Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲۹، تابستان ۸۵

تحلیل و ارزیابی اثرگذاری سیستم توربوشارژ بر مصرف سوخت و میزان آلاینده‌های خروجی اتوبوسهای گازسوز نمونهٔ منتخب« شرکت واحد اتوبوسرانی تهران »

ابوالقاسم امامزاده
گروه مهندسی انرژی دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات و رئیس دانشکده تحصیلات تکمیلی صنعت نفت

حسین قدمیان
فریده عتابی
سامان چهرازی
گروه مهندسی انرژی دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات

چکیده
براساس مطالعات انجام شده سهم خودروها در انتشار آلاینده‌ها در حدود ۷۰٪ است و این سهم نیز عمدتاً ناشی از سوخت‌های فسیلی است. با توجه به مشکلات روزافزون آلودگی هوا و عواقب زیست‌محیطی آن به دلیل استفاده از سوخت‌های دودزا (گازوئیل و بنزین و...) که حجم عمده‌ای از این آلودگی توسط وسایل نقلیه شخصی یا عمومی تولید می‌گردد، استفاده از سوخت گاز طبیعی به دلیل تولید حداقل گازهای آلوده‌کننده در صدر اولویت‌های دولتها از جمله کشور ایران جهت جایگزین نمودن این سوخت با دیگر سوخت‌های موجود در وسایل نقلیه قرار دارد. در این راستا، لازم است تحقیقاتی در جهت بهینه سازی فناوری گازسوز نمودن خودروها انجام گیرد که یکی از جنبه های تحقیقاتی، تاثیر توربوشارژ بر میزان آلایندگی و مصرف سوخت خودروهای گازسوز است. در این تحقیق سعی شده است تاثیر توربوشارژ در میزان آلاینده ها و مصرف سوخت اتوبوس گازسوز ۳۵۵ (یکی از اتوبوسهای گازسوز شرکت واحد) به کمک داده های آزمایشگاهی و تحلیلهای آماری بررسی شود. در این پژوهش با الهام از نتایج و داده های آزمایشگاهی موجود، ابتدا توان مناسبی با توجه به تاثیر نوع توربوشارژ بر روی اتوبوس گازسوز ۳۵۵ که به عنوان اتوبوس مبنا جهت آزمایش در نظر گرفته شده است؛ انتخاب شد و سپس میزان آلاینده ها که ابتدا با استفاده از اصول و مقادیر پایه ترمودینامیک و احتراق محاسبه شده، مقایسه گردید و در مرحله بعدی این مقادیر با میزان استاندارد آلایندگی EURO 2 اروپا- که میزان آلاینده های استاندارد از آزمایش بر روی اتوبوس گازسوز اسکانیا که موفق به کسب استاندارد آلایندگی EURO 2 اروپا شده است، لحاظ گردیده مقایسه شده و در نهایت توربوشارژی که بیشترین تاثیر را جهت سازگاری با این استاندارد و حداقل سازی آلاینده ها و مصرف سوخت داشته است؛ به عنوان توربوشارژ منتخب معرفی می شود که در این پروژه تحقیقی، توربوشارژ Garrett مدل Gt37 بهترین توربوشارژ سازگار با این اتوبوس گازسوز چه از لحاظ قدرت و چه از لحاظ تاثیر بر میزان آلاینده ها و مصرف سوخت معرفی می شود.

واژه های کلیدی: سوختهای جایگزین، محیط زیست، توربوشارژ، آلاینده های ناشی از حمل و نقل، اتوبوسهای گازسوز

مقدمه

هدف اصلی حمل و نقل، جابه‌جایی حجم عظیم کالا و مسافر است که با استفاده از وسایل حمل و نقل و با تحرک بسیار صورت می‌گیرد و لازمه این فعالیتها وجود انرژی و سوخت فراوان است. به همین منظور اتلاف و اصراف سوخت در این بخش بیشتر صورت گرفته و برای جلوگیری از آن، اتخاذ تصمیمات جدی و عزم همگانی ضرورت داشته و یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان کشور می‌باشد؛ برای دستیابی به این هدف، صرفه‌جویی مصرف سوخت و عدم اتلاف آن به یکی از ابزارهای افزایش کارایی و بهره‌وری سوخت از یکسو و هم‌چنین استفادهٔ بهینه از منابع مازاد حاصله برای رشد و شکوفایی اقتصاد از سوی دیگر مورد توجه مسؤلین کشور قرار گرفته و با سوق نیروها و امکانات و تصویب قوانین مرتبط، سعی در اصلاح و بهبود روشهای استفاده از سوخت در همه ارکان

www.SID.ir

Archive of SID

جامعه بویژه حمل و نقل را دارند.[۱]

براساس مطالعات انجام شده سهم خودروها در تولید و انتشار آلاینده‌های هوای شهر تهران در حدود ۷۱٪ است و این سهم نیز عمدتاً ناشی از سوخت‌های فسیلی است. با توجه به مشکلات روزافزون آلودگی هوا و عواقب زیست‌محیطی آن به‌دلیل استفاده از سوخت‌های دودزا (گازوئیل و بنزین و...) که حجم عمده‌ای از این آلودگی توسط وسایل نقلیه شخصی یا عمومی تولید می‌شود، استفاده از سوخت گاز طبیعی به دلیل تولید حداقل گازهای آلوده‌کننده در صدر اولویت‌های دولتها از جمله کشور ایران جهت جایگزین نمودن این سوخت با دیگر سوخت‌های موجود در وسایل نقلیه دارد. البته در این راستا لازم است تحقیقاتی در جهت بهینه سازی فناوری گازسوز نمودن خودروها انجام گیرد که یکی از جنبه های تحقیقاتی، تاثیر توربوشارژ بر میزان آلایندگی و مصرف سوخت خودروهای گازسوز می تواند باشد.[۲ و ۳]

در این تحقیق سعی شده است تاثیر توربوشارژ در میزان تولید و انتشار آلاینده هـای هـوا و مصرف سوخت اتوبوس گازسوز ۳۵۵ (یکی از اتوبوسهای گازسوز شرکت واحد) بررسی شود تا بتوان از طریق این پروژه تحقیقی، میان موضوع جایگزینی سوخت گاز طبیعی در اتوبوسهای شرکت واحد (گازسوز کردن اتوبوسها) و توربوشارژ به عنوان یکی از تکنولوژیهای برتر در راستای کاهش میزان تولید و انتشار آلاینده هـــای هـوا و مصرف سوخت برای دستیابی به حمل و نقل پایدار، ارتباط موثری ایجاد نموده و پایه ای برای استانداردسازی انتخاب توربوشارژ ارائه شود.

آلاینده های حاصل از خودروهای گازوئیلی

آلاینده‌ها را از دو دیدگاه می‌توان تقسیم‌بندی نمود:

۱- آلاینده های هوا برحسب وضعیت فیزیکی‌شان که به دو صورت گاز و یا ذرات معلق است. گازها شامل گازهای خروجی از اگزوز (O_X, SO_x, H_2O,) (CO_2, CO, HC)و تبخیر از مسیر سیستم سوخت (HC) می‌باشد که بجز آب هر کدام به طریقی اثرات سوء بر محیط زیست دارند و ذرات معلق به صورت کربن‌های شکل گرفته هنگام احتراق ناقص سوخت و پراکنده‌شدن مواد افزودنی به سوخت از قبیل سرب، منگنز، نیکل، باریم، فسفر و کادمیم می‌باشد.

۲- آلاینده های هوا براساس مرحلهٔ تشکیل که به دو گروه آلاینده های اولیه و آلاینده های ثانویه تقسیم‌بندی می‌شوند. آلاینده‌های اولیه آن دسته از آلاینده هایی هستند که مستقیماً از لولهٔ اگزوز خودرو خارج می‌شوند و آلاینده‌های ثانویه همچون $O_۳$ آن دسته از آلاینده هایی می‌باشند که از واکنش و تغییر حالت آلاینده‌های نوع اول در محیط و در حضور واکنش انرژی خورشیدی بر روی برخی ترکیبات به‌دست می‌آیند.

۳- آلاینده های هوا براساس مرحلهٔ تشکیل که به دو گروه آلاینده های اولیه و آلاینده های ثانویه تقسیم‌بندی می‌شوند. آلاینده‌های اولیه آن دسته از آلاینده هایی است که مستقیماً از لولهٔ اگزوز خودرو خارج می‌شوند و آلاینده‌های ثانویه همچون $O_۳$ آن دسته از آلاینده هایی می‌باشند که از واکنش و تغییر حالت آلاینده‌های نوع اول در محیط و در حضور واکنش انرژی خورشیدی بر روی برخی ترکیبات به‌دست می‌آیند.

از جمله مواد آلاینده که از موتورهای دیزلی خارج می شوند می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

الف)هیدروکربنها: سوخت نسوخته و روغن موتور به صورت هیدروکربن (HC) در اگزوز پدیدار می‌شوند. مؤسسات مسئول تدوین مقررات در کالیفرنیا هیدروکربنها را ترکیبات آلی فرار می‌نامند؛ طرفداران سوختهای جانشین ترجیح می‌دهند نام هیدروکربنهای غیر متانی را به‌کار ببرند و بعضی از مؤسسات دولتی استفاده از نام ترکیبات آلی فرار را ترجیح می‌دهند. اما هر نامی که روی این ترکیبات بگذاریم، هیدروکربنها هم سرطان‌زا هستند و هم سبب ایجاد مه‌دود فتوشیمیایی می‌شوند. هیدروکربنها هنگامی که از سیلندر خارج می شوند مخلوط هوا- سوخت چنان فقیر یا غنی باشد که نسوزد.

www.SID.ir

Archive of SID

مخلوط هوا - سوخت بسیار فقیر بر اثر جداشدن قطره‌های سوخت از افشانه و پخش آن در سرتاسر محفظهٔ احتراق ایجاد می‌شود.مخلوط حاصل نمی‌تواند از احتراق پشتیبانی کند و سوخت تبخیر شده از اگزوز خارج می‌شود. این پدیده غالباً زیر بارهای سبک و در دورهای پایین رخ می‌دهد. وقتی بر اثر ورود سریع هوا یا در نتیجهٔ تماس با دیواره‌های نسبتاً سرد سیلندر، شعله به شدت سرد می‌شود، باز هم هیدروکربن انتشار می‌یابد.

ب)ذرات جامد : ذرات جامد ریز سبب بدنامی موتورهای دیزل در نزد عامهٔ مردم شده‌اند.وقتی موتور دیزل تازه روشن شده است، یا در هنگام گاز دادن، ذرات جامد را می‌توان به صورت دود سیاه دید و بوی تند و گزندهٔ آن را حس کرد. مردم به طور غریزی از این ذرات جامد گریزانند و غریزهٔ آنها اشتباه نمی‌کند. ذرات جامد که عمدتاً از ذرات ریز و کروی دوده تشکیل می‌شوند؛ سرطان‌زا و مُهلکند؛ هر چند ماهیت این تأثیر آنها هنوز کاملاً شناخته نشده است و هنوز مکانیسم زیست‌شناختی آسیب‌رسانی ذرات جامد مشخص نیست و مطالعه‌کنندگان بین ذرات جامد حاصل از کار موتور دیزل، گرد و غبار و دود توتون تمایز قائل نشده‌اند. اما بین استنشاق ذرات جامد و مرگ زودرس آمار محکمی برقرار است.

بخش هیدروکربنی ذرات جامد که آن را بخش آلی محلول می‌نامند از محصولات جنبی احتراق، روغن موتور و سوخت نسوخته تشکیل می‌شود. این مخلوط شیمیایی پیچیده حاوی چند مادهٔ سرطان‌زای مُهلک است که در ابتلاء به سرطان ریه مؤثر می باشد.

دوده، که حامل بخش آلی فرار است در نواحی کم‌اکسیژن دنبالهٔ افشانهٔ سوخت تشکیل می‌شود. بیشتر ذرات دوده در طی حرکت انبساط اکسید می‌شوند، مگر در حالت تخت گاز (که فرصت برای اُکسایش محدود است) و در دورهٔ پس‌اُفت توربوشارژ در هنگام گاز دادن ناگهانی، وقتی توربوشارژ دور می‌گیرد، اکسیژن دوباره موازنه می‌شود و دود خروجی دوباره شفافیت پیدا می‌کند.

ج)اُکسیدهای نیتروژن : NO_X (که نام عمومی NO، NO_2 و سایر اکسیدهای نیتروژن است) در شرایطی متفاوت تولید می‌شود. دوده و هیدروکربنها در محیطهای کم اکسیژن و هنگامی‌که دمای احتراق پایین است تولید می‌شوند. NO_X حاصل دمای بالا و محیط غنی از اکسیژن است که در لبهٔ جلو افشانهٔ سوخت مشاهده می‌شود.بخش عمدهٔ دوده در اوایل فرایند احتراق تشکیل می‌شود، یعنی زمانی‌که سوخت انباشته شده در نتیجهٔ پس‌اُفت اشتعال، مشتعل می‌شود و گرما و فشار زیادی تولید می‌کند. زیاد بودن بار، بالا بودن دور و بالا بودن دمای هوای ورودی در تشکیل دوده سهم دارند. دمای هوای ورودی در تشکیل دوده سهم دارند. NO_X در تولید اُوزون در سطح زمین سهم دارد؛ اوزون ماده‌ای شیمیایی است که زمینه‌ساز بارش بارانهای اسیدی است و خود نیز خاصیت سمی دارد.

د)مونوکسیدکربن : طبق مقررات زیست‌محیطی میزان مونوکسیدکربن (CO) منتشر شده از موتورها نیز محدود شده است؛ اما این پارامتر تأثیر مستقیمی در طرح موتور ندارد.**[۶، ۵، ۴]**.

گاز طبیعی (CNG)

همانطور که گفته شده مصرف بی رویه سوختهای فسیلی در خودروها موجب بالا رفتن آلودگی هوا در شهرهای بزرگ جهان شده است. یکی از راههای کاهش آلودگی هوا در این شهرها، جایگزینی خودروهای دیزلی به گاز طبیعی است.

جدول(۱): ترکیب گاز طبیعی [۷]

مواد	درصد مواد تشکیل دهنده
متان	۹۸/۶۴
اتان	۰/۶۳
نیتروژن	۰/۵۹
پروپان	۰/۱
ایزوبوتان	۰/۰۲
ایزوپنتان	۰/۰۱
دی اکسیدکربن	۰/۰۱

www.SID.ir

Archive of SID

گاز طبیعی که حاصل از تجزیه مواد آلی در لایه های زیر زمینی است در مخازن بزرگ هیدروکربنی زیرزمین تشکیل و تجمع می یابد این گاز سبکترین بخش ترکیبات نفتی است و دارای مواد تشکیل دهنده زیر می باشد[۷].

این گاز به سه طریق متراکم شده (CNG)، مایع شـــده (LNG) و جذب شده توسط جاذبها (ANG) به عنوان سوخت در خودروها مورد استفاده قرار می گیرد که در حال حاضر استفاده از گاز طبیعی متراکم بسیار متداول است.[۱]خودروهایی که موتور آنها فقط با گاز CNG کار می کنند مواد آلاینده کمتری نـسبت به خودروهـای تبدیل شده ایجاد می کنند، اما از هزینه تولید بالاتری برخوردار می باشند. تبدیل به گازسوز نمودن نادرست خودروها به گاز CNG و استفاده از کیت و سیلندر نامرغوب مهمترین مسئله در کشورهای درحال توسعه می باشد و ممکن است طرح تبدیل خودروها را با شکست مواجه نماید.[۳]

۱-۱- مهمترین محاسن استفاده از گاز طبیعی

انتشار آلاینده های کمتر، قیمت ارزانتر، عملیات آرام و بی صدای موتور نسبت به موتورهای دیزلی، کاهش انتشار SO_2 .

۱-۲- مهمترین معایب استفاده از گاز طبیعی

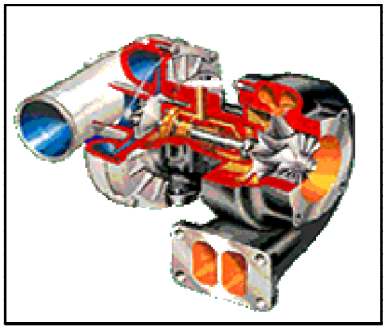
هزینه بالای پخش و ذخیره سازی گاز، هزینه بالای خرید این نوع خودروها، کوتاهتر شدن برد حرکت، نیاز به تانک سوخت بسیار سنگین و ... .

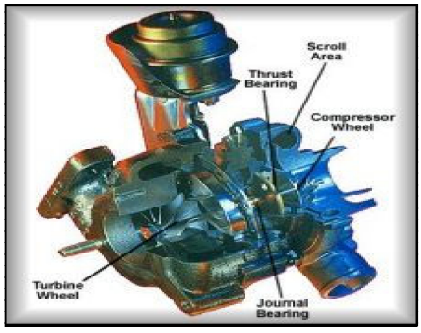
جدول(۲): آثار تبدیل خودروها به گازسوز (CNG) [۳]

تغییرات ناشی از تبدیل خودرو ها به گازسوز (CNG)	اثرات تبدیل خودروها به گازسوز(CNG)
تغییر سوخت	۸ تا ۱۵ درصد کاهش قدرت
دانسیته پایین انرژی سوخت	کاهش کیلومتر پیمایش
افزایش حجم مخزن سوخت	کاهش فضا در دسترس
افزایش وزن مخزن سوخت	کاهش شتاب و افزایش مصرف
بهبود احتراق	کاهش میزان آلاینده
هزینه های سوخت	صرفه جویی در هزینه سوخت

توربوشارژ

از لحاظ تکنولوژیکی هرگاه موضوع قدرت و عملکرد بالاتر و بیشتر مورد بحث قرار گیرد، ممکن است توربوشارژها، به عنوان گزینه‌ای برای حل این مسئله مطرح گردند.[۲] توربوشارژ، آسانترین و ارزانترین روش ارتقای عملکرد موتور است.[۶] توربوشارژ کردن بخشی از تکنولوژی«سبز» نیز هست، زیرا در صورتیکه موتور توربوشارژ نداشته باشد؛ بخشی از انرژی تراکم به صورت گرمای دود و صدا تلف می‌شود.[۸] توربوشارژها در یک گسترهٔ وسیعی از موتورها و وسایل نقلیه استفاده می‌شوند. یک توربوشارژ، به طور عمده می‌تواند قدرت خروجی و کارایی یک موتور را بدون افزایش وزن وسیلهٔ نقلیه افزایش دهد.[۹]





شکل (۱) نمایی شماتیک از عملکرد توربوشارژ [۱۴]

www.SID.ir

Archive of SID

با تأمین سوخت اضافی، متناسب با هوایی که توربوشارژ تأمین می‌کند، توان موتور افزایش می‌یابد و در موتورهایی که زیر بار ثابت کار می‌کنند می‌توان این وضعیت را به صرفه‌جویی در مصرف سوخت تعبیر کرد.[۱۰] با توربوشارژ کردن بازده سوخت (براساس اسب بخار در ساعت) نیز افزایش می‌یابد، اما مزیت اصلی هنگامی حاصل می‌شود که با توجه به فشارهای بالای سوپرشارژ، بتوان سرعت پیستون را کاهش داد. در موتورهای بزرگ دریایی، که به ازای هر سیلندر ۱۰۰۰ اسب بخار، یا بیشتر، توان دارند از این رهیافت استفاده می‌شود تا بازده گرمایی ۵۰ درصد عاید شود. رهیافت سوم در موتورهای اتومبیل و یا کامیونهای سبک بیشتر متداول است؛ این موتورها معمولاً زیر بار متغیر کار می‌کنند و به ندرت از توان نامی آنها استفاده می‌شود. عامل مورد نظر در این موتورها گشتاور است[۸]

مزایای توربوشارژ

۱- افزایش قدرت وجود توربوشارژ روی موتور باعث افزایش قردت آن می‌گردد. این افزایش در حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد قدرت موتور بدون توربوشارژ با همان طراحی می‌باشد. این افزایش قدرت ناشی از ارسال هوای اضافه به داخل سیلندرها و تقویت احتراق سوخت می‌باشد. نسبت توان وزنی در جرم و اندازهٔ موتور نیز اندکی افزایش می‌یابد.

۲- مصرف اقتصادی سوخت سرعت موتور با افزایش مصرف سوخت بیشتر می شود. توربوشارژ سبب رعایت نسبت دقیقتر سوخت- هوا و احتراق بهتر و بهینه شدن مصرف سوخت می گردد.

شکل ۲- کاهش دود یکی از مزایای توربوشارژ

۳- کاهش دود

چون توربوشارژ هوای کافی و (اکسیژن) برای احتراق کامل سوخت تأمین می‌کند، دود سیاه به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. اگر هوا کافی نباشد، سوخت کاملاً نسوخته و در نتیجه موتور دود می‌کند.

۴- جبران افت توان موتور در ارتفاعات

توربوشارژ در تغییر ارتفاع، توانایی جبران افت موتور را دارد. قدرت موتوری که توربوشارژ دارد، تقریباً در هنگام کار در ارتفاعات ثابت می‌ماند؛ چون چگالی هوا با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد، در نتیجه، مقاومت هوا روی توربین کاهش یافته و توربین می‌تواند آزادانه‌تر چرخیده و کمپرسور را سریعتر بچرخاند و کمپرسور فشار بیشتری مهیا می‌سازد. در نهایت، هوای بیشتری برای موتور تأمین شده و نسبت سوخت - هوا حفظ می‌شود.

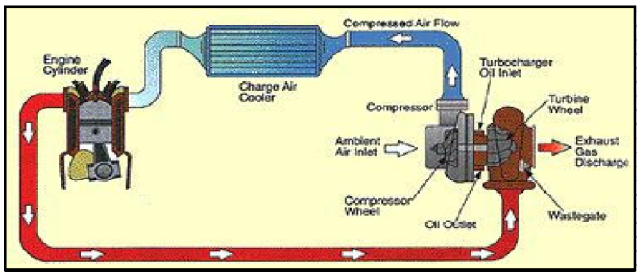
۵- کاهش صدای موتور توربوشارژ به کاهش صدای موتور در زمان احتراق کمک می‌کند. ویژگیهای صوتی موتور دیزل، که به عنوان ضربهٔ موتور یاد می‌شود؛ نتیجهٔ افزایش فشار در محفظهٔ احتراق است. هوای با چگالی بیشتر و با فشار و حرارت بیشتر در موتور سبب احتراق بهتر و افزایش نرمی کارکرد موتور و در نهایت کاهش صدای موتور می‌شود[۱۱]

معایب توربوشارژ

دو ثانیه طول می‌کشد که گازهای خروجی بعد از شتاب اولیه ایجاد گردند. این نقص می‌تواند با ساختن توربوشارژ کوچکتر و سبکتر تا حدی برطرف نمود. یک توربوشارژ کوچک ممکن است بتواند مسئلهٔ دیگری با خراب شدن خود، هنگامی که قدرت مورد نیاز در سرعتهای بالاتر توسط گردش بسیار سریع باید فراهم گردد، ایجاد نماید که این امر به علت مقدار افزایش یافته گازهای خروجی در هنگام شتاب است.[۹]

www.SID.ir

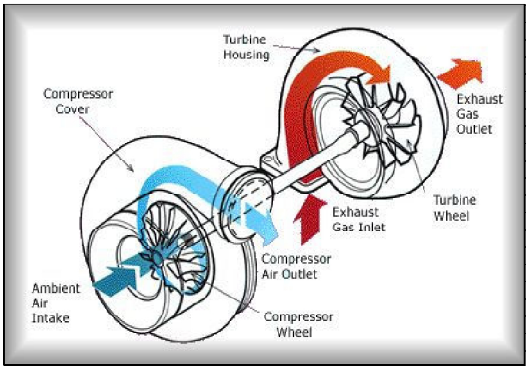
Archive of SID



شکل۳: نمایی از موقعیت توربوشارژ

ناکارایی توربوشارژ به علت قدرت مورد نیاز برای چرخاندن توربین توربوشارژ است. [۸] همانگونه که قبلاً اشاره شد، توربین باید تحت جریان گازهای خروجی حرکت داده شود. این بدین معنا است؛ که به موتور فشار آورده می‌شود تا کمی با شدت بیشتری کار کند تا علاوه بر اینکه گازهای خروجی دفعی باعث حرکت توربین گردند، مقداری غیر سودمند نیز ایجاد گردند.[۱۲]

سرانجام با اضافه نمودن یک توربوشارژ به وسیلهٔ نقلیه، نیاز خواهد بود که مقدار سوخت پمپ شده نیز افزایش یابد. ماشینهای قدیمی‌تر، با کاربراتورها به طور طبیعی، باعث افزایش مقدار جریان سوخت برای متناسب شدن با افزایش جریان هوای ورودی به سیلندر می‌شدند. ماشینهای جدید، با سیستمهای پاشش سوخت مدرن نیز همین کار را انجام خواهند داد. سیستمهای پاشش سوخت، مبتنی بر سنسورهایی هستند که مشخص می‌کنند آیا مقدار هوا و مقدار سوخت در سیلندر متناسب است یا نه؟[۱۳]



شکل ٤: نمایی از ساختار توربوشارژ

اندازه گیری آلاینده های خروجی و مصرف سوخت اتوبوس گازسوز OM۳۵۵با توجه به تاثیر توربوشارژ انتخابی

همانطور که قبلا اشاره شد هدف این تحقیق، بررسی میزان تولید آلاینده ها و مصرف سوخت حاصل از اتوبوس گازسوز (اتوبوس گازسوز OM۳۵۵) با توجه به تاثیر توربوشارژ نصب شده، جهت تعیین بهترین توربوشارژ از میان توربوشارژهای انتخابی است. در این راستا، داده های حاصل از تست آزمایشگاهی از قبیل توان موتور، گشتاور موتور، مصرف سوخت و چهار محصول خروجی تست (HC و O_2،CO،CO_2) باید بررسی شده و بهترین توربوشارژ از میان چهار توربوشارژ تست شده (Garrett Gt۴۰، Garrett Gt۳۷، Holset KKK) انتخاب گردیده و در نهایت با توجه به درصد هوای اضافی در حالت مطلوب با مقادیر تئوری- حاصل از اصول پایه احتراق و ترمودینامیک- محاسبه شده نیز، مقایسه گردند.

روند تحلیلی پژوهش

در این پژوهش سعی شده است که با الهام از نتایج و داده های آزمایشگاهی موجود، ابتدا، توان مناسبی با توجه به تاثیر نوع توربوشارژ بر روی اتوبوس گازسوز ۳۵۵ که به عنوان اتوبوس مبنا جهت آزمایش در نظر گرفته شده است؛ انتخاب گردد. سپس میزان آلاینده ها با میزان استاندارد آلایندگی EURO2 اروپا که میزان آلاینده های استاندارد از آزمایش بر روی اتوبوس گازسوز اسکانیا که موفق به کسب استاندارد آلایندگی EURO2 اروپا شده است، لحاظ شده، مقایسه شود و توربوشارژی که دارای بیشترین تاثیر جهت سازگاری با این استاندارد و حداقل سازی آلاینده ها و مصرف سوخت است؛ به عنوان توربوشارژ منتخب معرفی می شود.

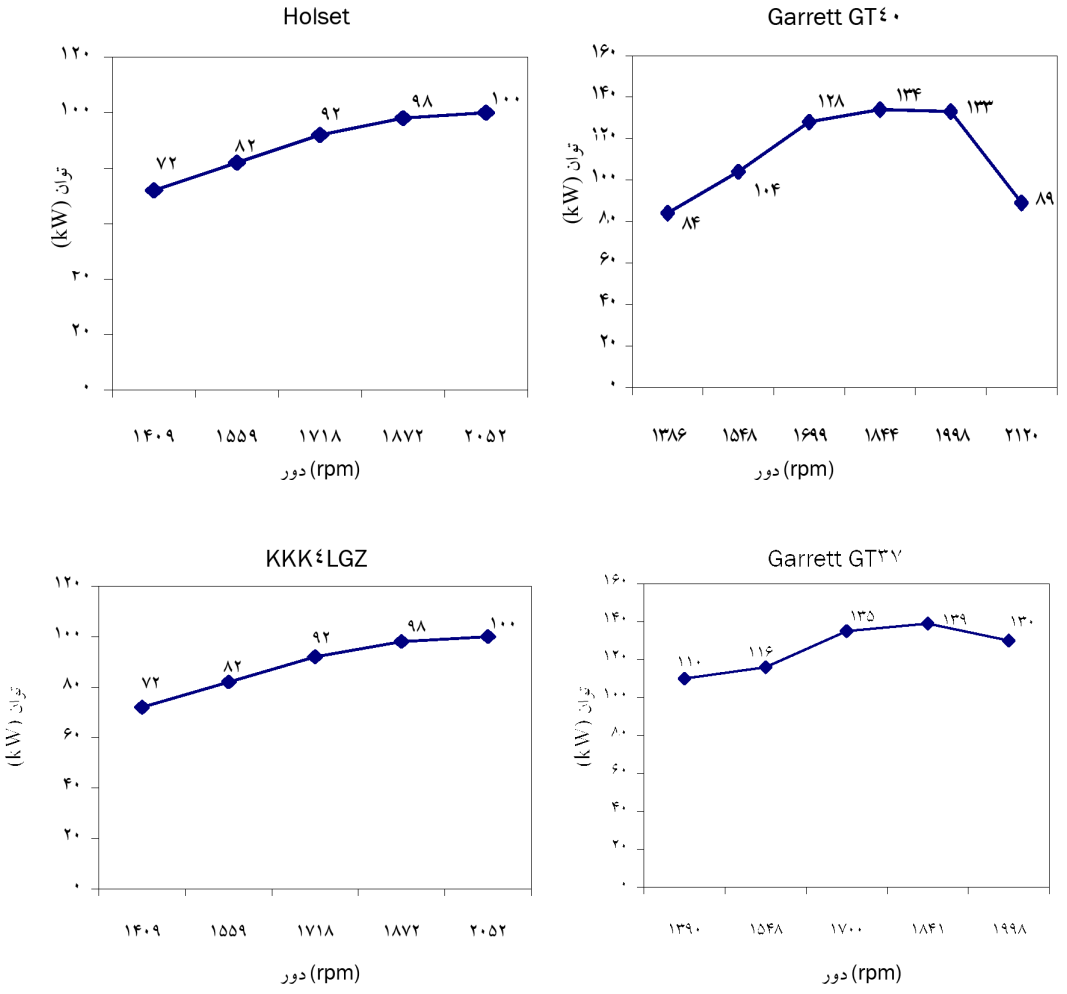
www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۳): مشخصات توربوشارژهای انتخابی

ردیف	نام سازنده توربوشارژ	مدل توربوشارژ	فشار عملکرد کمپرس	وضعیت وست گیت	نوع سیستم خنک کاری		شماره اتوبوس گاز سوز (OM۳۵۵)
					آب خنک	هوا خنک	
۱	Holset	H۲C	۰/۵Bar	دیافراگمی	×		۱۲د۸۱۹، ۱۲د۳۲۶
۲	Garrett	GT٤۰	۱،۱ Bar	دیافراگمی		×	۱۲د۳۲۶، ۱۲د۳٦۵، ۱٤د۵۲۲
۳	Garrett	GT۳۷	۱،۳۷ Bar	ندارد		×	۱۲د۳۲٦
٤	KKK	ایکاروسی ٤LGZ	۰،۲۵ Bar	ندارد		×	۱۲د۳۲٦

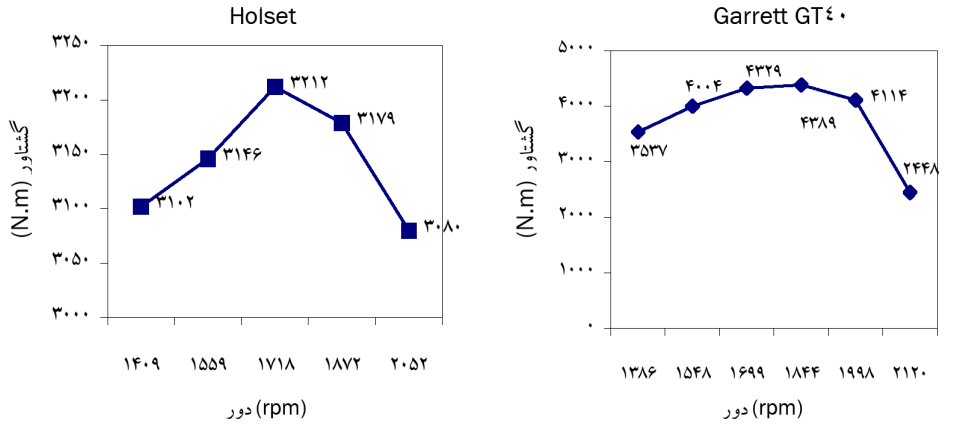
نمودار شماره ۱ - مقایسه نموداری توان خروجی با توجه به تأثیر چهار توربوشارژ انتخابی بر موتور اتوبوس گازسوز ۱۲د۳۲۶



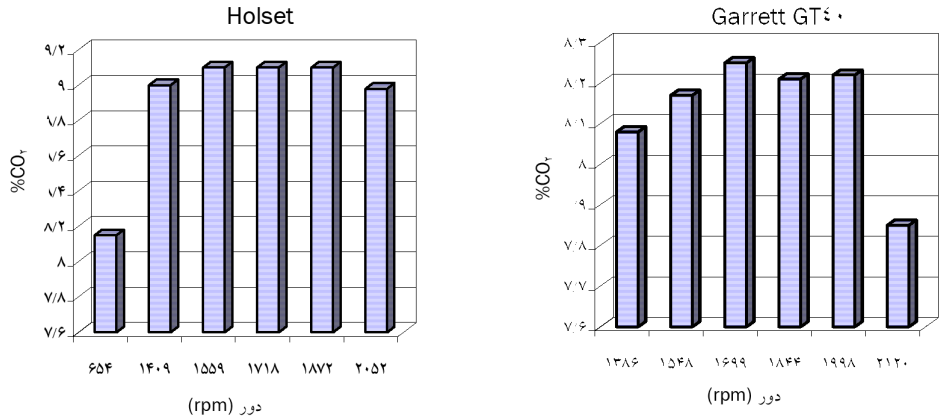
www.SID.ir

Archive of SID

نمودار شماره ۲- مقایسه نموداری گشتاور خروجی با توجه به تاثیر چهار توربوشارژ انتخابی بر موتور اتوبوس گازسوز۳۲۶د۱۲



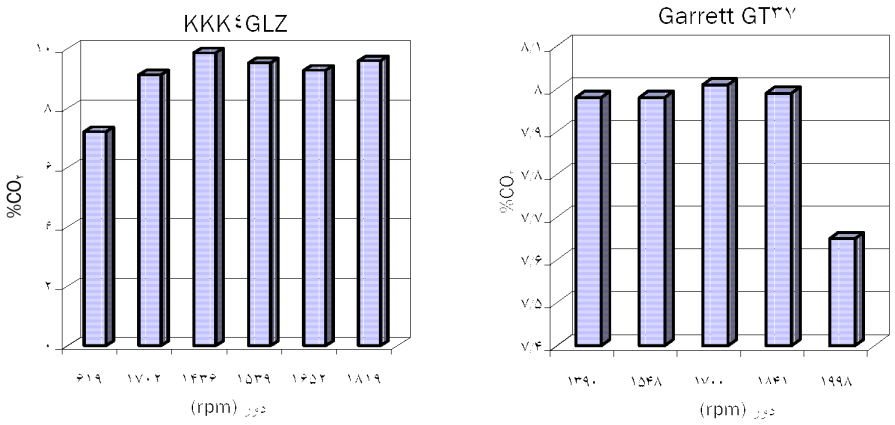
نمودار شماره ۳ – مقایسه نموداری مقادیر CO_2 خروجی با توجه به تاثیر چهار توربوشارژ انتخابی بر موتور اتوبوس گازسوز ۳۲۶د۱۲



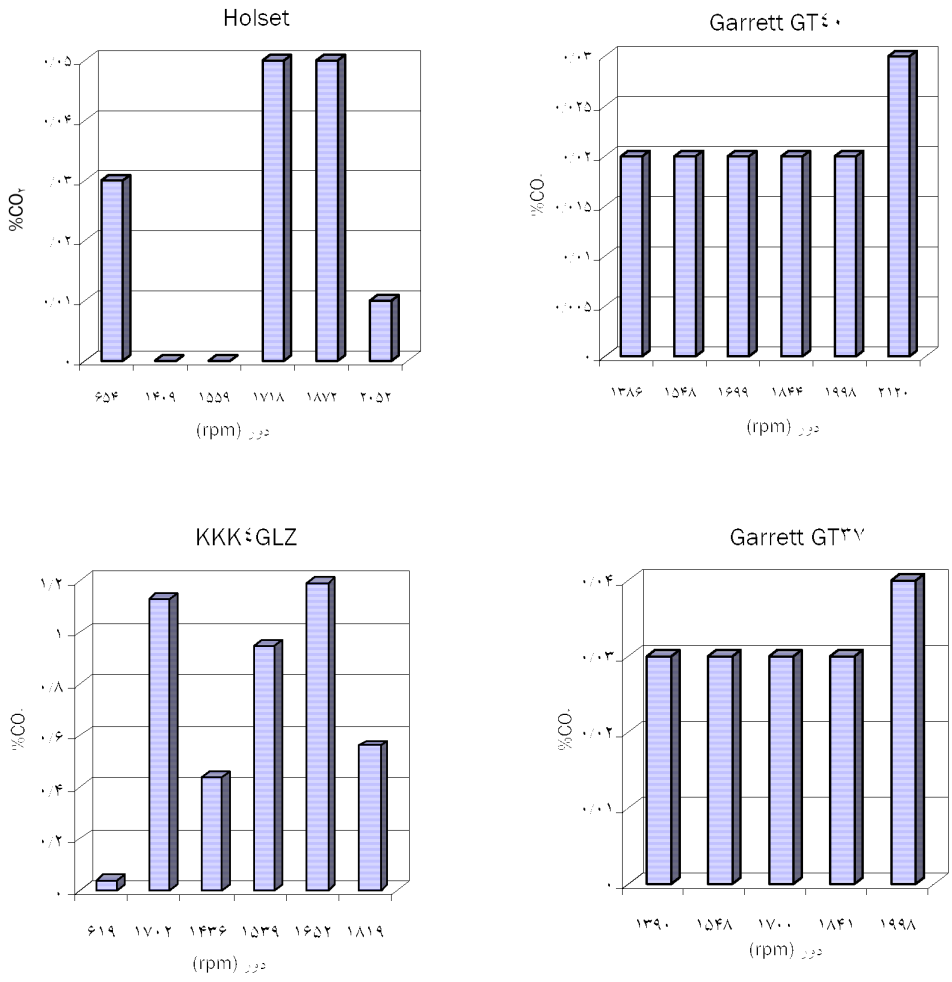
www.SID.ir

Archive of SID

نمودار شماره ۳ (ادامه)- مقایسه نموداری مقادیر CO_2 خروجی با توجه به تاثیر چهار توربوشارژ انتخابی بر موتور اتوبوس گازسوز ۱۲د۳۲۶



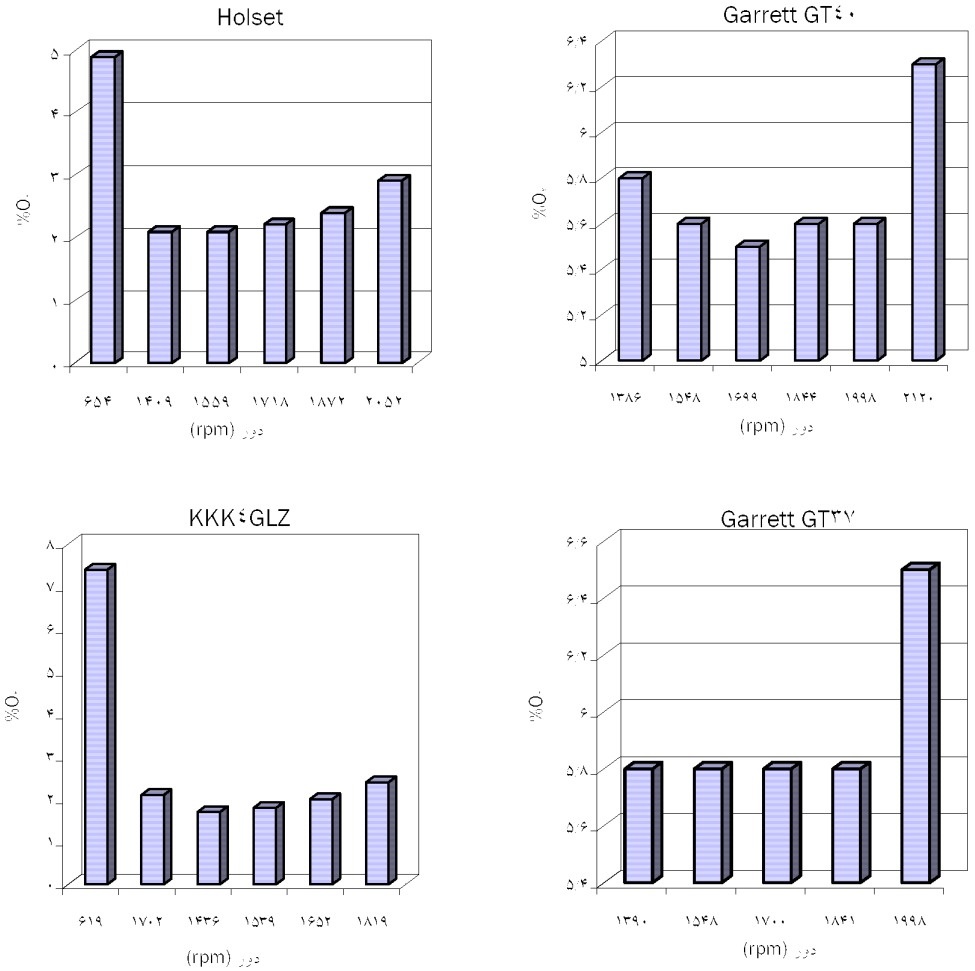
نمودار شماره ۴ - مقایسه نموداری آلاینده CO خروجی با توجه به تاثیر چهار توربوشارژ انتخابی بر موتور اتوبوس گازسوز ۱۲د۳۲۶



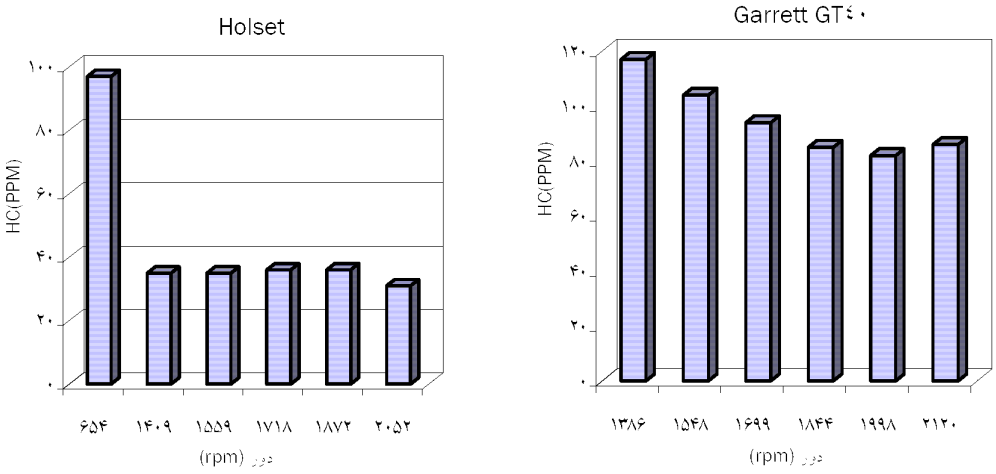
www.SID.ir

Archive of SID

نمودار شماره ۵ - مقایسه نموداری مقادیر O_2 خروجی با توجه به تاثیر چهار توربوشارژ انتخابی بر موتور اتوبوس گازسوز ۱۲د۳۲۶

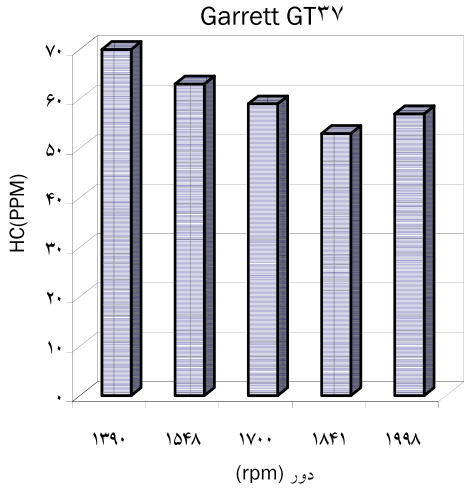


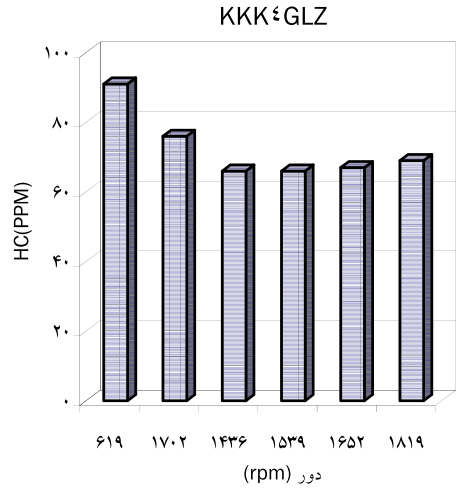
نمودار شماره ۶ - مقایسه نموداری آلاینده HCخروجی با توجه به تاثیر چهار توربوشارژ انتخابی بر موتور اتوبوس گازسوز ۱۲د۳۲۶



www.SID.ir

Archive of SID





بررسی گشتاور و توان مناسب با توجه به تاثیر نوع توربوشارژ

از آنجایی که اتوبوسهای گازسوز ۳۵۵ از جمله اتوبوسهای فعال در ناوگان اتوبوسرانی تهران جهت برداشت مسافر است؛ از این رو این اتوبوسها باید دارای گشتاور و توان مناسب در هنگام افزایش بار و داشتن مسافر باشند. پس یکی از اولین پارامترها، جهت انتخاب توربوشارژ مناسب برای این نوع از اتوبوسها توجه به توان و گشتاور حاصله از موتور است.

به منظور بررسی تغییرات توان، تغییر لامبدا (درصد هوای اضافی) می تواند پارامتر مناسبی جهت انجام تغییرات باشد. در نتیجه با افزایش لامبدا از طریق کاهش میزان نسبت سوخت به هوا که با توجه به گردش پیچ کنترل روی منیفولد گاز ورودی به Mixer (قسمت مخلوط کن گاز و هوا در موتورهای گازسوز) به سمت قسمت Lean (حالت رقیق سوز) انجام می شود؛ می توان کاهش توان حاصله از موتور و پیرو آن تا حدی کاهش میزان آلاینده ها را مورد بررسی قرار داد.

از میان توربوشارژهای انتخابی، توربوشارژ Garrett GT۳۷ و Garrett GT٤٠ قدرت و گشتاور بالایی داشته و توانسته توان بالایی را برای این موتور ایجاد کنند. توربوشارژ Garrett GT۳۷ در آزمایشهای انجام گرفته توان بسیار بالایی را ایجاد نمود؛ تا حدی که با کار کردن توربوشارژ در این وضعیت، قسمت توربین توربوشارژ به صورت گداخته مشاهده شد و کارکرد زیاد آن در آن وضعیت مناسب نبود، بدین ترتیب سعی شد تا قابلیت افزایش توان آنرا به سمت Lean بودن (حالت رقیق سوز) مورد بررسی قرار داده تا از آنجا توان مناسبتر و میزان آلاینده های کمتر موتور آزمایش شود. در حقیقت توربوشارژ مناسب برای این نوع از موتورهای گازسوز مدل ۳۵۵ (با توجه به آلیاژ تشکیل دهنده بلوک موتور و ساختار موتور) توربوشارژی است که قدرت بالایی مطابق با ساختار موتور ایجاد کند و به منظور کاهش میزان آلاینده ها و دوام موتور و توربوشارژ، قابلیت کاهش قدرت (قدرت مناسب) و کارکرد در قدرت بهینه مناسب را مهیا کند.

از بررسی نمودارهای توان و گشتاور چهار توربوشارژ انتخابی ، و همچنین توجه به جداول و تحلیلهای آماری - نیز می توان به نتایجی به شرح ذیل جهت انتخاب صحیحتر دست یافت:

۱) از میان نمودارهای توان-دور چهار توربوشارژ انتخابی، در نمودار مربوط به توان- دور توربوشارژ Garrett GT۳۷، ماکزیمم توان حاصله این توربوشارژ بیشتر از سایر توربوشارژها و تقریباً حدود ۱۳۹ کیلووات بود.

۲) از مقایسه میان نمودارهای گشتاور چهار توربوشارژ انتخابی(نصب شده بر موتور و اتوبوس مبنا)، نیز چنانکه مشخص است ماکزیمم گشتاور حاصله در نمودار گشتاور - دور مربوط به توربوشارژ Garrett GT۳۷ ایجاد گردید.

توجه به این مسئله نیز در انتخاب توربوشارژ مناسب

www.SID.ir

Archive of SID

حائز اهمیت است که ماکزیمم گشتاور حاصله در توربوشارژ Garrett GT۳۷ در دور پایینتری (تقریباً ۱۷۰۰ rpm) ایجاد می شود؛ در حالی که توربوشارژ Garrett GT٤٠ که از لحاظ گشتاور ماکزیمم اولویت دوم را دارا بود؛ گشتاور ماکزیمم را در دور بالاتری (تقریبا ۱۸۵۰ rpm) ایجاد می نماید. بنابراین می توان توربوشارژ Garrett GT۳۷ را توربوشارژی با قدرت بالا که می تواند قدرت بالا را با ماکزیمم گشتاور ممکن در

جدول (۴): مقایسه توان و گشتاور چهار نوع توربوشارژ انتخابی نصب شده بر موتور اتوبوس گازسوز ۳۵۵ (۳۲۶د۱۲)

ردیف	نوع توربوشارژ	توان (KW)					گشتاور (N.m)				
		سرعت (Km/h)					سرعت (Km/h)				
		٦٥	٦٠	٥٥	٥٠	٤٥	٦٥	٦٠	٥٥	٥٠	٤٥
١	HOLSET	١٠٠	٩٨	٩٢	٨٢	٧٢	٣٠٨٠	٣١٧٩	٣٢١٢	٣١٤٦	٣١٠٢
٢	GARRETTGT٤٠	١٣٣	١٣٤	١٢٨	١٠٤	٨٤	٤١١٤	٤٣٨٩	٤٣٢٩	٤٠٠٤	٣٥٣٧
٣	GARRETTGT٣٧	١٣٠	١٣٩	١٣٥	١١٦	١١٠	٣٩٦٦	٤٦٢٠	٤٨٤٦	٤٦٠٩	٤٥١٠
٤	GARRETTGT٣٧	١٢٤	١٣٠	١٢٣	١٠٨	٨٤	٣٧٦٨	٤٢٨٥	٤٤٠٠	٤٢٠٨	٣٧٥٧
٥	GARRETTGT٣٧	١٢٠	١٢٣	١١٦	٩٨	٨٢	٣٦٣٦	٤٠٧٠	٤١٢٥	٣٩٠٥	٣٤٨٧
٦	KKK ٤LGZ	١٠٥	٩٥	٨٠	٧٥	١١٣	٢٩٣٢	٢٩٣٢	٢٨٧١	٢٨٦٦	٤٩٠٦

دوری پایینتر در اتوبوس گازسوز ۳۵۵ ایجاد می کند، معرفی کرد.

بررسی میزان آلاینده های خروجی متناسب با تاثیر نوع توربوشارژ

همانطور که قبلاً اشاره شد از میان چهار نوع توربوشارژ انتخابی، دو نوع توربوشارژ Garrett انتخابی، توانستند توان بالایی را ایجاد کنند؛ اما نکته ای که حائز اهمیت است؛ توجه همزمان به تاثیر توربوشارژ بر میزان آلاینده ها است و توربوشارژی که میزان آلاینده های آن از استاندارد مرجع Euro2 اروپا (نتایج حاصله از تست دینامومتر شاسی بر روی موتور گازسوز اسکانیا نصب شده بر روی اتوبوس ۳۵۵) کمتر باشد یا با آن انطباق داشته باشد؛ را می توان به عنوان توربوشارژ بهینه معرفی نمود.

از میان دو نوع توربوشارژ Garrett GT۳۷ وGarrett GT٤٠ (توربوشارژهایی که توانسته بودند توان بالایی را ایجاد کنند) با توجه به بررسی ها و تحلیل های آماری صورت گرفته و مقایسه انجام گرفته با مبنای استاندارد آلایندگی EURO2 اروپا، نتایج زیر حاصل گردید:

۱- از لحاظ میزان آلایندگی CO، به ترتیب توربوشارژهای Garrett GT٤٠ وGarrett GT۳۷ کمترین میزان آلایندگی و بیشترین تطابق را با استاندارد آلایندگی EURO2 اروپا داشتند.

۲- از لحاظ میزان آلایندگی HC، توربوشارژ Garrett GT۳۷ کمترین میزان آلایندگی و بیشترین تطابق را با استاندارد آلایندگی EURO2 اروپا را داشت.

۳- از لحاظ میزان O_2، توربوشارژ kkk٤LGZ کمترین میزان و بیشترین تطابق را با استاندارد آلایندگی EURO2 اروپا داشت.

۴- از لحاظ میزان CO_2، توربوشارژ Garrett GT۳۷ کمترین میزان و بیشترین تطابق را با استاندارد آلایندگی EURO2 اروپا را داشت.

در مجموع، با توجه به تستها وتحلیلهای صورت گرفته توربوشارژ Garrett GT۳۷ کمترین میزان آلایندگی و بیشترین تطابق را با استاندارد آلایندگی EURO2 اروپا را داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۵):گزارش تست دینامومتر شاسی بر روی موتور اسکانیا دارای استاندارد آلایندگی Euro 2 اروپا

سرعت (Km/h)	۷۰	٦٥	٦٠	٥٥	٥٠	٤٥
توان (KW)	١٤٥	١٤٥	١٣٦	١٣٠	١٢٢	١١٥
نیرو (N)	٨١٠٠	٨١٥٠	٨٢٣٠	٨٥٠٠	٨٧٠٠	٩٢٨٠
گشتاور چرخ (N.m)	٤٤٥٥	٤٤٨٣	٤٥٢٧	٤٦٧٥	٤٧٨٥	٥١٠٤
(PPM) HC	٢٥	٢٧	٣٠	٤٠	٣٧	٣٦
% CO	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٠٫٠١	٠٫٠٢
% O_2	٦٫٩٥	٦٫٨٢	٦٫٨١	٧٫١	٧٫١٣	٧٫١٣
% CO_2	٩٫٨٢	١٠٫١٢	١٠٫١١	٩٫١	٩٫١١	٩٫١٣

جدول (۶): مقایسه آلاینده های CO و HC چهار نوع توربوشارژ انتخابی نصب شده بر موتور اتوبوس گازسوز ۳۵۵ (۳۲۶د۱۲)

نوع توربوشارژ	% CO					(PPM) HC				
	سرعت (Km/h)					سرعت (Km/h)				
	٦٥	٦٠	٥٥	٥٠	٤٥	٦٥	٦٠	٥٥	٥٠	٤٥
HOLSET	٠٫٠١	٠٫٠٥	٠٫٠٥	٠	٠	٣١	٣٦	٣٦	٣٥	٣٥
GARRETTGT٤٠	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٨٢	٨٥	٩٤	١٠٤	١١٧
GARRETTGT٣٧	٠٫٠٤	٠٫٠٣	٠٫٠٣	٠٫٠٣	٠٫٠٣	٥٧	٥٣	٥٩	٦٣	٧٠
GARRETTGT٣٧	٠٫٠٤	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٠٫٠٢	١١٥	٩٢	٩٤	٩٤	١٠٠
GARRETTGT٣٧	٠٫٠٣	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٠٫٠٣	٢٤	٢٤	٢٥	٢٩	٣٨
KKK ٤LGZ	٠٫٥٦	١٫١٩	٠٫٩٥	٠٫٤٤	١٫١٣	٦٩	٦٧	٦٦	٦٦	٧٦
موتور گازسوز اسکانیامجهز به توربوشارژ Garrett GT٤٠(مبنای مقایسه)	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٠٫٠٢	٠٫٠١	٠٫٠٢	٢٧	٣٠	٤٠	٣٧	٣٦

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۷): مقایسه مقادیر O_2 و CO_2 چهار نوع توربوشارژ انتخابی نصب شده بر موتور اتوبوس گازسوز ۳۵۵(۳۲۶د۱۲)

نوع توربوشارژ	% O_2					% CO_2				
	سرعت (Km/h)					سرعت (Km/h)				
	٦٥	٦٠	٥٥	٥٠	٤٥	٦٥	٦٠	٥٥	٥٠	٤٥
HOLSET	٥،٦	٥،٦	٥،٥	٥،٦	٥،٨	٨،٢٢	٨،٢١	٨،٢٥	٨،١٧	٨،٠٨
GARRETTGT٤٠	٢٥،٦	٢٥،٦	٢٥،٦	٢٥،٦	٢٥،٦	٨،٢٤	٨،٦٩	٨،٥٦	٨،٥٣	٨،٥
GARRETTGT٣٧	٦،٥	٥،٨	٥،٨	٥،٨	٥،٨	٧،٦٥	٧،٩٩	٨،٠١	٧،٩٨	٧،٩٨
GARRETTGT٣٧	٧	٦،٥	٦،٣	٦،٢	٦،٣	٧،٢٩	٧،٦٢	٧،٧	٧،٧٣	٧،٦٩
GARRETTGT٣٧	٦،٩	٦،٧	٦،٨	٦،٨	٧،١	٧،٦٣	٧،٧٤	٧،٦٢	٧،٦	٧،٤٢
KKK ٤LGZ	٢،٤	٢	١،٨	١،٧	٢،١	٩،٦	٩،٢٨	٩،٥٣	٩،٨٧	٩،١٣
موتور گازسوز اسکانیا مجهز به توربوشارژ GarrettGT٤٠(مبنای مقایسه)	٦،٨٢	٦،٨١	٧،١	٧،١٣	٧،١٣	١٠،١٢	١٠،١١	٩،١	٩،١١	٩،١٣

جدول (۸): مقایسه مصرف سوخت چهار نوع توربوشارژ انتخابی نصب شده بر موتور اتوبوس گازسوز ۳۵۵ (۳۲۶د۱۲)

نوع توربوشارژ	مصرف سوخت در هر ۱۰۰ کیلومتر	نوع توربوشارژ	مصرف سوخت در هر ۱۰۰ کیلومتر
HOLSET	٤١ m^3	GARRETT GT٣٧	٤١ m^3
GARRETTGT٤٠	٤٣ m^3	GARRETTGT٣٧	٣٩ m^3
KKK ٤LGZ	٤٤ m^3	GARRETT GT٣٧	٣٧ m^3

در میان چهار توربوشارژ انتخابی، طی آزمایشات انجام شده توربوشارژ GARRETT مدل GT۳۷ مصرف سوخت کمتری داشت. همچنین این توربوشارژ با توجه به تغییرات انجام شده در زمینه کاهش نسبت سوخت به هوا و افزایش مقدار لامبدا (یعنی با رقیق سوخت شدن)، مصرف سوخت آن نیز طی یک روند نسبتاً ثابتی کمتر گردید.

تفسیر نتایج

توربوشارژ منتخب: توربوشارژ GARRETT **مدل GT۳۷**

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹- میزان درصد افزایش توان و گشتاور موتور در حالت مجهز به توربوشارژ Garrett مدل GT ۳۷ (حالت بهینه) و حالت بدون توربوشارژ

عنوان	سرعت (Km/h)	۶۵	۶۰	۵۵	۵۰	۴۵	متوسط درصد افزایش
مجهز به توربوشارژ (حالت اول)	توان (KW)	۱۳۰	۱۳۹	۱۳۵	۱۱۶	۱۱۰	
بدون توربوشارژ	توان (KW)	۷۶	۷۵	۷۲	۷۰	۶۶	۴۲.۷۴
درصد افزایش	توان (KW)	۴۱.۵٪	۴۶٪	۴۶.۶٪	۳۹.۶٪	۴۰٪	
مجهز به توربوشارژ (حالت دوم)	توان (KW)	۱۲۴	۱۳۰	۱۲۳	۱۰۸	۸۴	
بدون توربوشارژ	توان (KW)	۷۶	۷۵	۷۲	۷۰	۶۶	
درصد افزایش	توان (KW)	۳۸.۷٪	۴۲.۳٪	۴۱.۴٪	۳۵.۲٪	۲۱.۴٪	۳۵.۸
مجهز به توربوشارژ (حالت سوم)	توان (KW)	۱۲۰	۱۲۳	۱۱۶	۹۸	۸۲	
بدون توربوشارژ	توان (KW)	۷۶	۷۵	۷۲	۷۰	۶۶	
درصد افزایش	توان (KW)	۳۶.۶٪	۳۹٪	۳۷.۹٪	۲۸.۵٪	۱۹.۵٪	۳۲.۳
مجهز به توربوشارژ (حالت اول)	شتاور چرخ (N.m)	۳۹۶۶	۴۶۲۰	۴۸۴۶	۴۶۰۹	۴۵۱۰	
بدون توربوشارژ	شتاور چرخ (N.m)	۲۳۱۰	۲۵۶۹	۲۵۷۴	۲۷۷۲	۲۸۹۳	
درصد افزایش	شتاور چرخ (N.m)	۴۱.۷٪	۴۴.۳٪	۴۶.۸٪	۳۹.۸٪	۳۵.۸٪	۴۱.۶۸
مجهز به توربوشارژ (حالت دوم)	شتاور چرخ (N.m)	۳۷۶۸	۴۲۸۵	۴۴۰۰	۴۲۰۸	۳۷۵۷	
بدون توربوشارژ	شتاور چرخ (N.m)	۲۳۱۰	۲۵۶۹	۲۵۷۴	۲۷۷۲	۲۸۹۳	
درصد افزایش	شتاور چرخ (N.m)	۳۸.۶٪	۴۰٪	۴۱.۵٪	۳۴.۱٪	۲۲.۹٪	۳۵.۴۲
مجهز به توربوشارژ (حالت سوم)	شتاور چرخ (N.m)	۳۶۳۶	۴۰۷۰	۴۱۲۵	۳۹۰۵	۳۴۸۷	
بدون توربوشارژ	شتاور چرخ (N.m)	۲۳۱۰	۲۵۶۹	۲۵۷۴	۲۷۷۲	۲۸۹۳	
درصد افزایش	شتاور چرخ (N.m)	۳۶.۴٪	۳۶.۸٪	۳۷.۶٪	۲۹٪	۱۷٪	۳۱.۳۶

جدول ۱۰- میزان درصد افزایش یا کاهش میزان آلاینده‌های HC و CO در حالت مجهز به توربوشارژGarrett مدل GT ۳۷ (حالت بهینه) و حالت بدون توربوشارژ

عنوان	سرعت (Km/h)	۶۵	۶۰	۵۵	۵۰	۴۵	متوسط درصد افزایش
مجهز به توربوشارژ (حالت اول)	(PPM) HC	۵۷	۵۳	۵۹	۶۳	۷۰	
بدون توربوشارژ	(PPM) HC	۵۲	۵۲	۵۶	۵۸	۶۶	۵.۶۸
درصد افزایش	(PPM) HC	۸.۳٪	۱۸٪	۵٪	۷.۹٪	۵٪	
مجهز به توربوشارژ (حالت دوم)	(PPM) HC	۱۱۵	۹۲	۹۴	۹۴	۱۰۰	
بدون توربوشارژ	(PPM) HC	۵۲	۵۲	۵۶	۵۸	۶۶	
درصد افزایش	(PPM) HC	۵۴.۷٪	۴۳.۴٪	۴۰.۴٪	۳۸.۲٪	۳۴٪	۴۲.۱۴
مجهز به توربوشارژ (حالت سوم)	(PPM) HC	۲۴	۲۴	۲۵	۲۹	۳۸	متوسط درصد کاهش
بدون توربوشارژ	(PPM) HC	۵۲	۵۲	۵۶	۵۸	۶۶	
درصد کاهش	(PPM) HC	۵۳.۸٪	۵۳.۸٪	۵۵.۳٪	۵۰٪	۴۲٪	۵۰.۹۸
مجهز به توربوشارژ (حالت اول)	%CO	۰.۰۴	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	متوسط درصد کاهش
بدون توربوشارژ	%CO	۲.۷۳	۲.۹۳	۲.۹۶	۲.۳۲	۱.۵۲	
درصد کاهش	%CO	۹۸.۵٪	۹۸.۹٪	۹۷.۶٪	۹۸.۷٪	۹۸٪	۹۸.۳۴
مجهز به توربوشارژ (حالت دوم)	%CO	۰.۰۴	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	
بدون توربوشارژ	%CO	۲.۷۳	۲.۹۳	۲.۹۶	۲.۳۲	۱.۵۲	
درصد کاهش	%CO	۹۸.۵٪	۹۹.۳٪	۹۹.۳٪	۹۹.۱٪	۹۸.۶٪	۹۸.۹۶
مجهز به توربوشارژ (حالت سوم)	%CO	۰.۰۳	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۳	
بدون توربوشارژ	%CO	۲.۷۳	۲.۹۳	۲.۹۶	۲.۳۲	۱.۵۲	
درصد کاهش	%CO	۹۸.۹٪	۹۹.۳٪	۹۹.۳٪	۹۹.۱٪	۹۸٪	۹۸.۹۲

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۱- میزان درصد افزایش یا کاهش O_2 و CO_2 در حالت مجهز به توربوشارژ Garrett مدل GT ۳۷ (حالت بهینه) و حالت بدون توربوشارژ

عنوان	سرعت (Km/h)	۶۵	۶۰	۵۵	۵۰	۴۵	متوسط درصد افزایش
مجهز به توربوشارژ (حالت اول)	$\%O_2$	۶٫۵	۵٫۸	۵٫۸	۵٫۸	۵٫۸	
بدون توربوشارژ	$\%O_2$	۲٫۶	۲٫۵	۲٫۲	۲	۱٫۹	۶۲٫۳٪
درصد افزایش	$\%O_2$	۶۰٪	۵۶٫۸٪	۶۲٪	۶۵٫۵٪	۶۷٫۲٪	
مجهز به توربوشارژ (حالت دوم)	$\%O_2$	۷	۶٫۵	۶٫۳	۶٫۲	۶٫۳	
بدون توربوشارژ	$\%O_2$	۲٫۶	۲٫۵	۲٫۲	۲	۱٫۹	
درصد افزایش	$\%O_2$	۶۲٫۸٪	۶۱٫۵٪	۶۵٪	۶۷٫۷٪	۶۹٫۸٪	۶۵٫۳۶٪
مجهز به توربوشارژ (حالت سوم)	$\%O_2$	۶٫۹	۶٫۷	۶٫۸	۶٫۸	۷٫۱	
بدون توربوشارژ	$\%O_2$	۲٫۶	۲٫۵	۲٫۲	۲	۱٫۹	
درصد افزایش	$\%O_2$	۶۲٫۳٪	۶۲٫۶٪	۶۷٫۶٪	۷۰٫۵٪	۷۳٫۲٪	۶۷٫۲۴٪
مجهز به توربوشارژ (حالت اول)	$\%C\ O_2$	۷٫۶۵	۷٫۹۹	۸٫۰۱	۷٫۹۸	۷٫۹۸	متوسط درصد کاهش
بدون توربوشارژ	$\%C\ O_2$	۷٫۸۵	۷٫۶۸	۷٫۹۱	۸٫۳۴	۸٫۶۵	
درصد افزایش یا کاهش	$\%C\ O_2$	-۲٫۵٪	۳٫۸٪	۲٫۶٪	-۴٫۵٪	-۷٫۷٪	۱٫۹۴٪
مجهز به توربوشارژ (حالت دوم)	$\%C\ O_2$	۷٫۲۹	۷٫۶۲	۷٫۶۲	۷٫۷۳	۷٫۶۹	
بدون توربوشارژ	$\%C\ O_2$	۷٫۸۵	۷٫۶۸	۷٫۹۱	۸٫۳۴	۸٫۶۵	
درصد کاهش	$\%C\ O_2$	۷٫۱۳٪	۰٫۷٪	۲٫۶٪	۷٪	۱۱٪	۵٫۶۸۶٪
مجهز به توربوشارژ (حالت سوم)	$\%C\ O_2$	۷٫۶۳	۷٫۷۴	۷٫۶۲	۷٫۶	۷٫۴۲	
بدون توربوشارژ	$\%C\ O_2$	۷٫۸۵	۷٫۶۸	۷٫۹۱	۸٫۳۴	۸٫۶۵	
درصد کاهش	$\%C\ O_2$	۲٫۸٪	-۰٫۷۷٪	۳٫۶٪	۸٪	۱۴٫۲٪	۵٫۵۶۶٪

ارزیابی میزان و نوع تأثیر توربوشارژ منتخب در اتوبوس گازسوز ۳۵۵

➢افزایش گشتاور و توان

متوسط درصد افزایش با توجه به تأثیرتوربوشارژ منتخب: (۴۵-۳۰)

➢مصرف اقتصادی سوخت

متوسط درصد کاهش با توجه به تأثیرتوربوشارژ منتخب: (۲۰-۱۲)

➢کاهش میزان آلاینده‌ها

(متوسط درصد کاهش آلایندهٔ CO با توجه به تأثیرتوربوشارژ منتخب: ۱۰۰-۹۵)

(متوسط درصد کاهش آلایندهٔ HC با توجه به تأثیرتوربوشارژ منتخب: ۵-۱)

➢کاهش میزان محصولات خروجی از اگزوز

(متوسط درصد افزایش O_2 با توجه به تأثیرتوربوشارژ منتخب: ۷۰-۶۰)

(متوسط درصد افزایش CO_2 با توجه به تأثیرتوربوشارژ منتخب: ۶-۲)

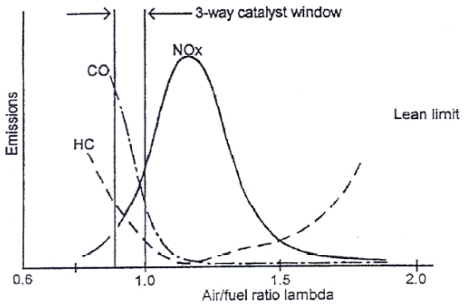
در آزمایشات انجام گرفته و با توجه به روند طی شده در این تحقیق، می توان توربوشارژ Garrett مدل Gt۳۷ را از نظر میزان آلایندگی و مصرف سوخت از میان چهار توربوشارژ انتخابی، بهترین توربوشارژ دانست که بیشترین تاثیر را در جهت کاهش میزان آلاینده ها و کم نمودن مصرف سوخت بر موتور اتوبوس گازسوز ۳۵۵ داشته است.

برخی از مهمترین نکات منتج شده در این تحقیق به شرح ذیل می باشد:

۱- در این تحقیق با توجه به امکانات آزمایشگاهی، اندازه گیری مقدار NO_x خروجی از اگزوز اتوبوسهای گازسوز ۳۵۵ مجهز به توربوشارژ، میسر نشود؛ اما از آنجایی که درصد هوای اضافی ارتباط مستقیم با NO_x دارد؛ می توان تحلیلی از میزان NO_x خروجی داشت. هر چه درصد هوای اضافی (مقدار لامبدا) بیشتر گردد، به تبع آن نیز به تدریج مقدار اکسیژن بیشتر شود، سیستم در ابتدا Rich بوده و سیستم گرمی خواهیم داشت

www.SID.ir

Archive of SID



CO: Carbon monoxide NOx: Oxides of nitrogen HC: Hydrocarbon

شکل۳- ۸: نمودار ارتباط میزان آلاینده ها با درصد هوای اضافی

و در نتیجه NO_x نیز افزایش می یابد؛ تا جایی که به نقطه ای خواهیم رسید که با افزایش لامبدا (افزایش درصد هوای اضافی و به تبع آن افزایش درصد مقدار اکسیژن)، سیستم رقیق سوز گردیده و سیستم خنکتری خواهیم داشت و NO_x نیز روند نزولی خواهد یافت. در یک نقطه مقدار آلاینده ها به پایین ترین حد می رسد که از آنجا به بعد مقدار NO_x مجدداً شروع به بالا رفتن می کند.

۲- برای موتورهای Lean-Burn الزامیست که جهت کنترل قدرت و آلودگی، مقدار لامبدا به طور دقیق تعریف شود. چنانچه مخلوط سوخت خروجی از اگزوز خیلی غلیظ شود؛ باعث ایجاد لرزش شدید و بدنبال آن افزایش آلودگی NO_x می گردد؛ همچنین اگر مخلوط خیلی رقیق شود موجب کاهش در کشش حرکت اولیه و افزایش آلودگی HC می گردد.

۳- در لحظه افزایش بار (Load) قبل از پایداری دمایی در محفظه احتراق یک تاخیر زمانی بوجود می آید که در این حالت تغییر بار (Load) باعث افزایش آلودگی NO_x، بدلیل افزایش بیش از حد درجه حرارت محفظه احتراق یا گازهای خروجی اگزوز خواهد شد؛ به این معنی که مقدار آلودگی NO_x در شروع افزایش بار (Load) کمتر از پایداری درجه حرارت می باشد.

۴- اکسیدهای نیتروژن که فقط در اگزوز موتور یافت می شوند ترکیبی از اکسید نیتریک (NO) و دی اکسید نیتروژن (NO_2) هستند. نیتروژن و اکسیژن به نسبت در دمای بالا واکنش نشان می دهند. بنابراین، دمای بالا و در دسترس بودن اکسیژن دو علت اصلی برای تشکیل NO_x هستند. هنگامی که مقدار مناسبی اکسیژن در دسترس باشد، هر چه اوج دمای اشتعال بیشتر باشد، NO بیشتری تشکیل می شود.

۵- غلظت NO_x در اگزوز تحت تاثیر طراحی موتور و طرز کار خودرو قرار می گیرد. نسبت هوا- سوخت و آوانس جرقه دو عامل مهمی هستند که به طور عمده بر NO_x تاثیر می گذارند.

۶- افزایش آوانس جرقه به کاهش اوج دمای اشتعال و افزایش دمای اگزوز منجر می شود. که باعث افزایش غلظت NO_x در اگزوز ختم شود.

۷- اگر شروع احتراق زودتر اتفاق افتد، درجه حرارت در محفظه احتراق بالا می رود که همراه با افزایش در مقدار NO_x خواهد بود و اگر شروع احتراق خیلی دیر انجام پذیرد، احتراق ناقص صورت می پذیرد و موجب خروج هیدروکربنهای نیم سوخته می شود.

۸- اگر هوای اضافی به مقدار زیاد باشد، احتراق سوخت در محفظه احتراق به طور کاملتر انجام می یابد و در ترکیبات گاز اگزوز، منوکسیدکربن و دوده در غلظت بسیار پایین خواهند بود. این هوای افزوده در محفظه احتراق با افزایش مقدار سوخت کاهش می یابد.

۹- عواملی که روی کمیت دوده و ذرات بسیار ریز در اگزوز اثر مثبت داند، بیشتر اوقات روی مصرف سوخت، NO_x و صدای اگزوز تاثیر منفی بجای می گذارند.

۱۰- منواکسیدکربن در اگزوز موتور وجود دارد. منواکسیدکربن تولید اشتعال ناقص به خاطر ناکافی بودن میزان هوا در مخلوط هوا- سوخت یا ناکافی بودن زمان در چرخه موتور برای اشتعال کامل است. پایین بودن دمای احتراق نیز ممکن است باعث تشکیل منواکسیدکربن شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۱- انتشار یا ایجاد منواکسیدکربن هنگامی که موتور به صورت آزاد کار می کند و هنگام کاهش شتاب خیلی بالا است. این آلاینده ها هنگام شتاب گرفتن و در سرعتهای پایدار به کمترین میزان خود می رسند.

پیشنهادها

۱. انجام پروژه های تحقیقاتی بر روی تاثیر توربوشارژهای دیگر در اتوبوس گازسوز.

۲. خودروهایی که موتور آنها فقط با گاز CNG کار می کند مواد آلاینده کمتری نسبت به خودروهای تبدیل شده ایجاد می کنند، اما از هزینه تولید بالاتری برخوردار می باشند؛ توجه به این مسئله لزوم تحقیق در زمینه تفاوت تاثیر توربوشارژر در میزان
تولید و انتشار آلاینده ها را بر اتوبوس های دوگانه سوز تبدیلی و گازسوز کارخانه ای را ایجاب می نماید.

۳. براساس یک برآورد صورت گرفته ۵۰ تا ۷۰ درصد از خودروها در کشورهای درحال توسعه، تبدیل شده به حالت گازسوز هستند که این عامل نیز می تواند زمینه ساز تحقیقات بر روی تاثیر توربوشارژ بر میزان تولید و انتشار آلاینده های کامیونها و وسایل نقلیه سواری تبدیل شده به حالت گازسوز باشد.

۴. انجام تحقیقات بر روی تاثیر توربوشارژ بر میزان تولید و انتشار آلاینده‌ها و مصرف سوخت خودروهای دیزلی و بنزینی.

منابع

۱- بابایی، علیرضا؛ بهلولی ثمرین، افشین؛ فخاری نیا، روزبه؛ جزایری،سید علی- ۱۳۸۲- کاربرد گاز طبیعی فشرده در خودروها- نشر ذره.

۲- مرکز آموزش و تحقیقات واحد مهندسی شرکت گاز ایران – ۱۳۸۴- راهنمای کاربرد علمی و عملی گاز مایع و وسایل نقلیه گازسوز.

۳- سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور-۱۳۸۳.

۴- شوکه، اچ؛ رینزبرگ، او؛ فایل،یو- حداد درفشی، محمد علی (ترجمه) – ۱۳۸۱- مدیریت موتور دیزل- انتشارات دانشگاه ارومیه - چاپ اول.

۵- قبادیان، برات – ۱۳۸۰- موتورهای احتراق داخلی- انتشارات دانشگاه شهرکرد- چاپ اول.

۶- آرتورکان، وی- ملک پور، حسین (ترجمه)- ۱۳۶۰- موتورها- انتشارات میر (گوتنبرگ) تهران.

۷- صدرنژاد، سید خطیب الاسلام؛ کرمانپور، احمد – ۱۳۸۰- سوخت و انرژی- انتشارات دانشگاه صنعتی شریف- چاپ اول.

۸- دمپسی، پل- افضلی، محمد رضا (ترجمه)- ۱۳۷۹- عیب‌یابی و تعمیر موتورهای دیزل- انتشارات فنی ایران- چاپ اول .

9- M.T.Overington, C.D de Boer VehicleFuel Economy High Compression Ratio and Supercharging Campared -Ricardo Consulting Engineer plc.

10- G.M. Groenewold, D.r. Welliver, R.Kamoperformance an Sociability of Comprex Supercharged Diesel Engine,-ASME Paper NO. 77-DGP-4.

۱۱- ادمی- امینی، مجید؛ افقی،مهدی (ترجمه) –۱۳۷۸- موتورهای دیزل - انتشارات کارنو - چاپ اول.

12- ED.A.W.Judge-1967-High Speed Diesel Engines- 6TH Chapman&Hall

13- D.L.Antcliffe,W.K.Bruffell H3 Series-A Turbocharger for Heavy Duty Applications -Holset Engineering Co.

www.SID.ir