

کتاب

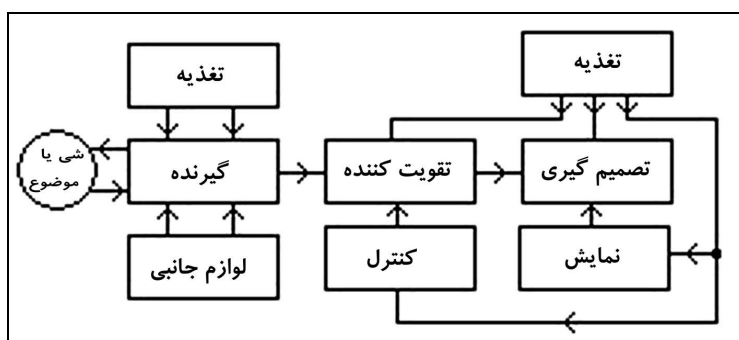
کاربرد سنسور در

صنعت



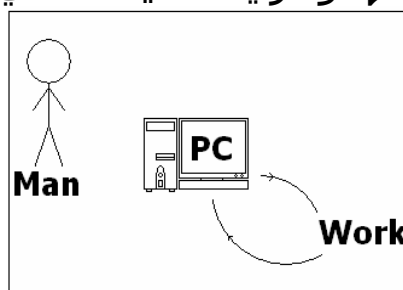
کاربرد سنسور در صنعت

سنسورها جزء لاینفک صنعت بخصوص اتوماسیون هستند . هدف اصلی اتوماسیون بهبود کیفیت و کمیت با کمترین هزینه و حداقل زمان است . سنسور جانشینی برای هر یک از حسگرهای انسان است و از مهمترین عناصر اتوماسیون و اتوماتیک سازی صنعت محسوب می شود. کار سنسور آشکارسازی و اندازه گیری است. سنسور شامل قسمت گیرنده و قسمت تصمیم گیرنده است که به هم متصل و یک موضوع را مشخص و یا اندازه گیری می کند. شکل زیر ساختمان اصلی یک سنسور را نشان میدهد.



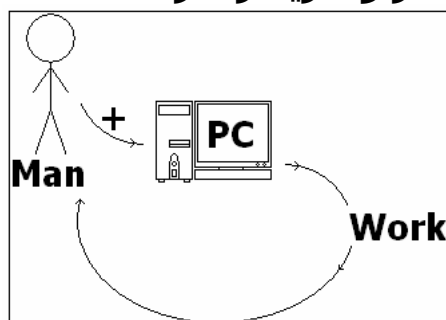
بلوک دیاگرام و اجزاء سنسور

اتوماسیون : اتوماسیون صنعتی به معنای بکارگیری کامپیوتر بجای انسان برای کنترل دستگاهها و فرآیندهای صنعتی است .



Automation

مکانیزاسیون : مکانیزاسیون به معنای فراهم کردن ابزار مناسب برای انسان در جهت انجام آسانتر و سریعتر کارها است .



Mechanization

اتوماسیون یک گام فراتر از مکانیزاسیون است .



اندازه گيري : تعيين و مشخص کردن يك كميت نسبت به يك استاندارد و معيار خاص را اندازه گيري مي نامند . مثل بلندي و كوتاهي كه بايد نسبت به يك استاندارد سنجيده شود .

يكا (مقياس - واحد): انتخاب مقدار مشخص از كميت مورد نظر بعنوان استاندارد جهت تعين مقدار و اندازه كميتهايي از آن جنس را يكا يا مقياس مينامند.

دقت : كمترين مقداري كه يك وسيله مي تواند اندازه بگيرد ، دقت اندازه گيري آن وسيله ناميده مي شود .

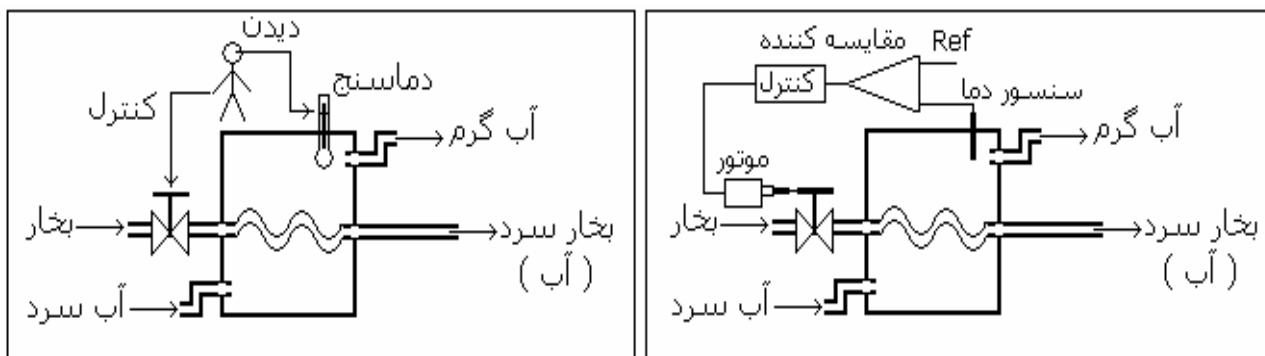
مزايای اتوماسيون صنعتي عبارتند از :

- 1- تکرارپذیری فعالیت ها و فرآیندها
- 2- افزایش کیفیت محصولات تولید (کیفیت)
- 3- افزایش سرعت تولید (كميت)
- 4- کنترل دقيق تر و سریعتر کیفیت
- 5- کاهش پسماندهای تولید (ضایعات)
- 6- افزایش بهره وري
- 7- افزایش ضريب ایمني

بطور خلاصه مزايای اتوماسيون صنعتي عبارتست از : افزایش كميت و کیفیت با بهره وري بالا

کنترل کننده خودکار (Automatic Controller)

به مکانیزمی گفته میشود که بتواند کمیتی را اندازه گيري و انحراف مقدار آن نسبت به مقدار مطلوب را تصحيح يا محدود کند . بعبارت دیگر از دو قسمت اندازه گيري و کنترل تشکیل شده است . با حذف قسمت اندازه گيري ، سیستم کنترل خودکار به سیستم کنترل دستی تبدیل مي شود . بخش اول در يك چرخه کنترل برداشت اطلاعات از فرآیند مي باشد . این عمل توسط سنسورها صورت مي گیرد .



مقایسه سیستم کنترل خودکار و دستی دما

کاربردهای سنسور در صنعت :

- 1- نمایش فرآیندها (Monitoring)
- 2- کنترل فرآیندها (Process Control)

جمع آوری اطلاعات در فرآیندهای صنعتی با استفاده از سنسورها و حسگرها صورت می گیرد . سنسورها به منزله گوش ، چشم و سایر حواس انسان در یک سیستم کنترل هستند . بدون سنسور هیچ فرآیند کنترل اتوماتیک صورت نخواهد گرفت . سنسورها جزء لاینفک سیستم های کنترل اتوماتیک هستند .

مونیتورینگ : (Monitoring)

مونیتورینگ به معنای جمع آوری اطلاعات از بخش های مختلف یک واحد صنعتی و نمایش آنها است . برای انجام عمل مونیتورینگ وجود سنسور ضروری است .

سنسورها وسایلی هستند که انجام ایمن و صحیح فرآیند را فراهم می سازند ، مشروط بر اینکه :

1- سنسور مناسب انتخاب شود

2- سنسور در مکان و موقعیت صحیح نصب شود

در حالیکه سنسورها بر اساس ساختمان فیزیکی و کمیتی که احساس می کنند متفاوت هستند ، برای انتخاب سنسور مورد نیاز در نظر گرفتن شرایط و ضوابط خاصی لازم است . برای تعیین این شرایط و ضوابط سئولاتی مطرح می شود که عمده ترین آنها عبارتند از :

1- چه کمیت هایی باید اندازه گیری و احساس شوند ؟

2- برای اندازه گیری و احساس هر کمیت چه سنسوری نیاز است ؟

3- شرایط فیزیکی و محیطی که سنسور در آن نصب خواهد شد ،

چیست و عملکرد سنسور مورد نظر در این شرایط چگونه است ؟

در انتخاب سنسور بحث کیفیت اجرا و هزینه مطرح است و معمولا حدواسط این دو فاکتور در نظر گرفته می شوند .

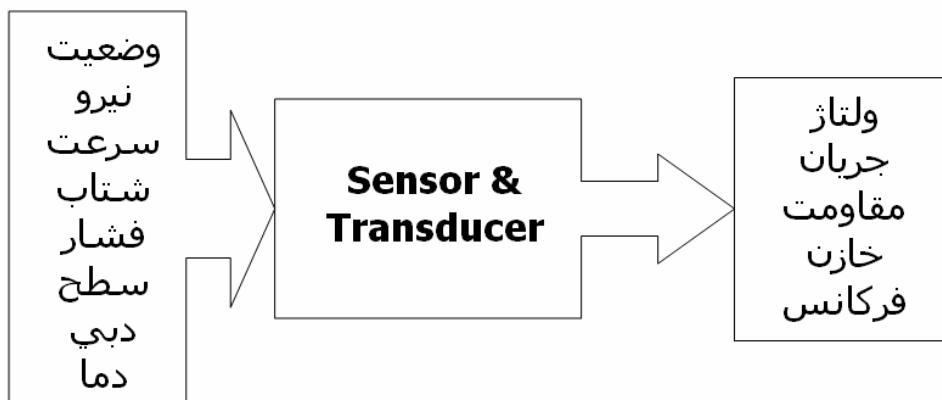
دلایل تبدیل کمیت های فیزیکی به کمیت های الکتریکی

1- امکان تقویت سیگنال

2- امکان انتقال سیگنال

3- امکان پردازش سیگنال

4- امکان ذخیره و نمایش سیگنال به روش های مختلف



کمیت های فیزیکی به دو دسته کمیت های نرده ای و کمیت های برداری تقسیم می شوند . کمیت های نرده ای یا اسکالر فقط با مقدار مشخص می شوند مثل حجم ، جرم ، زمان ، دما ، انرژی و ... اما کمیت های برداری علاوه بر مقدار دارای جهت هم هستند مثل سرعت ، شتاب ، فشار ، نیرو و ... در آشکارسازی کمیت باید به نرده ای یا برداری بودن آن هم توجه شود .

سنسورها و نمایشگرها :

کمیت های اندازه گیری شده توسط سنسور بر حسب نیاز ، بصورت اعداد و ارقام بر روی نمایشگرها نشان داده می شوند . نمایشگرها در چند نوع متفاوت مورد استفاده قرار می گیرند :

1- نمایشگرهای محلی (Local Display) ، این نمایشگرها در محل نصب سنسور قرار می گیرند و ارزان قیمت و ساده هستند.

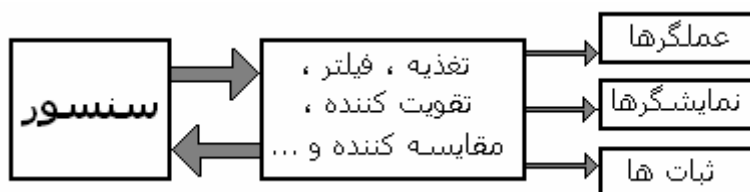
2- پنل نمایشگرهای محلی (Local Panel Display) ، نمایشگرهایی هستند که در کنار واحد کنترل و جهت شروع ، خاتمه یا تغییر در فرآیند استفاده می شوند .

3- اتاق کنترل مرکزی (Centralized Control Room) نمایشگری که در فاصله نسبتاً دور از سنسور قرار می گیرد به همین دلیل انتقال سیگنال از اهمیت زیادی در این روش برخوردار است .

4- نمایشگر از راه دور (Remote Display) در مواقعی که انجام فرآیند بدون اپراتور صورت می گیرد یا امکان حضور اپراتور وجود ندارد ، از امواج رادیویی برای انتقال اطلاعات از سنسور به اتاق کنترل استفاده می شود .

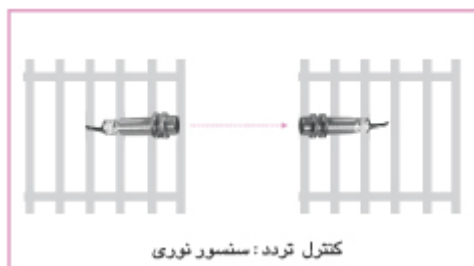
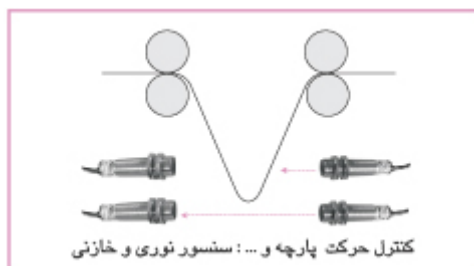
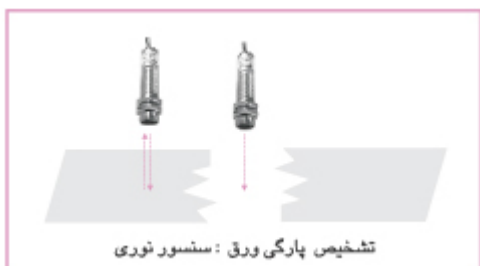
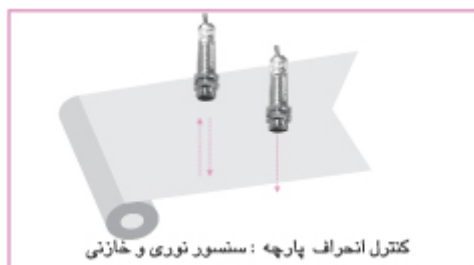
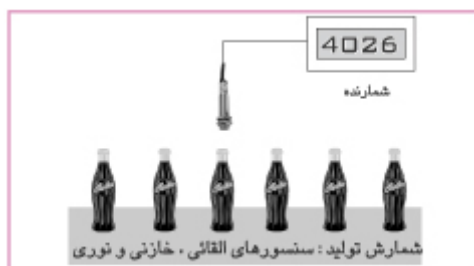
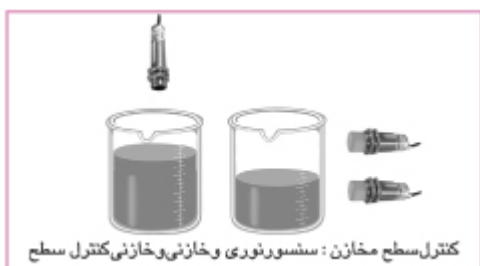
سنسورهای هوشمند

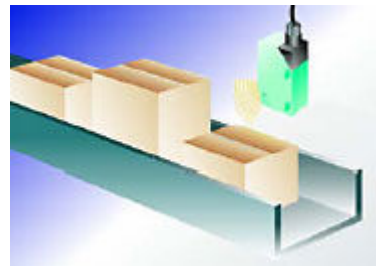
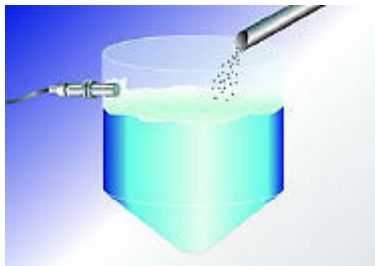
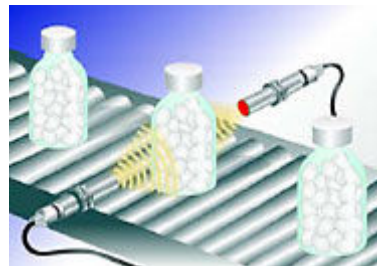
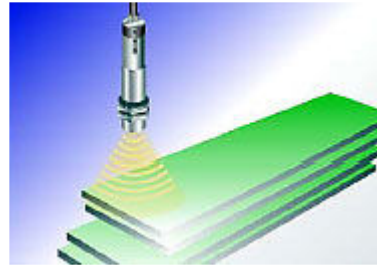
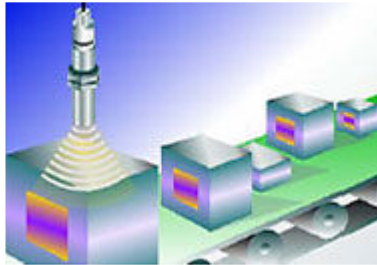
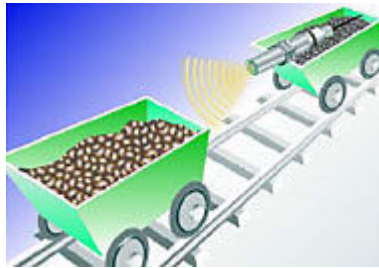
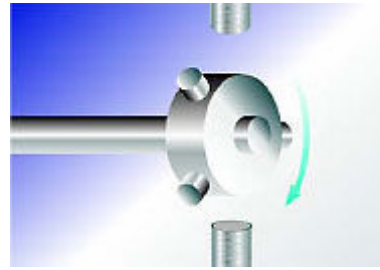
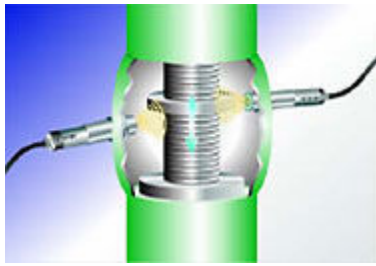
اگر چه در سالهای اخیر ساختمان فیزیکی و شیمیایی سنسورها تغییرات زیادی نکرده است ولی افزودن میکروپروسسورها به سنسور ، کاربرد و ساختار آنها پیشرفت زیادی داشته است . تغییر در انتقال سیگنال ، نویزپذیری کم ، سرعت تجزیه و تحلیل بیشتر ، نحوه نمایش و بسیاری از تغییرات ناشی از افزودن میکرو پروسور و میکروکنترلر به مدارات سنسور است . سنسورهای هوشمند کمیت های فیزیکی را احساس ، اندازه گیری و بر اساس آن خطای خود را اصلاح می کنند ولی سنسورهای سنتی این امکان را ندارند .



هر سیستم کنترل اتوماتیک دارای سه بخش ورودی ، خروجی و پردازش است . در ورودی سیستم کنترل ، مبدل ها و سنسورها کمیت های فیزیکی را به سیگنالهای الکتریکی تبدیل می کنند . در صنعت مبدل های زیادی نظیر دما ، فشار ، مکان و جابجایی ، سرعت ، شتاب و... وجود دارد . خروجی مبدل می تواند گسسته یا پیوسته باشد .

برخی از کاربردهای سنسورها در شکلهای زیر نشان داده شده است





خواص و ویژگی های سنسور

- 1- حوزه اندازه گیری (Range) محدوده ای از دامنه تغییرات کمیت مورد نظر که سنسور قادر به اندازه گیری آن است .
- 2- صفر اندازه گیری (Zero) نقطه مشخصی که در حوزه اندازه گیری بعنوان صفر در نظر گرفته می شود . الزاما خروجی سنسور در نقطه صفر ، صفر نیست .
- 3- انحراف صفر ، معمولا خروجی سنسور را طوری تنظیم می کنند که خروجی آن در نقطه صفر مساوی مقدار مشخصی باشد ، اما خروجی ممکن است با گذشت زمان تغییر کند که به مقدار این تغییر انحراف صفر می گویند .
- 4- حساسیت ، حساسیت سنسور عبارتست از نسبت تغییرات خروجی به واحد تغییرات در کمیت مورد اندازه گیری
- 5- پاسخ دهی ، سرعت در اندازه گیری کمیت مورد نظر را پاسخ دهی گویند .
- 6- خطی بودن ، خطی بودن به معنای ثابت بودن شیب ورودی - خروجی است ولی در عمل اکثر سنسورها مشخصه خطی ندارند .
- 7- هیستریزیس ، مشخص کننده رفتار غیر خطی سنسورها است . اگر مشخصه ورودی - خروجی در هنگام افزایش ورودی یا کاهش ورودی بر هم منطبق نباشند ، سنسور دارای هیستریزیس خواهد بود .
- 8- دقت ، به معنای تطابق مقدار اندازه گیری شده با مقدار واقعی کمیت مورد اندازه گیری است . دقت بر حسب درصد خطا مشخص می شود .
- 9- تکرار پذیری ، تکرار پذیری در سنسورها به معنی نتیجه یکسان در اندازه گیری یک کمیت در شرایط ثابت می باشد . (خطای اندازه گیری ثابت می باشد .)

خروجی سنسورها معمولا سیگنال جریانی 4 تا 20 میلی آمپر است .

کالیبراسیون (Calibration)

مقایسه مقدار خروجی سنسور با خروجی که خطای کمتری دارد و به حداقل رساندن خطا کالیبراسیون گفته می شود .

کالیبراسیون دو نقطه ای برای سنسورهایی که خروجی خطی دارند :

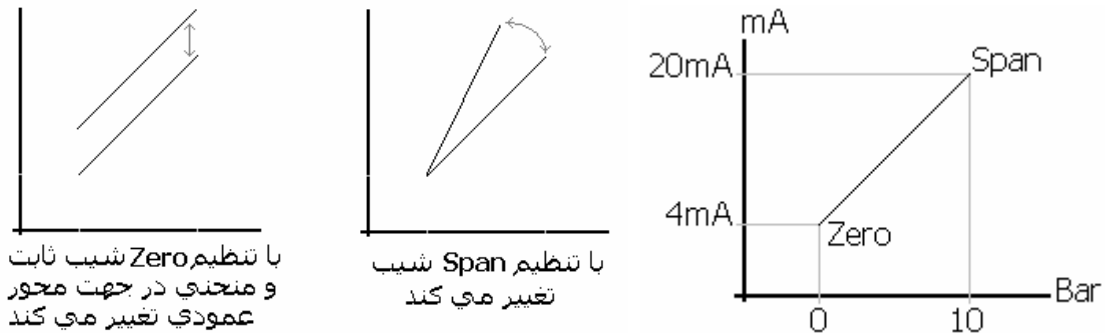
1- تنظیم Zero : تنظیم نقطه حداقل

2- تنظیم Span : تنظیم نقطه حداکثر

ابتدا Zero و سپس Span تنظیم می شود .

مثال - اگر يك سنسور فشار با رنج اندازه گيري 0 تا 10 بار داشته باشيم و خروجي سنسور 4 تا 20 ميلي آمپر باشد براي تنظيم Zero حداقل فشار 0 را به سنسور وارد و به كمك تنظيم Zero خروجي را روي 4 ميلي آمپر تنظيم مي كنيم .

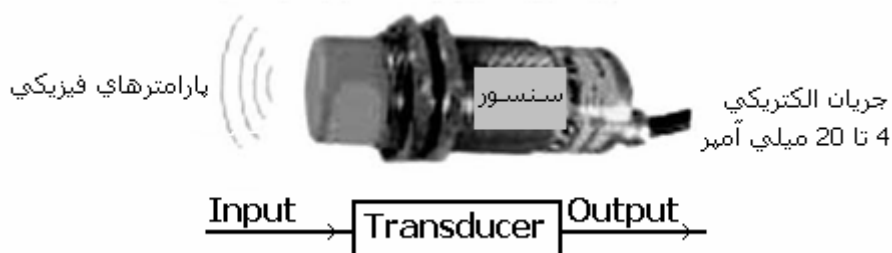
براي تنظيم Span حداكثر فشار 10 بار را به سنسور وارد و به كمك تنظيم Span خروجي را روي 4 ميلي آمپر تنظيم مي كنيم .



در سيستم هاي كنترل ، توسط سنسور خروجي سيستم اندازه گيري و سپس به كنترلر داده مي شود ، كنترل كننده مقدار اندازه گيري شده را با مقدار مطلوب مقايسه و خروجي را به مقدار مورد نظر باز مي گرداند . مقدار مطلوب SP يا SV (Set Value يا Set Point) گفته مي شود . مقدار پروسه (Process Value) PV ، مقداري است كه سنسور اندازه گيري ميكند . سيگنال خطا يا e برابربافتاوت دومقدار SP و PV است : $e = SP - PV$

سنسور

سنسور (*Sensor*) المان حس كننده اي است كه كميت هاي فزيكي مانند فشار، حرارت، رطوبت و دما را به كميت هاي الكتريكي پيوسته (آنالوگ) يا غير پيوسته (ديگيتال) تبديل مي كند .



مقايسه سنسور و حواس انساني

قابليت اعتماد ، طول عمر ، قيمت ، دقت و زمان آشكار سازي از مهمترين پارامترهاي تعيين كننده يك سنسور هستند. امروزه سنسورهاي كوچك و مستقل در دستگاههاي نظير PLC و كامپيوترها و ... مورد استفاده قرار گرفته است .

برای مثال حس بینایی را در نظر بگیرید ، در اینجا ما باید به سوالات خاصی پاسخ دهیم . واقعا" انسانها چگونه عمل بینایی را انجام میدهند؟ چه روش قضاوتی بکار میرود؟ چه زمانی برای بازیابی خطاهای احتمالی مورد نیاز است؟ قضاوت انسانی بر پایه سیستم آنالوگ استوار است . در حالیکه در سیستم های ماهر و هوشمند قضاوت ماشین بر پایه سیستم دیجیتال 0 و 1 استوار است. یک انسان برای مدت طولانی و بصورت ممتد نمی تواند حواس خود را بکار گیرد، در حالیکه یک سنسور ماشین این محدودیت را ندارد.

اگرچه حواس انسان در برخی از حالات بهتر از سنسور های فیزیکی است ولی در حالت کلی سنسور بر حواس انسان می تواند ارجحیت داشته باشد.

سنسورها و امواج الکترومغناطیسی

امواج الکترومغناطیسی بعنوان حامل در سنسورها استفاده می شود. نور عنصری از امواج الکترومغناطیسی است و چشم انسان فقط نور قابل رویت را که در محدوده کوچکی از پهنای امواج الکترومغناطیسی است را تشخیص میدهد. سنسورهای صنعتی با امواج الکترومغناطیسی متفاوت با فرکانس نور مرئی تحریک می شوند. حامل های مورد استفاده در سنسورها غیر قابل درک با حواس انسان هستند. اشعه مادون قرمز، اولتراسونیک و لیزر نمونه هایی از حامل های مورد استفاده در سنسورهای صنعتی می باشند.

طبقه بندی سنسورها

سنسورها را بصورت های مختلفی طبقه بندی می کنند . رایج ترین طبقه بندی ، طبقه بندی بر حسب پارامتری است که احساس می کنند ، مثل سنسور دما ، سنسور فشار ، سنسور جابجائی ، سنسور فلو ، سنسور سرعت و گاهی اوقات سنسورها را بر حسب امواج دریافتی طبقه بندی می کنند مثل سنسورهای نوری ، سنسورهای اولتراسونیک ، سنسورهای لیزری و همچنین سنسورها را می توان بر اساس نوع سیگنال خروجی به سنسورهای آنالوگ یا دیجیتال طبقه بندی کرد .

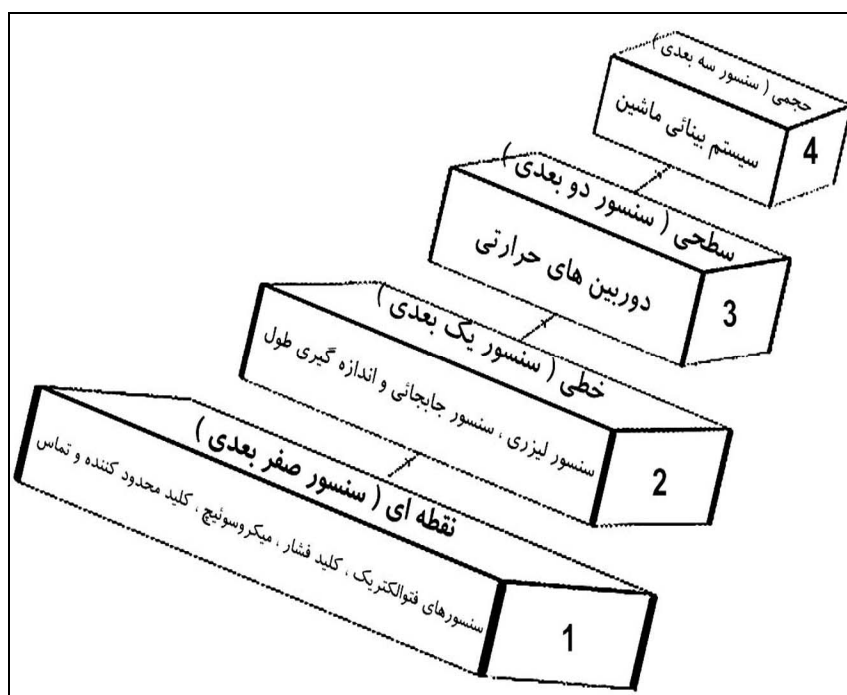
سنسورها براساس کاربرد و بصورت های مختلف تقسیم بندی می شوند:

- 1- سنسورهای ماشین : سنسورهای ماشین در تعداد زیاد و کاربردهای متنوع مانند کلید محدود کننده ، انکدرهای خطی و دورانی وجود دارد.
- 2- سنسور اندازه گیری : سنسورهای آنالوگی که برای اندازه گیری فشار، جریان ، حرارت و نظایر آن بکار می رود. این سنسورها بر اساس موضوعی که آن را احساس می کنند طبقه بندی می کنند.

3- سنسورهای جایگزین حواس پنجگانه انسان : این سنسورها با هوش بوده و اعمال مشابه بینایی و لامسه و را انجام میدهند.

4- تجزیه و تحلیل کننده ها : سنسورهای گران قیمت و پیچیده ای که در تجزیه و تحلیل گازها و مایعات کاربرد دارند.

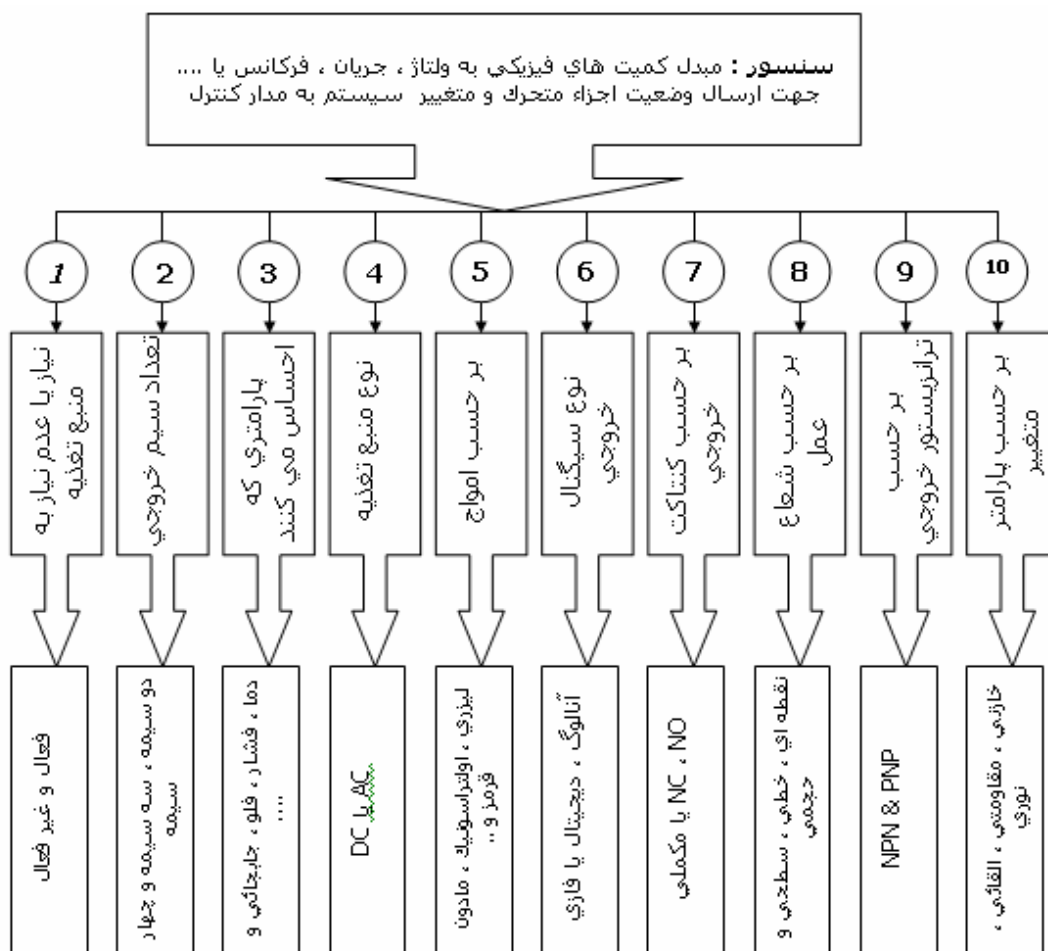
سنسورها از نظر شعاع عمل از صفر تا سه بعد می توانند داشته باشند. سنسورهای پیچیده و گران قیمت سنسورهای سه بعدی هستند. در شکل زیر هرم ابعاد سنسورها را مشاهده می کنید.



طبقه سنسورها بر اساس ابعاد احساس

از نظر محدوده احساس ، سنسورهای حرارت و جریان سنسورهای نقطه ای هستند و سنسورهای احساس کننده ضخامت و سطح سنسورهای یک بعدی هستند. سنسور های زاویه سنسورهای دو بعدی هستند، اما آنها را می توانیم جزء سنسورهای صفر بعدی هم محسوب کنیم، چرا که آنها از قرار گرفتن سه نقطه در زوایای مختلف بوجود می آیند. اگر محور یک زاویه را ثابت فرض کنیم ، سنسور صفر بعدی یا یک بعدی خواهد بود. اگر محور نامشخص باشد نمی توانیم آن را با یک سنسور دو یا سه بعدی اندازه گیری کنیم. سنسورهای مافوق صوت و میکروفن بعنوان سنسورهای نقطه ای شناخته می شوند ولی نمی توان آنها را جزء سنسورهای سه بعدی محسوب کرد ولی درجه تفکیک آن را برای دویا سه بعد کم است.

سنسورهاي سرعت ، چرخش ، ارتعاش و شتاب اگرچه تابع زمان هستندولي بعنوان سنسورهاي يك بعدي محسوب مي شوند. سنسورهاي گشتاور ، رنگ و صدا سنسورهاي با پارامتر مركب هستند. روش هاي مختلف و متفاوتي براي طبقه بندي سنسورها استفاده مي شود .

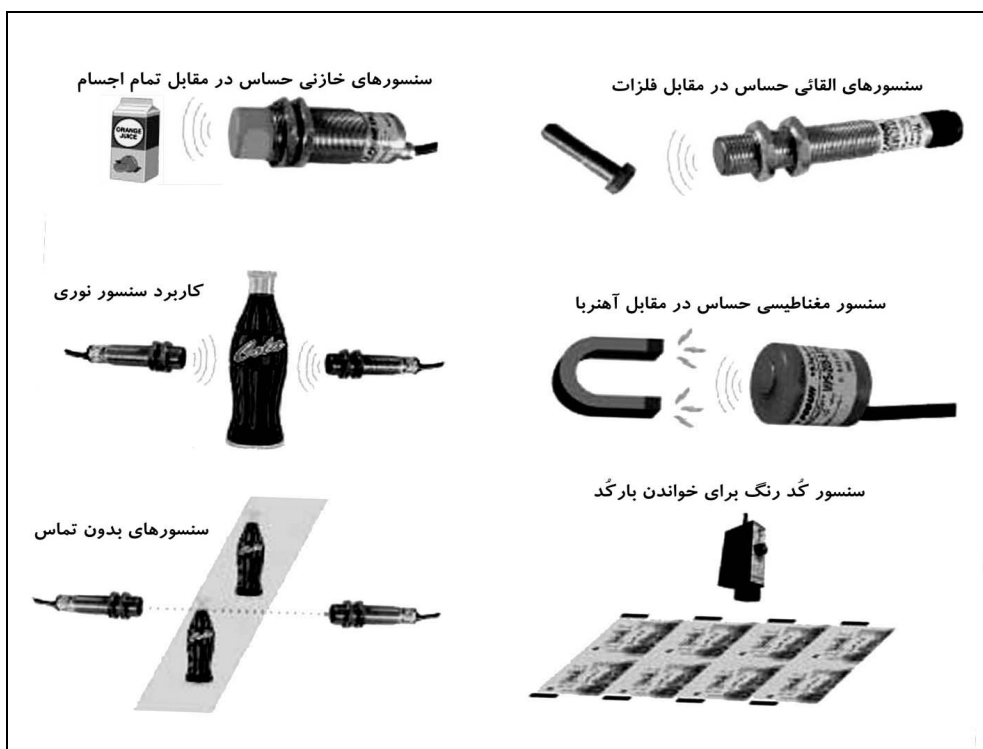


در استفاده و بكارگيري يك سنسور خاص بايد شرايط فزيكي و محيط نصب سنسور هم در نظر گرفته شود . بعنوان مثال اثرات دما و لرزش بر كارکرد يك سنسور فشار مي تواند تاثير زيادي داشته باشد .

سنسورهاي بدون تماس

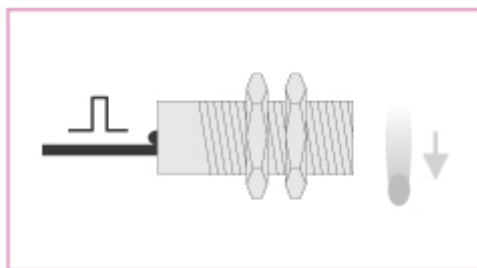
سنسورهاي بدون تماس سنسورهاي هستند كه با نزديك شدن يك قطعه وجود آن را حس کرده و فعال مي شوند . با نزديك شدن شي سنسور باعث تحريك يك محرك (Actuator) ميشود. Actuator وسيله اي كه از كنترلر فرمان ميگيرد و متناسب با فرمان دريافت شده عملي در جهت تغيير مقدار خروجي انجام ميدهد. موتور ، رله ، سلنوئيد ، كتناكتور و .. نمونه هاي از محركها هستند . سنسورهاي القائي ، خازني ، نوري ، مغناطيسي، كد رنگ و .. نمونه هايي از سنسورهاي بدون تماس هستند.

سنسورهای بدون تماس دارای طول عمر زیادی هستند و نیاز به نیرو و فشار نداشته و در شرایط سخت قابل استفاده هستند. نویز پذیری این سنسورها کم بوده و خودشان ایجاد نویز نمی کنند. نمونه ای از سنسورهای بدون تماس، سنسورهای اثرهال هستند. این سنسور از یک لایه نازک هادی طوری ساخته شده که تحت تاثیر میدان مغناطیسی قرار گرفته و ایجاد ولتاژ می کند. بنابراین بعنوان یک سنسور مغناطیسی شناخته می شود ولی قادر به اندازه گیری کمیت هایی مانند جریان، دما، فشار و موقعیت نیز هست. این سنسور بعلت عدم نیاز به قسمت های متحرک از عمر طولانی برخوردار است. معمولاً در خروجی این سنسور یک تقویت کننده عملیاتی قرار داده می شود. این سنسورها می توانند بصورت آنالوگ یا دیجیتال عمل کنند.



مزایای سنسورهای بدون تماس

1- سرعت سوئیچینگ زیاد - این سنسورها در مقایسه با کلیدهای مکانیکی از سرعت بسیار بالاتری برخوردار هستند



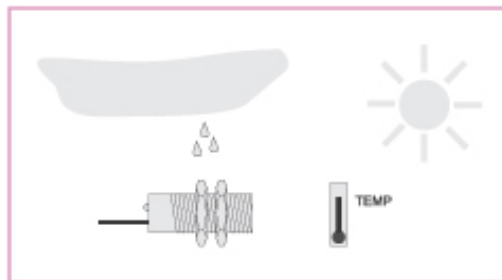
2- طول عمر زیاد - به دلیل عدم وجود قسمت های متحرك و کنتاكت مکانیکی از طول عمر بیشتری برخوردار هستند



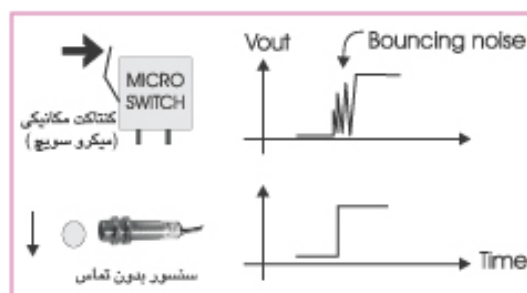
3- عدم نیاز به نیرو و فشار - طرز عمل سنسور به گونه ای است که برای تغییر وضعیت نیاز به فشار و نیرو نیست



4- قابلیت استفاده در محیط ها با شرایط کاری سخت - این سنسورها قابلیت عمل در محیط های صنعتی را دارا هستند



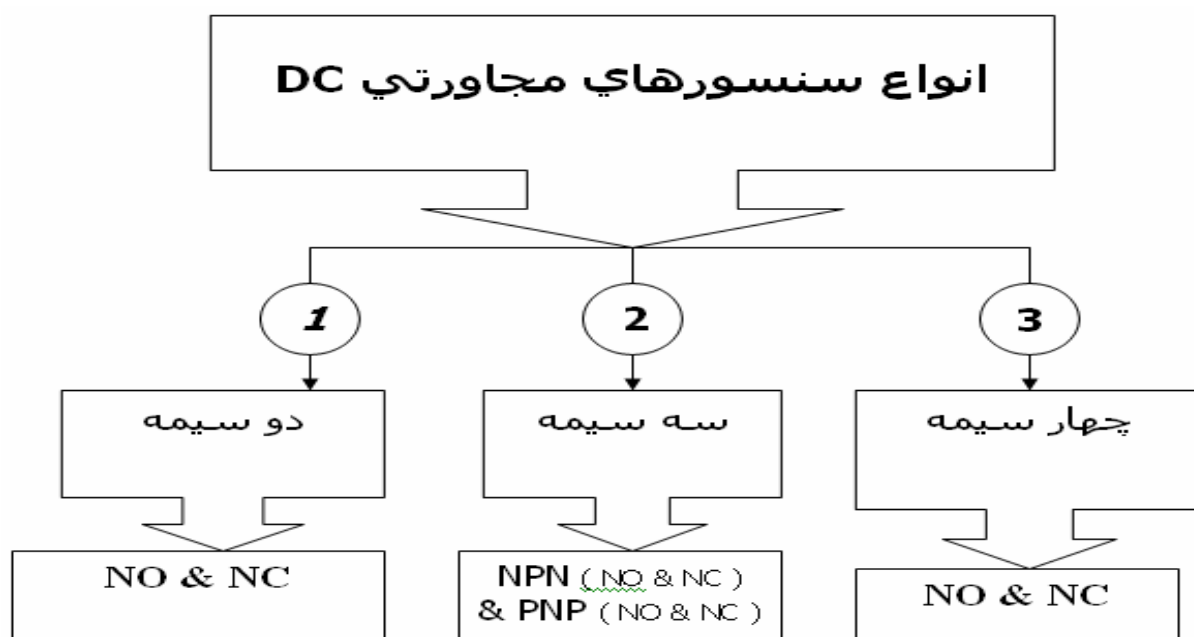
5- عدم ایجاد نویز - به دلیل ساختمان خاص این سنسورها و استفاده از نیمه هادی ، هنگام تغییر وضعیت هیچ نوع نویزی تولید نمی کنند



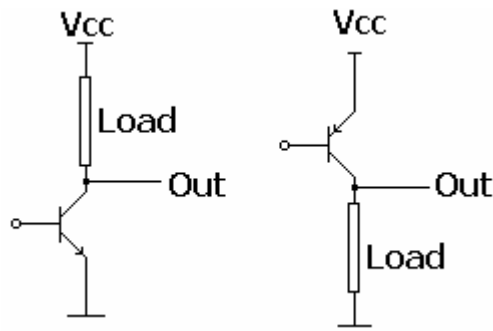
مثال هایی از کاربرد انواع سنسورها

- 1- شمارش تولید: سنسورهای القائی، خازنی و نوری
- 2- کنترل حرکت پارچه و ...: سنسور نوری و خازنی
- 3- کنترل سطح مخازن: سنسور نوری و خازنی و خازنی کنترل سطح
- 4- تشخیص پارگی ورق: سنسور نوری
- 5- کنترل انحراف پارچه: سنسور نوری و خازنی
- 6- کنترل تردد: سنسور نوری
- 7- اندازه گیری سرعت: سنسور القائی و خازنی
- 8- اندازه گیری فاصله قطعه: سنسور القائی آنالوگ

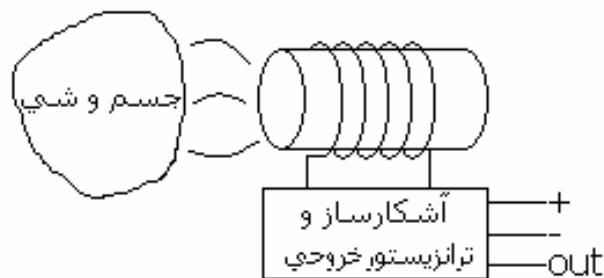
انواع سنسورهای مجاورتی DC



سنسورهای سه سیمه معمولاً در خروجی دارای ترانزیستور هستند . یعنی در خروجی این سنسورها یک ترانزیستور وجود دارد که حالت قطع یا اشباع این ترانزیستور حالت 0 و 1 را در خروجی ایجاد می کند . اگر ترانزیستور استفاده شده در سنسور از نوع NPN یا PNP باشد ، خروجی بصورت NO یا NC خواهد بود .

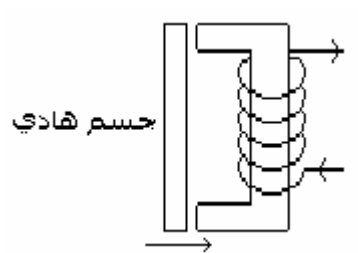


در سنسور NPN سه سیمه ، دو سیم تغذیه + و - و يك سیم خروجي داریم . در واقع خروجي سنسور در حالتیکه سنسور فعال است ، زمین شده و ولتاژ صفر مي دهد به همین دلیل در این نوع سنسور بایستی خروجي بین تغذیه + و Out قرار گیرد . جریانی که ترانزیستور مي تواند داشته باشد روی خود سنسور یا روی برگه مشخصات سنسور توضیح داده مي شود . حداقل و حداکثر ولتاژ تغذیه هم روی سنسور درج مي شود . در سنسور PNP از نظر مشخصات ولتاژی مشابه نوع NPN است یعنی معمولاً روی خود سنسور یا روی برگه مشخصات سنسور بایستی مشخص شده باشد . در این نوع سنسور زمانی که ترانزیستور به حالت اشباع مي رود در واقع سیم Out سنسور به تغذیه مثبت وصل مي شود . پس در این سنسور بایستی بار بین سیم Out و تغذیه - قرار گیرد و بسته به اینکه سنسور از نوع NO یا NC باشد مي توانیم از کنتاکتها و رله ها در خروجي استفاده کنیم . اگر خروجي به PLC وصل شود نیازی به رله خروجي نداریم . از مزایای سنسور های تقریب (مجاورتي) سرعت قطع و وصل بالاي آنهاست و استهلاک مکانیکی نداشته و طول عمر برای آن تعریف نمی شود . در هر يك از سنسورها خروجي مي تواند بصورت NO یا NC باشد . در نوع NO هنگامیکه سنسور جسم را احساس نمی کند ترانزیستور در حالت قطع بوده و با احساس شي در حالت اشباع قرار گرفته و وصل مي شود . ولي در نوع NO در حالت عادي ترانزیستور اشباع و پس از احساس جسم ترانزیستور در حالت قطع قرار مي گیرد .

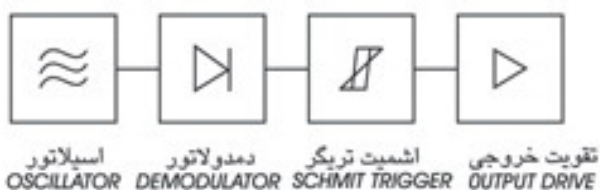
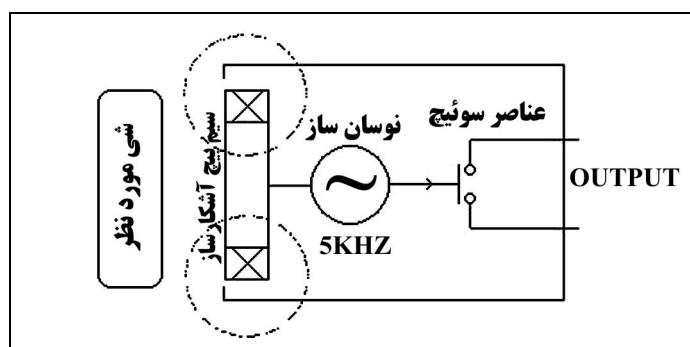


سنسورهاي القائي (Inductive Sensor)

سنسورهاي القائي ، سنسورهاي بدون تماس هستند که فقط در مقابل فلزات عکس العمل نشان مي دهند و خروجي آنها باعث تحريك رله يا سيستم هاي اندازه گيري مي شوند . مبناي کار سنسورهاي القائي بر مدارهاي مغناطيسي استوار است و به آنها سنسورهاي الکترومغناطيسي نیز مي گيوند . اين سنسورها به دو دسته تقسيم مي شوند ، گروه اول سنسورهايي که مانند ژنراتور عمل مي کنند يعني حرکت نسبي جسم رسانا در ميدان مغناطيسي باعث ايجاد جريان الکتریکي مي شود .



در گروه دوم از اين سنسورها ، نياز به منبع تغذيه خارجي داريم . ساختمان اين سنسورها از چهار قسمت تشکيل شده است .



قسمت اصلي اين سنسور يك نوسان ساز فرکانس بالا است . اين نوسان ساز يك ميدان الکترومغناطيسي در قسمت حساس سنسور ايجاد مي کند . با نزديک کردن فلز ، در فلز جريان گردابي ايجاد شده و باعث جذب انرژي و کاهش دامنه اسيلاتور مي شود . دمدولاتور تغييرات دامنه

اسیلاتور را احساس می کند . کاهش دامنه اسیلاتور باعث فعال شدن خروجی اشمیت تریگر و در نتیجه تحریک خروجی می شود .



برای تست و بررسی سنسورهای القایی از یک قطعه مکعب فولادی ST37 استفاده می شود . (قطعه ای به ضخامت 1 mm و به ابعاد قطر سنسور)
فرکانس سوئیچینگ سنسور
تعداد قطع و وصل شدن سنسور در مدت زمان یک ثانیه فرکانس سوئیچ نامیده شده و بر حسب هرتز بیان می شود .

فاصله سوئیچینگ

فاصله بین قطعه استاندارد (قطعه مکعب فولادی ST37) و سطح حساس سنسور در زمان سوئیچ سنسور را فاصله سوئیچینگ می نامند .

فاصله سوئیچینگ نامی Sn

فاصله ای که بدون در نظر گرفتن سایر پارامترهای فیزیکی مثل حرارت ، ولتاژ تغذیه و غیره تعریف می شود .

هیستریزیس

فاصله بین نقطه وصل شدن سنسور هنگام نزدیک کردن سنسور و نقطه قطع شدن سنسور هنگام دور شدن قطعه از سنسور را هیستریزیس سنسور می گویند .

نحوه نصب سنسورهای القایی

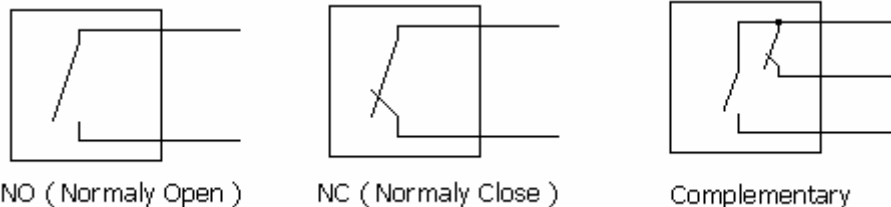
برای قرار دادن دو سنسور القایی در کنار یا روبروی هم باید شرایط خاصی لحاظ شود تا بر روی یکدیگر اثر نگذارند . در مورد سنسورهای با غلاف فلزی حداقل فاصله دو سنسور بیشتر از قطر سطح احساس سنسور در نظر گرفته می شود . اما در مورد سنسورهایی که سطح تماس آنها خارج از غلاف فلزی است حداقل فاصله دو سنسور باید بیشتر از دو برابر سطح حساس سنسور در نظر گرفته شود .

برای نصب دو سنسور روبروی هم باید فاصله دو سنسور بیشتر از شش برابر فاصله سوئیچینگ نامی در نظر گرفته شود .



خروجي سنسورها

خروجي سنسور ها معمولا بصورت يك كليد است . (سنسور مانند يك كليد عمل ميکند) عملکرد سنسور بصورت NO (نرمالي باز) ، NC (نرمال بسته) يا مکمل (هر دو مي باشد . هنگام استفاده از سنسور در مدار بايد به اين نکته توجه شود .



سنسور آنالوگ (Analogue Sensor)

خروجي اين سنسور ها بصورت ولتاژ يا جريان پيوسته است و با تغيير فاصله سنسور از شي ، ولتاژ يا جريان خروجي تغيير پيدا مي کند .

سنسور نامور (Namur Sensor)

اين سنسورها ، سنسورهاي دو سيمه و همانند يك مقاومت متغير هستند . يعني با تغيير فاصله شي از سنسور ، مقاومت داخلي سنسور تغيير پيدا مي کند .

حفاظت سنسور

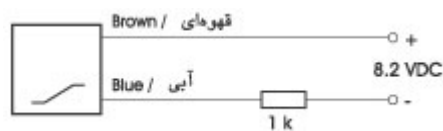
خروجي سنسورهاي صنعتي در مقابل ولتاژ معكوس حفاظت شده هستند ولي اگر سيم خروجي و تغذيه اشتباه وصل شوند امکان آسيب ديدن سنسور وجود دارد . در روي برخي از سنسورها دو LED قرار داده مي شود كه يكي از آنها براي مشخص كردن اتصال کوتاه خروجي است و گاهي اوقات چشمك زن شدن LED مي تواند به منزله اخطار و اشكال باشد .

سنسورهاي القائي در انواع AC و DC ارائه مي شوند . از نظر اتصال سيم هاي خروجي نيز بصورت دو سيمه ، سه سيمه و چهار سيمه در دسترس هستند که در نوع چهار سيمه معمولا خروجي ها بصورت مکملی قابل استفاده هستند .

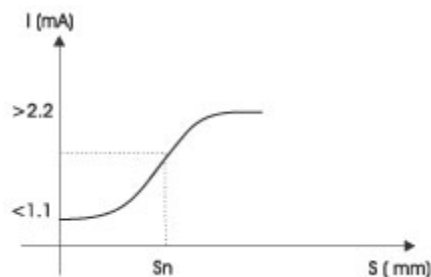
سنسورهاي دو سيمه AC و DC را بدون بار به منبع تغذيه وصل نکنيد . اگر مجبور به استفاده از لامپ بعنوان بار هستید حتما يك مقاومت الكتريكي بطور موازي با دو سيم سنسور قرار دهيد . هنگام استفاده از سنسورها به محدوده ولتاژ و جريان کاري آنها توجه داشته باشيد .

سنسور القائي نامور

سنسورهاي دو سيمه اي که همانند مقاومت متغير عمل مي کنند يعني مقاومت داخلي آنها متناسب با فاصله جسم از سنسور تغيير پيدا ميکند . اين سنسورها توسط يك مقاومت 1 K به منبع تغذيه DC وصل مي شوند. جريان اتصال کوتاه اين سنسور ها کم بوده و قابل استفاده در محيط هاي قابل انفجار هستند .

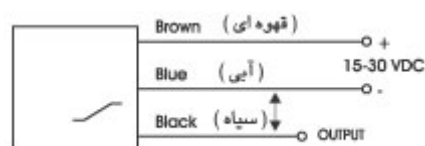


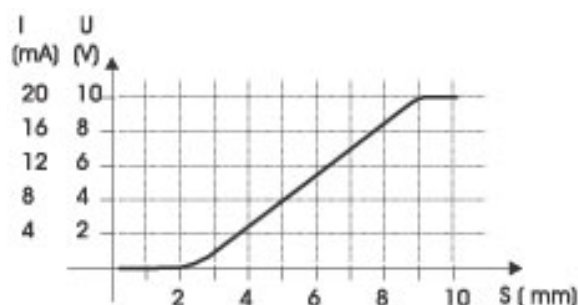
با بکارگيري تقويت کننده در خروجي سنسور مي توان از آن بعنوان سوئيچ القائي استفاده کرد .



سنسورهاي القائي آنالوگ

اين سنسورها در مقابل فلزات حساس بوده و خروجي آنها ولتاژ است . از اين سنسورها براي اندازه گيري فاصله قطعه از سنسور ، جداسازي قطعات و اندازه گيري ضخامت استفاده مي شود .





سنسورهاي القائي سرعت

اين سنسورها براي اندازه گيري سرعت استفاده مي شوند ع در قسمت حسگر اين سنسورها ، ميدان مغناطيسي وجود دارد با عبور چرخ دنده از جلوي قسمت حساس سنسور ، شدت ميدان مغناطيسي تغيير مي يابد. از اين سنسورها بعنوان سرعت سنج استفاده مي شود .



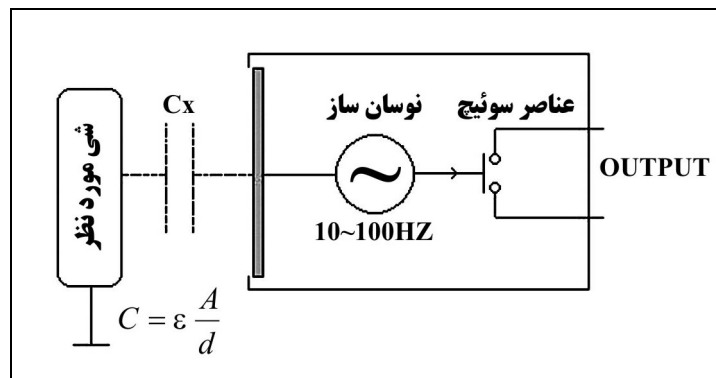
سنسورهاي مجاورتي خازني

اين سنسورها قابليت احساس تمام اجسام اعم از فلزات و غير فلزات وجود دارد . ولي اين سنسور بيشتر براي احساس مواد غيرفلزي مثل شيشه ، چوب ، پلاستيك و امثال آن بكار مي رود و براي احساس فلزات بيشتر از سنسورهاي القائي استفاده مي کنند . براي اين سنسور نيز حساسيت تعريف مي شود و براي مواد مختلف ضرايب متفاوتي براي SN در نظر گرفته مي شود .

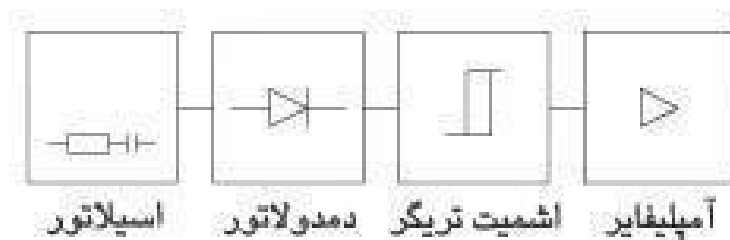
اين سنسورها در انواع دو سيمه AC ، سه سيمه NPN و PNP و چهار سيمه NPN و PNP ساخته مي شوند .

در سنسورهاي مجاورتي 2 سيمه معمولا از تراياك در خروجي استفاده مي شود كه اين تراياك معمولا با بار سري قرار مي گيرد . به اين نوع سنسورها معمولا سنسورهاي AC نيز مي گویند چون بار از نوع AC است و با بار بصورت سري قرار گرفته و ممكن است بصورت NO يا NC مورد استفاده قرار گيرد .

در سنسورهاي چهار سيمه دو سيم جهت تغذيه و دو سيم ديگر يك كنتاكت رله است كه از نظر تغذيه سنسور ايزوله مي باشد و مي تواند از نوع NO يا NC باشد .



ساختمان اساسي اين سنسورها از چهار قسمت تشكيل شده است :

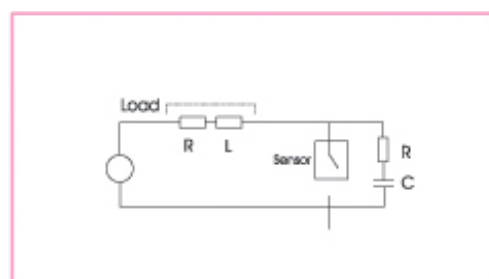


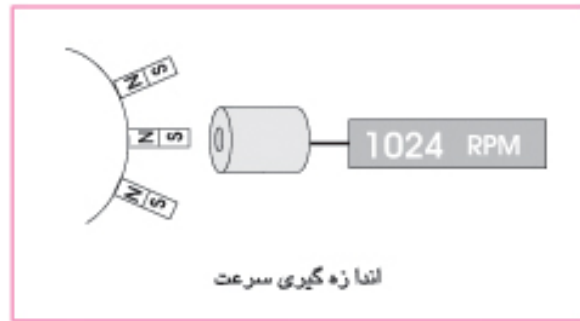
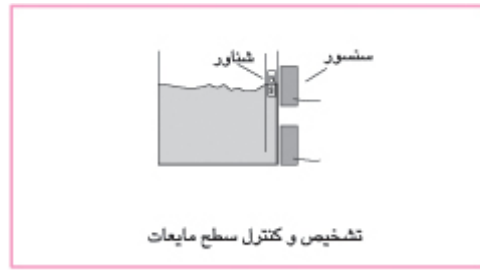
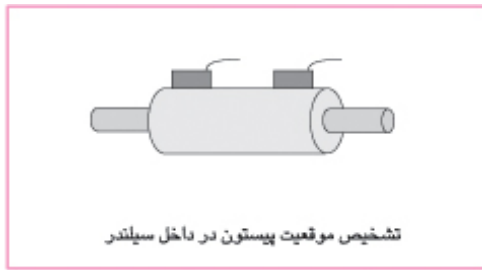
قسمت اساسي اسيلاتور از دو قطعه فلزي تشكيل شده، وضعیت قرارگيري اين قطعات فلزي نسبت به هم طوري است که باعث ايجاد یک ظرفيت خازني مي شود. هر گاه قطعه اي با ضريب الکتریکي E به صفحه حساس نزدیک گردد باعث تغيير ظرفيت خازني بين صفحات مي شود. اين تغيير ظرفيت خازني باعث تغيير دامنه خروجي اسيلاتور مي شود.

دمدولاتور دامنه اسيلاتور را آشکار مي کند و اين مقدار را با سطح مرجع مقايسه مي نمايد. هر گاه دامنه اين مقدار از دامنه مرجع بيشتر باشد، خروجي سنسور تحریک مي شود. آمپليفاير خروجي وظیفه تأمین جريان را بر عهده دارد.

سنسورهاي مغناطيسي

اين سنسورها در مجاورت ميدان مغناطيسي عمل مي نمايند. هر گاه یک قطعه آهنربا در مقابل اين سنسور قرار گیرد کنتاکت آن عمل خواهد کرد. هرگاه بار سلفي به اين نوع سنسورها وصل گردد، بمنظور حفاظت و عمر طولاني بهتر است از ترکیب R و C طبق شکل زیر استفاده کرد.

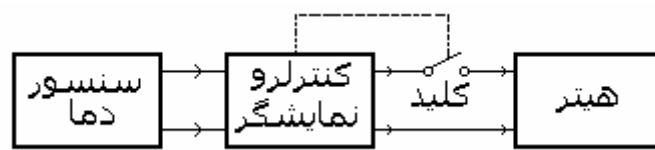




Temperature Transducers

سنسورهای دما

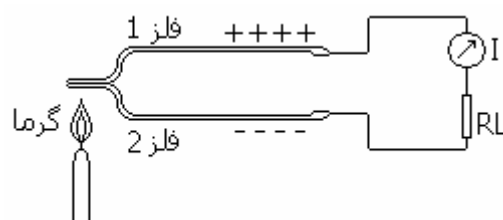
دما معیاری است که میزان سردی و گرمی اجسام را مشخص می کند . دما کمیتهی نسبی است . دماسنج یا ترمومتر وسیله ای برای اندازه گیری دما است . تقریباً تمام مواد در اثر گرما منبسط می شوند و این اصل اولیه تمام دماسنج ها است . دماسنج نیاز به کالیبراسیون دارند . (مثل دما سنج جیوه ای) . گرما (دما) و فشار کمیت های وابسته به یکدیگر هستند و باید در اندازه گیری به آن توجه شود . (گرما مقداری است که به دلیل اختلاف دما بین دو جسم مبادله می شود . $Q = MC\Delta\theta$) در بخش های صنعتی ، نیروگاهها و بسیاری از بخش های تولیدی اندازه گیری و کنترل دما از اهمیت زیادی برخوردار است . این مسئله ضرورت استفاده و بکارگیری از سنسورها دما را اجتناب ناپذیر میسازد . چهار نوع مبدل دما رایج و کاربردی تر هستند که عبارتند از: 1- ترموکوپل 2- RTD 3- ترمیستور 4- سنسورهای مدار مجتمع



نمونه ای از یک سیستم کنترل دما

سنسور ترموکوپل

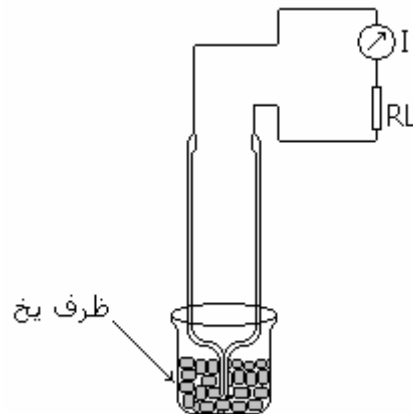
این سنسور بر اساس پدیده ترموالکتریک کار می کند . هرگاه دو فلز غیر همجنس تشکیل یک مدار بسته دهند با گرم شدن محل اتصال جریان در مدار برقرار می شود . این اثر را اثر سبیک یا ترموالکتریک می نامند .



پدیده ترمو الکتریک یا اثر سبیک

ترموکوپل ها دما را بطور نسبی (نسبت به نقطه مرجع) اندازه گیری می کنند . به همین دلیل با تعیین نقطه مرجع (رفرنس) در صفر درجه تعریف می شود . در دمای معمولی (محیط) ترموکوپل ولتاژی تولید نمی کند . (چون بر خلاف اصل بقای انرژی است .)

اگر یک طرف ترموکوپل را داخل یخ قرار دهیم می توان دمای صفر درجه را بعنوان نقطه مرجع تعریف کرد و در اینصورت ترموکوپل قادر به اندازه گیری دمای محیط خواهد بود . نکته مهم در بحث ترموکوپل تعریف نقطه صفر است .



روش آزمایشگاهی در تعیین نقطه مرجع

در عمل استفاده از روش آزمایشگاهی و بکارگیری ظرف یخ امکان پذیر و دقیق نیست و از روش های دیگری باید استفاده کرد .

- یک روش ساده برای ایجاد نقطه مرجع ، فرض کردن دمای خاصی برای محیط ، مثلا 25 درجه سانتیگراد و جمع کردن خروجی ترموکوپل با دمای فرض شده است . ($10^{\circ} \Rightarrow 1mw$) این روش ، روشی ساده ولی غیر دقیق است .
- در روش دقیقتر میتوان با استفاده از یک سنسور دمای دیگر (کالیبراتور) دمای محیط را اندازه گیری کرد و آن را با خروجی ترموکوپل جمع کرد .

تذکر : خروجی سنسور LM35 به ازای $1^{\circ}C$ ، $10 \frac{mW}{^{\circ}C}$ است . خروجی ترموکوپل به ازای

$1^{\circ}C$ ، $0.1 \frac{mW}{^{\circ}C}$ است .

جبران سازی حرارتی

یک سنسور ، دمای محیط را اندازه گیری می کند و ترموکوپل دمای محل اتصال دو فلز را ، به این ترتیب با جمع کردن خروجی ترموکوپل و سنسور می توان دما را اندازه گیری کرد .

جدول ترموکوپل ها

بر اساس جنس فلزات بکار رفته در ساخت ترموکوپل ، فلزات را طبقه بندی و با علائم خاصی نشان می دهند . هر دو فلز غیر همجنس این خاصیت را دارند ولی بطور استاندارد و بر اساس ویژگی های فلزات ، فلزات خاصی را بکار می برند . در جدول ذیل این ترکیب را مشاهده می کنید .

توضیحات	فرمول شیمیایی	نوع فلزات	ترموکوپل
دو نوع J و K معروف و کاربردی تر هستند	Fe - Con	آهن - کنستانتان	J
	Cu - Con	مس - کنستانتان	T
	Ni Cr - Ni	نیکل کروم - نیکل	K
	Ni Cr - Con	نیکل کروم - کنستانتان	E
	Ni Cr Si - Ni Si	نیکل سیلیکون - نیکل کروم سیلیکون	N

مزایای ترموکوپل

- 1- ارزان و اقتصادی هستند
- 2- نیازی به منبع تغذیه ندارند
- 3- ساده بوده و خرابی کمتری دارند
- 4- رنج اندازه گیری وسیع دارند



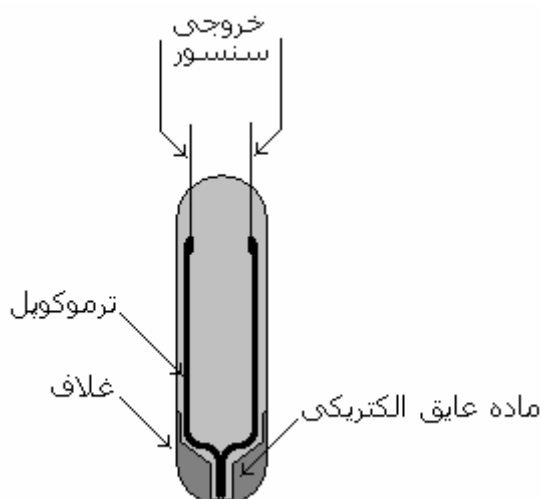
معایب ترموکوپل

- 1- کم بودن ولتاژ خروجی
- 2- نویز پذیر
- 3- حساسیت کم
- 4- دقت کم

یکی از مشکلات عمده ترموکوپل ها ، امکان اکسید و خوردگی محل تماس فلز با مواد شیمیایی است . به همین دلیل ترموکوپل ها را بطور مستقیم در پروسه های صنعتی بکار نبرده و آنها را در داخل غلاف محافظ بکار می برند .

برای ساخت غلاف محافظ از سرامیک یا استیل استفاده می شود . غلاف باید :

- 1- حرارت را بخوبی منتقل کند
 - 2- از نظر الکتریکی از ترموکوپل ایزوله باشد
 - 3- با مواد شیمیایی ترکیب نشده و واکنش نشان ندهد
- بین غلاف و محل اتصال از یک ماده عایق استفاده می شود . اشکال بکاربردن این است که باعث می شود زمان پاسخ دهی و انتقال حرارت را طولانی می سازد .



مقاومت های وابسته به دما (RTD)

هر فلزی تحت تاثیر گرما ، مقاومت الکتریکی اش تغییر پیدا می کند . چون الکترون های آزاد در اثر حرارت دارای حرکت بی نظم و نوسان می شوند .
 $R = R_0(1 + \theta T)$
اگر با افزایش دما مقدار مقاومت افزایش پیدا کند ، مقاومت دارای ضریب حرارتی مثبت بوده (θ مثبت) و به آن PTC گفته می شود و اگر با افزایش دما مقدار مقاومت کاهش پیدا کند ، مقاومت دارای ضریب حرارتی منفی بوده (θ منفی) و به آن NTC گفته می شود .

هر فلزی بعنوان سنسور استفاده نمی شود باید از فلزی استفاده شود که خاصیت تورق (ورق پذیری) داشته و تغییرات مقدار مقاومت آن در مقابل حرارت زیاد باشد . همچنین رابطه بین تغییرات دما و مقاومت خطی باشد . معمولا از پلاتین استفاده می شود . مثل سنسور PT100
اکثر فلزات ضریب حرارتی مثبت دارند و با افزایش دما مقدار مقاومت آنها بیشتر می شود و جزء دسته PTC ها هستند .
فلزاتی که برای ساخت سنسور استفاده می شوند دارای ویژگی های خاصی باید باشند :

- 1- تغییرات مقاومت - دما خطی باشد
- 2- حساسیت آن زیاد باشد
- 3- اکسید نشود
- 4- با مواد شیمیایی ترکیب نشود
- 5- خاصیت تورق بالائی داشته باشد

بهترین فلزی که این خصوصیات را دارد ، فلز پلاتین است . سیم پلاتینی که برای ساخت سنسور استفاده می شود حدود چند میکرو متر است . سنسورهای ساخته شده از پلاتین جزء PTC ها هستند .
مشهورترین سنسور RTD که از پلاتین ساخته می شود PT100 است . (PT = پلاتین) این سنسور در دمای صفر درجه دارای مقاومت 100 اهم است . محدوده تغییرات آن از 200 oc تا 850 oc و تقریبا خطی است . سنسور PT500 در دمای صفر درجه دارای مقاومت 500 اهم است .

رابطه تغییرات مقاومت سنسور های ... PT با دما بصورت زیر است :

$$R = R_0(1 + \theta T + \beta T^2)$$

$$\theta = 3.9083 \times 10^{-3}, \beta = -5.775 \times 10^{-7}, R_0 = 100$$

چون β ضریب کوچکی است در دماهای پایین از آن صرفنظر می شود و رابطه بصورت خطی در می آید ولی در دماهای بالاتر (از 500 oc به بالا) چون T^2 عدد بزرگی می شود نمی توان از آن صرفنظر کرد و رابطه بصورت غیر خطی در می آید . مس حساسیت بیشتری نسبت به پلاتین دارد ولی پلاتین تغییرات خطی تری نسبت به مس دارد .

مثال - مقاومت سنسور PT100 در دمای محیط 25 oc چند اهم است ؟

الف - بدون در نظر گرفتن β :

$$R = R_0(1 + \theta T) \rightarrow R = 100(1 + 3.9083 \times 10^{-3} \times 25) = 109.7 \Omega$$

ب - با در نظر گرفتن β :

$$R = R_0(1 + \theta T + \beta T^2) \rightarrow R = 100(1 + 3.9083 \times 10^{-3} \times 25 - 5.775 \times 10^{-7} \times 25^2) = 109.8 \Omega$$

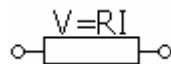
رابطه تقریبی مقاومت اهمی و دما در سنسورهای PT100 بصورت زیر تعریف می شود : $R = 100 + 3.9T$ یعنی شیب تغییرات سنسور PT100 برابر $3.9 \frac{\Omega}{oc}$ است .

سنسورهای PT500 و PT1000 به ترتیب در دمای صفر درجه دارای مقاومت 500 و 1000 اهم هستند . شیب تغییرات مقاومت بر حسب دما در سنسور PT500 برابر $2 \frac{\Omega}{oc}$ و در سنسور PT1000 برابر $4 \frac{\Omega}{oc}$ است . بنابر این حساسیت و دقت سنسور PT1000 نسبت به سنسورهای PT500 و PT100 بیشتر است . برای اندازه گیری مقاومت دو روش داریم :

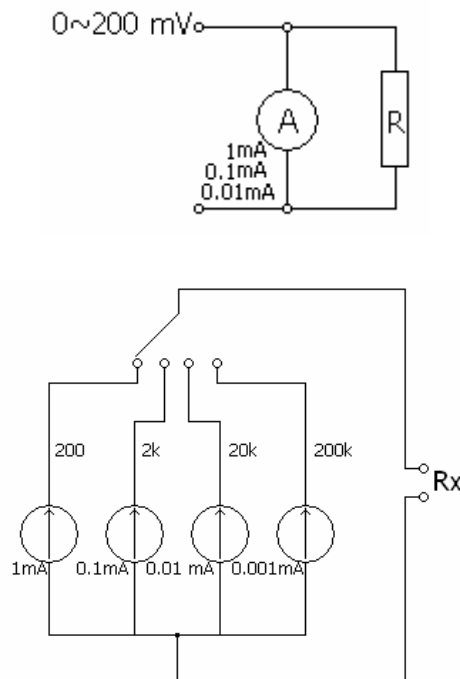
1- قانون اهم $R = \frac{V}{I}$ که در اهم متر آنالوگ استفاده می شود . چون تغییرات غیر خطی است روش مناسبی نیست .

2- در مولتی متر های دیجیتال با استفاده از منبع جریان این عمل صورت می گیرد

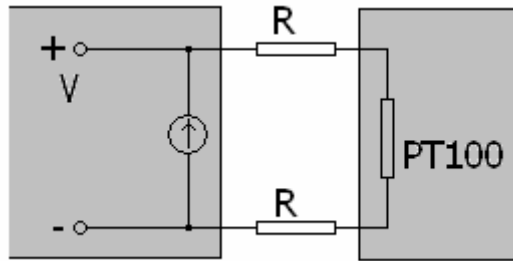
برای خواندن مقاومت PT100 از روش مشابه اهم متر های دیجیتال استفاده می شود .



برای سنجش مقاومت در اهم متر های دیجیتال از منبع جریان استفاده می شود با عبور جریان ثابت از مقاومت و اندازه گیری ولتاژ دو سر مقاومت می توانیم مقدار مقاومت را بدست آوریم .

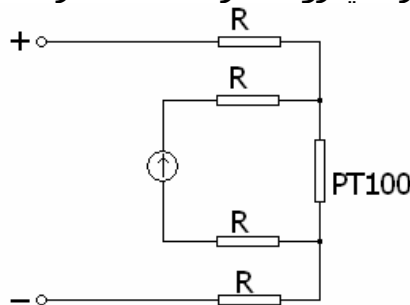


در اندازه گیری مقدار مقاومت سنسور ، مقاومت سیم رابط هم با مقدار مقاومت سنسور جمع شده و ایجاد خطا می کند .

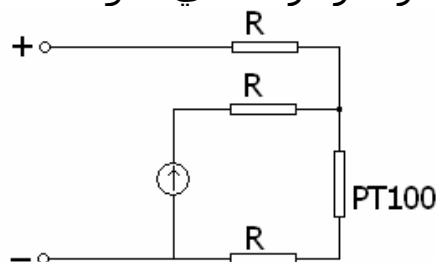


برای سنجش مقاومت سنسور PT100 می توانیم از منبع جریان استفاده کنیم. جریان ثابتی از سنسور عبور دهیم و ولتاژ دو سر منبع جریان متناسب با مقاومت سنسور PT100 خواهد بود. اگر فاصله بین سنسور PT100 و نمایشگر دما طولانی باشد مقدار مقاومت کابل با مقاومت سنسور جمع شده و نمایشگر دما جمع مقاومت PT100 و مقاومت‌های کابل را اندازه گیری خواهد کرد و مقدار دمای نمایش داده شده بیشتر از دمای واقعی خواهد بود. برای رفع این مشکل روشهای مختلفی استفاده می شود:

- 1- روش ساده آن است که بجای سنسور PT100 از يك مقاومت دقيق 100 اهم استفاده کنیم. در اینحالت نمایشگر باید عدد صفر را نشان دهد و اگر عدد نمایش داده شده عدد غیر صفر بود با Offset روی نمایشگر آن را روی صفر تنظیم می کنیم. سپس سنسور را به نمایشگر متصل می کنیم و تا زمانیکه مقاومت مسیر تغییر نکند این کالیبراسیون صحیح خواهد بود.
- 2- با استفاده از PT100 چهار سیمه می توان این خطا را جبران کرد. دو سیم برای عبور جریان و دو سیم برای قرائت ولتاژ دو سر سنسور بکار میرود. به دلیل عدم عبور جریان از سیم های قرائت ولتاژ، افت ولتاژی روی این سیم ها نداریم و ولتاژ قرائت شده دقیقا ولتاژ دو سر سنسور است. (چون جریان عبوری از دو سیمی که برای اندازه گیری ولتاژ بکار می رود صفر است مقدار مقاومت آن تاثیری ندارد.)



- 3- با استفاده از سنسور PT100 سه سیمه، فقط مقاومت نصف مسیر جبران شده و نصف مقاومت همچنان خطا ایجاد خواهد کرد ولی با داشتن نصف خطا می توان کل خطا را تشخیص داده و حذف کرد. استفاده از PT100 سه سیمه معمول تر از PT100 چهار سیمه است. لازم به ذکر است در بحث سنسور تا فاصله 10 متر را فاصله کم فرض می کنیم ولی بالاتر از آن بعنوان فاصله زیاد در نظر گرفته می شود.



خطای خود گرمایی (Self heating)

عبور جریان از مقاومت باعث گرم شدن آن مي شود و طبق رابطه $P = RI^2$ تلفات حرارتي روي آن باعث خطا مي شود . بر اساس همین رابطه مي توان نتیجه گيري کرد که خطای خود گرمایی در سنسور PT1000 بیشتر از PT500 و در آن هم بیشتر از PT100 است . براي از بين بردن اين خطا دو روش پیشنهاد مي شود :

1- کم کردن مقاومت که اين روش بعلت ثابت بودن مقاومت PT100 قابل استفاده نیست .

2- کم کردن جريان عبوري از سنسور تا حد امکان که اين مسئله باعث کاهش خطا مي شود . ولي خطا از بين نمي رود .

با کاهش جريان ، توان حرارتي تا حد قابل توجهي کاهش پيدا مي کند . چون توان با مجذور جريان متناسب است .

ضريب خود گرمائي با رابطه زیر مشخص مي شود : $E = \frac{\Delta t}{RI^2}$ و واحد آن $\frac{oc}{watt}$ است .

(Δt خطای ایجاد شده ، R مقاومت سنسور و I جريان عبوري از سنسور است .)

مثال - در سنسور PT100 و در دمای 100 oc ، جريان عبوري 0.1 mA است . اگر خطای خود گرمائي 2 oc باشد ، ضريب خود گرمائي چقدر خواهد بود ؟

$$R = R_o(1 + \theta T) = 100(1 + 0.39 \times 100) = 140$$

$$E = \frac{\Delta t}{RI^2} = \frac{2}{140 \times (0.0001)^2} = 1.4 \times 10^6 \frac{oc}{watt}$$

مثال - در سنسور PT100 در دمای صفر درجه با ضريب خود گرمائي $10^6 \frac{oc}{watt}$ چه

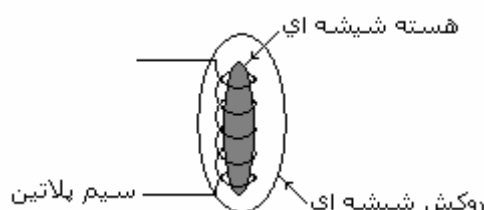
جرياني از سنسور بايد عبور کند تا مقدار خطا کمتر از 1 oc شود ؟

$$E = \frac{\Delta t}{RI^2} \Rightarrow I^2 = \frac{\Delta t}{R \times E} \Rightarrow I = \sqrt{\frac{\Delta t}{R \times E}} = \sqrt{\frac{1}{100 \times 10^6}} = 10^{-4} A = 0.1 mA$$

اگر جريان عبوري کمتر از 0.1 mA باشد خطا کمتر از 1 oc خواهد بود .

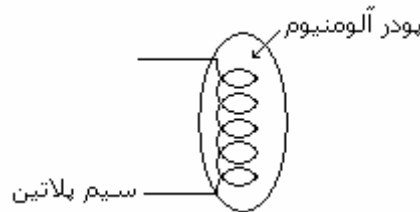
سنسور دمای پلاتين - شیشه

این سنسور نوعي سنسور PT100 است . این نوع سنسور از پیچیدن سیم پلاتين روي محفظه شیشه اي تشکيل مي شود و دو سیم جهت ارتباط با بیرون تعبیه شده است . پس از اینکه سیم پیچي پلاتين کالبره و تنظیم شد . روکش روي آن کشیده شده و گرم مي شود تا سیم پیچ تثبيت و محکم شود . در اینجا از سیم پلاتين با قطري در حدود 17 تا 30 میکرومتر و طولی حدود 8 تا 55 ميلي متر استفاده مي شود . سنسور پلاتين - شیشه در برابر شوک و لرزش استحکام زيادي دارد و مقاومت شیمیائي آن بسیار بالاست . قادر به اندازه گيري دماهاي تا حدود 850 درجه سانتیگراد بوده و مي تواند با ماده اي که دمای آن اندازه گيري مي شود در تماس مستقیم باشد .



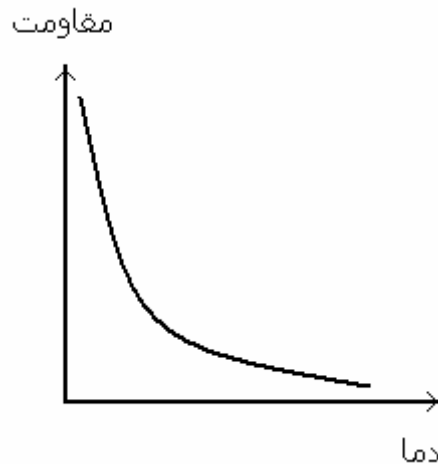
سنسور دمای پلاتین - سرامیک

در این سنسورسیم پیچ کالیبره شده داخل محفظه سرامیکی قرار میگیرد و داخل محفظه با پودر آلومینیوم پر میشود . به این ترتیب سیم پیچ تثبیت شده و حرارت بهتر منتقل می شود . پس از کالیبره کردن ، دو طرف محفظه محافظ سنسور با در پوش های شیشه ای مسدود می شود . قطر این سنسور بین 0.9 تا 4.9 میلی متر و طول نهائی آن بین 6 تا 30 میلی متر است . ساختمان داخلی این سنسوراز تغییر مقاومت سنسور در اثر شوکهای حرارتی جلوگیری می کند .



ترمیستورها

مقاومت های با ضریب حرارت منفی (NTC) که از مواد نیمه هادی ساخته می شوند ، ترمیستور نامیده می شوند . ترمیستورها سنسورهای دما با شیب منفی هستند که با افزایش دما ، مقاومتشان کاهش پیدا می کند . مشخصه این سنسورها غیر خطی تر از فلزات است . از جمله کاربردهای ترمیستورها ، کنترل جریان عبوری از سیم پیچ موتورهای الکتریکی است . این سنسورها در دماهای پایین حساسیت زیادی نسبت به تغییرات دما دارند ولی هر چه دما افزایش پیدا می کند ، حساسیت آنها کمتر می شود . از این سنسورها برای اندازه گیری دماهای پایین می توان استفاده کرد .



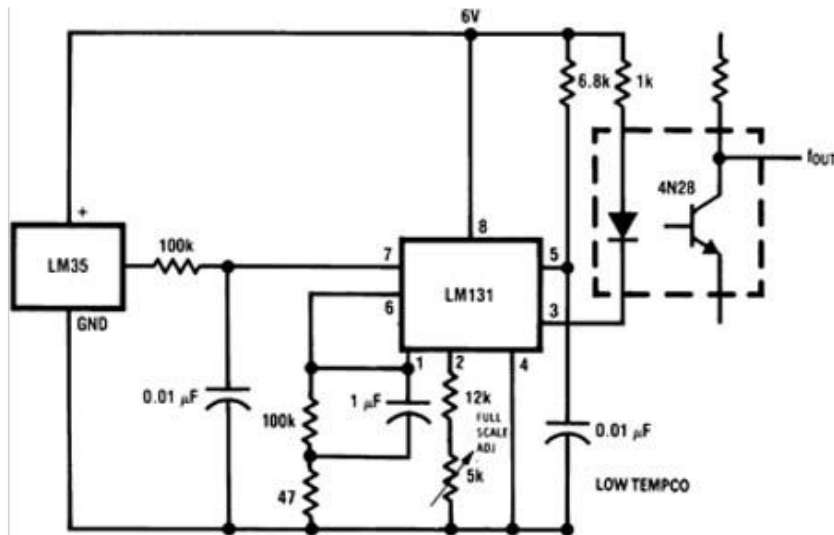
چون ترمیستورها از مواد نیمه هادی ساخته می شوند ، با افزایش دما تعداد الکترونهای لایه ظرفیت آنها افزایش یافته و الکترونهای آزاد شده و مقاومت الکتریکی کاهش می یابد . از مزایای ترمیستورها ، حجم کم و قیمت مناسب آنها است . همچنین در ساخت این سنسورها بر خلاف سنسورهای PT100 ، محدودیت مقدار مقاومت سنسور وجود ندارد و رنج های مختلفی از آن ساخته می شود . در جائیکه فضا کوچک و قیمت تمام شده مهم باشد از ترمیستورها استفاده می شود . یکی از مشکلات ترمیستورها تدرانس بالای آنها است . بطوریکه ترمیستورهای ساخت یک شرکت و تحت یک نام و شماره از نظر رفتار و مشخصه دقیقاً یکسان نیستند و هنگام تعویض و جابجائی عناصر اندازه گیری ، ایجاد مشکل می کنند .

آس سي هاي سنسور دما

سنسورهاي دماي ترموكوپل ، ترميستور و RTD داراي محدوديت هاي خاصي هستند . مثل جريان يا ولتاژ خروجي كم يا رفتار غير خطي آنها ، براي جبران اين محدوديت ها از مدارات الكترونيكي استفاده مي شود . در آي سي هاي سنسور قسمت احساس كننده و مدارات اصلاح كننده در داخل يك مجموعه قرار مي گيرند . LM34 ، AD592 و LM335 نمونه هايي از اين مدارات مجتمع هستند.

سنسور LM35 توليد شركت National Semiconductors يكي از سنسورهاي پر کاربرد در اندازه گيري و تعيين كننده مقدار دما است. اين سنسور داراي اين مشخصات است: عملکرد خطي سنسور كه براي هر 1 درجه افزايش دما 10 ميلي ولت تغييرات در خروجي دارد ، اندازه گيري دما بين منفي 55 تا مثبت 150 درجه سانتیگراد ولتاژ كاري 4 تا 30 ولت ، جريان كاري در حدود 60 ميكروآمپر

يك نمونه کاربرد اين سنسور به اين صورت است كه تغييرات ولتاژ در اين المان توسط آي سي LM131 به تغييرات فرکانس تبديل ميشود مانند شكل زير:

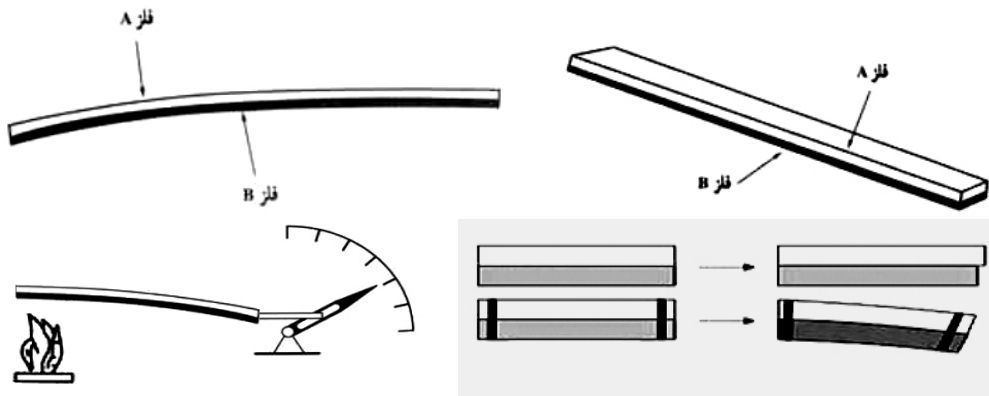


سنسورهاي حرارتي مادون قرمز

اين سنسورها بر اساس قابليت طيف نور منتشر شده عمل مي كنند . از آنجائيكه هر جسم در يك درجه حرارت ، رنگ نور بخصوصي را منتشر مي سازد مي توان از آن نور براي تعيين درجه حرارت استفاده كرد . اگر چه اين روش ، روش گران و در عين حال دقيقتي نيست ولي در صنايع ريخته گري ، كوره ها و ذوب فلزات از آن استفاده مي شود .

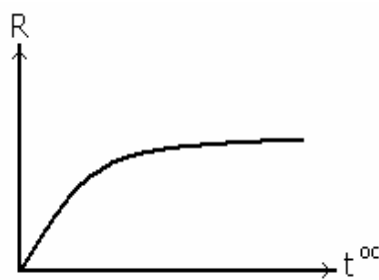
اندازه گيري دما با بي متال

با اتصال دو فلز با ضرايب انبساط طولی متفاوت ، بي متال ساخته ميشود . هنگاميكه حرارت به بي متال داده ميشود ، فلز با ضريب انبساط بالاتر خم بيروني و فلز با ضريب انبساط كمتر خم داخل پيدا ميكند به اين ترتيب مي توان با قرار دادن يك صفحه مدرج پشت عقربه متصل به بي متال ، تغييرات درجه حرارت را اندازه گيري كرد .



مقایسه سنسورهای دما

RTD



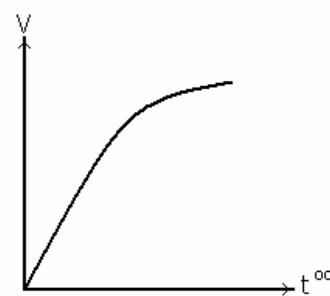
مزایا

پایداری زیاد
دقت بالا
رفتار خطی بهتر از ترموکوپل

معایب

گران‌قیمت
نیاز به منبع جریان
مشکل خودگرمایی

ترموکوپل



مزایا

عدم نیاز به منبع تغذیه ساده‌ی عملکرد و ارزان‌ی

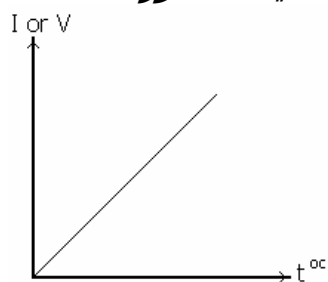
محدوده اندازه‌گیری وسیع

معایب

رفتار غیر خطی
ولتاژ پایین
نیاز به نقطه مرجع
پایداری کم
حساسیت کم

ترمیستور

آی سی های سنسور دما



مزایا

رفتار خطی
خروجی بالا
ارزان و اقتصادی

معایب

دماي کمتر از 200 درجه
سرعت کم
خودگرمایی

مزایا

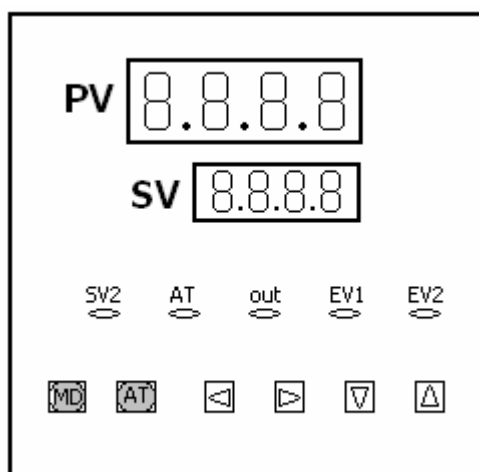
خروجی زیاد
پاسخ سریع
دو سیمه برای اندازه‌گیری

معایب

رفتار غیر خطی
محدوده اندازه‌گیری کم
نیاز به منبع جریان
خودگرمایی

کنترلر دما

به وسیله کنترلر می توان خروجی سنسور را نمایش داد و مقادیر مختلف دما را تنظیم و بر اساس آن خروجی های مورد نظر را فعال یا غیر فعال کرد . کنترلر می تواند دارای خروجی ON/Off یا پیوسته باشد . بر روی کنترلر نمایشگری برای نشان دادن مقدار (PV (Process Value و نمایشگری برای نشان دادن (SV (Set Value در نظر گرفته میشود . به کمک کلیدهای مکان نما روی کنترلر میتوان مقادیر PV و SV را تنظیم کرد . ترمینال هایی برای ورودی تغذیه و سیگنال های جریانی در نظر گرفته می شود . همچنین رله هایی در خروجی کنترلر تعبیه گردیده است که به کمک آنها می توان آلارم یا موتور یا هر خروجی مشابهی را اندازه گیری کرد . برای اطلاع از اتصالات ورودی ، خروجی ، منوها و جمیع تنظیمات کنترلر می توان به کتابچه راهنمای دستگاه مراجعه کرد .



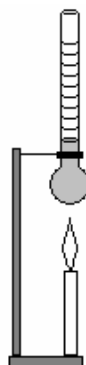
نمونه از یک دستگاه کنترلر

برخی از کنترلرها فقط برای کنترل یک پروسه ، مثلا کنترل دما ، فشار ، فلو ، تعیین سطح و امثال آن استفاده میشوند. ولی برخی از کنترلرها، چندمنظوره بوده و توانایی کنترل تمام پروسه ها را دارند. ورودی تغذیه کنترلر ممکن است DC یا AC باشد .

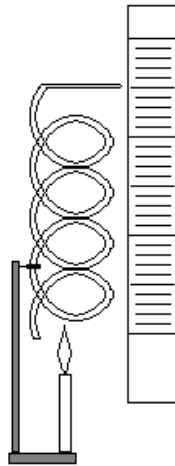
آزمایش - سنسورهای دما

اندازه گیری حرارت به دو روش الکتریکی و غیرالکتریکی انجام می شود . در روش غیر الکتریکی با استفاده از خاصیت انبساط فلزات ، مایعات و گازها عمل اندازه گیری صورت می گیرد . در روش الکتریکی از ترموکوپل ، ترمیستور ، RTD یا مدارات مجتمع استفاده می شود .

آزمایش 1- در داخل یک ظرف شیشه ای استوانه ای شکل محلول الکل بریزید. یک شمع کوچک یا چراغ آزمایشگاهی را روشن و آن را زیر استوانه حاوی الکل قرار دهید. نتیجه مشاهدات خود را یادداشت کنید . چگونگی اندازه گیری و تعیین دما با این روش را توضیح دهید .



آزمایش 2 - یک مفتول فلزی (ترجیحا از جنسی که ضریب انبساط حرارتی آن بالا باشد) را انتخاب و آن را به شکل فنر درآورید . زیر قسمت انتهایی آن یک خط کش قرار دهید . با قرار دادن یک شمع کوچک ، فلز را گرم کنید . اثر حرارت بر طول آن را بررسی کنید . توضیح دهید که چگونه به وسیله آن می توان یک دماسنج ساخت . آیا از این وسیله برای اندازه گیری طول هم می توان استفاده کرد ؟ توضیح دهید .



آزمایش 3- ترموکوپل های موجود در آزمایشگاه را در نظر بگیرید . نوع آنها را مشخص کنید . سیم های مثبت و منفی آنها را تعیین کنید . ولتاژ خروجی آنها را در دمای آزمایشگاه اندازه گیری و یادداشت کنید . نحوه تست و شناسائی ترموکوپل های مختلف چگونه صورت می گیرد ؟ توضیح دهید .
به هر کدام از ترموکوپل ها حرارت داده و به کمک ولت متر خروجی آنها را اندازه گیری و یادداشت کنید . با افزایش حرارت ولتاژ خروجی ترموکوپل ها چه تغییری پیدا می کند ؟ توضیح دهید .

آزمایش 4- ترمیستور NTC موجود در آزمایشگاه را در نظر بگیرید . به کمک اهم متر مقاومت آن را اندازه گیری و یادداشت کنید . ترمیستور فوق را به پل اندازه گیری متصل کنید . به کمک ولت متر ولتاژ خروجی پل را اندازه گیری و یادداشت کنید . به کمک هویه یا سشوار ، ترمیستور را گرم کنید . گرم شدن ترمیستور چه تاثیری در خروجی پل دارد ، توضیح دهید .

آزمایش 5- RTD موجود در آزمایشگاه را در نظر بگیرید . RTD فوق را به پل اندازه گیری متصل کنید . ولتاژ خروجی پل را اندازه گیری و یادداشت کنید . به کمک هویه یا سشوار ، RTD را گرم کنید . گرم شدن RTD چه تاثیری در خروجی پل دارد ، توضیح دهید .

نتیجه حاصل از این آزمایشات را یادداشت کرده و توضیح دهید .

فشار

فشار عبارتست از نیروی وارد بر سطح و از رابطه $P = \frac{F}{A}$ بدست می آید . واحدهای اصلی آن پاسکال ($\frac{N}{m^2} = Pa$) و Bar هستند .

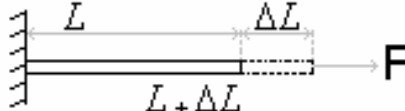
سنسورهای فشار Strain Gage

مقاومت الکتریکی یک جسم با طول آن رابطه مستقیم و با سطح مقطع آن رابطه معکوس دارد . یعنی : $R = \rho \frac{L}{A}$ (ρ ضریب مقاومت ویژه ، L طول و A سطح مقطع) اساس کار

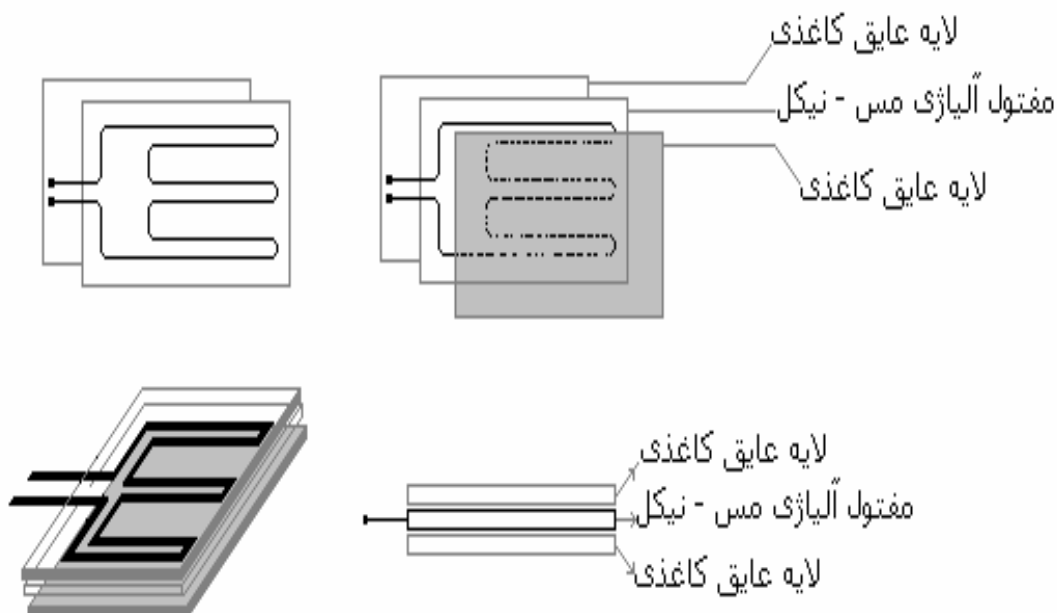
سنسورهای استرین گیج و لودسل بر این پایه استوار است . هنگامیکه نیرو و فشار به ورق فلزی وارد شود ، تغییر شکل داده و خم می شود ، به این ترتیب طول آن تغییر کرده و مقدار مقاومتش نیز تغییر پیدا می کند .

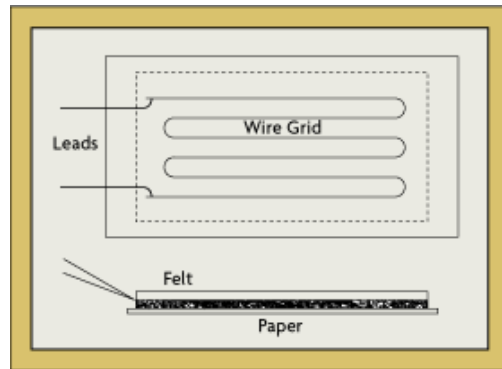
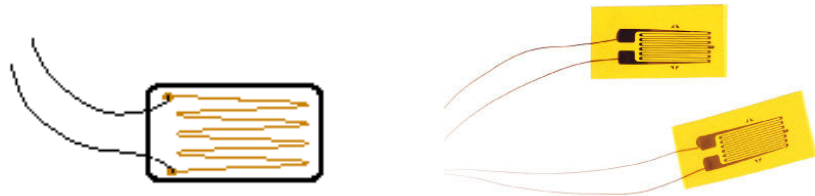
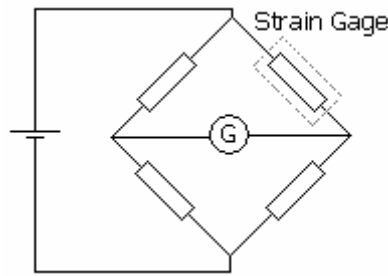
استرین گیج از مهمترین سنسورهای فشار است . اگر به جسم نیرو وارد شود در جهت نیروی وارد شده تغییر طول می دهد . نسبت این تغییر طول به طول اولیه تنش

یا Strain گفته می شود . $strain = \frac{\Delta L}{L}$

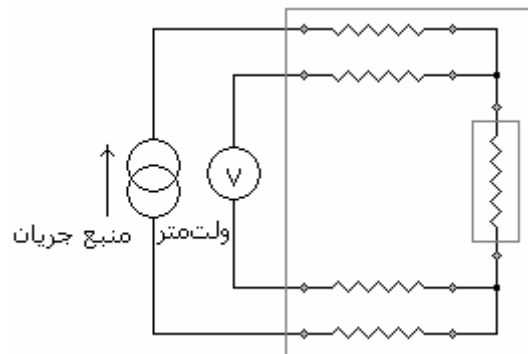
$$strain = \frac{\Delta L}{L}$$


استرین گیج ها در دو نوع نیمه هادی و مقاومتی (آلیاژی) ساخته می شوند . در نوع مقاومتی از آلیاژ مس - نیکل با قطر 0.02 mm استفاده می شود . استرین گیج مقاومتی در یکی از بازو های پل وتستون قرار می گیرد . در حالت عادی پل در حالت تعادل بوده و جریان صفر است . با وارد شدن نیرو پل از تعادل خارج و متناسب با آن عمل اندازه گیری صورت می گیرد .





با استفاده از روش چهار سیمه می توان خطای اندازه گیری و مقاومت سیم را به صفر رساند . در داخل لود سل از استرین گیج استفاده می شود .



اندازه گیری تنش (وزن , نیرو و فشار)

استرین گیج ها معروف ترین ترانسدیسورهای فشار هستند و معمولا برای اندازه گیری فشارهای بالا مورد استفاده قرار می گیرند . استرین گیج ها در واقع برای اندازه گیری تنش بکار می روند . تنش به معنای تغییر شکل در اثر نیروی وارد شده است . استرین گیج ها را معمولا از آلیاژ مس - نیکل می سازند . قطر این سیم ها در حدود 0.02 mm است و برای آنکه در اثر یک نیروی معین تغییر طول بیشتری داشته باشند معمولا آنها را به شکل زیگزاگ می سازند تا تغییر طول بیشتری داشته باشند .



بر روی یک صفحه پایه ارتجاعی از جنس پلاستیکی مقاوم می چسبانند . (یک طرف استرین گیج به نقطه ای بسته شده و نیرو به جهت دیگر آن وارد می شود . لودسل ها به تغییر دما حساس هستند بنابراین خطای مربوط به دما در آنها باید لحاظ شود . با استفاده از چندین لودسل می توان خطای دما را کاهش داد (داخل لود سل چندین استرین گیج با زوایای مختلف قرار می گیرد تا هم قادر به اندازه گیری از چند جهت باشد و هم خطای دما کاهش پیدا کند .

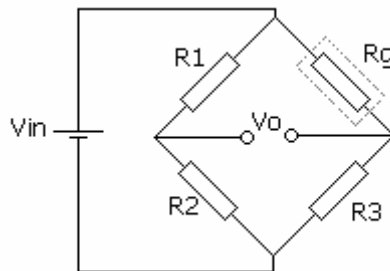
برای اندازه گیری فشار از این طریق بایستی یک طرف استرین گیج را ثابت نگهداریم و با وارد کردن فشار به طرف دیگر باعث تغییر شکل استرین گیج شده و تغییرات مقاومت اهمی متناسب با فشار وارده را اندازه گیری کنیم . یکی از کاربردهای مهم استرین گیج ها اندازه گیری نیوری وزن است . استرین گیج هایی که در صنعت برای اندازه گیری وزن استفاده می شوند ، لودسل (Load Cell) نامیده می شوند . یک لودسل عنصری است که از چند استرین گیج که با زوایای مختلف قرار گرفته اند تشکیل شده است . لودسل از پایداری حرارتی خوبی برخوردار است و خروجی آن بطور خطی متناسب با نیروی وزن تغییر می کند .

حساسیت (Gage Factor) SENSITIVITY

حساسیت لودسل (GF : Gage Factor) عبارتست از نسبت تغییرات مقاومت به تغییرات طول ، یعنی :

$$V_{out} = V_{in} \left[\frac{R_3}{R_3 + R_g} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right]$$

$$GF = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta L}{L}}$$



با توجه به این رابطه می بینیم که ولتاژ خروجی پل وابستگی به ولتاژ تغذیه پل دارد پس می توانیم نتیجه گیری میکنیم که برای اندازه گیری دقیق نیاز به ولتاژ ثابت و دقیق داریم . لودسل معمولا با ولتاژ 10 ولت تغذیه میشوند . خروجی استاندارد لودسل ها معمولا 0 تا 20 mV است .

اگر روی لودسل حساسیت بصورت $2 \frac{mV}{V}$ تعیین شده باشد یعنی اینکه به ازای هر یک ولت ولتاژ تغذیه ، تغییرات ولتاژ خروجی حداکثر 2 mV خواهد بود در این لودسل

اگر ولتاژ تغذیه 10 ولت باشد ولتاژ خروجی حداکثر 20 mV خواهد بود .

$$10v \times 2 \frac{mV}{v} = 20mV$$

حداکثر ولتاژ خروجی لودسل زمانی بدست می آید که حداکثر نیرو به لودسل اعمال شود . تغییرات خروجی لودسل بصورت خطی است .

مثال - اگر یک لود سل با حساسیت $2 \frac{mV}{V}$ و ولتاژ تغذیه 10 ولت داشته باشیم و حداکثر وزنی که این لود سل قادر به اندازه گیری آن است 100Kg می باشد . اگر وزنه 25 kg روی لودسل قرار داده شود خروجی چند میلی ولت خواهد بود ؟

$$10v \times 2 \frac{mV}{v} = 20mV$$

$$\frac{100kg}{25kg} \quad \frac{20mv}{x} \quad / \quad x=5mv$$

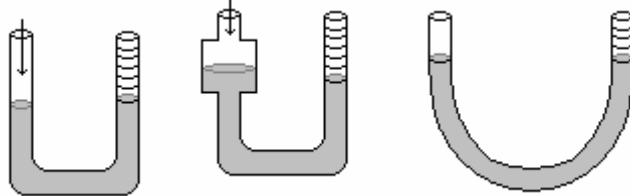
مثال - در یک لودسل با حساسیت 2.5 و ولتاژ تغذیه 12 V , اگر وزنه 10Kg روی آن قرار دهیم . ولتاژ خروجی 2 mV خواهد شد . حداکثر رنج اندازه گیری لودسل چقدر است ؟

$$V_{oMax} = 12 \times 2.5 = 30mV$$

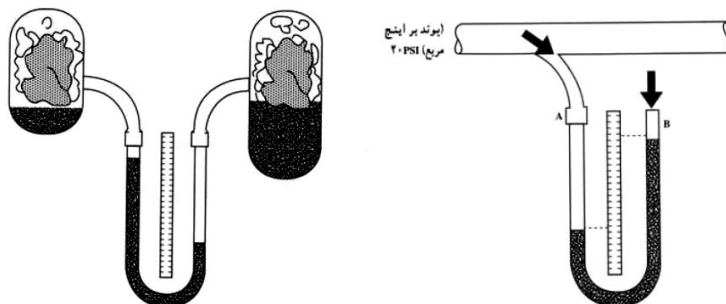
$$\frac{10 kg}{x} \quad \frac{2 mv}{30 mv} \quad / \quad x=150kg$$

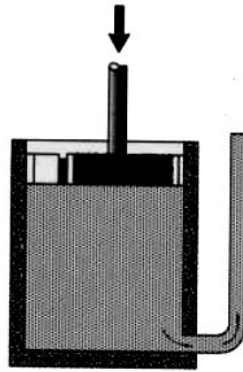
روش های مکانیکی اندازه گیری فشار

مانومتر ل شکل یکی از قدیمی ترین روش های اندازه گیری فشار است . لوله شیشه ای بصورت شکل ل ساخته می شود . مایع درون مانومتر و طول آن بستگی به مقدار فشاری دارد که می خواهیم اندازه گیری کنیم . اگر هدف اندازه گیری فشارهای پایین باشد از مایعات سبک مثل آب و اگر هدف اندازه گیری فشارهای بالاتر باشد از مایعات سنگین مانند جیوه استفاده می کنیم .



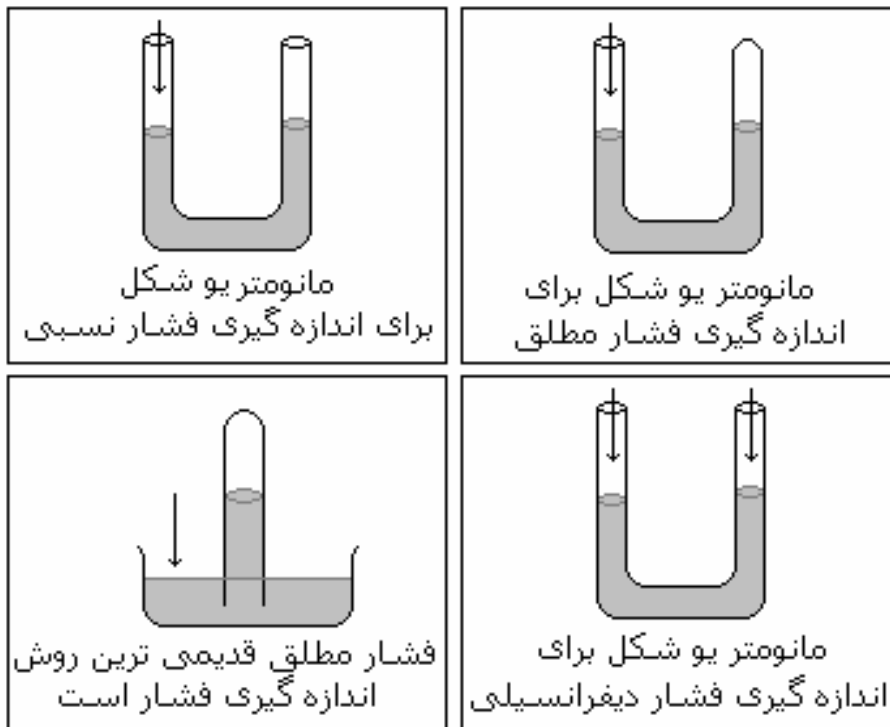
مانومتر با لوله مورب دقت بیشتری دارد و اگر دقت بیشتر و رنج اندازه گیری محدودتر مورد نظر باشد از مانومتر با سطح مقطع های متفاوت استفاده می کنیم .





در سیستم های اندازه گیری فشار معمولا فشار به شکل های متفاوتی مد نظر است از جمله "

- 1- فشار مطلق Absolute - در این جا فشار نسبت به خلاء مطلق اندازه گیری می شود . در این روش باید یک طرف ترانسدیوسر حتما به خلا وصل شود .
- 2- فشار نسبی Gage - در این ترانسدیوسر مقدار فشار اتمسفر برابر صفر در نظر گرفته می شود و کلیه فشارها نسبت به فشار محیط اندازه گیری می شود . (فشار محیط صفر در نظر گرفته می شود.) در این روش یک طرف فشارسنج باید به فشار اتمسفر متصل باشد .
- 3- فشار دیفرانسیلی DIFFERENTIAL - ترانسدیوسر دیفرانسیلی اختلاف , اختلاف فشار بین P_1 و P_2 را اندازه گیری می کند . برای اندازه گیری فلو هم از این روش استفاده می شود .



Mercury Barometer

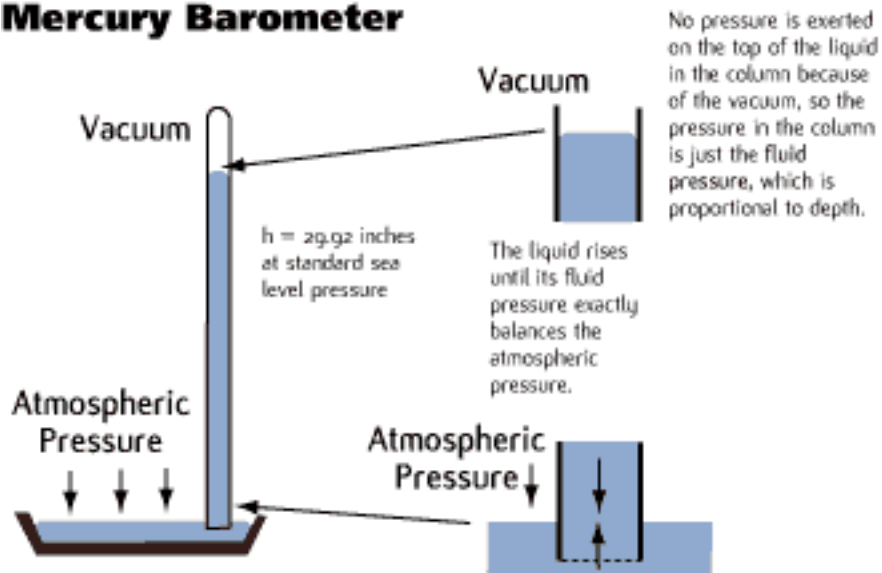
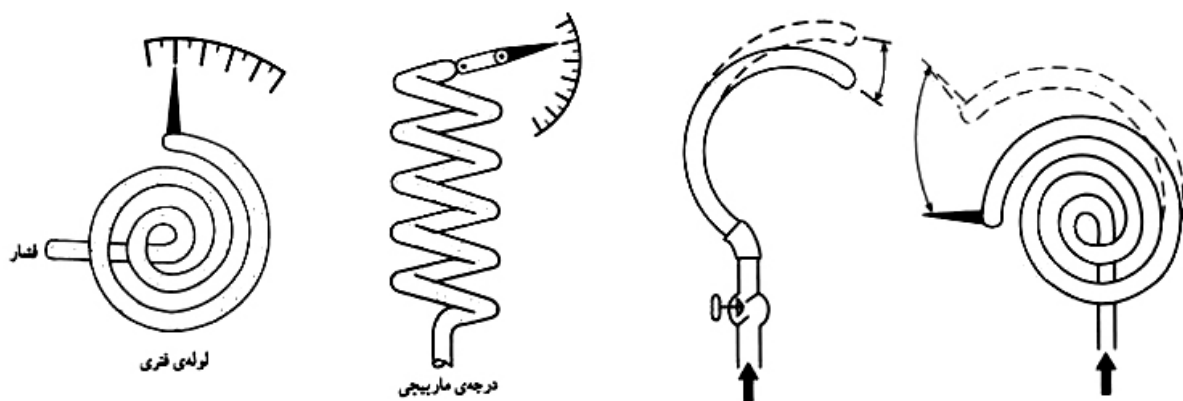
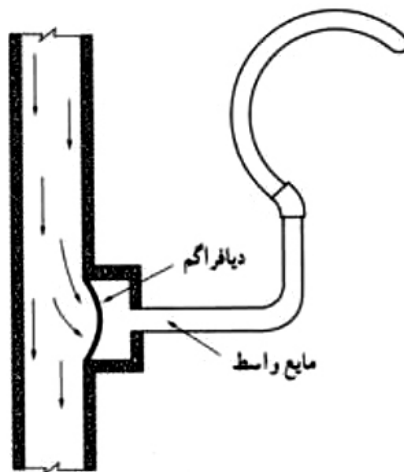
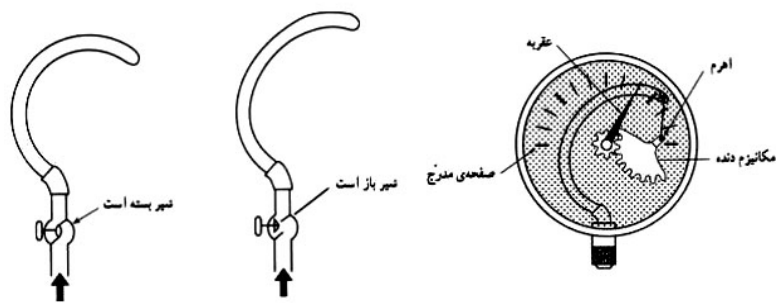
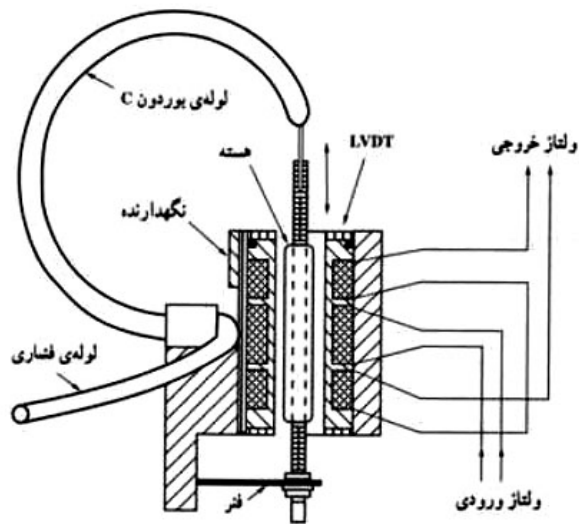


Figure 1: Mercury Barometer

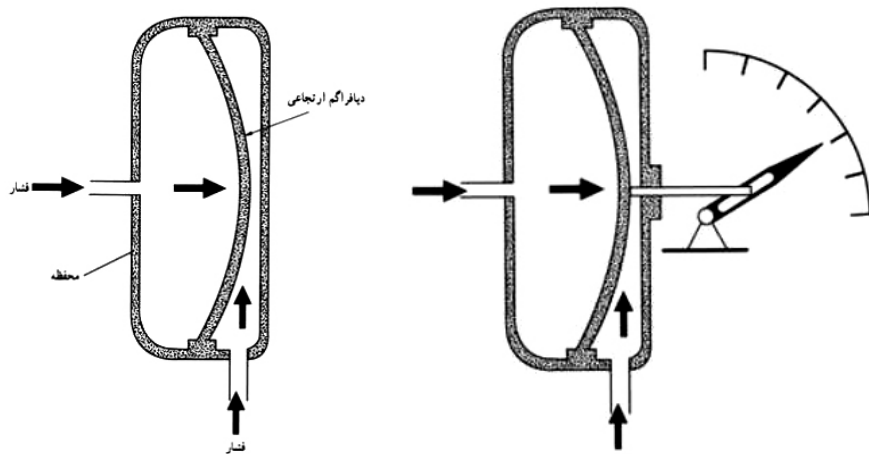
لوله بورودن Borden Tube - با اعمال فشار به داخل یک لوله طول و وضعیت آن تغییر پیدا می کند . بر این اساس سه نوع لوله بورودن مورد استفاده قرار می گیرد . جنس ، قطر و طول لوله متناسب با فشار انتخاب می شود . با قرار دادن صفحه مدرج در کنار لوله می توان فشار را اندازه گیری کرد . بر اساس شکل لوله ، لوله بورودن در سه نوع C ، حلزونی و مارپیچ ساخته می شود . نوع حلزونی و مارپیچ از حساسیت بیشتری نسبت به نوع C برخوردار هستند . لوله بورودن C شبیه به دسته عصا با زاویه تقریبی 250 درجه است . یک طرف لوله ثابت شده و طرف دیگر لوله بسته است ، فشار وارده به داخل لوله باعث حرکت نوک دسته عصا می شود که این حرکت توسط چرخنده ها تبدیل به حرکت عقربه روی صفحه مدرج خواهد شد . دقت لوله بورودن C نسبت به انواع دیگر کمتر است ولی رنج اندازه گیری آن معمولاً بیشتر است و در اکثر نمایشگرهای فشار از نوع C استفاده می شود .





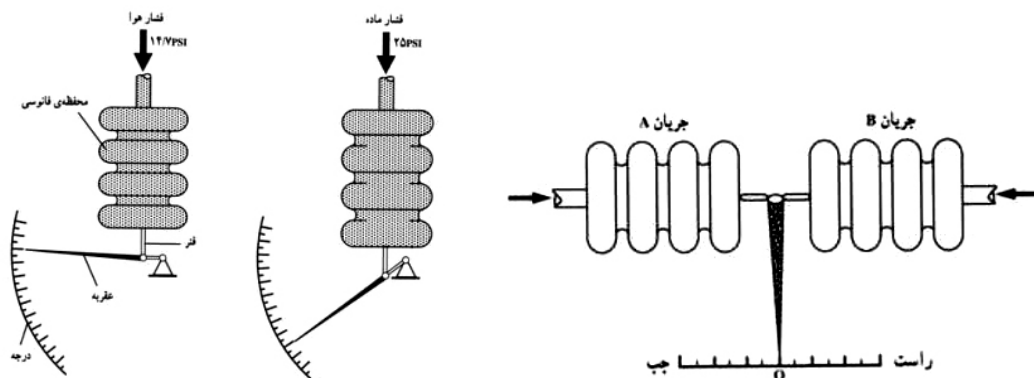
دیافراگم و کپسول Diaphragm & Capsule

دیافراگم معمولاً از جنس فلزی استیل (Stainless Steel) ساخته می‌شود. روی دیافراگم را بصورت موجدار می‌سازند تا در برابر نیرویی که به آن وارد می‌شود جابجایی داشته باشد. $F = P A$ و $F = KX$ برای اندازه‌گیری فشارهای زیاد از دیافراگم کوچک و برای اندازه‌گیری فشارهای کم از دیافراگم بزرگ استفاده می‌شود. کپسول از دو دیافراگم تشکیل شده است که محیط آنها به هم وصل می‌شوند و بین آنها با یک مایع تراکم‌ناپذیر پر می‌شود. حساسیت کپسول بیشتر از دیافراگم است و به ازای فشار مشخصی تغییرات X کپسول معادل دو برابر یک دیافراگم با مشخصات مشابه می‌باشد.



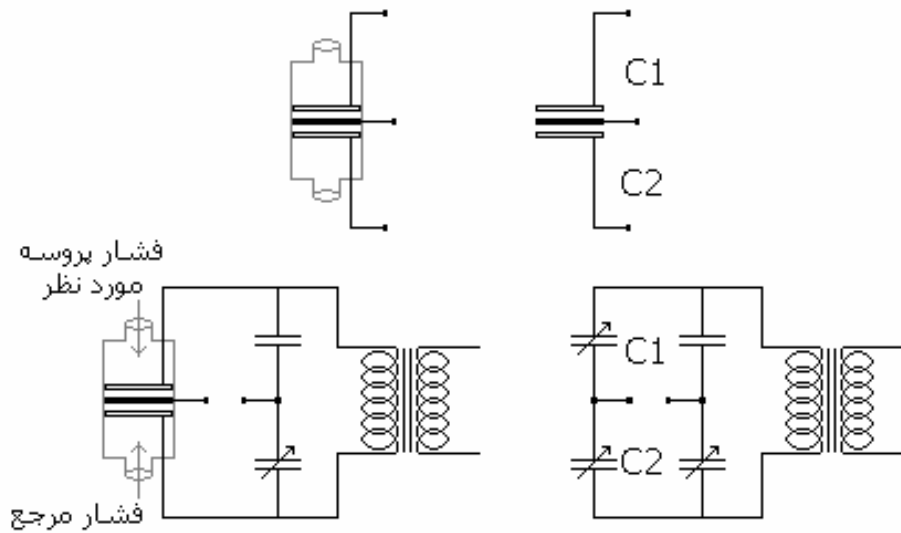
سری کردن کپسول ها

با سری کردن کپسول ها حساسیت افزایش پیدا می کند . قانون فنر ها در مورد کپسول ها هم صادق است . اگر نیروی F به فنر وارد شود به اندازه X جابجا می شود و مقدار جابجائی بستگی به ثابت فنر K دارد . لازم به ذکر است معمولا از کپسول بعنوان رابط میان محیط و استرین گیج استفاده می شود . (یعنی اگر سه کپسول با هم سری شوند به ازای یک نیروی ثابت ، جابجائی سه برابر می شود .) با سری کردن کپسولها فشار سنج فانوسی ساخته می شود .



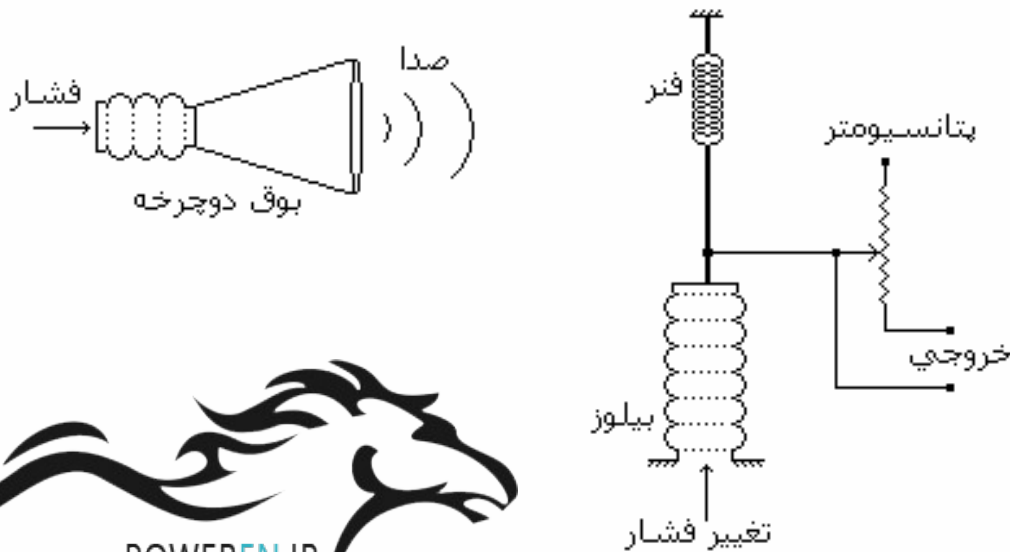
ترانس دیوسر خازنی فشار

در این ترانسدیوسر از فاصله صفحات خازن برای سنجش فشار استفاده می شود . در این روش توسط نوسان ساز تغییرات ظرفیت خازن تبدیل به تغییرات فرکانس می شود . این ترانس دیوسرها برای اندازه گیری فشارهای کم و معمولا در دستگاههای آزمایشگاهی استفاده می شوند.



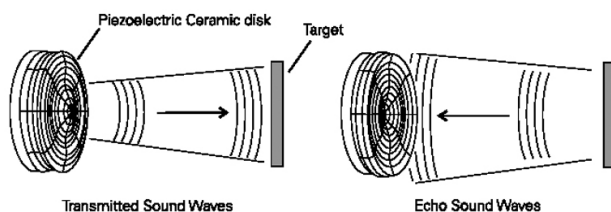
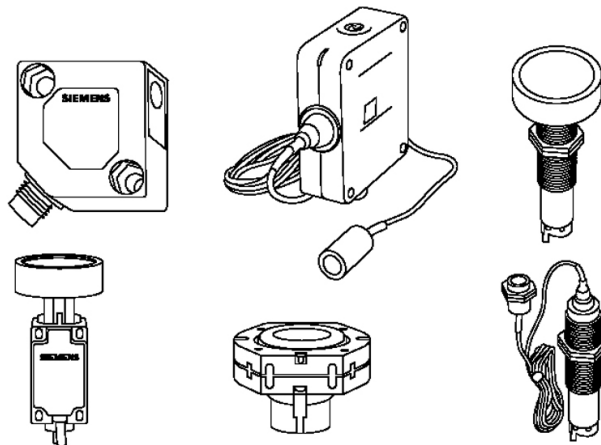
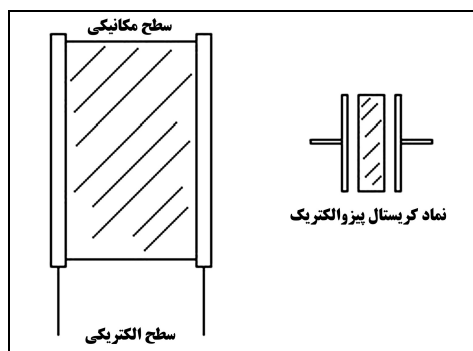
ترانس دیوسر پتانسیومتری فشار

در این روش از بیلوز جهت تبدیل فشار پروسه به جابجائی استفاده می شود . بیلوز وسیله ای شبیه آکاردئون است که در بوق دوچرخه یا دمنده ها باد آهنگری استفاده می شود . با افزایش فشار طول بیلوز تغییر کرده و باعث جابجا شدن اهرم تنظیم مقاومت متغییر و در نتیجه می توان فشار را اندازه گیری کرد .



پیزوالکتریک

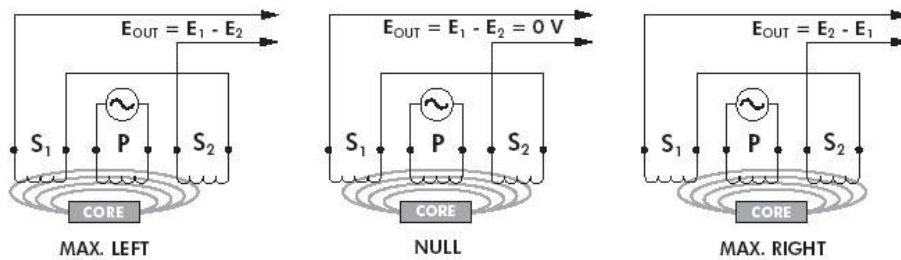
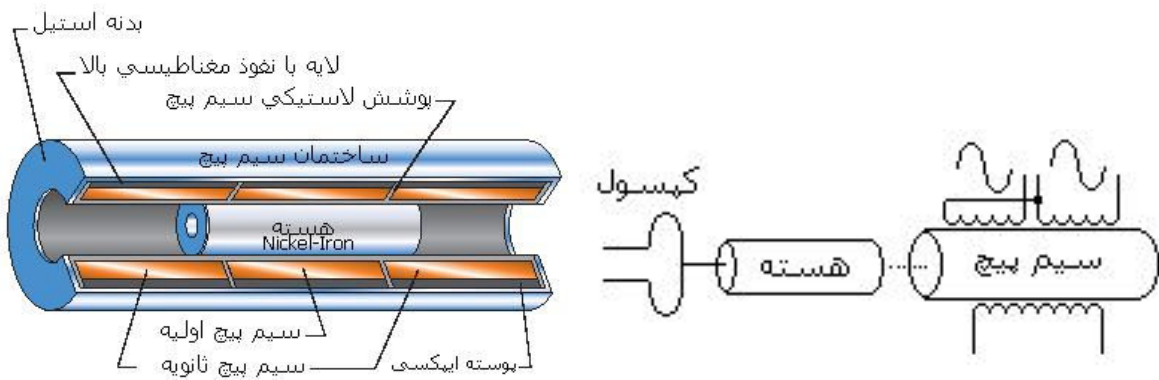
در پیزوالکتریک تغییرات فشار باعث تولید ولتاژ می شود . در حقیقت ضربات وارده باعث تولید ولتاژ می شود . نمک راشل که در میکروفونهای قدیمی استفاده می شد ، خاصیت پیزوالکتریک دارد . کوارتز از رایج ترین پیزوالکتریک ها است .



سنسورهای پیزوالکتریک بخاطر دقت و حساسیت کاربردهای فراوانی دارند . هنگامیکه فشار به کریستال کوارتز اعمال می شود در صفحات هادی ایجاد شارژ می کند و زمانیکه به صفحات هادی ولتاژ متغییر اعمال می شود ، کریستال کوارتز وادار به نوسان و تولید سیگنال مکانیکی می شود . میزان شارژ و نیروی مکانیکی متناسب با یکدیگر هستند . تفاوت سنسورهای پیزوالکتریک با استرین گیج در این است که سیگنال تولید شده توسط پیزوالکتریک سریعتر می باشد . سنسورهای پیزو برای اندازه گیری فشارهای دینامیک و استرین گیج ها برای اندازه گیری فشارهای استاتیک مناسب هستند . سنسورهای پیزوالکتریک برای اندازه گیری فشار داخل سیلندر مورد استفاده قرار می گیرند به این ترتیب که بجای شمع قرار می گیرند . ویژگی های عمده سنسورهای پیزوالکتریک سختی ، سایز کوچک ، سرعت بالا و عدم نیاز به منبع تغذیه هستند . با استفاده از خاصیت پیزوالکتریک می توان سرعت و در نتیجه تغییرات شتاب را اندازه گیری کرد .

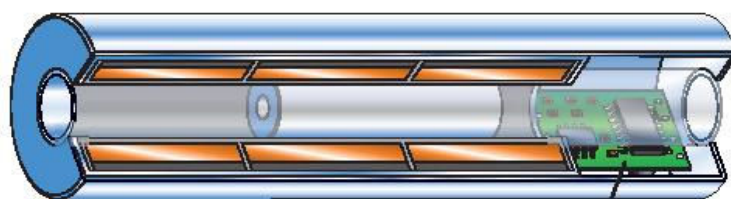
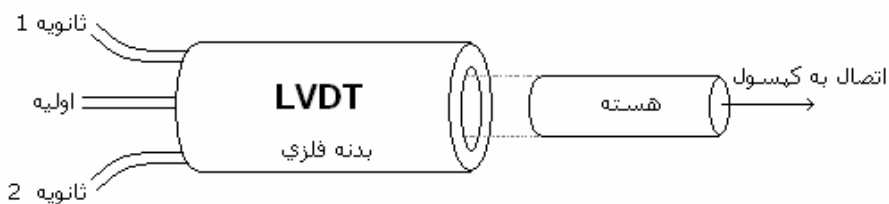
Linear Variable Differential Transformer (LVDT)

LVDT یا ترانسفورماتور تفاضلی خطی نوعی مبدل موقعیت است یعنی با توجه به موقعیت هسته ، خروجی آن تغییر می کند . LVDT شامل یک سیم پیچ اولیه و دو سیم پیچ ثانویه است که سیم پیچ های ثانویه با هم سری شده اند بطوریکه ولتاژهای آنها از یکدیگر کم می شود به همین دلیل به آنها تفاضلی گفته می شود .



در حالت تعادل ولتاژ برآیند خروجی صفر است و با تغییر موقعیت هسته ، ولتاژ تفاضل تغییر می کند و بر اساس آن عمل اندازه گیری صورت می گیرد . به دلیل تفاضلی بودن خروجی LVDT ، اگر هسته در موقعیت صفر باشد ولتاژ یکسان در دو ثانویه القاء می شود و نهایتاً خروجی LVDT صفر می شود و ولای اگر هسته از موقعیت صفر جابجا شود متناسب با موقعیت هسته در یکی از سیم پیچ های ثانویه ولتاژ بیشتر و در دیگری ولتاژ کمتری القاء خواهد شد و در اینحالت خروجی LVDT صفر نبوده و نهایتاً متناسب با موقعیت هسته تغییر می کند . در این ترانسدیوسر فشار تغییر موقعیت کپسول که در نتیجه تغییر فشار ایجاد شده است به LVDT اعمال شده و خروجی LVDT نیز بطور خطی متناسب با موقعیت هسته خواهد بود . از مزایای LVDT می توان به دقت بسیار بالا و مدارات جانبی کم برای تبدیل سیگنال و از معایب آن نویزپذیری در محیط های صنعتی ، قیمت بالا و محدوده اندازه گیری کم اشاره کرد .

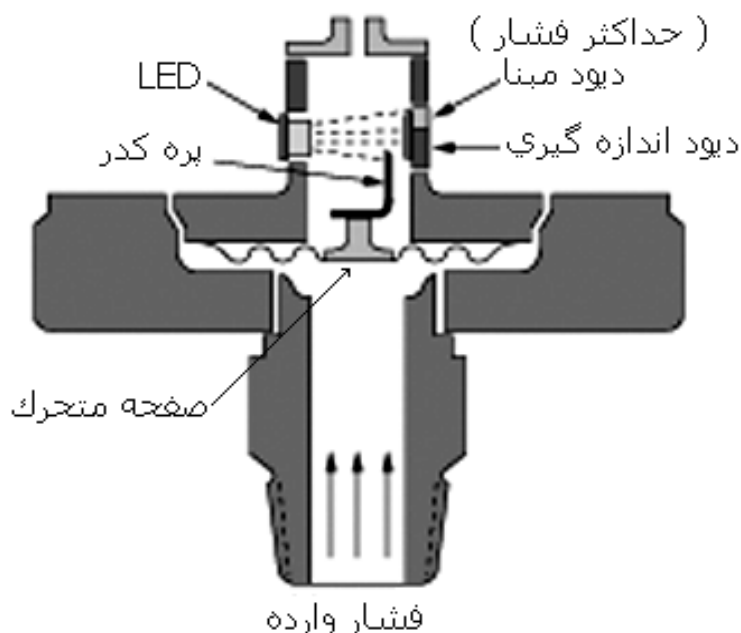
شش رشته سیم خروجی



مدار الکترونیکی شکل دهنده سیگنال

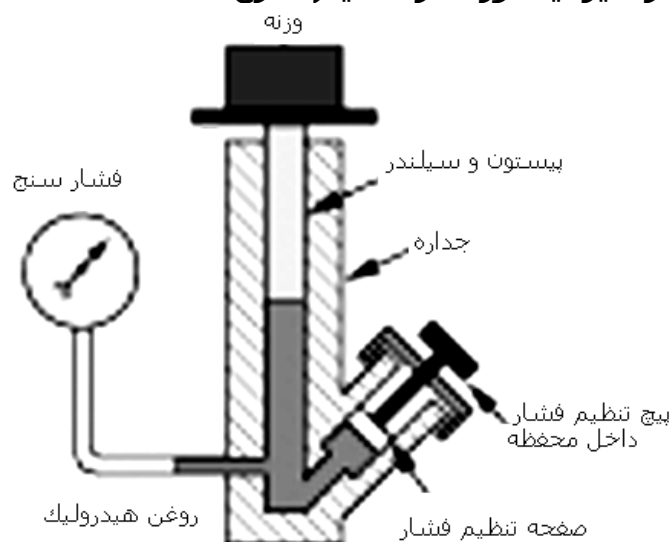
اندازه گیری فشار با روش نوری

در این روش یک دیود نورانی و یک فتو دیود برای اندازه گیری فشار مورد استفاده قرار می گیرند . در حالتیکه فشار صفر است پره کدر در پایین قرار داشته و کل نور به فتو دیود برخورد می کند با وارد شدن فشار صفحه کدر به سمت بالا حرکت کرده و مانع رسیدن نور به فتو دیود می شود و اگر فشار از حد معینی بیشتر شود پره کدر بطور کامل جلوی دیود مبنا قرار گرفته و مشخص می کند که فشار به حداکثر مقدار رسیده است .



کالیبراتور فشار

این دستگاه شامل یک پیستون با قطر مشخص می باشد و داخل آن با روغن هیدرولیک پر می شود . توسط یک پیچ فشار داخل پیستون تنظیم می شود . وزنه ای در قسمت بالایی پیستون قرار دارد و تا زمانیکه نیروی حاصل از فشار داخل با نیروی وزنه برابر شوند ، وزنه به سمت بالا حرکت می کند . با توجه به رابطه ای که پیستون دارد هر وزنه فشار خاص متناظر است که اگر فشار داخل پیستون با آن برسد وزنه به سمت بالا حرکت خواهد کرد . گنج تحت تست نیز اگر فشار وارده را درست نشان دهد کالیبره است و در غیر اینصورت از تنظیم خارج است .



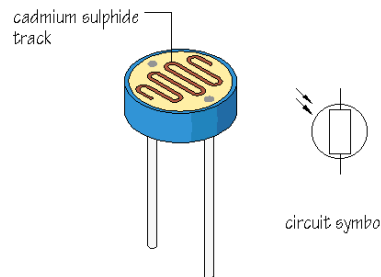
سنسورهای نوری

هنگامیکه نور به ماده ای تابیده شده و آن جسم از نظر الکتریکی تغییر ماهیت پیدا می کند ، پدیده فتوالکتریک اتفاق می افتد و بر سه نوع است:

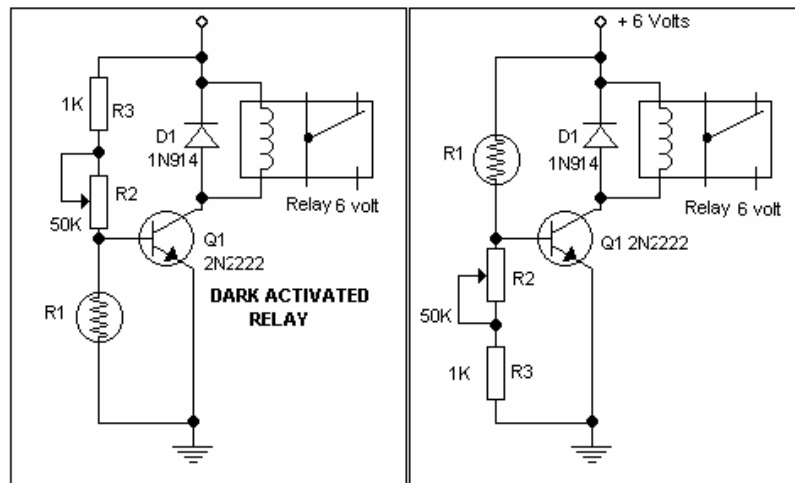
- 1- فتو امیشن : اثر خروج الکترون از فلز در اثر تابش نور (Photo Emission)
- 2- فتو کانداکتیو : اثر هادی شدن جسم در اثر تابش نور (Photo Conductive)
- 3- فتو ولتیک : اثر تولید ولتاژ در اثر تابش نور (Photo Voltic)

فتو امیشن ، اثر فتو الکتریک خارجی و فتو کانداکتیو و فتو ولتیک اثر فتوالکتریک داخلی نامیده می شوند. لامپ های فتوالکتریک در گروه اول ، سلول های مقاومت نوری در گروه دوم و فتو دیودها و فتو ترانزیستورها در گروه سوم جای میگیرند. مقاومت های نوری از موادی مانند cds , cd se , pb s ساخته می شوند و در اثر تابش نور مقاومت الکتریکی آنها تغییر می کند.

LDR به مقاومتهایی گفته میشود که در برابر شدت تابش نور حساس بوده و مقدار مقاومتشان تابع نور است به صورتی که با افزایش نور مقدار مقاومتشان کاهش یافته و با کاهش میزان نور تابشی مقدار مقاومتشان افزایش میابد. معمولاً مقاومتهایی که در بازار موجود هستند در شدت نور عادی (محیط در روز) مقدار مقاومتشان در حدود 1 کیلو اهم و در تاریکی مطلق مقدار مقاومتشان بین یک تا دو مگا اهم است.



از جمله کاربردهای این مقاومت میتوان به تشخیص شب و روز جهت قطع و وصل کردن اتوماتیک لامپها، روشن و خاموش کردن یک منبع تغذیه و هر جایی که مسئله حس کردن شدت نور در میان باشد اشاره کرد. به طور نمونه نمونه هایی از کاربرد این المان را در کنترل یک رله بر مبنای روشنایی یا تاریکی محیط مشاهده میکنید. در شکل اول با روشن شدن محیط رله وصل خواهد شد و در شکل دوم با خاموش شدن محیط رله تحریک خواهد شد.



غیر فعال شونده با نور

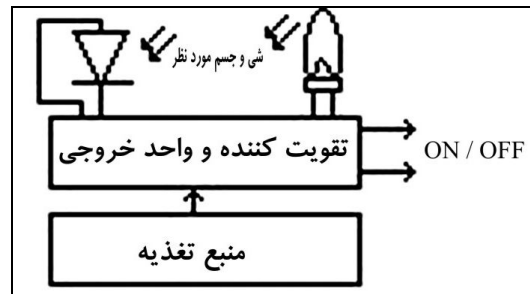
فعال شونده با نور

کاربرد سلول های فتوالکتریک

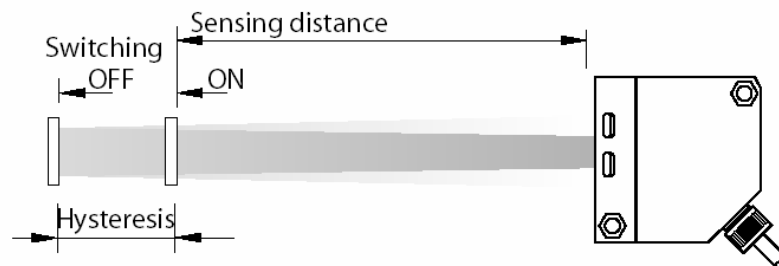
- 1- پیدا کردن مسافت
- 2- تشخیص عبور شیء از خط انتقال
- 3- تشخیص لحظه ای اشیاء
- 4- تشخیص وضعیت غیر عادی
- 5- تشخیص اختلاف و ناهمواری در سطح
- 6- تشخیص ارتفاع

دامنه کاربرد سنسورهای فتوالکتریک

اگر آی سی ها را بعنوان پر کاربردترین المان در صنعت بدانیم ، بدون شک سنسورهای فتوالکتریک پر کاربردترین المان حس کننده خواهند بود. از ساده ترین ارزانترین و پرکاربردترین سنسور نقطه ای می باشند. فتوسل یا فتوالکتریک از نور بعنوان حامل استفاده می کند. این سنسورها سرعت بالایی دارد و طول عمر آن طولانیو اتلاف توان آن کم است. این سنسورها در صورت کثیفی، آلوده شدن به روغن و سایر مواد دچار مشکل شده چرا که نور دچار شکستگی و پراکندگی خواهد شد.



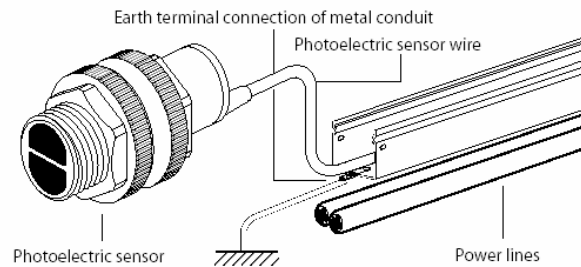
عملکرد سنسورهای فتوالکتریک



در سلول های فتوالکتریک با پارامترهای خاصی سروکار داریم برخی از این پارامترها عبارتند از :

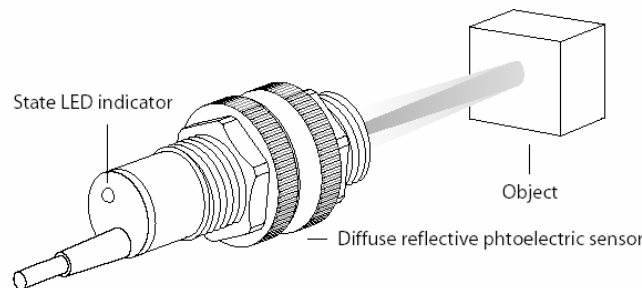
- 1- فاصله آشکارسازی : فاصله ای که شیء در آن فاصله احساس و درک می شود . (شرایط استاندارد ولتاژ تغذیه ، رطوبت و انعکاس)
- 2- موضوع آشکارسازی : چیزی که سنسور می تواند آن را آشکار کند.
- 3- فاصله عمل : مسافتی که بین سنسور و شیء متحرک روی محور نوری وجود دارد.
- 4- فاصله قطع : فاصله ای که پس از آن سنسور نمی تواند شیء را آشکار کند.
- 5- محور نوری: محوری که سلول فتوالکتریک در مرکز آن قرار دارد و در آن محدوده عمل میکند.
- 6- زاویه هدایت : زاویه ای که بین منتشر کننده و گیرنده و منعکس کننده نور وجود دارد.
- 7- سرعت آشکارسازی: تعداد عمل در ثانیه است. هنگامی که زمان قطع و وصل واحد خروجی بیشتر از آن باشد ، سنسور قادر به تفکیک و تشخیص نخواهد بود.

- 8- محیط عمل چراغ: به شعاع عملکرد منبع نور لامپ تحت شرایط استاندارد گفته میشود.
- 9- ولتاژ مجاز واحد خروجی : ولتاژی که در واحد خروجی برای سنسور فتوالکتریک مورد استفاده قرار می گیرد و به جریان بستگی دارد.
- 10- جریان مجاز واحد خروجی ک جریان مورد استفاده در کنترل خروجی تحت شرایط استاندارد (ولتاژ مجاز , فرکانس قطع و وصل و طول عمر) گفته می شود.
- 11- واحد پرتاب نور: این واحد شامل منبع تولید نور و عدسی های کانونی دهنده است.
- 12- قسمت گیرنده نور : شامل سیستم اپتیکی و مبدل فتوالکتریک است .
- 13- شعاع اختلاف عملکرد : مسافت میان عملکرد و توقف عملکرد مجدد را نشان میدهد. سلول فتوالکتریک ممکن است بصورت انعکاس هم عمل کند, یعنی منبع نور و سلول گیرنده در کنار یکدیگر بوده و نور انعکاسی را احساس کند.

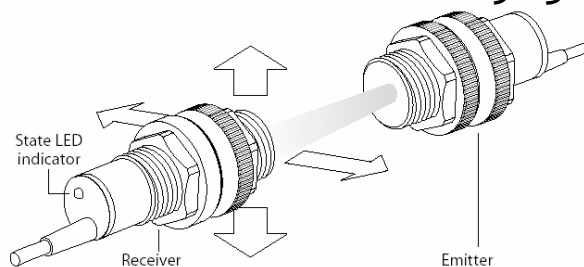


سنسورهای نوری در سه نوع کلی طراحی و مورد استفاده قرار می گیرند :

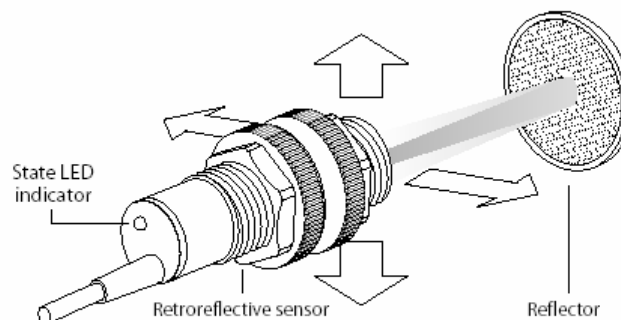
1- سنسور تشخیص یکطرفه

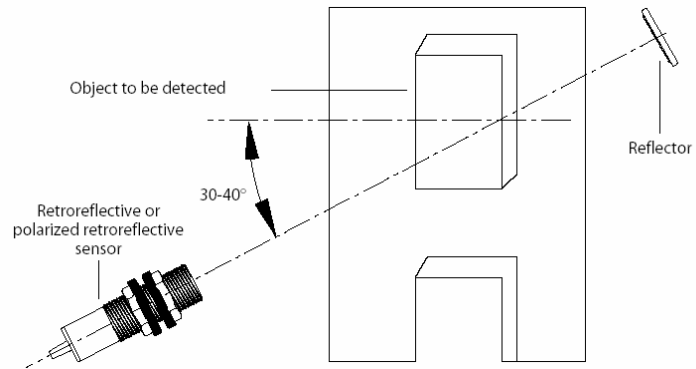


2- سنسور تشخیص دو طرفه



3- سنسور تشخیص رفلکتوری

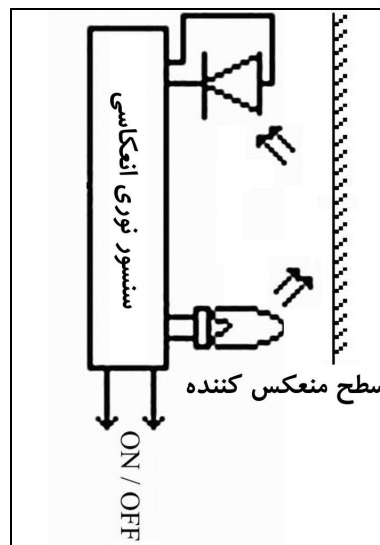




در سنسور نوري يکطرفه Diffuse توسط ديود مادون قرمز نور ارسال و توسط فتوترانزیستور نور دریافت مي شود . در اين سنسورها نور در فضا منتشر و هر گاه به مانعي برخورد نمايد منعکس شده و به گیرنده باز مي گردد . مقدار انعکاس بستگي به رنگ و جنس مانع دارد و به صورت مستقيم نمي باشد . انعکاس سطوح روشن بيشتري از سطوح تيره است و فاصله سوئیچینگ بستگي به ميزان انعکاس نور دارد . هر گاه مانعي در جلوي سنسور قرار گیرد و امواج منعکس شوند ، خروجي تغيير حالت خواهد داد . خروجي اين سنسورها نيز بصورت NO و NC مي باشد .

در سنسور هاي نوري رفلکتوري Retro - Reflective ، امواج مادون قرمز بصورت پلاریزه در محیط منتشر مي شوند . يك منعکس کننده در جلوي سنسور و در فاصله معيني از آن قرار مي گیرد . امواج ارسالي پس از برخورد به رفلکتور منعکس و با زاويه 90 درجه به سمت گیرنده ميروند . خروجي اين سنسورها بصورت Dark On و Light on ارائه مي شود .

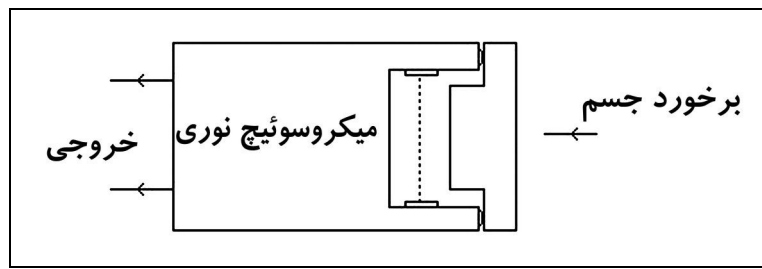
در سنسورهاي نوري دوطرفه Thru - Beam فرستنده مادون قرمز در يك طرفه و سنسور گیرنده در طرف مقابل روبروي آن قرار داده مي شود .



سنسورهاي نوري انعکاسي

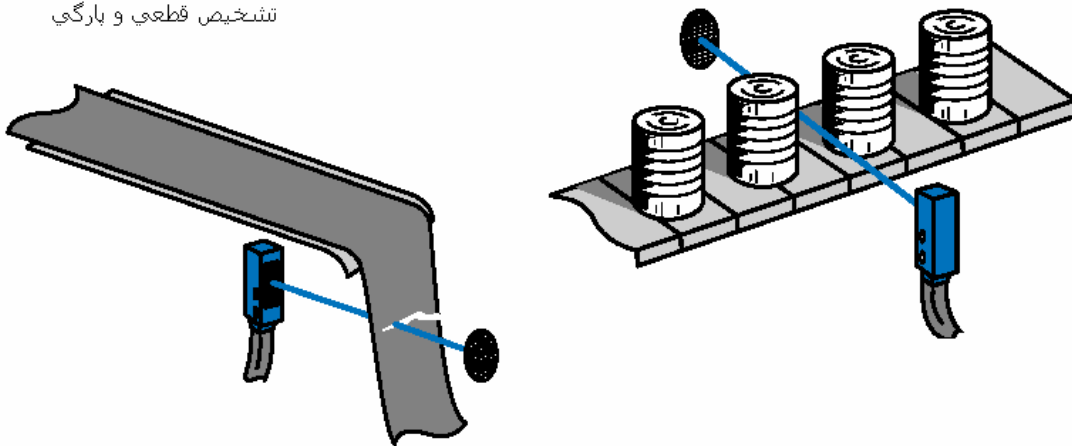
میکروسوئیچ هاي نوري

اين سنسورها ترکيبي از فتوترانزیستور و LED هستند که در داخل یک مدار مجتمع ساخته مي شوند.

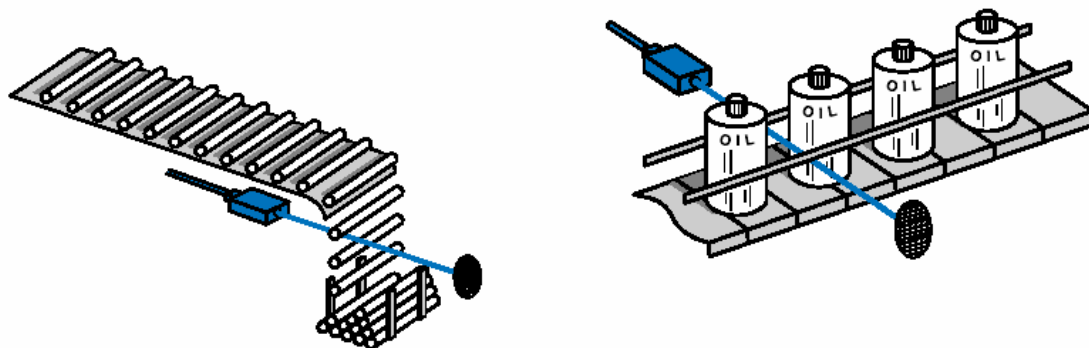


میکروسوئیچ نوری

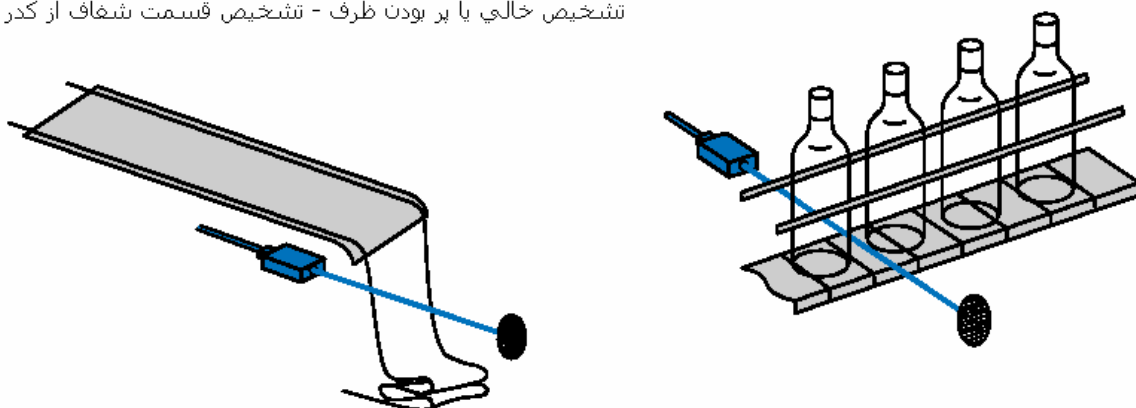
تشخیص قطعی و پارگی

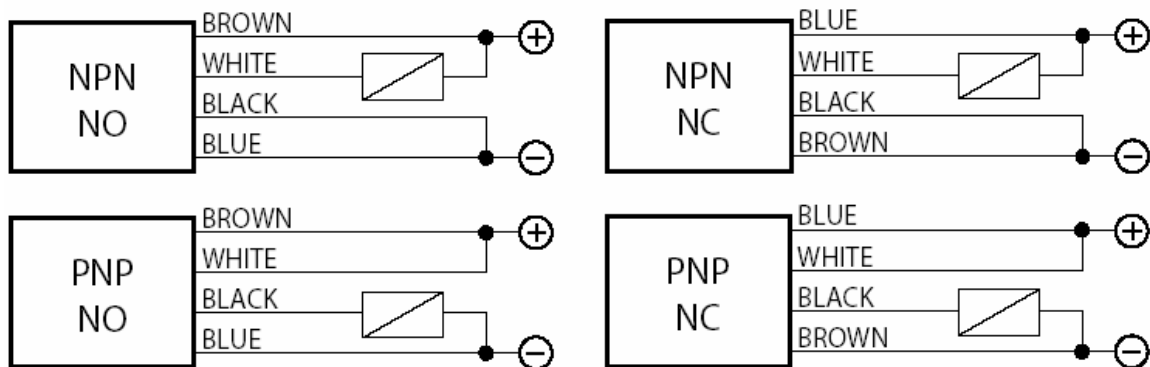


شمارش قطعات



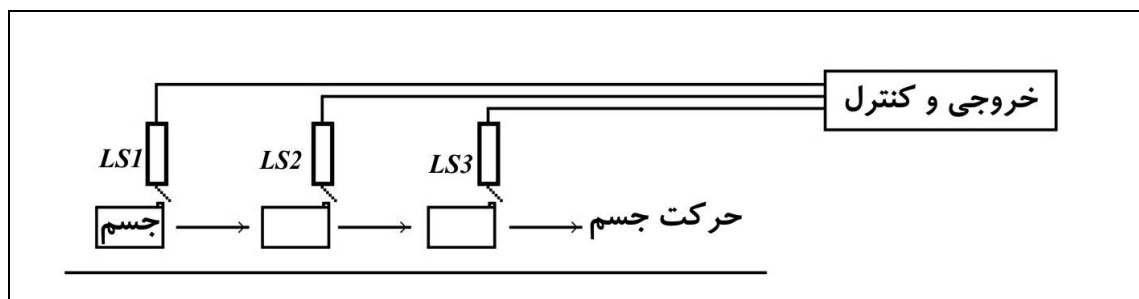
تشخیص خالی یا پر بودن ظرف - تشخیص قسمت شفاف از کدر





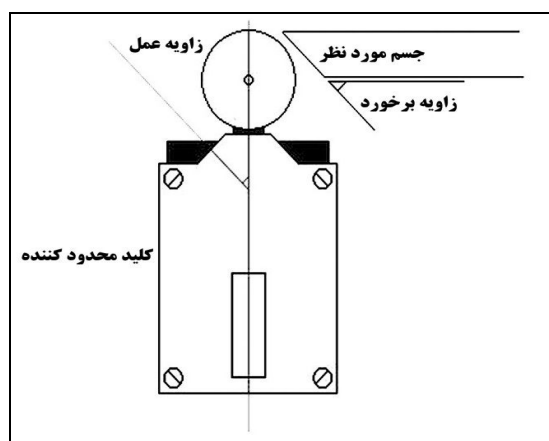
کلید محدود کننده (Limit Switch)

کلید محدود کننده (LS) یک نوع سنسور تماسی است که در مقابل نویز و ضربه مقاوم است. در درجه حرارتهای بالا و رطوبت آسیب پذیر بوده و نیاز به حفاظت دارد. عامل باز دارنده در این کلیدها پاسخ کند و عمر کوتاه آنها است. زمانی که از میکروسوییچ برای تشخیص موقعیت استفاده می شود یک سیستم ساده با دقت نسبتاً بالا برای کنترل دور موتور استفاده می شود.



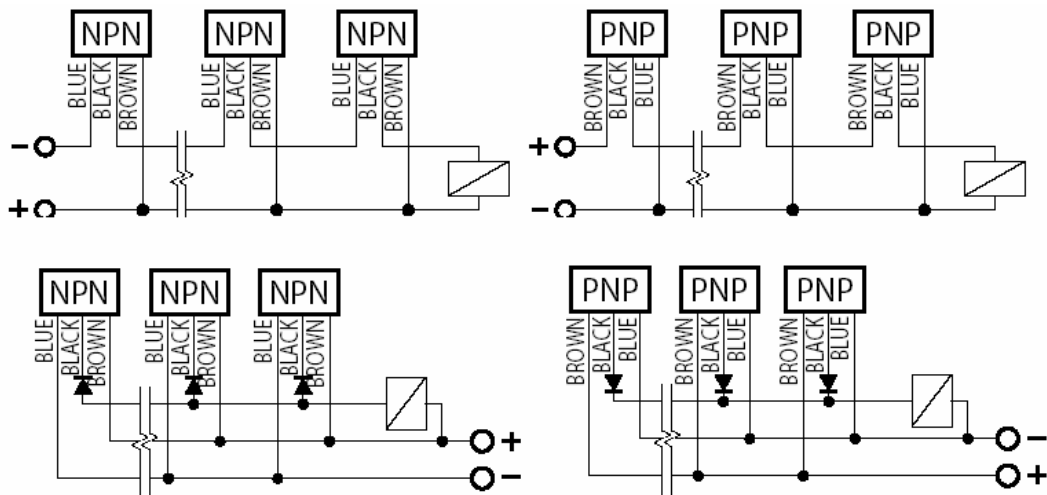
نمونه ساده ای از کاربرد کلیدهای محدود کننده

کلیدهای محدود کننده در جریانهای مختلف 5,10,15 آمپر و بصورت تک و یا چند اتصالی ساخته می شوند. از آنجائیکه کلیدهای LS در نزدیکی اشیاء متحرک نصب می شوند و احتمال آسیب دیدگی آنها وجود دارد، هنگام سیم کشی و نصب آنها دقت لازم را مبذول دارید این سنسورها در عملکردهای سریع و قطع و وصل های زیاد همچنین جریانهای بالا مناسب برای استفاده نمی باشند.



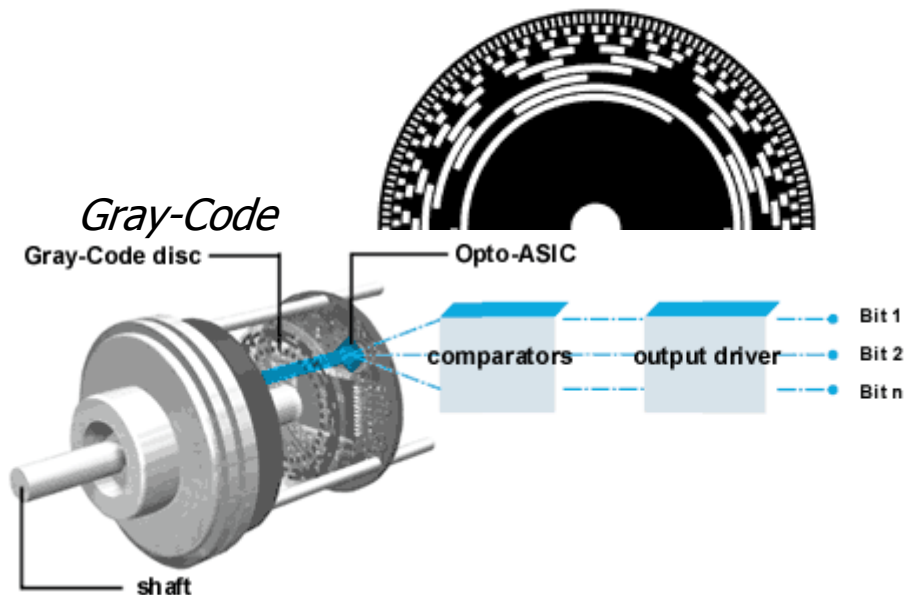
شکل و عملکرد کلیدهای محدود کننده

سري و موازي كردن سنسورها



3-2 مبدلهاي نوري

- دو نوع اصلي از مبدلهاي نوري: افزايشي¹ و مطلق² وجود دارد.
- مبدل نوري مطلق براي هر وضعيت (موقعيت) از شفت يك جمله (كد) منحصر بفرد توليد ميكند. كد خروجي با توجه به پاترن موجود بر روي ديسك و تعداد زوج آشكار كننده نوري ايجاد ميگردد.

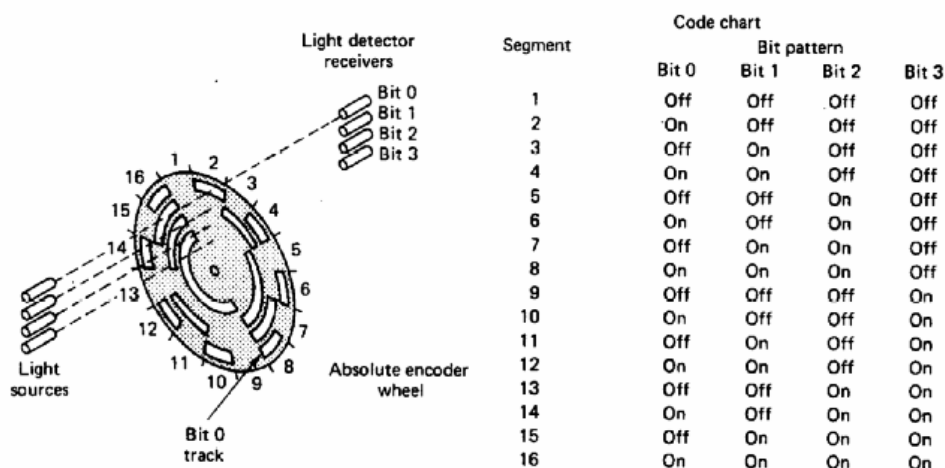
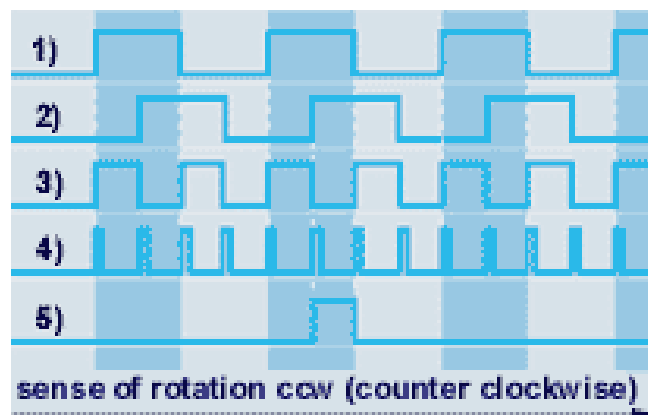


- خروجي آشكار كننده هاي نوري بسته به كد موجود برروي ديسك روشن (صفر) يا خاموش (يك) ميباشد. معمولاً مبدلهاي نوري از نوع مطلق براي مواردی كه وسیله مورد اندازه گیری برای مدت طولانی بیحرکت و یا با سرعت کم (مثل تلسكوپ، جرثقیل و یا آنتن) می باشد، بكار میرود.

¹ Incremental

² Absolute

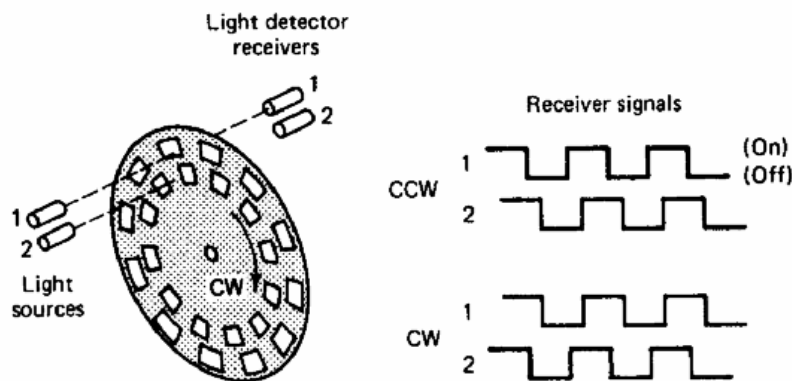
- مبدلهاي نوري مطلق ميتوانند با بسياري از كدهاي مختلف بكار روند اما متداولترين كدها كد گري كد باينري و يا كد BCD ميباشند. شكل زير يك نمونه از كد گري را نشان ميدهد.



- مبدلهاي نوري افزايشي هر وقت كه شفت به مقدار تعيين شده اي مي چرخد يك پالس توليد ميكند.
- اين مبدل يك سري از پالس با فواصل مكانيكي مساوي و مشخص كه توسط حد تشخيص (رزولوشن) مورد نیاز تعیین میگردد، توليد ميكند.
- بعنوان مثال با يك مبدل كه دارا ي 1000 قسمت ميباشد ميتوان با دقت 0/36 درجه وضعيت شفت را تشخيص داد. در اين مبدل 100 پالس معادل 36 درجه و 150 پالس معادل 54 درجه خواهد بود. تعداد پالس در هر دور محدود به فواصل خطوط فيزيكي و كيفيت نور فرستنده ميباشد.
- يك نوع ساده تر از مبدل نوري افزايشي مبدل تاكومتر ميباشد. گاهي اوقات مبدل تاكومتر را مبدل نوري تك فاز يا تك شيار مينامند چون فقط يك خروجي دارد و با آن نميتوان جهت را تشخيص داد. يك نمونه از شكل موج خروجي و شيار هاي مربوطه در شكل زير نشان داده شده است.



- اطلاعات مربوط به سرعت را میتوان با توجه به فاصله زمانی بین پالسها و یا تعداد پالسها در يك محدوده زمانی مشخص بدست آورد. وقتیکه فاصله زمانی بین پالسها را مورد استفاده قرار میدهم مبدل باید بتواند دقت خوبی در فاصله بین لبه تا لبه تولید کند.
- اغلب مبدلهای افزایشی دو کانال خروجی دارند بطوریکه سیگنال خروجی این دو کانال 90 درجه با یکدیگر اختلاف فاز دارند. شکل زیر يك نمونه از این نوع مبدل را نشان میدهد.



- این مبدل خاصیت تشخیص جهت حرکت را با توجه به تقدم و یا تاخر این دو کانال به یکدیگر را دارد. اگر مبدل يك کاناله در روی لبه بایستد خطا در شمارش اتفاق میافتد.
- بدلیل اینکه لرزش باعث عقب و جلو رفتن این لبه میگردد شمارنده با هر لبه بطور افزایشی خواهد شمرد اگرچه سیستم ثابت بنظر میرسد. با استفاده از مبدل دو کاناله حتی در چنین حالتی با ملاحظه وضعیت کانال دیگر می توانیم از خطا جلوگیری و جهت صحیح را نیز تشخیص دهیم.
- بمحض اینکه سیگنال کوادراچر آشکار شود می توانیم پالس با پهناي ثابت و مشخص و تغییر لبه معین در خلال يك سیکل ایجاد نمایم. این پالسها می توانند توسط دو خط خروجی در خلاف یکدیگر به يك شمارنده بالا-پایین و یا پورت ورودی قابل برنامه ریزی داده شوند. خیلی از سازندگان شمارنده و یا کامپیوترهای شخصی يك مدار آشکار کننده (antijitter) این نوع مبدلهای نوری دو کاناله را نیز فراهم نموده اند. این امکان استفاده از مبدل دو کاناله بدون نیاز به مدارات اضافی را میدهد.
- يك نمونه از مدار آنتی جیتر در شکل زیر نشان داده شده است. وضعیت A وقتیکه B اتفاق بیافتد مشخص میکند که آیا B باعث افزایش و یا کاهش شمارنده شود. ورودی Z برای ست کردن شمارنده به صفر بعد از هر دور کامل میباشد.
- قبل از استفاده و یا هر گونه اتصال به مبدل نوری بایستی دقیقاً اطلاعات تهیه شده توسط سازنده را مطالعه نمود. برای اتصال نیاز به ورودی جریان مستقیم DC و اتصال زمین میباشد. خروجی انکودر معمولاً بصورت کلکتور باز (open collector) میباشد. منطق پایین (صفر) بمعنی اتصال کوتاه به زمین میباشد و

منطق بالا (يك) باز میباشد. پس باید بنحو مناسب مقاومت pull-up از هر خروجي به ولتاژ منطبق با ولتاژ شمارنده و يا ميكرو كنترلر متصل نمود.

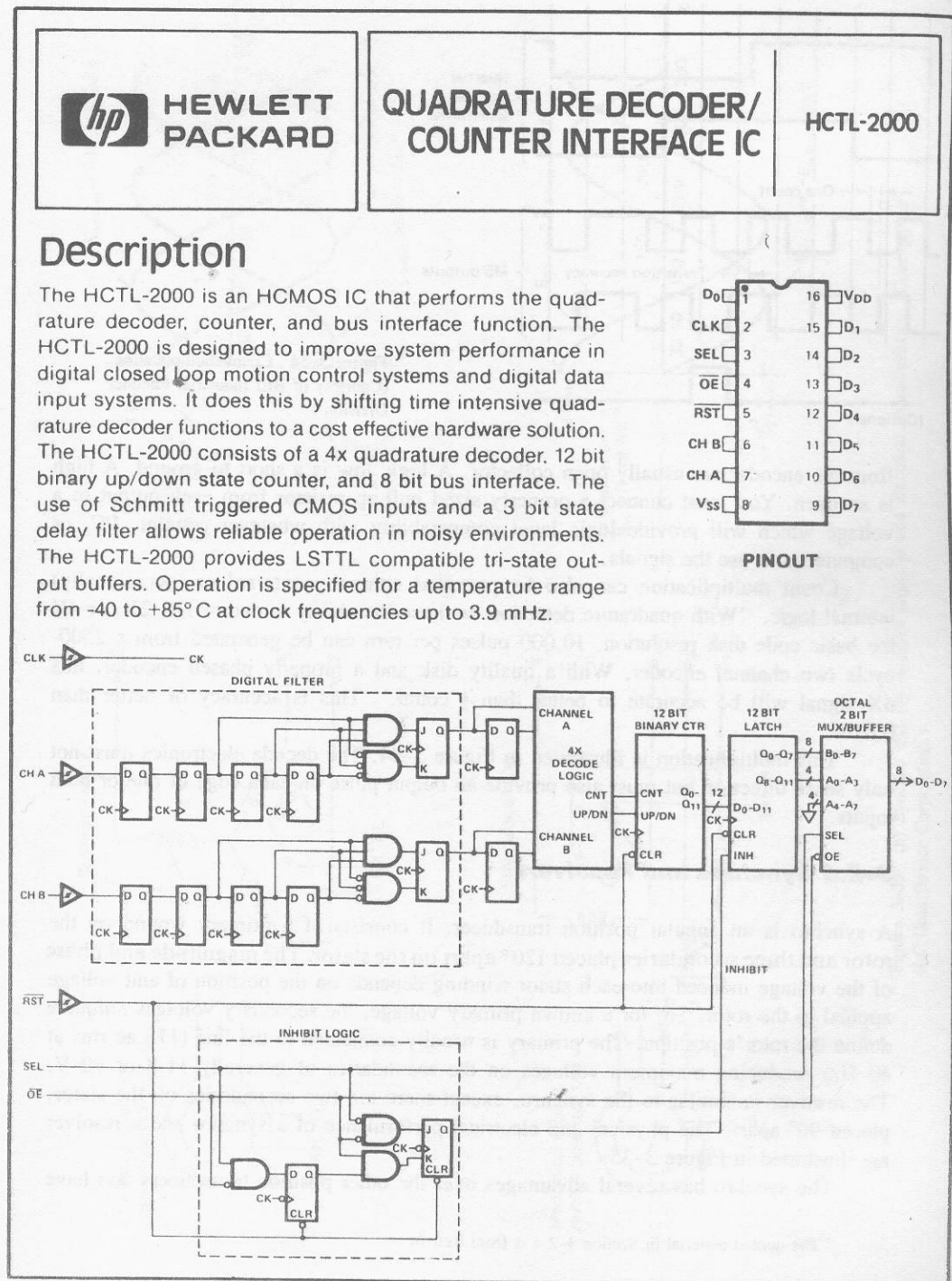
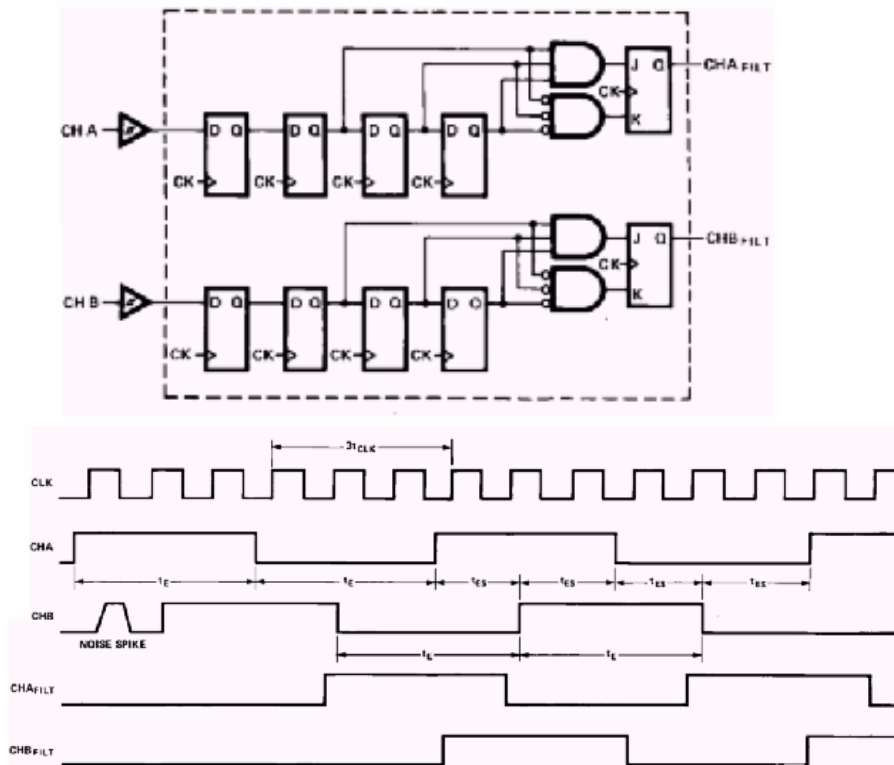


Figure 3-33 Antijitter circuit for quadrature encoder. (Courtesy of Hewlett-Packard.)

- عمل ضرب در شمارش شمارنده نیز توسط سیگنال خروجي و يا داخلي فراهم شده است. با آشکارسازي سيگنال quadrature مي توانيم مضارب 1 يا 2 يا 4 از تعداد شيارهاي موجود برروي ديسك را توليد نماييم. 10000 پالس را مي توانيم با استفاده از يك مبدل نوري 2500 پالس توليد نماييم. قابل ذکر است که صحت اين سيگنال چهار

برابر شده معادل 0/5 شمارش است بطوریکه این صحت بهتر از 0/018 درجه میباشد.

شکل زیر مدار مربوط حذف نویز در سیگنالهای خروجی مبدل نوری را نشان میدهد.



مزایا	معایب
دقت و صحت بیشتر	قیمت بالا
از دست رفتن دقت در عمل تبدیل جهت اتصال به کامپیوتر	ابعاد بزرگتر (مبدل مطلق با دقت بیشتر)
عدم خرابی بدلیل اندازه گیری غیر تماسی	

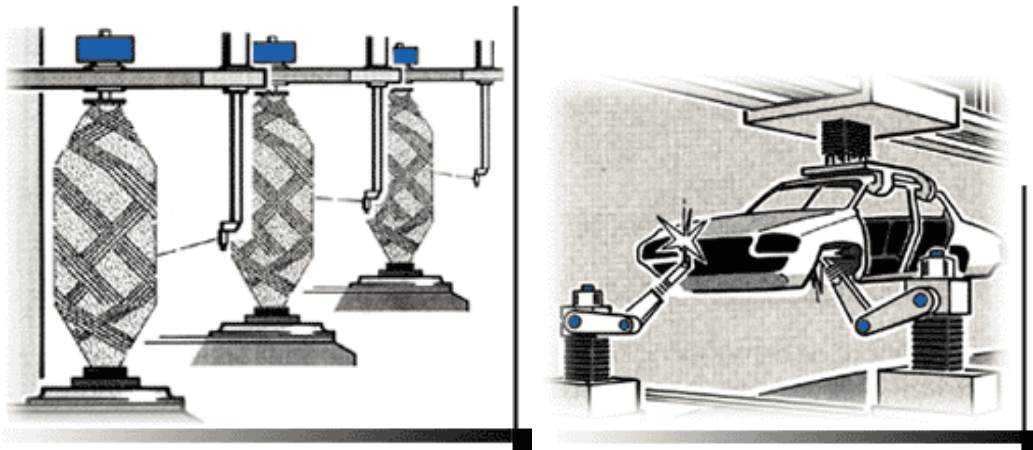
- قابل ذکر است که در کاربرد های عملی انواع و اقسام بیشتری از مبدل های نوری متناسب با نیاز های مختلف وجود دارد که با مراجعه به سایتهای اینترنتی سازندگان این نوع مبدلها میتوان اطلاعات خوبی رابدست آورد.
- بعنوان نمونه در بعضی از موارد نیاز به مبدل نوری است که بصورت میانی (راه در رو) به شفت سرو مکانیسم وصل شود که اصطلاحاً به این نوع مبدل Hollow Shaft Encoder میگویند. شکل زیر يك نمونه از این نوع مبدل را نشان میدهد.



- یکی دیگر از انواع مبدل‌های نوری چند دور Multiturn میباشد که در شکل زیر نشان داده شده است.



- کاربردهای مختلف و بسیار زیادی برای مبدل‌های نوری در صنایع مختلف وجود دارد که در ذیل فقط تعدادی از آنها بتصویر کشیده شده است.



Fluid Transducers

5- مبدل‌های سیالات

مبدل‌های سیالات بر اساس پارامتر قابل اندازه‌گیری به سه دسته تقسیم می‌شوند:

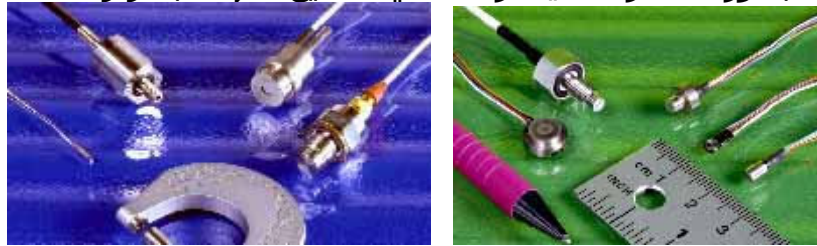
- فشار
- سطح
- جریان

کارخانجاتی که به نوعی با سیالات سرو کار دارند بایستی قادر باشند حداقل یکی از این سه مورد را اندازه‌گیری کنند.

مبدل‌های سیالات در کارخانجات مواد غذایی، دارویی، بهداشتی، شیمیایی و در تمامی مراحل تولید نفت از مرحله اکتشاف، حفر چاه، تلمبه، خطوط انتقال و تصفیه، فروش کاربرد فراوانی دارد.

مشاهد پارامترهای مختلف و کنترل تمامی موتورها (engines) متکی به مبدل‌های سیالات میباشد.

تمامي سيستمهاي هيدروليک که در صنعت اتوماسيون و خطوط توليد بکار ميروند نياز مند کنترل فشار، جريان و سطح ميباشند. مبدلهاي سيالات بطور گسترده اي در تمامي صنايع جهان بکار رفته است.



Pressure Transducers

1-5 مبدلهاي فشار

فشار عبارتست از نيروي ايجاد شده توسط يك سيال در مقابل يك سطح مشخص. بنابراین واحد آن بصورت نيرو بر واحد سطح بيان ميگردد.

- فشار معمولاً در مقايسه با يك مرجع اندازه گيري ميشود. يك مرجع ميتواند خلاء کامل باشد. در يك خلاء کامل، فشار صفر است. بنابر اين فشار اندازه گيري شده نسبت به خلاء فشار مطلق ناميده ميشود. در اين حالت مبدل فشار بگونه اي طراحي شده است که يك محفظه خلاء کامل تهيه و بطور كاملا از محيط بيرون ايزوله (آببندي) ميگردد.
- روش عمده ديگر بر اي بيان فشار استفاده از گيج فشار (*gage pressure*) میباشد. گيج فشار، فشار را نسبت به فشار محيط اندازه گيري ميكند. در اين نوع فشار سنج ها محفظه مرجع با فضاي بيرون ارتباط کامل دارد.
- در روش سوم اندازه گيري فشار امکان استفاده از يك محفظه با فشار ديگر بعنوان فشار مرجع میباشد. از آنجا يک اختلاف فشار در سيستم مورد نظر اهميت دارد اغلب در سيستمهاي کنترلي از فشار سنج اختلافي (*differential pressure*) استفاده ميگردد.
- فشار در انتهاي يك ستون از مایع بستگي به ارتفاع آن ستون و چگالي مایع دارد.

$$p = \rho gh$$

بطوريکه ρ چگالي مایع

g ثابت تبديل جرم به وزن 981 cm/s^2

h ارتفاع ستون مایع

به اين فشار، فشار سر *head Pressure* ميگویند.

همانطور که گفته شده فشار عبارتست از نيرو بر واحد سطح. واحد آن در سيستم

متریک عبارتست از نيوتن بر متر مربع N/m^2 که به آن نیز پاسکال (Pa) گفته ميشود.

واحد انگليسي عبارتست از پوند بر اينچ مربع lb/in.^2 که بطور اختصار آنرا با *psia*

براي فشار مطلق و *psig* براي فشار گيج يا *psid* براي فشار تفاضلي نشان

ميدهند. براي تبديل خواهيم داشت:

$$1 \text{ psi} = 6.8948 \times 10^3 \text{ Pa}$$

ارتفاع ستون جيوه يا آب نیز بيانگر يك فشار مشخص است که بعنوان واحد اندازه

گيري فشار بکار ميرود.

$$1 \text{ in. of mercury (Hg)} = 3.386 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mm Hg} = 133.32 \text{ Pa}$$

فشار سر ایجاد شده توسط يك ميليتر جيوه نیز *torr* نامیده میشود. این واحد بطور گسترده اي در اندازه گيري فشار خلاء بکار میرود.

$$1 \text{ torr} = 1 \text{ mm Hg} = 133.32 \text{ Pa}$$

از آنجايکه آب داراي چگالي کمتری از جيوه است، فشار سر کمتری ایجاد میکند.

$$1 \text{ in. of water (H}_2\text{O)} = 2.491 \times 10^2 \text{ Pa}$$

فشار استاندارد اتمسفری بنام ارتفاع از سطح دریا معروف است:

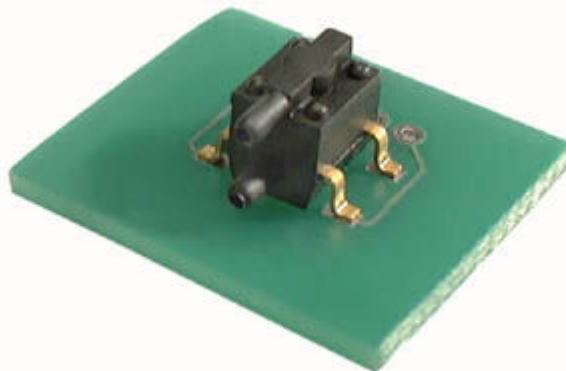
$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$$

فشار بارو متری با واحد بار *bar* یا ميلي بار *millibar* اندازه گيري میشود.

$$1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

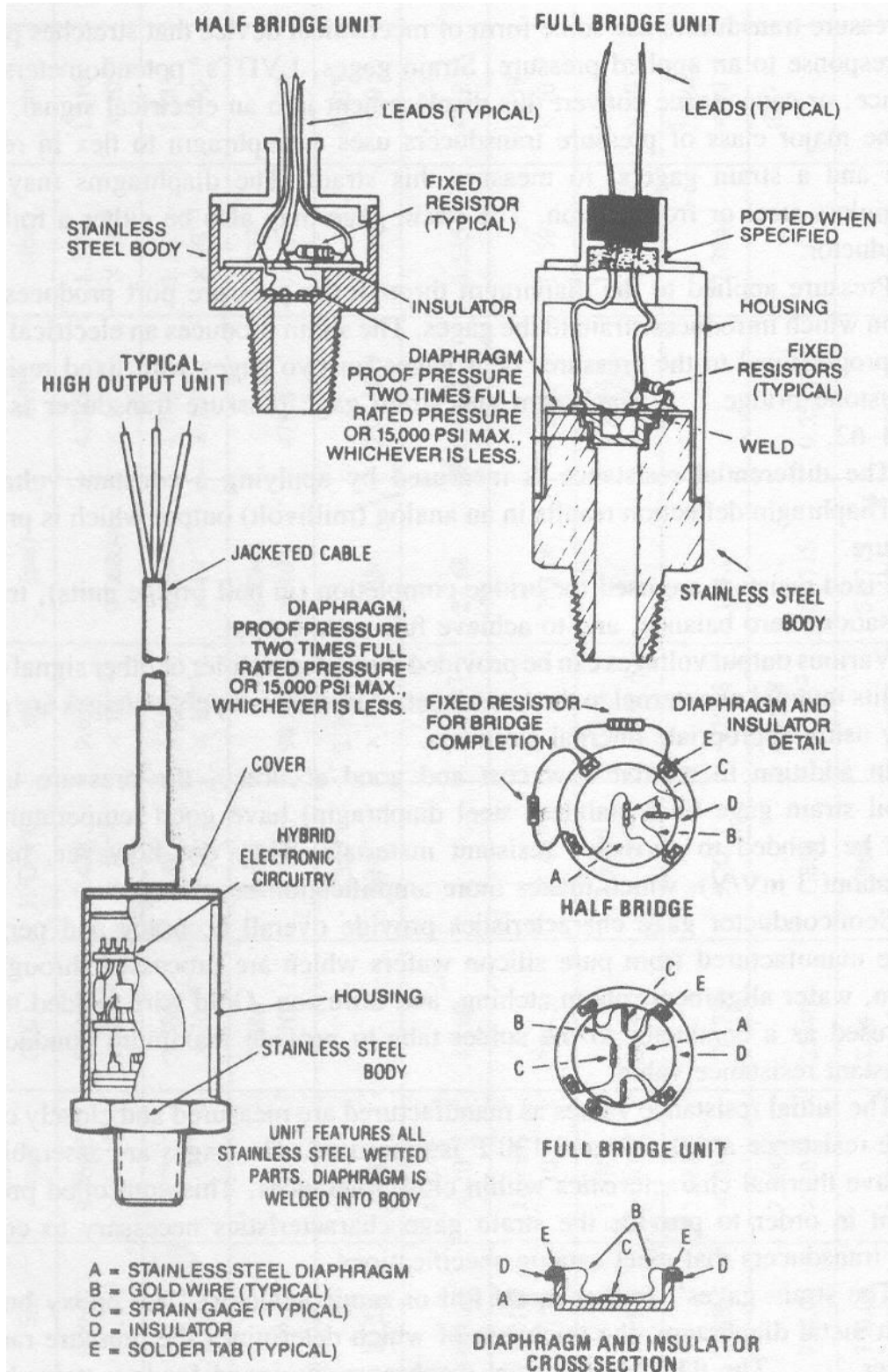
روابط مربوط به واحدهای ارائه شده در جدول زیر خلاصه شده است:

- در مبدلهای فشار يك شکلي از وسایل مکانیکی که بطور نسبی با فشار اعمالی کشش پیدا میکنند بکار رفته است. تنش سنج، LVDT، پتانسیومتر، اندوکتانس متغیر یا خازن این کشش و در اصل جابجایی را تبدیل به سیگنال الکتریکی میکنند.

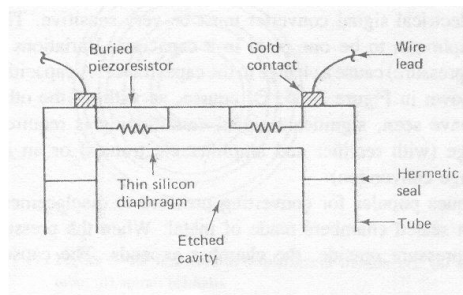


يك دسته اصلي از مبدلهاي فشار از يك ديافراگم كه در برابر فشار قابليت ارتجاعي دارد و به يك کرنش سنج متصل است، استفاده مي شود. اين ديافراگم ميتواند از جنس فولادي يا سيليكوني باشد. کرنش سنج نيز ميتواند از جنس شبكه فويل يا يك نيمه هادي باشد.

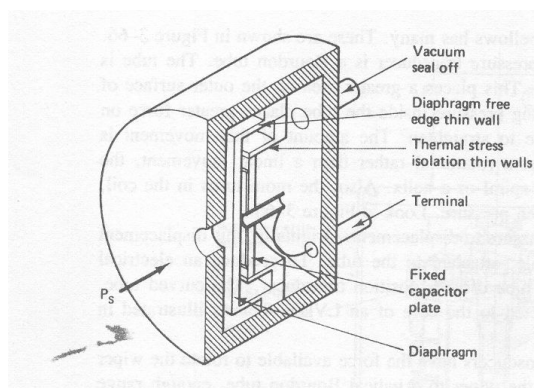
فشار وارده به ديافراگم يك تغيير و يا انحراف كوچكي در آن ايجاد مينمايد كه اين تغيير توسط کرنش سنج آشكار ميگردد. ميتوان از چهار و يا دو کرنش سنج و دو مقاومت ديگر در پل و تستون استفاده نمود. شكل زير يك ديافراگم و کرنش سنج را نشان ميدهد.



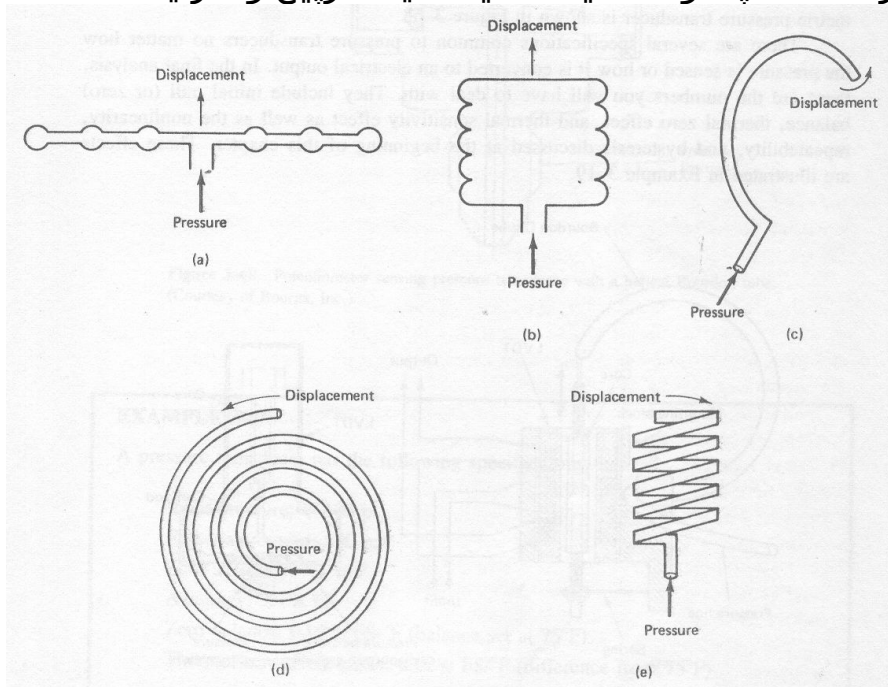
- مقاومت هاي ثابت براي تکميل پل بکار ميروند در اين حالت جبران حرارتي و تعادل صفر براي دستيابي به رنج کامل حتماً بايستي صورت پذيرد.
- چون خروجي اين نوع مبدلهاي معمولاً در حدود چند ميلي ولت ميباشد لذا سيگنال خروجي بايستي تقويت گردد که بهمين دليل در برخي از مبدلهاي فشار مدارات داخلي براي تقويت سيگنال و پردازش سيگنال بکار ميرود.
- گيج هاي نيمه هادي داراي دقت و کارآيي به نسبت خوبي هستند. آنها از ويفر خالص سيليكون ساخته ميشوند. جهت ساخت آنها از مراحل Oxidation, wafer alignment, photo etching, and diffusion تشكيل ميگردد. در اين نوع مبدلها سيمهايي از جنس طلا به دليل هدايت بالا و ضريب مقاومتی ثابت به انتهاي کرنش سنج لحيم ميگردد.
- کرنش سنج هاي فويل فلزي و يا نيمه هادي بطريقه ريختگي بر روي يك ديفراگم فلزي که ضخامت آن ميزان رنج فشار را تعيين ميکند قرار ميگيرند.
- مواد بکار رفته در بدنه مبدل و ديفراگم بايستي داراي يك ضريب حرارتي باشند تا در مقابل تغيير دماي محيط کرنش حرارتي ايجاد نگردهد.
- در صورت استفاده از ديفراگم از نوع piezoresistive و ديافيوز نمودن کدش سنج نيمه هادي در آن حساسيت يا گيج فاکتور بالاتر (تقريباً 100 برابر) خواهيم داشت. سيليكون هر گز بصورت دائمي کشش پيدا نميکند. پس از اعمال نيرو به حالت اول خود بر ميگردد. شکل زير مقطع يك مبدل فشار پيزو رزيستيو رانشان ميدهد.



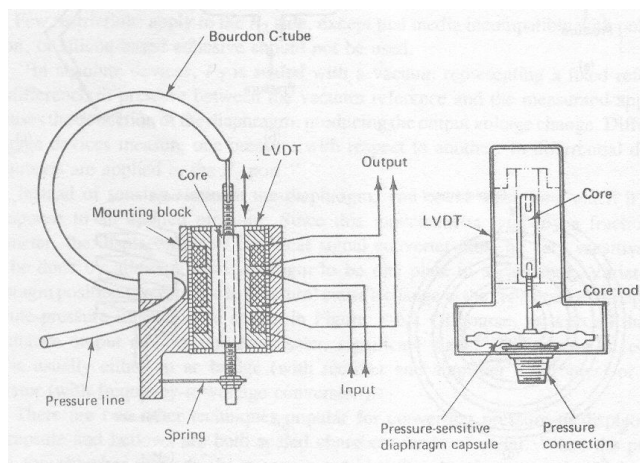
- روشهاي ديگر اندازه گيري فشار که در اصل فشار تبديل به تغيير مکان ميگردد. روش خازني



روشهای تغییر مکان: کپسول، دمیدن، میله ای، مارپیچ و فنری

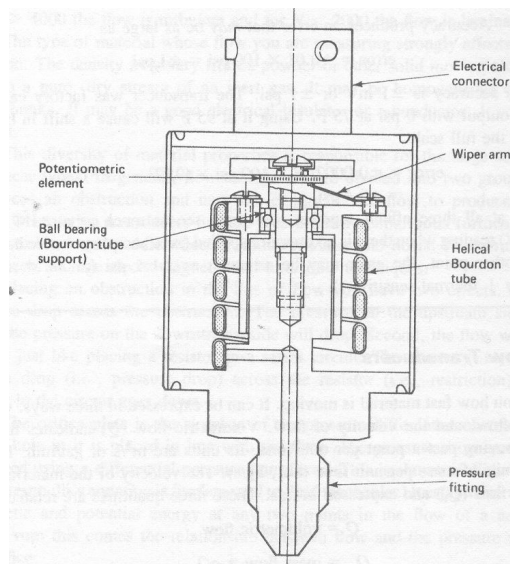


بعنوان مثال در روش میله ای میتوان با استفاده از يك LVDT تغییر مکان را اندازه گیری نمود.



در فشارهای بالاتر بگونه ایکه فشار اعمال شده قابلیت به چرخش در آوردن يك پتانسیومتر را دارد میتوان از پتانسیومتر استفاده نمود.





در مبدل‌های فشار مشخصات استاتیکی مشترکی وجود دارد که ربطی به روش اندازه‌گیری فشار ندارد و آنها عبارتند از: مقدار اولیه صفر، حساسیت به حرارت، غیر خطی بودن قابلیت تکرار (دقت)، و هیستریزیس که در مثال 3-19 بحث خواهد شد.

مثال 3-19

EXAMPLE 3-19

A pressure transducer has the following specifications:

Input pressure: 0–100 psi

Full-scale output: 100 mV

Zero accuracy: ± 1 mV

Accuracy: $\pm 1\%$ FS

Zero balance: 0.02% FS/°F (balance set at 75°F)

Thermal sensitivity effect: 0.02% FS/°F (difference from 75°F)

Assuming that the transducer is used at 95°F, calculate the error introduced by accuracies, thermal zero effect, and the thermal sensitivity effect.

Solution Accuracy produces an error that *may* be as large as

$$\text{error} = \pm 0.01 \times 100 \text{ psi} = \pm 1 \text{ psi}$$

The zero accuracy is ± 1 mV or ± 1 psi. The transducer was factory calibrated for zero output with 0 psi at 75°F. Using it at 95°F will cause a shift in both the zero and the full scale.

$$\begin{aligned} \text{error} &= \pm 0.0002/^{\circ}\text{F} \times 100 \text{ psi} \times (95^{\circ}\text{F} - 75^{\circ}\text{F}) \\ &= \pm 0.4 \text{ psi} \end{aligned}$$

Looking at all three effects together, you may see as much as a ± 1.4 psi (or ± 1.4 mV) reading when there is no pressure applied (zero accuracy + zero balance). At any other point, the error may be as much as ± 1.4 psi (or ± 1.4 mV) off (accuracy + thermal sensitivity).

Force Transducers

3 مبدل نیرو

مبدل نیرو یکی از مهمترین مبدل‌های مورد نیاز در کاربردهای سرومکانیسم و پروسس کنترل میباشد. بطوریکه یک شاخه کاملاً مجزا مهندسی جهت تعیین میزان نیروهای اعمالی به قسمت‌ها و قطعات مختلف یک ماشین صنعتی و یا وسیله نقلیه تاسیس شده است.

- اندازه‌گیری دقیق نیروها اجاره طراحی ماشین‌های مختلفی از جمله خودرو و فضا پیمای که

1. سبکتر،

2. کارآتر،

3. قابل اطمینان تر، و

4. ارزانتر که در مجموع دارای راندمان بالاتری میباشند را بما میدهد.

• همچنین قابلیت اندازه گیری نیرو این اجازه را میدهد تا مقادیر پارامترهایی را که اندازه گیری مستقیم آنها سخت میباشد، اندازه گیری نمود.

در يك میدان با شتاب ثقل ثابت، اندازه گیری نیرو عبارت است از اندازه گیری کمیت مواد موجود یا جرم آن. بنابراین تبدلهاي نیرو مي توانند هم براي اندازه گیری وزن و یا مقدار مواد موجود در يك مخزن (سطح) بکار رود.

فشار يك پارامتر کلیدی در سیستمهاي بادي و هیدرولیکی میباشد و عبارت است از نیرو بر واحد سطح. بنابراین روشهاي اندازه گیری نیرو اغلب برای اندازه گیری فشار بکار میروند.

تبدلهاي نیرو نیز برای اندازه گیری جریان (فلو) نیز بکار میروند. تعیین میزان نیروی بکاررفته به يك جرم معین، مشخص کننده شتابی است که به جرم وارد میگردد. بنابراین اندازه گیری نیرو مشخص کننده شتاب يك وسیله نقلیه خواهد بود.

$$F = ma$$

$$v = \int a dt \quad \text{یا} \quad a = \frac{dv}{dt}$$

سرعت انتگرال شتاب است و نیز موقعیت انتگرال سرعت است.

$$x = \int v dt \quad \text{یا} \quad v = \frac{dx}{dt}$$

پس با داشتن يك شتاب سنج و يك کامپیوتر، می توان شتاب، سرعت و نیز موقعیت وسیله نقلیه را بدست آورد.

نیروی اعمال شده به يك فنر مستقیماً متناسب است با میزان فشردگی فنر یا تغییر مکان آن.

$$F = kx$$

بطوریکه k ثابت فنر میباشد. اندازه گیری نیرو وارده به يك فنر و یا ایجاد شده توسط فنر به نوعی اندازه گیری تغییر مکان در يك سیستم جرم فنر میباشد.

1-3 تنش و کرنش *Stress and Strain*

• رابطه بین تنش و کرنش یکی از مفاهیم اصلی علم مکانیک و مواد است و بسیار مورد توجه تحلیل گران تنش میباشد.

• وقتیکه نیروی به يك جسم وارد میگردد، آن جسم تغییر شکل میدهد. بطور کلی این تغییر شکل کرنش یا Strain نامیده میشود.

پس بنابراین واژه کرنش strain را بمعنای تغییر شکل در واحد طول یا تغییرات جزئی در طول میگیریم و آنرا با ϵ نمایش میدهیم.

• کرنش می تواند

○ انبساطی tensile / positive و یا

○ انقباضی compressive / negative باشد.

با توجه به شکل زیر خواهیم داشت:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

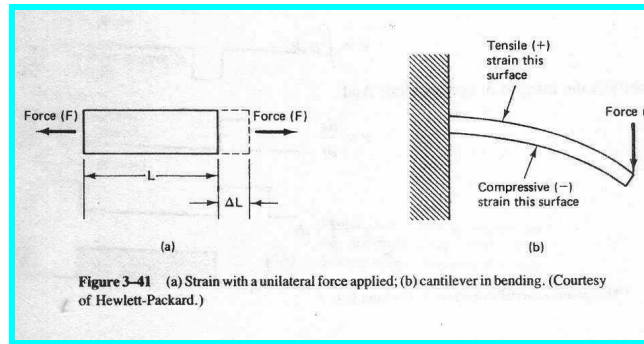


Figure 3-41 (a) Strain with a unilateral force applied; (b) cantilever in bending. (Courtesy of Hewlett-Packard.)

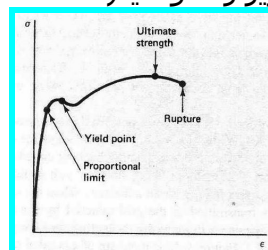
مشاهده می‌گردد که کرنش يك نسبت است و بنابراین بدون دیمانسیون میباشد. اما گاهی اوقات با واحد in./in. نمایش داده میشود. برای اغلب فلزات کرنش بروشهای عملی اندازه گیری شده و نوعاً در حد 0/005 in./in. میباشد. از آنجاییکه مقادیر عملی کرنش خیلی کوچک هستند، با واحد میکرو کرنش microstrain که عبارتست از $10^6 * \epsilon$ و بصورت $\mu\epsilon$ نشان داده می شود بیان می‌گردد(دقت داشته باشید که این معادل يك قسمت در يك میلیون یا ppm میباشد). بعنوان مثال: 0/005 in./in. برابر است با $5000\mu\epsilon$ و یا 0/5%

- نیرو و کرنش که مقادیر قابل اندازه گیری است توسط طراحان و تحلیل گران تنش بکار میرود بگونه ایکه واژه تنش برای مقایسه بار های اعمالی به مواد مختلف و قابلیت آنها در مقابل تحمل آن بار بکار میرود. از آنجاییکه معمولاً کوچک و سبک نگاه داشتن ماشین ها و ساختار آنها مورد نیاز است، قطعات و قسمت‌های مختلف ماشین میبایستی تا نهایت توان تحملي خود کرنش را تحمل نمایند.
- تنش Stress اشاره به نیرو بر واحد سطح در يك جسم مسطح دارد. و واحد آن نیرو بر واحد سطح میباشد.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad 3-9$$

حال که تعریف کرنش و تنش مشخص شده است میبایستی رابطه بین تنش و کرنش را مورد مطالعه قرار دهیم.

- با استفاده از رابطه بین کرنش و تنش میتوان با اندازه گیری کرنش میزان تنش را محاسبه نمود.
- اگر میله ای از جنس فولاد نرم داشته باشیم و آنرا تحت بار تك محوره قرار دهیم و بطور تدریجی بار آنرا افزایش دهیم و منحنی کرنش را نسبت به تنش stress-strain در جهت بار اعمال شده رسم نماییم شکل زیر را خواهیم داشت



دیاگرام کرنش - تنش در يك میله فولادی

- بطوریکه مشهود است تا نقطه ایکه حد نسبی *proportional limit* نامیده میشود تقریباً يك رابطه خطی بین کرنش و تنش وجود دارد. این رابطه توسط قانون هوک Hook's law تعریف میگردد.
- شیب این قسمت از خط مستقیم عبارتست از ماژول الاستیسیته *modulus of elasticity (E)* یا ماژول یانگ برای مواد.

E واحدی شبیه به واحد تنش (نیرو بر واحد سطح) دارد و بطور تجربی و عملی برای مواد مختلف تعیین میگردد. این شیب خط را میتوان بصورت رابطه زیر بیان نمود.

3-10

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

دو نقطه مورد توجه دیگر در دیاگرام تنش - کرنش وجود دارد:

1. نقطه تسلیم *Yield point* و
 2. مقدار قدرت نهایی تنش *ultimate strength*.
- نقطه حصول میزان سطح تنشی است که در آن نقطه، کرنش شروع به افزایش شدید پیدا میکند در حالیکه کمی و یا هیچ افزایشی در تنش نخواهد بود. اگر ماده ایکه تحت تنش زیر نقطه حصول قرار گرفته و این تنش رها شود، ماده به حالت و اندازه اصلی خود برخواهد گشت اما در خود یک مقدار کرنش را حفظ میکند.
 - نقطه توان نهایی تنش، ماگزیمم تنشی است که ماده تا قبل از خرابی تحمل میکند.

3-5 مبدلهای سطح مایعات

- دانستن میزان مواد موجود در یک مخزن یکی از پر کاربردترین مصارف صنعتی میباشد.
- سرریز یک مخزن میتواند باعث حادثه خیلی خطرناک و یا پر هزینه ای شود. و یا بالعکس، در موقع پمپ از یک مخزن خالی ممکن است خسارت جبران ناپذیری به پمپ وارد آید. و یا حتی ممکن است باعث خرابی در موقع خالی بودن یک لوله که عمل جذب حرارت را انجام میدهد، شود.
- همچنین در کاربردهای مواد غذایی و دارویی که میبایستی یک مقدار مشخصی از مواد مختلف با هم ترکیب شوند تشخیص دقیق میزان مواد موجود در مخازن بسیار مهم میباشد.
- بعضی مواقع سیالی که سطح آن در یک مخزن اندازه گیری میشود هموزن نمیشود. بعنوان مثال میتواند پودر، ذرات ریز و یا غلات باشد. موادی که سطح آنها در مخزن مورد نظر است، ممکن است برای مصارف غذایی و یا مواد شیمیایی خورنده و خطرناک باشند. مواد میتوانند در موقع ریختن در مخزن بصورت مخروطی در آیند و یا در موقع ریزش ایجاد موج نمایند. در اینصورت بایستی در انتخاب روش اندازه گیری سطح دقت خاصی صورت پذیرد.
- مبدلهای سطح به دو دسته عمده پیوسته و ناپیوسته تقسیم میشوند.
- در مبدلهای پیوسته اندازه گیری سطح بطور دقیق و در تمام ارتفاع مخزن مورد نظر میباشد.

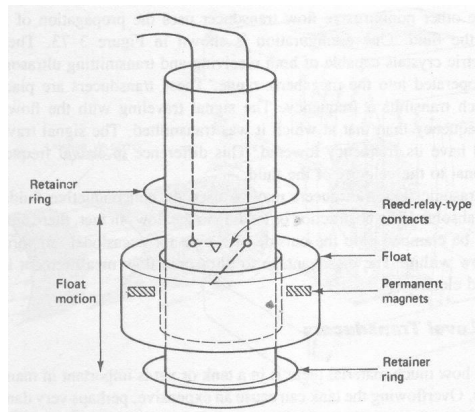
مبدلهای ناپیوسته:

- اما در بعضی مواقع فقط مشخص نمودن یک حدی از ارتفاع که میتواند خطر ساز شود مورد نظر است که معمولاً در این مواقع از نوعی سوئیچ استفاده میگردد. این نوع ارتفاع سنجی که در اصل ناپیوسته میباشد بسیار ساده تر از نوع پیوسته میباشد.
- در شکل زیر سوئیچ شناور که بعضی مواقع NO و بعضی مواقع NC میباشد، نشان داده شده است. اتصالات شبیه به اتصالات درون رله ها میباشد. آنها ضمن اینکه توسط فنر حمایت میشوند، از جنس مغناطیسی میباشند و وقتی یک مغناطیس به سمت بالای آنها حرکت میکند، میدان مغناطیسی با کشیدن اتصالات باعث بسته شدن و یا باز شدن آنها میگردد. این اتصالات درون یک لوله غیر آهنی آبندی شده اند. یک مغناطیس دائم درون شناور قرار داده شده که متناسب با حرکت سطح نیز بالا و

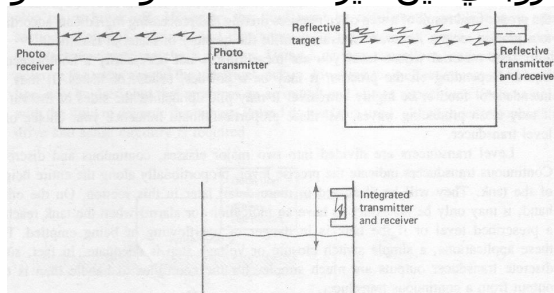
پایین می‌رود. دو حلقه Retainer جهت محدود کردن حرکت شناور به سمت بالا و پایین بکار رفته است.

اتصالات این کنترل کننده ارتفاع می‌توانند

- به ولتاژ مستقیم جهت تحریک کنترل کننده های قابل برنامه ریزی و یا
- ولتاژ غیر متناوب 220 ولت جهت بصدا در آوردن زنگ اخبار یا فعال نمودن عمل کننده ها متصل شوند.



- آشکار سازی نوری نیز می‌تواند در صورتیکه خواص مواد درون مخزن مانع از انتشار نور گردد مورد استفاده قرار گیرد. چندین نوع ساختار ممکن ارتفاع سنج با استفاده از آشکار کننده های نوری در شکل زیر نشان داده شده است.
- فرستنده نوری اغلب از نوع دیود مادون قرمز با لنز و امکانات مناسب جهت برقراری ارتباط با گیرنده می‌باشد.
- گیرنده متشکل از یک ترانزیستور حساس به نور و فیلتر نوری که فقط طول موج نور ارسالی را دریافت می‌کند، می‌باشد. این فیلتر باعث کاهش خطای ناشی از نور محیط می‌گردد. وقتی که سطح پایین تر از سنسور است، نور به گیرنده می‌رسد و ترانزیستور نوری اشباع می‌گردد که در خروجی صفر منطقی خواهیم داشت. وقتی که سطح در مخزن نور فرستنده را مانع شود، ترانزیستور نوری به حالت قطع رفته و در نتیجه در خروجی یک منطقی خواهیم داشت.
- علاوه بر ولتاژ مستقیم تغذیه می‌توان با استفاده از مقاومت پول آپ بین ترانزیستور نوری (در حالت کلکتور باز) و هر ولتاژ دلخواه دیگر برای یک منطقی داشته باشیم.
- گیرنده هایی نیز وجود دارد که بجای ترانزیستور نوری از ترانزیستور حساس به نور استفاده می‌کنند. خروجی این گیرنده ها 220 ولت متناوب می‌باشد.



- نصب گیرنده و فرستنده متمرکز که از یک صفحه انعکاس دهنده استفاده می‌کند ساده تر می‌باشد یعنی اگر صفحه انعکاس دهنده به اندازه کافی بزرگ باشد تنظیم گیرنده و فرستنده آسانتر خواهد بود. در این نوع از نظر سیم کشی نیز راحتتر خواهد بود.

- استفاده از فرستنده و گیرنده بصورت مجتمع قابلیت انعطاف بیشتری را فراهم میکند. اگر آنها را بر روی یک نگهدارنده وصل کنیم براحتی میتوان در قسمتهای مختلف مخزن نصب و در صورت نیاز بدون نیاز به تنظیمات مجدد آنها جابجا نمود.
- بطور کلی آشکارکننده های نوری سطح دارای طول عمر بیشتری نسبت به سوئیچ ها دارند چون در آنها هیچ قسمت مکانیکی وجود ندارد. اما یک اشکال اساسی با این نوع ارتفاع سنج ها این است که مایع حتماً بایستی مانع از عبور نور گردد که این مسئله کاربرد آنها را محدود میکند.
- اندازه گیری انتقال حرارت نیز میتواند جهت آشکار نمودن وجود مواد درون یک مخزن بکار رود. یک سنسور دمای مقاومتری که تحریک شده است و انتقال حرارت فقط از طریق هوا منتقل می شود گرمای بیشتری را حس میکند نسبت به موقعی که مایعی اطراف سیم حرارت را گرفته باشد که انتقال حرارت سریعتر و راحتتر و در نتیجه اثر خود گرمایی کمتر خواهد بود.

مبدلهای پیوسته:

- در بعضی کاربردها تنها کافیسیت که بدانیم که مایع بالاتر و یا پایین تر از یک سطح مورد نظر است. اما در بعضی موارد نیاز است که بطور دقیق ارتفاع مواد داخل مخزن را بدانیم که این مسئله نیاز به مبدل پیوسته را مشخص میکند. راههای مختلف و بسار متنوعی برای اندازه گیری دقیق میزان مواد موجود در یک مخزن وجود دارد که در این قسمت به پنج مورد آن اشاره خواهیم نمود.
- 1. فشار در قسمت تحتانی یک مخزن بطور مستقیم بستگی به ارتفاع مواد سیال داخل مخزن دارد.
- 2. اما وزن مخزن مستقل از جنس مواد (سیال یا جامد) درون آن بستگی به ارتفاع مواد دارد.
- 3. میتوان از سیستم شناور برای دنبال کردن سطح سیال استفاده نمود و از آن طریق پتانسیومتر و یا شیرینی را بحرکت در آورد.
- 4. برای مواد عایق الکتریکی یا جامد، میتوان با استفاده از مخزن و یک الکتروود یک خازن بزرگ بسازیم.
- 5. آشکارکننده های اولتراسونیک، شبیه آنچه که در اندازه گیری طول و سیستم تنظیم خودکار دوربین های عکاسی بکار میرود، میتوانند برای آشکار سازی فاصله سطح مایع بکار روند.

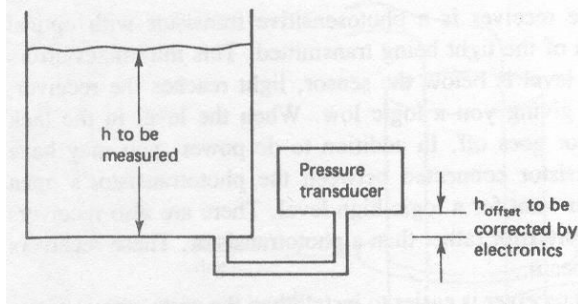
در بخشهای قبلی دیدیم که فشار در انتهای یک ستون از مایع متناسب است با ارتفاع آن ستون:

$$p = \rho gh$$

بطوریکه ρ چگالی مایع
 g ثابت تبدیل جرم به وزن 981 cm/s^2
 h ارتفاع ستون مایع
 به این فشار، فشار سر *head Pressure* میگویند.

بنابراین با اندازه گیری فشار انتهای يك مخزن ميتوان سطح مايع داخل مخزن را اندازه گیری نمود. اما بايد توجه نمود که در اين روش چندین فرض موجود است که بایستی مورد توجه قرار بگیرند.

- اول اینکه، برای گرفتن نتیجه ثابت و پایدار مايع بایستی دارای شکل واحد (uniform) باشد. به عبارت دیگر چگالی بایست ثابت باشد.
- دوم اینکه، فشار قرائت شده مربوط به ارتفاع بالاي مبدل فشار میباشد. بنابراین اگر به هر دلیلی قادر به نصب سنسور در انتهای مخزن نیستید بایستی در مدارات الکترونیکی و یا محاسبات کامپیوتری مقدار آفست را نیز منظور کنیم. این مسئله در شکل زیر نشان داده شده است.

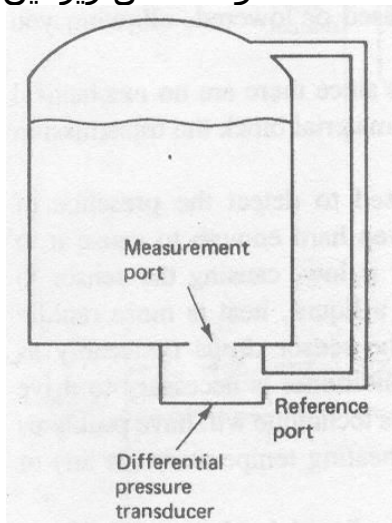


- بالاخره، آخري چیزی که بایست دقت نمود در صورت استفاده از فشار سنج برای اندازه گیری سطح، میزان فشار بالاي مخزن میباشد. اگر مخزن باز است و فشار آن فشار اتمسفر است فرمول بالا صحیح است و ميتوان از يك مبدل فشار که فشار نسبت به محیط را اندازه گیری میکند استفاده نمود. اما اگر مخزن بسته است، فشار انتهای مخزن نه تنها بستگی به فشار سر دارد بلکه به فشار بالاي مخزن نیز بستگی دارد يعني:

$$p_{bottom} = \rho gh + p_{top}$$

$$h = \frac{p_{bottom} - p_{top}}{\rho g}$$

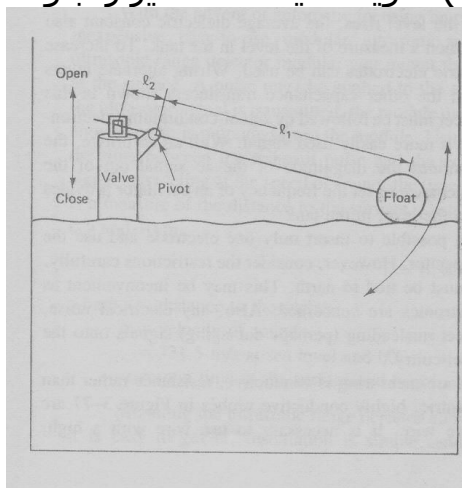
برای انجام این محاسبه بطور اتوماتیک، ميتوان از يك فشار سنج تفاضلي با فشار مرجع متصل به بالاي مخزن استفاده نمود. شکل زیر این روش را نشان میدهد.



- يك اندازه گیری واقعی از میزان مواد موجود داخل مخزن، اندازه گیری وزن مواد درون مخزن میباشد. این روش برای انواع مواد، مايع، جامد و یا ترکیبی از آنها

هیچ فرقی نمیکند و کارآیی خوبی دارد. در این روش مخزن میبایستی بطور کامل و تنها به يك و یا تعدادی لودسل متصل گردد.

- در حالتی که از چند لودسل استفاده میگردد بایستی مطمئن شد که وزن بطور یکسان بین لود سل ها تقسیم شده است یا از يك مدار الکترونیکی جهت جمع مقادیر اندازه گیری شده توسط لود سل ها استفاده نمود.
- همچنین نیاز به یکسری پردازش سیگنال جهت تنظیم خروجی به صفر برای وقتی که مخزن خالی است میباشد.
- در بعضی از پیاده سازیها در کنار کرنش سنج فعال و واقعی بایستی از يك کرنش سنج مجازی (dummy) استفاده نمود که جهت کالیبراسیون میتوان با پر کردن و خالی کردن مخزن منحنی مورد نیاز را بدست آورد.
- شاید یکی از شایع ترین استفاده از ارتفاع سنج استفاده از يك سیستم کنترلی متشکل از شیر و شناور داخل مخزن سیفون توالتها میباشد. اساس کارکرد چنین سیستمی در شکل زیر نشان داده شده است. يك شناور همراه با سطح آب داخل مخزن سیفون بسمت بالا و پایین حرکت میکند. این حرکت شناور توسط يك لولا شیر را کنترل مینماید.
- وقتی که سطح آب پایین است، شناور نیز پایین بوده و در نتیجه شیر بسمت بالا یعنی وضعیت باز حرکت میکند. بمحض اینکه سطح آب بالا میآید بهمان نسبت شیر بسته تر میگردد. بازوی شناور بگونه ای طراحی شده است که نیروی شناور را با نسبت (l_1/l_2) تقویت میکند تا شیر را بتوان براحتی باز و بسته نمود.



- برای يك سیستم کنترلی پیچیده تر میتوان بجای شیر از يك پتانسیومتر خطی لغزشی استفاده نمود و یا با استفاده از يك مکانیزم گیربکسی میتوان حرکت بالا و پایین را تبدیل به حرکت چرخشی نمود تا بتوان يك پتانسیومتر دوارانی را به چرخش در آورد. در چنین سیستمی سیگنال خروجی متناسب با سطح، دارای ولتاژ مستقیم بالایی میباشد که برای نمایش و یا کنترل سطح بسیار مناسب و راحت میباشد.
- علاوه چنین سیستمی ساده، ارزان و قابل اطمینان نیز میباشد.
- اما از معایب این سیستم محدود بودن رنج حرکتی شناور، و نصب در درون مخزن میباشد. که در بعضی مواقع و کاربردهای خاصی نصب آن داخل مخزن غیر ممکن است. همچنین پتانسیومتر میبایستی بخوبی آببندی و از نفوذ مایع به آن جلوگیری نمود.

- ظرفیت خازنی يك خازن با صفحات موازی برابر است با:

$$C = \frac{A\epsilon}{d}$$

که C = ظرفیت خازن

A = سطح مقطع صفحات

ϵ = ثابت دي الكتريك

d = فاصله صفحات از يكدیگر

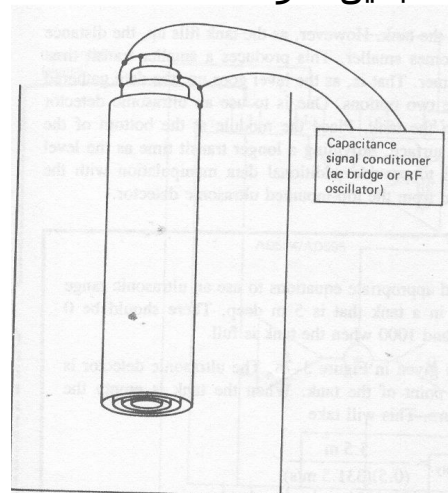
▪ ضرب دي الكتريك هوا تقريباً يك ميباشد، در حالیکه ضرب دي الكتريك آب بيشتر از 80 و يا بعضي مواد جامد داراي ضرب دي الكتريك 10000 ويا بالاتر ميباشند. اين تغيير شديد ضرب دي الكتريك در مواد مختلف ميتواند جهت اندازه گيري ارتفاع بكار رود.

به پروب بكار رفته در مخزن در شكل زير دقت كنيد. هرچه مايع داخل مخزن بالاتر رود متوسط ضرب دي الكتريك نيز متناسب با ارتفاع تغيير ميكند. براي بالا بردن خاصيت خازني ميتوان از پروب با چندين لايه هم مركز بطوريكه صفحات يك در ميان به يكدیگر متصل شده اند (بدینترتيب سطح بيشترتي حاصل میگردد) استفاده نمود.

مثل ديگر مبدلهاي خازني، سيگنال خروجي اين مبدل نيز بايستي با استفاده از مدارات پردازشگر الكترونيكي به شكلي مناسبتر و قابل استفاده تر تبديل گردد.

• با استفاده از يك پل متناوب اندازه ظرفیت خازن تعيين کننده دامنه سيگنال متناوب خروجي پل خواهد بود.

• با استفاده از مدار اسيلاتور ميتوان تغيير ظرفیت خازن را به فرکانس متناسب با ارتفاع مايع داخل مخزن تبديل نمود.



▪ اگر مخزن از نظر الكتريكي هادي باشد ميتوان از آن بعنوان يك پروب استفاده نمود و پروب ديگر را داخل مخزن قرار داد. که در اينصورت مخزن ميبايستي بدلايل ايمني به زمين متصل گردد که اين مسئله ممکن است از نقطه نظر مدارات پردازشگر الكترونيكي مورد علاقه نباشد. همچنين هر نويز الكتريكي، حلقه زمين يا اتصالات تصادفي صدماتي را به تانك و يا مدارات پردازشگر و سيستم هاي كنترلي وارد كند.

▪ اگر مايعي که ارتفاع آن مورد نظر ميباشد از نظر الكتريكي هادي باشد، از اثر مقاومت به جاي خازن ميتوان استفاده نمود. در شكل زير پروب هاي با قابليت هدايت بالا با دو سيم مقاومتی با مقاومت بالا تعويض شده اند. لازم است که سيم داراي پايداري بالا و مقاومت دقيق در واحد طول باشد. هر قدر که سطح بالا ميايد، طول اتصال کوتاه شده سيم هاي درون مخزن بيشتر میگردد که خود

باعث کاهش مقاومت سیم می‌گردد. پس بنابراین مقاومت بطور معکوس متناسب با سطح خواهد بود. این روش در تعیین ارتفاع جیوه در یک مانومتر یا دستگاه فشار سنج خون معمول است.

▪ با اختراع تنظیم خودکار لنز دوربین عکاس توسط فاصله یابهای اولتراسونیک و کاربرد وسیع آنها این ابزار بطور ماحولار قابل تهیه و استفاده راحت می‌باشد. برای اندازه گیری سطح با استفاده از یک ماحول فاصله یاب اولتراسونیک، بایستی این دستگاه در بالای مخزن بطوریکه به سمت پایین هدف گیری شده است نصب شود.

▪ جهت اندازه گیری بایستی ابتدا از یک پالس آماده سازی جهت ارسال توسط فرستنده اولتراسونیک استفاده نمود. پس از ارسال پالس و برگشت اکو و دریافت آن توسط گیرنده، پالس دیگری توسط فرستنده فرستاده خواهد شد. با استفاده از یک شمارنده بایستی زمان بین ارسال پالس و دریافت اکو آنرا اندازه گیری نمود. چون سیگنال اولتراسونیک با سرعت صوت حرکت میکند، زمان بین ارسال و دریافت به نوعی معادل فاصله سطح می‌باشد. فاصله قابل اندازه گیری به این روش بایستی در حد 0/5 تا 10 متر باشد.

$$d = \frac{1}{2} vt$$

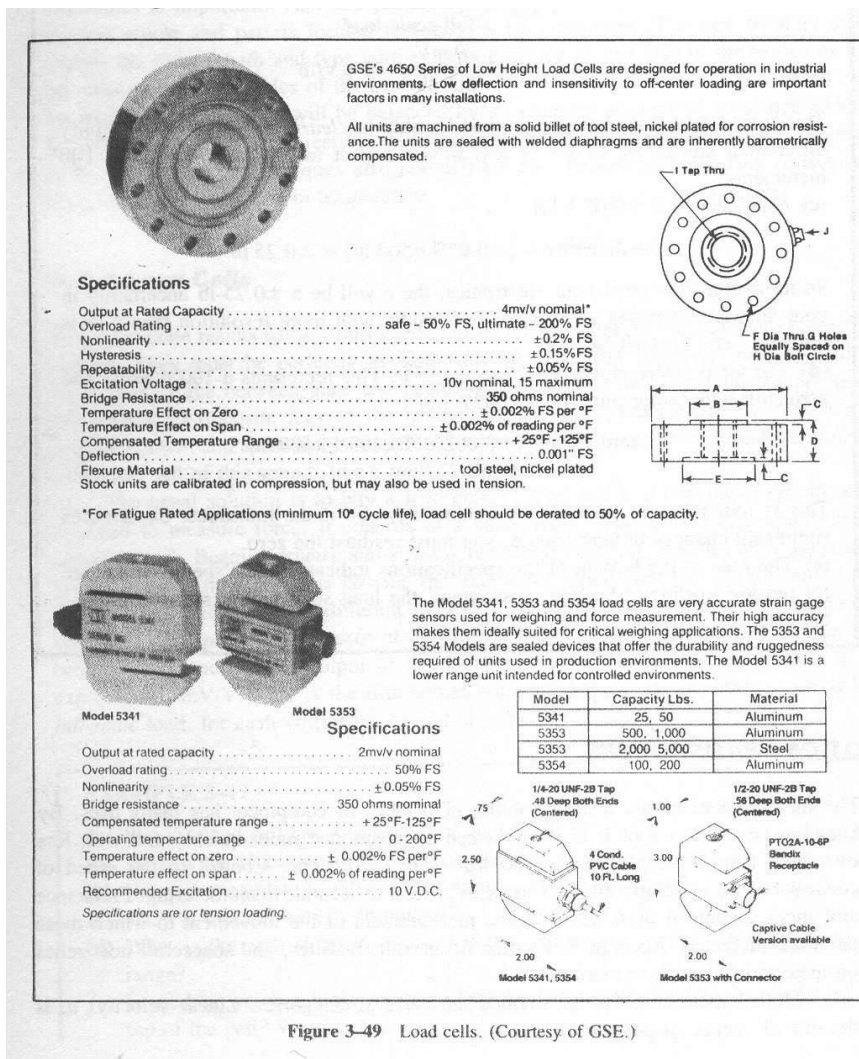
بطوریکه d = فاصله سطح
 v = سرعت صوت = 331/5 متر بر ثانیه
 t = زمان رفت و برگشت سیگنال

نصب سیستم اولتراسونیک در بالای مخزن کار بسیار ساده ایست و نیازی به آبندی آن در مقابل اثرات ناشی از مواد داخل مخزن نمی‌باشد. اما، وقتیکه مخزن پر میشود فاصله بین سطح و سنسور کمتر می‌گردد. این موضوع باعث زمان کوچکتر و در نتیجه شمارش کمتر شمارنده می‌گردد که این خود میتواند باعث خطای بیشتر در فاصله های کمتر گردد.

4-3 نیرو سنج Load Cells

در موقع استفاده از کرنش سنج وقتی میتوان بهترین نتیجه را گرفت که آنها را بنحو صحیح و مناسبی مورد استفاده قرار دهیم.

- کرنش سنجها بایستی دقیقاً در راستای نیروی اعمالی نصب شوند.
- چسب بکار رفته بایستی بتواند بطور کامل نیروی وارد بر میله یا قسمت فلزی را به کرنش سنج منتقل کند.
- بدنه فلزی بایستی بگونه ای باشد تا نیروی فشاری و کرنشی در دو طرف آن ایجاد کند
- مشخصه های فیزیکی بدنه فلزی میبایستی کاملاً شناخته شده باشد.
- اتصال لحیم به دو سر کرنش سنج بایستی دارای مقاومت یکسان و قابل صرفنظر کردن باشد.
- در نتیجه راحتترین روش استفاده از کرنش سنج های جهت نیرو سنجی خرید لودسل می‌باشد.



- يك لودسل مبدلي است با طراحي خاص و ویژه جهت اندازه گيري نيرو. لودسل شامل بدنه فلزي ميباشد که تعدادي کرنش سنج (معمولاً چهار تا) به آن متصل شده است.
- جهت استفاده از لودسل تنها ميبايست منبع تغذيه مناسب آنرا تهيه و خروجي آنرا با استفاده از تقويت کننده هاي ايزارديقيق تفاضلي تقويت تا جهت ذخيره در حافظه کامپيوتر و يا نمايش بر روي نمايشگر آماده گردد.
 - همانطوریکه در شکل بالا مشاهده ميگردد مشخصات مختلفی براي لودسل ارائه شده است اما مهمترين آنها ميزان ولتاژ خروج به ازاء بار قابل تحمل لودسل (Output at rated capacity) ميباشد به اين مشخصه باختصار نيز حساسيت گفته ميشود که با واحد ميل ولت بر ولت mV/V نمايش داده ميشود.
 - اين ولتاژ خروجي تفاضلي بوده که توسط پل و با اعمال بار کامل براي هر ولت ولتاژ تغذيه ايجاد ميگردد.

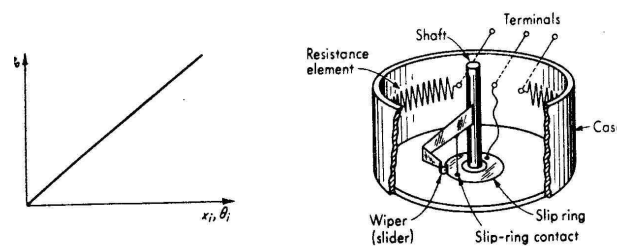
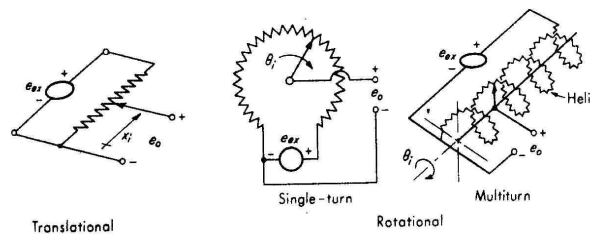
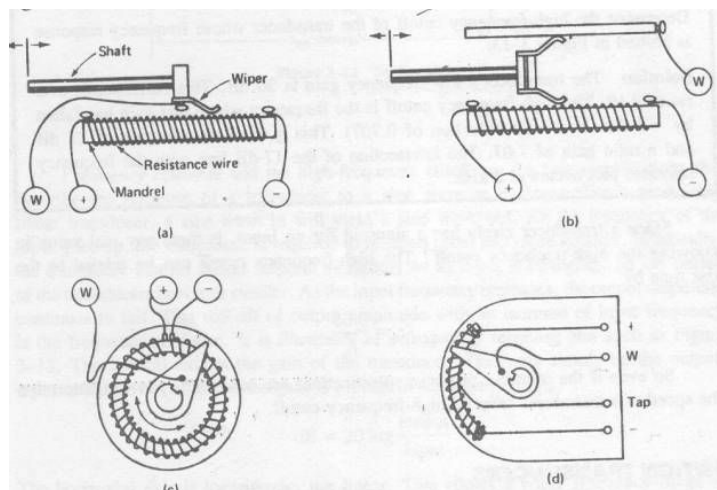
2 مبدلهای موقعیت

- موقعیت يك جسم يکي از موارد مهم در سيستمهاي کنترلي سرو مکانيسم ميباشد. در مونتاژ اتوماتيك توسط ربات و در سوراخکاري قسمتهای مختلف ماشين و نیز حرکت قسمتهای متحرك در يك سيستم دیسک خوان کامپيوتری و يا قلم در يك پلاتر نیاز به کنترل و در نتیجه اندازه گيري دقيق موقعیت ميباشد.
- در کنترل ضخامت و يا اثر حرارت در انبساط اجسام نیاز به اندازه گيري موقعیت با دقت کسري از ميليتر ميباشد.

- روشهای مختلفی برای اندازه گیری موقعیت وجود دارد. در این درس سه روش را مشاهده خواهید نمود.
 - پتانسیومتر از ارزانترین و ساده ترین آنها میباشد.
 - ترانسفورماتورهای متغیر خطی تفاضلی (LVDT) به شما اجازه اندازه گیری جابجاییهای خیلی کوچک را میدهد.
 - مبدل‌های نوری، خیلی مقاوم و اتصال آنها به کامپیوتر خیلی ساده میباشد.

1-2 پتانسیومتر

- پتانسیومترهایی که جهت اندازه گیری جابجایی مورد استفاده قرار میگیرند خیلی شبیه به پتانسیومترهایی هستند که در مدارات الکتریکی و الکترونیکی جهت تنظیم مقدار مقاومت مورد نیاز بکار میروند. اما قابل ذکر است که سازندگان این نوع پتانسیومترها دقت و تلاش بیشتری را در جهت ساخت این نوع مبدلها بکار میبرند.
- پتانسیومترهای خطی برای اندازه گیری جابجایی در راستای یک خط مستقیم و پتانسیومترهای دوار (زاویه ای) برای اندازه گیری جابجاییهای چرخشی بکار میروند.
- در شکل زیر شمای کلی این نوع پتانسیومترهای نشان داده شده است.



بطوریکه مشاهده میگردد، اندازه گیری يك دور کامل و یا کمانی از يك دایره قابل اندازه گیری میباشد.

- يك پتانسیومتر تك دور کامل میتواند اندازه گیری دقیق تا حد 357 درجه را انجام دهد. در حالیکه پتانسیومترهای چند دور (10 دور) میتوانند تا 3500 درجه را نیز اندازه گیری کنند.
- بدنه مقاومتي پتانسیومتر ممکن است بصورت سیم پیچ باشد که در اینصورت از يك سیم خیلی نازك (0.01 میلیمتر) از جنس پلاتینیوم یا آلیاژ نیکل که با دقت بسیار زیادی پیچیده شده است استفاده میشود.
- بمحض اینکه قسمت لغزان بر روی سیم پیچ حرکت میکند و از يك قسمت به قسمت دیگری حرکت میکند مقاومت پتانسیومتر تغییر میکند. کوچکترین تغییر یا جابجایی در موقعیت که میتواند اندازه گیری شود (حد تفکیک) وقتی اتفاق میافتد که قسمت لغزان از يك دور به دور دیگر حرکت کند. بنابراین حد تفکیک از رابطه زیر قابل محاسبه میباشد.

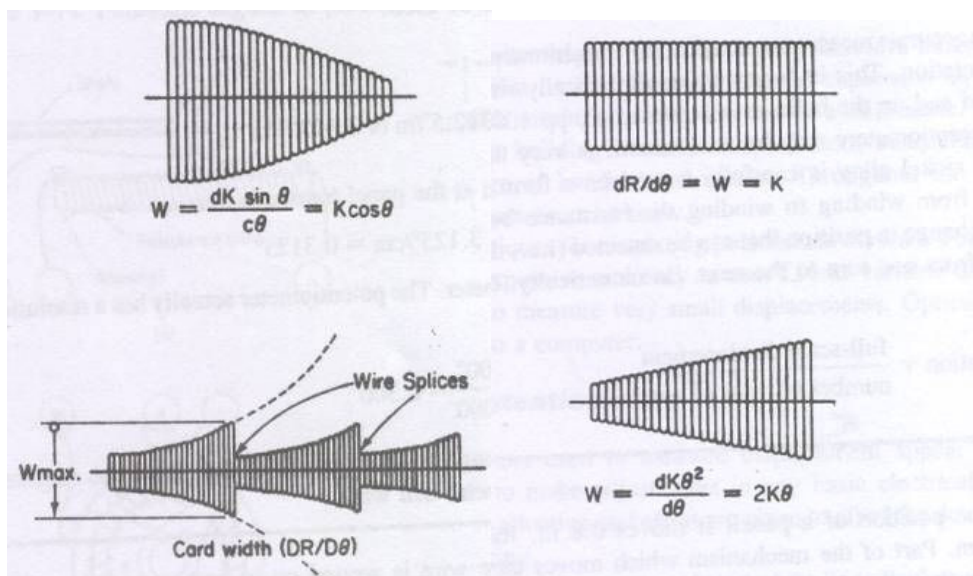
Full-scale displacement

$$\text{Resolution} = \text{-----}$$

Number of turns of wire

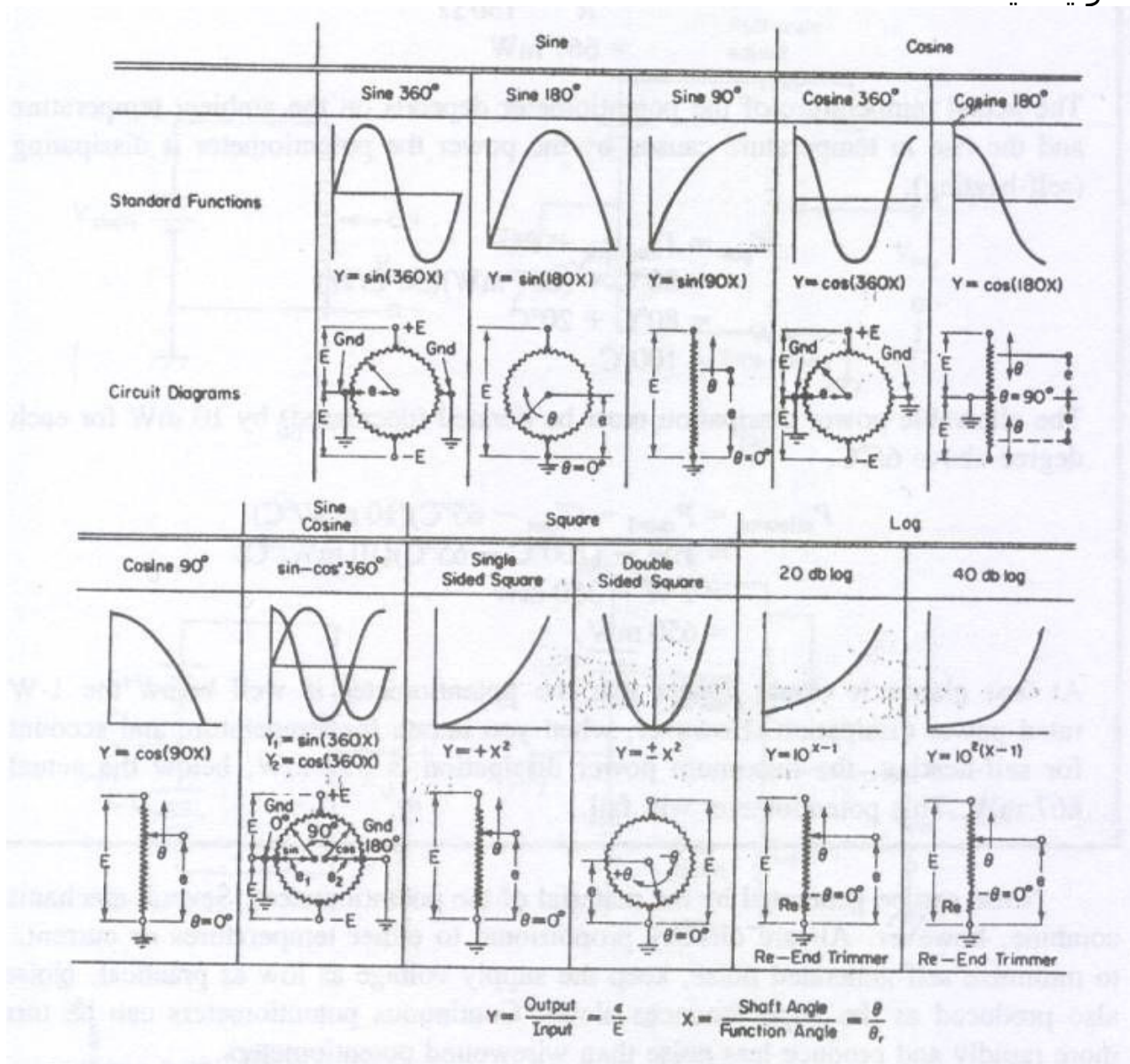
مثال 10

- اگر شکل بدنه سیم پیچ بطور دقیقی شکل داده شده باشد يك رابطه خطی بین وضعیت قسمت لغزنده و ولتاژ خروجی برقرار خواهد بود. اما تغییر شکل بدنه باعث يك رابطه غیر خطی مورد دلخواه خواهد شد. شکل زیر این موضوع را نشان میدهد.



توابع استاندارد بسیار زیادی یا روابط تبدیل وضعیت به ولتاژ مورد دلخواه در بازار وجود دارد.

این روابط غیر خطی ممکن است برای جبران و یا کنترل يك عامل غیرخطی در يك سیستم کنترلی بدون اینکه نیاز به انجام محاسبات ریاضی باشد و یا حتی بدون نیاز به کامپیوتر و یا مدارات آنالوگ کامپیوتر بکار رود. توابع استاندارد در شکل زیر نشان داده شده است. شکلهاي ارائه شده به این معنی است که اگر پتانسیومتر بطور پیوسته از ابتدا تا انتها حرکت کند چنین ولتاژهایی را تولید میکند.



پتانسیومترهای پیوسته دارای بدنه ای از جنس فیلم کربنی یا فلزی، پلاستیکهای هدایتی و یا از سرامیکهای فلزی میباشند. این نوع پتانسیومترها چندین مزایا نسبت به پتانسیومترهای سیم پیچ دارند.

- اول اینکه قدرت تفکیک آنها بیشتر است چون محدودیتی مربوط به تعداد دور سیم پیچ ها ندارند. چون قسمت متحرك برروي يك سطح صاف حرکت میکند پرش وجود ندارد و نیز میزان خرابی آنها کمتر است.

- سرعت ماگزیمم يك پتانسیومتر سیم پیچ در حدود 300 دور بر دقیقه میباشد. در حالیکه يك پتانسیومتر پیوسته میتواند تا سرعت 2000 دور بر دقیق نیز مورد استفاده قرار بگیرد.
- لازم است که چند مشخصه های الکتریکی را در مورد پتانسیومترها بشناسیم. از آنجمله

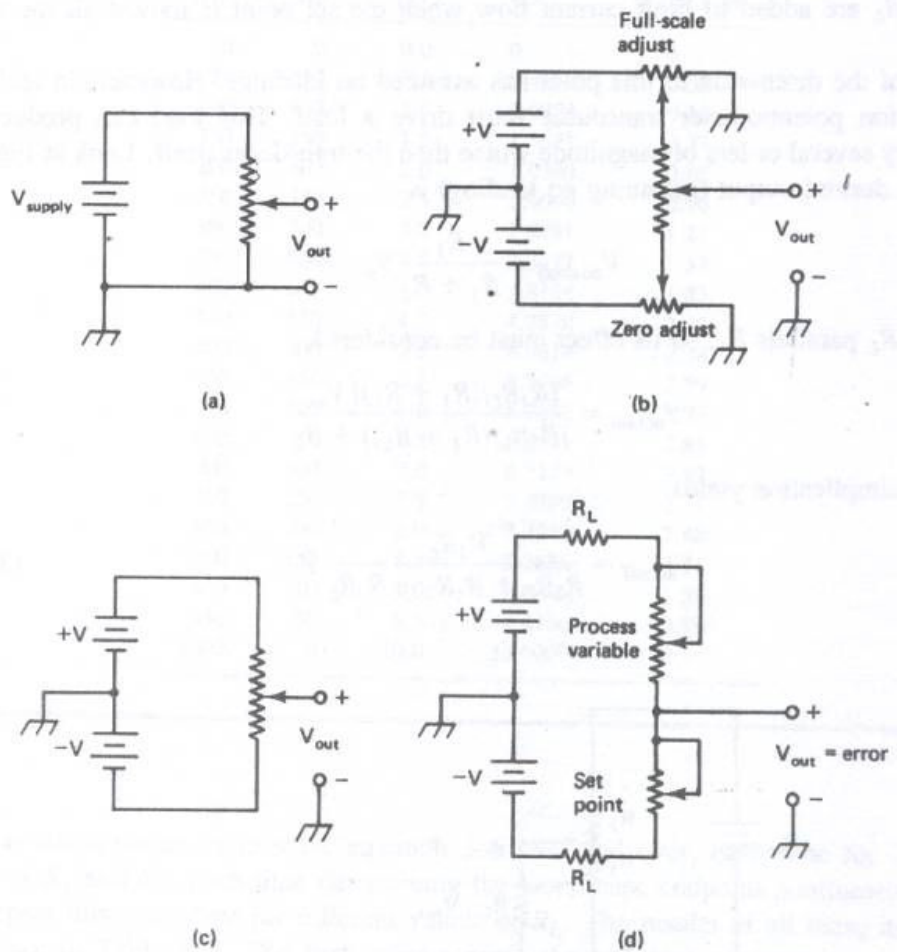
- حد یا قدرت تفکیک،
- خطی بودن،
- حرکت بیش از حد الکتریکی³،
- شکل ترمینال،
- تکرانس مقاومت،
- موقعیت سر وسط،
- میزان توان و حرارت قابل تحمل،
- نویز،
- گشتاور شروع و در حال گردش،
- اینرسی و نیز
- مشخصه های ac آن میباشد.

مثال 11:

- نویز در پتانسیومتر میتواند ناشی از جنس آن باشد. در اصل عامل اصلی ایجاد نویز حرارت یا جریان عبوری از پتانسیومتر میباشد که بهمین دلیل میبایستی سعی نمود ولتاژ تغذیه آن را تا حد ممکن پایین نگهداشت.
- نویز نیز در اثر پرش های قسمت لغزان بوجود میآید.
- پتانسیومترهای از نوع سیم پیچ نیز خاصیت سلفی و خازنی سری با مقاومت از خود نشان میدهند.
- راکتانس ناشی از این عوامل در فرکانس 50 هرتز حدود مگا اهم میباشد.
- اما اگر پتانسیومتر با يك سیگنال سینوسی 10 کیلو هرتزی تغذیه شود این راکتانس تا حد کیلو اهم کاهش پیدا میکند.
- در موقع استفاده سیگنال متناوب میبایستی هم فرکانس و مقدار مقاومت پتانسیومتر در حد امکان پایین انتخاب شوند.
- حرکت بیش از حد الکتریکی اشاره به این واقعیت دارد که ترمینال ممکن است دقیقاً در قسمت انتهایی خود نباشد. یعنی اینکه وقتی قسمت لغزان به ترمینال میرسد شفت ممکن است بیشتر بچرخد اما ولتاژ خروجی هیچ تغییری نکند.
- چندین روش جهت اتصال يك پتانسیومتر به يك سیستم کنترلی میباشد.
 - ساده ترین راه اینستکه آنرا با ولتاژ تغذیه در يك سر و اتصال زمین در سر دیگر تغذیه نمود. در این روش وقتی قسمت لغزان به قسمت انتهایی میرسد ولتاژ خروجی صفر خواهد شد و بر عکس وقتی قسمت لغزان به بالاتری قسمت پتانسیومتر میرسد ولتاژ تغذیه خارج خواهد شد.

³ Electrical overtravel

○ با توجه به شکل زیر قسمت b روشی است که اگر قسمت لغزان کاملاً تا قسمت انتهایی حرکت نکند مناسب می باشد.



تنظیم صفر این قابلیت را میدهد تا ولتاژ صفر را در هر موقعیت مورد دلخواه تنظیم نمود. بهمین طریق نیز میتوان ولتاژ رنج نهایی یا بالا را نیز تنظیم نمود.

○ قابل ذکر است که برای تنظیم این دو حد بالا و پایین چندین دور متوالی نیاز به تنظیم دقیق میباشد چون این دو تنظیم بر روی یکدیگر اثر میگذارند.

○ با اعمال تغذیه دوبل به یک پتانسیومتر میتوان ولتاژ صفر خروجی را در وسط پتانسیومتر قرار داد. بطوریکه مشاهده میگردد این روش در قسمت c شکل فوق نمایش داده شده است.

البته نوع کاملتر این روش در قسمت d نمایش داده شده است. در این روش یک سیگنال خطا نسبت به زمین برای استفاده کنترل کننده نیز فراهم شده است. متغیر پروسه مورد کنترل توسط پارامتر مورد اندازه گیری تحریک میگردد. و خطا به شکل زیر تعریف میگردد.

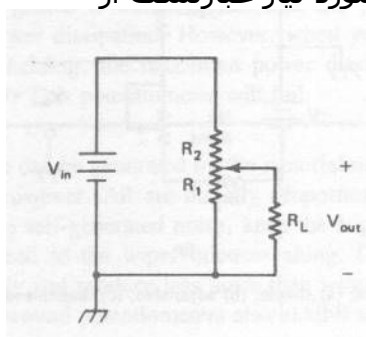
$$Error = SP - PV$$

اگر نقطه مرجع و متغیر مورد کنترل هر دو در یک وضعیت قرار بگیرند خطایی وجود نداشته و ولتاژ خروجی صفر میباشد. اگر قسمت لغزان در نقطه مرجع به سمت بالا حرکت کند مقاومت آن

افزایش پیدا میکند. که این باعث میشود ولتاژ خروجی مثبت گردد. بنابراین پروسه میبایستی با حرکت خود پاسخ مناسب داده و به همان اندازه بسمت بالا حرکت کند تا اینکه ولتاژ خروجی صفر گردد.

مقاومت R_L به این روش اضافه شده است تا وقتی که نقطه مرجع تا پایین تری قسمت خود حرکت میکند میزان جریان عبوری را محدود نماید.

- تمامی بحث تا اینجا با فرض این است که هیچگونه باری وجود ندارد. اما در حقیقت هر مبدل موقعیت پتانسیومتری به يك بار متصل میگردد. این بار میتواند باعث غیر خطی شدن مبدل گردد. به شکل زیر نگاه کنید. خروجی مورد نیاز عبارتست از



$$V_{desired} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{in}$$

در حالیکه R_L موازی با R_1 میباشد و باید اثر آن در نظر گرفته شود

$$V_{Actual} = \frac{\left[\frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L} \right] V_{in}}{\left[\frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L} \right] + R_2}$$

با ساده نمودن خواهیم داشت:

$$V_{Actual} = \frac{R_1 R_L}{R_1 R_L + R_1 R_2 + R_2 R_L} V_{in}$$

مثال 12:

با استفاده از يك کامپیوتر میتوان برای مقادیر مختلف R_1 و R_2 معادله فوق را حل نمود و بدترین حالت را به عنوان بدترین حالت غیر خطی نقطه پایانی در نظر گرفت و همین کار را برای مقادیر مختلف R_L نیز انجام داد. نتیجه چنین عملیاتی در جدول زیر نشان داده شده است.

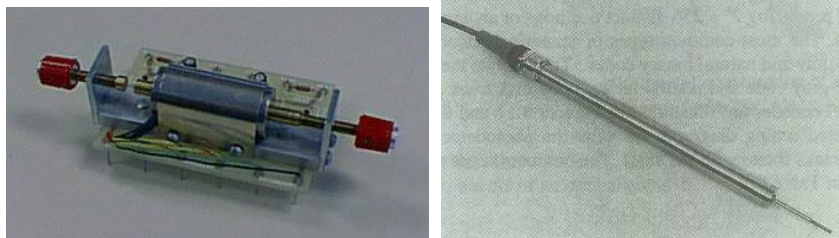
TABLE 3-5
LOADING EFFECTS ON
THE NONLINEARITY OF
A POTENTIOMETER

Error (%)	$\frac{R_L}{R_p}$
10	1.263
5	2.742
1	14.59
0.5	29.41
0.1	147.9
0.05	296.1

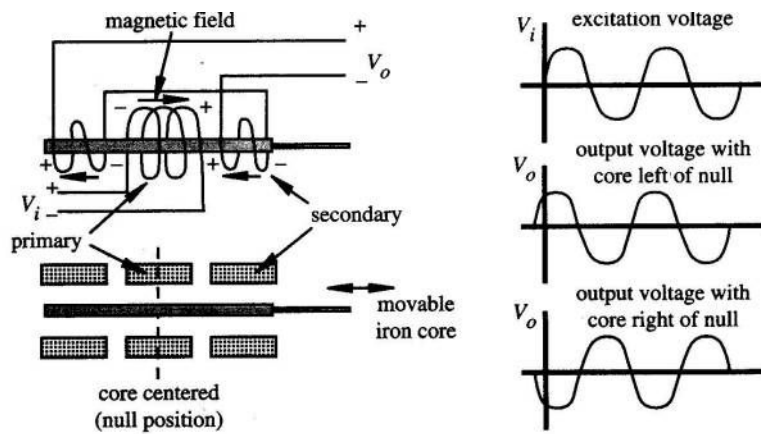
مثال 13:

چند مثال بیشتر از سنسورهای موقعیت

2-2- ترانسفور موتور تفاضلی متغیر طولی و چرخشی LVDT-RVDT
 • LVDT یک وسیله الکترونیکی است که یک سیگنال الکتریکی خروجی متناسب با حرکت هسته تولید می کند.

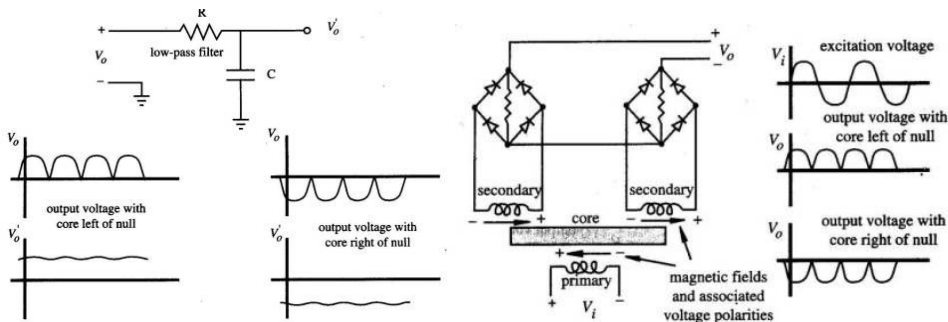
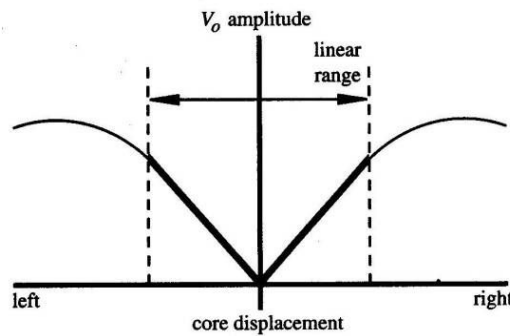


- آن متشکل از یک سیم پیچ اولیه و دو سیم پیچ ثانویه متقارن که در دو طرف سیم پیچ اولیه و به شکل استوانه ای قرار گرفته اند میباشد.
- یک هسته مغناطیسی با قابلیت حرکت آزاد داخل سیم پیچ مسیر بسته ای را برای فلوی مغناطیسی از درون سیم پیچ ها فراهم می کند. مقطع یک LVDT و ترسیمی از چگونگی کار کردن آن در شکل زیر نشان داده شده است. وقتی که هسته اولیه توسط یک منبع ac خارجی تحریک می گردد، ولتاژهایی در سیم پیچ ثانویه القا می گردد.



• توجه به شکل 3-22 داشته باشید در سیم پیچ ثانویه بطورسری و 180° اختلاف به یکدیگر متصل می باشند بطوریکه در ولتاژ در پلاریته مخالف می باشند. بنابراین ، خروجی نهایی مبدل تفاوت بین این دو ولتاژ می باشد ، که در حالتیکه هسته در وسط (موقعیت صفر) قرار دارد این ولتاژ صفر می باشد.

• وقتیکه هسته از وضعیت صفر حرکت می کند، ولتاژ القایی در سیم پیچی که حرکت به سمت آن است افزایش می یابد در حالیکه ولتاژ القایی در سیم پیچ مقابل کاهش می یابد . این عمل یک ولتاژ خروجی متفاوتی که بطور خطی نسبت به تغییر وضعیت هسته تغییر می کند، تولید می نماید . فاز این ولتاژ خروجی بطور ناگهانی وقتی که هسته از وضعیت صفر عبور می کند 180° اختلاف پیدا می کند.



• مشخصات عمومی یک LVDT همه منظوره در شکل زیر نشان داده شده است.

HR SERIES—GENERAL APPLICATIONS

• OPTIMUM PERFORMANCE FOR THE MAJORITY OF APPLICATIONS

• LARGE CORE-TO-BORE CLEARANCE — 1/16 INCH (1.6 mm) RADIAL

GENERAL SPECIFICATIONS

Input Voltage 3 V rms (nominal)
 Frequency Range 50 Hz to 10 kHz
 Temperature Range -65°F to +300°F
 (-55°C to +150°C)
 Null Voltage Less than 0.5% full scale output
 Shock Survival 1000 g for 11 milliseconds

The HR high reliability series of LVDT's is suitable for most general applications. The HR series features large core-to-bore clearance, high output voltage over a broad range of excitation frequencies, and a magnetic stainless steel case for electromagnetic and electrostatic shielding.

Vibration Tolerance 20 g up to 2 kHz
 Coil Form Material High density, glass-filled polymer
 Housing Material AISI 400 series stainless steel
 Lead Wires 28 AWG, stranded copper, Teflon-insulated, 12 inches (300 mm) long (nominal)

PERFORMANCE SPECIFICATIONS AND DIMENSIONS (2.5 kHz)

LVDT MODEL NUMBER	NOMINAL LINEAR RANGE Inches	LINEARITY ±PERCENT FULL RANGE				SENSITIVITY mV Out/ Volt In Per .001 In.	IMPEDANCE Ohms		PHASE SHIFT Degrees	WEIGHT Grams		DIMENSIONS A (Body) B (Core) Inches Inches	
		50	100	125	150		Pri.	Sec.		Body	Core	Inches	Inches
050 HR	±0.050	0.10	0.25	0.25	0.50	6.3	430	4000	-1	32	4	1.13	0.80
100 HR	±0.100	0.10	0.25	0.25	0.50	4.5	1070	5000	-5	48	6	1.81	1.30
200 HR	±0.200	0.10	0.25	0.25	0.50	2.5	1150	4000	-4	80	8	2.50	1.65
300 HR	±0.300	0.10	0.25	0.35	0.50	1.4	1100	2700	-11	77	10	3.22	1.95
400 HR	±0.400	0.15	0.25	0.35	0.60	0.90	1700	3000	-18	90	15	4.36	2.95
500 HR	±0.500	0.15	0.25	0.35	0.75	0.73	460	375	-1	109	18	5.50	3.45
1000 HR	±1.000	0.25	0.25	1.00*	1.30*	0.39	460	320	-3	126	21	6.63	4.00
2000 HR	±2.000	0.25	0.25	0.50*	1.00*	0.24	330	330	+5	168	27	10.00	5.30
3000 HR	±3.000	0.15	0.25	0.50*	1.00*	0.27	115	375	+11	225	28	12.81	5.60
4000 HR	±4.000	0.15	0.25	0.50*	1.00*	0.22	275	550	+1	295	38	15.64	7.00
5000 HR	±5.000	0.15	0.25	1.00*	—	0.15	310	400	+3	340	36	17.88	7.00
10000 HR	±10.00	0.15	0.25	1.00*	—	0.08	550	750	-5	580	43	30.84	8.50

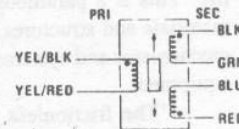
* Requires reduced core length

ORDERING INFORMATION

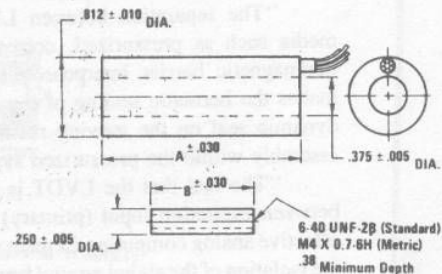
(Fold out page 32 for instructions on how to use this chart.)

OPTION NO.	002	003	005	010	020	120	200
MODEL NO.							
050 HR	A	A	N	B	B	E	F
100 HR	A	A	N	B	B	E	F
200 HR	A	A	N	B	B	E	F
300 HR	X	X	N	B	B	E	X
400 HR	A	A	N	B	B	E	F
500 HR	A	A	N	B	B	E	F
1000 HR	A	A	N	B	B	E	F
2000 HR	D	D	N	B	X	E	F
3000 HR	X	X	N	B	X	E	X
4000 HR	X	X	N	B	X	E	X
5000 HR	D	D	N	B	X	E	F
10000 HR	D	D	N	B	X	E	F

Note 1: See outline drawing for metric thread size
 Note 2: Consult factory for mass, dimensions, and thread size
 Note 3: Withstands 10¹² NVT total integrated flux



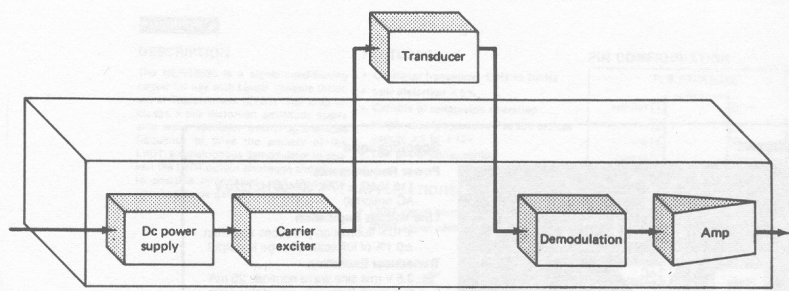
CONNECT GRN TO BLU FOR DIFFERENTIAL OUTPUT



- دقت داشته باشید که انواع مختلف آن با رنج کامل از 0/05 تا 10 اینچ با 25% خطی رنج کامل ارائه شده است. بطوریکه مدل 0/05 اینچی بما اجازه می دهد تا 0/000125 اینچ را اندازه گیری کنیم. اگر چه، پاسخ دینامیکی آن بطور واضح مشخص نشده است بایستی بطور قابل توجهی کمتر از سیگنال تحریک 2/5 KHZ باشد.
- LVDT دارای ویژگیهای بارزی است که آنرا برای کاربردهای متنوعی قابل استفاده می سازد. برخی از آن ویژگیها برای LVDT منحصر بفرد می باشند و در هیچ مدل دیگری یافت نمی شوند. ویژگیهایی که سبب این اصل که LVDT یک ترانسفورماتور الکتریکی با هسته جدا شدنی و غیر تماسی است، بوجود می آیند.
- بطور معمول، تماس فیزیکی بین هسته متحرک و ساختمان سیم پیچ ها وجود ندارد این بدان معنی است که LVDT یک وسیله بدون اصطکاک می باشد. این خاصیت

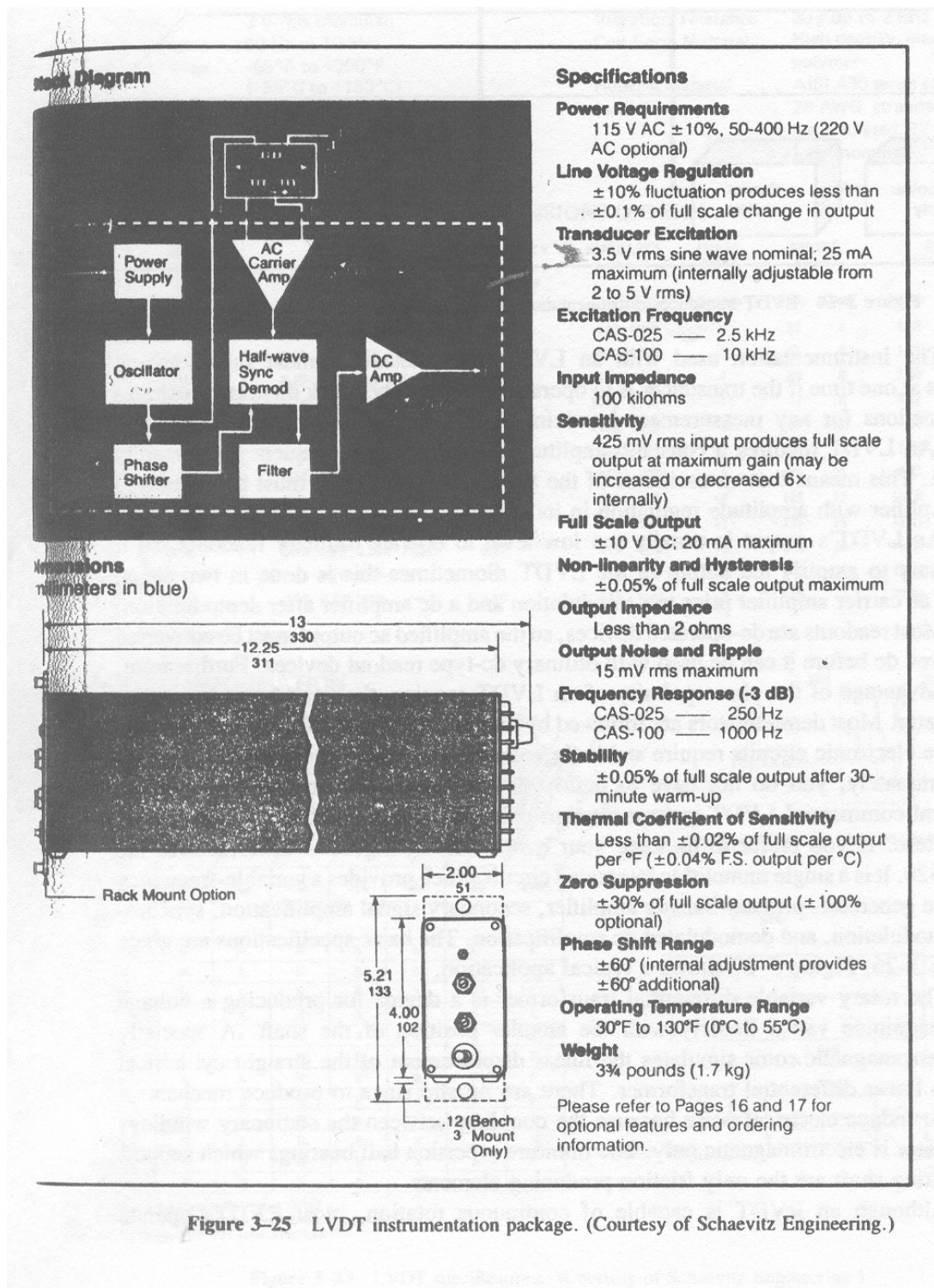
اجازه استفاده از LVDT را در اندازه گیری‌هایی که می‌تواند اضافه شدن وزن هسته را تحمل نموده اما تحمل اصطکاک را ندارند ، را بما می‌دهد. دو مثال از چنین کاربردی را می‌توان از تغییر شکل دینامیکی یا تست لرزه مواد ظریف و نازک و tensile یا تست creep بر روی الیاف یا مواد با خاصیت الاستیکی بالا را نام برد .

- عدم حضور اصطکاک و تماس بین هسته و سیم پیچ‌های یک LVDT به معنی عدم خراب شدن چیزی در آن می‌باشد . این ویژگی عمر مکانیکی بینهایت به LVDT می‌دهد. این یک نیاز بسیار مهم در کاربردهایی نظیر تست عمر خستگی (fatigue-life) مواد ساختمان ها می‌باشد . عمر مکانیکی بینهایت نیز در مکانیزم ها و سیستم‌هایی با قابلیت اطمینان بالا که در هوا پیمای ، موشک و فضاپیما استفاده دارند مفید می‌باشد.
- خاصیت عملکرد بدون اصطکاک LVDT توام با اصل القا باعث می‌گردد که LVDT با قدرت تفکیک بینهایت عمل نماید . این بدین معناست که LVDT می‌تواند به جزئی ترین حرکات پاسخ دهد و یک خروجی متناسب با آن فراهم نماید. در واقع قدرت نمایش لوازم الکترونیکی بعنوان تنها محدود کننده های قدرت تفکیک LVDT بحساب می‌آیند.
- ویژگی جدایی بین هسته و سیم پیچ های LVDT اجازه جداسازی (ایزولاسیون) محیط مورد اندازه گیری مثل مایع‌های خورنده ، یا تحت فشار از ساختمان سیم پیچ با استفاده از یک میله ارتباطی غیر مغناطیسی متصل به هسته و درون ساختمان سیم پیچ ها را بما می‌دهد. این ویژگی همچنین امکان آب بندی (hermetic sealing) ساختمان سیم پیچ را می‌دهد و نیازی به آب بندی دینامیکی قسمت‌های متحرک نخواهد بود. تنها یک آب بندی ایستا جهت آب بندی ساختمان سیم پیچ ها در درون سیستم تحت فشار مورد نیاز می‌باشد. این اصل که LVDT یک ترانسفورماتور است بدین معنی است که یک ایزولاسیون کامل بین تحریک ورودی و خروجی وجود دارد.
- این ویژگی LVDT را یک المان محاسباتی موثر آنالوگ بدون نیاز به آمپلی فایر جداکننده (بافر) می‌سازد. این همچنین باعث ایزولاسیون زمینی سیگنال (ground) از زمین سیگنال تحریک می‌گردد که در اندازه گیری‌های با کیفیت بالا و حلقه های کنترلی مورد استفاده دارد.
- اگر بخواهیم یک مبدل LVDT درست عمل نماید، بایستی ابزار دقیق بکار رفته در آن چندین عمل را به طور همزمان انجام دهد. در شکل زیر بلوک دیاگرام نشان داده شده، این اعمال را که در مبدل LVDT مورد نیاز است مشخص نموده است.



- یک LVDT نیاز به یک ولتاژ ac (متناوب) با فرکانس و دامنه ای که معمولاً براحتی در دسترس نمی‌باشد، دارد. یعنی یک نوسانساز با فرکانس مناسب بایستی به یک تقویت کننده با تنظیم دامنه در خروجی آن متصل باشد.
- سطح خروجی یک LVDT معمولاً خیلی پایین است بطوریکه برای فعال نمودن قسمت قرائت عدد اندازه گیری شده نیاز به یک تقویت کننده دارد.
- بعضی مواقع این قسمت در دو مرحله انجام می‌گردد؛ یک تقویت کننده حامل ac (carrier amplified) قبل از دی مدولاسیون و یک تقویت کننده dc بعد از دی مدولاسیون. اغلب دستگاه‌های قرائت خروجی dc می‌باشند، پس خروجی ac تقویت

شده بایستی تبدیل به خروجی dc شود علاوه بر این ، جهت استفاده از مزیت پلاریته فاز یک LVDT نیاز به استفاده از دی مدولاتور سنکرون می باشد. اغلب مدولاتورها توسط یک یا دو مرحله فیلتر پایین گذر خروجی کار میکنند . تمام مدارات الکترونیک نیاز به یک ولتاژ dc پایدار برای کار کرد مناسب LVDT دارند.



خوشبختانه، نیازی به ساخت تمامی مدارات ابزار دقیق از ابتدا نیست. چندین مدار مجتمع ابزار دقیق LVDT بصورت تجاری موجود می باشد. شکل زیر یک مثال از این مدارات مجتمع می باشد NE/SE5520 ساخت کارخانه Signeics میباشد.

Preliminary

DESCRIPTION

The NE/SE5520 is a signal conditioning circuit for use with Linear Variable Differential Transformers (LVDT). The chip includes a low distortion amplitude stable sine wave oscillator with programmable frequency to drive the primary of the LVDT; a synchronous demodulator to convert the LVDT output amplitude and phase to position information; and an output amp to provide gain and filtering.

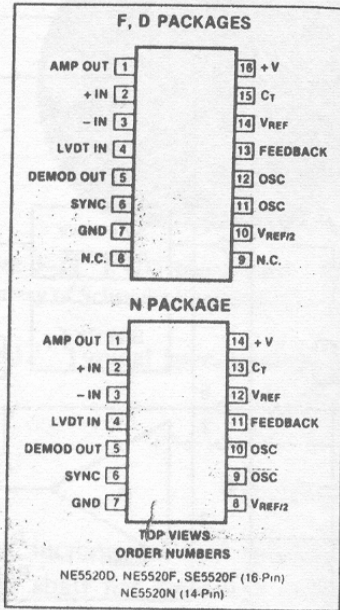
FEATURES

- Oscillator frequency: 1kHz to 20kHz
- Low distortion < 5%
- Capable of ratiometric operation
- Single supply operation 5 to 25V or dual supply ± 5 to $\pm 12V$
- Low power consumption

APPLICATIONS

- LVDT signal conditioning
- RVDT signal conditioning

PIN CONFIGURATION



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PARAMETER	RATING	UNIT
Supply voltage	+ 30	V
Split supply voltage	(± 15)	V
Operating temperature range		
SE5520	- 55 to + 125	$^{\circ}C$
NE5520	0 to + 70	$^{\circ}C$
Storage temperature range	- 65 to 150	$^{\circ}C$

BLOCK DIAGRAM

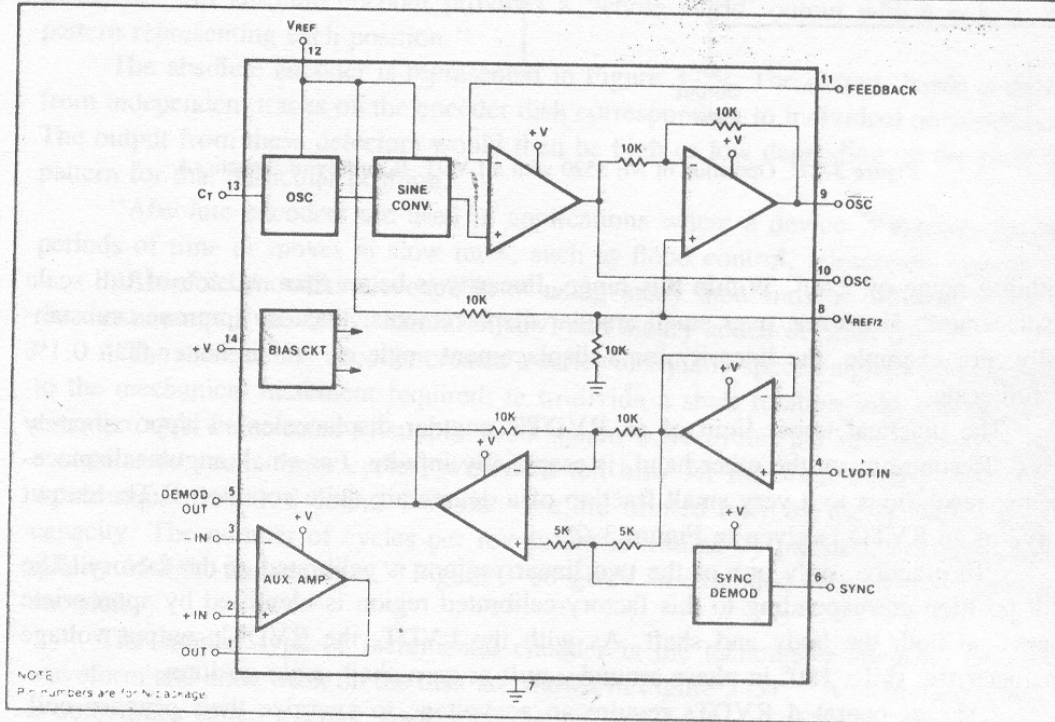
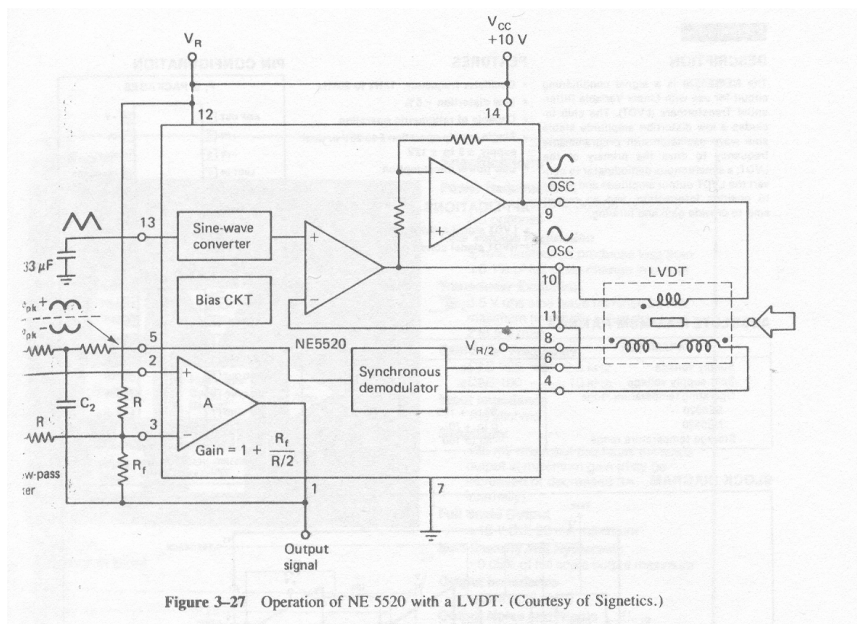


Figure 3-26 Signetics NE/SE 5520 with a LVDT. (Courtesy of Signetics.)

این IC دارای یک سیگنال سینوسی با فرکانس متغیر، تقویت کننده ابتدایی، تقویت کننده ثانویه، مدولاسیون سنکرون، و یک تقویت کننده دی مدولاتور dc می باشد. مشخصات اصلی این IC در شکل 3-26 ارائه گردیده است. شکل 3-27 یک نمونه از کاربرد آنرا نشان می دهد.



RVDT

- ترانسفورماتور تفاضلی متغیر چرخشی وسیله ایست که برای تولید ولتاژی که دامنه آن بطور خطی متناسب با موقعیت زاویه ای شفت تغییر میکند.
- یک روتور مغناطیسی با شکل خاص جابجایی طولی یک هسته استوانه ای شکل مستقیم را شبیه سازی میکند.
- در RVDT حلقه لغزشی که اصطکاک مکانیکی و نویز الکتریکی ایجاد میکند وجود ندارد. این بدین دلیل است که سیم پیچ ثابت و روتور چرخشی فقط بطور الکترومغناطیسی مرتبط هستند.
- بال برینگ دقیق مینیاتوری که شفت را نگهداری میکند تنها المان تولید کننده اصطکاک میباشد.
- با اینکه RVDT قادر به چرخش پیوسته میباشد اغلب RVDT ها در یک رنج $\pm 40^\circ$ درجه کار میکنند.

R 1380 Series Rotary Position Sensors

- Non-contacting Inductive Technology
- 0.25% Linearity Over $\pm 50^\circ$ Degree Range
- DC-DC Operation, Multiple Input/Output Configurations
- Unlimited Mechanical Travel
- Infinite Resolution
- IP66 Environmental Rating
- Off-The-Shelf Delivery



- در این رنج میزان خطی بودن مبدل بهتر از $\pm 0.25\%$ رنج کامل تغییر مکان میباشد.
- در یک محدوده کوچکتر تغییر مکان زاویه ای خطی بودن بنحو قابل ملاحظه ای بهبود پیدا میکند. بعنوان مثال خطی بودن تغییر مکان زاویه ای $\pm 5^\circ$ درجه بهتر از 0.1% رنج کامل میباشد.
- عملاً حد بالای تغییر مکان زاویه ای یک RVDT بطور تقریب $\pm 60^\circ$ درجه میباشد در حالیکه بطور تئوری بینهایت میباشد.

منحنی خروجی یک RVDT در شکل 3-28 نشان داده شده است.

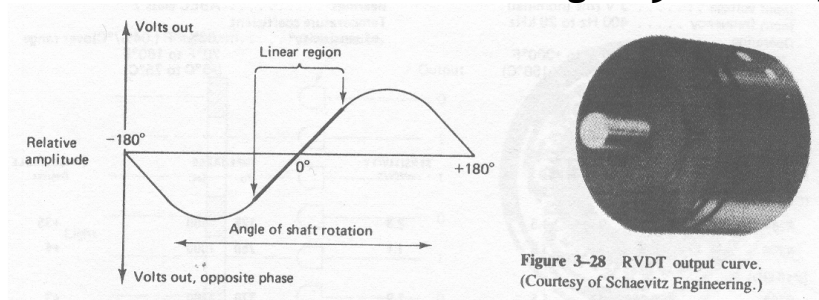
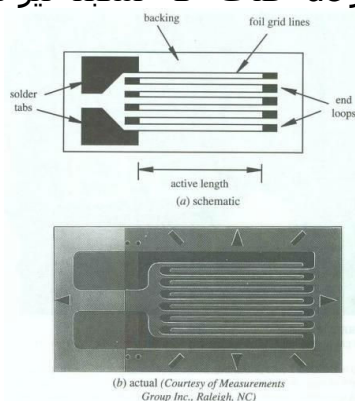


Figure 3-28 RVDT output curve. (Courtesy of Schaevitz Engineering.)

- در عمل فقط یکی از دو ناحیه خطی آن در کارخانه کالیبره میگردد. وضعیت صفر متناسب با این کالیبراسیون توسط یک علامت در بدنه و شفت RVDT مشخص میگردد.
- مثل یک LVDT ولتاژ خروجی RVDT حول نقطه صفر 180 درجه اختلاف فاز دارد.
- RVDT هایی که با ولتاژ ac کار میکنند نیاز به یک ولتاژ ac دارند تا سیم پیچ اولیه را تحریک کنند. در این نوع RVDT یک ولتاژ ac در سیم پیچ ثانویه که متناسب با وضعیت شفت میباشد تولید میگردد.
- RVDT هایی که با ولتاژ dc کار میکنند ولتاژ ورودی dc را قبول میکنند که عملاً بطور داخلی این ولتاژ تبدیل به ولتاژ ac میگردد. بهمین ترتیب ولتاژ ac ایجاد شده در سیم پیچ ثانویه تبدیل به یک ولتاژ dc صاف که نسبتاً نیز تقویت شده است میگردد.



2-3 کرنش سنج Strain Gage

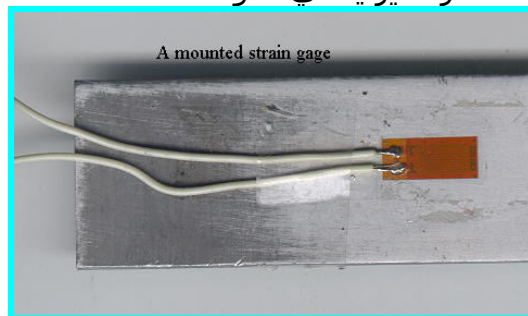
یکی از مهمترین مشخصه های الکتریکی که متناسب با کرنش تغییر میکند مقاومت الکتریکی است. ادواتی که خروجی آنها بر اساس این مشخصه الکتریکی است شامل:

- مقاومت های پیزو piezoresistive یا
- گیج های نیمه هادی semiconductor gage،
- گیج های مقاومت کربنی carbon-resistor gage،
- سیم درهم پیچیده فلزی bonded metallic wire gage و
- گیج های مقاومتی فویلی bonded foil resistance میباشد.

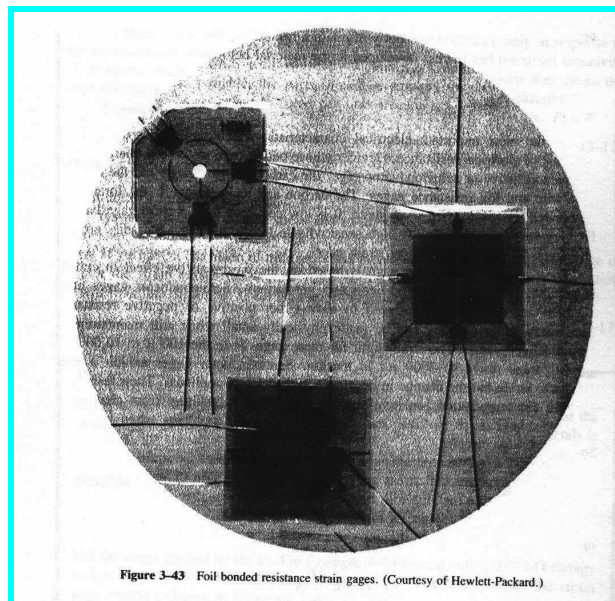
گیج های کربنی و مقاومتی پیشرو گیج های سیم پیچیده مقاومتی میباشند. آنها کم قیمت و بسیار حساس به کرنش هستند. اما شدیداً حساس به دما و رطوبت محیط هستند. که این موضوع از معایب گیج های کربنی و مقاومتی میباشد. گیج های نیمه هادی بر اساس اثر پیزو در برخی مواد نیمه هادی مثل سیلیکون و ژرمانیوم هستند. این گیج ها دارای خاصیت الاستیکی هستند و میتوانند بگونه ای ساخته شوند که وقتی تحت نیروی کرنش قرار گیرد تغییرات هم مثبت و منفی در مقاومت آن ایجاد شود. آنها میتوانند در ابعاد بسیار کوچک ساخته شوند در حالیکه مقاومت نامی بالایی داشته باشند. رنج کرنش این نوع گیج ها در محدوده 100 تا 10000 $\mu\epsilon$ میباشد.

حساسیت این نوع گیج ها در مقابل کرنش بسیار زیاد میباشد اما غیر خطی میباشد و در مقابل دمای محیط حساس میباشد. خروجی بالا این نوع گیج در اثر تغییرات بالای مقاومت در حد 10 تا 20 در صد وقتی که در یک پل مقاومتی مورد استفاده قرار گیرد، باعث ایجاد مشکل میگردد.

- کرنش سنج های مقاومت باند شده از عمده ترین نوع و رایج ترین نوع کرنش سنج ها میباشد که امروزه در کاربرد های عملی مورد استفاده قرار میگردد.
- آنها شامل یک شبکه از سیم های خیلی ظریف و یا ورقهای فویل فلزی (معمولتر) که به یک ورقه نازک عایق بنام ماتریس حمل کننده (carrier matrix) متصل شده است، هستند.
- مقاومت الکتریکی این نوع کرنش سنج بطور خطی با کرنش تغییر میکند.
- هنگام استفاده از کرنش سنج، ماتریس حمل کننده توسط چسب به بدنه مورد آزمایش متصل میگردد. وقتی که بدنه مورد آزمایش تحت بار قرار میگردد، کرنش در سطح آن از طریق چسب به ماتریس حمل کننده منتقل میگردد. این کرنش با استفاده از تغییر مقاومت الکتریکی در مواد بکار رفته اندازه گیری می شود.



شکل زیر تصویری از یک کرنش سنج مقاومت باند شده با فویل کنستانتان و ماتریس حمل کننده از جنس پلی آمید میباشد.



کرنش سنج های مقاومت باند شده دارای مشخصات زیر میباشد:

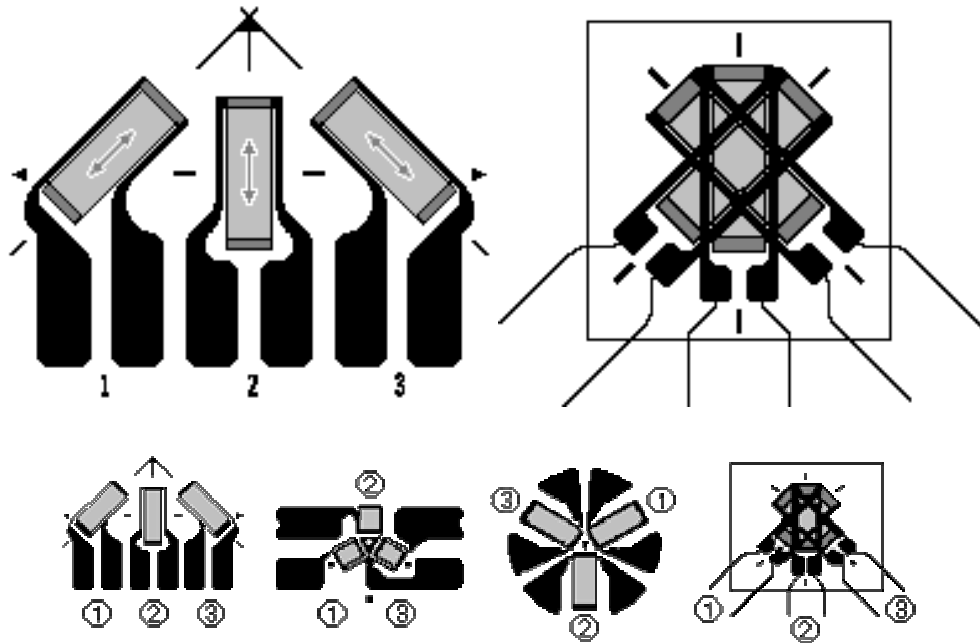
- ارزانقیمت
 - طول کوتاه گیج
 - کمی حساس به دما
 - ابعاد کوچک
 - جرم کم و
 - حساسیت بالا به کرنش
 - مناسب برای اندازه گیری کرنشهای استاتیکی و دینامیک
- وقتی که یک هادی فلزی تحت کرنش قرار گیرد مقاومت آن تغییر میکند و این تغییر مقاومت است که در کرنش سنج مورد استفاده قرار میگردد. اندازه گیری این تغییر مقاومت با کرنش گیج فاکتور Gage Factor نامیده می شود.

- عبارتست از نسبت تغییرات جزئی مقاومت به تغییرات جزئی طول (کرنش) در راستای محور کرنش سنج. یک کمیت بدون دیمانسیون میباشد و هر قدر بزرگتر باشد نشان دهنده حساسیت بیشتر کرنش سنج میباشد و با رابطه زیر بیان می شود.

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} = \frac{\Delta R/R}{\epsilon}$$

3-11

شکل‌های زیر نمونه‌های مختلفی از انواع کرنش سنج‌ها را نشان می‌دهد.

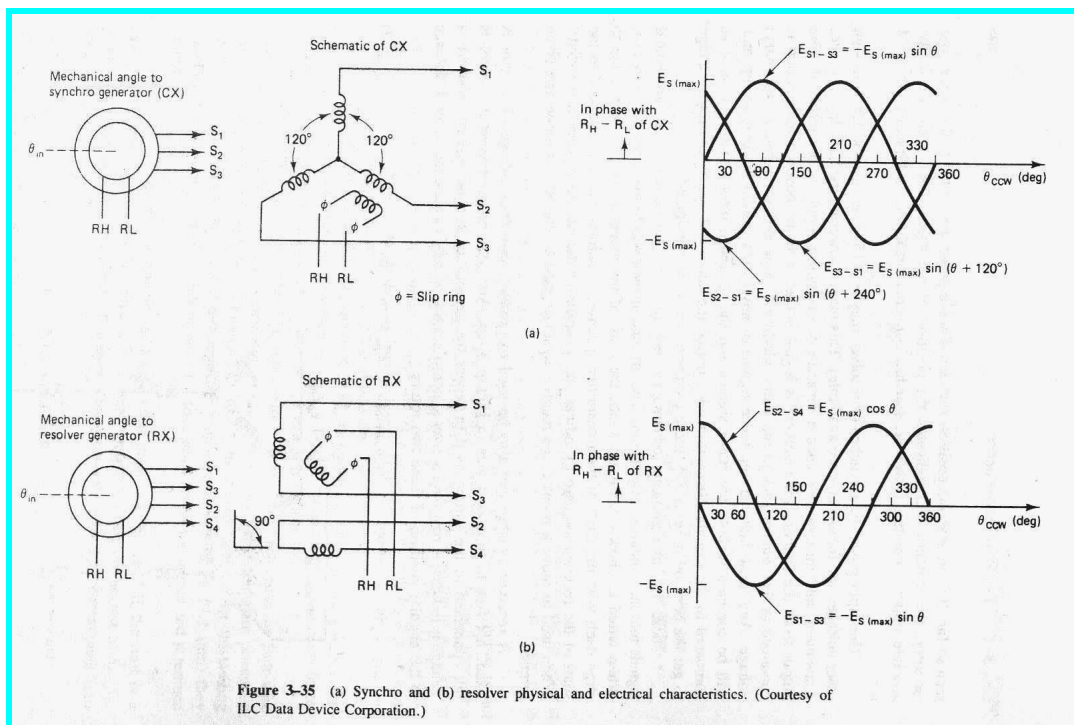
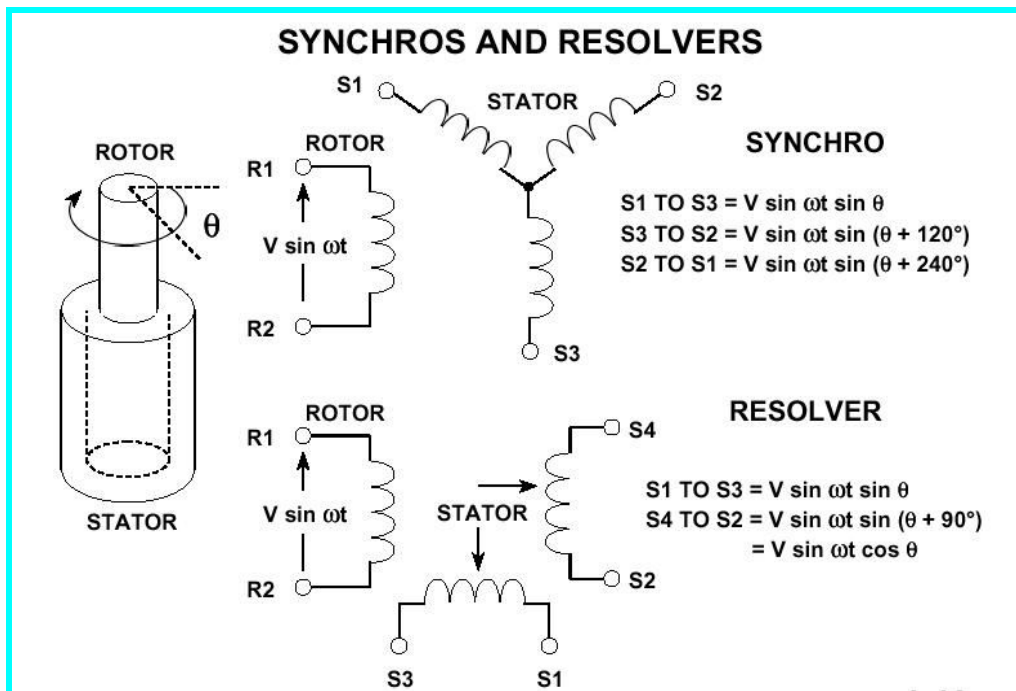


بمنظور اطلاعات بیشتر در باره کرنش سنج می‌توانید از مراجع موجود در اینترنت استفاده نمایید.

4-2 سینکرو⁴ و ریزولور⁵

- یک سینکرو، مدل وضعیت زاویه ای میباشد. سینکرو شامل یک سیم پیچ اولیه بر روی روتور و سه سیم پیچ ثانویه با اختلاف فاز 120 درجه نسبت به یکدیگر بر روی استاتور میباشد.
- دامنه و فاز ولتاژ القایی بر روی سیم پیچ‌های استاتور بستگی به وضعیت فیزیکی و ولتاژ بکار رفته برای روتور میباشد.
- بنابراین با یک ولتاژ معلوم در سیم پیچ اولیه، و ولتاژ سیم پیچ ثانویه وضعیت واحد و منحصر بفردی را برای روتور تعیین مینماید.
- سیم پیچ اولیه سینکرو معمولاً به ولتاژ برق شهر (220 ولت و فرکانس 50 هرتز) وصل میشود و در خروجی ولتاژ ماکزیممی در حدود 20 تا 180 ولت ایجاد میکند.
- ریزولور شبیه سینکرو میباشد و تنها فرق آن اینستکه در استاتور دو سیم پیچ که با 90 درجه اختلاف از یکدیگر قرار دارند وجود دارد.
- مشخصه فیزیکی و الکتریکی سینکرو و ریزولور در شکل زیر نمایش داده شده است.

⁴ Synchro
⁵ Resolver



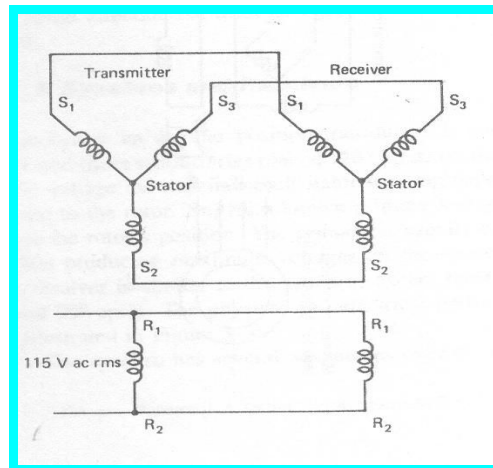
- سینکرو چندین مزیت نسبت به دیگر مبدلهای وضعیت که تا بحال مورد بررسی قرار داده ایم، دارد.

مزایا و معایب سینکرو و ریزولور در مقایسه با مبدلهای نوری

معایب	مزایا
ریزولور از يك مدل نوع افزایشی گران قیمت تر میباشد مخصوصاً در دقتهای بالاتر	برای بدست آوردن دقت وضعیت مبدل نوری بیشتر وابسته به دقت مکانیکی است در حالیکه ریزولور بیشتر متکی به مدارات الکترونیکی است.

ریزولور نیاز به منبع ولتاژ متناوب دارد	چون در ریزولور مدارات الکترونیک نسبت به آن دورتر واقع شده است نسبت به نویز مصون تر میباشد.
ریزولور به مدارات تبدیل الکترونیکی گران تری نیاز دارد.	کمتر در معرض خطر میباشد چون قسمتهای حساسی مثل دیسک شیشه ای (شکننده) و یا منبع نوری (امکان سوختن) ندارد.
	اندازه فیزیکی کوچکتری در دفتهای بالا تر
	ریزولور نیاز به سیمهای کمتری نسبت به مبدل نوری مطلق دارد.
	ریزولور همیشه از نوع مطلق است.

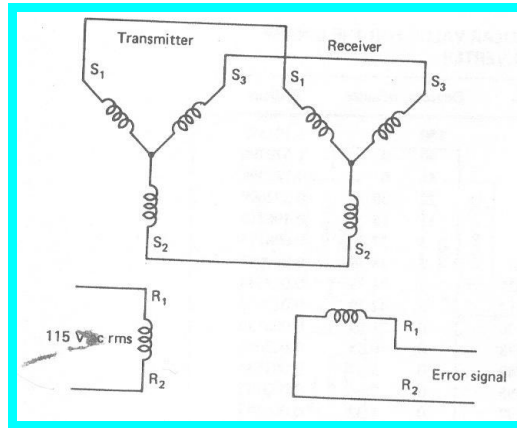
- سینکرو در واقعیت يك مبدل وضعیت از نوع مطلق میباشد.
- امکان اتصال مستقیم سینکرو به برق شهر، استفاده از سینکرو را آسانتر، راحتتر و ارزانتر می نماید چون يك سیگنال جریان مستقیم برای راه اندازی سینکرو یا ریزولور مورد نیاز نمیشد.
- خروجی سینکرو متناوب و ولتاژ آن بالا میباشد و اطلاعات مربوط به وضعیت محور در نسبت ولتاژ هر سیم پیچ ثانویه نسبت به ولتاژ اولیه مستطرم میباشد.
- نویز موجود در این سیگنالها و یا هرگونه تلفات از جمله تلفات بدلیل طول سیم پیچ در هر دو طرف اولیه و ثانویه یکسان و نیز نسبت به سیگنال کوچک میباشد. و چون میباشد ولتاژ استاتور را به ولتاژ روتور تقسیم کنیم تا اطلاعات مربوط به وضعیت را بدست آوریم این خطاهای مشترک حذف میگردد.
- چگونه میتوان سیگنالهای سینوسی را جهت بدست آوردن اطلاعات موقعیت تبدیل نمود؟
- اولین پاسخی که بنظر میرسد استفاده از سینکرو گیرنده میباشد. برای این منظور از يك سینکرو به عنوان گیرنده استفاده میشود بطوریکه محور گیرنده مطابق با چرخش سینکرو فرستنده میچرخد تا وضعیت آنرا نشان دهد. شکل زیر این روش را نشان میدهد. میتوان يك نشانگر، به محور سینکرو گیرنده وصل نمود تا وضعیت محور سینکرو فرستنده را نشان دهد.



- يك سینکرو گیرنده نیز میتواند جهت تولید ولتاژ خروجی مورد استفاده قرار گیرد. برای اینکار در شکل بالا روتور را ثابت میکنند تا حرکتی نداشته باشد. همچنین روتور سینکرو گیرنده به ولتاژ منبع ورودی که برای اتصال به روتور سینکرو فرستنده استفاده شده است، وصل نمی شود. در عوض يك ولتاژ در روتور سینکرو گیرنده القاء میشود، بطوریکه متناسب با اختلاف زاویه بین این دو روتور میباشد.

$$v_{receiver\ rotor} = (E_{max} \sin \omega t) \cos \theta \quad (7)$$

شکل زیر این نوع اتصال دو سینکرو را نشان میدهد.



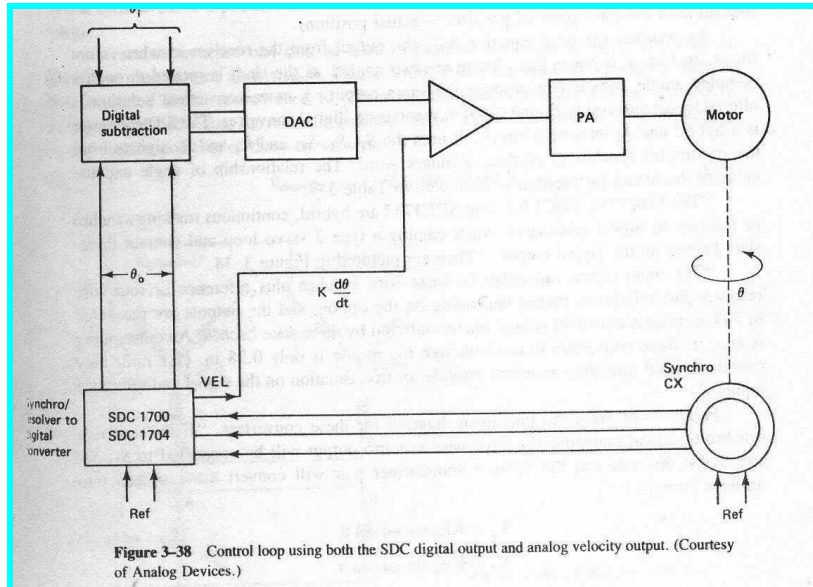
- در حقیقت، اگر شما محور سینکرو گیرنده را به يك نقطه موقعیت دلخواه محور تحت کنترل حرکت دهید، ولتاژ خروجي روتور نشانگر خطا خواهد بود يعني:
(وضعیت واقعی - وضعیت دلخواه) = سیگنال خطا
- همانطوریکه از معادله (7) مشاهده میگردد، خروجي سینکرو دریافت کننده منحصر بفرد نمیشد يعني در يك دور چرخش کامل دو زاویه وجود دارد که سیگنال خروجي یکسان تولید میکند.
- روش بعدي که راحتتر نیز میباشد استفاده از مبدل سینکرو به دیجیتال (S/D) یا ریزولور به دیجیتال میباشد. مبدل سینکرو به دیجیتال يك مدار مجتمع هیبرید میباشد. این مدار مجتمع سیگنالهاي S_1, S_2, S_3, R_1 و R_2 را از سینکرو فرستنده مورد استفاده قرار میدهد تا يك عدد باینري تولید نماید.
ارتباط زاویه با تعداد بیتهاي عدد باینري در جدول زیر نشان داده شده است.

TABLE 3-7 ANGULAR VALUE FOR THE BINARY BITS OF A S/D CONVERTER

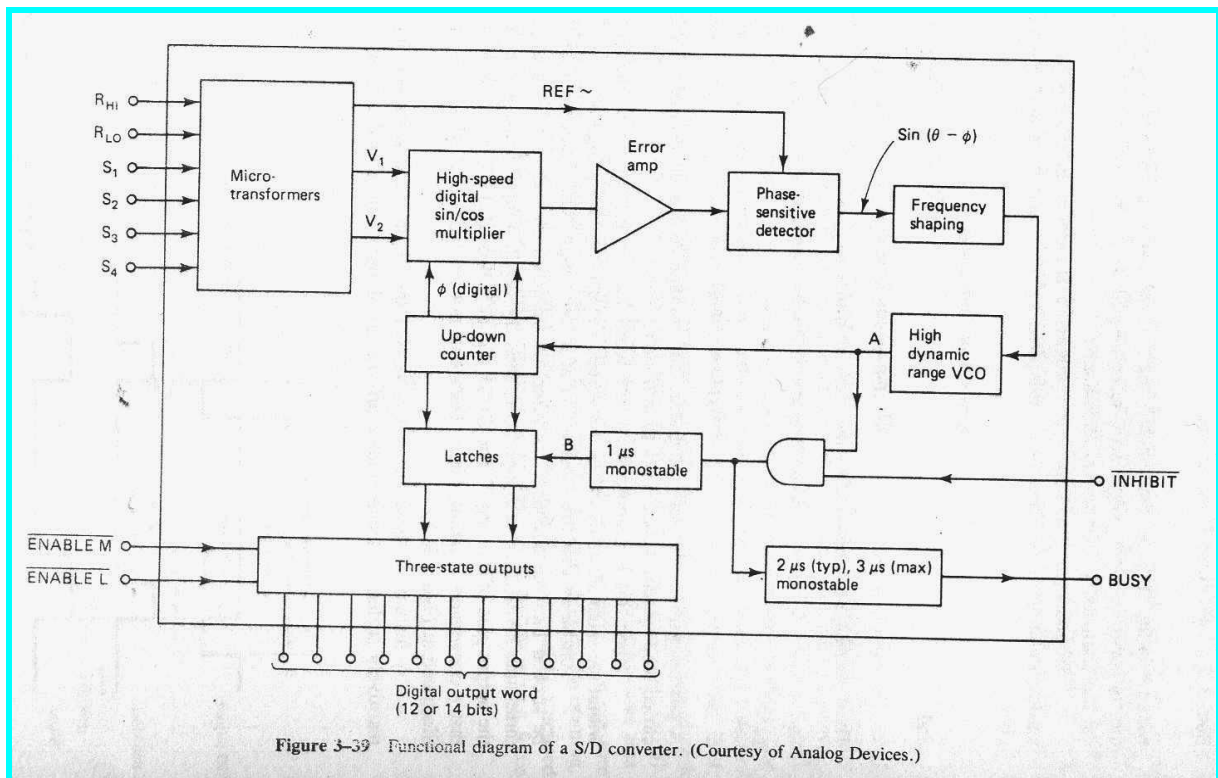
Bit no.	Degrees	Degrees, minutes	Radians
1	180	180 0	3.141593
2	90	90 0	1.570796
3	45	45 0	0.785398
4	22.5	22 30	0.392699
5	11.25	11 15	0.196349
6	5.625	5 37.5	0.098175
7	2.8125	2 48.75	0.049087
8	1.40625	1 24.38	0.024544
9	0.70312	0 42.19	0.012272
10	0.35156	0 21.09	0.006136
11	0.17578	0 10.55	0.003068
12	0.08789	0 5.27	0.001534
13	0.04395	0 2.64	0.000767
14	0.02197	0 1.32	0.000383
15	0.01099	0 0.66	0.000192
16	0.00549	0 0.33	0.000096

Source: Analog Devices.

مدارات مجتمع SDC1740، SDC1741، و SDC1742 سه نمونه از مدارات مجتمع هیبرید میباشند که بعنوان مبدل سینکرو یا ریزولور به دیجیتال بکار میروند. شکل زیر طریقه استفاده آنها را در یک حلقه کنترلی نشان میدهد.



سیگنالهای ورودی میتوانند سینکرو سه سیمه بعلاوه مرجع یا ریزولور چهار سیمه بعلاوه مرجع باشند و سیگنالهای خروجی بفرم باینری بافر شده و نگهدارنده سه حالتی (Three-state latches) و TTL میباشند. یک ویژگی این مبدلها با اینکه در ابعاد 7 میلیمتری میباشند اینستکه شامل ترانسفورماتور داخلی که ایزولاسیون واقعی بین سیگنال و مرجع ورودی ایجاد میکند، میباشند. شکل زیر بلوک دیاگرام عملیاتی این مبدل را نشان میدهد.



اگر این IC بعنوان یک مبدل سینکرو به دیجیتال مورد استفاده قرار گیرد سه سیم خروجی سینکرو به ورودیهای S_1, S_2, S_3 وصل میگردد. ترانسفورمر Scott T این سه سیگنال را به فرمت دو سیگنال ریزولور تبدیل مینماید.

$$V_1 = KE_0 \sin \omega t \sin \theta$$

$$V_2 = KE_0 \sin \omega t \cos \theta$$

بطوریکه θ زاویه محور سینکرو میباشد. اگر این IC بعنوان مبدل ریزولور به دیجیتال مورد استفاده قرار بگیرد چهار سیم خروجی ریزولور به ورودیهای S_1, S_2, S_3, S_4 متصل می شوند و ترانسفورمر بعنوان یک ایزولاتور محض عمل مینماید.

برای فهم عمل تبدیل میتوان فرض کرد که خروجی شمارنده در حال حاضر ϕ است. سپس ولتاژ V_1 با $\cos \phi$ ضرب و V_2 با $\sin \phi$ ضرب میگردد یعنی

$$KE_0 \sin \omega t \sin \theta \cos \phi$$

$$KE_0 \sin \omega t \cos \theta \sin \phi$$

این سیگنالها توسط آمپلی فایر خط تفاضل میگردد و در نتیجه خواهیم داشت:

$$KE_0 \sin \omega t (\sin \theta \cos \phi - \cos \theta \sin \phi)$$

یا

$$KE_0 \sin \omega t \sin(\theta - \phi)$$

یک آشکار ساز حساس به فاز، انتگرالگیر و نوسانساز کنترل شده با فرکانس یک سیستم حلقه بسته را تشکیل میدهند بطوریکه سعی میکند تا $\sin(\theta - \phi)$ را صفر نماید. وقتی که این حالت اتفاق بیافتد خروجی شمارنده (ϕ) برابر با زاویه محور سینکرو θ خواهد شد. با فرض اینکه INHIBIT در وضعیت بالا (یک) قرار دارد، سپس جمله خروجی در نگهدارنده باندازه یک میکروثانیه بعد از اینکه شمارنده به روز شد (تازه شد) لچ خواهد شد. اگر سیگنال تری استتیت ENABLE در وضعیت پایین (صفر) باشد، سپس خروجی دیجیتال در پایه های خروجی IC قرار خواهد گرفت. سیگنال BUSY توسط مبدل جهت مشخص شدن اینکه مبدل کارش را انجام داده است فراهم گردیده است. اطلاعات تا وقتی که این سیگنال به وضعیت صفر نرود معتبر نیست. شکل زیر این موضوع را تشریح می نماید.

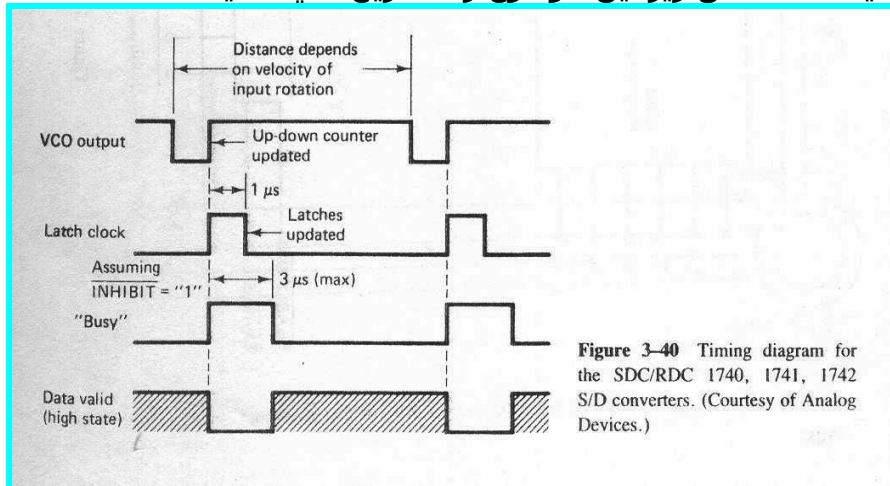


Figure 3-40 Timing diagram for the SDC/RDC 1740, 1741, 1742 S/D converters. (Courtesy of Analog Devices.)

- یکی از خاصیت‌های این مبدل این است که سیگنال‌های ورودی و مرجع می‌توانند با استفاده از مقاومت تغییر سطح داده شوند تا مبدل بتواند هر رنجی از سیگنال‌های ورودی و مرجع را تحمل نماید.
- همچنین ماجول‌های دیگری نیز وجود دارد که مربوط به سینکرو یا ریزولور میشوند. مثلاً ماجول‌هایی هستند که بجای باینری خروجی BCD دارند که راحتتر میتوان آنها را نمایش داد. ماجول‌های تکمیلی دیگری نیز وجود دارد که ورودی دیجیتال را گرفته و سیگنال‌های سینکرو ریزولور را با آن تولید میگرداند (مبدل دیجیتال به آنالوگ).
- SAC1763 سیگنال‌های ورودی سینکرو را قبول میکند اما خروجی آن ولتاژ آنالوگ که بطور خطی متناسب با موقعیت محور (شفت) میباشد تولید میکند.

سنسورهای اثر هال

یک سنسور هال از لایه نازک ماده هادی با اتصالات عمود بر مسیر جریان ساخته شده است. وقتی این عنصر تحت تاثیر عامل خارجی قرار می‌گیرد، ولتاژی متناسب با تغییرات خارجی ایجاد می‌کند که از آن در حسگرهای دما، فشار، موقعیت و... استفاده می‌شود. مشخصات سنسورهای عبارتند از:

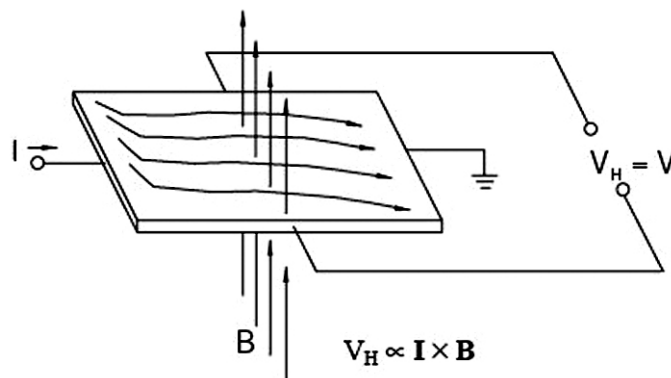
- 1- از قطعات نیمه هادی ساخته می‌شود
- 2- عمر طولانی
- 3- سرعت عمل بسیار بالا
- 4- پاسخ استاتیکی
- 5- اجزاء غیر متحرک
- 6- ورودی و خروجی سازگار با منطق دیجیتال
- 7- تکرارپذیری بالا

از آنجائیکه این سنسورها تحت تاثیر میدان مغناطیسی خارجی قرار می‌گیرند، حساس و نویز پذیر هستند و باید برای آنها از شیلد مخصوص استفاده شود.

تئوری هال

هال در سال 1879 پدیده ای را کشف کرد که به نام وی ثبت گردیده است. بر اساس این تئوری اگر به یک صفحه هادی یا نیمه هادی نازک و مستطیل شکل اختلاف پتانسیل الکتریکی متصل شود از آن جریان طولی عبور می‌کند، با اعمال میدان مغناطیسی خارجی عمود بر این صفحه هادی یا نیمه هادی ولتاژی عرضی در هادی ایجاد می‌شود. در اثر اعمال میدان مغناطیسی و عبور جریان طولی، در یک طرف صفحه بارهای مثبت و در طرف دیگر بارهای منفی تجمع پیدا می‌کنند، این اختلاف پتانسیل عرضی

باعث ایجاد جریان عرضی و عمود بر جهت جریان اصلی می شود . اگر اختلاف پتانسیل طولی و جریان طولی ثابت نگهداشته شود ، شدت و میزان جریان عرضی متناسب با پارامترهای فیزیکی محیط تغییر پیدا می کند . از این پدیده برای آشکارسازی پارامترهای فیزیکی محیط و بعنوان سنسور استفاده می شود .

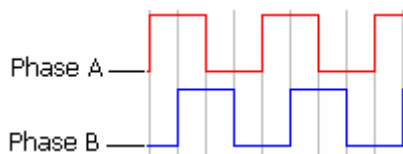
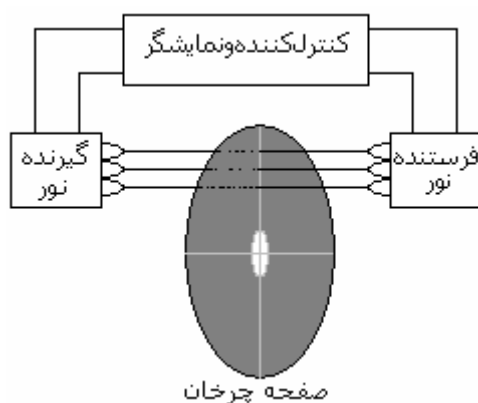
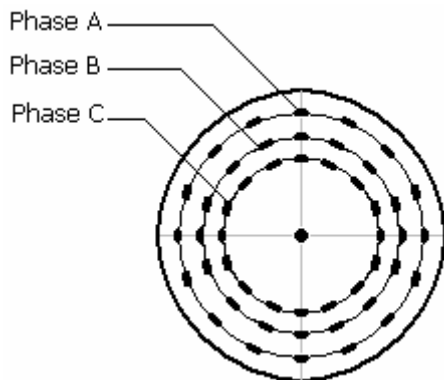


جنس صفحه ، شدت میدان مغناطیسی و مقدار اختلاف پتانسیل طولی از عوامل موثر در اختلاف پتانسیل عرضی و شدت جریان هال هستند .

شفیت انکودر *Shaft Encoder*

نوعی سنسور با فرستنده و گیرنده نوری است که برای اندازه گیری زاویه چرخش و سرعت چرخش در سیستم های صنعتی استفاده می شود . دارای دو نوع افزایشی و مطلق است . نوع افزایشی به ازای چرخش انکودر با زاویه مشخص ، پالس تولید می کند ، تعداد پالس های تولید شده بستگی به به دقت و وضوح سنسور دارد . معمولاً در هر دور حداقل 200 پالس و حداکثر 300 پالس تولید می شود . توسط این سنسور علاوه بر زاویه چرخش ، جهت چرخش نیز بدست می آید . در این نوع انکودر نقطه ای بنام نقطه صفر وجود دارد که انکودر روی یکی از پایه هایش در این نقطه یک پالس می دهد . کاربرد عمده انکودر در سنجش زاویه چرخش است ولی از آن برای اندازه گیری طول هم میتوان استفاده کرد . برای تعیین جهت چرخش در انکودر افزایشی ، دو ردیف شیار روی صفحه دایره ای شکل تعبیه می شود که این دو ردیف نسبت به هم 90 درجه اختلاف فاز دارند (فازهای A و B) اگر خروجی در A نسبت به B پیش فاز داشته باشد انکودر در جهت راست می چرخد و اگر B نسبت به A پیش فاز داشته باشد ، یعنی انکودر در جهت چپ می چرخد . در یک ردیف فقط یک شیار وجود دارد که به آن فاز Z می گویند . در هر دور یک پالس می دهد که نقطه صفر را مشخص می کند . با استفاده از PLC یا آی سی 4017 می توان خروجی را روی صفحه نمایش نشان داد . عیب بزرگ این نوع انکودر ها آن است که با قطع برق نمی تواند موقعیت خود را تشخیص

دهد و باید مجددا در موقعیت صفر قرار گیرید تا تعداد چرخش یا جهت راستگرد یا چپگرد آن مشخص شود . انکودر گشتاور بالایی دارند . اگر هر سیستم مکانیکی با سروو اتصال پیدا کند دقت آن پایین می آید به همین دلیل برای اتصال آنها از گیربکس استفاده می شود .



در انکودر مطلق با توجه به موقعیتی که صفحه دارد ، پالس های خروجی ایجاد می شود . این نوع انکودر بصورت باینری ، گری و .. در خروجی ظاهر می شود . هنگام تهیه این نوع انکودر بایستی به کدی که توسط آن ایجاد می شود توجه کرد . کاربرد عمده آن در سروو موتورهاست که بعنوان فیدبک موقعیت و سرعت استفاده می شود . قیمت تمام شده این نوع انکودر بسیار بالاست و از افزایشی گرانتر است . مزیت عمده این نوع

انکودر مطلق بودن آن است یعنی در هر نقطه خاص يك پالس بخصوص تولید می کند که از روی آن می توان موقعیت دقیق آن را مشخص کرد .

سنسورهای فلو *Flow meter*

فلو به دو صورت جرمی و حجمی تعریف می شود . فلوئی حجمی عبارتست از مقدار حجمی از سیال که در واحد زمان از سطح مقطع لوله عبور می کند . واحدهای مختلفی برای آن تعریف می شود که صورت آن حجم و مخرج آن زمان است . ($\frac{cc}{sec}, \frac{lit}{min}, \frac{m^3}{h}$)

فلوئی جرمی ، مقدار جرمی از سیال است که در واحد زمان از سطح مقطع لوله عبور می کند . در واحدهای آن صورت جرم و مخرج زمان است . ($\frac{gr}{sec}, \frac{kg}{min}, \frac{ton}{h}$)

با داشتن یکی از فلوهای حجمی و جرمی میتوان فلوئی دیگر را بدست آورد. ($\rho = \frac{m(mass)}{V(volume)}$) برای آب چون $\rho = 1$ است فلوئی حجمی و جرمی برابر هستند .

مثال-اگر دریك سیال با چگالی $\rho = 3 \frac{gr}{cm^3}$ مقدار فلوئی حجمی $100 \frac{lit}{min}$ باشد، فلوئی جرمی را بر حسب $\frac{ton}{h}$ بدست آورید .

$$100 \frac{lit}{min} = 100 \times 60 \frac{lit}{h} = \frac{6000}{1000} = 6 \frac{m^3}{h}$$

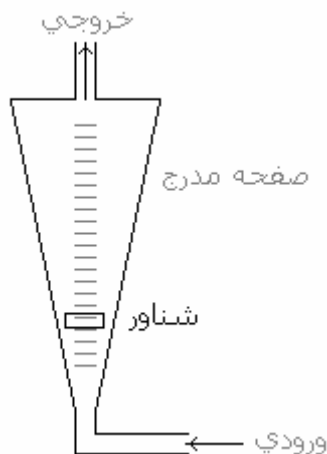
$$\rho = 3 \frac{gr}{cm^3} = 3000 \frac{kg}{m^3} = 3 \frac{ton}{m^3}$$

$$m = \rho V = 3 \times 6 = 18 \frac{ton}{h}$$

روتامتر

یکی از ساده ترین نمایشگرهای فلو است از يك لوله مخروطی مدرج و يك شناور داخل آن تشکیل شده است . در این نمایشگر فلو ، موقعیت شناور مقدار فلو را نشان می دهد . مکانیسم عمل به این شکل است که نیرویی از طرف سیال به شناور وارد شده و آن را به سمت بالا می برد و از طرفی نیروی وزن شناور آن را به سمت پایین می کشد . هر چقدر شناور بالاتر برود سیال از اطراف آن خارج شده و نیروی کمتری از طرف

سیال به آن وارد خواهد شد ولی نیروی وزن شناور همیشه ثابت است . پس در نقطه مشخصی این دو نیرو با هم برابر خواهند شد و شناور ثابت خواهد ایستاد . این نقطه بستگی به مقدار سیال دارد که هر چقدر بیشتر باشد نقطه تعادل بالاتر خواهد بود .



روتامتر معمولاً برای سیال مشخصی کالیبره می شود و اگر نیاز باشد برای سیال دیگری باید مجدداً کالیبره شود و صفحه مدرج آن تغییر یابد و یا اینکه ضریبی بنام ضریب کالیبراسیون برای آن در نظر گرفته شود . برای کالیبره کردن فلومتر معمولاً یک فلومتر استاندارد کالیبره را با آن سری قرار می دهند . مقدار فلویی که فلومتر استاندارد نشان می دهد بعنوان مرجع در نظر گرفته می شود و با توجه به آن فلومتر کالیبره می شود . روتامترها در ابعاد و رنج های مختلف ساخته می شوند و نمایشگر آن نیز برای واحدهای مختلفی مدرج می شود . در واقع طول روتامتر نشان دهنده حساسیت آن است . اگر هر چه طول روتامتر بیشتر شود درجه بندی آن با دقت بیشتری انجام خواهد شد و برای تغییرات مشخص فلو جابجائی شناور بیشتر خواهد بود . واحدهایی که بطور معمول در روتامتر ها استفاده می شوند باید بطور مشخص بر روی روتامتر ذکر شوند . مثل

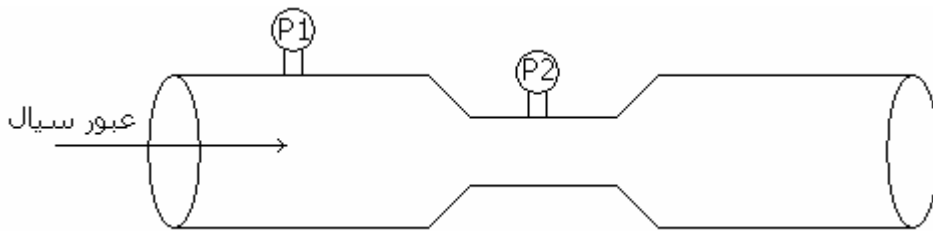
$$\frac{cc}{sec}, \frac{lit}{min}, \frac{m^3}{h}$$

فلومتر اختلاف فشار

معمولاً برای اندازه گیری فلو به این روش از سنسور اختلاف فشار به اضافه یک واحد بزرگتر استفاده می شود .

DPT در واقع ترانسمیتر تفاضلی فشار است که اختلاف فشار P_1 و P_2 را اندازه گیری می کند و واحد جذر گیر در واقع جذر ΔP را می گیرد و روی نمایشگر نیز ضریب k اعمال می شود تا مقدار نمایش داده شده فلو واقعی سیال باشد . از مزایای ای فلومتر می توان به عمر زیاد بعلت

نداشتن قطعات مکانیکی متحرک اشاره کرد و از معایب آن این است که قادر به اندازه گیری فلوهای کم نمی باشد .



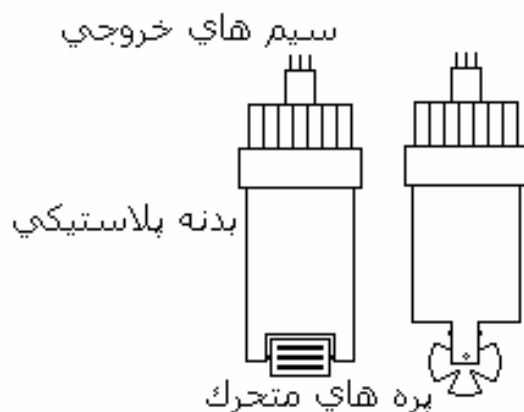
قانون برنولی

با کم کردن سطح مقطع لوله سرعت سیال زیاد می شود تا فلو ثابت باشد . (در لوله های سری با سطح مقطع های مختلف، فلو ثابت است.)

اگر در قسمتی از لوله تنگی ایجاد کنیم به دلیل اینکه فلو در کل مسیر ثابت است در قسمت های با سطح مقطع کمتر سیال با سرعت بیشتری حرکت می کند و این مسئله باعث افت فشار در آن قسمت می شود در واقع فشار P2 کمتر از فشار P1 خواهد بود . اختلاف فشار P2 و P1 متناسب با مقدار فلو عبوری تغییر می کند . در واقع فلو متر اختلاف فشار یکی از پرکاربردترین سیستم های اندازه گیری فلو است . رابطه بین اختلاف فشار و فلو به شکل زیر است : $\phi = k\sqrt{\Delta P}$ در این رابطه k ضریب ثابت و $\Delta P = P1 - P2$ است .

فلومتر توربینی

در این فلومتر توربین در مسیر سیال قرار داده می شود و متناسب با سرعت سیال سرعت توربین نیز تغییر می کند . خود فلومتر در واقع از سنسور مجاورتی تشکیل شده است . هر پره توربین که از مقابل سنسور عبور می کند یک پالس ایجاد می کند اگر تعداد پالس ها در واحد زمان شمارش شوند مبنای سنجش فلو فراهم می گردد . این نوع فلو متر برای سنجش فلوهای سیال بسیار تمیز مناسب است ولی اگر سیال دارای ذرات معلق چسبنده باشد ، این ذرات به مرور زمان بر روی پره های توربین رسوب کرده و باعث مسدود شدن مسیر عبور سیال می شوند . این فلو متر دقت و حساسیت بالایی ندارد چون پره مانع مکانیکی ایجاد می کند و باعث خطا می گردد .



فلو متر مغناطیسی

فقط برای سنجش سیال های هادی الکتریسیته و الکترولیت مثل آب معمولی مناسب است . این فلومتر بر اساس قانون فارادی کار می کند $e = BLV$ ، سرعت V ، طول L و شدت میدان مغناطیسی است . حرکت سیال باعث قطع خطوط میدان مغناطیسی شده و ولتاژ القاء شده روی هادی بستگی به سرعت سیال خواهد داشت . در واقع با این فلومتر سرعت سیال اندازه گیری می شود . به دلیل ثابت بودن میدان و ثابت بودن طول ، فلو سیال فقط به سرعت سیال هادی بستگی خواهد داشت . در اینجا لوله حامل سیال باید از مواد غیر مغناطیسی و الکتریکی باشد .

