



## بررسی تجربی پارامترهای عملکردی یک موتور دیزل با استفاده از سوخت بیودیزل

محمدرضا سعیدی نیچران<sup>۱</sup>، برات قبادیان<sup>۲\*</sup>، تیمور توکلی هاشجین<sup>۳</sup>، غلامحسن نجفی<sup>۴</sup>

تهران، جلال آل احمد، پل نصر، دانشگاه تربیت مدرس تهران

(\* نویسنده مخاطب: برات قبادیان bghobadian2004@yahoo.com)

### چکیده

در این تحقیق پارامترهای عملکردی یک موتور دیزل با بکارگیری مخلوط سوخت دیزل و بیودیزل مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوطهای سوخت دیزل و بیودیزل از B0 تا B40، حداکثر فشار سیلندر، دمای گازهای خروجی از اگزوز و نسبت هوا به سوخت افزایش یافته و با افزایش بیشتر درصد سوخت بیودیزل، از B40 تا B100، این متغیرها کاهش می‌یابند. توان ترمزی موتور در بار ثابت دینامومتر برای تمامی مخلوطهای سوخت ثابت بود. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوطهای سوخت تا ۴۰٪ حجمی، پارامترهای مصرف سوخت و مصرف سوخت ویژه ترمزی، روند نزولی داشته و با افزایش بیشتر درصد سوخت بیودیزل (بیش از ۴۰٪) مصرف سوخت روند صعودی پیدا می‌کند. مخلوط سوخت B40 در تمامی بارهای دینامومتر دارای حداقل مصرف سوخت ویژه ترمزی بوده، بنابراین از نظر اقتصادی و کاهش مصرف سوخت نسبت به سوخت دیزل و بیودیزل خالص و سایر مخلوطهای سوخت ارجحیت داشته و استفاده از آن توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: موتور دیزل - سوخت بیودیزل - مخلوط سوخت بیودیزل و دیزل - پارامترهای عملکردی موتور.

### ۱- مقدمه

منابع محدود سوخت فسیلی قادر به پاسخگویی به تقاضای رو به افزایش انرژی نمی‌باشد. این مسأله با افزایش قیمت سوخت فسیلی و آلودگی زیست‌محیطی همزمان بوده و محققان را به جستجوی منابع جایگزین انرژی که تجدیدپذیر، ایمن و غیر آلوده‌کننده باشند ترغیب می‌نماید [۱]. در سالهای اخیر سوخت‌های مختلفی به عنوان سوخت جایگزین با سوخت دیزل در موتور دیزلی بررسی شده‌اند که از مهمترین آنها سوخت حاصل از ضایعات روغن‌های گیاهی است که به عنوان سوخت بیودیزل نامگذاری شده است [۲-۶]. بیودیزل سوخت تجدیدپذیر جایگزین برای موتورهای دیزل می‌باشد که از نظر ساختار شیمیایی جزء استرها محسوب می‌شود. این سوخت می‌تواند از روغن گیاهانی مثل ذرت، آفتاب‌گردان، برخی دانه‌های روغنی، بادام زمینی و همچنین روغن‌های پسماند خوراکی و چربیهای حیوانی در کنار یک عامل متیل‌کننده تولید شود [۷]. مهمترین تفاوت اساسی در ترکیبات سوخت دیزل و بیودیزل، محتوای اکسیژن می‌باشد. میزان اکسیژن موجود در سوخت دیزل صفر است در حالی که بیودیزل حاوی ۱۰ تا ۱۲ درصد وزنی اکسیژن می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که تأخیر اشتعال هیدروکربنها به محتوای اکسیژن آنها بستگی دارد [۸]. بیودیزل سوخت جایگزین مناسبی برای موتور دیزل بوده و تمام مزایای این نوع موتورها را حفظ می‌کند. برای استفاده از این سوخت در موتورهای دیزل بجای سوخت گازوئیل، اساساً تغییری در موتور لازم نیست و فقط بسته به ارزش حرارتی و سایر مشخصه‌های سوخت، لازم است تنظیماتی روی زمان شروع و مدت زمان پاشش

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس - (mrsaedi2000@yahoo.com)

۲- دانشیار - (bghobadian2004@yahoo.com) - مسئول مکاتبات

۳- استاد دانشگاه تربیت مدرس - (ttavakkoli@modares.ac.ir)

۴- فارغ التحصیل دوره دکتری دانشگاه تربیت مدرس - (nagafy\_14@yahoo.com)



سوخت انجام شود [۳]. در تحقیقی عملکرد یک موتور دیزل با استفاده از متیل استر روغن کلزا مورد بررسی قرار گرفت و با سوخت دیزل مقایسه گردید. بیودیزل بدلیل محتوای اکسیژن آن نسبت به سوخت دیزل زودتر مشتعل می‌شد بدلیل تأخیر اشتعال پائین‌تر، سوخت کمتری در محفظه احتراق بوده بنابراین افزایش فشار کمتر و سر و صدا نیز کمتر می‌باشد (کوبش دیزل). بقیه مراحل احتراق برای هر دو نوع سوخت تقریباً یکسان می‌باشد. مصرف سوخت ثقلی بیودیزل حدود ۱۳٪ بیشتر از سوخت دیزل بوده است و این بدلیل ارزش حرارتی بالاتر سوخت دیزل می‌باشد با بررسی تفاوت در ارزش حرارتی، مصرف سوخت برای هر دو نوع یکسان است [۹]. یک موتور دیزل مجهز به توربوشارژ جهت بررسی خصوصیات احتراق مخلوط متیل ایزوپروپیل و متیل استر روغن سویا با سوخت دیزل مورد استفاده قرار گرفت. همه مخلوط‌های سوخت، تأثیر قابل توجه در کاهش آلایندگی‌های منواکسید کربن، هیدروکربن‌های سوخته نشده، مواد ریز و کربن جامد داشتند و عملکرد موتور در همه‌ی آنها یکسان بود. همه مخلوط‌های استر در شرایط ۱۰۰ و ۲۰ درصد بار موتور، دارای تأخیر اشتعال کمتری بودند [۱۰]. نتایج تحقیق آتماکا و همکاران بر روی متیل استر روغن مغز فندق و مخلوط‌های آن با سوخت دیزل نشان داد که با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل مصرف سوخت ویژه ترمزی تا مخلوط سوخت B10 کاهش می‌یابد و با افزایش بیشتر درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت (B10-B100)، مصرف سوخت ویژه ترمزی افزایش می‌یابد. نتایج این تحقیق همچنین نشان می‌دهد که با افزایش درصد بیودیزل، تأخیر اشتعال کاهش می‌یابد [۱۱]. در تحقیقی روغن سبوس برنج برای تولید بیودیزل مورد استفاده قرار گرفت و متیل استر روغن سبوس برنج بصورت خالص و مخلوط با سوخت دیزل در موتور دیزل تک سیلندر با پاشش مستقیم مورد استفاده قرار گرفت و پارامترهای احتراق، عملکرد و آلایندگی‌های موتور بررسی گردید. در این تحقیق، شش نوع سوخت یعنی دیزل خالص، مخلوط‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰٪ متیل استر روغن سبوس برنج و سوخت دیزل (بر مبنای حجمی) و متیل استر روغن سبوس برنج خالص، مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد که تأخیر اشتعال و حداکثر مقدار در منحنی گرمای آزاد شده برای متیل استر روغن سبوس برنج و مخلوط‌های آن با سوخت دیزل کمتر از سوخت دیزل خالص می‌باشد و تأخیر اشتعال با افزایش درصد متیل استر روغن سبوس برنج در مخلوط کاهش می‌یابد [۸]. در تحقیق حاضر، مخلوط‌های مختلف سوخت دیزل و بیودیزل حاصل از روغن پسماند خوراکی، با درصدهای مختلف بیودیزل از صفر تا صد درصد حجمی (B00, B10, B20, B30, B40, B50, B60, B70, B80, B90, B100) تهیه شد و مخلوط‌های مذکور در موتور لیستر مدل M8/1 در چهار بار مختلف موتور (۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪) تحت آزمایش‌های کوتاه مدت در سه تکرار مختلف مورد آزمایش قرار گرفته و با استخراج منحنی‌های عملکردی موتور، تأثیر این سوخت جایگزین بر روی عملکرد موتور مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این موضوع که تاکنون در خصوص تأثیر سوخت جدید بیودیزل بر پارامترهای عملکردی موتور دیزلی تحقیقات کمی در کشور انجام شده است، اهمیت تحقیق حاضر بیشتر نمود پیدا می‌کند. در ضمن نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند به عنوان منبع اصلی تحقیقات نظری و تجربی در آینده قرار گیرد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مشخصات اصلی سوخت بیودیزل

بیودیزل بر اساس تعریف عبارت است از استرهای منوالکیل اسیدهای چرب با زنجیر طویل است که از منابع طبیعی تجدیدپذیر مانند روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی تهیه می‌شود و تشابه زیادی با گازوئیل داشته و به عنوان سوخت جایگزین جدی مطرح است. به دلیل تغییرات ناگهانی در قیمت محصولات نفتی و از جمله گازوئیل، پایان ذخایر نفتی در چند دهه آینده، وابستگی شدید کشورها به منابع سوخت فسیلی خارجی و در نتیجه تأمین مطمئن سوخت مصرفی، تجدید پذیر و تجزیه پذیر بودن بیولوژیکی سوخت بیودیزل و در نهایت پاک بودن سوخت بیودیزل در مقابل آلایندگی‌های زیست محیطی ناشی از گازوئیل، بسیاری از کشورها جایگزینی تدریجی گازوئیل با بیودیزل را در برنامه‌های کلان تأمین انرژی خود برای آینده

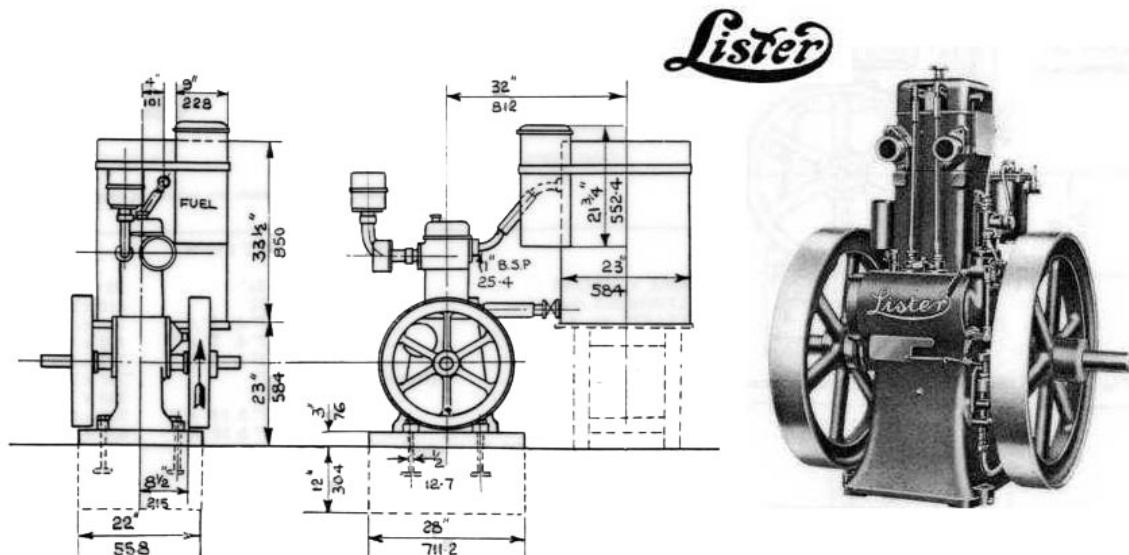
قرار داده‌اند. بیودیزل همچنين سازگار با سوخت متداول گازوئيل بوده و مي‌تواند با هر نسبتی با سوخت گازوئيل مخلوط شود [۱۲]. بیودیزل مورد استفاده در این تحقیق متیل استر روغن خوراکی گیاهی پسماند است که در آزمایشگاه تولید بیودیزل دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تولید شد و سوخت گازوئیل مورد استفاده، گازوئیل متداول در ایران (گازوئیل شماره ۲) می‌باشد. برخی از خواص مهم بیودیزل مورد استفاده به همراه استانداردهای مربوطه و حدود مجاز آن‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- برخی از خواص مهم بیودیزل مورد استفاده به همراه استانداردهای آزمون ASTM.

خصوصیت	روش استاندارد آزمون	حدود مجاز	بیودیزل	واحد
نقطه اشتعال	ASTM D-92	کمترین ۱۳۰	۱۷۶	°C
گرانروی سینماتیک	ASTM D-445	۶/۰-۱/۹	۴/۷۳	mm <sup>2</sup> /s
نقطه ابری شدن	ASTM D-2500	-	-۱	°C
نقطه ریزش	ASTM D-97	-	-۴	°C
رنگ	ASTM D-1500	-	L۱/۵	-
خوردگی مس	ASTM D-130	بیشترین شماره ۳	la	-
گلیسیرین آزاد	ASTM D-6584	بیشترین شماره ۰/۰۲	۰/۰۱۶	%mass
آب و رسوبات	ASTM D-2709	بیشترین شماره ۰/۰۵	۰/۰۵	%vol.
چگالی	---	---	۰/۸۸۰	g/cm <sup>3</sup>

## ۲-۲- مشخصات موتور دیزل لیستر M ۸/۱

موتور مورد استفاده در آزمایش‌های اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی از نوع لیستر M۸/۱ می‌باشد. این موتور چهار زمانه با تنفس طبیعی ساخت کارخانه لیستر انگلستان است و مشخصات فنی آن در جدول (۲) آورده شده است.



شکل ۱- نمایی از موتور دیزل لیستر مدل ۸/۱

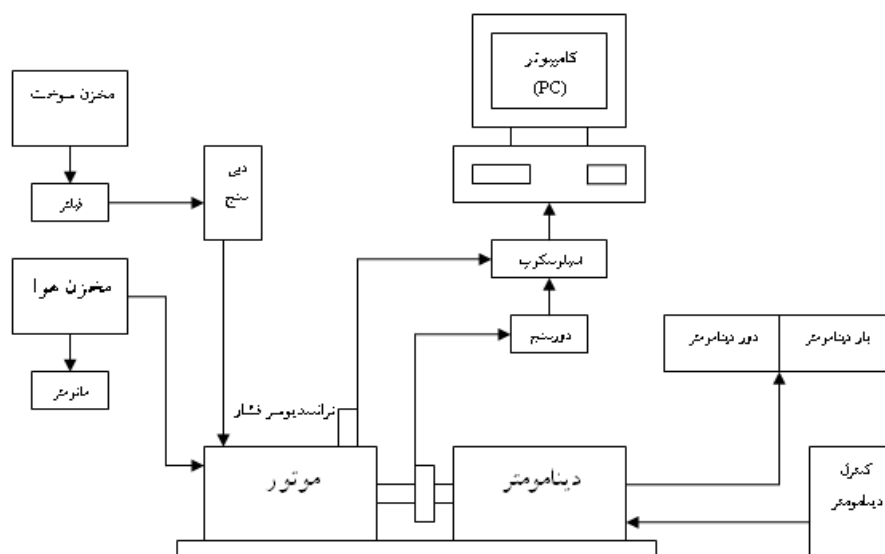
جدول ۲- مشخصات فنی موتور دیزل لیستر مدل M ۸/۱.

مشخصه	مقدار	واحد
تعداد سیلندر	۱	-
قطر پیستون* کورس پیستون	۱۱۴/۳*۱۳۹/۷	mm
طول شاتون	۳۷۹/۴	mm
حجم جایابی	۱/۴۳	Lit
نسبت تراکم	۱۷/۵ : ۱	-
ظرفیت سیلندر	۱/۵ : ۶۶	Lit
حاکتر توان در ۸۵۰ rpm	۸	hp
مصرف ویژه سوخت در حداکثر توان	۲۲۷	gr/hp.hr
فشار پاشش	۹۱/۷	kg/cm <sup>2</sup>
زاویه شروع پاشش	-۲۱	درجه میل لنگ
زاویه خاتمه پاشش	+۹	درجه میل لنگ

### ۲-۳- تجهیزات آزمایش

برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز برای تعیین پارامترهای احتراق موتور دیزل با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل با استفاده از موتور لیستر M ۸/۱ تجهیزات مورد استفاده که در شکل شماتیک ۲ آورده شده‌اند، عبارتند از:

- ۱- دینامومتر ایستاده الکتریکی مدل Plint TE9
- ۲- زاویه‌سنج از نوع Gaebidge مدل ۴۵HD؛
- ۳- حسگر فشار پیزوالکتریک مدل ۶۱۲۳- Kistler برای اندازه‌گیری فشار درون محفظه احتراق؛
- ۴- اسیلوسکوپ و کامپیوتر و برد ADC برای نمایش و ثبت تغییرات فشار درون محفظه احتراق؛
- ۵- مخزن و دبی‌سنج سوخت مایع از نوع پیپت در محدوده ۰/۲ تا ۴۵ کیلوگرم بر ساعت اتمسفر با دقت اندازه‌گیری ۰/۵٪ مصرف سوخت موتور؛
- ۶- مخزن و دبی‌سنج هوا از نوع روزنه سنج از اتمسفر با دقت اندازه‌گیری ۰/۱٪ دبی هوای مصرفی موتور



شکل ۲- مجموعه تجهیزات مورد استفاده در آزمایش کوتاه مدت موتور دیزل لیستر مدل M ۸/۱.

### ۳- روش و مراحل انجام آزمایش‌ها

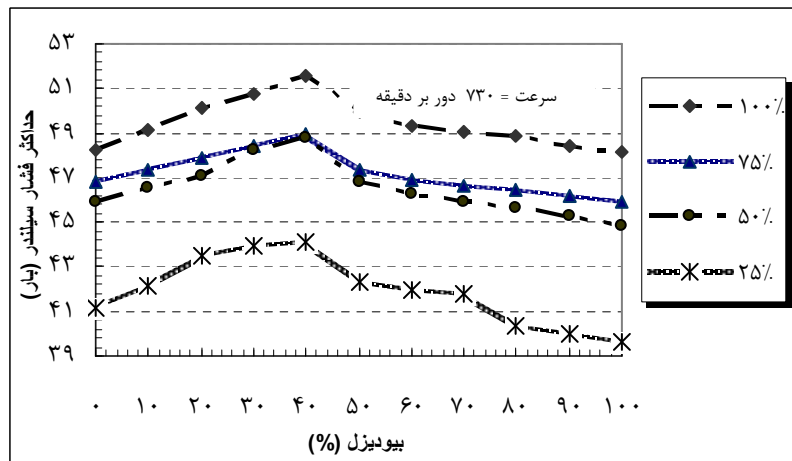
آزمایش‌ها در قالب آزمایش کوتاه مدت موتور بر مبنای استاندارد ECR R-49 و با هدف بررسی تأثیر سهم بیودیزل بر پارامترهای عملکردی موتور انجام گرفت. پارامترهای تحت کنترل، بار اعمالی از طرف دینامومتر به موتور و نوع سوخت (مخلوط‌های مختلف سوخت دیزل و بیودیزل) بوده است. بار دینامومتر از طریق سویچ کنترل دستی به موتور اعمال می‌شد و از طریق نمایشگر دیجیتالی تنظیم می‌گردید. با اندازه‌گیری زمان مصرف ۲۵ cc سوخت، آهنگ مصرف سوخت محاسبه شد. آهنگ مصرف هوا به روش اندازه‌گیری اختلاف فشار در داخل روزنه مخزن هوا و اتمسفر انجام گرفت به نحوی که با اندازه‌گیری اختلاف فشار ستون آب در دو طرف روزنه ورودی هوا و محاسبات مربوط به آن، آهنگ مصرف هوا بدست آمد. دمای خروجی آگروز با استفاده از یک ترموکوپل اندازه‌گیری شد. فشار داخل سیلندر از طریق یک حسگر پیزوالکتریک دریافت شده و پس از تنظیم با اسیلوسکوپ در یک کامپیوتر نمایش و ذخیره گردید. تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها ۳ بوده و نتایج ارائه شده، میانگین حاصل از ۳ تکرار می‌باشند. در هر مرحله از آزمایش (در کل ۴۴ مرحله)، بار اعمال شده بر حسب درصد بار نهایی تنظیم و به مدت ۶۰ ثانیه در حالت کار قرار می‌گرفت تا دور موتور به حالت پایدار برسد. مرحله گرم کردن موتور، شامل ۱۰ دقیقه کار کردن موتور با هر یک از سوخت‌های مورد آزمایش است.

### ۴- نتایج آزمایش‌ها

ویژگی‌های بیودیزل حاصل از روغن‌های گیاهی، بطور قابل ملاحظه‌ای به زنجیره‌های اسیدهای چرب موجود در خوراک مورد استفاده بستگی دارد [۷]. لذا باید در نظر داشت که نتایج حاصل از این تحقیق منحصر به بیودیزل با پایه روغن پسماند خوراکی بوده و نتایج آن قابل تعمیم به تمام سوخت‌های بیودیزل نمی‌باشد.

#### ۴-۱- تأثیر سوخت بیودیزل بر فشار بیشینه سیلندر

تأثیر سوخت بیودیزل بر حداکثر فشار سیلندر در شکل (۳) نشان داده است.



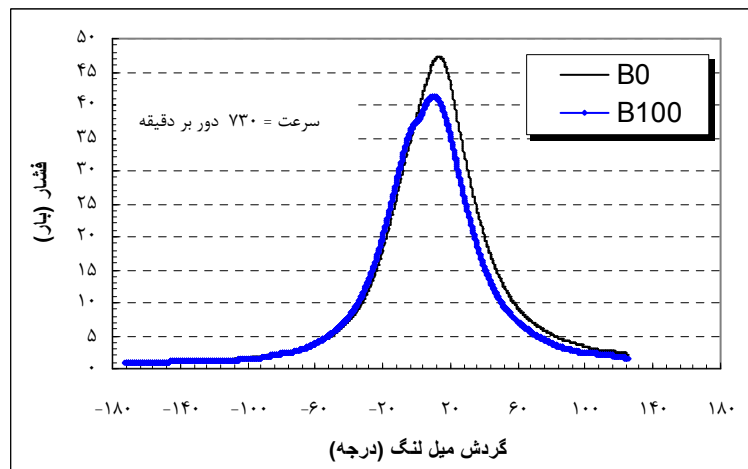
شکل ۳- تأثیر سوخت بیودیزل بر فشار بیشینه سیلندر.

با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت تا ۴۰٪، حداکثر فشار سیلندر افزایش یافته و در مخلوط سوخت B40 به مقدار بیشینه خود می‌رسد. با افزایش بیشتر درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت، حداکثر فشار سیلندر روند نزولی پیدا کرده و نهایتاً با سوخت بیودیزل خالص (B100) به مقدار کمینه خود می‌رسد. روند افزایش حداکثر فشار سیلندر با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت، تا مخلوط سوخت B40 و کاهش آن با افزایش بیشتر درصد سوخت

بیودیزل در مخلوط‌های سوخت تا سوخت بیودیزل خالص (B100)، در تمام بارهای دینامومتر مشابه هم می‌باشد. در تمام مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل با افزایش بار دینامومتر حداکثر فشار سیلندر افزایش می‌یابد.

#### ۲-۴- تأثیر سوخت بیودیزل بر فشار سیلندر

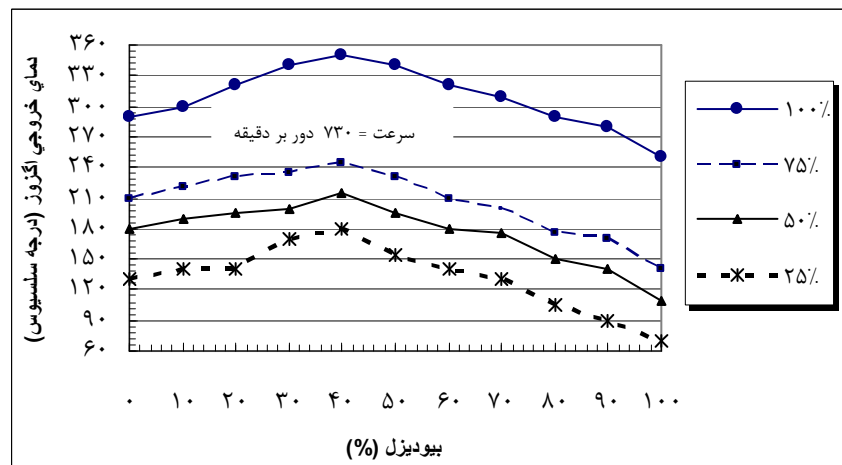
شکل ۴ منحنی‌های فشار درجه گردش میل‌لنگ (P-θ) را بطور نمونه در ۱۰۰٪ بار نهایی دینامومتر برای سوخت دیزل خالص (B0) و بیودیزل خالص (B100) نشان می‌دهد. افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط سوخت، باعث انتقال منحنی به طرف کاهش درجه میل‌لنگ می‌شود (شیفت نیمه دوم منحنی‌ها به سمت چپ). این پدیده نشان می‌دهد که سوخت بیودیزل بدلیل داشتن عدد ستان بالا دارای تأخیر اشتعال کمتری می‌باشد.



شکل ۴- منحنی‌های (P-θ) در ۱۰۰٪ بار نهایی دینامومتر برای سوخت B0 و B100.

#### ۳-۴- تأثیر سوخت بیودیزل بر دمای خروجی آگزوز

شکل ۵ تغییرات دمای خروجی آگزوز، برای سوخت دیزل خالص (B0)، مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل و سوخت بیودیزل خالص (B100)، در بارهای مختلف دینامومتر را نشان می‌دهد.



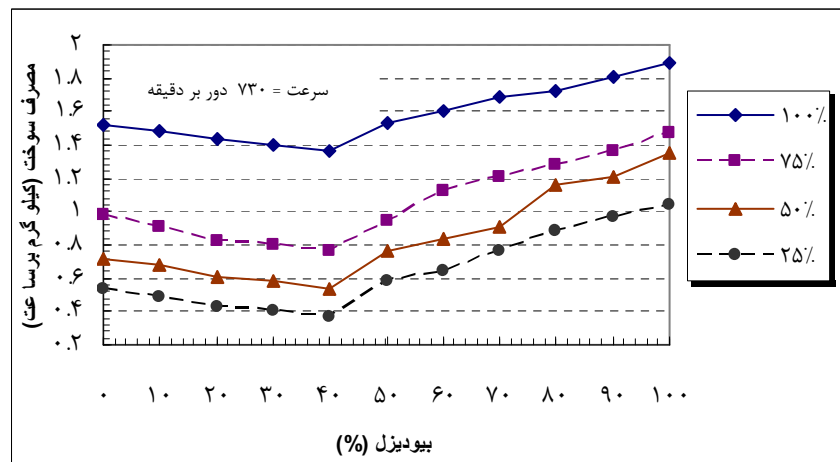
شکل ۵- تأثیر سوخت بیودیزل بر دمای خروجی آگزوز.



با افزایش درصد بیودیزل در مخلوط‌های سوخت، دمای خروجی آگروز تا مخلوط سوخت B40 افزایش یافته و سپس با افزایش بیشتر درصد بیودیزل، در مخلوط‌های سوخت تا سوخت بیودیزل خالص (B100)، کاهش می‌یابد. افزایش دمای خروجی آگروز تا مخلوط سوخت B40 بدلیل افزایش فشار سیلندر با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت تا ۴۰٪ می‌باشد و با افزایش بیشتر درصد بیودیزل در مخلوط‌های سوخت فشار سیلندر کاهش یافته و در نتیجه موجب کاهش دمای خروجی آگروز می‌شود.

#### ۴-۴- تأثیر سوخت بیودیزل بر آهنگ مصرف سوخت

شکل ۶ تأثیر سوخت بیودیزل بر آهنگ مصرف سوخت در مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل را نشان می‌دهد. بررسی نتایج محاسبه آهنگ مصرف سوخت در حالت‌های مختلف آزمایش‌ها نشان می‌دهد که برای تولید توان یکسان با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل، تا ۴۰٪، آهنگ مصرف سوخت کاهش یافته ولی با افزایش بیشتر درصد بیودیزل (بالاتر از ۴۰٪) آهنگ مصرف سوخت افزایش می‌یابد. افزایش آهنگ مصرف سوخت در مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل با درصد بیودیزل بیش از ۴۰٪، بدلیل ارزش حرارتی پائین و چگالی بالاتر سوخت بیودیزل نسبت به سوخت دیزل می‌باشد.



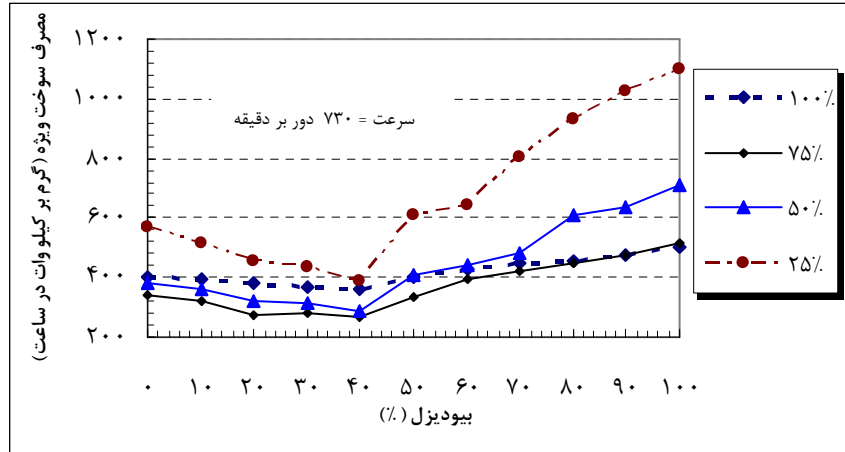
شکل ۶ - تأثیر بیودیزل بر مصرف سوخت موتور در بارهای مختلف دینامومتر.

علت کاهش آهنگ مصرف سوخت با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل، تا ۴۰٪ بخاطر وجود حالت مطلوب از نظر ویسکوزیته و چگالی مخلوط سوخت بین سوخت دیزل و بیودیزل و بهبود شرایط احتراق می‌باشد [۱۱]. با افزایش بار دینامومتر آهنگ مصرف سوخت موتور در همه مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل افزایش می‌یابد. روند نزولی مصرف سوخت از مخلوط سوخت B0 تا B40 و روند صعودی آن از مخلوط سوخت B40 تا B100 در تمام بارهای دینامومتر مشابه هم می‌باشد. بنابراین مخلوط سوخت B40 در میان مخلوط‌های مختلف سوخت دیزل و بیودیزل حداقل مصرف سوخت را دارا بوده، و این مخلوط سوخت به عنوان مخلوط سوخت بهینه از نظر اقتصادی و مصرف بهینه سوخت معرفی می‌شود. اختلاف بین مقادیر مصرف سوخت در ۱۰۰٪ بار نهایی دینامومتر با مقادیر آن در ۷۵٪ بار نهایی دینامومتر حدود ۰/۵ (kg/hr) می‌باشد. این مقدار در مقایسه با اختلاف بین مقادیر مصرف سوخت بین ۲۵ و ۵۰٪ بار نهایی دینامومتر (در حدود ۰/۲ (kg/hr)) و بین ۵۰ و ۷۵٪ بار نهایی دینامومتر (در حدود ۰/۳ (kg/hr))، اختلاف نسبتاً زیادی می‌باشد. اختلاف زیاد بین مقادیر مصرف سوخت بین ۷۵ و ۱۰۰٪ بار نهایی دینامومتر بدلیل رسیدن موتور به حد دود و در نتیجه احتراق ناقص در حالت ۱۰۰٪ بار نهایی دینامومتر و افزایش بیشتر مصرف سوخت می‌باشد [۱۰].



#### ۴-۵- تأثیر سوخت بیودیزل بر مصرف سوخت ویژه ترمزی

شکل ۷ تأثیر سوخت بیودیزل بر مصرف سوخت ویژه ترمزی در بارهای مختلف دینامومتر را نشان می‌دهد.



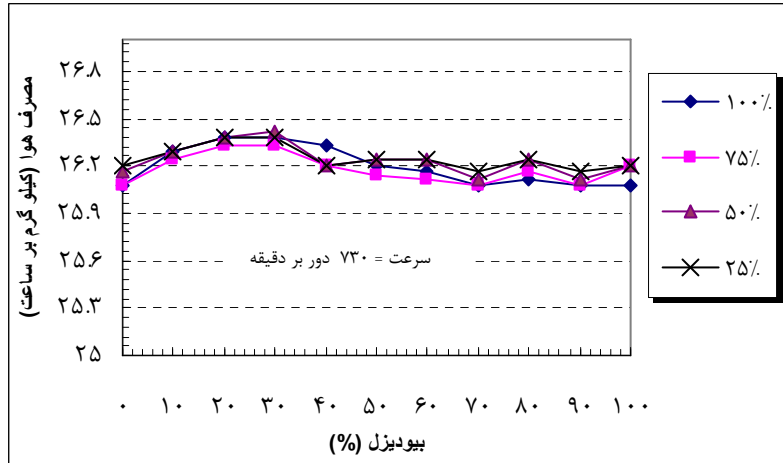
شکل ۷ - تأثیر سوخت بیودیزل بر مصرف سوخت ویژه ترمزی.

افزایش درصد سوخت بیودیزل، بدلیل چگالی بالاتر و ارزش حرارتی پایین‌تر 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 بالاتر می‌شود. در مصرف سوخت ویژه 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 پایین بودن چگالی و بالا بودن ارزش حرارتی را داشته باشد. یعنی، یک حالت مطلوب بین سوخت دیزل و بیودیزل. بررسی نتایج محاسبات مصرف سوخت ویژه ترمزی نشان می‌دهد که با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل، تا ۴۰٪ حجمی، مصرف سوخت ویژه ترمزی کاهش و با افزایش بیشتر درصد بیودیزل در مخلوط مصرف سوخت ویژه ترمزی افزایش می‌یابد. علت کاهش مصرف سوخت ویژه ترمزی با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت تا ۴۰٪ حجمی بدلیل کاهش مصرف سوخت در این محدوده می‌باشد. افزایش مصرف سوخت ویژه ترمزی با افزایش بیشتر درصد بیودیزل در مخلوط سوخت (بالاتر از ۴۰٪ حجمی) بدلیل افزایش مصرف سوخت (در توان ثابت) در محدوده فوق می‌باشد. مقایسه شکل‌های ۹ و ۱۰ نشان می‌دهد، آهنگ مصرف سوخت و مصرف سوخت ویژه ترمزی با افزایش بار دینامومتر افزایش می‌یابد. روند تغییرات هر دو پارامتر فوق مشابه هم می‌باشد. هر دو پارامتر آهنگ مصرف سوخت و مصرف سوخت ویژه ترمزی در مخلوط سوخت B40 حداقل مقدار را داشته، بنابراین مخلوط سوخت B40 هم از نظر آهنگ مصرف سوخت و هم از نظر مصرف سوخت ویژه ترمزی مخلوط سوخت بهینه می‌باشد و از نظر اقتصادی و مصرف بهینه سوخت، استفاده از آن نسبت به سایر مخلوط‌های سوخت ارجحیت داشته و توصیه می‌گردد.

#### ۴-۶- تأثیر سوخت بیودیزل بر آهنگ وزنی مصرف هوا

شکل ۸ مصرف هوای موتور، برای مخلوط‌های مختلف سوخت دیزل و بیودیزل در بارهای مختلف دینامومتر را نشان می‌دهد. بررسی مقادیر آهنگ وزنی مصرف هوای موتور نشان می‌دهد که برای تمام مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل در بارهای مختلف دینامومتر، آهنگ وزنی مصرف هوا ثابت می‌باشد. نوسانات جزئی در مصرف هوای موتور بدلیل تغییرات دمای آزمایشگاه در زمان‌های مختلف انجام آزمایش‌ها و تأثیر آن بر جرم مخصوص هوا می‌باشد.



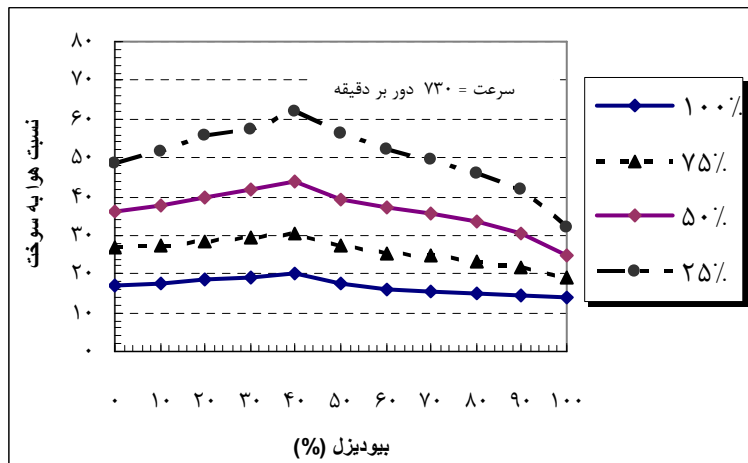


شکل ۸- مصرف هوای موتور برای مخلوط‌های مختلف سوخت دیزل و بیودیزل در بارهای مختلف دینامومتر.

#### ۴-۷- تأثیر سوخت بیودیزل بر نسبت هوا به سوخت

شکل ۹ تغییرات نسبت هوا به سوخت در مخلوط‌های مختلف سوخت دیزل و بیودیزل، نسبت به درصد سوخت بیودیزل

را، در بارهای مختلف دینامومتر نشان می‌دهد.



شکل ۹- تأثیر بیودیزل بر نسبت هوا به سوخت.

بررسی مقادیر محاسبه شده نسبت هوا به سوخت برای مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل در بارهای مختلف دینامومتر نشان می‌دهد که با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت، تا ۴۰٪، نسبت هوا به سوخت افزایش یافته (مصرف سوخت کاهش می‌یابد) ولی با افزایش بیشتر درصد بیودیزل (بالتر از ۴۰٪) نسبت هوا به سوخت کاهش می‌یابد (مصرف سوخت افزایش می‌یابد). همچنین با افزایش بار دینامومتر نسبت هوا به سوخت کاهش می‌یابد.

#### ۵- نتیجه گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل تا B40، حداکثر فشار سیلندر افزایش یافته و با افزایش بیشتر درصد سوخت بیودیزل (B40-B10)، حداکثر فشار سیلندر کاهش می‌یابد.



انجمن احتراق ایران

FCCI2010-3109

## سومین کنفرانس سوخت و احتراق ایران

تهران - دانشگاه صنعتی امیرکبیر - اسفند ماه ۱۳۸۸



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
دانشکده مهندسی هوافضا

یابد. با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت، تا B40 دمای خروجی اگزوز افزایش یافته و با افزایش بیشتر درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت، دمای گازهای خروجی اگزوز کاهش یافت. نتایج همچنین نشان داد که توان ترمزی موتور در بار ثابت دینامومتر برای تمامی مخلوط‌های سوخت ثابت می‌باشد. با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت دیزل - بیودیزل تا ۴۰٪ حجمی، مصرف سوخت روند نزولی داشته و با افزایش بیشتر درصد سوخت بیودیزل (بیش از ۴۰٪) مصرف سوخت روند صعودی پیدا می‌کند. بنابراین مخلوط سوخت B40 نسبت به سوخت دیزل و بیودیزل خالص و سایر مخلوط‌های سوخت دارای حداقل مصرف سوخت بوده و به عنوان مخلوط بهینه از نظر اقتصادی و مصرف بهینه سوخت توصیه می‌گردد. با افزایش درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت تا ۴۰٪ حجمی، مصرف سوخت ویژه ترمزی روند نزولی داشته و با افزایش بیشتر درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت (۴۰ تا ۱۰۰٪ حجمی) مصرف سوخت ویژه ترمزی روند صعودی داشت. نسبت هوا به سوخت از B0 تا B40 روند صعودی داشته و با افزایش بیشتر درصد سوخت بیودیزل در مخلوط‌های سوخت (B40-B10) نسبت هوا به سوخت روند نزولی پیدا می‌کند.

### ۶- تقدیر و تشکر

بدینوسیله از کمک‌ها و مساعدت‌های مادی و معنوی شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت در انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

### مراجع

1. Demirbas A., "Progress and recent trends in biofuels", Progress in Energy and Combustion Science; Vol.33, pp.1-18, 2006.
2. Peterson, C.L., Wagner G.L., Auld D.L., "Performance testing of vegetable oil substitutes for diesel fuel", Paper 81-3578, ASAE, St. Joseph, MI, 1981.
3. Sapuan S.M., Masjuki H.H., Azlan A., "The use of palm oil as diesel fuel substitute", Proc Inst Mech Engrs Part A J Power Energy; 210:47-53, 1996.
4. Dunn P.D., Perera EDIH, "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. 1987.
5. Goettler H.L., Ziejewski M., Knudson A.M., "Performance of a diesel engine operating on blends of diesel fuel and crude sunflower oil at normal and elevated fuel temperatures", Paper 852087, SAE, 1985.
6. Borgelt S.C., Harris P.D., "Endurance tests using soybean oil-diesel fuel mixture to fuel small precombustion chamber engines", ASAE, St. Joseph, MI, 1982.
7. Demirbas A., "Progress and recent trends in biofuels", Progress in Energy and Combustion Science; Vol.33, 2006, pp 1-18.
8. Kadota T., Hiroyasu H. and Oya H.; "Spontaneous Ignition delay of a Fuel Droplet in High Pressure High Temperature Gaseous Environments"; Bulletin of the JSME, Vol.19, No.130, Paper 536.46, pp.437-445, 1976.
9. Gumus, M., and Atmaca, M., "Use of Hazelnut Kernel Oil Methyl Ester and Its Blends as Alternative Fuels in Diesel Engines", Turkish J. Eng. Env. Sci., Vol. 32, pp.133-141, 2008.
10. Sundarapandian, S. and Devaradjane, G., "Performance and Emission Analysis of Bio Diesel Operated CI Engine", Engineering, Computing and Architecture, Vol. 1, Issue 2, pp. 1-22, 2007.
11. Atmaca, M., "Use of Hazelnut Kernel oil Methyl Ester and Its Blends as Alternative Fuels in Diesel Engines", Turkish J. Eng. Env. Sci. 32 pp.133-141, 2008.