



## محاسبه و ارزیابی اثرات کاربرد سوخت بیودیزل بر شاخص‌های عملکرد یک موتور تراکتور رسول لقمانپور زرینی<sup>\*۱</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۳۰

### چکیده:

جایگزینی بیودیزل به جای یک سوخت فسیلی منجر به کاهش انتشار آلاینده‌ها و در نتیجه کاهش روند پدیده گرمایش زمین می‌گردد. در پژوهش حاضر به منظور سنجش شاخص‌های کارکردی موتور دیزل در اثر اختلاط سوخت گازوئیل رایج در ایران و سوخت بیودیزل از نوع متیل استر روغن گیاهی پسماند، در ابتدا مخلوط‌های مختلف سوخت با درصدهای حجمی B80, B60, B40, B20, B0 آماده گردید. سپس با اعمال بارهای مختلف در دور ثابت ۱۳۴۰ دور بر دقیقه به موتور تراکتور مسی فرگوسن ۲۴۰ با استفاده از یک دینامومتر الکتریکی شاخص‌های کارکردی موتور مورد سنجش قرار گرفتند. دمای دود خروجی، راندمان حرارتی و نسبت هوا به سوخت تا مخلوط سوخت B40 فزونی یافته و با افزایش بیشتر درصد سوخت بیودیزل از مخلوط سوخت B40 به بالاتر تقلیل پیدا می‌کنند. مقدار نسبت هوا به سوخت در مخلوط سوخت B40 نسبت به بقیه مخلوط‌های سوخت بالاتر است و فرایند تغییرات نسبت هوا به سوخت در همه بارهای دینامومتر همسان می‌باشد. مصرف ویژه سوخت و آهنگ مصرف سوخت تا مخلوط سوخت B40 تقلیل یافته و از مخلوط سوخت B40 به بالاتر فزونی می‌یابند، به آن دلیل که مخلوط سوخت B40 پایین‌ترین مصرف سوخت و مصرف ویژه سوخت ترمزی را دارد. استفاده از این مخلوط به عنوان مخلوط سوخت برتر از نظر مصرف اقتصادی سوخت در موتورهای دیزل با دور ثابت پیشنهاد می‌گردد.

**واژگان کلیدی:** بیودیزل، دیزل، توان موتور، مصرف سوخت، سوخت زیستی

### مقدمه:

درخور برای موتورهای دیزل باید حفظ مزایای این موتورها را ضمانت کند. (Najafi et al., 2007)

سوخت بیودیزل عبارت است از استرهای منوالکیل اسیدهای چرب با زنجیره طویل که از منابع تجدیدپذیر مانند روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی تهیه می‌شود.

(Sundarapandian & Devaradjane, 2017) به منظور بکارگیری مستقیم روغن‌های گیاهی و چربی‌های حیوانی به عنوان منبع انرژی در موتورهای درونسوز و دارا بودن شرایط احتراق مناسب، لازم است تا ساختار مولکولی این منابع به اجزاء ساده‌تری شکسته و متعادل گردد. بیودیزل بدون گوگرد است و دی‌اکسید گوگرد منتشر شده در آن نزدیک صفر می‌باشد. تقلیل انتشار هیدروکربن‌های نسوخته در سوخت بیودیزل به دلیل وجود اکسیژن در آن می‌باشد. عدد ستان سوخت بیودیزل در قیاس با گازوئیل بیشتر بوده به همین خاطر قدرت احتراق مناسبی دارد (Yoon et al., 2009) (Park et al., 2008) & برای استفاده از سوخت بیودیزل در

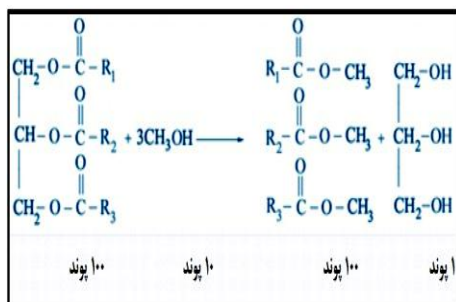
در حال حاضر دنیا با بحران منابع انرژی مواجه است و منابع ضعیف سوخت‌های فسیلی دیگر توانایی پاسخگویی به تقاضای رو به رشد انرژی را ندارند، از سوی دیگر افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی و آلودگی‌های ایجاد شده توسط آن دانشمندان را به کاوش برای منابع جایگزینی که تجدیدپذیر بوده و فاقد آلاینده‌گی باشند تشویق می‌نماید (Demirbas, 2006).

سوخت‌های گوناگونی به عنوان جایگزین سوخت دیزل در موتورهای دیزلی مطالعه شده‌اند که اصلی‌ترین آن سوخت بدست آمده از ضایعات روغن گیاهی است (Hemmat et al., 2016 & Borgelt et al., 2002). موتورهای دیزل جایگاه برجسته‌ای در تأمین نیروی محرکه صنعت و کشاورزی دارند. این موتورها از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان سوخت و ایجاد آلودگی هستند. در یک چشم‌انداز آرمانی، سوخت جایگزین



موجود در سوخت نمی‌باشد.  $\text{NO}_x$  تشکیل شده در موتور از نیتروژن موجود در هوای ورودی و واکنش آن در دمای بسیار بالا ناشی از احتراق در محفظه سیلندر ایجاد می‌گردد. (EPA-CDH, 2014)

بر اساس آزمایش‌ها و پژوهش‌های انجام شده، اساس تولید بیودیزل به شکل امروزی بر پایه فرآیندی به نام تغییر و تبدیل استری<sup>۱</sup> شکل گرفت. در این فرآیند روغن گیاهی (یا چربی حیوانی) پس از عبور از فیلتر برای از بین بردن اسیدهای چرب آزاد، با قلیا فرآیند می‌گردد، سپس با یک الکل (معمولا متانول) و یک کاتالیزور (معمولا هیدروکسید سدیم یا پتاسیم) ترکیب می‌شود. تری گلیسریدهای روغن برای تشکیل استرها و گلیسرول واکنش شیمیایی انجام داده و سپس از یکدیگر جدا شده و مورد تصفیه قرار می‌گیرد. واکنش شیمیایی انجام گرفته در شکل ۱ نمایش داده شده است (Van Gerpen et al., 2004). همان‌طور که مشاهده می‌شود، طی این واکنش مقدار ۱۰۰ پوند چربی یا روغن گیاهی (برای مثال روغن دانه-های سوپا) با ۱۰ پوند از الکل با زنجیره کوتاه که با ROH نمایش داده شده است (عموما متانول و گاهی نیز اتانول)، در مجاورت کاتالیزور (عموما هیدروکسید پتاسیم یا سدیم مخلوط با متانول) واکنش داده است و ۱۰ پوند گلیسرین و ۱۰۰ پوند بیودیزل به عنوان محصولات واکنش تولید گردیده، زنجیره اسیدهای چرب در این واکنش با R1 و R2 و R3 نمایش داده شده است که همان‌گونه که اشاره شد مربوط به اسیدهای پالمیتیک<sup>۲</sup>، استیریک<sup>۳</sup>، اولیک<sup>۴</sup> و لینولیک<sup>۵</sup> ترکیبات روغن‌ها و چربی‌ها می‌باشد. (Van Gerpen et al., 2004)



شکل (۱) واکنش تولید متیل استر و گلیسرول

در پژوهش حاضر با اعمال بارهای مشخصی به کمک دینامومتر الکتریکی در دور معین ۱۳۴۰ دور بر دقیقه شاخص

موتور دیزل به جای سوخت گازوئیل، اصولاً هیچ تغییر اساسی در موتور لازم نیست و فقط بسته به ارزش حرارتی، چگالی، ویسکوزیته و عدد ستان آن باید تنظیماتی بر روی میزان سوخت پاشیده شده، فشار پاشش در افشانه، مدت زمان پاشش سوخت و شروع پاشش انجام گیرد. (سعیدی نیچران و همکاران، ۱۳۸۸) بیودیزل خالص را B100 و ترکیب ۲۰٪ از آن با ۸۰٪ سوخت دیزل را اصطلاحاً B20 می‌نامند. در واقع این ترکیب از سوخت بدون هیچ تغییرات اساسی قابل استفاده در موتورهای دیزل است. جایگزینی بیودیزل به جای یک سوخت فسیلی منجر به کاهش انتشار آلاینده‌های و در نتیجه کاهش روند پدیده گرمایش زمین می‌گردد (Lou & Steohen, 2016 & Goettler et al., 2013). هنگامی که گیاه سوپا رشد و نمو می‌کند،  $\text{CO}_2$  هوا را جذب می‌نماید و روغن این گیاهان پس از استخراج تحت فرآیند تولید بیودیزل به سوخت تبدیل می‌شود و پس از سوختن،  $\text{CO}_2$  و آلاینده‌های دیگری را تولید می‌کنند که به اتمسفر باز می‌گردند. این چرخه باعث افزایش غلظت  $\text{CO}_2$  در هوا نمی‌شود، زیرا فتوسنتز گیاهان نیاز آنها به  $\text{CO}_2$  باعث ثابت ماندن میزان دی اکسید کربن در هوا می‌گردد (Enonymous, 2010). در جدول ۱ درصد غلظت آلاینده‌های منتشر شده در محیط ناشی از سوخت‌های B100 و B20 با سوخت دیزل معمولی مقایسه شده است (Ramadas et al., 2017).

جدول (۱) مقایسه درصد غلظت آلاینده‌های محیط ناشی از سوخت‌های در مقایسه با سوخت دیزل B100 و B20

نام آلاینده	B100	B20
هیدرو کربن های سوخته	-/۶۷	-/۲۰
منو اکسید کربن	-/۴۸	-/۱۲
ذرات ریز معلق	-/۴۷	-/۱۲
$\text{NO}_x$	%۱۰	%۲
سولفات ها	-/۱۰۰	-/۲۰
هیدرو کربن های آروماتیکی چند حلقه ای PAH	-/۸۰	-/۱۳

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد، درصد غلظت کلیه آلاینده‌ها برای سوخت بیودیزل اعم از B100 و B20 کم‌تر از سوخت دیزل معمولی است و تنها پارامتر  $\text{NO}_x$  است که به مقدار بسیار کم افزایش داشته است. بنابراین استفاده از بیودیزل باعث افزایش میزان آلاینده‌های نیترات اکسیژن  $\text{NO}_x$  در بسیاری از موتورها می‌شود. بیودیزل در ساختار خود نیتروژن ندارد، بنابراین افزایش  $\text{NO}_x$  مربوط به نیتروژن

1- Transesterification

2- Palmitic

3- Stearic

4- Oleic

5- Linoleic



## ۲-۱- تجهیزات آزمایش

## ۲-۱-۱- دینامومتر الکتریکی

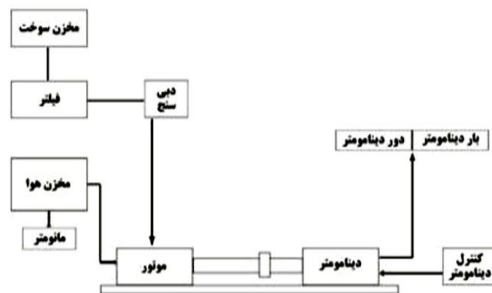
دینامومتر الکتریکی یکی از بهترین دستگاه‌های سنجش گشتاور است که مجموعه این تجهیزات استفاده شده در پژوهش فعلی تولید شرکت کاسانز (CUSSONS) کشور انگلستان می‌باشد که در شکل شماره ۲ و ۳ نشان داده شده است.

## ۲-۱-۲- موتور به کار رفته در پژوهش

موتور استفاده شده در این پژوهش، دیزل چهار زمانه (Engine diesel, Model AD3.152, Perkins, England) بکار رفته بر روی یک تراکتور مسی فرگوسن مدل ۲۴۰ (MF 240) می‌باشد. بخش اعظمی از نتایج حاصله از شاخص‌های عملکرد موتور مورد آزمایش، قابل تعمیم به اکثر موتورهای دیزل موجود در صنعت و کشاورزی از جمله موتورهای لیستر می‌باشد.

## ۲-۱-۳- سوخت مورد استفاده

سوخت‌های استفاده شده در این آزمایش شامل گازوئیل مرسوم در ایران و همچنین متیل استر روغن گیاهی پسماند است که ویژگی‌های هر دو سوخت به ترتیب در جداول شماره ۳ و ۴ آمده است.



شکل (۳) تجهیزات مورد استفاده در آزمایش

جدول (۳) ویژگی‌های مهم سوخت دیزل مورد استفاده به همراه استانداردها (Neicharan et al., 2010)

ردیف	نام مشخصه	روش استاندارد آزمون	سوخت دیزل	واحد
۱	نقطه اشتعال	ASTM D-۹۳	۶۱	C°
۲	گرانروی سینماتیک	ASTM D-۴۴۵	۴.۱	mm <sup>2</sup> /S
۳	چگالی	ASTM D-۴۰۵۲	۰.۸۲۹	g/cm <sup>3</sup>
۴	ارزش حرارتی پایین	ASTM D-۲۴۰	۴۲.۵۷	MJ/kg
۵	جرم مولکولی	---	۲۰.۹	Kg/mol
۶	درصد جرمی کربن	---	۸۶.۵	%
۷	درصد جرمی هیدروکربن	---	۱۳.۵	%
۸	درصد جرمی گوگرد	---	۰.۷۱	%

های کارکردی موتور دیزل سوار بر تراکتور در صورت استفاده از سوخت بیودیزل که قابل تعمیم به سایر موتورهای دیزل موجود در صنعت و کشاورزی می‌باشد، مورد سنجش قرار گرفت.

## ۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا مخلوط‌های مشخصی از سوخت بیودیزل و گازوئیل رایج در ایران که در جدول شماره ۲ آمده است تهیه شد. سپس با اعمال بارهای (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) به وسیله دینامومتر به موتور در دور ثابت ۱۳۴۰ دور بر دقیقه شاخص‌های کارکردی موتور دیزل موجود در تراکتور مسی فرگوسن ۲۴۰ در آزمایشگاه سنجش موتور دانشکده کشاورزی ساری ارزیابی شدند. شکل ۲ تصویری از تراکتور و دستگاه دینامومتر مورد استفاده در آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل (۲) دینامومتر متصل به تراکتور مورد استفاده در آزمایش (MF 240)

جدول شماره (۲) درصد‌های حجمی سوخت‌های به کار رفته در آزمایش

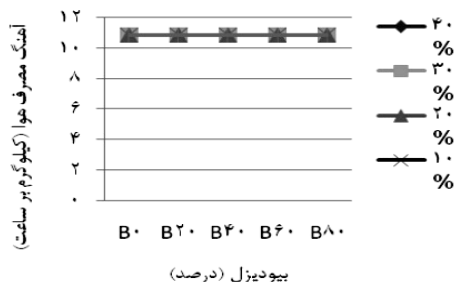
ردیف	درصد‌های مخلوط سوخت	علامت اختصاری سوخت
۱	۱۰۰٪ دیزل	B0
۲	۲۰٪ بیودیزل + ۸۰٪ دیزل	B20
۳	۴۰٪ بیودیزل + ۶۰٪ دیزل	B40
۴	۶۰٪ بیودیزل + ۴۰٪ دیزل	B60
۵	۸۰٪ بیودیزل + ۲۰٪ دیزل	B80

با توجه به اینکه سوخت بیودیزل حاصل ترکیبی از متیل استرهای مختلف است، بر اساس نوع روغن گیاهی و یا موادی که بیودیزل از آن تهیه می‌شود، درصد‌های ترکیبی مختلفی از این متیل استرها تشکیل خواهد شد. با در نظر گرفتن این امر در معاملات احتراق برای سوخت بیودیزل یک متیل استر به عنوان مدل مطالعه موردی در نظر گرفته شده و محاسبات احتراق و معادله واکنش بر اساس فرمول شیمیایی این متیل استر انجام شده است.

وابسته است.

$$M_a = \frac{P \times M_a}{R \times T_a} \quad (1)$$

بررسی مقادیر شکل شماره ۴ نشان می‌دهد که آهنگ مصرف هوای موتور در تمام مخلوط‌های سوخت و بارهای دینامومتر یکسان است. بر اساس یک قاعده کلی در همه موتور-های دیزل آهنگ مصرف هوا ثابت و آهنگ مصرف سوخت متغیر است، زیرا در این موتورها در ابتدای چرخه موتور میزان معینی هوا وارد سیلندر می‌شود و در زمان پاشش سوخت، هوای وارد شده در داخل سیلندر حبس شده و هیچ‌گونه ارتباطی بین محفظه سیلندر و بیرون آن وجود نخواهد داشت.



شکل (۴) اثرگذاری سوخت بیودیزل بر آهنگ مصرف هوا در بارهای مختلف و دور ثابت ۱۳۴۰ دور بر دقیقه

### ۲-۳- اثرگذاری سوخت بیودیزل بر آهنگ مصرف سوخت

آهنگ مصرف سوخت ( $M_f$ ) که در معادله (۲) آمده است به چگالی سوخت ( $P_f$ ) و دبی حجمی جریان سوخت ( $Q_f$ ) بستگی دارد.

$$M_f = P_f \times Q_f \quad (2)$$

با غنی‌تر شدن مخلوط هوا - سوخت قدرت موتور افزایش می‌یابد ولی وجود سوخت اضافی باعث افزایش آلایندگی گازهای خروجی و افزایش مصرف سوخت می‌شود، افزایش مصرف سوخت به معنای کاهش راندمان موتور است (خرازان، ۱۳۸۸). بررسی مقادیر شکل شماره ۵ نشان می‌دهد که آهنگ مصرف سوخت از مخلوط B0 تا B40 تقلیل یافته و از مخلوط B40 تا B80 افزایش می‌یابد. علت تقلیل آهنگ مصرف سوخت با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل تا مخلوط سوخت B40 وجود حالت ایده‌آل از نظر گرانی و چگالی مخلوط سوخت و بهتر شدن وضعیت احتراق می‌باشد.

با افزایش بار، آهنگ مصرف سوخت موتور در تمامی مخلوط‌های سوخت افزایش پیدا می‌کند، در نتیجه استفاده از مخلوط سوخت B40 در موتورهای دیزل با دور ثابت به علت

جدول (۴) ویژگی‌های مهم سوخت بیودیزل به همراه استانداردها و مقادیر مجاز (National Biodiesel Board, 2016)

ردیف	نام مشخصه	روش استاندارد آزمون	حدود مجاز	بیودیزل	واحد
۱	نقطه‌ی اشتعال	ASTM D-9۲	کمترین ۱۳۰	۱۷۶	°C
۲	گرانروی سینماتیک	ASTM D-۴۴۵	۱.۹ تا ۶.۰	۴.۷۳	mm <sup>2</sup> /s
۳	نقطه لبر شدن	ASTM D-۲۵۰۰	---	-۱	°C
۴	نقطه ریزش	ASTM D-۹۷	---	-۴	°C
۵	گلیسرین آزاد	ASTM D-۶۵۸۴	حداکثر شماره ۰.۲	۰.۱۶	%mass
۶	آب و رسوبات	ASTM D-۲۷۰۹	حداکثر شماره ۰.۵	۰.۰۵	%vol
۷	چگالی	---	---	۰.۸۸	g/cm <sup>3</sup>
۸	ارزش حرارتی پایین	---	---	۳۸۷۳۰	kJ/kg

### ۲-۲- شیوه و مراحل آزمایش

آزمایش‌ها به منظور بررسی اثرگذاری سوخت بیودیزل بر شاخص‌های کارکردی موتور صورت گرفت، پارامترهای کنترلی یکی بار اعمالی به موتور و دیگری مخلوط‌های مختلف سوخت (B80, B60, B40, B20, B0) بوده است. بارهای مشخصی (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) از سوی دینامومتر الکتریکی به موتور اعمال شد به گونه‌ای که با تغییر دستی شانه گاز دور موتور در مقدار ثابت ۱۳۴۰ دور بر دقیقه نگه داشته شد. سپس با اندازه‌گیری دمای دود خروجی به وسیله دماسنج و آهنگ مصرف هوا به شیوه اندازه‌گیری اختلاف فشار و آهنگ مصرف سوخت با اندازه‌گیری زمان برای مصرف ۱۰ سانتی‌متر مکعب سوخت و حل معادلات مربوطه شاخص‌های دبی جرمی هوا، دبی جرمی سوخت، راندمان حرارتی ترمزی، دمای دود خروجی، توان ترمزی، نسبت هوا به سوخت، مصرف ویژه سوخت ترمزی برای هر نوع مخلوط سوخت در بارهای مختلف دینامومتر بررسی شدند.

### ۳- نتایج و بحث

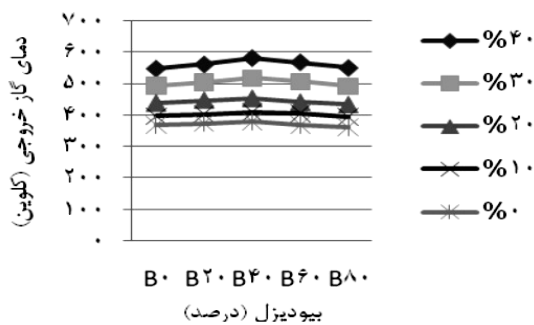
مشخصات بیودیزل بدست آمده از روغن‌های گیاهی، وابسته به زنجیره‌های اسیدهای چربی است که در خوراک استفاده شده وجود دارد (Amini Niaki & Ghazanfari, 2016). در نتیجه باید توجه نمود که نتایج حاصل از این پژوهش منحصر به بیودیزل با پایه روغن پسماند خوراکی است و قابل تعمیم به سایر سوخت‌های بیودیزل نبوده و قیاس آنها از نوع قیاس مع‌الفرغ می‌باشد.

### ۳-۱- اثرگذاری سوخت بیودیزل بر آهنگ مصرف هوا

آهنگ مصرف هوا ( $M_a$ ) که در معادله (۱) آمده است، به فشار هوای محیط ( $P$ )، سرعت هوای عبوری از صفحه روزنه‌دار ( $V_a$ )، ثابت هوا ( $R$ ) و دمای هوای ورودی به موتور ( $T_{ia}$ )



با بررسی مقادیر شکل شماره ۷ مشخص می‌شود که دمای دود خروجی با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت تا مخلوط سوخت B40 افزایش یافته ولی از مخلوط سوخت B40 تا B80 تقلیل می‌یابد. افزایش دمای دود خروجی تا مخلوط سوخت B40 به دلیل زیاد شدن فشار سیلندر در این بازه می‌باشد، همچنین کاهش دمای دود خروجی از مخلوط سوخت B40 تا B80 به دلیل کاهش فشار سیلندر در این بازه است. با افزایش بار دمای دود خروجی در تمامی مخلوط‌های سوخت افزایش می‌یابد.



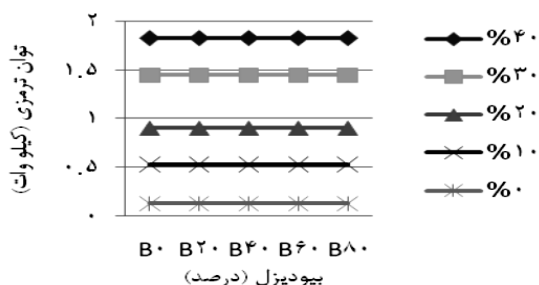
شکل (۷) اثرگذاری سوخت بیودیزل بر دمای دود خروجی در بارهای مختلف و دور ثابت ۱۳۴۰ دور بر دقیقه

### ۳-۵- اثرگذاری سوخت بیودیزل بر توان ترمزی

توان ترمزی (W) که در معادله ۴ آمده است، همان توان اندازه‌گیری شده در خروجی موتور می‌باشد که با گشتاور (T) و دور موتور (N) رابطه مستقیم دارد.

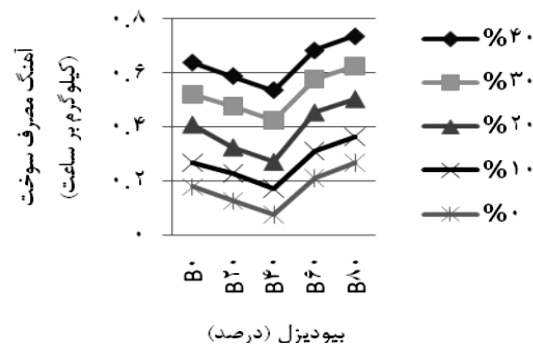
$$W = 2 \times \pi \times N \times T \quad (۴)$$

با بررسی مقادیر شکل شماره ۸ مشخص می‌گردد که توان ترمزی در یک بار معین برای تمامی مخلوط‌های سوخت یکسان می‌باشد، که علت آن تنظیم دور دینامومتر با تغییر میزان سوخت در دور ثابت ۱۳۴۰ دور بر دقیقه است. دلیل افزایش توان ترمزی با افزایش بار در کلیه مخلوط‌های سوخت به خاطر افزایش گشتاور ترمزی با افزایش بار است.



شکل (۸) اثرگذاری سوخت بیودیزل بر توان ترمزی در بارهای مختلف و دور ثابت ۱۳۴۰ دور بر دقیقه

پایین‌ترین مصرف سوخت در بین مخلوط‌های مختلف سوخت به عنوان سوخت برتر از حیث مصرف بهینه سوخت پیشنهاد می‌شود.



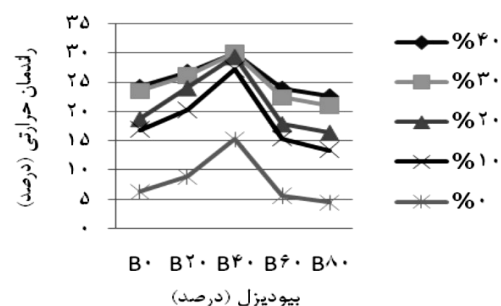
شکل (۹) اثرگذاری سوخت بیودیزل بر مصرف سوخت در بارهای مختلف و دور ثابت ۱۳۴۰ دور بر دقیقه

### ۳-۳- اثرگذاری سوخت بیودیزل بر راندمان حرارتی ترمزی

راندمان حرارتی ترمزی میزان بهره‌دهی حرارت رها شده در فرآیند احتراق و تولید قدرت ترمزی را نشان می‌دهد که در معادله (۳) آمده است. راندمان حرارتی بستگی به توان خروجی موتور، دبی سوخت مصرفی و ارزش حرارتی آن دارد به علت نقش برجسته ترکیب سوخت بر راندمان حرارتی موتور، تأثیر ترکیب سوخت مورد آزمایش بر راندمان حرارتی موتور مورد بررسی قرار گرفت. راندمان حرارتی ترمزی با توان ترمزی (W) رابطه مستقیم و با دبی جرمی مخلوط سوخت ( $M_{f\text{ mix}}$ ) و ارزش حرارتی مخلوط سوخت ( $H_{v\text{ mix}}$ ) رابطه عکس دارد.

$$\eta_{th} = \frac{W}{M_{f\text{ mix}} \times H_{v\text{ mix}}} \quad (۳)$$

با بررسی مقادیر شکل ۶ مشخص می‌شود که راندمان حرارتی تا مخلوط سوخت B40 افزایش یافته و از مخلوط سوخت B40 تا B80 تقلیل می‌یابد. همچنین راندمان حرارتی در تمام مخلوط‌های سوخت با زیاد شدن بار، افزایش می‌یابد.



شکل (۱۰) اثرگذاری سوخت بیودیزل بر راندمان حرارتی در بارهای مختلف و دور ثابت ۱۳۴۰ دور بر دقیقه

### ۳-۴- اثرگذاری سوخت بیودیزل بر دمای دود خروجی

جرم سوخت مصرفی ( $M_f$ ) به ازای تولید هر کیلووات ساعت انرژی ( $W$ ) تعریف می‌شود. (Amini Niaki & Ghazanfari, 2016)

$$SFC = \frac{M_f}{W} \quad (۶)$$

با بررسی مقادیر شکل شماره ۱۰ مشخص می‌شود که مصرف ویژه سوخت تا مخلوط سوخت B40 تقلیل یافته و از مخلوط سوخت B40 تا B80 افزایش می‌یابد. کاهش مصرف ویژه سوخت تا مخلوط سوخت B40 به خاطر کاهش آهنگ مصرف سوخت می‌باشد و افزایش مصرف ویژه سوخت از مخلوط سوخت B40 تا B80 به خاطر افزایش آهنگ مصرف سوخت در این بازه است. مخلوط سوخت B40 پایین‌ترین میزان مصرف ویژه سوخت را دارد و استفاده از آن به عنوان مخلوط برتر از نظر مصرف بهینه سوخت پیشنهاد می‌شود.



شکل (۱۰) اثرگذاری سوخت بیودیزل بر مصرف ویژه سوخت ترمزی در بارهای مختلف و دور ثابت ۱۳۴۰ دور بر دقیقه

علت کاهش آهنگ مصرف سوخت با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل تا ۴۰٪، وجود حالت مطلوب از نظر گرانبوی و چگالی مخلوط سوخت بین سوخت دیزل و بیودیزل و بهبود شرایط احتراق می‌باشد. افزایش درصد سوخت بیودیزل به دلیل چگالی بزرگتر و ارزش حرارتی کوچکتر آن نسبت به سوخت دیزل، از طرفی باعث افزایش چگالی مخلوط سوخت می‌شود و از طرف دیگر موجب کاهش انرژی حرارتی آن می‌گردد. افزایش چگالی مخلوط سوخت موجب افزایش جرم مصرفی مخلوط سوخت می‌شود و افزایش ارزش حرارتی سوخت باعث افزایش انرژی آزاد شده و در نتیجه تولید توان بیشتر می‌شود.

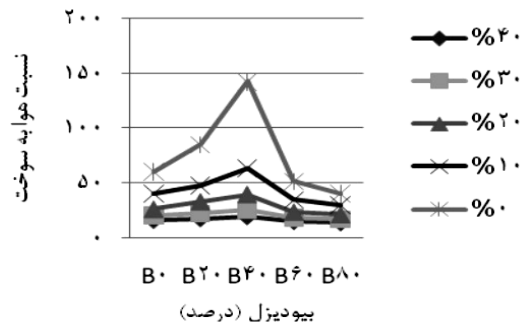
#### ۴- نتیجه‌گیری

به دلیل یکسان بودن دمای آزمایشگاه در طول انجام آزمایش تغییرات ناچیز نیز در آهنگ مصرف هوا وجود ندارد، بنابراین آهنگ مصرف هوای موتور در همه بارهای دینامومتر و برای تمامی مخلوط‌های سوخت یک مقدار می‌باشد. آهنگ مصرف سوخت موتور تا مخلوط سوخت B40 سیر نزولی دارد اما با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت از

۳-۶- اثرگذاری سوخت بیودیزل بر نسبت هوا به سوخت نسبت هوا به سوخت که در معادله ۵ آمده است، برابر نسبت آهنگ مصرف هوا ( $M_a$ ) به آهنگ مصرف سوخت ( $M_f$ ) می‌باشد.

$$\frac{M_a}{M_f} = \text{سوخت به هوا نسبت} \quad (۵)$$

با بررسی مقادیر شکل شماره ۹ مشخص می‌شود که نسبت هوا به سوخت تا مخلوط سوخت B40 افزایش یافته و از مخلوط سوخت B40 تا B80 تقلیل می‌یابد، دلیل افزایش نسبت هوا به سوخت تا مخلوط سوخت B40 یکسان بودن آهنگ مصرف هوای موتور در بار معین و کاهش آهنگ مصرف سوخت در این بازه می‌باشد، علت تقلیل نسبت هوا به سوخت از مخلوط سوخت B40 تا B80 افزایش آهنگ مصرف سوخت و یکسان بودن آهنگ مصرف هوای موتور در بار معین در این بازه است. با افزایش بار، نسبت هوا به سوخت در کلیه مخلوط‌های سوخت تقلیل می‌یابد. تفاوت زیاد نسبت هوا به سوخت در صفر درصد بار نسبت به بقیه بارها به خاطر کارکرد موتور در حالت بدون بار می‌باشد.



شکل (۹) اثرگذاری سوخت بیودیزل بر نسبت هوا به سوخت در بارهای مختلف و دور ثابت ۱۳۴۰ دور بر دقیقه

#### ۳-۷- اثرگذاری سوخت بیودیزل بر مصرف ویژه سوخت

##### ترمزی

در مصرف ویژه سوخت ترمزی موتور، چگالی سوخت اثر مستقیم و ارزش حرارتی سوخت اثر معکوس دارد. لذا در بارهای یکسان مخلوط سوختی کمترین مصرف ویژه را خواهد داشت که هر دو شرایط کوچک بودن چگالی و بزرگ بودن ارزش حرارتی را داشته باشد (یعنی یک حالت مطلوب بین سوخت دیزل و بیودیزل). مصرف ویژه سوخت (SFC) که در معادله (۶) آمده است، برحسب کیلوگرم بر کیلووات ساعت به صورت جرم سوخت مصرفی ( $M_f$ ) به ازای تولید هر صورت



شاخص‌های عملکردی در احتراق، می‌تواند به عنوان گزینه‌ای جدی برای جایگزینی سوخت دیزل با منشاء فسیلی مورد توجه قرار گیرد. این امر در حالی است که عواملی چون روند افزایش تقاضا برای انرژی، کاهش ذخایر انرژی با منشاء فسیلی و همچنین سیاست‌گذاری‌های کلان در زمینه اعمال محدودیت‌های سخت‌گیرانه‌تر در خصوص آلاینده‌های زیست محیطی این رقابت را جدی‌تر می‌نماید.

#### منابع

سعیدی نیجران، م.ر، قبادیان، ب. و نجفی، غ ۱۳۸۸. بررسی تجربی متغیرهای عملکردی یک موتور دیزل با استفاده از سوخت بیودیزل، مجله تحقیقات موتور، سال پنجم، شماره ۱۶، صفحه ۳۶-۲۹.

خرازان، م. ۱۳۸۸. طراحی موتورهای پیستونی. مشهد: نشر نما.

Demirbas, A. 2006. Progress and Recent Trends in Biofuels". Progress in Energy and Combustion Science. 33, pp. 1-18.

Hemmat, Y., Ghobadian, B., Loghavi, M., Kamgar, S. and Fayyazi, M. 2016. Biodiesel fuel production from residual animal fat as inedible and inexpensive feedstock. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 5 (1): 84-91.

Sundarapandian, S. and Devaradjane, G. 2017. Performance and emission analysis of biodiesel operated CI engine. Engineering Computing and Architecture. 1(2): 1-22.

Lou, U. and Stephen, Z. 2016. The Effect of Viscosity and other properties of vegetable oil Fuels on spray characteristics. proceedings of the second International conference on small Engines and their fuels in Developing countries, uk.

Goettler, H., Ziejewski, M. and Knudson, M. 2013. Performance of a Diesel Engine operating on Belends of Diesel fuel and crude sunflower oil at normal and Elevated fuel Temperatures. pp: 852087, SAE.

Borgelt, S. and Harris, P. 2002. Endurance Tests using soybean oil-Diesel fuel Mixture to fuel small pre-combustion chamber Engines. ASAE, St. Joseph, MI.

Najafi, B., Piruzpanah, V. and Ghobadian, B. 2007. Experimental Investigation of performance of a small Diesel Engine using CNG and Biodiesel. SAE paper No. 2007-32-0075.

مخلوط سوخت B40 به بالاتر سیر صعودی پیدا می‌کند. با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که روند کاهش و افزایشی آهنگ مصرف سوخت در تمام بارهای دینامومتر هم-سان هم می‌باشد. مخلوط سوخت B40 نسبت به بقیه مخلوط‌های سوخت کمترین میزان مصرف سوخت را دارد و از دیدگاه اقتصادی مصرف سوخت، مخلوط سوخت B40 از بقیه با صرفه‌تر بوده و استفاده از آن پیشنهاد می‌گردد. با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت تا مخلوط سوخت B40 راندمان حرارتی افزایش یافته و از مخلوط سوخت B40 به بالاتر راندمان حرارتی تقلیل می‌یابد. همچنین مشاهده می‌شود که مخلوط سوخت B40 در یک بار مشخص نسبت به بقیه مخلوط‌های سوخت دارای راندمان حرارتی بالاتری می‌باشد. دمای دود خروجی تا مخلوط سوخت B40 افزایش یافته و از مخلوط سوخت B40 به بالاتر کاهش می‌یابد. همچنین روند تغییرات دمای دود خروجی در تمام بارهای دینامومتر مثل هم است، فراتر از این با افزایش بار دمای دود خروجی در همه مخلوط‌های سوخت افزایش می‌یابد. توان ترمزی موتور در بار مشخص برای همه مخلوط‌های سوخت یکسان می‌باشد، این به آن دلیل است که با تغییر میزان سوخت، دور دینامومتر در حد ثابت ۱۳۴۰ دور بر دقیقه نگه داشته می‌شود. نسبت هوا به سوخت تا مخلوط سوخت B40 افزایش یافته و از مخلوط سوخت B40 به بالاتر تقلیل می‌یابد. روند تغییرات نسبت هوا به سوخت در بارهای مختلف دینامومتر مانند هم می‌باشد، همچنین مخلوط سوخت B40 در یک بار مشخص بالاترین نسبت هوا به سوخت را در مقایسه با بقیه مخلوط‌های سوخت دارد. مصرف ویژه سوخت ترمزی تا مخلوط سوخت B40 تقلیل یافته و از مخلوط سوخت B40 به بالاتر افزایش می‌یابد. روند تغییرات مصرف ویژه سوخت ترمزی در همه بارهای دینامومتر مانند هم است. مخلوط سوخت B40 در یک بار معین دارای پایین‌ترین مصرف ویژه سوخت ترمزی نسبت به بقیه مخلوط‌های سوخت می‌باشد، در نتیجه مخلوط سوخت B40 در قیاس با بقیه مخلوط‌های سوخت از حیث مصرف اقتصادی سوخت دارای برتری بوده و استفاده از آن پیشنهاد می‌گردد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، سوخت تجدیدپذیر بیودیزل با متوسط درصد پایین‌تر انتشار آلاینده‌ها و همچنین شرایط مناسب و آسان‌تر نگهداری و انتقال به سبب مشخصه‌های شیمیایی آن از جمله دمای اشتعال بالاتر نسبت به سوخت دیزل و اختلاف جزئی در میزان



Yoon, S., Suhand, H. and Lee, C. 2009. Effect of Spray and EGR Rate on the Combustion and Emission Characteristics of Biodiesel Fuel in a Compression Ignition Engine. *Energy and Fuels*, 23, pp.1486-149.

Park, S., Yoon, S. and Lee, C. 2008. Effect of the Temperature Variation on Properties of Biodiesel and Biodiesel-Ethanol Blends Fuels. *Oil & Gas Science and Technology*. 63, No.6, pp.737-745.

Enonymous, [www.Biodiesel.org/Standards & Warranties.html](http://www.Biodiesel.org/Standards&Warranties.html). 2010.

Ramadhass, A., Jayaraj, S. and Muraleedharan, R. 2017. Theoretical modeling and experimental studies on biodiesel-fueled engine. *Renewable Energy*, 31(11): 1813-1826.

EPA office. 2014. Cleaner Diesel Handbook, Environmental Defense. National Biodiesel Board: <http://www.biodiesel-intl.com/index.html>. 2016.

Van Gerpen J., Shanks B., Pruszko R., Clements D. and Knothe G. 2004. Biodiesel Production Technology, National Renewable Energy Laboratory

Saidi Neicharan, M., Ghobadian, B., and Najafi, G. 2010. Experimental Investigation of a Diesel Engine Performance Using Biodiesel Fuel. *Jul*. 17.

Amini Niaki, R. and Ghazanfari, A. 2016. Comparison of fuel and emission properties of petro diesel and sunflower biodiesel prepared by optimized production variables". *Fuel*, 109:384-388



## Calculation and evaluation of the effects of biodiesel fuel on performance indicators of a tractor engine

Rasoul Loghmanpour zarini<sup>1</sup>

*1-Phd, Agricultural College of Sari, Technical and Vocational University, Mazandaran, Iran*

Received: 20 May 2018

Accept: 20 July 2018

### **Abstract**

Replacing biodiesel instead of a fossil fuels reduces emissions and thus reduces the phenomenon of global warming. In the present study, in order to measure the functional characteristics of the diesel engine due to the mixing of the common fuel gasoline in Iran and the biodiesel fuel of the methyl ester of waste oil, various combinations of fuel with volume percentages B80, B60, B40, B20, B0 were prepared. Then, by applying different loads in a steady 1340 rpm range, the engine of the Ferguson 240 copper tractor was measured using an electric dynamometer of motor performance indicators. Exhaust emission temperature, thermal efficiency and air to fuel ratio to the B40 fuel blend and reduce the B40 fuel mixture by increasing the biodiesel fuel percentage. The ratio of air to fuel in the mixture of fuel B40 is higher than other fuel mixtures and the process of changing the air to fuel ratio is identical in all dynamometer loads. Particular fuel consumption and fuel consumption tune up to the B40 blend of fuel and increase the B40 fuel mix, due to the fact that the B40 fuel mixture has the lowest fuel consumption and specific fuel consumption. The use of this mixture is recommended as a superior fuel mix in terms of fuel economy in fixed-cycle diesel engines.

**Keywords:** Biodiesel, Diesel, Engine Power, Fuel Consumption, Biofuel