

تاثیر افزودن بیودیزل به سوخت دیزل مرسوم بر برخی از پارامترهای عملکردی یک موتور دیزل

مجید فلاح پناه نجم آباد^۱، محمدعلی قضاوی^۲، برات قبادیان^{۳*}

دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، تهران، ایران

(* نویسنده مخاطب: ghobadib@modares.ac.ir)

چکیده

در این تحقیق بیودیزل از روغن پسماند آشپزخانه و به روش ترانس استریفیکاسیون تهیه و با درصدهای حجمی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد با سوخت دیزل مخلوط شده و سپس اثر آن بر روی گشتاور، توان تولیدی و دمای گازهای خروجی از اگزوز یک موتور دیزل ۴ سیلندر مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق مشاهده شد که افزودن بیودیزل حاصل از روغن پسماند به سوخت دیزل مرسوم در ایران باعث افزایش توان و گشتاور موتور شده و رفتار موتور در نمودارهای توان و گشتاور بر اساس سرعت دورانی موتور در حین استفاده از مخلوطهای سوختی حاوی بیودیزل، شبیه به رفتار موتور در همان نمودارها و در حین استفاده از سوخت دیزل مرسوم است. بیشینه نمودارهای تولید گشتاور و توان موتور در سرعت دورانی ۲۰۰۰ دور بر دقیقه و در حین استفاده از مخلوط سوختی B5 مشاهده شد. همچنین افزودن بیودیزل در این تحقیق به سوخت دیزل مرسوم، به جزء با درصد حجمی ۲۰٪، باعث افزایش دمای گازهای خروجی از اگزوز موتور تحت آزمایش شد. البته در سرعت دورانی ۲۸۰۰ دور بر دقیقه در مخلوط B20 نیز دمای گازهای خروجی از اگزوز از دمای گازهای خروجی از اگزوز در حین استفاده از سوخت دیزل خالص بیشتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سوخت دیزل مرسوم- بیودیزل- موتور دیزل- پارامترهای عملکردی

۱- مقدمه

موتورهای اشتعال تراکمی که به عنوان موتور دیزل شناخته می‌شوند، امروزه به طور گسترده به عنوان منبع تولید قدرت به کار گرفته می‌شوند. پس از گذشت مدت زمان کمی پس از اختراع این موتور، سوخت دیزل به عنوان منبع اصلی تولید قدرت در درون این نوع موتور به کار گرفته شد. سوخت در حین احتراق در این نوع موتور، و البته سایر موتورهای احتراق داخلی، علاوه بر ایجاد قدرت، تاثیرات دیگری نیز بر جا می‌گذارد که از آن جمله می‌توان به تولید نویز، ارتعاش و تولید گرمایی که به کار تبدیل نشده، و به طرق مختلف از جمله از طریق آب خنک کننده و گازهای خروجی از اگزوز از محیط احتراق خارج می‌شود، و همچنین آلاینده‌های مختلف اشاره کرد. در منابع مختلفی اشاره شده است که معمولاً درصد کمی از انرژی درونی سوخت در طی فرآیند احتراق به کار تبدیل شده و مقادیر زیادی از این انرژی به صورت گرما در طی مرحله تخلیه از اگزوز موتور درونسوز خارج می‌شود [۲۳]. بنابراین بررسی گازهای خروجی از اگزوز به عنوان یکی از پارامترهایی که تحت تاثیر نوع سوخت به کار رفته در موتور و همچنین، چگونگی فرآیند احتراق است، موضوع تحقیقات گوناگونی بوده است. برِدا در مقاله‌ی خود اشاره می‌کند که فرآیند احتراق سوخت در درون موتور دیزل تحت تاثیر پارامترهای گوناگونی از جمله: سرعت پاشش سوخت، زمان پاشش سوخت، طول مدت پاشش سوخت، فشار پاشش سوخت، شروع احتراق، دما و فشار گازهای

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه شهرکرد

۲- استادیار، دانشگاه شهرکرد

۳- دانشیار، دانشگاه تربیت مدرس

درون سیلندر و سرعت آزاد سازی حرارت می‌باشد [۱] و این ویژگی‌ها پارامترهایی هستند که معمولاً وابستگی زیادی به نوع سوخت به کار رفته در موتور دارد. مثلاً تغییر در میزان ویسکوزیته‌ی سوخت باعث تغییر در میزان اتمیزه شدن و بخار شدن سوخت و در نتیجه باعث تغییر در میزان اختلاط سوخت و هوا شده و فرآیند احتراق را دگرگون می‌کند که خود این مسئله نیز باعث تغییر در گازهای خروجی از اگزوز خواهد شد [۱۲]. بنابراین نوع سوخت به کار رفته در موتور یکی از پارامترهای اصلی تأثیرگذار بر آلاینده‌های خروجی از اگزوز است و با پدیدار شدن مشکلاتی همچون مسئله‌ی گازهای گلخانه‌ای، گرم شدن آب و هوای جهانی، کاهش منابع نفتی و افزایش قیمت نفت خام علاوه بر ایجاد تغییر در مکانیزم‌های مختلف به کار رفته در موتور، توسعه سوخت‌های جایگزین و غیر نفتی، به عنوان یکی از اصلی‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در مشکلات فوق، در تحقیقات گوناگونی مورد توجه واقع شد [۱]. پس از انجام تحقیقات متعدد در سال‌های متمادی مشخص شد که بیودیزل می‌تواند به عنوان یکی از جایگزین‌های مناسب سوخت دیزل در منابع تولید قدرت به کار گرفته شود [۱-۴]. بیودیزل که امروزه به عنوان یکی از جایگزین‌های مناسب سوخت دیزل معرفی می‌شود، متیل استر و یا اتیل استر روغن‌های گیاهی و چربی‌های حیوانی می‌باشد و این سوخت تجدیدپذیر، با منشاء طبیعی، حاوی اکسیژن، دارای عدد ستان بالا، نقطه‌ی جوش و همچنین ویسکوزیته‌ی مناسب به منظور کاربرد در موتور دیزل است [۳-۷]. در این حین استفاده از این سوخت در موتور اشتعال تراکمی میزان تولید بسیاری از آلاینده‌ها کاهش خواهد یافت. به دلیل وجود تقریباً ۱۰ درصد اکسیژن در ساختار آن در حین استفاده از این سوخت در مقایسه با زمان استفاده از سوخت دیزل، میزان هیدروکربن‌های نسوخته کاهش خواهد یافت [۱]. بیودیزل را می‌توان از منابع مختلفی از تری-گلیسیریدها تولید کرد، ولی کاهش زمین‌های کشاورزی و به مصرف رسیدن قسمت اعظم روغن‌ها به منظور خوراک انسان و حیوان و همچنین با توجه به این که ۶۰ تا ۷۰ درصد قیمت تولید بیودیزل وابسته به قیمت منابع مصرفی است [۸]، باعث روی آوردن محققان به سمت روغن‌های غیر قابل خوراک شده است. همچنین با توجه به این که بیش از ۹۰ درصد از روغن‌های گیاهی در ایران به مصرف خوراک انسانی می‌رسد [۱]، یکی از منابع مهم و قابل اتکاء به منظور تولید بیودیزل در ایران، روغن‌های پسماند رستوران‌ها، غذاخوری‌ها، کارخانه‌های تولید چپس و سایر منابع می‌باشد که در این تحقیق نیز اثر همین نوع بیودیزل بر برخی از پارامترهای عملکردی یک موتور دیزل، از جمله دمای گازهای خروجی از اگزوز مورد بررسی قرار گرفت.

در مورد اثر نوع سوخت بر ویژگی گازهای خروجی از اگزوز مشاهده شده است که به دلیل بیشتر بودن ارزش حرارتی سوخت دیزل نسبت به بیودیزل، در حین استفاده از سوخت دیزل میزان دمای گازهای خروجی از اگزوز، در مقایسه با زمان استفاده از بیودیزل، بالاتر است و با افزایش سرعت دورانی موتور، بر اثر افزایش مقدار سوخت وارد شده به محیط احتراق، دمای گازهای خروجی از اگزوز نیز افزایش خواهد یافت [۱۰]. ارزش حرارتی پایین‌تر بیودیزل و همچنین وجود اکسیژن در ساختار بیودیزل باعث تغییر در ویژگی گازهای خروجی از اگزوز موتورهای اشتعال تراکمی می‌شود که از آن جمله می‌توان به کاهش میزان هیدروکربن‌های نسوخته، منوکسید کربن، دوده و همچنین ذرات معلق و افزایش در میزان NO_x اشاره کرد [۱۱]. در مورد اثر بیودیزل بر گشتاور و توان تولیدی موتور نیز تحقیقات متعددی انجام گرفته است و با توجه به منبع تولید بیودیزل و همچنین نوع موتور گزارش‌های مختلف و در برخی موارد ضد و نقیض نیز ارایه شده است [۳]. در این تحقیق اثر افزودن بیودیزل حاصل از روغن پسماند پخت‌وپز، با درصد‌های حجمی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰، به سوخت دیزل مرسوم در ایران، بر روی عملکرد و همچنین دمای گازهای خروجی از اگزوز، به عنوان یکی از نمایانگرهای نحوه‌ی انجام فرآیند احتراق در درون سیلندر یک موتور اشتعال تراکمی، مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

بیودیزل مورد استفاده در این تحقیق به روش ترانس استریفیکاسیون از روغن پسماند حاصل از پخت‌وپز در رستوران تهیه شد. برای این منظور، پس از جدا کردن ذرات درشت باقیمانده غذا به روش ته نشینی، ذرات کوچک به وسیله عبور از فیلتر ۵ میکرونی از روغن پسماند جدا شده و سپس روغن به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سلسیوس حرارت داده شد و به مدت ۲۴ ساعت به حال خود رها شد تا آب موجود در آن به طور کامل ته نشین شود. پس از طی مراحل آماده سازی روغن پسماند، روغن به راکتور واکنش منتقل و ترکیب متوکسید (شامل، به ازای هر لیتر روغن، ۲۱۷ سی سی متانول و ۱۰ گرم هیدروکسید پتاسیم) به روغن اضافه و دمای راکتور تا ۶۵ درجه بالا برده شده و به مدت ۹۰ دقیقه همین شرایط حفظ شد. لازم به ذکر است که از یک همزن پروانه‌ای با سرعت دورانی ۵۰۰ دور بر دقیقه، به

منظور افزایش سرعت انجام واکنش نیز در طی مدت انجام واکنش استفاده شد. پس از گذشت مدت زمان مذکور، گلیسرین به روش ته نشینی از محیط واکنش و به روش آبشویی سایر ناخالصی‌ها نیز از بیودیزل جدا شده و خصوصیات محصول به دست آمده (بیودیزل) به روش استاندارد ASTM مورد بررسی قرار گرفت [۱۳-۲۱]. پس از اطمینان از انطباق خصوصیات بیودیزل به دست آمده با استاندارد ASTM، مقداری سوخت دیزل مرسوم در ایران از جایگاه‌های توزیع سوخت تهیه و مخلوط‌های سوختی به شرحی که در جدول (۱) آورده شده است، آماده شدند. اغلب، مخلوط‌های بیودیزل با سوخت دیزل را به صورت Bx نمایش می‌دهند، که در اینجا، B نشان دهنده‌ی وجود بیودیزل در مخلوط و حرف X نشان دهنده‌ی عددی است که بیانگر درصد حجمی بیودیزل موجود در مخلوط می‌باشد [۲۲].

جدول ۱- محتویات مخلوط‌های سوختی مورد استفاده.

نوع سوخت	B0	B5	B10	B15	B20
درصد حجمی دیزل	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۸۵	۸۰
درصد حجمی بیودیزل	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰

موتور مورد آزمایش در این تحقیق یک موتور ۴ سیلندر ساخت ایران بوده (شکل ۱) که خصوصیات آن در جدول ۲ آورده شده است. این موتور از نوع پاشش مستقیم می‌باشد که دارای فشار استاندارد پاشش ۲۰۰ بار، حجم جابه جایی آن ۳/۷۸ لیتر، نسبت تراکم ۱۷:۱، حداکثر گشتاور ۲۳۵ نیوتن متر در سرعت دورانی ۱۸۰۰ دور بر دقیقه و توان ۶۳ کیلووات است. حداقل سرعت دورانی توصیه شده برای کارکرد موتور ۱۵۰۰ دور بر دقیقه و حداکثر سرعت دورانی نامی آن ۲۸۰۰ دور بر دقیقه می‌باشد، که عملکرد آن در سرعت‌های دورانی ۱۶۰۰، ۲۰۰۰، ۲۴۰۰ و ۲۸۰۰ دور بر دقیقه و در حین استفاده از مخلوط‌های سوختی شامل صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد بیودیزل حاصل از روغن پسماند (B0-B20) مورد بررسی قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری میزان گشتاور تولیدی و سرعت دورانی موتور از یک دینامومتر مدل SCHENCK و همچنین از یک حسگر دمای نصب شده بر روی اگزوز به منظور اندازه‌گیری دمای گازهای خروجی از اگزوز استفاده شد.

جدول ۲- مشخصات موتور تحت آزمایش.

نوع موتور	OM-334 (IDEM CO. (Licensed Mercedes Benz))
تعداد سیلندر	۴
نسبت تراکم	۱۷:۱
حجم جابه جایی	۳/۷۸۰ لیتر
گشتاور بیشینه	۲۳۵ N.M در ۱۸۰۰ RPM
حداکثر توان	۶۳ kW
سیستم سوخت رسانی	پمپ انژکتور ردیفی - پاشش مستقیم
فشار پاشش استاندارد	۲۰۰ بار

در این تحقیق تمام آزمایش‌ها در شرایط تمام بار موتور انجام شد. ماتریس انجام آزمایش‌ها در جدول ۳ قابل مشاهده می‌باشد. پس از رسیدن موتور به شرایط پایدار، میزان گشتاور تولیدی و دمای گازهای خروجی از اگزوز در هر سرعت دورانی موتور و در حین استفاده از هر مخلوط خاص سوخت اندازه‌گیری شده و توان موتور نیز از رابطه‌ی ۱ محاسبه و پس از آن از نرم افزار EXEL 2007 محصول شرکت Microsoft به منظور رسم نمودارها استفاده گردید.

$$P = \frac{2\pi TN}{60000}$$

(۱)

که در این رابطه، T میزان گشتاور بر حسب نیوتن متر در سرعت دورانی، N دور بر دقیقه و P توان موتور بر حسب کیلووات ساعت می-باشد.

جدول ۳- ماتریس انجام آزمایش ها.

مخلوط سوخت	سرعت دورانی موتور rpm
B0	۱۶۰۰
	۲۰۰۰
	۲۴۰۰
	۲۸۰۰
B5	۱۶۰۰
	۲۰۰۰
	۲۴۰۰
	۲۸۰۰
B10	۱۶۰۰
	۲۰۰۰
	۲۴۰۰
	۲۸۰۰
B15	۱۶۰۰
	۲۰۰۰
	۲۴۰۰
	۲۸۰۰
B20	۱۶۰۰
	۲۰۰۰
	۲۴۰۰
	۲۸۰۰

شکل ۱- مجموعه تجهیزات آزمایش.

۳- نتایج و بحث

جدول ۴ داده‌های حاصل از اجرای ماتریس آزمایش‌های تحقیق و جدول ۵ برخی از ویژگی‌های بیودیزل و همچنین سوخت دیزل مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد. مقایسه‌ی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده برای سوخت دیزل و همچنین بیودیزل به دست آمده از روغن پسماند نشان می‌دهد که بیودیزل و یا مخلوط‌های آن، با توجه به دارا بودن ویژگی‌های مورد نیاز سوخت به منظور استفاده در موتور اشتعال تراکمی، از نظر تئوری و مباحث نظری به راحتی می‌تواند به عنوان سوختی جایگزین در موتور اشتعال تراکمی مد نظر قرار گیرد. بیودیزل به دست آمده دارای عدد ستان بالاتری بوده و همچنین دارای نقطه‌ی اشتعال بالاتر و نقطه‌ی ریزش کمتری نسبت به سوخت دیزل مرسوم در ایران می‌باشد، که این دو ویژگی اخیر از نقاط قوت بیودیزل در زمینه‌ی حمل و نقل و انبارداری نسبت به سوخت دیزل است.

جدول ۴- داده‌های حاصل از اجرای ماتریس آزمایش‌های تحقیق.

متغیر	مخلوط سوخت	سرعت دورانی	گشتاور تولیدی توسط موتور	دمای گازهای خروجی از اگزوز	توان تولیدی توسط موتور
تیمار		rpm	N.m	°C	kW
۱	B0	۱۶۰۰	۱۹۷	۵۸۰	۳۲/۹۹
۲	B0	۲۰۰۰	۱۹۷	۶۲۰	۴۱/۲۴

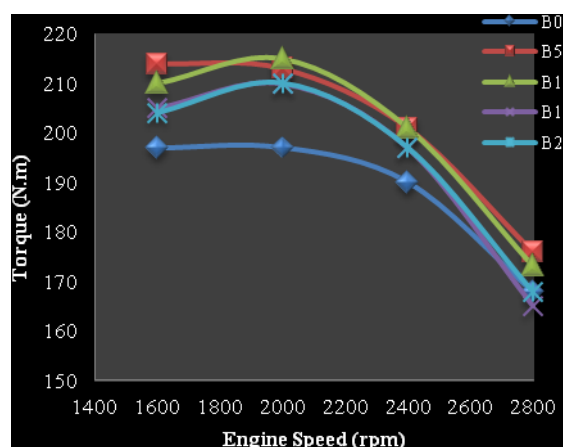
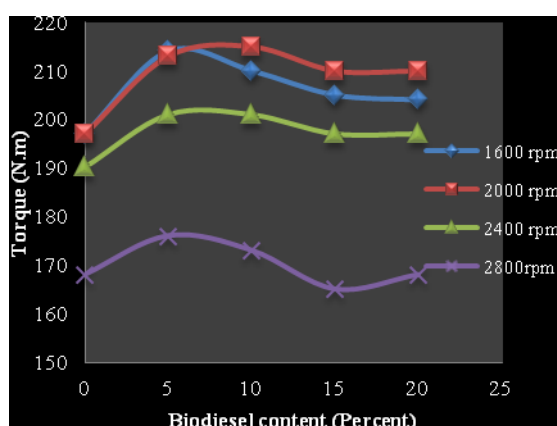
۴۷/۷۳	۶۶۰	۱۹۰	۲۴۰۰	B0	۳
۴۹/۲۴	۶۶۰	۱۶۸	۲۸۰۰	B0	۴
۳۵/۸۴	۶۰۰	۲۱۴	۱۶۰۰	B5	۵
۴۴/۵۹	۶۴۰	۲۱۳	۲۰۰۰	B5	۶
۵۰/۴۹	۶۶۵	۲۰۱	۲۴۰۰	B5	۷
۴۸/۳۶	۶۷۰	۱۶۵	۲۸۰۰	B5	۸
۳۵/۱۷	۶۰۰	۲۱۰	۱۶۰۰	B10	۹
۴۵/۰۱	۶۴۰	۲۱۵	۲۰۰۰	B10	۱۰
۵۰/۴۹	۶۶۰	۲۰۱	۲۴۰۰	B10	۱۱
۵۰/۷	۶۷۰	۱۷۳	۲۸۰۰	B10	۱۲
۳۴/۳۳	۵۹۰	۲۰۵	۱۶۰۰	B15	۱۳
۴۳/۹۶	۶۴۰	۲۱۰	۲۰۰۰	B15	۱۴
۴۹/۴۹	۶۸۰	۱۹۷	۲۴۰۰	B15	۱۵
۵۱/۵۸	۷۴۰	۱۷۶	۲۸۰۰	B15	۱۶
۳۴/۱۶	۵۷۵	۲۰۴	۱۶۰۰	B20	۱۷
۴۳/۹۶	۶۱۰	۲۱۰	۲۰۰۰	B20	۱۸
۴۹/۴۹	۶۶۰	۱۹۷	۲۴۰۰	B20	۱۹
۴۹/۲۴	۷۱۰	۱۶۸	۲۸۰۰	B20	۲۰

جدول ۵- ویژگی‌های سوخت دیزل و بیودیزل مورد استفاده.

سوخت دیزل	بیودیزل	واحد	روش استاندارد آزمون	خصوصیات
۵۸/۲	۶۲/۵	-	ASTM D-613	عدد ستان
۶۴	۱۷۶	°C	ASTM D-92	نقطه‌ی اشتعال
۳/۲۸	۴/۷۳	mm ² /s	ASTM D-445	گرانروی سینماتیک
-	-۱	°C	ASTM D-2500	نقطه‌ی ابری شدن
-۲	-۴	°C	ASTM D-97	نقطه‌ی ریزش
-	1a	-	ASTM D-130	خوردگی مس
-	۰/۰۱۶	% mass	ASTM D-6584	گلیسیرین آزاد

آب و رسوبات	ASTM D-2709	% vol.	۰/۰۵	-
چگالی	-----	g/cm ³	۰/۸۸۰	۰/۸۳۹

در شکل ۲ اثر افزودن بیودیزل به سوخت دیزل و همچنین اثر افزایش سرعت دورانی موتور بر تولید گشتاور موتور تحت آزمایش قابل مشاهده است. همان طوری مشاهده می شود، تغییرات گشتاور نسبت به درصد محتوای بیودیزل در مخلوط های سوخت برای هر چهار سرعت موتور از روند خاصی پیروی می کند و دارای قاعده ی یکسان و ثبات ویژه ای است. با افزایش درصد بیودیزل در مخلوط، ابتدا نمودارهای گشتاور دارای روند افزایشی و سپس کاهش می باشد. یعنی گشتاور برای همه ی سرعت ها با افزودن ۵ و ۱۰ درصد بیودیزل به سوخت دیزل، نسبت به زمان استفاده از سوخت دیزل خالص افزایش یافته و برای مخلوط های ۱۵ و ۲۰ درصد بیودیزل، نسبت به زمان استفاده از دو مخلوط سوختی قبلی کاهش یافته است.

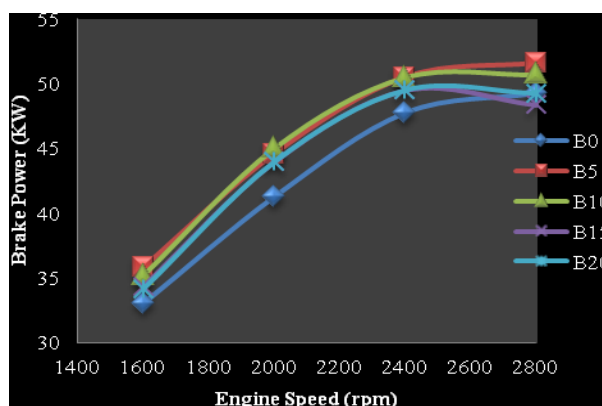
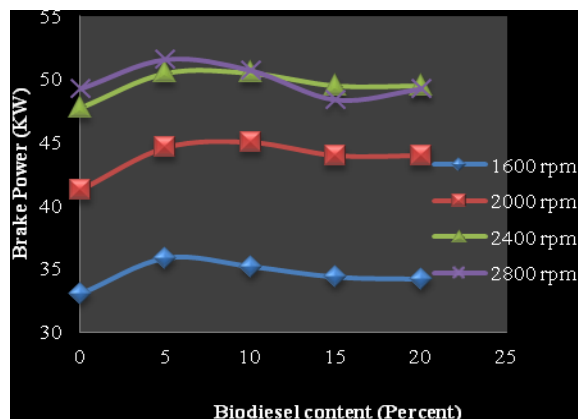


شکل ۲- اثر افزودن بیودیزل به سوخت دیزل و سرعت دورانی موتور بر تولید گشتاور موتور تحت آزمایش.

در ابتدا با افزایش سرعت دورانی موتور از ۱۶۰۰ دور بر دقیقه به ۲۰۰۰ دور بر دقیقه میزان گشتاور تولیدی موتور در حین استفاده از برخی مخلوط های سوختی افزایش یافته و در برخی دیگر ثابت است و با ادامه ی روند افزایش سرعت دورانی تا ۲۸۰۰ دور بر دقیقه مشاهده می شود که میزان گشتاور موتور در حال کاهش است. همچنین مشاهده می شود که روند رفتار موتور در نمودارهای مخلوط های سوختی بیودیزل شبیه به رفتار موتور برای نمودار سوخت دیزل، در سرعت های دورانی مختلف می باشد و تفاوت قابل توجه گشتاور تولیدی موتور در سرعت های دورانی پایین تر در حین استفاده از مخلوط های سوختی بیودیزل، در مقایسه با زمان استفاده از سوخت دیزل نیز در این نمودارها قابل مشاهده می باشد.

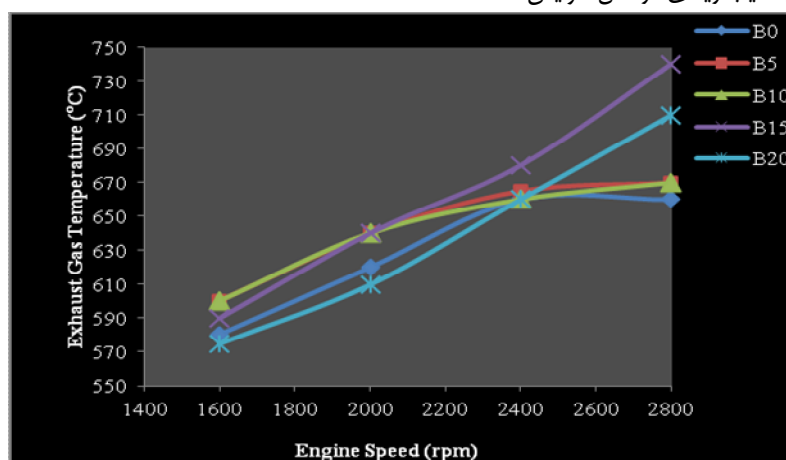
شکل ۳ نیز تاثیر افزودن بیودیزل به مخلوط سوخت و همچنین اثر افزایش سرعت دورانی موتور بر توان تولیدی موتور تحت آزمایش را نشان می دهد. به جز در سرعت دورانی ۲۸۰۰ دور بر دقیقه که افزودن ۱۵ درصد بیودیزل به سوخت دیزل باعث کاهش میزان توان تولیدی در مقایسه با زمان استفاده از سوخت دیزل خالص بوده است، در سایر موارد افزودن بیودیزل حاصل از روغن پسماند به سوخت دیزل باعث افزایش میزان توان ترمزی موتور شده است.

با افزایش سرعت دورانی موتور از ۱۶۰۰ دور بر دقیقه به ۲۴۰۰ دور بر دقیقه، میزان توان ترمزی نیز افزایش می یابد. ولی با افزایش سرعت دورانی موتور از ۲۴۰۰ دور بر دقیقه به ۲۸۰۰ دور بر دقیقه در حین استفاده از برخی مخلوط های سوختی میزان توان افزایش می یابد و این در حالی است که در برخی موارد دیگر میزان توان ثابت و در بعضی دیگر اندکی کاهش یافته است.



شکل ۳- اثر افزودن بیودیزل به مخلوط سوخت و افزایش سرعت دورانی موتور بر روی میزان توان ترمزی موتور تحت آزمایش.

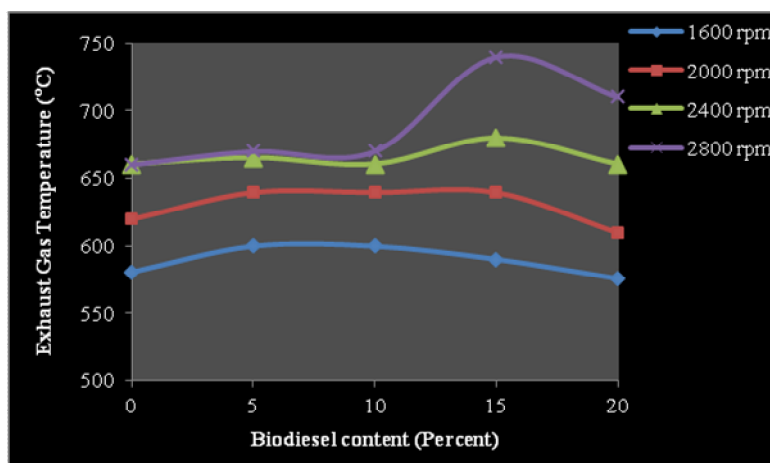
در شکل ۴ اثر افزایش سرعت دورانی موتور بر دمای گازهای خروجی از اگزوز را می‌توان دید. در مخلوط‌های حاوی صفر، ۵ و ۱۰ درصد بیودیزل مشاهده می‌شود که با افزایش سرعت دورانی موتور از ۱۶۰۰ دور بر دقیقه تا ۲۴۰۰ دور بر دقیقه دمای گازهای خروجی از اگزوز نیز در حال افزایش بوده و با ادامه روند افزایش سرعت دورانی تا ۲۸۰۰ دور بر دقیقه، شیب نمودار افزایش دما نیز کاهش یافته و تقریباً ثابت می‌ماند ولی در مخلوط‌های حاوی ۱۵ و ۲۰ درصد بیودیزل مشاهده می‌شود که با افزایش سرعت دورانی، از همان ابتدا نمودار دمای گازهای خروجی از اگزوز با شیب زیادی در حال افزایش است.



شکل ۴- اثر افزایش سرعت دورانی موتور بر دمای گازهای خروجی از اگزوز.

در شکل ۵ اثر افزودن بیودیزل به ترکیب سوخت بر روی دمای گازهای خروجی از اگزوز قابل مشاهده است. در این شکل تفاوت بین دماهای اندازه‌گیری شده در سرعت‌های دورانی مختلف به طور واضح‌تری قابل مشاهده است. با افزایش سرعت دورانی موتور از ۱۶۰۰ دور بر دقیقه به ۲۸۰۰ دور بر دقیقه مشاهده می‌شود که نمودارهای دمای گازهای خروجی از اگزوز نیز به سمت مقادیر بالاتر انتقال می‌یابند که یکی از دلایل این امر می‌تواند کاهش مدت زمان انجام احتراق در درون سیلندر و ادامه داشتن فرآیند سوختن سوخت تا مراحل تخلیه و همچنین کاهش میزان انتقال حرارت از محصولات احتراق به دیواره‌ی سیلندر به دلیل کاهش مدت زمان ماندگاری محصولات در درون سیلندر و به تبع آن افزایش دمای گازهای خروجی از اگزوز در سرعت‌های دورانی بالاتر باشد. همچنین افزایش تعداد مراحل انجام فرآیند احتراق در واحد زمان، در درون سیلندر بر افزایش سرعت دورانی موتور نیز می‌تواند از جمله عوامل افزایش دمای گازهای خروجی از اگزوز باشد.

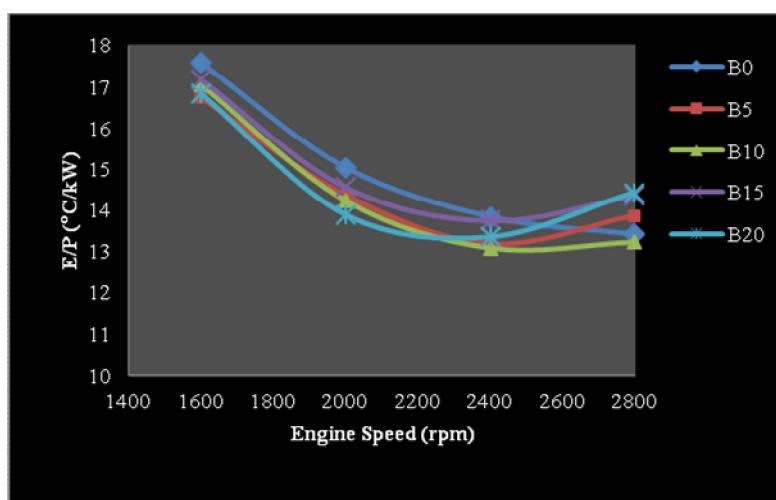
با افزایش درصد بیودیزل مخلوط سوخت، مشاهده می‌شود که در ابتدا نمودارهای دمای گازهای خروجی از اگزوز روند افزایش را طی می‌کنند (تا مخلوط حاوی ۵ درصد بیودیزل) و با افزایش درصد بیودیزل موجود در مخلوط سوخت تا ۱۵ درصد در سرعت‌های دورانی ۲۴۰۰ و ۲۸۰۰ دور بر دقیقه دمای گازهای خروجی از اگزوز افزایش می‌یابد ولی در سرعت‌های دورانی ۱۶۰۰ و ۲۰۰۰ دور بر دقیقه تقریباً ثابت می‌ماند. با افزایش درصد بیودیزل مخلوط به ۲۰ درصد مشاهده می‌شود که در تمامی سرعت‌های دورانی دمای گازهای خروجی از اگزوز نسبت به زمان استفاده از مخلوط حاوی ۱۵ درصد بیودیزل کاهش می‌یابد. یکی از دلایل این امر می‌تواند وجود اکسیژن در ساختار بیودیزل و در عین حال بالاتر بودن دمای بخار بالاتر بیودیزل باشد [۹ و ۱]. در ابتدا با افزودن بیودیزل به ترکیب سوخت درصد اکسیژن موجود در مخلوط سوخت افزایش می‌یابد در نتیجه فرایند احتراق به طور کامل‌تری انجام می‌شود و به تبع آن دمای محصولات احتراق، به دلیل زیادتیر شدن میزان انرژی آزاد شده، افزایش می‌یابد، ولی با افزایش درصد بیودیزل موجود در مخلوط سوخت میزان حرارت مورد نیاز برای تبخیر مخلوط سوخت افزایش می‌یابد و به تبع آن دمای محتویات درون سیلندر نیز کاهش می‌یابد که می‌تواند به کاهش دمای محصولات احتراق و گازهای خروجی از اگزوز منجر شود.



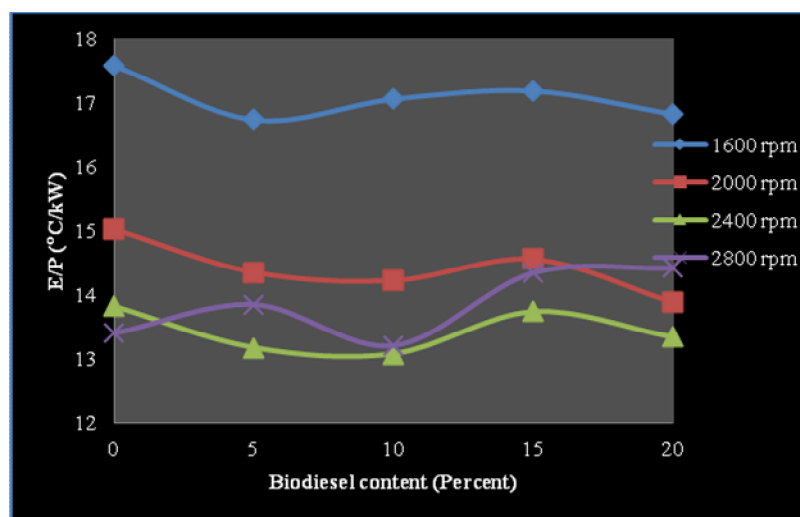
شکل ۵- اثر افزودن بیودیزل به ترکیب سوخت بر روی دمای گازهای خروجی از اگزوز.

همان طور که قبلاً نیز توضیح داده شد، معمولاً مقداری از انرژی درونی سوخت در موتور درونسوز به کار مفید تبدیل می‌شود و مقادیر زیادی از آن به طرق مختلف به صورت گرما از محیط احتراق و موتور دفع می‌شود. در این قسمت با توجه به داده‌های به دست آمده از آزمایش‌ها، نسبتی به صورت E/P تعریف شد که حاصل تقسیم دمای گازهای خروجی از اگزوز در یک تیمار خاص بر توان موتور در همان تیمار است. دمای گازهای خروجی از اگزوز به عنوان یکی از پارامترهای تحت تاثیر قسمتی از انرژی سوخت که به کار مفید تبدیل نشده و توان موتور نیز به عنوان پارامتری که تحت تاثیر نرخ تبدیل انرژی درونی سوخت به کار مفید است، می‌تواند مد نظر قرار گیرد و بر همین اساس این پارامتر تعریف شد.

در شکل ۶ اثر تغییر در سرعت دورانی موتور بر روی پارامتر E/P قابل مشاهده است. مشاهده می‌شود که با افزایش سرعت دورانی موتور، در ابتدا تا سرعت دورانی ۲۴۰۰ دور بر دقیقه مقدار این نسبت در حال کاهش است و با تغییر سرعت دورانی از ۲۴۰۰ دور بر دقیقه به ۲۸۰۰ دور بر دقیقه در حین استفاده از تمامی مخلوط‌های سوخت حاوی بیودیزل، میزان این نسبت نیز در حال افزایش است ولی برای سوخت دیزل خالص این مقدار همچنان در حال کاهش است و یا به عبارتی دیگر بازه‌ی اقتصادی استفاده از مخلوط‌های سوخت حاوی بیودیزل در این موتور، در سرعت‌های دورانی مورد آزمایش واقع شده، با صرف نظر از پارامترهای موثر دیگری که اندازه‌گیری نشده‌اند، بین ۱۴۰۰ تا ۲۴۰۰ دور بر دقیقه است. زیرا با افزایش سرعت دورانی موتور میزان این پارامتر برای مخلوط‌های حاوی بیودیزل در حال افزایش است. افزایش در میزان این پارامتر می‌تواند به عنوان نمادی از کاهش در نرخ تبدیل انرژی درونی سوخت به کار مفید مد نظر قرار گیرد.



شکل ۶- اثر افزایش سرعت بر نسبت E/P .



شکل ۷- اثر افزودن بیودیزل به ترکیب سوخت بر روی نسبت E/P .

در شکل ۷ اثر افزودن بیودیزل به مخلوط سوخت بر روی نسبت E/P قابل مشاهده است. به جز در سرعت دورانی ۲۸۰۰ دور بر دقیقه که اثر افزایش درصد بیودیزل موجود در مخلوط سوخت بر این پارامتر روند خاصی را دنبال نمی‌کند، در سایر سرعت‌های دورانی موتور با افزایش درصد بیودیزل موجود در مخلوط سوخت، تا درصد حجمی ۵ درصد، این نسبت کاهش می‌یابد سپس با افزایش درصد بیودیزل

مخلوط تا ۱۵ درصد میزان این نسبت افزایش یافته و سپس با تغییر درصد بیودیزل از ۱۵ به ۲۰ درصد در مخلوط سوخت نسبت E/P دوباره کاهش می‌یابد.

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این تحقیق نتیجه‌گیری شد که:

- ۱- مخلوط سوختی B5 مخلوطی است که در سرعت دورانی ۲۸۰۰ دور بر دقیقه دارای بیشینه تولید توان ترمزی و مخلوط B10 در سرعت دورانی ۲۰۰۰ دور بر دقیقه دارای بیشینه تولید گشتاور در این موتور می‌باشد.
- ۲- افزودن بیودیزل حاصل از روغن پسماند، با درصدهای حجمی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد، به جز در یک مورد، باعث افزایش میزان گشتاور و توان ترمزی موتور مورد آزمایش می‌شود.
- ۳- افزودن بیودیزل در این تحقیق به سوخت دیزل مرسوم در ایران، به جزء با درصد حجمی ۲۰٪، باعث افزایش دمای گازهای خروجی از اگزوز موتور تحت آزمایش شد. البته در سرعت دورانی ۲۸۰۰ دور بر دقیقه در مخلوط B20 نیز دمای گازهای خروجی از اگزوز از دمای گازهای خروجی از اگزوز در حین استفاده از سوخت دیزل خالص بیشتر می‌باشد.
- ۴- افزایش سرعت دورانی از ۱۶۰۰ به ۲۸۰۰ دور بر دقیقه باعث افزایش در دمای گازهای خروجی از اگزوز موتور تحت آزمایش شد و نرخ افزایش دمای گازهای خروجی از اگزوز با افزایش سرعت دورانی برای مخلوط‌های بیودیزل (تا درصد حجمی ۲۰٪) نسبت به سوخت دیزل مرسوم بیشتر می‌باشد. بیشینه دمای گازهای خروجی از اگزوز مربوط به مخلوط سوختی B15 و در سرعت دورانی ۲۸۰۰ دور بر دقیقه و به میزان ۷۴۰ درجه سلسیوس می‌باشد.

مراجع

- 1- Safieddin Ardebili M, Ghobadian B, Najafi G and Chegeni A. 2011. Biodiesel production potential from edible oil seeds in Iran. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15:3041–3044.
- 2- Ayhan Demirbas. 2008. Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. Journal of Energy Conversion and Management, 49: 2106–2116.
- 3- Jinlin Xue, Tony E. Grift and Alan C. Hansen. 2011. Effect of biodiesel on engine performances and emissions. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15: 1098–1116.
- 4- Mustafa Ertunc Tat and Jon H. Van Gerpen. 2002. Physical Properties and Composition Detection of Biodiesel-diesel Fuel Blends. Written for presentation at the 2002 ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress. Sponsored by ASAE and CIGR. Hyatt Regency Chicago. Chicago, Illinois, USA July 28-July 31, 2002.
- 5- Hak-Joo Kim, Bo-Seung Kang, Min-Ju Kim, Young Moo Park, Deog-Keun Kim, Jin-Suk Lee and Kwan-Young Lee. 2004. Transesterification of vegetable oil to biodiesel using heterogeneous base catalyst. Journal of Catalysis Today, 93–95: 315–320. Cumali Ilkilic, Selman Aydin, Rasim Behcet and Hüseyin Aydin. 2011. Biodiesel from safflower oil and its application in a diesel engine. Journal of Fuel Processing Technology, 92:356–362.

- 6- Syed Ameer Basha, K. Raja Gopal and S. Jebaraj. 2009. A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13:1628–1634.
- 7- Hadi rahimi, Barat Ghobadian, Talal Yusaf, Gholamhasan Najafi and Mahdi Khatamifar. 2009. Diesterol: An environment-friendly IC engine fuel. *Journal of Renewable Energy*, 34: 335–342.
- 8- Teresa M. Mata, Antonio A. Martins and Nidia. S. Caetano .2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14:217–232.
- 9- Breda Kegl.2011. Influence of biodiesel on engine combustion and emission characteristics. *Journal of Applied Energy*, 88:1803–1812.
- 10- Cherng-Yuan Lin and Hsiu-An Lin. 2006. Diesel engine performance and emission characteristics of biodiesel produced by the peroxidation process. *Journal of Fuel*, 85: 298–305.
- 11- A. Tsolakis and A. Megaritis.2004. Exhaust gas assisted reforming of rapeseed methyl ester for reduced exhaust emissions of CI engines. *Journal of Biomass and Bioenergy*, 27: 493–505.
- 12- M. Mani , G. Nagarajan and S. Sampath. 2011. Characterisation and effect of using waste plastic oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. *Journal of Energy*, 36: 212-219.
- 13- D. Darnoko and Munir Cheryan. 2000. Kinetics of Palm Oil Transesterification a Batch Reactor. *JAOCS*, 77:1263- 1267.
- 14- Mustafa Canakci and Jon H. Van Gerpen. 2001. Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. *Transactions of the ASAE. American society of agricultural engineers*, 44(6): 1429- 1436.
- 15- Maan Hayyan, Farouq S. Mjalli, Mohd Ali Hashim and Inas M. AlNashef. 2010. A novel technique for separating glycerine from palm oil-based biodiesel using ionic liquids. *Journal of Fuel Processing Technology*, 91: 116–120.
- 16- Hideki Fukuda, Akihiko Kondo, and Hide Noda. 2001. Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils. *Journal of Bioscience and bioengineering*, 92: 405-416.
- 17- Ayhan Demirbas. 2003. Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey. *Journal of Energy Conversion and Management*, 44: 2093–2109.
- 18- Hak-Joo Kim, Bo-Seung Kang, Min-Ju Kim, Young Moo Park ,Deog-Keun Kim, Jin-Suk Lee and Kwan-Young Lee. 2004. Transesterification of vegetable oil to biodiesel using heterogeneous base catalyst. *Journal of Catalysis Today*, 93–95: 315–320.
- 19- D. Kusdiana and S. Saka. 2001. Kinetics of transesterification in rapeseed oil to biodiesel fuel as treated in supercritical methanol. *Journal of Fuel*, 80: 693-698.

- 20- Syed Ameer Basha, K. Raja Gopal and S. Jebaraj. 2009. A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13:1628–1634.
- 21- Hadi rahimi, Barat Ghobadian, Talal Yusaf, Gholamhasan Najafi and Mahdi Khatamifar. 2009. Diesterol: An environment-friendly IC engine fuel. Journal of Renewable Energy, 34: 335–342.
- 22- Mustafa Canakci. 2007. Combustion characteristics of a turbocharged DI compression ignition engine fueled with petroleum diesel fuels and biodiesel. Journal of Bioresource Technology, 98: 1167–1175.
- 23- Heywood, J.B. 1998. Internal combustion engine fundamentals. McGraw-Hill Inc. NY, USA.