Autolibrary
3rd International Conference on Applied Researches in Science & Engineering
19th December 2018 - Istanbul Turkey
Marmara University

تبدیل خودرو بنزین سوز انژکتور به گازسوز انژکتور

حسن خدادوست [1]*، حمید رسولی زاده [2]، حمید رضا ابراهیمی [3] سبا انصاری [4]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران
Hasan.khodadoost@yahoo.com
2- کارشناسی مهندسی مکانیک، مدرس گروه مهندسی مکانیک دانشگاه فنی حرفه ای مشهد
4003026@gmail.com
3- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران
Datisahoora73@gmail.com
4- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران
Ansarisaba374@gmail.com

چکیده

این مقاله به ارائه راهکاری جدید برای تبدیل خودروهای بنزینی به دوگانه سوز بر مبنای نصب سیستم گازی انژکتوری بر روی خودروهای بنزینی انژکتوری داخل کشور و نتایج حاصل از آن می‌پردازد. در این روش می‌توان با انجام تغییراتی اندک بر روی خودروهای بنزین سوز با هزینه ای کم در مقایسه با مدل های قبلی و بدون استفاده از سیستم های کنترلی و قطعات الکترونیکی پیچیده، با قطعات ارزان تر و با طول عمر بیشتر، خودرو را به یک خودروی دوگانه سوز بهینه تبدیل کرد. نتایج حاصل از این پژوهش علاوه بر افزایش راندمان خودرو های گازسوز و کاهش مصرف بنزین و نیز کاهش آلودگی هوا، می‌تواند در تنوع بخشیدن به سبد مصرف سوخت کشور و کاهش وابستگی کشور به واردات بنزین نقش بسزایی ایفا نماید.

واژه‌های کلیدی:

آلودگی هوا، کاهش مصرف سوخت، سیستم های کنترلی، خودرو دوگانه‌سوز، سیستم گازی انژکتوری

1- مقدمه

تکامل و بهره‌گیری از موتورهای احتراق داخلی با چنان سرعتی صورت پذیرفته است که امروزه این نوع موتورها مهمترین ابزارهای تولید توان محسوب می‌شوند. اما عواملی مانند آلودگی محیط زیست به وسیله آلاینده های خروجی این موتورها و نیز به پایان رسیدن منابع نفت کره زمین در آینده نه چندان دور، ابهاماتی را فراروی استفاده از موتورها پدید آورده است. در راستای تأمین منابع جدید انرژی و توجه به مسائل آلودگی محیط زیست به منظور استفاده بهینه از منابع سوخت موجود، موضوع استفاده از سوخت های جایگزین در موتورهای احتراق داخلی هر روز پراهمیت تر می‌شود.[1-5]

گاز طبیعی یکی از بهترین سوخت های شناخته شده جایگزین بنزین و دیزل است که به علت وجود منابع زیاد، می‌تواند پاسخی بر نگرانی های موجود باشد و مزایای زیادی در کاهش آلودگی محیط زیست به همراه دارد. این نوع سوخت در بسیاری از مناطق جهان به میزان کافی در دسترس است و استفاده از آن اقتصادی می‌باشد. گازسوز کردن موتورهای درون سوز از همان بدو اختراع این موتور ها مدنظر مخترعان بوده است، به طوری که هم دیزل و هم اتو نیز از سوخت گازی به عنوان سوخت اصلی نسخه هایی از موتورهای خود استفاده نموده اند. امروزه مسأله گازسوز بودن موتورهای احتراق داخلی، با روند فزاینده ای دنبال می‌شود. در حال حاضر 30 درصد سازندگان موتورهای احتراق داخلی، موتورهای گازسوز نیز تولید می‌کنند و حدود 2.5 درصد خودروهای جهان نیز از سوخت گاز استفاده می‌نمایند.[1-5]

ایتالیا با بکارگیری اولین خودروهای گازسوز در در اوایل دهه 1910 به عنوان اولین کشور استفاده کننده گاز طبیعی در خودرو شناخته شد. در سال 1930 استفاده از گاز طبیعی به صورت چشمگیری در جهان گسترش یافت. در ایران نیز اولین بار در سال 1356 طرح گاز سوز کردن خودروها به صورت آزمایشی در شیراز با تبدیل 1200 دستگاه سواری به مرحله اجرا درآمد، همچنین مشابه این طرح در مشهد نیز در سال 1366 اجرا شد. در چند سال اخیر برای کاهش آلودگی در خودرو ها طرح‌های بسیاری پیشنهاد شد اما طرح سیستم سوخت رسانی گاز فشرده یکی از راهکار هایی است که همواره مورد توجه قرار گرفته است. همچنین علاوه بر خودرو های گازسوز، استفاده از سوخت گاز در موتورهای درون سوز و برون سوز بخصوص در کاربردهای نیروگاهی رواج زیادی پیدا کرده است.

مهمترین انواع سوخت‌های گازی متداول عبارتند از:

گاز طبیعی صنعتی[1] (SNG)

گاز طبیعی مایع[2] (LNG)

گاز طبیعی فشرده[3] (CNG)

گاز نفتی مایع[4] (LPG)

بیوگاز[5]

مقایسه مشخصات برخی گازهای متداول قابل استفاده در خودرو در مقایسه با بنزین در جدول زیر ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، عناصر اصلی تشکیل دهنده CNG متان و تا حدودی اتان است و همیشه به صورت گاز می‌باشد.[1-5]

[1]- Synthetic Natural Gas
[2]- Liquid Natural Gas
[3]- Compressed Natural Gas
[4]- Liquified Petroleum Gas
[5]- Bio Gas

جدول 1 -مشخصات برخی گازهای متداول قابل استفاده بعنوان سوخت خودرو در مقایسه با بنزین

متغیر	بنزین	گاز طبیعی	گاز مایع (LPG)
فرمول شیمیایی	$C_4 - C_{12}$	CH_4	C_3H_8
جرم مولکولی (مول/گرم)	114	19	44.1
حجم کربن (٪)	85	75	--
حجم هیدروکربن (٪)	15	25	--
حجم اکسیژن (٪)	0	0	0
نسبت کربن به هیدروکرین	0.54	0.25	--
عدد ستان	5-20	-	--
عدد اکتان	86-90	120<	90-100
دمای خوداشتعالی (k)	533	853	267
نسبت جرم سوخت به هوای استکیومتریک	14.7	17.2	--
دمای نقطه جوش درفشار1اتمسفر (k)	300-498	111.4	230.9-231.3
کمترین ارزش حرارتی (MJ/kg)	43.44	47.14	46.1
چگالی مایع (kg/m^3)	737	1.898	737

از آن جا که در فشار اتمسفر چگالی انرژی موجود در واحد حجم گاز نسبتاً پایین است، بنابراین به منظور استفاده از این سوخت در قوای محرکه باید متراکم گردد تا انرژی آن در واحد حجم به حدی برسد که مخزن موجود در خودرو بتواند برای طی مسافت معقولی کفایت نماید و انرژی کافی برای به حرکت درآوردن در آن ذخیره شود. لذا با متراکم نمودن گاز طبیعی، گاز CNG حاصل می‌شود که حتی در فشارهای بالا نیز در فاز گازی باقی می‌ماند.[1-5]

سوخت‌های گازی ارزان هستند و هم چنین ذخایر کشف شده آنها برای سال‌های متمادی پاسخگوی احتیاجات خواهند بود. همچنین، به دلیل بالا بودن عدد اکتان سوخت های گازی، این سوخت ها از خاصیت ضدکوبش بهتری برخوردارند و احتراق کامل به وسیله آنها امکان پذیر است و با توجه به احتراق کامل، فاقد خاکستر و مواد زائد باقیمانده بوده و آلودگی هوای ناشی از آنها کمتر است. در ضمن، در موتورهای صرفا گازسوز، استارت موتور در حالت سرد بهتر از موتورهای با سوخت مایع صورت می‌پذیرد، زیرا برخلاف سوخت‌های مایع نیازی به تبخیر و اتمیزاسیون آنها نیست. ترکیب گاز طبیعی استحصال شده از برخی مخازن گازی ایران در جدول زیر ارائه شده است.[6]

جدول 2 -ترکیب گاز طبیعی استحصال شده از برخی مخازن گازی ایران

مولفه	کسرمولی(٪)			
	خاگیران	کنگان	پارس جنوبی	بیدبلند
CH_4	98.6	90.04	87	85.01
C_2H_6	0.59	3.69	5.4	9.38
C_3H_8	0.09	0.93	1.7	3.49
$i-C_4H_{10}$	0.02	0.2	0.3	0.34
$n-C_4H_{10}$	0.04	0.29	0.45	0.65
$i-C_5H_{12}$	0.02	0.14	0.13	0.1
$n-C_5H_{12}$	0.02	0.08	0.11	0.09
$n-C_6H_{14}$	0.07	0.14	0.07	0.09
C_7^+	0	0.01	0.03	0
N_2	0.56	4.48	3.1	0.44
CO_2	0	0	1.85	0.41

2- انواع نسل سیستم گازسوز

هر چند تحقیقات در زمینه گازسوز کردن موتورهای احتراق داخلی امروزه در بعضی از کشورهای دنیا با موفقیت به انجام رسیده است، اما کار نظری و تحقیقاتی در این زمینه هم چنان ادامه دارد. به منظور استفاده از سوخت گاز و بنزین، چهار نسل از کیت های گاز سوز تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است. اولین نسل از کیت سیستم گازسوز دارای قطعاتی همچون امولاتور (شبیه ساز پاشش انژکتور برای ECU)، ادوانسر (اوانس کننده جرقه در حالت گاز)، میکسر (مخلوط کننده سوخت و هوا) و سایر متعلقات بود؛ این کیت سوخت رسانی دارای کنترل کمتر و همچنین OPEN LOOP بوده است (از خروجی اطلاعات دریافت نمی‌کند). کیت نسل دوم برای برطرف کردن معایب نسل یک تولید شده و دارای قطعاتی همچون موتور پله ای (شیر تنظیم مقدار گاز ورودی به موتور)، ECU (تنظیم کننده شیر مقدار گاز ورودی به موتور بنا به اطلاعات ورودی)، میکسر (مخلوط کننده سوخت و هوا) و سایر متعلقات بوده است؛ تفاوت عمده با کیت نسل یک CLOSE LOOP بودن آن است. کیت نسل سوم یک کیت جامع تر بوده و دارای قطعاتی همچون ECU (تنظیم کننده مقدار سوخت و آلایندگی)، انژکتور (پاشش سوخت) و سایر متعلقات است و دارای مدار CLOSE LOOP برای تنظیم آلایندگی است. کیت نسل چهارم جامع ترین کیت موجود در بازار بوده که دارای آلایندگی خیلی پایین نسبت به بنسل های گذشته کیت ها و دارای قطعاتی همچون ECU (تنظیم‌کننده وضعیت های مختلف پاشش بنا به اطلاعات ورودی)، انژکتور (با قابلیت پاشش چند نقطه‌ای در زمان کم) می‌باشد[6-10].

ابداع کیت‌های نسل جدید عمدتاً با هدف برطرف کردن مشکلات مصرف سوخت و آلایندگی زیاد خودرو ها صورت گرفته است. اگر چه نسل یک خودرو های گازسوز، مصرف سوخت و آلایندگی بیشتری به همراه داشته اند، اما مزیت اصلی آنها عدم وجود سیستم های کنترلی و قطعات الکترونیکی پیچیده و ارزانی قطعات و بالطبع طول عمر بیشتر قطعات آنها در مقایسه با نسل‌های بالاتر است. با این حال، با توجه به ابداع نسل‌های جدیدتر اقدامی برای کاهش مصرف سوخت گاز و آلایندگی خودروهای نسل یک انجام نشده است. به دلیل وجود تعداد زیادی خودرو نسل اول سوخت رسانی گازی در ناوگان حمل و نقل، ایده اصلی این مقاله بر رفع مشکلات مصرف

سوخت و آلایندگی زیاد خودروهای گازسوز نسل اول بنا نهاده شده است و تلاش شده است تا بر مبنای فرضیات علمی برای ساخت و تست سیستمی جدید بر مبنای سیستم نسل یک مورد استفاده در خودرو های قدیمی که هزینه اجرای آن کمتر و عمر آن طولانی تر است، اقدام شود. مزیت اصلی کیت های نسل 2 و 3 و 4 در CLOSE LOOP بودن آنها است که در این طرح با استفاده از ECU بنزین برای ایفای نقش ECU گاز و کنترل تزریق گاز و همینطور استفاده از خروجی انژکتور بنزین و داده های خروجی این ECU، یک مدار CLOSE LOOP به وجود آمده که آلایندگی های احتراق آن نیز قابل تصحیح است. بعلاوه، در نسل چهارم برای کاهش آلایندگی ها از سیستم پاشش چند نقطه ای استفاده شده است که با استفاده از ECU بنزین که برای کنترل تزریق گاز، خودرو در حالت گازسوز نیز پاشش به صورت چند نقطه ای انجام شده و در نتیجه، از مصرف سوخت و آلایندگی کاسته می‌شود.[6-10]

3- سیستم گازی جدید

قطعاتی که در نسل یک مورد استفاده قرار گرفته اند عبارت اند از: امولاتور (کاهش دهنده فشار مخزن به فشار مورد نیاز موتور)، ادوانسر (جلو انداز زاویه جرقه به خاطر نسبت تراکم کمتر گاز) و سایر متعلقات مورد نیاز. ایده این طرح حذف این قطعات و شبیه کردن این سیستم به یک سیستم گازی نسل چهار (که دارای ECU جدا برای سیستم گاز می‌باشد) است. جهت شبیه سازی این دو نسل ابتدا مقدار مقاومت انژکتور بنزین خودروی پژو اردی را اندازه گیری کردیم و با مقایسه مقدار مقاومت انژکتور گاز خودرو EF7 (Bosch) متوجه شدیم که مقاومت این دو انژکتور به هم نزدیک است پس تصمیم به استفاده از یک ECU بنزین برای هر دو سیستم سوخت رسانی بنزینی و گازی گرفته شد.

همانطور که اشاره شد CLOSE LOOP بودن از مزیت های کیت های نسل 2 و 3 و 4 است که در این طرح با استفاده از ECU بنزین که نقش ECU گاز را ایفا میکند و همینطور با استفاده از داده های خروجی سنسور اکسیژن این ECU یک مدار CLOSE LOOP به وجود آورده که آلایندگی های احتراق آن نیز قابل تصحیح شدن است. در نسل چهارم، برای کاهش آلایندگی ها از سیستم پاشش چند نقطه ای (هر سیلندر با پاشش سوخت مجزا) استفاده شده است که ما توسط سیستم ECU بنزین که نقش ECU گاز را ایفا میکند خودرو در حالت گاز نیز به صورت نقطه ای پاشش کرده و باعث می‌شود مصرف سوخت و همچنین آلایندگی کم شود.

برای این پژوهش در مرحله اول بجای ریل بنزین خودرو پژو RD، یک ریل جدید که دارای انژکتورهای گاز خودرو EF7 است را قرار دادیم و از یک امولاتور خودروی نیسان (زامیاد) استفاده کردیم، زیرا فشار گاز خروجی از این امولاتور بصورت دستی قابل تنظیم است و خروجی آن را توسط لوله به ریل سوخت جدید متصل کردیم. از خروجی ECU به انژکتورهای وصل کرده و خودرو را روشن نموده و آزمایشات را درحالت های مختلف گرفته.

مشخصات سوخت گاز فشرده مورد استفاده در این مقاله در جدول زیر ارائه شده است.

جدول 3- خصوصیات احتراق گاز طبیعی فشرده

متغیر	مقدار
نقطعه اشعال	876 k
دمای شعله احتراق(نسبت اسکیومتریک سوخ به هوا)	2233 k
حداکثر سرعت شعله	0.3 m/s
بخار آب موجود	16-32 mg/m^3
گوگرد موجود	5.5 mg/m^3
ارزش حرارتی	36-42.2 MJ/m^3

در این طرح از پالس‌های انژکتور بنزین که توسط ECU بنزین فرستاده میشود را برای انژکتور گاز استفاده می‌کنیم و برای بهبود این کار با جایگزین کردن انژکتورهای پژو آردی دوگانه سوز دستی ECU با انژکتورهای سمند EF7 و گذاشتن یک برد الکترونیکی(که دارای یک رله برای قطع و وصل کردن حالت گاز با بنزین است) در مسیر انژکتورها و استفاده از ریل بنزین خودرو پیکان جهت قرار گیری انژکتور های گاز، خودرو های گاز سوز دستی را میتوان با تغیراتی اندک بر روی رگلاتور خودرو بهینه کنیم. همچنین، آزمون های عملی و اندازه گیری های انجام شده در این پژوهش توسط دستگاه دیاگ رایان صنعت مدل MEA2000 صورت گرفته است.

4- نتایج آزمایش

4-1- آزمایش اول (حالت عادی):

این اطلاعات به دست آمده از آزمایش اول است که خودرو در حالت عادی (اولیه) بدون تغییر فشار رگلاتور بوده است. زمانی که خودرو را در این حالت و در جاده مورد آزمایش قرار دادیم چون فشار رگلاتور برای این تغییرات تنظیم نبود کشش موتور کاهش پیدا کرده و در زیر بار، توان قابل قبولی از خود نشان نداد.

- **اطلاعات کنترل خروجی:**

این سیستم close loop بوده و بازخور اطلاعات خروجی بر روی اطلاعات ورودی تاثیر میگذارند. سنسور اکسیژن (که این سنسور در مانیفولد خروجی نصب میشود و بنا به آلایندگی گاز خروجی ولتاژ خروجی آن تغییر میکند و ECU متوجه میشود که سوخت غنی است یا ضعیف) که وظیفه اندازه گیری مقدار آلایندگی‌های خروجی را بر عهده دارد و در وضعیت ایده‌آل قرار دارد و مقدار آلایندگی اندازه‌گیری شده در حالت مطلوب قرار دارد.

جدول4. اطلاعات خروجی سنسور اکسیژن در حالت اولیه

متغیر	مقدار
ولتاژ باتری	13.1 v
ولتاژ سنسور اکسیژن	53.71 mv
وضعیت سیستم انژکتور	close loop
ضریب تصیح اکسیژن	25%

- **اطلاعات پاشش سوخت:**

دور موتورکه یکی از پارامترهای اصلی برای وضعیت کارکرد موتور است و امروزه خودرو سازان سعی بر کم کردن این مقدار دارند، مقدار ایده‌آل دور موتور در حدود 900 دور بر دقیقه است. در این حالت خودرو به خوبی و بدون هیچ گونه لرزش کار می‌کند. زمان پاشش سوخت که بنا به وضعیت سوخت تغییر می‌کند نیز در حالت ایده‌آل قرار دارد.

جدول5. اطلاعات حالت پاشش سوخت در حالت اولیه

متغیر	مقدار
دور موتور	901 rpm
دور مطلوب در ارام	900 rpm
پارامتر تطبیقی دور ارام	0 %
ولتاژ باتری	13.1 v
زمان متوسط پاشش انژکتورها	9.12 ms
زمان پاشش انژکتور 1	5.61 ms
زمان پاشش انژکتور 2	5.63 ms
زمان پاشش انژکتور 3	5.62 ms
زمان پاشش انژکتور 4	5.63 ms
دمای خنک کننده موتور	81.75 c
وضعیت پمپ بنزین	On

2-4- آزمایش دوم (حالت فشارکم):

در آزمایش دوم فشار رگلاتور را کاهش داده تا خودرو را در این حالت مورد بررسی قرار دهیم که نتایج پایین را به دست آوردیم در این وضعیت خودرو نسبت به حالت اول بهتر عمل کرده اما توان مطلوب و قابل قبولی نداشته، برای همین منظور در آزمایش سوم، خودرو را با افزایش فشار رگلاتور مورد بررسی قرار دادیم که نتایج به دست آمده از این آزمایش به صورت زیر می‌باشد.

- **کنترل خروجی:**

ولتاژ سنسور اکسیژن نشان دهنده مقدار آلایندگی به وجود آمده در مانیفولد خروجی و موتور است. هر چقدر ولتاژ این سنسور بیشتر باشد آلایندگی‌های به وجود آمده توسط موتور کمتر است و هرچقدر به سمت صفر نزدیک تر باشد الایندگی

ها بیشتر میشود. در این حالت به دلیل کاهش میزان مصرف سوخت، آلایندگی خودرو نیز کم شده و از مقدار استاندارد هم کمتر شده است.

جدول6. اطلاعات خروجی سنسور اکسیژن در حالت فشار کم

متغیر	مقدار
دور موتور	905 rpm
ولتاژ باتری	12.9 v
ولتاژ سنسور اکسیژن	14.66 mv
وضعیت سیستم انژکتور	close loop
ضریب تصیح اکسیژن	25 %

- **اطلاعات پاشش سوخت:**

به دلیل کاهش فشار سوخت، سوخت کمتری وارد سیلندر شده و دور موتور کاهش می‌یابد؛ ECU برای کاهش این افت، زمان پاشش انژکتورها را افزایش داده تا بتواند این نسبت هوا به سوخت را در حالت ایده‌آل قرار دهد و دور موتور خودرو در حالت ایده‌آل خود قرار بگیرد(اگر سوخت خودرو کم باشد باعث میشود علاوه برکم شدن افت توان خودرو در حالت دور آرام لرزش داشته باشد که به خاطر کامل نبودن احتراق داخل سیلندر است).

جدول7. اطلاعات پاشش سوخت در حالت فشار کم

متغیر	مقدار
دور موتور	894 rpm
دور مطلوب در ارام	900 rpm
پارامتر تطبیقی دور ارام	8.95 %
ولتاژ باتری	13 v
زمان متوسط پاشش انژکتورها	9.12 ms
زمان پاشش انژکتور 1	8.48 ms
زمان پاشش انژکتور 2	8.54 ms
زمان پاشش انژکتور 3	8.54 ms
زمان پاشش انژکتور 4	8.62 ms
دمای خنک کننده موتور	75.78 C
وضعیت پمپ بنزین	On

3-4- آزمایش سوم (فشار بالا)

در این حالت آزمایش، مقدار فشار گاز خروجی از مانیفولد افزایش یافته و تاثیر آن بر روی پارامترهای خروجی موتور مورد بررسی قرار می‌گیرد.

- **اطلاعات کنترل خروجی:**

سنسوراکسیژن مقدار زیادی را نشان داده که نشان دهنده این است که در دود خروجی از موتور آلایندگی کمتری وجود دارد و مدار از حالت close loop خارج نشده و خودرو به خوبی به کار خود ادامه میدهد.

جدول 8. اطلاعات خروجی سنسور اکسیژن در حالت فشار بالا

متغیر	مقدار
دور موتور	895 rpm
ولتاژ باتری	12.1 v
ولتاژ سنسور اکسیژن	975.97 mv
وضعیت سیستم انژکتور	open loop
ضریب تصحیح اکسیژن	٪ 0

- **اطلاعات پاشش سوخت:**

به دلیل افزایش مقدار سوخت ورودی به موتور، مقدار زمان پاشش کم تر و آوانس جرقه نیز نسبت به حالت قبل بیشتر می‌شود. به خاطر این که خودرو نیاز به سوخت کمتری در هوای ورودی به موتور دارد، نسبت به حالت بالا که فشار رکلاتور کم است.

جدول 9. اطلاعات پاشش سوخت در حالت فشار بالا

متغیر	مقدار
دور موتور	904 rpm
دور مطلوب در ارام	900 rpm
پارامتر تطبیقی دور ارام	%56.1
ولتاژ باتری	v2.12
زمان متوسط پاشش انژکتورها	ms73.7
زمان پاشش انژکتور 1	ms26.7
زمان پاشش انژکتور 2	ms31.7
زمان پاشش انژکتور 3	ms29.7
زمان پاشش انژکتور 4	ms25.7
دمای خنک کننده موتور	84 c
وضعیت پمپ بنزین	On

4-4- حالت استکیومتریک:

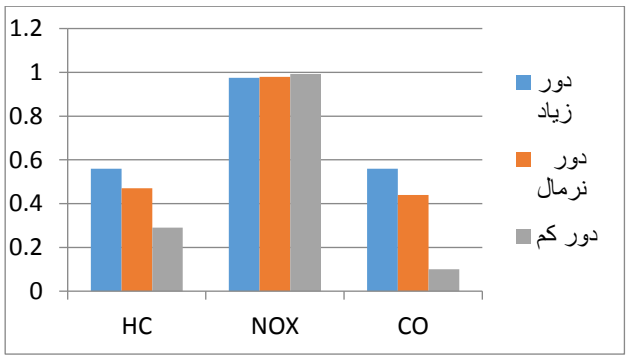
در این قسمت آزمایش بر مبنای حالت استکیومتریک انجام شده، تمام پارامترهای آن در حالت ایده‌آل موتور است.

- **نتایج تست 5 گاز در حالت استوکیومتریک خودرو:**

این آزمایشات توسط دستگاه پنج گاز مدل تکنو تست ایتالیا انجام شده است.

جدول10. آلایندگی ها در حالت استوکیومتریک

	NOx (ppm)	**HC** (ppm)	**O_2** (ppm)	**CO** (ppm)	**CO_2** (ppm)
دورنرمال	0. 979	0. 047	0. 00	0. 44	10. 4
دورکم	0. 993	0. 29	0. 00	0. 10	10. 1
دورزیاد	0. 975	0. 56	0. 00	0. 56	10. 7



نمودار1. آلایندگی های خروجی از این سیستم

5- نتیجه‌گیری

در این پژوهش ادغامی از کیت‌های نسل یک و چهار صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهند که طرح پیشنهادی نسبت به نسل یک آلایندگی کمتری دارد و نسبت به نسل چهار عیب یابی ساده تری داشته و با توجه به اینکه نیاز به سیستم ECU جداگانه نبوده، قیمت اولیه آن نسبت به هر دو نسل ارزان‌تر می‌باشد. با توجه به اینکه اکثر خودروهای داخلی فرسوده و دارای آلایندگی می‌باشند، این پژوهش تاثیر بسزایی در کاهش آلودگی خواهد داشت و می‌توان با این طرح خودروها را به سمت پایه گاز سوز هدایت نمود. سیستم طراحی شده در این پژوهش بعد از گذشت چند سال، کماکان بر روی خودرو نصب بوده و بدون هیچ مشکلی در حال کارکرد میباشد. بر اساس نتایج به دست آمده، از لحاظ کیفیت و عملکرد (قدرت، سرعت و شتاب) نسبت به خودروهای بنزینی دارای هیچ کاستی نبوده. این طرح باعث کاهش مصرف سوخت بنزین و همچنین کاهش مصرف گاز CNG و همینطور کاهش الایندگی نیز شده است.[11,12]

مراجع

1. Kakaee, A. H., Paykani, A., & Ghajar, M. (2014). The influence of fuel composition on the combustion and emission characteristics of natural gas fueled engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *38*, 64–78. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.080
2. Ramasamy, D., Goh, C. Y., Kadirgama, K., Benedict, F., Noor, M. M., Najafi, G., & Carlucci, A. P. (2017). Engine performance, exhaust emission and combustion analysis of a 4-stroke spark ignited engine using dual fuel injection. *Fuel*, *207*. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.06.065
3. Turrio-Baldassarri, L., Battistelli, C. L., Conti, L., Crebelli, R., De Berardis, B., Iamiceli, A. L., … Iannaccone, S. (2006). Evaluation of emission toxicity of urban bus engines: Compressed natural gas and comparison with liquid fuels. *Science of the Total Environment*, *355*(1–3), 64–77. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.02.037
4. Yeh, S. (2007). An empirical analysis on the adoption of alternative fuel vehicles: The case of natural gas vehicles. *Energy Policy*, *35*(11), 5865–5875. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.06.012
5. Das, L. (2000). A comparative evaluation of the performance characteristics of a spark ignition engine using hydrogen and compressed natural gas as alternative fuels. *International Journal of Hydrogen Energy*, *25*(8), 783–793. https://doi.org/10.1016/S0360-3199(99)00103-2
6. Jahirul, M. I., Masjuki, H. H., Saidur, R., Kalam, M. A., Jayed, M. H., & Wazed, M. A. (2010). Comparative engine performance and emission analysis of CNG and gasoline in a retrofitted car engine. *Applied Thermal Engineering*, *30*(14–15), 2219–2226. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.05.037
7. Song, J., Choi, M., & Park, S. (2017). Comparisons of the volumetric efficiency and combustion characteristics between CNG-DI and CNG-PFI engines. *Applied Thermal Engineering*, *121*, 595–603. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.04.110
8. Tabar, A. R., Hamidi, A. A., & Ghadamian, H. (2017). Experimental investigation of CNG and gasoline fuels combination on a 1.7 L bi-fuel turbocharged engine. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, *8*(1), 37–45. https://doi.org/10.1007/s40095-016-0223-3
9. Bag, L. (2008). A Technical Review of Compressed Natural Gas as an Alternative Fuel for Internal Combustion Engines Semin , Rosli Abu Bakar Automotive Excellent Center , Faculty of Mechanical Engineering , *1*(4), 302–311.
10. Sankesh, D., Edsell, J., Mazlan, S., & Lappas, P. (2017). Comparative Study between Early and Late Injection in a Natural-gas Fuelled Spark-ignited Direct-injection Engine. *Energy Procedia*, *110*(December 2016), 275–280. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.139
11. Hajbabaei, M., Karavalakis, G., Johnson, K. C., Lee, L., & Durbin, T. D. (2013). Impact of natural gas fuel composition on criteria, toxic, and particle emissions from transit buses equipped with lean burn and stoichiometric engines. *Energy*, *62*, 425–434. https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.09.040
12. Choi, M., Song, J., & Park, S. (2016). Modeling of the fuel injection and combustion process in a CNG direct injection engine. *Fuel*, *179*, 168–178. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.03.099
13. Particle, U. (2012). بررسی اثرات بهداشتی و زیست محیطی پنهان استفاده گسترده از سوخت CNG و تاثیر آن بر کاهش آلودگی هوا, 1–7.

14. فرسید خرم فر .(n.d.) .راهکاری برای بهینه سازی افت توان خودروهای دوگانه سوز ناشی از استفاده میکسر در حالت بنزین سوز.
15. ترابی, ا .(n.d.) .طراحی و توسعه موتور پراید پایه گازسوز.