بررسی تجربی احتراق موتور اشتعال جرقه‌ای با سوخت ترکیبی بنزین-اتانول و MTBE برای کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها

فتح اله امّی
استادیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس
F_ommi@yahoo.com

خدارحیم فرهنگ*
کارشناس ارشد هوافضا، دانشگاه تربیت مدرس
K_farhang@yahoo.com

احمد شفیعی‌ثابت
کارشناس ارشد مکانیک- مرکز تحقیقات موتور ایران خودرو
A_shafiei@ip-co.com

*نویسنده مسئول/تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۱۳ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۸/۱۱/۶

چکیده

مادهٔ افزودنی MTBE به بنزین موجب آثار مخرب محیط زیستی مثل بیماری‌های بدخیم می‌باشد و سال‌هاست در کشورهای توسعه یافته از بنزین حذف شده است لذا، هدف اصلی در این تحقیق، جایگزینی اتانول به جای افزودنی MTBE [1] و بررسی تأثیر سوخت اتانول بر عملکرد، تولید آلاینده‌ها و مصرف سوخت موتور اشتعال جرقه‌ای و بدست آوردن ترکیب بهینه اتانول با بنزین می‌باشد. آزمون‌ها در دو حالت بارکامل و بار جزئی صورت گرفت. آزمون بار کامل در سرعت‌های مختلف موتور و آزمون بار جزئی تنها در سرعت‌های ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه انجام شد. در تمام این آزمون‌ها زمان جرقه‌زنی بهینه شد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که با افزایش میزان اتانول در مخلوط، بازده تنفسی، توان و گشتاور موتور افزایش می‌یابد. مصرف سوخت ویژه در سرعت‌های کند کاهش و در سرعت‌های تند افزایش می‌یابد. از طرف دیگر وجود اتانول در مخلوط باعث شده که آلایندهٔ هیدروکربن‌های نسوخته (HC) به طور چشمگیری کاهش یابد. آلایندهٔ مونواکسیدکربن (CO) مقداری کاهش یافته ولی میزان اکسیدهای نیتروژن (NOx) اندکی افزایش را نشان می‌دهد. موتور مورد آزمایش در این مطالعه، XU۷ JP/L۳ می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: مصرف سوخت، اتانول، MTBE، آلاینده‌های خروجی، عملکرد موتور

۱- مقدمه

■ با توجه به حجم نسبتاً کم تولید اتانول در کشور در این مرحله از تحقیق تلاش بر این است که بخشی از مادهٔ افزودنی MTBE با اتانول جایگزین شود و پس از ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای تولید اتانول در کشور و تغییرات مورد نیاز در خودروها و جایگاه‌های سوخت‌گیری، حذف کامل مادهٔ افزودنی MTBE از بنزین توزیعی در کشور مد نظر قرار خواهد گرفت. مقدار مادهٔ افزودنی MTBE در هر ترکیب متناسب با عدد اکتان مورد نظر آن ترکیب متفاوت خواهد بود. لذا موتور با سوخت‌های ترکیبی که دارای درصدهای مختلف اتانول (۵ و۷ درصد) است، مورد آزمایش قرار گرفت.

توسعهٔ همه جانبه کشورها و بویژه رشد صنعت و فناوری، تقاضا برای سوخت‌های سنگواره‌ای را در دنیا افزایش داده است [۱]. بنابراین افزایش تقاضا، کاهش ذخایر موجود سوخت‌های سنگواره‌ای و افزایش آلودگی‌های محیط زیستی ناشی از این سوخت‌ها باعث گرایش محققان برای یافتن سوخت‌های جایگزین شده است،که از مهمترین این سوخت‌ها می‌توان سوخت‌های گیاهی را نام برد. سوخت‌های گیاهی دارای انواع مختلفی هستند و بطور عمده آلودگی‌های کمتری نسبت به سوخت‌های سنگواره‌ای دارند. سوخت‌های گیاهی را امروزه می‌توان از منابع مختلف تولید کرد. این سوخت‌ها هم به صورت گاز و هم به صورت مایع موجود می‌باشند. از جمله سوخت‌های گازی شکل می‌توان به بیوگاز یا بیومتان اشاره کرد. این سوخت‌ها از تخمیر ضایعات و همچنین فاضلاب تهیه می‌گردند [۲] .

مهمترین سوخت‌های گیاهی شامل روغن‌های گیاهی، روغن‌های حیوانی، روغن‌های خوراکی بازیافت شده، بیواتانول و بیومتانول می‌باشند [۳].

1 - Methyl Tertiary Butyl Ether

Archive of SID
www.SID.ir

۲- پیشینهٔ پژوهش

در تحقیقی بر روی ترکیبات اتانول و بنزین با درصدهای مختلف اتانول در موتوری با نسبت تراکم متغیر انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که افزایش مقدار اتانول باعث افزایش عدد اکتان و کاهش ارزش حرارتی سوخت می‌شود. همچنین نتایج حاکی از آن بود که با اضافه کردن ۱۰٪ اتانول، بیشترین تأثیر بر روی افزایش عدد اکتان مشاهده شد [۴] .

در تحقیق دیگری، تأثیر ترکیب اتانول با بنزین در ۱۰ نسبت مختلف بر عملکرد موتور بررسی شده است. مقدار اتانول در هر ترکیب از محدودهٔ ۲۵٪-۰ با نسبت ۲/۵٪ افزایش می‌یابد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که، قدرت موتور، بازده حرارتی و بازده تنفسی افزایش می‌یابد. علاوه بر این CO وHC موتور نیز کاهش، CO_2 افزایش پیدا می‌کند [۵].

در تحقیقی دیگر آزمایش‌هایی با بکارگیری ترکیبات اتانول، بنزین و هیدروژن انجام شده است. در این آزمایش‌ها اتانول با بنزین ترکیب شده، و هیدروژن نیز به این ترکیبات اضافه شده است. اضافه کردن هیدروژن و اتانول به بنزین باعث کاهش CO، و مصرف سوخت می‌شود. قدرت موتور و بازده گرمایی آن نیز افزایش یافته است [۶].

همچنین در تحقیقی که در دانشگاه میشیگان آمریکا بر روی آلاینده‌های خروجی و نرخ انرژی آزاد شده از یک موتور اشتعال جرقه‌ای با سوخت ترکیبی بنزین- اتانول انجام شد مشخص شد که سوخت حاوی ترکیبات اتانولی مصرف انرژی را بهبود می‌بخشند [۷].

در تحقیقی اثرات اضافه کردن اتانول و MTBE به بنزین روی آلاینده‌های خروجی انجام شد. نتایج نشان می‌دهند که اتانول آلایندگی کمتری نسبت به MTBE دارد [۸].

فردی بنام Chun در تحقیقاتی که انجام داد. به این نتیجه رسید که استنشاق MTBE بیشتر از ppm ۴۰۰ برای انسان خطرناک است. و فردی بنام Bird روی موش‌ها تحقیقاتی انجام داده و به این نتیجه رسیده که MTBE باعث افزایش سلول‌های آنها می‌شود. در معرض قرارگرفتن بیشتر از حد مجاز MTBE سبب تأثیراتی روی سلول‌های عصبی و علائم خستگی و بی‌هوشی موقت در موجودات زنده می‌شوند. استنشاق بیش از حد مجاز MTBE باعث اختلالاتی در تولید مثل در حیوان و انسان می‌شود. فردی بنام Borak تحقیقاتی در زمینهٔ استنشاق بخار MTBE انجام داد و به این نتیجه رسیدکه این بخارات سبب سوزش چشم، سوزش بینی و گلو، سرفه و حالت گیجی می‌شوند [۹].

افرادی بنام‌های Chun و Bird، ۳۴۴ موش نر و ماده را مورد آزمایش قرار داده‌اند و گونه‌ای از این موش‌ها که MTBE از راه تنفس به بدن آن‌ها وارد می‌شد دچار سرطان شده‌اند [۹].

۳- مقدمات آزمون

بنزین پایه (بدونMTBE) و MTBE مورد استفاده در این تحقیق از پالایشگاه تهران تهیه شد و به صورت دو ترکیب مخلوط گردید و در موتور استفاده شد. بنزین پایه نیز به عنوان سوخت مرجع آزمایش شد. با توجه به اهمیت خالص بودن اتانول و قابلیت جذب آب آن، می‌بایست اتانول مطلق مورد استفاده قرار می‌گرفت. اهمیت این موضوع آنجا بیشتر نمایان می‌شود که در صورت زیاد بودن میزان آب اتانول، اتانول و آب از بنزین جدا می‌شود و در لایه‌ای مجزا قرار می‌گیرند [۱۰]. بنابراین اتانول مورد استفاده در این تحقیق دارای درصد خلوص۹۹/۶ درصد می‌باشد که از شرکت بیدستان قزوین تهیه شد(شکل ۱).

در این تحقیق از دو مخلوط مختلف استفاده شد:

۱- ۵٪ اتانول و۱۰٪ MTBE

۲- ۷٪ اتانول و ۷٪ MTBE

موتور مورد استفاده در این تحقیق یک موتور چهار استوانه، چهار زمانه، جرقه اشتعالی و آب خنک با مدیریت هوشمند (EMS) می‌باشد، که با سوخت ترکیبی بنزین و اتانول کار می‌کند. این موتور به لگام[1] وصل شده و بعد از رسیدن به شرایط پایدار، داده‌برداری از موتور طبق آزمایش‌ها انجام شد. مشخصات موتور مورد نظر در این آزمون، در جدول۱ آورده شده است.

شکل ۱ اندازه‌گیری خلوص اتانول

جدول ۱ مشخصات موتور مورد آزمون

نوع موتور	۴ استوانه خطی تنفس طبیعی
قطر استوانه	۸۳ میلی متر
طول مسیر سمبه	۸۱/۴ میلی متر
حجم موتور	۱۷۶۱سانتی متر مکعب
طول دسته سمبه	۱۴۳/۱ میلی متر
نسبت تراکم حجمی	۹/۲

۳-۱- تجهیزات آزمایشگاهی

به منظور بررسی اثرات سوخت بر عملکرد و آلاینده‌های موتور، نیاز به برخی آزمون‌های عملکردی روی آن در شرایط تمام بار و بارهای جزئی می‌باشد. معمولاً این آزمون‌ها برای بررسی وضعیت احتراقی موتور با سوخت جدید در مقایسه با سوخت پایه انجام می‌گیرد. مهمترین موضوع در آزمون‌های احتراقی، اندازه‌گیری مقادیر فشار داخل محفظه احتراق می‌باشد که از روی آن می‌توان کیفیت احتراق موتور را بررسی کرد.

برای آزمون‌های احتراقی روی موتور، نیاز به اتاق آزمون مجهز به لگام ترمز و سایر تجهیزات برای اندازه‌گیری به شرح جدول۲ می‌باشد:

جدول ۲ تجهیزات مورد استفاده در آزمون

تجهیزات	اندازه‌گیری
لگام ترمز ۱۲۰kW،AVL	دور و گشتاور موتور
Lambda Sensor Horiba	نسبت هوا به سوخت
دماسنج نوع J	دمای هوای چندراهه ورودی
دماسنج نوع K	دمای هوای چندراهه خروجی
۵ Gas Analyzer Horiba	اندازه‌گیری آلاینده‌ها

1- Dynamometer

Archive of SID
www.SID.ir

لگام استفاده شده در این تحقیق، ساخت شرکت AVL اتریش است که توان آن ۱۲۰ کیلووات و از نوع Asynchronous می‌باشد. بیشترین دور آن ۸۰۰۰ دور بردقیقه و بیشترین گشتاوری که می‌تواند تحمل کند، ۵۰۹ نیوتن در متر است. برای محاسبه و ثبت داده‌های مربوط به میزان آلاینده‌ها از تحلیل‌گر Horiba مدل MEXA–۷۰۰۰ Ak استفاده گردید. در تحلیل‌گر Horiba برای اندازه‌گیری NOx، از تحلیل‌گر CLA–۷۵۶، برای اندازه‌گیری HC از تحلیل‌گر FIA–۷۲۶ و برای اندازه‌گیری CO از تحلیل‌گر AIA استفاده گردید.

۳-۲- اندازه‌گیری خواص سوخت

خواص ترکیبات سوخت و بنزین با استفاده از استانداردهایASTM (انجمن آزمون مواد آمریکا) مطابق جدول ۳ اندازه‌گیری شد.

جدول ۳ مشخصات سوخت‌های استفاده شده

نمونه / مشخصات	E۳	E۲	E۱
عدد اکتان تحقیقی	۸۷ ۰/۳	۸۹/۸ ۰/۳	۹۱/۳ ۰/۳
ارزش حرارتی پایین، MJ/kg	۴۴	۴۱/۱۲	۴۱/۵
محتوای اکسیژن	۲/۹۴	۴/۳۷	۳/۰۴
چگالی	۰/۷۱۵۸	۰/۷۳۰۲	۰/۷۳۱۴
فشار بخار رید، kPa	۵۲/۲	۵۹/۴	۵۵/۳
محدودهٔ دمای تقطیر(°C)			
IBP °C	۴۷	۴۰/۲	۴۱/۵
vol٪ Recovery ۱۰	۶۷/۲	۵۱	۵۱/۹
vol٪ Recovery ۵۰	۹۰/۹	۶۶/۲	۶۹/۵
vol٪ Recovery ۹۰	۱۲۳	۱۲۳/۸	۱۲۸/۱
EBP °C	۱۶۹/۴	۱۶۴/۱	۱۶۶/۷

E1= Base Fuel+ 5%Ethanol+10%MTBE

E2= Base Fuel+ 7%Ethanol+7%MTBE

E3= Base Fuel

۴- روش آزمون

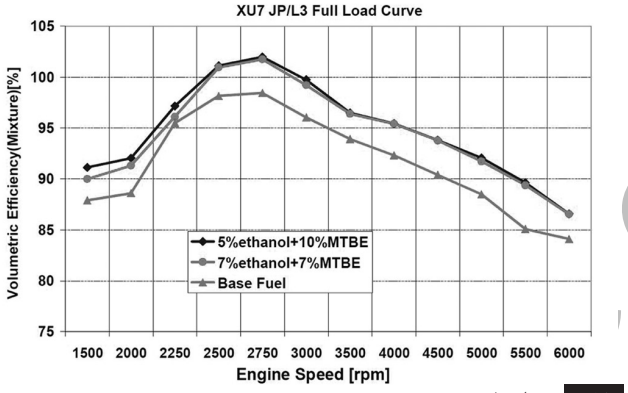
به منظور پایداری مشخصه‌های عملکردی موتور، قبل از هر آزمون باید دمای آب و روغن موتور به دمای کاری موتور (حدود ۹۰ درجه سانتیگراد) برسد. برای این منظور موتور روشن شده و در شرایط‌کاری ۲بار، ۲۰۰۰ دور بر دقیقه حدود ۱۰ تا ۲۰ دقیقه کار می‌کند تا دمای قسمت‌های مختلف موتور به حالت پایدار برسد و پس از آن آزمون اصلی آغاز می‌شود. علاوه بر آن به منظور اطمینان از سلامت موتور و کارکرد مشابه آن در هر روز، تمام مشخصه‌های عملکردی موتور در شرایط کاری ۲بار، ۲۰۰۰ دور بر دقیقه به عنوان نقطهٔ بازرسی روزانه موتور ثبت می‌شد. آزمایش‌ها در دو حالت بار کامل و بار جزئی انجام گرفت.

در حالت بارکامل، موتور در دور ۱۵۰۰ دور بر دقیقه قرار گرفت. با نرم‌افزار INCA زمان‌جرقه‌زنی و λ تنظیم گردید تا بیشترین فشار مؤثر متوسط نظری را (که با نرم‌افزار IndWin نمایش داده می‌شد) داشته باشد. پس از تنظیم در حالت بیشینه فشار مؤثر متوسط تئوری، داده‌برداری که شامل ثبت فشار داخل استوانه، مصرف سوخت ویژه، توان، گشتاور، آلاینده‌ها و غیره است،انجام گرفت. داده‌برداری در هر دور، در ۱۰۰ چرخه صورت گرفت و متوسط آن ثبت گردید.

آزمایش بارجزئی، ابتدا در ۲۰۰۰ دور بر دقیقه انجام شد. بدین‌ترتیب که دور را در ۲۰۰۰ دور بر دقیقه ثابت کرده و بار به میزان ۲ بار تنظیم شد و پس از پایدار شدن دما داده‌برداری انجام‌گرفت. سپس بار به ۳ بار تغییر یافت و روند قبلی تکرار شد. این الگو تا رسیدن به بارکامل انجام شد. سپس دور به ۳۰۰۰ دور بر دقیقه تغییر یافته و تمام این مراحل برای دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه تکرار شد.

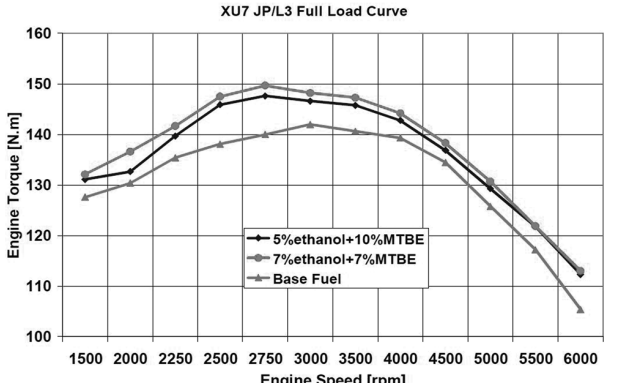
۴-۱- نتایج آزمون بار کامل

با توجه به شکل۲ مشاهده می‌شود که با افزایش میزان اتانول سوخت، بازده تنفسی موتور، افزایش می‌یابد. چون اتانول گرمای نهان تبخیر بیشتری نسبت به بنزین دارد در نتیجه مقداری از گرمای هوای چندراهۀ ورودی را جذب می‌کند و در نتیجه دمای هوای ورودی را کاهش می‌دهد و بنابراین چگالی افزایش می‌یابد. افزایش در چگالی هوا باعث می‌شود که هوای بیشتری وارد استوانه موتور شودکه بازده تنفسی و در نتیجه عملکرد موتور بهبود می‌یابد. این نقش گرمای نهان تبخیر به دلیل سرمایش ناشی از تبخیر سوخت است.



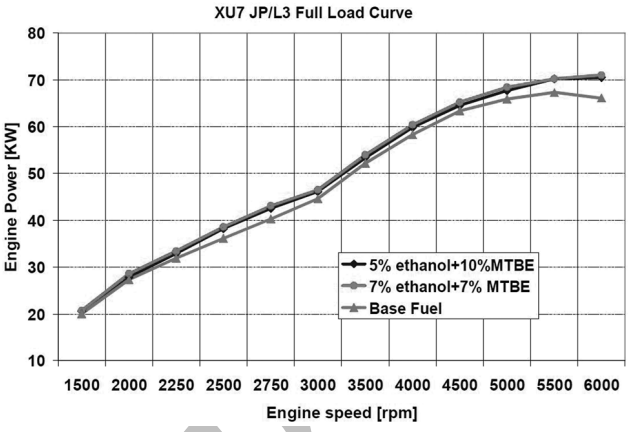
شکل ۲ تغییرات بازده تنفسی برحسب سرعت موتور

با توجه به شکل‌های ۳ و ۴، علت افزایش توان موتور با افزودن اتانول این است که اتانول در ساختار شیمیایی خود دارای یک اتم اکسیژن می‌باشد که با احتراق کامل‌تر به دلیل وجود اکسیژن به اندازهٔ کافی، میزان بیشتری از انرژی شیمیایی سوخت تبدیل به انرژی حرارتی می‌شود که نتیجهٔ طبیعی آنرا باید در افزایش توان و گشتاورموتور جستجو کرد.

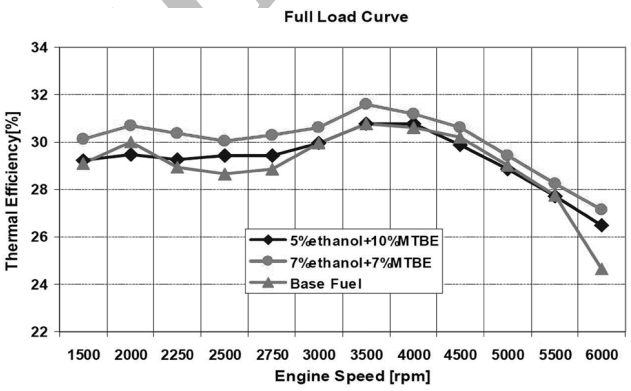


شکل ۳ تغییرات گشتاور به صورت تابعی از سرعت دورانی موتور

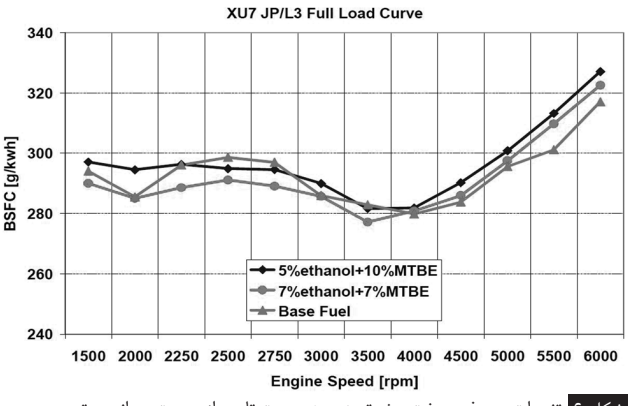
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴ تغییرات توان به صورت تابعی از سرعت دورانی موتور



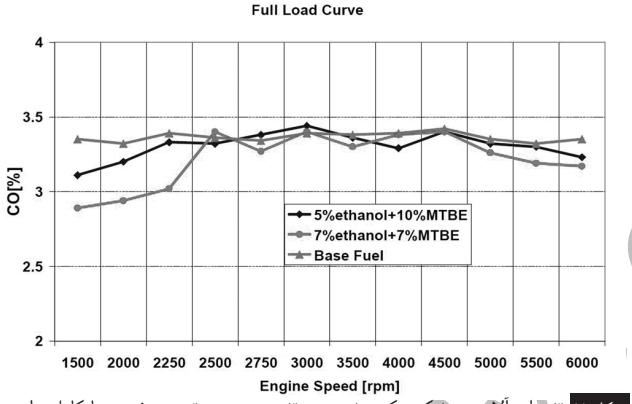
شکل ۵ تغییرات بازده حرارتی ترمزی موتور نسبت به تغییر سرعت موتور در وضعیت بارکامل برای سوخت‌های مختلف



شکل ۶ تغییرات مصرف سوخت ویژه ترمزی به صورت تابعی از سرعت دورانی موتور

شکل۵ تغییرات بازده حرارتی ترمزی نسبت به دور موتور در حالت بارکامل را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود این عامل پس از رسیدن به نقطهٔ بیشینه گشتاور در سرعت ۳۵۰۰ دور بر دقیقه شروع به کاهش می‌کند. در سرعت‌های تند، طول مدت احتراق تا مرحلهٔ انبساط ادامه می‌یابد که باعث بیشتر شدن احتمال احتراق ناقص می‌شود که نتیجهٔ آن افت بازده حرارتی خواهد بود. مشاهده می‌شود که با افزودن اتانول، بازده حرارتی به مقدار زیادی افزایش یافته است که دلیل آن عدد اکتان بیشتر و زاویهٔ جرقهٔ بهینه می‌باشد. همچنین اتانول در ساختار شیمیایی خود دارای یک اتم اکسیژن می‌باشد که باعث افزایش بازده تنفسی و در نتیجه افزایش بازده حرارتی موتور می‌شود. علاوه بر آن می‌توان نتیجه گرفت که با احتراق کاملتر به دلیل وجود اکسیژن به اندازهٔ کافی، میزان بیشتری از انرژی شیمیایی سوخت تبدیل به انرژی حرارتی می‌شود که نتیجهٔ طبیعی آنرا باید در افزایش توان موتور جستجوکرد.

شکل۶ مصرف سوخت ویژه موتور را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه مواد اکسیژن‌دار، معمولاً ارزش حرارتی کم‌تری نسبت به بنزین دارند و چون نسبت ارزش حرارتی MTBE و اتانول نسبت به بنزین، به ترتیب ۸۰ و ۶۰ درصد می‌باشند لذا ترکیب بنزین و مواد اکسیژن‌دار، ارزش حرارتی کمی را تشکیل می‌دهند [۹] . کاهش در ارزش حرارتی متناسب با نسبت ترکیب مواد اکسیژن‌دار است. ارزش حرارتی کوچک‌تر به این معناست که سوخت بیشتری برای تولید همان مقدار توان لازم است. همچنین شایان ذکر است که هر چه سرعت موتور بیشتر شود، مصرف سوخت ویژه افزایش می‌یابد زیرا توان اصطکاکی موتور بیشتر می‌شود، که باعث افزایش مصرف سوخت می‌شود.



شکل ۷ تغییرات آلاینده مونوکسیدکربن نسبت به تغییر سرعت موتور در وضعیت بارکامل برای سوخت‌های مختلف

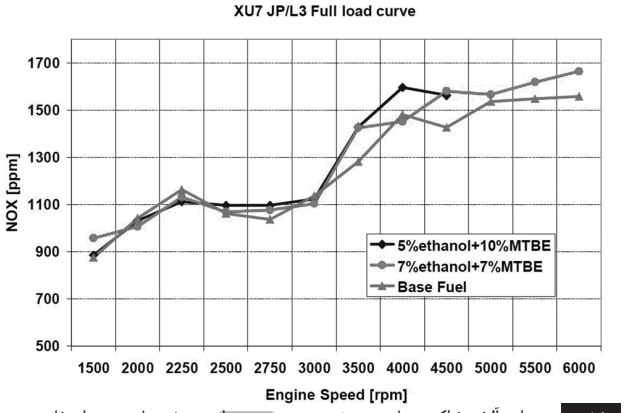
۴-۲- بررسی تأثیر افزودن اتانول بر آلاینده‌ها

عامل اصلی در پایش[1] آلاینده مونوکسیدکربن، نسبت هوای اضافی است. در آزمون‌های بارکامل و بار جزئی که انجام شد، در نسبت هوای اضافی تغییری اعمال نمی‌شد. کاهش آلایندهٔ مونوکسیدکربن در اثر افزودن اتانول به مخلوط ۷٪ اتانول+ 7%MTBE، بطور متوسط ۶/۱۸٪ را نشان می‌دهد که به خاطر بالا بودن محتوای اکسیژن این مخلوط نسبت به مخلوط دیگر می‌باشد که باعث می‌شود تعداد اتم‌های کربن سوخت نسبت به اکسیژن کمتر باشد.

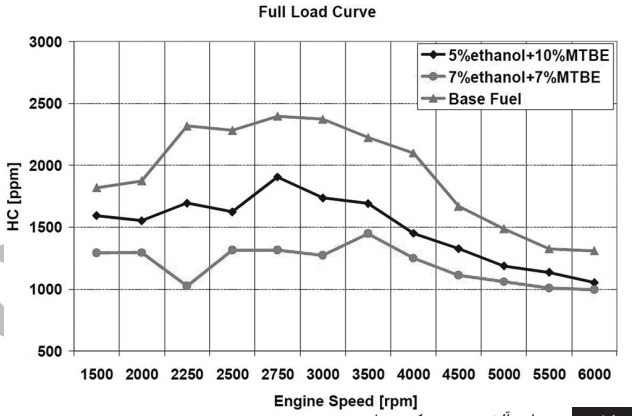
شکل ۸ تغییرات اکسیدهای نیتروژن را نشان می‌دهدکه با افزایش سرعت، افزایش می‌یابد که دو دلیل برای آن می‌توان بیان کرد. اول این‌که یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر میزان تولید اکسیدنیتروژن در موتورهای بنزینی، زمان جرقه‌زنی شمع می‌باشد. پیش انداختن موعد جرقه‌زنی(آوانس جرقه) با توجه به اینکه همزمان با مراحل پایانی فرایند تراکم می‌باشند، اثر افزایش میزان دما و فشار را در موتور تشدید می‌کند و طبعاً باعث افزایش میزان اکسیدنیتروژن تولیدی خواهد شد. دلیل دوم این است که چون بازده تنفسی افزایش می‌یابد جرم ورودی به داخل استوانه افزایش می‌یابد که در نتیجه، فشار داخل استوانه افزایش و به دنبال آن دما افزایش می‌یابد که منجر به افزایش آلایندهٔ NOx می‌گردد.

1- Control

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۸ تغییرات آلایندهٔ اکسیدهای نیتروژن برحسب دور برای سوخت‌های مورد استفاده

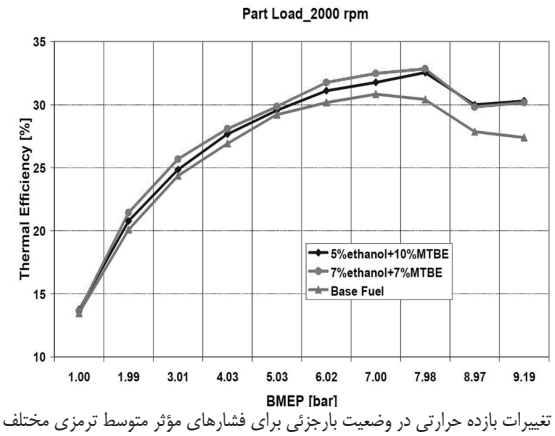


شکل ۹ تغییرات آلایندهٔ هیدروکربن‌های نسوخته برحسب دور

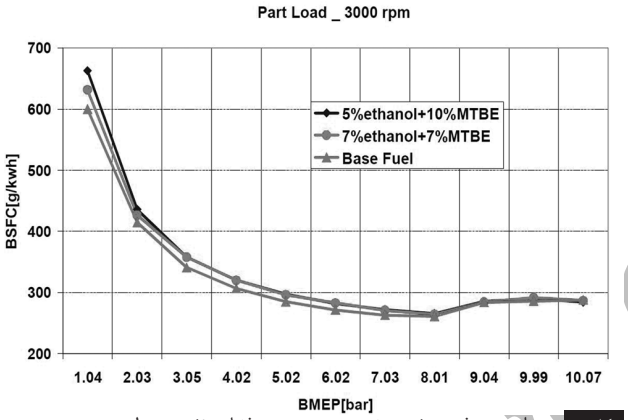
با توجه به شکل ۹، مشاهده می‌شود که با افزودن اتانول به بنزین، در بارکامل، مقدار هیدروکربن‌های نسوخته به میزان چشمگیری کاهش می‌یابد. دلایل این کاهش عبارتند از: ۱– افزایش دمای محفظهٔ احتراق، که این افزایش باعث به تأخیر افتادن خاموشی شعله در هنگام رسیدن به دیوارهٔ استوانه می‌شود. زیرا یکی از علل اصلی تشکیل هیدروکربن‌های نسوخته، خاموشی شعله در مجاورت دیوارهٔ استوانه می‌باشد. ۲– افزایش دمای گازهای حاصل از احتراق، که باعث بوجود آمدن پس واکنش در گازهای خروجی می‌شود و در دماهای گرم، این هیدروکربن‌ها اکسید می‌شوند.

۴-۳- نتایج آزمون بار جزیی

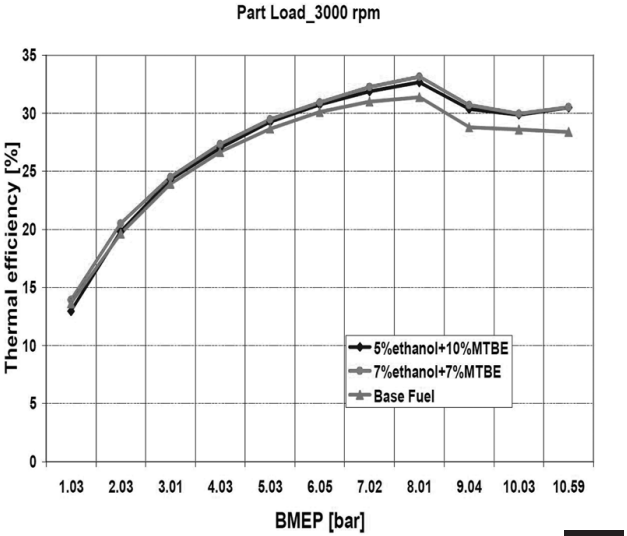
به منظور دست یافتن به یک الگوی کامل از عملکرد موتور و آلاینده‌ها برای سوخت‌های مختلف، در حالت بارجزئی به بررسی سرعت‌های ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه در سرعت‌های ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه، بیشترین بازده حرارتی حاصل شد و اینکه موتور معمولاً در شرایط کاری بارجزئی کار می‌کند، در حالت بارجزئی به بررسی این دو سرعت خاص پرداخته شده است تا یک الگوی کامل از عملکرد موتور و آلاینده‌ها در وضعیت‌های مختلف بدست آید. هنگامی که موتور در وضعیت بارجزئی کار می‌کند، دریچهٔ گاز به طور کامل باز نیست و در مسیر هوا محدودیت ایجاد می‌کند که باعث افت فشار و شار سوخت می‌شود و در نهایت کاهش توان را در پی خواهد داشت. بسته شدن دریچهٔ گاز در بارجزئی، باعث افزایش کار تلمبه‌ای[1] می‌شود که نتیجهٔ آن کاهش بازده حرارتی و افزایش مصرف سوخت ویژهٔ موتور برای جبران افت بوجود آمده است. این امر در شکل‌های ۱۰ تا ۱۳ مشاهده می‌شود.



شکل ۱۰ تغییرات بازده حرارتی در وضعیت بارجزئی برای فشارهای مؤثر متوسط ترمزی مختلف در سرعت ۲۰۰۰ دور بر دقیقه



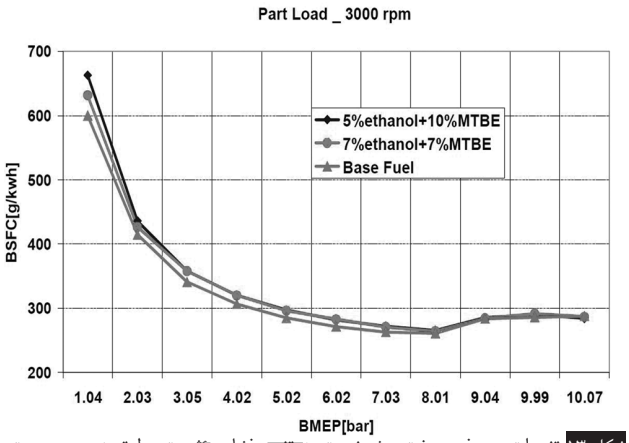
شکل ۱۱ تغییرات مصرف سوخت ویژه نسبت به تغییر فشار مؤثر متوسط ترمزی در سرعت ۲۰۰۰ دور بر دقیقه برای سه نوع سوخت استفاده شده



شکل ۱۲ تغییرات بازده حرارتی در وضعیت بارجزئی برای فشارهای مؤثر متوسط ترمزی مختلف در سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه

1- Pumping Loss

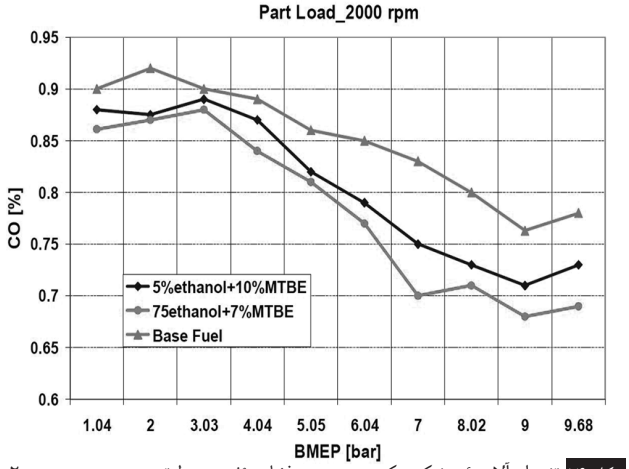
www.SID.ir



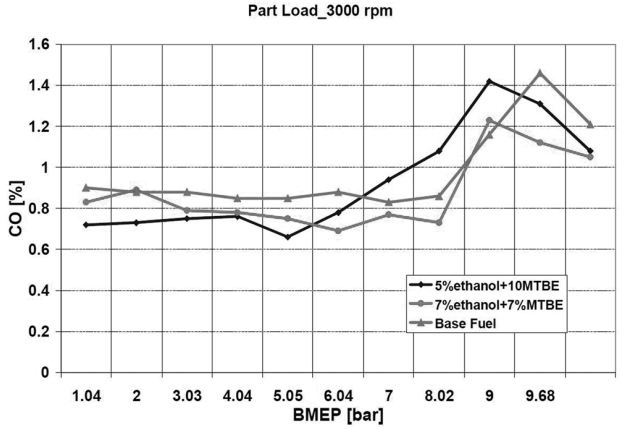
شکل ۱۳ تغییرات مصرف سوخت ویژه نسبت به تغییر فشار مؤثر متوسط ترمزی در سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه

حال به بررسی رفتار آلاینده‌ها در حالت بارجزئی در سرعت‌های ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه پرداخته می‌شود. شکل‌های ۱۴و ۱۵ میزان تولید آلایندهٔ مونوکسیدکربن را بر حسب فشار مؤثر متوسط نشان می‌دهند. مشاهده می‌شود در تمام بارها، افزودن اتانول باعث کاهش این آلاینده می‌شود. در بارهای کم به خاطر کوتاه بودن مدت زمان پس واکنش، کربن موجود فرصت کمتری برای اکسایش خواهد داشت و لذا مقدار این آلاینده افزایش خواهد یافت.

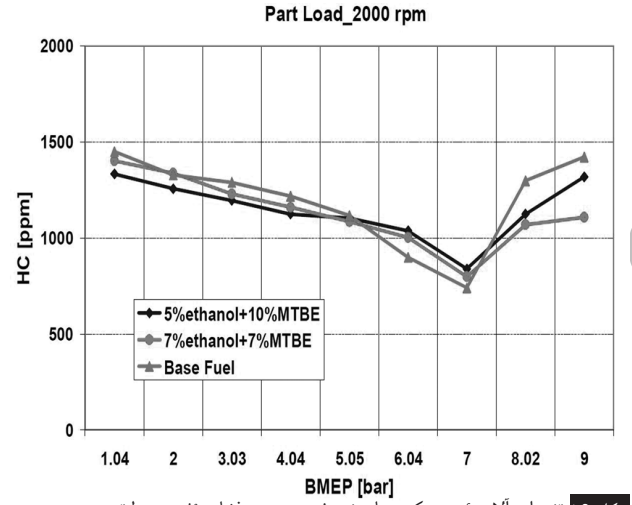
حال به تغییرات هیدروکربن‌های نسوخته بر حسب بارهای جزئی پرداخته می‌شود (شکل‌های ۱۶و ۱۷). در بارهای کم، مقدار هیدروکربن‌های نسوخته نسبت به بارکامل بیشتر است. علت این امر کاهش دمای محفظهٔ احتراق و در نتیجه کاهش اکسایش در نزدیکی دیوارهٔ محفظه و شیارهای داخل آن است. همان‌طور که در بررسی نتایج حالت بارکامل گفته شد، سرعت تندتر شعلهٔ اتانول و افزایش تعداد مولهای حاصل از احتراق اتانول و افزایش دما باعث کاهش هیدروکربن‌های نسوخته در بارهای کم می‌شود. عامل دیگری نیز درکاهش هیدروکربن‌ها مؤثر است و آن خاموشی شعله در شیارها و فضاهای بسیار باریک موجود در داخل استوانه می‌باشد. اتانول به دلیل عدد اکتان بزرگ‌تر و سرعت تندتر شعلهٔ الکل در هنگام رسیدن به این شیارها خاموش نمی‌شود و یا حداقل دیرتر خاموش می‌شود که نتیجهٔ آن کاهش هیدروکربن‌های نسوخته خواهد بود.



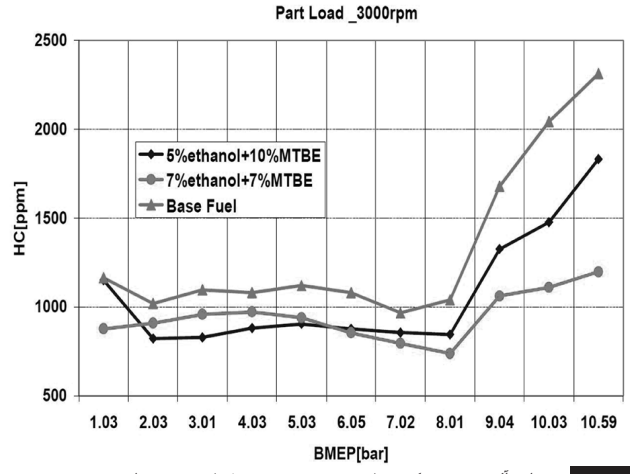
شکل ۱۴ تغییراتآلایندهٔ مونوکسیدکربن بر حسب فشار مؤثر متوسط ترمزی در سرعت ۲۰۰۰ دور بر دقیقه برای سوخت‌های استفاده شده



شکل ۱۵ تغییرات آلایندهٔ مونوکسیدکربن بر حسب فشار مؤثر متوسط ترمزی در سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه برای سوخت‌های استفاده شده



شکل ۱۶ تغییرات آلایندهٔ هیدروکربن‌های نسوخته بر حسب فشار مؤثر متوسط ترمزی در سرعت ۲۰۰۰ دور بر دقیقه برای سوخت‌های مختلف



شکل ۱۷ تغییرات آلایندهٔ هیدروکربن‌های نسوخته بر حسب فشارمؤثرمتوسط ترمزی در سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه برای سوخت‌های مختلف

www.SID.ir

۵- نتیجه‌گیری

۱- افزودن اتانول در وضعیت کاری بار کامل باعث افزایش بازده تنفسی، گشتاور و توان موتور می‌شود.

۲- با افزایش سرعت موتور، مصرف سوخت ویژه افزایش می‌یابد.

۳- آلاینده‌های مونوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته در بارکامل و بارجزئی، در اثر افزودن اتانول، کاهش می‌یابند البته کاهش هیدروکربن‌های نسوخته قابل توجه می‌باشد.

۴- آلایندهٔ اکسیدهای نیتروژن با افزایش سرعت، افزایش می‌یابد که به علت افزایش بازده تنفسی و افزایش پیشرسی جرقه می‌باشد.

Reference:

[1]- Hsieh, W.D., Chen, R.H., Wu, T.L., and Lin, T.H. "Engine Performance and Pollutant Emission of an Si Engine Using Ethanol – Gasoline Blended Fuels" , Atmos. Environ. : 36(3) 403-410, 2002.

[2]- Kalam, M.A., Husnawan, M. and Masjuki, H.H. "Exhaust Emission and Combustion Evaluation of Coconut Oil-Powered Indirect Injection Diesel Engine" . Journal of Renewable Energy , 28: 2405-2415, 2003.

[3]- Ghobadian, B. and Rahimi, H.," Biofuels-Past, Present and Future Perspective". The 4th International Iran and Russian Congress of Agricultural and Natural Resources September 8-10, share Kord university . Share Kord Iran, 2004.

[4]- Abdel-Rahman, A.A. and Osman ,M.M. "Experimental Investigation on Varying the Compression Ratio of Si Engine Working Under Different Ethanol-Gasoline Fuel Blends" . International Journal of Energy Research , 21:31-40, 1997.

[5]- Al-Hasan, M. " Effect of Ethanol – Unleaded Gasoline Blends on Engine Performance and Exhaust Emission" ; Department of Mechanical Engineering , Amman College Al-Balqa Applied University , P.O.Box 340558, Marka 11134 Amman Jordan,2003.

[6]- Al-Baghdadi M.A.S. "Hydrogen – Ethanol Blending as an Alternative Fuel of Spark Ignition Engines" . Journal of Renew Energy ,28:1471-1478, 2003.

[7]- K Varde, A Jones, A Knutsen, D Mertz, and P Yu, "Exhaust Emissions and Energy Release Rates From a Controlled Spark Ignition Engine Using Ethanol Blends". College of Engineering and Computer Science, The University of Michigan-Dearborn, Dearborn, Michigan, USA. DOI:10.1243/09544070JAUTO179, 2006.

[8]- Chong-Lin Song_, Wen-Mei Zhang, Yi-Qiang Pei, Guo-Liang Fan, Guan-Peng Xu, "Comparative Effects of MTBE and Ethanol Additions into Gasoline on Exhaust Emissions",State Key Laboratory of Engines, Tianjin University, Tianjin 300072, China 2005.

[9]- Williams , P. "Hazard Identification Handbook for Managing Release of Gasoline Containing MTBE". 81/20 . 2003.

[10]- Yucesu, H.S., Topgu, T.,Can, C. and Melih, O. "Effect of Ethanol-Gasoline Blends on Engine Performance and Exhaust Emissions in Different Compression Ratios". Journal of Applied Thermal Engineering, 26:2272-2278, 2006.

Archive of SID

www.SID.ir