فصلنامهٔ علمی تحقیقات موتور

تارنمای فصلنامه: www.engineresearch.ir

بررسی تجربی استفاده از ترکیبات اکسیژن‌دار اتانول و دی‌ایزوپروپیل‌اتر در سوخت بنزین و تأثیر آنها بر عملکرد و آلایندگی موتور XU7 JP/L3

علی میرمحمدی[1*]، ایمان شاکرمی[2]

[1] عضو هیات علمی، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت دبیرشهید رجایی، تهران، ایران، a.mirmohammadi@sru.ac.ir

[2] دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، گرایش تبدیل انرژی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران، imanshakarami91@gmail.com

* نویسندهٔ مسئول

چکیده

در این تحقیق اتانول و دی‌ایزوپروپیل‌اتر در سه نسبت حجمی مختلف با بنزین پایه ترکیب شد. موتور XU7JP/L3 برای آزمون بررسی اثر افزودنی‌های سوختی بر متغیرهای عملکردی و آلایندگی موتور انتخاب گردید. متغیرهای عملکردی موتور در زمان آزمون توسط دستگاه رایانه‌ای به‌صورت هم‌زمان ثبت شد و آلاینده‌های خروجی موتور به‌صورت دستی توسط دستگاه آلاینده‌سنج ثبت گردید. نتایج نشان داد که با افزایش افزودنی‌های اکسیژن‌دار به بنزین، اکسیژن موجود در مخلوط سوخت و هوا افزایش یافته، مخلوط به شرایط استوکیومتری نزدیک‌تر شده و احتراق کامل‌تر صورت گرفته است. در نتیجه گشتاور و قدرت ترمزی موتور افزایش و مصرف سوخت ویژه ترمزی آن کاهش یافت. همچنین افزودنی‌های اکسیژن‌دار، کاهش آلاینده‌های مونوکسیدکربن و هیدروکربن نسوخته و افزایش آلاینده‌های دی‌اکسیدکربن و اکسیدهای نیتروژن را به همراه داشتند. نتایج افزایش افزودنی دی‌ایزوپروپیل‌اتر نسبت به افزودنی اتانول در ترکیب با بنزین پایه نیز نشان داد که مقدار آلاینده‌های مونوکسیدکربن، هیدروکربن نسوخته و اکسید نیتروژن را در سطح بالاتر و مقدار تولید دی‌اکسیدکربن را در سطح پایین‌تری قرار می‌دهد.

اطلاعات مقاله

تاریخچهٔ مقاله:

دریافت: ۱۵ دی ۱۳۹۹

پذیرش: ۲۷ دی ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

آزمون تجربی

افزودنی‌ها

اتانول

دی‌ایزوپروپیل‌اتر

آلاینده‌های خروجی

تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

۱- مقدمه

برای‌کاهش سوخت‌های سنگواره‌ای، آلاینده‌های زیست محیطی و وابستگی به مشتقات نفتی، سوخت‌های جایگزین نظیر هیدروژن، گاز طبیعی و سوخت‌های زیستی، مورد توجه قرار گرفته‌اند [۱]. استفاده از این سوخت‌ها علاوه بر تامین سوخت و پخش آن در جایگاه‌های سوخت نیاز به باز طراحی و تغییر برخی قطعات نظیر سامانهٔ سوخت‌رسانی و محفظهٔ احتراق دارد. لذا استفاده از افزودنی‌ها در بهبود کیفیت سوخت و عملکرد موتور یک راه میانی است.

تترا اتیل سرب در گذشته به‌صورت افزودنی به بنزین اضافه می‌شد تا عدد اکتان بنزین را افزایش داده و احتراق و عملکرد را بهبود داده و آلاینده‌های خروجی موتور را کاهش دهد. اما به دلیل اینکه سرب ماده‌ای سمی است و باعث اختلالات کبدی می‌شود و روی ساختار مغزی انسان تأثیرات سوء می‌گذارد آن را کنار گذاشتند و بجای آن متیل‌ترشیاری‌بوتیل‌اتر مورد استفاده قرار گرفت [۲].

متیل‌ترشیاری‌بوتیل‌اتر با ترکیب در بنزین موجب کاهش آلاینده‌های مونوکسیدکربن و هیدروکربن نسوخته می‌شود. استفاده از متیل‌ترشیاری‌بوتیل‌اتر در ترکیب با بنزین موجب افزایش عدد اکتان بصورت خطی می‌شود، اما به دلیل محلول شدن در آب آشامیدنی موجب مسمومیت گوارشی می‌شود که موجب کنار گذاشتن آن شد [۳و۴].

متیل‌ترشیاری‌بوتیل‌اتر به عنوان ماده موثر برای جایگزینی سرب و همچنین افزایش عدد اکتان مورد توجه قرار گرفت. اولین جایگزینی آن بجای سرب در سال ۱۹۷۹ صورت گرفت. مقدار درصد حجمی مورد استفاده این افزودنی در ابتدا با ۷ درصد صورت پذیرفت. اما، در سال ۱۹۸۱ به ۱۱ و در سال ۱۹۸۸ به ۱۵ درصد رسید.

استفاده از متیل‌ترشیاری‌بوتیل‌اتر رشد قابل توجهی کرد به گونه‌ای که، در ازای هرسال در حدود ۴۰ درصد افزایش یافت و تا سال ۱۹۸۴ از آن به‌عنوان یکی از ۵۰ ترکیب شیمیایی برتری که در آمریکا تولید شده بود، نام برده می‌شد. در سال ۱۹۹۰ طی گزارشات رسیده، مبنی بر آلودگی آب‌های زیر زمینی توسط متیل‌ترشیاری‌بوتیل‌اتر در سال ۱۹۸۵ و زیان-های آن برای سلامت انسان اصلاحیه‌های قانون هوای پاک توسط EPA آمریکا اعلام شد. دو منبع ذخیره آب در سانتامونیکا در کالیفرنیا به علت غلظت‌های بیش از حد متیل‌ترشیاری‌بوتیل‌اتر، کنار گذاشته شد و تقریباً با از دست رفتن ۸۰ درصد منابع آب شهری در این مناطق موجب اجرایی شدن اصلاحیه EPA در سال ۱۹۹۶ در آمریکا شد.

متخصصان و تولیدکنندگان بنزین مدام به دنبال راهی برای جایگزینی متیل‌ترشیاری‌بوتیل‌اتر با دیگر افزودنی‌های مناسب بنزین، به‌منظور افزایش عدد اکتان و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی هستند. در کشور ما همچنان متیل‌ترشیاری‌بوتیل‌اتر به‌عنوان تنها افزودنی بنزین پایه استفاده می‌شود. اما با توجه به سمی بودن این ماده، برنامه‌ریزی کشور طی سال‌های آینده باید به دنبال جایگزین مناسب‌تری برای ترکیب با بنزین پایه باشد [۵].

عبدالرحمان و همکاران تاثیر افزودنی اکسیژن‌دار اتانول بر خواص سوخت همچون عدد اکتان و ارزش گرمایی آن را بررسی کردند. درصدهای مختلف اتانول-بنزین را در موتور نسبت تراکم متغیر مورد آزمون قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد می‌توان عدد اکتان را با افزایش اتانول بزرگتر کرد، اما افزودن اتانول، ارزش گرمایی سوخت را کاهش می‌دهد. بهینه‌ترین درصد اتانول برای افزایش عدد اکتان ۱۰ درصد مشاهده شد [۶].

مراجع زیادی تأثیر افزودن افزودنی‌های اکسیژن دار اتانول به بنزین پایه روی متغیرهای عملکردی موتور، مقدار مصرف سوخت و تولید آلاینده‌های خروجی موتور را بررسی کرده‌اند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که قدرت موتور، بازده حرارتی و بازده تنفسی و آلاینده‌های دی‌اکسیدکربن و اکسیدهای نیتروژن موتور افزایش و مصرف سوخت ویژه و آلاینده‌های مونوکسیدکربن و هیدروکربن نسوخته با افزایش اتانول کاهش می‌یابد [۱۲-۷].

البغدادی و همکاران آزمون‌هایی را با استفاده از ترکیبات اتانول، بنزین و هیدروژن انجام دادند. در این آزمون‌ها، اتانول با بنزین ترکیب شده و هیدروژن هم به این ترکیبات اضافه شده است. نتایج ایشان نشان داد، افزودن هیدروژن و اتانول به بنزین موجب کاهش CO و مصرف سوخت می‌شود. البته قدرت گرمایی و بازده موتور افزایش می‌یابد [۱۳].

سانگ و همکاران در تحقیقی اثرات اضافه کردن اتانول و متیل‌ترشیاری‌بوتیل‌اتر به بنزین و تأثیر آن‌ها روی آلاینده‌های خروجی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که اتانول، آلایندگی کمتری نسبت به متیل‌ترشیاری‌بوتیل‌اتر دارد [۱۴].

نعمتی‌زاده و همکاران مطالعاتی در مورد اثر تغییر نوع سوخت رایج در کشور بر روی متغیرهای عملکردی موتور و انتشار آلاینده‌ها در موتور XU7 انجام دادند. سوخت مورد استفاده توسط آن‌ها در این آزمون برای ترکیب نوع اول ۲۰ درصد اتانول و ۸۰ درصد بنزین و ترکیب نوع دوم ۱۰ درصد اتانول، ۵ درصد زیست‌دیزل و ۸۵ درصد بنزین بود.

نتایج آزمون‌های ایشان نشان داد که استفاده از ترکیب نوع اول، مقدار توان و گشتاور موتور را نسبت به استفاده از بنزین معمولی بترتیب ۶٫۵ و ۱٫۲ درصد کاهش می‌دهد. همچنین نتایج ایشان نشان داد در صورت استفاده از این نوع سوخت نسبت به بنزین معمولی، مصرف سوخت را ۳۶ درصد کاهش و مقدار آلاینده‌های هیدروکربن را ۳۶ درصد افزایش می‌دهد.

در صورت استفاده از ترکیب نوع دوم سوخت نسبت به استفاده از بنزین معمولی مقادیر آلاینده‌های هیدروکربن‌های نسوخته و کربن مونواکسید بترتیب ۸ درصد و ۴۷ درصد کاهش می‌یابد. ترکیبی از ۱۰ درصد اتانول، ۵ درصد زیست‌دیزل و ۸۵ درصد بنزین به عنوان سوخت جایگزین در نتایج این تحقیق معرفی شده است [۱۵].

شایان و همکاران در تحقیقی بر روی موتور چهار استوانه MVH 418، تأثیر افزودن افزودنی‌های اکسیژن‌دار اتانول، متانول، ترشیاری بوتیل

الکل و دی‌ایزوپروپیل‌اتر به بنزین پایه را در نسبت‌های حجمی ۵، ۷٫۵، ۱۰، ۱۲٫۵ و ۱۵ بر متغیرهای عملکردی موتور، آلاینده‌های خروجی دود و خواص سوخت بررسی کردند. نتایج آزمون‌های تجربی ایشان نشان می‌دهد که با افزودن افزودنی‌ها به بنزین، توان، گشتاور، بازده حجمی و مقدار مصرف سوخت افزایش و مصرف سوخت ویژه روند کاهشی را در پی داشت. بر اساس تحقیقات مشخص شد که با افزودن تمامی افزودنی‌های اکسیژن‌دار به بنزین پایه، عدد اکتان سوخت افزایش می‌یابد و سبب کاهش هیدروکربن‌های نسوخته و منواکسید کربن خروجی می‌شود که افزایش دی‌اکسیدکربن را در پی خواهد داشت. نتایج ایشان درصد حجمی بهینه اختلاط برای متانول و اتانول مقدار ۱۵، برای ترشیاری بوتیل الکل مقدار ۷٫۵ و دی‌ایزوپروپیل‌اتر مقدار ۱۰ درصد معرفی کرده است [۱۶].

امی و همکاران در تحقیق دیگری آزمون‌های تجربی، تأثیر افزودنی‌های ترشیاری‌بوتیل‌الکل و دی‌ایزوپروپیل‌اتر در نسبت‌های حجمی ۵، ۷٫۵، ۱۰، ۱۲٫۵ و ۱۵ را در موتور XU7 بررسی کرده‌اند. نتایج ایشان نشان داد با افزایش افزودنی‌های بنزین در سوخت، گشتاور، توان، مصرف سوخت و آلاینده‌های اکسیدهای نیتروژن و دی‌اکسیدکربن افزایش و مصرف سوخت ویژه و آلاینده‌های مونوکسیدکربن و هیدروکربن نسوخته کاهش می‌یابد. در نتیجه تحقیق ایشان مقدار درصد حجمی بهینه اختلاط برای افزودنی‌ها به بنزین، ٪۱۰ برای ترشیاری‌بوتیل‌الکل و دی‌ایزوپروپیل‌اتر معرفی شد [۱۷].

شارما و همکاران در تحقیقی تأثیر افزایش اتانول بر عدد اکتان بنزین را بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد که افزایش اتانول، اکتان را افزایش می‌دهد و نمونه ترکیب ۲۰ درصد اتانول با ۸۰ درصد بنزین نسبت به سایر ترکیب‌ها بهینه‌تر است. انتشار دی‌اکسید کربن با افزایش سرعت موتور، کاهش و آلاینده مونوکسیدکربن افزایش یافت. احتراق و بازده موتور با ۱۵ درصد حجم اتانول در ترکیب سوخت بهبود یافت [۱۸].

کارادیا و همکاران در تحقیق تجربی، تأثیر مخلوط‌های اتانول-بنزین، متانول-بنزین و اتانول-متانول-بنزین را بر عملکرد موتور، متغیرهای احتراق و انتشار گازهای اگزوز بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد ترکیب متانول- اتانول- بنزین، قدرت ترمزی موتور را افزایش می‌دهد و سوخت‌های الکلی در سرعت‌های زیادتر عملکرد بهتری نشان می‌دهند و موجب کاهش آلایندگی‌ها در ترکیبات الکلی می‌شوند [۱۹].

اوزکان و همکاران در آزمونی تأثیر اتانول-بنزین بر متغیرهای خروجی اگزوز یک موتور تک استوانه اشتعال جرقه‌ای را بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد که استفاده از سوخت‌های ترکیبی اتانول-بنزین باعث بهبود گشتاور خروجی، قدرت، بازده حجمی و کاهش مصرف سوخت موتور می‌شود. همچنین انتشار مونوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته به طور چشمگیری به دلیل افزودن اتانول کاهش می‌یابد [۲۰].

در این مقاله ترکیبات اتانول و دی‌ایزوپروپیل‌اتر به‌عنوان افزودنی سوخت بنزین در موتور استفاده می‌شود. این افزودنی‌ها در ساختار خود اتم اکسیژن داشته و عدد اکتان بزرگتر از بنزین پایه دارند. لذا در کامل شدن فرایند احتراق و جلوگیری از خودسوزی کمک می‌کنند. دی-ایزوپروپیل‌اتر که از دسته اترها است، سرعت اشتعال را زیاد می‌کند و ارزش گرمایی آن نسبت به اتانول بیشتر است. همچنین اتانول که دارای اتم اکسیژن بیشتری در ساختار شیمیایی خود است سوخت را به شرایط استوکیومتریک برای احتراق کامل‌تر نزدیک می‌کند.

۲- مواد و روش‌ها

جهت انجام آزمون‌ها ابتدا بنزین معمولی به عنوان بنزین پایه تهیه گردید. افزودنی‌های اکسیژن‌دار بنزین در این تحقیق عبارت‌اند از:

-دی‌ایزوپروپیل‌اتر (Diisopropyl Ether)

-اتانول (Ethanol)

با توجه به اهمیت درجه خلوص افزودنی‌های بنزین، در روند انجام صحیح فرایند آزمون، مواد با درجه خلوص شدید استفاده شد. برای همین اتانول از شرکت بیدستان قزوین با درجهٔ خلوص ۹۹٫۶ ٪ و دی‌ایزوپروپیل‌اتر از شرکت مرک آلمان با درجه خلوص ۹۹ ٪ تهیه گردید. در این تحقیق ترکیب سوخت با سه نسبت حجمی افزودنی‌ها به صورت زیر تهیه گردید.

Gasoline (بنزین ٪۱۰۰)

A: (ETH10%-DIPE5%-GAS85%)

(بنزین ٪۸۵، دی‌ایزوپروپیل‌اتر ٪۵، اتانول ٪۱۰)

B: (ETH10%-DIPE5%-GAS85%)

(بنزین ٪۸۵، دی‌ایزوپروپیل‌اتر ٪۱۰، اتانول ٪۵)

C: (ETH10%-DIPE5%-GAS85%)

(بنزین ٪۸۵، دی‌ایزوپروپیل‌اتر ٪۷٫۵، اتانول ٪۵)

تمام آزمون‌ها در شرایط موتور با بار جزئی ٪۳۰ انجام شد.

۲-۱- مشخصات موتور XU7JP/L3

موتور استفاده شده در این آزمون تجربی با نام تجاری XU7JP/L3 است و آزمون‌ها در آزمایشگاه موتور دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت. علت انتخاب این موتور، تولید انبوه آن در کشور و در دسترس بودن آن است. مشخصات موتور XU7JP/L3 در جدول۱ نشان داده شده است.

جدول۱: مشخصات موتور XU7JP/L3

نوع	LFZ
کارخانهٔ سازنده	ایران‌خودرو
قطر ضربدر پیمایش استوانه	۸۳ × ۸۱٫۴ میلی‌متر
حجم موتور	۱۷۶۱ سی‌سی
نسبت تراکم	۹٫۲۵ به ۱
تعداد دریچه‌ها	۸
بیشینه توان در ۶۰۰۰ د.د.د.	۱۰۰ اسب بخار (۷۴٫۶ کیلووات)
بیشینه گشتاور در ۳۵۰۰ د.د.د.	۱۵۳ نیوتن.متر

۲-۲- روش انجام آزمون

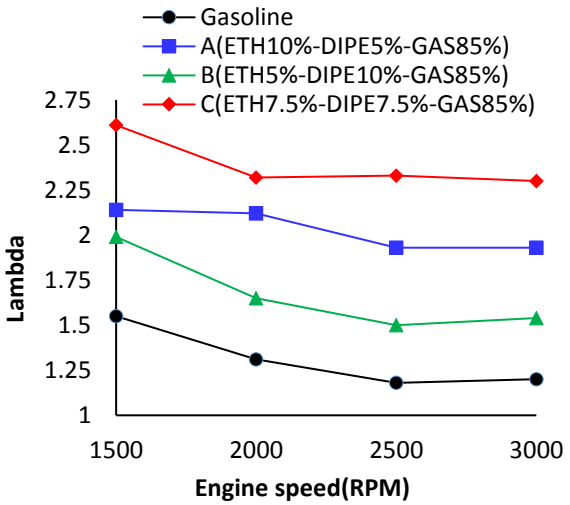
مراحل آزمون به این صورت انجام شد که اول بنزین پایه به‌عنوان سوخت در موتور آزمایش شد و متغیرهای عملکردی موتور شامل: گشتاور، توان خروجی، نسبت هوا به سوخت، دمای خروجی، مصرف ویژه سوخت و آلاینده‌های خروجی ثبت گردید. بعد از آن بنزین به همراه افزودنی‌ها، با سه نسبت حجمی مختلف آزمایش شد. افزودنی‌های اکسیژن‌دار اتانول و دی‌ایزوپروپیل‌اتر در سه نسبت حجمی مختلف با بنزین پایه ترکیب شد. تمام مراحل آزمون برای اندازه‌گیری متغیرهای عملکردی موتور و آلاینده‌های خروجی اگزوز، تحت بار کنترلی ۳۰٪ درصدی که از طرف لگام ترمز اعمال می‌شد صورت پذیرفت.

۳- نتایج وبحث

۳-۱- تأثیر افزودنی‌های سوختی بر نسبت هوا به سوخت (λ)

شکل ۱ تأثیر سوخت بنزین و سوخت ترکیبی با افزودنی اکسیژن‌دار بر نسبت هوا به سوخت را نشان می‌دهد. ترکیب بنزین با افزودنی‌ها نسبت به بنزین پایه، دارای عدد لامبدای بزرگتری است و علت آن را می‌توان به خاطر، اتم اکسیژن موجود در ساختار افزودنی‌ها دانست.

افزودنی اتانول با فرمول شیمیایی C_2H_{60} دارای اتم اکسیژن بیشتری نسبت به دی‌ایزوپروپیل‌اتر با فرمول شیمیایی C_6H_{140} در درون خود است. با افزایش سرعت موتور، عدد لامبدا یا نسبت هوا به سوخت نسبی کاهش می‌یابد و مخلوط سوختی غلیظ می‌شود. چون در سرعت‌های زیاد دریچه هوا بیشتر بازشده، و حسگر دریچه گاز ولتاژی برای افزایش بنزین ورودی به واحد پایش برقی می‌فرستد، پاشش سوخت نیز بیشتر می‌شود. اما به خاطر کم شدن زمان مکش، ضعیف بودن نیروی لختی هوا نسبت به سوخت ترکیبی بنزین و سبک بودن هوا، مقدار هوای ورودی کاهش می‌یابد و مخلوط غلیظ می‌شود. در نتیجه عدد لامبدا با افزایش سرعت موتور کاهش می‌یابد.



شکل ۱: نسبت هوا به سوخت نسبی (λ) بنزین و ترکیب افزودنی‌ها در درصدهای حجمی مختلف

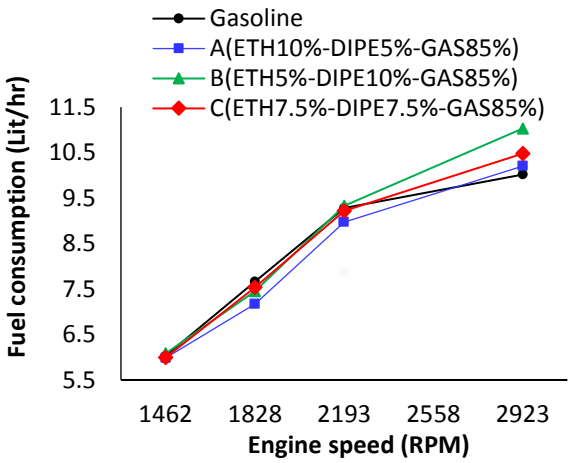
۳-۲- تأثیر افزودنی‌ها با بنزین پایه بر مقدار مصرف سوخت

با افزودن ترکیبات اکسیژن‌دار به بنزین، احتراق بهبود می‌یابد و مصرف سوخت کاهش می‌یابد. افزودنی‌های اکسیژن‌دار اتانول و دی ایزو-پروپیل‌اتر به دلیل ساختار شیمیایی دارای ارزش گرمایی ضعیف‌تر نسبت به بنزین پایه هستند که با افزودن ترکیبات اکسیژن‌دار به بنزین پایه، ارزش گرمایی سوخت پایین‌تر می‌آید.

در هنگام استفاده از سوخت با ارزش گرمایی پایین برای جبران افت قدرت، باید مصرف سوخت را افزایش داد. شکل ۲ نمودار شار حجمی مصرفی سوخت را برحسب سرعت موتور نشان می‌دهد. ترکیبات سوختی با افزودنی‌های اکسیژن‌دار از یک جهت، به علت دارا بودن اتم اکسیژن در ساختار خود و ایجاد احتراق کامل‌تر، مصرف سوخت کمتری دارند.

از جهت دیگر، به دلیل پایین بودن ارزش گرمایی سوخت ترکیبی، برای جبران افت قدرت نیاز به مصرف سوخت بیشتری است که تعادل این دو مورد ذکر شده در شرایط مختلف کارکرد موتور و درصدهای مختلف ترکیب‌های سوختی، مصرف سوخت مختلفی را به وجود می‌آورد.

مثلاً، سوخت نوع B دارای ارزش گرمایی بیشتری نسبت به سایر ترکیبات است و مصرف سوخت را کاهش می‌دهد، اما به علت بالا بودن غلظت سوخت و پایین بودن مقدار اکسیژن در ساختار خود، موجب می‌شود مقدار مصرف سوخت آن بیشتر باشد. سوخت A ارزش گرمایی ضعیف‌تری نسبت به سوخت B دارد اما با داشتن مقدار اکسیژن بیشتر، احتراق کامل‌تری داشته و مصرف سوخت را کمتر می‌کند.



شکل ۲: شار حجمی سوخت مصرفی حاصل از بنزین پایه نسبت به بنزین با افزودنی در حجم‌های مختلف

۳-۳- گشتاور ترمزی

شکل ۳ گشتاور ترمزی سوخت پایه نسبت به بنزین با افزودنی‌ها را در سه درصد حجمی مختلف نشان می‌دهد. بر اساس ساختار شیمیایی سوخت، بنزین با ارزش گرمایی بزرگتر و سوخت‌های A, B, C دارای ارزش گرمایی کمتر اند که نشان می‌دهد باید برحسب انرژی گرمایی بزرگتر دارای گشتاور بیشتری باشد. البته بهبود فرایند احتراق با افزودن

اکسیژن بیشتر، ترکیب بهتر اکسیژن با کربن‌های سوخت میسر خواهد شد. احتراق بنزین پایه با ارزش گرمایی بزرگتر گشتاور قوی‌تری را خواهد داشت. در مقابل آن وقتی از افزودنی‌های اکسیژن‌دار استفاده می‌شود، ورود اکسیژن از طریق ساختار شیمیایی سوخت به محفظهٔ احتراق افزایش می‌یابد که در نتیجه آن، فرایند احتراق بهبود یافته و گشتاور در سرعتهای کُند زیاد شده است.

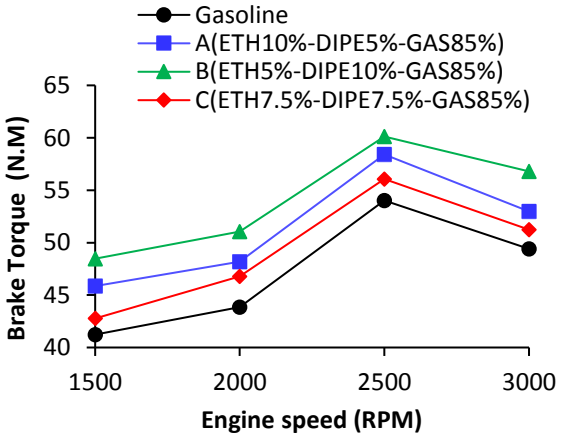
وقتی از اتانول در ترکیب بنزین استفاده می‌شود به دلیل بزرگ بودن گرمای نهان آن، موجب گرماگیری و کاهش دمای هوای ورودی و افزایش بازده حجمی و تنفس بهتر موتور می‌گردد. افزودن دی-ایزوپروپیل‌اتر از خانواده اِترها، سرعت اشتعال را افزایش می‌دهد، فرایند احتراق بهبود یافته و در مجموع موجب افزایش گشتاور می‌شود.

بنابراین سوخت B دارای ارزش گرمایی بالاتر و مقدار هیدروژن بیشتر نسبت به سایر ترکیبات سوختی است، پس گشتاور بیشتری را تولید می‌کند. سوخت A با اینکه اکسیژن بیشتری در ساختار خود دارد و احتراق کامل‌تری انجام می‌دهد، چون ارزش گرمایی آن کم است، گشتاور ضعیف‌تری نسبت به سوخت B ایجاد می‌کند.

سوخت C با وجود کم بودن ارزش گرمایی آن، اما چون غلظت آن به مقدار قابل توجهی کم است گشتاور آن افت می‌کند.

بنزین پایه ارزش گرمایی بزرگتر دارد اما گشتاور آن به دلیل غلظت شدیدتر نسبت به بقیه ترکیبات و احتراق ناقص افت می‌کند. البته باید اشاره شود که متغیرهایی نظیر تنظیم زمان جرقه در ترکیبات مختلف نیز می‌تواند در عملکرد موتور موثر باشد.

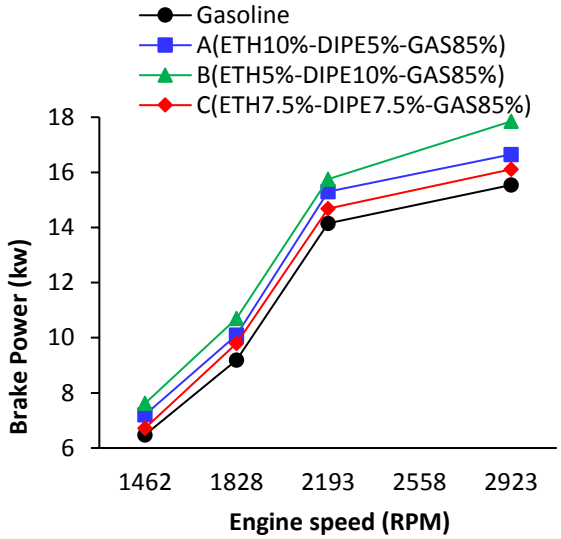
در شکل ۳ مشاهده می‌شود که در سرعتهای پایین به دلیل بالا بودن زمان تنفس، افزودن اتم اکسیژن حاصل از ترکیب‌های اکسیژن‌دار به داخل محفظهٔ احتراق، بهبود فرایند احتراق و افزایش گشتاور را به همراه دارد. با افزایش سرعت، زمان کافی برای تنفس موتور کاهش یافته و بازده حجمی کم می‌شود، در نتیجه گشتاور کاهش می‌یابد. دلیل دیگر کاهش گشتاور در سرعتهای تُندتر، افزایش تلفات اصطکاکی است.



شکل ۳ : گشتاور ترمزی حاصل از بنزین پایه نسبت به بنزین با افزودنی در حجم‌های مختلف

۳-٤- توان ترمزی

شکل ۴ توان ترمزی حاصل از بنزین پایه نسبت به ترکیبات بنزین با افزودنی در حجم‌های مختلف را نشان می‌دهد. ترکیب افزودنی اکسیژن‌دار با بنزین پایه، توان ترمزی را افزایش می‌دهد، علت این افزایش را می‌توان وجود اکسیژن موجود در ساختار افزودنی‌ها دانست که موجب می‌شود تا فرایند واکنش‌دهنده‌ها بهتر انجام شود، انرژی شیمیایی بیشتری از سوخت به انرژی گرمایی تبدیل شود و احتراق کامل‌تری انجام شود، همچنین افزودنی‌های اکسیژن‌دار دارای عدد اکتان بزرگتری نسبت به بنزین اند که وقتی با بنزین ترکیب می‌شوند عدد اکتان سوخت را افزایش می‌دهند، افزایش عدد اکتان سوخت می‌تواند زمان جرقه را به تاخیر انداخته، به طبع آن فشار انبساط افزایش می‌یابد که موجب افزایش توان ترمزی می‌شود.

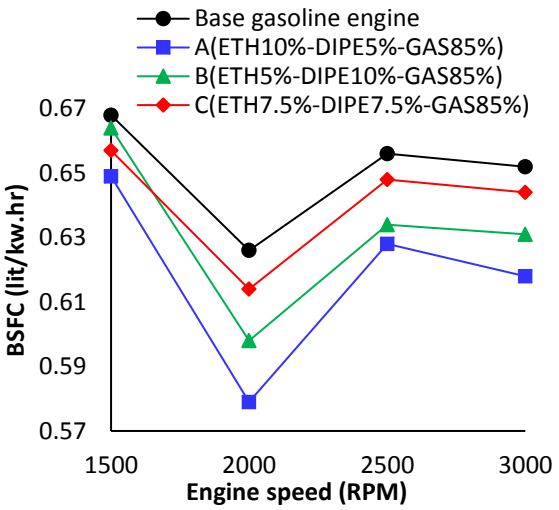


شکل ۴:توان ترمزی حاصل از بنزین پایه نسبت به بنزین با افزودنی در حجم‌های مختلف

۳-۵- مصرف سوخت ویژه ترمزی

شکل ۵ مصرف سوخت ویژه ترمزی در بنزین پایه و ترکیب بنزین با افزودنی در سه نمونه ترکیب حجمی سوخت با افزودنی‌های اکسیژن‌دار را نشان می‌دهد.

افزودنی‌های اکسیژن‌دار دارای ارزش گرمایی پایین‌تری نسبت به بنزین هستند. از طرفی دیگر، این افزودنی‌ها به سبب دارا بودن اتم اکسیژن در ساختار داخلی خود موجب بهبود احتراق شده و توان بیشتری را تولید می‌کنند. لذا سوخت ویژه ترمزی کاهش می‌یابد. و کمترین مصرف سوخت ویژه ترمزی را ترکیب سوختی A به دلیل دارا بودن درصد اتانول بیشتر و فرایند احتراق کامل‌تر، دارد. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، مصرف سوخت ویژه ترمزی در سرعت‌های کُند، کاهش می‌یابد که علت آن افزایش توان ترمزی ناشی از زمان کافی برای احتراق و کم بودن تلفات اصطکاکی است.

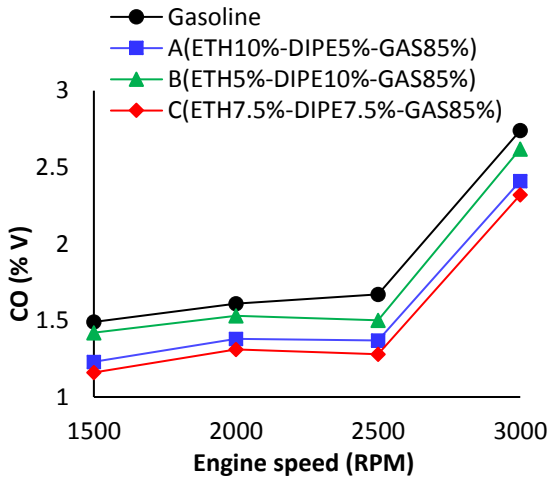


شکل ۵ : مصرف سوخت ویژه ترمزی حاصل از بنزین پایه نسبت به بنزین با افزودنی در حجم‌های مختلف

۳-۶- تأثیر افزودنی‌های اکسیژن‌دار بر آلاینده‌های خروجی از موتور

۳-۶-۱- تأثیر افزودنی‌های اکسیژن‌دار بر مقدار مونوکسیدکربن

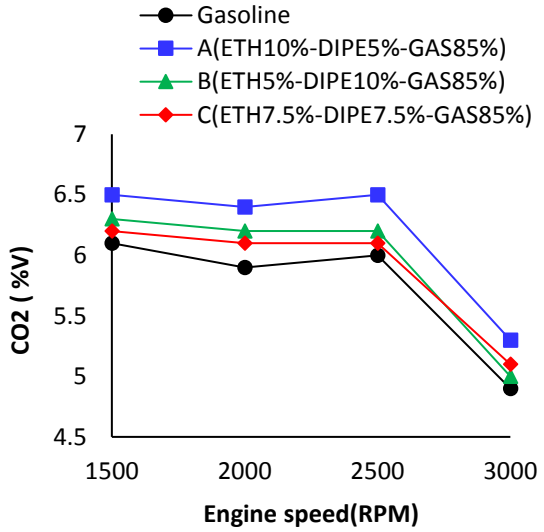
شکل ۶ تأثیر بنزین و افزودنی‌های اکسیژن دار بر مقدار مونوکسیدکربن را نشان می‌دهد. مقدار تولید مونوکسیدکربن در ترکیبات بنزین با افزودنی‌ها نسبت به خود بنزین پایه، کاهش چشمگیری دارد که به دلیل اکسیژن موجود در ساختار افزودنی‌ها و ایجاد احتراق کامل‌تر می‌باشد. واکنش کامل اکسیژن با کربن‌های موجود در سوخت، موجب کاهش چشمگیر آلاینده مونوکسیدکربن شده است. در نمودار ترکیب سوخت C، کمترین آلایندگی را دارد. دلیل آن رقیق بودن سوخت و احتمالا ریتارد بودن جرقه می‌باشد. با افزایش سرعت موتور، سوخت طی فرایند احتراق، فرصت کافی برای انجام واکنش را ندارد، احتراق کامل در موتور شکل نمی‌گیرد، و مقدار مونوکسیدکربن افزایش می‌یابد.



شکل ۶ : مونوکسیدکربن خروجی موتور حاصل از بنزین پایه نسبت به بنزین با افزودنی در حجم‌های مختلف

۳-۶-۲- تأثیر افزودنی‌های اکسیژن‌دار بر مقدار دی‌اکسیدکربن

شکل ۷ مقدار دی‌اکسیدکربن خروجی از موتور را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که افزودن ترکیبات اکسیژن‌دار به سوخت، موجب رقیق شدن مخلوط سوخت و افزودن اکسیژن بیشتر به استوانه می‌شود، احتراق کامل‌تر صورت می‌گیرد و موجب افزایش دی‌اکسیدکربن و کاهش مونوکسیدکربن می‌شود. ترکیب سوخت A به دلیل دارا بودن درصد بالای اتانول در ساختار خود دارای اتم اکسیژن بیشتر بوده، مخلوط رقیق‌تر و احتراق کامل‌تری را انجام می‌دهد و بیشترین دی‌اکسیدکربن تولید می‌شود.

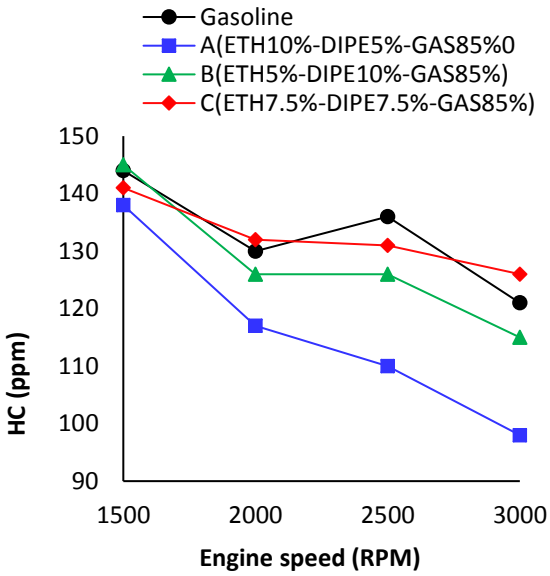


شکل ۷ : دی اکسیدکربن خروجی موتور حاصل از بنزین پایه نسبت به بنزین با افزودنی در حجم‌های مختلف

۳-۶-۳- تأثیر افزودنی‌های اکسیژن‌دار بر مقدار هیدروکربن‌های نسوخته

شکل ۸ مقدار هیدروکربن‌های خروجی از موتور را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود، ترکیب سوخت A، که حاوی ۵ درصد افزودنی دی‌ایزوپروپیل‌اتر و ۱۰ درصد اتانول است، کمترین تولید هیدروکربن‌های نسوخته نسبت به سایر افزودنی‌ها را دارد. درصد حجمی بهینه اختلاط برای اتانول، ۱۰-۱۵ درصد و برای دی‌ایزوپروپیل‌اتر، ۵-۱۰ درصد می‌باشد. علت آن داشتن اکسیژن در ساختار دی‌ایزوپروپیل‌اتر و بالا بودن سرعت شعله و احتراق بهینه‌تر است.

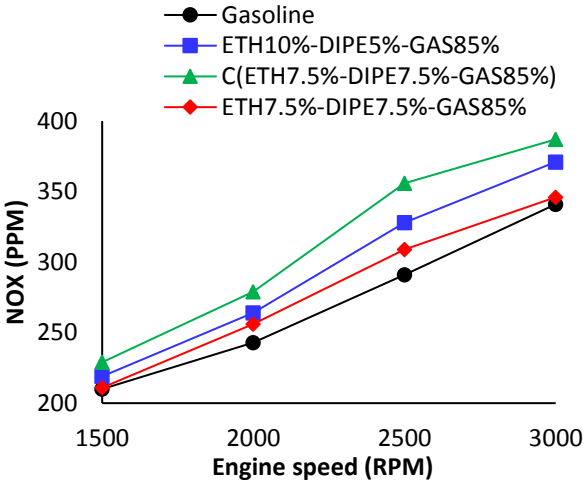
در شکل ۸ مشاهده می‌شود که نمودارهای هیدروکربن نسوخته با افزایش سرعت موتور کاهش می‌یابند، دلیل آن می‌تواند کاهش زمان انتقال حرارت از موتور باشد که با افزایش دمای دیواره محفظهٔ احتراق، خاموشی شعله کاهش می‌یابد.



شکل ۸ : هیدروکربن نسوخته خروجی موتور حاصل از بنزین پایه نسبت به بنزین با افزودنی در حجم‌های مختلف

۳-٦-٤- تأثیر افزودنی‌های اکسیژن‌دار بر مقدار اکسیدهای نیتروژن

شکل ۹ مقدار اکسیدهای نیتروژن خروجی از موتور را نشان می‌دهد.



شکل ۹ : اکسید نیتروژن خروجی موتور حاصل از بنزین پایه و بنزین با افزودنی‌ها در نسبت حجمی مختلف

تولید آلاینده اکسیدهای نیتروژن رابطه مستقیم با دمای بیشینه احتراق و اکسیژن اضافی دارد. در شکل ۹ مشاهده می‌شود که با افزودن ترکیبات اکسیژن‌دار احتراق کامل‌تری صورت می‌گیرد و موجب افزایش دمای داخل استوانه می‌شود، با این افزایش دما، مقدار اکسیدهای نیتروژن افزایش می‌یابد. در بین ترکیبات، ترکیب B به دلیل استفاده از دی‌ایزوپروپیل‌اتر دارای ارزش گرمایی بزرگتری نسبت به سایر ترکیبات افزودنی‌ها است و ارزش گرمایی بیشتری دارد که نتیجه آن افزایش دمای بیشینه احتراق و تولید بیشتر آلاینده اکسیدهای نیتروژن است. با افزایش سرعت مقدار اکسیدهای نیتروژن افزایش می‌یابد که علت آن، افزایش تعداد چرخهٔ کاری در طول یک زمان معین است و باعث کاهش انتقال حرارت و افزایش دمای بیشینه احتراق می‌شود.

٤- نتیجه گیری

افزایش ترکیب‌های اکسیژن‌دار به بنزین پایه مقدار اکسیژن داخل استوانه را افزایش می‌دهد و فرایند احتراق را بهبود می‌دهد. در نتیجه گشتاور و قدرت ترمزی افزایش و مصرف سوخت ویژه ترمزی کاهش می‌یابد.

بالا بردن درصد حجمی افزودنی دی‌ایزوپروپیل‌اتر نسبت به افزودنی اتانول موجب افزایش بیشتر گشتاور و قدرت ترمزی می‌شود. علت آن به دلیل بالا بودن ارزش گرمایی افزودنی دی‌ایزوپروپیل‌اتر نسبت به اتانول است.

افزایش ترکیب‌های اکسیژن‌دار به بنزین پایه، موجب کاهش آلاینده‌های مونوکسیدکربن و هیدروکربن نسوخته می‌شود. همچنین افزایش آلاینده‌های دی‌اکسیدکربن و اکسیدهای نیتروژن را به همراه دارد.

افزایش افزودنی دی‌ایزوپروپیل‌اتر نسبت به افزودنی اتانول در ترکیب با بنزین، مقدار آلاینده‌های مونوکسیدکربن، هیدروکربن نسوخته و اکسید نیتروژن را در سطح بالاتر و مقدار تولید دی‌اکسیدکربن را در سطح پایین‌تری قرار می‌دهد.

افزایش افزودنی اتانول در مقایسه با افزودنی دی‌ایزوپروپیل‌اتر، متغیر-های گشتاور، توان و مصرف سوخت ویژه کمتری دارد و مقدار آلاینده‌های کمتری تولید می‌کند.

قدردانی و تشکر

از آزمایشگاه موتور و پیشرانش دانشگاه تربیت مدرس جهت همکاری برای انجام آزمون‌ها مراتب تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

منابع و مراجع

[1] Wiesenthal, T., et al., Biofuel supports policies in Europe: Lessons learnt for the long way ahead. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(4), p: 789-800, 2009.

[2] Ballinger, P. and F. Long, Acid Ionization Constants of Alcohols. II. Acidities of Some Substituted Methanols and Related Compounds1, 2. Journal of the American Chemical Society, 82(4), p: 795-798, 1960.

[3] Hamdan, M. and T. Al-Subaih, Improvement of locally produced gasoline and studying its effects on both the performance of the engine and the environment. Energy conversion and management, 43(14), p: 1811-1820, 2002.

[4] Poulopoulos, S. and C. Philippopoulos, Influence of MTBE addition into gasoline on

automotive exhaust emissions. Atmospheric Environment, 34(28), p: 4781-4786, 2000.
[5] Montemayor, R., Distillation and Vapor Pressure Measurement in Petroleum Products, editor. ASTM international, 100, p: 19428-2959, 2008.
[6] Abdel-Rahman, A. and M. Osman, Experimental investigation on varying the compression ratio of SI engine working under different ethanol–gasoline fuel blends. International Journal of Energy Research, 21(1), p. 31-40, 1997.
[7] Gupta, R.B. and A. Demirbas, Gasoline, diesel, and ethanol biofuels from grasses and plants, Cambridge University Press, 2010.
[8] Williams, P., Hazard Identification Handbook for Managing Release of Gasoline Containing MTBE. 2003.
[9] Yoo, Y., et al., Corrosion characteristics of aluminum alloy in bio-ethanol blended gasoline fuel: Part 1. The corrosion properties of aluminum alloy in high temperature fuels. Fuel, 90(3), p: 1208-1214, 2011.
[10] Guibet, J. and E. Faure-Birchem, Fuels and Engines, vol. 1. Editions Technip, Paris, 1999.
[11] Hsieh, W.-D., et al., Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol–gasoline blended fuels. Atmospheric Environment, 36(3): p. 403-410, 2002.
[12] Bergendahl, J., Environmental Issues of Gasoline Additives–Aqueous Solubility and Spills, in Thermodynamics, Solubility and Environmental Issues, Elsevier, p: 245-258, 2007.
[13] Al-Baghdadi, M., Hydrogen–ethanol blending as an alternative fuel of spark ignition engines. Renewable Energy, 28(9), p: 1471-1478, 2003.
[14] Song, C.-L., et al., Comparative effects of MTBE and ethanol additions into gasoline on exhaust emissions. Atmospheric Environment, 40(11), p: 1957-1970, 2006.
[15] Nematizade, P., et al., Performance and exhaust emissions of a spark ignition engine using G-Series and E20 fuels. International Journal of Automotive Engineering and Technologies, ISSN, p: 2146-9067, 2013.
[16] Shayan, S.B., S.M. Seyedpour, and F. Ommi, Effect of oxygenates blending with gasoline to improve fuel properties. Chinese journal of mechanical engineering, 25(4), p: 792-797, 2012.
[۱۷] ف. ا. امی و ر. رفیعی, "بررسی تجربی تاثیر افزودنی های ترشیاری بوتیل الکل و دی ایزوپروپیل اتر بر بنزین در موتور XU7JP/L3 به منظور کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها" پایان نامه –پژوهشی تحقیقاتی موتور داتشگاه تربیت مدرس ص ۶۲–۸۱ و سال ۱۳۹۱.
[18] Sharma, G. and H. Lal, Effects of ethanol-gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark ignition. International Journal on Emerging Technologies, 6(2), p: 184, 2015.
[19] Karadia, E.K. and A. Nayya, Effects of Ethanol-Gasoline blends on Performance and Emissions of Gasoline Engines. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4(01), p: 1092-1100, 2017.
[20] Ozcan, H., M. Ozbey, and O. gursel, The Effects of Ethanol-Gasoline, Methanol-Gasoline and Ethanol-Methanol-Gasoline Blends on Engine Performance, Combustion Characteristics, and Exhaust Emissions. The International Journal of Engineering and Science (IJES), p: 70-82, 2018.

The Journal of Engine Research

Journal Homepage: www.engineresearch.ir

Experimental study of the use of oxygenated Ethanol and Diisopropyl ethercomponeds in gasoline fuel and their effects ontheXU7JP/L3 engine performance and emissions

A. Mirmohammadi[1*], I. Shakarami[2]

[1] *Assistance Professor Mechanical Engineering Department, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran, a.mirmohammadi@sru.ac.ir*
[2] *Student, Mechanical Engineering Department, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran, imanshakarami91@gmail.com*
[*] *Corresponding Author*

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 04 January 2021
Accepted: 16 January 2021

Keywords:
Experimental test
Additives
Ethanol
Diisopropyl ether
Emissions

ABSTRACT

In this study, ethanol and diisopropyl ether were combined with base gasoline in three different volume ratios. The XU7JP/L3 engine was selected to test the effect of fuel additives on engine performance and emission parameters. Engine performance parameters were recorded simultaneously by a computer device at the time of the test, and engine output pollutants were manually recorded by a pollutant meter. The results showed that with the addition of oxygenated additives to gasoline, the oxygen in the fuel-air mixture was increased, the fuel was closer to the stoichiometric conditions and the combustion was more complete. As a result, the engine's torque and brake power increased and its brake-specific fuel consumption decreased. Oxygenated additives also reduced carbon monoxide and unburned hydrocarbons and increased carbon dioxide and nitrogen oxides. The results of increasing diisopropyl ether additive compared to ethanol additive in combination with base gasoline also showed that the amount of carbon monoxide, unburned hydrocarbon, and nitrogen oxide pollutants is higher and the amount of carbon dioxide production is lower.

© Iranian Society of Engine (ISE), all rights reserved.