۱۱

مهندسی تکنولوژی خودرو

کاربرد تکنولوژی های پیشرفته در خودرو

تالیف: مهندس مهدی خرازان

فصل اول

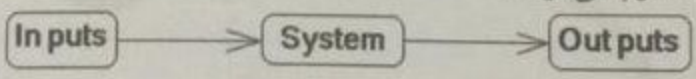
سیستم‌های کنترل کننده

Controller Systems

۱-۱- معرفی سیستم‌های کنترل کننده (Controller Systems Introduce)

خودرو شامل مجموعه‌های مختلفی همچون موتور، انتقال قدرت، ترمز، فرمان، تعلیق و .... است که هر یک از آنها دارای وظایف مشخصی می‌باشند. در هر یک از این مجموعه‌ها، عوامل مؤثری بر روی عملکرد مجموعه وجود دارد که با کنترل آنها می‌توان عملکرد سیستم را بهبود بخشید.

- سیستم‌های کنترل کننده وظیفه دارند با کنترل پارامترهای مؤثر، باعث بهبود عملکرد این مجموعه‌ها گردند. در یک سیستم کنترل کننده، عوامل مؤثر بر روی عملکرد مجموعه به‌عنوان پارامترهای ورودی و نتایج عملکرد سیستم به عنوان خروجی‌ها محسوب می‌گردند.



شکل ۱- ۱- ورودی سیستم (عوامل موثر) و خروجی سیستم (نتایج حاصله)

- به‌طور مثال در عملکرد موتور، عوامل مؤثری همچون مقدار هوای ورودی، مقدار سوخت تزریق شده، زمان جرقه‌زنی، شکل محفظه احتراق، نسبت تراکم، عدد اکتان سوخت، تنظیمات سوپاپ‌ها (فیلرگیری) و .... وجود دارد که به‌عنوان پارامترهای ورودی محسوب می‌گردند. با کنترل این پارامترهای ورودی می‌توان عملکرد موتور و خروجی‌های سیستم را بهبود بخشید. این خروجی‌ها شامل مواردی همچون قدرت تولید شده، گشتاور موتور، مصرف سوخت، راندمان موتور، کیفیت احتراق، جلوگیری از پدیده خودسوزی، آرام کار کردن موتور و ... می‌باشند.

به‌عنوان مثالی دیگر می‌توان به عملکرد سیستم تعلیق اشاره نمود که پارامترهای ورودی (عوامل مؤثر)، مواردی همچون ضریب میرایی کمک فنرها، سختی فنرها، مقدار جرم‌های معلق و غیرمعلق می‌باشد و عملکرد سیستم تعلیق، راحتی سرنشینان و پایداری خودرو به‌عنوان خروجی‌های آن محسوب می‌گردد.

بنابراین در سیستم‌های کنترل کننده با اندازه‌گیری پارامترهایی که بیانگر عملکرد سیستم و خروجی‌های آن می‌باشد، اطلاعاتی به‌دست می‌آید. این اطلاعات با اطلاعات موجود در قسمت پردازشگر، مقایسه گردیده و پردازش‌های لازم انجام می‌پذیرد. سپس توسط واحد پردازشگر الکترونیکی، فرمان‌هایی صادر می‌گردد که با اجرای آنها، پارامترهای ورودی کنترل گردیده و باعث بهبود عملکرد سیستم می‌شود.

۱-۲- اجزای سیستم‌های کنترل کننده (Controller Systems Elements)

علی‌رغم تمامی تفاوت‌هایی که در سیستم‌های کنترل کننده وجود دارد، در بین همه سیستم‌های کنترل کننده، یک وجه اشتراک مهم وجود دارد. این وجه اشتراک مربوط به ساختار سیستم می‌باشد. به‌طوری که هر سیستم کنترل کننده دارای سه بخش اصلی است:

۱- سنسورها (حسگرها) (Sensors)

سنسورها وسایل اندازه‌گیری مختلفی هستند که هر مدل از آنها، وظیفه اندازه‌گیری پارامترهای مشخصی را برعهده دارد. با اندازه‌گیری پارامترهای موجود در یک سیستم، امکان درک بهتر شرایط سیستم و مشخصه‌های آن بوجود می‌آید. از نمونه‌های متداول سنسور، می‌توان به سنسورهای فشار، دما، سرعت، دبی، ضربه و .... اشاره نمود.

شکل ۱-۲- یک نمونه سنسور

- با توجه به اینکه اساس کار اغلب سیستم‌های کنترلی بصورت الکترونیکی است، لازم است که مقدار اندازه‌گیری شده توسط سنسور، تغییر ماهیت داده و به یک سیگنال الکتریکی تبدیل شود. این کار توسط

ترانس‌دیوسر (Transducer) انجام می‌شود. پس از آن لازم است که این سیگنال الکتریکی ارسال گردد. وظیفه ارسال مطمئن این سیگنال الکتریکی نیز وظیفه بخش دیگری به نام ترانس‌میتر (Transmitter) است. قسمت‌های ترانس‌دیوسر و ترانس‌میتر به‌عنوان بخش‌های جانبی سنسور محسوب می گردند که وظیفه تبدیل مقدار اندازه گیری شده به سیگنال الکتریکی و ارسال آن را برعهده دارند.

۲- واحد کنترل الکترونیکی (Electronic Control Unit) (ECU)

واحد کنترل الکترونیکی (ECU)، یک مدار الکترونیکی است که قابلیت برنامه‌ریزی دارد. این واحد نقش مغز سیستم را ایفاء نموده و عمل پردازش اطلاعات را انجام می‌دهد. دراین واحد، پس از دریافت اطلاعات سنسورها به‌صورت سیگنال‌های الکتریکی، عملیات مقایسه و پردازش اطلاعات انجام پذیرفته و سپس دستورات لازم در جهت بهبود سیستم صادر می گردد. این دستورات به‌صورت سیگنال‌های الکتریکی هستند؛ اما این سیگنال‌ها ضعیف بوده و نیاز به تقویت دارند. به همین دلیل یک بخش تقویت کننده (Amplifier) نیز درنظر گرفته شده است که وظیفه تقویت این سیگنال‌های ضعیف را برعهده دارد.

شکل۱-۳- واحد کنترل الکترونیکی (ECU)

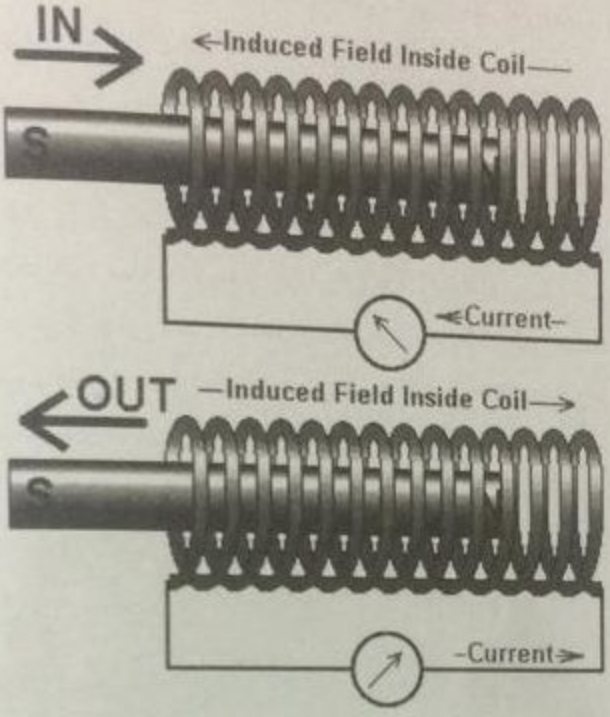
۳- عملگرها (Actuators)

دستورات صادر شده توسط ECU، پس از تقویت سیگنال به‌سوی عملگرها ارسال می گردند. عملگرها وسایلی هستند که این دستورات را دریافت نموده و با اجرای آنها سعی در بهبود عملکرد سیستم دارند.

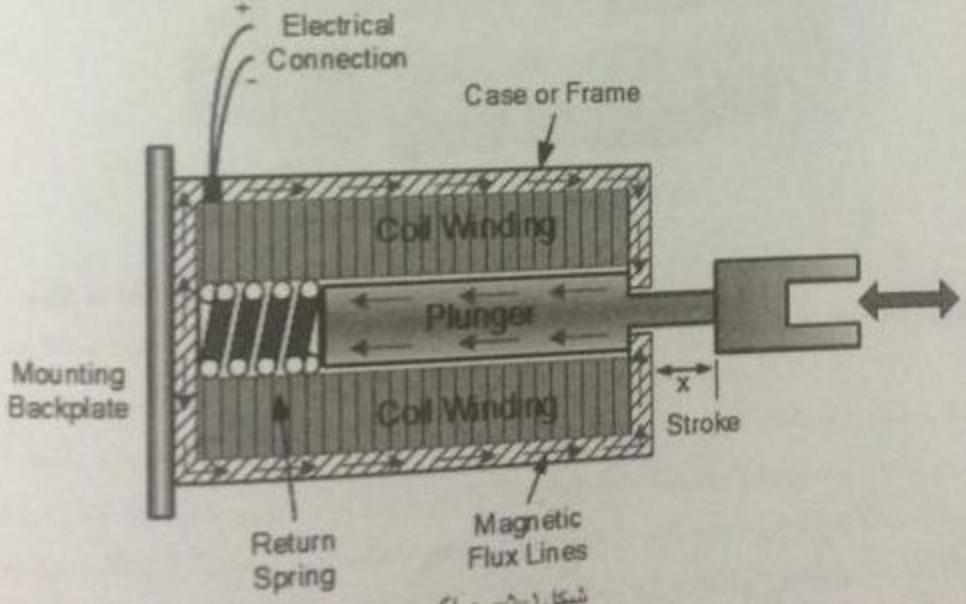
– عملگر نیز از دوبخش تشکیل شده است. یک بخش آن، محرک است که سیگنال الکتریکی را به حرکت تبدیل می کند. این قسمت می‌تواند یک سولونوئید باشد که با عبور جریان الکتریکی از درون سیم پیچ آن، باعث ایجاد میدان مغناطیسی گردیده و همین میدان مغناطیسی با ایجاد نیروهای مغناطیسی، عامل ایجاد حرکت می‌شود.

– بخش دوم نیز همان عملگر است که این حرکت را تبدیل به یک عمل مؤثر در سیستم می‌نماید. این حرکت گاهی

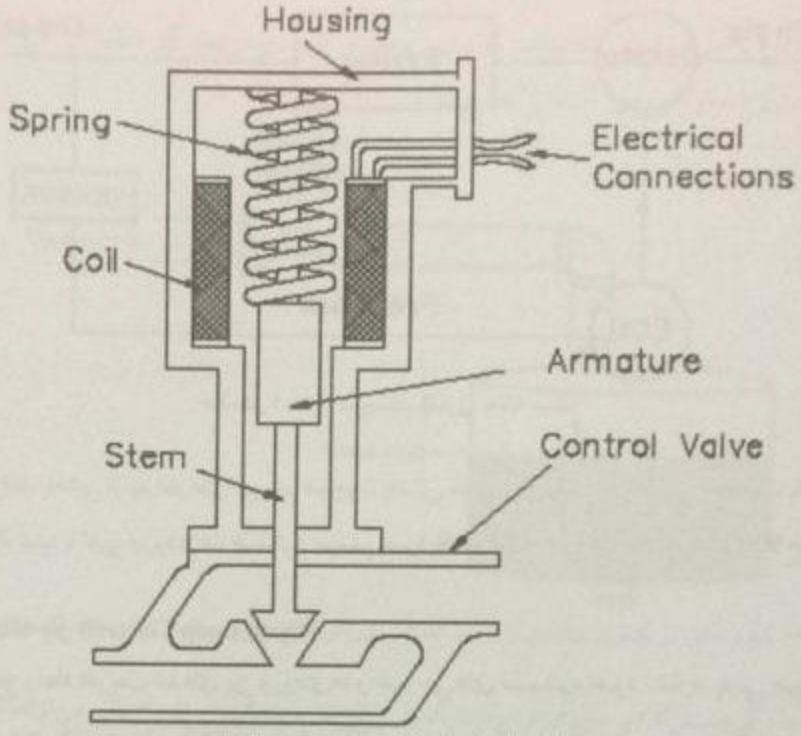
اوقات یک سیلندر را به حرکت درمی‌آورد و گاهی دیگر یک شیر را باز و بسته می‌کند و یا عمل دیگری را در سیستم انجام می‌دهد.



شکل ۱-۴- قسمت محرک عملگر



شکل ۱-۵- عملگر



شکل ۱-۶- شیر برقی (نوعی عملگر)

۱-۳- انواع سیستم‌های کنترل کننده (Controller Systems Kinds)

سیستم‌های کنترل‌کننده از لحاظ نحوه‌ی عملکرد و روش کنترل سیستم به دو گروه کلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

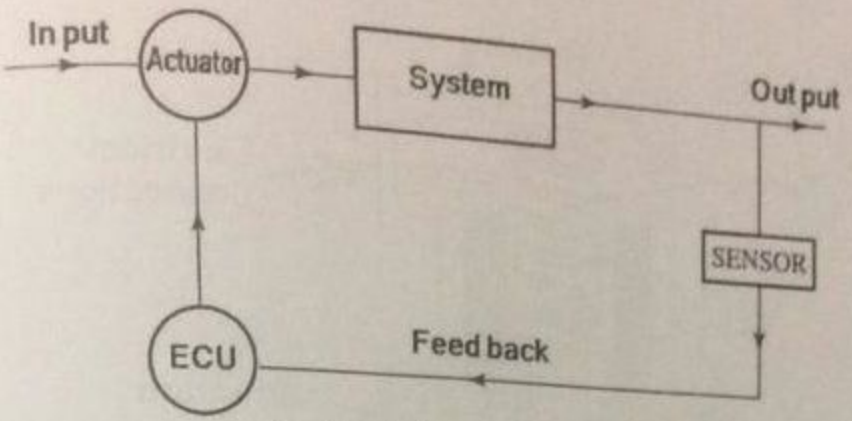
۱- کنترل حلقه‌بسته (Closed Loop Control)

- دراین نوع از سیستم‌های کنترل‌کننده، یک رابطه تعریف شده بین ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم وجود دارد. به‌طوری‌که همواره از خروجی‌های سیستم، بازخورد (Feed Back) گرفته می‌شود. دراین حالت، اطلاعات به‌دست آمده از بازخورد (فیدبک)، مبنای کنترل ورودی‌های سیستم می‌باشد.

- یکی از مزیت‌های این مدل، دقت بالا و تناسب فرمان‌های صادر شده با شرایط سیستم می‌باشد. زیرا نحوه‌ی کنترل ورودی‌های سیستم براساس اطلاعاتی است که از خروجی‌ها به‌دست آمده است.

در سیستم کنترل حلقه بسته، هرگونه خطایی در خروجی سیستم که نتیجه عملکرد نامناسب سیستم است به سرعت بازخورد داده می‌شود و با اصلاح پارامترهای ورودی، سریعاً برطرف می‌گردد. یعنی عملکرد سیستم، بسیار پویا و زنده است.

- یک نمونه از سیستم کنترل حلقه بسته، سیستم کنترل احتراق در موتورهای جدید می‌باشد. در این سیستم، هرگونه خودسوزی، خام سوزی، بدکار کردن موتور و.... به سرعت توسط پیغام‌هایی که از جانب سنسورها ارسال می‌گردد به ECU گزارش داده می‌شود. ECU نیز فرمان‌هایی را صادر می‌نماید. با صدور این فرمان‌ها،



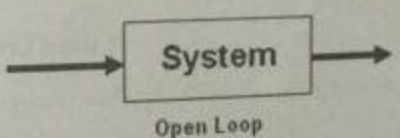
- شکل ۱-۷- سیستم کنترل حلقه بسته

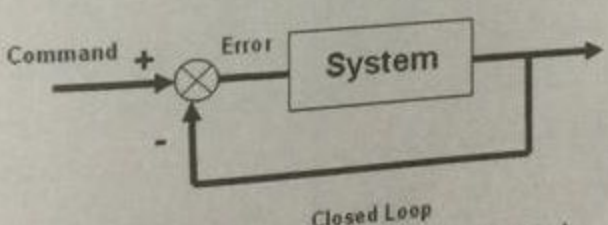
عملگرها می‌توانند بخشی از پارامترهای سیستم همچون پاشش سوخت و زمان جرقه‌زنی را متناسب با شرایط تغییر می‌دهند. بدین ترتیب با تغییر ورودی‌ها، عملکرد سیستم بهبودیافته و نتایج خروجی‌های سیستم اصلاح می گردد.

۲- کنترل حلقه باز (Open Loop Control)

- در این مدل، هیچ رابطه تعریف شده‌ای بین ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم وجود ندارد. یعنی هیچ بازخوردی (فیدبک) از خروجی‌های سیستم گرفته نمی‌شود و کنترل ورودی‌های سیستم بصورت مستقل و صرفاً براساس اطلاعات از پیش تعریف شده انجام می‌پذیرد.

- سیستم‌های کنترل‌کننده حلقه باز دارای ساختاری ساده‌تری می‌باشند. به‌همین دلیل هم ارزان قیمت‌تر هستند و هم از دقت کافی برخوردار نیستند. اما در بسیاری از مواقع می‌توانند نیاز سیستم را برطرف کنند و نیازی به سیستم‌های پیچیده‌تر نیست.

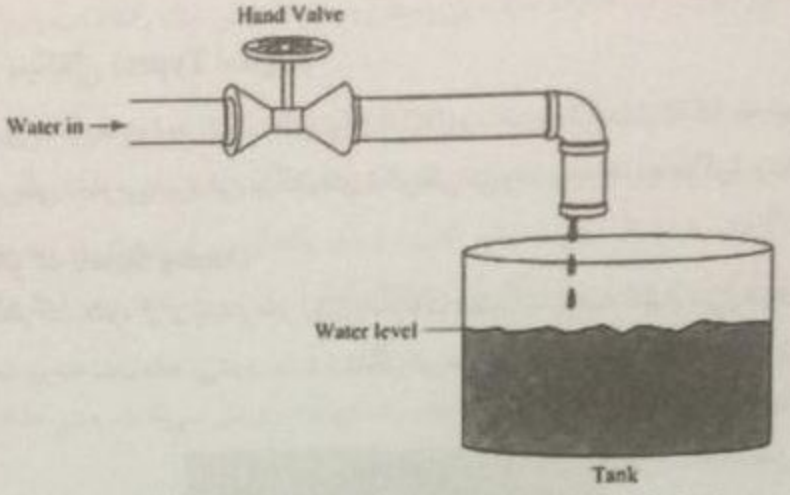




شکل ۱-۸- مقایسه کنترل حلقه باز با کنترل حلقه بسته

- نمونه کنترل حلقه باز، شیر آبی است که آب خروجی آن، درون مخزن می‌ریزد. اگر عمل باز و بسته شدن شیر آب برای کنترل جریان آب، بدون توجه به مقدار آب موجود در مخزن باشد؛ این نوع کنترل جریان آب از نوع کنترل حلقه باز است. سیستم سوخت‌رسانی کاربراتوری، مدل دیگری از سیستم کنترل حلقه باز است. زیرا مقدار

- سوخت ورودی به آن صرفاً براساس تنظیمات کاربراتور و مقدار باز بودن دریچه گاز تنظیم می گردد و هیچ گونه بازخوردی از عملکرد موتور برروی آن تأثیر گذار نیست.



شکل۱-۹- نمونه‌ای از کنترل حلقه باز که با دخالت اپراتور انسانی می‌تواند به حلقه بسته تبدیل شود.

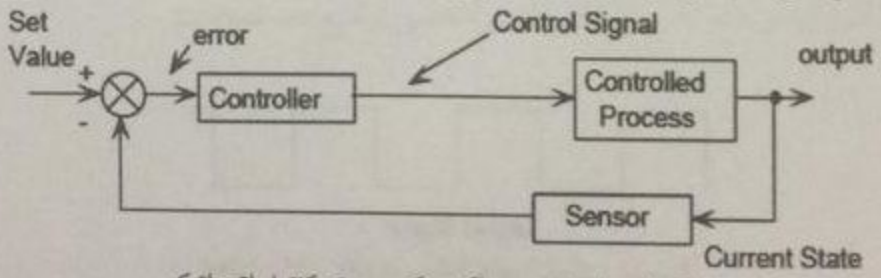
البته لازم به ذکر است که در بسیاری از موارد، کنترل حلقه باز با دخالت اپراتور انسانی می‌تواند به کنترل مدار بسته تبدیل شود. بطور نمونه در همان مثال شیر آب، اگر فردی که شیر آب را باز و بسته می‌نماید، توجه به آبی که وارد مخزن شده است، داشته باشد و هر گاه که مخزن پرشد، شیر را ببندد؛ سیستم کنترل کننده را از حالت حلقه باز به حالت حلقه بسته تبدیل نموده است؛ زیرا بر اساس بازخوردی که از حجم آب مخزن بدست آورده، عمل نموده است.

۱-۴- روش‌های کنترل (Control Methods)

به‌منظور مشخص شدن عامل انسانی، تقسیم‌بندی دیگری نیز وجود دارد که از این دیدگاه می‌توان سیستم‌های کنترل را به دو گروه تقسیم نمود:

۱- کنترل خودکار (اتوماتیک) (Automatic)

سیستم‌هایی که نیاز به دخالت اپراتور انسانی ندارند و عمل کنترل را بصورت مستقل انجام می‌دهند، جزء سیستم‌های کنترل خودکار (اتوماتیک) محسوب می گردند.



شکل۱- ۱۰- نحوه عملکرد یک سیستم کنترل اتوماتیک

۲- کنترل غیرخودکار (دستی) (Manual)

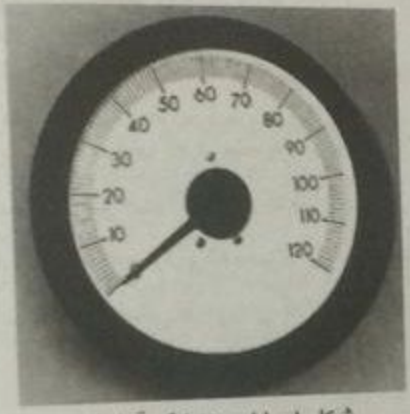
اگر فرآیند کنترل، نیازمند دخالت اپراتور انسانی باشد به آن کنترل غیر خودکار گفته می‌شود.

۱-۵- انواع سیگنال (Signal Types)

انتقال اطلاعات بین ماژورها و واحد کنترل الکترونیکی (ECU) و یا صدور فرمان از ECU به عملگرها، توسط سیگنال‌های الکتریکی انجام می‌پذیرد. این سیگنال‌های الکتریکی می‌توانند پیغام‌ها را به دو گونه ارسال نمایند:

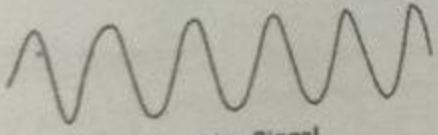
۱- سیگنال آنالوگ (Analog Signal)

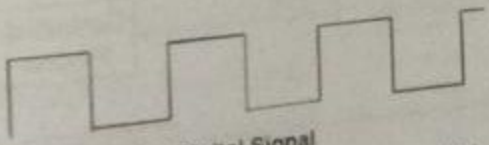
در سیستم‌های آنالوگ، اندازه‌گیری پارامترها و ارسال اطلاعات بصورت پیوسته انجام می‌پذیرد. دراین حالت تغییرات به‌صورت پیوسته نشان داده می‌شود. مانند نشانگرهای عقربه‌ای که تغییرات را به‌صورت پیوسته نشان می‌دهند.



شکل ۱- ۱۱- نشانگر آنالوگ

بطور مثال در دماسنج‌های الکتریکی آنالوگ، با افزایش دما، مقاومت الکتریکی نیز تغییر نموده و عبور جریان الکتریکی بیشتر، باعث ایجاد میدان مغناطیسی قوی‌تر در بوبین می‌شود. در نهایت میدان مغناطیسی قوی‌تر نیز باعث می‌گردد که عقربه نشانگر مقدار بیشتری را نشان دهد.





شکل ۱- ۱۲- تفاوت سیگنال‌های آنالوگ و دیجیتال

۲- سیگنال دیجیتال (Digital Signal)

ـ در سیستم دیجیتال، ارسال اطلاعات بصورت ناپیوسته و با استفاده از منطق صفر و یک می‌باشد. یعنی یا چیزی وجود دارد و یا هیچ چیزی وجود ندارد و حالت بین وسط وجود ندارد. بطور مثال یک لامپ یا روشن است و یا خاموش می‌باشد.

ـ مبنا در منطق دیجیتال، حالت دو وضعیتی است. یعنی یا جریان الکتریکی وجود دارد و یا جریان قطع است. اما برای اینکه امکان ارسال اطلاعات وجود داشته باشد، لازم است که تعداد زیادی از این المان‌های دو وضعیتی با یکدیگر ترکیب گردند. بطور مثال در سیستم‌های کامپیوتری، هر یک از این المان‌های دو وضعیتی، بیت (Bit) نامیده می‌شود و از ترکیب هر هشت بیت، یک بایت (Byte) بوجود می‌آید. با استفاده از هر بایت نیز می‌توان یک کاراکتر (حرف و یا رقم) را تعریف نمود.

در نشانگرهای دیجیتال نیز تغییر مقدار پارامترها بصورت ناپیوسته و پرشی می‌باشد. یعنی مقادیر کوچکتر از واحد را نشان نمی‌دهد و مقادیر بصورت پله‌ای تغییر می‌نماید.

شکل ۱- ۱۳- نشانگر دیجیتال

۱۰-۶- کاربرد سیستم‌های کنترل کننده در خودرو
(Controller Systems Application In Vehicle)

مهمترین تکنولوژی‌های پیشرفته‌ای که در خودروهای امروزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، سیستم‌های کنترل کننده هستند. این سیستم‌ها معمولاً تلفیقی از مکانیک و الکترونیک (مکاترونیک) می‌باشند.

در این سیستم‌های کنترل کننده که به منظور کنترل سیستم‌های مختلف خودرو همچون موتور، ترمز، تعلیق، فرمان و .... مورد استفاده قرار می‌گیرند، تمام اجزای یک سیستم کنترلی یعنی سنسورها، ECU و عملگرها وجود دارند. در تمام این سیستم‌ها، سنسورهایی وجود دارند که وضعیت عملکرد آن سیستم را اندازه‌گیری نموده و اطلاعات مربوطه را به ECU گزارش می‌دهند. همچنین عملگرهایی وجود دارند که براساس فرمان‌های صادرشده توسط ECU عمل نموده و باعث بهبود عملکرد سیستم می‌شوند. بحث اصلی این کتاب نیز پرداختن به این سیستم‌ها و نحوه‌ی عملکرد آنها می‌باشد که در فصل‌های بعدی به تفصیل توضیح داده شده است.

فصل دوم

تجهیزات کنترل

Control Equipments

۲-۱- مقدمه (Introduction)

همانگونه که در فصل قبل گفته شده هر سیستم کنترل کننده از سه بخش اصلی تشکیل یافته است:

۱- سنسورها (حسگرها) (Sensors)

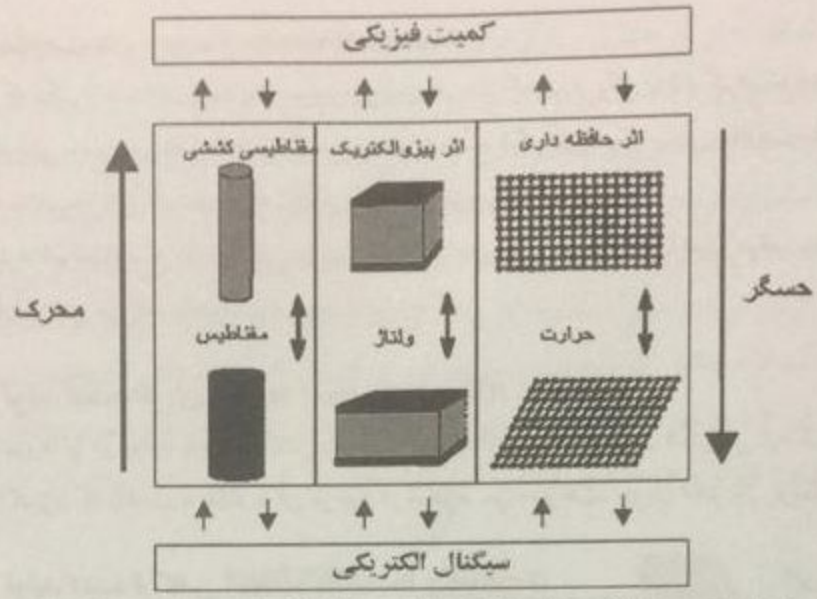
۲- پردازشگر (واحد کنترل الکترونیکی) (ECU) (Electronic Control Unit)

۳- عملگرها (Actuators)

این اجزاء به‌عنوان تجهیزات و اجزای یک سیستم کنترل کننده محسوب می گردند. یعنی بخشی از تجهیزات یک سیستم کنترلی، همان سنسورها هستند که وظیفه اندازه گیری پارامترها را برعهده دارند و بخش دیگری عملگرهای سیستم می‌باشند که وظیفه تأثیر گذاری برروی سیستم را برعهده دارند. واحد کنترل الکترونیکی نیز به‌عنوان پردازشگر و مغز سیستم محسوب می گردد. دراین فصل به معرفی بیشتر این اجزاء و توضیحاتی در خصوص انواع آنها و مکانیزم عملکردی‌شان پرداخته شده است.

۲-۲- سنسورها (حسگرها) (Sensors)

سنسور (Sensor) واژه‌ای لاتین است که در فارسی به‌صورت ((حسگر)) ترجمه شده است. همان گونه که از نام این وسیله پیداست، وظیفه حس کردن یک کمیت و اندازه گیری آن را برعهده دارد.



شکل۲-۱- حسگرها (سنسورها)، کمیت‌های فیزیکی را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کنند و قسمت محرک عملگر، برعکس آن را انجام می‌دهد.

- سنسورها وسایلی هستند که یک کمیت فیزیکی را حس نموده و آن را تبدیل به یک سیگنال الکتریکی می‌نمایند. این کمیت فیزیکی می‌تواند از نوع مکانیکی، حرارتی، شیمیایی، مغناطیسی، الکتریکی، نوری، صوتی، هسته‌ای، زمان و .... باشد. در جدول (۲-۱) به تعدادی از این کمیت‌های قابل اندازه‌گیری توسط سنسورها اشاره شده است. لازم به‌ذکر است که قسمت محرک یک عملگر، عملی برعکس سنسورها انجام می‌دهد. یعنی با دریافت یک سیگنال الکتریکی، یک فرآیند فیزیکی را انجام می‌دهد.

البته سیگنال الکتریکی تولید شده توسط سنسور می‌تواند به صورت‌های مختلفی باشد. بر این اساس می‌توان سنسورها را به مدل‌های زیر تقسیم بندی نمود:

- جدول ۲-۱- کمیت‌های قابل اندازه‌گیری توسط سنسورها

نوع کمیت	کمیت‌های قابل اندازه‌گیری
مکانیکی	فشار، وزن، ابعاد جسم، جرم حجمی، دبی سیال، مسافت، سرعت، شتاب، نیرو، گشتاور، ....
حرارتی	دما (درجه حرارت)، جریان گرما، میزان تشعشع حرارتی، ....
شیمیایی	غلظت، رطوبت، مقدار PH، نوع مولکول یا یون، ....
مغناطیسی	شدت میدان مغناطیسی، نوع قطب‌های مغناطیسی، ....
الکتریکی	شدت جریان، ولتاژ، مقاومت، فرکانس، ....
نوری	شدت نور، طول موج، شار تابش، پلاریزاسیون، ....
صوتی (آکوستیک)	شدت صوت، سرعت انتشار، میزان جذب صدا، فرکانس، ....
هسته‌ای	میزان تشعشعات، انرژی تابش، شار تابش، درجه یونیزاسیون، ....
زمان	دوره تناوب، تعداد، زمان کل، ....

۱- سنسور مقاومت متغیر (Variable Resistance Sensor)

- در این مدل که یکی از مدل‌های پر کاربرد سنسور می‌باشد، تغییرات کمیت فیزیکی اندازه گیری شونده باعث تغییر مقاومت الکتریکی سنسور می‌شود. به طور مثال، ترمیستور (دماسنج الکتریکی) یک سنسور مقاومت متغیر محسوب می گردد که متناسب با تغییرات دما، مقاومت الکتریکی اش تغییر می کند.

پتانسیومترها (موقعیت سنج ها) نیز نوعی سنسور مقاومت متغیر می‌باشند که با تغییر موقعیتشان، مقاومت الکتریکی‌شان نیز تغییر می کند. مانند سنسور موقعیت دریچه گاز

۲- سنسور تولید کننده جریان (Current Producer Sensor)

- بعضی از سنسورها نیز در مواجه با یک واکنش محیطی، الکترون آزاد نموده و جریان الکتریکی ارسال می‌نمایند. مثل سنسور اکسیژن که متناسب با مقدار هوای موجود در مخلوط هوا- سوخت، جریان الکتریکی ارسال می‌نمایند.

۳- سنسور تولید کننده فرکانس (Frequency Producer Sensor)

- این گروه از سنسورها در مواجه با یک پدیده فیزیکی، پالس تولید می‌نمایند. مثل سنسور دور موتور

۴- سنسور خاموش-روشن (Start- Stop Sensor)

- برخی از سنسورها به صورت دو وضعیتی بوده و به صورت یک سوئیچ عمل می‌نمایند.

در ادامه، ابتدا به ساختار داخلی سنسورها و مکانیزم عملکرد آنها پرداخته شده و سپس در خصوص انواع سنسورها توضیحات کامل تری ارائه گردیده است.

۲-۳- ساختار سنسور (Sensor Structure)

- در ساخت سنسورها از موادی استفاده می‌شود که نسبت به کمیت‌های فیزیکی حساس بوده و در مواجه با آنها، جریان الکتریکی تولید می‌نماید. به این مواد که متناسب با شرایط محیطی از خود واکنش نشان می‌دهند، مواد هوشمند گفته می‌شود.

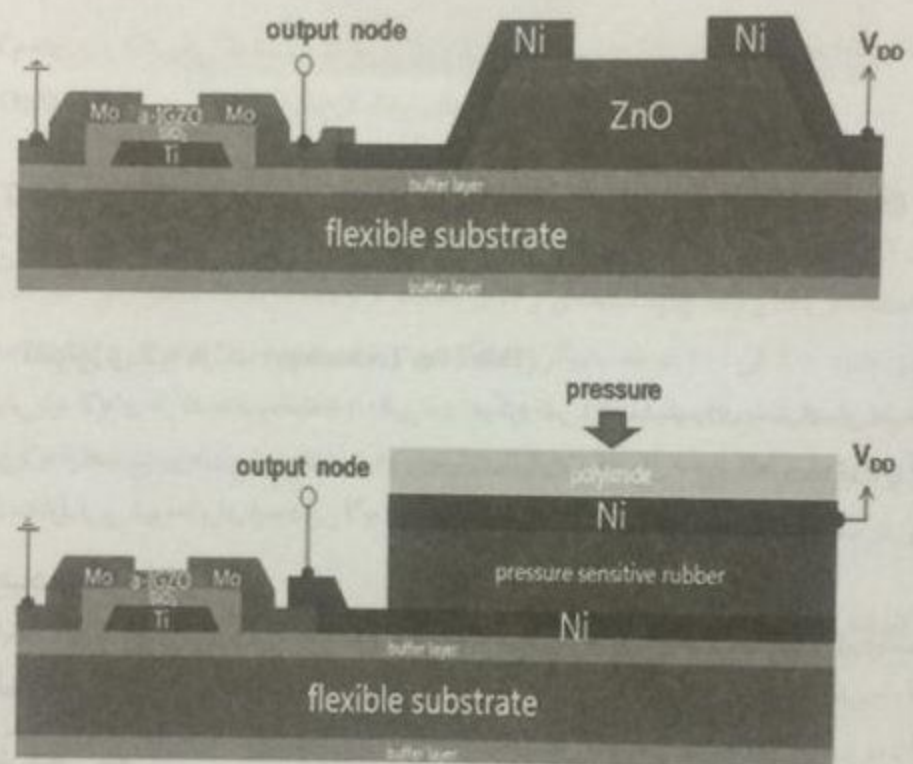
- در اکثر اوقات برای ساخت سنسور از ماده‌ای به نام سیلیکان استفاده می‌شود. این ماده بصورت کریستال‌هایی از جنس سیلیسیم (Si) می‌باشد که گاهی اوقات بصورت تک کریستالی (Mono-Si) و گاهی دیگر بصورت چند کریستالی (Poly-Si) است.

با تغییر پارامترهایی همچون غلظت، ناخالصی شبکه کریستالی، اندازه دانه کریستال‌ها، تعداد کریستال‌ها و ... می‌توان خواص ماده سیلیکان را تغییر داد. بنابراین خواص ماده سیلیکان متناسب با نوع سنسوری که قرار است ساخته شود، در نظر گرفته می‌شود. دراین زمینه، قابلیت‌های ویژه‌ای در علوم نانو تکنولوژی وجود دارد. یعنی با تغییر در ساختار ماده سیلیکان، سنسورهای جدیدی طراحی و ساخته می‌شود. هرچند که خود ماده سیلیکان دارای خواصی می‌باشد که با توجه به واکنش‌های مختلف آن در برابر پدیده‌های فیزیکی می‌توانند به تنهایی در ساخت

سنسور مورد استفاده قرار گیرد؛ اما در بسیاری از اوقات به‌منظور بهبود عملکرد سنسور و ایجاد خواص جدید از یک لایه سطحی نیز برروی ماده اصلی استفاده می‌شود. همچنین لازم به ذکر است که ماده سیلیکان فقط برخی از اثرات را می‌تواند ایجاد نماید و برای ساخت بعضی از سنسورها لازم است که از مواد دیگری استفاده شود.

- برای ساخت زمینه و بستر سنسور، علاوه بر سیلیکان از مواد دیگری همچون شیشه، سرامیک، فلز، اکسیدهای فلزی، نیمه‌هادی‌ها و یا پلاستیک نیز استفاده می‌شود. شیشه مورد استفاده در بستر سنسور، گاهی از نوع شیشه ساده و گاهی دیگر کوارتز می‌باشد. اخیراً استفاده از کریستال‌های یاقوت کبود (Al_2O_3) نیز بسیار مرسوم گردیده است.

- برای ساخت لایه سطحی که بر روی بستر سنسور قرار می‌گیرد نیز از مواد گوناگونی استفاده می‌شود. نوع مواد به‌کار رفته دراین لایه سطحی، تعیین کننده خواص آن می‌باشد. مهمترین لایه‌های سطحی مورد استفاده در سنسورها که با توجه به مواد تشکیل دهنده‌شان می‌توانند واکنش‌های مختلفی از خود نشان دهند، عبارتند از:



شکل۲-۲- مواد تشکیل‌دهنده سنسورها

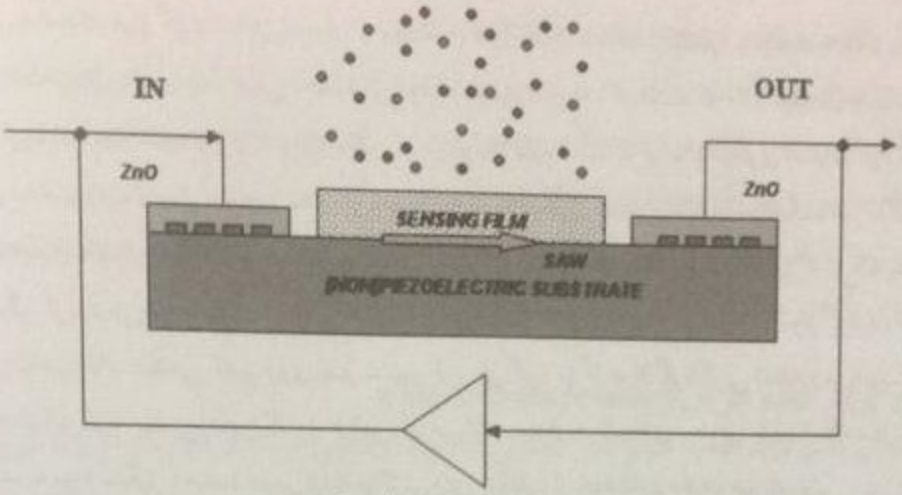
۱- لایه‌های حساس به حرارت (شامل عناصر پلاتین Pt ، طلا Au و نیکل Ni)

۲- لایه‌های حساس به فشار (شامل عناصر کروم Cr، نیکل Ni و سیلیسیم Si)

۳- لایه‌های حساس به نور (شامل مواد سیلیسیم Si، PbSe، نقره Ag و کلرید نقره AgCl)

۴- لایه‌های حساس به مغناطیسی (شامل مواد فرو مغناطیسی و ....)

۵- لایه‌های حساس به مواد شیمیائی (مثل اکسید قلع SnO_2، اکسید روی ZnO_2 و اکسید آهن Fe_2O_3)



شکل۲-۳- لایه پیزو الکتریکی

✓ ۶-لایه‌های پیزو الکتریکی که قابلیت تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی را دارند (مثل اکسید روی ZnO)

۲-۴- تکنولوژی‌های ساخت سنسور (Sensor Manufacture Technologies)

در ساخت سنسورها، دو روش متداول وجود دارد که به توضیح آنها پرداخته می‌شود:

۲-۴-۱- تکنولوژی لایه نازک (Thih Film Technology)

-دراین روش باید لایه‌ای نازک به ضخامت ۰/۰۱ الی ۱۰۰ میکرومتر (μm) بر روی بستر اصلی سنسور ایجاد گردد. این لایه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ زیرا بسیاری از اثرات خارجی محیط فقط بر روی این لایه ثبت می گردد. متداول‌ترین شیوه‌ها برای ایجاد این لایه نازک عبارتند از:

✓ **۱-رسوب‌دهی شیمیایی:**

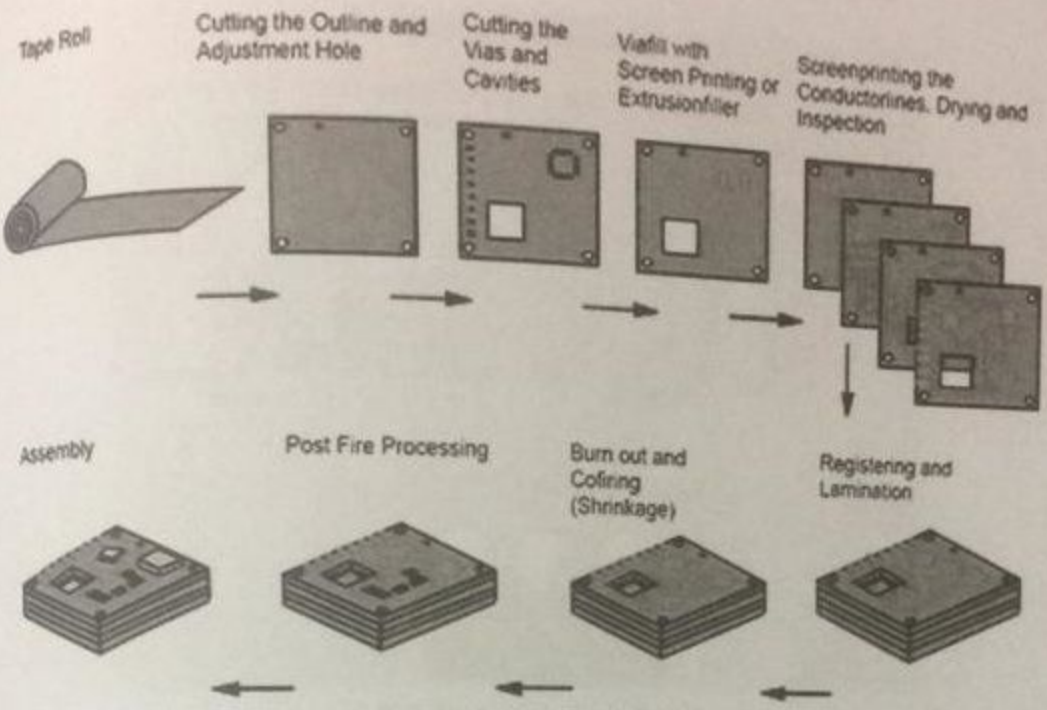
به‌منظور ایجاد لایه نازک دراین روش با استفاده از انجام واکنش‌های شیمیایی، یک لایه نازک بر روی سطح بستر سنسور رسوب داده می‌شود.

✓ **۲-پوشش‌دهی یونی:**

دراین شیوه ذراتی که تشکیل‌دهنده لایه نازک هستند به‌صورت ذارت یونی (دارای بار الکتریکی) بر روی سطح بستر سنسور پاشش می گردند.

✓ **۳-بخاردهی حرارتی:**

دراین روش، ابتدا ماده‌ای که قرار است به‌عنوان لایه نازک باشد، آن قدر حرارت داده می‌شود تا به‌صورت بخار درآید. سپس با قرار دادن بستر سنسور در معرض این بخار، باعث نشست این بخار است بر روی سطح گردیده و لایه نازک ایجاد می گردد.

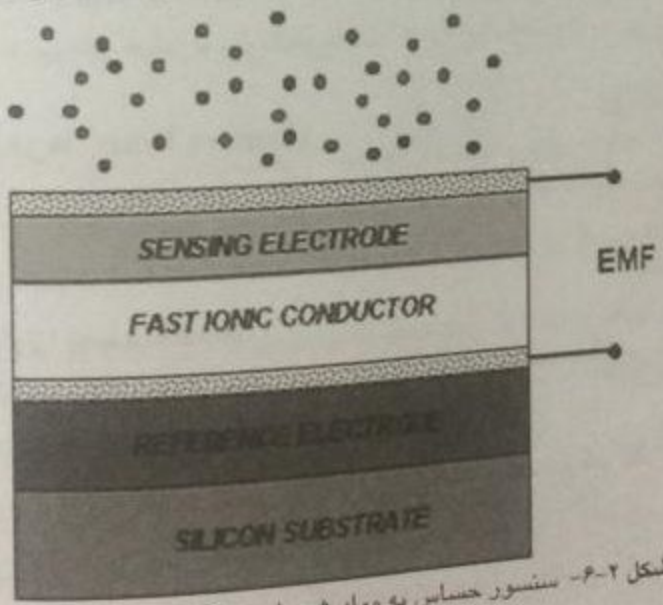


شکل ۲-۵- تکنولوژی لایه ضخیم

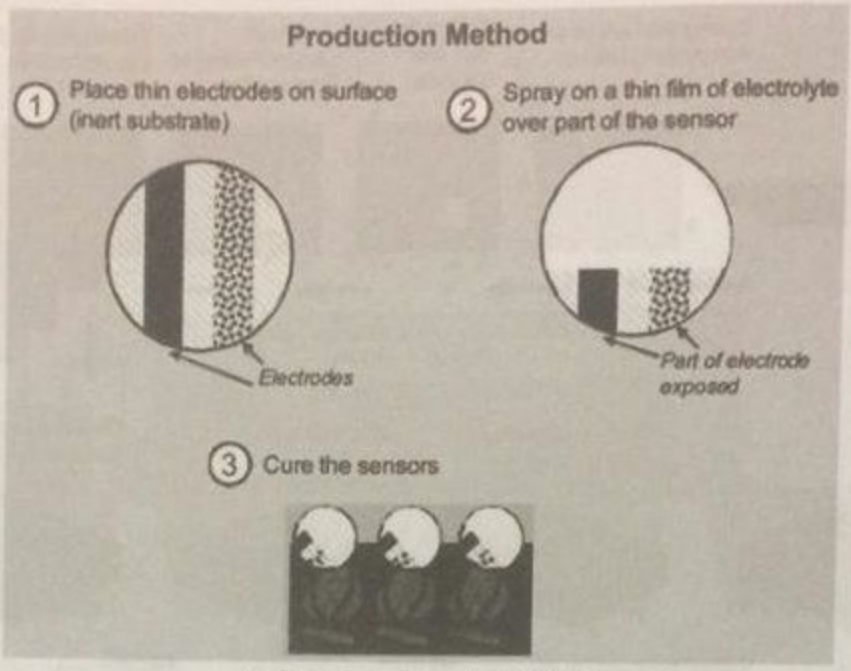
گاهی دیگر برای ساخت سنسورهای حرارتی از اتصالات نیمه‌هادی‌های P-N و یا ترکیبات دیودها و ترانزیستورها استفاده می‌شود. این نوع از سنسورهای حرارتی نیز می‌توانند در هنگام تغییر دما باعث ارسال الکترون‌ها شوند.

۲- سنسورهای فشار (Pressure Sensors)

نوع دیگری از مواد سیلیکاتی در هنگام اعمال فشار، الکترون آزاد نموده و جریان الکتریکی تولید می‌نمایند. از این



شکل ۲-۶- سنسور حساس به مواد شیمیایی با تکنولوژی لایه ضخیم



شکل۲-۴- شیوه‌های ایجاد لایه‌نازک

۲-۴-۲- تکنولوژی لایه ضخیم (Thick Film Technology)

تکنولوژی لایه ضخیم یکی از تکنولوژی‌های جدید در ساخت سنسور است. دراین روش، تعدادی از خمیرهای لایه‌ای با استفاده از یک پروسه چاپ صفحه‌ای بر روی یکدیگر قرار داده می‌شوند. سپس این خمیرها در درجه حرارتی در حدود ۱۰۰ الی ۲۰۰ درجه سانتیگراد خشک می‌شوند و بعد در دمای بیش از ۵۰۰ درجه سانتیگراد پخته می‌شوند. ضخامت این لایه‌ها معمولاً بین ۵ تا ۵۰۰ میکرومتر (μm) می‌باشد.

یکی از کاربردهای تکنولوژی لایه ضخیم، ساخت سنسورهای حساس به مواد شیمیایی است. کاربرد دیگر این تکنولوژی در ساخت سنسورهای حساس به رطوبت می‌باشد.

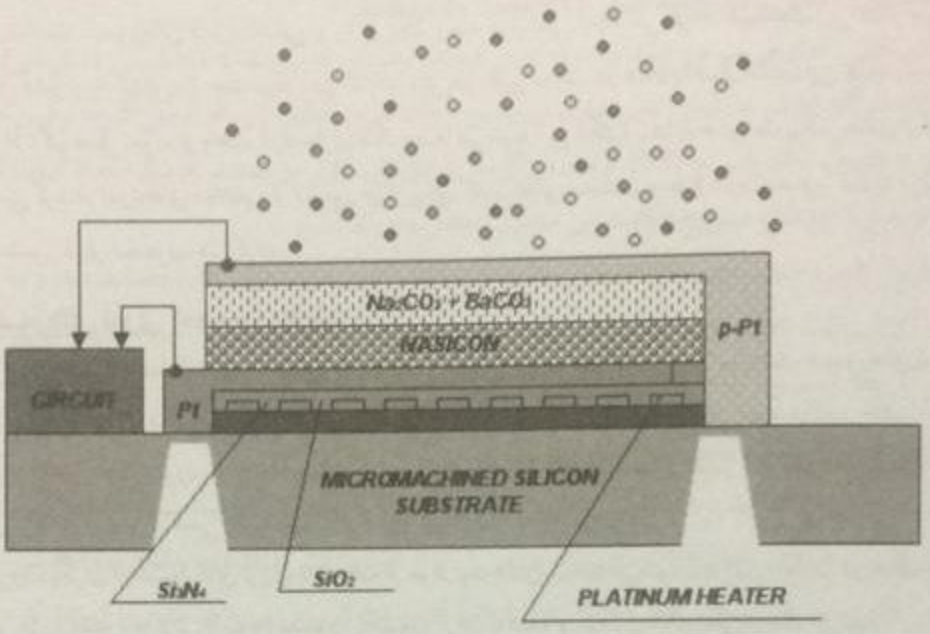
۲-۵- انواع سنسورها (Sensors Types)

سنسورها را می‌توان براساس نوع واکنشی که نسبت به محیط از خود نشان می‌دهند، تقسیم‌بندی نمود. نوع سنسور و کاربرد آن نیز برهمین مبنا تعیین می گردد. از این دیدگاه، سنسورها به گروه‌های زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- سنسورهای حرارتی (Heat Sensors)

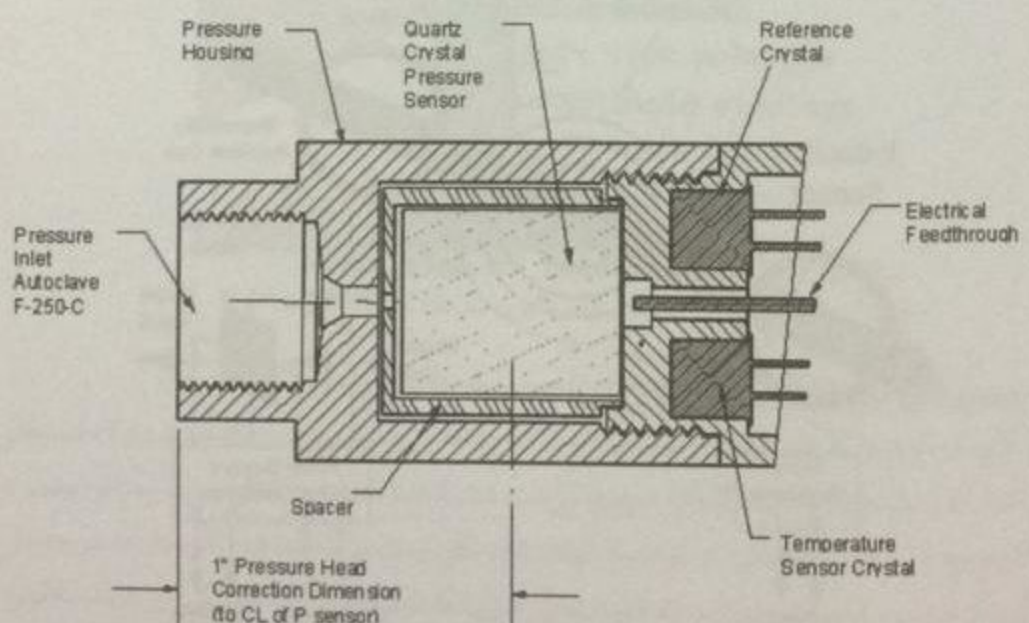
-این گروه از سنسورها، نوعی سنسور مقاومت متغیر هستند که نسبت به تغییرات دما حساس می‌باشند. به طوری که از آنها می‌توان به‌عنوان ابزار اندازه‌گیری درجه حرارت استفاده نمود.

یکی از روش‌های مرسوم برای ساخت سنسورهای حرارتی، استفاده از ماده سیلیکان تک کریستالی و یا چند کریستالی می‌باشد. این کریستال‌ها نسبت به دما حساس بوده و در هنگام تغییر دما با آزادسازی الکترون باعث ارسال سیگنال‌های الکتریکی می‌شوند. به این مدل از سنسورها، سنسورهای حرارتی- مقاومتی گفته می‌شود.



شکل۲-۷- ساختار سنسورهای حرارتی

مواد در ساخت سنسورهای فشار استفاده می‌شود. به این گروه از مواد، مواد پیزو الکتریکی (پیزو مقاومتی) گفته می‌شود. هنگامی که یک کریستال پیزو الکتریکی در مقابل فشار و یا کشش قرار می گیرد، میزان مقاومت الکتریکی آن تغییر می‌نماید که به این پدیده، اثر پیزو الکتریکی گفته می‌شود.



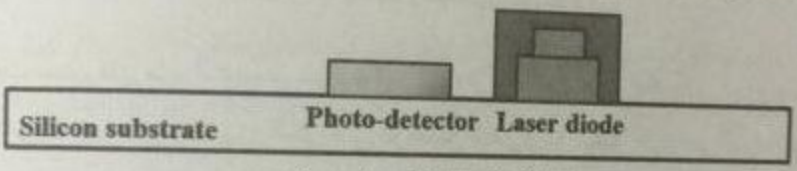
شکل۲-۸- ساختار سنسور فشار

در ساخت سنسورهای فشار، غشائی بر روی یک زمینه سیلیکانی ایجاد می گردد. ضخامت این غشاء می‌تواند در مقابل فشار و یا کنش، از چند میکرومتر تا چند میلی‌متر تغییر نماید. در هنگام اعمال فشار، این غشاء به‌صورت یک دیافراگم عمل نموده و باعث آزادسازی الکترون‌ها می‌شود. این الکترون‌ها به صورت پالس‌های الکتریکی ارسال می گردند. نمونه‌های مختلفی از سنسور فشار برای کاربردهای مختلف وجود دارد. سنسور ضربه موتور نیز نوعی سنسور فشار محسوب می گردد.

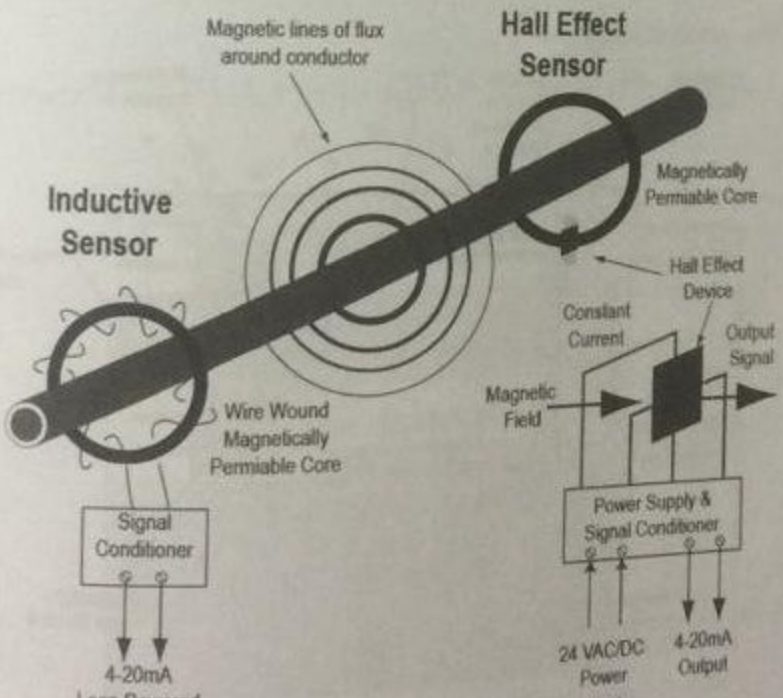
۳- سنسورهای نوری (Optic Sensors)

این گروه از سنسورها نسبت به نور حساس بوده و در مقابل نور از خود واکنش نشان می‌دهند. سنسورهای نوری به دو روش ساخته می‌شود. در نوع اول، سنسور با استفاده از مقاومت‌های نوری ساخته می‌شود. دراین حالت با قرار دادن سنسور در معرض نور، مقدار مقاومت الکتریکی ماده تشکیل‌دهنده سنسور تغییر نموده و جریان الکتریکی سنسور نیز تغییر می‌نماید. همین تغییرات مبنای اندازه گیری شدت نور می‌باشد.

گروه دیگری از سنسورهای نوری با استفاده از مواد نیمه‌هادی ساخته می‌شوند. دراین حالت در هنگام تابش نور و برخورد اشعه نور مرئی با سطح سنسور، الکترون آزاد گردیده و سیگنال الکتریکی ارسال می‌شود.



شکل۲-۹- ساختار سنسور نوری



شکل ۲- ۱۰- نحوه‌ی عملکرد سنسورهای القایی

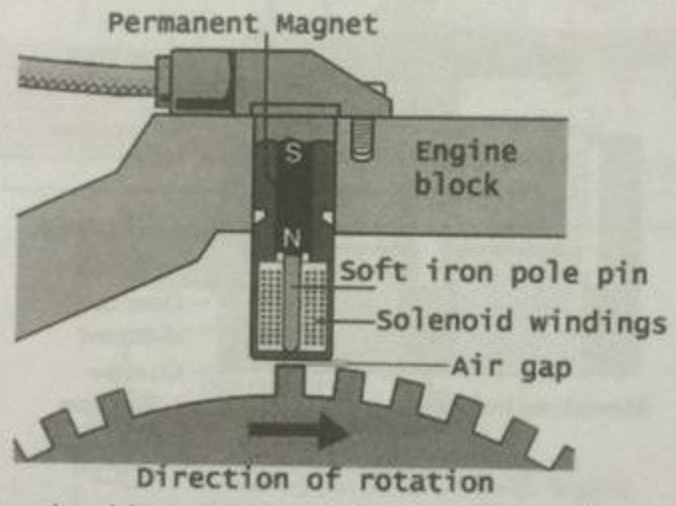
۴- سنسورهای القائی (الکترومغناطیسی) (Induction Sensors)

- سنسورهای القائی که نوعی سنسور تولیدکننده فرکانس هستند، برمبنای تغییر شدت مغناطیسی عمل می‌نمایند. به‌طوری که هرگاه شدت مغناطیسی تغییر نماید، در سنسور، یک جریان الکتریکی القاء می‌گردد و این جریان الکتریکی به‌صورت یک پالس به ECU ارسال می‌گردد. پارامترهای مؤثر در شدت جریان ایجاد شده، شدت میدان مغناطیسی، دورهای سیم پیچ و فاصله بین سنسور و عامل محرک است.

- مهمترین کاربرد سنسورهای القائی (الکترو مغناطیسی)، اندازه‌گیری سرعت چرخش قطعات دوار و یا تعیین موقعیت آنها می‌باشد. به‌طور مثال، سنسور دور موتور، سنسور سرعت چرخ و یا سنسور تعیین موقعیت میل بادامک جزء این گروه‌ها از سنسورها محسوب می‌گردند.

۵- سنسورهای شیمیایی (Chemical Sensors)

این گروه از سنسورها که اغلب با استفاده از تکنولوژی لایه ضخیم ساخته می‌شوند، نسبت به شرایط شیمیائی همچون رطوبت، غلظت، مقدار PH اسیدی، نوع یون و .... از خود واکنش نشان داده و الکترون آزاد می‌نمایند. ارسال این الکترون‌ها به‌صورت سیگنال، بیانگر تغییر شرایط آن پارامتر شیمیایی می‌باشد. سنسور اکسیژن که در مسیر خروج دود از موتور استفاده می‌شود، نمونه‌ای از این مدل سنسورها می‌باشد.



شکل ۲- ۱۱- سنسور اندازه‌گیری سرعت چرخش قطعات دوار

۶- سنسورهای میکرومکانیکی (پیزوالکتریکی) (Piezoelectric Sensors)

این گروه از سنسورها که با استفاده از تکنولوژی لایه نازک ساخته می‌شوند، دارای یک غشاء نازک سیلیکاتی می‌باشند که نسبت به پارامترهای مکانیکی همچون سرعت، شتاب، فشار، صوت، ارتعاش و .... حساس بوده و در هنگام مواجه با این اثرات مکانیکی، از خود سیگنال‌های الکتریکی ارسال می‌نمایند. این گروه از سنسورها، نوع دیگری از مواد پیزو الکتریکی می‌باشند که قابلیت تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی را دارند. به‌عنوان نمونه‌هایی از این نوع سنسور، می‌توان به سنسورهای شتاب‌سنج، ارتعاش‌سنج و صوت‌سنج اشاره نمود.