



بررسی متغیرهای عملکردی و آلاینده‌گی موتور دیزل در نسبت‌های مختلف نسبت تعادلی هوا به سوخت با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل-اتانول

به‌داد شدیدی^{۱*}، حسین حاجی آقا‌علیزاده^۲، غلامحسن نجفی^۳، سید اشکان موسویان^۴، مقدار خزایی^۵

^۱ استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، b.Shadidi@basu.ac.ir

^۲ دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، h-alizade@basu.ac.ir

^۳ دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، g.najafi@modares.ac.ir

^۴ استادیار، دانشکده فنی کشاورزی شهریار، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران، a.moosavian@tvu.ac.ir

^۵ دانش آموخته دکتری گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، m.khazae@modares.ac.ir

* نویسنده مسئول

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۸ شهریور ۱۳۹۹

پذیرش: ۱۵ آذر ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

نسبت تعادلی هوا به سوخت

نسبت هوا به سوخت

موتور دیزل

سوخت جایگزین

آلاینده‌های مسیر خروجی

چکیده

آلودگی محیط زیست یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های بشر در قرن بیست و یکم است. استفاده از سوخت-های جایگزین و مهار و تنظیم نسبت تعادلی هوا به سوخت به عنوان مؤثرترین راهکارها برای کاهش آلودگی موتور شناخته شده است. لذا در این پژوهش، رابطه بین نسبت تعادلی هوا به سوخت یا ضریب لامبدا با متغیرهای عملکردی موتور و همچنین آلاینده‌های خروجی از مسیر خروجی با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل-اتانول به عنوان سوخت جایگزین در یک موتور دیزل در سرعت‌های ۱۷۰۰، ۱۸۰۰ و ۱۹۰۰ دور در دقیقه بررسی شده است. نتایج نشان داد که افزایش درصد اتانول در مخلوط سوخت دیزل و اتانول باعث افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت و در نتیجه کاهش توان و گشتاور و افزایش مصرف سوخت موتور گردید. بیشترین کاهش توان در سرعت ۱۹۰۰ دور در دقیقه و به مقدار ۱،۱۸ کیلو وات و بیشترین کاهش گشتاور در سرعت ۱۸۰۰ دور در دقیقه به مقدار ۵،۹۴ نیوتن در متر بدست آمد. همچنین بیشترین افزایش مصرف سوخت در سرعت ۱۹۰۰ دور در دقیقه و به مقدار ۵۸،۰۱ میلی لیتر بر دقیقه بدست آمد. با افزایش مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت، اکسیژن خروجی از مسیر خروجی به مقدار ۴۲،۸۹٪ در سرعت ۱۷۰۰ دور در دقیقه و اکسیدهای ازت به مقدار ۱۱،۷۲٪ در سرعت ۱۹۰۰ دور در دقیقه بیشترین افزایش و آلاینده‌های هیدروکربن‌های نسوخته و منواکسید کربن به ترتیب به مقدار ۲۳،۸۰٪ در سرعت ۱۸۰۰ دور در دقیقه و ۳۸،۷۵٪ در سرعت ۱۹۰۰ دور در دقیقه بیشترین کاهش را از خود نشان دادند. در نهایت، در اثر استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل-اتانول و در نتیجه آن افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت، کاهش قابل توجهی در مقدار انتشار آلاینده‌های خروجی از مسیر خروجی بدست آمد.



۱- مقدمه

انرژی ورودی اصلی در زمینه‌های صنعت و فناوری است. امروزه اکثریت انرژی مورد نیاز دنیا از منابع نفتی، زغال سنگ و گاز طبیعی تأمین می‌شود [۳]. اختلاف بین عرضه و تقاضای سوخت‌های فسیلی در سراسر جهان در دو دهه گذشته افزایش یافته است. علاوه بر این، آلودگی ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی باعث تخریب محیط زیست و در نتیجه استفاده از آن‌ها را محدود کرده است [۲-۱].

در چند دهه اخیر افزایش گازهای گلخانه‌ای به چالش و نگرانی بزرگی تبدیل شده است. آلودگی محیط زیست یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های بشر در قرن بیست و یکم است [۳].

با توجه به اینکه منابع انرژی در دنیا، محدود می‌باشند، به همین دلیل تحقیقات بسیار وسیعی برای یافتن سوخت‌های جایگزین مناسب و انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان انجام گرفته و یا در حال انجام است [۴-۵]. امروزه استفاده از الکل‌ها به عنوان سوخت جایگزین موضوع اصلی و داغ تحقیقات فعلی است [۶-۷]. در میان الکل‌ها اتانول به عنوان یک جایگزین پایدار و سازگار با محیط زیست، در حال حاضر به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته و از نظر هزینه تولید ارزان و غیر سمی است [۸-۹].

اتانول به عنوان یک منبع تجدیدپذیر به آسانی و از مواد آلی همچون دانه‌های گیاهی و یا چغندر قند و ... بدست می‌آید. از تخمیر مواد قندی و نشاسته‌ای می‌توان اتانول تولید نمود [۱۰]. اتانول یک اکسیژن در ساختار مولکولی خود دارد که روند احتراق را بهبود بخشیده و مقدار انتشار گازهای خروجی از مسیر خروجی موتور را کاهش می‌دهد [۱۱-۱۲].

موتورهای دیزل به طور گسترده‌ای در بخش حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرند، جایی که تقاضا برای سوخت‌های سنگواره‌ای بسیار زیاد است [۱۳]. به طوری که حدود ۶۰ درصد خودروهای سواری اروپا از این نوع موتورها استفاده می‌کنند. هنگامی که صحبت از کاهش آلاینده‌های موتور به میان می‌آید، این مقوله اهمیت داشته و با توجه به تأثیری که آلودگی در سلامت انسان و محیط زیست دارد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بحث آلودگی موتورهای احتراق داخلی از اهمیت بالایی برخوردار است [۱۴].

ارائه روش‌های ابتکاری در برای کاهش آلودگی موتورها و کمک به بهبود مصرف سوخت آن‌ها، وظیفه خطیری است که کارخانه‌های سازنده از سوی دولت‌ها، ملزم به رعایت آن شده‌اند. از این رو در دو دهه اخیر تحقیقات کاربردی فراوانی در برای نیل به این خواسته مهم انجام گرفته و سامانه‌های مهندسی مختلف با اهداف مهندسی متفاوت در موتور مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

در این میان، تنظیم نسبت هوا به سوخت (AFR) به عنوان مؤثرترین راهکار برای افزایش راندمان سوخت، کاهش آلودگی و بهبود توانایی

حرکتی موتور شناخته شده است. به دلیل افزایش روزافزون قوانینی که در رابطه با آلودگی حاصل از خودروها تنظیم می‌شود، مهار نسبت سوخت به هوا یک زمینه تحقیقاتی فعال در شرکت‌های خودروسازی است [۱۵]. نسبت هوا به سوخت یا به اختصار (AFR) نسبت جرمی هوا به یک سوخت جامد، مایع یا گاز است که در فرآیند سوختن جریان دارد. این متغیر، ویژگی کیفیت احتراق و عملکرد موتور با توجه به مصرف سوخت و تولید گازهای گلخانه‌ای است. اگر دقیقاً آنقدر هوا فراهم شود که سوخت به‌طور کامل بسوزد به آن نسبت، مخلوط درست یا به اختصار stoich گفته می‌شود.

نسبت‌های کمتر از درست را غنی می‌نامند، که این نسبت‌ها بازدهی کمتر اما توان بالاتری تولید می‌کنند و معمولاً در دمای سردتری می‌سوزند. نسبت‌های بالاتر از درست را ضعیف می‌نامند، که در این حالت بازدهی بالاتر می‌رود اما مقدار اکسیدازت بیشتری تولید می‌شود. ترکیب نسبت هوا به سوخت، برای احتراق کامل سوخت دیزل، حدود ۱۴٫۵ به ۱ است. یعنی به منظور سوزاندن کامل ۱ کیلوگرم سوخت دیزل، فرآیند احتراق به ۱۴٫۵ کیلوگرم هوا نیاز دارد [۱۶]. نسبت تعادلی هوا به سوخت یا ضریب لامبدا نسبت واقعی نسبت هوا به سوخت به نسبت واقعی درست هوا به سوخت است. برای یک مخلوط مشخص، در ضریب درست سوخت $\lambda = 1$ ، در مخلوط‌های گازی غنی $\lambda < 1$ و در مخلوط‌های ضعیف $\lambda > 1$ است. یک رابطه مستقیم بین ضریب نسبت تعادلی هوا به سوخت و نسبت هوا به سوخت وجود دارد [۱۷]:

$$\lambda = \frac{AFR}{AFR_{stoich}} \quad (1)$$

در موتورهای احتراق داخلی، گازهای خروجی موتور به طور معمول به نسبت هوا به سوخت و به طبع آن نسبت تعادلی هوا به سوخت بستگی دارند. منواکسیدکربن، هیدروکربن‌ها و اکسیدهای ازت به طور قابل توجهی تحت تأثیر این نسبت‌ها قرار می‌گیرند. منواکسیدکربن و هیدروکربن‌ها به طور عمده حاصل مخلوط هوا به سوخت غنی هستند، در حالی که اکسیدهای ازت حاصل مخلوط هوا به سوخت فقیر است [۱۶].

ال-ارکاوازی^۱ در سال ۲۰۱۹ تحقیقی بر روی رابطه بین نسبت هوا به سوخت، نسبت تعادلی هوا به سوخت و درصد گازهای خروجی از مسیر خروجی در موتورهای بنزینی انجام داد و روابط خطی بین مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت اندازه‌گیری شده و هر یک از گازهای آلاینده مسیر خروجی را بدست آورده و معادلات مربوط به آن‌ها را گزارش نمود [۱۶].

همچنین در پژوهشی دیگر لیلی و همکاران در سال ۱۳۹۵ تحقیقی بر روی ۱۰۰۰ خودرو در مرکز معاینه فنی در شهر همدان انجام دادند. در این پژوهش غلظت‌های انتشار گازهای آلاینده گردآوری شده و ارتباط

^۱ Al-Arkawazi

اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری چگالی، گرانروی دینامیک و سینماتیک از دستگاه گرانروی سنج عددی استاینگر Anton Paar ساخت کشور اتریش، نوع SVM-3000 تحت استاندارد ASTM D445 استفاده شد.

این دستگاه قابلیت محاسبه و نمایش هم‌زمان چگالی، گرانروی دینامیک و گرانروی سینماتیک را دارد. برای اندازه‌گیری مقدار آب و رسوبات مطابق استاندارد ASTM D2709 از دستگاه کارل فیشر دیجیتالی Metrohm نوع 794 Basic Titrino ساخت کشور سوئیس استفاده شد. جدول ۱، اعداد بدست آمده برای این مخلوط‌های سوخت را نشان می‌دهد.

جدول ۱: ویژگی‌های مخلوط‌های سوخت مورد استفاده

نام سوخت	چگالی (g/cm ³)	گرانروی دینامیک (MPa.s)	گرانروی سینماتیک (mm ² /s)	باقیمانده آب و رسوبات (%)
E0	۰.۸۱۵۷	۲,۳۱۶۷	۲,۸۳۰۵	۰,۰۲۵
E5	۰.۸۱۶۲	۲,۱۵۳۴	۲,۶۳۸۴	۰,۰۳۰۵
E9	۰.۸۱۴۸	۲,۰۵۲۱	۲,۵۱۶۹	۰,۰۳۳۹
E12	۰.۸۱۴۳	۲,۰۵۲۱	۲,۵۲۰۰	۰,۰۳۴۶

۲-۳- مشخصات موتور تحت آزمایش

در این تحقیق از موتور دیزل پرکینز A63544، برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد. در جدول ۲ مشخصات این موتور نشان داده شده است.

جدول ۲: مشخصات موتور دیزل تحت آزمایش

نوع	پرکینز A63544
کارخانه سازنده	شرکت موتورسازان تراکتورسازی ایران
تعداد استوانه	۶
طول پیمایش	۱۲۷ mm
قطر استوانه	۹۸,۶ mm
حجم استوانه	۵,۸ L
ترتیب احتراق	۱,۵,۳,۶,۲,۴
توان بیشینه	۱۱۰ hp (۸۲ kW)
گشتاور بیشینه	۳۷۶ N.m

برای اندازه‌گیری توان و گشتاور موتور با استفاده از مخلوط سوخت‌های دیزل و اتانول، از لگام‌ترمز نوع NJ-FROMENT Σ5 ساخت کشور انگلستان استفاده شد. این لگام‌ترمز از طریق اعمال میدان آهنربائی مقدار توان و گشتاور را به صورت خودکار اندازه‌گیری می‌کند. برای اندازه‌گیری مصرف سوخت نیز از روش دستی استفاده شد.

در این روش، از یک مخزن فرعی به جای باک برای نگهداری ترکیبات سوخت استفاده شد. مخلوط سوخت دیزل و اتانول از داخل این مخزن

بین تغییرات این گازها با نسبت تعادلی هوا به سوخت بررسی گردید. نتایج نشان داد نسبت تعادلی هوا به سوخت مساوی ۱ به عنوان بهترین شرایط احتراق شناخته شد [۱۸].

تراکتورهای کشاورزی یکی از پرمصرف‌ترین ماشین‌های کشاورزی هستند که از سوخت دیزل به عنوان سوخت مورد نیاز استفاده می‌کنند. تاکنون تحقیقی بر روی تراکتور MF-399 با استفاده از ترکیب سوخت دیزل و اتانول صورت نگرفته است که رابطه بین نسبت تعادلی هوا به سوخت یا ضریب لامبدا را هم‌زمان با عملکرد و آلاینده‌های خروجی از مسیر خروجی ارزیابی کرده باشد.

نظر به اینکه نتایج این تحقیق تأثیر زیادی بر روی کاهش گازهای آلاینده خارج شده از موتور دارد، همچنین می‌تواند مورد استفاده شرکت‌های خودروسازی، وزارت نفت، سازمان انرژی‌های نو و سازمان محیط زیست و بخش‌های خصوصی قرار گیرد.

از این رو، در تحقیق حاضر از مخلوط سوخت دیزل- اتانول به عنوان سوخت جایگزین دیزل در تراکتور MF-399 استفاده شده است و رابطه بین نسبت تعادلی هوا به سوخت با متغیرهای عملکردی موتور شامل توان، گشتاور و مصرف سوخت و همچنین آلاینده‌های خروجی از مسیر خروجی در سرعت‌های ۱۷۰۰، ۱۸۰۰ و ۱۹۰۰ دور در دقیقه و حالت تمام بار اندازه‌گیری شده‌اند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه سوخت‌های مورد نیاز آزمایش

سوخت دیزل مورد نیاز در این تحقیق از سوخت رایج در ایران و از یکی از جایگاه‌های سوخت تهیه شد. اتانول مورد نیاز، از شرکت بیدستان قزوین و با درجه خلوص ۹۹,۶٪ تهیه شد. پس از تهیه سوخت‌های دیزل و بیواتانول، مخلوط‌های سوخت به صورت درصد حجمی و بر اساس نسبت‌های E12D88، E9D91، E5D95، E0D100 تهیه شدند.

حرف D بیانگر سوخت دیزل و حرف E بیانگر سوخت اتانول و اعداد کنار آن حرف، درصد حجمی هر سوخت در مخلوط سوخت را مشخص می‌نماید. به عنوان مثال مخلوط سوخت E5D95 یعنی ۹۵٪ حجمی این مخلوط سوخت را سوخت دیزل و ۵٪ حجمی آن را اتانول تشکیل می‌دهد. علت انتخاب این نسبت‌ها تا ۱۲ درصد، بدلیل آن است که بیشتر از این نسبت مخلوط سوخت حالت دو فاز پیدا خواهد کرد. همچنین از سوخت دیزل خالص به عنوان سوخت پایه در این تحقیق استفاده شد. در ادامه این پژوهش مخلوط‌های سوخت با نماد (E0، E5، E9 و E12) نشان داده می‌شوند که E نشانگر اتانول و عدد کنار آن نشانگر درصد حجمی اتانول در مخلوط سوخت است.

۲-۲- اندازه‌گیری خواص مخلوط‌های سوخت

برخی از ویژگی‌های مخلوط‌های سوخت تحت آزمایش از جمله، چگالی، گرانروی دینامیک، گرانروی سینماتیک، باقی‌مانده آب و رسوبات

دستگاه در مرکز محفظه قرار می‌گرفت تا تماس خوبی با دود فراهم شود. این دستگاه دارای نرم‌افزاری بود که روی رایانه نصب شد. از طریق این برنامه داده‌های خروجی بر روی صفحه نمایشگر رایانه قابل مشاهده بود (شکل ۲). داده‌ها توسط نرم‌افزار در هر مرحله آزمایش ذخیره می‌شدند. انجام هر آزمون در دور مشخص آن ۴۵ دقیقه به طول انجامید و داده‌های مربوطه جمع‌آوری گردید.

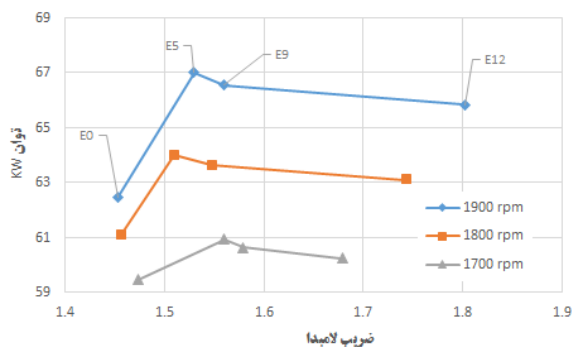


شکل ۲: نمایشی از نرم‌افزار و داده‌های خروجی

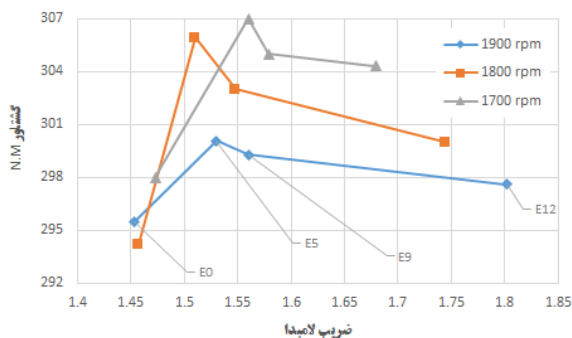
۳- نتایج و بحث

۳-۱- نسبت تعادلی هوا به سوخت (ضریب لامبدا) و متغیرهای عملکردی موتور

در شکل ۳ تغییرات توان موتور و شکل ۴ تغییرات گشتاور موتور دیزل تحت آزمایش نسبت به نسبت تعادلی هوا به سوخت (ضریب لامبدا) با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل-اتانول نشان داده شده است.



شکل ۳: نسبت تعادلی هوا به سوخت و توان موتور



شکل ۴: نسبت تعادلی هوا به سوخت و گشتاور موتور

فرعی به سمت سامانه سوخت‌رسانی هدایت می‌شدند و همچنین مسیر برگشتی به جای باک به داخل همان مخزن باز می‌گشت تا در محاسبات خطا ایجاد نشود.

۲-۴- مشخصات دستگاه آلاینده سنج

برای سنجش آلاینده‌های خروجی از موتور دیزل تحت آزمایش با استفاده از سوخت دیزل و مخلوط سوخت دیزل و اتانول از دستگاه آلاینده‌سنج MAHA نوع MGT5 ساخت کشور آلمان استفاده شد (شکل ۱). قابلیت‌های اندازه‌گیری، واحد آن و محدوده کاری این دستگاه در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: مشخصات دستگاه آلاینده‌سنج.

محدوده کاری	واحد	قابلیت اندازه‌گیری
۱۵-۰	Vol %	منو اکسید کربن (CO)
۲۰-۰	Vol %	دی اکسید کربن (CO ₂)
۲۰۰۰-۰	ppm	هیدروکربن (HC)
۲۵-۰	Vol %	اکسیژن (O ₂)
۵۰۰۰-۰	ppm	اکسیدهای ازت (NO _x)

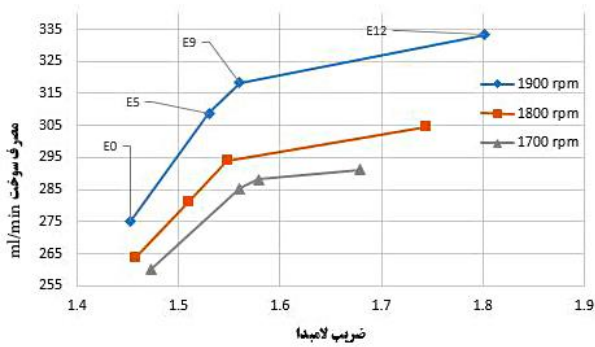


شکل ۱: دستگاه آلاینده‌سنج

آزمون‌ها در قالب یک آزمایش کوتاه مدت و با هدف ارزیابی رابطه بین نسبت تعادلی هوا به سوخت یا ضریب لامبدا با متغیرهای عملکردی موتور شامل توان، گشتاور و مصرف سوخت و همچنین آلاینده‌های خروجی از مسیر خروجی در سرعت‌های ۱۷۰۰، ۱۸۰۰ و ۱۹۰۰ دور در دقیقه و حالت تمام بار بود. برای انجام آزمایش‌ها، ابتدا موتور با استفاده از هر یک از سوخت‌های مورد آزمایش، به مدت ۱۵ دقیقه در حالت ثابت کار می‌کرد تا سوخت مورد نظر در موتور چرخیده و اثری از سوخت قبلی در داخل صافی‌های سوخت باقی نماند.

برای هر یک از مخلوط‌های سوخت، سرعت‌های ۱۷۰۰، ۱۸۰۰ و ۱۹۰۰ دور در دقیقه، به صورت دستی و به وسیله مه‌ار از راه دور لگام‌ترمز به موتور اعمال می‌شد. بار اعمال شده به مدت ۵ دقیقه در حالت کار قرار می‌گرفت تا دور موتور به حالت پایدار برسد.

دستگاه دارای حسگری است که درون مسیر خروجی قرار می‌گیرد. برای دستیابی به مقادیر دقیق، محفظه‌ای بر سر خروجی مسیر خروجی تعبیه شد تا امکان تجمع دود قبل از خروج را فراهم کند. حسگر



شکل ۵: نسبت تعادلی هوا به سوخت و مصرف سوخت موتور

همانطور که در شکل ۵ نمایان است، نسبت تعادلی هوا به سوخت و همچنین مصرف سوخت مخلوط‌های سوخت دیزل و اتانول در مقایسه با سوخت دیزل خالص، افزایش پیدا کرده است. بیشترین افزایش مصرف سوخت در سرعت rpm ۱۹۰۰ رخ داده است.

به طوری که با افزایش مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۴۵ به ۱,۸ مقدار مصرف سوخت ۵۸,۰۱ میلی‌لیتر بر دقیقه و به مقدار ۲۱,۰۷٪ افزایش یافته است. با توجه به ارزش حرارتی کمتر سوخت اتانول نسبت به سوخت دیزل، لذا با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل و اتانول حجم بیشتری از سوخت وارد محفظه احتراق می‌شود و در نتیجه نرخ مصرف سوخت افزایش می‌یابد [۲۲].

در منابع متعددی نیز افزایش مصرف سوخت با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل و اتانول ذکر شده است و همگی پایین بودن ارزش حرارتی پایین اتانول نسبت به دیزل را علت این افزایش عنوان نموده‌اند [۱۹-۲۴].

۳-۲- نسبت تعادلی هوا به سوخت (ضریب لامبدا) و انتشار آلاینده‌های خروجی

رابطه بین نسبت تعادلی هوا به سوخت (ضریب لامبدا) و گازهای انتشار یافته از مسیر خروجی، که شامل اکسیژن (O_2)، منواکسیدکربن (CO)، هیدروکربن‌های نسوخته (UHC)، اکسیدهای ازت (NO_x) و دی‌اکسید کربن (CO_2) است، بدین صورت بدست آمد:

۳-۲-۱- نسبت تعادلی هوا به سوخت (ضریب لامبدا) و اکسیژن (O_2):

شکل ۶ رابطه بین نسبت تعادلی هوا به سوخت (ضریب لامبدا) و مقدار اکسیژن انتشار یافته از مسیر خروجی را بر حسب درصد حجمی برای مخلوط‌های سوخت دیزل و اتانول نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل ۶ مشاهده می‌گردد، با افزایش مقدار اتانول در مخلوط سوخت، مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت و همچنین مقدار اکسیژن خروجی از مسیر خروجی افزایش یافته است.

شکل‌های ۳ و ۴ گویای این امر است که ابتدا توان و گشتاور موتور با اضافه شدن اتانول به سوخت دیزل افزایش می‌یابد، در صورتی که در برخی منابع توان و گشتاور موتور در مخلوط‌های سوخت دیزل-اتانول پایین‌تر از سوخت دیزل خالص گزارش شده است [۱۹].

علت این امر نیز کمتر بودن ارزش حرارتی اتانول نسبت به سوخت دیزل اعلام شده است. اما پس از آن با اضافه شدن مقدار بیشتری از اتانول به مخلوط سوخت و در نتیجه آن افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت و ضعیف شدن نسبت هوا به سوخت، توان و گشتاور موتور کاهش می‌یابد. بیشترین کاهش توان در سرعت rpm ۱۹۰۰ رخ داده است.

به طوری که با افزایش مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۵۳ به ۱,۸ مقدار توان ۱,۱۸ کیلو وات و به مقدار ۱,۷۶٪ کاهش یافته است. همچنین، بیشترین کاهش گشتاور در سرعت rpm ۱۸۰۰ رخ داده است به طوری که با افزایش مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۵۱ به ۱,۷۴ مقدار گشتاور ۵,۹۴ نیوتن‌متر و به مقدار ۱,۹۴٪ کاهش یافته است.

علت تغییرات گشتاور موتور به‌طور عمده در اثر خوب پر شدن استوانه در مرحله تنفس است. در سرعت‌های خیلی تند، زمان تنفس کمتر بوده و در نتیجه استوانه به‌خوبی پر نمی‌شود. متعاقب آن، فشار تراکم و فشار احتراق کمتر شده و نیروهای اینرسی بخش‌های متحرک موتور افزایش یافته و در نهایت گشتاور واقعی موتور کاهش می‌یابد. با توجه به نمودارها با افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت، مقدار سوخت کمتری وارد محفظه احتراق شده و در نتیجه توان و گشتاور کاهش می‌یابد. در زمینه افزایش توان و گشتاور در ابتدا می‌توان این‌گونه استدلال کرد که با توجه به نزدیک بودن نسبت تعادلی هوا به سوخت بین سوخت E_0 و E_5 ، در این مورد، اضافه شدن اتانول بیشتر نقش ایفا کرده و چون اتانول یک سوخت اکسیژن دار است، باعث کامل شدن فرآیند احتراق می‌گردد.

همچنین، این افزایش توان ممکن است به این دلیل باشد که سوخت دیزل استفاده شده دارای کیفیت پایینی بوده است. محققان دیگری با استفاده از سوخت بیودیزل که این سوخت نیز مانند اتانول سوختی اکسیژن دار است نتایج مشابهی در مورد توان و گشتاور بدست آورده‌اند [۲۰-۲۱]. این محققان نیز دلیل افزایش توان و گشتاور موتور را اکسیژن دار بودن اتانول که باعث احتراق کامل می‌شود، عنوان کرده‌اند.

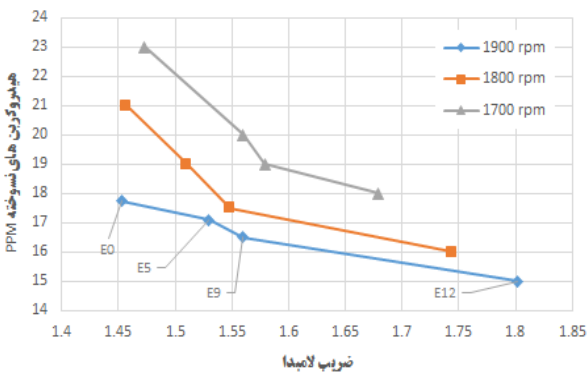
در شکل ۵ تغییرات مصرف سوخت موتور دیزل تحت آزمایش، نسبت به نسبت تعادلی هوا به سوخت (ضریب لامبدا) با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل- اتانول نشان داده شده است.

بیشترین مقدار کاهش ۳۸,۷۵٪ است که در سرعت ۱۹۰۰ rpm زمانی که نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۴۵ به ۱,۸ افزایش می‌یابد، رخ داده است. دلیل کاهش CO، اکسیژن‌دار بودن سوخت اتانول است. اکسیژن‌دار بودن سوخت اتانول و همچنین افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت موجب می‌شود اکسیژن بیشتری در محفظه احتراق حضور داشته و احتراق کامل‌تری صورت می‌گیرد. همچنین وجود اتانول باعث افزایش دمای احتراق در استوانه می‌شود [۲۶]. بنابراین، مقدار CO خروجی مسیر خروجی کاهش می‌یابد.

پژوهشگران و محققان مختلف نتایج متفاوتی را در این رابطه گزارش کرده‌اند. در موارد متعددی کاهش مقدار منواکسیدکربن با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل و اتانول ذکر شده است، رکه دلیل این کاهش را اکسیژن موجود در ساختار اتانول عنوان کرده‌اند [۲۹-۲۷-۲۳]. در برخی موارد نیز محققان افزایش مقدار منواکسیدکربن با استفاده از مخلوط سوخت دیزل و اتانول گزارش کرده‌اند [۳۰]. این محققان اکسیژن ناکافی و سرد بودن دمای احتراق را دلیل این افزایش عنوان کرده‌اند.

۳-۲-۳- نسبت تعادلی هوا به سوخت (ضریب لامبدا) و هیدروکربن‌های نسوخته (UHC):

تغییرات هیدروکربن‌های خروجی مسیر خروجی بر حسب ppm نسبت به نسبت تعادلی هوا به سوخت در شکل ۸ نشان داده شده است. تولید آلاینده هیدروکربن به دلیل احتراق ناقص است. به طور کلی این آلاینده به طراحی موتور، ساختار سوخت، دمای احتراق و اکسیژن موجود در سوخت بستگی دارد [۲۳].



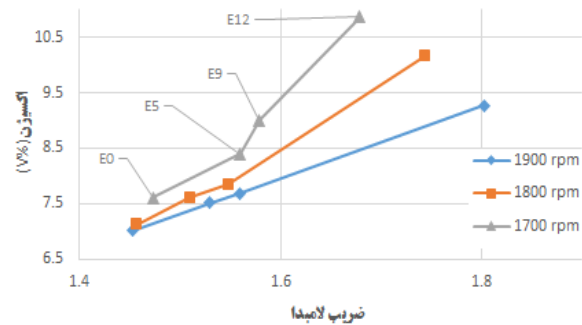
شکل ۸: نسبت تعادلی هوا به سوخت و هیدروکربن‌های نسوخته

همان‌گونه که در شکل ۸ ملاحظه می‌شود، مقدار هیدروکربن خروجی از مسیر خروجی با افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت، کاهش یافته است. بیشترین مقدار کاهش ۲۳,۸٪ است که در دور ۱۸۰۰ rpm زمانی که نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۴۵ به ۱,۷۴ افزایش می‌یابد، رخ داده است.

دلیل این کاهش مانند CO، اکسیژن‌دار بودن سوخت می‌باشد که سبب افزایش اکسیژن در محفظه احتراق شده و در نتیجه احتراق کامل‌تری

به طوری که، با افزایش مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۴۷ به ۱,۶۷ در سرعت ۱۷۰۰ rpm مقدار اکسیژن خروجی از مسیر خروجی به مقدار ۴۲,۸۹٪ افزایش یافته است، که بیشترین افزایش در بین سرعت‌های مختلف مورد آزمایش بوده است.

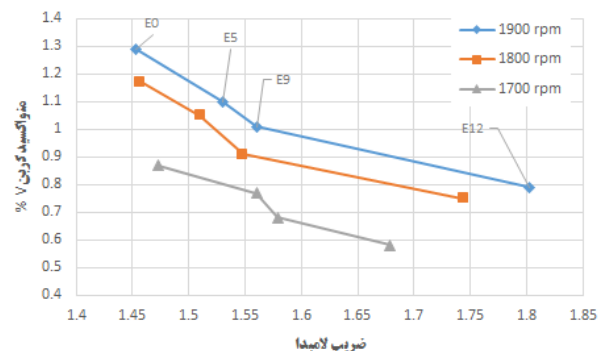
دلیل این موضوع اکسیژن‌دار بودن سوخت اتانول است. اکسیژن‌دار بودن سوخت اتانول موجب می‌شود تا اکسیژن بیشتری در محفظه احتراق حضور داشته و در نتیجه احتراق کامل‌تری صورت گیرد. همچنین ضعیف شدن نسبت تعادلی هوا به سوخت با افزایش آن باعث می‌شود نسبت هوا به سوخت در محفظه احتراق افزایش یافته و مقدار اکسیژن خروجی از مسیر خروجی می‌گردد.



شکل ۶: رابطه بین نسبت تعادلی هوا به سوخت و اکسیژن.

۳-۲-۳- نسبت تعادلی هوا به سوخت (ضریب لامبدا) و منواکسید کربن (CO):

شکل ۷ تغییرات منواکسید کربن نسبت به نسبت تعادلی هوا به سوخت (ضریب لامبدا) را نشان می‌دهد. مقدار CO بر اساس درصد حجمی (V%) و بوسیله دستگاه سنجش آلاینده‌ها اندازه‌گیری شد. تولید منواکسید کربن به دلیل احتراق ناقص سوخت شکل می‌گیرد و به آسانی در سوخت‌های سنگواره‌ای به دلیل نبود اکسیژن در ساختار مولکولی آن‌ها تولید می‌شود [۲۳]. همچنین پایین بودن دمای احتراق نیز ممکن است باعث تشکیل منواکسیدکربن شود [۲۵].

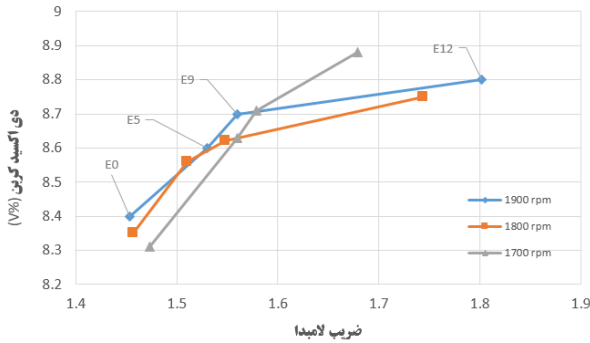


شکل ۷: نسبت تعادلی هوا به سوخت و منواکسیدکربن

همان‌گونه که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، مقدار منواکسیدکربن تولیدی با افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت کاهش یافته است.

۳-۲-۵- نسبت تعادلی هوا به سوخت (ضریب لامبدا) و دی اکسید کربن (CO₂):

متحنی تغییرات دی اکسیدکربن مخلوطهای سوخت دیزل و اتانول نسبت به نسبت تعادلی هوا به سوخت در شکل ۱۰ نشان داده شده است. مقدار CO₂ بر اساس درصد حجمی (V%) اندازه گیری شد. آلاینده CO₂ یکی از فرآورده های احتراق موتورهای درون سوز است.



شکل ۱۰: نسبت تعادلی هوا به سوخت و دی اکسید کربن

همان گونه که از شکل ۱۰ قابل مشاهده است، مقدار CO₂ با افزایش اتانول در مخلوط سوخت و در نتیجه آن افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت افزایش یافته است. بیشترین مقدار افزایش در دور ۱۷۰۰ rpm رخ داده است به طوری که با افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۴۷ به ۱,۶۷ مقدار دی اکسید کربن به مقدار ۶,۸٪ افزایش یافته است. اکسیژن دار بودن سوخت اتانول و همچنین افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت موجب می شود اکسیژن بیشتری در محفظه احتراق حضور داشته و احتراق کامل تری صورت می گیرد و در نتیجه مقدار بیشتری از منواکسیدکربن که حاصل احتراق ناقص موتور است، به دی اکسیدکربن تبدیل شود.

بنابراین با افزایش غلظت اتانول در مخلوط سوخت، مقدار CO₂ خروجی مسیر خروجی افزایش می یابد. محققان نتایج مشابهی در رابطه با افزایش CO₂ با استفاده از مخلوطهای سوخت دیزل و اتانول در موتورهای اشتعال جرقه ای بدست آورده اند که دلیل آن را احتراق کامل سوخت بیان کرده اند [۲۳-۱۱].

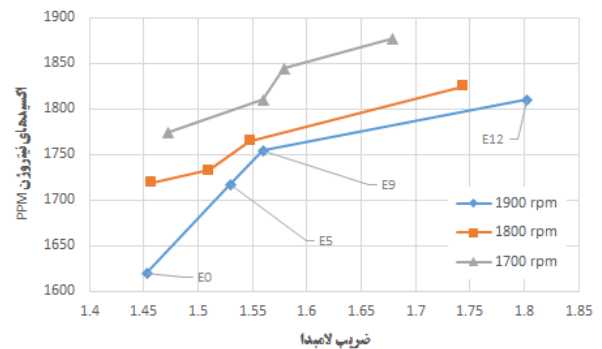
۴- نتیجه گیری

به طور خلاصه، نتیجه گیری های زیر حاصل از این تحقیق ارائه می شود: ۱- توان و گشتاور موتور با اضافه شدن اتانول به سوخت دیزل ابتدا افزایش یافته اما پس از آن با اضافه شدن مقدار بیشتری از اتانول به مخلوط سوخت و افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت و ضعیف شدن نسبت هوا به سوخت، توان و گشتاور موتور کاهش می یابد. بیشترین کاهش توان در دور ۱۹۰۰ rpm رخ داده است. به طوری که با افزایش مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۵۳ به ۱,۸ مقدار توان ۱,۱۸ کیلو وات و به مقدار ۱,۷۶٪ کاهش یافته است. همچنین، بیشترین کاهش

صورت گیرد. بنابراین، با افزایش مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت و افزایش اتانول به مخلوط سوخت باعث می شود مقدار اکسیژن بیشتری در محفظه احتراق وجود داشته باشد و به این دلیل، مقدار HC خروجی مسیر خروجی کاهش می یابد. محققان زیادی کاهش مقدار هیدروکربن ها با استفاده از مخلوطهای سوخت دیزل و اتانول را گزارش کرده اند، که دلیل این کاهش را احتراق کامل تر در محفظه احتراق به واسطه وجود اکسیژن در ساختار اتانول عنوان کرده اند [۲۳-۲۷-۲۹].

۳-۲-۴- نسبت تعادلی هوا به سوخت (ضریب لامبدا) و اکسیدهای ازت (NO_x):

شکل ۹ بیانگر تغییرات اکسیدهای ازت بر حسب ppm نسبت به نسبت تعادلی هوا به سوخت است. اکسیدهای ازت ترکیبی از اکسید نیتریک (NO) و دی اکسید ازت (NO₂) می باشند. ازت و اکسیژن به نسبت در دمای داغ واکنش نشان می دهند. بنابراین، دمای داغ و در دسترس بودن اکسیژن دو عامل اصلی برای تشکیل اکسیدهای ازت هستند [۳۱].



شکل ۹: نسبت تعادلی هوا به سوخت و اکسیدهای ازت

همانگونه که مشاهده می شود، مقدار اکسیدهای ازت تولیدی با افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت، افزایش یافته است (شکل ۹). بیشترین مقدار افزایش در دور ۱۹۰۰ rpm رخ داده است. به طوری که با افزایش مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۴۵ به ۱,۸ مقدار اکسیدهای ازت به مقدار ۱۱,۷۲٪ افزایش یافته است.

دلیل افزایش NO_x اکسیژن موجود در سوخت اتانول است که هم باعث واکنش با ازت و هم باعث افزایش دمای احتراق می شود، که زمینه را برای تولید NO_x فراهم می کند [۱۵]. همچنین با افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت و افزایش اکسیژن در محفظه احتراق احتمال تشکیل اکسیدهای ازت بدلیل بالا بودن دمای احتراق افزایش می یابد. محققان دیگری نیز نتایج مشابهی با استفاده از سوخت دیزل و اتانول نسبت به سوخت دیزل گرفته اند [۲۶-۲۳]. این محققان نیز افزایش اکسیدهای ازت را دمای داغ، احتراق عنوان کرده اند. در موارد کمی نیز کاهش این موضوع گزارش شده است [۳۰-۲۲]. دلیل این کاهش ضعیف بودن ارزش گرمائی اتانول نسبت به سوخت دیزل عنوان کرده اند.

- Biofuel Research Journal, Vol. 4(1), pp.536-536, 2017.
- [3] R. Aydoroum, Optimization and improvement of anaerobic combined digestion performance of industrial agricultural wastes, MSc Thesis, Bu-Ali Sina University, Iran, 2019 .
- [4] B. Shadidi, T. Yusaf, H.H.A. Alizade and B. Ghobadian, Experimental investigation of the tractor engine performance using diesohol fuel, Applied Energy, Vol.114, No. 1, pp.874-879, 2014.
- [5] B. Shadidi, H.H A. Alizadeh and G. Najafi, performance and exergy analysis of a diesel engine run on petrodiesel and biodiesel blends containing mixed CeO₂ and MoO₃ nanocatalyst, Biofuels, online publishing, 2020.
- [6] S. Fernando and M. Hanna, Development of a novel biofuel blend using ethanol-biodiesel-diesel microemulsions: EB-diesel. Energy Fuels, Vol. 18, pp.1695-1703, 2004.
- [7] Y. Li, M. Jia, Y. Liu and M. Xie, Numerical study on the combustion and emission characteristics of a methanol/diesel reactivity controlled compression ignition (RCCI) engine. Appl Energy, Vol. 106, pp.184-197, 2013.
- [8] S. Bhowmik, A. Paul, R. Panua and S.K. Ghosh, Performance, combustion and emission characteristics of a diesel engine fueled with diesel-kerosene ethanol: A multi-objective, Energy, Vol. 211, pp.118-134, 2020.
- [9] W. Yangyi, Zh. Xiyuan, Zh. Zhao, W. Xichang, G. Zhenlong, J. Chao, L. Haifeng and Y. Mingfa, Effects of diesel-ethanol-THF blend fuel on the performance and exhaust emissions on a heavy-duty diesel engine. Fuel, Vol. 271, pp.1176-1186, 2020.
- [10] B. Shadidi, Evaluation of engine performance of MF-399 tractor using diesel-ethanol fuel blends, MSc Thesis, Bu-Ali Sina University, Iran, 2011.
- [11] G. Najafi, Investigation of combustion parameters in an internal combustion engine using bioethanol fuel, PhD Thesis, Tarbiat Moddares University, Iran, 2008.
- [12] A. Paul, S. Bhowmik, R. Panua and D. Debroy, Artificial neural network based prediction of performances-exhaust emissions of diesohol piloted dual fuel diesel engine under varying compressed natural gas flowrates. J Energy Resour Technol, Vol. 140, pp.112201-112209, 2018.
- [13] P. Saravanan, N.M. Kumar, M. Ettappan, R. Dhanagopal and J. Vishnupriyan, Effect of exhaust gas re-circulation on performance, emission and combustion گشتاور در دور ۱۸۰۰ rpm رخ داده است. به طوری که با افزایش مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۵۱ به ۱,۷۴ مقدار گشتاور ۵,۹۴ نیوتن در متر و به مقدار ۱,۹۴٪ کاهش یافته است.
- ۲- مصرف سوخت و همچنین نسبت تعادلی هوا به سوخت مخلوط‌های سوخت دیزل و اتانول در مقایسه با سوخت دیزل خالص افزایش پیدا کرده است. بیشترین افزایش مصرف سوخت در سرعت ۱۹۰۰ rpm رخ داده است. به طوری که با افزایش مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۴۵ به ۱,۸ مقدار مصرف سوخت ۵۸,۰۱ میلی‌لیتر بر دقیقه و به مقدار ۲۱,۰۲٪ افزایش یافته است.
- ۳- انتشار آلاینده‌های هیدروکربن‌های نسوخته با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل و اتانول و افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت، کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار کاهش، ۲۳,۸٪ است که در دور ۱۸۰۰ rpm زمانی که نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۴۵ به ۱,۷۴ افزایش می‌یابد، رخ داده است.
- ۴- با افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت در اثر استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل و اتانول، مقدار منواکسیدکربن خروجی از مسیر خروجی کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار کاهش ۳۸,۷۵٪ است که در دور ۱۹۰۰ rpm زمانی که نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۴۵ به ۱,۸ افزایش می‌یابد، رخ داده است.
- ۵- انتشار آلاینده‌های اکسیدهای ازت با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل و اتانول و افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت، افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار افزایش در دور ۱۹۰۰ rpm رخ داده است. به طوری که با افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۴۵ به ۱,۸ مقدار اکسیدهای ازت به مقدار ۱۱,۷۲٪ افزایش یافته است.
- ۶- مقدار دی‌اکسیدکربن نیز با افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت، افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار کاهش در دور ۱۷۰۰ rpm رخ داده است. به طوری که با افزایش مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۴۷ به ۱,۶۷ مقدار دی‌اکسید کربن به مقدار ۶,۸٪ افزایش یافته است.
- ۷- مقدار انتشار اکسیژن خروجی از مسیر خروجی نیز با افزایش اتانول در مخلوط سوخت و در نتیجه افزایش نسبت تعادلی هوا به سوخت، افزایش یافت. به طوری که، با افزایش مقدار نسبت تعادلی هوا به سوخت از ۱,۴۷ به ۱,۶۷ در دور ۱۷۰۰ rpm مقدار اکسیژن خروجی از مسیر خروجی به مقدار ۴۲,۸۹٪ افزایش یافته است، که بیشترین افزایش در بین سرعت‌های مختلف مورد آزمایش بوده است.

مراجع و منابع

- [1] N. Watts, M. Arnell, S. Ayeb-Karlsson, K. Belesova, H. Berry and D. Campbell-Lendrum, The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. Lancet, Vol. 392, pp.2479-2514, 2018.
- [2] H. Montgomery, Preventing the progression of climate change: one drug or polypill?

- [23] C. Sayin, Engine performance and exhaust gas emissions of methanol and ethanol-diesel blends, *Fuel*, Vol. 89, pp. 3410-3415, 2010.
- [24] J. Huang, Y. Wang, S. Li, A.P. Roskilly, H. Yu and H. Li, Physico-chemical properties of ethanol-diesel blend fuel and its effect on performance and emission of diesel engine, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 29, pp.2484-2490, 2009.
- [25] B. Ghobadian, Internal combustion engines, Shahrekord University Publication, 2001.
- [26] S. Park, I. Youn and C. Lee, Influence of ethanol blends on the combustion performance and exhaust emission characteristics of a four-cylinder diesel engine at various engine loads and injection timing". *Fuel*, Vol. 90, pp.748-755, 2011.
- [27] Y. Di, C.S. Chenung and Z. Huang, Comparison of the effect of biodiesel-diesel and ethanol-diesel on the gaseous emission of a direct-injection diesel engine, *Atmos Environ*, Vol. 43, pp.2721-2730, 2009.
- [28] H. Rahimi, B. Ghobadian, T. Yusaf and GH. Najafi, Diesterol : An environment-friendly IC engine fuel, *Renewable Energy*, Vol. 34, pp.335-342, 2009.
- [29] H. Aydin and C. Ilkilic, Effect of ethanol blending with biodiesel on engine performance and exhaust emissions in a CI engine, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 30, pp.1199-1204, 2010.
- [30] C.D. Rakopoulos, D.C. Rakopoulos, D.T. Hountalas, E.G. Giakoumis and E.C. Andritsakis, Performance and Emissions of Bus Engine Using Blends of Diesel Fuel with Biodiesel of Sunflower or Cottonseed Oils Derived from Greek Feedstock, *Fuel*, Vol. 87, pp.147-157, 2008.
- [31] B. Ghobadian, H. Rahimi and I. Baratian, Production technology and application of bioethanol fuel, Aeine Nama Publication, 2010.
- characteristics of ethanol-fueled diesel engine, *Case Studies in Thermal Engineering*, Vol. 20, pp.1006-1016, 2020.
- [14] A. Assasi, M. Mirzaei and R. Khoshbakhti Saray, Nonlinear Control of Air path in a Turbocharged Diesel Engine Using Optimization, *Modares Mechanical engineering*, Vol.17, No. 6, pp. 168-178, 2017.
- [15] Gh. Vosoughi, M. Saeidi and M. Miri, Air-to-fuel ratio monitoring in internal combustion engine using fuzzy, integral and fuzzy-integral controllers, *The journal of engine research*, Vol.۷, No. 1, pp. 2-15, 2005.
- [16] Sh.A.F. Al-Arkawazi, Analyzing and predicting the relation between air-fuel ratio (AFR), lambda (λ) and the exhaust emissions percentages and values of gasoline-fueled vehicles using versatile and portable emissions measurement system tool, *SN Applied Sciences*, Vol. 1, pp. 1352-1370, 2019.
- [17] S. Aditya and K. Anil, Analysis of emission characteristics of MPFI gasoline engine using the 5 gas analyser. *IJARIIIE*, Vol. 2, No.2, pp.1052-1062. 2016.
- [18] M. Leili, M. Salari and A. Nadali, Investigation of the Exhaust Gas Emissions from Light Vehicles in the Technical Examination Centers in 2016, *Journal of Environmental Health Engineering*, Vol. 5, No. 1, pp. 35-42, 2017.
- [19] Z.Q. Chen, X.X. Ma, S.T. Yu, Y.N. Guo and YJ.S. Liu, Physico-chemical properties of ethanol-diesel blend fuel and its effect on performance and emission of a turbocharged diesel engine, *International Journal of Automotive Technology*, Vol. 10, pp.297-303, 2009.
- [20] A. Zonouzi, Evaluation of MF-399 tractor performance using biodiesel and diesel fuel combinations, MSc Thesis, Tarbiat Moddares University, Iran, 2007.
- [21] H. Aydin and H. Bayindir, Performance and emission analysis of cottonseed oil methyl ester in a diesel engine, *Renewable Energy*, Vol. 35, pp.588-592, 2010.
- [22] D. Li, H. Zhen, L. Xingcai, Z.H. Wu-gao and Y. Jian-guang, Physico-chemical properties of ethanol-diesel blend fuel and its effect on performance and emission of diesel engine, *Renewable Energy*, Vol. 30, pp.967-976, 2005.



Investigation of performance and exhaust emission of diesel engine in different ratios of lambda coefficient using diesel-ethanol fuel blends

B. Shadidi^{1*}, H. Haji Agha Alizade², G. Najafi³, A. Moosavian⁴, M. Khazae⁵

¹ Assistant Professor, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, b.shadidi@basu.ac.ir

² Associate Professor, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, h-alizade@basu.ac.ir

³ Associate Professor, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, g.najafi@modares.ac.ir

⁴ Assistant Professor, Faculty of Shahriyar, Technical and Vocational University, Tehran Branch, Tehran, Iran, a_moosavian@tvu.ac.ir

⁵ PhD, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, m.khazae@modares.ac.ir

*Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 29 August 2020

Accepted: 05 December 2020

Keywords:

Lambda coefficient

Air to fuel ratio

Diesel engine

Alternative fuel

Exhaust emissions

ABSTRACT

Environmental pollution is one of the greatest human challenges of the 21st century. The use of alternative fuels, control, and the adjustment of the lambda coefficient is known as the most effective ways to reduce pollution. Therefore, in this study, the relationship between air-to-fuel equilibrium ratio or lambda coefficient with engine performance and exhaust emissions of a diesel engine using diesel-ethanol fuel blends as an alternative fuel at 1700, 1800, and 1900 rpm engine speeds has been investigated. The results showed that increasing the percentage of ethanol in the diesel-ethanol fuel blend increased the lambda coefficient and thus reduced engine power and torque and increased fuel consumption. The highest power reduction was achieved at 1900 rpm at the rate of 1.18 kW and the maximum torque reduction at 1800 rpm at the rate of 5.94 N.m. Also, the highest fuel consumption increase was achieved at 1900 rpm at a rate of 58.01 ml/min. As the lambda coefficient increased, the exhaust oxygen output increased by 42.89% at 1700 rpm and nitrogen oxides by 11.72% at 1900 rpm that showed the greatest increase and the emissions of unburned hydrocarbons and carbon monoxide decreased by 23.8% at 1800 rpm and 38.75% at 1900 rpm, respectively that showed the greatest decrease. Finally, due to the use of diesel-ethanol fuel blends and as a result of increasing the lambda coefficient, a significant reduction in the number of emissions of exhaust gases was achieved.

