مجله مهندسی مکانیک مدرس، مرداد 1394، دوره 15، شماره 5، ص‌ص 405-411

ماهنامه علمی پژوهشی

مهندسی مکانیک مدرس

mme.modares.ac.ir

تأثیر زیست‌دیزل سویا بر عملکرد و آلایندگی موتور اشتعال تراکمی سریع

آرمان حمیدی[1]، سید مصطفی میرسلیم[2*]، برات قبادیان[3]، امیرحسین پریور[4]، سعید عبدالملکی[5]

1- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک)، تهران
2- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران
3- دانشیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
4-کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرطوسی، تهران
5-کارشناس ارشد شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو)
* تهران، صندوق پستی 158754413، mirsalim@csr.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل
دریافت: 03 دی 1393
پذیرش: 11 اسفند 1393
ارائه در سایت: 25 فروردین 1394

کلید واژگان:
زیست‌دیزل
موتور دیزل
عملکرد
آلایندگی
مصرف ویژه سوخت ترمزی

چکیده

بیودیزل یک جایگزین تجدیدپذیر و پایدار برای سوخت‌های فسیلی است که از روغن‌های گیاهی و چربی‌های جانوری بدست می‌آید. در این مقاله به بررسی آزمایشگاهی استفاده از متیل استر روغن سویا (زیست‌دیزل) در سوخت نفت‌گاز با نسبت اختلاط‌های B0، B2، B5 و B10 پرداخته شده است. در این مطالعه مشخصه‌های عملکردی و آلایندگی سوخت نفت‌گاز معمولی و مخلوط‌های سوخت زیست‌دیزل با هم مقایسه شده است. آزمون‌ها در شرایط پایا با یک موتور دیزل پاشش مستقیم 90 کیلوواتی مجهز شده به سامانه چرخش مجدد گازهای خروجی و بدون اصلاحات در زینه بندی موتور انجام شده است. نتایج تجربی مصرف سوخت ویژه ترمزی، گشتاور و دمای گازهای خروجی و همچنین نتایج تجربی آلاینده‌هایی همچون دی‌اکسید کربن، دوده، اکسید نیتروژن، مونواکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته ارائه و در مورد آنها بحث شده است. نتایج تجربی مشخصه‌های عملکردی موتور در شرایط مختلف (بار و دور موتور مختلف) افت کمی در توان موتور و افزایش محسوس در مصرف سوخت ویژه ترمزی به دلیل ارزش حرارتی کوچکتر زیست‌دیزل نشان داد. آلاینده‌های دوده، مونواکسیدکربن و هیدروکربن با افزایش درصد اختلاط زیست‌دیزل در مقایسه با نفت‌گاز خالص افزایش یافت. هر چند افزایش در آلاینده‌های اکسید نیتروژن و دی‌اکسیدکربن با افزایش درصد اختلاط زیست‌دیزل مشاهده شد.

Effect of soybean biodiesel on performance and emissions of a high-speed compression-ignition engine

Arman Hamidi[1], Seyed Mostafa Mirsalim [2*], Barat Ghobadian [3], Amirhossein Parivar[4], Saeed Abdolmaleki[5]

1- Mechanical Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
2- Mechanical Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
3- Agricultural Machinery Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
4- Mechanical Engineering Department, Khaje Nasir Toosi University of Technology, Tehran, Iran
5- Irankhodro Powertrain Co., Tehran, Iran
*P.O.B. 15875-4413, Tehran, Iran, mirsalim@csr.i

ARTICLE INFORMATION

Original Research Paper
Received 24 December 2014
Accepted 02 March 2015
Available Online 14 April 2015

Keywords:
Biodiesel
Diesel engine
Performance
Emission
brake-specific fuel consumption (BSFC)

ABSTRACT

Biodiesel is a renewable and sustainable alternative fuel that is derived from vegetable oils and animal fats. In this paper an experimental investigation is conducted to evaluate the use of soybean oil methyl ester (biodiesel) in the diesel fuel at blend ratios of B0, B2, B5 and B10. In this study, the performance and emissions characteristics of conventional diesel fuel and biodiesel fuel blends were compared. The tests were performed at steady-state conditions in a direct injection diesel engine with 90 kW power that was equipped with EGR and no modification of calibration. The experimental results of brake-specific fuel consumption (BSFC), torque and exhaust temperature as well as carbon dioxide (CO_2), smoke, nitrogen oxide (NO_x), carbon monoxide (CO) and unburned hydrocarbon (UHC) emissions were presented and discussed. The results of engine performance parameters at different conditions (different load and engine speed) showed a negligible loss of engine power and a significant increase in brake specific fuel consumption due to lower heating value of biodiesel. Smoke, CO and HC emissions were decreased by increasing blends of soybean oil as compared to pure diesel. However the increase in engine NOx and CO_2 emissions was observed with the increase of biodiesel percentage in the blended fuel.

1- مقدمه

در قرن 20 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 1970 که منجر به وارد آمدن خسارت به برخی از کشورها شد [1]. این موارد

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:
A. Hamidi, S. M. Mirsalim, B. Ghobadian, A. Parivar, S. Abdolmaleki, Effect of soybean biodiesel on performance and emissions of a high-speed compression-ignition engine, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 15, No. 5, pp. 405-411, 2015 (In Persian)

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.20.4]

و مواردی چون مشکلات محیط زیستی ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی و همچنین سخت‌گیرانه‌تر شدن قوانین در این بخش کشورها و مجامع علمی را بر آن داشت تا به دنبال 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 شرایط کاری مختلف بخش محوری در صنعت به شمار می‌روند که هر روزه در حال گسترش می‌باشند. با این توضیحات بی‌شک بخش عظیمی از مصرف سوخت فسیلی و به دنبال آن آلاینده‌های ناشی از آن به دلیل استفاده از این موتور کارآمد است [2]. امروزه استفاده از زیست‌دیزل که از روغن‌های گیاهی تولید می‌شود توجه زیادی را به خود جلب کرده است چراکه می‌توان از این سوخت در موتور دیزل بدون تغییر اساسی در موتور استفاده کرد [3]. تعداد زیادی از تحقیقات انجام‌شده نشان می‌دهد که از این سوخت می‌توان به عنوان سوخت جایگزین در موتورهای دیزل استفاده کرد. زیست‌دیزل غیر سمی، زیست تجزیه‌پذیر[1] و تجدیدپذیر است که می‌تواند به تنهایی و یا به صورت ترکیب با نفت‌گاز مورد استفاده قرار بگیرد. مهم‌ترین تفاوت سوخت زیست‌دیزل با نفت‌گاز، 10 تا 12 درصد وزنی اکسیژنی است که در این سوخت وجود دارد. به علاوه زیست‌دیزل عدد ستان بالاتر از نفت‌گاز دارد و عاری از ترکیب‌های آروماتیک و گوگرد است [4]. به دلیل اکسیژن‌دار بودن این سوخت احتراق آن کامل‌تر خواهد بود و در نتیجه آلاینده کمتری تولید می‌کند. دورادو[2] و همکاران [5] به بررسی آلاینده‌های حاصل از زیست‌دیزل تولیدی از روغن‌های پسماند روی موتور دیزل با سرعت بیشینهٔ 2250 دور بر دقیقه پرداختند و گزارش دادند که با استفاده از زیست‌دیزل خالص مقدار CO، 58/9%، CO_2، 8/6%، SO_2، 57/7% کاهش، NO، 37/5% و NO_2 به مقدار81% افزایش می‌یابد. سوخت دیزل کم گوگرد و مخلوط B20 زیست‌دیزل روغن سویا نیز بر روی موتور دیزل شش استوانه کامینز آی اس بی[3] با توان 300 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 دیزل کم گوگرد همراه بود [6]. در تحقیقی از مخلوط‌های سوخت دیزل و زیست‌دیزل روغن دانهٔ کلزا (B20 و B100) در اتوبوس‌های شهری با موتور دیزل شش استوانه ایوکو[4] 8360/46 پاشش مستقیم همراه با پرخوران با توان 212 hp استفاده شد و نتایج تحقیق نشان داد که هیچ تغییر چشمگیری در مقدار کل هیدروکربن‌های نسوخته، CO، NO_x و ذرات ریز جامد رخ نداده ولی بیشتر آلاینده‌های معطر و عناصر پلی سایکلیک کمی کاهش یافتند [7]. در پژوهشی دیگر موتور دیزل شش استوانه کامینز پاشش مستقیم با دور موتور 2500 دور بر دقیقه با پنج نوع زیست‌دیزل، پنبه دانه، سویا، کلزا، خرما و روغن پسماند آشپزخانه مورد آزمایش قرار گرفت. 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 10 تا 23% 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 [8]. شارپ [9] سه نوع سوخت شامل سوخت نفت‌گاز، متیل استر سویا و ترکیب سوخت حاوی 20% متیل استر سویا را در سه موتور جداگانه بکار گرفت. نتایج این تحقیق کاهش مقادیر هیدروکربن نسوخته را به طور متوسط به مقدار 83% و 25% و کاهش ترکیبات پلی آروماتیک به مقدار 74% و 12% را به ترتیب برای متیل استر سویای خالص و سوخت حاوی 20% زیست‌دیزل نشان داده است. مقادیر اکسیدهای نیتروژن خروجی از دود با افزایش معادل 14/5% و 6% به ترتیب یادشده نسبت به سوخت دیزل مشاهده شده‌اند. ارکان و همکاران [10] با بررسی تأثیر زیست‌دیزل حاصل از سویا بر روی موتور دیزل پاشش مستقیم با دور موتور 3000 دور بر دقیقه نشان دادند که استفاده از این سوخت باعث کاهش گشتاور به میزان 1 تا 4 درصد و افزایش مصرف ویژه سوخت ترمزی به میزان 2 تا 9 درصد می‌شود.

محمد و همکاران [11] تأثیر زیست‌دیزل حاصل از روغن سویا را بر روی یک موتور دیزل پاشش مستقیم با دور موتور 1500 دور بر دقیقه مورد بررسی قرار داد. نتایج این پژوهش کاهش 48/7% دوده و نیز افزایش 14/65% مصرف مخصوص ترمزی سوخت را نشان داد. مونواکسید کربن برای درصدهای 20 و 100 به ترتیب 11/36% و 41/7% کاهش یافت. بازده حرارتی ترمزی نیز برای زیست‌دیزل سویا کاهش یافت بطوریکه برای درصدهای 20، 40 و 100% به ترتیب 2/61، 4/95 و 8/07% کاهش نسبت به نفت‌گاز خالص مشاهده شد. اوزر [12] با دو مخلوط 5 و 10 درصد آزمایش‌هایی را بر روی موتور دیزل پاشش مستقیم با دور موتور 3000 دور بر دقیقه انجام داد که نتیجه این آزمایش‌ها نشان داد که افزودن این مقدار زیست‌دیزل باعث افزایش بیش از 4 درصدی مصرف سوخت می‌شود. آلاینده NO_x بیش از 8/7% 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.

هرچند ارزش حرارتی سوخت زیست‌دیزل 10-12% کمتر از سوخت نفت‌گاز است با وجود این در برخی از موارد می‌توان توان و گشتاور مشابه سوخت نفت‌گاز برای درصدهای اختلاط زیست‌دیزل مشاهده کرد، هرچند مصرف سوخت ویژه ترمزی با افزایش درصد زیست‌دیزل افزایش می‌یابد. آبدین و همکاران [13] ترکیب B5 زیست‌دیزل پالم و روغن دانهٔ کلزا را بر روی یک موتور چند استوانه‌ای با دور موتور 4000 دور بر دقیقه آزمایش کردند. توان در این آزمایش 0/7% و 1/2% به ترتیب برای پالم و کانولا مشاهده شد. اوزسزن و کاناکی [1] عملکرد و آلایندگی موتور دیزل پاشش غیرمستقیم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد افزودن زیست‌دیزل موجب کاهش 7 درصدی گشتاور، کاهش 1/28% بازده حرارتی ترمزی و افزایش 16/76% مصرف سوخت ویژه ترمزی در مقایسه با نفت‌گاز خالص می‌شود.

پژوهش‌های زیادی بر روی این موضوع انجام شده است ولی در موارد کمی برروی موتور دیزل سواری سریع این بررسی‌ها انجام گرفته است. در این پژوهش آلاینده‌های تولیدی موتور دیزل پرسرعت (CO، HC، CO_2 و NO_x) با سوخت نفت‌گاز معمولی و مخلوط‌های زیست‌دیزل با درصدهای 2، 5 و 10 درصد و عملکرد موتور مورد بررسی قرار گرفته است. تمامی آزمون‌ها در شرایط یکسان و بدون تغییر در زینه‌بندی موتور انجام گرفته است.

2- مواد و روش‌ها

2-1- سوخت

در این پژوهش سوخت زیست‌دیزل از ماده اولیه روغن سویا، تولید شده به روش ترنس‌استریفیکاسیون در پژوهشکده شیمی صنعت نفت استفاده شده

1- Bio-degradable
2- Dorado
3- Cummins ISB
4- Iveco

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-26]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.20.4]

است. ویژگی‌های این سوخت در جدول1 نشان داده شده است. ترکیبات سوخت نفت‌گاز و زیست‌دیزل به صورت حجمی و با نسبت‌های 2، 5 و 10 درصد تهیه گردید. سوخت نفت‌گاز مورد نیاز سوختی مطابق با معیارهای یورو4 است که از پالایشگاه نفت تهران تهیه شده است و کیفیت این سوخت دریافتی در جدول2 نشان داده شده است.

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

2-2- موتور و تجهیزات آزمون

موتور مورد استفاده در این پژوهش، موتور دیزل سواری 1/5 لیتری چهار استوانهٔ خطی سریع 90 کیلووات ساخت شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو[1]) است (شکل1). این موتور مجهز به سامانهٔ بازخورانی گازهای خروجی (EGR) و سامانهٔ تنفسی پرخوران است. مقدار EGR به وسیلهٔ ECU تنظیم می‌شود. مشخصات کامل موتور در جدول3 نمایش داده شده است. در تنظیمات موتور مانند زمان و فشار پاشش سوخت تغییری اعمال نشده است.

جدول 1 برخی از ویژگی‌های مهم زیست‌دیزل به همراه شمارهٔ استاندارد و حدود مجاز

ویژگی	روش استاندارد آزمون	حدود مجاز	زیست‌دیزل	واحد
نقطهٔ اشتعال	ASTM D-92	کمترین 130	157	°C
گرانروی سینماتیک	ASTM D-445	1/9-6	4/343	mm^2/s
نقطهٔ ریزش	ASTM D-97	-	-3	°C
خوردگی مس	ASTM D-130	بیشترین شماره 3	1 b	-
چگالی	----	----	0/887	g/cm^3

جدول 2 برخی از ویژگی‌های مهم نفت‌گاز به همراه شمارهٔ استاندارد و حدود مجاز

ویژگی	روش استاندارد	حدود مجاز	نفت‌گاز	واحد
عدد ستان	EN ISO 5165	کمترین 51	63/5	-
گوگرد	EN ISO 20844	بیشترین 10	31/8	mg/kg
نقطهٔ اشتعال	ASTM D-92	کمترین 55	86/5	C°
گرانروی سینماتیک	ASTM D-445	5/4-2	3/86	mm^2/s
خوردگی مس	ASTM D-130	1	1	-
روانکاری	EN ISO 12156	کمترین 460	480	µm
چگالی	EN ISO 12185	845-820	816	g/cm^3

شکل 1 موتور دیزل سواری 1/5 لیتری چهار استوانهٔ خطی سریع 90کیلووات

1- Irankhodro Powertrain Co. (IPCO)

جدول 3 ویژگی‌های موتور 1/5 لیتری چهار استوانه خطی سریع 90 کیلووات با معیار سطح یورو4

سامانهٔ احتراق	اشتعال تراکمی
تعداد استوانه	4
حجم نامی	1/5
سامانهٔ پاشش	مستقیم- با فشار پاشش 1600 بار
نسبت تراکم حجمی	16/5 :1
حد بیشینهٔ فشار احتراق (بار)	165
نوع پرخوران	هندسهٔ متغیر گردنده

به‌منظور اندازه‌گیری توان و گشتاور از لگام ترمز آسنکرون استفاده گردید. 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 نصب‌شده روی موتور می‌باشند. از دستگاه آلاینده‌سنج هوریبا به منظور اندازه‌گیری گازهای خروجی از موتور مانند NO_x، CO، CO_2، O_2 و HC استفاده شده است. طرحوارهٔ بستر آزمون در شکل 2 نشان داده شده است.

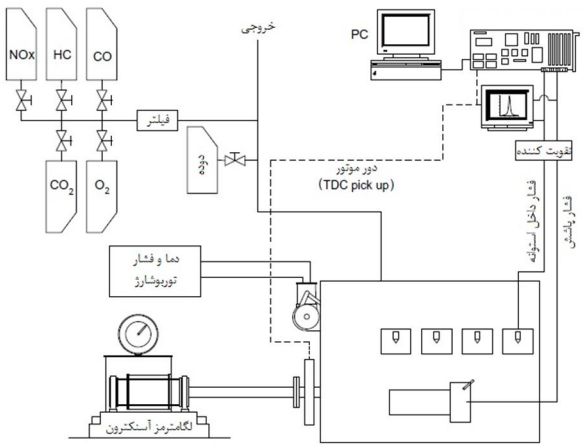
خطای تجهیزات استفاده شده در این پژوهش در جدول4 نشان داده شده است.

3-2- روش آزمون

در آزمون‌های تجربی انجام‌گرفته از موتور دیزل سواری بدون تغییر در سامانه نگاشت بهره گرفته شده است. قبل از انجام آزمون‌ها به منظور اطمینان از سالم بودن موتور و اتاق آزمون، قسمت‌های مختلف موتور و حسگرهای نصب‌شده بر روی آن و سایر تجهیزات مورد بررسی دقیق قرارگرفته شد. قبل از شروع داده برداری موتور باید در نقطه مورد نظر به حالت تعادل دمایی برسد به همین منظور داده‌هایی از قبیل دما و فشار بعد از خنک‌کن میانی،

جدول 4 خطای تجهیزات استفاده شده در این پژوهش

نام دستگاه	میزان خطا
لگام ترمز	گشتاور (Nm)1±
	دور موتور (rpm)1±
اندازه‌گیر دوده	3%± مقدار اندازه‌گیری شده
تحلیل‌گر گازهای خروجی	5%± مقدار اندازه‌گیری شده



شکل 2 چیدمان بستر آزمون، تجهیزات و سامانه ذخیره اطلاعات

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-26]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.20.4]

دمای آب، دما و فشار روغن و سایر داده‌های کنترلی مورد توجه قرار گرفت. در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر زیست‌دیزل بر روی آلایندگی، مصرف سوخت و عملکرد موتور دیزل از دستورالعمل آزمون نشان داده شده در جدول5 بهره گرفته شده است.

تمامی این آزمون‌ها در شرایط محیطی کنترل شده فشار سطح دریا و کنترل دمای آب خنک کن میانی و دمای روغن انجام گرفت. زمان تقریبی برای رسیدن به تعادل حدود 6 دقیقه منظور شد و پس از آن 70 ثانیه زمان داده برداری با فرکانس 1 هرتز در نظر گرفته شد. سپس میانگین 70 داده ذخیره شده به عنوان نتیجه نهایی گزارش شده است.

3- بحث بر روی نتایج

3-1- تأثیر زیست‌دیزل بر آلایندگی

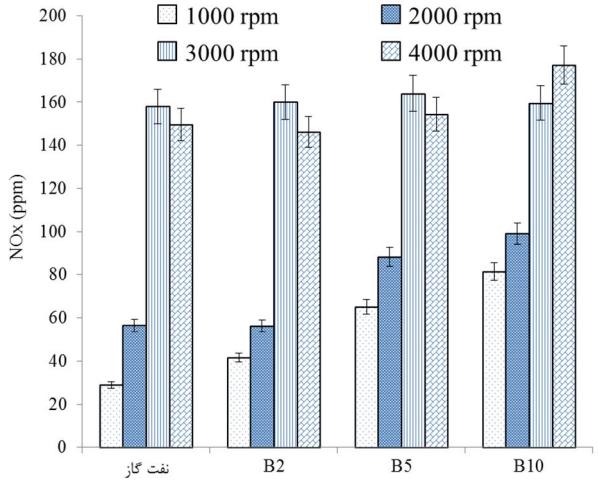
در شکل‌های 3 و 4 می‌توان تأثیر افزودن زیست‌دیزل بر اکسید نیتروژن را مشاهده کرد. مطابق شکل در آزمون‌های نیمه بار و تمام بار افزایش NO_x قابل مشاهده است که برای حالت نیمه بار (گشتاور 30 نیوتن متر) برای درصد مختلف میزان افزایش ناچیز است که به دلیل کم بودن مقدار NO_x تولیدی ناشی از خنک بودن دمای احتراق در بارهای میانی است. عکس این مطلب را می‌توان در حالت تمام بار مشاهده کرد که به دلیل گرم بودن دما احتراق میزان NO_x تولیدی بیشتر است. افزایش NO_x در مخلوط‌های زیست‌دیزل به دلیل وجود اکسیژن در این سوخت است که باعث می‌شود احتراق در محفظه به صورت کامل انجام شود حتی در مناطق غنی[1] و در نتیجه دمای احتراق افزایش یافته و شرایط برای تولید NO_x فراهم گردد. در دور 3000 rpm بار جزیی (30 نیوتن متر)، به دلیل نسبت هوا به سوخت زیاد نسبت به سایر دورها و در دور 2000 rpm تمام بار به دلیل اینکه بیشترین دمای احتراق در این دور قرار دارد، بیشترین میزان افزایش اکسید نیتروژن را می‌توان مشاهده کرد. نکتهٔ قابل توجه دیگر کاهش اکسید نیتروژن با افزایش درصد اختلاط سوخت زیست‌دیزل است، که به دلیل کاهش نسبت هوا به سوخت در برخی از نقاط است. همچنین گرانروی و کشش سطحی بزرگ همراه با تبخیر پذیری کم سوخت زیست‌دیزل باعث کاهش ناچیز اکسید نیتروژن می‌شود، نتایج مشابهی توسط اوزنر و همکاران در سال 2014 بدست آمده است [10].

همان‌گونه که در شکل‌های 5 و 6 مشهود است افزودن زیست‌دیزل سبب کاهش تولید CO نسبت به نفت‌گاز می‌شود. در حالت نیمه بار و تمام بار با افزایش مقدار زیست‌دیزل میزان CO به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. این کاهش در دورهای پایین که عمدتاً به دلیل احتراق ناقص مقدار CO تولیدی زیاد است تا 45 درصد برای B10 می‌رسد. دلیل اصلی تولید CO احتراق ناقص سوخت پاشیده شده در داخل محفظه احتراق است. از آنجا که زیست‌دیزل دارای 11 درصد اکسیژن است لذا احتراق آن کامل تر از سوخت نفت‌گاز خواهد بود و در نتیجه دمای احتراق بالاتر رفته و باعث تبدیل بیشتر

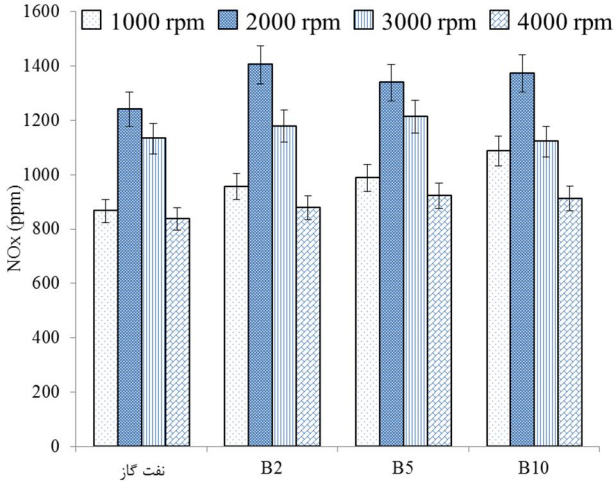
جدول 5 نقاط مورد استفاده در دستورالعمل آزمون

نقاط	حالت 1	حالت 2	دور موتور (rpm)
1	تمام بار	30 Nm	1000
2	تمام بار	30 Nm	2000
3	تمام بار	30 Nm	3000
4	تمام بار	30 Nm	4000

1- Rich zones

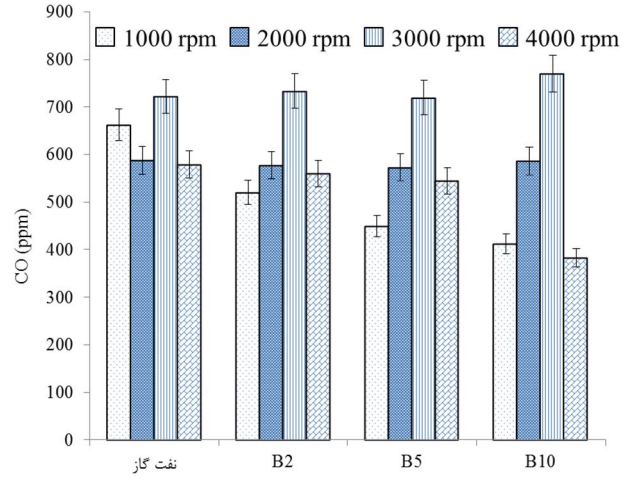


شکل 3 NO_x تولید شده برای نفت‌گاز و سایر ترکیب‌های زیست‌دیزل در حالت بار جزیی



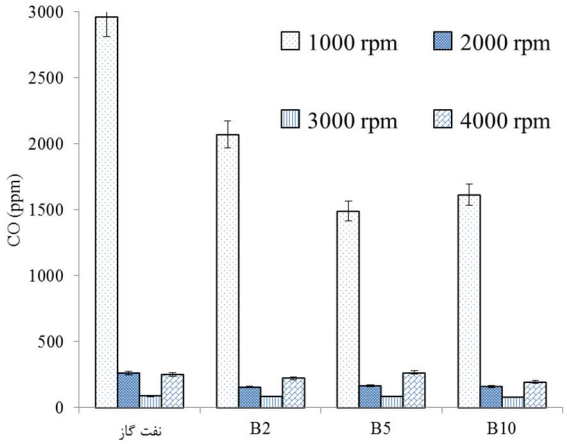
شکل 4 NO_x تولید شده برای نفت‌گاز و سایر ترکیب‌های زیست‌دیزل در حالت تمام بار

به همین دلیل است که روند نمودار CO دقیقاً عکس NO_x است. به دلیل عدم تنظیم نگاشت موتور برای استفاده از سوخت زیست‌دیزل، در برخی دورها افزایش اندک CO وجود دارد که به دلیل افزایش مقدار سوخت پاشیده که



شکل 5 CO تولید شده برای نفت‌گاز و سایر ترکیب‌های زیست‌دیزل در حالت بار جزیی

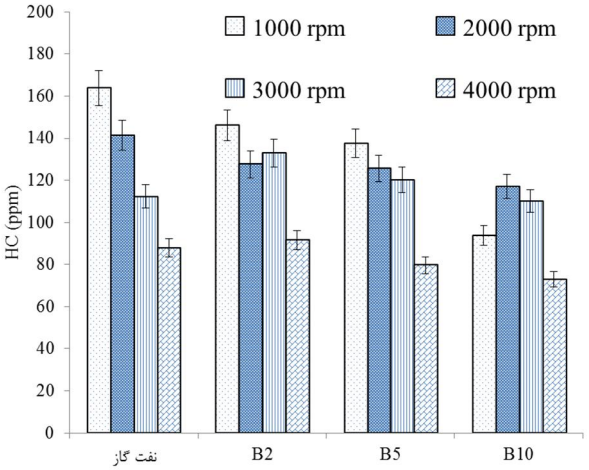
[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-26]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.20.4]



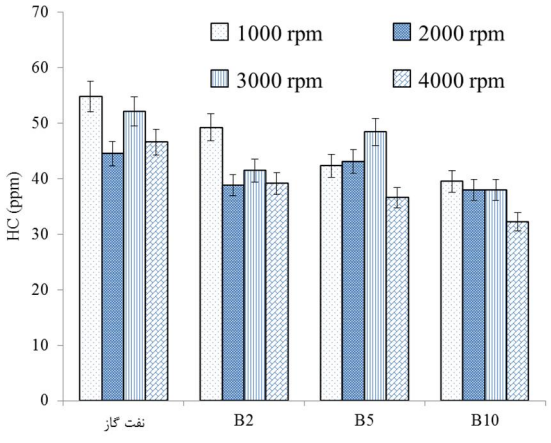
شکل 6 CO تولید شده برای نفت‌گاز و سایر ترکیب‌های زیست‌دیزل در حالت تمام بار

ناشی از ارزش حرارتی کمتر زیست‌دیزل نسبت به نفت‌گاز است، نسبت هوا به سوخت در این نقاط کاهش می‌یابد و باعث افزایش CO می‌شود. در برخی موارد هرچند اکسیژن موجود در سوخت به احتراق کامل کمک می‌کند اما به دلیل گرانروی بالا و تبخیر پذیری کم این سوخت احتمال اختلاط ناقص سوخت و هوا به ویژه در دور و بارهای کم، بیشتر می‌شود. افزایش CO در برخی پژوهش‌ها مانند پژوهشی که توسط کار و همکاران انجام شده گزارش شده است[14].

هیدروکربن‌های نسوخته علاوه بر پایین آوردن بازده موتور به عنوان آلاینده نیز محسوب می‌شوند. تأثیر نوع سوخت در انتشار آلاینده UHC در شکل‌های 7 و 8 نشان داده شده است. به طور تقریبی در تمامی درصدهای اختلاط زیست‌دیزل هیدروکربن‌های نسوخته کمتری نسبت به نفت‌گاز تولید شده است. کمترین مقدار UHC مربوط به ترکیب 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 و همکاران نیز 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 [15].

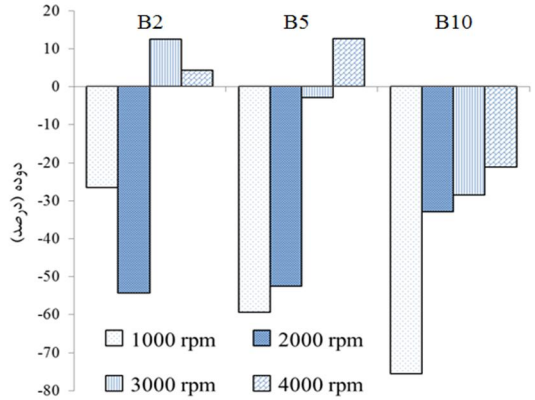


شکل 7 HC تولید شده برای نفت‌گاز و سایر ترکیب‌های زیست‌دیزل در حالت بار جزیی

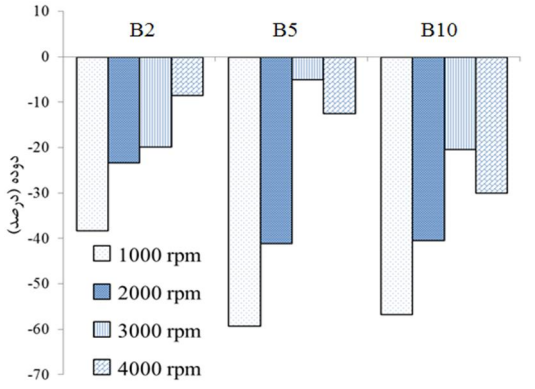


شکل 8 HC تولید شده برای نفت‌گاز و سایر ترکیب‌های زیست‌دیزل در حالت تمام بار

شکل‌های 9 و 10 درصد تولید دوده[1] نسبت به نفت‌گاز را برای درصدهای مختلف اختلاط در این آزمون، نشان می‌دهد. انتشار دوده در سوخت‌های حاوی زیست‌دیزل بطور نسبت به نفت‌گاز خالص کمتر است. همان‌طور که در این شکل‌ها می‌توان مشاهده کرد استفاده از مخلوط 10 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 دوده کمتری به جهت فقیر سوزی تولید می‌شود.



شکل 9 دوده تولید شده برای نفت‌گاز و سایر ترکیب‌های زیست‌دیزل در حالت بار جزیی



شکل 10 دوده تولید شده برای نفت‌گاز و سایر ترکیب‌های زیست‌دیزل در حالت تمام بار

1- Smoke

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-26]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.20.4]

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 مورد بررسی قرار داد. از طرفی از آنجا که در معادله استوکیومتری احتراق CO_2 جزو محصولات احتراق است میزان تولید آن نشان‌دهنده کامل بودن احتراق است. با توضیحات ارائه شده و با مشاهده شکل‌های 11 و 12 می‌توان دریافت که افزودن زیست‌دیزل باعث افزایش کیفیت احتراق می‌شود.

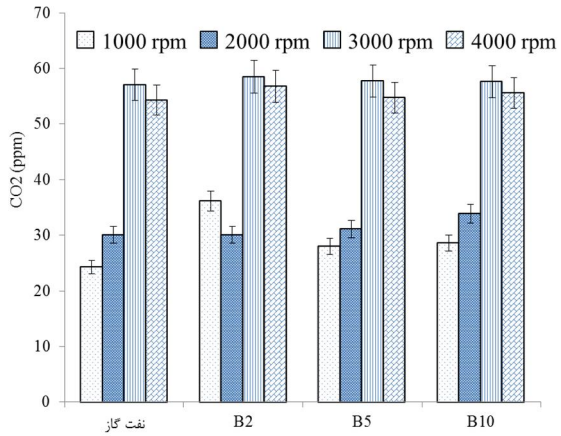
3-2- عملکرد موتور

در شکل13، تأثیر زیست‌دیزل بر روی عملکرد موتور نشان داده شده است.

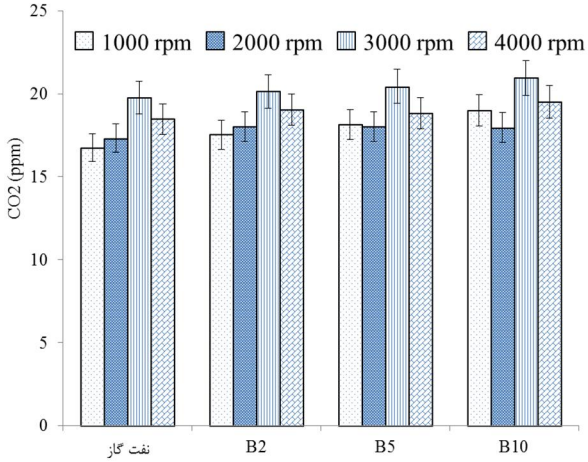
همان‌طور که در شکل می‌توان مشاهده کرد استفاده از ترکیب‌های زیست‌دیزل موجب افت در گشتاور تولیدی موتور می‌شود که به طور قطع این افت ناشی از ارزش حرارتی پایین این سوخت نسبت به نفت‌گاز معمولی است. از بین ترکیب‌های مختلف B2 کمترین کاهش گشتاور و بیشترین کاهش مربوط به B10 با 8 درصد کاهش است. اکسیژن موجود در سوخت زیست‌دیزل باعث بهبود کیفیت احتراق می‌شود تا جایی که حتی می‌تواند بخش زیادی از تأثیر منفی ارزش حرارتی کم زیست‌دیزل که در حدود 10% درصد است را جبران کند.

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 توان تولید شده افزایش می‌یابد. واضح است که در مصرف ویژه سوخت ترمزی موتور، چگالی سوخت اثر مستقیم و ارزش حرارتی سوخت اثر معکوس دارد. مصرف سوخت ویژه ترمزی در شکل‌های 14 و 15 نشان داده شده است. همانطور که در این شکل‌ها می توان مشاهده کرد افزودن زیست‌دیزل موجب افزایش مصرف ویژه سوخت می شود. بطوریکه زیست‌دیزل با درصد اختلاط 10 درصد بیشترین میزان افزایش مصرف ویژه سوخت ترمزی را دارد.

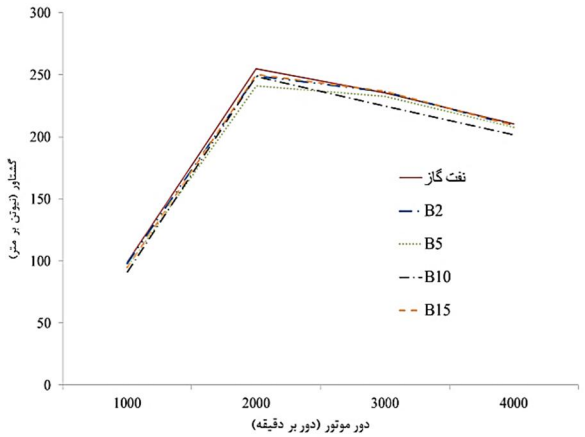
دمای گازهای خروجی در شکل16 و 17 نشان داده شده است. دمای گازهای خروجی در حالت تمام بار نسبت به نفت‌گاز خالص کاهش یافته است که این کاهش به دلیل ارزش حرارتی پایین زیست‌دیزل است که در حالت تمام بار باعث کاهش دمای خروجی می‌شود [10]. بیشترین کاهش مربوط به B10 است.



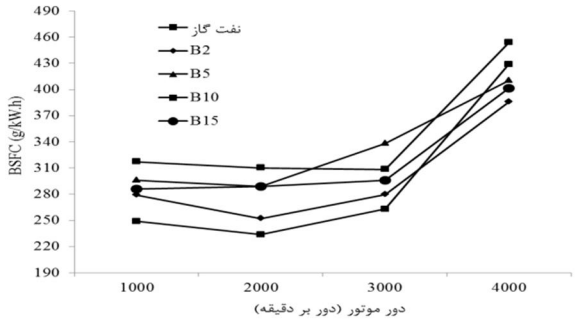
شکل 11 CO_2 تولید شده برای نفت‌گاز و سایر ترکیب‌های زیست‌دیزل در حالت بار جزیی



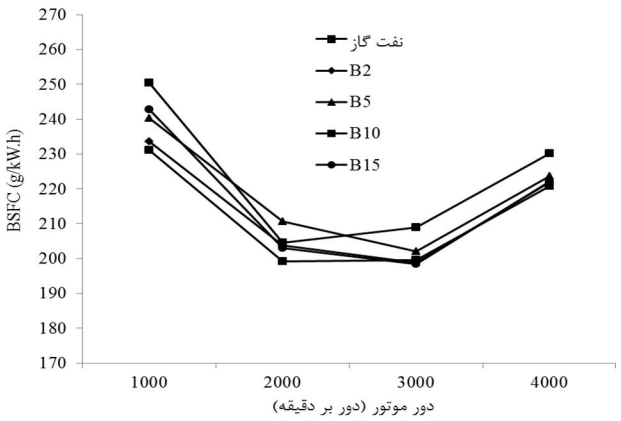
شکل 12 CO_2 تولید شده برای نفت‌گاز و سایر ترکیب‌های زیست‌دیزل در حالت تمام بار



شکل 13 تأثیر زیست‌دیزل بر روی گشتاور موتور

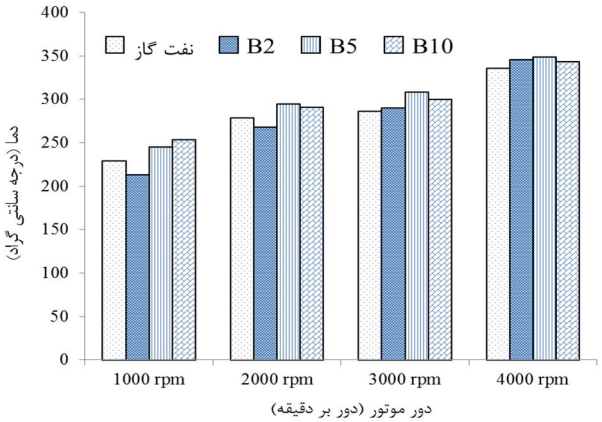


شکل 14مصرف ویژه سوخت ترمزی برای درصدهای مختلف زیست‌دیزل در بار جزیی

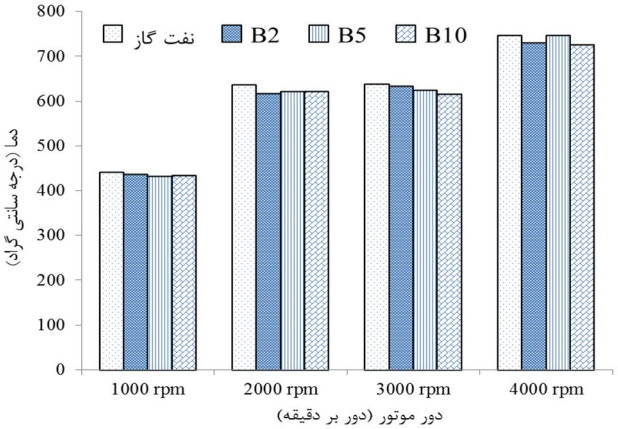


شکل 15 مصرف ویژه سوخت ترمزی برای درصدهای مختلف زیست‌دیزل در تمام بار

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-26]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.20.4]



شکل 16 دمای گازهای خروجی از موتور در بار جزیی



شکل 17 دمای گازهای خروجی از موتور در تمام بار

4- نتیجه‌گیری

استفاده از زیست‌دیزل باعث کاهش در آلاینده‌های تولیدی از قبیل هیدروکربن‌های نسوخته، منواکسیدکربن، و دوده می‌شود، ولی در مقابل اکسید نیتروژن افزایش پیدا کرد. بهترین ترکیب در کاهش آلاینده‌ها مربوط به B10 است. ولی در مقابل بیشترین افت توان و افزایش مصرف سوخت را دارد. مصرف ویژه ترمزی سوخت نیز به میزان 5-27 درصد افزایش یافت. بیشترین میزان افزایش مربوط به ترکیب 10 درصد زیست‌دیزل برای تمام بار و نیمه بار است. در مورد عملکرد نیز می‌توان گفت استفاده از زیست‌دیزل حتی با درصدهای کم باعث کاهش توان و گشتاور تولیدی توسط موتور می‌شود. بهترین عملکرد مربوط به ترکیب 2 درصد و بعد از آن به ترتیب 5 و 10 درصد است.

در مجموع با توجه به نتایج آلایندگی و عملکرد موتور ارائه شده برای درصدهای 2، 5 و 10 درصد می‌توان نتیجه گرفت ترکیب B5 به دلیل کاهش جزئی توان نسبت به نفت‌گاز و همچنین کاهش آلاینده‌ها خروجی از موتور عملکرد بهتری داشته است. هرچند در برخی از نقاط، ترکیب B10 کاهش بیشتری در تولید آلاینده داشته ولی با توجه به افزایش مصرف سوخت آن می‌توان همان ترکیب 5 درصد را به عنوان درصد بهینه معرفی کرد.

5- تشکر و قدردانی

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

6- مراجع

[1] M. Canakci, Combustion characteristics of a turbocharged DI compression ignition engine fueled with petroleum diesel fuels and biodiesel, *Bioresource technology,* Vol. 98, No. 6, pp. 1167-1175, 2007.
[2] J. A. Morón-Villarreyes, 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. Redel-Macías, S. Pinzi, D. Leiva, A. Cubero-Atienza, M. 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] E. Alptekin, 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. Dorado, E. Ballesteros, J. Arnal, J. Gomez, F. Lopez, Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil< sup>☆</sup>, *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 (Brassica juncea L.) seed oil methyl esters as biodiesel fuel, *Journal of the American Oil Chemists' Society,* Vol. 86, No. 9, pp. 917-96, 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. A. Sharp, Characterization of biodiesel exhaust emissions for EPA 211 (b), *Report. San Antonio, TX: Southwest Research Institute,* 1998.
[10] O. Özener, L. Yüksek, A. T. Ergenç, M. Özkan, Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics, *Fuel,* Vol. 115, pp. 875-883, 2014.
[11] M. F. Al_Dawody, S. K. Bhatti, Experimental and Computational Investigations for Combustion, *Performance and Emission Parameters of a Diesel Engine Fueled with Soybean Biodiesel-Diesel Blends,* Vol. - 52, No. - 0, pp. - 430, 2014.
[12] Ö. 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.
[13] M. Abedin, H. Masjuki, M. Kalam, A. Sanjid, S. Rahman, I. 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.
[14] A. Dhar, A. K. Agarwal, Performance, emissions and combustion characteristics of Karanja biodiesel in a transportation engine, *Fuel,* Vol. 119, pp. 70-80, 2014.
[15] W. Wang, D. Lyons, N. Clark, M. Gautam, P. Norton, Emissions from nine heavy trucks fueled by diesel and biodiesel blend without engine modification, *Environmental Science & Technology,* Vol. 34, No. 6, pp. 933-939, 2000

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-26]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.20.4]