

IREC2016- A-11-365-1

پایش وضعیت سنسور پدال گاز خودروهای با دریچه گاز برقی

بیژن معاونی^۱، سید عباس حسینی خالدی^۲، محمد رجب‌لو^۳، محمد مرادی نربین^۴، صیاد نصیری^۵، فرشید نوری^۶

^۱استادیار، دانشگاه علم و صنعت ایران

^۲کارشناس الکترونیک، مدیرعامل شرکت نگارین صنعت آسیا

^۳کارشناس خودرو، بخش مکانیک خودرو دانشگاه صنعتی شریف

^۴کارشناس ارشد مکانیک، بخش مکانیک خودرو دانشگاه صنعتی شریف

^۵مربی، بخش مکانیک خودرو دانشگاه صنعتی شریف

^۶کارشناس خودرو، بخش مکانیک خودرو، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

دریچه گاز مکانیکی تغییر زاویه دریچه توسط یک کابل که از یک سمت به پدال گاز و از سمتی دیگر به دریچه گاز متصل شده انجام می‌شود، این نوع دریچه گاز دارای سیستم مستقیم ارتباطی با پدال گاز است. سادگی و ارزان بودن از مزایای این سیستم می‌باشد [۲].

در دریچه گاز برقی، تغییر زاویه دریچه با ارسال سیگنال از سیستم مدیریت موتور صورت می‌پذیرد [۳]. سیستم مدیریت موتور با توجه به درخواست راننده و البته شرایط حرکتی خودرو و عملکرد موتور و استراتژی برنامه‌ریزی شده در واحد کنترل موتور (ECU)، دستور میزان و نحوه تغییر زاویه دریچه گاز را صادر می‌کند [۴].

دریچه گاز برقی به دلیل امکان کنترل دقیق‌تر میزان هوای ورودی به موتور با توجه به شرایط محیطی و عملکردی موتور خودرو، نسبت به دریچه گاز مکانیکی برتری دارد. همچنین با استفاده از این مکانیزم، امکان استفاده از قابلیت‌های کنترل و فناوری‌های پیشرفته مدیریت موتور و خودرو ممکن می‌گردد و در نتیجه راندمان و کارایی موتور و خودرو بیشتر خواهد بود. از دیگر مزایای استفاده از این نوع دریچه گاز، تنظیم و برنامه‌ریزی کنترل تغییر دریچه گاز بر اساس نیاز مشتری و استراتژی تعریف شده برای موتور می‌باشد؛ بنابراین می‌توان از یک نوع دریچه گاز برای موتورهای مختلف با استراتژی‌های گوناگون استفاده کرد [۵]. اما مهم‌ترین برتری دریچه گاز برقی نسبت به نوع مکانیکی، کاهش مصرف سوخت و آلودگی است. در طول چرخه کاری موتور، یکی از مواردی که بیشترین مصرف سوخت و تولید آلاینده‌ها را در خودرو ایجاد می‌کند، زمانی است که راننده به طور ناگهانی به پدال گاز نیرو اعمال می‌کند. در دریچه گاز مکانیکی دستور راننده به طور کامل به دریچه گاز منتقل می‌شود که در این شرایط نسبت سوخت و هوا می‌تواند از حالت بهینه خارج شده و میزان مصرف سوخت و آلاینده‌ها افزایش یابد. اما در دریچه گاز برقی تغییرات ناگهانی دریچه گاز توسط سامانه مدیریت موتور کاهش یافته و به تغییر ملایم‌تر دریچه گاز تبدیل می‌شود و بدین ترتیب میزان مصرف سوخت و آلاینده‌ها کاهش می‌یابد [۶].

با توجه به اینکه در سیستم دریچه گاز برقی، ارتباط مکانیکی بین پدال و دریچه گاز وجود ندارد لذا در مواردی که اختلال در عملکرد سنسور پدال گاز صورت گیرد، سامانه مدیریت موتور با توجه به

در خودروهای با موتور بنزینی که دریچه گاز توسط موتور الکتریکی باز و بسته می‌شود، ارتباط راننده با موتور از طریق پدال گاز و در سیستم‌های با دریچه گاز مکانیکی بوسیله سیم گاز انجام می‌گردد، هم‌اکنون به دلیل کنترل میزان آلاینده‌های زیست محیطی و همچنین بهره بردن از سیستم‌های کنترلی همچون سیستم کنترل سرعت خودرو، دریچه گاز برقی و سیگنال‌های الکتریکی پدال به عنوان زمینه ساز این قابلیت‌ها بسیار حساس هستند. بنابراین از دست رفتن این سیگنال‌ها الکتریکی باعث عدم وجود ارتباط بین راننده و موتور خودرو می‌گردد که در برخی شرایط مخاطرات جانی و مالی را در پی خواهد داشت. هدف از این پژوهش پایش وضعیت سنسور پدال گاز خودروهای با موتور بنزینی مجهز به دریچه گاز برقی می‌باشد. ابتدا خودرویی با موتور بنزینی و دریچه گاز برقی به ادوات اندازه‌گیری و داده برداری مجهز گردید. سپس با ایجاد عیوب عمدی در سیگنال‌های سنسور پدال گاز نوع شش سیم، واکنش موتور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش می‌تواند در مشخص کردن و رفع عیوب مربوطه به سیگنال‌های ارسالی سنسور پدال گاز به واحد کنترل الکترونیکی موتور خودرو مثرم ثمر باشد.

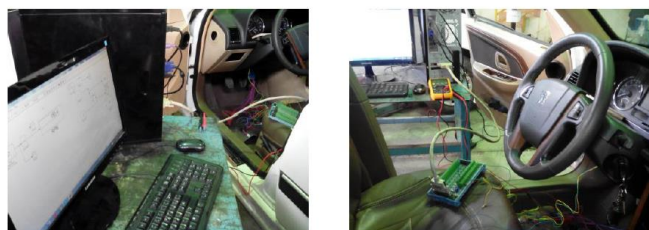
واژه‌های کلیدی

پایش وضعیت، سنسور پدال گاز، دریچه گاز برقی پتانسیومتری

مقدمه

در بسیاری از شرایط کاری نیازی به استفاده از حداکثر توانایی موتور خودرو نیست؛ بنابراین باید میزان گشتاور و توان خروجی موتور تحت کنترل باشد. در موتورهای احتراق داخلی این وظیفه بر عهده دریچه گاز است. این وسیله با استفاده از یک شیر پروانه‌ای^۱ و تغییر زاویه آن، میزان جریان هوای ورودی به موتور را تنظیم می‌کند و بنابراین میزان پاشش سوخت نیز متناسب با میزان هوای ورودی به موتور کاهش یافته و توان و گشتاور خروجی موتور تنظیم می‌شود [۱]. دریچه ی گاز خودرو به دو دسته مکانیکی و برقی تقسیم می‌شوند. در

^۱ Butterfly Valve

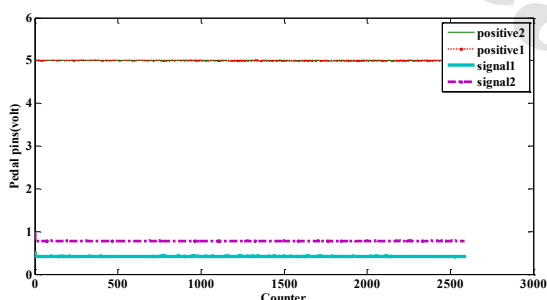


شکل ۲: نحوه ارتباط سنسور پدال گاز با واحد کنترل موتور و کارت داده بردار

ابتدا خودرو به ادوات و تجهیزات داده برداری و عیب گذاری مجهز می گردد. سپس با ایجاد عیوب عمدی، رفتار موتور خودرو ثبت و مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

بررسی تاثیر قطع شدن هر یک از سیگنال های سنسور پدال گاز خودرو:

در شکل ۳ تغییرات سیگنال های پدال در حالت کارکرد عادی نمایش داده شده است.



شکل ۳: سیگنال خروجی پتانسیومتر پدال گاز در دور آرام

ابتدا همانطور که در شکل ۴ مشخص است، سیگنال تغذیه ۵ ولت اول که با نام (positive 1) نشان داده شده قطع شده و پیرو آن سیگنال خروجی از پتانسیومتر که با نام (signal 1) نشان داده شده افت ولتاژ پیدا کرده است. خروجی آن به دلیل مدار باز شدن پتانسیومتر به صورت شکل ۴ می باشد. در این حال به دلیل ناتوانی در تشخیص زاویه ی پدال گاز وارد حالت Limp Home می شود. همین حالت هنگام قطع سیگنال تغذیه ۵ ولت دوم که با نام (positive 1) در شکل ۵ نشان داده شده اتفاق می افتد.

الگوریتم خود، وارد حالت Limp home می شود. در این حالت دور موتور در حدود ۱۲۰۰RPM تا ۱۴۰۰RPM با توجه به شرایط جاده ثابت می ماند و چراغ عیب یابی درون صفحه نشان دهندها نیز روشن می شود. عوامل متعددی باعث ایجاد حالت Limp home در خودرو می شود که یکی از این عوامل، نقص در عملکرد سنسور پدال گاز خودروهای با دریچه گاز برقی می باشد [۷].

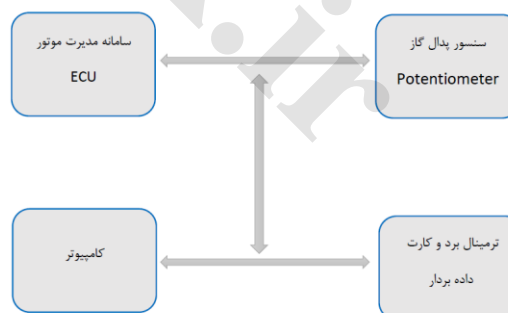
سنسور های پدال گاز به دو دسته سنسور اثر هال^۲ و پتانسیومتر^۳ تقسیم می شوند.

در سنسور پدال گاز پتانسیومتری، سیگنال خروجی آن ولتاژی بین ۰ تا ۵ ولت می باشد که هر میزان از این ولتاژ بیانگر زاویه ای از دریچه گاز خودرو می باشد، عموماً در پدال های الکترونیکی از دو پتانسیومتر استفاده شده است. در این صورت با محاسبه سیگنال ولتاژ هر دو پتانسیومتر به صورت تفاضلی، اثر پارازیت های موضعی و کلی از بین خواهد رفت و سیگنال تقریباً بدون خطایی به واحد کنترل موتور ارسال می گردد که این موضوع نقش بسیار مهمی در عملکرد صحیح موتور و کنترل مصرف سوخت و آلایندهی دارد. ولتاژ این پتانسیومتر همواره نصف ولتاژ پتانسیومتر اول است. در برخی سیستم ها یک سوئیچ دور آرام جایگزین پتانسیومتر وجود دارد، هنگامی که پدال در وضعیت دور آرام قرار می گیرد، سیگنال مناسب را برای واحد کنترل موتور (ECU) ارسال می نماید [۵و۶].

سنسور پدال گاز ۶ سیم دارای دو سیگنال تغذیه ۵ ولت، دو اتصال بدنه و دو سیگنال بین صفر تا ۵ ولت مجزا می باشد. در این مقاله عملکرد سنسور پدال گاز پتانسیومتری^۴ در حالت های مختلف به صورت تجربی آزمایش شده و عیوبی که باعث ایجاد حالت Limp Home در خودرو می شود مورد بررسی قرار گرفته است.

روش انجام پژوهش:

شکل ۱ و ۲ نحوه ارتباط کارت داده بردار با سنسور پدال گاز در نوع پتانسیومتری ۶ سیم و واحد کنترل موتور خودرو (ECU) را نشان می دهد.



شکل ۱: نحوه ارتباط سنسور پدال گاز با واحد کنترل موتور و کارت داده بردار

^۱ Hall Effect Sensor
^۲ Potentiometer
^۳ Potentiometer

در چهار آزمایش فوق مشخص شد که قطع شدن هر یک از سیگنال‌های مثبت شماره یک و دو، منفی(بدنه) شماره یک و دو به صورت مجزا به هر دلیلی موجب ایجاد حالت limp home در خودرو می‌شود.

بررسی تاثیر اختلاف پتانسیل بین دو سیگنال خروجی از دو

پتانسیومتر سنسور پدال گاز خودرو:

باتوجه به شکل ۳ این آزمایش در حالت دور آرام صورت گرفته است. در این حالت ولتاژ سیگنال یک و دو به ترتیب ۰/۳۶۵ ولت و ۰/۷۶۵ ولت است. ابتدا سیگنال شماره یک را ثابت در نظر گرفته و به ولتاژ سیگنال دو در هر آزمایش ۰/۱ ولت افزوده شده است. زمانی که اختلاف پتانسیل بین سیگنال‌ها در صورتی که سیگنال شماره یک ثابت است، بیشتر از ۰/۳ ولت می‌شود، خودرو وارد مد limp home می‌شود. در آزمایش دوم سیگنال شماره دو ثابت بوده و در هر آزمایش ۰/۱ ولت به سیگنال شماره یک افزوده می‌شود، هنگامی که اختلاف پتانسیل بین سیگنال‌ها در صورتی که سیگنال شماره دو ثابت است، بیشتر از ۰/۲ ولت شود، خودرو وارد مد limp home می‌شود.

نتایج بررسی تاثیر اختلاف پتانسیل بین دو سیگنال خروجی از دو پتانسیومتر سنسور پدال گاز خودرو در جداول ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱: بررسی تاثیر افزایش سیگنال ۲ در صورت ثابت بودن سیگنال ۱

ردیف	سیگنال ۱	سیگنال ۲	عملکرد موتور
۱	۰/۳۶۵	۰/۷۶۵	عادی
۲	۰/۳۶۵	۰/۸۶۵	عادی
۳	۰/۳۶۵	۰/۹۶۵	کارکرد نامتعارف
۴	۰/۳۶۵	۱/۰۶۵	limp home Mode

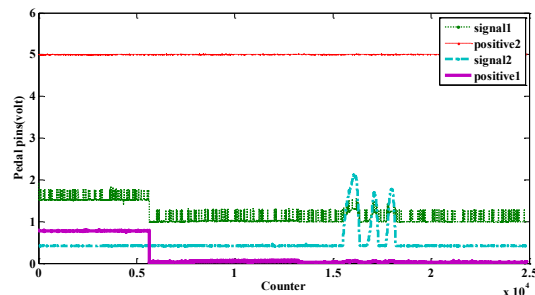
جدول ۲: بررسی تاثیر افزایش سیگنال ۱ در صورت ثابت بودن سیگنال ۲

ردیف	سیگنال ۱	سیگنال ۲	عملکرد موتور
۱	۰/۳۶۵	۰/۷۶۵	عادی
۲	۰/۴۶۵	۰/۷۶۵	عادی
۳	۰/۵۶۵	۰/۷۶۵	limp home Mode

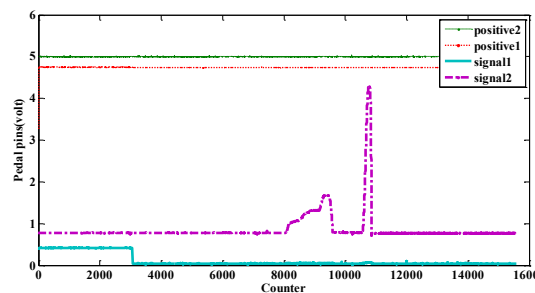
بررسی تاثیر سرعت داده برداری از سنسور پدال گاز و فرکانس سیگنال ارسالی به ECU:

دو مورد از مشخصه‌های سیگنال ارسالی به سمت ECU که می‌تواند در عملکرد خودرو تاثیر گذار باشد، فرکانس ارسال سیگنال و فرکانس تغییرات آن می‌باشد، برای بررسی این موضوع یک سیگنال سینوسی با فرکانس‌های مختلف و با سرعت‌های ارسال مختلف بررسی شد که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است.

ابتدا در آزمایش اول یک موج سینوسی با فرکانس ۱۵ هرتز که در شکل ۸ نشان داده شده به ECU خودرو ارسال گردید و پاسخ زمانی موتور خودرو به این سیگنال در شکل ۹ نشان داده شده است که به دلیل پاسخ زمانی موتور خودرو، دور موتور خودرو با فرکانس سیگنال

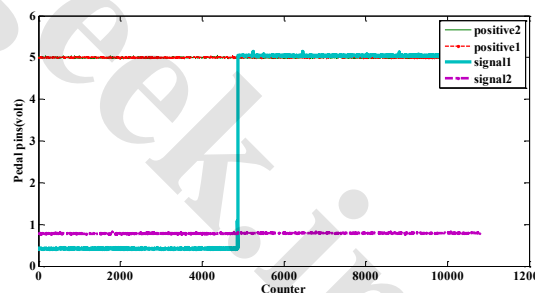


شکل ۴: خروجی سنسور پدال گاز را در صورت قطع شدن سیگنال تغذیه اول

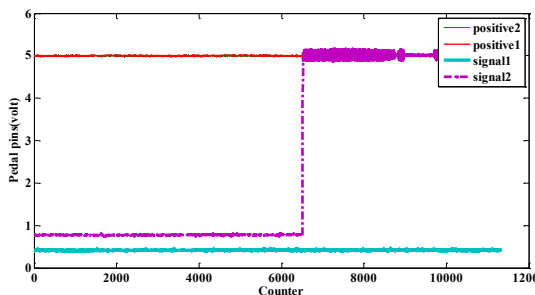


شکل ۵: خروجی سنسور پدال گاز را در صورت قطع شدن سیگنال تغذیه دوم

همانطور که در شکل ۶ و ۷ نشان داده شده است، سیگنال منفی(بدنه) اول و دوم به ترتیب قطع شده و پیرو آن سیگنال خروجی از پتانسیومتر که با نام (signal 1) و (signal 2) نشان داده شده، افزایش ولتاژ پیدا کرده است. ECU در هر دو حالت به دلیل ناتوانی در تشخیص زاویه‌ی پدال گاز وارد حالت Limp Home می‌شود.

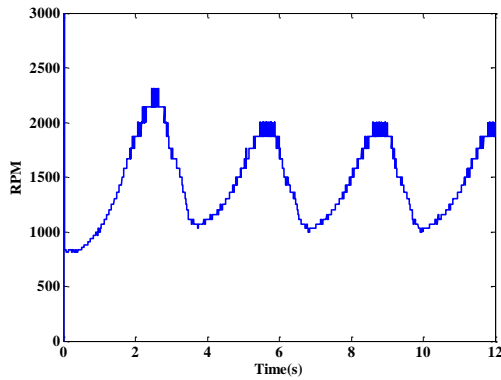


شکل ۶: خروجی سنسور پدال گاز را در صورت قطع شدن سیگنال منفی اول

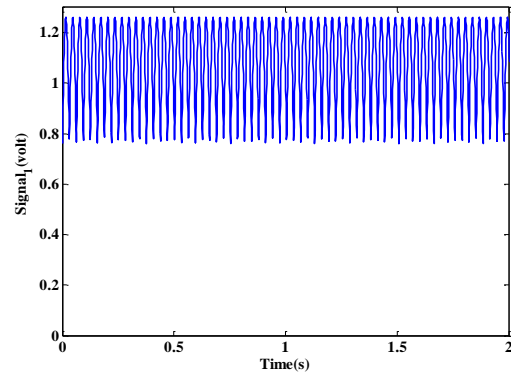


شکل ۷: خروجی سنسور پدال گاز را در صورت قطع شدن سیگنال منفی دوم

پدال نمی تواند تغییر کند اما ارسال چنین فرکانسی به ECU خودرو هیچ خطایی را در آن ایجاد نمی کند.

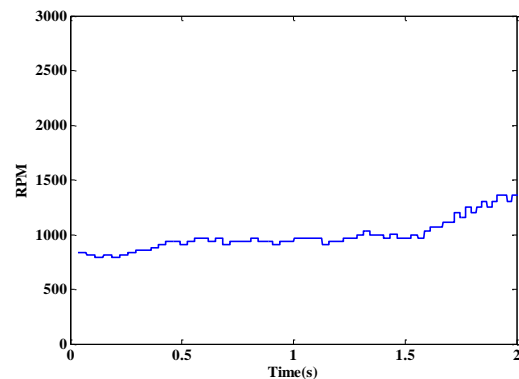


شکل ۱۱: پاسخ زمانی موتور خودرو به موج سینوسی با فرکانس ۰/۱ هرتز

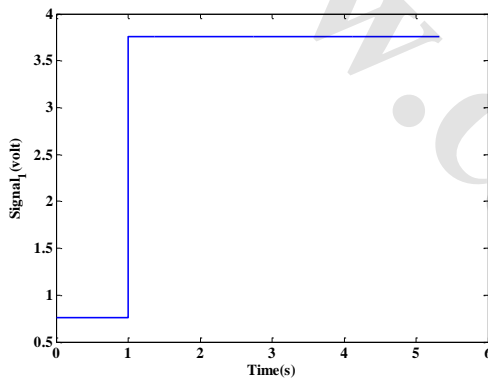


شکل ۸: موج سینوسی با فرکانس ۱۵ هرتز

در آزمایش سوم با توجه به شکل ۱۲ یک ورودی پله به ECU با فرکانس ارسال داده ۱ کیلو هرتز داده شده است در این آزمایش مشخص شد که ECU قادر به شناسایی چنین سیگنالی می باشد و همچنین هیچ خطایی در سامانه مدیریت موتور ایجاد نمی شود، پاسخ زمانی به این ورودی پله در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

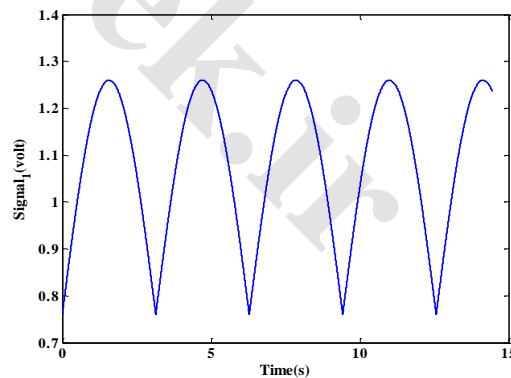


شکل ۹: پاسخ زمانی موتور خودرو به موج سینوسی با فرکانس ۱۵ هرتز

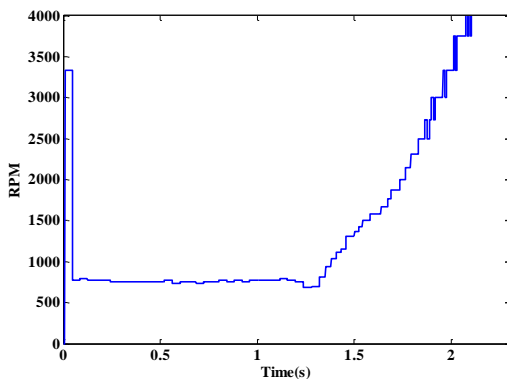


در آزمایش دوم یک موج سینوسی با فرکانس ۰/۱ هرتز که در شکل ۱۰ نشان داده شده به ECU خودرو ارسال گردید و پاسخ زمانی موتور خودرو به این سیگنال در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

شکل ۱۲: ورودی پله به ECU خودرو با فرکانس ارسال داده ۱ کیلو هرتز



شکل ۱۰: موج سینوسی با فرکانس ۰/۱ هرتز



شکل ۱۳: پاسخ زمانی موتور به ورودی پله

چنانچه هر یک از سیم های پدال گاز به هر دلیلی قطع شوند باعث ایجاد حالت limp home در سامانه مدیریت موتور خواهد شد و همچنین اختلاف پتانسیل بین دو سیگنال خروجی از پدال گاز با توجه به شواهد نباید بیشتر از ۰/۲ ولت شود که در غیر اینصورت باعث ایجاد حالت limp home در سامانه مدیریت موتور خواهد شد. از طرفی سرعت داده برداری از سنسور پدال گاز و فرکانس سیگنال ارسالی به ECU در عملکرد ECU ایجاد اختلال نمی کند.

مراجع

- [1] Grainger R. (2008). Mazda MX-5 Miata 1.8: Enthusiast Workshop Manual. UK, Dorset: Veloce Publishing.
- [2] Erjavec J. (2010). Automotive Technology: A Systems Approach. USA, New York: Delmar Cengage Learning.
- [3] Pickerill K. (2010). Automotive Engine Performance. USA, New York: Delmar, Cengage Learning.
- [4] Hatch ST. (2012). Computerized Engine Controls. USA, New York: Delmar, Cengage Learning.
- [5] Position Sensors TA_ams_Contactless position sensors_safety requirements of throttle valve systems_Technical Article
- [6] George Kanelas is Director of Sales and Don Alman is S&R Engineering Manager at Wabash Technologies, 4051 Greystone Dr., Ontario, CA 91761; 909-923-3313, fax 909-923-3503
- [7] Advanced Automotive Fault Diagnosis, 2nd Edition Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington MA 01803, US

جدول ۳: نتایج تاثیر سرعت داده برداری از سنسور پدال گاز و فرکانس

سیگنال ارسالی به ECU

ردیف	فرکانس تغییرات سیگنال سینیوسی(هرتز)	فرکانس ارسال داده (بر حسب هرتز)	عملکرد خودرو
۱	۰/۱	(۱۰۰-۱۰۰۰)	عادی
۲	۷	(۱۰۰-۱۰۰۰)	عادی
۳	۱۵	(۱۰۰-۱۰۰۰)	عادی

با توجه به آزمایشات انجام شده و نتایج جدول ۳ مشاهده می شود که فرکانس دریافت و ارسال سیگنال و همچنین فرکانس تغییرات سیگنال تاثیری بر عملکرد خودرو و ECU آن ندارد.

بحث نتیجه گیری:

با پیشرفت صنایع الکترونیک و ظهور میکروکنترلرها، سیستم های کنترلی برای کارکرد بهینه موتور درون سوز مورد استفاده قرار گرفته اند. که در این میان استفاده از سنسور پدال گاز خودرو در خودروهای دریچه گاز برقی تاثیر بسزایی در کاهش مصرف سوخت و کاهش آلایندگی دارد. در این پژوهش پایش وضعیت سنسور پدال گاز شش سیم در چهار بخش مورد بررسی قرار گرفت. که این چهار بخش عبارتند از تاثیر قطع شدن هر یک از سیگنال های سنسور پدال گاز خودرو، تاثیر اختلاف پتانسیل بین دو سیگنال خروجی از دو پتانسیومتر سنسور پدال گاز خودرو، بررسی تاثیر سرعت داده برداری از سنسور پدال گاز و فرکانس سیگنال ارسالی به ECU. در هر بخش علائم مختلفی برای پایش وضعیت استفاده شده که توسط آن علائم می توان عیوب را تشخیص داد. در پژوهش حاضر با ایجاد عیوب عمدی در سیگنال های سنسور پدال گاز نوع شش سیم، واکنش موتور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان می دهد که

IREC2016- A-11-365-1

Condition Monitoring of the Accelerator Pedal Sensor of the Vehicles Equipped Electrical Throttle

Bijan Moaveni¹, Seyed Abbas Hosseini khaledi^{2*}, Mohammad Rajabloo³ Mohammad Moradi Nerbin⁴
Sayyad Nasiri⁵, Farshid Noori⁶

¹Assistant professor, iran university of science and technology, Tehran, Iran

²B.h in electronic engineering, president of the NSA Corporation, Tehran, Iran

³B.h in automechanic engineering, Sharif University of technology, Tehran, Iran

⁴M.s in mechanical engineering, Sharif University of technology, Tehran, Iran

⁵Instructor, Sharif University of technology, Tehran, Iran

⁶B.h in automechanic engineering, Sharif University of technology, Tehran, Iran

Abstract

In gasoline engines in which the throttle valve is controlled by a servo electric motor, the connection between driver and engine is realized by a position sensor, consists of two potentiometers. This connection in mechanical throttles is done by a mechanical cable. Nowadays, electric throttles and accelerator pedal signals are so crucial, because they provide opportunities of using pollution control systems and comfort systems like cruise control. Therefore, missing these signals can definitely cause health and financial troubles. This article aims to monitor the condition of the accelerator pedal sensor in vehicles with electric throttle. First, a gasoline vehicle is equipped with data monitoring systems. Then, the reaction of ECU is investigated through some studied defects. The results of this article can be used for diagnosing and troubleshooting of accelerator pedal and its signals.

Keywords: condition monitoring, accelerator pedal sensor, electronic throttle

* Sayyad nasiri, nasiri@sharif.edu