Archive of SID

ISSN: 2476-6909; Modares Mechanical Engineering. 2020;20(8):2009-2016

Experimental Investigation of the Effect of Nano-particle Concentrations on the First and Second Laws efficiency in CI engine fueled with Diesel/Biodiesel blend

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Gharehghani A.*[1] *PhD*

How to cite this article
Gharehghani A. Experimental Investigation of the Effect of Nano-particle Concentrations on the First and Second Laws efficiency in CI engine fueled with Diesel/Biodiesel blend. Modares Mechanical Engineering. 2020;20(8):2009-2016.

[1]School of Mechanical Engineering, Iran University Science and Technology, Tehran, Iran

Correspondence
Address: School of Mechanical Engineering, Iran University Science and Technology, Resalat Square, Hengam Street, Tehran, Iran. Post Box: 16765-163
Phone: +98 (21) 73228953
Fax: +98 (21) 77240488
ayat_gharehghani@iust.ac.ir

Article History
Received: September 29, 2019
Accepted: May 5, 2020
ePublished: August 15, 2020

ABSTRACT

Reducing fossil fuel sources together with tighter environmental laws to control the engine exhaust emissions makes the use of cleaner and renewable fuels inevitable. Therefore, the use of biodiesel fuel as a strategy to conserve energy and reduce emissions is becoming increasingly important in engines. On the other hand, biodiesel fuels increase NOx emissions in the engines, which necessitate the use of water additives to reduce the combustion temperature. To compensate for the negative effect of water addition by reducing combustion quality and thus reducing thermal and exergy efficiency, the use of metal-based nano-particles additive can be a reliable solution. In this study, the effect of adding different concentrations of nano-particles on improving efficiency of the first and second laws as well as fuel consumption of a single-cylinder engine with different fuel combinations with BXWYNZ formula (diesel fuel with X% biodiesel mass, Y% water mass%, and Zppm nano-particles), has been studied experimentally. The results of this study show that adding 60ppm nano-particles to B0W5 will improve about 3% efficiency in the first law and 2.5% efficiency in the second law compared to pure diesel fuel. These values were about 4 and 3.8% for 90ppm nano-particles, and 5 and 4.7% for 120ppm nano-particles, respectively. In addition, based on the experimental results, the B15W5N120 has 7.5% higher first-law efficiency and 7% higher second-law efficiency than pure diesel fuel.

Keywords First and Second Law Efficiency; Exergy; Fuel Consumption; Biodiesel; Nano-Particle

CITATION LINKS

[1] Simultaneous deduction of CO and NOx emissions as well as fuel consumption by ... [2] A novel emulsion fuel containing aqueous nano cerium oxide additive in diesel-biodiesel ... [3] Performance and emission characteristics of a diesel engine using alumina nanoparticle ... [4] Environmental and enviroeconomic researches on diesel engines with diesel and ... [5] Combustion and exhaust emissions of canola biodiesel blends in a single ... [6] Experimental study and prediction of the performance and exhaust emissions of ... [7] Effects of biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion ... [8] A study on the performance and emission of a diesel engine fueled with ... [9] Adjusting the operating characteristics to improve the performance of an ... [10] Investigating the effect of additives on biodiesel fuel on diesel ... [11] Investigating the performance of a diesel engine using biodiesel oil of ... [12] Performance evaluation of diesel engines (PEDE) for a diesel-biodiesel ... [13] Comparative study of hydrogen addition effects on the natural-gas/diesel ... [14] Reductions in diesel emissions including PM and PN emissions with ... [15] Ignition delay correlation for a direct injection diesel engine fuelled ... [16] Water-in-diesel fuel nanoemulsions prepared by high energy: ... [17] Exhaust emissions of a diesel engine fueled with water-biodiesel-diesel ... [18] Engine performance using emulsified diesel ... [19] Characterization of light duty diesel engine pollutant emissions using ... [20] Performance, combustion and emission characteristics of a DI ... [21] Effect of nano-fuel additive on emission reduction in a biodiesel fuelled CI ... [22] Improvement of diesel fuel properties by ... [23] Zinc oxide incorporated water-in-diesel emulsion fuel: Formulation, ... [24] Aqueous aluminum nano fluid combustion in diesel ... [25] Impacts of additives on performance and emission characteristics of ... [26] Effect of aluminium oxide nanoparticles blended pongamia methyl ... [27] An experimental study on reactivity controlled ... [28] Comparative analysis on the effect of zinc oxide and ethanox as ... [29] Effects of waste fish oil biodiesel on diesel engine ... [30] Novel environmentally friendly fuel: The effects of nanographene ... [31] The effect of nano-additives in diesel-biodiesel fuel blends: A ... [32] A comparative study on the first and second law analysis and performance ... [33] Fuel economy in gasoline engines using Al2O3/TiO2 nanomaterials as nanolubricant ...

Copyright© 2020, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی تجربی اثر غلظت نانوذرات بر عملکرد موتور اشتعال تراکمی با سوخت دیزل/بیودیزل از دیدگاه قانون اول و دوم

آیت قره‌قانی* PhD

دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چکیده

کاهش منابع انرژی‌های فسیلی همراه با تشدید قوانین زیست‌محیطی برای کنترل آلاینده‌های خروجی از موتور، استفاده از سوخت‌های پاک‌تر و تجدیدپذیر را اجتناب‌ناپذیر کرده است. از این‌رو، استفاده از سوخت بیودیزل هم به‌عنوان راه‌کاری برای حفظ منابع انرژی و هم کاهنده آلاینده‌ها اهمیت بسیاری در موتورها پیدا کرده است. از طرفی، سوخت بیودیزل باعث افزایش آلاینده ناکس (NOx) در موتورها می‌شود که استفاده از افزودنی آب برای کاهش دمای احتراق را ناگزیر می‌کند. برای جبران اثر منفی استفاده از آب کاهش کیفیت احتراق و در نتیجه کاهش راندمان حرارتی و اگزرژی، استفاده از افزودنی نانوذرات فلزی می‌تواند راه‌حل قابل اطمینانی باشد. در این مطالعه، اثر افزودن غلظت‌های مختلف نانوذرات بر بهبود راندمان قانون اول و دوم و نیز مصرف سوخت یک موتور تک‌سیلندر که با ترکیب‌های مختلف سوخت با فرمول BXWYNZ (سوخت دیزل با Xدرصد جرمی بیودیزل، Yدرصد جرمی آب و Zبخش در میلیون نانوذره) کار می‌کند، مورد بررسی تجربی قرار گرفته است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که افزودن ۶۰بخش در میلیون نانوذره به ترکیب B0W5 باعث بهبود حدود ۳% در بازده قانون اول و ۲/۵% در بازده قانون دوم، نسبت به سوخت دیزل خالص خواهد شد. این مقادیر برای افزودن ۹۰بخش در میلیون نانوذره به‌ترتیب حدود ۴ و ۳/۸% و برای ۱۲۰بخش در میلیون نانوذره به ترتیب ۵ و ۴/۷% هستند. به‌علاوه، براساس نتایج تجربی به‌دست‌آمده، ترکیب B15W5N120 دارای ۷/۵% بازده قانون اول بالاتر و ۷% بازده قانون دوم بالاتر نسبت به سوخت دیزل خالص است.

کلیدواژه‌ها: بازده قانون اول و دوم، اگزرژی، مصرف سوخت، بیودیزل، نانوذره

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۶

*نویسنده مسئول: ayat_gharehghani@iust.ac.ir

مقدمه

سخت‌گیرانه‌ترشدن مقررات مربوط به تولید آلاینده‌های منتشرشده از خوردروها همراه با کاهش منابع سوخت‌های فسیلی، محققین حوزه تولید سوخت و همچنین بخش تحقیقات موتور شرکت‌های سازنده خودرو را به سمت یافتن راه‌حل‌های مناسب سوق داده است[1]. کاهش مقدار مجاز آلاینده ناکس (NOx) و دوده در موتورهای دیزلی از قانون یورو ۱ تا یورو ۶، در نمودار ۱ نشان داده شده است، که بیانگر سخت‌گیرانه‌ترشدن شدید قوانین آلایندگی در موتورهای احتراقی است. از مهم‌ترین راه‌حل‌های کاهش آلایندگی و نیز کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، استفاده از سوخت‌های جایگزین مانند بیودیزل در موتورهای دیزلی و نیز استفاده از افزودنی‌هایی مانند آب به سوخت، است[2-6]. سوخت بیودیزل با توجه به شباهت‌های فیزیکی و شیمیایی زیادی که با سوخت دیزل دارد، می‌تواند بدون نیاز به تغییر زیاد در موتورهای دیزلی مورد استفاده قرار گیرد[7-9]. هم‌اکنون پیشرفت تکنولوژی موجب شده است که تبدیل زیست‌توده به سوخت بیودیزل حاصل از منابع گیاهی و حیوانی به‌راحتی توسط روش‌های حرارتی-شیمیایی انجام پذیرد. براساس منابع موجود، کشورهای زیادی همچون آلمان، آمریکا، مالزی و غیره از جمله کشورهایی هستند که بیودیزل را در سبد مصرفی خود قرار داده‌اند[10]. به‌عنوان مثال در آمریکا بیودیزل به‌عنوان یک سوخت جایگزین در کنار سوخت دیزل (گازوییل) برای موتورهای دیزلی استفاده می‌شود و سالانه بیش از ۳۰۰میلیون گالن بیودیزل در این کشور تولید شده و به مصرف می‌رسد و پیش‌بینی می‌شود این میزان به ۶۰۰میلیون گالن در سال نیز برسد. در کشور مالزی، تمام جایگاه‌های عرضه سوخت، بیودیزل را به مقدار ۵% با سوخت گازوییل خالص (B5) مخلوط نموده و عرضه می‌نمایند[11]. استفاده از بیودیزل به‌عنوان یکی از انرژی‌های تجدیدپذیر، می‌تواند یک راه‌کار بالقوه در کاهش مقدار مصرف سوخت‌های فسیلی باشد. در سند چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴، جایگزینی سوخت‌های فسیلی مصرفی کشور با سوخت‌های بیودیزل و بیواتانول به مقدار ۲ تا ۵% پیش‌بینی شده است[10].

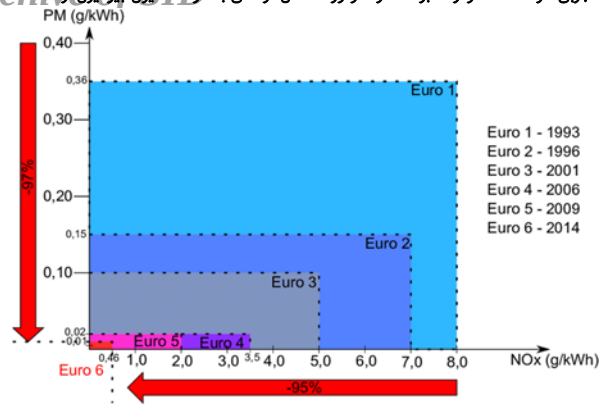
یکی از مهم‌ترین معضلات استفاده از بیودیزل در موتورها، افزایش آلاینده NOx است. این افزایش، به‌دلیل وجود اتم اکسیژن در ساختار بیودیزل و نیز عدد ستان بزرگ‌تر سوخت بیودیزل نسبت به سوخت دیزل است که باعث افزایش دمای احتراق و در نتیجه افزایش آلاینده اکسیدهای نیتروژن می‌شود[12-14].

برای غلبه بر این مشکل، محققان زیادی استفاده از افزودنی آب به ترکیب دیزل/بیودیزل را پیشنهاد داده‌اند[15-18]. استفاده از افزودنی آب، باعث افزایش گرمای ویژه مخلوط داخل سیلندر شده و در نتیجه دمای بیشینه احتراق را کاهش می‌دهد. گرچه این کاهش دما باعث کاهش آلاینده NOx خواهد شد، اما از طرفی با کاهش کیفیت احتراق، باعث کاهش راندمان حرارتی و نیز راندمان قانون دوم در موتور می‌شود[19]. مطالعات انجام‌شده بر روی استفاده از افزودنی نانوذرات به سوخت‌ها نشان می‌دهد که استفاده از این نوع افزودنی‌ها با توجه به بهبود فرآیند احتراق، باعث کامل‌ترشدن احتراق و در نتیجه افزایش راندمان حرارتی و نیز کاهش آلاینده‌هایی نظیر هیدروکربن‌ها (HC) و کربن‌منواکسید (CO) می‌شود[20-22].

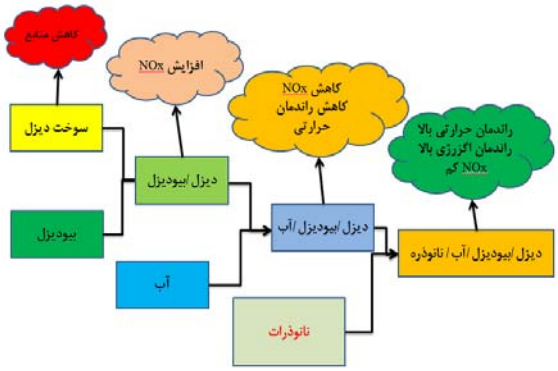
افزودن نانوذرات روی‌اکساید (ZnO) به ترکیب سوخت هیدروژن و بیودیزل در یک موتور دوگانه‌سوز بیانگر این بوده است که اندازه نانوذرات بر روی میزان بهبود بازده موتور اثرگذار است[23]. همچنین بررسی انجام‌شده بر روی سوخت دیزل دارای نانوذرات آلومینیوم (Al) نشان‌دهنده بیشتربودن نرخ آزادسازی حرارت و در نتیجه افزایش آلاینده NOx است[24]. افزودن نانوذرات سریم‌اکساید (CeO2) به ترکیب سوخت دیزل/بیودیزل نیز نشان‌دهنده بهبود فرآیند احتراق و در نتیجه بهبود راندمان حرارتی بوده است[25]. با توجه به موارد گفته‌شده، استفاده هم‌زمان از

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱) سخت‌گیرانه‌ترشدن قوانین آلایندگی



شکل ۱) خلاصه تصویری مطالعه حاضر

راه‌اندازی آزمایشگاهی

تهیه مخلوط سوخت‌ها

برای تهیه امولسیون دیزل/بیودیزل/آب، ابتدا سوخت دیزل از یک جایگاه عرضه سوخت تهیه شد تا نتایج آزمون‌ها برای شرایط واقعی باشد. سوخت دیزل مورد استفاده دارای کیفیت یورو ۴ است. برای تهیه امولسیون، ابتدا بیودیزل در نسبت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵درصد وزنی به سوخت دیزل اضافه شدند، و نهایتاً ۵، ۱۰ و ۱۵درصد وزنی آب به مخلوط اضافه شد. برای تهیه امولسیونی پایدار از دستگاه هموژنایزر استفاده شد که به مدت ۱۰دقیقه مواد را با هم مخلوط کرده است[1]. برای اضافه‌نمودن نانوذرات، سه غلظت مختلف از نانوذرات سریم‌اکساید (۶۰، ۹۰ و ۱۲۰بخش در میلیون) به آب اضافه شده و سپس آب به مخلوط دیزل/بیودیزل اضافه شده است.

مشخصات مجموعه موتور و وسایل اندازه‌گیری

آزمون‌ها برروی یک موتور تک‌سیلندر ریکاردو E6 انجام گرفته است. تصویری از موتور مورد استفاده در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنین در جدول ۱ مشخصات اصلی موتور تک‌سیلندر و شرایط عملکرد موتور آورده شده است. موتور به یک دینامومتر برقی با توان ۲۲کیلووات متصل بوده است که وظیفه راه‌اندازی اولیه موتور را بر عهده دارد. برای اندازه‌گیری مصرف سوخت از دستگاه AVL-735 استفاده شده است که ساخت شرکت AVL اتریش است. همچنین برای اندازه‌گیری گشتاور موتور، از یک

افزودنی‌های آب و نانوذرات، می‌تواند راه‌حل مطمئنی برای کاهش همزمان آلاینده‌های NOx، CO و HC و نیز بهبود راندمان و کاهش مصرف سوخت باشد.

مرور کارهای پیشین نشان می‌دهد که از نانوذرات آلومینیوم‌اکساید (Al2O3)، CeO2، Graphene Oxide، ZnO، تیتانیم‌دی‌اکساید (TiO2) و منگنزاکساید (Mn2O3) توسط محققان برای کاهش انتشار آلاینده‌ها و همچنین کاهش مصرف سوخت ویژه ترمزی (BSFC) استفاده شد.

قره‌قانی و همکاران[27]، تأثیر اندازه نانوذرات Al2O3 در کاهش انتشار آلاینده‌ها در موتور دیزلی را مورد بررسی قرار داده‌اند. تأثیر ۲۰ و ۴۰نانومتر قطر ذرات نانو روی ویژگی‌های آلایندگی دیزل دو سیلندر چهارزمانه توسط *اشوک* و همکاران مورد بررسی قرار گرفته است[28]. اثر قطر ذرات بین ۱۰ تا ۳۰نانومتر برای نانوذرات Co3O4 اضافه‌شده به سوخت بیودیزل توسط *قره‌قانی* و همکاران، به منظور بررسی تأثیر آن بر انتشار آلاینده‌ها و عملکرد موتور در یک موتور دیزل مجهز به کاتالیست اوره مورد مطالعه قرار گرفته است[29]. نتایج آنها نشان داد که اندازه نانوذرات تأثیر زیادی در بهبود راندمان حرارتی ترمز (BTE) در موتور دارد.

غلظت نانوذرات پارامتر دیگری است که توسط محققان مورد بررسی قرار گرفته است تا تأثیر آن در کاهش آلایندگی و بهبود راندمان حرارتی مشخص شود. *سیواکومار* و همکاران[26]، اثر غلظت ۵۰ تا ۱۰۰بخش در میلیون از نانوذرات Al2O3 در کاهش آلایندگی موتور دیزل که با سوخت متیل‌استر کار می‌کند، را مورد مطالعه قرار داده‌اند. غلظت ۳۰ تا ۹۰بخش در میلیون از نانوذرات اکسید گرافن نیز توسط *حسینی* و همکاران مورد بررسی قرار گرفته است[30]. نتایج آنها نشان داده است که افزودنی‌های گرافن‌اکسید تأثیر معنی‌داری در کاهش انتشار CO و UHC دارد، با این حال، افزایش اندک در انتشار CO2 و NOx گزارش شده است.

مرور کارهای انجام‌گرفته در زمینه افزودنی‌ها نشان می‌دهد که گرچه بررسی اثر استفاده همزمان آب و نانوذرات بر عملکرد موتورهای دیزلی توسط محققین زیادی مورد بررسی قرار گرفته است، اما براساس دانش نویسنده، این مطالعه اولین موردی است که اثر استفاده از غلظت نانوذرات بر راندمان قانون دوم را به‌صورت تجربی مورد بررسی قرار داده است. لذا، نوآوری اصلی این مقاله بررسی تجربی اثر غلظت نانوذرات اکسیدسریم بر بهبود راندمان قانون دوم موتور است. بدین منظور غلظت‌های ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰بخش در میلیون نانوذره اکسیدسریم به ترکیب سوخت دیزل/بیودیزل/آب B0W5NX و B15W5NX اضافه شده و اثر آن بر میزان بهبود راندمان قانون اول و دوم نیز کاهش مصرف سوخت مورد بررسی قرار گرفته است. راه‌اندازی آزمایشگاهی مورد استفاده، یک موتور تک‌سیلندر تحقیقاتی ریکاردو با قابلیت تغییر نسبت تراکم بوده است. خلاصه تصویری کار تجربی انجام‌شده، در شکل ۱ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

نیروسنج مغناطیسی متصل به دینامومتر استفاده شده است. برای اندازه‌گیری دمای گازهای خروجی از موتور دماسنج نوع K به‌کار رفته است. دور موتور با استفاده از شمارنده مغناطیسی دوار مدل MES-2500D-T, Fotek اندازه‌گیری شده است.

شکل ۲) مجموعه آزمایشگاهی

جدول ۱) مشخصات فنی و شرایط عملکردی موتور مورد آزمایش

مشخصات	اندازه
قطر سیلندر (میلی‌متر)	۷۶/۲
طول پیمایش (میلی‌متر)	۱۱۰
حجم جابه‌جایی (سی‌سی)	۵۰۷
بیشینه نسبت	۱۷
سرعت موتور (دور بر دقیقه)	۱۰۰۰
تعداد دریچه	۲
زاویه پاشش سوخت (درجه قبل از مکث بالا)	۲۵-۱۵
فشار پاشش (بار)	۱۸۰

آنالیز خطا و عدم قطعیت

اپراتورها و نیز دستگاه‌ها ممکن است در اندازه‌گیری‌های تجربی خطا ایجاد کنند. کارکرد غیرخطی دستگاه‌ها به همراه کالیبراسیون بد، منبع خطای دستگاه‌ها است که تکرار اندازه‌گیری و تعیین حداقل خطا راه‌حل این نگرانی است. اندازه‌گیری‌ها ۲۰۰ بار برای هر نقطه عملکردی تکرار شده و سپس میانگین داده‌های اندازه‌گیری‌شده به‌عنوان یک مقدار در نظر گرفته می‌شود. جدول ۲ عدم قطعیت اندازه‌گیری‌شده برای نتایج را نشان می‌دهد.

جدول ۲) اندازه‌گیری عدم قطعیت در نتایج محاسبه‌شده (بیشینه عدم قطعیت در همه موارد ۰/۱±% است)

پارامتر	وضوح	دقت
مصرف سوخت	-	۰/۰۱±کیلوگرم بر ساعت
دما	-	۰/۰۱±درجه سانتی‌گراد
سرعت موتور	۱۰دور بر دقیقه	۱±%

نتایج آزمون‌ها

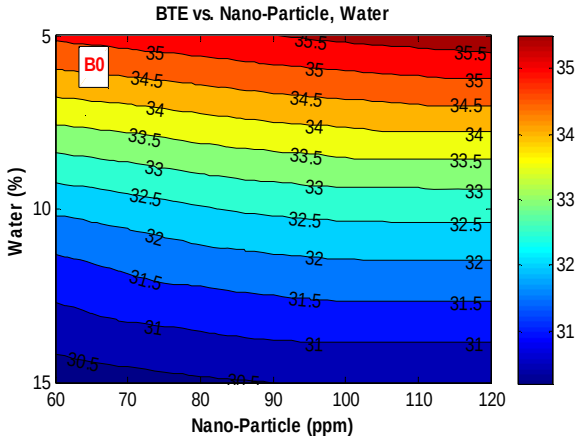
در این بخش، نتایج آزمون‌های انجام‌گرفته بر روی موتور با استفاده از ترکیب‌های مختلط سوخت مورد بحث قرار خواهد گرفت.

تأثیر غلظت نانوذرات بر راندمان قانون اول

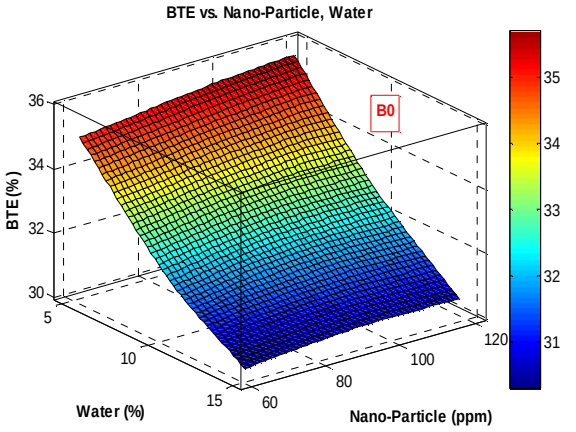
راندمان قانون اول به‌عنوان نسبت توان ترمزی به انرژی ورودی تعریف می‌شود. توان ترمزی در طول آزمایشات با استفاده از یک بارسنج (بارسنج گشتاور را اندازه‌گیری می‌کند) اندازه‌گیری می‌شود، در حالی که انرژی ورودی با استفاده از مقدار کالری موجود در هر نمونه سوخت به همراه میزان نرخ جرم ورودی محاسبه می‌شود. معادله ۱ رابطه بازده قانون اول را نشان می‌دهد:

$$\eta_{Thermal} = \frac{Brake_Power}{Input_Energy} = \frac{Torque \times \frac{2\pi N}{60}}{\dot{m}_{fuel} \times LHV} \quad (۱)$$

در این رابطه، N دور موتور، $\dot{m}_{fuel}$ دبی سوخت ورودی و LHV ارزش حرارتی هر نمونه سوخت است. اثر غلظت‌های مختلف نانوذرات و نیز درصدهای مختلف آب (۵، ۱۰ و ۱۵%) بر روی راندمان حرارتی سوخت دیزل خالص (B0) در نمودارهای ۲ و ۳ نشان داده شده است.



نمودار ۲) کانتور اثر غلظت نانوذرات و آب بر راندمان قانون اول برای حالت B0



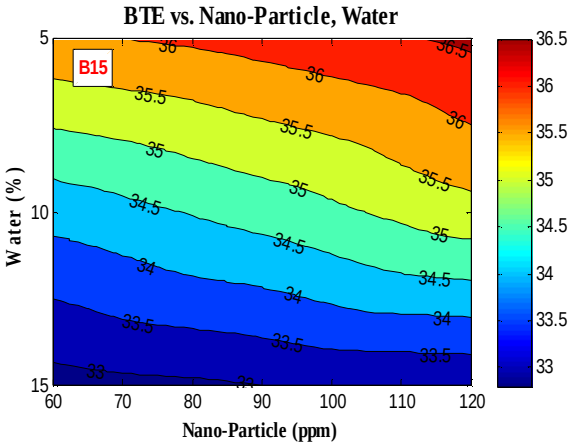
نمودار ۳) اثر غلظت نانوذرات و آب بر راندمان قانون اول برای حالت B0

www.SID.ir

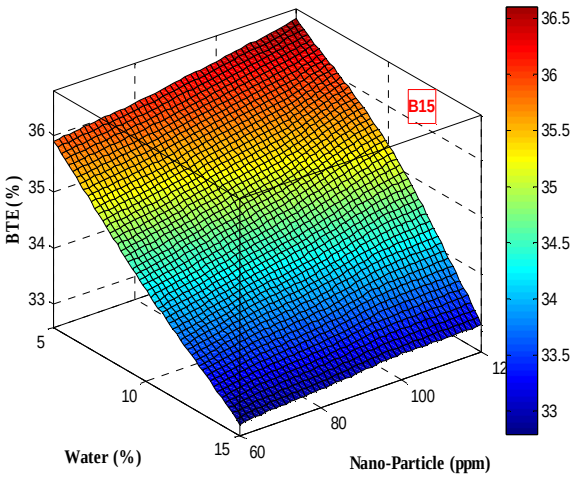
Archive of SID

همان طور که در این نمودارها دیده می‌شود، با افزایش غلظت نانوذرات، BTE به‌طور مداوم افزایش می‌یابد در حالی که درصد آب تأثیر متضاد بر BTE دارد. افزودن نانوذرات در حین احتراق منجر به ریز انفجارها در سیلندر می‌شود و در نتیجه احتراق کامل‌تری در محفظه احتراق اتفاق می‌افتد[31]. این پدیده منجر به راندمان بهتر احتراق و سرعت بیشتر آزادسازی حرارت می‌شود. از طرف دیگر، اضافه‌کردن آب باعث کاهش دمای احتراق و در نتیجه کاهش نرخ آزادسازی حرارت در موتور می‌شود. همان طور که در نمودارهای ۲ و ۳ دیده می‌شود، بیشترین راندمان حرارتی مربوط به غلظت ۱۲۰بخش در میلیون نانوذرات و ۵% آب بوده است.

کاهش منابع سوخت‌های فسیلی به همراه مقررات سخت‌گیرانه‌تر انتشار آلاینده‌ها در سال های اخیر، محققان را به سمت یافتن راه‌حلی برای ترکیب سوخت‌های فسیلی با مواد افزودنی یا سوخت‌های تجدیدپذیر مانند بیودیزل، سوق داده است. نمودارهای ٤ و ٥ اثر غلظت‌های مختلف نانوذرات و نیز درصدهای مختلف آب (٥، ١٠ و ١٥%) را بر روی راندمان حرارتی سوخت B15 نشان می‌دهند.



نمودار ۴) کانتور اثر غلظت نانوذرات و آب بر راندمان قانون اول برای حالت B15

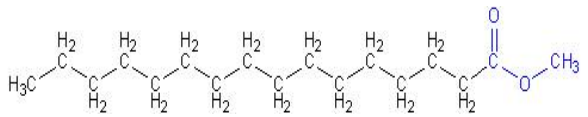


نمودار ۵) اثر غلظت نانوذرات و آب بر راندمان قانون اول برای حالت B15

همان طور که در این نمودارها نشان داده شده است، با افزودن بیودیزل ۱۵% بیودیزل به سوخت دیزل خالص، راندمان حرارتی موتور به‌طور متوسط حدود ۳% افزایش یافته است. یک مولکول معمولی بیودیزل شبیه ساختار نشان داده شده در شکل ۳ است. براساس شکل ۳، ساختار مولکولی بیودیزل زنجیره‌ای طولانی از اتم‌های کربن است، که اتم‌های هیدروژن به آن متصل شده و در یک انتها یک گروه عملکردی استری (رنگ آبی) به آن متصل است.

بنابراین، بیودیزل را می‌توان به‌عنوان سوخت اکسیژن‌دار در نظر گرفت. اتم‌های اکسیژن به همراه عدد ستان بزرگ‌تر سوخت بیودیزل نسبت به سوخت دیزل، منجر به احتراق کامل‌تر و در نتیجه راندمان حرارتی بالاتر در موتور می‌شوند. در جدول ۳، مقادیر راندمان حرارتی برای نمونه سوخت‌های مختلف آورده شده است.

براساس نتایج جدول ۳، نمونه سوخت B15W5N120 بالاترین بهبود راندمان حرارتی را نسبت به دیزل خالص دارد. بنابراین، ترکیب سوخت اکسیژن‌دار (بیودیزل) با نانوذرات فلزی می‌تواند یک راه‌حل امیدوارکننده برای بهبود راندمان حرارتی و در نتیجه کاهش مصرف سوخت در موتورهای دیزلی باشد.



شکل ۳) ساختار مولکولی یک سوخت بیودیزل

جدول ۳) راندمان حرارتی برای نمونه سوخت‌های مختلف

نمونه سوخت	راندمان حرارتی (%)	درصد بهبود راندمان نسبت به سوخت دیزل
B0 (D100)	۳٤/۲	۰
B0W5N60	۳٥/۱	۲/٦۳
B0W5N90	۳٥/٥	۳/۸۰
B0W5N120	۳٥/۸	٤/٦۸
B15W5N60	۳٥/۹	٤/۹۷
B15W5N90	۳٦/۲	٥/۸٥
B15W5N120	۳٦/٦	۷/۰۲

تأثیر غلظت نانوذرات بر راندمان قانون دوم

همان طور که در مقدمه ذکر شد، این کار نخستین تلاش برای بررسی تأثیر غلظت نانوذرات بر بهبود راندمان اگزرژی موتور است. برای بررسی تعادل اگزرژی در موتور، از معادلات زیر استفاده شده است[32]:

$$X_{fuel} + X_{in} - X_W - X_{ex} + \sum\left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) Q_c - X_{dest} = 0 \qquad (۲)$$

در معادله ۲، X_{fuel}، X_W و X_{ex} به‌ترتیب اگزرژی‌های سوخت، توان خروجی و گازهای خروجی از موتور هستند. X_{in} اگزرژی است که از طریق فرآیند ورود هوا انتقال می‌یابد. همچنین، ترم $\sum\left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) Q_c$ اگزرژی را نشان می‌دهد که توسط گرما منتقل می‌شود و در آن T_j دمای مطلق بخش مرزی است که از آنجا گرما

www.SID.ir

Archive of SID

رد می‌شود[32]. توضیحات بیشتر در مورد نحوه محاسبه هر یک از ترم‌های معادله ۲، در مطالعه *قره‌قانی* و همکاران[32] آمده است. در نهایت، راندمان اگزرژی یا همان بازده قانون دوم از معادله ۳ بدست می آید:

$$Ex_Eff = \frac{X_W}{X_{fuel}} \qquad (۳)$$

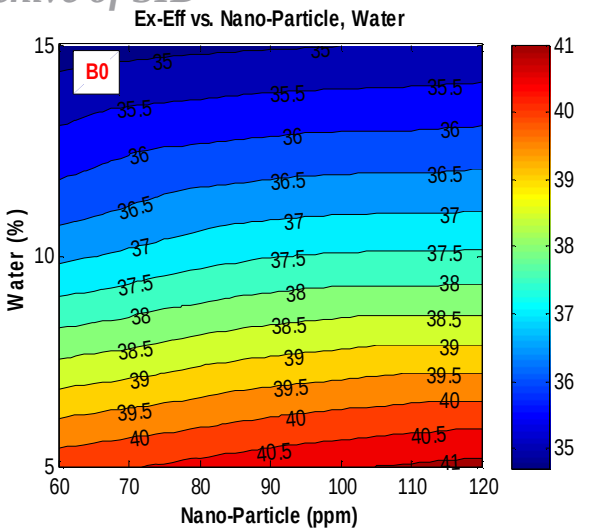
در رابطه ۳، صورت کسر اگزرژی کار است که برابر خود کار است. مخرج کسر نیز اگزرژی سوخت است که از ضرب نسبت افزایش انرژی آزاد گیبس به آنتالپی ($\frac{-(\Delta G)_{T_0,P_0}}{-(\Delta H)_{T_0,P_0}}$) در مقدار انرژی ورودی سوخت به‌دست می‌آید[32].

نمودارهای ۶ و ۷ اثر غلظت‌های مختلف نانوذرات و نیز درصدهای مختلف آب (۵، ۱۰ و ۱۵%) را بر روی راندمان اگزرژی سوخت دیزل خالص (B0) نشان می‌دهند.

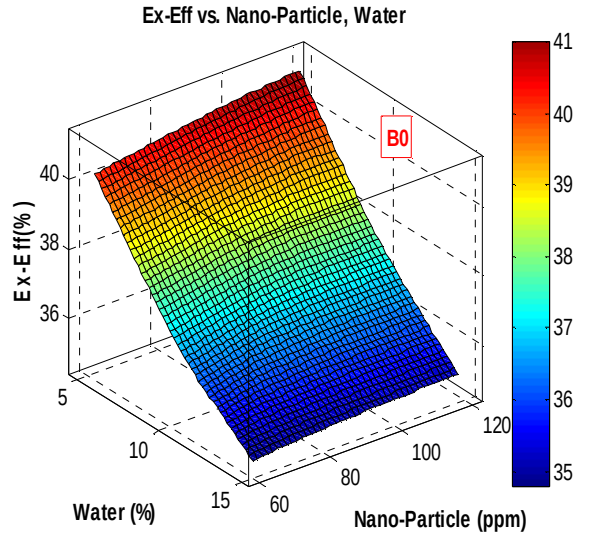
در نمودارهای ٦ و ۷ دیده می‌شود که با افزایش غلظت نانوذرات، بازده اگزرژی به‌طور مداوم افزایش می‌یابد، در حالی که افزودن آب تأثیر منفی بر عملکرد قانون دوم موتور دارد. افزودن نانوذرات به سوخت، باعث افزایش کیفیت احتراق در سیلندر می‌شود و در نتیجه، قدرت خروجی موجود افزایش می‌یابد و براساس معادله ۳، راندمان اگزرژی افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، ورود آب به سوخت باعث اُفت کیفیت احتراق در موتور می‌شود و در نتیجه کار در دسترس کاهش می‌یابد که باعث پایین‌آمدن بازده قانون دوم می‌شود[33]. براساس نتایج نمودار ٦، حداکثر راندمان اگزرژی موتور متعلق به نمونه سوخت B0W5N120 است (بیش از ٤١%)، در حالی که حداقل مقدار آن به نمونه سوخت B0W15N60 اختصاص یافته است (کمتر از ۳۵%).

نمودارهای ۸ و ۹ اثر غلظت‌های مختلف نانوذرات و نیز درصدهای مختلف آب (۵، ۱۰ و ۱۵%) را بر روی راندمان قانون دوم سوخت B15 نشان می‌دهند.

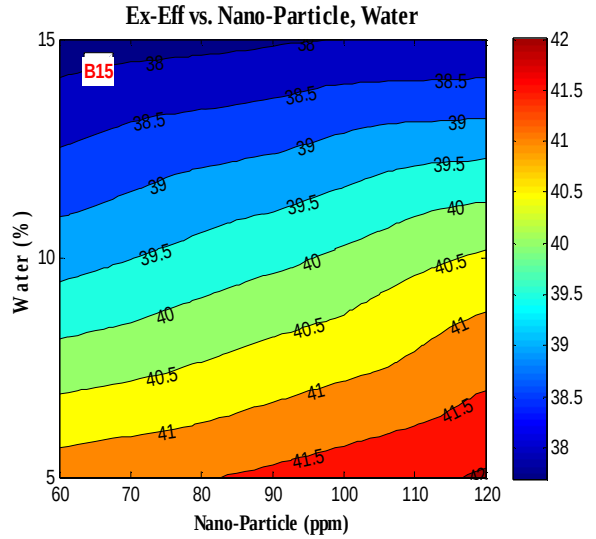
مقایسه نمودارهای ۶ و ۸ نشان می‌دهد که با افزایش مقدار بیودیزل در مخلوط سوخت، راندمان اگزرژی موتور در حدود ۳% (باند بالا و پایین) افزایش یافته است. این اثر مثبت بیودیزل بر کیفیت احتراق را نشان می‌دهد و در نتیجه، کار قابل دسترس در موتور افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، براساس مقدار ارزش حرارتی پایین‌تر بیودیزل، میزان اگزرژی ورودی برای مخلوطهای بیودیزل/دیزل کاهش می‌یابد و براساس معادله ۳، راندمان اگزرژی افزایش می‌یابد. در جدول ۴، بازده اگزرژی برای نمونه‌های مختلف سوخت‌رسانی ارایه شده است. همان طور که در این جدول نشان داده شده است، افزایش غلظت نانوذرات تأثیر فزاینده‌ای بر راندمان اگزرژی برای همه نمونه‌ها دارد. براساس جدول ۴، بهترین گزینه برای مورد سوخت‌رسانی موتور با توجه به راندمان قانون دوم، نمونه سوخت B15W5N120 است. سطوح بالاتر بیودیزل و نانوذرات در محتوای سوخت منجر به کیفیت احتراق بسیار بهتر شده و در نتیجه بیشترین میزان کار در دسترس برای این مورد سوخت‌رسانی حاصل می‌شود.



نمودار ٦) کانتور اثر غلظت نانوذرات و آب بر راندمان قانون دوم برای حالت B0



نمودار ۷) اثر غلظت نانوذرات و آب بر راندمان قانون دوم برای حالت B0



نمودار ۸) کانتور اثر غلظت نانوذرات و آب بر راندمان قانون دوم برای حالت B15

www.SID.ir

Archive of SID

۴- افزایش غلظت نانوذرات به‌طور فزاینده‌ای بر بازده اگزرژی برای همه مقادیر بیودیزل تأثیر می‌گذارد. بهترین انتخاب برای مورد سوخت‌رسانی، با توجه به راندمان قانون دوم، نمونه سوخت B15W5N120 است.

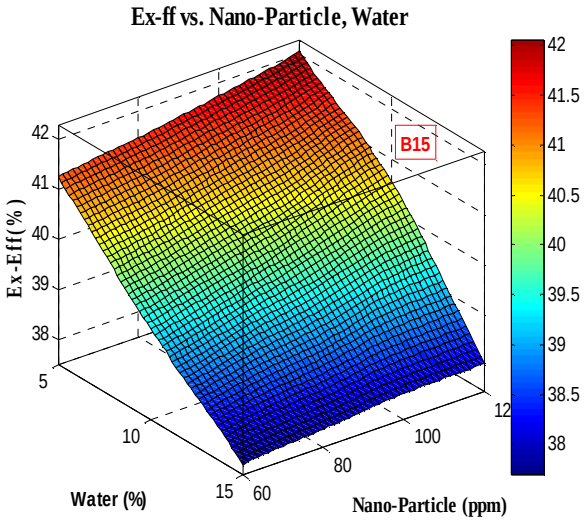
تشکر و قدردانی: نویسنده بر خود لازم می‌داند تا از آزمایشگاه موتور دانشگاه صنعتی امیرکبیر برای در اختیار قراردادن تجهیزات آزمایشگاهی برای آزمون و استخراج نتایج تجربی، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشد.

تاییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسنده ذکر نشد.

تعارض منافع: موردی توسط نویسنده ذکر نشد.

سهم نویسندگان: آیت قره‌قانی، نگارنده مقدمه/روش‌شناس/پژوهشگر اصلی/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۱۰۰%).

منابع مالی: موردی توسط نویسنده ذکر نشد.



نمودار ۹) اثر غلظت نانوذرات و آب بر راندمان قانون دوم برای حالت B15

جدول ۴) راندمان اگزرژی برای نمونه سوخت‌های مختلف

نمونه سوخت	راندمان اگزرژی (%)	درصد بهبود راندمان اگزرژی نسبت به سوخت دیزل
B0 (D100)	۳۹/۹۰	۰
B0W5N60	٤۰/۳۰	۲/٥٤
B0W5N90	٤۰/۸۰	۳/۸۲
B0W5N120	٤۱/۱٤	٤/۷۰
B15W5N60	٤۱/۲٦	٤/۹۹
B15W5N90	٤۱/٦۰	٥/۸۷
B15W5N120	٤۲/۰٦	۷/۰٤

نتیجه‌گیری

برای نخستین‌بار، تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات بر راندمان اگزرژی موتور با استفاده از نمونه‌های مختلف سوخت‌رسانی بر روی موتور تک‌سیلندر مورد آزمایش قرار گرفته است. یافته‌های اصلی به شرح زیر خلاصه می‌شود:

۱- B0W5N60 (دیزل خالص حاوی ۵% آب و ۶۰بخش در میلیون نانوذره) دارای ۲/۶۳% راندمان حرارتی بالاتر در مقایسه با دیزل خالص (D100) است. این بهبود اثر مثبت نانوذرات بر کیفیت احتراق نمونه‌های سوخت را نشان می‌دهد. همچنین، B0W5N90 و B0W5N120 به‌ترتیب منجر به بهبود ۳/۸۰ و ۴/۶۸% در راندمان حرارتی در مقایسه با D100 می‌شوند.

۲- برای موارد سوخت‌رسانی B0، بیشترین راندمان اگزرژی موتور متعلق به B0W5N120 (بیش از ۴۱%) است در حالی که حداقل مقدار آن به B0W15N60 (پایین‌تر از ۳۵%) اختصاص یافته است.

۳- مقایسه موارد سوخت‌رسانی B0 و B15 نشان داد که راندمان اگزرژی موتور در موارد سوخت‌رسانی B15 حدود ۳% افزایش یافته است. این اثر مثبت بیودیزل بر کیفیت احتراق را نشان می‌دهد و در نتیجه، کار در دسترس در موتور افزایش می‌یابد.

منابع

1- Gharehghani A, Asiaei S, Khalife E, Najafi B, Tabatabaei M. Simultaneous deduction of CO and NOx emissions as well as fuel consumption by using water and nano particles in diesel–biodiesel blend. Journal of Cleaner Production. 2019;210:1164-1170.

2- Aghbashlo M, Tabatabaei M, Khalife E, Najafi B, Mirsalim SM, Gharehghani A, et al. A novel emulsion fuel containing aqueous nano cerium oxide additive in diesel-biodiesel blends to improve diesel engines performance and reduce exhaust emissions: Part II-Exergetic analysis. Fuel. 2017;205:262–271.

3- Anbarasu A, Karthikeyan A, Balaji M. Performance and emission characteristics of a diesel engine using alumina nanoparticle blended biodiesel emulsion fuel. Journal of Energy Resources Technology. 2016;138(2):220-203.

4- Caliskan H. Environmental and enviroeconomic researches on diesel engines with diesel and biodiesel fuels. Journal of Cleaner Production. 2017;154:125-129.

5- Can O, Öztürk E, Yücesub HS. Combustion and exhaust emissions of canola biodiesel blends in a single cylinder DI diesel engine. Renewable Energy. 2017;109:73-82.

6- Dharma S, Hassan MH, Ong HC, Sebayang AH, Silitonga AS, Kusumo F, et al. Experimental study and prediction of the performance and exhaust emissions of mixed Jatropha curcas-Ceibapentandra biodiesel blends in diesel engine using artificial neural networks. Journal of Cleaner Production. 2017;164:618-633.

7- Buyukkaya E. Effects of biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics. Fuel. 2010;89(10):3099-3105.

8- Chauhan BS, Kumar N, Cho HM, Lim HC. A study on the performance and emission of a diesel engine fueled with karanja biodiesel and its blends. Energy. 2013;56:1-7.

9- Debnath BK, Sahoo N, Saha UK. Adjusting the operating characteristics to improve the performance of an emulsified palm oil methyl ester run diesel engine. Energy Conversion and Management. 2013;69:191-198.

10- Khalifeh E. Investigating the effect of additives on biodiesel fuel on diesel engine performance and emissions [dissertation]. Ardebil: Mohaghegh University; 2017. [Persian]

11- Maskoti N. Investigating the performance of a diesel engine using biodiesel oil of sesame oil and its blends

www.SID.ir

Archive of SID

with diesel oil [dissertation]. Ardebil: Mohaghegh University; 2014. [Persian]
12- Gharehghani A, Pourrahmani H. Performance evaluation of diesel engines (PEDE) for a diesel-biodiesel fueled CI engine using nano-particles additive. Energy Conversion and Management. 2019;198:111921.
13- Kakoee A, Gharehghani A. Comparative study of hydrogen addition effects on the natural-gas/diesel and natural-gas/dimethyl-ether reactivity controlled compression ignition mode of operation. Energy Conversion and Management. 2019;196:92-104.
14- Nurun Nabi M, Zare A, Hossain FM, Ristovski ZD, Brown RJ. Reductions in diesel emissions including PM and PN emissions with diesel-biodiesel blends. Journal of Cleaner Production. 2017;166:860-868.
15- Alkhulaifi K, Hamdalla M. Ignition delay correlation for a direct injection diesel engine fuelled with automotive diesel and water diesel emulsion. Journal World Academy of Science, Engineering and Technology. 2011;6(58):905-917.
16- Al-Sabagh A, Emara MM, El-Din MRN, Aly WR. Water-in-diesel fuel nanoemulsions prepared by high energy: emulsion drop size and stability, and emission characteristics. Journal of Surfactants and Detergents. 2012;15(2):139-145.
17- Abdullah MK, Koc AB. Exhaust emissions of a diesel engine fueled with water-biodiesel-diesel nanoemulsions. Paper Presented at the ASABE Annual International Meeting, 7-10 August 2011, Louisville, United States. St.Josef: American Society of Agricultural and Biological Engineers; 2011.
18- Alahmer A, Yamin J, Sakhrieh A, Hamdan MA. Engine performance using emulsified diesel fuel. Energy Conversion and Management. 2010;51(8):1708-1713.
19- Armas O, Ballesteros R, Martos FJ, Agudelo JR. Characterization of light duty diesel engine pollutant emissions using water-emulsified fuel. Fuel. 2005;84(7-8):1011-1018.
20- Arockiasamy P, Anand RB. Performance, combustion and emission characteristics of a DI diesel engine fuelled with nanoparticle blended jatropha biodiesel. Periodica Polytechnica Mechanical Engineering. 2015;59(2):88.
21- Ganesh D, Gowrishankar G. Effect of nano-fuel additive on emission reduction in a biodiesel fuelled CI engine. Electrical and Control Engineering (ICECE), 2011 International Conference, 16-18 September 2011, Yichang, China. Piscataway: IEEE; 2011.
22- Gürü M, Karakaya U, Altiparmak D, Alicilar A. Improvement of diesel fuel properties by using additives. Energy Conversion and Management. 2002;43(8):1021-1025.
23- Vellaiyan S, Amirthagadeswaran KS. Zinc oxide incorporated water-in-diesel emulsion fuel: Formulation, particle size measurement, and emission characteristics assessment. Petroleum Science Technology. 2016;34(2):114-122.
24- Mitchell MR, Link RE, Kao MJ, Ting CC, Lin BF, Tsung TT. Aqueous aluminum nano fluid combustion in diesel fuel. Journal of Testing and Evaluation. 2008;36(2):503.
25- Khalife E, Tabatabaei M, Demirbas A, Aghbashlo M. Impacts of additives on performance and emission characteristics of diesel engines during steady-state operation. Progress Energy and Combustion Science. 2017;59:32-78.
26- Sivakumar M, Sundaram NS, Thasthagir MHS. Effect of aluminium oxide nanoparticles blended pongamia methyl ester on performance, combustion and emission characteristics of diesel engine. Renewable Energy. 2018;116:518-526.
27- Gharehghani A, Hosseini R, Mirsalim M, Jazayeri SA, Yusaf T. An experimental study on reactivity controlled compression ignition engine fueled with biodiesel/natural gas. Energy. 2015;89:558-567.
28- Ashok B, Nanthagopal K, Mohan A, Johny A, Tamilarasu A. Comparative analysis on the effect of zinc oxide and ethanox as additives with biodiesel in CI engine. Energy. 2017;140:352-64.
29- Gharehghani A, Mirsalim M, Hosseini R. Effects of waste fish oil biodiesel on diesel engine combustion characteristics and emission. Renewable Energy. 2017;101:930-936.
30- Hoseini SS, Najafi G, Ghobadian B, Mamat R, Ebadi MT, Yusaf T. Novel environmentally friendly fuel: The effects of nanographene oxide additives on the performance and emission characteristics of diesel engines fuelled with Ailanthus altissima biodiesel. Renewable Energy 2018;125:283-294.
31- Soudagar MEM, Nik-Ghazali NN, Kalam MA, Badrudin IA, Banapurmath NR, Akram N. The effect of nano-additives in diesel-biodiesel fuel blends: A comprehensive review on stability, engine performance and emission characteristics. Energy Conversion and Management. 2018;178:146-177.
32- Gharehghani A, Hosseini R, Mirsalim M, Yusaf TF. A comparative study on the first and second law analysis and performance characteristics of a spark ignition engine using either natural gas or gasoline. Fuel. 2015;158:488-493.
33- Ali MKA, Fuming P, Younus HA, Abdelkareem MAA, Essa FA, Elagouz A, et al. Fuel economy in gasoline engines using Al2O3/TiO2 nanomaterials as nanolubricant additives. Applied Energy. 2018;211:461-478.

www.SID.ir