



تبدیل خودرو بنزین سوز انژکتور به گازسوز انژکتور

حسن خدادوست^{1*}، حمید رسولی زاده²، حمید رضا ابراهیمی³ سبا انصاری⁴

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]



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



گاز طبیعی یکی از بهترین سوخت های شناخته شده جایگزین بنزین و دیزل است که به علت وجود منابع زیاد، می تواند 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 می باشد. 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 می شود. در حال حاضر 30 درصد سازندگان موتورهای احتراق داخلی، موتورهای گازسوز نیز تولید می کنند و حدود 2.5 درصد خودروهای جهان نیز از سوخت گاز استفاده می نمایند. [1-5]

ایتالیا با بکارگیری اولین خودروهای گازسوز 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 خودروها طرح های 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 سوخت های گازی متداول عبارتند از:

گاز طبیعی صنعتی¹ (SNG)

گاز طبیعی مایع² (LNG)

گاز طبیعی فشرده³ (CNG)

گاز نفتی مایع⁴ (LPG)

بیوگاز⁵

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

1- Synthetic Natural Gas
2- Liquid Natural Gas
3- Compressed Natural Gas
4- Liquefied Petroleum Gas
5- Bio Gas





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



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

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

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

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 (وانس 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 نمی کند). 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 آلاینده‌گی)، انژکتور (پاشش سوخت) و سایر متعلقات است و دارای مدار CLOSE LOOP برای تنظیم آلاینده‌گی است. کیت نسل چهارم جامع ترین کیت موجود در بازار بوده که دارای آلاینده‌گی خیلی پایین نسبت به نسل های گذشته کیت ها و دارای قطعاتی همچون ECU (تنظیم کننده وضعیت های مختلف پاشش بنا به اطلاعات ورودی)، انژکتور (با قابلیت پاشش چند نقطه‌ای در زمان کم) می باشد [6-10].

ابداع کیت های نسل جدید عمدتاً با هدف برطرف کردن مشکلات مصرف سوخت و آلاینده‌گی زیاد خودروها صورت گرفته است. اگر چه نسل یک خودروهای گازسوز، مصرف سوخت و آلاینده‌گی 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 نسل های بالاتر است. با این حال، با توجه به ابداع نسل های جدیدتر اقدامی برای کاهش مصرف سوخت گاز و آلاینده‌گی 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



3rd International Conference on Applied Researches in Science & Engineering

19th December 2018 - Istanbul Turkey

Marmara University



سوخت و آلاینده‌گی 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 آلاینده‌گی های احتراق آن نیز قابل تصحیح است. بعلاوه، در نسل چهارم برای کاهش آلاینده‌گی 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 آلاینده‌گی 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 (Bosch) EF7 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 آلاینده‌گی های احتراق آن نیز قابل تصحیح شدن است. در نسل چهارم، برای کاهش آلاینده‌گی 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 آلاینده‌گی 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) استفاد 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.



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



جدول 3- خصوصیات احتراق گاز طبیعی فشرده

متغیر	مقدار
نقطه اشعال	876 k
دمای شعله احتراق (نسبت اسکيومتریك 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 تغییراتی 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.

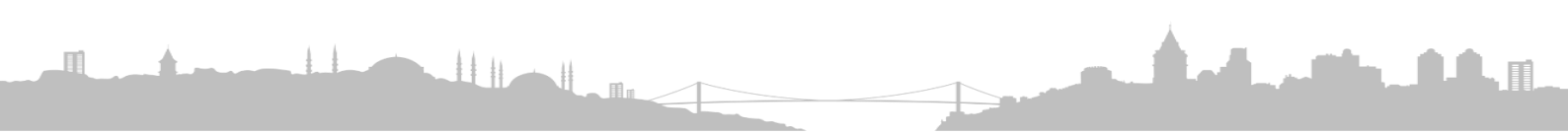
4- نتایج آزمایش

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 آلاینده‌گی گاز خروجی ولتاژ خروجی آن تغییر میکند و ECU متوجه میشود که سوخت غنی است یا ضعیف) که وظیفه اندازه گیری مقدار آلاینده‌گی‌های خروجی را بر عهده دارد و در وضعیت ایده‌آل قرار دارد و مقدار آلاینده‌گی اندازه‌گیری شده در حالت مطلوب قرار دارد.





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



جدول 4. اطلاعات خروجی سنسور اکسیژن در حالت اولیه

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

- اطلاعات پاشش سوخت:

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

جدول 5. اطلاعات حالت پاشش سوخت در حالت اولیه

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

4-2- آزمایش دوم (حالت فشار کم):

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 می باشد.

- کنترل خروجی:

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





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



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

جدول 6. اطلاعات خروجی سنسور اکسیژن در حالت فشار کم

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

- 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 بر کم شدن افت توان خودرو در حالت دور آرام لرزش داشته باشد که به خاطر کامل نبودن احتراق داخل سیلندر است).

جدول 7. اطلاعات پاشش سوخت در حالت فشار کم

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

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.





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



- اطلاعات کنترل خروجی:

سنسور اکسیژن مقدار زیادی را نشان داده که نشان دهنده این است که در دود خروجی از موتور آلاینده کمی 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

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

- 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 می شود. 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

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



4-4- حالت استکیومتریکی:

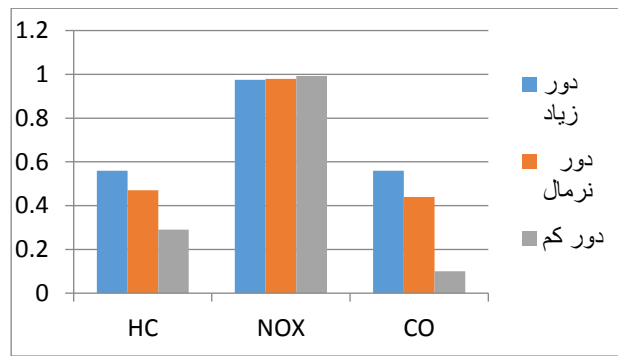
در این قسمت آزمایش بر مبنای حالت استکیومتریکی انجام شده، تمام پارامترهای آن در حالت ایده آل موتور است.

- نتایج تست 5 گاز در حالت استکیومتریکی خودرو:

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

جدول 10. آلاینده‌گی‌ها در حالت استکیومتریکی

	NO _x (ppm)	HC (ppm)	O ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
دور نرمال	0.979	0.047	0.00	0.44	10.4
دور کم	0.993	0.29	0.00	0.10	10.1
دور زیاد	0.975	0.56	0.00	0.56	10.7



نمودار 1. آلاینده‌گی‌های 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 آلاینده‌گی 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 ارزان تر می‌باشد. با توجه به اینکه اکثر خودروهای داخلی فرسوده و دارای آلاینده‌گی 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 آلاینده‌گی نیز شده است. [11,12]



3rd International Conference on Applied Researches in Science & Engineering

19th December 2018 - Istanbul Turkey

Marmara University



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](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.





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



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.

