



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۱۱۲۷۵

چاپ اول

ISIRI

11275

1st. edition

سامانه های فتوولتائیک – پردازش گرهای
توان – روش اندازه گیری بازده

**Photovoltaic systems – Power conditioners –
Procedure for measuring efficiency**

ICS: 27.160

به نام خدا

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

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

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه* صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱ کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و / یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سا زمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این مؤسسه است.

* مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- 1- International organization for Standardization
- 2 - International Electro technical Commission
- 3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
- 4 - Contact point
- 5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
" سامانه های فتوولتائیک – پردازش گرهای توان – روش اندازه گیری بازده "

رئیس:

فرهنگی، شاهرخ
(دکترای مهندسی برق)

سمت و / یا نمایندگی

عضو هیأت علمی دانشگاه تهران

دبیر:

خدائی فرد، شراره
(فوق لیسانس فیزیک)

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان زنجان

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسدی، ابراهیم
(فوق لیسانس مهندسی برق)

شرکت مهندسیین مشاور توسعه صنعت برق (سهامی
خاص)

ذبیحی، عطیه
(فوق لیسانس فیزیک)

شرکت فیبر نوری و برق خورشیدی

شاهنواز، محمدرضا
(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

سازمان انرژیهای نو ایران (سانا)

عبداللهی، ربابه
(لیسانس مهندسی برق)

سازمان انرژیهای نو ایران (سانا)

کیانی، سیدرضا
(لیسانس مهندسی برق)

شرکت مهندسیین مشاور توسعه صنعت برق (سهامی
خاص)

فهرست مندرجات

صفحه		عنوان
ج		آشنایی با مؤسسه استاندارد
د		کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و		پیش گفتار
ز		مقدمه
۱	۱	هدف و دامنه کاربرد
۱	۲	مراجع الزامی
۱	۳	تعاریف و اصطلاحات
۲	۴	شرایط اندازه گیری بازده
۲	۱-۴	منبع توان DC برای آزمون
۳	۲-۴	دما
۳	۳-۴	ولتاژ و بسامد خروجی
۳	۴-۴	ولتاژ ورودی
۳	۵-۴	ریپل و اعوجاج
۴	۶-۴	بارهای مقاومتی / شبکه برق شهر
۴	۷-۴	بارهای راکتیو
۴	۸-۴	بارهای مقاومتی و غیر خطی
۴	۹-۴	بارهای مختلط
۴	۵	محاسبات بازده
۴	۱-۵	بازده خروجی اسمی
۵	۲-۵	بازده خروجی جزئی
۵	۳-۵	بازده انرژی
۵	۴-۵	رواداری بازده
۶	۶	مدارهای آزمون بازده
۶	۱-۶	مدارهای آزمون
۶	۲-۶	روش اجرایی اندازه گیری
۷	۷	اندازه گیری تلفات
۷	۱-۷	تلفات بدون بار
۷	۲-۷	تلفات آماده به کار
۹		پیوست الف (اطلاعاتی)- تشریح پردازش گر توان
۱۱		پیوست ب (اطلاعاتی)- بازده توان و ضریب تبدیل
۱۳		پیوست پ (اطلاعاتی)- میانگین وزنی بازده انرژی
۱۶		پیوست ت (اطلاعاتی)- استنتاج رواداری بازده در جدول ۲
۱۷		کتابنامه

پیش گفتار

استاندارد " سامانه های فتوولتائیک – پردازش گرهای توان- روش اندازه گیری بازده " که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط سازمان انرژی های نو ایران (سانا) تهیه و تدوین شده و در چهارصد و هفتاد و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۸۷/۱۲/۲۴ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

IEC 61683: 1999, Photovoltaic systems – Power conditioners – Procedure for measuring efficiency.

مقدمه

از میان مشخصه های کلی پردازش گرهای توان¹، بازده به عنوان مهمترین عامل در نظر گرفته می شود. روش استانداردسازی اندازه گیری بازده پردازش گرهای توان بدلیل استفاده وسیع آنها در سامانه های فتوولتائیک به منظور افزایش اطمینان از بازده ادعا شده آنها ضروری است. بطور کلی بازده پردازش گرهای توان از پارامترهای زیر تاثیر می پذیرد:

- سطح توان؛
- ولتاژ ورودی؛
- ولتاژ خروجی؛
- ضریب توان؛
- محتوای هارمونیک؛
- بار غیرخطی؛
- دما.

چون این پارامترها در شرایط آزمون این استاندارد صراحتاً یا تلویحاً وجود دارند، مورد ملاحظه قرار می گیرند.

هدف از این استاندارد، ارائه روشی برای ارزیابی بازده ذاتی پردازش گرهای توان با اندازه گیری مستقیم توان ورودی و خروجی در کارخانه است. بنابراین موارد غیر مستقیمی از قبیل دقت ردیابی نقطه ی کار بیشینه توان از دامنه کاربرد این استاندارد خارج است. انتظار می رود در آینده در استانداردهای مربوط به آنها پرداخته شود.

¹ Power conditioners

سامانه های فتوولتائیک – پردازش گرهای توان – روش اندازه گیری بازده

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین راهنما برای اندازه گیری بازده پردازش گرهای توان مورد استفاده در سامانه های فتوولتائیک مستقل و متصل به شبکه ای است که خروجی آنها، ولتاژ a.c پایدار با بسامد ثابت یا ولتاژ d.c پایدار است. بازده از اندازه گیری مستقیم توان ورودی و خروجی در کارخانه محاسبه می شود. این استاندارد، در صورت کاربرد، برای ترانسفورماتور ایزوله نیز کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آن ها ارجاع شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه های بعدی آنها مورد نظر است. استفاده از مرجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 IEC 60146-1-1:1991, Semiconductor convertors- General requirements and line commutated convertors- Part 1-1: Specification of basic requirements.

۳ تعاریف و اصطلاحات

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می رود. تمام تعاریف بازده فقط در تبدیل توان الکتریکی به کار می رود و هیچ تولید حرارتی در نظر گرفته نمی شود. مراجع الزامی فوق حاوی تعاریف دیگری هستند. تعریف پردازش گرهای توان در پیوست الف ارائه شده است. بازده توان و ضریب تبدیل در پیوست ب توضیح داده شده است.

۱-۳

بازده خروجی اسمی

نسبت توان خروجی به توان ورودی وقتی که پردازش گرهای توان در خروجی اسمی خود، کار می کند

۲-۳

بازده خروجی جزئی

نسبت توان خروجی به توان ورودی وقتی که پردازش گرهای توان زیر خروجی اسمی خود، کار می کند

۳-۳

بازده انرژی

نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی در مدت دوره زمانی شناخته شده

۴-۳

رواداری بازده

رواداری مجاز بین بازده مشخص شده سازنده و بازده اندازه گیری شده

۵-۳

شبیه ساز آرایه فتوولتائیک

شبیه سازی که دارای مشخصه های I-V معادل با آرایه فتوولتائیک است

۶-۳

تلفات بدون بار

توان ورودی پردازش گرهای توان وقتی که بار آن قطع شده یا توان خروجی آن صفر است

۷-۳

تلفات حالت آماده به کار

برای پردازش گرهای توان متصل به شبکه، توان کشیده شده از شبکه عمومی در هنگام حالت آماده به کار پردازش گرهای توان و برای پردازش گرهای توان مستقل از شبکه، توان ورودی d.c در هنگام حالت آماده به کار پردازش گرهای توان.

۸-۳

ردیابی نقطه ی کار بیشینه توان (MPPT)^۱

راهبرد کنترلی که به موجب آن ولتاژ ورودی پردازش گرهای توان همیشه نزدیک نقطه ی کار بیشینه توان آرایه فتوولتائیک است.

۴ شرایط اندازه گیری بازده

بازده باید تحت ماتریسی از شرایط شرح داده شده در بندهای زیر و جدول ۱ اندازه گیری شود. مستثنی نمودن شرایط خاص هنگامی که آن شرایط خارج از گستره بهره برداری مجاز سازنده باشد، با توافق دوجانبه مجاز است. نتیجه داده ها باید به شکل جدول و نیز در صورت امکان بصورت نمودار ارائه شود. **یادآوری-** برای مثال، پردازش گرهای توان مستقل نوعاً برای کنترل اضافه بار کوتاه مدت که به مقدار قابل توجهی بیشتر از توان اسمی باشد، طراحی می شوند. آزمون در ۱۲۰٪ ظرفیت اسمی نشانه ای از عملکرد پردازش گرهای توان تحت این شرایط را ارائه می دهد. برخی از پردازش گرهای توان برای عرضه بیش از خروجی اسمی شان طراحی نمی شوند و اگر در ۱۲۰٪ ظرفیت اسمی کار کند ممکن است آسیب ببیند. در چنین حالت هایی، در مستندات آزمون باید یادآوری شود که بعثت محدودیت پردازش گرهای توان، آزمون مستثنی می شود.

۱-۴ منبع توان DC برای آزمون

برای پردازش گرهای توان که با ولتاژ ورودی ثابت کار می کنند منبع توان d.c باید باتری انبارش یا منبع ولتاژ ثابت به منظور تامین ولتاژ ورودی باشد.

¹ Maximum Power Point Tracking

برای پردازش گره‌های توانی از ردیابی نقطه‌ی کار بیشینه توان (MPPT) و پردازش گره‌های توان نوع شنتی استفاده می‌کنند، آرایه فتوولتائیک یا شبیه ساز آرایه فتوولتائیک باید به کار رود.

۲-۴ دما

تمام اندازه گیری‌ها باید در دمای محیط $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ انجام شود. دماهای دیگر محیطی با توافق دو جانبه مجاز است. از اینرو دمای مورد استفاده باید در تمام مستندات به طور واضح بیان شود.

۳-۴ ولتاژ و بسامد خروجی

ولتاژ و بسامد خروجی باید در مقادیر نامی بیان شده سازنده نگه داشته شود.

جدول ۱- برگه ثبت بازده

ولتاژ ورودی: $(\pm V)$

۱۲۰	۱۰۰	۷۵	۵۰	۲۵	۱۰	۵	بار کل، درصد ولت آمپر اسمی
()	()	()	()	()	()*	-	بار مقاومتی متصل به شبکه
()	()	()	()	()	()	()	بار مقاومتی مستقل از شبکه
()	()	-	()	()	-	-	بار راکتیو PF=۰/۲۵ یا کمینه
()	()	-	()	()	-	-	PF= ۰/۵۰ (بزرگتر از کمینه)
()	()	-	()	()	-	-	PF=۰/۷۵ (بزرگتر از کمینه)
-	()	-	()	()	-	-	بار غیر خطی بار غیر خطی % ۲۵ از VA اسمی
-	()	-	()	-	-	-	بار غیر خطی % ۵۰ از VA اسمی
-	()	-	()	-	-	-	بار مختلط

* نماد () نشانگر شرایطی است که در آزمون باید به کار رود.

۴-۴ ولتاژ ورودی

اندازه گیری‌های انجام شده در هر یک از آزمون‌های زیر باید در سه ولتاژ ورودی پردازش گره‌های توان زیر تکرار شود:

الف) ولتاژ ورودی اسمی کمینه‌ی سازنده؛

ب) ولتاژ نامی اینورتر یا میانگین گستره ورودی اسمی آن؛

پ) % ۹۰ ولتاژ ورودی بیشینه‌ی اینورتر.

در حالتی که پردازش گره‌های توان در پایانه‌های ورودی خود به باتری متصل شود، فقط ولتاژ ورودی نامی یا مجاز می‌تواند به کار رود.

۵-۴ ریپل و اعوجاج

ریپل ولتاژ و جریان ورودی را برای هر اندازه گیری، ثبت کنید. همچنین اعوجاج (در صورت a.c بودن) یا ریپل (در صورت d.c بودن) ولتاژ و جریان خروجی را نیز ثبت کنید. اطمینان حاصل کنید که این

اندازه گیری ها در مقادیر مشخص شده سازنده باقی می ماند. به یاد داشته باشید که ریپل و اعوجاج ممکن است در سطوح پایین توان مشخص نشده باشد اما مقادیر خوانده شده باید ثبت شود.

۴-۶ بارهای مقاومتی / شبکه برق شهر

در ضریب توان یک یا ضریب توان ذاتی اینورترهای متصل به شبکه بدون تنظیم ضریب توان، بازده را برای سطوح توان ۱۰٪، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪، ۱۰۰٪ و ۱۲۰٪ اسمی اینورتر اندازه گیری کنید. اینورترهای مستقل از شبکه باید همچنین در سطح توان ۵٪ اسمی اندازه گیری شود. آزمون پردازش گرهای توان بهتر است با امیدانس شبکه مقاومتی و راکتیو مشخص، انجام شود.

۴-۷ بارهای راکتیو

برای اینورترهای مستقل، بازده را با باری که ضریب توان برابر با سطح کمینه مشخص شده سازنده (یا ۰/۲۵، هر کدام که بزرگتر است) عرضه می کند و در سطوح توان ۲۵٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ ولت-آمپر اسمی اندازه گیری کنید. اندازه گیری ها را برای ضرایب توان ۰/۵ و ۰/۷۵ (کمتر از ضریب توان کمینه مشخص شده سازنده نباشد) و سطوح توان ۲۵٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ ولت-آمپر اسمی تکرار کنید.

۴-۸ بارهای مقاومتی و غیرخطی

برای اینورترهای مستقل، بازده را با بار غیر خطی ثابت با (اعوجاج هارمونیک کل (جریان) $(THD) = (80 \pm 5)\%$ برابر با $(25 \pm 5)\%$ ولت-آمپر اسمی اینورتر بعلاوه بار مقاومتی موازی کافی برای دستیابی به بار کل ۲۵٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ ولت-آمپر اسمی اندازه گیری کنید. اندازه گیری ها را با بار غیرخطی ثابت برابر با $(50 \pm 5)\%$ ولت-آمپر اسمی اینورتر بعلاوه بار مقاومتی موازی برای دستیابی به بار کل ۵۰٪ و ۱۰۰٪ ولت-آمپر اسمی تکرار کنید. نوع بار غیرخطی باید در تمام مستندات بطور واضح بیان شود.

۴-۹ بارهای مختلط

هنگامی که شرایط بار غیرخطی و بار راکتیو کافی برای اینورترهای مستقل مشخص شده باشد، بازده را با بار غیرخطی ثابت $(THD = (80 \pm 5)\%)$ و ظرفیت برابر با $(50 \pm 5)\%$ ولت-آمپر اسمی اینورتر بعلاوه بار راکتیو کافی $(PF = 0.5)$ موازی برای دستیابی به بار کل ۵۰٪ و ۱۰۰٪ ولت-آمپر اسمی اندازه گیری کنید. نوع بار مختلط باید در تمام مستندات بطور واضح بیان شود.

۵ محاسبات بازده

۵-۱ بازده خروجی اسمی

بازده خروجی اسمی باید از داده های اندازه گیری شده بصورت زیر محاسبه شود:

$$\eta_R = (P_o / P_i) \times 100 \quad (1)$$

که در آن

η_R عبارت است از بازده خروجی اسمی (%);

¹ Total Harmonic Distortion

P_0 عبارت است از توان خروجی اسمی از پردازش گرهای توان (kW)؛
 P_i عبارت است از توان ورودی اسمی به پردازش گرهای توان در خروجی اسمی (kW).
 یادآوری- هر توان ورودی کمکی (kW) از قبیل سامانه کنترل اینورتر (یا تغذیه محرک) باید در P_i در معادله (۱) منظور شود.

۲-۵ بازده خروجی جزئی

بازده خروجی جزئی باید از داده های اندازه گیری شده بصورت زیر محاسبه شود:

$$\eta_{par} = (P_{op} / P_{ip}) \times 100 \quad (2)$$

که در آن

η_{par} عبارت است از بازده خروجی جزئی (%).

P_{op} عبارت است از توان خروجی جزئی از پردازش گرهای توان (kW)؛

P_{ip} عبارت است از توان ورودی به پردازش گرهای توان در خروجی جزئی (kW).

یادآوری- هر توان ورودی جانبی (kW) از قبیل سامانه کنترل اینورتر (یا تغذیه محرک) باید در P_i در معادله (۲) منظور شود.

۳-۵ بازده انرژی

بازده انرژی باید از داده های اندازه گیری شده بصورت زیر محاسبه شود:

$$\eta_E = (W_o / W_i) \times 100 \quad (3)$$

که در آن

η_E عبارت است از بازده انرژی (%).

W_o عبارت است از انرژی خروجی در طول دوره زمانی بهره برداری مشخص شده (kWh)؛

W_i عبارت است از انرژی ورودی در طول دوره زمانی بهره برداری مشخص شده (kWh).

یادآوری ۱- دوره زمانی بهره برداری و منحنی بار باید با توافق دوجانبه بین کاربر و سازنده تعیین شود.

یادآوری ۲- انرژی ورودی جانبی (kWh) از قبیل سامانه کنترل اینورتر (یا تغذیه محرک) باید در W_i در معادله (۳) منظور شود.

یادآوری ۳- برای توضیح بازده انرژی میانگین وزنی η_{wt} که بتواند جای بازده انرژی را بگیرد به پیوست پ مراجعه کنید.

۴-۵ رواداری بازده

هنگامی که مقدار بازده تضمین شده باشد، رواداری این مقدار باید در حدود مقدار در شرایط اسمی نشان داده شده در جدول ۲ باشد.

جدول ۲- رواداری های بازده

بخش	رواداری	ملاحظات
بازده پردازش گرهای توان	η (%) $(1-\eta)$ ۰/۲-	η : بازده تضمین شده
یادآوری- رواداری بازده از پیوست ت حاصل می شود. به بند ۳-۴ استاندارد IEC 60146-1-1 مراجعه کنید. رواداری متناظر با ۰/۲+ در هر واحد تلفات با رواداری بازده کمینه ۰/۰۰۲- در هر واحد است.		

۶ مدارهای آزمون بازده

۱-۶ مدارهای آزمون

شکل ۱ مدارهای آزمون توصیه شده برای پردازش گره‌های توانی که دارای خروجی a.c. تک فاز یا خروجی d.c. هستند را نشان می‌دهد. این شکل می‌تواند به عنوان نمایش تک فازی از مجموعه آزمون برای پردازش گره‌های توان چند فاز باشد.

شکل الف و ب به ترتیب باید برای پردازش گره‌های توان مستقل از شبکه و متصل به شبکه بکار رود. مدارهای آزمون پیشنهاد شده در شکل ۱ الزامی نیستند، اما همراه با شرح آزمون، به منظور پایه ای برای توافق دوجانبه بین کاربر و سازنده می‌باشند.

نوع منبع تغذیه باید بر روی تمام آزمون‌ها نشان داده شود و باید با الزامات ۴-۱ توافق داشته باشد.

۲-۶ روش اجرایی اندازه‌گیری

الف) بازده توسط معادله (۱) یا (۲) و با استفاده از P_i ، P_o ، P_{ip} یا P_{op} اندازه‌گیری شده، محاسبه می‌شود. توان DC ورودی P_i ، P_{ip} توسط واتمتر W_1 اندازه‌گیری می‌شود یا توسط حاصلضرب قرائت ولتمتر V_1 ، d.c. در آمپر متر A_1 ، d.c. تعیین می‌شود. توان خروجی P_o ، P_{op} با واتمتر W_2 اندازه‌گیری می‌شود. ب) ولتاژ ورودی DC که توسط ولتمتر V_1 ، d.c. اندازه‌گیری می‌شود باید در گستره تعریف شده ای تغییر کند که جریان خروجی، که با آمپر متر A_2 ، a.c. اندازه‌گیری می‌شود از خروجی پایین تا خروجی اسمی تغییر کند.

پ) تجهیزات اندازه‌گیری نشان دهنده میانگین برای ولتمتر d.c. و آمپر متر d.c. باید استفاده شود. نوع r.m.s حقیقی تجهیزات اندازه‌گیری برای ولتمتر a.c. و آمپر متر a.c. باید مورد استفاده قرار گیرد. واتمتر W_1 ، d.c. باید از نوع اندازه‌گیری d.c. باشد. واتمتر W_2 باید از نوع اندازه‌گیری مطابق با خروجی d.c. یا a.c. باشد.

ت) ضریب توان (PF برحسب درصد) می‌تواند توسط ضریب توان سنج PF اندازه‌گیری شود یا از قرائت‌های V_2 ، A_2 ، W_2 بصورت زیر محاسبه شود:

$$PF = (W_2 / (V_2 \times A_2)) \times 100 \quad (۴)$$

ث) وسیله سنجش ممکن است نوع آنالوگ یا دیجیتال باشد. دقت اندازه‌گیری باید بهتر از $\pm 0.5\%$ مقدار مقیاس کامل^۱ برای هر توان اندازه‌گیری شده، باشد. تجهیزات اندازه‌گیری توان دیجیتال برای W_1 و W_2 نیز توصیه می‌شود.

ج) MPPT به صورت دینامیکی ولتاژ ورودی را طوری تنظیم می‌کند که توان خروجی بیشینه شود. بطور کلی تجهیزات پایش کننده باید تمام پارامترهای الکتریکی از قبیل جریان و ولتاژ ورودی، جریان و توان خروجی را در دوره زمانی به روز شدن MPPT نمونه‌گیری کنند. اگر MPPT و منبع ورودی (آرایه فتوولتائیک یا شبیه ساز آرایه فتوولتائیک) طوری تاثیر متقابل داشته باشند که ولتاژ ورودی کمتر از 5% تغییر کند در اینصورت میانگین قرائت‌ها قابل قبول است. میانگین دوره زمانی باید ۳۰ s یا بیشتر باشد.

^۱ Full-scale value

۷ اندازه گیری تلفات

۱-۷ تلفات بدون بار

تلفات بدون بار باید بصورت زیر اندازه گیری شود.

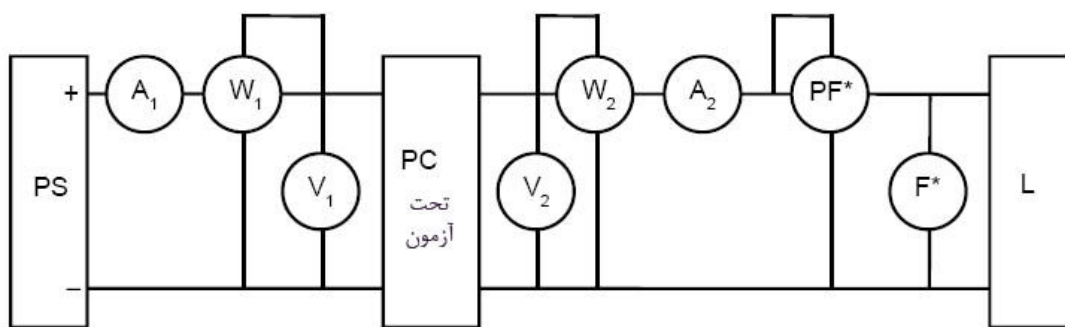
اگر پردازش گرهای توان از نوع مستقل از شبکه باشد، ولتاژ ورودی d.c.، ولتاژ خروجی و بسامد به ترتیب با وسایل سنجش V_1 ، V_2 و F داده شده در شکل ۱ الف خوانده می شود و باید با مقادیر اسمی تنظیم شود. بنابراین تلفات بدون بار، مقدار نشان داده شده توسط واتمتر ورودی d.c.، W_1 ، به هنگام قطع بار از پردازش گرهای توان است.

اگر پردازش گرهای توان نوع متصل به شبکه باشد خواندن ولتمتر ورودی d.c.، V_1 ، ولتمتر خروجی a.c.، V_2 و بسامد سنج F در شکل ۱ ب باید طوری تنظیم شود تا با ولتاژها و بسامد مشخص شده سازگار باشد. بنابراین تلفات بدون بار مقدار نشان داده شده توسط واتمتر ورودی d.c.، W_1 در هنگامی است که واتمتر a.c.، W_2 ، مقدار صفر را نشان می دهد. در صورت کاربرد، برای اندازه گیری اجازه دهید تا پردازش گر توان به وضعیت بهره برداری بدون بار خود انتقال یابد.

۲-۷ تلفات آماده به کار

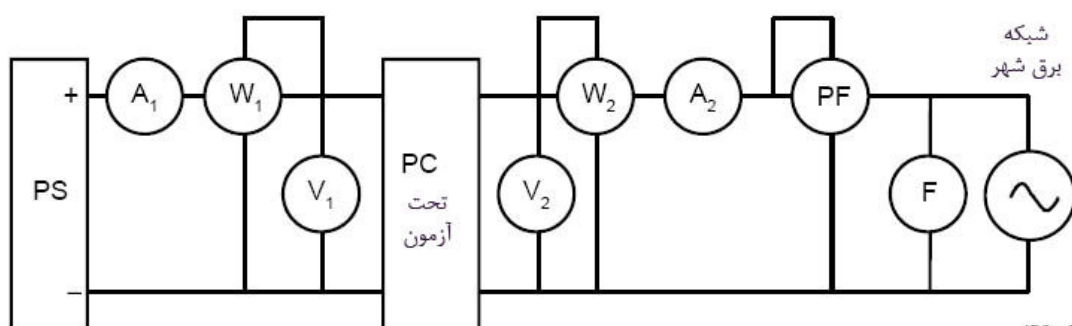
تلفات آماده به کار باید بصورت زیر اندازه گیری شود:

اگر پردازش گر توان نوع متصل به شبکه باشد، تلفات آماده به کار بصورت مصرف توان شبکه هنگامی که پردازش گر توان در حال کار نمی باشد اما تحت شرایط آماده به کار است، تعریف می شود. تلفات آماده به کار با واتمتر a.c.، W_2 ، در شکل ۱ ب در ولتاژ خروجی a.c. اسمی نشان داده می شود. اگر پردازش گر توان نوع مستقل از شبکه باشد، تلفات آماده به کار بصورت مصرف از منبع d.c. هنگامی که پردازش گر توان در حال کار نمی باشد اما تحت شرایط آماده به کار است، تعریف می شود. تلفات آماده به کار با واتمتر d.c.، W_1 ، در شکل ۱ الف (بدون ولتاژ خروجی d.c. یا a.c.) نشان داده می شود.



IEC 1566/99

شکل الف - نوع مستقل از شبکه



IEC 1567/99

شکل اب - نوع متصل به شبکه

PS منبع تغذیه d.c. جریان- ولتاژ متغیر	PC پردازش گر توان
A ₁ آمپر متر d.c.	L بار
A ₂ آمپر متر d.c. یا a.c.	F بسامد سنج
W ₁ وات متر d.c.	V ₁ ولت متر d.c.
W ₂ وات متر d.c. یا a.c.	V ₂ ولت متر d.c. یا a.c.
	PF ضریب توان سنج

یادآوری ۱- ریپل ولتاژ یا جریان ورودی d.c. مطابق با امپدانس داخلی منبع تغذیه d.c. متغیر خواهد بود و بهتر است با توافق دو جانبه بین کاربر و سازنده تعریف شود. برای مثال امپدانس ممکن است بصورت نسبت ولتاژ به جریان $\Delta V/\Delta I$ در نقطه بهره برداری از منحنی I-V آرایه فتوولتائیک انتخاب شود. هنگامی که پردازش گر توان شامل MPPT باشد، شبیه ساز آرایه فتوولتائیک به عنوان منبع تغذیه d.c. توصیه می شود.

یادآوری ۲- در شرایط خروجی d.c. از بسامد سنج F* و ضریب توان سنج PF* صرف نظر می شود.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

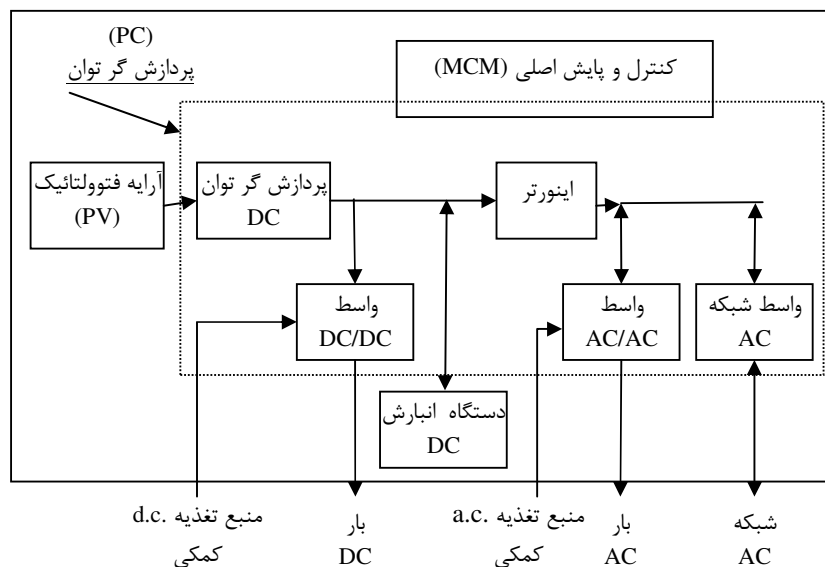
تشریح پردازش گر توان

پردازش گر توان در IEC 61277 تعریف شده است.

برخی از انواع پیکربندی های سامانه فتوولتائیک به هدف و اندازه آنها بستگی دارد. شکل الف-۱ پیکربندی سامانه نوعی پیشنهاد شده در IEC 61277 را نشان می دهد. در شکل الف-۱ پردازش گر توان (PC)^۱ داخل خط نقطه چین است. پردازش گر توان ممکن است شامل یک یا چند مورد زیر باشد: پردازش گر d.c.، واسط d.c./d.c.، اینورتر، واسط a.c./a.c.، واسط شبکه a.c. و قسمتی از زیرسامانه کنترل اصلی و پایش (MCM)^۲. گردش توان توسط فلش ها نمایش داده می شود. هنگامی که سامانه فتوولتائیک دارای زیرسامانه انبارش d.c. باشد، فرض می شود که انباره به ورودی پردازش گر توان بصورت موازی با آرایه (به شکل های الف-۲ و الف-۳ مراجعه کنید) متصل می شود.

تحت شرایط عادی وقتی سامانه به شبکه عمومی (در نوع متصل به شبکه) یا به بارهای a.c. (در نوع مستقل از شبکه) متصل می شود ولتاژ و بسامد خروجی a.c. پردازش گر توان، مقادیر ثابتی هستند. از اینرو وقتی بارهای a.c. شامل پمپ ها یا دمنده های با موتورهای القائی سرعت متغیر است، ولتاژ و بسامد ممکن است متغیر باشد.

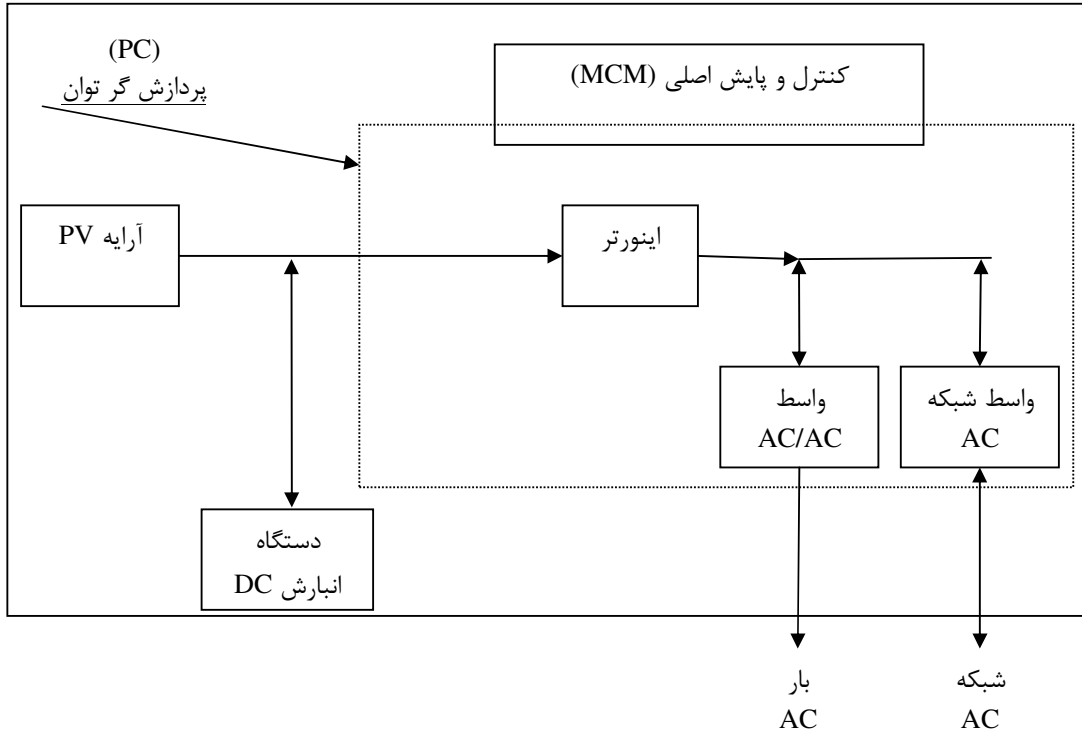
در این استاندارد، سامانه های با ولتاژ و بسامد خروجی a.c. و نیز سامانه های با خروجی d.c. توضیح داده شده است. شکل های الف-۲ و الف-۳ پیکربندی سامانه فتوولتائیک و پردازش گر توان شرح داده شده در این استاندارد را نشان می دهد.



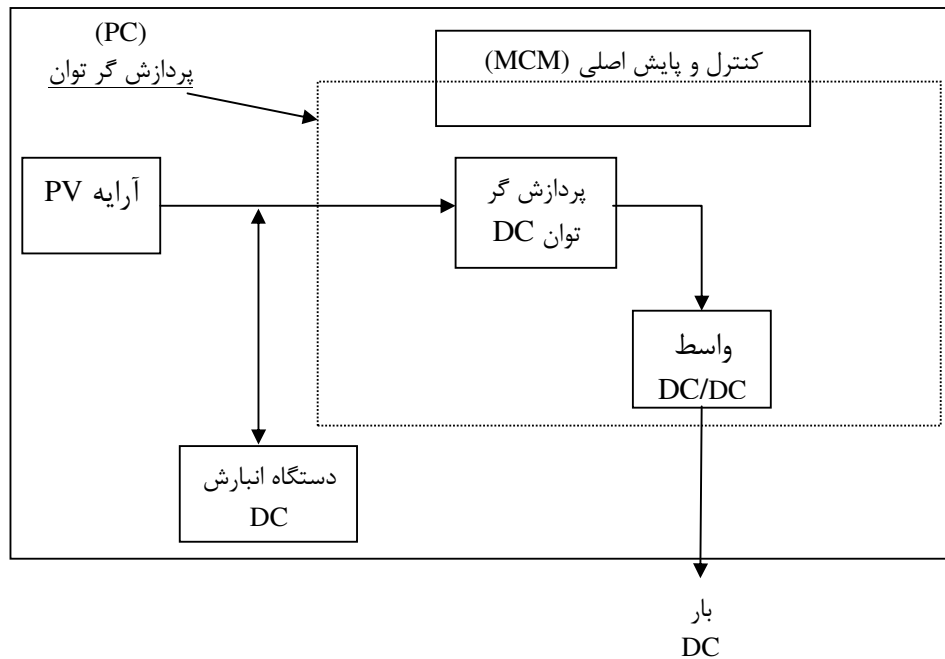
شکل الف-۱- نمایش ترسیمی زیرسامانه های اصلی و گردش توان برای سامانه ی فتوولتائیک

^۱ - Power Conditioner

^۲ - Master Control and Monitoring



شکل الف-۲- پیکربندی پردازش گر توان با خروجی a.c. فرضی برای اندازه گیری بازده



شکل الف-۳- پیکربندی پردازش گر توان با خروجی d.c. فرضی برای اندازه گیری بازده

پیوست ب (اطلاعاتی)

بازده توان و ضریب تبدیل

در IEC 60146-2 دو نوع ضریب ارائه شده است: یکی ضریب توان و دیگری ضریب تبدیل. بازده توان بصورت نسبت توان خروجی فعال و توان ورودی فعال تعریف می شود. ضریب تبدیل نسبت بین سطوح توان بنیادی خروجی و ورودی است. فرمول برای این دو پارامتر عبارت است از:

$$\eta_P = (P_{aAC} / P_{aDC}) \times 100 \quad (\%)$$

$$\eta_C = (P_{fAC} / P_{fDC}) \times 100 \quad (\%)$$

که در آن

η_P عبارتست از بازده توان؛

P_{aAC} عبارتست از توان فعال a.c.؛

P_{aDC} عبارتست از توان فعال d.c.؛

η_C عبارتست از ضریب تبدیل؛

P_{fAC} عبارتست از توان بنیادی a.c.؛

P_{fDC} عبارتست از توان متوسط d.c. (ولتاژ متوسط \times جریان متوسط)؛

توان فعال P_a بصورت زیر محاسبه می شود

$$P_a = \frac{1}{T} \int_0^T v(t)i(t)dt \quad \text{یا} \quad = \frac{1}{T} \int_0^T p(t)dt$$

که در آن

$V(t)$ عبارتست از ولتاژ متغیر با زمان؛

$P(t)$ عبارتست از توان متغیر با زمان؛

$i(t)$ عبارتست از جریان متغیر با زمان؛

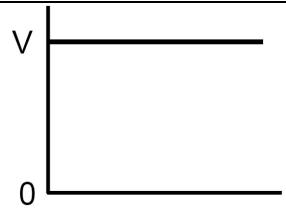
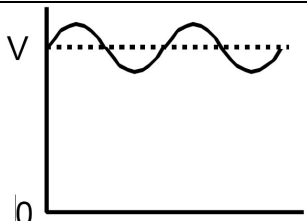
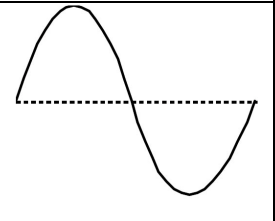
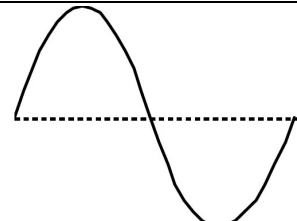
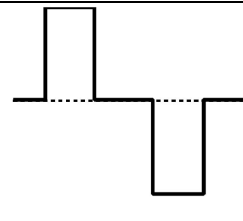
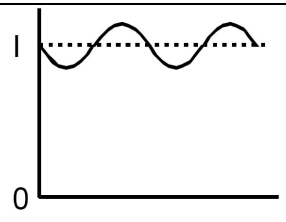
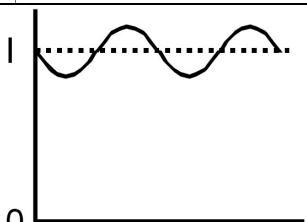
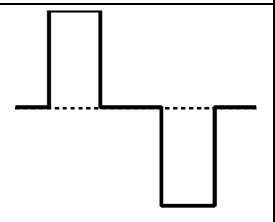
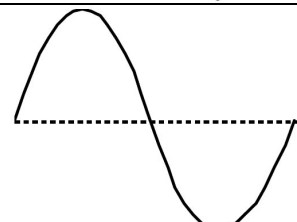
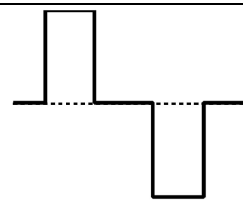
T عبارتست از مدت یک چرخه.

اختلاف بین دو ضریب فوق بعلت ارزیابی اجزای هارمونیک است. IEC 60146 هر دو را به ضریب توان یکی می سازد. تفاوت آنها به شکل موج جریان و ولتاژ نشان داده شده در جدول ب-۱ بستگی دارد و فقط در حالت ۵ بامعنی است. با توجه به هدف استانداردهای IEC و شرح جدول ب-۱ از بازده توان بعنوان بازده پردازش گرهای توان استفاده می شود.

همانطوریکه در حالت ۱ یا حالت ۴ جدول ب-۱ نشان داده شده است، هنگامی که ریپل جریان و ولتاژ d.c. ۱۰٪ است یا هنگامی که مقدار موثر محتوای هارمونیک پنجم ولتاژ ۲٪ است و محتوای هارمونیک پنجم جریان ۵٪ است، اختلاف بین η_C و η_P فقط ۰/۱٪ است. این بدین معنی است که ضریب تبدیل عملاً همان بازده توان است. از اینرو باید توجه داشت که در حالت موج مربعی، مانند حالت ۵، بازده توان باید استفاده شود زیرا اختلاف بزرگ است، یعنی $\eta_C/\eta_P = ۰/۸۱$.

مجموع زمان (در مدت یک چرخه) T باید ۳۰ ثانیه یا بیشتر باشد و برآیند مقدار بازده توان متوسط باید بصورت بازده پردازش گره‌های توان مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ب ۱- تغییرات بازده توان η_P و ضریب تبدیل η_C توسط اختلاف شکل موج ولتاژ یا جریان

مثال	ورودی DC (حالت ۱)	ورودی DC (حالت ۲)	خروجی AC (حالت ۳)	خروجی AC (حالت ۴)	خروجی AC (حالت ۵)
شکل موج ولتاژ					
شکل موج جریان					
شرایط	ولتاژ دارای هیچ اجزای ریپل نیست	ولتاژ و جریان دارای ریپل یکسان (۱۰٪ _{pp}) با فاز برعکس است.	ولتاژ: سینوسی جریان: موج مربعی (۵۰٪ چرخه کار)	جزء هامونیک: ولتاژ: ۵ برابر، ۲٪ r.m.s. جریان: ۵ برابر، ۵٪ r.m.s. در فاز	ولتاژ و جریان هر دو دارای ۵۰٪ چرخه کار موج مربعی
P_{fAC}/P_{aAC}	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰	$1/(1+0.2 \times 0.5) = 0.999$	$(4/\pi^2)/0.5 = 0.81$
P_{fDC}/P_{aDC}	۱٫۰	$1/[1-(0.1/\sqrt{2})^2] = 1.01$	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰
η_C/η_P	۱٫۰	۰٫۹۹۹	۱٫۰	۰٫۹۹۹	۰٫۸۱
مقایسه	$\eta_C = \eta_P$	$\eta_C \leq \eta_P$	$\eta_C = \eta_P$	$\eta_C \leq \eta_P$	$\eta_C < \eta_P$

یادآوری - $\eta_C = P_{fAC}/P_{aAC}$, $\eta_P = P_{fDC}/P_{aDC}$, $\eta_C/\eta_P = (P_{fAC}/P_{aAC})/(P_{fDC}/P_{aDC})$

پیوست پ (اطلاعاتی)

میانگین وزنی بازده انرژی

انرژی پردازش گره‌های توان به منحنی انرژی تابشی و منحنی بار بستگی دارد. بازده انرژی پردازش گر توان باید با نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی در دوره زمانی مشخص (همچون ماه یا سال) که بطور واقعی اندازه گیری می شود، محاسبه شود.

برای ارجاع، روش تخمین بازده انرژی با استفاده از میانگین وزنی بازده انرژی بیان می شود. میانگین وزنی بازده انرژی، η_{WT} ، به عنوان مجموع حاصلضرب های بازده هر سطح توان و ضریب وزنی مربوطه، محاسبه می شود.

هنگامی که سامانه از نوع متصل به شبکه بدون زیرسامانه انبارش باشد، ضرایب وزنی بستگی به منحنی طول مدت انرژی تابشی دارد.

هنگامی که سامانه از نوع مستقل از شبکه باشد، ضرایب وزنی بستگی به منحنی طول مدت بار دارد. بندهای پ-۱ و پ-۲ روش های محاسبه η_{WT} برای سامانه های متصل به شبکه و سامانه های مستقل از شبکه را نشان می دهد.

پ-۱ η_{WT} پردازش گر توان برای سامانه های فتوولتائیک متصل به شبکه

سامانه های فتوولتائیک متصل به شبکه که دارای انباره نیستند و برای گردش توان معکوس قابل قبول هستند، شرح داده می شوند. در این حالت توان d.c. تولید شده توسط آرایه فتوولتائیک بصورت مستقیم به پردازش گر توان (PC) عرضه می شود. تقریباً تمام توان ورودی به پردازش گر توان به توان a.c. تبدیل می شود. بخشی از آن بصورت تلفات پردازش گر توان از بین می رود.

میانگین وزنی بازده انرژی، η_{WT} ، شاخصی از بازده انرژی سالیانه ارزیابی شده است که در آن ضریب وزنی، K_i ، برای هر سطح توان ورودی استفاده شده است. از اینرو انرژی تابشی به چندین سطح گسسته تقسیم می شود. با استفاده از مدت زمان T_i ، سطح توان ورودی d.c.، P_{Ti} ، سطح توان خروجی، P_{Oi} ، و بازده پردازش گر توان، η_i ، برای هر سطح i ، η_{WT} بصورت زیر تعریف می شود:

$$\eta_{WT} = \frac{\sum P_{Oi} \cdot T_i}{\sum P_{Ti} \cdot T_i} = \frac{P_{i1} \cdot \eta_1 \cdot T_1 + \dots + P_{in} \cdot \eta_n \cdot T_n}{P_{i1} \cdot T_1 + \dots + P_{in} \cdot T_n}$$
$$= K_1 \cdot \eta_1 + K_2 \cdot \eta_2 + \dots + K_n \cdot \eta_n$$

که در آن

$$K_i = P_{Ti} \cdot T_i / \sum P_{Ti} \cdot T_i$$

و

$$\sum K_i = 1 \quad \text{و} \quad i=1,2,3,\dots$$

اگر منحنی مدت زمان انرژی تابشی بصورت شکل پ-۱ داده شده باشد، معادله (پ-۱) را می توان بصورت زیر بازنویسی کرد:

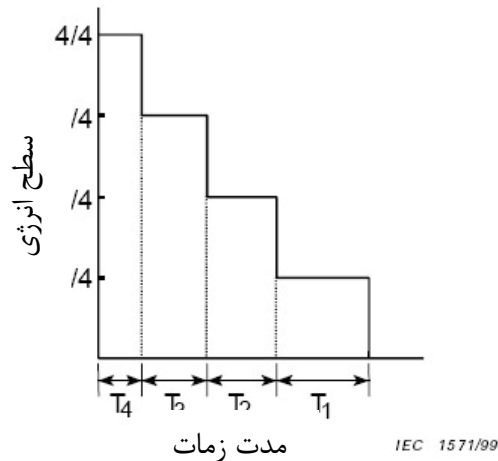
$$\eta_{WT} = \frac{1T_1}{T_{WT}} \eta_{1/4} + \frac{2T_2}{T_{WT}} \eta_{2/4} + \frac{3T_3}{T_{WT}} \eta_{3/4} + \frac{4T_4}{T_{WT}} \eta_{4/4} \geq \eta_{ER}$$

$$T_{WT} = 1T_1 + 2T_2 + 3T_3 + 4T_4$$

که در آن

η_{ER} عبارت است از بازده انرژی مشخص شده؛

$\eta_{1/4}, \dots$ عبارت است از بازده پردازش گر توان هنگامی که توان ورودی d.c. به ترتیب ۱/۴، ... مقدار اسمی است.



شکل پ-۱- نمونه منحنی مدت زمان انرژی تابشی

پ-۲ η_{WT} پردازش گر توان برای سامانه های فتوولتائیک مستقل از شبکه

در سامانه های فتوولتائیک مستقل از شبکه با زیرسامانه انباره، توان تولید شده از آرایه ذخیره می شود و توسط باتری پایدار می شود. توان DC توسط پردازش گر توان (PC) به توان d.c. تنظیم شده یا توان a.c. ولتاژ-ثابت و بسامد ثابت تبدیل می شود و به بار عرضه می شود. در این حالت، بخش کمی از توان تولید شده بصورت تلفات در باتری ها و پردازش گر توان تلف می شود.

محاسبه میانگین وزنی بازده انرژی η_{WT} ، برای سامانه های فتوولتائیک مستقل از شبکه نیاز به ضرایب وزنی برای سطوح بار مربوطه دارد.

با استفاده از مدت زمان بار، T_i ، توان ورودی d.c.، P_{ii} ، توان خروجی a.c.، P_{oi} ، و بازده PC، برای سطح بار مربوطه، η_i ، η_{WT} بصورت زیر تعریف می شود:

$$\eta_{WT} = \frac{\sum P_{oi} \cdot T_i}{\sum P_{ii} \cdot T_i} = \frac{\sum P_{oi} \cdot T_i + \dots + P_{on} \cdot T_n}{P_{i0} \cdot T_0 + P_{oi} \cdot T_i / \eta_i + P_{on} \cdot T_n / \eta_n}$$

$$= \frac{1}{K_0 + K_1 / \eta_1 + \dots + K_n / \eta_n}$$

$$K_0 = P_{i0} \cdot T_0 / \sum (P_{oi} \cdot T_i)$$

$$K_i = P_{oi} \cdot T_i / \sum (P_{oi} \cdot T_i), \sum K_i = 1$$

که در آن

P_{IO} عبارت است از تلفات بدون بار.

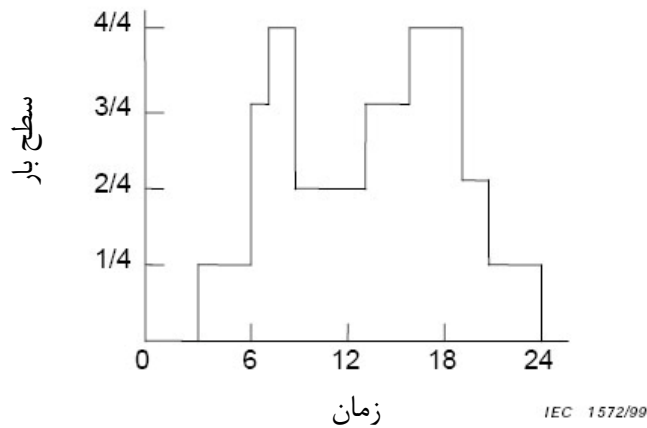
اگر منحنی بار و منحنی مدت زمان آن بصورت شکل پ-۲ و پ-۳ داده شده باشد، معادله (پ-۳) را می توان بصورت زیر بازنویسی کرد:

$$\eta_{WT} = \frac{1}{K_0 + 1T_1/T_{WT}/\eta_{1/4} + 2T_2/T_{WT}/\eta_{2/4} + 3T_3/T_{WT}/\eta_{3/4} + 4T_4/T_{WT}/\eta_{4/4}} \geq \eta_{ER}$$

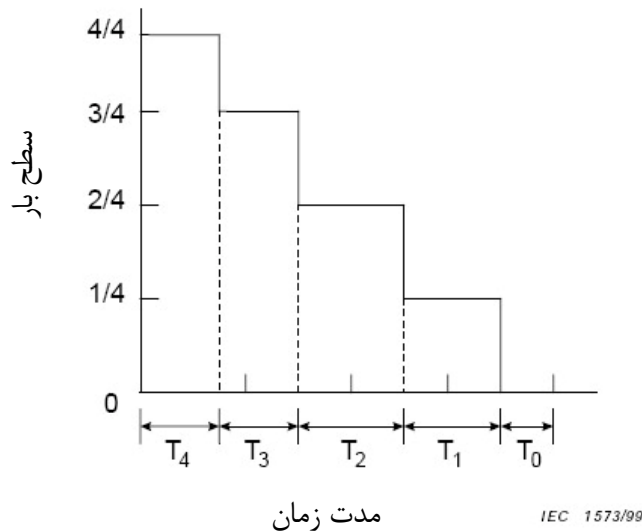
که در آن

η_{ER} عبارت است از بازده انرژی مشخص شده؛

$\eta_{1/4, \dots}$ عبارت است از بازده پردازش گر توان هنگامی که بار به ترتیب ۱/۴، ... مقدار اسمی است.



شکل پ-۲ - نمونه منحنی بار



شکل پ-۳ - نمونه منحنی مدت زمان بار

پیوست ت

(اطلاعاتی)

استنتاج رواداری بازده در جدول ۲

بازده تضمین شده، η ، عبارت است از

$$\eta = \frac{P_R}{P_R + P_L}$$

که در آن

P_R عبارتست از توان خروجی اسمی؛

P_L عبارتست از تلف تضمین شده.

ضریب مجاز تلف، P_L ، از بند 4-3-3، IEC 601461-1، باید $+0/2$ در هر واحد باشد. در این حالت بازده، η' ، متوسط از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\eta' = \frac{P_R}{P_R + 1.2P_L}$$

بنابراین رواداری $\eta' - \eta$ بصورت زیر بدست می آید:

$$\eta' - \eta = \frac{P_R}{P_R + 1.2P_L} - \eta = \frac{P_R}{P_R + 1.2(1/\eta - 1)P_R} - \eta = \frac{1}{1 + 1.2(1/\eta - 1)} - \eta$$

$$= \frac{\eta}{\eta + 1.2(1 - \eta)} - \eta = \eta \left[\frac{1}{\eta + 1.2(1 - \eta)} - 1 \right] = \eta \left[\frac{1}{-0.2\eta + 1.2} - 1 \right]$$

$$= \eta \frac{-0.2 + 0.2\eta}{-0.2\eta + 1.2} = \eta \frac{-1 + \eta}{-\eta + 6}$$

$$\geq -\eta(1 - \eta)/5 (\because \eta \leq 1)$$

در نهایت رواداری از رابطه زیر بدست می آید:

$$\eta' - \eta = -0.2(1 - \eta)\eta(\%)$$

این بدین معنی است که کاهش رواداری به همان اندازه موجب افزایش بازده تضمین شده است. برای مثال، برای بازده های تضمین شده 90% و 95% ، رواداری ها به ترتیب $1/8 -$ و $0/95 -$ هستند.

کتابنامه

IEC 60146 (all parts), *Semiconductor convertors*

IEC 60146-2:1974, *Semiconductor convertors – Part 2: Semiconductor self-commutated convertors*

IEC 61277:1995, *Terrestrial photovoltaic (PV) power generating systems – General and guide*