Archive of SID

امکان‌سنجی استفاده از سوخت گیاهی بیودیزل و نانواکسیدهای سریم و مولیبدن به عنوان افزودنی به سوخت دیزل در ارزیابی تراز انرژی موتور دیزل

بهداد شدیدی[۱]، حسین حاجی آقا علیزاده[۱*] و برات قبادیان[۲]

[۱] همدان، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم

[۲] تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۲۲

چکیده

در سالهای اخیر استفاده از روغن‌ها و فرآورده‌های گیاهی به عنوان جایگزین سوخت دیزل مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از روغن‌های گیاهی علاوه بر کاهش قیمت بیودیزل تولید شده، کمکی در جهت حفظ محیط زیست می‌باشد. تا کنون مناسب بودن روغن کلزا، سویا و روغن نخل در موتور دیزل پاشش مستقیم مورد ارزیابی قرار گرفته است. در موتورهای احتراق داخلی حدود یک سوم کل انرژی سوخت ورودی به کار مفید تبدیل می‌گردد. کاهش تلفات حرارتی در قسمت های مختلف موتور منجر به افزایش راندمان و کار مفید خواهد شد. هدف اصلی این تحقیق، ارزیابی اثرات سوخت گیاهی بیودیزل و نانوکاتالیست‌ها شامل نانو اکسید سریم و نانو اکسید مولیبدن بر روی تراز انرژی موتور دیزل با استفاده از ترکیب سوخت‌های دیزل-بیودیزل-نانوکاتالیست می‌باشد. یک موتور دیزل تک سیلندر، چهار زمانه، پاشش مستقیم و هوا خنک جهت انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. موتور در دور ۲۱۰۰ rpm و شرایط تمام بار راه‌اندازی شد. با استفاده از قانون اول ترمودینامیک، راندمان حرارتی، تلفات سیستم خنک کننده، تلفات حرارتی اگزوز و همچنین تلفات محاسبه نشده که شامل تلفات حرارتی سیستم روغنکاری و انتقال حرارت تشعشعی می باشد محاسبه شد. نتایج نشان داد افزایش بیودیزل و نانوکاتالیست‌ها به سوخت دیزل باعث افزایش راندمان حرارتی می‌شود. بیشترین افزایش راندمان حرارتی (۷/۷٪) مربوط به ترکیب سوخت B10 به علاوه ۹۰ ppm نانوکاتالیست نسبت به سوخت دیزل خالص بدست آمد. همچنین افزایش بیودیزل باعث افزایش تلفات حرارتی اگزوز و سیستم خنک کننده شد، در صورتی که با اضافه کردن نانوکاتالیست به ترکیب سوخت‌های دیزل-بیودیزل این مقادیر کاهش یافتند.

واژه های کلیدی: تراز انرژی، سوخت گیاهی بیودیزل، نانو اکسید سریم، نانوکاتالیست، نانو اکسید مولیبدن.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۱۱۱۳۸۳۰ ، پست الکترونیکی: h-alizade@basu.ac.ir

مقدمه

تامین انرژی یکی از مهمترین مسائل جهان امروز است .بیشترین مصرف سوخت‌های فسیلی در موتورهای احتراق داخلی می‌باشد. افزایش قیمت جهانی سوخت‌های فسیلی و افزایش هشدارهای زیست محیطی در سطح جهان موجب شده تا محققان به دنبال پیدا کردن منابع تجدیدپذیر برای این نوع سوخت‌ها باشند (۱۴). جهت برطرف کردن این مشکلات راهکارهای متفاوتی توسط محققان ارائه شده است. یکی از این راهکارها، جایگزین نمودن سوخت‌های فسیلی با سایر انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، انرژی حاصل از سوخت‌های زیستی (بیودیزل، بیواتانول و بیوگاز) یا انرژی باد می‌باشد.

امروزه منابع جدیدی به عنوان سوخت جایگزین سوخت-های فسیلی در موتورهای احتراق داخلی معرفی شده‌اند. بسیاری از سوخت‌های جدید منبع آلی دارند. عمده‌ترین آنها

www.SID.ir

Archive of SID

روغن‌های گیاهی و بیوگاز می‌باشند. بنابراین سوخت‌های گیاهی عمده‌ترین منابع تولید سوخت‌های جدید یا جایگزین سوخت‌های فسیلی محسوب می‌شوند. سوخت‌های گیاهی به طور عمده آلودگی‌های کمتری نسبت به سوخت‌های فسیلی دارند. سوخت‌های گیاهی به راحتی می‌تواند از بقایای مواد گیاهی تولید گردند. زباله‌ها و ته‌مانده‌های مربوط به غذاها و مواد دور ریختنی شرکت‌های صنایع غذایی و همچنین فاضلاب می‌تواند منبع خوبی جهت تولید سوخت-های گیاهی باشد (۱۰). از جمله مهمترین سوخت‌های جایگزین بیولوژیک می‌توان به بیودیزل اشاره کرد که به عنوان سوخت جایگزین قابلیت استفاده در موتور دیزل را دارا می باشد.

از نظر شیمیایی، بیودیزل منو الکیل استر با زنجیره اسید چرب دراز است که از منابع تجدیدپذیر لیپید به وجود می‌آید. این سوخت می‌تواند در موتورهای دیزل اشتعال تراکمی با اندکی تغییر و یا بدون تغییر و اصلاح مورد استفاده قرار گیرد. بیودیزل تجدیدپذیر، غیر سمی و بدون گوگرد و ترکیبات آروماتیک است. بیودیزل متیل یا اتیل استر روغن‌های گیاهی و حیوانی است. بیودیزل هم اکنون با درصدهای مختلفی با سوخت‌های دیزل ترکیب می‌گردد .میزان ترکیب تابعی از شرایط اقتصادی، قوانین زیست محیطی پذیرفته شده، توانایی و قابلیت مواد به کار برده شده و خصوصیات احتراق است (۱).

تا کنون مناسب بودن روغن کلزا و روغن نخل در موتور دیزل پاشش مستقیم مورد ارزیابی قرار گرفته است. روغن‌های گیاهی در آزمایش‌های کوتاه مدت موتور دارای عملکرد مناسب موتور و سطوح آلاینده‌های خروجی مورد قبولی هستند (۱۵).

از روغن سویا نیز به عنوان عنوان سوخت در موتور اشتعال تراکمی استفاده شده و آزمایش‌ها نشان می‌دهند که فقط در بخش بار، راندمان دارای تفاوت کمی با سوخت دیزل است و بهبود در مصرف سوخت ویژه ترمزی با مخلوط حاصل نمی‌شود (۶).

از روغن نخل گرم شده در موتور اشتعال تراکمی نیز استفاده شده است. گرم کردن سوخت باعث پایین آمدن گرانروی سوخت، پاشش بهتر و اتمیزه شدن مناسب می‌شود. گشتاور، توان ترمزی، مصرف سوخت ویژه، آلاینده‌های خروجی و راندمان حرارتی ترمزی این سوخت با سوخت دیزل قابل مقایسه است (۱۱).

ویسکوزیته بالا، ساختار اسیدی و محتوای اسیدهای چرب آزاد چنین روغن‌هایی باعث مشکلاتی مانند پلیمری شدن در هنگام نگهداری و احتراق، گرفتگی و دیگر مسائل می‌شود. تا کنون تلاش‌های فراوانی جهت نزدیک کردن خصوصیات روغن‌های گیاهی به سوخت دیزل صورت گرفته است. مهمترین مشکلات مناسب نبودن روغن‌های گیاهی برای سوخت دیزل گرانروی بالا، فراریت کم و غیراشباع بودن است. یکی از روش‌های مهم که برای جایگزین نمودن روغن‌های گیاهی به عنوان سوخت دیزل توسعه پیدا کرده‌اند ترانس استریفیکاسیون می‌باشد(۱).

از معایب استفاده از بیودیزل در موتور، کاهش توان موتور و افزایش مصرف سوخت و آلاینده NO_x می‌باشد (۱۸). لذا جهت برطرف کردن این مشکلات امروزه از نانوکاتالیست‌ها به عنوان مواد افزودنی به سوخت استفاده می‌کنند. نانوکاتالیست ها باعث بهبود احتراق سوخت دیزل و بیودیزل خواهند شد.

راهکار دوم افزایش بازده موتورهای احتراق داخلی با تمرکز بر کاهش تلفات انرژی در موتور می باشد (۱۶). انرژی ورودی در موتور به چهار بخش تقسیم می‌گردد: ۱) کار مفید (توان ترمزی) ۲) تلفات انرژی سیستم خنک کننده ۳) تلفات انرژی در اگزوز ۴) تلفات محاسبه نشده که شامل تلفات گرمایی ناشی از تشعشع و ... می باشد. همچنین، تلفات روغن توسط محققان جزء تلفات محاسبه نشده در نظر گرفته می شود (۱۹-۱۳-۷-۴-۳).

www.SID.ir

Archive of SID

تراز انرژی یک موتور احتراق داخلی، تحلیل قانون اول ترمودینامیک است که تراز حرارتی نیز نامیده می شود (۱۶). به طور تقریبی ۳۰٪ انرژی ورودی به کار مفید تبدیل می‌شود. برای افزایش مقدار توان موتور، بیشتر توجهات بر روی کاهش تلفات گرمایی می‌باشد (۴).

تحقیقات متعددی بر روی اثرات سوخت بیودیزل به صورت ترکیبی با سوخت دیزل و نانوکاتالیست‌های افزودنی بر تراز انرژی موتور دیزل صورت گرفته است. Abedin و همکاران (۲۰۱۴)، از ترکیبات مختلف دیزل-بیودیزل (B5، B10 و B20) برای ارزیابی عملکرد و تلفات حرارتی موتور دیزل استفاده کردند. نتایج بیانگر این موضوع بود که افزایش درصد بیودیزل در ترکیبات سوخت باعث کاهش تلفات اگزوز و افزایش تلفات روغن و سیستم خنک کننده شد (۱). Khoobbakht و همکاران (۲۰۱۶)، اثرات ترکیب سوخت دیزل-بیودیزل-اتانول را بر روی تراز انرژی موتور دیزل ارزیابی نمودند. آنها گزارش کردند که تنها ۳۷٪ از انرژی ورودی به کار مفید تبدیل خواهد شد و مابقی آن (۶۳٪) تلف خواهد شد (۹). Vairamuthuو همکاران(۲۰۱۵)، از سوخت بیودیزل و افزودنی اکسید سریم در موتور دیزل استفاده کردند. نتایج نشان داد که افزایش اکسید سریم به عنوان افزودنی به سوخت B100+20 باعث کاهش آلاینده‌های اگزوز و همچنین افزایش ۵/۴٪ راندمان حرارتی شد (۱۷). Mirzajanzadehو همکاران (۲۰۱۵)، از اکسید سریم در مخلوط سوخت دیزل-بیودیزل (B5 و B10) استفاده نمودند. نتایج افزایش ۸۱/۷٪ توان و ۹۱/۴٪ گشتاور موتور را نشان داد (۱۲).

با توجه به توضیحات فوق و اهمیت افزایش راندمان موتورهای دیزل ارزیابی تراز حرارتی این نوع موتورها با سوخت‌های گیاهی و افزودنی‌های مختلف جهت درک بهتر توزیع انرژی ورودی در این نوع موتورها ضروری به نظر می رسد. لذا در تحقیق حاضر سوخت گیاهی بیودیزل با درصد حجمی ۲ و۱۰ درصد با سوخت دیزل ترکیب و نانواکسید سریم و مولیبدن با غلظت‌های (ppm ۹۰-۶۰-۳۰) به عنوان ماده افزودنی به این ترکیب سوخت‌ها اضافه گردید. موتور مورد آزمایش در دور rpm ۲۱۰۰ و شرایط تمام بار راه اندازی شد. در نهایت تراز حرارتی موتور مورد آزمایش و مقادیر بازده حرارتی، تلفات سیستم خنک کننده و اگزوز با استفاده از ترکیبات سوخت یاد شده، اندازه گیری و با سوخت دیزل خالص هم مقایسه گردید.

مواد و روشها

تهیه سوخت‌های مورد آزمایش: در این تحقیق از روغن پسماند به عنوان ماده اولیه تولید بیودیزل استفاده گردید. از آنجایی که در حدود ۷۵٪ قیمت تمام شده سوخت بیودیزل به هزینه ماده اولیه آن (روغن و الکل) بستگی دارد، لذا انتخاب روغنی غیر خوراکی و ارزان قیمت تاثیر بسزایی در رشد و توسعه استفاده ازسوخت گیاهی بیودیزل خواهد داشت. یکی از منابع ارزان قیمت استفاده از روغن‌های پسماند و دور ریختنی است که از صنایع غذایی، روغن‌کشی‌ها و رستوران‌ها بدست می‌آید. استفاده از این روغن‌های گیاهی علاوه بر کاهش قیمت بیودیزل تولید شده، کمکی در جهت حفظ محیط زیست می‌باشد. بدین منظور در این تحقیق از روغن پسماند آشپزخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس استفاده گردید. این روغن توسط صافی‌های ۵۰۰ میکرونی تصفیه شد تا قطعات مواد غذایی موجود در آن حذف شود و سپس دمای آن تا ۶۱ درجه سانتیگراد بالا برده شد و به مدت ۱۵دقیقه در این دما نگه‌داشته شد و بعد از ۲۴ ساعت آب ته-نشین شده توسط شیر تخلیه جدا می‌شود. این عملیات توسط دستگاه BioPro ۱۹۰ انجام شده است (شکل ۱).

برای تولید بیودیزل در تحقیق حاضر از روش ترانس استریفیکاسیون با کاتالیزور قلیایی که معمول‌ترین و تجاری-ترین روش تولید بیودیزل می‌باشد، استفاده گردید. برای جلوگیری از شکست در روش ترانس‌استریفیکاسیون ابتدا روغن پسماند آماده‌سازی می‌شود. سپس مخلوط الکل و

www.SID.ir

Archive of SID

واکنش‌گر به آن اضافه می‌گردد. در مرحله بعد واکنش ترانس‌استریفیکاسیون انجام می‌گردد. دراثر این واکنش گلیسرین از استر جدا می‌شود و استر باقیمانده به وسیله آبشویی، خالص می‌گردد و در نهایت استر خالص یا بیودیزل به دست می‌آید.

شکل ۱- دستگاه تصفیه روغن پسماند.

استفاده از کاتالیزورها در واکنش ترانس‌استریفیکاسیون، برای پیشبرد سریع واکنش به سمت تولید بیودیزل ضروری است. از کاتالیزورهای اسیدی یا قلیایی می‌توان استفاده کرد. پتاسیم و سدیم هیدروکسید معمول‌ترین کاتالیزورهای قلیایی هستند که در تولید صنعتی بیودیزل از آنها استفاده می‌شود. متانول و اتانول مناسب‌ترین الکل‌ها برای انجام واکنش ترانس-استریفیکاسیون می‌باشند که از بین این دو نیز متانول به خاطر ارزانی و خواص فیزیکی و شمیایی بهتر نسبت به اتانول برای واکنش ترانس‌استریفیکاسیون استفاده شد. متانول استفاده شده متعلق به شرکت مرک آلمان با خلوص ۹۹ درصد می-باشد. واکنش زیر برای تولید بیودیزل صورت می‌گیرد:

صابون+گلیسیرین+بیودیزل ← متانول+روغن

به منظور اطمینان از بیودیزل تولید شده، تست‌های متعددی مطابق با استانداردهای بین المللی که در جدول ۲ لیست شده است، صورت پذیرفت.

جدول ۱- مشخصات موتور دیزل مورد آزمایش.

مدل	3LD510
کارخانه سازنده	شرکت لمباردینی ایتالیا
تعداد سیلندر	۱
کورس سیلندر	۹۰ میلی‌متر
قطر سیلندر	۸۵ میلی‌متر
حجم سیلندر	۵۱۰ سانتی متر مکعب
حداکثر توان در ۳۰۰۰ rpm	۲/۱۲ اسب بخار (۹ کیلو وات)
حداکثر گشتاور ۱۸۰۰ rpm	۳۳ نیوتن‌متر

پس از سنتز نانوکاتالیست و تهیه بیودیزل و انجام آزمون‌های مشخصه جهت اطمینان از کیفیت نانو کاتالیست سنتز شده و بیودیزل تولید شده، نمونه‌های سوخت جهت انجام آزمون-های موتور تهیه گردید.

مشخصات موتور مورد آزمایش: در این تحقیق از یک موتور دیزل تک سیلندر هوا خنک ساخت شرکت لمباردینی ایتالیا مدل 3LD510 استفاده گردید. مشخصات این موتور در جدول ۱ آمده است.

جدول۲- ویژگی‌های بیودیزل تولید شده.

ویژگی	بیودیزل	حد مجاز	واحد	استاندارد
گرانروی	۸۵/۴	بین ۹/۱ تا ۶	mm^2/s	ASTM D 445
چگالی	۸۷۶۷/۰	بین ۸۲/۰ تا ۹/۰	g/ml	EN ISO 12185
نقطه اشتعال	۱۷۶	۹۳ به بالا	° C	ASTM D93
نقطه ابری شدن	۱۱	---	° C	ASTM D 874
نقطه ریزش	۵	---	° C	ASTM D 874
محتوی آب و رسوبات	۰۵/۰	۰۵/۰ به پایین	٪ حجمی	ASTM D 2709
عدد ستان	۲/۹۷	۴۷ به بالا	---	ASTM D 613

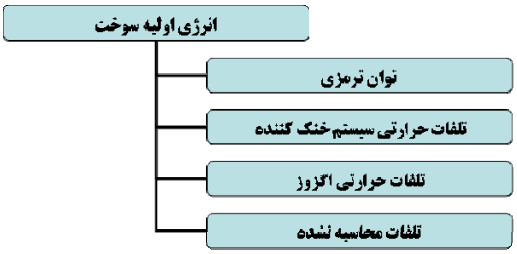
www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲- سکوی آزمایش.

جهت اندازه‌گیری توان و اعمال بار از دینامومتر WE400 ساخت شرکت مبتکران پارس اندیش استفاده گردید. موتور به وسیله یک محور رابط به دینامومتر وصل شده و به صورت یک واحد روی شاسی قرار گرفته است (شکل ۲). از ترموکوپل‌های نوع K برای اندازه‌گیری دما در مکان-های مختلف و جریان‌سنج جهت اندازه‌گیری جریان هوا استفاده گردید. موتور در دور ۲۱۰۰ rpm و شرایط تمام بار برای ارزیابی و تحلیل تراز انرژی موتور دیزل با استفاده از ترکیبات سوخت دیزل-بیودیزل-نانوکاتالیست راه‌اندازی شد.

محاسبات تراز انرژی: تحلیل تراز انرژی (تعادل گرمایی موتور) در واقع اطلاعات مفیدی در مورد پخش انرژی اولیه سوخت فراهم می‌کند.



شکل ۳- پایستگی انرژی موتور.

برای بررسی تعادل گرمایی لازم است توان ترمزی (P_b)، تلفات حرارتی سیستم خنک کننده (Q_{cool})،تلفات حرارتی اگزوز (Q_{exh}) و تلفات محاسبه نشده (Q_{un}) را بدست آورد و با در نظر گرفتن حجم کنترل اطراف موتور معادله پایستگی انرژی را برای پارامترهای بالا نوشت (شکل۳)(۸-۷):

$$Q_s = P_b + Q_{cool} + Q_{exh} + Q_{un} \qquad (۱)$$

جایی که Q_s انرژی گرمایی کل یا همان انرژی شیمیایی سوخت است که طی فرآیند احتراق به گرما تبدیل می‌شود و از رابطه زیر محاسبه شد:

$$Q_s = \dot{m}_f \times Q_{LHV} \qquad (۲)$$

که در آن، Q_s انرژی گرمایی کل بر حسب (kW)، $\dot{m}_f$ دبی جرمی سوخت بر حسب (kg/s) و Q_{LHV} ارزش گرمایی پایینی سوخت بر حسب (kJ/kg) است. توان ترمزی (P_b) در واقع توان روی چرخ لنگر است، که با استفاده از سرعت (N) و گشتاور (T) اندازه‌گیری شده به وسیله دینامومتر از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$P_b = \frac{2\times\pi\times N\left(\frac{rev}{s}\right)\times T(N.m)}{10^3} \qquad (۳)$$

همچنین راندمان حرارتی از تقسیم توان ترمزی (P_b) بر انرژی گرمایی کل (Q_s) بدست می‌آید:

$$Thermal\ Efficiency = \frac{P_b}{Q_s} \qquad (۴)$$

تلفات حرارتی سیستم خنک کاری از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$Q_{cool} = \dot{m}_a \times C_a \times \nabla T_a \qquad (۵)$$

که در رابطه بالا $\dot{m}_a$، دبی جرمی هوای ورودی به موتور بر حسب کیلوگرم بر ثانیه، C_a گرمای ویژه هوا ، ∇T_a، اختلاف دما بین هوای خنک کننده ورودی و خروجی از موتور بر حسب درجه کلوین است.

تلفات حرارتی اگزوز با استفاده از تغییرات آنتالپی در فشار ثابت و دمای متوسط اگزوز (میانگین دمای اگزوز و محیط)، و دبی جرمی گازهای خروجی از رابطه زیر بدست آمد:

$$Q_{exh} = (\dot{m}_f + \dot{m}_a) \times C_e \times (T_g - T_a) \qquad (۶)$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن، Q_{exh} تلفات حرارتی اگزوز بر حسب (kW)، T_g و T_a به ترتیب دمای گازهای خروجی و دمای اگزوز برحسب (K)، C_e، گرمای ویژه متوسط گازهای اگزوز در فشار ثابت و دمای متوسط اگزوز است.

تلفات محاسبه نشده شامل تلفات حرارتی سیستم روغن-کاری، به علاوه انتقال حرارت تشعشع و جابجایی از سطح خارجی موتور می‌باشد. تلفات حرارتی سیستم روغن کاری شامل تلفات اصطکاکی میان میل‌لنگ و یاتاقان‌ها، رینگ‌ها و دیواره سیلندر و غیره است. تلفات محاسبه نشده، با نوشتن معادله پایستگی انرژی از رابطه زیر محاسبه گردید (۱۶):

$$Q_{un} = Q_s - (P_b + Q_{cool} + Q_{exh}) \quad (۷)$$

که در رابطه بالا Q_{un} تلفات حرارتی محاسبه نشده بر حسب (kW) می‌باشد.

نتایج

خواص سوخت بیودیزل: پس از تهیه و آماده‌سازی بیودیزل، به منظور بررسی کیفیت محصول تولیدی، برخی از خواص مهم آن، برای مقایسه با ویژگیهای اندازه‌گیری شده به همراه استانداردهای متداول اندازه‌گیری گردید. برخی از این ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به همراه استانداردهای مربوط و بازه قابل قبول در جدول (۲) ارائه شده است.

راندمان حرارتی: شکل ۴ راندمان حرارتی موتور دیزل با استفاده از ترکیبات سوخت B2 و B10 به همراه نانوکاتالیست‌ها و سوخت شاهد دیزل (B0) را نشان می-دهد. همانطور که از نمودارها مشخص است افزایش بیودیزل به سوخت دیزل باعث افزایش راندمان حرارتی موتور دیزل با استفاده از سوخت‌های B2 و B10 در مقایسه با سوخت B0 شده است. همچنین اضافه شدن نانوکاتالیست‌ها به سوختهای B2 و B10 باعث افزایش راندمان حرارتی گردیده است. افزایش ppm ۳۰، ۶۰ و ۹۰ نانوکاتالیست به سوخت B2 بترتیب باعث افزایش۰/۵۷٪، ۲/۳۵٪ و ۵/۵۵٪ راندمان حرارتی و برای سوخت B10 باعث افزایش ۲/۲۸٪، ۴/۲۸٪ و ۷/۷٪ راندمان حرارتی در مقایسه با سوخت B0 در دور rpm ۲۱۰۰ گردید.

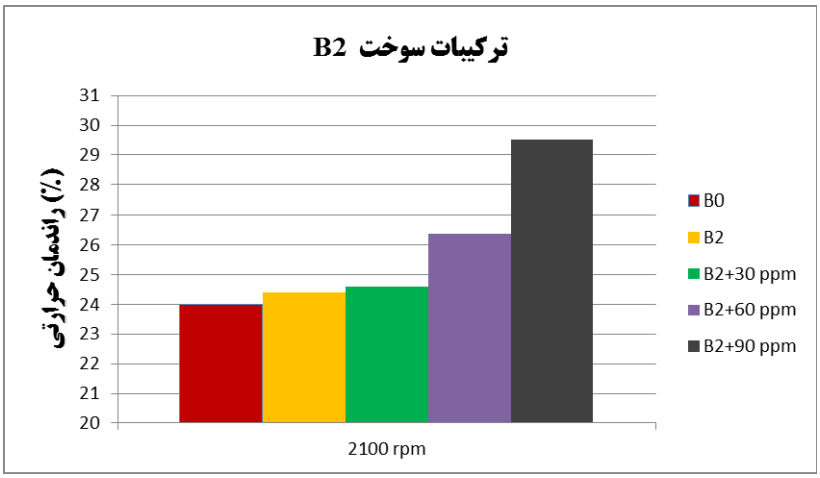
تلفات سیستم خنک کننده: شکل ۵ نمودارهای مربوط به تلفات سیستم خنک کننده را در هر ترکیب سوخت در دور rpm ۲۱۰۰ نشان می‌دهد.

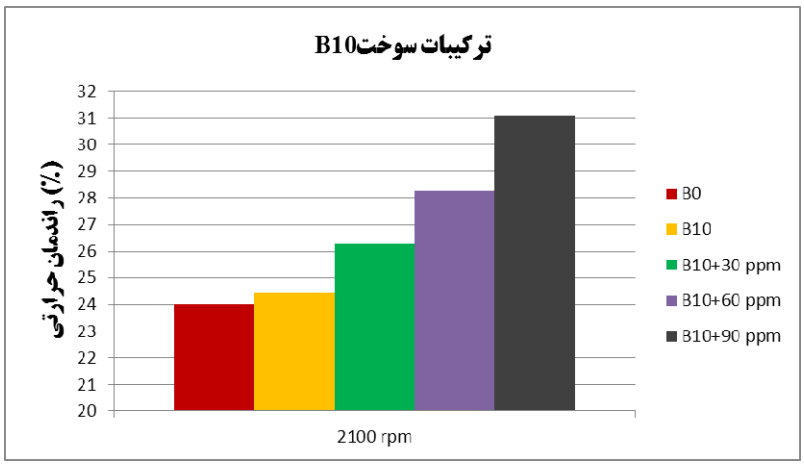
همانگونه که قابل مشاهده است افزایش بیودیزل باعث افزایش تلفات سیستم خنک کننده شد اما افزایش نانوکاتالیست‌ها به سوختهای B2 و B10 این تلفات را کاهش داد. همانطور که در قسمت مقدمه توضیح داده شد یکی از معایب استفاده از بیودیزل، افزایش آلاینده NO_x می‌باشد. هنگامی که این آلاینده افزایش یابد باعث افزایش دما در محفظه احتراق می‌گردد و به همین دلیل مقدار تلفات سیستم خنک کننده افزایش می‌یابد. اما افزایش ppm ۳۰، ۶۰ و ۹۰ نانوکاتالیست به ترکیبات سوخت B2، بترتیب باعث کاهش ۰/۸۶٪، ۰/۸۸٪ و ۱/۹٪ و سوخت B10، بترتیب باعث کاهش ۰/۱۳٪، ۰/۵۲٪ و ۱/۱٪ تلفات سیستم خنک کننده در سرعت rpm ۲۱۰۰ در مقایسه با سوخت دیزل خالص گردید.

تلفات حرارتی اگزوز: افزایش بیودیزل باعث افزایش ۰/۱۶٪ تلفات حرارتی اگزوز در مورد سوخت B2 و ۰/۷۱٪ در مورد سوخت B10 گردید. از طرفی، افزایش ppm ۳۰، ۶۰ و ۹۰ نانوکاتالیست در ترکیب سوخت B2، بترتیب باعث کاهش ۰/۰۵٪، ۰/۸۷٪ و ۱/۴۵٪ تلفات حرارتی اگزوز و در مورد سوخت B10، بترتیب باعث کاهش ۰/۰۴٪، ۰/۹۵٪ و ۱/۶۶٪ تلفات حرارتی در دور rpm ۲۱۰۰ در موتور دیزل در مقایسه با ترکیب‌های سوخت بدون نانوکاتالیست گردید (شکل ۶).

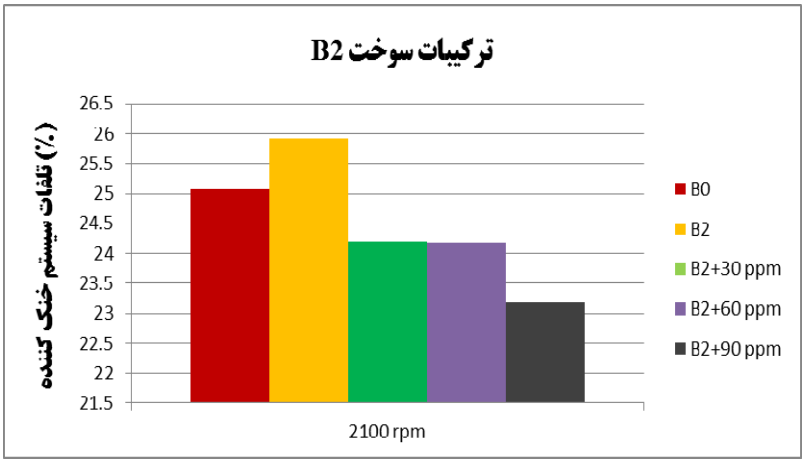
www.SID.ir

Archive of SID



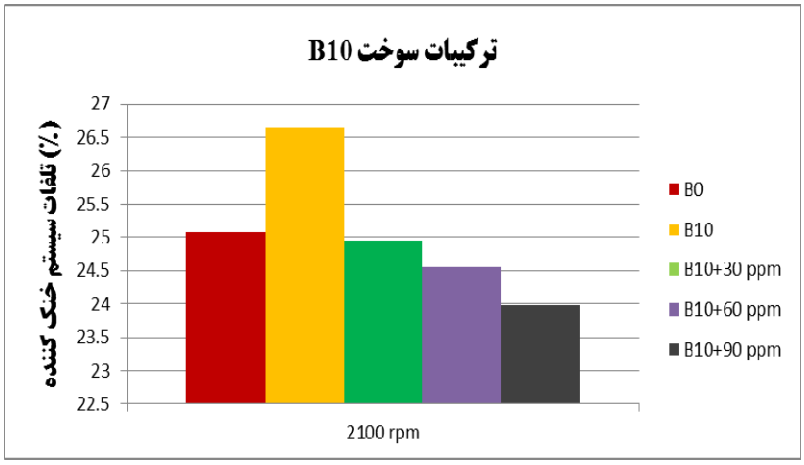


شکل ۴- راندمان حرارتی موتور دیزل در دور ۲۱۰۰ rpm.

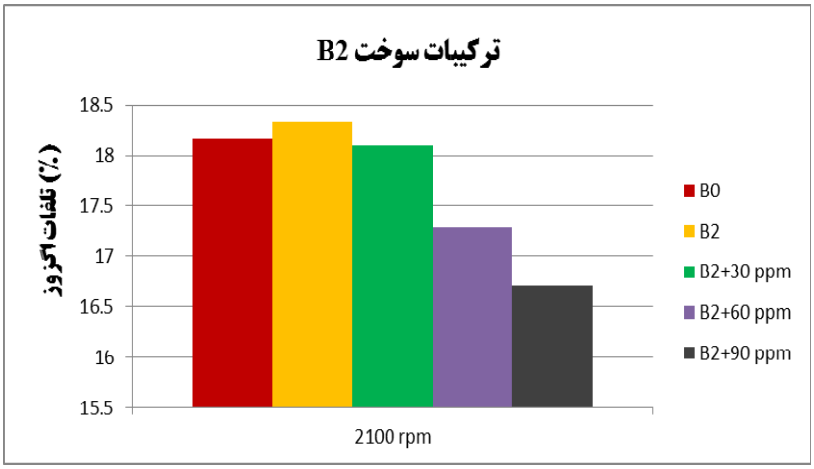


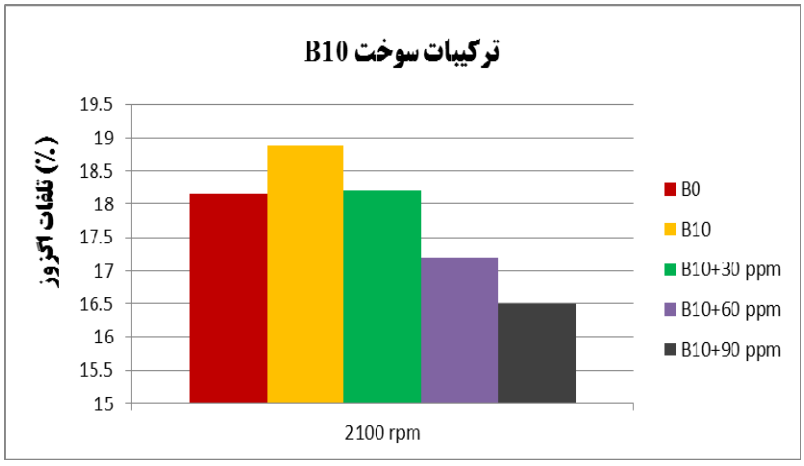
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- تلفات سیستم خنک کننده موتور دیزل در سرعت ۲۱۰۰ rpm.





شکل ۶- تلفات حرارتی اگزوز موتور دیزل در دور ۲۱۰۰ rpm.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

وجود اکسیژن باعث احتراق کامل در موتور می‌شود. به عبارت دیگر، کمبود اکسیژن باعث احتراق ناقص در موتور خواهد شد. سوخت بیودیزل و نانوکاتالیست‌های سنتز شده در این تحقیق که شامل نانو اکسید سریم و نانو اکسید مولیبدن هستند به دلیل دارا بودن اکسیژن در ترکیب شیمیایی خود باعث بهبود احتراق می‌شوند. دلیل بالاتر بودن اندک راندمان حرارتی B2 در مقایسه با سوخت B10، ارزش حرارتی پایین‌تر بیودیزل است (۱۹–۸–۵–۲).

بر اساس معادلات زیر اکسید سریم و اکسید مولیبدن باعث کاهش تولید آلاینده‌های منوکسید کربن (CO)، هیدروکربن‌ها (HC) و اکسیدهای نیتروژن (NO_x) می‌شود.

$$(2x+y)CeO_2 + C_xH_y \leftrightarrow \left\{\frac{(2x+y)}{2}\right\}Ce_2O_3 + \frac{x}{2}CO_2 + \frac{y}{2}H_2O \quad (۸)$$

$$(2x+y)MoO_3 + C_xH_y \leftrightarrow \left\{\frac{(2x+y)}{2}\right\}MoO_2 + \frac{x}{2}CO_2 + \frac{y}{2}H_2O \quad (۹)$$

$$2CeO_2 \leftrightarrow Ce_2O_3 + \frac{1}{2}O_2 \quad (۱۰)$$

$$MoO_3 \leftrightarrow MoO_2 + O_2 \quad (۱۱)$$

$$CeO_2 + CO \leftrightarrow Ce_2O_3 + CO_2 \quad (۱۲)$$

$$MoO_3 + CO \leftrightarrow MoO_2 + CO_2 \quad (۱۳)$$

$$Ce_2O_3 + NO \leftrightarrow 2CeO_2 + \frac{1}{2}N_2 \quad (۱۴)$$

$$MoO_2 + NO \leftrightarrow MoO_3 + \frac{1}{2}N_2 \quad (۱۵)$$

طبق معادلات شماره (۱۵–۸)، نانواکسید سریم و نانواکسید مولیبدن باعث کاهش تولید آلاینده NO_x می‌شوند و این کاهش همانطور که قبلا اشاره شد باعث کاهش دمای محفظه احتراق می‌گردد. همچنین با توجه به اثرات این نوع نانوکاتالیست‌ها در کاهش مقدار منوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته از طریق فراهم کردن اکسیژن در مرحله احتراق، مقدار تلفات سیستم خنک کننده کاهش یافت.

بر اساس معادلات ارائه شده (۱۵–۸)، استفاده از نانوکاتالیست‌ها باعث کاهش انتشار آلاینده‌های منوکسید کربن، هیدروکربن‌های نسوخته و اکسیدهای نیتروژن می‌گردد که این کاهش انتشار باعث کاهش دمای گازهای خروجی شده و در نتیجه تلفات حرارتی اگزوز کاهش خواهد یافت. از طرف دیگر، دلیل افزایش تلفات حرارتی اگزوز افزایش اکسیدهای نیتروژن در اثر افزایش بیودیزل می‌باشد که قبلا به آن اشاره گردید. لازم بذکر است محاسبات مربوط به تلفات محاسبه نشده در موتور در تمام ترکیب‌های سوخت، دارای روند واضح و مشخصی نبود. چنین نتیجه‌ای توسط محققان دیگر هم گزارش شده است (۲۰–۱۳–۲).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، تراز انرژی موتور دیزل با استفاده از ترکیب‌های سوخت دیزل و سوخت گیاهی بیودیزل (B2 و B10) و افزودن نانوکاتالسیت‌های نانواکسید سریم و نانواکسید مولیبدن با سه غلظت ppm ۹۰، ۶۰ و ۳۰ در دور rpm ۲۱۰۰ موتور و شرایط تمام بار مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و نتایج زیر بدست آمد:

۱- راندمان حرارتی موتور دیزل با استفاده از سوخت بیودیزل در مقایسه با سوخت B0 (دیزل خالص) افزایش یافت.

۲- افزایش نانوکاتالیست‌های اکسید سریم و اکسید مولیبدن به ترکیب‌های سوخت دیزل-بیودیزل، باعث افزایش راندمان حرارتی موتور گردید. بیشترین افزایش راندمان حرارتی مربوط به ترکیب سوخت B10 به علاوه ppm ۹۰ نانوکاتالیست (۷/۷٪) نسبت به سوخت B0 گزارش گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

۳- افزودن سوخت گیاهی بیودیزل به سوخت دیزل باعث افزایش تلفات سیستم خنک کننده و تلفات حرارتی اگزوز گردید. اما افزودن نانوکاتالیست‌های اکسید سریم و اکسید مولیبدن به این ترکیب سوخت‌ها باعث رفع و بهبود این نقیصه گردید به طوری که بیشترین کاهش تلفات سیستم خنک کننده (۱/۹٪) در سوخت B2 به علاوه ppm ۹۰ و بیشترین کاهش تلفات حرارتی اگزوز (۱/۶۶٪)در سوخت B10 به علاوه ppm ۹۰ در مقایسه با سوخت دیزل خالص مشاهده گردید.

منابع

۱- خاتمی فر، م.، ۱۳۸۵. طراحی، ساخت، آزمایش و ارزیابی دستگاه فرآوری بیودیزل. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

2- Abedin M.J., Masjuki H.H., Kalam M.A., Sanjid A., Ashrafur Rahman S.M., Rizwanul Fattah I.M., 2014, Performance, emissions, and heat losses of palm and jatropha biodiesel blends in a diesel engine, Industrial Crops and Products 59: 96–104.

3- Abedin M.J., Masjuki H.H., Kalam M.A., Sanjid A., AshrafurRahman S.M., Masum B.M., 2013, Energy balance of internal combustion engines using alternative fuels, Renewable and Sustainable Energy Reviews 26: 20–33.

4- Durgun O., Sahin Z., 2009, Theoretical investigation of heat balance in direct injection (DI) diesel engines for neat diesel fuel and gasoline fumigation, Energy Conversion and Management 50: 43–51.

5- Ekrem Buyukkaya, 2010, Effects of biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics, Fuel 89: 3099–3105.

6- Ghormade, T. K., Deshpande N. V., 2002, Soyabean oil as an alternative fuel for I. C. engines, Proceedings of Recent Trends in Automotive Fuels, Nagpur, India.

7- Heywood J.B., 1988, Internal combustion engine fundamentals, McGraw-Hill, NewYork, NY.

8- Kaplan C, Arslan R, Surmen A., 2006, Performance characteristics of sunflower methyl esters as biodiesel, Energy Sources 28(Part A): 751–5.

9- Khoobbakht G., Karimi M., Najafi G., 2016, Analysis of the exergy and energy and investigating the effect of blended levels of biodiesel and ethanol in diesel fuel in a DI diesel engine, Applied Thermal Engineering, Accepted Manuscript.

10- Kuwahara, N., Berni, M. D. and Bajay, S. V., 1999, Energy supply from municipal wastes: The potential of biogas – fuelled buses in Brazile. Renewable energy, 16: 1000– 1003.

11- Masjuki, H, A., 2001, Investigation on preheated palm oil-methyl ester in diesel engine, SAE 15-Z10-A2-131.

12- Mirzajanzadeh M., Tabatabaei M., Ardjman M., Rashidi A., Ghobadian B., Barkhi M., Pazouki M., 2015, A novel soluble nano-catalysts in diesel–biodiesel fuel blends to improve diesel engines performance and reduce exhaust emissions, Fuel 139: 374–382.

13- Özcan H, Söylemez M., 2006, Thermal balance of a LPG fuelled, four stroke SI engine with water addition, Energy conversion and management 47: 570–81.

14- Shadidi B., Yusaf T., Alizadeh H. H. A., Ghobadian B., 2014, Experimental investigation of the tractor engine performance using diesohol fuel. Applied Energy 114: Pages 874–879.

15- Tadashi, Y., 1984, Low carbon build up, low smoke and efficient diesel operation with vegetable oil by conversion to monoesters and blending with diesel oil or alcohols. SAE 841161.

16- Taymaz I., 2006, An experimental study of energy balance in low heat rejection diesel engine, Energy 31: 364–371.

17- Vairamuthu G., Sundarapandian S., Kailasanathana C. and Thangagiri B., 2015, Investigation on the effects of NanoCerium oxide on the performance of Calophylluminophyllum (Punnai) biodiesel in a DI diesel engine, Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences Special Issue 7: 92-95.

18- Xue J., Grift T.E., Hansen A.C., 2011, Effect of biodiesel on engine performances and emissions, Renew. Sust. Energy Rev. 15 (2): 1098-1116.

19- Yucesu HS, Cumali I., 2006, Effect of cotton seed oil methyl ester on the performance and exhaust emission of a diesel engine, Energy Source Part A 28: 389–98.

www.SID.ir

Archive of SID

20- Yüksel F., Ceviz M., 2003, Thermal balance of a four stroke SI engine operating on hydrogen as a supplementary fuel, Energy 28: 1069–1080.

Feasibility of using biodiesel herbal fuel and nano cerium and molybdenum oxides as additive to diesel fuel in evaluating the energy balance of the diesel

Shadidi B. [1], Haji Agha Alizade H.[1] and Ghobadian B.[2]

[1] **Biosystems Engineering Dept., Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, I.R. of Iran**

[2] **Biosystems Engineering Dept., Faculty of agriculture, Tarbiat Modaress University, Tehran, I.R. of Iran**

Abstract

In recent years, the use of oils and herbal products are considered as an alternative for diesel fuel. In addition to reducing the price of biodiesel produced from using herbal oils, which help to protect the environment. So far, the suitability of rapeseed, soybean and palm oil in direct injection diesel engine is evaluated. In the internal combustion engines, only approximately 1/3 of total fuel input energy is converted to useful work. Reduction of heat losses in different parts of the engine will lead to increased efficiency and useful work. The main aim of this research paper is to evaluate the effects of the biodiesel herbal fuel and nanocatalysts containing cerium oxide and molybdenum oxide on energy balance of a diesel engine using diesel-biodiesel-nanocatalyst fuel blends. The research engine was a single cylinder, four-stroke, direct injection and air-cooled diesel engine. The engine was run at the speeds of 2100 rpm and full load conditions. The thermal efficiency (useful work), transferred energy to the cooling system, exhaust gases and also unaccounted losses including lubricating oil heat loss and convection and radiation heat transfer were computed using the first law of thermodynamics. The results showed that by increasing the amount of biodiesel and nanocatalysts in diesel fuel, the thermal efficiency was increased. The highest increase in thermal efficiency was observed to be 7.7% related to B10 and 90 ppm nanocatalyst, in comparison with the net diesel fuel. Also, by increasing biodiesel the transferred energy to cooling system and exhaust gases were increased while the inclusion the nanocatalysts to diesel-biodiesel fuel blends these values decreased.

Keywords: Biodiesel herbal fuel, Energy balance, Nano cerium oxide, Nano molybdenum oxide, Nanocatalyst.

www.SID.ir