

بررسی عملکرد و آلاینده‌های یک موتور اشتعال جرقه‌ای با استفاده از سوخت جی -

سریز

پگاه نعمتی‌زاده^۱، برات قبادیان^{۲*}، فتح‌اله امی^۳، غلامحسین نجفی^۴

دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، تهران، ایران

(* نویسنده مخاطب: ghobadib@modares.ac.ir)

چکیده

در تحقیق حاضر، عملکرد و آلاینده‌های موتور اشتعال جرقه‌ای XU7JP/L3 با استفاده از مخلوط سوخت‌های بنزین و اتانول (E20) و همچنین سوخت‌های جی-سریز (مخلوط سوخت‌های بنزین، اتانول، بیودیزل و دیزل)، GS1 و GS2، آزمایش و ارزیابی شده است. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که با استفاده از مخلوط سوخت‌های فسیلی و بیوفیول، توان و گشتاور موتور XU7JP/L3 به ترتیب ۶/۵٪ و ۱/۲٪ کاهش می‌یابد. مصرف سوخت و مصرف سوخت ویژه موتور نیز به ترتیب به میزان ۳۶٪ و ۵۱٪ افزایش می‌یابد. همچنین انتشار آلاینده‌های UHC و CO و دمای گاز خروجی به ترتیب ۸، ۴۷ و ۵/۵ درصد کاهش یافته، در حالی که میزان آلاینده‌ی CO₂ به مقدار ۹/۵٪ افزایش می‌یابد. سرانجام، مخلوط‌های E20 (۲۰٪ حجمی اتانول و ۸۰٪ حجمی بنزین) و GS1 (۱۰٪ اتانول، ۲/۵٪ بیودیزل، ۲/۵٪ دیزل و ۸۵٪ بنزین) برای استفاده در موتور XU7JP/L3 توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: موتور اشتعال جرقه‌ای - عملکرد - آلاینده - سوخت فسیلی - بیوفیول - جی - سریز.

۱- مقدمه

امروزه یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های سطح توسعه‌ی هر کشور، مصرف انرژی است. انرژی، ورودی اصلی در زمینه‌های صنعت و فناوری است. با توجه به افزایش نیاز به انرژی در کشورها که نتیجه‌ی توسعه‌ی فناوری است، استفاده از سوخت‌های فسیلی نیز افزایش یافته است و به‌طور طبیعی مشکلات زیست محیطی بیشتر شده است. با استفاده‌ی گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان بر این مشکلات غلبه کرد. مهم‌ترین منابع تولید انرژی در موتورهای و ماشین‌های حرارتی، سوخت‌های فسیلی می‌باشند. تولید گازهای نظیر NO_x، SO₂ و CO₂ ناشی از سوختن سوخت‌های فسیلی یکی از عوامل اصلی آلودگی جو زمین است. به همین دلیل تحقیقات بسیار وسیعی برای یافتن سوخت‌های جایگزین مناسب و انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان انجام گرفته یا در حال انجام است. سوخت‌های زیستی در صورت استفاده می‌توانند فواید فراوانی نظیر پایداری و فناپذیری، کاهش پدیده گازهای گلخانه‌ای، توسعه منطقه‌ای، پایداری ساختار اجتماعی و کشاورزی و امنیت تأمین مواد اولیه را موجب گردند [۱]. همچنین این نوع سوخت‌ها از جنبه‌های تجزیه‌پذیری، جایگزینی سریع مواد اولیه و سازگاری زیست محیطی از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشند. عمده‌ترین مزیت این سوخت‌ها در مقایسه با سوخت‌های مرسوم، بالا بودن عدد ستان،

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشیار، دانشگاه تربیت مدرس

۴- استادیار، دانشگاه تربیت مدرس

قابلیت آن‌ها در کاهش آلودگی‌ها به واسطه‌ی عدم وجود سولفور و وجود اکسیژن و عدم نیاز به تغییر زیاد در ساختار موتورهایی است که از این سوخت‌ها استفاده می‌کنند [۲، ۳، ۴، ۵]. بنابراین، مهم‌ترین دلایل انتخاب این سوخت‌ها، تجدیدپذیری و زیست‌دوستی آن‌ها می‌باشد. عمده‌ترین مصرف سوخت‌های فسیلی در موتورهای درونسوز می‌باشد. انواع موتورهای اشتعال جرقه‌ای که با بنزین کار می‌کنند، از این سوخت‌ها مصرف می‌کنند. در همین حال، خودروهای مجهز به این موتورها یکی از عوامل مهم ایجادکننده‌ی آلودگی نیز به شمار می‌آیند. آلودگی ناشی از خودروها در تعداد زیادی از مراکز شهری سراسر دنیا به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع مسمومیت هوا در اتمسفر شناخته شده است [۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲]. از آنجا که بر اساس تحقیقات انجام شده استفاده از سوخت‌های زیستی در این موتورها می‌تواند نقش اساسی در جهت کاهش مصرف سوخت فسیلی و در نتیجه کاهش آلودگی ایفا کند، لذا در تحقیق حاضر در نظر است تا با استفاده از مخلوط سوخت‌های فسیلی و سوخت‌های زیستی عملکرد و آلاینده‌های یک موتور اشتعال جرقه‌ای مورد بررسی قرار گیرد. سوخت جی - سریز به عنوان مخلوطی از سوخت‌های فسیلی و بیوفیول مایع در موتور 405GLX-XU7JP/L3 در آزمایشگاه موتور و پیشران‌ش گروه هوافضای دانشگاه تربیت مدرس مورد استفاده قرار گرفته و اثر آن بر عملکرد و آلاینده‌های این موتور مورد بررسی قرار گرفته است.

تاکنون برای کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی و از جمله آلاینده‌های اگزوز موتور روش‌های متعددی مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از مهم‌ترین این روش‌ها، افزودن عناصر اکسیژن‌دار به سوخت‌های فسیلی می‌باشد. از میان عناصری که به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند، انواع الکل، بیودیزل و اتر از توانایی بالایی در کاهش آلاینده‌های اگزوز برخوردار هستند. در رابطه با موتورهای اشتعال جرقه‌ای، این کار از طریق مخلوط کردن الکل با بنزین انجام می‌شود. کاربرد مخلوط سوخت‌های اتانول و بنزین در موتورهای اشتعال جرقه‌ای توسط محققان زیادی بررسی شده است. اتانول برای مخلوط شدن با بنزین و احتراق در موتور باید دارای درجه خلوص بالاتر از ۹۵٪ باشد [۱۳].

در مطالعاتی، تأثیر نسبت تراکم بر عملکرد یک موتور اشتعال جرقه‌ای با استفاده از مخلوط ۷۸٪ حجمی بنزین و ۲۲٪ حجمی اتانول (E22) و اتانول آبدار (E100) بررسی شد. نتایج نشان دادند که در نسبت تراکم‌های بالاتر، عملکرد موتور برای هر دو سوخت نسبت به بنزین بهبود می‌یابد [۱۴]. در تحقیقی دیگر، اثر مخلوط سوخت‌های اتانول - بنزین (E5 و E10) و متانول - بنزین (M5 و M10) بر روی عملکرد و خصوصیات احتراق یک موتور اشتعال جرقه‌ای بررسی و با سوخت بنزین خالص مقایسه شد. نتایج تحقیق نشان داد که با استفاده از مخلوط سوخت‌ها، مصرف سوخت ویژه‌ی ترمزی افزایش یافته و سرعت آزادسازی حرارت بیشینه، از بنزین کمتر بود [۱۵]. همچنین در تحقیق دیگری، اثر اتانول آبدار (۶/۸٪ آب) و مخلوط بنزین - اتانول (E22) بر عملکرد و آلاینده‌های یک موتور درونسوز بررسی و با هم مقایسه شد. نتایج تحقیق نشان داد که گشتاور، فشار مؤثر متوسط ترمزی، توان، راندمان حرارتی و مصرف سوخت ویژه در سرعت‌های بالای موتور با استفاده از اتانول آبدار بیشتر از مخلوط بنزین - اتانول بود. همچنین با استفاده از اتانول آبدار، CO و HC کاهش و CO₂ و NO_x افزایش یافتند [۱۶]. در تحقیقی، اثر بنزین بدون سرب و مخلوط‌های اتانول و بنزین بدون سرب (E50 و E85) بر عملکرد و خروجی‌های اگزوز یک موتور اشتعال جرقه‌ای بررسی شد. نتایج تحقیق حاکی از این بود که افزودن اتانول به بنزین بدون سرب باعث افزایش گشتاور، توان و مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌ها (CO₂، CO و NO_x) می‌شود [۱۷].

همان‌گونه که بررسی سابقه‌ی موضوع نشان می‌دهد، تاکنون تنها از مخلوط ۲ و یا حداکثر ۳ مخلوط سوخت برای آزمایش در موتورهای اشتعال جرقه‌ای استفاده شده است و پیرامون مخلوط دو سوخت فسیلی (بنزین و دیزل) و دو سوخت بیوفیول (بیواتانول و بیودیزل) و استفاده از آن مخلوط‌ها اطلاعات دقیقی در دست نیست. سوخت جی - سریز با هدف بررسی امکان‌سنجی اختلاط سوخت‌های فسیلی و بیوفیول جهت بهبود عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی سوخت، در این تحقیق مورد آزمایش قرار گرفت. از این رو، در این بخش سوخت پایه، بنزین در نظر گرفته شد و سوخت‌های اتانول، بیودیزل و دیزل به عنوان افزودنی با درصدهای حجمی مختلف با آن مخلوط شدند. پس از تهیه‌ی مخلوط سوخت‌ها، برخی از خواص مهم آن‌ها

اندازه‌گیری شده و نتایج آن با استاندارد بنزین مطابقت داده شد. سپس عملکرد و آلاینده‌های موتور XU7JP/L3 که یک موتور پر کاربرد در بخش حمل و نقل ایران است، با استفاده از این مخلوط سوخت‌ها مورد بررسی قرار گرفت و با نتایج سوخت بنزین مقایسه شد.

۲- مواد و روش‌ها

سوخت جی- سریز مخلوطی از سوخت بنزین خالص (فاقد هر گونه افزودنی)، اتانول، بیودیزل و دیزل است. برای مقایسه عملکرد این سوخت در موتور اشتعال جرقه‌ای، از سوخت بنزین معمولی رایج در ایران و مخلوط بنزین خالص و ۲۰٪ حجمی اتانول (E20) به عنوان سوخت شاهد استفاده شد. بنزین خالص از پالایشگاه تهیه شد و بنزین معمولی و سوخت دیزل از جایگاه بنزین تهیه شدند. اتانول نیز از شرکت بیدستان قزوین و با درجه خلوص ۹۹/۶ تهیه گردید.

مخلوط‌های سوختی در این آزمایش با توجه به این که بنزین سوخت پایه بود، طبق موارد زیر انتخاب شدند:

- طبق نتایج تحقیقات انجام شده در راستای استفاده از اتانول در موتور بنزینی، اختلاط اتانول با بنزین تا ۲۰٪ حجمی مشکلی در موتور ایجاد نمی‌کند و نیازی به تغییر در ساختمان موتور نیست [۱۶، ۱۸، ۱۹].

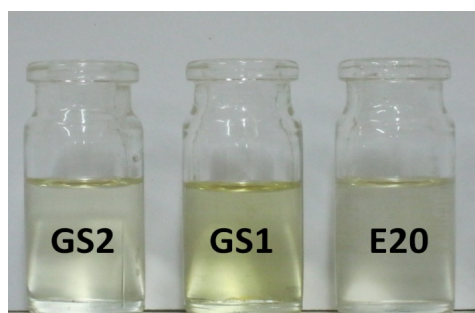
- همین‌طور در مورد بیودیزل که اختلاط آن با دیزل تا ۲۰٪ حجمی نیازی به تغییر در موتور ایجاد نمی‌کند و اثر منفی بر عملکرد موتور ندارد [۶، ۲۰، ۲۱].

پس از بررسی خواص بنزین، دیزل، اتانول و همچنین بیودیزل تولید شده از روغن پسماند و انطباق آن‌ها با استانداردهای بین‌المللی و اطمینان از کیفیت بالای آن‌ها، مخلوط‌های سوخت بنزین با اتانول، بیودیزل و دیزل با نسبت‌های ارائه شده در جدول (۱) تهیه گردیدند. در این جدول اسامی و مقادیر سوخت‌های آزمایش شده به صورت درصد حجمی آورده شده‌اند.

جدول ۱: درصد حجمی سوخت‌های تحت آزمایش.

سوخت	اتانول	بیودیزل	دیزل	بنزین	
G100	-	-	-	۱۰۰	۱
GS1	۱۰	۲/۵	۲/۵	۸۵	۲
GS2	۱۸/۱	۴/۳۱	۴/۳۱	۷۳/۲۸	۳
E20	۲۰	-	-	۸۰	۴

برای بررسی برخی ویژگی‌های سوخت جی- سریز، درصد‌های مختلفی از سوخت‌های بنزین، اتانول، بیودیزل و دیزل مخلوط گردیدند و ویژگی‌های مهم آن‌ها اندازه‌گیری شد. در حالی که برای آزمایش این سوخت در موتور محدودیت زمان و امکانات وجود داشت. بنابراین، مخلوط GS1 با ۱۰٪ حجمی اتانول و مخلوط GS2 با ۱۸/۱ درصد حجمی اتانول برای آزمایش انتخاب شدند. معیار انتخاب این دو مخلوط، درصد بالای اتانول و بنزین و درصد پایین بیودیزل بود (شکل ۱).



شکل ۱: سوخت‌های تحت آزمایش.

برای استفاده از سوخت جی-سریز در موتور XU7JP/L3، برخی از ویژگی‌های آن با توجه به اهمیت آن‌ها و نیز با توجه به امکانات موجود در آزمایشگاه بیودیزل مرکز تحقیقات بیوانرژی دانشگاه تربیت مدرس از جمله، چگالی، ویسکوزیته دینامیک، ویسکوزیته سینماتیک، باقی‌مانده آب و رسوبات و نقطه اشتعال اندازه‌گیری شدند (جدول ۲).

جدول ۲: خواص سوخت‌های تحت آزمایش.

سوخت	چگالی (g/cm ³)	ویسکوزیته دینامیک (MPa.s)	ویسکوزیته سینماتیک (mm ² /s)	باقی‌مانده آب و رسوبات (%)	نقطه اشتعال (°C)
۱ دیزل	۰/۸۲۱۶	۲/۵۶۰۵	۳/۱۱۶۷	۰/۰۶	۷۵
۲ بیودیزل	۰/۸۶۲۱	۳/۸۴۴۵	۴/۴۵۹۶	۰/۱۹	۱۵۸
۳ بنزین	۰/۷۲۲۱	۰/۳۲۱۳	۰/۴۴۴۹	۰/۱۷	-
۴ اتانول	۰/۷۷۴۸	۰/۸۶۷۵	۱/۱۱۹۶	۳/۲۵	-
۵ E20	۰/۷۴۴۳	۰/۴۴۰۱	۰/۵۹۱۳	-	-
۶ GS1	۰/۷۳۹۳	۰/۳۶۹۹	۰/۵۰۰۳	-	-
۷ GS2	۰/۷۴۷۸	۰/۴۴۳۸	۰/۵۹۳۵	-	-

این تحقیق بر روی موتور XU7JP/L3 که در آزمایشگاه موتور و پیشران‌ش گروه هوا فضای دانشگاه تربیت مدرس موجود است، انجام گرفت. این موتور در ایران به‌طور معمول بر روی اتومبیل‌های پژو 405GLX نصب شده و در داخل کشور به‌راحتی قابل تولید است. **Error! Reference source not found.** مشخصات موتور تحت آزمایش در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳: مشخصات موتور XU7JP/L3

مدل	LFZ
کارخانه سازنده	ایران خودرو
تعداد سیلندر	۴
قطر «کورس سیلندر	۸۱/۴×۸۳ mm
حجم موتور	۱۷۶۱ cm ³
نسبت تراکم	۹/۲۵ : ۱
تعداد سوپاپ	۸
بیشینه توان در ۶۰۰۰ rpm	۱۰۰ hp (۷۴/۵۷ kW)
بیشینه گشتاور در ۳۵۰۰ rpm	۱۵۳ N.m

سامانه‌ی اندازه‌گیری شامل دینامومتر، سامانه‌ی کنترل خودکار دور موتور، مخزن سوخت و سامانه‌ی سوخت‌رسانی، حسگرهای مختلف، رک و رایانه بود (شکل ۲). **Error! Reference source not found.**



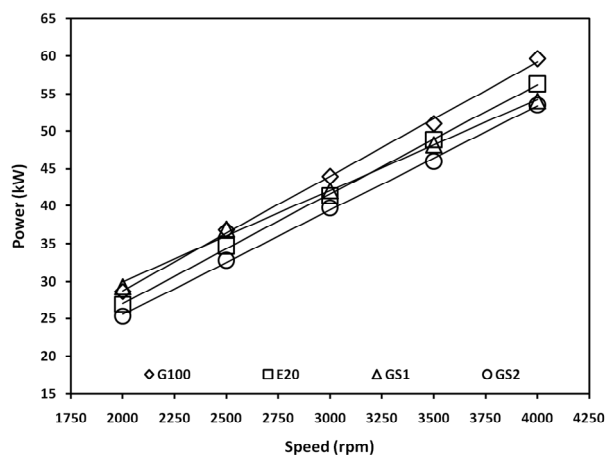
شکل ۲: نمایی از سامانه‌ی اندازه‌گیری.

برای اندازه‌گیری توان و گشتاور موتور با استفاده از سوخت بنزین، مخلوط سوخت‌های بنزین و اتانول (E20) و سوخت‌های جی-سریز، از دینامومتر جریان گردابی ساخته شده توسط شرکت مهندسی مبتکران پارس اندیش (MPA) استفاده شد.

برای سنجش آلایندگی خروجی از موتور XU7JP/L3 با استفاده از سوخت بنزین، E20 و سوخت‌های جی-سریز، از دستگاه آلایندگی استفاده شد. مشخصات این دستگاه در جدول (۴) ارائه شده است. برای هر یک از مخلوط‌های سوخت، دور میل‌لنگ در پنج حالت مختلف ۲۵۰۰، ۳۰۰۰، ۳۵۰۰، ۴۰۰۰ و ۲۰۰۰ rpm، در حالت دریچه‌ی بطور کامل باز (شرایط تمام بار) به صورت خودکار و به وسیله‌ی نرم‌افزار دینامومتر به موتور اعمال شد. بار اعمال شده به مدت ۵ دقیقه در حالت کار قرار گرفت تا دور موتور به حالت پایدار برسد.

۳- نتایج و بحث

با استفاده از داده‌های آزمایش توان، گشتاور، مصرف سوخت و مصرف سوخت ویژه، نمودارهای مربوطه به کمک نرم‌افزار Excel رسم شده‌اند. شکل (۳) تغییرات توان، گشتاور، مصرف سوخت و مصرف سوخت ویژه‌ی موتور تحت آزمایش نسبت به دور آن با مخلوط‌های مختلف سوخت را نشان می‌دهد.

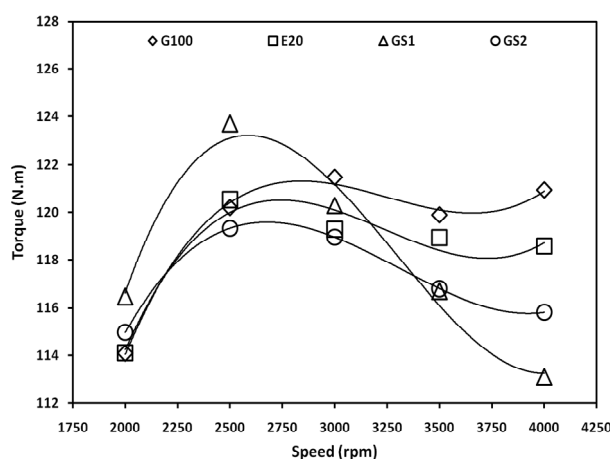


شکل ۳: تغییرات توان مخلوط‌های سوخت نسبت به دور موتور.

از نمودارهای مربوط به تغییرات توان نسبت به دور موتور مشاهده می‌شود که توان موتور با استفاده از تمام مخلوط‌های سوخت با افزایش دور، افزایش می‌یابد. منحنی بنزین در بالاترین سطح توان و GS2 در پایین‌ترین سطح قرار گرفته است. کاهش توان با استفاده از مخلوط سوخت‌های بنزین و اتانول در برخی از منابع نیز ذکر شده است [۲۲]. اما در بیشتر منابع افزایش توان با استفاده از مخلوط سوخت بنزین و اتانول گزارش شده است [۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۳، ۲۴]. گرچه تاکنون سوخت‌های جدید جی-سریز در هیچ موتوری آزمایش نشده و نتایج به‌دست آمده به‌طور کامل جدید می‌باشند.

کاهش توان با استفاده از E20 می‌تواند به دلیل ارزش پایین حرارتی اتانول باشد [۲۵، ۲۶]. اما در مورد دو سوخت جی-سریز، GS1 و GS2، عوامل مختلفی دخیل می‌باشند. این سوخت‌ها مخلوطی از سوخت‌های بنزین بدون افزودنی، اتانول، بیودیزل و دیزل می‌باشند. در شرایط تنظیم شده یک موتور، کیفیت احتراق بستگی به ترکیب سوخت دارد و معیار تعیین‌کننده کیفیت احتراق نیز عدد اکتان است. بنابراین مهم‌ترین عامل مؤثر بر عملکرد موتور با استفاده از سوخت جی-سریز عدد اکتان آن است. سوخت اتانول عدد اکتان بالایی دارد ولی در مقابل، سوخت‌های بیودیزل و دیزل دارای عدد اکتان بسیار پایینی هستند. از این‌رو، عدد اکتان سوخت جی-سریز پایین‌تر از بنزین است و در نتیجه توان موتور با استفاده از این سوخت‌ها (GS1 و GS2) کاهش خواهد داشت.

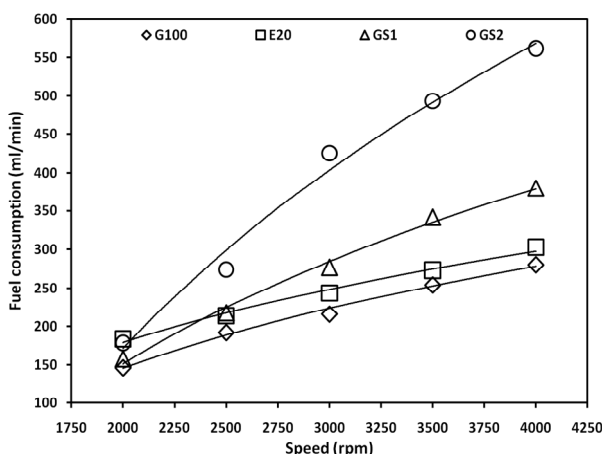
تغییرات گشتاور برای مخلوط‌های سوخت نسبت به دور موتور در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل ۴: تغییرات گشتاور مخلوط‌های سوخت نسبت به دور موتور.

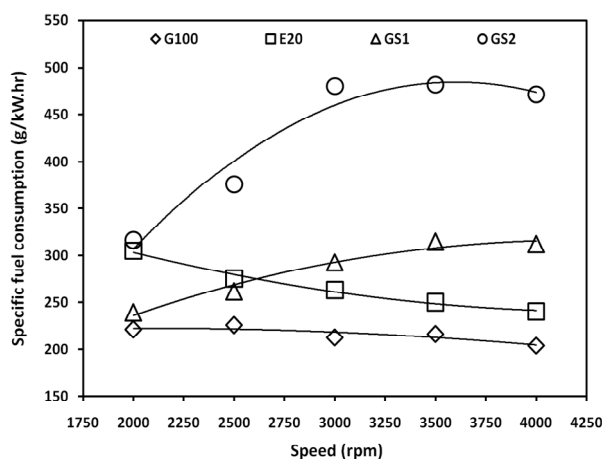
همان‌طور که از شکل (۴) قابل مشاهده است، گشتاور بیشینه موتور XU7JP/L3 با استفاده از بنزین خالص در دور ۳۰۰۰ rpm رخ داده است، اما با استفاده از سایر مخلوط‌ها، گشتاور در دور ۲۵۰۰ rpm بیشینه شده است. پایین بودن عدد اکتان مخلوط‌ها باعث افزایش تأخیر در اشتعال شده و در نتیجه بازدهی موتور پایین می‌آید. علاوه بر این در دورهای بالا زمان تنفس کمتر بوده و در نتیجه سیلندر 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.

از شکل (۵) ملاحظه می‌شود، با افزایش دور موتور، میزان مصرف سوخت تمام مخلوط‌ها افزایش می‌یابد. میزان مصرف سوخت با استفاده از مخلوط‌های سوخت نسبت به بنزین افزایش یافته است. مصرف سوخت مخلوط‌های GS1 و GS2 در دورهای بالا افزایش زیادی داشته است. ارزش حرارتی این مخلوط‌ها بسیار کمتر از بنزین و E20 است. بنابراین در دورهای بالا، برای تولید توان بیشتر سوخت بیشتری نیز مصرف می‌شود.



شکل ۵: تغییرات مصرف سوخت مخلوط‌های سوخت نسبت به دور موتور.

منحنی تغییرات مصرف سوخت ویژه مخلوط‌های سوخت نسبت به دور موتور در شکل (۶) نشان داده شده است. اندازه‌ی مصرف سوخت ویژه بستگی به نوع سوخت (چگالی سوخت)، نرخ مصرف سوخت و توان تولیدی در سر چرخ‌لنگر دارد.



شکل ۶: تغییرات مصرف سوخت ویژه مخلوط‌های سوخت نسبت به دور موتور.

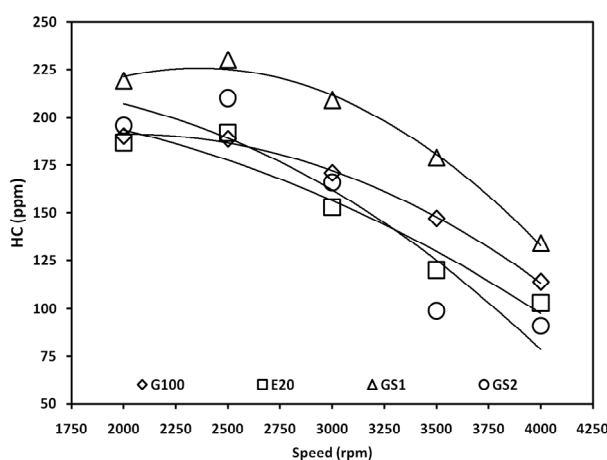
همان‌گونه که از شکل (۶) قابل مشاهده است، بنزین کمترین میزان مصرف سوخت ویژه و GS2 بیشترین مقدار را دارا می‌باشد. همچنین مصرف سوخت ویژه برای بنزین و E20 با افزایش دور و کاهش بار روندی نزولی دارد زیرا با افزایش دور، توان و مصرف سوخت افزایش می‌یابند اما، شیب منحنی افزایش توان بیشتر است و در نتیجه مصرف سوخت ویژه کاهش می‌یابد. این در حالی است که مصرف سوخت ویژه‌ی مخلوط‌های GS1 و GS2 در دورهای بالا روند افزایشی دارد. زیرا در این دورها میزان مصرف سوخت این مخلوط‌ها نسبت به افزایش توان آن‌ها، به شدت افزایش داشته است.

با استفاده از داده‌های آزمایش آلاینده‌ها (HC، CO₂ و CO) و دمای گاز خروجی اگزوز، نمودارهای مربوطه به کمک نرم‌افزار Excel رسم شده‌اند. از آنجا که اتانول و بیودیزل سوخت‌هایی اکسیژن‌دار می‌باشند، به بهبود فرآیند احتراق کمک می‌کنند. همچنین عدد اکتان بزرگتر اتانول نسبت به بنزین باعث افزایش زمان تأخیر در اشتعال شده و موجب می‌شود که احتراق کامل‌تری صورت بگیرد [۲۷]. از طرف دیگر، عدد اکتان سوخت‌های دیزل و بیودیزل پایین است و در ترکیب با بنزین و اتانول باعث کاهش عدد اکتان آن‌ها می‌شوند. لذا کیفیت احتراق را تحت تأثیر قرار می‌دهند. نظر به این که مخلوط GS1 دارای

حجم بیشتری بنزین و حجم کمتری بیودیزل و دیزل است، در مقایسه با مخلوط GS2 عدد اکتان بیشتر و محتوای اکسیژن کمتری دارد.

تغییرات هیدروکربن‌های خروجی اگزوز بر اساس ppm نسبت به دور موتور، در شکل (۷) نشان داده شده است. آلایندگی‌های هیدروکربن در اثر احتراق ناقص درون محفظه‌ی احتراق موتور، به وجود می‌آیند. بنابراین عوامل مؤثر بر کیفیت احتراق بر میزان این آلایندگی اثر مستقیم دارند.

همان‌گونه که از شکل (۷) ملاحظه می‌گردد، میزان هیدروکربن مخلوط‌های E20 و GS2 در تمام دورها نسبت به سوخت بنزین خالص کاهش یافته است. همچنین برای هر مخلوط سوخت با افزایش دور و کاهش بار، مقدار هیدروکربن کاهش می‌یابد زیرا در دورهای بالاتر مخلوط سوخت ورودی به محفظه‌ی احتراق رقیق‌تر بوده (نسبت سوخت- هوا کمتر از نسبت استوکیومتری)، در نتیجه حضور اکسیژن پر رنگ شده و احتراق کامل‌تری صورت می‌گیرد.

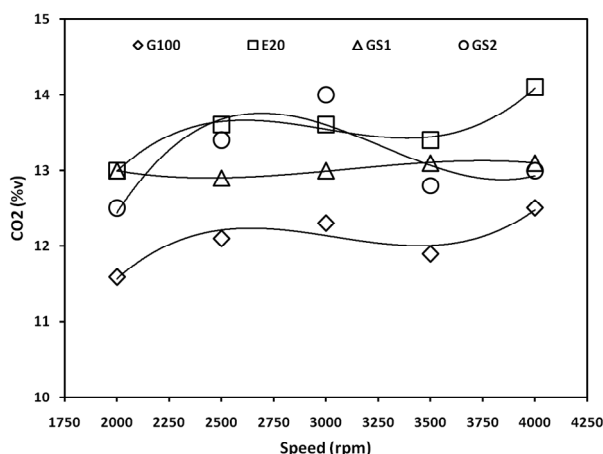


شکل ۷: تغییرات هیدروکربن مخلوط‌های سوخت نسبت به دور موتور.

در موارد زیادی محققان مختلف کاهش میزان هیدروکربن‌ها را با استفاده از مخلوط‌های سوخت بنزین و اتانول ذکر کرده‌اند [۱۸، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵].

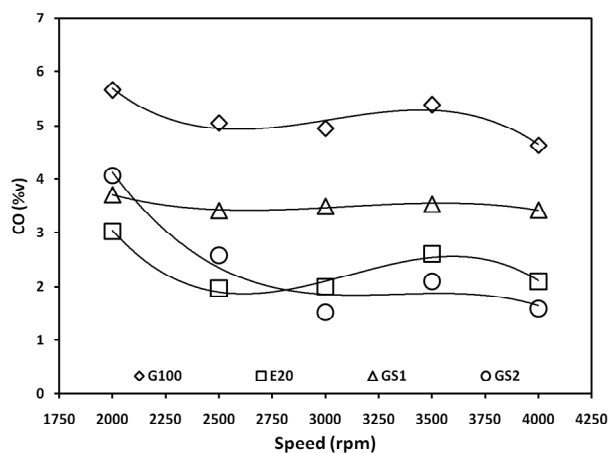
منحنی تغییرات دی‌اکسید کربن مخلوط‌های سوخت E20، GS1 و GS2 نسبت به دور موتور در شکل (۸) نشان داده شده است. میزان CO_2 بر اساس درصد حجمی (۷٪) اندازه‌گیری گردید. آلایندگی CO_2 یکی از فرآورده‌های احتراق موتورهای درونسوز است. در صورتی که فرآیند احتراق کامل انجام شود، مقدار بیشتری CO به CO_2 تبدیل می‌شود. حضور اکسیژن در محفظه‌ی احتراق موتور نیز همین اثر را بر میزان آلایندگی CO_2 می‌گذارد.

با توجه به شکل (۸)، میزان CO_2 با استفاده از مخلوط‌های E20، GS1 و GS2 افزایش یافته است و این به دلیل وجود اتم اکسیژن در ترکیبات این مخلوط‌ها است.



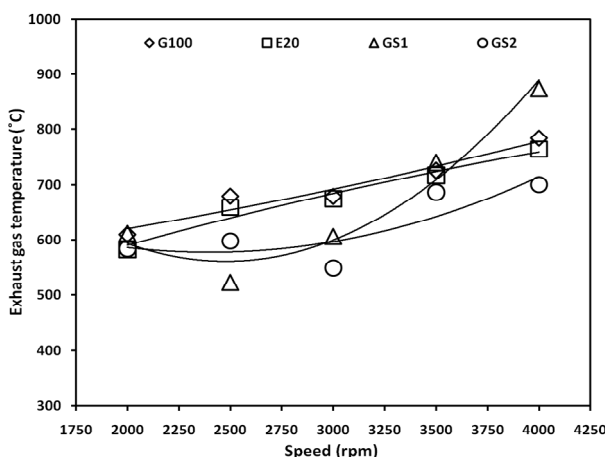
شکل ۸: تغییرات دی اکسید کربن مخلوط‌های سوخت نسبت به دور موتور.

افزایش میزان CO_2 با استفاده از مخلوط‌های E20، GS1 و GS2 بدین معنی است که حجم بیشتری از گاز CO به CO_2 تبدیل شده است (شکل ۹). استفاده از سوخت‌های اکسیژن دار در ترکیب با سوخت‌های فسیلی باعث افزایش CO_2 و کاهش CO می‌شود، زیرا اکسیژن کیفیت احتراق را بهبود می‌بخشد [۱۸، ۱۹، ۲۳، ۲۴، ۲۵]. گرچه در برخی منابع کاهش CO_2 به علت کاهش دمای احتراق ذکر شده است [۱۴، ۱۷، ۲۱].



شکل ۹: تغییرات مونوکسید کربن مخلوط‌های سوخت نسبت به دور موتور.

اتانول دارای گرمای نهان تبخیر بالایی می‌باشد که باعث کاهش دمای منیفلد هوا و در نتیجه کاهش دمای احتراق می‌شود. بنابراین دمای گاز خروجی اگزوز با استفاده از مخلوط‌های سوخت حاوی اتانول، کاهش می‌یابد [۲۷]. دمای گاز خروجی اگزوز با استفاده از بنزین و مخلوط‌های E20، GS1 و GS2 به وسیله‌ی یک حسگر دما اندازه‌گیری شد که در مسیر خروج دود از انباره تعبیه شده بود. منحنی تغییرات دما بر اساس درجه سلسیوس برای هر یک از سوخت‌ها نسبت به دور موتور در شکل (۱۰) نشان داده شده است.



شکل ۱۰: تغییرات دمای گاز خروجی اگرز برای مخلوط‌های سوخت نسبت به دور موتور.

از شکل (۱۰) مشاهده می‌شود که دمای گاز خروجی با استفاده از مخلوط‌های سوخت نسبت به بنزین کاهش یافته است. همچنین با افزایش دور موتور، دمای گاز خروجی روندی صعودی دارد.

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با مقایسه‌ی متغیرهای عملکردی موتور و نشر آلاینده‌ها در مخلوط‌های مختلف سوخت‌های فسیلی و بیوفیول، می‌توان نتیجه گرفت که:

- ۱- توان موتور کاهش می‌یابد. موتور با استفاده از مخلوط GS2 با ۱۰/۵٪ کاهش، کمترین توان را دارد.
- ۲- گشتاور موتور نیز با استفاده از این مخلوط‌ها به میزان ناچیزی (حدود ۱/۷۷ - ۰/۸۶ درصد) کاهش می‌یابد.
- ۳- مصرف سوخت و مصرف سوخت ویژه برای تمام مخلوط‌ها به‌ویژه مخلوط GS2، افزایش می‌یابد. مخلوط GS2 به ترتیب ۷۱/۲۵٪ و ۹۷/۸۷٪ در مصرف سوخت و مصرف سوخت ویژه‌ی موتور XU7JP/L3 افزایش ایجاد می‌کند.
- ۴- انتشار آلاینده‌ی UHC با استفاده از مخلوط GS1 به اندازه‌ی ۱۹/۶۵٪ افزایش می‌یابد. اما انتشار این آلاینده با استفاده از مخلوط‌های دیگر کاهش می‌یابد.
- ۵- میزان نشر CO₂ با استفاده از مخلوط‌های E20، GS1 و GS2 به ترتیب ۱۲/۰۹٪، ۷/۸۵٪ و ۸/۷۸٪ افزایش می‌یابد.
- ۶- نشر CO و دمای گاز خروجی کاهش می‌یابد.
- ۷- با در نظر گرفتن تمام متغیرهای عملکردی و آلاینده‌ها، مخلوط E20 و GS1 برای استفاده در موتور XU7JP/L3 توصیه می‌شود.

مراجع

- 1- Scragg, A.H., Morrison, J.W., and Shales, S., *The use of a fuel containing Chlorella vulgaris in a diesel engine*. Faculty of Applied Sciences, Centre for Research in Environmental Systems, Pollution and Remediation, University of the West of England, Frenchay, Bristol BS16 1QY, U., 2003.
- 2- Dorado, M.P., Ballesteros, E., Arnal, J.M., and Lopez, F.J., "Exhaust Emissions from a Diesel Engine Fueled with Transesterified Waste Olive Oil", *Fuel*, vol. 82, pp. 1311-1315, 2003.

- 3- Nurun Nabi, Md., Shamim Akhter, Md., and Zaglul Shahadat, M.Md., "Improvement of Engine Emissions with Conventional Diesel Fuel and Diesel-Biodiesel Blends", Biosource Technology, vol. 97, pp. 372-378, 2006.
- 4- Zhu, L., Zhang, W., Liu, W., and Huang, Z., "Experimental study on particulate and NO_x emissions of a diesel engine fueled with ultra low sulfur diesel, RME-diesel blends and PME-diesel blends", Science of the Total Environment, vol. 408, pp. 1050-105, 2010.
- 5- Tormos, B., Novella, R., Garcí'a, A., and Gargar, K., "Comprehensive study of biodiesel fuel for HSDI engines in conventional and low temperature combustion conditions", Renewable Energy, vol. 35, pp. 368-378, 2010.
- 6- Turrio-Baldassarri, L., Battistelli, C.L., Conti, L., Crebelli, R., De Berardis, B., Iamiceli, A.L., Gambino, M., and Innaccone, S., "Emission Comparison of Urban Bus Engine Fueled with Diesel Oil and 'Biodiesel' Blend", Science of the Total Environment, vol. 327, pp. 147-162, 2004.
- 7- De Andrade, J.B., Pinheiro, H.L.C., and Andrade, M.V., "Determination of formaldehyde and acetaldehyde associated to atmospheric aerosols by HPLC", Environmental Analytical Chemistry, vol. 52, pp. 49-56, 1993.
- 8- De Andrade, J.B., Pinheiro, H.L.C., and Andrade, M.V., "The formaldehyde and acetaldehyde content of atmospheric aerosol", Brazilian Chemical Society, vol. 6, pp. 287-290, 1995.
- 9- De Andrade, J.B., Andrade, M.V., and Pinheiro, H.L.C., "Atmospheric levels of formaldehyde and acetaldehyde and their relationship with the vehicular fleet composition in Salvador, Bahia, Brazil", Brazilian Chemical Society, vol. 9, pp. 219-223, 1998.
- 10- Correa, S.M., and Arbilla, G., "Aromatic hydrocarbons emissions in diesel and biodiesel exhaust", Atmospheric Environment, vol. 40, pp. 6821-682, 2006.
- 11- Azimi, S., Rocher, V., Muller, M., Moilleron, R., and Thevenot, D.R., "Sources, distribution and variability of hydrocarbons and metals in atmospheric deposition in an urban area (Paris, France)", Science of the Total Environment, vol. 337, pp. 223-239, 2005.
- 12- Manoli, E., Voutsas, D., and Samara, C., "Chemical characterization and source identification/apportionment of fine and coarse air particles in Thessaloniki, Greece", Atmospheric Environment, vol. 36, pp. 949-961, 2002.
- 13- Chen, R.H., Chiang, L.B., Wu, M.H., and Lin, T.H., "Gasoline displacement and NO_x reduction in an SI engine by aqueous alcohol injection". Fuel, vol. 89, pp. 604-610, 2010.
- 14- Costa, R.C., and Sodre, J.R., "Compression ratio effects on an ethanol/gasoline fuelled engine performance", Applied Thermal Engineering, vol. 31, pp. 278-283, 2011.
- 15- Eyidogan, M., Ozsezen, A.N., Canakci, M., and Turkcan, A., "Impact of alcohol-gasoline fuel blends on the performance and combustion characteristics of an SI engine", Fuel, vol. 89, pp. 2713-2720, 2010.
- 16- Costa, R.C., and Sodre, J.R., "Hydrous ethanol vs. gasoline-ethanol blend: Engine performance and emissions". Fuel, vol. 89, pp. 287-293, 2010.
- 17- Koc, M., Sekmen, Y., Topgul, T., and Yucesu, H.S., "The effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine". Renewable Energy, vol. 34, pp. 2101-2106, 2009.
- 18- Najafi, G., Ghobadian, B., Tavakoli, T., Buttsworth, D.R., Yusaf, T.F., and Faizollahnejad, M., "Performance and exhaust emissions of a gasoline engine with ethanol blended gasoline fuels using artificial neural network". Applied Energy, Vol. 86, pp. 630-639, 2009.
- 19- Yao, Y.C., Tsai, J.H., and Chiang, H.L., "Effects of ethanol-blended gasoline on air pollutant emissions from motorcycle". Science of the Total Environment, Vol. 407, pp. 5257-526, 2009.

۲۰- خالصی، س و علی‌پور، ع.ا، "اثر ترکیب روغن گیاهی ضایعاتی با سوخت دیزل روی عملکرد موتور"، چهارمین همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی، ۲۰ آبان ماه ۱۳۸۸، دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

- 21- Rakopoulos, C.D., Rakopoulos, D.C., Hountalas, D.T., Giakoumis, E.G., and Andritsakis, E.C., "*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.
- 22- Yuksel, F. and Yuksel, B., "*The use of ethanol-gasoline blend fuel in an SI engine*", Renewable Energy, vol. 29, pp. 1181-1191, 2004.
- 23- Hsieh, W.D., Chen, R.H., Wu, T.L., and Lin, T.H., "*Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuels*", Atmospheric Environment, vol. 36, pp. 403-10, 2002.
- 24- Kiani Deh Kiani, M., Ghobadian, B., Tavakoli, T., Nikbakht, A.M., and Najafi, G., "*Application of artificial neural networks for the prediction of performance and exhaust emissions in SI engine using ethanol-gasoline blends*", Energy, vol. 35, pp. 65-69, 2010.
- 25- Al-Hasan, M., "*Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions*", Energy Conversion and Management, vol. 44, pp. 1547-1561, 2003.
- 26- Qi, D.H., Chen, H., Geng, L.M., Bian, Y.ZH., and Ren, X.CH., "*Performance and combustion characteristics of biodiesel- diesel- methanol blend fuelled engine*". Applied Energy, vol. 87, pp. 1679-1686, 2010.
- 27- Park, Ch., Choi, Y., Kim, Ch., Oh, S.M., Lim, G., and Moriyoshi, Y., "*Performance and exhaust emission characteristics of a spark ignition engine using ethanol and ethanol-reformed gas*", Fuel, vol. 89, pp. 2118-2125, 2010.