



بررسی تجربی آلاینده‌های خروجی موتوری تک استوانه‌ی پژوهشی اشتعال جرقه‌ای در حالت‌های بنزین سوز و گازسوز

ابراهیم عبدی اقدام¹، بهزاد فرهنگ²، مهرداد سرابی³*

¹ دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران eaaghdam@uma.ac.ir

² دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران behzad.savalan1992@gmail.com

³ دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران m_sarabi@uma.ac.ir

* نویسنده مسئول

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

دریافت: 30 آذر 1394

پذیرش: 29 بهمن 1394

کلیدواژه‌ها:

آلاینده‌ها

موتور

سوخت بنزین

سوخت گاز طبیعی

نسبت تراکم بزرگ

چکیده

با توجه به اینکه موتورهای اشتعال جرقه‌ای سهم زیادی در تولید آلاینده‌ها دارند، شناخت مقدار آلاینده‌ی موتور در حالتی که موتور در نسبت تراکم‌های بزرگ و شرایط مختلف با دو سوخت بنزین و گاز کار کند، می‌تواند برای مقایسه مقدار آلاینده‌های خروجی با استفاده از این دو سوخت و یافتن شرایطی با کمترین مقدار آلاینده‌ی مورد استفاده قرار گیرد. در کار حاضر موتور در نسبت تراکم 9 و 10 که بترتیب برای حالت‌های بنزین سوز و گازسوز تنظیم و در سه سرعت موتور و چهار نسبت هم‌ارزی مبنای مختلف در حالت بار کامل داده‌های تجربی خروجی موتور استخراج شده در هر سرعت و هر نسبت هم‌ارزی پیش‌رسی جرقه در بازه غیر کوبش با گام 2 درجه میل‌لنگ تغییر داده شد و نتایج خروجی ذخیره گردید. داده‌های خروجی ثبت شده شامل آلاینده‌های HC، CO و نسبت هوا به سوخت نسبی (ا) و همچنین دبی هوای ورودی و گشتاور خروجی بودند. نتایج نشان داد که با کاهش نسبت هم‌ارزی مبنای دو حالت بنزین سوز و گازسوز مقدار HC و CO کاهش می‌یابد. در نسبت هم‌ارزی مبنای معین، مقادیر HC حالت بنزین سوز بیشتر از حالت گازسوز مشاهده شد و در مجموع افزایش بیش از سه برابر برآورد شد. تغییر سرعت موتور موجب تغییر مقدار HC شد در حالی که تأثیری روی مقدار CO خروجی ملاحظه نشد.



1. مقدمه

با توجه به اینکه امروزه مسئله آلودگی هوا رفته رفته به صورت یکی از حادترین مسائل ناشی از تمدن صنعتی در شهرهای بزرگ نمود پیدا کرده است و آلاینده‌ها اثرات زیان‌باری بر سلامت انسان دارند و از آنجا که موتورهای احتراق جرقه‌ای سهم زیادی در تولید آلاینده‌ها دارد، ارائه روش‌هایی برای پایش مقدار آلاینده‌گی در موتورهای احتراق جرقه‌ای بسیار ضروری است. برای پایش مقدار آلاینده‌گی موتور نیاز به بررسی عملکرد موتور در شرایط مختلف و سوخت‌های متفاوت است و شناخت مقدار آلاینده‌گی موتور در حالتی که موتور در نسبت تراکم‌های بزرگ و شرایط مختلف با دو سوخت بنزین و گاز کار کند، می‌تواند برای مقایسه تولید آلاینده‌ها در دو سوخت بنزین و گاز طبیعی و یافتن شرایطی با کمترین تولید آلاینده‌گی مورد استفاده قرار گیرد.

چنانچه¹ و همکاران در تحقیق تجربی خود با تبدیل موتوری دیزلی به موتوری بنزینی با تزریق مستقیم (HCCI²) اثرات افزایش فشار هوای ورودی روی عملکرد و آلاینده‌های خروجی را بررسی کردند. آن‌ها آزمایش‌های خود را در سه فشار مختلف انجام دادند و تاثیر افزایش فشار هوای ورودی بر روی غلظت NO_x و CO را مورد بحث و بررسی قرار دادند [1].

زارانتا³ و همکاران در مطالعه تجربی خود روی موتوری احتراق جرقه‌ای چهاراستوانه، کاهش آلاینده‌های CO و CO₂ را با استفاده از گاز طبیعی، اندازه‌گیری کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در سوخت گاز طبیعی حتی بدون استفاده از واکنشگر مقادیر CO و CO₂ به طور قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با بنزین کاهش می‌یابد [2].

آگراوال⁴ و همکاران در تحقیقات تجربی خود بر روی موتورهای ماشین‌های کشاورزی و مولد برق از روش EGR⁵ برای بررسی آلاینده‌گی و عملکرد این موتور استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که با این روش مقدار NO_x و دمای گازهای خروجی کاهش می‌یابد ولی مقدار HC، CO و ذرات معلق افزایش پیدا می‌کند [3].

حاجی بابایی و همکاران در کار تجربی خود تاثیر سوخت گازهای طبیعی مختلف بر روی مشخصه‌ها و ذرات آلاینده در دو اتوبوس گازسوز مجهز به سامانه OCS⁶ و احتراق فقیرسوز و یک اتوبوس گازسوز درست⁷ مجهز به سامانه EGR⁸ و TWC⁸ بررسی کردند. تحقیقات آن‌ها نشان داد که در موتور اتوبوس‌های فقیرسوز، گازهای با متان کم مقدار NO_x و NMHC⁹ بزرگتر اما مقدار HC کلی، CH₄ و آلاینده‌های فرمالدهید پایین‌تری را نمایش داد. موتور اتوبوس درست به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش NO_x و HC را در مقایسه با موتور اتوبوس‌های حالت فقیر نشان

داد در حالی که مقدار CO و NH₃ بزرگتری داشت همچنین تغییر سوخت هیچگونه تأثیری بر روی آلاینده‌های ذرات معلق نداشت [4]. مارتینز¹⁰ و همکاران برای مقایسه دو حالت شروع سرد و چرخه کامل آلاینده‌های تولید شده توسط موتوری احتراق جرقه‌ای چندگانه‌سوز، از سه نوع سوخت E22 (بنزین با 22 درصد اتانول)، گاز طبیعی فشرده و بنزین استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که برای حالت شروع سرد، E22 کمترین مقدار CO و HC را تولید می‌کند در حالی که گاز طبیعی فشرده کمترین مقدار NO_x را تولید کرد و برای حالت چرخه کامل گاز طبیعی فشرده کمترین غلظت CO، NO_x و CO₂ کمترین مصرف سوخت داشت. بنزین نیز کمترین سطح HC و CH₄ را نشان داد و E22 بیشترین مصرف سوخت و بزرگترین مقدار آلاینده‌گی را به جز CO₂ در مقایسه با سوخت‌های دیگر داشت [5].

کاکایی و همکاران در تحقیقات خود بر روی سوخت گازهای طبیعی در موتورهای احتراق جرقه‌ای، دست‌آوردهای محققان در این زمینه را مرور کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که سوخت گاز طبیعی در مقایسه با سوخت‌های با هیدروکربن بیشتر، HC و CO کمتری تولید می‌کند [6]. سیلگم¹¹ و همکاران در پژوهشی تجربی بر روی موتوری چهار استوانه با سوخت متانول خالص در مقایسه با سوخت‌های متانول مخلوط با آب با درصدهای حجمی اختلاط 2,5، 5 و 10 درصد آب با متانول خالص، نتایجی را بدست آوردند. نتایج حاصله نشان می‌دهند که سوخت متانول خالص با افزایش درصد حجمی اختلاط آب، مقادیر آلاینده NO_x را کاهش می‌دهد [7].

آچیکگوز¹² و همکاران در موتوری پژوهشی دو استوانه سوخت متان خالص را سوخت متان مخلوط با مقداری گاز هیدروژن با نسبت‌های حجمی 10، 20 و 30 درصد مقایسه کردند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که آلاینده‌های CO₂ و HC با افزایش درصد حجمی هیدروژن، کاهش یافته ولی CO در شرایط هوای درست تمایل به افزایش از خود نشان می‌دهد. همچنین آلاینده NO_x با افزایش درصد حجمی هیدروژن در سوخت، افزایش می‌یابد [8].

در کار حاضر مقدار تولید آلاینده‌های HC و CO در چهار نسبت هم‌ارزی و سه سرعت مختلف و در نسبت تراکم‌های 9 و 10 به ترتیب برای حالت‌های بنزین‌سوز و گازسوز اندازه‌گیری و بررسی شد.

2. تجهیزات

موتور پژوهشی استفاده شده در کار حاضر، موتوری تک استوانه با قابلیت کارکرد در حالت احتراق جرقه‌ای و سوخت‌های مختلف در نسبت تراکم‌های قابل تنظیم است که در شکل 1 نشان داده شده

⁷ Stoichiometric

⁸ Three-way catalyst

⁹ Non-methane hydrocarbon

¹⁰ Martins

¹¹ Sileghem

¹² Açıkgöz

¹ Canakci

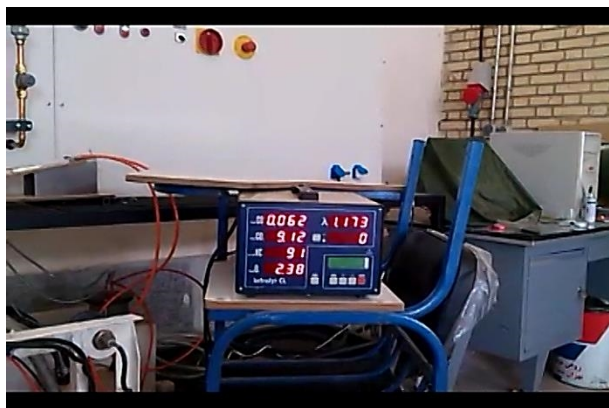
² Homogeneous charge compression ignition

³ Zárante

⁴ Agarwal

⁵ Exhaust gas recirculation

⁶ Oxidation catalysts



شکل 2: نمایی از تحلیلگر گازهای خروجی

برای اعمال تنظیمات مربوط به احتراق از جمله تنظیم سامانه جرقه، مهار افشانه‌ها و پرش جرقه سامانه مدیریت موتور استفاده شد. این سامانه ضمن دریافت تنظیمات از کاربر به اعمال سریع این تغییرات اقدام می‌کند.

3. روش آزمایش

برای بررسی مقدار آلاینده‌های HC و CO با دو سوخت بنزین و گاز طبیعی در کار حاضر به روش زیر آزمایش‌هایی انجام شد. ابتدا موتور در نسبت تراکم 9 که مربوط به حالت بنزین سوز است تنظیم شد و موتور با سرعت 1600 دور بر دقیقه و در حالت بار کامل راه‌اندازی شد و با تزریق سوخت و پیش‌رسی جرقه 10 درجه میل‌لنگ قبل از نقطه مکث بالا ($^{15}CA\ bTDC$) حالت گرم موتور احراز گردید. در حالت گرم موتور با تغییر طول پاشش سوخت کیفیت مخلوط از طریق تحلیلگر گاز مهار شد و طول پاشش مربوط به حالت درست¹⁶ تعیین شد. سپس با حفظ سرعت و طول پاشش سوخت، پیش‌رسی جرقه (بر حسب زاویه میل‌لنگ) با گام دو درجه تغییر داده شد و آلاینده‌های HC و CO و نیز دبی هوای ورودی و نسبت هوا به سوخت نسبی (ا) ثبت گردید. این روند برای نسبت‌های هم‌ارزی 0,95، 0,9 و 0,85 و همچنین در نسبت هم‌ارزی 0,9 و سرعت‌های 1400 و 1800 دور بر دقیقه تکرار شد. روند فوق در نسبت تراکم 10 برای حالت گازسوز در سه سرعت موتور و چهار نسبت هم‌ارزی تکرار شد و متغیرهای مورد نیاز ثبت گردید.

4. بحث بر روی نتایج

شکل 3 تغییرات دبی هوای ورودی بر حسب زاویه پیش‌رسی جرقه را در سرعت 1600 دور بر دقیقه برای حالت‌های بنزین سوز و گازسوز نمایش می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با افزایش پیش‌رسی جرقه، دبی هوای ورودی در هر دو حالت بنزین سوز و گازسوز کاهش می‌یابد.

است و مشخصات فنی آن در جدول 1 آمده است. این موتور احتراقی به موتوری-مولد برقی آسنکرون که قابلیت تنظیم سرعت موتور را فراهم می‌کند وصل شده است.



شکل 1: نمایی از موتور پژوهشی تک استوانه

جدول 1: مشخصات موتور پژوهشی

مشخصه	توضیحات
قطر استوانه	90mm
پیمایش سمبه	74mm
حجم جابجایی	470cm ³
نسبت تراکم	متغیر قابل تنظیم
تعداد دریچه	2
سامانه جرقه‌زنی	برقی قابل تنظیم
سامانه سوخت‌رسانی	افشانه‌ای گازسوز
سامانه روغن کاری	فشاری با استفاده از یک تلمبه روغنی چرخ‌دنده‌ای و به حالت پاششی
نوع خنک کاری	با آب
تعداد و موقعیت دریچه‌ها	2 OHV
زاویه باز و بسته شدن دریچه ورودی	0°TDC باز و 50°aBDC بسته
زاویه باز و بسته شدن دریچه خروجی	40°bBDC باز و 8°aTDC بسته
نوع تنفس	طبیعی با صافی و مخزن آرامش

برای تعیین کیفیت مخلوط سوخت - هوا از یک تحلیلگر گاز شرکت ساکسون¹³ نوع اینفیرالیت سی ال¹⁴ استفاده شده که نمایی از آن در شکل 2 نشان داده شده است. این تحلیلگر با دریافت گازهای سوخته از مسیر خروجی موتور، علاوه بر نمایش اندازه نسبت هوا به سوخت نسبی (λ)، میزان CO₂، CO، O₂ و HC را نشان می‌دهد.

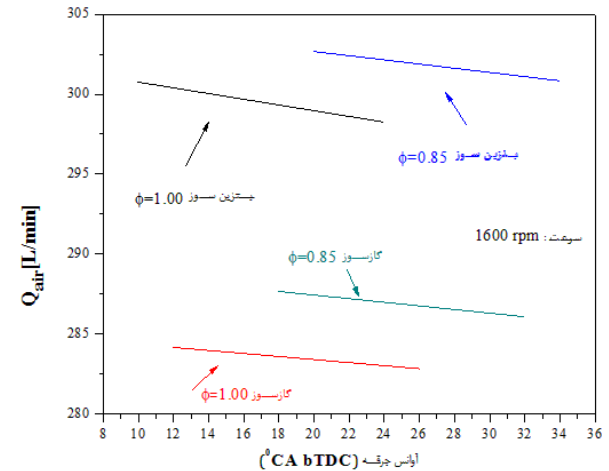
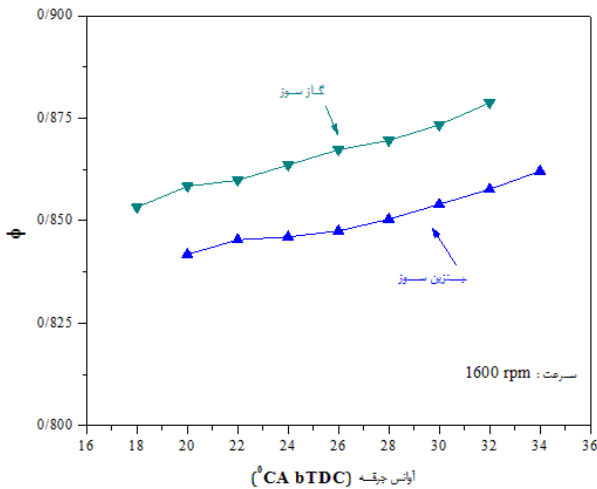
¹⁶ Stoichiometric

¹³ Saxon

¹⁴ Infralyt CL

¹⁵ Crank angel before top dead center

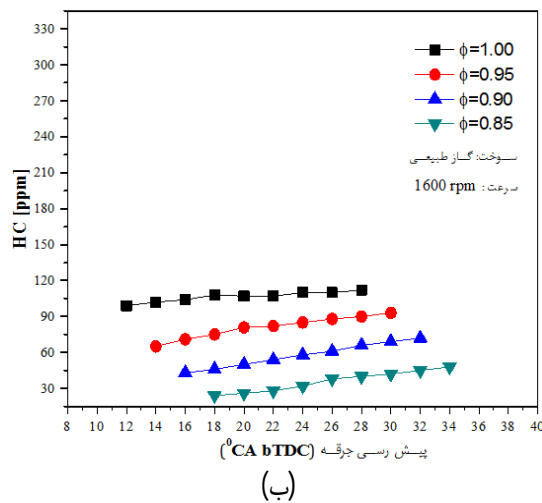
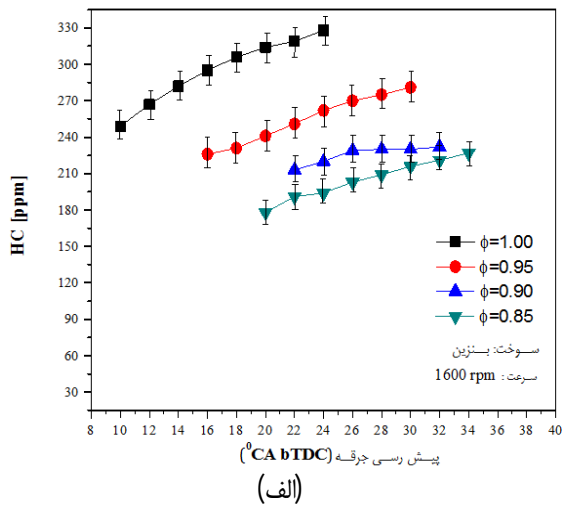
جلوگیری از آشفتنگی از رسم این خطوط در سایر نمودارها اجتناب شده است.



شکل 3: تغییرات شار هوای ورودی بر حسب زاویه پیش‌رسی جرکه در سرعت 1600 دور بر دقیقه برای حالت‌های بنزین سوز و گازسوز

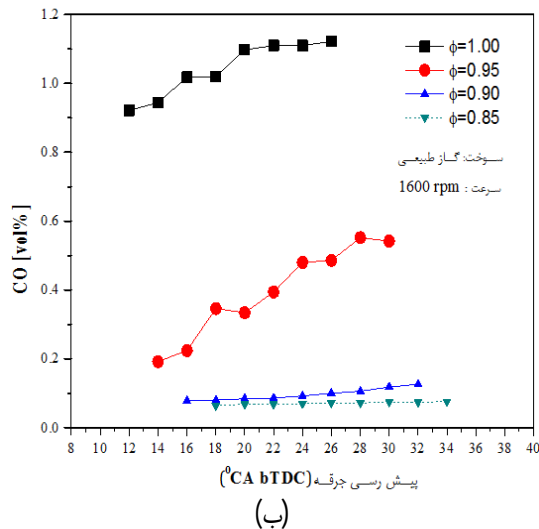
شکل 4: تغییرات نسبت هم‌ارزی بر حسب زاویه پیش‌رسی جرکه در سرعت 1600 دور بر دقیقه برای حالت‌های بنزین سوز و گازسوز

اگر چه در یک سرعت معین طول پاشش سوخت با تغییر پیش‌رسی جرکه ثابت نگه‌داشته شد اما نسبت هم‌ارزی مخلوط با تغییر پیش‌رسی جرکه تغییرات جزئی نشان داد. این تاثیر می‌تواند بدلیل تغییر دبی هوای ورودی با تغییر پیش‌رسی جرکه باشد. با توجه به اینکه با افزایش پیش‌رسی جرکه احتراق زودتر اتفاق می‌افتد دمای گازهای خروجی تقلیل یافته و مقدار جرم گازهای باقیمانده در فضای مرده بیشتر می‌شود این وضعیت می‌تواند مقدار جرم مخلوط ورودی در مرحله مکش را اندکی تقلیل دهد. در حالی که با پیش‌رسی جرکه کمتر دمای گازهای باقیمانده بالاتر است و با ورود مخلوط سرد در مرحله مکش این گاز منقبض‌تر می‌شود و شرایط برای ورود مقدار مخلوط اندکی بیشتر فراهم می‌شود. ملاحظه می‌شود که در حالت کلی با کاهش نسبت هم‌ارزی مینا، دبی هوای ورودی افزایش می‌یابد. دلیل این رفتار را می‌توان چنین توجیه کرد که با کاهش نسبت هم‌ارزی مینا مقدار سوخت پاششی کاهش می‌یابد و عرصه برای ورود هوای بیشتر به داخل استوانه مهیاتر می‌گردد. به ازای نسبت هم‌ارزی مینای معین نسبت مولی سوخت به هوا در حالت گازسوز بیشتر از مقدار آن در حالت بنزین سوز است لذا کاهش دبی هوای ورودی در حالت گازسوز بیشتر از بنزین سوز است.

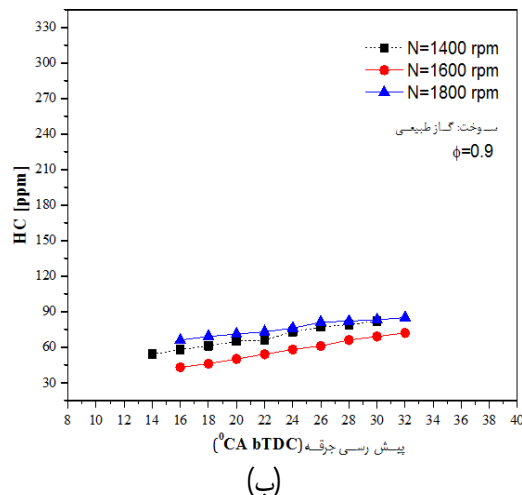
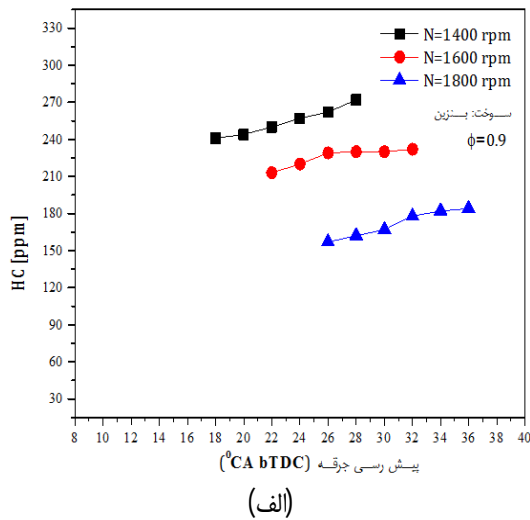


شکل 5: تغییرات HC بر حسب زاویه پیش‌رسی جرکه برای نسبت‌های هم‌ارزی مختلف (الف) بنزین سوز و (ب) گازسوز

شکل 4 نمونه‌ای از تغییرات نسبت هم‌ارزی بر حسب زاویه پیش‌رسی جرکه را برای حالت‌های بنزین سوز و گازسوز با طول پاشش ثابت نشان می‌دهد. لازم به توضیح است که طول پاشش در پایین‌ترین پیش‌رسی جرکه در هر دسته آزمایش تعیین و ثابت نگه‌داشته شده است. در کار حاضر به نسبت سوخت به هوای نسبی ($f = 1/1$) واژه «نسبت هم‌ارزی» گفته می‌شود. به متوسط نسبت‌های هم‌ارزی در پیش‌رسی جرکه‌های مختلف با طول پاشش ثابت، لفظ «نسبت هم‌ارزی نماینده» اطلاق می‌شود. در شکل 5 الف و ب تغییرات HC بر حسب زاویه پیش‌رسی جرکه در نسبت‌های هم‌ارزی مختلف و سرعت 1600 دور بر دقیقه برای حالت‌های بنزین سوز و گازسوز نشان داده شده است. میله خط نشان دهنده دقت دستگاه روی نمودار آورده شده است و به دلیل



شکل 6: تغییرات CO بر حسب زاویه میل لنگ برای نسبت‌های هم‌ارزی مختلف (الف) بنزین (ب) گازسوز

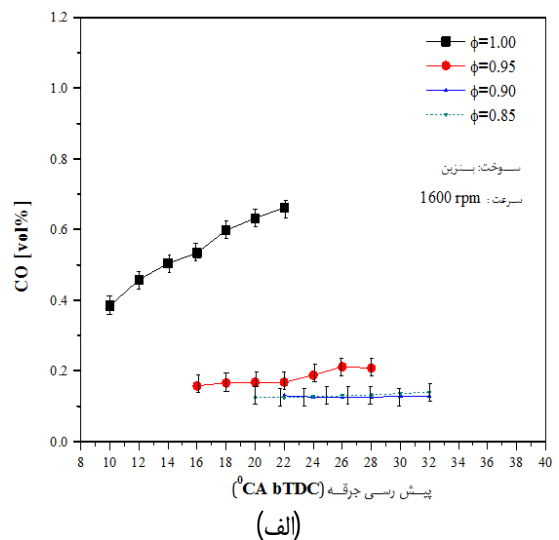


شکل 7: تغییرات HC بر حسب زاویه میل لنگ برای حالت‌های بنزین سوز و گازسوز در سرعت‌های مختلف (الف) بنزین سوز و (ب) گازسوز

مطابق شکل 5 با کاهش نسبت هم‌ارزی نماینده مقادیر HC در هر دو حالت بنزین سوز و گازسوز کاهش می‌یابد. این تمایل وقتی که چرخه‌های بدون احتراق یا با احتراق جزئی یک دسته چرخه وجود نداشته باشد طبیعی است زیرا مقدار سوخت هیدروکربن در مخلوط نسوخته کمتر است در نتیجه میل به احتراق کامل (یعنی بدون هیدروکربن) بیشتر است. لازم به توضیح است که در آزمون‌های مورد اشاره همه چرخه‌ها احتراقی مشاهده شده است. مقادیر HC حالت بنزین سوز بیشتر از حالت گازسوز است و با تغییر سوخت در نسبت هم‌ارزی نماینده یک، مقادیر HC تقریباً سه برابر شده است و این اختلاف با کاهش نسبت هم‌ارزی نماینده بیشتر شده است به طوری که در نسبت هم‌ارزی نماینده 0,85 به بیش از 6 برابر رسیده است.

در شکل 6 الف و ب تغییرات CO بر حسب زاویه پیش‌رسی جرکه در نسبت‌های هم‌ارزی مختلف و سرعت 1600 دور بر دقیقه برای حالت‌های بنزین سوز و گازسوز نمایش داده شده است. ملاحظه می‌شود که همانند HC برای CO نیز میله خط نشان دهنده دقت دستگاه روی نمودار آورده شده است. مشاهده می‌شود که با کاهش نسبت هم‌ارزی نماینده مقدار CO در هر دو حالت بنزین سوز و گازسوز کاهش پیدا کرده است در حالی که این کاهش در نسبت‌های هم‌ارزی 0,9 و 0,85 بسیار ناچیز است. در نسبت‌های هم‌ارزی نماینده 1 و 0,95 مقادیر CO حالت گازسوز کمی بیشتر از حالت بنزین سوز است اما در نسبت‌های هم‌ارزی نماینده 0,9 و 0,85 مقادیر CO حالت بنزین سوز با اختلاف بسیار کم بیشتر از حالت گازسوز است.

در شکل 7 الف و ب تغییرات HC بر حسب زاویه پیش‌رسی جرکه در سرعت‌های مختلف و نسبت هم‌ارزی 0,9 برای حالت‌های بنزین سوز و گازسوز نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که با افزایش سرعت مقدار HC در حالت بنزین سوز کاهش پیدا کرده است در حالی که مقادیر CO در حالت گازسوز تقریباً ثابت مانده است. در نسبت هم‌ارزی نماینده معین مقادیر HC در حالت بنزین سوز بیشتر از حالت گازسوز است.



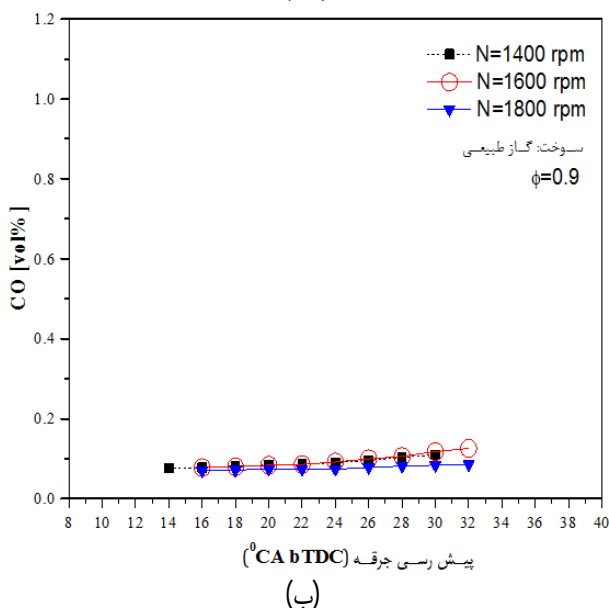
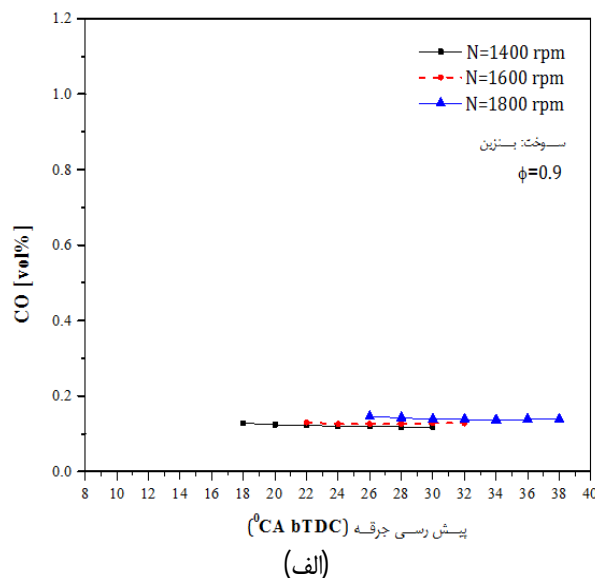
5. نتیجه گیری

- با توجه به اندازه گیری های انجام شده نتایج زیر حاصل شد:
- کاهش نسبت هم ارزی نماینده در هر دو حالت بنزین سوز و گازسوز موجب کاهش مقادیر HC و CO می شود.
 - در نسبت های هم ارزی نماینده معین مقادیر HC حالت بنزین سوز بیشتر از حالت گازسوز است.
 - مقادیر CO در نسبت های هم ارزی 1 و 0,95 در حالت بنزین سوز بیشتر از حالت گازسوز و در نسبت های هم ارزی 0,9 و 0,85 کمتر است.
 - تغییر سرعت موتور موجب تغییر مقادیر HC می شود اما تأثیری بر روی مقادیر CO ندارد.

مراجع و منابع

- [1] M. Canakci: An experimental study for the effects of boost pressure on the performance and exhaust emissions of a DI-HCCI gasoline engine, Fuel 87 (2008) 1503-1514
- [2] P.H.B. Za' rante, J.R. Sodre: Evaluating carbon emissions reduction by use of natural gas as engine fuel, (2009) 216-220.
- [3] D. Agarwal, Sh. K. Singh, A. K. Agarwal: Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on performance, emissions, deposits and durability of a constant speed compression ignition engine, (2011) 2900-2907
- [4] M. Hajbabaei, G. Karavalakis, K.C. Johnson, L. Lee, Th. D. Durbin: Impact of natural gas fuel composition on criteria, toxic, and particle emissions from transit buses equipped with lean burn and stoichiometric engines, (2013) 425-434
- [5] A.A. Martins, R.A.D. Rocha, J.R. Sodr : Cold start and full cycle emissions from a flexible fuel vehicle operating with natural gas, ethanol and gasoline, (2014) 94-98
- [6] A. Kakaee, A. Paykani, M. Ghajar: The influence of fuel composition on the combustion and emission characteristics of natural gas fueled engines, (2014) 64-78
- [7] L. Sileghem, T. Huylebroeck, A.V.D. Bulcke, J. Vancoillie, S. Verhelst: Performance and Emissions of a SI Engine using Methanol-Water Blends, SAE Technical Paper, (2013) 2013-01-1319
- [8] B. Açıkgöz, C. Celik, H.S. Soyhan, B. Gokalp, B. Karabag: Emission characteristics of a hydrogen-CH4 fuelled spark ignition engine, Fuel, (2015) 298-307

شکل 8 تغییرات CO بر حسب زاویه پیش رسی جرقه را در سرعت های مختلف و نسبت هم ارزی 0,9 برای حالت های بنزین سوز و گازسوز نمایش می دهد. با ملاحظه هر دو حالت بنزین سوز و گازسوز مشاهده می شود که با افزایش سرعت، مقادیر CO تقریباً ثابت می ماند. در نسبت های هم ارزی نماینده معین مقادیر CO حالت بنزین سوز در حد 0,1 بیشتر از حالت گازسوز است.



شکل 8: تغییرات CO بر حسب زاویه میل لنگ برای حالت های بنزین سوز و گازسوز در سرعت های مختلف (الف) بنزین سوز و (ب) گازسوز



Experimental study of a spark ignition single-cylinder research engine exhaust emissions in gasoline and natural gas fuel cases

E. A. Aghdam¹, B. Farhang², M. Sarabi^{3*}

¹ University of Mohagheghe Ardabili, Ardabil, Iran, eaaghdam@uma.ac.ir

² University of Mohagheghe Ardabili, Ardabil, Iran, behzad.savalan1992@gmail.com

³ University of Mohagheghe Ardabili, Ardabil, Iran, m_sarabi@uma.ac.ir

*Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 20 December 2015

Accepted: 17 February 2016

Keywords:

Emissions

Engine

gasoline fuel

natural gas fuel

high compression ratio

ABSTRACT

Since spark ignition engines has a large portion in emission production, recognition of the engine emissions when engine work at high compression ratios and different conditions with gasoline and natural gas could be useful to compare engine exhaust emissions in gasoline and natural gas fuel case and find the lowest emissions production condition. In the current work, an engine was set at 9 and 10 compression ratio for gasoline and natural gas fuel case. It warmed up with fuel injection at full load, three engine speeds, at certain spark advance and four equivalence ratios. Then in each engine speed and equivalence ratio, spark advance (according to the crank angle) was changed on non-knock domain with two degree per step and external results were recorded. External data included HC and CO emissions, relative air-fuel ratio (λ), also internal air-flow and external torque. It was observed that the decrease of representative equivalence ratio causes the reduction of HC and CO. At equal representative equivalence ratio the amount of HC in gasoline fuel case is more than natural gas fuel case and overall increasing was estimated more than three times. Engine speed change causes variation in the amount of HC while it has no impact in the amount of CO.



© Iranian Society of Engine (ISE), all rights reserved.