



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۱۸۵۸-۳

چاپ اول

۱۳۹۶



دارای محتوای رنگی

INSO  
11858-3  
1st Edition

2018

Identical with  
IEC TS 61724-3:  
2016

عملکرد سامانه فتوولتائیک -

قسمت ۳: روش ارزیابی انرژی

Photovoltaic system performance-  
Part 3: Energy evaluation method

ICS: 27.160

استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۱۸۵۸ (چاپ اول): سال ۱۳۹۶

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۱-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: [standard@isiri.gov.ir](mailto: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](mailto:standard@isiri.gov.ir)

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

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای 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)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به‌عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات 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 استانداردهای 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 ۳: روش ارزیابی انرژی»

#### رئیس:

شربتتی، سامانه

(دکتری مهندسی برق - الکترونیک)

#### سمت و/یا محل اشتغال:

عضو هیات علمی گروه مهندسی برق - دانشگاه سمنان

#### دبیر:

طاهری، فاطمه

(کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)

کارشناس استاندارد - اداره کل استاندارد استان سمنان

#### اعضا:

(اسامی به ترتیب حروف الفبا)

افتخاری ممقانی، عباس

(دکتری مهندسی برق - الکترونیک)

مدیرعامل - شرکت الکترونیک سازان

بخشی، علی

(دکتری مهندسی برق - کنترل)

مجری طرح کنترل - پژوهشگاه نیرو

بصیری، علی اکبر

(کارشناسی مهندسی برق - قدرت)

مدیر دفتر تحقیقات - شرکت توزیع نیروی برق استان مرکزی

پیرزادی، مهران

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)

عضو مستقل

خالصی، حمیدرضا

(کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)

عضو شورای راهبردی گروه پایش و کنترل نیروگاه -

پژوهشگاه نیرو

دائیان، محمدعلی

(کارشناسی مهندسی برق - کنترل)

کارشناس استاندارد - اداره کل استاندارد استان سمنان

دوست محمدی، آزاده

(کارشناسی ارشد شیمی - معدنی)

کارشناس مسئول - سازمان صنعت، معدن و تجارت استان

سمنان

رستگار، مهدی

(کارشناسی مهندسی کامپیوتر - سخت افزار)

مدیر فنی - شرکت فراز پنداران آریا موج

شفیعی، محمدرضا

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - کنترل)

کارشناس مطالعات شبکه - شرکت توزیع برق استان سمنان

**اعضا:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

**سمت و/یا محل اشتغال:**

مدیر کنترل کیفیت- شرکت سامان لامپ	علی‌زاده آوینی، حسین (کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک)
مدیر ارشد برنامه‌ریزی فنی- شرکت برق منطقه‌ای استان سمنان	فخاریان، مجید (کارشناسی مهندسی برق- مخابرات)
دانشیار و عضو هیات علمی گروه مهندسی برق- دانشگاه اراک	قدیمی، علی‌اصغر (دکتری مهندسی برق- قدرت)
مسئول آزمایشگاه تست میدانی خورشیدی- پژوهشگاه نیرو	محقق دولت‌آبادی، سعید (کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک)
رئیس گروه هماهنگی استانداردهای بین‌المللی برق، الکترونیک و مخابرات- سازمان ملی استاندارد ایران	مرتضوی، سیدمهدی (دکتری مهندسی برق- الکترونیک)
رئیس گروه مطالعات ارزیابی و فن‌آوری‌های انرژی خورشیدی- سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)	منشی‌پور، سمیرا (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع- سیستم‌ها و بهره‌وری)

**ویراستار:**

رئیس اداره اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها- اداره کل استاندارد استان سمنان	خدام عباسی، روح‌ا... (کارشناسی ارشد فیزیک- حالت جامد)
---	--

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصطلاحات و تعاریف
۸	۴ دامنه، برنامه زمانی و مدت زمان آزمون
۹	۵ تجهیزات و اندازه‌گیری
۱۱	۶ رویه
۱۱	۱-۶ کلیات
۱۳	۲-۶ محاسبه و مستندسازی انرژی پیش‌بینی شده و روش مورد استفاده برای محاسبه انرژی مورد انتظار
۱۳	۱-۲-۶ کلیات
۱۴	۲-۲-۶ تعریف محدوده آزمون هم‌سو با محدوده سامانه موردنظر
۱۵	۳-۲-۶ تعریف ورودی‌های هواشناسی مورد استفاده برای پیش‌بینی
۱۵	۴-۲-۶ تعریف ورودی‌های PV مورد استفاده برای پیش‌بینی
۱۶	۵-۲-۶ تعریف داده‌های اندازه‌گیری شده که در طول آزمون جمع‌آوری خواهند شد
۱۹	۶-۲-۶ تعریف محاسبات مدل
۲۰	۷-۲-۶ انرژی پیش‌بینی شده برای سامانه و دوره زمانی مشخص شده
۲۰	۸-۲-۶ تعریف عدم قطعیت
۲۱	۳-۶ اندازه‌گیری داده‌ها
۲۱	۴-۶ شناسایی اطلاعات مرتبط با عدم‌دسترسی
۲۲	۵-۶ شناسایی داده‌های اشتباه و جایگزینی یا تعدیل آن داده‌ها و آماده‌سازی مجموعه داده‌های ورودی مدل
۲۲	۱-۵-۶ کلیات
۲۲	۲-۵-۶ بررسی داده‌ها برای هر رشته داده
۲۴	۳-۵-۶ سایه‌اندازی روی حسگر تابشی
۲۵	۴-۵-۶ دقت کالیبراسیون
۲۵	۵-۵-۶ بررسی نهایی
۲۵	۶-۵-۶ استفاده از داده‌های حسگرهای چندگانه

صفحه	عنوان
۲۶	۶-۵-۷ جایگزینی داده‌های پشتیبان به جای داده‌های اشتباه یا از دست رفته
۲۶	۶-۵-۸ داده‌های خارج از محدوده یا داده‌هایی که معلوم شده نادرست هستند
۲۶	۶-۵-۹ داده‌های از دست رفته
۲۷	۶-۵-۱۰ بخشی از داده‌های از دست رفته یا عدم دسترسی جزئی
۲۷	۶-۵-۱۱ محدودیت به دلیل الزامات خارجی
۲۸	۶-۵-۱۲ قطعی اینورتر (کارکرد محدود)
۲۸	۶-۵-۱۳ قطعی برنامه‌ریزی شده یا قطعی اجباری
۲۸	۶-۵-۱۴ خطا در شبکه پشتیبانی (به‌عنوان مثال انحراف از ضریب توان واحد)
۲۸	۶-۶ محاسبه انرژی مورد انتظار
۲۸	۶-۶-۱ کلیات
۲۸	۶-۶-۲ اندازه‌گیری ورودی‌ها
۲۹	۶-۶-۳ قابلیت پذیرش داده‌ها
۲۹	۶-۶-۴ هماهنگی فواصل زمانی
۲۹	۶-۶-۵ تنظیم استامپ زمانی
۲۹	۶-۶-۶ محاسبه انرژی مورد انتظار در طول زمان‌های عدم دسترسی
۲۹	۶-۶-۷ محاسبه انرژی مورد انتظار در طول زمان در دسترس بودن
۳۰	۶-۶-۸ محاسبه کل انرژی مورد انتظار
۳۰	۶-۶-۹ تجزیه و تحلیل اختلاف
۳۰	۶-۶-۱۰ محاسبه انرژی اندازه‌گیری شده
۳۰	۶-۶-۱۱ محاسبه پارامترها از داده‌های اندازه‌گیری شده
۳۰	۶-۸-۱ محاسبه شاخص عملکرد انرژی و قابلیت دسترسی
۳۱	۶-۸-۲ محاسبه ضریب ظرفیت
۳۲	۶-۸-۳ محاسبه نسبت عملکرد
۳۲	۶-۹ تجزیه و تحلیل عدم قطعیت
۳۳	۷ مستندسازی رویه آزمون
۳۵	۸ گزارش آزمون
۳۸	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) محاسبات نمونه- محاسبات برای شاخص‌های عملکرد انرژی
۴۰	کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد «عملکرد سامانه فتوولتائیک- قسمت ۳: روش ارزیابی انرژی» 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 نود و نهمین اجلاس کمیته ملی انرژی مورخ ۱۳۹۶/۱۲/۰۹ 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، تبادله 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.

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 TS 61724-3: 2016, Photovoltaic system performance – Part 3: Energy evaluation method



مقدمه

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

- Part 1: monitoring

- قسمت دوم: روش ارزیابی ظرفیت

عملکرد یک سامانه PV<sup>۱</sup> به شرایط آب‌وهوایی، اثرات فصلی و سایر عوامل دوره‌ای بستگی دارد، و این نشان می‌دهد که شرایط مورد نیاز برای کارکرد صحیح سامانه در محدوده گسترده‌ای از شرایط مربوط به سایت محل استقرار، باید پیش‌بینی شود. استاندارد IEC 62446-1 روشی برای اطمینان از این که مجموعه به درستی ساخته و راه‌اندازی شده، از طریق تایید آزمون‌های متعدد، می‌باشد اما تلاش ندارد که مشخصات خروجی طرح را تایید کند. استاندارد IEC 61724-1 تعریفی از داده‌های مبتنی بر عملکرد را که ممکن است جمع‌آوری شوند ارائه می‌کند، اما نحوه تجزیه و تحلیل آن داده‌ها را نسبت به عملکرد پیش‌بینی شده مشخص نمی‌کند. استانداردهای IEC TS 61724-2 و ASTM E2848-11 روش‌های تعیین خروجی قدرت یک سامانه فتوولتائیک را توصیف می‌کنند و برای تکمیل مستندسازی و روشن نمودن سامانه در نظر گرفته شده‌اند تا یک اندازه‌گیری ظرفیت توان کوتاه مدت یک سامانه PV را گزارش دهند، اما برای اندازه‌گیری عملکرد در تمام محدوده آب‌وهوایی یا تمام سال در نظر گرفته نشده‌اند. استاندارد IEC 62670-2 نیز نحوه اندازه‌گیری انرژی از یک مجموعه CPV<sup>۲</sup> را شرح می‌دهد، اما نحوه مقایسه انرژی اندازه‌گیری شده با یک مدل را توضیح نمی‌دهد.

روش شرح داده شده در این استاندارد برای بررسی یک سامانه PV مستقر در محدوده وسیعی از شرایط عملیاتی مربوطه و برای یک زمان پایدار (عموماً یک سال کامل) در نظر گرفته شده است تا انتظارات بلند مدت تولید انرژی برای ثبت تمام انواع مسائل مربوط به عملکرد را بررسی کند، که این نه تنها شامل پاسخ به شرایط آب‌وهوایی مختلف، بلکه شامل قطع یا موارد کاهش عملکرد نیروگاه که ممکن است ناشی از الزامات شبکه، نقاط عملیاتی، خرابی سخت‌افزاری، روش‌های تعمیر و نگهداری ضعیف، تخریب مجموعه یا سایر مشکلات باشد نیز می‌شود. عملکرد سامانه هم با اندازه‌گیری انرژی از دست‌رفته در زمانی که مجموعه کار نمی‌کند (در دسترس نیست) و هم میزان عملکرد مطابق با انتظارات در زمانی که مجموعه در حال کار است، مشخص می‌شود.

جنبه‌های متعدد کیفیت سامانه PV بستگی به شرایط آب‌وهوایی و کیفیت سامانه دارد، بنابراین لازم است درک روشنی از سامانه مورد آزمون داشته باشیم. به‌عنوان مثال، درجه حرارت مدول عمدتاً تابع میزان تابش، دمای محیط و سرعت باد است که همه آن‌ها اثرات آب‌وهوایی است که می‌تواند برای شبیه‌سازی دقیق دشوار باشد. با این حال، تنظیم پیکربندی مدول نیز بر دمای مدول تاثیر می‌گذارد، و نصب، یک جنبه از

1- Photovoltaic system

2- Concentrator photovoltaic system

سامانه است که آزمون می‌شود. این استاندارد فرآیندی را برای توسعه آزمون ارائه می‌دهد و توضیح می‌دهد که چگونه انتخاب‌های اندازه‌گیری می‌توانند بر نتایج آزمون تأثیر بگذارند تا کاربران بتوانند از طراحی آزمون ساده با تعاریف سازگار بهره ببرند و در عین حال امکان انعطاف‌پذیری در استفاده از آزمون را برای تعداد زیادی از تاسیسات منحصربه‌فرد فراهم می‌آورد.

گواهی عملکرد سالانه پروژه IECRE PV<sup>۱</sup> شامل اندازه‌گیری‌های این استاندارد است. اگرچه این استاندارد استفاده از چندین روش را مجاز می‌داند، به‌منظور حفظ یک تعریف هماهنگ از معنی گواهی IECRE، در زمانی که از این استاندارد برای اندازه‌گیری‌ها جهت گزارش IECRE استفاده می‌شود، ممکن است روش استفاده از کمینه کلاس دقت برای اندازه‌گیری یا سایر جزئیات که توسط IECRE مستند شده است، نیاز باشد.

---

1- IEC system for certification to standards relating to equipment for use in renewable energy applications

## عملکرد سامانه فتوولتائیک - قسمت ۳: روش ارزیابی انرژی

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعریف یک روش برای اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل تولید انرژی در یک سامانه فتوولتائیک مشخص متناسب با تولید انرژی الکتریکی مورد انتظار در یک سامانه مشابه است که در شرایط آب‌وهوایی واقعی، توسط طرفین ذی‌نفع آزمون تعریف می‌شود. روش پیش‌بینی تولید برق خارج از محدوده این استاندارد است. تولید انرژی به‌طور خاص برای زمان‌هایی که سامانه در حال کار (در دسترس) است، مشخص می‌شود؛ زمانی که سامانه کار نمی‌کند (غیرقابل دسترس) به‌عنوان بخشی از یک کمیت قابل دسترس تعریف می‌شود.

برای نتایج بهتر، توصیه می‌شود این روش برای عملکرد طولانی مدت (تولید انرژی الکتریکی) در آزمون سامانه‌های فتوولتائیک مورد استفاده قرار گیرد تا عملکرد پایدار سامانه را در محدوده وسیعی از شرایط عملیاتی که در طول مدت آزمون (ترجیحاً یک سال) با آن مواجه می‌شود، ارزیابی کند. چنین ارزیابی، شواهدی را ارائه می‌دهد که انتظارات بلندمدت از آن برای تولید انرژی سامانه دقیق است و تمام اثرات محیطی در محل را پوشش می‌دهد. علاوه بر این، اگر در طول سال، غیرقابل دسترس بودن سامانه (به دلایل داخلی یا خارجی) تعیین شود، باعث می‌شود امکان ارزیابی کاملی از تولید برق فراهم شود.

در این روش، نخست کارکرد اینورتر و سایر نمایش‌گرهای وضعیت (پرچم وضعیت) بررسی می‌شود تا مشخص شود که آیا سامانه در حال کار است یا خیر. زمانی‌هایی که اینورترها (یا اجزای دیگر) کار نمی‌کنند، به‌عنوان زمان‌های عدم دسترسی شناخته می‌شود و اِتلاف انرژی مرتبط، مطابق با مقدار تولید انرژی مورد انتظار در آن زمان‌ها محاسبه می‌شود. برای زمان‌هایی که سامانه کار می‌کند، انرژی واقعی تولیدشده سامانه فتوولتائیک اندازه‌گیری شده و با تولید انرژی مورد انتظار در شرایط محیطی مشاهده شده مقایسه می‌شود و شاخص عملکرد انرژی، همان‌طور که در استاندارد IEC 61724-1 تعریف شده، محاسبه می‌شود. به‌عنوان پایه و اساس برای این ارزیابی، انتظارات تولید انرژی با استفاده از مدل سامانه PV تحت آزمون مشخص می‌شود که به‌عنوان تضمین یا مبنایی برای ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد و توسط تمام طرفین ذی‌نفع پروژه توافق می‌شود. به‌طور معمول، مدل مرکب<sup>۱</sup> است و شامل اثرات سایه اندازی و بازده متغیر آرایه می‌شود، اما مدل می‌تواند به سادگی یک نسبت عملکرد باشد که معمولاً برای سامانه‌های کوچک مانند سامانه‌های مسکونی استفاده می‌شود.

این روش، کیفیت عملکرد سامانه PV را ارزیابی می‌کند که منعکس‌کننده کیفیت نصب اولیه و کیفیت تعمیر و نگهداری مداوم و کارکرد نیروگاه است، با فرضیات و انتظاراتی که مدل استفاده می‌کند تا عملکرد سامانه را به‌درستی پیش‌بینی کند. اگر مدل اولیه نادرست باشد، طراحی سامانه تغییر می‌کند یا اگر آزمون

دقیق یک مدل ناشناخته موردنظر باشد، مدل ممکن است نسبت به آنچه که قبلا استفاده شده، تغییر داده شود، اما مدل باید در سراسر انجام فرآیند ثابت بماند.

هدف از این استاندارد، تعریف یک روش برای مقایسه انرژی الکتریکی اندازه‌گیری شده با انرژی الکتریکی مورد انتظار سامانه PV است. چارچوب فرآیند بر روی مواردی نظیر مدت زمان آزمون، روش‌های فیلترینگ داده‌ها، کسب اطلاعات و انتخاب حسگر، متمرکز است. برای تکرار فرآیند، این رویه، روشی برای انجام پیش‌بینی‌های انرژی الکتریکی مورد انتظار را رد نمی‌کند. روش پیش‌بینی و فرضیه‌های استفاده شده، به کاربران آزمون واگذار می‌شود. هدف نهایی، مستندسازی نحوه عملکرد سامانه PV نسبت به انرژی پیش‌بینی شده توسط مدل انتخابی در شرایط آب‌وهوایی مورد اندازه‌گیری، است؛ این نسبت به‌عنوان شاخص عملکرد در استاندارد IEC 61724-1 تعریف می‌شود.

این روش آزمون برای استفاده در سامانه‌های فتوولتائیک متصل به شبکه طراحی شده است که شامل حداقل یک اینورتر و سخت‌افزار مربوطه باشد.

این روش به‌طور خاص برای استفاده در سامانه‌های فتوولتائیک متمرکزکننده ( $> 3X$ ) یعنی (CPV)<sup>۱</sup>، نوشته نشده است، اما می‌تواند در سامانه‌های CPV با استفاده از میزان تابش نور عمودی مستقیم به جای تابش نور سراسری، استفاده شود.

این روش آزمون با هدف اولیه تسهیل مستندسازی تضمین عملکرد، آماده شده است، اما همچنین می‌تواند دقت یک مدل را تایید کند، عملکرد یک سامانه (مانند تنزل) در طول چندین سال را ردیابی کند یا کیفیت سامانه را برای هر هدف دیگری مستند کند. اصطلاحات برای استفاده در همه این موقعیت‌ها ایجاد نشده است، اما کاربر تشویق می‌شود که این روش را هر زمان که هدف، تایید عملکرد سامانه نسبت به عملکرد مدل‌سازی شده باشد، استفاده کند. راهنمایی‌های ویژه جهت آماده‌سازی کمیت‌های درخواست شده برای فرآیند صدور گواهی‌نامه IECRE ارائه شده است، که یک راه اصولی برای مستندسازی عملکرد سامانه فراهم می‌کند.

## ۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت 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:

---

1- Concentrator ( $>3x$ ) photovoltaic (CPV) systems

- 2-1** IEC 61724-1, Photovoltaic system performance – Part 1: Monitoring.
- 2-2** 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 شده است.
- 2-3** 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 شده است.
- 2-4** ISO/IEC Guide 98-3: 2008, Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement
- 2-5** ISO 5725 (all parts), Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results
- یادآوری** – مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۷۴۴۲، درستی (صحت و دقت) روش‌ها و نتایج اندازه‌گیری با استفاده از مجموعه استاندارد ISO 5725 تدوین شده است.
- 2-6** ISO 8601: 2004, Data elements and interchange formats – Information interchange – Representation of dates and times
- یادآوری** – استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۰۱: سال ۱۳۸۴، عناصر داده‌ها و قالب‌های تبادل – تبادل اطلاعات – نحوه نمایش تاریخ‌ها و زمان‌ها با استفاده از استاندارد ISO 8601: 2004 تدوین شده است.
- 2-7** ASME, Performance test code 19.1
- 2-8** ASTM G113-09, Standard terminology relating to natural and artificial weathering tests of nonmetallic materials
- یادآوری** – استاندارد ملی ایران شماره 16587: سال ۱۳۹۲، آزمون‌های هوازدگی طبیعی و مصنوعی مواد غیرفلزی – واژه‌نامه با استفاده از استاندارد ASTM G113: 2009 تدوین شده است.

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در استانداردهای IEC 61724-1، ASTM G113 و IEC TS 61836، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

**یادآوری** – سازمان‌های ISO و IEC پایگاه داده اصطلاحات را برای استفاده در استانداردسازی در آدرس‌های زیر حفظ و نگهداری می‌کنند:

– الکتروپدیای IEC موجود در وبسایت: <http://www.electropedia.org>

### ۱-۳

#### دسترسی به انرژی

##### **energy availability**

کمیتی است که نسبت انرژی مورد انتظار در موقع کار سامانه را به کل انرژی مورد انتظار، تعیین می‌کند. یادآوری - انرژی در دسترس از روی انرژی غیرقابل دسترس محاسبه می‌شود و ممکن است به صورت درصد یا کسر بیان شود.

### ۲-۳

#### عدم دسترسی به انرژی

##### **energy unavailability**

کمیتی که هنگام کار نکردن سامانه انرژی از دست‌رفته را محاسبه می‌کند (توسط یک نشانگر عمل‌کننده خودکار مانند نشانگر وضعیت اینورتر تعیین می‌شود که نشان می‌دهد آیا اینورتر به طور فعال برق DC را به AC تبدیل می‌کند یا نه). میزان عدم دسترسی به انرژی، نسبت انرژی مورد انتظار (که از مدل اصلی و داده‌های هواشناسی اندازه‌گیری شده، محاسبه می‌شود) تقسیم بر کل انرژی مورد انتظار در طول سال است که نمی‌تواند تحویل داده شود، زیرا اینورترها یا اجزای دیگر خاموش شده‌اند.

یادآوری - انرژی غیرقابل دسترس ممکن است به صورت درصد یا کسر بیان شود. عدم دسترسی به انرژی ممکن است توسط مسائل داخلی یا خارجی در سامانه PV به وجود آید که توسط کسانی که آزمون را به کار می‌گیرند، تعریف می‌شود.

### ۳-۳

#### علت خارجی مانع دسترسی به انرژی

##### **external-cause-excluded energy availability**

کمیتی که انرژی مورد انتظار را زمانی که سامانه در حال کار کردن است، نسبت به کل انرژی مورد انتظار در زمان‌هایی که امکان کار کردن نیروگاه وجود دارد، محاسبه می‌کند.

یادآوری - موانع در زمان‌هایی ایجاد می‌شود که شبکه مشغول کار نیست، یا برای زمان‌های دیگری که نیروگاه به دلایلی که خارج از کنترل است، کار نمی‌کند.

۴-۳

انرژی پیش‌بینی شده

**predicted energy**

تولید انرژی یک سامانه PV که با یک مدل عملکردی خاص محاسبه می‌شود، از سوابق داده‌های آب‌وهوایی استفاده می‌کند که به‌عنوان نمونه برای سایت محسوب می‌شود، به‌نحوی که مدل عملکرد خاص توسط تمام طرفین آزمون توافق شده است (به شکل ۱ مراجعه شود).

یادآوری - سوابق داده‌های آب‌وهوایی ممکن است از یک ایستگاه هواشناسی که در مجاورت سایت قرار گرفته است، جمع‌آوری شود.

۵-۳

انرژی مورد انتظار

**expected energy**

تولید انرژی در یک سامانه PV است که با همان مدل عملکردی خاص استفاده شده در مدل انرژی پیش‌بینی شده، با استفاده از داده‌های آب‌وهوایی واقعی جمع‌آوری شده در سایت در طول کارکرد سامانه در سال مورد نظر محاسبه می‌شود.

یادآوری ۱- داده‌های آب‌وهوایی در سایت به‌صورت محلی جمع‌آوری می‌شود.

یادآوری ۲- انرژی مورد انتظار برای محاسبه شاخص عملکرد انرژی استفاده می‌شود.

۶-۳

انرژی اندازه‌گیری شده

**measured energy**

انرژی الکتریکی که توسط سامانه PV در طول آزمون تولید می‌شود در همان مدت زمان مشابه با مدل انرژی مورد انتظار.

یادآوری - برای تعیین مکان اندازه‌گیری، محدوده آزمون، به زیربند ۳-۱۳ مراجعه شود.

۷-۳

### شاخص عملکرد

#### performance index

انرژی الکتریکی تولیدشده در سامانه PV نسبت به انرژی مورد انتظار، همان‌طور که در استاندارد IEC 61724-1 تعریف و در این استاندارد محاسبه و شرح داده شده است.

۸-۳

### شاخص عملکرد انرژی

#### energy performance index

انرژی الکتریکی تولیدشده در یک سامانه PV نسبت به انرژی مورد انتظار در طی یک دوره مشخص است، همان‌طور که در استاندارد IEC 61724-1 تعریف شده و در این استاندارد محاسبه شده است. شاخص عملکرد انرژی ممکن است به تمامی زمان‌ها یا فقط زمان‌های در دسترس بودن انرژی اشاره کند که به ترتیب شاخص عملکرد انرژی کل و شاخص عملکرد انرژی مواقع کار نامیده می‌شود.

۹-۳

### شاخص عملکرد انرژی کل

#### all-in energy performance index

انرژی الکتریکی تولید شده در سامانه PV نسبت به کل انرژی مورد انتظار در طی یک دوره زمانی خاص، شامل زمان‌هایی که سامانه کار نمی‌کند.

۱۰-۳

### شاخص عملکرد انرژی موقع کار

#### in-service energy performance index

انرژی الکتریکی تولید شده سامانه PV نسبت به انرژی مورد انتظار در طول یک دوره مشخص شامل فقط زمان‌هایی که سامانه کار می‌کند (به استثناء زمان‌هایی که تشخیص داده می‌شود، اینورترها یا سایر اجزا، خاموش شوند).



۱۱-۳

شاخص عملکرد توان

**power performance index**

انرژی الکتریکی تولید شده سامانه PV نسبت به تولید برق مورد انتظار در یک مجموعه مشخصی از شرایط، همان‌طور که در استاندارد IEC 61724-1 تعریف شده و در استاندارد IEC TS 61724-2 محاسبه شده است.

۱۲-۳

حسگر اولیه

**primary sensor**

حسگری که به‌عنوان منبع داده برای آزمون اختصاص داده می‌شود. حسگرهای اولیه ممکن است برای میزان تابش، دما، سرعت باد یا سایر اندازه‌گیری‌ها استفاده شود. اندازه‌گیری‌های الکتریکی به‌عنوان قسمتی از تعریف سامانه معین می‌شوند.

۱۳-۳

محدوده آزمون

**test boundary**

تمایز (فیزیکی) بین آنچه که به‌عنوان قسمتی از سامانه تحت آزمون در نظر گرفته می‌شود و چیزی که خارج از سامانه است، برای هدف محاسبه شاخص عملکرد.

یادآوری - عدم دسترسی به انرژی ممکن است تحت تأثیر اتفاقات خارج از محدوده آزمون، قرار گیرد.

۱۴-۳

ذی‌نفعان آزمون

**stakeholders of the test**

افراد یا شرکت‌هایی که آزمون را به‌کار می‌برند.

یادآوری - به‌طور معمول، این گروه‌ها ممکن است مشتری PV و نصب‌کننده PV باشند که با روش آزمون اعمال شده قرارداد را تکمیل کنند، اما روش آزمون ممکن است در شرایط مختلفی اعمال شود و گروه آزمون‌کننده ممکن است یک شخص یا یک شرکت باشد.

۱۵-۳

### آزمون

#### test

آزمون، خروجی اندازه‌گیری شده یک سامانه PV را در طی مدت زمان طولانی با خروجی مورد انتظار سامانه PV در یک شرایط آب‌وهوایی اندازه‌گیری شده مقایسه می‌کند، همان‌طور که در این استاندارد تعریف شده است (به زیربند ۳-۴ مراجعه شود).

۱۶-۳

### مدل

#### model

مدل شبیه‌سازی، برای محاسبه تولید PV پیش‌بینی شده و مورد انتظار، از روی داده‌های آب‌وهوایی استفاده می‌شود. این مدل همچنین برای محاسبه انرژی مورد انتظار در زمان‌های عدم دسترسی نیز استفاده می‌شود. یادآوری - به‌طور معمول، انتظار می‌رود که این مدل همان مدلی باشد که نیروگاه را قبل از ساخت آن توصیف می‌کند، اما ممکن است این مدل به منظور بازتاب تغییرات در طراحی نیروگاه به‌روز شود، یا هر مدلی ممکن است برای آزمایش صحت مدل، مورد استفاده قرار گیرد. فرض بر این است که مدل برای وضعیت، مناسب است.

۱۷-۳

### محدودکننده اینورتر

#### inverter clipping

خروجی اینورتر به جای توان ورودی آرایه PV توسط ظرفیت اینورتر محدود می‌شود.

### ۴ دامنه، برنامه زمانی و مدت زمان آزمون

این آزمون ممکن است در یکی از سطوح مختلف نیروگاه PV استفاده شود. کاربران آزمون باید بر سطحی(هایی) که آزمون در آن به‌کار گرفته می‌شود، توافق داشته باشند. کوچکترین سطح که امکان دارد آزمون در آن انجام شود، کوچکترین مولفه تولید برق AC است که قادر به کارکرد مستقل در حالت متصل به شبکه است.

ساخت نیروگاه PV اغلب به چند فاز تقسیم می‌شود. فازها ممکن است دارای نقاط اتصال مجزا یا مشترک باشند و ممکن است در طی یک دوره چند ماهه یا حتی چند ساله گسترش یابند. به‌طور کلی، توصیه می‌شود که آزمون در بالاترین سطح، که شامل کل پروژه PV است، به‌کار گرفته شود. با این حال، برای نیروگاه‌های بسیار بزرگ به‌صورت چند قسمتی برنامه‌ریزی می‌شود، بدین صورت که اولین و آخرین قسمت با یک دوره بیش از ۶ ماه از هم جدا می‌شوند. توصیه می‌شود زمانی که زیرمجموعه‌های کوچک نیروگاه برای ارتباط

در دسترس هستند، آزمون به آن‌ها اعمال شود. در چنین مواردی، پس از تکمیل کامل نیروگاه، آزمون می‌تواند دوباره به‌طریقی انجام شود که کل نیروگاه را شامل شود، اما در این موارد، مطابق با مدل پذیرفته شده توسط طرفین ذی‌نفع آزمون، انرژی مورد انتظار اصلاح خواهد شد تا تنزل عملکرد مورد انتظار نیروگاه را نیز شامل شود.

برخی از مدول‌های PV در عرض چند ساعت یا چند روز پس از نصب در محل، تغییرات عملکرد قابل اندازه‌گیری را نشان می‌دهند. توصیه می‌شود در شروع آزمون، بین طرفین ذی‌نفع با استفاده از راهنمایی سازنده آن در تعداد روزها یا قرار گرفتن در معرض میزان تابش نور مورد نیاز برای نیروگاه مذاکره شود تا عملکرد مدل‌سازی شده همراه با جزئیات نصب واقعی و ارتباط بین اجزا، به‌دست آید. توصیه می‌شود، هرگونه فرضیات افت کیفیت توسط ذی‌نفعان توافق شود و به‌عنوان قسمتی از توصیف مدل ثبت شود.

توصیه می‌شود که آزمون ۳۶۵ روز ادامه داشته باشد. مدت واقعی آزمون از قبل توافق شود. اگر آزمون برای یک سال کامل ادامه نیابد، تغییرات فصلی (از جمله سایه، طیف<sup>۱</sup>، دما و سرعت باد) ممکن است عملکرد را از آن‌چه که در طول سال کامل به‌دست می‌آید، متفاوت سازد.

معیار عملکرد، شاخص عملکرد انرژی مواقع کار، فقط برای زمان‌هایی گزارش می‌شود که اینورترها و سایر اجزاء در خط<sup>۲</sup> باشند. انرژی مورد انتظار برای زمان‌هایی که اینورترها یا اجزای دیگر در خط نیستند، در مقادیر انرژی غیرقابل دسترس محاسبه می‌شود. معیار عدم‌دسترسی به انرژی ممکن است به شکلی که با طرفین ذی‌نفع توافق شده است، به موقعیت‌هایی با علل داخلی و خارجی تقسیم شود.

همه طرفین ذی‌نفع قبل از شروع آزمون، در مورد روند دقیق آزمون توافق می‌کنند، همان‌طور که در بندهای ۵ و ۶ توضیح داده شده است.

## ۵ تجهیزات و اندازه‌گیری

با استفاده از محدوده پیش‌فرض آزمون (که برای سادگی در این جا استفاده می‌شود)، شرایط آب‌وهوایی با موارد زیر مشخص می‌شود:

- میزان تابش افقی سراسری (مستقیم و پراکنده نیز ممکن است اندازه‌گیری شود)
- دمای محیط
- سرعت باد
- بارندگی یا تجمع گرد و خاک (اگر توافق‌نامه آزمون یک سامانه تمیز را در نظر بگیرد).

اگر مشخصه‌های اضافی آب‌وهوا برای ارائه مدل نیاز باشد، این داده‌ها باید به نحوی سازگار با مدل، جمع‌آوری شوند. اگر مدل از یک محدوده آزمون متفاوتی استفاده کند، محدوده پیش‌فرض آزمون اصلاح می‌شود. به‌عنوان مثال، اگر میزان تابش صفحات آرایه به‌عنوان یک ورودی به مدل تعریف شود، بازتاب نور خارج از محدوده آزمون تعریف می‌شود سپس وضعیت آب‌وهوا با میزان تابش صفحات آرایه به‌جای میزان تابش افقی سراسری مشخص می‌شود.

بعضی از مدل‌ها از ورودی‌های دیگری مانند فشار و رطوبت اتمسفری استفاده می‌کنند، زیرا می‌توانند طیف نور تابشی و عملکرد PV را تحت تاثیر قرار دهند. در حالی که پایش بسیاری از جنبه‌های کارکرد سامانه PV توصیه می‌شود تا وضعیت سامانه بهتر فهمیده شود و عملکرد آن بهینه شود، استفاده از داده‌های سامانه به‌عنوان یک مشخصه از ورودی‌های شرایط آب‌وهوا در مدل، یکپارچگی آزمون را به خطر می‌اندازد. هنگامی که داده‌ها برای توصیف چنین مشخصاتی استفاده می‌شود، این خطر وجود دارد که بعضی از جنبه‌های عملکردی سامانه به‌عنوان بخش غیرقابل کنترل شرایط آب‌وهوایی در نظر گرفته شود. به‌عنوان مثال، اگر مدول‌ها بدون تهویه مناسب نصب شوند، دمای سامانه ممکن است از مقدار طراحی، افزایش یابد و خروجی سامانه را کاهش دهد. به‌طور مشابه، یک سامانه ردیابی شده که به‌درستی مورد ردیابی قرار نمی‌گیرد، میزان تابش صفحات آرایه را به‌گونه‌ای اندازه خواهد گرفت که کمتر از مقدار مشابه در ردیابی مطلوب است. اگرچه بارندگی و برف‌های مکرر بر عملکرد سامانه تأثیر خواهد گذاشت، طراحی سامانه ممکن است به برف روبی و/یا مقاومت در برابر تجمع گرد و خاک کمک کند.

خروجی سامانه با مشخصات زیر بیان می‌شود:

- توان واقعی AC تحویل داده شده به شبکه؛

- توان ظاهری AC و یا ضریب توان AC.

توصیه می‌شود مدل شبیه‌سازی عملکرد سامانه PV، شامل یک فرض در مورد ضریب توان باشد که ممکن است بر روی انرژی پیش‌بینی شده تاثیر بگذارد. پس از محاسبه انرژی مورد انتظار، همان‌طور که در زیر توضیح داده شده، بهتر است ضریب توان ثبت شده (یا هر ورودی مشابه مدل) استفاده شود.

تعریف انرژی AC، از جمله نقطه اندازه‌گیری (به‌طور مثال در یک سطح بهره‌برداری در نقطه اتصال) به‌عنوان قسمتی از تعریف محدوده آزمون ثبت می‌شود. اگر بارهای پارازیتی در خارج از محدوده سامانه وجود داشته باشد (به‌عنوان مثال، ردیاب‌ها و استفاده از برق شبانه توسط اینورترها و ترانسفورماتورها)، تعریف قرارداد یا آزمون تعریف می‌کند که آیا تنظیمات برای این انجام شده است یا خیر، و اگر چنین است، این تنظیمات مشخص شود.

توصیه می‌شود که تجهیزات و رویه‌های اندازه‌گیری برای تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده با الزامات class A از استاندارد IEC 61724-1، مطابقت داشته باشد. با این حال، ارزیابی class B یا class C (در هر قرارداد) نیز ممکن است در گزارش نهایی تکمیل و ثبت شده باشد.

تمام جزئیات جمع‌آوری داده‌ها (از جمله تعداد حسگر، تعمیر و نگهداری، کالیبراسیون و تمیز کردن) class اندازه‌گیری انتخاب شده استاندارد IEC 61724-1 را دنبال می‌کند به‌جز موارد زیر:

- انتخاب حسگر و موقعیت حسگر باید با مدل عملکردی که برای آزمون استفاده می‌شود، سازگار باشد.
- **یادآوری** - اغلب عدم قطعیت نهایی اندازه‌گیری کاملاً تحت تأثیر عدم قطعیت اندازه‌گیری میزان تابش قرار می‌گیرد، بنابراین حسگرهای بادقت بالا مطلوب هستند.
- دوره تکرار تمیز کردن حسگرهای تابشی ممکن است براساس محل تغییر کند و بهتر است مستند باشد.
- بررسی موقعیت دقیق حسگرها از طریق مقایسه داده‌ها در یک روز صاف با میزان تابش مدل‌سازی شده برای یک روز صاف انجام می‌شود و نتایج، مستندسازی عدم قطعیت کاربرد آزمون را شامل شود.
- هنگامی که حسگرهای تابشی در سطح آرایه مستقر می‌شود، توصیه می‌شود بازتاب نور از زمین اندازه‌گیری شود تا سازگاری با فرضیات مدل را نشان دهد، و نتایج، مستندسازی عدم قطعیت کاربرد آزمون را شامل شود.
- برای آزمون‌های class A، به دلیل این‌که اندازه‌گیری میزان تابش برای آزمون بسیار ضروری است، بهتر است کالیبراسیون‌ها هر یک به‌طور مستقل با استفاده از حسگرهای کالیبره شده در مکان‌های مختلف آزمون، در زمان‌های مختلف، تایید شوند تا از بایاس سیستماتیک در کالیبراسیون جلوگیری شود.

## ۶ رویه

### ۱-۶ کلیات

اصطلاحات انرژی «پیش‌بینی شده» و انرژی «مورد انتظار» در زیربندهای ۳-۴ و ۳-۵ برای جلوگیری از ابهام تعریف شده است تا تفاوت انرژی پیش‌بینی شده، براساس سوابق داده‌های آب‌وهوایی از انرژی پیش‌بینی شده براساس داده‌های آب‌وهوایی اندازه‌گیری شده در زمان موردنظر مشخص شود. روش‌های مورد استفاده برای محاسبه انرژی «پیش‌بینی شده» و انرژی «مورد انتظار» به‌منظور یکپارچگی به یک صورت تنظیم می‌شوند. اگر در فرمت سوابق داده‌های هواشناسی و داده‌های اندازه‌گیری شده تفاوت وجود داشته باشد، مدل به‌کار برده شده ممکن است به‌صورت ناخواسته تغییر یابد. تفاوت داده‌های هواشناسی مورد

استفاده برای دو دسته محاسبات باید مورد توجه قرار گیرد، به طوری که مدل مورد استفاده برای محاسبه انرژی «پیش‌بینی شده» همانند مدل مورد استفاده برای محاسبه انرژی «مورد انتظار» باشد.

مقایسه انرژی اندازه‌گیری شده با انرژی مورد انتظار، با جمع‌آوری داده‌های هواشناسی جدید در همان فرمت سوابق داده‌ها، ساده می‌شود. در این مورد، هر دو طرف توافق می‌کنند و داده‌ها را در فرمت یکسان ثبت می‌کنند.

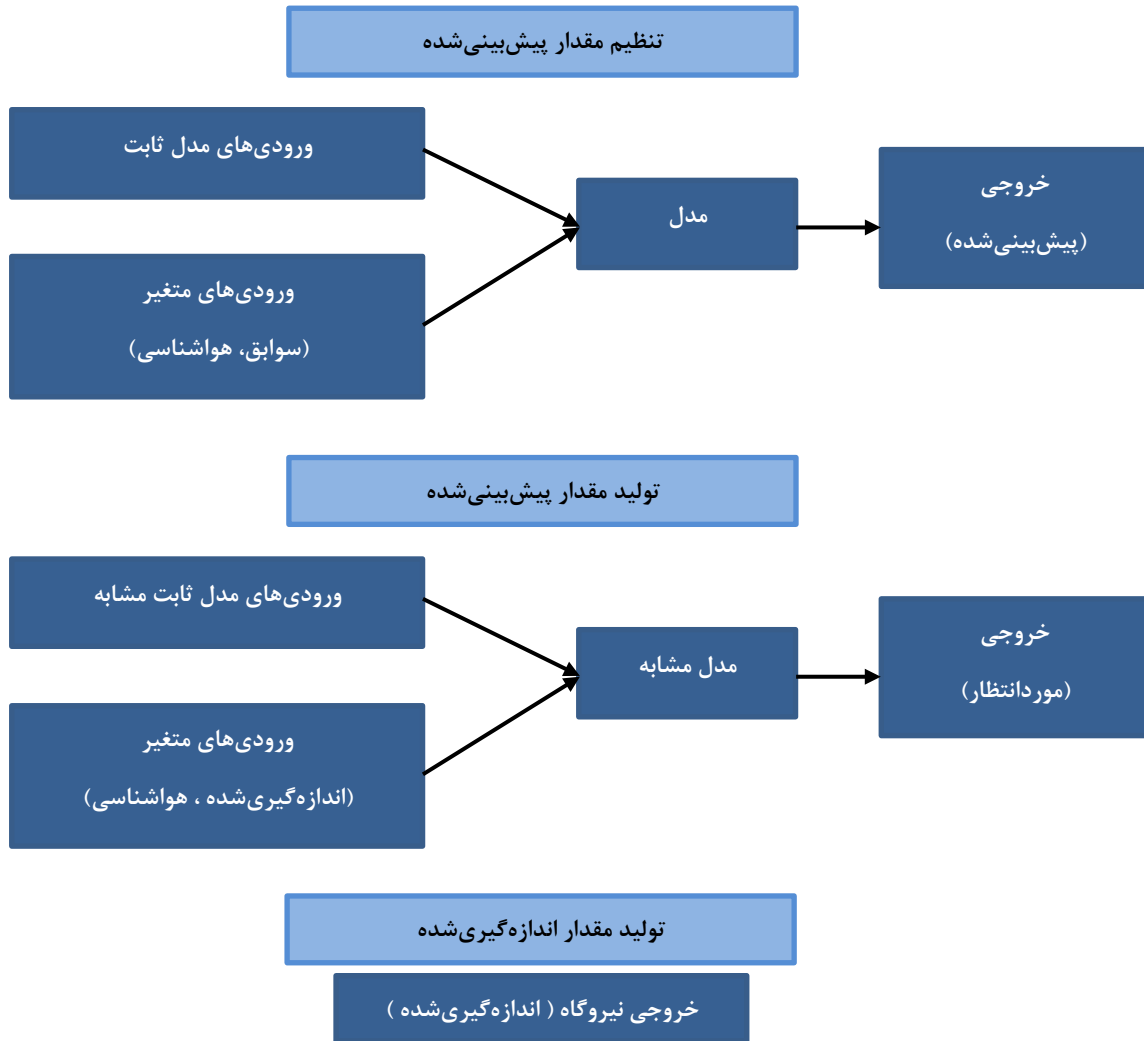
مقایسه نتایج مدل‌سازی شده و نتایج آزمون برای ارزیابی شاخص عملکرد انرژی در زیربندهای زیر با جزئیات بررسی شود. این موارد زیربندهای ۶-۲ تا ۶-۹ را به اختصار بیان می‌کند:

- محدوده آزمون را به طوری که با محدوده سامانه موردنظر هم‌سو<sup>۱</sup> باشد تعریف کنید؛
- انرژی پیش‌بینی شده را با استفاده از مدل انتخاب شده با فهرست کردن تمامی ورودی‌ها از جمله سوابق داده‌های هواشناسی، فرضیات مربوط به وجود گرد و خاک، سایه‌اندازی، قطعی برق و غیره محاسبه و مستند کنید؛ توصیه می‌شود داده‌های خام در گزارش نهایی به‌عنوان یک پیوست گنجانده شود. انرژی پیش‌بینی شده ممکن است با فرض ۱۰۰٪ در دسترس بودن محاسبه شود یا ممکن است کاهش داده شود تا زمان‌های مورد انتظار برای غیرقابل دسترس بودن نیز حساب شود؛
- اندازه‌گیری داده‌ها از سامانه در حال کار در طول دوره آزمون را تکمیل کنید؛
- زمان‌هایی که سامانه به دلایل مختلفی که ممکن است در داخل یا خارج از نیروگاه غیرقابل دسترس باشد، را شناسایی کنید؛
- داده‌های اندازه‌گیری شده برای شناسایی و ثبت موارد غیرعادی که ممکن است نیاز به توجه بیشتری داشته باشد را ارزیابی کنید. موارد غیرعادی شامل از دست دادن اطلاعات یا داده‌های اشتباهی است که در صورت لزوم جایگزین می‌شوند.
- انرژی مورد انتظار برای دوره زمانی کامل، در صورت نیاز با جایگزینی داده‌های از دست‌رفته را محاسبه و تجمیع کنید.
- انرژی اندازه‌گیری شده را، در صورت نیاز با جایگزینی داده‌های از دست‌رفته، تجمیع کنید.
- انرژی‌های مورد انتظار و اندازه‌گیری شده از نیروگاه را برای به‌دست آوردن شاخص عملکرد انرژی مقایسه کنید.

---

1 - To align

- عدم قطعیت اندازه‌گیری را محاسبه کنید.



یادآوری - زمان‌های غیر قابل دسترسی در این شکل نشان داده نشده است.

شکل ۱ - نمایش شماتیک رابطه بین انرژی‌های پیش‌بینی شده، مورد انتظار و اندازه‌گیری شده برای نشان دادن این که چگونه مدل مبتنی بر سوابق داده‌های هواشناسی و داده‌های اندازه‌گیری شده استفاده می‌شود

۲-۶ محاسبه و مستندسازی انرژی پیش‌بینی شده و روش مورد استفاده برای محاسبه انرژی مورد انتظار

۱-۲-۶ کلیات

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، اولین قدم در فرآیند، به‌طور معمول، پیش‌بینی عملکرد سامانه PV بر اساس سوابق داده‌های آب‌وهوایی به همراه استفاده از یک مدل است که توسط طرفین ذی‌نفع توافق

شده است. مدل از قسمت‌های ورودی‌های مدل، فرآیند محاسبه و این که چگونه داده‌های هواشناسی اندازه‌گیری شده به‌عنوان ورودی به مدل اعمال می‌شوند، تعریف می‌شود. انتظار می‌رود که اطلاعات مورد نیاز در این زیربند (۶-۲) قبل از شروع آزمون مستند شده باشد؛ اگرچه در مقایسه نهایی بین انرژی مورد انتظار و اندازه‌گیری شده از انرژی پیش‌بینی شده مستقیماً استفاده نمی‌شود، انرژی پیش‌بینی شده معمولاً برای برنامه‌ریزی پروژه مورد نیاز است. مدل ممکن است با فرض در دسترس بودن ۱۰۰٪ استفاده شود یا ممکن است یک پیش‌بینی وضعیت غیرقابل دسترس را به‌عنوان بخشی از فرآیند پیش‌بینی مشخص کند، که متعاقباً باعث کاهش انرژی پیش‌بینی شده در سال می‌شود.

#### ۶-۲-۲ تعریف محدوده آزمون هم‌سو با محدوده سامانه مورد نظر

این روش آزمون برای تعیین عملکرد یک سامانه در نظر گرفته شده است، اما نتیجه آزمون به آنچه که به‌عنوان قسمتی از سامانه در نظر گرفته شده بستگی دارد. طرفین ذی‌نفع آزمون باید بر تعریف سامانه توافق کنند، از جمله:

- داده‌هایی که خروجی سامانه را تعریف می‌کند.
- جنبه‌های طراحی سامانه که مورد آزمون قرار می‌گیرند از قبیل این که آیا مدول‌ها براساس طرح (شیب، سمت<sup>۱</sup>، ارتفاع، طرح چیدمان) قرار گرفته‌اند یا نه، که امکان خنک شدن و جذب نور خورشید را فراهم می‌کند.
- محل قرارگیری و نوع همه وسایل اندازه‌گیری.
- جنبه‌های کارکردی سامانه که مورد آزمون قرار می‌گیرد، از جمله این که آیا گرد و خاک سطح به‌عنوان قسمتی از آزمون در نظر گرفته می‌شود یا نه.

**یادآوری** - برای تسهیل توصیف روند آزمون، این استاندارد یک محدوده آزمون پیش‌فرض را تعریف می‌کند. میزان تابش افقی سراسری، دمای محیط، سرعت باد و هرگونه اندازه‌گیری‌های هواشناسی مانند رطوبت و فشار جو در خارج از این محدوده پیش‌فرض آزمون قرار دارد. تمام جنبه‌های دیگر از جمله دمای مدول و میزان تابش صفحات آرایه، به‌عنوان بخشی از سامانه PV در نظر گرفته می‌شود که تحت آزمون است. طرفین آزمون ممکن است محدوده آزمون را هر طور که مایل باشند تعریف کنند. محدوده پیش‌فرض آزمون فقط به‌عنوان یک ابزار برای روشن شدن کاربرد روش آزمون توصیف شده در این استاندارد و به‌عنوان مثال برای چگونگی تعریف محدوده آزمون تعریف می‌شود. هنگامی که مدل‌ها شامل اثرات بارندگی می‌شوند، بهتر است بارندگی را خارج از محدوده آزمون پیش‌فرض قرار دهید.



### ۳-۲-۶ تعریف ورودی‌های هواشناسی مورد استفاده برای پیش‌بینی

منابع تابش افقی سراسری، دمای محیط، سرعت باد و هرگونه داده‌های هواشناسی دیگر مانند فشار و رطوبت هوا، شرح داده شده و داده‌های خام به‌عنوان یک پیوست در گزارش نهایی ارائه می‌شود. انتظار می‌رود که در صورت امکان پیش از آزمون، این‌ها به‌طور مشخص، مستند شده باشند (به‌عنوان مثال نوع حسگر، محل قرارگیری، برنامه‌های تمیز کردن و کالیبراسیون، و هرگونه اطلاعات مرتبط دیگر). برای دریافت توصیه‌های مربوط به اندازه‌گیری در دقت اندازه‌گیری انتخاب شده (class A, B, C) به استاندارد IEC 61724-1 مراجعه شود.

### ۴-۲-۶ تعریف ورودی‌های PV مورد استفاده برای پیش‌بینی

جدول ۱ اطلاعاتی را که درباره هر نوع داده ورودی مورد نیاز است، نشان می‌دهد. این جدول نمونه، اطلاعاتی را که درباره هر پارامتر نیاز است، تعریف می‌کند. توصیه می‌شود اطلاعات به اندازه کافی داده شود تا پیش‌بینی بتواند تکرار شود.

جدول ۱ - نمونه پارامترهای ورودی عملکرد PV در قالب مدلی جهت پیش‌بینی اولیه

منبع اطلاعات	مقدار	پارامتر ورودی
برگه اطلاعات	۲۰۵ W	مدول $P_{max}$ در $1000 \text{ W/m}^2$ ، STC (or CSTC) = $25^\circ\text{C}$ دمای سلول
برگه اطلاعات	$-0.35\% / ^\circ\text{C}$	ضریب دمایی توان مدول
نقشه‌های سامانه	۲۰۰	تعداد مدول‌ها
نقشه‌های سامانه	۲۰	تعداد رشته‌ها
نقشه‌های سامانه	$30^\circ$	شیب
نقشه‌های سامانه	$180^\circ$	سمت
		اینورتر
تمام پارامترهای مدول مورد استفاده در مدل در این جدول یا در جداول جداگانه شامل پیش‌فرض‌هایی در موارد زیر هستند: - سایه - کثیفی و برنامه تمیزکاری - فاکتورهای تلفات غیرمدول (اینورتر یا مقاومت) - مفروضات عملیات و دسترسی به نگهداری و تعمیرات - قابلیت دسترسی و کاهش محدودیت، قطعی‌های دیگر - اشباع اینورتر (قطع اتصال اینورتر زمانی اتفاق می‌افتد که توان ورودی DC یک اینورتر بیش از توان AC قدرت اینورتر است) - تلفات برف جزئیات مدل (زاویه برخورد، مقاومت‌های سری، طیفی و پارامترهای دیگر).		

بعضی از عوامل ممکن است خارج از ابزار شبیه‌سازی در نظر گرفته شود. همچنین، یک مدل ساده مثل نسبت عملکرد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که در این صورت، این جدول بسیار ساده خواهد شد.

۵-۲-۶ تعریف داده‌های اندازه‌گیری شده که در طول آزمون جمع‌آوری خواهند شد

طرح آزمون باید شامل ثبت سوابق برای هر نوع داده ورودی باشد. آزمون ممکن است یک حسگر اولیه میزان تابش/دما/سرعت باد را شناسایی کند که تا زمانی که داده‌ها معتبر باشند، استفاده شود. متناوباً، اگر حسگرهای چندگانه از هر نوع استفاده شود، برنامه آزمون ممکن است نشان‌دهنده استفاده از میانگین کمیت‌های حسگرها باشد. انتخاب این که چگونه از چندین حسگر میانگین گرفت باید در ابتدای آزمون تعریف شود، اما اگر شواهدی وجود داشته باشد که بعضی از داده‌ها به همراه عدم قطعیت بیش از حد، نادرست هستند، ممکن است، با رضایت متقابل طرفین ذی‌نفع کنار گذاشته شوند.

اگر پاکیزگی مدول‌ها قسمتی از کیفیت سامانه (به‌عنوان محدوده پیش‌فرض آزمون برای اندازه‌گیری‌های class A) در نظر گرفته شود، بارندگی یا سایر ورودی‌ها به مدل همراه با تجمع گردو خاک، سنجیده می‌شود و سطح تجمع گردو خاک نیازی به اندازه‌گیری ندارد. اگر گرد و خاک سطح مدول به‌عنوان بخشی از سامانه تحت آزمون در نظر گرفته نشود (به‌عنوان مثال نه آن بخش از یک ضمانت انرژی که توسط طرفین ذی‌نفع تعریف می‌شود)، برای محاسبه تلفات ناشی از تجمع گرد و خاک اندازه‌گیری‌های اضافی مورد نیاز است که به اندازه‌گیری انرژی اعتبار می‌بخشد. همچنین نشان داده می‌شود که چگونه اثرات تجمع گرد و خاک و برف در مدل عملکرد، قرار می‌گیرد.

جدول ۲ مثال‌هایی از انواع داده‌های مورد نیاز را فراهم می‌کند؛ برخی از مدل‌ها می‌توانند از ورودی‌های مختلف، از جمله اندازه‌گیری‌های طیفی استفاده کنند.

اگر یک مدل، از میزان تابش صفحات آرایه به‌عنوان یک ورودی مستقیم استفاده کند، توصیه می‌شود مدل‌ساز تنظیم حسگر مورد نیاز جهت محدود کردن خطای بایاس به عدم قطعیت مطلوب را محاسبه کند و بهتر است الزامات تنظیم در جدول ۲ مشخص شود.

به طور مشابه، توصیه می‌شود مدل‌ساز تأثیر موقعیت حسگر سرعت باد را ارزیابی کند و الزامات نصب حسگر باد را در جدول ۲ قرار دهد.

جدول ۲ - جدول نمونه ثبت پارامترهای هواشناسی و سایر پارامترهای ورودی مدل برای محاسبه انرژی مورد انتظار

پارامتر ورودی	نوع حسگر	موقعیت مکانی، جهت و / یا موقعیت قرارگیری حسگر	تعداد حسگرها	کالیبراسیون و نگهداری و تعمیرات (مشخص می کند اگر اپراتور سامانه نیست چه کسی نگهداری و تعمیرات را انجام می دهد)	بررسی تنظیمات (نشان می دهد چه کسی تنظیمات را بررسی می کند، اگر نصاب نباشد)	فرکانس و تجزیه و تحلیل داده ها
تابش سراسری افقی	پیرانومتر model # XXX*	نصب شده در ارتفاع ۲ m همان طور که در نقشه Y* قرار گرفته است	۳	یکبار در سال؛ تمیزکاری هفتگی	در عرض ۱ درجه تایید دید کلی از آسمان همان طور که توسط مدل در شروع و پایان آمون تعریف شده است	میانگین داده ها بیش از ۱ h و استفاده از مقدار میانگین از تمام حسگرهای کارکردی
دمای محیط**	ترموکوپل نوع T	همان طور که در نقشه Y* قرار گرفته است	۲	انجام کالیبراسیون قبل و بعد از آزمون	ندارد	میانگین داده ها بیش از ۱ h و استفاده از مقدار میانگین از تمام حسگرهای کارکردی
سرعت باد	آنومتر مدل X*	همان طور که در نقشه Y* قرار گرفته است	۱	انجام کالیبراسیون قبل و بعد از آزمون	ندارد	میانگین داده ها بیش از ۱ h
انرژی AC	ابزار درجه بندی مدل XXX*	خروجی کل سامانه همان طور که در نقشه Y* قرار گرفته است ابزار اندازه گیری XXX*	۱	یکبار در سال	قابل اجرا نیست	انرژی جمع شده روزانه خوانده می شود
فاکتور توان						از اطلاعات کتابچه راهنمای اینورتر استفاده کنید

پارامتر ورودی	نوع حسگر	موقعیت مکانی، جهت و / یا موقعیت قرارگیری حسگر	تعداد حسگرها	کالیبراسیون و نگهداری و تعمیرات (مشخص می کند اگر اپراتور سامانه نیست چه کسی نگهداری و تعمیرات را انجام می دهد)	بررسی تنظیمات (نشان می دهد چه کسی تنظیمات را بررسی می کند، اگر نصاب نباشد)	فرکانس و تجزیه و تحلیل داده ها
نشان می دهد که اینورترهای MPP به درستی ردیابی می شود	جدول به عنوان مثال در بالا تکمیل شده است					
تلفات انرژی پارازیتی						
پارامتر ورودی	نوع حسگر	موقعیت مکانی، جهت و / یا موقعیت قرارگیری حسگر	تعداد حسگرها	کالیبراسیون و نگهداری و تعمیرات (مشخص می کند اگر اپراتور سامانه نیست چه کسی نگهداری و تعمیرات را انجام می دهد)	بررسی تنظیمات (نشان می دهد چه کسی تنظیمات را بررسی می کند، اگر نصاب نباشد)	فرکانس و تجزیه و تحلیل داده ها
بررسی داده ها				مشخص می کند چه کسی مسئول بررسی های روزانه است	بررسی های روزانه پیشنهاد شده است	
رسیدگی به داده - های از دست رفته					هرگونه انحراف از زیربند ۶-۵ را نشان دهید	
به خطوط جدول برای پارامترهای اضافی بیفزایید						
* X, Y, یا ## به عنوان نگه دارنده های مکان برای اطلاعات واقعی استفاده می شود. ** دمای مدول همچنین می تواند اندازه گیری شود.						

۶-۲-۶ تعریف محاسبات مدل

فرآیند مدل‌سازی باید با جزئیات کامل به‌اندازه مورد نیاز تعریف شود، به‌طوری که شخص دارای صلاحیت از لحاظ فنی، بتواند محاسبه انرژی پیش‌بینی شده را دوباره انجام دهد. توضیحات می‌تواند از طریق یک مرجع که به‌راحتی در دسترس است، مستند شود. تعریف مدل، خارج از محدوده این استاندارد است.

برخی از مدل‌های رایج از در نظر گرفتن اثرات برف و تجمع گردو خاک چشم‌پوشی می‌کنند. توصیه می‌شود مدل فرضیات مربوط به تمیز کردن (دستی یا با بارش) آرایه (و همچنین تمیز کردن حسگرهای تابشی، همان‌طور که در جدول ۲ آمده است) و پوشش برف را تعریف کند. این فرضیات باید به‌عنوان بخشی از توضیحات مدل مستند شود. توصیه می‌شود که اپراتور سامانه مسئولیت تمیز کردن آرایه را برعهده گیرد و این که تلفات، مستقل از شرایط آب‌وهوایی فرض شود. کاهش خروجی ممکن است از اندازه‌گیری مستقیم مدول‌های تمیز شده به‌طور طبیعی، تعیین شود، اما بهتر است طرفین ذی‌نفع آزمون بدانند که تجمع گردو خاک در سامانه با طراحی و کارکرد ضعیف سامانه می‌تواند تشدید شود. اگر اصلاح برای تلفات تولید شده از پوشش برف مورد نیاز باشد، توصیه می‌شود که چنین روزهایی انتخاب شده و انرژی مورد انتظار به‌صورت دستی تنظیم شود، در صورتی که مدل به‌طور مستقیم تلفات مربوط به برف را شامل نشود.

توصیه می‌شود تعریف مدل در مورد حذف داده‌های شبانه واضح باشد. با این حال، اگر بارهای پارازیتی در مدل وجود داشته باشد، این بارها باید شبانه اندازه‌گیری شود. بهتر است جزئیات سروکار داشتن با داده‌ها در نزدیکی طلوع و غروب خورشید هر دو با توجه به این که آیا آن‌ها داخل مدل هستند و نیز با توجه به این که داده‌های تابشی اندازه‌گیری شده، تایید کند که در نزدیکی طلوع و غروب خورشید در سایه قرار گرفته‌اند، تعریف شود. به‌طور کلی، بهتر است دستورالعمل‌های مندرج در استاندارد IEC 61724-1 دنبال شود. توصیه می‌شود زمان‌های غیرقابل دسترس دریافت و ذخیره شود که زمانی اتفاق می‌افتد که اینورترها در بامداد و غروب کار نمی‌کنند. سطوح نور پایین و خروجی کم در مدل‌سازی، معمولاً این زمان‌ها را کم اهمیت می‌کند، اما اگر اینورترها در مواقع شروع به کار در صبح و/یا خاموش شدن در غروب، کند باشند در حالی که میزان تابش نسبتاً بالا است، توصیه می‌شود این تلفات به‌عنوان شرایط قابلیت دسترسی پایین در نظر گرفته شود.

بهتر است تعریف مدل شامل یک برنامه در مورد چگونگی برخورد با اطلاعات از دست رفته باشد، به خصوص در مواردی که داده‌های بیش از یک هفته از دست رفته باشد.

توصیه می‌شود تمام گزینه‌های مورد بحث در بالا، از جمله گروه‌های مسئول هرگونه تمیز کردن و تکرار تمیز کردن، در برنامه آزمون ثبت شود.

اگر پیش‌بینی شود که سامانه در وضعیت غیرقابل دسترسی است، چرا که پیش‌بینی شده شبکه برای دریافت توان تحت شرایط خاص در وضعیت غیرقابل دسترسی است، این در تولید توان پیش‌بینی شده و مورد انتظار ثبت و ذخیره می‌شود.

#### ۶-۲-۷ انرژی پیش‌بینی‌شده برای سامانه و دوره زمانی مشخص شده

با استفاده از ورودی‌ها و مراحل تشریح شده در زیربندهای ۶-۲-۶ تا ۶-۲-۶، نتایج انرژی پیش‌بینی شده برای سامانه طراحی شده و نحوه ارتباط آن با خروجی‌های سامانه که در جدول ۲ تعریف شده است، تعیین می‌شود. انرژی می‌تواند برای خروجی DC و/یا AC پیش‌بینی شود و ممکن است پیش‌بینی‌های بیشتری برای تلفات پارازیتی تهیه شود، مانند ردیاب‌های عامل. اگر سامانه به‌درستی توسط یک سند جداگانه توصیف نشود، سامانه مدل‌سازی شده باید در این بخش توضیح داده شود مواردی از جمله تمام جزئیات مربوط به مدل، مانند تعداد مدول‌ها، پیکربندی نصب و غیره. اگر آزمون به‌صورت مرحله به مرحله اعمال شود، بهتر است توضیحات سامانه هر زیرسامانه را تعریف کند. اگر مدت زمان به اندازه‌ای طولانی باشد که منجر به تنزل آرایه شود و/یا اگر آزمون به تاخیر افتاده باشد تا اجازه تغییرات ناشی از نور داده شود، این موارد باید توضیح داده شود.

#### ۶-۲-۸ تعریف عدم قطعیت

توصیه می‌شود عدم قطعیت آزمون مطابق روش‌های ارائه شده در استانداردهای زیر محاسبه شود: ISO/IEC Guide 98-3:2008 و ISO/IEC Guide 98-1:2009 و ASME performance test codes 19.1 و ISO 5725 یا ISO GUM.

تعریف عدم قطعیت و نقش آن در تعریف نتیجه موفقیت/ شکست آزمون با مقایسه انرژی مورد انتظار و اندازه‌گیری شده باید مورد توافق قرار گیرد. توصیه می‌شود عدم قطعیت در وضعیت در دسترس بودن (غیر قابل دسترس) به‌عنوان قسمتی از عدم قطعیت کل در نظر گرفته شود، اگر قابل اجرا باشد. به‌شدت توصیه می‌شود که این توافق‌نامه قبل از آزمون مستند شود. به‌طور معمول، عدم قطعیتی که توسط طرفین ذی‌نفع توافق می‌شود، یک محدوده مرده<sup>۱</sup> را در اطراف هرگونه ضمانت ایجاد خواهد کرد. این محدوده مرده، به ضرر همه طرف‌های آزمون می‌شود، بنابراین بهتر است تا حد امکان کوچک نگه داشته شود.

هم عدم قطعیت سیستماتیک (بایاس) و هم عدم قطعیت تصادفی (دقت اندازه‌گیری) در تجزیه و تحلیل گنجانده می‌شود. مشارکت در عدم قطعیت بستگی به مدل مورد استفاده دارد، اما معمولاً شامل عدم قطعیت در اندازه‌گیری میزان تابش، دما و انرژی الکتریکی تولید شده می‌شود.

توضیحات کامل‌تر برای شناسایی عدم قطعیت‌های مربوط به داده‌های اندازه‌گیری شده در زیربند ۶-۹ شرح داده شده است. بهتر است این‌ها به‌عنوان قسمتی از تعریف اولیه عدم قطعیت مورد بررسی و توافق قرار گیرند، حتی اگر بعد از جمع‌آوری اطلاعات، نتوان آن‌ها را اعمال کرد.

راهبردهای کاهش عدم قطعیت قبل از این که داده‌ها به‌دست آید، بهتر انجام می‌شوند و عبارتند از:

- استفاده از حسگرهای تابشی با کیفیت؛

---

1 - Dead band

- استفاده از حسگرهای چندگانه علاوه بر اضافه کردن تعداد، برای کمک به تشخیص جابجایی / اشتباه حسگر، یا برای ثبت تغییرات آن پارامتر، به‌ویژه هنگامی که طراحی نیروگاه ممکن است به‌عنوان مثال از طریق آرایش متغیر مدول و/یا به‌علت تغییرات در سطح زمین دچار تغییرات شود؛
- اقدامات جامع، بازدید و سرویس روزانه داده‌ها شامل مقادیر خارج از دامنه و داده‌های از دست رفته، اندازه‌گیری‌های شبانه که از صفر متفاوت است و مقایسه میان سامانه‌های مشابه برای شناسایی انحرافات. توصیه می‌شود هر مساله‌ای به‌سرعت حل شود؛
- توجه ویژه به سایه‌اندازی احتمالی روی حسگرهای تابش؛
- مقایسه داده‌ها با رشته‌های داده‌های اخیر دیگر برای تشخیص و حل سریع مشکلات. در روزهای آفتابی، داده‌ها ممکن است به‌طور مستقیم مقایسه گردند؛ در روزهای ابری، مقایسه داده‌های جمع‌آوری شده ممکن است به شناسایی دقیق‌تر مشکلات کمک کند؛
- شناسایی دقیق داده‌های از دست رفته یا اشتباه از جمله تغییرات در فرکانس جمع‌آوری داده‌ها و/یا سوابق تکراری.

#### ۳-۶ اندازه‌گیری داده‌ها

داده‌های مشخص شده در جدول ۲ با نرخ (فرکانس) نمونه‌برداری<sup>۱</sup> و فرمت تعیین‌شده جمع‌آوری شده و ضمن هرگونه تلاش برای جلوگیری از ایجاد شکاف در داده‌ها، برای حفظ کارکرد حسگر و کالیبراسیون از طریق شناسایی زود هنگام خرابی‌ها، و وفاداری شدید روی رویه‌های توافق شده، ثبت می‌شوند. توصیه می‌شود - شود تمیز کردن حسگرها از طریق گزارش تاریخ/ زمان تمیز کردن و هرگونه مشاهدات غیرمعمول ثبت شود (یک عکس توصیه می‌شود).

#### ۴-۶ شناسایی اطلاعات مرتبط با عدم دسترسی

بهتر است که داده‌ها برای زمانی که یک اینورتر خاموش باشد (تبدیل برق DC به AC انجام نگیرد) و/یا برخی از اجزاء دیگر خاموش باشند، نمایش داده شود. تولید انرژی مورد انتظار مرتبط با شرایط عدم دسترسی، برای ذخیره‌سازی انرژی مورد انتظار برای زمان‌هایی از سال که نیروگاه در وضعیت عدم دسترسی است، جدول‌بندی و جمع‌آوری می‌شود. علامت وضعیت اینورتر (پرچم وضعیت) یک روش مناسب برای شناسایی اجزای خاموش خط را فراهم می‌کند. با این حال، برخی از نیروگاه‌ها ممکن است به‌منظور بررسی سالم بودن سامانه مجهز شوند و بتوانند قطعی برق را زمانی که در یک جزء سامانه رخ می‌دهد، تشخیص دهند. زمان‌های عدم دسترسی که در ابتدا و پایان روز اتفاق می‌افتد به دلیل این‌که اینورتر آهسته شروع به کار می‌کند یا اینورتر زودتر خاموش می‌شود، بهتر است ثبت و ذخیره شود.

---

1- Specified frequency

زمان‌های عدم‌دسترسی می‌تواند با توجه به توافق طرفین ذی‌نفع به دو دسته تقسیم شود تا روی علل عدم‌دسترسی که می‌تواند داخلی یا خارجی (داخل سامانه یا خارج آن) باشد، تمایز قائل شود. ترجیحا این تمایز قبل از شروع آزمون تعیین شود.

#### ۵-۶ شناسایی داده‌های اشتباه و جایگزینی یا تعدیل آن داده‌ها و آماده‌سازی مجموعه داده‌های ورودی

##### مدل

#### ۱-۵-۶ کلیات

داده‌ها برای تشخیص اشتباهات مورد بررسی قرار می‌گیرند؛ روش دقیق ممکن است بسته به داده‌های جمع‌آوری شده، متفاوت باشد. با این‌که توصیه می‌شود روش‌های تایید شده برای فیلتر کردن داده‌ها قبل از آزمون مستند گردد، پیچیدگی سامانه این کار را دشوار می‌کند و در طی آزمون یک فرآیند متقابل جدید مورد نیاز است؛ فیلترهایی که اعمال می‌شوند و داده‌هایی که حذف می‌شوند باید در گزارش ثبت شوند. پیشنهادات مطرح شده در زیر (زیربندهای ۶-۵-۲ تا ۶-۵-۱۴) ممکن است در همه شرایط قابل استفاده نباشد.

#### ۲-۵-۶ بررسی داده‌ها برای هر رشته داده

هر رشته داده برای شناسایی داده‌های خارج از محدوده، داده‌های از دست رفته یا گرایش‌های غیرعادی داده‌ها که در استاندارد IEC 61724-1 آمده است، بررسی می‌شود. یک روش نمونه با جزئیات بیشتر در جدول ۳ ارائه شده است. بسته به شرایط محلی، جزئیات طراحی نیروگاه، به‌اضافه سایر رشته داده‌ها، معیارهای (شرط‌های) فیلترینگ ممکن است اصلاح شود، اما هر چهار نوع فیلتر (محدوده، داده‌های از دست رفته، داده بی‌ارزش و تغییر ناگهانی) باید اعمال شود و به‌عنوان بخشی از گزارش نهایی ثبت شود. داده‌های نشان‌دار (علامت‌دار شده) برای تعیین علت اصلی و این‌که آیا باید وضعیت نشان‌دار حفظ شود یا نه، مورد بررسی قرار می‌گیرند.



جدول ۳ - نمونه‌ای از شرایط فیلترینگ داده‌ها، که با توجه به شرایط محلی تنظیم می‌شود

شرایط پیشنهادی برای علامت‌دار کردن (داده‌های ۱۵ دقیقه‌ای)					
نوع علامت	شرح	میزان تابش W/m <sup>2</sup>	دما °C	سرعت باد m/s	توان (حد مجاز توان AC )
محدوده	مقدار خارج از محدوده قابل قبول	-۶ < یا > ۱۵۰۰	۵۰ > یا < -۳۰	۳۲ > یا < ۰	حدمجاز $\times ۰.۲/۱$ > یا حدمجاز $\times ۰.۱/-۰$ <
داده از دست رفته	مقادیری که از دست رفته‌اند و یا تکرار می‌شوند	قابل اجرا نیست	قابل اجرا نیست	قابل اجرا نیست	قابل اجرا نیست
داده بی‌ارزش	مقادیری که در طول زمان به یک مقدار واحد میل می‌کنند. شناسایی با استفاده از مشتق	زمانی که مقدار < ۰/۰۰۰۱ > ۵	< ۰۰۰۱/۰	?	?
تغییر ناگهانی	مقادیری که بین نقاط داده‌ها به‌طور غیرمنطقی تغییر می‌کنند. شناسایی با استفاده از مشتق	> ۸۰۰	> ۴	> ۱۰	حدمجاز % ۸۰ >

ممکن است بسته به شیب سامانه و فصل گرفتن اطلاعات تنظیم شود.

به‌عنوان قسمتی از فیلترینگ داده‌ها، داده‌ها بهتر است در زمان‌هایی که اینورترها (یا سایر قسمت‌های موردنظر سامانه) در وضعیت روشن شدن و خاموش شدن قرار دارند، مختصر شوند. در مواردی که یک اینورتر واحد خاموش است اما خروجی سامانه در یک نقطه برای کل سامانه اندازه‌گیری می‌شود، انرژی مورد انتظار کل، برای تعیین انرژی مورد انتظار از اینورترهای در حال کار (یا سایر قسمت‌های سامانه، در صورت لزوم) و انرژی مورد انتظار از اینورترهای خاموش، تقسیم‌بندی می‌شود و جداگانه ذخیره می‌شوند. انرژی

محاسبه شده برای زمان‌هایی که سامانه خاموش است، می‌تواند به دو دسته تقسیم شود: مشکلات ناشی از دلایل داخلی و خارجی. یک نمونه از اختصار داده‌ها را می‌توان در پیوست الف یافت.

### ۳-۵-۶ سایه‌اندازی روی حسگر تابشی

#### ۱-۳-۵-۶ کلیات

به‌علت حساسیت آزمون به داده‌های تابشی، توصیه می‌شود توجه ویژه‌ای به داده‌های تابشی شود. به‌طور خاص، داده‌های تابشی که ممکن است ناشی از سایه‌اندازی تصادفی یا سوء کارکرد یک حسگر باشد، بهتر است قبل از گرفتن میانگین داده‌ها از حسگرهای باقی‌مانده حذف شود. یک روش توصیه شده برای شناسایی چنین داده‌هایی در مواردی که حسگرهای چندگانه استفاده می‌شود عبارت است از:

#### ۲-۳-۵-۶ گام ۱

یک روز صاف را در هر یک از سه ماه مشخص کنید.

#### ۳-۳-۵-۶ گام ۲

مقدار میانگین تابشی برای هر حسگر را در طول فواصل زمانی محاسبه و تک تک مقادیر را با مقدار میانگین برای تمام حسگرها مقایسه کنید. اگر این تفاوت بیش از عدم قطعیت حسگرها باشد، داده‌ها را برای شناسایی علت احتمالی بررسی کنید. (توجه کنید که اگر داده‌ها بیش از یک بار در هر دقیقه نمونه‌برداری شود، از داده‌ها بهتر است در یک دوره زمانی حداقل یک دقیقه‌ای میانگین گرفته شود.)

#### ۴-۳-۵-۶ گام ۳

حسگرهایی که کالیبراسیون آن‌ها از تنظیم خارج شده است را بیابید.

#### ۵-۳-۵-۶ گام ۴

داده‌هایی که می‌تواند به سوء کارکرد حسگر یا سامانه جمع‌آوری داده‌ها مربوط شود را دوربریزید. داده‌های حسگرهایی که از کالیبراسیون خارج هستند را دوربریزید. توصیه می‌شود این اقدام تنها با رضایت متقابل طرفین ذی‌نفع انجام شود.

#### ۶-۳-۵-۶ گام ۵

تک تک نقاط داده‌هایی که توسط تعمیر نگه‌داری یا تمیز کردن حسگر آسیب دیده‌اند را دوربریزید.

۶-۵-۳-۷ گام ۶

اگر تمامی داده‌ها برای برخی از دوره‌های زمانی حذف شود، این دوره زمانی به‌عنوان داده‌های از دست رفته محسوب می‌شود. داده‌های از دست رفته، ناشی از حذف داده‌ها و تأثیر حذف داده‌ها در گزارش ارائه شود. توصیه می‌شود این اقدام تنها با رضایت متقابل طرفین ذی‌نفع انجام گیرد.

۶-۵-۴ دقت کالیبراسیون

کالیبراسیون‌های دقیق برای همه حسگرها جهت ارائه یک نتیجه آزمون با عدم قطعیت پایین مورد نیاز است. علاوه بر تایید این که کالیبراسیون مطابق برنامه انجام می‌شود، توصیه می‌شود داده‌های شبانه بررسی شود تا کالیبراسیون دقیق نقطه صفر تایید شود، یادآوری می‌گردد که برای یک پارانومتر<sup>۱</sup> رایج است که یک سیگنال منفی را از  $1 \text{ W/m}^2$  تا  $3 \text{ W/m}^2$  نشان دهد.

۶-۵-۵ بررسی نهایی

برای کمک به شناسایی داده‌های مسئله‌ساز یا حوادث حین کار، مدل نیروگاه با استفاده از داده‌های هواشناسی اندازه‌گیری شده به‌عنوان ورودی شبیه‌سازی کنید. توان مورد انتظار با توان اندازه‌گیری شده مقایسه می‌شود. توصیه می‌شود تمام زمینه‌هایی که واگرایی قابل ملاحظه‌ای دارند، برای تشخیص علل ریشه‌ای مورد بررسی قرار گیرند. پس از تشخیص، حوادث را می‌توان با تعیین نحوه رسیدگی به هرگونه ناهنجاری شناسایی شده، مورد رسیدگی قرار داد. بهتر است این تصمیم براساس دستورالعمل‌های موجود در این استاندارد یا قراردادهای پروژه باشد و توصیه می‌شود همه موارد با هماهنگی تمامی طرفین ذی‌نفع توافق شود.

۶-۵-۶ استفاده از داده‌های حسگرهای چندگانه

۶-۵-۶-۱ کلیات

اگر بررسی داده‌ها، خطا در خروجی یک حسگر را شناسایی کند، قبل از گرفتن میانگین، بهتر است آن داده‌ها حذف شوند. توصیه می‌شود این اقدام تنها با رضایت متقابل طرفین ذی‌نفع انجام شود.

۶-۵-۶-۲ حسگرهای تابشی چندگانه

توصیه می‌شود میزان تابش استفاده شده به‌عنوان ورودی به مدل میانگین اندازه‌گیری‌های موجود باشد، مگر این که تعیین شود که یک اندازه‌گیری اشتباه است، در این صورت بهتر است ورودی مدل میانگین اندازه‌گیری‌های باقی‌مانده باشد، همان‌طور که قبلاً شرح داده شد. زمانی که توقع می‌رود دقت آزمون بهبود یابد، داده‌های تابشی از ایستگاه‌های هواشناسی نزدیک و/یا از داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد،

۱ - دستگاه اندازه‌گیری چگالی توان تابشی

البته با رضایت متقابل گروه‌های آزمون‌کننده. نوع حسگر تابشی، نصب، تعمیر و نگهداری، دقت، تفکیک‌پذیری و وضعیت کالیبراسیون این حسگرها باید با تعریف مدل اولیه سازگار باشد.

#### ۳-۶-۵-۶ حسگرهای دمای محیط چندگانه

توصیه می‌شود دمای محیط مورد استفاده به‌عنوان ورودی در مدل، میانگین اندازه‌گیری‌های موجود باشد، به‌جز مواردی که تعیین می‌شود اندازه‌گیری اشتباه است، در این صورت بهتر است ورودی مدل، میانگین یا میان اندازه‌گیری‌های باقی‌مانده باشد. داده‌های دمایی حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی نزدیک، از مدل‌های آب‌وهوایی متعدد و/یا از داده‌های ماهواره‌ای، می‌تواند زمانی که توقع می‌رود دقت آزمون بهبود یابد مورد استفاده قرار گیرد، البته با رضایت متقابل طرفین ذی‌نفع. نوع حسگر دمایی، دقت، کیفیت و وضعیت کالیبراسیون این حسگرها باید با تعریف مدل اولیه سازگار باشد

#### ۷-۵-۶ جایگزینی داده‌های پشتیبان به‌جای داده‌های اشتباه یا از دست رفته

در مواردی که داده‌های تابشی، سرعت باد، دما و/یا داده‌های تولیدشده از حسگرها از دست برود، اما از منبع دیگری که نماینده داده‌های واقعی است، قابل دسترسی باشد، داده‌ها از منبع دیگر می‌تواند جایگزین گردد. گزارش موارد زیر را ثبت می‌کند:

الف- تعریف اصول منطقی برای تعیین این‌که داده‌های دیگر نماینده هستند، و

ب- عدم قطعیت مربوط به این جایگزینی.

#### ۸-۵-۶ داده‌های خارج از محدوده یا داده‌هایی که معلوم شده نادرست هستند

با داده‌های خارج از محدوده و داده‌های ضعیف ناشی از سوء کارکرد تجهیزات (به‌عنوان مثال، خروج از وضعیت کالیبراسیون، اختلال کارکرد ردیاب و غیره) همان‌گونه که قبلاً شرح داده شده، رفتار می‌شود. روش تعیین سوء کارکرد تجهیزات براساس داده‌های حسگر مربوطه یا مدل‌های آب‌وهوای صاف است، نه از طریق مقایسه با خروجی مدل شده سامانه PV. توصیه می‌شود این داده‌ها به‌صورت روزانه در طول جمع‌آوری داده‌ها شناسایی شود تا مشکلات، قبل از تأثیر قابل توجه روی نتیجه آزمون حل و فصل شود.

#### ۹-۵-۶ داده‌های از دست رفته

هنگامی که هیچ داده‌ای برای جایگزینی داده‌های آب‌وهوایی از دست رفته پیدا نشود و در صورتی که اینورتر در طول آن دوره کار نکند، انرژی مورد انتظار برای دوره زمانی، از سوابق داده‌های آب‌وهوایی مدل‌سازی می‌شود و در کنار انرژی مورد انتظار برای زمان‌های عدم دسترسی قرار داده می‌شود.

هنگامی که هیچ داده‌ای برای جایگزینی داده‌های آب‌وهوایی از دست رفته پیدا نشود و اینورتر در حال کار باشد، انرژی مورد انتظار معادل با انرژی اندازه‌گیری‌شده در طول آن دوره زمانی گرفته می‌شود.

اگر هر دو خروجی انرژی اندازه‌گیری شده و داده‌های آب‌وهوایی از دست بروند، اما بدانیم نیروگاه در طی آن دوره کار می‌کرده است، انرژی پیش‌بینی شده (محاسبه شده از مدل با استفاده از سوابق داده‌های آب‌وهوایی) برای هر دو انرژی مورد انتظار و اندازه‌گیری شده در طول آن دوره زمانی استفاده می‌شود.

اگر داده‌های از دست رفته، عملکرد بیش از یک هفته را در طی یک سال تحت تاثیر قرار دهد، بایاس معرفی شده توسط رویکرد فوق می‌تواند غیرقابل قبول باشد و طرفین آزمون باید بهترین راه برای رسیدگی به داده‌های از دست رفته توافق کنند، مثلاً اگر داده‌های بی‌شماری از دست رفته باشد، آزمون باطل در نظر گرفته شود.

هرگاه که داده‌هایی از دست بروند، روش جایگزینی داده‌ها و عدم قطعیت مربوط به جایگزینی باید در گزارش گنجانده شود.

#### ۶-۵-۱۰ بخشی از داده‌های از دست رفته یا عدم دسترسی جزئی

هنگامی که داده‌ها برای بخشی از یک دوره زمانی در دسترس باشند (مثلاً اگر مدل از میانگین ساعات روزانه استفاده می‌کند و داده‌ها فقط برای یک ساعت در دسترس هستند) اگر کمتر از ۱۰٪ از داده‌های الکتریکی یا داده‌های تابشی از دست برود، میانگین داده‌های موجود برای آن دوره زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. برای داده‌های دمایی و سرعت باد، این نیاز به ترتیب ۲۰٪ و ۵۰٪ است. هنگامی که آن بخش از داده‌های از دست رفته برای استفاده از داده‌ها در آن ساعت به اندازه کافی کم باشد، از داده‌های موجود برای آن ساعت میانگین گرفته می‌شود. اگر درصد داده‌های از دست رفته فراتر از این دستورالعمل رود، داده‌ها بهتر است به‌عنوان داده‌های از دست رفته (همان‌طور که در زیربند ۶-۵-۹ نشان داده شده است)، محسوب شود. در هر صورت، داده‌های مربوط به دوره زمانی مشابه، همواره بین داده‌های میزان تابش و داده‌های عملکرد PV مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طور خاص، اگر داده‌ها به دلیل شرایط غیرعادی مرتبط با شروع یا خاموشی اینورتر جایگزین شوند، داده‌های مطمئن برای کسری از ساعت که داده‌ها موجود هستند، نگه داشته می‌شود بدین منظور که وضعیت سامانه تا حد امکان به‌طور دقیق در طول این ساعات منعکس گردد، زیرا انرژی تولید شده در این ساعت‌ها به‌طور قابل توجهی از انرژی مورد انتظار متفاوت است.

#### ۶-۵-۱۱ محدودیت به دلیل الزامات خارجی

در موارد محدودیت به علت الزامات خارجی، محدودیت جذب شبکه توسط مدل اصلی تعیین می‌شود، پس بهتر است مدل به‌درستی آن را تصحیح کند. توصیه می‌شود انرژی مورد انتظار به‌همان شیوه محاسبه شود. در صورتی که محدودیت به‌طور متناقض اعمال گردد یا الگوریتم در طی آزمون اصلاح شود، باید در گزارش آزمون ثبت شود.

اگر الزام خارجی برای محدودسازی جذب شبکه، متفاوت از مدل اصلی باشد، تفاوت بین دو الزام خارجی باید به‌عنوان زمان‌های عدم دسترسی ثبت شود، اگر الزام خارجی جدید کاهش یابد.

به‌طور کلی، عدم‌دسترسی ناشی از محدودیت‌های ناشی از بی‌برنامگی، به‌عنوان یک علت خارجی برای عدم‌دسترسی در نظر گرفته می‌شود.

#### ۶-۵-۱۲ قطعی اینورتر (کارکرد محدود)

در موارد قطعی اینورتر به دلیل این‌که اینورتر به ظرفیت خروجی خود رسیده است، فرض می‌شود که مدل اولیه، خروجی را با فرض قطعی (اینورتر) محاسبه می‌کند. توصیه می‌شود انرژی مورد انتظار به‌شیوه مشابه محاسبه شود.

#### ۶-۵-۱۳ قطعی برنامه‌ریزی شده یا قطعی اجباری

اگر یک قطعی برنامه‌ریزی شده در قرارداد اصلی، به‌عنوان استثنا ثبت شده باشد، توصیه می‌شود انرژی پیش‌بینی شده برای این دوره زمانی در گزارش مستند باشد تا بتوان علل عدم دسترسی مربوطه را توضیح داد. در تمام موارد، انرژی مورد انتظار در هرگونه قطعی به‌عنوان قسمتی از محاسبات غیرقابل دسترسی در نظر گرفته می‌شود و به‌عنوان یک عامل ناشی از عوامل خارجی دسته‌بندی می‌شود.

#### ۶-۵-۱۴ خطاها در شبکه پشتیبانی (به‌عنوان مثال انحراف از ضریب توان واحد)

گاهی اوقات ضریب توان کارکرد نیروگاه ممکن است واحد نباشد. انحراف از ضریب توان واحد می‌تواند خروجی توان را تحت تاثیر قرار دهد و بهتر است در هنگام توسعه مدل در نظر گرفته شود. اندازه‌گیری‌های ضریب توان معمولاً بر روی شبکه، جایی که در آن سامانه PV و در طول برنامه‌ریزی پروژه جمع‌آوری می‌شود، انجام می‌گیری تا تعیین شود که عملیات خارج از ضریب توان واحد مورد نیاز است. توصیه می‌شود ضریب توان در طول دوره اندازه‌گیری ثبت شود و بهتر است انرژی واقعی مورد انتظار با استفاده از ضریب توان واقعی محاسبه شود. راهکار رفع مشکل انحراف از ضریب توان واحد باید توسط تمامی طرفین توافق شود.

#### ۶-۶ محاسبه انرژی مورد انتظار

##### ۶-۶-۱ کلیات

انرژی مورد انتظار تولیدشده توسط نیروگاه با وارد کردن داده‌های ورودی متغیراندازه‌گیری شده به مدل عملکرد در طول دوره آزمون محاسبه می‌شود. رویه زیر یک روش گام به گام برای محاسبه انرژی مورد انتظار است.

##### ۶-۶-۲ اندازه‌گیری ورودی‌ها

تمامی متغیرهای ورودی، شامل داده‌های هواشناسی و پارامترهای خاص مورد نیاز برای به‌روزرسانی پیش‌بینی مدل عملکرد متوسط سالانه نیروگاه را، جهت فهمیدن شرایط واقعی در طول دوره آزمون اندازه‌گیری کنید. این موارد در جدول ۲ مشخص شده است.

### ۳-۶-۶ قابلیت پذیرش داده‌ها

در صورت لزوم، داده‌های ورودی متغیر اندازه‌گیری شده در زیربند ۵-۶ را تایید کنید.

### ۴-۶-۶ هماهنگی فواصل زمانی

اطمینان حاصل نمایید که فاصله زمانی داده‌های متغیر ورودی اندازه‌گیری شده با الزامات ورودی مدل عملکرد سازگار است. به‌عنوان مثال، اگر اجرای یک ساعتی برنامه شبیه‌سازی به‌عنوان مدل عملکرد و تجزیه و تحلیل بیش از یک ساعت داده‌ها، اندازه‌گیری شود، یک فایل داده‌ای یک ساعته با میانگین ورودی‌های متغیر اندازه‌گیری شده در فواصل زمانی جمع‌آوری شده ایجاد می‌گردد. توصیه می‌شود این روش در زیربند ۵-۲-۶ تعریف شود. برای جزئیات بیشتر به زیربند ۹-۶ مراجعه شود.

### ۵-۶-۶ تنظیم استامپ<sup>۱</sup> زمانی

توصیه می‌شود مستندسازی استامپ‌های زمانی استاندارد ISO 8601: 2004 را دنبال کند. اطمینان حاصل کنید که داده‌های ساعتی، مانند میانگین انتهایی ساعت، شروع ساعت، یا میانه ساعت، در استامپ زمانی مناسب نشان داده شود. همچنین تایید شود هماهنگی داده‌های جمع‌آوری شده مطابق با قراردادهای نرم-افزاری برای قالب استامپ زمانی (ترجیحا مطابق با استاندارد ISO 8601)، نحوه در نظر گرفتن زمان‌های «تابستان» یا «صرفه‌جویی در روشنایی روز»، شامل روزهای کبیسه (۲۹ فوریه) و نشان دادن نیمه شب به-صورت ۰۰:۰۰ یا ۲۴:۰۰، اگر عملی باشد.

### ۶-۶-۶ محاسبه انرژی مورد انتظار در طول زمان‌های عدم دسترسی

داده‌های اندازه‌گیری شده مربوط به هواشناسی را به‌عنوان ورودی مدل عملکرد وارد کنید. از جزئیات زیربند ۲-۶ استفاده نمایید تا انرژی مورد انتظار برای زمان‌های عدم دسترسی در طول دوره آزمون را محاسبه کنید. تمام زمان‌های عدم دسترسی و انرژی مورد انتظار مربوطه که در طول دوره آزمون تشخیص داده نشده را ثبت کنید و در صورت تمایل، آن‌ها به دو دسته انرژی مربوط به عوامل داخلی و عوامل خارجی عدم دسترسی تقسیم شود و در مورد علل مشخص شده برای عدم دسترسی اظهار نظر شود. اگر علل عدم دسترسی به این صورت شناسایی شود، توصیه می‌شود عوامل خارجی عدم دسترسی همان‌طور که در زیربند ۶-۸-۱ توضیح داده شده است، محاسبه شود. بهتر است اثر ضریب توان غیر واحد در محاسبه انرژی واقعی محاسبه شود.

### ۷-۶-۶ محاسبه انرژی مورد انتظار در طول زمان در دسترس بودن

داده‌های هواشناسی با استفاده از جزئیات زیربند ۲-۶ به‌عنوان ورودی به مدل عملکرد داده می‌شود تا انرژی مورد انتظار برای زمان دسترسی در طول دوره آزمون محاسبه شود. توصیه می‌شود هر دو انرژی حقیقی و ظاهری محاسبه شوند.

#### ۸-۶-۶ محاسبه کل انرژی مورد انتظار

کل انرژی مورد انتظار به عنوان مجموع انرژی‌های مورد انتظار در زمان‌های عدم دسترسی و زمان‌های دسترسی مطابق محاسبات زیر بند ۶-۶-۶ و ۷-۶-۶ محاسبه می‌شود. توصیه می‌شود هر دو انرژی حقیقی و ظاهری محاسبه شوند.

#### ۹-۶-۶ تجزیه و تحلیل اختلافات

اگر انرژی مورد انتظار از انرژی پیش‌بینی شده به‌طور چشمگیری (تا بیش از ۱۰٪) متفاوت باشد، توصیه می‌شود ریشه‌یابی این تفاوت انجام گیرد. به عنوان مثال، ممکن است تشخیص این باشد که آب‌وهوا در طول سال غیر منتظره بوده، مدل شبیه‌سازی متفاوت از نیروگاه بوده، یا از دست رفتن داده‌ها به‌طور غیرعادی وجود داشته است. توصیه می‌شود گزارش آزمون در مورد این که آیا آزمون هنوز هم معتبر است یا نه اظهار نظر کند.

#### ۷-۶ محاسبه انرژی اندازه‌گیری شده

انرژی اندازه‌گیری شده حاصل کل انرژی تولید شده است که در طول آزمون به آسانی در محل اندازه‌گیری پس از کم کردن انرژی مربوط به تلفات پارازیتی توان به دست می‌آید. اگر جایگزینی برای داده‌های از دست رفته انجام گیرد، باید توجه داشت که به دست آوردن انرژی اندازه‌گیری شده به‌گونه‌ای برآورد شود که مطابق با تعریف انرژی مورد انتظار برای آن دوره زمانی باشد.

#### ۸-۶ محاسبه پارامترها از داده‌های اندازه‌گیری شده

#### ۱-۸-۶ محاسبه شاخص عملکرد انرژی و قابلیت دسترسی

انرژی اندازه‌گیری شده (به زیر بند ۷-۶ مراجعه شود) و انرژی مورد انتظار (به زیر بند ۶-۶ مراجعه شود) مقایسه می‌شود:

$$(۱) \quad \text{شاخص عملکرد انرژی} = \frac{\text{انرژی اندازه‌گیری شده}}{\text{انرژی مورد انتظار}}$$

$$(۲) \quad \text{شاخص عملکرد انرژی بر حسب درصد} = \frac{\text{انرژی اندازه‌گیری شده}}{\text{انرژی مورد انتظار}} \times ۱۰۰\%$$

در بعضی موارد، داده‌های اندازه‌گیری شده ممکن است با نسبت (انرژی پیش‌بینی شده / انرژی مورد انتظار) محاسبه شود و به‌طور مستقیم با پیش‌بینی اولیه مقایسه شود.



شاخص انرژی کل با استفاده از کل انرژی مورد انتظار محاسبه می‌شود، همان‌طور که در زیربند ۶-۶-۸ محاسبه شده است.

شاخص عملکرد انرژی حین کار با استفاده از انرژی مورد انتظار در طول زمان در دسترس بودن محاسبه می‌شود، همان‌طور که در زیربند ۶-۶-۷ توضیح داده شده است.

عدم دسترسی انرژی ناشی از عوامل خارجی با کنار گذاشتن انرژی مورد انتظار در زمان‌های عدم دسترسی، که به‌خاطر شرایط خارج از کنترل نیروگاه به‌وجود آمده است، محاسبه می‌شود.

مقایسه انرژی اندازه‌گیری شده و مورد انتظار شامل در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های محاسبه شده در زیربند ۶-۹ می‌شود، همان‌طور که توسط توافق اولیه یا نقشه آزمون راهنمایی شده است.

عدم دسترسی انرژی به‌عنوان نسبت انرژی مورد انتظار برای زمان‌های عدم دسترسی (همان‌طور که در زیربند ۶-۶-۶ تعریف شده) به انرژی کل مورد انتظار (همان‌طور که در زیربند ۶-۶-۸ تعریف شده است) محاسبه می‌شود. این نسبت می‌تواند به‌عنوان یک عدد کسری یا درصد بیان شود.

انرژی در دسترس از روی انرژی غیرقابل دسترس محاسبه می‌شود، زمانی که انرژی غیرقابل دسترس به‌صورت کسری بیان شود:

$$(۳) \quad \text{میزان عدم دسترسی به انرژی} - ۱ = \text{میزان در دسترس بودن انرژی}$$

یا، انرژی در دسترس از انرژی غیرقابل دسترس محاسبه می‌شود، زمانی که انرژی غیرقابل دسترس به‌صورت % بیان شود:

$$(۴) \quad \text{میزان عدم دسترسی به انرژی} - ۱۰۰\% = \text{میزان در دسترس بودن انرژی}$$

#### ۶-۸-۲ محاسبه ضریب ظرفیت

ضریب ظرفیت یک پارامتر است که معمولاً برای نیروگاه‌ها استفاده می‌شود و مقایسه بین PV و سایر نیروگاه‌ها را تسهیل می‌کند. محاسبه آن براساس توان AC اسمی نیروگاه است (کمتر از توان نامی DC آرایه یا مجموع توان‌های اسمی اینورتر در سامانه، همان‌طور که در استاندارد IEC 61724-1 تعریف شده است) و کسری از انرژی الکتریکی را نشان می‌دهد که اگر نیروگاه در همه زمان‌ها در توان اسمی AC خود کار می‌کرد، تولید می‌شد.

$$\text{فاکتور ظرفیت} = (E_{\text{out}} / \text{AC rating}) / (24 \times \text{days}) \quad (5)$$

که در آن:

$E_{\text{out}}$  بر حسب kWh، AC rating بر حسب kW که از مجموع توان‌های اسمی اینورتر محاسبه می‌شود و days تعداد روزهای آزمون است که معمولاً ۳۶۵ یا ۳۶۶ است.

### ۳-۸-۶ محاسبه نسبت عملکرد

نسبت عملکرد (همان‌طور که در زیربند ۱۰-۳-۱ از استاندارد IEC 61724-1 تعریف می‌شود) نسبت انرژی الکتریکی تولیدشده به میزان تابش و توان اسمی DC آرایه نیروگاه را نشان می‌دهد. این مقدار از طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{نسبت عملکرد} = (E_{\text{out}} / P_0) / (H_i / G_{i,\text{ref}}) \quad (6)$$

که در آن:

$E_{\text{out}}$  بر حسب kWh؛

$P_0$  توان اسمی DC آرایه بر حسب kW

$H_i$  میزان تابش آرایه بر حسب  $\text{kWh/m}^2$

$G_{i,\text{ref}}$  تابش مورد استفاده برای تعیین سطح مدول‌ها است، معمولاً یک  $\text{kWh/m}^2$ .

### ۹-۶ تجزیه و تحلیل عدم قطعیت

به‌عنوان بخشی از تضمین عملکرد یا طرح آزمون، توافق‌نامه بیان می‌کند که آیا عدم قطعیت اندازه‌گیری در نظر گرفته شده است یا خیر. بنابراین، تعیین عدم قطعیت اندازه‌گیری ضروری است و تجزیه و تحلیل آن به‌عنوان بخشی از تشخیص این‌که آیا عملکرد اندازه‌گیری مطابق انتظارات بوده یا نه، لازم است.

داده‌ها با دقت به‌نحوی جمع‌آوری می‌شوند که در class اندازه‌گیری انتخاب شده مطابق با توضیحات مندرج در استاندارد IEC 61724-1 یا حتی بهتر از آن باشد. در حالی که دقت اندازه‌گیری، class اندازه‌گیری را تعریف می‌کند، عدم قطعیت نهایی مربوط به نتیجه‌گیری آزمون به کسری از داده‌هایی که کنار گذاشته شده‌اند و عوامل دیگری که در استاندارد IEC 61724-1 تعریف نشده است، نیز بستگی دارد. زیربند ۶-۲-۸ راهنمایی‌های بیشتری را در مورد تجزیه و تحلیل عدم قطعیت ارائه می‌دهد. روند محاسبه عدم قطعیت باید

از آن چه که در ابتدا مورد توافق قرار گرفته، پیروی کند. همه تغییرات یا اصلاحات باید با توافق تمام طرفین ذی‌نفع آزمون صورت گیرد.

توصیه می‌شود عدم قطعیت برای نتیجه آزمون تعیین شود، نه برای پیش‌بینی اولیه. عدم قطعیت مربوط به مدل مورد استفاده برای پیش‌بینی اولیه نادیده گرفته می‌شود، زیرا توافق براساس پیش‌بینی اولیه است. با این حال، عدم قطعیت مربوط به داده‌های هواشناسی اندازه‌گیری شده، عدم قطعیت را در انرژی مورد انتظار محاسبه می‌کند که با استفاده از همان مدل محاسبه می‌شود.

هر دو عدم قطعیت سیستماتیک (بایاس) و تصادفی (دقت اندازه‌گیری) در تجزیه و تحلیل گنجانده می‌شود. مشارکت در عدم قطعیت بستگی به مدل مورد استفاده دارد، اما معمولاً شامل عدم قطعیت در اندازه‌گیری میزان تابش، دما و برق تولیدشده می‌شود.

عدم قطعیت‌های مربوط به هر حسگر از ویژگی سازنده و/یا گزارش کالیبراسیون ارائه شده توسط آزمایشگاه کالیبراسیون گرفته می‌شود. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، اگر بررسی داده‌ها مشخص کند داده‌های حسگر خارج از ویژگی سازنده با تغییر یا خطای دیگری همراه است، این داده‌ها می‌تواند با رضایت متقابل طرفین کنار گذاشته شود. اگر چنین داده‌هایی کنار گذاشته نشود، عدم قطعیت افزایش می‌یابد تا با اختلاف مشاهده شده متناسب شود.

توصیه می‌شود تجزیه و تحلیل عدم قطعیت شامل خطاهای سیستماتیک باشد که ممکن است ناشی از قرارگیری نامناسب یا نصب نامناسب حسگرها باشد از جمله:

- نحوه قرار دادن حسگر تابشی (شیب، جهت و ارتفاع)؛
- تفاوت بازتاب نور بین مدل و آنچه که در مجاورت یک حسگر صفحات آرایه یافت شده است؛
- موقعیت حسگرهای دما نسبت به مدل؛
- موقعیت حسگر باد نسبت به مدل؛
- گرد و خاکی که محل آن مشخص نشده است؛
- پوشش برفی که محل آن مشخص نشده است.

## ۷ مستندسازی رویه آزمون

این استاندارد تلاش می‌کند تا به تعادل بین ارائه راهکار و راهنمایی‌های خاص برای آزمون برسد و اجازه دهد تا انعطاف‌پذیری مورد نیاز برای سازگاری با هر سامانه خاص و منحصر به فرد به وجود آید. در نتیجه، لازم است

قبل از شروع آزمون یک برنامه دقیق ویژه سامانه برای هرگونه استفاده از این روش آزمون تعریف شود. این روش آزمون شامل تمام الزامات و موافقت‌های ویژه برای اجرای آزمون و اختصار داده‌ها می‌باشد. توصیه می‌شود تمام طرفین آزمون فرصت کافی برای بررسی و تایید این روش آزمون داشته باشند. توصیه می‌شود که روش آزمون شامل بخش‌های زیر باشد:

الف- هدف.

ب- مقادیر و مبانی ضمانت برای تضمین یا پیش‌بینی عملکرد.

پ- برنامه زمانی آزمون.

ت- ذی‌نفعان و نقش‌های مرتبط و مسئولیت‌های مربوط به جزئیات نصب، کارکرد و تجزیه و تحلیل داده‌ها، شامل مسئولیت:

۱- کالیبراسیون‌ها.

۲- کیفیت داده در حال انجام.

۳- تمیز کردن حسگرها.

۴- تمیز کردن آرایه.

۵- شناسایی مشکلات سامانه.

۶- حل مسائل سامانه.

۷- تعیین محدودیت (اگر مورد استفاده باشد).

۸- تجزیه و تحلیل داده‌ها.

۹- نوشتن/بازنگری گزارش نهایی.

۱۰- هر نقش مرتبط دیگر.

ث- الزامات عملیاتی نیروگاه و تعمیر و نگهداری آن.

ج- ابزار دقیق.

چ- تجزیه و تحلیل عدم قطعیت پیش از آزمون.

ح- رفتار دقیق داده‌ها و روش‌های کاهش.

خ- معیارهای آزمون موفق.

د- برگه‌های دقت ابزار و گواهینامه‌های کالیبراسیون.

ذ- سوابق داده‌های هواشناسی به‌عنوان یک پیوست.

ر- خلاصه‌ای از داده‌های اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شده به‌عنوان یک پیوست، شامل داده‌هایی که برای هر دوره گزارش‌دهی جایگزین شده‌اند.

## ۸ گزارش آزمون

گزارش نهایی آزمون باید شامل هر دو روش آزمون (به‌صورت صریح یا با ذکر مرجع) مانند موارد زیر باشد:

الف- شرح طرفین انجام دهنده آزمون.

ب- شرح محل انجام آزمون، از جمله عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع.

پ- شرح ویژگی‌های کیفی سایت، مانند نام یکپارچه سامانه، کارکردها، اسامی عاملین تعمیر و نگهداری و غیره.

ت- شرح پیکربندی سامانه شامل سازنده و نوع مدل اجزاء کلیدی به‌کاربرده شده مانند مدول‌های PV، اینورترها، ترانسفورماتورهای MV و غیره.

ث- شرح سامانه مورد آزمون، به‌ویژه جنبه‌های هواشناسی شامل جدول ۲، که تمام ورودی‌های مدل را توصیف می‌کند. توصیه می‌شود در مورد وجود بارهای پارازیتی و چگونگی ثبت آن‌ها توسط آزمون توجه ویژه نمود.

ج- شرح سوابق داده‌های هواشناسی که برای پیش‌بینی اولیه مانند جدول ۱ استفاده شده است و/یا شامل داده‌های خام به‌عنوان یک پیوست اگر داده‌های مرجع در دسترس عموم نباشد.

چ- خلاصه‌ای از پیش‌بینی عملکرد اولیه که براساس سوابق داده‌ها ساخته شده است.

ح- خلاصه‌ای از تعریف داده‌های هواشناسی گرفته شده در طول آزمون که در جدول ۲ شرح داده شده است، از جمله داده‌های کالیبراسیون برای تمامی حسگرها (شناسایی حسگر، آزمایشگاه آزمون، تاریخ آزمون و تغییرات مشاهده شده در کالیبراسیون)؛

خ- خلاصه‌ای از تعریف داده‌های خروجی سامانه، جمع‌آوری شده در طی آزمون، همان‌طور که در جدول ۲ تعریف شده است، از جمله سوابق کالیبراسیون تکمیل شده؛

د- داده‌های خام که در طول آزمون جمع‌آوری شده‌اند، از جمله ذکر این که کدام داده‌ها، (در صورت وجود) به‌عنوان داده‌های مرتبط با زمان‌های عدم‌دسترسی علامت‌گذاری شده‌اند (توصیه می‌شود که در پیوست گزارش شود)؛

ذ- توضیح این که چرا داده‌ها (در صورت وجود) جایگزین شده‌اند؛

ر- فهرستی از هرگونه انحراف از رویه آزمون و این که چرا این اتفاق افتاده است؛

ز- خلاصه‌ای از (به مثال پیوست الف مراجعه شود):

۱- تولید برق مورد انتظار محاسبه شده از داده‌های هواشناسی اندازه‌گیری شده در طول زمان‌های دسترسی (به زیربند ۶-۶-۷ مراجعه شود).

۲- تولید برق مورد انتظار در زمان عدم‌دسترسی (به زیربند ۶-۶-۶ مراجعه شود)، با توجه به علت (داخلی یا خارجی، در صورت لزوم) به دو دسته تقسیم می‌شوند.

۳- کل تولید برق مورد انتظار در طول فرآیند آزمون (به زیربند ۶-۶-۸ مراجعه شود).

۴- تولید برق اندازه‌گیری شده (به زیربند ۶-۷ مراجعه شود).

۵- انرژی در دسترس محاسبه شده (به زیربند ۶-۸ مراجعه شود).

۶- شاخص‌های عملکرد انرژی کل و انرژی حین کار به‌صورت یک کسر یا درصد (به زیربند ۶-۸ مراجعه شود)؛

۷- ترجیحا، یک تفکیک از علل شاخص عملکرد انرژی کمتر از ۱۰۰٪.

ژ- شرح تجزیه و تحلیل عدم قطعیت و بیان عدم قطعیت مربوط به عملکرد مورد انتظار و در دسترس بودن، بر اساس عدم قطعیت اندازه‌گیری‌ها آب‌وهوا (به زیربند ۶-۹ مراجعه شود).

س- شرح تجزیه و تحلیل عدم قطعیت و بیان عدم قطعیت مربوط به اندازه‌گیری عملکرد (به زیربند ۶-۹ مراجعه شود).

توصیه می‌شود برای مواردی که در هر دو فهرست تکرار شده‌اند، گزارش نهایی اطلاعات اولیه را نسخه‌برداری کند، تأیید شود که پروژه مطابق برنامه اصلی انجام شده یا اصلاحاتی که در طول دوره آزمون رخ داده است، ذکر شود.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

محاسبات نمونه- محاسبات برای شاخص‌های عملکرد انرژی

مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌های فرضی در جدول الف-۱ خلاصه شده است. محاسبات برای شاخص‌های عملکرد انرژی و کمیت‌های دیگر مطابق با این مجموعه داده به‌عنوان یک مثال روشن‌کننده انجام می‌شود.

جدول الف-۱- داده‌های فرضی برای نشان دادن محاسبات

انرژی اندازه- گیری شده MWh	انرژی مورد انتظار (Mwh)					میزان تابش kWh/m <sup>2</sup>	شرح	محدوده تاریخ (میلادی)
	جمع کل	جمع کل برای دفعات خارج از دسترس	سامانه‌ی به‌دلایل خارجی خارج از دسترس است	سامانه‌ی به‌دلایل داخلی خارج از دسترس است	سامانه در دسترس است			
۹۱۰	۹۰۰	۰	۰	۰	۹۰۰	۱۰۰۰	کارکرد متوالی	Jan.1 – June 30
۹	۱۰	۱	۰	۱	۹	۱۰	یکی از ده اینورتر خارج ازمدار	July 1 – July 2
۹۹	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	کارکرد متوالی	July 3 – July 23
۰	۲۰	۲۰	۲۰	۰	۰	۲۰	شبکه خاموش است به‌دلیل خرابی ترانسفورماتور	July 24 – July 27
۸۰۱	۸۰۰	۰	۰	۰	۸۰۰	۸۰۰	کارکرد متوالی	July 28 – Dec 31
۱ ۸۱۹	۱ ۸۳۰	۲۱	۲۰	۱	۱ ۸۰۹	۱ ۹۳۰		جمع

خلاصه محاسبات:

الف- تولید برق مورد انتظار محاسبه شده از داده‌های هواشناسی اندازه‌گیری شده در طول زمان‌های  
در دسترس (به زیربند ۶-۶-۷ مراجعه شود) = ۱ ۸۰۹ Mwh



ب- تولید برق مورد انتظار در زمان‌های عدم دسترسی (به زیربند ۶-۶-۶ مراجعه شود) = ۱ Mwh  
به دلایل داخلی، ۲۰ MWh به دلایل خارجی، ۲۱ MWh برای تمامی زمان‌های عدم دسترسی.

پ- مجموع تولید برق مورد انتظار در طول کل دوره آزمون (به زیربند ۶-۶-۸ مراجعه شود)  
= ۱ ۸۳۰ Mwh .۱

ت- تولید برق اندازه‌گیری شده (به زیربند ۶-۷ مراجعه شود) = ۱ ۸۱۹ Mwh .۱

ث- انرژی در دسترس (به زیربند ۶-۸-۱ مراجعه شود) =  $۹۸٫۹\% = ۰٫۹۸۹ = ۱۸۳۰ / ۱۸۰۹$  .۱

ج- شاخص عملکرد انرژی کل (به زیربند ۶-۸-۱ مراجعه شود) =  $۹۹٫۴\% = ۱۸۱۹ / ۱۸۳۰$  شامل  
قطعی‌های برق خارجی یا  $۱۰۰٫۵\% = ۱۸۱۰ / ۱۸۱۹$  بدون قطعی‌های برق خارجی.

چ- شاخص عملکرد انرژی حین کار (به زیربند ۶-۸-۱ مراجعه شود) =  $۱۰۰٫۶\% = ۱۸۰۹ / ۱۸۱۹$  .۱

## کتابنامه

[1] IEC TS 61724-2, Photovoltaic system performance – part2: Capacity evaluation method

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

[2] IEC 62446-1, Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 1: Grid connected systems – Documentation, commissioning tests and inspection

[3] IEC 62670-2, Photovoltaic concentrators (CPV) – Performance testing - Part 2: Energy measurement

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۱۵۶۹: سال ۱۳۹۵، متمرکزکننده‌های فتوولتائیک (CPV) - آزمون عملکرد - قسمت ۲: اندازه‌گیری انرژی با استفاده از استاندارد IEC 62670-2: 2015 تدوین شده است.

[4] ASTM E2848-11, Standard test method for reporting photovoltaic non-concentrator system performance