بررسی اثر باز خورانی گازهای اگزوز بر عملکرد و انتشار آلاینده نیتریک اکسید موتور دیزل

پرویز سلطانی نظرلو[1*]، حسین حاجی آقا علیزاده[2]، حکمت ربانی[3]، بهداد شدیدی[4]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه بو علی سینا، همدان
arazsoltani@yahoo.com
۲- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه بو علی سینا همدان
۳- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه رازی، کرمانشاه
۴- دانشجوی دکتری مکانیک ماشینهای کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه بو علی سینا، همدان،

چکیده

در موتورهای احتراق داخلی، وقتی دمای اطاقک احتراق به بالای ۱۸۰۰ درجه کلوین می‌رسد، اکسیژن و نیتروژن موجود در هوا ورودی به صورت شیمیایی ترکیب‌شده و به نیتروژن اکسیدهای مضر بر محیطزیست و سلامتی انسان تبدیل می‌شوند. نیتروژن اکسید در ریه با رطوبت ترکیب‌شده و با به وجود آوردن نیتریک اسید باعث بروز بیماری‌های تنفسی می‌شود. کارکرد موتورهای دیزل با نسبت تراکم بالا، پتانسیل تشکیل دادن نیتروژن اکسید آن‌ها را بالا می‌برد. هدف از این تحقیق، کاهش آلاینده نیتریک اکسید به وجود آمده از موتورهای دیزلی است. برای این منظور، بخشی از گازهای خروجی از اگزوز یک موتور چهار سیلندر دیزلی با نسبت‌های خاص (۵، ۱۰، ۲۰ درصد) به خط مکش موتور انتقال داده‌شده، سپس تغییر در عملکرد موتور و آلاینده‌های خروجی از اگزوز مورد مطالعه قرار گرفت. در نتیجه آزمایش‌های انجام‌یافته، بکار بردن سامانه باز خورانی گازهای اگزوز، کاهش قابل‌توجهی در آلاینده نیتریک اکسید به وجود آورد، ولی نسبت به انتشار هیدروکربن و مصرف سوخت ویژه تأثیر منفی بر جا گذاشت.

واژه‌های کلیدی: آلاینده‌ها، باز خورانی گازهای اگزوز، عملکرد، موتور دیزل

مقدمه

فقط ۳۰ درصد انرژی موجود در جهان به صورت غیر احتراقی، در نیروگاه‌های هسته‌ای و برق در حال تولید است. بقیه ۷۰ درصد انرژی باقیمانده از طریق سوزاندن سوخت‌های فسیلی مانند زغال‌سنگ، نفت، گاز و یا مشتقات مصنوعی آن‌ها به دست می‌آید (Dich *et all.*, 2012). منابع آلودگی هوا را می‌توان به این صورت طبقه‌بندی کرد:

۱. وسایل نقلیه موتوری

۲. بخاری‌های مسکونی

۳. نیروگاه‌های حرارتی

۴. گازهای به وجود آمده در صنعت

بخش بزرگ آلودگی هوا شهرها را خودروها به وجود می‌آورند. خصوصیات و تراکم این آلاینده‌ها به نوع موتور، تنظیمات موتور، طرز استفاده، ترکیب سوخت و شرایط جوی بستگی دارد (çakıroğlu, 1996). وسایل نقلیه موتوری به وسیله‌ی آلاینده‌های موجود در اگزوز، بخار روغن، ترکیبات سرب، گرد و غبار لاستیک و آزبست و مواد زائد جامد و مایع محیطزیست را آلوده می‌کنند. مضرترین این آلاینده‌ها کربن مونواکسید، هیدروکربن، نیتروژن اکسیدها و ذرات معلق (دوده، دود و ..) می‌باشند. از بین این آلاینده‌ها نیتروژن اکسیدها و ذرات معلق به طور گسترده از موتورهای دیزلی به وجود می‌آیند (Heywood, 1998). در وسایل نقلیه عمومی و خودروهای سنگین به طور معمول از موتور دیزل استفاده می‌شود. به همین علت کاهش آلاینده‌های نیتروژن اکسید انتشاریافته از موتورهای دیزلی از اهمیت بیشتری برخوردار است که در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته است. به همین سبب سیستم باز خورانی گازهای اگزوز به عنوان یکی از روش های بکار برده شده برای کاهش آلاینده‌های نیتروژن اکسید انتشار یافته از موتور های احتراق داخلی، در یک موتور چهار سیلندر دیزلی بکار برده شده است. گازهای گرفته‌شده از منیفولد اگزوز موتور مورد آزمایش، با نسبت‌های مشخص به داخل موتور فرستاده‌شده و تغییرات به وجود آمده در عملکرد و آلاینده‌های اگزوز مشاهده شده است.

آلاینده‌های منتشرشده از موتورهای دیزلی

مهم‌ترین آلاینده‌ها را می‌توان در شش گروه دسته‌بندی کرد:

اکسیدهای کربن، اکسیدهای نیتروژن، ترکیبات گوگرددار، هیدروکربن‌ها، آلدئید ها و ذرات معلق (Doradoa *et al.*, 2003). نسبت تراکم در موتورهای دیزل بین ۱۴ تا ۲۵ هست درحالی‌که نسبت تراکم موتورهای بنزینی بین ۸ تا ۱۲ می‌باشد و هر چه نسبت تراکم بالاتر باشد موتور دیزل راندمان بهتری خواهد داشت. همچنین موتورهای دیزل نسبت به موتورهای بنزینی دارای هوای فشرده‌تر و با دمای بالاتری هستند. به همین علت سوخت پاشیده شده به داخل هوا به راحتی می‌تواند آتش بگیرد. از لحاظ تئوری برای یک کیلوگرم سوخت نزدیک به ۱۵ کیلوگرم هوا مورد نیاز است. به وجود آمدن ترکیبات آلاینده به فرایند احتراق بستگی دارد. با وجود بزرگ بودن نسبت واقعی هوا به سوخت از مقدار تئوری آن، هوای کافی در اطراف قطرات ریز سوخت داخل سیلندر تا مین نمی‌شود. این موضوع زمینه را برای تولید دوده‌ی حاصل از احتراق ناقص باز می‌کند. محصولاتی که از احتراق مخلوط سوخت و هوای موتور دیزل به وجود می‌آیند در معادله ۱ ارائه‌شده‌اند:

$$\{CO_2, CO, CH_4, H.CHO, C, SO_2, SO_3, H_2O, NO, NO_2, N_2\} \longleftarrow C_{17}H_{34} + 25.5\,\lambda\,(O_2 + 3.76N_2) \quad (۱)$$

در صدر آلاینده‌های منتشرشده از موتورهای دیزلی ذرات معلق جهش زا و سرطان زا قرار دارند. موتورهای دیزلی در مقایسه با موتورهای بنزینی محتوای کربن مونوکسید و هیدروکربن کمتری هستند ولی در مقابل دارای گوگرد اکسید و نیتروژن اکسید بیشتری هستند (Anonymous, 1995). از ویژگی‌های موتورهای دیزلی بالا بودن ذرات معلق نسبت به

موتورهای بنزینی است. بخش بزرگی از آلاینده ذرات معلق را ذرات ریز کربن و بخش دیگر آن را هیدروکربن‌ها تشکیل می‌دهند (Anonymous, 1993). در طی فرایند احتراق تشکیل شدن دوده، از احتراق دیفیوژن شروع‌شده و در طول زمان پاشش غلظت دوده با سرعت بیشتری افزایش پیدا می‌کند. و در انتهای پاشش به بیشینه مقدار خود می‌رسد. در فاز بعد دوده شروع به اکسید شدن می‌کند. اما هنگامی‌که دمای شعله شروع به کم شدن می‌کند سرعت اکسید شدن افت پیداکرده و در دماهای پایین تر از ۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد اثر خود را از دست می‌دهد. به این دلیل دوده با این سطح غلظت به بیرون پرتاب می‌شود (Karatas and Gülder, 2012) .

اثرات نیتروژن اکسیدها بر محیطزیست و سلامتی انسان

NO، NO_2، N_2O و ترکیبات شبیه به آن‌ها به عنوان NO_x شناخته‌شده‌اند. نیتروژن اکسید با هموگلوبین خون و رطوبت کبد ترکیب‌شده و نیتریک اسید به وجود می‌آورد. به علت کم بودن غلظت اسید به وجود آمده اثراتش هم نیز کم خواهد بود. ولی با گذشت زمان و انباشته شدن آن‌ها در بدن موجب بروز بیماری‌هایی تنفسی در افراد می‌شود (Dich *et al.*, 2012). همچنین نیتروژن اکسیدها با تشکیل دود فتوشیمیایی و ذرات معلق موجب تخریب لایه‌ی اوزون می‌شوند (Fenger, 2009). در بین نیتروژن اکسیدها NO یک گاز بی‌بو می‌باشد. این گاز فعالیت ریه را مختل کرده، باعث تحریک غشاهای مخاطی شده و منجر به سکته مغزی می‌شود. همچنین به تشکیل شدن نیتریک اسید کمک می‌کند. NO در شرایط محیطی بی‌ثبات است و با اکسیژن ترکیب‌شده به NO_2 تبدیل می‌شود. NO_2 یک گاز با بوی تند و با ترکیب رنگی قرمز و قهوه‌ای می‌باشد. این گاز در حالتی که دارای چگالی پایینی است باعث تحریک ریه می‌شود. همچنین به بافت‌ها و غشاهای مخاطی آسیب می‌رساند. مکانیزم تشکیل نیتروژن اکسیدهای بر طبق فرایند های زیر صورت می گیرد (Hussain *et all.*, 2012):

$$O + N_2 \longleftrightarrow NO + N \quad (۲)$$

$$N + O_2 \longleftrightarrow NO + O \quad (۳)$$

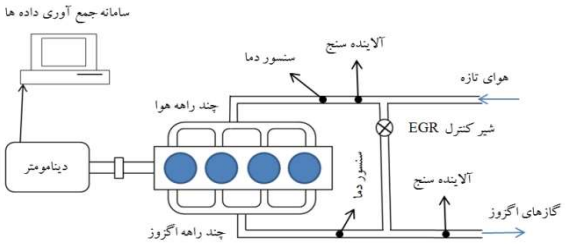
پژوهش های متعددی در زمینه کاهش نیتروژن اکسید ها انجام شده است که نتایج آن ها به شرح زیر می باشد:

در تحقیقی نشان داده شد که مقدار بار روی موتور تاثیر زیادی بر روی ترکیبات اجزای EGR داشته بطوریکه با افزایش بارموتور، از مقدار اکسیژن موجود در آن کاسته شده و به مقدار CO_2 و H_2O آن افزوده می شود بنابراین EGR تولید شده در حالت بار کامل موتور تاثیر بیشتری بر روی کاهش NO_x نسبت به EGR تولید شده در بارهای پایین تر دارد (Zheng *et al.*, 2004). به خاطر این موثرتر بودن، در بارهای کامل می توان دبی EGR را اندکی کمتر در نظر گرفت. البته چون در بار کامل مقدار انتشار ذرات معلق افزایش می یابد، برای کنترل مقدار انتشار NO_x میتوان بجای استفاده از روش EGR، از به تاخیر انداختن تزریق سوخت استفاده نمود (Monyem and Gerpen, 2001). در پژوهشی دیگر تاثیر یک گلوگاه EGR به همراه طراحی های مختلف آن را بر روی مکش EGR به داخل یک موتور دیزل DI سنگین کار بررسی شد. با این سامانه، فشار تقویتی پر خوران فقط در ناحیه گلوگاه (ورودی EGR) کاهش یافته و دوباره در پایین دست آن احیا می گردد. با نصب این گلوگاه مقدار ورود EGR تا ۶

درصد، بدون افزایش قابل ملاحظه ای در افت های پمپاژ امکان پذیر گشت. برای این مقدار معین از EGR این سامانه در مقایسه با روش افزایش فشار برگشتی اگزوز، در حدود ۴ درصد مصرف سوخت کمتری را نشان می دهد (Yokomura *et al.*, 2003).

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در دانشگاه بوعلی سینا همدان، گروه مهندسی بیوسیستم و در آزمایشگاه موتورهای احتراق داخلی انجام شد. گازهای اگزوز موتور به واسطه یک قطعه میانی که به منیفولد اگزوز متصل است، گرفته می‌شود. گاز اگزوز گرفته‌شده از موتور به وسیله لوله و شیر بسته‌شده به قطعه میانی به خط مکش برگشت داده می‌شود. در شکل ۱ شماتیک ساختار آزمایش و در جدول ۱ اطلاعات مربوط به موتور به‌کاربرده شده در آزمایش‌ها داده شده است.



شکل ۱. شماتیک ساختار آزمایش

برای اندازه‌گیری گشتاور و توان از دینامومتر اصطکاکی مدل XT200 ساخت کشور انگلستان، استفاده شده است. این دینامومتر از طریق اعمال میدان مغناطیسی میزان توان و گشتاور را به صورت اتوماتیک اندازه‌گیری می‌کند. برای اندازه‌گیری مصرف سوخت از روش دستی استفاده شد. در این روش، از یک مخزن فرعی به جای باک جهت نگهداری ترکیبات سوخت و از یک سیستم قطع و وصل جریان سوخت از مخزن فرعی به سمت سیستم سوخت‌رسانی استفاده شد. برای سنجش آلاینده‌های خروجی از موتور تراکتور تحت آزمایش از دستگاه آلاینده سنج FGA-4100 ساخت کشور تایوان استفاده شد. دستگاه می‌تواند گازهای CO، CO_2، O_2 را بر حسب درصد و NO و HC را بر حسب ppm اندازه‌گیری کند. قابلیت های اندازه گیری، واحد آن و دقت این دستگاه در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۱. اطلاعات مربوط به موتور به‌کاربرده شده در آزمایش‌ها

ردیف	مشخصه	مقدار مشخصه (واحد)
۱	مدل	A4-248
۲	سامانه احتراق	۴ زمانه با پاشش مستقیم
۳	تعداد سیلندر	۴
۴	حجم سیلندر	۴/۰۶ لیتر
۵	قطر سیلندر	۱۰۱ mm
۶	طول کورس	۱۲۷ mm
۷	نسبت تراکم	۱۶/۱
۸	بیشینه توان	۷۵hp(در دور ۲۰۰۰)
۹	بیشینه گشتاور	۲۷۸ N.m(در دور ۱۳۰۰)

جدول ۵– مشخصات دستگاه آلاینده سنج

قابلیت اندازه گیری	حدود مجاز	واحد	دقت
هیدروکربن (HC)	۰–۹۹۹۹	ppm	۱
منو اکسید کربن (CO)	۰–۹/۹۹	Vol %	۰/۰۱
دی اکسید کربن (CO_2)	۰–۲۰	Vol %	۰/۱
اکسیژن (O_2)	۰–۲۵	Vol %	۰/۰۱
منو اکسید نیتروژن (NO)	۰–۵۰۰۰	ppm	۱
دمای روغن	۰–۱۵۰	$^{\circ}C$	۰/۱
λ	۰/۵۰–۳/۰	-	–

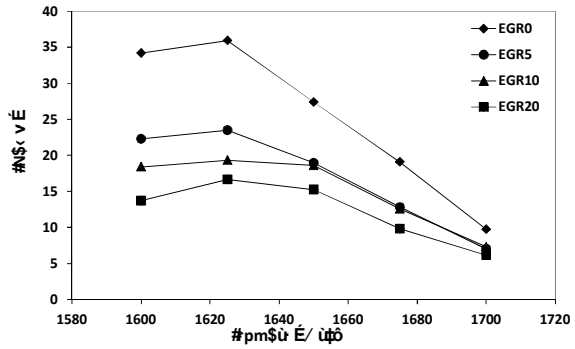
روش انجام آزمایش

آزمون‌ها در قالب یک آزمایش کوتاه مدت و باهدف ارزیابی متغیرهای عملکردی و آلاینده‌های خروجی موتور صورت گرفت. در طول تمامی آزمایش‌ها، شرایط محیطی سلول آزمون (دما و فشار) اندازه‌گیری و ثبت می‌گردید. آزمایش‌ها در دمای ۵ درجه سلسیوس و متوسط فشار ۰/۸۱۴ اتمسفر انجام گردید. متغیرهای تحت کنترل، بار اعمالی از طرف دینامومتر به موتور و درصدهای EGR وارده به داخل اطاقک احتراق بود. آزمایش‌ها در دو مرحله با EGR (۵، ۱۰ و ۲۰ درصد) و بدون EGR انجام‌شده‌اند. بر ای محاسبه صحیح درصد EGR کل، غلظت CO_2 را در مجرای ورودی اندازه‌گیری نموده و این مقدار به عنوان غلظت CO_2 در مخلوط ورودی در نظر گرفته شد. بدین منظور، غلظت CO_2 توسط دستگاه آلاینده سنج FGA-4100 در دو مرحله برای هر یک از دورهای مشخص‌شده اندازه‌گیری گردید. در مرحله اول برای تعیین غلظت CO_2 در گازهای خروجی اگزوز (به همراه اندازه‌گیری سایر آلاینده‌ها) حسگر دستگاه در داخل اگزوز موتور قرارگرفته شد. در مرحله دوم نیز برای اندازه‌گیری غلظت‌های CO_2 در مجرای ورودی، حسگر در داخل سوراخی که دقیقاً قبل از ورود مخلوط هوا و EGR به درون سیلندر، ایجاد شده بود، قرار گرفت. در انتها نیز از تقسیم غلظت‌های CO_2 مخلوط ورودی بر غلظت CO_2 گاز اگزوز، درصد EGR محاسبه گردید.

$$(۴)\ \%EGR= (CO_2)_{in}/(CO_2)_{out}$$

بحث و نتایج پژوهش

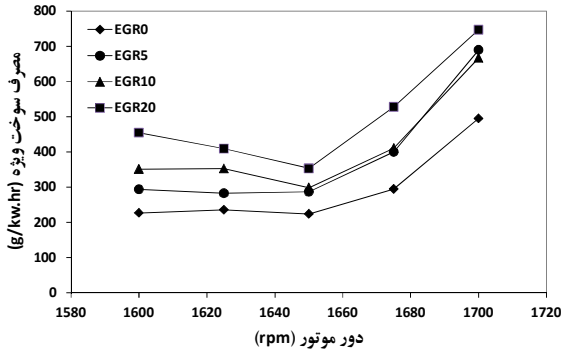
در نتیجه آزمایش‌ها موتور با درصدهای EGR، توان، مصرف سوخت ویژه، آلاینده‌های نیتروژن اکسید و هیدروکربن نسبت به دور موتور در شکل‌های ۲،..... و ۵ به صورت نموداری نشان داده شده است. اندازه‌گیری در دورهای ۱۷۰۰، ۱۶۷۵، ۱۶۵۰، ۱۶۲۵ و ۱۶۰۰ دور در دقیقه انجام شده است.



شکل ۲. تغییرات توان بر حسب دور موتور، برای هر یک از درصدهای EGR

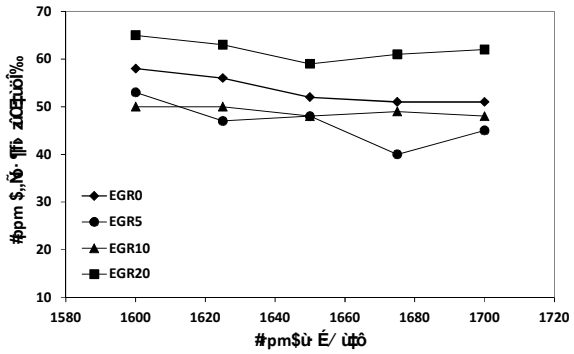
تغییرات توان نسبت به دور موتور برای هر یک از درصدهای EGR در شکل (۲) نشان داده شده است. برای تمامی حالات در دور rpm ۱۶۲۵ توان بیشینه شده است. همچنین میانگین توان در دورهای مختلف با بکار بردن ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد EGR به ترتیب ۳۲/۹ درصد، ۳۹/۷ درصد و ۵۱ درصد کاهش یافته است. علت اصلی کاهش توان، کاهش مقدار λ (فقدان اکسیژن کافی در مخلوط ورودی موتور) بر اثر پدیده خفانش گرمایی است که مستقیماً بر روی آهنگ فرایند احتراق سوخت تأثیر منفی داشته و باعث کاهش آن می‌گردد. این امر موجب به تأخیر افتادن کل فرایند احتراق و در نتیجه کاهش توان موتور می‌شود (Paykani *et al.*, 2011).

در شکل (۳) نمودار مصرف سوخت ویژه بر حسب دور برای هر یک از نسبت‌های EGR نشان داده شده است. در محدوده دورها برای ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد EGR به طور میانگین یک افزایش ۳۸/۲ درصدی نسبت به حالت استاندارد(بدون EGR) وجود دارد. همواره با افزایش درصد EGR پارامتر های یکسانی موجب بدتر شدن توان موتور و مصرف سوخت ویژه شده است. در دورهای بالا با توجه به افزایش نسبت EGR فقیر تر شدن مخلوط باعث خراب‌تر شدن احتراق شده است. کاهش سرعت احتراق و مقدار اکسیژن موجود در سیلندر باعث افت توان و افزایش مصرف سوخت ویژه شده است (Tesolakis *et al.*, 2007).



شکل ۳. تغییرات مصرف سوخت ویژه بر حسب دور موتور، برای هر یک از نسبت‌های EGR

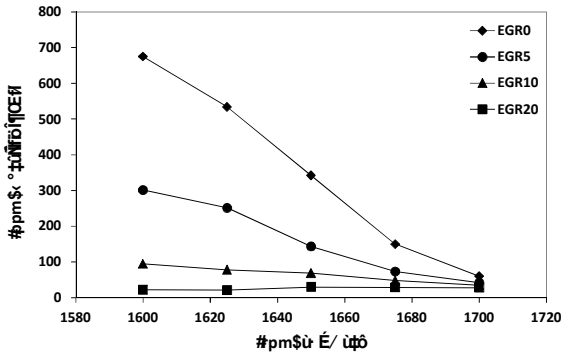
تغییرات هیدروکربن‌های نسوخته برای تیمارهای مختلف EGR در دورهای مختلف در شکل ۴ نشان داده‌شده است. همان طور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود، افزایش در مقدار EGR تا ده درصد باعث کاهش در مقدار هیدروکربن شده است. یکی از دلایل این امر این است که، بخشی از گازهای نسوخته در اگزوز از چرخه قبلی به داخل اتاقک احتراق بازگردانی شده و در چرخه‌های بعدی احتراق پیداکرده و دوباره سوزی می‌شود. افزایش EGR به مقادیر بالاتر افزایش هیدروکربن را در پی خواهد داشت. یعنی افزایش EGR بیشتر از ۱۰ درصد در تحقیق حاضر روند صعودی را در مقدار هیدروکربن ایجاد کرده است. افزایش در مقدار هیدروکربن با افزایش بیشتر EGR به علت کاهش اکسیژن مخلوط هوای ورودی به داخل سیلندر، به هنگام ورود EGR به همراه هوای ورودی بوده است (Rajan and Senthikumar, 2009; Prathibha and Prasanthi, 2012).



شکل ۴. تغییرات مقدار هیدروکربن بر حسب دور موتور، برای هر یک از درصدهای EGR

در شکل (۵) مقدار NO بر حسب ppm نسبت به دورهای موتور، برای هر یک از درصدهای EGR نشان داده شده است. با به کار ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد EGR، به طور میانگین به ترتیب یک کاهش ۶۲ درصدی، ۸۹ درصدی و ۹۵ درصدی در مقدار NO نسبت به حالت استاندارد به وجود آمده است. به علت جذب یک بخش دوده منتشرشده توسط گازهای اگزوز و کاهش دمای بیشینه اطاقک احتراق انتشار آلاینده NO کاهش یافته است (Maiboom *et al.*, 2008). همچنین کاهش سرعت احتراق، به تأخیر انداختن نقطه بیشینه انتشار دوده و کاهش دمای بیشینه سیلندر نیز کاهش NO را در پی خواهد داشت. در نتیجه کاهش خیلی زیاد

سرعت احتراق در درصدهای بالای EGR و کافی نبودن آوانس در دورهای بالا شرایط برای احتراق را خراب‌تر کرده و باعث کاهش مقادیر NO شده است (Paradeep and Sharma, 2007; Agarwal *et al.*, 2011).



شکل ۵. تغییرات مقدار NO بر حسب دورهای موتور، برای هر یک از درصدهای EGR

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در نتیجه آزمایش‌ها انجام‌شده می‌توان گفت که کاربرد EGR باعث کاهش آلاینده‌های NO شده و نسبت به دیگر پارامتر ها تأثیر منفی از خود بر جای گذاشته است. در شرایط تمام بار، افزایش بیشتر از ۳۰ درصد EGR به علت کاهش خیلی بیشتر عملکرد موتور توصیه نمی‌شود. با در نظر گرفتن آلاینده NO و دیگر پارامتر ها نسبت EGR ۱۰ درصد مقدار مناسبی برای کاربرد در موتور شناخته شده است. در شرایط تمام بار برای جلوگیری از تلفات کارای موتور می‌توان EGR را غیرفعال کرد و از روش‌های دیگری استفاده نمود. با EGR سرعت احتراق مخلوط کاهش پیدا کرده است. در این حالت به خاطر احتراق پیدا نکردن یک بخش سوخت در زمان مورد نیاز، میزان مصرف سوخت بدتر شده است. افزایش عدد ستان سوخت بکار برده شده به احتراق سریع‌تر مخلوط کمک کرده است. بنابراین برای احتراق مخلوط مدت زمان بیشتری حاصل شده است. ذرات ریز موجود در گازهای اگزوز رسوب موجود در موتور را افزایش می‌دهند. برای این کار قبل از برگردانیدن گازها به داخل سیلندر باید از یک فیلتر گذرانده شود. با فیلتر کردن ذرات معلق ریز می‌توان تأثیر رسوب‌گذاری EGR را کاهش داد. همچنین در موتورهایی که دارای سیستم EGR هستند بکار بردن روغن‌های باکیفیت بالا نیز باعث کاهش رسوب می‌شود. با سرد کردن گازهای برگردانیده شده به سیلندر با عبور دادن از یک خنک کن قبل از ورود به منیفولد مکش (هوا) هم یک مقدار از تأثیرات منفی گازهای گرم اگزوز بر روی بازده حجمی موتور جلوگیری می‌شود و هم به دلیل افزایش غلظت گازهای اگزوز سرد مقدار گازهای برگردانیده شده به داخل سیلندر افزایش پیدا می‌کند (Zheng *et all.*, 2004).

منابع

1- Karataş, A. E., and Ö. L. Gülder. 2012. Soot formation in high pressure laminar diffusion flames. Progress in Energy and Combustion Science. 38: 818–845.
2- Maiboom, A., X. Tauzia., and J-F. H. tet. 2008. Experimental study of various effects of exhaust gas recirculation (EGR) on combustion and emissions of an automotive direct injection diesel engine. Energy. 33 : 22–34.
3- Dich, A., K. Grimsley., and D. Koufos. 2012. Alternative and Renewable Energy.
4- Anonymous. 1993. Bosch Teknik Bulten, Ankara, 26-27.
5- Anonymous. 1995. Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Hava Kirlili ginin önlenmesi Paneli, Ankara, 72.
6- Paykani, A., A. Akbarzadeh and M. T. Shervani Tabar. 2011. Experimental Investigation of the Effect of Exhaust Gas Recirculation on Performance and Emissions Characteristics of a Diesel Engine Fueled with Biodiesel. IACSIT International Journal of Engineering and Technology. Vol.3, No.3.
7- Tsolakis, A., A. Megaritis., M.L. Wyszynski., and K. Theinnoi. 2007. Engine performance and emissions of a diesel engine operating on diesel-RME (rapeseed methyl ester) blends with EGR (exhaust gas recirculation). Energy. 32: 2072–2080.
8- çakıroğlu, M. 1996. Motorlu Taşıt Trafiğinde Egzoz Emisyonları. 1. Ulusal Ulaşım Sempozyumu, Istanbul, 565-573.
9- Hussain, J., K. Palaniradja., N. Alagumurthi., and R. Manimaran. 2012. Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on Performance and Emission characteristics of a Three Cylinder Direct Injection Compression Ignition Engine. Alexandria Engineering Journal. 51: 241–247.
10- Fenger, Jes. 2009. Air pollution in the last 50 years – From local to global. Atmospheric Environment - Fifty Years of Endeavour, Volume 43, Issue 1, Pages 13–22.
11- Rajan, K., and K. R. Senthilkumar. 2009. Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on the Performance and Emission Characteristics of Diesel Engine with Sunflower Oil Methyl Ester. Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering. Volume 3, Number 4, ISSN 1995-6665, Pages 306 – 311.
12- Heywood, M. R. Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill Publishing Company, NewYork, 586-592, 1988.
13- Zheng, M., T. R. Graham., and J. H. Gary. 2004. Diesel engine exhaust gas recirculation—a review on advanced and novel concepts. Energy Conversion and Management 45: 883–900.
14- Doradoa, M.P., E. Ballesterosb, J.M. Arnalc., J. Gómezc., and F.J. Lópezd. 2003. Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil. Fuel. Volume 82, Issue 11, Pages 1311–1315.
15- Pradeep, V., and R.P. Sharma. 2007. Use of HOT EGR for NOx control in a compression ignition engine fuelled with bio-diesel from Jatropha oil. Renewable Energy. 32: 1136–1154.
16- Zheng, M., G.T. Reader., J.G. Hawley. 2004. Diesel Engine Exhaust gas recirculation—a review on advanced and novel concepts. Energy Conversion and Management. 45: 883–900.
17- Monyem, A., and J. H. Van Gerpen. 2001. The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions. Biomass Bioenergy. 20:317-325.
18- Yokomura, H., S. Kohketsu., and K. Mori. 2003. EGR System in a Turbocharged and Intercooled Heavy-Duty Diesel Engine – Expansion Of EGR Area with Venturi EGR System – Technical Review. No. 15.
19- Agarwal, D., S. K. Singh., and A. K. Agarwal. 2011. Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on performance, emissions, deposits and durability of a constant speed compression ignition engine. Applied Energy. 88: 2900-2907.
20- Prathibha, B., and G. Prasanthi. 2012. Investigation on the Effect of EGR with Karanja Biodiesel and Grooved Piston with Knurling In an Internal Combustion Engine. IOSR Journal of Engineering. 29: 2250-3021.

Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on Engine Performance and Exhaust Emissions on diesel Engines

Parviz Soltani Nazarloo[1*], Hossein Haji Agha Alizadeh[2], Hekmat rabbani[3] and Behdad shadidi[4]

1- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Bu-Ali Sina University of Hamadan
arazsoltani@yahoo.com
2- Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Bu-Ali Sina University of Hamadan
3- Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Razi University of Kermanshah
4- Ph.d Student, Department of Biosystems Engineering, Bu-Ali Sina University of Hamadan

Abstract

When the temperature of the combustion chamber increases beyond 1800 K in internal combustion engines, the nitrogen and oxygen in the air combine chemically and become a gas called nitrogen oxide, which is harmful to human health and the environment. Nitrogen oxides combine with humidity in the lungs and become nitric acid, which causes breathing illnesses. Diesel engines use excess air for combustion, and this rises nitrogen oxide creation potential. In this research, the reduction of nitrogen oxide emissions from diesel engines was examined. For this purpose, a four cylinder diesel engine's exhaust gases were recirculated to the engine intake manifold at determined rates (10, 20, 30%) and changes in engine performance and exhaust emissions were investigated. The results show that nitrogen oxide emissions reduced significantly but HC emissions and specific fuel consumption deteriorated.

Key Words: Diesel engine, EGR, Emissions, Performance