سامانهٔ سنجش لحظه‌ای سوخت مصرفی خودرو جهت عیب یابی و بررسی عوامل تاثیر گذار بر آن (٦٢٤)

حمزه فتح اله زاده[۱] ، حسین مبلی[۲] ، علی جعفری[۳] ، داوود مهدوی نژاد[۴]

چکیده

استفاده از سوخت‌های فسیلی بعنوان یک نهاده مهم در تامین توان مورد نیاز برای فعالیت‌های کشاورزی و هم چنین به عنوان منبع مهم انرژی در صنعت حمل و نقل از اهمیت به سزایی برخوردار است. در این راستا پژوهشگران از یک سو به دنبال یافتن راه هایی برای کاهش سوخت مصرفی موتور در عین افزایش قدرت و یا به عبارت بهتر افزایش راندمان موتور بوده و از طرف دیگر سعی در طراحی بهتر سیستم های انتقال توان (از جعبه دنده گرفته تا طراحی لاستیک وسیله نقلیه) می‌باشند تا بتوانند قدرت تولیدی موتور را با کمترین تلفات به حرکت پیشروی وسیله نقلیه و یا فعالیت مورد نظر ماشین در بخش ماشین های کشاورزی تبدیل نمایند. به منظور انجام پژوهش های فوق لازم است تا بتوان سوخت مصرفی موتور را هم زمان با تغییر برخی پارامترهای متغیر، اندازه‌گیری نمود. بدین منظور، در این تحقیق طراحی و ساخت سامانه ای برای نصب برروی یک تراکتور کشاورزی مد نظر قرار گرفت که با دو عدد از یک نوع خاص از دبی سنج که در مسیر رفت و برگشت جریان سوخت قرار می گیرند، می تواند میزان دبی لحظه ای سوخت را در ۵۰۰ میلی ثانیه و میزان کل مصرف را در یک بازه زمانی مشخص ثبت کرده و نمایش دهد. با این وسیله بررسی ها، آزمایشات و پژوهش های مربوط به اندازه گیری ها در تراکتورهای کشاورزی از قبیل تاثیر شرایط و عوامل خارجی و داخلی موتور و ماشین بر میزان مصرف سوخت، به شکل دقیق تر و ساده تری امکان پذیر است.

کلیدواژه: طراحی، دبی سنج، مصرف سوخت، تراکتور، موتور

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، پست الکترونیک: fatolazade@ut.ac.ir
۲- عضو هیئت علمی، دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج
۳- عضو هیئت علمی، استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج

مقدمه:

با توجه به محدودیت و تجدید ناپذیر بودن منابع انرژی فسیلی نیاز به بهینه سازی مصرف سوخت هایی چون بنـزین و گازوئیـل که از نهاده های مهم در تأمین توان مورد نیاز درصنعت، حمل و نقل و فعالیت های کشاورزی به شـمار مـی آینـد، بـیش از پـیش احساس می شود. در این راستا پژوهشگران از یک سو بدنبال یافتن راه هایی برای کاهش سوخت مصرفی موتور در عـین افـزایش قدرت و یا به عبارت بهتر افزایش راندمان موتور بوده و از طرف دیگر سعی در طراحی بهتر سامانه های انتقال توان (از جعبه دنـده گرفته تا طراحی لاستیک وسیله نقلیه) می‌باشند تا بتوانند قدرت تولیدی موتور را با کمترین تلفات به حرکت پیشروی وسیله نقلیه و یا فعالیت مورد نظر ماشین تبدیل نمایند[۴]. برای داشتن یک تعبیر صحیح از نحوهٔ کار سیستم سـوخت رسـانی نیازمنـدیم کـه بـا استفاده از ابزاری مناسب، شرایط و عوامل تأثیر گذار بر نحوهٔ مصرف را تشخیص دهیم. به عبارت دیگر برای انجام پـژوهش هـای فوق لازم است تا بتوان سوخت مصرفی موتور را همزمان با تغییر برخـی پارامترهـای متغیـر بـا اسـتفاده از یـک دسـتگاه مناسـب اندازه‌گیری نمود. دستگاههای اندازه گیری کمیت مورد اندازه گیری را برای انسان قابل درک کرده و آن را بر حسب واحـد تعریـف شدهٔ مربوطه قابل اندازه گیری می کنند. یک دستگاه اندازه گیری چه بـصورت واحـدهای جـدا از هـم و چـه بـصورت مجموعـهٔ یکپارچه به طور کلی از سه واحد مشخص حس کننده، آماده کننده و نمایش دهنده بیان می شود که یک نوع پدیده یا کمیـت را از ورودی خود گرفته و در خروجی خود آشکار می سازند. با توجه به نوع سیستم اندازه گیـری، حـسگرها و سـایر اجـزاء در آن، واحـد نمایش دهنده کمیت اندازه گیری شده را بر حسب واحد و مقیاس معینی نمایش می دهدکه بسته به نوع کمیت مورد اندازه گیـری نحوه مطلوب نمایش نیز متفاوت است[۱]، [۲] و [۳].

همه روزه با توسعه تکنولوژی در جهان و همزمان با مدرن‌تر شدن وسایل نقلیه موتوری، سیستم‌های کنترلی پیشرفته‌تـری ـر روی آنها نصب می‌شود تا یا به بهبود عملکرد موتور کمک کرده و یا آسایش بیشتری برای سرنـشینان فـراهم نمـوده ویـا از بـروز خسارت زیاد و یا حوادث غیر مترقبه جلوگیری کند. در این راستا می‌توان بـه انـواع سنـسورهای دمـای هـوای ورودی بـه موتـور، سنسورهای دمای هوای داخل اتاق خودرو، سیستم‌های کنترل الکترونیکی پاشش سوخت در موتورهـای انژکتـوری و دهها مـورد دیگر اشاره نمود.

سنسور المانهای حس کننده ای است که وظیفه آن تبدیل کمیتهای فیزیکی مانند فشار، حرارت، رطوبت، دما، و ... به کمیتهای الکتریکی پیوسته (آنالوگ)یا غیرپیوسته (دیجیتال) می باشد[۳]. این سنسورها در انواع دستگاههای اندازه گیری، سیستمهای کنترل آنالوگ و دیجیتال مانند PLC مورد استفاده قرار می گیرند. عملکرد سنسورها و قابلیت اتصال آنها به دستگاههای مختلف از جمله PLC باعث شده است که سنسور بخشی از اجزای جدا نشدنی دستگاه کنترل اتوماتیک باشد. سنسورها اطلاعات مختلف از وضعیت اجزای متحرک سیستم را به واحد کنترل ارسال نموده و باعث تغییر وضعیت عملکرد دستگاهها می شوند.از جمله سنسورهای مورد استفاده در خودرو می توان به سنسور سرعت خودرو، سنسور دور موتور، سنسور موقعیت دریچه گاز، سنسور فشار هوای ورودی، سنسور دمای هوای ورودی، سنسور دمای آب رادیاتور و بسیاری موارد دیگر اشاره کرد[۴]. از طرفی یکی از مهمترین سنسورهای مورد استفاده در صنعت، سنسورهای دبی سنجی و سنجش سیالات است که بسیار حائز اهمیت بوده و کاربرد آن از اندازه کیری دبی خون در رگهای انسان تا اندازه گیری دبی اکسیژن مایع در موشک گسترده است[۲]. سنجش جریان سیالات رایجترین اندازه گیری درآن دسته از فرآیندهای صنعتی مثل صنعت نفت، نیروگاهها، پتروشیمی، صنایع غذایی و آب و فاضلاب می باشد که به میزان سیال عبوری از یک محل خاص در کار روزانه خود نیاز دارند. عمل ثبت مقدار ماده مصرفی یا انتقال داده شده، توسط سنجش دبی انجام می پذیرد و بر مبنای آن هزینه مشخص می گردد به همین دلیل سنجش دبی جایگاه ویژه‌ای در صنعت دارد. دسته بندی دبی سنجها براساس نوع فن آوری بکار رفته، نحوه نصب دبی سنج و کمیت مورد اندازه گیری صورت میگیرد. [۲]. در رابطه با کنترل سوخت مصرفی خودرو و تراکتورهای کشاورزی، در حال حاضر عمدتا سامانه اندازه‌گیری سطح باک خودرو بر روی آن نصب می‌شود که البته توانایی اندازه‌گیری همزمان سوخت مصرفی را ندارد. ایسائو کانو و همکارانش[۷] از شرکت صنعتی سانشین، طی پژوهشی در نشریه SAE سنسوری برای مانیتورینگ سوخت مصرفی موتور قایق طراحی نمودند. شرکت های بسیاری همانند کاولیکو و تامسون میکرون سنسورهای مناسبی برای اندازه‌گیری دبی سوخت، هوا و روغن موتورهای احتراق داخلی ساخته‌اند. یوئیچی شیماساکی و همکارانش[۹] نیز طی پژوهشی در نشریه SAE با استفاده از اندازه‌گیری جریان یونی توانستند سامانه‌ای برای مانیتورینگ سوخت مصرفی موتور طراحی نمایند. الکساندر بالاکین[۵] نیز در تحقیقی سامانه‌ای برای مانیتورینگ سوخت مصرفی موتور دیزل طراحی نموده است.

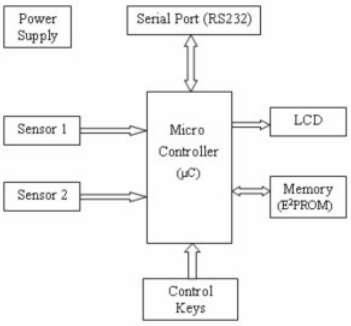
دستگاه مورد نظر در این تحقیق وسیله است که با نمایش مصرف لحظه ای سوخت موتور امر مطالعه بر روی میزان و نحوهٔ مصرف سوخت در ارتباط با عوامل داخلی و خارجی مؤثر در آن را به راحتی امکان پذیر می سازد.

مواد و روش ها

سامانهٔ سنجش مورد نظر از اجزاء زیر تشکیل شده است:

۱- مدار الکترونیکی

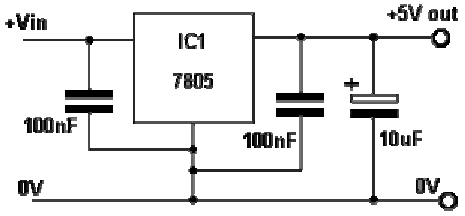
برای طراحی و ساخت ای سامانه نیاز به یک مدار الکترونیکی برای دریافت و ذخیره سازی پالسهای دیجیتالی فرستاده شده از سوی سنسورهای دبی سنج ۱ و ۲ هستیم. شکل (۱) نمای کلی و چگونگی ارتباط اجزائ شرکت کننده در این سامانه را به تصویر می کشد.که در ادامه به معرفی و ارائه برخی مشخصات آن پرداخته شده است.



شکل (۱): نمای کلی و اجزاء بکار رفته در سامانه سنجش سوخت

۱-۱ منبع تغذیه

منبع تغذیه این دستگاه به وسیله یک ترانس و یک مدار یکسو کننده از برق شهر تامین میگردد و همچنین قابلیت کار با باطری (برای مثال باطری تراکتور) با ولتاژهای ۱۵-۷,۵ ولت را دارا می باشد که یک رگلاتور از خانواده 78xx پایداری و کاهش این ولتاژ را در صورت نیاز تامین میکند. شکل (۲).



شکل (۲): نمای شماتیک منبع تغذیه

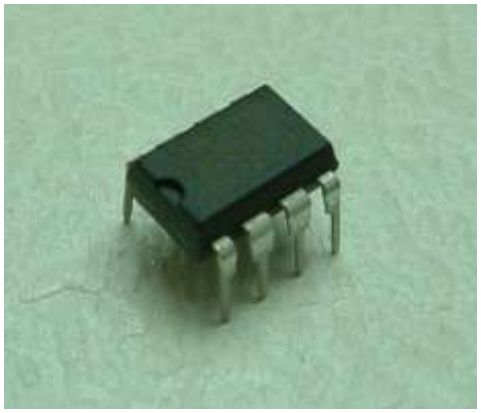
۱-۲ صفحه نمایش و دکمه های ک رلر

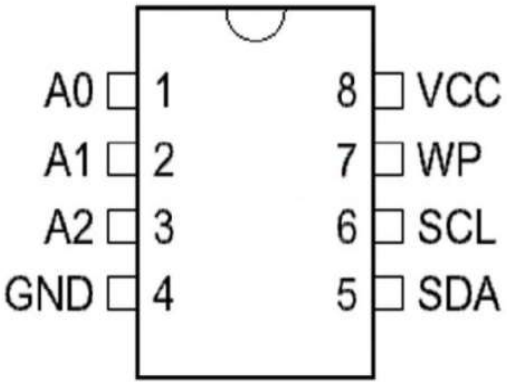
صفحه نمایش از نوع صفحه نمایش کریستال مایع[۱] به صورت حرفی[۲] بوده که قابلیت نمایش ۲ سطر ۱۶ حرفی را دارد(شکل ۳). صفحه نمایش و دکمه های کنترلی ابزار ارتباط با کاربر هستند.

شکل(۳): تصویر یک LCD

۱-۳ حافظه

حافظه وظیفه ثبت و نگه داری اطلاعات و نمونه های گرفته شده توسط سنسورهای دبی سنج را به عهده دارد. چون امکان انتقال مستقیم نمونه ها در بعضی مناطق نمونه برداری مانند زمین های کشاورزی به کامپیوتر وجود ندارد برای همین وجود یک حافظـه با حجم مناسب بدیهی می باشد. این حافظه باید سریع بوده و امکان حفظ اطلاعات بدون نیاز به برق را دارا باشد. برای این منظور از آی سی AT24C256 که یک EEPROM ساخت کارخانه Atmel می باشد، استفاده شده است(شکل ۴).

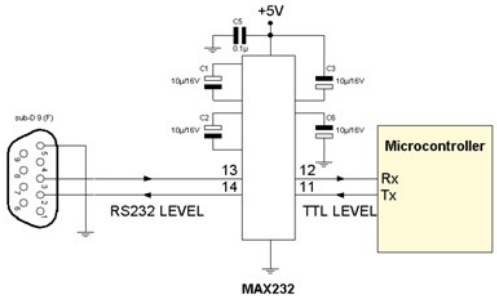




شکل (٤) : حافظه

۱-۴ رابط پورت سریال

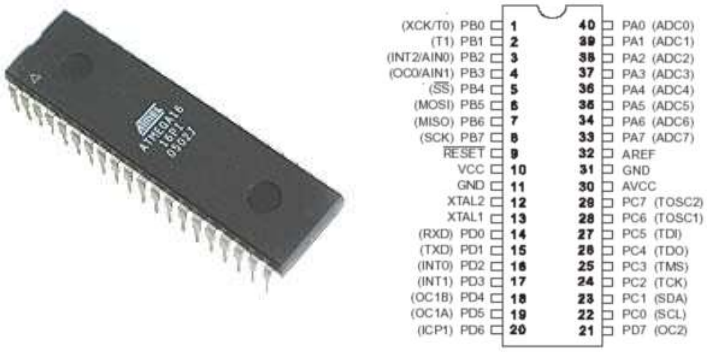
بدلیل عدم تطابق سطح ولتاژ میکرو کنترلر با کامپوتر نیاز به یک مدار رابط همسطح کننده ولتاژ مطابق شکل (5) وجود دارد



شکل (٥) : نمای شماتیک مدار رابط ارتباطی

۱-۵ کنترلر اصلی

مهمترین بخش در طراحی این دستگاه کنترل اصلی می باشد که در واقع یک آی سی میکروکنترلر از خانواده AVR به نام Amega16 ساخت کارخانه Atmel است.شکل(۶).



شکل (٦) : میکروکنترلر Atmega16

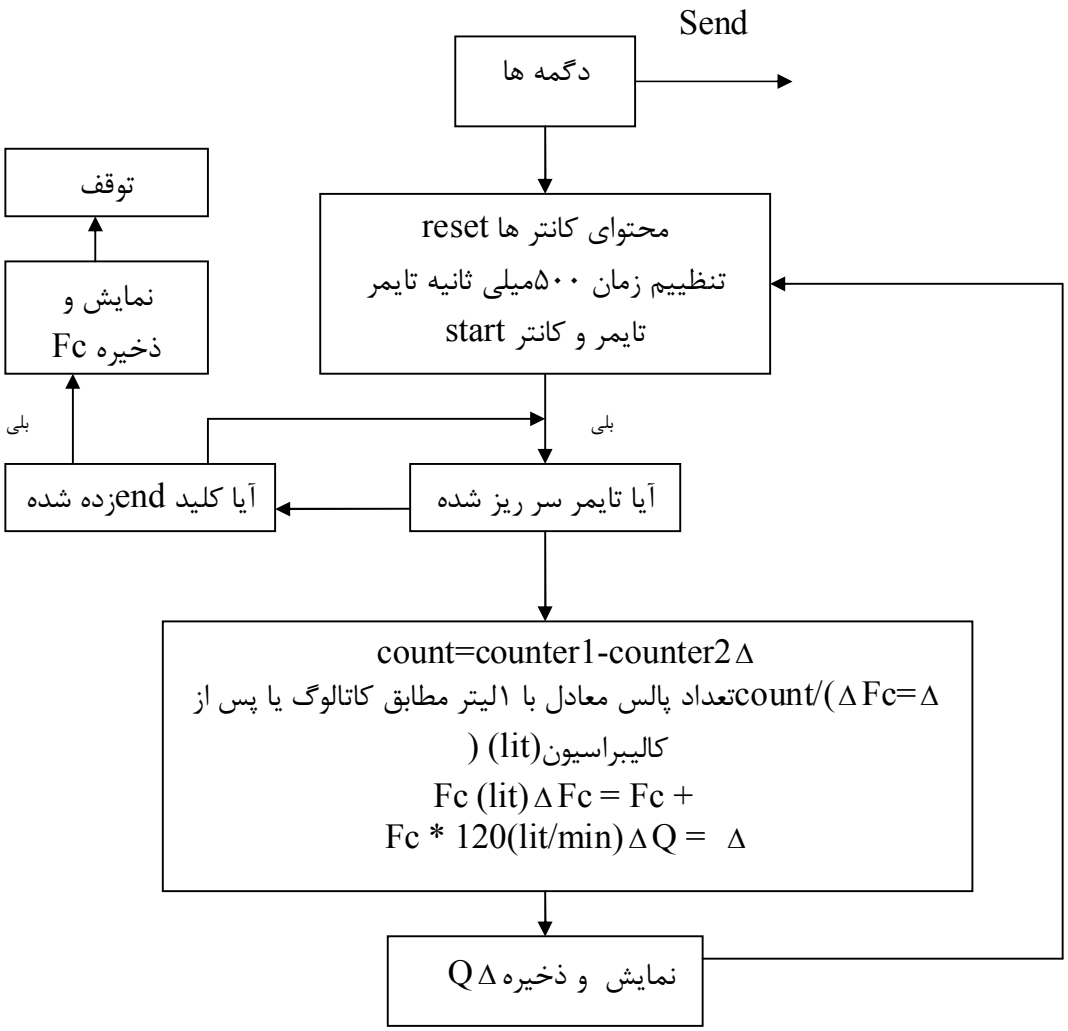
۱-۶ سنسور دبی سنج

برای اندازه گیری مقدار جریان عبوری از مسیر عبور سوخت از سنسور دبی سنج استفاده شد. دبی سنج مورد استفاده از نوع توربینی مطابق شکل(۷) بود که محدوده مناسب کاری برای آنها ۰/۱ تا ۵ لیتر بر دقیقه می باشد. همچنین خروجی آنها به شکل پالس است.

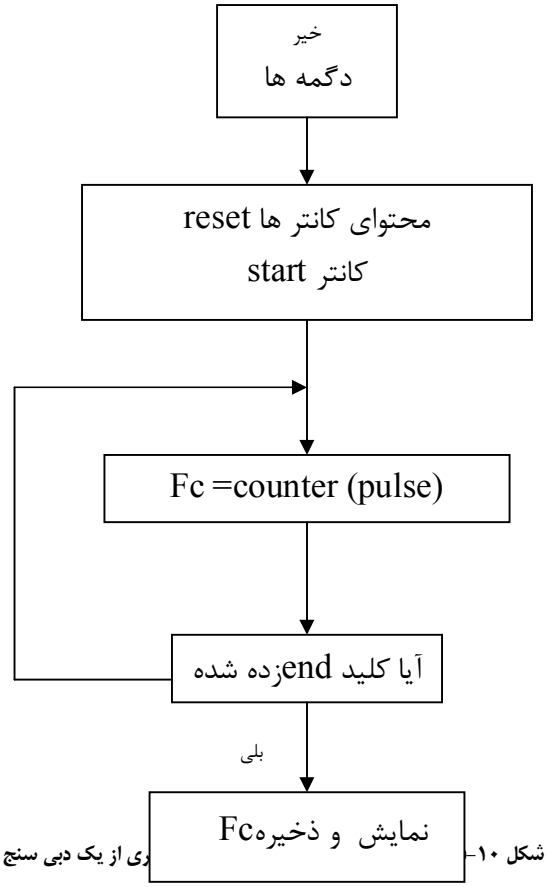
شکل (۷) : سنسوردبی سنج

۲- شرح کار سامانه:

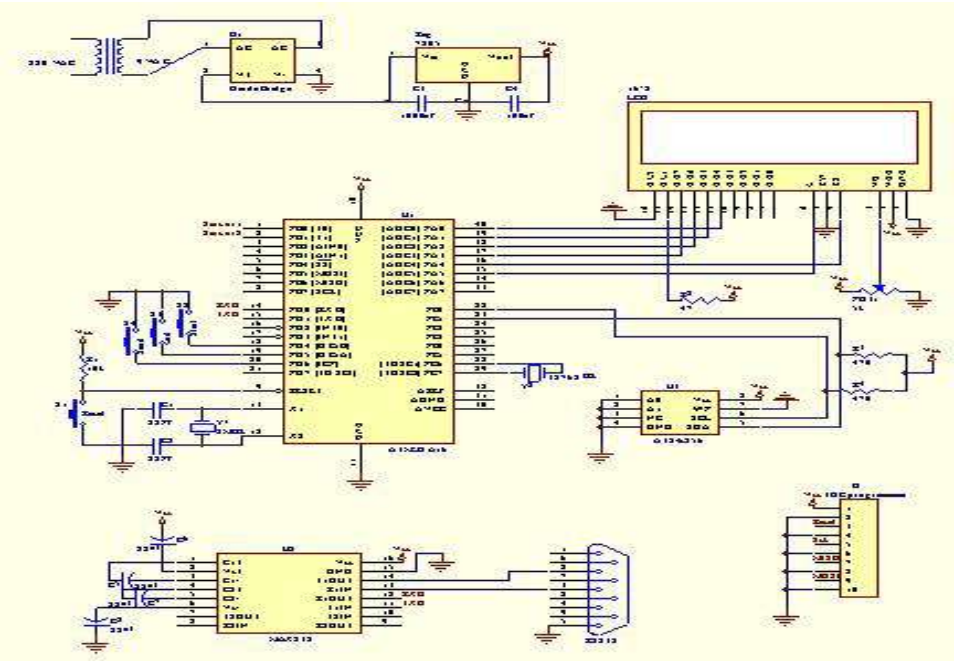
در طراحی سامانه از میکرویی با ۳ تایمر کانتر استفاده شد.۲ تایمر کانتر در مود کانتر با دریافت پالس خارجی از پایه های (T_1وT_2) قرار گرفته و پالسهای خروجی سنسور را می شمارند. تایمر کانتر سوم هم در مود تایمر، زمان ۵۰۰ میلی ثانیه را ایجاد می کند. پس از اتمام زمان تعداد پالسهای کانتر ۱ و ۲ بدست آمده و از طریق آن دبی و میزان مصرف محاسبه می شود. سپس مقادیر محاسبه شده در حافظه نگهداری شده و همزمان در صفحه نمایش نشان داده میشوند. در زمان ارسال نمونه ها به کامپیوتر هم نمونه ها از حافظه خوانده شده و به کامپیوتر انتقال داده می شود. شکل(۹)فلو چارت برای دو سنسور که قابلیت نصب بر روی تراکتور را دارد، شکل(۱۰)فلو چارت برای تست و ارزیابی یک دبی سنج و شکل (۱۱) مدار سیستم را با جزئیات نمایش می دهد.



شکل ۹-فلو چارت برای نمایش و ذخیره دبی لحظه ای و مصرف کل



شکل ۱۰- ری از یک دبی سنج



شکل (۱۱): مدار کلی سیستم

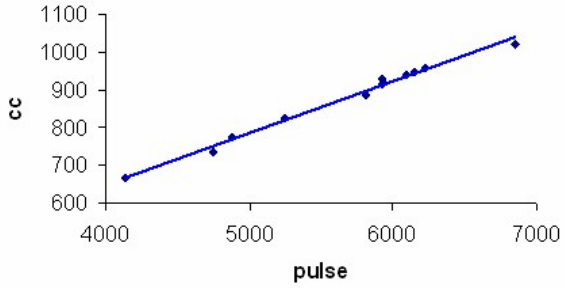
۳- تهیه مدل ریاضی بین حجم جریان عبوری و پالس خروجی:

برای تهیه مدل ریاضی ، دبی سنجها را به تنهایی در مدار برنامه ریزی شده بر اساس فلوچارت شکل ۱۰ قرار داده و مورد ارزیابی قرار دادیم. به طوریکه به ازای عبور حجم معینی از سیال (آب)، تعداد پالس فرستاده شده از سنسور یادداشت می شد.

با توجه به شکل(۱۰) مشاهده می شود ضریب همبستگی R^2 دبی سنج دارای مقدار۰/۹۹۰۹ می باشد که برای کالیبراسیون رابطه (۱) بدست آمد:

$$V = 0/1365P + 103/62 \quad (۱)$$

که در آن (V)مقدار جریان عبوری بر حسب(lit) و (P) تعداد پالسهای فرستاده شده توسط سنسور دبی سنج است.



شکل (۱۲)- نمودار رابطه پالس فرستاده شده و مقدار واقعی جریان عبوری از دبی سنج

۳-۱ محاسبه درصد خطای دبی سنج:

با توجه به جدول(۱) در صد خطای دبی سنج ($\%E$) با استفاده از فرمول (۳) که در آن (V_i) حجم واقعی عبوری بر حسب (CC) و (V_f) حجم عبوری نمایش داده شده توسط دبی سنج بر حسب (CC) می باشد، برای هر تکرار اندازه گرفته شد و سپس مقدار میانگین آنها به عنوان درصد خطا محاسبه شد.

$$100 = \frac{V_i - V_f}{V_i} \cdot \%E \quad (۳)$$

که مقادیر محاسبه شده نشان می دهند که میانگین درصد خطاهای موجود در اندازه گیری های دبی سنج ۰/۸۴ ٪ در مقیاس کل است.

V_i	V_f	$\%E$
0/930	912/5	1/88
938/6	934/8	0/41
956/0	953/1	0/31
944/7	943/0	0/18
734/9	751/4	2/25
668/2	668/7	0/08
826/6	820/4	0/75
773/9	769/6	0/56
1022/0	1038/2	1/59
918/7	912/8	0/64
886/1	896/8	1/21
913/4	911/4	0/22
Ave=876/1	Ave=876/1	٪/84۰Ave=

جدول (۱): درصد خطای دبی سنج

۴- نصب دستگاه

برای انجام اندازه گیریها در مقیاس واقعی و به شکل عملی، دستگاه مورد نظر بر روی موتور دیزلی یک تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ نصب شد. که برای این کار از دو روش می توان استفاده کرد. ۱- روش تک سنسور ۲- روش استفاده از دو سنسور

۴-۱ استفاده از دو سنسور

چون در موتورهای دیزلی سوخت مازاد از پمپ انژکتور به باک بر میگردد، علاوه بر سنسوری که در مسیر رفت سوخت به پمپ انژکتور قرار داده شده بود(شکل۱۳و۱۴)، یک دبی سنج نیز در مسیر برگشت سوخت قرار گرفت(شکل۱۵) و میزان دبی مصرفی موتور از طریق تفاضل جریان عبوری از دو سنسور محاسبه شده و پس از نمایش آن در هر ۵۰۰ میلی ثانیه توسط صفحهٔ LCD ، بوسیله حافظهٔ جانبی ذخیره شد.(شکل۱۶)

شکل(۱۳): پمپ انژکتور آسیابی تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ و محل ورود سوخت به پمپ

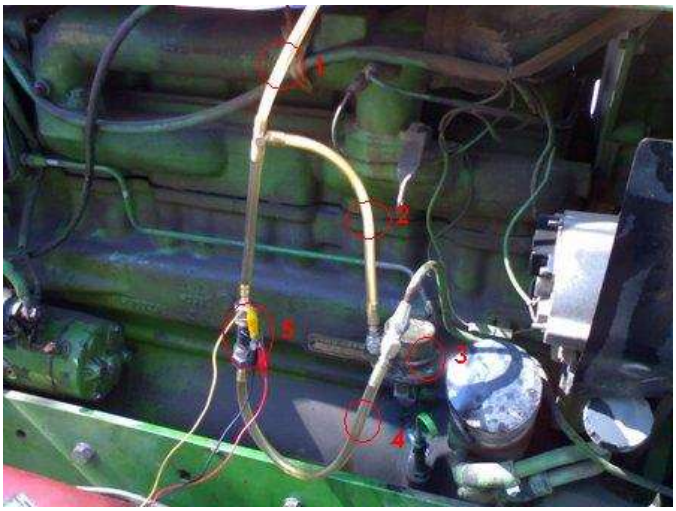
شکل (۱۴): محل نصب سنسور دبی سنج در ورودی سوخت به پمپ انژکتور

شکل(۱۵): محل نصب سنسور دبی سنج در ورودی و خروجی سوخت
۱- سنسور سنجش مقدار سوخت ورودی، ۲- سنسور سنجش مقدار سوخت خروجی، ۳-تخلیه سوخت اندازه گیری شده به باک تراکتور

شکل (۱۶): صفحهٔ نمایش دبی مصرف لحظه ای در تراکتور

٤-۲ استفاده از یک سنسور

در این روش نصب، برگشتی سوخت از سر انژکتورها به جای تخلیه به باک توسط یک سه راهی و تحت مکش پمپ اولیه، به شکل مدار بسته ای دوباره وارد سیکل مصرف می شود. بدین ترتیب با قرار دادن سنسور دبی سنج در محل بین جریان سوخت مکیده شده از باک و پمپ اولیه، کل مصرف تراکتور بدست می آید.(شکل۱۷)



شکل(۱۷): طریقهٔ نصب به روش استفاده از یک سنسور

۱- برگشتی سوخت از انژکتورها، ۲- ورودی سوخت پمپ اولیه، ۳- پمپ اولیه (دیافراگمی) ۴- سوخت مکیده شده از باک بوسیله پمپ اولیه، ۵- سنسور دبی سنج

استفاده از هر دو روش امکان پذیر است است ولی هر کدام دارای محاسن و معایبی می باشند. در روش استفاده از یک سنسور علارقم اینکه دقت اندازه گیری به خاطر حذف یکی از سنسورها بالا می رود ولی در کل، تراکتور، بدلیل بسته بودن چرخهٔ گردش سوخت و عدم خنک شدن سوخت از طریق برگشت به باک، از شرایط عادی کاری خارج شده و در زمان استفاده های طولانی از تراکتور مشکلاتی در نحوهٔ کار موتور بوجود خواهد آمد. علاوه بر این بخاطر نزدیکی سنسور و پمپ، ضربان و تپشهای ایجاد شده توسط پمپ بر دقت و نحوهٔ عمل سنسور دبی سنج اثر منفی ایجاد می کند. از طرفی استفاده از دو سنسور در رفت و برگشت سوخت تغییری در شرایط معمولی و طبیعی کاری یک تراکتور ایجاد نکرده و برای انجام تستها و آزمایشات عملیاتی و مزرعه ای مناسب است.

نتایج و بحث

به طور کلی سامانهٔ ساخته شده دارای قابلیتهایی است که در زیر به برخی از آنها اشاره شده است:

۱. قابلیت مونیتور کردن جریان سوخت به دو شکل پرتابل یا ذخیره شده بر روی حافظه جانبی.
۲. نمایش دبی لحظه ای سوخت در هر ۵۰۰ میلی ثانیه.
۳. راحتی نصب در مسیر جریان سوخت و یا هر نقطه دلخواه در مسیر.
۴. امکان اندازه گیری مصرف لحظه ای یا مجموع کل مصرف در هر فاصلهٔ دلخواه از مسیر.
۵. امکان ذخیره سازی ۳۲۸۰۰ نمونه.
۶. امکان کار با برق یا باطری ماشین.
۷. کار در موتورهای بنزینی و گازوییلی.
۸. پیش بینی دو سنسور برای موتورهای گازوئیلی, که برگشت سوخت دارند برای اندازه گیری سوخت برگشتی از انژکتور و افزایش دقت سوخت مصرفی.
۹. سیستم های فیلتر و حذف نویز نرم افزاری برای حذف نویز حاصل از کار موتور.
۱۰. حفظ نمونه ها تا ۱۰ سال بدون نیاز به برق.
۱۱. امکان اتصال هر گونه سنسور با خروجی دیجیتال.
۱۲. امکان ارتقا سیستم فقط با تغییر برنامه کامپیوتری.
۱۳. استفاده از میکروکنترلر AVR با سرعت ۱۶ MHZ.

۱۴. هزینه بسیار کم دستگاه در حدود چند هزار تومان.
۱۵. اپراتوری و کاربری آسان (ثبت نمونه ها فقط بافشردن یک دکمه).

نتیجه گیری و پیشنهادها

با نصب این دستگاه و پردازش اطلاعات بدست آمده از آن (به عنوان مثال نمودار دبی – زمان) می توان به بررسی نحوهٔ عملکرد از لحاظ عیوب احتمالی در سیستم سوخت رسانی که باعث افزایش مصرف یا اختلال آن می شوند پرداخت. علاوه برآن این امکان بوجود می آید که بتوان با تغییر برخی پارامترهای مستقیم یا غیر مستقیم داخلی یا خارجی در موتور احتراق داخلی میزان و چگونگی تأثیر آن را بر نمودار دبی – زمان تعیین کرد. علاوه بر تمامی مزایای یاد شده، یکی از مهمترین کاربردهای چنین دستگاهی با قابلیت مونیتورینگ پیوسته اینست که قادر خواهیم بود هر گونه تغییر لحظه ای یا کوتاه مدت ایجاد شده در پارامترهای تأثیر گذار در سیستم سوخت رسانی را که توسط سایر دستگاه ها قابل تشخیص نیستند را شناسایی کرده و بدین سان علت عیوب یا اختلالات احتمالی بوجود آمده در سیستم را تعیین کنیم. به عبارتی این دستگاه مانند یک الکتروکاردیوگرام که برای گرفتن نوار قلب یک بیمار است، می تواند چگونگی و صحت کارکرد قلب سیستم سوخت رسانی که همان پمپ انژکتور است را نشان دهد.

فهرست منابع

۱. مشکین، سید حسن، ۱۳۷۱، آلات دقیق، انتشارات آذر.
۲. هولمن، جی.پی، ۱۳۶۹، روشهای اندازه گیری در مهندسی، مترجم دیبایی، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان.
۳. دالی، جیمز، ۱۳۸۴، ابزار دقیق برای اندازه گیریهای مهندسی، مترجم رضا علیمردانی، انتشارات ماندگار.
۴. ضیایی، مجتبی، ۱۳۶۸، سوخت رسانی موتورهای دیزل و بنزینی انژکتوری، انتشارات تک خودرو.

5. Alexander Balakin, ViTech Co 2007"Diesel Engine Fuel-Injection Measurement System "National Instruments Corporation
6. Heinz Heisler , 2002, advanced vehicle technology, london
7. Isao Kanno - Sanshin Industries Co., Development of Fuel Flow Sensors and Engine Fuel Monitoring Systems for Marine Engines SAE Journal. SAE Off-Highway Engineering Magazine Online Product Guide - Electronics.htm
8. Jing Ping Liu, Henning Kleeberg , Dean Tomazic "A Model for On-Line Monitoring of In-Cylinder Residual Gas Fraction (RGF) and Mass Flowrate in Gasoline Engines" SAE Journal.
9. Yuichi Shimasaki, Hidetaka Maki ;Junko Sakaguchi ; Study on Combustion Monitoring System for Formula One Engines Using Ionic Current Measurement; SAE