Archive of SID

Quarterly Research Journal of Technical and Vocational University

Winter 2021, Vol. 17, No. 4, p. 133-145

Original Research

Evaluation of fuel and spark system variables of a gasoline engine due to lack of timely replacement of fuel filter

Mani Ghanbari[1*], Lotfali Mozafari Vanani[2]

[1]Faculty Member, Department of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery, Faculty of Shahriar, Tehran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.
[2]Faculty Member, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Boroujen, Chaharmahal and Bakhtiari Branch, Technical and Vocational University (TVU), Chaharmahal and Bakhtiari, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 04.27.2020
Revised: 10.31.2020
Accepted: 01.14.2021

Keyword:
Gasoline engine
Fuel pump
Electric current
Gasoline temperature
Fuel filter

***Corresponding Author:**
Mani Ghanbari
Email: *Manighanbari@tvu.ac.ir*

ABSTRACT

In this study, the effect of fuel filter lifetime on the temperature of gasoline output from the fuel pump, ignition advance, injector injection pressure and electric current of the fuel pump of a gasoline engine was examined experimentally with the aim of improving the variables of fuel and ignition systems. The results of this study showed that the lowest temperature of gasoline output from the fuel pump and the amount of electric current of the pump using a new filter were 37.5 ˚C and 2.88 A, respectively. The highest temperature of gasoline output from the fuel pump and the amount of electric current of the pump, measured using a filter with a range of 60,000 km, were 40.5 ˚C and 4.12 A, respectively. The highest injection pressure of the injectors and the lowest amount of ignition advance at 1000 rpm engine speed and using the new filter were 3.5 bars and 7 degrees, respectively. The lowest injection pressure of the injectors and the highest amount of ignition advance at 5000 rpm engine speed by using a 50,000 km filter lifetime were reported as 2.5 bars and 37 degrees, respectively. It is lucid that filters with a lifespan of more than 15,000 km reduce the combustion quality and efficiency of the engine.

www.SID.ir

Archive of SID

فصلنامه علمی-پژوهشی کارافن

زمستان ۱۳۹۹، دوره ۱۷، شماره ٤، ۱٤٥-۱۳۳

مقاله پژوهشی

ارزیابی متغیرهای سیستم سوخت‌رسانی و جرقه‌زنی یک موتور بنزینی در اثر عدم‌تعویض به‌موقع فیلتر سوخت

مانی قنبری*[۱]، لطفعلی مظفری وانانی[۲]

۱- عضو هیئت علمی، دپارتمان مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، آموزشکده فنی کشاورزی شهریار، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان تهران، ایران.

۲- عضو هیئت علمی، دپارتمان مهندسی مکانیک، آموزشکده فنی پسران بروجن، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان چهار محال بختیاری، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۰۸
بازنگری مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰
پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۲۵

کلید واژگان:
موتور بنزینی
پمپ سوخت
جریان الکتریکی
دمای بنزین
فیلتر سوخت

***نویسنده مسئول:** مانی قنبری
پست الکترونیکی:
Manighanbari@tvu.ac.ir

چکیده

در این تحقیق، با هدف بهبود متغیرهای سیستم سوخت‌رسانی و جرقه‌زنی، تأثیر میزان کارکرد فیلتر سوخت بر میزان دمای بنزین خروجی از پمپ سوخت، پیش‌رسی جرقه، فشار پاشش انژکتورها و میزان جریان الکتریکی پمپ سوخت یک موتور بنزینی، به‌صورت تجربی بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که کمترین دمای بنزین خروجی از پمپ سوخت و میزان جریان الکتریکی آن با استفاده از فیلتر نو (صفر کیلومتر) به‌ترتیب برابر ۲/۸۸ A و ۳۷/۵ $^{\circ}C$ و بیشترین دمای بنزین خروجی از پمپ سوخت و میزان جریان الکتریکی آن با استفاده از فیلتر با کارکرد ۶۰۰۰۰ کیلومتر به‌ترتیب برابر ۴/۱۲ A و ۴۰/۵ $^{\circ}C$ خواهد بود. همچنین بیشترین میزان فشار پاشش انژکتورها و کمترین مقدار پیش‌رسی جرقه در دور موتور ۱۰۰۰ rpm با استفاده از فیلتر نو (صفر کیلومتر) به‌ترتیب برابر ۳/۵ bar و ۷ درجه و کمترین میزان فشار پاشش انژکتورها و بیشترین مقدار پیش‌رسی جرقه در دور موتور ۵۰۰۰ rpm با استفاده از فیلتر با کارکرد ۵۰۰۰۰ کیلومتر به‌ترتیب برابر ۲/۵ bar و ۳۷ درجه مشاهده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که فیلترهایی با کارکرد بیش از ۱۵۰۰۰ کیلومتر موجب کاهش کیفیت احتراق و راندمان موتور می‌شوند.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در دنیای حاضر با ماشینی‌شدن بسیاری از کارها و تولید انبوه موتورهای درون‌سوز، نیاز به سوخت‌های فسیلی افزایش پیدا کرده و در نتیجه با استخراج نفت خام، منابع زیرزمینی کاهش یافته است. یکی از مهم‌ترین سیستم‌های یک موتور چهار زمانه بنزینی که کاربرد وسیعی در خودرو، ماشین‌های کشاورزی و صنعتی دارد، سیستم سوخت‌رسانی آن می‌باشد. اجزای اصلی یک سیستم سوخت‌رسانی در این موتورها شامل باک، پمپ‌بنزین، شلنگ‌های انتقال‌دهنده سوخت، فیلتر بنزین، ریل سوخت و انژکتورها است. یکی از سرویس‌های مهم در زمینه سیستم سوخت‌رسانی یک موتور بنزینی، تعویض به‌موقع فیلتر سوخت آن است. این سرویس، تأثیر زیادی در عملکرد اجزای مختلف سیستم سوخت‌رسانی، سلامت اجزای آن و افزایش طول عمر مفید این قطعات دارد. عملکرد مناسب سیستم سوخت‌رسانی یک موتور نیز به‌طور مستقیم بر بهبود احتراق در موتور، افزایش عملکرد موتور و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی خروجی از اگزوز آن تأثیر دارد. با گذشت زمان و پیشرفت تکنولوژی و به‌دنبال آن ارتقای سطح کیفی سیستم‌های سوخت‌رسانی، اهمیت و دقت مکانیزم فیلتراسیون سوخت نیز افزایش یافت. پیدایش خودروهای انژکتوری، سازندگان را مجبور به تولید فیلترهایی کرد که دقت لازم در امر جداسازی ناخالصی‌های موجود در سوخت را داشته باشند. دقت و حساسیت در فیلتراسیون سوخت در خودروهای انژکتوری امروزی، مهم‌تر از سیستم‌های سوخت‌رسانی کاربراتوری و قدیمی است؛ زیرا در خودروهای کاربراتوری، بنزین بر اثر تأثیر خلأ ونتوری کاربراتور از دورن ژیگلورهایی به قطر حدود ۰/۵ میلی‌متر عبور می‌کند اما در خودروهای امروزی، هر انژکتور دارای یک یا چند سوراخ بسیار ریز است که بسته به تعداد آن‌ها، قطری کمتر از ۰/۲ میلی‌متر دارند و با توجه به اینکه هر انژکتور برای مدت‌زمانی کمتر از ۰/۰۰۵ ثانیه برای پاشش سوخت باز می‌شود، وجود ذرات خارجی در سوخت می‌تواند به‌راحتی منجر به گرفتگی مجاری سوخت‌پاش گردد[۱]. یک موتور احتراقی، دستگاهی است که انرژی شیمیایی سوخت را به انرژی گرمایی و کار مکانیکی تبدیل می‌کند. در این مبدل انرژی، ورودی‌ها سوخت و هوا و خروجی‌های در حالت احتراق کامل موادی همچون بخار آب، دی‌اکسید کربن و نیتروژن است. تمام تلاش در موتورهای احتراقی بر این است که احتراق کامل باشد، همچنین جذب و تبدیل انرژی گرمایی تولیدی در محفظه احتراق موتور به حداکثر مقدار خود برسد. با توجه به این که سیستم سوخت‌رسانی موتورهای احتراقی، یکی از مهم‌ترین و دقیق‌ترین سیستم‌های این موتورها به‌شمار می‌رود؛ مطالعه در مورد این سیستم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است[۲]. از زمان اختراع موتورهای درون‌سوز تاکنون که بنزین و گازوئیل به‌عنوان سوخت اصلی مورد استفاده قرار می‌گرفت، تقریباً همه موتورها مجهز به سیستم فیلتراسیون و تصفیه سوخت هستند. ناخالصی‌های موجود در انواع سوخت‌ها و تأثیرات نامطلوب آنها بر عملکرد خودرو علت استفاده از این سیستم در انواع خودروها است[۳]. از این‌رو بهینه‌سازی سیستم‌های تصفیه سوخت اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. از عوامل اصلی کثیف شدن سوخت می‌توان به مواردی همچون رسوبات موجود در تانکرهای حمل سوخت یا ذرات معلق و رسوبات ته‌نشین‌شده در مخازن جایگاه‌های سوخت که بیشتر آنها در وضعیت نامناسبی نیز هستند، اشاره کرد. همچنین گرفتگی و ذرات ناخالصی در لوله‌های ارتباطی سیستم سوخت‌رسانی و ذرات حاصل از خوردگی مجاری سوخت‌گیری خودرو نیز از عوامل کثیف‌کننده سوخت هستند. همه این موارد باید توسط فیلتر سوخت، تصفیه و از ورود آنها به سیستم سوخت‌رسانی جلوگیری شود. بعضی از شرکت‌های خودروسازی، زمان مناسب برای تعویض صافی بنزین را هر ۱۵۰۰۰ کیلومتر توصیه کرده‌اند، اما کارکرد کیلومتر خودرو به‌تنهایی ملاک مناسبی برای تعیین زمان تعویض فیلتر سوخت نیست؛ زیرا میزان گرفتگی فیلتر سوخت، به شرایط مختلفی مانند شرایط و محل کارکرد خودرو، کیفیت بنزین جایگاه‌ها، سیستم سوخت‌رسانی خودرو و رسوبات موجود در باک وابسته است. با گذشت زمان و افزایش کارکرد خودرو، فیلتر بنزین به دلیل به دام انداختن ذرات معلق سوخت، دچار گرفتگی و انسداد می‌شود. کثیفی و گرفتگی فیلتر بنزین باعث پایین آمدن بازده موتور، افزایش زمان استارت‌زنی به‌خصوص در هوای سرد، کثیف شدن و گرفتگی انژکتورها، خاموشی خودرو و کوتاه شدن عمر تجهیزاتی مانند پمپ بنزین، انژکتور و حس‌گر

www.SID.ir

Archive of SID

اکسیژن و در بعضی موارد سوختن سوپاپ‌های موتور می‌شود[۴]. با توجه به نیاز روزافزون به سوخت‌های فسیلی و در نتیجه، استخراج نفت خام، منابع زیرزمینی کاهش و از طرفی میزان آلاینده‌های هوا نیز افزایش یافته است [۵].

با توجه به اهمیت فیلتراسیون سوخت، اجتهادی[۶] در سال ۱۳۸۴ عوامل مهم در فیلتراسیون سوخت موتورهای دیزل پیشرفته را بررسی کرد. طبق نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق ایشان، به‌کارگیری اصول مناسب در تهیه و نگهداری و توزیع سوخت، کارکرد دستگاه‌های مزبور را تا حد قابل‌توجهی ارتقا می‌دهد و باعث کاهش چشمگیر هزینه تعمیرات نیز خواهد شد. حسینخانی و همکاران[۷] در یک بررسی تجربی، تأثیر عوامل دیگری همچون کیفیت فیلتر هوا بر میزان مصرف سوخت موتورهای بنزینی را بررسی کرده‌اند و از نتایج آن در زمینه ارائه برچسب مصرف سوخت خودروهای بنزینی انژکتوری استفاده کردند. همچنین جعفریان جلودار و همکاران[۸] در پژوهش خود با استفاده از روش سطح پاسخ، اقدام به بهینه‌سازی پارامترهای مؤثر بر فرایند تولید فیلترهای بنزین به روش تزریق پلاستیک کردند. نتایج ایشان در زمینه بهینه‌سازی تولید فیلترهای بنزین مفید بوده است. غفاری و همکاران[۹] در سال ۱۳۹۴ علل آلایندگی هوا توسط اتوبوس‌های با موتور دیزل را بررسی کرده‌اند. طبق نتایج ایشان، وجود ذرات ناخالصی در سوخت گازوئیل، درصد گوگرد بالا و همچنین فرسودگی سیستم سوخت‌رسانی، مهم‌ترین دلایل افزایش آلایندگی موتورهای دیزلی هستند. در زمینه چگونگی تأثیر فیلترهای سوخت بر عملکرد موتورهای بنزینی، رحمتی‌نژاد و اکبرلو[۱۰] در سال ۱۳۹۷ طی یک بررسی تجربی، اقدام به مانیتورینگ فشار سوخت ارسالی از پمپ بنزین در محل قبل از فیلتر سوخت کردند. سپس با مقایسه مقادیر فشار به‌دست‌آمده در حالت‌های مختلف، نتیجه گرفتند در صورتی که فشار سوخت در مجرای ورودی فیلتر به میزان ۴ تا ۴/۵ بار باشد، فیلتر سوخت سالم است ولی در صورت گرفتگی و کثیف بودن فیلتر، مقادیر فشار سوخت در محل مجرای ورودی فیلتر، بالا می‌رود و تا حدود ۶/۵ تا ۷ بار افزایش خواهد یافت. در تحقیق ایشان، شرایط آزمون در حالت موتور خاموش و پارامتر اندازه‌گیری شده فقط فشار سوخت در مرحله قبل از فیلتر بوده است. نصرآبادی و کاکایی[۱۱] در پژوهش خود، اقدام به بررسی تأثیر پارامترهای عملکردی یک موتور بنزین‌سوز EF7 بر آوانس جرقه آستانه کوبش[1](KLSA) کردند. در تحقیق ایشان، پارامترهای موتور برای عملکرد در شرایطی که موتور در آستانه کوبش قرار گیرد ولی دچار کوبش نشود، بهینه‌سازی شدند. نتایج ایشان حاکی از آن بود که در صورت افزایش هر واحد عدد اکتان سوخت، به همان اندازه قادر به افزایش آوانس جرقه خواهیم بود. از طرفی، افزایش دمای هوای ورودی و یا کاهش فشار هوای ورودی، باعث کاهش آوانس آستانه کوبش خواهند شد. همچنین در صورتی که نسبت اختلاط هوا به سوخت، از حالت استوکیومتریک انحراف پیدا کند (رقیق یا غلیظ شود)، در این صورت، نیاز به کاهش آوانس جرقه جهت جلوگیری از پدیده کوبش، ضروری خواهد بود. در برخی از تحقیقات پیشین، با استفاده از روش‌های نرم‌افزاری، پارامترهای موتور بررسی شده‌اند. شارما و کومار [۱۲] به بررسی تأثیر فشار سوخت و دور موتور بر پارامترهایی همچون احتراق، عملکرد موتور و آلایندگی موتور بنزینی با استفاده از ترکیب سوخت‌های مختلف پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که فشار سوخت می‌تواند در کنار متغیرهای دیگر موتور به عنوان متغیر تأثیرگذار در عملکرد موتور نقش داشته باشد. توماس دوربین و همکاران [۱۳] به صورت تجربی به بررسی تأثیر فیلترهای سوخت دیزل و همچنین نوع سوخت دیزل بر میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در خودروهای دیزلی با وزن متوسط پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد فیلترهای سوخت دیزل Diesel Particular Filters (DPFs) قادر هستند که مقادیر ذرات معلق PM، هیدروکربن‌های نسوخته THC و مونوکسید کربن CO را به ترتیب تا حدود ۹۸ درصد، ۸۰ درصد و ۹۰ درصد کاهش دهند. در پژوهشی، کامیاب و همکاران [۱۴] با تمرکز بر شبیه‌سازی رفتار سیال در فیلتر سوخت و مدار سوخت‌رسانی یک بالگرد، مشخص شد که فیلتر مورداستفاده با توجه به میزان تمیزی، افت فشاری در بازه ۰bar تا ۱bar ایجاد خواهد کرد که این امر سبب ایجاد اخلال و وقفه در انجام مأموریت‌های نظامی بالگرد خواهد شد.

[1] Knock Limited Spark Advance (KLSA)

www.SID.ir

Archive of SID

با بررسی تحقیقات پیشین، ملاحظه می‌شود که بیشتر فعالیت‌ها در مورد آلایندگی سوخت انجام شده و تأثیر پارامتر مهمی همچون فیلتر سوخت بر بسیاری از مشخصه‌های اصلی موتور از قبیل قدرت، آوانس جرقه، عملکرد پمپ بنزین، میزان کوبش موتور و کیفیت احتراق تاکنون بررسی نشده‌اند. بر این اساس، هدف اصلی از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر میزان گرفتگی فیلتر سوخت بر عواملی همچون جریان مصرفی پمپ بنزین، تغییر در فشار سیستم سوخت‌رسانی قبل و بعد از فیلتر، کیفیت احتراق و همچنین تأثیر آن بر سیستم جرقه‌زنی و آوانس جرقه در نظر گرفته شده است. پارامترهای هدف در این تحقیق عبارتند از: میزان مصرف جریان الکتریکی پمپ سوخت و دمای بنزین خروجی از آن، فشار سیستم سوخت‌رسانی و پیش‌رسی جرقه که از عوامل اصلی عملکرد موتور و کنترل کوبش در موتور هستند.

مواد و روش ها

برای انجام این تحقیق، دو موتور چهار سیلندر خطی متعلق به خودروهای پراید Euro2 و پژو ۲۰۶ Tu5 Euro4 انتخاب شدند. مشخصات فنی موتورهای مورداستفاده در این تحقیق در جدول ۱ آمده است. شرایط سوخت‌گیری هر دو خودرو یکسان در نظر گرفته شد و هر دو خودرو از یک جایگاه و در یک زمان، سوخت‌گیری کردند. همچنین ۶ عدد فیلتر ساخت شرکت Perflex و با یک درجه از فیلتراسیون شامل یک عدد فیلتر نو و ۵ عدد فیلتر کارکرده که به‌ترتیب دارای کارکردهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ هزار کیلومتر با ضریب خطا ۲۰ کیلومتر بودند انتخاب شدند. دلیل این نوع انتخاب فیلتر، امکان انجام مقایسه بین فیلترهای سوخت با کارکردهای مختلف بوده است. دلیل انتخاب دو موتور Euro2 و موتور Euro4 به‌دست‌آوردن اطلاعات و مقایسه بین دو نسل از موتورها جهت طراحی و ساخت سیستم هوشمند کنترل و تشخیص گرفتگی فیلتر است.

شرایط و میزان کارکرد یک فیلتر، تأثیر مهمی بر میزان عبور سوخت از فیلتر خواهد داشت؛ لذا معیار مشخص میزان کارکرد فیلتر در این تحقیق، کیلومتر کارکرد هر فیلتر بوده است. تصویر نمونه‌ای از فیلتر و فشارسنج مورداستفاده در این تحقیق در شکل۱ قابل مشاهده است. برای اندازه‌گیری فشار در مواضع مختلف مدار سوخت‌رسانی از فشارسنج NEK که قابلیت اندازه‌گیری فشار تا ۶ bar (۸۰ psi) با دقت اندازه‌گیری ۰/۱ bar را دارد، استفاده گردید. همچنین برای اندازه‌گیری پارامترهای مختلف سیستم سوخت‌رسانی از یک دستگاه عیب‌یاب دیاگ (شکل ۲) استفاده شد.

جدول ۱. مشخصات فنی موتور بنزینی چهار سیلندر Euro2 و Euro4 مورد آزمایش

ردیف	نوع مشخصه	مقدار مشخصه در موتور Euro2	مقدار مشخصه در موتور Euro4
۱	مدل خودرو	پراید صبا	پژو ۲۰۶
۲	کارخانه سازنده	شرکت سایپا ایران	شرکت ایران خودرو ایران
۳	تعداد سیلندر	۴	۴
۴	گشتاور موتور	۱۰۳ N.m	۱۴۲ N.m
۵	حجم موتور	۱۳۲۳	۱۵۸۷ CC
۶	ترتیب احتراق	۲،۴،۳،۱	۲،۴،۳،۱
۷	نوع سیستم سوخت‌رسانی و نوع ECU	انژکتوری تک پاششی زیمنس	انژکتوری تک پاششی بوش
۸	حداکثر توان	۶۳ hp	۱۱۰ hp

www.SID.ir

Archive of SID

الف

ب

شکل ۱. (الف) فیلتر بنزین موتور بنزینی Euro2 و (ب) دستگاه فشارسنج مورداستفاده در تحقیق

شکل ۲. دستگاه عیب‌یاب خودوهای انژکتوری (دیاگ)

دمای محیطی محل آزمون ۳۰ درجه سانتیگراد بود و پس از نصب هر فیلتر، موتور در حالت درجا حدود ده دقیقه کار کرد. سپس با دستگاه دیاگ، دمای آب موتورها پایش شد و زمانی که دمای موتور به ۸۰ درجه سانتی‌گراد رسید، اندازه‌گیری‌ها انجام شد. پارامترهای مختلف موتور مانند دور موتور، فشار هوای ورودی مانیفولد، ولتاژ سنسور اکسیژن، آوانس جرقه، پاشش انژکتورها و زاویه دریچه گاز توسط دستگاه عیب‌یاب خودرو آزما در زمان نصب هر یک از فیلترها در دو موتور مشاهده و ثبت گردید. از دو موتور بنزینی خطی ۴ سیلندر پراید Euro2 و پژو ۲۰۶ Euro4 Tu5 در انجام آزمایش‌ها استفاده شد. در مرحله اول، آزمایش‌ها ابتدا با استفاده از فیلتر صفر کیلومتر (نو) و فشارسنج، فشار سیستم سوخت‌رسانی ابتدا قبل از فیلتر و سپس بعد از فیلتر اندازه‌گیری شد و با فشار سایر فیلترها مقایسه گردید. با استفاده از دستگاه عیب‌یاب در زمان نصب هر فیلتر در ۵ دور ۱۰۰۰ ، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۵۰۰۰ rpm پارامترهای ذکر شده موتورها ثبت و با یکدیگر مقایسه شدند. سپس به‌ترتیب فیلترهای

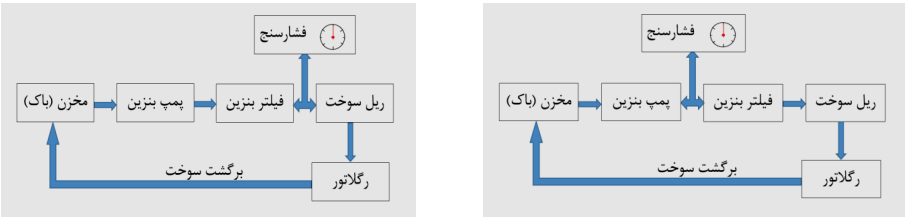
www.SID.ir

Archive of SID

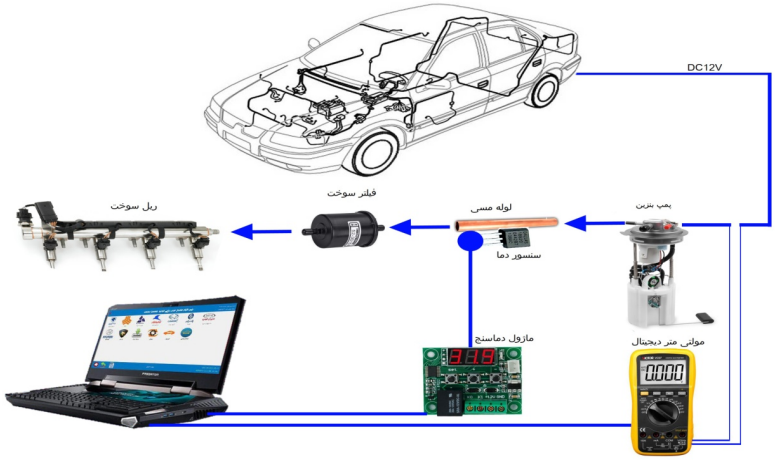
دیگر روی موتور نصب شدند و آزمایش‌ها برای آنها نیز انجام شد. یک طرح کلی از چگونگی اندازه‌گیری مقادیر فشار سیستم سوخت‌رسانی در شکل ۳ مشخص است.

به‌منظور اندازه‌گیری دمای بنزین خروجی از پمپ سوخت که نمایانگر دمای مغزی پمپ سوخت نیز است، یک لوله مسی در خروجی پمپ سوخت که بنزین خروجی پمپ از آن عبور کند و به لوله‌های انتقال‌دهنده برسد تعبیه گردید. دلیل استفاده از لوله مسی ضریب انتقال حرارت بالای مس می‌باشد. از یک حسگر دما که قابلیت اندازه‌گیری دما تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد با دقت اندازه‌گیری ۰/۵ درجه را دارد، روی بدنه لوله مسی استفاده گردید. همچنین برای اندازه‌گیری میزان جریان الکتریکی پمپ سوخت با استفاده از فیلترهای مختلف، از یک مولتی‌متر دیجیتالی با مدل DT9205A استفاده شد (شکل ۴).

در این تحقیق، پارامترهایی همچون فشار پاشش انژکتورها، پیش‌رسی جرقه در سیستم جرقه‌زنی، میزان مصرف جریان الکتریکی پمپ سوخت و در نهایت، دمای بنزین خروجی از پمپ بنزین که تابع دمای مغزی پمپ سوخت (آرمیچر) است بررسی شد. در خلال اندازه‌گیری پارامترهای هدف، سایر پارامترهای موتور؛ از قبیل پاشش انژکتورها، فشار هوای مانیفولد ورودی و ولتاژ حسگر اکسیژن نیز بررسی شدند. اما مشاهده شد که تغییر وضعیت فیلتر سوخت، تأثیر ناچیزی روی پارامترهای مذکور دارد و تغییرات محسوسی در آنها وجود نداشت؛ لذا از بررسی موارد فوق در این تحقیق، صرف‌نظر شد.



شکل ۳. اندازه‌گیری فشار سیستم سوخت‌رسانی قبل از فیلتر (الف) و بعد از فیلتر (ب)



شکل ۴. اندازه‌گیری جریان مصرفی پمپ بنزین و دمای بنزین خروجی از پمپ

www.SID.ir

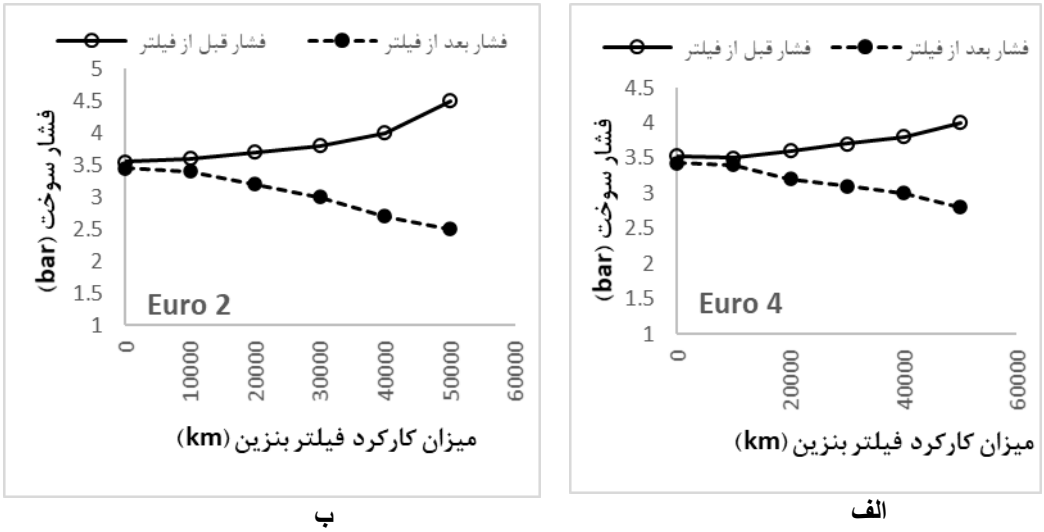
Archive of SID

نتایج و بحث

بررسی فشار سیستم سوخت‌رسانی

با بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری فشار سوخت در قبل و بعد از فیلتر بنزین در کارکردهای مختلف دو موتور، مشاهده شد که در پی افزایش کارکرد فیلتر بنزین، اختلاف فشار ورودی و خروجی فیلتر بنزین نیز افزایش می‌یابد. دلیل این امر آن است که با افزایش کارکرد فیلتر بنزین و افزایش گرفتگی فیلتر مقاومت در برابر عبور سوخت، زیاد و فشار در مقطع ورودی فیلتر، افزایش و در خروجی آن، کاهش خواهد داشت. نتایج مشاهده‌شده در این بخش از تحقیق در توافق کامل با نتایج تحقیق رحمتی‌نژاد و همکاران[۱۰] است. علاوه بر آن، در تحقیق حاضر در حالت روشن بودن موتور نیز تأثیر میزان مسافت کارکرد فیلتر بر اختلاف فشار سوخت در ناحیه قبل و بعد از فیلتر بررسی گردید که این امر در نمودارهای شکل ۵ نشان داده شده است.

تحلیل نتایج نشان می‌دهد در موتور Euro2 با افزایش کارکرد صافی بنزین، میزان گرفتگی صافی افزایش می‌یابد و بیشترین فشار ورودی در فیلتر با کارکرد ۵۰۰۰۰ کیلومتر bar ۴/۵ و کمترین فشار ورودی با فیلتر نو bar ۳/۵ می‌باشد. کمترین فشار خروجی نیز با فیلتر با کارکرد ۵۰۰۰۰ کیلومتر به میزان bar ۵ /۲ و بیشترین فشار خروجی با فیلتر نو حدود bar ۳/۵ اندازه‌گیری شد. نتایج در مورد موتور Euro4 حاکی از آن بود که با افزایش کارکرد صافی بنزین، میزان گرفتگی صافی، افزایش می‌یابد و بیشترین فشار ورودی در فیلتر با کارکرد ۵۰۰۰۰ کیلومتر bar ۴ و کمترین فشار ورودی با فیلتر نو bar ۳/۵ می‌باشد. کمترین فشار خروجی نیز با فیلتر با کارکرد ۵۰۰۰۰ کیلومتر به میزان bar ۲/۸ و بیشترین فشار خروجی با فیلتر نو حدود bar ۳/۵ اندازه‌گیری شد.



ب الف

شکل ۵. تأثیر کارکرد فیلتر بر فشار سوخت مدار (الف- موتور چهار سیلندر Euro4) (ب- موتور چهار سیلندر Euro2)

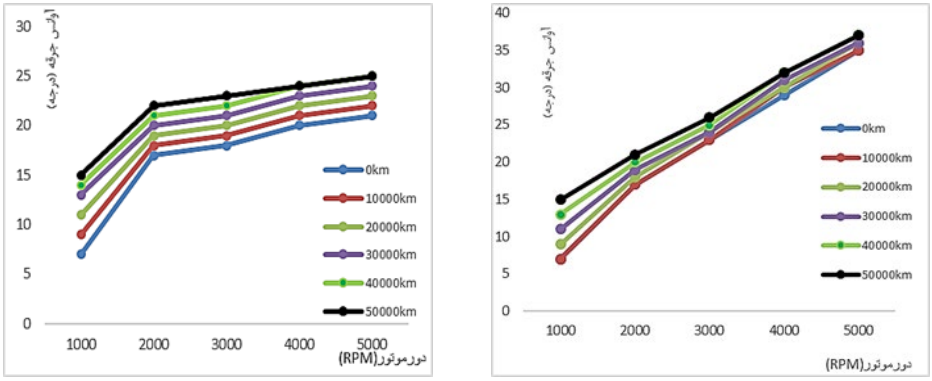
www.SID.ir

Archive of SID

بررسی آوانس جرقه

افت فشار سیستم سوخت‌رسانی بعد از فیلتر، در ریل سوخت و ورودی انژکتورها تا حدود ۲/۵ bar در فیلترهایی با کارکرد بالا منجر به کاهش میزان اتمیزه شدن سوخت، تغییر در نسبت استوکیومتری و فقیر شدن مخلوط سوخت و هوا می‌گردد که این عوامل باعث احتراق ناقص در موتور خواهند شد و واحد کنترل الکترونیکی موتور (ECU)، اقدام به آوانس جرقه برای بهبود کیفیت احتراق خواهد کرد. به‌دنبال پایش پارامترهای مختلف موتور با استفاده از دستگاه دیاگ، صحت این موضوع مشاهده شد و مشخص گردید که در صورت افزایش کارکرد فیلتر بنزین، مقدار آوانس جرقه نیز افزایش قابل‌توجهی خواهد داشت. نمودار تغییرات آوانس جرقه نسبت به دور موتور با استفاده از فیلترهای دارای کارکرد مختلف برای دو موتور Euro2, Euro4 در شکل ۶ قابل مشاهده است.

با توجه به مشاهدات صورت‌گرفته در موتور Euro2 کمترین میزان آوانس جرقه در دور موتور ۱۰۰۰ rpm به اندازه ۷ درجه با فیلتر نو گزارش شد و بیشترین میزان آوانس جرقه در دور موتور ۵۰۰۰ rpm به میزان ۳۷ درجه و با فیلتر با کارکرد ۵۰۰۰۰ کیلومتر اندازه‌گیری شد. بررسی‌ها در موتور Euro4 حاکی از آن است که کمترین میزان آوانس جرقه در دور موتور ۱۰۰۰ rpm به اندازه ۷ درجه با فیلتر نو مشاهده شد و بیشترین میزان آوانس جرقه در دور موتور ۵۰۰۰ rpm به میزان ۲۵ درجه و با فیلتر با کارکرد ۵۰۰۰۰ کیلومتر اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش کارکرد فیلتر سوخت و افزایش میزان گرفتگی فیلتر، فشار سوخت در ریل سوخت کاهش یافت و منجر به کاهش میزان اتمیزه شدن سوخت، تغییر در نسبت استوکیومتری، فقیر شدن مخلوط و کاهش کیفیت احتراق می‌گردد. بنابراین ECU برای جبران احتراق ناقص و به‌منظور افزایش کیفیت احتراق میزان آوانس در جرقه شمع را افزایش می‌دهد که مشابه این نتایج در مراجع [۱۱، ۱۵ و ۱۶] نیز گزارش شده است. دلیل اختلاف زیاد آوانس جرقه در دور ۱۰۰۰ rpm نسبت به اختلاف این پارامتر در سایر دورهای موتور با فیلترهای مختلف این است که در دورهای پایین‌تر به دلیل داشتن تعداد احتراق کمتر در واحد زمان، کیفیت احتراق در میزان عملکرد موتور تأثیر بیشتری خواهد گذاشت. بنابراین در دورهای پایین موتور، در فیلترهای با کارکرد بیشتر نسبت به فیلترهای با کارکرد کمتر، درراستای خنثی کردن احتراق ناقص، نیاز به آوانس جرقه بیشتری می‌باشد. علاوه بر این دلیل، باید در نظر داشت که افزایش دور موتور، منجر به کوتاه شدن زمان احتراق خواهد شد.



الف Euro2 ب Euro4

شکل ۶. تأثیر کارکرد فیلتر بر آوانس جرقه (الف- موتور چهار سیلندر Euro2) (ب- موتور چهار سیلندر Euro4)

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین در دورهای بالا آن‌قدر فرصت در اختیار ECU خودرو نیست که بتواند فاصله زیادی بین آوانس جرقه در فیلترهای با کارکرد مختلف ایجاد کند. در واقع، با افزایش دور، مقادیر آوانس جرقه در فیلترهای با طول عمر متفاوت، به سمت یک مقدار متمرکز می‌شود که این پدیده در نمودار شکل۶- الف به خوبی قابل‌مشاهده و نشان‌دهنده محدودیت ECU در افزایش آوانس جرقه است. از طرفی، افزایش بیش‌ازحد آوانس جرقه نیز معایبی دارد. افزایش آوانس جرقه، میزان کوبش و ضربه در موتور را افزایش می‌دهد که خود باعث کوتاه شدن عمر قطعات موتور خواهد شد و از سوی دیگر، منجر به افزایش دمای گازهای خروجی از اگزوز می‌شود که این امر نیز به افزایش میزان آلاینده NOx در اگزوز ختم می‌گردد [۲، ۱۷ و ۱۸].

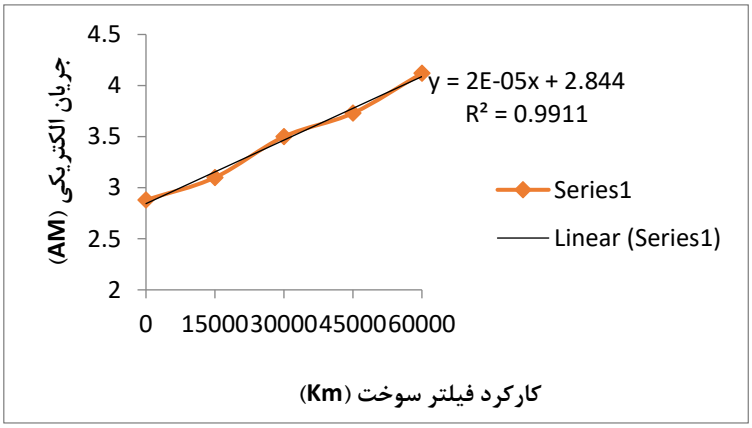
بررسی مصرف جریان الکتریکی پمپ بنزین

افزایش کارکرد فیلتر بنزین و افزایش گرفتگی فیلتر باعث افزایش مقاومت در برابر عبور سوخت و فشار در مقطع ورودی فیلتر خواهد شد؛ بنابراین پمپ بنزین برای غلبه بر این مقاومت و به جریان انداختن بنزین در مدار سوخت‌رسانی موتور، جریان الکتریکی بیشتری مصرف خواهد کرد. در شکل۷ تغییرات جریان الکتریکی پمپ سوخت فیلترهای دارای کارکرد مختلف نشان داده شده است. تحلیل نتایج نشان می‌دهد در موتور با افزایش کارکرد فیلتر بنزین، میزان گرفتگی آن افزایش می‌یابد و منجر به افزایش جریان مصرفی پمپ بنزین خواهد شد.

با افزایش بار روی پمپ سوخت، مصرف جریان الکتریکی پمپ برای انجام کار افزایش می‌یابد و این امر منجر به افزایش استهلاک و کاهش کارکرد مفید پمپ بنزین، باتری و دینام نیز خواهد شد. نتایج اندازه گیری‌ها توسط مولتی‌متر نشان داد که کمترین میزان مصرف جریان الکتریکی در پمپ با استفاده از فیلتر نو (صفر کیلومتر) با ۲.۸۸A و بیشترین میزان جریان الکتریکی با استفاده از فیلتر با کارکرد ۶۰.۰۰۰ کیلومتر به مقدار ۴.۱۲ A ثبت شده است.

بررسی دمای بنزین خروجی از پمپ سوخت

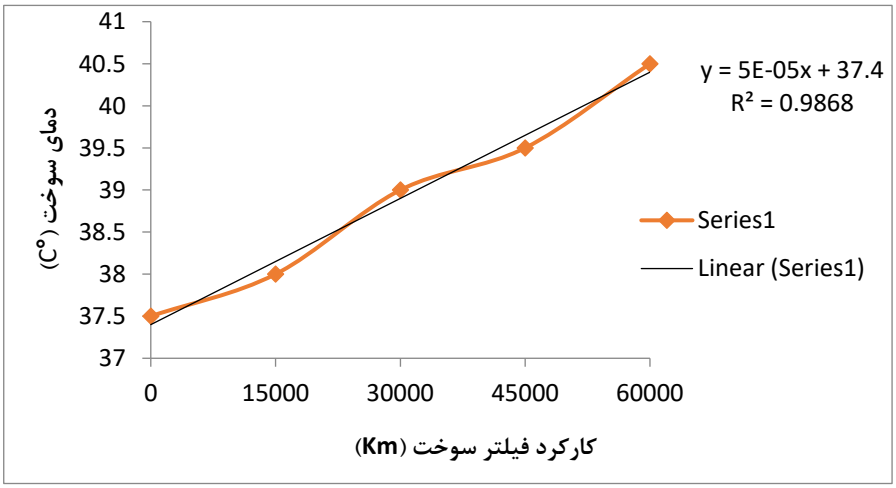
افزایش جریان مصرفی پمپ بنزین، منجر به افزایش دمای پمپ و در نتیجه افزایش دمای بنزین که در حال عبور از داخل مغزی پمپ (آرمیچر) است خواهد شد. شکل ۸ تغییرات دمای بنزین در مدار سوخت‌رسانی (دمای بنزین خروجی پمپ سوخت) را با توجه به میزان کارکرد فیلتر سوخت نشان می‌دهد.



شکل۷. تأثیر میزان کارکرد فیلتر سوخت بر مصرف جریان الکتریکی پمپ سوخت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. تأثیر میزان کارکرد فیلتر سوخت بر دمای بنزین خروجی از پمپ بنزین

با توجه به شکل ۸ قابل مشاهده است که با افزایش میزان کارکرد فیلتر بنزین، دمای بنزین در مدار سیستم سوخت‌رسانی افزایش می‌یابد. بررسی نتایج در مورد دمای بنزین خروجی از پمپ سوخت نشان داد که در پی افزایش مقاومت در خروجی پمپ سوخت و افزایش مصرف جریان الکتریکی پمپ، دمای مغزی پمپ سوخت افزایش می‌یابد. با توجه به عبور بنزین از داخل آرمیچر (مغزی پمپ) در نتیجه دمای بنزین خروجی از پمپ نیز افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج آزمایش‌های تجربی، کمترین دمای بنزین خروجی از پمپ $^{\circ}C$ ۳۷.۵ با استفاده از فیلتر نو (صفر کیلومتر) و بیشترین دمای بنزین از پمپ خروجی $^{\circ}C$ ۴۰.۵ با استفاده از فیلتر با کارکرد ۶۰.۰۰۰ کیلومتر مشاهده شد. افزایش بیش از اندازه دمای بنزین به‌ویژه در مناطق گرمسیر و تابستان می‌تواند باعث بروز پدیده خودسوزی یا کوبش در موتور شود و این امر، کاهش عمر مفید قطعات اصلی موتور را در پی خواهد داشت. از طرف دیگر، افزایش دمای سوخت و محفظه احتراق موجب افزایش آلاینده NOx نیز خواهد شد. همچنین دمای بالای سوخت، منجر به کاهش چگالی سوخت و در نتیجه تغییر نسبت اختلاط و رقیق شدن مخلوط سوخت و هوا خواهد شد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، تأثیر میزان کارکرد فیلتر سوخت بر مشخصه‌هایی از موتور مانند فشار سیستم سوخت‌رسانی، میزان پیش‌رسی جرقه در سیستم جرقه‌زنی، جریان الکتریکی مصرفی پمپ سوخت و در نهایت دمای بنزین خروجی از پمپ بررسی شد. پس از انجام این تحقیق نتایج زیر حاصل گردید:

۱- با افزایش میزان کارکرد فیلتر سوخت، گرفتگی فیلتر بیشتر می‌شود و منجر به افزایش فشار در ناحیه قبل از فیلتر (بعد از پمپ بنزین) و در نتیجه، مصرف بیشتر انرژی و کاهش عمر مفید پمپ بنزین می‌گردد. از طرفی، گرفتگی فیلتر سوخت باعث کاهش فشار در ناحیه بعد از فیلتر یا همان فشار ریل سوخت می‌شود و بر کیفیت تزریق سوخت توسط انژکتورها تأثیر منفی دارد؛ زیرا کاهش فشار تزریق سوخت، منجر به کاهش میزان اتمیزه شدن سوخت در زمان پاشش انژکتورها و عدم‌تنظیم صحیح نسبت استوکیومتری هوا به سوخت و رقیق شدن مخلوط خواهد شد. این امر در نهایت سبب کاهش کیفیت احتراق در محفظه احتراق می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- افزایش کارکرد فیلتر بنزین، بر سیستم جرقه‌زنی نیز تأثیر می‌گذارد. به این دلیل که ECU به‌منظور بهبود فرایند احتراق در حالتی که مخلوط سوخت و هوا رقیق باشد، میزان آوانس جرقه شمع را افزایش می‌دهد که باعث بروز عوارض بعدی همچون پیدایش پدیده کوبش و آسیب رسیدن به قطعات اصلی موتور خواهد شد.

۳- استفاده از فیلترهای سوخت با کارکردهای بالا به‌ویژه بیش از ۱۵۰۰۰ کیلومتر باعث افزایش جریان الکتریکی مصرفی پمپ بنزین، افزایش دمای مغزی آن و در نتیجه کوتاه‌تر شدن عمر پمپ سوخت خواهد شد. همچنین دراثر افزایش جریان الکتریکی پمپ بنزین، دمای سوخت ارسالی به مدار سوخت‌رسانی نیز افزایش خواهد یافت که این پدیده در مناطق گرمسیر و تابستان‌های گرم می‌تواند موجب عوارضی همچون احتراق زودرس، کوبش در موتور و کاهش عمر مفید قطعات اصلی موتور در کنار افزایش آلاینده NOx شود.

Reference

1. Ahmad, A. Aminian, S. Najafzadeh, D. and Ghajarieh, K. (2015). Fuel and Ignition systems in passenger cars, Publishing Iranian textbooks, (In Persian).
2. Ghanbari, M. (2019). Technology and design of internal combustion engines, Technical and Vocational University Press, (In Persian).
3. James, J. (2002). Fuels of the future for Cars and Trucks. Energy Efficiency and Renewable Energy U.S. Department of Energy.
4. Yaghoobzadeh, N. and Katanchi, M. (2015). Optimal location of fuel supply, *International Conference on New Research Achievements in Tehran Architectural and Civil Engineering*, (In Persian).
5. Eberhardt, JJ. Efficiency, E. Energy, R. editors. (2002). Fuels of the Future for Cars and Trucks, Diesel Engine Emissions Reduction (DEER) Workshop.
6. Ejtehadi, R. (2005). fuel systems and filtration principles, *3RD National Maintenance Conference*, Tehran, Maintenance Association, (In Persian).
7. Hoseinkhani, V. Ziaei, M. and Basirat Tabrizi, H. (2009). Formulation of test procedure and fuel consumption filter for injector passenger air filters, *17th Annual Conference of Mechanical Engineering*, Tehran, Faculty of Engineering, University of Tehran, (In Persian).
8. Jafarian Jelodar, M. and Momeni, E. (2009). Complex Refrigeration Simulation Algorithm and Response Surface Methodology in Solving Optimization Problems (A Case Study of Car Fuel Filter*), 3RD International Conference on Research in Operations in Iran, Tehran*, Amir Kabir University, (In Persian).
9. Ghafari, H. Seyedi, S.M. and Mostafaei, A. (2014). Investigating the cause of Birjand bus organization Emissions and estimate the approximate cost of troubleshooting, *1st International Conference and Third National Conference on Architecture, Civil and Urban Environment*, Hamadan, (In Persian).
10. Rahmatinejad, B. and Akbarloo, M. (2017). Investigation of gasoline filter obstruction on a linear four-cylinder engine, *First International Conference on New Approaches in Engineering Sciences*, Georgia, (In Persian).
11. Nasrabadi, M. and Kakayi, A. (2012). Investigation of the Effect of Operating Conditions on Knock Limited Spark Advance and Octane Requirement in Internal Combustion Engine*,* Aeromechanics journal. 9, 1: 1–14. (In Persian).
12. Sharma, N. and Kumar Agarwal, A. (2020). Effect of Fuel Injection Pressure and Engine Speed on Performance, Emissions, Combustion, and Particulate Investigations of Gasohols Fuelled Gasoline Direct Injection Engine, J. Energy Resour Technol. 142, 4: 042201- 042212.
13. Durbin, TD. Zhu, X. and Norbeck, JM. (2003). The effects of diesel particulate filters and a low-aromatic, low-sulfur diesel fuel on emissions for medium-duty diesel trucks, Atmospheric Environment, 37, 15: 2105-16.
14. Kamyab, M. Vahedi, KH. And Esfande, S. (2020). Numerical simulation of fluid flow in portable helicopter refueling systems: with a focus on simulating fluid behavior in the fuel filter and refueling systems, *5th National Conf on Defense Science and Engineering*, Tehran, Imam Hossein University. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

15. Ranjbar, I. Ghasemzadeh, H. and Davoodi, SH. (2011). *Engine power and tractor*, University of Tabriz Publications. (In Persian).
16. Ghanbari, M. Mozafari Vanani, L. and Rahimi Asiabaraki, H. (2020). Investigation of the Effect of Gasoline Engine Fuel Filter Operation on Spark Advance. *11 th International Conference of internal combustion engine & oil*. Tehran. Iran. (In Persian)
17. Datta Bharadwaz, Y. Govinda Rao, B. Dharma Rao, V. Anusha, C. (2016) Improvement of 804 biodiesel methanol blends performance in a variable compression ratio engine using response 805 surface methodology. Alexandria Engine Journal. Vol. 55, No.2, pp. 1201-1209.
18. Ghanbari, M. Najafi, G. Ghobadian, B. Yusaf, T. Carlucci, A.P. Kiani Deh Kiani, M. (2017). Performance and emission characteristics of a CI engine using nano particles additives in biodiesel-diesel blends and modeling with GP approach, Fuel J. Vol. 202, PP. 699-716.

www.SID.ir