بررسی آلاینده‌های موتور تراکتور MF-399 با استفاده از ترکیب سوخت های دیزل و بیودیزل و بیواتانول

وحیده ایستان[1]، سید رضا حسن بیگی[2]،برات قبادیان[3]، محمد ابونجمی[4] ، ابوالفضل جوهر[5]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

2- دانشیار گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

v.istan@ut.ac.ir

چکیده

با توجه به افزایش نیاز به انرژی در کشورها که نتیجه ی توسعه ی فناوری است، استفاده از سوخت های فسیلی نیز افزایش یافته است و به طور طبیعی مشکلات زیست محیطی بیشتر شده اس ت. با استفاده ی از انرژی‌های تجدیدپذیر می توان بر این مشکلات غلبه کرد. مصرف مخلوط سوخت‌های زیستی مایع (بیودیزل و بیواتانول) با سوخت های فسیلی مایع (دیزل و بنزین) می‌تواند در کاهش مصرف سوخت های فسیلی و کاهش گازهایی نظیر NO_x، SO_2 و CO_2 ناشی از سوختن سوخت های فسیلی موثر باشد. هدف از این تحقیق استفاده از مخلوط سوخت های دیزل و زیستی به منظور بررسی آلایندگی گازهای حاصل از احتراق می‌باشد. در این تحقیق از تراکتور 6 سیلندر MF-399 که موتور آن قابلیت تولید حداکثر توان 110 hp در 2300 rpm را داشت استفاده گردید. آلاینده‌های خروجی اگزوز موتور تراکتور شامل NO_X , CO , HC اندازه‌گیری شد. از سوخت دیزل خالص و 5 نوع مخلوط سوخت دیزل، بیودیزل و بیواتانول در 5 سرعت مختلف محور تواندهی (800، 850، 900، 950 و 1000 دور بر دقیقه) به منظور مقایسه میزان آلاینده - های موتور دیزل استفاده شد.

نتایج آزمایش ها نشان داد که با افزایش بار میزان NO_X , CO , HC روندکاهشی داشتند. همچنین با افزایش درصد بیواتانول و بیودیزل مقادیر این آلاینده ها افزایش یافت. به طوری که در میان مخلوط ها سوخت$D_{93}B_5E_2$ دارای کمترین آلایندگی بود.

کلمات کلیدی: آلاینده، اگزوز، تراکتور، سوخت‌های زیستی و سوخت دیزل.

مقدمه

امروزه یکی از مهم ترین شاخصه های سطح توسعه ی هر کشور، مصرف انرژی است . انرژی، ورودی اصلی در زمینه‌های صنعت و فناوری است . با توجه به افزایش نیاز به انرژی در کشورها که نتیجه ی توسعه‌ی فناوری است، استفاده از سوخت‌های فسیلی نیز افزایش یافته است و به‌طور طبیعی مشکلات زیست محیطی بیشتر شده است . با استفاده‌ی گسترده از انرژی های تجدیدپذیر می توان بر این مشکلات غلبه کرد . مصرف مخلوط سوخت‌های زیستی مایع (بیودیزل و بیواتانول) با سوخت‌های فسیلی مایع (دیزل و بنزین) به منظور کاهش سهم مصرف سوخت های فسیلی و بهبود شرایط محیط زیست در دستور برنامه های خیلی از کشورها قرار دارد که کشور ایران از این قاعده مستثنی نیست.

بیودیزل به عنوان استرهای مونوالکیل اسیدهای چرب با زنجیرهای طولانی تعریف می شود که از روغن گیاهی به‌دست می‌آید و خواصی بسیار شبیه به سوخت دیزل داشته و در موتورهای دیزلی مورد استفاده قرار می گیرد [Ghobadian et al., 2006]. اتانول نیز دومین عضو از الکل های آلیفاتیک 1 می‌باشد که از قند گیاهان تولید می‌شود و خواصی شبیه به بنزین دارد [Ghobadian et al., 2006]. اتانول به‌طور عمده در ترکیب با بنزین در موتورهای بنزین‌سوز به کار می‌رود، گرچه می‌توان آن را به صورت خالص نیز مورد استفاده قرار داد.

با توجه به تأثیری که آلودگی در سلامت انسان و محیط زیست دارد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بحث آلودگی موتورهای درونسوز استفاده شده در بخش کشاورزی و حمل و نقل از اهمیت بالایی برخوردار است.

در راستای استفاده از سوخت های جایگزین به جای سوخت دیزل در موتورهای اشتعال تراکمی، تحقیقات گسترده-ای بر روی بیوسوخت‌ها از جمله سوخت بیودیزل وبیواتانول انجام شده است.

در مطالعه‌ای یک موتور چهار سیلندر پاشش مستقیم VGT با استفاده از سوخت دیزل و ترکیب آن با اتانول با درصدهای 10 و 20 (E_{20},E_{10}) مورد آزمایش قرار گرفت [Park et al., 2010]. نتایج آلاینده‌های موتور نشان داد که مقدار NO_x وابسته به مقدار بار وارده به موتور می باشد. بدین صورت که با افزایش بار موتور مقدار NO_x نیز افزایش می یابد اما در بارهای پایین مقدار NO_x کمتر می‌شود. اما در مورد مقادیر HC و CO این مسئله صادق نبود و با افزایش اتانول در ترکیب سوخت این مقادیر افزایش یافتند.

در تحقیقی که توسط [Rahimi et al., 2009] انجام شد، برخی ویژگی های مخلوط سوخت‌های دیزل، بیودیزل و اتانول با درصدهای حجمی مختلف اندازه گیری شد و تأثیر آن ها بر عملکرد موتور دیزل مورد بررسی قرار گرفت . نتیجه‌ی این تحقیق یافتن یک سوخت جدید زیست دوست بود که توسط محققان دیسترول [3] نامیده شد. دیسترول بر اساس نتیجه عملکرد موتور، به عنوان جایگزینی مناسب برای دیزل بدون ایجاد تغییر در موتور تشخیص داده شد. در این مطالعه ترکیب سوخت دیزل- بیودیزل- اتانول (DBE) بر روی موتور دو سیلندر RD270 Ruggerini پاشش مستقیم (DI) آزمایش شد. هدف از این مطالعه کاهش انتشار آلاینده های اگزوز و اندازه‌گیری توان، گشتاور و مصرف سوخت ویژه موتور بود. نتایج نشان داد بیشینه توان موتور با استفاده از این ترکیب سوخت 17/75 kW در دور موتور 3600 rpm و بیشینه گشتاور 64/2 Nm در دور موتور 2400 rpm بدست آمد. مصرف سوخت ویژه (SFC) با افزایش درصد بیو اتانول و بیودیزل افزایش یافت . همچنین افزایش درصد بیو اتانول و بیودیزل باعث کاهش مقدار انتشار CO و HC در اگزوز شد.

از آنجا که بر اساس تحقیقات انجام شده استفاده از سوخت های زیستی در این موتور ها می‌تواند نقش اساسی در جهت کاهش مصرف سوخت فسیلی و در نتیجه کاهش آلایندگی ایفا کند، لذا در تحقیق حاضر در نظر است تا ب ا استفاده از مخلوط سوخت های فسیلی و سوخت‌های زیستی آلاینده‌های یک موتور درونسوز اشتعال تراکمی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روشها

پس از اندازه گیری خواص سوخت بیودیزل تهیه شده به روش ترانس استریفیکاسیون و مطابقت دادن آن ها با استاندارد بین‌المللی ASTM D6751-09 و اطمینان از استاندارد بودن آن، مخلوط های سوخت دیزل و بیودیزل

[3] Diesterol

وبیواتانول به صورت درصد حجمی و بر اساس نسبت های ارائه شده در جدول (1) تهیه شدند. همچنین از دیزل خالص ($D_{100}B_0E_0$) به عنوان حد نهایی سوخت، استفاده گردید.

جدول1: مخلوط‌های سوخت دیزل ، بیودیزل وبیواتانول.

پارامتر	سطوح					
	1	2	3	4	5	6
ترکیبات سوخت (٪حجمی)	$D_{100}B_0E_0$	$D_{93}B_5E_2$	$D_{86}B_{10}E_4$	$D_{79}B_{15}E_6$	$D_{72}B_{20}E_8$	$D_{65}B_{25}E_{10}$

در این جدول، حرف B بیانگر بیودیزل و حرف D بیانگر سوخت دیزل و حرف E بیانگر بیواتانول و اندیس کنار هر حرف سهم درصد آن سوخت در ترکیب را مشخص می‌کندکه در این تحقیق برای اختصار هر سوخت با درصد اتانول مشخص می شود. به عنوان مثال سوخت $D_{93}B_5E_2$ به صورت مختصر با E_2 نمایش داده می‌شود. پس از آن خواص سوخت های تولید شده با استاندارد ASTM-D6751 مطابقت داده شد و مشاهده شد که خصوصیات اصلی ترکیب‌های مورد نظر شامل ویسکوزیته سینماتیک، چگالی، نقطه ریزش، نقطه ابری شدن، نقطه اشتعال، خوردگی مس ، میزان آب ورسوبات و عدد ستان مطابق استانداردهای ASTMاست .بنابراین با اطمینان از این سوخت‌ها در موتور دیزل تحت آزمایش استفاده شد.

برای سنجش آلاینده های خروجی اگزوز از آلاین ده‌سنج MAHA MGT5 استفاده گردید (شکل1). حسگر آلاینده‌سنج نیز در خروجی اگزوز قرار گرفت.

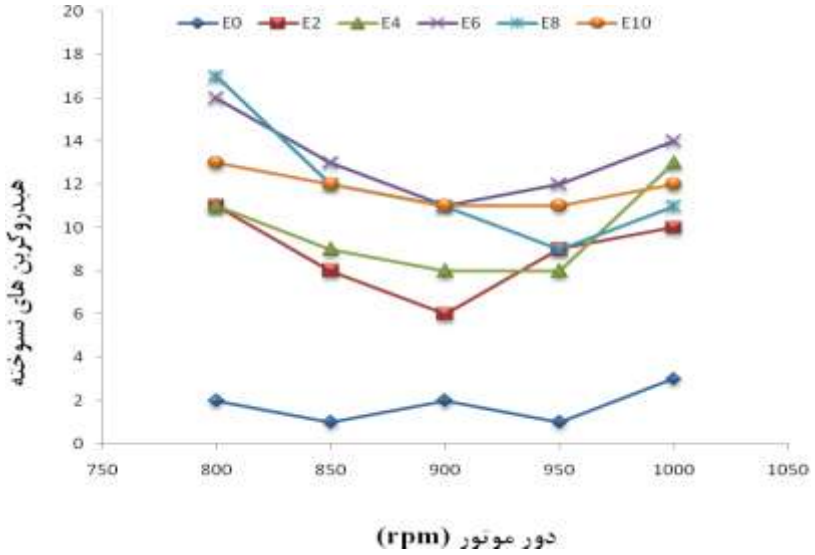
شکل1: نمایی از دستگاه آلاینده سنج

پس از اتصال دینامومتر به محور PTO تراکتور، آلاینده‌های تراکتور با سوخت دیزل خالص به عنوان سوخت پایه و5 سطح سوخت اندازه‌گیری گردید. بدین منظور، در 6 مرحله سوخت دیزل خالص به عنوان سوخت شاهد و 5 سطح سوخت ذکرشده جدول (1) در مخزنی فرعی ریخته شد و پس از هواگیری سامانه ی سوخت‌رسانی، دستگاه

سنجش آلاینده‌ها، دینامومتر و تراکتور روشن شده و توسط سامانه‌ی کنترل از راه دور دینامومتر، به طور خودکار بار به موتور اعمال گردیده و به طور مستقیم به رایانه منتقل شد. مقادیر آلاینده‌ها در بازه‌ی 1000-800 rpm و با گام 50 rpm، در 5 تیمار ثبت گردید.

نتایج و بحث

با استفاده از داده‌های آزمایش آلاینده‌های موتور تراکتور، نمودارهای مربوطه به کمک نرم‌افزار Excel رسم شده‌اند. تغییرات هیدروکربن‌های خروجی اگزوز بر حسب ppm نسبت به دور موتور در شکل (2) نشان داده شده است. تولید آلاینده‌ی 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 [Cenk Sayin et al., 2010] و به دلیل دیواره مرطوب، اکسیژن ناکافی و سوخت رسوب شده در دیواره ایجاد می‌شود[Park et al., 2010].



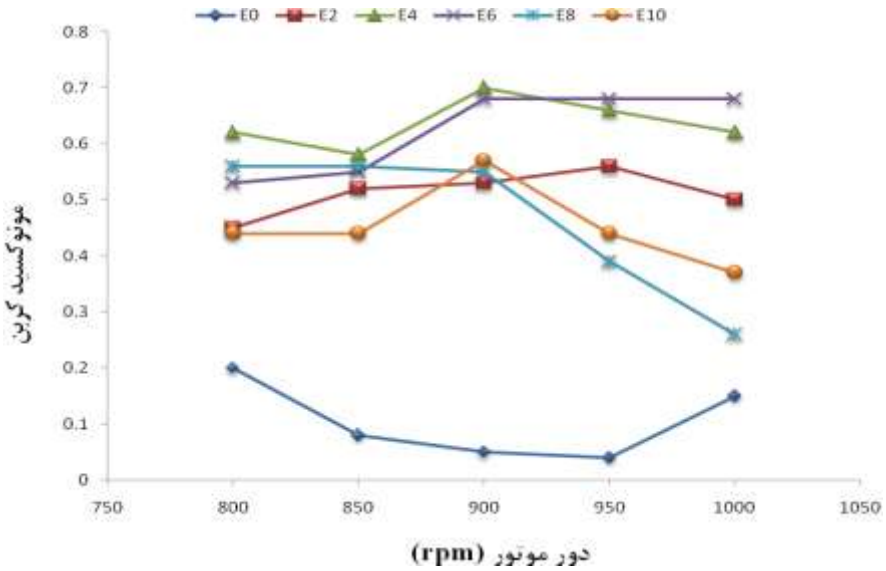
شکل 2: تغییرات هیدروکربن مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل واتانول نسبت به دور

همان‌گونه که از شکل (2) ملاحظه می گردد، با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل واتانول ، میزان هیدروکربن خروجی از اگزوز نسبت به سوخت دیزل خالص افزایش یافته است. همچنین برای هر مخلوط سوخت با افزایش دور و کاهش بار، مقدار هیدرکربن ابتدا ا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. در دورهای بالاتر، مخلوط سوخت ورودی به محفظه ی اح تراق رقیق تر بوده (نسبت سوخت- هوا کمتر از نسبت استوکیومتری)، در نتیجه به دلیل حضور اکسیژن احتراق کامل‌تری صورت می‌گیرد.

در برخی منابع نیز افزایش میزان هیدروکربن با استفاده از مخلوط سوخت دیزل وبیوسوخت‌ها گزارش شده است [Park et al., 2010, Rakopoulos et al.,2008]. دلیل این افزایش گرمای تبخیر بالای اتانول است که باعث تبخیر آرامتر وترکیب سوخت-هوای فقیرتر می شود. از سویی افزایش در نفوذ پاشش باعث برخورد بیشتر سوخت به دیواره های اتاقک احتراق می شود. دلیل دیگر این افزایش فرار دیرتر سوخت خارج شده از نازل در حجم ات‌اقک

احتراق است.این به دلیل تبخیر سریع تر اتانول و سرعت پایین حرکت اتانول در اتاقک است که موجب می شود سوخت دیرتر وارد مرحله انبساط شود.

شکل (4) تغییرات منوکسید کربن نسبت به دور را نشان می دهد. میزان CO بر اساس درصد حجمی (v%) و به‌وسیله‌ی دستگاه سنجش آلاینده‌ها اندازه‌گیری گردید. تولید منوکسید کربن مانند هیدروکربن های نسوخته به دلیل احتراق سوخت شکل می گیرد و به آسانی در سوخت های فسیلی به دلیل نبود اکسیژن در ساختار مولکولی آنها تولید می‌شود[Cenk Sayin et al., 2010]. همچنین پایین بودن دمای احتراق نیز ممکن است باعث تشکیل منوکسید کربن شود [قبادیان، 1380].

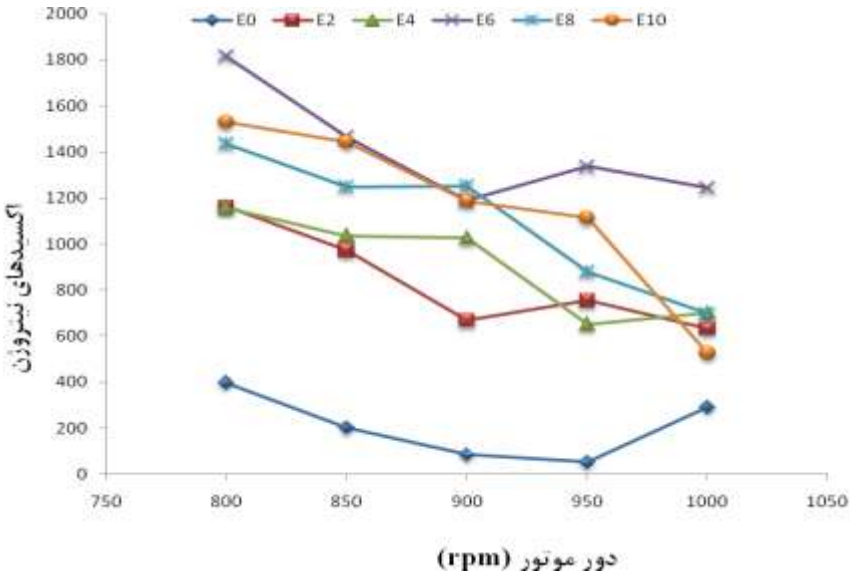


شکل 3: تغییرات مونوکسیدکربن مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل واتانول نسبت به دور

همانگونه که در شکل (3) مشاهده می گردد مقدار منوکسیدکربن تولیدی توسط مخلوط های سوخت دیزل و بیودیزل و اتانول نسبت به سوخت دیزل افزایش یافته است. پژوهشگران و محققان مختلف نتایج متفاوتی را در این رابطه گزارش کرده‌اند. در موارد متعددی کاهش میزان منوکسیدکربن با استفاده از مخلوط های سوخت دیزل و بیوسوخت‌ها ذکر شده است [Di et al., 2009, Rakopoulos et al.,2008, Rahimi et al., 2009, Cenk Sayin et al., 2010, Aydin et al., 2010].

در برخی موارد نیز محققان افزایش میزان منوکسیدکربن با استفاده از مخلوط سوخت دیزل و بیوسوخت‌ها را گزارش کرده‌اند [Park et al., 2010, Rakopoulos et al.,2008]. اگرچه ترکیبات دارای اتانول و بیودیزل اکسیژن بیشتری برای اتاقک احتراق فراهم می کنند ولی گرمای تبخیر بالای اتانول منجر به کاهش دما در اتاقک احتراق شده و مانع از اکسیداسیون CO به CO_2 می شود و در نتیجه CO افزایش می‌یابد.

شکل (4) بیانگر تغییرات اکسیدهای نیتروژن بر حسب ppm نسبت به دور می‌باشد. اکسیدهای نیتروژن ترکیبی از اکسید نیتریک (NO) و دی اکسید نیتروژن (NO_2) می‌باشند. نیتروژن و اکسیژن به نسبت در دمای بالا واکنش نشان می‌دهند. بنابراین، دمای بالا و در دسترس بودن اکسیژن دو عامل اصلی برای تشکیل اکسید های نیتروژن هستند [قبادیان، 1380].



شکل 4 : تغییرات اکسیدهای نیتروژن مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل واتانول نسبت به دور

همانگونه که مشاهده می شود مقدار اکسید های نیتروژن تولیدی توسط مخلوط های سوخت دیزل و بیودیزل و اتانول نسبت به سوخت دیزل افزایش یافته است. البته مخلوط E_6 در این مورد رفتاری متفاوت با این روند از خود نشان داده است. که دلیل آن نامشخص بوده و نیاز به بررسی بیشتری دارد . دلیل این موضوع اکسیژن موجود در سوخت اتانول و بیودیزل می‌باشد که هم باعث واکنش با نیتروژن و هم باعث افزایش دمای احتراق می شود که زمینه را برای تولید NO_X فراهم می‌کند.

محققان دیگری نیز نتایج مشابهی با استفاده از سوخت دیزل و اتانول نسبت به سوخت دیزل گرفته اند [Park et al., 2010, Jha et al.,2009, , Cenk Sayin et al., 2010, Xiaoyan et al.,2006, Shi et al.,2006]. در موارد کمی نیز عکس این موضوع گزارش شده است [Rakopoulos et al.,2008].

به طور کلی با افزایش درصد اتانول و بیودیزل به سوخت دیزل آلاینده ها افزایش یافته است .کمترین میزان این افزایش مربوط به سوخت E_2 و بیشترین میزان افزایش آلاینده ها مربوط به سوخت E_6 است.

قدردانی

نویسندگان از مرکز بیوانرژی دانشگاه تربیت مدرس که برای انجام این پروژه امکانات آن مرکز را در اختیار قرار دادند صمیمانه تشکر می‌کنند.

منابع

1. قبادیان، برات (1380)"موتورهای احتراق داخلی (مبانی نظری و عملی)" چاپ اول. انتشارات دانشگاه شهر کرد.

2. Aydin, H. and Bayindir, H. (2010) "Performance and emission analysis of cottonseed oil methyl ester in a diesel engine". Renewable Energy 35: 588-592.

3. Cenk Sayin. (2010) "Engine performance and exhaust gas emissions of methanol and ethanol-diesel blends". Fuel 89:3410-3415.

4. Di, Y., C. S. Cheung and Z. Huang (2009). "Comparison of the effect of biodiesel-diesel and ethanol-diesel on the gaseous emission of a direct-injection diesel engine." Atmospheric Environment 43(17): 2721-2730.

5. Ghobadian, B, Rahimi, H and Khatamifar, M. (2006). Evaluation of Engine Performance Using Net diesel Fuel and Biofuel Blends. The First Combustion Conference of Iran (CCT1). Tarbiat Modares University. February 15-16th 2006.Tehran, Iran.

6. Jha, SK., Fernando, S., Columbus, E. and Willcutt, H. (2009) "A comparative study of exhaust emissions using diesel-biodiesel-ethanol blends in new and used engines". Trans of the ASABE 52 : 375-381.

7. Park, S. H., I. M. Youn and C. S. Lee (2010). "Influence of two-stage injection and exhaust gas recirculation on the emissions reduction in an ethanol-blended diesel-fueled four-cylinder diesel engine." Fuel Processing Technology 91(11): 1753-1760.

8. Park, S.H., Youn, I.M. and Lee, C.S. (2011) "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 90:748-755.

9. Rahimi, H., Ghobadian, B., Yusaf, T., Najafi, GH. and Khatamifar, M. (2009) "Diesterol : An environment-friendly IC engine fuel". Renewable Energy 34 : 335-342.

10. Rakopoulos, C.D., Rakopoulos, D.C., Hountalas, D.T., Giakoumis, E.G. and Andritsakis, E.C. (2008) "Performance and Emissions of Bus Engine Using Blends of Diesel Fuel with Biodiesel of Sunflower or Cottonseed Oils Derived from Greek Feedstock". Fuel 87: 147-157.

11. Shi, X., Pang, X., Mu, Y., He, H., Shuai, Sh., Wang, J., Chen, H. and Li, R. (2006)" Emission reduction potential of using ethanol-biodiesel-diesel fuel blend on a heavy-duty diesel engine " Atmospheric Environment 40: 2567-2574.

12. Xiaoyan, SH., Xiaobing, P.,Yujing, M., Hong, H.,Shijin, SH., Jiaxin, W., Hu, ch. and Rulong, L. (2006) "E mission reduction potential of using ethanol-biodiesel-diesel fuel blend on a heavy-duty diesel engine". Atmospheric Environment 40 : 2567-2574.