

اثر استفاده از مخلوط سوخت بیودیزل، اتانول و گازوئیل بر عملکرد و آلاینده‌گی موتور دیزل

بهمن نجفی^{۱*}؛ رضا ابراهیمزاده^۲؛ احد هژیر^۳

چکیده

در این تحقیق برای ارتقاء برخی از خواص احتراقی سوخت بیودیزل، الکل اتانول به آن افزوده شده است و اثر استفاده از مخلوط سوخت بیودیزل، اتانول و گازوئیل بر روی عوامل عملکرد و آلاینده‌گی موتور دیزل MT4-244 مورد بررسی قرار گرفت. سوخت بیودیزل مورد نیاز، از روغن‌های پسماند رستوران تولید شده و با نسبت‌های مختلف (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد) با اتانول (۲، ۴ و ۶ درصد) و گازوئیل بصورت حجمی مخلوط گردید و ۱۸ نمونه سوخت که بصورت اختصاری با ExByDz نمایش داده می‌شود، آماده گردید. آزمون موتور بر اساس استاندارد ECE R-96 و با ۳ بار تکرار برای هر نمونه سوخت و تحت شرایط بار کامل و در ۲ دور با حداکثر توان (۲۰۰۰ RPM) و حداکثر گشتاور (۱۳۰۰ RPM) انجام گرفته است. نتایج بدست آمده نشان دادند که با افزایش سهم بیودیزل، آلاینده‌های CO، CO₂، PM و HC در مقایسه با گازوئیل خالص کاهش می‌یابد ولی استفاده از بیودیزل مصرف سوخت ویژه‌ی ترمزی و NO_x را افزایش داده و اثر زیادی در مقدار گشتاور و توان ندارد.

کلمات کلیدی: سوخت‌های جایگزین، بیودیزل، اتانول، عملکرد و آلاینده‌گی موتور دیزل.

Effect of Ethanol, Biodiesel and Diesel Blend Fuel on Performance and Pollutants Parameters of Diesel Engine

B.Najafi; R.Ebrahimzadeh; A.Hajir

ABSTRACT

In this research, for correction the combustion properties of biodiesel fuel, ethanol was added. Therefore, effect of using ethanol, biodiesel and diesel blend fuel on MT4-244 diesel engine performance pollutants emission parameters and emission were investigated. The biodiesel in this research produced from waste cooking oil that at (5, 10, 15, 20, 25 and 30% on volumetric basis) blended with Ethanol (2, 4 and 6%), and diesel fuel. So far, 18 samples including variable percent of three fuels were prepared which showed as BED forms. Engine testes were performed on ECE-R96 standard on full load and two engine rotations maximum torque (1300 RPM) and maximum power (2000 RPM). It was found increasing of biodiesel, decreased the pollutant emissions of CO, CO₂, PM and HC in comparison to diesel fuel but BSFC and NO_x emission increased. It also, Using biodiesel did not change the engine power and torque.

KEYWORDS: Alternative Fuels, Biodiesel, Ethanol, Performance Parameters, Pollutants Emission, Diesel Engine.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۶/۱۷

تاریخ اصلاحات مقاله: ۱۳۸۹/۷/۶

^{۱*} نویسنده مسئول و استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی: Najafib@uma.ac.ir

^۲ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

^۳ مدیر واحد تحقیقات مهندسی شرکت موتورسازان، تراکتورسازی تبریز

خالص است که این عامل باعث افت توان در موتور می‌شود. استفاده از سوخت بیودیزل خالص در موتور دیزل تحت بار کامل، باعث کاهش CO و HC و افزایش NO_x می‌شود [۲]، [۳]، [۵]، [۹]، [۱۰]، [۱۳]. میزان اکسیژن موجود در سوخت‌های قابل استفاده در موتورهای دیزل باید در محدوده مشخصی بین ۱۵ تا ۱۹ درصد باشد که این موضوع محدودیت استفاده از بیودیزل و اتانول را که هر دو دارای اکسیژن در ترکیبات خود هستند، را نشان می‌دهد [۶].

هدف این تحقیق معرفی بیودیزل و اتانول به عنوان یک منبع سوختی جدید با منشاء طبیعی برای استفاده در موتور دیزل است که برای اصلاح برخی خواص احتراقی سوخت بیودیزل، مقداری اتانول به آن اضافه شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه سوخت‌های مورد آزمایش

برای بررسی اثر هم‌زمان مخلوط بیودیزل و اتانول با گازوئیل، بر روی عملکرد و آلایندگی موتور دیزل، ۱۸ نمونه سوخت تهیه گردید. اتانول در سه سطح ۲، ۴ و ۶ درصد و بیودیزل در شش سطح ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۱۰۰ درصد حجمی مخلوط پایانی، با گازوئیل معمولی در ایران مخلوط شدند. هر یک از نمونه‌های سوخت با علامت B_xE_yD_z نام‌گذاری شدند که بیان‌گر بیودیزل، اتانول و گازوئیل بوده و x، y و z نشان‌دهنده درصد حجمی هر یک از این سوخت‌ها هستند.

جدول (۱): مشخصات سوخت بیودیزل و اتانول

مشخصات	واحد	نوع سوخت	
		بیودیزل	اتانول
فرمول شیمیایی	-	C ₂₀ H ₃₀ O ₂	C ₂ H ₅ OH
عدد ستان	-	۶۲/۱	۶
ارزش حرارتی	MJ/kg	۴۱/۳	۲۶/۸
ویسکوزیته سینماتیک در ۴۰°C	Cst	۶/۴۸۲	۱/۶۳
چگالی در ۲۵°C	g/cm ³	۰/۸۷۸	۰/۷۷۴
مقدار اکسیژن	%W	۱۰/۵	۲۵

۲-۲- مشخصات موتور

هر یک از نمونه‌های سوخت، بر روی موتور دیزل چهار سیلندر پاشش مستقیم مجهز به توربوشارژر مدل MT4-244 ساخت شرکت موتورسازان مورد آزمایش قرار گرفتند. مشخصات فنی این موتور در جدول (۲) آورده شده است.

امروزه اهمیت منابع فسیلی و نقش آن در اقتصاد و سیاست زیاد است. این موضوع نه تنها برای کشورهای صنعتی که مصرف‌کنندگان اصلی آن هستند بلکه برای کشورهای تولیدکننده اهمیت دارد. زیرا این کشورها نیز باید این واقعیت را درک کنند که این منابع محدود و پایان‌پذیر هستند. توجه نکردن به این موضوع در کشوری مانند ایران، می‌تواند علاوه بر خساراتی که اکنون بر اقتصاد کشور وارد می‌نماید، بر زندگی و اقتصاد نسل‌های آینده به طور جدی اثر بگذارد. همچنین، استفاده از سوخت‌های فسیلی عواقب وخیم زیست‌محیطی دارد. بنابراین تولید سوختی با منشا گیاهی و با خاصیت تجدیدپذیری، توجه کارشناسان را به خود جلب نموده است [۱]. از این میان سوخت بیودیزل و اتانول به دلیل قابلیت استفاده‌ی مستقیم در موتور دیزل اهمیت ویژه‌ای دارد.

سوخت بیودیزل در واقع استرهای منوالکیل اسیدهای چرب با زنجیر طویل است که از منابع تجدیدپذیر، مانند روغن‌های گیاهی و یا چربی‌های حیوانی تهیه می‌شود. این سوخت قابلیت ترکیب با گازوئیل معمولی را داشته و می‌تواند به هر نسبتی با گازوئیل ترکیب شده و به عنوان سوخت مورد استفاده قرار گیرد، مهم‌ترین تفاوت اصلی در ترکیبات سوخت بیودیزل و گازوئیل خالص، در مقدار اکسیژن آنها است. اکسیژن موجود در بیودیزل متناسب با نوع روغن مورد استفاده در تولید آن، حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد است در صورتی که گازوئیل بدون اکسیژن است [۱۳].

سوخت اتانول یک ترکیب اکسیژن‌دار است که قابلیت اشتعال در موتورهای دیزل را دارد. البته اتانول به صورت خالص در موتورهای دیزل قابل استفاده نیست، بلکه درصد‌های مختلفی از آن به صورت مخلوط با گازوئیل مورد استفاده قرار می‌گیرد. اتانول در گازوئیل قابلیت انحلال ندارد و فقط با وجود یک واسطه مانند بیودیزل، می‌تواند با گازوئیل مخلوط شود. در واقع بیودیزل به عنوان پخش‌کننده ذرات اتانول در داخل سوخت دیزل عمل می‌کند و مخلوط پایدار را به وجود می‌آورد، بنابراین برای استفاده از اتانول در موتورهای دیزل، وجود بیودیزل لازم است [۴]، [۸]، [۱۱].

تحقیقات نشان می‌دهند که مخلوط‌های اتانول تا ۲۰ درصد حجمی به راحتی می‌توانند با گازوئیل و بیودیزل، بدون تغییرات اساسی در موتورهای دیزل استفاده شوند [۱۲]. بیودیزل دارای عدد ستان بالایی بوده و در نتیجه مدت زمان تاخیر در اشتعال را کاهش می‌دهد ولی ارزش حرارتی آن کمتر از گازوئیل

جدول (۲): مشخصات فنی موتور

مشخصات	مقدار	واحد
تعداد سیلندر	۴	سیلندر
قطر پیستون	۱۰۰	mm
کورس پیستون	۱۲۷	mm
حجم جابجایی	۳/۹۹	Lit
نسبت تراکم	۱۷/۵ به ۱	-
حداکثر توان (در دور ۲۰۰۰ rpm)	۸۲	hp
حداکثر گشتاور (در دور ۱۳۰۰ rpm)	۳۳۰	N-m
بیشترین دور موتور	۲۱۵۰	rpm

۲-۳- استاندارد آزمون موتور

آزمون‌های موتور بر اساس استاندارد ECE R-96 انجام گرفته با این تفاوت که همه‌ی آزمون‌ها در شرایط بار کامل کاری موتور بوده‌اند.

جدول (۳): استاندارد آزمون

در صد بار موتور				دور توان (۲۰۰۰ rpm)	دور موتور
٪۱۰	٪۵۰	٪۷۵	٪۱۰۰		
دور آرام	٪۵۰	٪۷۵	٪۱۰۰	دور گشتاور (۱۳۰۰ rpm)	
بدون بار					

۲-۴- تجهیزات مورد استفاده

با توجه به اینکه فرآیند احتراق در موتور با سرعت بسیار بالایی انجام می‌شود بنابراین بدون استفاده از ابزارهای دقیق الکترونیکی ثبت آنها ممکن نیست. در آزمایش‌های موتور، تمرکز بر دو بخش عملکرد و نشر آلاینده‌ها بوده است. برای هر نمونه، مقادیر عوامل عملکرد و انتشار آلاینده‌ها در دو دور مختلف (دور حداکثر توان و حداکثر گشتاور) ثبت و ذخیره شدند. مشخصات تجهیزات مورد استفاده در جدول (۴) آورده شده است.

جدول (۴): مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری

نوع وسیله	مدل	ساخت شرکت
دینامومتر مغناطیسی	E400	PMID CO
دستگاه آلاینده‌سنج	A-8020	AVL Dicom Ditest Gbhm

۲-۵- روش انجام آزمون‌ها

قبل از شروع آزمون، موتور با گازوئیل معمولی به مدت نیم‌ساعت تحت بار کامل شروع به کار کرده تا به طور کامل

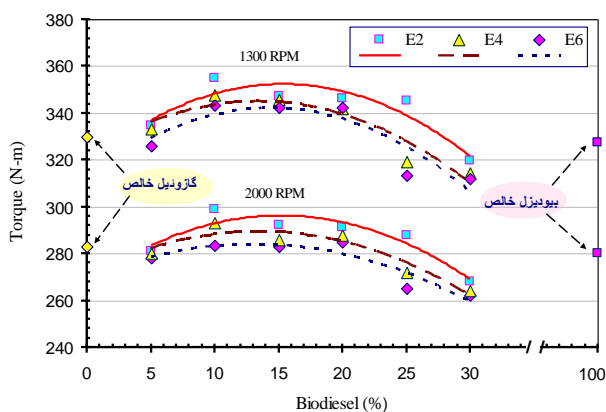
گرم شود و آماده‌ی آزمون گردد. سپس موتور خاموش شده و پیچ تخلیه‌ی پمپ انژکتور برای تخلیه‌ی کامل بقایای احتمالی سوخت قبلی باز شده و پس از تخلیه، محکم بسته شده و نمونه‌ی سوخت آماده به داخل مخزن استوانه‌ی مدرج منتقل گردید. موتور با سوخت جدید، روشن شده و پس از ۵ دقیقه از شروع به کار آن، بار دینامومتر در مقدار ۱۰۰ درصد تنظیم شده و دور موتور را در دور حداکثر گشتاور (۱۳۰۰ rpm) قرارداده، پس از ۵ دقیقه از کار موتور در این دور، همه‌ی عوامل عملکرد و آلاینده‌ی ثبت شده‌اند. سپس دور موتور به دور حداکثر توان (۲۰۰۰ rpm) تغییر یافته و دوباره پس از ۵ دقیقه، همه‌ی عوامل عملکردی و آلاینده‌ی یادداشت شد. در ادامه دور موتور به ۱۳۰۰ rpm کاهش یافته و اطلاعات لازم پس از ۵ دقیقه یادداشت می‌شد. این عمل مانند حالت قبل برای هر نمونه از ۱۸ نمونه سوخت، ۳ بار تکرار شده است. همین آزمایش‌ها بر روی سوخت گازوئیل خالص و بیودیزل خالص، به عنوان سوخت شاهد انجام گرفت.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- توان موتور

اثر سوخت بیودیزل و اتانول بر توان ترمزی موتور در شکل (۱) نشان می‌دهد که در هر درصد ثابت بیودیزل، با افزایش سهم اتانول در مخلوط سوخت (در هر دو دور ۱۳۰۰ rpm و ۲۰۰۰ rpm) توان ترمزی موتور افزایش می‌یابد، ولی با افزایش سهم بیودیزل در مخلوط سوخت، ابتدا توان ترمزی افزایش و سپس کاهش می‌یابد که دلیل آن بالا بودن فراریت اتانول نسبت به گازوئیل است که موقع پاشش سوخت، پدیده‌ی میکرومولوسیون رخ داده و در نتیجه سوخت به ذرات ریزتری تبدیل می‌شود که باعث بهبود احتراق شده و در نتیجه توان افزایش می‌یابد. از طرف دیگر افزایش سهم بیودیزل در مخلوط سوخت، موجب کاهش ارزش حرارتی آن شده و در نتیجه عامل محدود کننده‌ای برای کاهش توان ترمزی است. بیش‌ترین افزایش، مربوط به نمونه سوخت با ۲٪ اتانول و ۱۰٪ بیودیزل است که توان ترمزی موتور را در مقایسه با گازوئیل خالص، در دو دور ۱۳۰۰ rpm و ۲۰۰۰ rpm به ترتیب برابر با ۴/۵ و ۱/۵ اسب بخار افزایش می‌دهد و بیش‌ترین افت توان مربوط به نمونه‌ای با ۶٪ اتانول و ۳۰٪ بیودیزل است که در مقایسه با گازوئیل خالص، در دور ۱۳۰۰ rpm و ۲۰۰۰ rpm به ترتیب برابر با ۴/۵ و ۵ اسب بخار است.

بیودیزل خالص در دور ۱۳۰۰ rpm در مقایسه با گازوئیل خالص، فقط ۱/۵ اسب بخار (۲/۴ درصد) کاهش توان نشان داد

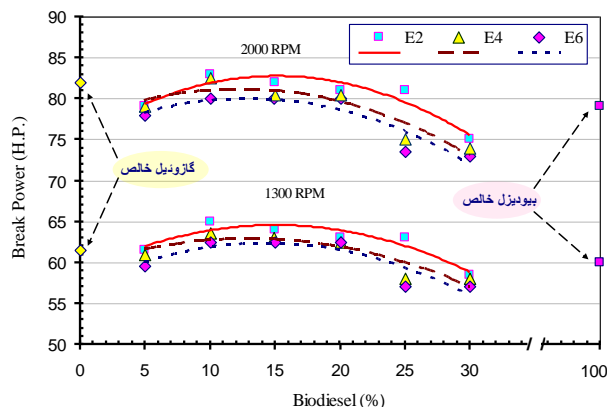


شکل (۲): اثر سوخت بیودیزل و اتانول بر گشتاور خروجی موتور با توجه به شکل (۲) درمی‌یابیم که استفاده از مخلوط ۱۰٪ بیودیزل و ۲٪ اتانول سبب می‌شود تا گشتاور موتور در هر دو دور ۱۳۰۰rpm و ۲۰۰۰rpm به ترتیب برابر با ۷/۵ و ۵/۵ درصد، بیش‌ترین افزایش را داشته باشند.

۳-۳- مصرف سوخت ویژه ترمزی

با افزایش سهم بیودیزل در مخلوط سوخت‌ها، مصرف سوخت ویژه افزایش می‌یابد ولی افزودن اتانول بر مصرف ویژه اثر زیادی ندارد، زیرا اتانول چگالی و ارزش حرارتی پایین‌تری در مقایسه با گازوئیل دارد ولی بیودیزل چگالی بیشتر اما ارزش حرارتی پایین‌تری دارد. نتایج بدست آمده از آزمایش‌ها نشان می‌دهند که بالا بودن چگالی نمی‌تواند ارزش حرارتی پایین را جبران کند در نتیجه با افزایش مقدار اتانول و بیودیزل در مخلوط سوخت، برای تولید توان یکسان با حالتی که از گازوئیل خالص استفاده می‌شود، لازم است که سوخت بیش‌تری در واحد زمان به وسیله‌ی موتور مصرف شود یا به عبارت دیگر مصرف سوخت برای ایجاد توان قبلی افزایش یابد. بیش‌ترین افزایش مصرف سوخت ویژه ترمزی در دور ۲۰۰۰rpm مربوط به نمونه‌ای با ۶٪ اتانول و ۳۰٪ گازوئیل است که ۱۶/۵ درصد مصرف سوخت را نسبت به گازوئیل افزایش می‌دهد. همچنین در این دور، مصرف سوخت ویژه ترمزی بیودیزل خالص در مقایسه با گازوئیل خالص را با ۱۰ درصد افزایش نشان می‌دهد. در دور ۱۳۰۰rpm نیز با افزایش اتانول در تمام نسبت‌های بیودیزل، مقدار مصرف سوخت ویژه افزایش می‌یابد ولی با افزایش بیودیزل ابتدا روند مصرف سوخت ویژه کاهش و سپس افزایش می‌یابد. بنابراین بیش‌ترین کاهش مصرف سوخت ویژه مربوط به سوختی با ۲٪ اتانول و ۱۰٪ بیودیزل است که ۷/۵ درصد مصرف سوخت را نسبت به گازوئیل خالص کاهش می‌دهد و این موضوع از نظر مصرف بهینه سوخت بسیار اهمیت دارد.

ولی در دور ۲۰۰۰rpm بیودیزل خالص ۳ اسب بخار، توان کمتری نسبت به گازوئیل تولید می‌کند که علت آن کاهش ارزش حرارتی سوخت است. علامت‌های E₂، E₄ و E₆ به معنای اتانول برابر با ۲، ۴ و ۶ درصد است.



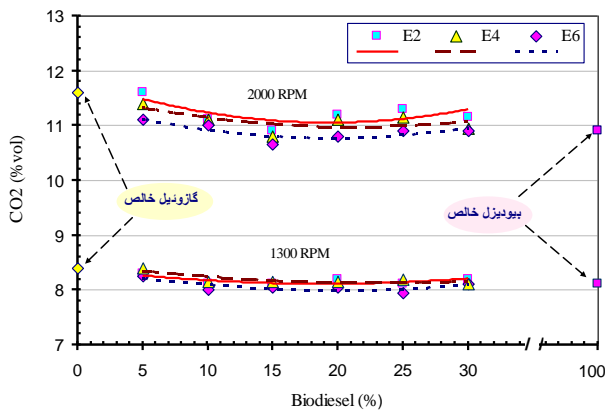
شکل (۱): اثر سوخت بیودیزل و اتانول بر توان ترمزی موتور

۳-۲- گشتاور موتور

فرآیند آزادسازی انرژی برای سوخت بیودیزل خالص، دلیل بالا بودن عدد ستان آن، به نسبت با تاخیر کمتری انجام می‌گیرد که این عمل باعث پایین آمدن قله‌ی فشار می‌شود. همچنین ارزش حرارتی پایین بیودیزل نیز موجب کاهش فشار متوسط موثر می‌شود. در نتیجه نیروی وارد بر سطح پیستون کاهش یافته و گشتاوری که این نیرو بر میل‌لنگ اعمال می‌کند، نیز کاهش می‌یابد. بنابراین گشتاور موتور با استفاده از بیودیزل خالص، کمتر از گازوئیل خالص است. از طرف دیگر وجود مقادیر بیودیزل (در حدود ۱۰ درصد) در مخلوط سوخت، باعث می‌شود تا اکسیژن موجود در ساختار شیمیایی سوخت بیودیزل، فرآیند احتراق را بهبود داده و احتراق کامل‌تری انجام شود و در نتیجه انرژی بیشتری آزاد شده و باعث افزایش فشار متوسط داخل محفظه احتراق می‌گردد، که عامل افزایش توان و گشتاور تولید شده است.

همچنین، اتانول عدد ستان کمتر و عدد اکتان بالاتری دارد که باعث شدت احتراق پیش‌آمخته و در نتیجه آزادسازی سریع انرژی سوخت می‌شود، بنابراین افزایش این سوخت اثر وارون بر کل فرآیند احتراق گذاشته و توان و گشتاور تولید شده را کاهش می‌دهد. در نتیجه، بیش‌ترین افت گشتاور در مخلوط سوختی با ۳۰٪ بیودیزل و ۶٪ اتانول اتفاق می‌افتد.

نتایج نشان می‌دهند که با افزایش درصد بیودیزل و اتانول در همه‌ی نمونه‌ها، مونوکسیدکربن خروجی کاهش می‌یابد. بیش‌ترین کاهش در دور ۱۳۰۰ rpm و ۲۰۰۰rpm مربوط به نمونه‌ای با ۳۰ درصد بیودیزل و ۶ درصد اتانول است که به ترتیب برابر با مقدار ۹۲/۷ درصد و ۲۸ درصد مونوکسیدکربن خروجی را در مقایسه با گازوئیل خالص کاهش می‌دهد.



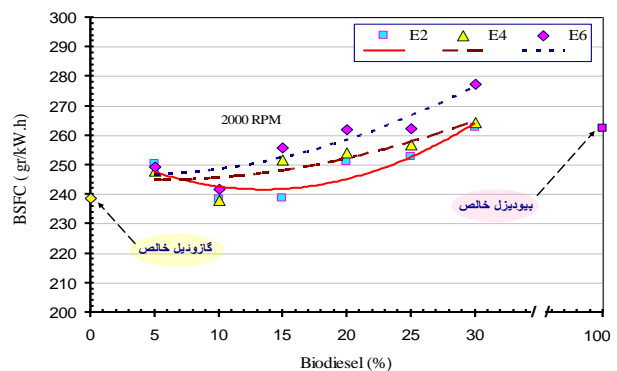
شکل (۶): تاثیر افزایش بیودیزل و اتانول بر انتشار CO_2

دی‌اکسیدکربن هر چند مانند منواکسیدکربن سمی نیست ولی اثر گلخانه‌ای بر جو و گرمایش عمومی آن دارد. این گاز یکی از محصولات احتراق است و پایداری آن در دماهای پایین‌تر خیلی زیاد است. با افزایش سهم اتانول و بیودیزل در نمونه‌ها، دی‌اکسیدکربن خروجی کاهش می‌یابد. این کاهش در دور ۱۳۰۰rpm زیاد نیست ولی بیش‌ترین کاهش CO_2 در دور ۲۰۰۰rpm مربوط به نمونه‌ی شامل ۳۰ درصد بیودیزل و ۶ درصد اتانول است که در مقایسه با گازوئیل خالص ۸/۱۹ درصد کاهش را نشان می‌دهد. بیودیزل خالص نیز در مقایسه با گازوئیل خالص سبب کاهش ۶/۰۳ درصد در CO_2 خروجی می‌شود.

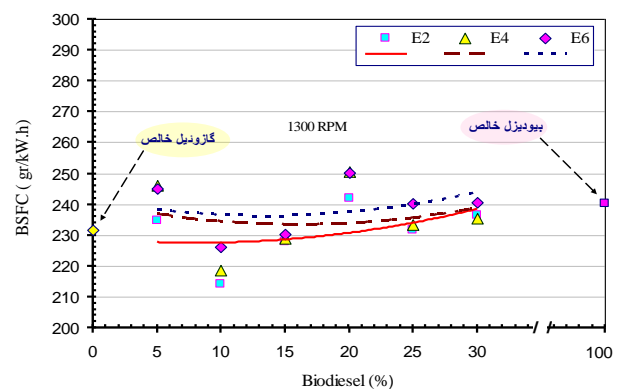
۳-۵- انتشار اکسیدهای نیتروژن NO_x

از بین هفت اکسید نیتروژن شناخته شده‌ی موجود در هوای محیط، اکسید نیتریک (NO) و دی‌اکسید نیتروژن (NO_2) از آلوده‌کننده‌های مهم به شمار می‌روند. NO_2 در دماهای بالا تشکیل می‌شود ولی با ادامه‌ی احتراق و کاهش دمای محفظه احتراق، NO_2 شروع به تجزیه شدن به NO و O_2 می‌کند و در نتیجه بیش‌تر NO_x منتشر شده به صورت NO است که نسبت به NO_2 کم‌تر سمی است.

هر چند سوخت بیودیزل به علت داشتن عدد ستان بالاتر باعث کاهش فشار و دمای بیشینه داخل محفظه‌ی احتراق می‌شود ولی به دلیل اینکه نقطه شروع تزریق با حالت گازوئیل خالص یکسان است و در نتیجه دما و فشار بیشینه افزایش



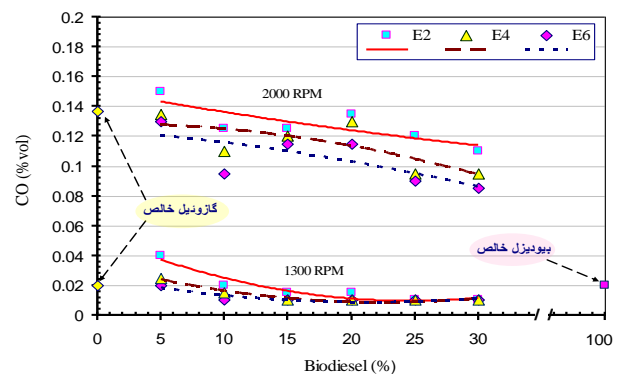
شکل (۳): اثر افزایش بیودیزل و اتانول بر مصرف سوخت ویژه‌ی ترمزی در دور حداکثر توان (۲۰۰۰rpm)



شکل (۴): اثر افزایش بیودیزل و اتانول بر مصرف سوخت ویژه‌ی ترمزی در دور حداکثر گشتاور (۱۳۰۰rpm)

۳-۶- انتشار اکسیدهای کربن CO و CO_2

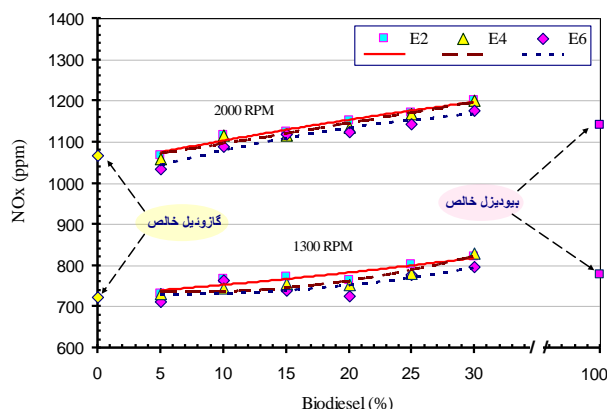
مونوکسیدکربن گازی است بی‌رنگ و بی‌بو که حتی در تراکم‌های بسیار کم نیز برای انسان و جانوران خطرناک است. هنگامی که در فرآیند سوختن مواد آلی، مقدار اکسیژن کم باشد، مونوکسیدکربن تشکیل می‌شود. تولید CO وجود اکسیژن در یک موتور احتراق داخلی با هم رابطه‌ی وارونه دارند. بیودیزل و اتانول دارای درصد‌های زیادی اکسیژن در ساختمان مولکولی خود هستند، در نتیجه در حین احتراق مونوکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن کمتری تولید می‌نمایند.



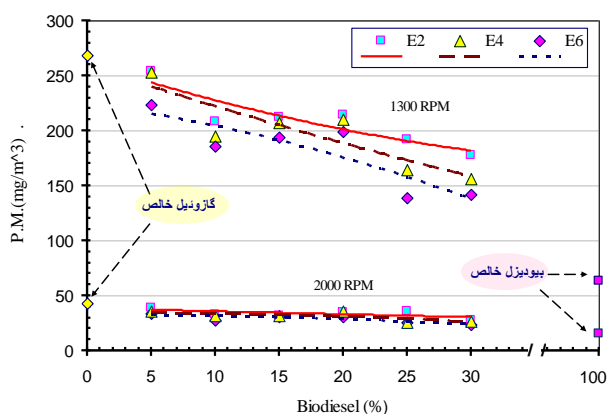
شکل (۵): اثر افزایش بیودیزل و اتانول بر انتشار CO

یک موتور دیزلی را ذرات دوده حاصل از احتراق ناقص تشکیل می‌دهند. در موتورهای دیزلی سوخت به طور مستقیم به داخل هوای فشرده درون سیلندر پاشیده می‌شود. مخلوط شدن کامل سوخت و هوا در سیلندر امکان پذیر نیست و تغییرات نامحدودی در غلظت مخلوط سوخت و هوا در سیلندر به وجود می‌آید. بنابراین به طور موضعی مناطق غنی در داخل سیلندر به وجود می‌آیند و فشار و درجه حرارت بالای تولید شده به علت احتراق، شرایط مطلوبی را برای بعضی از مولکول‌های سوخت به وجود آورده به طوری که به صوت حرارتی و هیدروژن‌زدایی شکسته شده و باعث تشکیل دوده به علت کمبود اکسیژن در آن شود [۱۱]. بیودیزل به دلیل داشتن بیش‌تر از ۱۰ درصد اکسیژن در ساختمان مولکولی خود، اثر کمبود اکسیژن در واکنش سوختن را که عامل اصلی تشکیل دوده است، پایین می‌آورد.

می‌یابد، موجب تجزیه نیتروژن دو اتمی و تولید NO_2 می‌شود. عامل وجود اکسیژن در ساختار مولکولی سوخت بیودیزل و اتانول نیز این مسئله را تشدید می‌کند و در نتیجه مقدار NO و NO_2 خروجی افزایش می‌یابد.



شکل (۷): اثر افزایش بیودیزل و اتانول بر انتشار (NO_x)



شکل (۸): اثر افزایش بیودیزل و اتانول بر انتشار PM

افزایش اتانول در نمونه‌ها باعث افزایش اکسیژن در ساختار سوخت شده و در نتیجه تولید مقدار PM را کاهش می‌دهد ولی این کاهش در دور ۲۰۰۰ rpm چندان محسوس نیست. از طرف دیگر با افزایش سهم بیودیزل، مقدار PM کم می‌شود به طوری که بیش‌ترین کاهش در نمونه‌ی دارای ۶ درصد اتانول و ۳۰ درصد بیودیزل در دور ۲۰۰۰ rpm دیده می‌شود. در این نمونه مقدار PM خروجی در مقایسه با گازوئیل خالص ۴۷ درصد کمتر است در این دور بیودیزل خالص نیز در مقایسه با گازوئیل خالص به مقدار ۷۶/۶ درصد PM را کاهش می‌دهد که مزیت سوخت بیودیزل در کاهش آلاینده‌ی را نشان می‌دهد.

نتایج نشان می‌دهند که هر چند اثر اتانول بر انتشار NO_x چندان قابل توجه نیست ولی با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط سوخت، مقدار NO_x افزایش می‌یابد، بطوری که مقدار NO_x در مخلوط سوختی با ۳۰٪ بیودیزل در دور ۱۳۰۰ rpm و ۲۰۰۰ rpm به ترتیب به مقدار ۱۴/۲ و ۱۲/۵ درصد بیش‌تر از گازوئیل خالص است. بیودیزل خالص نیز مقدار NO_x را در هر دو دور ۱۳۰۰ rpm و ۲۰۰۰ rpm به ترتیب به میزان ۷/۱ و ۶/۹ درصد افزایش می‌دهد.

۳-۶- انتشار ذرات معلق (PM)

به هر ماده به غیر از آب خالص که به صورت مایع یا جامد در اتمسفر در شرایط نرمال و اندازه میکروسکوپی یا زیرمیکروسکوپی اما بزرگتر از ابعاد مولکولی باشد، ذرات معلق می‌گویند. اندازه این ذرات متفاوت است. در صورتی که اندازه‌ی ذرات معلق، از یک مولکول بیشتر (قطر یک مولکول به طور معمول ۰/۰۰۰۲ میکرون است) و از ۵۰۰ میکرون کمتر باشد این ذرات می‌توانند بین چند ثانیه تا چند ماه در هوا معلق بمانند. این نوع ذرات باعث تیره رنگ شدن هوای شهر شده و هر چه مقدار آنها بیشتر باشد هوای شهر آلوده‌تر به نظر می‌رسد. ذرات معلق در اثر فرآیندهای احتراق، بیش‌ترین سهم را در آلاینده‌ی هوا دارند. به طور کلی ذرات آلاینده‌ی خروجی از آگروز که با عنوان مواد PM طبقه‌بندی می‌شوند را می‌توان به چند بخش مختلف تقسیم‌بندی کرد. این مواد عبارتند از: برخی اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد و کربن نسوخته. به طور کلی حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد از کل ذرات خروجی از

جدول (۵): عوامل عملکرد و آلاینده‌گی سوخت B10E2D88

مشخصه	دور موتور	گازوئیل خالص	سوخت B10E2D88
توان ترمزی	۱۳۰۰ rpm	۶۱/۵	۶۵
	۲۰۰۰ rpm	۸۲	۸۳
گشتاور موتور	۱۳۰۰ rpm	۳۳۰	۳۵۵
	۲۰۰۰ rpm	۲۸۳	۲۹۹
مصرف سوخت ویژه‌ی ترمزی	۱۳۰۰ rpm	۲۳۱	۲۱۴
	۲۰۰۰ rpm	۲۳۸	۲۳۸
انتشار (CO)	۱۳۰۰ rpm	-/۰.۲	-/۰.۲
	۲۰۰۰ rpm	۰/۱۳۷	۰/۱۲۵
انتشار (CO _۲)	۱۳۰۰ rpm	۸/۴	۸/۱۵
	۲۰۰۰ rpm	۱۱/۶	۱۱/۱
انتشار (NO _x)	۱۳۰۰ rpm	۷۲۲/۵	۷۶۳
	۲۰۰۰ rpm	۱۰۶۶	۱۱۱۶
انتشار (PM)	۱۳۰۰ rpm	۲۶۷/۹	۲۰۷/۹
	۲۰۰۰ rpm	۳۵/۴۳	۲۷/۸

۴- نتیجه‌گیری کلی

با مقایسه عوامل عملکردی موتور و نشر آلاینده‌ها در مخلوط‌های مختلف بیودیزل و اتانول با گازوئیل، می‌توان نتیجه گرفت که: افزودن ۲٪ اتانول و ۱۰٪ بیودیزل به سوخت گازوئیل متداول علاوه بر اینکه توان ترمزی و گشتاور موتور را در مقایسه با گازوئیل خالص افزایش می‌دهد، به دلیل بهبود کیفیت احتراق، انتشار آلاینده‌های CO، CO₂ و PM را نیز کاهش می‌دهد. ولی مقدار آلاینده NO_x را به علت وجود اکسیژن در ساختار شیمیایی سوخت اتانول و سوخت بیودیزل و همچنین احتراق سریع‌تر آن دو در نتیجه فشار و دمای بالاتر محفظه احتراق، افزایش می‌دهد.

۵- تقدیر و تشکر

در پایان از زحمات آقایان مهندس محسن جعفری، مهندس رحیم فرجی، مهندس علی‌اصغر مفید و تکنسین‌های واحد تحقیقات مهندسی شرکت موتورسازان تبریز به‌خاطر همکاری در انجام آزمایش‌ها سپاسگزاری نمایم.

۶- مراجع

- [۱] نجفی، بهمن؛ پیروزیناه، وهاب؛ قبادیان، برات؛ "بررسی تجربی پارامترهای عملکرد و آلاینده‌گی موتور دیزل با استفاده از سوخت جایگزین بیودیزل"، مجله فنی مهندسی مدرس، ص ۷۹ تا ۸۶، ۱۳۸۶.
- [۲] Abdul M.; John H.; Garpen V.; "The Effect of Biodiesel Oxidation on Engine Performance and Emissions", Biomass & Bioenergy, p.p. 324-330, 2001.
- [۳] Cormick M.; Michael S. R.; Tersal G.; Andrew A.; Herring M.; "Impact of Biodiesel Source Material and Chemical Structure on Emission of Criteria Pollutants from a Heavy-duty Engine", Environmental Science and Technology, vol.35, p.p. 1742-1747, 2001.
- [۴] Engler C.; Johnson L.; Jegasophy H.; Reddy M.; Yarbrough C.; "Partial Intersterification of Plant Oils", Agricultural Reviews and Manaals, Agricultural Reserch Service, the U.S. Department of Agri culture, Arm-Nc-28, 71, 1983.
- [۵] Fernando S.; Hanna M.; "Development of an Ovel Biofuel Blend Using Ethanol-Biodiesel-Diesel Microemulsions:EB-Diesel", Energy and Fuels, vol.18, p.p.1695-1703, 2004.
- [۶] Gerdes K.; Suppes G.; "Miscibility of Ethanol in Diesel Fuels", Industrial and Engineering Chemistry Research, vol.40, p.p. 949-956, 2001.
- [۷] Hamelinck C.; Faaij A.; "Outlook for Advanced Biofuels. Energy policy", vol.34, p.p.3268-3283, 2006.
- [۸] Haran S.; Mathai I.; "Transesterification Reactions", Journal of Scientific and industrial Research, vol.33, p.p.178-187, 1974.
- [۹] Lapuerta M.; Armas O.; GarciaContreras R.; "Stability of Diesel- Bioethanol Blends for Use in Diesel Engines", Biomass & Bioenergy, p.p.208-212, 2007.
- [۱۰] Malca M.; Freire F.; "Renewability and Life-cycle Energy Efficiency of Bioethanol and Bio-Ethyl Tertiary Butyl Ether", Assessing the implications of allocation, vol.31, p.p.3362-3380, 2006.
- [۱۱] Najafi B.; Piruzpanah V.; Ghobadian B.; "Experimental Investigation of Performance and Emission Parameters of a Small Diesel Engine Using CNG Biodiesel", JSAE, Paper No: 20076575 & SAE Paper No. 2007-32-0075.
- [۱۲] Nye J.; Southwell P.; "Conversion of Rapeseed Oil to Esters for Use as Diesel Fuel", Elsevier Applied Science Publishers, p.p. 487- 490, 1987.
- [۱۳] Rosenberg A.; Kaul H.; Senn T.; Aufhammer w.; "Costs of Ethanol Production from Winter Cereals:the Effect of Growing Conditions and Crop Production Intensity Levels", Mechanical Engeengering, vol.15, p.p.91-102, 2002.

۷- زیر نویس

^ Full Load