



بررسی عددی تأثیر پاشش آمونیاک بر عملکرد موتور EF7 با سوخت CNG

علی قدسی^۱، فرهاد سالک^۲، سید وحید حسینی^{۳*}، میثم بابائی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی دانشکده مهندسی مکانیک و مکاترونیک دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران، Alighodsi89@gmail.com

^۲ استاد مدعو گروه مهندسی مکانیک دانشکده منتظری دانشگاه فنی و حرفه‌ای خراسان رضوی، مشهد، ایران، mirfarhadsalek@gmail.com

^۳ عضو هیات علمی دانشکده مهندسی مکانیک و مکاترونیک دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران، v_hosseini@shahroodut.ac.ir

^۴ عضو هیات علمی دانشکده علوم، مهندسی و محیط زیست دانشگاه سالفورد، منچستر، انگلستان، m.babaie@salford.ac.uk

* نویسنده مسئول

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۳۰ آذر ۱۳۹۹

پذیرش: ۱۳ دی ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

سوخت‌های زیستی

گاز طبیعی

کربن مونواکسید

اکسید ازت

آمونیاک

چکیده

سوخت گاز طبیعی، به عنوان یک سوخت پاک شناخته می‌شود که استفاده از آن در خودروها به عنوان سوخت پایه، باعث کاهش آلایندگی و گازهای گلخانه‌ای خواهد شد. از طرفی دیگر، آمونیاک نیز به عنوان یک سوخت حامل هیدروژن تلقی شده که ترکیب آن با گاز طبیعی در احتراق، باعث افزایش راندمان احتراق خواهد شد. در این مقاله، بررسی عددی تأثیر پاشش آمونیاک بر میزان تولیدی آلاینده ها و عملکرد موتور EF7 با سوخت پایه CNG انجام گرفته است. در ابتدا موتور EF7 گازسوز در نرم افزار AVL BOOST مدل‌سازی شده و به منظور استحصال پارامترهای اصلی موتور در سرعت ۶۰۰۰ د.د.د و به صورت تمام بار، حل شده و سپس با داده‌های آزمایشگاهی صحنه گذاری شده است. پس از آن آمونیاک با درصد‌های پاشش ۵ درصد و ۱۰ درصد در موتور با سوخت پایه CNG به صورت مجزا برای هر استوانه توسط چهار انژکتور نصب شده بر روی منیفولد هوای موتور، تزریق شده و نتایج آن مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده، با افزودن آمونیاک مقدار توان و فشار موثر متوسط تولیدی توسط موتور تغییرات محسوسی نداشته است. اما پاشش آمونیاک باعث افزایش دمای احتراق در داخل استوانه‌ها شده که در نتیجه آن CO و HC به ترتیب تا حداکثر ۲۷ درصد و ۷٫۵ درصد، کاهش یافته است. از طرفی دیگر، افزایش دمای استوانه موجب افزایش NOx گردیده به طوری که برای ۵ درصد پاشش آمونیاک ۴۳٫۴ درصد و برای ۱۰ درصد پاشش آمونیاک ۱۱۸٫۷ درصد افزایش اکسیدهای ازت ثبت گردیده است.



تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

۱- مقدمه

یکی از بزرگترین مشکلات جوامع امروزی، پدیده گرم شده کره زمین بوده که نقشه بسیاری در سلامت زمین و انسان‌ها دارا است. یکی از منابع تولید کننده گازهای گلخانه‌ای، خودروهای موجود در سامانه‌های حمل و نقل اند. مصرف سوخت‌های سنگواره‌ای نظیر بنزین و دیزل توسط خودروها، باعث تولید گاز CO₂ می‌شود [۱-۳]. از طرفی دیگر، استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوختی با تولید آلودگی کمتر نسبت به بنزین، گازوئیل و پروپان به صورت روز افزون در سطح دنیا در حال افزایش است [۴-۵]. دلایل اصلی استفاده از این سوخت در بعضی کشورها هزینه کمتر، تولید آلاینده کمتر و افزایش ایمنی به همراه اطمینان از دائمی بودن مصرف و تأمین آنهاست.

گاز طبیعی یکی از پاکترین سوخت‌های مورد مصرف در جهان است که در رده سوخت‌های سبز قرار گرفته است. خوشبختانه این سوخت در کشور ما به وفور یافت می‌شود به طوری که از حجم کل ذخایر گازی جهان که حدود ۱۹۰ تریلیون متر مکعب است، حدود ۳۵ تریلیون متر مکعب آن در ایران است. بدین معنا که کشور ما با داشتن ۱۸,۴ درصد ذخایر گازی، بعد از روسیه بزرگ‌ترین دارنده منابع گازی در جهان شناخته می‌شود [۶-۸].

استفاده از گاز طبیعی فشرده که به اختصار سوخت CNG می‌نامند، به جای بنزین در موتورهای اشتعال جرقه‌ای باعث کاهش چشم‌گیر آلاینده‌ها می‌شود که یکی از مزیت‌های مهم این سوخت است [۹-۱۰]. از این سوخت به عنوان سوخت جایگزین در کشورهایی نظیر چین، ایران و هند در بخش حمل و نقل برای کنترل آلودگی هوا استفاده می‌شود. با توجه به فراوانی این گاز در کشور، از دیگر مزایای استفاده از سوخت CNG، نسبت به بنزین می‌توان به ارزان تر بودن آن اشاره کرد.

از مشکلات استفاده از سوخت CNG به جای بنزین می‌توان به کاهش توان و گشتاور اشاره کرد. به طوری که حدود ۱۰ درصد کاهش در توان و گشتاور نسبت به بنزین گزارش شده است [۱۱-۱۳].

اخیرا برای کاهش کربن‌دی‌اکسید در اثر سوختن CNG در موتورهای اشتعال جرقه ای، در حدود ۵-۱۰ درصد هیدروژن به این سوخت اضافه می‌کنند. سوخت CNG حاوی هیدروژن را HCNG می‌نامند [۱۴-۱۵]. اما فناوری تولید هیدروژن در مقیاس زیاد و هزینه‌های آن باعث شده که این سوخت همچنان در مقیاس آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به این که آمونیاک یکی از سوخت‌های بر پایه هیدروژن است، می‌توان از آن برای کاهش هیدروکربن‌های نسوخته و افزایش بازده احتراق در موتورهای احتراق داخلی استفاده کرد [۱۶-۱۹]. احتراق همزمان گاز متان (که جزء اصلی سوخت CNG است) همراه با آمونیاک، باعث افزایش بازده احتراق و در نتیجه دستیابی به نرخ آزادسازی انرژی بیشتر در احتراق، خواهد شد [۲۰-۲۱].

تأثیر پاشش آمونیاک با بهره‌گیری از سامانه پاشش چند نقطه‌ای در موتور اشتعال جرقه‌ای با سوخت پایه CNG در این مقاله بررسی شده است. ابتدا آزمایش‌های تجربی بر روی موتور EF7 گازسوز انجام گرفته و متغیرهای اصلی موتور اندازه‌گیری شده است.

سپس موتور در نرم‌افزار AVL BOOST شبیه‌سازی شده و متغیرهای خروجی شبیه‌سازی، با داده‌های خروجی آزمایشگاهی موتور مقایسه گردیده است. آمونیاک نیز با نسبت ۵ و ۱۰ درصد جرمی از کل سوخت، توسط چهار افشانه نصب شده بر روی موتور، در آن پاشش شده و نتایج بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

۲- آزمایش‌های تجربی موتور

به منظور استحصال متغیرهای اصلی موتور در سرعت ۶۰۰۰ د.د.د، موتور EF7 گازسوز در اتاق آزمون نصب گردیده و متغیرهای خروجی مورد نظر در حالت پایا اندازه‌گیری و ثبت گردیده اند [۲۲]. متغیرهای اصلی موتور شامل مصرف سوخت ویژه ترمزی، تولید توان و فشار چندراهه گاز بوده که در آزمایش‌ها ثبت گردیده اند. آزمایش‌های در یکی از اتاق آزمون‌های شرکت دیناموتور واقع در تهران انجام گرفته است. مشخصات فنی موتور EF7 گازسوز در جدول ۱ ارائه گردیده است.



شکل ۱: موتور گازسوز EF7 در اتاق آزمون شرکت دیناموتور [۲۲]

جدول ۱: مشخصات فنی موتور

متغیر	واحد	مقدار
شعاع داخلی استوانه	mm	۷۸,۶
پیمایش سمبه	mm	۸۵
طول دسته سمبه	mm	۱۳۴,۵
تعداد استوانه‌ها	-	۴
حداکثر دور موتور	RPM	۶۰۰۰
نسبت تراکم	-	۱۱

۳- شبیه‌سازی موتور

در این مقاله، به منظور شبیه‌سازی عددی موتور EF7 گازسوز، از نرم‌افزار AVL BOOST استفاده گردیده است. این نرم‌افزار دارای

$$r_{NO} = C_{PPM} C_{KM}(2,0) (1 - a_{NO}^2) \left[\frac{r_1}{1 + a_{NO} AK_2} + \frac{r_4}{1 + AK_4} \right] \quad (1)$$

$$a_{NO} = \frac{C_{NO.act} 1}{C_{NO.equ} C_{KM}} \quad (2)$$

$$AK_2 = r_1 / (r_2 + r_3) \quad (3)$$

$$AK_4 = r_4 / (r_5 + r_6) \quad (4)$$

r_{NO} و C_i , C_{KM} , C_{PPM} برترتیب ضریب پسا پردازش^۱، ضریب جنبشی^۲، کسر مولی و نرخ واکنش گاز اکسید ازت اند. همچنین از الگوی ارائه شده توسط اونوراتی و همکاران [۲۴] برای محاسبه مقدار تولید گاز مونوکسید کربن در فرایند احتراق استفاده گردیده است:

$$r_{CO} = C_{cte}(r_1 - r_2)[1 - a_{CO}] \quad (5)$$

$$a_{CO} = \frac{C_{CO.act}}{C_{CO.equ}} \quad (6)$$

که r_{CO} و C_i نمایانگر نرخ واکنش مونوکسید کربن و کسر مولی آن اند.

۴- صحنه‌گذاری شبیه‌سازی موتور

برای صحنه‌گذاری شبیه‌سازی انجام گرفته در نرم‌افزار AVL BOOST، داده‌های اصلی خروجی موتور با داده‌های تجربی اتاق آزمون موتور، مقایسه گردید. متغیرهای توان، فشار مؤثر متوسط ترمزی، مصرف سوخت ویژه ترمزی و فشار چندراهه هوا متغیرهایی هستند که در صحنه‌گذاری بررسی شده و نتایج در جدول ۲ ارائه شد.

جدول ۲: مقایسه متغیرها توسط شبیه‌سازی عددی و آزمایشگاهی

خطا (%)	تجربی	AVL	
۶,۰۴	۷۴,۵۲	۷۰,۰۲	توان (kW)
۵,۹۸	۹,۰۳	۸,۴۹	BMEP (bar)
۶,۵۹	۲۶۹,۷۴	۲۸۷,۵۳	BMEP (g/kWh)
۰,۸	۹۸,۲۶	۹۷,۴۷	فشار چندراهه گاز (kPa)

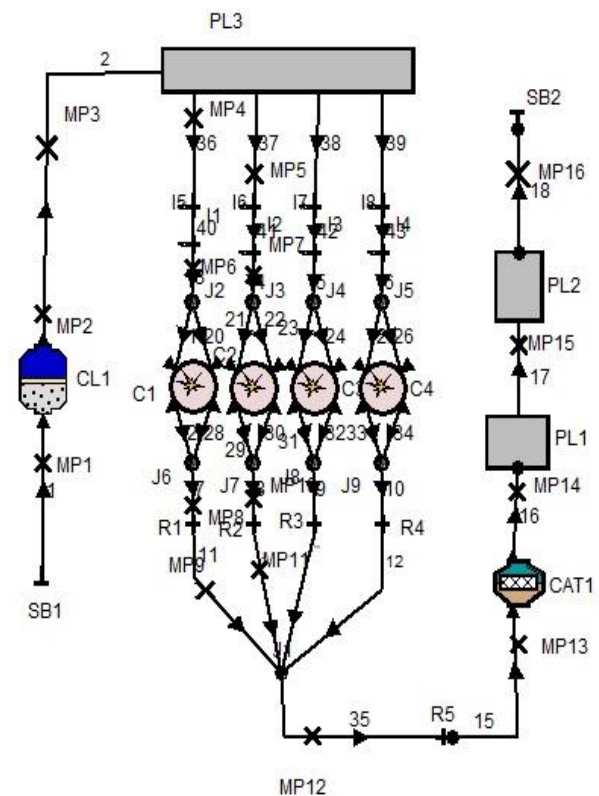
۵- نتایج و بحث

بدین ترتیب شبیه‌سازی مورد نظر در نرم‌افزار با سه سوخت مختلف حل گردیده و نتایج در این بخش بررسی شده است. شکل ۳، نشان دهنده مقدار توان و فشار مؤثر متوسط تولیدی توسط موتور با مصرف سوخت‌های مختلف است. براساس داده‌های ارائه شده در این شکل، توان و فشار مؤثر متوسط ترمزی موتور با افزودن آمونیاک به سوخت تا ۱۰ درصد کسر جرمی، تغییرات محسوسی نداشته است.

قسمت‌ها و نمونه‌های دقیق برای شبیه‌سازی احتراق و انتقال حرارت در موتور را دارا است. یکی از دقیق‌ترین نمونه‌های موجود در نرم‌افزار جهت شبیه‌سازی احتراق، شبیه‌سازی Vibe two zone است [۲۳].

در این شبیه‌سازی احتراق به دو منطقه حاوی گازهای سوخته شده و نسوخته تبدیل شده و معادله‌های ترمودینامیکی احتراق برای این دو منطقه به صورت جداگانه حل می‌شود. بدین ترتیب، از این شبیه‌سازی احتراقی در شبیه‌سازی احتراق در موتور EF7 گازسوز در این مقاله استفاده شده است. همچنین از شبیه‌سازی انتقال حرارت Woschni ۱۹۷۸ برای محاسبه نرخ اتلاف حرارت در درون استوانه بهره‌گیری شده است [۲۳].

طرح موتور مدل‌سازی شده در نرم‌افزار، در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که قبلاً ذکر شد، در این موتور آمونیاک توسط ۴ افشانه جداگانه در موتور تزریق می‌شود که در شکل ۲ با نام‌های I5، I6، I7 و I8 نشان داده شده اند. افشانه‌های I1، I2، I3 و I4 مخصوص پاشش گاز CNG اند.



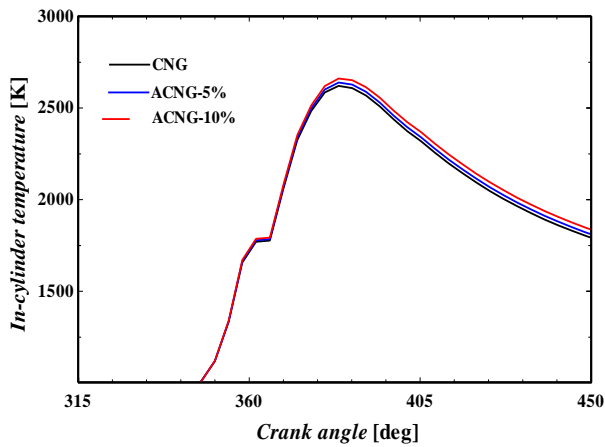
شکل ۲: شبیه‌سازی موتور با سامانه پاشش چند نقطه‌ای آمونیاک در نرم‌افزار AVL BOOST

در نرم‌افزار AVL BOOST، برای محاسبه مقدار تولید گاز NOx توسط موتور، از رابطه ارائه گردیده توسط پاتاس و هافنر و ترکیب آن با سازوکار زلدوویچ، بهره‌گیری شده است [۲۴]:

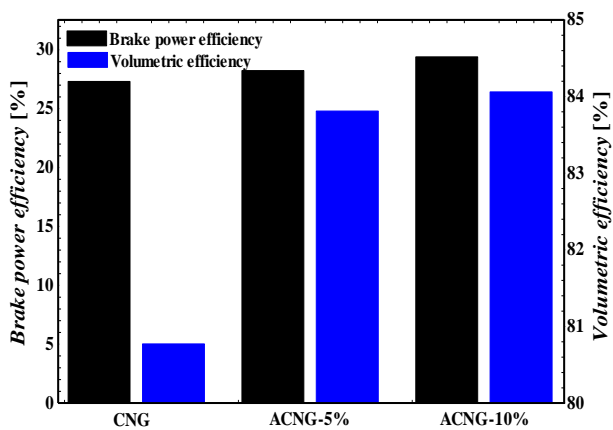
² Kinetic multiplier

¹ Post processing multiplier

طرفی دیگر در زمان پاشش آمونیاک بدلیل گرمای نهان تبخیر سوخت آمونیاک، در دمای هوای ورودی تاثیر گذار بوده و در راندمان حرارتی موتور تاثیر مثبت گذاشته که در شکل ۶ مشاهده می‌شود.



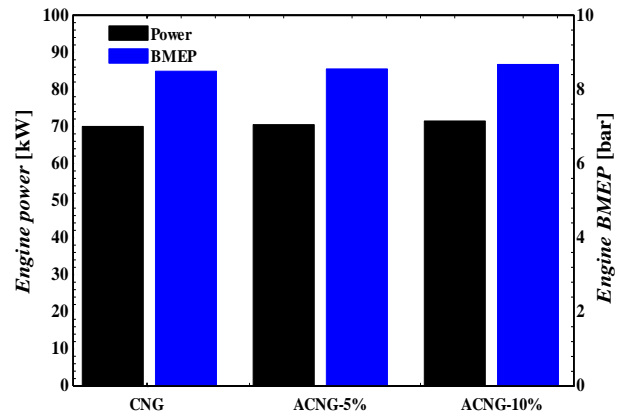
شکل ۵: منحنی افزایش دمای استوانه ۱ بر حسب زاویه میل‌لنگ با ترکیبات سوختی متفاوت



شکل ۶: منحنی افزایش راندمان ترمزی و و راندمان حجمی در موتور

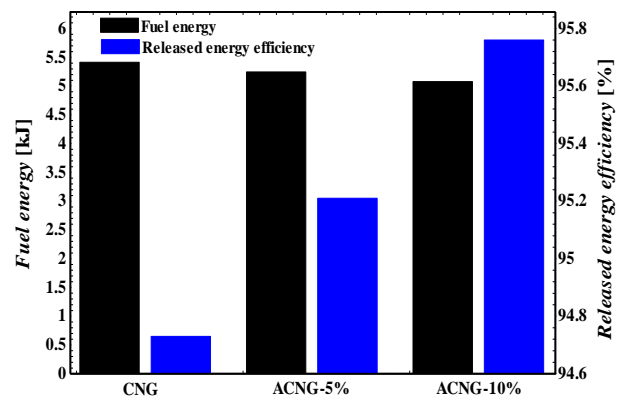
شکل ۷، افزایش تولید NOX نسبت به حالت پایه CNG را نشان می‌دهد که باتوجه به آن چه که در توضیحات شکل ۵ گفته شد، افزایش دمای استوانه باعث افزایش تولید NOX در آن می‌شود که بر اساس داده‌های ارائه شده این میزان در ACNG-10% با افزایش چشمگیر ۱۲۰ درصدی مواجه هستیم.

در شکل ۸، می‌توان کاهش تولید CO و HC نسبت به حالت پایه CNG بر حسب مصرف سوخت‌های مختلف مشاهده کرد. با توجه به افزایش دما در استوانه (شکل ۵) میزان تولیدات هیدروکربن‌های نسوخته و کربن‌مونواکسید کاهش داشته به طوری که در سوخت با ترکیب ۱۰ درصد کسر جرمی آمونیاک، بیش از ۲۵ درصد کاهش در CO و تا ۷٪ کاهش در تولید HC ایجاد گردیده است.



شکل ۳: توان و فشار مؤثر متوسط ترمزی تولیدی توسط موتور با ترکیبات سوختی متفاوت

در شکل ۴، مقایسه کل انرژی سوخت ورودی موتور به همراه میزان آزاد سازی آن در محفظه احتراق مشاهده می‌شود. با توجه به این که ارزش حرارتی آمونیاک نسبت به سوخت CNG کمتر است، با ثابت بودن دبی سوخت ورودی، با افزودن آمونیاک به سوخت پایه انرژی کل سوخت ورودی کاهش پیدا کرده است که در نمودار مشهود می‌باشد. در طرف مقابل بدلیل وجود هیدروژن در آمونیاک، میزان آزادسازی انرژی را در محفظه احتراق بهبود می‌بخشد که در شکل ۴ نشان داده شده است.

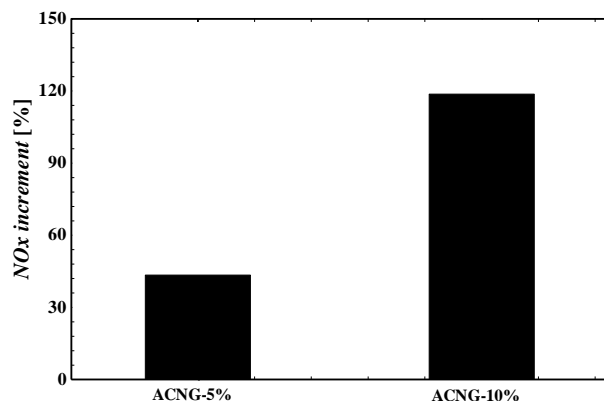


شکل ۴: منحنی انرژی کل ورودی به موتور و میزان آزادسازی آن در محفظه احتراق با ترکیبات سوختی متفاوت

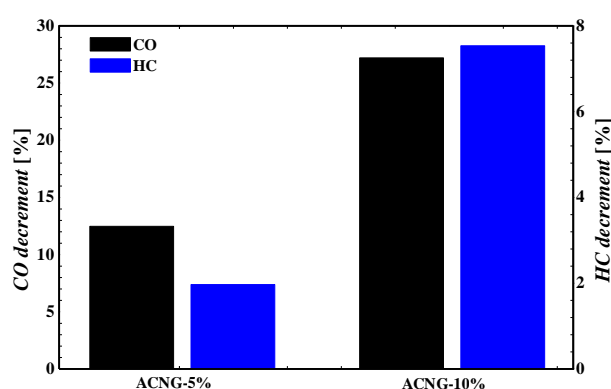
شکل ۵، نمایانگر نمودار دمای مخلوط هوا و سوخت داخل استوانه‌های موتور بر حسب زاویه میل‌لنگ می‌باشد. با توجه به شکل ۴ که افزایش آزاد سازی انرژی سوخت را نشان می‌دهد، با اضافه کردن آمونیاک تا ۱۰ درصد کسر جرمی به سوخت پایه (CNG) دمای داخلی استوانه افزایش داشته است که مستقیم بر تولیدات NOX، HC و CO اثر گذار می‌باشد. در شکل ۶، منحنی افزایش راندمان ترمزی و حجمی موتور قابل مشاهده است. همانطور که در شکل نشان داده شده است، با پاشش آمونیاک، راندمان حرارتی موتور نیز بهبود پیدا کرده و از

مراجع و منابع

- [1] Liu J, Yang F, Wang H, Ouyang M, Hao S. Effects of pilot fuel quantity on the emissions characteristics of a CNG/diesel dual fuel engine with optimized pilot injection timing. *Applied Energy*. 2013; 110: 201-6.
- [2] Aslam M, Masjuki H, Kalam M, Abdesselam H, Mahlia T, Amalina M. An experimental investigation of CNG as an alternative fuel for a retrofitted gasoline vehicle. *Fuel*. 2006; 85(5-6): 717-24.
- [3] Khan MI, Yasmin T, Shakoor A. Technical overview of compressed natural gas (CNG) as a transportation fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015; 51: 785-97.
- [4] Jaliha SA, Reddy T. CNG: An alternative fuel for public transport. 2006.
- [5] Ravindra K, Wauters E, Tyagi SK, Mor S, Van Grieken R. Assessment of air quality after the implementation of compressed natural gas (CNG) as fuel in public transport in Delhi, India. *Environmental monitoring and assessment*. 2006; 115(1-3): 405-17.
- [6] Kakaee A-H, Paykani A. Research and development of natural-gas fueled engines in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013; 26: 805-21.
- [7] Sadeghi M, Hosseini HM. Integrated energy planning for transportation sector—A case study for Iran with techno-economic approach. *Energy policy*. 2008;36(2):850-66.
- [8] Hazrati S, Rostami R, Fazlzadeh M, Pourfarzi F. Benzene, toluene, ethylbenzene and xylene concentrations in atmospheric ambient air of gasoline and CNG refueling stations. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 2016;9(4):403-9.
- [9] Alrazen HA, Ahmad K. HCNG fueled spark-ignition (SI) engine with its effects on performance and emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018; 82: 324-42.
- [10] Korakianitis T, Namasivayam A, Crookes R. Natural-gas fueled spark-ignition (SI) and compression-ignition (CI) engine performance and emissions. *Progress in energy and combustion science*. 2011; 37(1): 89-112.
- [11] Jahirul MI, Masjuki HH, Saidur R, Kalam M, Jayed M, Wazed M. Comparative engine performance and emission analysis of CNG and gasoline in a retrofitted car engine. *Applied Thermal Engineering*. 2010; 30(14-15): 2219-26.
- [12] Cho HM, He B-Q. Spark ignition natural gas engines—A review. *Energy conversion and management*. 2007;48(2):608-18.



شکل ۷: افزایش تولید NOx در موتور نسبت به حالت پایه CNG با ترکیبات سوختی متفاوت



شکل ۸: کاهش تولید CO و HC در موتور نسبت به حالت پایه CNG با ترکیبات سوختی متفاوت

۶- نتیجه گیری

در این مقاله، اثرات پاشش آمونیاک در موتور پایه گازسوز EF7 با کسرهای جرمی ۵ درصد و ۱۰ درصد مورد بررسی قرار گرفته است. در ابتدا، موتور در نرم افزار AVL BOOST مدلسازی گردیده است و برخی داده‌های خروجی موتور با داده‌های آزمایشگاهی صحه‌گذاری گردیده است. سپس متغیرهای مختلف خروجی موتور در سه حالت سوختی مختلف، مقایسه گردیده است. براساس نتایج بدست آمده، با پاشش آمونیاک با نسبت پاشش ۵ و ۱۰ درصد، میزان کل انرژی سوخت ورودی به محفظه احتراق نسبت به حالت پایه گازسوز، در موتور کاهش خواهد یافت که بدلیل جایگزینی کسری از سوخت پایه CNG با سوخت کمکی دارای ارزش حرارتی کمتر (آمونیاک) می‌باشد. ولی وجود هیدروژن در ترکیب سوخت آمونیاک، باعث جبران کاهش راندمان موتور گردیده و بدین ترتیب، توان تولید و فشار موثر متوسط تولیدی توسط موتور با افزایش نسبت پاشش آمونیاک، تقریباً ثابت بوده است. میزان تولید گاز اکسید ازت بدلیل افزایش دمای احتراق با افزایش نسبت پاشش سوخت آمونیاک، نیز افزایش یافته. میزان تولید گاز مونوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته با پاشش آمونیاک تا ۱۰٪ نسبت به حالت تک سوخته، بیش از ۲۵ درصد کاهش یافته است.

- [19]Yapicioglu A, Dincer I. A review on clean ammonia as a potential fuel for power generators. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019; 103: 96-108.
- [20]Okafor EC, Somarathne KKA, Ratthanan R, Hayakawa A, Kudo T, Kurata O, et al. Control of NOx and other emissions in micro gas turbine combustors fuelled with mixtures of methane and ammonia. *Combustion and Flame*. 2020; 211: 406-16.
- [21]Honzawa T, Kai R, Okada A, Valera-Medina A, Bowen PJ, Kurose R. Predictions of NO and CO emissions in ammonia/methane/air combustion by LES using a non-adiabatic flamelet generated manifold. *Energy*. 2019; 186: 115771.
- [22]www.dinamotors.com.
- [23]Salek F, Babaie M, Redel-Macias MD, Ghodsi A, Hosseini SV, Nourian A, et al. The effects of port water injection on spark ignition engine performance and emissions fueled by pure gasoline, E5 and E10. *Processes*. 2020; 8(10): 1214.
- [24]Iliev S. A comparison of ethanol and methanol blending with gasoline using a 1-D engine model. *Procedia Engineering*. 2015; 100: 1013-22.
- [13]Kahraman N, Ceper B, Akansu SO, Aydin K. Investigation of combustion characteristics and emissions in a spark-ignition engine fuelled with natural gas-hydrogen blends. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2009;34(2):1026-34.
- [14]Nanthagopal K, Subbarao R, Elango T, Baskar P, Annamalai K. Hydrogen enriched compressed natural gas (HCNG): A futuristic fuel for internal combustion engines. *Thermal Science*. 2011; 15(4): 1145-54.
- [15]Amrouche F, Benzaoui A, Erickson P, Mahmah B, Herouadi F, Belhamel M. Toward hydrogen enriched natural gas "HCNG" fuel on the Algerian road. *International journal of hydrogen energy*. 2011; 36(6): 4094-102.
- [16]Zamfirescu C, Dincer I. Using ammonia as a sustainable fuel. *Journal of Power Sources*. 2008; 185(1): 459-65.
- [17]Gray Jr JT, Dimitroff E, Meckel NT, Quillian Jr R. Ammonia fuel—engine compatibility and combustion. *SAE Transactions*. 1967: 785-807.
- [18]Dimitriou P, Javaid R. A review of ammonia as a compression ignition engine fuel. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2020; 45(11): 7098-118.



Numerical investigation of the impacts of ammonia injection on the performance of EF7 engine with CNG fuel

A. Ghodsi¹, F. Salek², S. V. Hosseini^{3*}, M. Babaie⁴

¹ BSc Student, Faculty of Mechanical and Mechatronic Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, Alighodsi89@gmail.com

² Lecturer, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Montazeri, Khorasan Razavi Branch, Technical and Vocational University, Mashad, Iran, mirfarhadsalek@gmail.com

³ Assistance Professor, Faculty of Mechanical and Mechatronic Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, v_hosseini@shahroodut.ac.ir

⁴ Lecturer, School of Science, Engineering and Environment, University of Salford, Manchester, England, m.babaie@salford.ac.uk

*Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 20 December 2020

Accepted: 02 January 2021

Keywords:

Biofuel

Nitrogen oxide

Ethanol

Auxiliary fuel

Ammonia

ABSTRACT

Natural gas is known as one of the clean fuels the employment of which in vehicles results in the decrease of emissions and greenhouse gases. In addition, ammonia is known as one of the hydrogen carrier fuels the co-burning of which with natural gas leads to increment of combustion efficiency. In this paper, a numerical investigation is performed on the impacts of ammonia injection on the emission production and performance of a CNG-fueled EF7 engine. At first, the gaseous fueled EF7 engine has been modeled in AVL BOOST software and the main parameters of the engine at 6000 RPM and full load condition have been extracted and compared with experimental data for validation purpose. Then, the ammonia has been injected by 5% and 10% injection ratio by 4 injectors mounted on the air manifold into the engine, and the results of its injection into the engine are studied. By injection of ammonia, the engine power and brake mean effective pressure has been changed minimally. However, the in-cylinder temperature increased resulted in a decrement in CO and HC emissions up to 27% and 7.5%. On the other hand, the increase of in-cylinder temperature also led to an increase in NOx production which increased up to 43.4% for 5% ammonia injection and 118.7% for 10% ammonia injection.

