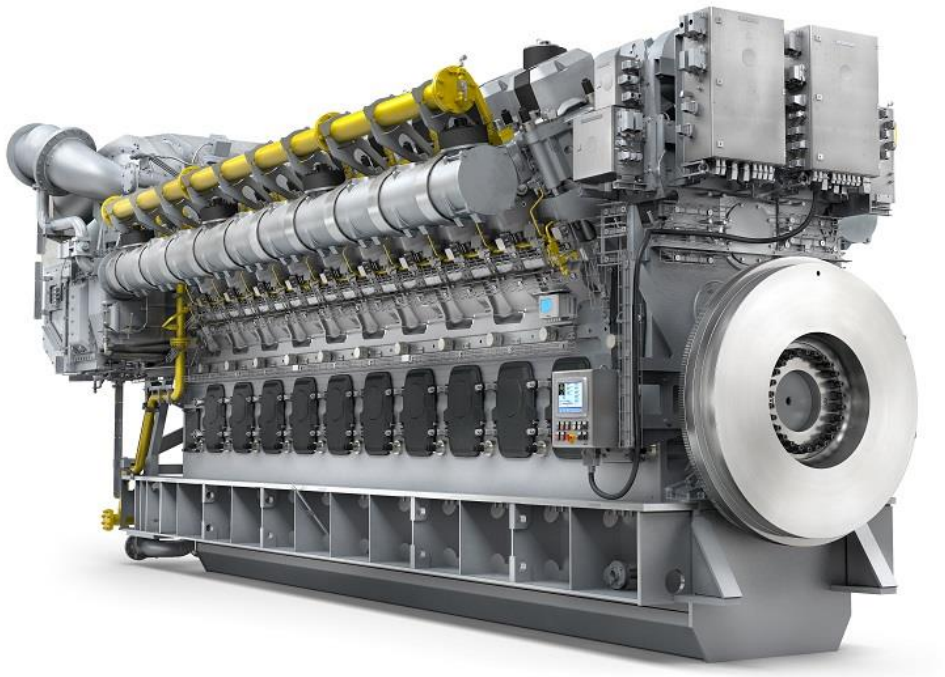
پژوهشگاه نیرو

NRI-ER-910-PEPN174-00-L

تدوین استانداردهای زیست‌محیطی انواع مولدهای مقیاس کوچک گازسوز



مدیر پروژه: پیمان پورمقدم

واحد مجری: طرح توسعه فناوری و مدیریت آلاینده‌ها در صنعت برق

DOI: 10.30503/nripress.2020.342


بسم الله الرحمن الرحيم

تدوین استانداردهای زیست‌محیطی انواع مولدهای مقیاس کوچک گازسوز

مدیر پروژه: **پیمان پورمقدم**

گروه پژوهشی پشتیبان: گروه پژوهشی محیط زیست

همکاران پروژه:

رامین پایدار راوندی

امیر سهرابی کاشانی

سعید نظری کودهی

واحد مجری: طرح توسعه فناوری و مدیریت آلاینده‌ها در صنعت برق

انتشارات پژوهشگاه نیرو

مردادماه ۱۴۰۱

کد ثبت گزارش: NRI-ER-910-PEPN174-00-L

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

ایران. وزارت نیرو. پژوهشگاه نیرو. طرح توسعه فناوری و مدیریت آلاینده‌ها در صنعت برق

تدوین استانداردهای زیست‌محیطی انواع مولدهای مقیاس کوچک گازسوز/ مدیر پروژه: پورمقدم، پیمان. کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۴۰۱.

۹۵ ص.: مصور، نمودار، جدول

۱. پایدار راوندی، رامین، همکار پروژه. ۲. سهرابی کاشانی، امیر، همکار پروژه و مجری.
۳. نظری کودهی، سعید، مدیر واحد مجری. ۴. گروه پژوهشی انرژی و محیط زیست
۴. طرح توسعه فناوری و مدیریت آلاینده ها در صنعت برق

انتشارات پژوهشگاه نیرو

طرح توسعه فناوری و مدیریت آلاینده‌ها در صنعت برق

کلیه حقوق معنوی اثر متعلق به پدیدآورندگان، کلیه حقوق مادی متعلق به پژوهشگاه نیرو و نشر مطالب در حدود متعارف، با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: تهران، شهرک غرب، انتهای بلوار شهید دادمان، پژوهشگاه نیرو، کدپستی: ۱۴۶۸۶۱۳۱۱۳

تلفن: ۹-۸۸۰۷۹۴۰۱

نمابر: ۸۸۰۷۸۲۹۶

وبگاه: www.nri.ac.ir

پست الکترونیک انتشارات: publications@nri.ac.ir

پژوهشگاه نیرو

بسمه تعالی

شماره:
تاریخ:
پیوست:

فرم تعهدنامه اصالت اثر

متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این گزارش حاصل کار پژوهشی اینجانب پیمان پورمقدم، مدیر پروژه تدوین استانداردهای زیست‌محیطی انواع مولدهای مقیاس کوچک گازسوز و همکاران به شرح زیر است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شده است مطابق مقررات، مورد ارجاع قرار گرفته و در فهرست منابع ذکر گردیده است.

■ گزارش حاصل انجام همه مراحل پروژه است.

□ گزارش حاصل انجام ۴ مرحله از ۴ مرحله پروژه است.

همکاران :

۱. رامین پایدار راوندی

۲. امیر سهرابی کاشانی

۳. سعید نظری کودهی

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

پیشگفتار

در شبکه‌های به‌هم‌پیوسته برق تولید انرژی الکتریکی اغلب به‌صورت مرکزی و توسط نیروگاه‌های بزرگ صورت می‌گیرد. کاهش رشد بار در کشور ایران، افزایش یافتن قابل‌توجه هزینه‌های انتقال و توزیع انرژی الکتریکی در دهه‌های اخیر، حاد شدن مسائل زیست‌محیطی و از سوی دیگر توسعه فناوری‌های مولدهای مستقل با کوچک‌مقیاس در جهت کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و افزایش راندمان حرارتی این مولدها مسئولین صنعت برق را متمایل به توسعه فناوری استفاده از این مولدها در کشور کرده است. با توجه به مشوق‌های در نظر گرفته‌شده در کشور ظرفیت مولدهای تولید برق کوچک‌مقیاس دارای روندی صعودی شده است. ظرفیت تولید برق پراکنده از سال ۱۳۹۵ تا سال ۱۳۹۸ از ۸۰۸ مگاوات به ۱۷۳۴ مگاوات رسیده است.

مهم‌ترین سازوکار کنترل آلودگی هوا در این دسته منابع در اغلب کشورها، اعمال استانداردهای ناظر بر تأسیس و فعالیت این منابع بوده است. در حال حاضر تدوین مقررات لازم برای کنترل میزان انتشار آلاینده از مولدهای تولید پراکنده به‌صورت مستقل در ضوابط و استانداردهای زیست‌محیطی ایران دیده نشده است. به دلیل عدم وجود این استانداردهای زیست‌محیطی، مؤلفه‌های زیست‌محیطی این واحدهای نیروگاهی با استاندارد واحدهای بزرگ نیروگاهی مقایسه می‌شوند و به همین دلیل مشکلات زیادی برای بهره‌برداران این مولدها خصوصاً با سازمان محیطزیست کشور به وجود آورده است. لذا تدوین یک استاندارد زیست‌محیطی برای مولدهای گازسوز مستقل از واحدهای بزرگ نیروگاهی در کشور لازم و ضروری است.

پروژه حاضر تحت عنوان "تدوین استانداردهای زیست‌محیطی انواع مولدهای مقیاس کوچک گازسوز " در چهار مرحله باهدف تهیه پیش‌نویس استاندارد زیست‌محیطی انواع مولدهای مقیاس کوچک گازسوز انجام شده است.

در مرحله اول این پروژه فناوری‌های موجود و آتی مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک بررسی و انواع آلودگی‌های تولیدی این مولدها که در استانداردهای بین‌المللی برای آن‌ها محدودیت وضع گردیده، ارائه شده است.

در مرحله دوم این پروژه انواع دستورالعمل ها، خطوط راهنما و استاندارد های زیست محیطی جهت احداث و بهره برداری از مولد های گاز سوز تولید برق مقیاس کوچک در ایران و استانداردهای زیست‌محیطی بهره‌برداری از مولدهای گازسوز تولید برق کوچک‌مقیاس در دنیا بررسی شده و مقیاس تولید برق جهت تدوین پیش‌نویس استاندارد زیست‌محیطی واحدهای تولید پراکنده تعیین شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

فناوری‌های موجود و آتی مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک بررسی و انواع آلودگی‌های تولیدی این مولدها که در استانداردهای بین‌المللی برای آن‌ها محدودیت وضع گردیده، ارائه شده است.

در مرحله سوم و نهایی این پروژه پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های هوا تدوین و به سازمان حفاظت محیط زیست ارائه شده است.

" این گزارش مربوط به مراحل ۱ تا ۴ پروژه تدوین استانداردهای زیست‌محیطی انواع مولدهای مقیاس کوچک گازسوز است که پشتیبانی آن، بر عهده گروه پژوهشی محیط زیست و نظارت بر/داوری آن، بر عهده جناب آقای دکتر رضا صمدی بوده است."

فهرست مطالب

مقدمه مرحله اول.....مرحله اول – ۱

مرحله اول، فصل اول: بررسی فناوری‌های آتی و روند توسعه فناوری مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در دنیا.....مرحله اول – ۲

۱– ۱– مقدمه و تعاریف ارائه‌شده برای تولید پراکنده انرژی در جهان .....مرحله اول – ۳

۱– ۲– وضعیت استفاده از مولدهای تولید پراکنده گازسوز در دنیا .....مرحله اول – ۴

۱– ۳– فناوریهای توسعه‌یافته مولدهای تولید پراکنده گازسوز در دنیا.....مرحله اول – ۶

۱ –۳– ۱– موتورهای گازی احتراق داخلی (موتورهای رفت و برگشتی) .....مرحله اول – ۱۰

۱–۱–۳–۱– تولیدکنندگان موتورهای گازی احتراق داخلی.....مرحله اول – ۱۱

۱ –۳– ۲– توربین گازی.....مرحله اول – ۱۵

۱–۲–۳–۱– تولیدکنندگان توربین گازی مقیاس کوچک .....مرحله اول – ۱۵

۱ –۳– ۳– میکرو توربین .....مرحله اول – ۱۶

۱–۳–۳–۱– انواع میکرو توربین .....مرحله اول – ۱۷

۲–۳–۳–۱– زمینه‌های کاربرد میکرو توربین.....مرحله اول – ۱۸

۳–۳–۳–۱– تولیدکنندگان میکرو توربین .....مرحله اول – ۱۸

۱ –۳– ۴– موتور استرلینگ .....مرحله اول – ۲۰

۱ –۳– ۵– پیل سوختی اکسید جامد .....مرحله اول – ۲۱

۱– ۴– بررسی میزان فروش و روند توسعه فناوریهای مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در جهان.....مرحله اول – ۲۲

۱ –۴– ۱– میزان فروش و روند توسعه موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گازی.....مرحله اول – ۲۲

۱ –۴– ۲– میزان فروش و روند توسعه میکرو توربین در جهان .....مرحله اول – ۲۵

۱ –۴– ۳– میزان فروش و روند توسعه موتور استرلینگ در جهان .....مرحله اول – ۲۶

۱ –۴– ۴– میزان فروش و روند توسعه پیلهای سوختی SOFC در جهان .....مرحله اول – ۲۷

۱– ۵– مقایسه فناوریهای مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک و روند توسعه فناوریها در آینده .....مرحله اول – ۲۸

مرحله اول، فصل دوم: بررسی فناوری های موجود و شرکت های ارائه دهنده مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در کشور.....مرحله اول – ۳۲

۲– ۱– مقدمه .....مرحله اول – ۳۳

۲– ۲– مزایای استفاده از مولدهای تولید پراکنده DG در ایران.....مرحله اول – ۳۳

۲– ۳– قوانین و الزامات مرتبط با راندمان مولدهای تولید پراکنده.....مرحله اول – ۳۴

۲– ۴– نیروگاه‌های تولید پراکنده DG و CHP گازی نصب‌شده در ایران .....مرحله اول – ۳۴

۲– ۵– برندهای مولدهای تولید پراکنده مورد تأیید مرکز توسعه تولید پراکنده ایران .....مرحله اول – ۳۶

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲- ۶- شرکت‌های ارائه‌دهنده مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک خارجی ..... مرحله اول - ۳۸
۲- ۷- سازندگان ایرانی مولدهای گازسوز تولید برق کوچک‌مقیاس ..... مرحله اول - ۴۰
۲ -۷- ۱- سازندگان ایرانی توربین گازی کوچک‌مقیاس ..... مرحله اول - ۴۰
۲ -۷- ۲- سازندگان ایرانی موتورهای احتراق داخلی گازسوز ..... مرحله اول - ۴۰
۲- ۸- نتیجه‌گیری ..... مرحله اول - ۴۱

مرحله اول، فصل سوم: بررسی مشخصات فنی فناوری‌های موجود مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در کشور ..... مرحله اول - ۴۲
۳- ۱- مقدمه ..... مرحله اول - ۴۳
۳- ۲- مشخصات برندهای موتورهای احتراق داخلی گازسوز نصب‌شده در ایران ..... مرحله اول - ۴۳
۳ -۲- ۱- اصطلاحات مرتبط با مشخصات موتورهای احتراق داخلی ..... مرحله اول - ۴۳
۳ -۲- ۲- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Caterpillar ..... مرحله اول - ۴۴
۳ -۲- ۳- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت MWM ..... مرحله اول - ۴۴
۳ -۲- ۴- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Guascor ..... مرحله اول - ۴۴
۳ -۲- ۵- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت MTU ..... مرحله اول - ۴۴
۳ -۲- ۶- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت JENBACHER ..... مرحله اول - ۴۸
۳ -۲- ۷- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت R Schmitt ..... مرحله اول - ۴۸
۳ -۲- ۸- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Wartsila ..... مرحله اول - ۴۸
۳ -۲- ۹- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Perkins ..... مرحله اول - ۴۸
۳ -۲- ۱۰- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Hyundai ..... مرحله اول - ۵۱
۳ -۲- ۱۱- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Siemens ..... مرحله اول - ۵۱
۳ -۲- ۱۲- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Mitsubishi ..... مرحله اول - ۵۳
۳ -۲- ۱۳- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Rolls Royce ..... مرحله اول - ۵۳
۳ -۲- ۱۴- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Kawasaki ..... مرحله اول - ۵۳
۳ -۲- ۱۵- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Cummins ..... مرحله اول - ۵۳
۳ -۲- ۱۶- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Liebherr ..... مرحله اول - ۵۳
۳ -۲- ۱۷- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Doosan ..... مرحله اول - ۵۷
۳ -۲- ۱۸- مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Scania ..... مرحله اول - ۵۷
۳- ۳- مشخصات برندهای توربین‌های گازی کوچک مقیاس نصب‌شده در ایران ..... مرحله اول - ۵۹
۳ -۳- ۱- مشخصات فنی توربین گازی MGT-30 شرکت توگا ..... مرحله اول - ۵۹
۳ -۳- ۲- مشخصات فنی توربین گازی Siemens ..... مرحله اول - ۶۰

مرحله اول، فصل چهارم: بررسی و شناخت انواع آلودگی‌های مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک مشتمل بر آلاینده‌های هوا، آلاینده‌های آب‌وخاک و آلودگی فیزیکی و صوتی ..... مرحله اول - ۶۱

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۴- ۱- مقدمه ..... مرحله اول - ۶۲
۴- ۲- استانداردهای محدودیت میزان انتشار از مولدهای رفت و برگشتی گازسوز تولید برق (ساکن) ..... مرحله اول - ۶۲
۴ -۲- ۱- مقررات بانک جهانی - مقررات عمومی EHS ..... مرحله اول - ۶۲
۴ -۲- ۲- پروتکل UN-ECE گوتنبرگ ..... مرحله اول - ۶۲
۴ -۲- ۳- آمریکای شمالی : ایالات‌متحده امریکا ..... مرحله اول - ۶۳
۴ -۲- ۴- آمریکای شمالی : کانادا ..... مرحله اول - ۶۵
۴ -۲- ۵- اروپا : اتحادیه اروپا ..... مرحله اول - ۶۶
۴ -۲- ۶- اروپا : آلمان ..... مرحله اول - ۶۷
۴ -۲- ۷- اروپا : بلژیک ..... مرحله اول - ۶۷
۴ -۲- ۸- اروپا : فنلاند ..... مرحله اول - ۶۷
۴ -۲- ۹- اروپا : فرانسه ..... مرحله اول - ۶۷
۴ -۲- ۱۰- اروپا : هلند ..... مرحله اول - ۶۷
۴ -۲- ۱۱- اروپا : اتریش ..... مرحله اول - ۶۷
۴ -۲- ۱۲- اروپا : روسیه ..... مرحله اول - ۷۰
۴ -۲- ۱۳- اروپا : سوئیس ..... مرحله اول - ۷۰
۴ -۲- ۱۴- اروپا : جمهوری چک ..... مرحله اول - ۷۰
۴ -۲- ۱۵- آسیا : هند ..... مرحله اول - ۷۰
۴ -۲- ۱۶- آسیا : ژاپن ..... مرحله اول - ۷۱
۴- ۳- استانداردهای محدودیت میزان انتشار توربین‌های گازی ..... مرحله اول - ۷۱
۴ -۳- ۱- بانک جهانی - مقررات عمومی EHS ..... مرحله اول - ۷۱
۴ -۳- ۲- آمریکای شمالی : ایالات‌متحده امریکا ..... مرحله اول - ۷۱
۴ -۳- ۳- آمریکای شمالی : کانادا ..... مرحله اول - ۷۲
۴ -۲- ۱۷- اروپا : اتحادیه اروپا ..... مرحله اول - ۷۲
۴ -۲- ۱۸- آسیا : چین ..... مرحله اول - ۷۳
۴ -۲- ۱۹- آسیا : هند ..... مرحله اول - ۷۳
۴- ۴- آلودگیهای مولدهای تولید پراکنده مرتبط با آلاینده‌های آب‌وخاک ..... مرحله اول - ۷۳
۴- ۵- جمع‌بندی ..... مرحله اول - ۷۴
نتیجه‌گیری مرحله اول ..... مرحله اول - ۸۰
مراجع مرحله اول ..... مرحله اول - ۸۲

مرحله دوم، فصل اول: بررسی دستورالعمل‌ها و خطوط راهنما جهت احداث مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در کشور ..... مرحله دوم - ۲
۱- ۱- مقدمه ..... مرحله دوم - ۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱- ۲- تعاریف .....مرحله دوم - ۳

۱- ۳- دستورالعمل اتصال به شبکه مولدهای مقیاس کوچک
(مراحل دریافت مجوز احداث نیروگاه مقیاس کوچک) .....مرحله دوم - ۴

۱ -۳- ۱- موافقت‌نامه احداث .....مرحله دوم - ۷

۱ -۳- ۲- پروانه احداث.....مرحله دوم - ۹

۱- ۴- قوانین و الزامات مرتبط با راندمان مولدهای تولید پراکنده.....مرحله دوم - ۱۰

۱- ۵- قوانین و الزامات مرتبط با حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از مولدهای گازسوز تولید برق در ایران .....مرحله دوم - ۱۰

مرحله دوم، فصل دوم: بررسی استانداردهای زیست‌محیطی بهره‌برداری از مولدهای گازسوز تولید برق کوچک‌مقیاس در دنیا.....مرحله دوم - ۱۲

۲- ۱- مقدمه .....مرحله دوم - ۱۳

۲- ۲- مقادیر طراحی‌شده برای انتشار آلاینده‌ها در موتورهای احتراق داخلی گازسوز
(ارائه شده در کاتالوگ سازندگان).....مرحله دوم - ۱۳

۲ -۲- ۱- برند کاترپیلار.....مرحله دوم - ۱۳

۲ -۲- ۲- برند MWM .....مرحله دوم - ۱۳

۲ -۲- ۳- برند Guascor.....مرحله دوم - ۱۷

۲ -۲- ۴- برند MTU .....مرحله دوم - ۱۷

۲ -۲- ۵- برند Jenbacher .....مرحله دوم - ۱۷

۲ -۲- ۶- برند Schmit.....مرحله دوم - ۱۷

۲ -۲- ۷- برند Perkins .....مرحله دوم - ۲۱

۲ -۲- ۸- برند Hyundai .....مرحله دوم - ۲۱

۲- ۳- حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از مولدهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق .....مرحله دوم - ۲۳

۲ -۳- ۱- روابط و ضرایب استفاده‌شده در تبدیل واحدها.....مرحله دوم - ۲۳

۲ -۳- ۲- مقررات بانک جهانی - مقررات عمومی EHS .....مرحله دوم - ۲۳

۲ -۳- ۳- آمریکای شمالی : ایالات‌متحده امریکا .....مرحله دوم - ۲۴

۲ -۳- ۴- آمریکای شمالی : کانادا .....مرحله دوم - ۲۷

۲ -۳- ۵- اروپا : اتحادیه اروپا.....مرحله دوم - ۲۷

۲ -۳- ۶- اروپا : آلمان .....مرحله دوم - ۲۹

۲ -۳- ۷- اروپا : بلژیک.....مرحله دوم - ۲۹

۲ -۳- ۸- اروپا : فنلاند .....مرحله دوم - ۲۹

۲ -۳- ۹- اروپا : فرانسه .....مرحله دوم - ۲۹

۲ -۳- ۱۰- اروپا : هلند .....مرحله دوم - ۲۹

۲ -۳- ۱۱- اروپا : اتریش.....مرحله دوم - ۲۹

۲ -۳- ۱۲- اروپا : روسیه .....مرحله دوم - ۲۹

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲ -۳- ۱۳- اروپا : جمهوری چک ..... مرحله دوم - ۳۵
۲ -۳- ۱۴- اروپا : سوئیس ..... مرحله دوم - ۳۵
۲ -۳- ۱۵- آسیا : ژاپن ..... مرحله دوم - ۳۷
۲ -۳- ۱۶- آسیا : هند ..... مرحله دوم - ۳۷
۲ -۳- ۱۷- اروپا : دانمارک ..... مرحله دوم - ۳۷
۲ -۳- ۱۸- آسیا : ایران ..... مرحله دوم - ۳۷
۲- ۴- حدود مجاز میزان انتشار صدا از مولدهای احتراق داخلی و توربین گاز ..... مرحله دوم - ۳۹
۲ -۴- ۱- استاندارد حدود مجاز صدا در هوای آزاد ایران ..... مرحله دوم - ۳۹
۲ -۴- ۲- حدود مجاز انتشار صدا در هوای آزاد، پیشنهادشده توسط سازمان بهداشت جهانی ..... مرحله دوم - ۳۹
۲ -۴- ۳- آمریکا : استاندارد COGCC ..... مرحله دوم - ۳۹
۲ -۴- ۴- اتحادیه اروپا ..... مرحله دوم - ۴۰
۲ -۴- ۵- اروپا: آلمان ..... مرحله دوم - ۴۰
۲ -۴- ۶- آسیا : هند ..... مرحله دوم - ۴۰
۲ -۴- ۷- مشخصات حدود مجاز انتشار صدا در کشورهای مختلف جهان ..... مرحله دوم - ۴۱
۲- ۵- حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس ..... مرحله دوم - ۴۱
۲ -۵- ۱- مقررات بانک جهانی - مقررات عمومی EHS ..... مرحله دوم - ۴۱
۲ -۵- ۲- آمریکای شمالی : ایالات‌متحده امریکا ..... مرحله دوم - ۴۱
۲ -۵- ۳- آمریکای شمالی : کانادا ..... مرحله دوم - ۴۱
۲ -۵- ۴- اروپا : اتحادیه اروپا ..... مرحله دوم - ۴۳
۲ -۵- ۵- آسیا : چین ..... مرحله دوم - ۴۳
۲ -۵- ۶- آسیا : هند ..... مرحله دوم - ۴۳
۲ -۵- ۷- اروپا : اتریش ..... مرحله دوم - ۴۳
۲ -۵- ۸- اروپا : فرانسه ..... مرحله دوم - ۴۳
۲ -۵- ۹- اروپا : سوئیس ..... مرحله دوم - ۴۳
۲ -۵- ۱۰- اروپا : آلمان ..... مرحله دوم - ۴۸
۲ -۵- ۱۱- اروپا : دانمارک ..... مرحله دوم - ۴۸
۲ -۵- ۱۲- آسیا : ژاپن ..... مرحله دوم - ۴۸
۲ -۵- ۱۳- اروپا : هلند ..... مرحله دوم - ۴۸
۲ -۵- ۱۴- آسیا : اندونزی ..... مرحله دوم - ۴۸
۲ -۵- ۱۵- آسیا : ایران ..... مرحله دوم - ۴۸
۲- ۶- جمعبندی حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از مولدهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در جهان ..... مرحله دوم - ۵۱
۲ -۶- ۱- آلاینده NOx ..... مرحله دوم - ۵۱

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲ -۶- ۲- آلاینده CO ..... مرحله دوم - ۵۳

۲ -۶- ۳- آلاینده SO2 ..... مرحله دوم - ۵۵

۲ -۶- ۴- آلاینده ذرات معلق PM ..... مرحله دوم - ۵۷

۲ -۶- ۵- آلاینده مواد آلی فرار VOC ..... مرحله دوم - ۵۸

۲- ۷- جمعبندی حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس تولید برق در جهان ..... مرحله دوم - ۵۹

۲ -۷- ۱- آلاینده NOx ..... مرحله دوم - ۵۹

۲ -۷- ۲- آلاینده SO2 ..... مرحله دوم - ۶۲

۲ -۷- ۳- آلاینده ذرات معلق PM ..... مرحله دوم - ۶۳

مرحله دوم، فصل سوم: تعیین مقیاس تولید برق جهت تدوین پیش‌نویس استاندارد زیست‌محیطی واحدهای تولید پراکنده ..... مرحله دوم - ۶۵

۳- ۱- طبقهبندی مولدهای مقیاس کوچک در ایران ..... مرحله دوم - ۶۶

۳- ۲- طبقهبندی توان تولید موتورهای احتراق داخلی در حدود مجاز و استانداردهای بین‌المللی انتشار آلاینده‌ها .. مرحله دوم - ۶۶

۳- ۳- طبقهبندی توان تولید توربینهای گازی در حدود مجاز و استانداردهای بین‌المللی انتشار آلاینده‌ها ..... مرحله دوم - ۶۹

۳- ۴- تعیین مقیاس تولید برق موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس ..... مرحله دوم - ۷۰

نتیجه گیری مرحله دوم ..... مرحله دوم - ۷۱

مراجع مرحله دوم ..... مرحله دوم - ۷۴

مرحله سوم، فصل اول: پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز ..... مرحله سوم - ۲

۱- ۱- مقدمه ..... مرحله سوم - ۳

۱- ۲- مقادیر انتشار آلاینده‌های هوای حاصل از نمونه‌برداری‌های انجام‌شده از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در ایران ..... مرحله سوم - ۳

۱- ۳- تعیین دسته‌بندی‌های مقررات انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز ..... مرحله سوم - ۴

۱ -۳- ۱- دسته‌بندی نوع سوخت ..... مرحله سوم - ۴

۱ -۳- ۲- دسته‌بندی نوع موتور احتراق داخلی ..... مرحله سوم - ۵

۱ -۳- ۳- دسته‌بندی توان تولید برق موتور ..... مرحله سوم - ۵

۱ -۳- ۴- دسته‌بندی جدید یا قدیمی بودن موتور ..... مرحله سوم - ۶

۱ -۳- ۵- دسته‌بندی شرایط کارکرد موتور (اضطراری/ غیر اضطراری/...) ..... مرحله سوم - ۶

۱ -۳- ۶- دسته‌بندی زمان اجرای مقررات (حال / آینده) ..... مرحله سوم - ۶

۱- ۴- آلایندهها ..... مرحله سوم - ۷

۱- ۵- مقادیر حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از موتورهای احتراق داخلی گازسوز در پیش‌نویس ارائه شده به سازمان حفاظت از محیط‌زیست ..... مرحله سوم - ۹

۱ -۵- ۱- مقادیر حدود مجاز میزان انتشار NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز ..... مرحله سوم - ۹

۱ -۵- ۲- حدود مجاز میزان انتشار CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز ..... مرحله سوم - ۱۴

۱ -۵- ۳- حدود مجاز میزان انتشار SO2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز ..... مرحله سوم - ۱۹

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱ -۵- ۴- حدود مجاز میزان انتشار ذرات معلق PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز ..... مرحله سوم – ۲۱

۱- ۶- پیش‌نویس مقررات ارائه شده به سازمان حفاظت محیط‌زیست ..... مرحله سوم – ۲۲

مرحله سوم، فصل دوم: پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های هوا از توربینهای گازی کوچک‌مقیاس ..... مرحله سوم – ۲۵

۲- ۱- مقدمه ..... مرحله سوم – ۲۶

۲- ۲- حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از توربینهای گازی مقیاس کوچک ..... مرحله سوم – ۲۶

مرحله سوم، فصل سوم: پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های صدا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز و توربین‌های گازی
..... مرحله سوم – ۳۱

۳- ۱- پیش‌نویس استانداردهای نشر آلاینده‌های صدا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز و توربین‌های گازی..... مرحله سوم – ۳۲

مرحله سوم، فصل چهارم: پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های آب‌وخاک از مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک ..... مرحله سوم – ۳۴

۴- ۱- پیش‌نویس استانداردهای انتشار آلاینده‌های آب‌وخاک از مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک ..... مرحله سوم – ۳۵

نتیجه گیری مرحله سوم و چهارم ..... مرحله سوم – ۳۶

مراجع مرحله سوم و چهارم ..... مرحله سوم – ۳۷

فهرست جداول

جدول(۱-۱)- نام‌گذاری‌های مختلف ارائه‌شده برای تولید پراکنده ..... مرحله اول - ۳
جدول(۲-۱)-تعاریف و مشخصات ارائه‌شده برای مولدهای تولید پراکنده ..... مرحله اول - ۴
جدول(۳-۱)-مشخصات مولدهای تولید پراکنده حرارتی نصب‌شده در کشور روسیه تا سال ۲۰۱۸ ..... مرحله اول - ۶
جدول(۴-۱)- مشخصات، مزایا و معایب فناوریهای متداول تولید پراکنده گازسوز ..... مرحله اول - ۷
جدول(۵-۱)-مشخصات شرکت‌های مطرح سازنده موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در جهان .....مرحله اول - ۱۱
جدول(۶-۱)- مشخصات موتورهای رفت و برگشتی مولد برق فروخته‌شده در نقاط مختلف جهان در سال ۲۰۱۹.....مرحله اول - ۱۳
جدول(۷-۱)-مشخصات کیفی موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق .....مرحله اول - ۱۴
جدول(۸-۱)-مشخصات شرکت‌های مطرح سازنده توربین‌های گازی تولید برق در جهان، در ۲۰۲۰.....مرحله اول - ۱۵
جدول(۹-۱)- مشخصات توربین‌های گازی مولد برق فروخته‌شده در نقاط مختلف جهان در سال ۲۰۱۹ .....مرحله اول - ۱۶
جدول(۱۰-۱)-مشخصات شرکت‌های مطرح سازنده میکرو توربین در جهان.....مرحله اول - ۱۹
جدول(۱۱-۱)-مشخصات شرکت‌های مطرح سازنده موتورهای استرلینگ گازسوز تولید برق در جهان.....مرحله اول - ۲۱
جدول(۱۲-۱)-مشخصات شرکت‌های مطرح ارائه‌دهنده پیل‌های سوختی SOFC در جهان.....مرحله اول - ۲۲
جدول(۱۳-۱)- ظرفیت فروش سالانه توربین‌های گازی با ظرفیت تولید کمتر از ۳۰ مگاوات در جهان.....مرحله اول - ۲۳
جدول(۱۴-۱)- ظرفیت فروش سالانه موتورهای احتراق داخلی در جهان .....مرحله اول - ۲۳
جدول(۱۵-۱)- ظرفیت فروش سالانه موتورهای احتراق داخلی گازسوز در جهان.....مرحله اول - ۲۴
جدول(۱۶-۱)-بازار فروش پیل سوختی SOFC مسطح در جهان، بازه زمانی ۲۰۱۸-۲۰۲۵ (میلیون دلار).....مرحله اول - ۲۸
جدول(۱۷-۱)-بازار فروش پیل سوختی SOFC لوله‌ای در جهان، بازه زمانی ۲۰۱۸-۲۰۲۵ (میلیون دلار).....مرحله اول - ۲۸
جدول(۱۸-۱)-مقایسه کیفی فناوریهای مختلف مولدهای تولید پراکنده گازسوز.....مرحله اول - ۳۰
جدول(۱۹-۱)-مقایسه مؤلفه‌های کمی و بازار فروش مولدهای تولید پراکنده گازسوز .....مرحله اول - ۳۰
جدول(۱-۲)- مشخصات نیروگاه‌های برق تولید پراکنده گزارش‌شده در آمار تفصیلی صنعت برق ایران، ۱۳۹۸ .....مرحله اول - ۳۴
جدول(۲-۲)- برندها و مدلهای مولدهای تولید پراکنده مورد تأیید مرکز توسعه تولید پراکنده ایران .....مرحله اول - ۳۶
جدول(۳-۲)- نمایندگیها و مراکز فروش برندهای مطرح مولدهای گازسوز کوچک‌مقیاس در ایران .....مرحله اول - ۳۸
جدول(۱-۳)- استاندارد آلایندگی NSPS، 40 CFR Part 60 Subpart JJJJ.....مرحله اول - ۴۳
جدول(۲-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه‌شده ژنراتورهای گازی Caterpillar توسط فروشندگان ایرانی.....مرحله اول - ۴۶
جدول(۳-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه‌شده ژنراتورهای گازی MWM توسط فروشندگان ایرانی .....مرحله اول - ۴۶
جدول(۴-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه‌شده ژنراتورهای گازی GUASCOR توسط فروشندگان ایرانی.....مرحله اول - ۴۷
جدول(۵-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه‌شده ژنراتورهای گازی MTU توسط فروشندگان ایرانی .....مرحله اول - ۴۷
جدول(۶-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه‌شده ژنراتورهای گازی Genbacher توسط فروشندگان ایرانی.....مرحله اول - ۴۹
جدول(۷-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی R Schmitt توسط فروشندگان ایرانی.....مرحله اول - ۴۹
جدول(۸-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی Wartsilaتوسط فروشندگان ایرانی.....مرحله اول - ۵۰
جدول(۹-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده برخی ژنراتورهای گازی Perkins توسط فروشندگان ایرانی.....مرحله اول - ۵۰
جدول(۱۰-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده برخی ژنراتورهای گازی Hyundai توسط فروشندگان ایرانی .....مرحله اول - ۵۲
جدول(۱۱-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Siemens .....مرحله اول - ۵۲
جدول(۱۲-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Mitsubishi .....مرحله اول - ۵۵
جدول(۱۳-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Rolls Royce.....مرحله اول - ۵۵
جدول(۱۴-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Kawasaki .....مرحله اول - ۵۵
جدول(۱۵-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Cummins.....مرحله اول - ۵۶
جدول(۱۶-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Liebherr .....مرحله اول - ۵۶
جدول(۱۷-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Doosan.....مرحله اول - ۵۸

جدول(۱۸-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Scania .....مرحله اول - ۵۸
جدول(۱۹-۳)- مشخصات فنی توربین گازی MGT-30 شرکت توگا .....مرحله اول - ۵۹
جدول(۲۰-۳)- مشخصات توربینهای گازی کوچک‌مقیاس شرکت Siemens .....مرحله اول - ۶۰
جدول(۱-۴)- آلاینده‌های محدودشده در استاندارد بانک جهانی برای موتورهای ساکن گازسوز (SI) .....مرحله اول - ۶۲
جدول(۲-۴)- آلاینده‌های محدودشده در استاندارد UN-ECE گوتنبرگ برای موتورهای احتراق داخلی ساکن
گازسوز .....مرحله اول - ۶۲
جدول(۳-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد NSPS موتورهای ساکن گازسوز (SI)
در ایالات‌متحده آمریکا .....مرحله اول - ۶۴
جدول(۴-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد NESHAP موتورهای رفت و برگشتی گازسوز (SI) ساکن در
ایالات‌متحده آمریکا .....مرحله اول - ۶۴
جدول(۵-۴)- دسته‌بندی موتور و مکان‌های استفاده از استانداردهای عملکردی MSAPR [۶۸].....مرحله اول - ۶۵
جدول(۶-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد MSAPR برای موتورهای رفت و برگشتی گازسوز (SI) ساکن
در کانادا .....مرحله اول - ۶۵
جدول(۷-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد انتشار آلاینده از مراکز صنعتی در اتحادیه اروپا .....مرحله اول - ۶۶
جدول(۸-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد واحدهای احتراقی متوسط (دستورالعمل MCP)
در اتحادیه اروپا .....مرحله اول - ۶۶
جدول(۹-۴)-مشخصات الزامات استاندارد ۱۴/۲۰۰۰ / EC برای انتشار آلاینده‌های صوتی مولدهای تولید برق
در اتحادیه اروپا .....مرحله اول - ۶۶
جدول(۱۰-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد TA Luft 2002 (TAL) و 44th BImSchV (BIm)
موتورهای گازسوز ساکن در آلمان .....مرحله اول - ۶۸
جدول(۱۱-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد VLAREM II موتورهای گازسوز ساکن در بلژیک...مرحله اول - ۶۸
جدول(۱۲-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده برای موتورهای گازسوز ساکن در فنلاند .....مرحله اول - ۶۹
جدول(۱۳-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد Arrêté 2910 موتورهای گازسوز ساکن در فرانسه.....مرحله اول - ۶۹
جدول(۱۴-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد BEMS موتورهای گازسوز ساکن در کشور هلند.....مرحله اول - ۶۹
جدول(۱۵-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده موتورهای گازسوز ساکن در کشور اتریش.....مرحله اول - ۶۹
جدول(۱۶-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده موتورهای رفت و برگشتی گازسوز ساکن
در استاندارد GOST 31967-2012 ، کشور روسیه .....مرحله اول - ۷۰
جدول(۱۷-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده موتورهای رفت و برگشتی گازسوز ساکن در استاندارد
Luftreinhalteverordnung کشور سوئیس.....مرحله اول - ۷۰
جدول(۱۸-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده موتورهای رفت و برگشتی گازسوز ساکن
در استاندارد act 415/2012 Sb جمهوری چک .....مرحله اول - ۷۰
جدول(۱۹-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات سازمان حفاظت از محیطزیست کشور هند
برای مولدهای گازسوز تولید برق.....مرحله اول - ۷۱
جدول(۲۰-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات سازمان حفاظت از محیطزیست کشور ژاپن
برای مولدهای گازسوز تولید برق.....مرحله اول - ۷۱
جدول(۲۱-۴)- آلاینده‌های محدودشده در استاندارد بانک جهانی برای توربین گازی .....مرحله اول - ۷۱
جدول(۲۲-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات سازمان حفاظت از محیطزیست آمریکا
برای توربین‌های گازی، CFR 40 Subpart KKKK .....مرحله اول - ۷۱
جدول(۲۳-۴)- مشخصات آلاینده‌های خطرناک محدودشده در مقررات NESHAP برای توربین‌های گازی،
NESHAP 40 CFR 63 Subpart YYYY.....مرحله اول - ۷۲

جدول(۲۴-۴)- مشخصات آلاینده‌های خطرناک محدودشده در دستورالعمل‌های کاهش انتشار NOx
برای توربین‌های گازی در کشور کانادا .....مرحله اول - ۷۲
جدول(۲۵-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات EU/۷۵/۲۰۱۰ اتحادیه اروپا
برای توربین‌های گازی .....مرحله اول - ۷۲
جدول(۲۶-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات BAT اتحادیه اروپا برای توربین‌های گازی .....مرحله اول - ۷۲
جدول(۲۷-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات ۸۰/۲۰۰۱ / EC اتحادیه اروپا
برای مولدهای احتراقی بزرگ .....مرحله اول - ۷۲
جدول(۲۸-۴)- مشخصات محدودیت‌های ملی برای میزان انتشار آلاینده از توربین‌های گازی در کشورهای اروپایی .....مرحله اول - ۷۳
جدول(۲۹-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد GB 13223-2011 کشور چین،
برای توربین‌های گازی .....مرحله اول - ۷۳
جدول(۳۰-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات PCLS/4/2000-2001 کشور هند،
برای توربین‌های گازی .....مرحله اول - ۷۳
جدول(۳۱-۴)- مشخصات آلاینده‌های دارای محدودیت انتشار در استانداردهای انتشار آلایندههای موتورهای احتراقی
گازسوز ساکن در نقاط مختلف جهان .....مرحله اول - ۷۵
جدول(۳۲-۴)- مشخصات آلاینده‌های دارای محدودیت انتشار در استانداردهای انتشار آلایندههای توربین گازی
در نقاط مختلف جهان .....مرحله اول - ۷۸
جدول(۱-۱)- دستورالعمل‌ها و الزامات مرتبط با نیروگاه‌های مقیاس کوچک گازسوز ..... مرحله دوم - ۳
جدول(۲-۱)- طبقه‌بندی مولدهای تولید پراکنده گازسوز ..... مرحله دوم - ۳
جدول(۳-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا در صنایع نیروگاه‌ها .....مرحله دوم - ۱۱
جدول(۱-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز
شرکت کاترپیلار .....مرحله دوم - ۱۴
جدول(۲-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف
مولدهای گازسوز شرکت MWM .....مرحله دوم - ۱۶
جدول(۳-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز
شرکت گاسکور .....مرحله دوم - ۱۸
جدول(۴-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز
شرکت MTU .....مرحله دوم - ۱۹
جدول(۵-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز
شرکت Jenbacher.....مرحله دوم - ۱۹
جدول(۶-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز
شرکت Schmit .....مرحله دوم - ۲۰
جدول(۷-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز
شرکت Perkins .....مرحله دوم - ۲۲
جدول(۸-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز
شرکت Hyundai.....مرحله دوم - ۲۲
جدول(۹-۲)-مقررات بانکجهانی برای حدود مجاز انتشار آلایندهها از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق .....مرحله دوم - ۲۳
جدول(۱۰-۲)- استاندارد NSPS برای حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق جدید
در ایالات‌متحده آمریکا .....مرحله دوم - ۲۵
جدول(۱۱-۲)-استاندارد NESHAP برای حدود مجاز انتشار آلاینده‌های خطرناک از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق
در ایالات‌متحده آمریکا .....مرحله دوم - ۲۶

جدول(۱۲-۲)-الزامات استاندارد MSAPR مربوط به انتشارهای آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI تولید برق در کانادا.....مرحله دوم - ۲۷
جدول(۱۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در بخشنامه‌های انتشار آلاینده از مراکز صنعتی (IED) و انتشار آلاینده در واحدهای احتراقی متوسط (MCP) در اروپا .....مرحله دوم - ۲۸
جدول(۱۴-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در استانداردهای TA Luft 2002 و 44th BImSchV 2018 کشور آلمان.....مرحله دوم - ۳۱
جدول(۱۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در استاندارد VLAREM II کشور بلژیک.....مرحله دوم - ۳۲
جدول(۱۶-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در راهنمای کنترل آلاینده‌های کشور فنلاند .....مرحله دوم - ۳۲
جدول(۱۷-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در استاندارد Arrêté 2910 کشور فرانسه .....مرحله دوم - ۳۳
جدول(۱۸-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در استاندارد BEMS کشور هلند.....مرحله دوم - ۳۴
جدول(۱۹-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در قانون فدرال کشور اتریش .....مرحله دوم - ۳۵
جدول(۲۰-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در استاندارد GOST 31967-2012 کشور روسیه ۳۵
جدول(۲۱-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در مقررات act 415/2012 Sb کشور چک .....مرحله دوم - ۳۶
جدول(۲۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در بخشنامه هوای پاک کشور سوئیس.....مرحله دوم - ۳۶
جدول(۲۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق کشور ژاپن.....مرحله دوم - ۳۷
جدول(۲۴-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق کشور هند.....مرحله دوم - ۳۷
جدول(۲۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق کشور دانمارک.....مرحله دوم - ۳۸
جدول(۲۶-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از در صنایع نیروگاهها در کشور ایران.....مرحله دوم - ۳۸
جدول(۲۷-۲)- حدود مجاز صدا در هوای آزاد ایران.....مرحله دوم - ۳۹
جدول(۲۸-۲)- حدود مجاز پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی برای انتشار صدا.....مرحله دوم - ۳۹
جدول(۲۹-۲)- حدود مجاز انتشار صدا مطابق مقررات COGCC ایالات آمریکا .....مرحله دوم - ۳۹
جدول(۳۰-۲)-مشخصات الزامات استاندارد EC/۱۴/۲۰۰۰ برای انتشار آلاینده‌های صوتی مولدهای تولید برق در اتحادیه اروپا .....مرحله دوم - ۴۰
جدول(۳۱-۲)- حدود مجاز انتشار صدا در محیطزیست کشور آلمان، مقررات TA Lärm .....مرحله دوم - ۴۰
جدول(۳۲-۲)- حدود مجاز انتشار صدا طبق استاندارد سازمان حفاظت از محیطزیست کشور هند.....مرحله دوم - ۴۰
جدول(۳۳-۲)- حدود مجاز انتشار صدا در کشورهای مختلف جهان .....مرحله دوم - ۴۱
جدول(۳۴-۲)-مقررات بانک جهانی برای حدود مجاز انتشار آلایندهها از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس .....مرحله دوم - ۴۱
جدول(۳۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی مقیاس کوچک مطابق با استاندارد NSPS ایالات‌متحده آمریکا .....مرحله دوم - ۴۲
جدول(۳۶-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی مقیاس کوچک مطابق با قوانین حفاظت از محیطزیست کشور کانادا.....مرحله دوم - ۴۲
جدول(۳۷-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در بخشنامه انتشار آلاینده از مراکز صنعتی (IED) اتحادیه اروپا .....مرحله دوم - ۴۴

جدول(۳۸-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق
در بخشنامه انتشار آلاینده در واحدهای احتراقی متوسط (MCP) اتحادیه اروپا.....مرحله دوم - ۴۴
جدول(۳۹-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی مطابق با استاندارد GB 13223-2011 کشور چین ....مرحله دوم - ۴۵
جدول(۴۰-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی مطابق با استاندارد PCLS/4/2000-2001
کشور هند.....مرحله دوم - ۴۵
جدول(۴۱-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق در قانون فدرال کشور اتریش .....مرحله دوم - ۴۵
جدول(۴۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق در استاندارد Arrêté 2910
کشور فرانسه.....مرحله دوم - ۴۶
جدول(۴۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق
در بخشنامه هوای پاک کشور سوئیس.....مرحله دوم - ۴۷
جدول(۴۴-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق در استانداردهای TA Luft 2002 و 2018
44th BImSchV کشور آلمان .....مرحله دوم - ۴۹
جدول(۴۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق کشور دانمارک.....مرحله دوم - ۴۹
جدول(۴۶-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربینهای گازی تولید برق در کشور ژاپن.....مرحله دوم - ۴۹
جدول(۴۷-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربینهای گازی تولید برق در کشور هلند.....مرحله دوم - ۵۰
جدول(۴۸-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربینهای گازی تولید برق در کشور اندونزی .....مرحله دوم - ۵۰
جدول(۴۹-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از در صنایع نیروگاهها در کشور ایران.....مرحله دوم - ۵۰
جدول(۱-۳)- طبقه‌بندی مولدهای تولید پراکنده گازسوز .....مرحله دوم - ۶۶
جدول(۱-۱)- خلاصه مقادیر ارائه‌شده در جدول پیوست ۱-۱ (مقادیر انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز برخی
مرحله دوم - نیروگاه‌های تولید پراکنده ایران) .....مرحله سوم - ۳
جدول(۲-۱)- مش مرحله دوم - خصات آلاینده‌هایی که در ۱۹ مقررات و استاندارد بین‌المللی موتورهای احتراق داخلی گازسوز
که برای آنها محدودیت میزان انتشار وضع شده است .....مرحله سوم - ۸
جدول(۳-۱)- مقادیر حدود مجاز انتشار آلاینده NO_x از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (ارائه شده در پیش‌نویس) .....مرحله سوم - ۱۳
جدول(۴-۱)- مقادیر حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (ارائه شده در پیش‌نویس) .....مرحله سوم - ۱۸
جدول(۵-۱)- مقادیر حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز، ارائه شده
در پیش‌نویس مقررات جدید ارائه شده به سازمان محیطزیست.....مرحله سوم - ۲۱
جدول(۱-۳)- حدود مجاز صدا در هوای آزاد ایران .....مرحله سوم - ۳۲
جدول(۲-۳)- حدود مجاز انتشار صدا در محیطزیست کشورهای مختلف جهان.....مرحله سوم - ۳۳

فهرست اشکال

شکل(۱-۱)- استفاده‌کنندگان مولدهای تولید پراکنده گازسوز در چین ..... مرحله اول - ۴
شکل(۱-۲)- ظرفیت سالانه مولدهای تولید پراکنده نصب‌شده در آمریکا..... مرحله اول - ۵
شکل(۱-۳)- ظرفیت تجمعی مولدهای تولید پراکنده نصب‌شده در آمریکا..... مرحله اول - ۵
شکل (۱-۴)- ظرفیت سالانه انواع مولدهای تولید پراکنده احتراق داخلی نصب‌شده در آمریکا ..... مرحله اول - ۵
شکل(۱-۵)- دسته‌بندی فناوریهای توسعه‌یافته مولدهای تولید پراکنده..... مرحله اول - ۶
شکل(۱-۶)- موتور رفت و برگشتی .....مرحله اول - ۱۰
شکل(۱-۷)- توربین گازی .....مرحله اول - ۱۵
شکل(۱-۸)- دیاگرام فرایندی میکرو توربین.....مرحله اول - ۱۷
شکل(۱-۹)- انواع موتور استرلینگ.....مرحله اول - ۲۰
شکل(۱-۱۰)- موتور استرلینگ پیستون آزاد .....مرحله اول - ۲۰
شکل(۱-۱۱)- نحوه تولید برق در پیل سوختی .....مرحله اول - ۲۲
شکل(۱-۱۲)- ظرفیت فروش سالانه توربین‌های گازی و موتورهای احتراق داخلی در جهان .....مرحله اول - ۲۳
شکل(۱-۱۳)- تعداد فروش سالانه توربین‌های گازی و موتورهای احتراق داخلی در جهان.....مرحله اول - ۲۳
شکل(۱-۱۴)- آمار فروش سالانه موتورهای احتراق داخلی گازسوز در جهان .....مرحله اول - ۲۴
شکل(۱-۱۵)- درصد فروش سالانه موتورهای احتراق داخلی بر اساس نوع سوخت در جهان .....مرحله اول - ۲۴
شکل(۱-۱۶)- تعداد فروش میکرو توربین در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ و پیش‌بینی آن تا ۲۰۲۹.....مرحله اول - ۲۶
شکل(۱-۱۷)- میزان فروش میکرو توربین‌ها در بازه زمانی ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۶.....مرحله اول - ۲۶
شکل(۱-۱۸)-درصد استفاده از فناوریهای micro-CHP در جهان، محدوده سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ .....مرحله اول - ۲۷
شکل(۱-۱۹)-درصد استفاده از فناوریهای micro-CHP در اروپا، محدوده سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰.....مرحله اول - ۲۷
شکل(۱-۲)-توزیع تعداد مکانهای نصب برندهای مختلف مولدهای تولید پراکنده در ایران .....مرحله اول - ۳۵
شکل(۱-۳)- توربین گاز MGT-30 ساخت شرکت توگا.....مرحله اول - ۵۹
شکل(۱-۱)- مراحل صدور پروانه بهره‌برداری ..... مرحله دوم - ۸
شکل(۲-۱)- مراحل مربوط به انجام مطالعات فنی توسط مشاور سرمایه‌گذار و ارائه نتایج به شرکت برق ..... مرحله دوم - ۹
شکل(۱-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله دوم - ۵۱
شکل(۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۲
شکل(۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت مصرفی گاز طبیعی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۲
شکل(۴-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله دوم - ۵۲
شکل(۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۳
شکل(۶-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۴

شکل(۷-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت مصرفی گاز طبیعی
در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۴
شکل(۸-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر آن)
در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۴
شکل(۹-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با
سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3
در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۵
شکل(۱۰-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با
سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3
در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۵
شکل(۱۱-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با
سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3
در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۶
شکل(۱۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO2 از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوختهای مصرفی
(بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله دوم - ۵۶
شکل(۱۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با
سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3
در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۷
شکل(۱۴-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با
سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3
در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۷
شکل(۱۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر
آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله دوم - ۵۸
شکل(۱۶-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده VOC از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با
سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3
در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۹
شکل(۱۷-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده VOC از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با
سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3
در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه.....مرحله دوم - ۵۹
شکل(۱۸-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از توربینهای گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در
کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله دوم - ۶۰
شکل(۱۹-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx توربینهای گازی با سوخت سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای
مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله دوم - ۶۰
شکل(۲۰-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از توربینهای گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در
کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله دوم - ۶۱
شکل(۲۱-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO توربینهای گازی با سوخت سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای
مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله دوم - ۶۲
شکل(۲۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO2 از توربینهای گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در
کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله دوم - ۶۲
شکل(۲۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO2 توربینهای گازی با سوخت سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای
مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله دوم - ۶۳

شکل(۲۴-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از توربینهای گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله دوم - ۶۳
شکل(۲۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM توربینهای گازی با سوخت سایر سوختهای مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله دوم - ۶۴
شکل(۱-۳)- طبقه‌بندی توان تولید موتورهای احتراق داخلی در مقررات و استانداردهای انتشار آلایندههای هوا از موتورهای احتراق داخلی کشورهای مختلف جهان، بر اساس میزان حرارت ورودی به موتور.....مرحله دوم - ۶۷
شکل(۲-۳)- طبقه‌بندی توان تولید موتورهای احتراق داخلی در مقررات و استانداردهای انتشار آلایندههای هوا از موتورهای احتراق داخلی کشورهای مختلف جهان، بر اساس حداکثر ظرفیت نامی تولید برق موتور .....مرحله دوم - ۶۸
شکل(۳-۳)- طبقه‌بندی توان تولید توربینهای گازی در مقررات و استانداردهای انتشار آلایندههای هوا از توربینهای گازی کشورهای مختلف جهان، بر اساس میزان حرارت ورودی به توربین گازی .....مرحله دوم - ۶۹
شکل(۱-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه .....مرحله سوم - ۱۰
شکل(۲-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI قدیمی و موجود با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه.....مرحله سوم - ۱۱
شکل(۳-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوختهای گازی) برحسب mg/Nm3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه.....مرحله سوم - ۱۲
شکل(۴-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI موجود با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوختهای گازی) برحسب mg/Nm3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه.....مرحله سوم - ۱۳
شکل(۵-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه .....مرحله سوم - ۱۵
شکل(۶-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI موجود با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه .....مرحله سوم - ۱۶
شکل(۷-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوختهای گازی) برحسب mg/Nm3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه.....مرحله سوم - ۱۷
شکل(۸-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI موجود و قدیمی با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوختهای گازی) برحسب mg/Nm3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه .....مرحله سوم - ۱۸
شکل(۹-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید و موجود با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه.....مرحله سوم - ۲۰
شکل(۱۰-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید و موجود با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه .....مرحله سوم - ۲۰
شکل(۱۱-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه .....مرحله سوم - ۲۱
شکل(۱۲-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه.....مرحله سوم - ۲۲
شکل(۱-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از توربینهای گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله سوم - ۲۷
شکل(۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از توربینهای گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله سوم - ۲۹
شکل(۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO2 از توربینهای گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه .....مرحله سوم - ۳۰

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

مقدمه مرحله اول

در سال‌های اخیر تجدید ساختار صنعت برق و همچنین خصوصی‌سازی این صنعت مطرح و در کشور اعمال گشته است. طی این مدت به خاطر بالا بردن بازده بهره‌برداری و تشویق سرمایه‌گذاران، صنعت برق دستخوش تغییرات اساسی ازلحاظ مدیریت و مالکیت گردیده است، به‌طوری‌که برای ایجاد فضای رقابتی مناسب، بخش‌های مختلف آن ازجمله تولید، انتقال و توزیع از هم مستقل گردیده‌اند. این مسائل و مباحث باعث شده تا استفاده از واحدهای تولیدی کوچک‌مقیاس تحت عنوان "تولیدات پراکنده DG[1]" به‌عنوان یک انتخاب مناسب جهت تولید و پاسخگویی به افزایش تقاضای مصرف مطرح شود. مشوق‌های ارائه‌شده در این زمینه موجب شده که در یک دهه اخیر ظرفیت مولدهای تولید برق کوچک‌مقیاس روندی صعودی داشته باشد به‌گونه‌ای که ظرفیت تولید برق پراکنده از سال ۱۳۹۵ تا سال ۱۳۹۸ از ۸۰۸ مگاوات به ۱۷۳۴ مگاوات رسیده است. در حال حاضر به دلیل عدم وجود استانداردهای زیست‌محیطی مستقل ، پارامترهای زیست‌محیطی این واحدهای نیروگاهی با استاندارد واحدهای بزرگ نیروگاهی مقایسه می‌شوند و به همین دلیل مشکلات زیادی برای بهره‌برداران این مولدها خصوصاً با سازمان محیط‌زیست کشور به وجود آورده است. این پروژه در چهار مرحله باهدف تهیه پیش‌نویس استاندارد زیست‌محیطی انواع مولدهای مقیاس کوچک گازسوز تعریف شده است. مرحله اول این گزارش شامل ۴ فصل به شرح زیر است:

- در فصل اول گزارش فناوری‌های آتی و روند توسعه فناوری مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در دنیا بررسی شده است.
- در فصل دوم گزارش فناوری‌های موجود مولدهای برق تولید پراکنده در ایران بررسی و مشخصات شرکت‌های ارائه‌دهنده مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک ارائه شده‌اند.
- در فصل سوم گزارش مشخصات فنی فناوری‌های موجود مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در ایران ارائه شده‌اند.
- در فصل چهارم و انتهایی گزارش انواع آلودگی‌های مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک که در استانداردهای بین‌المللی برای آن‌ها محدودیت انتشار وضع‌شده‌اند بررسی شده است.

[1] Distributed Generation

مرحله اول : فصل اول

۱- بررسی فناوری‌های آتی و روند توسعه فناوری مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در دنیا

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۱- ۱- مقدمه و تعاریف ارائه‌شده برای تولید پراکنده انرژی در جهان

تولیدات پراکنده به‌صورت محلی مورداستفاده قرار می‌گیرند یعنی این تولیدات نزدیک مصرف بوده و نیازی به انتقال انرژی الکتریکی خروجی آن‌ها در مسافت‌های طولانی ندارد. هرچه مصرف‌کننده نزدیک‌تر باشد هزینه تأمین انرژی الکتریکی نیز کاهش خواهد یافت. از سوی دیگر در مناطق درحال‌توسعه و یا روستاها، با توجه به پراکندگی بار، هزینه‌های توسعه خطوط انتقال و توزیع بسیار زیاد است. لذا در این موارد استفاده از تولیدات پراکنده به‌منظور تأمین برق موردنیاز این‌گونه مشترکین از صرفه‌های اقتصادی بالایی برخورداراست.

در ادبیات علمی اتفاق‌نظر مشترک و روشنی در تعریف DG ارائه نشده است[۱]. برای تمایز تولید پراکنده برق و برق تولیدشده در نیروگاه‌های بزرگ تعاریف و نام‌گذاری‌های مختلفی در نقاط مختلف دنیا ارائه شده است. ازنقطه‌نظر نام‌گذاری در کشورهای مختلف نام‌های مختلفی برای تولید پراکنده ارائه شده است که برخی از نام‌گذاری‌های ارائه‌شده در جدول(۱-۱) ارائه شده‌اند.

جدول(۱-۱)- نام‌گذاری‌های مختلف ارائه‌شده برای تولید پراکنده [۲]

منطقه / کشور	نام‌گذاری
آمریکای جنوبی و استرالیا	Embedded Generation
آمریکای شمالی	Dispersed Generation
آسیا و اروپا	Decentralised Generation

در ادامه ، مروری کوتاه بر تعاریف اصلی استفاده‌شده در سطح بین‌المللی برای تولید پراکنده ارائه شده است[۱].

- موسسه مهندسان برق و الکترونیک[1] IEEE: طبق تعریف این موسسه مولدهای تولید پراکنده مولدهایی با اندازه کوچک‌تر از نیروگاه‌های برق هستند، معمولاً ۱۰ مگاوات یا کمتر از آن، گونه‌ای که امکان اتصال در هر نقطه از شبکه برق را دارا هستند[۱, ۳].
- شورای جهانی سامانه‌های فشارقوی[2] CIGRE: طبق تعریف این شورا مولدهای تولید پراکنده مولدهایی هستند که به‌صورت متمرکز برنامه‌ریزی نشده‌اند و به‌صورت مستقیم به شبکه توزیع یا مصرف متصل شده و ظرفیت تولید کمتر از ۵۰-۱۰۰ مگاوات را دارا هستند[۱, ۴].
- آژانس بین‌المللی انرژی [3] IEA: طبق تعریف این آژانس مولدهای تولید پراکنده مولدهایی هستند که برق موردنیاز مصرف‌کننده‌ها را در مکان مصرف تولید نموده یا به‌عنوان پشتیبانی از شبکه توزیع مورداستفاده قرار گیرند[۱, ۴].
- وزارت انرژی آمریکا [4] DOE: طبق تعریف وزارت انرژی آمریکا مولدهای تولید پراکنده در نزدیکی محل استفاده به کار گرفته می‌شوند. ظرفیت این واحدها از کمتر از ۱ کیلووات تا ده‌ها مگاوات تعریف شده است[۵].
- موسسه تحقیقاتی برق آمریکا[5] EPRI: طبق تعریف این موسسه مولدهای تولید پراکنده شامل مولدهای تولید برق یا ذخیره کننده‌های کوچک از چند کیلووات تا ۵۰ مگاوات هستند که معمولاً در نزدیکی مصرف‌کننده یا پست‌های توزیع و پست‌های انتقال فرعی قرار می‌گیرند.

تعاریف ارائه‌شده به شکل خلاصه در جدول ارائه شده‌اند.

[1] Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (IEEE)
[2] The International Council on Large Electricity Systems (CIGRE)
[3] International Energy Agency (IEA)
[4] International Energy Agency (IEA)
[5] Electric Power Research Institute (EPRI)

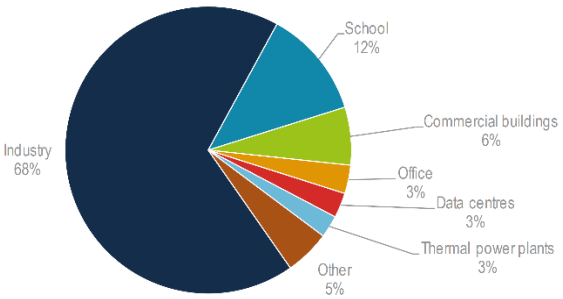
DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۲-۱)-تعاریف و مشخصات ارائه‌شده برای مولدهای تولید پراکنده

موسسه / کشور	ظرفیت و مشخصه	مرجع
IEEE	۱۰ مگاوات و کمتر	[۱, ۳]
CIGRE	کمتر از ۵۰-۱۰۰ مگاوات	[۱, ۴]
DOE	۱ کیلووات تا ده‌ها مگاوات	[۵]
EPRI	چند کیلووات تا ۵۰ مگاوات	[۱]
Gas Research Institute	۲۰-۲۵ مگاوات	[۶]
انگلیس و ولز	کمتر از ۱۰۰ مگاوات	[۶]
سوئد	مولدهای با حداکثر ظرفیت ۱/۵ مگاوات (مزرعه‌های بزرگ با تعداد بالای مولد کوچک تا ۱۰۰۰ مگاوات نیز تولید پراکنده در نظر گرفته می‌شوند)	[۶]
نیوزلند	کمتر از ۵ مگاوات	[۶]
استرالیا	کمتر از ۳۰ مگاوات	[۷]
اتحادیه اروپا	کمتر از ۵۰ مگاوات	[۱]

۱-۲- وضعیت استفاده از مولدهای تولید پراکنده گازسوز در دنیا

کشور چین : توسعه استفاده از مولدهای تولید پراکنده گازسوز بخش مهمی از استراتژی انرژی چین به شمار آمده و در برنامه پنج‌ساله سیزدهم چین برای توسعه انرژی (۲۰۱۶-۲۰۲۰) به آن اشاره شده است. طبق این برنامه توسعه مولدهای تولید پراکنده گازسوز چین متمرکز بر توسعه نیروگاه‌های ترکیبی تولید هم‌زمان برق، گرما و سرما (CCHP[1]) بوده که در استراتژی ملی توسعه انرژی این کشور لحاظ شده است. طبق این برنامه ظرفیت نصب‌شده مولدهای تولید پراکنده گازسوز در چین در سال ۲۰۲۰ بیش از ۵۰ گیگاوات در نظر گرفته شده است[۸]. طبق پیش‌بینی آژانس بین‌المللی انرژی IEA دستیابی به این ظرفیت بسیار خوش‌بینانه بوده و تنها ۱۵ گیگاوات ظرفیت نصب‌شده مولدهای تولید پراکنده گازسوز تا ۲۰۲۰ محقق خواهد شد[۹]. طبق آمار آژانس بین‌المللی انرژی IEA تا انتهای سال ۲۰۱۵ حدود ۱۲۰ پروژه تولید پراکنده گازسوز DNG[2] با مجموع ظرفیت نصب‌شده ۱/۴ گیگاوات در چین گزارش شده است [۹]. مهم‌ترین مصرف‌کنندگان مولدهای تولید پراکنده گازسوز در چین بخش صنعت با سهم ۶۷/۷ ٪ ای بوده است، شکل(۱-۱) .



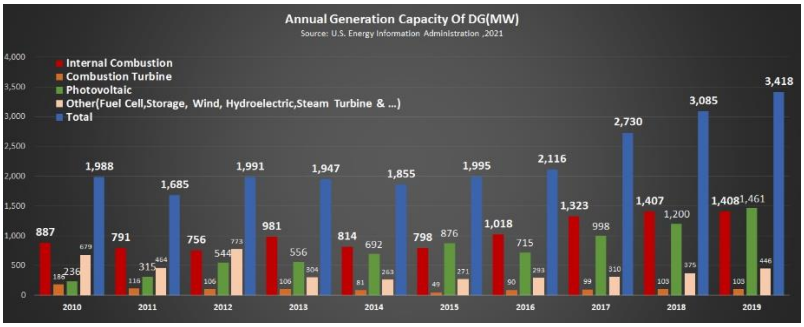
شکل(۱-۱)- استفاده‌کنندگان مولدهای تولید پراکنده گازسوز در چین [۹]

کشور آمریکا : در شکل(۲-۱) و شکل(۳-۱) به ترتیب ظرفیت سالانه و ظرفیت تجمعی مولدهای تولید پراکنده نصب‌شده در آمریکا به تفکیک نوع مولدها ارائه شده است[۱۰]. طبق آمار گزارش شده توسط اداره اطلاعات انرژی آمریکا[3] تا سال ۲۰۲۰ درمجموع ۱،۵۸۷،۰۶۳ مولد تولید پراکنده در ایالات‌متحده آمریکا نصب‌شده که ۳۸/۸ گیگاوات

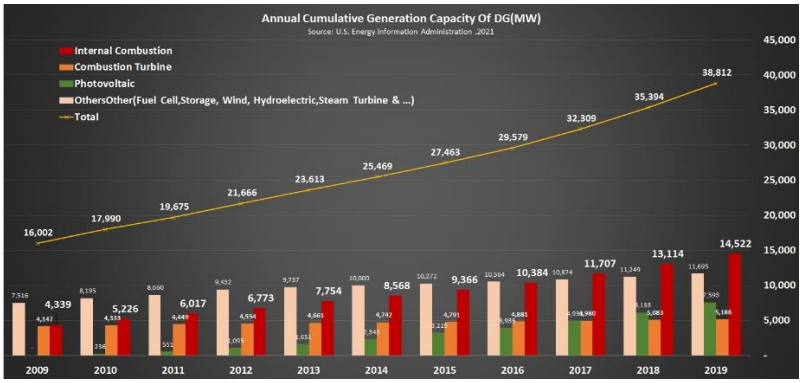
[1] Combined Cooling, Heat and Power (CCHP)
[2] Distributed Natural Gas (DNG)
[3] U.S. Energy Information Administration

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

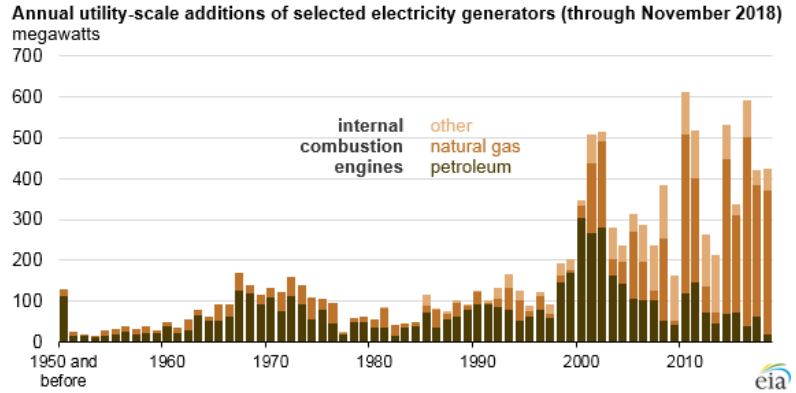
تولید انرژی پراکنده در امریکا را بر عهده داشـــته‌اند[۱۰]. مولدهای تولید پراکنده احتراق داخلی[1] با ظرفیت تولید ۱۴/۵ گیگاوات سـهم ۳۷/۴٪ ای از مجموع تولید پراکنده در امریکا را داشـته‌اند. مولدهای تولید پراکنده خورشـیدی نیز با ظرفیت تولید ۷/۶ گیگاوات (۱۹/۶٪ از مجموع تولید پراکنده در امریکا) رتبه دوم ازنظر میزان تولید را در آمریکا داشـــته اســـت. نکته حائز اهمیت دراین‌بین رشد سریع نصب مولدهای خورشیدی در آمریکا بوده که از حدود ۰/۲ گیگاوات ظرفیت نصب سالانه در سال ۲۰۱۰ به ۱/۴۶ گیگاوات ظرفیت نصب سالانه در سال ۲۰۱۹ افزایش‌یافته که از ظرفیت نصب سالانه مولدهای تولید پراکنده احتراق داخلی نیز پیشی گرفته است. مولدهای توربین احتراقی مقیاس کوچک[2] با مجموع تولید ۵/۱۹ گیگاوات سهم ۱۳/۴٪ از مجموع تولید پراکنده را در امریکا داشته است.



شکل(۲-۱)- ظرفیت سالانه مولدهای تولید پراکنده نصب‌شده در آمریکا [۱۰]



شکل(۳-۱)- ظرفیت تجمعی مولدهای تولید پراکنده نصب‌شده در آمریکا[۱۰]



شکل (۴-۱)- ظرفیت سالانه انواع مولدهای تولید پراکنده احتراق داخلی نصب‌شده در آمریکا[۱۱]

در شکل (۴-۱) ظرفیت سالانه انواع مولدهای تولید پراکنده احتراق داخلی نصب‌شده در آمریکا بر اساس نوع سوخت مصرفی آن (مطابق آمار ارائه شده اداره اطلاعات انرژی آمریکا) ارائه شده است[۱۱]. مشخص است که در محدود سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ مولدهای نصب‌شده گازسوز در آمریکا بیشتر سهم را به داشته‌اند.

[1] Internal Combustion
[2] Combustion Turbine

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

اروپا: طبق آمار ارائه شده توسط شرکت Delta Energy & Environment اروپا به همراه ترکیه و روسیه بیشترین استفاده‌کنندگان مولدهای گازسوز جهان هستند به‌گونه‌ای که در سال ۲۰۱۷ از مجموع ۶ گیگاوات ظرفیت نصب‌شده حدود ۲ گیگاوات آن در این منطقه بوده است[۱۲].

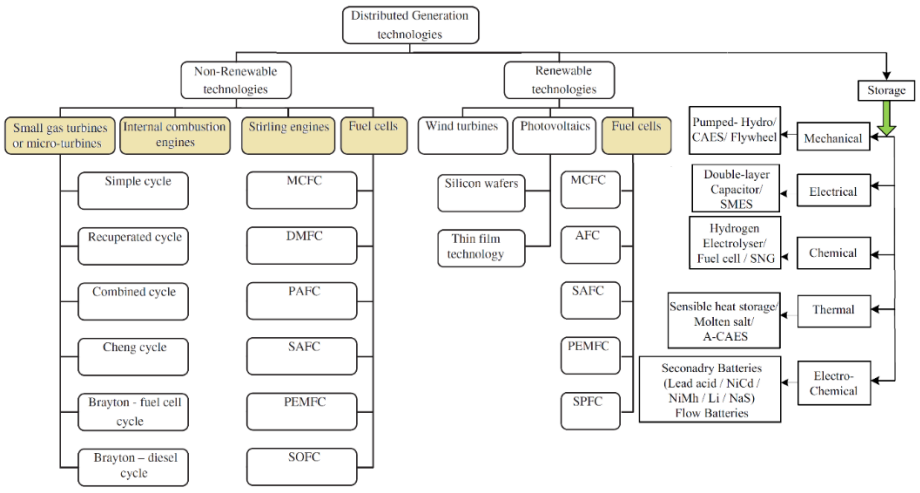
کشور روسیه: در کشور روسیه تا سال ۲۰۱۸ ظرفیت نصب‌شده مولدهای تولید پراکنده حرارتی با مقیاس ۲۵ مگاوات یا کمتر ۹۲٪ کل ظرفیت نصب‌شده مولدهای تولید پراکنده آن کشور بوده است (ظرفیت نصب‌شده ۳۴/۴ گیگاوات)[۱۳]. مشخصات مولدهای تولید پراکنده حرارتی نصب‌شده در جدول(۳-۱) ارائه شده است.

جدول(۳-۱)-مشخصات مولدهای تولید پراکنده حرارتی نصب‌شده در کشور روسیه تا سال ۲۰۱۸[۱۳]

نوع مولد	ظرفیت نصب‌شده گیگاوات	٪
توربین گازی با ظرفیت ۲۵ مگاوات یا کمتر	۷/۱۳	۲۰/۷
میکرو توربین	۰/۱۴	۰/۴
توربین بخار	۲/۲	۶/۴
موتورهای احتراق داخلی گازی یا دیزلی[1]	۲۴/۲۸	۷۰/۶
سایر مولدها	۰/۶۵	۱/۹

۱-۳- فناوری‌های توسعه‌یافته مولدهای تولید پراکنده گازسوز در دنیا

طی سالیان اخیر پیشرفت‌های چشمگیری در توسعه فناوری‌های مولدهای تولید پراکنده رخداده است. فن‌آوری‌های توسعه‌یافته مولدهای تولید پراکنده را می‌توان به‌طورکلی به فناوری‌های مبتنی بر انرژی‌های تجدید پذیر ، انرژی‌های غیرقابل تجدید پذیر و فناوری‌هایی ذخیره‌سازی انرژی طبقه‌بندی کرد [۱۴, ۱۵]. در شکل(۱-۱) دسته‌بندی انواع مولدهای تولید پراکنده ارائه شده است. فناوری‌های توربین‌های گازی، موتورهای احتراق داخلی ، موتور استرلینگ و پیل سوختی فناوری‌های هستند که امکان استفاده از سوخت گاز برای تولید انرژی را دارا هستند.



شکل(۵-۱)- دسته‌بندی فناوری‌های توسعه‌یافته مولدهای تولید پراکنده [۱۴, ۱۵]

در جدول(۴-۱) مشخصات، مزایا و معایب فناوری‌های متداول تولید پراکنده ارائه شده است.

[1] Diesel And Gas Piston Units

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۴-۱)- مشخصات، مزایا و معایب فناوری‌های متداول تولید پراکنده گازسوز

فناوری	نوع سوخت	توان تولید	راندمان	زمان کارکرد طولانی‌مدت	مزایا	معایب	مرجع
میکرو توربین[۱]	گاز طبیعی ، پروپان ، گازوئیل ، چندگانه سوز	۲۵ تا۵۰۰ کیلووات	٪۳۳-۲۸ ٪۳۰-۱۵ [۱۶]		❖بهبود کارایی درنتیجه بازیافت حرارتی ❖قابلیت اطمینان بالا با توجه به تعداد کم قطعات متحرک ❖پایداری بالا و زمان پاسخ کم به تغییرات بار ❖امکان استفاده حرارتی خروجی برای گرمایش ساختمان‌های مسکونی یا تجاری کوچک ❖امکان استفاده در پیک مصرف یا به‌عنوان واحد پشتیبان ❖ازنظر تجاری به مقدار محدود عرضه شده است ❖اندازه مناسب و کوچک و وزن کم و نسبت توان به وزن بالا ❖راندمان بالا در کاربردهای تولید هم‌زمان برق و حرارت ❖آلایندگی کم ❖امکان استفاده انواع سوخت و همچنین استفاده از سوخت‌های دورریز نظیر گازهای ترش ❖فواصل تعمیر و نگهداری طولانی و نیاز به تعمیرات کمتر ❖بدون لرزش ❖سروصدای کمتر نسبت به موتورهای رفت و برگشتی	❖خروجی حرارتی ناکافی برای کاربردهای صنعتی ❖بازده کم تبدیل سوخت به برق ❖کاهش کارایی تولید برق با افزایش دمای محیط و ارتفاع ❖هزینه سرمایه‌گذاری بالا با توجه به نیاز استفاده از آلیاژهای مقاوم به دمای بالا ❖نیاز به مهارت بالاتر نیروی کار موردنیاز با توجه به فناوری بالاتر آن ❖ حساسیت بالاتر نسبت به شرایط محیطی	[۱۹-۱۶]
توربین گازی	گاز طبیعی ، برش‌های تقطیر، متان،بیوگاز دوگانه‌سوز	۵۰۰ کیلووات تا ۲۵ مگاوات	٪۴۰-۲۵ برای توربین‌های کوچک(۵ مگاوات و کمتر): ۲۰-٪۲۵	٪۹۸-۹۴	❖کارایی بالا فرایند در شرایط بازیابی حرارتی ❖فناوری به‌صورت تجاری در دسترس بوده ، جزو برترین گزینه‌ها برای مصارف تولید پراکنده بیش از ۳ مگاوات ❖امکان استفاده به‌عنوان مولد پایه، در پیک مصرف یا به‌عنوان واحد پشتیبان ❖دارای تولیدکنندگان متعدد ❖ دارای هزینه‌های نصب نسبتاً پایین ❖قابلیت کارکرد طولانی‌مدت ❖نسبت بالای انرژی تولیدی به وزن مولد ❖نیاز به آب‌خنک کن کم ❖بارگذاری کم فوندانسون	❖نیازمند دریافت مجوزهای جانمایی و بهره‌برداری با الزامات سخت ❖نیازمند دریافت مجوزها و رعایت استانداردهای انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی ، و سروصدا ❖احتمال نیاز به ذخیره‌سازی سوخت در محل ❖راندمان تولید برق کمتر نسبت به موتورهای احتراق داخلی ❖نیازمند فشار گاز بالا یا تقویت‌کننده فشار گاز ❖راندمان کم در بارهای تولید پایین ❖محدودیت انتخاب بر اساس ظرفیت	[۲۰ ,۱۸ ,۱۷]

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

فناوری	نوع سوخت	توان تولید	راندمان	زمان کارکرد طولانی‌مدت	مزایا	معایب	مرجع
موتورهای احتراق داخلی[2]	گازوئیل ، گاز طبیعی ، پروپان ، بیوگاز ، سایر برش‌های تقطیر	۵ کیلووات تا ۷ مگاوات	٪۲۸–۳۷	٪۸۵–۹۲	❖هزینه سرمایه‌گذاری ثابت پایین [1] ❖امکان تأمین برق در زمان عدم دسترسی به برق پشتیبان (utility) ❖راه‌اندازی سریع و توان خروجی قابل تنظیم، حساسیت کمتر و عدم نیاز به یو پی اس ناشی از راه‌اندازی سریع، (به این جهت برای استفاده از روشنایی اضطراری ، سیستم تهویه مطبوع ، آسانسور ، برخی فرایندهای تولیدی توصیه می‌شود) ❖فن‌آوری بسیار بالغ و توسعه‌یافته ❖تنوع ظرفیت ارائه شده برای مولد ❖امکان موازی شدن با شبکه یا سایر مولدها ❖امکان دستیابی با کارایی بالا در زمانی که با بازیابی گرما ترکیب شود ❖راندمان بالای تولید برق نسبت به رقبا (در ظرفیت‌های مورداستفاده در تولید پراکنده) ❖امکان نصب موازی چندین واحد جهت دست‌یابی به ظرفیت‌های تولید بالا و یا برطرف نمودن نیازهای تولید متغیر نظیر نیازهای فصلی	❖استفاده از سرمایه‌گذاری انجام‌شده محدود به زمان کارکرد ژنراتور پشتیبان است ❖هزینه‌های بالاتر تولید ❖نیازمند دریافت مجوزها و رعایت استانداردهای انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی ، و سروصدا ❖احتمال نیاز به ذخیره‌سازی سوخت در محل ❖بخش عمده‌ای از حرارت خروجی (ژکت و سیستم خنک کاری روغن) از گرید پایین و متوسط است ❖نسبت پایین انرژی تولیدی به وزن مولد ❖نیاز به نصب محفظه صوتی ❖نیاز به مقاوم‌سازی سازه فونداسیون در برابر ارتعاش	[۱۷ ,۱۸ ,۲۰ ,۲۱]
موتور استرلینگ[3]	هوا ، هیدروژن ، هلیم	تا ۱۰۰ کیلووات	٪۱۵–۳۰		❖توانایی کارکرد با هر منبع گرمایی موجود ❖نیاز به روان کاری کمتر و ماندگاری طولانی‌تر نسبت سایر موتورهای رفت و برگشتی ❖عدم نیاز به سوپاپ و ساده بودن سیستم مشعل ❖انعطاف‌پذیری بالا و امکان استفاده به‌عنوان CHP در فصول سرد و استفاده به‌عنوان خنک‌کننده در فصول گرم ❖آلایندگی و لرزش کم و طول عمر بالا	❖موتور استرلینگ نیاز به مبدل‌های حرارتی برای ورودی و خروجی حرارت داشته که این امر به‌طور قابل‌توجهی هزینه موتور را افزایش می هد ❖اتلاف گرمای بالا (به دلیل نیاز به دمای پایین خنک‌کننده جهت حداکثر رساندن بازده حرارتی) ❖کندی و محدود بودن تغییرات بار و زمان شروع به کار بالا ❖فشار کاری بالای مبدل حرارتی(حدود ۸۰ بار)	[۱۸ ,۲۰ ,۲۲]

[1] Capital Cost

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

فناوری	نوع سوخت	توان تولید	راندمان	زمان کارکرد طولانی‌مدت	مزایا	معایب	مرجع
میکروتوربین[1]	هیدروژن ؛ گاز طبیعی ، پروپان ، متانول یا سایر منابع غنی از هیدروژن	۳۰ تا ۴۰۰۰ کیلووات، درحال‌توسعه ظرفیت‌های بیشتر	دمابالا: ۵۵–۴۵٪ دماپایین: ۴۰–۳۰٪		❖بازده سوخت بسیار بالا ❖امکان استفاده به‌عنوان منبع اصلی تولید ❖فاقد بخش محرکه ❖امکان دستیابی با کارایی بسیار بالا درزمانی که با بازیابی گرما ترکیب شود ❖فناوری سبز – در زمان استفاده از سوخت هیدروژن آب و گرما تنها خروجی فرایند هستند	❖توسعه‌یافتگی تجاری محدود ❖بیشتر تلاش‌های تحقیقاتی برای کاربردهای حمل‌ونقل بوده ❖ نیازمند ریفرمر سوخت در بیشتر برنامه‌های کاربردی	[۲۰ ,۱۸]

[1] میکروتوربین ها توربین‌های احتراقی کوچکی هستند که توانی بین ۲۵ تا۵۰۰ کیلووات تولید می‌کنند. این توربین‌ها از سرریز فن‌آوری‌های توربوشارژر کامیون‌های بزرگ یا هواپیما توسعه‌یافته‌اند [۱۸].

[2] موتورهای احتراق داخلی انرژی سوخت را به توان مکانیکی تبدیل می‌کند. این توان مکانیکی برای چرخش شافت موتور استفاده می‌شود. ژنراتور متصل به موتور توان چرخشی را به برق تبدیل کند[۱۸].

[3] موتور استرلینگ در یک چرخه پیوسته با فشرده‌سازی و انبساط هوا یا گاز عامل در دماهای سرد و گرم کار می‌کند. شهرت این موتور به دلیل کارایی بالاتر آن نسبت به موتورهای بخار ، کارکرد آرام و استفاده از هر نوع منبع حرارتی است. موتورهای استرلینگ ازنظر هزینه در ظرفیت‌های حداکثری ۱۰۰ کیلووات دارای مزیت رقابتی هستند[۱۸].

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

مطابق آمار ارائه شده موسسه Delta Energy & Environment مولدهای گازی احتراق داخلی و توربین‌های گازی مهم‌ترین فناوری‌های استفاده‌شده در مولدهای تولید پراکنده گازسوز دنیا هستند[۱۲]. در سال ۲۰۱۷ توربین‌های گازی با ظرفیت تولید ۱ الی ۳۰ مگاوات (به‌ویژه در حالت CHP) بیشترین سهم بازار را برای مصارف تولید پراکنده و تولید هم‌زمان برق و حرارت داشته است. بااین‌حال استفاده از موتورهای گازی احتراق داخلی با ظرفیت ۱۰۰ کیلووات الی ۲۰ مگاوات به‌طور فزاینده‌ای رشد داشته و طبق پیش‌بینی انجام‌شده این موسسه در بازه زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ بیشتر سهم فروش بازار جهانی مولدهای تولید پراکنده گازسوز را مولدهای گازی احتراق داخلی به خود اختصاص خواهد داد[۱۲].

۱-۳-۱-موتورهای گازی احتراق داخلی (موتورهای رفت و برگشتی)

موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی از متداول‌ترین فناوری‌های تولید پراکنده قدرت هستند که کارایی مناسبی برای تولید هم‌زمان برق و حرارت و سرما ارائه می‌دهند. موتورهای احتراق داخلی مورداستفاده در سامانه‌های CHP و تولید پراکنده عملکردی مشابه خودروهای بنزینی و دیزلی دارند. کارایی این موتورها بالا بوده و بر اساس شرایط کارکرد موتور عملکرد طولانی‌مدت ۹۲-۸۵٪ را ارائه کرده و کارایی بیشتری نسبت به مولدهای توربین گازی دارا هستند[۲۰].



شکل(۶-۱)- موتور رفت و برگشتی [۲۰]

در مولدهای احتراق داخلی گرمای تولیدشده توسط موتور را می‌توان از دو منبع زیر بازیابی نمود:

- گازها خروجی موتور با دمای حدود ۴۰۰ درجه سانتی گراد
- آب گرم تولیدشده در سامانه‌های خنک‌کننده روغن روان کننده موتور با دمای حدود ۸۰ درجه سانتی‌گراد

در سامانه‌های CHP و تولید پراکنده دو نوع موتور رفت و برگشتی استفاده می‌شود:

- موتورهای جرقه‌ای[1] گازسوز که در ظرفیت حداکثر ۴ مگاوات ارائه‌شده‌اند و فقط با سوخت گاز کار می‌کنند. این موتورها مشابه موتورهای دیزلی بوده و معمولاً هزینه سرمایه‌گذاری کمتری برای هر کیلووات برق تولیدی نسبت به موتورهای اشتعال تراکمی دارند. راندمان شافت این موتورها حدود ۳۵٪ (کمتر از موتورهای اشتعال تراکمی) است. طیف گسترده‌ای از ظرفیت برای این موتورها (حداکثر تا حدود ۴ مگاوات) ارائه شده است. سیستم خنک‌کننده موتور معمولاً دمایی در محدوده ۷۰-۸۰ درجه سانتی‌گراد را دریافت می‌کند، گرچه تا دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد نیز گزارش شده است. این نوع موتورها مناسب سامانه‌های CHP کوچک بوده که حرارت بازیابی شده در سیستم خنک‌کننده و دود خروجی را صرف تولید بخار کم‌فشار یا آب گرم می‌کند[۲۰].
- موتورهای اشتعال تراکمی[2] که در ظرفیت حداکثر ۱۵ مگاوات ارائه‌شده‌اند و امکان استفاده از سوخت‌های گازوئیل ، مازوت سنگین یا مخلوط گاز طبیعی و مازوت (تا حداکثر ۹۵٪ گاز و ۵٪ سوخت مازوت) را دارا هستند. این نوع

[1] Spark-Ignition Gas Engines
[2] Compression-Ignition (‘Diesel’) Engines

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

موتورها مناسب سامانه‌های CHP بزرگ‌مقیاس چهارزمانه است. راندمان شافت این موتورها ٪۳۵-۴۵ و در ظرفیت ۱ تا ۱۵ مگاوات به‌صورت تجاری عرضه شده است.

۱-۱-۳-۱-تولیدکنندگان موتورهای گازی احتراق داخلی

مجله DIESEL & GAS TURBINE WORLDWIDE در طی ۴۰ سال گذشته اقدام به دریافت اطلاعات آماری از میزان فروش شرکت‌های مطرح ارائه‌کننده انواع مولدها تولید برق و نیروی محرکه در جهان نموده و نتایج آن را به‌صورت فصلی و سالانه منتشر می‌کند. اطلاعات ارائه شده شامل میزان فروش موتورهای رفت و برگشتی (احتراق داخلی) ، توربین‌های بخار و توربین‌های گازی تولید برق در نقاط مختلف جهان است[۲۳]. طبق آمار و اطلاعات ارائه شده در این مجله، در جدول(۵-۱) مشخصات شرکت‌های مطرح سازنده توربین‌های گازی تولید برق در جهان ارائه شده است. جزئیات بیشتر و میزان فروش این شرکت‌ها در سال ۲۰۲۰ در پیوست (۱) ارائه شده است.

جدول(۵-۱)-مشخصات شرکت‌های مطرح سازنده موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در جهان [۲۴]

نام شرکت	حداقل ظرفیت (kW)	حداکثر ظرفیت (kW)
ABC	۵۰۰	۲۶۷۰
CAT OIL & GAS	۷۱	۶۱۰۰
POWER SOLUTIONS CATERPILLAR MARINE	۵۴۰۰	۱۵۴۴۰
CUMMINS	۲۱	۲۰۰۰
DAIHATSU	۶۰۸	۵۹۲۸
FAIRBANKS MORSE	۲۳۵۰	۳۶۳۰
GUANGZHOU	۶۶۰	۱۰۸۰
INDUSTRIES HYUNDAI HEAVY	۲۸۸۰	۹۶۶۰
IHI POWER SYSTEMS	۲۰۰۰	۶۰۰۰
INNIO JENBACHER	۲۰۰	۱۰۰۰۰
JINAN	۴۰	۱۵۰۰
LIEBHERR	۱۶۴	۱۰۶۰
MAN ENERGY SOLUTIONS	۷۰۸۰	۸۲۴۴۰
MAN ENGINES	۳۷	۵۵۰
MOTEURS BAUDOUIN	۶۰	۱۵۸۸
SOLUTION) MTU (A ROLLS-ROYCE	۳۰	۲۶۰۰
MWM	۴۰۰	۱۰۳۰۰
PERKINS	۳۰۶	۱۰۰۰
INTERNATIONAL, INC. (PSI) POWER SOLUTIONS	۲۶	۱۲۰۰
ROLLS-ROYCE	۱۶۲۰	۱۲۰۰۰
SIEMENS	۱۹۰	۲۰۶۵
WARTSILA	۴۸۸۰	۹۷۶۰
WAUKESHA GAS ENGINES	۱۱۹	۳۷۲۸
WINGD	۲۷۷۵	۶۳۸۴۰
YANMAR	۴۴	۸۶۷

در

جدول(۶-۱) مشخصات کاملی از موتورهای رفت و برگشتی احتراق داخلی مولد برق فروخته‌شده در سال ۲۰۱۹ ارائه شده است. بر اساس آمار ارائه شده در سال ۲۰۱۹ درمجموع ۲۷۸۹۱ موتور رفت و برگشتی توسط شرکت‌های مطرح تولیدکننده این موتورها در جهان به فروش رفته است که از این میزان ۲۷۰۹ مولد از نوع گازسوز بوده‌اند. موتورهای احتراق داخلی گازسوز با ظرفیت تولید ۲-۱/۰۱ مگاوات بیشترین سهم فروش را با میزان فروش ۱۲۶۸ دستگاه در سال ۲۰۱۹ داشته‌اند. آمریکای شمالی و اروپای غربی نیز بیشترین خریداران موتورهای احتراق داخلی در سال ۲۰۱۹ بوده‌اند[۲۳]. در

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۷-۱) مشخصات کیفی موتورهای احتراق داخلی گازسوز ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۶-۱)- مشخصات موتورهای رفت و برگشتی مولد برق فروخته‌شده در نقاط مختلف جهان در سال ۲۰۱۹[۲۳]

RECIPROCATING ENGINE (DIESEL, DUAL-FUEL & GASEOUS-FUEL) POWER GENERATION ORDERS, January to December 2019																									
Output Range (MW)	Number of Units	Total Engine Output for Each Output Range (MWe)	Generating Service			Engine operating speed ranges				Fuel					Western Europe	Eastern Europe, Russia & CIS	Middle East	Far East	Southeast Asia & Australia	Central Asia	North Africa	Central, West, East & South Africa	North America	Central America & Caribbean	South America
			Standby	Continuous Duty	Peaking	Below 300 r/pm	300 to 600 r/pm	720 to 1000 r/pm	Above 1000 r/pm	Diesel Fuel	Heavy Fuel	Dual Gas	Liquid Biofuel	Natural Gas											
0.50 to 1.00	6831	4282	3498	107	3226	0	0	5	6826	6112	2	0	0	717	1377	261	1165	391	464	682	39	417	1333	167	523
1.01 to 2.00	7171	8697	3093	257	3821	0	0	6	7164	5902	1	0	0	1268	1236	356	1400	762	667	583	51	753	725	371	273
2.01 to 3.50	4394	11363	3527	126	741	0	0	6	4388	3876	2	0	0	516	725	98	127	932	227	133	26	41	1758	36	282
3.51 to 5.00	298	2186	98	0	200	0	0	1	297	94	7	0	0	192	96	101	0	13	1	10	0	30	30	3	14
5.01 to 7.50	56	1491	37	0	1	0	0	5	33	52	0	0	0	4	0	0	0	15	0	0	0	1	19	0	4
7.51 to 10.00	33	393	28	0	15	0	0	40	3	18	3	0	0	12	12	0	0	0	0	11	0	2	0	1	1
10.01 to 15.00	2	23	0	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
15.01 to 20.00	6	91	0	0	6	0	0	0	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.01 to 30.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30.01 and above	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALS	**27891**	**28526**	**10281**	**490**	**8012**	**0**	**0**	**63**	**18719**	**16054**	**23**	**0**	**0**	**2709**	**3446**	**816**	**2692**	**2113**	**1359**	**1419**	**116**	**1250**	**3865**	**578**	**1097**

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۷-۱)-مشخصات کیفی موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق

نام شرکت	حداقل ظرفیت (kW)	حداکثر ظرفیت (kW)	وزن[۱] (kg)	راندمان		ابعاد (mm)			NO_x [۲]	مرجع
				الکتریکی	کل	طول	عرض	ارتفاع		
ABC	۵۰۰	۲۶۷۰	43400 - 22200	-	-	6037–7847	1850–1994	3131–3207	-	abc-ngines.com
CATERPILLAR	۵۰	۶۱۰۰	164000-920	49–35	-	14280-2117	3910-1000	5390-1360	-	cat.com
CUMMINS	۲۱	۲۰۰۰	29000 - 23100	43–44	91–93	8700 - 6900	2300 - 2200	2800 -2600	250 mg/Nm^3	cummins.com
DAIHATSU	۶۰۸	۵۹۲۸	۹۸۰۰۰–۱۷۰۰۰	۴۴	۷۷	10470-5395	2395-1885	4150-3245	≦ Tier III	dhtd.co.jp
FAIRBANKS MORSE	۱۵۰۶	۳۱۶۵	۳۸۰۰۰–۲۵۰۰۰	۴۰	-	۹۳۰۴-۶۲۶۲	۲۶۶۲-۲۴۷۱	۳۲۳۹-۳۳۰۷	-	fairbanksmorse.com
IHI POWER SYSTEMS	۲۰۰۰	۶۰۰۰	125000–44500	۴۷-۵۰	۹۷-۹۶	-8040 10740	3600-3000	4600–4000	340 ppm (0%O2)	ihi.co.jp
INNIO JENBACHER	۲۰۰	۱۰۰۰۰	۵۲۱۰۰–۲۴۵۰۰	45–46	88–90	۱۷۰۰۰	۶۰۰۰	۸۴۰۰	250-500 mg/Nm^3	innio.com
JINAN	۴۰	۱۵۰۰	۱۰۷۰۰۰–۳۹۰۰	-	-	-	-	-	500 mg/Nm^3	jinanengine.com
LIEBHERR	۱۶۴	۱۰۶۰	۴۹۴۰	۴۴	-	۲۵۹۰	۱۳۴۰	۱۹۷۰	≤500 mg/Nm^3	liebherr.com
MAN ENERGY SOLUTIONS	۱۰۲۰۰	۱۸۹۰۰	۳۱۰۰۰۰–۱۱۳۵۰۰	۵۰	–	9564–13148	6530–4592	4700–4448	–	man-es.com
MOTEURS BAUDOUIN	۶۰	۱۵۸۸	۶۱۲-۹۵۵۰	-	-	۲۹۳۴-۱۳۸۹	۱۵۴۴-۸۰۰	۲۶۵۵-۱۰۰۲	-	baudouin.com
MTU (A ROLLS-ROYCE SOLUTION)	۱۵۶۵	۱۱۸۳۰	170000–۳۴۰۰۰	۵۰-۴۹	-	۱۴۲۷۶-۷۱۷۰	۳۷۸۳-۲۰۸۰	۴۹۸۰-۳۴۰۰	-	bergen.rolls-royce.com
MWM	۴۰۰	۱۰۳۰۰	5720	48–43	93–86	3100	1780	2150	≤500 mg/Nm^3	mwm.net
POWER SOLUTIONS INTERNATIONAL, INC. (PSI)	۲۰	۸۷۰	-	-		۲۸۸۸-۶۲۵	۱۱۷۲-۶۲۸	۱۷۸۳-۷۴۱	-	psiengines.com
SIEMENS	273	۲۰۱۲	۲۵۰۰۰-۴۰۰۰	۴۵-۳۸	۹۳-۸۸	۲۸۰۰	۱۵۰۰	۲۱۰۰	≤500 mg/Nm^3	siemens-energy.com
WARTSILA	۴۸۸۰	۹۷۶۰	57500–93200	-	-	۹۱۱۳-۶۴۱۷	۳۴۶۰-۳۱۱۱	۴۷۹۰-۴۷۴۷	-	wartsila.com
WAUKESHA GAS ENGINES	۱۱۹	۳۷۲۸	66000–8300	-	-	۶۰۲۶-۲۴۵۳	۲۳۲۰-۱۲۱۸	۳۲۱۱-۱۷۳۷	230 mg/Nm^3	clarke-energy.com
Honda EcoWill	1/0	2/8	23/7	59/3		83/0		71	44	[۲۶ ,۲۵]

[۱] مجموع وزن موتور و ژنراتور

[۲] بر اساس گاز خروجی خشک و اکسیژن ۵٪

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۱ -۳- ۲-توربین گازی

توربین‌های گازی از پرکاربردترین مولدهای استفاده‌شده در تولید پراکنده و واحدهای CHP هستند که در طیف گسترده‌ای از توان کمتر از ۱ مگاوات تا بیش از ۲۰۰ مگاوات ارائه‌شده‌اند. توربین‌های گازی ازلحاظ عملکردی قابلیت اعتماد بالایی داشته و کمترین نیاز تعمیر و نگهداری را ارائه کرده‌اند[۲۰]. در شرایط کارکرد بهینه این مولدها عملکرد طولانی‌مدت ۹۲-۸۵٪ را ارائه کرده‌اند. [۲۰]. دمای گازهای خروجی از توربین‌های گازی ۴۰۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد است که معمولاً با استفاده از یک بویلر بازیاب از حرارت آن برای تولید آب گرم یا بخار استفاده می‌شود. سوخت مورداستفاده توربین‌های گازی گاز طبیعی است اگرچه سوخت‌های گازی دیگری مانند بیوگاز، گاز لندفیلد و گاز استحصال‌شده از معادن نیز قابل‌استفاده هستند. در سال‌های اخیر توربین‌های گازی پرکاربردترین مولدهای مورداستفاده در فرایندهای CHP توان بالا بوده‌اند.



شکل(۷-۱)- توربین گازی [۲۰]

گازهای احتراق تحت‌فشار ناشی از فرایند احتراق ایجادشده در یک یا چند محفظه احتراق[1] نیروی لازم برای چرخش پره‌های توربین و شافت متصل به آن را فراهم می‌آورند. این شافت توان خروجی توربین را فراهم می‌آورد، بخشی از این توان جهت راه‌اندازی کمپرسور هوای ورودی استفاده‌شده و باقیمانده آن توسط یک ژنراتور الکتریکی به برق تبدیل می‌شود. کمپرسور هوا و ژنراتور ممکن است هر دو توسط یک شافت مشترک (توربین تک شافت) یا هرکدام به‌طور مستقل (توربین‌های دو یا چند شافت) راهبری گردند [۲۰]. دمای گازهای خروجی از محفظه احتراق در بازه ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد بوده که پس از عبور از توربین دمای آن تا ۴۵۰ الی ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد افت می‌نماید که مناسب استفاده در فرایند CHP است .

۱-۲-۳-۱-تولیدکنندگان توربین گازی مقیاس کوچک

در جدول(۸-۱) مشخصات شرکت‌های مطرح سازنده توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس تولید برق در جهان ارائه شده است [۲۴, ۲۷]. جزئیات بیشتر و میزان فروش این شرکت‌ها در سال ۲۰۲۰ در پیوست (۱) ارائه شده است.

جدول(۸-۱)-مشخصات شرکت‌های مطرح سازنده توربین‌های گازی تولید برق در جهان، در ۲۰۲۰ [۲۷]

نام شرکت*	حداقل ظرفیت (MW)	حداکثر ظرفیت (MW)
Ansaldo Energia	۸۰	۵۳۸
Baker Hughes	۳/۵	۱۳۰
Capstone Turbine	۰/۰۳	۱۰
GE Marine	۴/۶	۵۲/۷
GE Power	۲۴	۷۴۰
Kawasaki	۱/۵	۳۰
Solutions MAN Energy	۶	۱۳
Mitsubishi Hitachi Power Systems	۲۸	۴۷۰
Electric Machinery Nanjing Turbine &	۴۰	۱۲۵
IHI Power Systems	۰/۲	۵۶
NPO Saturn	۲/۸	۱۱۴/۵
Opra	۱	۲
Siemens	۲	۵۹۳
Solar Turbines	۱/۲	۲۳
Vericor Power Systems	۳	۳/۵
Zorya-Mashproekt	۵	۳۲

*** شرکت‌های ارائه شده در این لیست محدود به شرکت‌هایی است که مولدهای کوچک مقیاس با کاربری تولید برق را ارائه نموده‌اند.**

[1] Combustion Chambers

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

در **Error! Reference source not found.**) مشخصات کاملی از توربین‌های گازی مولد برق فروخته‌شده در س ال ۲۰۱۹ ارائه شـده اسـت. بر اسـاس آمار ارائه شـده در سـال ۲۰۱۹ درمجموع ۴۶۲ توربین گازی توسـط شـرکت‌های مطرح تولیدکننده این توربین‌ها در جهان به فروش رفته اســـت که از این میزان ۲۰۸ توربین از نوع گازســـوز و ۴۷ توربین نیز دوگانه‌سوز بوده‌اند. دراین‌بین ۱۱۸ توربین گازسوز و ۲۰ توربین دوگانه‌سوز ظرفیت تولید پایین (۳۰ مگاوات و کمتر) و قابلیت استفاده در مصارف تولید پراکنده برق را داشته‌اند.

کشـورهای شـرق دور[1] بیشـترین خریداران توربین‌های گازی کوچک مقیاس با مجموع خرید ۲۰۴ دسـتگاه توربین گازی با ظرفیت تولید پایین در سال ۲۰۱۹ بوده‌اند.

جدول(۹-۱)- مشخصات توربین‌های گازی مولد برق فروخته‌شده در نقاط مختلف جهان در سال ۲۰۱۹[۲۳]

GAS TURBINE POWER GENERATION ORDERS, January to December 2019																					
Output Range (MW)	Number of Units	Total Engine Output for Each Output Range (MWe)	Generating Service			Fuel				Western Europe	Eastern Europe, Russia & CIS	Middle East	Far East	Southeast Asia & Australia	Central Asia	North Africa	Central, West, East & South Africa	North America	Central America & Caribbean	South America
			Standby	Continuous Duty	Peaking	Diesel Fuel	Heavy Fuel	Dual Fuel	Natural Gas											
1.00 to 2.00	93	130.5	89	0	4	43	39	7	4	4	0	0	89	0	0	0	0	0	0	0
2.01 to 3.50	26	71	26	0	0	9	10	7	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0
3.51 to 5.00	68	279.7	57	0	11	28	30	1	9	4	0	2	60	2	0	0	0	0	0	0
5.01 to 7.50	72	405.5	20	0	50	20	2	0	50	4	0	4	20	5	2	10	3	24	0	0
7.51 to 10.00	25	198.7	1	0	24	10	0	0	15	7	1	0	3	1	0	0	0	13	0	0
10.01 to 15.00	24	305.6	0	0	24	7	0	0	17	2	0	0	6	3	1	0	8	3	1	0
15.01 to 20.00	23	312.8	2	0	17	9	0	0	14	2	0	1	0	4	0	0	5	9	0	2
20.01 to 30.00	14	239.6	3	0	6	0	0	5	9	2	0	0	0	0	0	5	0	3	0	4
30.01 to 60.00	59	1651	0	6	28	0	0	27	32	8	6	5	3	5	7	0	0	10	1	14
60.01 to 120.00	23	765	0	1	9	0	0	0	23	5	12	1	4	0	0	0	0	1	0	0
120.01 to 180.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
180.01 and above	35	11266	0	4	31	0	0	0	35	4	2	6	13	3	2	0	0	2	0	3
TOTALS	462	15624.4	198	11	204	126	81	47	208	42	21	19	224	23	12	15	16	65	2	23

۱-۳-۳-میکرو توربین

میکرو توربین نوع ساده و کوچک توربین‌های گازی هستند که علاوه بر کاربردهای صنعتی و هوایی (موتور میکرو جت یا میکرو توربوجت) در تولید پراکنده الکتریسیته و گرما نیز به کار گرفته می‌شوند. سابقه توسعه و گسترش روزافزون این سامانه‌ها چندان طولانی نیست و به دهه اخیر بازمی‌گردد. میکرو توربین‌ها را می‌توان در گستره وسیعی از کاربردهای مرتبط با تولید توان الکتریکی و حرارتی به کار گرفت. میکرو توربین‌ها در مقایسه با سایر سامانه‌های تولید پراکنده و تولید هم‌زمان برق و حرارت دارای ویژگی‌هایی نظیر راندمان بالا، قطعات متحرک کم، وزن کم، قابلیت استفاده در محل موردنیاز، تولید هم‌زمان برق و حرارت(CHP) ، آلودگی پایین محیطزیست، عمر کاری بالا، هزینه تولید الکتریسیته پایین و قابلیت استفاده از سوخت‌های مختلف هستند[۲۸]. بااین‌وجود هزینه‌های نگهداری این توربین‌ها بالا گزارش شده است[۲۹]. در حال حاضر انواع مختلفی از میکرو توربین‌ها با توان تولیدی در محدوده ۲۵ الی ۱۰۰۰ کیلو مورداستفاده قرار می‌گیرد.

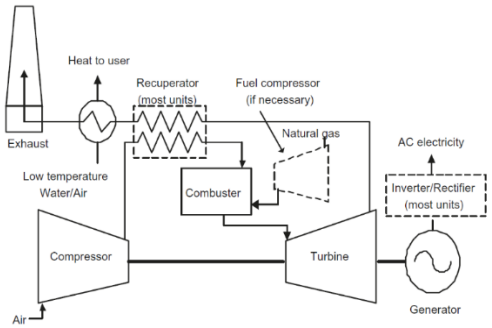
ازآنجاکه میکرو توربین‌ها در زمره توربین‌های احتراقی می‌باشند به لحاظ اجزای تشکیل‌دهنده شباهت‌هایی با این وسایل دارند. در شکل(۸-۱) دیاگرام فرایندی میکرو توربین ارائه شده است. مطابق این شکل اجزای تشکیل‌دهنده میکرو توربین شامل کمپرسور ، محفظه احتراق ، توربین و ژنراتور است[۲۹].

در فرایند احتراق هوای ورودی پس از عبور از کمپرسور در محفظه احتراق با گاز مخلوط می‌شود. انرژی و گازهای گرم تولیدشده در محفظه احتراق موجب چرخش توربین و به حرکت درآوردن هم‌زمان ژنراتور و کمپرسور می‌گردد. در طراحی میکرو توربین‌ها معمولاً کمپرسور، توربین و ژنراتور هر سه بر روی یک شفت واحد سوار[2] بوده و هم‌زمان به حرکت درمی‌آیند. برای

[1] Japan; China ; Hong Kong; Mongolia; North Korea; South Korea; Taiwan
[2] Single-Shaft

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

تولید برق متناوب (AC) با ولتاژ متغیر از یک ژنراتور آهنربای دائمی پرسرعت[1] استفاده می‌شود. همچنین اغلب یک PEI (اینورتر/ یک‌سوساز) برای تولید برق ۵۰ یا ۶۰ هرتز AC/DC استفاده می‌شود[۲۹].



شکل(۸-۱)- دیاگرام فرایندی میکرو توربین [۲۹]

با استفاده از میکرو توربین‌ها در سامانه‌های ترکیبی تولید توان الکتریکی و حرارتی، می‌توان بازده کلی آن‌ها را در مقایسه باحالتی که از آن‌ها تنها برای تولید الکتریسیته استفاده می‌شود دو یا سه برابر کرد. لذا ادوات مختلفی همچون مبدل‌های حرارتی، چیلرهای جذبی و رطوبت‌گیرهای هوا جهت کاربردهای حرارتی در کنار میکرو توربین بکار گرفته می‌شوند.
به‌طورکلی ویژگی‌های اصلی مدنظر در طراحی میکرو توربین‌ها عبارت‌اند از:

- برخورداری از کمپرسورهای جریان شعاعی
- نسبت تراکم پایین که توسط یک یا حداکثر دوطبقه کمپرسور ایجاد می‌شود
- استفاده حداقل از پره‌های ثابت و خنک‌کننده در روتور که این امر با کاهش سوخت مصرفی باعث بالا رفتن راندمان میکرو توربین می‌شود
- بازیابی حرارت خروجی جهت پیش گرم کردن هوای ورودی به محفظه احتراق
- سرعت‌های دورانی بالا در شافت خروجی اولیه

۱-۳-۳-۱-انواع میکرو توربین

طبقه‌بندی میکرو توربین‌ها بر اساس آرایش فیزیکی اجزای سازنده آن‌ها شامل تک شافت یا دو شافت ، چرخه ساده[2] یا بهبودیافته[3] ، inter-cooled یا reheat تقسیم می‌شوند. میکرو توربین تک شافت با سرعت چرخش ۹۰،۰۰۰ تا ۱۲۰،۰۰۰ دور در دقیقه با توجه به فرایند ساخت ساده‌تر و ارزان‌تر آن نوع رایج استفاده‌شده در بازار مصرف است[۱۶].
میکرو توربین‌ها را می‌توان به دو کلاس کلی زیر نیز تقسیم کرد:

میکرو توربین‌های بهبود نیافته (یا با چرخه ساده)[4] : در این نوع میکرو توربین‌ها هوای فشرده با سوخت مخلوط و تحت‌فشار ثابت احتراق می‌یابد. گاز گرم حاصل از احتراق با عبور از توربین منبسط و موجب چرخش توربین می‌شود. میکرو توربین‌های چرخه ساده دارای کارایی کمتری در حدود ۱۵٪، هزینه‌های سرمایه‌گذاری پایین‌تر، قابلیت اطمینان بالاتر ، و گرمای در دسترس بیشتری برای تولید هم‌زمان برق و حرارت دارا هستند[۱۶].

میکرو توربین‌های بهبودیافته[5]: در این نوع میکرو توربین‌ها با استفاده از یک مبدل حرارتی صفحه تخت[6] مقداری از گرمای گازهای خروجی از توربین جهت گرم کردن جریان هوای ورودی بازیابی می‌شود. بازده تبدیل سوخت به انرژی الکتریکی

[1] High-Speed Permanent Magnet Generator
[2] Simple Cycle
[3] Recuperated
[4] Unrecuperated (Or Simple Cycle) Microturbines
[5] Recuperated Microturbines
[6] Sheet-Metal Heat Exchanger

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

در این نوع میکرو توربین در محدوده ۲۰ تا ۳۰٪ است. علاوه بر این با بازیابی حرارت می‌توان ۳۰ تا ۴۰ درصد از سوخت مصرفی را صرفه‌جویی نمود[۱۶].

۲-۳-۳-۱-زمینه‌های کاربرد میکرو توربین

زمینه‌های گوناگون کاربرد میکرو توربین‌ها را می‌توان به شکل زیر دسته‌بندی نمود: [۲۸]

تولید پیوسته توان الکتریکی: یکی از کاربردهای میکرو توربین‌ها تولید دائمی نیروی الکتریکی است. سامانه‌های بکار گرفته شده در این زمینه ازنظر طراحی و نصب ساده هستند. چنین کاربردی برای آن دسته از مصرف‌کنندگان که به کارکرد مطمئن شبکه‌های سرتاسری انتقال نیرو و یا کیفیت الکتریسیته تحویلی از آن‌ها با توجه به حساسیت دستگاه‌ها و یا فنّاوری مورداستفاده‌شان اطمینان کامل ندارند، مناسب است.

تولید هم‌زمان الکتریسیته ، سرمایش و گرمایش به‌صورت ترکیبی (CCHP): این کاربرد فرآیندهایی را تحت پوشش قرار می‌دهد که در آن‌ها علاوه بر نیروی الکتریکی نیاز به توان حرارتی نیز وجود دارد. به‌کارگیری حرارت ایجادشده در توربین جهت تولید توان حرارتی، بازده کل میکرو توربین را تا سه برابر افزایش می‌دهد (از حدود بازده ۳۰درصد به بازده در حدود۹۰درصد). در سال‌های اخیر استفاده ترکیبی میرکروتوربین‌ها با مبدل‌های حرارتی، چیلرهای جذبی و رطوبت‌گیرهای هوا در نقاط مختلف جهان توسعه‌یافته است.

پیک سایی[1]: به‌کارگیری میکرو توربین در زمان پیک مصرف یکی از گزینه‌های مطرح برای استفاده از این توربین‌ها است. این کاربرد به‌منظور اجتناب از پرداخت مبالغ بالای ناشی از هزینه‌های الکتریسیته در زمان پیک مصرف است(در زمان پیک‌بار ممکن است هزینه‌ها به ۳ الی ۵ برابر زمان عادی برسد) به‌گونه‌ای که در برخی مناطق اجتناب از پرداخت این هزینه‌ها می‌تواند سرمایه‌گذاری انجام‌شده جهت خرید و نصب چنین تجهیزاتی را ازنظر اقتصادی موجه سازد.

تأمین برق پشتیبان: برخی مصرف‌کنندگان نیاز به انرژی الکتریکی قابل‌اطمینان و همیشگی دارند. مکان‌هایی همچون بیمارستان‌ها و فرودگاه‌ها در زمره این مصرف‌کنندگان هستند. به همین منظور استفاده از سامانه‌هایی که در صورت نیاز بتوان آن‌ها را به‌سرعت وارد مدار تولید برق نمود در چنین مکان‌هایی الزامی است. دیزل ژنراتورها هم‌اکنون بخش عمده‌ای از بازار ادوات تأمین نیروی الکتریکی پشتیبان را در اختیاردارند. استفاده از میکرو توربین‌ها بدین منظور به مؤلفه‌های مختلفی همچون قیمت این دستگاه‌ها در مقایسه با دیزل ژنراتورها و نیز توانایی‌شان برای قرار گرفتن سریع و مطمئن در مدار تولید بستگی دارد.

بازیابی منابع سوختی: این کاربرد در صنایعی مورداستفاده قرار می‌گیرد که فرآیند تولید آن‌ها منجر به تولید سوخت‌های جامد، مایع و یا گازی می‌شود که در حالت عادی این سوخت‌ها بدون استفاده مانده و هدر می‌روند. بارزترین نمونه این صنایع، چاه‌ها و مناطق استحصال نفت و گاز می‌باشند که گازهای ترش و باقابلیت اشتعال پایین حاصل از آن‌ها را می‌توان در راه‌اندازی میکرو توربین‌ها بکار گرفت و به تولید انرژی الکتریکی و حرارتی پرداخت. گازهای ناشی از فاضلاب‌های صنعتی و حیوانی و نیز سوخت‌های حاصل از فرآیندهای بکار گرفته شده در صنایع غذایی، کاغذسازی و تولید فولاد را نیز می‌توان به‌عنوان سوخت میکرو توربین‌ها مورداستفاده قرار داد.

۳-۳-۳-۱-تولیدکنندگان میکرو توربین

مشخصات برخی شرکت‌های مطرح سازنده میکرو توربین‌ها و سامانه‌های وابسته در جدول(۱-۱۰) ارائه شده است.

[1] Peak Shaving

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

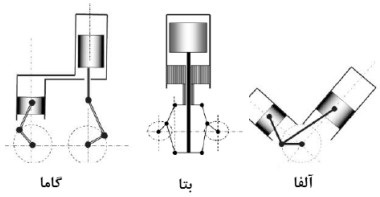
جدول(۱۰-۱)-مشخصات شرکت‌های مطرح سازنده میکرو توربین در جهان

نام شرکت	وزن kg	شدت صدا dB(A)	NOx	توان (kW)		بازده		نام محصول	مرجع
				الکتریکی	حرارتی	الکتریکی	حرارتی		
Capstone	۱۷۱۰۰–۴۰۵	65	< 9ppm	۳۰- ۱۰۰۰	–	۲۶–۳۳	57–61	C30 - C1000S	[۳۰]
Flexenergy	۲۱۸۱۸–۶۵۷۷	۶۲–۶۹	< 5ppm	۳۳۳–۱۳۰۰	۵۵۶–۲۲۲۴	۳۳	۵۰–۵۷	GT333S	flexenergy.com,[31]
Ingersoll Rand	5440	۸۳		۷۰–۲۵۰	–	۲۹–۳۰	-	MT250, MT70	[۳۲ ,۳۰]
Elliott	۱۸۱۴	۷۵	24 PPM	۱۰۰	۱۷۲	۲۹	۴۶	TA100-TA80-TA200	[۳۰]
Bowman	–	۷۷	25ppm	۸۰	–	۲۶	۴۸	TG80	[۳۳ ,۳۰]
Ansaldo Energia	۳۱۰۰–۲۷۵۰	۷۲	≤15ppm	۱۰۰		30		AET100	[۳۲]
Bladon	۹۲۰	۶۰	65	۱۲	–	–	–		https://www.bladonmt.com
EnerTwin	225	<58	<27ppm	۳/۲	۱۴/۴	15	72	MTT	enertwin.com,[34, 35]
Aurelia’s	۲۲۰۰۰	۷۵	15ppm	۴۰۰	–	۴۰	–	Aurelia® A400	aureliaturbines.com
DTE Energy	-	-	-	۴۰۰	–	-	-	ENT 400	[۳۰]
Turbec	–	۷۲/۳	< 6 ppm	۱۰۰	۱۶۵	۳۰	۵۰	T100	[۳۰]
OTAG				2	۱۸	10/4	83/6		[۳۴]
ABB	۲۰۰۰	۷۰	≤15ppm	۱۰۰	۱۶۷	۳۰	۵۰	MT 100	[۳۶]
GE Power				۱۷۵					[۳۰]
Power Works™				۷۰					[۳۶]

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۱ -۳- ۴-موتور استرلینگ

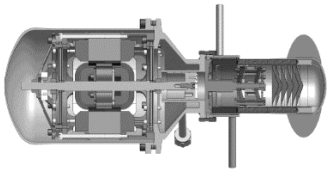
موتور استرلینگ شامل پیستون توان و یک پیستون جابجایی و سه مبدل حرارتی بانام‌های خنک‌کننده، گرم‌کننده و بازیاب حرارتی است. پیستون توان فشار گاز را به نیروی مکانیکی تبدیل می‌کند، درحالی‌که وظیفه پیستون جابجایی حرکت دادن گاز میان منطقه گرم و سرد موتور است. موتورهای استرلینگ بر اساس نوع پیکربندی و سازوکار حرکتی به انواع آلفا، بتا، گاما و پیستون آزاد تقسیم می‌شوند[۳۷]. پیکربندی نوع آلفا دارای دو پیستون مکانیکی متصل (پیستون تراکم و انبساط) در دو سیلندر جداگانه است که این دو سیلندر توسط خنک‌کن ، بازیاب و گرم‌کن به هم متصل هستند. پیکربندی نوع بتا مدل کلاسیک موتور استرلینگ است که در آن پیستون تراکم و توان به همراه پیستون جابجایی و انبساط داخل یک سیلندر قرار دارند. در این نوع پیکربندی هر دو پیستون به کمک یک محور و به شیوه‌ای نسبتاً پیچیده داخل یک سیلندر به هم متصل شده‌اند. در موتورهای استرلینگ نوع بتا وظیفه پیستون جابه‌جایی، انتقال گاز مابین فضای تراکم و انبساط در حجم ثابت است. موتور گاما مشابه با موتور بتا از ترکیب پیستون توان و پیستون جابجایی استفاده می‌کند. تفاوت اصلی میان موتور استرلینگ نوع بتا و گاما آن است که در موتور گاما پیستون توان در یک سیلندر جداگانه در کنار سیلندر پیستون جابجایی قرار دارد و گاز عامل به‌راحتی میان آن‌ها حرکت می‌کند. پیکربندی نوع گاما نرخ تراکم کمتری تولید می‌کند اما اجازه می‌دهد تا یک سازوکار مکانیکی میان پیستون‌ها آسان‌تر برقرار شود. در این حالت گاز عامل به‌راحتی میان مبدل حرارتی گرم (که به سیلندر جابجایی متصل است) و مبدل حرارتی سرد (که به پیستون توان ارتباط دارد) جابجا می‌شود[۳۷].



شکل(۹-۱)- انواع موتور استرلینگ [۳۷]

سازوکار حرکتی اجزا در موتورهای استرلینگ به دو صورت است : روش اول بر مبنای اتصال مکانیکی اجزاء است و سازوکار سینماتیکی نامیده می‌شود. در این روش اجزای مکانیکی برای تبدیل حرکت رفت و برگشتی پیستون به حرکت چرخشی خروجی استفاده می‌شوند. در سازوکار سینماتیکی آب‌بندی‌های ویژه‌ای نیاز است تا از نشتی گاز پرفشار که درواقع گاز عامل موتور برای ایجاد توان مکانیکی است جلوگیری شود. موتورهای استرلینگ نوع آلفا، بتا و گاما سازوکار حرکتی مکانیکی دارند.

در سازوکار حرکتی نوع دوم از تغییرات فشار در فضای زیر پیستون‌ها، جهت حرکت اجزای رفت و برگشتی استفاده می‌شود. موتورهای استرلینگ با این نوع سازوکار حرکتی به موتورهای استرلینگ پیستون آزاد مشهور هستند، شکل(۱۰-۱) . داخل این موتورها برای تولید جریان برق ساختاری به‌صورت یک ناحیه القایی الکتریکی تعبیه و به‌صورت خطی به موتور متصل شده است. با توجه به سازوکار حرکتی در این موتورها، اصطکاک مکانیکی و نشت گاز عامل بسیار پایین است. موتورهای پیستون آزاد هزینه‌های نگهداری پایینی دارند و قابلیت‌های موتور اجازه می‌دهد تا عملکردی پیوسته با بازده بالا در آن‌ها صورت گیرد.



شکل(۱۰-۱)- موتور استرلینگ پیستون آزاد [۳۷]

موتورهای استرلینگ به دلیل عملکرد نزدیک به چرخه کارنو به‌صورت بالقوه پتانسیل بالایی برای کار در بازده بالا دارند. در حال حاضر موتورهای استرلینگ ساخته‌شده بازده الکتریکی در حدود ۳۰٪ و بازده کل ۸۵ تا ۹۸ درصد را تولید می‌کنند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

موتورهای استرلینگ همچنین توانایی خوبی در کارکرد در بارهای کم حرارتی دارند. هر دو نوع سازوکار حرکتی در موتورهای استرلینگ پتانسیل بالایی جهت کاربرد در سامانه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت دارند.

موتورهای استرلینگ در گستره وسیعی از تولید توان از چند کیلووات تا ۱ مگاوات طراحی و توسعه‌یافته‌اند. موتورهای استرلینگ با سازوکار حرکت مکانیکی در محدوده ۱/۱ تا ۵۰۰ کیلووات توسعه‌یافته‌اند، حال‌آنکه موتورهای استرلینگ پیستون آزاد در محدوده تولید توان الکتریکی ۱ تا ۲۵ کیلووات طراحی و ساخته‌شده‌اند [۳۷]. لذا با توجه به توان تولیدی، موتورهای استرلینگ پیستون آزاد جهت استفاده در مقیاس‌های کوچک و مصارف خانگی جذاب‌ترند. مشخصات برخی شرکت‌های مطرح ارائه‌دهنده موتورهای استرلینگ در جدول (۱-۱۱) ارائه شده است.

برخی از مزایای موتورهای استرلینگ شامل : احتراق مخلوط سوخت و هوا به دلیل منبع حرارت خارجی دقیق‌تر کنترل می‌شود، انتشار سوخ مشتعل نشده به دلیل فرآیند احتراق پیوسته حذف می‌شود، روغن‌کاری کمتری موردنیاز است که منجر به بازه‌های طولانی‌تر کارکرد و نیاز کمتر به تعمیرات دوره‌ای می‌شود، نیاز به طراحی ساده‌تری دارد، عدم نیاز به سوپاپ و سادگی فرایند سوخت‌رسانی، عملکرد کم‌صدا و کم ارتعاش ، سرویس و نگهداری کم و قابلیت اطمینان بالا، طول عمر بالا و قابلیت کارکرد با سوخت‌های متنوع.

برخی معایب موتورهای استرلینگ شامل: هزینه‌های بالا، راندمان پایین، نیاز به مبدل‌های حرارتی ورودی و خروجی با قابلیت تحمل فشار سیال کاری و اثرات خوردگی، اندازه بزرگ موتور نسبت به توان تولیدی و کندی و سختی تغییر توان تولیدی.

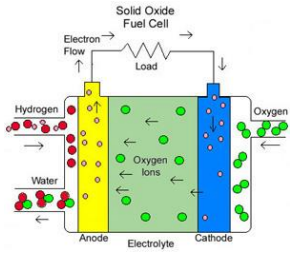
جدول(۱۱-۱)-مشخصات شرکت‌های مطرح سازنده موتورهای استرلینگ گازسوز تولید برق در جهان

نام شرکت	نوع سوخت	نوع موتور	ظرفیت تولید برق (kW)	ظرفیت تولید حرارت (kW)	بازده الکتریکی	بازده حرارتی	مشخصات محصول	وزن kg	شدت صدا dBA	مرجع
Whisper Tech	گاز	آلفا	۱/۲	۷/۵ تا ۱۴/۵	۱۲٪	٪ ۷۷	Whispergen	۱۳۷	–	[۳۷] [۳۸] [۳۹ ,۲۶]
Sun Power	گاز	پیستون آزاد	۱/۱	۱۵ تا ۳۶	۱۳/۵	۸۱/۱	MicroGen	۱۰۵	۴۶	
Cleanergy	بیوگاز / انرژی خورشید	–	۲-۹/۵	۸ تا ۲۶	۵-۲۴/۲۲ ٪	۷۵-۶۵ ٪	SOLO	۴۶۰	–	
Inspirit	گاز	بتا	۶/۴	۱۲ تا ۱۵	۱۵٪	٪ ۷۵	–	۳۵۰	–	
Sigma Elektroteknisk	–	–	۱/۵	۹	–	–	–	–	–	
STM Power F260	گاز	–	۵۰	۸۳	۸۲		–	–	–	
Genoastirling	گاز		۱/۱ تا ۳/۳	۶/۵ – ۱۸/۶	٪ ۱۴	–	ML3000,ML1000	۲۵۰	–	[۲۶ ,۳۹, ۴۰]
Coolenergy	Waste heat	-	۲۵	–	٪ ۳۰		ThermoHeart	۳۹۵۰	–	
Qnergy	گاز	پیستون آزاد	۰/۶ تا ۵/۶۵	–	15/3	84/0	PowerGen	۲۰۰	۶۵	
BAXI Ecogen	گاز	پیستون آزاد	۱	۶	12/2	73/1	–	۱۱۰	۴۵	[۲۶ ,۲۵]
Navien HYBRIGEN	گاز	–	۱	۵/۷	15/4	88/0	–	–	۴۶	[۳۹]
HRE-boiler	گاز	پیستون آزاد	۱	۶/۴	11/3	72/1	–	–	–	[۲۵]
Viessmann	پیستون آزاد		۱	۶	12/4	75/1	–	۶۲	–	[۲۵]

۱ -۳- ۵-پیل سوختی اکسید جامد

پیل سوختی یک مبدل انرژی الکتروشیمیایی است که از سه جز اصلی آند، کاتد و الکترولیت تشکیل‌شده است. پیل‌های سوختی شبیه به باتری هستند به‌طوری‌که از طریق واکنش الکتروشیمیایی و بدون احتراق مستقیم سوخت برق DC تولید می‌کنند. در پیل سوختی هیدروژن در قسمت آند اکسیدشده و به پروتون و الکترون تقسیم می‌شود. الکترون تولیدی جریان الکتریسیته را موجب می‌گردد. پروتون با عبور از غشاء تبادل یون به سمت کاتد رفته و در حضور کاتالیزور با اکسیژن هوا و الکترون بازگشتی از پیل بدون تولید هیچ آلاینده‌ای به آب تبدیل می‌شود، شکل(۱۱-۱). درصورتی‌که از گاز طبیعی به‌عنوان سوخت استفاده شود تبدیل گاز طبیعی به هیدروژن در رفورمر باعث می‌شود که مقداری آلاینده منتشر شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۱۱-۱)- نحوه تولید برق در پیل سوختی [۴۱]

استفاده از سامانه‌های تولید پراکنده بر پایه پیل سوختی به خاطر راندمان بالا، قابلیت انشعاب ، عملکرد بدون صدا، اثرات زیست‌محیطی کم و ظرفیت کوچک می‌تواند فنّاوری ایده آلی برای تولید قدرت توزیعی و محلی باشد [۴۱]. پیل‌های سوختی اکسید جامد یکی از انواع پیل‌های سوختی هستند که می‌توانند انرژی شیمیایی سوخت‌های گازی نظیر گاز طبیعی را به انرژی الکتریکی تبدیل نمایند. دمای عملکردی این نوع پیل‌های سوختی بین ۶۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است[۳۹]. دمای عملکردی بالای پیل‌های سوختی اکسید جامد، استفاده مستقیم از انواع سوخت‌های موجود مانند گاز طبیعی را امکان‌پذیر نموده است (سوخت مورداستفاده در سایر پیل‌های سوختی نظیر PEM هیدروژن است) و ازاین‌رو می‌تواند به‌عنوان مولد تولید پراکنده گازسوز نیز به کار گرفته شود. همچنین به دلیل داشتن دمای بالا می‌توان از آن‌ها در سامانه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت استفاده نمود[۳۹]. شرکت‌های مطرح ارائه‌دهنده پیل‌های سوختی SOFC در جدول (۱-۱۲) ارائه شده است. بازده بالا و آلودگی محیط زیستی کم، دمای عملکردی بالا، توان تولیدی بالا و نداشتن سروصدای زیاد و قطعه متحرک ازجمله ویژگی‌های پیل‌های سوختی اکسید جامد هستند که استفاده از آن‌ها را قابل‌رقابت با فناوری‌های مشابه نظیر موتورهای احتراق داخلی نموده است[۳۹]. بااین‌حال پیچیدگی و جدید بودن فناوری ، توسعه‌یافتگی تجاری محدود و نیازمندی استفاده از ریفرمر سوخت در بیشتر استفاده‌های کاربردی از مهم‌ترین مشکلات پیش رو در توسعه استفاده از این فناوری عنوان شده است[۱۸, ۲۰].

جدول(۱۲-۱)-مشخصات شرکت‌های مطرح ارائه‌دهنده پیل‌های سوختی SOFC در جهان

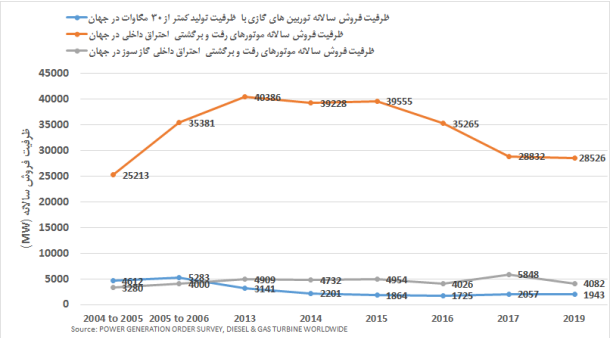
نام شرکت	نوع سوخت	ظرفیت تولید برق (kW)	بازده الکتریکی	مشخصات محصول	وزن kg	صدا dBA	NOx	مرجع
Bloom Energy	گاز	۲۰۰	۵۳ تا ۶۵ ٪	ES5	۱۲۶۰۰	< 70	0.00077 g/kwh	bloomenergy.com
FuelCell Energy (FCE)	گاز	۳۰۰– ۴۰۰۰	۴۷٪	DFC300	۱۵۸۷۵ – ۴۸۵۳۴	۷۲	0.0045 g/kwh	fuelcellenergy.com
Aisin Seiki	گاز	۱۰	۴۶٪/۵	ENE-FARM	-	-	-	[۴۲]
Delphi Corp	گاز	۵	٪ ۴۰–۵۰	DelphiGen	-	-	-	[۴۲]
Siemens Westinghouse	گاز	۵–۲۵۰			-	-	-	[۴۳ ,۴۴]
HEXIS/VIESMANN	گاز	۱–۱/۵	٪ ۳۵-۴۰	Galileo	۱۷۰	-	-	[۲۶ ,۴۲ ,۴۴]
Redox Power Systems	گاز	۲۵	٪ ۵۴	Redox Cube	۴۵۰	-	-	redoxenergy.com
CONVION FINLAND	گاز	۵۰ – ۳۰۰	–	C300- C50	–	< 70 db	<2.6 ppm	[۴۲]
SOLID POWER	گاز	۱/۵	۶۰	BlueGEN	۲۵۰	< 47 db	-	[۴۲ ,۴۴]
		۲/۵	٪ ۵۰	EnGEN	–	-	-	[۴۲]
MITSUBISHI-HITACHI	گاز	۲۰ – ۲۳۰	٪ ۵۲	-	–	-	-	[۴۲]
SOFCMAN	گاز	۲۰۰	۷۰- ۷۲/۵ ٪	–	–	-	-	[۴۲]
KYOCERA	گاز	۰/۷	۴۲	–	۹۴	-	-	[۲۶]

۱-۴- بررسی میزان فروش و روند توسعه فناوری‌های مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در جهان

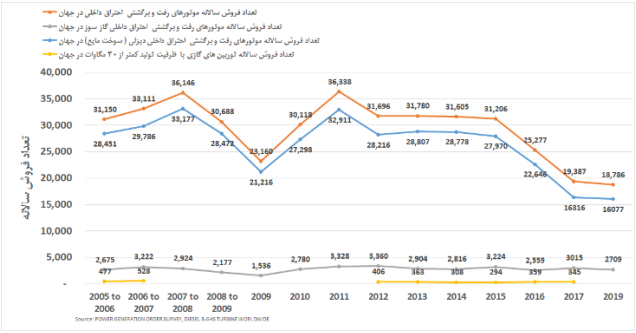
۱-۴-۱-میزان فروش و روند توسعه موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گازی

طبق آمار گزارش شده موتورهای احتراق داخلی گازی یا دیزلی و توربین‌های گازی بیشترین ظرفیت نصب‌شده مولدهای تولید پراکنده در جهان را داشته‌اند[12, 21]. در جداول و نمودارهای زیر میزان فروش سالانه موتورهای احتراق داخلی گازی یا دیزلی و توربین‌های گازی با ظرفیت تولید کمتر از ۳۰ مگاوات در جهان ارائه شده است[۴۵].

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۱۲-۱)- ظرفیت فروش سالانه توربین‌های گازی و موتورهای احتراق داخلی در جهان



شکل(۱۳-۱)- تعداد فروش سالانه توربین‌های گازی و موتورهای احتراق داخلی در جهان

جدول(۱۳-۱)- ظرفیت فروش سالانه توربین‌های گازی با ظرفیت تولید کمتر از ۳۰ مگاوات در جهان[۴۵]

نوع توربین بر اساس ظرفیت	ظرفیت فروش سالانه (MW)								تعداد فروش سالانه							
	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۹	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۹
۱ تا ۲ مگاوات	157	162	158	140	162	86	144	130/5	119	118	104	111	67	109	93
۲ تا ۳/۵ مگاوات	120	96	109	104	118	125	120	71	45	36	40	38	40	47	53	26
۳/۵ تا ۵ مگاوات	194	161	166	220	175	176	238	279/7	51	39	41	53	43	49	62	68
۵ تا ۷/۵ مگاوات	375	443	295	423	235	293	234	405/5	65	76	50	69	40	50	41	72
۷/۵ تا ۱۰ مگاوات	333	263	346	291	221	214	310	198/7	42	34	43	36	28	30	39	25
۱۰ تا ۱۵ مگاوات	637	1561	386	175	140	243	211	305/6	49	119	30	14	11	19	16	24
۱۵ تا ۲۰ مگاوات	124	161	689	609	205	286	361	312/8	7	9	44	39	13	20	23	23
۲۰ تا ۳۰ مگاوات	2672	2436	992	239	608	302	439	239/6	99	97	40	10	22	12	16	14
مجموع	4612	5283	3141	1864	2201	1725	2057	1943	477	528	363	308	294	359	345	359

جدول(۱۴-۱)- ظرفیت فروش سالانه موتورهای احتراق داخلی در جهان*[۴۵]

نوع موتور بر اساس ظرفیت	ظرفیت فروش سالانه (MW)								تعداد فروش سالانه							
	2005	۲۰۰۶	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۹	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۹
۰/۵ تا ۱ مگاوات	8307	11840	13335	12746	11171	7806	5142	4282	12439	18090	17614	15646	11006	7363	6831
۱ تا ۲ مگاوات	11465	15403	15407	16054	17538	15529	12156	8697	10577	11047	10635	11257	11077	8949	7171
۲ تا ۳/۵ مگاوات	2320	4226	6260	6342	7088	6896	6150	11363	2485	2627	2887	3178	2761	2442	4394
۳/۵ تا ۵ مگاوات	362	574	834	745	674	1047	1079	2186	196	187	159	240	250	147	298
۵ تا ۷/۵ مگاوات	796	758	1363	296	384	284	223	1491	142	67	64	47	33	129	56
۷/۵ تا ۱۰ مگاوات	1155	1303	1667	1687	1286	893	1506	393	179	184	137	97	199	151	33
۱۰ تا ۱۵ مگاوات	354	167	127	168	75	244	362	23	11	12	7	18	32	14	2
۱۵ تا ۲۰ مگاوات	411	1067	1330	1076	1339	2566	2214	91	75	60	74	141	119	60	6
۲۰ تا ۳۰ مگاوات	0	0	63	67	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0

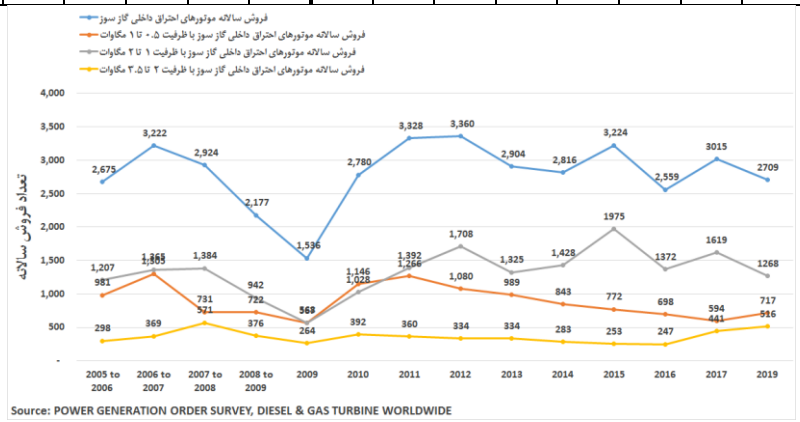
DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳۰ مگاوات و بیشتر	43	43	0	353 81	403 86	3922 8	3955 5	3526 5	2883 2	2852 6	1	1	0	1	316 05	313 05	0	0	0
مجموع	25213	225 04	311 51	318 16	316 05	313 05	2538 7	193 87	187 91										

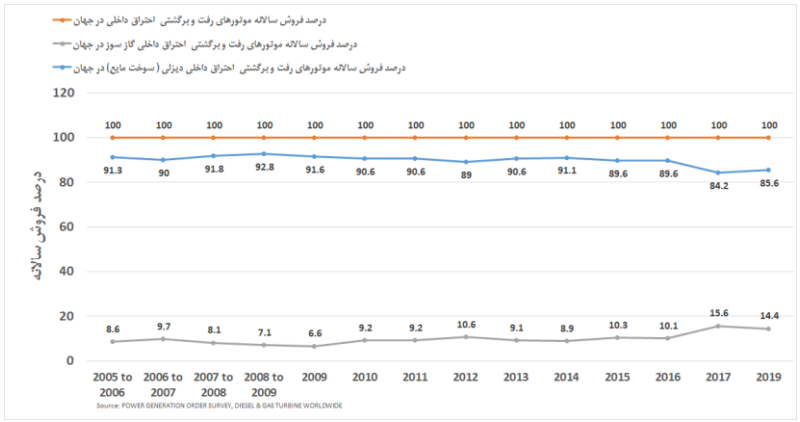
* آمار ارائه شده تمامی موتورهای احتراق داخلی دیزلی، گازسوز و دوگانه‌سوز را شامل می‌شود.

جدول(۱۵-۱)- ظرفیت فروش سالانه موتورهای احتراق داخلی گازسوز در جهان[۴۵]

نوع موتور بر اساس ظرفیت	ظرفیت فروش سالانه (MW)								تعداد فروش سالانه							
	2005	2006	2013	2014	2015	2016	2017	2019	2005	2006	2013	2014	2015	2016	2017	2019
۰/۵ تا ۱ مگاوات	430	589	593	506	463	419	356	430	716	981	989	843	772	698	594	717
۱ تا ۲ مگاوات	1234	1448	1590	1714	2370	1646	1943	1522	1028	1207	1325	1428	1975	1372	1619	1268
۲ تا ۳/۵ مگاوات	535	745	835	708	633	618	1103	1290	214	298	334	283	253	247	441	516
۳/۵ تا ۵ مگاوات	150	128	311	439	371	671	743	720	40	192	83	99	179	198	161	192
۵ تا ۷/۵ مگاوات	420	450	264	12	54	36	120	24	70	75	34	44	2	9	6	20	4
۷/۵ تا ۱۰ مگاوات	512	640	776	944	808	296	744	96	64	80	97	118	101	37	93	12
۱۰ تا ۱۵ مگاوات	0	0	12	36	0	0	24	0	0	0	1	3	0	0	2	0
۱۵ تا ۲۰ مگاوات	0	0	527	374	255	340	816	0	0	0	31	22	15	20	48	0
۲۰ تا ۳۰ مگاوات	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
۳۰ مگاوات و بیشتر	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
مجموع	3280	4000	4909	4732	4954	4026	5848	4082	2132	2675	2904	2559	3224	2816	3015	2709



شکل(۱۴-۱)- آمار فروش سالانه موتورهای احتراق داخلی گازسوز در جهان[۴۵]



شکل(۱۵-۱)- درصد فروش سالانه موتورهای احتراق داخلی بر اساس نوع سوخت در جهان[۴۵]

در شکل(۱۲-۱) تا شکل(۱۵-۱) و **Error! Reference source not found.** تا

جدول(۱۵-۱) آمار فروش سالانه توربین‌های گازی و موتورهای احتراق داخلی در جهان ارائه شده است. نتایج به‌دست‌آمده از این آمار در زیر ارائه شده است.

- میزان فروش سالانه موتورهای احتراق داخلی به‌مراتب بیشتر از توربین‌های گازی چه ازنظر تعداد فروش و چه ازنظر ظرفیت تولید برق بوده است(شکل(۱۲-۱) و شکل(۱۳-۱)).
- میزان و ظرفیت فروش توربین‌های گازی کم‌ظرفیت در سال‌های اخیر (۲۰۱۹-۲۰۱۵) نسبت به میزان فروش قبل از آن (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰) کاهش زیادی داشته است (شکل(۱۲-۱) و شکل(۱۳-۱))
- بیشتر فروش توربین‌های گازی برای ظرفیت‌های بالا (۵ تا ۳۰ گیگاوات) گزارش شده است (**Error! Reference source not found.**)
- میزان و ظرفیت فروش موتورهای احتراق داخلی در سال‌های اخیر روند کاهشی داشته است (شکل(۱۲-۱) و شکل(۱۳-۱))
- میزان و ظرفیت فروش موتورهای احتراق داخلی دیزلی در سال‌های اخیر روند کاهشی داشته است (شکل(۱۲-۱) و شکل(۱۳-۱))
- بیشتر فروش موتورهای احتراق داخلی برای ظرفیت‌های کم (۰/۵ کیلووات تا ۳/۵ گیگاوات) گزارش شده است (**Error! Reference source not found.**)
- مطابق شکل(۱۴-۱) در سال‌های اخیر بیشترین آمار فروش موتورهای احتراق داخلی گازسوز برای موتورهای با ظرفیت ۱ تا ۲ مگاوات و پس‌ازآن موتورهای ۰/۵ تا ۱ مگاوات گزارش شده است
- میزان فروش موتورهای احتراق داخلی دیزلی (سوخت مایع) در طی ۲۰ سال گذشته روند کاهشی داشته است(شکل(۱۵-۱))
- میزان فروش موتورهای احتراق داخلی گازسوز در طی سال‌های اخیر روند افزایشی داشته است(شکل(۱۵-۱))

طبق گزارش موسسه Fortune Business Insights که اخیراً برای بازار فروش موتورهای احتراق داخلی گازسوز ارائه شده است, در سال ۲۰۱۹ حجم فروش سالانه موتورهای احتراق داخلی گازسوز در جهان بیش از ۴/۳۴ میلیارد دلار برآورد شده و طبق پیش‌بینی این موسسه این میزان فروش در سال ۲۰۲۷ به بیش از ۶/۰۵ میلیارد دلار خواهد رسید. عمده مصارف موتورهای احتراق داخلی گازسوز در سال ۲۰۱۹ مربوط به مصارف مولدهای تولید برق و حرارت CHP با سهم ۳۵٪ (۱/۵ میلیارد دلار) و مولدهای تولید برق با سهم ۳۰٪ (۱/۳ میلیارد دلار) بوده و باقی سهم فروش برای موتورهای تولید نیروی محرکه صنایع ، خودروها، کشتی‌ها و نظایر آن بوده است[۴۶].

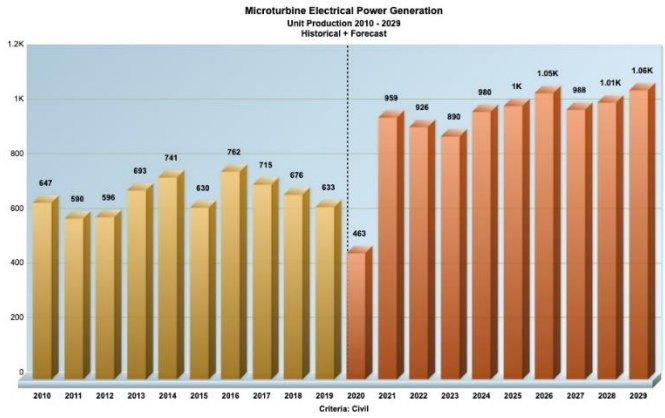
طبق گزارش موسسه Fortune Business Insights در سال ۲۰۱۹ حجم فروش سالانه توربین‌های گازی در جهان بیش از ۱۰/۴۵ میلیارد دلار برآورد شده و طبق پیش‌بینی این موسسه میزان فروش توربین‌های گازی در سال‌های آتی روند ثابتی داشته به‌گونه‌ای که میزان فروش پیش‌بینی‌شده آن در سال ۲۰۲۷ به ۱۰/۷ میلیارد دلار خواهد رسید [۴۷]. در سال ۲۰۱۹ مجموع ظرفیت فروش توربین‌های گازی ۱۵۶۲۴ مگاوات گزارش شده است (**Error! Reference source not found.**) که از این میزان ۱۹۴۹ مگاوات آن (۱۲/۵ ٪) سهم توربین‌های گازی کوچک با ظرفیت کمتر از ۳۰ مگاوات بوده است [۲۳]. بر این اساس برآورد می‌شود که در سال ۲۰۱۹ بیش از ۱/۳ میلیارد دلار از فروش توربین‌های گازی مربوط به توربین‌های گازی کوچک مقیاس باشد.

۱-۴-۲-میزان فروش و روند توسعه میکرو توربین در جهان

توسعه میکرو توربین به دلیل تولید توان الکتریکی و حرارتی پربازده‌تر، باقابلیت اطمینان بالاتر و آلودگی کمتر یکی از نیازهای رو به رشد صنعت در سال‌های آینده است و پیشرفت‌های سریع در این عرصه فرصت‌های جدیدی را برای استفاده‌کنندگان از الکتریسیته و گرما جهت کاهش هزینه‌ها، افزایش کیفیت و قابلیت اطمینان وسایل مورد کاربرد در این زمینه و همچنین کاهش خطرات زیست‌محیطی، نوید می‌دهد. طبق گزارش ارزیابی توربین‌های گازی جهان که به‌صورت سالانه در مجله توربوماشین به چاپ می‌رسد، در سال ۲۰۲۰ شرکت Capstone بیشترین سهم بازار فروش میکرو توربین‌ها را با بیش از ۶۰٪ سهم

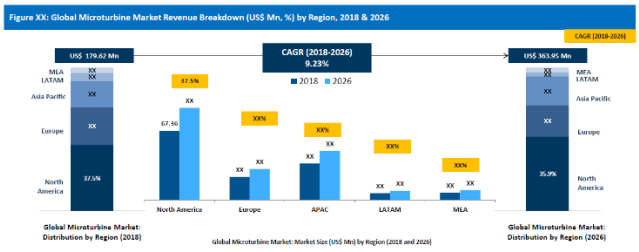
DOI: 10.30503/nripress.2020.342

فروش بازار داشته است[۴۸]، [۴۹]. طبق آمار ارائه شده این شرکت در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۲۷۰ و ۲۱۴ دستگاه با مجموع ظرفیت ۵۱ و ۳۳/۲ مگاوات به فروش رسانیده است[۲۶]. شرکت FlexEnergy رتبه دوم بازار را در این سال داشته است. میزان فروش این شرکت تقریباً نیمی از فروش شرکت Capstone بوده و هر دو شرکت تقریباً ۹۵٪ حجم بازار فروش میکرو توربین‌ها را داشته‌اند[۴۸]. در شکل(۱۶-۱) میزان فروش سالانه میکرو توربین در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ و پیش‌بینی میزان فروش سالانه آن تا سال ۲۰۲۹ ارائه شده است. بر اساس این پیش‌بینی میزان فروش میکرو توربین‌ها تا سال ۲۰۳۰ رشد قابل‌توجهی را خواهد داشت [۴۹].



شکل(۱۶-۱)- تعداد فروش میکرو توربین در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ و پیش‌بینی آن تا ۲۰۲۹[۴۹]

طبق برآورد دیگری که توسط سایت Fortune Business Insights ارائه شده است، شکل(۱۷-۱)، حجم بازار فروش میکرو توربین‌ها در سال ۲۰۱۸ حدود ۱۷۹ میلیون دلار برآورد شده است. طبق پیش‌بینی این سایت نرخ رشد سالانه فروش میکرو توربین‌ها در محدوده سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۶ حدود ۹/۲۳ ٪ خواهد بود به‌گونه‌ای که تا سال ۲۰۲۶ حجم این بازار به بیش از ۳۶۰ میلیون دلار خواهد رسید.



شکل(۱۷-۱)- میزان فروش میکرو توربین‌ها در بازه زمانی ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۶ [۵۰]

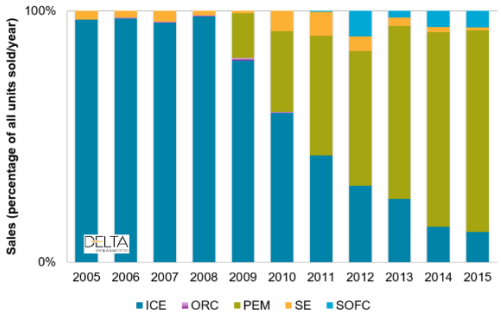
مطابق شکل(۱۷-۱)، آمریکای شمالی بیشترین میزان فروش در سال ۲۰۱۸ را با سهم ۳۷/۵ ٪ از کل فروش داشته است و پس‌ازآن اروپا جایگاه دوم را به خود اختصاص داده است.

۱-۴-۳-میزان فروش و روند توسعه موتور استرلینگ در جهان

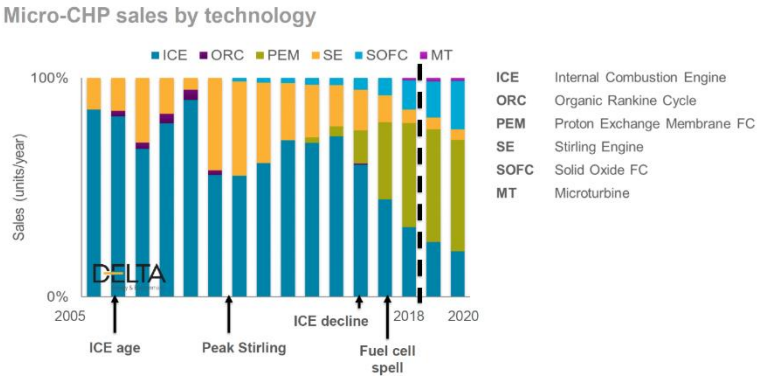
فناوری موتور استرلینگ تاکنون توسط چندین شرکت به‌صورت تجاری و باهدف تولید هم‌زمان برق و حرارت در مصارف کوچک و خانگی (معمولاً در محدوده ۱ تا ۲۵ کیلووات) عرضه شده است[۲۲, ۵۱]. بااین‌حال توسعه تجاری و بازار فروش این فناوری نسبت به سایر مولدهای مطرح تولید پراکنده محدود بوده و بیشتر در اروپا توسعه یافته است. یکی از کاربردهای توسعه یافته این فناوری در اروپا استفاده از گرمای مشعل‌های گازی واحدهای مسکونی یا واحدهای تجاری کوچک به‌عنوان منبع انرژی موردنیاز موتور استرلینگ ۱ تا ۱۰ کیلووات و تولید هم‌زمان برق و حرارت (آب گرم) است[۵۱]. قابلیت استفاده از هر نوع منبع حرارتی در موتورهای استرلینگ موجب توسعه موتور استرلینگ خورشیدی و موتور استرلینگ سوخت جامد زیست‌توده در سال‌های اخیر شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

طبق گزارش شرکت دلتا انرژی[1] کاربرد موتور استرلینگ در تولید هم‌زمان برق و حرارت کوچک‌مقیاس[2] در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ رشد بالایی در جهان (عمدتاً در اروپا) داشته است و در ادامه با ظهور فناوری‌های پیل سوختی توسعه آن روند کاهشی یافته است.



شکل(۱۸-۱)-درصد استفاده از فناوری‌های micro-CHP در جهان، محدوده سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵[۵۲]



شکل(۱۹-۱)-درصد استفاده از فناوری‌های micro-CHP در اروپا، محدوده سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰[۵۳]

در شکل(۱۸-۱) و شکل(۱۹-۱) درصد استفاده از موتور استرلینگ (SE) نسبت به سایر فناوری‌های micro-CHP در جهان و اروپا ارائه شده است. بر این اساس پیک استفاده از موتور استرلینگ را می‌توان در محدوده سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ مشاهده نمود. طبق گزارش اتحادیه اروپا فناوری موتور استرلینگ سهم کمی از بازار فروش مولدهای تولید پراکنده CHP را داشته و شرکت‌های محدودی این فناوری را به‌صورت تجاری عرضه کرده‌اند. بااین‌حال پیش‌بینی‌شده که استفاده این فناوری در بازیابی انرژی‌های دورریز[3] و همچنین در حوزه انرژی‌های نو (تولید برق و حرارت از سوخت‌های بیوگاز و مولدهای خورشیدی موتور استرلینگ) توسعه خواهد یافت [۲۲].

۱-۴-۴-میزان فروش و روند توسعه پیل‌های سوختی SOFC در جهان

طبق آمار گزارش شده، طی چند سال اخیر منطقه آسیا و اقیانوسیه بیشترین سهم را در بازار جهانی پیل سوختی اکسید جامد داشته است و درآمد آن در سال ۲۰۱۸ حدود ۴۴۸ میلیون دلار ارزیابی‌شده که معادل ۵۸/۳ ٪ درصد از کل سهم بازار فروش را شامل شده است[۴۴]. کشور ژاپن به‌عنوان کشور پیشرو درزمینهٔ توسعه فناوری‌های پیل سوختی SOFC در جهان مطرح بوده است. توسعه فناوری‌های پیل سوختی SOFC در ژاپن ناشی از در نظر گرفتن نقش کلیدی این فناوری در برنامه ملی توسعه انرژی ژاپن بوده است که پس از حادثه نیروگاه هسته‌ای فوکوشیما مطرح و با نزدیک شدن به المپیک ۲۰۲۰ توکیو اجرا و توسعه آن تسریع شده است[۴۴]. آمریکای شمالی ، با پیشتازی ایالات‌متحده، دومین بازار فروش SOFC در جهان بوده به‌گونه‌ای که ارزش آن در سال ۲۰۱۸ حدود ۱۸۶ میلیون دلار برآورد شده و پیش‌بینی‌شده که در سال ۲۰۲۵ این میزان به حدود ۳۰۸ میلیون دلار افزایش یابد (متوسط رشد سالانه ۱۲٪)[۴۴].

[1] Delta Energy & Environment, Delta EE
[2] micro-CHP
[3] Waste Heat

در جدول(۱۶-۱) و جدول(۱۷-۱) بازارهای فروش پیل‌های سوختی SOFC مسطح و لوله‌ای در سال ۲۰۱۸ و پیش‌بینی آن تا سال ۲۰۲۵ ارائه شده است.

جدول(۱۶-۱)-بازار فروش پیل سوختی SOFC مسطح در جهان، بازه زمانی ۲۰۱۸-۲۰۲۵ (میلیون دلار) [۴۴]

منطقه	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR[1] (19–25) (%)
آمریکای شمالی	140/17	155/96	173/97	194/29	217/30	243/71	274/03	308/58	12/0
اروپا	94/61	104/96	116/73	129/98	144/95	162/08	181/71	204/02	11/7
آسیا و اقیانوس آرام	340/68	380/43	425/88	477/36	535/82	603/11	680/60	769/20	12/5
سایر نقاط	6/33	7/07	7/91	8/85	9/91	11/13	12/52	14/10	12/2
مجموع	581/80	648/42	724/49	810/48	907/99	1020/03	1148/85	1295/90	12/2

جدول(۱۷-۱)-بازار فروش پیل سوختی SOFC لوله‌ای در جهان، بازه زمانی ۲۰۱۸-۲۰۲۵ (میلیون دلار) [۴۴]

منطقه	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR (19–25) (%)
آمریکای شمالی	46/18	51/53	57/65	64/57	72/43	81/47	91/87	103/75	12/4
اروپا	30/66	34/12	38/06	42/50	47/53	53/31	59/94	67/49	12/0
آسیا و اقیانوس آرام	107/45	120/34	135/13	151/91	171/03	193/08	218/53	247/72	12/8
سایر نقاط	2/04	2/29	2/57	2/88	3/24	3/65	4/11	4/64	12/5
مجموع	186/34	208/28	233/40	261/86	294/22	331/49	374/45	423/60	12/6

طبق گزارش سالانه صنعت پیل سوختی که توسط e4tech به‌صورت سالانه ارائه می‌شود،در سال ۲۰۱۹ بیش از ۲۲۸۰۰ واحد SOFC در جهان فروخته‌شده که بیشتر آن مولدهای تولید پراکنده برق و واحدهای تولید هم‌زمان برق و حرارت CHP بوده‌اند. شرکت‌های Aisin ژاپن ، SOLIDpower اروپا و Bloom Energy در آمریکا تولیدکنندگان مطرح در جهان بوده‌اند[۵۴].

۱- ۵- مقایسه فناوری‌های مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک و روند توسعه فناوری‌ها در آینده

موتورهای احتراق داخلی، توربین‌های گازی، میکرو توربین‌ها، موتورهای استرلینگ و سلول‌های سوختی فناوری‌هایی هستند که به‌صورت تجاری توسعه یافته و به‌عنوان مولدهای تولید پراکنده گازسوز جهت تولید برق به‌تنهایی یا تولید هم‌زمان برق و حرارت در نقاط مختلف دنیا استفاده شده‌اند. در جدول(۱۸-۱) مقایسه کیفی فناوری‌های مختلف مولدهای تولید پراکنده ازنظر مؤلفه‌های میزان لرزش، مؤلفه آمادگی کارکرد، محدوده ظرفیت، بازده الکتریکی، فشار سوخت، زمان راه‌اندازی ، میزان انتشار NO_x، میزان انتشار CO_2، میزان انتشار CO، میزان انتشار SO_2، نوع سوخت ، نسبت توان به حرارت تولیدشده، هزینه‌های نصب، هزینه‌های جاری، مدت‌زمان کارکرد، قابلیت کارکرد در بار متغیر ، قابلیت پیک سایی، توسعه تجاری و بلوغ فناوری و طول عمر انجام شده است. در جدول(۱۹-۱) نیز میزان فروش سالانه مولدهای تولید پراکنده و پیش‌بینی رشد سالانه فروش این مولدها در سال‌های آتی ارائه شده است. نتایج ارائه شده در این دو جدول به‌قرار زیر است:

موتورهای احتراق داخلی گازسوز : مزیت‌های کیفی این نوع موتورها را می‌توان هزینه‌های نصب پایین ، زمان راه‌اندازی کم آن، انتشار CO_2 نسبتاً کم ، تنوع سوخت گاز مورداستفاده، نسبت توان به حرارت نسبتاً بالا، قابلیت بالای تغییر بار ، قابلیت بالای استفاده در شرایط پیک سایی، توسعه‌یافتگی و بلوغ بالا و طول عمر بالا عنوان نمود. معایب این مولد میزان لرزش بالا، انتشار بالای آلاینده‌های NOx، SO2 و CO گزارش شده است. این مولد بیشترین حجم فروش مولدهای تولید پراکنده را داشته و پیش‌بینی رشد بالایی برای توسعه آتی آن به‌خصوص در بخش تولید پراکنده با ظرفیت تولید بیش از ۱ مگاوات برای آن پیش‌بینی شده است.

[1] Compound annual growth rate

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

توربین گازی: مزیت‌های کیفی این نوع مولد را می‌توان هزینه‌های جاری کم ، قابلیت بالای استفاده در شرایط پیک سایی، توسعه‌یافتگی و بلوغ بالا و طول عمر بالای آن عنوان نمود. معایب این مولد محدوده ظرفیت ، فشار سوخت بالا، محدودیت نوع سوخت گازی و قابلیت پایین تغییر بارکاری آن عنوان نمود. این مولد حجم فروش بالایی برای مولدهای تولید پراکنده با ظرفیت تولید بالا (۵-۳۰ مگاوات) داشته و رشد ناچیزی برای توسعه آتی آن پیش‌بینی شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۸-۱)-مقایسه کیفی فناوری‌های مختلف مولدهای تولید پراکنده گازسوز *						
مؤلفه	موتورهای احتراق داخلی گازسوز	توربین گازی	میکرو توربین	موتور استرلینگ	پیل سوختی SOFC	مرجع
میزان لرزش	بالا	متوسط به بالا	متوسط	کم	خیلی کم	[۲۶]
مؤلفه آمادگی کارکرد[1]	٪ ۹۲-۸۵	٪ ۹۸-۹۴	٪ ۹۸-۹۰	٪ ۹۰-۸۵	بیش از ٪۹۵	[۵۵ ,۲۶]
محدوده ظرفیت**	۵۰-۱۰۰۰۰ کیلووات	۱-۲۰ مگاوات	۳۰-۱۰۰۰ کیلووات	۵-۱۲۰۰ کیلووات	۵۰-۲۸۰۰ کیلووات	[۵۶ ,۴۶ ,۲۶]
بازده الکتریکی	٪ ۴۲-۲۸	٪ ۴۰-۲۱	٪ ۳۰-۲۰	٪ ۲۰-۱۰	٪ ۳۵-۷۰	[۵۳ ,۴۸-۵۰ ,۲۶ ,۲۲]
فشار سوخت	<5psi	۵۰۰-۱۲۰ psi (کمپرسور)	۱۰۰-۴۰ psi (کمپرسور)	بدون محدودیت (احتراق خارجی)	۰/۴-۵/۵ psi	[۴۹ ,۲۶]
زمان راه‌اندازی[2]	۱۰ ثانیه	۱۰ دقیقه تا ۱ ساعت	۶۰ ثانیه	۶۰ ثانیه	۳ ساعت تا ۲ روز	[۴۹ ,۲۶]
انتشار NO_x (g/kWh)	۰/۲ -۱	0/3-0/5	0/1	-	۰/۰-۰۰۱/۰۰۵	[۲۶ ,۲۲ ,۱۹]
انتشار CO_2 (g/kWh)	۵۰۰-۶۲۰	۵۸۰-۶۸۰	۷۲۰	-	۴۳۰-۴۹۰	[۱۹] [۲۶ ,۲۲]
انتشار CO (g/kWh)	۱/۸	۰/۴۲	۰/۴۷	-	۰	[۵۳ ,۲۶ ,۲۲]
انتشار SO_2 (g/kWh)	1/25	0/032	0/037	-	0/024	[۲۶ ,۲۲]
نوع سوخت	گاز طبیعی، بیوگاز، گاز لندفیلد، دیزل و بیودیزل	گاز طبیعی	گاز طبیعی، بیوگاز، گاز لندفیلد	- (احتراق خارجی)	گاز طبیعی، هیدروژن، متانول	[۲۶ ,۲۲]
نسبت توان به حرارت	۰/۱-۵/۲	۱-۲ (۱۰ مگاوات و بالاتر)	۰/۷-۰/۴	۰/۳	۱-۲	[۵۱ ,۲۶]
هزینه‌های نصب $/MWh	(DG) ۶۰۰-۲۵۰	(DG) ۶۰۰-۳۰۰	(DG) ۷۵۰-۵۰۰	(CHP) ۱۲۵۰۰-۲۰۰۰	(DG) ۳۰۰۰-۱۵۰۰	[۵۴ ,۲۶ ,۲۲]
هزینه‌های جاری $/MWh	۲۵-۷	۳-۱۳	۱۳-۵	۱۵-۱۰	۳۸-۳۲	[۵۶ ,۵۲ ,۲۶]
مدت‌زمان کارکرد[3]	۳۰۰۰۰-۲۵۰۰۰	۵۰۰۰۰-۳۰۰۰۰	۴۰۰۰۰-۵۰۰۰	بیش از ۵۰۰۰۰	۴۰۰۰۰-۱۰۰۰۰	[۲۶]
بار متغیر [4]	خوب	ضعیف	متوسط	ضعیف	خوب	[۲۶]
پیک سایی	خوب	خوب	خوب	ضعیف	ضعیف	[۲۲]
توسعه تجاری و بلوغ فناوری	خوب	خوب	خوب	ضعیف	متوسط	[۲۲]
طول عمر (سال)	۲۰	۲۰	۱۰	۱۰	۲۰-۱۰	[۱۹]

* در جدول فوق طبقه‌بندی رنگ‌آمیزی فرایندها عبارت است از: سلول‌های با شدت رنگ بالاتر دارای مزیت بیشتر و سلول‌های با شدت رنگ کمتر دارای مزیت کمتر

** مقادیر ارائه شده ظرفیت‌های متداول توان تولیدی مولدهای تولید پراکنده است. ظرفیت بالاتر تولید نیز برای موتورهای احتراق داخلی، توربین گازی و پیل سوختی گزارش شده است.

جدول(۱۹-۱)-مقایسه مؤلفه‌های کمی و بازار فروش مولدهای تولید پراکنده گازسوز

مؤلفه	موتورهای احتراق داخلی گازسوز	توربین گازی	میکرو توربین	موتور استرلینگ	پیل سوختی SOFC
میزان فروش سالانه	۲/۸ میلیارد دلار (۲۰۱۹ [۴۶])	۱/۳ میلیارد دلار (۲۰۱۹|[۴۷])	۱۷۹ میلیون دلار (۲۰۱۸ [۵۰]) ۲۱۰/۴ میلیون دلار (۲۰۲۰ [۵۰])	-	۶۰۵/۶ میلیون دلار (۲۰۲۰|[۵۷])
رشد سالانه فروش CAGR[5] تا سال ۲۰۲۷	٪ ۵/۶ ([۴۶])	٪ ۰/۲۶ ([۴۷])	٪ ۹/۲۳ ([۵۰])	٪ ۷/۵ (مصارف خانگی [۵۸])	٪ ۱۳/۳ ([۵۷])

[1] Availability: مدت زمانی که مولد در مدار تولید میتواند باشد به کل بازه زمانی مورد نظر
[2] Start Up
[3] Hours To Overhauls
[4] Part Load
[5] Compound annual growth rate

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

پیل سوختی SOFC: مزیت‌های کیفی این نوع مولد شامل لرزش ناچیز، مؤلفه آمادگی کارکرد بالا، بازده الکتریکی بالا، انتشار آلاینده ناچیز، نسبت توان به حرارت بالا، قابلیت بالای تغییر بار ، فشار سوخت پایین و طول عمر نسبتاً بالا است. معایب این روش شامل هزینه‌های نصب و هزینه‌های جاری بالا، زمان راه‌اندازی بالا و ناتوانی آن در استفاده در شرایط پیک سایی عنوان شده است. این مولد حجم فروش متوسطی برای مولدهای تولید پراکنده با ظرفیت تولید ۱ تا ۳ مگاوات داشته و رشد بسیار بالایی برای توسعه آتی آن برای کشورهای پیشرفته نظیر آلمان و ژاپن پیش‌بینی شده است.

میکرو توربین: مزیت‌های کیفی این نوع مولد را می‌توان قابلیت بالای استفاده در شرایط پیک سایی ، توسعه‌یافتگی و بلوغ بالا، هزینه‌های جاری نسبتاً کم، زمان راه‌اندازی نسبتاً کم، انتشار نسبتاً کم آلاینده‌های و تنوع بالای سوخت گاز مصرفی آن عنوان نمود. این مولد حجم فروش متوسطی را برای مولدهای تولید پراکنده با ظرفیت کمتر از ۱ مگاوات داشته و رشد بالایی برای توسعه آتی آن در بخش مولدهای تولید پراکنده کم‌ظرفیت و مصارف خانگی پیش‌بینی شده است.

موتور استرلینگ : هزینه‌های نصب بسیار بالای آن و ناتوانی این روش به تغییرات سریع بار از مهم‌ترین عوامل عدم توسعه‌یافتگی تجاری آن نسبت به سایر رقبایش عنوان شده است. بااین‌حال برای مصارف تولید هم‌زمان برق و حرارت خانگی رشد نسبتاً خوبی برای سال‌های آتی برای آن پیش بینی شده است.

فصل دوم

۲- بررسی فناوری های موجود و شرکت های ارائه دهنده مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در کشور

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۲- ۱- مقدمه

تولید پراکنده اگرچه مفهومی نوین ، در ادبیات اقتصادی صنعت برق ایران است ولی ماهیت واقعی آن چندان جدید نیست . در روزهای نخستین تولید برق، تولید پراکنده یک اصل فراگیر بود ، به این‌گونه که اولین نیروگاه‌های برق تنها مشترکان نزدیک و همسایه خود را تغذیه می‌کردند. با توجه به این‌که شبکه‌های جریان مستقیم ، اولین شبکه‌های برقی بودند که به‌منظور ایجاد تعادل بین تولید و مصرف از منابع ذخیره موجود در محل مانند باتری‌ها استفاده می‌شد . بعدها و براثر پیشرفت فناوری و ایجاد شبکه‌های جریان متناوب این امکان پیدا شد که برق در مسافت‌های طولانی انتقال پیدا کند . در سال ۸۷ در راستای بسترسازی مناسب خصوصی‌سازی و به‌منظور افزایش کارآمدی در بخش تولید انرژی، جلب مشارکت بخش خصوصی جهت احداث نیروگاه‌های کوچک مقیاس با عنوان تولید پراکنده ، در دستور کار وزارت نیرو قرار گرفت . معاونت برق و انرژی وزارت نیرو در بهمن‌ماه ۱۳۸۷ با ابلاغ دستورالعملی تحت عنوان توسعه مولدهای مقیاس کوچک، در جهت جذب سرمایه‌گذاران از طریق عقد قرارداد خرید تضمینی برق نیروگاه‌های تولید پراکنده اقدام نمود که بر اساس این قرارداد سرمایه‌گذارانی که اقدام به تأسیس نیروگاه‌های برق در کوچک مقیاس نمایند برق تولیدی نیروگاه آن‌ها به‌صورت تضمینی و با نرخ ابلاغی در همان سال توسط وزارت نیرو – شرکت توانیر خریداری می‌گردد. طبق تعریف دبیرخانه هیئت تنظیم بازار برق ایران از تولید پراکنده به مفهوم نوین آن عبارت است از " تأمین انرژی برق با استفاده از مولدهای تولید برق با ظرفیت (حداکثر) ۲۵ مگاوات که قابلیت نصب در محل‌های مصرف و یا اتصال به شبکه توزیع با قابلیت کارکرد دائم به‌منظور تأمین انرژی برق را دارند، و ازلحاظ مشخصه‌های زیست‌محیطی امکان بهره‌برداری از آن‌ها در مراکز مختلف میسر باشد"[۵۹]. مطابق با مصوبه جلسه ۹۵ هیئت تنظیم بازار برق کشور: مقرر گردید نیروگاه‌هایی که ازنظر فنی قابلیت اتصال به شبکه توزیع محل اتصال را دارا هستند و ظرفیت عملی تولید آن‌ها از ۲۵ مگاوات بیشتر نیست، به‌عنوان نیروگاه مقیاس کوچک تلقی گردند. برای تولیدکننده‌ای دارای ظرفیت تولید بیش از ۲۵ مگاوات ، اگر بخشی از این ظرفیت توسط خود تولیدکننده یا دیگر مصرف‌کنندگان متصل به شبکه محلی به مصرف برسد و تولیدکننده مایل به عرضه بقیه ظرفیت آماده تولید خود به شبکه باشد، تا سقف ۲۵ مگاوات از تولید آن، مشمول احکام نیروگاه‌های مقیاس کوچک خواهد شد؛ مشروط بر آنکه مازاد تولید آن نسبت به‌کل مصرف در شبکه محلی، بیش از ۲۵ مگاوات نباشد[۵۹].

۲- ۲- مزایای استفاده از مولدهای تولید پراکنده DG در ایران

مهم‌ترین مزایای استفاده از مولدهای تولید پراکنده DG عبارت‌اند از:

تولید برق اضطراری: مهم‌ترین کاربرد مولدهای تولید پراکنده DG استفاده از آن برای تولید برق اضطراری برای مصرف‌کنندگان خاص مانند بیمارستان‌ها، آزمایشگاه‌ها و حتی هتل‌ها است که برای آن‌ها مسائل اقتصادی در مقابل مسائلی چون عدم قطعی برق در درجه دوم قرار دارد[۵۹].

کیفیت توان و قابلیت اطمینان: مولدهای تولید پراکنده DG کیفیت توان را بهبود می‌بخشند و قابلیت اطمینان را افزایش می‌دهد. سازمان بین‌المللی انرژی، تولید قابل‌اطمینان برق را به‌عنوان مهم‌ترین مؤلفه مولدهای تولید پراکنده عنوان کرده است. این مولدها از شبکه انتقال استفاده نمی‌کنند و بنابراین از حوادثی که در شبکه انتقال می‌تواند موجب قطع برق مشترکین شود در امان هستند. چنانچه این واحدها مستقیماً به مشترک وصل شده باشند، در صورت قطع برق، شبکه توزیع نیز می‌تواند برق مشترک را به‌صورت جزیره‌ای تأمین نماید. در حالت اتصال به شبکه می‌توان با شرکت برق بر مبنای نرخ مصوب تبادل انرژی داشت[۵۹].

تولید برق و گرما به‌صورت هم‌زمان: با استفاده از فناوری تولید هم‌زمان برق و حرارت و یا سرما راندمان مولدهای تولید پراکنده DG از نیروگاه‌های سیکل ترکیبی نیز بالاتر رفته و به حدود ۸۰–۹۰ درصد انرژی شیمیایی سوخت می‌رسد. اضافه کردن مبدل حرارتی به واحد مولد برق، قیمت مجموعه را بالا می‌برد اما در عوض همراه با هر کیلووات انرژی الکتریکی تولیدی، حدود دو کیلووات انرژی حرارتی برای مصارف گرمایشی و سرمایشی برداشت می‌شود و این خود هزینه سرمایه‌گذاری

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

و نیز هزینه سوخت و نگهداری واحدهای سنتی تأسیسات حرارتی و تهویه مطبوع را کاهش می‌دهد[۵۹]. علاوه بر این همراه با گازهای خروجی از مولدها مقداری گرما و گاز CO_2 نیز به محیط آزاد می‌شود که می‌توان CO_2 موجود را به‌طور مستقیم وارد گلخانه‌ها کرده و از گاز تولیدی توسط این مولدها نیز استفاده نمود.

پیک سائی: در کشورهایی که از سیاست چند نرخی در شبکه برق خود بهره‌مند هستند اغلب تولید برق مولدهای تولید پراکنده DG در ساعات پیک مصرف انجام می‌شود. این امر علاوه بر مقرون‌به‌صرفه بودن برق تولیدشده برای صاحبان DGها، باعث کاهش بار شبکه در ساعات اوج مصرف‌شده که برای مصرف‌کنندگان شبکه که از تولید پراکنده استفاده نمی‌کنند نیز مفید است.

مسائل زیست‌محیطی: بازدهی بالای سامانه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت CHP موجب کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و سایر آلاینده‌ها نظیر ترکیبات گوگردی و اکسیدهای نیتروژن می‌شود.

۲- ۳- قوانین و الزامات مرتبط با راندمان مولدهای تولید پراکنده

طبق بند ت ماده ۴۸ قانون برنامه پنج‌ساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (دستورالعمل تعیین نرخ خرید تضمینی برق) که از سوی رئیس سازمان برنامه‌وبودجه برای اجرا در سال ۹۸ ابلاغ شده است، وزارت نیرو مجاز است نسبت به صدور مجوز و پروانه احداث برای نیروگاه‌های کوچک مقیاس با بازده الکتریکی حداقل ۴۲ درصد با مجموع بازده الکتریکی و حرارتی حداقل ۷۰ درصد اقدام نماید. انعقاد قرارداد خرید تضمینی برق برای نیروگاه‌های کوچک مقیاس نو (متقاضی عقد قرارداد خرید تضمینی) مطابق با آخرین نرخ مناقصه نیروگاه‌های حرارتی بزرگ که بر اساس راندمان و شرایط محیطی تعدیل شده است، با اعمال ضرایب فصلی ماده (۴) این مصوبه، برای یک دوره حداکثر ۷ ساله انجام شود .

۲- ۴- نیروگاه‌های تولید پراکنده DG و CHP گازی نصب‌شده در ایران

طبق گزارش راهبردی آمار تفصیلی صنعت برق ایران از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷ تعداد ۲۴۵ نیروگاه تولید پراکنده DG و CHP گازی با توان تولید ۱۷۲۸ مگاوات در ایران احداث‌شده و ۳۴۳ مگاوات نیروگاه تولید پراکنده گازی جدید نیز در سال ۱۳۹۸ بهره‌برداری شده است[۶۰]. در جدول(۱-۲) میزان مشخصات نیروگاه‌های برق تولید پراکنده DG و CHP گازی استان‌های مختلف ایران ارائه شده است. طبق آمار گزارش‌شده استان‌های مازندران و تهران بیشترین ظرفیت نصب‌شده مولدهای تولید پراکنده DG را تا سال ۱۳۹۸ در ایران داشته‌اند[۶۰].

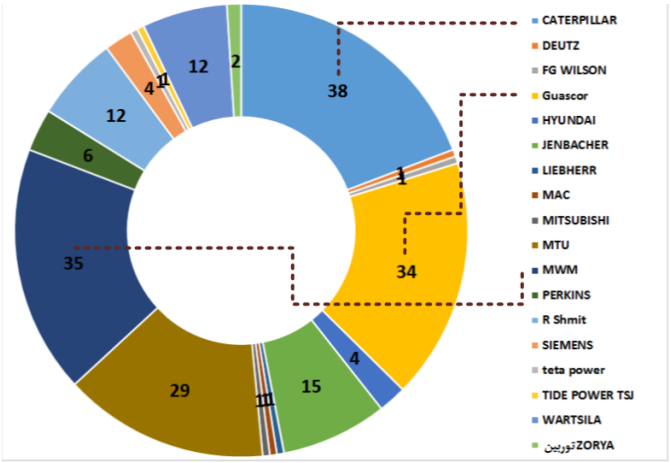
جدول(۱-۲)- مشخصات نیروگاه‌های برق تولید پراکنده گزارش‌شده در آمار تفصیلی صنعت برق ایران، ۱۳۹۸ [۶۰]

استان	نوع سوخت مصرفی	توان تولید (کیلووات)	تولید ناویژه (مگاوات ساعت)	مصرف سوخت (هزار مترمکعب)
آذربایجان شرقی	گاز	۵۴۶۶۲	۲۵۴۱۶۰	۶۳۵۴۰
آذربایجان غربی	گاز	۳۱۵۴۰	۱۴۰۴۸۷	۳۵۱۲۲
اردبیل	گاز	۶۰۸۸	۱۵۷۸۲	۳۹۴۶
اصفهان	گاز	۱۷۶۲۹۰	۶۵۰۰۵۷	۱۶۲۵۱۴
چهارمحال و بختیاری	گاز	۷۸۰۰	۸۹۳۷	۲۲۳۴
لرستان	گاز	۳۹۶۰۰	۱۳۷۲۴۹	۳۴۳۱۲
مرکزی	گاز	۲۷۹۰۰	۸۱۹۳	۲۰۴۸
همدان	گاز	۱۸۱۰۰	۷۰۳۲۲	۱۷۵۸۱
البرز	گاز	۶۷۲۸۶	۲۱۹۴۱۷	۵۴۸۵۴
تهران	گاز	۱۹۷۷۷۶	۴۲۱۶۸۰	۱۰۵۴۲۰
قم	گاز	۵۸۵۲۰	۲۰۳۶۶۹	۵۰۹۱۷
خراسان رضوی	گاز	۱۱۹۰۵۳	۲۰۷۴۸۶	۵۱۸۷۲
خراسان جنوبی	گاز	۸۰۰۰	-	-

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱-۲)- مشخصات نیروگاه‌های برق تولید پراکنده گزارش‌شده در آمار تفصیلی صنعت برق ایران، ۱۳۹۸ [۶۰]				
استان	نوع سوخت مصرفی	توان تولید (کیلووات)	تولید ناویژه (مگاوات ساعت)	مصرف سوخت (هزار مترمکعب)
خراسان شمالی	گاز	۱۱۰۰۰	۳۳۶۸۵	۸۴۲۱
خوزستان	گاز	۹۹۳۴۰	۷۰۰۳۵	۱۷۵۰۹
زنجان	گاز	۷۰۷۸۰	۱۸۱۲۱۱	۴۵۳۰۳
قزوین	گاز	۸۰۶۴۸	۳۰۶۲۴۶	۷۶۵۶۲
سمنان	گاز	۲۶۸۸۱	۶۲۱۵۱	۱۵۵۳۸
کرمانشاه	گاز	۷۲۰۰	۲۰۵۳۰	۵۱۳۳
بوشهر	گاز	۴۶۸۶	۶۴۹۱	۱۶۲۳
فارس	گاز	۸۴۷۷۸	۳۲۰۵۹۸	۸۰۱۵۰
کرمان	گاز	۷۲۵۲۲	۳۴۳۳۲۰	۸۵۸۳۰
گیلان	گاز	۳۶۸۸۰	۸۶۱۶۴	۲۱۵۴۱
گلستان	گاز	۱۱۵۵۲	۶۰۹۱۹	۱۵۲۳۰
مازندران	گاز	۱۹۸۸۰۷	۹۷۰۲۱۴	۲۴۲۵۵۴
هرمزگان	گاز	۴۹۶۰۰	۲۴۷۶۶۱	۶۱۹۱۵
یزد	گاز	۱۶۰۹۴۲	۵۴۵۸۷۹	۱۳۶۴۷۰
جمع کل	گاز	۱۷۲۸۲۳۱	۵۵۹۲۵۴۳	۱۳۹۸۱۳۹

در جدول(پ-۱-۳) که در پیوست ۳ ارائه شده است، مشخصات واحدهای تولید پراکنده DG، CHP و CCHP نصب‌شده در ایران بر اساس آمار گزارش‌شده دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو توانیر تا سال ۱۳۹۷ ارائه شده است [۶۱]. بر اساس اطلاعات ارائه شده در این جدول و استعلام دریافت شده از دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو توانیر (پیوست ۲) ، بخش عمده مولدهای تولید پراکنده DG و CHP گازی به کار گرفته‌شده در ایران از نوع موتورهای احتراق داخلی گازسوز هستند. همچنین توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس به‌صورت محدود در برخی استان‌ها نظیر قشم و بهشهر نصب شده‌اند. برای فناوری‌های میکرو توربین‌ها ، موتورهای استرلینگ و پیل‌های سوختی اکسید جامد در ایران بررسی انجام‌شده نشان‌دهنده عدم استفاده این فناوری‌ها در تولید پراکنده برق به‌صورت تجاری در ایران تا ابتدای سال ۱۴۰۰ بوده و در این زمینه آماری گزارش نشده است. در شکل(۱-۲) توزیع کمی برندهای مولدهای تولید پراکنده بر اساس تعداد مکان‌های نصب این مولدها در نقاط مختلف ایران (بر اساس اطلاعات جدول (۲-۲)) ارائه شده است. بر این اساس مولدهای تولید پراکنده شرکت‌های CATERPILLAR (۱۹/۲ ٪) ، MWM (۱۷/۷ ٪) و Guascor (۱۷/۲ ٪) بیشترین آمار استفاده در ایران را داشته‌اند [۶۱].



شکل(۱-۲)-توزیع تعداد مکان‌های نصب برندهای مختلف مولدهای تولید پراکنده در ایران [۶۱]

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

طبق اطلاعات گزارش‌شده در آمار تفصیلی صنعت برق ایران، استفاده از توربین‌های گازی به‌عنوان مولدهای تولید پراکنده در ایران محدود گزارش شده است. نیروگاه آب‌شیرین‌کن قشم شاخص‌ترین توربین گازی تولید پراکنده در حال کار کشور بوده که از مولدهای ساخت شرکت ZORYA برای تولید هم‌زمان برق و شیرین سازی آب دریا در آن استفاده شده است. شایان‌ذکر است که توربین‌های گازی کوچک مقیاس ۲۵ مگاوات در نیروگاه‌های مختلفی از کشور به کار گرفته شده‌اند و ازاین‌رو در صورت نیاز می‌توان از این نوع توربین‌های گاز جهت مصارف تولید پراکنده در کشور بهره بود. از آن جمله می‌توان به توربین‌های گازی Hitachi F5 ، GE F5 ، Alstom F5، AEG F5 اشاره نمود که در شهرهای مختلفی از کشور نظیر کیش، بجنورد، کهنوج، سرخس، نوشهر، بندر امیرآباد ، بوشهر ، شهید زنبق یزد، ری، چابهار نصب و راه‌اندازی شده‌اند.

۲-۵- برندهای مولدهای تولید پراکنده مورد تأیید مرکز توسعه تولید پراکنده ایران

در جدول(۲-۲) لیست برندها و مدل‌های مولدهای تولید پراکنده مورد تأیید مرکز توسعه تولید پراکنده ایران ارائه شده است[۶۲]. مولدهای ارائه‌شده در این لیست شامل موتورهای احتراق داخلی گازسوز و توربین‌های گازی است.

جدول(۲-۲)- برندها و مدل‌های مولدهای تولید پراکنده مورد تأیید مرکز توسعه تولید پراکنده ایران [۶۲]

نام برند [۱]	مدل	ظرفیت (KW)	راندمان (٪)
CATERPILAR	CG170-16	1560	43.2
	G3412DM5206	447	42.1
	G3512EDM-8801	1000	41.7
	G3516B	1075	39.6
	G3516C SITA	1595	40.4
	G3516DM 5158	975	34.1
	G3516-DM5665	1030	37.7
	G3516 EDM56.17	1600	42.5
	G3516H	1990	44.2
	G3520C-DM5831	1950	39.5
	G3520C0DM5845	2000	40.6
	G3520-CIM	1966	40.4
	G3520E	2022	41.5
	G3520E-DM5866	2020	43.5
	G3520H	2500	45.1
	G3524LE	1380	41.9
CATERPILAR	G3532DM316200	1960	36.5
	G3532 EDM 1232	2095	38.8
	G3616 DM 5009	3860	40.5
	GCM 34	6520	45.7
	CG170-20	2000	43.7
HYUNDAI	18H3540GV	8381	46.3
	20H35 40GV	9312	46.3
	9H35 40GV	4169	46
JENBACHER	J612 GSE 01	1472	42
	J616GSE05	1701	41.1
	J616 GS02 MLC	1946	42.9
	J616GS-E01	1952	41.4
	J616GS-E02	2433	42.9
	J620GS –E02	2801	42
	JGS 616 GS-N.L	1938	41.1
	JMS 420GS-N.L	1415	42.1
	JMS 620 GS N.LC	3000	43.4
	JMS 612GS-N.L	1819	42.8
	JMS 616 GS –CO2	1698	43.4
	JW612	1310	42
	JGS620GS-N.L	1472	42

[۱] ارائه شده در سایت توانیر (tavanir.org.ir)، دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی های نو

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۲-۲)- برندها و مدل‌های مولدهای تولید پراکنده مورد تأیید مرکز توسعه تولید پراکنده ایران [۶۲]			
نام برند [۱]	مدل	ظرفیت (KW)	راندمان (٪)
WARTSILA	12V220SG	2100	41.1
	16V25SG	3000	40.1
	18V34SG	5500	46.5
	18V220SG	3200	41.3
	18V28SG	4506	44.6
	20V34SG	8730	46.5
	20V34DF	8730	44.8
	20V34SG01	9730	46.5
MWM	TBG604 V12	725	41
	TBG 62012 K	1050	40.2
	TBG 620 V16K	1400	40
	TBG 620 V8	550	35.9
	TBG 620 V8K	600	41
	TBG 632 V12	2444	40.3
	TBG 632 V16 F	3700	41.3
	TBG 632 V16 K	3916	41.9
	TCG2020V12	1200	43.7
	TCG 2020 V16	1560	43.2
	TCG 2020 V20	2000	43.7
	TCG2032 V16	4300	43.5
	TCG 2032 V1601	4000	42
ROLLS ROYCE	B350040V12AG2	5600	47.5
	B3500 40 V16 AG2	7500	48.5
	B3500 40 V20 AG2	9380	48.2
MTU	12V4000GS	1169	42.6
	12V4000L62	1166	40.8
MTU	16V165 T	1000	37
	16V4000GS	1562	42.8
	16V4000L32 ER	1714	40.8
	16V4000L62	1562	41.7
	16V4000L63	1711	42.5
	20V4000L32	1948	42.6
	20V4000L32 FNER	2145	40.8
	20V4000 L 33	2145	43
	20V4000L 33 FN	2106	42.7
	20V4000L62	1948	41.6
	20V4000 L63	2145	40.5
KAWASAKI	KG-12	5200	49
	KG-12-V	5200	49.5
	KG-18	7800	19
	KG-18-V	7800	49.5
MAN	12V3544GTS	7299	46.6
	20V35/44 GTS	12480	47.6
	20V35/44G	10335	48.4
	4500GF-T	4500	42
	E3262LE202	530	39.7
MBH	1250	900	39.7
	12VDG44/42AL	4800	42.4
	3000GM	4800	42.4
Mitsubishi	18MACH 30G	5750	46
	GS16R2-PTK	1500	41.8
	GS16U-PTK	2045	42.3
	SGP M1500-W	1500	42.1
PERKINS	4016-E61TRS2	1000	38.6
R SCHMITT ENERTEC	M12 CHP G500	500	42.1
	M12M2DG500	500	39.5

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۲- ۶- شرکت‌های ارائه‌دهنده مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک خارجی

در جدول(۳-۲) مشخصات نمایندگی‌ها و مراکز فروش برندهای مطرح و پرکاربرد ارائه‌دهنده مولدهای تولید پراکنده گازسوز کوچک مقیاس در ایران ارائه شده است.

جدول(۳-۲)- نمایندگی‌ها و مراکز فروش برندهای مطرح مولدهای گازسوز کوچک‌مقیاس در ایران

سازنده مولد	نمایندگی	مرجع	مراکز فروش در ایران	
			نام	اطلاعات تماس
MTU	**اورانوس صنعت**	mtu-solutions.com	اورانوس صنعت	mvtuiran.com
			شرکت فارس دیزل	farsdiesel.com
			کیا دیزل اسپادان	kiadieselspadan.com
			دیزل محرک پارسیان	۲۲۳۷۸۳۵۰
			آبادیزل	abadiesel.com
			آریا مولد پارسیان	aryamovaled.com
			رایا مولد	rayamovalled.ir
			نما ماد پاسارگاد	nmp-co.com
			دیزل گستر سپاهان	dieselgostar.com
			طلوع صنعت تاجیک	tst-co.com
			شرکت مهندسی سازند	sazand-co.com
			بهسان دیزل	behsandiesel.ir
			آریا کارا صنعت	ariakarasanat.com
			پویان انرژی لیدوما	pel-nrg.com
			و سایر ...	
Cummins	در سایت شرکت سازنده اطلاعاتی برای کشور ایران ارائه نشده است	https://cummins.com/locations	شرکت کامینز نیرو	۸۸۳۱۷۳۵۱
			شرکت مهندسی رعد	raad-eng.com
			شرکت پارسیان دیزل	parsiandiesel.com
			گروه صنعتی فامکو	famcocorp.com
			رویان صنعت	rooyansanat.com
			پارسیان دیزل	parsian-diesel.com
			و سایر ...	
Caterpilar	در سایت شرکت سازنده اطلاعاتی برای کشور ایران ارائه نشده است	https://cat.com	ماشین سنگین آریا	۸۸۷۵۸۷۱۹
			پارس همگام انرژی	۷۷۵۳۴۰۵۴
			شرکت مهندسی رعد	raad-eng.com
			رایا مولد	rayamovalled.ir
			گروه صنعتی فامکو	famcocorp.com
			شرکت فنی اتحاد	etehadco.com
			دیزل گستر سپاهان	dieselgostar.com
			آرکا دیزل	arkadiesel.com
			آبادیزل	abadiesel.com
			طلوع صنعت تاجیک	tst-co.com
			بهسان دیزل	behsandiesel.ir
			راد دیزل	raddiesel.ir
			آیریکو	ayriko.ir
			پویان انرژی لیدوما	pel-nrg.com
			و سایر ...	
MWM	در سایت شرکت سازنده اطلاعاتی برای کشور ایران ارائه نشده است	https://.mwm.net	Deutz MWM Iran	۲۲۰۵۷۸۱۴
			رایا مولد	rayamovalled.ir
			بهسان دیزل	behsandiesel.ir
			شرکت فنی اتحاد	etehadco.com
			دیزل گستر سپاهان	dieselgostar.com
			طلوع صنعت تاجیک	tst-co.com
			آیریکو	ayriko.ir

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

سازنده مولد	نمایندگی	مرجع	مراکز فروش در ایران	
			نام	اطلاعات تماس
			پویان انرژی لیدوما	pel-nrg.com
			و سایر ...	
Guascor	فاقد سایت (توسط شرکت Dresser-Rand خریداری شده است)		رایا مولد	rayamovalled.ir
			بهسان دیزل	behsandiesel.ir
Jenbacher	در سایت شرکت سازنده اطلاعاتی برای کشور ایران ارائه نشده است	innio.com	دیزل شرق	۶۶۹۴۲۹۸۷
			دیزل گستر سپاهان	dieselgostar.com
			آریا مولد پارسیان	aryamovaled.com
			طلوع صنعت تاجیک	tst-co.com
			بهسان دیزل	behsandiesel.ir
			شرکت فنی اتحاد	etehadco.com
			رایا مولد	rayamovalled.ir
			و سایر ...	
Deutz	در سایت شرکت سازنده اطلاعاتی برای کشور ایران ارائه نشده است	deutzsupport.com	ریان پیشرو	rieanpishro.com
			رایا مولد	rayamovalled.ir
			طلوع صنعت تاجیک	tst-co.com
			دیزل محرک پارسیان	۲۲۳۷۸۳۵۰
			عارف دیزل پارس	arefdiesel.com
			و سایر ...	
Perkins	در سایت شرکت سازنده اطلاعاتی برای کشور ایران ارائه نشده است	perkins.com	بهسان دیزل	behsandiesel.ir
			شرکت مهندسی رعد	raad-eng.com
			کیا دیزل اسپادان	kiadieselspadan.com
			شرکت مهندسی سازند	sazand-co.com
			ریان پیشرو	rieanpishro.com
			آبادیزل	abadiesel.com
			دیزل محرک پارسیان	۲۲۳۷۸۳۵۰
			پیشرو موتور پارسیان	parsiandiesel.co
			رویان صنعت	rooyansanat.com
			شرکت فنی اتحاد	etehadco.com
			گروه صنعتی فامکو	famcocorp.com
			آریا کارا صنعت	ariakarasanat.com
			عارف دیزل پارس	arefdiesel.com
Wartsila	در سایت شرکت سازنده اطلاعاتی برای کشور ایران ارائه نشده است	wartsila.com	رایا مولد	rayamovalled.ir
			آیریکو	ayriko.ir
			شرکت فنی اتحاد	etehadco.com
R Schmitt		schmitt-enertec.com	پویان انرژی لیدوما	pel-nrg.com
Mitsubishi		mtea-us.com	آریا کارا صنعت	ariakarasanat.com
Hyundai		hyundai-engine.com	نیروپارسه	nirooparse.com
Doosan	در سایت شرکت سازنده اطلاعاتی برای کشور ایران ارائه نشده است	doosanengine.com	رایا مولد	rayamovalled.ir
			آریا کارا صنعت	ariakarasanat.com
			نما ماد پاسارگاد	nmp-co.com
			شرکت ژنراتور میکا	mikapower.com
			شرکت کارا سهند	karasahand.com
			آبیاران پویان آذر	abyaran.com
			شرکت فرافن هوا	farafanhava.com
			توسعه صنایع دیزلی مبنا	tsaco-diesel.com
			شرکت پارسیان دیزل	parsiandiesel.com
			و سایر ...	
Liebherr	در سایت شرکت سازنده اطلاعاتی برای کشور ایران ارائه نشده است	liebherr.com	نما ماد پاسارگاد	nmp-co.com
Zorya(Turbine)	در سایت شرکت سازنده اطلاعاتی برای کشور ایران ارائه نشده است	zmturbines.com	مپنا	mapnagroup.com

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

در بخش فروش موتورهای احتراق داخلی گازسوز و خدمات پس از فروش آن شرکت‌های متعددی در ایران فعالیت دارند. درزمینهٔ توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس نیز شرکت مپنا با ایجاد شراکت کاری با شرکت‌های معتبر بین‌المللی مانند Zorya و Siemens فعال‌ترین شرکت درزمینهٔ تأمین قطعات و تجهیزات توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس در ایران بوده است.

۲-۷- سازندگان ایرانی مولدهای گازسوز تولید برق کوچک‌مقیاس

۲-۷-۱-سازندگان ایرانی توربین گازی کوچک‌مقیاس

شرکت توگا (مپنا): توربین گاز ۲۵ مگاواتی MGT-30MD در سال ۱۳۹۳ توسط شرکت توگا برای تولید توان الکتریکی و رانش مکانیکیِ تجهیزات دوار مانند کمپرسورها و پمپ‌ها در فرآیندهای صنعتی مختلف تولید شده است. نوع طراحی‌شده این توربین که برای تولید برق استفاده می‌شود، دارای سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه است و در نیروگاه‌های کوچک چرخه ترکیبی و ساده ازجمله نیروگاه‌های موبایل، واحدهای تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP) و در صنایع مختلف مانند آب‌شیرین‌کن کاربرد دارد. نیروگاه سیار ۲۵ مگاواتی بهشهر در سال ۱۳۹۶ با استفاده از این توربین راه‌اندازی شده است[۶۳].

۲-۷-۲-سازندگان ایرانی موتورهای احتراق داخلی گازسوز

سازندگان موتور و ژنراتور

شرکت موتورسازان تبریز: ژنراتور پرکینز ایران که همان پرکینز موتورسازان تبریز نامیده می‌شود تحت لیسانس شرکت پرکینز انگلستان در ایران با تولید انواع دیزل پرکینز فعالیت می‌نماید. موتور ژنراتورهای گازسوز این شرکت توان تولید ۳۲ – ۴۸ کیلووات برق (۴۰ کاوا و ۶۰ کاوا) ارائه شده اند.

شرکت‌های کوپلینگ دیزل ژنراتور: کار اتصال موتور دیزل و ژنراتور به هم و نصب آن بر روی یک شاسی فلزی و قرار دادن یک تابلو کنترل در کنار آن را به‌اصطلاح کوپلینگ دیزل ژنراتور می‌نامند. در ادامه برخی شرکت‌های مطرح کوپلینگ دیزل ژنراتور در ایران ارائه‌شده‌اند.

عارف دیزل پارس: این شرکت انواع موتور دیزل گازسوز ساخت ایران در برندهای پرکینز موتورسازان را با ژنراتورهای مختلف به‌صورت مجموعه آماده دیزل ژنراتور در اختیار مصرف‌کنندگان محترم قرار دهد.

آذر موتور: این شرکت با داشتن تنوع انواع ژنراتور(استامفورد انگلستان، استامفورد پاور چین، لینز ایتالیا، مکالته ایتالیا، کایجلی چین و STC چین) و انواع موتور دیزل (ولوو پنتا، دویتس چین، لوول چین، موتور سازان، لومباردینی ، کوهلر ، بنز ایدم و ..) دیزل ژنراتورهای کوپله شده ایرانی با تنوع چند ده کیلووات تا ۲۵۰ کیلووات را در سایت خود ارائه کرده است.

رعدآسا دیزل : این شرکت ارائه‌دهنده انواع مولدهای برق کوپله شده با استفاده از موتورهای گازسوز کامینز، پرکینز،دویتس،دوسان،کاترپیلار، موتورسازان و ژنراتورهای استمفورد،مکالته،لینز و لوری است.

شرکت ماه نیرو : شرکت صنعتی ماه نیرو در سال ۱۳۶۳ خورشیدی، با تولید ژنراتورهای برق مقیاس کوچک آغاز به کار کرد. در سال ۱۳۷۰ با انتقال فنّاوری و دانش فنی از شرکت آلمانی AVK تولید ژنراتورهای سه فاز سنکرون از قدرت ۳۰ الی ۲۵۰ کیلووات را آغاز و با توسعه آن‌هم اکنون تنوع تولیدات تا قدرت ۵۳۰ KVA را دارا است. در کنار تولید ژنراتور، این شرکت تولیدکننده واحد دیزل ژنراتور و پانل‌های حفاظت و کنترل است که در سراسر ایران به کار گرفته شده‌اند. موتورهای مورداستفاده در دیزل ژنراتورهای گازسوز این شرکت از برندهای Cummins، Perkins و Deutz هستند.

سایر شرکت‌های فعال درزمینهٔ کوپلینگ دیزل ژنراتور ایرانی :

- پایور دیزل آسیا
- آموت سپهر
- تیارا ژنراتور
- مجموعه صنعتی کاشانی
- و سایر
- گروه صنعتی آبیاران

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۲- ۸- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج ارائه شده در این فصل از گزارش، بخش عمده مولدهای تولید پراکنده DG و CHP گازی به کار گرفته‌شده در ایران از نوع موتورهای احتراق داخلی گازسوز هستند. همچنین توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس به‌صورت محدود در برخی استان‌ها نظیر قشم و بهشهر نصب‌شده‌اند. برای فناوری‌های میکرو توربین‌ها ، موتورهای استرلینگ و پیل‌های سوختی اکسید جامد در ایران بررسی انجام‌شده نشان‌دهنده عدم استفاده این فناوری‌ها در تولید پراکنده برق به‌صورت تجاری در ایران تا ابتدای سال ۱۴۰۰ بوده و در این زمینه آماری گزارش نشده است.

طبق بررسی انجام‌شده بر روی نوع برندهای مولدهای احتراق داخلی گازسوز به کار گرفته‌شده در ایران مشخص شد که برندهای CATERPILLAR (۱۹/۲ ٪) ، MWM (۱۷/۷ ٪) و Guascor (۱۷/۲ ٪) بیشترین آمار استفاده در ایران را داشته‌اند. درزمینهٔ توربین‌های گازی نیز نیروگاه آب‌شیرین‌کن قشم شاخص‌ترین توربین گازی تولید پراکنده در حال کار کشور بوده که از مولدهای ساخت شرکت ZORYA برای تولید هم‌زمان برق و شیرین سازی آب دریا در آن استفاده شده است.

شرکت‌های متعددی درزمینهٔ واردات موتورهای احتراق داخلی گازسوز فعالیت دارند که در جدول(۳-۲) لیست آن‌ها ارائه شده است. درزمینهٔ توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس نیز شرکت مپنا با ایجاد شراکت کاری با شرکت‌های معتبر بین‌المللی مانند Zorya و Siemens فعال‌ترین شرکت درزمینهٔ تأمین قطعات و تجهیزات توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس در ایران بوده است.

درزمینهٔ ساخت مولدهای تولید پراکنده مقیاس کوچک، شرکت توگا تنها سازنده توربین گاز کوچک‌مقیاس با ظرفیت ۲۵ مگاوات و شرکت موتورسازان تبریز نیز تنها سازنده موتورهای احتراق داخلی گازسوز با توان تولید ۳۲ – ۴۸ کیلووات برق در کشور بوده است.

فصل سوم

۳- بررسی مشخصات فنی فناوری‌های موجود مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در کشور

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳- ۱- مقدمه

طبق بررسی انجام‌گرفته در فصل دوم گزارش مشخص شد که تا سال ۱۴۰۰ ، مولدهای تولید پراکنده گازسوز نصب‌شده در ایران از نوع موتورهای احتراق داخلی گازسوز و توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس گزارش شده است. همچنین مشخص شد که بخش عمده‌ای از واحدهای تولید پراکنده کشور از نوع موتورهای احتراق داخلی گازسوز بوده و استفاده از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس به‌صورت محدود گزارش شده است. در این فصل مشخصات فنی برندهای مولدهای تولید پراکنده به‌کاررفته در ایران بررسی شده است.

۳- ۲- مشخصات برندهای موتورهای احتراق داخلی گازسوز نصب‌شده در ایران

طبق آمار گزارش‌شده برای واحدهای تولید پراکنده نصب‌شده در ایران که در شکل(۱-۲) فصل دوم گزارش ارائه شد، برندهای به‌کاررفته شده به ترتیب تعداد مکان استفاده شامل Caterpillar، MWM، Guascor، MTU، Jenbacher، Schmit، Wartsila، Perkins، Hyundai، Deutz بوده است. در این بخش مشخصات فنی این برندها تشریح خواهند شد.

۳ -۲- ۱-اصطلاحات مرتبط با مشخصات موتورهای احتراق داخلی

در این بخش برخی اصطلاحات به‌کاررفته در کاتالوگ‌های موتورهای احتراق داخلی گازسوز ارائه شده است.

Displacement: حجم موتور

Bore : قطر گردی سیلندر در موتور رفت و برگشتی

Stroke Length: کورس سیلندر ، اختلاف طول نقطه مرگ بالا تا نقطه مرگ پایین

استاندارد آلایندگی NSPS[1]: این استاندارد ارائه‌دهنده الزامات موردنیاز موتورهای احتراق داخلی (ساکن) در آمریکا بوده که بخش ۶۰ از عنوان ۴۰ قانون CFR فدرال آمریکا منتشر شده است[۲۰]. مشخصات این استاندارد در جدول زیر ارائه شده است.

جدول(۱-۳)- استاندارد آلایندگی NSPS، 40 CFR Part 60 Subpart JJJJ [۲۰]

نوع موتور و سوخت	بیشترین قدرت موتور	تاریخ تولید	استانداردهای انتشار								
			g/kw-hr			g/HP-hr			ppmvd در ۱۵٪ اکسیژن		
			NO_X	CO	VOC	NOX	CO	VOC	NO_X	CO	VOC
موتور اشتعال جرقه‌ای غیر اضطراری گازسوز و موتور رقیق سوز اشتعال جرقه‌ای غیر اضطراری LPG سوز	100≤HP<500	7/1/2008	2/7	5/4	1/4	2	4	1	160	540	86
موتور رقیق سوز اشتعال جرقه‌ای غیر اضطراری گازسوز و LPG سوز	500≤HP<1,350	1/1/2011	1/4	2/7	1/0	1	2	0/7	82	270	60
		1/1/2008	2/7	5/4	1/4	2	4	1	160	540	86
موتور اشتعال جرقه‌ای غیر	HP≥500	7/1/2010	1/4	2/7	1/0	1	2	0/7	82	270	60
موتور رقیق سوز جرقه‌ای غیر		7/1/2007	2/7	5/4	1/4	2	4	1	160	540	86
شرایط اضطراری	25<HP<130	1/1/2009	13/6	526/2	-	10	387	-	-	-	-
	HP≥130		2/7	5/4	1/4	2	4	1	160	540	86

استاندارد آلایندگی TAL[2]: این استاندارد ارائه‌دهنده الزامات موردنیاز موتورهای احتراق داخلی (ساکن) در آلمان است که در سال ۲۰۰۲ در قانون کنترل آلودگی هوای آلمان تصویب شده است[۶۴]. طبق این استاندارد میزان استاندارد انتشار NOx از موتورهای احتراق داخلی (ساکن) در کشور آلمان ۰/۵ g/Nm3 در نظر گرفته شده است.

[1] New Source Performance Standards

[2] Germany: Stationary Engines, The *Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft*, in short referred to as *TA Luft*

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳ -۲- ۲-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Caterpillar

برند Caterpillar در مقایسه با سایر برندها ازنظر کیفیت عملکرد بسیار بالایی را در ایران و جهان ارائه کرده است[۶۵]. این برند ساخت امریکا بوده و توان تولیدی مدل‌های گازسوز آن در سایت سازنده از ۱ کیلووات تا ۱۰ مگاوات است. طبق آمار گزارش‌شده دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو ایران، این ژنراتور حداقل در ۳۸ نیروگاه تولید پراکنده در ایران نصب شده است. تأمین قطعات از این شرکت آن در کشور مشکل نیست. قیمت این برند در مقایسه با سایر برند ها بیشتر است[۶۵].

در جدول(۲-۳) مشخصات مدل‌های ارائه‌شده از این برند در سایت‌های فروشندگان ایرانی به همراه برخی مدل‌های برتر این تولیدکننده (ازنظر راندمان تولید برق) ارائه شده است. اطلاعات ارائه‌شده برای فروشندگان این برند بر اساس اطلاعات مندرج در سایت فروشنده بوده است، شایان ذکر است که شمار زیادی از فروشندگان موتورهای احتراق داخلی گازسوز اطلاعات کلی این برند را ارائه کرده‌اند، ازاین‌رو در این جدول مشخصات آن‌ها ارائه نشده است.

۳ -۲- ۳-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت MWM

برند MWM با سابقه ۱۵۰ ساله ساخت کشور آلمان دارای کیفت فنی خوبی بوده و به همین دلیل کمپانی کاترپیلار در سال‌های اخیر سهام این شرکت را خریداری کرده است. فعالیت موتور احتراق داخلی گازسوز MWM در ایران زیاد بوده و تأمین قطعات آن نیز در ایران به‌خوبی ارائه می‌شود به همین دلیل نیروگاه‌های زیادی به دلیل قطعات فراوان و قیمت مناسب با ژنراتور گازسوز MWM راه‌اندازی شده‌اند. طبق آمار گزارش‌شده دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو ایران، مدل‌های مختلف این ژنراتور حداقل در ۳۵ نیروگاه تولید پراکنده در ایران نصب شده است. همچنین باید یادآور شد که این شرکت‌ها در ایران نمایندگی رسمی ندارند.

در جدول(۳-۳) مشخصات مدل‌های ارائه‌شده از این برند در سایت‌های فروشندگان ایرانی به همراه برخی مدل‌های برتر این تولیدکننده (ازنظر راندمان تولید برق) ارائه شده است. اطلاعات ارائه‌شده برای فروشندگان این برند بر اساس اطلاعات مندرج در سایت فروشنده بوده است.

۳ -۲- ۴-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Guascor

ژنراتور گازسوز گاسکور با نیم‌قرن فعالیت درزمینهٔ موتورهای درون‌سوز پایه گازسوز، ژنراتور گازسوز و موتورهای گازسوز کشتی در کشور اسپانیا تأسیس شده است. شرکت گاسکور از طریق نمایندگی خود در کشور (شرکت رایا مولد) نمایندگی فروش و کلیه خدمات تأمین قطعات ، تعمیرات ، نصب و راه‌اندازی سعی نموده تا بهترین نحو جهت نیاز مشتریان باقیمتی مناسب تأمین نماید. یکی از نکات مثبت ژنراتور گازی GUASCOR، تعویض اکثر قطعات موتور در صورت خرابی آن است. که این مشخصه سبب بهبود تعمیر و نگهداری و عمر کارکرد مناسب ژنراتور گازسوز گاسکور شده است.

طبق آمار گزارش‌شده دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو ایران، مدل‌های مختلف این ژنراتور حداقل در ۳۴ نیروگاه تولید پراکنده در ایران نصب شده است. در

جدول(۴-۳) مشخصات مدل‌های ارائه‌شده از این برند در سایت‌های فروشندگان ایرانی به همراه برخی مدل‌های برتر این تولیدکننده (ازنظر ظرفیت و راندمان تولید برق) ارائه شده است. اطلاعات ارائه‌شده برای فروشندگان این برند بر اساس اطلاعات مندرج در سایت فروشنده بوده است.

۳ -۲- ۵-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت MTU

۱۰۰ ساله دارد. ۱۰۰ تا ۲۵۰۰۰کیلووات است. این شرکت آلمانی قدمتی در بازه توانی MTUرنج توان تولیدی شرکت این برند هم دارای کیفیت مناسبی است. در سایت این شرکت نماینده رسمی آن در ایران شرکت اورانوس صنعت عنوان شده است . طبق آمار گزارش‌شده دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو ایران، مدل‌های مختلف این ژنراتور حداقل در ۲۹ نیروگاه تولید پراکنده در ایران نصب شده است. در

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

) مشخصات مدل‌های ارائه‌شده از این برند در سایت‌های فروشندگان ایرانی ارائه شده است. اطلاعات ارائه‌شده برای فروشندگان این برند بر اساس اطلاعات مندرج در سایت فروشنده بوده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۲-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه‌شده ژنراتورهای گازی Caterpillar توسط فروشندگان ایرانی

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x g/bhp-hr	آلاینده NO_x mg/Nm³	فروشنده[۳]
G3406	۲۳۵	۳۷/۳	۵۷/۵	۱۸۰۰/۱۵۰۰	۱۴/۶	۱۳۷	۱۶۴	۴۰۸۰	۴/۱۷۹	۱/۲۹۴	۲/۱۳۲	سازگار با NSPS [۱]		رایا مولد
G3412	۴۲۳	۳۷/۳	۵۰/۴	۱۸۰۰/۱۵۰۰	۲۷	۱۳۷	۱۵۲	۴۳۸۴	۴/۵۴۲	۲/۲۳۸	۲/۱۸۹	مناطق فاقد مقررات		رایا مولد، طلوع صنعت تاجیک
G3512	۷۵۰	۳۲/۵	۵۵/۲	۱۸۰۰	۵۲	۱۷۰	۱۹۰	۱۲۵۰۰	۵/۲۲۴	۲/۲۸۶	۲/۵۲۵	۱	۵۰۰	طلوع صنعت تاجیک
G3512	۱۰۰۰	–	–	۱۸۰۰	۵۲	۱۷۰	۱۹۰	۱۲۵۰۰	۵/۲۲۴	۲/۲۸۶	۲/۵۲۵	مصارف غیر اضطراری		راد دیزل، پویان انرژی لیدوما
G3512E	۱۲۰۰	۴۲/۳	۴۱/۹	۱۵۰۰	۵۲	۱۷۰	۱۹۰	۱۲۴۶۰	۴/۵۹۴	۱/۶۴۷	۲/۲۲۵	۱	۵۰۰	رایا مولد، بهسان دیزل پویان انرژی لیدوما
G3516A	۱۰۸۵	۳۶/۵	۳۹/۹	۱۵۰۰/۱۲۰۰	۶۹	۱۷۰	۱۹۰	۱۲۵۶۹	۴/۹۱۳	۱/۷۳۶	۱/۹۴۰	۱	۵۰۰	بهسان دیزل
G3516B	۱۳۰۰	۳۵/۷	۴۹/۸	۱۸۰۰	۶۹	۱۷۰	۱۹۰	۱۲۶۱۸	۴/۲۰۳	۲/۱۵۵	۲/۴۱۹	۰/۷	۲۵۰	طلوع صنعت تاجیک راد دیزل
G3512H	۱۵۱۵	۴۴/۹	–	۱۵۰۰	۵۹	۱۷۰	۲۱۵	۱۴۱۰۰	۵/۶۵۶	۱/۹۲۱	۲/۳۰۸	۱	۵۰۰	رایا مولد، بهسان دیزل
G3516C	۱۶۶۰	۴۰/۱	۴۵/۸	۱۸۰۰/۱۵۰۰	۶۹	۱۷۰	۱۹۰	۱۴۱۶۱	۵/۵۵۳	۱/۸۲۸	۲/۳۴۰	۱	۵۰۰	بهسان دیزل، راد دیزل، پویان انرژی لیدوما
G3516H	۲۰۲۷	۴۵/۳	۴۱/۳	۱۸۰۰/۱۵۰۰	۷۸	۱۷۰	۲۱۵	۱۸۳۱۵	۷/۳۹۵	۲/۱۳۹	۲/۴۰۲	۱	۵۰۰	رایا مولد
G3520C	۲۰۵۰	۴۰/۱	۴۶/۱	۱۸۰۰/۱۵۰۰	۸۶	۱۷۰	۱۹۰	۱۷۲۱۵	۶/۳۱۲	۱/۸۳۰	۲/۳۴۰	۱/۱	۵۰۰	بهسان دیزل، پویان انرژی لیدوما
G3520H	۲۵۱۹	۴۵/۳	۴۱/۳	۱۵۰۰	۹۷/۵	۱۷۰	۲۱۵	۲۵۲۸۵	۷/۶۶۸	۲/۱۷۳	۲/۴۷۳	۱	۵۰۰	بهسان دیزل
C175-16	۲۴۰۰	–	–	۱۸۰۰/۱۵۰۰	۸۴/۶۷	۱۷۵	۲۲۰	۱۳۰۴۱	۵/۲۲۴	۲/۲۸۶	۲/۵۲۵	سازگار با NSPS		راد دیزل

[۱] مشخصات استاندارد NSPS در جدول(۱-۳) ارائه شده است

[۲] مناسب استفاده در مناطقی که فاقد استاندارد زیست‌محیطی برای موتورهای احتراق داخلی گازسوز است

[۳] اطلاعات ارائه‌شده بر اساس اطلاعات مندرج در سایت فروشنده بوده است و سایر فروشندگان اطلاعات کلی این برند را ارائه کرده‌اند .

جدول(۳-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه‌شده ژنراتورهای گازی MWM توسط فروشندگان ایرانی

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x[۱] g/bhp-hr	آلاینده NO_x[۱] mg/Nm³	فروشنده
TCG 3016 V08	۴۰۰	۴۳/۱	۴۳/۶	۱۵۰۰	۱۷/۵	۱۳۲	۱۶۰	۵۷۲۰	۳/۱	۱/۷۸۰	۲/۱۵۰	۱	۵۰۰	رایا مولد، آیریکو، بهسان دیزل
TCG 3016 V12	۶۰۰	۴۳/۳	۴۴/۶	۱۵۰۰	۲۶/۳	۱۳۲	۱۶۰	۷۰۰۰	۳/۸۳	۱/۷۸۰	۲/۱۵۰	۱	۵۰۰	رایا مولد، آیریکو، بهسان دیزل
TCG 3016 V16	۸۰۰	۴۳/۵	۴۴/۶	۱۵۰۰	۳۵	۱۳۲	۱۶۰	۸۰۷۰	۴/۲	۱/۷۸۰	۲/۱۵۰	۱	۵۰۰	رایا مولد، آیریکو ، بهسان دیزل
TCG 3016 V16 S	۱۰۰۰	۴۱	۴۷	۱۵۰۰	۳۵	۱۳۲	۱۶۰	۸۵۶۰	۴/۲	۱/۷۸۰	۲/۱۵۰	۱	۵۰۰	آیریکو
V12 TCG 2020	۱۰۰۰	۴۳	۴۵/۴	۱۵۰۰	۵۳/۱	۱۷۰	۱۹۵	۱۱۲۰۰	۴/۶۶۰	۱/۸۱۰	۲/۲۱۰	۱	۵۰۰	رایا مولد، بهسان دیزل،
V16 TCG 2020	۱۵۰۰	۴۰/۷	۴۵/۸	۱۵۰۰	۷۰/۸	۱۷۰	۱۹۵	۱۳۳۰۰	۵/۴۳۰	۱/۸۱۰	۲/۲۱۰	۱	۵۰۰	رایا مولد، بهسان دیزل،
V20 TCG 2020	۲۰۰۰	۴۳/۷	۴۳/۳	۱۵۰۰	۸۸/۵	۱۷۰	۱۹۵	۱۷۹۰۰	۶/۲۰۰	۱/۷۱۰	۲/۱۹۰	۱	۵۰۰	رایا مولد، آیریکو،
TCG 2032V12	۳۳۳۳	۴۳/۹	۴۲/۶	۱۵۰۰	۲۰۳/۹	۲۶۰	۳۲۰	۴۳۱۰۰	۷/۸۶۰	۲/۶۶۰	۳/۳۹۰	۱	۵۰۰	رایا مولد، بهسان دیزل
TCG 2032V16	۴۳۰۰	۴۴/۱	۴۲/۷	۱۵۰۰	۲۷۱/۸	۲۶۰	۳۲۰	۵۱۲۰۰	۹/۲۷۱	۲/۷۹۰	۳/۳۹۰	۱	۵۰۰	رایا مولد
TCG 3020V20	۲۳۰۰	۴۵	۴۲/۳	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	۵۰۰	بهسان دیزل،
TCG 3042 V20	۹۸۳۰	۴۸	۴۵	–	۱۶۴۰۰۰	۳۴۰	۴۲۰	۲۸۰۱۴	۱۴/۲۸۰	۳/۹۱۰	۵/۱۰۱	۱	۵۰۰	–

[۱]: بر اساس گاز خشک و ۵٪ اکسیژن اضافی

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۴-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه‌شده ژنراتورهای گازی GUASCOR توسط فروشندگان ایرانی

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x g/bhp-hr	آلاینده NO_x mg/Nm³	فروشنده
FG180	۱۴۲	۳۳	۵۵/۳	۱۵۰۰	۱۸	۱۵۲	۱۶۵	۲۵۱۰	۲	۰/۹۴	۱/۴۵	۲	۱۰۰۰	رایا مولد
FG240	۱۹۰	۳۳	۵۶/۱۵	۱۵۰۰	۲۴	۱۵۲	۱۶۵	۳۲۱۰	۲/۶۱۲	۰/۹۴۵	۱/۴۵۹	۲	۱۰۰۰	رایا مولد
FGLD180	۲۶۰	۳۵/۷۱	۸۱/۶۵	۱۵۰۰	۱۸	۱۵۲	۱۶۵	۳۸۶۰	۲/۷۷۴	۱/۲۲۶	۲/۲۱۰	۲	۱۰۰۰	رایا مولد
SFGLD180	۳۰۴	۳۹	۴۶/۷	۱۵۰۰	۱۸	۱۵۲	۱۶۵	۴۰۰۰	۳/۰۲۴	۱/۲۰۰	۱/۸۴۶	۱/۱	۵۵۰	رایا مولد
SFGLD240	۴۰۵	۳۸/۴	۴۷/۷	۱۵۰۰	۲۴	۱۵۲	۱۶۵	۴۹۴۰	۳/۶۵۸	۱/۲۷۰	۱/۹۱۴	۱/۱	۵۵۰	رایا مولد، بهسان دیزل
FGLD360	۶۰۹	۳۸/۸	۴۷/۳	۱۵۰۰	۳۵/۹	۱۵۲	۱۶۵	۷۲۳۰	۳/۸۳۰	۱/۶۶۴	۲/۱۳۲	۱/۱	۵۵۰	بهسان دیزل
FGLD480	۸۱۳	۳۸/۸	۴۸	۱۵۰۰	۴۷/۹	۱۵۲	۱۶۵	۹۲۲۵	۴/۳۹۶	۱/۶۶۴	۲/۱۸۴	۱/۱	۵۵۰	بهسان دیزل
SFGLD560	۹۵۷	۳۹	۴۸/۱	۱۵۰۰	۵۶/۳	۱۶۰	۱۷۵	۱۰۰۰۰	۴/۶۶۹	۱/۶۶۹	۲/۱۷۶	۱/۱	۵۵۰	-

جدول(۵-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه‌شده ژنراتورهای گازی MTU توسط فروشندگان ایرانی

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x g/bhp-hr	آلاینده NO_x mg/Nm³	فروشنده
8V4000 GS	۱۰۱۲	۴۴	-	۱۵۰۰	-	۱۷۰	۲۱۰	۱۱۰۰۰	۴/۲	۲	۲/۳	۱	۵۰۰	کیا دیزل اسپادان، آبادیزل آریا مولد پارسیان، دیزل گستر سپاهان، شرکت مهندسی سازند
12V4000 GS	۱۵۲۳	۴۴/۳	-	۱۵۰۰	-	۱۷۰	۲۱۰	۱۴۰۰۰	۵	۲	۲/۳	۱	۵۰۰	رایا مولد، کیا دیزل اسپادان، آبادیزل، آریا مولد پارسیانریا، دیزل گستر سپاهان، شرکت مهندسی سازند
16V4000 GS	۲۰۲۸	۴۴/۳	-	۱۵۰۰	-	۱۷۰	۲۱۰	۱۷۰۰۰	۵/۵	۲	۲/۳	۱	۵۰۰	رایا مولد، کیا دیزل اسپادان، آبادیزل، آریا مولد پارسیان، دیزل گستر سپاهان، شرکت مهندسی سازند
20V4000 GS	۲۵۳۰	۴۴/۱	-	۱۵۰۰	-	۱۷۰	۲۱۰	۲۱۰۰۰	۶/۶	۲	۲/۴	۱	۵۰۰	رایا مولد، کیا دیزل اسپادان آبادیزل، آریا مولد پارسیان دیزل گستر سپاهان، شرکت مهندسی سازند

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳ -۲- ۶-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت JENBACHER

شرکت جنباخر با سابقه نیم‌قرن در تولید ژنراتور گازسوز در شهر جنباخ اتریش است. تولیدات این شرکت در محدوده ۱۰۰کیلووات تا ۱۰ مگاوات برای انواع کاربردهای تجاری ، صنعتی و مسکونی ازجمله انرژی تجدید پذیر ، تولید هم‌زمان برق و حرارت فعالیت داشته و در این مدت حدود ۵۲۰۰ ژنراتور گازسوز را روانه بازار ۱۰۰ کشور نموده است. در کشور ژنراتور گازسوز Genbacher با عناوین ژنراتور گازی یانباخر، جنباخر و Genbacher شناخته می‌شود.

طبق آمار گزارش‌شده دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو ایران، مدل‌های مختلف این ژنراتور حداقل در ۱۵ نیروگاه تولید پراکنده در ایران نصب شده است. در جدول(۶-۳) مشخصات مدل‌های ارائه‌شده از این برند در سایت‌های فروشندگان ایرانی ارائه شده است. اطلاعات ارائه‌شده برای فروشندگان این برند بر اساس اطلاعات مندرج در سایت فروشنده بوده است.

۳ -۲- ۷-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت R Schmitt

ژنراتورهای گازسوز R SCHMITT (آر اشمیت) ساخت آلمان در توان‌های ۱۰۰ الی ۵۰۰ کیلووات به‌صورت OPEN TYPE و کانتینری تولید می‌شوند.

طبق آمار گزارش‌شده دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو ایران، مدل‌های مختلف این ژنراتور حداقل در ۱۲ نیروگاه تولید پراکنده در ایران نصب شده است. در جدول(۶-۳) مشخصات مدل‌های ارائه‌شده از این برند در سایت‌های فروشندگان ایرانی ارائه شده است. اطلاعات ارائه شده برای فروشندگان این برند بر اساس اطلاعات مندرج در سایت فروشنده بوده است.

۳ -۲- ۸-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Wartsila

شرکت وارتسیلا تولیدکننده خدمات انرژی، موتورهای درون‌سوز ، ساخت نیروگاه‌های گازی و تجهیزات دریایی در کشور فنلاند بوده که در سال ۱۸۳۴ تأسیس گردیده است. محصولات اصلی شرکت وارتسیلا شامل انواع موتورهای بزرگ احتراقی و توربین‌های نیروگاهی است.

طبق آمار گزارش‌شده دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو ایران، مدل‌های مختلف این ژنراتور حداقل در ۱۲ نیروگاه تولید پراکنده در ایران نصب شده است. در زیر مشخصات مدل‌های ارائه شده از این برند در سایت‌های فروشندگان ایرانی به همراه برخی مدل‌های برتر این تولیدکننده (ازنظر راندمان تولید برق) ارائه شده است. اطلاعات ارائه شده برای فروشندگان این برند بر اساس اطلاعات مندرج در سایت فروشنده بوده است.

۳ -۲- ۹-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Perkins

شرکت پرکینز با ۸۵ سال سابقه تولید درزمینهٔ مولدهای برق و موتورهای صنعتی و راه‌سازی در کشور انگلستان تأسیس شده است. در سال ۱۹۹۸ این کمپانی به دلیل کیفیت بالای محصولاتش توسط کمپانی کاترپیلار خریداری شده است. سیستم بروز سوخت‌رسانی و آرایش منظم قطعات ، کیفیت بالا ، محدوده کامل رنج توان سبب فروش بالای محصولات دیزل ژنراتور پرکینز در سرتاسر جهان و ایران شده است.

طبق آمار گزارش‌شده دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو ایران، مدل‌های مختلف این ژنراتور حداقل در ۶ نیروگاه تولید پراکنده در ایران نصب شده است. در زیر مشخصات مدل‌های ارائه شده از این برند در سایت‌های فروشندگان ایرانی به همراه برخی مدل‌های برتر این تولیدکننده (ازنظر راندمان تولید برق) ارائه شده است. اطلاعات ارائه شده برای فروشندگان این برند بر اساس اطلاعات مندرج در سایت فروشنده بوده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۶-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه‌شده ژنراتورهای گازی Genbacher توسط فروشندگان ایرانی

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر (هر سیلندر)	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x g/bhp-hr	آلاینده NO_x mg/Nm^3	فروشنده
Type2 J208	۳۳۰	۳۸/۸	۴۳/۶	۱۵۰۰	۲/۰۸	۱۳۵	۱۴۵	۶۰۰۰	۴/۹	۱/۷	۲	۱	۵۰۰	رایا مولد، طلوع صنعت تاجیک بهسان دیزل
Type3 J312	۶۳۵	۴۰/۸	۴۷/۴	۱۵۰۰	۲/۴۳	۱۳۵	۱۷۰	۸۱۰۰	۴/۷	۱/۸	۲/۳	۱	۵۰۰	رایا مولد، طلوع صنعت تاجیک بهسان دیزل
Type3 J316	۸۵۱	۴۱/۲	۴۷/۳	۱۵۰۰	۲/۴۳	۱۳۵	۱۷۰	۱۰۱۰۰	۵/۲	۱/۸	۲/۳	۱	۵۰۰	رایا مولد، طلوع صنعت تاجیک بهسان دیزل
Type3 J320	۱۰۶۷	۴۱	۴۷	۱۵۰۰	۲/۴۳	۱۳۵	۱۷۰	۱۳۹۰۰	۵/۷	۱/۷	۲/۳	۱	۵۰۰	رایا مولد، طلوع صنعت تاجیک بهسان دیزل
Type4 J412	۹۰۱	۴۲/۹	۴۵	۱۵۰۰	۳/۰۶	۱۴۵	۱۸۵	۱۱۲۰۰	۵/۴	۱/۸	۲/۲	۱	۵۰۰	رایا مولد، طلوع صنعت تاجیک
Type4 J416	۱۲۰۲	۴۳	۴۴/۸	۱۵۰۰	۳/۰۶	۱۴۵	۱۸۵	۱۳۵۰۰	۶/۲	۱/۸	۲/۲	۱	۵۰۰	رایا مولد، طلوع صنعت تاجیک بهسان دیزل
Type4 J420	۱۴۹۷	۴۲/۹	۴۴/۸	۱۵۰۰	۳/۰۶	۱۴۵	۱۸۵	۱۷۲۰۰	۷/۱	۱/۹	۲/۲	۱	۵۰۰	رایا مولد، طلوع صنعت تاجیک
Type6 J612	۲۰۰۷	۴۵/۴	۴۳	۱۵۰۰	۶/۲۴	۱۹۰	۲۲۰	۲۴۰۰۰	۷/۶	۲/۲	۲/۸	۱	۵۰۰	رایا مولد طلوع صنعت تاجیک
Type6 J616	۲۶۷۶	۴۵/۷	۴۲/۷	۱۵۰۰	۶/۲۴	۱۹۰	۲۲۰	۲۹۲۰۰	۸/۳	۲/۲	۲/۸	۱	۵۰۰	رایا مولد، طلوع صنعت تاجیک، بهسان دیزل
Type6 J620	۳۳۶۰	۴۵/۶	۴۳	۱۵۰۰	۶/۲۴	۱۹۰	۲۲۰	۳۶۹۰۰	۸/۹	۲/۲	۲/۸	۱	۵۰۰	رایا مولد، طلوع صنعت تاجیک
Type6 J624	۴۴۰۴	۴۶/۵	۴۲/۹	۱۵۰۰	۶/۲۴	۱۹۰	۲۲۰	۵۲۱۰۰	۱۲/۸	۲/۵	۲/۹	۱	۵۰۰	رایا مولد، طلوع صنعت تاجیک
J920 FleXtra	۱۰۳۸۰	۴۹/۱	۴۰/۱	۱۵۰۰	–	–	–	۱۴۱۰۰۰	۳۴	۷	۱۱/۸	۱	۵۰۰	طلوع صنعت تاجیک

جدول(۷-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی R Schmitt توسط فروشندگان ایرانی

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر (هر سیلندر)	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x g/bhp-hr	آلاینده NO_x mg/Nm^3	فروشنده
M06 GEN G140	۱۴۰	۳۸/۶	–	۱۵۰۰	۱۱/۳	۱۳	۱۴۲	۲۹۲۰	۳/۲	۱/۳۴	۲/۲۵	۰/۵	۲۵۰	پویان انرژی لیدوما
M06 GEN G200	۲۰۰	۴۱	–	۱۵۰۰	۱۱/۳	۱۳	۱۴۲	۳۳۱۰	۳/۲	۱/۳۴	۲/۲۵	۱	۵۰۰	پویان انرژی لیدوما
M06 GEN G250	۲۵۰	۴۱/۸	–	۱۵۰۰	۱۱/۳	۱۳	۱۴۲	۳۳۳۰	۳/۲	۱/۳۴	۲/۲۵	۰/۵	۲۵۰	پویان انرژی لیدوما
M08 GEN G260	۲۶۰	۴۱	–	۱۵۰۰	۱۵/۱	۱۳	۱۴۲	۴۸۹۰	۴/۱۸	۱/۴۴	۲/۴	۰/۵	۲۵۰	پویان انرژی لیدوما
M08 GEN G333	۳۳۳	۴۱/۹	–	۱۵۰۰	۱۵/۱	۱۳	۱۴۲	۴۱۶۰	۴/۰۴	۱/۴۴	۲/۰۳	۰/۵	۲۵۰	پویان انرژی لیدوما
M12 GEN G400	۴۰۰	۴۱/۱	–	۱۵۰۰	۲۲/۶	۱۳	۱۴۲	۴۸۱۰	۴/۳۸	۱/۴۴	۲/۰۳	۰/۵	۲۵۰	پویان انرژی لیدوما
M12 GEN G500	۵۰۰	۴۲/۱	۵۴	۱۵۰۰	۲۲/۶	۱۳	۱۴۲	۵۵۹۰	۴/۳۸	۱/۴۴	۲/۰۳	۰/۵	۲۵۰	پویان انرژی لیدوما

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۸-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی Wartsilaتوسط فروشندگان ایرانی

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر (هر سیلندر)	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x		فروشنده
												g/bhp-hr	mg/Nm³	
12V25SG	۲۱۰۰	۴۰	-	۹۰۰	–	۲۵۰	۳۰۰	۱۷۶۰۰	۷/۸۵۰	۱/۹۶۰	۳/۳۵۰	۱	۵۰۰[۱]	رایا مولد
16V25SG	۲۸۰۰	۴۰	-	۹۰۰	–	۲۵۰	۳۰۰	۲۲۱۰۰	۸/۷۵۰	۲/۱۱۰	۳/۳۵۰	۱	۵۰۰	رایا مولد
16V34SG	۷۸۳۰	۴۶/۵	–	۷۵۰/۷۲۰	–	۳۴۰	۴۰۰	۱۲۵۰۰۰	۱۱/۴۵۶	۳/۳۵۰	۴/۵۱۱	۱	۵۰۰	رایا مولد، آیریکو
18V28SG	۴۵۰۶	۴۶/۲	–	۱۰۰۰	–	۲۵۰	۳۰۰	–	–	–	–	۱	۵۰۰	رایا مولد
20V34SG	۹۷۹۵	–	–	۷۵۰/۷۲۰	–	۳۴۰	۴۰۰	۱۳۶۰۰۰	۱۳/۱۴۲	۳/۳۵۰	۴/۵۷۳	۱	۵۰۰	رایا مولد
18V50SG	۱۸۳۲۱	۴۸/۶	–	۵۱۴/۵۰۰	–	۵۰۰	۵۸۰	۳۶۰۰۰۰	۱۸/۸۰۰	۵/۳۳۰	۶/۳۴۰	۱	۵۰۰	رایا مولد
12V31SG	۶۶۰۰	۵۰	–	۷۵۰	–	۳۱۰	۴۳۰	۷۶۵۰۰	۷/۸۳۳	۳/۴۶۰	۴/۶۹۰	۱	۵۰۰	آیریکو
16V31SG	۸۸۰۰	۵۰	–	۷۵۰	–	۳۱۰	۴۳۰	۹۳۲۰۰	۹/۱۱۳	۳/۴۶۰	۴/۷۹۰	۱	۵۰۰	آیریکو

جدول(۹-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده برخی ژنراتورهای گازی Perkins توسط فروشندگان ایرانی

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x		فروشنده
												g/bhp-hr	mg/Nm³	
4016-61TRS2	۱۰۴۲	۳۷/۸	–	۱۵۰۰	۶۱/۱۲	۱۶۰	۱۹۰	۵۸۲۰	۳/۱۹۲	۱/۷۳۷	۱/۹۶۹	–	–	کیا دیزل اسپادان فامکو آریا کارا صنعت
4016-61TRS1	۹۱۲	۳۷/۶	–	۱۵۰۰	۶۱/۱۲	۱۶۰	۱۹۰	۵۸۲۰	۳/۱۹۲	۱/۷۳۷	۱/۹۶۹	–	–	کیا دیزل اسپادان فامکو آریا کارا صنعت
4008-30TRS2	۵۲۶	–	–	۱۵۰۰	۳۰/۵۶	۱۶۰	۱۹۰	۳۳۵۰	۲/۶۵۸	۱/۶۳۳	۱/۷۸۲	–	–	کیا دیزل اسپادان فامکو آریا کارا صنعت
4008-30TRS1	۴۴۷	–	–	۱۵۰۰	۳۰/۵۶	۱۶۰	۱۹۰	۳۳۵۰	۲/۶۵۸	۱/۶۳۳	۱/۷۸۲	–	–	فامکو آریا کارا صنعت

[۱] مطابق استانداردTAL

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳ -۲- ۱۰-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Hyundai

بخش موتور و ماشین‌آلات شرکت هیوندای یکی از بزرگ‌ترین تولیدکننده‌های موتورهای دریایی و ساکن دیزل در جهان است. شرکت صنایع سنگین هیوندای از ابتدای تأسیس یکی از موفق‌ترین شرکت‌ها در صنایع کشتی‌سازی بوده است. در سال ۱۹۷۳شرکت سرمایه‌گذاری عمده‌ای را درزمینهٔ صنایع سنگین مانند موتور، ماشین‌آلات، کارخانه‌های صنعتی، تأسیسات دریایی، تجهیزات الکتریکی، پمپ‌های صنعتی، ربات‌های صنعتی و تجهیزات ساخت‌وساز انجام داده است. این مجموعه بیش از ۱۸۹۴ دستگاه انواع موتور با توان بیش از ۵۱۱۴ مگاوات را در ۲۳۴ سایت در ۵۱ کشور جهان ارائه کرده است.

طبق آمار گزارش‌شده دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو ایران، مدل‌های مختلف ژنراتورهای این شرکت حداقل در ۴ نیروگاه تولید پراکنده در ایران نصب شده است. در

جدول(۱۰-۳) مشخصات مدل‌های ارائه شده از این برند در سایت‌های فروشندگان ایرانی به همراه برخی مدل‌های برتر این تولیدکننده (ازنظر راندمان تولید برق) ارائه شده است. اطلاعات ارائه شده برای فروشندگان این برند بر اساس اطلاعات مندرج در سایت فروشنده بوده است.

۳ -۲- ۱۱-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Siemens

طبق آمار گزارش‌شده دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو ایران، ژنراتورهای شرکت Siemens حداقل در ۴ نیروگاه تولید پراکنده ایران نصب شده است. در جدول زیر مشخصات مدل‌های مختلف ژنراتورهای گازسوز این برند ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۰-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده برخی ژنراتورهای گازی Hyundai توسط فروشندگان ایرانی

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x g/bhp-hr	آلاینده NO_x mg/Nm³	فروشنده
9H35/40G	۴۳۲۰	۴۶/۳	۵۰	۷۲۰	–	۳۵۰	۴۰۰	۸۹۱۰۰	۱۱/۱۸۹	۲/۳	۴/۱۳۰	۱	۵۰۰*	شرکت نیروپارسه
18H35/40GV	۸۶۴۰	۴۶/۳	۵۰	۷۲۰	–	۳۵۰	۴۰۰	۱۴۱۲۰۰	۱۲/۴۴	۲/۶۵۰	۴/۷۹۴	۱	۵۰۰	شرکت نیروپارسه
20H35/40GV	۹۶۰۰	۴۶/۳	۵۰	۷۲۰	–	۳۵۰	۴۰۰	۱۵۳۹۰۰	۱۳/۰۰۳	۲/۶۵۰	۴/۷۹۴	۱	۵۰۰	شرکت نیروپارسه
6H35/40G	۲۸۸۰	۴۶	۵۰	۷۲۰	-	۳۵۰	۴۰۰	۶۸۶۰۰	۸/۸۹۰	۲/۳	۳/۹۵۹	۱	۵۰۰	-
7H35/40G	۳۳۶۰	۴۶	۵۰	۷۲۰	-	۳۵۰	۴۰۰	۷۷۱۰۰	۹/۴۸۶	۲/۳	۴/۱۳۰	۱	۵۰۰	-
8H35/40G	۳۸۴۰	۴۶	۵۰	۷۲۰	-	۳۵۰	۴۰۰	۸۲۰۰۰	۱۰/۱۹۶	۲/۳	۴/۱۳۰	۱	۵۰۰	-
12H35/40GV	۵۷۶۰	۴۶	۵۰	۷۲۰	-	۳۵۰	۴۰۰	۱۰۸۸۰۰	۱۰/۳۸۴	۲/۶۵۰	۴/۷۲۳	۱	۵۰۰	-
14H35/40GV	۶۷۲۰	۴۶	۵۰	۷۲۰	-	۳۵۰	۴۰۰	۱۲۱۳۰۰	۱۱/۱۵۵	۲/۶۵۰	۴/۷۲۳	۱	۵۰۰	-
16H35/40GV	۷۶۸۰	۴۶	۵۰	۷۲۰	-	۳۵۰	۴۰۰	۱۳۰۹۰۰	۱۱/۳۹۳	۲/۶۵۰	۴/۷۲۳	۱	۵۰۰	-

* ۵ درصد اکسیژن مطابق استاندارد ISO 3046/1

جدول(۱۱-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Siemens

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x[1] g/bhp-hr	آلاینده NO_x[1] mg/Nm³	فروشنده
SGE - 18 SL	۳۰۳	۳۹/۱	۵۱	۱۵۰۰	۱۸	۱۵۲	۱۶۵	۲۷۰۰	۲	۰/۹۵	۱/۴۶	۱	۵۰۰	–
SGE - 24 SL	۴۰۴	۳۸/۵	۵۱/۹	۱۵۰۰	۲۴	۱۵۲	۱۶۵	۳۵۰۰	۲/۶۱	۰/۹۵	۱/۴۶	۱	۵۰۰	–
SGE - 36 SL	۶۱۰	۳۸/۹	۵۱/۷	۱۵۰۰	۳۵/۹	۱۵۲	۱۶۵	۴۲۰۰	۲/۶۴	۱/۳۷	۱/۷۴	۱	۵۰۰	–
SGE - 48 SL	۸۱۱	۳۸/۸	۵۲/۲	۱۵۰۰	۴۷/۹	۱۵۲	۱۶۵	۵۴۵۰	۳/۱۴	۱/۳۷	۱/۷۴	۱	۵۰۰	–
SGE - 56 SL	۹۵۴	۳۹	۵۲/۲	۱۵۰۰	۵۶/۳	۱۶۰	۱۷۵	۵۸۰۰	۳	۱/۵۵	۲/۲	۱	۵۰۰	–
SGE - 56 SL T30	۱۰۵۸	۳۹/۸	۵۱/۸	۱۵۰۰	۵۶/۳	۱۶۰	۱۷۵	۵۸۰۰	۳	۱/۵۵	۲/۲	۱	۵۰۰	–
SGE - 56 SM	۱۰۲۵	۳۹/۷	۵۱	۱۵۰۰	۵۶/۳	۱۶۰	۱۷۵	۵۸۰۰	۳	۱/۵۵	۲/۲	۱/۱	۵۵۰	–
SGE - 18 SR	۲۶۸	۳۲/۴	۶۰/۱	۱۸۰۰	۱۸	۱۵۲	۱۶۵	۲۷۵۰	۲/۵۵	۱/۱۹	۲/۳	۱	۵۰۰	–
SGE - 24 SR	۳۶۱	۳۱/۶	۶۱/۲	۱۸۰۰	۲۴	۱۵۲	۱۶۵	۳۵۰۰	۲/۹۹	۱/۲۳	۲/۵۸	۱	۵۰۰	–
SGE - 36 SR	۵۳۹	۳۲/۵	۶۰/۳	۱۸۰۰	۳۵/۹	۱۵۲	۱۶۵	۴۵۰۰	۲/۹۱	۱/۶۱	۳/۳۵	۱	۵۰۰	–
SGE - 48 SR	۷۲۴	۳۱/۸	۶۱/۵	۱۸۰۰	۴۷/۹	۱۵۲	۱۶۵	۵۴۰۰	۳/۴۲	۱/۶۱	۳/۳۵	۱	۵۰۰	–
SGE - 56 SR	۸۳۹	۳۳/۲	۶۱/۱	۱۸۰۰	۵۶/۳	۱۶۰	۱۷۵	۵۶۰۰	۳/۴۲	۱/۵۲	۴/۰۳	۱	۵۰۰	–
SGE - 24 HM	۵۰۱	۴۲/۷	۴۸	۱۵۰۰	۲۴	۱۵۲	۱۶۵	۴۲۰۰	۳/۲۲	۲/۰۸	۱/۵۹	۱	۵۰۰	–
SGE - 42 HM	۱۰۱۱	۴۳	۴۶/۴	۱۵۰۰	۴۲/۲	۱۶۰	۱۷۵	۶۲۵۰	۳/۵۷	۲/۱۵	۲/۳۷	۱	۵۰۰	–
SGE - 56 HM	۱۳۱۵	۴۳/۴	۴۶/۲	۱۵۰۰	۵۶/۳	۱۶۰	۱۷۵	۷۵۰۰	۴/۰۴	۲/۱۴	۲/۲۲	۱/۱	۵۵۰	–

[1] ۵ درصد اکسیژن مطابق استاندارد ISO 3046/1

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳ -۲- ۱۲-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Mitsubishi

طبق آمار گزارش‌شده دفتر طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو ایران، ژنراتورهای شرکت Mitsubishi حداقل در یک نیروگاه تولید پراکنده ایران نصب‌شده است. در

جدول(۱۲-۳) مشخصات مدل‌های مختلف ژنراتورهای گازسوز این برند ارائه شده است.

۳ -۲- ۱۳-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Rolls Royce

طبق استعلام گرفته‌شده از شرکت توانیر (طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو) که در پیوست ۲ ارائه شده است، ژنراتورهای شرکت Rolls Royce در ایران نصب و بهره‌برداری شده‌اند. در جدول(۱۳-۳) مشخصات مدل‌های مختلف ژنراتورهای گازسوز این برند ارائه شده است.

۳ -۲- ۱۴-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Kawasaki

طبق استعلام گرفته‌شده از شرکت توانیر (طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو) که در پیوست ۲ ارائه شده است، ژنراتورهای شرکت Kawasaki در ایران نصب و بهره‌برداری شده‌اند. در جدول(۱۴-۳) مشخصات مدل‌های مختلف ژنراتورهای گازسوز این برند ارائه شده است.

۳ -۲- ۱۵-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Cummins

طبق استعلام گرفته‌شده از شرکت توانیر (طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو) که در پیوست ۲ ارائه شده است، ژنراتورهای شرکت Cummins در ایران نصب و بهره‌برداری شده‌اند. در

جدول(۱۵-۳) مشخصات برخی مدل‌های مختلف ژنراتورهای گازسوز این برند ارائه شده است.

۳ -۲- ۱۶-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Liebherr

لیبهِر (به آلمانی: Liebherr)، شرکت صنایع سنگین آلمانی مستقر در سوئیس است، که درزمینهٔ طراحی و ساخت ماشین‌آلات کشاورزی، ماشین‌آلات ساخت‌وساز، تجهیزات استخراج معدن، موتورهای دیزل ، موتورهای گازسوز، لوازم‌خانگی، قطعات هواپیما و بالگرد و ارائه خدمات مهندسی خودرو، فعالیت می‌نماید.

شرکت لیبهر در سال ۱۹۴۹ راه‌اندازی شد. این شرکت از سال ۲۰۰۷ بزرگ‌ترین تولیدکننده جرثقیل در جهان است. لیبهر هم‌اکنون ششمین تولیدکننده بزرگ تجهیزات سنگین جهان به شمار می‌آید و دفتر مرکزی این شرکت در شهر بول، فریبورگ، سوئیس قرار دارد.

طبق استعلام گرفته‌شده از شرکت توانیر (طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو) که در پیوست ۲ ارائه شده است، ژنراتورهای شرکت Liebherr در ایران نصب و بهره‌برداری شده‌اند. در جدول(۱۶-۳) مشخصات برخی مدل‌های مختلف ژنراتورهای گازسوز این برند ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۲-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Mitsubishi

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x		فروشنده
												g/bhp-hr	mg/Nm³	
GS6R-PTK	۳۲۰	۴۱/۳	۳۲	۱۵۰۰	۲۵	۱۷۰	۱۸۰	۲۴۰۰	۱/۹۸۹	۱/۱۲۳	۱/۶۳۸	–	–	آریا کارا
GS12R-PTK	۷۰۰	۴۲	۳۳/۸	۱۵۰۰	۴۹	۱۷۰	۱۸۰	۵۳۵۰	۲/۳۹۶	۱/۸۳۲	۲/۱۳۷	–	–	آریا کارا
GS16R-PTK	۹۳۰	۴۲/۲	۳۴/۳	۱۵۰۰	۶۵	۱۷۰	۱۸۰	۶۷۷۰	۲/۸۷۶	۱/۸۲۰	۲/۱۳۷	–	–	آریا کارا
GS12R2-PTK	۱۵۰۰	۴۱/۹	۳۴/۸	۱۵۰۰	۸۰	۱۷۰	۲۲۰	۸۱۰۵	۳/۴۲۲	۲/۱۶۴	۲/۱۲۲	–	–	آریا کارا
12KU30GSI	۳۸۰۰	۴۸/۸	–	۷۵۰	–	۳۰۰	۳۸۰	۴۰۰۰۰	۹/۸۵۰	۳/۱۸۰	۴/۹۸۰	۳۲۰ppm[1]		–
14KU30GSI	۴۴۵۰	۴۸/۸	–	۷۵۰	–	۳۰۰	۳۸۰	۴۸۰۰۰	۱۰/۳۹۰	۳/۱۸۰	۴/۹۸۰	۳۲۰ppm		–
16KU30GSI	۵۱۰۰	۴۸/۸	–	۷۵۰	–	۳۰۰	۳۸۰	۵۴۰۰۰	۱۰/۹۳۰	۳/۱۸۰	۴/۹۸۰	۳۲۰ppm		–
18KU30GSI	۵۷۵۰	۴۸/۸	–	۷۵۰	–	۳۰۰	۳۸۰	۶۰۰۰۰	۱۱/۴۷۰	۳/۱۸۰	۴/۹۸۰	۳۲۰ppm		–

[1] در اکسیژن صفر درصد

جدول(۱۳-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Rolls Royce

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x		فروشنده
												g/bhp-hr	mg/Nm³	
B36:45V12 AG	۷۰۹۰	۴۹	–	۷۵۰	–	۳۶۰	۴۵۰	۱۰۰۰۰	۱۱/۱۷۶	۳/۲۸۰	۴/۹۸۰	-	-	–
B36:45V16 AG	۹۴۷۰	۴۹/۵	–	۷۵۰	–	۳۶۰	۴۵۰	۱۵۰۰۰۰	۱۲/۹۹۶	۳/۷۸۳	۴/۹۸۰	-	-	–
B36:45V20 AG	۱۱۸۳۰	۵۰	–	۷۵۰	–	۳۶۰	۴۵۰	۱۷۰۰۰۰	۱۴/۲۷۶	۳/۷۸۳	۴/۹۸۰	-	-	–
B35:40V12 AG2	۵۶۳۵	۴۸/۳	–	۷۵۰	–	۳۵۰	۴۰۰	۹۹۰۰۰	۱۰/۵۷۵	۲/۷۵۰	۴/۶۲۰	-	-	–
B35:40V16 AG2	۷۵۴۰	۴۸/۸	–	۷۵۰	–	۳۵۰	۴۰۰	۱۱۶۰۰۰	۱۱/۵۶۵	۳/۳۰۶	۴/۵۴۵	-	-	–
B35:40V20 AG2	۹۴۴۵	۴۹	–	۷۵۰	–	۳۵۰	۴۰۰	۱۳۷۰۰۰	۱۳/۱۶۰	۳/۳۰۶	۴/۷۰۰	-	-	–
C26:33L6 AG	۱۵۶۵	۴۶/۱	–	۱۰۰۰	-	۲۶۰	۳۳۰	۳۴۰۰۰	۷/۱۷۰	۲/۰۸۰	۳/۴۰۰	-	-	–
C26:33L9 AG	۲۳۵۵	۴۶/۳	–	۱۰۰۰	-	۲۶۰	۳۳۰	۳۸۷۰۰	۸/۴۶۰	۲/۰۸۰	۳/۴۰۰	-	-	–

جدول(۱۴-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Kawasaki

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x[1]	فروشنده
												ppm	
KG-12	۵۲۰۰	۴۹	-	۷۵۰	–	۳۰۰	۴۸۰	۱۰۲۰۰۰	۱۱/۲۱۰	۳/۰۴۰	۵/۰۱۴	۲۰۰ppm	–
KG-18	۷۸۰۰	۴۹/۵	-	۷۵۰	–	۳۰۰	۴۸۰	۱۳۸۰۰۰	۱۳/۶۸۷	۳/۳۲۷	۵/۷۱۷	۲۰۰ppm	–

[1] در اکسیژن صفر درصد

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۵-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Cummins

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x [1]		فروشنده
												g/bhp-hr	mg/Nm³	
QSK19G	۳۲۸	۳۵/۱	–	۱۵۰۰	۱۹	۱۵۹	۱۵۹	۳۹۹۰	۳/۱	۱/۲۷	۱/۶۵	۱	۵۰۰	گروه صنعتی فامکو آرتا ایده فرین
QSK60G	۱۳۵۰-۱۰۰۰	۴۲/۸	۴۴/۱	۱۵۰۰	۶۰	۱۵۹	۱۹۰	۱۵۴۵۰	۵/۷۵۶	۲/۱۳۰	۲/۴۸۰	۱	۵۰۰	صنایع دیزلی مبنا گروه صنعتی فامکو آرتا ایده فرین
QSV81G	۱۵۷۰-۱۳۷۰	۳۷/۳۸-۷/۷	–	۱۵۰۰/۱۲۰۰	۸۱	۱۸۰	۲۰۰	۱۶۱۳۷	۵/۳۵۶	۱/۷۲۱	۲/۶۶۱	۱	۵۰۰	گروه صنعتی فامکو آرتا ایده فرین
QSV91G	۲۰۰۰-۱۷۵۰	۳۷-۳۷/۶	–	۱۸۰۰/۱۵۰۰/۱۲۰۰	۹۱/۶	۱۸۰	۲۰۰	۲۳۸۲۶	۷/۲۹۹	۱/۹۸۰	۲/۹۳۷	۱	۵۰۰	گروه صنعتی فامکو آرتا ایده فرین
HSK78	۲۰۰۰-۱۶۰۰	۴۴/۲	–	۱۵۰۰	۷۸	۱۹۰	۲۳۰	۲۳۱۰۰	۶/۹	۲/۲	۲/۸	۱	۵۰۰	–

[1] در اکسیژن ۵٪ درصد

جدول(۱۶-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Liebherr

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان مکانیکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن[1] kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x [2]		فروشنده
												g/bhp-hr	mg/Nm³	
G9620	۱۰۷۰	۴۳/۹	–	۱۵۰۰	۴۸/۷	۱۳۵	۱۷۰	۴۹۴۰	۲/۵۹۰	۱/۳۴۰	۱/۹۷۰	۱	۵۰۰	نما ماد پاسارگاد
G9512	۶۰۰-۵۱۶	۴۱/۷	–	۱۵۰۰/۱۸۰۰	۲۵	۱۳۰	۱۵۷	۲۳۱۸	۱/۵۵۰	۱/۲۰۰	۱/۵۵۰	استاندارد TA Luft [3]		نما ماد پاسارگاد
G946	۲۴۶	۴۱/۵	–	۱۵۰۰/۱۸۰۰	۱۲	۱۳۰	۱۵۰	۱۲۵۰	۱/۸	۰/۹۹۰	۱/۱۰۰	استاندارد TA Luft		نما ماد پاسارگاد

[1] وزن خشک

[2] در اکسیژن ۵٪ درصد

[3] مشخصات استاندارد در بخش ۳ -۲- ۱- ارائه شده است

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳ -۲- ۱۷-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Doosan

شرکت بین‌المللی دوو در سال ۱۹۳۷ در کره جنوبی تأسیس شد. در سال ۱۹۵۸ شروع به تولید موتور دریایی با یک شرکت استرالیایی کرد. در سال ۱۹۷۵ با همکاری یک شرکت آلمانی تولید موتور دیزلی سنگین را آغاز کردند و بالاخره در آوریل ۲۰۰۵ شروع به همکاری با گروه دوسان کره در تولید دیزل ژنراتور نمود. محصولات دیزل ژنراتور دوسان نشان‌دهنده سطح توسعه صنعت کره جنوبی در صنایع مکانیکی است. دوسان انواع وسیعی از موتورهای صنعتی ، دیزلی و گاز طبیعی را در سراسر جهان عرضه کرده است. در سال‌های اخیر کاهش ژنراتور گازسوز در کشور (به دلیل افزایش نرخ ارز ، تحریم کشور و سخت‌گیری گمرک کشور) سبب افزایش قیمت این ژنراتورها شده است. قیمت ژنراتور گازسوز دوسان در مقابل با برندهای اروپایی کمی پایین‌تر و کیفیت متوسطی را دارا است ازاین‌رو استفاده از این برند در سال‌های اخیر در کشور رشد داشته است.

طبق استعلام گرفته‌شده از شرکت توانیر (طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو) که در پیوست ۲ ارائه شده است، ژنراتورهای شرکت Doosan در ایران نصب و بهره‌برداری شده‌اند. در

جدول(۱۷-۳) مشخصات برخی مدل‌های مختلف ژنراتورهای گازسوز این برند ارائه شده است.

۳ -۲- ۱۸-مشخصات فنی موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت Scania

ژنراتور گازسوز Scania با نیم‌قرن فعالیت درزمینهٔ موتورهای درون‌سوز پایه گازسوز ژنراتوری و خودرو و ژنراتور گازسوز در کشور سوئد تأسیس گردیده است.

طبق استعلام گرفته‌شده از شرکت توانیر (طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو) که در پیوست ۲ ارائه شده است، ژنراتورهای شرکت Scania در ایران نصب و بهره‌برداری شده‌اند. در جدول(۱۸-۳) مشخصات برخی مدل‌های مختلف ژنراتورهای گازسوز این برند ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۷-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Doosan

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x	فروشنده
GE08TI	۱۶۵	-	-	۱۸۰۰/۱۵۰۰	۸/۱	۱۱۱	۱۳۹	۸۲۰	۱/۴۱۵	۰/۹۲۵	۱/۴۰۰	-	رایا مولد، شرکت فرافن هوا توسعه صنایع دیزلی مبنا، آریا کارا صنعت و ...
GE12TI	۲۲۰	-	-	۱۸۰۰/۱۵۰۰	۱۱/۱	۱۲۳	۱۵۵	۱۰۱۰	۱/۶۷۲	۱/۰۳۹	۱/۴۳۵	-	رایا مولد، شرکت فرافن هوا توسعه صنایع دیزلی مبنا، آریا کارا صنعت و ...
GV158TI	۲۹۷	-	-	۱۸۰۰/۱۵۰۰	۱۴/۶	۱۲۸	۱۴۲	۱۲۳۰	۱/۵۸۷	۱/۲۳۸	۱/۴۵۵	-	رایا مولد، شرکت فرافن هوا توسعه صنایع دیزلی مبنا، آریا کارا صنعت و ...
GV180TI	۳۷۴	-	-	۱۸۰۰/۱۵۰۰	۱۸/۳	۱۲۸	۱۴۲	۱۴۱۵	۱/۷۴۵	۱/۲۳۶	۱/۵۹۶	-	رایا مولد، شرکت فرافن هوا توسعه صنایع دیزلی مبنا ، آریا کارا صنعت و ...
GV222TI	۴۵۱	-	-	۱۸۰۰/۱۵۰۰	۲۱/۹	۱۲۸	۱۴۲	۱۶۲۰	۱/۹۲۴	۱/۲۴۳	۱/۶۲۶	-	رایا مولد، شرکت فرافن هوا توسعه صنایع دیزلی مبنا، آریا کارا صنعت و ...

جدول(۱۸-۳)- مشخصات مدل‌های ارائه شده ژنراتورهای گازی شرکت Scania

مدل	حداکثر توان کیلووات	راندمان الکتریکی	راندمان حرارتی	دور موتور rpm	حجم موتور لیتر	قطر سیلندر mm	کورس سیلندر mm	وزن kg	طول m	عرض m	ارتفاع m	آلاینده NO_x ppm	فروشنده
DC16 072A	۶۸۰	-	-	۱۵۰۰	۱۶/۴	۱۳۰	۱۵۴	۱۳۴۰	۱/۳۱۵	۱/۱۲۶	۱/۲۰۷	-	رایا مولد
DC16 071A	۴۳۸	-	-	۱۵۰۰	۱۶/۴	۱۳۰	۱۵۴	۱۳۴۰	۱/۳۲۴	۱/۱۲۷	۱/۲۸۸	-	رایا مولد

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳- ۳- مشخصات برندهای توربین‌های گازی کوچک مقیاس نصب‌شده در ایران

مشخصات واحدهای تولید پراکنده نصب‌شده در ایران بر اساس اطلاعات استعلام شده از دفتر توانیر (طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو) در پیوست ۲ ارائه شده است. بر این اساس توربین‌های گازی کوچک مقیاس تولید پراکنده نصب‌شده در ایران شامل برندهای Mitsubishi، Siemens، Zorya و توربین گاز ۲۵ مگاواتی MGT-30 ساخت شرکت توگا گزارش شده است. در این بخش مشخصات فنی این برندها تشریح خواهند شد.

۳ -۳- ۱-مشخصات فنی توربین گازی MGT-30 شرکت توگا

طراحی پایه هسته اصلی توربین گاز MGT-30 ، موتور هوایی RB211 شرکت رولزرویس است که توسط شرکت اوکراینی زاریا – مشپروئکت برای کاربردهای دریایی و زمینی تغییر کرده و توسعه‌یافته و از سال ۱۳۸۹ فنّاوری آن به گروه مپنا منتقل گردیده است[۶۶]. این توربین در تولید توان الکتریکی و همچنین به‌عنوان رانش تجهیزات دوار مانند کمپرسورها، پمپ‌ها و... در فرآیندهای صنعتی مختلف مورداستفاده قرار می‌گیرد. نوع رانش مکانیکی این توربین با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه برای واحدهای توربوکمپرسور و توربوپمپ و نوع تولید توان الکتریکی آن با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه برای نیروگاه‌های کوچک چرخه ساده (مثل توربوژنراتور و نیروگاه‌های موبایل) و ترکیبی استفاده می‌شود. همچنین این توربین در واحدهای تولید هم‌زمان برق و حرارت CHP موردنیاز در صنایع مختلف شامل آب‌شیرین‌کن کاربرد دارد. تصویر این توربین در شکل(۱-۳) ارائه شده است.



شکل(۱-۳)- توربین گاز MGT-30 ساخت شرکت توگا

در جدول(۱۹-۳) مشخصات توربین گازی MGT-30 شرکت توگا ارائه شده است.

جدول(۱۹-۳)- مشخصات فنی توربین گازی MGT-30 شرکت توگا

مؤلفه	مقدار (واحد)	
توان تولید	۲۶ مگاوات	
راندمان	٪۳۶	
شار حرارتی	۱۰۰۰۰ kJ/kWh	
دمای ورودی توربین	۱۲۳۲ درجه سانتی‌گراد	
دمای خروجی توربین	۴۷۸ درجه سانتی‌گراد	
دبی جرمی گاز خروجی	۹۰ kg/s	
نسبت فشار	۲۱/۴۴	
محفظه احتراق	حلقوی (Can-annular)	
تعداد مراحل کمپرسور	محوری	۹ مرحله LPC
		۹ مرحله HPC
ژنراتور توربین گاز	محوری تک‌مرحله‌ای LPT و HPT	
سرعت دورانی توربین	۳۰۰۰ RPM	
تعداد مراحل توربین	۴	
ابعاد توربین	6.3m × 2.4m × 2.5m	
وزن توربین	۱۵ Tons	

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳ -۳- ۲-مشخصات فنی توربین گازی Siemens

زیمنس یک شرکت آلمانی پیشرو در جهان است که در اکتبر ۱۸۴۷ توسط ورنر فون زیمنس تأسیس شد. دفتر مرکزی این شرکت در مونیخ آلمان واقع شده است. این شرکت محصولات متنوعی را درزمینهٔ الکترونیک و صنعت نیروگاهی تولید می‌کند. شرکت زیمنس فعالیت‌های خود درزمینهٔ توربین‌های گاز را از سال ۱۹۴۸ در مولهایم آغاز کرده و هم‌اکنون یکی از بزرگ‌ترین تولد کنندگان توربین گازی در جهان است. تنوع توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس شرکت زیمنس شامل ۹ مدل با ظرفیت‌های ۵ تا ۵۰ مگاوات (SGT-50، SGT-A05، SGT-100، SGT-300،SGT-400، SGT-600، SGT-700 ، SGT-750 ، SGT-800) است. استفاده از این توربین‌ها بیشتر در صنعت نفت و پتروشیمی ایران کاربرد داشته است. همچنین در صنعت نیروگاهی ایران نیز مدل‌های کمتر از ۲۵ مگاوات تولید پراکنده SGT-200 ، SGT-400 و SGT-600 در برخی مناطق ایران (نظیر نیروگاه فراب سیری ، نیروگاه مجتمع درود ۳ منطقه خارگ) نصب و استفاده شده است. درجدول(۳-۲۰) مشخصات برخی توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس شرکت Siemens ارائه شده است.

جدول(۲۰-۳)- مشخصات توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس شرکت Siemens

مؤلفه	SGT 600	SGT 400			SGT 200
توان تولید (مگاوات)	۲۴/۵	۱۱	۱۳	۱۵	۶/۸
راندمان	۳۳/۶	۳۴/۸	۳۴/۸	۳۵/۴	۳۱/۵
شار حرارتی	10/720 kJ/kWh	۱۰/۳۴۲	۱۰/۳۵۵	۱۰/۱۷۸	۱۱/۴۱۸
دمای خروجی توربین (°C)	۵۴۳	۵۰۸	۵۵۵	۵۴۰	۴۶۶
دبی جرمی گاز خروجی (Kg/s)	۸۱/۳	۳۳/۸	۳۹/۴	۴۴	۲۹/۳
نسبت فشار	۱۴	۱۶	۱۶/۸	۱۸/۹	۱۲/۲
سرعت دورانی توربین (rpm)	۷۷۰۰	۱۱۵۰۰	۹۵۰۰	۹۵۰۰	۱۱۰۵۳
ابعاد توربین	18.8m × 4.6 m × 4.4 m	13.6m × 2.9 m × 4.3 m			12.5m × 2.4 m × 3.4 m
وزن پکیج توربین	۱۵۰ Tons	۸۳/۸۲۵ Tons			۵۶/۲۴۵
(ppmvd) NO_x [1]	≤ 15	≤ 25	≤ 15	≤ 15	≤ 25

1 :در ۱۵٪ اکسیژن

فصل چهارم

۴- بررسی و شناخت انواع آلودگی‌های مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک مشتمل بر آلاینده‌های هوا، آلاینده‌های آب‌وخاک و آلودگی فیزیکی و صوتی

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۴- ۱- مقدمه

استانداردهای وضع‌شده برای مولدهای تولید پراکنده برق کوچک مقیاس گازسوز در جهان در این بخش بررسی‌شده و آلاینده‌هایی که در این استانداردها برای آن‌ها محدودیت انتشار در نظر گرفته شده است بررسی خواهند شد.

۴- ۲- استانداردهای محدودیت میزان انتشار از مولدهای رفت و برگشتی گازسوز تولید برق (ساکن)

در این بخش از گزارش استانداردهای مرتبط با محدودیت میزان انتشار از مولدهای رفت و برگشتی گازسوز تولید برق (ساکن) بررسی و آلاینده‌های محدودشده در این استانداردها ارائه شده است.

۴ -۲- ۱-مقررات بانک جهانی - مقررات عمومی EHS[1]

مقررات بانک جهانی برای حد انتشار مولدهای ساکن تولید برق گازسوز با ظرفیت ۳ تا ۵۰ مگاوات (در شرایط ۱۵٪ اکسیژن اضافه) وضع شده است. این محدودیت‌های انتشار برای مولدهای ساکن تولید برقی وضع می‌شود که با تأمین مالی بانک جهانی در کشورهایی که فاقد مقررات ملی در این زمینه هستند یا کشورهایی که محدودیت‌های در نظر گرفته‌شده در مقررات ملی آن‌ها از میزان سخت‌گیری کمتری نسبت به مقررات بانک جهانی برخوردار است الزام اجرایی دارد. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۱-۴) ارائه شده است. طبق این استاندارد محدودیت انتشار برای موتورهای ساکن گازسوز تنها برای آلاینده NO_x در نظر گرفته شده است.

جدول(۱-۴)- آلاینده‌های محدودشده در استاندارد بانک جهانی برای موتورهای ساکن گازسوز (SI)

مشخصات	آلاینده محدودشده
موتورهای احتراق جرقه‌ای	NO_x
موتورهای دوگانه‌سوز	NO_x
موتورهای احتراق تراکمی	NO_x

۴ -۲- ۲-پروتکل UN-ECE گوتنبرگ

پروتکل گوتنبرگ باهدف کاهش اسیدی شدن و حفظ و تشکیل لایه ازن به مرحله اجرا درآمده است. این پروتکل در سال ۱۹۹۹ تصویب و در سال ۲۰۰۵ اجرایی شده و محدودیت‌هایی را برای میزان انتشار آلاینده از موتورهای احتراق داخلی ساکن گازسوز وضع کرده است. مقررات این پروتکل برای کشورهای اتحادیه اروپا ، کشورهای اروپای شرقی، ایالات‌متحده آمریکا و کانادا قابل‌اجرا است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۲-۴) ارائه‌شده است. در این استاندارد برای مولدهای گازسوز تنها برای آلاینده NO_x محدودیت انتشار در نظر گرفته شده است[۶۷].

جدول(۲-۴)- آلاینده‌های محدودشده در استاندارد UN-ECE گوتنبرگ برای موتورهای احتراق داخلی ساکن گازسوز

مشخصات		آلاینده محدودشده
موتورهای SI با توان بیش از ۱ مگاوات	موتورهای رقیق سوز	NO_x
	سایر	NO_x
موتورهای احتراق تراکمی با توان بیش از ۵ مگاوات	سوخت گاز	NO_x

[1] World Bank – EHS (Environmental, Health, and Safety)

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۴ -۲- ۳-آمریکای شمالی : ایالات‌متحده امریکا

استلندارد [1] NSPS برای موتورهای ساکن احتراق جرقه‌ای جدید (مرتبط با موتورهای گازسوز و بنزینی): این استاندارد دربردارنده الزامات وضع‌شده انتشار آلاینده برای مولدهای برق کوچک مقیاس گازسوز در ایالات‌متحده آمریکا است. این استاندارد برای موتورهای احتراق جرقه‌ای SI بوده و در بخش الزامات انتشار فدرال ایالات‌متحده آمریکا وضع شده است. این استاندارد در سال ۲۰۰۸ تصویب و در سال ۲۰۱۱ اصلاح‌شده و در آیین‌نامه قوانین فدرال (CFR[2]) در آدرس Title 40, Part 60, Subpart JJJJ منتشر شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۳-۴) ارائه شده است. مطابق این جدول در مولدهای تولید پراکنده با توان تولید بیش از ۷۵ کیلووات (موردنظر این پروژه) برای آلاینده‌های NOx، CO و VOC محدودیت انتشار در نظر گرفته شده است.

قوانین NESHAP[3] برای موتورهای رفت و برگشتی ساکن و موجود : این استاندارد توسط سازمان حفاظت از محیط‌زیست امریکا برای کنترل انتشار آلاینده‌های سمی (نظیر فرمالدئید (HCHO)) از موتورهای احتراق داخلی ساکن موجود که قبلاً قوانینی برای آن‌ها وضع نشده ارائه شده است. این استاندارد در سال ۲۰۰۴ برای موتورهای گازسوز (SI) ساکن وضع و در سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۴ اصلاح‌شده و در آیین‌نامه قوانین فدرال (CFR) در آدرس Title 40, Part 63, Subpart ZZZZ منتشر شده است. مشخصات این الزامات در جدول(۴-۴) ارائه شده است. مطابق این جدول در این استاندارد برای آلاینده‌های CO و فرمالدئید (HCHO) محدودیت انتشار در نظر گرفته شده است.

مقررات انتشار آلاینده از مولدهای تولید پراکنده در ایالت کالیفرنیای آمریکا : طبق این استاندارد که در سال ۲۰۰۰ در بخش 94200-94214 از مقاله ۳، زیر بخش ۸ ، بخش ۳ از عنوان ۱۷ مقررات ایالت کالیفرنیای امریکا[4] به تصویب رسیده است برای انتشار آلاینده‌های NOx، VOC و CO محدودیت میزان انتشار وضع شده است[۶۷].

[1] The New Source Performance Standards: "کارایی منابع جدید موتورهای احتراق داخلی" :

[2] Code of Federal Regulations

[3] National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants

[4] Sections 94200-94214, In Article 3, Subchapter 8, Chapter 1, Division 3, Title 17 Of California Code Of Regulations, 2002

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۳-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد NSPS موتورهای ساکن گازسوز (SI) در ایالات‌متحده آمریکا

	آدرس استاندارد : CFR: Title 40, Part 60, Subpart JJJ				آلاینده محدودشده
طبقه‌بندی نوع مولد	موتورهای با توان تولید کمتر از ۱۹ kW (۲۵ hp)				$HC+NO_x$ ، CO ، $NMHC+NO_x$
	موتورهای با توان تولید بیش از ۱۹ kW (۲۵ hp)	موتورهای غیر اضطراری	موتورهای بنزینی و موتورهای احتراق غنی سوز سوخت مایع LPG [1]		CO ،$HC+NO_x$
			موتورهای گازسوز و موتورهای احتراق رقیق سوخت مایع LPG [2]	توان کمتر از ۷۵ kW	CO ،$HC+NOx$
				توان بیش از ۷۵ kW	VOC ،CO ،NO_x
			موتورهای گازسوز با سوخت بیوگاز [3]		VOC ،CO ،NO_x
		موتورهای اضطراری	توان کمتر از ۱۳۰ hp		CO ،$NOx + HC$
			توان بیشتر یا مساوی ۱۳۰ hp		VOC ،CO ،NO_x
الزامات سوخت	برای سوخت بنزین مطابق استاندارد 40 CFR 80.195 محدودیت ۸۰ ppm در نظر گرفته شده است.				
الزامات صدا	برای حد مجاز انتشار صدا الزامات زیر به‌صورت عمومی یا منطقه‌ای اعمال می‌شود: الزامات حد مجاز صدا برای محیط‌های کاری مطابق استاندارد OSHA [4] FERC : الزامات حد انتشار صدا مطابق قوانین عمومی ایالات‌متحده آمریکا برای تجهیزات مورداستفاده در خطوط انتقال انرژی الزامات محلی نظیر : COGCC				

جدول(۴-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد **NESHAP** موتورهای رفت و برگشتی گازسوز (SI) ساکن در ایالات‌متحده آمریکا

	آدرس استاندارد : CFR: Title 40, Part 63, Subpart ZZZZ	آلاینده محدودشده
طبقه‌بندی نوع مولد	موتورهای ۴ زمانه رقیق سوز (4SLB [5]) ، غیر اضطراری ، بزرگ‌تر از ۵۰۰ اسب بخار (Area Sources)	CO
	موتورهای ۴ زمانه غنی سوز (4SRB [6]) ، غیر اضطراری ، بزرگ‌تر از ۵۰۰ اسب بخار (Area Sources)	فرمالدئید (HCHO)
	موتورهای ۲ زمانه رقیق سوز (2SLB) ، غیر اضطراری ، $100 \leq hp \leq 500$ (Major Sources)	CO
	موتورهای ۴ زمانه رقیق سوز (4SLB) ، غیر اضطراری ، $100 \leq hp \leq 500$ (Major Sources)	CO
	موتورهای ۴ زمانه غنی سوز (4SRB) ، غیر اضطراری ، $100 \leq hp \leq 500$ (Major Sources)	فرمالدئید (HCHO)
	موتورهای بیوگاز سوز ، غیر اضطراری ، $100 \leq hp \leq 500$ (Major Sources)	CO
	موتورهای ۴ زمانه غنی سوز (4SRB) ، غیر اضطراری ، بزرگ‌تر از ۵۰۰ اسب بخار (Major Sources)	فرمالدئید (HCHO)

Major Sources: مولدهایی که حداقل ۱۰ تن در سال از یک ماده سمی منفرد منتشر می‌کند یا حداقل ۲۵ تن در سال مخلوطی از مواد سمی را در هوا منتشر می‌کنند

Area Sources: مولدهایی که Major Sources نباشند

[1] Rich Burn Liquefied Petroleum Gas (LPG) Engines: نسبت سوخت به هوا در این نوع موتورها نزدیک به نسبت استوکیومتری است

[2] Lean Burn Liquefied Petroleum Gas (LPG) Engines: نسبت سوخت به هوا در این نوع موتورها کمتر از نسبت استوکیومتری است(سوخت رقیق شده)

[3] Landfill/Digester Gas Engines

[4] United States Occupational Safety and Health Administration

[5] Four-Stroke Lean-Burn

[6] Four-Stroke Rich-Burn

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۴ -۲- ۴-آمریکای شمالی : کانادا

در سال ۲۰۱۶ ، سازمان محیطزیست کانادا آخرین مقررات عمومی مربوط به آلودگی هوا (MSAPR [۱]) را منتشر کرده است که الزامات مربوط به انتشارهای آلاینده‌های هوا از مولدهای رفت و برگشتی احتراق جرقه‌ای SI ساکن نیز در این مقررات ارائه شده است[۶۸]. این مقررات موتورهای رفت و برگشتی گازسوز را به دودسته موتورهای نو و جدید و موتورهای قدیمی و موجود طبقه‌بندی نموده است. تعاریف و مکان‌های استفاده از این استانداردها در جدول(۵-۴) خلاصه‌شده است.

جدول(۵-۴)- دسته‌بندی موتور و مکان‌های استفاده از استانداردهای عملکردی MSAPR [۶۸]

	موتورهای جدید	موتورهای قدیمی و موجود
مشخصات	تاریخ نصب ۱۵ سپتامبر ۲۰۱۶ یا بعدازآن	تاریخ نصب قبل از ۱۵ سپتامبر ۲۰۱۶
مکان‌های استفاده	آلومینیوم و آلومینا ، فلزات اساسی ، تولید سیمان ، مواد شیمیایی ، گندله‌سازی سنگ‌آهن ، آهن ، فولاد، کودهای پایه نیتروژنی ، تصفیه نفت ، پتاس ، نیروگاه‌ها ، کاغذ و نفت و گاز	نفت و گاز ، خطوط انتقال گاز طبیعی و تأسیسات ذخیره‌سازی زیرزمینی مربوطه

در جدول (۴-۶) مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد MSAPR به شکل خلاصه شده است. مطابق جدول (۴-۶) در کلیه طبقه‌بندی‌های ارائه شده برای مولدهای گازسوز تنها برای آلاینده NO_x محدودیت میزان انتشار آلاینده در نظر گرفته شده است. همچنین سازمان محیطزیست کانادا برای کاهش انتشار NO_x از موتورهای احتراق جرقه‌ای گازسوز SI استفاده از فناوری‌های تغییر کارکرد موتور از غنی سوز به رقیق سوز ، استفاده از کاتالیست‌های احیاگر غیرانتخابی[۲] همراه با کنترل‌کننده‌های نسبت هوا به سوخت، نصب محفظه‌های پیش احتراق[۳] در موتورهای رقیق سوز و ارتقا و بهبود سیستم اشتعال موتور را پیش‌بینی کرده است[۶۸].

جدول(۶-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد MSAPR برای موتورهای رفت و برگشتی گازسوز (SI) ساکن در کانادا

مشخصات				آلاینده محدودشده
طبقه‌بندی نوع مولد	موتورهای با کارکرد معمولی	موتورهای جدید	بیش از ۷۵ کیلووات	NO_x
			برای موتورهای با توان تولید بیش از ۳۷۵ کیلووات آزمون انتشار سالانه نیاز است، زمان اولین آزمون یک سال پس از شروع به کار موتور	
		موتورهای موجود و قدیمی	بیش از ۲۵۰ کیلووات	NO_x
			برای موتورهای با توان تولید بیش از ۳۷۵ کیلووات آزمون انتشار سالانه نیاز است، زمان اولین آزمون یک سال پس از شروع به کار موتور	
	موتورهای با کارکرد کم (کمتر از ۵٪ کارکرد)	موتورهای جدید	بیش از ۱۰۰ کیلووات	NO_x
			آزمون انتشار سالانه موردنیاز نیست	
		موتورهای موجود و قدیمی	بیش از ۲۵۰ کیلووات	تنها زمان کارکرد موتور باید ثبت گردد
			آزمون انتشار سالانه موردنیاز نیست	

[1] Multi-Sector Air Pollutant Regulations
[2] Non-Selective Catalytic Reduction (NSCR = Three-Way Catalyst)
[3] Pre-Combustion Chamber

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۴ -۲- ۵-اروپا : اتحادیه اروپا

در اتحادیه اروپا دو دستورالعمل زیر برای کنترل انتشار آلاینده‌ها از نیروگاه‌های حرارتی تصویب شده است که شامل موتورهای احتراق داخلی ساکن نیز می‌شود:

- بخشنامه انتشار آلاینده از مراکز صنعتی که در نوامبر ۲۰۱۰ مصوب شده و برای نیروگاه‌های حرارتی با توان بیش از MW ۵۰ نیز اعمال می‌شود. در جدول(۴-۷) مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد به شکل خلاصه ارائه شده است.
- بخشنامه واحدهای احتراقی متوسط (دستورالعمل MCP) که در نوامبر ۲۰۱۵ تصویب‌شده و برای نیروگاه‌های با توان $1 \leq P < 50$ MW اعمال می‌شود. در جدول(۴-۸) مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد به شکل خلاصه ارائه شده است.

طبق نتایج ارائه شده در این دو جدول ، در دو استاندارد فوق برای آلاینده‌های NO_x ، CO و SO_2 در طبقه‌بندی‌های مختلف محدودیت وضع شده است.

جدول(۴-۷)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد انتشار آلاینده از مراکز صنعتی در اتحادیه اروپا

مشخصات		آلاینده محدودشده
طبقه‌بندی نوع مولد	اجازه نصب و یا را ه اندازی قبل از ژانویه ۲۰۱۳	NOx CO
	اجازه نصب و یا را ه اندازی بعد از ژانویه ۲۰۱۳	NOx CO

جدول(۴-۸)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد واحدهای احتراقی متوسط (دستورالعمل MCP) در اتحادیه اروپا

مشخصات			آلاینده محدودشده
طبقه‌بندی نوع مولد	سوخت گاز طبیعی	واحدهای موجود	NOx
		واحدهای جدید	
	سایر سوخت‌های گازی نظیر بیوگاز و ...	واحدهای موجود	NOx SO_2
		واحدهای جدید	

استاندارد انتشار آلاینده‌های صدا در کشورهای عضو اتحادیه اروپا: طبق استاندارد ۱۴/۲۰۰۰ / EC که در اول ژانویه ۲۰۰۲ تصویب و در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۹ اصلاح گردید، ماشین‌آلات و تجهیزات مورداستفاده در محیط‌های باز ملزم به رعایت الزاماتی جهت کنترل میزان انتشار آلاینده‌های صوتی شدند. این بخشنامه ۶۳ گروه ماشین‌آلات را ملزم به رعایت محدودیت انتشار صوت کرده است. بر این اساس برای گروه مولدهای تولید برق الزامات محدودیت انتشار آلاینده‌های صوتی در جدول(۴-۹) ارائه شده است.

جدول(۴-۹)-مشخصات الزامات استاندارد ۱۴/۲۰۰۰ / EC برای انتشار آلاینده‌های صوتی مولدهای تولید برق در اتحادیه اروپا

مشخصات			
نوع مولد		Pel: توان الکتریکی (کیلووات)	حد مجاز قدرت صدا(dB)
مولدهای برق	مرحله اول ، از سوم ژانویه ۲۰۰۲	Pel ≤2	97 + lg Pel
		2 < Pel ≤ 10	98 + lg Pel
		Pel > 10	97 + lg Pel
	مرحله دوم، از سوم ژانویه ۲۰۰۶	Pel ≤2	95 + lg Pel
		2 < Pel ≤ 10	96 + lg Pel
		Pel > 10	95 + lg Pel

lg: لگاریتم

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۴ -۲- ۶-اروپا : آلمان

میزان انتشار از موتورهای احتراق داخلی ساکن در آلمان توسط آیین‌نامه TA Luft[1] کنترل می‌شود. این استاندارد در سال ۱۹۸۶ تصویب و در سال‌های ۲۰۰۲ (تحت عنوان TA Luft 2002) و ۲۰۱۹ (تحت عنوان 4th BImSchV) اصلاح شده است . استاندارد TA Luft 2002 برای واحدهای موجود تا سال ۲۰۲۴ اعمال خواهد شد درحالی‌که استاندارد 44th BImSchV برای واحدهای جدید اعمال می‌شود. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۱۰-۴) ارائه شده است. در استاندارد TA Luft 2002 برای آلاینده‌های CO، NOx ، Sox و فرمالدئید (HCHO) محدودیت میزان انتشار آلاینده در نظر گرفته شده است این در حالی است که برای استاندارد سخت‌گیرانه‌تر 4th BImSchV علاوه بر آلاینده‌های فوق محدودیت میزان انتشار برای آلاینده‌های TC[2] ، TD[3] و NH_3 نیز در نظر گرفته شده است.

۴ -۲- ۷-اروپا : بلژیک

مقررات VLAREM II در بلژیک برای محدودیت میزان انتشار از موتورهای ساکن (گازی و دیزلی) نصب‌شده وضع شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۱۱-۴) ارائه شده است. طبق نتایج ارائه شده در این جدول ، در استاندارد فوق برای آلاینده‌های NO_x ، CO و Organic substances در طبقه‌بندی‌های مختلف محدودیت وضع شده است.

۴ -۲- ۸-اروپا : فنلاند

مقررات کنترل انتشار آلاینده‌ها در کشور فنلاند در سال ۲۰۰۳ با عنوان "Best Available Techniques" مصوب شده است. این مقررات برای واحدهای احتراقی کوچک مقیاس با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات وضع شده است. شایان‌ذکر است که مقررات MCP اتحادیه اروپا در فنلاند نیز از سال ۲۰۱۸ الزام اجرایی دارد. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۱۲-۴) ارائه شده است. طبق نتایج ارائه شده در این جدول ، در مقررات فوق برای آلاینده‌های NO_x در طبقه‌بندی‌های مختلف محدودیت وضع شده است.

۴ -۲- ۹-اروپا : فرانسه

در فرانسه محدودیت انتشار برای موتورهای ساکن (گازی و دیزلی) در مقررات Arrêté 2910 وضع شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۱۳-۴) ارائه شده است. طبق نتایج ارائه شده در این جدول ، در استاندارد فوق برای آلاینده‌های NO_x ، CO ، SO_2 ، فرمالدئید (HCHO) و Dust در طبقه‌بندی‌های مختلف محدودیت وضع شده است. شایان‌ذکر است که فرانسه به‌عنوان عضوی از اتحادیه اروپا ملزم به رعایت مقررات محدودیت انتشار MCP نیز است.

۴ -۲- ۱۰-اروپا : هلند

محدودیت انتشار موتورهای ساکن در کشور هلند در مقررات BEMS و در سال ۲۰۱۰ وضع شده است. این مقررات برای مولدهای با توان تولید ۱ تا ۵۰ مگاوات با بیش از ۵۰۰ ساعت کارکرد در سال اعمال می‌شود. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۱۴-۴) ارائه شده است.

۴ -۲- ۱۱-اروپا : اتریش

مشخصات آلاینده‌های محدودشده برای مولدهای گازسوز ساکن در کشور اتریش در جدول(۱۵-۴) ارائه شده است[۶۷].

[1] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
[2] Total Carbon
[3] Total Dust

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۰-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد TA Luft 2002 (TAL) و 44th BImSchV (BIm) موتورهای گازسوز ساکن در آلمان

نوع سوخت	نوع مولد	توان مگاوات	آلاینده محدودشده									
			TAL				BIm					
			CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3	فرمالدئید (HCHO)
گاز طبیعی	رقیق سوز	-	CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3	فرمالدئید (HCHO)
	سایر		CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3	فرمالدئید (HCHO)
گاز معدن زغال‌سنگ	رقیق سوز	-	CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3 TD	فرمالدئید (HCHO)
	سایر		CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3 TD	فرمالدئید (HCHO)
بیوگاز	pilot injection	<3	CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3	فرمالدئید (HCHO)
		≥3	CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3	فرمالدئید (HCHO)
	Spark ignition	<3	CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3	فرمالدئید (HCHO)
		≥3	CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3	فرمالدئید (HCHO)
گاز فاضلاب	pilot injection	<3	CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3	فرمالدئید (HCHO)
		≥3	CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3	فرمالدئید (HCHO)
	Spark ignition	<3	CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3	فرمالدئید (HCHO)
		≥3	CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TC	NH_3	فرمالدئید (HCHO)
گاز لندفیلد	رقیق سوز	-	CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TD	NH_3	فرمالدئید (HCHO)
	سایر	-	CO	NOx	SOx	فرمالدئید (HCHO)	CO	NOx	SOx	TD	NH_3	فرمالدئید (HCHO)

جدول(۱۱-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد VLAREM II موتورهای گازسوز ساکن در بلژیک

تاریخ شروع کار مولد	کارکرد سالانه hr/year	نوع مولد	توان (Pn)مگاوات	آلاینده محدودشده		
قبل از ۲۰۰۰	کمتر از ۵۰۰	احتراق جرقه‌ای SI	$0.3 \leq Pn < 50$	CO	NO_x	
۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵			$0.3 \leq Pn < 50$	CO	NO_x	
۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰			$0.3 \leq Pn \leq 1$	Organic substances	CO	NO_x
			$1 < Pn < 50$			
۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴			$0.3 \leq Pn < 2$	Organic substances	CO	NO_x
			$1 < Pn < 5$			
			$5 \leq Pn < 50$			
۲۰۱۴ و پس‌ازآن			$0.3 \leq Pn \leq 1$	Organic substances	CO	NO_x
			$1 < Pn < 5$			
			$5 \leq Pn < 50$			
قبل از ۲۰۰۰	بیش از ۵۰۰	احتراق جرقه‌ای SI	$0.3 \leq Pn < 50$	CO	NO_x	
پس از ۲۰۰۰			$0.3 \leq Pn < 50$	CO	NO_x	

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۲-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده برای موتورهای گازسوز ساکن در فنلاند

تاریخ نصب	نوع مولد	آلاینده محدودشده
مولد جدید	احتراق جرقه‌ای SI	NO_x
	دیزلی با سوخت گاز	NO_x
مولد قدیمی و موجود	احتراق جرقه‌ای SI	NO_x
	دیزلی با سوخت گاز	NO_x

جدول(۱۳-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد Arrêté 2910 موتورهای گازسوز ساکن در فرانسه

نوع سوخت	توان مولد (Pn) مگاوات	آلاینده محدودشده				
گاز طبیعی	$2 \leq Pn < 20$ MW	NO_x	CO	فرمالدئید (HCHO)	Dust	SO_2
	$20 \leq Pn < 50$	NO_x	CO	Dust		SO_2
سایر گازها	$20 \leq Pn < 50$	NO_x	CO	Dust		SO_2

جدول(۱۴-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد BEMS موتورهای گازسوز ساکن در کشور هلند

نوع سوخت	توان مولد (Pn) مگاوات	آلاینده محدودشده		
گاز طبیعی	$Pn < 2,5$	NO_x		SO_2
	$2,5 \leq Pn < 50$	NO_x	SO_2	HC
بیوگاز	$1 \leq Pn < 50$	NO_x		SO_2

جدول(۱۵-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده موتورهای گازسوز ساکن در کشور اتریش

نوع سوخت	توان مولد (Pn) کیلووات	آلاینده محدودشده		
گاز طبیعی و گاز مایع	$P < 1000$	NO_x	CO	NMHC
	$P \geq 1000$	NO_x	CO	NMHC
گاز فاضلاب و گاز لندفیلد	$P < 1000$	CO		
	$P \geq 1000$	NO_x	CO	NMHC

۴ -۲- ۱۲-اروپا : روسیه

محدودیت انتشار موتورهای رفت برگشتی ساکن در کشور روسیه در استاندارد GOST 31967-2012 وضع شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۱۶-۴) ارائه شده است[۶۷].

جدول(۱۶-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده موتورهای رفت و برگشتی گازسوز ساکن در استاندارد GOST 31967-2012 ، کشور روسیه

زمان ساخت مولد	آلاینده محدودشده		
قبل از ۲۰۱۶	NO_x	CO	HC
بعد از ۲۰۱۶	NO_x	CO	HC

۴ -۲- ۱۳-اروپا : سوئیس

محدودیت انتشار موتورهای رفت برگشتی ساکن در کشور سوئیس در بخشنامه هوای پاک این کشور (Luftreinhalteverordnung) وضع شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول زیر ارائه شده است[۶۷].

جدول(۱۷-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده موتورهای رفت و برگشتی گازسوز ساکن در استاندارد Luftreinhalteverordnung کشور سوئیس

نوع سوخت	توان مولد (Pn) مگاوات	آلاینده محدودشده		
سوخت طبیعی	$P \leq 0.1$	NO_x	CO	PM
	$0.1 < P \leq 1$			
	$P > 1$			

۴ -۲- ۱۴-اروپا : جمهوری چک

محدودیت انتشار موتورهای رفت برگشتی ساکن در جمهوری چک در مقررات اقدام act 415/2012 Sb وضع شده است. این مقررات برای مولدهای موجود که در قبل از ۱۷ می ۲۰۰۶ نصب شده‌اند و مولدهای جدید که پس از ۱۷ می ۲۰۰۶ نصب‌شده‌اند اعمال شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول زیر ارائه شده است[۶۷].

جدول(۱۸-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده موتورهای رفت و برگشتی گازسوز ساکن در استاندارد act 415/2012 Sb جمهوری چک

نوع مولد	نوع سوخت	آلاینده محدودشده				
SI $0.3 \leq Pn < 1$ MWth	گاز طبیعی	NO_x			CO	SO_2
	سایر گازها	NO_x			CO	SO_2
CI $0.3 \leq Pn < 1$ MWth	گاز طبیعی و گاز معدن	NO_x			CO	SO_2
SI $1 \leq Pn \leq 5$ MWth	گاز طبیعی	NO_x		CO	SO_2	NMHC
	سایر گازها	NO_x	CO	SO_2	NMHC	PM
CI $1 \leq Pn \leq 5$ MWth	گاز طبیعی و گاز معدن	NO_x		CO	SO_2	NMHC
SI $Pn > 5$ MWth	گاز طبیعی	NO_x		CO	SO_2	NMHC
	سایر گازها	NO_x	CO	SO_2	NMHC	PM
CI $Pn > 5$ MWth	گاز طبیعی و گاز معدن	NO_x		CO	SO_2	NMHC

۴ -۲- ۱۵-آسیا : هند

در کشور هند آژانس مرکزی حفاظت از محیطزیست ، که توسط وزارت محیطزیست و جنگل اداره می‌شود، مسئول تنظیم حد انتشار آلاینده‌ها است. مشخصات این محدودیت‌ها برای مولدهای تولید برق گازسوز در جدول(۱۹-۴) ارائه شده است[۶۷].

جدول(۱۹-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات سازمان حفاظت از محیطزیست کشور هند برای مولدهای گازسوز تولید برق

حجم موتور (V_h) لیتر	سال	آلاینده محدودشده	
$V_h \leq 99$	۲۰۱۳	HC+NOx	CO
$99 < V_h \leq 225$			
$V_h > 225$			

۴ -۲- ۱۶-آسیا : ژاپن

محدودیت‌های وضع شده برای میزان مجاز انتشار آلاینده از مولدهای تولید برق گازسوز در کشور ژاپن توسط سازمان محیطزیست این کشور وضع می‌شود. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این کشور در جدول(۲۰-۴) ارائه شده است [۶۷].

جدول(۲۰-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات سازمان حفاظت از محیطزیست کشور ژاپن برای مولدهای گازسوز تولید برق [۶۷]

مصرف سوخت	آلاینده محدودشده	
بیش از ۳۵ لیتر بر ساعت	NO_x	Particulates

۴- ۳- استانداردهای محدودیت میزان انتشار توربین‌های گازی

در این بخش استانداردهای محدودیت میزان انتشار از توربین‌های گازی کوچک مقیاس بررسی و آلاینده‌های محدودشده در این استانداردها ارائه شده است.

۴ -۳- ۱-بانک جهانی - مقررات عمومی EHS

مقررات بانک جهانی برای حد انتشار توربین‌های گازی با ظرفیت بیش از ۵۰ مگاوات وضع شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در زیر ارائه شده است.

جدول(۲۱-۴)- آلاینده‌های محدودشده در استاندارد بانک جهانی برای توربین گازی

سوخت	توان توربین (مگاوات)	آلاینده محدودشده
گاز طبیعی	بیش از ۵۰ مگاوات حرارتی	NO_x

۴ -۳- ۲-آمریکای شمالی : ایالات‌متحده امریکا

در ژوئیه ۲۰۰۶ سازمان حفاظت محیطزیست ایالات‌متحده مقررات ملی جدید NSPS[1] را برای توربین‌های گازی منتشر کرد که در قانون CFR فدرال آمریکا به آدرس CFR 40 Subpart KKKK منتشر شده است. در این استاندارد آلاینده‌هایی که برای آن‌ها محدودیت میزان انتشار در نظر گرفته شده است درجدول(۲۲-۴) ارائه شده است.

جدول(۲۲-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات سازمان حفاظت از محیطزیست آمریکا برای توربین‌های گازی، CFR 40 Subpart KKKK

توان توربین گازی	سوخت	آلاینده محدودشده	
<50 MMBTU/hr (3.5 MWe)	گاز طبیعی	NOx	SO_2
	سایر گازها		
50–850 MMBTU/hr (3.5–100 MW)	گاز طبیعی		
	سایر گازها		

استاندارد ملی محدودیت انتشار برای آلاینده‌های خطرناک هوا (NESHAP[2]) استاندارد دیگری است که برای آلاینده‌های خطرناک (HAP[3]) در سال ۲۰۰۴ وضع شده است (آلاینده‌های خطرناک HAP آن دسته از آلاینده‌هایی هستند که موجب ایجاد سرطان یا سایر بیماری‌های پرخطر می‌شوند، مانند نازایی یا نقص عضوهای مادرزادی ، یا اثرات سوء و شدید زیست‌محیطی). بخش مربوط به توربین گاز این استاندارد در آیین‌نامه قوانین فدرال آمریکا در آدرس NESHAP 40 CFR 63 Subpart YYYY ارائه شده است.

[1] New Source Performance Standards
[2] National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP)
[3] Hazardous Air Pollutants (HAP)

جدول(۲۳-۴)- مشخصات آلاینده‌های خطرناک محدودشده در مقررات NESHAP برای توربین‌های گازی، NESHAP 40 CFR 63 Subpart YYYY

نوع مولد	آلاینده محدودشده
توربین گازی	فرمالدئید (HCHO)

۴ -۳- ۳-آمریکای شمالی : کانادا

دستورالعمل‌های کاهش انتشار NOx از توربین‌های گازی[1] در سال ۲۰۱۷ تحت بخش ۵۴ از قوانین حفاظت از محیطزیست کانادا ، تصویب‌شده است. مشخصات آلاینده‌هایی که در این استاندارد برای آن‌ها محدودیت انتشار در نظر گرفته شده است در جدول زیر ارائه شده است.

جدول(۲۴-۴)- مشخصات آلاینده‌های خطرناک محدودشده در دستورالعمل‌های کاهش انتشار NOx برای توربین‌های گازی در کشور کانادا

مشخصات مولد	توان(مگاوات)	آلاینده محدودشده
کارکرد غیر پیک	بین ۱ تا ۴	NO_x
کارکرد پیک	بین ۱ تا ۴	-
انواع کارکرد	بین ۴ تا ۷۰	NO_x

۴ -۲- ۱۷-اروپا : اتحادیه اروپا

بخشنامه EU/۷۵/۲۰۱۰ پارلمان اروپا اصلی‌ترین ابزار اتحادیه اروپا برای تنظیم انتشار آلاینده‌ها از تأسیسات صنعتی است. این بخشنامه در سال ۲۰۱۰ تصویب‌شده است . مشخصات آلاینده‌هایی که در این استاندارد برای آن‌ها محدودیت انتشار در نظر گرفته شده است در جدول زیر ارائه شده است.

جدول(۲۵-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات EU/۷۵/۲۰۱۰ اتحادیه اروپا برای توربین‌های گازی

سوخت	آلاینده محدودشده	
گاز طبیعی	NOx	CO
سایر گازها	NOx	

استاندارد دیگر ارائه شده در این زمینه استاندارد بهترین فناوری‌های موجود (BAT[2]) است که توسط مرکز تحقیقات مشترک کمیسیون اروپا در سال ۲۰۱۷ تصویب‌شده و برای مولدهای احتراقی با توان تولید بیش از ۵۰ مگاوات انرژی ورودی (توان بیش از ۱۵-۲۰ مگاوات) اعمال می‌شود. مشخصات آلاینده‌هایی که در این استاندارد برای آن‌ها محدودیت انتشار در نظر گرفته شده است در جدول زیر ارائه شده است.

جدول(۲۶-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات BAT اتحادیه اروپا برای توربین‌های گازی

نوع توربین	مشخصات	سوخت	آلاینده محدودشده	
Open-cycle	مولد جدید	گاز طبیعی	NOx	CO
	مولد موجود			
Combined-cycle	مولد جدید			
	مولد موجود			

دستورالعمل ۸۰/۲۰۰۱ / EC در اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۱ برای محدودیت گازهای منتشر شده از مولدهای احتراقی بزرگ وضع شده است. مشخصات آلاینده‌هایی که در این استاندارد برای آن‌ها محدودیت انتشار در نظر گرفته شده است در جدول زیر ارائه شده است.

جدول(۲۷-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات ۸۰/۲۰۰۱ / EC اتحادیه اروپا برای مولدهای احتراقی بزرگ

نوع مولد	سوخت	آلاینده محدودشده		
توربین گازی	گاز طبیعی	NO_x	SO_2	PM

[1] Guidelines for the Reduction of Nitrogen Oxide Emissions from Natural Gas–fuelled Stationary Combustion Turbines

[2] Best Available Techniques

همچنین بسیاری از کشورهای اروپایی محدودیت‌های ملی برای میزان انتشار آلاینده از توربین‌های گازی وضع کرده‌اند. برخی از این محدودیت‌ها در جدول زیر ارائه شده است[۶۹].

جدول(۲۸-۴)- مشخصات محدودیت‌های ملی برای میزان انتشار آلاینده از توربین‌های گازی در کشورهای اروپایی [۶۹]

کشور	توان توربین (مگاوات)	آلاینده محدودشده	
اتریش	کمتر از ۵۰ مگاوات	NO_x	CO
بلژیک	کمتر از ۱۰۰ مگاوات	NO_x	CO
فنلاند	بزرگ‌تر از ۵۰ مگاوات	NO_x	
فرانسه	۲ تا ۲۰ مگاوات	NO_x	CO
	۲۰ تا ۱۰۰ مگاوات	NO_x	CO
آلمان	کمتر از ۱۰۰ مگاوات	NO_x	CO
ایتالیا	کمتر از ۸ مگاوات	NO_x	CO
	۸ تا ۱۵ مگاوات	NO_x	CO
هلند	۱۵ تا ۵۰ مگاوات	NO_x	CO
اسپانیا	تمامی ظرفیت‌ها	NO_x	CO
سوئد	کمتر از ۵۰۰ مگاوات	NO_x	
انگلیس	کمتر از ۵۰ مگاوات	NO_x	CO

۴-۲-۱۸-آسیا : چین

محدودیت انتشار آلاینده از توربین های گازی کشور چین در استاندارد ملی جمهوری خلق چین با شماره GB 13223-2011 وضع شده است. این استاندارد اولین بار در سال ۱۹۹۱ منتشر و در سال های ۱۹۹۶ و ۲۰۰۳ اصلاح شده و در سال ۲۰۱۱ به تایید وزارتخانه حفاظت از محیط زیست این کشور رسیده است.

مشخصات آلاینده‌هایی که در این استاندارد برای آن‌ها محدودیت انتشار در نظر گرفته شده است در جدول زیر ارائه شده است.

جدول(۲۹-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در استاندارد GB 13223-2011 کشور چین، برای توربین‌های گازی

سوخت	آلاینده محدودشده		
گاز طبیعی	NOx	SO2	PM

۴-۲-۱۹-آسیا : هند

محدودیت انتشار آلاینده از توربین های گازی کشور هند در مجموعه قوانین کنترل آلودگی با شماره PCLS/4/2000-2001 وضع شده است. استاندارد بخش توربین گازی در سال ۱۹۹۰ منتشر شده است. مشخصات آلاینده‌هایی که در این استاندارد برای آن‌ها محدودیت انتشار در نظر گرفته شده است در جدول زیر ارائه شده است.

جدول(۳۰-۴)- مشخصات آلاینده‌های محدودشده در مقررات PCLS/4/2000-2001 کشور هند، برای توربین‌های گازی

سوخت	ظرفیت نیروگاه	آلاینده محدودشده
گاز طبیعی	کمتر از ۱۰۰ مگاوات	NOx

۴-۴- آلودگی‌های مولدهای تولید پراکنده مرتبط با آلاینده‌های آب‌وخاک

طبق بررسی انجام‌گرفته، مولدهای تولید پراکنده گازسوز (موتورهای رفت و برگشتی و توربین‌های گازی مقیاس کوچک) فاقد آلاینده‌های آب‌وخاک بوده و در قوانین و مقررات کشورهای مطرح جهان ازجمله آمریکا و اتحادیه اروپا، استانداری مرتبط با آلاینده‌های آب‌وخاک ارائه نشده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۴- ۵- جمع‌بندی

در این فصل از گزارش استانداردهای وضع‌شده برای مولدهای برق کوچک‌مقیاس گازسوز در جهان بررسی گردید. در جدول(۳۱-۴) مشخصات آلاینده‌هایی که در استانداردهای موتورهای رفت و برگشتی گازسوز ساکن در نقاط مختلف جهان برای آن‌ها محدودیت انتشار در نظر گرفته‌شده ارائه شده است. NOx شاخص‌ترین آلاینده ارائه‌شده در این جدول است که حداقل در ۱۵ استاندارد جهانی برای آن محدودیت میزان انتشار وضع شده است. پس‌ازآن CO با حداقل ۱۱ استاندارد جهانی، SO_2 با حداقل ۶ استاندارد جهانی، ذرات معلق PM با حداقل ۵ استاندارد جهانی، فرمالدئید (HCHO) با حداقل ۴ استاندارد جهانی، HC با حداقل ۳ استاندارد جهانی، HC+NOx و NMHC هرکدام با حداقل ۲ استاندارد جهانی و درنهایت VOC ، NMHC+NOx، NH3 و Organic substances هرکدام با حداقل ۱ استاندارد جهانی آلاینده‌های محدودشده در استانداردهای انتشار آلاینده موتورهای رفت و برگشتی گازسوز ساکن (مولد برق) هستند.

در جدول(۳۲-۴) مشخصات آلاینده‌هایی که در استانداردهای انتشار آلاینده‌های توربین‌های گازی در نقاط مختلف جهان برای آن‌ها محدودیت انتشار در نظر گرفته‌شده ارائه شده است. NOxشاخص‌ترین آلاینده ارائه‌شده در این جدول است که حداقل در ۱۸ استاندارد جهانی برای آن محدودیت میزان انتشار وضع شده است. پس‌ازآن CO با حداقل ۱۰ استاندارد جهانی، SO_2 با حداقل ۳ استاندارد جهانی، PM با حداقل ۲ استاندارد جهانی و فرمللدئید (HCHO) با حداقل ۱ استاندارد جهانی آلاینده‌های محدودشده در استانداردهای انتشار آلاینده‌های توربین‌های گازی هستند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۳۱-۴)- مشخصات آلاینده‌های دارای محدودیت انتشار در استانداردهای انتشار آلاینده‌های موتورهای احتراقی گازسوز ساکن در نقاط مختلف جهان

آلاینده	کشور	مشخصات استاندارد	طبقه‌بندی نوع مولد
NO_x	کشورهای عضو بانک جهانی	World Bank- EHS	• موتورهای گازسوز احتراق جرقه‌ای SI، دوگانه‌سوز و احتراق تراکمی
	کشورهای کنوانسیون گوتنبرگ	UN-ECE Gothenburg	• موتورهای احتراق جرقه‌ای SI با توان بیش از ۱ مگاوات • موتورهای احتراق تراکمی CI با توان بیش از ۵ مگاوات
	ایالات‌متحده امریکا	NSPS	• موتورهای گازسوز و موتورهای احتراق رقیق سوخت مایع LPG ، غیر اضطراری، با توان تولید بیش از ۷۵ کیلووات • موتورهای گازسوز با سوخت بیوگاز ، غیر اضطراری، با توان تولید بیش از ۱۹ کیلووات • موتورهای اضطراری با توان بیش از ۹۷ کیلووات
	کانادا	MSAPR	• موتورهای با کارکرد معمولی، جدید ، توان بیش از ۷۵ کیلووات • موتورهای با کارکرد معمولی، قدیمی و موجود ، توان بیش از ۲۵۰ کیلووات • موتورهای با کارکرد کم (کمتر از ۵٪ کارکرد)، جدید، توان بیش از ۱۰۰ کیلووات • موتورهای با کارکرد کم (کمتر از ۵٪ کارکرد)، قدیمی و موجود ، توان بیش از ۲۵۰ کیلووات
	اتحادیه اروپا	MCP	• موتورهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی و سایر سوخت‌های گازی موتورهای جدید و موجود
	آلمان	TAL	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی ، گاز معدن زغال‌سنگ ، بیوگاز، گاز فاضلاب، گاز لندفیلد
		BIm	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی ، گاز معدن زغال‌سنگ ، بیوگاز، گاز فاضلاب، گاز لندفیلد
	بلژیک	VLAREM II	• برای انواع مولدهای رفت و برگشتی ساکن گازسوز
	فرانسه	Arrêté 2910	• برای انواع مولدهای رفت و برگشتی ساکن گازسوز
	فنلاند	-	• برای انواع مولدهای گازسوز جدید و موجود
	هلند	BEMS	• برای مولدهای گازسوز با سوخت گاز و بیوگاز با توان ۱ تا ۵۰ مگاوات
	اتریش	-	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی و گاز مایع • برای مولدهای گازسوز با سوخت گاز فاضلاب و گاز لندفیلد و توان بیش از ۱ مگاوات
	روسیه	GOST 31967	• برای انواع مولدهای رفت و برگشتی ساکن گازسوز
	سوئیس	Luftreinhalteverordnung	• برای انواع مولدهای رفت و برگشتی ساکن گازسوز
	جمهوری چک	act 415/2012 Sb	• برای انواع مولدهای رفت و برگشتی ساکن گازسوز
	ژاپن	سازمان محیطزیست	• برای مولدهای گازسوز تولید برق با مصرف سوخت بیش از ۳۵ لیتر بر ساعت
CO	ایالات‌متحده امریکا	NSPS (مولدهای جدید)	• موتورهای با توان تولید کمتر از ۱۹ kW (۲۵ hp) • موتورهای بنزینی و موتورهای احتراق غنی سوز سوخت مایع LPG، غیر اضطراری، با توان تولید ۱۹بیش از کیلووات • موتورهای گازسوز و موتورهای احتراق رقیق سوخت مایع LPG ، غیر اضطراری، با توان تولید ۱۹ تا ۷۵ کیلووات • موتورهای گازسوز و موتورهای احتراق رقیق سوخت مایع LPG ، غیر اضطراری، با توان تولید بیش از ۷۵ کیلووات • موتورهای گازسوز با سوخت بیوگاز ، غیر اضطراری، با توان تولید بیش از ۱۹ کیلووات • موتورهای اضطراری با توان تولید ۱۹ تا ۹۷ کیلووات

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

			• موتورهای اضطراری با توان بیش از ۹۷ کیلووات
		NESHAP (مولدهای قدیمی و موجود)	• موتورهای ۴ زمانه رقیق سوز (4SLB) ، غیر اضطراری ، بزرگ‌تر از ۵۰۰ اسب بخار (Area Sources) • موتورهای ۲ زمانه رقیق سوز (2SLB) ، غیر اضطراری ، $100 \leq hp \leq 500$ (Major Sources) • موتورهای ۴ زمانه رقیق سوز (4SLB) ، غیر اضطراری ، $100 \leq hp \leq 500$ (Major Sources) • موتورهای بیوگاز سوز ، غیر اضطراری ، $100 \leq hp \leq 500$ (Major Sources)
	آلمان	TAL	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی ، گاز معدن زغال‌سنگ ، بیوگاز، گاز فاضلاب، گاز لندفیلد
		BIm	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی ، گاز معدن زغال‌سنگ ، بیوگاز، گاز فاضلاب، گاز لندفیلد
	بلژیک	VLAREM II	• برای انواع مولدهای گازسوز
	فرانسه	Arrêté 2910	• برای انواع مولدهای گازسوز
	اتریش	-	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی ، گاز مایع ، گاز فاضلاب و گاز لندفیلد
	جمهوری چک	act 415/2012 Sb	• برای انواع مولدهای رفت و برگشتی ساکن گازسوز
	روسیه	GOST 31967	• برای انواع مولدهای رفت و برگشتی ساکن گازسوز
	سوئیس	Luftreinhalteverordnung	• برای انواع مولدهای رفت و برگشتی ساکن گازسوز
	هند	سازمان محیطزیست	• موتورهای گازسوز احتراق جرقه‌ای SI، با حجم‌های موتور مختلف
SO_2	اتحادیه اروپا	MCP	• موتورهای گازسوز با سایر سوخت‌ها نظیر بیوگاز، موتورهای جدید و موجود
	فرانسه	Arrêté 2910	• برای انواع مولدهای گازسوز
	جمهوری چک	act 415/2012 Sb	• برای انواع مولدهای رفت و برگشتی ساکن گازسوز (در شرایطی که سوخت گاز استاندارد حد مجاز گوگرد را نداشته باشد)
	هلند	BEMS	• برای مولدهای گازسوز با سوخت گاز و بیوگاز با توان ۱ تا ۵۰ مگاوات
	آلمان	TAL	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی ، گاز معدن زغال‌سنگ ، بیوگاز، گاز فاضلاب، گاز لندفیلد
		BIm	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی ، گاز معدن زغال‌سنگ ، بیوگاز، گاز فاضلاب، گاز لندفیلد
PM / Dust / TD (کل ذرات معلق)	فرانسه	Arrêté 2910	• برای انواع مولدهای گازسوز
	آلمان	BIm	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز معدن زغال‌سنگ ، گاز لندفیلد
	جمهوری چک	act 415/2012 Sb	• برای مولدهای احتراق جرقه‌ای SI گازسوز با توان بیش از ۱ مگاوات و سوخت گازی غیر از گاز طبیعی
	سوئیس	Luftreinhalteverordnung	• برای انواع مولدهای رفت و برگشتی ساکن گازسوز
	ژاپن	سازمان محیطزیست	• برای مولدهای گازسوز تولید برق با مصرف سوخت بیش از ۳۵ لیتر بر ساعت
فرمالدئید (HCHO)	ایالات‌متحده امریکا	NESHAP (مولدهای قدیمی و موجود)	• موتورهای ۴ زمانه غنی سوز (4SRB) ، غیر اضطراری ، بزرگ‌تر از ۵۰۰ اسب بخار (Area Sources) • موتورهای ۴ زمانه غنی سوز (4SRB) ، غیر اضطراری ، $100 \leq hp \leq 500$ (Major Sources) • موتورهای ۴ زمانه غنی سوز (4SRB) ، غیر اضطراری ، بزرگ‌تر از ۵۰۰ اسب بخار (Major Sources)
	فرانسه	Arrêté 2910	• برای مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی و توان ۲ تا ۲۰ مگاوات
	آلمان	TAL	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی ، گاز معدن زغال‌سنگ ، بیوگاز، گاز فاضلاب، گاز لندفیلد

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

		BIm	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی ، گاز معدن زغال‌سنگ ، بیوگاز، گاز فاضلاب، گاز لندفیلد
HC /TC (کل کربن)	آلمان	BIm	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی ، گاز معدن زغال‌سنگ ، بیوگاز، گاز فاضلاب
	روسیه	GOST 31967	• برای انواع مولدهای رفت و برگشتی ساکن گازسوز
	هلند	BEMS	• برای مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی و با توان ۲/۵ تا ۵۰ مگاوات
HC+NOx	ایالات‌متحده امریکا	NSPS	• موتورهای با توان تولید کمتر از ۱۹ kW (۲۵ hp) • موتورهای گازسوز و موتورهای احتراق رقیق سوخت مایع LPG ، غیر اضطراری، با توان تولید ۱۹ تا ۷۵ کیلووات • موتورهای بنزینی و موتورهای احتراق غنی سوز سوخت مایع LPG، غیر اضطراری، با توان تولید ۱۹بیش از کیلووات • موتورهای اضطراری با توان تولید ۱۹ تا ۹۷ کیلووات
	هند	–	• موتورهای گازسوز احتراق جرقه‌ای SI، با حجم‌های موتور مختلف
NMHC	اتریش	–	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی و گاز مایع • برای مولدهای گازسوز با سوخت گاز فاضلاب و گاز لندفیلد و توان بیش از ۱ مگاوات
	جمهوری چک	act 415/2012 Sb	• برای انواع مولدهای گازسوز با توان بیش از ۱ مگاوات
VOC	ایالات‌متحده امریکا	NSPS	• موتورهای گازسوز و موتورهای احتراق رقیق سوخت مایع LPG ، غیر اضطراری، با توان تولید بیش از ۷۵ کیلووات • موتورهای گازسوز با سوخت بیوگاز ، غیر اضطراری، با توان تولید بیش از ۱۹ کیلووات • موتورهای اضطراری با توان بیش از ۹۷ کیلووات
$NMHC+NO_x$	ایالات‌متحده امریکا	NSPS	• موتورهای با توان تولید کمتر از ۱۹ kW (۲۵ hp)
NH_3	آلمان	BIm	• برای انواع مولدهای گازسوز با سوخت گاز طبیعی ، گاز معدن زغال‌سنگ ، بیوگاز، گاز فاضلاب، گاز لندفیلد
Organic substances	بلژیک	VLAREM II	• برای انواع مولدهای گازسوز نصب‌شده از سال ۲۰۰۵ و پس‌ازآن ، با کارکرد کمتر از ۵۰۰ ساعت در سال
صوت	ایالات‌متحده امریکا	–	• فاقد استاندارد اختصاصی برای موتورهای احتراق داخلی گازسوز مقررات عمومی و محلی مرتبط: ○ الزامات حد انتشار صدا مطابق قوانین عمومی ایالات‌متحده آمریکا برای تجهیزات مورداستفاده در خطوط انتقال انرژی (FERC) ○ الزامات محلی نظیر مقررات COGCC
	اتحادیه اروپا	EC/۱۴/۲۰۰۰	• مقررات انتشار صدا از ماشین‌آلات و تجهیزات مورداستفاده در محیط‌های باز، بخش انتشار آلاینده‌های صوتی مولدهای تولید برق

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۳۲-۴)- مشخصات آلاینده‌های دارای محدودیت انتشار در استانداردهای انتشار آلاینده‌های توربین گازی در نقاط مختلف جهان			
آلاینده	کشور	مشخصات استاندارد	طبقه‌بندی نوع مولد
NO_x	کشورهای عضو بانک جهانی	World Bank- EHS	• توربین‌های گازی با ظرفیت بیش از ۵۰ مگاوات حرارتی (۱۵-۲۰ مگاوات الکتریکی)
	آمریکا	CFR 40 Subpart KKKK	• توربین‌های گازی با ظرفیت ۳/۵ مگاوات، و ۳/۵ تا ۱۰۰ مگاوات
	کانادا	-	• توربین‌های گازی، برای کارکرد غیر پیک با ظرفیت ۱ تا ۴ و ۴ تا ۷۰ مگاوات
	اتحادیه اروپا	EU/۷۵/۲۰۱۰	• توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی • توربین‌های گازی با سایر سوخت‌های گازی
	اتحادیه اروپا	BAT	• انواع توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی
	اتحادیه اروپا	EC / ۸۰/۲۰۰۱	• توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی
	اتریش	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	بلژیک	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	فنلاند	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	فرانسه	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	آلمان	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	ایتالیا	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	هلند	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	اسپانیا	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	سوئد	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	انگلیس	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	چین	استاندارد GB 13223-2011	• توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی
	هند	مقررات PCLS/4/2000-2001	• توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی و توان کمتر از ۱۰۰ مگاوات
CO	اتحادیه اروپا	EU/۷۵/۲۰۱۰	• توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی
	اتحادیه اروپا	BAT	• انواع توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی
	اتریش	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	بلژیک	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	فرانسه	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	آلمان	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	ایتالیا	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	هلند	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
	اسپانیا	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۳۲-۴)- مشخصات آلاینده‌های دارای محدودیت انتشار در استانداردهای انتشار آلاینده‌های توربین گازی در نقاط مختلف جهان			
آلاینده	کشور	مشخصات استاندارد	طبقه‌بندی نوع مولد
	انگلیس	استاندارد ملی	• توربین‌های گازی
SO_2	آمریکا	CFR 40 Subpart KKKK	• توربین‌های گازی با ظرفیت ۳/۵ مگاوات، و ۳/۵ تا ۱۰۰ مگاوات
	اتحادیه اروپا	EC / ۸۰/۲۰۰۱	• توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی
	چین	استاندارد GB 13223-2011	• توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی
PM	اتحادیه اروپا	EC / ۸۰/۲۰۰۱	• توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی
	چین	استاندارد GB 13223-2011	• توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی
فرمالدئید (HCHO)	آمریکا	NESHAP	• انواع توربین‌های گازی
صوت	ایالات‌متحده امریکا	-	• فاقد استاندارد اختصاصی مقررات عمومی و محلی مرتبط: ○ الزامات حد مجاز صدا برای محیط‌های کاری مطابق استاندارد OSHA ○ الزامات حد انتشار صدا مطابق قوانین عمومی ایالات‌متحده آمریکا برای تجهیزات مورداستفاده در خطوط انتقال انرژی (FERC)
	اتحادیه اروپا	EC/۱۴/۲۰۰۰	• مقررات انتشار صدا از ماشین‌آلات و تجهیزات مورداستفاده در محیط‌های باز، بخش انتشار آلاینده‌های صوتی کمپرسورها

۴- ۶- نتیجه‌گیری مرحله اول

این گزارش در ۴ فصل ارائه شده است. خلاصه‌ای از نتایج حاصل از هر فصل در ادامه ارائه شده است.

فصل اول گزارش: در این فصل فناوری‌های آتی و روند توسعه فناوری مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در دنیا بررسی شده است. موتورهای احتراق داخلی، توربین‌های گازی، میکرو توربین‌ها، موتورهای استرلینگ و سلول‌های سوختی فناوری‌هایی هستند که به‌صورت تجاری در جهان توسعه‌یافته و به‌عنوان مولدهای تولید پراکنده گازسوز جهت تولید برق به‌تنهایی یا تولید هم‌زمان برق و حرارت در نقاط مختلف دنیا استفاده‌شده‌اند. طبق نتایج حاصل از این فصل، مزایا و معایب هر یک از این روش‌ها به شرح زیر است.

موتورهای احتراق داخلی گازسوز : مزیت‌های کیفی این نوع موتورها را می‌توان هزینه‌های نصب پایین ، زمان راه‌اندازی کم آن، انتشار CO_2 نسبتاً کم ، تنوع سوخت گاز مورداستفاده، نسبت توان به حرارت نسبتاً بالا، قابلیت بالای تغییر بار ، قابلیت بالای استفاده در شرایط پیک سایی، توسعه‌یافتگی و بلوغ بالا و طول عمر بالا عنوان نمود. معایب این مولد میزان لرزش بالا، انتشار بالای آلاینده‌های NOx، SO2 و CO گزارش شده است. این مولد بیشترین حجم فروش مولدهای تولید پراکنده را داشته و پیش‌بینی رشد بالایی برای توسعه آتی آن به‌خصوص در بخش تولید پراکنده با ظرفیت تولید بیش از ۱ مگاوات برای آن پیش‌بینی شده است.

توربین گازی: مزیت‌های کیفی این نوع مولد را می‌توان هزینه‌های جاری کم ، قابلیت بالای استفاده در شرایط پیک سایی، توسعه‌یافتگی و بلوغ بالا و طول عمر بالای آن عنوان نمود. معایب این مولد محدوده ظرفیت ، فشار سوخت بالا، محدودیت نوع سوخت گازی و قابلیت پایین تغییر بارکاری آن عنوان نمود. این مولد حجم فروش بالایی برای مولدهای تولید پراکنده با ظرفیت تولید بالا (۵-۳۰ مگاوات) داشته و رشد ناچیزی برای توسعه آتی آن پیش‌بینی شده است.

پیل سوختی SOFC: مزیت‌های کیفی این نوع مولد شامل لرزش ناچیز، مؤلفه آمادگی کارکرد بالا، بازده الکتریکی بالا، انتشار آلاینده ناچیز، نسبت توان به حرارت بالا، قابلیت بالای تغییر بار ، فشار سوخت پایین و طول عمر نسبتاً بالا است. معایب این روش شامل هزینه‌های نصب و هزینه‌های جاری بالا، زمان راه‌اندازی بالا و ناتوانی آن در استفاده در شرایط پیک سایی عنوان شده است. این مولد حجم فروش متوسطی برای مولدهای تولید پراکنده با ظرفیت تولید ۱ تا ۳ مگاوات داشته و رشد بسیار بالایی برای توسعه آتی آن برای کشورهای پیشرفته نظیر آلمان و ژاپن پیش‌بینی شده است.

میکرو توربین: مزیت‌های کیفی این نوع مولد را می‌توان قابلیت بالای استفاده در شرایط پیک سایی ، توسعه‌یافتگی و بلوغ بالا، هزینه‌های جاری نسبتاً کم، زمان راه‌اندازی نسبتاً کم، انتشار نسبتاً کم آلاینده‌های و تنوع بالای سوخت گاز مصرفی آن عنوان نمود. این مولد حجم فروش متوسطی را برای مولدهای تولید پراکنده با ظرفیت کمتر از ۱ مگاوات داشته و رشد بالایی برای توسعه آتی آن در بخش مولدهای تولید پراکنده کم‌ظرفیت و مصارف خانگی پیش‌بینی شده است.

موتور استرلینگ : هزینه‌های نصب بسیار بالای آن و ناتوانی این روش به تغییرات سریع بار از مهم‌ترین عوامل عدم توسعه‌یافتگی تجاری آن نسبت به سایر رقبایش عنوان شده است. بااین‌حال برای مصارف تولید هم‌زمان برق و حرارت خانگی رشد نسبتاً خوبی برای سال‌های آتی برای آن پیش بینی شده است.

فصل دوم گزارش: در این فصل از گزارش فناوری‌های موجود و شرکت‌های ارائه‌دهنده مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در ایران بررسی شده‌اند. طبق نتایج به‌دست‌آمده بخش عمده مولدهای تولید پراکنده DG و CHP گازی به کار گرفته‌شده در ایران از نوع موتورهای احتراق داخلی گازسوز هستند. همچنین توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس به‌صورت محدود استفاده شده است. برای فناوری‌های میکرو توربین‌ها ، موتورهای استرلینگ و پیل‌های سوختی اکسید جامد در ایران بررسی انجام‌شده نشان‌دهنده عدم استفاده این فناوری‌ها در تولید پراکنده برق به‌صورت تجاری در ایران تا ابتدای سال ۱۴۰۰ بوده و در این زمینه آماری گزارش نشده است. طبق بررسی انجام‌شده بر روی نوع برندهای مولدهای احتراق داخلی گازسوز به کار گرفته‌شده در ایران مشخص شد که برندهای CATERPILLAR با سهم ۱۹/۲ درصد، MWM

با سهم ۱۷/۷ درصد و Guascor با سهم ۱۷/۲ درصد بیشترین آمار استفاده در ایران را داشته‌اند. درزمینهٔ توربین‌های گازی نیز نیروگاه آب‌شیرین‌کن قشم شاخص‌ترین توربین گازی تولید پراکنده در حال کار کشور بوده که از مولدهای ساخت شرکت ZORYA برای تولید هم‌زمان برق و شیرین سازی آب دریا در آن استفاده شده است.

فصل سوم گزارش: در این فصل از گزارش مشخصات فنی فناوری‌های موجود مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در کشور بررسی و ارائه شده است.

فصل چهارم گزارش: در این فصل از گزارش استانداردهای وضع شده برای مولدهای برق کوچک مقیاس گازسوز در جهان بررسی گردید. طبق نتایج بدست آمده، آلاینده NO_x شاخص‌ترین آلاینده در استانداردهای بین‌المللی بوده که حداقل در ۱۵ استاندارد جهانی برای آن محدودیت میزان انتشار وضع شده است. پس‌ازآن CO با حداقل ۱۱ استاندارد جهانی، SO_2 با حداقل ۶ استاندارد جهانی، ذرات معلق PM با حداقل ۵ استاندارد جهانی، فرمالدئید (HCHO) با حداقل ۴ استاندارد جهانی، HC با حداقل ۳ استاندارد جهانی، HC+NOx و NMHC هرکدام با حداقل ۲ استاندارد جهانی و درنهایت VOC ، NMHC+NOx، NH3 و Organic substances هرکدام با حداقل ۱ استاندارد جهانی آلاینده‌های محدودشده در استانداردهای انتشار آلاینده موتورهای احتراقی گازسوز ساکن (مولد برق) هستند.

همچنین برای توربین‌های گازی نیز آلاینده NO_x شاخص‌ترین آلاینده مشاهده شده بوده که حداقل در ۱۸ استاندارد جهانی برای آن محدودیت میزان انتشار وضع شده است. پس‌ازآن CO با حداقل ۱۰ استاندارد جهانی، SO_2 با حداقل ۳ استاندارد جهانی، PM با حداقل ۲ استاندارد جهانی و فرمالدئید (HCHO) با حداقل ۱ استاندارد جهانی آلاینده‌های محدودشده در استانداردهای انتشار آلاینده‌های توربین‌های گازی هستند.

۴-۷- مراجع مرحله اول

۱. L'Abbate, A., et al., *Distributed Power Generation in Europe: technical issues for further integration.* JRC European Commission Scientific and Technical Report. EUR, 2007. **23234**.

۲. Hidayatullah, N.A., *Impacts of Distributed Generation on Smart Grid*. 2 ,۰۱۱ Victoria University.

۳. Basso, T.S. and R.D. Deblasio. *IEEE P1547-series of standards for interconnection*. in *2003 IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (IEEE Cat. No. 03CH37495)*. 2003. IEEE.

۴. Cigre, W., *Impact of increasing contribution of dispersed generation on power system", final report.* 2003.

۵. DOE, U.S. *Distributed Energy Program*. Available from: http://www.eere.energy.gov/de./

۶ Ackermann, T., G. Andersson, and L. Söder, *Distributed generation: a definition.* Electric power systems research, 2001. **57**(3): p. 195-204.

۷. Bhadoria, V.S., N.S. Pal, and V. Shrivastava. *A review on distributed generation definitions and DG impacts on distribution system*. in *Proc. Int. Conf. Advanced Computing and Communication Technologies (ICACCT™-2013)*. 2013.

۸. Xiaoming, W., N. Shangyou, and W. Yunshi, *Special Report 1: A Study of China's Energy Supply Revolution*, in *China's Energy Revolution in the Context of the Global Energy Transition*. 2020, Springer International Publishing: Cham. p. 41-211.

۹. IEA, *Prospects for Distributed Energy Systems in China*. 2017, OECD/IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY: OECD/IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY.

۱۰. EIA, U., *Electric power annual 2019.* US Energy Information Administration, 2021.

۱۱. EIA, U., *Preliminary Monthly Electric Generator Inventory*, in *Inventory of Planned Generators as of September*. 2019.

۱۲. Environment, D.E. *Why stationary power is a growth market for gas engines*. 2018; Available from: https://www.modernpowersystems.com/features/featurewhy-stationary-power-is-a-growth-market-for-gas-engines-6140544./

۱۳. Filippov, S., M. Dilman, and P. Ilyushin, *Distributed generation of electricity and sustainable regional growth.* Thermal Engineering, 2019. **66**(12): p. 869-880.

.۱۴ Paliwal, P., N. Patidar, and R. Nema, *Planning of grid integrated distributed generators: A review of technology, objectives and techniques.* Renewable and sustainable energy reviews, 2014. **40**: p. 557-570.

.۱۵ Poullikkas, A., *Implementation of distributed generation technologies in isolated power systems.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2007. **11**(1): p. 30-56.

.۱۶ Capehart, B.L. *Microturbines* 2016; Available from: https://www.wbdg.org/resources/microturbines.

.۱۷ Capehart, B.L., *Distributed energy resources (DER .*(National Inst. Building Sci., 2014.

.۱۸ Kumar, M., C. Samuel, and A. Jaiswal, *An overview of distributed generation in power sector*. International Journal of Science, Technology & Management, 2015. **4**(1): p. 3239-3326.

.۱۹ Bansal, R., *Handbook of distributed generation.* Springer International Publishing, Switzerland Valsan SP, Swarup KS (2009) Wavelet transform based digital protection for transmission lines. Int J Electr Power Energy Syst, 2017. **31**(7-8): p. 379-388.

.۲۰ gov.uk, *Combined Heat and Power – Technologies A detailed guide for CHP developers – Part 2*. 2021: Department for Business, Energy & Industrial Strategy, gov.uk.

.۲۱ Agency, I.E., *Distributed Generation in Liberalised Electricity Markets*. 2002.

.۲۲ Fleiter, T., et al., *Mapping and analyses of the current and future (2020-2030) heating/cooling fuel deployment (fossil/renewables).* European Commission, Directorate-General for Energy, 2016.

.۲۳ KHL, *43RD POWER GENERATION ORDER SURVEY*, in *DIESEL & GAS TURBINE WORLDWIDE*. 2021: KHL GROUP AMERICAS LLC.

.۲۴ KHL, *43RD POWER GENERATION ORDER SURVEY, 2020-2021 ENGINE SPECS*, in *DIESEL & GAS TURBINE WORLDWIDE*. 2021: KHL GROUP AMERICAS LLC.

.۲۵ Guyer, J.P., *An Introduction to Power Plant Acoustics*. 2018: Guyer Partners.

.۲۶ CAPSTONE, *CAPSTONE TURBINE ANNUAL REPORT 2020*. 2020: CAPSTONE TURBINE.

.۲۷ KHL, *43RD POWER GENERATION ORDER SURVEY, 2020 TURBINE SPECS*, in *DIESEL & GAS TURBINE WORLDWIDE*. 2021: KHL GROUP AMERICAS LLC.

.۲۸ آشنایی با میکروتوربین. ۲۰۲۰؛ https://kaashaaneh.ir/%D8%A2%D8%B4%D9%86%D8%A7%DB%8C%DB%8C-%D8%A8%D8%A7-

%D9%85%DB%8C%DA%A9%D8%B1%D9%88%D8%AA%D9%88%D8
./%B1%D8%A8%DB%8C%D9%86-%D9%87%D8%A7

۲۹. Jain, T., *Distributed energy resources and control*, in *Distributed Energy Resources in Microgrids*. 2019, Elsevier. p. 33-56.

۳۰. Giampaolo, T., *Gas turbine handbook: principles and practice*. 2020: CRC press.

۳۱. ETN, *Micro Gas Turbine Technology Research and Development for European Collaboration*. 2018.

۳۲. Delfino, F., et al., *Microgrid design and operation: toward smart energy in cities*. 2018: Artech House.

۳۳. Hamilton, S., *The handbook of microturbine generators*. 2003: PennWell Books.

۳۴. Zhang, X. and I. Dincer, *Energy Solutions to Combat Global Warming*. 2017: Springer.

۳۵. SOLMIDEFF, *DL2 - Commercial Availability of Micro Gas Turbines*. 2020.

۳۶. Benini, E., *Progress in gas turbine performance*. 2013: BoD–Books on Demand.

۳۷. محمودی, م. ج. پیرکندی, استفاده از موتورهای استرلینگ جهت تولید همزمان برق و حرارت در مصارف خانگی. مجله علمی مهندسی مکانیک, ۲۰۱۵. ۲۴(۵)

۳۸. Taccani, R., *Distributed generation: prospects for fuel cells based micro-cogeneration systems.* 2015.

۳۹. گلزار , توسعه مدل بهبودیافته سیستم ترکیبی تولید همزمان برق، گرمایش و سرمایش بر اساس پیل سوختی اکسید جامد. نشریه انرژی ایران, ۲۰۱۵. ۱۷(۴)

۴۰. *Small-Scale Distributed Generation Technologies.* https://ouc.bizenergyadvisor.com/article/small-scale-distributed-generation-technologies.

۴۱. زاده, ق, , تعیین ظرفیت بهینه و آنالیز حساسیت سیستم تولید همزمان برق، حرارت و سرما بر پایه محرکه اولیه پیل سوختی برای یک آپارتمان مسکونی. نشریه انرژی ایران, ۲۰۱۱. ۱۴(۲)

۴۲. Andersson, M. and B. Sundèn, *Technology Review–Solid Oxide Fuel Cell, Report 2017: 359, ENERGIFORSK March 2017.*

۴۳. Ghassemi, M., M. Kamvar, and R. Steinberger-Wilckens, *Fundamentals of Heat and Fluid Flow in High Temperature Fuel Cells*. 2020: Academic Press.

۴۴. Maric, R., *Solid Oxide Fuel Cells: From Fundamental Principles to Complete Systems*. 2020: CRC Press.

۴۵. GROUP, K., *POWER GENERATION ORDER SURVEY* in *DIESEL & GAS TURBINE WORLDWIDE*. 2005-2020, KHL GROUP KHL GROUP

۴۶. Ushakov, V.Y., *Electrical Power Engineering: Current State, Problems and Perspectives*. 2017: Springer.

۴۷. fortunebusinessinsights, *Industrial Gas Turbine Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, By Capacity (1-2MW, 2-5MW, 5-7.5MW, 7.5-10MW, 10-15MW, 15-20MW, 20-30MW, 30-40MW, 40-100MW, 100-150MW, 150-300MW, 300+MW), By Technology (Heavy Duty, Light Industrial, Aeroderivative), By Cycle (Simple Cycle, Combined Cycle), By Sector (Electric Power Utility, Oil & Gas, Manufacturing) and Regional Forecast, 2020-2027*. 2020: https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/methodology/industrial-gas-turbine-market-100921.

۴۸. TMI, *WORLDWIDE GAS TURBINE REPORT*, in *Turbomachinery Handbook*. 2020 ,Turbomachinery Handbook Turbomachinery Handbook

۴۹. Pasquariello, R., *Microturbines are finding their niche*, in *Turbomachinery Magazine*. 2020: https://www.turbomachinerymag.com/microturbines-finding-their-niche./

۵۰. FortuneBusinessInsights, *Microturbine Market, Global Market Analysis, Insights and Forecast, 2018-2026*. 2019, Fortune Business Insights: Fortune Business Insights.

۵۱. Wołowicz, M., P. Kolasiński, and K. Badyda, *Modern Small and Microcogeneration Systems—A Review*. Energies, 2021. **14**(3): p. 7۸۵

۵۲. Ashurst, S., *Insights on the global micro-CHP market, ARPA-E GENSETS Annual Review*. 2016, Delta Energy & Environment Ltd: Delta Energy & Environment Ltd.

۵۳. Ashurst, S., *European CHP Trends: ESC 'Winning strategies to increase customer use of CHP* ,۲۰۱۹ .'Delta-EE Delta-EE

۵۴. Hart, D., et al., *The fuel cell industry review*. 2019, E4tech.

۵۵. Knight, I., I. Ugursal, and I. Beausoleil-Morrison, *Residential cogeneration systems: a review of the current technologies [A report of Subtask A of FC+ COGEN-SIM (the simulation of building-integrated fuel cell and other cogeneration systems): Annex 42 of the International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme]*. 2005.

۵۶. TMI, *WORLDWIDE GAS TURBINE REPORT*. 2020.

۵۷. QYResearch, *Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) Market, Industry Research Report, Growth Trends and Competitive Analysis 2021-2027*. 2020: https://reports.valuates.com/market-reports/QYRE-Auto-10131/global-solid-oxide-fuel-cell-sofc.

۵۸. marketresearchfuture, *Global Stirling Engines Market Information Report by Type (Alpha, Beta, Gamma and Others), by Application (Heating and Cooling, Solar Power Generation, Marine Engines and Others), by End User (Residential, Commercial and Utility) and By Regions - Global Forecast to 2027*. 2020, market research future: https://www.marketresearchfuture.com/reports/stirling-engines-market-3824.

۵۹. نیوز, ب., تعاریف مختلف مولدهای تولید پراکنده *DG* و مزایای استفاده از آن, *barghnews.com*. 1393,

۶۰. توانیر, آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی درسال ۱۳۹۸. ۱۳۹۸: شرکت مادر تخصصی توانیر.

۶۱. توانیر. نیروگاههای تولید پراکنده دارای قرارداد خرید تضمینی برق. ۱۳۹۸.

۶۲. توانیر. لیست مولد های مورد تائید مرکز توسعه تولید پراکنده. ۲۰۲۱.

۶۳. مپنا. توربین گاز 1400 .*MGT-30*.

۶۴ Luft, T.A.z.R.d., *Germany: Stationary Engines , TA Luft 2002*. 2002, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft https://dieselnet.com/standards/de/taluft.php.

۶۵. rayamovalled. ژنراتور گازسوز نیروگاهی. ۲۰۲۱.

۶۶. طباطبایی, س.ض., سند راهبردی و نقشه ی راه توسعه ی فناوری توربین های گازی. ۱۳۹۴: NRI.

۶۷ VDMA, *Exhaust Emission Legislation Diesel- and Gas engines*. 2017: mus.vdma.org/emission.

۶۸ dieselnet.com. *Canada: Stationary Spark-Ignition Engines Standard*. 2021.

۶۹ Lieuwen, T.C. and V. Yang, *Gas turbine emissions*. Vol. 38. 2013: Cambridge university press.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

مقدمه مرحله دوم

در سال‌های اخیر تجدید ساختار صنعت برق و همچنین خصوصی‌سازی این صنعت مطرح و در کشور اعمال گشته است. طی این مدت به خاطر بالا بردن بازده بهره‌برداری و تشویق سرمایه‌گذاران، صنعت برق دستخوش تغییرات اساسی ازلحاظ مدیریت و مالکیت گردیده است، به‌طوری‌که برای ایجاد فضای رقابتی مناسب، بخش‌های مختلف آن ازجمله تولید، انتقال و توزیع از هم مستقل گردیده‌اند. این مسائل و مباحث باعث شده تا استفاده از واحدهای تولیدی کوچک‌مقیاس تحت عنوان "تولیدات پراکنده DG[1]" به‌عنوان یک انتخاب مناسب جهت تولید و پاسخگویی به افزایش تقاضای مصرف مطرح شود. مشوق‌های ارائه‌شده در این زمینه موجب شده که در یک دهه اخیر ظرفیت مولدهای تولید برق کوچک‌مقیاس روندی صعودی داشته باشد به‌گونه‌ای که ظرفیت تولید برق پراکنده از سال ۱۳۹۵ تا سال ۱۳۹۸ از ۸۰۸ مگاوات به ۱۷۳۴ مگاوات رسیده است. در حال حاضر به دلیل عدم وجود استانداردهای زیست‌محیطی مستقل ، پارامترهای زیست‌محیطی این واحدهای نیروگاهی با استاندارد واحدهای بزرگ نیروگاهی مقایسه می‌شوند و به همین دلیل مشکلات زیادی برای بهره‌برداران این مولدها خصوصاً با سازمان محیط‌زیست کشور به وجود آورده است. این پروژه در چهار مرحله باهدف تهیه پیش‌نویس استاندارد زیست‌محیطی انواع مولدهای مقیاس کوچک گازسوز تعریف شده است. مرحله اول این گزارش شامل ۴ فصل به شرح زیر است:

- در فصل اول گزارش دستورالعمل‌ها و خطوط راهنما جهت احداث مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در ایران بررسی شده است.
- در فصل دوم گزارش استانداردهای زیست‌محیطی بهره‌برداری از مولدهای گازسوز تولید برق کوچک‌مقیاس در دنیا بررسی شده است.
- در فصل سوم گزارش مقیاس تولید برق جهت تدوین پیش‌نویس استاندارد زیست‌محیطی واحدهای تولید پراکنده تعیین شده است.

[1] Distributed Generation

مرحله دوم فصل اول

۱- بررسی دستورالعمل‌ها و خطوط راهنما جهت احداث مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در کشور

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۱- ۱- مقدمه

برای احداث نیروگاه‌های مقیاس کوچک، سرمایه‌گذار باید اقدام به دریافت مجوزها و تاییدات فنی از طرف شرکت برق نماید. در جدول زیر دستورالعمل‌ها و الزامات پایه‌ای که برای نصب و راه‌اندازی نیروگاه‌های مقیاس کوچک در ایران وضع‌شده است ارائه شده است.

جدول(۱-۱)- دستورالعمل‌ها و الزامات مرتبط با نیروگاه‌های مقیاس کوچک گازسوز

ردیف	دستورالعمل‌ها و الزامات پایه‌ای	تاریخ ابلاغ
۱	دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه	۱۳۹۲
۲	دستورالعمل توسعه مولدهای مقیاس کوچک	۱۳۸۷/۰۷/۳۰
۳	دستورالعمل نرخ خرید تضمینی بند (ت) ماده ۴۸ قانون برنامه ششم توسعه	۱۳۹۷/۱۲/۲۸

۱- ۲- تعاریف

در این بخش برخی از تعاریف ارائه‌شده در دستورالعمل‌های مرتبط با منابع تولید پراکنده گازسوز ارائه شده است.

مولد مقیاس کوچک : مجموعه‌ای از دستگاه‌ها یا تأسیسات، به‌صورت یک واحد تولید برق است که بهره‌برداری از آن به‌صورت متصل به شبکه برق ازنظر فنی امکان‌پذیر بوده و ظرفیت عملی آن در محل اتصال به شبکه برق از ۲۵ مگاوات بیشتر نباشد. مجموعه چند مولد که این شرط در مورد مجموع ظرفیت آن‌ها رعایت شود و در یک نقطه به شبکه برق متصل شوند نیز، به‌عنوان مولد مقیاس کوچک در نظر گرفته می‌شوند[۱].

طبقه‌بندی مولدهای مقیاس کوچک با توجه به مقادیر نامی: در جدول(۵-۱) طبقه‌بندی مولدهای تولید پراکنده گازسوز ارائه شده است. طبقه‌بندی فوق برای مولدهای سه فاز ارائه شده است.

آزمایش‌های راه‌اندازی: آزمایش‌هایی که به‌منظور تأیید عملکرد مناسب مولدهای مقیاس کوچک ، بر روی کلیهٔ تجهیزات مولدهای مقیاس کوچک قبل از اتصال این مولدها به شبکه (بهره‌برداری موازی) انجام می‌شود.

آزمایش‌های دوره‌ای: آزمایش‌هایی که برای اطمینان از عملکرد صـــحیح تجهیزات مولدهای مقیاس کوچک در دوره‌های زمانی مشخص انجام می‌گیرد.

جدول(۲-۱)- طبقه‌بندی مولدهای تولید پراکنده گازسوز [۱, ۲]

طرح	مقادیر نامی
۱	کمتر از ۲۰ کیلووات
۲	بیشتر از ۲۰ کیلووات و کمتر از ۲۰۰ کیلووات
۳	بیشتر از ۲۰۰ کیلووات و کمتر از ۱۰۰۰ کیلووات
۴	بیشتر از ۱ مگاوات و کمتر از ۷ مگاوات
۵	بیشتر از ۷ مگاوات و کمتر از ۲۵ مگاوات

توان منصوبه: مقدار ظرفیت نامی مولد مقیاس کوچک

توان عملی تولید: مقدار توانی که مولد مقیاس کوچک در شرایط واقعی و محیطی محل نصب می‌تواند تولید کند.

توان تزریقی: حداکثر مقدار توانی است که از سمت مولد مقیاس کوچک به شبکه تزریق می‌شود. این توان بین مالک و بهره‌بردار شبکه قابل‌توافق است و حداکثر مقدار آن برابر توان عملی تولید مولد مقیاس کوچک است.

مشاور متقاضی DG: شرکت صلاحیت‌داری که سرمایه‌گذار جهت انجام مطالعات فنی اتصال مولد مقیاس کوچک به شبکه، به شرکت برق معرفی می‌کند. این مشاور باید دارای گواهینامه صلاحیت مشاوره مرتبط از معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی نهاد ریاست جمهوری بوده و صلاحیت وی برای ارائه خدمات مشاوره درزمینهٔ نیروگاه‌های مقیاس کوچک باید به تأیید شرکت توانیر نیز رسیده باشد

واحد جلب مشارکت: برای معرفی موقعیت‌های مناسب احداث مولد مقیاس کوچک، راهنمایی سرمایه‌گذار و حمایت از سرمایه‌گذاری در احداث مولد مقیاس کوچ ک، واحدهای جلب مشارکت در شرکت‌های برق منطقه‌ای و شرکت‌های توزیع نیروی برق با اختیارات کافی تشکیل شده‌اند.

معرفی‌نامه: نامه‌ای است که به‌موجب آن، شخص حقیقی و یا حقوقی برای انجام بررسی‌های مقدماتی در خصوص احداث مولد در یک ساخت گاه یا محدوده معین به واحدهای زیربط معرفی می‌شود. مدت اعتبار این معرفی‌نامه در آن قید می‌شود.

۱- ۳- دستورالعمل اتصال به شبکه مولدهای مقیاس کوچک (مراحل دریافت مجوز احداث نیروگاه مقیاس کوچک)

این دستورالعمل، حداقل الزامات فنی موردنیاز جهت اتصال مولدهای مقیاس کوچک به شبکه‌های برق را ارائه می‌نماید و شامل موارد زیر است: [۱]

۱. مراحل درخواست نصب و اتصال مولدهای مقیاس کوچک به شبکه
۲. اسناد مربوطه و پیوست‌های موردنیاز آن شامل فرم‌ها و مشخصات ملزومات فنی
۳. حداقل تجهیزات و مطالعات فنی موردنیاز برای اتصال مولدهای مقیاس کوچک به شبکه برق
۴. انجام آزمایش‌ها و راه‌اندازی این مولدها

هدف از این دستورالعمل، ارائه روند کلی طی مراحل درخواست و نصب مولدهای مقیاس کوچک در شبکه و اطمینان از رعایت حداقل الزامات فنی موردنیاز جهت اتصال این مولدها به شبکه‌های برق و بهره‌برداری ایمن از آن‌ها است. محدوده اجرای این دستورالعمل، اتصال مولدهای مقیاس کوچک مبتنی بر ژنراتور سنکرون با محرک اولیه موتور گازسوز یا توربین گاز با ظرفیت حداکثر تا ۲۵ مگاوات به سطوح ولتاژ فشار ضعیف ۴۰۰ ولت و فشار متوسط (۱۱ کیلوولت، ۲۰ کیلوولت و ۳۳ کیلوولت) و شبکه‌های توزیع برق و یا باس ۶۳ یا ۶۶ یا ۱۳۲ کیلوولت پست‌های فوق توزیع است.

سرمایه‌گذاران بر اساس ظرفیت درخواستی می‌توانند به واحدهای جلب مشارکت مراجعه نمایند. بر این اساس سرمایه‌گذاران می‌توانند برای احداث مولدهای زیر ۷ مگاوات به شرکت‌های توزیع و بالای ۷ مگاوات تا ۲۵ مگاوات به شرکت‌های برق منطقه‌ای مراجعه نمایند. برای این منظور می‌توانند از طریق سامانه iranchp.moe.gov.ir برای دریافت مجوزهای زیر اقدام نمایند.

- درخواست معرفی‌نامه جهت دریافت استعلام‌های اولیه از ارگان‌های مختلف ازجمله: اداره گاز ، شهرک‌های صنعتی، امور اراضی
- درخواست مجوز موافقت‌نامه احداث
- درخواست مجوز اتصال به شبکه از طریق سایت iranchp.moe.gov.ir
- درخواست تائیدیه فنی از طریق سایت
- درخواست پروانه احداث از طریق سایت
- درخواست عقد قرارداد از شرکت‌های برق منطقه‌ای با در اختیار داشتن پروانه احداث

مراحل درخواست نصب و اتصال مولدهای مقیاس کوچک گازسوز به شبکهٔ برق به شرح زیر است:

مرحلهٔ اول :دریافت فرم درخواست توسط سرمایه‌گذار و تکمیل و تحویل آن به شرکت برق

در این مرحله سرمایه‌گذار با توجه به قدرت درخواستی به شرکت برق مراجعه و دستورالعمل اتصال مولدهای مقیاس کوچک به همراه فرم درخواست را دریافت نموده و پس از تکمیل، به شرکت برق تحویل می‌دهد. واحد جلب مشارکت در صورت بررسی و تأیید درخواست متقاضی، حداکثر ظرف مدت دو روز کاری نسبت به صدور معرفی‌نامه اقدام می‌کند. مدت‌زمان اعتبار معرفی‌نامه از زمان صدور ۶ ماه است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

مرحلهٔ دوم :بررسی اولیه فرم‌های دریافتی توسط شرکت برق

در این مرحله شـــرکت برق باید فرم‌های دریافتی را حداکثر طی مدت‌زمان ۵ روز کاری موردبررســـی قرار داده و نظر خود را اعلام نماید. در صورت ناقص بودن مدارک، سرمایه‌گذار موظف است حداکثر طی مدت ۲۰ روز کاری نواقص را برطرف نموده و به شرکت برق تحویل نماید . شرکت برق حداکثر ۵ روز کاری پس از دریافت کامل اطلاعات فرصت دارد آن‌ها را بررسی و کامل بودن آن‌ها را به سرمایه‌گذار اعلام کند.

در این مرحله با توجه به اطلاعات دریافتی از سـرمایه‌گذار، شـرکت برق بررسـی می‌نماید که آیا امکان اتصـال مولد مقیاس کوچک به شـبکه در محدوده مورد درخواسـت سـرمایه‌گذار وجود دارد یا خیر . در صـورت وجود امکان اتصـال مولد مقیاس کوچک به شـبکه در محدوده موردنظر، سـرمایه‌گذار می‌تواند برای تهیه گزارش فنی یا گزارش تأمین مالی (مسـتندات لازم جهت اخذ پروانه احداث)، با تکمیل فرم درخواست و ارائه آن به واحد جلب مشارکت، موافقت‌نامه احداث را درخواست کند.

درصورتی‌که امکان اتصال مولد مقیاس کوچک موردنظر سرمایه‌گذار در محدوده موردنظر وجود نداشته باشد، مراتب باید کتباً با ذکر دلایل فنی به اطلاع سرمایه‌گذار برسد و سپس با مذاکره با سرمایه‌گذار نسبت به رفع مشکلات طرح تصمیم‌های لازم اتخاذ گردد. برای حل این مشـکل می‌توان پیشـنهاد تغییر مکان یا تغییر ظرفیت مولد مقیاس کوچک را با سـرمایه‌گذار مطرح نمود.

پس از صـدور موافقت‌نامه احداث سـرمایه‌گذار باید طی دوره اعتبار موافقت‌نامه احداث، گزارش پیشـرفت کار را به‌طور مسـتمر به واحد جلب مشـارکت ارائه کند. اگر در این دوره، موفق به اخذ پروانه احداث نشـود، می‌تواند با ارائه دلایل توجیهی، تمدید دوره اعتبار موافقت‌نامه احداث را فقط برای یک‌بار درخواست کند.

مرحلهٔ سوم :ارائه نتایج مطالعات فنی انجام‌شده توسط مشاور سرمایه‌گذار به شرکت برق

در این مرحله پس از دریافت موافقت‌نامه احداث توسط سرمایه‌گذار، بایستی مطالعات فنی موردنیاز جهت اتصال مولد مقیاس کوچک به شبکه توسط مشاور سرمایه‌گذار انجام گیرد. شرکت برق موظف است اطلاعات موردنیاز جهت انجام مطالعات فنی را ظرف مدت ۱۰ روز پس از درخواسـت سـرمایه‌گذار در اختیار شـرکت مشـاور اعلام‌شـده توسـط سـرمایه‌گذار قرار دهد. این مطالعات حسب مورد شامل موارد زیر است:

۱. مطالعات فنی (پخش بار، اتصال کوتاه و ...)
۲. ملزومات تجهیزات حفاظتی
۳. ملزومات کنترل و مانیتورینگ
۴. سیستم مخابراتی مناسب برای ایجاد ارتباط و ارسال اطلاعات و دستورات لازم

مرحلهٔ چهارم: بررسی نتایج مطالعات فنی انجام‌شده توسط مشاور سرمایه‌گذار، توسط مشاور شرکت برق

در این مرحله، شـرکت برق یا مشـاور شـرکت برق نتایج مطالعات فنی انجام‌گرفته توسـط مشـاور سـرمایه‌گذار را موردبررسـی و بازنگری قرار داده و نتایج زیر کتباً به اطلاع سرمایه‌گذار می‌رسد:

۱. نتایج بررسی مطالعات فنی
۲. نظرات اصلاحی در مورد سیستم حفاظتی پیشنهادشده
۳. نظرات اصلاحی در مورد الزامات اتصال مولدهای مقیاس کوچک به شبکه
۴. نظرات اصلاحی در مورد سیستم مانیتورینگ و سیستم مخابراتی پیشنهادشده برای ایجاد ارتباط و ارسال اطلاعات

با توجه به بررسی‌های فنی انجام‌گرفته توسط شرکت برق، ممکن است اتصال به شبکه مولد مورد درخواست متقاضی با طرح پیشـنهادی امکان‌پذیر نباشـد. در این صـورت باید نتایج مطالعات کتباً به سـرمایه‌گذار اعلام گردد و راهکارهای مناسـب جهت اصلاح طرح، شامل تغییر مکان یا نوع طرح اتصال مولد مقیاس کوچک به شبکه، کاهش ظرفیت مورد درخواست، اصلاح و تقویت شبکه برق محل اتصال و ... بررسی شود.

در صورت تأیید نتایج مطالعات فنی توسط شرکت برق، سرمایه‌گذار بایستی طرح نهایی اتصال مولد مقیاس کوچک را به شرکت برق ارائه نماید.

مرحلهٔ پنجم :طرح نهایی نحوه اتصال

در این مرحله سرمایه‌گذار با توجه به نتایج مرحلهٔ ۴، طرح نهایی اتصال به شبکهٔ برق را تهیه و به شرکت برق ارسال می‌نماید که شامل موارد زیر است:

۱. ارائه برنامهٔ زمان‌بندی نصب و راه‌اندازی با لحاظ نمودن نظرات و محدودیت‌های شرکت برق

۲. ارائه دیاگرام تک‌خطی کامل اتصال مولدهای مقیاس کوچک شامل : ژنراتور، کلیدها، دستگاه‌های اندازه‌گیری و حفاظت، ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان و ولتاژ ، سیستم کنترل و مانیتورینگ

۳. تعیین تجهیزات مولدهای مقیاس کوچک و تجهیزات جانبی موردنیاز جهت اتصال این مولدها به شبکه و ارائه مشخصات فنی آن‌ها

مرحلهٔ ششم :اعلام نتیجه بررسی طرح نهایی

در این مرحله، شرکت برق یا مشاور شرکت برق ، باید طی زمان‌بندی مشخص۵ الی ۳۰ روز کاری (وابسته به نوع طرح و ظرفیت مولد تولیدی) ، طرح نهایی نحوه اتصال ارائه شده را موردبررسی و ارزیابی قرار دهد.

پس از تائید طرح نهایی، واحد جلب مشارکت راهنمایی‌های لازم را برای تکمیل مستندات و کسب شرایط اخذ پروانه احداث به سرمایه‌گذار ارائه می‌کند.

مرحلهٔ هفتم: ساخت و احداث

در این مرحله، پس از تأیید طرح توسط شرکت برق و دریافت پروانه احداث، سرمایه‌گذار نسبت به احداث نیروگاه مقیاس کوچک اقدام می‌نماید و چنانچه نیاز باشد شبکهٔ برق اصلاح شود و یا گسترش یابد، پس از برآورد هزینه‌ها و توافق شرکت برق و سرمایه‌گذار و پرداخت هزینه‌های مربوطه، این اصلاحات انجام می‌شود و درصورتی‌که لازم باشد تغییراتی در طرح نهایی صورت گیرد، می‌بایست به تأیید شرکت برق برسد.

سرمایه‌گذار موظف است به‌طور مستمر گزارش ماهانه پیشرفت پروژه احداث نیروگاه را به واحد جلب مشارکت ارائه نماید. در صورت عدم رعایت زمان‌بندی (مواعد کلیدی) احداث نیروگاه، به‌ویژه عدم اتمام پروژه ظرف مدت اعتبار پروانه احداث، سرمایه‌گذار موظف به ارائه دلایل توجیهی به واحد جلب مشارکت است، در صورت عدم اتمام پروژه در موعد مقرر و انقضای اعتبار پروانه احداث، واحد جلب مشارکت نسبت به صدور اخطاریه اقدام و چنانچه ظرف مدت شش ماه از انقضای اعتبار، کماکان پیشرفت پروژه نامطلوب باشد، مراتب لغو پروانه احداث به سرمایه‌گذار اعلام می‌شود.

مرحلهٔ هشتم :آزمایش و راه‌اندازی

در این مرحله سرمایه‌گذار بعد از نصب نیروگاه مقیاس کوچک، باید امکان بررسی و نظارت بر انجام آزمایش‌های راه‌اندازی مولد و سیستم متصل‌کننده مولد به شبکه را مطابق اعلام شرکت برق برای نماینده آن شرکت فراهم کند. شرکت برق ۵ روز کاری برای مولدهای مقیاس کوچک کلاس‌های ۱ و ۲ و همچنین ۱۰ روز کاری برای مولدهای مقیاس کوچک کلاس‌های ۳، ۴ و ۵ فرصت دارد که امور زیر را انجام دهد:

۱. هماهنگی و تعیین زمان انجام آزمایش‌ها
۲. نظارت بر آزمایش‌های راه‌اندازی
۳. هماهنگی جهت اجرا و نظارت بر انجام آزمایش ضد جزیره‌ای و بررسی و تأیید تنظیمات تجهیزات حفاظتی

این آزمایش‌ها باید توسط یک شرکت مهندسی مستقل و مورد تأیید شرکت برق و با حضور بهره‌برداران و نمایندگان شرکت برق مطابق دستورالعمل آزمون منابع تولید پراکنده انجام گیرد. سرمایه‌گذار موظف است نتایج آزمایش‌های صورت گرفته را به‌صورت مدون در قالب چک لیست‌های مورد تائید شرکت برق از شرکت مهندسی انجام دهنده آزمایش‌ها اخذ و به نمایندگان شرکت برق ارائه نماید.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

مرحلهٔ نهم :دور اتصال آزمایشی

پس از اتمام کلیهٔ مراحل آزمایش و راه‌اندازی در صورت تائید نتایج ، به سرمایه‌گذار مجوز یک دور آزمایشی اتصال به شبکه با مدت اعتبار ۶ ماه داده می‌شود. پس از اطمینان از عدم بروز مشکل در دور اتصال آزمایشی، مجوز نهایی اتصال صادر می‌گردد.

مرحلهٔ دهم :پذیرش نهایی یا لغو مجوز

شرکت برق، پس از طی دور آزمایشی اتصال مولد پراکنده به شبکه، نتایج اتصال این مولد به شبکه را طبق معیارهای زیر مورد ارزیابی و بررسی قرار می‌دهد:

- تأثیر مولد بر تنظیم ولتاژ و پروفیل ولتاژ شبکه در شرایط مختلف بهره‌برداری
- تأثیر مولد بر جریان اتصال کوتاه
- تأثیر مولد بر کیفیت توان
- تأثیر مولد بر هماهنگی تجهیزات حفاظتی
- تأثیر مولد بر قابلیت اطمینان شبکه

در این مرحله، شرکت برق طی مدت ۱۰ روز کاری، پذیرش نهایی اتصال را توسط نامهٔ رسمی به سرمایه‌گذار اعلام و یا درصورتی‌که قصوری متوجه سرمایه‌گذار باشد با اخطار کتبی احراز عدم رفع مشکل، لغو مجوز اتصال آزمایشی را توسط نامهٔ رسمی با ذکر دلایل مربوطه به اطلاع سرمایه‌گذار می‌رساند.

در شکل(۱-۱) مراحل صدور پروانه بهره‌برداری ارائه شده است.

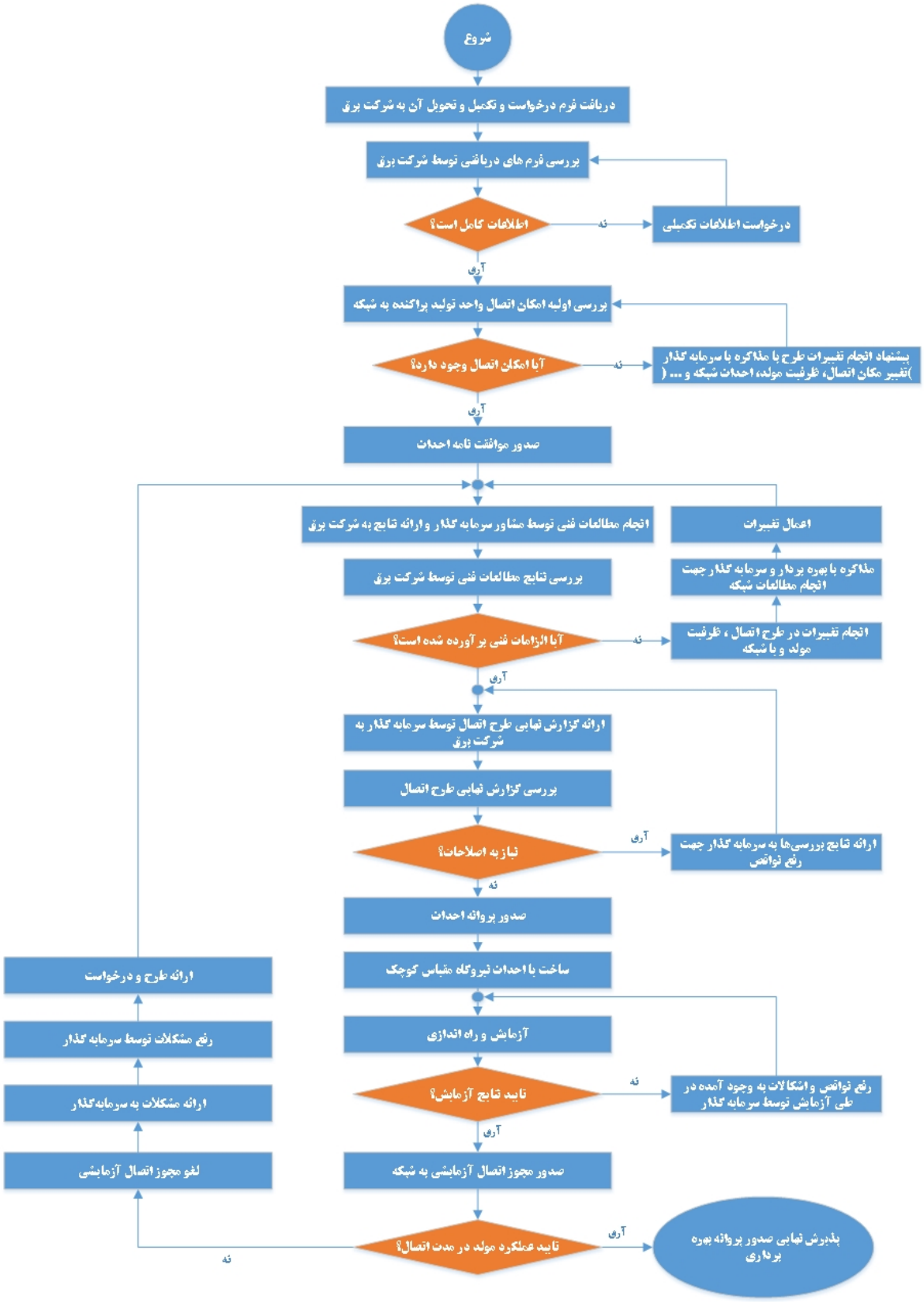
۱ -۳- ۱-موافقت‌نامه احداث

مجوزی است که به‌موجب آن مراتب موافقت اصولی وزارت نیرو برای احداث مولد توسط سرمایه‌گذار اعلام می‌شود. این مجوز عمدتاً برای تدارک مستندات لازم جهت اخذ پروانه احداث، تمهید مراحل اجرایی احداث مولد همچنین اخذ پروانه احداث کاربرد دارد.

مراحل اخذ موافقت‌نامه احداث:

- درخواست کتبی سرمایه‌گذار به برق منطقه‌ای یا شرکت توزیع (با توجه به مگاوات درخواستی زیر ۷ مگاوات شرکت توزیع بالای ۷ مگاوات برق منطقه‌ای)
- مراجعه به سایت درگاه خدمات الکترونیک وزارت نیرو به آدرس http://iranchp.moe.gov.ir عضویت در سایت و تکمیل درخواست موافقت‌نامه (شامل انتخاب واحد جلب مشارکت – تعیین ظرفیت – اطلاعات شرکت – اطلاعات اعضای اصلی و کارکنان – اطلاعات مالی و مدیریتی)
- ارزیابی درخواست موافقت‌نامه بر اساس پیوست ۲ دستورالعمل مولد مقیاس کوچک
- صدور موافقت‌نامه بااعتبار ۶ ماهه

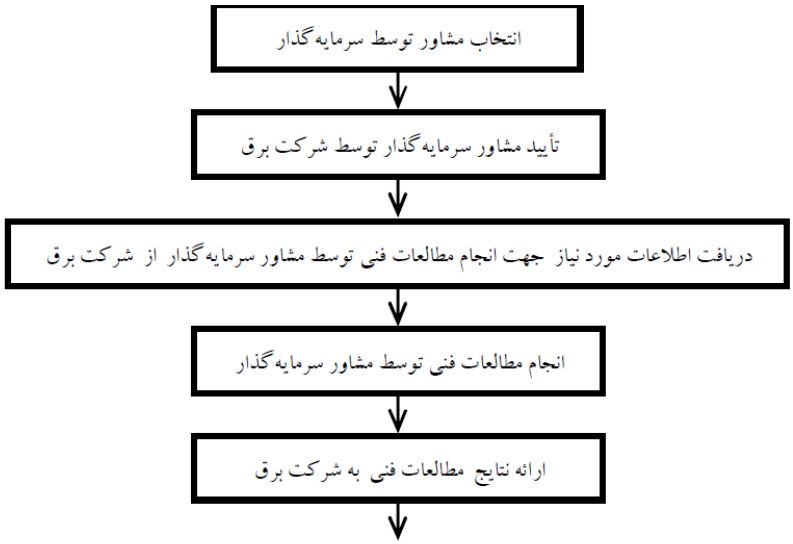
DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۱-۱)- مراحل صدور پروانه بهره‌برداری [۱]

مراحل مربوط به انجام مطالعات فنی توسط سرمایه‌گذار و مشاور سرمایه‌گذار در شکل(۲-۱) ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۲-۱)- مراحل مربوط به انجام مطالعات فنی توسط مشاور سرمایه‌گذار و ارائه نتایج به شرکت برق [۱]

۱ -۳- ۲-پروانه احداث

مجوزی که به‌موجب آن سرمایه‌گذار اجازه می‌یابد با رعایت استانداردهای فنی و سایر مشخصات و شرایطی که در پروانه ذکرشده است نسبت به احداث (نصب) مولد اقدام کند.

مستندات لازم برای دریافت پروانه احداث:

- گزارش مالی
- گزارش فنی شامل:

-تائید فنی مولد

-تائید مشخصات فنی شبکه

-تأییدیه مطالعات اتصالات به شبکه

-تأییدیه سازمان محیطزیست

-تأییدیه شرکت گاز مبنی بر امکان و واگذاری متناسب با ظرفیت مولد

- مدارک مربوط به در اختیار گرفتن زمین ساخت‌گاه مولد

مراحل اخذ پروانه احداث به شرح زیر است:

۱. درخواست اخذ اطلاعات شبکه از واحدهای جلب مشارکت جهت مطالعات اتصال به شبکه بر اساس دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده
۲. درخواست تأییدیه اتصال از طریق درگاه خدمات الکترونیک وزارت نیروhttp://iranchp.moe.gov.ir
۳. درخواست تأییدیه فنی مولد از طریق درگاه خدمات الکترونیک وزارت نیروhttp://iranchp.moe.gov.ir
۴. اخذ تأییدیه شرکت گاز مبنی بر تأمین میزان ظرفیت موردنیاز
۵. ارائه گزارش مالی یا تائید فرم مشاور سرمایه‌گذاری توسط مراجع ذیصلاح
۶. درخواست پروانه احداث از طریق درگاه خدمات الکترونیک وزارت نیروhttp://iranchp.moe.gov.ir
۷. صدور پروانه احداث با اعتبار یک‌ساله

به‌این‌ترتیب سرمایه‌گذاری که گزارش‌های فوق‌الذکر را به واحدهای ذی‌ربط (واحدهای جلب مشارکت و یا کمیته ارزیابی) ارائه دهد پس از بررسی‌های مربوطه می‌توانند پروانه احداث را اخذ نمایند و درعین‌حال از حمایت‌های وزارت نیرو (ازجمله عقد قرارداد، دریافت پیش‌پرداخت خرید برق) برخوردار شود.

مطالعات فنی برای ایجاد پروژه آغاز می‌شود و نتایج آن به شرکت برق گزارش خواهد شد درصورتی‌که الزامات فنی واحد نیروگاهی رعایت نشده باشد حتماً تغییرات لازم در طرح اتصال، ظرفیت مولد و یا شبکه باید توسط شرکت مشاور و یا سرمایه‌گذار صورت پذیرد و گزارش نهایی طرح اتصال به شبکه را به شبکه برق ارائه شود.

طرح نهایی اتصال تولید پراکنده به شبکه باید به شرح زیر باشد:

- تأییدیه فنی موردنظر متقاضی جهت نصب از شرکت بهره‌برداری نیروگاه طرشت
- ارائه دیاگرام تک‌خطی کامل اتصال مولدی مقیاس کوچک
- تعیین تجهیزات مولدهای مقیاس کوچک و تجهیزات جانبی جهت تأییدیه شرکت توزیع برق
- ارائه برنامه زمان‌بندی نصب و راه‌اندازی توسط سرمایه‌گذار

در صورت تکمیل موارد فاز ساخت یا احداث نیروگاه مقیاس کوچک آغاز می‌شود. نظارت بر پیشرفت طرح با توجه به برنامه زمان‌بندی و ارائه آن به‌طور مستمر به شرکت برق و اصلاح برنامه زمان‌بندی در صورت نیاز انجام خواهد گرفت. حتماً از تجهیزات موردتوافق شرکت برق استفاده شود و انجام هرگونه تغییرات در تجهیزات با اطلاع و تأییدیه شرکت برق قابل انجام خواهد بود. بعد از به اتمام رسیدن فاز ساخت نیروگاه تولید پراکنده، آزمایش و راه‌اندازی نیروگاه در دستور کار قرار دارد که آزمایش‌ها توسط یک شرکت مهندسی مستقل و مورد تائید شرکت برق باید انجام می‌پذیرد و تأییدیه نتایج آزمایش‌ها باید از شرکت برق اخذ شود که در صورت وجود نواقص و اشکالات سرمایه‌گذار نسبت به رفع آن‌ها اقدامات لازم را به عمل آورد.

با دریافت تأییدیه شرکت برق مجوز اتصال آزمایشی شامل صدور پروانه موقت بهره‌برداری و صدور مجوز یک دوره آزمایشی اتصال به شبکه با مدت اعتبار ۶ ماه است. پس از پایان دوره آزمایشی درصورتی‌که عملکرد مولد مقیاس کوچک در طول دوره اتصال مورد تائید شرکت برق واقع شود پروانه بهره‌برداری نهایی صادر خواهد شد در صورت بروز مشکل حین بهره‌برداری آزمایشی مجوز بهره‌برداری موقت لغو و مشکلات به وجود آمده بایستی توسط سرمایه‌گذار برطرف و مجدداً طرح بهره‌برداری را ارائه نماید.

۱- ۴- قوانین و الزامات مرتبط با راندمان مولدهای تولید پراکنده

طبق بند ت ماده ۴۸ قانون برنامه پنج‌ساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (دستورالعمل تعیین نرخ خرید تضمینی برق) که از سوی رئیس سازمان برنامه‌وبودجه برای اجرا در سال ۹۸ ابلاغ شده است، وزارت نیرو مجاز است نسبت به صدور مجوز و پروانه احداث برای نیروگاه‌های کوچک‌مقیاس با بازده الکتریکی حداقل ۴۲ درصد با مجموع بازده الکتریکی و حرارتی حداقل ۷۰ درصد اقدام نماید. انعقاد قرارداد خرید تضمینی برق برای نیروگاه‌های کوچک‌مقیاس نو (متقاضی عقد قرارداد خرید تضمینی) مطابق با آخرین نرخ مناقصه نیروگاه‌های حرارتی بزرگ که بر اساس راندمان و شرایط محیطی تعدیل شده است، با اعمال ضرایب فصلی ماده (۴) این مصوبه، برای یک دوره حداکثر ۷ ساله انجام شود(پیوست ۱).

در نیروگاه‌های مقیاس کوچک کنتور برق منصوبه در نقطه تحویل به شبکه، مبنای محاسبه تولید برق است و کنتور مولد، مبنای محاسبه بازده الکتریکی خواهد بود. در این حالت میزان سوخت مصرفی مولد بر اساس نسبت میزان انرژی الکتریکی تولیدی مولد (شامل عرضه به شبکه و مصرف در محل) به بازده الکتریکی مولد توسط شرکت توانیر محاسبه و به شرکت ملی گاز جهت اعمال حساب اعلام می‌گردد. مازاد گاز مصرفی مولد نسبت به میزان محاسبه‌شده فوق ، بر اساس تعرفه صنعتی محاسبه می‌گردد.

۱- ۵- قوانین و الزامات مرتبط با حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از مولدهای گازسوز تولید برق در ایران

هیئت‌وزیران در جلسه ۱۳۹۷/۶/۲۱ به پیشنهاد سازمان حفاظت از محیط‌زیست و به استناد تبصره ۳ ماده ۱۲ قانون هوای پاک مصوب ۱۳۹۶ حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا در صنایع نیروگاه‌ها را مطابق جدول(۳-۱) تعیین کرده است. این حدود مجاز برای مولدهای گازسوز کوچک‌مقیاس نیز اعمال می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۳-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا در صنایع نیروگاه‌ها

منبع آلاینده	آلاینده	حد مجاز انتشار		توضیحات
		درجه ۱	درجه ۲	
		mg/Nm^3	mg/Nm^3	
دودکش‌ها و دستگاه‌های انتقال حرارت	NO_x	300	400	سوخت گاز
	SO_2	100	200	سوخت گاز
	ذرات	100	150	
	CO	150	200	

۲-بررسی استانداردهای زیست‌محیطی بهره‌برداری از مولدهای گازسوز تولید برق کوچک‌مقیاس در دنیا

۲- ۱- مقدمه

در این فصل از گزارش استانداردهای زیست‌محیطی بهره‌برداری از مولدهای گازسوز تولید برق کوچک‌مقیاس در دنیا بررسی شده است.

۲- ۲- مقادیر طراحی‌شده برای انتشار آلاینده‌ها در موتورهای احتراق داخلی گازسوز (ارائه شده در کاتالوگ سازندگان)

در مرحله اول از پروژه برندهای نصب‌شده در ایران به ترتیب تعداد مکان استفاده شامل Caterpillar، MWM، Guascor، MTU، Jenbacher، Schmit، Wartsila، Perkins، Hyundai، Deutz بوده است. در این بخش مشخصات ارائه شده برای مقادیر انتشار آلاینده‌ها این برندها ارائه شده است.

۲ -۲- ۱- برند کاترپیلار

در جدول(۱-۲) مشخصات ارائه شده برای مقادیر انتشار آلاینده‌ها (طراحی‌شده توسط سازنده) در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت کاترپیلار ارائه شده است. در کاتالوگ برخی مدل‌های ارائه شده عملکرد دستگاه برای انتشار آلاینده NOx بر اساس دو میزان mg/Nm^3 ۲۵۰ و mg/Nm^3 ۵۰۰ طراحی شده است. مقادیر ارائه شده برای راندمان و سوخت مصرفی این مولدها حاکی از آن است که کارکرد در شرایط انتشار پایین‌تر NOx موجب کاهش ۱ تا ۱/۵ درصدی راندمان و افزایش مصرف سوخت مولد می‌گردد. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول(۱-۲)، به‌جز برخی مدل‌ها کم‌ظرفیت (G3406 ، G3406 ، G3412، G3412C) که اغلب آن‌ها توانی کمتر از ۵۰۰ کیلووات داشته‌اند، طراحی عملکرد بقیه مدل‌ها برای انتشار mg/Nm^3 ۵۰۰ از آلاینده NOx در اکسیژن اضافی ۵٪ در دود اگزوز بوده است.

همچنین در برخی مدل‌های این سازنده برای آلاینده‌های CO، THC[1]، NMHC[2]، NMNEHC[3] و HCHO[4] نیز مقادیر انتشار ارائه شده است. مقادیر انتشار CO برای مولدهای با ظرفیت کمتر از ۵۰۰ کیلووات در محدوده mg/Nm^3 ۵۰۰ تا ۹۰۰ و برای مولدهای با توان بیش از ۱ مگاوات در محدوده mg/Nm^3 ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ گزارش شده است.

۲ -۲- ۲-برند MWM

در جدول(۲-۲) مشخصات ارائه شده برای مقادیر انتشار آلاینده‌ها (طراحی‌شده توسط سازنده) در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت MWM ارائه شده است.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول(۲-۲)، طراحی عملکرد تمامی مدل‌های MWM بر اساس میزان انتشار mg/Nm^3 ۵۰۰ از آلاینده NOx در اکسیژن اضافی ۵٪ در خروجی دود اگزوز بوده است.

[1] Total Hydrocarbon
[2] Non-Methane Hydrocarbons
[3] Non-Methane Non-Ethane Hydrocarbon
[4] فرمالدهید

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت کاترپیلار

برند	مدل	RPM	توان کیلووات	NOX mg/Nm3	NOX g/bhp-hr	%O2	Electrical Efficiency	Thermal Efficiency	Total Efficiency	(dBA) / OPEN SET Sound Level (Full Load & 1 m)	CO	THC	NMHC	NMNEHC	HCHO
											g/bhp-hr (mg/Nm^3)				
سوخت گاز															
CAT	DG175	1800	175	US EPA Stationary Emergency Certified		5%	-	-	-	82.5	-	-	-	-	-
CAT	DG450	1800	450			5%	-	-	-	93	-	-	-	-	-
CAT	DG400 GC	1800	400			5%	-	-	-	91.5	-	-	-	-	-
CAT	DG350 GC	1800	350			5%				91.5	-	-	-	-	-
CAT	G3512	1800	750			5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAT	G3512	1800	1000			5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAT	G3406	1500	125	11293	27.5	5%	31.9	57.5	89.4	94 MECHANICAL / 10.4 EXHAUST	1.14 (530.98)	3.9 (1816.49)	0.59 (274.81)	-	-
CAT	G3406	1500	160	9986	25	5%	32.2	50.2	82.4	94 MECHANICAL / 10.4 EXHAUST	1.14(530.98)	3.9(1816.49)	0.59(274.81)	-	-
CAT	G3412	1800	253	8566	22.1	5%	30.3	60.9	91.2	97.7 MECHANICAL / 113 EXHAUST	1.62 (539.54)	1.84 (612.81)	0.28 (93.26)	-	-
CAT	G3412C	1500	370	885	2	5%	37.4	47.3	84.7	97.7 MECHANICAL / 113 EXHAUST	1.76 (778.8)	5.23 (314.275)	0.79(349.575)	0.52(230.1)	0.27(119.475)
CAT	G3516	1500	983	834	2	5%	34.8	48.3	83.1	96.3 MECHANICAL / 111.6 EXHAUST	2.23 (929.91)	5.26 (2193.42)	0.79 (329.43)	-	-
CAT	CG132B-8	1500	400	500	1	5%	43	43.7	86.7	-	-	-	-	-	-
CAT	CG132B-12	1500	600	500	1	5%	43.2	44.8	88	-	-	-	-	-	-
CAT	CG132B-16	1500	800	500	1	5%	43.4	44.7	88.1	-	-	-	-	-	-
CAT	G20CM34	750	10,320	500	1	5%	47.9	45.3	93.2	-	-	-	-	-	-
		720	9,830	500	1	5%	48	45.1	93.1	-	-	-	-	-	-
CAT	CG260-16	1000	4,300	500	1	5%	43.8	43	86.8	-	-	-	-	-	-
		1000	4,500	500	1	5%	44.3	43.5	87.8	-	-	-	-	-	-
		900	4,000	500	1	5%	43.8	42.4	86.2	-	-	-	-	-	-
		900	4,050	500	1	5%	44.3	42.6	86.9	-	-	-	-	-	-
CAT	CG260-12	1000	3,333	500	1	5%	43.6	42.9	86.5	-	-	-	-	-	-
		900	3,000	500	1	5%	43.9	42.1	86	-	-	-	-	-	-
CAT	CG170B-20 P1	1500	2,300	*500	1	5%	45 (44)	42.3 (43.1)	87.3 (87.1)	-	-	-	-	-	-
CAT	CG170-20	1500	2,000	500	1	5%	44.4	42.5	86.9	-	-	-	-	-	-
CAT	G3516B	1800	1318	500	1	5%	35.7	50.2	85.9	109.3 MECHANICAL / 112.1 EXHAUST	2.58 (1290)	4.39 (2195)	0.66 (330)	0.44 (220)	0.32 (160)
CAT	G3516C	1500	1603	*500	1	5%	40	46.5	86.5	106.1 MECHANICAL / 103.4 EXHAUST	2.47 (1235)	4.33 (2165)	0.65 (325)	0.43 (215)	0.57 (285)
CAT	G3516H	1500	2027	*500	1	5%	45.3	41.3	86.6	109.3 MECHANICAL / 112.1 EXHAUST	1.67 (835)	2.63 (1315)	0.45 (225)	0.42 (210)	0.18 (90)
CAT	CG132B-16	1500	1000	500	1	5%	41	47	88	-	-	-	-	-	-
CAT	CG170-12	1500	1000	500	1	5%	43	45.4	88.4	-	-	-	-	-	-
CAT	CG170-12	1500	1125	500	1	5%	40.7	45.8	86.5	-	-	-	-	-	-
CAT	CG170-12	1500	1200	500	1	5%	43.6	43.3	86.9	-	-	-	-	-	-
CAT	G3512E	1500	1017	*500	1	5%	41.5	44.7	86.2	103.2 MECHANICAL / 107.2 EXHAUST	2.05 (1025)	5.76 (2880)	5.76 (2880)	5.76 (2880)	0.66 (330)
CAT	G3512E	1500	1211	*500	1	5%	42.2	44.2	86.4	103.2 MECHANICAL / 107.2 EXHAUST	2.05 (1025)	5.76 (2880)	5.76 (2880)	5.76 (2880)	0.66 (330)
CAT	G3512H	1500	1500	*500	1	5%	44.9	42.1	87	109.7 MECHANICAL / 107.5 EXHAUST	(950 @ NOx :250)	(1736)	(243)	(191)	(46)
CAT	CG170-12 K	1500 / 50 HZ	1,125	*500	1	5%	40.9 (39.7)	45.6 (46.7)	86.5 (86.4)	-	-	-	-	-	-
CAT	CG170B-12 P1	1500	1380	*500	1	5%	45 (43.9)	42.3 (43.2)	87.3 (87.1)	-	-	-	-	-	-
CAT	CG170-16	1500	1500	500	1	5%	40.8	46.4	87.2	-	-	-	-	-	-
CAT	CG170-16	1500	1560	500	1	5%	43.2	43.8	87	-	-	-	-	-	-
CAT	CG170-16 K	1500	1500	*500	1	5%	40.9 (39.7)	45.7 (46.7)	86.6 (86.4)	-	-	-	-	-	-
CAT	CG170B-16 P1	1500	1840	*500	1	5%	44.7 (43.6)	42.6 (43.5)	87.3(87.1)	-	-	-	-	-	-

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت کاترپیلار

برند	مدل	RPM	توان کیلووات	NOX mg/Nm3	NOX g/bhp-hr	%O2	Electrical Efficiency	Thermal Efficiency	Total Efficiency	(dBA) / OPEN SET Sound Level (Full Load & 1 m)	CO	THC	NMHC	NMNEHC	HCHO
											g/bhp-hr (mg/Nm^3)				
CAT	G3520C	1500	1976	*500	1	5%	40.2	46.6	86.8	119.8 MECHANICAL / 107.3 EXHAUST	2.28 (1140)	4.94 (2470)	0.74 (370)	0.49 (245)	0.51 (255)
CAT	G3520C	1500	2010	*500	1	5%	40.4	46.1	86.5	119.8 MECHANICAL / 107.3 EXHAUST	2.28 (1140)	4.94 (2470)	0.74 (370)	0.49 (245)	0.51 (255)
CAT	G3520E	1500	2039	*500	1	5%	42.5	45.1	87.6	106.6 MECHANICAL / 112.4 EXHAUST	(1153)	(2820)	(423)	(282)	(250)
CAT	G3520H	1500	2519	*500	1	5%	45.4	40.9	86.3	119.8 MECHANICAL / 107.3 EXHAUST	(963 @ NOx :250)	(1643)	(246)	(197)	(133)
سوخت بیوگاز															
CAT	CG260-16	1000	3,770	500	1	5%	43	39.8	82.8						
CAT	CG260-16	900	3,510	500	1	5%	43.2	38.5	81.7						
CAT	CG170B-20	1500	2,300	500	1	5%	43.6	42.6	86.2						
CAT	CG170-20	1500	2,000	500	1	5%	43	43.2	86.2						
CAT	CG170-20	1500	2,000	500	1	5%	42.7	43.2	85.9						
CAT	G3412	1500	174	7051	19.9	5%	27.4	62	89.4						
CAT	G3412	1800	194	7051	16.4	5%	26.5	62.9	89.4						
CAT	CG132B-8	1500	400	500	1	5%	42.8	42.2	85						
CAT	CG132B-8	1800	400	500	1	5%	41.7	43.3	85						
CAT	CG132B-12	1500	600	500	1	5%	42.9	42.8	85.7						
CAT	CG132B-12	1800	600	500	1	5%	41.7	43.6	85.3						
CAT	CG132B-16	1500	800	500	1	5%	43.1	42.6	85.7						
CAT	CG132B-16	1800	800	500	1	5%	41.9	43.3	85.2						
CAT	CG170-12	1500	1,000	500	1	5%	42.6	44.1	86.7						
CAT	G3516A	1500	1,041	500	1	5%	32.1	47	79.1						
CAT	G3516A	1500	1,105	500	1	5%	36.8	41.5	78.3						
CAT	G3516A	1200	824	500	1	5%	31	47.7	78.7						
CAT	G3516A	1200	1,012	396	0.9	5%	38.4	37.8	76.2						
CAT	CG170-12	1500	1,200	500	1	5%	43	42.7	85.7						
CAT	CG170-12	1500	1,200	500	1	5%	42.8	42.5	85.3						
CAT	CG170B-12	1500	1,380	500	1	5%	43.6	42.7	86.3						
CAT	CG170-16	1500	1,560	500	1	5%	42.6	42.9	85.5						
CAT	CG170-16	1500	1,560	500	1	5%	42.3	42.8	85.1						
CAT	CG170B-16	1500	1,840	500	1	5%	43.6	42.7	86.3						
CAT	G3520C	1500	1,984	500	1	5%	39.4	41.4	80.8						
CAT	G3520C	1500	1,936	500	1	5%	39.1	41.4	80.5						

* در کاتالوگ برخی مدل‌های ارائه شده عملکرد دستگاه بر اساس دو میزان mg/Nm^3 ۲۵۰ و mg/Nm^3 ۵۰۰ از انتشار آلاینده NOx طراحی شده است. کارکرد در شرایط انتشار پایینتر NOx موجب کاهش راندمان و افزایش مصرف سوخت میگردد.

جدول(۲-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت MWM										
برند	مدل	RPM	توان کیلووات	NO_X mg/Nm^3	NO_X g/bhp-hr	$\%O_2$	Electrical Efficiency	Thermal Efficiency	Total Efficiency	Sound Level dB(A) / OPEN SET
سوخت گاز طبیعی										
MWM	TCG 3016 V08	1500	400	500	-	5%	43.1	43.6	86.7	-
MWM	TCG 3016 V12	1500	600	500	-	5%	43.3	44.6	87.9	-
MWM	TCG 3016 V16	1500	800	500	-	5%	43.5	44.6	88.1	-
MWM	TCG 3016 V16	1500	1000	500	-	5%	41	47	88	-
MWM	TCG 3016 V16 S	1500	1000	500	-	5%	41	47	88	-
MWM	TCG 2020 V12	1500	1000	500	-	5%	43	45.4	88.4	-
MWM	TCG 2020 V12 K1	1500	1000	500	-	5%	40	47.6	87.6	-
MWM	TCG 2020 V12 K	1500	1125	500	-	5%	40.7	45.8	86.5	-
MWM	TCG 2020 V12	1500	1200	500	-	5%	43.7	43.3	87	-
MWM	TCG 2020 V16 K	1500	1500	500	-	5%	40.8	45.9	86.7	-
MWM	TCG 2020 V16	1500	1560	500	-	5%	43.3	43.8	87.1	-
MWM	TCG 2020 V20	1500	2000	500	-	5%	43.7	43.3	87	-
MWM	TCG 2020 V20	1500	2000	500	-	5%	44.4	42.5	86.9	-
MWM	TCG 3020 V12	1500	1,380	500	-	5%	45	42.3	87.3	-
MWM	TCG 3020 V16	1500	1,840	500	-	5%	44.7	42.6	87.3	-
MWM	TCG 3020 V20	1500	2,300	500	-	5%	45	42.3	87.3	-
MWM	TCG 2032 V12	1000	3,333	500	-	5%	43.9	42.6	86.5	-
MWM	TCG 2032 V16	1000	4,300	500	-	5%	44.1	42.7	86.8	-
MWM	TCG 2032B V16	1000	4,500	500	-	5%	44.6	43.1	87.7	-
MWM	TCG 3042 V20	1000	10,300	500	-	5%	48	45	93	-
سوخت بیوگاز										
MWM	TCG 3016 V08	1500	400	500	-	5%	43.1	42.8	85.9	-
MWM	TCG 3016 V12	1500	600	500	-	5%	43.3	42.9	86.2	-
MWM	TCG 3016 V16	1500	800	500	-	5%	43.5	43.1	86.6	-
MWM	TCG 3020 V12	1500	1,380	500	-	5%	45	42.3	87.3	-
MWM	TCG 3020 V16	1500	1,840	500	-	5%	44.7	42.6	87.3	-
MWM	TCG 3020 V20	1500	2,300	500	-	5%	45	42.3	87.3	-
MWM	TCG 2032 V16	1000	3,770	500	-	5%	43	41.9	84.9	-

۲-۲-۳-برند Guascor

در جدول(۳-۲) مشخصات ارائه شده برای مقادیر انتشار آلاینده‌ها (طراحی‌شده توسط سازنده) در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت گاسکور ارائه شده است.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول(۳-۲)، طراحی عملکرد تمامی مدل‌های گاسکور در دور موتور ۱۵۰۰ دور بر دقیقه بر اساس میزان انتشار mg/Nm^3 ۵۵۰ از آلاینده NOx بوده و در دور موتورهای ۱۲۰۰ و ۱۸۰۰ دور بر دقیقه این مدل‌ها میزان انتشار mg/Nm^3 ۵۵۰ از آلاینده NOx در اکسیژن اضافی ۵٪ در خروجی دود اگزوز را داشته‌اند. این سازنده برای آلاینده‌های CO ، THC و NMHC مقادیر انتشار را در کاتالوگ محصولات گازسوز خود گزارش کرده که در جدول(۳-۲) ارائه شده است. بر این اساس برای مدل‌های سری SFGLD میزان انتشار CO برابر ۱/۸ گرم بر اسب بخار ساعت (حدود mg/Nm^3 ۹۰۰) و برای مدل‌های سری HGM میزان انتشار CO برابر g/bhp.hr ۲/۲ (حدود mg/Nm^3 ۱۱۰۰) گزارش شده است. میزان انتشار آلاینده‌های THC[1] برای تمامی مدل‌ها g/bhp.hr ۳/۵ (حدود mg/Nm^3 ۱۷۵۰) و میزان انتشار آلاینده‌های NMHC[2] برای تمامی مدل‌ها g/bhp.hr ۰/۷ (حدود mg/Nm^3 ۳۵۰) گزارش شده است. تمامی مقادیر فوق در اکسیژن اضافی ۵٪ در خروجی دود اگزوز گزارش شده‌اند.

۲-۲-۴-برند MTU

درجدول(۴-۲) مشخصات ارائه شده برای مقادیر انتشار آلاینده‌ها (طراحی‌شده توسط سازنده) در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت MTU ارائه شده است. در کاتالوگ تمامی مدل‌های ارائه شده این سازنده عملکرد دستگاه برای انتشار آلاینده NO_x بر اساس دو میزان mg/Nm^3 ۲۵۰ و mg/Nm^3 ۵۰۰ طراحی شده است. مقادیر ارائه شده برای راندمان و سوخت مصرفی این مولدها حاکی از آن است که کارکرد در شرایط انتشار پایین‌تر NO_x موجب کاهش راندمان و افزایش مصرف سوخت مولد شده است. تمامی مقادیر فوق در اکسیژن اضافی ۵٪ در خروجی دود اگزوز گزارش شده‌اند.

۲-۲-۵-برند Jenbacher

درجدول(۴-۲) مشخصات ارائه شده برای مقادیر انتشار آلاینده‌ها (طراحی‌شده توسط سازنده) در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت Jenbacher ارائه شده است. تمامی مقادیر فوق در اکسیژن اضافی ۵٪ در خروجی دود اگزوز گزارش شده‌اند.

۲-۲-۶-برند Schmit

در جدول(۶-۲) مشخصات ارائه شده برای مقادیر انتشار آلاینده‌ها (طراحی‌شده توسط سازنده) در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت Schmit ارائه شده است. در کاتالوگ تمامی مدل‌های ارائه شده این سازنده عملکرد دستگاه برای انتشار آلاینده NOx بر اساس دو میزان mg/Nm^3 ۲۵۰ و mg/Nm^3 ۵۰۰ طراحی شده است. مقادیر ارائه شده برای راندمان و سوخت مصرفی این مولدها حاکی از آن است که کارکرد در شرایط انتشار پایین‌تر NO_x موجب کاهش راندمان و افزایش مصرف سوخت مولد شده است.

این سازنده برای آلاینده‌های CO و فرمالدهید نیز مقادیر انتشار را در کاتالوگ محصولات خود گزارش کرده که در جدول(۶-۲) ارائه شده است. بر این اساس برای مدل‌های گازسوز سری GEN و تمامی مدل‌های بیوگازسوز میزان انتشار CO برابر mg/Nm^3 ۱۰۰۰ و برای مدل‌های گازسوز سری CHP میزان انتشار CO برابر mg/Nm^3 ۳۰۰ گزارش شده است. همچنین برای مدل‌های گازسوز سری GEN و تمامی مدل‌های بیوگازسوز میزان انتشار فرمالدهید برابر mg/Nm^3 ۱۰۰ و برای مدل‌های گازسوز سری CHP میزان انتشار آن mg/Nm^3 ۲۰ گزارش شده است. تمامی مقادیر فوق در اکسیژن اضافی ۵٪ در خروجی دود اگزوز گزارش شده‌اند.

[1] میزان کل هیدروکربن

[2] هیدروکربن های غیر متان

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۳-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت گاسکور

سوخت گاز													
برند	مدل	RPM	توان کیلووات	NO_x mg/Nm^3	NO_x g/bhp-hr	$\%O_2$	Electrical Efficiency	Thermal Efficiency	Total Efficiency	Sound Level (dBA) OPEN SET	CO g/bhp.hr	THC g/bhp.hr	NMHC g/bhp.hr
Guascor	SFGLD 180	1200	252	1000	2	5%	39.2	45.4	84.6	88	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 180	1500	315	550	1.1	5%	39	46.7	85.7	90	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 180	1800	350	1000	2	5%	37.8	48.5	86.3	94	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 240	1200	335	1000	2	5%	37.7	48.4	86.1	88	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 240	1500	419	550	1.1	5%	38.4	47.7	86.1	95	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 240	1800	453	1000	2	5%	36.7	50.1	86.8	94	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 360	1200	503	1000	2	5%	39.1	46.8	85.9	87	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 360	1500	630	550	1.1	5%	38.8	47.3	86.1	92	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 360	1800	700	1000	2	5%	38.1	48.3	86.4	93	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 480	1200	670	1000	2	5%	37.7	49.4	87.1	85	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 480	1500	838	550	1.1	5%	38.8	48	86.8	95	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 480	1800	906	1000	2	5%	36.6	51.4	88	93	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 560	1200	788	1000	2	5%	39.3	47.1	86.4	89	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 560	1500	985	550	1.1	5%	39	48.1	87.1	97	1.8	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 560	1500	1055	550	1.1	5%	39.6	46.8	86.4	97	2.2	3.5	0.7
Guascor	SFGM 560	1800	1100	1000	2	5%	38.6	48.8	87.4	95	2.2	3.5	0.7
Guascor	HGM 240	1500	502	550	1.1	5%	42	48.4	90.4	95	2.2	3.5	0.7
Guascor	HGM 240	1800	502	500	1	5%	39.7	49.2	88.9	94	2.2	3.5	0.7
Guascor	HGM 560	1200	1,040	1000	2	5%	41.7	43.1	84.8	90	2.2	3.5	0.7
Guascor	HGM 560	1500	1,240	550	1.1	5%	41.2	44.1	85.3	96	2.2	3.5	0.7
Guascor	HGM 560	1800	1,350	1000	2	5%	40.7	44.6	85.3	95	2.2	3.5	0.7
Guascor	SFGLD 180	1200	252	1000	2	5%	39.2	50.8	90	88			
Guascor	SFGLD 180	1500	315	550	1.1	5%	38.9	51.1	90	90			
Guascor	SFGLD 180	1800	350	1000	2	5%	37.5	52.7	90.2	94			
Guascor	SFGLD 240	1200	335	1000	2	5%	37.5	53.3	90.8	88			
Guascor	SFGLD 240	1500	419	550	1.1	5%	38.3	51.8	90.1	95			
Guascor	SFGLD 240	1800	453	1000	2	5%	36.5	54.3	90.8	94			
Guascor	SFGLD 360	1200	503	1000	2	5%	38.8	52.1	52.1	87			
Guascor	SFGLD 360	1500	630	550	1.1	5%	38.7	51.6	90.3	92			
Guascor	SFGLD 360	1800	700	1000	2	5%	38	52.9	90.9	93			
Guascor	SFGLD 480	1200	670	1000	2	5%	37.5	53.9	91.4	85			
Guascor	SFGLD 480	1500	838	550	1.1	5%	38.6	52.2	90.8	95			
Guascor	SFGLD 480	1800	906	1000	2	5%	36.6	54.9	91.5	93			
Guascor	SFGLD 360	1800	700	1000	2	5%	38	52.9	90.9	93			
Guascor	SFGLD 480	1200	670	1000	2	5%	37.5	53.9	91.4	85			
Guascor	SFGLD 480	1500	838	550	1.1	5%	38.6	52.2	90.8	95			
Guascor	SFGLD 480	1800	906	1000	2	5%	36.6	54.9	91.5	93			
Guascor	SFGLD 560	1200	788	1000	2	5%	38.9	52	90.9	89			
Guascor	SFGLD 560	1500	985	550	1.1	5%	38.8	52.3	91.1	97			
Guascor	SFGM 560	1500	1055	550	1.1	5%	39.4	51.3	90.7	97			
Guascor	SFGM 560	1800	1100	1000	2	5%	38.4	52.5	90.9	95			
Guascor	HGM 240	1500	502	550	1.1	5%	42.7	47.5	90.2	95			
Guascor	HGM 560	1200	1,040	1000	2	5%	41.5	47.9	89.4	90			
Guascor	HGM 560	1500	1,240	550	1.1	5%	41.2	48.9	90.1	96			

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۴-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت MTU

برند	مدل	RPM	توان کیلووات	NO_x mg/Nm^3	NO_x g/bhp-hr	$\%O_2$	Electrical Efficiency	Thermal Efficiency	Total Efficiency	Sound Level dB(A) / OPEN SET
سوخت گاز طبیعی										
MTU	mtu 6R500 GS	1500(50HZ)	250	500*	1	5%	41.8	43.4	85.2	-
MTU	mtu 6R500 GS	1800(60HZ)	250	500*	1	5%	40.5	46.2	86.7	-
MTU	mtu 8V500 GS	1500(50HZ)	360	500*	1	5%	42.6	45	87.6	-
MTU	mtu 8V500 GS	1800(60HZ)	360	500*	1	5%	40.8	45.4	86.2	-
MTU	mtu 12V500 GS	1500(50HZ)	550	500*	1	5%	42.6	44.8	87.4	-
MTU	mtu 12V500 GS	1800(60HZ)	550	500*	1	5%	40.5	46.3	86.8	-
MTU	mtu 8V4000 GS	1500(50HZ)	1,012	500*	1	5%	44	46	90	-
MTU	mtu 12V4000 GS	1800(60HZ)	1,523	500*	1	5%	44.3	45.8	90.1	-
MTU	mtu 16V4000 GS	1500(50HZ)	2,028	500*	1	5%	44.3	45.9	90.2	-
MTU	mtu 20V4000 GS	1800(60HZ)	2,530	500*	1	5%	44.1	46.2	90.3	-
سوخت بیوگاز										
MTU	mtu 6R500 GS	1500(50HZ)	250	500	1	5%	42.4	41.6	84	-
MTU	mtu 6R500 GS	1800(60HZ)	250	500	1	5%	41.2	42.9	84.1	-
MTU	mtu 8V500 GS	1500(50HZ)	360	500	1	5%	42.5	40.8	83.3	-
MTU	mtu 8V500 GS	1800(60HZ)	360	500	1	5%	40.8	43.6	84.4	-
MTU	mtu 12V500 GS	1500(50HZ)	550	500	1	5%	42.5	40.7	83.2	-
MTU	mtu 12V500 GS	1800(60HZ)	550	500	1	5%	40.5	44.5	85	-

*مدل‌های مختلف مولدهای این شرکت بر اساس دو میزان عملکرد ۲۵۰mg/Nm^3 و۵۰۰ mg/Nm^3 از انتشار آلاینده NO_x طراحی شده است. اطلاعات فوق برای مقادیر بالاتر راندمان و انتشار NO_x ارائه شده است

جدول(۵-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت Jenbacher

برند	مدل	RPM	توان کیلووات	NOX mg/Nm^3	NOX g/bhp-hr	$\%O_2$	Electrical Efficiency	Thermal Efficiency	Total Efficiency	Sound Level dB(A) / OPEN SET	CO	NMNEHC	Formaldehid
											mg/Nm3 (grams/HP-hour)		
سوخت گاز طبیعی													
Genbacher	J612	1500 (50HZ)	2,007	500	1	5%	45.4	43	88.4	100 MECHANICAL / 116 EXHAUST	-	-	-
Genbacher	J616	1500 (50HZ)	2,676	500	1	5%	45.7	42.7	88.4	101 MECHANICAL / 119 EXHAUST	-	-	-
Genbacher	J620	1500 (50HZ)	3,360	500	1	5%	45.6	43	88.6	101 MECHANICAL / 123 EXHAUST	1000(2)	40(0.1)	120(0.12)
Genbacher	J624	1500 (50HZ)	4,507	500	1	5%	46.6	42.9	89.5	103 MECHANICAL / 124 EXHAUST	-	-	-
Genbacher	J208	1500 (50HZ)	335	500	1	5%	35.9	45.3	81.2	92 MECHANICAL / 108 EXHAUST	-	-	-
Genbacher	J312	1500 (50HZ)	392	500	1	5%	39.6	51.2	90.8	95 MECHANICAL / 115 EXHAUST	-	-	-
Genbacher	J312	1500 (50HZ)	598	500	1	5%	41.1	47.1	88.2	95 MECHANICAL / 115 EXHAUST	-	-	-
Genbacher	J312	1500 (50HZ)	635	500	1	5%	40.8	47.4	88.2	95 MECHANICAL / 115 EXHAUST	-	-	-
Genbacher	J316	1500 (50HZ)	851	500	1	5%	40.7	47.3	88	96 MECHANICAL / 116 EXHAUST	-	-	-
Genbacher	J320	1500 (50HZ)	798	500	1	5%	41.1	47	88.1	95 MECHANICAL / 121 EXHAUST	-	-	-
Genbacher	J320	1500 (50HZ)	1,067	500	1	5%	41.1	47.5	88.6	95 MECHANICAL / 121 EXHAUST	-	-	-
Genbacher	J412	1800(60HZ)	851	500	1	5%	41.2	47.4	88.6	93 MECHANICAL / 115 EXHAUST	-	-	-
Genbacher	J416	1800(60HZ)	1,141	500	1	5%	41.4	47.4	88.8	95 MECHANICAL / 115 EXHAUST	-	-	-
Genbacher	J420	1800(60HZ)	1,429	500	1	5%	41.5	47.4	88.9	97 MECHANICAL / 115 EXHAUST	-	-	-
سوخت بیوگاز													
Genbacher	J612	1500 (50HZ)	2,001	500	1	5%	44.4	39.9	84.3	100 MECHANICAL / 116 EXHAUST			
Genbacher	J616	1500 (50HZ)	2,676	500	1	5%	44.6	39.9	84.5	101 MECHANICAL / 119 EXHAUST			
Genbacher	J620	1500 (50HZ)	3,360	500	1	5%	44.8	39.9	84.7	101 MECHANICAL / 123 EXHAUST			
Genbacher	J208	1500 (50HZ)	335	500	1	5%	36.3	44.4	80.7	92 MECHANICAL / 108 EXHAUST			
Genbacher	J312	1500 (50HZ)	548	500	1	5%	41.7	42.4	84.1	95 MECHANICAL / 115 EXHAUST			
Genbacher	J312	1500 (50HZ)	635	500	1	5%	40.2	45	85.2	95 MECHANICAL / 115 EXHAUST			
Genbacher	J316	1500 (50HZ)	851	500	1	5%	40.3	44.5	84.8	96 MECHANICAL / 116 EXHAUST			

جدول(۶-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت Schmit

برند	مدل	RPM	توان کیلووات	NO_x mg/Nm3	NO_x g/bhp-hr	$\%O_2$	Electrical Efficiency	Thermal Efficiency	Total Efficiency	Sound Level (dBA) / with ENCLOSURE	CO mg/Nm^3	Formaldehid mg/Nm^3
سوخت گاز												
R schmitt	M06 GEN G140	1500	140	*500	1	5%	38.6	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M06 GEN G200	1500	200	*500	1	5%	41	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M06 GEN G250	1500	250	*500	1	5%	41.8	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M08 GEN G260	1500	260	*500	1	5%	41	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M08 GEN G333	1500	333	*500	1	5%	41.9	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M12 GEN G400	1500	400	*500	1	5%	41.1	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M12 GEN G500	1500	500	*500	1	5%	42.1	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M06 CHP G140	1500	140	*500	1	5%	38.6	51.2	89.8	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	300	20
R schmitt	M06 CHP G200	1500	200	*500	1	5%	41	49.4	90.4	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	300	20
R schmitt	M06 CHP G250	1500	250	*500	1	5%	41.8	45.5	87.3	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	300	20
R schmitt	M08 CHP G260	1500	260	*500	1	5%	41	49.7	90.7	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	300	20
R schmitt	M08 CHP G333	1500	333	*500	1	5%	41.9	45.8	87.7	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	300	20
R schmitt	M08 CHP G400	1500	400	*500	1	5%	41.1	49.6	90.7	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	300	20
R schmitt	M08 CHP G500	1500	500	*500	1	5%	42.1	45.4	87.5	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	300	20
سوخت بیوگاز												
R schmitt	M06 GEN B140	1500	140	*500	1	5%	39.3	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M06 GEN B200	1500	200	*500	1	5%	41.8	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M06 GEN B250	1500	250	*500	1	5%	42.6	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M08 GEN B260	1500	260	*500	1	5%	41.7	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M08 GEN B333	1500	333	*500	1	5%	42.6	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M12 GEN B400	1500	400	*500	1	5%	41.9	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M12 GEN B500	1500	500	*500	1	5%	42.7	-	-	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M06 CHP B140	1500	140	*500	1	5%	39.3	46.3	85.6	کمتر از ۷۰ (دارای محافظ)	1000	100
R schmitt	M06 CHP B200	1500	200	*500	1	5%	41.8	44.5	86.3	-	1000	100
R schmitt	M06 CHP B250	1500	250	*500	1	5%	42.6	44.5	87.1	-	1000	100
R schmitt	M08 CHP B260	1500	260	*500	1	5%	41.7	48.6	90.3	-	1000	100
R schmitt	M08 CHP B333	1500	333	*500	1	5%	42.6	41.7	84.3	-	1000	100
R schmitt	M08 CHP B400	1500	400	*500	1	5%	41.9	48.5	90.4	-	1000	100

*مدل‌های مختلف مولدهای این شرکت بر اساس دو میزان عملکرد ۲۵۰mg/Nm^3 و ۵۰۰ mg/Nm^3 از انتشار آلاینده NO_x طراحی شده است. اطلاعات فوق برای مقادیر بالاتر راندمان و انتشار NO_x ارائه شده است

۲-۲-۷-برند Perkins

در جدول(۲-۷) مشخصات ارائه شده برای مقادیر انتشار آلاینده‌ها (طراحی‌شده توسط سازنده) در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت Perkins ارائه شده است.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول(۲-۷) ، طراحی عملکرد تمامی مدل‌های مولدهای گازسوز شرکت Perkins بر اساس میزان انتشار mg/Nm^3 ۵۰۰ (طبق حد مجاز استاندارد TA Luft) از آلاینده NO_x در اکسیژن اضافی ۵٪ در خروجی دود اگزوز بوده است.

۲-۲-۸-برند Hyundai

در جدول(۲-۸) مشخصات ارائه شده برای مقادیر انتشار آلاینده‌ها (طراحی‌شده توسط سازنده) در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت Hyundai ارائه شده است.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول(۲-۸) ، طراحی عملکرد تمامی مدل‌های مولدهای گازسوز شرکت Hyundai بر اساس میزان انتشار mg/Nm^3 ۵۰۰ از آلاینده NO_x در اکسیژن اضافی ۵٪ در خروجی دود اگزوز بوده است.

DOI: DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۷-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت Perkins

برند	مدل	RPM	توان کیلووات	NOX mg/Nm³	NOX g/bhp-hr	$\%O_2$	Electrical Efficiency	Thermal Efficiency	Total Efficiency	Sound Level dB(A) / OPEN SET
سوخت گاز طبیعی										
Perkins	4006-23TRS1	1500	322	*TA Luft (500)	1	5%	37.44	-	-	۹۷
Perkins	4006-23TRS2	1500	393	TA Luft (500)	1	5%	38.35	-	-	۹۷
Perkins	4008-30TRS1	1500	447	TA Luft (500)	1	5%	37.9	-	-	۱۰۳
Perkins	4008-30TRS2	1500	526	TA Luft (500)	1	5%	38.5	-	-	۱۰۳
Perkins	4016-61TRS1	1500	912	TA Luft (500)	1	5%	38.4	-	-	۱۰۵
Perkins	4016-61TRS2	1500	1042	TA Luft (500)	1	5%	38.6	-	-	۱۰۵

*طراحی انتشار آلاینده این موتور بر اساس استاندارد TA Luft کشور آلمان ارائه شده است.

جدول(۸-۲)- محدوده تغییرات ارائه شده برای انتشار آلاینده‌ها در کاتالوگ‌های مدل‌های مختلف مولدهای گازسوز شرکت Hyundai

برند	مدل	RPM	توان کیلووات	NOX mg/Nm³	NOX g/bhp-hr	$\%O_2$	Electrical Efficiency	Thermal Efficiency	Total Efficiency	Sound Level dB(A) / OPEN SET (with ENCLOSURE)
سوخت گاز طبیعی										
Hyundai	6H35/40G	1500	2880	500	1	5%	46	-	-	-
Hyundai	7H35/40G	1500	3360	500	1	5%	46	-	-	-
Hyundai	8H35/40G	1500	3840	500	1	5%	46	-	-	-
Hyundai	9H35/40G	1500	4320	500	1	5%	46	-	-	-
Hyundai	12H35/40GV	1500	5760	500	1	5%	46.3	-	-	-
Hyundai	14H35/40GV	1500	6720	500	1	5%	46.3	-	-	-
Hyundai	16H35/40GV	1500	7680	500	1	5%	46.3	-	-	-
Hyundai	18H35/40GV	1500	8640	500	1	5%	46.3	-	-	-
Hyundai	20H35/40GV	1500	9600	500	1	5%	46.3	-	-	-

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۲-۳- حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از مولدهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق

۲-۳-۱-روابط و ضرایب استفاده‌شده در تبدیل واحدها

روابط و ضرایب استفاده‌شده در تبدیل مقادیر انتشار آلاینده‌ها در این بخش ارائه شده است.

- رابطه تبدیل مقادیر انتشار آلاینده‌ها (mg/Nm3 یا PPM) در شرایط اکسیژن مرجع:

$$Emission\left[\frac{mg}{m^3}\right]_{base} = Emission\left[\frac{mg}{m^3}\right]_{\text{Measured}} \times \frac{O_{2ref} - O_{2base}}{O_{2ref} - O_2}$$

$$Emission[ppm]_{base} = Emission[\text{ppm}]_{\text{Measured}} \times \frac{O_{2ref} - O_{2base}}{O_{2ref} - O_2}$$

$$O_{2ref} = 21$$

- روابط تبدیل PPM به mg/Nm3 در شرایط اکسیژن مرجع :

$$\text{CO}\left[\frac{mg}{m^3}\right]_{base} = \frac{O_{2ref} - O_{2base}}{O_{2ref} - O_2} \times \text{CO}[ppm]_{\text{Measured}} \times 1.25$$

$$\text{NO}_\text{x}\left[\frac{mg}{m^3}\right]_{base} = \frac{O_{2ref} - O_{2base}}{O_{2ref} - O_2} \times \text{NO}[ppm]_{\text{Measured}} \times 2.05$$

$$\text{SO}_2\left[\frac{mg}{m^3}\right]_{base} = \frac{O_{2ref} - O_{2base}}{O_{2ref} - O_2} \times \text{SO}_2[ppm]_{\text{Measured}} \times 2.86$$

$$\text{VOC}\left[\frac{mg}{m^3}\right]_{base} = \frac{O_{2ref} - O_{2base}}{O_{2ref} - O_2} \times \text{VOC}[ppm]_{\text{Measured}} \times 3.52$$

$$\text{HCHO}\left[\frac{mg}{m^3}\right]_{base} = \frac{O_{2ref} - O_{2base}}{O_{2ref} - O_2} \times \text{HCHO}[ppm]_{\text{Measured}} \times 1.34$$

$$\text{HCHO}\left[\frac{mg}{m^3}\right]_{base} = \frac{O_{2ref} - O_{2base}}{O_{2ref} - O_2} \times \text{HCHO}[ppm]_{\text{Measured}} \times 1.34$$

$$\text{NH3}\left[\frac{mg}{m^3}\right]_{base} = \frac{O_{2ref} - O_{2base}}{O_{2ref} - O_2} \times \text{NH3}[ppm]_{\text{Measured}} \times 0.76$$

- روابط تبدیل PPM به mg/kWh در شرایط اکسیژن مرجع :

- $\text{CO}\left[\frac{mg}{kWh}\right] = \frac{21}{21 - O_{2measured}} \times \text{CO}[ppm]_{\square} \times FF \times 3.6 \times 1.25$
- $\text{NO}_\text{x}\left[\frac{mg}{kWh}\right] = \frac{21}{21 - O_{2measured}} \times \text{NO}_\text{x}[ppm] \times FF \times 3.6 \times 2.05$
- $\text{SO}_2\left[\frac{mg}{kWh}\right] = \frac{21}{21 - O_{2measured}} \times \text{SO}_2[ppm] \times FF \times 3.6 \times 2.86$
- $FF_{Natural\ Gas} = 0.2545$

۲-۳-۲-مقررات بانک جهانی - مقررات عمومی EHS[1]

مقررات بانک جهانی برای حد انتشـار موتورهای احتراقی تولید برق گازسـوز با ظرفیت ۳ تا ۵۰ مگاوات حرارت ورودی (در شرایط ۱۵٪ اکسیژن اضافه) وضع شده است[۳]. در جدول(۹-۲) مقررات بانک جهانی برای حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق ارائه شده است.

جدول(۹-۲)-مقررات بانک‌جهانی برای حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق[۳]

نوع سوخت	ذرات معلق		NO_x				
	mg/Nm³		نوع موتور	ppm	mg/Nm³	ppm	
	15% O_2	5% O_2		15% O_2		5% O_2	
گاز طبیعی	-	-	موتورهای SI[2]	۹۸	۲۰۰	۲۶۰	۵۳۳
			موتورهای CI[2] /دوگانه‌سوز	۱۹۵	۴۰۰	۵۲۰	۱۰۶۷
بیوگاز و سایر سوخت‌های گازی	۵۰	۱۳۳	موتورهای SI	۹۸	۲۰۰	۲۶۰	۵۳۳
			موتورهای دیزلی دوگانه‌سوز	۱۹۵	۴۰۰	۵۲۰	۱۰۶۷
• این مقررات برای مولدهای جدید اعمال می‌شود • مقادیر بولد شده در متن مقررات بانک جهانی ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند							

[1] World Bank – EHS (Environmental, Health, and Safety)

[2] Spark Ignition

[3] Compression Ignition

۲ -۳- ۳-آمریکای شمالی : ایالات‌متحده امریکا

استاندارد [1] NSPS برای موتورهای احتراق داخلی تولید برق جدید: این استاندارد دربردارنده الزامات وضع‌شده انتشار آلاینده برای مولدهای برق کوچک‌مقیاس گازسوز در ایالات‌متحده آمریکا است. این استاندارد در سال ۲۰۰۸ تصویب و در سال ۲۰۱۱ اصلاح‌شده و در آیین‌نامه قوانین فدرال (CFR[2]) در آدرس Title 40, Part 60, Subpart JJJJ منتشر شده است[۴]. در جدول(۱۰-۲) حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق مطابق این استاندارد در ایالات‌متحده آمریکا ارائه شده است.

قوانین NESHAP[3] برای موتورهای احتراق داخلی تولید برق قدیمی (موجود) : این استاندارد توسط سازمان حفاظت از محیطزیست امریکا برای کنترل انتشار آلاینده‌های سمی (نظیر فرمالدئید (HCHO)) از موتورهای احتراق داخلی تولید برق موجود که قبلاً قوانینی برای آن‌ها وضع نشده ارائه شده است. این استاندارد در سال ۲۰۰۴ وضع و در سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۴ اصلاح‌شده و در آیین‌نامه قوانین فدرال (CFR) در آدرس Title 40, Part 63, Subpart ZZZZ منتشر شده است. این استاندارد در دو طبقه‌بندی Major sources و Area sources وضع شده است[۵].

Major sources: این طبقه‌بندی مربوط به واحدهایی است که حداقل ۱۰ تن در سال از یک آلاینده و یا حداقل ۲۵ تن در سال مجموعه‌ای از آلاینده‌ها را منتشر نماید.

Area sources : این طبقه‌بندی مربوط به واحدهایی است که Major sources نباشند.

علاوه بر این در این استاندارد مولدها به دو نوع مولدهای جدید و مولدهای قدیمی به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند.

موتورهای قدیمی : موتورهای قدیمی در دسته‌بندی‌های زیر طبقه‌بندی شده‌اند.

- موتورهای قدیمی در طبقه‌بندی Area sources: موتورهایی که ساخت آن‌ها یا بازسازی آن پیش از ۱۲ ژانویه ۲۰۰۶ بوده است
- موتورهای قدیمی در طبقه‌بندی Major sources:
  - موتورهای با ظرفیت کمتر از ۵۰۰ اسب بخار که ساخت آن‌ها یا بازسازی آن پیش از ۱۲ ژانویه ۲۰۰۶ بوده است
  - موتورهای با ظرفیت بیش از ۵۰۰ اسب بخار که ساخت آن‌ها یا بازسازی آن پیش از ۱۹ دسامبر ۲۰۰۲ بوده است

موتورهای جدید : موتورهایی که پس از بازه‌های زمانی فوق ساخته یا بازسازی شده‌اند در این استاندارد موتورهای جدید در نظر گرفته شده‌اند.

در این استاندارد موتورها در انواع دو یا ۴ زمانه (2S/4S[4]) و غنی سوز یا رقیق سوز (LB/RB[5]) طبقه‌بندی شده است.

در **Error! Reference source not found.**) مشخصات استاندارد NESHAP برای حدود مجاز انتشار آلاینده‌های خطرناک از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در ایالات‌متحده آمریکا ارائه شده است.

[1] The New Source Performance Standards: "کارایی منابع جدید موتورهای احتراق داخلی"

[2] Code of Federal Regulations

[3] National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants

[4] Two- Or Four-Stroke (2S/4S)

[5] Lean- Or Rich-Burn (LB/RB)

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۰-۲)- استاندارد NSPS برای حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق جدید در ایالات‌متحده آمریکا [۴]

نوع موتور و سوخت	بیشترین توان مولد		تاریخ ساخت مولد	NOx					CO					VOC**				
	اسب بخار	کیلووات		g/HP-hr	15% O_2 ppm	15% O_2 mg/Nm^3	5% O_2 ppm	5% O_2 mg/Nm^3	g/HP-hr	15% O_2 ppm	15% O_2 mg/Nm^3	5% O_2 ppm	5% O_2 mg/Nm^3	g/HP-hr	15% O_2 ppm	15% O_2 mg/Nm^3	5% O_2 ppm	5% O_2 mg/Nm^3
موتورهای SI ، غیر اضطراری، سوخت گاز طبیعی	۱۰۰-۵۰۰	(۷۵ تا ۳۷۳)	1/1/2011	**1**	**82**	168	219	448	**2**	**270**	338	720	900	**0/7**	**60**	211	160	563
موتورهای SI رقیق سوز، غیر اضطراری، سوخت گاز طبیعی	۵۰۰ تا ۱۳۵۰	(۳۷۳ تا ۱۰۰۷)	7/1/2010	**1**	**82**	168	219	448	**2**	**270**	338	720	900	**0/7**	**60**	211	160	563
موتورهای SI غیر اضطراری، سوخت گاز طبیعی	بیش از ۱۳۵۰	(بیش از۱۰۰۷)	7/1/2010	**1**	**82**	168	219	448	**2**	**270**	338	720	900	**0/7**	**60**	211	160	563
موتورهای با سوخت گاز لندفیل یا بیوگاز	بیش از ۵۰۰	(بیش از ۳۷۳)	7/1/2010	**2**	**150**	308	400	820	**5**	**610**	763	1627	2033	**1**	**80**	282	213	751
موتورهای با سوخت گاز لندفیل یا بیوگاز	کمتر از ۵۰۰	(کمتر از ۳۷۳)	1/1/2011	**2**	**150**	308	400	820	**5**	**610**	763	1627	2033	**1**	**80**	282	213	751
موتورهای رقیق سوز با سوخت گاز لندفیل یا بیوگاز	۵۰۰ تا ۱۳۵۰	(۳۷۳ تا ۱۰۰۷)	7/1/2010	**2**	**220**	451	587	1203	**5**	**610**	763	1627	2033	**1**	**80**	282	213	751
موتورهای اضطراری	۲۵ تا ۱۳۰	(۱۹ تا ۹۷)	1/1/2009	**10***	–	–	–	–	**387**	–	–	–	–	–	–	–	–	–
موتورهای اضطراری	بیش از ۱۳۰	(بیش از ۹۷)	1/1/2009	**2**	**160**	328	427	875	**4**	**540**	675	1440	1800	**1**	**86**	303	229	807

* مجموع NOx + HC

** انتشار فرمالدهید نباید در انتشار VOC در نظر گرفته شود.

مقادیر بولد شده در متن استاندارد NSPS کشور آمریکا ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۱-۲)-استاندارد NESHAP برای حدود مجاز انتشار آلاینده‌های خطرناک از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در ایالات‌متحده آمریکا [۵]

	توان مولد		CO				فرمالدهید(HCHO)				راهکار جایگزین کاهش CO/HCHO
	اسب بخار	کیلووات	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	
			15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		-
موتورهای SI ، سوخت گاز طبیعی، غیر اضطراری ، 2SLB[۱]	۱۰۰ تا ۵۰۰	(۷۵ تا ۳۷۳)	**225**	281	600	750	-				-
	بیش از ۵۰۰	(بیش از ۳۷۳)	فاقد محدودیت								
موتورهای SI ، سوخت گاز طبیعی، غیر اضطراری ، 4SLB[۲]	۱۰۰ تا ۵۰۰	(۷۵ تا ۳۷۳)	**47**	59	125	157	-				-
	بیش از ۵۰۰	(بیش از ۳۷۳)	فاقد محدودیت								
موتورهای SI ، سوخت گاز طبیعی، غیر اضطراری ، 4SLB	۱۰۰ تا ۵۰۰	(۷۵ تا ۳۷۳)	-				**10/3**	13/8	27	37	-
	بیش از ۵۰۰	(بیش از ۳۷۳)	میزان انتشار فرمالدهید : ppb ۳۵۰ در اکسیژن اضافه ۱۵٪								کاهش ۷۶٪ انتشار فرمالدهید
موتورهای SI ، سوخت گاز لندفیل یا هاضم، غیر اضطراری	۱۰۰ تا ۵۰۰	(۷۵ تا ۳۷۳)	**177**	221	472	590	-				-
	بیش از ۵۰۰	(بیش از ۳۷۳)	فاقد محدودیت								
موتورهای قدیمی و موجود، Area Sources											
موتورهای SI ، سوخت گاز طبیعی، غیر اضطراری ، 4SLB	بیش از ۵۰۰	(بیش از ۳۷۳)	نصب مبدل کاتالیستی اکسیداسیون (catalyst oxidation) و کاهش ۹۳٪ انتشار CO یا رساندن میزان انتشار CO به ppm ۴۷ در غلظت اکسیژن اضافه ۱۵٪ گردد								
موتورهای SI ، سوخت گاز طبیعی، غیر اضطراری ، 4SLB	بیش از ۵۰۰	(بیش از ۳۷۳)	نصب مبدل کاتالیستی NSCR ، نصب این مبدل کاتالیستی می‌بایستی موجب کاهش ۷۵٪ انتشار CO و یا کاهش ۳۰٪ انتشار THC و یا رساندن میزان انتشار CO به ppm ۲۷۰ در غلظت اکسیژن اضافه ۱۵٪ گردد								
موتورهای جدید یا بازسازی‌شده، Major Sources											
	توان مولد		CO				فرمالدهید(HCHO)				راهکار جایگزین کاهش CO/HCHO
	اسب بخار	کیلووات	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	
			15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		-
موتورهای SI ، سوخت گاز طبیعی، غیر اضطراری ، 2SLB	کمتر از ۵۰۰	(کمتر از ۳۷۳)	طبق مقررات NSPS								
	بیش از ۵۰۰	(بیش از ۳۷۳)	-				**12/0**	16/1	32	43	کاهش ۵۸٪ انتشار CO
موتورهای SI ، سوخت گاز طبیعی، غیر اضطراری ، 4SLB	کمتر از ۲۵۰	(کمتر از ۱۸۶)	طبق مقررات NSPS								
	بیش از ۲۵۰	(بیش از ۱۸۶)	-				**14/0**	18/8	37	50	کاهش ۹۳٪ انتشار CO
موتورهای SI ، سوخت گاز طبیعی، غیر اضطراری ، 4SRB[۳]	کمتر از ۵۰۰	(کمتر از ۳۷۳)	طبق مقررات NSPS								
	بیش از ۵۰۰	(بیش از ۳۷۳)	میزان انتشار فرمالدهید : ppb ۳۵۰ در اکسیژن اضافه ۱۵٪								کاهش ۷۶٪ انتشار فرمالدهید

[۲] 2SLB: ۲ زمانه رقیق سوز

[۳] 4SLB: ۴ زمانه رقیق سوز

[۳] 4SRB: ۴ زمانه غنی سوز

مقادیر بولد شده در متن استاندارد NESHAP کشور امریکا ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند.

۲ -۳- ۴-آمریکای شمالی : کانادا

در سال ۲۰۱۶ ، سازمان محیطزیست کانادا آخرین مقررات عمومی مربوط به آلودگی هوا (MSAPR [1]) را منتشر کرده است که الزامات مربوط به انتشارهای آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI تولید برق نیز در این مقررات ارائه شده است [۶]. این مقررات موتورهای رفت و برگشتی گازسوز را به دودسته موتورهای نو و جدید و موتورهای قدیمی و موجود به شرح زیر تقسیم‌بندی نموده است.

موتورهای نو و جدید: تاریخ نصب موتور ۱۵ سپتامبر ۲۰۱۶ یا بعد ازآن

موتورهای قدیمی: تاریخ نصب موتور قبل از ۱۵ سپتامبر۲۰۱۶

در جدول(۱۲-۲) الزامات استاندارد MSAPR مربوط به انتشارهای آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI تولید برق در کانادا ارائه شده است.

جدول(۱۲-۲)-الزامات استاندارد MSAPR مربوط به انتشارهای آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI تولید برق در کانادا [۶]

	توان مولد		NO_x					
	کیلووات	اسب بخار	g/kWh	g/HP-hr	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3
					15% O_2		5% O_2	
موتورهای جدید با کارکرد معمولی	بیش از ۷۵	بیش از ۱۰۰	2/7	2/0	**160**	328	427	875
موتورهای جدید با کارکرد کم*	بیش از ۱۰۰	بیش از ۱۳۴	–	–	**160**	328	427	875
موتورهای موجود و قدیمی با کارکرد معمولی	بیش از ۲۵۰	بیش از ۳۳۵	4	2/9	**210**	431	560	1148
موتورهای موجود و قدیمی با کارکرد کم	بیش از ۲۵۰	بیش از ۳۳۵	-					

*موتورهای کم کارکرد شامل موتورهایی هستند که کمتر از ۵ درصد مواقع بر اساس میانگین سه سال به کار گرفته شوند
مقادیر بولد شده در متن استاندارد MSAPR کشور کانادا ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند.

۲ -۳- ۵- اروپا : اتحادیه اروپا

در اتحادیه اروپا دو دستورالعمل زیر برای کنترل انتشار آلاینده‌ها از نیروگاه‌های حرارتی تصویب شده است که شامل موتورهای احتراق داخلی ساکن نیز می‌شود:

- بخشنامه انتشار آلاینده از مراکز صنعتی (IED[2]) که در نوامبر ۲۰۱۰ مصوب شده و برای موتورهای احتراق داخلی با توان بیش از MW ۵۰ حرارت ورودی نیز اعمال می‌شود[۷]. در
- جدول(۱۳-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در این بخشنامه ارائه شده است.
- بخشنامه واحدهای احتراقی متوسط (دستورالعمل MCP[3]) که در نوامبر ۲۰۱۵ تصویب‌شده و برای نیروگاه‌های با توان $1 \leq P < 50$ MW اعمال می‌شود[۸]. در
- جدول(۱۳-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در این بخشنامه ارائه شده است.

[1] Multi-Sector Air Pollutant Regulations
[2] Industrial Emissions Directive
[3] Medium Combustion Plant Directive

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در بخشنامه‌های انتشار آلاینده از مراکز صنعتی (IED) و انتشار آلاینده در واحدهای احتراقی متوسط (MCP) در اروپا [۷]، [۸]

	سوخت	توان مولد	NO_x				CO				SO_2			
		مگاوات (حرارت ورودی)	15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2	
			mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm
بخشنامه انتشار آلاینده از مراکز صنعتی (IED)														
موتورهای گازسوز (پیش از ۷ ژانویه ۲۰۱۳)	-	بیش از ۵۰ مگاوات	**100**	49	267	130	**100**	80	267	213	فاقد محدودیت			
موتورهای گازسوز (پس از ۷ ژانویه ۲۰۱۳)	-	بیش از ۵۰ مگاوات	**75**	37	200	98	**100**	80	267	213	فاقد محدودیت			
بخشنامه واحدهای احتراقی متوسط (دستورالعمل MCP)														
موتورهای SI ، جدید و نو	گاز طبیعی	کمتر از ۵۰ مگاوات	**95**	46	253	124	فاقد محدودیت				فاقد محدودیت			
موتورهای CI در حالت دوگانه‌سوز، نو	گاز طبیعی	کمتر از ۵۰ مگاوات	**190**	93	507	247								
موتورهای SI ، قدیمی و موجود	گاز طبیعی	کمتر از ۵۰ مگاوات	**190**	93	507	247								
موتورهای CI در حالت دوگانه‌سوز، قدیمی	گاز طبیعی	کمتر از ۵۰ مگاوات	**380**	185	1013	494								
موتورهای SI ، جدید و نو	سایر سوخت‌های گازی	کمتر از ۵۰ مگاوات	**190**	93	507	247					**15**	5/2	40	14
موتورهای SI ، قدیمی و موجود	سایر سوخت‌های گازی	کمتر از ۵۰ مگاوات	**190**	93	507	247					**15**	5/2	40	14
موتورهای CI در حالت دوگانه‌سوز، قدیمی	سایر سوخت‌های گازی	کمتر از ۵۰ مگاوات	**380**	185	1013	494					**15**	5/2	40	1145
موتورهای بیوگازسوز، جدید و نو	بیوگاز	کمتر از ۵۰ مگاوات	**190**	93	507	247					**60**	21	160	56
موتورهای بیوگازسوز، قدیمی و موجود	بیوگاز	کمتر از ۵۰ مگاوات	**190**	93	507	247					**40**	14	107	37

مقادیر بولد شده در متن استانداردهای اتحادیه اروپا ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند

۲ -۳- ۶-اروپا : آلمان

میزان انتشار از موتورهای احتراق داخلی ساکن در آلمان توسط آیین‌نامه TA Luft[1] کنترل می‌شود. این استاندارد در سال ۱۹۸۶ تصویب و در سال‌های ۲۰۰۲ (تحت عنوان TA Luft 2002) و ۲۰۱۸ (تحت عنوان 4th BImSchV[2]) اصلاح شده است . استاندارد TA Luft 2002 برای واحدهای موجود تا سال ۲۰۲۴ اعمال خواهد شد درحالی‌که استاندارد 44th BImSchV برای واحدهای جدید پس از سال ۲۰۱۸ و واحدهای موجود پس از سال ۲۰۲۵ (یا تاریخ‌های اختصاصی ارائه شده در استاندارد) اعمال می‌شود. در جدول(۱۴-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در این دو استاندارد ارائه شده است.

۲ -۳- ۷-اروپا : بلژیک

در کشور بلژیک محدودیت میزان انتشار از موتورهای ساکن گازسوز در مقررات VLAREM II وضع شده است[۹]. محدودیت‌های ارائه شده در این استاندارد بر اساس میزان کارکرد سالانه، توان موتور موتورهای احتراق داخلی طبقه‌بندی شده است. در جدول(۱۵-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در این استاندارد ارائه شده است.

۲ -۳- ۸-اروپا : فنلاند

راهنمای کنترل انتشار آلاینده‌ها در کشور فنلاند در سال ۲۰۰۳ توسط سازمان حفاظت از محیطزیست این کشور منتشر شده است[۹]. این راهنما برای واحدهای احتراقی کوچک‌مقیاس با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی وضع شده است. شایان‌ذکر است که مقررات MCP اتحادیه اروپا در فنلاند پس از سال ۲۰۱۸ الزام اجرایی دارد. در جدول(۱۶-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در این استاندارد ارائه شده است.

۲ -۳- ۹-اروپا : فرانسه

در فرانسه محدودیت انتشار برای موتورهای ساکن (گازی و دیزلی) در مقررات Arrêté 2910 (2018) وضع شده است[۱۰]. فرانسه به‌عنوان عضوی از اتحادیه اروپا ملزم به رعایت مقررات محدودیت انتشار MCP نیز است. در جدول(۱۷-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در این استاندارد ارائه شده است.

۲ -۳- ۱۰-اروپا : هلند

محدودیت انتشار موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در کشور هلند در مقررات BEMS و در سال ۲۰۱۰ وضع شده است[۹, ۱۱]. این مقررات برای مولدهای با توان تولید ۱ تا ۵۰ مگاوات حرارت ورودی با بیش از ۵۰۰ ساعت کارکرد در سال اعمال می‌شود. در جدول(۱۸-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در این استاندارد ارائه شده است.

۲ -۳- ۱۱-اروپا : اتریش

محدودیت انتشار موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در کشور اتریش در قانون فدرال این کشور وضع و آخرین اصلاحات آن مربوط به سال ۲۰۱۹ است[۱۲]. مشخصات آلاینده‌های محدودشده برای مولدهای گازسوز ساکن در کشور اتریش در جدول(۱۹-۲) ارائه شده است.

۲ -۳- ۱۲-اروپا : روسیه

محدودیت انتشار موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در کشور روسیه در استاندارد GOST 31967-2012 وضع شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۲۰-۲) ارائه شده است [۹].

[1] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft

[2] 44. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen)—44th BImSchV

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۴-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در استانداردهای TA Luft 2002 و 44th BImSchV 2018 کشور آلمان

	سوخت	توان مولد	NO_x				CO				SO_2		فرمالدهید(HCHO)		NH_3*		TC
			mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³
		مگاوات	5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		5% O_2		5% O_2		5% O_2
استاندارد TA Luft، ۲۰۰۲																	
موتورهای SI	گاز طبیعی	–	**500**	244	188	91	**300**	240	113	90	**9**	3	**60**	45	–	–	–
موتورهای SI	بیوگاز	کمتر از ۳	**500**	244	188	91	**1000**	800	375	300	**310**	108	**60**	45	–	–	–
		بیش از ۳	**500**	244	188	91	**650**	520	244	195	**310**	108	**60**	45	–	–	–
موتورهای دوگانه‌سوز	بیوگاز	کمتر از ۳	**1000**	488	375	183	**2000**	1600	750	600	**310**	108	**40**	30	–	–	–
		بیش از ۳	**500**	244	188	91	**650**	520	244	195	**310**	108	**40**	30	–	–	–
استاندارد th BImSCHv۴۴ ، موتورهای جدید ، ۲۰۱۸																	
موتورهای SI و رقیق سوز (نصب‌شده پس از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	–	**250**	122	94	46	250	200	94	75	**9**	3	**30**	22	**30**	39	–
موتورهای SI و رقیق سوز (نصب‌شده پس از ۲۰۲۵)		–	**100**	49	38	18							**۲۰****	۱۵**			**1300**
موتورهای SI جدید (نصب‌شده پس از ۲۰۱۸)	بیوگاز	–	**500**	244	188	91	500	400	188	150	**89**	31	**30**	22	**30**	39	–
موتورهای SI جدید(نصب‌شده پس از ۲۰۲۳)		–	**100**	49	38	18							**۲۰****	۱۵**			**1300**
موتورهای دوگانه‌سوز جدید(نصب‌شده پس از ۲۰۱۸)	بیوگاز	–	**500**	244	188	91	500	400	188	150	**89**	31	**30**	22	**30**	39	–
موتورهای دوگانه‌سوز جدید(نصب‌شده پس از ۲۰۲۳)		–	**100**	49	38	18							**۲۰****	۱۵**			**1300**
استاندارد th BImSCHv۴۴ ، ۲۰۱۸ موتورهای قدیمی و موجود																	
موتورهای SI و رقیق سوز (پس از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	–	**500**	244	188	91	**250**	200	94	75	**9**	3	**30**	22	**30**	39	–
موتورهای SI و رقیق سوز (پس از ۲۰۲۹)	گاز طبیعی	–	**100**	49	38	18											**1300**
موتورهای SI موجود (پس از ۲۰۱۸)	بیوگاز	–	**500**	244	188	91	**500**	400	188	150	**89**	31	**30**	22	**30**	39	–
موتورهای SI موجود (پس از ۲۰۲۹)		–	**100**	49	38	18											**1300**
موتورهای دوگانه‌سوز موجود (پس از ۲۰۱۸)	بیوگاز	–	**500**	244	188	91	**500**	400	188	150	**89**	31	**30**	22	**30**	39	–
موتورهای دوگانه‌سوز موجود (پس از ۲۰۲۹)		–	**100**	49	38	18											**1300**

* برای موتورهای دارای مبدل‌های کاتالیستی SCR یا SNCR

** موتورهای SI و دوگانه‌سوز جدید نصب‌شده پس از ۲۰۲۰

مقادیر بولد شده در متن استانداردهای TA Luft و BImSchV کشور آلمان ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در استاندارد VLAREM II کشور بلژیک [۹]

	سوخت	توان (حرارت ورودی)	NOx				CO				VOC			
			mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm
		مگاوات	5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2	
موتورهای گازسوز SI با توان کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی و ساعت کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال														
موتورهای گازسوز SI (نصب‌شده پس از ۲۰۱۴)	گاز طبیعی	بین ۰.۳ تا ۱	507	247	**190**	93	667	533	**250**	200	160	45	**60**	17
	گاز طبیعی	بین ۱ تا ۵	253	124	**95**	46	667	533	**250**	200	160	45	**60**	17
	گاز طبیعی	بین ۵ تا ۵۰	253	124	**95**	46	667	533	**250**	200	160	45	**60**	17
موتورهای دوگانه‌سوز CI (نصب‌شده پس از ۲۰۱۴)	گاز طبیعی	بین ۰.۳ تا ۱	1013	494	**380**	185	667	533	**250**	200	160	45	**60**	17
	گاز طبیعی	بین ۱ تا ۵	507	247	**190**	93	667	533	**250**	200	160	45	**60**	17
	گاز طبیعی	بین ۵ تا ۵۰	507	247	**190**	93	667	533	**250**	200	160	45	**60**	17
موتورهای گازسوز SI (نصب‌شده پس از ۲۰۱۴)	بیوگاز	بین ۰.۳ تا ۱	507	247	**190**	93	1333	1067	**500**	400	160	45	**60**	17
	بیوگاز	بین ۱ تا ۵	507	247	**190**	93	1333	1067	**500**	400	160	45	**60**	17
	بیوگاز	بین ۵ تا ۵۰	253	124	**95**	46	1333	1067	**500**	400	160	45	**60**	17
موتورهای دوگانه‌سوز CI (نصب‌شده پس از ۲۰۱۴)	بیوگاز	بین ۰.۳ تا ۱	1013	494	**380**	185	1333	1067	**500**	400	160	45	**60**	17
	بیوگاز	بین ۱ تا ۵	1013	494	**380**	185	1333	1067	**500**	400	160	45	**60**	17
	بیوگاز	بین ۵ تا ۵۰	507	247	**190**	93	1333	1067	**500**	400	160	45	**60**	17
موتورهای گازسوز SI با توان کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی و ساعت کارکرد کمتر از ۵۰۰ ساعت در سال														
موتورهای گازسوز SI (نصب‌شده قبل از ۲۰۰۰)	گاز طبیعی	۰.۳ تا ۵۰	500 * η / 30				1333	1067	**500**	400	-			
موتورهای گازسوز SI (نصب‌شده پس از ۲۰۰۰)	گاز طبیعی	۰.۳ تا ۵۰	190 * η / 30				667	533	**250**	200	-			
موتورهای دوگانه‌سوز CI (نصب‌شده پس از ۲۰۰۰)	گاز طبیعی	۰.۳ تا ۵۰	380 * η / 30				667	533	**250**	200	-			
موتورهای گازسوز SI (نصب‌شده قبل از ۲۰۰۰)	بیوگاز	۰.۳ تا ۵۰	190 * η / 30				1333	1067	**500**	400	-			
موتورهای دوگانه‌سوز CI (نصب‌شده پس از ۲۰۰۰)	بیوگاز	۰.۳ تا ۵۰	380 * η / 30				1333	1067	**500**	400	-			

η: راندمان موتور

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد VLAREM II کشور بلژیک ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

جدول(۱۶-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در راهنمای کنترل آلاینده‌های کشور فنلاند [۹]

	توان مولد (حرارت ورودی)	NOx				
		mg/MJ	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³
	مگاوات		15% O_2		5% O_2	
موتورهای گازسوز SI	کمتر از ۵۰	**160**	85	**175**	228	467
موتورهای دوگانه‌سوز CI، با سوخت گاز	کمتر از ۵۰	**160**	90	**185**	241	493

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد کشور فنلاند ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۷-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در استاندارد Arrêté 2910 کشور فرانسه [۱۰]

	سوخت	توان مولد (حرارت ورودی) مگاوات	NO_x				CO				SO_2			
			mg/Nm^3 15% O_2	ppm	mg/Nm^3 5% O_2	ppm	mg/Nm^3 15% O_2	ppm	mg/Nm^3 5% O_2	ppm	mg/Nm^3 15% O_2	ppm	mg/Nm^3 5% O_2	ppm
گروه اول	موتورهای موجود با توان بیش از ۵ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال در بازه ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۴ موتورهای موجود با توان ۲ تا ۵ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال در بازه ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۴ موتورهای موجود با توان بیش از ۲ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد کمتر از ۵۰۰ ساعت در سال پس از ۲۰۱۸ موتورهای موجود با توان ۱ تا ۲ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد کمتر از ۵۰۰ ساعت در سال پس از ۲۰۳۰													
موتورهای گازسوز SI	گاز طبیعی و بیومتان	کمتر از ۲۰	**100**	49	267	130	-				-			
	گاز طبیعی و بیومتان	بیشتر از ۲۰	**100**	49	267	130	-				-			
موتورهای گازسوز SI نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴	گاز طبیعی و بیومتان	کمتر از ۲۰	**130**	63	347	169	-				-			
	گاز طبیعی و بیومتان	بیشتر از ۲۰	**130**	63	347	169	-				-			
موتورهای دوگانه‌سوز	گاز طبیعی و بیومتان	کمتر از ۲۰	**190**	93	507	247	-				-			
	گاز طبیعی و بیومتان	بیشتر از ۲۰	**190**	93	507	247	-				-			
موتورهای گازسوز SI	بیوگاز	کمتر از ۲۰	**190**	93	507	247	-				**60**	21	56	160
	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	**100**	49	267	130	-				**60**	21	56	160
موتورهای گازسوز SI نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	**130**	63	347	169	-				**60**	21	56	160
موتورهای دوگانه‌سوز	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	**190**	93	507	247	-				**60**	21	56	160
موتورهای گازسوز SI	سایر سوخت‌های گازی	کمتر از ۲۰	**190**	93	507	247	-				**15**	5	14	40
	سایر سوخت‌های گازی	بیشتر از ۲۰	**100**	49	267	130	-				**15**	5	14	40
موتورهای گازسوز SI نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴	سایر سوخت‌های گازی	بیشتر از ۲۰	**130**	63	347	169	-				**15**	5	14	40
موتورهای دوگانه‌سوز	سایر سوخت‌های گازی	بیشتر از ۲۰	**190**	93	507	247	-				**15**	5	14	40
گروه دوم	موتورهای جدید نصب‌شده پس از ۸ اوت ۲۰۱۸ (زمان تصویب این قانون) موتورهای موجود با توان بیش از ۵ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال، نصب‌شده پس از ۲۰۱۴ و تعمیر شده پیش از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸ ، پس از ۲۰۲۵ موتورهای موجود با توان ۲ تا ۵ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال، نصب‌شده پس از ۲۰۱۴ و تعمیر شده پیش از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸ ، پس از ۲۰۳۰													
موتورهای گازسوز SI	گاز طبیعی و بیومتان	کمتر از ۲۰	**95**	46	253	124	**100**	80	267	213	-			
	گاز طبیعی و بیومتان	بیشتر از ۲۰	**95**	46	253	124	**100**	80	267	213	-			
موتورهای دوگانه‌سوز	گاز طبیعی و بیومتان	بیشتر از ۲۰	**190**	93	507	247	**100**	80	267	213	-			
موتورهای گازسوز SI	بیوگاز	کمتر از ۲۰	**190**	93	507	247	**450**	360	1200	960	**40**	14	37	107
	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	**100**	49	267	130	**450**	360	1200	960	**40**	14	37	107
موتورهای دوگانه‌سوز	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	**190**	93	507	247	**450**	360	1200	960	**40**	14	37	107
موتورهای گازسوز SI	سایر سوخت‌های گازی	کمتر از ۲۰	**190**	93	507	247	**250**	200	667	533	**15**	5	14	40

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۷-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در استاندارد Arrêté 2910 کشور فرانسه [۱۰]

	سوخت	توان مولد (حرارت ورودی)	NO_x				CO				SO_2			
			mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm
		مگاوات	5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2	
	سایر سوخت‌های گازی	بیشتر از ۲۰	267	130	**100**	49	667	533	**250**	200	40	14	**15**	5
موتورهای دوگانه‌سوز	سایر سوخت‌های گازی	بیشتر از ۲۰	507	247	**190**	93	667	533	**250**	200	40	14	**15**	5
گروه سوم	موتورهای موجود با توان بیش از ۵ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال، نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴، اجرا پس از ۲۰۲۵ موتورهای موجود با توان ۲ تا ۵ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال، نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴ و، اجرا پس از ۲۰۳۰ موتورهای موجود با توان ۱ تا ۲ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال، پس از ۲۰۳۰													
موتورهای گازسوز SI	گاز طبیعی و بیومتان	کمتر از ۲۰	347	169	**130**	63	267	213	**100**	80	-			
	گاز طبیعی و بیومتان	بیشتر از ۲۰	347	169	**130**	63	267	213	**100**	80				
موتورهای دوگانه‌سوز	گاز طبیعی و بیومتان	کمتر از ۲۰	507	247	**190**	93	267	213	**100**	80	-			
	گاز طبیعی و بیومتان	بیشتر از ۲۰	507	247	**190**	93	267	213	**100**	80				
موتورهای گازسوز SI	بیوگاز	کمتر از ۲۰	507	247	**190**	93	1200	960	**450**	360	160	56	**60**	21
	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	347	169	**130**	63	1200	960	**450**	360	160	56	**60**	21
موتورهای دوگانه‌سوز	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	507	247	**190**	93	1200	960	**450**	360	160	56	**60**	21
موتورهای گازسوز SI	سایر سوخت‌های گازی	کمتر از ۲۰	507	247	**190**	93	667	533	**250**	200	40	14	**15**	5
	سایر سوخت‌های گازی	بیشتر از ۲۰	347	169	**130**	63	667	533	**250**	200	40	14	**15**	5
موتورهای دوگانه‌سوز	سایر سوخت‌های گازی	بیشتر از ۲۰	507	247	**190**	93	667	533	**250**	200	40	14	**15**	5

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد Arrêté 2910 کشور فرانسه ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

جدول(۱۸-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در استاندارد BEMS کشور هلند [۹, ۱۱]

	سوخت	توان مولد (حرارت ورودی)	NOx						SO2						$(C_xH_y$ as C) TC		
			mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³
		مگاوات	3% O_2		15% O_2		5% O_2		3% O_2		15% O_2		5% O_2		3% O_2	15% O_2	5% O_2
موتورهای گازسوز	گاز طبیعی	بیشتر از ۲/۵	**100**	49	33	16	89	43	**200**	70	67	23	178	62	**1500**	500	1333
	گاز طبیعی	کمتر از ۲/۵	**340**	166	113	55	302	147	**200**	70	67	23	178	62	**1500**	500	1333
	بیوگاز	-	**340**	166	113	55	302	147	**200**	70	67	23	178	62	**1500**	500	1333

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد BEMS کشور هلند ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱۹-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در قانون فدرال کشور اتریش [۱۲]

	سوخت	توان مولد (حرارت ورودی)	NO_x				CO				SO_2			
			ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3
		مگاوات	15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2	
موتورهای گازسوز جدید (نصب‌شده پس از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۱ تا ۵۰	46	**95**	124	253	80	**100**	213	267	–			
	سایر گازها به‌جز بیوگاز	۱ تا ۵۰	93	**190**	247	507	120	**150**	320	400	5	**15**	14	40
	بیوگاز	۱ تا ۵۰	93	**190**	247	507	120	**150**	320	400	14	**40**	37	107
موتورهای گازسوز موجود (نصب‌شده پیش از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۱ تا ۵۰	93	**190**	247	507	80	**100**	213	267	–			
	سایر گازها به‌جز بیوگاز	۱ تا ۵۰	93	**190**	247	507	120	**150**	320	400	5	**15**	14	40
	بیوگاز	۱ تا ۵۰	93	**190**	247	507	120	**150**	320	400	21	**60**	56	160

(مقادیر بولد شده در متن قانون فدرال کشور اتریش ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه‌شده‌اند)

جدول(۲۰-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در استاندارد GOST 31967-2012 کشور روسیه [۹]

	NO_x	CO	HC
	g/kWh	g/kWh	g/kWh
موتورهای گازسوز SI (شروع به کار قبل از ۲۰۰۰)	**16**	**6**	**2**
موتورهای گازسوز SI (شروع به کار پس از ۲۰۰۰)	**10**	**4**	**1**
موتورهای گازسوز SI (شروع به کار پس از ۲۰۲۱)	**6**	**4**	**0/4**

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد GOST 31967-2012 کشور روسیه ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه‌شده‌اند)

۲ -۳- ۱۳-اروپا : جمهوری چک

محدودیت انتشار موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در جمهوری چک در مقررات اقدام act 415/2012 Sb وضع شده است. این مقررات برای مولدهای موجود که پیش از ۲۰۱۸ نصب‌شده‌اند و مولدهای جدید که پس‌ازآن نصب می‌شود اعمال شده است [۹]. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۲۱-۲) ارائه شده است [۹]، [۱۳].

۲ -۳- ۱۴-اروپا : سوئیس

محدودیت انتشار موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در کشور سوئیس در بخشنامه هوای پاک این کشور (Luftreinhalte-verordnung) وضع شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۲۲-۲) ارائه شده است[۹]،[۱۴].

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۲۱-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در مقررات act 415/2012 Sb کشور چک [۹]، [۱۳]

سوخت	توان (حرارت ورودی)	NO_x				CO				PM	
		ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³
	مگاوات	15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2	5% O_2
موتورهای احتراق داخلیSI (نصب‌شده پس از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۹۱	۱۸۸	۲۴۴	**500**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	-	
موتورهای احتراق داخلیSI (نصب‌شده پس از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۹۱	۱۸۸	۲۴۴	**500**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	-	
موتورهای احتراق داخلیSI (نصب‌شده پس از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۹۱	۱۸۸	۲۴۴	**500**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	-	
موتورهای احتراق داخلی SI (نصب‌شده قبل از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۹۱	۱۸۸	۲۴۴	**500**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	-	
موتورهای احتراق داخلی SI (نصب‌شده قبل از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۹۱	۱۸۸	۲۴۴	**500**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	-	
موتورهای احتراق داخلی SI (نصب‌شده قبل از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۹۱	۱۸۸	۲۴۴	**500**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	-	
موتورهای احتراق داخلی SI (نصب‌شده قبل از ۲۰۱۸)	سایر گازها	۱۸۳	۳۷۵	۴۸۸	**1000**	۳۹۰	۴۸۸	۱۰۴۰	**1300**	-	
موتورهای احتراق داخلی SI (نصب‌شده قبل از ۲۰۱۸)	سایر گازها	۹۱	۱۸۸	۲۴۴	**500**	۱۹۵	۲۴۴	۱۰۴۰	**1300**	۴۹	**130**
موتورهای احتراق داخلی SI (نصب‌شده قبل از ۲۰۱۸)	سایر گازها	۹۱	۱۸۸	۲۴۴	**500**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	۴۹	**130**
موتورهای دوگانه‌سوز CI (نصب‌شده قبل از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۷۳۲	۱۵۰۰	۱۹۵۱	**4000**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	-	
موتورهای دوگانه‌سوز CI (نصب‌شده قبل از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۹۱	۱۸۸	۲۴۴	**500**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	-	
موتورهای دوگانه‌سوز CI (نصب‌شده قبل از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۹۱	۱۸۸	۲۴۴	**500**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	-	
موتورهای دوگانه‌سوز CI (نصب‌شده قبل از ۲۰۱۸)	سایر گازها	۷۳۲	۱۵۰۰	۱۹۵۱	**4000**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	-	
موتورهای دوگانه‌سوز CI (نصب‌شده قبل از ۲۰۱۸)	سایر گازها	۹۱	۱۸۸	۲۴۴	**500**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	۴۹	**130**
موتورهای دوگانه‌سوز CI (نصب‌شده قبل از ۲۰۱۸)	سایر گازها	۹۱	۱۸۸	۲۴۴	**500**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	۴۹	**130**

(مقادیر بولد شده در متن مقررات اقدام act 415/2012 Sb جمهوری چک ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه‌شده‌اند)

جدول(۲۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در بخشنامه هوای پاک کشور سوئیس [۹]،[۱۴]

	سوخت	توان (حرارت ورودی)	NO_x				CO				PM	
			ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³
		کیلووات	15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2	5% O_2
موتورهای احتراق داخلی	گاز طبیعی، بیوگاز، گاز لندفیل، گاز زغال‌سنگ ...	تا ۱۰۰	۴۶	۹۴	۱۲۲	**250**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	۴	**10**
	گاز طبیعی، بیوگاز، گاز لندفیل، گاز زغال‌سنگ ...	۱۰۰ تا ۱۰۰۰	۲۷	۵۶	۷۳	**150**	۹۰	۱۱۳	۲۴۰	**300**	۴	**10**
	گاز طبیعی، بیوگاز، گاز لندفیل، گاز زغال‌سنگ ...	بیش از ۱۰۰۰	۱۸	۳۸	۴۹	**100**	۹۰	۱۱۳	۲۴۰	**300**	۴	**10**
موتورهای احتراق داخلی	سایر گازهای سنتزی مشابه گاز طبیعی	تا ۱۰۰	۷۳	۱۵۰	۱۹۵	**400**	۳۹۰	۴۸۸	۱۰۴۰	**1300**	۴	**10**
	سایر گازهای سنتزی مشابه گاز طبیعی	۱۰۰ تا ۱۰۰۰	۴۶	۹۴	۱۲۲	**250**	۱۹۵	۲۴۴	۵۲۰	**650**	۴	**10**
	سایر گازهای سنتزی مشابه گاز طبیعی	بیش از ۱۰۰۰	۱۸	۳۸	۴۹	**100**	۹۰	۱۱۳	۲۴۰	**300**	۴	**10**

(مقادیر بولد شده در متن بخشنامه هوای پاک کشور سوئیس ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۲ -۳- ۱۵-آسیا : ژاپن

محدودیت‌های وضع شده برای میزان مجاز انتشار آلاینده از مولدهای تولید برق گازسوز در کشور ژاپن توسط سازمان محیطزیست این کشور وضع می‌شود. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۲۱-۲) ارائه شده است [۹]، [۱۵].

جدول(۲۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق کشور ژاپن [۹]

	سوخت	مصرف سوخت	NO_x						PM		
			ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	$0\%\ O_2$	$15\%\ O_2$	$5\%\ O_2$
		L/hr	$0\%\ O_2$		$15\%\ O_2$		$5\%\ O_2$		mg/Nm^3		
موتورهای احتراق داخلی	گاز	بیش از ۳۵	**600**	1230	171	351	457	937	**50**	14	38

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد کشور ژاپن ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

۲ -۳- ۱۶-آسیا : هند

در کشور هند آژانس مرکزی حفاظت از محیطزیست ، که توسط وزارت محیطزیست و جنگل اداره می‌شود، مسئول تنظیم حد انتشار آلاینده‌ها است (آخرین محدودیت وضع شده مربوط به سال ۲۰۱۶ است). مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۲۴-۲) ارائه شده است [۱۶].

جدول(۲۴-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق کشور هند[۱۶]

	سوخت	توان مولد	NOX+NMHC*	CO				PM
		کیلووات	g/kWh	g/kWh	$15\%\ O_2$		$5\%\ O_2$	g/kWh
					ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	
موتورهای احتراق داخلی SI	گاز طبیعی	تا ۱۹	**7.5**	**3.5**	873	1091	2328	2911	–
موتورهای احتراق داخلی SI	گاز طبیعی	۱۹ تا ۷۵	**4.7**	**3.5**	873	1091	2328	2911	–
موتورهای احتراق داخلی SI	گاز طبیعی	۷۵ تا ۸۰۰	**4**	**3.5**	883	1104	2355	2944	–
موتورهای احتراق داخلی دوگانه سوز	گاز طبیعی	تا ۱۹	**7.5**	**3.5**	883	1104	2355	2944	**0.7**
موتورهای احتراق داخلی دوگانه سوز	گاز طبیعی	۱۹ تا ۷۵	**4.7**	**3.5**	883	1104	2355	2944	**0.7**
موتورهای احتراق داخلی دوگانه سوز	گاز طبیعی	۷۵ تا ۸۰۰	**4**	**3.5**	883	1104	2355	2944	**0.7**

* NOX+NMHC : مجموع NO_x و سایر هیدروکربن‌ها به جز متان (NMHC: Non Methane Hydrocarbons)

۲ -۳- ۱۷-اروپا : دانمارک

محدودیت انتشار موتورهای احتراق داخلی گازسوز در کشور دانمارک توسط سازمان حفاظت از محیطزیست این کشور در سال ۱۹۹۸ وضع و در سال ۲۰۰۳ اصلاحاتی به آن اضافه شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۲۵-۲) ارائه شده است[۱۷].

۲ -۳- ۱۸-آسیا : ایران

هیئت وزیران در جلسه ۱۳۹۷/۶/۲۱ به پیشنهاد سازمان حفاظت از محیطزیست و به استناد تبصره ۳ ماده ۱۲ قانون هوای پاک مصوب ۱۳۹۶ حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا در صنایع نیروگاه‌ها (به‌صورت عمومی و صرفاً بر اساس نوع سوخت مصرفی) مطابق جدول(۲۶-۲) تعیین کرده است. این حدود مجاز برای موتورهای احتراقی گازسوز نیز اعمال می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۲۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق کشور دانمارک[۱۶]

	سوخت	توان مولد (حرارت ورودی)	NO_x						CO						فرمالدهید(HCHO)	
			mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm
		کیلووات	10% O_2		15% O_2		5% O_2		10% O_2		15% O_2		5% O_2		5% O_2	
موتورهای احتراق داخلی جدید	گاز طبیعی	بیشتر از ۱۲۰ و کمتر از ۵۰۰۰	**65**	32	35	17	95	46	**75**	60	41	33	109	87	**10**	7
موتورهای احتراق داخلی موجود	گاز طبیعی	بیشتر از ۱۲۰ و کمتر از ۵۰۰۰	**125**	61	68	33	182	89	**75**	60	41	33	109	87	**10**	7
موتورهای احتراق داخلی جدید	گاز طبیعی	بیشتر از ۵۰۰۰ و کمتر از ۵۰۰۰۰	**65**	32	35	17	95	46	**75**	60	41	33	109	87	**10**	7
موتورهای احتراق داخلی موجود	گاز طبیعی	بیشتر از ۵۰۰۰ و کمتر از ۵۰۰۰۰	**65**	32	35	17	95	46	**75**	60	41	33	109	87	**10**	7

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد کشور دانمارک ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

جدول(۲۶-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از در صنایع نیروگاه‌ها در کشور ایران

منبع آلاینده	سوخت	NO_x						CO						SO_2						PM		
		mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³		
		3% O_2		15% O_2		5% O_2		3% O_2		15% O_2		5% O_2		3% O_2		15% O_2		5% O_2		3% O_2	15% O_2	5% O_2
دودکش‌ها و دستگاه‌های انتقال حرارت (درجه ۱)	گاز	**300**	146	100	49	267	130	**150**	120	50	40	133	107	**100**	35	33	12	89	31	**150**	50	133
دودکش‌ها و دستگاه‌های انتقال حرارت (درجه ۲)	گاز	**400**	195	133	65	356	173	**200**	160	67	53	178	142	**200**	70	67	23	178	62	**200**	67	178

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد کشور ایران ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۲-۴- حدود مجاز میزان انتشار صدا از مولدهای احتراق داخلی و توربین گاز

۲-۴-۱-استاندارد حدود مجاز صدا در هوای آزاد ایران

در اجرای ماده ۲ آیین‌نامه اجرایی نحوه جلوگیری از آلودگی صوتی مصوب جلسه مورخ ۱۳۷۸/۳/۱۹ هیئت‌وزیران، حدود مجاز انتشار صدا در هوای آزاد ایران در جدول(۲۷-۲) ارائه شده است[۱۸].

جدول(۲۷-۲)- حدود مجاز صدا در هوای آزاد ایران [۱۸]

موقعیت مکانی	بازه زمانی ۷ صبح تا ۷ عصر Leq(30′)	بازه زمانی ۷ عصر تا ۷ صبح Leq(30′)
مناطق صنعتی	75 db(A)	65 db(A)
مناطق تجاری	65 db(A)	55 db(A)
مناطق مسکونی	55 db(A)	45 db(A)
مناطق تجاری / مسکونی	60 db(A)	50 db(A)
مناطق مسکونی / صنعتی	70 db(A)	60 db(A)

Leq(30′): تراز معادل در مدت‌زمان ۳۰ دقیقه اندازه‌گیری در شبکه وزنی A است و واحد آن دسی‌بل است.

۲-۴-۲-حدود مجاز انتشار صدا در هوای آزاد، پیشنهادشده توسط سازمان بهداشت جهانی

حدود مجاز پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی برای انتشار صدا در مناطق مسکونی، مناطق تجاری ، مناطق صنعتی و مناطق آرام در جدول(۲۸-۲) ارائه شده است[۱۹].

جدول(۲۸-۲)- حدود مجاز پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی برای انتشار صدا [۱۹]

موقعیت مکانی	روز	شب
مناطق صنعتی	75 db(A)	65 db(A)
مناطق تجاری	65 db(A)	55 db(A)
مناطق مسکونی	55 db(A)	45 db(A)
مناطق آرام	45 db(A)	45 db(A)

۲-۴-۳-آمریکا : استاندارد COGCC

این استاندارد توسط کمیسیون حفاظت از نفت و گاز کلرادو[1] و برای آلاینده‌های زیست محیطی و آلودگی‌های صوتی ناشی از فرایندهای اکتشاف استخراج و تولید میادین و مناطق نفت و گاز کلرادو وضع شده و برای موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گازی مورداستفاده در این میادین و مناطق نیز کارایی دارد[۲۰]. طبق این مقررات کلیه عملیات اکتشاف ، استخراج و بهره‌برداری مرتبط با فعالیت‌های نفت و گاز ملزم به رعایت حدود مجاز انتشار صدای ارائه شده در جدول (۲-۲۸) هستند[۲۰].

جدول(۲۹-۲)- حدود مجاز انتشار صدا مطابق مقررات COGCC ایالات آمریکا[۲۰]

موقعیت مکانی	بازه زمانی ۷ صبح تا ۷ عصر (روز)	بازه زمانی ۷ عصر تا ۷ صبح (شب)
مناطق مسکونی / روستایی / مناطق حیات‌وحش ایالتی	55 db(A)	50 db(A)
مناطق تجاری / کشاورزی	60 db(A)	55 db(A)
مناطق صنعتی (صنایع کوچک)	70 db(A)	65 db(A)
مناطق صنعتی(صنایع بزرگ و شهرک‌های صنعتی)	80 db(A)	75 db(A)
سایر مناطق	60 db(A)	60 db(A)
در مناطق غیرمسکونی مکان اندازه‌گیری در فاصله ۳۵۰ft (۱۰۷ متری) منبع تولید صدا و در مناطق مسکونی این فاصله ۲۵ فوت (۷/۶ متر) است		

درصورتی‌که تأسیسات نفت و گاز در فاصله ۲۰۰۰ فوتی (۶۱۰ متری) ساختمان‌های مسکونی یا ساختمان‌های اداری پرجمعیت واقع شده باشد، مسئول مربوطه می‌تواند به‌منظور حفاظت از سلامت ، ایمنی و رفاه عمومی از اپراتور دستگاه

[1] Colorado Oil and Gas Conservation Commission

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

درخواست کاهش میزان انتشار نماید. همچنین اپراتور می‌تواند با موافقت مسئولان محلی و دولتی در مناطقی که امکان آن وجود داشته باشد درخواست انتشار صدای بالاتر از مقادیر مجاز ارائه شده در جدول (۲-۲۸) را نموده و با اخذ مجوز حدود بالاتری را رعایت نماید.

۲-۴-۴-اتحادیه اروپا

استاندارد انتشار آلاینده‌های صدا در کشورهای عضو اتحادیه اروپا: طبق استاندارد EC/۱۴/۲۰۰۰ که در اول ژانویه ۲۰۰۲ تصویب و در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۹ اصلاح گردید، ماشین‌آلات و تجهیزات مورداستفاده در محیط‌های باز شهری ملزم به رعایت الزاماتی جهت کنترل میزان انتشار آلاینده‌های صوتی شدند. این بخشنامه ۶۳ گروه ماشین‌آلات را ملزم به رعایت محدودیت انتشار صوت کرده است. بر این اساس برای گروه موتورهای احتراق داخلی تولید برق با ظرفیت حداکثر ۴۰۰ کیلووات الزامات محدودیت انتشار آلاینده‌های صوتی در جدول(۹-۴) ارائه شده است.

جدول(۳۰-۲)-مشخصات الزامات استاندارد EC/۱۴/۲۰۰۰ برای انتشار آلاینده‌های صوتی مولدهای تولید برق در اتحادیه اروپا

مشخصات			
نوع مولد		Pel: توان الکتریکی (کیلووات)	حد مجاز قدرت صدا (dB) / در فاصله ۱ متر
مولدهای برق	مرحله اول ، از سوم ژانویه ۲۰۰۲	Pel ≤2	97 + lg Pel
		2 < Pel ≤ 10	98 + lg Pel
		Pel > 10	97 + lg Pel
	مرحله دوم، از سوم ژانویه ۲۰۰۶	Pel ≤2	95 + lg Pel
		2 < Pel ≤ 10	96 + lg Pel
		Pel > 10	95 + lg Pel

lg: لگاریتم

۲-۴-۵-اروپا: آلمان

حدود مجاز انتشار صدا در محیطزیست کشور آلمان در مقررات TA Lärm[1] این کشور ارائه شده است. مشخصات این مقررات در جدول(۳۱-۲) ارائه شده است[۲۱].

جدول(۳۱-۲)- حدود مجاز انتشار صدا در محیطزیست کشور آلمان، مقررات TA Lärm [۲۱]

موقعیت مکانی	روز	شب
بیمارستان‌ها ، مناطق تفریحی ، خانه‌های کودکستان	45 db(A)	35 db(A)
فقط مناطق مسکونی	50 db(A)	35 db(A)
مناطق مختلط ، روستا و مرکزی	60 db(A)	45 db(A)
مناطق تجاری	65 db(A)	50 db(A)
مناطق صنعتی	70 db(A)	70 db(A)

۲-۴-۶-آسیا : هند

در کشور هند حد مجاز انتشار صدا توسط مولدهای احتراق داخلی توسط آژانس مرکزی حفاظت از محیطزیست این کشور وضع شده است[۱۶]. حد مجاز انتشار صدا برای موتورهای احتراق داخلی با حداکثر توان ۱۲ کیلووات dB(A) ۸۶ و برای موتورهای با توان حداکثر ۸۰۰ کیلووات dB(A) ۷۵ در فاصله ۱ متری از مولد است[۱۶]. همچنین حدود مجاز انتشار صدا طبق استانداردهای سازمان حفاظت از محیطزیست هند در جدول(۳۲-۲) ارائه شده است[۲۲].

جدول(۳۲-۲)- حدود مجاز انتشار صدا طبق استاندارد سازمان حفاظت از محیطزیست کشور هند[۲۲]

موقعیت مکانی	بازه زمانی ۶ صبح تا ۱۰ شب (روز)	بازه زمانی ۱۰شب تا ۶ صبح (شب)
مناطق صنعتی	75 db(A)	70 db(A)
مناطق تجاری	65 db(A)	55 db(A)
مناطق مسکونی	55 db(A)	45 db(A)
مناطق آرام (بیمارستان و ...)	50 db(A)	40 db(A)

[1] Technical Instructions on Noise Abatement – TA Lärm (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm)

در این استاندارد مناطقی که فاصله کمتر از ۱۰۰ متر با بیمارستان‌ها ، دانشگاه‌ها ، کتابخانه‌ها ، مراکز قضایی و نظایر آن است مناطق آرام در نظر گرفته شده‌اند.

۲ -۴- ۷-مشخصات حدود مجاز انتشار صدا در کشورهای مختلف جهان

در جدول(۳۳-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار صدا در کشورهای مختلف جهان ارائه شده است.

جدول(۳۳-۲)- حدود مجاز انتشار صدا در کشورهای مختلف جهان

	مناطق مسکونی		مناطق تجاری		مناطق صنعتی		مرجع
	روز	شب	روز	شب	روز	شب	
ایران	55 db(A)	45 db(A)	65 db(A)	55 db(A)	75 db(A)	65 db(A)	[۱۸]
سازمان بهداشت جهانی	55 db(A)	45 db(A)	65 db(A)	55 db(A)	75 db(A)	65 db(A)	[۱۹]
استاندارد COGCC آمریکا	55 db(A)	50 db(A)	60 db(A)	55 db(A)	80 db(A)	75 db(A)	[۲۰]
آلمان	50 db(A)	35 db(A)	65 db(A)	50 db(A)	70 db(A)	70 db(A)	[۲۱]
هند	55 db(A)	45 db(A)	65 db(A)	55 db(A)	75 db(A)	70 db(A)	[۲۲]
نیجریه	50 db(A)	35 db(A)	55 db(A)	45 db(A)	70 db(A)	60 db(A)	[۲۳]
اسلوونی	50 db(A)	40 db(A)	60 db(A)	50 db(A)	75 db(A)	65 db(A)	[۲۴]
مصر	55 db(A)	45 db(A)	65 db(A)	55 db(A)	70 db(A)	60 db(A)	[۲۵]
غنا	55 db(A)	48 db(A)	75 db(A)	65 db(A)	70 db(A)	70 db(A)	[۲۶]
چین	50-60 db(A)	40-50 db(A)	-	-	-	-	[۲۷]
ژاپن	50 db(A)	40 db(A)	60 db(A)	50 db(A)	60 db(A)	50 db(A)	[۲۸]
کره	55 db(A)	40 db(A)	65 db(A)	55 db(A)	70 db(A)	65 db(A)	[۲۹]
ترکیه	68 db(A)	58 db(A)	70 db(A)	60 db(A)	72 db(A)	62 db(A)	[۳۰]

۲- ۵- حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس

۲ -۵- ۱-مقررات بانک جهانی - مقررات عمومی EHS

مقررات بانک جهانی برای حدود انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی با ظرفیت بیش از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی (بیش از ۱۵-۲۵ مگاوات توان تولید برق) وضع شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۳۴-۲) ارائه شده است.

جدول(۳۴-۲)-مقررات بانک جهانی برای حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس [۳]

نوع سوخت	NO_x				PM	
	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3
	15% O_2		5% O_2		15% O_2	5% O_2
گاز طبیعی	**۲۵**	۵۱	۶۶	۱۳۶	–	–
بیوگاز و سایر سوخت‌های گازی	**۷٤**	۱۵۲	۱۹۸	۴۰۵	**۵۰**	۱۳۳

(مقادیر بولد شده در متن مقررات بانک جهانی ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

۲ -۵- ۲-آمریکای شمالی : ایالات‌متحده امریکا

در ژوئیه ۲۰۰۶ سازمان حفاظت محیطزیست ایالات‌متحده مقررات ملی جدید NSPS را برای توربین‌های گازی منتشر کرد که در قانون CFR فدرال آمریکا به آدرس CFR 40 Subpart KKKK منتشر شده است[۳۱]. در جدول(۳۵-۲) حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس برق مطابق این استاندارد در ایالات‌متحده آمریکا ارائه شده است.

۲ -۵- ۳-آمریکای شمالی : کانادا

دستورالعمل‌های کاهش انتشار NOx از توربین‌های گازی[1] در سال ۲۰۱۷ تحت بخش ۵۴ از قوانین حفاظت از محیطزیست کانادا ، تصویب‌شده است[۳۲]. در جدول(۳۶-۲) حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس برق مطابق این استاندارد ارائه شده است.

[1] Guidelines for the Reduction of Nitrogen Oxide Emissions from Natural Gas–fuelled Stationary Combustion Turbines

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۳۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی مقیاس کوچک مطابق با استاندارد NSPS ایالات‌متحده آمریکا[۳۱]

نوع موتور و سوخت	سوخت	حرارت ورودی		NO_x					
		MMBtu/h	مگاوات	lb/MWh	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	
					15% O_2		5% O_2		
توربین‌های گازی جدید	گاز طبیعی	کمتر از ۵۰	۱۴.۷	۲	**۴۲**	۸۶	۱۱۲	۲۳۰	
توربین‌های گازی جدید	گاز طبیعی	۵۰ تا ۸۵۰	۱۴.۷ تا ۲۵۰	۲	**۲۵**	۵۱	۶۷	۱۳۷	
توربین‌های گازی جدید	سایر سوخت‌های گازی	کمتر از ۵۰	۱۴.۷	۵.۵	**۹۶**	۱۹۷	۲۵۶	۵۲۵	
توربین‌های گازی جدید	سایر سوخت‌های گازی	۵۰ تا ۸۵۰	۱۴.۷ تا ۲۵۰	۳.۶	**۷۴**	۱۵۲	۱۹۷	۴۰۵	
توربین‌های گازی قدیمی بهینه یا بازسازی‌شده	گاز طبیعی و سایر سوخت‌های گازی	کمتر از ۵۰	۱۴.۷	۸.۷	**۱۵۰**	۳۰۸	۴۰۰	۸۲۰	
توربین‌های گازی قدیمی بهینه یا بازسازی‌شده	گاز طبیعی	۵۰ تا ۸۵۰	۱۴.۷ تا ۲۵۰	۲.۰	**۴۲**	۸۶	۱۱۲	۲۳۰	
توربین‌های گازی قدیمی بهینه یا بازسازی‌شده	سایر سوخت‌های گازی	۵۰ تا ۸۵۰	۱۴.۷ تا ۲۵۰	۴.۷	**۹۶**	۱۹۷	۲۵۶	۵۲۵	
توربین‌های واقع در شمال دایره قطب شمال	گاز طبیعی و سایر سوخت‌های گازی	–	کمتر از ۳۰ مگاوات	۸.۷	**۱۵۰**	۳۰۸	۴۰۰	۸۲۰	

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد NSPS ایالات‌متحده آمریکا ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

جدول(۳۶-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی مقیاس کوچک مطابق با قوانین حفاظت از محیطزیست کشور کانادا[۳۲]

	توان توربین	NO_x				
		g/GJ*	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3
	مگاوات		15% O_2		5% O_2	
توربین‌های گازی تولید برق در شرایط کارکرد غیر پیک	۱ تا ۴	**۲۹۰**	**۴۲**	۸۶	۱۱۲	۲۳۰
توربین‌های گازی تولید برق در شرایط کارکرد در زمان‌های پیک	۱ تا ۴	**فاقد محدودیت**				
توربین‌های گازی تولید برق در شرایط کارکرد در زمان‌های پیک و غیر پیک	۴ تا ۷۰	**۱۴۰**	**۲۵**	۵۱	۶۷	۱۳۷
توربین‌های گازی تولید برق در شرایط کارکرد غیر پیک	بیش از ۷۰	**۸۵**	**۱۵**	۳۱	۴۰	۸۲
توربین‌های گازی تولید برق در شرایط کارکرد در زمان‌های پیک	بیش از ۷۰	**۱۴۰**	**۲۵**	۵۱	۶۷	۱۳۷

* گرم بر گیگاژول انرژی خروجی

(مقادیر بولد شده در متن قوانین حفاظت از محیطزیست کشور کانادا ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۲ -۵- ۴-اروپا : اتحادیه اروپا

در اتحادیه اروپا دو دستورالعمل زیر برای کنترل انتشار آلاینده‌ها از نیروگاه‌های حرارتی تصویب شده است که شامل توربین‌های گازی نیز می‌شود:

- بخشنامه انتشار آلاینده از مراکز صنعتی (IED[1]) که در نوامبر ۲۰۱۰ مصوب شده و برای توربین‌های گازی با توان بیش از MW ۵۰ حرارت ورودی نیز اعمال می‌شود[۷]. در
- جدول(۳۷-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در این بخشنامه ارائه شده است.
- بخشنامه واحدهای احتراقی متوسط (دستورالعمل MCP[2]) که در نوامبر ۲۰۱۵ تصویب‌شده و برای نیروگاه‌های با توان $1 \leq P < 50$ MW اعمال می‌شود[۸]. در جدول(۳۸-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در این بخشنامه ارائه شده است.

۲ -۵- ۵-آسیا : چین

محدودیت انتشار آلاینده از توربین‌های گازی کشور چین در استاندارد ملی جمهوری خلق چین با شماره GB 13223-2011 وضع شده است. این استاندارد اولین بار در سال ۱۹۹۱ منتشر و در سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۰۳ اصلاح‌شده و در سال ۲۰۱۱ به تائید وزارتخانه حفاظت از محیط‌زیست این کشور رسیده است[۳۳]. در جدول(۳۹-۲) حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی برق مطابق این استاندارد ارائه شده است.

۲ -۵- ۶-آسیا : هند

محدودیت انتشار آلاینده از توربین‌های گازی کشور هند در مجموعه قوانین کنترل آلودگی با شماره PCLS/4/2000-2001 وضع شده است[۳۴]. استاندارد بخش توربین گازی در سال ۱۹۹۰ منتشر شده است. در (مقادیر بولد شده در متن استاندارد GB 13223-2011کشور چین ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)
جدول(۴۰-۲) حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی برق مطابق این استاندارد ارائه شده است.

۲ -۵- ۷-اروپا : اتریش

محدودیت انتشار توربین‌های گازی در کشور اتریش در قانون فدرال این کشور وضع و آخرین اصلاحات آن مربوط به سال ۲۰۱۹ است[۱۲]. در جدول(۴۱-۲) حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی برق مطابق این استاندارد ارائه شده است.

۲ -۵- ۸-اروپا : فرانسه

در فرانسه محدودیت انتشار برای توربین‌های گازی در مقررات Arrêté 2910 (2018) وضع شده است[۱۰]. فرانسه به‌عنوان عضوی از اتحادیه اروپا ملزم به رعایت مقررات محدودیت انتشار MCP نیز است. در جدول(۴۲-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در این استاندارد ارائه شده است.

۲ -۵- ۹-اروپا : سوئیس

محدودیت انتشار توربین‌های گازی تولید برق در کشور سوئیس در بخشنامه هوای پاک این کشور (Luftreinhalte-verordnung) وضع شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۴۳-۲) ارائه شده است[۱۴].

[1] Industrial Emissions Directive
[2] Medium Combustion Plant Directive

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۳۷-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در بخشنامه انتشار آلاینده از مراکز صنعتی (IED) اتحادیه اروپا [۷]

	تاریخ نصب	سوخت	توان حرارت ورودی	NO_x				CO			
				ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³
			مگاوات	15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2	
توربین‌های گازی	پیش از ۷ ژانویه ۲۰۱۳	گاز طبیعی	بیشتر از ۵۰	24	**۵۰**	65	133	80	**۱۰۰**	213	267
توربین‌های گازی در تولید هم‌زمان برق و حرارت با راندمان کلی حداقل ۷۵٪		گاز طبیعی	بیشتر از ۵۰	37	**۷۵**	98	200	80	**۱۰۰**	213	267
توربین‌های گازی سیکل ترکیبی با راندمان سالانه تولید برق حداقل ۵۵٪		گاز طبیعی	بیشتر از ۵۰	37	**۷۵**	98	200	80	**۱۰۰**	213	267
توربین‌های گازی با بازده الکتریکی بیش از ۳۵٪		گاز طبیعی	بیشتر از ۵۰	–	***50×η/35**	–	–	80	**۱۰۰**	213	267
توربین‌های گازی		سایر سوخت های گازی	بیشتر از ۵۰	59	**120**	156	320	–	–	–	–
توربین‌های گازی	پس از ۷ ژانویه ۲۰۱۳	تمامی سوخت های گازی	بیشتر از ۵۰	24	**۵۰**	65	133	80	**۱۰۰**	213	267
توربین‌های گازی با بازده الکتریکی بیش از ۳۵٪		تمامی سوخت های گازی	بیشتر از ۵۰	–	**50×η/35**	–	–	80	**۱۰۰**	213	267

* η : بازده الکتریکی توربین گازی (مقادیر بولد شده در متن بخشنامه انتشار آلاینده از مراکز صنعتی (IED) اتحادیه اروپا ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

جدول(۳۸-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در بخشنامه انتشار آلاینده در واحدهای احتراقی متوسط (MCP) اتحادیه اروپا [۸]

	سوخت	توان (حرارت ورودی)	NOx				CO				SO2			
			ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³
		مگاوات	15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2	
بخشنامه واحدهای احتراقی متوسط (دستورالعمل MCP)														
توربین‌های گازی/ کارکرد بالای ۷۰٪ بار ، جدید (پس از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	کمتر از ۵۰ مگاوات	24	**50**	65	133	فاقد محدودیت				5.2	**15**	14	40
توربین‌های گازی/ کارکرد بالای ۷۰٪ بار ، جدید (پس از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸)	سایر سوخت های گازی	کمتر از ۵۰ مگاوات	37	**75**	98	200	فاقد محدودیت				5.2	**15**	14	40
توربین‌های گازی/ کارکرد بالای ۷۰٪ بار ، جدید (پس از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸)	بیوگاز	کمتر از ۵۰ مگاوات	98	**200**	260	533	فاقد محدودیت				14.0	**40**	37	107
توربین‌های گازی/ کارکرد بالای ۷۰٪ بار ، قدیمی و موجود (پیش از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	کمتر از ۵۰ مگاوات	73	**150**	195	400	فاقد محدودیت				فاقد محدودیت			
توربین‌های گازی/ کارکرد بالای ۷۰٪ بار ، قدیمی و موجود (پیش از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸)	سایر سوخت های گازی	کمتر از ۵۰ مگاوات	98	**200**	260	533	فاقد محدودیت				5.2	**15**	14	40
توربین‌های گازی/ کارکرد بالای ۷۰٪ بار ، قدیمی و موجود (پیش از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸)	بیوگاز	کمتر از ۵۰ مگاوات	98	**200**	260	533	فاقد محدودیت				21.0	**60**	56	160

(مقادیر بولد شده در متن بخشنامه انتشار آلاینده در واحدهای احتراقی متوسط (MCP) اتحادیه اروپا ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۳۹-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی مطابق با استاندارد GB 13223-2011 کشور چین [۳۳]

	سوخت	NO_x				SO_2				PM	
		mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm
		15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2	
توربین‌های گازی موجود از سال ۲۰۱۴ و واحدهای جدید از سال ۲۰۱۲	گاز طبیعی	**۵۰**	24	133	65	**35**	12	93	33	**5**	13
توربین‌های گازی موجود از سال ۲۰۱۴ و واحدهای جدید از سال ۲۰۱۲	سایر گازها	**۱۲۰**	59	320	156	**100**	35	267	93	**10**	27

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد GB 13223-2011کشور چین ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

جدول(۴۰-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی مطابق با استاندارد PCLS/4/2000-2001 کشور هند [۳۴]

	سوخت	توان	NO_x			
			mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm
		مگاوات	15% O2		5% O2	
توربین‌های گازی واحدهای جدید (پس از ۱۹۹۹)	انواع گاز	کمتر از ۱۰۰	**۱۰۰**	۲۰۵	267	547
توربین‌های گازی واحدهای قدیمی (قبل از ۱۹۹۹)	انواع گاز	کمتر از ۱۰۰	**۱۵۰**	۳۰۸	400	820

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد PCLS/4/2000-2001 کشور هند ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

جدول(۴۱-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق در قانون فدرال کشور اتریش [۱۲]

	سوخت	توان (حرارت ورودی)	NO_x				CO				SO_2			
			mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm
		مگاوات	15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2	
توربین‌های گازی جدید/ کارکرد بالای ۷۰٪ بار (نصب‌شده پس از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۱ تا ۵۰	**50**	24	133	65	**100**	80	267	213	–			
	سایر گازها به‌جز بیوگاز	۱ تا ۵۰	**75**	37	200	98	**100**	80	267	213	**15**	5	40	14
	بیوگاز	۱ تا ۵۰	**75**	37	200	98	**100**	80	267	213	**40**	14	107	37
توربین‌های گازی موجود/ کارکرد بالای ۷۰٪ بار (نصب‌شده پیش از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	۱ تا ۵۰	**150**	73	400	195	**100**	80	267	213	–			
	سایر گازها به‌جز بیوگاز	۱ تا ۵۰	**200**	98	533	260	**100**	80	267	213	**15**	5	40	14
	بیوگاز	۱ تا ۵۰	**200**	98	533	260	**100**	80	267	213	**60**	21	160	56

(مقادیر بولد شده در متن قانون فدرال کشور اتریش ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۴۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق در استاندارد Arrêté 2910 کشور فرانسه [۱۰]

	سوخت	توان (حرارت ورودی) مگاوات	NO_x				CO				SO_2			
			mg/Nm³ 15% O_2	ppm 15% O_2	mg/Nm³ 5% O_2	ppm 5% O_2	mg/Nm³ 15% O_2	ppm 15% O_2	mg/Nm³ 5% O_2	ppm 5% O_2	mg/Nm³ 15% O_2	ppm 15% O_2	mg/Nm³ 5% O_2	ppm 5% O_2
گروه اول	توربین‌های موجود با توان بیش از ۵ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال در بازه ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۴ توربین‌های موجود با توان ۲ تا ۵ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال در بازه ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۴ توربین‌های موجود با توان بیش از ۲ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد کمتر از ۵۰۰ ساعت در سال پس از ۲۰۱۸ توربین‌های موجود با توان ۱ تا ۲ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد کمتر از ۵۰۰ ساعت در سال پس از ۲۰۳۰													
توربین‌های گازی	گاز طبیعی و بیومتان	کمتر از ۲۰	**50**	24	133	65	-				-			
	گاز طبیعی و بیومتان	بیشتر از ۲۰	**50**	24	133	65	-				-			
توربین‌های گازی نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴	گاز طبیعی و بیومتان	کمتر از ۲۰	**150**	73	400	195	-				-			
	گاز طبیعی و بیومتان	بیشتر از ۲۰	**150**	73	400	195	-				-			
توربین‌های گازی	بیوگاز	کمتر از ۲۰	**150**	73	400	195	-				**60**	21	160	56
	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	**150**	73	400	195	-				**60**	21	160	56
توربین‌های گازی نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	**120**	59	320	156	-				**60**	21	160	56
توربین‌های گازی	سایر گازها	کمتر از ۲۰	**75**	37	200	98	-				**15**	5	40	14
	سایر گازها	بیشتر از ۲۰	**75**	37	200	98	-				**15**	5	40	14
توربین‌های گازی، نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴	سایر گازها	کمتر از ۲۰	**150**	73	400	195	-				**15**	5	40	14
توربین‌های گازی، نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴	سایر گازها	بیشتر از ۲۰	**120**	59	320	156	-				**15**	5	40	14
گروه دوم	توربین‌های جدید نصب‌شده پس از ۸ اوت ۲۰۱۸ (زمان تصویب این قانون) توربین‌های موجود با توان بیش از ۵ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال، نصب‌شده پس از ۲۰۱۴ و تعمیر شده پیش از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸ ، پس از ۲۰۲۵ توربین‌های موجود با توان ۲ تا ۵ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال، نصب‌شده پس از ۲۰۱۴ و تعمیر شده پیش از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸ ، پس از ۲۰۳۰													
توربین‌های گازی	گاز طبیعی و بیومتان	کمتر از ۲۰	**50**	24	133	65	**100**	80	267	213	-			
	گاز طبیعی و بیومتان	بیشتر از ۲۰	**50**	24	133	65	**100**	80	267	213	-			
توربین‌های گازی	بیوگاز	کمتر از ۲۰	**75**	37	200	98	**300**	240	800	640	**40**	14	107	37
	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	**75**	37	200	98	**300**	240	800	640	**40**	14	107	37
توربین‌های گازی نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	**150**	73	400	195	**300**	240	800	640	**40**	14	107	37
توربین‌های گازی	سایر گازها	کمتر از ۲۰	**75**	37	200	98	**100**	80	267	213	**15**	5	40	14
	سایر گازها	بیشتر از ۲۰	**75**	37	200	98	**100**	80	267	213	**15**	5	40	14
گروه سوم	توربین‌های موجود با توان بیش از ۵ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال، نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴، اجرا پس از ۲۰۲۵ توربین‌های موجود با توان ۲ تا ۵ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال، نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴ و، اجرا پس از ۲۰۳۰ توربین‌های موجود با توان ۱ تا ۲ مگاوات حرارت ورودی، کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال، پس از ۲۰۳۰													
توربین‌های گازی	گاز طبیعی و بیومتان	کمتر از ۲۰	**150**	73	400	195	**100**	80	267	213	-			

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۴۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق در استاندارد Arrêté 2910 کشور فرانسه [۱۰]

	سوخت	توان (حرارت ورودی)	NO_x				CO				SO_2			
			ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3
		مگاوات	15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2	
	گاز طبیعی و بیومتان	بیشتر از ۲۰	39	**80**	104	213	80	**100**	213	267				
توربین‌های گازی	بیوگاز	کمتر از ۲۰	73	**150**	195	400	240	**300**	640	800	21	**60**	56	160
	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	59	**120**	156	320	240	**300**	640	800	21	**60**	56	160
توربین‌های گازی	بیوگاز	کمتر از ۲۰	73	**150**	195	400	80	**100**	213	267	5	**15**	14	40
	بیوگاز	بیشتر از ۲۰	59	**120**	156	320	80	**100**	213	267	5	**15**	14	40

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد Arrêté 2910 کشور فرانسه ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

جدول(۴۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق در بخشنامه هوای پاک کشور سوئیس[۱۴]

	سوخت	توان (حرارت ورودی)	NO_x				CO				SO_2			
			ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3	ppm	mg/Nm^3
		مگاوات	15% O2		5% O2		15% O2		5% O2		15% O2		5% O2	
توربین‌های گازی	گاز طبیعی، بیوگاز، گاز لندفیل، گاز زغال‌سنگ ...	تا ۴۰	20	**40**	52	107	80	**100**	213	267	42	**120**	112	320
توربین‌های گازی	گاز طبیعی، بیوگاز، گاز لندفیل، گاز زغال‌سنگ ...	بیش از ۴۰	10	**20**	26	53	28	**35**	75	93	42	**120**	112	320
توربین‌های گازی	سایر گازهای سنتزی مشابه گاز طبیعی	تا ۴۰	24	**50**	65	133	192	**240**	512	640	42	**120**	112	320
توربین‌های گازی	سایر گازهای سنتزی مشابه گاز طبیعی	بیش از ۴۰	20	**40**	52	107	28	**35**	75	93	42	**120**	112	320

(مقادیر بولد شده در متن بخشنامه هوای پاک کشور سوئیس ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

۲ -۵- ۱۰-اروپا : آلمان

میزان انتشار از توربین‌های گازی در آلمان توسط آیین‌نامه TA Luft[1] کنترل می‌شود. این استاندارد در سال ۱۹۸۶ تصویب و در سال‌های ۲۰۰۲ (تحت عنوان TA Luft 2002) و ۲۰۱۸ (تحت عنوان 44th BImSchV[2]) اصلاح شده است . استاندارد TA Luft 2002 برای واحدهای موجود تا سال ۲۰۲۴ اعمال خواهد شد درحالی‌که استاندارد 44th BImSchV برای واحدهای جدید پس از سال ۲۰۱۸ و واحدهای موجود پس از سال ۲۰۲۵ (یا تاریخ‌های اختصاصی ارائه شده در استاندارد) اعمال می‌شود. در جدول(۱۴-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در این دو استاندارد ارائه شده است.

۲ -۵- ۱۱-اروپا : دانمارک

محدودیت انتشار توربین‌های گازی در کشور دانمارک توسط سازمان حفاظت از محیط‌زیست این کشور در سال ۱۹۹۸ وضع و در سال ۲۰۰۳ اصلاحاتی به آن اضافه شده است. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۲۵-۲) ارائه شده است[۱۷].

۲ -۵- ۱۲-آسیا : ژاپن

محدودیت‌های وضع شده برای میزان مجاز انتشار آلاینده از توربین‌های گازی در کشور ژاپن توسط سازمان محیط‌زیست این کشور وضع می‌شود. مشخصات آلاینده‌های محدودشده در این استاندارد در جدول(۴۶-۲) ارائه شده است [۹]، [۱۵].

۲ -۵- ۱۳-اروپا : هلند

محدودیت انتشار توربین‌های گازی تولید برق در کشور هلند در مقررات BEMS و در سال ۲۰۱۰ وضع شده است [۹, ۱۱]. این مقررات برای توربین‌های گازی با توان تولید ۱ تا ۵۰ مگاوات حرارت ورودی اعمال می‌شود. در جدول(۱۸-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در این استاندارد ارائه شده است.

۲ -۵- ۱۴-آسیا : اندونزی

در کشور اندونزی سازمان حفاظت از محیط‌زیست مسئول تنظیم حد انتشار آلاینده‌ها است (آخرین محدودیت وضع شده مربوط به سال ۲۰۰۸ است)[۳۵]. در جدول(۱۴-۲) مشخصات حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از موتورهای احتراق داخلی گازسوز کشور اندونزی ارائه شده است.

۲ -۵- ۱۵-آسیا : ایران

هیئت‌وزیران در جلسه ۱۳۹۷/۶/۲۱ به پیشنهاد سازمان حفاظت از محیط‌زیست و به استناد تبصره ۳ ماده ۱۲ قانون هوای پاک مصوب ۱۳۹۶ حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا در صنایع نیروگاه‌ها (به‌صورت عمومی و صرفاً بر اساس نوع سوخت مصرفی) مطابق جدول(۴۹-۲) تعیین کرده است. این حدود مجاز برای توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس نیز اعمال می‌شود.

[1] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft

[2] 44. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen)—44th BImSchV

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۴۴-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق در استانداردهای TA Luft 2002 و 44th BImSchV 2018 کشور آلمان

	سوخت	توان (حرارت ورودی)	NO_x				CO			
			ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³
		مگاوات	15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2	
استاندارد TA Luft 2002										
توربین‌های گازی موجود / کارکرد بالای ۷۰٪ بار	گاز طبیعی	کمتر از ۵۰	37	**75**	98	200	80	**100**	213	267
توربین‌های گازی موجود / کارکرد بالای ۷۰٪ بار	سایر گازها	کمتر از ۵۰	73	**150**	195	400	80	**100**	213	267
استاندارد ۲۰۱۸ th BImSchV۴۴										
توربین‌های گازی جدید / کارکرد بالای ۷۰٪ بار (نصب‌شده پس از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	کمتر از ۵۰	24	**50**	65	133	80	**100**	213	267
توربین‌های گازی جدید / کارکرد بالای ۷۰٪ بار (نصب‌شده پس از ۲۰۱۸)	سایر گازها	کمتر از ۵۰	37	**75**	98	200	80	**100**	213	267
توربین‌های گازی موجود / کارکرد بالای ۷۰٪ بار (پس از ۲۰۱۸)	گاز طبیعی	کمتر از ۵۰	37	**75**	98	200	80	**100**	213	267
توربین‌های گازی موجود / کارکرد بالای ۷۰٪ بار (پس از ۲۰۱۸)	سایر گازها	کمتر از ۵۰	59	**120**	156	320	80	**100**	213	267

(مقادیر بولد شده در متن استانداردهای TA Luft 2002 و ۲۰۱۸ th BImSchV۴۴ کشور آلمان ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

جدول(۴۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق کشور دانمارک[۱۶]

	سوخت	توان مولد (حرارت ورودی)	NO_x						CO			
			ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³
		مگاوات	10% O_2		15% O_2		5% O_2		10% O_2		15% O_2	
توربین‌های گازی جدید	گاز طبیعی	کمتر از ۵	32	**65**	17	35	46	95	60	**75**	33	41
توربین‌های گازی موجود	گاز طبیعی	کمتر از ۵	61	**125**	33	68	89	182	60	**75**	33	41
توربین‌های گازی جدید	گاز طبیعی	۵ تا ۵۰	32	**65**	17	35	46	95	60	**75**	33	41
توربین‌های گازی موجود	گاز طبیعی	۵ تا ۵۰	32	**65**	17	35	46	95	60	**75**	33	41

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد کشور دانمارک ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

جدول(۴۶-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق در کشور ژاپن [۹]

	سوخت	NO_x						PM		
		ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	mg/Nm³		
		0% O_2		15% O_2		5% O_2		0% O_2	15% O_2	5% O_2
توربین‌های گازی	گاز	**70**	144	20	41	53	109	**50**	14	38

(مقادیر بولد شده در متن استاندارد کشور ژاپن ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۴۷-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق در کشور هلند [۹, ۱۱]

	سوخت	توان حرارتی مولد (حرارت ورودی)	NO_x						SO_2					
			mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm
		مگاوات	3% O_2		15% O_2		5% O_2		3% O_2		15% O_2		5% O_2	
توربین‌های گازی	گاز	کمتر از ۵۰	**140**	68	47	23	124	61	**200**	70	67	23	178	62

جدول(۴۸-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی تولید برق در کشور اندونزی [۳۵]

	سوخت	NO_x				SO_2				PM	
		mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	
		15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2	5% O_2
توربین‌های گازی	گاز	**320**	156	853	416	**150**	52	400	140	**30**	80

جدول(۴۹-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از در صنایع نیروگاه‌ها در کشور ایران

منبع آلاینده	سوخت	NO_x				CO				SO_2				PM	
		mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	ppm	mg/Nm³	
		15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2		5% O_2		15% O_2	5% O_2
دودکش ها و دستگاه های انتقال حرارت (درجه ۱)	گاز طبیعی	**300**	146	800	390	**150**	120	400	320	**100**	35	267	93	**150**	400
دودکش ها و دستگاه های انتقال حرارت (درجه ۲)	گاز طبیعی	**400**	195	1067	520	**200**	160	533	427	**200**	70	533	186	**200**	533

(مقادیر بولد شده در متن استانداردکشور ایران ارائه و سایر مقادیر هم‌رده از این مقادیر محاسبه شده‌اند)

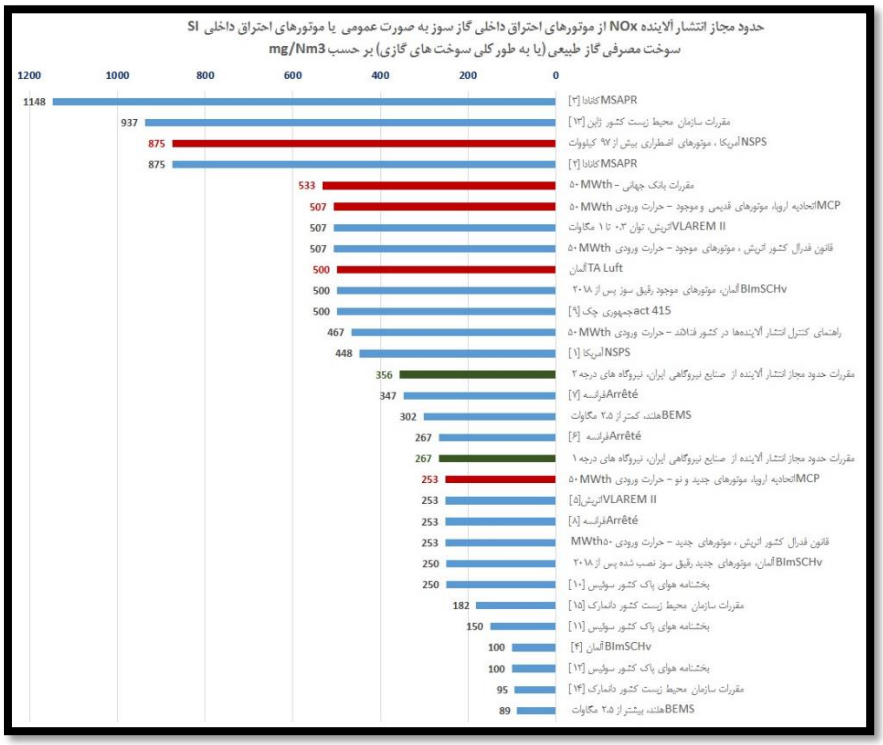
DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۲-۶- جمع‌بندی حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از مولدهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در جهان

در بخش‌های ۲-۳-۲ تا ۲-۳-۱۸ حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز در کشورهای مختلف جهان ارائه گردید. در این بخش جهت تسهیل بررسی نتایج به‌دست‌آمده، مقادیر حدود مجاز انتشار برای آلاینده‌های مختلف در کشورهای مختلف جمع‌بندی شده و در نمودارهای پیش رو به تفکیک نوع آلاینده، نوع سوخت مصرفی و نوع موتور ارائه شده‌اند.

۲-۶-۱-آلاینده NO_x

- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی[۱]) یا موتورهای احتراق داخلی احتراق جرقه‌ای SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی[۲] در شکل(۲-۱) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی احتراق جرقه‌ای SI با سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۲-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت مصرفی گاز طبیعی در شکل(۲-۳) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۲-۴) ارائه شده است.

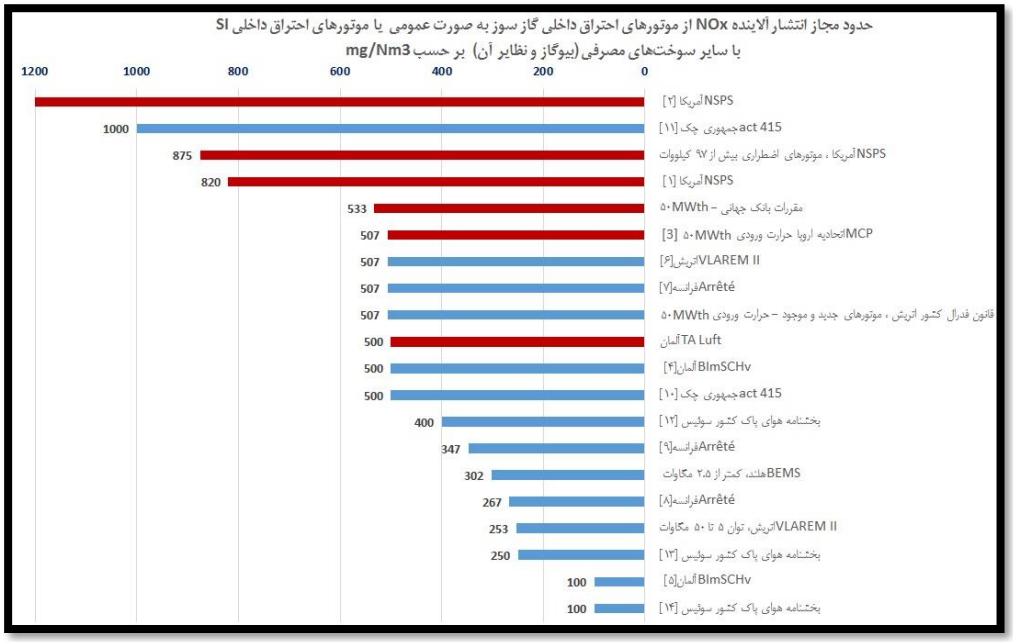


شکل(۲-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه

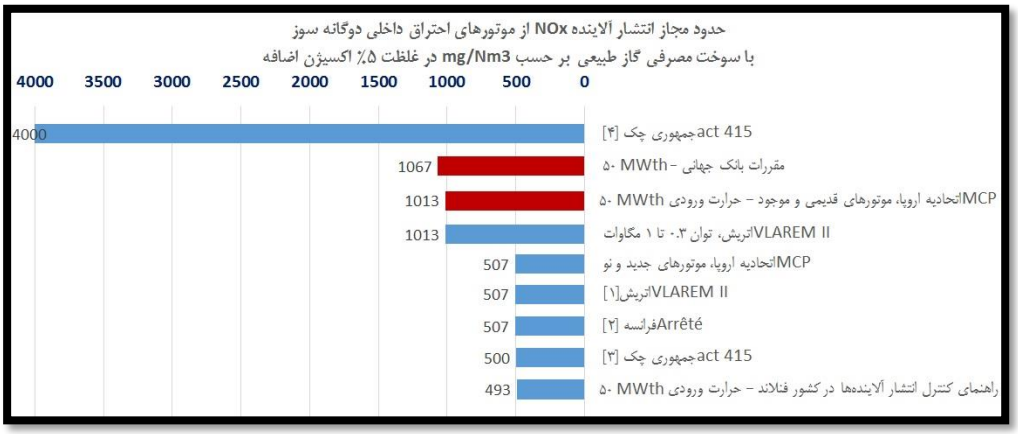
[۱] در برخی استانداردها دسته بندی خواصی برای نوع موتورهای احتراقی ارائه نشده و محدودیت ها به صورت عمومی برای موتورهای احتراقی گازسوز ارائه شده اند. در این بخش نتایج محدودیت های عمومی با نتایج دسته بندی موتورهای گازسوز SI تجمیع شده است.

[۲] در برخی استانداردها دسته بندی خواصی برای نوع سوخت مصرفی ارائه نشده و محدودیت های ارائه شده به صورت عمومی برای سوخت های گازی ارائه شده اند. در این بخش نتایج محدودیت های عمومی با نتایج دسته بندی سوخت گاز طبیعی تجمیع شده است.

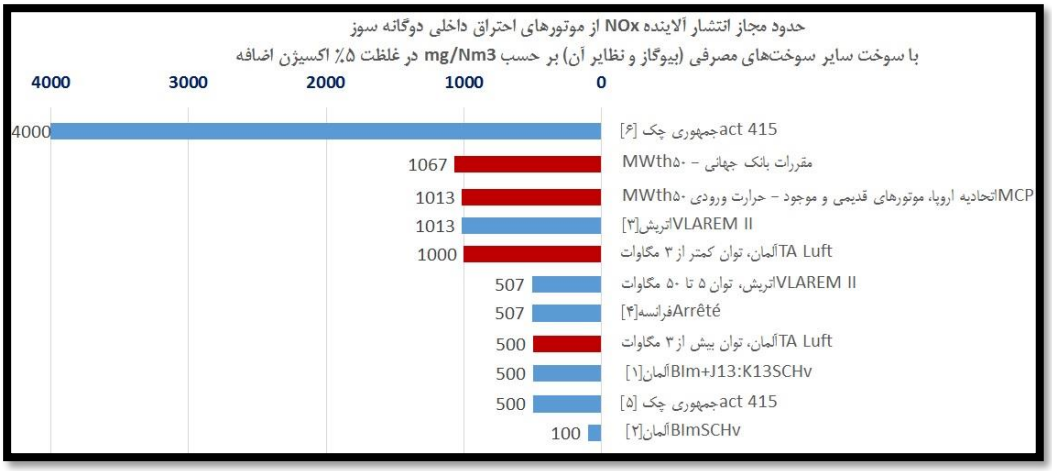
DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه



شکل(۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز
با سوخت مصرفی گاز طبیعی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه

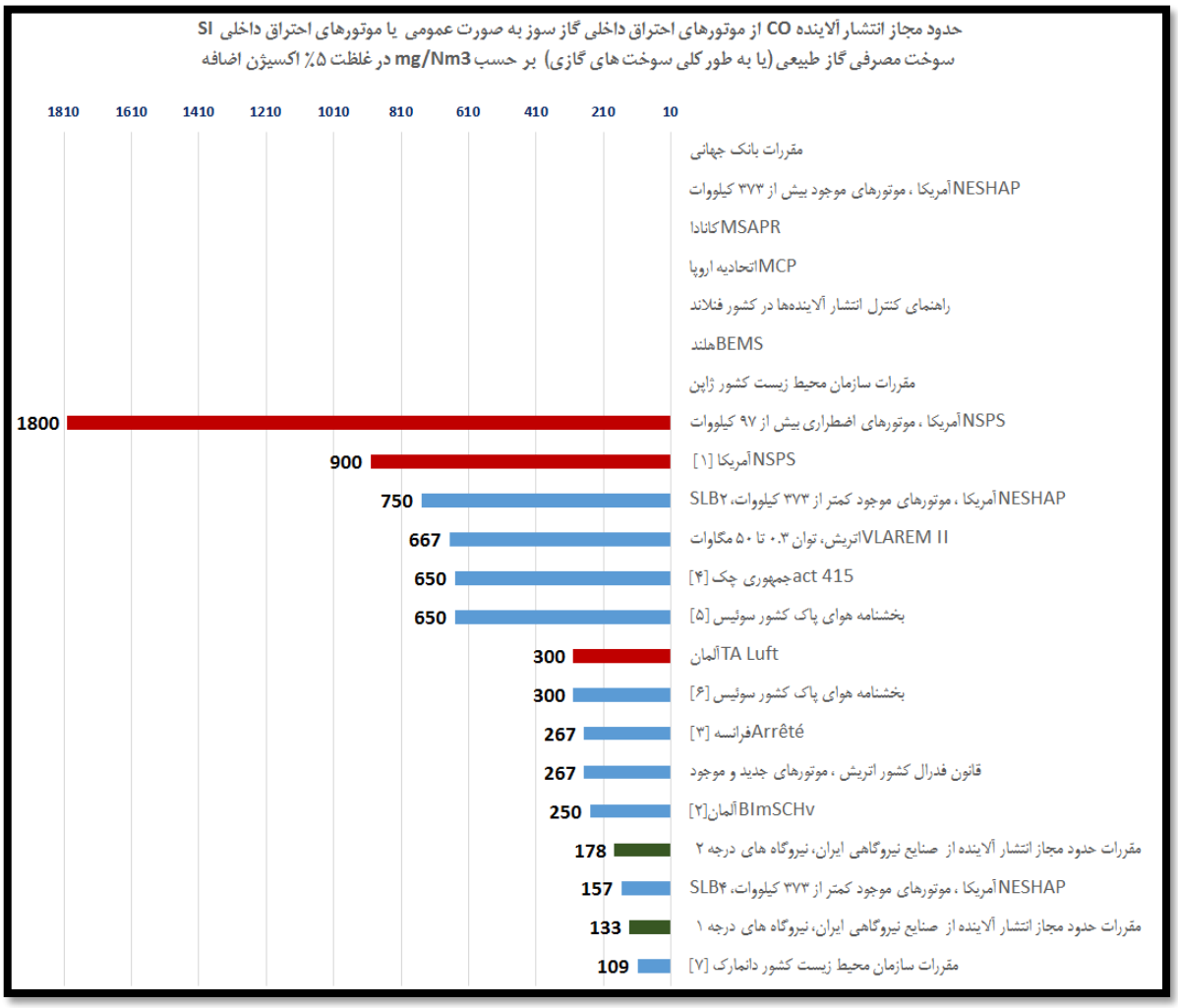


شکل(۴-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

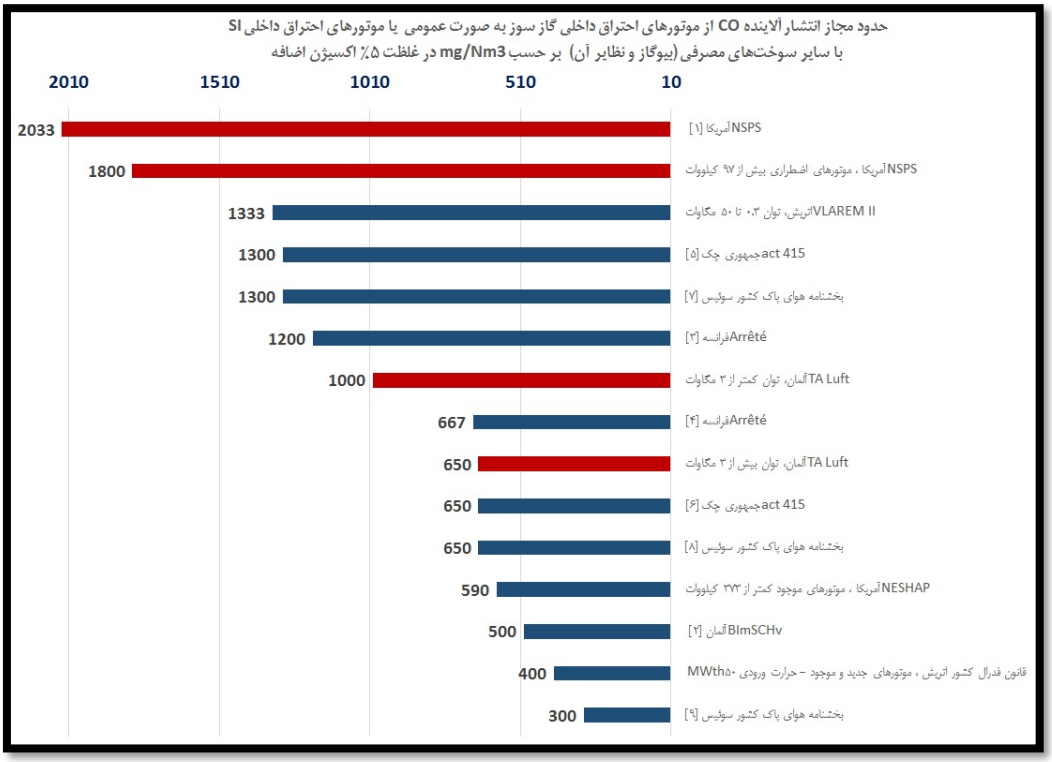
۲ -۶- ۲-آلاینده CO

- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی احتراق جرقه‌ای SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی درشکل(۵-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی احتراق جرقه‌ای SI با سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۶-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت مصرفی گاز طبیعی در شکل(۷-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۸-۲) ارائه شده است.

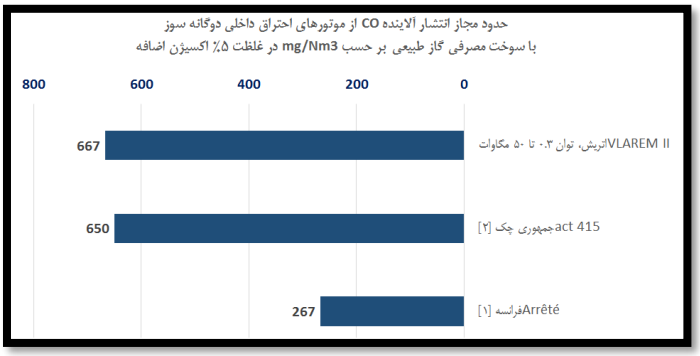


شکل(۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه

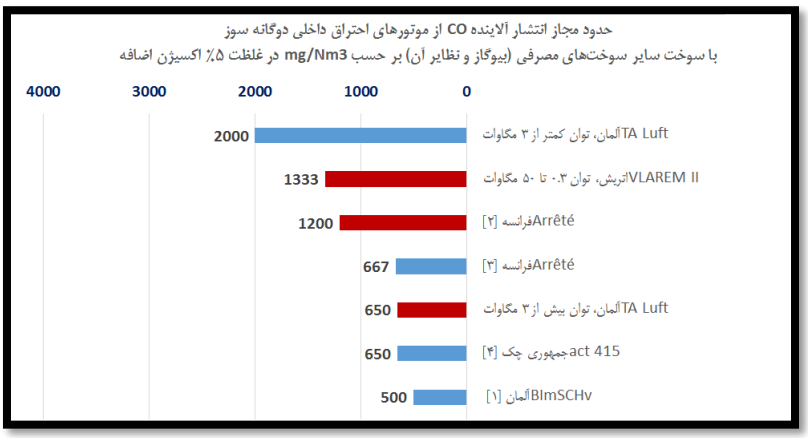
DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۶-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه



شکل(۷-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت مصرفی گاز طبیعی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه

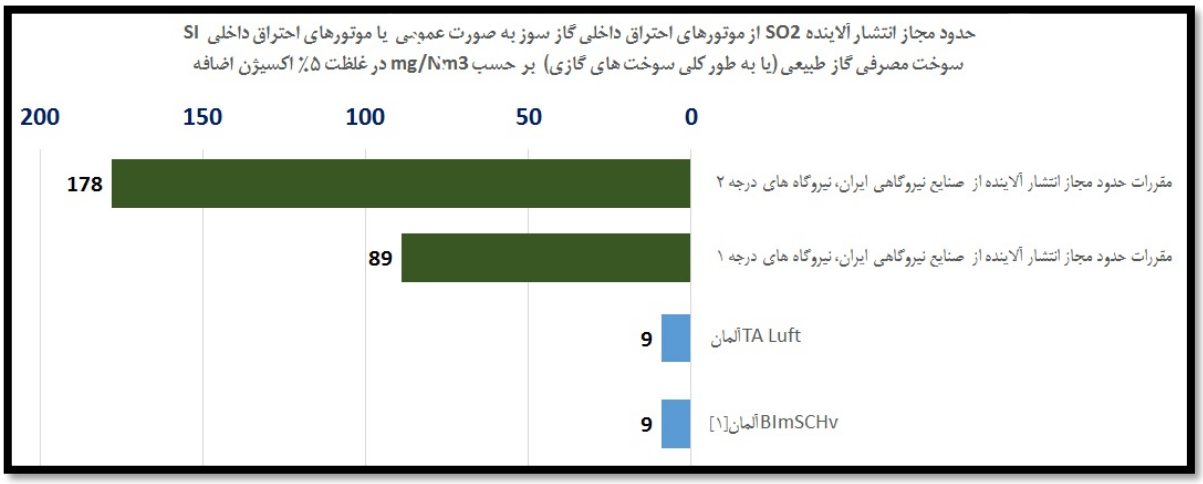


شکل(۸-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه

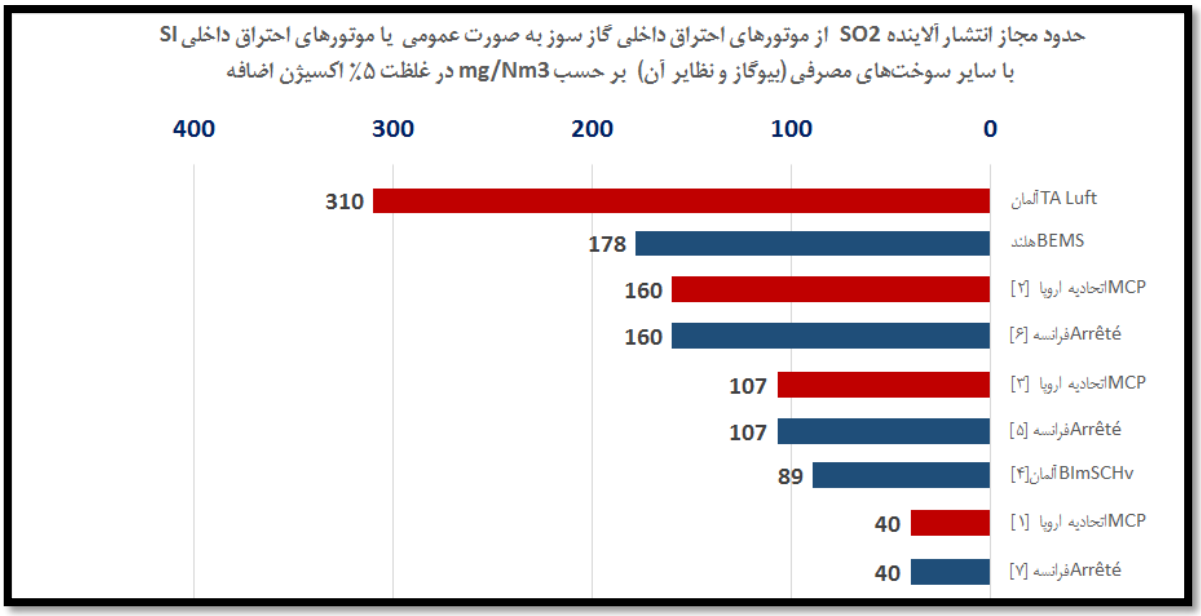
DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۲ -۶- ۳-آلاینده SO_2

- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی احتراق جرقه‌ای SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در شکل(۹-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی احتراق جرقه‌ای SI با سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۱۰-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشـــار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌ســـوز با ســـوخت مصـــرفی گاز طبیعی در شکل(۱۱-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۱۲-۲) ارائه شده است.

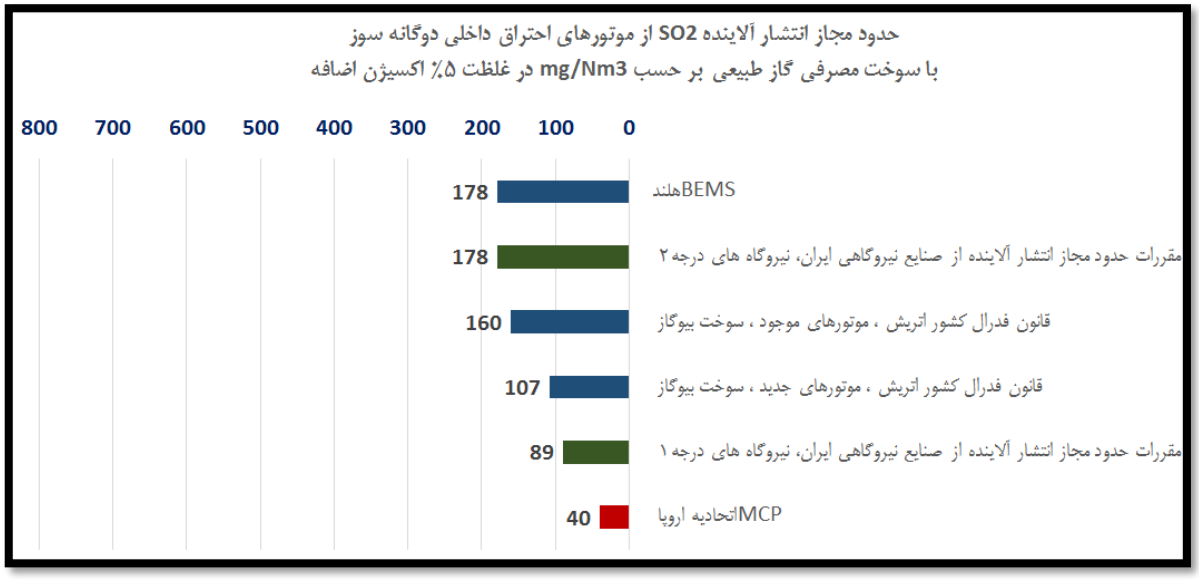


شکل(۹-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه

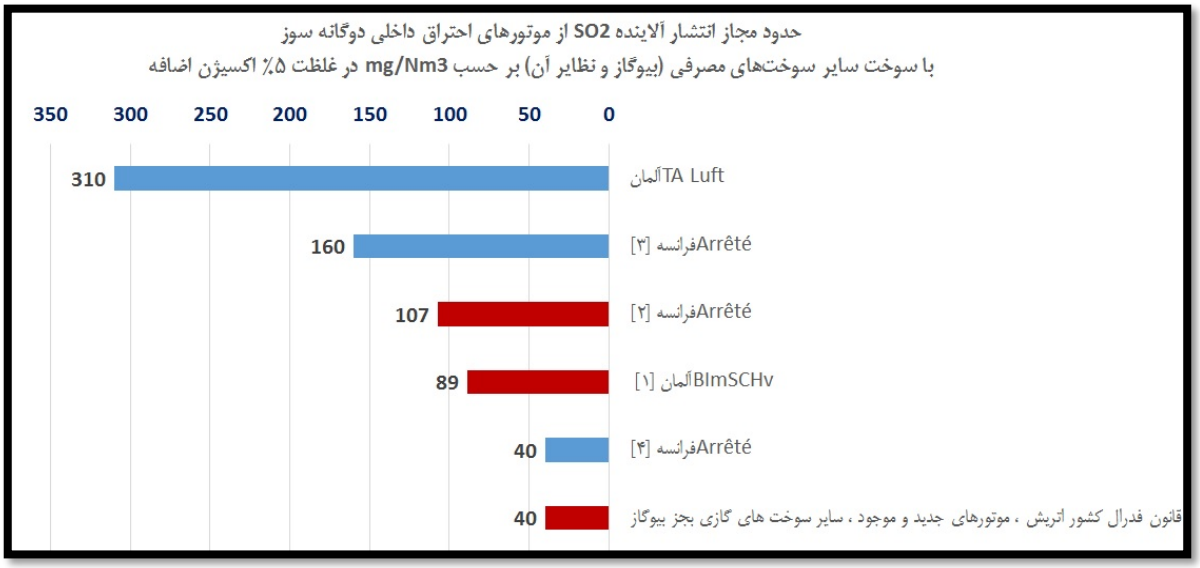


شکل(۱۰-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۱۱-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه



شکل(۱۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه

[۱] موتورهای جدید و موتورهای موجود

[۲] موتورهای جدید

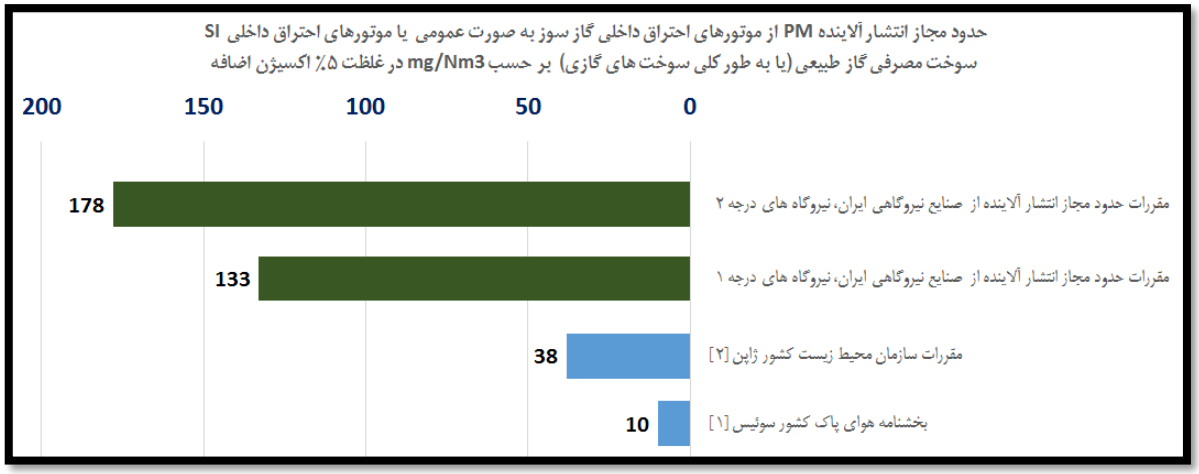
[۳] موتورهای موجود اجرا پس از ۲۰۲۵ – ۲۰۳۰

[۴] موتورهای جدید با سوخت سایر سوخت‌های گازی، موتورهای موجود سوخت سایر سوخت‌های گازی و اجرا پس از ۲۰۲۵ – ۲۰۳۰

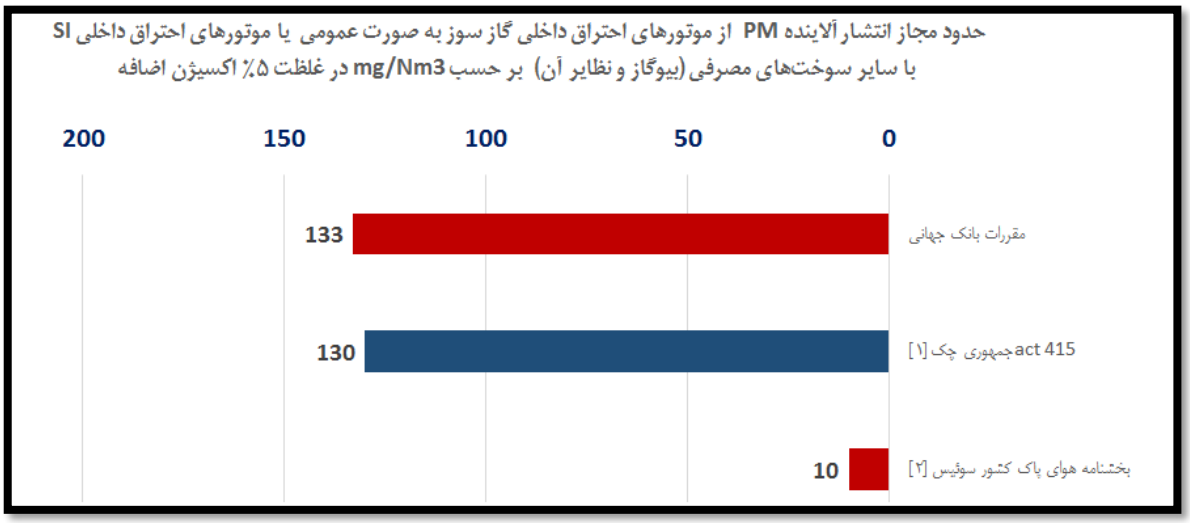
DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۲ -۶- ۴-آلاینده ذرات معلق PM

- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی احتراق جرقه‌ای SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در شکل(۱۳-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی احتراق جرقه‌ای SI با سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۱۴-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۱۵-۲) ارائه شده است.

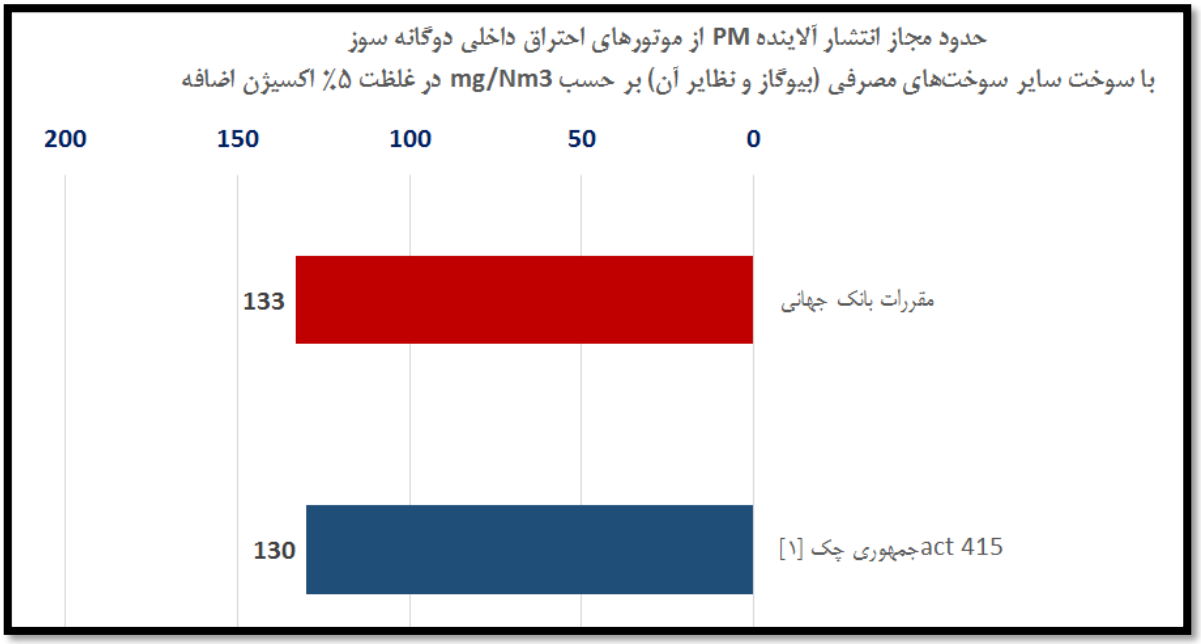


شکل(۱۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه



شکل(۱۴-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

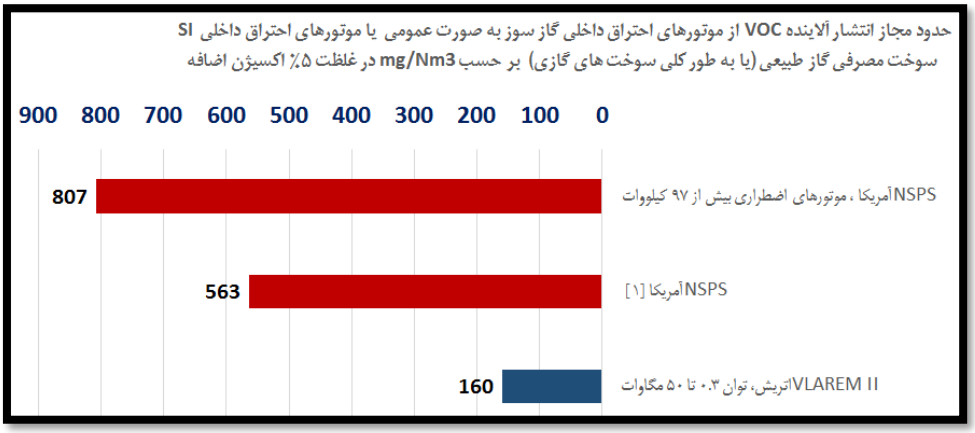


شکل(۱۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه

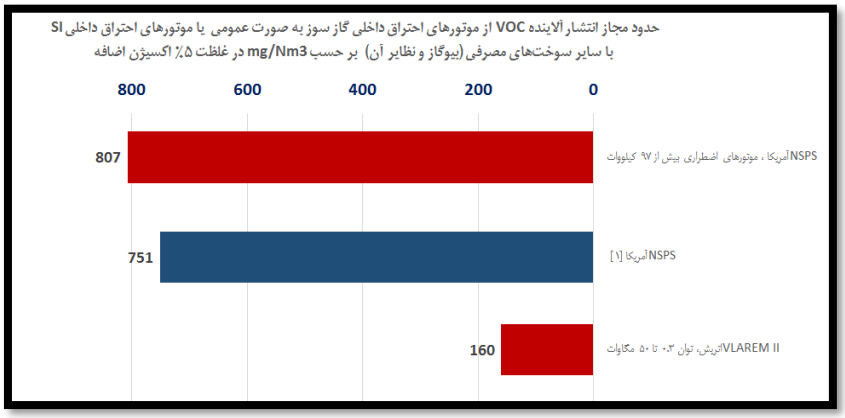
۲-۶-۵-آلاینده مواد آلی فرار VOC

- حدود مجاز انتشار آلاینده VOC از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی احتراق جرقه‌ای SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در شکل(۱۶-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده VOC از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی احتراق جرقه‌ای SI با سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۱۷-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده VOC از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت مصرفی گاز طبیعی تنها در استاندارد VLAREM II کشور اتریش و میزان mg/Nm^3 ۱۶۰ در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه در نظر گرفته‌شده است (برای موتورهای احتراق داخلی با توان ۰.۳ تا ۵۰ مگاوات). در سایر کشورهای بررسی‌شده در این تحقیق برای این آلاینده محدودیتی گزارش نشده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده VOC از موتورهای احتراق داخلی دوگانه‌سوز با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) تنها در استاندارد VLAREM II کشور اتریش و میزان mg/Nm^3 ۱۶۰ در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه در نظر گرفته شده است (برای موتورهای احتراق داخلی با توان ۰.۳ تا ۵۰ مگاوات). در سایر کشورهای بررسی‌شده در این تحقیق برای این آلاینده محدودیتی گزارش نشده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۱۶-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده VOC از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه



شکل(۱۷-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده VOC از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (به‌صورت عمومی) یا موتورهای احتراق داخلی SI با سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۵٪ اکسیژن اضافه

[۱] موتورهای با ظرفیت ۷۵ تا ۳۷۳ کیلووات، موتورهای با ظرفیت بیش از ۳۷۳ کیلووات، موتورهای رقیق سوز با توان ۳۷۳ تا ۱۰۰۷ کیلووات،

۲-۷- جمع‌بندی حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس تولید برق در جهان

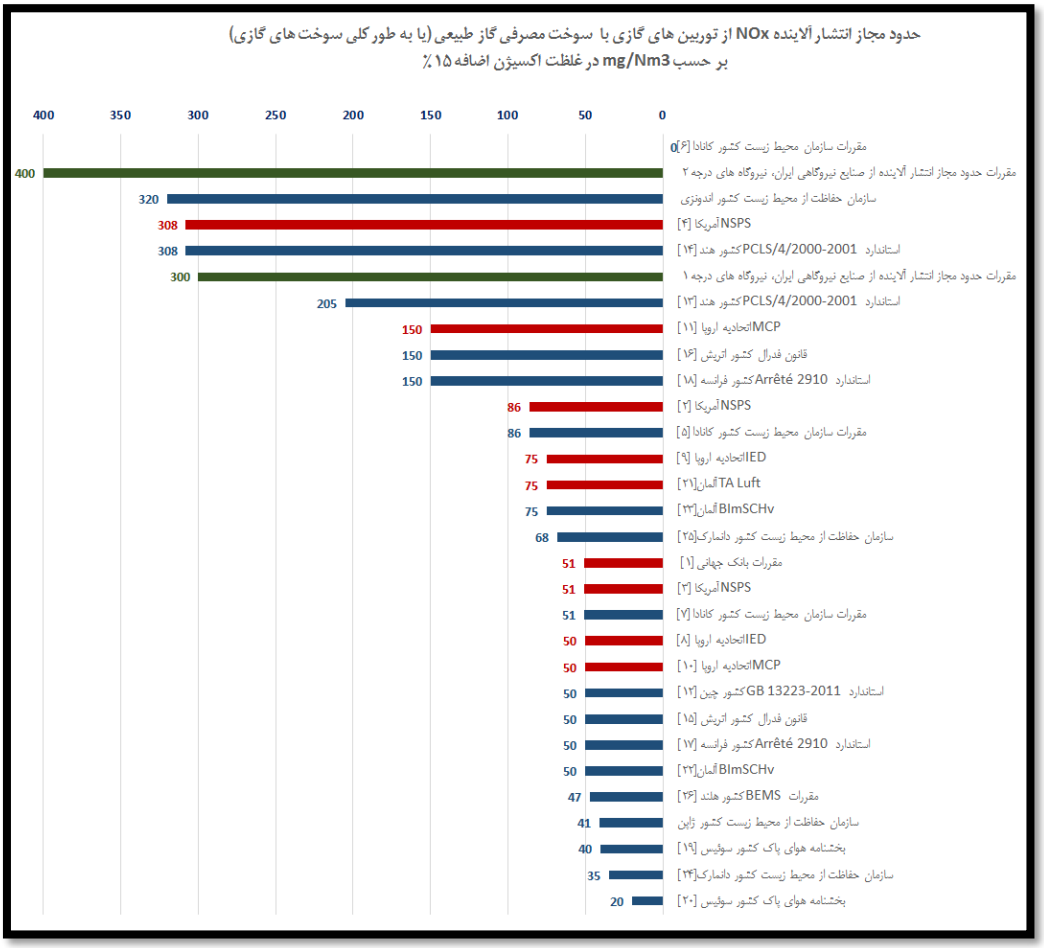
در بخش‌های ۲-۵-۱ تا ۲-۵-۱۵ حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی مقیاس کوچک در کشورهای مختلف جهان ارائه گردید. در این بخش جهت تسهیل بررسی نتایج به‌دست‌آمده، مقادیر حدود مجاز انتشار برای آلاینده‌های مختلف در کشورهای مختلف جمع‌بندی شده و در نمودارهای پیش رو به تفکیک نوع آلاینده، نوع سوخت مصرفی ارائه شده‌اند.

۲-۷-۱-آلاینده NO_x

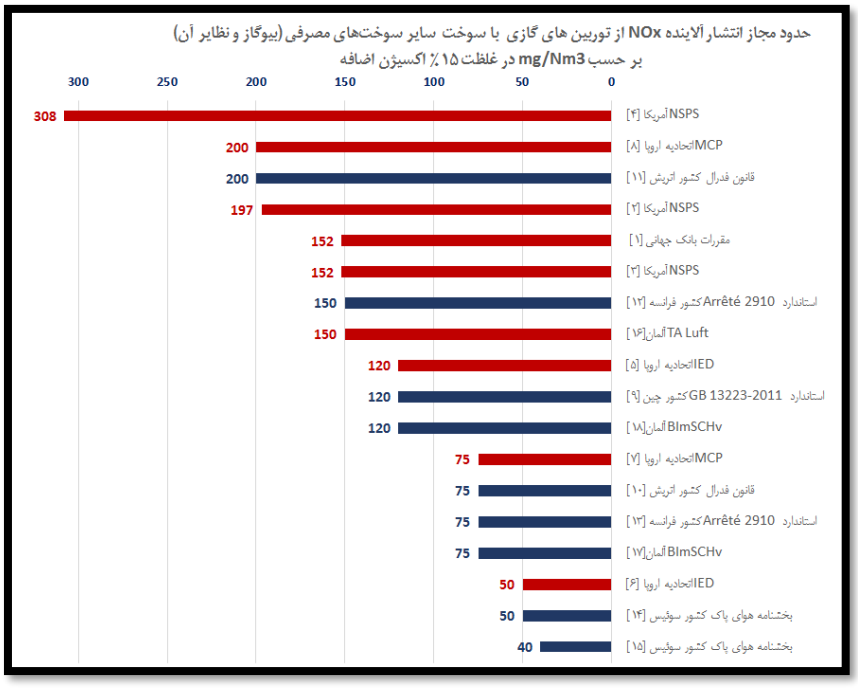
- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی[۱] در شکل(۱۸-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از توربین‌های گازی با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۱۹-۲) ارائه شده است.

[۱] در برخی استانداردها دسته بندی خواصی برای نوع سوخت مصرفی ارائه نشده و محدودیت های ارائه شده به صورت عمومی برای سوخت های گازی ارائه شده اند. در این بخش نتایج محدودیت های عمومی با نتایج دسته بندی سوخت گاز طبیعی تجمیع شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۱۸-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NO_x از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه

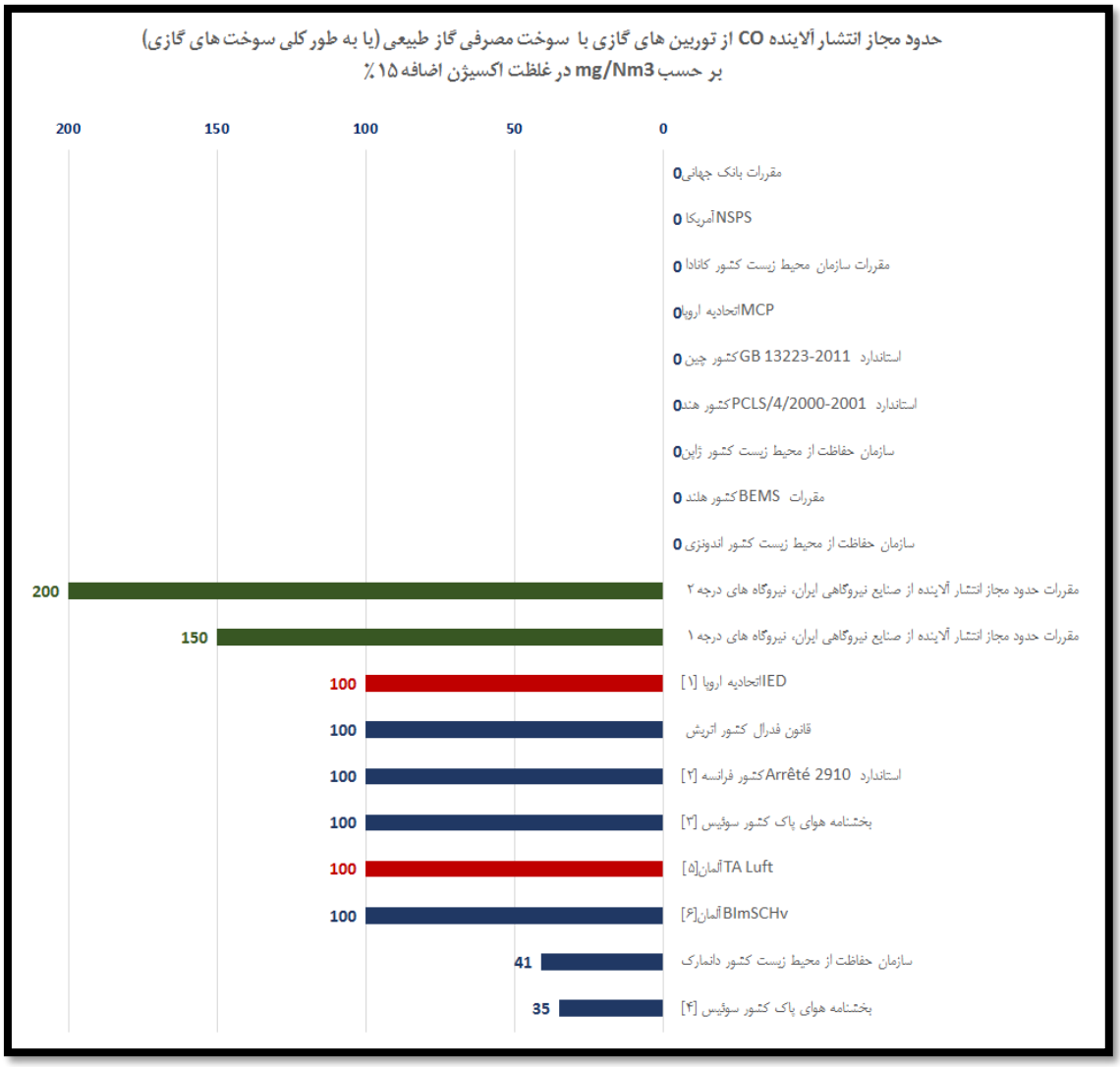


شکل(۱۹-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NO_x توربین‌های گازی با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

آلاینده CO

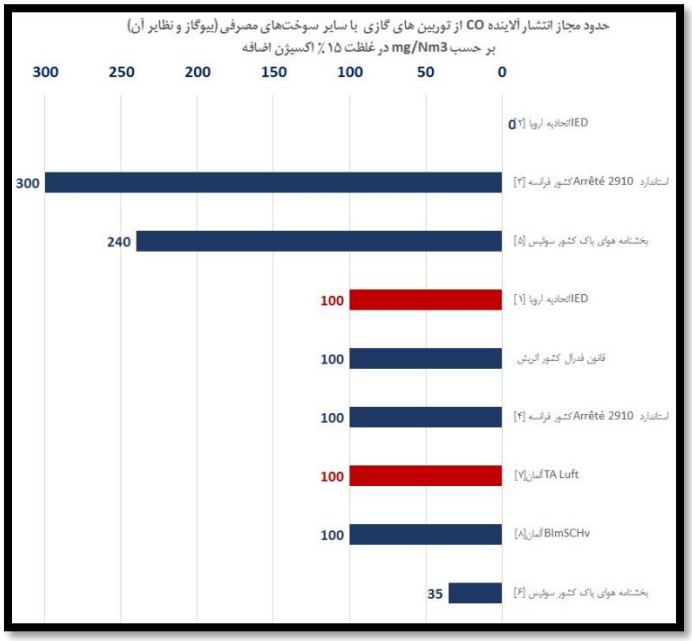
- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی[1] در شکل(۲۰-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از توربین‌های گازی با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۲۱-۲) ارائه شده است.



شکل(۲۰-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه

[1] در برخی استانداردها دسته بندی خواصی برای نوع سوخت مصرفی ارائه نشده و محدودیت های ارائه شده به صورت عمومی برای سوخت های گازی ارائه شده اند. در این بخش نتایج محدودیت های عمومی با نتایج دسته بندی سوخت گاز طبیعی تجمیع شده است.

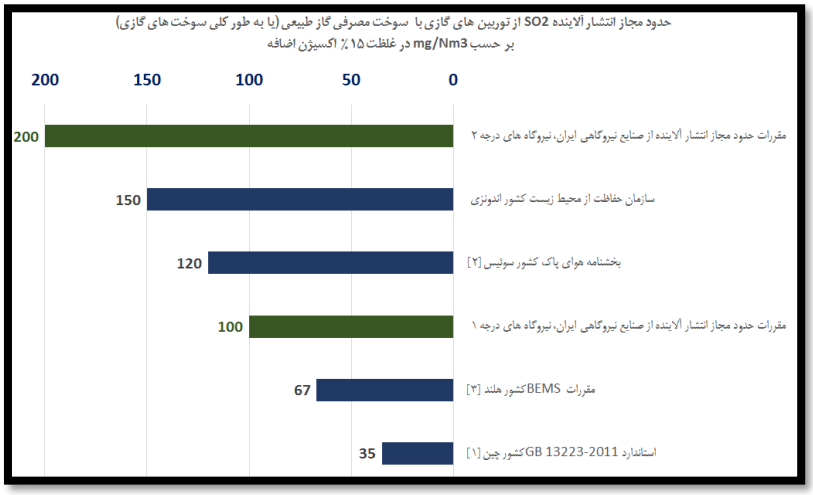
DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۲۱-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO توربین‌های گازی با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه

۲-۷- ۲-آلاینده SO_2

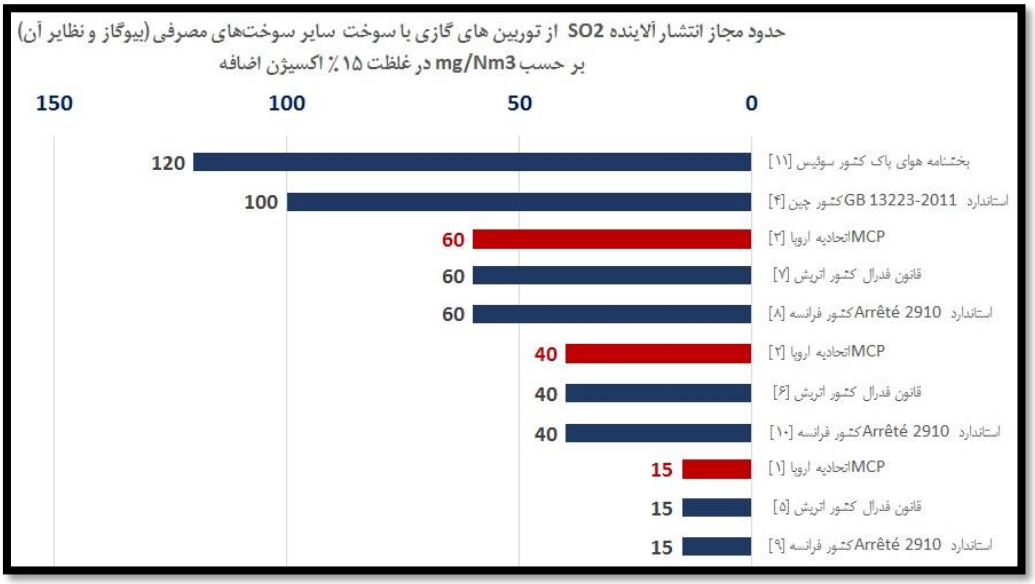
- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی[۱] در شکل(۲۲-۲) ارائه شده است.
- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از توربین‌های گازی با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۲۳-۲) ارائه شده است.



شکل(۲۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه

[۱] در برخی استانداردها دسته بندی خواصی برای نوع سوخت مصرفی ارائه نشده و محدودیت های ارائه شده به صورت عمومی برای سوخت های گازی ارائه شده اند. در این بخش نتایج محدودیت های عمومی با نتایج دسته بندی سوخت گاز طبیعی تجمیع شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

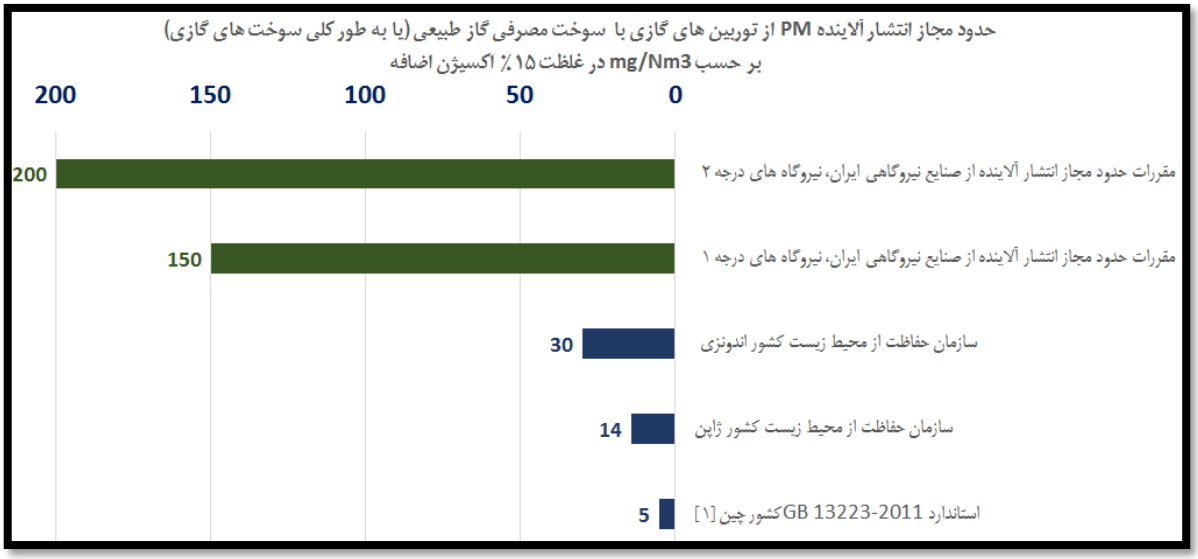


شکل(۲۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 توربین‌های گازی با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه

۲ -۷- ۳-آلاینده ذرات معلق PM

حدود مجاز انتشار آلاینده PM از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی[۱] در شکل(۲۴-۲) ارائه شده است.

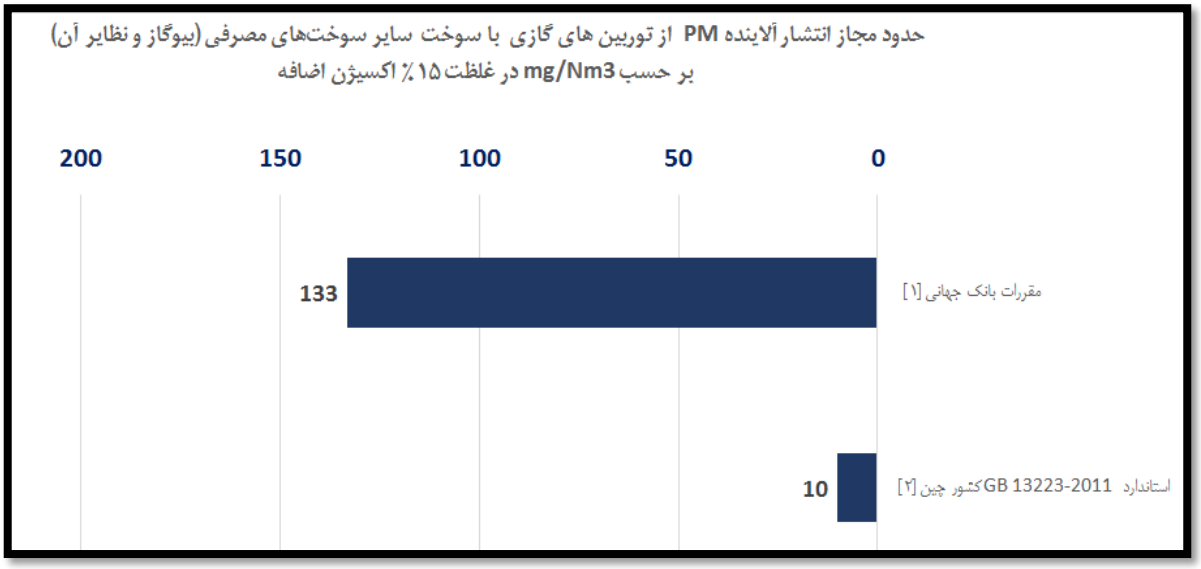
حدود مجاز انتشار آلاینده PM از توربین‌های گازی با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در شکل(۲۵-۲) ارائه شده است.



شکل(۲۴-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه

[۱] در برخی استانداردها دسته بندی خواصی برای نوع سوخت مصرفی ارائه نشده و محدودیت های ارائه شده به صورت عمومی برای سوخت های گازی ارائه شده اند. در این بخش نتایج محدودیت های عمومی با نتایج دسته بندی سوخت گاز طبیعی تجمیع شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۲۵-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM توربین‌های گازی با سوخت سایر سوخت‌های مصرفی (بیوگاز و نظایر آن) در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه

۳-تعیین مقیاس تولید برق جهت تدوین پیش‌نویس استاندارد زیست‌محیطی واحدهای تولید پراکنده

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳- ۱- طبقه‌بندی مولدهای مقیاس کوچک در ایران

در ایران تنها طبقه‌بندی ارائه شده برای ظرفیت مولدهای برق مقیاس کوچک مربوط است به دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه توزیع برق ایران که در آن طبقه‌بندی مولدهای مقیاس کوچک با توجه به مقادیر نامی ظرفیت تولید برق آن‌ها ارائه شده است[۱]. در جدول(۱-۳) این طبقه‌بندی ارائه شده است.

جدول(۱-۳)- طبقه‌بندی مولدهای تولید پراکنده گازسوز [۱, ۲]

طرح	مقادیر نامی
۱	کمتر از ۲۰ کیلووات
۲	بیشتر از ۲۰ کیلووات و کمتر از ۲۰۰ کیلووات
۳	بیشتر از ۲۰۰ کیلووات و کمتر از ۱۰۰۰ کیلووات
۴	بیشتر از ۱ مگاوات و کمتر از ۷ مگاوات
۵	بیشتر از ۷ مگاوات و کمتر از ۲۵ مگاوات

شایان‌ذکر است که دسته‌بندی ارائه شده در جدول(۱-۳) صرفاً ازلحاظ اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه توزیع برق ایران حائز اهمیت است.

همچنین طبق تعریف دبیرخانه هیئت تنظیم بازار برق ایران از تولید پراکنده به مفهوم نوین آن عبارت است از " تأمین انرژی برق با استفاده از مولدهای تولید برق با ظرفیت (حداکثر) ۲۵ مگاوات که قابلیت نصب در محل‌های مصرف و یا اتصال به شبکه توزیع باقابلیت کارکرد دائم به‌منظور تأمین انرژی برق را دارند، و ازلحاظ مشخصه‌های زیست‌محیطی امکان بهره‌برداری از آن‌ها در مراکز مختلف میسر باشد"[۳۶]. مطابق با مصوبه جلسه ۹۵ هیئت تنظیم بازار برق کشور: مقرر گردید نیروگاه‌هایی که ازنظر فنی قابلیت اتصال به شبکه توزیع محل اتصال را دارا هستند و ظرفیت عملی تولید آن‌ها از ۲۵ مگاوات بیشتر نیست، به‌عنوان نیروگاه مقیاس کوچک تلقی گردند. برای تولیدکننده‌ای دارای ظرفیت تولید بیش از ۲۵ مگاوات ، اگر بخشی از این ظرفیت توسط خود تولیدکننده یا دیگر مصرف‌کنندگان متصل به شبکه محلی به مصرف برسد و تولیدکننده مایل به عرضه بقیه ظرفیت آماده تولید خود به شبکه باشد، تا سقف ۲۵ مگاوات از تولید آن، مشمول احکام نیروگاه‌های مقیاس کوچک خواهد شد؛ مشروط بر آنکه مازاد تولید آن نسبت به‌کل مصرف در شبکه محلی، بیش از ۲۵ مگاوات نباشد[۳۶].

همچنین شایان ذکر است که حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا در صنایع نیروگاه‌ها در کشور ایران به‌صورت عمومی ارائه شده و طبقه‌بندی خواصی برای ظرفیت تولید برق مولدهای مقیاس کوچک در آن ارائه نشده است.

۳- ۲- طبقه‌بندی توان تولید موتورهای احتراق داخلی در حدود مجاز و استانداردهای بین‌المللی انتشار آلاینده‌ها

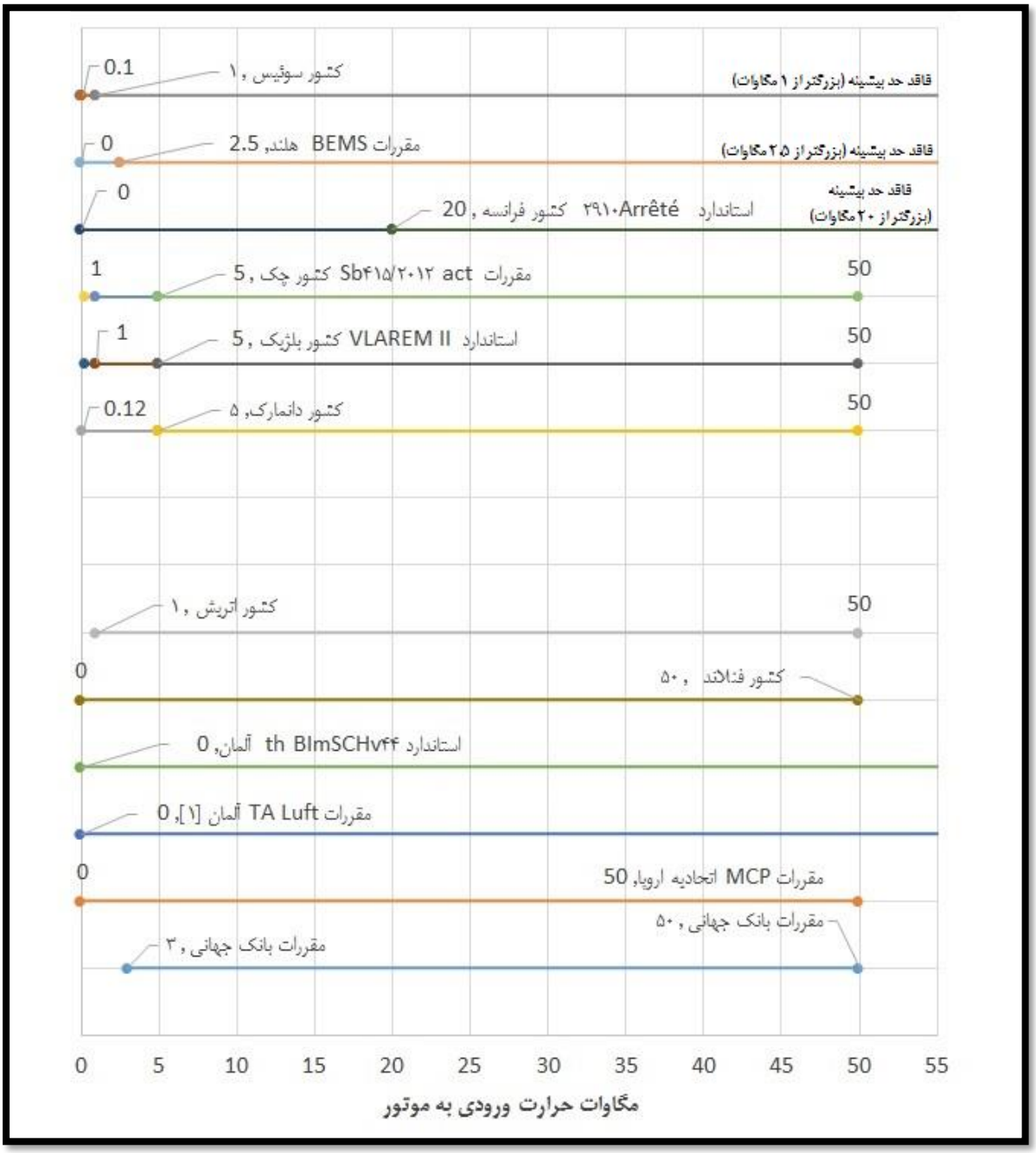
در مقررات و استانداردهای انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی کشورهای مختلف جهان، طبقه‌بندی توان تولید موتورهای احتراق داخلی به دو صورت زیر ارائه شده‌اند.

- طبقه‌بندی بر اساس میزان حرارت ورودی به موتور برحسب مگاوات حرارت ورودی به مولد (MWth، شکل(۱-۳))
- طبقه‌بندی بر اساس حداکثر ظرفیت نامی تولید برق موتور برحسب مگاوات (شکل(۲-۳))

مطابق شکل(۱-۳)، در برخی مقررات و استانداردها نظیر مقررات بانک جهانی، مقررات MCP اتحادیه اروپا، مقررات کشور فنلاند و کشور اتریش طبقه‌بندی در بازه وسیعی از ظرفیت تولید و به‌صورت یکپارچه ارائه شده است یا در مورد ظرفیت تولید مولد محدودیتی ارائه نشده است (نظیر مقررات TA Luft کشور آلمان برای موتورهای SI با سوخت گاز طبیعی و مقررات BImSCHv کشور آلمان). در برخی دیگر از مقررات و استانداردها نظیر مقررات کشورهای اتریش، بلژیک ، چک ، فرانسه

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

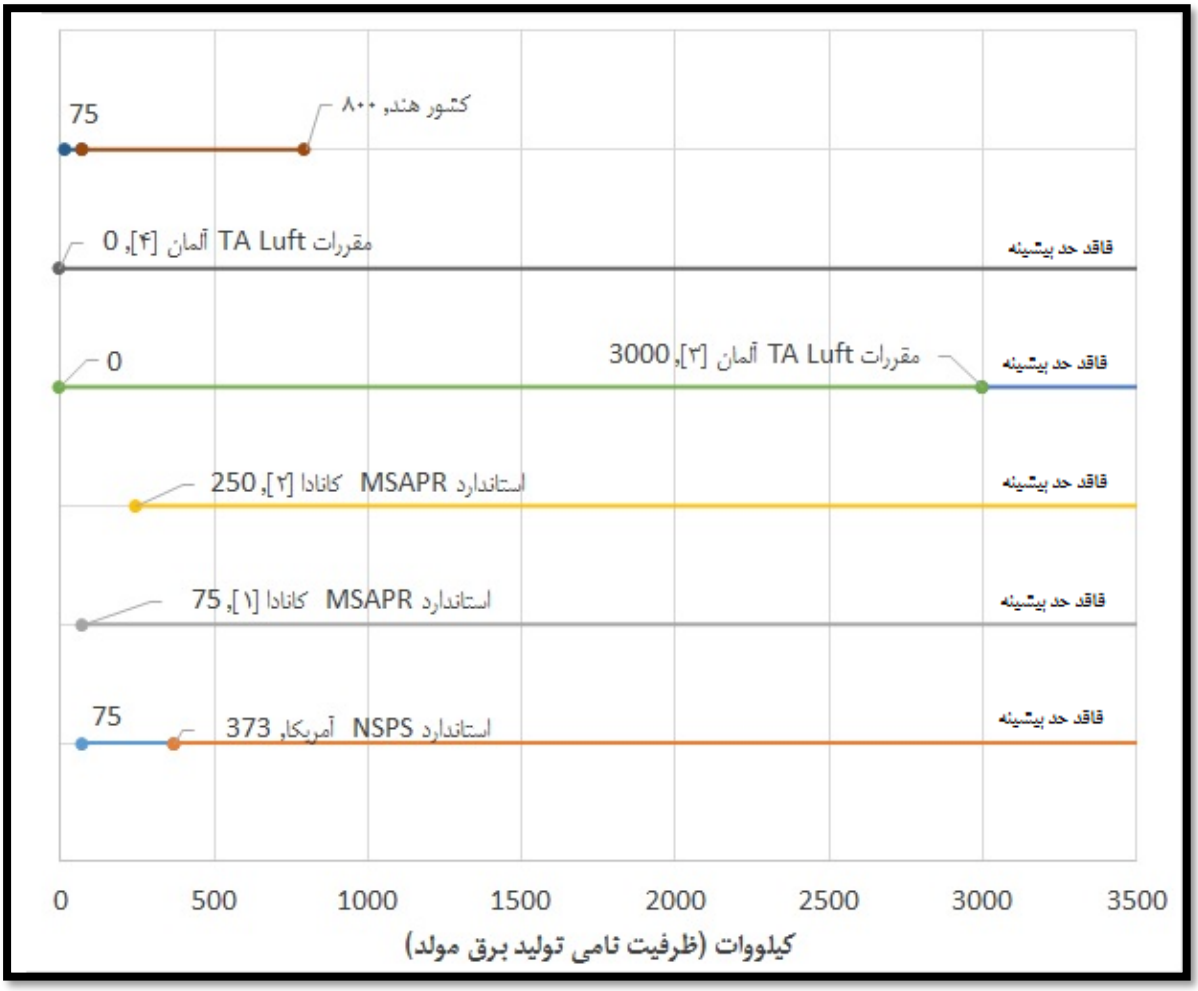
، هلند و سوئیس موتورهای احتراق داخلی به ۲ یا ۳ دسته ازنظر توان تولید برق دسته‌بندی شده‌اند و برای هر دسته‌بندی محدوده میزان انتشار آلاینده مشخصی وضع شده است.



شکل(۱-۳)- طبقه‌بندی توان تولید موتورهای احتراق داخلی در مقررات و استانداردهای انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی کشورهای مختلف جهان، بر اساس میزان حرارت ورودی به موتور

[۱] موتورهای SI با سوخت گاز طبیعی

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۲-۳)- طبقه‌بندی توان تولید موتورهای احتراق داخلی در مقررات و استانداردهای انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی کشورهای مختلف جهان، بر اساس حداکثر ظرفیت نامی تولید برق موتور

[۱] موتورهای جدید با کارکرد معمولی

[۲] موتورهای موجود و قدیمی با کارکرد معمولی

[۳] موتورهای SI با سوخت بیوگاز ، موتورهای دوگانه‌سوز

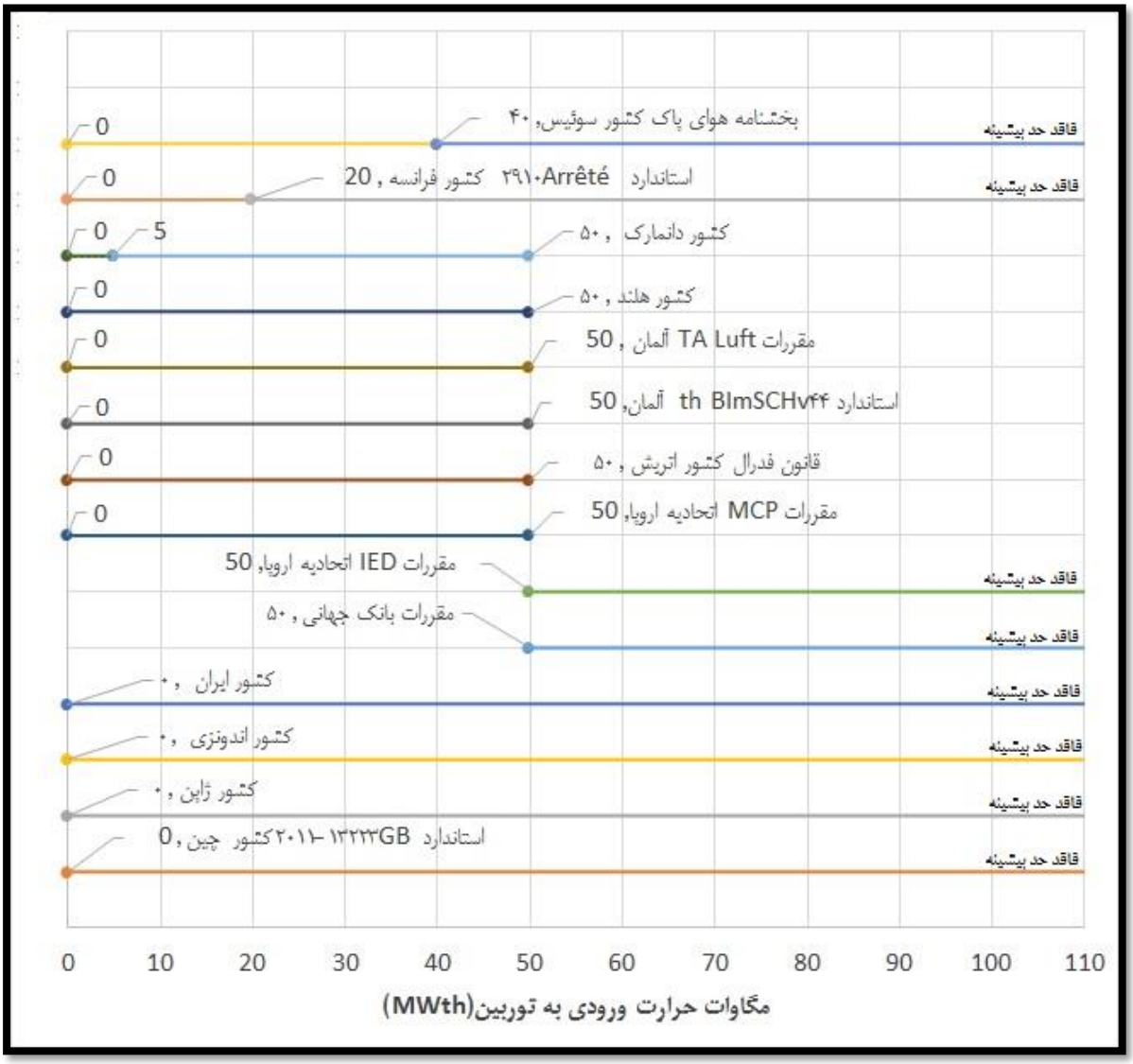
[۴] موتورهای SI با سوخت گاز طبیعی

مطابق شکل(۲-۳) در مقررات و استاندارد مربوط به کشورهای آمریکا، کانادا، آلمان (برای سوخت بیوگاز و موتورهای دوگانه‌سوز) و هند طبقه‌بندی توان تولید موتورهای احتراق داخلی بر اساس حداکثر ظرفیت نامی تولید برق موتور بوده و برای هر دسته‌بندی محدوده میزان انتشار آلاینده مشخصی وضع شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳-۳- طبقه‌بندی توان تولید توربین‌های گازی در حدود مجاز و استانداردهای بین‌المللی انتشار آلاینده‌ها

در بررسی مقررات و استانداردهای انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی کشورهای مختلف جهان مشاهده شد که اغلب این مقررات و استانداردها طبقه‌بندی توان توربین‌های گازی را برحسب مگاوات حرارت ورودی به مولد (MWth، شکل(۳-۳)) ارائه کرده‌اند. تنها در استانداردهای کشور کانادا و هند طبقه‌بندی توان توربین‌های گازی برحسب حداکثر ظرفیت نامی تولید برق توربین (MW) ارائه شده است.



شکل(۳-۳)- طبقه‌بندی توان تولید توربین‌های گازی در مقررات و استانداردهای انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی کشورهای مختلف جهان، بر اساس میزان حرارت ورودی به توربین گازی

مطابق شکل(۱-۳)، در برخی مقررات و استانداردها نظیر مقررات کشور چین، ژاپن، اندونزی و ایران در مورد ظرفیت تولید توربین محدودیتی ارائه نشده است. در برخی دیگر از مقررات و استانداردها نظیر مقررات بانک جهانی، IED اتحادیه اروپا، سوئیس و فرانسه تنها حد پایین ظرفیت توربین مشخص‌شده و محدودیتی برای حد بالای ظرفیت توربین ارائه نشده است. در سایر مقررات و استانداردها نیز نظیر مقررات و استانداردها MCP اتحادیه اروپا، BImSCHv آلمان، TA Luft آلمان، هلند، دانمارک و اتریش هم برای حد پایین و هم حد بالای ظرفیت توربین محدودیت در نظر گرفته شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳- ۴- تعیین مقیاس تولید برق موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس

مطابق شکل(۱-۳) و شکل(۲-۳)، در طبقه‌بندی‌هایی که برای مقیاس موتورهای احتراق داخلی در مقررات و استانداردهای جهانی ارائه شده است حد پایین ظرفیت نامی تولید برق این موتورها اغلب صفر و یا مقادیر کمتر از چند ده کیلووات در نظر گرفته شده است.

همچنین مطابق شکل(۱-۳) و شکل(۲-۳) در اغلب مقررات و استانداردهای ارائه شده، برای حد بالای توان موتورهای احتراق داخلی میزان ۵۰MWth حرارت ورودی در نظر گرفته شده است که با توجه به راندمان موتورهای احتراق داخلی (۳۰٪-۵۰٪) حد بالای ظرفیت نامی تولید برق موتورهای احتراق داخلی در حدود ۱۵-۲۵ مگاوات خواهد بود.

همچنین مطابق شکل(۳-۳) در اغلب مقررات و استانداردهای ارائه شده، برای حد بالای توان توربین‌های گازی نیز میزان ۵۰MWth حرارت ورودی در نظر گرفته شده است.

بر این اساس تعریف دبیرخانه هیئت تنظیم بازار برق ایران برای مولدهای مقیاس کوچک با تعاریف و طبقه‌بندی‌های فوق همخوانی داشته و می‌توان تعریف دبیرخانه هیئت تنظیم بازار برق ایران برای ظرفیت تولید برق مولدهای مقیاس کوچک را جهت تدوین پیش‌نویس استاندارد زیست‌محیطی موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس به کار برد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳- ۵- نتیجه‌گیری مرحله دوم

در فصل اول این گزارش دستورالعمل‌های مرتبط با مولدهای کوچک‌مقیاس در ایران شامل دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه، دستورالعمل توسعه مولدهای مقیاس کوچک و دستورالعمل نرخ خرید تضمینی بند (ت) ماده ۴۸ قانون برنامه ششم توسعه ارائه شده است. در بررسی دستورالعمل‌های فوق مشخص شد که در متن این دستورالعمل‌ها محدودیت‌هایی برای میزان انتشار آلاینده از مولدهای کوچک‌مقیاس در نظر گرفته نشده است.

تنها محدودیت‌هایی که برای میزان انتشار آلاینده‌های هوا از مولدهای کوچک‌مقیاس در ایران اعمال می‌شود بر اساس قوانین و الزامات عمومی حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از در صنایع نیروگاه‌ها است که در سال ۱۳۹۷ در ایران به تصویب هیئت‌وزیران رسیده است.

در فصل دوم این گزارش مقادیر طراحی‌شده برای انتشار آلاینده‌ها در موتورهای احتراق داخلی گازسوز شرکت‌های مختلف سازنده موتورهای احتراق داخلی بر اساس مقادیر ارائه‌شده در کاتالوگ این سازندگان ارائه گردید. بر اساس نتایج ارائه‌شده در این بخش، میزان انتشار آلاینده NO_x طراحی‌شده اغلب سازندگان موتورهای احتراق داخلی میزان انتشار mg/Nm^3 ۵۰۰ است. همچنین مشاهده شد که در کاتالوگ برخی سازندگان موتور نظیر شرکت کاترپیلار، عملکرد دستگاه برای انتشار آلاینده NOx بر اساس دو میزان mg/Nm^3 ۲۵۰ و mg/Nm^3 ۵۰۰ طراحی شده است. مقادیر ارائه‌شده برای راندمان و سوخت مصرفی این مولدها حاکی از آن بود که کارکرد در شرایط انتشار پایین‌تر NOx موجب کاهش ۱ تا ۱/۵ درصدی راندمان و افزایش مصرف سوخت مولد شده است.

در بخش دیگر این فصل حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از مولدهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در مقررات و استانداردهای بین‌المللی نظیر استانداردهای اتحادیه اروپا و بانک جهانی و مقررات و استانداردهای ملی نظیر مقررات و استانداردهای کشورهای ایالات‌متحده امریکا، کانادا، آلمان، بلژیک، فنلاند، فرانسه، هلند، اتریش، روسیه، جمهوری چک، سوئیس، ژاپن، هند، دانمارک و ایران ارائه شده است.

در ادامه این فصل، حدود مجاز میزان انتشار صدا از مولدهای احتراق داخلی و توربین گازی کشورهای مختلف جهان ارائه گردید. طبق نتایج ارائه‌شده در این بخش حدود مجاز انتشار صدا در هوای آزاد ایران طبق مصوبه جلسه مورخ ۱۳۷۸/۳/۱۹ هیئت‌وزیران تعیین شده است. این حدود مجاز معادل با حدود مجاز پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی برای انتشار صدا در مناطق مسکونی، مناطق تجاری ، مناطق صنعتی و مناطق آرام یکسان بوده و با استانداردها و حدود مجاز تدوین‌شده در بسیاری از کشورهای جهان همخوانی مناسبی دارد.

در ادامه این فصل، حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس مقررات و استانداردهای بین‌المللی نظیر استانداردهای اتحادیه اروپا و بانک جهانی و مقررات و استانداردهای ملی نظیر مقررات و استانداردهای کشورهای ایالات‌متحده امریکا، کانادا،چین، آلمان، فرانسه، هلند، اتریش، سوئیس، ژاپن، هند، دانمارک، اندونزی و ایران ارائه شده است.

درنهایت در انتهای این فصل حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از مولدهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق و همچنین توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس در کشورهای مختلف جهان جمع‌بندی شده‌اند.

در بخش جمع‌بندی حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در جهان، آلاینده‌های NO_x، CO، SO_2، ذرات معلق PM، آلاینده‌های فرار آلی VOC موردبررسی قرار گرفتند.

- بر اساس نمودارهای ارائه‌شده در این بخش ، مقررات کنونی ایران برای حدود مجاز انتشار آلاینده‌های NO_x، CO، SO_2 و ذرات معلق PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز با سوختی غیر از گاز طبیعی (سوخت‌هایی نظیر بیوگاز و نظایر آن) مقررات و محدودیت‌های جداگانه‌ای وضع نشده است. این در حالی است که در بسیاری از مقررات وضع‌شده بین‌المللی برای این سوخت‌ها حدود جداگانه‌ای وضع شده است.

- بر اساس شکل(۱-۲)، مقررات کنونی ایران[۱] برای حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز با سوخت گاز طبیعی در محدوده مقررات سخت‌گیرانه ملی کشورهای پیشرفته اروپایی قرار داشته و نسبت به مقررات مطرح جهانی نظیر مقررات بانک جهانی، بخشنامه واحدهای احتراقی متوسط MCP اتحادیه اروپا، مقررات NSPS ایالات‌متحده آمریکا و استاندارد بین‌المللی TA Luft کشور آلمان محدودیت میزان انتشار پایین‌تری را وضع نموده است.
- بر اساس شکل(۵-۲)، مقررات کنونی ایران برای حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز با سوخت گاز طبیعی جزو سخت‌گیرانه‌ترین مقررات ملی کشورهای بررسی‌شده بوده است. شایان‌ذکر است که برای آلاینده CO مقررات بانک جهانی و بخشنامه واحدهای احتراقی متوسط MCP اتحادیه اروپا محدودیتی وضع نشده است. همچنین استاندارد ایران نسبت به استاندارد NSPS ایالات‌متحده آمریکا بسیار سخت‌گیرانه‌تر است.
- بر اساس شکل(۹-۲)، اغلب مقررات و استانداردهای خارجی برای حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز با سوخت گاز طبیعی محدودیتی وضع نکرده‌اند و تنها در مقررات‌های BImSCHv و TA Luft کشور آلمان و مقررات کنونی ایران در این بخش محدودیت وضع شده است که دو مقررات کشور آلمان نسبت به مقررات کنونی ایران سخت‌گیرانه‌تر هستند.
- بر اساس شکل(۱۳-۲)، اغلب مقررات و استانداردهای خارجی برای حدود مجاز انتشار آلاینده ذرات معلق PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز با سوخت گاز طبیعی محدودیتی وضع نکرده‌اند و تنها در مقررات کشورهای ژاپن، سوئیس و ایران در این بخش محدودیت وضع شده است. مقررات وضع شده این دو کشور نسبت به مقررات کنونی ایران سخت‌گیرانه‌تر هستند.
- بر اساس شکل(۱۶-۲)، اغلب مقررات و استانداردهای خارجی برای حدود مجاز انتشار آلاینده مواد فرار آلی VOC از موتورهای احتراق داخلی گازسوز با سوخت گاز طبیعی محدودیتی وضع نکرده‌اند و تنها در مقررات کشورهای آمریکا و اتریش در این بخش محدودیت وضع شده است.

در بخش جمع‌بندی حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس تولید برق در جهان، آلاینده‌های NO_x، CO، SO_2 و ذرات معلق PM موردبررسی قرار گرفتند.

- بر اساس نمودارهای ارائه‌شده در این بخش و مشابه بخش موتورهای احتراق داخلی گازسوز، مقررات کنونی ایران برای حدود مجاز انتشار آلاینده‌های NO_x، CO، SO_2 و ذرات معلق PM از توربین‌های گازی با سوختی غیر از گاز طبیعی (سوخت‌هایی نظیر بیوگاز و نظایر آن) مقررات و محدودیت‌های جداگانه‌ای وضع نشده است. این در حالی است که در بسیاری از مقررات وضع شده بین‌المللی برای این سوخت‌ها حدود جداگانه‌ای وضع شده است.
- بر اساس شکل(۱۸-۲)، مقررات کنونی ایران برای حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی از سخت‌گیری کمتری نسبت به مقررات و استانداردهای بین‌المللی برخوردار است.
- بر اساس شکل(۲۰-۲)، مقررات کنونی ایران برای حدود مجاز انتشار آلاینده CO از توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی سخت‌گیری کمتری نسبت به مقررات ملی کشورهایی دارد که برای این آلاینده محدودیت میزان انتشار وضع کرده‌اند. شایان‌ذکر است که برای آلاینده CO در مقررات بانک جهانی، بخشنامه واحدهای احتراقی متوسط MCP اتحادیه اروپا و استاندارد NSPS ایالات‌متحده آمریکا محدودیتی وضع نشده است.

[۱] حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از صنایع نیروگاه‌ها در کشور ایران که برای موتورهای احتراق داخلی گاز سوز و توربین‌های گازی کوچک مقیاس نیست اعمال میشود

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

- بر اساس شکل(۲۲-۲)، اغلب مقررات و استانداردهای خارجی برای حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی محدودیتی وضع نکرده‌اند و تنها در مقررات کشورهای چین، هلند، سوئیس، اندونزی و مقررات کنونی ایران برای انتشار آلاینده SO_2 محدودیت وضع شده است.
- بر اساس شکل(۲۴-۲)، اغلب مقررات و استانداردهای خارجی برای حدود مجاز انتشار آلاینده ذرات معلق PM از توربین‌های گازی با سوخت گاز طبیعی محدودیتی وضع نکرده‌اند و تنها در مقررات کشورهای چین و ژاپن، اندونزی و ایران در این بخش محدودیت وضع شده است. مقررات وضع شده این سه کشور نسبت به مقررات کنونی ایران سخت‌گیرانه‌تر هستند.

۳- ۶- مراجع مرحله دوم

۱. توانیر, دستورالعمل اتصال به شبکه تولید پراکنده (مولدهای مقیاس کوچک). ۱۳۹۲: توانیر

۲. برق, د.ص.آ.و., راهنمای انجام مطالعات فنی تهیه طرح اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق. ۱۳۹۲: شرکت سهامی مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر).

۳. Corporation, I.F., *Environmental, Health, and Safety Guidelines for Thermal Power Plants*. 2008, WORLD BANK GROUP: WORLD BANK GROUP.

۴. Code, U., *The New Source Performance Standards*, in *Title 40, Part 60, Subpart JJJJ* 2011, Code of Federal Regulations (CFR.(

۵. CFR (Title 40, P., Subpart ZZZZ), *National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Reciprocating Internal Combustion Engines (NESHAP)*, in *40 CFR Part 63*. 2010, CFR https://www.epa.gov/stationary-engines/compliance-requirements-stationary-engines.

۶. Canada, M.o.J.o., *Multi-Sector Air Pollutants Regulations (MSAPR): PART 2 - Stationary Spark-ignition Engines* 2016, Minister of Justice of Canada: https://laws.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2016-151/index.html.

۷. Parliament, E., *Directive 20/۷۵/۱۰EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control).* Official Journal of the European Union, 2010: p. L 334/17-L 334/119.

۸. Parliament, E., *DIRECTIVE (EU) 2015/2 ۱۹۳OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 November 2015 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from medium combustion plants.* Official Journal of the European Union, 2015: p. L 313/1 - L 313/18.

۹. VDMA, *Exhaust Emission Legislation Diesel- and Gas engines*. 2017: mus.vdma.org/emission.

۱۰. legifrance.gouv.fr, *Arrêté du 3 août 2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'enregistrement au titre de rubrique 2910 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement*, in *Arrêté 2910* 2018, ministre de la transition écologique et solidaire: https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037284611.

۱۱. Plomp, A., *Evaluation of the Dutch Decree on emission limit values for medium-sized combustion installations â€“five potential restrictions.* 2013.

۱۲. des Bundes, R., *Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Psychotherapiegesetz, Fassung vom 29.06. 2019 (Consolidated federal law: Entire legal regulation for Combustion Plants Ordinance 2019, version dated 09/21/2021)*, in *Federal Law Gazette II No. 293/2019* 2019, Federal Ministry for Digitization and Business Location:

https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20010773.

.۱۳ REPUBLIKA, Č., *Vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování ao provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.* Zákony pro lidi, 2012.

.۱۴ Bundesrat, D.S., *Luftreinhalte-Verordnung [Ordinance on Air Pollution Control (OAPC)]*. 1986 (Stand am 1. April 2020), Bern: Protection of the Environment (the Federal Act.,(

.۱۵ Japan.(MOE), M.o.t.E.G.o., *Regulatory Measures against Air Pollutants Emitted from Factories and Business Sites and the Outline of Regulation - Emission Standards for Soot and Dust, and NOx*. 1998, Ministry of the Environment Government of Japan.(MOE): https://www.env.go.jp/en/air/aq/air/air4_table.html.

.۱۶ BOARD, C.P.C., *SYSTEM & PROCEDURE FOR COMPLIANCE TO EMISSION and NOISE LIMITS FOR Genset run on dedicated Natural Gas (NG) or Liquefied Petroleum Gas (LPG); Petrol or Natural Gas (NG)/Liquefied Petroleum Gas (LPG); and Dual Fuel - Diesel and Natural Gas (NG) or Diesel and Liquefied Petroleum Gas (LPG).* 2016 ,Ministry of Environment, Forests & Climate Change, Parivesh Bhawan.,

.۱۷ Agency, D.E.P., *Guidelines for Air Emission Regulation, Limitation of air pollution from installations , Vejledning fra Miljøstyrelsen*. 2002: Danish Environmental Protection Agency.

.۱۸ ایران, س.ح.م.ز., قوانین، مقررات، ضوابط و استانداردهای محیط زیست انسانی. ۱۳۹۱: انتشارات حک.

.۱۹ Kanagasabai, S., *Environmental studies*. 2010: PHI Learning Pvt. Ltd.

.۲۰ COGCC, *Colorado Oil and Gas Conservation Commission.* 2021.

.۲۱ Lärm, T., *Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm.* Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom, 1998. **26**: p. 503.

.۲۲ Board, C.P.C., *The noise pollution (regulation and control) rules, 2000.* 2000.

.۲۳ Jaafar, N.B., *Guidelines for Environmental Noise Limits and Control, Noise Labeling and Emission Limits of Outdoor Sources and Vibration Limits and Control.* Department of Environment Ministry of Natural Resources and Environment, 2109.

.۲۴ Špeh, N. and B. Barborič, *Noise as an indicator of residential areas' quality in the Municipality of Velenje, Slovenia.* Kartografija i geoinformacije (Cartography and Geoinformation), 2014. **13**(21): p. 20-29.

.۲۵ Farghaly, Y.A., F.A.A. Hemeida, and S. Salah, *Noise utilization as an approach for reducing energy consumption in street lighting.* Plos one, 2019. **14**(7): p. e0219373.

.۲۶ Essandoh, P.K., et al., *Determination of ambient noise levels and perception of residents in halls at the University of Cape Coast, Ghana.* Environment and Natural Resources Research, 2011. **1**(1): p. 181.

.۲۷ To, W.M., C.M. Mak, and W.L. Chung, *Are the noise levels acceptable in a built environment like Hong Kong?* Noise & health, 2015. **17**(79): p. 429.

.۲۸ Japan, M.o.t.E.G.o., *Environmental quality standards for noise*. 2021, Ministry of the Environment Government of Japan: https://www.env.go.jp/en/air/noise/noise.html.

.۲۹ Ko, J.H., et al., *Transportation noise and exposed population of an urban area in the Republic of Korea.* Environment International, 2011. **37**(2): p. 328-334.

.۳۰ Turgut, O., et al., *A case study on acoustic performance and construction costs of noise barriers.* Scientific Research and Essays, 2012. **7**(50): p. 4213-4229.

.۳۱ CFR, *Standards of Performance for Stationary Combustion Turbines (CFR), Title 40, Part 60 ,Subpart KKKK*.

,۲۰۲۱ .CFR: CFR 40

.۳۲ Canada, E.a.C.C., *Guidelines for the Reduction of Nitrogen Oxide Emissions from Natural Gas–fuelled Stationary Combustion Turbines*. 2017, Environment and Climate Change Canada.

.۳۳ ,G., *火电厂大气污染物排放标准 [S] (Emission standard of air pollutants for thermal power plants)*. 2011.

.۳۴ CPCB, P., *Environmental standards for ambient air, automobiles, fuels, industries and noise.* Pollution Control Law series, 2000. **4**: p. 109.

.۳۵)PLN), P.L.N., *Sustainable Energy Access in Eastern Indonesia—Power Generation Sector Project (RRP INO 49203)*. 2019 :

Asian Development Bank.

.۳۶ نیوز, ب., تعاریف مختلف مولدهای تولید پراکنده *DG* in *barghnews.com*. 1393 برق نیوز: https://barghnews.com.

مقدمه مرحله سوم و چهارم

در سال‌های اخیر تجدید ساختار صنعت برق و همچنین خصوصی‌سازی این صنعت مطرح و در کشور اعمال گشته است. طی این مدت به خاطر بالا بردن بازده بهره‌برداری و تشویق سرمایه‌گذاران، صنعت برق دستخوش تغییرات اساسی ازلحاظ مدیریت و مالکیت گردیده است، به‌طوری‌که برای ایجاد فضای رقابتی مناسب، بخش‌های مختلف آن ازجمله تولید، انتقال و توزیع از هم مستقل گردیده‌اند. این مسائل و مباحث باعث شده تا استفاده از واحدهای تولیدی کوچک‌مقیاس تحت عنوان "تولیدات پراکنده DG[1]" به‌عنوان یک انتخاب مناسب جهت تولید و پاسخگویی به افزایش تقاضای مصرف مطرح شود. مشوق‌های ارائه‌شده در این زمینه موجب شده که در یک دهه اخیر ظرفیت مولدهای تولید برق کوچک‌مقیاس روندی صعودی داشته باشد به‌گونه‌ای که ظرفیت تولید برق پراکنده از سال ۱۳۹۵ تا سال ۱۳۹۸ از ۸۰۸ مگاوات به ۱۷۳۴ مگاوات رسیده است. در حال حاضر به دلیل عدم وجود استانداردهای زیست‌محیطی مستقل ، پارامترهای زیست‌محیطی این واحدهای نیروگاهی با استاندارد واحدهای بزرگ نیروگاهی مقایسه می‌شوند و به همین دلیل مشکلات زیادی برای بهره‌برداران این مولدها خصوصاً با سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور به وجود آورده است. این پروژه در چهار مرحله باهدف تهیه پیش‌نویس استاندارد زیست‌محیطی انواع مولدهای مقیاس کوچک گازسوز تعریف شده است. مرحله سوم و چهارم این گزارش شامل ۴ فصل به شرح زیر است:

- در فصل اول گزارش پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تدوین و به سازمان حفاظت محیط زیست ارائه شده است.
- در فصل دوم گزارش پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس بررسی شده است.
- در فصل سوم گزارش پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های صدا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز و توربین‌های گازی بررسی شده است.
- در فصل چهارم گزارش پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های آب‌وخاک از مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک بررسی شده است.

[1] Distributed Generation

۱- پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۱- ۱- مقدمه

در گزارش مرحله دوم این پروژه، استانداردهای زیست‌محیطی بهره‌برداری از موتورهای احتراق داخلی گازسوز کوچک‌مقیاس در دنیا بررسی گردید. در این مرحله از پروژه با استفاده از نتایج فوق و برگزاری جلسات هم‌اندیشی با ذینفعان (نماینده سازمان حفاظت از محیط‌زیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده، نمایندگان دفتر تولیدات پراکنده توانیر، ناظر پروژه و اعضای تیم پروژه) و جمع‌بندی نظرات مختلف پیرامون سناریوهای مطرح‌شده و تائید نماینده سازمان حفاظت از محیط‌زیست درنهایت پیش‌نویس حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق تدوین و به سازمان حفاظت محیط‌زیست ارائه شده است.

۱- ۲- مقادیر انتشار آلاینده‌های هوای حاصل از نمونه‌برداری‌های انجام‌شده از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در ایران

در جدول پیوست ۱-۱ (ارائه‌شده در پیوست ۱)، مشخصات انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز ارائه شده است. بیشتر مقادیر ارائه‌شده در این پیوست داده‌های خود اظهاری حاصل از آنالیز دود دوکش برخی نیروگاه‌های تولید پراکنده ایران بوده که به سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایران ارائه شده است. علاوه بر این سه نمونه آنالیز دود موتورهای احتراق داخلی شرکت پتروفرایند کرخه توسط آنالایزر Testo 350 این شرکت اندازه‌گیری و ارائه شده است. همچنین دو نمونه آنالیز دود موتورهای احتراق داخلی مستقر در نیروگاه طرشت توسط دستگاه آنالایزر Testo 350 آزمایشگاه معتمد سازمان محیط‌زیست پژوهشگاه نیرو (آزمایشگاه آلودگی هوا) انجام گرفت که در انتهای جدول پیوست ۱ ارائه شده است. شرح خلاصه‌ای از مقادیر انتشار گزارش‌شده در این جدول پیوست در جدول (۱-۱) ارائه شده است.

علاوه بر داده‌های فوق، در جدول پیوست ۱-۲ (ارائه‌شده در پیوست ۱) داده‌های ثبت‌شده برخی نیروگاه‌های تولید پراکنده در سامانه پایش آلاینده‌های هوای سازمان حفاظت محیط‌زیست (سامانه مستقر در دفتر پایش آلاینده‌های هوای این سازمان) ارائه شده‌اند. شرح خلاصه‌ای از مقادیر انتشار گزارش‌شده در این جدول پیوست در جدول (۱-۲) ارائه شده است.

جدول(۱-۱)- خلاصه مقادیر ارائه‌شده در جدول پیوست ۱-۱ (مقادیر انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز برخی نیروگاه‌های تولید پراکنده ایران)

میزان درصد O_2 در دود		
محدوده درصد اکسیژن	تعداد و درصد داده گزارش‌شده در محدوده	
۶.۵ تا ۸	16	24%
۸ تا ۱۰	21	31%
۱۰ تا ۱۲	8	12%
۱۲ تا ۱۵	16	24%
بیش از ۱۵ (ارقام غیرقابل‌اعتماد)	7	10%

مقادیر انتشار NO_x (در اکسیژن مرجع ۳٪)			
محدوده غلظت NOx mg/Nm^3	تعداد نمونه‌برداری	درصد از کل	
تا ۵۰۰	8	15%	٪۳۰
۵۰۰ تا ۶۰۰	3	6%	
۶۰۰ تا ۷۰۰	2	4%	
۷۰۰ تا ۸۰۰	1	2%	
۸۰۰ تا ۹۰۰	0	0%	
۹۰۰ تا ۱۰۰۰	2	4%	
۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰	8	9%	
بیش از ۱۵۰۰	33	61%	

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۱-۱)- خلاصه مقادیر ارائه‌شده در جدول پیوست ۱-۱ (مقادیر انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز برخی نیروگاه‌های تولید پراکنده ایران)			
مقادیر انتشار CO (در اکسیژن مرجع ۳٪)			
محدوده غلظت CO mg/Nm3	تعداد نمونه‌برداری	درصد از کل	
تا ۵۰۰	10	16%	٪۴۸
۵۰۰ تا ۶۰۰	1	2%	
۶۰۰ تا ۷۰۰	0	0%	
۷۰۰ تا ۸۰۰	4	7%	
۸۰۰ تا ۹۰۰	1	2%	
۹۰۰ تا ۱۰۰۰	13	21%	
۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰	22	35%	
بیش از ۱۵۰۰	10	16%	
مقادیر انتشار SO_2 (در اکسیژن مرجع ۳٪)			
محدوده غلظت SO_2 mg/Nm3	تعداد نمونه‌برداری	درصد از کل	
تا ۵۰	17	33%	٪۶۰
۵۰ تا ۱۰۰	5	10%	
۱۰۰ تا ۲۰۰	9	17%	
۲۰۰ تا ۳۰۰	3	6%	
۳۰۰ تا ۵۰۰	4	8%	
بیش از ۵۰۰	14	27%	

۱- ۳- تعیین دسته‌بندی‌های مقررات انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز

در فصل دوم گزارش مرحله دوم، حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق در ۱۹ مقررات و استاندارد بین‌المللی ارائه گردید. مشخصات دسته‌بندی‌های ارائه‌شده در این مقررات و استانداردها در پیوست‌های ۴ تا ۹ به شرح زیر ارائه شده‌اند.

- دسته‌بندی نوع سوخت (مشخصات این دسته‌بندی در پیوست ۴ ارائه شده است)
- دسته‌بندی نوع موتور احتراق داخلی (مشخصات این دسته‌بندی در پیوست ۵ ارائه شده است)
- دسته‌بندی توان تولید موتور احتراق داخلی (مشخصات این دسته‌بندی در پیوست ۶ ارائه شده است)
- دسته‌بندی جدید یا قدیمی بودن (سال ساخت) موتور احتراق داخلی (مشخصات این دسته‌بندی در پیوست ۷ ارائه شده است)
- دسته‌بندی شرایط کارکرد (کارکرد زیاد یا عادی ، کارکرد کم یا اضطرار) موتور احتراق داخلی (مشخصات این دسته‌بندی در پیوست ۸ ارائه شده است)
- دسته‌بندی زمان اجرای استاندارد (مشخصات این دسته‌بندی در پیوست ۹ ارائه شده است)

۱ -۳- ۱- دسته‌بندی نوع سوخت

در پیوست ۴ مشخصات دسته‌بندی نوع سوخت در ۱۹ مقررات بین‌المللی انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (ارائه شده در گزارش مرحله دوم) ارائه شده است. نکات حائز اهمیت در این زمینه عبارت‌اند از:

- در ۱۱ مقررات از ۱۹ مقررات بررسی‌شده برای سوخت‌های گاز طبیعی و بیوگاز یا سایر سوخت‌های گازی دسته‌بندی مشخصی در نظر گرفته شده است.

- حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا برای سوخت بیوگاز یا سایر سوخت‌های گازی نسبت به سوخت گاز طبیعی یا سهل گیرانه‌تر و یا برابر وضع‌شده‌اند (حدود مجاز انتشار بالاتر یا برابر با سوخت گاز طبیعی)

در این زمینه در جلسات مورخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ و ۱۴۰۰/۱۱/۱۹ که به ترتیب در پژوهشگاه نیرو و سازمان حفاظت از محیطزیست برگزار شد (پیوست ۳)، مقرر شد که برای سوخت بیوگاز حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوای سهل گیرانه تری نسبت به سوخت گاز طبیعی در نظر گرفته شود و در مقررات جدیدی که برای موتورهای احتراق داخلی گازسوز تدوین می‌شود ارائه شود.

۱ -۳- ۲-دسته‌بندی نوع موتور احتراق داخلی

در پیوست ۵ مشخصات دسته‌بندی نوع موتور احتراق داخلی در ۱۹ مقررات بین‌المللی انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (ارائه شده در گزارش مرحله دوم) ارائه شده است. نکات حائز اهمیت در این زمینه عبارت‌اند از:

- در ۸ مقررات از ۱۹ مقررات بررسی‌شده برای نوع موتور دسته‌بندی مشخصی در نظر گرفته نشده است.
- در ۸ مقررات از ۱۹ مقررات بررسی‌شده، برای موتورهای گازسوز احتراق جرقه‌ای SI[1] و موتورهای احتراق تراکمی CI[2] (دوگانه‌سوز در حالت سوخت گازی) حدود مجاز متفاوتی وضع شده است. همچنین در ۳ مقررات از ۱۹ مقررات بررسی‌شده، محدودیت‌ها به‌صورت اختصاصی برای موتورهای گازسوز SI وضع شده‌اند.
- حدود مجاز انتشار ارائه شده برای موتورهای دوگانه‌سوز CI نسبت به موتورهای گازسوز SI همواره یا سهل گیرانه تر (حدود مجاز بالاتر) و یا یکسان در نظر گرفته شده‌اند.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ که در پژوهشگاه نیرو با حضور ناظر پروژه، نماینده سازمان حفاظت از محیطزیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده، نمایندگان دفتر تولیدات پراکنده توانیر و اعضای تیم پروژه برگزار گردید (پیوست ۳)، مقرر گردید که پیش‌نویس استاندارد به‌صورت عمومی برای موتورهای احتراق داخلی گازسوز ارائه گردد (بدون در نظر گرفتن دسته‌بندی مجزا برای نوع موتورهای گازسوز SI و دوگانه‌سوز CI).

۱ -۳- ۳-دسته‌بندی توان تولید برق موتور

در پیوست ۶ مشخصات دسته‌بندی توان تولید برق موتورهای احتراق داخلی در ۱۹ مقررات بین‌المللی انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (ارائه شده در گزارش مرحله دوم) ارائه شده است. نکات حائز اهمیت در این زمینه عبارت‌اند از:

• در ۳ مقررات بررسی‌شده برای توان تولید برق موتور دسته‌بندی مشخصی در نظر گرفته نشده است. در ۷ مقررات بررسی‌شده، یک بازه کلی برای توان تولید برق موتور در نظر گرفته شده است(مثلاً تا ۵۰ مگاوات حرارت ورودی). در ۹ مقررات بررسی‌شده، ۲ یا ۳ دسته‌بندی جداگانه برای توان تولید برق (مثلاً ۰ تا ۱ ، ۱ تا۱۰ و ۱۰ تا ۲۵ مگاوات تولید برق) ارائه شده است.

• بررسی‌ها حاکی از آن بوده که حدود مجاز انتشار در توان‌های پایین‌تر بالاتر بوده و با افزایش توان تولید موتور حدود مجاز انتشار پایین‌تر و مقررات سخت‌گیرانه‌تری وضع شده است.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ که در پژوهشگاه نیرو با حضور ناظر پروژه، نماینده سازمان حفاظت از محیطزیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده، نمایندگان دفتر تولیدات پراکنده توانیر و اعضای تیم پروژه برگزار گردید (پیوست ۳)، مقرر گردید که پیش‌نویس استاندارد به‌صورت عمومی و بدون در نظر گرفتن دسته‌بندی مجزا برای توان‌های مختلف تولید برق موتورهای احتراق داخلی گازسوز ارائه گردد . همچنین در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۲/۱۵ نیز مقرر شد که مقررات جدید برای موتورهای احتراق داخلی با ظرفیت تولید الکتریکال تا ۲۵ MW وضع گردد.

[1] Spark Ingition
[2] Compression Ingition

۱ -۳- ۴-دسته‌بندی جدید یا قدیمی بودن موتور

در پیوست ۷ مشخصات دسته‌بندی جدید یا قدیمی بودن موتور احتراق داخلی در ۱۹ مقررات بین‌المللی انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (ارائه شده در گزارش مرحله دوم) ارائه شده است. نکات حائز اهمیت در این زمینه عبارت‌اند از:

- در ۱۱ مقررات بررسی‌شده برای جدید یا قدیمی بودن موتور دسته‌بندی مشخصی در نظر گرفته نشده است. در ۷ مقررات بررسی‌شده، برای جدید یا قدیمی بودن موتور دسته‌بندی جداگانه ارائه شده است. مقررات بخشنامه واحدهای احتراقی متوسط (دستورالعمل MCP) اتحادیه اروپا جزو مقررات شاخص این دسته‌بندی است. در مقررات NSPS آمریکا نیز محدودیت‌های میزان انتشار آلاینده صرفاً برای موتورهای جدید وضع شده است.
- مقادیر ارائه شده برای حدود مجاز انتشار موتورهای موجود نسبت به موتورهای جدید همواره سهل‌گیرانه‌تر بوده است.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۱۹ که در سازمان حفاظت از محیط‌زیست با حضور اعضای این سازمان و اعضای تیم پروژه برگزار گردید (پیوست ۳)، مقرر گردید که در پیش‌نویس مقررات جدید برای موتورهای جدید[۱] و موجود[۲] حدود مجاز متفاوتی پیشنهاد گردد.

۱ -۳- ۵-دسته‌بندی شرایط کارکرد موتور (اضطراری/ غیر اضطراری/...)

در پیوست ۸ مشخصات دسته‌بندی شرایط کارکرد موتور احتراق داخلی در ۱۹ مقررات بین‌المللی انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (ارائه شده در گزارش مرحله دوم) ارائه شده است. نکات حائز اهمیت در این زمینه عبارت‌اند از:

- در ۱۲ مقررات برای شرایط کارکرد موتور دسته‌بندی مشخصی در نظر گرفته نشده است. در ۷ مقررات برای شرایط کارکرد موتور دسته‌بندی جداگانه ارائه شده است. مقررات بخشنامه واحدهای احتراقی متوسط (دستورالعمل MCP) اتحادیه اروپا، استاندارد NSPS آمریکا، استاندارد TA Luft آلمان جزو مقررات شاخص این دسته‌بندی هستند.
- در مقررات بخشنامه واحدهای احتراقی متوسط اتحادیه اروپا (دستورالعمل MCP) و استاندارد TA Luft آلمان، موتورهای احتراق داخلی با کارکرد کم یا اضطراری فاقد محدودیت‌های میزان انتشار هستند. در مقررات استاندارد NSPS آمریکا نیز برای آلاینده NO_x و CO حدود مجاز انتشار در شرایط کارکرد اضطرار ۲ برابر کارکرد عادی در نظر گرفته شده است.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۲/۱۵ که در پژوهشگاه نیرو با حضور اعضای سازمان حفاظت از محیط‌زیست و مشاور علمی این سازمان جناب آقای دکتر صدیقی و اعضای تیم پروژه به‌صورت مجازی برگزار شد (پیوست ۳)، مقرر گردید که در پیش‌نویس استاندارد درزمینهٔ دسته‌بندی کارکرد موتورها در شرایط اضطرار ، با توجه به اینکه کارکرد این موتورها پیوسته نیست (محدود بودن زمان کارکرد و کارکرد در زمان اضطرار)، حد مجازی برای موتورهای اضطراری در نظر گرفته نشود.

۱ -۳- ۶-دسته‌بندی زمان اجرای مقررات (حال / آینده)

در پیوست ۹ مشخصات دسته‌بندی زمان اجرای مقررات در ۱۹ مقررات بین‌المللی انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (ارائه شده در گزارش مرحله دوم) ارائه شده است. نکات حائز اهمیت در این زمینه عبارت‌اند از:

[۱] موتورهای که از زمان تصویب مقررات جدید و پس از آن مجوز نصب دریافت خواهند کرد

[۲] موتورهای که پیش از زمان تصویب مقررات جدید مجوز نصب دریافت کرده بودند

- در ۱۷ مقررات بررسی‌شده برای زمان اجرای مقررات دسته‌بندی ارائه نشده و مقررات جداگانه‌ای برای آینده وضع نشده است. در ۲ مقررات (BImSCHv آلمان و Arrêté 2910 فرانسه) برای مقررات کنونی و مقررات آتی حدود انتشار جداگانه‌ای وضع شده است.
- در دو مقررات بررسی‌شده، حدود مجاز در نظر گرفته‌شده برای مقررات آتی سخت‌گیرانه‌تر از مقررات کنونی بوده است.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ که در پژوهشگاه نیرو با حضور ناظر پروژه، نماینده سازمان حفاظت از محیط‌زیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده، نمایندگان دفتر تولیدات پراکنده توانیر و اعضای تیم پروژه برگزار شد مقرر شد که در تدوین پیش‌نویس مقررات جدید حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از موتورهای احتراق داخلی مربوط به زمان حال باشد و تصمیم‌گیری در مورد حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها در سال‌های آینده به زمان آینده موکول شود.

۱- ۴- آلاینده‌ها

در جدول (۱-۲) مشخصات آلاینده‌هایی که در ۱۹ مقررات بین‌المللی بررسی‌شده برای آن‌ها محدودیت میزان انتشار وضع شده است ارائه شده است.

- در تمامی مقررات برای آلاینده NO_x محدودیت میزان انتشار وضع شده است.
- در ۱۳ مقررات برای آلاینده CO محدودیت میزان انتشار وضع شده است.
- در ۷ مقررات برای آلاینده SO_2 محدودیت میزان انتشار وضع شده است.
- در ۵ مقررات برای آلاینده PM محدودیت میزان انتشار وضع شده است.
- در ۴ مقررات برای آلاینده مجموع کربن (TC) محدودیت میزان انتشار وضع شده است.
- در ۳ مقررات برای آلاینده فرمالدهید($HCHO$) محدودیت میزان انتشار وضع شده است.
- در ۲ مقررات برای آلاینده VOC محدودیت میزان انتشار وضع شده است.
- در ۲ مقررات برای آلاینده NH_3 محدودیت میزان انتشار وضع شده است (واحدهای دارای سیستم کاهنده NO_x که در آن‌ها از آمونیاک استفاده می‌شود).

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ که در پژوهشگاه نیرو با حضور ناظر پروژه، نماینده سازمان حفاظت از محیط‌زیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده، نمایندگان دفتر تولیدات پراکنده توانیر و اعضای تیم پروژه برگزار شد، مقرر شد که در پیش‌نویس پیشنهادی مقررات در حال تدوین موتورهای احتراق داخلی گازسوز، برای آلاینده‌های NO_x، CO و SO_2 حدود مجاز انتشار در نظر گرفته شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342
DOI:

جدول(۲-۱)- مشخصات آلاینده‌هایی که در ۱۹ مقررات و استاندارد بین‌المللی موتورهای احتراق داخلی گازسوز برای آن‌ها محدودیت میزان انتشار وضع شده است

	Nox	CO	SO2		PM	فرمالدهید (HCHO)	VOC	NH3	TC	O2 ref
			گاز طبیعی	بیوگاز						
مقررات بانک جهانی	✓									15%
بخشنامه واحدهای احتراقی متوسط (دستورالعمل MCP) اتحادیه اروپا	✓			✓						15%
استاندارد NSPS ایالات‌متحده آمریکا	✓	✓					✓			15%
TA Luft آلمان	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	5%
استاندارد فنلاند	✓									15%
استاندارد MSAPR کانادا	✓									15%
مقررات ژاپن	✓				✓					0%
BEMS هلند	✓		✓	✓					✓	3%
بخشنامه انتشار آلاینده از مراکز صنعتی (IED)	✓	✓								15%
VLAREM II بلژیک	✓	✓					✓			15%
act 415/2012 Sb جمهوری چک	✓	✓			✓					5%
Arrêté ۲۹۱۰ فرانسه	✓	✓		✓						15%
قانون فدرال کشور اتریش	✓	✓		✓						15%
BImSCHv آلمان	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	5%
بخشنامه هوای پاک کشور سوئیس	✓	✓			✓					5%
مقررات دانمارک	✓	✓				✓				10%
GOST ۲۰۱۲-۳۱۹۶۷ کشور روسیه	✓	✓							✓	-
مقررات هند	✓	✓			✓					-
مقررات ایران	✓	✓	✓		✓					3%

۱- ۵- مقادیر حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از موتورهای احتراق داخلی گازسوز در پیش‌نویس ارائه شده به سازمان حفاظت از محیطزیست

۱ -۵- ۱-مقادیر حدود مجاز میزان انتشار NO_x از موتورهای احتراق داخلی گازسوز

موتورهای احتراق داخلی گازسوز جدید با سوخت گاز طبیعی: در شکل(۱-۲) حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه ارائه شده است. در این شکل مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، مقرراتی هستند که به‌صورت عمومی ارائه شده و جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است. مقرراتی که با ستاره مشخص نشده‌اند، مقرراتی هستند که به‌صورت ویژه برای موتورهای جدید وضع شده‌اند.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۱۹ که در سازمان حفاظت از محیطزیست با حضور اعضا و مشاور علمی این سازمان و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، پس از بحث پیرامون سناریوهای مختلف درنهایت مقرر گردید که در پیش‌نویس مقررات جدید، میزان انتشار NO_x برای موتورهای گازسوز جدید[۱] mg/Nm^3 ۵۰۰ در نظر گرفته شود.

موتورهای احتراق داخلی گازسوز قدیمی و موجود با سوخت گاز طبیعی: در شکل(۲-۱) حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI موجود با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه ارائه شده است.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ که در پژوهشگاه نیرو با حضور ناظر پروژه، نماینده سازمان حفاظت از محیطزیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده، نمایندگان دفتر تولیدات پراکنده توانیر و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، پیشنهادهای mg/Nm^3 ۷۰۰ و ۹۵۰ مطرح شدند. درنهایت در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۲/۱۵ که در پژوهشگاه نیرو و با حضور نماینده سازمان محیطزیست برگزار شد مقرر شد که در پیش‌نویس مقررات جدید، میزان انتشار NO_x برای موتورهای گازسوز موجود و قدیمی[۲] mg/Nm^3 ۷۰۰ در نظر گرفته شود.

موتورهای احتراق داخلی گازسوز جدید با سوخت بیوگاز(یا سایر سوخت‌های گازی): در شکل(۳-۱) حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه ارائه شده است.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ که در پژوهشگاه نیرو با حضور ناظر پروژه، نماینده سازمان حفاظت از محیطزیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده، نمایندگان دفتر تولیدات پراکنده توانیر و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، پیشنهادهای mg/Nm^3 ۱۰۰۰ برای نیروگاه‌های درجه ۱ و mg/Nm^3 ۱۲۰۰ برای نیروگاه‌های درجه ۲ مطرح شدند. درنهایت در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۱۹ که در سازمان حفاظت از محیطزیست با حضور اعضا و مشاور علمی این سازمان و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، مقرر گردید که در پیش‌نویس مقررات جدید میزان انتشار NO_x برای موتورهای گازسوز جدید با سوخت بیوگاز mg/Nm^3 ۱۰۰۰ در نظر گرفته شود.

موتورهای احتراق داخلی گازسوز قدیمی و موجود با سوخت بیوگاز(یا سایر سوخت‌های گازی): در شکل(۴-۱) حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI موجود با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه ارائه شده است.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۱۹ که در سازمان حفاظت از محیطزیست با حضور اعضا و مشاور علمی این سازمان و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، مقرر گردید که در پیش‌نویس مقررات جدید ، میزان انتشار NO_x برای موتورهای گازسوز قدیمی و موجود با سوخت بیوگاز نیز همانند موتورهای جدید mg/Nm^3 ۱۰۰۰ در نظر گرفته شود.

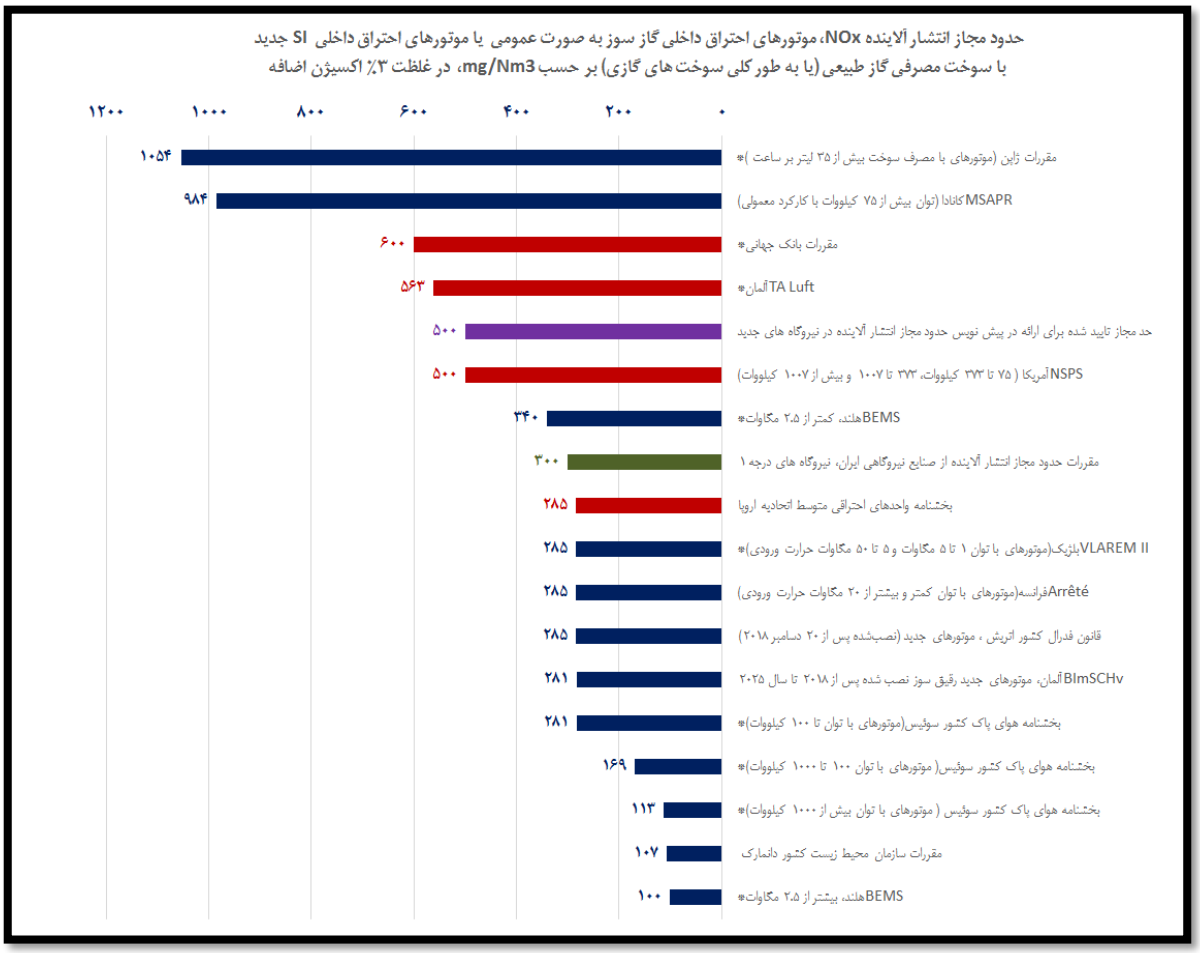
---

[۱] موتورهای که از زمان تصویب مقررات جدید و پس از آن مجوز نصب دریافت خواهند کرد

[۲] موتورهای که پیش از زمان تصویب مقررات جدید مجوز نصب دریافت کرده‌اند

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

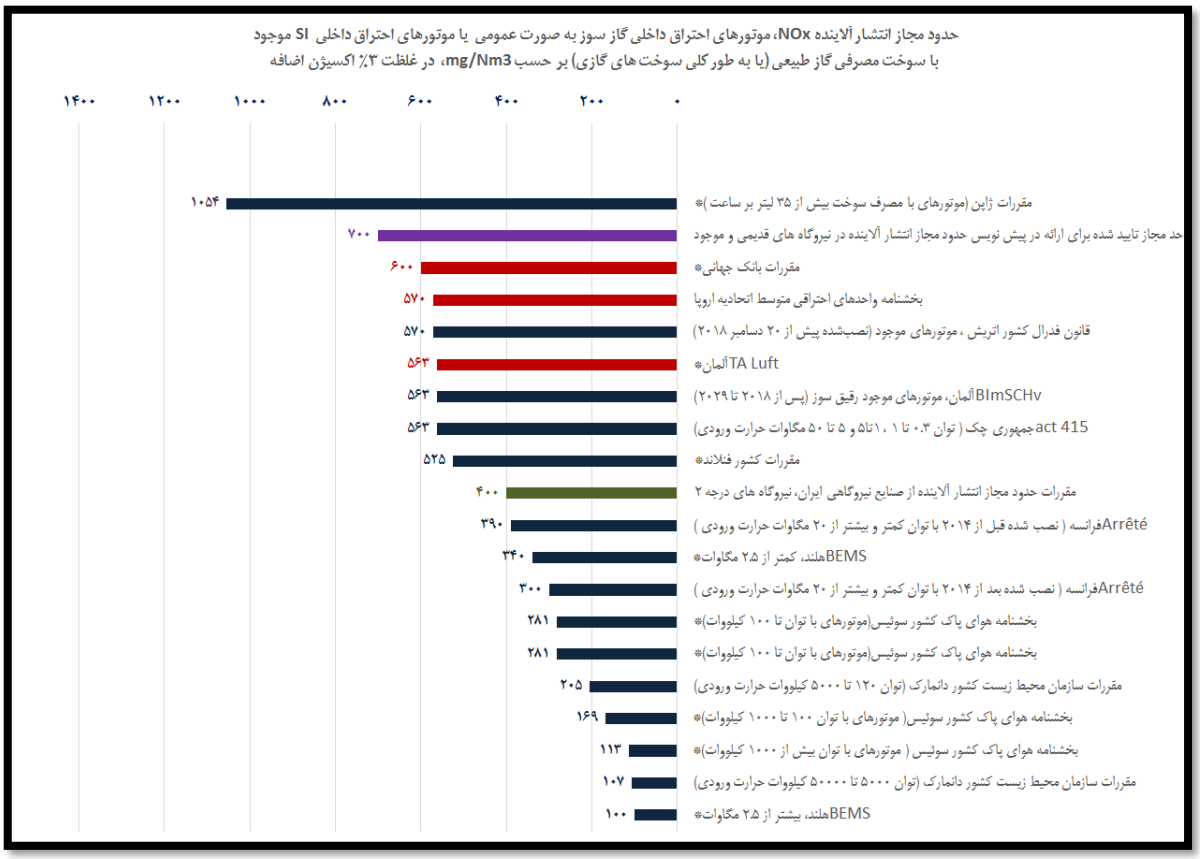
در جدول(۳-۱) مقادیر حدود مجاز انتشـــار آلاینده NO_x، ارائه شـــده در پیش‌نویس مقررات جدید ارائه شـــده به ســـازمان محیط‌زیست ارائه شده است.



شکل(۱-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه

* در مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است و مقررات به‌صورت عمومی ارائه شده است.

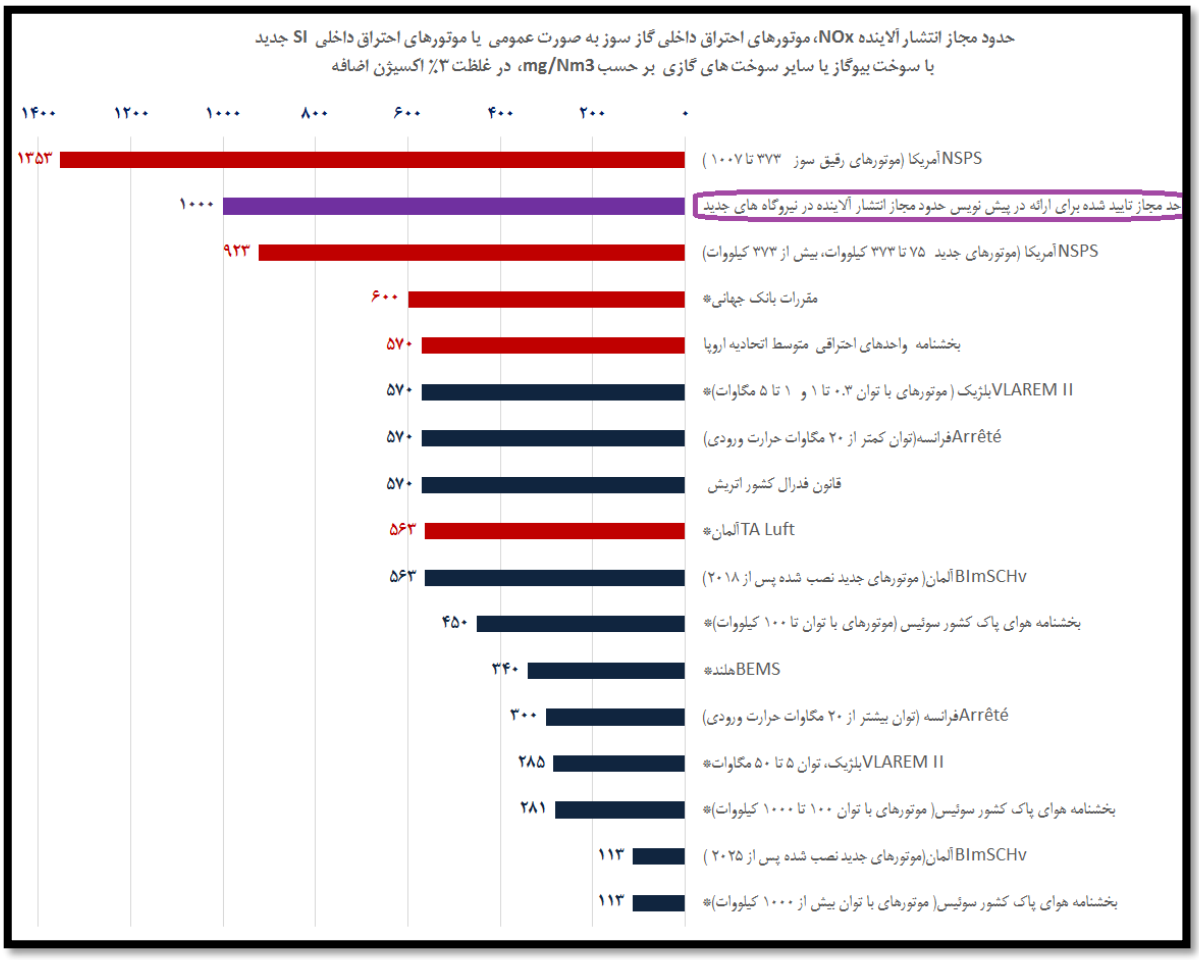
DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۲-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI قدیمی و موجود با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه

* در مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است و مقررات به‌صورت عمومی ارائه شده است.

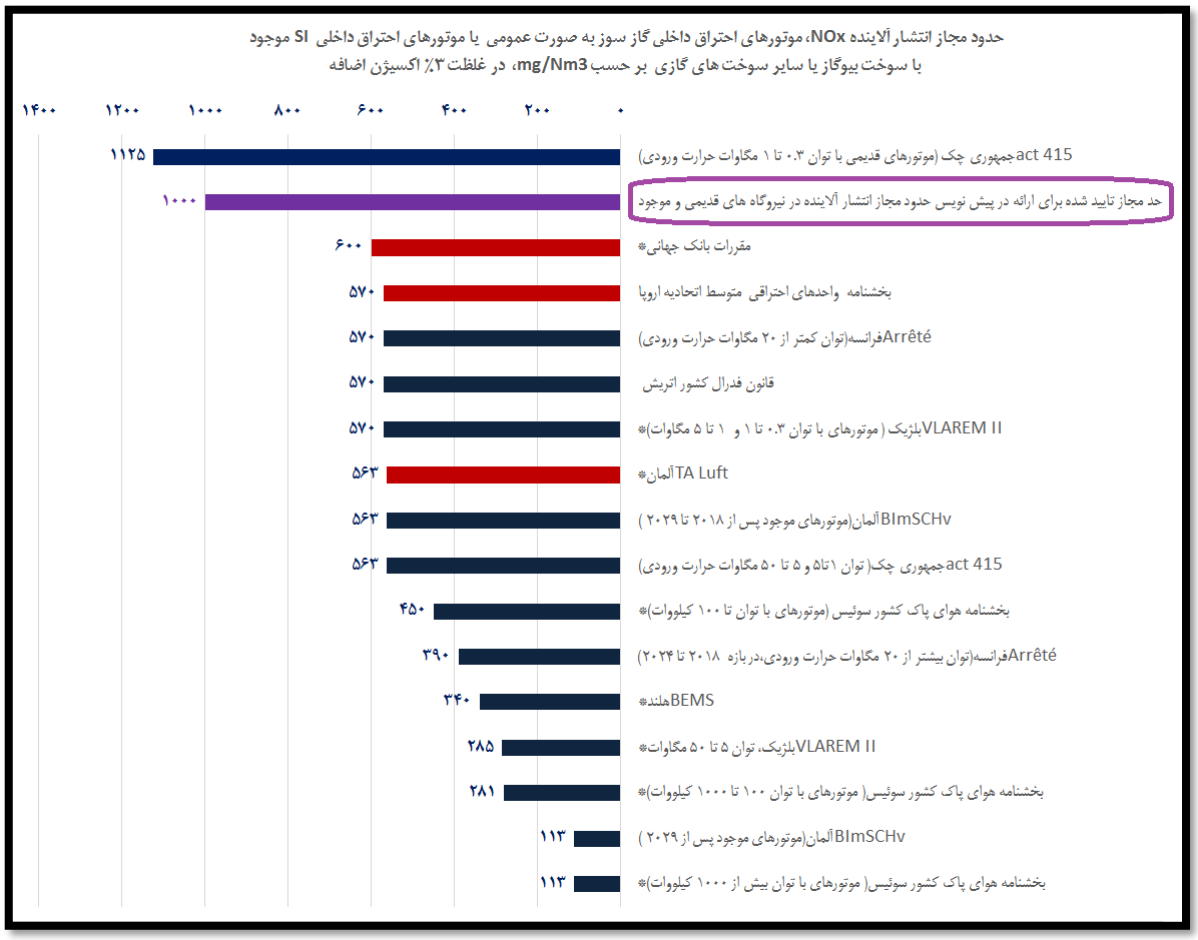
DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۳-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه

* در مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است و مقررات به‌صورت عمومی ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۴-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI موجود با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه

* در مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است و مقررات به‌صورت عمومی ارائه شده است.

جدول(۳-۱)- مقادیر حدود مجاز انتشار آلاینده NO_x از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (ارائه شده در پیش‌نویس)

منبع آلاینده	آلاینده	واحد اندازه‌گیری	حد مجاز انتشار*		توضیحات
			جدید	قدیمی	
موتورهای احتراق داخلی گازسوز	NO_x	mg/Nm^3	۵۰۰	۷۰۰	با سوخت گاز طبیعی
		mg/Nm^3	۱۰۰۰	۱۰۰۰	با سوخت بیوگاز

* موتورهای جدید شامل موتورهای هستند که پس از تاریخ تصویب مقررات جدید مجوز نصب دریافت کرده باشند.
موتورهای قدیمی و موجود موتورهایی هستند که پیش‌ازتاریخ تصویب مقررات جدید مجوز نصب دریافت کرده باشند.
در زمان نمونه‌برداری می‌بایستی مولد گازسوز تولید برق در حالت کارکرد حداقل ۸۰٪ ای از بیشترین ظرفیت تولیدی آن مولد باشد

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۱ -۵- ۲-حدود مجاز میزان انتشار CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز

موتورهای احتراق داخلی گازسوز جدید با سوخت گاز طبیعی: درشکل(۵-۱) حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه ارائه شده است.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ که در پژوهشگاه نیرو با حضور ناظر پروژه، نماینده سازمان حفاظت از محیطزیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده، نمایندگان دفتر تولیدات پراکنده توانیر و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، پیشنهادهای mg/Nm^3 ۸۰۰ برای نیروگاه‌های درجه ۱ و mg/Nm^3 ۱۰۰۰ برای نیروگاه‌های درجه ۲ مطرح شدند. درنهایت در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۱۹ که در سازمان حفاظت از محیطزیست با حضور اعضا و مشاور علمی این سازمان و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، مقرر گردید که در پیش‌نویس مقررات جدید، میزان انتشار CO برای موتورهای گازسوز جدید با سوخت گاز طبیعی mg/Nm^3 ۱۰۰۰ در نظر گرفته شود.

موتورهای احتراق داخلی گازسوز موجود با سوخت گاز طبیعی: در شکل(۶-۱) حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI موجود با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه ارائه شده است.

در این زمینه در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۱۹ که در سازمان حفاظت از محیطزیست با حضور اعضا و مشاور علمی این سازمان و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، مقرر گردید که در پیش‌نویس مقررات جدید، میزان انتشار CO برای موتورهای گازسوز قدیمی و موجود با سوخت گاز طبیعی mg/Nm^3 ۱۲۰۰ در نظر گرفته شود.

موتورهای احتراق داخلی گازسوز جدید با سوخت بیوگاز(یا سایر سوخت‌های گازی): در شکل(۷-۱) حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه ارائه شده است.

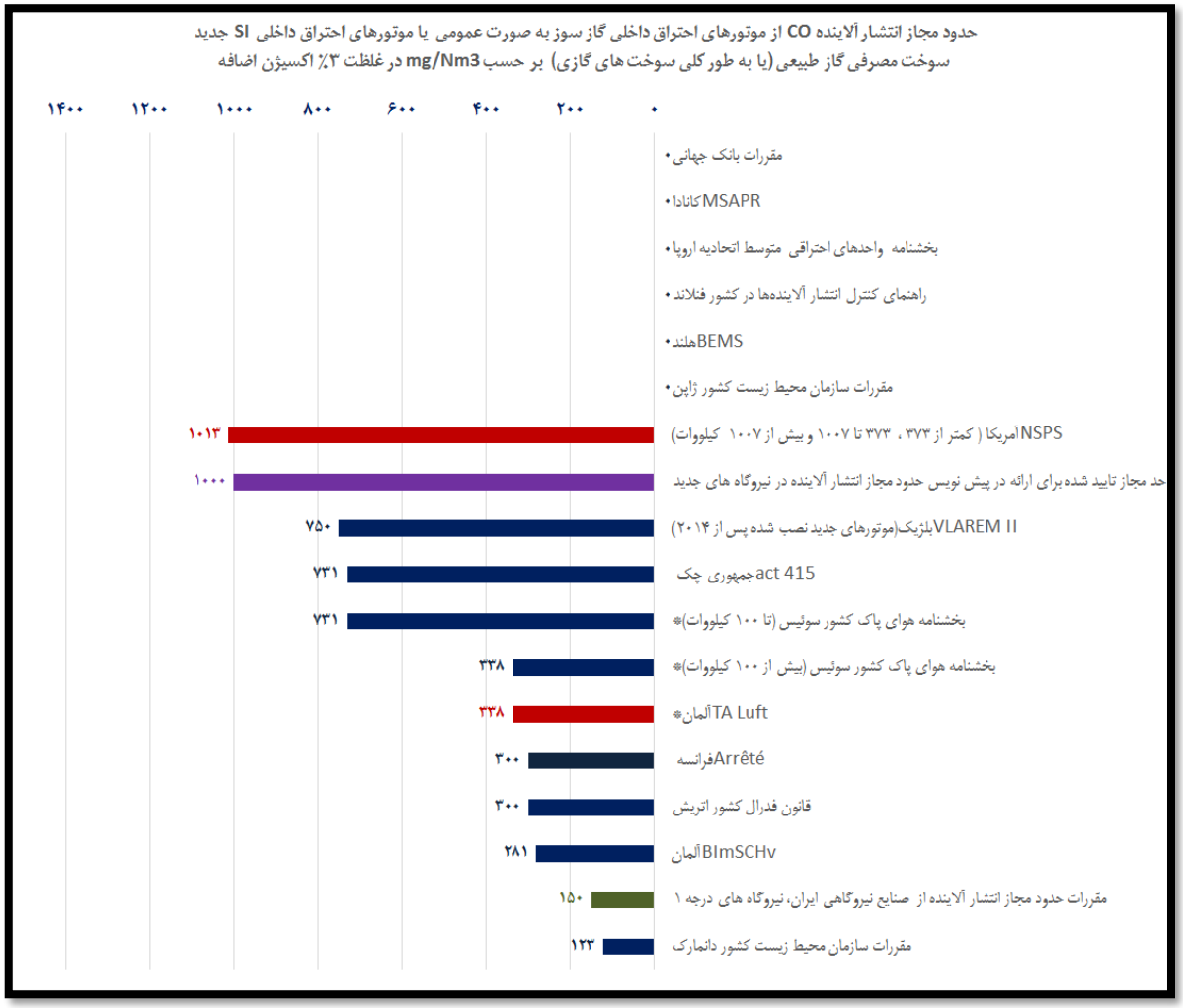
در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ که در پژوهشگاه نیرو با حضور ناظر پروژه، نماینده سازمان حفاظت از محیطزیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده، نمایندگان دفتر تولیدات پراکنده توانیر و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، پیشنهادهای mg/Nm^3 ۱۵۰۰ برای نیروگاه‌های درجه ۱ و mg/Nm^3 ۲۳۰۰ برای نیروگاه‌های درجه ۲ مطرح شدند. درنهایت در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۱۹ که در سازمان حفاظت از محیطزیست با حضور اعضا و مشاور علمی این سازمان و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، مقرر گردید که در پیش‌نویس مقررات جدید، میزان انتشار CO برای موتورهای گازسوز جدید با سوخت بیوگاز mg/Nm^3 ۱۵۰۰ در نظر گرفته شود.

موتورهای احتراق داخلی گازسوز جدید با سوخت بیوگاز(یا سایر سوخت‌های گازی): در شکل(۸-۱) حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI موجود با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه ارائه شده است.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۱۹ که در سازمان حفاظت از محیطزیست با حضور اعضا و مشاور علمی این سازمان و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، مقرر گردید که در پیش‌نویس مقررات جدید، میزان انتشار CO برای موتورهای گازسوز قدیمی و موجود با سوخت بیوگاز mg/Nm^3 ۱۵۰۰ در نظر گرفته شود.

در جدول(۳-۱) مقادیر حدود مجاز انتشار آلاینده CO، ارائه شده در پیش‌نویس مقررات جدید ارائه شده به سازمان محیطزیست ارائه شده است.

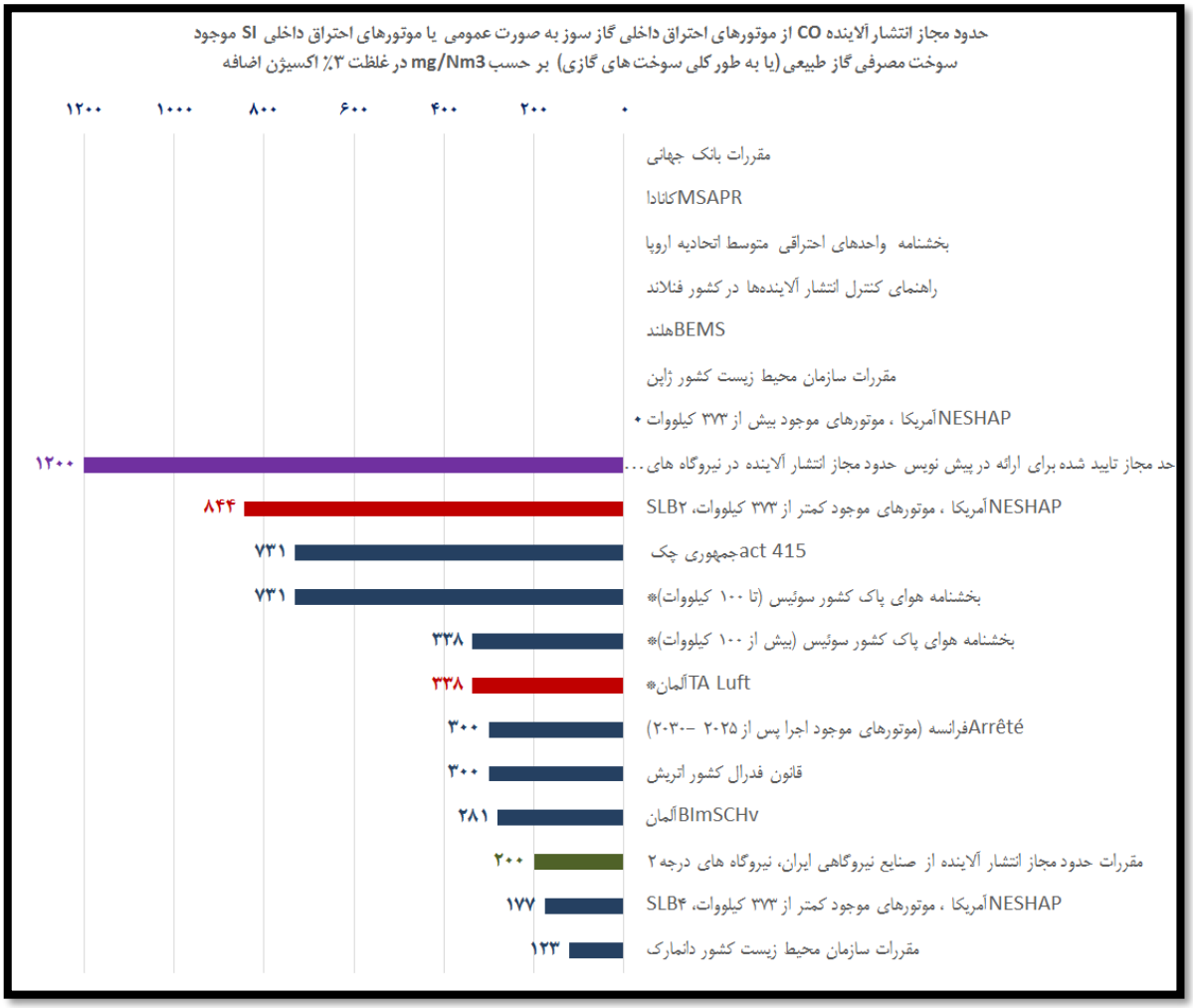
DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۵-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه

* در مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است و مقررات به‌صورت عمومی ارائه شده است.

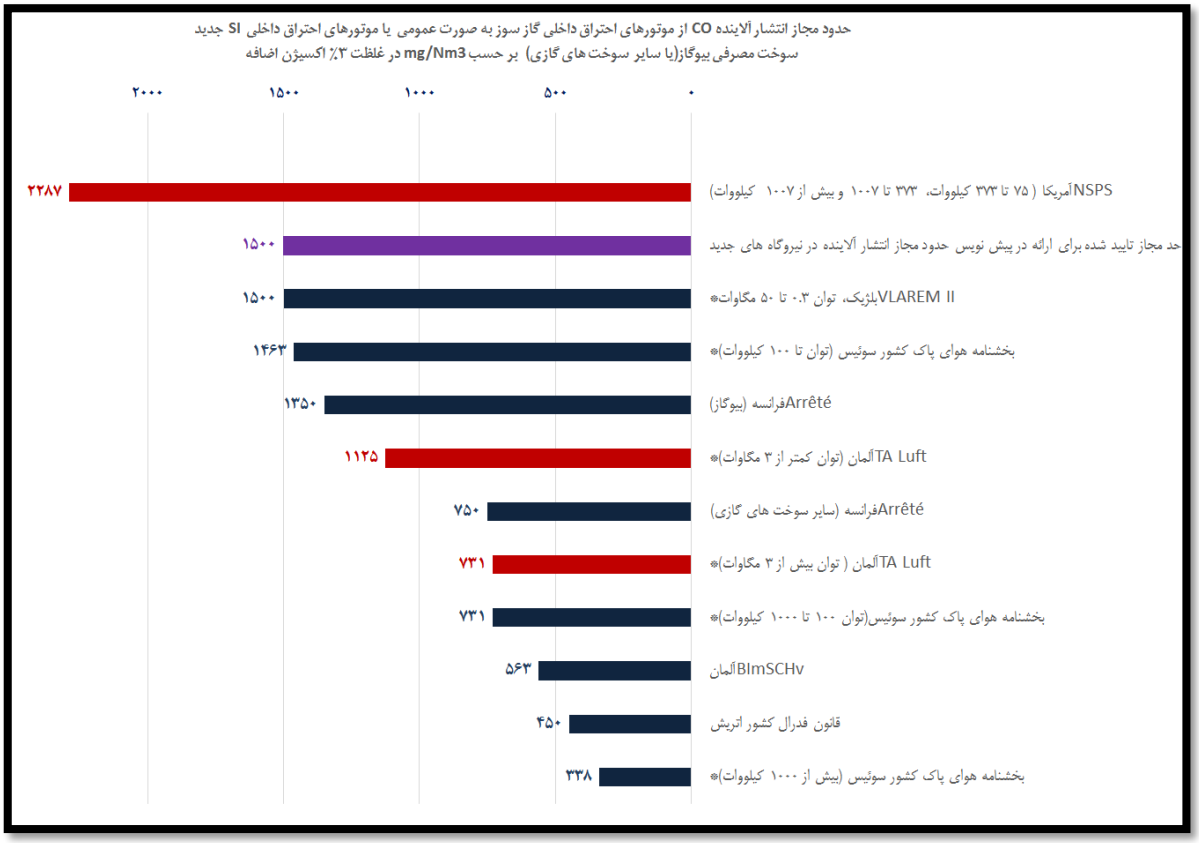
DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۶-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI موجود با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه

* در مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است و مقررات به‌صورت عمومی ارائه شده است.

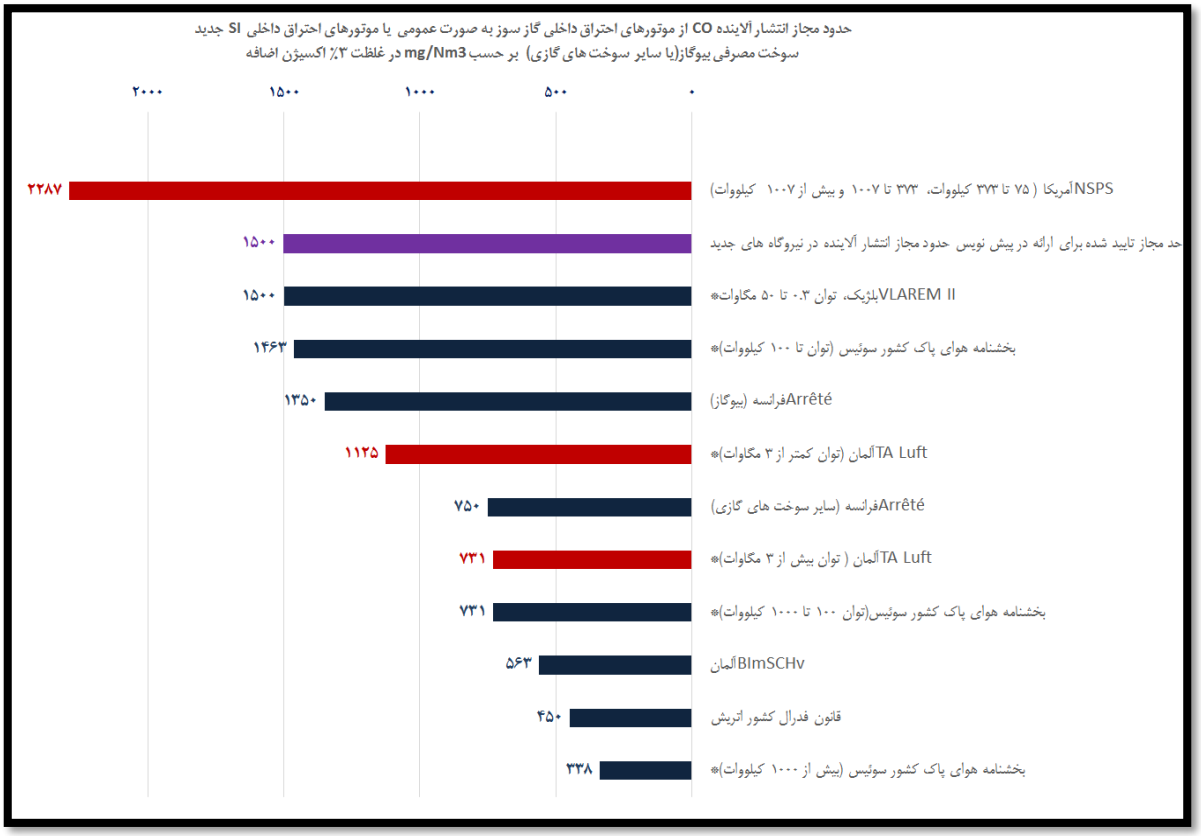
DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۷-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه

* در مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است و مقررات به‌صورت عمومی ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۸-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI موجود و قدیمی با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه

* در مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است و مقررات به‌صورت عمومی ارائه شده است.

جدول(۴-۱)- مقادیر حدود مجاز انتشار آلاینده CO از موتورهای احتراق داخلی گازسوز (ارائه شده در پیش‌نویس)

منبع آلاینده	آلاینده	واحد اندازه‌گیری	حد مجاز انتشار*		توضیحات
			جدید	قدیمی	
موتورهای احتراق داخلی گازسوز	CO	mg/Nm^3	۱۰۰۰	۱۲۰۰	با سوخت گاز طبیعی
		mg/Nm^3	۱۵۰۰	۱۵۰۰	با سوخت بیوگاز

* موتورهای جدید شامل موتورهای هستند که پس از تاریخ تصویب مقررات جدید مجوز نصب دریافت کرده باشند.
موتورهای قدیمی و موجود موتورهایی هستند که پیش‌از تاریخ تصویب مقررات جدید مجوز نصب دریافت کرده باشند.
در زمان نمونه‌برداری می‌بایستی مولد گازسوز تولید برق در حالت کارکرد حداقل ۸۰٪ از بیشترین ظرفیت تولیدی آن مولد باشد

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۱ -۵- ۳-حدود مجاز میزان انتشار SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز

موتورهای احتراق داخلی گازسوز جدید و موجود (قدیمی) با سوخت گاز طبیعی: در شکل(۹-۱) حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه ارائه شده است.

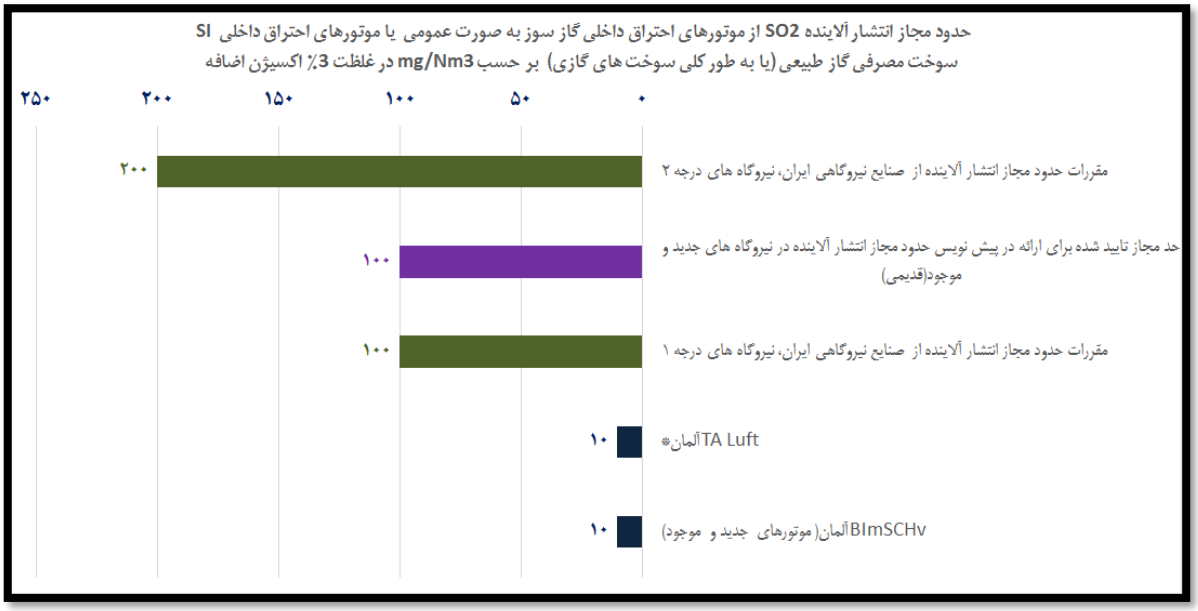
در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۲/۱۵ که در پژوهشگاه نیرو با حضور اعضا و مشاور علمی سازمان حفاظت از محیط‌زیست و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، مقرر گردید که در پیش‌نویس استاندارد، میزان انتشار SO_2 برای موتورهای گازسوز جدید و موجود (قدیمی) با سوخت گاز طبیعی mg/Nm^3 ۱۰۰ در نظر گرفته شود.

موتورهای احتراق داخلی گازسوز جدید و موجود (قدیمی) با سوخت بیوگاز: در شکل(۱۰-۱) حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه ارائه شده است.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۱۹ که در سازمان حفاظت از محیط‌زیست با حضور اعضا و مشاور علمی این سازمان و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، مقرر گردید که در پیش‌نویس استاندارد، میزان انتشار SO_2 برای موتورهای گازسوز جدید و موجود (قدیمی) با سوخت بیوگاز mg/Nm^3 ۳۵۰ در نظر گرفته شود.

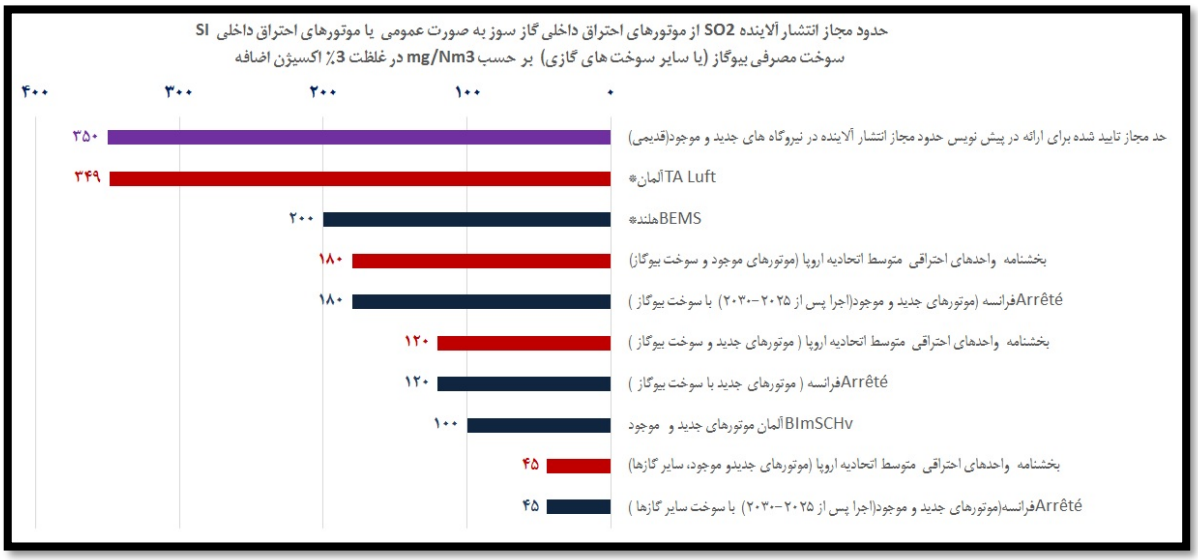
در جدول(۳-۱جدول(۵-۱) مقادیر حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2، ارائه شده در پیش‌نویس مقررات جدید ارائه شده به سازمان محیط‌زیست ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۹-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید و موجود با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه

* در مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است و مقررات به‌صورت عمومی ارائه شده است.



شکل(۱۰-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI جدید و موجود با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه

* در مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است و مقررات به‌صورت عمومی ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

جدول(۵-۱)- مقادیر حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از موتورهای احتراق داخلی گازسوز، ارائه شده در پیش‌نویس مقررات جدید ارائه شده به سازمان محیط‌زیست

منبع آلاینده	آلاینده	واحد اندازه‌گیری	حد مجاز انتشار*		توضیحات
			جدید	قدیمی	
موتورهای احتراق داخلی گازسوز	SO_2	mg/Nm^3	۱۰۰	۱۰۰	با سوخت گاز طبیعی
		mg/Nm^3	۳۵۰	۳۵۰	با سوخت بیوگاز

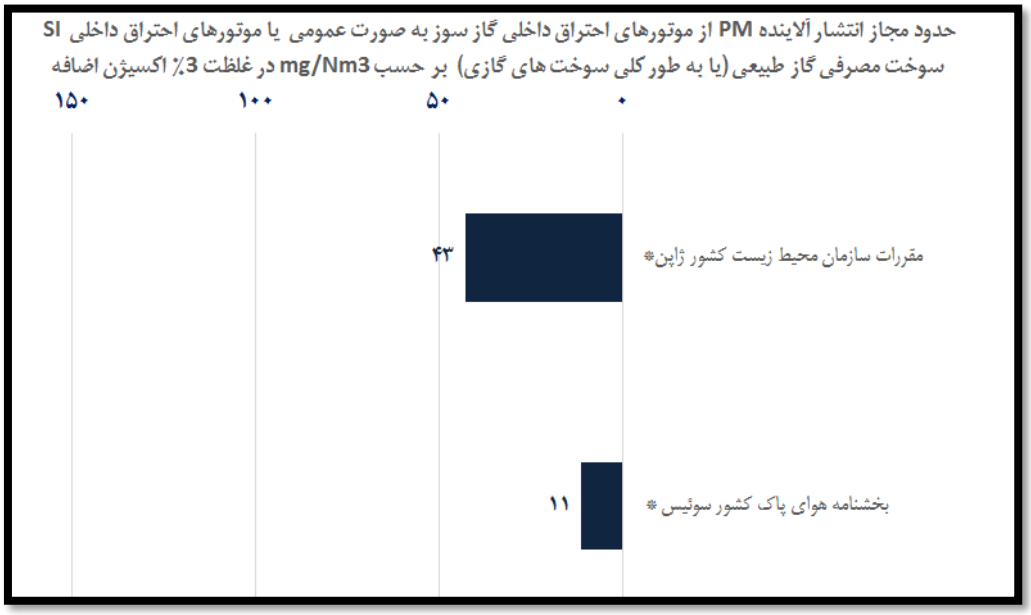
* موتورهای جدید شامل موتورهای هستند که پس از تاریخ تصویب مقررات جدید مجوز نصب دریافت کرده باشند.
موتورهای قدیمی و موجود موتورهایی هستند که پیش‌از تاریخ تصویب مقررات جدید مجوز نصب دریافت کرده باشند.
در زمان نمونه‌برداری می‌بایستی مولد گازسوز تولید برق در حالت کارکرد حداقل ۸۰٪ از بیشترین ظرفیت تولیدی آن مولد باشد

۱ -۵- ۴-حدود مجاز میزان انتشار ذرات معلق PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز

موتورهای احتراق داخلی گازسوز جدید با سوخت گاز طبیعی: در شکل(۱۱-۱) حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه ارائه شده است.

موتورهای احتراق داخلی گازسوز موجود با سوخت بیوگاز: در شکل(۱۲-۱) حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه ارائه شده است.

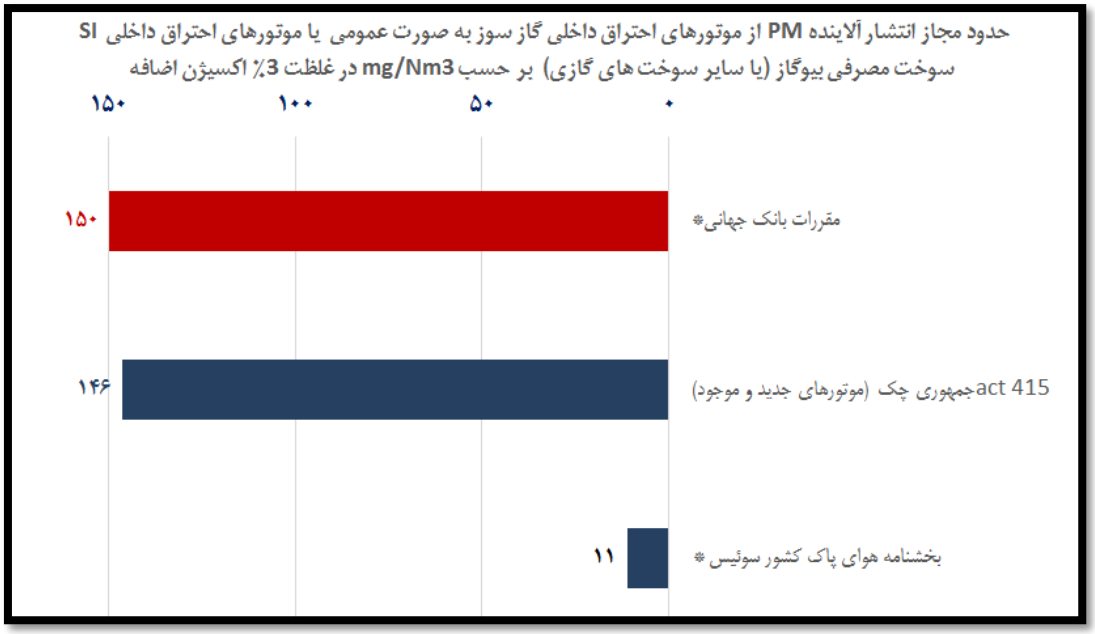
در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ که در پژوهشگاه نیرو با حضور ناظر پروژه، نماینده سازمان حفاظت از محیط‌زیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده، نمایندگان دفتر تولیدات پراکنده توانیر و اعضای تیم پروژه برگزار شد (پیوست ۳)، مقرر شد که در تدوین پیش‌نویس مقررات جدید برای انتشار ذرات معلق محدودیت میزان انتشار در نظر گرفته نشود.



شکل(۱۱-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI با سوخت مصرفی گاز طبیعی (یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه

* در مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است و مقررات به‌صورت عمومی ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۱۲-۱)- حدود مجاز انتشار آلاینده PM از موتورهای احتراق داخلی گازسوز SI با سوخت مصرفی بیوگاز (یا سایر سوخت‌های گازی) برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۳٪ اکسیژن اضافه

* در مقرراتی که با ستاره مشخص شده‌اند، جدید یا موجود بودن موتور احتراقی در متن مقررات مشخص نشده است و مقررات به‌صورت عمومی ارائه شده است.

۱- ۶- پیش‌نویس مقررات ارائه شده به سازمان حفاظت محیطزیست

پس از جمع‌بندی نظرات مختلف پیرامون سناریوهای مطرح‌شده و تائید نماینده سازمان حفاظت از محیطزیست درنهایت پیش‌نویس حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق به‌صورت یک پیش‌نویس تدوین و در تاریخ ۱۴۰۱/۰۱/۳۰ به سازمان حفاظت محیطزیست ارائه شده است. متن این پیش‌نویس در زیر ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



وزارت نیرو

پژوهشگاه نیرو
Niroo Research Institute

تاریخ: ۱۴۰۱/۰۱/۳۰
شماره: ۱۴۰۱/۳۰۰/۵۳۴
پیوست: دارد

جناب آقای مهندس عالیخانی
معاون محترم محیط زیست انسانی سازمان حفاظت محیط زیست

موضوع: درخواست تصویب و ابلاغ حدود مجاز انتشار آلاینده‌های خروجی از دودکش موتورهای احتراق داخلی گازسوز

با سلام و احترام،

به استحضار می‌رساند، نتایج پروژه "تدوین الزامات زیست‌محیطی انواع مولدهای مقیاس کوچک گازسوز"، پس از برگزاری جلسات تخصصی مشترک با حضور نمایندگان آن سازمان و بحث و تبادل‌نظر پیرامون پیشنهادهای مختلف، درنهایت با ارائه حدود مجاز پیشنهادی در جدول پیوست به شرح ادامه مورد تأیید طرفین قرار گرفت. خواهشمند است در خصوص تصویب و ابلاغ این الزامات، دستور اقدام مقتضی صادر فرمایند.

لازم به ذکر است صورت‌جلسات این نشست‌ها در ضمیمه آمده است.

عباس بحری
رئیس پژوهشکده انرژی و محیط زیست

رونوشت:
سرکار خانم مهندس آویشن رئیس محترم گروه آلودگی هوا مرکز ملی هوا و تغییر اقلیم سازمان حفاظت محیط زیست

تهران - شهرک قدس،انتهای بلوار شهید دادمان، صندوق پستی ۵۱۷-۱۴۶۶۵، تلفن: ۸۸۰۷۹۴۰۰ ، فکس: ۸۸۰۷۸۲۹۶
info@nri.ac.ir www.nri.ac.ir

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

پیوست نامه

حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز با توان حداکثر ۲۵ مگاوات

منبع آلاینده	آلاینده	واحد اندازه‌گیری	حد مجاز انتشار*		توضیحات
			جدید	قدیمی	
موتورهای احتراق داخلی گازسوز	NO_x	mg/Nm^3	۵۰۰	۷۰۰	با سوخت گاز طبیعی
		mg/Nm^3	۱۰۰۰	۱۰۰۰	با سوخت بیوگاز
موتورهای احتراق داخلی گازسوز	CO	mg/Nm^3	۱۰۰۰	۱۲۰۰	با سوخت گاز طبیعی
		mg/Nm^3	۱۵۰۰	۱۵۰۰	با سوخت بیوگاز
موتورهای احتراق داخلی گازسوز	SO_2	mg/Nm^3	۱۰۰	۱۰۰	با سوخت گاز طبیعی
		mg/Nm^3	۳۵۰	۳۵۰	با سوخت بیوگاز

* موتورهای جدید شامل موتورهای هستند که پس از تاریخ تصویب مقررات جدید مجوز نصب دریافت کرده باشند. موتورهای قدیمی و موجود موتورهایی هستند که پیش‌ازتاریخ تصویب مقررات جدید مجوز نصب دریافت کرده باشند.

در زمان نمونه‌برداری می‌بایستی مولد گازسوز تولید برق در حالت کارکرد حداقل ۸۰٪ از بیشترین ظرفیت تولیدی آن مولد باشد

۲- پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های هوا از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۲- ۱- مقدمه

در گزارش مرحله دوم استانداردهای زیست‌محیطی بهره‌برداری از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس در دنیا بررسی گردید. در این فصل از گزارش با استفاده از نتایج فوق و برگزاری جلسات هم‌اندیشی با ذینفعان (نماینده سازمان حفاظت از محیطزیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده، نمایندگان دفتر تولیدات پراکنده توانیر، ناظر پروژه و اعضای تیم پروژه) و جمع‌بندی نظرات مختلف پیرامون سناریوهای مطرح‌شده و تائید نماینده سازمان حفاظت از محیطزیست درنهایت مقرر شد که حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین گازی کوچک‌مقیاس همانند گذشته مشابه با توربین‌های نیروگاهی (واحدهای بزرگ) در نظر گرفته شود و در این بخش حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوای جدیدی ارائه نشود. در این ارتباط هیئت‌وزیران در جلسه ۱۳۹۷/۶/۲۱ به پیشنهاد سازمان حفاظت از محیطزیست و به استناد تبصره ۳ ماده ۱۲ قانون هوای پاک مصوب ۱۳۹۶ حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا در صنایع نیروگاه‌ها (به‌صورت عمومی و صرفاً بر اساس نوع سوخت مصرفی) مطابق جدول زیر تعیین کرده است. این حدود مجاز برای توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس نیز اعمال می‌شود.

حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا در صنایع: نیروگاه‌ها

منبع آلاینده	آلاینده	واحد اندازه گیری	حد مجاز انتشار		توضیحات
			درجه ۱	درجه ۲	
دودکش‌ها و دستگاه‌های انتقال حرارت	NO_X	mg/Nm^3	۳۰۰	۴۰۰	با سوخت گاز
	SO_2	mg/Nm^3	۱۰۰	۲۰۰	با سوخت گاز
	CO	mg/Nm^3	۱۵۰	۲۰۰	

میزان اکسیژن مرجع (رفرنس) در توربین‌های گازی (۱۵) درصد منظور میشود

۲- ۲- حدود مجاز میزان انتشار آلاینده‌ها از توربین‌های گازی مقیاس کوچک

در شکل(۱۸-۲) حدود مجاز انتشار آلاینده NOx از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی ارائه شده است. مطابق این شکل حدود مجاز کنونی متناسب و سهل گیرانه تر از محدوده حدود مجاز انتشار آلاینده NOx در مقررات بین‌المللی است.

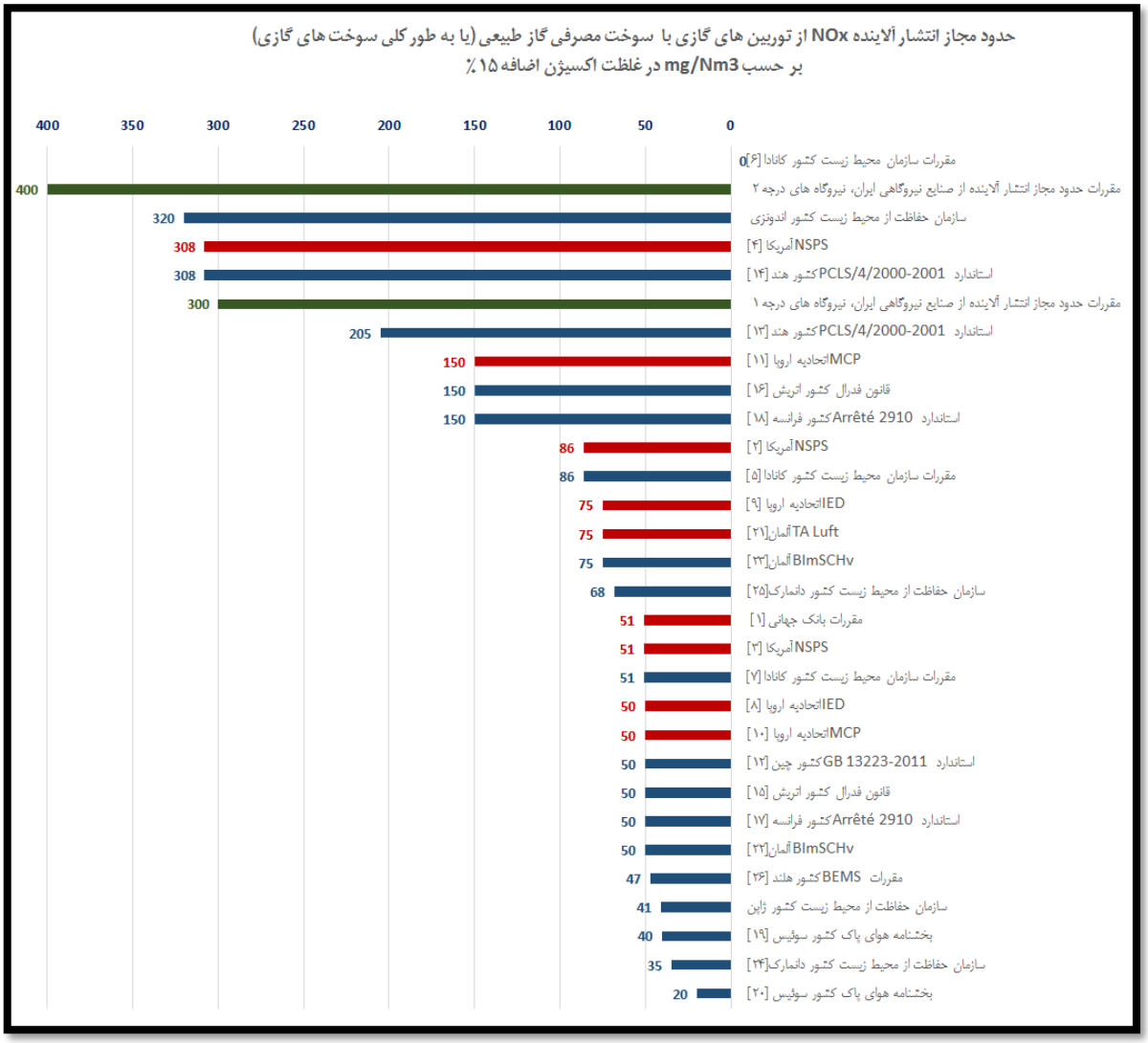
در شکل(۲۰-۲) حدود مجاز انتشار آلاینده CO از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی ارائه شده است. مطابق این شکل حدود مجاز کنونی متناسب با محدوده حدود مجاز انتشار آلاینده CO در سایر مقررات بین‌المللی است.

درشکل(۲۲-۲) حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی ارائه شده است. مطابق این شکل مقررات بین‌المللی معدودی برای انتشار آلایندهSO_2 در جهان ارائه شده است و حدود مجاز کنونی ایران نیز متناسب با این مقررات است.

در این زمینه، در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۵ که در پژوهشگاه نیرو با حضور ناظر پروژه، نماینده سازمان حفاظت از محیطزیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده و اعضای تیم پروژه برگزار شد مقرر شد که حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین گازی کوچک‌مقیاس همانند گذشته مشابه با توربین‌های نیروگاهی (واحدهای بزرگ) در نظر گرفته شود. در صورت تغییر حدود مجاز کنونی این واحدها در آینده، درزمینهٔ حدود مجاز واحدهای توربین گازی کوچک‌مقیاس هم تصمیم‌گیری انجام خواهد گرفت. صورت‌جلسه در پیوست ۳ انتهای گزارش ارائه شده است.

این تصمیم‌گیری بر این اساس بوده که توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس باید با توربین‌های گازی نیروگاهی مقایسه شوند و از سوی دیگر حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوای کنونی متناسب با مقررات بین‌المللی هستند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۱-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده NO_x از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه

[۱] توربین‌های گازی با ظرفیت بیش از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی (بیش از ۱۵-۲۵ مگاوات توان تولید برق)

[۲] توربین‌های گازی جدید با ظرفیت کمتر از ۱۴.۷ مگاوات حرارت ورودی و توربین‌های گازی قدیمی با ظرفیت بیش از ۱۴.۷ مگاوات حرارت ورودی

[۳] توربین‌های گازی جدید با ظرفیت بیش از ۱۴.۷ مگاوات حرارت ورودی

[۴] توربین‌های گازی قدیمی با ظرفیت کمتر از ۱۴.۷ مگاوات حرارت ورودی

[۵] توربین‌های گازی با ظرفیت ۱ تا ۴ مگاوات و کارکرد در شرایط غیر پیک

[۶] توربین‌های گازی با ظرفیت ۱ تا ۴ مگاوات و کارکرد در شرایط پیک

[۷] توربین‌های گازی با ظرفیت ۴ تا ۷۰ مگاوات و کارکرد در شرایط غیر پیک

[۸] توربین‌های گازی با ظرفیت بیش از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی (نصب‌شده قبل و بعد از ۷ ژانویه ۲۰۱۳)

[۹] توربین‌های گازی در تولید هم‌زمان برق و حرارت با راندمان کلی حداقل ۷۵٪ با ظرفیت بیش از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی و نصب‌شده پیش از ۷ ژانویه ۲۰۱۳، توربین‌های گازی سیکل ترکیبی با راندمان سالانه تولید برق حداقل ۵۵٪ و نصب‌شده پیش از ۷ ژانویه ۲۰۱۳

[۱۰] توربین‌های گازی با کارکرد بالای ۷۰٪ بار و جدید (پس از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸) با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی

[۱۱] توربین‌های گازی با کارکرد بالای ۷۰٪ بار و قدیمی (پیش از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸) با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی

[۱۲] توربین‌های گازی موجود از سال ۲۰۱۴ و واحدهای جدید از سال ۲۰۱۲

[۱۳] توربین‌های گازی واحدهای جدید (پس از ۱۹۹۹)

[۱۴] توربین‌های گازی واحدهای قدیمی (قبل از ۱۹۹۹)

[۱۵] توربین‌های گازی جدید/ کارکرد بالای ۷۰٪ بار (نصب‌شده پس از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸) با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی

[۱۶] توربین‌های گازی موجود/ کارکرد بالای ۷۰٪ بار (نصب‌شده پیش از ۲۰ دسامبر ۲۰۱۸) با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی

[۱۷]توربین‌های گازی جدید نصب‌شده پس از ۸ اوت ۲۰۱۸ با سوخت گاز طبیعی و بیومتان با ظرفیت کمتر و بیشتر از ۲۰ مگاوات حرارت ورودی ، توربین‌های گازی موجود و کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال با ظرفیت کمتر و بیشتر از ۲۰ مگاوات حرارت ورودی و نصب‌شده در بازه ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۴ ، توربین‌های موجود با توان بیش از ۲ مگاوات حرارت ورودی و کارکرد کمتر از ۵۰۰ ساعت در سال و اجرا پس از ۲۰۱۸ ، توربین‌های موجود با توان ۱ تا ۲ مگاوات حرارت ورودی و کارکرد کمتر از ۵۰۰ ساعت در سال و اجرا پس از ۲۰۳۰

[۱۸] توربین‌های گازی موجود و نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴ و کارکرد بیش از ۵۰۰ ساعت در سال با ظرفیت کمتر و بیشتر از ۲۰ مگاوات حرارت ورودی و نصب‌شده در بازه ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۴ ، توربین‌های موجود و نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴ با توان بیش از ۲ مگاوات حرارت ورودی و کارکرد کمتر از ۵۰۰ ساعت در سال و اجرا پس از ۲۰۱۸ ، توربین‌های موجود و نصب‌شده قبل از ۲۰۱۴ با توان ۱ تا ۲ مگاوات حرارت ورودی و کارکرد کمتر از ۵۰۰ ساعت در سال و اجرا پس از ۲۰۳۰

[۱۹] توربین‌های گازی با ظرفیت کمتر از ۴۰ مگاوات حرارت ورودی

[۲۰] توربین‌های گازی با ظرفیت بیشتر از ۴۰ مگاوات حرارت ورودی

[۲۱] توربین‌های گازی موجود/ کارکرد بالای ۷۰٪ بار با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی

[۲۲]توربین‌های گازی جدید / کارکرد بالای ۷۰٪ بار (نصب‌شده پس از ۲۰۱۸) با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی

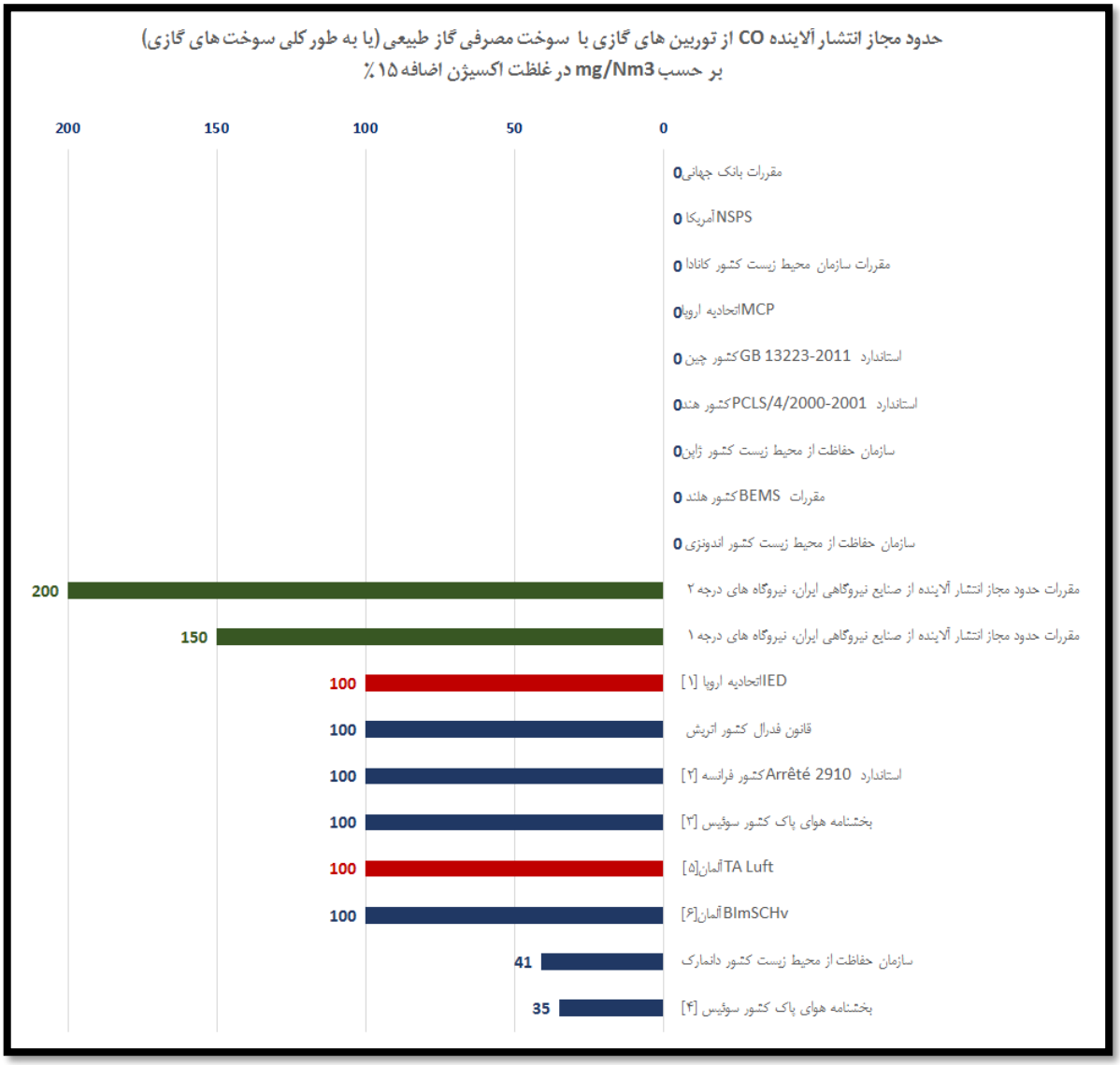
[۲۳]توربین‌های گازی موجود / کارکرد بالای ۷۰٪ بار (اجرا پس از ۲۰۱۸) با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی

[۲۴]توربین‌های گازی جدید با ظرفیت کمتر از ۵ و ۵ تا ۵۰ مگاوات حرارت ورودی، توربین‌های گازی موجود با ظرفیت ۵ تا ۵۰ مگاوات حرارت ورودی

[۲۵]توربین‌های گازی موجود با ظرفیت کمتر از ۵ مگاوات حرارت ورودی

[۲۶]توربین‌های گازی با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۲-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده CO از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه

[۱] توربین‌های گازی با ظرفیت بیش از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی ، توربین‌های گازی در تولید هم‌زمان برق و حرارت با راندمان کلی حداقل ۷۵٪ ، توربین‌های گازی سیکل ترکیبی با راندمان سالانه تولید برق حداقل ۵۵٪

[۲]توربین‌های گازی جدید نصب‌شده پس از ۸ اوت ۲۰۱۸ با سوخت گاز طبیعی و بیومتان با ظرفیت کمتر و بیشتر از ۲۰ مگاوات حرارت ورودی

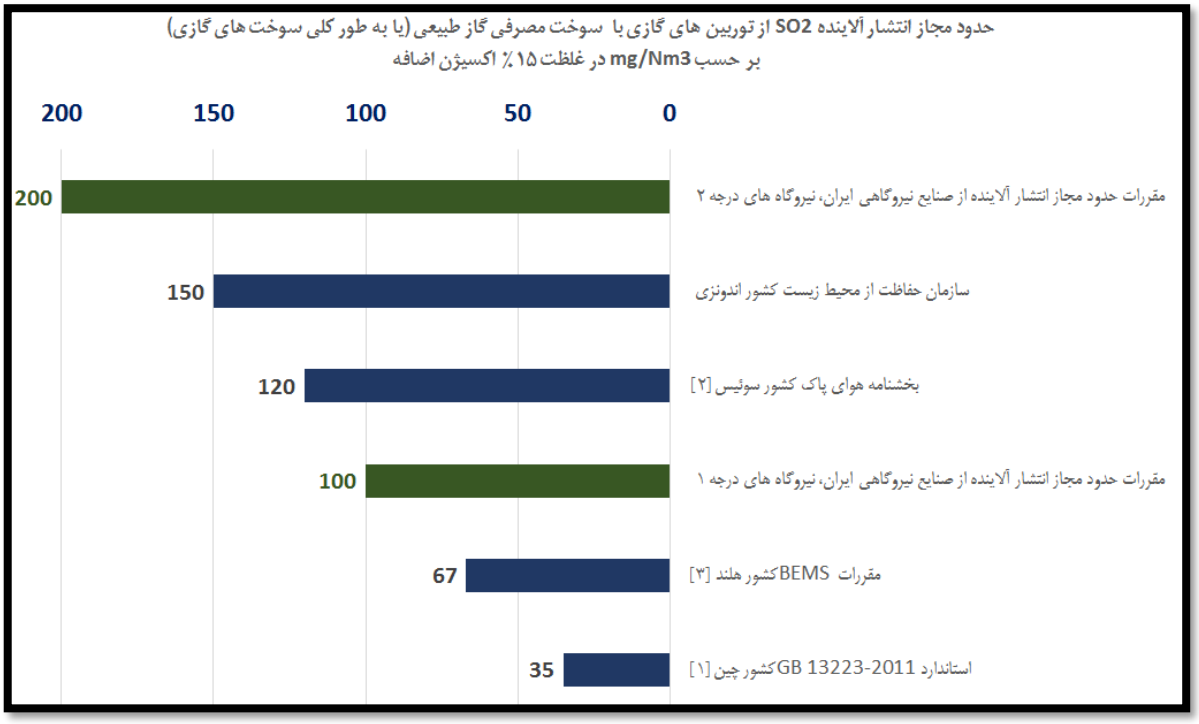
[۳] توربین‌های گازی با ظرفیت کمتر از ۴۰ مگاوات حرارت ورودی

[۴] توربین‌های گازی با ظرفیت بیشتر از ۴۰ مگاوات حرارت ورودی

[۵] توربین‌های گازی موجود/ کارکرد بالای ۷۰٪ بار با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی

[۲۲]توربین‌های گازی جدید و موجود / کارکرد بالای ۷۰٪ بار با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی

DOI: 10.30503/nripress.2020.342



شکل(۳-۲)- حدود مجاز انتشار آلاینده SO_2 از توربین‌های گازی با سوخت مصرفی گاز طبیعی یا به‌طورکلی سوخت‌های گازی در کشورهای مختلف جهان برحسب mg/Nm^3 در غلظت ۱۵٪ اکسیژن اضافه

[۱] توربین‌های گازی موجود اجرا از سال ۲۰۱۴ و واحدهای جدید از سال ۲۰۱۲

[۲] توربین‌های گازی با ظرفیت کمتر و بیشتر از ۴۰ مگاوات حرارت ورودی

[۳]توربین‌های گازی با ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات حرارت ورودی

۳- پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های صدا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز و توربین‌های گازی

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۳- ۱- پیش‌نویس استانداردهای نشر آلاینده‌های صدا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز و توربین‌های گازی

در اجرای ماده ۲ آیین‌نامه اجرایی نحوه جلوگیری از آلودگی صوتی مصوب جلسه مورخ ۱۳۷۸/۳/۱۹ هیئت‌وزیران، حدود مجاز انتشار صدا در هوای آزاد ایران مطابق مقادیر ارائه شده در جدول(۲۷-۲) وضع شده است[۱۸].

جدول(۱-۳)- حدود مجاز صدا در هوای آزاد ایران [۱۸]

موقعیت مکانی	بازه زمانی ۷ صبح تا ۷ عصر Leq(30′)	بازه زمانی ۷ عصر تا ۷ صبح Leq(30′)
پهنه مسکونی	55 db(A)	45 db(A)
پهنه تجاری / مسکونی	60 db(A)	50 db(A)
پهنه تجاری / اداری	65 db(A)	55 db(A)
پهنه مسکونی / صنعتی	70 db(A)	60 db(A)
پهنه صنعتی	75 db(A)	65 db(A)

Leq(30′): تراز معادل در مدت‌زمان ۳۰ دقیقه اندازه‌گیری در شبکه وزنی A می‌باشد و واحد آن دسی بل است.

هیئت‌وزیران در جلسه ۱۳۹۷/۶/۲۱ به پیشنهاد شماره ۴۳۶۹۳-۱ مورخ ۱۳۹۶/۱۱/۱ سازمان حفاظت از محیطزیست و به استناد تبصره (۲) ماده (۲۹) قانون هوای پاک ، مصوب ۱۳۹۶، مقادیر حدود مجاز ارائه شده در جدول(۲۷-۲) را برای پهنه‌های مختلف مجدداً مورد تائید قرار داده است (پیوست ۲). تعاریف ارائه شده برای پهنه‌های مختلف این جدول عبارت‌اند از :

پهنه مسکونی: پهنه‌ای که کاربری غالب آن مسکونی و کارکرد اصلی آن سکونت بوده و کاربری‌های مربوط به فعالیت‌های پشتیبان برای تأمین نیازهای روزمره و اولیه ساکنین محلات را نیز در خود جای داده است. در پهنه سکونت، تأمین آسایش و امنیت ساکنین، مبنای انتخاب کاربری‌های مجاز به استقرار در این پهنه است. تنوع در پهنه‌های مسکونی ناشی از وجود تفاوت بارز در تراکم ساختمانی، ابعاد قطعات مسکونی، تعداد طبقات، تعداد واحد مسکونی در هر هکتار، عرض معابر و غیره است.

پهنه تجاری / مسکونی: مشتمل بر قسمت‌هایی از شهر که از رشد خزنده فضاهای کار و فعالیت در بافت‌های مسکونی پدید آمده و از استقرار توأمان کارکردهای سکونت و کار و فعالیت شکل گرفته است.

پهنه تجاری/ اداری: شامل قسمت‌هایی از شهر که عمدتاً دارای کاربری تجاری صرف و یا کاربری‌های مرتبط با آن باشد(مانند بازها، پاساژها و ...)

پهنه مسکونی / صنعتی : مشتمل بر قسمت‌هایی از شهر که وجه غالب آن کار و فعالیت، به‌ویژه کاربری‌های تجاری خدماتی بوده و سکونت در آن ممنوع یا محدود و تابع نظم عمومی کار و فعالیت است. این پهنه زیر پهنه‌های اصلی متمایزی را در برمی‌گیرد که در هر یک، از غلبه یکی از وجوه تجاری، اداری، خدماتی، صنعتی یا اختلاطی از آن‌ها در مقیاس‌های متفاوت شهری بارز است.

پهنه صنعتی: پهنه‌های دارای کاربری صنعتی که طبق ضوابط محیطزیست استقرار آن‌ها در محیط شهر مجاز نبوده و بر اساس مطالعات زیست‌محیطی لازم است با فاصله مناسب بیرون از شهر یا نواحی مسکونی قرار گیرد ، کارگاه‌های مزاحم شهری، کاربری‌های کارخانه‌ای، تولیدی و خدمات صنعتی عموماً در این محدوده واقع هستند.

در گزارش مرحله دوم استانداردهای میزان انتشار صدا از مولدهای احتراق داخلی و توربین گازی بررسی گردید. در این بررسی مشخص شد که در اغلب کشورهای جهان استاندارد جداگانه و اختصاصی برای میزان انتشار صدا از مولدهای احتراق داخلی و توربین گازی ارائه نشده است و استانداردهای عمومی حدود مجاز انتشار صدا که در مناطق مسکونی، مناطق تجاری و مناطق

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

صنعتی اعمال می‌گردند برای مولدهای احتراق داخلی و توربین گازی نیز استفاده می‌شوند. مشخصات این استانداردها در جدول(۳۳-۲) زیر ارائه‌شده‌اند

جدول(۲-۳)- حدود مجاز انتشار صدا در محیطزیست کشورهای مختلف جهان

	مناطق مسکونی		مناطق تجاری		مناطق صنعتی		مرجع
	روز	شب	روز	شب	روز	شب	
ایران	55 db(A)	45 db(A)	65 db(A)	55 db(A)	75 db(A)	65 db(A)	[۱]
سازمان بهداشت جهانی	55 db(A)	45 db(A)	65 db(A)	55 db(A)	75 db(A)	65 db(A)	[۲]
استاندارد COGCC آمریکا	55 db(A)	50 db(A)	60 db(A)	55 db(A)	80 db(A)	75 db(A)	[۳]
آلمان	50 db(A)	35 db(A)	65 db(A)	50 db(A)	70 db(A)	70 db(A)	[۴]
استرالیا	52 db(A)	45 db(A)	62db(A)	55 db(A)	70 db(A)	60 db(A)	[۵]
اتریش	-	-	-	-	55 db(A)	50 db(A)	[۶]
هند	55 db(A)	45 db(A)	65 db(A)	55 db(A)	75 db(A)	70 db(A)	[۷]
نیجریه	50 db(A)	35 db(A)	55 db(A)	45 db(A)	70 db(A)	60 db(A)	[۸]
اسلوونی	50 db(A)	40 db(A)	60 db(A)	50 db(A)	75 db(A)	65 db(A)	[۹]
مصر	55 db(A)	45 db(A)	65 db(A)	55 db(A)	70 db(A)	60 db(A)	[۱۰]
غنا	55 db(A)	48 db(A)	75 db(A)	65 db(A)	70 db(A)	70 db(A)	[۱۱]
چین	50-60 db(A)	40-50 db(A)	-	-	-	-	[۱۲]
ژاپن	50 db(A)	40 db(A)	60 db(A)	50 db(A)	60 db(A)	50 db(A)	[۱۳]
کره	55 db(A)	40 db(A)	65 db(A)	55 db(A)	70 db(A)	65 db(A)	[۱۴]
ترکیه	68 db(A)	58 db(A)	70 db(A)	60 db(A)	72 db(A)	62 db(A)	[۱۵]

مقادیر ارائه شده در جدول(۳۳-۲) حاکی از این است که حدود مجاز انتشار صدا در ایران منطبق با حدود مجاز پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی بوده و با استانداردهای سایر کشورها نیز اختلاف کمتر از ۱۰٪ را دارا است.

در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۰۵ که در پژوهشگاه نیرو با حضور ناظر و مجری پروژه و نمایندگان سازمان محیطزیست و انجمن تولید پراکنده ایران برگزار شد، پس از بحث و تبادل‌نظر مقرر گردید با توجه به یکی بودن حدود مجاز انتشار صدا در ایران در مقایسه با حدود پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی و همچنین نزدیکی آن با سایر استانداردهای بین‌المللی، از حدود مجاز کنونی انتشار صدا در محیطزیست ایران همانند گذشته برای مولدهای(موتورهای) احتراق داخلی و توربین گازی نیز استفاده‌شده و در این زمینه تدوین مقررات جدید نیاز نیست. صورت‌جلسه در پیوست ۳ انتهای گزارش ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

مرحله ۳ و ۴، فصل چهارم

۴- پیش‌نویس مقررات انتشار آلاینده‌های آب‌وخاک از مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

۴- ۱- پیش‌نویس استانداردهای انتشار آلاینده‌های آب‌وخاک از مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک

در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۰۵ که در پژوهشگاه نیرو با حضور ناظر و مجری پروژه و نمایندگان سازمان محیط‌زیست و انجمن تولید پراکنده ایران برگزار شد، پس از بحث و تبادل‌نظر مقرر گردید با توجه به اینکه در فرایندهای راهبری موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گازی به‌طور عادی پسماند جامد و پسابی تولید نمی‌شود و همچنین در بررسی قوانین و الزامات بین‌المللی نیز مشاهده شد که قوانین و الزامات مشخصی برای موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس در این زمینه وضع نشده است، ضرورتی به وضع حدود مجاز انتشار آلاینده‌های آب‌وخاک به‌صورت اختصاصی برای موتورهای احتراق داخلی گازسوز و توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس نیست. در این زمینه ضوابط عمومی ارائه‌شده در کتاب قوانین مقررات، ضوابط و استانداردهای محیط زیستی ایران همانند گذشته قابلیت استفاده در شرایط خواص را دارا هستند. این صورت‌جلسه در پیوست ۳ انتهای گزارش ارائه شده است.

مهم‌ترین ضوابط موجود در کتاب قوانین مقررات، ضوابط و استانداردهای محیط زیستی ایران عبارت‌اند از :

- آئین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب (موضوع تصویب‌نامه شماره ۱۸۲۴۱/ ت ۷۱ ه مورخ ۱۳۷۳/۳/۱۶ هیئت‌وزیران) ، متن کامل این آئین‌نامه در بخش ۴-۱۰ و ۴-۱۱ (استاندارد خروجی فاضلاب) کتاب قوانین مقررات، ضوابط و استانداردهای محیط زیستی ایران ارائه شده است.
- قانون مدیریت پسماند، این قانون در بخش ۴-۱ کتاب قوانین مقررات، ضوابط و استانداردهای محیط زیستی ایران ارائه‌شده است. این قانون در تاریخ بیستم اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۳ در مجلس شورای اسلامی تصویب و در تاریخ ۱۳۸۳/۳/۹ به تأیید شورای نگهبان رسیده و جهت اجرا به سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت کشور ابلاغ گردیده است [۱].

DOI: 10.30503/nripress.2020.342

نتیجه‌گیری مرحله سوم و چهارم

در فصل اول این گزارش استانداردهای زیست‌محیطی بهره‌برداری از موتورهای احتراق داخلی گازسوز کوچک‌مقیاس در دنیا بررسی گردید. در این بخش با برگزاری جلسات هم‌اندیشی با ذینفعان (نماینده سازمان حفاظت از محیطزیست، نمایندگان انجمن تولید پراکنده، نمایندگان دفتر تولیدات پراکنده توانیر، ناظر پروژه و اعضای تیم پروژه) و جمع‌بندی نظرات مختلف پیرامون سناریوهای مطرح‌شده و تائید نماینده سازمان حفاظت از محیطزیست درنهایت پیش‌نویس حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز تولید برق به شرح جدول زیر تدوین و به سازمان حفاظت محیطزیست ارائه شده است.

حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز با توان حداکثر ۲۵ مگاوات

منبع آلاینده	آلاینده	واحد اندازه‌گیری	حد مجاز انتشار*		توضیحات
			جدید	قدیمی	
موتورهای احتراق داخلی گازسوز	NO_x	mg/Nm^3	۵۰۰	۷۰۰	با سوخت گاز طبیعی
		mg/Nm^3	۱۰۰۰	۱۰۰۰	با سوخت بیوگاز
موتورهای احتراق داخلی گازسوز	CO	mg/Nm^3	۱۰۰۰	۱۲۰۰	با سوخت گاز طبیعی
		mg/Nm^3	۱۵۰۰	۱۵۰۰	با سوخت بیوگاز
موتورهای احتراق داخلی گازسوز	SO_2	mg/Nm^3	۱۰۰	۱۰۰	با سوخت گاز طبیعی
		mg/Nm^3	۳۵۰	۳۵۰	با سوخت بیوگاز

* موتورهای جدید شامل موتورهای هستند که پس از تاریخ تصویب مقررات جدید مجوز نصب دریافت کرده باشند. موتورهای قدیمی و موجود موتورهایی هستند که پیش‌ازتاریخ تصویب مقررات جدید مجوز نصب دریافت کرده باشند.

در زمان نمونه‌برداری می‌بایستی مولد گازسوز تولید برق در حالت کارکرد حداقل ۸۰٪ از بیشترین ظرفیت تولیدی آن مولد باشد

در فصل دوم گزارش استانداردهای زیست‌محیطی بهره‌برداری از توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس در دنیا بررسی گردید. در این بخش با استفاده از نتایج فوق و برگزاری جلسات هم‌اندیشی با ذینفعان و جمع‌بندی نظرات مختلف پیرامون سناریوهای مطرح‌شده درنهایت مقرر شد که حدود مجاز انتشار آلاینده‌ها از توربین گازی کوچک‌مقیاس همانند گذشته مشابه با توربین‌های نیروگاهی (واحدهای بزرگ) در نظر گرفته شود و در این بخش حدود مجاز انتشار آلاینده‌های هوای جدیدی ارائه نشود.

در فصل سوم گزارش استانداردهای انتشار آلاینده‌های صدا از موتورهای احتراق داخلی گازسوز و توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس در دنیا بررسی گردید. در این بخش پس از بحث و تبادل‌نظر مقرر گردید با توجه به یکی بودن حدود مجاز انتشار صدا در ایران در مقایسه با حدود پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی و همچنین نزدیکی آن با سایر استانداردهای بین‌المللی، از حدود مجاز کنونی انتشار صدا در محیطزیست ایران همانند گذشته برای مولدهای(موتورهای) احتراق داخلی و توربین گازی نیز استفاده‌شده و در این زمینه مقررات جدیدی تدوین نشود.

در نهایت در فصل چهارم گزارش مقررات انتشار آلاینده‌های آب‌وخاک از مولدهای گازسوز تولید برق مقیاس کوچک در دنیا بررسی شد. در این بخش نیز پس از بحث و تبادل‌نظر مقرر گردید با توجه به اینکه در فرایندهای راهبری موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گازی به‌طور عادی پساماند جامد و پسابی تولید نمی‌شود و همچنین در بررسی قوانین و الزامات بین‌المللی نیز مشاهده شد که قوانین و الزامات مشخصی برای موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس در این زمینه وضع نشده است، در این بخش ضرورتی برای وضع حدود مجاز انتشار آلاینده‌های آب‌وخاک به‌صورت اختصاصی برای موتورهای احتراق داخلی گازسوز و توربین‌های گازی کوچک‌مقیاس نمی‌باشد.

مراجع مرحله سوم و چهارم

۱. ایران, س.ح.م.ز., قوانین، مقررات، ضوابط و استانداردهای محیط زیست انسانی. ۱۳۹۱: انتشارات حک.
۲. Kanagasabai, S., *Environmental studies*. 2010: PHI Learning Pvt. Ltd.
۳. COGCC, *Colorado Oil and Gas Conservation* گروه. 2021.
۴. Lärm, T., *Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm.* Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom, 1998. **26**: p. 503.
۵. NSW, E., *General environmental noise*. 2013: EPA (Environment Protection Authority) South Australia
۶. Organizations, E.N.o.E.L., *Make some noise Shadow report on implementation of the Environmental Noise Directive Austria*. 2009: European Network of Environmental Law Organizations.
۷. Board, C.P.C., *The noise pollution (regulation and control) rules, 2000.* 2000.
۸. Jaafar, N.B ,.*Guidelines for Environmental Noise Limits and Control, Noise Labeling and Emission Limits of Outdoor Sources and Vibration Limits and Control.* Department of Environment Ministry of Natural Resources and Environment, 2109.
۹. Špeh, N. and B. Barborič, *Noise as an indicator of residential areas' quality in the Municipality of Velenje, Slovenia.* Kartografija i geoinformacije (Cartography and Geoinformation), 2014. **13**(21): p. 20-29.
۱۰. Farghaly, Y.A., F.A.A. Hemeida, and S. Salah, *Noise utilization as an approach for reducing energy consumption in street lighting.* Plos one, 2019. **14**(7): p. e0219373.
۱۱. Essandoh, P.K., et al., *Determination of ambient noise levels and perception of residents in halls at the University of Cape Coast, Ghana.* Environment and Natural Resources Research, 2011. **1**(1): p. 181.
۱۲. To, W.M., C.M. Mak, and W.L. Chung, *Are the noise levels acceptable in a built environment like Hong Kong?* Noise & health, 2015. **17**(79): p. 429.
۱۳. Japan, M.o.t.E.G.o., *Environmental quality standards for noise*. 2021, Ministry of the Environment Government of Japan: https://www.env.go.jp/en/air/noise/noise.html.
۱۴. Ko, J.H., et al., *Transportation noise and exposed population of an urban area in the Republic of Korea.* Environment International, 2011 :(۲)۳۷ .p. 328-334.
۱۵. Turgut, O., et al., *A case study on acoustic performance and construction costs of noise barriers.* Scientific Research and Essays, 2012. **7**(50): p. 4213-4229.