

بسمه تعالی

عنوان گزارش:

# کنترل صنعتی و سنسورها

رشته:

## الکترونیک

دانشجو:

## علی اصغر الوندی

شماره دانشجویی:

8211204

فروردین 1385

## فهرست

1	چکیده مطالب
2	مقدمه
4	<b>فصل اول</b>
4	تعاریف اولیه
5	انواع سیستم کنترلی
5	سیستم های حلقه بسته
5	سیستم های حلقه باز
6	کنترل اتوماتیک
7	کنترل غیر اتوماتیک
7	بلوک دیاگرام سیستم کنترل صنعتی
7	سنسور ها و ترانسدیو سرها و ترانسمیتر ها
8	بلوکهای اصلی سیستم کنترل صنعتی
9	انواع شیر ها
9	انواع فرآیند های صنعتی
9	فرآیند تولید انبوه
9	فرآیند تولید پیوسته
10	فرآیند تولید اجزای جدا
10	کاربرد کامپیوتر در کنترل صنعتی
11	<b>فصل دوم</b>
11	تعریف سنسور
11	تعریف ترانس دیوسر
12	تعریف ترانسمیتر
12	انواع سیگنال
13	سیگنالهای آنالوگ و دیجیتال
13	مدار پایه ای سنسور
15	ترانسمیتر
16	ثبت کننده

16	سیستم های آلام
17	سنسور های ضد انفجار
18	سنسور های درجه حرارت
19	ترمو کوپل
19	انواع ترمو کوپل
20	چگونگی نسب ترمو کوپل
20	سنسور RTD
22	ترمیستور
24	پارامتر های فشار
24	لوله خوردن به عنوان سنسور فشار
25	سنسور فشار دیا فراگمی
25	سنسور فشار دمنده
26	کشش سنج
26	سلول بار
27	مدار الکتریکی سلول بار
27	سنسور های چگالی چسبندگی
27	سنسور های چسبندگی
28	سنسور های موقیت
29	مبدل تفاضل خطی
29	سنسور های تشخیص اشیا
31	سنسور های نوری
32	<b>فصل سوم</b>
32	طراحی تجهیزاتی سیستم های کنترل صنعتی
33	استاندارد ISA
34	کنترل با استفاده از متغیر ثانویه
35	کنترل پیش رو
36	کنترل منطقی
37	کنترل تقسیم مقیاس
38	<b>فصل چهارم</b>

38	شیر های برقی
39	شیر های مقایسه ای
39	انواع شیر های مقایسه ای
40	شیر های برقی موتور دار
40	موتور های پله ای
40	انواع موتور های پله ای
42	نتیجه گیری
45	مراجع

## چکیده مطالب:

### کنترل چیست:

همه ما در زندگی روز مره خود واژه کنترل را بسیار شنیده و یا بکار برده ایم اصطلاحاتی نظیر

کنترل جمعیت و کنترل صنعتی بسیار ملموس تر هستند.

اساسا کلمه کنترل وقتی بکار برده می شود که بخواهیم نحوه رفتار و عملکرد یک پروسه

یافرآیندبگونه ای باشد که موردنظر ومطلوب ماست.

اکنون تعریف کلی از علم کنترل ارائه میدهیم:

علم کنترل علمی است که در مورد چگونگی تحت اختیار درآوردن وهدایت رفتارهای پروسه

ها صحبت می کند.

رفتارهایی که مورد توجه ما بوده و آن را زیر نظر داریم پروسه گفته میشود.

ورودیهای مزاهم وناخواستههای که باعث انحراف خروجی از مقدار مطلوب میشود وایجاد

اختلال در علم کنترل میشود را ورودیهای مزاحم یا اغتشاش گفته می شود.

### سیستم چیست:

سیستم در علم کنترل به مجموعه ای از عناصر گفته می شود که با همکاری و ارتباط با یکدیگر

کار مشخص و معین را انجام داده و خروجی یا خروجیهای معینی را ایجاد می کنند.

این تعریف نه تنها سیستم های فیزیکی بلکه سیستم های اقتصادی و بیولوژیکی را در نظر می

گیرد.

#### مقدمه:

امروزه هیچ کارخانه یا خط تولیدی وجود ندارد که نوعی از اتوماسیون در آن بکار نرفته باشد صنایع امروزی به حدی گسترده و پیچیده هستند که بدون بکارگیری اتوماسیون در تمامی یا قسمتی از فرآیند تولید عملاً کارکرد کارخانه مختل می گردد. از طرف دیگر رقابت جهت تولید محصولات بیشتر و کیفیت بیشتر کاهش هزینه تولید و در نهایت قیمت ارزانتر انگیزه دو چندانانی در صاحبان صنایع به وجود آورده است. تا فرآیند تولید خود را تا حد ممکن خود کار نمایند.

با پیشرفت سریع علوم تکنولوژی و پیچیده شدن زندگی انسانها نیازهایی بررسی و کنترل هم زمان چند پدیده که از دیر باز در زندگی انسان وجود داشته است. بیشتر احساس میشود تصور می شود که در طول روز با چند پدیده کنترلی سرو کار داریم. اصطلاحاتی همچون کنترل ترافیک کنترل ورود و خروج کارمندان بسیار شنیده میشود و توجه داشته باشید که اصطلاح کنترل بر یک پدیده هنگامی به کار برده می شود که هدف تسلط کامل بر آن پدیده مورد نظر باشد.

نیاز انسانها به هدفدار کردن زندگی و پدیده های مرتبط با آن و همچنین علاقه انسانها به نتیجه گیری بهتر و ایده آل تر باعث به وجود آمدن شاخه جدیدی در علم نوین به نام کنترل شده است که دامنه فعالیت خود را به سرعت و در همه جا گسترش داده است.

پیشرفت دانش و تکنولوژی سبب شده است که فرآیندهای تولید پیچیده و دقیق تر شوند و در نتیجه کنترل آنها سخت تر شده است. به طوری که سیستم های کنترل سنتی مانند سیستم های رله ای و سیستمهای مبتنی بر مدارهای منطقی قادر نیستند نیازهای صنایع امروزی را برآورده سازند.

همچنین در سیستم های کنترل سنتی تغییر دستور عملهای کنترل و یا گسترش آن که لازمه یک صنعت پویاست مستلزم انجام تغییرات زیاد در سخت افزار و صرف هزینه بالاست.

در سیستم های کنترل صنعتی سنسورها با توجه به نیاز صنایع پیشرفته ابداع گردیده و تولید شده اند. سنسورها در سیستم های صنعتی بیشتر عملکرد آن به صورت نرم افزاری تعیین میشود. و به این علت یک سنسور یا مجموعه ای از سنسورها را می توان با کاربرد های مختلف منطبق نمود و استفاده کرد. با اینکه بیشتر از سه دهه از ابداع سنسورها می گذرد اکنون در بیشتر صنایع از آن جهت کنترل فرآیندها استفاده میشود و شرکت های مختلف اقدام به ساخت و تولید سنسورهای مختلف با کاراییهای مختلف نموده اند.

در کشور ما متأسفانه به دلیل عدم پویایی صنعت و این که مهندسين در طراحی کارخانه ها نقش چندانی ندارند آشنایی کمی با این صنعت و تکنولوژی وجود دارد و کتابهای مفید جهت آشنایی با سنسورها و طراحی و ساخت و کاربرد سنسورها بسیار اندک می باشد.

## فصل اول:

### مفاهیم بنیادی در کنترل صنعتی:

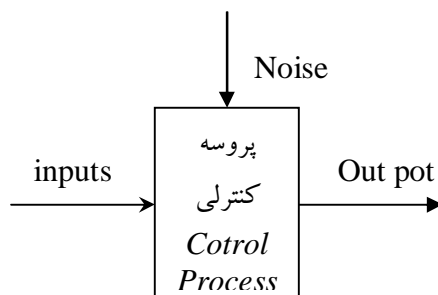
**تعریف پروسه:** پدیده یا فرآیند صنعتی که مایل به در اختیار گرفتن و تحت کنترل درآوردن آن هستیم پروسه نامیده میشود. بدین ترتیب که چند فرمان به شکل ورودی به پروسه وارد شده و پس از انجام شدن روتین های کنترلی خاص خروجی مورد نظر را دریافت خواهیم کرد. ورودیها را گاهی اوقات تعداد مطلوب می نامیم.

**تعریف ورودی:** دستورهایی که از نقاط مختلف جهت کنترل یک پروسه به آن اعمال می شود را ورودی می گویند و یک پروسه می تواند چندین پروسه داشته باشد.

**تعریف خروجی:** نتیجه نهایی هر پروسه که به رفتار آن پروسه تعبیر می شود و ما مایل به کنترل آن هستیم را خروجی آن پروسه می نامند.

**تعریف نویز یا اغتشاش:** ورودی های نامطلوب و ناخواسته ای هستند که باعث انحراف مقدار خروجی از حد مطلوب می شود و در واقع با اختلالاتی که در روتین های کنترلی یک پروسه بوجود می آورند باعث بوجود آمدن خروجی نامطلوب می شوند.

با توجه به تعاریف فوق وضعیت یک پروسه در حالت کلی بصورت شکل زیر است:



**تعریف اتوماسیون:** اتوماتیک کردن و یا کنترل یک پروسه را با استفاده از ابزارها و تجهیزاتی خاص را



اتوماسیون گفته میشود. به گونه ای که علیرغم وجود ورودیهای ناخواسته و مزاحم خروجی پرو سه تنها از مشخص آن تبعیت کند و اثر نویز در خروجی قابل چشم پوشی باشد .

بنابر این با توجه به تعاریف فوق سیستم کنترل به مجموعه ای از عناصر با هدف مشترکی که همان تحت کنترل در آوردن خروجی است اطلاق می گردد.

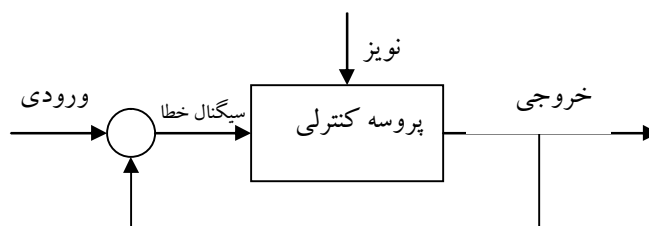
### انواع سیستم های کنترل :

در بخش قبلی به تعاریف سیستم و پروسه کنترلی پرداختیم اکنون در نظر داریم در مورد انواع این سیستم ها که متداول و کاربردی هستند و در صنایع آزمایش شده اند به بحث پردازیم.

سیستمهای کنترل را می توانیم به دو گروه عمده تقسیم نماییم:

#### سیستمهای حلقه بسته یا فید بک دار:

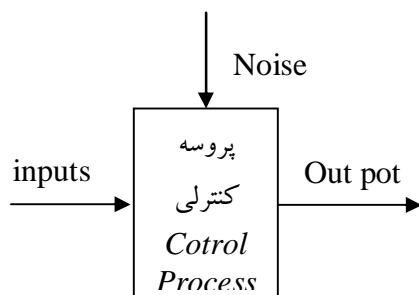
این نوع سیستم رابطه ای را بین ورودی و خروجی در هر لحظه از زمان برقرار می سازد یا به بیان ساده تر ورودی سیستم در هر لحظه تحت تاثیر خروجی آن می باشد شکل زیر دیاگرام کلی مدار حلقه بسته یا فید بک دار را نمایش می دهد:



همانطور که در شکل مشخص شده است حاصل مقایسه خروجی سیستم را با ورودی واقعی آن (مقدار مطلوب) سیگنال خطا می نامیم که این سیگنال به عنوان ورودی به پروسه اعمال می شود.

سیستمهای حلقه باز یا بدون فید بک:

در این نوع سیستم هیچ رابطه تعریف شده ای بین ورودی و خروجی ها وجود ندارد و ورودی به پروسه در هر لحظه از زمان بدون توجه به خروجی آن تعیین می گردد. شکل زیر دیاگرام کلی مدل حلقه باز یا بدون فید بک را نمایش می دهد.



به عنوان مثال دستگاه کمپرسور باد که در تعمیرگاههای ماشین برای باد کردن چرخ از آن استفاده می شود را در نظر بگیرید. کمپرسور بدون توجه به نتیجه عمل که همان باد شدن چرخ است فقط هوای فشرده شده را وارد لوله ها می کند.

سیستم های فید بک دار یا حلقه بسته به دلیل اینکه از تکنولوژی های پیشرفته بهره می گیرند و همچنین ابزارها و ادوات بیشتری را شامل می شوند. از سیستمهای حلقه باز یا بدون فید بک گرانتیتر هستند و برای استفاده از آنها مطالعه و دقت بیشتری انجام گیرد.

نکته قابل توجه در سیستمهای حلقه باز و حلقه بسته این است که، اغلب سیستمهای حلقه باز که در صنعت با آنها مواجه می شویم با وارد شدن عامل انسانی یا اپراتور به سیستم حلقه بسته تبدیل می شود بدین ترتیب که انسان یا اپراتور عامل انتقال فید بک از خروجی به ورودی و اعمال آن به سیستم است در واقع اپراتور خطای خروجی را حس می کند و با مقدار مطلوب مقایسه می کند و در نهایت ورودی را بر حسب نیاز تغییر می دهد.

در عمل برای هر چه بیشتر روشن شدن نقش اپراتور در سیستمهای کنترل صنعتی را به دو دسته خودکار یا اتوماتیک و غیر اتوماتیک یا دستی تقسیم بندی می کنند.

## کنترل اتوماتیک :

یک سیستم کنترل حلقه بسته که بدون دخالت عامل انسانی یا اپراتور و خود به خود قادر به تنظیم خروجی می باشد را سیستم کنترل خود کار یا اتوماتیک می گویند.

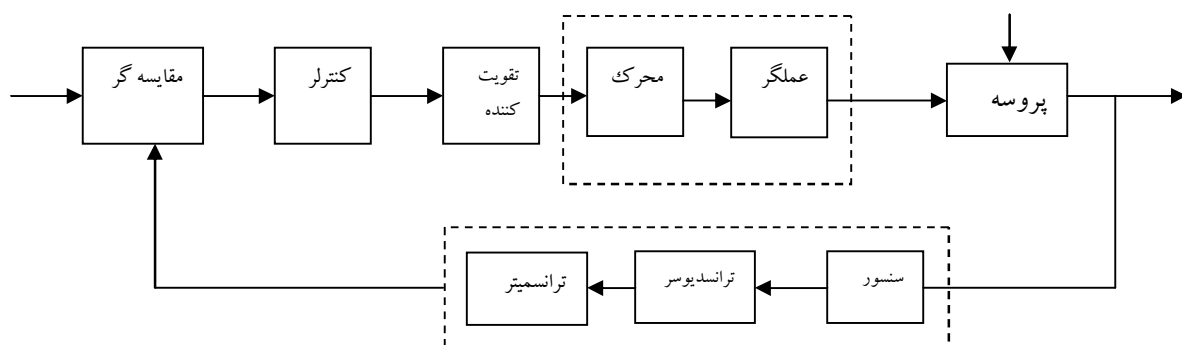
## کنترل غیر اتوماتیک (دستی):

سیستم کنترلی که تنها با دخالت اپراتور قادر به تنظیم ورودی است را سیستم غیر اتوماتیک یا دستی می نامند.

باید این نکته توجه داشت که یک سیستم کنترل اتوماتیک الزاماً یک سیستم حلقه بسته نیست و همچنین یک سیستم کنترل دستی نهایتاً می تواند توسط اپراتور به یک سیستم حلقه بسته تبدیل شود.

## بلوک دیاگرام یک سیستم کنترل صنعتی:

شکل زیر بلوک دیاگرام کلی سیستم کنترل صنعتی را نشان می دهد که از 9 بلوک اصلی تشکیل شده است.



## روتین کنترل و پروسه:

فرآیند یا پدیده ای است که هدف نهایی ما تحت کنترل در آوردن و در اختیار گرفتن آن می باشد.

### سنسور، ترانسمیتر، ترانسدیوسرها (Sensors-Transmitter-Transducer)

از سیگنال خروجی توسط سنسور نمونه برداری و سپس این مقدار تغییر ماهیت می دهد. مثلاً به سیگنال الکتریکی تبدیل می شود و از کمیتی به کمیت دیگر تبدیل می شود این کار توسط ترانسدیوسر صورت می گیرد و انتقال سیگنال از سنسور به سمت پروسه که به شکل مطمئنی انجام می شود توسط ترانسمیتر صورت می گیرد و اغلب موارد کار نمونه برداری و تغییر ماهیت سیگنال توسط خود سنسور صورت می گیرد بنابراین می توان سنسور و ترانسدیوسر را در یک بلوک قرار داد.

### مقایسه گر (Comparator)

مقایسه گر مقدار اندازه گیری شده توسط سنسور را با مقدار مطلوب - ورودی مقایسه می شود تا در صورت وجود خطا سیستم کنترل تدابیر لازم را اتخاذ می کند.

### کنترلر (Controller)

کنترلر در واقع مغز متفکر سیستم کنترل می باشد که برنامه های نرم افزاری ، روتین های کنترلی و تنظیمات دقیق هر کدام از قسمتها توسط آن انجام می شود. با استفاده از کنترلر به همراه ابزار های نرم افزاری آن می توانیم برای سیستم تعریف کنیم که در مواقع لزوم چه عکس العملی را از خود نشان دهد و در موقع دریافت سیگنال خطا با توجه به تنظیمات انجام شده قبلی چه حکمی را صادر کند.

### تقویت کننده (Amplifier)

معمولاً محرکهای قسمت نهایی با سیگنالهایی با قدرت بالاتر، نسبت به آنچه کنترلر می فرستد ، درایو می شوند بنابراین لازم است تا در این قسمت و قبل از این محرکها یک تقویت کننده قرار دهیم. پس قسمت تقویت کننده وظیفه تقویت فرمانهای کنترلی را بر عهده دارد.

## محرک و عملگر (Actuator)

واحد محرک موجب حرکت و عمل کردن قسمت عملگر می شود. واحد عملگر آخرین قسمت از سیستم کنترل بوده و ورودی توسط آن به پروسه اعمال می شود. معروفترین و متداولترین عملگرها شیرها هستند.

## شیرها (Valve)

یکی از متداولترین و مشهورترین عناصر نهایی در کنترل صنعتی شیرها هستند. شیرها انواع مختلفی دارند که در اینجا به تعدادی از آنها اشاره می کنیم:

- 1) شیرهای سلنوئیدی (Solenid Valve)
- 2) شیرهای موتوری (Motories Valve)
- 3) شیرهای موتوری با تغییر وضعیت پیوسته و خطی
- 4) شیرهای الکترو پنوماتیکی (Electropenomaticy Valve)
- 5) شیرهای الکترو هیدرولیکی (Electrohidrolicy Valve)

## انواع فرآیندهای صنعتی:

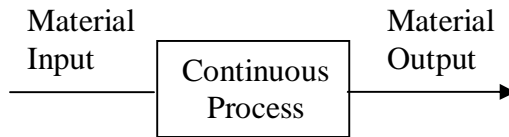
در صنایع امروز طیف متنوعی از فرآیندهای تولید وجود دارد. از نظر نوع عملیاتی که در فرآیند انجام می شود، فرآیندها را می توان به سه گروه تقسیم کرد:

- 1) تولید پیوسته
- 2) تولید انبوه
- 3) تولید اجزای جدا

سیستم کنترلی که برای یک فرآیند به کار گرفته می شود باید با توجه به نوع آن باشد.

## فرآیند تولید پیوسته:

در این نوع فرآیند مواد در یک ردیف و به طور پیوسته وارد فرآیند شده و در سمت دیگر، محصول تولیدی خارج می‌گردد. شکل زیر یک فرآیند تولید پیوسته را نشان می‌دهد.



## فرآیندهای تولید انبوه:

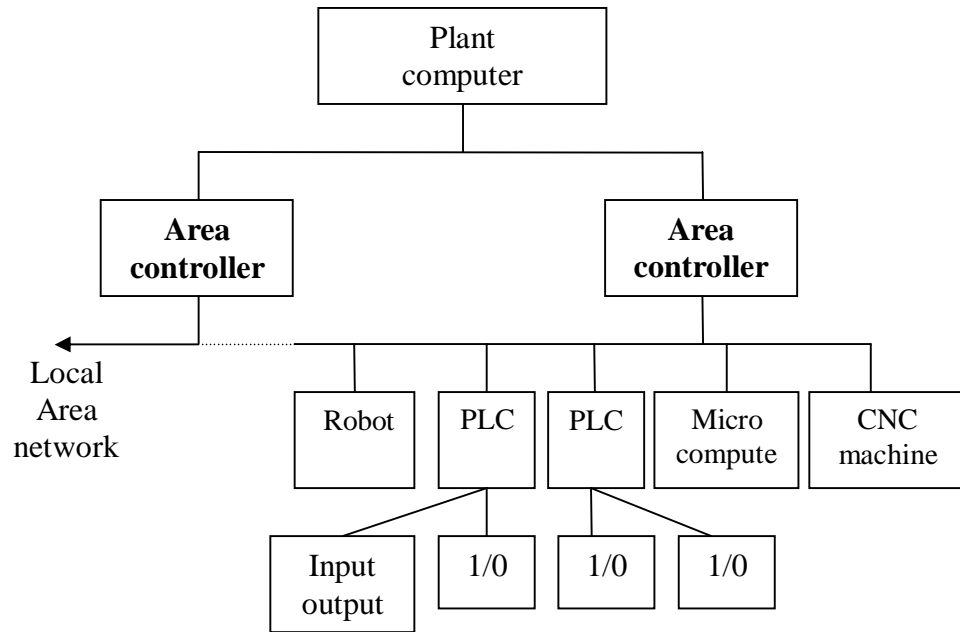
در چنین فرآیندی میزان مشخصی از مواد اولیه وارد خط شده و پس از طی مراحل تولید مقدار مشخصی محصول به وجود می‌آید.

## فرآیند تولید اجزای جدا:

در این نوع فرآیند، هر محصول در طول خط تولید از قسمتهای مختلفی می‌گذرد و در هر بخش، عملیات مختلفی روی آن انجام می‌گیرد.

## استفاده از کامپیوتر در کنترل صنعتی:

سیستمهای کنترلی مبتنی بر کامپیوتر به خاطر کوچکی، در کنار تجهیزات تحت کنترل قابل نسب هستند و این امر اتصالات لازم را کاهش می‌دهد. به جای استفاده از یک کامپیوتر بزرگ، از چند ریز کامپیوتر کوچک استفاده می‌گردد. در نتیجه هم کارایی بیشتر می‌شود و هم هزینه کاهش می‌یابد. در چنین سیستمی هر ریز کامپیوتر بخشی از کل فرآیند را کنترل می‌کند و کامپیوترها با هم در ارتباط هستند. این سیستم کنترلی را کنترل گسترده می‌گویند در شکل زیر از ریز کامپیوترها هم در کنترل گسترده و هم در کنترل پیوسته استفاده می‌شود.



## فصل دوم

### ادوات ورودی (سنسورها، ترانسدیوسرها و ترانسمیتورها)

سنسورها و ترانسدیوسرها و ترانسمیتورها از مهمترین اجزای یک پروسه صنعتی هستند که

کاربردهای فراوانی در پروسه های متنوع دارند.

کاربرد عمده این قطعات در ارزیابی عملکرد سیستم و ارائه یک فید بک با مقدار و وضعیت

مناسب است که بدین ترتیب کنترلر سیستم متوجه وضعیت کارکرد آن و چگونگی حالت خروجی

خواهد شد.

### تعریف سنسور:

بنا به تعریف سنسور قطعه ای است که به پارامترهای فیزیکی نظیر حرکت، حرارت نور، فشار، الکتریسیته، مغناطیس و دیگر حالات انرژی حساس است و در هنگام تحریک توسط آنها از خود عکس العمل نشان می دهد.

### تعریف ترانسدیوسر:

بنابه تعریف ترانسدیوسر قطعه ای است که وظیفه تبدیل حالات انرژی به یکدیگر را بر عهده دارد، بدین معنی که اگر یک سنسور فشار همراه یک ترانسدیوسر باشد، سنسور فشار پارامتر را اندازه می گیرد و مقدار تعیین شده را به ترانسدیوسر می دهد، سپس ترانسدیوسر آن را به یک سیگنال الکتریکی قابل درک برای کنترلر و صد البته قابل ارسال توسط سیمهای فلزی، تبدیل می کند. بنابراین همواره خروجی یک ترانسدیوسر، سیگنال الکتریکی است که در سمت دیگر خط می تواند مشخصه ها و پارامترهای الکتریکی نظیر ولتاژ، جریان و فرکانس را تغییر دهد، البته به این نکته مهم نیز توجه داشته باشیم که سنسور انتخاب شده توسط ما باید از نوع سنسورهای مبدل پارامترهای فیزیکی به الکتریکی باشد و بتواند مثلاً دمای اندازه گیری شده را به یک سیگنال الکتریکی بسیار ضعیف تبدیل کند که در مرحله بعدی وارد ترانس دیوسر شده و سپس به مدارهای الکترونیکی تحویل داده خواهد شد، برای درک بهتر این مطلب باید تفاوت بین دو سنسور اندازه گیری دما را درک کنیم، ترموکوپل و درجه حرارت جیوه ای، دو سنسور دما هستند که هر دو یک عمل را انجام می دهند، اما ترموکوپل در سمت خروجی سیگنال الکتریکی ارائه می دهد در حالی که درجه حرارت جیوه ای خروجی خود را به شکل تغییرات ارتفاع در جیوه داخلش نشان می دهد.



## تعریف ترانسسمیتر:

بنا به تعریف ترانسسمیتر وسیله ای است که یک سیگنال الکتریکی ضعیف را دریافت کرده و به سطوح قابل قبول برای کنترلرها و مدارهای الکترونیکی تبدیل می کند ، مثلاً یک حلقه فید بک سیگنالی در سطح مایکرو ولت یا میلی ولت یا میلی آمپر تولید می کند و این سیگنال ضعیف می تواند با عبور از ترانسسمیتر به سیگنالی در سطوح 0 تا 10 ولت و یا 4 تا 20 میلی آمپر تبدیل شود. ترانسسمیترها عموماً از قطعاتی مثل op-amp برای تقویت و خطی کردن این سطوح ضعیف سیگنال استفاده می کند.

سنسورها و ملحقات آنها مثل ترانسدیوسرها را در گروههای بزرگی تحت عنوان ابزار دقیق قرار داده و آنها را بر اساس نوع انرژی قابل استفاده و روشهای تبدیل ، دسته بندی می کنند.

## انواع سیگنال:

سنسورها برای آشکار کردن مقادیر بسیار کوچک تغییرات در پارامترهای مختلف مثل حرکت ، نور ، فشار ، درجه حرارت ، نیروی مغناطیسی و یا واکنشهای شیمیایی طراحی شده اند. تغییرات ضعیفی که توسط سنسورها آشکار می شود باید تغییر ماهیت داده و به سیگنال الکتریکی مناسب برای مدارهای تقویت کننده الکترونیکی و کنترلرها تبدیل شود. بعضی از انواع سیگنالهای مناسب الکتریکی همان سطوح مختلف ولتاژ ، جریان ، فرکانس ، اثر خازنی و اثر سلفی هستند که می توانند بر اساس روابطی خاص به یکدیگر تبدیل شوند.

ترانسسمیتر در اغلب موارد این تبادل سیگنالهای متداول صنعتی را انجام می دهد و تحت عنوان

فراهم کننده سیگنال شناخته می شود.

## سیگنالهای آنالوگ و دیجیتال:

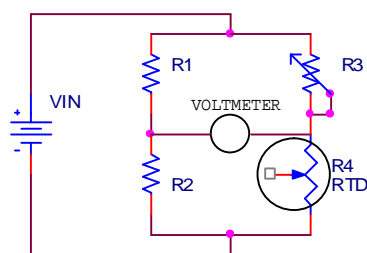
نکته مهم دیگری که گذشته از ماهیت سیگنالها باید به آن توجه کنیم نوع سیگنال از نظر آنالوگ و دیجیتال بودن است که با گسترش تجهیزات الکترونیک دیجیتال و مزایایی که کار با این سیستمها در بر دارد، روند سریع رشد خود را در این سالها طی می کنند.

یک سیگنال دیجیتال، سیگنالی است که از یک سری 0 و 1 در کنار هم تشکیل شده که مجموعه این 0 و 1 ها در کنار هم مفهوم خاصی را می رساند.

به عنوان مثال اگر یک سیگنال دیجیتالی 12 بیتی باشد، این سیگنال معادل عدد 4096 خواهد بود و بیانگر این مطلب است که رقم مذکور تمام مقادیر عددی بین 0 تا 4096 را در بر می گیرد.

## مدار پایه ای سنسور:

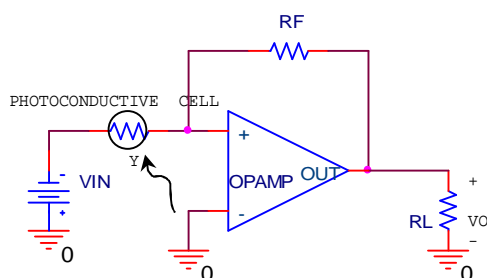
از آنجایی که سیگنالهای تولید شده توسط سنسور بسیار کوچک و ضعیف است، می بایست پیش از هر گونه استفاده با یک ولتاژ مرجع مقایسه شده و در نهایت تقویت شود. عمل مقایسه سیگنال تولید شده توسط سنسور با ولتاژ مرجع (Set point) را توسط یک پل مقاومتی و عمل تقویت سیگنال را توسط یک مدار op-amp انجام می دهیم شکل زیر یک مقاومت متغیر با درجه حرارت یا RTD را نمایش می دهد، مقاومت متغیر یا پتانسیومتر برای تنظیم این نقطه مرجع یا (Set point) به کار می رود با تغییر درجه حرارت، مقدار مقاومت RTD متناسب آن تغییرات درجه حرارت تغییر می کند و ولتاژ کلی پل مقاومتی نیز نسبت به این تغییرات عکس العمل نشان داده و تغییر خواهد کرد.



دیاگرام الکترونیکی مدار پل مقاومتی به همراه یک مقاومت متغیر با درجه حرارت با تغییرات درجه حرارت ، مقدار ولتاژ پل مقاومتی نیز در جهت مثبت یا منفی تغییر خواهد کرد و دقت داشته باشید که هر سنسور مقاومتی را می توان به این مدار پل ، متصل کنیم .

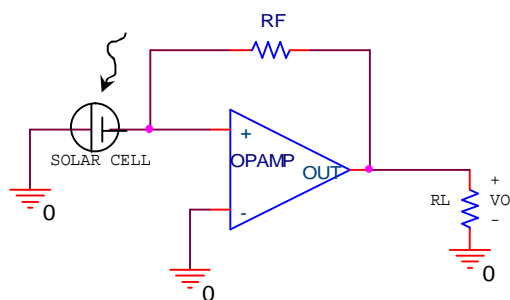
مدار مهم دیگری که در این جا به آن اشاره می کنیم مدار الکترونیکی است که با استفاده از op-amp طراحی شده و به همراه سنسورها کاربردهای فراوانی در ابزار دقیق دارند و از آنجایی که سنسورها در سمت خروجی یک مقدار مقاومت و یا یک ولتاژ متغیر را ارائه می دهند ، مدار op-amp باید بتواند سیگنال تولید شده را در اثر هر یک از این تغییرات را تقویت کند .

شکل زیر یک مدار الکترونیکی op-amp را که به همراه یک سلول الکترونیکی فتو کانداکتیو طراحی شده نمایش می دهد ، در این مدار سلول فتو کانداکتیو به عنوان سنسور و مولد سیگنال به کار گرفته شده که با برخورد نور به سطح سلول مقدار مقاومت آن که به منزله  $R_{in}$  برای op-amp می باشد تغییر کرده و در نتیجه گین تقویت کننده op-amp را تغییر می دهد که در نتیجه مقدار ولتاژ خروجی op-amp را تغییر خواهد داد .



دیاگرام الکترونیکی یک مدار op-amp به همراه یک سلول حساس به نور یا photo cell

Op-amp ها از دیدگاه دیگری می توانند برای تقویت سیگنالهای تولید شده توسط سنسورها به کار گرفته شوند که در این صورت در سمت خروجی مدار تنها یک ولتاژ متغیر خواهیم داشت .  
شکل زیر نمونه ای از این مدارها را نشان می دهد .



یک سلول فتو کاندکتیو که ولتاژ متغیری تولید کرده و بدون نیاز به منبع تغذیه ولتاژ ورودی مدار op-amp را محیا می سازد

### ترانسمیترها:

ترانسمیتر قطعه ای است با مدارهای خاص که پذیرای انواع سیگنالهای ارسالی از سمت خروجی سنسورها از قبیل میلی ولت ، میلی آمپر ، ولتاژ و یا فرکانس است و می تواند آنها را به یک سیگنال مناسب مثل 4 تا 20 میلی آمپر ، 1 تا 5 ولت ، 0 تا 5 ولت یا 0 تا 10 ولت تبدیل کرده و به قسمت‌های دیگر ارسال می کند .

در اینجا ممکن است سوالی در ذهن پیش آید مبنی بر این که چرا حتما باید از حلقه جریان 4 تا 20 میلی آمپری در فیلد استفاده کنیم.

پاسخ به این بدین ترتیب است که اگر از حلقه جریانی استفاده کنیم با تولید یک مقدار اصلی جریان میتوانیم کلیه قطعات روی حلقه را که با هم سری شده اند را کنترل کرده و چون آنها همگی سری بوده و مقدار جریان همگی برابر است ، هیچ لزومی ندارد که چند حلقه مختلف جریان با با مقادیر مختلف داشته باشیم. دوم اینکه اگر به هر دلیلی یکی از قطعات روی حلقه خراب شده و از کار بیفتد ، حلقه بلافاصله با افت شدید در مقادیر جریان و ولتاژ رو برو شده و در آن نقطه (محل دستگاه خراب) یک وضعیت اتصال باز را برای ما مدل می کند که می توانیم به سرعت در صدد رفع آن باییم.

دلیل دیگر این است که اگر مقدار جریان حلقه به هر دلیلی از میزان 4 میلی آمپر که استاندارد مقدار حداقل یا صفر حلقه است ، پایین تر برود و به صفر برسد ، بلافاصله می توانیم بروز خطا را در یک نقطه از حلقه حدس زده و به رفع آن پردازیم ، زیرا جریان حلقه حتی در بدترین شرایط نباید به سطح صفر برسد و از 4 میلی آمپر پایین تر برود.

### **ثبت کننده ها (Recorders)**

در بسیاری از پروسه های صنعتی که فرآیندی در اثر اعمال فشار یا تغییر درجه حرارت اتفاق می افتد ، ثبت پارامترهای اصلی فرآیند برای بررسی های علمی دقیق و پیدا کردن نقاط بحرانی پروسه و اطمینان حاصل کردن از صحت عملکرد آن (در پایان عملیات ) امری ضروری و حیاتی است. ثبت کننده ها وسایلی هستند که در انواع مختلف با کاغذ های دایره ای یا صاف و یا حتی بدون کاغذ تولید می شوند و برای ثبت وضعیت پارامترهای سیستم مورد استفاده قرار می گیرند ، به خصوص در فرآیندهای پخت که می بایست درجه حرارت سیستم تا اندازه ای بالا برود که تمام باکتریهای موجود در مواد حذف شده و اثری از آنها در محصول نهایی باقی نماند.

یکی از موسساتی که در سطح بین المللی از این وسایل استفاده می کنند و استانداردهایی در زمینه ثبت کننده ها به خصوص در پروسه های پخت محصولات کشاورزی دارد ، موسسه USDA است.

لازم به ذکر است که این ثبت کننده ها قابلیت اتصال به انواع سنسورها را دارند و می توانند مقادیر 0 تا 10 ولت یا 4 تا 20 میلی آمپر را در ورودی بپذیرند.

### **سیستم های آلارم (هشدار دهنده):**

یکی دیگر از تجهیزاتی که به همراه سنسورها و ترانسدیوسرها کاربردهای زیادی در صنعت دارند ، سیستمهای هشدار دهنده یا آلارم هستند که در زمان عبور پارامترهای تعریف شده از مقادیر

مجاز و set point های تعریف شده ، شروع به هشدار دادن به کاربران و مهندسان ناظر برسیستم می کنند.

نوع اعلام این سیستمها نیز بنابر محل کار و نوع آلام می تواند متفاوت باشد و می توانیم انواع هشدارهای صوتی و نوری را به آنها متصل کنیم.

### سنسور های ضد انفجار:

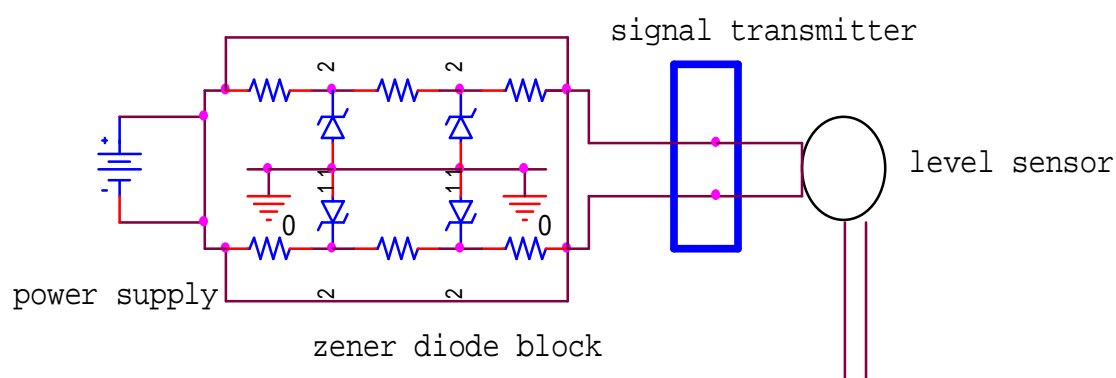
در محیط های صنعتی که مواد آتش زا و گازهای قابل اشتعال و انفجار در مجاورت اکسیژن هوا قرار گرفته اند و هر لحظه امکان منفجر شدن آنها وجود دارد ، بروز یک جرقه بسیار نا چیز در اثر بسته شدن یک کنتاکت رله یا اثر القایی و جرقه ناشی از تجهیزات الکتریکی ، کافی است تا کل محیط کارخانه آتش بگیرد. برای جلوگیری از این پیشامد باید تجهیزات الکتریکی را طوری حفاظت کنیم که هیچ گونه اثر القایی الکتریکی و یا جرقه ای را در این محوطه ایجاد نکند.

روشهای مختلفی برای انجام این عمل وجود دارد که به ذکر چند نمونه از آنها می پردازیم. یکی از روشهای پر کاربرد ، ایجاد محفظه ای به دور تجهیزات الکتریکی است که در محوطه خطر قرار دارند و درزگیری کردن و بستن این محفظه به شکلی که هیچ تبادل هوایی با خارج و محیط خطرناک نداشته باشد.

روش دیگر ایجاد یک اختلاف فشار در هوای داخل محفظه و محیط خارج است به شکلی که اگر نشتی احتمالی در محفظه به وجود آمد ، به دلیل بیشتر بودن فشار هوای داخل محفظه ، گازهای خطرناک به داخل محفظه راهی نداشته باشند و همگی به خارج هدایت شوند.

برای انجام این اعمال نیز روشهایی وجود دارد که به ذکر نمونه ای از آنها می پردازیم.

یکی از روشهای پایین آوردن مصرف انرژی توسط تجهیزات الکتریکی در محیط های قابل انفجار استفاده از دیودهای زنر برای محدود کردن ولتاژ و استفاده از شبکه مقاومتها برای پایین آوردن میزان جریان است شکل زیر این مطلب را نشان می دهد.



دیگرام الکتریکی یک مدار سنسور و ترانسسمیتر ضد انفجار که برای کار در محیطهای خطر ناک طراحی شده واز دیودهای و شبکه های مقاومتی جهت کنترل مقادیر ولتاژ و جریان استفاده می کند.

### سنسورهای درجه حرارت:

اگر مشغول کار با پروسه ای هستید که به اندازه گیری درجه حرارت دارد، باید از سنسورهای درجه حرارت استفاده کنید.

اگر می خواهید سنسور بکار رفته شده درجه حرارتی در حدود 75 تا 600 درجه اندازه بگیرد سیگنال خروجی آن ماهیت ولتاژی داشته باشد می توانید از یک ترموکوپل استفاده کنید اگر می خواهید سیگنال خروجی شما ماهیت مقاومتی داشته باشد باید از عناصر RTD استفاده کنید .

اگر می خواهید سیگنال خروجی ماهیت جریانی داشته باشد میتوانید از یک سنسور نیمه هادی استفاده کنیم.

بنابراین در انتخاب سنسور باید به دو نکته توجه کنیم:

1) محدوده اندازه گیری برای سنسور

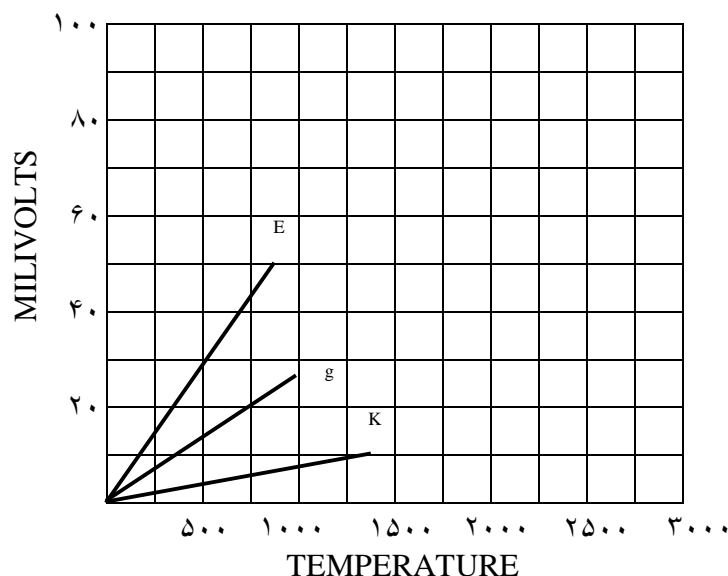
2) نوع سیگنال خروجی که باید مطابق با سیستم کنترل باشد.

### ترموکوپل:

ترموکوپل ها از انواع بسیار معروف سنسورهای حرارتی می باشند که ازدو نوار باریک ساخته شده توسط دو فلز غیر مشابه ، تشکیل می شوند این دو المنت باریک از یک طرف به هم متصل شده اند و در هنگام مجاورت با حرارت بر اساس قانون سبیک (Seebeck) می توانند مقادیری ولتاژ در محدوده بین 10 تا 80 میلی ولت را براساس نوع المنت های فلزی بکار رفته در آنها تولید کنند و مقدار ولتاژ تولید شده (بر حسب میلی ولت ) واقعاً به نوع المنت های فلزی بکار رفته در سنسور بستگی دارد.

### انواع ترموکوپل:

یکی از مشکلات بزرگ طراحی و ساخت ترموکوپل ها هماهنگ کردن و تنظیم دقیق این سنسورها با محدوده دمایی است که می خواهند آن را اندازه بگیرند بدین معنی که هیچ سنسوری توانایی اندازه گیری مقادیر دمایی زیر 32 درجه و بالای 100 درجه فارانهایت را ندارد و اگر نیاز به اندازه گیری واقعاً دقیق دما در ناحیه ای وجود داشته باشد ، باید از مقدار زیادی ترموکوپل استفاده کنیم نمودار زیر، نمودار ارائه شده توسط چند ترموکوپل از مدل های مختلف است.





هر ترموکوپل در شکل با یکی از حروف انگلیسی مشخص شده است و معروفترین آنها ترموکوپل نوع J می باشد.

### چگونگی نصب و قرار گیری ترموکوپل:

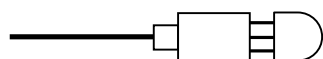
ترموکوپل ها برای اندازه گیری پارامترهای حرارتی پروسه های مختلف و مواد مختلف از قبیل مایعات، سطوح و غیره به کار گرفته می شوند و دقیقاً به خاطر همین مطلب سازندگان ترموکوپل ناچار به تهیه ابزاری خاص، جهت قرار گرفتن و نصب ترموکوپل کردند که در اینجا به شرحی از آنها می پردازیم.

این ابزارها که عموماً تحت عنوان ترموول (Thermowell) شناخته می شوند دارای محفظه ای هستند که ترموکوپل داخل آن قرار می گیرد و نوک حساس به حرارت ترموکوپل در این حالت به سر و بدنه فلزی ترموول متصل می شود، بدین ترتیب ترموکوپل به ابزاری محافظ مجهز می شود که در محیطهای مختلف قابل استفاده است و همچنین به دلیل جنس فلزی بدنه ترموول، می تواند به راحتی با نوک حساس به حرارت ترموکوپل تبادل حرارتی برقرار کرده و هیچ تداخل و مشکلی برای انجام امور اندازه گیری بوجود نخواهد آمد.

### مقاومت حساس به دما یا RTD :

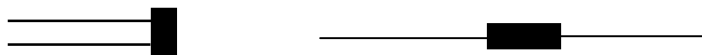
RTD قطعه ای است حساس به دما و همان طوری که از اسم آن پیداست قطعه ای است که در اثر حرارت یک مقاومت متغیر را در سمت خروجی ارائه می دهد.

امروزه این سنسورها از یک نوار باریک پلاتینی که به دور یک هسته سرامیکی یا شیشه ای پیچیده شده است، درست می شوند و طرز کار با آنها بر اساس اثر درجه حرارت و تغییرات آن بر روی مقاومت داخلی پلاتین استوار است که در اثر ازدیاد درجه حرارت مقاومت آن نیز زیاد خواهد



شد. شکل زیر تصویری از یک RTD را نشان می دهد.

مزیت بسیار بزرگ این نوع RTD ها کوچک بودن بیش از اندازه آنهاست و همین موضوع موجب فراوانی استفاده از آنها در صنعت شده است. نمونه هایی از RTD های دیگری وجود دارند که به آنها RTD های مینیاتوری گفته می شود که توسط تکنولوژی تهیه فیلم از مواد فلزی ساخته می شوند شکل زیر نمونه هایی از RTD های مینیاتوری را نشان می دهد.

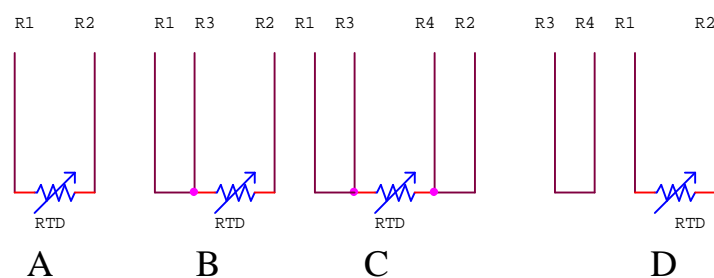


در عمل برای تشخیص کوچک بودن این RTD ها آنها را با نوک مداد مقایسه می کنند. نکته خیلی مهم دیگر در زمینه RTD ها ، شناخت انواع آنهاست برای شناخت بهتر انواع RTD ها چند نمونه از این قطعات و مقایسه بین آنها در جدول زیر آمده است.

Type of RTD	Temperature Range C <sup>0</sup>	Resistance Coefficient OHMS/C <sup>0</sup>
Platinum	-184 to 815	0.0039
nickel	-73 to 149	0.0067
copper	-51 to 149	0.0042
Tungsten	-73 to 276	0.0045

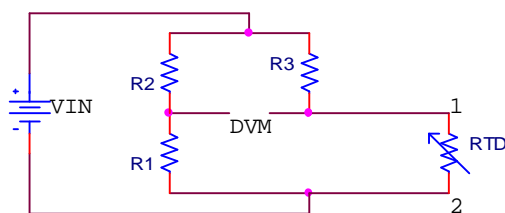
می توانیم RTD ها را براساس تعداد سیمهای خروجی نیز دسته بندی کنیم که این نوع تقسیم

بندی نیز متداول می باشد. شکل زیر این نوع تقسیم بندی RTD ها را نشان می دهد.



از A تا D انواع عناصر RTD ، دو سیمه ، سه سیمه و چهار سیمه

شکل زیر نیز یکی از انواع متداول RTD های دو سیمه را نشان می دهد که جهت انجام عملی خاص به یک پل و تستون متصل شده است. دو ترمینال میانی پل و تستون قابلیت اتصال به ولتمتر دیجیتال جهت اندازه گیری تغییرات ولتاژ و یا اتصال به یک کنترل کننده را در صورتی که از RTD به عنوان یک سنسور ورودی استفاده شده باشد را دارد.



RTD های دو سیمه متداول و پر کاربرد هستند اما RTD های سه و چهار سیمه جهت کاربردهای دقیق تر لازم و ضروری است.

#### ترمیستور:

ترمیستورها از قطعات حرارتی یا سنسورهای حرارتی بسیار متداول در صنعت هستند که شبیه به RTD با تغییر درجه حرارت، مقدار مقاومتشان تغییر می کند، ولی تفاوت اصلی بین RTD و ترمیستور در این است که مقدار مقاومت RTD با افزایش درجه حرارت افزایش می یابد اما در ترمیستور کاملاً بر عکس، با تغییر درجه حرارت مقدار مقاومت آن کاهش پیدا می کند و در واقع ضریب حرارتی آن منفی است و تفاوت دیگر آن در این است که مقدار تغییرات مقاومت داخلی ترمیستور در اثر تغییرات دما، نسبت به RTD بیشتر است و در اثر تغییر دما، مقاومت داخلی آنها بیشتر تغییر می کند.

ترمیستورهایی با ضریب مثبت نیز در بازار موجود هستند، اما نوع منفی آنها بیشتر کاربرد دارد.

ترمیستورها بیشتر در دو دسته تولید می شوند:

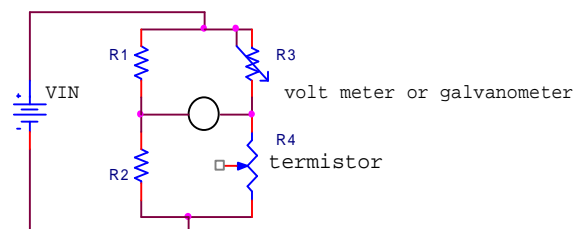
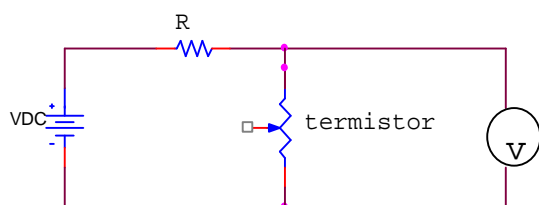
1) دسته ای که از مواد نیمه هادی و در انواع میله ای، پروب و مهره دار ساخته می شوند

2) دسته ای که در انواع دیسکی یا تخت ساخته می شوند و دارای یک پوشش فلزی هستند، در حالی که نوع اول پوشش شیشه ای دارد .

نکته مهم در هنگام کار با این سنسورها، مطلبی است در مورد تغییرات مقاومتی آنها و آن مطلب این است که تغییرات مقاومتی این عناصر به هیچ عنوان خطی نمی باشند. شکل زیر دو نوع متداول ترمیستور را نشان می دهد :



ترمیستورها در بسیاری از پروسه های صنعتی و در جاهایی که نیاز به اندازه گیری حرارت باشد استفاده می شوند بدین معنی این عناصر مثل RTD ها از یک پل و تستون استفاده می کنند. و مقدار تغییرات را به قسمتهای دیگر ارائه می دهند.



در دو شکل بالا دو مدار کلی برای استفاده از این سنسور آمده است. معمولاً این سنسورها را با علامت یک مقاومت داخل دایره با حرف T نشان می دهند و یک فلش نشان می دهند .

در عمل از سنسورهای مقاومتی برای حوزه های محدود تغییرات دمایی استفاده می شود. در این حالت میتوان مشخصه سنسور را خطی در نظر گرفت.

## پارامترهای فشار :

شناخت پارامترهای اصلی در اندازه گیری فشار برای انجام صحیح عمل اندازه گیری بسیار ضروری است .

فشار بر طبق تعریف عبارت است از نیروی وارد شده بر واحد سطح که می توانیم آن را به

$$p = \frac{F}{A}$$

صورت یک تابع ریاضی به شکل زیر نمایش می دهیم:

همان طوری که مشاهده می کنید، در این رابطه نیز، فشار برابر است با نیروی وارده بر

سطح، واحد اصلی فشار psi است که در سیستم های انگلیسی کاربرد فراوانی دارد .

### لوله بوردن به عنوان سنسور فشار (Burden sensor):

لوله بوردن یکی از انواع متداول سنسورهای فشار است، این نوع سنسور از یک لوله که

عموماً به شکل C ساخته می شود، تشکیل شده که یک سر لوله کاملاً مسدود و درزگیری شده و سر

دیگر آن به منبع فشار که باید اندازه گیری شود، متصل می شود.

با وارد آمدن فشار به داخل لوله، نیرو مستقیماً به سمت دیگر لوله و جایی که مسدود شده وارد

میشود، و این نیرو وارده بر قسمت مسدود کمی حرکت و تکان در آن بوجود می آورد که توسط

ابزارهای متصل شده، دریافت و بوسیله چرخ دنده ها و ابزارهای دیگر تقویت شده و جهت نمایش به

یک درجه عقربه ای تحویل می شود.

روش دیگر خواندن مقدار فشار بوسیله لوله بوردن وصل کردن ابزارهای حس کننده به یک

پتانسیومتر است که پتانسیومتر داخل یک پل و تستون قرار گرفته است

سنسورهای لوله بوردن برای اندازه گیری فشار تا اندازه 100,000psi به کار می رود ولی برای

اندازه گیری مقادیر کوچک فشار و زیر 15psi مناسب نیستند زیرا فلزهای بکار رفته در آن به نسبت

فشار های پایین، سفت و محکم بوده و خیلی کم حرکت می کنند و بنا براین رقم صحیحی را ارائه نمی دهند.

### سنسور فشار دیافراگمی:

این نوع سنسورها برای اندازه گیری فشارهای پایین 330Psi، فشار مثبت و 29,9 (خلا) به کار می روند .

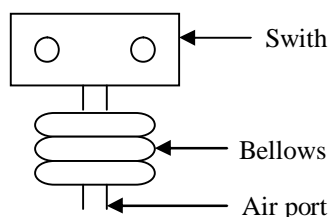
در این سنسورها یک صفحه دیافراگم در وسط محفظه دستگاه نصب شده ،یک طرف دیافراگم به منبع فشار و طرف دیگر آن به هوای معمولی متصل است، با تغییر فشار در یک طرف دیافراگم، دیافراگم شروع به حرکت می کند که این حرکت با فشار اعمال شده به آن متناسب است .  
با متصل کردن دیافراگم به یک ابزار خاص مثل یک سوئیچ می توانیم از حرکت این صفحه دیافراگم استفاده کرده و تغییراتی را در وضعیت مدار کنترلی بوجود بیاوریم.

### سنسورهای فشار دمنده (bellows pressure sensor)

این نوع سنسورها از یک ابزار خاص به شکل آکاردیون استفاده می کنند ،این ابزار در اثر فشار وارد شده از طریق دریچه ورودی، منبسط شده و یک حرکت مستقیم را انجام می دهد تا سوئیچ قرار گرفته در مقابل خود را تحریک کند.

در انواع کوچکتر این سنسور که برای کار در فشارهای پایین تر طراحی شده، ابزار آکاردیونی شکل پس از قطع فشار بحالت اول خود باز می گردد و در انواع بزرگتر آن، از یک فنر برای بازگشت به وضعیت اصلی استفاده خواهد شد.

در شکل زیر خواهیم دید که چطور این قسمت آکاردیونی توسط دمیده شدن هوا منبسط شده ،

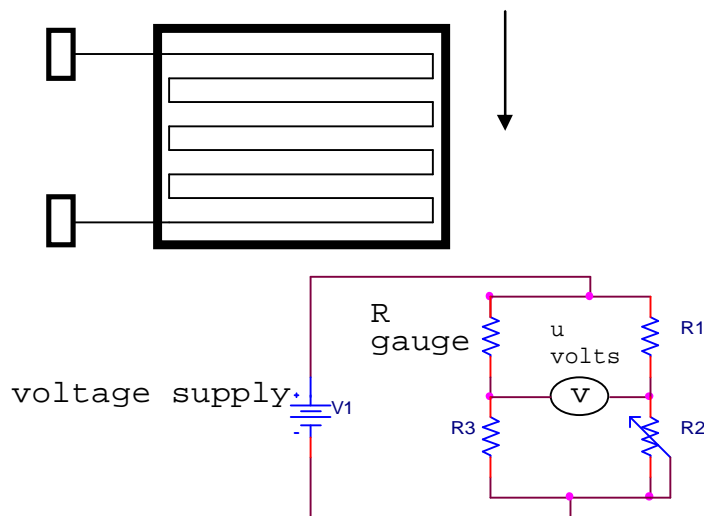


سوئیچ الکتریکی را تحریک میکند.

### کشش سنج (strain gauge)

کشش سنج یا تنش سنج یک شبکه متمرکز سیمی است که به شکل یک توری سیمی روی سطحی قرار گرفته و با حرکت و خم شدن سطح در اثر فشار مقاومت دیده شده از دو سر خروجی آن تغییر می کند، با متصل کردن آن به یک ابزار مکمل مثل یک پل و تستون می توانیم از این تغییر مقاومت استفاده های لازم را ببریم.

تنش سنج ها انواع مختلف و متنوعی دارند که بنا به نوع استفاده می توانیم آنها را بکار بگیریم برای اتصال تنش سنج ها به مدارهای اندازه گیری نیز می توانیم از پل و تستون استفاده کنیم مقدار مقاومت متغیر این قطعه را به یک ولتاژ قابل قبول برای کنترلر ها تبدیل کنیم. شکل زیر یک کشش سنج را نشان می دهد.



شکل الکترونیکی مدار بالا، مدار پل و تستون کشش سنج را نشان می دهد.

### سلول بار (load cell)

یک سلول بار سنسوری است که در آن چندین گیج تنش وجود دارد به طوری که خروجی متناسب با وزن یا فشار داشته باشد. کاربرد اصلی سلول بار در توزین اجسام مختلف است.

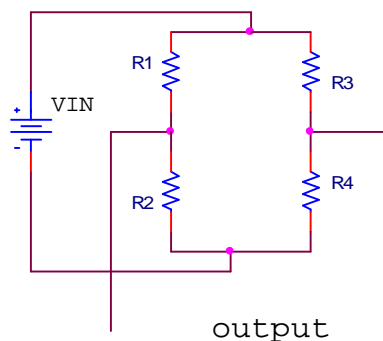
سلولهای بار دو گونه هستند:

1) سلول بار با میله خم شونده است. این میله در اثر فشار بار خم میشود و میزان خم شدن را یک گیج تنش اندازه میگیرد.

2) نوع دوم سلول با میله قیچی شکل است، شکل میله این سلولها شبیه T این سلول گرانتر است. اما این مزیت را دارد که بعد از برداشتن بار سریعتر به صفر میرسد، محدوده دینامیکی این سلولها نیز بیشتر است.

### مدار الکتریکی سلول بار:

در سلول بار گیجها به صورت پل بسته می شوند، ولتاژ خروجی در این پل در حدود میلی ولت است و ولتاژ تغذیه این سلولها معمولاً در حدود 5 تا 10 می باشد.



### سنسورهای دیگر فشار:

1) سنسور پیزوالکتریک

2) سنسور خازنی

### سنسورهای چگالی و چسبندگی:

در بسیاری از صنایع بخصوص صنایع شیمیایی اندازه گیری چگالی و چسبندگی محصول

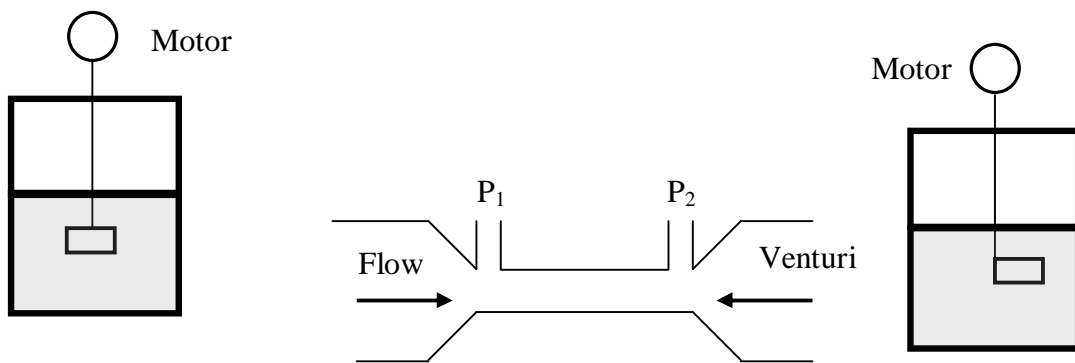
ضروری است. چگالی نسبت جرم حجمی جسم به جرم حجمی آب است. یک راه ساده برای اندازه

گیری چگالی مایعات اندازه گیری میزان روان بودن آنهاست.



### سنسور چسبندگی :

شکل زیر سه نوع سنسور چسبندگی را نشان می دهد. در نوع الف موتور میله و صفحه متصل به آن را با سرعت ثابتی می چرخاند. هر چه مایع چسبنده تر باشد، نیروئی که موتور مصرف می کند بیشتر است. در سنسور نوع دوم از تغییر فشار در لوله ونتوری میزان چسبندگی محاسبه می شود. در سنسور نوع سوم صفحه داخل مایع با فرکانس مشخصی به نوسان در می آید. هر چه چسبندگی بیشتر باشد دامنه نوسان نیز بیشتر است.



### سنسورهای موقیت :

در کاربرد های زیادی لازم است میزان تغییر مکان خطی یا چرخشی اندازه گیری شود. بنابر این دو نوع سنسور موقیت وجود دارد:

#### 1) پتانسیومتر خطی یا چرخشی :

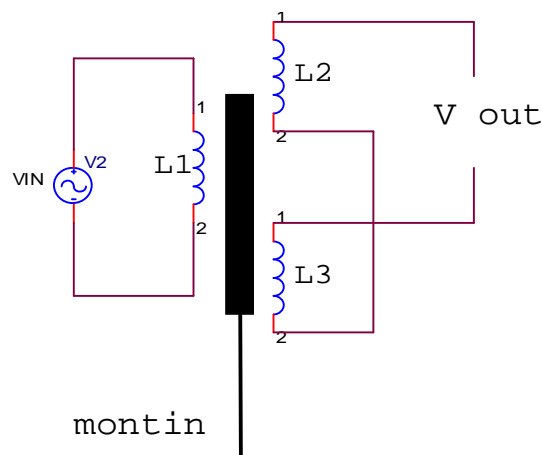
این پتانسیومتر یک مقاومت متغیر است که با تغییر مکان بازوی آن مقدار مقاومت تغییر می کند، با اندازه گیری میزان مقاومت بین بازوی متحرک و یکی از سر های ثابت، مکان بازوی متحرک مشخص می شود، انواع پتانسیومترها در ابعاد و مقاومت های مختلف در بازار وجود دارد.

پتانسیومتر چرخشی در دو نوع یک دوری و چند دوری وجود دارد. در نوع یک دوری میزان چرخش بازوی متحرک کمتر از 360 درجه است و در نوع چند دوری میزان چرخش به 10 تا 20 دور می

رسد.

## (2) مبدل تفاضلی خطی (LUDT):

LUDT یک ترانسفورماتور با یک سیم پیچ اولیه و دو سیم پیچ ثانویه یکسان است. سیم پیچها دور یک لوله پیچیده شده اند و داخل آنها یک میله آهنی متحرک وجود دارد. وقتی میله آهنی نزدیک سیم پیچ ثانویه است، خروجی آن حداکثر است و دو سیم پیچ خروجی طوری بسته شده اند که وقتی میله ما بین آنها باشد، خروجی صفر است و با تغییر موقیت میله، خروجی مقدار مثبت یا منفی پیدا می کند. شکل زیر شمای کلی یک مبدل تفاضلی خطی یا LUDT را نشان می دهد.



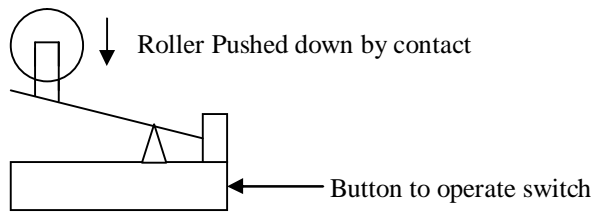
## سنسور های تشخیص اشیا (object detector sensors):

سنسور های تشخیص اشیا بر دو نوع هستند نوع اول لیمیت سوئیچ است و نوع دوم پروکسیمیتی سوئیچ است، این دو نوع سنسور در کارخانجات سیمان بیشتر بکار می رود.

### الف) لیمیت سوئیچ (limit switch):

در اثر تماس مستقیم و مکانیکی شی با لیمیت سوئیچ کنتاکتهای آن تغییر وضعیت می دهند. از لیمیت سوئیچ بیشتر در دستگاههای مته استفاده می شود. یکی از کاربردهای لیمیت سوئیچ در کارخانجات سیمان تشخیص حالت ON یا OFF بودن کلید های حساس است، این سنسور پس از

تشخیص حالت کلید فرمان موجود رابه اتاق کنترل می فرستد. شکل زیر یک نوع لیمیت سوئیچ را نشان می دهد.



### پروکسیمیتی سوئیچ (Proximity switch):

در این نوع سوئیچ بدون برقرار شدن تماس مکانیکی، عبور یا وجود شیئی تشخیص داده می شود. بنابراین به دلیل نداشتن تماس مستقیم دارای استهلاک کمی بوده و در انواع ذیل می باشد.

#### 1) پروکسیمیتی سوئیچ القائی:

این سوئیچ از یک اسپلاتور RF (radio frequency) و یک مدار LC تشکیل شده است، طبیعتاً دلیل نوسانات ناشی از اسپلاتور، میدان مغناطیسی اطراف مدار LC القاء می گردد که با نزدیک شدن یک قطعه فلزی به این میدان جریانی در آن قطعه القا شده و میدان ناشی از این جریان (نیروی ضد محرکه) عملاً باعث برهم خوردن تعادل اسپلاتور شده و آن را متوقف می نماید که ماحصل آن وصل شدن یک کلید الکترونیکی مانند ترانزیستور می باشد. به همین دلیل به این نوع سوئیچ ECKO (Eddy Current Killed Oscillator) نیز می گویند.

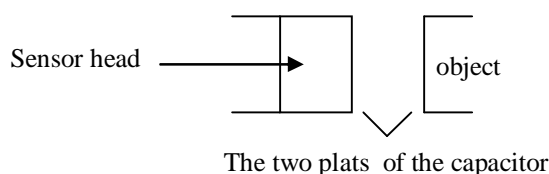
دامنه کاربرد این سنسور بین  $0/2^{mm}$  تا  $20^{mm}$  می باشد و حساسیت آن به فلزات مغناطیسی نظیر آهن بیشتر از فلزات دیگر است.

#### 2) پروکسیمیتی سوئیچ خازنی:

این نوع سوئیچ قادر به تشخیص اشیاء فلزی و غیر فلزی می باشد. همانطور که می دانیم ظرفیت

یک خازن با تغییر عایق بین صفحات آن تغییر می نماید.

در نوع فلزی سنسور نقش یکی از صفحات خازن را ایفا نموده و قطعه فلزی به عنوان صفحه دیگر خازن به کار می رود. با نزدیک شدن قطعه فلزی به سنسور فاصله هوایی کم شده و ظرفیت خازن تغییر می کند. شکل زیر یک پروکسیمیتی سوئیچ خازنی را نشان می دهد.



### سنسورهای نوری (photoelectric Sensor)

این سنسورها در نوع مستقیم و انعکاسی ساخته می شوند نوع مستقیم مطابق شکل الف زیر از یک فرستنده LED مادون قرمز و یک گیرنده (فتو ترانزیستور) تشکیل شده و هر کدام دارای یک عدسی جهت جلوگیری از پراکندگی نور بوده و در محفظه ای جداگانه قرار گرفته اند.

به عنوان مثال می توان در چهار گوشه محل کار یک روبات از این سنسور استفاده نمود. بدین صورت که هنگام وارد شدن انسان به محدوده کار این روبات مسیر نور قطع شده و فتوترانزیستور گیرنده غیر فعال می گردد و فرمان توقف را به روبات صادر می کند.

در نوع انعکاسی گیرنده و فرستنده در داخل یک مجموعه قرار دارند و بنابراین تنها نیاز به یک مسیر سیم کشی می باشد. انعکاس نور نیز از طریق جذب مورد نظر یا با استفاده از صفحه منعکس کننده جداگانه ای تامین می گردد. شکل زیر انواع سنسورهای نوری اعم از مستقیم و انعکاسی نشان می دهد.

### طرح تجهیزاتی سیستمهای کنترل صنعتی

- فلودیاگرام تجهیزات

- روشهای عملی در استفاده از تجهیزات کنترل صنعتی

منظور از طرح تجهیزاتی این است که با توجه به پروسه موجود، و رفتار مورد نظر مطلوب آن،

با چه تجهیزاتی و چگونه به طرح حلقه کنترل مناسب پرداخت.

طرح تجهیزاتی حلقه کنترل معمولاً با در نظر داشتن حلقه ارائه شده در شکل زیر انجام می

پذیرد. در مراحل طراحی، همواره بایستی سعی نمود، ضمن طرح یک سیستم قابل اعتماد، و مناسب

از مصرف تجهیزات و عناصر اضافی و غیر لازم خودداری شود.

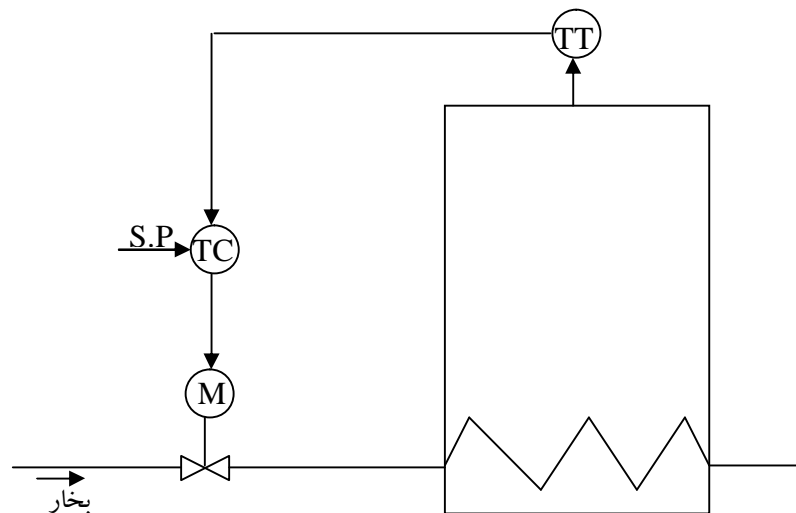
مثال: فرض می کنیم هدف طرح تجهیزاتی، کنترل دمای یک گرم کن مطابق شکل زیر باشد با

توجه به شکل تجهیزات لازم عبارتند از:

(1) اندازه گیر - مبدل - انتقال دهنده دما، توسط این عنصر دمای گرم کن اندازه گیری شده و

به طرف کنترل کننده انتقال داده می شود، در شکل این عنصر با علامت (TT) که به معنی ترانسmitter دما

(Temperature Transmitter) نشان داده شده است.



2) کنترل کننده دما، این عنصر با مقایسه دمای مطلوب (Set Point) با مقدار اندازه گیری شده، مقدار خطا را اندازه گیری می کند و پردازش لازم را بر روی آن انجام می دهد. و سپس فرمان مناسب را به سوی عنصر نهایی می فرستد، در شکل این عنصر با علامت (TC)  $\rightarrow$  SP مشخص گردیده است.

3) عناصر نهایی، که از یک شیر، با محرک موتوری (الکتریکی) می باشد با توجه به فرمان ارسالی از جانب کنترل کننده شیر باز یا بسته شده و بخار، بیشتر یا کمتری به داخل گرم کن می فرستد.

بعد از طرح تجهیزاتی حلقه کنترل، بر روی کاغذ و اطمینان از صحت آن می توان نسبت به سفارش قطعات و پیاده نمودن عملی طرح اقدام نمود.

در عمل تعداد تجهیزات به کار رفته در یک پروسه ممکن است بسیار زیاد و متنوع بوده و ارتباط بین آنها پیچیده باشد و از طرفی تهیه نقشه و ضبط اطلاعات کافی در مورد یک طراحی برای عیب یابی و نگهداری آن در آینده امری ضروری و لازم است از طرفی دیگر علائم و روش بیان بااطلاعات بایستی حتی الامکان حالتی استاندارد داشته و برای دیگران نیز قابل درک و استفاده باشد.

بنابراین لزوم بکار گیری علائم و روشهای مشخص و تعریف شده در طراحی تجهیزات کنترل صنعتی احساس می گردد، در عمل استانداردهای مختلفی در این زمینه وجود دارند که کم و بیش شبیه یکدیگر هستند و در اینجا به معرفی استاندارد ISA می پردازیم.

#### استاندارد ISA :

در این روش هر عنصری با حروفی مشخص می گردد این حروف که در داخل یک دایره قرار می گیرند نمایانگر عملکرد آن عنصر می باشند. معنی حرف بکار رفته در استاندارد ISA برای برخی از وسایل مطابق جدول زیر است.

<i>A</i>	<i>Analysis</i>
<i>F</i>	<i>Flow rate</i>
<i>L</i>	<i>Level</i>
<i>S</i>	<i>Speed Monitor</i>
<i>TT</i>	<i>Temperature Transmitter</i>

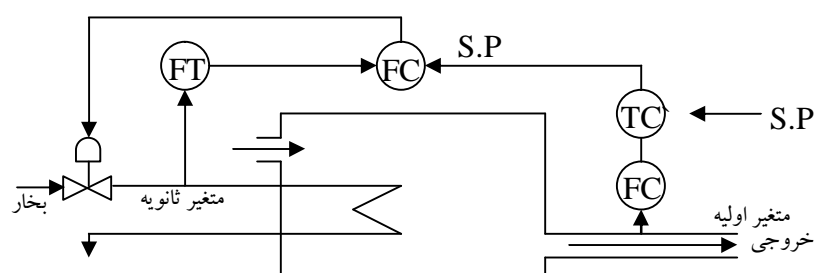
سیگنالهای حاصل از عناصر کنترل و اندازه گیری توسط خطوط انتقال به نقاط مورد نظر منتقل می گردند این خطوط بر حسب نوع و محل پروسه انواع گوناگون دارند که در جدول زیر علائم استاندارد خطوط انتقال آمده است.

.....	ارتباط الکتریکی
_____*	ارتباط توسط لوله مویی
_____L	ارتباط هیدرولیکی
_____//	ارتباط پنوماتیکی
_____	ارتباط مکانیکی یا صرفاً بیان ارتباط

طرحی که با استفاده از علائم و قراردادهای فوق رسم می گردد را فلودیگرام تجهیزات یا (Instrument-Flow Diagram) می نامند.

### کنترل با استفاده از متغیر ثانویه:

از این روش هنگامی که یک پروسه دارای دو قسمت با سرعت پاسخ دهی متفاوت می باشد استفاده می کند. در شکل زیر یک سیستم تبادل گرما، که با این روش کنترل می گردد نشان داده شده است.



سرعت پاسخ دهی سیال گرما گیر به دلیل اینرسی گرمایی آن طولانی تر از سرعت پاسخ دهی ، سیستم گرما ده بخاری می باشد. بنابراین اگر هدف کنترل دمای گرم کن باشد ، می توان ابتدا دمای پروسه را اندازه گرفته و در کنترل کننده اولیه با مقدار مطلوب مقایسه نمود ، و بعد از انجام عملیات کنترلی از خروجی آن به عنوان ورودی (Set Point) برای کنترل کننده ای که مقدار دبی بخار ورودی را کنترل می کند ، استفاده نمود. با این طرح می توان ضمن بهبود پایداری سیستم ، اثر تغییرات بار و تاخیرهای زمانی را کاهش داد.

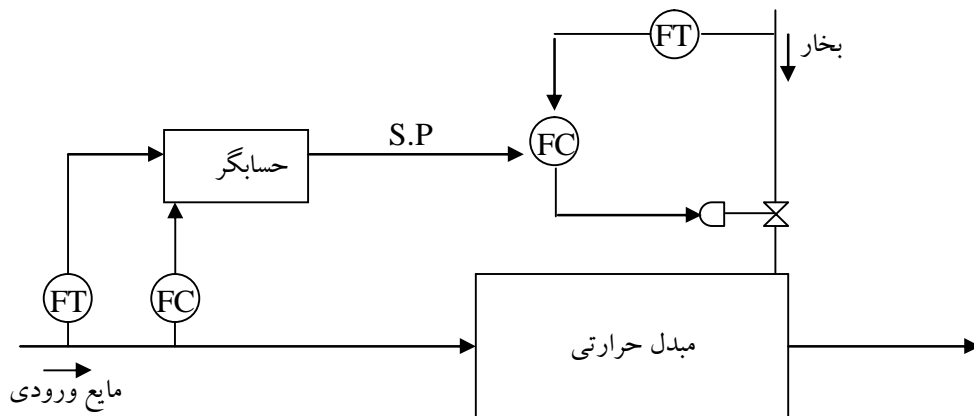
### کنترل پیشرو (Feed Forward-Control)

در این روش ، خروجی از طریق اندازه گیری ورودی ها و یا اغتشاشاتی که می توانند ، خروجی را از مقدار مطلوب منحرف کنند کنترل می شود.

در واقع اغتشاشات قبل از آنکه به پروسه اثر کنند ، اندازه گیری شده و کنترلر فرمانی مناسب ، جهت عکس العمل پروسه ارسال می کند. و یا به بیان دیگر در این روش سعی می شود اثر اغتشاشات پیش از آنکه باعث انحراف قابل توجه خروجی شوند ، خنثی گردد ، که در این صورت نام پیشرو برای این روش مناسب به نظر می رسد.

روش پیشرو جهت پروسه هایی با تاخیر زمانی یا زمان مرده مناسب می باشند ، و به علاوه به دلیل ماهیت پیش بین این روش ، بایستی از قبل اطلاعات دقیقی از دینامیک پروسه و طیف فرکانسی و پهنای باند اغتشاشات در دست داشت شکل زیر نقشه تجهیزاتی یک کنترل پیشرو ، در یک مبدل حرارتی را نشان می دهد تغییرات بار توسط اندازه گیرها ، قبل از وارد شدن به پروسه اندازه گیری می شوند ، این اطلاعات به واحد حسابگر که قبلاً با توجه به ماهیت پروسه و اغتشاشات برنامه ریزی شده ارسال می گردد ، واحد حسابگر مقدار مطلوبی (SP) برای کنترل کننده جریان بخار ورودی تعیین می کند ، و بخار ورودی به مبدل بر این مبنا تنظیم می شود.

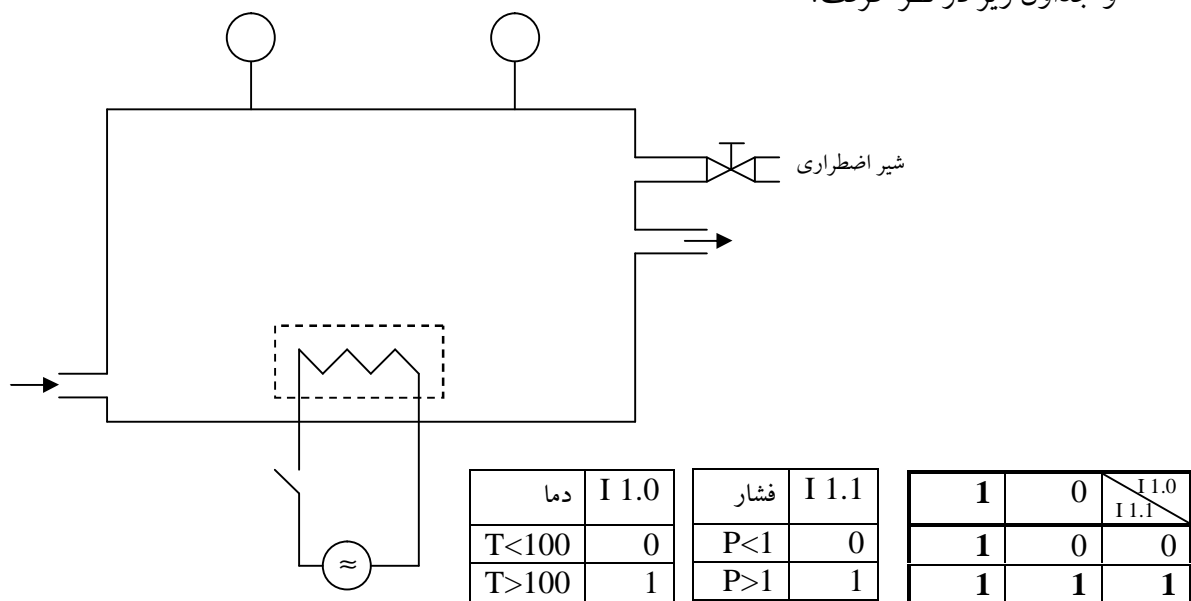




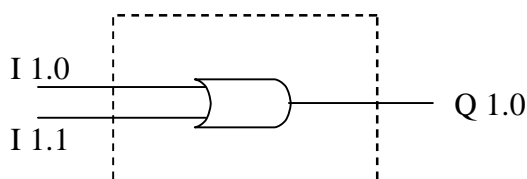
### کنترل کننده منطقی (Digital Control):

در بسیاری از موارد عملی برای کنترل پروسه ها لازم است هنگامی که تابع منطقی از یک سری ورودی (data) بر آورده شود فرمانی توسط کنترل کننده صادر میشود، چنین کنترل کننده ای را کنترلر منطقی و این نوع کنترل را کنترل منطقی یا (logic) می گویند .

پروسه زیر که یک آبگرمکن برقی است را در نظر می گیریم، در اینجا می خواهیم هر گاه دما پروسه از 100 تجاوز نمود و یا فشار مخزن بیش از یک اتمسفر گردید شیر اضطراری باز شود، در این صورت هر گاه ورودی های مذکور را به ترتیب I1.0 و I1.1 در نظر گرفته و فرمان باز شدن شیر اضطراری را بعنوان خروجی Q1.0 در نظر بگیریم مسئله کنترل را می توان از نظر منطقی مطابق شکل و جداول زیر در نظر گرفت.



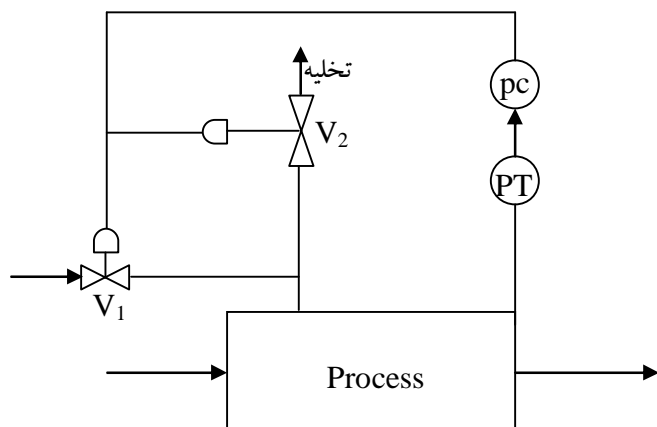
با اندکی توجه به جداول فوق مشخص می‌گردد که عمل کنترل مورد نیاز تابع OR با ورودی های I1.0 و I1.1 می‌باشد.



### کنترل تقسیم مقیاس (split-range control):

در این روش فرمان دو عمل کننده مختلف از یک کنترل کننده صادر می‌گردد. و هر یک از عمل کننده‌ها در فاصله قابل تنظیمی از کمیت تحت کنترل عمل می‌کنند.

شکل زیر فلو دیاگرام تجهیزاتی یک حلقه کنترل فشار را نشان می‌دهد برای تنظیم فشار بسیاری از پروسه‌ها از گاز استفاده می‌شود. مطابق شکل سیگنال خطا توسط اندازه گیر و کنترل کننده فشار ساخته می‌شود. ما دامیکه فشار بین 0,2 تا  $\frac{kg}{cm^2} 20,6$  باشد شیر V1 بسته است و در صورتی که فشار بیش از  $\frac{kg}{cm^2} 20,7$  شود شیر V2 باز می‌گردد. بنا بر این یک فاصله مرده 0,6-0,7 بدست می‌آید که در این فاصله هیچ یک از شیرها تغییر وضعیت نمی‌دهند. در این روش فاصله مرده بر حسب نیاز معمولاً قابل تنظیم است.



## فصل چهارم :

### کاربرد ادوات خروجی در کنترل صنعتی

تمامی مدارهای الکترونیک صنعتی دارای انواع مختلفی از ادوات خروجی هستند که به وسیله آنها کنترل سیستم را انجام می دهند.

بعضی از ادوات خروجی در مدار داخلی خودشان دارای تقویت کننده سیگنال هستند و در برخی دیگر تقویت کننده به صورت قطعه ای جانبی به سیستم اضافه می گردد ، سیگنال خارج شده از کنترل کننده می تواند سیگنال دیجیتال و یا آنالوگ باشد که تقویت کننده این سیگنال را می گیرد و ولتاژ و جریان مناسب برای راه اندازی موتور را تولید می کند.

#### شیرهای برقی :

یکی از ساده ترین ابزارها و ادوات کنترل در مدار صنعتی شیرهای برقی بوبین دار هستند. این نوع شیرها از یک سیم پیچ مغناطیسی به اضافه یک میله متحرک تشکیل شده اند ، هنگامی که سیم پیچ برقرار می گردد میله را به سمت خود می کشد و بدین ترتیب مسیر شیر باز می گردد و راه برای روان شدن و گردش مایع فراهم می شود. زمانی که سیم پیچ از حرکت می گردد نیروی کشش فنر میله را به حالت اولیه خود بر می گرداند و راه گردش مایع مسدود می گردد.

سیم پیچ شیرهای برقی از چند دور سیم که به دور یک هسته پیچیده شده اند تشکیل شده است. این هسته از نوع میان تهی است و درست به اندازه میله ای که در وسط آن قرار می گیرد ساخته شده است. سیم پیچها به منظور حفاظت در برابر گرد و غبار و حرارت در محفظه ای از جنس اپوکسی قرار داده شده اند و دو رشته سیم به منظور ارتباط با خارج از این محفظه بیرون آمده است. در هنگام تحریک شدن سیم پیچ یک میدان مغناطیسی قوی در اطراف آن ایجاد می شود که باعث کشیده شدن میله تا وسط آن می شود.

## انواع شیرهای برقی:

شیرهای برقی برای کنترل جریان هوا، آب، گازهای ساکن، روغن های سبک، خنک کننده ها و دیگر سیالات ساخته شده اند.

این شیرها کاربردهای گوناگونی در صنعت دارند. یک نمونه از کاربردهای آنها کنترل باد سیلندرهای بادی (نیوماتیکی) یا روغن سیلندرهای روغنی (هیدرولیکی) است.

در شکل زیر یک شیر برقی بوبین دار با سه مسیر و دو وضعیت باز و بسته به نمایش گذاشته شده است همانطور که در شکل مشخص است این شیر از یک فنر برای بازگشت به حالت عادی استفاده می کند حرف P نشان دهنده مسیر ورودی فشار هواست. حروف B و A نشان دهنده مسیر خروج هوا در دو حالت بوبین تحریک شده و بوبین تحریک نشده می باشند.

## شیرهای مقایسه ای:

در عمل این نوع شیرها در بسیاری از موارد ناچار به مقایسه و تنظیم بعضی از پارامترهای سیستم می شوند. این بدین معنی است که درجه باز یا بسته بودن آنها بین 0 تا 100 درصد قابل تنظیم است. شیرهای مقایسه ای عمدتاً در سیستمهای هیدرولیکی هنگامی که کنترل یک بار سنگین مرد نظر است، استفاده می گردند. به عنوان مثال این نوع شیرها می توانند برای کنترل فشار و جریان پلاستیک ورودی به یک ماشین تزریق قالب پلاستیک مورد استفاده قرار می گیرند و انواع برزگتر آنها برای کنترل حجم سیال وارد شونده به موتورهای هیدرولیکی به کار می روند.

## انواع شیرهای برقی مقایسه ای:

- (1) شیرهای کنترل هدایتی
- (2) شیرهای کنترل جریان
- (3) شیرهای کنترل فشار

### شیرهای برقی موتور دار:

نوع دیگری از شیرهای برقی شیرهایی هستند که برای باز و بسته شدن از نیروی یک موتور الکتریکی کمک می گیرند. محور موتور به آرامی گردش می کند و مسیر جریان را باز و بسته می کند و زمان لازم برای باز یا بسته شدن دریاچه شیر بین 10 الی 20 ثانیه است.

بعضی از کاربردهای این نوع شیرها عبارتند از:

کنترل دریاچه مسدود کننده جریان هوا در سیستمهای تهویه هوا که با استفاده از این نوع شیرها امکان تنظیم و کنترل دریاچه مسدود کننده را در هر حالت دلخواهی بین حالت کاملاً باز و کاملاً بسته خواهیم داشت.

این موتورها در انواع DC و AC در دسترس هستند که نوع 24 ولت AC برای استفاده در سیستم تهویه هوا و گرم کننده ها مناسب است. برای کنترل حرکت موتور به جای سوئیچ های محدود کننده از پتانسیومترها نیز می توان استفاده کرد.

### موتورهای پله ای (Stepper Motors)

موتورهای پله ای نمونه ای از موتورهای الکتریکی هستند که بدون استفاده از فیلتر کنترل سرعت و تنظیم موقعیت حرکتی را در اختیار ما قرار می دهند.

با تحریک ورودی توسط یک پالس، موتور به اندازه چند درجه حول محور خود دوران می کند با کنترل کردن پالس ورودی به موتور ما می توانیم زاویه چرخش و موقعیت حرکتی موتور، حول محور خویش را کنترل کنیم.

موتورهای پله ای در سه مدل مختلف در دسترس هستند که عبارتند از:

- 1) موتورهای با آهنربایی دائمی
- 2) موتورهای با مقاومت مغناطیسی متغیر

### موارد استفاده موتورهای پله ای:

این موتورها در گستره وسیعی از کاربردهای صنعتی به ویژه در کنترل صنعتی در ساخت وسایل جانبی کامپیوتر ، ماشینهای اداری ، کنترل حرکت و علم رباتیک مورد استفاده قرار می گیرند.

### نتیجه گیری:

امروزه کاربرد سنسورها و وسایل مربوط به آن در کنترل صنعتی بسیار شده است. به طوری که کنترل یک کارخانه و یک واحد تولیدی بدون استفاده از سنسورها غیر ممکن است .  
مثلاً در کارخانجات سیمان از سنسور های متفاوتی استفاده شده است که این گزارش مربوط به همین سنسورها است. در کارخانه سیمان از سنسور های اندازه گیری دما مثل PT100 و ترموکوپل استفاده شده است و از سنسور های دیگری مثل میکرو سوئیچ و پرا کسیمیتی و LEVEL نیز استفاده شده است .

پس با توجه به این مطالب فوق نتیجه می گیریم که سنسورها در کنترل صنعتی انواع مختلفی دارند. و کار هر کدام مختلف می باشند. در صنعت و تمامی کارخانجات سیمان و واحدهای تولیدی سنسورها به وسیله مهم دیگری به نام کنترل کنندهای منطقی برنامه پذیر یا PLC متصل میشوند. که بعد از پردازش بروی سیگنال ارسالی از سنسورها توسط PLC این سیگنال کنترل به اتاق کنترل به منظور کنترل قطعه مورد نظر فرستاده می شود.

ذکر این نکته ضروری می باشد، امروزه سنسورهایی ساخته شده اند که قابلیت متصل شدن به کامپیوتر را نیز دارند. همچنین امروزه سنسورهایی ساخته شده اند که قادر به اندازه گیری سطح و حتی ورود و خروج افراد را نیز مشخص می کنند.

در پایان با توجه به مطالب فوق نتیجه می گیریم که سنسورها و کنترل صنعتی امروزه در همه کارخانجات و واحدهای تولیدی بصورت بسیار گسترده ای به کار می روند به طوری که در کارخانجات چندین نفر را به عنوان تکنسین برای نظافت و تعمیرات آن بکار می برند .

### مراجع

- (1) کنترل صنعتی ، تالیف دکتر حجت سبز پوشان ، 1379 ، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران ، صفحه 146 الی 162.
- (2) PLC به زبان ساده ، تالیف مهندس مهران آراسته ، 1381 ، انتشارات ارکان ، صفحه 25 الی 32.
- (3) کنترل صنعتی ، دکتر سید ابراهیم حسینی ، 1383 ، انتشارات دیباگران تهران ، صفحه 179 الی 188.
- (4) کنترل صنعتی ، مهندس سورنا مرآت ، 1382 ، انتشارات دیباگران تهران ، صفحه 21 الی 30 و 336 الی 370 .