صفحه ۱۷ تا ۲۸

بررسی و کاربرد ابزار دقیق در صنعت خودرو

سید رضا موسوی [۱] ، کاوه آلبا[۲]

۱. کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه غیر انتفاعی خرد، واحد بوشهر، بوشهر، ایران

Email : mohandes.reza90@gmail.com

۲. دکترای مکانیک از دانشگاه کلگری

Email : kevin.alba@ualberta.com

چکیده:

ابزار دقیق ادواتی هستند که بر حسب نوع کمیت مورد نیاز واحد تحت کنترل ، اعم از فشار ، دما ، دبی ، سطح و ... با توجه به شرایط و استانداردهای تعین شده ، انتخاب و مورد استفاده قرار می گیرند. ابزار دقیق در حقیقت زیر ساخت یک سیستم کنترل و اتوماسیون را تشکیل میدهند و شامل ابزاری نظیر: انواع سنسور، انواع کنترلر، نشاندهنده، ترانسمیتر، رکوردر و... میباشند که این ابزار وظیفه اندازه گیری، انتقال، نمایش، ثبت و کنترل پارامترهای مهم فیزیکی را در پروسه های صنعتی به شکلی دقیق بر دوش دارند. ابزار دقیق را میتوان به دو صورت دسته بندی کرد. یکی از نظر نوع عملکرد این ابزار؛ برای مثال ابزاری که عمل کنترل دما یا فشار و رطوبت و یا سطح را بر عهده دارند به کنترلر مشهورند و به همین ترتیب ابزار نمایش این مقادیر که به ایندیکیتور یا نمایشگر معروفند و ابزار انتقال اطلاعات مقادیر به صورت سیگنال های استاندارد که ترانسمیتر یا منتقل کننده نامیده میشوند. اندازه و اندازه گیری از مباحثی است که در تمام جوامع انسانی و بخش های مختلف آن رخنه کرده است. این مبحث در صنعت و تعمیرات خودرو نیز جایگاه ویژه ای دارد. ابزار هایی که در صنعت خودرو استفاده می شود به منظور ساخت قطعات استاندارد و عیب یابی خودرو است. استفاده از ابزار دقیق در تمامی مراحل تولید قطعات مختلف خودرو، تست کیفیت قطعات، آزمایش های استانداردسازی نقش پر رنگی دارد و همچنین از طراحی تا تولید این ابزار به کمک صنعتگران این حوزه آمده اند تا محصول نهایی بالاترین دقت و عملکرد را داشته باشند.

کلمات کلیدی: ابزاردقیق ، مکانیک ، خودرو ، اندازه گیری، سنسور

۱- مقدمه :

- **ابزاردقیق (Instruments)**

اولین قدم برای کنترل یک فرایند ، شناخت و درک دینامیک و رفتارهای آن فرآیند است. برای کنترل یک کمیت باید در هر لحظه اطلاعات دقیقی از آن داشته باشیم. پس باید کمیت مورد نظر را همواره اندازه گیری نماییم. معمولا دستگاه های اندازه گیری از سه بخش حسگر یا سنسور (Sensor)، مبدل یا ترانسدیوسر (Transducer) ، انتقال دهنده یا ترانسمیتر (Transmitter) تشکیل شده اند که گاهی این بخش ها با هم توام می شوند.

یک اندازه گیر خوب باید دارای ویژگی های متعددی باشد که به برخی همراه با شرح کوتاهی در زیر اشاره شده است:

حوزه ی اندازه گیری :(Range) محدوده ای از دامنه ی تغییرات کمیت مورد اندازه گیری است ، که اندازه گیر قدر به اندازه گیری آن می باشد.

صفر اندازه گیری :(Zero) معمولا نقطه ی مشخصی را در حوزه ی اندازه گیری به عنوان نقطه ی صفر در نظر می گیرند. در نقطه ی صفر ، لزوما خروجی اندازه گیر صفر نمی باشد و ممکن است دارای مقدار باشد.

انحراف صفر :(Zero Drift) اندازه ی خروجی در نقطه ی صفر ممکن است با گذشت زمان یا دیگر عوامل تغییر کند ، این پدیده را پدیده ی انحراف صفر می گوییم.

حساسیت :(Sensitivity) حساسیت یک اندازه گیر عبارت است از تغییرات خروجی اندازه گیر به واحد تغییرات در کمیت مورد اندازه گیری.

حد تفکیک :(Resolution) حد تفکیک عبارت است از کوچکترین اندازه تغییرات کمیت مورد اندازه گیر ، اندازه گیری شود.

پاسخ دهی :(Response) در عمل اندازه گیر ها دارای ثابت زمانی و بعضا تاخیر خالص می باشند. ثابت زمانی عنصر اندازه گیر باید از کوچکترین ثابت زمانی موجود در حلقه ی کنترل بسیار کوچکتر باشد.

خطی بودن :(Linearity) اگر شیب مشخصه ی ورودی_خروجی اندازه گیر ثابت باشد ، یک اندازه گیر مطلوب خواهیم داشت .گاهی اوقات بهترین خطی که مشخطه ی اندازه گیر را بیان می کند ، به عنوان مشخصه ی اندازه گیر در نظر گرفته می شود.

پسماند :(Hysteresis) هیسترزیس نوعی رفتار غیر خطی در اندازه گیر ها می باشد که مشخصه ی اندازه گیر در مسیر افزایش ورودی با مشخصه ی اندازه گیر در مسیر کاهش ورودی تفاوت دارد

دقت :(Accuracy) تطابق مقدار اندازه گیری شده با مقدار واقعی کمیت مورد اندازه گیری است.

تکرار پذیری :(Repeatability) تکرار پذیری در اندازه گیر ها ویژگی مهمی است و به معنی نتیجه ی یکسان در اندازه گیری یک کمیت در شرایط ثابت است.

در خودروهای سواری یا خودروهای سنگین برای رسیدن به بهترین کار کرد موتور از جمله تولید آلایندگی کمتر در گازهای خروجی از ابزار دقیق استفاده می شود. در زیر دو نمونه موتور مقایسه مورد قرار گرفته است که در یکی ابزار دقیق استفاده نشده است مثل سیستم کاربراتوری و در دیگری از ابزار دقیق استفاده شده است مثل سیستم انژکتوری از ابتدای پیدایش موتور های احتراق داخلی ،کاربراتور وسیله ای بوده که سوخت را به موتور می رساند . در بسیاری از ماشین های دیگر مثل چمن زن ها و اره موتوری ها هنوز کاربراتور وجود دارد اما با پیشرفت خودرو کاربراتور ها بیشتر وبیشتر پیچیده شدند تا تمام نیازهای موتور هنگام کار کردن را برآورده کنند برای بدست آوردن استانداردهای دقیق زیست محیطی مبدل های کاتالیزوری معرفی شدند،برای موثر بودن این مبدل ها،کنترل بسیار دقیق نسبت سوخت و هوا لازم است. حسگرهای اکسیژن مفدار اکسیژن در اگزوز را نشان می دهند و واحد کنترل موتور (ECU) هر لحظه این اطلاعات را برای تنظیم نسبت سوخت و هوا به کار می برد.به این یک حلقه ی کنترل بسته می گویند و رسیدن به این کنترل دقیق با کاربراتورممکن نیست پیش از استفاده از سیستم تزریق سوخت،مدت کوتاهی از کاربراتورهای الکتریکی استفاده شد اما این کاربراتورها حتی از انواع مکانیکی نیز پیچیده تر بودند.

- **کاربرد ابزار اندازه گیری دقیق در صنایع مختلف**

۱- کاربرد ابزار اندازه گیری در صنایع خودروسازی؛

استفاده از ابزار دقیق در تمامی مراحل تولید قطعات مختلف خودرو، تست کیفیت قطعات، آزمایش های استانداردسازی نقش پر رنگی دارد و همچنین از طراحی تا تولید این ابزار به کمک صنعتگران این حوزه آمده اند تا محصول نهایی بالاترین دقت و عملکرد را داشته باشند.طیف وسیعی از ابزار اندازه گیری وجود دارد که در تولید قطعات خودرو یا هواپیما استفاده می شوند، به عنوان مهمترین و رایج ترین ابزار دقیق استفاده شده در این صنعت می توان به پرگار صنعتی، کولیس، میکرومتر، عمق سنج، ضخامت سنج، فشار سنج، گیج جوشکاری اشاره کرد، اما اینها فقط بخشی از ابزار دقیق مورد استفاده در این صنعت هستند.استفاده از ابزار دقیق در صنعت خودروسازی فقط متوجه تولید خودرو نیست بلکه در تعمیرگاه ها و گاراژها نیز ابزار اندازه گیری مورد استفاده قرار می گیرند .از نمونه بارز آن نیز می توان به عمق سنج ها برای محاسبه عمق آج لاستیک ها یا پرگار صنعتی در محاسبه قطر داخلی و خارجی قطعات اشاره کرد.

۲- کاربرد ابزار اندازه گیری دقیق در نجاری؛

از ابتدای خلقت چوب، یکی از مواد مورد استفاده در ساخت انواع وسایل بود که وسایل نقلیه ای همچون، انواع درشکه ها، ساخت صندلی و مبلمان کلاسیک بخش بزرگی از زندگی انسان بوده است .بنابراین جای تعجب ندارد که بگوییم استفاده از ابزار دقیق در نجاری کاربرد فراوان دارد. شما در هر نجاری که

بروید انواع گونیا، پرگار صنعتی و میکرومتر ها را مشاهده خواهید کرد.

۳- صنعت ساختمان سازی؛

در مراحل مختلف ساختمان سازی از ابزار دقیق استفاده می شود، از قبل آغاز عملیات ساختمان سازی تا مراحل پایانی شما شاهد این هستید که از طیف وسیعی برای ابزار اندازه گیری استفاده می شود.استفاده از گونیا، منحنی سنج و انواع ترازها، خط کش ها، فشار سنج، میکرومتر، کولیس و بسیاری دیگر از وسایل و ابزار اندازه گیری، در صنعت ساختمان سازی استفاده می شود.تولید درب و پنجره های دو جداره یا لوله های عایق برای انتقال آب و گاز نیز بخشی از مواردی است که از ابزار دقیق در صنعت ساختمان سازی استفاده می شود.

۴- کاربرد ابزار اندازه گیری دقیق در صنعت پزشکی؛

صنعت پزشکی نیز از ابزار دقیق اندازه گیری بی بهره نبوده است. از استفاده ضخامت سنج گرفته تا انواع فشار سنج ها می توان شاهد حضور ابزار دقیق در صنعت پزشکی و دندانپزشکی بود.البته در بسیاری از موارد ابزارهای اندازه گیری دقیق با نام های متفاوتی از آنچه در صنایع مختلف می بینیم در صنعت پزشکی رواج دارند. نمونه بارز آن نیز عمق سنج جراحی یا ارتوپدی یا دستگاه های اندازه گیری فشار خون است.

۵- صنایع نظامی؛

نمی توان از اهمیت دقت اندازه گیری در ساخت قطعات و ابزارآلات نظامی غافل شد .در ساخت سلاح تا وسایل نقلیه نظامی نیاز به استفاده ابزاری داریم که دقت اندازه گیری را در بالاترین سطح خود داشته باشند. صنایع نظامی صنایعی بسیار گسترده هستند و به همین دلیل تقریبا از همه ابزارهای اندازه گیری در آنها استفاده می شود. نمونه بارز ابزارهای دقیق مورد استفاده در صنایع نظامی فشار سنج، عمق سنج، ضخامت سنج، نیروسنج، دما سنج و رطوبت سنج اشاره کرد.

۲- تاریخچه و پیشینه ابزار دقیق :

تولید **تجهیزات ابزار دقیق** صنعتی تاریخچه ای طولانی دارد که ترازوهای برای اندازه گیری و مقایسه وزن و اشاره گرهای ساده برای نشان دادن موقعیت، تکنولوژی دوران قدیم می باشد .یکی از قدیمی ترین ساعت های دیواری در انگشت فرعون مصر در سال ۱۵۰۰ قبل از میلاد پیدا شده است پیشرفت در ساخت ساعت ها فراگیر شده که در حدود ۲۷۰ قبل از میلاد ابزارهای ابتدایی و اولیه از یک دستگاه سیستم کنترل اتوماتیک داشته است .

در سال ۱۶۶۳ Christopher Wren شرکت رویال را با طراحی Weather Clock معرفی کرد.یک نقاشی سنسورهای آب و هوایی را نشان می‌دهد که قلم‌هایی روی کاغذ حرکت می‌کند و از طرف کار ساعت هدایت می‌شود.این چنین دستگاه‌ها در هواشناسی برای دو قرن استاندارد نشدند.طرح کلی بر اساس شواهدی از ثبتیات بدون تغییر باقی ماند که در آن دم تنظیم فشار شده مداد را جابجا می-کند.سنسورهای تلفیق شده،نشانگرها،ثبت کننده ها

و کنترل تا زمان انقلاب صنعتی غیر رایج بود و به وسیله ی نیاز و عملی بودن محدود می‌شد.
علم الکترونیک باعث شد که سیم کشی جای لوله ها را بگیرد.یک فرستنده وسیله ایست که یک سیگنال خروجی تولید می‌کند، اغلب به شکل سیگنال جریان الکتریکی ۲۰-۴ میلی آمپر،هر چند بسیاری از آپشنهای دیگر که از ولتاژ،فرکانس،فشار یا Ethernet استفاده می‌کنند هم موجود است.فرستنده در اواسط دهه ۱۹۵۰ تجاری شد.
ابزار متصل به سیستم کنترل، سیگنالهای مورد استفاده برای عمل میدان مغناطیسی،دریچه ها،تنظیم کننده ها،قطع کننده مدار،دستگاه تقویت نیرو و دیگر دستگاه‌ها را تامین می‌کرد.این چنین دستگاهی می‌توانست یک متغیر خروجی دلخواه را کنترل کند و قابلیتهای کنترل از راه دور و خودکار شده فراهم کنند.
تبدیل *تجهیزات ابزار دقیق* از فرستنده‌ها و کنترلرها و دریچه های ابتدایی مکانیکی،به ابزار الکترونیکی هزینه های نگهداری را کاهش داد چون ابزار الکترونیک قابل اعتماد تر از ابزار مکانیکی است.همچنین کارآمدی و تولید را به علت افزایش در دقت بالا می‌برد.ابزار ابتدایی از بعضی مزایا بهره مند بود،که در محیطهای خورنده و قابل انفجار مورد توجه بود.
حتی اگر در چند سال قبل زوم کنیم فرآیند های کنترل و ابزار دقیق در مقایسه با امروز خیلی ساده بودند. این اشاره ای به سادگی ابزار دقیق بود. با ظهور عملیات های بر مبنای نرم افزار و پیشرفته ها در تکنولوژی بیشتر رشته ها ، باعث شروع شاخه زدن تدریجی این رشته شدیم.
همچنین فرآیند های اندازه گیری و کنترل به طور عمده اشاره به اندازه گیری و کنترل دارند که به طور متوالی از تکنولوژی های مکانیکی و دستی ، هیدرولیکی ، پنوماتیکی ، الکتریکی و دیجیتالی استفاده می شود. این رشته بعد از جنگ جهانی دوم افزایش سریعی یافت و پیشرفت رو به جلوی خود را با سیستم ها و وسایل بر مبنای دیجیتالی ادامه داد ، این وسایل و سیستم ها امروزه نیز به سرعت به پیشرفت خود ادامه می دهند.
ما به طور یقین نمی دانیم که رشته کنترل و اندازه گیری توسط چه فردی اختراع شد ، اما می توان گفت که به طور قطع در ۲۶۰۰ سال قبل از میلاد مسیح ، مهندسان روم باستان با وسایل اندازه گیری ساده به طور دقیق می توانستند ارتفاع فنداسیون و ساختمان های هرمی شکل خود را اندازه بگیرند و نیز سنگ های به آن عظمت را به طور دقیق ببرند. آنان همچنین از سد استفاده می کردند و با آن تمام سرزمین شان را آبیاری می کردند. قرن ها پیش رومیان فلومترهای ابتدایی ساخته بودند تا با استفاده از آن آب را هدایت و توزیع کنند.

۳- تحلیل و بررسی :

سنسور سرعت خودرو Sensor Vehicle Speed:

این سنسور با داشتن یک پایه خروجی میتواند بصورت پالس، اطلاعات مربوط به سرعت لحظه ای خودرو را به ECU ارسال کند. محل قرارگیری این سنسور روی دیفرانسیل است. داخل این سنسور یک آهنربای دائم و یک سیم پیچ وجود دارد و با سیم کیلومتر در ارتباط است. نحوه عملکرد این سنسور بدین ترتیب است که با چرخش سیم کیلومتر، پالس هایی به ECU می

فرستد. به کمک این پالس ها ECU سرعت خودرو را محاسبه میکند.

سنسور دور موتور Engine Speed Sensor :

این سنسور با داشتن دو پایه ارتباطی به ECU میتواند بصورت امواج سینوسی، اطلاعات مربوطه به دور لحظه ای موتور را به ECU ارسال کند. این سنسور که وظیفه بسیار مهمی را بازی می کند. انتهای این سنسور که دارای یک آهنربای دائم و یک سیم پیچ است با چرخ دنده های فلایویل دور موتور که کمی جلوتر از فلایویل اصلی موتور است چند میلیمتر فاصله دارد. این فلایویل میتوانست شامل ۶۰ دنده منظم باشد که دو دندانه آن را برداشته اند. حین چرخش فلایویل هنگامی که محل دو دندانه پاک شده به سر انتهایی سنسور رسید ، دو پیستون هم کورس دقیقاً در نقطه مرگ بالا قرار دارند. ۱۸۰ درجه پس از این ، دو پیستون هم کورس دیگر هم به نقطه مرگ بالا میرسند. نحوه عملکرد این سنسور بدین صورت است که با عبور هر دندانه از جلوی سنسور، یک پالس به ECU فرستاده میشود. هنگامی که دندانه های پاک شده به سر انتهایی سنسور رسید دیگر پالسی ارسال نشده و ECU متوجه میشود که نقطه مرگ بالا فرا رسیده و باید دستور پاشش سوخت و جرقه زنی را صادر کند. دو دندانه پاک شده با احتساب ۶۰ دندانه در ۳۶۰ درجه، گستره ۱۲ درجه را شامل میشوند. این بدین معناست که حداکثر آوانس استاتیکی دلکو ۱۲ درجه میتواند باشد.

استپ موتور Motor Idling Regulation Step:

وظیفه اصلی این قطعه، روشن نگه داشتن خودرو در حالت دور آرام است. این قطعه وظیفه بسیار مهمتری نیز دارد. هنگامی که کولر را روشن میکنیم، کمپرسور بار خود را روی موتور وارد میکند. برای جبران آن، استپ موتور ژیگلور مربوطه را کمی به عقب تر می کشد. تا خود به خود گاز کمی زیاد شود. اگر سنسور ضربه نیز نصب شده بود استپ وظیفه گسترده تری داشت. در این حالت استپ موتور باید در هر لحظه سوزن ژیگلور مربوطه را طوری عقب و جلو می کرد تا ضربه حس شده توسط سنسور ضربه ، ناشی از احتراق ناقص سوخت، به گونه مناسبی جبران شده و یا بهبود یابد. استپ موتور کار ساسات را نیز انجام میدهد. در هنگامی که خودرو سرد است سوزن آن طوری تنظیم میشود که خودرو با اولین استارت روشن شود. کار دیگر استپ موتور، تنظیم هوای مورد مصرف سیلندرها در زمان رها کردن گاز است. در خودروهایی که فاقد این سیستم هستند با رها کردن گاز، تنظیم سوخت و

هوا به علت بسته شدن دریچه گاز به هم میخورد و دیده میشود که به هنگام رها کردن گاز، خودرو به طور لحظه ای دود میکند. اما در این سیستم با وجود استپ موتور دیگر این مشکل وجود ندارد. محل قرارگیری استپ موتور ، روی هوزینگ هوای ورودی است.

سنسور موقعیت دریچه گاز Throttle Potentiometer :

این سنسور که در انتهای دریچه گاز قرار دارد با این دریچه کوپل شده است. این سنسور شامل یک پتانسیومتر ساده است که سر وسط آن با حرکت دریچه گاز ، می لغزد.

سنسور فشار هوای ورودی (Inlet Manifold Sensor (MAP Sensor Pressure:

این سنسور که محل اصلی آن بر روی سینی فن است با یک شیلنگ به ابتدای دریچه هوای ورودی ارتباط دارد. و با هوای ورودی به این دریچه در تماس مستقیم است. این سنسور که از نوع پیزوالکتریک است در واقع یک پتانسیومتر ساده است که سر وسط آن با فشار هوا لغزیده، عقب و جلو رفته و کار میکند. نقش این سنسور از بعضی جهات بسیار مهم است. زیرا در شرایط مختلف فشار هوا(سطح دریا و یا کوهستان) متغیر خواهد بود. اگر این سنسور درست کار نکند ECU دیگر قادر نخواهد بود که میزان هوای ورودی را به درستی تعیین نماید.

سنسور دمای هوای ورودی Inlet Air Temperature sensor :

سنسور دمای هوای دارای ویژگی خاصی است که بر مبنای آن میتواند اطلاعات دمای هوای ورودی را به ECU برساند. این سنسور در ابتدای دریچه هوای ورودی قرار دارد و با هوای ورودی این دریچه در تماس مستقیم است. نقش این سنسور از بعضی جهات بسیار مهم است زیرا در شرایط مختلف دمایی، وزن هوای موجود در یک حجم بخصوص، ثابت نیست. در دمای پایین چگالی هوا افزایش یافته و در دمای بالا کاهش می یابد. پس اگر این سنسور درست کار نکند ECU دیگر قادر نخواهد بود که میزان هوای ورودی را به درستی تعیین نماید. گستره تغییرات مقاومت این سنسور حدود ۱۵۰ اهم تا ۴ کیلو اهم است.

گرمکن هوزینگ دریچه گاز Throttle Housing Resistor Heater :

این المنت گرم کننده که یک مقاومت حرارتی از نوع PTC است در هوزینگ هوای ورودی و در کنار دریچه گاز نصب شده است. و بلافاصله پس از باز کردن سوئیچ شروع به کار میکند. این المنت برای گرم نمودن نسبی

دریچه گاز و جلوگیری از یخ زدگی این دریچه در روزهای سرد و مرطوب بکار رفته و نهایتاً باعث جلوگیری از یخ زدگی دریچه گاز و منافذ هوای دور آرام میشود. در ابتدا، جریان عبوری از المنت زیاد است اما با افزایش دما مقاومت این المنت افزایش یافته و جریان کمی از آن عبور میکند. اما قطع نمی شود. لذا همواره این دریچه و این مسیر گرم می ماند. اهم گرمکن هوزینگ دریچه گاز در دمای معمولی حدود ۱۲ اهم است. محل قرارگیری فیوز گرمکن در جعبه سیاه رنگ داخل اتاق موتور سمت کمک فنر شاگرد است. فرق گرمکن کاربراتور با گرمکن سیستم انژکتوری این است که گرمکن کاربراتور برای گرم کردن نسبی مسیر سوخت و هوای دور آرام به کار رفته اما گرمکن سیستم انژکتوری برای گرم کردن هوزینگ دریچه گاز به کار میرود.

سنسور دمای آب رادیاتور Radiator Water Temperature Sensor:

سنسور دمای آب دارای ویژگی خاصی است که بر مبنای آن میتواند اطلاعات دمای آب رادیاتور را به ECU برساند. وظیفه این سنسور رسانیدن اطلاعات دمای آب رادیاتور به ECU است. لذا زمان تحریک رله قطع کن کولر و متعاقب آن قطع کلاچ کولر در دمای ۱۰۷ درجه سانتیگراد را این سنسور به ECU خبر میدهد.

۴- بحث و نتیجه گیری :

خودروها از گذشته تا امروز همواره دارای سنسور بوده‌اند. اما خودروهای مدرن امروزی سنسورهای پیشرفته‌ای علاوه بر سنسورهای قدیمی دارند که کم‌کم اهمیت و لزوم وجود خود را در یک خودرو ثابت می‌کنند. بسیاری از این سنسورها سال‌هاست در خودروها دیده می‌شوند. برای مثال سنسور دمای آب یا سنسور دور موتور از مواردی هستند که حتی در خودروهای کاربراتوری نیز به کار می‌رفتند، اما اکنون سنسورهای جدیدتری نیز به خودرو اضافه شده‌اند. مانند سنسور سنجش باد لاستیک‌ها.

۱- سنسور فشار هوای داخل منیفولد(MAP)

سنسور MAP که یکی از کلیدی‌ترین قطعات موتورهای انژکتوری است در منیفولد هوای ورودی نصب می‌شود و فشار هوای ورودی به داخل موتور را محاسبه کرده، اطلاعات به دست آمده را به ECU می‌فرستد. بعضی از خودروها علاوه بر سنسور MAP، سنسور دمای هوای مانی‌فولد هم دارند که دمای هوای ورودی به موتور را می‌سنجد. منیفولد ورودی هوای موتور و سنسورهای آن همواره در معرض جریان هوای چرب قرار دارند و به همین این دلیل خیلی زود چرب می‌شوند. این چربی به مرور روی سنسورها و قطعات داخلی آن‌ها رسوب کرده و مانع عمل‌کرد دقیق آنها می‌شود. به همین دلیل سرویس شدن دوره‌ای آن توصیه می‌شود.

۲- سنسور دمای هوای ورودی(IAT)

این سنسور، در خودروهای فاقد MAP به کار می‌رود و در خودروهای دارای MAP دو سنسور کنار هم تعبیه می‌شوند IAT .نوعی ترمیستور است که دمای هوای ورودی به موتور را ندازه‌گیری می‌کند و اطلاع می دهد IAT .که روی منیفولد هوای ورودی یا درچه‌ی گاز با کاهش مقاومت الکتریکی خود در اثر سرمای هوا موجب می‌شود تا ECU توسط پیش گرمکن که در مسیر ورودی هوای بعضی خودروها تعبیه می‌شود، هوا را کمی گرمتر کند. نتیجه‌ی این فرآیند روشن شدن راحت‌تر موتور در سرما است. این سنسور که از حساسیت کمتری برخوردار است ممکن است در اثر کربن‌گرفتگی یا روغنی شدن منیفولد هوا دچار آلودگی شده و در نتیجه کار خود را به خوبی انجام ندهد. در این صورت خودرو در هوای سرد به خوبی روشن نمی‌شود. خرابی این سنسور را با دیاگ تشخیص می‌دهند.

۳- سنسور دور موتور(RPM)

این سنسور از اصلی‌ترین حسگرهای خودروهای انژکتوری است که در صورت خرابی آن موتور با وجود استارت خوردن روشن نمی‌شود حتی گاهی موتور روشن بر اثر خرابی RMP خاموش می‌شود .سنسور دور موتور که سنسور دور میل‌لنگ نیز نامیده می‌شود از نوع القائی است و از یک آهنربای دائمی و یک سیم پیچ تشکیل می‌شود. این سنسور که روی پوسته کلاچ نصب می‌شود مقابل فلایویل با فاصله‌ی حدود ۱ تا ۲ میلی‌متر از آن قرار دارد. چرخش دنده‌های فلایویل که زیر این سنسور قرار دارند با چرخش خود در آن تولید سیگنال می‌کنند. این سیگنال که به ECU ارسال می شود سرعت دوران میل لنگ و موقعیت پیستون‌ها را به مرکز پردازش گزارش می‌دهدگاهی به دلیل رسوب روغن و گریس اطراف موتور روی این سنسور، دچار مشکل در ارسال سیگنال به ECU می‌شود که با تمیز کردن آن موتور روشن می‌شود. در خودروهای کاربراتوری از قطعه ای که شامل دو عدد سیم بود به جای این سنسور استفاده می‌شد. یکی از این سیم‌ها با IGN سوئیچ و سیم دیگر با پایه منفی کویل در ارتباط بود.

۴- سنسور اکسیژن

این سنسور که ابتدای مسیر اگزوز قرار می‌گیرد در موتورهای جدید نقش مهمی ایفا می‌کند. سنسور اکسیژن،میزان اکسیژن موجود در گازهای خروجی از موتور را اندازه گیری کرده و به ECU منتقل می‌کند. عملکرد سنسور اکسیژن باعث کاهش مصرف سوخت، افزایش راندمان موتور، و کاهش آلاینده‌های خودرو می‌شود. اهمیت این سنسور تا به آنجاست که در موتورهای جدیداز ۲ سنسور اکسیژن استفاده می‌شود. تغییرات ناشی از خرابی سنسور اکسیژن در عملکرد موتور خودرو کاملا محسوس است. علائم آن نیز شامل موارد زیر می‌شود:

– روشن شدن چراغ چک.

– با روشن کردن خودرو، به خصوص موقع سرد بودن موتور بوی خام سوزی از اگزوز احساس می‌شود.

– خوب گاز نخوردن موتور و به اصطلاح کپ زدن آن

– بالا رفتن مصرف سوخت.

ساختار سنسورهای اکسیژن نیز فرمی ثابت دارد که شامل اجزای زیر می‌شود:

– از بدنه سرامیکی یا چینی

– الکترودهای پلاتینیومی

– غلاف که از دی اکسید زیرکونیم است.

– المنت گرم شونده

۵- سنسور دمای مایع خنک کننده موتور

این سنسور که گاهی با نام سنسور دمای آب شناخته می‌شود دمای مایع خنک کننده‌ی موتور را به ECU گزارش می‌دهد. داخل این سنسور که با سیستم مقاومت متغیر با ضریب حرارتی منفی عمل می‌کند دو سنسور مقاومتی قرار دارد. یکی برای ارسال سیگنال به ECU با آن در ارتباط است و دیگری به پشت آمپر آب متصل می‌شود ECU .بر حسب اطلاعات سنسور آب، غلظت مخلوط سوخت را برای بیشترین بازدهی موتور تنظیم می کند. خرابی سنسور دمای آب دو حالت دارد؛ زمانی که سنسور، دمای آب را بالاتر از آنچه هست اعلام می‌کند و باعث می‌شود ECU سوخت را رقیق‌تر از نیاز موتور کند. در نتیجه موتور روشن نمی شود و یا پس از استارت‌های زیاد روشن می‌شود .در صورت روشن شدن هم توان موتور پایین است و به سختی گاز می‌خورد.

۶- سنسور سرعت خودرو

این سنسور سرعت حرکت خودرو را به ECU و آمپر سرعت گزارش می‌دهد. این سنسور علاوه بر مشخص کردن سرعت خودرو، دور آرام موتور را هنگام حرکت خودرو تثبیت می‌کند، شتاب خودرو را بهینه می‌سازد، و نوسانات موتور را کاهش می‌دهد. سنسور سرعت در بخشی از گیربکس تعبیه شده و خرابی آن باعث عدم نمایش کارکرد و میزان سرعت خودرو در پشت آمپر می‌شود. سنسور سرعت، اطلاعات خود را در ارتباط با پیتون در گیر با دنده به دست می‌آورد.

۷- سنسور دریچه گاز

این سنسور که شرایط دریچه‌ی گاز را به ECU گزارش می‌دهد در واقع مکمل سنسور MAP است. لازم به ذکر است که سنسور دریچه‌ی گاز تنها در موتورهایی استفاده می‌شود که دارای دریچه گاز مکانیکی هستند یعنی دریچه در آن‌ها با سیم گاز باز و بسته می‌شود. در واقع سنسور دریچه‌ی گاز علاوه بر گزارش حالت‌های مختلف این درچه اعم از بسته، نیمه باز و باز بودن کامل آن بهECU ، وضعیت‌های دیگری مانند افزایش شتاب و قطع پاشش سوخت را نیز گزارش می‌کند. این سنسور روی دریچه گاز نصب می‌شود و از یک سمت درون دریچه گاز و از سمت دیگر به سیم گاز وصل استدر صورت خرابی آن، دور موتور حتی با گاز دادن به سختی بالا می‌رود و خودرو در هنگام حرکت به اصطلاح ریپ می زند .همچنین بازده موتور کاهش یافته و گاهی، خود به خود گاز خورده و دور آن بالا و پایین می‌شود.

۸- سنسور ضربه

این سنسور در واقع همان سنسور ناک معروف است. ناک نوعی سنسور است که ضربه را به برق تبدیل می‌کند. سنسور ناک که درون دو قاب مرتعش چدنی قرار دارد روی بلوک سیلندر وصل می‌شود. وظیفه آن بررسی عملکرد سیستم جرقه‌زنی و انفجار در اتاقک احتراق و گزارش ضربات ناشی از احتراق زودرس که ایجاد کوبش می کند به ECU است. در صورتیکه در موتور، ضربات غیر عادی وجود داشته باشد، ناک موضوع را به ECU انتقال داده و چراغ چک روشن می‌شود تا راننده از بد کار کردن موتور مطلع گردد. احتراق زودرس و ضربات ناشی از آن در موتور ممکن است به این دلایل رخ دهد:

- نقص در هر یک از قطعات سیستم جرقه زنی.
- کاهش تراکم مخلوط سوخت و گاز بدلیل خرابی سوپاپ‌ها و یا تنظیم نبودن زمان‌بندی آن‌ها.

۹- سنسور استپر موتور

استپر موتور خودرو را در دورهای پایین موتور روشن نگه می‌دارد. همچنین که کولر خودرو در زمان فعالیت، بار کمپرسور خود را روی موتور وارد می‌کند. برای جبران دور موتور کاهش یافته، ECU از طریق استپ‌موتور یا دریچه‌ی گاز کمی گاز را زیاد می‌کند تا کمی دور موتور بالا برود. خرابی استپر خودرو عواقب زیر را به همراه دارد:

- خاموش شدن موتور مخصوصا هنگام رها کردن ناگهانی پدال گاز.

- کاهش چشم‌گیر دور موتور در مواقع فعالیت کولر

- گاز خوردن خود به خود خودرو پس از روشن شدن موتور.

- کاهش و افزایش بی‌دلیل دور موتور در سرعت‌های پایین خودرو.

- محل قرارگیری استپر موتور، روی هوزینگ هوای ورودی است.

۱۰- سنسور جریان هوا یاMAF

سنسور جریان هوا (MAF) سنسوری است که توسط ECUکنترل می‌شود و چگالی هوای وارد شده به موتور را محاسبه می‌کند. محل قرار گرفتن آن در کنار سوپاپ ورودی هوا است. این سنسور از یک سیم داغ تشکیل شده است که دمای آن توسط ECU کنترل می‌شود. سنسور جریان هوا به ECU در تنظیم مقدار مناسب هوا برای بهترین بازده موتور کمک می‌کند هم‌چنین از مصرف بیهوده‌ی سوخت جلوگیری می‌نماید. در صورت خرابی آن علاوه بر بالا رفتن مصرف سوخت، عملکرد موتور با اختلال مواجه شده و حتی ممکن است خودرو خاموش شود.

۱۱- سنسور موقعیت میل سوپاپ

این سنسور شرایط دقیق میل سوپاپ را به ECU گزارش می‌دهد. به بیان بهتر با بررسی شرایط میل‌سوپاپ موقعیت سیلندر یک را اندازه‌گیری و به ECUارسال می‌کند ECU .براساس این گزارش ترتیب تزریق سوخت در سیلندرها را مشخص می‌کند. این سنسور که در انتهایی‌ترین بخش میل سوپاپ قرار دارد، شامل یک المنت و یک قطعه نیمه هادی است. سنسور میل سوپاپ با جریان الکتریکی مغناطیسی فرایند انتقال پیام را انجام می‌دهد. میل سوپاپ در محل نصب این سنسور یک برآمدگی دارد. با حرکت این برآمدگی از مقابل سنسور میل سوپاپ سطح فاز میدان مغناطیسی المنت سنسور تغییر کرده و سیگنال ارسال شده به ECU نیز تغییر می‌کند. سنسور فشارروغن این سنسور وظیفه سنجش فشار روغن موتور را بر عهده دارد. کاهش فشار روغن موجب آسیب به موتور خودرو می‌شود. این سنسور در خودروهای کاربراتوری نیز موجود بود و با کاهش سطح فشار چراغ هشدار پشت آمپر مربوط به روغن موتور را با ایجاد جریان الکتریکی روشن می‌کرد. در صورت خرابی آن ممکن است چراغ روغن در زمان مناسب بودن فشار روغن بی‌دلیل روشن شود و یا هنگام افت فشار روغن روشن نشود.

۱۲- سنسور سطح بنزین

این سنسور که در واقع یک پتانسیومتر است نیز از مجموعه سنسورهای قدیمی خودرویی محسوب می‌شود که در مدل‌های کاربراتوری نیز به کار می‌رفت. به آن سنسور شناور بنزین نیز می‌گویند چرا که با اتصال به شناور سیستم پمپ بنزین مقدار بنزین موجود در باک را اندازه‌گیری کرده و میزان آن را با درجه‌ی بنزین روی پشت آمپر به راننده گزارش

می‌دهد. در خودروهای انژکتوری این گزارش به ECU ارسال می‌شود. خرابی آن باعث می‌شود میزان واقعی بنزین در پشت آمپر نمایش داده نشود.

منابع و مراجع:

1. William B. Ribbens, Understanding Automotive Electronics, Butterworth-Heinemann publications, 7th Edition, 2012.
2. Walter E, Billiet and Leslie .F, Goings, 'Automotive Electric Systems', American Technical Society,Chicago, 1971.
3. Judge.A.W, 'Modern Electric Equipments for Automobiles', Chapman and Hall, London, 1975.
4. Bechtold, Understanding Automotive Electronic, SAE, 2010.
5. BOSCH, Automotive Hand Book, Bentely Publishers, Germany, 9th Edition, 2014.

6. Sonde.B.S., 'Transducers and Display System', Tata McGraw Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi, 1977.
7. W.F. Walter, 'Electronic Measurements', Macmillan Press Ltd., London.
8. E.Dushin, 'Basic Metrology and Electrical Measurements', MIR Publishers, Moscow,1989.
9. Young A.P., Griffiths L., Automotive Electrical Equipment, ELBS & New Press, 2010.
10.Tom Weather Jr., Cland C. Hunter, Automotive computers and control system, Prentice Hall Inc., New Jersey,2009.
11.Crouse W.H., Automobile Electrical Equipment, McGraw Hill Co. Inc., New York,2005.
12.Whelan, M.J., Gangone, M.V., Janoyan, K.D.: 'Highway bridge assessment using an adaptive real-time wireless sensor network', *IEEE Sens. J.*, 2009, 9, (11), pp. 1405– 1413.

13.Kim, J., Lynch, J.P.: 'Experimental analysis of vehicle–bridge interaction using a wireless monitoring system and a two-stage system identification technique', *Mech. Syst. Signal Process.*, 2012, 28, (Complete), pp. 3– 19.
14.Uchimura, Y., Nasu, T., Takahashi, M.: 'IEEE 802.11-based wireless sensor system for vibration measurement', *Adv. Civil Eng.*, 2010, 2010, (11), p. 9.
15.Jung, J., Song, B., Park, S.: 'The possibility of wireless sensor networks for commercial vehicle load monitoring', *SIGBED Rev.*, 2011, 8, (4), pp. 30– 34.

16.Paul, D., Kim, T.H.: 'On the feasibility of the optical steering wheel sensor: modeling and control', *Int. J. Autom. Technol.*, 2011, 12, (5), pp. 661– 669.
17.Bajcinca, N.: 'Wireless cars: a cyber-physical approach to vehicle dynamics control', *Mechatronics*, 2015, 30, pp. 261–274.
18. Jo, K., Lee, M., Sunwoo, M.: 'Road slope aided vehicle position estimation system based on sensor fusion of GPS and automotive onboard sensors', *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 2016, 17, (1), pp. 250– 263.