گردآوری و اولویت‌بندی استانداردهای جهانی فتوولتائیک برای تدوین استانداردهای ملی با تمرکز بر کاربرد نیروگاهی

■ مسعود محمدی[1]، عاطفه عجمی[*+]، جلال نوری[2] و محمدحسین شمس[3]
تهران، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی شریف، صندوق پستی: 686-13445

تاریخ دریافت: 1392/12/21 و تاریخ پذیرش: 1392/12/27

چکیده

توجه جامعه جهانی به منابع انرژی تجدیدپذیر، به‌ویژه انرژی خورشیدی روند غالب در قرن حاضر خواهد بود و در این مسیر، سامانه‌های فتوولتائیک یکی از پرکاربردترین و مقبول‌ترین نوع استفاده از انرژی خورشیدی محسوب می‌شود. در ایران نیز پروژه‌های مختلف تحقیقاتی-اجرایی در زمینه احداث نیروگاه‌های فتوولتائیک تعریف شده است. از جمله الزامات اصلی توسعه صنعت بومی احداث نیروگاه‌های فتوولتائیک در هر کشور، تدوین استانداردهای ملی است. در طول سال‌های گذشته اقدامات متعددی در این زمینه صورت گرفته است که البته، اغلب آنها به حوزه طراحی و ساخت انواع سلول‌های فتوولتائیک مربوط می‌گردد و در حوزه نیروگاهی فعالیت‌ها بسیار کم بوده است. در این راستا، جهاد دانشگاهی صنعتی شریف به‌عنوان نخستین حرکت ملی، تدوین استانداردهای ملی انرژی خورشیدی با محوریت نیروگاه خورشیدی را براساس استانداردهای معتبر بین‌المللی در دستور کار خود قرار داد. بخش اول این مقاله به گردآوری و پردازش استانداردهای معتبر بین‌المللی در زمینه فتوولتائیک و بخش دوم آن به اولویت‌بندی و انتخاب گزینه‌های مناسب برای پیشنهاد به سازمان ملی استاندارد اختصاص دارد. بر اساس تحلیل‌ها و شاخص‌های مورد نظر این مقاله، فهرست 20 استاندارد اولویت‌دار به سازمان ملی استاندارد پیشنهاد شد که برخی از آنها در برنامه سازمان استاندارد قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: نیروگاه فتوولتائیک، استاندارد، سلول خورشیدی، اینورتر، معیارهای انتخاب، موسسات تدوین استاندارد.

1 شماره نمابر: 66053767-021 و آدرس پست الکترونیکی: Masood_mdi@yahoo.com
* عهده‌دار مکاتبات
+ شماره نمابر: 66053767-021 و آدرس پست الکترونیکی: Ajami@jdsharif.ac.ir
2 شماره نمابر: 66053767-021 و آدرس پست الکترونیکی: Jalalnouri@yahoo.com
3 شماره نمابر: 66053767-021 و آدرس پست الکترونیکی: Mhshams@alum.sharif.edu

1- مقدمه

انرژی خورشید عظیم‌ترین منبع انرژی منظومه شمسی است. در سال‌های اخیر با توجه به آلایندگی و رو به اتمام بودن منابع فسیلی، منابع انرژی تجدیدپذیر بخصوص انرژی خورشیدی از توجه خاصی بهره‌مند گردیده‌اند. سامانه‌های فتوولتائیک یکی از پرکاربردترین و مقبول‌ترین فناوری‌های استفاده از انرژی خورشیدی محسوب می‌شوند. بدون شک در آینده‌ای نه چندان دور سامانه‌های فتوولتائیک به‌عنوان جایگزین مناسب، پاک و بی‌خطر به‌جای سوخت‌های فسیلی به‌کار گرفته خواهند شد. در این راستا در کشور پروژه‌های مختلف تحقیقاتی- اجرایی در زمینه احداث نیروگاه‌های فتوولتائیک تعریف شده است.

از جمله الزامات اصلی در توسعه صنعت نیروگاه‌های فتوولتائیک، تدوین استانداردهای ملی در این زمینه است. در طول سال‌های گذشته اقدامات متعددی در این زمینه صورت گرفته است که البته، اغلب آنها به تدوین استانداردهای ملی در حوزه طراحی و ساخت انواع سلول‌های فتوولتائیک باز می‌گردد. با نگاهی به این استانداردها می‌توان دریافت که استانداردهای لازم و مرتبط در حوزه نیروگاهی وجود ندارد یا بسیار کم است.

با توجه به سهولت فهم و پیاده‌سازی استانداردهای با متن فارسی و ایجاد بستر مناسب جهت احداث نیروگاه‌های فتوولتائیک با استفاده از استانداردهای تدوین شده ملی، لزوم اولویت‌بندی و تدوین استانداردهای مورد نیاز کشور در سازمان استاندارد بیش از پیش احساس می‌شود. در این راستا، جهاد دانشگاهی صنعتی شریف به‌عنوان نخستین حرکت ملی، تدوین استانداردهای ملی با محوریت نیروگاه فتوولتائیک را براساس استانداردهای معتبر بین‌المللی در دو مرحله در دستور کار خود قرار داد. مرحله اول این کار متشکل از گردآوری استانداردهای معتبر بین‌المللی در زمینه انرژی فتوولتائیک، ارزش‌گذاری و اولویت‌بندی آنها با توجه به معیارهای مرتبط و در نهایت، تعیین استانداردهای اولویت‌دار بود. مرحله دوم اجرایی آن شامل پیشنهاد تصویب این استانداردها به سازمان ملی استاندارد ایران و پیگیری و مشارکت در تدوین و تصویب پنج مورد از آنها بود.

این مقاله حاصل مطالعات این دو مرحله است که ضمن مطالعه و شناخت اجزای یک نیروگاه خورشیدی، به ارائه استانداردهای پیشنهادی برای تدوین استانداردهای ملی نیروگاهی می‌پردازد. در این راستا، ابتدا با تعریفی از استاندارد و انواع آن، خلاصه‌ای از مراحل ثبت یک استاندارد در سازمان ملی استاندارد ایران ارائه می‌شود. سپس، برخی از معتبرترین سازمان‌های استاندارد در سطح بین‌المللی که تجربه و فعالیت‌های قابل توجهی نیز در زمینه تدوین استاندارد با رویکرد انرژی خورشیدی داشته‌اند، به اختصار معرفی می‌شوند. در ادامه، تحلیل و ارزیابی کاملی از نزدیک به 300 عنوان استاندارد تدوین‌شده در سازمان‌های بین‌المللی در حوزه‌های مختلف عملکرد و ایمنی نیروگاه خورشیدی و وضعیت ایران در تدوین استانداردهای ملی فتوولتائیک ارائه می‌شود. براساس این تحلیل و شاخص‌هایی که در ادامه مقاله خواهد آمد، فهرست 20 استاندارد اولویت‌دار به‌دست آمده است. این استانداردها برای تدوین به سازمان ملی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران پیشنهاد شد که برخی از آنها در دستور کار جهاد دانشگاهی صنعتی شریف قرار دارند و برخی دیگر توسط سایر گروه‌ها در دست تدوین است.

2- فناوری فتوولتائیک

در فناوری فتوولتائیک پرتوهای خورشیدی توسط «سلول خورشیدی»[4]، به الکتریسیته تبدیل می‌شود. اما یک سامانه کامل فتوولتائیک مجموعه‌ای از تجهیزات تولید، کنترل، تبدیل، انتقال و ذخیره‌سازی توان هستند که با توجه به کاربرد تعریف‌شده برای آنها، برای تأمین برق بارهای DC و AC، ذخیره‌سازی الکتریسیته و یا تزریق برق به شبکه استفاده می‌شوند. سامانه‌های فتوولتائیک معمولا شامل اجزای متعددی هستند که در یک نگاه کلی می‌توان این اجزا و وظایف آنها را به‌صورت زیر نام برد:

1- آرایه، مدول و سلول فتوولتائیک (دریافت و تبدیل نور خورشید به الکتریسیته)؛
2- اینورتر[5] (تبدیل جریان DC آرایه فتوولتاییک به برق AC)؛
3- اتصالات، از قبیل سیم‌ها، کابل‌ها، رابط‌ها و ... (اتصال اجزای مختلف سامانه از مدول تا شبکه یا مصرف‌کننده DC)؛
4- تجهیزات حفاظت (حفاظت در برابر اضافه جریان و اضافه ولتاژ)؛
5- پایه‌ها و ردیاب‌ها (استقرار و تنظیم وضعیت مدول‌ها نسبت به خورشید)؛
6- باتری (ذخیره‌سازی الکتریسیته در نیروگاه‌های کوچک)؛
7- کنترل‌کننده شارژ (کنترل و تنظیم ارتباط باتری با مدول، مصرف‌کننده DC و اینورتر)؛
8- سامانه پایش (کنترل و پایش عملکرد و توان تولیدی نیروگاه)؛
9- محل نیروگاه (محل استقرار کلیه اجزای سامانه).

استانداردهای متعددی در زمینه هر یک از اجزای فوق در

4 Solar Cell
5 Inverter

سطح بین‌المللی تدوین شده است که در اجرای طرح‌های نیروگاه‌های فتوولتائیک توجه به آنها ضروری است.

3- تعریف استاندارد و انواع آن

استاندارد یعنی پیروی کردن از یک الگو که منجر به نظم، اطمینان، کیفیت، قانون، ارتباطات بهتر و کاهش تنوع می‌شود. استانداردها با توجه به گستردگی و محل تدوین به سه دسته ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی تقسیم می‌شوند:

استاندارد ملی

استاندارد ملی، استانداردی است که به منظور کاهش تنوع، افزایش کیفیت و افزایش سطح فناوری در داخل کشور با نظر و صلاحدید نمایندگان تولیدکننده و مصرف‌کننده و متخصصان استاندارد یک کشور تهیه و منتشر می‌شود. مجری تدوین استانداردهای ملی، سازمان ملی استاندارد ایران با علامت اختصاری «ISIRI»[6] است که زیر نظر وزارت صنعت، معدن و تجارت فعالیت می‌کند[1]. استانداردهای ملی دو نوع هستند:

- استانداردهای ملی اجباری[7] که با جان انسان‌ها سرو کار دارد و رعایت آنها برای مصرف داخلی، صادرات و یا واردات الزامی است. استانداردهای صنایع غذایی و دارویی از این جمله‌اند.
- استانداردهای ملی تشویقی یا اختیاری[8] که به‌طور مستقیم با جان انسان‌ها سرو کار ندارد و از سوی تولیدکنندگان و خدمات‌دهندگان با هدف بهبود کیفیت و حمایت مصرف‌کنندگان طراحی شده است.

استانداردهای منطقه‌ای

استاندارد منطقه‌ای توسط گروهی از کشورهایی که «وجوه مشترک جغرافیایی» دارند و دارای مبادلات تجاری و صنعتی هستند، وضع می‌شود. این امر به سهولت مبادلات، کاهش تشریفات و افزایش کیفیت می‌انجامد. مانند کمیته اروپایی استانداردسازی[9] (CEN) یا کمیته استاندارد کشورهای عربی[10] (IAU).

استانداردهای بین‌المللی

استاندارد بین‌المللی توسط کمیته‌های تخصصی و فنی که از کارشناسان کشورهای عضو سازمان بین‌المللی استاندارد هستند، معین می‌گردد. نمونه بارز این نوع استانداردهای جهانی، علائم راهنمایی و رانندگی است.

4- مراحل تدوین استاندارد در ایران

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 بهره گرفته می‌شود. سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) و کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) است که علاوه بر وظیفه تدوین استانداردهای ملی، همکاری زیادی با سازمان‌های بین‌المللی دارد.

تدوین استاندارد در ایران شامل مراحل متعددی است و در این مسیر کمیسیون‌های مختلفی به بررسی استاندارد پیشنهاد شده و جنبه‌های مختلف آن می‌پردازند. شکل شماره 1 مراحل مختلف تدوین استاندارد در ایران را نشان می‌دهد.

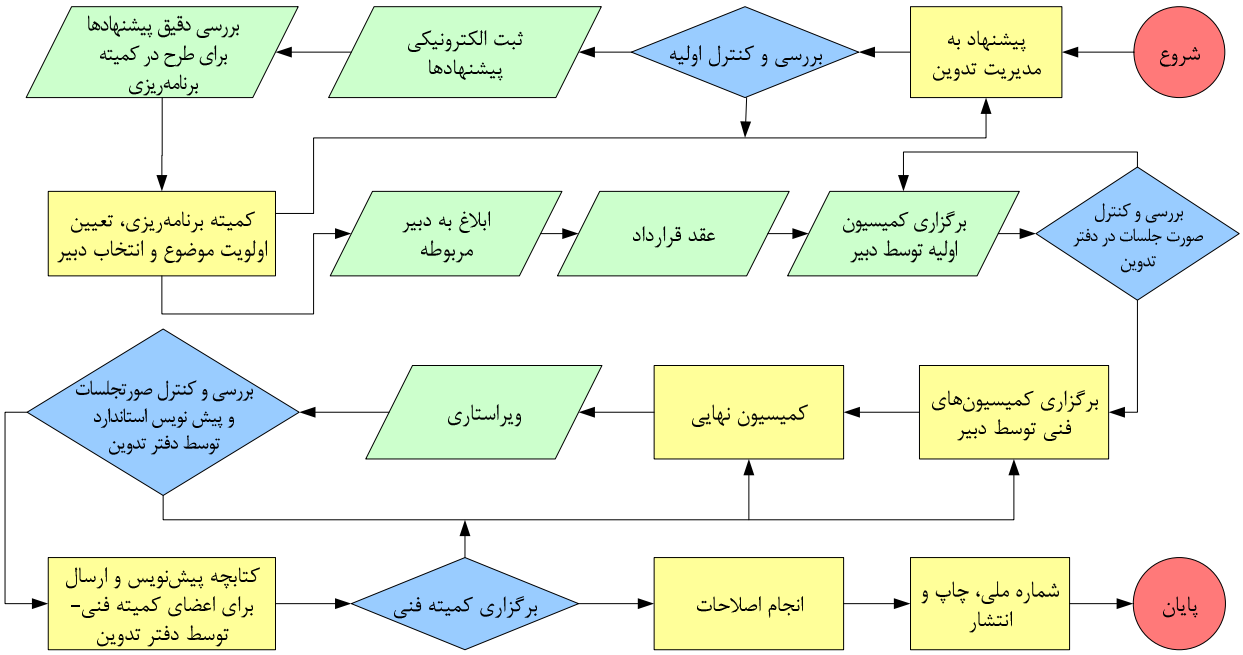
پیشنهادهای تدوین از طرف واحدهای ستادی و استانی و اشخاص حقوقی و حقیقی همراه با تکمیل اطلاعات مندرج در فرم پیشنهاد استانداردهای ملی ایران به شماره 32/201/ف به دفتر تدوین ارسال می‌شود. این فرم‌ها توسط دفتر تدوین بررسی و سپس براساس کمیته‌های ملی مرتبط و رشته‌های تخصصی طبقه‌بندی می‌شود. جدول شماره 1 فهرست کمیته‌های ملی موسسه استاندارد ایران را نشان می‌دهد.

جدول 1: فهرست کمیته‌های ملی موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

ردیف	عنوان کمیته ملی تدوین استاندارد	ردیف	عنوان کمیته ملی تدوین استاندارد
1	کمیته ملی برق و الکترونیک	11	کمیته ملی مهندسی پزشکی
2	کمیته ملی مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی	12	کمیته ملی میکروبیولوژی و بیولوژی
3	کمیته ملی خوراک و فرآورده‌های کشاورزی	13	کمیته ملی اسناد و تجهیزات اداری و آموزشی
4	کمیته ملی پوشاک و فرآورده‌های نساجی الیاف	14	کمیته ملی چرم و پوست و پاپوش
5	کمیته ملی صنایع شیمیایی و پلیمر	15	کمیته ملی مدیریت کیفیت
6	کمیته ملی چوب و فرآورده‌های چوبی، سلولزی و کاغذ	16	کمیته ملی رایانه و فرآوری داده‌ها
7	کمیته ملی مواد معدنی	17	کمیته ملی بسته‌بندی
8	کمیته ملی خودرو و نیرو محرکه	18	کمیته ملی مخابرات
9	کمیته ملی اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس	19	کمیته ملی ایمنی و وسایل سرگرمی و کمک آموزشی کودکان
10	کمیته ملی خدمات	20	کمیته ملی مکانیک و فلزشناسی

پس از تأیید موضوع و انتخاب آن، دبیر مربوطه تعیین و قرارداد تدوین استاندارد منعقد می‌شود. سایر مراحل نیز مطابق شکل شماره 1 انجام می‌شود تا در نهایت استاندارد مورد نظر پس از دریافت شماره ملی، منتشر شود[1].

6 Institute of Standards & Industrial Research of Iran (ISIRI)
7 Mandatory Standards
8 Voluntary Standards
9 European Committee for Standardization (CEN)
10 International Arabic Union (IAU)



شکل 1: فرآیند اجرایی تدوین استاندارد ملی در ایران

5- معرفی سازمان‌های استاندارد جهانی

در زمینه تدوین استانداردها در سطوح مختلف در جهان سازمان‌های مختلفی شکل گرفته‌اند. در ادامه، برخی از معتبرترین این سازمان‌ها که در زمینه تدوین استانداردهای انرژی خورشیدی و به‌ویژه فتوولتائیک نیز فعالیت‌های قابل توجهی داشته‌اند، معرفی می‌شوند.

5-1- سازمان بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)

سازمان بین‌المللی الکتروتکنیک[11] (IEC) در سال 1906 با همت دانشمندان، متخصصان و مجامع الکتروتکنیک کشورهای مختلف تأسیس شد. این سازمان وظیفه تدوین و انتشار استانداردهای بین‌المللی در حوزه‌های مختلف برق و الکترونیک و زمینه‌های مرتبط را بر عهده دارد. مقرّ این سازمان تا سال 1948 در شهر لندن بود و پس از آن به شهر ژنو در کشور سوئیس منتقل شد.

سازمان IEC هم‌اکنون دارای 81 کمیته ملی عضو (اصلی و وابسته) و 81 کشور مرتبط غیرعضو است. این سازمان دارای 174 کمیته فنی و فرعی تدوین استانداردهای بین‌المللی است که تا پایان سال 2013 در مجموع بیش از 6،200 عنوان استاندارد را تدوین کرده است[2]. کمیته فنی TC 82 در این سازمان به‌طور تخصصی در زمینه‌های مختلف سامانه‌های انرژی فتوولتائیک (از ورود نور به سلول خورشیدی تا سامانه‌های الکتریکی و اجزای آن) فعالیت می‌کند.

با توجه به روند جهانی ایجاد هماهنگی در استانداردهای ملی کشورهای مختلف و پذیرش هرچه بیشتر استانداردهای بین‌المللی در جهت تسهیل تجارت بین‌المللی، اغلب کشورها از استانداردهای IEC به‌عنوان پایه استانداردهای ملی و مبنای فعالیت‌های ارزیابی انطباق و گواهی محصولات برقی و الکترونیکی استفاده می‌کنند.

5-2- سازمان بین‌المللی ASTM

انجمن بین‌المللی آزمون و مواد آمریکا (ASTM)[12] سازمانی غیردولتی است که به تدوین استانداردهای بین‌المللی می‌پردازد. این سازمان در سال 1898 توسط شیمیدان‌ها و مهندسان راه‌آهن پنسیلوانیا با نام اولیه «بخش آمریکایی انجمن بین‌المللی آزمون و مواد» تأسیس شد و در سال 2001 به نام فعلی ASTM بین‌الملل تغییر نام داد. این سازمان بیش از 30،000 عضو از 135 کشور جهان دارد و نزدیک به 13،000 استاندارد در حوزه‌های مختلف صنعتی با هدف ارتقای کیفیت، افزایش ایمنی و جلب اطمینان مشتریان تدوین کرده است[3].

این سازمان دارای 141 کمیته فنی تدوین استاندارد است که از این میان، کمیته E44 به‌صورت تخصصی در حوزه انرژی خورشیدی، زمین گرمایی و دیگر منابع انرژی تجدیدپذیر فعالیت می‌کند. این کمیته از چند کمیته فرعی به شرح زیر تشکیل شده است:

- کمیته E44.01: اصطلاحات علمی و فنی؛

11 International Electrotechnical Commission

12American Society for Testing and Materials (ASTM) International

- کمیته E44.05: مواد و سامانه‌های گرمایش و سرمایش خورشیدی؛
- کمیته E44.09: تبدیل نیروی برق فتوولتائیک؛
- کمیته E44.15: توسعه، بهره‌برداری و مواد زمین گرمایی؛
- کمیته E44.20: مواد اپتیکی برای کاربردهای خورشیدی؛
- کمیته E44.25: اندازه‌گیری گرما؛
- کمیته E44.44: ایمنی حریق سامانه‌های فتوولتائیک؛
- کمیته E44.90: بخش اجرایی؛
- کمیته E44.93.00: ارتباط دولت و صنعت.

5-3- انجمن مهندسین برق و الکترونیک (IEEE)

انجمن مهندسین برق و الکترونیک[13] (IEEE)، تشکیلاتی حرفه‌ای و غیرانتفاعی با 365،000 عضو در 160 کشور دنیاست که در جهت پیشرفت فناوری‌های مرتبط با برق در سطح بین‌الملل است فعالیت می‌کند[4]. این انجمن در سال 1963 و در ایالت نیویورک آمریکا از ادغام انجمن مهندسین رادیو[14] (IRE) و انجمن مهندسین برق آمریکا[15] (AIEE) تأسیس شد.

طبق اساسنامه IEEE هدف از تشکیل این انجمن «حرکت علمی، آموزشی و جهت‌دار به سمت پیشرفت در مهندسی برق، الکترونیک، مخابرات و کامپیوتر و همچنین علم کامپیوتر، شاخه‌های به‌هم پیوسته مهندسی و علوم مرتبط با آنها در حوزه‌های نظری و عملی» است. در همین جهت، IEEE یکی از ناشران اصلی مجلات و برگزارکنندگان کنفرانس‌های معتبر علمی شناخته می‌شود.

موسسه IEEE دارای 39 انجمن فنی تخصصی و بیش از 300 سازمان محلی است. انجمن استاندارد IEEE[16] مسئول فعالیت‌های استانداردسازی IEEE در حوزه‌های مختلف صنعتی، از جمله توان الکتریکی، انرژی، زیست دارو و مراقبت پزشکی، فناوری اطلاعات، بیمه اطلاعات، مخابرات راه دور، الکترونیک، حمل و نقل و هوا-فضا و نانوتکنولوژی است. در پایان سال 2013 این سازمان نزدیک به 900 استاندارد فعال و 500 استاندارد در حال توسعه داشته است. در این انجمن کمیته SCC21 به‌طور ویژه در حوزه‌های سلول‌های سوختی، فتوولتائیک، تولید پراکنده[17] و ذخیره انرژی فعالیت می‌کند و استانداردهای زیادی را در این حوزه‌ها تدوین کرده است.

13 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
14 Institute of Radio Engineers
15 American Institute of Electrical Engineers
16 IEEE Standards Association
17 Dispersed generation

5-4- سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)

سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[18]، فدراسیون جهانی موسسات ملی استاندارد است که 161 کشور جهان در آن عضو هستند. این سازمان در سال 1947 با هدف ترویج استانداردسازی و فعالیت‌های مرتبط با آن در ژنو سوئیس تشکیل شد[5]. واژه «ایزو»، نامی که این سازمان به آن مشهور است، برگرفته از واژه یونانی ایزوس[19]، به معنای «هم‌اندازه و معادل» است. این واژه از یک سو ارتباط معنایی بین «استاندارد» و «هم‌اندازه» بودن را بیان می‌کند و از سوی دیگر، از رواج کوتاه‌نوشت‌های مختلف به‌دلیل تفاوت‌های زبانی در سطح جهان جلوگیری می‌کند.

نقش ایزو توسعه استانداردسازی و فعالیت‌های مرتبط در جهان به‌منظور تسهیل مبادلات بین‌المللی کالا و خدمات و توسعه همکاری در زمینه فعالیت‌های فکری، علمی، فناورانه و اقتصادی است. استانداردهای ایزو براساس اتفاق‌نظر دست‌اندرکاران و با درنظرگرفتن نیاز صنایع و مشتریان شکل می‌گیرد و استفاده از آنها اختیاری است. ایزو تا سال 2013 بیش از 19،500 استاندارد بین‌المللی تدوین کرده است.

فعالیت‌های فنی ایزو به‌شدت غیرمتمرکز است و از طریق حدود 2،850 کمیته فنی، کمیته‌های فرعی و گروه‌های کاری انجام می‌شود. در این کمیته‌ها نمایندگان معتبر صنایع، موسسات تحقیقاتی، مسئولان دولتی و سازمان‌های بین‌المللی از سراسر جهان شرکت دارند. سالانه نزدیک به 30،000 نفر متخصص از سراسر جهان در این گردهمایی‌ها شرکت می‌کنند.

ایزو همه رشته‌های فنی، به‌جز مهندسی برق و الکترونیک را دربرمی‌گیرد. فعالیت‌های این رشته برعهده IEC است که همکاری نزدیکی با ایزو دارد. کمیته فنی TC 180 در ایزو به‌طور تخصصی در حوزه تدوین استانداردهای انرژی خورشیدی فعالیت می‌کند. این کمیته از دو کمیته فرعی زیر تشکیل می‌شود[5]:

- کمیته TC 180/SC 1: آب و هوا- اندازه‌گیری و داده‌ها؛
- کمیته TC 180/SC 4: سامانه‌ها- عملکرد گرمایی، قابلیت اطمینان و پایایی.

5-5- انجمن استاندارد ژاپن (JSA)

انجمن استاندارد ژاپن (JSA)[20] در همکاری با کمیته استانداردسازی ژاپن به تدون استانداردهای ملی برای فعالیت‌های صنعتی می‌پردازد. سازمان استاندارد ژاپن در سال 1921 با نام JES

18 International Standard Organization (ISO)
19 Isos
20 Japanese Standards Association (JSA)

تأسیس شد. انجمن استاندارد کنونی ژاپن با نام اختصاری JSA پس از شکست این کشور در جنگ جهانی دوم در سال 1945 تأسیس شد و تاکنون مشغول به فعالیت است.

انجمن استاندارد ژاپن مشارکت فعالی با سازمان‌های ISO و IEC دارد و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از فعالیت‌های این نهادهای بین‌المللی حمایت می‌کند. استانداردهای صنعتی این انجمن با علامت JIS[21] مشخص می‌شوند. این سازمان در زمینه سلول‌های خورشیدی نیز فعالیت‌های زیادی داشته و توانسته استانداردهای زیادی را در این زمینه تدوین نماید[6].

5-6- انجمن برق، الکترونیک و فناوری اطلاعات (VDE)

انجمن برق، الکترونیک و فناوری اطلاعات[22] (VDE) یکی از بزرگترین انجمن‌های فنی و علمی در اروپا است که بیش از 34،000 نفر عضو دارد. اعضای VDE را مهندسین، دانشمندان، دانشجویان، تکنیسن‌ها و تمامی تجارت‌های مهم در صنعت برق، الکترونیک و فناوری اطلاعات، موسسات برقی و سازمان‌های دولتی تشکیل می‌دهد. این موسسه در فرانکفورت آلمان واقع شده و دارای 29 مجمع منطقه‌ای است. اهداف و مسئولیت‌های این سازمان عبارتنداز[7]:

- توسعه پایدار فناوری برق، الکترونیک و فناوری اطلاعات و فناوری‌های وابسته به آنها؛
- پشتیبانی از کاربرد فناوری برق و الکترونیک در مهندسی مکانیک، تولید و اتوماسیون فرآیند، حمل و نقل، پزشکی و غیره؛
- ارتقای ملی و بین‌المللی انتقال آگاهی فنی؛
- آموزش مداوم و توسعه مشاغل از طریق برنامه‌های آموزشی و برگزاری کنفرانس‌ها و سمینارها؛
- مشارکت در تصمیم‌گیری‌های سیاسی در مسایل مربوط به آموزش و پژوهش؛
- ارتقای آگاهی علمی در رشته‌های مختلف و آموزش.

این مؤسسه استانداردهای زیادی را در زمینه انرژی خورشیدی، به‌ویژه فتوولتائیک، تدوین کرده است و از این نظر یکی از فعال‌ترین مراکز در زمینه تدوین استانداردهای خورشیدی محسوب می‌شود.

5-7- انجمن صنعت جهانی SEMI

انجمن صنعت جهانی مواد و تجهیزات نیمه‌هادی[23] (SEMI) در خدمت ساخت زنجیره تأمین برای صنایع میکرو و نانو الکترونیک است[8]. زمینه‌های فعالیت این انجمن شامل نیمه‌رساناها، فتوولتائیک، LED، صفحه نمایش مسطح، سیستم‌های میکرو الکترومکانیکی[24] (MEMS)، تجهیزات الکترونیکی انعطاف‌پذیر و سایر زمینه‌های مرتبط با میکرو و نانو الکترونیک است.

در SEMI کمیته‌ای با نام «مواد فتوولتائیک» وجود دارد که به تحقیق، ارزیابی، بحث و ایجاد روش‌های اندازه‌گیری مبتنی بر استانداردهای مورد قبول می‌پردازد و مشخصات، دستورالعمل‌ها و رویه‌های استفاده از مواد را بیان می‌کند. محدوده کار این کمیته تدوین استانداردهایی است که معیارهای مناسب، دستورالعمل‌ها و روش‌هایی را برای کنترل و مقایسه مواد مرتبط با فتوولتائیک ارائه می‌دهند. همچنین، به‌طور آزمایشی، مباحث مربوط به گاز و مواد شیمیایی نیز تا تشکیل کمیته مربوطه در این کمیته بررسی می‌شوند. فعالیت در این زمینه در جهت حمایت از نیاز بین‌المللی جهت افزایش بازده فرآیند یا محصول فتوولتائیک و کاهش هزینه‌های مربوطه است[8].

5-1-1- موسسه UL

موسسه UL یک شرکت مستقل علمی - ایمنی جهانی است که در زمینه‌های ایمنی محصول، محیط زیست، زیست و سلامت، خدمات ممیزی، خدمات تجاری و زیست و سلامت محیط کار فعالیت می‌کند. موسسه UL در سال 1894 توسط ویلیام هنری مریل تأسیس شد و اولین استاندارد خود را در زمینه «درب‌های نسوز قلعاندود» در سال 1903 منتشر کرد[9].

موسسه UL دارای 64 آزمایشگاه است و در 98 کشور به ارائه خدمات آزمون و صدور گواهینامه تأیید تجهیزات مشتریان می‌پردازد[10]. زمینه‌های فعالیت استاندارد UL عبارتند از:

- تاسیسات الکتریکی؛
- پنل‌های کنترل صنعتی؛
- تجهیزات کنترل صنعتی؛
- تجهیزات کنترل صنعتی ولتاژ بالا؛
- تجهیزات تبدیل توان.

این موسسه نیز استانداردهایی را در زمینه سلول و مدول فتوولتائیک، اتصالات و نصب سامانه و تجهیزات حفاظتی تدوین کرده است.

21 Japanese Industrial Standard

22 Verband der Elektrotechnik, Elektronik Und Informationstechnik (association for electrical, electronic & information technologies)

23 Semiconductor Equipment and Materials International

24 Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS)

6- تحلیل و ارزیابی آماری استانداردهای فتوولتائیک موجود در سطح بین‌المللی و ملی

6-1- وضعیت استانداردهای بین‌المللی فتوولتائیک

گردآوری استانداردهای جهانی در زمینه فتوولتائیک نشان می‌دهد که در حدود 600 استاندارد در جهان در زمینه انرژی خورشیدی و پدیده فتوولتائیک تدوین و منتشر شده است. بررسی اولیه این استانداردها مشخص می‌کند که در حدود نیمی از این استانداردها فاقد رویکرد اصلی این پژوهش (نیروگاه‌های فتوولتائیک متصل به شبکه) بودند و بیشتر ذیل مباحثی چون مطالعات خورشید، نیروگاه‌های حرارتی- خورشیدی، شیمی فتوولتائیک، پدیده میکرو الکترونیک، ادوات الکترونیک قدرت و ... تعریف می‌شوند. از این رو، تنها 295 استاندارد که موضوعاتی نزدیک به اهداف این پژوهش داشت، در 12 گروه موضوعی مطابق جدول شماره 2، جدا و دسته‌بندی شد.

در این دسته‌بندی، استانداردهایی که به دو یا چند موضوع ارتباط داشته‌اند، تنها در یک گروه (نزدیک‌ترین گروه موضوعی) قرار داده شدند. علاوه بر تعداد استانداردهای بین‌المللی، تعداد استانداردهای ملی تدوین شده و در حال تدوین نیز در جدول شماره 2 نشان داده شده تا امکان مقایسه کمی بین فعالیت‌های داخلی و بین‌المللی فراهم شود. استانداردهای ملی تدوین شده در زمینه فتوولتائیک 22 استاندارد است که در جدول شماره 2 دسته‌بندی شده است.

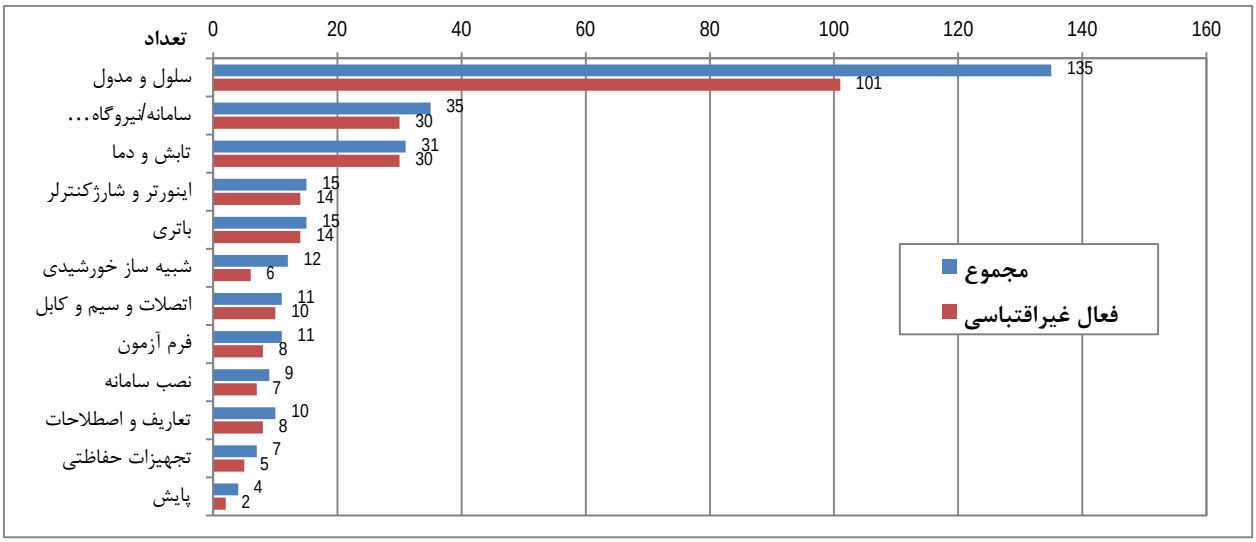
نمودار شکل شماره 2 وضعیت کمی استانداردهای بین‌المللی در موضوعات مختلف را نشان می‌دهد. چنان‌که ملاحظه می‌شود، حجم قابل توجهی (نزدیک به 45%) از کل استانداردها را موضوع سلول و مدول فتوولتائیک تشکیل می‌دهد. به‌علاوه، میزان اصلاحیه‌ها و استانداردهای جایگزین در این موضوع بسیار بیشتر از سایر موضوعات بوده است که به نوعی نشان‌دهنده پویایی فعالیت‌های صنعتی در این بخش است.

در نمودار شکل شماره 3 فراوانی استانداردها برحسب مرجع تدوین‌کننده آن نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود، 11 سازمان بین‌المللی در تدوین استانداردهای صنعت فتوولتائیک مشارکت داشته‌اند که در میان آنها، چهار سازمان IEC، DIN-VDE، JSA و ASTM بیشترین سهم را دارند. نکته قابل توجه در این نمودار، سهم IEC در استانداردهای تدوین‌شده در DIN-VDE است. برای مثال، استاندارد آلمانی DIN EN 62446 VDE 0126-23 2010-07 در واقع نسخه آلمانی استاندارد IEC 62446 است. براین اساس، حدود 25% از استانداردهای VDE از استانداردهای IEC اقتباس شده است که این موضوع می‌تواند دلیلی بر اعتبار بالای استانداردهای IEC در حوزه فتوولتائیک باشد. ضمن این‌که تعداد استانداردهای لغو شده در IEC عدد قابل توجهی در حدود 25% از کل استانداردهای تدوین‌شده در این موسسه را نشان می‌دهد که این موضوع نیز به شکلی دیگر پویایی IEC در تدوین استانداردهای متناسب با نیاز روز را بازگو می‌کند. از این منظر، دو موسسه JSA و ASTM نیز وضعیت مناسبی دارند (موضوع اعتبار موسسه استاندارد یکی از معیارهای انتخاب استانداردهای پیشنهادی این پژوهش است و مطابق اطلاعات آماری به‌دست آمده از این نمودارها و البته نظرسنجی نهایی از خبرگان به‌دست می‌آید).

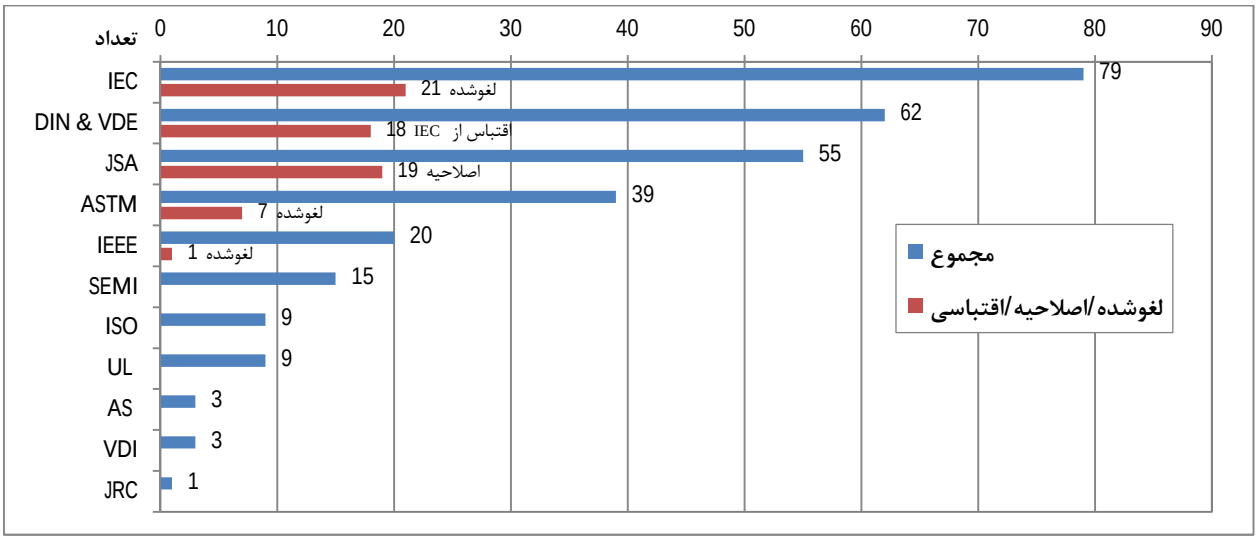
نمودار شکل شماره 4 فراوانی نهایی استانداردها را که از حذف استانداردهای لغو شده، اصلاحیه‌ها و استانداردهای اقتباسی به‌دست آمده، برحسب مرجع تدوین‌کننده آن نشان می‌دهد. این نمودار می‌تواند ملاکی برای ارزیابی زمینه‌های تخصصی فعالیت‌های موسسات بین‌المللی در حوزه فتولوتائیک باشد. به بیان دیگر، در این نمودار علاوه بر تعداد کل استانداردهای تدوین‌شده در هر موسسه، دو موضوعی که بیشترین فراوانی کمی را داشته‌اند، روی نمودار مشخص شده است. سهم این دو موضوع می‌تواند بیانگر سهم تخصصی موسسه مورد نظر در تدوین استانداردها باشد. برای مثال، در اغلب موسسات دو موضوع اول بیش از 75% محتوای استانداردهای آنها را تشکیل می‌دهد (غیر از IEC با 50% و VDE با 67%). یعنی، بیشترین فعالیت تخصصی این موسسات به دو موضوع و باقیمانده آن به سایر 12 موضوع موجود در جدول شماره 2 باز می‌گردد. درصورتی‌که در موسس ه IEC سهم دو موضوع اول کمتر از 50% است که این مسأله در کنار حجم بالای فعالیت‌های IEC نشان از گستردگی حوزه‌های تخصصی این موسسه است که موضوعات مختلف سامانه‌های فتوولتائیک را پوشش می‌دهد. علاوه بر این، دو موضوع اول IEC شامل موضوعات نیروگاهی و سلول و مدول است که به رویکردهای این پژوهش (انتخاب استانداردهای نیروگاهی) بسیار نزدیک‌تر است. در سایر مراجع چنین رویکردی دیده نمی‌شود و اغلب آنها به سلول مدول و موضوع جزئی‌تر دیگری (مثل اتصالات، باتری، تعاریف و ... می‌پردازند.

جدول 2: مقایسه وضعیت استانداردهای جهانی و ملی در زمینه فتوولتائیک

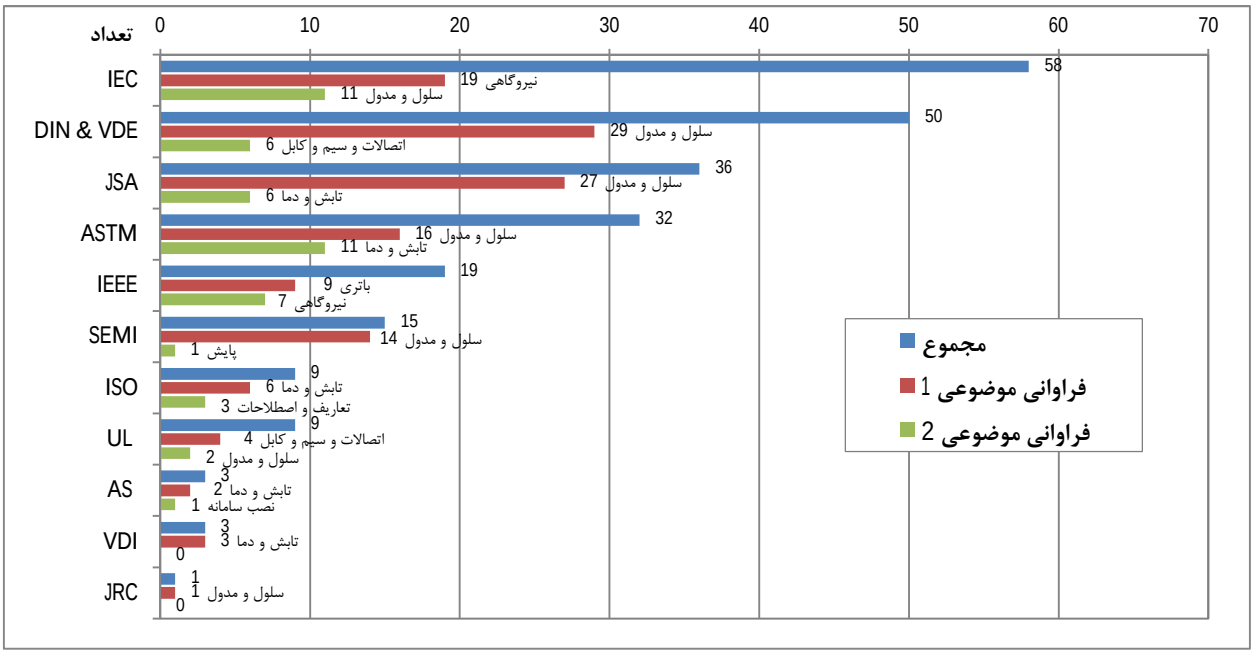
ردیف	موضوع استاندارد	تعداد استاندارد			
		بین‌المللی		ملی	
		مجموع	فعال غیراقتباسی	تدوین شده	درحال تدوین
1	سلول و مدول و آزمون‌های مربوط به آن	135	101	13	8
2	سامانه‌های فتوولتائیک	35	30	4	-
3	عوامل تابش و دما و تأثیر آنها بر عملکرد سامانه	31	30	-	-
4	اینورتر، مبدل و شارژکنترلر	15	14	1	-
5	باتری و آزمون‌های آن	15	14	-	-
6	شبیه‌ساز خورشیدی	12	6	2	1
7	اتصالات و سیم و کابل	11	10	-	-
8	فرم آزمون	11	8	-	-
9	تعاریف و اصطلاحات	10	7	1	-
10	نصب سامانه	9	8	-	-
11	تجهیزات حفاظتی	7	5	-	-
12	تجهیزات پایش سامانه	4	2	1	-
مجموع		295	235	22	9



شکل 2: وضعیت فراوانی موضوعی استانداردهای بین‌المللی تدوین‌شده در زمینه فتوولتائیک



شکل 3: وضعیت مشارکت سازمان‌های بین‌المللی استاندارد در تدوین کل استانداردهای فتوولتائیک



شکل 4: وضعیت تعداد کل استانداردهای فعال فتوولتائیک و دو اولویت موضوعی سازمان‌های بین‌المللی استاندارد

2-6- استانداردهای ملی در زمینه فتوولتائیک

به هر استاندارد ملی تدوین شده در زمینه‌های مختلف پس از تصویب، یک شماره ملی تعلق می‌گیرد. این استانداردها از سایت اینترنتی موسسه استاندارد قابل دسترسی هستند. تا پیش از آغاز این پژوهش (اسفند 1390)، در کشور، 22 استاندارد در زمینه فتوولتائیک تدوین و تصویب شده و 9 استاندارد نیز در دست تدوین قرار داشته است. جدول شماره 3 فهرست استانداردهای ملی تصوب‌شده و جدول شماره 4 فهرست استانداردهای در حال تدوین تا پیش از آغاز این پژوهش را نشان می‌دهد. نگاهی گذرا به این استانداردها نشان می‌دهد که اغلب موضوعات مورد توجه در این سال‌ها (65%) معطوف به استانداردهای سلول و مدول فتوولتائیک و پس از آن، موضوعاتی نظیر سامانه‌های فتوولتائیک و شبیه‌ساز خورشیدی بوده است. استانداردهای در حال تدوین نیز همگی در حوزه سلول و مدول و شبیه‌سازی خورشیدی هستند. این نتایج نشان از خلأ جدی در زمینه توسعه سامانه‌های فتوولتائیک در مقیاس نیروگاهی و متصل به شبکه را نشان می‌دهد. از این رو، در این پژوهش موضوع استانداردهای پیشنهادی با تمرکز بر کاربرد نیروگاهی انتخاب خواهد شد. دیگر نکته قابل تأمل در این جدول، سهم مراجع بین‌المللی IEC و ASTM در تدوین استانداردهای ملی فتوولتائیک است که می‌تواند ملاکی برای همخوانی این مراجع با شرایط صنعت برق کشور باشد[1].

جدول 3: فهرست استانداردهای ملی تدوین شده کمیته ملی استاندارد در زمینه فتوولتائیک (تا پایان اسفند 1390)

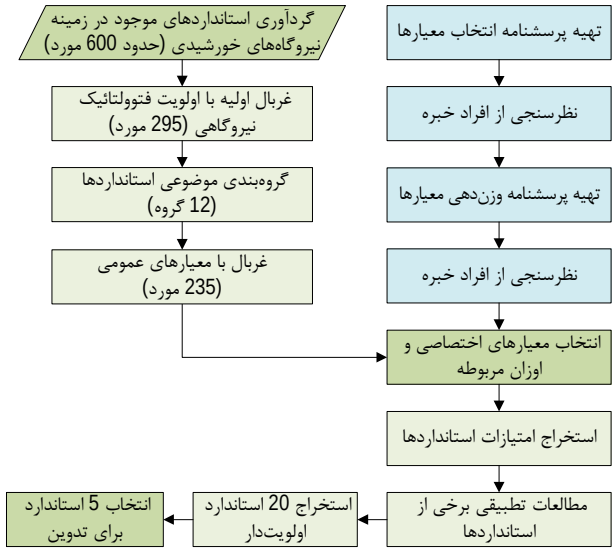
ردیف	شماره ملی	شماره جلسه	تاریخ تصویب	عنوان	استاندارد بین‌المللی مرجع
1	8485	348	84/12/14	مشخصات شبیه‌ساز خورشیدی برای آزمایش فتوو لتائیک زمینی	ASTM E927
2	8486	335	84/07/18	عملکرد الکتریکی سلول‌های فتوولتائیک با استفاده از سلول‌های مرجع تحت نور خورشید شبیه‌سازی‌شده- روش آزمون	ASTM E948
3	8487	348	84/12/14	تعیین پارامتر عدم تطابق طیفی بین یک قطعه فتوولتائیک و یک سلول مرجع فتوولتائیک - روش آزمون	ASTM E973 - 10
4	8488	348	84/12/14	اندازه گیری پاسخ طیفی سلول‌های فتوولتائیک - روش آزمون	ASTM E1021-95
5	8489	348	84/12/14	عملکرد الکتریکی مدول‌ها و آرایه‌های فتوولتائیک زمینی غیرمتمرکز با استفاده از سلول مرجع - روش آزمون	ASTM E1036
6	8490	349	84/12/14	کالیبراسیون سلول‌های مرجع اولیه فتوولتائیک غیر متمرکز سیلیکونی تحت تابش کلی- روش آزمون	ASTM E 1039-94
7	8491	349	84/12/14	مشخصات ویژگی فیزیکی سلول‌های مرجع فتوولتائیک زمینی غیر متمرکز	ASTM E1040 - 10
8	8492	349	84/12/14	مدول‌های فتوولتائیک در محیط‌های با دما و رطوبت چرخه‌ای- روش آزمون	ASTM E1171 - 09
9	8493	335	84/07/18	تبدیل انرژی خورشیدی فتوولتائیک- اصطلاحات و واژه‌ها	ASTM E1328
10	8494	349	84/12/14	کالیبراسیون سلول‌های مرجع ثانویه فتوولتائیک غیر متمرکز- روش آزمون	ASTM E1362
11	8495	349	84/12/14	عایق بندی کامل و پیوستگی مسیر زمینی مدول‌های فتوولتائیک- روش آزمون	ASTM E1462 - 00(2006)
12	8496	348	84/12/14	آزمایش عایق‌بندی کامل رطوبتی مدول‌های فتوولتائیک —روش‌های آزمون	ASTM E1802 - 07
13	11273	472	87/12/24	مقادیر مجاز سامانه‌های پمپاژ فتوولتائیک با اتصال مستقیم	IEC 61702
14	11274-1	472	87/12/24	احراز شرایط ایمنی مدول فتوولتائیک - قسمت اول: الزامات ساختمان مدول	IEC 61730-1: 2004
15	11275	472	87/12/24	سامانه‌های فتوولتائیک- پردازش‌های توان- روش اندازه‌گیری بازده	IEC 61683 Ed. 1.0 en:1999
16	11276	472	87/12/24	پارامترهای مشخصه سامانه‌ای فتوولتائیک (pv) مستقل	IEC 61194 Ed. 1.0 b:1992
17	11277	472	87/12/24	آزمون خوردگی مه نمک مدول‌های فتوولتائیک	IEC 61701
18	11857	475	88/04/10	اجرای تعادل سامانه برای سامانه‌های فتوولتائی- احراز شرایط طراحی محیط‌های طبیعی	IEC 62093
19	11858	475	88/04/10	پایش عملکرد سامانه ی فتوولتائیک-رهنمودهایی برای اندازه گیری، تبادل و تجزیه و تحلیل داده ها	IEC 61724 Ed. 1.0 b:1998
20	11859	475	88/04/10	سامانه‌های فتوولتائیک (pv)- ویژگی‌های اتصال به شبکه	IEC 61727 Ed. 2.0 b:2004
21	11881	477	88/05/26	مدول فتوولتائیک (pv) زمینی سیلیکون کریستالی- احراز شرایط طراحی و تأیید نوع	IEC 61215
22	11882	477	88/05/26	سامانه‌های مستقل فتوولتائیک- تصدیق طراحی	IEC 62124 Ed. 1.0 b:2004

جدول 4: استانداردهای در دست تدوین سازمان استاندارد در زمینه فتوولتائیک (تا پایان اسفند 1390)

ردیف	عنوان	استاندارد بین‌المللی مرجع
1	روش تست استاندارد برای تعیین خطی بودن پارامتر قطعه فتوولتائیک توسط قرار گرفتن در معرض یک پارامتر تست	Ed.2.0 IEC 60904-10:2009
2	مشخصات قطعات فتوولتائیک - قسمت 2 - الزامات سلولهای خورشیدی مرجع	IEC 60904-2 (1989)
3	وسایل فتوولتائیک- قسمت 1: اندازه‌گیری جریان فتوولتائیک- مشخصات ولتاژ	ED2.0:2006-09 IEC 60904-1
4	وسایل فتوولتائیک- قسمت 3: اصول اندازه‌گیری برای وسایل خورشیدی فتوولتائیک (PV) خاکی با داده تابش طیفی مرجع	ED2.0:2008 IEC 60904-3
5	وسایل فتوولتائیک- قسمت 7: محاسبه تصحیح عدم تناسب طیفی برای اندازه‌گیری‌های وسایل فتوولتائیک	ED3.0:2008-11 IEC 60904-7
6	وسایل فتوولتائیک- قسمت 8: اندازه‌گیری پاسخ طیفی یک وسیله فتوولتائیک (PV)	IEC 60904-8 ED
7	وسایل فتوولتائیک- قسمت 9: الزامات عملکرد شبیه‌سازی خورشیدی	IEC 60904-9 ed2.0
8	مدولهای فتوولتائیک لایه نازک- پذیرش نوع و صلاحیت طراحی	Ed.2 IEC 61646: 2008

7- انتخاب استانداردهای مناسب برای تدوین

برای رسیدن به فهرست کاملی از استانداردهای مناسب و گزینش پنج استاندارد نهایی برای تدوین در سازمان ملی استاندارد، فرآیندی از گردآوری، پردازش و اولویت‌دهی استانداردها مطابق شکل شماره 5 انجام شده است. بر این اساس، در غربال اولیه با اولویت استانداردهای فتوولتائیک، 295 استاندارد و در غربال با معیارهای عمومی، 235 استاندارد برای مرحله امتیازدهی باقی ماند. به موازات فرآیند غربال‌گری، تهیه پرسشنامه معیارها و اولویت‌دهی آنها با نظر خبرگان انجام شده است. با مشخص‌شدن وزن معیارهای اختصاصی، امتیازدهی استانداردها انجام و پس از مطالعات تطبیقی نهایی، فهرست 20 استاندارد نهایی مشخص شد. از میان این فهرست نیز با نظر نهایی خبرگان و مطالعه دقیق‌تر محتوای آنها، پنج استاندارد برای تدوین به سازمان ملی استاندارد ایران معرفی و در دستور کار جهاد دانشگاهی صنعتی شریف قرار گرفت. در ادامه این بخش نحوه انتخاب معیارهای عمومی و تخصصی و وزن‌دهی آنها تشریح و فهرست استانداردهای نهایی ارائه می‌شود.



شکل 5: روند انتخاب استانداردهای اولویت‌دار برای تدوین

7-1- معیارهای انتخاب استانداردهای پیشنهادی

مهم‌ترین عامل در انتخاب استانداردهای پیشنهادی انتخاب معیارهای مناسب است. به همین منظور پرسشنامه‌ای برای شناسایی معیارهای مدنظر افراد متخصص و خبره در این امر تهیه شد. براساس کارشناسی و نظرات این افراد و حذف معیارهای تکراری، 10 معیار نهایی انتخاب شد. این معیارها به دو دسته عمومی (معیارهای رد یا پذیرش) و اختصاصی (معیارهای اولویت‌بندی استانداردها) تقسیم و در ادامه توضیح داده شده است.

7-1-1- معیارهای عمومی (رد یا پذیرش)

معیارهای عمومی آن دسته از معیارهایی را شامل می‌شود که رعایت نشدن آنها، کل استاندارد را از روند بررسی و اولویت‌دهی خارج می‌کند. فعال بودن استاندارد، در دسترس بودن آن، همپوشانی نداشتن با استانداردهای جهانی و همخوانی با شبکه برق ایران چهار معیاری هستند که در این دسته می‌گنجند.

1- **فعال بودن استاندارد**: استانداردها معمولا در فواصل زمانی معین بازبینی و درصورت لزوم لغو یا نسخه اصلاحیه‌ای برای آنها منتشر می‌شود. همان‌طور که در بخش تحلیل آماری استانداردها اشاره شد، چنین استانداردهایی در اغلب مراجع دیده می‌شود. از طرفی، برخی استانداردها نیز ممکن است در مرحله تدوین باشند و نسخه منتشر شده آنها حکم پیش‌نویس را داشته باشد. در این موارد، تنها نسخه فعال و تأییدشده استاندارد وارد مرحله امتیازدهی می‌شود.

2- **همپوشانی نداشتن موضوع استانداردها**: برخی استانداردها در واقع نسخه اقتباسی از نسخه موجود یک استاندارد هستند که به‌وسیله مرجع دیگری تدوین شده‌اند. همان‌طور که در بخش تحلیل آماری استانداردهای فتوولتائیک تشریح شد، تعداد قابل توجهی از استانداردها، به‌ویژه استانداردهای مرجع VDE از مرجع IEC اقتباس شده‌اند و از این رو، در این موارد به همان نسخه مرجع اصلی بسنده و نسخه اقتباسی از روند امتیازدهی حذف شده است.

3- **همخوانی با شبکه برق ایران**: برخی از استانداردها صرفا با شبکه برق خاصی سازگار هستند. برای مثال، استاندارد IEEE 1547 برای ولتاژ پایه 120 ولت و فرکانس پایه 60 هرتز تدوین شده است و علی‌رغم ارجاعات شرکت‌های تولید اینورتر به آن، برای شرایط کشور ما (ولتاژ پایه 220 ولت و فرکانس پایه 50 هرتز) مناسب نیست[11 و 12]. بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که استانداردهای IEC بیشترین سهم را در استانداردهای ملی صنعت برق کشور داشته‌اند[13] و به بیان دیگر، این استانداردها با شبکه برق ایران همخوانی بیشتری دارند.

4- **دسترس‌پذیری استاندارد**: برخی از استانداردها علی‌رغم فعال بودن، خرید و دریافت آنها دشوار است یا به دلایلی مثل تحریم، ممکن نیست. در این پژوهش استانداردهایی مورد نظر بوده‌اند که امکان خرید اینترنتی آنها میسر است. برای مثال، استاندارد IEC 62548 که در زمینه الزامات طراحی آرایه‌های فتوولتائیک است، اگرچه در مرجع IEC تدوین شده بود ولی در زمان این پژوهش خریداری آن ممکن نبود[14]. از سوی دیگر، در شرایط یکسان انتخاب استاندارد، استانداردهای اروپایی در اولویت بیشتری نسبت به استانداردهای آمریکایی (به علت مسائل تحریم) قرار دارند. البته، این معیار پس از امتیازدهی استانداردها و به‌عنوان یک عامل غربال‌گری نهایی استفاده شده است.

7-1-2- معیارهای اختصاصی (امتیازی)

معیارهای اختصاصی شامل آن دسته از معیارهایی می‌شود که اولویت‌بندی استانداردها را معین می‌کنند. در انتخاب این معیارها رویکردهایی نظیر کمک به گسترش پروژه‌های احداث نیروگاه‌های فتوولتائیک متصل به شبکه و راه‌اندازی خطوط تولید و آزمایشگاه مرجع سلول و مدول فتوولتائیک در کشور لحاظ شده است. معیارهای این بخش شامل ارتباط موضوعی، درجه اعتبار نسبی، میزان ارجاع سازندگان، تازگی در ایران و زبان استاندارد می‌شود.

1- **نیروگاهی بودن موضوع استاندارد**: در گروه‌بندی استانداردها در بخش تحلیل آماری، برخی استانداردها در گروه سامانه فتوولتائیک قرار گرفتند. رویکرد کلی این استانداردها الزامات طراحی، ساخت و بهره‌برداری سامانه‌های فتوولتائیک است. با توجه به نگرش بومی‌سازی صنعت نیروگاه‌های فتوولتائیک متصل به شبکه در این پژوهش، استانداردهای این حوزه اهمیت بیشتری دارند.

2- **برتری اعتبار و سابقه مرجع استاندارد**: رشته فنی موردنظر

این پژوهش، مهندسی برق است و به همین دلیل، پیشینه فنی و تخصصی مرجع استاندارد نیز باید در نظر گرفته شود. با توجه به تحلیل‌های آماری صورت گرفته در بخش قبل و با مصاحبه با خبرگان این امر، مراجع IEC، UL، VDE و IEEE به ترتیب بیشترین اولویت را به‌دست آوردند.

3- ارجاع شرکت‌های تولید پنل و اینورتر به استاندارد: بررسی ارجاعات شرکت‌های معتبر سازنده مدول و اینورتر می‌تواند معیاری برای اهمیت بالاتر استاندارد مربوطه باشد. برای مثال، استانداردهای IEEE 1547 و UL 1741 مورد ارجاع شرکت‌های سازنده اینورتر و استانداردهای IEC 61730، IEC 61215 و UL 1703 مورد ارجاع اغلب شرکت‌های معتبر ساخت مدول در اروپا، آمریکا و چین است[15 و 21].

4- تشابه نداشتن با استانداردهای تدوین‌شده در ایران: این معیار با هدف انتخاب موضوعات تازه برای استانداردهای پیشنهادی انتخاب شده است. برای مثال، استانداردهای مربوط به شبیه‌ساز خورشیدی قبلا در سازمان استاندارد تدوین شده است و امروز اولویت کمتری دارد. البته در برخی موارد به دلیل اهمیت مباحث (مثل مدول و اینورتر)، استانداردهایی که به ابعاد دیگر این مباحث پرداخته باشد، مورد توجه قرار گرفته است.

5- ارتباط بیشتر با موضوع نیروگاه فتوولتائیک: اگرچه در عنوان برخی استانداردها واژه فتوولتائیک وجود دارد، مطالعه چکیده و فهرست موضوعی آنها نشان می‌دهد که محتوای آنها ارتباط کمتری با مباحث کلان و اصلی تولید برق فتوولتائیک دارد. برای مثال، دو استاندارد IEC 61829 و IEC 60891 به مشخصه‌های ولتاژ- جریان مدول‌های فتوولتائیک اختصاص دارند؛ ولی محتوای آنها بیشتر به رفتار مداری و ریاضی مدول‌ها می‌پردازد[22]. در واقع، این معیار غربالی برای گزینش استانداردهای مناسب احداث نیروگاه است.

6- انگلیسی بودن زبان استاندارد: در انتخاب استانداردها سعی بر آن بوده که استانداردهای با زبان انگلیسی انتخاب شوند. البته در مواردی از استانداردهای با زبان آلمانی به علت اهمیت موضوع آن استاندارد استفاده شده است. از طرفی باید توجه داشت که استانداردهای منتخب باید فرآیند کامل تدوین استاندارد (شکل شماره 1) را پشت سر بگذارند. بنابراین، با توجه به محدودیت خبرگان مسلط به زبان‌های غیرانگلیسی، این معیار اهمیت پیدا می‌کند.

3-1-7- وزن‌دهی معیارهای اختصاصی

در انتخاب ضرایب وزنی که نشان دهنده درجه تأثیرگذاری هر یک از معیارهاست، فرم ساده شده‌ای از روش دلفی استفاده شده است. پس از تعیین معیارها، آنها در اختیار خبرگان حوزه‌مهندسی و مدیریت برق و الکترونیک قرار گرفت تا درجه اهمیت آنها را با اختصاص عددی بین 1 تا 6 تعیین کنند. به این صورت که عدد 6 نشان‌دهنده بیشترین و عدد 1 نشان‌دهنده کمترین اهمیت باشد. هیچ محدودیتی برای استفاده از اعداد بین 1 و 6 وجود نداشت و هر فرد می‌توانست برخی از معیارها را با درجه اهمیت یکسان لحاظ کند. سپس با میانگین‌گیری از درجات تعیین شده توسط هر یک از افراد برای هر معیار، درجه اهمیت نهایی آن براساس درصد مشخص شد. جدول شماره 5 وزن نهایی این معیارها را نشان می‌دهد.

جدول 5: فهرست معیارهای انتخاب استانداردها و اوزان آنها

ردیف	معیار	وزن‌دهی (%)
1	فعال بودن استاندارد شناسایی شده	رد/قبول
2	همپوشانی نداشتن با استانداردهای جهانی	رد/قبول
3	همخوانی با شبکه برق ایران	رد/قبول
4	دسترس‌پذیری استاندارد	رد/قبول
5	نیروگاهی بودن استاندارد	16/8
6	برتری اعتبار و سابقه مرجع جهانی استاندارد	5/9
7	مورد ارجاع شرکت‌های تولید پنل و اینورتر	12/7
8	تشابه نداشتن با استانداردهای تدوین شده در ایران	24/5
9	ارتباط بیشتر با موضوع نیروگاه فتوولتائیک	6/8
10	انگلیسی بودن زبان استاندارد	33/3
	مجموع اوزان	100

2-7- انتخاب استانداردهای نهایی برای تدوین

پس از امتیازدهی استانداردها مطابق با وزن‌دهی معیارهای جدول شماره 5، فهرست 20 استانداردی که بیشترین امتیاز را به‌دست آوردند مطابق جدول شماره 6 جدا و برای تدوین در سازمان ملی استاندارد ایران پیشنهاد داده شد. در این جدول عدد 1 به معنای همخوانی و عدد صفر به معنای مغایرت آن استاندارد با معیار موردنظر است. امتیاز نهایی هر استاندارد نیز از مجموع حاصل‌ضرب این اعداد در وزن معیارها حاصل شده است.

جدول 6: فهرست استانداردهای منتخب[23 و 41]

ردیف	شماره استاندارد	موضوع	عنوان انگلیسی	عنوان انگلیسی	معیار							امتیاز نهایی
					5	6	7	8	9	10		
1	IEC 62446: 2009	نیروگاه‌های فتوولتائیک	Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection	سامانه‌های فتوولتائیک متصل به شبکه- حداقل الزامات برای مستندسازی، آزمون‌های راه‌اندازی و بازرسی سامانه	1	1	0	1	1	1		87
2	IEC 62109-1	نیروگاه‌های فتوولتائیک	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems -- Part 1. General requirements. Publish 2Q 2010	ایمنی مبدل‌های توان برای استفاده در سامانه‌های فتوولتائیک- بخش اول: الزامات عمومی	1	1	0	1	1	1		87
3	IEC 62109-2	اینورتر، مبدل و شارژکنترلر	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems --Part 2. Particular requirements for inverters. Publish 4Q 2010	ایمنی مبدل‌های توان برای استفاده در سامانه‌های فتوولتائیک - بخش 2: الزامات اصلی برای اینورترها	1	1	0	1	1	1		87
4	IEC 62116: 2008	اینورتر، مبدل و شارژکنترلر	Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters	رویه آزمون سنجه‌های پیش‌گیری از حالت جزیره‌ای برای اینورترهای متصل به شبکه	1	1	0	1	1	1		87
5	UL 1703	سلول و مدول و آزمون‌های آن	Standard for Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels	استاندارد برای مدول‌ها و پنل‌های فتوولتائیک صفحه‌تخت	0	0	1	1	1	1		77
6	IEC 61730-2: 2004	سلول و مدول و آزمون‌های آن	Photovoltaic (PV) module safety qualification -Part 2: Requirements for testing; publish 3Q 2010	صلاحیت ایمنی مدول فتوولتائیک - بخش 2: الزامات برای آزمون	1	1	1	1	1	0		76
7	IEC 61836: 2007 Ed 2	تعاریف و اصطلاحات	Solar photovoltaic energy systems - Terms, definitions and symbols	سامانه‌های فتوولتائیک – اصطلاحات، تعاریف و علائم	0	1	0	1	1	1		71
8	IEC/TS 62257-7-1: 2006 Ed 1	نیروگاه‌های فتوولتائیک	Recommendations for small renewable energy and hybrid systems for rural electrification -Part 7-1: Generators - Photovoltaic arrays	توصیه‌هایی برای سامانه‌های کوچک انرژی تجدیدپذیر و هیبرید برای برق‌رسانی روستایی- بخش 7-1: مولدها- آرایه‌های فتوولتائیک	0	1	0	1	1	1		71
9	IEC 60269-6	تجهیزات حفاظتی	Low-voltage fuses , Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems	فیوزهای ولتاژ پایین- بخش 6: الزامات تکمیلی برای رابط‌های فیوز برای حفاظت از سامانه‌های انرژی فتوولتائیک خورشیدی	0	1	0	1	1	1		71
10	IEC 60364-7-12 ed.1 (2002-05)	نصب سامانه	electrical installations of building - part 7-712 : Requirements for special installations or locations – solar Photovoltaic (PV) power supply systems	تأسیسات الکتریکی ساختمان - بخش 7-712: الزامات برای منصوبات یا مکان‌های خاص – سامانه‌های تأمین توان فتوولتائیک خورشیدی	0	1	0	1	1	1		71
11	UL 6703	اتصالات و سیم و کابل	Connctors for Use in Photovoltaic Systems	اتصالات برای استفاده در سامانه‌های فتوولتائیک	0	1	0	1	1	1		71
12	UL 2579	تجهیزات حفاظتی	Low-Voltage Fuses - Fuses for photovoltaic systems	فیوزهای ولتاژ پایین - فیوزهای سامانه‌های فتوولتائیک	0	1	0	1	1	1		71
13	IEC 61853-1	سلول و مدول و آزمون‌های آن	Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating -Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating; publish 1Q 2011	آزمون عملکرد و درجه‌بندی انرژی مدول‌های فتوولتائیک - بخش 1: اندازه‌گیری تابش و دما و درجه‌بندی توان	0	1	0	1	1	1		71
14	UL -SU 4703	اتصالات و سیم و کابل	Photovoltaic Wire	سیم فتوولتائیک	0	0	0	1	1	1		64,6
15	ASTM E1799 - 08	سلول و مدول و آزمون‌های آن	Standard Practice for Visual Inspections of Photovoltaic Modules	شیوه استاندارد برای بازرسی دیداری مدول‌های فتوولتائیک	0	0	0	1	1	1		65
16	IEC 61829	سلول و مدول و تست‌های آن	Crystalline silicon photovoltaic (PV) array - On-site measurement of I-V characteristics	آرایه‌های فتوولتائیک سیلیکونی بلوری – اندازه‌گیری مشخصه‌های I-V در محل نیروگاه	0	1	0	1	0	1		64
17	IEC 60891 ed.2	تابش و دما و تأثیر آنها بر عملکرد سامانه	Photovoltaic devices, Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics	افزارهای فتوولتائیک- رویه‌های اصلاح دما و تابش برای مشخصه‌های I-V اندازه‌گیری‌شده	0	1	0	1	0	1		64
18	UL 1741	اینورتر، مبدل و شارژکنترلر	Standard for Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources (Ed. 2)	استاندارد برای اینورترها، مبدل‌ها، کنترل‌کننده‌ها و تجهیزات سامانه اتصال به شبکه برای استفاده در منابع انرژی پراکنده	0	0	1	1	1	0		53
19	DIN V VDE V 0126-3 VDE V 0126-3:2009-12	اتصلات و سیم و کابل	Connectors for photovoltaic systems , Safety requirements and tests	اتصالات سامانه‌های فتوولتائیک: الزامات و آزمون‌های ایمنی	0	0	1	0	1	1		44
20	DIN EN 62305-3 VDE 0185-305-3 Beiblatt 5:2009-10	تجهیزات حفاظتی	Protection against lightning , Part 3: Physical damage to structures and life hazard – Supplement 5: Lightning and overvoltage protection for photovoltaic power supply systems	حفاظت در برابر صاعقه، بخش 3: آسیب فیزیکی به سازه‌ها و خطر جانی - ضمیمه 5: حفاظت صاعقه و اضافه ولتاژ برای سامانه‌های تأمین انرژی فتوولتائیک	0	1	0	0	1	1		38

8- اقدامات جهاد دانشگاهی صنعتی شریف در تدوین استاندارد فتوولتائیک

پس از پیشنهاد فهرست استانداردهای جدول شماره 6 به سازمان ملی استاندارد ایران و طی شدن مراحل ثبت پیشنهادها، با موافقت کمیته برنامه‌ریزی، دو استاندارد IEC 62446: 2009 و IEC 62109-2 مشمول اولویت موضوعی شدند و با انتخاب دبیر آن از جهاد دانشگاهی صنعتی شریف، این دو استاندارد وارد مرحله تدوین شد. در این بخش مروری کوتاه بر موضوعات، محتوای فنی

و وضعیت اجرایی این استانداردها و همچنین، معرفی نرم‌افزارِ واژگان و اصطلاحات فتوولتائیک (منطبق بر استاندارد IEC 61836:2007ed، اولویت 7 در جدول شماره 6) پرداخته شده است.

8-1- تدوین استاندارد IEC 62446: 2009

نخستین استانداردی که برای تدوین مورد توافق سازمان ملی استاندارد قرار گرفت، استاندارد IEC 62446:2009 با نام «سامانه‌های فتوولتائیک متصل به شبکه- حداقل الزامات برای مستندسازی، آزمون‌های راه‌اندازی و بازرسی سامانه» بود. هدف از تدوین این استاندارد، تعریف حداقل اطلاعات و مستنداتی است که باید پس از نصب یک سامانه فتوولتائیک متصل به شبکه در اختیار مشتری قرار گیرد.

این استاندارد به دو بخش تقسیم می‌شود: بخش اول، الزامات مستندسازی سامانه، شامل حداقل اطلاعاتی که باید از طریق مستندسازی آماده و در اختیار مشتری قرار گیرد؛ و بخش دوم، فرایند تصدیق، شامل اطلاعات مورد انتظار در تصدیق اولیه (دوره‌ای) یک سامانه نصب شده را فراهم می‌کند. پیوست‌های این استاندارد نیز شامل نمونه گواهی تصدیق، نمونه گزارش بازرسی، نمونه گزارش آزمون آرایه فتوولتائیک و دستورالعمل بازرسی آرایه فتوولتائیک با دوربین فروسرخ می‌شود.

پیش‌نویس این استاندارد در جلسات کمیسیون‌های مربوط به جهاد دانشگاهی صنعتی شریف با حضور 19 عضو در طول شش ماه و برگزاری حدود 10 جلسه تهیه و تدوین و در تاریخ 92/04/18 در ششصد و هفتاد و نهمین کمیته ملی برق و الکترونیک تصویب شد و شماره استاندارد ملی 16478 را به خود اختصاص داد.

8-2- تدوین استاندارد IEC 62109-2

دومین استاندارد در دست تدوین جهاد دانشگاهی صنعتی شریف، استاندارد IEC 62109-2 با نام «ایمنی مبدل‌های توان برای استفاده در سامانه‌های فتوولتائیک- بخش 2: الزامات اصلی برای اینورترها» بود. هدف از تدوین این استاندارد، تبیین الزامات ایمنی اختصاصی برای اینورترهای DC به AC مورد استفاده در سامانه‌های قدرت فتوولتائیک است. اینورترهای تحت پوشش این استاندارد ممکن است اینورترهای شبکه تعاملی، مستقل و یا مُد چندگانه[25] باشند، یا ممکن است به یک یا چند مدول فتوولتائیک و یا حتی به با باتری یا شکل‌های دیگر ذخیره انرژی وصل شوند. سرفصل‌های این استاندارد عبارتند از:

1- هدف و دامنه کاربرد؛
2- مراجع الزامی؛
3- اصطلاحات و تعاریف؛
4- الزامات عمومی آزمون؛
5- علامت‌گذاری و مستندسازی؛
6- الزامات و شرایط محیطی؛
7- حفاظت در برابر شوک الکتریکی و خطرات انرژی؛
8- حفاظت در برابر خطرهای مکانیکی؛
9- حفاظت در برابر خطرهای آتش‌سوزی؛
10- حفاظت در برابر خطرهای فشار صوتی؛
11- حفاظت در برابر خطرهای مایع؛
12- حفاظت در برابر خطرهای شیمیایی؛
13- الزامات فیزیکی (آشکارسازی خطا)؛
14- اجزای اینورتر.

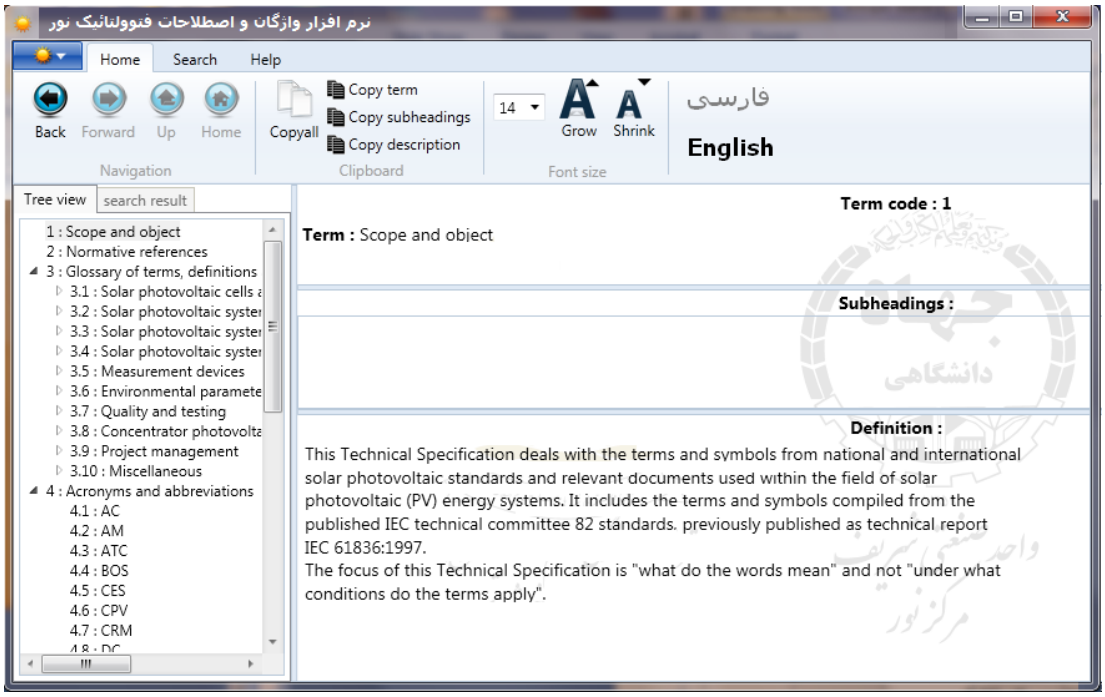
پیش‌نویس این استاندارد در جلسات کمیسیون‌های مربوط به جهاد دانشگاهی صنعتی شریف در دست تهیه و تدوین است.

8-3- تدوین نرم‌افزار تعاریف و اصطلاحات فتوولتائیک (منطبق با استاندارد IEC 61836: 2007 Ed 2)

استاندارد IEC 61836: 2007 Ed 2 با نام «سامانه‌های فتوولتائیک– اصطلاحات، تعاریف و علائم»، یکی دیگر از استانداردهای اولویت‌دار پیشنهادی جهاد دانشگاهی صنعتی شریف بود که به تعریف اصطلاحات و علائم ملی و بین‌المللی مندرج در استانداردهای منتشرشده IEC در کمیته 82 این موسسه می‌پردازد. تمرکز این دفترچه فنی معطوف به ارائه «معنی واژگان» است و به این‌که «در چه شرایطی به‌کار می‌روند»، نمی‌پردازد.

پیش‌نویس این استاندارد توسط گروهی غیر از اعضای جهاد دانشگاهی صنعتی شریف در دست تهیه و تدوین است. با این حال، با توجه به اهمیت آن، محتوای این استاندارد در قالب یک نرم‌افزار دو زبانه (فارسی و انگلیسی) در جهاد دانشگاهی صنعتی شریف تدوین شد. شکل شماره 6 صفحه اول این نرم‌افزار را نشان می‌دهد.

25 Multiple Mode



شکل 6: صفحه اول نرم‌افزار واژگان و اصطلاحات فتوولتائیک «نور»، مبتنی بر استاندارد IEC 61836: 2007 Ed 2

9- نتیجه‌گیری

یکی از الزامات اصلی برای توسعه صنعت نیروگاه‌های فتوولتائیک، شناخت استانداردهای مربوطه در این حوزه و به‌کارگیری آنهاست. در این مقاله ضمن مروری بر تعاریف رایج انواع استانداردها، مراحل تدوین یک استاندارد ملی تشریح شده است. همچنین، برخی از معتبرترین سازمان‌های استاندارد جهانی که در زمینه تدوین استانداردهای انرژی خورشیدی و به‌ویژه فتوولتائیک فعالیت‌های قابل توجهی داشته‌اند، معرفی شدند.

بررسی موضوعی استانداردهای ملی تدوین شده در ایران نشان‌دهنده خلأ جدی در صنعت فتوولتائیک کشور در بخش استانداردهای نیروگاهی است. بیش از 90% استانداردهای تدوین‌شده و در دست تدوین فاقد رویکرد سیستمی نیروگاهای فتوولتائیک و اغلب در حوزه ساخت و آزمون سلول‌ها و مدول‌های فتوولتائیک تمرکز یافته‌اند.

تحلیل و ارزیابی آماری نزدیک به 300 عنوان استاندارد مرتبط با سامانه‌های فتوولتائیک نشان از سهم قابل توجه چهار سازمان IEC، DIN-VDE، JSA و ASTM در تدوین استانداردهای این حوزه است که در میان آنها نیز سازمان IEC از پویایی و تنوع موضوعی بیشتری (به‌ویژه در زمینه استانداردهای نیروگاهی) نسبت به سایر مراجع برخوردار است.

به‌منظور انتخاب استانداردهای مناسب برای پیشنهاد به سازمان ملی استاندارد ایران، دو دسته معیارهای عمومی و اختصاصی جهت غربال‌گری و اولویت‌بندی استانداردها استفاده شد. با اعمال چهار معیار عمومی، 235 استاندارد از مجموع 295 استاندارد به مرحله امتیازدهی براساس معیارهای اختصاصی راه یافتند و با اعمال شش معیار اختصاصی، 20 استاندارد واجد بیشترین اولویت شدند.

از میان استانداردهای پیشنهادی به سازمان ملی استاندارد ایران، تدوین دو استاندارد IEC 62446 (با موضوع حداقل الزامات برای مستندسازی، آزمون‌های راه‌اندازی و بازرسی سامانه) و IEC 62109-2 (با موضوع الزامات اصلی برای ایمنی اینورترها) به جهاددانشگاهی صنعتی شریف واگذار شد. استاندارد IEC 62446 تدوین و با شماره ملی ISIRI 16478 به تصویب کمیته ملی برق و الکترونیک رسید و استاندارد دوم نیز در مرحله تدوین است. در همین زمینه، نرم‌افزار واژگان و اصطلاحات فتوولتائیک نیز مبتنی بر استاندارد IEC 61836: 2007 Ed 2 به دو زبان فارسی و انگلیسی تهیه شد.

10- تقدیر و تشکر

تهیه‌کنندگان این مقاله وظیفه خود می‌دانند از کلیه اعضای پروژه نیروگاه خورشیدی جهاد دانشگاهی صنعتی شریف به خاطر همکاری‌هایشان و به‌طور مشخص، از جناب آقای مهندس معین شیرازی به‌دلیل کمک در تهیه گزیده مطالب این مقاله، از جناب آقای مهندس کوروس حمزه به‌عنوان مشاور پروژه و از سرکار خانم اختر شجاعی اردکانی به دلیل همکاری در تدوین استاندارد تشکر کنند.

فهرست منابع

[1] http://www.isiri.org. (سازمان ملی استاندارد ایران)

[2] Available in http://www.iec.ch/about/activities/

[3] Available in www.astm.org.

[4] Available in www.ieee.org.

[5] International Organization for Standardization. "How are ISO Standards Developed."; Available in: http://www.iso.ch/iso/en/aboutiso/introduction/index.html.

[6] http://www.jsa.or.jp/default_english.asp.

[7] Available in www.vde.de.

[8] Available in www.semi.org.

[9] Underwriter Laboratories; Available in: http://www.ul.com/global/eng/pages/corporate/aboutul/.

[10] WIKIPEDIA; Available in: http://en.wikipedia.org/wiki/Underwriters_Laboratories.

[11] Institute of Electrical and Electronics Engineers, "IEEE Application Guide for IEEE Std 1547™, IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems", New York, USA, 15 April 2009.

[12] American National Standards Institute, "American National Standard for Electric Power Systems and Equipment—Voltage Ratings (60 Hertz)", December 6, 2006.

[13] Available in http://sabainfo.ir/standards-fa.html.

[14] Available in http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:91:0::::FSP_LANG_ID:25#q=62548.

[15] Available in http://www.suna.org.ir. (سازمان انرژی‌های نو ایران)

[16] SMA Company, Sunny Tripower Inverter data sheet, 2011; Available in: http://files.sma.de/dl/8552/STP17000TL-DEN112410W.pdf.

[17] SMA company, Sunnyboy Inverter data sheet, 2011; Available in: http://files.sma.de/dl/4752/SUNNYBOY5678-DUS113530.pdf.

[18] Canadian Solar Company, CS5P-M Data Sheet, 2011; Available in: http://www.canadiansolar.com/dl.php?dir=datasheets&file=MaxPower%20CS6X-P_en.pdf.

[19] Suntech Company, STP230 Data Sheet , 2011; Available in: http://ap.suntech-power.com/images/stories/pdf/datasheets/july2011/STP225_20Wd_EU_APMEA(225-230%20H+S).pdf.

[20] Q-Cell company, Q-peak 245 Datasheet, 2011; Available in: http://www.q-cells.com/uploads/tx_abdownloads/files/Q-Cells_QPEAK_Data_Sheet_EN_2011-08_Rev04_WEB.pdf.

[21] First Solar company, First Solar FS Series 2 PV Module, 2011; Available in: http://www.firstsolar.com/~/media/WWW/Files/Downloads/PDF/Document-Library/Technology/Datasheet_s2.ashx?la=en.

[22] International Electrotechnical commission, IEC 61829 ed1.0," Crystalline silicon photovoltaic (PV) array - On-site measurement of I-V characteristics", 1995; Available in: http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/19547.

[23] International Electrotechnical commission ,IEC 62446 ed1.0," Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection", 2009; Available in: http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/42990.

[24] International Electrotechnical commission, IEC 62109-1 ed1.0," Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements", Appril, 2010; Available in: http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/43969.

[25] International Electrotechnical commission, IEC 62109-2 ed1.0," Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters", 2011; Available in: http://webstore.iec.ch/Webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/45253.

[26] International Electrotechnical commission, IEC 62116 ed1.0," Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters",2008; Available in: http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/41906.

[27] International Electrotechnical commission, IEC 61730-2 ed1.0," Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 2: Requirements for testing",2004; Available in: http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/33275.

[28] International Electrotechnical commission, IEC/TS 61836 ed2.0," Solar photovoltaic energy systems - Terms, definitions and symbols", 2007; Available in: http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/38733.

[29] International Electrotechnical commission IEC/TS 62257-7-1 ed2.0," Recommendations for small renewable energy and hybrid systems for rural electrification - Part 7-1: Generators - Photovoltaic generators",2010;
Available in: http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/44538.
[30] International Electrotechnical commission IEC 60269-6 ed1.0," Low-voltage fuses - Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems", 2010;
Available from: http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/44541.
[31] International Electrotechnical commission, IEC 60364-7-712 ed1.0," Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations - Solar photovoltaic (PV) power supply systems", 2002;
Available from: http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/28745.
[32] Underwriters Laboratories, UL 6703;
Available in: http://ulstandardsinfonet.ul.com/outscope/outscope.asp?fn=6703.html.
[33] Underwriters Laboratories, UL 2579;
Available in: http://ulstandardsinfonet.ul.com/outscope/outscope.asp?fn=2579.html.
[34] Underwriters Laboratories, UL 1741;
Available in: http://ulstandardsinfonet.ul.com/scopes/1741.html.
[35] International Electrotechnical commission, IEC 61853-1 ed1.0, " Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating - Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating", 2011;
Available in: http://webstore.iec.ch/Webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/44766.
[36] Underwriters Laboratories, UL 4703;
Available in: http://ulstandardsinfonet.ul.com/outscope/outscope.asp?fn=4703.html.
[37] Underwriters Laboratories, UL 1703;
Available in: http://ulstandardsinfonet.ul.com/scopes/1703.html.
[38] International Electrotechnical commission, IEC 60891 ed2.0, "Photovoltaic devices - Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics", 2009;
Available in: http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/43615.
[39] Verband der Elektrotechnik und Elektronik, DIN EN 50521 VDE 0126-3:2009-10;
Availabl in: http://www.vde-verlag.de/standards/0126026/din-en-50521-vde-0126-3-2009-10.html.
[40] Verband der Elektrotechnik und Elektronik,, DIN EN 62305-3 VDE 0185-305-3 Beiblatt 5:2009-10;
Available in: http://www.vde-verlag.de/standards/0185041/din-en-62305-3-vde-0185-305-3-beiblatt-1-2009-10.html.
[41] American Society for Testing and Materials, ASTM E1799 - 08 Standard Practice for Visual Inspections of Photovoltaic Modules;
Available in: http://www.astm.org/Standards/E1799.htm.