سومین کنفرانس سوخت و احتراق ایران
تهران - دانشگاه صنعتی امیرکبیر - اسفند ماه ۱۳۸۸
انجمن احتراق ایران
FCCI2010-3116
دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دانشکده مهندسی هوافضا

استفاده از بیودیزل به عنوان سوخت آتشزا در موتور دیزل دوگانه‌سوز جهت کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها

بهمن نجفی[۱]
دانشگاه محقق اردبیلی، گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی
Najafib@uma.ac.ir

چکیده

استفاده از سوخت گاز طبیعی یکی از راه حل‌های پیشنهاد شده برای کاهش مصرف سوخت فسیلی و آلایندگی در موتورهای دیزل (تبدیل یافته به دوگانه سوز)، می‌باشد. بطور نظری گاز طبیعی کاملا می‌تواند جایگزین گازوئیل شود ولی در عمل بیشتر از ۹۰ درصد امکان پذیر نیست زیرا برای احتراق گاز نیاز به پاشش سوخت مایع به عنوان سوخت آتشزا می‌باشد. بطور متعارف سوخت آتشزا، گازوئیل می‌باشد که در این تحقیق امکان استفاده از بیودیزل بجای گازوئیل بررسی شد. بیودیزل استفاده شده در این تحقیق، اتیل‌استر روغن پسماند(آفتاب گردان) می‌باشد که مخلوطهای مختلفی از آن با گازوئیل (بر مبنای حجمی B10، B20، B30 و B40) در یک موتور دیزل کم دور (لیستر M8/1) تبدیل یافته به دوگانه‌سوز، مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آزمونها که بر اساس تست کوتاه مدت موتور و بر مبنای استاندارد ECR-49 انجام پذیرفت، نشان داد: با افزایش سهم بیودیزل در مخلوط سوخت (آتش‌زا)، احتراق بصورت نامناسب انجام پذیرفته و در نتیجه پارامترهای عملکردی موتور (مانند،توان ترمزی و بازده) کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، بدلیل ماهیت احتراق پاک سوخت بیودیزل، انتشار آلاینده‌هایCO و NOx ویژه ترمزی، به ترتیب تا ۶۷ ٪ و ۶ ٪ نسبت به استفاده از سوخت گازوئیل، کاهش می‌یابد ولی مقدار آلاینده UHC ویژه ترمزی، در سوخت B10% تا ۱۸٪ افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد مهمترین مزیت استفاده از بیودیزل به عنوان سوخت آتشزا، کاهش آلایندگیCO و NOx در موتور دوگانه‌سوز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بیودیزل- اتیل‌استرِ روغن پسماند - گازطبیعی - موتور دیزل دوگانه‌سوز- انتشار آلاینده‌ها

۱- مقدمه

تاکنون مهمترین و معمول‌ترین سوخت جهت استفاده در موتورهای دیزل، در بسیاری از کشورهای دنیا گازوئیل بوده است. استفاده از گازوئیل در این موتورها موجب انتشار مواد مضر و آلاینده، با ترکیبات شیمیایی پیچیده می‌شود که خسارات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد می‌کند. با آنکه تمهیدات مختلفی جهت کاهش آلودگی اعم از برنامه های معاینه فنی خودورها یا نصب سیستم های کنترل انتشار آلاینده در اگزوز خودروها در کشورهای پیشرفته بکار گرفته شده، لیکن این برنامه ها در شهرهای بزرگ مسئله تولید آلاینده ها را به حد کافی کاهش نداده است. در این راستا، سوختهای بیولوژیک دارای خواص فیزیکی و شیمیایی ذاتی هستند که آنها را در عمل، پاک تر از سوخت های دیگر می‌نماید. بطور کلی این سوختها حین احتراق، آلاینده کمتری تولید کرده و مواد منتشره حاصل از احتراق آنها دارای فعالیت شیمیایی کمتری برای تشکیل اوزون و مواد سمی دیگر می‌باشند[۱]. به این ترتیب، معرفی سوختهای جایگزین و مطالعه در خصوص امکان استفاده و بهره برداری از آنها، با توجه به ملاحظات فنی و اقتصادی و گستردگی منابع اولیه تولید برخی از آنها در ایران، از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. سوخت گاز طبیعی، با توجه به فراوانی منابع گاز، کیفیت مطلوب احتراق و مطابقت انتشار میزان آلاینده خروجی از اگزوز با مقررات زیست محیطی و نهایتاً قیمت ارزان آن نسبت به سایر منابع انرژی، به عنوان اصلی ترین شکل انرژی جایگزین در اغلب نقاط دنیا مطرح است. گاز طبیعی شامل بیش از ۹۵ درصد متان و مابقی ترکیبات سنگین‌تری مانند اتان یا پروپان و

۱- استادیار، دانشگاه محقق اردبیلی

درصد ناچیزی از ترکیبات ناخالصی مانند CO_2 و ترکیبات گوگردی است که یا از مخازن گاز بطور مستقیم و یا به صورت گازهای همراه با نفت خام استخراج می‌گردد[۲].

در موتورهای دیزل، احتراق توسط اشتعال خودبخودی سوخت به واسطه درجه حرارت و فشار بالای موجود در مرحله تراکم صورت می‌گیرد، بدلیل بالا بودن درجه خود اشتعالی گاز طبیعی نسبت به سوخت گازوئیل، استفاده ۱۰۰٪ از این نوع سوخت در موتورهای دیزل موجود با سیستم احتراق تراکمی غیر ممکن می‌باشد، لذا جهت استفاده کامل از سوخت گازی در این نوع از موتورها، لازم است تا موتور بازسازی شده و از حالت اشتعال تراکمی به موتور گازسوز با اشتعال جرقه‌ای تبدیل شوند. تبدیل سیکل دیزل به سیکل اتو مستلزم صرف هزینه بسیار بالایی می‌باشد که عملاً بکارگیری این روش را محدود می‌کند. لذا برای گازسوز کردن موتورهای دیزلی از روش دوگانه‌سوز (Dual Fuel) استفاده می‌شود. در این موتورها، سوخت مایع تنها به عنوان عامل اشتعال (آتشزا Pilot) و سوخت گازی به منظور ادامه دهنده احتراق در موتور مورد استفاده قرار می‌گیرند به این ترتیب که در ابتدا مخلوط سوخت گازی و هوا در محفظه احتراق، متراکم شده و سپس در صد کمی سوخت مایع (حدود ۱۰ در صد انرژی کل سوخت استفاده شده) به عنوان شروع کننده اولیه احتراق، به داخل محفظه احتراق پاشیده می‌شود. بنابراین، در این موتورها با یک سری تغییراتی در سیستم سوخت رسانی موتور، استفاده از انواع سوختهای جایگزین (مایع یا گازی) میسر می‌باشد[۴ و ۷].

در این تحقیق از سوخت بیودیزل که سوختی پاک و تجدیدپذیر است بجای گازوئیل استفاده گردید تا کاملا موتور دیزل، با سوختهای جایگزین کار کند. تحقیقات نشان می‌دهد که با تبدیل تری‌گلیسریدهای تشکیل دهنده روغنهای گیاهی به استرهای اسیدهای چرب، سوختی تولید می‌شود (بیودیزل) که خواصی مشابه سوخت گازوئیل (متداول شماره۲) دارد. بیودیزل، جایگزین مناسبی برای گازوئیل می‌باشد که از منابع تجدیدپذیر بدست آمده و در مقایسه با گازوئیلی که جایگزینش می‌شود، سوختی پاک به حساب می‌آید[۱و ۳و ۵].

۲- مواد و روشها

در تمام آزمایشها، از سوخت گاز طبلیعی، به عنوان سوخت اصلی استفاده گردید که در حد ۹۰ درصد انرژی کل، جایگزین سوخت گازوئیل شد و از ۱۰ درصد انرژی کل مخلوط سوخت بیودیزل و گازوئیل، به عنوان سوخت آتش‌زا استفاده شد. به منظور بررسی تاثیر سهم بیودیزل در عملکرد و آلایندگی موتور دوگانه سوز، نسبتهای مختلفی از بیودیزل با گازوئیل با نسبت زیر۵۰٪ بیودیزل، بصورت حجمی مخلوط شدند، زیرا تحقیقات قبلی حاکی از این واقعیت است که مخلوط سوخت بیودیزل با نسبت ۲۰٪ در موتور دیزل خالص یک شرایط بهینه‌ای را ایجاد می‌کند[۱]. مخلوطهای سوخت، حاوی۱۰٪، ۲۰ ٪، ۳۰٪ و ۴۰٪ بیودیزل بر مبنای حجمی بودند که بترتیب B10، B20، B30 و B40 نامیده شدند. هر یک از سوختها در ۸۲/۹٪ بار نهایی دینامومتر (بار قابل تنظیم با دینامومتر قبل از حد نهایی) مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمونها بر مبنای استاندارد ECR-49 و به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه بار تکرار انجام گرفت.

۲-۱- مشخصات اصلی سوخت بیودیزل

بیودیزل استرهای منواکلیل اسیدهای چرب با زنجیر طویل می‌باشد که از منابع طبیعی تجدید پذیر مانند روغنهای گیاهی یا چربیهای حیوانی تهیه می‌شود و تشابه زیادی با گازوئیل دارد که آنرا به عنوان یک سوخت جایگزین جدی مطرح می‌کند. همچنین، بیودیزل سازگار با سوخت متداول گازوئیل بوده و می‌تواند با هر نسبتی با سوخت گازوئیل مخلوط شود. بیودیزل استفاده شده در این تحقیق اتیل‌استر روغن پسماند رستوران، با فرمول شیمیایی ($C_{20}H_{39}O_2$) می‌باشد که در آزمایشگاه سوخت دانشگاه محقق اردبیلی تولید شده است و سوخت گازوئیل متداول در ایران (گازوئیل شماره ۲) نیز به عنوان سوخت مرجع استفاده شده است. مهمترین اتیل استرهای موجود در ساختار بیودیزل تولید شده از روغن پسماند و اتانول، اتیل استئارات

(۶۷/۰۱ درصد)، اتیل لینولئات (۱۲/۸۷ درصد)، اتیل اولئات (۱۱/۴۹ درصد) و اتیل پالماتیک (۷/۶ درصد) می‌باشد. خواص ترموفیزیکی و احتراقی مخلوط‌های مختلف بیودیزل تولید شده با گازوئیل، بر اساس استاندارد ASTM اندازه‌گیری شد (جدول ۱). چگالی سوخت بیودیزل خالص بدلیل داشتن اکسیژن در مخلوط شیمیایی خود بیشتر از گازوئیل است و ویسکوزیته سینماتیکی آن نیز بدلیل جرم مولکولی زنجیره‌های طولانی، بیشتر است. مقدار اکسیژن موجود در بیودیزل که در حدود ۱۰٪ وزن کل است که موجب کاهش ارزش حرارتی مخلوط سوخت می‌شود. عدد ستان سوخت بیودیزل در حدود ۶۵ می‌باشد که در مقایسه با سوخت گازوئیل بیشتر است. نقطه اشتعال بیودیزل نسبت به گازوئیل بالاتر می‌باشد ولی نقطه ابری‌شدن آن پایین‌تر از گازوئیل است که استفاده از آن را در مناطق سردسیز محدود می‌کند. مقدار گوگرد موجود در بیودیزل بسیار کمتر از سوخت گازوئیل است، در نتیجه میزان انتشار اکسیدهای گوگرد را کاهش می‌دهد.

جدول۱- مشخصات مخلوط‌های مختلف سوخت بیودیزل تولید شده با گازوئیل متداول در ایران

مشخصات سوخت			گازوئیل خالص	ترکیب سوخت بیودیزل با گازوئیل				بیودیزل خالص
خصوصیت	واحد	استاندارد ASTM		B10	B20	B30	B40	
چگالی	g/cm^3	D4052	۰/۸۱۵	۰/۸۴۵	۰/۸۴۹	۰/۸۵۴	۰/۸۶۱	۰/۸۹۵
ویسکوزیتهٔ سینماتیک در $40\ ^oC$	Cst	D445	۲/۴۵	۲/۷۸	۳/۰۱	۳/۱۴	۳/۲۹	۴/۷۹
ارزش حرارتی پایین	MJ/Kg	D240	۴۲/۵	۴۱/۸	۴۱/۲	۳۹/۹	۳۹/۶	۳۸/۷
عدد ستان	-	D613	۵۷/۳	۵۸/۴۸	۵۹/۶	۵۹/۸	۶۰/۶	۶۴/۵
نقطهٔ اشتعال	^0C	D93	۶۱	۶۵/۵	۷۲	۸۳	۹۴	۱۵۵
نقطهٔ ابری شدن	^0C	D2500	-۴	-۲	۱/۵	۳	۴	۷
نقطهٔ ریزش	^0C	D97	-۲۴	-۱۹	-۱۴	-۱۲	-۱۱	-۴
درصد وزنی عناصر موجود: کربن	%	D6548	۸۵/۰۵	۸۵/۸۵	۸۶/۶۶	۸۷/۴۶	۸۸/۲۷	۷۷
درصد وزنی عناصر موجود: هیدروژن	%	D6548	۱۴/۹	۱۴/۶۶	۱۴/۴۲	۱۴/۱۸	۱۳/۹۴	۱۲/۵
درصد وزنی عناصر موجود: اکسیژن	%	D6548	۰	۱/۰۵	۲/۱	۳/۱۵	۴/۲	۱۰/۵
درصد وزنی عناصر موجود: گوگرد	%	D6548	۰/۰۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴	۰/۰۳۵	۰/۰۳	۰

۲-۲- مشخصات سوخت گاز طبیعی

گاز طبیعی دارای مخلوط‌های مختلفی است که به شدت تابع محل استخراج و حتی زمان استخراج بوده و شامل ۸۰ تا ۹۰ درصد متان و مابقی هیدروکربنهای سنگین‌تر مانند پروپان، بوتان، پنتان است. خصوصیات فیزیکی گاز طبیعی استفاده شده در این تحقیق در جدول (۲) آورده شده است.

جدول۲- خصوصیات فیزیکی سوخت گاز طبیعی استفاده‌شده

خصوصیات سوخت	واحد	مقدار کمیت
وزن ملکولی متوسط	(Kg/Kmol)	۱۶/۰۴
چگالی	(kg/m^3)	۰/۶۵۱
انرژی حرارتی پایین	(MJ/Kg)	۵۵/۵۳
انرژی حرارتی بالا	(MJ/Kg)	۵۰/۰۲
دمای خود اشتعالی	(^oC)	۸۱۳
نسبت استوکیومتری وزنی	(A/F)	۰/۰۵۸
حداقل حد شعله‌ری در هوا	(درصد حجمی)	۵/۳

۳-۲- مشخصات موتور دوگانه سوز

مشخصات فنی موتور مورد آزمایش در این تحقیق در جدول (۳) داده شده است، این موتور چهار زمانه با تنفس طبیعی و با محفظه احتراق توربولانت، پاشش غیر مستقیم (IDI) و از نوع لیستر مدل M8/1 با حداکثر توان ۸ اسب بخار در سرعت ۸۵۰ دور بر دقیقه، ساخت شرکت صانع دیزل تبریز می باشد که در گروه مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز دوگانه سوز شده است.

جدول۳- مشخصات فنی موتور مورد آزمایش

مشخصات	مقدار	واحد
تعداد سیلندر	۱	-
قطر پیستون	۱۱۴/۳	mm
کورس پیستون	۱۳۹/۷	mm
طول شاتون	۳۷۹/۴	mm
نسبت تراکم	۱۷/۵:۱	-
ظرفیت سیلندر	۱/۵۰۶۶	لیتر
مصرف ویژهٔ سوخت در حداکثر توان	۳۰۲	gr/kw.hr
حداکثر توان ترمزی در ۸۵۰rpm	۶	کیلو وات
زاویهٔ شروع پاشش	-۲۱	درجه میل لنگ
زاویهٔ خاتمه پاشش	+ ۹	درجه میل لنگ

۴-۲- مشخصات تجهیزات مورد آزمایش

تجهیزات استفاده شده در اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی و غلظت آلاینده‌های خروجی موتور،به شرح زیر می‌باشد:

۱)دینامومتر ایستاده الکترومغناطیسی با جریان فوکو مدل Schenk W400 جهت اندازه‌گیری توان ترمزی موتور

۲)زاویه‌سنج از نوع Gaebridge مدل 45HD

۳)مبدل فشار از نوع پیزوالکتریک مدل Kistler 6123 جهت اندازه گیری فشار داخل سیلندر

۴)اسیلوسکوپ به همراه کامپیوترPC جهت نمایش و ثبت تغیرات فشار داخل سیلندر

۵)حسگر دما برای اندازه گیری دمای خروجی اگزوز

۶)مخزن و دبی سنج سوخت مایع از نوع پیپت

۷)دبی سنج سوخت گازی از نوع فلومتر

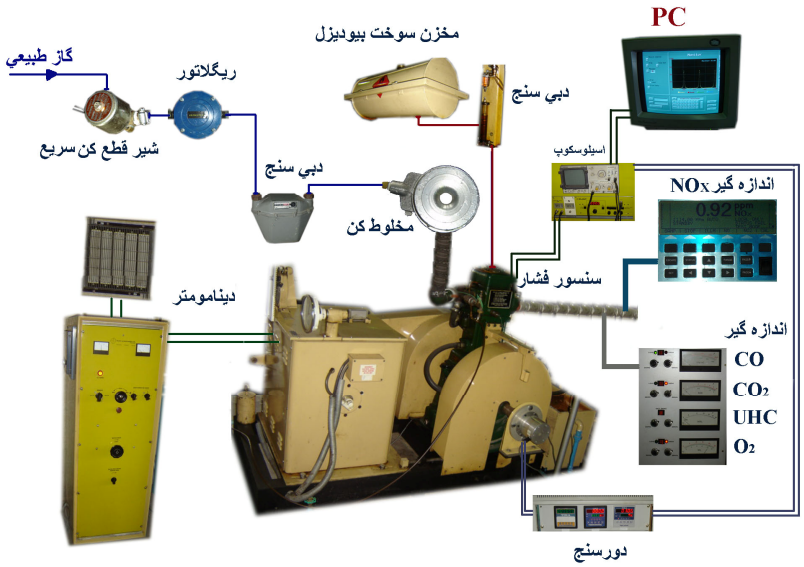
۸)شیر قطع کن سریع جریان گاز

۹)ریگلاتور تنظیم فشار سوخت گاز

۱۰) مخلوط کننده سوخت و هوا در ورودی موتور

۱۱)دستگاه آلاینده‌سنج نوع Cussons مدل P8333 که در آن: درصد حجمی گاز CO و CO_2 به روش NDIR، در صد حجمی گاز O_2 به روش پارامگنتیک و غلظت UHC به روشFID برحسب ppm اندازه‌گیری می‌شود.

۱۲) دستگاه آلاینده‌سنج نوع سیگنال مدل VM 4000 که غلظت اکسیدهای ازت (NO و NO_2) را به روش CLD برحسب ppm اندازه‌گیری می‌کند.



شکل۱- مجموعه تجهیزات استفاده شده

۵-۲- روش و مراحل انجام آزمایش

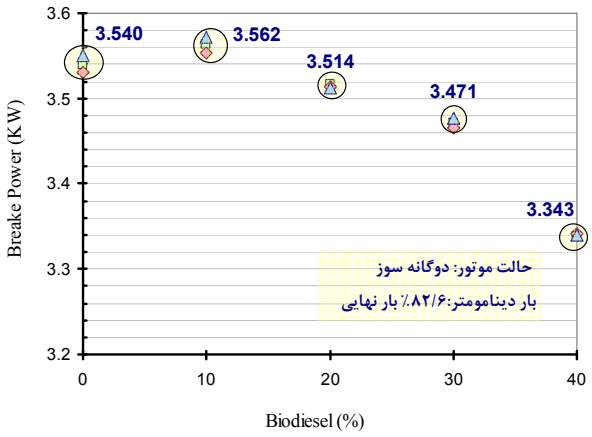
آزمونها در قالب یک تست کوتاه مدت موتور بر مبنای استاندارد ECR-49 و با هدف بررسی تاثیر سهم بیودیزل در مخلوط سوخت آتشزا ، بر پارامترهای عملکرد موتور و آلاینده‌های خروجی انجام گرفت. پارامترهای تحت کنترل، مخلوط‌های مختلف سوخت بیودیزل و گازوئیل بوده است. بار دینامومتر بصورت دستی به موتور اعمال می‌شد و از طریق نمایشگر دیجیتالی بصورت دستی کنترل می‌گردید. با اندازه‌گیری زمان مصرف ۲۵ cc سوخت (حجم مشخص شده بر روی استوانه پیت)، آهنگ مصرف سوخت محاسبه شد. آهنگ مصرف سوخت گازی بصورت دیجیتالی با استفاده از یک فلو متر بدست آمد. دمای خروجی اگزوز با استفاده از یک ترموکوپل اندازه گیری شد. فشار داخل سیلندر از طریق یک حسگر پیزوالکتریک در گامهای زمانی یکسان دریافت شده و پس از تنظیم با اسیلوسکوپ، در صفحه نمایش کامپیوتر نمایش و ذخیره گردید. برای اندازه گیری آلاینده ها، ابتدا شیر مجرای ورودی هر یک از دستگاه ها بطور مجزا باز شده و پس از نمونه گیری، مقادیر آلاینده‌ها نشان داده شده در نمایشگر دستگاه‌ها، بصورت دستی یادداشت شد. در هر یک از آزمونها، ابتدا موتور با مخلوط سوخت بیودیزل و گازوئیل، تحت بار ۸۲/۶ درصد بارنهایی دینامومتر قرار می‌گرفت و میزان بار دینامومتر و سرعت دورانی آن بصورت دستی یادداشت می‌شد، تا توان تولید شده موتور محاسبه شود. سپس آهنگ مصرف سوخت مایع به کمک شانه سوخت تا جایی کاهش می یافت تا توان ترمزی تولید شده، به ۱۰ درصد توان تولید شده در حالت قبل (مد دیزل خالص، مخلوط بیودیزل و گازوئیل) برسد. در نهایت، برای جبران ۹۰ درصد افت توان از حالت موتورِ دیزل خالص، سوخت گاز طبیعی وارد موتور گردید تا دوباره همان توان موجود در حالت دیزلِ خالص حاصل گردد. بدیهی است که در حالت دوگانه‌سوز ۹۰ درصد توان کل از طریق سوخت گازی و ۱۰ درصد آن از طریق سوخت آتشزا تامین می‌گردد. در هر یک از مراحل آزمون، پس از تنظیم شانه سوخت رسانی، موتور بمدت ۱ دقیقه در حالت کار قرار می‌گرفت تا بار و دور موتور به حالت پایدار برسد و سپس تمام داده‌ها بصورت دستی یادداشت می‌شد. مرحله گرم کردن موتور، شامل ۱۰ دقیقه کارکردن موتور با هر یک از مخلوط‌های سوخت مایع مورد آزمایش و درحالت دیزل خالص بود. مشخصه‌هایی نظیر فشار داخل محفظه احتراق، دمای خروجی اگزوز، توان ترمزی و همچنین آلاینده‌های NOx ، CO و UHC در رابطه با هر نوع مخلوط سوخت آتشزا اندازه‌گیری گردید. در تمام حالتهای آزمون، شانه سوخت ابتدا در حالت کاملا باز قرار داشت و در طول مدت آزمایش تغییری بر موتور اعمال نگردید و هیچ مشکلی از قبیل اختلال در جریان سوخت آتشزا و گرفتگی انژکتور مشاهده نشد.

۳- بحث و نتایج

بیودیزل حاصل از روغنهای گیاهی شامل مخلوطهای مختلفی از استرهای اسیدهای چرب می‌باشد. خصوصیات بیودیزلها بطور قابل ملاحظه‌ای به زنجیرهای اسیدهای چرب موجود در منبع اولیه تولید (نوع روغن) و نوع الکل استفاده شده در فرآیند تولید، بستگی دارد لذا باید در نظر داشت که نتایج حاصل از این تحقیق منحصر به بیودیزل تولید شده از روغن پسماند رستوران با الکل اتانول بوده و بیودیزل، اتیل استر اسیدهای چرب می‌باشد و لذا نتایج آن قابل تعمیم به تمام سوختهای بیودیزل نمی‌باشد.

۳-۱- توان ترمزی موتور

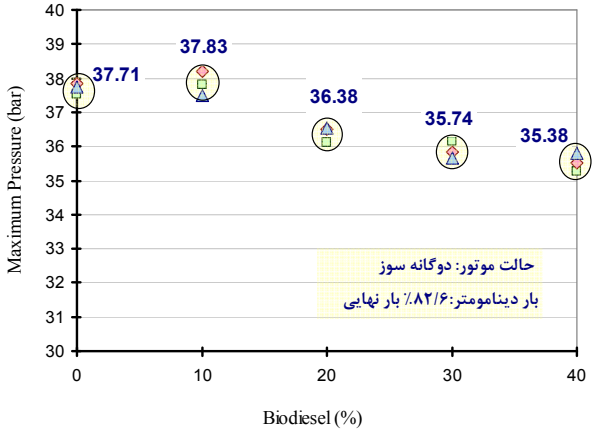
بدلیل ساختار مولکولی سوخت بیودیزل، بدیهی است که انرژی حرارتی تزریق شده به سوخت گازی (به هنگام پاشش سوخت آتش زا)، مکانیسم احتراق متفاوت است و در نتیجه رفتار موتور در عملکرد و آلاینده‌گی نیز متفاوت می‌باشد. توان ترمزی موتور با اندازه‌گیری بار دینامومتر و سرعت دورانی آن از رابطه محاسبه می‌شود. نمودار(۱) توان ترمزی موتور را در مخلوطهای مختلف سوخت آتشزا نشان می‌دهد. نتایج بیانگر این است که با افزودن سوخت بیودیزل به گازوئیل متعارف (به عنوان سوخت آتشزا)، توان ترمزی موتور، ابتدا تا سوخت B10% نسبت به گازوئیل خالص اندکی افزایش یافته (درحدود یک درصد) و سپس کاهش می‌یابد یا به عبارت دیگر استفاده از درصدهای بالای سوخت بیودیزل در مخلوط سوخت آتشزا، افت توان را به همراه دارد. بیشترین افت توان مربوط به سوختی با ۴۰٪ بیودیزل می‌باشد که در حدود ۵/۵٪ کاهش توان از حالت گازوئیل خالص است. توان تولید شده با سوخت بیودیزل خالص به عنوان سوخت آتشزا برابر ۳/۲۱ KW می‌باشد. اندکی افت توان ترمزی موتور با توجه به پایین بودن ارزش حرارتی بیودیزل نسبت به گازوئیل، قابل پیش‌بینی و توجیه می‌باشد.



نمودار۱- تاثیر وجود بیودیزل در سوخت آتشزا بر توان ترمزی موتور دوگانه‌سوز

۳-۲- تاثیر بیودیزل بر حداکثر فشار داخل محفظهٔ احتراق

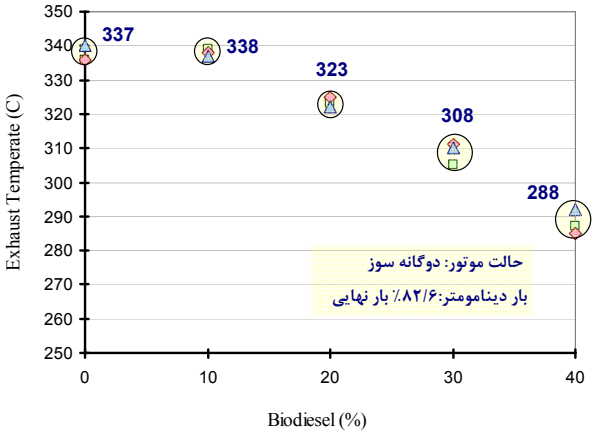
تاثیر سهم بیودیزل در سوخت آتشزا برحداکثر فشار داخل سیلندر در نمودار (۲) نشان داده شده است. در محدوده سوخت B10% ، حداکثر فشار داخل سیلندر بیشترین مقدار را دارد ولی با افزایش سهم ببودیزل در مخلوط سوخت، فشار حداکثر داخل سیلندر نسبت به گازوئیل خالص در مخلوط B10% به مقدار ۸٪ کاهش می‌یابد. حداکثر فشار داخل سیلندر در صورت استفاده از سوخت بیودیزل خالص به عنوان سوخت آتشزا، برابر ۳۳/۹ بار می‌باشد که نسبت به استفاده از سوخت گازوئیل خالص به عنوان سوخت آتشزا، در حدود ۱۰درصد کاهش دارد.



نمودار۲- تاثیر وجود بیودیزل در سوخت آتشزا بر حداکثر فشار داخل سیلندر

۳-۳- تاثیر بیودیزل بر دمای خروجی اگزوز

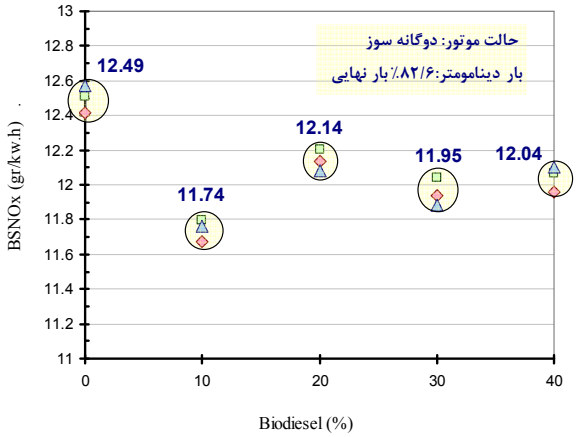
از مقایسه دمای خروجی اگزوز برای مخلوط سوختهای متفاوت در نمودار (۳)، مشخص می‌شود که با افزایش سهم بیودیزل در مخلوط سوخت، دمای خروجی اگزوز کاهش می‌یابد. ارزش حرارتی پایین سوخت بیودیزل، عامل اصلی افت دما در محفظه احتراق و درنتیجه دمای خروجی اگزوز می‌باشد. در صورت استفاده از سوخت بیودیزل خالص به عنوان سوخت آتشزا، دمای خروجی اگزوز برابر ۲۸۴ ^{o}C می‌باشد که نسبت به گازوئیل، در حدود ۴۹ ^{o}C کمتر است.



نمودار۳- تاثیر وجود بیودیزل در سوخت آتشزا بر دمای خروجی اگزوز

۴-۳- تاثیر سوخت بیودیزل بر انتشار NOx

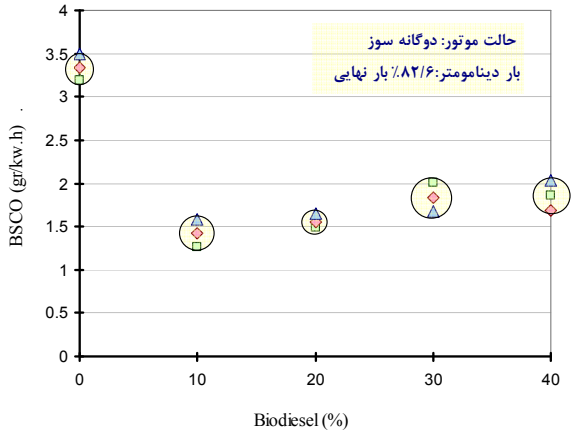
مهمترین تفاوت اساسی سوخت بیودیزل و گازوئیل محتوای اکسیژن آن می‌باشد. میزان اکسیژن موجود در گازوئیل صفر است در حالیکه بیودیزل ۱۰ تا ۱۲ درصد وزنی اکسیژن دارد و در نتیجه مکانیزم احتراق آن متفاوت با گازوئیل می‌باشد. تاثیر افزایش سهم بیودیزل در مخلوط سوخت، بر انتشار آلاینده NOx ویژه ترمزی، در نمودار (۴) نشان داده شده است. در تمام سوختها میزان آلاینده اکسیدهای نیتروژن ویژه ترمزی (BSNOx)، بیشتر از حالت استفاده از گازوئیل خالص می‌باشد. با توجه به اینکه تشکیل NOx در احتراق شدیدتر و در دماهای بالا اتفاق می‌افتد لذا کاهش NOx در سوختهای حاوی بیودیزل، نشانگر دمای پایین احتراق می‌باشد که در اثرکاهش ارزش حرارتی و افزایش زمان تاخیر در اشتعال اتفاق می‌افتد. بیشترین کاهش مربوط به سوخت B10 است که در حدود ۶ درصد کاهش از حالت گازوئیل خالص می‌باشد. مقدار BSNOx در سوخت بیودیزل خالص (به عنوان سوخت آتشزا) برابر ۱۱/۹۳ gr/kw.h می‌باشد.



نمودار۴- تاثیر بیودیزل بر انتشار آلاینده NOx

۵-۳- تاثیر سوخت بیودیزل بر انتشار CO

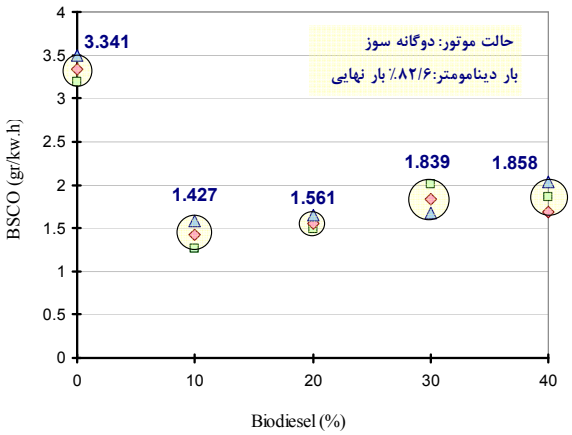
نتایج انتشار آلاینده CO در بارهای مختلف دینامومتر و سوختهای متفاوت در تمودار (۵) آورده شده است. انتشار آلاینده CO در سوختهای حاوی بیودیزل، بطور معنی داری نسبت به گازوئیل خالص کمتر است. بیشترین کاهش مربوط به سوختی با حدود ۱۰ تا۲۰ درصد بیودیزل در مخلوط سوخت آتشزا می‌باشد که بطور متوسط تا ۶۷٪ آلاینده CO نسبت به حالت گازوئیل خالص (به عنوان سوخت آتشزا) کاهش دارد و لذا در صورت استفاده از ۱۰درصد مخلوط سوخت بیودیزل با ۸۰درصد گازوئیل (B10) به عنوان سوخت آتشزا، مقدار انتشار آلاینده منوکسیدکربن به ازای تولید یک واحد توان، کمترین مقدار را دارد. مقدار انتشار آلاینده منوکسیدکربن ویژه ترمزی (BSCO) در سوخت بیودیزل خالص، برابر ۲/۱۶ gr/kw.h می‌باشد.



نمودار۵- تاثیر بیودیزل بر انتشار آلاینده CO

۶-۳- تاثیر سوخت بیودیزل بر انتشار UHC

تولید هیدروکربن‌های نسوخته UHC علاوه بر پایین آوردن بازده موتور، به عنوان آلاینده نیز محسوب می‌شوند. تاثیر نوع سوخت بر انتشار آلاینده UHC در نمودار (۶) نشان داده شده است. با افزایش سهم بیودیزل در مخلوط سوخت آتشزا، آلاینده UHC نسبت به گازوئیل خالص، افزایش می‌یابد. بیشترین افزایش مربوط سوخت B40% می‌باشد که در حدود ۱۸/۳ درصد بیشتر ار سوخت گازوئیل خالص است. و در سوخت بیودیزل خالص است مقدار انتشار هیدروکربن‌های نسوخته ویژه ترمزی (BSHC) برابر ۱/۰۴۹ gr/kw.h می‌باشد.



نمودار۶- تاثیر بیودیزل بر انتشار آلاینده UHC

۴- نتیجه‌گیری

نحوهٔ پخش‌شدن، اتمیزه شدن و مکانیزم احتراق مخلوط سوخت بیودیزل با گازوئیل (آتش‌زا)، در موتورهای دیزل تبدیل یافته به دوگانه‌سوز، بطور قابل ملاحظه‌ای با سوخت گازوئیل خالص متفاوت است. ویسکوزیتهٔ بالای بیودیزل (اتیل استر) منجر به اتمیزه شدن ناقص سوخت در فرآیند پاشش می‌شود که در اثر مخلوط شدن نا مناسب سوخت بیودیزل خالص با مخلوط سوخت گاز طبیعی و هوا، نسبت هم ارزی غیرهمگنی در محفظه احتراق ایجاد شده و در نتیجه احتراق ناقص و نشر هیدروکربنهای نسوخته (UHC) بیشتر می‌شود. ولی در عوض با استفاده از سوخت بیودیزل به عنوان سوخت آتشزا، حداکثر دما و فشار داخل محفظه احتراق پایین بوده و در نتیجه، انتشار NOx که مشکل اصلی موتورهای دوگانه‌سوز است، کاهش می‌یابد. بطور کلی با مقایسه پارامترهای عملکردی موتور و نشر آلاینده‌ها در مخلوطهای مختلف بیودیزل با گازوئیل متداول (به عنوان سوخت آتشزا)، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش سهم بیودیزل، بدلیل ماهیت احتراق پاک سوخت بیودیزل، مخلوط ۱۰درصد سوخت بیودیزل با ۹۰درصد گازوئیل (B10) به عنوان سوخت آتشزا، انتشار آلاینده‌های CO و NOx به ازای یک واحد تولید قدرت، به ترتیب ۶۷ و ۶ درصد، نسبت به گازوئیل خالص (به عنوان سوخت آتشزا) کاهش می‌یابد که مهمترین مزیت سوخت بیودیزل می‌باشد، ولی در این مخلوط (B10)، مقدار آلاینده UHC تا ۱۸درصد افزایش می‌یابد.

مراجع

۱- نجفی، ب؛ پیروزپناه، و؛ قبادیان، ب؛ "بررسی تجربی پارامترهای عملکرد و آلایندگی موتور دیزل با استفاده از سوخت جایگزین بیودیزل"، مجلهٔ فنی مهندسی مدرس، ص ۷۹ تا ۸۶ ، ۱۳۸۶.

2-Papagiannakis, R.G., and Hountalas D.T., *"Combustion and exhaust emission characteristics of dual fuel compression ignition engine operated with pilot diesel fuel and natural gas"*, Energy Conversion & Management, Vol. 45, pp. 2971 2987, 2004.

3-Srivastava, A., and Prasad. R., "*Triglycerides based diesel fuels"*, Renewable and Sustainable Energy; Vol. 4, pp.111-133, 2000.

4-Abd-Alla, G.H., *"Effect of pilot fuel quantity on the performance of a dual fuel engine"*, Energy Conversion & Management, Vol. 41, pp. 559-572, 2000.7- R.Altin et all "The Potential of Using Vegetable Oil Fuels as Fuel for Diesel Engines", Energy Conversion & Management; Vol. 42, pp 529-538, 2001.

5-Antolin, G., *"Optimization of biodiesel production by sunflower oil transesterifcation"*, Bioresource Technology; Vol. 83, pp. 111-114, 2002.

6-Siler-Marinkovic, S., *"Transesterification of sunflower oil"*, Fuel, Vol. 77, No. 12 pp 1389 1391, 1998.

7-Nwafor, O.M.I., *"Effect of choice of pilot fuel on the performance of natural gas in diesel engines"* , Renewable Energy, Vol. 21, pp 495 -504, 2000.