بررسی عملکرد سنسور های مورد استفاده در موتورهای دیزل

کامیار نیکزادفر

دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

مدرس دانشگاه جامع علمی-کاربردی ایران خودرو

nikzadfar@dena.kntu.ac.ir

چکیده

نقش موتورهای دیزل در صنعت حمل و نقل، خاصه حمل و نقل سنگین انکار ناپذیر است. در دو دهه اخیر دگرگونی قابل توجهی در طراحی موتورهای دیزل بالاخص سیستم مدیریت آنها پدید آمده است. با رشد صنایع الکترونیک و ظهور میکروکنترلر ها، فرآیندهای کنترلی مورد نیاز برای کارکرد بهینه موتورهای درونسوز با استفاده از کنترلرهای الکترونیکی انجام می پذیرد. سیستم های مدیریت موتور دیزل با تخمین شرایط کاری موتور و پردازش آن، پارامترهای کنترلی موتور از قبیل میزان و زمان پاشش را به منظور کاهش آلایندگی ها و نیز کاهش مصرف سوخت، در شرایط بهینه قرار می دهند. فرآیند تخمین شرایط عملکردی موتور و تبدیل آن به سیگنال های مناسب الکترونیکی توسط سنسورها انجام می شود. سنسورها باید قابلیت تخمین سریع شرایط را داشته باشند. در دهه های اخیر پیشرفت های عظیمی در طراحی و توسعه سنسورها مورد استفاده در موتور رخ داده است.

به قطع توسعه سیستم های مدیریت موتور و افزایش قابلیت موتور تنها به مدد استفاده از سنسورهای پیشرفته میسر خواهد شد. در این مقاله مکانیزم عملکردی سنسورهای موتور، مورد مطالعه قرار گرفته است. سنسورها بر اساس پارامتر مورد شناسایی تفکیک شده اند.

مطالب پیشرو عمدتا حاصل گردآوری مقالات و منابع موجود در مبحث سنسوریک می باشد.

کلمات کلیدی: حسگر، موتور دیزل، مدیریت هوشمند موتور، الکترونیک خودرو

مقدمه

امروزه موتورهای دیزل نقش مهمی در صنعت حمل و نقل جاده ای، بر عهده دارند. تقریبا تمامی خودروهای تجاری مجهز به موتور دیزل می باشند، با توجه به سیکل کاری موتورهای دیزل، کنترل و زمانبندی پدیده های تزریق سوخت، به نحو قابل توجهی بر کارآیی موتورهای دیزل تاثیر می گذارد. امروزه افزایش بازده و کاهش آلودگی و مصرف سوخت موتورهای دیزل به منظور کسب استانداردهای لازم، جز به مدد استفاده از کنترلرهای الکترونیکی میسر نمی باشد.

با پیشرفت صنایع الکترونیک و بکارگیری آن در سیستم های مدیریت موتور، امکان تعیین شرایط کارکرد موتور با دقت بالا فراهم شده است. کارکرد مناسب موتور دیزل به شدت وابسته به نحوه صحیح پاشش سوخت است. واحد مرکزی پردازش سیستم مدیریت موتور[1] با دریافت اطلاعات شرایط کارکرد موتور و با استفاده از الگوریتم ها و جداول موجود در حافظه، زمان، میزان و حالت پاشش سوخت را تعیین و به منظور اجرا در اختیار پاششگر قرار می دهد.

با توجه به مطالب فوق، تعیین صحیح شرایط کارکرد موتور از اهمیت بسزایی در افزایش کارآیی موتور برخوردار می باشد.

حسگرها وضعیت کارکرد موتور را تخمین می زنند (به عنوان مثال سرعت موتور) همچنین حسگرها می توانند مقادیر دلخواه راننده را تعیین نمایند (به عنوان مثال وضعیت پدال گاز). آن ها همچنین مقادیر فیزیکی (فشار و ...) یا خواص شیمیایی (غلظت گازهای خروجی) را به علائم الکتریکی تبدیل می نمایند.

حسگرها و عملگرها، به عنوان واسط بین ECU به عنوان واحد پردازش و خودرو با تمام سیستم های رانش، ترمز، شاسی، سیستم مدیریت موتور، سیستم کنترل رانش، سیستم تهویه مطبوع و ... می باشد. حسگرها به نحوی طراحی شده اند که شرایط فیزیکی را به صورت علائم قابل فهم برای واحد کنترل موتور تبدیل نمایند.

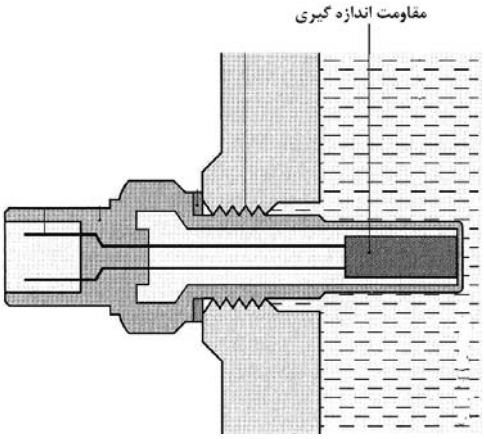
از آنجا که خروجی سنسورها نه تنها بر عملکرد موتور (از لحاظ توان، گشتاور و آلاینده ها) بلکه بر فرمان پذیری و امنیت خودرو تاثیر می گذارد، دقت و سرعت آنها به شدت مورد توجه قرار می گیرد. با توجه به اهمیت حسگرها در سیستم های مدیریت موتور، خاصه موتور دیزل، در این مقاله سعی بر آن داریم تا به مطالعه اجمالی انواع سنسور های مورد استفاده در موتورهای مذکور بپردازیم. در مقاله پیشرو انواع سنسورهای موجود در موتورهای دیزل مورد بررسی قرار گرفته است.

سنسورهای دما

سنسورهای دمای موتور

این سنسور در مجاری سیال خنک کننده موتور تعبیه شده است. سیستم مدیریت موتور به منظور تخمین دمای موتور از مقادیر ارسالی این سنسور استفاده می نماید. (حد سنجش از 40- تا 130 درجه سانتی گراد می باشد). این حسگر دمای سیال خنک کاری موتور را به عنوان دمای موتور می سنجد.

[1] . Central Processing Unit (CPU)



شکل 1 – سنسور دمای سیال خنک کننده موتور

سنسور دمای هوا

این سنسور در مجرای ورودی هوای موتور قرار دارد. اطلاعات ارسالی از این سنسور در کنار اطلاعات دریافتی از سنسور فشار هوا، به منظور تخمین میزان دبی جرمی هوای ورودی به موتور مورد استفاده قرار می گیرد. در کنار این هدف، بسیاری از سیستم های کنترلی موتور نظیر سیستم کنترل شارژ موتور (شارژر ها) با استفاده از سیگنال های ارسالی توسط این سنسور شروع به کار می نمایند. (حد سنجش از 40- تا 120 درجه سانتی گراد)

سنسور دمای روغن

علائم ارسالی از این سنسور به منظور تشخیص زمان های سرویس موتور مورد استفاده قرار می گیرد. (حد سنجش از 40- تا 170 درجه سانتی گراد).

سنسور دمای سوخت

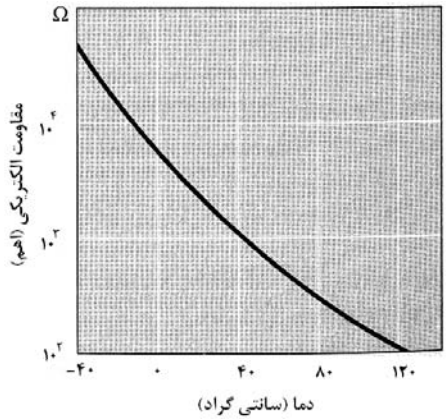
این سنسور در قسمت کم فشار مدار سوخت رسانی قرار دارد. دمای سوخت به منظور تعیین دقیق میزان سوخت پاششی بکار گرفته می شود (حد سنجش از 40- تا 120 درجه سانتی گراد)

سنسور دمای گازهای خروجی

این سنسور در سیستم خروجی، در جایی از مسیر قرار می گیرد که دارای دمای بحرانی است. این سنسور در حالت کنترل مدار بسته پالایش گازهای خروجی مورد استفاده قرار می گیرد. برای این منظور معمولا از مقاومت پلاتینی استفاده می شود (حد سنجش از 40- تا 1000 درجه سانتی گراد)

طراحی و مفاهیم عملکردی

بسته به کاربردهای مختلف، انواع مختلفی از طرح های سنسور موجود است. مقاومت نیمه هادی وابسته به دما، یکی از انواع این سنسورها می باشد. این مقاومت نیمه هادی در یک محفظه کوچک قرار می گیرد. معمولا این نوع سنسور از نوع ضریب منفی دمایی می باشد.[1] اصولا کمتر از سنسورهای با ضریب مثبت دمایی[2] استفاده می شود. در مقاومت های نوع NTC، با افزایش دما افت شدیدی در مقاومت دیده می شود و در مقاومت های PTC با افزایش دما، افزایش شدیدی در مقاومت دیده می شود.



شکل 2- تغییرات مقاومت الکتریکی المان با دما

مقاومت مذکور بخشی از مدار مقسم است که ولتاژ 5 ولتی به آن اعمال می شود. بنابراین ولتاژ اندازه گیری شده در دو سر مقاومت حرارتی، تابعی از دمای مقاومت است. این ولتاژ به یک مبدل آنالوگ به دیجیتال[3] ارسال شده و به عنوان مقیاسی از دمای سنسور مورد استفاده قرار می گیرد. در ECU موتور جدولی تعبیه شده است که به هر ولتاژ خروجی یا مقاومت، یک دما را منتسب می نماید.

سنسورهای فشار سنج میکرومکانیکی

سنسور فشار مانی فولد ورودی یا فشار تقویت شده[4]

این سنسور فشار مطلق هوا را در مانی فولد ورودی و در فاصله بین موتور و سوپرشارژر اندازه گیری می نماید(این مقدار عموما بین 250 kpa یا 2.5 بار است) و آن را با یک خلاء مرجع (نه با فشار محیط) مقایسه می نماید. این امر سیستم را در تعیین دبی دقیق هوای ورودی به موتور و نیز کنترل مناسب فشار هوای ورودی توسط شارژر، یاری می نماید.

سنسور فشار محیط

این سنسور همچنین به نام سنسور اتمسفریک شناخته می شود، سنسور مذکور در ECU و یا در بدنه موتور نصب می شود. خروجی سنسور مذکور به منظور تخمین ارتفاع از سطح دریا و نتیجتا تصحیح ضرایب کنترل حلقه بسته بکار برده می شود. (در سیستم بازخورانی گازهای خروجی و نیز تنظیم فشار هوای ورودی به موتور). با استفاده از این سنسور همچنین امکان تاثیر چگالی هوا در محاسبات سیستم مدیریت موتور فراهم خواهد شد. سنسور فشار محیط، فشار مطلق را اندازه گیری می نماید (حد سنجش از 60 تا 115 کیلو پاسکال یا از 0.6 تا 1.15 بار می باشد)

سنسور فشار سوخت و روغن

سنسور فشار سوخت در فیلتر روغن نصب می شود و فشار مطلق روغن را اندازه گیری می نماید. این اطلاعات به منظور تعیین بارگذاری موتور برای تعیین زمان سرویس موتور بکار می رود. حدود فشار در این سنسور از 50 تا 1000 کیلوپاسکال می باشد. به دلیل مقاومت زیاد این سنسور نسبت به مواد، این سنسور می تواند به منظور تعیین فشار سوخت در بخش کم فشار مدار سوخت رسانی نیز مورد استفاده قرار گیرد. در این صورت سنسور مذکور داخل فیلتر سوخت و یا روی آن قرار می گیرد. علائم ارسالی از این سنسور به منظور بررسی کثیفی فیلتر سوخت مورد استفاده قرار خواهد گرفت. (حد سنجش از 20 تا 400 کیلو پاسکال یا از 0.2 تا 4 بار)

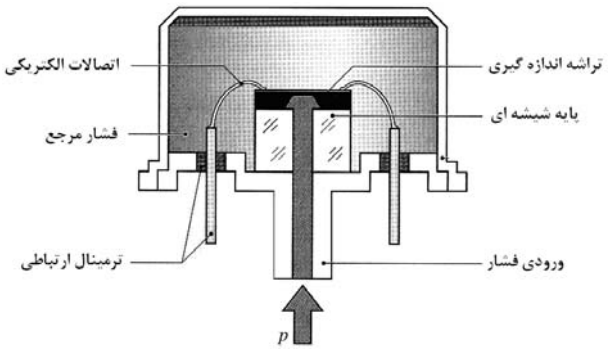
مدل با خلاء مرجع یکپارچه

---

1. Negative Temperature Coefficient (NTC)
2. Positive Temperature Coefficient (PTC)
3. Analog to Digital (A/D)
4. Boost Pressure Sensor

طراحی و ساختمان

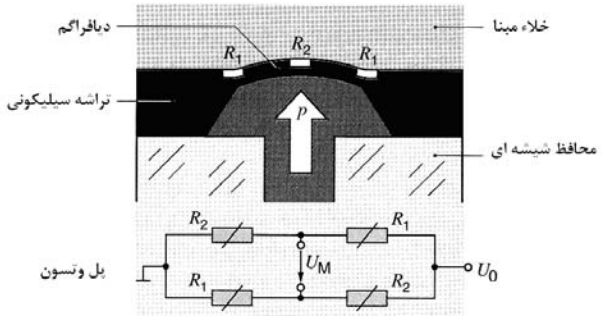
قسمت اندازه گیری به عنوان قلب سیستم میکرومکانیکی سنسور تلقی می شود. این قسمت از یک تراشه سیلیکونی تشکیل شده است. یک دیافراگم ظریف با استفاده از راهکارهای میکرومکانیکی روی این تراشه نصب شده است. 4 مقاومت الکتریکی روی دیافراگم قرار گرفته اند (R1, R2). مقاومت الکتریکی این اجزاء تحت نیروی مکانیکی اعمالی، تغییر می کند. این المان اندازه گیری در یک کلاهک قرار گرفته است که همزمان خلاء مورد نیاز را حفظ می کند. سنسور های فشاری می توانند با یک سنسور دما تلفیق شده و به عنوان یک سنسور فشار-دما مورد استفاده قرار گیرند. در این صورت علائم ارسالی از سنسور دما به طور مجزا مورد تحلیل قرار خواهد گرفت.



شکل 4- اجزای سنسور فشار سنج با محفظه خلاء یکپارچه و کلاهک روی سنسور

نحوه عملکرد

دیافراگم موجود در سنسور تحت فشار اعمالی و مقدار آن، کم و بیش تغییر شکل می دهد (10 تا 1000 میکرومتر). مقاومت الکتریکی چهار مقاومت موجود روی این دیافراگم تحت فشار اعمالی و تنش های مکانیکی اعمالی از سوی آن تغییر خواهد نمود. (اثر مقاومت پیزو[1]) .

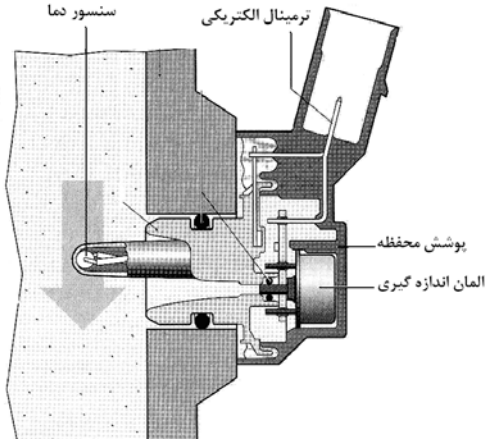


شکل 3- اجزای سنسور فشار سنج با محفظه خلاء یکپارچه

چهار مقاومت مذکور به شکلی روی دیافراگم قرار گرفته اند که در صورت اعمال فشار مقاومت دو جزء زیاد و مقاومت دو جزء دیگر کاهش خواهد یافت. این مقاومت ها تشکیل یک پل وتسون را خواهند داد و تغییر در مقدار مقاومت آنها باعث تغییر نسبت ولتاژ در شاخه ها خواهد شد. این باعث تغییر ولتاژ مورد اندازه گیری Um خواهد شد. بنابراین ولتاژ تقویت نشده مذکور به عنوان مبنای محاسبه فشار اعمالی به سنسور بکار خواهد رفت.

ولتاژ اندازه گیری شده از پل وتسون بیشتر از ولتاژ منفرد یک مقاومت است. بنابراین استفاده از پل وتسون، باعث افزایش حساسیت سیستم خواهد شد.

دیگر بخش های سنسور که با فشار مورد اندازه گیری تماس ندارد، در معرض فشار خلاء قرار می گیرد، بنابراین فشار اندازه گیری شده، فشار مطلق می باشد.



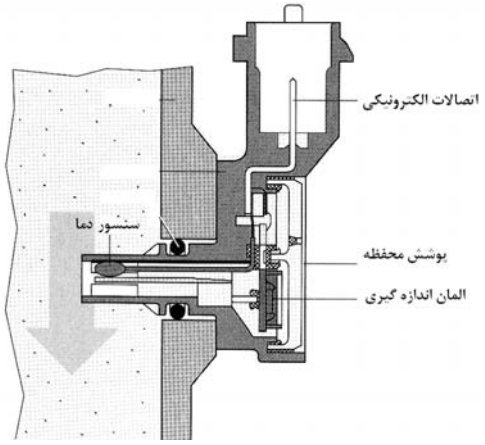
شکل 5- سنسور فشار میکرومکانیکی با محفظه خلاء یکپارچه

مدار مشروط کننده الکترونیکی روی تراشه مذکور قرار دارد. وظیفه این مدار تقویت ولتاژ خروجی و جبران سازی تاثیرات دما و خطی سازی منحنی فشار می باشد. ولتاژ خروجی بین 0 و 5 ولت است و از طریق ترمینال موجود روی سنسور به واحد کنترل موتور متصل می شود.

مدل با خلاء مرجع مجزا

طراحی و ساختمان

سنسور فشار مانی فولد با مخزن خلاء مجزا، نسبت به سنسور با خلاء یکپارچه با سهولت بیشتری نصب می شود. همچون سنسورهای با خلاء یکپارچه، عناصر سنسور در این حالت نیز از یک تراشه سیلیکونی با 4 مقاومت تشکیل شده است که تشکیل یک پل وتسون می دهند.



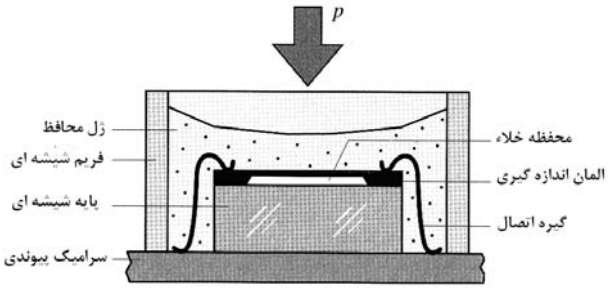
شکل 6- سنسور فشار میکروالکتریکی با محفظه فشار مجزا

این سنسور روی یک پایه شیشه ای نصب شده است. به عکس سنسورهای با خلاء یکپارچه که فشار مورد اندازه گیری توسط یک راهگاه به دیافراگم انتقال پیدا می کند، در این سیستم، فشار مورد اندازه گیری مستقیما از سمتی که سیستم الکترونیکی اندازه گیری قرار دارد به سنسور تحمیل می شود. به این منظور باید سمت مذکور توسط یک ژل خاص محافظت شود تا دیافراگم از اغتشاشات محیطی در امان بماند. در این سیستم خلاء مبنی، بین پایه شیشه ای و دیافراگم محبوس است. مجموعه سیستم اندازه گیری روی یک پایه سرامیکی پیوندی قرار گرفته است تا سیستم از لحاظ الکتریکی از محیط جدا شود.

---

[1]. Piezoresistive effect

در این حالت نیز می توان سنسور دما را در مجموعه قرار داد. در این حالت حساسه دما از سیستم بیرون آمده و در معرض جریان هوا قرار می گیرد.



شکل 7- مجموعه سنسور فشار میکروالکتریکی با محفظه فشار مجزا و سنسور دما

سنسورهای فشار بالا

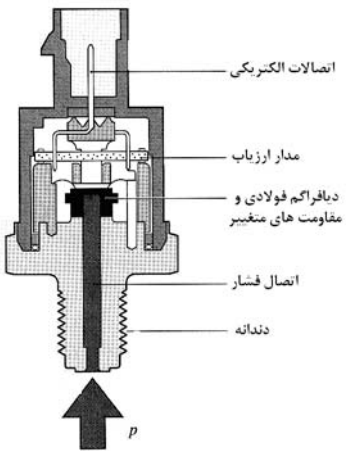
در کاربردهای خودرویی، سنسورهای فشار بالا برای اندازه گیری فشار سوخت و فشار روغن ترمز استفاده می شود.

سنسور فشار ریل دیزل

در موتورهای دیزل، سنسورهای فشار بالا برای اندازه گیری فشار ریل سوخت در سیستم های ریل مشترک استفاده می شوند. بیشترین فشار عملکردی در موتورهای دیزل 160 Mpa (1600 بار) می باشد. فشار سوخت توسط یک سیستم حلقه بسته کنترل می شود و عموما فارغ از سرعت و بار موتور ثابت می ماند. هر تغییری نسبت به فشار مرجع، توسط شیر کنترلی مرتفع می شود.

طراحی و مفاهیم عملکردی

قلب سیستم سنسور یک دیافراگم فولادی است که مقاومت های حساس به تنش در آن به صورت عملیات ته نشینی بخار، قرار گرفته اند و تشکیل یک پل وتسون می دهند. محدوده اندازه گیری سنسور، تابعی از قطر دیافراگم است. (هرچه قطر دیافراگم بزرگتر باشد محدوده اندازه گیری آن بزرگتر است). هنگامی که فشار از مجرای فشار به یکی از طرفین دیافراگم سنسور اعمال می شود، بر اساس تغییر مقاومت ها، مقاومت پل وتسون نیز تغییر خواهد کرد.



شکل 8- سنسور فشار بالا

ولتاژ 0 تا 80 mV به یک مدار ارزیاب وارد می شود و مقدار آن به 0 تا 5 ولت تقویت می شود. این ولتاژ برای تخمین میزان فشار به واحد کنترل موتور تحویل داده می شود.

سنسورهای سرعت موتور القایی

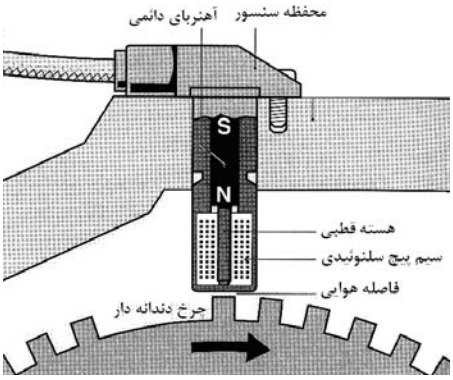
سنسورهای سرعت موتور القایی برای اندازه گیری موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرند:

- سرعت موتور
- موقعیت لنگ (به منظور سنجش موقعیت موتور)

سرعت دورانی موتور از فرکانس سیگنال های ارسالی تعیین می شود. فرکانس سیگنال های ارسالی از این سنسور یکی از مهمترین پارامترهای مورد استفاده در سیستم مدیریت موتور است.

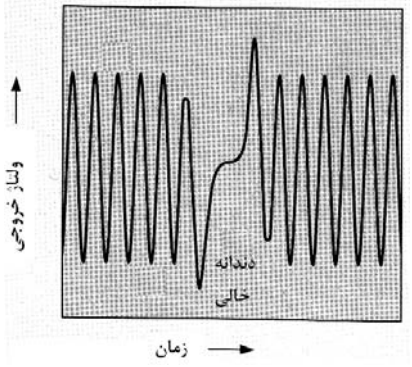
طراحی و مفاهیم عملکردی

سنسور مستقیما در مقابل یک چرخ دندانه دار با خاصیت مغناطیسی قرار داده می شود و تنها فاصله بسیار جزیی بین سنسور و چرخ باقی خواهد ماند.



شکل 9- سنسور دور سنج القایی

سنسور دارای یک هسته آهنی نرم[1] است که توسط یک سیم لوله الکتریکی احاطه شده است. این هسته مستقیما به یک جسم مغناطیسی دائمی متصل است. بدین ترتیب هسته دارای میدان مغناطیسی خواهد بود و این میدان تا دندانه چرخ دندانه دار ادامه خواهد داشت. میزان شار مغناطیسی سیم لوله بستگی به آن دارد که سنسور در مقابل دندانه چرخ داندانه دار قرار بگیرد یا در مقابل فرورفتگی آن. اگر دندانه در مقابل سنسور قرار گیرد شار مغناطیسی سرگردان هسته توسط دندانه متمرکز خواهد شد. بدین ترتیب شار کار، در سیم لوله افزایش می یابد و اگر سنسور در مقابل فضای خالی قرار گیرد این شار کاهش خواهد یافت. بنابراین در صورت چرخش چرخ دندانه دار شاهد افت خیر در شار خواهیم بود، این افت و خیز شار باعث ایجاد یک ولتاژ سینوسی در سیم پیچ خواهد شد. در صورت افزایش سرعت دوران چرخ دندانه دار دامنه این ولتاژ افزایش خواهد یافت. برای ایجاد یک ولتاژ کافی چرخ باید حداقل 30 rpm سرعت داشته یاشد.



شکل 10- سیگنال های ارسالی از یک سنسور القایی دور موتور

[1]. pole pin

تعداد دندانه های موجود روی چرخ بسته به کاربرد، متغییر است. در موتورهای با کنترل شیر سلنوئیدی، معمولا از چرخ دندانه دار با تعداد 60 دندانه استفاده می شود. البته 2 دندانه از این چرخ حذف می شود و بنابراین چرخ دارای 58 دندانه خواهد بود. فاصله دو دندانه ای بزرگ به منظور تعیین موقعیت میل لنگ ایجاد شده است. واحد کنترل موتور از این مورد به عنوان یک مرجع برای موقعیت یابی موتور استفاده می کند.

نوع دیگری از چرخ های دندانه دار نیز موجود است که در آن به ازای هر سیلندر یک دندانه روی چرخ قرار می گیرد، به عنوان مثال، در این حالت یک موتور 4 سیلندر دارای چرخی خواهد بود که 4 دندانه روی آن قرار گرفته است و در هر دور موتور، 4 پالس ایجاد می شود. ابعاد هندسی چرخ دندانه دار و سنسور باید با یکدیگر تنظیم شود. مدارات ارزیاب که در واحد کنترل موتور قرار دارند، ولتاژ سینوسی مذکور را که دامنه ای به شدت متغییر دارد، به ولتاژ های مربعی با دامنه ثابت تبدیل می نماید که برای سیستم های میکروکنترلر ECU قابل فهم باشد.

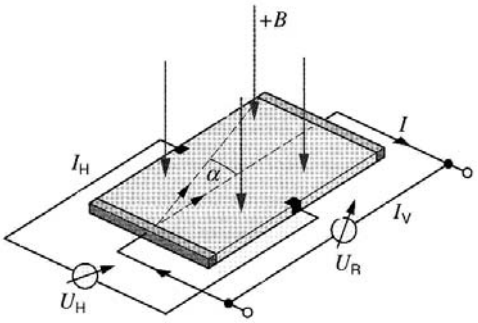
سنسورهای اثر هال

میل بادامک با سرعتی معادل نصف سرعت موتور می چرخد. اگر یک پیستون در حال رسیدن به نقطه مرگ بالا را در نظر بگیریم، می توانیم از موقعیت میل بادامک استنباط نماییم که آیا این سیلندر در موقعیت تراکم است یا مرحله تخلیه گاز. سنسوز فاز که روی میل بادامک قرار دارد، این اطلاعات را در اختیار واحد کنترل موتور قرار می دهد.

طراحی و مفاهیم عملکردی

سنسورهای اثر هال میله ای

چنان که از اسم این گونه سنسورها دیده می شود، این سنسورها از اثر هال در تعیین پارامتر مورد اندازه گیری استفاده می کنند. یک چرخ دندانه دار فرومغناطیس به میل بادامک متصل است و با آن می چرخد. یک IC میان چرخ دندانه دار و آهنربای دائمی موجود در سنسور که میدان مغناطیسی عمود بر المان هال ایجاد می کند، قرار گرفته است.



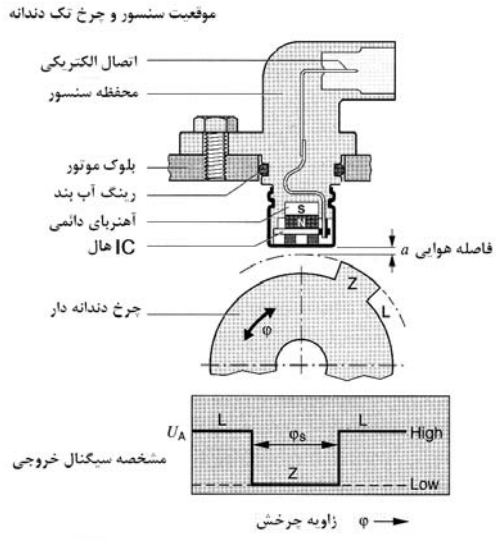
شکل 11- المان هال

اگر یکی از دندانه های چرخ زائده دار از مقابل سنسور هال عبور نماید، این امر باعث تغییر جهت میدان مغناطیسی عمود بر المان هال خواهد شد. این مسئله باعث می شود الکترون هایی که در اثر اختلاف پتانسیل درحال حرکت در جهت طولی هستند تغییر جهت داده و در جهت دیگری حرکت نمایند. (با زاویه α) .

این مسئله باعث ایجاد اختلاف پتانسیل هال خواهد شد. این اختلاف پتانسیل در حد میلی ولت است و به سرعت نسبی سنسور و زائده بستگی ندارد. مدارات ارزیاب موجود در مدارات مجتمع سنسور ، سیگنال خروجی را مشروط نموده و آن را به شکل سیگنال های مربعی تبدیل می نماید.

سنسور های دیفرانسیلی میله ای هال

سنسور هایی که با استفاده از خواص دیفرانسیلی هال عمل می کنند، دارای دو المان اثر هال می باشند. این دو المان یا در جهت محوری و یا در جهت شعاعی از یکدیگر جدا شده اند و سیگنال خروجی تولید می کنند که متناسب با اختلاف شار مغناطیسی در المان های اندازه گیری است. یک صفحه سوراخدار دو طرفه یا یک چرخ سوراخدار دو طرفه به منظور تولید سیگنال های مخالف در المان های هال مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل 12- سنسور میله ای هال

چنین سنسورهایی در مواردی مورد استفاده قرار می گیرند که به دقت بالایی نیاز باشد. از مزایای دیگر این سنسور ها وجود فاصله هوایی نسبتا زیاد بین دو قطعه و نیز خواص تطبیق مناسب دمایی سنسور می باشد.

سنسور های پدال گاز

در سیستم های معمولی، راننده خواست خود را برای شتاب گیری، سرعت ثابت، پایین آوردن سرعت و ... مستقیما توسط پدال گاز که به وسیله اجزای مکانیکی به پمپ پاشش متصل شده است، منتقل می نماید. حرکت پدال گاز توسط کابل به پمپ پاشش منتقل می شود.

در سیستم های مدیریت موتورهای امروزی، کابل مذکور حذف شده و موقعیت پدال گاز توسط سنسور پدال گاز که به پدال متصل شده است به سیگنال های الکترونیکی تبدیل شده و در اختیار واحد کنترل موتور قرار می گیرد. این سنسور حرکت پدال گاز و سایر پارامترهای حرکتی موتور را برای ECU تفسیر می نماید. این سیستم همچنین سیستم رانندگی با سیم[1] نامیده می شود. چنان که در شکل دیده می شود، به جای سنسور پدال گاز، مدول پدال گاز الکترونیکی نیز وجود دارد. این مدول، دستگاهی قابل نصب روی خودرو می باشد که شامل پدال گاز و سنسور مربوطه است. این مدول را می توان روی خودروهای قدیمی نیز نصب نمود.

طراحی و مفاهیم عملکردی

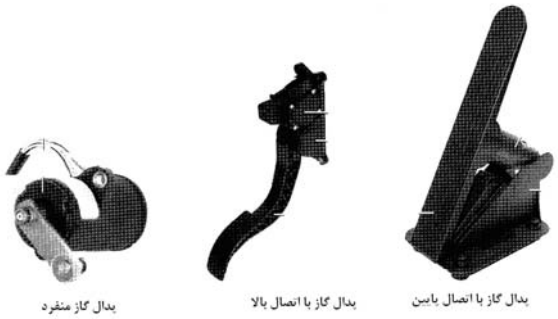
سنسورهای پدال گاز پتانسیومتری

قلب سنسور پدال گاز یک پتانسومتر است که در داخل آن ولتاژی ایجاد می شود که ولتاژ مذکور تابعی از زاویه پدال گاز و پارامترهای حرکتی آن است. در ECU جدولی وجود دارد که بر اساس ولتاژ ارسالی از سنسور پدال گاز می توان موقعیت پدال گاز و پارامترهای حرکتی آن را تشخیص داد.

---

1. Drive by wire .

عموما یک سنسور اضافی به منظور عیب یابی و نیز استفاده در صورت خراب شدن سنسور اصلی در سیستم وجود دارد. یکی از انواع سنسورهای پدال گاز با دو پتانسیومتر کار می کند. ولتاژ این پتانسیومتر همواره نصف ولتاژ پتانسیومتر اول است. این خود باعث دو سیگنال مجزا می شود که به منظور اهداف عیب یابی مورد استفاده قرار می گیرد. به جای پتانسیومتر دوم در برخی سیستم ها یک سوئیچ دور آرام وجود دارد که هنگامی که پدال در وضعیت دور آرام است، سیگنال مناسب را برای واحد کنترل موتور ارسال می نماید. در سیستم های مجهز به گیربکس اتوماتیک یک سوئیچ اضافی نیز وجود دارد.



شکل 13- انواع مختلف پدال های گاز الکتریکی

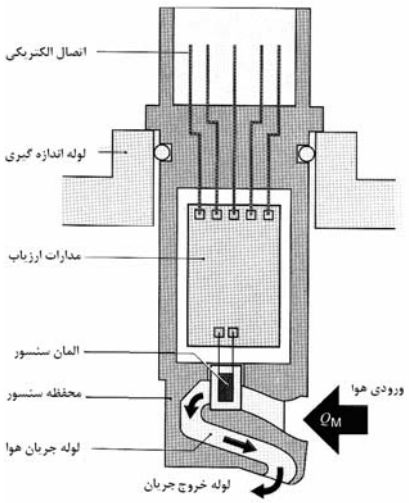
اندازه گیری دبی هوا با استفاده از فیلم داغ

به منظور ایجاد احتراق بهینه و نیز به منظور رعایت قوانین مربوط به استانداردهای آلاینده های تولیدی موتور، فارغ از شرایط عملکردی موتور، لازم است مقدار مطلوب هوا وارد موتور شود.

به همین منظور لازم است مقدار دقیق هوای عبوری از فیلتر هوا سنجیده شود. این سنجش باید بسیار دقیق باشد و اثرات ناشی از جریان پالسی هوا و نیز جریان بازگشتی هوا که ناشی از باز و بسته شدن سوپاپ هاست را، به حساب نیاورد. در این حالت، دمای هوا اثری بر دقت تخمین دبی هوای ورودی نخواهد داشت.

طراحی و مفاهیم عملکردی

بدنه سنسور در لوله اندازه گیری قرار می گیرد. قطر این لوله بسته به دبی جرمی هوای مورد نیاز موتور متغییر می باشد. این لوله در مجرای ورودی هوا و پایین تر از فیلتر هوا قرار دارد. نوعی از این سنسور نیز موجود است که با فشار در محل خود قرار می گیرد، این سنسور روی فیلتر هوا نصب می شود.



شکل 14- اندازه گیر دبی جریان هوا

مهمترین اجزای این سنسور عبارتند از : اجزای سنسور که در مسیر عبور هوا نصب می شود و نیز مدارات ارزیاب الکترونیکی سنسور. بخشی از جریان هوا که برای سنجش دبی مورد نیاز است از سنسور مذکور عبور داده می شود.

معمولا از روش ته نشینی بخارات، به منظور نصب قطعات اندازه گیری سنسور روی لایه نیمه هادی و مدارات الکترونیکی روی لایه سرامیکی استفاده می شود. استفاده از این متد باعث کاهش ابعاد سنسور خواهد شد. مدارات الکترونیکی توسط ترمینال های تعبیه شده روی بدنه سنسور به واحد کنترل موتور متصل می شوند. لوله جریان هوا به نحوی طراحی شده است که جریان هوا به صورت یکنواخت و بدون پیچه (گردابه) از سنسور عبور نماید. جریان هوای عبور یافته از لوله مذکور پس از گذشتن از سنسور به لوله اصلی جریان هوا باز خواهد گشت. این روش اطمینان از صحت اندازه گیری را افزایش خواهد داد و تاثیر جریان های ضربه ای، جریان بازگشتی و ... را بر اندازه گیری از بین خواهد برد.

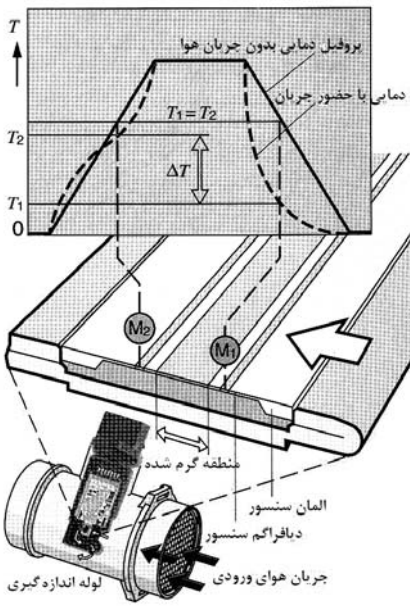
مفاهیم عملکردی

سنسور جریان هوا سنج فیلم داغ در واقع یک سنسور دمایی است و بر اساس قوانین ذیل عمل می نماید:

یک دیافراگم با استفاده از روش های میکرومکانیکال روی المان سنسور قرار می گیرد و با استفاده از یک گرمکن الکتریکی در دمای ثابتی قرار می گیرد. این المان به نحوی طراحی شده است که در صورت وجود جریان روی آن، دمای آن به سرعت کاهش می یابد.

پخش دما روی المان سنسور توسط دو مقاومت حساس به گرما که در بالادست و پایین دست جریان هوا قرار دارد، ثبت می شود (M1,M2). اگر جریان هوا برقرار نباشد، خواص مقاومتی دو مقاومت مذکور یکسان است.

به محض این که جریان هوا روی المان سنسور برقرار شود، پخش یکسان دمایی روی المان تغییر خواهد نمود. در طرف مکش، از آنجایی که هوای ورودی المان را خنک می کند، مشخصه دمایی دارای شیب بیشتری است، در ابتدای المان دیگر، به علت خنک بودن هوا، شاهد کاهش دما می باشیم لیکن در اواخر المان به علت گرم شدن هوا توسط المان گرم کن، شاهد افزایش دما می باشیم. این تغییرات پخش دما، مبنی محاسبه اختلاف دما ΔT بین دو نقطه M1 و M2 می باشد.



شکل 15- قوانین اندازه گیری در سنسور اندازه گیری جریان فیلم داغ

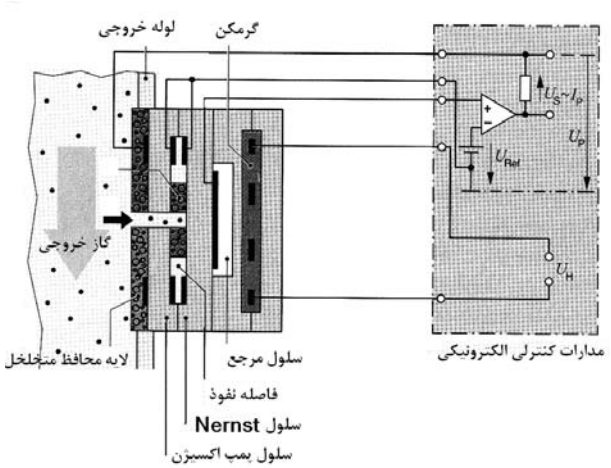
گرمای منتقل شده به جریان هوا و نتیجتا تغییرات دمایی ایجاد شده، تابعی از دبی جریان هوا می باشد. فارغ از دمای هوای ورودی این اختلاف دما به عنوان شاخصی از جریان هوا به حساب می آید. از این گذشته، این روش اندازه گیری، روشی جهتی می باشد و می تواند ضمن بیان شدت جریان، سوی جریان را نیز مشخص نماید.

با توجه به ضخامت بسیار ناچیز این المان، سنسور مذکور دارای زمان پاسخ بسیار کوتاهی می باشد (کمتر از 15 میکروثانیه) ، این خاصیت مخصوصا هنگامی مهم است که شاهد جریان پالسی در سیستم باشیم.

مدار الکترونیکی ارزیاب اختلاف مقاومت بین دو المان را به صورت ولتاژی بین 0 تا 5 ولت تبدیل می نماید. این سیگنال برای واحد کنترل موتور قابل فهم است. در واحد مدیریت موتور، سیگنال مذکور به صورت دبی جرمی بر حسب kg/hr تبدیل خواهد شد.

سنسور اکسیژن LSU4[1] با گستره سنجش زیاد[2]

چنان که از نام این سنسور مشخص است، سنسور مذکور قابلیت سنجش غلظت اکسیژن در دامنه وسیعی از مقادیر لامبدا را دارا می باشد. اطلاعاتی که از سنسور لامبدا دریافت می شود نشان دهنده نسبت سوخت به هوا در محفظه احتراق موتور می باشد. فاکتور هوای اضافه λ هنگامی استفاده می شود که قصد تعریف نسبت سوخت به هوا را داشته باشیم. سنسورهای لامبدا با دامنه بزرگ، نه تنها قادرند لامبدا را در محدوده λ=1 با دقت مناسب تشخیص دهند، بلکه می توانند لامبدا در محدود غلیظ (λ<1) و نیز در محدوده رقیق (λ>1) با دقت بالایی تعیین نمایند. این سنسورها عموما قادرند در محدوده $0.7<\lambda<\infty$ بدون خطا مقدار لامبدا را تعیین نمایند.



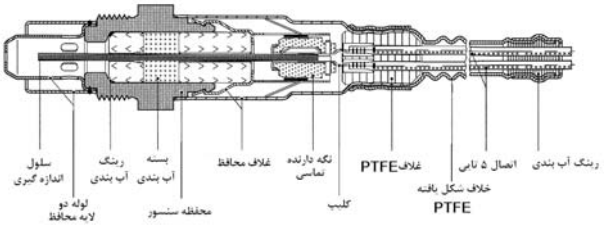
شکل 16- نحوه نصب و عملکرد سنسور لامبدا با گستره وسیع اندازه گیری

این امر باعث شده است این سنسور نه تنها در موتورهای بنزینی (λ=1) که در موتورهای دیزل با لامبدای متغیر نیز کاربرد داشته باشند.

این سنسور در لوله خروجی موتور و در معرض هوای خروجی تمامی سیلندر ها قرار می گیرد. در برخی سیستم ها به منظور سنجش دقیق تر لامبدا از چند سنسور استفاده می شود.

سنسور لامبدا با گستره وسیع سنجش یک سنسور صفحه ای دو سلوله با جریان محدود شده است. در شکل، سنسور لامبدا اکسید زیرکونیوم سرامیکی نشان داده شده است. این سنسور شامل یک سلول Nernst (سلول سنسوری که همچون سنسور لامبدای دو مرحله عمل می نماید) و یک پمپ اکسیژن برای انتقال یون های اکسیژن می باشد.

پمپ اکسیژن به گونه ای نسبت به سلول Nernst قرار گرفته است که یک فاصله 50-10 میکرونی بین آن دو بوجود آید. این فاصله توسط یک لوله رابط به گازهای خروجی مرتبط شده است. ماده متخلل موجود در سنسور باعث می شود ورود یون های اکسیژن به سنسور محدود گردد. سمت دیگر Nernst توسط یک راهگاه به محیط متصل است.



شکل 17- سنسور اکسیژن با دامنه وسیع سنجش لامبدا

سنسور لامبدا به منظور کارکرد و ارسال سیگنال های کاربردی، لازم است حداقل تا 800-600 درجه سانتی گراد گرم شود. به همین منظور از یک گرم کن الکتریکی به منظور سرعت بکار افتادن سیستم استفاده می شود.

---

1. Lambda Sensor Universal
2. Broad-Band