} دارند، یعنی یک ثابت حدود 20 Wm^{-2} در گستره تابش 100 Wm^{-2} تا 1000 Wm^{-2} . توجه داشته باشید که این عدم قطعیت، به صورت مطلق تعریف نشده است، اما در مقایسه با ابزارهای زمینی برای (یعنی بالا و فراتر از) مدل‌های ماهواره‌ای، مورد ارزیابی قرار گرفته است.

یادآوری ۲- مناسب‌ترین مدل‌های ماهواره‌ای می‌توانند درستی ۱٪ در میزان تابش 1000 Wm^{-2} و درستی ۱۰٪ در میزان تابش 100 Wm^{-2} را نسبت به ابزار مورد استفاده برای آموزش آن‌ها فراهم کنند، یعنی ثابت حدود 10 Wm^{-2} در گستره 100 Wm^{-2} تا 1000 Wm^{-2} . مقادیر حاصل از خروجی اولیه مدل انتقال تابشی GHI ، از جمله تابش درون-صفحه‌ای زاویه دار، تابش مستقیم عمودی و تابش پراکنده، به دلیل استفاده از مدل‌های ثانویه، عدم قطعیت بیشتری را نشان می‌دهد. عدم قطعیت برای تابش درون-صفحه‌ای زاویه‌دار، رو به جنوب (نیمکره شمالی) یا رو به شمال (نیمکره جنوبی)، به طور معمول نسبت به تجهیزات حرفه‌ای ۱/۲۵ برابر بزرگتر از عدم قطعیت تابش‌های GHI است، یعنی ۲/۵٪ در میزان تابش 1000 Wm^{-2} برای یک مدل ماهواره‌ای غیرحرفه‌ای و ۱/۲۵٪ برای یک مدل ماهواره‌ای حرفه‌ای. عدم قطعیت برای تابش نرمال مستقیم، نسبت به تجهیزات حرفه‌ای در یک طیف گسترده (1000 Wm^{-2}) از ۴٪ برای یک مدل ماهواره‌ای غیرحرفه‌ای، و ۲٪ برای یک مدل ماهواره‌ای حرفه‌ای است.

یادآوری ۳- اگر داده‌های حاصل از ماهواره، برای یک منطقه محلی، آموزش داده نشده باشد، تغییرات در زمین‌های محلی می‌تواند خطای قابل توجهی را در حدود ۱۰٪ وارد کند. این به ویژه در صحرای با شن و ماسه سفید، درست است چرا که ممکن است در بعضی از شرایط، تشخیص آن از ابرهای سفید، دشوار باشد.

یادآوری ۴- داده‌های حاصل از ماهواره ممکن است برای دوره‌های کوتاه مدت، کمتر درست باشد، اما به طور میانگین، در طول دوره‌های طولانی، درست‌تر است. بنابراین ممکن است داده‌های حاصل از ماهواره، مناسب‌تر باشد، برای مثال، برای ارزیابی تولید انرژی سامانه در طول مدت طولانی در مقایسه با تولید لحظه‌ای انرژی.

۷-۳ عوامل محیطی

۷-۳-۱ دمای مدول فتوولتائیک

دمای مدول فتوولتائیک، T_{mod} ، توسط یک حسگر دما، که در پشت یک یا چند مدول نصب شده است، اندازه‌گیری می‌شود.

عدم قطعیت اندازه گیری حسگرهای دما، شامل مدارات آمایش سیگنال، باید کوچکتر از 2°C ، یا برابر با آن، باشد.

حسگرهای دما، باید مطابق جدول ۸، جایگزین یا دوباره کالیبره شوند.

جدول ۸ - الزامات نگهداری حسگر دمای مدول فتوولتائیک

مورد	کلاس A درستی بالا	کلاس B درستی متوسط	کلاس C درستی پایه
کالیبراسیون مجدد	هر دو سال یکبار	مطابق با توصیه های سازنده	قابل اجرا نیست

اگر از چسب برای چسباندن حسگر دما به سطح پشت مدول استفاده می شود، توصیه می شود این چسب، برای استفاده طولانی مدت در فضای باز و مطابق با شرایط سایت مناسب بوده و بررسی شود که با مواد سطح پشت مدول سازگار باشد، تا مواد سطح، توسط چسب مورد حمله قرار نگرفته یا از بین نرود.

مواد چسب یا لایه رابط بین حسگر دما و سطح پشت مدول، باید هادی گرما باشند. هدایت حرارتی کل چسب یا لایه رابط باید $500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ یا بیشتر باشد تا بیشینه اختلاف دما، بین سطح پشت مدول و حسگر دما، به میزان تقریباً 1 K باشد. برای مثال، این وضعیت ممکن است با استفاده از یک چسب رسانای گرما، با هدایت حرارتی بیش از $0.5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ، در یک لایه با ضخامت کمتر از 1 mm ، به دست آید.

برای توصیه های بیشتر در مورد اتصال به حسگر دما، به پیوست ب مراجعه شود.

باید مراقبت بود تا اطمینان حاصل شود که دمای سلول، در جلوی حسگر، به دلیل حضور حسگر یا عوامل دیگر، تغییر قابل ملاحظه ای نداشته باشد.

یادآوری ۱- دماهای پیوندگاه سلولی، بسته به ساختار مدول، معمولاً 1°C (۱ تا ۳)، بالاتر از دمای اندازه گیری شده در سطح پشت مدول است. ممکن است اختلاف دما، به صورت تابعی از میزان تابش، با استفاده از هدایت گرمایی مواد مدول، برآورد شود.

یادآوری ۲- یک تصویر مادون قرمز از جلوی مدول، می تواند به تایید اینکه دمای سلول در جلوی حسگر، به علت حضور حسگر یا سایر عوامل، تغییر قابل ملاحظه ای نداشته باشد، کمک کند.

دمای مدول، در سرتاسر هر مدول و در سرتاسر آرایه، تغییر می کند و ممکن است تفاوت های قابل توجهی در دما، مشاهده شود. برای مثال، بادهای قوی که موازی با سطح مدول می وزد، ممکن است اختلاف دمای بزرگتر از 5°C را نشان دهند. به طور مشابه، یک مدول می تواند در کنار یک قاب، که به قفسه محکم شده است، خنک تر باشد، زیرا ممکن است قفسه، به عنوان یک گرماگیر عمل کند. ممکن است مدول های متمرکزکننده، تغییرات بزرگتری را بین لبه های بیرونی گرماگیر و گرماگیری که نزدیک به نور متمرکز است، نشان دهند.

بنابراین، باید دقت شود که حسگرهای دما در مکان‌های مشخصی قرار داده شوند، تا اطلاعات مورد نظر، فراهم آید. برای پایش عملکرد، بهتر است تعدادی از حسگرهای دما، در سراسر سامانه، توزیع شود تا بتوان دمای متوسط را تعیین کرد.

علاوه بر این، هنگامی که آرایه شامل بیش از یک نوع مدول یا شامل بخش‌هایی با جهت‌های مختلف یا ویژگی‌های دیگر است که می‌تواند بر روی دما تاثیر بگذارد، حداقل یک حسگر دما، برای هر نوع مدول یا بخش، لازم است و همچنین حسگرهای اضافی، در صورتی که با توجه به اندازه آرایه، لازم باشد، باید به روش مشخص در میان انواع مدول‌های مختلف و انواع بخش‌ها، توزیع شود.

اندازه‌گیری دمای مدول را می‌توان با روش مبتنی بر V_{OC} توصیف شده در استاندارد IEC 60904-5، به عنوان جایگزینی برای استفاده از حسگر دما در تماس با سطح پشتی مدول، انجام داد. ممکن است این اندازه‌گیری، استفاده از مدول مرجع اضافی، که به آرایه فتوولتائیک متصل نیست، را برای اهداف اندازه‌گیری دما، الزام کند.

۷-۳-۲ دمای هوای محیط

در صورت الزام توسط جدول ۳، دمای هوای محیط، T_{amb} ، باید در مکان‌هایی که نماینده شرایط آرایه هستند، توسط حسگرهای دمایی اندازه‌گیری شوند که در سایبان‌های تابش خورشیدی، که برای عبور آزاد هوای محیط تهویه می‌شود، قرار گرفته‌اند.

حسگرهای دما و مدارات الکترونیکی آمایش سیگنال، باید باهم، تفکیک‌پذیری اندازه‌گیری کوچک‌تر از $0.1^{\circ}C$ و بیشینه عدم قطعیت $1^{\circ}C \pm$ را داشته باشند.

بهتر است حسگرهای دما، با فاصله حداقل ۱ m از نزدیک‌ترین مدول فتوولتائیک، قرار گیرند و همچنین در مکان‌هایی که تحت تاثیر منابع حرارتی یا منابع خنک‌کننده، مانند خروجی‌های مبدل‌ها یا سایه‌بان‌های تجهیزات، آسفالت یا مواد سقف و غیره هستند، قرار نگیرند.

حسگرهای دما، باید مطابق جدول ۹، جایگزین یا کالیبراسیون مجدد شوند.

جدول ۹- الزامات نگهداری حسگر دمای هوای محیط

مورد	کلاس A درستی بالا	کلاس B درستی متوسط	کلاس C درستی پایه
کالیبراسیون مجدد	هر دو سال یکبار	مطابق با توصیه‌های سازنده	قابل اجرا نیست

هنگامی که مطابق جدول ۳، اجازه داده شود، دمای هوای محیط در سایت، بر اساس داده‌های محلی یا منطقه‌ای هواشناسی، برآورد می‌شود.

۳-۳-۷ سرعت و جهت باد

سرعت باد و جهت باد، برای برآورد دماهای مدول استفاده می‌شود. همچنین از آن‌ها برای مستندسازی مطالبات گارانتی مربوط به خرابی ناشی از وزش باد، استفاده می‌شود.

سرعت و جهت باد، در ارتفاع و مکانی اندازه‌گیری می‌شود که معرف شرایط آرایه بوده و/یا شرایطی است که توسط هر مدل عملکرد قابل اجرا برای تضمین عملکرد نصب فتوولتائیک، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

علاوه بر این، سرعت و جهت باد نیز ممکن است در ارتفاعات و مکان‌های مناسب برای مقایسه با سوابق داده‌های هواشناسی یا داده‌های همزمان، اندازه‌گیری شود.

در بعضی موارد ممکن است داده‌های مربوط به تندبادهای ناگهانی (که معمولاً حداکثر تا ۳ ثانیه طول می‌کشند) به منظور مقایسه با الزامات طراحی پروژه، مورد نیاز باشد. در صورت لزوم، زمان نمونه‌گیری سامانه پایش، باید به اندازه کافی کوچک باشد (برای مثال کوچک‌تر از ۳ s یا برابر با آن) و بهتر است ثبت داده‌ها، نه تنها شامل میانگین، بلکه شامل مقادیر بیشینه هم باشد (به زیربند ۶-۱ مراجعه شود).

تجهیزات اندازه‌گیری باد، نباید در هر زمانی از روز یا سال باعث ایجاد سایه بر روی سامانه فتوولتائیک شود و بهتر است در نقطه‌ای قرار گیرد که به اندازه کافی، از موانع دور باشد.

عدم قطعیت اندازه‌گیری حسگر سرعت باد، برای سرعت‌های باد کوچک‌تر از 5 ms^{-1} و برابر با آن، باید کوچک‌تر از 0.5 ms^{-1} یا برابر آن باشد و برای سرعت‌های باد بالاتر از 5 ms^{-1} باید کمتر یا برابر با ۱۰٪ مقدار خوانش باشد.

جهت باد به جهتی که باد از آن سمت می‌وزد گفته می‌شود و در جهت عقربه‌های ساعت، از شمال جغرافیایی، اندازه‌گیری می‌شود. جهت باد باید با درستی 5° ، اندازه‌گیری شود.

حسگرهای باد، باید مطابق جدول ۱۰، کالیبراسیون مجدد شوند.

جدول ۱۰- الزامات نگهداری حسگر باد

مورد	کلاس A درستی بالا	کلاس B درستی متوسط	کلاس C درستی پایه
کالیبراسیون مجدد	مطابق با توصیه‌های سازنده	مطابق با توصیه‌های سازنده	مطابق با توصیه‌های سازنده

۴-۳-۷ نسبت کثیفی

۱-۴-۳-۷ تعریف

نسبت کثیفی، نسبت خروجی توان واقعی آرایه فتوولتائیک، تحت شرایط کثیفی داده‌شده، به توانی که اگر آرایه فتوولتائیک، تمیز و بدون گردوغبار باشد، انتظار می‌رود.

۷-۳-۴-۲ تجهیزات

برای اندازه‌گیری نسبت کثیفی، به موارد زیر نیاز است:

الف- یک وسیله فتوولتائیک مرجع، که وسیله «کثیف» نامیده می‌شود، که اجازه می‌دهد کثیفی با همان نرخ، بر روی آرایه فتوولتائیک، انباشته شود. ممکن است وسیله کثیف، یک سلول مرجع فتوولتائیک یا مدول فتوولتائیک باشد، اما ترجیحا بهتر است، یک مدول فتوولتائیک باشد که ضمن یکسان بودن به لحاظ نصب، معرف آن‌هایی باشد که در آرایه فتوولتائیک، برای پایش استفاده می‌شود تا به همان میزان، کثیف شود. وسیله باید در همان صفحه و در متوسط ارتفاع آرایه فتوولتائیک، ترجیحا با سازوکارهای نصب یکسان، نصب شود.

ب- یک وسیله فتوولتائیک مرجع، که وسیله «تمیز» نامیده می‌شود، که به‌طور مرتب تمیز می‌شود تا از کثیفی آن جلوگیری شود. وسیله تمیز می‌تواند یک سلول مرجع فتوولتائیک یا مدول فتوولتائیک باشد، اما باید پاسخ طیفی و زاویه‌ای مشابه با وسیله کثیف، داشته باشد. بهتر است اثر همه اختلافات در پاسخ، در عدم قطعیت اندازه‌گیری، آورده شود. وسیله تمیز، باید نزدیک وسیله کثیف نصب شود و در محدوده 0.5° ، همسطح با آن باشد. تمیز کردن ممکن است به‌صورت دستی یا با یک سامانه خودکار، انجام شود و باید روزانه یا حداقل دو بار در هفته، برای کلاس A، یا در فواصل کمتر برای کلاس B و کلاس C، انجام شود. بهتر است وسیله تمیز، گرم شود تا در صورت نصب در مناطقی که به‌طور معمول، بیش از ۷ روز بارانی یخ‌زده در سال را تجربه می‌کنند، بدون یخ‌زدگی باقی بماند.

پ- یک سامانه اندازه‌گیری برای اندازه‌گیری توان بیشینه (به روش ۱ در زیربند ۷-۳-۴-۴ مراجعه شود) و/یا جریان اتصال کوتاه (به روش ۲ در زیربند ۷-۳-۴-۵ مراجعه شود) وسیله کثیف. توان بیشینه را می‌توان با استفاده از ردیابی منحنی V-I یا ردیابی الکترونیکی نقطه توان بیشینه، اندازه‌گیری کرد.

ت- یک سامانه اندازه‌گیری برای اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه وسیله تمیز.

ث- یک سامانه اندازه‌گیری برای اندازه‌گیری دماهای وسایل کثیف و تمیز، با استفاده از حسگرهای دما که روی سطوح پشتی آن‌ها، قرار دارند.

برای موارد پ و ت، میان اندازه‌گیری‌ها، سامانه اندازه‌گیری نباید مدول را در وضعیت الکتریکی که ممکن است موجب تخریب یا ریزش برف یا یخ‌زدگی از روی وسیله شود، نگه دارد. بنابراین، بهتر است مدول‌های سیلیکونی بلوری معمولی، در مدار باز (یا توان بیشینه) در بین اندازه‌گیری‌ها، نگه داشته شوند تا از تولید نقطه داغ جلوگیری شود، در حالی که مدول‌های معمولی فیلم نازک، بهتر است در اتصال کوتاه (یا توان بیشینه) بین اندازه‌گیری‌ها، نگه داشته شود. برای انتخاب حالت مناسب نگه‌داری، دستورالعمل‌های سازنده را در صورت نیاز، مشاهده کنید.

برای سامانه‌های ردیابی، وسایل کثیف و تمیز باید در صفحه مدول ردیاب، نصب شوند.

۷-۳-۴-۳ کالبراسیون

- الف- یک وضعیت مرجع از تابش و دمای دستگاه فتوولتائیک را انتخاب کنید، برای مثال STC.
- ب- مقدار کالبراسیون برای جریان اتصال کوتاه دستگاه وسیله تمیز را در وضعیت مرجع تخصیص داده شده، تعیین کنید. کافی است از مقادیر داده سازنده استفاده کنید.
- پ- از وسیله تمیز برای اندازه گیری تابش، تعیین مقادیر کالبراسیون برای توان بیشینه (به روش ۱ زیربند ۷-۳-۴-۴ مراجعه شود) و/یا جریان اتصال کوتاه (به روش ۲ زیربند ۷-۳-۴-۵ مراجعه شود) برای وسیله کثیف در شرایط مرجع، به شرح زیر، استفاده کنید:
- ۱- وسیله کثیف را کاملاً تمیز کنید.
- ۲- همزمان، توان بیشینه و/یا جریان اتصال کوتاه و دمای وسیله کثیف را، همانند جریان اتصال کوتاه و دمای وسیله تمیز، اندازه گیری کنید.
- ۳- با استفاده از جریان اتصال کوتاه و دمای اندازه گیری شده وسیله تمیز و با داده های کالبراسیون تعیین شده در مرحله ب، تابش موثر را محاسبه کنید.
- ۴- با استفاده از این تابش محاسبه شده و اندازه گیری های وسیله کثیف، توان بیشینه و/یا جریان اتصال کوتاه وسیله کثیف اصلاح شده به وضعیت مرجع تابش و دما را محاسبه کنید.

۷-۳-۴-۴ روش اندازه گیری ۱ - کاهش توان بیشینه به دلیل کثیفی

اندازه گیری را به صورت زیر، انجام دهید:

- الف- جریان اتصال کوتاه و دمای وسیله تمیز را اندازه گیری کنید.
- ب- توان بیشینه و دمای وسیله کثیف را اندازه گیری کنید.
- پ- تابش موثر حاصل از مقادیر اندازه گیری شده در مرحله الف را محاسبه کنید. از مقادیر کالبراسیون تعیین شده مرحله ب از زیربند ۷-۳-۴-۳، استفاده کنید.
- ت- توان بیشینه مورد انتظار وسیله کثیف را در تابش تعیین شده در مرحله پ و دمای اندازه گیری شده در مرحله ب محاسبه کنید. از مقادیر کالبراسیون تعیین شده مورد پ از زیربند ۷-۳-۴-۳، استفاده کنید.
- ث- نسبت کثیفی SR را با تقسیم کردن توان بیشینه وسیله کثیف که در مرحله ب اندازه گیری شده، بر توان بیشینه مورد انتظار محاسبه شده در مرحله ت، محاسبه کنید.

۷-۳-۴-۵ روش اندازه گیری ۲ - کاهش جریان اتصال کوتاه به دلیل کثیفی

اندازه گیری را به صورت زیر، انجام دهید:

- الف- جریان اتصال کوتاه و دمای وسیله تمیز را اندازه گیری کنید.

ب- جریان اتصال کوتاه و دمای وسیله کثیف را اندازه‌گیری کنید.

پ- تابش موثر حاصل از مقادیر اندازه‌گیری شده در مرحله الف را محاسبه کنید. از مقادیر کالیبراسیون تعیین شده در مرحله ب از زیربند ۳-۴-۳-۷، استفاده کنید.

ت- جریان اتصال کوتاه مورد انتظار وسیله کثیف را با استفاده از تابش تعیین شده در مرحله پ و دمای اندازه‌گیری شده در مرحله ب، محاسبه کنید. از مقادیر کالیبراسیون تعیین شده در مرحله پ از زیربند ۳-۴-۳-۷، استفاده کنید.

ث- نسبت کثیفی SR را با تقسیم کردن جریان اتصال کوتاه وسیله کثیف اندازه‌گیری شده در مرحله ب، بر جریان اتصال کوتاه مورد انتظار محاسبه شده در مرحله ت، محاسبه کنید.

۶-۴-۳-۷ روش پیشنهادی

به‌طور کلی روش ۱ زیربند ۴-۴-۳-۷ ترجیح داده می‌شود، زیرا اتلاف توان واقعی به دلیل کثیفی را بهتر نشان می‌دهد و به‌صورت ویژه، نتایج با درستی بیشتری را در زمانی که کثیفی ممکن است در میان مدول‌ها توزیع یکنواختی نداشته باشد، ارائه می‌دهد، به‌ویژه برای مدول‌های سیلیکونی بلوری معمولی. روش ۲ زیربند ۵-۴-۳-۷ زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که معلوم است، کثیفی در میان مدول‌ها، یکنواخت بوده یا زمانی که اثرات غیریکنواختی کثیفی بر روی نسبت توان بیشینه به جریان اتصال کوتاه، به دلیل ساختار یا فیزیک وسیله مدول، ناچیز باشد، به‌عنوان مثال برای مدول‌های معمولی فیلم نازک. هر دو روش ممکن است به‌طور همزمان استفاده شود و مناسب‌ترین مقدار یا میانگین وزنی، ممکن است به کار رود.

۷-۴-۳-۷ مقدار میانگین روزانه

نسبت کثیفی که توسط روش فوق، اندازه‌گیری می‌شود، یک مقدار لحظه‌ای است. از آنجایی که نسبت کثیفی اندازه‌گیری شده لحظه‌ای تمایل به نشان دادن یک وابستگی به ساعت روز، به دلیل ناهم‌ترازی زاویه‌ای باقی‌مانده دو وسیله مرجع، همچنین پراکندگی نور وابسته به زاویه، برای ذرات کثیفی دارد، برای تفسیر مناسب، مقادیر نسبت کثیفی اندازه‌گیری شده، بهتر است همه مقادیر یکپارچه شده و یک مقدار میانگین روزانه محاسبه شود.

این یکپارچه‌سازی را با محاسبه میانگین وزن‌دهی شده تابشی از مقادیر نسبت کثیفی اندازه‌گیری شده برای یک روز مشخص، به‌دست آورید. ممکن است داده‌ها برای حذف داده‌های خارج از محدوده، فیلتر شوند و/یا مقادیر اندازه‌گیری شده، محدود به یک پنجره زمانی مشخصی شوند که تاثیرات ناهم‌ترازی زاویه‌ای را، به حداقل برسانند.

یادآوری - به عنوان مثال، زمانی که وسایل تمیز و کثیف، در موقعیت (بدون ردیابی) ثابت قرار می‌گیرند، یکپارچه‌سازی می‌تواند فقط در محدوده ± 2 ساعت از تابش ظهر خورشیدی باشد. زمانی که وسایل تمیز و کثیف روی یک سامانه ردیابی نصب می‌شوند، این تحلیل فقط می‌تواند برای زمانی که زاویه تابش خورشید کمتر از حدود 35° است، انجام شود.

۷-۳-۴-۸ کالیبراسیون مجدد

مرحله کالیبراسیون در زیربند ۷-۳-۴-۳ باید حداقل سالیانه تکرار شود.

بلافاصله پس از کالیبراسیون یا پس از هر بارندگی قابل توجه، بهتر است نسبت کثیفی اندازه‌گیری‌شده، نزدیک به واحد باشد. انحراف قابل توجه از واحد، مشکلی در وضع موجود را نشان می‌دهد. این اندازه‌گیری را می‌توان به‌عنوان بررسی فرآیند کالیبراسیون به‌کار برد، بنابراین، کالیبراسیون ممکن است در صورت لزوم تکرار شود.

۷-۳-۵ بارش باران

برای تخمین تمیزی مدول‌ها، می‌توان از اندازه‌گیری‌های بارش استفاده کرد. با این حال، اگر نسبت کثیفی اندازه‌گیری شود، تمیزی مدول، مستقیماً مشخص می‌شود.

۷-۳-۶ برف

اندازه‌گیری‌های بارش برف، ممکن است برای تخمین اتلاف‌های ناشی از سایه برف، به‌کار رود. به هر حال، این اتلاف‌ها شامل اندازه‌گیری‌های نسبت کثیفی نیز خواهد بود. بنابراین، اگر نسبت کثیفی اندازه‌گیری شود، اندازه‌گیری‌های برف ممکن است غیرضروری باشد، مگر اینکه وسایلی که برای اندازه‌گیری کثیفی استفاده می‌شوند مشخصاً برای آرایه نباشند یا به‌طور متفاوت یا در ارتفاع متفاوتی، نصب شده باشند.

۷-۳-۷ رطوبت

اندازه‌گیری‌های رطوبت نسبی، ممکن است برای برآورد تغییرات در طیف تابشی استفاده شود که می‌تواند بر روی خروجی توان مدول فتوولتائیک و همچنین خوانش‌های حسگر تابش، اثر بگذارد. داده‌های رطوبت همراه با داده‌های دما نیز می‌توانند برای محاسبه زمان خیس شدن به علت شبنم، به‌کار روند. به‌طور جایگزین، می‌توان از حسگرهای شبنم سطح برای جمع‌آوری مستقیم این داده‌ها، استفاده کرد.

۷-۴ سامانه ردیابی

۷-۴-۱ ردیاب‌های تک-محوره

زاویه شیب ردیاب زمان واقعی φ_T ، باید بر روی ردیاب‌های شاخص، اندازه‌گیری شود. اندازه‌گیری ممکن است با موتور یا شمارنده‌های موقعیت یا سایر حسگرهای یکپارچه‌شده در سازوکار ردیاب، انجام شود، در صورت دلخواه، و به ابزار جداگانه، نیاز ندارد.

۷-۴-۲ ردیاب‌های دو محوره برای سامانه‌های $20x <$

۷-۴-۲-۱ پایش

برای سامانه‌های با متمرکزکننده بالا ($>20x$)، داده‌های اشاره گر خطاهای ردیاب زمان واقعی ($\Delta\varphi_1$ و $\Delta\varphi_2$) باید بر روی ردیاب‌های شاخص، با استفاده از حسگرهای تعریف‌شده و کالیبره‌شده مطابق با زیربند ۷-۳ در استاندارد IEC 62817: 2014، اندازه‌گیری شود. بهتر است ردیاب‌های انتخاب‌شده، با محل اندازه‌گیری برای

توان خروجی DC مطابقت داشته باشند (به زیربند ۷-۵ مراجعه شود). گزارش داده‌های اشاره‌گر خطای ردیاب، باید مطابق با زیربند ۷-۴-۶ استاندارد IEC 62817: 2014 باشند.

۷-۴-۲ تراز کردن حسگر اشاره‌گر خطا

حسگر اشاره‌گر خطای ردیاب، معمولاً بر روی ردیاب نصب می‌شود، طوری که بردار اشاره‌گر حسگر، عمود بر صفحه سامانه PV باشد. تصدیق تنظیم اولیه حسگر اشاره‌گر خطا، باید به صورت هدفمند از طریق اسکن تنظیم بهینه، در زمان اندازه‌گیری حسگر اشاره‌گر خطا، انجام شود. این عمل ممکن است از طریق حرکت دادن ردیاب به زاویه مورد نظر در هر محور مربوطه، یا با حرکت دادن ردیاب در امتداد خورشید، متوقف کردن ردیاب و انتظار برای خورشید، جهت حرکت به داخل و خارج از موقعیت مطلوب، انجام شود. خطای اشاره‌گر اندازه‌گیری شده، بر خلاف توان بیشینه سامانه نرمال شده، تقسیم بر تابش نور عمود مستقیم (DNI) ترسیم شده است. این داده‌ها باید تحت شرایط آسمان صاف با سرعت‌های باد در گستره 0.5 ms^{-1} تا 3.5 ms^{-1} اندازه‌گیری شوند و در مدت زمان ۱ ساعت، ثبت شوند. این الزامات برای به حداقل رساندن نوفه مرتبط با تغییر در خروجی توان حاصل از عواملی به غیر از تنظیم می‌باشد.

وقتی منحنی توان تابش - نرمال شده در بیشینه مقدار باشد و خطای اشاره‌گر صفر باشد، تنظیم ایده‌آل به دست می‌آید. در اینجا هیچ رواداری برای انحراف از تنظیم ایده‌آل به عنوان رواداری قابل قبول، وابسته به سامانه داده شده، ارائه نشده است. پهنای اسکن، به پاسخ سامانه بستگی دارد، اما بهتر است حداکثر $\pm 75^\circ$ باشد تا اسکن با حسگر DNI سازگار باشد.

این آزمون معمولاً به یک ردیاب منفرد، با اندازه‌گیری تولید توان مرتبط با آن ردیاب، فقط اعمال می‌شود، اما ممکن است برای تولید توان چندین ردیاب، زمانی که همه آن‌ها با یکدیگر حرکت می‌کنند، طراحی شود. طرح‌ها باید در گزارش آزمون گنجانده شود تا به عنوان شاخص رواداری تنظیم مورد نیاز، به کار گرفته شوند.

۷-۵ اندازه‌گیری‌های الکتریکی

زمانی که آرایه فتوولتائیک در شرایط STC یا بیشینه میزان مبدل کار می‌کند (هر کدام که پایین تر است)، تمام اندازه‌گیری‌های الکتریکی، باید گسترده‌ای حداقل تا ۱۲۰٪ از خروجی الکتریکی مورد انتظار را داشته باشند.

یادآوری - خروجی الکتریکی می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای از مقدار STC مورد انتظار ناشی از تابش بیش از حد (بیش از 1000 W.m^{-2}) و دمای پایین مدول (زیر 25°C) فراتر رود.

اندازه‌گیری‌های الکتریکی باید عدم قطعیتی مطابق با الزامات بیان شده در جدول ۱۱ و جدول ۱۲ را برای اندازه‌گیری‌های متناظر با مقادیر بزرگ‌تر از ۲۰٪ یا برابر با خروجی مورد انتظار الکتریکی، هنگامی که آرایه در شرایط STC کار می‌کند، داشته باشند.

جدول ۱۱، الزامات مربوط به اندازه‌گیری‌های الکتریکی در سطح مبدل، از جمله اندازه‌گیری‌های DC بر روی آرایه فتوولتائیک پیش از تبدیل توان و اندازه‌گیری‌های AC پس از تبدیل توان را لیست می‌کند. ممکن است اندازه‌گیری‌های DC به صورت اختیاری در هر جعبه ترکیبی یا هر رشته، به همراه یا به جای مبدل‌ها، انجام شود.

جدول ۱۱- الزامات اندازه‌گیری الکتریکی در سطح مبدل

عدم قطعیت اندازه‌گیری			پارامتر
کلاس C درستی پایه	کلاس B درستی متوسط	کلاس A درستی بالا	
نامشخص	نامشخص	$\pm 2.0\%$	ولتاژ ورودی (DC)
نامشخص	نامشخص	$\pm 2.0\%$	جریان ورودی (DC)
نامشخص	نامشخص	$\pm 2.0\%$	توان ورودی (DC)
نامشخص	$\pm 3.0\%$	$\pm 2.0\%$	ولتاژ خروجی (AC)
نامشخص	$\pm 3.0\%$	$\pm 2.0\%$	جریان خروجی (AC)
نامشخص	$\pm 3.0\%$	$\pm 2.0\%$	توان خروجی (AC)

جدول ۱۲، الزامات اندازه‌گیری‌های الکتریکی را در خروجی نیروگاه، فهرست می‌کند، یعنی خروجی کل تولیدشده توسط همه مبدل‌ها در سامانه. برای سامانه‌های چند فازی، هر فاز باید اندازه‌گیری شود، یا ۲ فاز از ۳ فاز، باید اندازه‌گیری شود (روش دو واتمتری).

جدول ۱۲- الزامات اندازه‌گیری خروجی الکتریکی AC در سطح نیروگاه

کلاس C درستی پایه	کلاس B درستی متوسط	کلاس A درستی بالا	پارامتر
کلاس 2 مطابق با IEC 62053-21	کلاس 0.5 S مطابق با IEC 62053-22	کلاس 0.2 S مطابق با IEC 62053-22	توان و انرژی فعال
نامشخص	کلاس 1 مطابق با IEC 61557-12	کلاس 1 مطابق با IEC 61557-12	ضریب توان

۶-۷ الزامات سامانه خارجی

بهتر است سامانه پایش، دوره‌هایی که در طول آن‌ها سامانه فتوولتائیک، بیشینه توان خروجی خود را به شبکه‌ی برق و/یا بارهای محلی، در نتیجه درخواست سامانه یا نیازهای خارجی، ارسال نمی‌کند، را مستند کند که ممکن است شامل تقاضای ضریب توان خروجی سامانه و محدود کردن توان سامانه باشد.

۸ پردازش داده‌ها و بررسی کیفیت

۸-۱ ساعت‌های نور روز

بهتر است داده‌های پردازش شده برای تابش و توان تولیدی فتوولتائیک به ساعت‌های نور روز در هر روز (طلوع خورشید تا غروب خورشید، میزان تابش $\leq 20 \text{ W/m}^2$) محدود شوند تا از مقادیر داده‌های شبانه غیرعادی که خطاها را در تجزیه و تحلیل‌ها وارد می‌کنند، اجتناب شود، مگر این که خطاهای نشان داده شده، ناچیز باشند.

۸-۲ بررسی کیفیت

۸-۲-۱ حذف خوانش‌های نامعتبر

داده‌های اندازه‌گیری شده، باید به صورت خودکار یا دستی، بررسی و فیلتر شوند، تا نقاط داده‌های از دست رفته یا نامعتبر را شناسایی کنند و آن‌ها را خارج از تجزیه و تحلیل بعدی، فیلتر نمایند. این داده‌های از دست رفته یا نامعتبر، باید توسط سامانه پایش، ثبت شوند.

روش‌های پیشنهادی برای شناسایی نقاط داده‌های از دست رفته یا نامعتبر، شامل موارد زیر است:

- اعمال فیزیکی محدودیت‌های بیشینه و کمینه منطقی؛
- اعمال فیزیکی محدودیت‌های منطقی برای بیشینه نرخ‌های تغییر؛
- اعمال آزمون‌های آماری برای شناسایی مقادیر پرت، شامل مقایسه اندازه‌گیری‌های حاصل از حسگرهای چندگانه؛
- اعمال داده‌های قراردادی برای شناسایی مرزهای پارامتر مانا برای داده‌های عملکرد خاص؛
- یادداشت کدهای خطایی که توسط حسگرها، ارسال می‌شوند؛
- شناسایی و حذف داده‌های افزونه ورودی؛
- شناسایی داده‌های از دست رفته؛
- شناسایی خوانش‌های تکراری، که در یک مقدار مشخص برای مدت زمان طولانی تکرار شده است؛
- بررسی برچسب‌های زمانی برای شناسایی فاصله‌ها یا تکرار در داده‌ها؛
- بررسی گزارش‌های دردسترس بودن سامانه.

۸-۲-۲ چگونگی برخورد با داده‌های از دست رفته

با داده‌های از دست رفته یا نامعتبر می‌توان به یکی از روش‌های زیر برخورد نمود:

- داده‌های نامعتبر یا از دست رفته ممکن است با مقادیر برآورد شده حاصل از داده‌های معتبر و ثبت شده پیش و/یا پس از آنها، جایگزین شوند؛
- داده‌های نامعتبر یا از دست رفته ممکن است با یک مقدار متوسط برای بازه تجزیه و تحلیل شده، جایگزین شوند؛
- این داده‌ها ممکن است به نحوی که در یک قرارداد معتبر، سند تضمین عملکرد یا سایر ویژگی مربوط به نصب، مشخص شده است، مورد بررسی قرار گیرند.
- بازه تجزیه و تحلیل شده ممکن است به عنوان داده‌های از دست رفته یا نامعتبر، سنجیده شود.
- برخورد با داده‌های از دست رفته یا نامعتبر، می‌تواند به هدف اندازه‌گیری، وابسته باشد. برای مثال، اگر هدف، تاکید بر اندازه‌گیری عملکرد مدول باشد، داده‌های دست رفته یا نامعتبر، مربوط به مسائل مبدل، باید کنار گذاشته شوند، اما اگر هدف، اخذ تمام جنبه‌های عملکردی و دردسترس بودن نیروگاه باشد، داده‌ها باید حفظ شوند.
- توصیه‌ها و الزامات اضافی برای برخورد با داده‌های از دست رفته یا نامعتبر در استانداردهای IEC 61724-2 و IEC 61724-3 آمده است.
- رفتار مشخص با داده‌های از دست رفته یا نامعتبر، باید در همه گزارش‌ها، مستند شود.

۹ پارامترهای محاسبه شده

۹-۱ بررسی اجمالی

جدول ۱۳، پارامترهای محاسبه شده را که در زیر، بیشتر تعریف شده‌اند، خلاصه می‌کند. تمام کمیت‌ها در جدول، باید نسبت به بازه گزارش‌گیری (معمولاً یک روز، ماه، یا سال)، گزارش شوند.

جدول ۱۳- پارامترهای محاسبه شده

پارامتر	نماد	یکا
شدت تابش (۳-۹)		
شدت تابش درون صفحه‌ای	H_i	kWh.m^{-2}
انرژی الکتریکی (۴-۹)		
انرژی خروجی آرایه فتوولتائیک (DC)	E_A	kWh
خروجی انرژی سامانه فتوولتائیک (AC)	E_{out}	kWh
میزان توان آرایه (۵-۹)		
میزان توان آرایه (DC)	P_0	kW
میزان توان آرایه (AC)	$P_{0,AC}$	kW
بهره‌دهی و تلفات بهره‌دهی (۶-۹ و ۷-۹)		
بهره‌دهی انرژی آرایه فتوولتائیک	Y_A	kWh.kW^{-1}
بهره‌دهی نهایی سامانه	Y_f	kWh.kW^{-1}
بهره‌دهی مرجع	Y_r	kWh.kW^{-1}
تلفات جذب آرایه	L_c	kWh.kW^{-1}
تلفات تعادل سامانه (BOS)	L_{BOS}	kWh.kW^{-1}
بازدها (۸-۹)		
بازده آرایه	η_A	ندارد
بازده سامانه	η_f	ندارد
بازده BOS	η_{BOS}	ندارد

۲-۹ جمع‌بندی

در فرمول‌های زیر، τ_k طول بازه رکوردگیری k ام، در یک دوره‌ی گزارش‌گیری، را نشان می‌دهد (به بند ۶ مراجعه شود)، و نماد

$$\sum_k$$

جمع‌بندی روی تمام بازه‌های رکوردگیری در دوره گزارش‌گیری را نشان می‌دهد.

توجه داشته باشید که در فرمول‌هایی که شامل حاصل ضرب مقادیر توان در بازه رکوردگیری τ_k می‌باشند، توان باید برحسب kW، و بازه رکوردگیری برحسب ساعت بیان شود تا انرژی برحسب kWh به‌دست آید.

۳-۹ شدت تابش

مجموع تابش ایجاد شده در طول یک دوره زمانی مشخص است.

مقدار شدت تابش H که متناظر با کمیت میزان تابش G تعریف شده در بند ۳ است، با جمع میزان تابش، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$H = \sum_k G_k \times \tau_k \quad (5)$$

به عنوان مثال، تابش درون صفحه ای یا (POA) ، H_i ، به صورت داده می شود:

$$H_i = \sum_k G_{i,k} \times \tau_k \quad (6)$$

۴-۹ انرژی الکتریکی

۱-۴-۹ کلیات

مقادیر انرژی می توانند از انتگرال پارامترهای توان اندازه گیری شده متناظر، در طول دوره گزارش گیری، محاسبه شوند.

اگر اندازه گیری های انرژی با استفاده از حسگرهایی با قابلیت جمع زنی انجام شود، مقادیر انرژی ممکن است به صورت جایگزین، مستقیماً با خوانش های اندازه گیری شده از حسگرها، به دست آید.

۲-۴-۹ انرژی خروجی DC

انرژی خروجی DC آرایه فتوولتائیک، از رابطه زیر به دست می آید:

$$E_A = \sum_k P_{A,k} \times \tau_k \quad (7)$$

۳-۴-۹ انرژی خروجی AC

انرژی خروجی AC، از رابطه زیر به دست می آید:

$$E_{out} = \sum_k P_{out,k} \times \tau_k \quad (8)$$

۵-۹ نرخ توان آرایه

۱-۵-۹ نرخ توان DC

نرخ توان DC آرایه، P_0 ، کل خروجی توان DC همه مدول های فتوولتائیک نصب شده در شرایط مرجع نرخ توان است، فرض بر این است که شرایط آزمون استاندارد (STC) یا شرایط آزمون استاندارد متمرکزکننده (CSTC)^۱ اعمال شده است، مگر اینکه غیر از آن بیان شود. P_0 ، بر حسب kW داده می شود.

1- Concentrator standard test conditions

بهتر است P_0 با استفاده از داده‌های سازنده یا برچسب‌های مدول محاسبه شود، یا به شرطی که انتخاب مشخص شده باشد، با استفاده از داده‌های جایگزین، مانند داده‌های آزمایشگاهی یا داده‌های در محل، محاسبه شود.

تعریف P_0 مورد استفاده، بهتر است هر زمان که مقادیر وابسته به P_0 گزارش می‌شوند، به صراحت مشخص شود.

۲-۵-۹ نرخ توان AC

نرخ توان AC آرایه، $P_{0,AC}$ ، کمتر از آرایه DC نرخ توان P_0 یا مجموع نرخ‌های مبدل در سامانه، در یک دمای کارکرد مشخص، است.

۶-۹ بهره‌دهی‌ها

۱-۶-۹ کلیات

بهره‌دهی‌ها، نسبت‌های مقدار یک انرژی به مقدار توان آرایه P_0 هستند. آن‌ها کارکرد واقعی آرایه را نسبت به ظرفیت مشخص شده، نشان می‌دهند.

بهره‌دهی‌ها، دارای یکاهای kWh.kW^{-1} هستند که واحدهای kWh در صورت کسر، تولید انرژی و واحدهای kW در مخرج، نرخ توان سامانه را توصیف می‌کنند. نسبت یکاها معادل با ساعت است و نسبت بازده، نشان‌دهنده مقدار معادل زمانی است که طی آن، آرایه‌ای برای کار در P_0 که مقدار انرژی خاصی را فراهم می‌کند، نیاز است و در طول دوره‌ی گزارش شده، اندازه‌گیری شده است.

۲-۶-۹ بهره‌دهی انرژی آرایه فتوولتائیک

بهره‌دهی انرژی آرایه فتوولتائیک، Y_A ، نسبت خروجی انرژی آرایه (DC) بر توان نامی آرایه فتوولتائیک نصب شده، برحسب کیلووات (DC) است :

$$Y_A = E_A / P_0 \quad (9)$$

۳-۶-۹ بهره‌دهی نهایی سامانه

بهره‌دهی نهایی سامانه فتوولتائیک، Y_f ، خروجی انرژی خالص کل سامانه فتوولتائیک (AC) به توان نامی آرایه فتوولتائیک (DC) نصب شده برحسب کیلووات است:

$$Y_f = E_{\text{out}} / P_0 \quad (10)$$

۴-۶-۹ بهره‌دهی مرجع

بهره‌دهی مرجع، Y_r ، را می‌توان از تقسیم کل میزان تابش درون صفحه‌ای، بر میزان تابش صفحه آرایه مدول مرجع، به دست آورد:

$$Y_r = H_i / G_{i,ref} \quad (۱۱)$$

که در آن، صفحه مرجع تابش آرایه ($G_{i,ref}$ (kW·m⁻²، تابشی است که در آن، P_0 تعیین می‌شود. بهره‌دهی مرجع، نشان‌دهنده تعداد ساعاتی است که در طول آن، تابش خورشید باید در سطوح تابش مرجع باشد تا بتواند انرژی خورشیدی مشابهی را که در طول دوره گزارش‌گیری پایش شده، تولید کند، این در حالی است که شبکه برق و/یا بار محلی، در دسترس باشد. اگر دوره گزارش‌دهی برابر با یک روز باشد، در واقع، Y_r ، تعداد ساعات معادل خورشید در تابش مرجع در هر روز است.

۷-۹ تلفات بهره‌دهی

۱-۷-۹ کلیات

تلفات بهره‌دهی از تفریق بهره‌دهی‌ها، به‌دست می‌آید. تلفات بهره‌دهی، برحسب ($\text{kWh} \cdot \text{kW}^{-1}$ (or h) است. این تلفات بیانگر مقدار زمانی است که آرایه باید در توان نامی خود، P_0 ، راه‌اندازی شود تا تلفات مربوطه را در طول زمان گزارش‌گیری، تولید کند.

۲-۷-۹ اتلاف جذب آرایه

اتلاف جذب آرایه، L_c ، بیانگر اتلاف ناشی از عملکرد آرایه، شامل تاثیرات دمایی آرایه، کثیفی و غیره است و به‌صورت زیر، تعریف می‌شود:

$$L_c = Y_r - Y_A \quad (۱۲)$$

۳-۷-۹ اتلاف تعادل سامانه‌ها (BOS)

اتلاف تعادل سامانه‌ها (BOS)، L_{BOS} بیانگر اتلاف در مؤلفه‌های BOS، شامل مبدل و همه سیم‌کشی‌ها و جعبه‌های تقسیم می‌باشد و به‌صورت زیر، تعریف می‌شود:

$$L_{BOS} = Y_A - Y_f \quad (۱۳)$$

۸-۹ بازده‌ها

۱-۸-۹ بازده آرایه (DC)

بازده نامی آرایه، به‌صورت زیر است:

$$\eta_{A,0} = P_0 / (G_{i,ref} \times A_a) \quad (۱۴)$$

که در آن، مساحت کل آرایه A_a ، مجموع مساحت مدول است که متناظر با مجموع مساحت‌هایی از سطوح جلوی مدول‌های فتوولتائیک است که توسط لبه‌های بیرونی آن‌ها، تعریف شده‌است.

برای یک مدول متمرکزکننده، اگر سطح جلویی در یک صفحه نباشد، سطح جلویی باید روی یک سطح دو بعدی مناسب برای تعریف مساحت، در نظر گرفته شود.

میانگین واقعی بازده آرایه در دوره گزارش‌گیری، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\eta_A = E_A / (H_i \times A_a) \quad (15)$$

۲-۸-۹ بازده سامانه (AC)

میانگین بازده سامانه در طی دوره گزارش‌گیری، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\eta_f = E_{out} / (H_i \times A_a) \quad (16)$$

فرمول (۱۶)، به صورت زیر نیز نوشته می‌شود:

$$\eta_f = \eta_{A,0} \times PR \quad (17)$$

که در آن، $\eta_{A,0}$ بازده نامی آرایه است که در زیربند ۱-۸-۹ تعریف شده و PR نسبت عملکردی است که در زیربند ۱-۳-۱۰ تعریف شده‌است.

۳-۸-۹ بازده BOS

میانگین بازده BOS در طول دوره گزارش‌گیری، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\eta_{BOS} = E_{out} / E_A \quad (18)$$

۱۰ سنج‌های عملکردی

۱-۱۰ بررسی اجمالی

در اینجا تعدادی سنج‌ها برای تعیین عملکرد سامانه، تعریف شده‌است. این موارد در جدول ۱۴ فهرست شده و در بخش‌های بعدی نیز، بیشتر تعریف می‌شوند. مناسب‌ترین معیار برای یک سامانه مفروض، بستگی به طراحی سامانه و الزامات کاربر دارد.

نسبت‌های عملکرد (به زیربند ۱-۳-۱۰ مراجعه شود) بر اساس مقدار درج‌شده بر روی پلاک سامانه است، در حالی که شاخص عملکرد (به زیربند ۱-۴-۱۰ مراجعه شود)، بر اساس یک مدل دقیق‌تر از عملکرد سامانه است.

سنج‌های نسبت عملکرد مبتنی بر مقدار نامی سامانه، نسبتاً برای محاسبه ساده‌اند، اما ممکن است فاکتورهای شناخته شده‌ای را نادیده بگیرند که موجب می‌شود خروجی توان سامانه، از انتظارات مبتنی بر مقدار نامی، که بر روی سامانه مشخص شده‌است، منحرف شود. به عنوان مثال، سامانه‌هایی با نسبت DC به

AC بالا، در طول زمان‌های تابش شدید، در نرخ کمی کمتر از نرخ نامی سامانه DC کار می‌کنند، اما این یک ویژگی مورد انتظار از طراحی سامانه است. چنین عواملی با استفاده از یک شاخص عملکرد مبتنی بر یک مدل سامانه دقیق، بهتر می‌شوند.

یادآوری - نسبت‌های عملکرد، عملکرد اندازه‌گیری شده در فضای باز را با مقدار نامی مدول مقایسه می‌کند. در این مورد، استفاده از یک سلول مرجع سازگار، که مطابق با استاندارد IEC 60904 (سازگار با استاندارد IEC 60904 تعیین نرخ توان مدول) کالیبره شده است، بهترین مقایسه را ارائه می‌دهد.

جدول ۱۴- سنج‌های عملکرد

پارامتر	نماد	یکایها
مبتنی بر نسبت نامی (۱۰-۳)		
نسبت عملکرد	PR	ندارد
نسبت عملکرد سالانه	PR_{annual}	ندارد
نسبت عملکرد سالیانه‌ی معادل دما	$PR_{annual-eq}$	ندارد
نسبت عملکرد دمای STC	PR_{STC}	ندارد
بر اساس مدل (۱۰-۴)		
شاخص عملکرد توان	PPI	ندارد
شاخص عملکرد انرژی	EPI	ندارد
شاخص عملکرد پایه توان	$BPPI$	ندارد
شاخص عملکرد پایه انرژی	$BEPI$	ندارد

۱۰-۲ مجموعه‌یابی‌ها

برای توضیح معادلات مندرج در زیربند ۱۰-۳ شامل سیگماها، به زیربند ۹-۲ مراجعه شود.

۱۰-۳ نسبت‌های عملکردی

۱۰-۳-۱ نسبت عملکرد

نسبت عملکرد PR ، خارج قسمت بهره‌دهی نهایی، Y_f ، سامانه به بهره‌دهی مرجع، Y_r ، می‌باشد و نشان‌دهنده تاثیر کلی تلفات، بر خروجی سامانه، به دلیل دمای آرایه و ناکارآمدی‌ها یا خرابی سامانه، از جمله تعادل اجزای سامانه است، که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$PR = Y_f / Y_r \quad (19)$$

$$= (E_{out} / P_0) / (H_i / G_{i,ref}) \quad (20)$$

با بسط فرمول (۲۰) داریم:

$$PR = \left(\sum_k \frac{P_{out,k} \times \tau_k}{P_0} \right) / \left(\sum_k \frac{G_{i,k} \times \tau_k}{G_{i,ref}} \right) \quad (21)$$

هر دو عدد صورت و مخرج فرمول (۲۱) دارای یکاهای $kWh.kW^{-1}$ (یا h) هستند. حرکت P_0 به مجموع مخرج، بیانگر این است که یکای صورت و مخرج یکای انرژی است، که PR نسبت انرژی اندازه گرفته شده به انرژی مورد انتظار (تنها بر اساس میزان تابش اندازه گیری شده و کنار گذاشتن عوامل دیگر) در طی دوره گزارش گیری تعریف می شود:

$$PR = \left(\sum_k P_{out,k} \times \tau_k \right) / \left(\sum_k \frac{P_0 \times G_{i,k} \times \tau_k}{G_{i,ref}} \right) \quad (22)$$

نسبت عملکرد سالانه، PR_{annual} ، نسبت عملکرد به دست آمده از فرمول (۲۲) برای یک دوره گزارش گیری یک ساله است.

یادآوری ۱- انرژی مورد انتظار بیان شده توسط مخرج فرمول (۲۲)، با استفاده از مقدار ثابت نرخ توان آرایه، P_0 ، اثر دمای آرایه را نادیده می گیرد. بنابراین، در طول یک دوره گزارش گیری، با افزایش میزان تابش، نسبت عملکرد معمولاً کاهش می یابد، حتی اگر تولید انرژی افزایش یابد به علت افزایش دمای مدول فتولتائیک که معمولاً همراه با تابش بالاتر است باعث کاهش کارایی می شود. این موضوع باعث تغییر فصلی، با مقادیر بالاتر PR در زمستان و مقادیر پایین تر در تابستان می شود. و همچنین ممکن است تغییرات جغرافیایی بین سامانه های نصب شده در اقلیم های مختلف، ایجاد کند.

یادآوری ۲- محاسبه نسبت عملکرد، با استفاده از GHI به جای تابش درون صفحه ای (صفحه آرایه) G_i یک جایگزین در شرایطی است که اندازه گیری های GHI در دسترس باشد اما اندازه گیری های G_i در دسترس نباشد. در چنین موردی، GHI در فرمول (۲۲) جایگزین G_i می شود، در نتیجه یک نسبت عملکرد GHI حاصل می شود. نسبت عملکرد GHI معمولاً مقادیر بالا را نشان می دهد که حتی ممکن است بالاتر از یک باشند. از این مقادیر نمی توان لزوماً برای مقایسه یک سامانه با سامانه دیگر استفاده کرد اما برای ردیابی عملکرد یک سامانه در طول زمان، می تواند مفید باشد و همچنین می تواند برای مقایسه عملکرد اندازه گیری شده، مورد انتظار و پیش بینی شده سامانه، با استفاده از یک مدل عملکرد که تنها بر اساس GHI است، به کار رود.

۱-۳-۲ نسبت های عملکردی اصلاح شده با دما

۱-۳-۲-۱ کلیات

تغییر فصلی نسبت عملکرد PR فرمول (۲۲)، می تواند به طور قابل توجهی با محاسبه نسبت عملکرد اصلاح شده با دما PR' ، کاهش یابد.

یادآوری - در حالی که تغییرات در دمای محیط میانگین، مهمترین عامل ایجاد تغییرات فصلی در نسبت عملکرد اندازه گیری شده می باشد، سایر عوامل مانند سایه اندازی وابسته به فصل، اثرات طیفی و ناپایداری ها می توانند در تغییر فصلی PR ، سهم باشند.

۱۰-۳-۲-۲ نسبت عملکرد STC

نسبت عملکرد STC، PR'_{STC} ، با تنظیم نرخ توان در هر فاصله زمانی تابش ثبت شده برای جبران اختلاف های بین دمای واقعی مدول فتوولتائیک و دمای مرجع STC در 25°C ، محاسبه می شود. مقدار این کمیت در مقایسه با نسبت عملکرد محاسبه شده در فرمول (۲۲)، به واحد نزدیک تر خواهد بود. PR'_{STC} با معرفی فاکتور اصلاح کننده دمای نرخ توان C_k تعریف شده در فرمول (۲۲)، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$PR'_{STC} = \left(\sum_k P_{out,k} \times \tau_k \right) / \left(\sum_k \frac{(C_k \times P_0) \times G_{i,k} \times \tau_k}{G_{i,ref}} \right) \quad (23)$$

که C_k از رابطه زیر به دست می آید:

$$C_k = 1 + \gamma \times (T_{mod,k} - 25^{\circ}\text{C}) \quad (24)$$

در اینجا γ ، ضریب دمای بیشینه توان نسبی (بر حسب یکای $^{\circ}\text{C}^{-1}$)، و $T_{mod,k}$ دمای مدول (بر حسب $^{\circ}\text{C}$) در فاصله زمانی k است.

با ارجاع به فرمول (۲۴)، مشاهده می شود γ عموماً منفی است (به عنوان مثال برای سیلیکون کریستالی). دمای مدول اندازه گیری شده برای $T_{mod,k}$ در فرمول (۲۴) می تواند استفاده شود. هر چند اگر هدف پایش، مقایسه PR'_{STC} با مقدار هدفی مرتبط با یک مقدار تضمینی برای عملکرد باشد، بهتر است $T_{mod,k}$ در عوض بر اساس داده های هواشناسی اندازه گیری شده با همان مدل انتقال حرارت استفاده شده توسط شبیه سازی تخمین زده شود تا مقدار تضمینی عملکرد را برای جلوگیری از خطای سیستماتیک، تعیین کند.

توجه داشته باشید که فرمول های (۲۳) و (۲۴) می توانند برای محاسبه نسبت عملکرد، برای یک دمای مرجع متفاوت، با جایگزینی دمای مرجع مورد نظر در فرمول (۲۴) به جای 25°C تنظیم شوند.

۱۰-۳-۳-۳ نسبت عملکرد معادل دمای سالانه

نسبت عملکرد معادل دمای سالانه $PR'_{annual-eq}$ برای تخمین نسبت عملکرد سالیانه PR_{annual} بدون در نظر گرفتن مدت زمان گزارش گیری، به کار می رود. این رابطه نسبت عملکرد را در طول دوره گزارش گیری، با نرخ توان در هر فاصله زمانی تابش ثبت شده محاسبه می کند و برای جبران اختلاف های بین دمای واقعی مدول فتوولتائیک و دمای متوسط سالیانه مورد انتظار مدول فتوولتائیک، تنظیم شده است. در حالی که این نسبت تاثیر تغییر فصلی را به لحاظ کمیت کاهش می دهد، تاثیر تلفات میانگین دمای سالانه را از بین نمی برد و مقدار کمیت را با ارزش سالانه PR_{annual} قابل مقایسه می کند.

$PR'_{annual-eq}$ با وارد کردن یک ضریب تنظیم دمای نرخ توان C_k در فرمول (۲۲)، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$PR'_{annual-eq} = (\sum_k P_{out,k} \times \tau_k) / \left(\sum_k \frac{(C_k \times P_0) \times G_{i,k} \times \tau_k}{G_{i,ref}} \right) \quad (25)$$

که در آن C_k از رابطه زیر به دست می آید:

$$C_k = 1 + \gamma \times (T_{mod,k} - T_{mod,avg}) \quad (26)$$

در اینجا γ ، ضریب دمای بیشینه توان نسبی (بر حسب $^{\circ}\text{C}^{-1}$)، $T_{mod,k}$ دمای مدول فتوولتائیک در بازه زمانی k و $T_{mod,avg}$ متوسط سالانه دمای مدول است.

یادآوری - با ارجاع به فرمول (۲۶)، مشاهده می شود γ ، معمولاً منفی است (به عنوان مثال برای سیلیکون کریستالی).

$T_{mod,avg}$ بر اساس سوابق داده های هواشناسی برای سایت و رابطه تجربی برای دمای پیش بینی شده مدول، به عنوان تابعی از شرایط محیطی و ساختار مدول، انتخاب شده است. بهتر است این دما با محاسبه یک میانگین وزنی تابش دمای مدول پیش بینی شده، به دست آید و سپس با استفاده از سوابق داده های هواشناسی برای سایت تایید شود با علم بر اینکه نسبت عملکرد معادل سالانه $PR'_{annual-eq}$ برای داده های تاریخی (با استفاده از فرمول های (۲۵) و (۲۶)) همانند نسبت عملکرد سالانه PR_{annual} برای داده های تاریخی (با استفاده از فرمول (۲۲)) است.

دمای مدول اندازه گیری شده برای $T_{mod,k}$ در فرمول (۲۶)، می تواند مورد استفاده قرار گیرد. هر چند اگر هدف پایش، مقایسه $PR'_{annual-eq}$ با مقدار هدفی مرتبط با یک مقدار تضمینی برای کارایی باشد، بهتر است $T_{mod,k}$ در عوض بر اساس داده های هواشناسی اندازه گیری شده با همان مدل انتقال حرارت استفاده شده توسط شبیه سازی، تخمین زده شود تا مقدار تضمینی کارایی را برای جلوگیری از خطای سیستماتیک، تعیین کند.

۴-۱۰ شاخص های عملکرد

یک مدل عملکردی دقیق، ممکن است برای پیش بینی خروجی الکتریکی سامانه PV، به عنوان تابعی از شرایط هواشناسی، خصوصیت های شناخته شده اجزای سامانه و مواد و طراحی سامانه، استفاده شود. این مدل عملکردی تلاش می کند تا به همان دقت که ممکن است، تمام عوامل را که می توانند بر خروجی الکتریکی تأثیر بگذارند، ضبط کند.

در ارزیابی عملکرد سامانه، به ویژه در رابطه با تضمین عملکرد، مطلوب است که خروجی اندازه گیری شده با خروجی های پیش بینی شده و مورد انتظار، مقایسه شود. برای یک دوره گزارش گیری، خروجی پیش بینی شده، خروجی محاسبه شده با مدل عملکرد، در زمان استفاده از داده های تاریخی آب و هوا است، در حالی که خروجی مورد انتظار، خروجی محاسبه شده توسط مدل عملکرد، در هنگام استفاده از داده های هواشناسی اندازه گیری شده برای دوره گزارش گیری است.

نسبت خروجی اندازه‌گیری شده به خروجی مورد انتظار برای یک دوره گزارش‌گیری مشخص، به‌عنوان شاخص عملکرد، تعریف می‌شود. شاخص عملکرد ممکن است بر اساس توان، که شاخص عملکرد توان PPI را تعریف می‌کند یا بر اساس انرژی، که شاخص عملکرد انرژی، EPI را تعریف می‌کند، ارزیابی شود.

نسبت خروجی اندازه‌گیری شده به خروجی پیش‌بینی شده برای یک دوره گزارش‌گیری مشخص، به‌عنوان شاخص عملکرد مبنا، تعریف می‌شود. شاخص عملکرد مبنا ممکن است بر اساس توان، که شاخص عملکرد توان مبنا $BPPI$ را تعریف می‌کند، یا بر اساس انرژی، که شاخص عملکرد انرژی مبنا $BEPI$ را تعریف می‌کند، ارزیابی شود.

برای ارزیابی تضمین عملکرد، مدل عملکردی که برای محاسبه توان مورد انتظار یا انرژی مورد انتظار استفاده می‌شود، باید با مدل عملکردی که برای محاسبه توان پیش‌بینی شده یا انرژی پیش‌بینی شده در تضمین عملکرد استفاده می‌شود، مشابه باشد.

جزئیات بیشتر در مورد کاربرد یک مدل عملکردی، برای ارزیابی شاخص‌های عملکرد مبتنی بر مدل، در استانداردهای IEC TS 61724-2 و IEC TS 61724-3 ارائه شده‌است.

۱۱ فیلتر کردن داده‌ها

۱-۱۱ استفاده از داده‌های موجود

به غیر از موارد مشخص، برای محاسبه پارامتر گزارش شده، باید از همه داده‌های پایش موجود و معتبر در طول دوره گزارش‌گیری اشاره شده، استفاده کرد. موارد استثنا در زیربندهای ۱۱-۲ و ۱۱-۳ ارائه می‌شوند.

۱۱-۲ فیلتر کردن داده‌ها برای شرایط خاص

پارامترهای گزارش شده ممکن است با استفاده از زیر مجموعه‌ای از داده‌های مربوط به یک مجموعه خاص از شرایط محاسبه شود، برای مثال نمودار تابش، نمودار دما، بخش‌های انتخاب شده از روز، بخش‌های انتخاب شده از توان نیروگاه و غیره، که به‌منظور تسهیل تجزیه و تحلیل عملکرد، استفاده می‌شوند.

چنین محاسباتی که فقط از یک زیر مجموعه از داده‌های پایش استفاده می‌کنند، باید به وضوح همراه با گستره شرایط مورد استفاده برای محاسبه، مورد توجه قرار گیرند.

۱۱-۳ کاهش توان مبدل یا شبکه برق، یا دسترسی بار

در گزارش‌هایی که شامل دوره‌های مشخصی از وقفه در کارکرد مبدل‌ها یا کاهش توان مبدل‌ها یا تقاضای توقف تولید از سمت شبکه برق یا کاهش بارهای محلی است و منجر به عدم امکان تولید انرژی با بیشینه توان سامانه فتوولتائیک می‌شود، تجزیه و تحلیل، باید به یکی از صورت‌های زیر انجام شود:

الف- این دوره‌ها را مستثنی کرده و به صراحت حذف آن را گزارش کنید؛

ب- چنین دوره‌هایی را بدون تغییر در تجزیه و تحلیل، لحاظ کرده، اما آن‌ها را به صراحت، گزارش کنید؛

پ- چنین دوره‌هایی را به دو شیوه در انجام تجزیه و تحلیل، لحاظ کنید، یکی تجزیه و تحلیل شامل چنین دوره‌هایی (به منظور مستندسازی نتایج واقعی) و دیگری تجزیه و تحلیل بدون این دوره‌ها (به منظور مستندسازی تضمین عملکرد)؛

ت- این دوره‌ها را به صراحت یادداشت کرده و از دستورالعمل‌های مشخص شده تجزیه و تحلیل در قرارداد یا ضمانت عملکرد، استفاده کنید.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

فاصله نمونه‌برداری

الف-۱ ملاحظات کلی

فاصله نمونه‌گیری بر کیفیت فرآیند کسب اطلاعات برای ارائه سیگنال درست، تاثیر می‌گذارد. در تعیین فواصل نمونه‌برداری و/یا روش‌های فیلترکردن، بهتر است عوامل زیر، مورد توجه قرار گیرد:

- نرخ تغییر پارامتر مورد اندازه‌گیری؛

- نرخ پاسخ ترانسدیوسر اندازه‌گیری؛

- پردازش داده‌های نمونه‌برداری شده (برای مثال آیا این داده‌ها، در محاسبات بیشتر، که شامل سایر مجموعه داده‌های نمونه‌برداری می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند، همانطور که در مورد محاسبه توان، از اندازه‌گیری‌های جریان و ولتاژ نمونه‌برداری، استفاده می‌شود)؛ و

- استفاده نهایی از داده‌های نمونه‌برداری شده و حد مطلوب عدم قطعیت در ارائه پارامتر سیگنال واقعی.

الف-۲ ثابت‌های زمانی

به‌طور کلی، برای سیگنال‌های به سرعت در حال تغییر، توصیه می‌شود که فاصله نمونه‌برداری (τ_s) کمتر از $1/e$ (۰٫۳۶۸) ثابت زمانی ترانسدیوسر اندازه‌گیری باشد، با علم براینکه ثابت زمانی یک ترانسدیوسر زمانی است که برای ابزار اندازه‌گیری جهت ثبت $63/2$ درصد تغییر گام در پارامتر اندازه‌گیری شده، پس از یک مرحله تغییر در متغیر، در نظر گرفته شده‌است.

به‌طور جایگزین، هنگامی که ثابت زمان معمولی پارامتر اندازه‌گیری شده، طولانی‌تر از ثابت زمانی ترانسدیوسر اندازه‌گیری باشد، ممکن است الزام فوق نیاز نباشد. در این مورد، فاصله زمانی نمونه‌برداری فقط باید کمتر از $1/e$ ثابت زمانی پارامتر اندازه‌گیری باشد.

الف-۳ خطای الایزینگ^۱

خطای الایزینگ، خطایی است مرتبط با اطلاعات از دست رفته، که با تعداد کافی از نقاط داده‌شده، نمونه‌برداری نشده‌است. برای اجتناب از یک خطای الایزینگ بزرگ، نظریه نمونه‌برداری نایکوئیست^۲ پیشنهاد

1- Aliasing

2- Nyquist

می‌کند که حداقل دو نمونه در هر چرخه پهنای باند داده‌ها برای تولید داده‌های نمونه‌برداری شده، بدون از دست دادن اطلاعات مورد نیاز است.

به عنوان مثال، نظریه نایکوئیست پیشنهاد می‌کند که اگر بیشترین بسامد نمونه‌برداری در سیگنال مورد نظر، $f_{\max}$ باشد، کمینه بسامد نمونه‌برداری $f_{\max}$ خواهد بود. با این حال، این بسامد نمونه‌برداری هنوز، به یک تولید دقیقی از سیگنال اصلی دست نخواهد یافت (خطای متوسط بین سیگنال بازسازی شده و سیگنال اصلی $f_{\max}$ در ۳۲٪ است) و افزایش بسامد نمونه‌برداری به $f_{\max}$ ۲۰۰٪ برای رسیدن به درستی ۱٪ در سیگنال بازسازی شده، لازم است.

یک گزینه‌ی جایگزین، فیلتر کردن سیگنال پیش از نمونه‌برداری است. این یک روش بسیار موثر برای کاهش بیشینه بسامد سیگنال است، اما فیلتر کردن همچنین منجر به از دست رفتن اطلاعات می‌شود. اگر استفاده نهایی از داده‌ها برای محاسبه میانگین‌های ساده در طی یک دوره زمانی باشد این مسئله مهمی نیست. با این حال اگر داده‌ها در محاسبات شامل سایر پارامترهای نمونه‌برداری (به عنوان مثال محاسبه توان از ولتاژ نمونه و اندازه‌گیری‌های جریان) مورد استفاده قرار گیرد، فیلتر کردن آنالوگ قبل از نمونه‌برداری، عناصر اساسی تغییرات وابسته به زمان سیگنال را حذف می‌کند و می‌تواند منجر به از دست دادن درستی در داده‌های محاسبه شده، شود.

الف-۴ مثال

به عنوان مثال، فاصله زمانی نمونه‌برداری مناسب برای اندازه‌گیری‌های میزان تابش را در نظر بگیرید. بزرگترین نوسان‌ها در سیگنال در شرایط نیمه ابری رخ می‌دهند، زمانی که حسگر تابش به‌طور متناوب، سایه‌دار و غیر سایه‌دار می‌شود. بدترین وضعیت را فرض کنید که در آن میزان تابش به‌طور قابل ملاحظه‌ای به خاطر عبور ابرها، تقریباً یک بار در هر ۳۰ s، تغییر می‌کند. علاوه بر این فرض کنید که هدف پایش اولیه تنها تعیین میزان تابش متوسط، در طی یک دوره ۱ ساعته گزارش‌گیری است، نه بهبود سری‌های زمانی دقیق تابش. در این مورد، ثابت‌های زمانی نسبت به خطای الایزینگ از اهمیت بیشتری برخوردارند. توصیه می‌شود نمونه‌برداری از تابش حداقل یک بار در هر ۱۰ s، مناسب باشد. برای این مثال، یک شبیه‌سازی مونت کارلو نشان می‌دهد که عدم قطعیت معمولی مربوط به نمونه‌برداری در میانگین تابش ثبت شده در طول یک ساعت، از مرتبه‌ی ۰/۵٪ است. این، در مقایسه با عدم قطعیت معمولی مربوط به دستگاه اندازه‌گیری، ناچیز است.

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

انتخاب حسگر دمای پشت صفحه مدول و متعلقات

ب-۱ هدف

این پیوست دستورالعمل‌هایی برای انتخاب حسگر اندازه‌گیری دمای سطح پشت مدول فتوولتائیک مدل صفحه - تخت و متعلقات آن را در سامانه‌های معمولی نصب‌شده، ارائه می‌کند.

نوع حسگر و روش اتصال آن می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر دمای اندازه‌گیری‌شده داشته باشد، که منجر به خطاهای قابل توجه اندازه‌گیری می‌شود. این خطاها عمدتاً تحت تاثیر تماس بین حسگر و سطح پشتی مدول، مقدار و نوع عایق قرارداده شده بر روی حسگر، و مقدار و نوع چسب استفاده‌شده، به‌وجود می‌آیند. توصیه‌های ارائه‌شده در این پیوست، برای کاهش انحرافات از وضعیت اندازه‌گیری ایده‌آل طراحی شده‌اند تا اندازه‌گیری‌های دراز مدت مطمئن و قابل اطمینان را فراهم کنند.

ب-۲ حسگر و انتخاب جنس آن

ب-۲-۱ انواع حسگر بهینه

بهتر است اولویت به پروب‌های مسطح، اختصاص داده‌شود که به‌طور خاص برای اندازه‌گیری‌های دراز مدت سطح، طراحی شده باشند. ترموکوپل‌های فیلم-نازک نوع T یا E، به‌طور کلی قابل قبول هستند. حسگرهای RTD با ضریب شکل کوچک و المان‌های مقاومت ممکن است استفاده شوند، در صورت استفاده از پوشش نوار، فاصله‌های هوا کم می‌شود. با این حال از ترموکوپل‌های مهره‌ای، المان‌های مقاومت غیربسته‌بندی شده و دستگاه‌هایی که سرهای پراب استوانه‌ای آن‌ها در جعبه قرار دارند، توصیه می‌شود در هر زمان ممکن اجتناب شوند.

ب-۲-۲ نوارهای بهینه

برای به حداقل رساندن خطاها و عایق‌کاری حسگر دما نسبت به شرایط آب و هوایی، تقویت حسگر و پوشاندن حسگر توصیه می‌شود. این ممکن است با استفاده از پوشش چسب یا نوار، انجام شود.

بهتر است پوشش‌های چسبنده و نوارها، از مواد مقاوم در برابر اثرات دما، رطوبت و اشعه فرا بنفش، ساخته شوند. از به‌کاربردن نوارهایی که برای نگه‌داری حسگرها بر روی سطوح در نظر گرفته نشده‌اند، اجتناب کنید، مانند نوار چسب الکتریکی، نوار چسب کانال، نوار پارچه آلومینیومی، نوار فویل یا نوار بسته‌بندی، به دلیل این‌که ممکن است آن‌ها، از لحاظ ساختاری، ضعیف باشند و چسب آن‌ها در طول زمان، خشک شده یا در

دمای بالا، روان شوند. نوارهای پلی امید^۱ (مانند کاپتون^۲) طوری شناخته شده‌اند که در معرض اشعه فرا بنفش و رطوبت، در حضور اکسیژن (هوا) به شکنندگی حساس هستند و بهتر است برای نصب و راه اندازی دراز مدت، استفاده نشوند. از آن جا که بسیاری از ورق‌ها از پلی استر چند لایه ساخته شده‌اند و این ماده در برابر رطوبت، دما و نور فرا بنفش خوب عمل می‌کند، پلی استر احتمالاً مناسب‌ترین ماده پوششی است. چسب سیلیکون حساس به فشار، به‌طور کلی برای نوارهای پلی استر استفاده و توصیه می‌شود.

هنگام استفاده از پوشش یا نوار، فاصله‌های هوا را تا حد ممکن، کم کنید. حباب‌های هوای ایجادشده، پاسخ حسگر را خنثی می‌کنند، بنابراین عملکرد سامانه اندازه‌گیری را به‌طور منفی، تحت تاثیر قرار می‌دهند.

ب-۲-۳ چسب‌های سیانواکریلات^۳ و یکپارچگی ورق

بهتر است از استفاده از چسب سیانواکریلات در ورق‌های مدول، اجتناب شود، زیرا توسط سازندگان این مواد، توصیه می‌شود که سیانواکریلات ممکن است به‌صورت شیمیایی با ورق‌های PET (پلی اتیلن ترفتالات)^۴ یا PTFE (پلی تترافلوئوروسیلن)^۵ واکنش نشان دهد، که به‌طور بالقوه، باعث تخریب یکپارچگی ورق شده و به این ترتیب روی عملکرد دراز مدت کیسوله‌سازی مدول فتوولتائیک، اثر می‌گذارد.

ب-۳-۳ روش نصب حسگر

ب-۳-۱ دائمی در مقابل موقت

دستورالعمل‌هایی برای نصب دائمی و نصب موقت، ارائه شده‌است.

نصب دائمی زمانی توصیه می‌شود که پایش درازمدت، موردنظر بوده و حسگر، برداشته یا جایگزین نمی‌شود. به‌عنوان مثال، هنگامی که شامل اندازه‌گیری‌های دمای پشت مدول، در یک سامانه جمع‌آوری داده‌های ذخیره‌شده در فیلد است.

نصب موقت زمانی توصیه می‌شود که حسگر اندازه‌گیری، به انتقال یا حذف به علت ماهیت کوتاه مدت پایش، نیاز دارد، مانند مدت زمانی که در حال راه‌اندازی یا نگهداری دوره‌ای است.

ب-۳-۲ مکان نصب

محل حسگر را در مرکز یک سلول، نزدیک به مرکز مدول، انتخاب کنید و از انتخاب مکان نصب بر روی مرز بین سلول‌ها اجتناب کنید.

برای مدول‌های سیلیکون کریستالی، مکانی در مرکزی‌ترین نقطه سلول، درون مدول را انتخاب کنید، یا وقتی که مدول با اعداد زوج از سطرها یا ستون‌های سلول، ساخته شده‌باشد، یکی از سلول‌های نزدیک‌تر به مرکز را انتخاب کنید.

1- Polyimide

2- Kapton

3- Cyanoacrylate adhesives

4- Polyethylene terephthalate

5- Polytetrafluoroethylene

برای مدول‌های فیلم-نازک، حسگر را درون مرز یک سلول، در نزدیکی مرکز مدول بگذارید، در صورت امکان، از قراردادن روی خطوط حک شده بین سلول‌های مجاور، اجتناب کنید.

ب-۳-۳ نصب حسگر

الف- سطح عقب مدول و حسگر را با استفاده از دستمال بدون پرز که با محلول ایزوپروپیل الکل ۷۰٪ با آب مقطر، از روغن و گردوغبار پاک کنید. قبل از ادامه، تمام سطوح تمیز شده را کاملاً خشک کنید.

ب- حسگر را با استفاده از روش مناسب، وصل کنید:

۱- دائمی (به شکل ب-۱ مراجعه شود)

- بهتر است چسب، با مواد ورق سطح، سازگار باشد تا بر یکپارچگی دراز مدت مدول، تأثیری نداشته باشد.

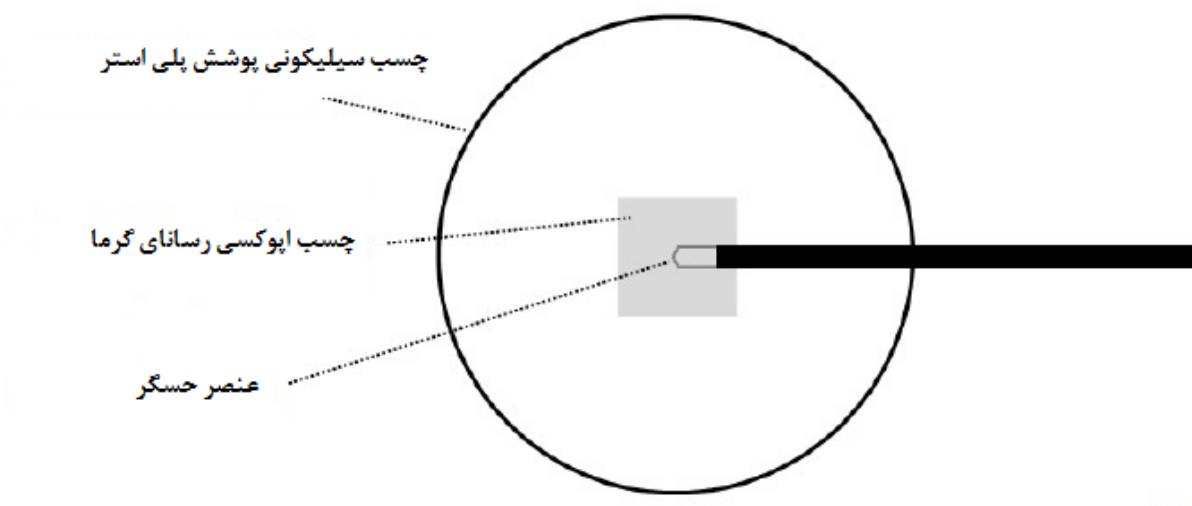
- یک مخلوط اپوکسی رسانای حرارت، براساس دستورالعمل سازنده، درست کنید.

- چسب را به طرفی از عنصر حسگر تزریق کنید تا با سطح مدول، در تماس باشد. بیش از حد، چسب را تزریق نکنید؛ بهتر است تا حد ممکن نازک باشد، اما سطح پوشش حسگر را کاملاً پوشش دهد.

- حسگر را در محل انتخاب شده قرار دهید. حسگر را تکان دهید تا حباب‌های هوا از بین بروند و یک ضخامت یکسان از چسب، به دست آید.

- پس از خشک شدن چسب حسگر از یک نوار پوشش پلی‌استر برای حفظ موقعیت حسگر و محافظت درازمدت آن، استفاده کنید. شکل‌های گرد برش داده شده ایده‌آل هستند، زیرا عدم وجود گوشه‌ها، باعث کاهش لایه‌لایه شدن، می‌شود. اگر شکل‌های گرد در دسترس نباشند، گوشه‌های نوار را با استفاده از قیچی، به میزان قابل توجهی، گرد کنید.

- اجازه دهید چسب طبق دستورالعمل‌های سازنده، پخت شود.



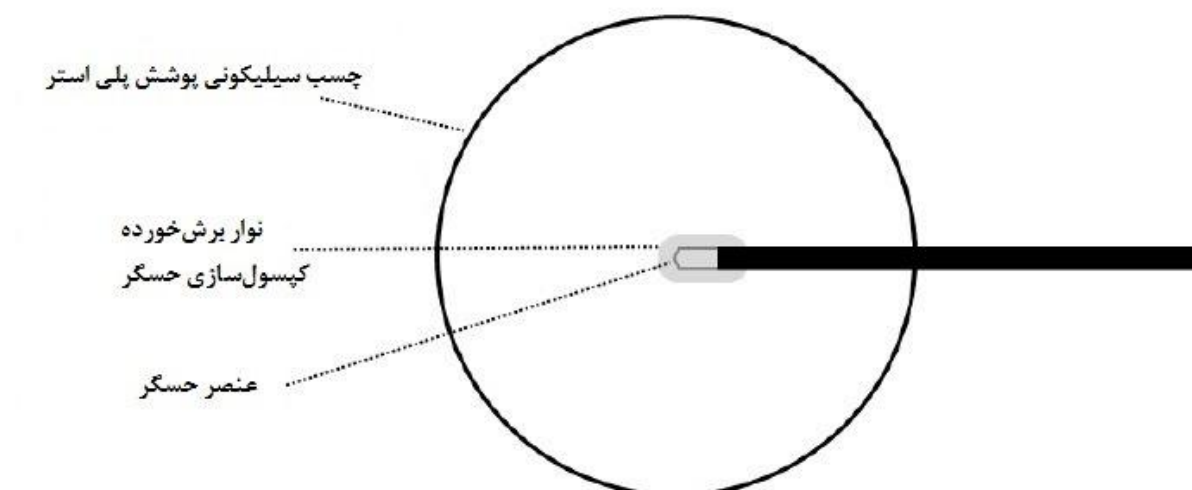
شکل ب-۱- نصب حسگر، دائمی

۲- موقت (به شکل ب-۲ مراجعه شود):

- برای کیسوله سازی حسگر، فیلم نازک (مانند نوار) را در حدود ۳ mm از عنصر حسگر، ببرید. تمام گوشه های بریده شده را گرد کنید.

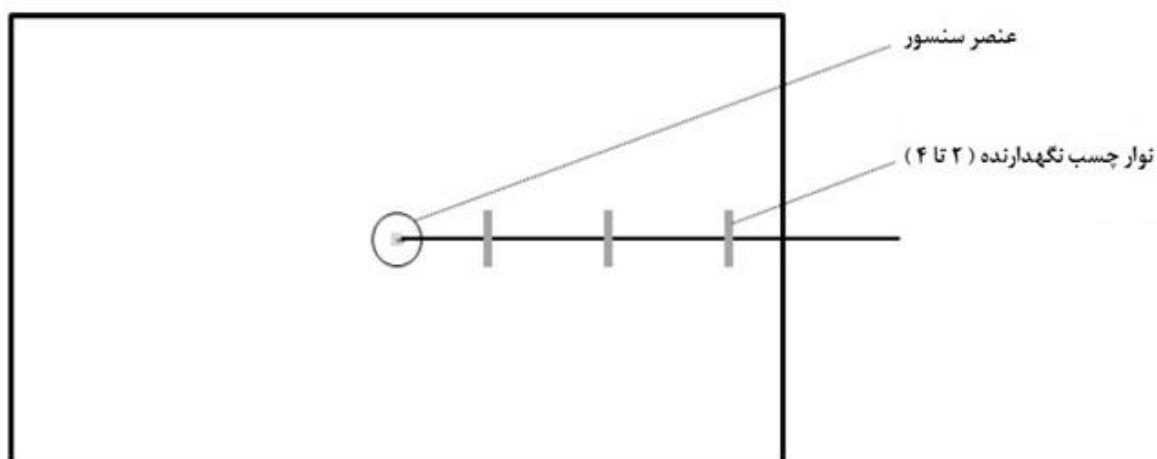
- عنصر حسگر را به مرکز نقطه چسب پلی استر یا نوار پلی استر گرد، در سمت چسب کاری شده قرار دهید. نوارها و نقاط ساخته شده با چسب سیلیکون توصیه می شوند. بهتر است حسگر به نوار بچسبد.

- عنصر حسگر را در محل انتخاب شده، قرار دهید. حسگر را تکان دهید تا حباب های هوا از بین بروند.



شکل ب-۲ - نصب حسگر، موقت

پ-سیم حسگر را با استفاده از نوار چسب پلی‌استر، در ۲ تا ۴ نقطه، برای کاهش کشیدگی سیم، روی عنصر حسگر، ثابت کنید. (به شکل ب-۳ مراجعه شود). به‌طور کلی، لازم نیست بخش‌های نوار، بیش از ۲ cm عرض و ۵ cm طول داشته باشند. برای محافظت از کشیده شدن انتهای سیم‌ها، تا آن‌جا که امکان دارد، از نوار چسب کمتری استفاده کنید.



شکل ب-۳-رفع کشیدگی سیم عنصر حسگر

ت-برای RTD ها یا ترمیستورها، ممکن است مدار اندازه‌گیری، نیاز به مقاومت تکمیلی داشته باشد. در این حالت، یک مقاومت با ضریب دمایی پایین انتخاب کنید، مثلاً با ضریب ≥ 10 قسمت در میلیون برای هر درجه سلسیوس.

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

عوامل کاهش از حد مجاز

عوامل کاهش از حد مجاز، منابع خاص اتلاف را با توجه به نرخ توان DC پلاک دستگاه، مقداری می‌کنند. ممکن است عوامل کاهش حد مجاز، به‌عنوان یک مجموعه از عوامل ضربی، برای دستیابی به نسبت عملکرد، PR ، با توجه به رابطه زیر، تعریف شوند:

$$PR = Y_f / Y_r = \prod_{k=1}^N DR_k \quad (\text{پ-۱})$$

که در آن، DR_k ، تعداد N عامل کاهش از حد مجاز خاص مربوط به سازوکارهای اتلاف مختلف، می‌باشند که به‌صورت زیر هستند:

$$DR_k = Y_k / Y_{k-1} \quad (\text{پ-۲})$$

در اینجا، Y_k ، بهره‌دهی سامانه با سازوکارهای اتلاف ۱ تا k عملیاتی، به‌صورت زیر است:

$$Y_k = Y_{k-1} / L_k \quad (\text{پ-۳})$$

که در آن، L_k ، تلفات بهره‌دهی ناشی از سازوکار اتلاف k است. Y_0 مربوط به Y_r و Y_N مربوط به Y_f است. تعداد عوامل کاهش از حد مجاز، می‌توانند بسته به اندازه سامانه و اهداف تجزیه و تحلیل، برای مقاصد مختلف، تنظیم شوند.

با طبقه‌بندی تمام تلفات، به‌عنوان جذب آرایه یا تلفات BOS، ممکن است فرمول (پ-۱)، به‌صورت زیر نوشته شود:

$$PR = DR_{capture} \times DR_{BOS} \quad (\text{پ-۴})$$

در اینجا $DR_{capture}$ نشان‌دهنده تلفات جذب آرایه مرکب است که به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$DR_{capture} = Y_A / Y_r = (Y_r - L_C) / Y_r \quad (\text{پ-۵})$$

و DR_{BOS} نشان‌دهنده تلفات BOS مرکب است که به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$DR_{BOS} = Y_f / Y_A = (Y_A - L_{BOS}) / Y_A \quad (\text{پ-۶})$$

به عنوان کمکی برای تشخیص عملکرد، ممکن است $DR_{capture}$ و DR_{BOS} هر کدام به عنوان ضرب عامل کاهش از حد مجاز مربوط به سازوکارهای اتلاف خاص، در داخل جذب و دسته بندی BOS، بازنویسی شوند. تعیین این عوامل کاهش از حد مجاز مؤثر، می تواند با اندازه گیری مستقیم، انجام شود (از جمله اندازه گیری انرژی ها در داخل و خارج از اجزای خاص سامانه در طول دوره گزارش، یا از طریق اندازه گیری سازوکارهای خاص تلفات از قبیل تلفات ناشی از کثیفی) و/یا مدل سازی (به عنوان مثال، با تنظیم یک مدل عملکرد برای داده های اندازه گیری شده در طی دوره گزارش گیری).

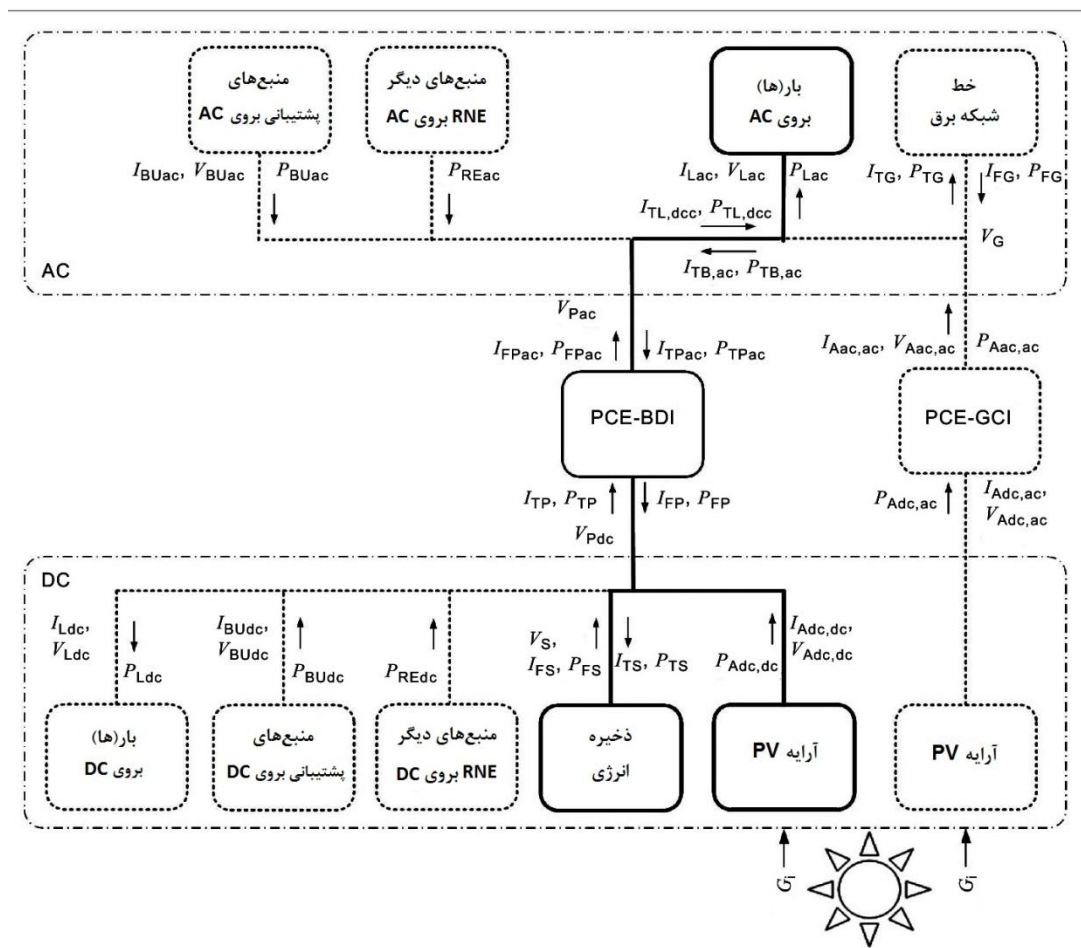
پیوست ت

(الزامی)

سامانه‌هایی با بارهای محلی، ذخیره‌سازی یا منابع کمکی

ت-۱ انواع سامانه

شکل ت-۱، عناصر محتمل اصلی، شامل انواع مختلف سامانه فتوولتائیک و گردش انرژی بین عناصر را نشان می‌دهد. خطوط پر رنگ، پیکربندی سامانه را نشان می‌دهند که شامل ذخیره انرژی محلی و بارهای محلی هستند.



راهنما:

RNE	انرژی‌های تجدیدپذیر	BDI	مبدل دوسویه
PCE	تجهیزات وضعیت‌دهی توان	GCI	مبدل متصل به شبکه

شکل ت-۱- جریان انرژی بین عناصر احتمالی انواع سامانه‌های متفاوت فتوولتائیک

برای این پیوست، انواع سامانه‌های متفاوت فتوولتائیک فهرست شده در جدول ت-۱، در نظر گرفته می‌شود که هر کدام شامل عناصر ذکر شده، هستند.

جدول ت-۱- عناصر انواع مختلف سامانه فتوولتائیک

انواع سامانه					عنصر سامانه
شبکه بزرگ	شبکه کوچک	متصل به شبکه با ذخیره	متصل به شبکه با ذخیره و پشتیبان	متصل به شبکه	
√	√				آرایه PV (DC)
√	√	√	√	√	آرایه PV (AC)
√	√	√	√		ذخیره انرژی (DC)
√	√	√	√	√	PCU (GCI)
√	√	√	√		PCU (BDI)
√		√	√	√	خط شبکه برق
√	√	√	√		بار(های) (DC)
√	√	√	√		بار(های) (AC)
√	√	√			منبع‌های پشتیبانی (DC)
√	√		√		منبع‌های دیگر تجدیدپذیر (DC)
√	√	√			منبع‌های پشتیبانی (AC)
√	√		√		منبع‌های دیگر تجدیدپذیر (AC)

ت-۲ پارامترها و فرمول‌ها

در جدول ت-۲ پارامترها و فرمول‌ها برای پایش گردش انرژی در هر نوع سامانه تعریف شده در این پیوست، آورده شده‌است.

جدول ت ۲- پارامترها و معادلات برای انواع سامانه متفاوت

شبکه متصل	شبکه متصل با ذخیره	شبکه متصل با ذخیره و پشتیبانی	شبکه کوچک	شبکه بزرگ	نماد یا فرمول	مولفه
						هواشناسی
√	√	√	√	√	$G_{i,ref}$	تابش سطح آرایه ($W.m^{-2}$)
√	√	√	√	√	H_i	تابش درون صفحه‌ای ($kWh.m^{-2}$)
						PV
√	√	√	√	√	P_O	تعداد مدول‌های درون آرایه = توان نامی آرایه‌ی PV (kW) توان مدول در STC ×
√	√				$P_{O,dc}$	توان نامی آرایه PV (kW) از سامانه کوپلینگ DC
√	√	√	√		$P_{O,ac}$	توان نامی آرایه PV (kW) از سامانه کوپلینگ AC
√	√	√	√	√	A_a	تعداد مدول‌های درون آرایه × مساحت مدول = مساحت آرایه PV
√	√				$A_{a,dc}$	مساحت آرایه PV (m^2) از سامانه کوپلینگ DC
√	√	√	√		$A_{a,ac}$	مساحت آرایه PV (m^2) از سامانه کوپلینگ AC
√	√	√	√		V_A	ولتاژ خروجی آرایه PV
√	√				$V_{Adc,dc}$	ولتاژ خروجی آرایه PV از سامانه کوپلینگ DC
√	√	√	√		$V_{Adc,ac}$	ولتاژ خروجی آرایه PV از سامانه کوپلینگ AC
√	√	√	√		I_A	جریان خروجی آرایه PV
√	√				$I_{Adc,dc}$	جریان خروجی آرایه PV از سامانه کوپلینگ DC
√	√	√	√		$I_{Adc,ac}$	جریان خروجی آرایه PV از سامانه کوپلینگ AC
√	√	√	√		P_A	توان خروجی آرایه PV
√	√	√	√		$P_{Adc,dc}$	توان خروجی آرایه PV از سامانه کوپلینگ DC
√	√	√	√		$P_{Adc,ac}$	توان خروجی آرایه PV از سامانه کوپلینگ AC

شبکه بزرگ	شبکه کوچک	شبکه متصل با ذخیره و پشتیبانی	شبکه متصل با ذخیره	شبکه متصل	نماد یا فرمول	مولفه
						ذخیره انرژی
√	√	√	√		V_S	ولتاژ کاری
√	√	√	√		I_{Ts}	جریان به ذخیره
√	√	√	√		I_{FS}	جریان از ذخیره
√	√	√	√		P_{Ts}	توان به ذخیره
√	√	√	√		P_{FS}	توان از ذخیره
						شبکه برق
√		√	√		V_U	ولتاژ شبکه برق
√		√	√		I_{TU}	جریان داده شده به شبکه برق
√		√	√		I_{FU}	جریان دریافت شده از شبکه برق
√		√	√		P_{TU}	توان داده شده به شبکه برق
√		√	√		P_{FU}	توان دریافت شده از شبکه برق
						بارهای روی DC
√	√	√	√		V_{Ldc}	ولتاژ بار
√	√	√	√		I_{Ldc}	جریان بار
√	√	√	√		P_{Ldc}	توان بار
						بارهای روی AC
√	√	√	√		V_{Lac}	ولتاژ بار
√	√	√	√		I_{Lac}	جریان بار

شبکه متصل	شبکه متصل با ذخیره	شبکه متصل با ذخیره و پشتیبانی	شبکه کوچک	شبکه بزرگ	نماد یا فرمول	مؤلفه
	√	√	√	√	P_{Lac}	توان بار
	√	√	√	√		منبع(های) پشتیبان روی (AC)
		√	√	√	V_{Lac}	ولتاژ پشتیبان AC
		√	√	√	I_{Lac}	جریان پشتیبان AC
		√	√	√	P_{Lac}	توان پشتیبان AC
						منبع(های) پشتیبان روی (DC)
		√	√	√	V_{BUdc}	ولتاژ پشتیبان DC
		√	√	√	I_{BUdc}	جریان پشتیبان DC
		√	√	√	P_{BUdc}	توان پشتیبان DC
						منبع(های) تجدیدپذیر دیگر روی AC
	√	√	√	√	V_{REac}	ولتاژ AC دیگر منابع تجدیدپذیر
	√	√	√	√	I_{REac}	جریان AC دیگر منابع تجدیدپذیر
	√	√	√	√	P_{REac}	توان AC دیگر منابع تجدیدپذیر
						منبع(های) تجدیدپذیر دیگر روی DC
	√	√	√	√	V_{REdc}	ولتاژ DC دیگر منابع تجدیدپذیر
	√	√	√	√	I_{REdc}	جریان DC دیگر منابع تجدیدپذیر
	√	√	√	√	P_{REdc}	توان DC دیگر منابع تجدیدپذیر
						انرژی الکتریکی
	√	√	√	√	$E_{RE} = E_{REdc} + E_{REac}$	انرژی خروجی تجدیدپذیر در هر روز (kWh)

شبکه بزرگ	شبکه کوچک	شبکه متصل با ذخیره و پشتیبانی	شبکه متصل با ذخیره	شبکه متصل	نماد یا فرمول	مولفه
√	√	√	√		$E_{TU} = E_{TU} - E_{FU}$	انرژی (خالص) به شبکه برق (kWh)
√	√	√	√		$E_{FU} = E_{FU} - E_{TU}$	انرژی (خالص) از شبکه برق (kWh)
√	√	√	√		$E_{TS} = (E_{TS} - E_{FS})$	انرژی خالص به ذخیره سازی (kWh)
√	√	√	√		$E_{FS} = (E_{FS} - E_{TS})$	انرژی خالص از ذخیره سازی (kWh)
√	√	√	√		$E_A = E_{Adc,dc} + E_{Adc,ac}$	انرژی خروجی آرایه در هر روز (kWh)
√	√	√	√		$E_{BU} = E_{BUdc} + E_{BUac}$	انرژی از سامانه پشتیبان (kWh)
√	√	√	√		$E_L = E_{Ldc} + E_{Lac}$	انرژی برای بارگزاری (kWh)
√	√	√	√		$E_L = E_{Ldc} + (E_{TL,dc} + E_{TL,ac})$	
√	√	√	√		$E_{TL,acc} = (E_{Aac,ac}) - E_{TB,ac}$	انرژی برای بارگزاری از سامانه کوپلینگ (AC)
√	√	√	√	√	$Y_A = E_A / P_o$	بهره‌دهی انرژی آرایه PV
√	√	√	√		$Y_{A,dc} = E_{Adc,dc} / P_{o,dc}$	بهره‌دهی انرژی آرایه PV از زیرسامانه کوپلینگ DC
√	√	√	√		$Y_{A,ac} = E_{Adc,ac} / P_{o,ac}$	بهره‌دهی انرژی آرایه PV از زیرسامانه کوپلینگ AC
(c)	(c)	(b)	(b)	(a)	$(a) Y_f = E_{out} / P_o$ $(b) Y_f = Y_{fac}$ $(c) Y_f = Y_{fdc} + Y_{fac}$	بهره‌دهی نهایی سامانه
√	√				$Y_{f,dc} = Y_{fTB,dc} + Y_{fTL,dc}$	بهره‌دهی نهایی سامانه از زیرسامانه کوپلینگ DC
√	√				$Y_{fTB,dc} = E_{ATB,dc} / P_{o,dc}$	بهره‌دهی نهایی سامانه از زیرسامانه کوپلینگ DC برای شارژ باتری
√	√				$Y_{fTL,dc} = E_{ATL,dc} \times \eta_{BOS,dc} / P_{o,dc}$	بهره‌دهی نهایی سامانه از زیرسامانه کوپلینگ DC برای بارگزاری
√	√	√	√		$Y_{f,ac} = Y_{fTB,ac} + Y_{fTL,ac}$	بهره‌دهی نهایی سامانه از زیرسامانه کوپلینگ AC
√	√	√	√		$Y_{fTB,ac} = E_{ATL,ac} \times \eta_{BOS,dc} / P_{o,ac}$	بهره‌دهی نهایی سامانه از زیرسامانه کوپلینگ AC برای شارژ باتری
√	√	√	√		$Y_{fTL,ac} = E_{ATB,ac} / P_{o,ac}$	بهره‌دهی نهایی سامانه از زیرسامانه کوپلینگ AC برای بارگزاری

شبکه بزرگ	شبکه کوچک	شبکه متصل با ذخیره و پشتیبانی	شبکه متصل با ذخیره	شبکه متصل	نماد یا فرمول	مولفه
√	√	√	√		$E_{use,PV} = E_A \times \eta_{BOS}$ or	مشارکت مستقیم انرژی PV برای E_{use} (kWh)
√	√	√	√		$E_{use,PV} = F_A \times E_{use}$	
√	√				$E_{use,PV,dc} = F_{A,dc} \times E_{use,dcc}$	مشارکت مستقیم انرژی PV برای E_{use} (kWh) از زیرسامانه کوپلینگ DC
√	√	√	√		$E_{use,PV,ac} = F_{A,ac} \times E_{use,ac}$	مشارکت مستقیم انرژی PV برای E_{use} (kWh) از زیرسامانه کوپلینگ AC
√	√	√	√		$F_A = E_A / E_{in}$	کسری از مشارکت کل انرژی ورودی سامانه توسط آرایه PV
√	√				$F_{A,dc} = E_{Adc,dc} / E_{in,dcc}$	کسری از مشارکت کل انرژی ورودی سامانه توسط آرایه PV از زیرسامانه کوپلینگ DC
√	√	√	√		$F_{A,ac} = E_{Adc,ac} / E_{in,ac}$	کسری از مشارکت کل انرژی ورودی سامانه توسط آرایه PV از زیرسامانه کوپلینگ AC
√	√	√	√		$E_{in} = E_A + E_{BU} + E_{FU} + E_{FS} + E_{RE}$	انرژی ورودی کل سامانه (kWh)
(c)	(b)	(b)	(a)		(a) $E_{in,dcc} = (E_{TB,ac}) + E_{FS} + (E_{REdc} + E_{REac})$ (b) $E_{in,dcc} = (E_{TB,ac}) + (E_{BUac} + E_{BUac}) + E_{FS} + (E_{REdc} + E_{REac})$ (c) $E_{in,dcc} = (E_{Adc,dc} + E_{TB,ac}) + (E_{BUac} + E_{BUac}) + E_{FU} + E_{FS} + (E_{REdc} + E_{REac})$	انرژی ورودی کل سامانه از زیرسامانه کوپلینگ DC (kWh)
√	√	√	√		$E_{in,ac} = E_{Adc,ac}$	انرژی ورودی کل سامانه از زیرسامانه کوپلینگ AC (kWh)
√	√	√	√		$E_{use} = E_{Ldc} + E_{Lac} + E_{TU} + E_{TS}$	انرژی خروجی کل سامانه (kWh)
(b)	(a)	(a)	(a)		(a) $E_{use,dcc} = E_{Ldc} + (E_{TL,dcc} + E_{TL,ac}) + E_{TS}$ (b) $E_{use,dcc} = E_{Ldc} + (E_{TL,dcc} + E_{TL,ac}) + E_{TU} + E_{TS}$	انرژی خروجی کل سامانه از زیرسامانه کوپلینگ DC (kWh)
√	√	√	√		$E_{use,ac} = E_{TL,ac} + E_{TB,ac}$	انرژی خروجی کل سامانه از زیرسامانه کوپلینگ AC (kWh)
√	√	√	√		$Y_r = H_i / G_{i,ref}$	بهره‌دهی مرجع (h.d^{-1})
√	√	√	√		$L_c = Y_r - Y_A$	اتلاف جذب آرایه (h.d^{-1})
√	√				$L_{c,dc} = Y_r - Y_{A,dc}$	اتلاف جذب آرایه از زیرسامانه کوپلینگ DC (h.d^{-1})

شبکه بزرگ	شبکه کوچک	شبکه متصل با ذخیره و پشتیبانی	شبکه متصل با ذخیره	شبکه متصل	نماد یا فرمول	مولفه
					$L_{c,ac} = Y_r - Y_{A,ac}$	اتلاف جذب آرایه از زیرسامانه کوپلینگ AC (h.d^{-1})
✓	✓	✓	✓		$L_s = Y_A - Y_f$	اتلاف سامانه (h.d^{-1})
✓	✓				$L_{s,dc} = Y_{A,dc} - Y_{f,dc}$	اتلاف سامانه از زیرسامانه کوپلینگ DC (h.d^{-1})
✓	✓	✓	✓		$L_{s,ac} = Y_{A,ac} - Y_{f,ac}$	اتلاف سامانه از زیرسامانه کوپلینگ AC (h.d^{-1})
✓	✓	✓	✓	✓	$PR = Y_f/Y_r$	نسبت عملکرد
✓	✓	✓	✓		$PR_{dc} = Y_{f,dc}/Y_r$	نسبت عملکرد از زیرسامانه کوپلینگ DC
✓	✓	✓	✓		$PR_{ac} = Y_{f,ac}/Y_r$	نسبت عملکرد از زیرسامانه کوپلینگ AC
✓	✓	✓	✓	✓	$\eta_A = E_A/(H_i \times A_a)$	بازده میانگین آرایه
✓	✓				$\eta_{A,dc} = E_{A,dc}/(H_{i,dc} \times A_{a,dc})$	بازده میانگین آرایه از زیرسامانه کوپلینگ DC
✓	✓	✓	✓		$\eta_{A,ac} = E_{A,ac}/(H_{i,ac} \times A_{a,ac})$	بازده میانگین آرایه از زیرسامانه کوپلینگ AC
(b)	(b)	(b)	(b)	(a)	(a) $\eta_f = E_{out}/(H_i \times A_a)$ (b) $\eta_{tot} = E_{use,PV}/(H_i \times A_a)$	بازده کل نیروگاه PV
✓	✓				$\eta_{tot,dc} = E_{use,PV,dc}/(H_{i,dc} \times A_{a,dc})$	بازده کل نیروگاه PV از زیرسامانه کوپلینگ DC
✓	✓	✓	✓		$\eta_{tot,ac} = E_{use,PV,ac}/(H_{i,ac} \times A_{a,ac})$	بازده کل نیروگاه PV از زیرسامانه کوپلینگ AC
(b)	(b)	(b)	(b)	(a)	(a) $\eta_{BOS} = E_{out}/E_A$ (b) $\eta_{BOS} = E_{use}/E_{in}$	بازده BOS
✓	✓				$\eta_{BOS,dc} = E_{use,dc}/E_{in,dc}$	بازده BOS از زیرسامانه کوپلینگ DC
✓	✓	✓	✓		$\eta_{BOS,ac} = E_{use,ac}/E_{in,ac}$	بازده BOS از زیرسامانه کوپلینگ AC

کتابنامه

- [1] IEC TS 61724-2, Photovoltaic system performance – Part 2: Capacity evaluation method

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۱۸۵۸: سال ۱۳۹۶، عملکرد سامانه فتوولتائیک - قسمت ۲: روش ارزیابی ظرفیت با استفاده از استاندارد IEC TS 61724-2: 2016، تدوین شده است.

- [2] IEC TS 61724-3, Photovoltaic system performance – Part 3: Energy evaluation method

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۱۸۵۸: سال ۱۳۹۶، عملکرد سامانه فتوولتائیک - قسمت ۳: روش ارزیابی انرژی با استفاده از استاندارد IEC TS 61724-3: 2016، تدوین شده است.