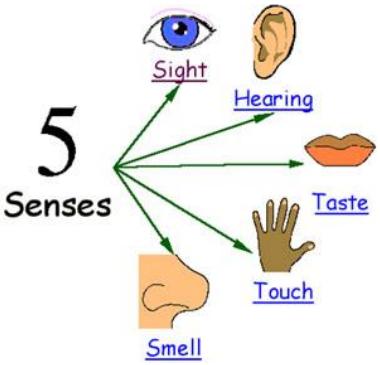
Instrumentation

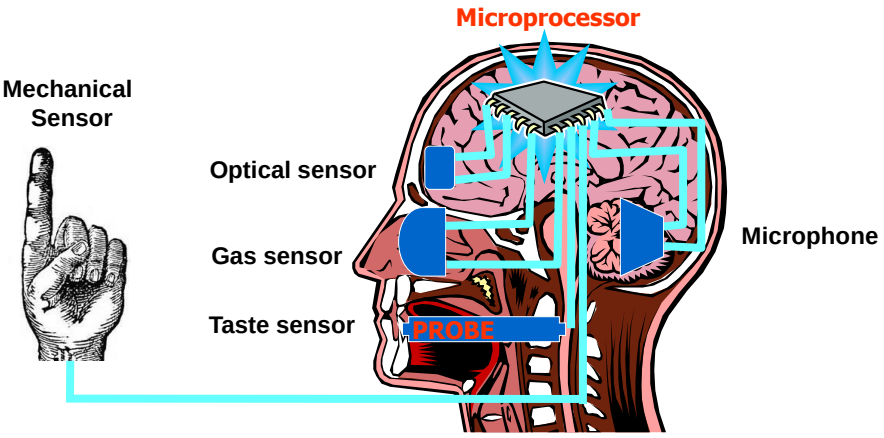
(مطالب تکمیلی ابزار دقیق)

حواس پنج گانه انسان

○ انسان بوسیله حواس پنجگانه خود از دنیای اطراف اطلاعات می گیرد و از مغز خود جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده، استفاده می نماید.



۱



○ ابزارها و وسایل اندازه گیری، پدیده های غیر قابل درک مستقیم را به صورت قابل درک مستقیم تبدیل می کنند.

۲

انواع کمیتهای فیزیکی

مکانیک اجسام	مکانیک سیالات	حرارت	اکوستیک	شیمیایی
○ فاصله	○ چگالی	○ دما	○ فشار	○ غلظت
○ سرعت	○ فشار	○ شدت گرما	○ سرعت	○ PH
○ شتاب	○ گرانروی	○ تشعشع حرارتی	○ انتشار	○ اندازه و شکل ذره
○ جرم	○ حجم	○ تشعشع نوری	○ جذب	○ نوع مولکول یا یون
○ درجه کشسانی	○ سرعت سیال	○ انعکاس	○ شدت فرکانس	○ سرعت عکس العمل
○ نیرو		○ رنگ		○ رطوبت
○ فشار				
○ کرنش				
○ تنش				
○ گشتاور				
○ توان				

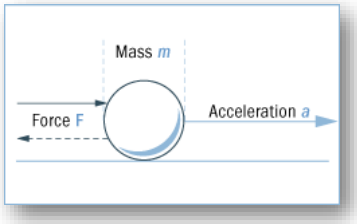
تعریف اندازه گیری

○اندازه گیری عبارت است از عمل تعیین کمیت هرچیز بر حسب واحد تعریف شده مربوط به آن. در بعضی مواقع اندازه گیری برای تعیین نوع یا کیفیت چیزی انجام می شود.

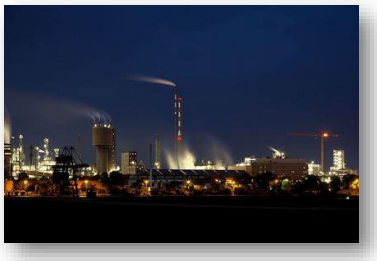
اهداف اندازه گیری

شناخت محیط اطراف

کشف قوانین علمی



کنترل فعالیت های صنعتی بطور خودکار

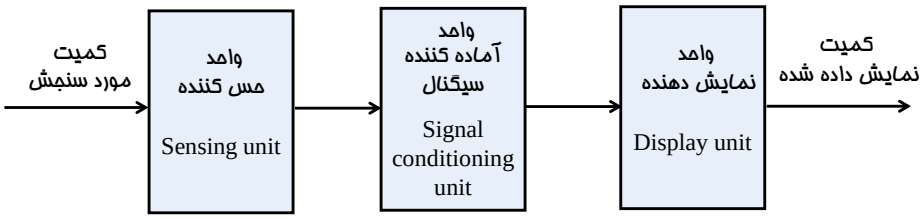


جمع آوری اطلاعات و استفاده های بعدی از آن ها برای تصمیم گیری، طراحی، مباحث آماری و غیره.

دستگاه اندازه گیری

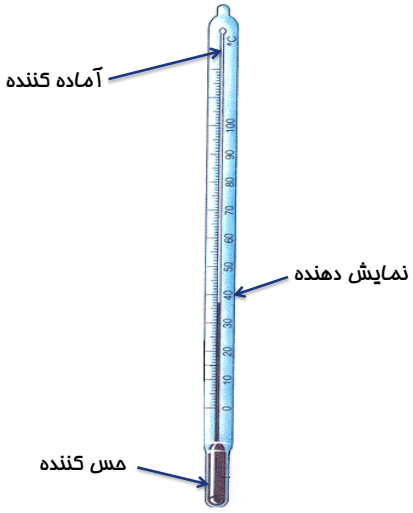
ابزاری است که کمیت مورد اندازه گیری را برای انسان قابل درک کرده و آن را بر حسب واحد تعریف شده مربوطه نشان می دهد.

بخشهای مختلف یک دستگاه اندازه گیری



۸

بخشهای مختلف یک دستگاه اندازه گیری(ترمومترجیوه ای)



۹

ابزارهای اندازه گیری

۱. حسگرها (Sensors)

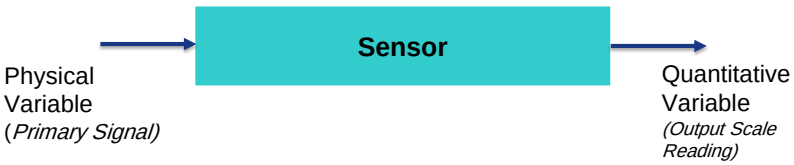
۲. مبدل ها (Transducers)

۳. ترانسمیترها (Transmitters)

حسگر بخشی از مبدل و مبدل بخش از ترانسمیتر است.

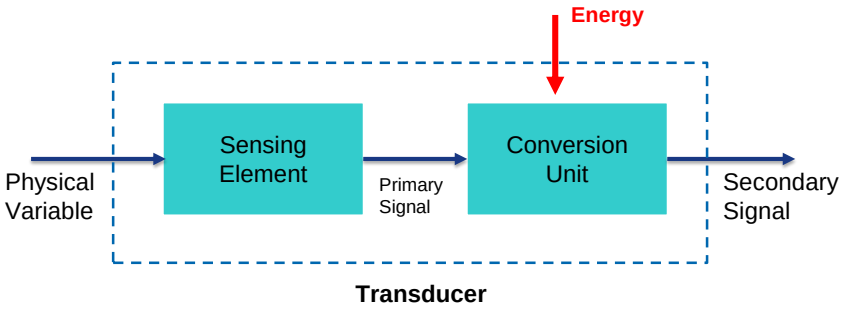
حسگر

- بخشی از مبدل است که متغیر فیزیکی را حس می کند و بی درنگ به تغییرات ورودی، پاسخ می دهد. حسگر این کار را بدون دریافت انرژی انجام می دهد.



مبدل

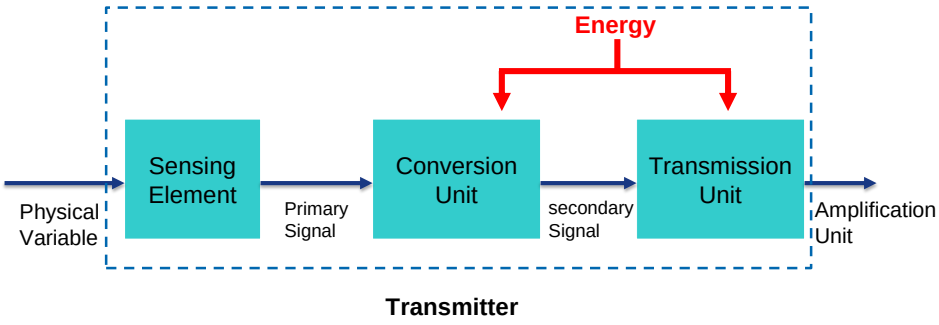
- یک ابزار اندازه گیری است که متغیر فیزیکی را به متغیری ثانویه تبدیل می کند. مبدل این کار را با دریافت انرژی انجام می دهد.



۱۲

ترانسمیتر

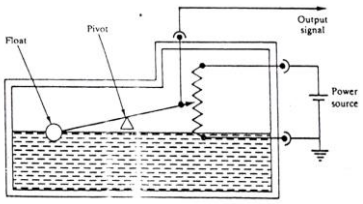
- یک ابزار اندازه گیری است که متغیر فیزیکی را به متغیر ثانویه ای تبدیل کرده و آن را به واحد کنترل انتقال می دهد. ترانسمیتر، این تبدیل و انتقال را با دریافت انرژی بیرونی انجام می دهد.
- معمولا برای فواصل بیش از ۵۰ متر، مجبور به استفاده از ترانسمیتر هستیم.



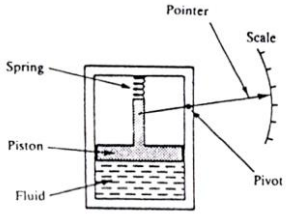
۱۳

دسته بندی وسایل اندازه گیری

فعال (Active) و غیرفعال (Passive)



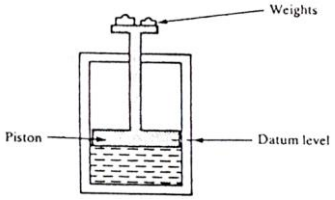
○ **فعال:** هر وسیله ی اندازه گیری که برای نشان دادن خروجی خود از یک منبع انرژی خارجی استفاده کند.



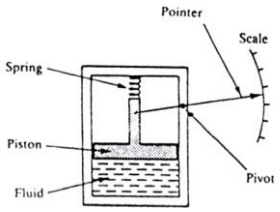
○ **غیرفعال:** هر وسیله ی اندازه گیری که برای نشان دادن خروجی خود از یک منبع انرژی خارجی استفاده نکند.

دسته بندی وسایل اندازه گیری

نول (Null) و انحرافی (Deflection)



○ **نول:** چنانچه در یک وسیله اندازه گیری، مقدار کمیت بر اساس بازگرداندن وسیله به یک موقعیت مشخص اولیه عمل کند، آن را نول گویند.



○ **انحرافی:** چنانچه در یک وسیله اندازه گیری، مقدار کمیت بر اساس انحراف یک نشانگر یا عقربه عمل کند، آن را انحرافی گویند.

دسته بندی وسایل اندازه گیری

آنالوگ (Analogue) و دیجیتال (Digital)

- آنالوگ: ابزارهایی هستند که سیگنال خروجی در آن ها به طور پیوسته با زمان تغییر می کند.

- دیجیتال: ابزارهایی هستند که سیگنال خروجی آن ها تغییرات پیوسته با زمان ندارد و معمولا به صورت بازه ای و با نرخ نمونه برداری زمانی تغییر می کند.

دسته بندی وسایل اندازه گیری

کنترل (Control) و مانیتورینگ (Monitoring)

- کنترل: نوعی از وسایل اندازه گیری هستند که مستقیما می توان از آن ها به عنوان بخشی از یک سیستم کنترل خودکار استفاده کرد. سیگنال خروجی این وسایل معمولا الکتریکی است.

- مانیتورینگ: ابزارهایی که کمیت فیزیکی را به صورت صوتی یا تصویری نشان می دهند، در شمار ابزارهای مانیتورینگ به حساب می آورند.

کالیبراسیون وسایل اندازه گیری

○ کالیبراسیون به معنی مقایسه کار یک سیستم اندازه گیری با کار سیستم اندازه گیری دیگری که از درستی عملکرد و صحت آن چند برابر (حدود ۴ برابر) بیشتر اطمینان داریم و تنظیم آن بر اساس استاندارد است.

○ مواردی که منجر به انجام عمل کالیبراسیون می گردد:

۱. در فواصل زمانی ثابت (برحسب ساعت کارکرد دستگاه) که توسط کارخانه سازنده پیشنهاد شده است.
۲. به هر علتی که دستگاه نیاز به تعمیر پیدا کرده باشد، لازم است پس از تعمیر دوباره کالیبره شود.
۳. دستگاه پس از تولید در کارخانه و قبل از ارائه به بازار باید کالیبره شود.

مشخصه های وسایل اندازه گیری

○ مشخصه های استاتیکی (Static characteristics (Inherent characteristics))

مشخصه هایی از ابزار اندازه گیری هستند که مرتبط با کارکرد ابزار در وضعیت پایدار (Steady-State) است.

○ مشخصه های دینامیکی (Dynamic characteristics (Installed characteristics))

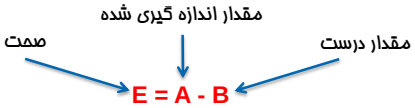
مشخصه های دینامیکی، توصیف کننده ی رفتار وسیله ی اندازه گیری در پاسخ به تغییرات زمانی کمیت مورد اندازه گیری هستند. هنگامی که یک کمیت مورد اندازه گیری با گذشت زمان تغییر می کند، باید وسیله ی اندازه گیری قادر باشد در مدت زمان کوتاه تری نسبت به آن واکنش نشان داده و خروجی درستی ارائه نماید.

مشخصه های استاتیکی

۱. صحت (Accuracy)
۲. تولرانس (Tolerance)
۳. محدوده و گستره (Range and Span)
۴. بایاس (Bias)
۵. خطی بودن (Linearity)
۶. حساسیت (Sensitivity)
۷. آثار محیطی (Environmental effects)
۸. پسماند (Hysteresis)
۹. ناحیه ی مرده (Dead Space)
۱۰. آستانه (Threshold)
۱۱. تفکیک پذیری (Resolution)
۱۲. تکرارپذیری (Repeatability)
۱۳. هزینه، دوام و نگهداری (Cost, Durability, and Maintenance)

صحت Accuracy

- صحت مبین انحراف از مقدار درست است.

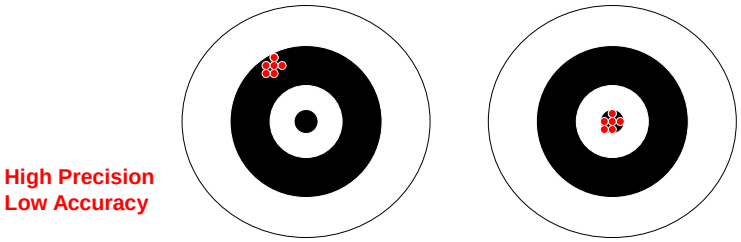


- گاهی صحت را بر حسب بیشترین مقدار مقیاس دستگاه و به صورت درصد بیان می کنند:

$$E = \frac{A - B}{\text{Max. Scale}} \times 100$$

تفاوت صحت (Accuracy) با دقت(Precision)

- صحت مبین نزدیکی مقدار اندازه گیری شده به مقدار واقعی است. درحالیکه، دقت بیانگر قابلیت ارائه ی مجدد مقادیر اندازه گیری شده توسط یک دستگاه با مقدار صحت مشخص است.



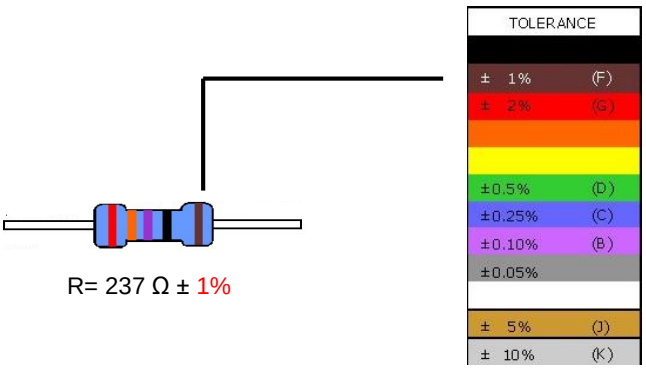
- مثال: اگر مقادیر خوانده شده توسط یک ولتمتر جهت اندازه گیری ولتاژ واقعی ۱۰۰ ولت به صورت مقادیر ۱۰۴، ۱۰۳، ۱۰۵، ۱۰۳ و ۱۰۵ ولت در ۵ تکرار متوالی باشد آنگاه داریم:

Accuracy = 105 – 100 = 5 V

Precision = (105 - Average (104,103,105,103,105))/100 = ±%1

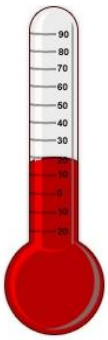
تولرانس Tolerance

- تولرانس به معنی بیشترین انحراف از یک مقدار مشخص شده می باشد. به عبارت دیگر حداکثر خطایی است که در محدوده ی آن مقدار اندازه گیری شده قابل قبول باشد.



محدوده و گستره (Range and span)

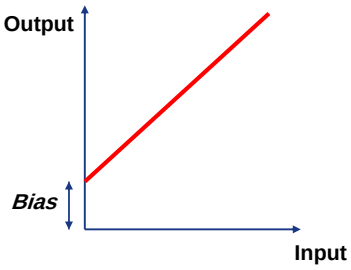
○ به فاصله ی بین کوچکترین و بزرگترین اعدادی که یک وسیله اندازه گیری برای آن ها طراحی شده است، محدوده گویند. درحالیکه، گستره، برابر است با محدوده ی عملکرد دستگاه.



۲۴

بایاس(Bias)

○ بایاس، که به آن خطای نقطه ی صفر هم گفته می شود، برابر است با مقدار خطای ثابتی که در کل محدوده ی کار دستگاه به وجود می آید.

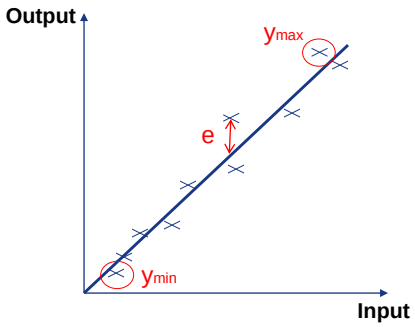


○ اثر بایاس را می توان با انجام عمل کالیبراسیون حذف نمود.

۲۵

خطی بودن (Linearity)

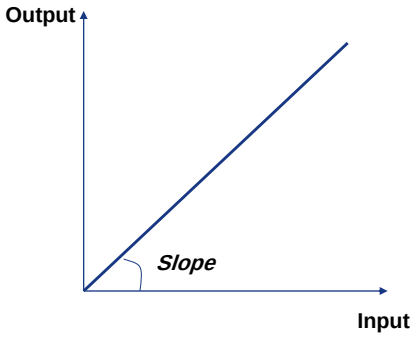
- این مشخصه به معنی برقراری رابطه خطی بین ورودی و خروجی یک دستگاه اندازه گیری است.



$$\text{Nonlinearity} = \frac{e}{y_{max} - y_{min}} \times 100$$

حساسیت (sensitivity)

- حساسیت، معیاری است از میزان تغییر در خروجی وسیله اندازه گیر به ازای یک تغییر مشخص در ورودی آن.



$$\text{Sensitivity} = \frac{\text{Scale Deflection}}{\text{Value of measured cause deflection}}$$

$$= \text{slope of out-in line}$$

آثار محیطی

○ به طور کلی، مقدار سیگنال خروجی یک وسیله اندازه گیری باید فقط تابع مقدار ورودی باشد. اما معمولا متغیرهای محیطی نظیر دما، فشار، رطوبت و غیره نیز بر روی خروجی اثر می گذارند.

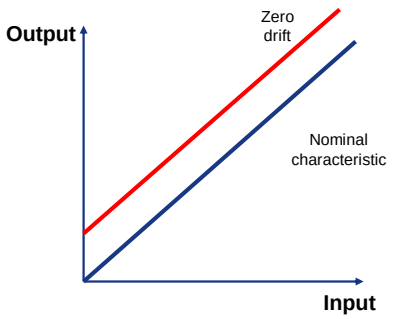
$$Y(x) = kx + b + N(x) + k_1x + k_2x_1$$

سیگنال خروجی — سیگنال ورودی — حساسیت — بایاس — بخش غیرخطی — ضرایب مربوط به اثرات محیطی — ورودی مزاحم

○ در شرایط ایده آل و استاندارد، غیر از جمله ی اول، سایر جملات معادله صفر می باشند. با نادیده گرفتن N(x) (جمله غیرخطی)، می توان گفت که سایر جملات دو اثر به نام های انحراف صفر و انحراف حساسیت را روی منحنی کارکرد وسیله اندازه گیری می گذارند.

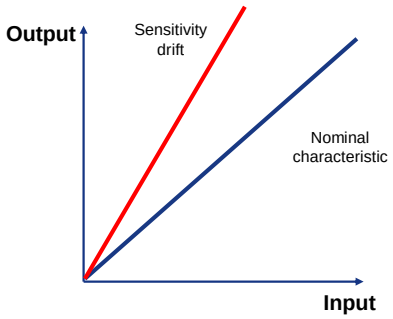
انحراف از صفر(Zero Drift)

○ جمله ی k_2x_1 به b اضافه شده و سبب به وجود آمدن بایاس (اگر در ابتدا b=0 بوده باشد) می شود.



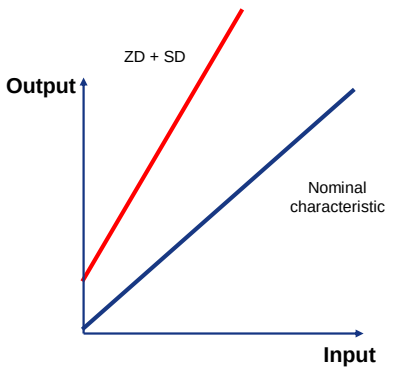
انحراف از حساسیت

- جمله ی k_1x باعث تغییر در حساسیت به اندازه $k+k_1$ می شود.



انحراف از حساسیت+انحراف از صفر

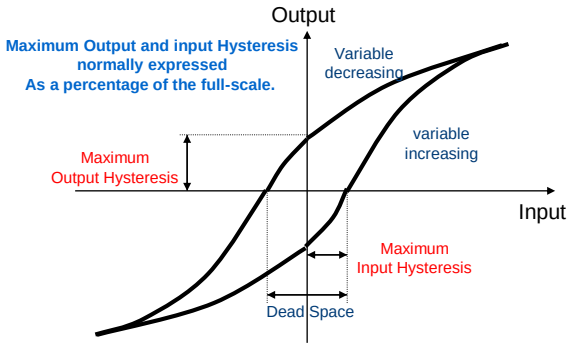
Sensitivity + Zero Drift



Bias + Change of sensitivity

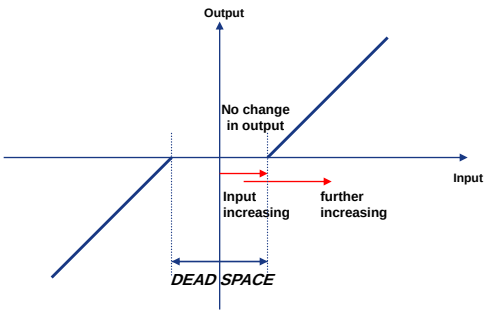
پسماند (Hysteresis)

○ هنگامی که یک ابزار اندازه گیری در دو موقعیت افزایش ورودی و کاهش ورودی، رفتار متفاوتی داشته باشد، گوییم که این ابزار اشکال پسماند دارد.



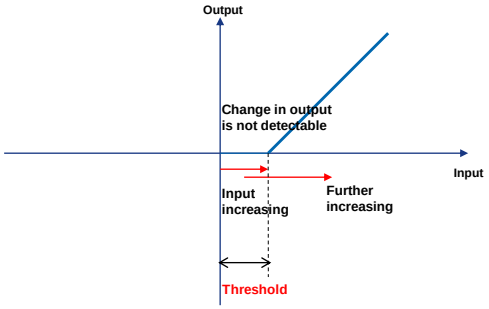
ناحیه مرده

○ به محدوده ای از تغییرات سیگنال ورودی که به ازای آن مقدار سیگنال خروجی صفر باشد، ناحیه مرده گویند.



آستانه(Thereshold)

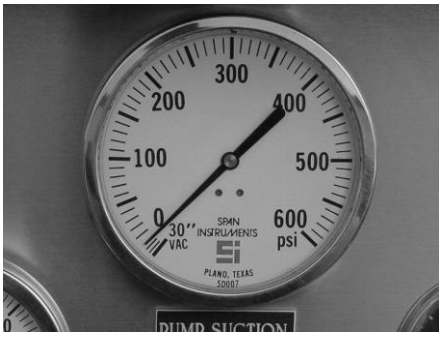
○ به کمترین مقدار سیگنال ورودی که سبب تغییر قابل درکی در سیگنال خروجی شود، آستانه گویند.



۳۴

تفکیک پذیری (Resolution)

○ کمترین مقدار سیگنال خروجی را که توسط قسمت نمایش دهنده ی ابزار دقیق قابل مشاهده باشد، میزان تفکیک پذیری گوییم.

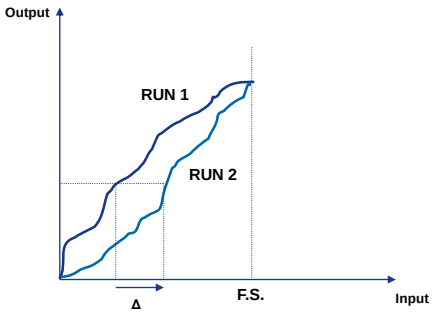


Resolution = 10 psi

۳۵

قابلیت تکرارپذیری(Repeatability)

- نزدیکی مقادیر اندازه گیری شده توسط یک ابزار و در شرایط کاملا مشابه را قابلیت تکرارپذیری آن ابزار گویند.



$$r = \frac{\Delta}{F.S.} \times 100$$

Δ: Maximum deviation between 2 runs.

r = Repeatability

F.S. = Final Stimulation

۳۶

هزینه، دوام و نگهداری

- ابزار با مشخصه های بهتر ← هزینه ساخت بالاتر
- عمر کارکرد ابزار اندازه گیری به محیطی که در آن کار می کند وابسته است.
  - هزینه ساخت بالاتر ← ابزار با عمر کارکرد بیشتر
- ابزار با نیاز به مراقبت و نگهداری خاص ← هزینه های جاری بیشتر

در مجموع، هنگام انتخاب یک ابزار اندازه گیری باید همه ی خواسته ها را در کنار هزینه ها در نظر گرفت. همیشه هم لزومی ندارد که گران ترین ابزار دقیق را برای هر کاری انتخاب کنیم، بلکه باید مناسب ترین آن انتخاب شود.

۳۷

خطاهای اندازه گیری

۱. خطاهای بکارگیری یا استعمال (Application Error)

در اثر استعمال دستگاه بوجود می آید. مثلا در اثر فشار کولیس روی رینگ فولادی، قطر رینگ کمتر می شود. همچنین در اثر اتصال ولت متر به مدار و گرفتن جریان(هر چند ناچیز) افت ولت در مدار اتفاق می افتد و ولتاژ واقعی کمتر اندازه گیری میشود.

۲. خطای عملکرد (Operating error)

این خطا به علت طرز استفاده غلط از دستگاه پیش می آید. مثلا کج نگاه کردن به عقربه ولت متر یا درجه ترمومتر.

خطاهای اندازه گیری

۳. خطای محیط (Environmental Error)

در اثر تغییرات حاصل در شرایط محیط اندازه گیری و اثرات متقابل آن روی عمل اندازه گیری بوجود می آید. مثلا در اثر تغییر فشار، درجه حرارت و یا رطوبت محیط، خطا وارد دستگاه می شود.

۴. خطای دینامیکی (Dynamic error)

این خطا در اثر عدم انطباق عکس العمل دستگاه با تغییرات متغیر مورد اندازه گیری رخ می دهد. وقتی زمان کافی به پایدار شدن اثر کمیت بر روی دستگاه داده نشود نیز این اتفاق رخ می دهد. مثلا وقتی ترمومتر جیوه ای وارد مایع گرم می شود، جیوه سریع بالا نمی رود.

مبدلها

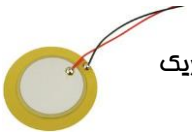
○ مبدل ها وسایل الکترومکانیکی هستند که یک تغییر در کمیت مورد اندازه گیری (مانند جابجایی یا نیرو) را به تغییر در یک سیگنال الکتریکی که می تواند بعد از دستکاری (Conditioning) به صورت ولتاژ مانیتور شود، تبدیل می کنند. گستره وسیعی از مبدل ها برای استفاده در اندازه گیری کمیت های مختلف وجود دارند.

○ مشخصه های مبدل ها که شامل محدوده، خطی بودن، حساسیت و دماهای عملکرد است در ابتدا توسط حسگری که در مبدل برای تولید سیگنال خروجی استفاده می شود، تعیین می گردد.

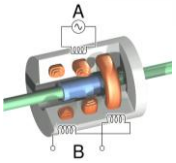
حسگرهای مورد استفاده در مبدل ها

○ پتانسیومترها

○ کریستال های پیزوالکتریک

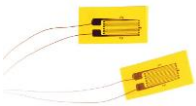


○ ترانسفورمرهای تفاضلی



○ کریستال های پیزومقاومتی

○ کرنش سنج ها



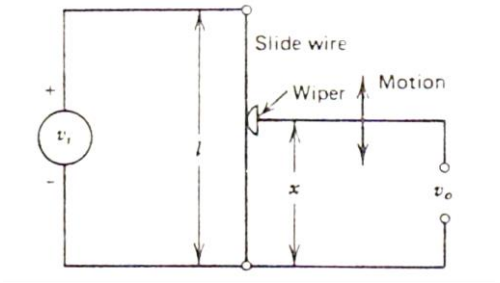
○ ترمیستورها

○ خازن ها

○ موارد دیگر

پتانسیومترها

○ از پتانسیومترها برای اندازه گیری جابجایی های (خطی و زاویه ای) کوچک استفاده می شود. ساده ترین نوع پتانسیومترها، نوع مقاومت سیم لغزان است.

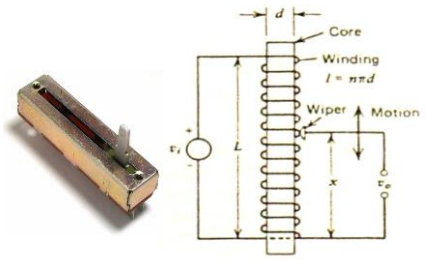


$$v_0 = \frac{x}{l} v_i \qquad or \quad x = \frac{v_0}{v_i} l$$

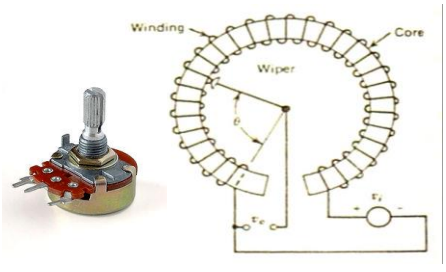
○ کاربرد پتانسیومترهای با مقاومت سیمی مستقیم به طور گسترده میسر نیست؛ زیرا مقاومت سیم با طول کوتاه کم است و این مقاومت کم، سبب تحمیل توان اضافی روی منبع ولتاژ می شود.

پتانسیومترهای خطی و زاویه ای

○ افزایش طول سیم به صورت سیم پیچی حول یک مغزی ایزوله (عایق) باعث افزایش مقاومت گشته و این امر سبب کاهش توان مصرفی روی منبع ولتاژ می گردد.



پتانسیومتر خطی



پتانسیومتر زاویه ای

مزایا و معایب پتانسیومترها

○ مقاومت پتانسیومترهای سیم پیچی شده وقتی که لغزنده از یک حلقه به حلقه مجاور حرکت می کند، به روش پله ای و گام به گام افزایش می یابد. این تغییر گام در مقاومت، قابلیت تمایز و وضوح پذیری پتانسیومتر را به L/n محدود می کند که L طول سیم پیچ و n تعداد حلقه ها است.

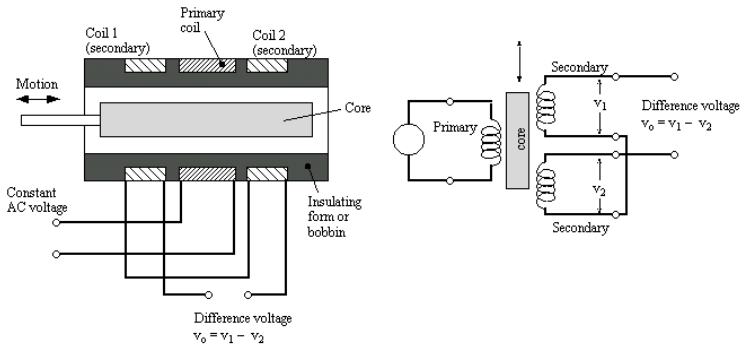
○ نویزهای الکترونیکی اغلب به هنگام حرکت کنتاکت روی جاروبگر ازیک حلقه به حلقه دیگر پیش می آید. این نویز را می توان با تمیز نگهداشتن سیم پیچ از لایه های اکسیدی که روی آن تشکیل می شود (بوسیله روغنکاری) به حداقل رساند.

○ پتانسیومترها وسایل ارزان و نسبتا دقیقی هستند؛ اما مزیت اصلی آنها سادگی عملکردشان است. از معایب آن ها محدود بودن پاسخ فرکانسی شان است یعنی نمی توان از آن ها در اندازه گیری های دینامیکی استفاده کرد. چون پاسخ دینامیکی آنها به شدت به اینرسی شافت و جاروبگر بستگی دارد. بنابراین فقط می توان در اندازه گیری های استاتیکی و شبهه استاتیکی از آن ها استفاده کرد.

ترانسفورماتورهای تفاضلی

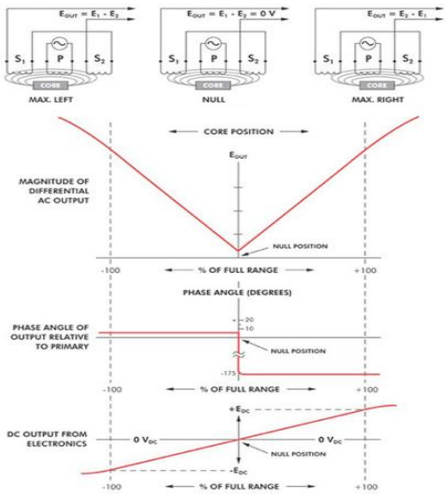
○ این حسگر که براساس قانون اندوکتانس (خود القایی) متغیر کار می کند نیز جهت اندازه گیری جابجایی کوچک بکار میرود. عمومی ترین حسگر خودالقایی متغیر برای اندازه گیری جابجایی های خطی، ترانسفورمر تفاضلی متغیر خطی (LVDT) است.

Linear Variable Differential Transformer



ترانسفورماتورهای تفاضلی متغیر خطی LVDT

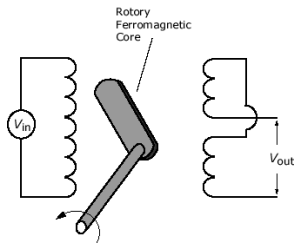
- تا زمانی که LVDT در محدوده کاری باشد، ولتاژ خروجی تابع خطی از حرکت هسته مغناطیسی می باشد.



۴۶

ترانسفورمرهای تفاضلی متغیر دوار RVDT

- از ترانسفورمرهای تفاضلی متغیر دوار (RVDT) جهت اندازه گیری جابجایی زاویه ای استفاده می گردد.



۴۷

مزایای استفاده از ترانسفورمرهای تفاضلی متغیر خطی و دوار

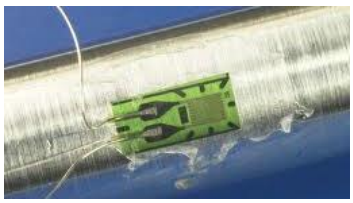
○ از آنجایی که هیچ تماسی بین هسته و سیم پیچ ها وجود ندارد، بنابراین اصطکاک و اینرسی به حداقل خود می رسد. بنابراین جرم کم هسته و فارغ بودن از اصطکاک به حسگر توانایی اندازه گیری های دینامیکی محدود را می دهد.

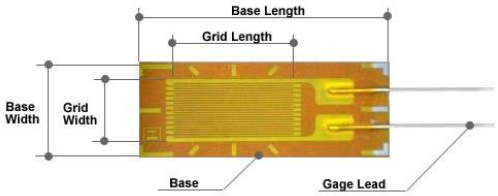
○ عدم تماس باعث می شود که قطعات برای مدت زیادی دوام داشته باشد و این حسگرها به وسیله حرکت بیش از حد، خسارت نبینند. بنابراین آن ها را می توان به عنوان مبدل های بازخورد در سیستم های کنترل خودکار به کار برد.

○ به علت اینکه خروجی به صورت مداوم با ورودی تغییر می کند، قابلیت تمایز به وسیله مشخصات ثبات ولتاژ معین می شود.

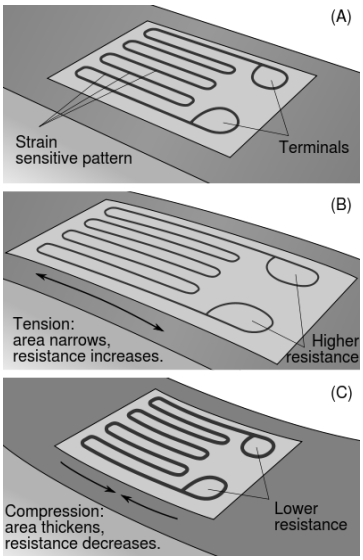
کرنش سنج های مقاومتی (Resistance Strain Gauges)

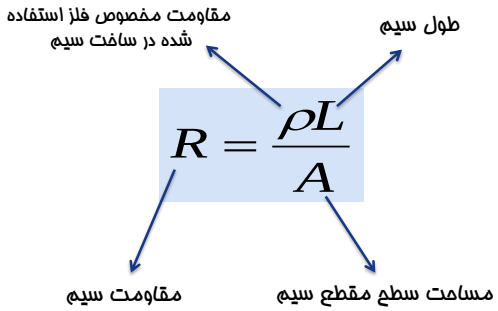
○ کرنش سنج های مقاومتی – الکتریکی، شبکه های نازک فلزی هستند که روی سطح یک قطعه یا سازه چسبانده می شوند. وقتی قطعه یا سازه بارگذاری می شود، کرنش ایجاد شده به شبکه نازک سیمی کرنش سنج منتقل می شود. مقاومت سیم ها نسبت به کرنش ناشی از بار اعمال شده تغییر می کند.





کرنش سنج های مقاومتی (Resistance Strain Gauges)





۵۰

آلیاژهای مورد استفاده در ساخت کرنش سنج های مقاومتی

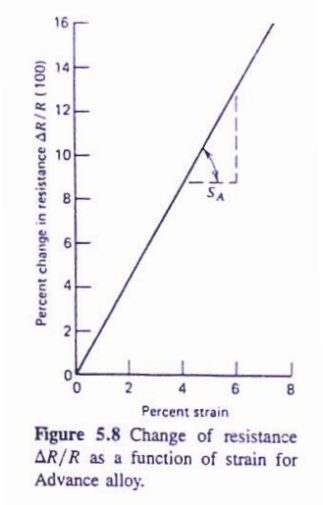
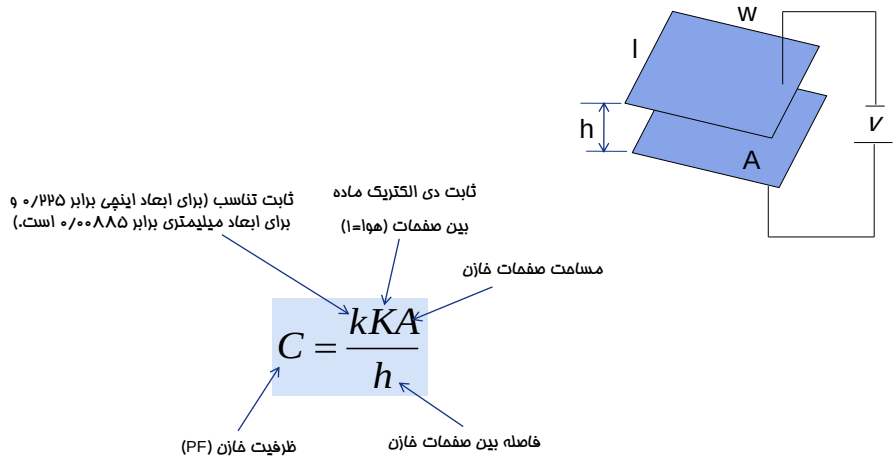


Figure 5.8 Change of resistance $\Delta R/R$ as a function of strain for Advance alloy.

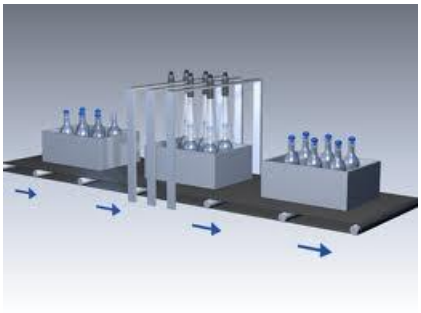
- پرمصرف ترین کرنش سنج ها آنهایی هستند که از آلیاژ نیکل-مس ساخته شده اند و به کنستانتان یا ادوانس معروفند. زیرا پاسخ آنها یعنی منحنی $\Delta R/R$ بر حسب کرنش تا گستره زیادی (تاکرنش ۸٪) خطی است. همچنین مقاومت مخصوص و پایداری الکتریکی بالایی در مقابل تغییرات دمایی دارد.

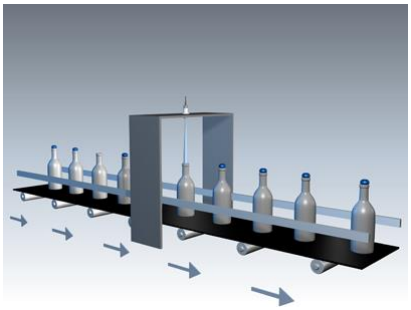
۵۱

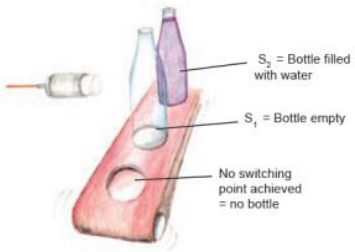
حسگرهای خازنی(Capacitive Sensors)



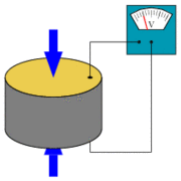
کاربرد حسگرهای خازنی در صنعت



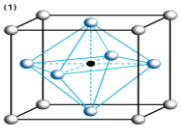


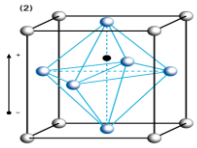


حسگرهای پیزوالکتریک(piezoelectric Sensors)



○ پیزوالکتریک ماده ای است که وقتی تحت تاثیر نیرو یا فشار قرار می گیرد، بار الکتریکی تولید می کند.

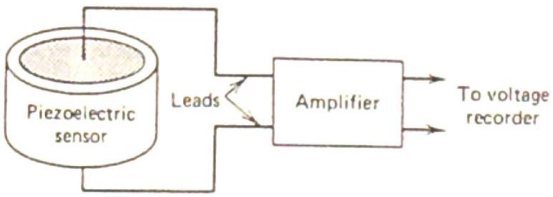




○ مواد پیزوالکتریک یا مانند کوارتز تک کریستال هستند و یا مانند تیتانات باریم چند کریستاله و حاوی مولکول هایی با توزیع بار نامتقارن هستند. هنگام اعمال فشار کریستال مزبور تغییر شکل می دهد و یک جابجایی نسبی بین بارهای مثبت و منفی درون کریستال پیدا می شود. این جابجایی بارهای داخلی، یک بار خارجی با جهت مخالف را روی سطوح خارجی کریستال ایجاد می کنند.

تقویت ولتاژ خروجی حسگر پیزو الکتریک

○ از آنجایی که ولتاژ خروجی حسگرهای پیزوالکتریک ضعیف است، از یک تقویت کننده (آمپلی فایر) جهت افزایش ولتاژ استفاده می گردد.



مزایای استفاده از حسگرهای پیزو الکتریک

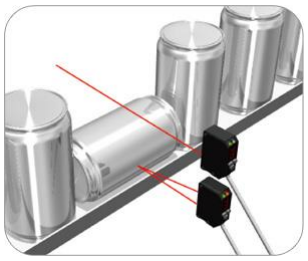
۱. پاسخ بسامدی بالایی دارند. بنابراین برای استفاده در شرایط دینامیکی مناسب می باشند.

۲. در درجه حرارت بالا (تا ۵۵۰ درجه سانتی گراد) نیز خواص بسیار خوب و عالی ارائه می نمایند.

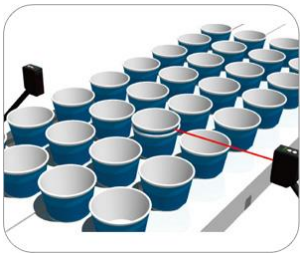
۳. از آنجایی که این حسگرها خود تولید ولتاژ می نمایند، بنابراین جزو حسگرهای غیرفعال محسوب می شوند و برای تحریک به جریان الکتریکی خارجی نیاز ندارند.

حسگرهای فتوالکتریک (Photoelectric Sensors)

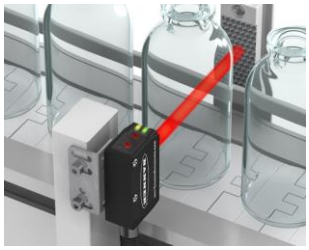
- در جاهایی که امکان تماس با قطعه (هدف) وجود ندارد، می توان با استفاده از حسگر فتوالکتریک تغییرات در شدت نور را به کمیتی که می خواهیم اندازه بگیریم ربط دهیم. در چنین کاربردهایی، فتوالکتریک آشکارساز است و سیستم کامل که شامل آشکارساز (Detector)، تقویت کننده و ترمیم کننده سیگنال (Signal conditioner) و تجهیزات مربوط به قرائت است را اغلب رادیومتر (Radiometer) می گویند.



Detect fallen cans



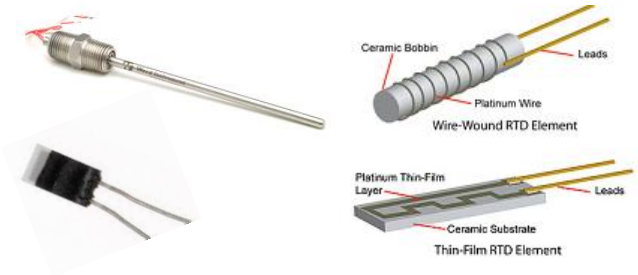
Application in dairy industry



Detect unclear particles

آشکارسازهای دما مقاومتی (Resistance Temperature Detectors(RTDS))

○ تغییر مقاومت الکتریکی فلزات در اثر دما زمینه ای را برای خانواده ای از حسگرها، که به آشکارسازهای دما مقاومتی معروفند، فراهم می آورد. این حسگرها به طور ساده از یک هادی ساخته شده که یا به صورت کویل سیم پیچ یا به صورت یک فیلم یا شبکه ی ورقه ای است.



○ فلز پلاتین به طور گسترده ای در ساخت حسگرهای RTD استفاده می شود زیرا:

۱. پایدارترین فلز در بین تمام فلزات است.

۲. کمترین حساسیت را به کثیفی دارد.

۳. قادر به کار کردن در محدوده دمایی ۴ درجه کلوین تا ۱۰۶۴ درجه سانتی گراد است.

حساسیت و پاسخ زمانی یک آشکارساز دما مقاومتی

○ حساسیت (S) حسگرهای دمای مقاومتی که با استفاده از پلاتین ساخته می شود نسبتا بالا است. مثلا برای یک RTD با یک مقاومت ۱۰۰ اهم در صفر درجه سانتی گراد برابر است با: $S=0.390\ \Omega/^{\circ}C$

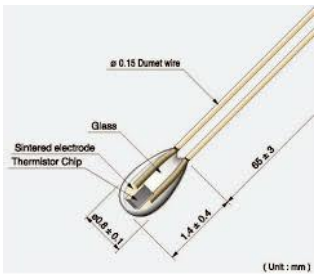
○ به دلیل غیرخطی بودن رابطه بین تغییرات مقاومت الکتریکی آشکارساز با دما (معادله قبل)، حساسیت با تغییر دما تغییر می کند. در دماهای ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه سانتی گراد، حساسیت به ترتیب به مقادیر ۰/۳۷۸، ۰/۳۶۷، ۰/۳۵۵، ۰/۳۴۴ و ۰/۳۳۲ اهم بر درجه سانتی گراد کاهش می یابد.

○ پاسخ زمانی یک RTD، تقریبا به طور کامل به جزئیات ساخت آن بستگی دارد. برای سیم پیچ های بزرگی که روی میله های سرامیکی سنگین مونتاژ شده اند و در لوله های فولادی غلاف شده اند، پاسخ زمانی ممکن است چندین ثانیه و یا بیشتر باشد. این درحالی است که برای آشکارسازهایی که به صورت فیلم یا ورق نازک نصب شده روی لایه ی پلی آمید هستند، پاسخ زمانی می تواند به کمتر از ۰/۱ ثانیه برسد.

ترمیستورها

○ ترمیستورها همانند RTDها با تغییر در مقاومت الکتریکی ناشی از تغییر دما، قادر به اندازه گیری دما هستند؛ با این تفاوت که عنصر مس کننده در ترمیستورها، به جای اینکه فلز باشد، از جنس مواد نیمه هادی است.

○ مواد نیمه هادی که شامل اکسیدهای مس، کبالت، منگنز، نیکل و تیتانیم هستند، در مقابل تغییر دما، تغییر مقاومت زیادی از خود نشان می دهند.



$$ln\ \rho = A_0 + A_1/\theta + A_2/\theta^2 + \ldots + A_n/\theta^n$$

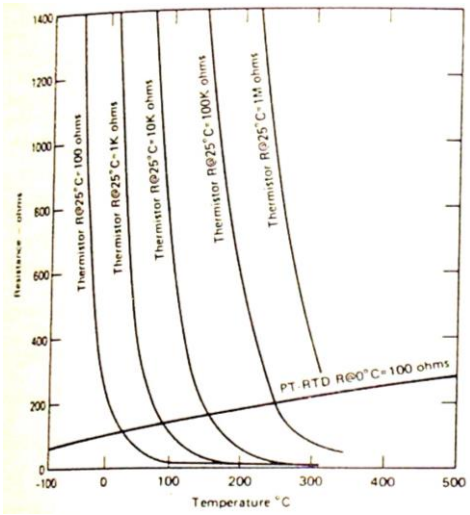
مقاومت ویژه ماده مورد نظر — ثابت های ماده مورد نظر — دمای مطلق

- در صورتیکه تغییر درجه حرارت زیاد نباشد، معادله فوق را فقط با دو جمله اولش تقریب می زنند:

$$ln\ \rho = A_0 + A_1/\theta$$

- مشتق گیری از معادله فوق نشان می دهد که شیب منحنی مقاومت ویژه منفی است. به عبارت دیگر، با افزایش دما، مقاومت ویژه کاهش می یابد. به همین علت است که به ترمیستورها، NTC (Negative temperature coefficient) نیز می گویند.

مقایسه مشخصه ی دمای ترمیستورها و RTD ها



Thermistor

↓

NTC (Negative temperature coefficient)

RTD

↓

PTC (Positive temperature coefficient)

مزایا و معایب ترمیستورها

مزایا

۱. می توانند کوچک باشند (قطر ۰/۰۰۵ اینچ) و لذا در اندازه گیری های نقطه ای کاربرد دارند.

۲. پاسخ آن ها نسبت به تغییرات دمایی سریع است.

۳. خروجی آنها بیش از ۱۰ برابر خروجی RTD است.

۴. به دلیل سفت و محکم بودن، می توان از آن ها در جاهایی که شوک و ارتعاش وجود دارد، استفاده کرد.

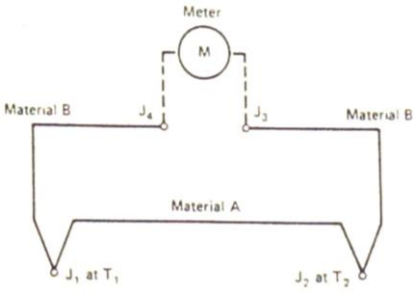
معایب

۱. رابطه بین خروجی حسگر و دما غیرخطی است.

۲. محدوده دمایی عملکردی حسگر محدود است.

ترموکوپل ها (Thermocouples)

○ ترموکوپل یک حسگر دمایی است که از دو ماده غیر مشابه رسانا یا نیم رسانا تشکیل شده که در تماس الکتریکی و حرارتی همدیگر هستند. هنگامی که دما در نامیه تماس این دو ماده تغییر می کند، مقداری پتانسیل تولید می شود. این پدیده ترموالکتریکی به اثر سیبک (Seebeck effect) معروف است.



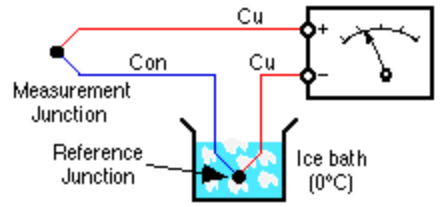
نحوه اندازه گیری دما در ترموکوپل

$$V_o = S_{A/B}\,(T_1 - T_2)$$

حساسیت ترکیب مواد A و B (µv/°C)

دمای مورد اندازه گیری

دمای مرجع



Traditional Thermocouple Measurement

مزایا و معایب ترموکوپل ها

مزایا

۱. می توان آن را کوچک ساخت (با قطر سیم ۰/۰۰۰۵ اینچ). لذا در اندازه گیری های نقطه ای کاربرد دارند.

۲. پاسخ زمانی در نوع مینیاتوری این حسگرها بالا است.

۳. در محدوده دمایی وسیعی می توان از این حسگرها استفاده نمود (۱۸۰- تا ۱۸۰۰ درجه سانتی گراد).

معایب

۱. خروجی حسگر غیرخطی است و نیاز به مدار خطی ساز دارد.

۲. مشکل نگهداری و کنترل دمای مرجع وجود دارد.

۳. سطح سیگنال خروجی پایین است و نیاز به آمپلی فایر جهت تقویت سیگنال دارد.

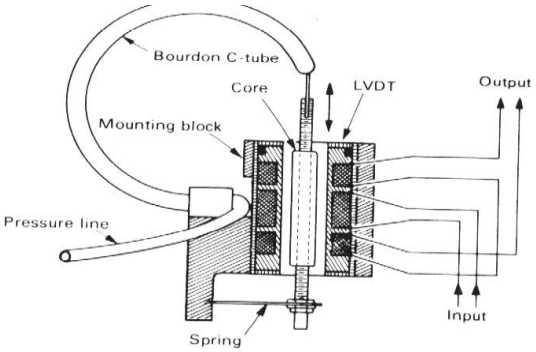
اندازه گیری فشار

○ مبدل های فشار وسایلی هستند که فشار اعمالی از طریق اندازه گیری یک جابجایی، کرنش یا پاسخ یک عنصر پیزو به سیگنال الکتریکی تبدیل می کنند.

شرایط شبه استاتیکی	شرایط دینامیکی
○ مبدل فشار جابجایی	○ مبدل فشار پیزوالکتریک
○ مبدل فشار دیافراگمی	

۶۸

مبدل فشار جابجایی



○ در صورتیکه جابجایی لوله ی بوردن کوچک باشد، ولتاژ خروجی تابعی خطی از فشار خواهد بود.

○ مبدل فشار جابجایی به علت جرم های لوله، سیال داخل لوله و نیز جرم هسته، پاسخ فرکانسی را تا ۱۰ هرتز محدود می کند، بنابراین برای اندازه گیری فشار در شرایط دینامیکی مناسب نیست.

۶۹