فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات موتور

تارنمای فصلنامه: www.engineresearch.ir

بررسی آلایندگی سوخت دیزل و متیل استر سویا در موتور دیزل سریع

آرمان حمیدی[۱*]، سید مصطفی میرسلیم[۲]، برات قبادیان[۳]، پیمان شرقی[۴]، سعید عبدالملکی[۵]

[۱] دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، hamidi@aut.ac.ir

[۲] دانشگاه صنعتی امیرکبیر و شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو)، تهران، ایران، mirsalim@csr.ir

[۳] دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، ghobadib@modares.ac.ir

[۴] شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو)، تهران، ایران، p_sharghi@ip-co.com

[۵] شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو)، تهران، ایران، s_abdolmaleki@ip-co.com

[*] نویسندهٔ مسئول، شمارهٔ تماس: ۰۹۱۹۱۲۲۶۹۲۷

چکیده

زیست‌دیزل یکی از سوخت‌های زیستی تجدیدپذیر و دوستدار محیط زیست است که می‌تواند در موتورهای دیزل با تغییرات کم و یا بدون تغییر در موتور استفاده شود. در این مطالعه مشخصه‌های عملکردی و آلایندگی سوخت دیزل معمولی و مخلوط‌ها زیست‌دیزل تولیدی از روغن سویا (B2,B5,B10) با هم مقایسه شده است. آزمون‌ها در شرائط پایا با یک موتور دیزل پاشش مستقیم ۹۰ کیلوواتی انجام شد. در طی آزمون مصرف سوخت و گازهای آلاینده، موتور اندازه‌گیری شد. نتایج تجربی آزمایش‌ها نشان داد که استفاده از زیست‌دیزل در حدود ۵-۸٪ افزایش مصرف ویژه ترمزی سوخت را به دلیل کوچک بودن ارزش حرارتی زیست‌دیزل به دنبال دارد. با این وجود زیست‌دیزل مونواکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته را به مقدار قابل توجهی کاهش داد، هرچند هم اکسید نیتروژن و هم دی‌اکسیدکربن اندکی افزایش داشتند. مشاهدات نشان داد که دوده به مقدار قابل توجهی کاهش یافت که به دلیل اکسیژن موجود در سوخت زیست‌دیزل است.

تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

اطلاعات مقاله

تاریخچهٔ مقاله:

دریافت: ۱۰ خرداد ۱۳۹۳

پذیرش: ۲۵ آبان ۱۳۹۳

کلیدواژه‌ها:

زیست‌دیزل

موتور دیزل

آلایندگی

مصرف ویژه سوخت ترمزی

۱- مقدمه

در قرن بیستم تأثیرات ناشی از صنعتی شدن باعث افزایش استفاده از انرژی به طور قابل توجهی شده است. از آنجا که نفت بیشترین سهم را در تأمین این نیاز دارد، لذا بسیاری از کشورها وابستگی شدیدی به نفت پیدا کرده‌اند که باعث آسیب پذیرتر شدن آن‌ها در این حوزه می‌شود، مانند بحران نفتی سال ۱۹۷۰ [۱]. این موارد و مواردی چون مشکلات محیط زیستی ناشی از استفاده از سوخت‌های سنگواره‌ای و همچنین سختگیرانه‌تر شدن قوانین در این بخش کشورها و مجامع علمی را بر آن داشت تا به دنبال یافتن انرژی تجدیدپذیر و پاک برای غلبه بر این مشکلات باشند.

امروزه موتورهای دیزل به دلیل تولید گشتاور بزرگ، طول عمر و سوخت مقرون به صرفه با قابلیت کار در شرائط کاری مختلف بخش محوری در صنعت به شمار می‌روند که هر روزه در حال گسترش اند. با این توضیحات، بی‌شک بخش عظیمی از مصرف سوخت سنگواره‌ای و به دنبال آن آلاینده‌های ناشی از آن به دلیل استفاده از این موتور کارآمد است [۲]. امروزه استفاده از زیست‌دیزل که از روغن‌های گیاهی تولید می‌شود توجه زیادی را به خود جلب کرده است چراکه می‌توان از این سوخت بدون تغییر اساسی در موتور استفاده کرد [۳]. تعداد زیادی از تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که از این سوخت می‌توان به عنوان سوخت جایگزین در موتورهای دیزل استفاده کرد. زیست‌دیزل غیرسمی، زیست تجزیه‌پذیر[1] و تجدیدپذیر است که می‌تواند به تنهایی و یا به صورت ترکیت با دیزل معمولی استفاده شود. زیست‌دیزل در مقایسه با نفت‌گاز مزایای زیادی دارد مانند عدد ستان بالا، بدون مخلوط‌ها آروماتیک، بدون گوگرد و نیز ۱۰-۱۲ درصد وزنی اکسیژن در این سوخت موجود است [۴]. به دلیل اکسیژن‌دار بودن این سوخت احتراق آن کامل‌تر خواهد بود و در نتیجه آلایندهٔ کمتری تولید می‌کند. دورادو[2] و همکاران [۵] آلاینده‌های حاصل از زیست‌دیزل تولیدی از روغن‌های پسماند را بررسی کردند و گزارش دادند که با استفاده از زیست‌دیزل خالص مقدار CO، ۵۸,۹٪، CO_2، ۸,۶٪، SO_2، ۵۷,۷٪ کاهش، NO، ۳۷,۵٪ و NO_2 به مقدار ۸۱٪ افزایش می‌یابد. سوخت نفت‌گاز کم گوگرد و مخلوط B20 زیست‌دیزل روغن سویا نیز بر روی موتور دیزل شش استوانهٔ Cummins ISB با توان ۳۰۰ hp آزمایش شده است که در این آزمایش مقدار CO و ذرات ریز جامد کمتری تولید شد. مقدار NO_x هم برای زیست‌دیزل روغن سویا با کمی افزایش نسبت به نفت‌گاز کم گوگرد همراه بود [۶]. در تحقیقی از مخلوط‌های سوخت نفت‌گاز و زیست‌دیزل روغن دانهٔ کلزا (B20 و B100) در اتوبوس‌های شهری با موتور دیزل شش استوانهٔ Iveco 8360.46R پاشش مستقیم همراه با پرخوران با توان ۲۱۲ hp استفاده شد و نتایج تحقیق نشان داد که هیچ تغییر چشمگیری در مقدار کل هیدروکربن‌ها، CO، NO_x و ذرات ریز جامد رخ نداد ولی بیشتر آلاینده‌های معطر و عناصر چندچرخه‌ای کمی کاهش یافتند [۷]. در بررسی دیگر، برروی موتور دیزل شش استوانهٔ Cummints ISBe6 پاشش مستقیم از پنج نوع زیست‌دیزل، پنبه دانه، سویا، کلزا، خرما و روغن پسماند آشپزخانه استفاده شد. محققان مشاهده کردند که مقدار ذرات ریز جامد کاهش یافت و در این بین زیست‌دیزل حاصل از روغن پسماند بیشترین کاهش مقدار ذرات ریز جامد و زیست‌دیزل سویا کمترین کاهش را داشتند. زیست‌دیزل‌های مختلف مقدار NO_x را به طور میانگین ۱۰ تا ۲۳٪ افزایش دادند. زیست‌دیزل پنبه دانه کمترین و زیست‌دیزل کلزا بیشترین افزایش NO_x را داشتند. همچنین همه انواع زیست‌دیزل مقدار CO و HC را کاهش دادند [۸]. شارپ[3] [۹] سه نوع سوخت شامل سوخت نفت‌گاز شمارهٔ ۲، متیل استر سویا و ترکیب سوخت حاوی ۲۰٪ متیل استر سویا را در سه موتور جداگانه بکار گرفت. نتایج این تحقیق کاهش مقادیر هیدروکربن سوخته نشده را به طور متوسط به مقدار ۸۳ و ۲۵٪ و کاهش ترکیبات چندآروماتیک به مقدار ۷۴ و ۱۲٪ را بترتیب برای متیل استر سویای خالص و سوخت حاوی ۲۰٪ زیست‌دیزل نشان داده است. مقادیر اکسیدهای نیتروژن خروجی از دود با افزایش معادل ۱۴,۵ و ۶٪ به ترتیب یاد شده نسبت به سوخت نفت‌گاز مشاهده شده‌اند. ارکان[4] و همکاران [۱۰] با بررسی تأثیر زیست‌دیزل حاصل از سویا بر روی موتور دیزل پاشش مستقیم نشان دادند که استفاده از این سوخت باعث کاهش گشتاور (۱-۴ درصد) و افزایش مصرف ویژهٔ سوخت ترمزی به مقدار ۲ تا ۹ درصد می‌شود. اوزر[5] [۱۱] با دو مخلوط ۵ و ۱۰ درصد آزمایش‌هایی را بر روی موتور دیزل پاشش مستقیم انجام داد که نتیجه این آزمایش‌ها نشان داد که افزودن این مقدار زیست‌دیزل باعث افزایش بیش از ۴ درصدی مصرف سوخت می‌شود. آلاینده NO_x بیش از ۸,۷٪ افزایش یافت و در مقابل آلاینده‌های دوده و هیدروکربن کاهش داشته‌اند. در دورهای کم تغییر محسوسی در تولید CO مشاهده نشد تنها کاهش اندکی در حالت تمام بار مشاهده شد.

در بررسی دیگر تأثیر زیست‌دیزل بر آلایندگی موتور دیزل یورو ۴ بررسی شد. این بررسی نشان داد که مخلوط زیست‌دیزل باعث افزایش آلاینده CO و کاهش CO_2، HC و NO_x در دورهای کم شده است. عکس این نتایج در دورهای کم و بارهای زیاد مشاهده شد [۱۲]. در کل افزودن زیست‌دیزل معمولاً کاهش آلاینده‌های HC، PM، SO_2 و CO را به همراه دارد هرچند افزایش اندکی در NO_x مشاهده می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط ابوجرای و همکاران [۱۳] انجام شد، از روغن پسماند در تهیهٔ زیست‌دیزل استفاده شد. نتایج

[1] Bio-degradable
[2] Dorado
[3] Sharp
[4] Orkan
[5] Ozer

آلایندگی نشان داد که استفاده از مخلوط ۵۰ درصد این سوخت باعث کاهش قابل توجه دوده و هیدروکربن و افزایش دی‌اکسید کربن و اکسید نیتروژن می‌گردد. در مطالعه‌ای دیگر دو نوع سوخت زیست‌دیزل حاصل از روغن پالم و جاتروفا را بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از این سوخت‌ها به طور میانگین باعث افزایش ۲۶٫۴٪ مصرف مخصوص سوخت می‌شود. همچنین این نتایج نشان داد که استفاده از این سوخت‌ها به طور میانگین ۳۰٫۷٪ کاهش مونواکسید کربن و ۲۵٫۸٪ هیدروکربن را برای مخلوط ۲۰ درصد به همراه دارد. اکسید نیتروژن برای روغن پالم ۳٫۳٪ کاهش و برای جاتروفا ۳ افزایش داشت [۱۴].

هر چند پژوهش‌های زیادی بر روی این موضوع انجام شده است ولی در موارد کمی برروی موتورهای دیزل سواری پر سرعت این بررسی‌ها انجام گرفته است. در این پژوهش آلاینده‌های تولیدی موتور دیزل سریع (CO، HC، CO_2 و NO_x) با سوخت نفت‌گاز معمولی و مخلوط‌های زیست‌دیزل با درصدهای ۲، ۵ و ۱۰ درصد به وسیله آزمون ۵-حالته که به شرائط کارکرد واقعی خوردو نزدیک است، اندازه‌گیری شده است. تمامی آزمون‌ها در شرائط یکسان و بدون تغییر در زینه‌بندی موتور بررسی شدند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- سوخت

سوخت نفت‌گاز مورد نیاز سوختی مطابق با معیارهای یورو ۴ است که از پالایشگاه نفت تهران تهیه شده است و کیفیت این سوخت دریافتی در جدول ۱ نشان داده شده است. در این پژوهش سوخت زیست‌دیزل از مادهٔ اولیهٔ روغن سویا، تولید شده به روش ترانس‌استریفیکاسیون در پژوهشکدهٔ شیمی صنعت نفت استفاده شده است. ویژگی‌های این سوخت در جدول ۲ نشان داده شده است. ترکیبات سوخت نفت‌گاز و زیست‌دیزل به صورت حجمی و با نسبت‌های ۲، ۵ و ۱۰ درصد تهیه گردید.

جدول ۱: برخی از ویژگی‌های مهم زیست‌دیزل به همراه شمارهٔ استاندارد و حدود مجاز [۱۵]

ویژگی	استاندارد آزمون	حدود مجاز	زیست‌دیزل
نقطهٔ اشتعال (°C)	ASTM D-92	کمترین ۱۳۰	۱۵۷
گرانروی سینماتیک (mm^2/s)	ASTM D-445	۶-۱٫۹	۴٫۳۴۳
نقطهٔ ریزش (°C)	ASTM D-97	-	-۳
خوردگی مس	ASTM D-130	بیشترین شماره ۳	۱ b
چگالی	----	----	۰٫۸۸۷

به منظور افزایش دقت در تهیه مخلوط‌ها، پس از محاسبهٔ حجم مورد نیاز، وزن متناسب با حجم با توجه به چگالی سوخت‌ها محاسبه شد تا به‌صورت جرمی سوخت‌ها مخلوط شوند.

۲-۲- موتور و تجهیزات آزمون

موتور مورد استفاده در این پژوهش، موتور دیزل سواری ۱٫۵ لیتری چهار استوانهٔ خطی سریع ۹۰ کیلووات ساخت شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو[1]) است (شکل ۱). این موتور مجهز به سامانهٔ بازخورانی گازهای خروجی[2] و سامانهٔ تنفسی پرخوران است، مقدار EGR به وسیلهٔ ECU تنظیم می‌شود. مشخصات کامل موتور در جدول ۳ نمایش داده شده است. در تنظیمات موتور مانند زمان و فشار پاشش سوخت تغییری اعمال نشده است.

شکل ۱: موتور دیزل سواری ۱٫۵ لیتری چهار استوانهٔ خطی سریع ۹۰ کیلووات

جدول ۲: برخی از ویژگی‌های مهم نفت‌گاز به همراه شمارهٔ استاندارد و حدود مجاز [۱۶]

ویژگی	روش استاندارد	حدود مجاز	نفت گاز
عدد ستان	EN ISO 5165	کمترین ۵۱	۶۳٫۵
گوگرد (mg/kg)	EN ISO 20884	بیشترین ۱۰	۳۱٫۸
نقطهٔ اشتعال (°C)	ASTM D-92	کمترین ۵۵	۸۶٫۵
گرانروی سینماتیک (mm^2/s)	ASTM D-445	۵٫۴-۲	۳٫۸۶
خوردگی مس	ASTM D-130	۱	۱
روانکاری (HFRR) (µm)	EN ISO 12156	کمترین ۴۶۰	۴۸۰
چگالی (g/cm^3)	EN ISO 12185	۸۴۵-۸۲۰	۰٫۸۱۶

[1] Irankhodro Powertrain Company (IPCO)
[2] EGR

مصرف سوخت با استفاده از اطلاعات موجود در سامانهٔ پایش موتور اندازه‌گیری شده است. به منظور نظارت کامل بر موتور حسگرهای دما و فشار در قسمت‌های مختلف موتور نصب شده است. حسگر دما و فشار پرخوران، دما و فشار محفظه روغن، دمای گازهای خروجی از جمله حسگرهای نصب شده روی موتور اند.

از دستگاه آلاینده‌سنج هوریبا به منظور اندازه گیری گازهای خروجی از موتور مانند NO_x، CO، CO_2 و HC استفاده شده است (شکل ۲). خطای تجهیزات استفاده شده در این پژوهش در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳: ویژگی‌های موتور ۱٫۵ لیتری چهار استوانهٔ خطی سریع ۹۰ کیلووات با معیار سطح یورو ۴

سامانهٔ احتراق	اشتعال تراکمی
تعداد استوانه	۴
حجم نامی	۱٫۵
سامانهٔ پاشش	مستقیم- با فشار پاشش ۱۶۰۰ بار
نسبت تراکم حجمی	۱: ۱۶٫۵
حد بیشینهٔ فشار احتراق (بار)	۱۶۵
نوع پرخوران	هندسهٔ متغیر گردنده

شکل ۲: دستگاه سنج آلاینده‌سنج هوریبا

جدول ۴: خطای تجهیزات استفاده شده در این پژوهش

نام دستگاه	مقدار خطا
لگام ترمز	گشتاور (N.m)±۱
	دور موتور (rpm)±۱
اندازه‌گیر دوده	٪۳± مقدار اندازه‌گیری شده
تحلیل‌گر گازهای خروجی	٪۵± مقدار اندازه‌گیری شده

۲-۳- روش آزمون

در آزمون‌های تجربی انجام گرفته از موتور دیزل سواری بدون تغییر در سامانهٔ نگاشت بهره گرفته شده است. قبل از انجام آزمون‌ها در ابتدا به منظور اطمینان از سالم بودن موتور و اتاق آزمون، قسمت‌های مختلف موتور و حسگرهای نصب شده بر روی آن و سایر تجهیزات بررسی دقیق شدند. قبل از شروع داده برداری موتور باید در نقطهٔ مورد نظر به حالت تعادل دمایی برسد. به همین منظور به داده‌هایی از قبیل دما و فشار بعد از خنک کن میانی، دمای آب، دما و فشار روغن و سایر داده‌های پایش توجه شد. در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر زیست‌دیزل بر روی آلایندگی و مصرف سوخت از دستورالعمل آزمون ۵-حالته که پنج نقطهٔ پرتکرار در رانندگی شهری است استفاده شده است، که در شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو استفاده می‌شود [۱۷]، که در جدول ۵ نشان داده شده است. ضریب تأثیر در حقیقت سهم زمانی هر کدام از نقاط را در یک چرخهٔ رانندگی شهری نشان می‌دهد.

تمامی این آزمون‌ها در شرائط محیطی پایش شده فشار سطح دریا و پایش دمای آب خنک کن میانی و دمای روغن انجام گرفت. زمان تقریبی برای رسیدن به تعادل حدود ۶ دقیقه منظور شد و پس از آن ۷۰ ثانیه زمان داده برداری با فرکانس ۱ هرتز در نظر گرفته شد. سپس میانگین ۷۰ داده ذخیره شده به عنوان نتیجه نهایی انتخاب شده است. نتایج به دست آمده از این نقاط پس از اعمال ضریب تصحیح وابسته به هر نقطه با هم جمع شده (معادلهٔ ۱) و مجموع این پنج نقطه به عنوان نتیجه نهایی گزارش شده است.

$$(IF_1 \times X_1) + (IF_2 \times X_2) + \cdots + (IF_5 \times X_5) = X \quad (۱)$$

که در این معادله IF ضریب تأثیر و X داده‌های مربوط به نقاط آزمون اند.

جدول ۵: نقاط مورد استفاده در دستورالعمل آزمون ۵-حالته [۱۷]

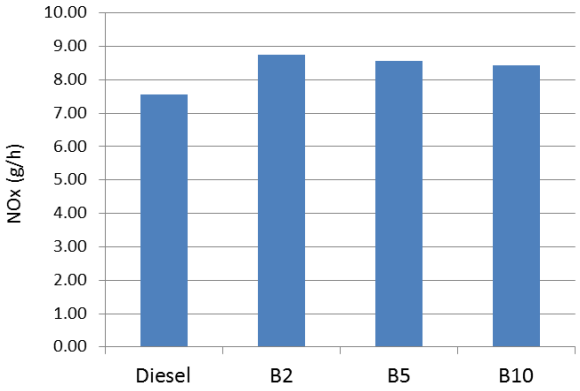
ضریب تأثیر (٪)	گشتاور (Nm)	سرعت (rpm)	توان (kW)
۳۵٫۸۵	۵٫۶۴	۸۲۰	۰٫۵
۲۸٫۶۸	۱۸٫۴۰	۱۶۶۴	۳٫۱۰
۱۵٫۸۹	۴۹٫۲۳	۱۳۳۸	۶٫۸۰
۱۱٫۳۷	۶۵٫۳۰	۱۸۰۲	۱۲٫۲۰
۸٫۲۲	۹۵٫۸۰	۲۲۰۴	۲۲٫۱۸

۳- بحث بر روی نتایج

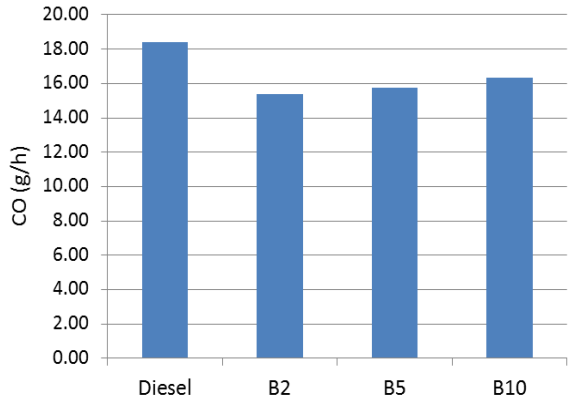
۳-۱- تأثیر زیست‌دیزل بر اکسید نیتروژن

نتایج آزمون آلایندگی ۵-حالته پس از اعمال ضرایب وزنی نشان داده شده در جدول ۵ به صورت مجموع (gr/h) بیان شده است. در شکل ۳ می‌توان تأثیر افزودن زیست‌دیزل بر اکسید نیتروژن را مشاهده کرد. همانطور که در شکل نشان داده شده است با اضافه کردن زیست‌دیزل مقدار تولید آلاینده اکسید نیتروژن افزایش یافته است.

مقدار افزایش در آزمون ۵-حالته برای درصدهای ۲، ۵ و۱۰ به ترتیت ۱۵، ۱۳ و ۱۱ درصد است. افزایش NO_X در مخلوطهای زیست‌دیزل به دلیل وجود اکسیژن در این سوخت است که باعث می‌شود احتراق در مناطق بیشتری در محفظه به احتراق درست[1] نزدیک باشد حتی در مناطق غنی[2]. نکتهٔ قابل توجه دیگر کاهش اکسید نیتروژن با افزایش درصد اختلاط سوخت زیست‌دیزل است، گرانروی و کشش سطحی بزرگ همراه با تبخیر پذیری کم سوخت زیست‌دیزل باعث می‌شود. نتایج مشابهی توسط اوزنر[3] و همکاران [۱۰] در سال ۲۰۱۴ بدست آمده است. این پیش‌آمدها که در بالا به آن اشاره شد و باعث افزایش NO_X می‌شود در کارهای تعداد زیادی از محققان گزارش شده است [۱۸].



شکل ۳: NO_X تولید شده برای درصدهای مختلف زیست‌دیزل



شکل ۴: CO تولید شده برای درصدهای مختلف زیست‌دیزل

۳-۲- تأثیر زیست‌دیزل بر مونواکسید کربن

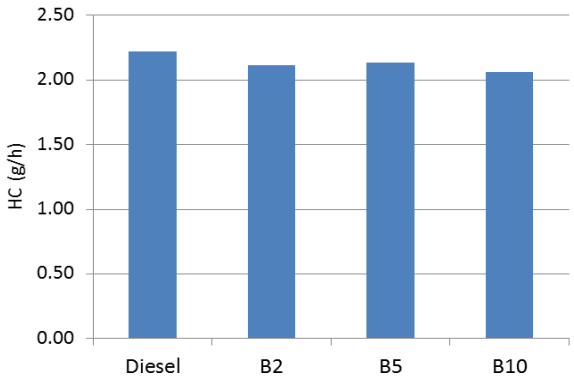
همانگونه که در شکل ۴ مشهود است افزودن زیست‌دیزل سبب کاهش تولید CO نسبت به نفت‌گاز می‌شود. مقدار تغییرات CO در آزمون آلایندگی ۵-حالته برای درصد اختلاط ۲، ۵ و ۱۰ به ترتیب ۱۶، ۱۴ و ۱۱ درصد کاهش نسبت به نفت‌گاز را نشان می‌دهد. از آنجا که زیست‌دیزل دارای ۱۱ درصد اکسیژن است لذا احتراق آن کامل تر از نفت‌گاز خواهد و در نتیجه دمای احتراق گرم‌تر شده و باعث تبدیل بیشتر CO به CO_2 می‌شود، البته همین دمای گرم نیز NO_X بیشتر را به همراه دارد به همین دلیل است که روند نمودار CO دقیقاً عکس NO_X است. هرچند اکسیژن موجود در سوخت به احتراق کامل کمک می‌کند اما به دلیل گرانروی قوی و تبخیرپذیری کم این سوخت و در این پژوهش به دلیل عدم تنظیم نگاشت موتور برای استفاده از سوخت زیست‌دیزل احتمال اختلاط ناقص سوخت و هوا مخصوصاً در دور و بارهای کوچک، بیشتر می‌شود لذا در برخی نقاط احتمال افزایش اندک CO وجود دارد. افزایش CO در برخی پژوهش‌ها مانند پژوهشی که توسط دار[4] و همکاران [۱۹] انجام شده گزارش شده است. در دور و بار بزرگ، نیز به دلیل دمای گرم احتراق و کامل بودن آن مقدار تولید CO کمتر می‌شود.

۳-۳- تأثیر زیست‌دیزل بر هیدروکربن‌های نسوخته

هیدروکربن‌های نسوخته علاوه بر پایین آوردن بازده موتور به عنوان آلاینده نیز محسوب می‌شوند. تأثیر نوع سوخت در انتشار آلاینده در شکل ۵ نشان داده شده است. تقریباً در مخلوطها HC نسبت به نفت-گاز کمتر است. کمترین مقدار HC مربوط به سوخت B10 است که با توجه به درصد بیشتر اکسیژن این ترکیب سوخت، کاهش هیدروکربن‌های نسوخته امری بدیهی است.

دلیل دیگری برای کاهش هیدروکربن‌های نسوخته وجود دارد که در کارهای وانگ[5] و همکاران [۲۰] به آن اشاره شده است و آن نسبت هیدروژن به کربن کوچکتر در سوخت زیست‌دیزل نسبت به نفت‌گاز است که به عنوان یک محرک برای پیشرفت احتراق و کامل بودن احتراق خواهد بود.

[1] Stoichiometric
[2] Rich zones
[3] Ozener
[4] Dhar
[5] Wang



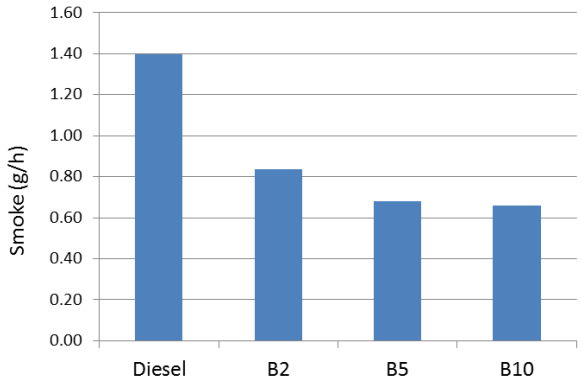
شکل ۵: HC تولید شده برای درصدهای مختلف زیست‌دیزل

۳-٤- تأثیر زیست‌دیزل بر دوده

شکل ۶ مقدار تولید دوده را برای درصدهای مختلف اختلاط در این آزمون، نشان می‌دهد. انتشار دوده در سوخت‌های حاوی زیست‌دیزل بطور معنی داری نسبت به نفت‌گاز خالص کمتر است. همان‌طور که در این شکل‌ها می‌توان مشاهده کرد استفاده از مخلوط ۱۰ درصد زیست‌دیزل به طور میانگین بیشترین کاهش دوده را به همراه دارد. از آنجا که دوده در مناطق غنی که اکسیژن کمتری جهت انجام احتراق وجود دارد تشکیل می‌شود لذا برای سوخت زیست‌دیزل که حاوی اکسیژن است دودهٔ کمتری به جهت فقیرسوزی تولید می‌شود.

۳-٥- تأثیر زیست‌دیزل بر دی‌اکسیدکربن

هرچند گاز دی‌اکسید کربن برای سلامتی انسان مضر نیست اما به دلیل تأثیرات منفی آن به عنوان گاز گلخانه‌ای باید تأثیرات زیست‌دیزل را بر آن بررسی کرد. از طرفی از آنجا که در معادلهٔ درست احتراق CO_2 جزء محصولات احتراق است مقدار تولید آن نشان دهنده کامل بودن احتراق است. با توضیحات ارائه شده و با مشاهدهٔ شکل ۷ می‌توان دریافت که افزودن زیست‌دیزل باعث افزایش کیفیت احتراق می‌شود.

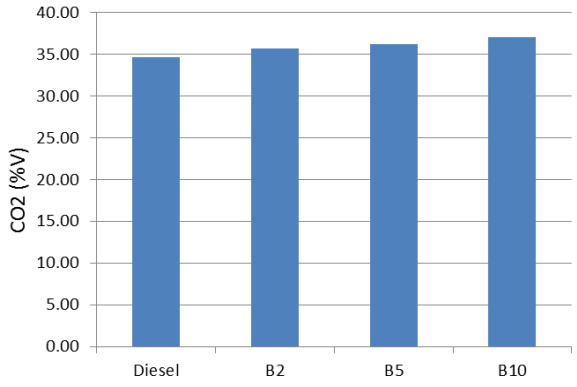


شکل ۶: دوده تولید شده برای درصدهای مختلف زیست‌دیزل

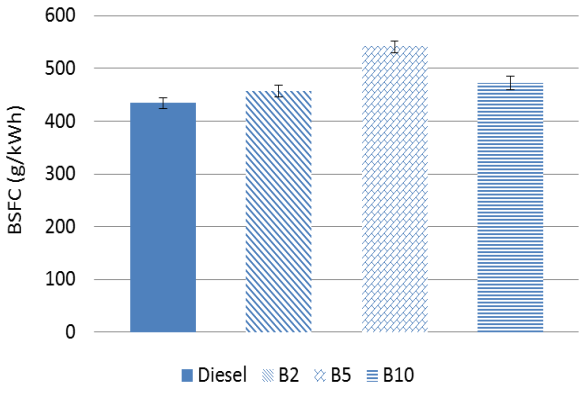
۳-٦- مصرف ویژه سوخت ترمزی در موتور[1]

افزایش سهم زیست‌دیزل ازطرفی باعث افزایش چگالی سوخت و از طرف دیگر موجب کاهش ارزش حرارتی آن می‌شود. افزایش چگالی سوخت موجب افزایش جرم مصرفی سوخت می‌شود و افزایش ارزش حرارتی سوخت باعث افزایش انرژی آزاد شده و در نتیجه تولید توان قویتر می‌شود.

واضح است که در مصرف ویژه سوخت ترمزی موتور، چگالی سوخت اثر مستقیم و ارزش حرارتی سوخت اثر معکوس دارد. مصرف ویژه سوخت ترمزی در شکل ۸ نشان داده شده است. همانطور که در شکل می‌توان مشاهده کرد افزودن زیست‌دیزل موجب افزایش مصرف ویژه سوخت می‌شود. مصرف ویژه سوخت در این آزمون را نشان می‌دهد، در این چرخه زیست‌دیزل با درصد اختلاط ۵ بیشترین مقدار افزایش مصرف ویژه سوخت ترمزی را نشان می‌دهد.



شکل ۷: مقدار تولید CO_2 برای درصدهای مختلف زیست‌دیزل



شکل ۸: مصرف ویژه سوخت ترمزی برای درصدهای مختلف زیست‌دیزل

[1] Brake specific fuel consumption (BSFC)

٤- نتیجه‌گیری

هدف از انجام پژوهش یک بررسی جامع بر استفاده از زیست‌دیزل در موتور دیزل سواری با فناوری جدید بوده است. نتایج این تحقیق به صورت زیر خلاصه می‌گردد:

۱- با اضافه کردن زیست‌دیزل مقدار تولید آلایندهٔ اکسید نیتروژن افزایش یافته است. مقدار افزایش برای درصدهای ۲، ۵ و۱۰ درصد به ترتیب ۱۵، ۱۳ و ۱۱ درصد است.

۲- آلایندهٔ مونواکسید کربن با افزودن زیست‌دیزل کاهش یافت، مقدار تغییرات CO برای درصد اختلاط ۲، ۵ و ۱۰ به ترتیب ۱۶، ۱۴ و ۱۱ درصد کاهش نسبت به نفت‌گاز را نشان می‌دهد.

۳- در تمامی مخلوطها سوخت آلایندهٔ HC تولیدی نسبت به نفت‌گاز کمتر است. برای مخلوطها ۲، ۵ و ۱۰ درصد به ترتیب ۵، ۴ و ۸ درصد کاهش نسبت به نفت‌گاز مشاهده شد.

۴- انتشار دوده در سوخت‌های حاوی زیست‌دیزل بطور معنی داری نسبت به نفت‌گاز خالص کاهش داشت به طوریکه ۴۰٪ کاهش برای B2، B5 ۵۱٪ و B10، ۵۳٪ کاهش داشته‌اند.

۵- استفاده از زیست‌دیزل باعث افزایش مصرف سوخت به دلیل ارزش حرارتی پایین سوخت می‌شود، برای مخلوطها ۲، ۵ و ۱۰ درصد به ترتیب ۵، ۲۴ و ۸ درصد افزایش مصرف نسبت به نفت‌گاز مشاهده شد.

با توجه به نتایج ارائه شده آلایندگی و مصرف سوخت برای آزمون ۵ حالته می‌توان نتیجه گرفت بهینه‌ترین ترکیب B10 است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله، مراتب تشکر و قدردانی خود را از شرکت تحقیق و طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو) بویژه آزمایشگاه‌های موتور ایران خودرو و آقایان مهندس پریور و کرباس‌فروشها و پژوهشکدهٔ صنعت نفت اعلام می‌دارند.

Reference

[1] T.H. Kuehn, R.J. Goldstein. An experimental and theoretical study of natural convection in the annulus between horizontal concentric cylinders, Fluid Mechanics, pp. 695-719, 1976

[2] M. Villarreyes, A. Joaquin, C. Soldi, A.M. de Amorim, M.G. Pizzolatti, Diesel/biodiesel proportion for by-compression ignition engines, Fuel, Vol. 86, No. 12, pp. 1977-1982, 2007

[3] M.D. Redel-Macias, S. Pinzi, D. Leiva, A.J. Cubero-Atienza, M.P. Dorado, Air and noise pollution of a diesel engine fueled with olive pomace oil methyl ester and petrodiesel blends, Fuel, Vol. 95, pp. 615-621, 2012

[4] A. Ertan, M. Canakci, Determination of the density and the viscosities of biodiesel-diesel fuel blends, Renewable Energy, Vol. 33, No. 12, pp. 2623-2630, 2008

[5] M.P. Dorado, E. Ballesteros, J.M. Arnal, J. Gomez, F.J. Lopez, Exhaust emissions from a diesel engine fueled with transesterified waste olive oil, Fuel, Vol. 82, No. 11, pp. 1311-1315, 2003

[6] G.N. Jham, B.R. Moser, S.N. Shah, R.A. Holser, O.D. Dhingra, S.F. Vaughn, M.A. Berhow, J.K. Winkler-Moser, T.A. Isbell, R.K. Holloway, Wild brazilian mustard seed oil methyl esters as biodiesel fuel, Journal of the American Oil Chemists' Society, Vol. 86, No. 9, pp. 917-926, 2009

[7] L. Turrio-Baldassarri, C.L. Battistelli, L. Conti, R. Crebelli, B. de Berardis, A.L. Iamiceli, M. Gambino, S. Iannaccone, Emission comparison of urban bus engine fueled with diesel oil and biodiesel blend, Science of the Total Environment, Vol. 327, No. 1, pp. 147-162, 2004

[8] F. Wu, J. Wang, W. Chen, S. Shuai, A study on emission performance of a diesel engine fueled with five typical methyl ester biodiesels, Atmospheric Environment, Vol. 43, No. 7, pp. 1481-1485, 2009

[9] C. Sharp, Characterization of biodiesel exhaust emissions for EPA 211 (B), Technical Report, Southwest Research Institute, USA, 1998

[10] O. Oezener, L. Yueksek, A.T. Ergenc, M. Oezkan, Effects of soybean biodiesel on a di diesel engine performance, emission and combustion characteristics, Fuel, Vol. 115, pp. 875-883, 2014

[11] O. Can, Combustion characteristics, performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with a waste cooking oil biodiesel mixture, Energy Conversion and Management, Vol. 87, pp. 676-686, 2014

[12] H. An, W.M. Yang, A. Maghbouli, J. Li, S.K. Chou, K.J. Chua, Performance, combustion and emission characteristics of biodiesel derived from waste cooking oils, Applied Energy, Vol. 112, pp. 493-499, 2013

[13] A. Abu-Jrai, J.A. Yamin, A.H. Al-Muhtaseb, M.A. Hararah, Combustion characteristics and engine emissions of a diesel engine fueled with diesel and treated waste cooking oil blends, Chemical Engineering Journal, Vol. 172, No. 1, pp. 129-136, 2011

[14] M.J. Abedin, H.H. Masjuki, M.A. Kalam, A. Sanjid, S.M. Rahman, I.M. Fattah, Performance, emissions, and heat losses of palm and jatropha biodiesel blends in a diesel engine, Industrial Crops and Products, Vol. 59, pp. 96-104, 2014

[15] R. Shah, S. Porter, Evolution of biodiesel testing standards and specifications globally, Biofuels, Vol. 5, No. 1, pp. 17-19, 2014

[16] ASTM D975, Standard specification for diesel fuel oils, ASTM, 2012

[17] M. Karbasfroushha, Report on the development of the combustion of diesel engine, Technical Report, Irankhodro Powertrain Company, Iran, 2008

[18] D. Kawano, H. Ishii, Y. Goto, Effect of biodiesel blending on emission characteristics of modern diesel engine, SAE International, Paper No. 2008-01-2384, 2008

[19] A. Dhar, A.K. Agarwal, Performance, emissions and combustion characteristics of karanja biodiesel in a transportation engine, Fuel, Vol. 119, pp. 70-80, 2014

[20] W.G. Wang, D.W. Lyons, N.N. Clark, M. Gautam, P.M. Norton, Emissions from nine heavy trucks fueled by diesel and biodiesel blend without engine modification, Environmental Science and Technology, Vol. 34, No. 6, pp. 933-939, 2000

The Journal of Engine Research

Journal Homepage: www.engineresearch.ir

Investigation of diesel fuel and soybean methyl esters emission in high-speed diesel engine

A. Hamidi[1*], S.M. Mirsalim[2], B. Ghobadian[3], P. Sharghi[4], S. Abdolmaleki[5]

[1]*Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran, hamidi@aut.ac.ir*
[2]*Amirkabir University of Technology and Irankhodro Powertrain Company (IPCO), Tehran, Iran, mirsalim@csr.ir*
[3]*Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, ghobadib@modares.ac.ir*
[4]*Irankhodro Powertrain Company (IPCO), Tehran, Iran, p_sharghi@ip-co.com*
[5]*Irankhodro Powertrain Company (IPCO), Tehran, Iran, s_abdolmaleki@ip-co.com*
**Corresponding Author, Phone Number: +98-919-1226927*

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 31 May 2014
Accepted: 16 November 2014

Keywords:
Biodiesel
Diesel engine
Emission
Brake specific fuel consumption (BSFC)

ABSTRACT

Biodiesel is one of renewable and environmentally friendly biofuels that can be used in the diesel engine with little or no modification in the engine. In the present paper, the performance and emission characteristics of conventional diesel fuel and biodiesel blends produced from soybean oil (B2, B5 and B10) were compared. Tests were performed at steady-state conditions in a direct injection diesel engine with 90 kW power. During the test, the fuel consumption and pollutant emissions were measured. Experimental results showed that relative to diesel, biodiesel had an approximately 5-8% increase in the brake specific fuel consumption (BSFC) due to the lower heating value (LHV) of biodiesel. However, biodiesel significantly reduced carbon monoxide (CO) and unburned hydrocarbons (HC), while nitric oxides (NOx) and carbon dioxide (CO_2) emissions increased slightly. Observations showed that the smoke decreased significantly, due to the oxygen availability of the biodiesel fuel.

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