نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ – کرج

تاثیر مخلوط‌های مختلف بیودیزل تولید شده از روغن منداب (*Eruca sativa*) و گازوئیل بر عملکرد یک موتور فورد

رسول کوچکی[۱]، مرتضی صادقی[۲*]، برات قبادیان[۳]، علی اسحق بیگی[۲]

۱، ۲ و ۳ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

ایمیل مکاتبه کننده: sadeghimor@cc.iut.ac.ir

چکیده

متن در این پژوهش، تاثیر نسبت‌های حجمی مختلف از بیودیزل و گازوئیل (B0، B5، B10، B15، B20، B25، B35، B50، B75 و B100) بر گشتاور، توان ترمزی، مصرف سوخت ویژه ترمزی و دمای گازهای خروجی اگزوز مورد مطالعه قرار گرفت. برای پارامترهای عملکردی موتور مخلوط‌های سوخت در بار کامل و سرعت‌های مختلف موتور (از ۱۵۰۰ تا ٤۸۳۰ دور در دقیقه) مورد ارزیابی قرار گرفتند. به منظور مطالعه تأثیر مخلوط‌های مختلف سوخت بر دمای گازهای خروجی اگزوز نیز آزمایش‌ها در برخه بارهای ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و بار کامل و در دو سرعت دورانی ۲۵۰۰ و ٤۰۰۰ دور در دقیقه انجام شدند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که افزودن بیودیزل به گازوئیل تا نسبت حجمی ۱۵٪ سبب بهبود گشتاور و توان ترمزی موتور تا حداکثر ۱/٦۹٪ برای مخلوط B15 و کاهش مصرف سوخت ویژه ترمزی به مقدار ۱۱/۷۵٪ برای مخلوط B5 می‌شود. برای مخلوط‌هایی با نسبت حجمی بیش از ۱۵٪ بیودیزل، توان و گشتاور موتور تا حداکثر ۷/۲۵٪ در مخلوط B35 کاهش و مصرف سوخت ویژه تا حداکثر ٤۱/۷۱٪ در مخلوط B35 افزایش نشان داد. دمای گازهای خروجی اگزوز در برخه بارهای ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ با افزایش سهم بیودیزل در مخلوط سوخت کاهش یافت، در حالی که در بار کامل افزایش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: بیودیزل، دمای اگزوز، عملکرد موتور، منداب

مقدمه

با افزایش نگرانی‌ها پیرامون کاهش مداوم ذخایر تجدیدناپذیر نفت خام، نوسانات قیمت نفت و سوخت‌های وابسته به آن، انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین افزایش روز افزون تقاضای انرژی در جهان، تمایل به تحقیق پیرامون منابع دیگر انرژی مورد توجه جدی قرار گرفته است (Knothe, 2010). در این بین زیست سوخت‌ها مانند بیودیزل (Demirbas, 2007)، بیوگاز (Oslaj *et al.*, 2010) و اتانول (Shen *et al.*, 2011) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. همچنین در بحث مصرف بهینه انرژی و اصلاح ساختار آن که یکی از ارکان توسعه پایدار در هر کشور می‌باشد، چند پایه کردن انرژی و در واقع عدم وابستگی

به نوع خاصی از آن و استفاده از انواع مختلف انرژی در سبد سوخت مصرفی ضروری می‌باشد. این موضوع با پیشرفت تکنولوژی رو به گسترش است و به یکی از مهم‌ترین شاخه‌های تحقیقاتی برای کاهش مصرف سوخت و آلودگی محیط زیست تبدیل شده است (سعیدی، ۱۳۸۸). بر اساس آمار نامه مصرف انرژی در سال ۲۰۱۳، ایران از نظر مصرف انرژی‌های اولیه (نفت خام، گاز طبیعی، انرژی هسته‌ای، انرژی برق آبی و انرژی‌های تجدیدپذیر) با مجموع ۲٤۳/۹ میلیون تن معادل نفت خام در رتبه ۱۱ در بین کشورهای جهان قرار دارد که از این مقدار ۰/۱ میلیون تن معادل نفت خام آن، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد و به ترتیب بیشترین مقدار مصرف مربوط به گاز طبیعی (۱٤٦/۰) و نفت خام (۹۲/۹) می‌باشد (آقایان، ۱۳۹۳). بیودیزل به دلیل کیفیت مناسب گاز خروجی از اگزوز (آلایندگی پایین)، پایداری و زیست تخریب‌پذیر بودن به عنوان یک جایگزین مناسب برای سوخت دیزل در سراسر دنیا مورد توجه قرار گرفته است (Atadashi *et al.*, 2010). گیاهان انرژی‌زا[1] که به طور خاص به منظور تولید انرژی کشت می‌شوند از جمله منابع مهم تأمین انرژی (از طریق فراهم آوردن منبع تولید سوخت‌های زیستی) به شمار می‌روند. علاوه بر این، ضایعات این گیاهان که محصولات با ارزش از آن‌ها استخراج شده، نیز می‌تواند به عنوان منبع تولید انرژی استفاده شود (Crocker, 2010). گیاهان انرژی‌زا به سه دسته‌ی گیاهان روغنی، سلولزی و گیاهان حاوی قند تقسیم‌بندی می‌شوند. این گیاهان توانایی تولید زیست سوخت‌ها به صورت مایع (بیودیزل)، گاز (بیوگاز) و جامد (دانه‌های گرانوله شده ضایعات سلولزی) را دارند (Skoulou *et al.*, 2011).

روغن پایه سوخت بیودیزل در این مطالعه روغن دانه‌های منداب[2] می‌باشد. منداب از خانواده براسیکا[3]، یکی از دانه‌های روغنی بومی ایران است که توانایی رشد در زمین‌های فقیر و نامناسب را دارد. گیاه منداب در ایران از قرن‌ها پیش شناخته شده است و به عنوان سوخت چراغ و یا دارو مورد استفاده قرار می‌گرفته است. این گیاه در تمام نقاط سردسیر محصول می‌دهد و می‌توان آن را در بسیاری از ارتفاعات بلند مناطق گرمسیری نیز کشت کرد. گونه‌های مقاوم آن قادرند در برابر دوران طولانی سرما و زمین پوشیده از برف مقاومت کنند. امروزه این محصول به صورت تجارتی در کانادا، اروپا، روسیه، چین، ژاپن، هندوستان، آمریکای شمالی، آفریقای جنوبی و استرالیا کشت می‌شود (فرزاد، ۱۳۸۹). به طور کلی زیست سوخت‌ها را به دو دسته‌ی اولیه و ثانویه تقسیم می‌کنند. زیست سوخت‌های اولیه عبارتند از زیست توده‌های طبیعی و فرآوری نشده مثل هیزم، تکه‌ها و تراشه‌های چوب و بدون اصلاحات شیمیایی حاصل می‌شود. در حالی که انواع ثانویه تغییر یافته‌ی سوخت‌های اولیه‌اند که در حالت‌های جامد (زغال چوب)، مایع (اتانول و بیودیزل) و گاز (بیوگاز و هیدروژن) تولید می‌شوند (Nigam, 2011).

بیودیزل جزء نسل اول زیست سوخت‌های ثانویه می‌باشد که عموماً از دانه‌های روغنی تولید می‌شود (Nigam, 2011). از جمله دانه‌ها و محصولات گیاهی که برای تولید بیودیزل مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توان به کلزا، تخم کتان، پنبه دانه، سویا، بادام زمینی، کنجد، میکروجلبک، نخل، جاتروفا، کورکاس و گل آفتابگردان اشاره نمود (Skoulou *et al.*, 2011).

[1] Energy Crops
[2] Eruca sativa
[3] Brassica

۹۸-۹۰٪ روغن استحصال شده از گیاهان یاد شده، از گلیسیریدها (آسیل گلیسیرول‌ها) تشکیل شده‌اند. گلیسیریدها دسته‌ای از لیپیدهای (چربی‌های) خنثی هستند که قابلیت تبدیل شدن به صابون را دارند. این چربی‌ها بر اساس تعداد گروهای آسیل موجود در ساختارشان به سه دسته‌ی مونوگلیسیرید، دی گلیسیرید و تری گلیسیرید تقسیم‌بندی می‌شوند. از دیدگاه دیگر می‌توان آن‌ها را به دو دسته‌ی اشباع و غیراشباع تقسیم‌بندی نمود. تفاوت در محتوای چربی‌های اشباع و غیراشباع موجود در انواع مختلف خوراک به کار رفته در تولید بیودیزل، منجر به تفاوت در خصوصیات ترموفیزیکی بیودیزل نهایی می‌شود (Santori *et al.*, 2012). ترانس استریفیکاسیون یا الکل‌کافت[1] واکنشی شیمیایی و برگشت‌پذیر کاتالیستی است که به طور گسترده برای کاهش ویسکوزیته‌ی بالای تری گلیسیریدها استفاده می‌شود. در این واکنش روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی (که حاوی تری گلیسیریدها هستند) با یک الکل در حضور کاتالیست، واکنش داده و منوآلکیل استرهای اسید چرب و گلیسیرین تولید می‌کنند که به منوآلکیل استرها، بیودیزل گفته می‌شود (Nakpong, 2010).

در سند چشم انداز، ایران در سال ۱٤۰٤ هجری شمسی، کشوری است توسعه یافته با جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در سطح منطقه. در بخش سایر منابع انرژی بر رعایت مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و مشارکت و همکاری علمی و تحقیقی در این زمینه و تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژهای نو تاکید شده است. از سوی دیگر، حدود یک میلیون هکتار از زمین‌های کشور در ۲۰ استان، توانایی پرورش گیاهان دانه روغنی را دارند. از این مقدار سطح زیر کشت، می‌توان سالانه حدود ۳/۷٦ میلیون تن محصولات دانه روغنی برداشت نمود که این مقدار پتانسیل تولید ۷۲۱ میلیون لیتر سوخت را دارا می‌باشد. بنابراین، ضرورت فعالیت بخش کشاورزی در این زمینه به خوبی احساس می‌شود.

هدف از انجام پژوهش حاضر تولید سوخت بیودیزل از روغن دانه منداب، تعیین خصوصیات کیفی آن و ارزیابی عملکرد موتور دیزل فورد با سوخت تولید شده و مقایسه آن با سوخت گازوئیل معمول در ایران است. بدین منظور تاثیر نسبت‌های حجمی مختلف از بیودیزل تولید شده و گازوئیل بر گشتاور، توان ترمزی، مصرف سوخت ویژه ترمزی و دمای گازهای خروجی اگزوز مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی عملکرد موتور دیزل فورد با استفاده از سوخت بیودیزل حاصل از روغن دانه گیاه منداب، نسبت‌های حجمی مختلفی از سوخت بیودیزل به سوخت گازوئیل شماره ۲ معمول در ایران تهیه شد. این مخلوط‌ها شامل ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۰٪، ۲۵٪، ۳۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ سوخت بیودیزل بر مبنای حجمی بود که از این به بعد به ترتیب به صورت B5، B10، B15، B20، B25، B35، B50، B75 و B100 نشان داده می‌شوند. همچنین عبارت ND به عنوان گازوئیل خالص به کار برده می‌شود. برای پارامترهای عملکردی موتور (توان، گشتاور و مصرف سوخت ویژه)، مخلوط‌های سوخت در بار کامل و سرعت‌های مختلف موتور مورد ارزیابی قرار گرفتند. به منظور مطالعه تأثیر مخلوط‌های مختلف سوخت بر دمای گازهای

[1] Alcoholysis

خروجی اگزوز نیز آزمایش‌ها در برخه بارهای ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و بار کامل ۱۰۰٪ و در دو سرعت دورانی ۲۵۰۰ و ٤۰۰۰ دور در دقیقه انجام شدند. آزمایش‌های ارزیابی عملکرد موتور در آزمایشگاه موتور گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام پذیرفت.

موتور بکار رفته در این تحقیق یک موتور دیزل چهار سیلندر چهار زمانه با تنفس طبیعی و آب–خنک ساخت شرکت فورد بود که مشخصات آن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱– مشخصات فنی موتور تحت آزمایش

نوع موتور	FORD, XLD 418
تعداد سیلندر	٤
قطر سیلندر	۸۲/۵ میلی‌متر
کورس پیستون	۸۲ میلی‌متر
حجم جا بجایی موتور	۱۷۵۳ میلی‌مترمکعب
نسبت تراکم	۲۱/۵
توان حداکثر موتور	٦۰ اسب بخار (٤۵۰۰ دور در دقیقه)
گشتاور حداکثر موتور	۱۰۸ نیوتن متر (۲۵۰۰ دور دردقیقه)
سرعت حداکثر موتور	٤۸۰۰ دور در دقیقه
سیستم خنک کاری	آب خنک، جریان باز

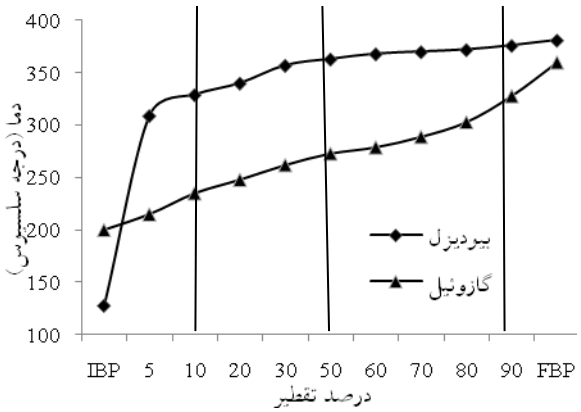
تجهیزات بکار رفته برای آزمون سوخت و موتور شامل یک دینامومتر الکتریکی جریان گردابی هوا– خنک مدل TE 16، یک مخزن سوخت و یک دبی سنج سوخت از نوع استوانه اندازه‌گیری، مخزن هوای متصل به مانومتر و حسگرهای دما برای اندازه‌گیری دمای گازهای خروجی و دمای محیط بودند.

بیودیزل استفاده شده در این تحقیق متیل استر روغن گیاه منداب بود که در آزمایشگاه بیوانرژی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تولید شد. گازوئیل مورد استفاده نیز گازوئیل متداول (شماره ۲) در ایران بود. برخی مشخصات سوخت بیودیزل تولیده شده در جدول ۲ ارائه شده است.

شکل ۱ منحنی تقطیر سوخت تولید شده را نشان می‌دهد. به منظور مقایسه، منحنی تقطیر یک سوخت دیزل دیگر نیز آورده شده است. سه نقطه T10، T50 و T90 که در آن‌ها به ترتیب ۱۰٪، ۵۰٪ و ۹۰٪ سوخت تقطیر می‌شود، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. دمای T10 کم، به موتور دیزل اجازه می‌دهد راحت‌تر روشن شود. دمای T50 کم، به کاهش دود و بوی موتور دیزل کمک می‌کند و دمای T90 کم نیز رقیق شدن روغن موتور را کاهش می‌دهد و صرفه اقتصادی سوخت را افزایش می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، سوخت بیودیزل دماهای تقطیر بالاتری را دارد که این خود بازده گرمایی موتور را از ۱ تا ۵ درصد کاهش می‌دهد. و همچنین انتظار می‌رود با توجه به بالاتر بودن دمای جوش نهایی انتشار دود و آلاینده‌های گازی شکل (CO و UHC) بیشتر باشد.

جدول ۲- مشخصات سوخت تولید شده

مشخصه	مقدار
عدد ستان	٤٨/٧
ارزش حرارتی سوخت	٣٦/٨ مگاژول بر کیلو گرم
گرانروی سینماتیک	٥/٨١ میلی متر بر مربع ثانیه
گرانروی دینامیکی	٥/٠٤ میلی پاسکال در ثانیه
چگالی	٠/٨٦٧ گرم بر سانتی متر مکعب
نقطه اشتعال	١٨٨/٣ درجه سلسیوس
نقطه ابری شدن	٦ درجه سلسیوس
نقطه ریزش	١/٤ درجه سلسیوس
درصد کربن	٪ ٩٢/٢٣



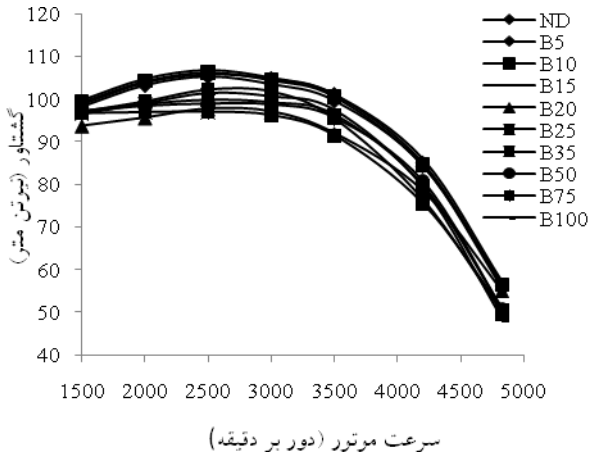
شکل ۱- منحنی تقطیر سوخت بیودیزل تولید شده

پس از آماده‌سازی مخلوط‌های سوخت، آزمون‌های ارزیابی عملکرد موتور در آزمایشگاه موتور گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام پذیرفت. قبل از شروع آزمایش برای هر مخلوط، موتور به مدت ۱۵ دقیقه برای رسیدن به یک شرایط پایدار کار می‌کرد و سپس آزمایش‌ها در قالب آزمایش‌های کوتاه مدت انجام می‌شد. برای اندازه‌گیری پارامترهای توان، گشتاور و مصرف سوخت ویژه ترمزی از حالت بارگذاری متغیر دینامومتر و در شرایط تمام بار (۱۰۰٪ بار) استفاده می‌شد. در شرایط تمام بار، بیشینه پاشش سوخت را خواهیم داشت. توانی که در شرایط تمام بار بدست آمد، توان بیشینه می‌باشد که این توان مبنای برخه بارها (بارهای جزئی) در حالت‌های دیگر آزمایش بود. با

اندازه‌گیری زمان مصرف مقدار مشخصی از سوخت، آهنگ مصرف سوخت محاسبه شد. دمای گازهای خروجی اگزوز با استفاده از یک حسگر دما اندازه‌گیری و در صفحه نمایش دیناموتر نشان داده می‌شد.

نتایج و بحث

شکل ۲ نمودارهای گشتاور موتور برای مخلوط‌های مختلف در بار کامل را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، برای تمامی مخلوط‌های سوخت با افزایش سرعت دورانی گشتاور موتور کاهش پیدا کرده است. این روند کلی ناشی از کاهش بازده حجمی موتور در سرعت‌های بالا می‌باشد. با توجه به شکل ۲، با افزودن بیودیزل به گازوئیل تا ۱۵ درصد حجمی سوخت، گشتاور موتور اندکی بهبود پیدا کرده است و بیشترین افزایش گشتاور (۱/٦۹ درصد) برای مخلوط B15 اتفاق افتاده است. اما برای ترکیبات با بیش از ۱۵ درصد حجمی بیودیزل، گشتاور موتور کاهش پیدا کرده است و بیشترین کاهش مربوط به مخلوط B35 می‌باشد. بخش عمده‌ای از این اختلاف در گشتاور به محتوای گرمایی مخلوط‌ها مربوط می‌شود. به عبارت دیگر، با تغییر ارزش حرارتی مخلوط‌های مختلف سوخت گشتاور تولیدی موتور نیز تغییر می‌کند.

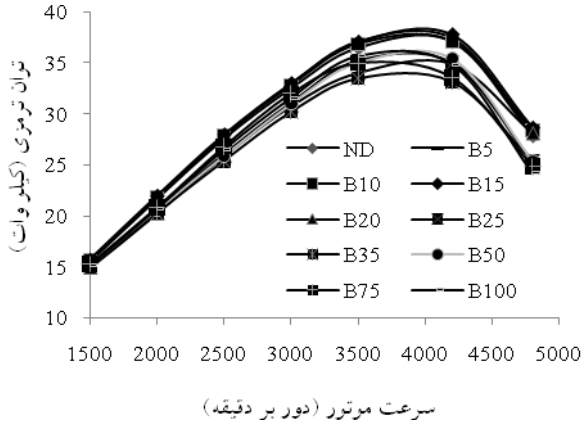


شکل ۲- تغییر گشتاور موتور با سرعت دروانی برای مخلوط‌های مختلف سوخت

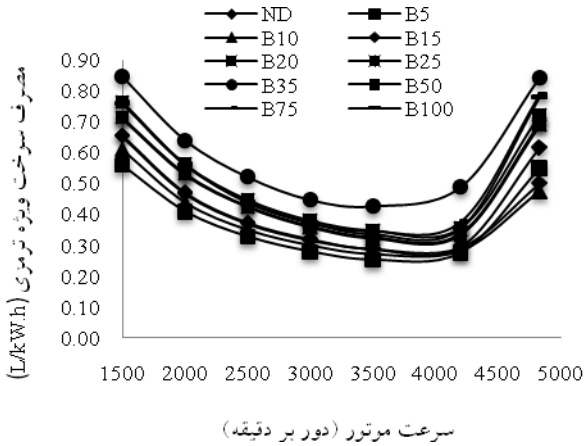
شکل ۳ نمودارهای توان ترمزی موتور را در حالت بار کامل برای مخلوط‌های مختلف سوخت نشان می‌دهد. با توجه به نتایج حاصل، ترکیب B15 با ۱/٦۹ درصد افزایش توان ترمزی بیشترین افزایش توان و ترکیب B35 با ۷/۲۵ درصد کاهش توان ترمزی بیشترین کاهش توان را نشان دادند. روند تغییرات توان ترمزی با سرعت دروانی موتور شبیه به تغییرات گشتاور می‌باشد که ناشی از تغییر محتوای ارزش حرارتی مخلوط‌های سوخت می‌باشد.

شکل ٤ نمودارهای مصرف سوخت ویژه ترمزی موتور برای مخلوط‌های مختلف سوخت نشان می‌دهد. افزایش سهم بیودیزل، از طرفی باعث افزایش چگالی سوخت می‌شود و از طرف دیگر موجب کاهش ارزش حرارتی آن می‌شود. افزایش چگالی سوخت موجب افزایش جرم مصرفی سوخت می‌شود و افزایش ارزش حرارتی سوخت باعث افزایش انرژی آزاد

شده و در نتیجه تولید توان بالاتر می‌شود. به بیان دیگر، مصرف سوخت ویژه ترمزی موتور با چگالی سوخت رابطه مستقیم و با ارزش حرارتی سوخت رابطه معکوس دارد. بنابراین، تحت شرایط بارگذاری یکسان، مخلوطی از سوخت کمترین مصرف ویژه را خواهد داشت که هر دو شرط پایین بودن چگالی سوخت و بالا بودن ارزش حرارتی را داشته باشد، یعنی یک حالت مطلوب بین گازوئیل خالص و بیودیزل خالص [۳]. با توجه به شکل ٤، استفاده از مخلوط‌های B5، B10 و B15 سبب کاهش مصرف سوخت ویژه ترمزی شده‌اند و مخلوط B5 با کاهش ۱۱/۷۵ درصدی مصرف سوخت مطلوب‌ترین حالت را داشته است. سایر مخلوط‌های سوخت مصرف سوخت ویژه ترمزی را افزایش داده که در این میان مخلوط B35 با ٤۱/۷۱ درصد بیشترین افزایش را در مصرف سوخت ویژه داشته است.

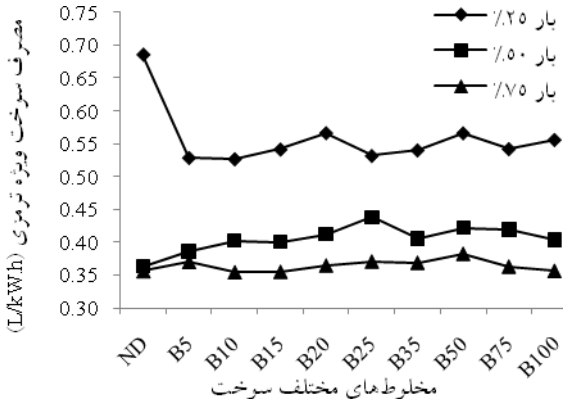


شکل ۳- تغییر توان ترمزی موتور با سرعت دورانی برای مخلوط‌های مختلف سوخت

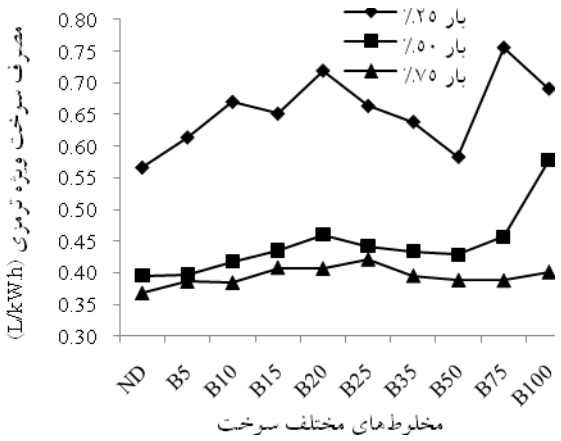


شکل ٤- تغییر مصرف سوخت ویژه ترمزی با سرعت دورانی برای مخلوط‌های مختلف سوخت

شکل ۵ مقادیر مصرف سوخت ویژه ترمزی در سرعت‌های ۲۵۰۰ و ٤۰۰۰ دور در دقیقه را برای بارهای جزئی و مخلوط‌های مختلف سوخت نشان می‌دهد.



(الف)



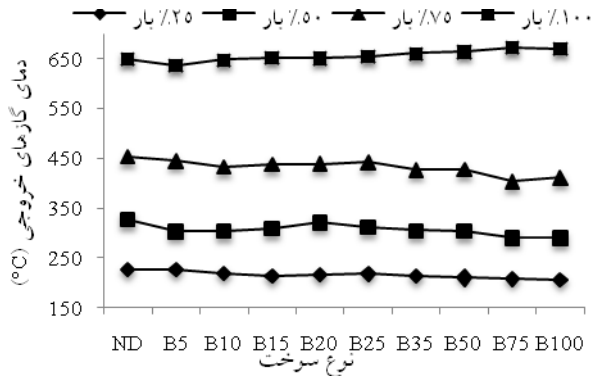
(ب)

شکل ۵- مقادیر مصرف سوخت ویژه ترمزی برای مخلوط‌های مختلف سوخت و بارهای مختلف در سرعت‌های دورانی (الف) ۲۵۰۰ دور دردقیقه و (ب) ٤۰۰۰ دور در دقیقه

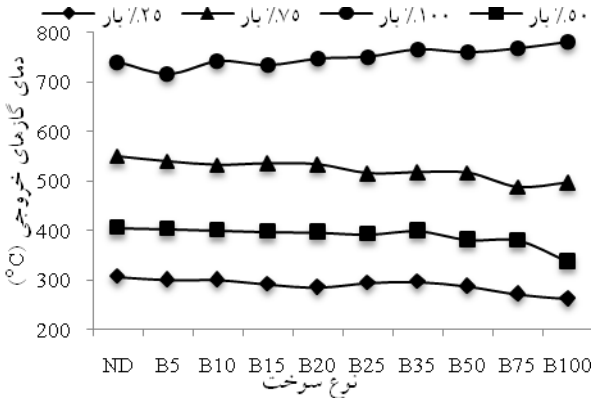
با توجه به شکل ۵ (الف) مشاهده می‌شود که در بار ۲۵ درصد مصرف سوخت ویژه ترمزی کاهش پیدا کرده است و بیشترین کاهش مربوط به ترکیب B20 می‌باشد. در ۵۰ درصد بار، مصرف سوخت ویژه ترمزی افزایش پیدا کرده است که بیشترین افزایش مربوط به ترکیب B50 می‌باشد. در ۷۵ درصد بار در بازه (۵/٦،۱٦/۱۵-) مصرف سوخت ویژه تغییر کرده است که روندی نوسانی داشته است. مطابق شکل ۵ (ب) برای سرعت ٤۰۰۰ دور در دقیقه در تمامی بارها مصرف سوخت ویژه با افزودن بیودیزل به گازوئیل افزایش پیدا کرده است و بیشترین درصد تغییرات در ۲۵٪ بار اتفاق افتاده است.

دمای بالاتر گازهای خروجی اگزوز می‌تواند نشان از دمای بالاتر محتویات درون سیلندر باشد که خود نشان دهنده احتراق کامل سوخت و کاهش مقدار هیدروکربن‌های نسوخته باشد. وجود درصد اکسیژن بیشتر در ساختار سوخت و همچنین نقطه جوش بالاتر از جمله دلایل افزایش دمای گازهای خروجی اگزوز می‌باشند.

شکل‌های ٦ (الف) و (ب) دمای گازهای خروجی اگزوز برای مخلوط‌های گوناگون سوخت در بارهای مختلف را به ترتیب در سرعت‌های دورانی ۲۵۰۰ و ٤۰۰۰ دور در دقیقه نشان می‌دهند. مشاهده می‌شود که به استثنای بار ۱۰۰ درصد، تحت شرایط برخه بار و در هر دو سرعت دورانی، با افزایش درصد بیودیزل در سوخت موتور، دمای گازهای خروجی از اگزوز کاهش پیدا کرده است. اختلاف نسبتاً زیاد بین مقادیر دمای خروجی اگزوز در ۱۰۰٪ بار نهایی دینامومتر و ۷۵٪ بار نهایی دینامومتر نسبت به اختلاف این مقادیر در ۲۵٪ بار نهایی دینامومتر و ۵۰٪ بار نهایی دینامومتر و همچنین در ۵۰٪ بار نهایی دینامومتر و ۷۵٪ بار نهایی دینامومتر، بدلیل شرایط کاری موتور در حالت ۱۰۰٪ بار نهایی دینامومتر می‌باشد. در این حالت، به دلیل رسیدن موتور به حد دود و در نتیجه احتراق ناقص، افزایش دمای گازهای خروجی اگزوز نسبت به حالت ۲۵٪ به ۵۰٪ و ۵۰٪ به ۷۵٪ بار نهایی دینامومتر بیشتر است. در مخلوط‌هایی که یک حالت مطلوب از لحاظ ویسکوزیته و چگالی وجود داشته باشد، احتراق کامل مخلوط اتفاق می‌افتد و این امر سبب افزایش دمای گازهای خروجی می‌شود.



(الف)



(ب)

شکل ٦– دمای گازهای خروجی اگزوز برای مخلوط‌های مختلف سوخت و بارهای مختلف در سرعت‌های دورانی (الف) ۲۵۰۰ دور در دقیقه و (ب) ٤۰۰۰ دور در دقیقه

نتیجه‌گیری

افزودن بیودیزل به گازوئیل تا نسبت حجمی ۱۵ درصد سبب بهبود گشتاور و توان ترمزی موتور تا حداکثر ۱/٦۹ درصد و کاهش مصرف سوخت ویژه ترمزی به میزان ۱۱/۷۵ درصد شد. برای مخلوط‌های با نسبت حجمی بیش از ۱۵ درصد بیودیزل، توان و گشتاور موتور تا حداکثر ۷/۲۵ درصد کاهش و مصرف سوخت ویژه تا حداکثر ٤۱/۷۱ درصد افزایش داشت. دمای گازهای خروجی اگزوز در بارهای جزئی ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ با افزایش سهم بیودیزل در مخلوط سوخت کاهش پیدا کرد و در بار کامل افزایش یافت. با توجه به تمامی جنبه‌های مورد بحث، ترکیب B10 بهترین عملکرد را نشان داد.

منابع و مآخذ

۱. آقایان، ح. ۱۳۹۳. آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی زا. انتشارات روابط عمومی شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران.

۲. سعیدی، م. ۱۳۸۸. اندازه گیری و تحلیل تاخیر اشتعال در موتور دیزل با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل. رساله دکترا. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس.

۳. فرزاد، ع. ۱۳۸۹. تولید متیل استر روغن منداب و تعیین خواص شیمیایی و فیزیکی آن. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج).

٤. نجفی، ب. ۱۳۸۵. تحلیل تجربی فرآیند احتراق و نشر آلاینده‌های موتور دوگانه سوز با استفاده از سوخت‌های سی ان جی و بیودیزل. رساله دکترا. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس.

5. Atadashi, I.M. Aroua, M. K. & Abdul Aziz, A. 2010. High quality biodiesel and its diesel engine application: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 14(7), 1999-2008.

6. Crocker, M. 2010. Termochemical onversion of biomass to liquid fuels and chemicals. Royal Society of Chemistry. United Kingdom.

7. Demirbas, A. 2007. Importance of biodiesel as transportation fuel. Energy Policy. 35(9), 4661-4670.

8. Knothe, G. 2010. Biodiesel and renewable diesel: A comparison. Progress in Energy and Combustion Science. 36(3), 365-373.

9. Nakpong, P. & Wootthikanokkhan, S. 2010. High free fatty acid coconut oil as a potential feedstock for biodiesel production in Thailand. Renewable Energy. 35(8), 1682-1687.

10. Nigam, P.S. & Singh, A. 2011. Production of liquid biofuels from renewable resources. Progress in Energy and Combustion Science. 37(1), 52-68.

11. Oslaj, M. Mursec, B. & Vindis, P. 2010. Biogas production from maize hybrids. Biomass and Bioenergy. 34(1), 1538-1545.

12. Santori, G. Di Nicola, G. Moglie, M. & Polonara, F. 2012. A review analyzing the industrial biodiesel production practice starting from vegetable oil refining. Applied Energy. 92, 109-132.

13. Shen, F. Kumar, L. Hu. J & Saddler, J.N. 2011. Evaluation of hemicellulose removal by xylanase and delignification on SHF and SSF for bioethanol production with steam-pretreated substrates. Bioresource Technology. 102(19), 8945-8951.

14. Skoulou, V. Mariolis, N. Zanakis, G. & Zabaniotou, A. 2011. Sustainable management of energy crops for integrated biofuels and green energy production in Greece. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 15(4), 1928-1936.

Effect of various mixtures of biodiesel produced from *Eruca sativa* oil and gasoline on a Ford engine performance

Abstract

The effect of various volumetric ratio of biodiesel produced from *Eruca sativa* and conventional diesel (B0, B5, B10, B15, B20, B25, B35, B50, B75 and B10) on torque, brake power, brake specific fuel consumption and exhaust temperature of a Ford engine was investigated. For assessing the performance parameters, the designed tests were conducted under full load condition at different engine speeds (1500 to 4830 rpm). Also, in order to study the effect of mixture volumetric ratio on the exhaust temperature the experiments were carried out under part loads of 25%, 50%, and 75% as well as full load at two speeds of 2500 and 4000 rpm. The results showed that the addition of biodiesel to the conventional fuel up to a volumetric ratio of %15 improved the engine torque and brake power (%1.69) for the mixture of B15, and reduced the brake specific fuel consumption (%11.57) for the mixture of B5. For the mixtures with the volumetric ratios more than %15 biodiesel, %7.25 reduction in the engine power and torque for B35, and %41.71 increase in the brake specific fuel consumption for B35 occurred. Exhaust temperature at part loads of 25%, 50% and 75% decreased by adding biodiesel to the gasoline, whereas it was reversely increased under full load condition.

Keywords: Biodiesel, Engine performance, *Eruca sativa*, Exhaust temperature