

بررسی آزمایشگاهی اثرات استفاده از افزودنی الکی اتانول به عنوان سوخت جایگزین در آلاینده های یک موتور احتراق داخلی چهار زمانه بنزینی

سید جواد احمدی¹، کاظم بشیر نژاد²، بهروز صفری^{3*}، مهناز مدیرخا زنی⁴

مشهد - قاسم اباد - دانشگاه آزاد اسلامی
(* بهروز صفری: safari.behrouz@gmail.com)

چکیده

در پژوهش حاضر به بررسی تاثیر عملکرد افزودنی الکی اتانول در آلاینده های یک موتور احتراق داخلی چهار زمانه پرداخته ایم. از آنجا که استفاده از افزودنی های الکی مانند اتانول و متانول سبب کاهش آلاینده ها در موتورهای احتراق داخلی می شود، لذا تاثیر کامل عملکرد افزودنی اتانول در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. در مقاله حاضر تاثیر افزودنی الکی اتانول به عنوان سوخت پاک بر آلاینده های خروجی اگزوز از قبیل منواکسید کربن (CO)، دی اکسید کربن (CO₂)، هیدروکربن های نسوخته (HC) و اکسیدهای نیتروژن (NO_x) در بارهای ۷۵،۵۰ و ۱۰۰ درصد بار موتور و سرعت های ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۴۵۰۰ دور بر دقیقه در یک موتور چهار سیلندر اشتعال جرقه ای بررسی شده است. اتانول با درصدهای حجمی مختلف (E10, E20, E30) به بنزین اضافه شده و با استفاده از دستگاه آنالیزر دود، آلاینده های اگزوز اندازه گیری شد. نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش 10، 20 و 30 درصد اتانول در سوخت، کاهش چشم گیری در مقدار آلاینده های CO₂، HC، CO و NO_x به وجود آمد. همچنین با افزایش درصد افزودنی الکی اتانول، دمای اگزوز کاهش قابل توجهی یافت.

واژه های کلیدی: موتور اشتعال جرقه ای - افزودنی الکی اتانول - آلاینده های اگزوز - سوخت های جایگزین

1- مقدمه

رشد صنعت و موتوریزه شدن آن در جهان، تقاضا برای سوخت های فسیلی را افزایش داده است. از طرف دیگر بر اساس برآوردها، ذخایر نفت خام دنیا کمتر از 41 سال دیگر تمام خواهد شد [1]. بنابراین افزایش تقاضا، کاهش ذخایر موجود سوخت های فسیلی و افزایش آلودگی های زیست محیطی ناشی از این سوخت ها، باعث گرایش محققان برای یافتن سوخت های جایگزین شده است که از مهمترین این سوخت ها می توان سوخت های الکی را نام برد. سوخت های الکی دارای انواع مختلفی هستند و بطور عمده آلودگی های کمتری نسبت به سوخت های فسیلی دارند. بیواتانول و بیومتانول از مهمترین این سوختها می باشند [2]. در کشورهای مختلف جهان بیواتانول به عنوان یک سوخت تجدید پذیر مهم مطرح است. یکی دیگر از مزایای بیواتانول این است که مصرف بیواتانول تغییری در گازهای گلخانه ای (CO₂) ایجاد نمی کند؛ دلیل این امر این است که بیواتانول دارای پایه گیاهی است و گازهای تولید شده به وسیله گیاهان که مواد اولیه تولید بیواتانول را تشکیل می دهند مصرف می شود. در حال حاضر در اکثر کشورهای جهان بیواتانول بصورت ترکیب با دیگر سوخت های فسیلی و یا به طور خالص در موتورهای درون سوز استفاده می شود.

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

2- استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

3- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا، دانشگاه فردوسی مشهد

4- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی، دانشگاه فردوسی مشهد

از قرن 19 به بعد، الکل ها به عنوان سوخت برای موتور ها استفاده شده اند [3]. در میان منابع انرژی تجدید پذیر برای موتور های احتراق داخلی، اخیراً الکل اهمیت خاصی پیدا کرده است این منابع انرژی تجدیدپذیر، مسیر تحقیقات را به سمت استفاده از سوخت جایگزین با توجه به عدد اکتان بالاترشان سوق داده است [4]. لازم به ذکر است که مهمترین خاصیت اتانول به عنوان سوخت این است که آن را می توان از منابع تجدید پذیر انرژی مانند قند، نیشکر، انواع زیست توده، زباله های زیستی، ذرت و جو تامین کرد. علاوه بر این، اتانول با داشتن قابلیت تبخیر حرارتی بالا و عدد اکتان بالا و دمای اشتعال پذیری بالا، تاثیر مثبت بر عملکرد موتور و کاهش آلودگی های خروجی دارد [5]. هرچند که از قرن نوزدهم افراد زیادی به اهمیت افزودنی های الکلی در سوخت موتورهای احتراق داخلی توجه کرده اند اما پژوهشی توسط السفور [8]، [9] و همچنین لی [10] اسناد به ثبت رسیده در این زمینه می باشند.

همانطور که بیان شد کاهش آشکار در ذخایر نفتی و افزایش قیمت آنها و همچنین نیاز مبرم به سوخت های پاک باعث شده است که در سال های اخیر تحقیقات گسترده ای روی سوخت های جایگزین انجام شود که مرجع [11] به بررسی این سوخت های جایگزین پرداخته است. البته استفاده از سوخت های جایگزین نیازمند تغییراتی در هندسه موتور و تغییر برخی شرایط است [12]. به همین دلیل بیشتر تمرکز محققین به استفاده از افزودنی هایی است که به سوخت های فسیلی اضافه می شود تا بدون تغییر در هندسه موتور بتوانند سطح انتشار آلاینده ها را کاهش دهند. همچنین بتوانند کمکی در جهت از بین رفتن سوخت های فسیلی کرده باشند.

در پژوهش حاضر در آزمایشگاه با اضافه کردن اتانول در سوخت بنزین با نسبت های 10، 20 و 30 درصد حجمی و تغییر دور موتور در سرعت های 2000، 3000، 4000 و 4500 دور بر دقیقه، به این نتیجه رسیدیم افزودنی الکلی اتانول در موتور- های احتراق داخلی چهار زمانه، سبب کاهش آلاینده های خروجی از اگزوز می شود. همچنین افزودنی الکلی اتانول را می توان از منابع تجدید پذیر انرژی تهیه کرد و از دیدگاه اصول زیست محیطی حائز اهمیت می باشد.

سوخت های الکلی و افزودنی های الکلی مانند متانول و اتانول دارای عدد اکتان بالایی هستند و ارزش حرارتی قابل توجهی دارند. با توجه به افزایش تقاضای انرژی در جهان و کاهش ذخایر سوخت های فسیلی و بحران آلودگی محیط زیست در اثر انتشار گازهای گلخانه ای، سوخت های الکلی می توانند در دسته انرژی های پاک مورد استفاده قرار می گیرند.

2- پیشینه پژوهش

استفاده از افزودنی های الکلی در موتور های احتراق داخلی اشتعال جرقه ای و اشتعال تراکمی سبب کاهش قابل توجهی در سطح آلاینده ها می شود که در اینجا مروری بر اسناد به ثبت رسیده در این زمینه خواهیم داشت.

اگرچه سوخت های الکلی به عنوان یک منبع تجدیدپذیر انرژی مزایای زیادی دارند اما به کاربردن آنها در موتورهای دیزلی با مشکلاتی مواجه است از جمله پایین بودن عدد ستان و بالا بودن گرمای نهان تبخیر این گونه سوخت ها [3]. لی و همکاران [10]، به تحلیل مشکل احتراق از طریق ترکیب و بازخورانی گازها¹ با تزریق سوخت دیزلی پرداخته اند. برای این هدف یک موتور دوزمانه و تک سیلندر به کار گرفته شده است. مطالعات اولیه این گونه نشان دادند که موتور با سوخت الکلی تقریباً مقدار دود صفر و دمای اگزوز کمی دارند و مقدار آلاینده ی NO_x تولیدی کمتری ایجاد می کنند و نسبت به موتور با سوخت دیزلی در بارهای متوسط و زیاد، 2 تا 3 درصد بازده گرمایی موثر بالاتری دارند.

السفور و همکاران [8]، در پژوهشی تاثیر کاربرد مخلوط 30 درصد ایزوبوتانول - بنزین را بر مقدار تولید آلاینده NO در نسبت های مختلف سوخت به هوا، بررسی کردند. موتوری که در این آزمایش به کار رفته است از نوع تک سیلندر هیدرا می- باشد که دارای دور موتور 1500 rpm است و از نسبت های مختلف سوخت به هوا (0/7-1/1) استفاده شده است. مشاهده گردیده است که وقتی 30 درصد ایزوبوتانول با بنزین مخلوط شود، حداکثر تولید NO_x تا 9 درصد کاهش می یابد و این

¹ EGR

کاهش مقدار NO_x ، در مناطق غلیظ مشهود است. این تحقیقات آزمایشگاهی در شرایط مختلف دمای هوای ورودی انجام گردید. پیش گرمایش هوای ورودی باعث می شود که اندازه‌ی تولید NO_x در تمام نسبت های سوخت به هوا افزایش یابد. در شرایط $\phi = 0.9$ وقتی دمای هوای ورودی از 40 درجه سانتیگراد به 60 درجه سانتیگراد رسید، مقدار آلاینده NO_x به مقدار 10 درصد افزایش یافت. مطالعات گوناگون نشان داده است که کاربرد وسایل نقلیه الکل - بنزین سوز به جای وسایل نقلیه هیدروکربن سوز می تواند از تولید آلاینده NO_x به حد بارز بکاهد. در برزین سوخت موتورهای اشتعال جرقه ای، اتانول خالص است. در ایالت متحده مخلوطی از 10 درصد اتانول و بنزین به نام گازول در هزاران ایستگاه فروش سوخت به اتومبیل ها عرضه می شود.

کچ و همکارانش [6]، در پژوهشی اثر بنزین بدون سرب (EO) و بنزین بدون سرب مخلوط با اتانول (E50, E85) بر عملکرد موتور و انتشار آلاینده ها به صورت آزمایشگاهی در یک موتور تک سیلندر چهار زمانه اشتعال جرقه ای در دو نسبت تراکم (10:1 و 11:1) مورد مقایسه و بررسی قرار دادند.

سرعت موتور از 1500 rpm به 5000 rpm در حالت تراول کاملاً باز تغییر داده شد. نتایج آزمایش نشان داد که افزودن اتانول به بنزین بدون سرب، سبب افزایش گشتاور موتور، قدرت و مصرف سوخت و کاهش آلاینده های منواکسید کربن (CO) و اکسید نیتروژن (NO_x)، و هیدروکربن (HC) می شود. همچنین مشخص شد که افزودن اتانول به بنزین بدون سرب، سبب افزایش نسبت تراکم (CR) می شود که این امر بدون وقوع پدیده ضربه¹ رخ می دهد. در این پژوهش نتایج زیر حاصل گردیده است:

1- به علت گرمای نهان اتانول در سوخت همراه با اتانول در تمام محدوده های سرعت، گشتاور بیشتری حاصل شد.
2- محتوای کم انرژی مخلوط اتانول و بنزین، باعث افزایشی در BSFC موتور می شود که بستگی به درصد اتانول در ترکیب دارد.

3- کاهش قابل توجهی در تولید آلاینده ها در سوخت همراه با اتانول، ایجاد شد.

4- به علت گرمای نهان تبخیر بالای اتانول، کاهش تولید NO_x مشاهده شد.

5- کوبش² موتور در سوخت همراه با اتانول کمتر مشاهده شد.

قبادیان و همکارانش [1]، در پژوهشی آلاینده های یک موتور اشتعال جرقه ای را با استفاده از گازول مورد بررسی قرار دادند. به مخلوط بنزین و بیو اتانول در نسبت های پایین گازول گفته می شود. در این پژوهش، تاثیر گازول که سوختی است پاک بر آلاینده های خروجی از قبیل منواکسید کربن، دی اکسید کربن، هیدروکربن های نسوخته و اکسید های نیتروژن در بارهای 25، 50، 75 و 100 درصد بار موتور و سرعت های 2000 و 4000 دور در دقیقه در یک موتور چهار سیلندر اشتعال جرقه ای، بررسی شده است. اتانول با درصد های حجمی مختلف (E5، E10، E15، E20) به بنزین اضافه شد و با استفاده از دستگاه آنالیز دود، آلاینده های اگزوز اندازه گیری شد. نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش درصد بیو اتانول در سوخت های ترکیبی، مقدار آلاینده های CO و HC کاهش و مقدار CO_2 ، افزایش یافت. همچنین مقدار NO_x در بارهای 25، 50 و 75 درصد کاهش و در بار کامل (100 درصد) افزایش یافت.

در پژوهش پیشرو، ما سعی کرده ایم تاثیر استفاده از افزودنی الکی اتانول را در آلاینده های یک موتور احتراق داخلی چهار زمانه بررسی کنیم که به نتایج قابل توجه و مفیدی رسیده ایم که در ادامه به شرح آنها خواهیم پرداخت.

¹ knock occurrence

² Knocking

3- مواد و روش‌ها

3-1 موتور بنزینی مورد آزمایش

در جدول (1)، مشخصات فنی موتور بنزینی مدل M13NI مورد آزمایش، آورده شده است.

جدول 1- مشخصات فنی موتور احتراق داخلی مورد آزمایش

قطر سیلندر	۸۳/۶ میلی‌متر
کورس سیلندر	۷۱ میلی‌متر
ظرفیت باک	۴ لیتر
نوع	۴ سیلندر خطی
نسبت تراکم	۱۱:۱
حجم موتور	۱۳۲۳ سی سی
ظرفیت روغن موتور با فیلتر	۳/۴ لیتر
سیستم سوخت رسانی	انژکتوری
حد اکثر توان hp/rpm	۵۰۰ - ۶۲/۵
حد اکثر گشتاور N.m/rpm	۱۰۳.۳/۲۸۰۰

این موتور چهار سیلندر، چهار زمانه و از نوع تزریق مستقیم می باشد. موتور مورد آزمایش در شکل 1، نشان داده شده

است.



شکل 1- موتور احتراق داخلی چهار زمانه مستقر در محیط آزمایشگاه

2-3 دینامومتر

دینامومتر استفاده شده در آزمایشگاه تحقیقات موتور، از نوع اصطکاک سیالی مدل هندن-فروود DPX با ظرفیت 112 کیلو وات (150 اسب بخار) با ماکزیمم سرعت 7500 دور بر دقیقه می باشد.

3-3 سیستم خنک کننده

سیستم خنک کننده شامل خنک کاری بدنه ی موتور و روغن در گردش موتور می گردد. خنک کاری روغن با استفاده از یک کویل آب - روغن انجام می شود که آب خنک کاری از منبع 3000 لیتری طراحی شده برای تغذیه آب دینامومتر تامین گشته است. این آب پس از تخلیه به مخزن موقت تعبیه شده در زمین، به وسیله پمپ به مخزن 400 لیتری باز می گردد.

3-4 اندازه گیری و ویژگی های محیط آزمایشگاه

برای اندازه گیری دما، فشار مطلق و رطوبت نسبی محیط، از یک دماسنج، یک بارومتر و یک رطوبت سنج استفاده شده است.

3-5 اندازه گیری مقدار آلاینده ها توسط آنالیزر دود

برای اندازه گیری سطح آلاینده های خروجی از اگزوز، از یک دستگاه آنالیزر دستی مدل DELTA-1600S استفاده شده، که توسط شرکت MRU ساخته شده است. این دستگاه قابلیت اندازه گیری 5 گاز CO_2 , CO , HC , O_2 و NO_x را دارا می باشد. در شکل 2، دستگاه آنالیزر نشان داده شده است. دقت و میزان خطا آلاینده سنج در جدول 2 آورده شده است.

جدول 2- آلاینده ها، میزان خطا و دقت قابل اندازه گیری توسط آلاینده سنج

دقت (رزولیشن)	خطای اندازه گیری	بازه ی قابل اندازه گیری	گازهای قابل اندازه گیری
1ppm	+/- 30ppm	0-20000ppm	HC (C_3H_8)
0.01% vol.	+/- 0.2%	0-10%	CO
0.1% vol.	+/- 1%	0-16%	CO ₂
0.01% vol.	+/- 0.2%	0-21%	O ₂
1ppm	+/- 10ppm	0-5000ppm	NOx (NO)



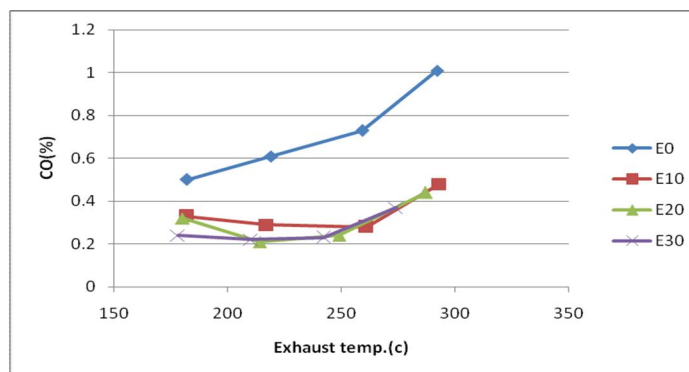
شکل 2 - دستگاه آنالیزر بکار برده شده برای اندازه گیری سطح آلاینده ها در آزمایشگاه

4- نتایج و نمودارها

4-1 نتایج برای 50 درصد بار .

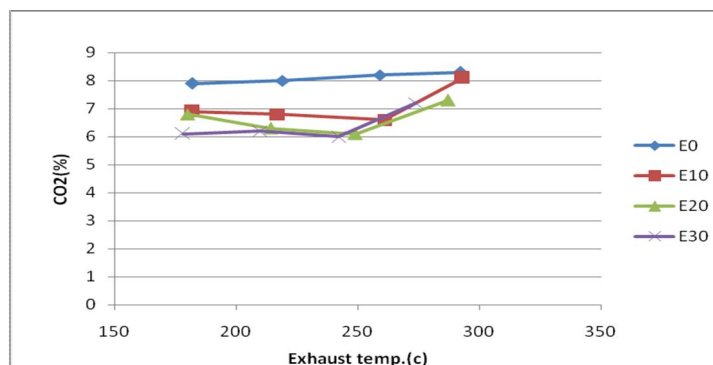
نمودار 1 تغییرات سطح آلاینده منواکسید کربن (CO) را بر حسب دمای آگزوز نشان می دهد. ملاحظه می شود که زمانی که از بنزین خالص (E0) به عنوان سوخت استفاده می شود، مقدار آلاینده CO ماکزیمم است و این مقدار با افزایش دمای آگزوز، افزایش چشمگیری می یابد. همچنین مشاهده شد که با اضافه کردن 10 درصد افزودنی الکی اتانول (E10)، مقدار آلاینده CO، 50% کاهش یافت که با توجه به سمی بودن گاز CO، مقدار قابل توجهی می باشد. شرایط کارکرد موتور بصورت پایدار برای تمامی آزمایش ها می باشد و علت اصلی متغیر بودن دمای آگزوز این است که در دور های بالا، دمای احتراق افزایش پیدا می کند.

به این ترتیب همانطور که در شکل 1 مشخص شده است، با استفاده از درصد بیشتری اتانول در سوخت موتور یعنی استفاده از 20% (E20) و 30% (E30) افزودنی اتانول، سطح آلاینده منواکسید کربن، بترتیب 57% و 59% کاهش یافته است.



نمودار 1- مقایسه تغییرات آلاینده منواکسید کربن (CO) بر حسب دمای آگزوز با سوخت های متفاوت

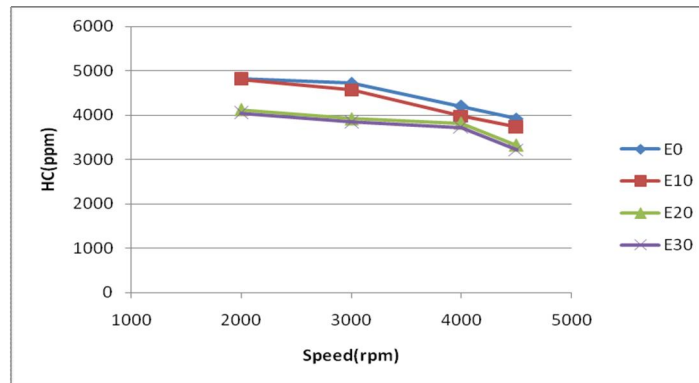
در شکل 2، تغییرات سطح آلاینده دی اکسید کربن (CO₂) بر حسب دمای آگزوز در 50% بار موتور نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود با افزایش دمای آگزوز مقدار آلاینده CO₂ در تمامی نسبت های سوخت افزایش می یابد. همچنین با استفاده از افزودنی اتانول با درصد های مختلف E20, E10 و E30، مقدار آلاینده CO₂ به ترتیب 8%، 12% و 14% کاهش یافته است.



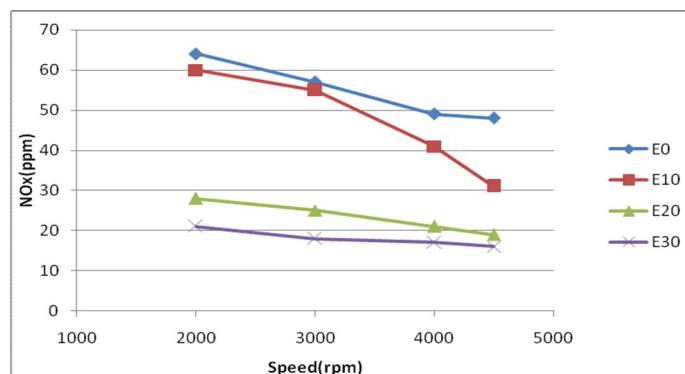
نمودار 2- مقایسه تغییرات مقدار آلاینده دی اکسید کربن (CO₂)، بر حسب دمای آگزوز با سوخت های متفاوت

2-4 نتایج برای 75 درصد بار موتور

در شکل 3 و 4، تغییرات مقدار آلاینده های HC و NO_x بر حسب سرعت موتور نشان داده شده است. به طور کلی در هر دو شکل مشاهده می شود که با افزایش سرعت، سطح آلاینده های HC و NO_x کاهش یافته است، که این مطلب برای دور 4500rpm بیشتر می باشد. مقدار تغییرات با استفاده از درصد های حجمی مختلف E20, E10 و E30 نسبت به حالت E0 در آلاینده HC، 4%، 8% و 10% و در آلاینده NO_x ، 13%، 44% و 60% می باشند.



نمودار 3 - مقایسه تغییرات مقدار آلاینده هیدروکربن های نسوخته (HC) بر حسب دور موتور با سوخت های متفاوت

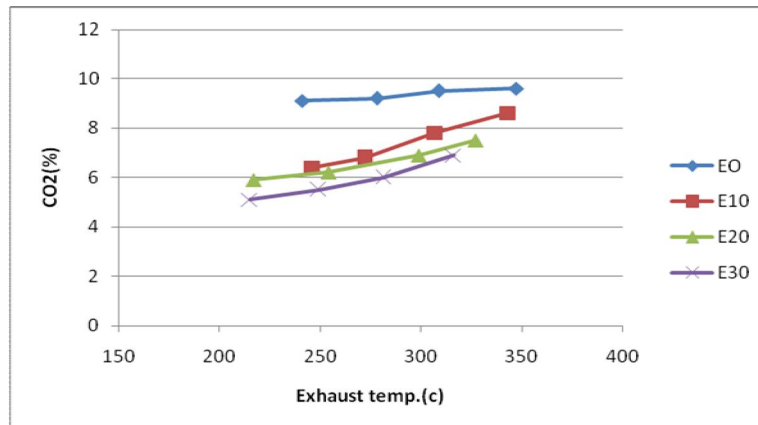


نمودار 4 - مقایسه تغییرات مقدار آلاینده اکسید های ازت (NO_x) بر حسب دور موتور با سوخت های متفاوت

3-4 نتایج برای 100 درصد بار موتور

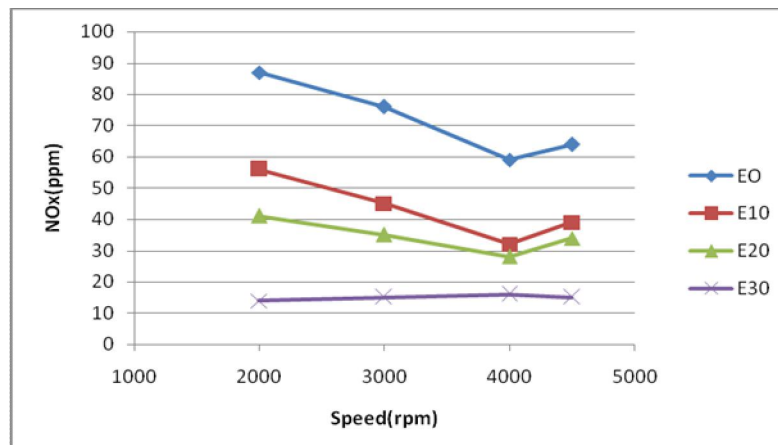
شکل 5 نشان دهنده ی تغییرات آلاینده ی دی اکسید کربن (CO_2) بر حسب دمای خروجی از اگزوز می باشد. مشاهده شده است که با افزایش دمای خروجی از اگزوز در تمامی نسبت های حجمی اتانول و بنزین خالص، مقدار آلاینده CO_2 افزایش قابل توجهی یافته است.

همچنین با اضافه کردن اتانول به بنزین خالص (E0)، با نسبت های حجمی E20, E10 و E30 مقدار آلاینده دی اکسید کربن بترتیب 25، 32/5 و 43/75% کاهش یافته است.



نمودار 5 - مقایسه تغییرات مقدار آلاینده دی اکسید کربن (CO_2) بر حسب دور موتور با سوخت های متفاوت

شکل 6، که در حالت تمام بارموتور تغییرات سطح آلاینده ی اکسید های ازت (NO_x) بر حسب سرعت موتور را نشان می دهد. در سرعت های 2000 تا 4000 دور بر دقیقه با افزایش دور موتور، سطح آلاینده کاهش می یابد اما در سرعت 4500 rpm، افزایش قابل توجهی پیدا می کند. همچنین با استفاده از درصد های حجمی مختلف اتانول E30، E20، E10 مقدار NO_x به علت پایین آمدن دمای احتراق به ترتیب 29، 50 و 75% کاهش می یابد.



نمودار 6 - مقایسه تغییرات مقدار آلاینده اکسید های ازت (NO_x) بر حسب دور موتور با سوخت های متفاوت

5- نتیجه گیری

- در پژوهش حاضر به بررسی تاثیر عملکرد افزودنی الکلی اتانول در آلاینده های یک موتور احتراق داخلی چهار زمانه پرداختیم و نتایج زیر حاصل گردید:
- 1- استفاده از افزودنی الکلی اتانول در موتور های احتراق داخلی چهار زمانه سبب کاهش چشمگیری در سطح آلاینده- های خروجی از اگزوز می شود.
 - 2- افزودنی های الکلی مانند اتانول را می توان از منابع تجدید پذیر انرژی تهیه کرد که از دیدگاه اصول زیست محیطی حائز اهمیت است.
 - 3- با افزایش بار موتور از 50% تا 100%، مقدار آلاینده های خروجی از اگزوز بطور متوسط تا 15% افزایش می یابد.

- 4- با افزایش درصد حجمی افزودنی اتانول تا 30%، درجه حرارت آگزوز به مقدار 22% کاهش می یابد.
- 5- با استفاده از افزودنی الکی اتانول بطور میانگین الیند های HC، CO₂، CO و NO_x به ترتیب 7/33، 36/375 و 55/33 و 31/33% کاهش می یابند که با توجه به سمی بودن آلاینده CO درصد کاهش آن قابل توجه می باشد.
- 6- با توجه به افزایش تقاضای انرژی در جهان و کاهش ذخایر سوخت های فسیلی و بحران آلودگی محیط زیست در اثر انتشار گازهای گلخانه ای، سوخت های الکی می توانند در دسته انرژی های پاک مورد استفاده قرار می گیرند.

مراجع

- 1- سوهانی، م.، جزوه سوخت های جایگزین در خودرو های بنزینی، دفتر نظارت و ارزیابی، اردیبهشت 1390.
- 2- کیانی ده کیانی، م.، قبادیان، ب.، رحیمی، ه.، و نجفی، غ.، "بررسی آلاینده های یک موتور اشتعال جرقه ای با استفاده از گازول"، نشریه علمی-پژوهشی سوخت و احتراق، شماره اول، 1387.
- 3- مظفری، ع.ا.، رهبری، ع.، "الگوسازی نحوه عملکرد موتور HCCI برای سوخت اتانول"، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات موتور، سال پنجم، شماره 12، 1387.
- 4- Ghobadian, B., and Rahimi, H., "Biofuels-Past, Present and Future Perspective", The 4th International Iran and Russian Congress of Agricultural and Natural Resources, Share Kord University, Share Kord, Iran, September, 2004.
- 5- 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", Atmos Environ, Vol. 36, No. 3, pp. 403-10, 2002.
- 6- Koç, M., Sekmen, Y., Topgul, T., and Yucesu, H.S., "The effects of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine", Renewable Energy, Vol. 34, pp. 2101-2106, 2009.
- 7- Yucesu, H.S., Topgul, T., Cinar, C., and Okur, M., "Effect of ethanol-gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in different compression ratios", Thermal Engineering, Vol. 26, pp. 2272-2278, 2006.
- 8- Alasfour, F.N., "NO_x emission from a spark ignition engine using 30% Iso-Butanol-Gasoline blend: Part2 Ignition Timing", Thermal Engineering, Vol. 18, No. 8, pp. 609-618, 1998.
- 9- Alasfour, F.N., "NO_x emission from a spark ignition engine using 30% Iso-Butanol-Gasoline blend: Part1 Preheating Inlet Air", Thermal Engineering, Vol. 18, No. 5, pp. 245-256, 1998.
- 10- Li, X., Qiao X., Zhang, L., Fang, J., Huang, Z., and Xia, H., "Combustion and emission characteristics of a two-stroke diesel engine operating on alcohol", Renewable Energy, Vol. 30, pp. 2075-2084, 2005.
- 11- Dmirbas, A., *A realistic fule alternative for diesel engines*, London, 2008.
- 12- Al-Hasan, M., "Effect of Ethanol-Unleaded Gasoline Blends on Engine Performance and Exhaust Emission", Energy Conversion and Management, Vol. 44, PP. 1547-1561, 2003.
- 13- Bayraktar, H., "Experimental and Theoretical Investigation of Using Gasoline-Ethanol Blends in Spark-Ignition Engines", Renewable Energy, Vol. 30, pp. 1733-1747, 2005.
- 14- Topgul, T., Yucesu, S.S., Cinar, C., and Koca, A., "The Effects of Ethanol-Unleaded Gasoline Blends and Ignition Timing on Engine Performance and Exhaust Emissions", Renewable Energy, Vol. 31, pp. 2534-2542, 2006.
- 15- Yucesu, H. S., Topgu, T., Can, C., and Melih, O., "Effect of Ethanol-Gasoline Blends on Engine Performance and Exhaust Emissions in Different Compression Ratios", Applied Thermal Engineering, Vol. 26, pp. 2272-2278, 2006.
- 16- 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, 2010.