بررسی تاثیر اتانول و تینر به عنوان افزودنی سوخت بنزین بر عملکرد، آلایندگی و لرزش یک موتور بنزینی

غلامحسین شاهقلی[۱*]، سینا فیض اله زاده اردبیلی[۱*]، محمدعلی کیهان دوست[۲]، امیر شایعی[۲]

۱*- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: shahgholi@uma.ac.ir sina.faiz@uma.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۲/۰۸ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۳/۰۹

چکیده

استفاده از افزودنی های سوخت به عنوان یک راه حل مهندسی امیدوار کننده برای دستیابی به یک احتراق تمیز با راندمان ترمودینامیکی بالا است. کیفیت احتراق در انواع موتورهای احتراق داخلی به طور قابل توجهی با خواص حرارتی-فیزیکی سوخت در ارتباط است. بر این اساس، تمایل قابل توجهی برای توسعه فرمولاسیون جدید سوخت بنزینی به منظور افزایش توان ترمزی و کاهش مصرف سوخت موتورهای اشتعال جرقه ای و کاهش انتشار آلایندگی آنها وجود دارد. برای این منظور، پژوهش حاضر به بررسی تغییرات عملکرد و انتشار آلایندگی یک موتور بنزینی توسط مخلوط های بنزین و افزودنی های اتانول و تینر اختصاص یافت. بخشی از این این تحقیق تلاشی است در راستای بررسی تاثیر نمونه سوخت ها در لرزش موتور با هدف دستیابی به مخلوط سوختی که علاوه بر کاهش آلایندگی و افزایش عملکرد موتور می تواند طول عمر موتور را افزایش دهد. تمام آزمایشات در دور موتور ثابت و بار موتور کامل انجام گرفت. پس از دستیابی به داده های تجربی، اقدام به بررسی تاثیرات تکی افزودنی¬ها به همراه تاثیر متقابل آنها با به کارگیری نرم افزار های آماری نظیر شد. بر اساس نتایج بدست آمده، می توان عنوان کرد افزودنی های تلفیقی می توانند راهگشای خوبی برای مطالعات آینده هم از نقطه نظر عملکرد و آلایندگی و هم از نقطه نظر بررسی دوام موتور باشند. زیرا این نوع افزودنی ها از مزایای چند نوع افزودنی بهره مند شده و معایب سوخت های موجود را کاهش می دهند.پیشنهاد می گردد در مطالعات آینده از نمونه سوخت هایی با درصدهای بالای اختلاط با افزودنی های تینر و اتانول برای بررسی دقیق تر روند انتشارات استفاده شود.

کلمات کلیدی

موتور احتراق داخلی، بنزین، اتانول، تینر، انتشارات موتور

۱-مقدمه

موتور به عنوان منبع توان در صنعت و کشاورزی یکی از عوامل عمده ارتعاش در ماشین می‌باشد. موتوری را متعادل گویند که نیروهای وارد بر تکیه‌گاه‌ها از نظر مقدار و جهت در شرایط عادی کار موتور ثابت باشد. در یک موتور نامتعادل فشار وارد بر تکیه-گاه‌ها بطور متناوب تغییر کرده باعث ارتعاش موتور و در نتیجه وسیله می‌شود [۱]. در موتورهای درون‌سوز که در صنعت و کشاورزی استفاده می‌گردند، عامل تولید ارتعاش احتراق و ساختار خود موتور است. اصطکاک و سایش در قطعات، تنظیم نبودن موتور، احتراق ناقص و سوخت نامناسب باعث ارتعاشات شدید و افزایش هزینه تعمیر و نگهداری می‌گردد. اگر بتوان قبل از این که این عوامل به موتور آسیب برسانند، آن‌ها را شناسایی و حذف نمود، در این صورت این امر باعث صرفه‌جویی در هزینه، کاهش مصرف سوخت و آرامش خاطر کاربر وسیله می‌گردد [۲]. در قرن اخیر، استفاده از اتومبیل به عنوان وسیله حمل و نقل در سراسر جهان گسترش یافته است. مانند هر محصول دیگری، خودروها نه تنها اقتصاد جهانی بلکه نحوه زندگی میلیاردها نفر را نیز شکل داده اند. این را می توان از داده های منتشر شده توسط اداره مرکزی آمار مشاهده کرد، که در آن تعداد وسایل نقلیه در سال ۲۰۱۸ ۱۴۶،۸۵۸،۷۵۹ دستگاه بود که بیشتر از سال ۲۰۱۷ (۱۳۷،۲۱۱،۸۱۸ دستگاه) بود. بیشتر وسایل نقلیه موتور سیکلت و پس از آن وسایل نقلیه مسافربری بودند [۱]. این امر میزان انتشار گازهای گلخانه ای تولید شده توسط وسایل نقلیه خودرویی را افزایش می دهد و در نتیجه باعث آلودگی هوا می شود. کاهش تولید انرژی فسیلی همراه با افزایش وابستگی کشوری مثل ایران به سوخت‌های فسیلی (به ویژه نفت)، و همچنین تلاش‌ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، ناچار دولت‌ها را مجبور به ترویج استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد کرد. مطابق با سیاست دولت، ۷۹ مورد از سال ۲۰۱۴ در مورد سیاست ملی انرژی، هدف انرژی های تجدیدپذیر حداقل ۲۳ درصد در سال ۲۰۲۵ و ۳۱ درصد در سال ۲۰۵۰ است [۲]. از این رو، در سال‌های اخیر، بسیاری از محققان بر روی صرفه‌جویی در انرژی متمرکز شده‌اند و از این رو، پژوهش‌های آنها بر روی کاوش در سوخت‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری سوخت به منظور کاهش نیاز به سوخت‌های فسیلی متمرکز شده است. یکی از راه حل ها

استفاده از افزودنی ها با هدف بهبود عملکرد احتراق و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و مصرف سوخت است.

دو نوع افزودنی سوخت وجود دارد، یعنی: (۱) افزودنی های مصنوعی و (۲) افزودنی های زیستی (افزودنی های مشتق شده از گیاهان). مأمون و همکاران افزودنی ها را به دو نوع طبقه بندی کرد، یعنی (۱) ترکیبات آلی فلزی (ترکیبات فلزی) و غیر فلزات آلی (ترکیبات غیرفلزی).

ترکیبات آلی فلزی سرب گازهای خروجی سمی تولید می کنند که در آن ۹۵ درصد از این فلز سنگین در طی احتراق در هوا آزاد می شود که در دراز مدت یک خطر بالقوه برای سلامتی است.ایران کشوری است که روغن گیاهی تولید می کند و این روغن ها به راحتی قابل تهیه است. استفاده از روغن ها در ساخت اسانس به عنوان افزودنی توسط بسیاری از محققان مورد مطالعه قرار گرفته است. افزودن روغن میخک و سیترونلا به بیودیزل باعث تغییر ارزش حرارتی، ویسکوزیته و چگالی بیودیزل می شود. ترکیبات معطر موجود در اسانس ها می توانند بلوک های ساختمانی فعال نفت را حرکت دهند و مصرف سوخت را کاهش دهند. این حرکت باعث می شود که پیوند بین مولکول ها ضعیف و قابل اشتعال شود [۳]. علاوه بر این، وجود پیوندهای هیدروکربنی شاخه دار در اسانس ها می تواند کیفیت سوخت را بهبود بخشد. با توجه به ساختار شیمیایی افزودنی‌های زیستی، مصرف سوخت ویژه سوخت را می‌توان کاهش داد زیرا اسانس‌ها از دو اتم اکسیژن تشکیل شده‌اند که می‌توانند اکسیژن را برای اطمینان از احتراق کامل‌تر فراهم کنند [۴]. افزودنی‌های زیستی رایج، اسانس‌هایی هستند که از نظر وزن مخصوص، نقطه جوش و فرار، ویژگی‌هایی مشابه سوخت‌های فسیلی دارند. روغن نعناع هندی، روغن سیترونلا و روغن میخک، اسانس‌های بالقوه‌ای هستند که می‌توانند به عنوان افزودنی برای گازوئیل و بنزین استفاده شوند، زیرا این مواد بر اساس ترکیبات تشکیل‌دهنده‌شان دارای زنجیره حلقوی و اکسیژن کافی هستند. یکی از اسانس هایی که می توان از آن به عنوان افزودنی استفاده کرد، روغن میخک است. روغن میخک حاوی مقدار زیادی اوژنول است که از چندین اتم از جمله اتم های اکسیژن تشکیل شده است. با توجه به وجود اتم های اکسیژن در ساختار شیمیایی اوژنول، اعتقاد بر این است که فرآیند احتراق بهینه تر خواهد بود. با این حال، وجود این اتم های اکسیژن می تواند باعث خوردگی شود که می تواند منجر به خرابی موتور شود. برای غلبه بر این مشکل از یک بازدارنده خوردگی به نام روغن سیترونلا استفاده می شود. روغن سیترونلا می تواند خوردگی را کاهش دهد زیرا این روغن حاوی ترکیبات کربوکسیلات است. اسانس ها مواد آلی هستند که پتانسیل زیادی برای استفاده به عنوان افزودنی های زیستی سوخت دارند زیرا فرار هستند و وزن مخصوص و ویسکوزیته پایینی دارند. علاوه بر این، اسانس ها از ترکیبات هیدروکربنی اکسیژن دار تشکیل شده اند و می توانند به طور کامل در سوخت انواع خاصی از مواد فرار حل شوند [۴-۹] . هدف از این مطالعه بررسی اثرات افزودنی های اتانول و تینر بر عملکرد، انتشار گازهای گلخانه ای و مصرف سوخت بنزین تک سیلندر، چهار زمانه، بنزین می باشد که در آن مواد افزودنی با بنزین با عدد اکتان تحقیقاتی ۸۸ ترکیب شدند.

۲-روش انجام تحقیق

- **آماده سازی نمونه های سوخت**

در این پژوهش، از بنزین به عنوان سوخت شاهد و از تینر و اتانول به عنوان افزودنی های دیزل (در سه سطح ۲، ۴ و ۶ درصد) استفاده شد (جدول ۱). هموژنایزر (Polytron® سوئیس) برای تثبیت نمونه سوخت در دمای اتاق به مدت ۱۵ دقیقه استفاده شد. در جدول ۱-۲ جزئیات آماده سازی نمونه سوخت برای مقدار نیم لیتر نمونه سوخت ارائه شده است.

جدول ۱-جزئیات آماده سازی نمونه سوخت برای مقدار نیم لیتر سوخت

شماره	نمونه	بنزین (mL)	اتانول (mL)	تینر (mL)
1	GT0E0	500	0	0
2	GT1E0	495	0	5
3	GT3E0	485	0	15
4	GT5E0	475	0	25
5	GT0E2	490	10	0
6	GT0E4	480	20	0
7	GT0E6	470	30	0
8	GT1E2	485	10	5
9	GT1E4	470	20	5
10	GT1E6	460	30	10
11	GT3E2	475	10	15
12	GT3E4	465	50	15
13	GT3E6	455	30	15
14	GT5E2	465	10	25
15	GT5E4	455	20	25
16	GT5E6	445	30	25

- **روش داده برداری**

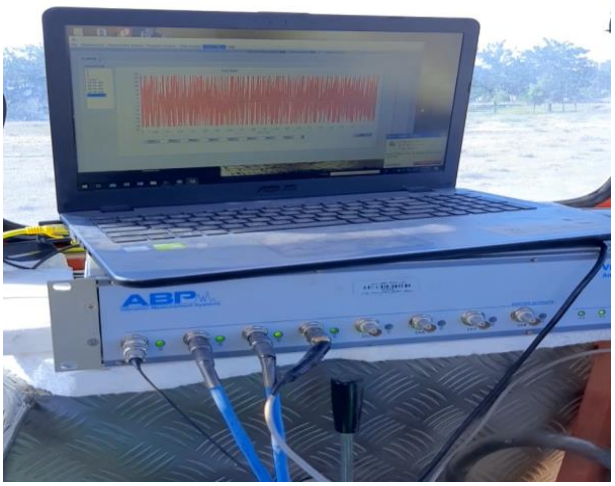
نمونه سوخت های آماده شده داخل بطری های نیم لیتری ریخته شدند سپس به طور تجربی در یک موتور احتراق جرقه‌ای تک سیلندر چهار زمانه، مدل rme1000، با حجم جابجایی ۹۸cc و حداکثر توان ۸۰۰W مورد تست قرار گرفتند. در این تحقیق به منظور استفاده از نمونه سوخت ها در موتور ژنراتور rme1000، و همچنین اندازه گیری میزان سوخت مصرفی با تعبیه‌ی یک مجرای مجزا در پشت کاربراتور، و تعبیه یک شیر در مسیر انتقال سوخت، تلاش بر ایجاد کنترل روی سوخت مصرفی شد. به این

صورت که سوخت از یک مخزن مجزا و با عبور از یک لوله شیشه ای مدرج به روش جابجایی قابلیت اندازه گیری داشت و همچنین توسط مخزن اولیه و شیر تعبیه شده، هر لحظه می توانستیم به سوخت شاهد دسترسی پیدا کنیم. برای تحت بار قرار دادن موتور از یک مقاومت متغییر نوع TDGC2-5kVA و یک هیتر 1 kW استفاده شد. با اندازه‌گیری توان موتور مقدار آمپر و ولتاژ برق اندازه‌گیری شد (حاصل ضرب آمپر و ولتاژ برق مستقیم (DC) نشان دهنده میزان توان مصرفی می باشد). از آلاینده سنج مدل QRO-401 ساخت شرکت QROTECH، برای اندازه گیری مقادیر آلاینده های خروجی از اگزوز موتور استفاده شد (شکل ۱). در هنگام آزمون موتور، ابتدا موتور توسط سوخت شاهد راه‌اندازی شد و پس از ۵ دقیقه و گرم شدن موتور، مسیر سوخت شاهد بسته شده و همزمان مسیر ورود نمونه سوخت ها باز شد. در این حالت مقدار نمونه سوخت و هوای ورودی طوری تنظیم می شد که شرایط کاری موتور به حالت پایدار برسید. پس از پایداری، داده های مربوط به توان برق تولید شده و انتشار گازهای آلاینده CO، CO_2 و UHC اندازه گیری و یادداشت می شد.

شکل ۱-محل ورودی سوخت و ورودی هوا به موتور تحت آزمون

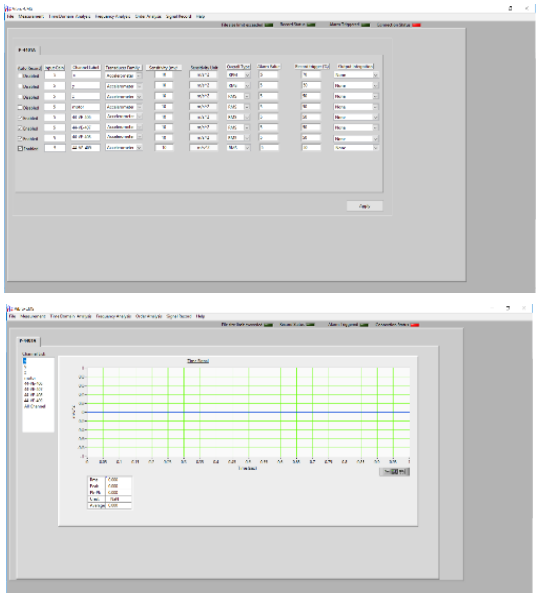
- **اندازه گیری لرزش موتور**

برای اندازه گیری لرزش وارده بر موتور بر اثر احتراق از دستگاه analyzer system vibro rack 1000 استفاده شد که خروجی ها را به صورت موج های شکسته تولید می کند (شکل ۲). این دستگاه به کمک یک رایانه کار می کند که به وسیله ی کابل های شبکه به هم متصل شده است. برنامه ی آنالیز فرکانس های ورودی از دستگاه به سیستم، با به کارگیری نرم افزار CMS انجام گرفت که ورودی های موجود در بخش PROPERTIES وارد شده و به دنبال آن تنظیمات سیستم انجام می گیرد. از جمله ویژگی های این برنامه مقیاس گذاری و تنظیم سیستم اندازه گیری است (برای این آزمایش ما براساس سیستم SI و m/s^2 اندازه گیری کردیم).



شکل ۲. مجموعه ارتعاش سنج

در این برنامه برای هر یک از ورودی ها از سیسنور ها بدست می آید یک نمودار و خروجی می دهد که می توان از خروجی هایی که بدست آمده داده های پرت را حذف کرد (شکل ۳).



شکل ۳- شمایی از نرم افزار *CMS*

برای قرار گیری سنسورهای اندازه گیری روی بلوک موتور مکان هایی در نظر گرفته شد تا خطاهای ارتعاش را کاهش دهند و هنگام استارت موتور، در جهت های X، Y و Z آماده ارزیابی باشد. قسمت های انتهایی سنسورها به صورت رزوه ای تعبیه شدند که به بلوک موتور به صورت چرخشی متصل شدند. از

جمله مهم ترین بخش ها برای اندازه گیری ارتعاش، سنسور های مورد استفاده است که در چه جهت ها برای اندازه گیری قرار گیرند و همچنین باید قسمت انتهایی سنسور که در راستای هر یک از محورها قرار دارد باید به جایی بسته یا در بستری سفت قرار گیرد تا ضربات و ارتعاش های وارد را به کامل ترین حالت انتقال دهد.

کابل های انتقال که از هر یک از سنسورها به دستگاه ارزیابی ارتعاش وصل می شود، باید قبل از اندازه گیری از صحت اتصال سیم ها مطمئن شد.

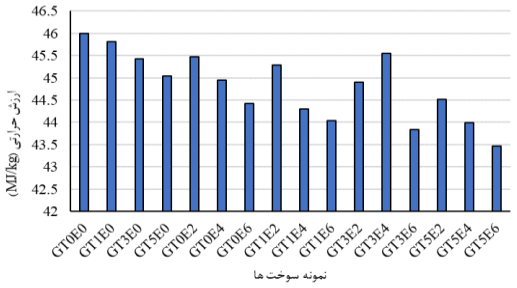
۳- نتایج

- **اندازه گیری خواص نمونه سوخت ها**

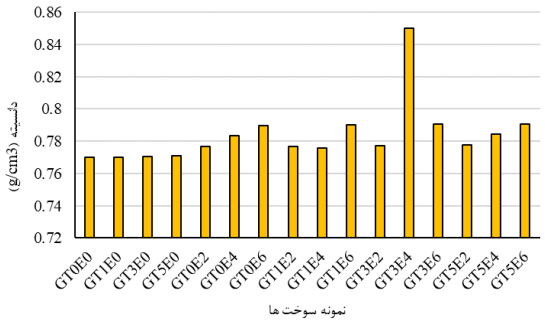
این قسمت به ارائه نتایج خواص فیزیکی-حرارتی نمونه های سوخت می پردازد. جدول ۲ و شکل ۳ نتایج به دست آمده از نقطه نظر ارزش حرارتی، ویسکوزیته، و دانسیته برای ارزیابی نمونه سوخت‌ها را ارائه می‌دهد.

جدول ۲- خواص فیزیکی-حرارتی نمونه های سوخت

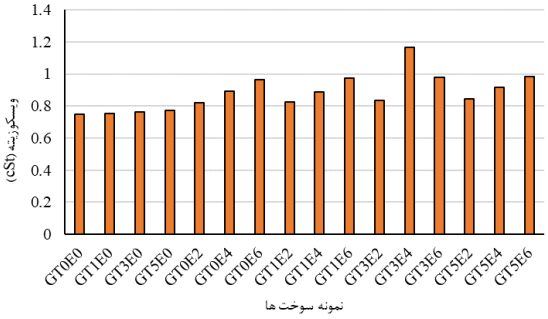
شماره	نمونه	ارزش حرارتی (MJ/kg)	ویسکوزیته (cSt)	دانسیته (g/cm3)
1	GT0E0	46	0.75	0.77
2	GT1E0	45.808	0.7545	0.77018
3	GT3E0	45.424	0.7635	0.77054
4	GT5E0	45.04	0.7725	0.7709
5	GT0E2	45.4734	0.821	0.77664
6	GT0E4	44.9468	0.892	0.78328
7	GT0E6	44.4202	0.963	0.78992
8	GT1E2	45.2814	0.8255	0.77682
9	GT1E4	44.2948	0.889	0.77576
10	GT1E6	44.0362	0.972	0.79028
11	GT3E2	44.8974	0.8345	0.77718
12	GT3E4	45.551	1.1635	0.84994
13	GT3E6	43.8442	0.9765	0.79046
14	GT5E2	44.5134	0.8435	0.77754
15	GT5E4	43.9868	0.9145	0.78418
16	GT5E6	43.4602	0.9855	0.79082



الف



ج



ب

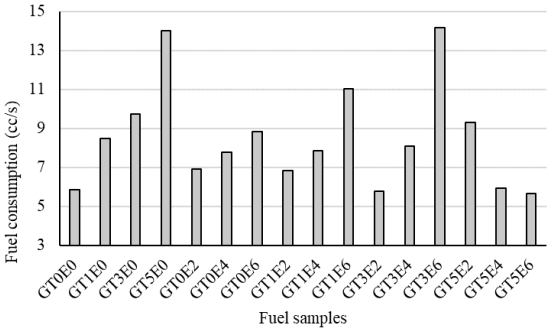
شکل ۲- تغییرات خواص حرارتی-فیزیکی نمونه سوخت‌ها. الف) ارزش حرارتی، ب) ویسکوزیته، ج) دانسیته

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۲ و شکل ۲، می توان متوجه شد، افزودن تینر و اتانول به نمونه سوخت های حاوی بنزین، ارزش حرارتی سوخت را کاهش و دانسیته و ویسکوزیته را افزایش می دهد که می تواند تاثیر بسزایی در کیفیت احتراق می تواند داشته باشد. با توجه به اینکه محتوای اکسیژن نمونه سوخت ها هم می توانند عاملی در احتراق باشند، باید دید تغییرات محتوای اکسیژن نمونه سوخت ها چه تاثیری در فرایند احتراق و

پارامترهای عملکردی و آلایندگی نمونه سوخت ها در موتور بنزینی دارد. قسمت های بعدی به ارائه نتایج عملکرد و آلایندگی نمونه سوخت ها می پردازد.

- **نتایج مربوط به مصرف سوخت**

شکل ۳ نتایج مربوط به مصرف سوخت را برای نمونه های سوخت ارائه می دهد. بر اساس آنچه از شکل ۲-۳ مشخص است، می توان عنوان کرد افزودن تینر و اتانول به تنهایی باعث افزایش نسبی مصرف سوخت شده اند. این روند به دلیل کاهش ارزش حرارتی نمونه های سوخت حاوی تینر و اتانول نسبت به سوخت بنزین طبیعی می باشد. زیرا موتور در صدد مصرف بیشتر سوخت برای جبران اثر کاهش ارزش حرارتی نمونه سوخت‌ها می باشد.



شکل۳- نتایج مربوط به مصرف سوخت

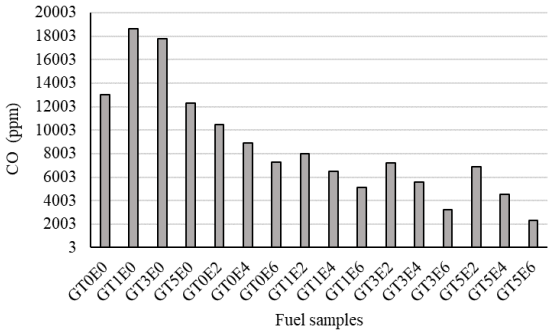
اما، از طرفی دیگر می توان مشاهده کرد، اثرات هم زمان اتانول و تینر از نمونه Gt5E2 به بعد باعث کاهش مصرف سوخت شده است. یکی از دلایل این روند می تواند به دلیل افزایش محتوای اکسیژن سوخت ها در تاثیر توام تینر و اتانول باشد. حضور معنی دار اکسیژن در محفظه احتراق می‌تواند باعث بهبود روند احتراق و سوق دادن احتراق به سمت احتراق کامل شود. حتی بر این اساس می توان پیشنهاد داد، تاثیر توام تینر و اتانول در درصدهای بالا نیز در مطالعات آینده مورد بررسی قرار گیرد تا این نتیجه را تایید یا رد کند. همچنین می توان عنوان کرد، مصرف سوخت تمام نمونه سوخت‌ها به طور نسبی بیشتر از نمونه سوخت شاهد می باشد. قسمت بعدی به ارائه تاثیر نمونه سوخت ها بر انتشار مونوکسید کربن می‌پردازد.

- **نتایج مربوط به انتشار مونوکسیدکربن**

شکل ۴ به ارائه نتایج مربوط به انتشار مونوکسیدکربن ناشی از تاثیر نمونه سوخت ها در مقایسه با انتشار مونوکسیدکربن مربوط به سوخت شاهد، می پردازد. بر اساس نتایج بدست آمده، می توان مشاهده کرد افزودن تینر و اتانول، به طور نسبی انتشار مونوکسید کربن را نسبت به سوخت شاهد کاهش داده اند. این روند می تواند به دلیل حضور اکسیژن در محتوای نمونه سوخت های حاوی تینر و اتانول باشد. حضور اکسیژن در نمونه سوخت ها باعث سوق دادن روند احتراق به سمت احتراق کامل شده و در نتیجه میزان انتشار مونوکسید کربن که حاصل احتراق ناقص می باشد را کاهش می دهد. همانطور که می توان از شکل ۳-۳ مشاهده کرد، روند کاهش انتشار مونوکسیدکربن از نمونه سوخت GT5E2 به بعد در کمترین میزان خود می باشد. این نمونه سوخت ها، به دلیل ادغام هم زمان تینر و اتانول، بالاترین میزان محتوای اکسیژن را نسبت به سایر نمونه سوخت‌ها را دارا می-باشد. این روند نیز دلیلی قاطع بر تاثیر وجود محتوای اکسیژن در انتشار مونوکسید کربن می باشد.بخش بعدی به ارائه نتایج مربوط به انتشار دی اکسیدکربن در نمونه سوخت‌ها می پردازد. دی اکسید کربن نیز به عنوان آلاینده ای برای بررسی احتراق کامل یا ناقص در یک فرایند شناخته می شود.

- **نتایج مربوط به انتشار دی اکسیدکربن**

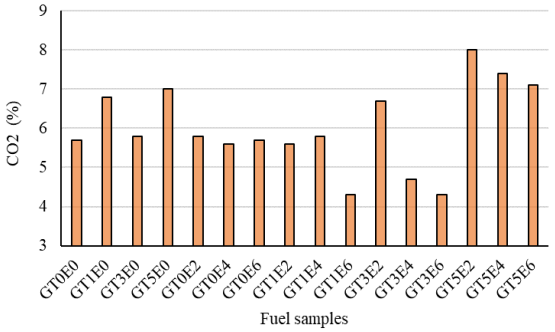
همانطور که قبلا عنوان شد، حضور اکسیژن در نمونه سوخت ها باعث سوق دادن روند احتراق به سمت احتراق کامل می شود. بنابراین، بر اساس فرمول احتراق، با سوق فرایند احتراق به سمت احتراق کامل، انتشار دی اکسیدکربن که حاصل احتراق کامل است، افزایش می یابد. همانطور که می توان از شکل ۵ مشاهده کرد، به طور متوسط، انتشار دی اکسیدکربن در نمونه های دارای افزودنی ها به جز GT1E6، GT3E4 و GT3E6 از سوخت شاهد (بنزین) بیشتر است.



شکل ٤-نتایج مربوط به انتشار مونوکسید کربن

روند افزایش انتشار دی اکسیدکربن از نمونه سوخت GT5E2 به بعد در بالاترین میزان خود می باشد. این نمونه سوخت ها، به دلیل ادغام هم زمان تینر و اتانول، بالاترین میزان محتوای اکسیژن را نسبت به سایر نمونه سوخت‌ها را دارا می‌باشد. این روند نیز دلیلی قاطع بر تاثیر وجود محتوای اکسیژن در ایجاد احتراق کامل و افزایش انتشار دی اکسیدکربن می باشد. بالاترین میزان انتشار دی اکسیدکربن مربوط به نمونه سوخت GT5E2

و کمترین انتشار دی اکسیدکربن مربوط به نمونه سوخت GT3E6 و GT1E6 می باشد.

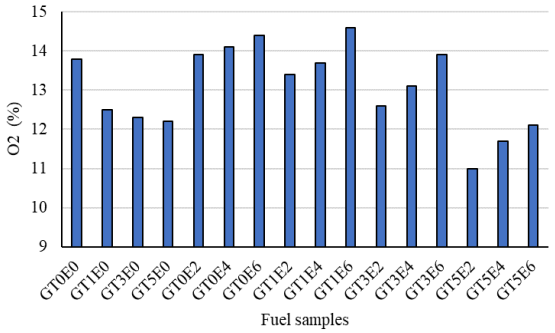


شکل ۵. نتایج مربوط به انتشار دی اکسیدکربن

بخش بعدی به ارائه نتایج مربوط به انتشار اکسیژن در حضور نمونه های سوخت می پردازد. این پارامتر نیز یکی از مهم ترین پارامترها در بررسی کیفیت احتراق می باشد.

- **نتایج مربوط به انتشار اکسیژن**

شکل ۶ به ارائه نتایج مربوط به انتشار اکسیژن در حضور نمونه سوخت ها می پردازد. بر اساس نتایج به دست آمده، می توان عنوان کرد، به طور متوسط انتشار اکسیژن به جز در نمونه سوخت های GT0E2، GT0E4، GT0E6 و GT1E6، در بقیه موارد کمتر از نمونه شاهد می باشد. کم بودن اکسیژن در خروجی هم می تواند دلیلی بر کاهش محتوای اکسیژن در خروجی باشد و هم می تواند مصرف بالای اکسیژن در فرمولاسیون احتراق را نوید دهد که ناشی از احتراق کامل می باشد. کمترین میزان انتشار اکسیژن مربوط به نمونه سوخت های GT5E2، GT5E4 و GT5E6 و بیشترین انتشار اکسیژن مربوط به نمونه سوخت های GT1E6 و GT0E6 می باشد.

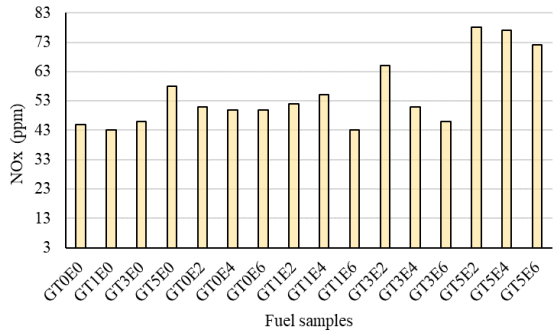


شکل ٦. نتایج مربوط به انتشار مونوکسید کربن

بخش بعدی به ارائه نتایج مربوط به انتشار اکسیدهای نیتروژن ناشی از حضور نمونه سوخت ها می پردازد.

- **نتایج مربوط به انتشار اکسیدهای نیتروژن**

شکل ۷ نتایج مربوط به انتشار اکسیدهای نیتروژن ناشی از حضور نمونه های سوخت می پردازد. بر اساس نتایج به دست آمده، به طور متوسط جز در موارد GT1E0، و GT1E6، در بقیه موارد انتشار اکسیدهای نیتروژن بالاتر از انتشار اکسیدهای نیتروژن ناشی از مصرف نمونه سوخت شاهد می باشد. انتشار اکسیدهای نیتروژن با افزایش فشار و دمای احتراق رابطه مستقیمی دارد. هرچه دمای احتراق بالاتر رود و همچنین هرچه تمرکز دمایی در نقاط مختلف محفظه احتراق بالاتر رود، انتشار اکسیدهای نیتروژن افزایش می یابد. همچنین هرچه سوخت مورد نظر انرژی بیشتری را آزاد کند، دمای احتراق بالاتر رفته و باعث انتشار بیشتر اکسیدهای نیتروژن می شود. بالاترین میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن مربوط به نمونه سوخت های GT5E2، GT5E4 و GT5E6 می باشد. همچنین کمترین میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن مربوط به نمونه سوخت های GT1E0، و GT1E6 می باشد. در مواردی که انتشار اکسیدهای نیتروژن بالا می باشد، پیشنهاد می گردد سیستم خنک کاری موتور تقویت شود. یا از مکانیزم های نظیر سیکل های ORC برای جذب هرچه بیشتر انرژی آزاد شده در محفظه احتراق استفاده شود تا پایداری تولید انرژی را افزایش دهد. در این پژوهش، نمونه سوخت های GT5E2، GT5E4 و GT5E6 هم دارای مصرف سوخت کمتر و هم دارای شرایط احتراق کامل می باشند. بنابراین پیشنهاد می شود از تکنولوژی های جدیدتر برای جذب هرچه بیشتر انرژی در این نمونه سوخت ها بهره مند شوند. همچنین پیشنهاد می گردد در مطالعات آینده از نمونه سوخت هایی با درصدهای بالای اختلاط با افزودنی های تینر و اتانول برای بررسی دقیق تر روند انتشارات استفاده شود.



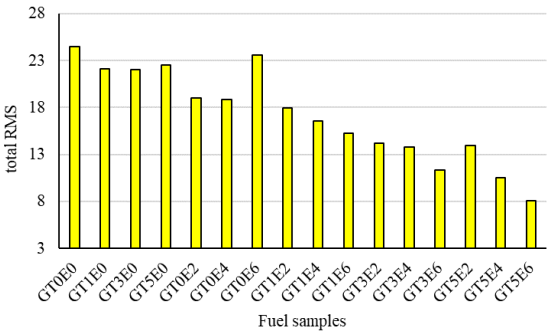
شکل ۷- نتایج مربوط به انتشار اکسیدهای نیتروژن

بخش بعدی به ارائه نتایج مربوط به ارتعاش موتور بنزینی تحت استفاده از نمونه سوخت ها می پردازد. این رویکرد می تواند استهلاک موتور ناشی از به کارگیری این نمونه سوخت ها را تا حدی تخمین بزند.

- **نتایج مربوط به تاثیر نمونه سوخت ها بر ارتعاش موتور**

شکل ۸ به ارائه نتایج مربوط به ارتعاش موتور بنزینی ناشی از احتراق نمونه های سوخت می پردازد. براساس نتایج به دست آمده، می توان مشاهده کرد افزایش درصد افزودنی های تینر و

اتانول در نمونه سوخت ها باعث کاهش ارتعاش موتور بنزینی نسبت به نمونه سوخت شاهد شده است. یکی از دلایل این امر، حضور افزودنی هایی با دانسیته و ویسکوزیته بالا نسبت به سوخت بنزین می باشد. زیرا این سوخت ها می توانند با خاصیت روانکاری بالا، ارتعاش ناشی از احتراق موتور را تا حدی کاهش دهند. از طرفی دیگر، حضور افزودنی های یاد شده، با توجه به آنچه در قسمت های قبلی عنوان شد، باعث سوق به سمت احتراق کامل می شود و این روند باعث نرم تر شدن روند احتراق و کاهش لرزش های موتور ناشی از احتراق با نمونه سوخت ها می شود. همانطور که می توان از شکل ۸ مشاهده کرد، روند کاهش ارتعاش موتور در نمونه سوخت های حاوی مخلوط افزودنی ها با شیب تند تری نسبت به نمونه سوخت های حاوی افزودنی های تکی می باشد. کمترین ارتعاش مربوط به نمونه سوخت GT5E6 و بیشترین نمونه سوخت مربوط به نمونه سوخت شاهد و سوخت GT0E6 می باشد. بر اساس آنچه از بخش های قبلی و همچنین از این قسمت به دست آمد، می توان عنوان کرد افزودنی های تلفیقی می توانند راهگشای خوبی برای مطالعات آینده هم از نقطه نظر عملکرد و آلایندگی و هم از نقطه نظر بررسی دوام موتور باشند. زیرا این نوع افزودنی ها از مزایای چند نوع افزودنی بهره مند شده و معایب سوخت های موجود را کاهش می دهند.



شکل ۸- نتایج مربوط به ارتعاش موتور

٤- نتیجه‌گیری

این پژوهش در راستای مطالعه بررسی اثرات افزودنی های اتانول و تینر بر عملکرد، انتشار گازهای گلخانه ای و مصرف سوخت بنزین تک سیلندر، چهار زمانه، بنزین اجرا شد که در آن مواد افزودنی با بنزین با عدد اکتان تحقیقاتی ۸۸ ترکیب شدند. پژوهش ها در یک موتور تک سیلندر بنزینی انجام شدند. نتایج از دیدگاه عملکرد، آلایندگی و ارتعاش موتور بررسی شدند و بر اساس مشاهدات پیشنهاداتی در این راستا ارائه شد. بر این اساس:

- افزودن تینر و اتانول به نمونه سوخت های حاوی بنزین، ارزش حرارتی سوخت را کاهش و دانسیته و ویسکوزیته را افزایش می دهد که می تواند تاثیر بسزایی در کیفیت احتراق می تواند داشته باشد.
- می توان عنوان کرد افزودن تینر و اتانول به تنهایی باعث افزایش نسبی مصرف سوخت شده اند. این روند به دلیل کاهش ارزش حرارتی نمونه های سوخت حاوی تینر و اتانول نسبت به سوخت بنزین طبیعی می باشد.
- می توان مشاهده کرد افزودن تینر و اتانول، به طور نسبی انتشار مونوکسید کربن را نسبت به سوخت شاهد کاهش داده اند. این روند می تواند به دلیل حضور اکسیژن در محتوای نمونه سوخت های حاوی تینر و اتانول باشد.
- به طور متوسط، انتشار دی اکسیدکربن در نمونه های دارای افزودنی ها به جز GT1E6، GT3E4 و GT3E6 از سوخت شاهد (بنزین) بیشتر است. روند افزایش انتشار دی اکسیدکربن از نمونه سوخت GT5E2 به بعد در بالاترین میزان خود می باشد.
- به طور متوسط انتشار اکسیژن به جز در نمونه سوخت های GT0E2، GT0E4، GT0E6 و GT1E6، در بقیه موارد کمتر از نمونه شاهد می باشد. کم بودن اکسیژن در خروجی هم می تواند دلیلی بر کاهش محتوای اکسیژن در خروجی باشد و هم می تواند مصرف بالای اکسیژن در فرمولاسیون احتراق را نوید دهد که ناشی از احتراق کامل می باشد.
- بالاترین میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن مربوط به نمونه سوخت های GT5E2، GT5E4 و GT5E6 می باشد. همچنین کمترین میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن مربوط به نمونه سوخت های GT1E0، و GT1E6 می باشد. در مواردی که انتشار اکسیدهای نیتروژن بالا می باشد، پیشنهاد می گردد سیستم خنک کاری موتور تقویت شود. یا از مکانیزم های نظیر سیکل های ORC برای جذب هرچه بیشتر انرژی آزاد شده در محفظه احتراق استفاده شود تا پایداری تولید انرژی را افزایش دهد.
- براساس نتایج به دست آمده، می توان مشاهده کرد افزایش درصد افزودنی های تینر و اتانول در نمونه سوخت ها باعث کاهش ارتعاش موتور بنزینی نسبت به نمونه سوخت شاهد شده است.

بر اساس آنچه از بخش های قبلی و همچنین از این قسمت به دست آمد، می توان عنوان کرد افزودنی های تلفیقی می توانند راهگشای خوبی برای مطالعات آینده هم از نقطه نظر عملکرد و آلایندگی و هم از نقطه نظر بررسی دوام موتور باشند. زیرا این نوع افزودنی ها از مزایای چند نوع افزودنی بهره مند شده و معایب سوخت های موجود را کاهش می دهند.پیشنهاد می گردد در مطالعات آینده از نمونه سوخت هایی با درصدهای بالای اختلاط با افزودنی های تینر و اتانول برای بررسی دقیق تر روند انتشارات استفاده شود.

منابع

1. Heywood, J.B., Internal combustion engine fundamentals. 2018: McGraw-Hill Education.
2. Ganesan, V., Internal combustion engines. 2012: McGraw Hill Education (India) Pvt Ltd.
3. Reitz, R.D., et al., IJER editorial: the future of the internal combustion engine. 2020, SAGE Publications Sage UK: London, England. p. 3-10.
4. Klein, S., An explanation for observed compression ratios in internal combustion engines. 1991.
5. Pulkrabek, W.W., Engineering fundamentals of the internal combustion engine. 2004.
6. Guzzella, L. and A. Sciarretta, Vehicle Energy and Fuel Consumption–Basic Concepts, in Vehicle propulsion systems. 2013, Springer. p. 13-46.
7. Guzzella, L. and C. Onder, Introduction to modeling and control of internal combustion engine systems. 2009: Springer Science & Business Media.
8. Watson, N. and M. Janota, Turbocharging the internal combustion engine. 1982: Macmillan International Higher Education.
9. Taylor, C.F., Internal Combustion Engine in Theory and Practice, revised, Volume 2: Combustion, Fuels, Materials, Design. Vol. 2. 1985: MIT press.
10. Stone, R., Introduction to internal combustion engines. Vol. 3. 1999: Springer.
11. Hiereth, H. and P. Prenninger, Charging the internal combustion engine. 2007: Springer Science & Business Media.
12. Srivastava, D.K., et al., Advances in internal combustion engine research. 2018: Springer.
13. Najafi, B., Artificial neural networks used for the prediction of the diesel engine performance and pollution of waste cooking oil biodiesel. Modares Mechanical Engineering, 2011. **11**(4): p. 11-20.
14. Sanni, SE and BA. Oni, The Roles of Hydrogen and Natural Gas as Biofuel Fuel-Additives Towards Attaining Low Carbon Fuel-Systems and High Performing ICEs, in Greener and Scalable E-fuels for Decarbonization of Transport. 2022, Springer. p. 193-219.
15. Amid, S., et al., Effects of waste-derived ethylene glycol diacetate as a novel oxygenated additive on performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with diesel/biodiesel blends. 2020. **203**: p. 112245.
16. Hoseini, S., et al., Performance and emission characteristics of a CI engine using graphene oxide (GO) nano-particles additives in biodiesel-diesel blends. 2020. **145**: p. 458-465.
17. Akbarian, E. and B. Najafi, A novel fuel containing glycerol triacetate additive, biodiesel and diesel blends to improve dual-fuelled diesel engines performance and exhaust emissions. Fuel, 2019. **236**: p. 666-676.
18. Jiaqiang, E., et al., performance and emission evaluation of a marine diesel engine fueled by water biodiesel-diesel emulsion blends with a fuel additive of a cerium oxide nanoparticle. 2018. **169**: p. 194-205.
19. Khalife, E., 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 I–Experimental analysis. 2017. **207**: p. 741-750.

Investigation of the effect of ethanol and thinner as a gasoline fuel additive on performance, pollution, and vibration of a gasoline engine

Gholamhossein Shahgholi[1*]; Sina Faizollahzadeh Ardabili[1*]; Mohammad Ali Keyhandoust[2]; Amir Shayei[2]

[*]1- Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- MSc. graduated, Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Email Address: sina.faiz@uma.ac.ir shahgholi@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Fuel additives are a promising engineering solution to achieve clean combustion with high thermodynamic efficiency. Combustion quality in a variety of internal combustion engines is significantly correlated with the thermophysical properties of the fuel. Accordingly, there is a significant tendency to develop a new formulation of gasoline fuel to increase braking power and reduce fuel consumption of spark ignition engines and reduce their emissions. For this purpose, the present study was dedicated to investigating a gasoline engine's performance changes and emissions by gasoline mixtures and ethanol and thinner additives. Part of this research is an attempt to investigate the effect of fuel samples on engine vibration to achieve a fuel mixture that reduces pollution, increases engine performance, and increases engine life. All tests were performed at constant engine speed and full engine load. After obtaining experimental data, the effects of single additives and their interaction were analyzed using statistical software such as. Based on the results, it can be said that integrated additives can be a good way for future studies in terms of the performance and pollution of gasoline engines. These additives can also be studied in terms of the engine's durability. It is suggested in future studies to use samples of fuels with high percentages of mixing with thinner and ethanol additives for a more detailed study.

Methodology

In this study, gasoline was used as a control fuel, and thinner and ethanol were used as diesel additives (at three levels of 2, 4, and 6%). A homogenizer (Polytron® Switzerland) was used to stabilize the fuel sample at room temperature for 15 minutes.The prepared fuel samples were poured into half-liter bottles and then experimentally tested in a four-stroke single-cylinder ignition engine, model rme1000, with a displacement volume of 98 ccs and a maximum power of W800. In this study, in order to use fuel samples in the rme1000 generator engine and measure the amount of fuel consumed by installing a separate duct behind the carburetor and installing a valve in the fuel transfer path, an attempt was made to control the fuel consumed. In this way, the fuel could be measured from a separate tank by passing through a calibrated glass tube by the method of movement and the primary tank and the built-in valve; we could access the control fuel at any time. A variable resistor of TDGC2-5kVA type and a 1 kW heater were used to load the motor. The number of amps and voltage was measured by measuring the motor power (the product of amperes and direct voltage (DC) shows the amount of power consumed). The pollutant model QRO-401 made by QROTECH company was used to measure the number of pollutants emitted from the engine exhaust.A VIBRO RACK 1000 analyzer system was used to measure the engine's vibration due to combustion, which produces outputs in the form of broken waves. This device works with the help of a computer that is connected by network cables. Sensors were placed to measure the sensors on the motor block to reduce vibration errors and be ready for evaluation in the X, Y, and Z directions when the motor is started. The end parts of the

sensors were threaded and connected to the engine block in rotation.One of the most important parts for measuring vibration is the sensors used in which directions to measure, and also the end of the sensor, which is located in the direction of each of the axes, should be placed somewhere closed or in a firm position to transmit the blows and vibrations to the complete state.

Conclusion

This study was conducted to study the effects of ethanol and thinner additives on performance, greenhouse gas emissions, and fuel consumption of single-cylinder, four-stroke gasoline in which gasoline additives were combined with a research octane number of 88. The research was performed on a single-cylinder gasoline engine. The results were evaluated from the perspective of engine performance, pollution and vibration, and based on the observations, suggestions were made. According to this:Adding thinner and ethanol to the samples of gasoline-containing fuels reduces the calorific value of the fuel and increases the density and viscosity, which can have a significant effect on the quality of combustion.

- It can be said that the addition of thinner and ethanol alone has caused a relative increase in fuel consumption. This trend is due to the decrease in calorific value of fuel samples containing thinner and ethanol compared to natural gasoline fuel.

- It can be seen that the addition of thinner ethanol has relatively reduced carbon monoxide emissions compared to the control fuel. This trend can be due to oxygen in the sample contents of fuels containing thinner and ethanol.

- On average, carbon dioxide emissions in samples with additives other than GT1E6, GT3E4, and GT3E6 are higher than in control fuel (gasoline). The trend of increasing carbon dioxide emissions from the GT5E2 fuel sample onwards is highest.

- On average, oxygen emissions are lower than in the control sample, except in GT0E2, GT0E4, GT0E6, and GT1E6 fuel samples. Low oxygen in the output can be a reason for reducing oxygen content in the output. It can promise high oxygen consumption in the combustion formulation due to complete combustion.

- The highest emissions of nitrogen oxides are related to GT5E2, GT5E4, and GT5E6 fuel samples. Also, the lowest emissions of nitrogen oxides are related to GT1E0 and GT1E6 fuel samples. In cases where the emission of nitrogen oxides is high, it is recommended to strengthen the engine cooling system. Alternatively, use ORC cycles to absorb as much energy as possible released into the combustion chamber to increase energy production stability.

- Based on the results, it can be seen that increasing the percentage of thinner and ethanol additives in the fuel sample has reduced the vibration of the gasoline engine compared to the control fuel sample.Based on what has been obtained from previous sections and this section, it can be said that integrated additives can be a good way forward for future studies both in terms of performance and pollution and in terms of examining engine durability because these types of additives benefit from several types of additives and reduce the disadvantages of existing fuels. It is suggested in future studies to use samples of fuels with high percentages of mixing with thinner and ethanol additives for a more detailed study.

Keywords

The internal combustion engine; gasoline; ethanol; thinner; engine emissions