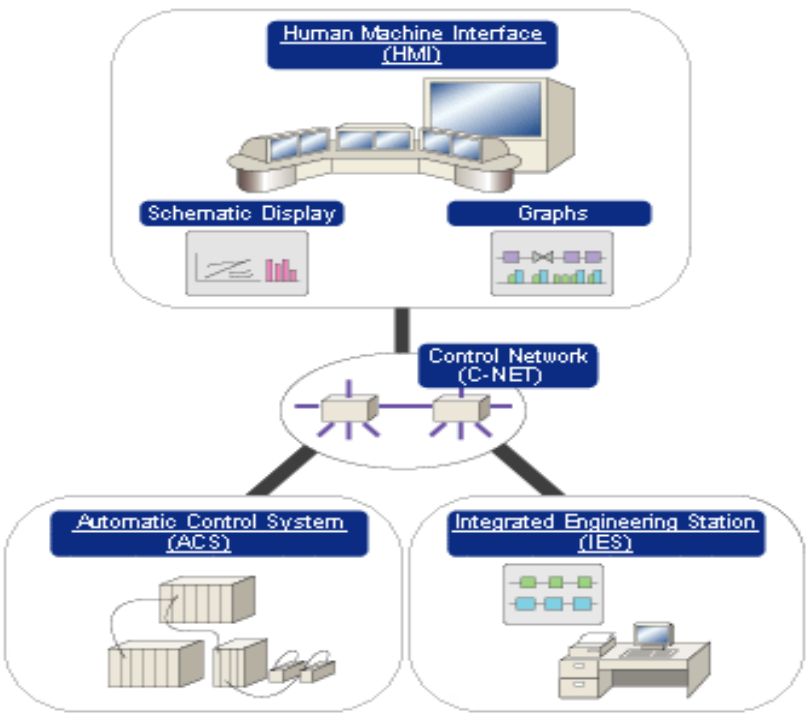
اصول و مبانی ابزاردقیق



فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
۱- مقدمه (تاریخچه ی اتوماسیون و اجزاء سیستم های کنترل)	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۱-۲ تاریخچه ی اتوماسیون	۲
۱-۳ روند پیشرفت سیستم های کنترل مدرن	۴
۱-۴ اجزاء کنترل	۹
۱-۴-۱ اندازه گیرها	۱۰
۱-۴-۲ کنترل کننده	۱۱
۱-۴-۳ محرک ها	۱۱
۱-۵ مشخصات دستگاه های اندازه گیری ابزار دقیق	۱۱
۲- روش های اندازه گیری فشار	۱۳
۲-۱ مقدمه	۱۴
۲-۱-۱ تعریف فشار	۱۴
۲-۱-۲ مفهوم فشار	۱۴
۲-۱-۳ واحدهای فشار	۱۴
۲-۱-۴ انواع فشار	۱۵
۲-۲ روش های اندازه گیری فشار	۱۶
۲-۲-۱ مانومتر	۱۶
۲-۲-۲ بوردن تیوب	۱۶
۲-۲-۲-۱ انواع بوردن تیوب	۱۷
۲-۲-۳ دیافراگم	۱۸
۲-۲-۴ کپسولی	۱۹
۲-۲-۵ دمنده	۱۹

www.powerplantac.com

۲-۳ ترانسمیتر فشار ۲۰

۲-۴ سوییچ فشار ۲۰

۲-۵ اندازه گیرهای الکتریکی فشار ۲۱

۲-۵-۱ استرین گیجها ۲۱

۲-۵-۲ اندازه‌گیرهای ظرفیتی فشار ۲۲

۲-۵-۳ اندازه‌گیرهای پیزو الکتریکی فشار ۲۳

۳- روش های اندازه گیری دما ۲۴

۳-۱ دما ۲۵

۳-۱-۱ تعریف دما ۲۵

۳-۱-۲ واحدهای دما ۲۵

۳-۲ روش های اندازه گیری دما ۲۶

۳-۲-۱ دماسنج های شیشه ای ۲۶

۳-۲-۲ ترموکوپل ۲۶

۳-۲-۳ مقاومت حرارت ۲۸

۳-۲-۴ ترمیستور ۲۹

۳-۲-۵ بی متال ۲۹

۳-۲-۶ سیستم های گرمایی پر شده ۳۰

۴- روش های اندازه گیری سطح، فاصله و ارتعاشات ۳۲

۴-۱ روش های اندازه گیری سطح ۳۳

۴-۱-۱ روش Dipstick ۳۳

۴-۱-۲ ارتفاع سنج شیشه ای ۳۳

۴-۱-۳ ارتفاع سنج شناوری ۳۴

۴-۱-۴ ارتفاع سنج غوطه وری ۳۴

۴-۱-۵ ارتفاع سنج حبابی ۳۵

www.powerplantac.com

۴-۱-۶ ارتفاع سنج اختلاف فشاری ۳۶
۴-۱-۷ ارتفاع سنج اولتراسونیک ۳۸
۴-۱-۸ ارتفاع سنج راداری ۳۸
۴-۱-۹ ارتفاع سنج خازنی ۴۰
۴-۱-۱۰ ارتفاع سنج سروو موتوری ۴۰
۴-۲ سوییچ های حساس به سطح ۴۱
۴-۳ اندازه گیری ارتعاشات و فاصله ۴۲
۴-۳-۱ ترانسدیوسر پراکسی میتری ۴۳
۴-۳-۱-۱ تئوری اندازه گیری ۴۳
۵- روش های اندازه گیری جریان سیالات ۴۵
۵-۱ جریان سیالات ۴۶
۵-۲ روش های اندازه گیری جریان سیالات ۴۶
۵-۲-۱ اندازه گیری به روش اختلاف فشار ۴۶
۵-۲-۲ روتامتر ۴۹
۵-۲-۳ فلومتر مغناطیسی ۴۹
۵-۲-۴ فلومتر توربینی ۵۰
۵-۲-۴-۱ موارد کاربرد کنتورهای توربینی ۵۱
۵-۲-۴-۲ اجزاء کنتور توربینی ۵۱
۵-۲-۴-۳ تبدیل حجم به کمیت (جرم، حجم استاندارد) ۵۲
۵-۲-۴-۴ رنج پذیری ۵۳
۵-۲-۴-۵ وابستگی به عدد رینولدز ۵۳
۵-۲-۵ جریان سنج های اولتراسونیک ۵۴
۵-۲-۵-۱ ترنسدیوسرها ۵۶
۵-۲-۶ فلومتر جابجائی مثبت ۵۶

www.powerplantac.com

۵-۲-۷ فلومتر جرمی ۵۷
۵-۲-۸ فلومتر لوله ی پیتوت ۵۷
۵-۲-۹ فلومتر ورتکس ۵۸
۵-۲-۱۰ فلومتر حرارتی ۵۸
۶- روش های انتقال سیگنال در سطح فیلد ۵۹
۶-۱ مقدمه ۶۰
۶-۲ روش انتقال سیگنال نیوماتیک ۶۱
۶-۳ روش انتقال سیگنال جریانی ۶۲
۶-۴ روش تکنولوژی HART ۶۳
۷- شیرهای کنترل، پوزیشنر I/P، شیرهای قطع و وصل، سولنوئیدی و MOV ۶۷
۷-۱ مقدمه ۶۸
۷-۲ اصطلاحات فنی شیر کنترل ۶۹
۷-۳ خطا ـ ایمن ۷۲
۷-۴ انواع شیر ۷۳
۷-۴-۱ شیرهای تک ورودی ۷۳
۷-۴-۲ شیرهای دو ورودی ۷۴
۷-۴-۳ پلاگ متعادل‌شده و بدنه‌های قفسه‌ای شکل ۷۵
۷-۴-۴ شیرهای با محور چرخان ۷۶
۷-۴-۴-۱ شیر پروانه‌ای ۷۶
۷-۴-۴-۲ شیر توپی ۷۷
۷-۵ مشخصات جریان عبوری از شیر کنترل ۷۸
۷-۵-۱ بازکردن سریع ۷۹
۷-۵-۲ خطی ۷۹
۷-۵-۳ خطی اصلاح شده ۸۰

www.powerplantac.com

۷-۵-۴ درصد مساوی ۸۰
۷-۵-۵ سهمی اصلاح‌شده ۸۱
۷-۶ اکچویتورها ۸۱
۷-۶-۱ اکچویتورهای دیافراگمی تک‌کاره ۸۲
۷-۶-۲ اکچویتورهای پیستونی ۸۳
۷-۷ پوزیشنرهای شیر ۸۵
۷-۸ سایر متعلقات شیر کنترل ۸۹
۷-۹ شیرهای عمل کننده توسط موتور ۹۴
۸- شبکه های صنعتی ۹۶
۸-۱ مقدمه ۹۷
۸-۲ سطوح سلسله مراتبی سیستم های اتوماسیون صنعتی ۹۸
۸-۲-۱ سطح فیلد ۹۹
۸-۲-۲ سطح کنترل ۹۹
۸-۲-۳ سطح سوپروایزری ۹۹
۸-۲-۴ سطح برنامه ریزی ۱۰۰
۸-۲-۵ سطح مدیریت ۱۰۰
۸-۳ لایه های اطلاعاتی ۱۰۰
۸-۳-۱ وظایف هر لایه ۱۰۱
۹- سیستم های کنترل متمرکز و گسترده ۱۰۴
۹-۱ مقدمه ۱۰۵
۹-۲ سیستم کنترل متمرکز ۱۰۵
۹-۲-۱ استاندارد IEC61131 ۱۰۶
۹-۲-۲ مزایا ی PLC ۱۰۷
۹-۲-۳ سیستم کلی PLC ۱۰۸

www.powerplantac.com

۹-۲-۴ خطاهای عملیاتی PLC ۱۰۸

۹-۲-۵ ملاحظات مربوط به محیط کار PLC ۱۰۹

۹-۳ سیستم های کنترل گسترده ۱۱۰

۹-۳-۱ اجزای یک سیستم DCS ۱۱۱

۹-۴ تفاوت سیستم‌های کنترل DCS و PLC ۱۱۳

۹-۵ فیلدباس ۱۱۷

۹-۵-۴ ویژگی‌های یک فیلدباس ۱۱۸

۹-۵-۴-۱ مزایای فیلد باس ۱۱۸

۹-۵-۴-۲ معایب فیلدباس ۱۱۹

۹-۵-۵ فیلدباس‌های معروف ۱۱۹

۹-۶ سیستم کنترلی پالایشگاهی ۱۲۰

منابع ۱۲۷

www.powerplantac.com

فصل اول

مقدمه (تاریخچه ی اتوماسیون و اجزاء سیستم های کنترل)

www.powerplantac.com

۱-۱ مقدمه:

در سال های اخیر کنترل اتوماتیک نقش عمده ای در پیشرفت صنایع داشته است و امروزه کنترل اتوماتیک یک قسمت مهم و جدا ناشدنی از فرایند می باشد. صنایع مختلف از واحدهای کوچک تا مجتمع های بزرگ صنعتی همه به نحوی از دستگاه های کنترل استفاده می کنند بطوریکه بهره برداری مطلوب از نظر اقتصادی و فنی بدون استفاده از سیستم کنترل اتوماتیک میسر نخواهد بود. رشد اقتصادی کشورهای فراصنعتی و رقابت سایر کشورهای توسعه یافته بر سر در اختیار گرفتن بازارهای جهانی و همچنین رقابت کشورهای در حال توسعه برای رسیدن به کشورهای توسعه یافته، نیاز به اتوماسیون و رسیدن به حداکثر تولید ضمن حفظ استاندارد و کیفیت را امری اجتناب ناپذیر نموده است.

۱-۲ تاریخچه ی اتوماسیون:

بدیهی است که هر واحد تولیدی در منشور خود دو هدف مهم را دنبال می کند یکی افزایش تولید و دیگری رضایت مشتریان، این دو هدف را اگر با دید فنی و صنعتی (ونه تجاری) بخواهیم نگاه کنیم طبعاً به این باور دست پیدا می کنیم که واحد صنعتی فوق باید بگونه ای عمل کند که بدون وقفه بکار خود ادامه دهد و در ضمن کیفیت تولید تا حد قابل قبول (استاندارد) بالا باشد. اگر این واحد تولیدی را یک واحد شیمیایی در نظر بگیریم ملاحظه خواهد شد برای دست یافتن به اهداف یاد شده لازم است یک دستورالعمل خاص (دستور ترکیب مواد از لحاظ مقدار، شرایط و زمان ترکیب) رعایت شود. همچنین در یک واحد تولیدی پتروشیمی و پالایشگاه نفت یه عنوان مثال عمل جداسازی در برجهای جدا کننده هیدروکربن ها با اختلاف یک درجه سانتیگراد و در حرارت های بالا صورت می گیرد. مشابه این فرایندها در پالایشگاه های گازی نیز وجود دارد که در برج های جدا کننده، گازها در فشارها و دماهای معینی از یکدیگر جدا می شوند، لذا عمل تنظیم دما و فشار برج ها و مقدار فلوی عبوری از آنها به جهت ایجاد فرصت جدایش بسیار مهم می باشد. در کارخانجات تولید لوازم خانگی نیز در طول مسیر تولید دهها مرحله ی کنترل کیفی و تقدم- تاخر نصب قطعات وجود دارد که به نوبه ی خود نیازمند اعمال فرایند کنترلی متناسب خود می باشد. سیستم کنترل مورد نظر نیز با قبول زحمت کنترل در واقع عملیات مورد نظر را انجام می دهد تا بدون ایجاد وقفه ی بی مورد عملیات تولید ضمن حفظ کیفیت استاندارد ادامه یابد. از سوی دیگر حفظ ایمنی تجهیزات و افراد همچنین حفاظت از محیط زیست از

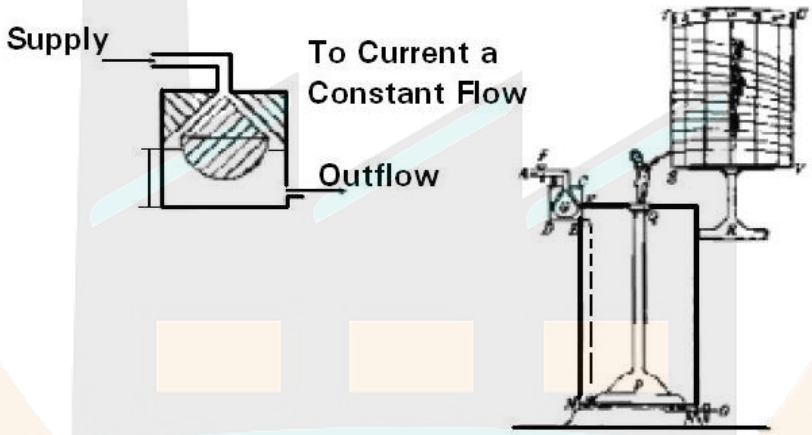
www.powerplantac.com

جمله مواردیست که در یک سیستم کنترل با توجه به استراتژی های تولید کنندگان و الزامات سازمان های بین المللی و دولتی بایستی لحاظ گردد.

تا چندی پیش زمانیکه از کنترل اتوماتیک صحبتی مطرح می شد از دستگاه گریز از مرکز ساخت جمیز وات به عنوان اولین وسیله ی کنترل اتوماتیک نام برده می شد. اما امروزه و به لطف فناوری های مدرن از جمله اینترنت، همگان می دانند که ابتدائی ترین وسیله ی کنترل نمی تواند متعلق به قرن هیجدهم باشد! در ادامه ی بحث سعی شده با استناد به مدارک قابل دسترسی روند پیدایش سیستم های کنترل کنونی مورد بررسی قرار گیرد.

پیدایش کنترل صنعتی:

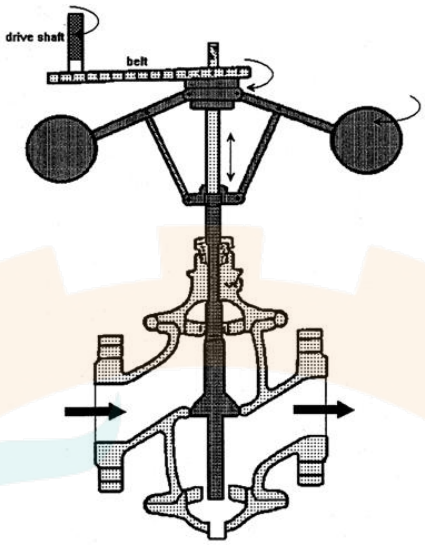
همانگونه که اشاره شد بر خلاف تصور اغلب ما، دستگاه گریز از مرکز جمیز وات اولین دستگاه کنترل اتوماتیک نیست. اولین دستگاه کنترل ثبت شده، ساعت آبی است که حدود سه قرن قبل از میلاد در مصر بکار گرفته شده و توسط Greek Ktesibios ابداع شده است (۲۷۰ سال قبل از میلاد).



شکل ۱-۱ Water Clock اولین دستگاه کنترل اتوماتیک مربوط به ۲۷۰ سال قبل از میلاد

این دستگاه تا سال ۱۲۵۸ زمانیکه مغول ها بغداد را تسخیر کردند در این شهر استفاده می شده است. البته تا قبل از انقلاب صنعتی آنچه در روند شکل گیری کنترل صنعتی نقش داشت در اینجا مورد نظر نمی باشد. لذا بعد از آن زمان می توانیم اولین دستگاهی که از مدل ریاضی در توصیف پارامترهای Plant جهت کنترل استفاده کرد را مربوط به سال ۱۸۶۸ به حساب آوریم. این دستگاه که به کمک معادلات دیفرانسیل ماکسول، عمل کنترل را انجام می داد همان دستگاه کنترل گریز از مرکز جمیز وات است (شکل ۱-۲).

www.powerplantac.com



شکل ۱-۲ دستگاه گریز از مرکز جمیز وات برای کنترل دور ماشین بخار

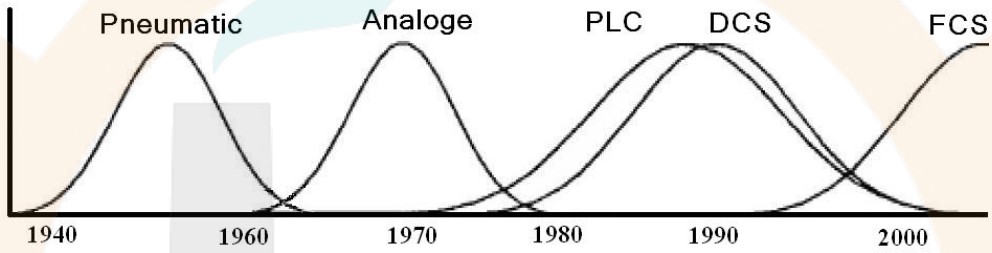
از این وسیله جهت کنترل دور ماشین بخار استفاده شد. تئوری کنترل در ۱۲۰ سال گذشته گام های بلندی در جهت تحقق اهداف کنترلی برداشته است. این امر با بکارگیری روش های تحلیل حوزه ی فرکانسی و تبدیلات لاپلاس در حل مدل های ریاضی محقق شد که عمدتاً تا به دهه های سوم و چهارم قرن بیستم نسبت داده می شود. بعد از آن و در دهه های پنجم و ششم قرن بیستم روش آنالیز فضای حالت در کنترل بهینه معرفی شد. در این دو دهه و در ادامه ی تحقق کنترل بهینه به تئوری کنترل فرایندهای اتفاقی و کنترل تطبیقی نیز پرداخته شد. لذا از این پس ساخت و بکار گیری سیستم های کنترل بسیار قابل اطمینان / سریع و با دقت بیشتر میسر شد. این سیستم ها به سادگی قابلیت کنترل فرایندهای پیچیده تر را دارا است. در اینجا لازم است این تقسیم بندی عنوان شود که سیستم های کنترلی که در آن به کمک نرم افزار، روشهای تجزیه و تحلیل با بکار گیری مدل های ریاضی مطرح است جزء دسته کنترل مدرن و سیستم های قبلی آن جزء سیستم های کنترل کلاسیک به حساب می آید.

۱-۳ روند پیشرفت سیستم های کنترل مدرن:

کنترل اتوماتیک که از دستگاه ساعت آبی آغاز شده بود با پیشرفت فناوری تا حدی ادامه یافت که به کمک سیستم های جدید کنترل مبتنی بر ریزپردازنده و رایانه و بکار گیری الگوریتم های فازی لاجیک یا شبکه های عصبی مسائل کنترل فضائی نظامی صنعتی و ... بخوبی قابل حل می باشد.

www.powerplantac.com

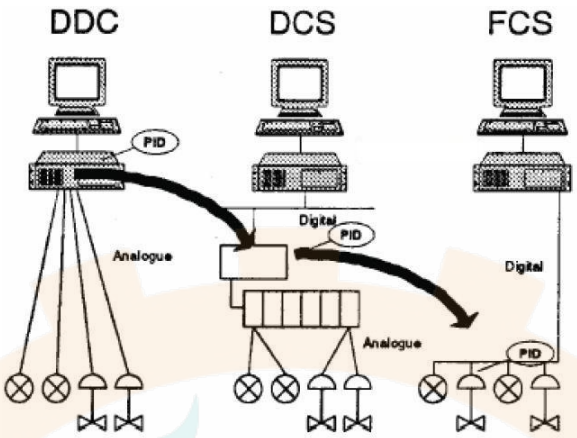
از جانب دیگر و درست از زمانی که تحولاتی عظیم در کنترل کننده های اتوماتیک رخ داد می توان به کنترل کننده های نیوماتیک اشاره داشت که برای ساده سازی تحلیل مسائل Plant از مدل های ریاضی در این کنترل کننده ها استفاده شده است. در ادامه به سیستم های کنترل نیوماتیک و نسل بعدی آن یعنی دستگاه های کنترل الکترونیکی (تک حلقه)، روشهای DDC (Direct Digital Control)، کنترل کننده های توزیعی یا DCS (Distributed Control System) و در نهایت بحث روز سیستم های کنترل مبتنی بر فیلدباس یا (Field FCS (Control System اشاره خواهیم داشت. بدین منظور ابتدا به منحنی شکل ۱-۳ که مقایسه ای آماری و از دید تجاری می باشد توجه فرمائید:



شکل ۱-۳ مقایسه ی آماری فروش سیستم های گوناگون کنترل

در این شکل، مراحل شکل گیری و توسعه ی سیستم های کنترل از دهه ی ۱۹۴۰ تا کنون مشخص شده است این شکل، چهار تقسیم بندی نیوماتیک، آنالوگ، دیجیتال و فیلدباس را با ذکر زمان صعود/ تثبیت و نزول هر روش نمایش می دهد. هر کدام از مقاطع زمانی چهارگانه، دارای سه مرحله ی رشد(یا توسعه) تثبیت و افول می باشد. سیستم های نیوماتیک با تغذیه ی فشارهوای ابزار دقیق کار می کنند که علاوه بر کنترل کننده های PID، نمونه هایی نیز از دستگاه های محاسبه گر نیوماتیک که بعضی اعمال ساده ی جمع، ضرب، تفریق، تقسیم و جذر را انجام می دهند را نیز می توان یافت. با پیشرفت فناوری، کنترل کننده های الکترونیک و تک حلقه ای ساخته شد که در اینجا اصطلاحاً به آن آنالوگ گفته می شود. از دهه ی ۱۹۸۰ تا کنون نیز سیستم های دیجیتال شامل DDC و DCS به بازار عرضه شد و امروزه نیز صحبت از FCS به میان است. شکل ۱-۴ نیز به مقایسه ی ساختاری و معماری این سه سیستم کنترل پرداخته است.

www.powerplantac.com



شکل ۱-۴ مقایسه ی ساختاری سه سیستم

در DDC تمام توابع کنترلی توسط یک سیستم متمرکز اجراء می شود و از طریق کارت های ورودی-خروجی تعبیه شده روی سیستم ارتباط بین عناصر اندازه گیری و محرک ها با سیستم متمرکز برقرار می گردد. دو عیب عمد می توان به DDC نسبت داد که عبارتند از:

۱. در صورت Fail کردن سیستم مرکزی کنترل، کل کنترل را از دست می دهیم.

۲. حجم زیاد سیم کشی (Wiring).

با طراحی DCS مشکل اول را بدینگونه مرتفع نمودند که عملیات کنترلی روی سیستم های کنترل متعددی توزیع گردید. این سیستم های کنترل شامل شاسی، منبع تغذیه کارت کنترل کننده ی اصلی یا پروسسور و سایر کارت های ورودی و خروجی و ارتباطات در اتاق های ویژه ی تجهیزات کنترلی ابزار دقیق که با نام های متعددی نظیر Instrument Technical Room (ITR) شناخته شده اند در کل سایت پراکنده شده اند و عملیات کنترلی را هر یک بنا به برنامه ریزی صورت گرفته انجام می دهند. با Fail کردن هر کارت کنترل (در صورت عدم وجود افزونگی (Redundancy)) فقط واحدهای تحت کنترل آن سیستم با مشکل مواجه خواهند شد و کنترل تمامی فرایند از بین نخواهد رفت.

از مشکلات DCS می توان به اشغال فضای زیاد در اتاق های تجهیزات ابزار دقیق (ITR) اشاره کرد. در حال حاضر با مطرح شدن فیلدباس و انتقال عملیات کنترلی به سایت و استفاده از یک باس برای انتقال اطلاعات، سعی بر کاهش خطوط ارتباطی بین اتاق های تجهیزات ابزار دقیق و سایت شده است. به ویژه اینکه، انتقال اطلاعات بصورت سریال و دو سویه است لذا با DCS که در آن انتقال اطلاعات یک سویه است، ملاحظه

www.powerplantac.com

می شود که از دو جهت کاهش سیم کشی خواهیم داشت. در FCS، سیستم متمرکز اتاق کنترل فقط وظیفه ی مانیتورینگ و اعمال نقاط تنظیم و بطور کلی عملیات بهره برداری فرایند را بر عهده خواهد داشت. در نتیجه چنانچه ارتباط بین اتاق کنترل و سایت قطع شود ادوات تعبیه شده در سایت وظیفه ی کنترل را دنبال خواهند نمود.

تکنولوژی ساخت و طراحی ادوات نیوماتیک تا آن اندازه پیش رفته است که کنترل کننده های PID و تا حدی عملیات ریاضی با آنها قابل پیاده سازی می باشد و به نوعی می توان از آنها تحت عنوان کامپیوترهای نیوماتیک نام برد. این کامپیوترهای نیوماتیکی تا حدی فرایندهای کنترلی نسبتاً پیچیده نظیر صنایع نفت و گاز و پتروشیمی را می توانند تحت کنترل خود قرار دهند چنانکه پیش از ظهور سیستم های کنترلی الکترونیکی و پس از آن سیستم های کنترلی دیجیتال از آنها در پالایشگاه ها استفاده ی وافر می گردیده. لیکن مشکل عمده ی این نوع سیستم ها قیمت بالای تجهیزات و عدم قابلیت در پیاده سازی فرایندهای پیچیده تر (که نیازمند به محاسبات و الگوریتم های ریاضی پیچیده ترند) می باشد.

همزمان با سیستم های نیوماتیک بلکه کمی دیرتر سیستم های کنترل الکترونیک آنالوگ و ادوات جانبی آن طراحی و به صنعت عرضه و بزودی جایگزین سیستم های نیوماتیک گردیدند. قابلیت برنامه ریزی و سرعت بالای این نوع کنترل کننده ها از جمله مزیت های آنها به شمار می رود. با پیشرفت دنیای الکترونیک و ساخت میکروپروسسورها و ورود به دنیای دیجیتال، کنترل کننده های تک حلقه ای میکروپروسسوری به بازار آمدند.

تا اینجا مرتب با پیشرفت علم الکترونیک سیستم های کنترلی به صنایع عظیم ارائه می شد که اهدافی همچون سرعت و دقت در عملکرد سیستم های کنترل، ارزانی قیمت این وسائل و به تبع آن ارزانی قطعات یدکی، سادگی تعمیرات و ... را در پی داشت. شرایط فرایند و درجه ی خلوص تولیدات صنایع نفت و گاز و پتروشیمی نیز به این ترتیب رو به بهبود رفته و مصرف کنندگان آن اظهار رضایت بیشتری نسبت به گذشته داشتند. ولی تا این مقطع فقط سیستم های کنترل سنتی (Conventional) با تک حلقه های کنترل مطرح بود و بیشتر این موضوع در ذهن طراحان و سازندگان چیپ های الکترونیک خطور می کرد که اگر به جای نیمه هادی های بکار برده شده در ساخت IC ها از عناصر دیگری استفاده شود چه بسا سرعت دستگاه های ساخته شده ده ها و بلکه صدها برابر خواهد شد! همزمان با آن و با پیشرفت علم کامپیوتر و دخالت دادن این دستگاه هوشمند

www.powerplantac.com

در صنایع، دگرگونی فاحشی در کنترل پیش آمد، بطوریکه نه تنها سیستم های کنترل نیوماتیک از خط تولید حذف شد بلکه کنترل کننده های الکترونیک سخت افزاری نیز برای صنایع بزرگ کارائی زیادی ندارد و امروزه برای واحدهای تولیدی بخصوص صنایع نفت و گاز و پتروشیمی که بالغ بر هزارها حلقه ی کنترلی سیستم های کنترل تک حلقه پیشنهاد نمی شود.

ادوات الکترونیکی که به عنوان وسائل جانبی سیستم های کنترل استفاده می شود از جمله ترانسمیترها نیز دارای توانائی های خاص و بسیار بالاست بطوریکه به راحتی قابل انطباق با سیستم های کنترل امروزی می باشند. با دخالت رایانه و نرم افزارهای قوی در سیستم های کنترل این سیستم ها (سیستم کنترل توزیعی) به کمک صنایع عظیم شتافت. توانائی های سیستم های کنترل توزیعی قابل مقایسه با سیستم های قبلی نیست. در سیستم های DCS نیاز به اختصاص یک کنترل کننده به هر حلقه ی کنترلی نیست و معمولاً آنها بصورت نرم افزاری تعریف می شوند. سیستم کنترل توزیعی، تعداد زیادی ورودی آنالوگ ۴-۲۰ mA یا V ۵-۱ و یا میلی ولت و ...) و حتی ورودی های دیجیتال را می پذیرد و پس از پردازش این سیگنال ها طبق آنچه ما خواسته ایم و آنها را برنامه ریزی نموده ایم خروجی های متناسب را به محرک های موجود در سایت ارسال نموده و کنترل فرایند را محقق می نمایند.

دسترسی به هر کدام از اجزاء حلقه های کنترل و ملاحظه ی مشخصات واقعی هر حلقه ی کنترل بصورت دینامیک و فعال، به راحتی توسط مانیتور اتاق کنترل امکان پذیر است و اعمال تغییرات از جمله نقطه ی تنظیم (Set Point) تغییر وضعیت از کنترل دستی به اتوماتیک و برعکس، تغییر محدوده ی اندازه گیری و ... بسادگی انجام می گیرد و کار اپراتور به مراتب ساده تر و ایمن تر خواهد بود.

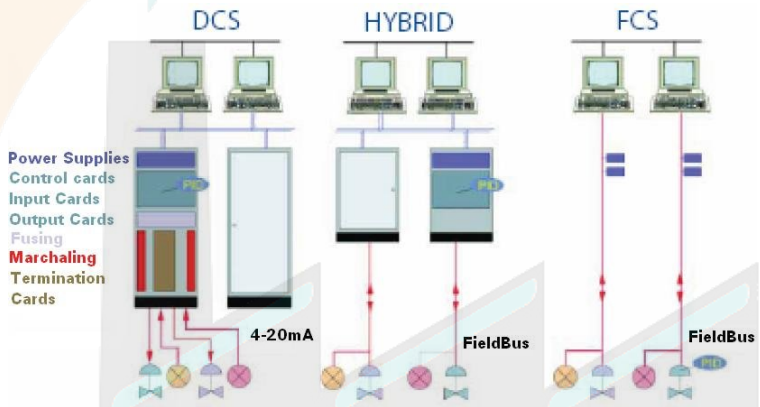
توضیحات بیشتر در خصوص مزایای این نوع سیستم ها در فصل نهم مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

با توجه به اینکه در سیستم های کنترل توزیعی (DCS) از فناوری های مدرن رایانه ای در پردازش اطلاعات، کنترل و انتقال اطلاعات استفاده شده است، شاید این ذهنیت در برخی از کاربران سیستم های کنترل وجود داشته باشد که آخرین نسل سیستم های کنترل صنعتی، همان سیستم های کنترل توزیعی است! لیکن اینگونه نبوده و سازندگان با بهره گیری از تکنولوژی فیلدباس سعی بر کاهش مؤثرتر حجم کابل کشی و افزایش سرعت پردازش سیگنال و عمل کنترل کننده ها نموده اند. در این نوع سیستم ها ارتباطات انبوه بین دستگاه ها و سیستم های کنترل جای خود را به باس های ارتباطی داده و کل اطلاعات از طریق این باس ها رد و بدل می

www.powerplantac.com

شود. تبادل اطلاعات بین سیستم های کنترل، ترمینال های عملیاتی و دستگاه های سایت به نحوی شایسته سازماندهی می شود. عملیات ارتباطی بکار برده شده، اجازه ی بکارگیری اطلاعات تشخیص خطا و ارزیابی کل اطلاعات را می دهد.

سیستم های فیلدباس معمولاً در واحدهای تولیدی جدید یا واحدهای قدیمی که قصد توسعه دارند بکار برده می شود. چرا که در طراحی و نصب اجباراً تمامی سیم کشی ها و ادوات سایت تغییر خواهد کرد. برای مثال سیم های ارتباطی بین سایت و اتاق کنترل یا ITR ها تماماً با باس های پوشش دار جایگزین شده، تمام Junction Box ها عوض می شود و ... . شکل زیر مقایسه ساختاری سیستم های کنترل DCS، FCS و Hybrid را نشان می دهد.



شکل ۱-۵ مقایسه ی ساختاری سیستم های کنترل DCS، FCS و Hybrid

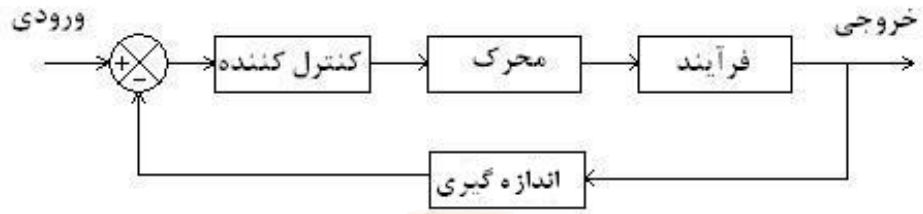
مطالب بالا که به نوعی بیانگر تاریخچه ی تحول در اتوماسیون می باشد، در واقع استراتژی های کنترلی را از شروع آن تا کنون نشان می دهد، لیکن وارد جزئیات المان های کنترلی نمی شود. در بخش بعدی این فصل بطور اجمالی اجزاء سیستم اتوماسیون (یا کنترل) را شرح می دهیم.

۱-۴ اجزاء کنترل:

اتوماسیون (یا کنترل) از سه قسمت اساسی تشکیل شده است که عبارتند از:

۱. اندازه گیرها
۲. کنترل کننده
۳. محرکها

www.powerplantac.com



شکل ۱-۶ نمایش بلوکی سیستم کنترل

۱-۴-۱ اندازه گیرها:

اندازه گیرها در واقع چشم سیستم های کنترل محسوب می شوند و با کمی سازی مقادیر فرایندی کنترل کننده را از وضعیت موجود در فرایند آگاه ساخته و در نتیجه کنترل کننده فرمان مورد نیاز را به محرک جهت کنترل فرایند و رسیدن به نقطه ی تنظیم مورد نظر ارسال می نماید. هر دستگاه اندازه گیری شامل سه جزء اساسی سنسور، ترانسدیوسر و ترانسمیتر می باشد.

الف) سنسور(Sensor)

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 آنها از خود عکس العمل نشان می دهد و برای این عکس العمل نیاز به انرژی خارجی ندارد.

ب) ترانسدیوسر(Transducer)

ترانسدیوسر قطعه ای است که وظیفه تبدیل حالات انرژی به یکدیگر را برعهده دارد، سنسور پارامتر مورد اندازه گیری را به ترانسدیوسر تحویل می دهد، سپس ترانسدیوسر آن را به یک سیگنال قابل درک برای کنترلر تبدیل می کند لذا برای انجام این تبدیل نیاز به یک منبع انرژی خارجی دارد.

ج) ترانسمیتر(Transmitter)

ترانسمیتر وسیله ای است که یک سیگنال خروجی ترانسدیوسر را به سیگنال استاندارد قابل انتقال تبدیل می نماید. از معروفترین استانداردهای ترانسمیترها می توان به استاندارد ۴ -۲۰mA و ۳-۱۵ psi اشاره کرد.

www.powerplantac.com

۱-۴-۲ کنترل کننده:

قسمت دوم ابزار دقیق بخش کنترل می باشد. کنترل عبارتست از سوق و نگهداری یک یا چند فرآیند به وضعیت یا وضعیت های مطلوب یا مورد نظر. این مفهوم در برگیرنده ی کنترل کمی، کیفی، حفظ ایمنی و محیط زیست می باشد که اهداف اساسی کنترل می باشند.

۱-۴-۳ محرک ها:

محرک ها ادواتی هستند که سیگنال خروجی را از قسمت کنترل کننده گرفته و متناسب با این سیگنال ها!عمل می کنند. از عمده ادوات خروجی می توان به شیرهای کنترل و الکتروموتورها اشاره کرد.!این ادوات با عملکرد خود باعث کنترل پارامترهای اندازه گیری شده در مقدار مطلوب و مورد نظر!می شوند.

۱-۵ مشخصات دستگاه های اندازه گیری ابزار دقیق:

یک وسیله اندازه گیری یا یک ابزار دقیق می بایست دارای ویژگی ها و قابلیت هایی باشد تا بتواند نیازهای طراح را برآورده کند مهمترین این ویژگی ها عبارتنداز:

۱- دامنه اندازه گیری (Range):

محدوده ای از دامنه ای تغییرات کمیت مورد اندازه گیری است که عنصراندازه گیر قادر به اندازه گیری آن می باشد یا به عبارت دیگر تفاضل بین کمترین و بیشترین کمیت اندازه گیری را که دستگاه در آن محدوده عمل می کند دامنه نامیده می شود.

۲- دقت (Accuracy):

دقت به عنوان خطای مقدارخوانده شده به مقدار واقعی به شمار می آید. این کمیت به شکل درصد بیان می شود و بستگی به حداکثر دامنه دارد. بنابر این در یک دستگاهی که صفحه مدرج آن بین ۰ تا ۱۰۰ درجه بندی شده است، خطایی به اندازه یک واحد از صفحه مدرج به عنوان دقت یک درصد در نظر گرفته می شود. با توجه مطلب بالا در دستگاهی با صفحه مدرج بین ۰ تا ۱۰۰ خطایی ناشی از خواندن ۴۹ برای مقدار واقعی ۵۰ به معنای ۱٪ است نه دقت ۲٪ به بیان دیگر در هر حالت دقت بستگی به حداکثر دامنه صفحه مدرج دارد.

www.powerplantac.com

۳- تکرار پذیری(Repeatability):

تکرار پذیری یک دستگاه اندازه گیری عبارات از این است که دستگاه حد معینی را همیشه و در هر حال یک اندازه بخواند. این بدان معنی است که اگرکمیت اندازه گیری چه درحال زیاد شدن، چه کم شدن و چه تند و یا کند به آن حد معین برسد، مقداری که می خواند در هر حال یک اندازه باشد.

۴- حساسیت (Sensitivity):

حساسیت به معنای توانایی دستگاه در پاسخ به تغییرات جزیی در کمیت مورد اندازه گیری است. حساسیت کمترین مقدار تغییر در کمیت ورودی دستگاه اندازه گیر است که می تواند قطعات آن را به مقدار مؤثری حرکت دهد، این میزان حرکت در بسیاری موارد به اندازه ای کم است که با چشم قابل دیدن نیست. داشتن ضریب حساسیت به ویژه برای دستگاههای کنترل کننده ضروری است.

۵- پایداری (Performance):

پایداری توانایی کار دستگاه در دراز مدت و با دقت کافی است یا به عبارت دیگر توانایی یک دستگاه در کار کردن برای مدتهای طولانی بدون تغییر در دقت و حساسیت آن دستگاه می باشد. برای دسترسی به پایداری باید قطعات به کار رفته در دستگاه از جنسی ساخته شوند که در برابر خوردگی مقاوم بوده و خواص فیزیکی آن در حین کار دچار تغییر نشود. خواص فیزیکی عبارتنداز: مقاومت در برابر خستگی، مقاومت کششی، مقاومت در برابر ارتعاشات و پایداری در برابر تغییرات دما.

۶- پاسخ دهی(Response):

یک اندازه گیر خوب باید کمیت مورد اندازه گیری را به سرعت اندازه گیری نماید. امادر عمل اندازه گیرها با تاخیر زمانی این کار را انجام می دهند. تاخیر زمانی عنصراندازه گیر باید از کوچکترین تاخیر زمانی موجود در حلقه کنترل بسیار کوچکتر باشد. خوشبختانه در فرآیندهای صنعتی معمولا تاخیر زمانی فرآیند و سایر قطعات حلقه کنترل، بسیار بزرگتر از تاخیر زمانی اندازه گیر است بنابر این مشکلی ایجاد نمی شود، اما به هر حال هنگام استفاده از یک اندازه گیر می بایست به تاخیر زمانی آن توجه نمود.

www.powerplantac.com

فصل دوم

روش های اندازه گیری فشار

www.powerplantac.com

۲-۱ مقدمه:

از آنجاییکه صنایع نفت و گاز عملیات فراورش را روی سیالات انجام می دهند با چهار عامل اساسی فشار، دما، سطح و جریان مستقیماً ارتباط زیادی دارند و در واحدهای مختلف بصورت فراوانی نیاز به اندازه گیری و کنترل آنها دارند. لذا در این فصل به روش های مختلف اندازه گیری فشار اشاره می گردد و در فصل های بعدی سه عامل دیگر مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۱-۱ تعریف فشار:

فشار عبارتست از نیروی وارده بر واحد سطح که آنرا با علامت اختصاری P نشان می دهند. این کمیت در گازها نقش عمده را ایفا می کند زیرا یکی از کمیات مشخصه گاز می باشد، از این رو بیشتر قوانین فشار در گازها نهفته شده و به دست آوردن معادله حالت گاز به کار برده می شود. می توان از قابلیت تراکم پذیری گازها و تاثیرات ویژه ی فشار در رفتار گازها به جایگاه فشار در گازها پی برد.

۲-۱-۲ مفهوم فشار:

اثر نیرو بر روی یک سطح بستگی دارد که نیرو چگونه اعمال شود. هرچه سطح اثر نیرو روی جسمی بیشتر باشد فشار کمتر و بالعکس، برای لمس بیشتر این مفهوم به بریدن اجسام با چاغو و راه رفتن روی برف با کفشهای مخصوص برف پیمایی اشاره کرد.

به زبان ریاضی فشار بصورت زیر بیان می شود:

$$P=F/A$$

که در آن P فشار ، F نیرو و A سطح مقطع اثر نیرو می باشد.

۲-۱-۳ واحد فشار:

فشاربا واحدهای مختلفی بیان می شود. واحد استاندارد فشار در دستگاه SI پاسکال می باشد که برابر($1Pa = 1N/m^2$) می باشد. یک پاسکال برابر مقدار یک نیوتن نیروست که بر یک متر مربع سطح جسمی وارد می گردد. بهترین واحدی که می تواند مرجعی برای سایر واحدها به کار برده شود اتمسفر یا جو (Atmospher) است که به صورت فشار متوسط هوا در سطح دریا تعریف می شود.

چون پاسکال واحد کوچکی برای فشار است معمولا از کیلو پاسکال (kpa) که برابر ۱۰۰۰ پاسکال است، استفاده می کنند. هر جو تقریبا برابر ۱۰۱/۳۲۵ kpa است. هواشناسان از واحد میلی بار استفاده می کنند

www.powerplantac.com

که برابر یک دهم پاسکال است. از سایر واحدهای فشار می توان دین بر سانتیمتر مربع (dyn/cm^2) یا torr را نام برد. در صنعت نفت و گاز بیشتر از واحد بار برای اندازه گیری فشار و از میلی بار و ثانتی متر آب برای اختلاف فشار استفاده می گردد.

	psi	atms.	ft.H2O at 20°C	in H_2O	Kg/cm^2	Metres H_2O	In.Hg. at 20°C	mm.Hg	cm.Hg.	bar	Milibar (mbar)	Kpa
psi	1	0.0680	2.310	27.720	0.0700	0.704	2.043	51.884	5.188	0.0690	68.947	6.895
atms.	14.696	1	33.659	407.513	1.0330	10.351	30.019	762.480	76.248	1.0130	1013.0	101.325
ft.H2O at 20°C	0.433	0.0290	1	12.000	0.0300	0.305	0.884	22.452	2.245	0.0300	29.837	2.984
in H_2O	0.036	0.0025	0.833	1	0.0025	0.025	0.074	1.871	0.187	0.0025	2.486	0.249
Kg/cm^2	14.223	0.9680	32.867	394.408	1	10.018	29.054	737.959	73.796	0.9810	980.662	98.066
Metres H_2O	1.422	0.0970	3.287	39.370	0.0090	1	2.905	73.796	7.379	0.0980	98.066	9.807
In.Hg. at 20°C	0.489	0.0330	1.131	13.575	0.0340	0.345	1	25.400	2.540	0.0340	33.753	3.375
mm.Hg	0.019	0.0013	0.045	0.534	0.0014	0.0136	0.039	1	0.100	0.0010	1.329	0.133
cm.Hg.	0.193	0.0131	0.445	5.340	0.0140	0.1360	0.393	10.000	1	0.0133	13.290	1.328
bar	14.503	0.9870	33.514	402.164	1.0200	10.211	29.625	752.47	75.247	1	1000.0	100.00
Milibar (mbar)	0.014	0.0009	0.033	0.402	0.0010	0.0102	0.029	0.752	0.075	0.001	1	0.100
Kpa	0.145	0.0098	0.335	4.021	0.0100	0.1020	0.296	7.525	0.752	0.010	10.000	1

جدول تبدیل آحاد فشار

۲-۱-۴ انواع فشار:

۱. *فشار نسبی (Gauge pressure):*

فشار بالاتر از فشار هوای محیط (فشار هوای محیط صفر در نظر گرفته می شود) را فشار نسبی می گویند.

۲. *فشار مطلق (Absolute pressure):*

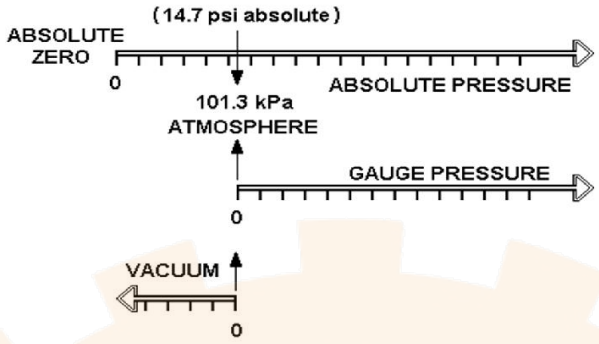
فشاری را که نسبت به صفر مطلق (خلا) اندازه گیری شود، فشار مطلق می گویند.

فشار هوا + فشار نسبی = فشار مطلق

۳. *فشار خلاء (Vacuum pressure):*

فشار کمتر از فشار هوای محیط را فشار خلا می گویند.

www.powerplantac.com

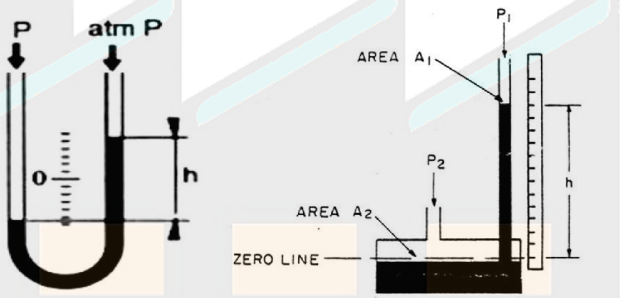


شکل ۲-۱ انواع فشار

۲-۲ روش های اندازه گیری فشار:

۲-۲-۱ مانومتر(Manometer):

مانومتر از یک ظرف شفاف حاوی مایع (معمولاً آب یا جیوه) تشکیل شده است که بصورت یک لوله U شکل می باشد. دو طرف این لوله باز می باشد و دو فشار مختلف به دو طرف آن اعمال می شود. این اختلاف فشار باعث جابجایی مایع در لوله می گردد که با اندازه گیری این اختلاف سطح می توان فشار مورد نظر را به دست آورد.



شکل ۲-۲ روش اندازه گیری مانومیتر

۲-۲-۲ بوردن تیوب (Bourdun Tube):

بوردون تیوب ازیک لوله پیچشی عمدتاً از جنس فلز قابل ارتجاع تشکیل شده است. این لوله از یک طرف مسدود و از طرف دیگر آزاد می باشد که سر دوم به نسبت فشار اعمالی منحرف می گردد و این انحراف با انجام تنظیمات و کالیبراسیون می تواند به عنوان مرجع اندازه گیری فشار مورد استفاده قرار گیرد. فشار گاز ورودی باعث باز شدن تیوپ به سمت شعاع خارجی می شود، بنابراین با انتقال این فشار به یک عقربه می توان آن را اندازه گیری نمود.

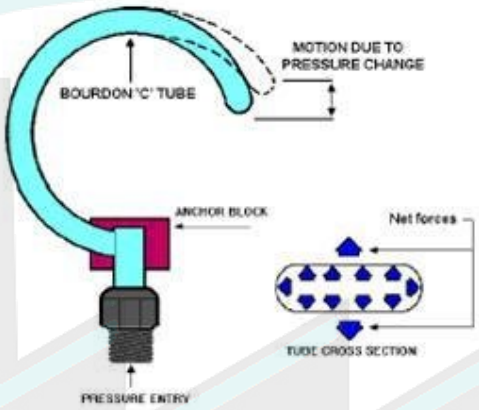
www.powerplantac.com

۲-۲-۲-۱ انواع بوردن تیوب:

۱- سنسورنوع C :

همانطور که در شکل می بینیم، در نوع C با وارد شدن فشار به یک سر آن، سر دیگر به سمت بیرون خم شده که این حرکت به یک فنر منتقل می شود. سنسور نوع C معمولاً در داخل فشار سنج ها بکار می رود.

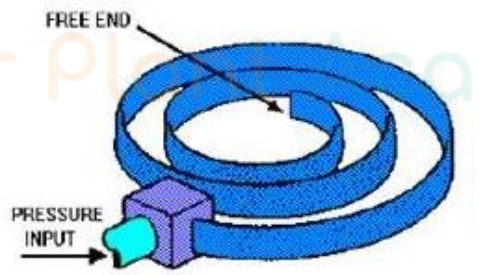
یک میله رابط به نوک متحرک لوله C و انتهای دیگر آن به یک چرخ دنده قطاعی متصل شده است وچرخ دنده با یک چرخ دنده ی کوچک درگیر شده که میله متصل به عقربه را می چرخاند. و در نتیجه فشار به فشار سنج وارد می شود و موقعیت عقربه در روی صفحه مقدار فشار را نشان می دهد.



شکل ۲-۳ روش اندازه گیری بوردون تیوب از نوع C شکل

۲- سنسور نوع حلزونی(Spiral Type).

گاهی ممکن است طول لوله ی بوردن به قدری زیاد شود که زاویه آن از ۳۶۰ درجه بگذرد. یعنی لوله به صورت یک دایره کامل در آمده و از آن هم تجاوز کند. این حالت برای افزایش حساسیت و دقت در اندازه گیری فشارهای پایین مورد استفاده قرارمی گیرد.

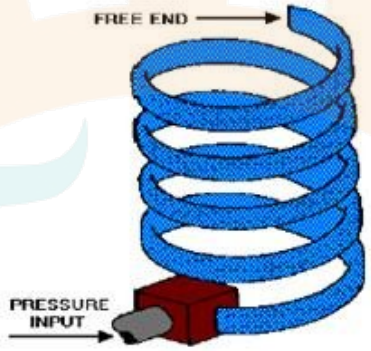


شکل ۲-۴ روش اندازه گیری بوردون تیوب از نوع مارپیچی یا حلزونی

www.powerplantac.com

۳- سنسور نوع حلقوی *(Helical Type)*:

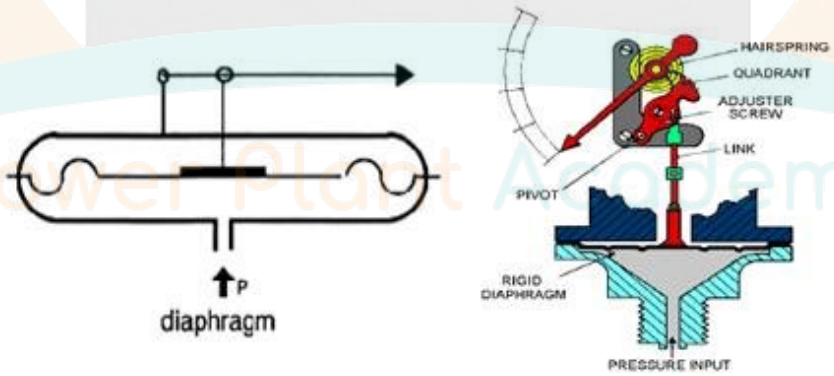
برای اندازه گیری فشار زیاد (تا حد ۱۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع، ۶۰۰ بار) از لوله بوردن حلقوی استفاده می کنند. فشارسنج ها و ثبت کننده هایی که از لوله بوردن نوع حلقوی و حلزونی استفاده می کنند دارای اصطکاک کمتر و حساسیت زیادتری می باشند.



شکل ۲-۵ روش اندازه گیری بوردون تیوب از نوع حلقوی

۲-۲-۳ دیافراگم (Diaphragm):

دیافراگم، یک مبدل مکانیکی فشار می باشد که برای آشکارسازی تغییرات اندک فشار، بکار می رود. دیافراگم از یک صفحه تخت یا دارای انحنا تشکیل شده است که با یک اهرم به یک عقربه متصل شده است. با اعمال فشار به دیافراگم و تغییر شکل آن، اهرم متناسب با فشار اعمالی جابجا می شود. بدین وسیله می توان فشار اعمال شده را اندازه گیری کرد. فلز بکار رفته بایستی از نوع الاستیکی باشد. چون فشار فرآیند به سطح وسیعی وارد می گردد از این رو دستگاه نسبت به تغییرات اندک فشار، دارای حساسیت می باشد.

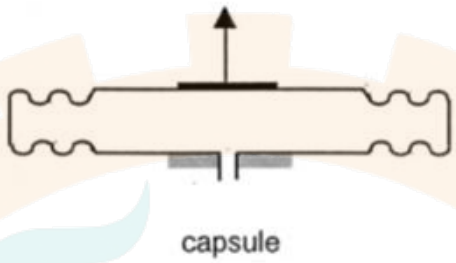


شکل ۲-۶ روش اندازه گیری دیافراگمی

www.powerplantac.com

۲-۲-۴ کپسولی (Capsule):

یک کپسول از دو دیافراگم فلزی تشکیل شده که در محیط به یکدیگر جوش شده اند. فضای بین دو دیافراگم با سیال تراکم ناپذیری با ویژگی های مخصوص پر شده است.



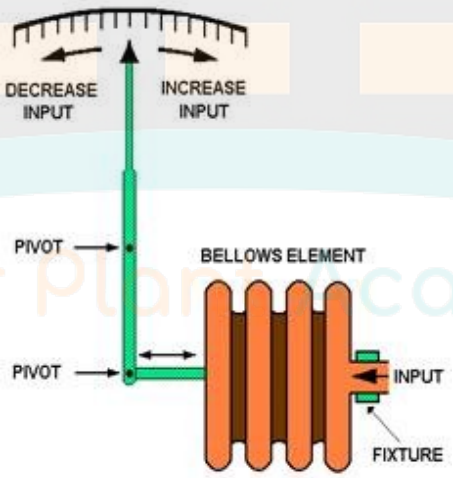
شکل ۲-۷ روش اندازه گیری کپسولی

در بعضی طرح ها می توان چندین کپسول را با یکدیگر سری نمود. در این حالت جابجایی ناشی از فشار، برابر مجموع جابجایی های کپسول ها می باشد وبدین ترتیب شیب اندازه گیر افزایش می یابد.

۲-۲-۵ دمنده (Bellows):

از یک لوله به شکل آکاردئون تشکیل شده است که خاصیت الاستیکی داشته و در برابر خوردگی مقاوم است.یک سر این دمنده بسته است که با اعمال فشار بر آن، طولش تغییر کرده و با جابجایی عقربه متصل به آن میزان فشار مشخص می شود.

از دمنده ها برای اندازه گیری فشارهای پایین یا فشار های خلأ استفاده می شود.



شکل ۲-۸ روش اندازه گیری دمنده

www.powerplantac.com

۲-۳ ترانسمیتر فشار (Pressure Transmitter):

یکی از پر مصرفترین وسایل ابزار دقیق در واحدهای صنعتی، ترانسمیترهای فشار می باشند که برای اندازه گیری فشار، اختلاف فشار، جریان سیالات و ارتفاع مایعات به کار می رود. این نوع ترانسمیتر در دو نوع اندازه گیر اختلاف فشار و فشار وجود دارد که بسته به کاربرد و طراحی پروسس به کار گرفته می شوند:

۱- ترانسمیتر اختلاف فشار (DPT):

این نوع ترانسمیترها اختلاف دو فشار را اندازه گیری می کنند. لذا برای تست و کالیبراسیون آنها ورودی قسمت فشار پایین (Low Pressure) آنرا در فشار اتمسفر آزاد گذاشته و به قسمت فشار بالا (High Pressure) مقدار معینی از فشار اعمال کرده آنگاه ترانسمیتر را در فشارهای مختلف تست یا کالیبراسیون می کنیم.

جهت تست و کالیبراسیون این نوع دستگاهها در واحد، از انواع پمپ دستی (Hand Pump) با دقت مناسب و در کارگاه از کالیبراتور استفاده می شود. برای تامین ولتاژ الکتریکی، توسط یک منبع تغذیه ولتاژ ۲۴ ولت جریان مستقیم به آنها اعمال می کنیم.

۲- ترانسمیتر فشار (PT):

این نوع ترانسمیتر تنها یک فشار را از یک نقطه اندازه گیری می کند. کالیبراسیون و تست ترانسمیترهای فشار همانند ترانسمیترهای اختلاف فشار می باشد، با این تفاوت که این ترانسمیترها فقط به یک فشار متصل میشوند.

یک DPT از قسمتهای زیر تشکیل شده است:

یک Cell که شامل سنسور فشار می باشد و معمولاً شامل دو قسمت High و Low است، قسمت دیگر یک مدار الکترونیکی می باشد که خروجی حاصل از سنسور را به سیگنال ۲۰ -۴ میلی آمپر تبدیل می کند. انتهای Cell به یک Manifold وصل می شود که کار گذاشتن در سرویس و یا از سرویس خارج کردن! آن را! راحت تر می کند.

۲-۴ سوییچ فشار (pressure switch):

سوییچ های تحریک شونده با فشار انواع مختلفی دارند که معمولاً با استفاده از بیلوز یا دیافراگم ساخته شده اند. این سوییچ ها دارای یک پیچ تنظیم هستند که با استفاده از آن می توان Set point مورد نظر را برای

www.powerplantac.com

سوییچ تعریف کرد. هر سوییچ را می توان با توجه به نیاز به عنوان سوییچ High یا Low به کار برد و فقط باید توجه داشت که اگر به عنوان سوییچ High به کار می رود باید برای کالیبره کردن آن فشار را از کم شروع کرده تا به نقطه مورد نظر برسیم و اگر برای سوییچ Low به کار می رود بالعکس باید عمل کرد.

برای بستن سوییچ ها باید توجه داشت که طوری سیم بندی شوند که در حالت عادی پروسس کلید در حالت بسته باشد. سوییچ های Low به طور N.O و سوییچ های High به صورت N.C بسته می شوند.

۲-۵ اندازه‌گیرهای الکتریکی فشار:

در اندازه‌گیرهای مانومتری و ارتجاعی معمولاً فشار اندازه‌گیری شده تبدیل به کمیتی الکتریکی می‌شود. این امر استفاده از قطعات و اجزای اضافی و افزایش هزینه را به دنبال دارد و هم‌چنین احتمال وارد شدن نویز و ایجاد خطا را افزایش می‌دهد. اندازه‌گیرهای الکتریکی فشار علاوه بر مزایای خاص اندازه‌گیرهای الکتریکی، فشار را مستقیماً به کمیتی الکتریکی تبدیل می‌نمایند و از این نظر صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه می‌شود و هم‌چنین دقت اندازه‌گیری نیز افزایش می‌یابد. در این بخش چندین نمونه از اندازه‌گیرهای الکتریکی فشار معرفی می‌شود.

۲-۵-۱ استرین گیج‌ها:

استرین گیج‌ها معروف‌ترین اندازه‌گیرهای الکتریکی فشار هستند و اساساً برای اندازه‌گیری فشارهای بالا مورد استفاده می‌گیرند. شمای کلی این اندازه‌گیرها در شکل ۲-۹ نشان داده شده است. هر گاه بر جسمی نیرو وارد شود (کشش یا فشار) جسم در جهت نیرو تغییر طول می‌دهد. نسبت این تغییر طول به طول اولیه جسم، تنش گفته می‌شود.

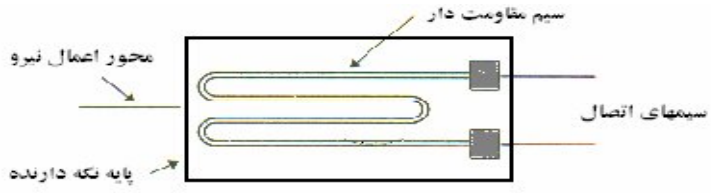
$$\sigma = \frac{\Delta L}{L}$$

در رابطه فوق ΔL تغییر طول، L طول اولیه و σ تنش است. قانون هوک رابطه تنش با نیروی اعمالی (فشار) را بیان می‌دارد.

$$P = \frac{F}{A} = \sigma Y = \sigma \frac{\Delta L}{L.}$$

در این رابطه P فشار، F نیرو و A سطح جسم است که نیرو بر آن وارد می شود. Y ضریبی است که به آن مدول یانگ گفته می‌شود.

www.powerplantac.com



شکل ۲-۹ شمای کلی استرین گیج

رابطه ی بالا بیان می‌دارد که هر گاه جسمی تحت فشار (نیرو) قرار گیرد تغییر طول می‌دهد و این رابطه میزان تغییر طول را نشان می دهد. مقاومت الکتریکی یک جسم با ابعاد و ویژگی های الکتریکی آن جسم رابطه دارد. این رابطه به‌صورت ذیل است:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

در رابطه بالا، L طول جسم، A مقطع آن و ρ ضریبی است که مقاومت مخصوص جسم نامیده می‌شود. این رابطه نشان می‌دهد که هر گاه طول جسم افزایش یا مقطع آن کاهش یابد مقاومت الکتریکی جسم افزایش می‌یابد.

در استرین گیج ها برای نشان داده تغییرات مقاومت در اثر تغییر طول، ضریبی به نام فاکتور گیج تعریف می‌شود، که به صورت زیر بیان می‌شود.

$$G_f = \frac{\Delta R / R}{\Delta L / L}$$

در رابطه ی بالا، R و L به ترتیب مقاومت و طول جسم در حالت آزاد (بدون اعمال نیرو) می‌باشند. فاکتور گیج در استرین گیج های صنعتی حدود ۲ می‌باشد به این معنی که اگر طول جسم به اندازه ۱٪ تغییر کند، مقاومت آن به اندازه ۲٪ تغییر خواهد کرد. برای تبدیل تغییرات مقاومت الکتریکی به سیگنال الکتریکی (ولتاژ یا جریان) معمولا از مدار پل و تسون استفاده می‌شود.

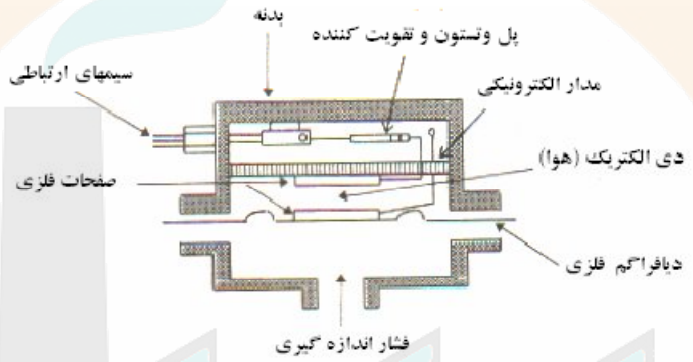
۲-۵-۲ اندازه‌گیرهای ظرفیتی فشار:

ظرفیت یک خازن از رابطه زیر بدست می آید.

$$C = \varepsilon \frac{A}{x}$$

www.powerplantac.com

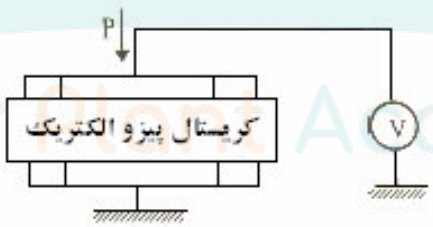
در رابطه فوق، A سطح جوشن‌ها ، و X فاصله جوشن‌ها از یکدیگر و ε ضریب دی الکتریک خازن می‌باشد. مطابق این رابطه تغییر هر یک از اجزاء موجب تغییر ظرفیت خازن می‌گردد. در اندازه‌گیرهای خازنی، اغلب فشار مورد اندازه‌گیری به جابجایی و تغییر فاصله جوشن ها تبدیل می‌شود و تغییر فاصله جوشن‌ها نیز منجر به تغییر ظرفیت خازن می‌گردد. تغییر ظرفیت نیز معمولاً توسط یک پل AC و یا یک مدار اسیلاتور تبدیل به ولتاژ یا فرکانسی متناسب با فشار می‌گردد. شکل ۲-۱۰ یک اندازه‌گیر فشار خازنی را نشان می‌دهد. در این اندازه‌گیر، فشار موجب جابجایی دیافراگم می‌شود و جابجائی دیافراگم نیز فاصله بین دو جوش و نهایتاً ظرفیت خازن را تغییر می‌دهد.



شکل ۲-۱۰ اندازه‌گیر فشار خازنی

۲-۵-۳ اندازه‌گیرهای پیزو الکتریکی فشار:

عناصر پیزوالکتریک عناصری با قابلیت تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی و بر عکس می‌باشند. مطابق شکل ۲-۱۱ هر گاه یک عنصر پیزو الکتریک مانندکوارتز تحت فشار P قرار گیرد میلی ولت‌متر ولتاژی متناسب با فشار را نشان خواهد داد. از این خاصیت برای اندازه‌گیری فشار می‌توان استفاده نمود.



شکل ۲-۱۱ اندازه‌گیر فشار با عناصر پیزوالکتریک

www.powerplantac.com

فصل سوم

روش های اندازه گیری دما

www.powerplantac.com

۳-۱ دما:

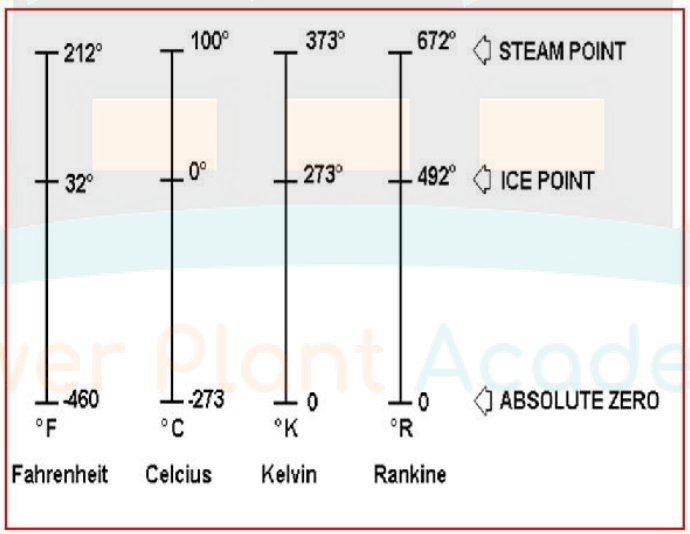
۳-۱-۱ تعریف دما (Temperature):

میزان گرمی و سردی یک جسم را دمای آن جسم می گویند، که در واقع نشان دهنده ی میزان جنبش مولکولی و تحریک آنها می باشد.

۳-۱-۲ واحدهای دما:

دو دمای قراردادی به عنوان نقاط مرجع وجود دارد. یکی نقطه ی جوش و دیگری نقطه انجماد آب. دو مقیاس از سایر مقیاس ها برای سنجش دما متداولتر هستند. یکی مقیاس فارنهایت که به طور گسترده ای توسط کشورهای انگلیسی زبان مورد استفاده قرار می گیرد و دیگری مقیاس سانتیگراد که در کشورهایی که با سیستم SI سازگار هستند کاربرد دارد.

در مقیاس سانتی گراد دمای جوش آب در شرایط استاندارد (فشار ۷۶HgCm) برابر ۱۰۰ درجه و دمای انجماد آب برابر صفر درجه فرض می شود. پس ۱ درجه در مقیاس سانتیگراد برابر ۱/۱۰۰ اختلاف دمای جوش و نقطه انجماد آب خالص می شود. در مقیاس فارنهایت ۲۱۲ درجه به عنوان نقطه جوش و ۳۲درجه به عنوان نقطه انجماد آب فرض می شود. پس ۱ درجه در مقیاس فارنهایت ۱/۱۸۰ اختلاف دمای جوش و قطه انجماد آب خالص می شود. بنابر این هر درجه سانتی گراد برابر ۱/۸ درجه فارنهایت می شود.



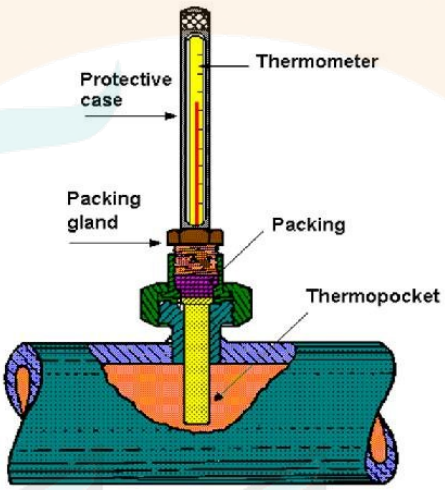
شکل ۳-۱ واحدهای اندازه گیری دما

www.powerplantac.com

۳-۲ روش های اندازه گیری دما:

۳-۲-۱ دماسنج های شیشه ای:

این نوع دماسنج همانند دماسنج هایی می باشد که در بعضی منازل وجود دارد و به شکل یک استوانه است. در انتهای آن یک مخزن کوچک وجود دارد که با افزایش یا کاهش دما انبساط یا انقباض یافته و میزان آن در استوانه بالا یا پایین می رود. درجه بندی روی آن بر حسب واحدهای دما بوده و میزان دما را نشان می دهد.



شکل ۳-۲ دما سنج شیشه ای

۳-۲-۲ ترموکوپل:

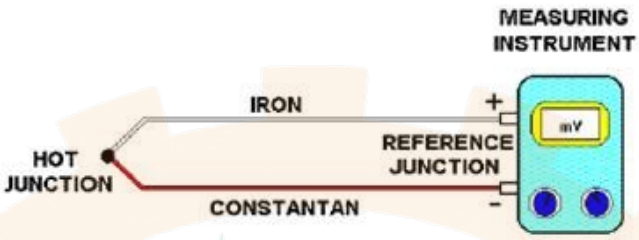
ترموکوپل از دوفلز غیر همجنس تشکیل شده است که انتهای آنها به هم وصل است. انتهای جوش داده شده را پیوستگی داغ یا نقطه اتصال گرم (Hot junction) می گویند. این قسمت محلی است که درجه حرارت آن بایستی اندازه گیری شود.

دو سر دیگر ترموکوپل را نقطه اتصال سرد (Cold junction) می نامند. سیم های ترموکوپل بوسیله عایق از هم جدا شده که فقط در نقطه جوش داده و پس از عبور از مدار الکتریکی دستگاه در نقطه اتصال سرد به یکدیگر متصل می شوند.

ترمو کوپل ها متداولترین اندازه گیرهای الکتریکی دما در صنعت می باشند. از مزایای آنها می توان به سادگی، ارزانی استحکام، دوام و دقت مناسب اشاره نمود. از ترموکوپل می توان در حوزه اندازه گیری نسبتاً وسیع (۱۵۰۰+ تا ۲۰۰ ـ درجه سانتی گراد) و شرایط محیطی گوناگون استفاده نمود ترموکوپل ها دارای

www.powerplantac.com

سرعت پاسخ دهی نسبتاً خوب (ثابت زمانی کوچک) می باشند اما بخاطر رعایت مواردی در محل نصب آنها، این سرعت پاسخ دهی تا حد زیادی کاهش می یابد.



شکل ۳-۳ دما سنج ترموکوپل

نام ترموکوپل	سیم مثبت (P) سیم منفی (N)	جنس فلز	محدوده اندازه گیری بر حسب درجه سانتیگراد
B	BP BN	روبیدیوم ۳۰٪ - پلاتین روبیدیوم ۶٪ - پلاتین	0 – 1800
L	EP EN	کروم - نیکل مس - نیکل	-190 – 1000
J	JP JN	آهن مس - نیکل	0 – 1000
K	KP KN	کروم - نیکل سیلیکن - آلومینیوم - نیکل	0 – 1200
R	RP RN	روبیدیوم ۱۳٪ - پلاتین پلاتین	0 – 1790
S	SP SN	روبیدیوم ۱۰٪ - پلاتین پلاتین	0 – 1790
I	TP TN	مس مس - نیکل	-190 – 380

ترموکوپل ها بر اساس پدیده ترموالکتریک (Seeback-effect) کار می کنند. مطابق شکل زیر هرگاه دو فلز غیر یکسان تشکیل یک مدار بسته دهند و دو محل اتصال آنها در دو دمای مختلف نگه داشته شود، جریان الکتریکی در مدار ایجاد می شود. این اثر را به افتخار اولین کسی که به این مطلب پی برد اثر Seeback یا پدیده ترموالکتریک نامیده می شود.

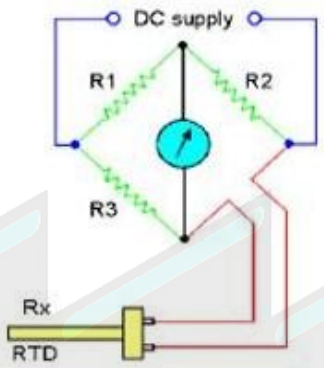
www.powerplantac.com

خروجی اتصال سرد که با یک میلی ولت متر قابل اندازه گیری است، دارای ولتاژ بسیار کمی است که بسته به جنس اتصالات ولتاژ آن با تغییر دما متغیر می باشد. نوعJ،T،K...

۳-۲-۳ مقاومت حرارت (RTD):

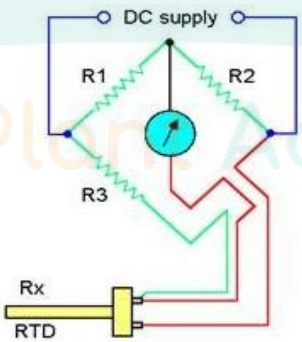
اساس کار RTD تغییر مستقیم مقاومت فلزات با دماست، که با قرار دادن RTD درون یک مدار پل و محاسبه مقاومت RTD با توجه به مدار پل از روی جدول، دمای مقاومت مربوط را پیدا می کنند. به منظور جلوگیری از خطاهای مربوط به مقاومت، سیم های رابط RTD را به صورت ۲ یا ۳ سیمه استفاده می کنند.

دما سنج های از نوع RTD معمولاً از جنس پلاتین، مس و نیکل ساخته می شوند. تغییرات مقاومت این فلزها با دما خطی است. پاسخ RTD به دما نسبت به ترموکوپل سریعتر می باشد. شکل زیر یک RTD از نوع دوسیمه را نشان می دهد:



شکل ۳-۴ دما سنج RTD دوسیمه

برای جبران مقاومت سیمهای رابط سنسور RTDهای از نوع سه سیمه و چهار سیمه استفاده می گردد. شکل زیر RTD از نوع سه سیمه را نشان میدهد:



شکل ۳-۵ دما سنج RTD سه سیمه

www.powerplantac.com

۳-۲-۴ ترمیستور (Thermistor):

ترمیستور از مواد نیمه هادی و اکسید فلزاتی چون منگنز، نیکل، کبالت، مس و یا آهن همراه با سیلیکون ساخته می شود. مقدار مقاومت اتصال P-N (دیود) با تغییر دما رابطه دارد. ترمیستورها به دو نوع تقسیم می شوند:

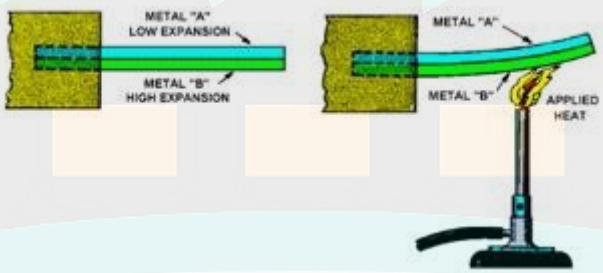
۱- نوع NTC: که با افزایش دما مقاومت آن کاهش می یابد.

۲- نوع PTC: که با افزایش دما مقاومت آن افزایش می یابد.

ترمیستور نوع NTC حساسیت ٪۳- تا ٪۶- دارد، که در مقایسه با RTD خیلی بالاتر است. همین باعث شده سیگنال پاسخ بهتری نسبت به ترموکوپل و RTD داشته باشد، از جهت دیگر حساسیت پایین RTD و ترموکوپل آنها را انتخاب خوبی برای دماهای بیش از ۲۶۰ درجه سانتیگراد کرده است و این محدودیتی برای ترمیستور است.

۳-۲-۵ بی متال (Bimetal):

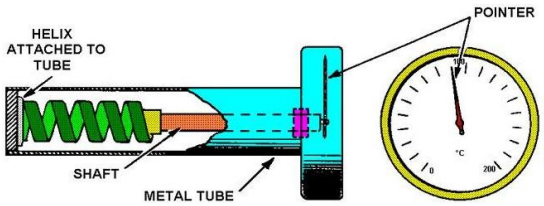
بی متال از دو فلز متصل به هم با دو جنس و ضریب انبساط طولی مختلف تشکیل شده است. طول دو فلز در اثر حرارت تغییر می کند که این تغییر طول برای دو فلز متفاوت می باشد. شکل زیر نحوه ی عملکرد بی متال را بصورت شماتیک نشان می دهد:



شکل ۳-۶ شماتیک دما سنج بی متال یا دو فلزی

یک دماسنج بی متال شامل دو فلز از جنس یا آلیاژ متفاوت می باشد که بصورت مارپیچ به هم تابیده شده اند و انتهای مشترک آنها به یک عقربه متصل می باشد. از بی متال ها جهت ساخت سوئیچ های دما نیز استفاده می گردد. شکل زیر یک دما سنج از نوع بی متال را نشان می دهد:

www.powerplantac.com



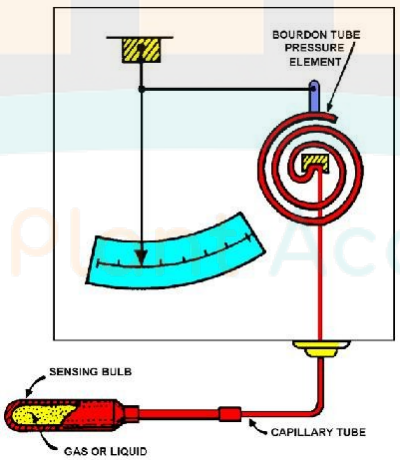
شکل ۳-۷ دما سنج بی متال یا دو فلزی

۳-۲-۶ سیستم های گرمایی پر شده (Filled Type):

این روش مبتنی بر رابطه بین فشار، دما و حجم گاز ها است. تمام اندازه گیرهایی که بر این اساس کار می کنند سیستم های گرمایی پر شده نام دارند. طبق قانون گاز کامل داریم:

$$P1.V1/T1 = P2.V2/T2$$

که درآن Pn فشار مطلق گاز بر حسب پاسکال، Vn حجم گاز بر حسب m^3 و Tn دمای مطلق گاز بر حسب کلوین است. یک سیستم گرمایی پرشده از یک حباب (Bulb)، یک لوله ی رابط (Capillary Tube) و یک عنصراندازه گیر فشار تشکیل شده است. با این روش از روی فشار اندازه گیری شده دما را به دست می آوریم. سه راه برای پر کردن چنین سیستم هایی وجود دارد: مایع، گاز و بخار (گاز عنصر یا ترکیبی است که در شرایط متعارف به شکل گاز وجود دارد اما بخار در این شرایط مایع است و بر اساس افزایش دما و تبخیر به شکل گاز در آمده است). حباب هم به عنوان عنصر حسگر و هم به عنوان مخزن سیال درون سیستم به کار می رود. لوله ی رابط تغییرات فشار سیستم را به عنصر اندازه گیر منتقل می کند. شکل زیر یک نحوه ی عملکرد یک دما سنج از نوع پر شده را نشان می دهد:



شکل ۳-۸ دما سنج از نوع پرشده

www.powerplantac.com

انواع گوناگونی از سه دسته اصلی نامبرده شده (مایع، گاز و بخار آب) وجود دارد که براساس چگونگی جبران دمای محیط و دامنه ی اندازه گیری دما تقسیم می شوند:

گروه I سیستم های پر شده با مایع

نوع I A: جبران کننده ی کامل دمای محیط.

نوع I B: جبران کننده ی دمای محیط در بدنه دستگاه.

گروه II: سیستم های پر شده با بخار

نوع II A: مناسب برای اندازه گیری دمای بالاتر از دمای قطعات سیستم اندازه گیر.

نوع II B: مناسب برای اندازه گیری دمای پایین تر از دمای قطعات سیستم اندازه گیر.

نوع II C: مناسب برای اندازه گیری دمای هم بالاتر وهم پایین تر از قطعات سیستم اندازه گیری.

نوع II D: مناسب برای اندازه گیری دمای پایین تر یا برابر قطعات سیستم اندازه گیر.

گروه III : سیستم های پر شده با گاز

نوع III A: جبران کننده کامل دمای محیط.

نوع III B: جبران کننده دمای محیط در بدنه دستگاه.

www.powerplantac.com

فصل چهارم

روش های اندازه گیری سطح، فاصله و ارتعاشات

www.powerplantac.com

۴-۱ روش های اندازه گیری سطح:

۴-۱-۱ روش Dipp stick:

این روش یکی از روش های اندازه گیری سطح بصورت مستقیم می باشد. بدین صورت که یک نوار مدرج وارد مخزن مایع شده و توسط آن سطح مایع را اندازه می گیرند.

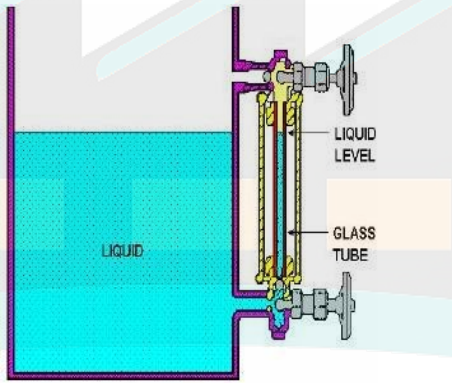
۴-۱-۲ ارتفاع سنج شیشه ای (Gauge Glass):

این وسیله از یک شیشه تخت درست شده که در بدنه ی مخازن به صورت عمودی قرار می گیرد و سطح مایع در آن قابل مشاهده می باشد.

که در دو نوع موجود است:

الف) گیج های شفاف(Transparent):

گیج هایtransparent برای مایعات رنگی و غلیظ، تعیین سطح مشترک دو مایع و همچنین برای مواد خورنده ی شیشه، بکار می رود. ساختار آنها شبیه نوع انعکاسی است ولی شیشه ی این گیج ها دارای شیارهای منشوری نمی باشد و شیشه ها در جلو و پشت محفظه نصب گردیده اند. بدلیل دو شیشه بودن گیج محدودیت های فشار و دمای این نوع کمتر از نوع انعکاسی می باشد.



شکل ۴-۱ ارتفاع سنج گیج شفاف (Side Glass)

ب) گیج های انعکاسی(Reflective):

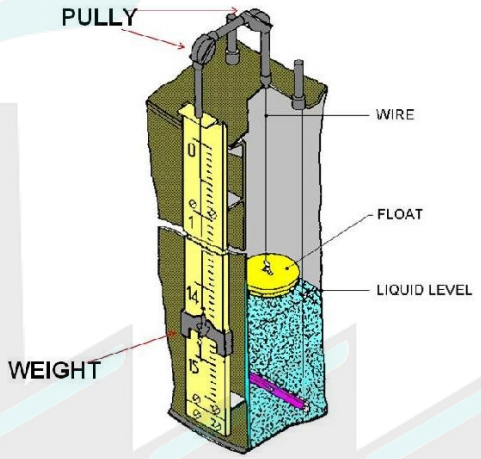
گیج های انعکاسی از پدیده ی بصری شکست نور و تغییر آن به انعکاس کلی استفاده می نمایند. شیارهای منشوری در پشت شیشه قالب گیری شده اند. هنگامی که گیج خالی باشد شعاع تابش از روی سطوح منشوری انعکاس کلی یافته و سبب می شود که قسمتی از شیشه دارای رنگ نقره ای باشد و چون مایع در

www.powerplantac.com

داخل گیج بالا رود زاویه ی بحرانی تغییر می یابد زیرا ضریب شکست مایع با ضریب شکست بخار بالای مایع متفاوت می باشد. این گیج برای مایعات تمیز،بی رنگ و رقیق بکار می رود.

۴-۱-۳ ارتفاع سنج شناوری (Floater):

شناورها معمول ترین عنصر اندازه گیری ارتفاع سطح مایعات به شمار می روند. حرکت شناور که تابع ارتفاع سطح مایع می باشد ایجاد سیگنال اندازه گیری و یا کنترل می نماید. یک سرکابل به شناور و سر دیگر آن به وزنه متصل می گردد. اجزای این سیستم عبارتند از: شناورکه همراه با مایع بالا و پایین می شود. کابل رابط شناور و وزنه شاخص در مخازنی که فشار آنها فشار محیط باشد، می توان با قرائت مقادیر، سطح را اندازه گرفت.



شکل ۴-۲ ارتفاع سنج شناوری

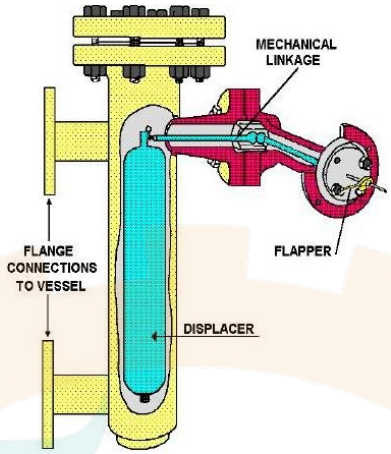
۴-۱-۴ ارتفاع سنج غوطه وری (Displacer):

اساس کار ارتفاع سنج غوطه وری، بر قانون ارشمیدس استوار می باشد. طبق این قانون، هرجسمی که درمایع فرو رود بوسیله ی نیرویی معادل با وزن مایع جابجا شده از وزن آن جسم کاسته می شود (این نیرو در جهت بالا وارد می شود).

بنابراین Displacer همیشه از نیروی سبک کننده سنگین تر است و نیروی سبک کننده با افزایش مایعی که Displacer در آن فرو رفته افزایش می یابد.

ارتفاع سنج های از نوع Displacer معمولاً استوانه ای شکل هستند. هم چنین دارای سطح مقطع یکنواختی هستند تا بیشترین فشار را تحمل کنند و نیروی سبک کننده درست متناسب با تغییر ارتفاع مایع باشد. و در نهایت رابطه ی تغییر سطح و سیگنال تناسبی و خطی باشد.

www.powerplantac.com



شکل ۴-۳ ارتفاع سنج غوطه وری (Displacer)

وقتی که Displacer با مایع در تماس نبوده و هیچ جزیی از آن درمایع پوشیده نشده باشد، کلیه ی وزن آن به Torque Tube وارد می گردد و هنگامیکه مایع، تمام ارتفاع Displacer را فرا گیرد، وزن آن متناسب با ارتفاع مایع کاهش می یابد و تغییرات سیگنال بوجود می آید.

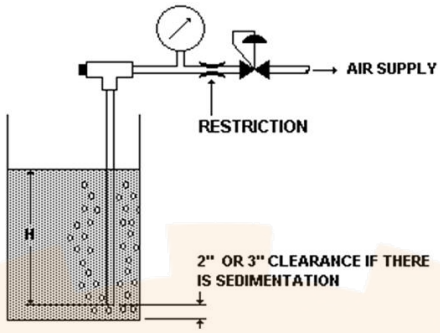
تیوب Displacer به مجموعه Torque Tube که از حرکت چرخشی برای نشان دادن و یا کنترل ارتفاع سطح مایع استفاده می کند وصل شده، که به ازای هر تغییری در نیروی شناوری به همان نسبت تغییری در پیچش آن بوجود می آید و به تغییرات فشار داخل مخزن حساس نمی باشد. با چرخش آن سیگنال لازم جهت اندازه گیری سطح بدست می آید.

۴-۱-۵ ارتفاع سنج حبابی:

در این روش با ایجاد حباب از کف مخزن یا پایین ترین قسمت مخزن ارتفاع را اندازه گیری می کنند. این حباب معمولاً بوسیله ی هوای ابزاردقیق یا نیتروژن تأمین می شود. فشار تولید شده از ارتفاع مایع از بالا رفتن حباب ها جلوگیری کرده و در نتیجه فشار بر روی هوای ابزاردقیق بیشتر می شود. این فشار را با یک فشار سنج اندازه گیری می شود که معادل ارتفاع مایع می باشد.

دقت این دستگاه درحد دستگاه اندازه گیری فشاری است که در آن بکار رفته است. در صورتی که مخزن خالی باشد، هوا به آزادی از انتهای لوله خارج و فشار صفر خواهد بود. با افزایش ارتفاع مایع، به همان نسبت در مقابل هوای داخل لوله مقاومت ایجاد خواهد کرد و این مقاومت بصورت واحد اندازه گیری ارتفاع مایع بوسیله دستگاه اندازه گیری نشان داده خواهد شد.

www.powerplantac.com



شکل ۴-۴ ارتفاع سنج حبابی

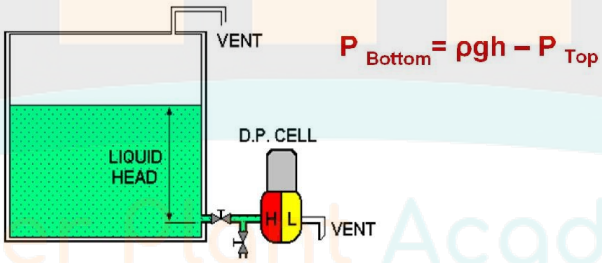
۴-۱-۶ ارتفاع سنج اختلاف فشاری (DP):

هر مایع که در یک مخزن قرار گیرد به سطح پایین مخزن فشاری وارد می سازد. با توجه به این قابلیت می توان تغییرات سطح را به تغییرات فشار تبدیل کرد و آنرا توسط یک ترانسمیتر فشار (Pressure Transmitter) به سیگنال الکتریکی یا دیجیتالی تبدیل کرده یا توسط فشارسنج آنرا دید. برای حس کردن و اندازه گیری این اختلاف فشار در مخازن سر باز فشار کم (L) ترانسمیتر را به هوای آزاد و سر فشار زیاد (H) آنرا به پائین ترین نقطه مخزن وصل می کنیم.

- *مخازن سرباز:*

در مخازن دارای هواکش، طرف فشار بالای وسیله (H) ابزاردقیق، به پایین‌ترین نقطه اندازه‌گیری وصل می‌شود و طرف فشار پایین وسیله ابزاردقیق، به هوای آزاد وصل می‌شود.

بنابر این وسیله اندازه‌گیری کننده، به تغییرات سطح استاتیک پاسخ می دهد.



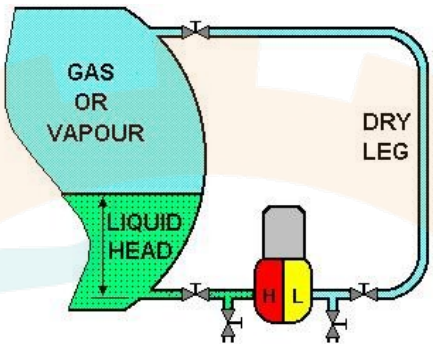
شکل ۴-۵ D.P.cell متصل شده به یک مخزن روباز

- *مخازن سربسته:*

همانند مخازن سرباز، طرف فشار بالای وسیله ی ابزاردقیق به پایین‌ترین نقطه ی اندازه‌گیری وصل می‌شود و طرف فشار پایین هم به نقطه‌ای بالاتر از بالاترین سطح مایع که فقط شامل گاز یا بخار است، وصل

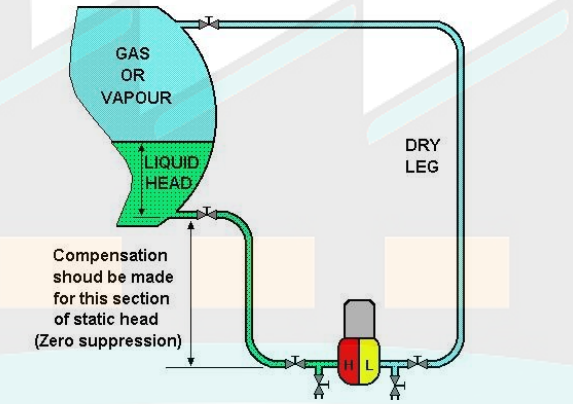
www.powerplantac.com

می‌شود. به این اتصال معمولاً Dry leg گفته می‌شود. در این روش، هرگونه تغییر فشاری که بالای سطح مایع رخ دهد، می‌تواند توسط وسیله ابزاردقیق، جبران شود. هر چند فشار داخل به دو طرف وسیله ی ابزاردقیـق اخـتلاف فشار اعمال می‌گردد، هرگونه تغییر در سطح مایع، به خروجی وسیله ی ابزاردقیق فرستاده می شود.



شکل ۴-۶ اتصال D.P.cell به مخزن سربسته

اگر وسیله ی ابزاردقیق پایین‌تر از مخزن قرار گیرد، موقعی که مخزن خالی است، یـک ارتفـاع کـاذب، توسط ترانسمیتر (بوسیله مایع درون لوله‌های رابط) خوانده می‌شود. با قرار دادن یک کیـت فرونشـانی صـفر[۱] در ترانسمیتر، می‌توان مقدار قرائت را در این حالت به صفر رساند و افست این خطا را گرفت.

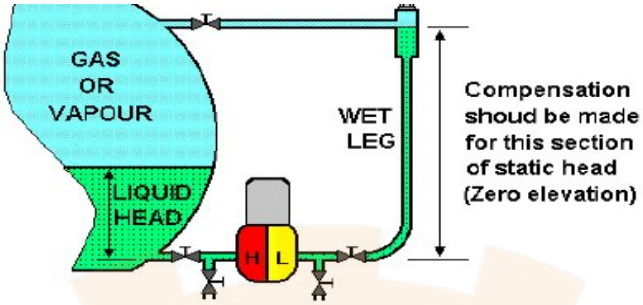


شکل ۴-۷ D.P.cell قرارگرفته در پایین مخزن

چنانچه بخارات بالای مخزن قابل مایع شدن در شرایط فرایندی باشند ممکن است این مورد باعث بروز خطا در سیستم اندازه گیری سطح گردد، از اینرو با افزودن مایع (عمدتاً مونواتیلن گلایکل MEG) به بازوی فشار پایین ترانسمیتر اختلاف فشار و اعمال صفر برای حالت مخزن خالی این خطا حذف می گردد.

۱. Zero Suppression Kit

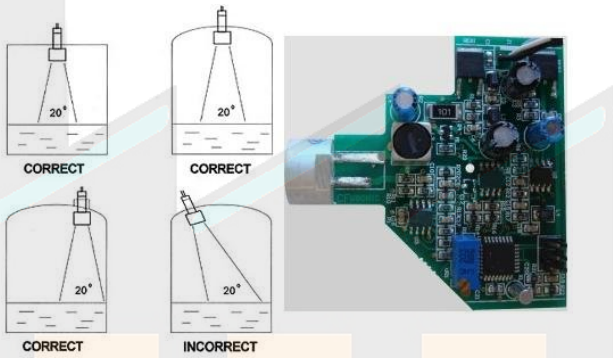
www.powerplantac.com



شکل ۴-۸ ارتفاع سنج اختلاف فشاری برای حالت مخزن سربسته

۴-۱-۷ ارتفاع سنج اولتراسونیک Ultrasonic:

این نوع سیستم اندازه گیری بر اساس معین بودن سرعت صوت در گازها کار می کند. قسمت سنسور دارای یک المان پیزو الکتریک می باشد که با تحریک آن یک موج مافوق صوت ایجاد شده با عبور از گاز و رسیدن به سطح مایع منعکس و در دریافت کننده که از جنس پیزوالکتریک می باشد تبدیل به ولتاژ گردیده، از اختلاف زمانی ارسال و دریافت و سرعت صوت در گاز مورد نظر سطح مایع اندازه گیری می شود.



شکل ۴-۹ ارتفاع سنج اولتراسونیک

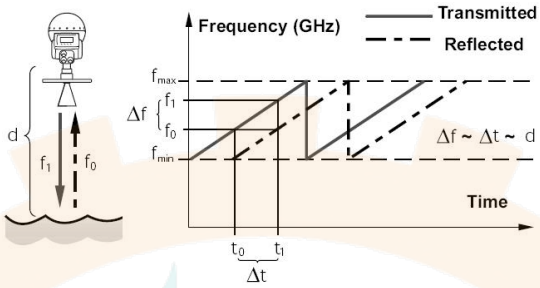
۴-۱-۸ ارتفاع سنج راداری Radar Type:

این نوع سیستم اندازه گیری با استفاده از امواج رادیویی کار می کند و اختلاف زمان بین ارسال و دریافت را از طریق تکنیک موج پیوسته ی مدوله شده ی فرکانسی[۱] محاسبه می نماید. بدین ترتیب که زمان ارسال موج فرکانس f_1 و در زمان دریافت فرکانس مبدا با توجه به تغییر دندانه اره ای مقدار دیگری مانند f_0

۱. Frequency Modulated Continuous Wave

www.powerplantac.com

خواهد بود. لذا مقدار تفاوت این دو فرکانس رابطه ی مستقیم با فاصله ی سطح مایع با ترانسمیتر راداری خواهد داشت.

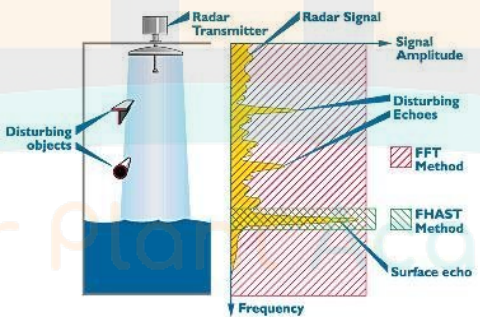


شکل ۴-۱۰ روش عملکرد ارتفاع سنج راداری

طول موج امواج رادیویی در حدود ۱۲ الی ۵۲ میلیمتر ارسالی از سوی این نوع سیستم اندازه گیری قابلیت نفوذ به محیط های کدر نظیر بخارات را میسر می نماید. از سوی دیگر شدت امواج رادیویی منتشره زیر یک هزارم میزان استاندارد تشعشع ایمن برای بدن انسان می باشد.

اجزاء سیستم اندازه گیری راداری عبارتست از: آنتن، گیرنده، ترانسمیتر، نمایشگر، سیستم های تبادل اطلاعات نظیر فیلدباس و سیستم پردازش سیگنال دیجیتال (اسپکتروم آنالایزر) که برای بدست آوردن طیف فرکانس سیگنال دریافتی و در نتیجه سطح مایع مورد استفاده قرار می گیرد.

در صورت وجود اشیاء مزاحم در مسیر انتشار امواج، تداخل امواج دریافتی ناشی از سطح مایع با برگشتی های ناخواسته می توانند ایجاد خطا نمایند که با روش هایی نظیر تکنولوژی سیگنال دقت و سرعت بالا[۱] قابل تشخیص و تا حدودی قابل حذف می باشد.

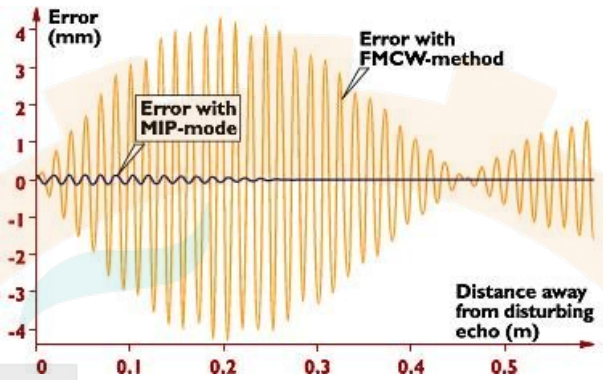


شکل ۴-۱۱ نحوه ی حذف تداخل با روش FHAST

۱. Fast High Accuracy Signal Technology (FHAST)

www.powerplantac.com

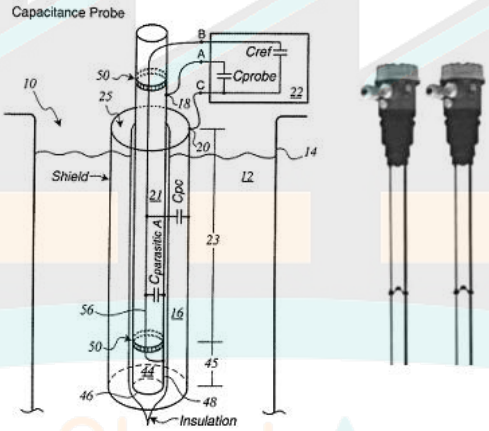
روش دیگر که دقیقتر از این روش می باشد تحت عنوان MIP بوده که با شمارش تعداد شیفت های فازی سیگنال سطح واقعی را محاسبه می نماید و در حالت بروز اشکال در روند محاسباتی از روش FCMW به عنوان Backup استفاده می کند.



شکل ۴-۱۲ مقایسه ی دقت اندازه گیری روش MIP با FCMW

۴-۱-۹ ارتفاع سنج خازنی Capacitance:

این نوع سیستم اندازه گیری با استفاده از اثر خازنی مابین دو سیم (ناشی از استقرار موازی آنها) و دی الکتریک مابین آنها که بخشی گاز و بخشی مایع پر شده در مخزن می باشد محاسبه می گردد.



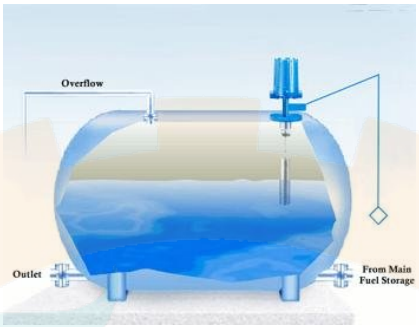
شکل ۴-۱۳ اندازه گیری سطح به روش خازنی

۴-۱-۱۰ ارتفاع سنج سروو موتوری Servo type:

این نوع سیستم اندازه گیری ارتفاع بر اساس روش شناوری عمل می کند، بدین ترتیب که یک قطعه ی شناور از طریق یک رشته سیم مقاوم دربرابر مواد شیمیایی و تنش مکانیکی به یک سروو موتور وصل و در

www.powerplantac.com

سطح مایع به حالت غوطه ور نگهداشته می شود. نقطه ی تعادل نیرو ملاک اندازه گیری سطح می باشد لذا دقت سیم، قرقره و سروو موتور در این روش اندازه گیری حایظ اهمیت می باشد.



شکل ۴-۱۴ اندازه گیری به روش سروو موتور

۴-۲ سوییچ های حساس به سطح (Level switch):

سوئیچ های سطح انواع مختلفی دارند که از آن جمله می توان، Capacitance و paddle flouter را نام برد البته از هر گونه ارتفاع سنج دیگری نیز می توان یک سوییچ گرفت و آن را به عنوان یک level switch به کار برد.

الف)سوییچ نوع Paddle:

این سوییچ از یک موتور الکتریکی کوچک تشکیل شده است که در روی سطح مخزن نصب می شود، و تا زمانی که سطح ماده مایع یا جامد درون مخزن به آن نرسیده به صورت عادی کار میکند. در صورت رسیدن ماده به آن در مقابل چرخش آن ایستادگی می شود و جریان مصرفی آن بالا می رود و با بالا رفتن جریان سوییچ می کند.

ب)سوییچ Floater:

این سوییچ در روی بدنه مخزن نصب شده و شامل یک کپسول هوا می باشد که در صورت رسیدن سطح مایع به آن بالا رفته و سوییچ می کند.

ج) سوییچ Cpacitance:

این سوییچ از دو فلز تشکیل شده است که عملکردی شبیه به خازن دارند و چنانچه مایع در بین آن دو قرار بگیرد، ظرفیت دی الکتریک خازن تغییر کرده و سوییچ می کند.

د) سوییچ مغناطیسی Magnetic:

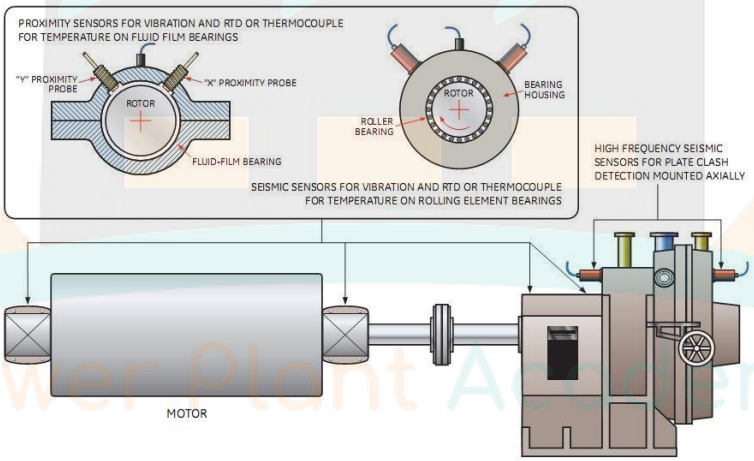
www.powerplantac.com

این سوئیچ در نقطه ی تنظیم دارای یا آهنربای دایم بوده و یک شناور که با سطح بالا و پایین می شود و با رسیدن به آهنربا یک کنتاکت را قطع و وصل می نماید.

شکل ۴-۱۵ سوئیچ های حساس به سطح

۴-۳ اندازه گیری ارتعاشات و فاصله[۱]

اندازه گیری ارتعاشات و فاصله در خصوص محورهای گردان تجهیزات دوار نظیر کمپرسورها و پمپ ها به منظور حفاظت آنها از ارتعاشات خم شدگی یا عدم هم محور بودن شفت و جابجایی های ناشی از خورده شدن تراست بیرینگ[۲] ها در صنایع از اهمیت فراوانی برخوردار است.



شکل۴-۱۶ تجهیز دوار و پروب های مربوطه

۱. Vibration & Displacement
۲. Thrust Bearing

www.powerplantac.com

روش های متعددی برای اندازه گیری این کمیت ها وجود دارد. عمده ترین روش مورد استفاده در صنعت پراکسی میترها می باشند که از اصل جریان های فوکو[1] بهره می گیرند.

۴-۳-۱ ترانسدیوسر پراکسی میتری:

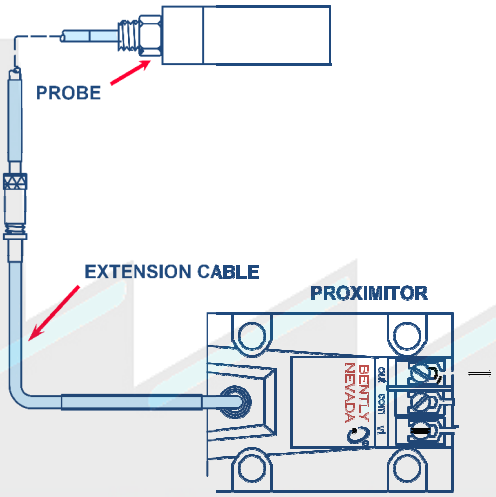
این نوع ترانسدیوسرها از سه قسمت اصلی تشکیل می شوند:

۱. پروب و کابل متصل به آن

۲. کابل رابط بین پروب و پراکسی میتر

۳. پراکسی میتر

شکل زیر اجزاء اصلی ترانسدیوسر پراکسی میتری را نشان می دهد:



شکل ۴-۱۷ اجزاء اصلی ترانسدیوسر پراکسی میتری

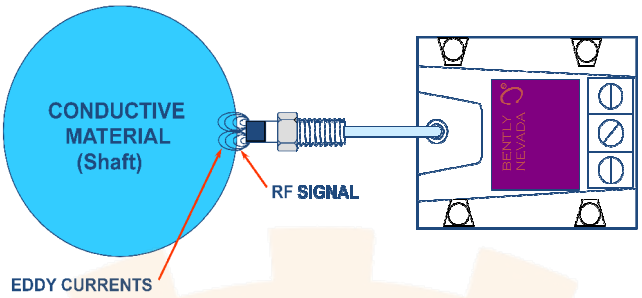
۴-۳-۱-۱ تئوری اندازه گیری:

پراکسی میتر سیگنال رادیویی را تولید و از طریق کابل رابط به پروب می رساند و پروب که نقش یک آنتن فرستنده و گیرنده را دارد، سیگنال را به سمت محور گردان ارسال می نماید. امواج الکترومغناطیسی منتشر شده روی محور گردان که از آلیاژهای فلزی می باشند جریان فوکو تولید می کند و در نتیجه موج برگشتی را تضعیف می کند. موج برگشتی در پروب دریافت و دامنه ی آن آشکار می شود، در واقع گیرنده سیگنال مدوله شده AM را دمدوله می نماید. میزان دامنه سیگنال دریافتی نشانگر فاصله پروب از محور می باشد.

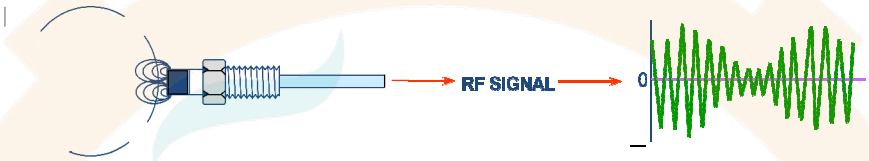
---

۱. Eddy Current

www.powerplantac.com

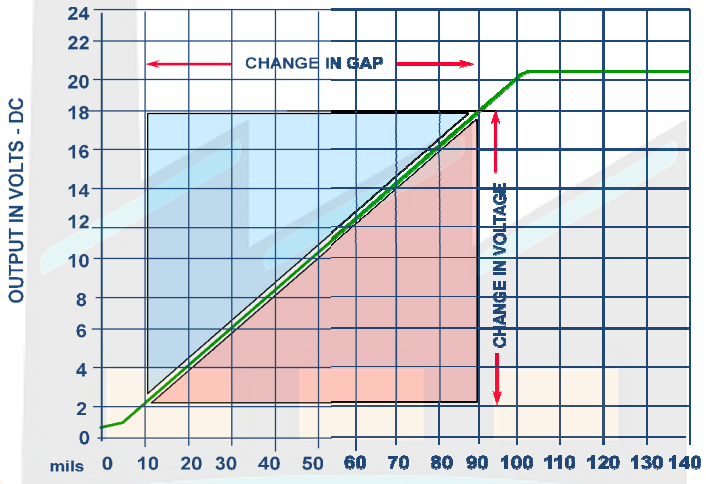


شکل ۴-۱۸ نحوه ی عملکرد پراکسی میترها



شکل ۴-۱۹ مدولاسیون سیگنال RF با توجه به فاصله ی پروب از شفت

شکل زیر منحنی مشخصه ی یک نوع ترانسدیوسر پراکسی میتری را نشان می دهد:



شکل۴-۲۰ منحنی مشخصه ی یک نوع ترانسدیوسر پراکسی میتری

www.powerplantac.com

فصل پنجم

روش های اندازه گیری جریان سیالات

www.powerplantac.com

۵-۱ جریان سیالات (Flow):

جابجا شدن حجم سیالی از یک نقطه به نقطه ی دیگر را جریان سیال گویند. اما تعریف کمی جریان سیال عبارتست از: مقدار حجم عبوری سیال از یک مقطع معین در واحد زمان.

واحد جریان برای گاز، متر مکعب بر ساعت می باشد. اندازه گیری جریان به دو عامل بستگی دارد:

$$Q=A\times V$$

۱. سطح مقطع جریان عبوری(A)

۲. سرعت عبور سیال (V)

۵-۲ روش های اندازه گیری جریان سیالات:

۵-۲-۱ اندازه گیری به روش اختلاف فشار:

در این روش که اندازه گیری جریان گاز بصورت غیر مستقیم و استنتاجی صورت می گیرد، مبنای کار تئوری برنولی می باشد. طبق تئوری برنولی تعادل انرژی در طرفین یک اریفیس یا رابط مانند لوله ی ونچوری بصورت زیر قابل ارائه می باشد:

$E_1 = E_2 =$ انرژی فشار +انرژی جنبشی + انرژی پتانسیل

$$\frac{E_1}{m}=\frac{P_1}{\rho_1}+\frac{1}{2}v_1^2+gz_1=\frac{E_2}{m}=\frac{P_2}{\rho_2}+\frac{1}{2}v_2^2+gz_2$$

که در آن:

E_1 = انرژی قبل از اریفیس

E_2 = انرژی پس از اریفیس

v_1 = سرعت بالا دستی اریفیس

v_2 = سرعت بالا دستی اریفیس

P_1 = فشار قبل از اریفیس

P_2 = فشار پس از اریفیس

Z_1 = ارتفاع قبل از اریفیس

Z_2 = ارتفاع پس از اریفیس

ρ_1 = دانسیته سیال

ρ_2 = دانسیته سیال

چنانچه سیال تراکم پذیر نباشد یا از تراکم آن صرف نظر نماییم آنگاه رابطه ی زیر صادق خواهد بود:

$$\frac{v_2^2-v_1^2}{2}=\frac{P_1-P_2}{\rho}$$

از آنجائیکه $Q = Q_1 = Q_2$ و $Q_1 = A_1v_1$, $Q_2 = A_2v_2$ می باشد خواهیم داشت:

www.powerplantac.com

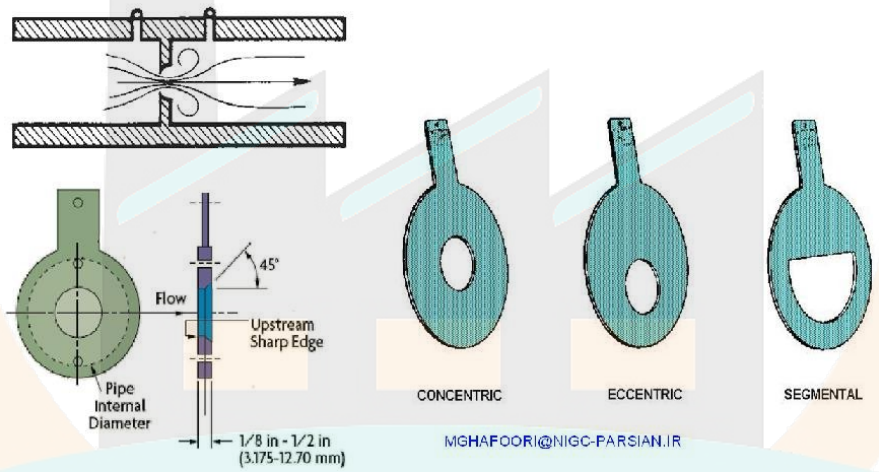
$$Q_{TH} = \frac{A_2}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2(P_1-P_2)}{\rho}}$$

به صورت ساده تر معادله بصورت زیر قابل بیان می باشد:

$$Q_{act} = C\sqrt{P_1 - P_2}$$

- *اریفیس(Orifice Plate):*

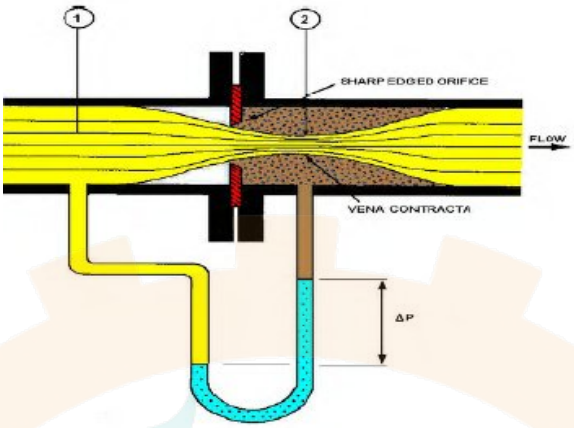
اریفیس یک صفحه تخت فلزی می باشد که در وسط آن یک سوراخ وجود دارد . این سوراخ باعث می شود که فشار سیال عبوری در خط کاهش پیدا کند. بنابراین با ایجاد اختلاف فشار در دو طرف اورفیس و اندازه گیری اختلاف فشار می توان میزان جریان عبوری از لوله را اندازه گیری کرد. اختلاف فشار با مجذور جریان سیال متناسب است. این روش ارزانترین روش ایجاد افت فشار و تبدیل فشار دینامیک به استاتیک جهت محاسبه ی سرعت سیال می باشد. اشکال مختلف اریفیس در زیر آمده است:



شکل ۵-۱ اشکال مختلف اریفیس

شکل زیر الگوی سیال در یک لوله قبل و بعد از یک اریفیس و اختلاف فشار متناسب با آن را نشان می دهد:

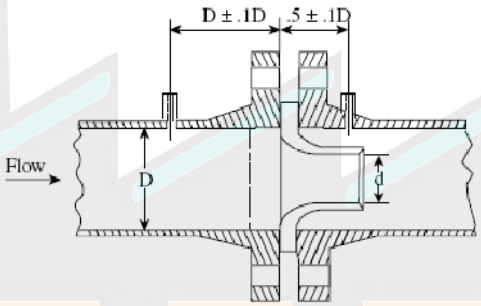
www.powerplantac.com



شکل ۵-۲ الگوی جریان گاز در طرفین یک اریفیس

- *نازل (Nozzle Tube)*

در نازل برای ایجاد اختلاف فشار از لوله ی هادی شکل با قطر ورودی به اندازه لوله ی بالادستی و قطر کوچکتر در پائین دستی استفاده می شود.



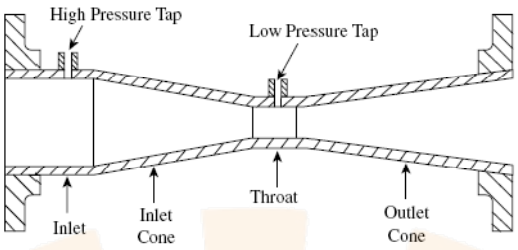
شکل ۵-۳ نازل

محل نصب پایه های فشار بالا و پایین سنسور اختلاف فشار به ترتیب به اندازه ی یک قطر لوله از بالادستی و نصف قطر لوله از پایین دستی می باشد.

- *ونچوری (Ventury Tube)*

لوله ی ونچوری بصورت یک لوله با قطر ثابت در ورودی و خروجی و فلنج در طرفین آن می باشد و قطر این لوله در قسمت میانی بصورت خطی کاهش و از نیمه ها تا انتهای آن افزایش می یابد (مانند دو مخروط به هم متصل شده) بدین ترتیب سیال عبوری داخل این لوله سرعت می گیرد و در انتها به حالت قبلی باز می گردد. مزیت این روش نسبت به اریفیس، مقاوم بودن در برابر خوردگی می باشد.

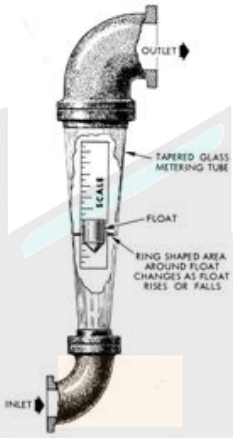
www.powerplantac.com



شکل ۵-۴ لوله ی ونچوری

۵-۲-۲ روتامتر (Rotameter):

روتامتر از یک لوله ی شیشه ای تشکیل شده که قطر داخلی آن از پایین به بالا افزایش می یابد. یک شناور مخروطی شکل نیز درون آن موجود می باشد. سیال از پایین به بالا جریان دارد. شناور نیز متناسب با جریان سیال به بالا حرکت می کند، تا جاییکه اختلاف فشار ایجاد شده با نیروی وزنی شناور یکسان شود و شناور معلق بماند.



شکل ۵-۵ روتامیتر

۵-۲-۳ فلومتر مغناطیسی (Magnetic Flometer):

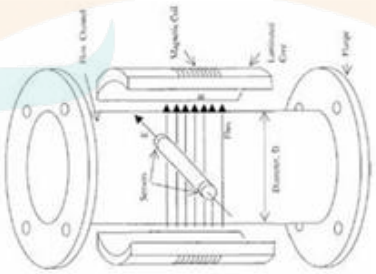
اساس کار فلومترهای مغناطیسی قانون القای الکترومغناطیسی فاراده می باشد. فلومترهای مغناطیسی شامل یک تیوب فلزی سخت به همراه یک مبدل الکترونیکی هوشمند است که خود هم منبع ولتاژ ورودی و هم تولید کننده ی سیگنال خروجی می باشد. این نوع فلومترها بیشتر برای اندازه گیری سیال های پرتلاطم و غیرشفاف و جاهایی که امکان استفاده از فلومترهای شیشه ای به خاطر ملاحظات ایمنی نمی باشد بکار می روند. درشرایطی که فشار و دمای فرایند بالا است، استفاده از این نوع فلومترها توصیه می شود.

www.powerplantac.com

همچنین از این نوع فلومتر برای اندازه گیری فلوی سیالاتی استفاده می شود که درصد خورندگی بالایی دارند. زیرا سنسور این فلومترها هیچ گونه ارتباطی با سیال ندارند. فلومترهای مغناطیسی بر روی لوله حاوی سیال نصب می شود و مقدار فلوی عبوری را بر حسب نیروی الکترو مغناطیسی گذرنده از سیال اندازه گیری می کند.

شکل زیر مکانیزم عملکرد فلومتر مغناطیسی را نشان میدهد:

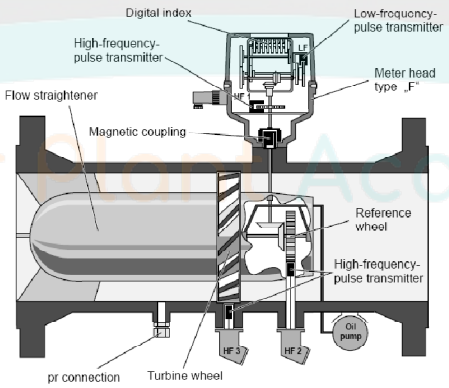
$$E=Blv$$



شکل ۵-۶ فلومتر مغناطیسی

۵-۲-۴ فلومتر توربینی:

فلومترهای توربینی مانند اریفیسی ها از نوع استنتاجی می باشند، زیرا این فلومترها سرعت سیال عبوری را اندازه گیری و از روی آن با استفاده از اصلاح فشار و دما حجم سیال عبوری را محاسبه می کنند. سیال در حال حرکت از درون فلومتر با برخورد به یک روتور پره دار، یک سرعت چرخشی متناسب با نرخ جریان ایجاد می کند. لذا سرعت سیال با شمارش تعداد چرخش های روتور، تعیین می شود. فشار و دما می تواند در نقاط پیش بینی شده در ساختمان کنتور که نقاط مخصوص و مناسب اندازه گیری می باشد، اندازه گیری شوند.



شکل ۵-۷ فلومتر توربینی

www.powerplantac.com

۵-۲-۴-۱ موارد کاربرد کنتورهای توربینی:

۱) کنتورهای توربینی برای اندازه گیری جریان مایعات، گازها و برخی انواع آن برای اندازه گیری جریان بخار به کار برده می شوند.

۲) کنتورهای توربینی در مواردی که به دقت بالا نیاز باشد به کار برده می شوند زیرا دارای دقت عالی می باشند.

۳) کنتورهای توربینی در مواردی که دامنه جریان بالاست یعنی فاصله بین حداقل جریان و حداکثر جریان زیاد باشد، بکار برده می شود.

۴) استفاده از کنتورهای توربینی به تمیزی سیال محدود می شود.

۵) کنتور های توربینی نسبت به قیمت خود، دارای کارکرد با کیفیت منحصر بفرد در شرایط کاربرد تعریف شده خود می باشند.

۵-۲-۴-۲ اجزاء کنتور توربینی:

مجموعه کنتورهای توربینی در طراحی های مختلف دارای قطعات و اجزاء گوناگونی می باشند که عموماً شامل موارد ذیل است:

۱) کانال ورودی (inlet chanel)

۲) هدایت گر جریان (flow guide)

۳) چرخ توربین (turbine wheel or rotor)

۴) کانال خروجی (outlet chanel)

۵) کوپلینگ مغناطیسی (magnetic copling)

۶) نمایشگر، شماره انداز یا تجمیع کننده (totalizer ,counter ,index)

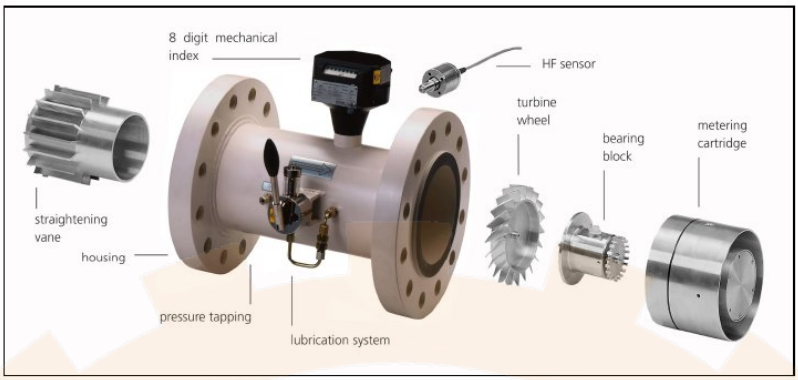
۷) بال بیرینگ ها (ball bearings)

۸) چرخ دنده ها (gears)

۹) شفت (shaft)

۱۰) مولدهای پالس (pulser)

www.powerplantac.com



شکل ۵-۸ فلومتر توربینی (یک نمونه ی واقعی)

۵-۲-۴-۳ تبدیل حجم به کمیت (جرم، حجم استاندارد):

کنتور توربینی توسط چرخ دنده هایی به قسمت اندازه گیر متصل شده تا کمیت مورد نظر را اندازه گیری نماید. کمیت می تواند در عبارات ًاستانداردً، ًنرمالً، یا حجم پایه یا عبارت های جرمی بیان شود. حجم اندازه گیری شده بوسیله ی کنتور تحت فشار و دمای عملیاتی می تواند به روش های متفاوت به حجم در فشار و دمای پایه یا استاندارد تبدیل شود.

معمول ترین روش، روش PTZ می باشد. فشار گاز در محل تعبیه شده بر روی بدنه ی کنتور و دما بلافاصله در پایین دست جریان اندازه گیری می شود. فشار و دمای استاندارد مقادیر ثابتی هستند. فشار پایه اغلب ۱.۰۱۳۲۵ bar می باشد اما برای دمای پایه، مقادیر ۰°C، ۱۵°C و ۶۰°F استفاده می شوند. فاکتور تراکم پذیری Z می تواند از درصد ترکیبات گاز محاسبه شود. تراکم پذیری مقدار ثابت ندارد اما با فشار و دما متغیر است. تصحیح های گوناگونی برای محاسبه ضریب تراکم پذیری از ترکیب، فشار و دما موجود است.

معادله ی محاسبه حجم پایه بدین صورت است:

$$V_b = V_m \cdot \frac{P_m}{P_b} \cdot \frac{Z_b}{Z_m} \cdot \frac{T_b}{T_m}$$

در این معادله زیر نویس m اشاره به مقادیر اندازه گیری شده در شرایط عملیاتی دارد و در مورد Z_m که ضریب تراکم پذیری در شرایط عملیاتی است که بوسیله مشخص کردن ترکیب گاز و فشار و دمای عملیاتی تعیین می شود. زیر نویس b برای مقادیر در شرایط پایه استفاده می شود.

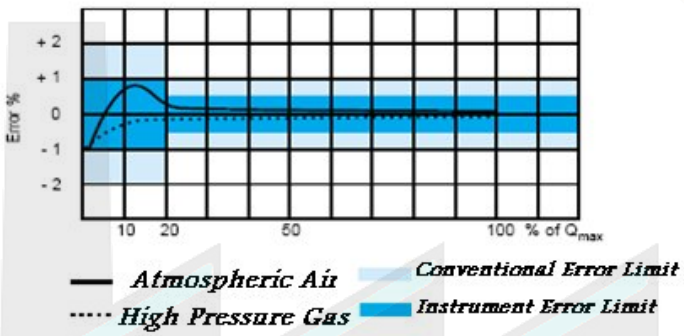
www.powerplantac.com

برای فشارهای که، مقدار Z_b/Z_m بسیار نزدیک به ۱ است و تحت آن شرایط معمولا گاز غیر قابل تـراکم فرض می شود. ($Z_b=Z_m=Z$)

۵-۲-۴-۴ رنج پذیری (Rangeability):

حداقل و حداکثر نرخ جریانی که یک کنتور در محدوده ی دقت مشخص در فاصله میان آن دو کار می کند بنام rangeability خوانده می شود. ماکزیمم خطا برای این منظور در ISO 9951، $\pm ۲\%$ مقـدار واقعـی در نرخ جریان پایین و $\pm ۱\%$ در نرخ جریان بالا تعیین شده است.

نرخ جریان بالا عبارتست از گستره ای از نرخ جریان مابین ماکزیمم جریـان Q_{max} و $۲۰\%Q_{max}$ و نـرخ جریان پایین عبارتست از جریان های با نرخ مابین Q_{max} ۲۰% و نرخ جریان حداقل Q_{min}.



مشخصه ی رنج پذیری (Rangeability) کنتورهای تـوربینی بصـورت نرمـال ۱ بـه ۲۰ مـی باشـد (بـه استثنای فلومترهای بسیار کوچک)، همچنین گستره ی اندازه گیری یک کنتور توربینی به دانسیته ی گاز مـورد استفاده بستگی دارد، هرچه دانسیته ی گاز بالاتر باشد، گستره ی اندازه گیری بزرگتر است. در انتهای پـایین تـر گستره ی اندازه گیری، محدودیت به دلیل اصطکاک مکانیکی بیرینگ ها و ثبات و شـمارنده، ایجـاد شـده اسـت. یک گاز با دانسیته ی بالا می تواند گشتاور بیشتری برای غلبه بر اصطکاک اعمال نماید.

۵-۲-۴-۵ وابستگی به عدد رینولدز:

تشریح شد که تحت Rangeability که حد پایین آن بوسـیله اصـطکاک مکـانیکی تعیـین مـی شـود و بوسیله ی افزایش دانسیته و بنابراین با افزایش فشار، این گستره ی اندازه گیری توسعه می یابد. در نـرخ جریـان های بالاتر که نیروهای اصطکاکی در مقایسه با نیروهای هیدرودینامیکی، بسیار کوچک می باشند، خطـا بوسـیله عدد رینولدز تعیین می گردد. عدد رینولدز به نرخ جریان، دانسیته و ویسکوزیته ی دینامیکی گاز بستگی دارد:

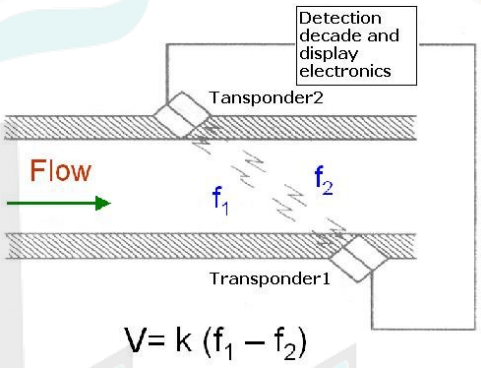
www.powerplantac.com

$$R_e = K.Q.\frac{\rho}{\eta}$$

که K یک ثابت وابسته به ژئومتری کنتور می باشد، Q نرخ جریان، ρ دانسیته گاز تحت شرایط بهره برداری و η ویسکوزیته دینامیکی گاز تحت شرایط بهره برداری است.

۵-۲-۵ جریان سنج های اولتراسونیک:

کنتورهای اولتراسونیک یکی از جریان سنج های با تکنولوژی جدید می باشند، به نحوی که این نوع کنتورها در سال های اخیر با رشد سریعی در کل جهان با استقبال مواجه شده اند.



شکل ۵-۹ فلومتر اولتراسونیک

تکنولوژی اولتراسونیک شاید به دهه ی ۳۰ میلادی برگردد ولی از لحاظ کاربرد در صنعت برای اولین بار در سال ۱۹۶۳ در ژاپن توسط شرکت Tokyo Keiki که بعدها بنام Tokimec تغییر نام داد، ارائه گردید. در سال ۱۹۷۲ شرکت Controlotro آمریکا بعنوان نخستین تولید کننده ی فلومتر اولتراسونیک در آمریکا کار خود را شروع نمود در اواخر دهه ۷۰ و اوایل دهه ۸۰ میلادی شرکتهای Panametrics در آمریکا و Ultraflux در فرانسه شروع به آزمایش در زمینه ی اندازه گیری جریان گاز بوسیله ی تکنولوژی اولتراسونیک نمودند. در ابتدا تکنولوژی اولتراسونیک به خوبی شناخته نشده بود اما در سال های اخیر، بهبودهای تکنولوژیکی زیادی در زمینه ی این جریان سنج ها بوجود آمده است.

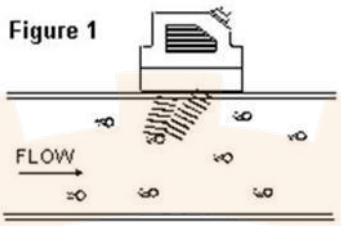
فلومتر های اولتراسونیک خود به دو بخش تقسیم می شوند:

الف) پدیده Doppler:

در این نوع فلومتر یک فرکانس اولتراسونیک از یک فرستنده در جهت عکس حرکت فلو فرستاده می شود و این امواج توسط فلوی عبوری به محلی که امواج ارسال می شوند برگشت داده می شود. در کنار فرستنده

www.powerplantac.com

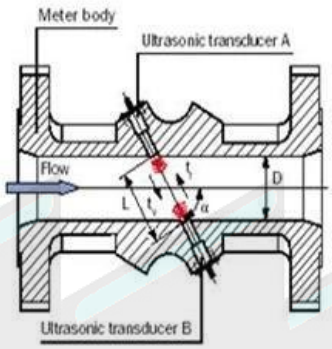
یک گیرنده قرار دارد و امواج دریافتی را با امواج ارسال شده مقایسه می کند و میزان اختلاف فرکانس دو موج، ارتباط مستقیم با جریان سیال دارد.



شکل ۵-۱۰ فلومتر اولتراسونیک با روش داپلر

ب) پدیده *Transient*:

در این نوع فلومتر امواج ارسالی از یک طرف لوله فرستاده می شوند و از سوی دیگر دریافت می شوند.



شکل ۵-۱۱ فلومتر اولتراسونیک با روش انتقال

$$V = \frac{L}{2 * \cos\alpha}\left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2}\right)$$

$$Q = V * \frac{D^2\pi}{4}$$

در این روش ارسال و دریافت موج اولتراسونیک طی دو مرحله صورت می گیرد بدین ترتیب که ابتدا یکی از سنسورهای پیزوالکتریک تحریک و موج ارسالی از سوی سنسور پیزوالکتریک دیگر دریافت و زمان انتقال موج محاسبه می شود. در مرحله ی بعدی جای فرستنده و گیرنده عوض می شود، که به سبب متفاوت بودن جهت ارسال موج نسبت به جهت حرکت سیال زمان محاسبه شده در این حالت با قبلی متفاوت بوده و این تفاوت متناسب با سرعت سیال می باشد. لذا با این روش می توان بصورت استنتاجی سرعت سیال را محاسبه نمود.

www.powerplantac.com

شکل ۵-۱۲ فلومتر اولتراسونیک (نمونه ی واقعی)

۵-۲-۵-۱ ترنسدیوسرها:

ترنسدیوسرهای کنتورهای اولتراسونیک به فرم های مختلف تولید می شوند. اساساً این ترنسدیوسرها از یک جزء پیزو الکتریک با الکترودها و حفاظ نگهدارنده ی مکانیکی تشکیل شده است. اتصال این ترنسدیوسرها به بدنه کنتور می تواند بصورت جوشی، فلنجی یا پیچی و یا مکانیکی (جهت باز کردن ترنسدیوسرها در حالیکه جریان گاز درون بدنه کنتور ادامه دارد) صورت پذیرد.

برای کاربردهای ویژه: می بایست ترنسدیوسرهای خاص متناسب با فرکانس، مواد و تجهیزات مکانیکی بکار روند. مشخصات ترنسدیوسرها و نصب آنها می بایست برای کاربردهای زیر به دقت مد نظر قرار گیرند.

۱- دماهای بالا

۲- فشارهای بالا و پایین

۳- تغییرات سریع و یا سیکلی دما یا فشار

۴- خوردگی و ساییدگی

۵- گازهای خشک و یا مرطوب

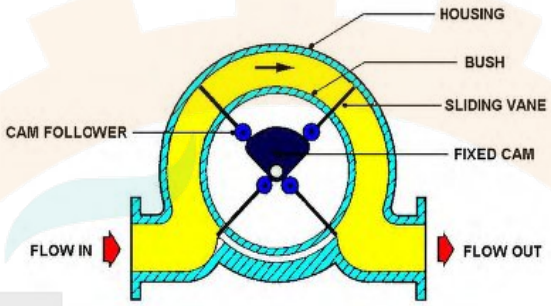
۵-۲-۶ فلومتر جابجائی مثبت:

فلومتر جابجایی مثبت، نوعی وسیله ی اندازه گیری فلو می باشد که سیالی را که در حال جریان است به حجم های کوچک قسمت نموده و ضمن عمل، آنها را پی درپی به هم می افزاید و بوسیله ی مکانیزم شمارنده، عمل شمارش را انجام می دهند.

www.powerplantac.com

پیمانه های اندازه گیری به قدری دقیق تراشیده شده اند که حجم آنها کاملاً مشخص می باشد و جمع همه ی آنها عبارت خواهد بود از مقدار دقیق مایع عبور یافته از فلومتر. اصول کار بدین قرار است که در ازای هرسیکل عملیات، حجمی از سیال بطور متناوب بوسیله دستگاه، دریافت و به خروجی انتقال می یابد.

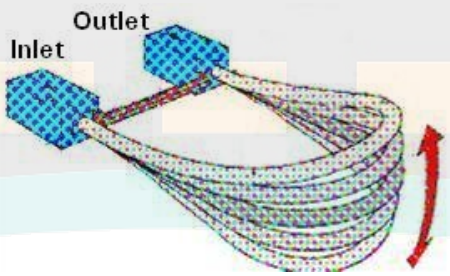
این اندازه گیری، حجمی بوده و در صورت ثابت بودن وزن مخصوص سیال براساس جرم می توان استنباط کرد.



شکل ۵-۱۳ فلومتر جابجایی مثبت

۵-۲-۷ فلومتر جرمی (Mass Flowmeter):

کار فلومتر جرمی بر پایه ی بقای اندازه حرکت زاویه ای که به صورت شتاب کریولیس به سیال اعمال می شود استوار می باشد. لوله هایی که خاصیت ارتعاشی در آنها ایجاد و پیش بینی گردیده، بوسیله ی سیال به ارتعاش در می آیند. پیچش لوله، بوسیله ی آشکارساز حس گردیده و اندازه گیری می شود. وقتی که سیال در دو لوله موازی جریان دارد اثرات ارتعاش را به طور موثری حذف می نماید.

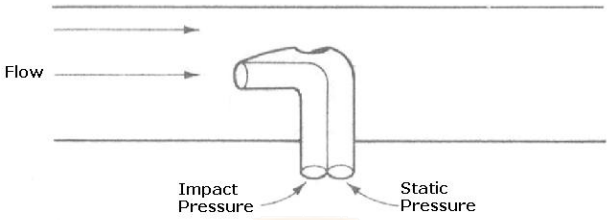


شکل ۵-۱۴ فلومتر کرولوئیس

۵-۲-۸ فلومتر لوله ی پیتوت (Pitot Tube):

در این روش با استفاده از لوله ی پیتوت فشار کل (استاتیک و دینامیک) از یکسو و فشار استاتیک از سوی دیگر اندازه گیری شده و اختلاف این دو نشانگر فشار دینامیک می باشد که متناسب با سرعت سیال خواهد بود.

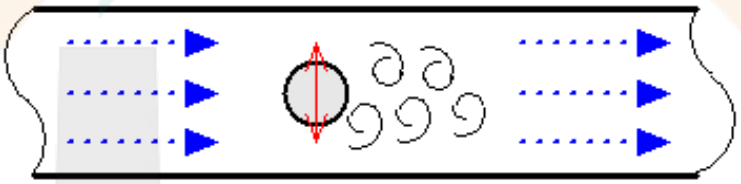
www.powerplantac.com



شکل ۵-۱۵ فلومتر لوله ی پیتوت

۵-۲-۹ فلومتر ورتکس (Vortex):

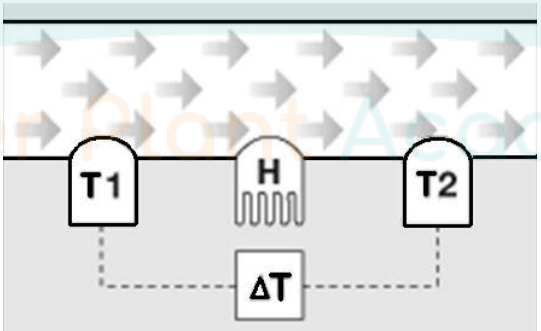
در این روش ابتدا با استفاده از یک مانع در سیال توربولانس یا آشفتگی ایجاد نموده و فرکانس این آشفتگی نشانگر سرعت سیال می باشد.



شکل ۵-۱۶ فلومتر ورتکس

۵-۲-۱۰ فلومتر حرارتی (Thermal Flow Meter):

اندازه گیری فلوی جرمی بر اساس هدایت گرمایی مواد عمل می کند. این سیستم شامل دو سنسور حرارتی و یک منبع حرارتی میان این دو سنسور می باشد. منبع حرارتی ایجاد یک گرادیان دمایی نموده و حرکت سیال باعث جابجایی این پروفیل می گردد. بدین ترتیب اختلاف دمای اندازه گیری شده توسط سنسورهای دمایی متناسب با فلوی جرمی سیال می گردد. این روش جهت اندازه گیری مقدار فلوی جرمی هوای فشرده، نیتروژن، گاز طبیعی و ... مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ۵-۱۷ فلومتر حرارتی

www.powerplantac.com

فصل ششم

روش های انتقال سیگنال در سطح فیلد

www.powerplantac.com

۶-۱ مقدمه:

در آغاز سیستم های کنترلی صنعتی، عموماً سیستم های نیوماتیک (بادی) بودند که هم برای انتقال فرمان ها (سیگنال ها) و هم برای تنظیم شیرکنترل مورد استفاده قرار می گرفتند. سیگنال های نیوماتیک همگی فشاری هستند و با فشاری بین ۳ تا ۱۵ psi قادر به تنظیم فرمان ها می باشند.

سیستم های نیوماتیک با وجود ایمنی زیاد (به خاطر استفاده از هوا) دارای مشکلات فراوانی می باشند. زیرا تمامی قسمت های سیستم مکانیکی هستند و اصطکاک زیاد و به هم خوردن کالیبراسیون همواره برای واحدهای صنعتی ایجاد مشکل می کنند. مشکل مهم این سیستم ها هنگام انتقال سیگنال ها و (فرمان ها) از قسمت دستگاه ها تا اتاق کنترل می باشد که زمان طولانی احتیاج دارد و مشکلات زیادی برای کنترل سیستم به وجود می آورد.

در دهه ۶۰ به علت مشکلات به وجود آمده توسط سیستم های کنترلی بادی و همگام با گسترش صنایع الکترونیکی مهندسان به استفاده بیشتر از تجهیزات الکتریکی روی آوردند. در این زمان با استفاده از قطعات الکترونیکی مثل مقاومت، دیود و سلف تواستند سیگنال های الکتریکی را جهت تنظیم و کنترل به کار گیرند. مزایای استفاده از چنین سیستم هایی عبارتند از:

- ارزانتر بودن نسبت به سیستم های نیوماتیک
- نداشتن تاخیر زمانی

با وجود این مزیت های مهم به علت مسائل ایمنی، در ابتدا این صنعت زیاد مورد استقبال قرار نگرفت. اما مشکل جرقه زدن با استفاده از short circuit حل شد و پس از آن به سرعت وارد صنعت گردید.

در این زمان شیرهای کنترلی جدیدی به نام شیرهای موتوری وارد بازار شدند که دقت زیادی داشتند اما به علت دینامیک کند مورد استقبال قرار نگرفتند. عمدتاً ثابت زمانی شیرهای کنترلی موتوری در حد چند دقیقه می باشد در حالیکه ثابت زمانی شیرهای کنترلی بادی در حد چند ثانیه می باشد.

با توجه به دینامیک سریع شیرکنترل های بادی و مزایای سیستم های کنترل الکترونیکی در این دهه دستگاهی به نام I to P convector به بازار عرضه شد. I to P، این اجازه را به طراح می دهد که تا سر شیر کنترل تمامی فرمان ها الکترونیکی باشند و درست در بالای شیر کنترل با استفاده از یک I to P این فرمان های الکتریکی به فرکانس های نیوماتیک تبدیل می گردند.

www.powerplantac.com

در دهه ی ۷۰ عمده تحولات در بخش کنترل به وجود آمد و پس از مدتی وسایل انداره گیری پیشرفته نیز عرضه شد. این بار میکروپروسسور به جای قطعات الکتریکی همچون مقاومت دیود و سلف به کار گرفته شد.

مزایای میکروپروسسور عبارتند از:

- ارزانتر بودن
- قابلیت محاسبه با سرعت بسیار زیاد
- به کارگیری تنظیم کننده خودکار (Auto tunner mode)

با ظهور میکروپروسسورها انقلاب دیگری در صنایع رخ داد و با بهره گیری از آن در وسائل اندازه گیری، انتقال سیگنال نیز متحول گردید. لذا به منظور یکسان سازی در محصولات و ایجاد قابلیت و خاصیت جایگزین پذیری، استانداردهای ۲۰mA -۴، ۵ V -۱، ۲۰ mA-۰ و ... شکل گرفت.

در مرحله ی بعدی هوشمندسازی سیستم های اندازه گیری مطرح گردید و HART به بازار عرضه شد، که بر اساس آن می توان با مدوله سازی یک سیگنال روی مقدار آنالوگ ۲۰mA -۴ یک تبادل دو طرفه بین دستگاه Master خارجی (بعنوان مثال دستگاه کالیبراسیون HART) و دستگاه اندازه گیری بدون ایجاد وقفه در سیستم کنترلی ایجاد نمود.

اما دنیای ابزار دقیق و تبادل اطلاعات به اینجا نیز ختم نگردید و شبکه های صنعتی با ظهور خود تحولی دیگر در این عرصه ایجاد نمود. فیلدباس با جایگزین نمودن سیم های دو یا سه رشته ای آنالوگ سیگنال با سیم های شبکه و آدرس دار نمودن دستگاه های اندازه گیری و سایر عناصر فیلد نظیر محرک ها، حجم عمده ی سیم کشی را کاهش داده و وسایل فیلد را تا حد انجام کنترل هوشمندتر ساخت.

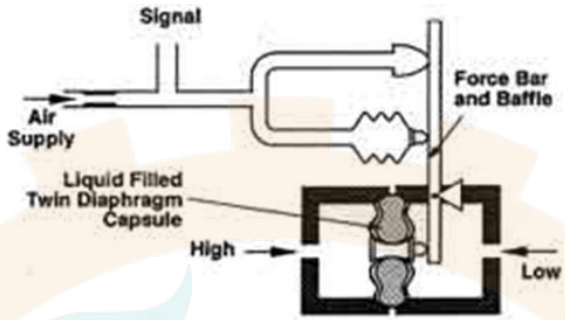
در بخش های بعدی نحوه ی عملکرد روش های مختلف انتقال سیگنال در فیلد مورد بررسی قرار می گیرد.

۲-۶ روش انتقال سیگنال نیوماتیک:

در روش انتقال سیگنال بصورت نیوماتیک از سیستم فلاپر- نازل استفاده می شود. این سیستم هوای فشرده ی ورودی (نوعاً ۲۰ psi) را دریافت و با اعمال جابجایی ناشی از حسگر به یک فلاپر میزان دریچه ی نازل را کنترل و در نتیجه بخشی از فشار ورودی را تخلیه و فشار استاتیک بین ۱۵-۳ psi را ایجاد می نماید که از

www.powerplantac.com

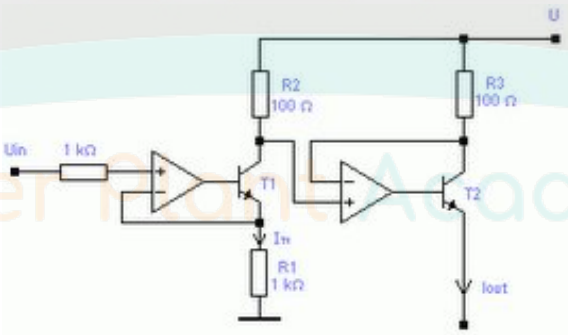
طریق لوله های ابزار دقیق به سیستم کنترل ارسال می نماید. شکل زیر یک ترانسمیتر اختلاف فشار نیوماتیکی را نشان می دهد.



شکل ۶-۱ ترانسمیتر اختلاف فشار نیوماتیکی

۶-۳ روش انتقال سیگنال جریانی ۴-۲۰ mA:

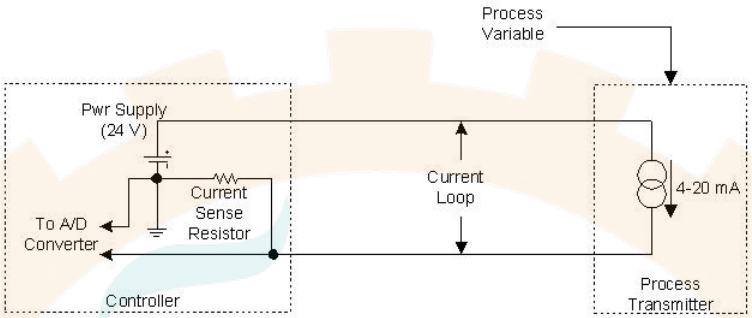
در روش انتقال سیگنال جریانی با بهره گیری از مدارهای یک پارچه مولد جریان سیگنال ورودی از جنس ولتاژ دریافت و متناسب با آن جریان بین ۴ تا ۲۰ میلی آمپر تولید و به کنترل کننده ارسال می گردد. اساس اینکه جریان حداقل، ۴ میلی آمپر در نظر گرفته می شود از این موضو ع ناشی می شود که در صورت بروز قطعی در سیم ها این موضوع از سوی کنترل کننده قابل تشخیص باشد، لیکن از سوی دیگر این قابلیت و ظهور مدارهای توان پائین، ساخت ترانسمیترهای دوسیمه را ممکن نمود. بدین ترتیب سیم کشی های لازم برای هر ترانسمیتر به حداقل کاهش یافت. شکل زیر مدار الکتریکی یک مبدل ولتاژ به جریان ساده را نشان می دهد. شایان ذکر است که سازندگان مختلف نظیر تگزاس اینسترومنت، ترانسمیترها را بصورت IC به بازار عرضه نموده اند.



شکل ۶-۲ مبدل ولتاژ به جریان

www.powerplantac.com

شکل زیر شماتیک نحوه ی ارسال و در یافت سیگنال جریان ترانسمیتر را نشان می دهد، چنانکه ملاحظه می شود سیگنال جریانی در سمت گیرنده براحتی توسط یک مقاومت ۲۵۰ اهمی به ولتاژ بین ۱ تا ۵ ولت تبدیل و پس عبور از مبدل آنالوگ به دیجیتال به میکروپروسسور ارسال می شود.



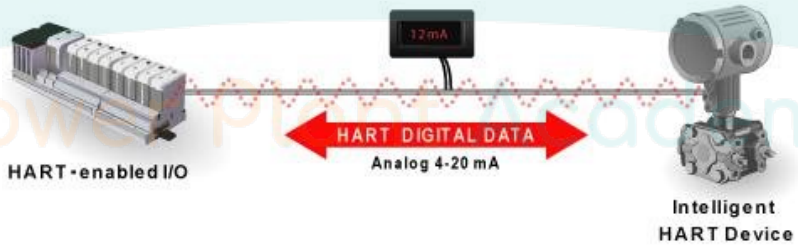
شکل ۶-۳ شماتیک ترانسمیتر ۴-۲۰ mA

۶-۴ روش تکنولوژی HART:

HART پروتکل ارتباطی تجهیزات سایت با سیستم کنترل بر مبنای سیگنال های صنعتی استاندارد ۴- ۲۰mA می باشد که همراه با آن اطلاعات دیجیتال نیز قابل ارسال است. به عبارت دیگر در این پروتکل انتقال سیگنال آنالوگ استاندارد به همراه اطلاعات دیجیتال به طور همزمان و از طریق یک زوج سیم صورت می پذیرد.

با توجه به رشد تکنولوژی و استفاده از ریزپردازنده ها در تجهیزات ابزار دقیق، امروزه تمامی سازندگان تجهیزات ابزار دقیق و سیستم کنترل، تجهیزات مبتنی بر HART را در زمره ی تولیدات خود دارند.

در این پروتکل همانگونه که در شکل ۶-۴ نشان داده شده است، انتقال سیگنال آنالوگ و اطلاعات دیجیتال روی یک زوج سیم و بطور همزمان صورت می گیرد.



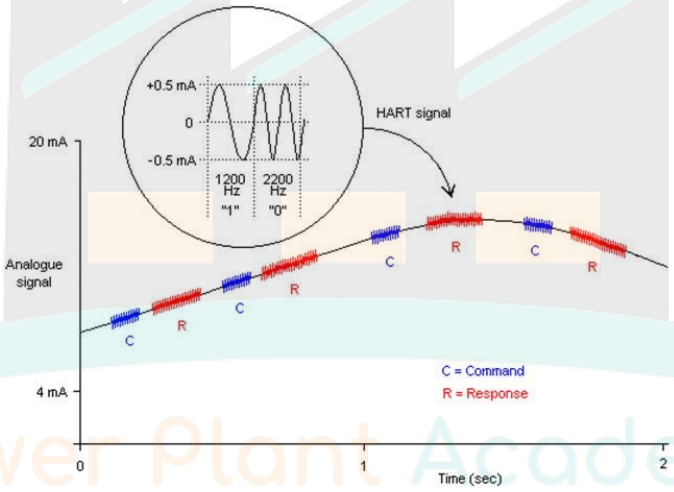
شکل ۶-۴ پروتکل HART

www.powerplantac.com

سیستم های اتوماسیون صنعتی دیجیتال امروزه نظیر DCS و PLC ها بطور عمده از سیگنال جریان استاندارد ۲۰mA -۴ جهت انتقال سیگنال های آنالوگ استفاده می نمایند. لذا اکثر سازندگان سیستم های کنترل، تجهیزات خود را بر پایه ی دریافت این سیگنال استاندارد ساخته اند و اطلاعات موجود در سایت توسط تجهیزات و از طریق یک زوج سیم برای سیستم کنترل فرستاده می شود. قابل ذکر است در برخی تجهیزات به علت مصرف توان بالا (نظیر آنالایزرها) تغذیه بصورت جداگانه ارسال می شود.

پروتکل HART را می توان در زمره ی جهش های مهم در کنترل قرار داد بطوریکه موجب افزایش قابلیت تجهیزات ابزار دقیق از جمله انجام عملیات عیب یابی از راه دور و توسط دستگاه های دستی، انجام کالیبراسیون و ... گردیده است.

این پروتکل یک ارتباط دو طرفه دیجیتال برای تجهیزات هوشمند، بدون اختلال در سیگنال های آنالوگ فراهم می کند. در این پروتکل ضمن استفاده از سیگنال استاندارد ۲۰mA -۴ با بهره گیری از تجهیزات هوشمند میکروپروسسوری بصورت همزمان، اطلاعات دیجیتال روی سیگنال آنالوگ سوار یا مدوله می شود. از جمله اطلاعات دیجیتال می توان به پارامترهای فرایند، پیکربندی تجهیز، پارامترهای کالیبراسیون و سیگنال های تشخیص خطا اشاره نمود. شکل ۶-۵ نحوه ی عملکرد پروتکل HART را نشان می دهد.

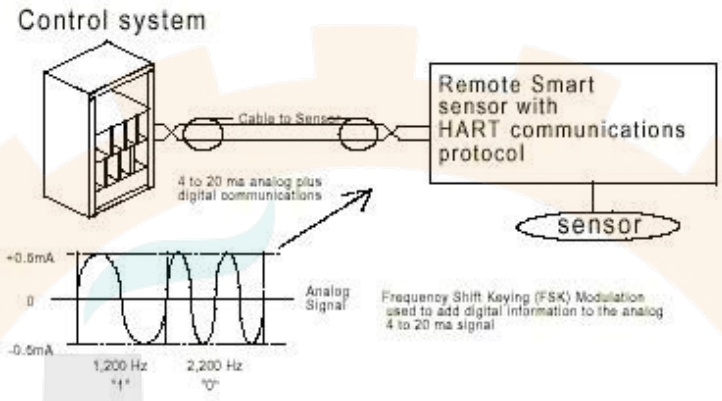


شکل ۶-۵ نحوه ی عملکرد پروتکل HART

پروتکل HART از استاندارد Bell202 که بر مبنای مدولاسیون FSK عمل می کند، استفاده می نماید. استاندارد FSK یک سیگنال دیجیتال با دامنه ی کوتاه را طوری سوار بر سیگنال آنالوگ می نماید که کوچکترین مزاحمتی برای سیگنال ایجاد نخواهد کرد. سیگنال منطق ۱ با فرکانس ۱۲۰۰ هرتز و سیگنال منطق

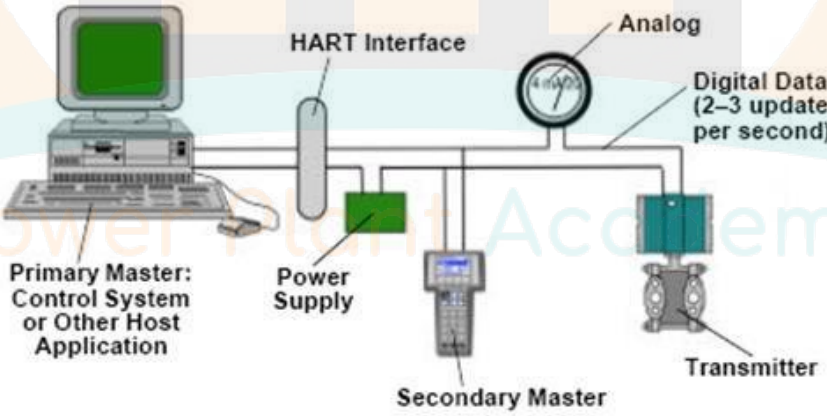
www.powerplantac.com

صفر با فرکانس ۲۲۰۰ هرتز می باشد. شکل زیر این موضوع رانشان می دهد. از آنجاییکه فرکانس سیگنال مدوله شده به مراتب از پهنای باند سیگنال آنالوگ بالاتر است با یک فیلتر پایین گذر سیگنال آنالوگ قابل بازیابی می باشد.



شکل ۶-۶ استاندارد FSK

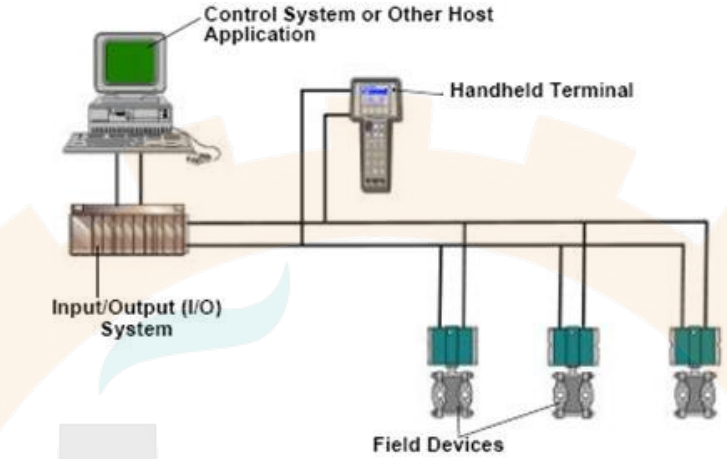
پروتکل HART در زمره ی پروتکل های Master/Slave به حساب می آید لذا زمانی تجهیزات سایت - که به عنوان Slave می باشند- اطلاعات را ارسال می نمایند که یک Master آنرا مطالبه نموده باشد. در این پروتکل دو نوع Master اولیه و ثانویه داریم که هر دو از طریق شبکه HART می توانند با تجهیزات سایت ارتباط برقرار نمایند. معمولاً سیستم کنترل مرکزی (DCS یا PLC) به عنوان Master اولیه و Communicator های دستی به عنوان Master ثانویه می باشند که در هر جای مسیر می توانند وصل گردند. در شکل ۶-۷ این شبکه را مشاهده می نمایید.



شکل ۶-۷ شبکه ی HART

www.powerplantac.com

از آنجاییکه استاندارد HART دارای قابلیت آدرس دهی می باشد، می تواند بصورت شبکه ای نیز تجهیزات را روی یک باس پشتیبانی کند. شکل زیر نمونه ای از پیاده سازی چند تجهیزی را نشان می دهد.



Note: Instrument power is provided by an interface or external power source that is not shown.

شکل ۶-۸ شبکه HART بصورت Multidrop

www.powerplantac.com

فصل هفتم

شیرهای کنترل و پوزیشنر I/P، شیرهای قطع و وصل و سولنوئیدی و MOV

www.powerplantac.com

۷-۱ مقدمه:

عناصر کنترل نهایی زیادی وجود دارند که برای کنترل جریان سیال بکار می‌روند. این عناصر می‌توانند به اشکال مختلفی مثل پمپ‌های اندازه‌گیری، دمپرها، پره‌های فن یا حتی تنظیم‌کننده‌های سرعت موتور باشند اما رایجترین عنصر کنترل نهایی، شیر کنترل است.

شیر کنترل، همانند یک مقاومت متغیر عمل می‌کند و افت فشاری در خط لوله ایجاد می‌کند که به آن گلوگاه یا کنترل دریچه[۱] گفته می‌شود.

اغلب شیرهای کنترل، به منظور کنترل دریچه، درصد مشخصی باز می‌شوند اما هنگامیکه جریان قطع می‌شود، شیر کنترل باید قادر باشد شرایط کاملاً بسته[۲] را فراهم آورد.

یادآوری می‌شود که موضوع شیرهای کنترل و رفتار سیال عبوری از آن، خودش یک علم شده است. کتاب های زیادی توسط سازندگان شیر و انتشارات مستقل، تألیف شده است که تمامی جنبه‌های ساخت شیر، مشخصات شیر، رفتار سیال، اندازه ی شیر، نویز شیر و غیره را می‌پوشاند. بنابر این باید کاملا درک شود که این مجموعه، تنها مقدمه‌ای بر موضوع است.

در اکثر سیستم های کنترل، شیر کنترل، بیشتر از سایر اجزاء، در معرض شرایط شدید، دما، فشار، خوردگی و آلودگی قرار دارد، اما باید حداقل مقدار تعمیرات بر روی آن انجام شود و جریان سیال پروسه را کنترل کند.

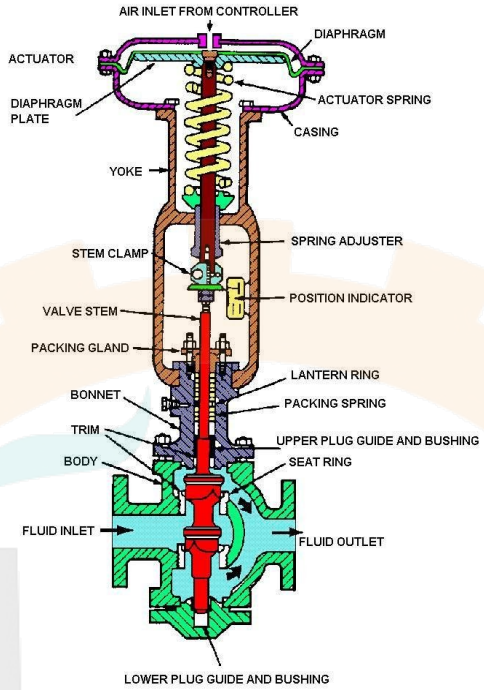
دیاگرام زیر، یک شیر کنترل نیوماتیکی را نشان می‌دهد. توجه شود که شیر کنترل از دو جزء عمده تشکیل می‌شود: بدنه شیر[۳] و اکچویتور[۴]. این نوع شیر، از نوع شیرهای Sliding Stem است (گروههای دیگر شیرها، از نوع شیرهای با محور چرخان[۵] می‌باشند).

Power Plant Academy

---

۱. Throttling
۲. Tight Shut off
۳. Valve Body
۴. Actuator
۵. Rotary Shaft

www.powerplantac.com



شکل ۷-۱- شیر کنترل نمونه

عملکرد شیر کنترل، نسبتاً ساده است. اعمال فشار هوا به بالای دیافراگم قابل ارتجاع، نیرویی در جهت پایین ایجاد می‌کند. این نیرو، میله[۱] شیر را به طرف پایین، خلاف جهت عمل فنر مهارکننده، حرکت می‌دهد. این حرکت تا آنجا ادامه می‌یابد که پلاگ[۲] به جایگاه[۳] برسد یا نیروی در جهت بالای فنر (و فشار سیال عبوری، اگر شیر در سرویس است) با نیروی در جهت پایین اکچویتور[۴] برابر شود. در این نقطه، جایگاه شیر، حرکت را متوقف می‌کند.

۷-۲ اصطلاحات فنی[۵] شیر کنترل

اصطلاحات فنی شیر کنترل خیلی وسیع است و بهترین روش یادگیری آنها، استفاده از هندبوک ها و کاتالوگ های سازندگان است. قسمتی از این اصطلاحات به صورت زیر است:

---

۱. Stem
۲. Plug
۳. Seat
۴. Actuator
۵. Terminology

www.powerplantac.com

۱-*بدنه*[۱] *شیر:*

قسمتی از شیر که به لوله‌کشی پروسه متصل است و از درون آن سیال عبور می‌کند، بدنه ی شیر نامیده می‌شود. بدنه ی شیر باید همانند لوله های پروسه، در مقابل دماها و فشارها، مقاوم باشد.

شیرهای کوچک از طریق پیچ های رزوه‌ای[۲] و شیرهای بزرگ از طریق فلنج ها[۳] و اتصالات انتهایی جوشی[۴] به لوله های پروسه متصل می‌شوند. اتصال به هرگونه که برقرار شود، باید بدون نشت باشد و شیر طوری قرار گیرد که هنگام تعمیرات، دسترسی به آن آسان باشد.

۲- *درپوش*[۵] *شیر:*

مجموعه درپوش یا کلاهک شیر، یک پوشش فلزی است که به بالای بدنه شیر رزوه یا پیچ شده است. کلاهک، میله پلاگ را هدایت می‌کند، قسمت در زبند، میله را در خود جای می‌دهد و مجموعه اکچویتور را نگه می‌دارد. در سرویس‌های با دمای زیاد، کلاهک های بزرگتر به منظور جلوگیری از آسیب رساندن دمای زیاد به مواد درزبندی، استفاده می‌شوند. در سرویس‌های با دمای زیاد، شیرها، پره های سردکننده ای دارند که به کلاهک شیر متصل می‌شوند.

۳- *مجموعه جعبه آب بندی*[۶]*:*

این، قسمتی از مجموعه کلاهک شیر است که برای کمک به جلوگیری از نشتی اطراف میله پلاگ بکار می‌رود و به میله شیر اجازه می‌دهد با حداقل نشتی جریان پروسه، بالا و پایین برود.

چون تمامی اتصالات دیگر بدنه شیر به لوله‌کشی پروسه و بدنه شیر به کلاهک شیر، ثابت یا بدون حرکت است، به سادگی می‌تواند درزبندی شود. اما میله شیر باید بالا و پایین برود. حلقه‌های آب بندی شده درون جعبه آب بندی، سیال پروسه را درزبندی می‌کند و به میله شیر اجازه می‌دهد با حداقل اصطکاک حرکت کند.

---

۱. Body
۲. Screwed threads
۳. Flanges
۴. Welded end
۵. Bonnet
۶. Packing Box Assembly

www.powerplantac.com

۴- تریم[۱] شیر:

در حالت کلی، تریم شیر به تنظیم سیت پلاگ برمی‌گردد. اما بطور کلی، تریم به همه قسمتهای داخلی شیر که با سیال پروسه در تماس است، مربوط می‌شود که عبارتند از: میله شیر، پلاگ شیر (وسیله‌ای که به میله شیر وصل می‌شود و دبی سیال را کنترل می‌کند)، حلقه درزبندی (حلقه‌ای که درگاه بدنه شیر را شکل می‌دهد)، گایدهای شیر و بوش ها، اما شامل بدنه شیر و مجموعه bonnet نمی‌شود.

سازندگان شیر، اغلب مجموعه تریم‌های مختلفی را فراهم می‌کنند بطوریکه می‌توانند در یک بدنه شیر مشخص جای گیرند. بر این اساس، می‌توان بدون تغییر کل شیر، مشخصات شیر را تغییر داد.

۵- یـــوغ[۲]:

ساختار بالایی شیر است که مجموعه قاب اکچویتور را حمایت می‌کند. معمولاً یوغ، توسط یک مهره قفل بزرگ به بونت شیر محکم می‌شود. با بازکردن فریم آن، دسترسی به تنظیم کننده کشش فنر، میله شیر و اتصال‌دهنده میله امکان‌پذیر است. باید توجه نمود که یوغ باید آنقدر قوی باشد که در برابر هر نیرویی که توسط اکچویتور، هنگامیکه سعی می‌کند میله شیر را در جای مناسب قرار دهد، به اندازه ی کافی مقاومت کند. در ساحل دریا، آب نمک باعث خوردگی آن می‌شود بطوریکه تحت فشار کار عادی، خم شده یا می‌شکند.

۶- اکچویتور[۳] (محرک):

در صنایع، انواع مختلفی از اکچویتورها استفاده می‌شوند (گاهی به عنوان جزئی از موتور به آن اشاره می‌شود). در یک کاربرد مشخص، نوع اکچویتور استفاده شده، به فاکتورهای مختلفی بستگی دارد که عبارتند از:

- ✓ پروسه‌ای که باید کنترل شود
- ✓ عملی که باید انجام شود
- ✓ سرعتی که عمل باید رخ دهد

هر چند امروزه اکچویتورهای هیدرولیکی و الکتریکی وجود دارند اما از دیرباز اکچویتورهای فنری و دیافراگمی بعنوان شایع‌ترین نوع اکچویتور در سیستم های کنترل اتوماتیک استفاده شده‌اند. اکچویتورهای نیوماتیکی از هوا

---

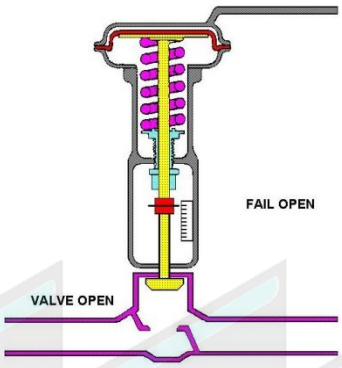
۱. Trim
۲. Yoke
۳. Actuator

www.powerplantac.com

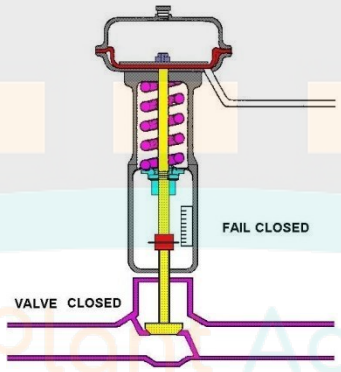
یا گاز برای تولید حرکت مکانیکی استفاده می‌کنند. حرکت ایجاد شده توسط اکچویتور، در صورتیکه در محدوده حرکت[۱] اکچویتور باشد، برای قراردادن عنصر کنترلی در هر مکان موردنظر، استفاده می شود.

۳-۷ خطا ـ ایمن (Fail Safe):

اولین مهم در هر کارخانه‌ای، ایمنی است. بنابراین کلمه ی خطا ـ ایمن باید در ذهن هر کسی که با کارخانه و تولید سر و کار دارد، حک شود. اغلب شیرهای کنترل نیوماتیکی و شیرهای توقف[۲] اتوماتیک، اکچویتورهای با فنر بارشده[۳] دارند. هرگاه فشار بار رها شود، فنر، عنصر کنترل نهایی (شیر) را به یکی از موقعیت‌های منتهی‌الیه کاملاً باز یا کاملاً بسته حرکت می‌دهد. موقعیت، براساس ساختار شیر کنترل تعیین می-شود.



شکل ۷-۲ شیر کنترل نرمال ـ باز[۴]، وقتی باز است که فشار دیافراگم به فشار اتمسفر کاهش یابد.



شکل ۷-۳ شیر کنترل نرمال ـ بسته[۴]، وقتی باز بسته است که فشار دیافراگم به فشار اتمسفر کاهش یابد.

---

۱. Limits of Travel
۲. Shut down
۳. Spring Loaded
۴. Normally Open

www.powerplantac.com

بنابراین، شیر نرمال ـ بسته[۱]، یک شیر خطا ـ بسته[۲] یا هوا به بازشدن[۳] است. یک شیر نرمال ـ باز، یک شیر خطا ـ باز[۴] یا هوا به بسته‌شدن[۵] است. معیار انتخاب یکی از اینها، به این بستگی دارد که کدام عمل باعث می‌شود پروسه ایمن باشد. اگر شرایطی نظیر افت هوای تغذیه، آسیب به اکچویتور مانند پارگی دیافراگم و غیره رخ دهد، شیر باید به موقعیت نرمال یا خطا ـ ایمن کاملا باز یا کاملا بسته برگردد.

هر اپراتور پروسه، باید خودش را با عمل خطا ـ ایمن آشنا کند تا در حوادث اضطراری، در صورت نیاز، واکنش درستی نشان بدهد.

۷-۴ انواع شیر:

۷-۴-۱ شیرهای تک ورودی[۶]:

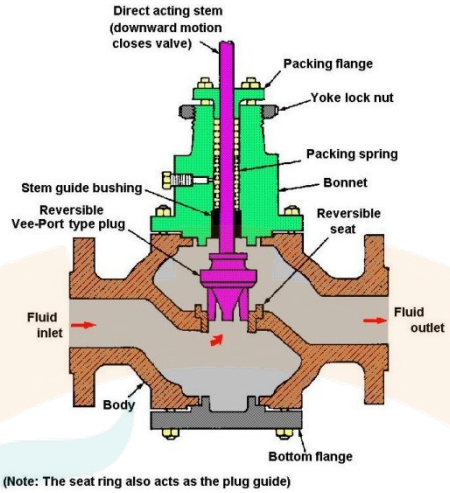
اصطلاح "تک‌ورودی" به این حقیقت برمی‌گردد که برای عبور سیال از درون شیر، یک مسیر وجود دارد. دیاگرام صفحات بعدی، دو شکل شیرهای تک ورودی را نشان می‌دهد که دو حالت کاملاً مشابه دارند (شکل ۷-۴ و ۷-۵). اما یک اختلاف قابل مشاهده، معکوس بودن پلاگ آنها نسبت به یکدیگر است.

توجه شود که در یک شیر، حرکت رو به پایین پلاگ، باعث بسته شدن شیر (شکل ۷-۴) می‌شود، در حالیکه در دیگری، حرکت رو به پایین پلاگ، موجب بازشدن شیر (شکل ۷-۵) می‌شود. شیری که حرکت رو به پایین برای بسته شدن دارد، یک شیر با عملکرد مستقیم است و شیری که حرکت رو به پایین برای بازشدن دارد، یک شیر با عملکرد معکوس می‌باشد.

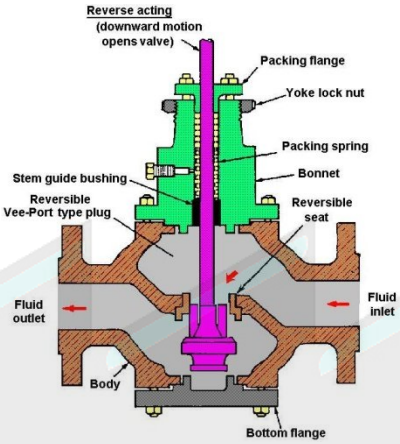
---

۱. Normally Close
۲. Fail Close
۳. Air to Open
۴. Fail Open
۵. Air to Close
۶. Single ported

www.powerplantac.com



شکل ۷-۴- شیر تک‌ورودی غیرمتعادل معکوس‌پذیر پلاگ‌دار



شکل ۷-۵- شیر تک‌ورودی با پلاگ معکوس‌پذیر

۷-۴-۲ شیرهای دو ورودی[۱]:

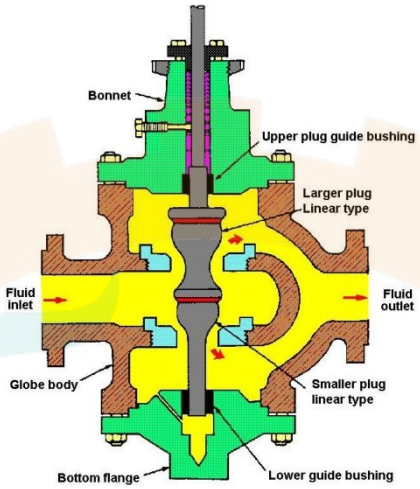
شیرهای دو ورودی به این منظور توسعه یافته‌اند که شیری با نیروی کمتر، برای قراردادن پلاگ در هر موقعیتی بین کاملاً باز و کاملاً بسته، نسبت به آنچه در طرح تک ورودی موردنیاز بود، ایجاد کنند (شکل ۷-۶).

در طرح دو ورودی، نیروهای دینامیکی، تمایل زیادی به ایجاد تعادل دارند، زیرا جریان عبوری از شیر دو ورودی، یک ورودی را باز می‌کند و ورودی دیگر را می‌بندد. این خاصیت باعث می‌شود نیروهای دینامیکی کاهش داده شده، به شیر اجازه کنترل بهتری داده شود و اکچویتور کوچکتری نسبت به آنچه در شیر تک‌ورودی

۱. Double- Ported

www.powerplantac.com

با همان ظرفیت وجود دارد، انتخاب گردد. اشکال عمده ی این شیر این است که نمی‌تواند همانند شیر تک-ورودی، کاملاً ببندد[۱].



شکل ۷-۶- شیر نیمه‌تعادل دو ورودی

۷-۴-۳ پلاگ متعادل‌شده و بدنه‌های قفسه‌ای شکل:

این نوع شیر یک شیر تک ورودی است که در آن تنها از یک حلقه درزبندی استفاده شده اما مزایای مربوط به شیرهای دو ورودی را فراهم می‌کند.

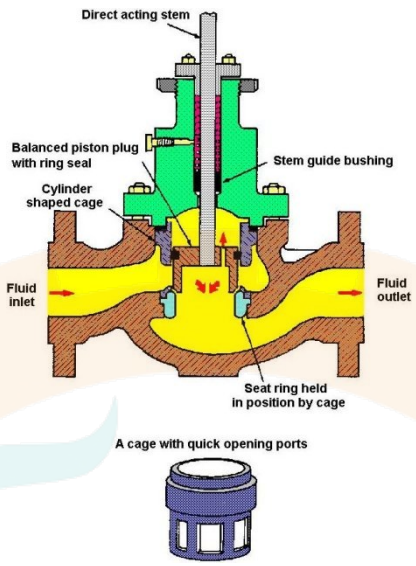
پلاگ به واسطه اینکه فشار پایین دستی اجازه می‌دهد که بر هر دو طرف بالا و پایین پلاگ، اعمال شود متعال می‌گردد، بنابراین نیروی نامتعادل استاتیکی را کاهش داده، اجازه می‌دهد که اکچویتور کوچکتری نسبت به آنچه در شیر تک‌ورودی عادی موردنیاز است، انتخاب شود.

جهت استاندارد جریان سیال از داخل منافذ قفسه و سپس از درون حلقه درزبند است. منافذ قفسه یا ورودیها، می‌توانند طوری شکل داده شوند که مشخصات معین شیر، نظیر خطی[۲]، بازنمودن سریع[۳]، درصد مساوی[۴] و غیره را ایجاد نمایند. بعضی از بدنه‌های شیرها، می‌توانند معکوس گردند تا اجازه دهند عملکرد شیر از جهت پایین برای بسته‌شدن، به جهت پایین برای بازشدن اصلاح گردند.

---

۱. Tight Shut- off
۲. Linear
۳. Quick Opening
۴. Equal Percentage

www.powerplantac.com



شکل ۷-۷- شیر با پیستون تریم ـ قفسه تک‌ورودی

۷-۴-۴ شیرهای با محور چرخان[۱]:

شیرهای پروانه‌ای، شیرهای کره‌ای و غیره، در این مقوله هستند. عنصر تریم توسط اکچویتور چرخانده می‌شود.

۷-۴-۴-۱ شیر پروانه‌ای:

شیر پروانه‌ای، اساساً یک دیسک فلزی دایره‌ای است که در یک لوله بدون فلنج کوتاه نصب می‌شود. دیسک با محوری که بعنوان یک اکچویتور به آن متصل شده، چرخانده می‌شود.

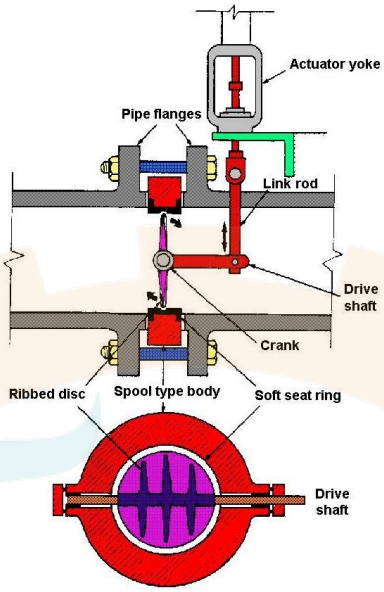
دیاگرام شکل ۷-۸ نصب شیر پروانه‌ای عملی را نشان می‌دهد. در این شکل، شیر بین دو فلنج نصب شده است. شیرهای پروانه‌ای، به حداقل فضای لازم برای نصب نیاز دارند و حداکثر ظرفیت را با افت فشار کم ایجاد می‌نمایند.

استفاده از مواد درزبندی نرمی نظیر تفلون (T.F.E) یا Nitrile، سرویس بسته شدن خوبی را برای شیر فراهم می‌کند. دیسک‌های عادی، کنترل گلوگاهی[۲] را تا ۶۰S چرخش فراهم می‌کند و مشخصه ی درصد مساوی را برای جریان سیال نشان می‌دهد.

---

۱. Rotary Shaft
۲. Throttling

www.powerplantac.com



شکل ۷-۸- شیر پروانه‌ای در اتصال بدون فلنج

۷-۴-۴-۲ شیر توپی[۱]:

شیر توپی، یک کره یا توپ را نگه می‌دارد و شامل یک ورودی دایره‌ای است که معمولاً از نظر اندازه با سوراخ[۲] لوله پروسس یکسان است.

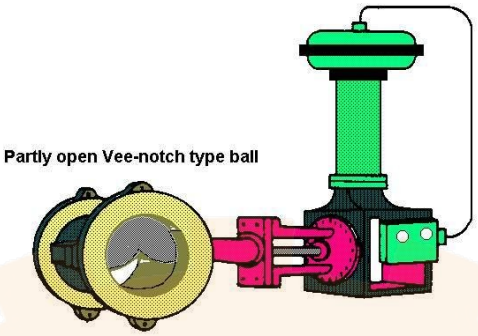
توپ می‌تواند ۹۰S از موقعیت کاملاً باز تا موقعیت کاملاً بسته توسط محور درایو متصل شده به یک اکچویتور بچرخد. توپ، بطور پیوسته، برای تأمین حالت کاملاً بسته، در تماس با یک حلقه درزبندی است.

شیرهای توپی بطور رایج بعنوان شیرهای مسدودکننده[۳] بکار می‌روند و کاملاً باز یا کاملاً بسته هستند. اما یک شیر توپی اصلاح شده با برش Vee شکل به داخل ورودی دایره‌ای، مشخصه جریان سیال درصد مساوی را فراهم می‌کند و برای کنترل جریان سیالات چسبنده که شامل ذرات جامد یا فیبرها و ... می‌باشند ایده‌ال است. جریان سیال، تمایل دارد که توپ را به موقعیت بسته بچرخاند، بنابراین اکچویتور باید در جهت کاهش[۴] این اثر عمل کند.

---

۱. Ball Valve
۲. Bore
۳. Shut down
۴. Counteract

www.powerplantac.com



شکل ۷-۹- شیر توپی و ساختار اکچویتور دیافراگمی

۷-۵ مشخصات جریان عبوری از شیر کنترل:

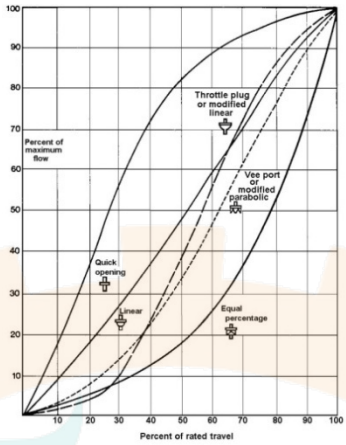
مشخصه ی جریان عبوری از یک شیر به ارتباط بین جریان سیال عبوری از شیر و درصد حرکت یا جابجایی میله پلاگ شیر مربوط می‌شود. پلاگ‌های شیرها، در اشکال و فرم‌های مختلف، برای مشخصه ی جریانی مشخصی ساخته می‌شوند. این پلاگ‌ها می‌توانند طوری طراحی شوند که همه ی اشکال مشخصات جریان سیال از سرویس‌های قطع ـ وصل[۱] تا هر شکل مطلوبی از عمل کنترل گلوگاهی[۲] را ایجاد نمایند که انتخاب هر نوع، به پروسه‌ای که باید کنترل شود، بستگی دارد. برای تعمیم کلی، سه نوع اصلی مشخصه جریان سیال و دو نوع اصلاح‌شده مربوط به آنها وجود دارد که (مطابق شکل ۷-۱۰) عبارتند از:

- بازکردن سریع[۳]
- خطی[۴]
- خطی اصلاح‌شده[۵]
- درصد مساوی[۶]
- سهمی اصلاح‌شده[۷]

---

۱. On- Off
۲. Throttling Action
۳. Quick Opening
۴. Linear
۵. Modified Linear
۶. Equal Percentage
۷. Modified Parabolic

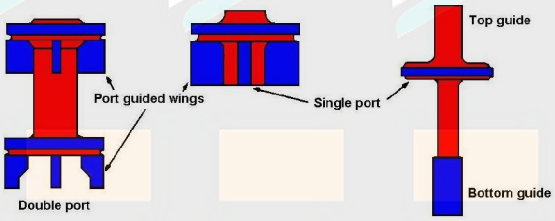
www.powerplantac.com



شکل ۷-۱۰- مشخصات جریان عبوری برای شیرهای کنترل

۷-۵-۱ بازکردن سریع:

منحنی شکل ۷-۱۰ نشان می‌دهد که با حرکت نسبتاً کوچک میله شیر تا حدود ۳۵٪ کل جابجایی ممکن، حداکثر تغییر نرخ جریان سیال رخ می‌دهد و بعد از آن با ادامه حرکت میله شیر تا موقعیت کاملا باز، افزایش نرخ جریان سیال، کم می‌شود. این مشخصه در شیرهای قطع ـ وصل یا دو موقعیتی، شیرهای خودتحریک[۱]، شیرهای تنظیم‌کننده[۲] و شیرهای فرونشانی[۳] بکار می‌رود. بعضی از پلاگ‌های مشخصه بازکردن سریع در شکل ۷-۱۱ نشان داده می‌شود.



شکل ۷-۱۱- پلاگ‌های مشخصه بازکردن سریع

۷-۵-۲ خطی:

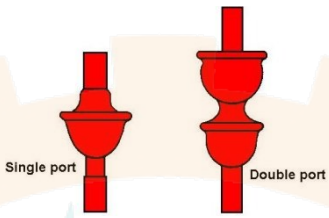
منحنی خطی شکل ۷-۱۰ نشان می‌دهد که نرخ جریان عبوری، مستقیماً متناسب با میزان جابجایی میله شیر در محدوده جابجایی آن است. بطور مثال در ۷۰٪ جابجایی، جریان عبوری تقریباً ۷۰٪ ماکزیمم جریان

---

۱. Self- Actuated
۲. Regulators
۳. relief valves

www.powerplantac.com

عبوری از شیر است. این مشخصه در شیرهای کنترل سطح مایع و در سیستمهای کنترلی که نیاز به یک بهره ثابت دارند، استفاده می‌شود. بهره، بطور متناسب برای یک خروجی کنترل‌کننده داده شده، افزایش یا کاهش می‌یابد. شکل ۷-۱۲ بعضی از پلاگ‌های مشخصه خطی را برای شیرهای تک‌ورودی یا دو ورودی نشان می‌دهد.

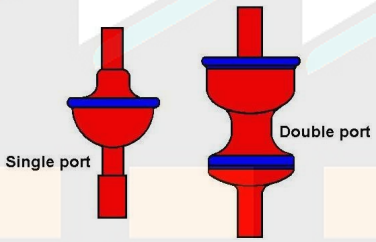


شکل ۷-۱۲- پلاگ‌های مشخصه خطی

۷-۵-۳ خطی اصلاح شده:

منحنی خطی اصلاح‌شده (خط‌چین) شکل ۷-۱۰، حد وسطی[۱] بین منحنی‌های خطی واقعی و بازشدن سریع است. در ناحیه با جریان بالا و بخصوص در ناحیه با جریان کم، جابجایی زیاد شیر، تنها تغییر کوچکی در نرخ جریان ایجاد می‌کند.

دو پلاگ خطی اصلاح شده، به عنوان پلاگ‌های گلوگاهی شناخته می‌شوند که در شکل ۷-۱۳ نشان داده شده‌اند.



شکل ۷-۱۳- پلاگ‌های خطی اصلاح‌شده یا گلوگاهی

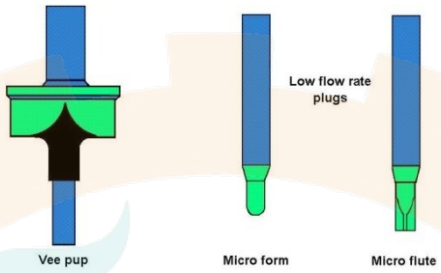
۷-۵-۴ درصد مساوی:

در مشخصه درصد مساوی شکل ۷-۱۰، افزایش مساوی حرکت میله شیر، تغییرات با درصد یکسان در نرخ جریان سیال ایجاد می‌کند. منحنی واقعی (شکل ۷-۱۰ منحنی‌های مشخصه جریان سیال برای شیرهای کنترل)، نشان می‌دهد که موقعیکه شیر تقریباً بسته است، تغییر در نرخ جریان نسبت به جابجایی شیر، کوچک است اما وقتیکه شیر تقریباً بطور کامل باز است، نسبتاً زیاد است. این اصطلاح در عمل به این مفهوم است که

۱. Compromise

www.powerplantac.com

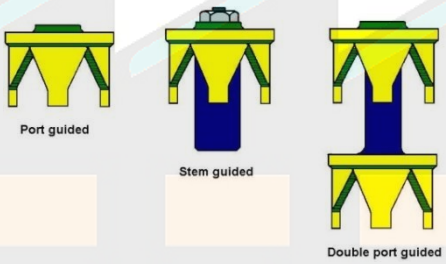
شیر در محدوده جابجایی کم، کنترل گلوگاهی دقیقی دارد و در محدوده کاملاً باز شیر، ظرفیت به سرعت افزایش می‌یابد. شکل منحنی درصد مساوی به خاطر این واقعیت است که برای هر درصدی از حرکت میله شیر، نرخ جریان عبوری از شیر با افزایش درصد مشخصی، افزایش می‌یابد.



شکل ۷-۱۴- پلاگ‌های درصد مساوی

۷-۵-۵ سهمی اصلاح‌شده:

منحنی سهمی اصلاح شده (نقطه‌چین) شکل ۷-۱۰، بین منحنی مشخصه‌های خطی و درصد مساوی قرار می‌گیرد و یک مشخصه ی خطی برای مقادیر بالای جریان و جابجایی شیر نشان می‌هد. شکل ۷-۱۵ سه فرم پلاگ های شیر سهمی اصلاح شده را نشان می‌دهد که بطور شایع، شیرهای گلوگاهی Vee- Port و Port guid نامیده می‌شوند.



شکل ۷-۱۵- پلاگ‌های Vee یا سهمی اصلاح‌شده

۷-۶ اکچویتورها:

اکچویتورهای نیوماتیکی با عملکرد فنر بار شده، شایع‌ترین اکچویتورها برای حرکت پلاگ‌های شیرهای کنترل می‌باشند. این اساساً به دلیل ساختار نسبتاً ساده آنها می‌باشد. وسایل الکتریکی در آنها استفاده نشده است، بنابراین ذاتاً ایمن[۱] می‌باشند. قابلیت اعتماد عملکرد آنها اثبات شده و تعمیر آنها آسان است.

۱. Intrinsically Safe

www.powerplantac.com

۷-۶-۱ اکچویتورهای دیافراگمی تک‌کاره[۱]:

طراحی‌های اکچویتور از سازنده‌ای به سازنده دیگر متفاوت است اما قانون عملکرد در هر کدام، یکسان است. سیگنال فشار نیوماتیکی به یکطرف دیافراگم قابل انعطاف اعمال می‌شود. (بخاطر دارید که سطح * فشار = نیرو). نیروی ایجادشده از این فشار، دیافراگم، صفحه دیافراگم و میله اکچویتور را در یک جهت هل می‌دهد. همزمان توسط فنر اکچویتور نیرویی در جهت عکس با آن مقابله می‌کند. فشار بیشتر اعمالی، باعث حرکت بیشتر میله و فشرده‌شدن فنر مقابله‌کننده می‌شود. وقتیکه نیروی دیافراگم از یک طرف با نیروی فنر در طرف مقابل برابر شد، حرکت اکچویتور متوقف می‌گردد. اگر فشار نیوماتیکی برداشته شود، نیروی فنر بیشتر می‌شود. بنابراین دیافراگم، صفحه دیافراگم و بنابراین میله اکچویتور را به طرف عقب به موقعیت نرمال آن هل می‌دهد.

عمل اکچویتور می‌تواند بصورت مستقیم یا غیرمستقیم باشد. اگر نیروی فشار بار بر دیافراگم به سمت پایین اعمال شود، به آن عمل مستقیم گفته می‌شود و اگر نیروی فشار بار بر دیافراگم به سمت بالا اعمال شود، عمل معکوس به حساب می‌آید. این ممکن است باعث یک سردرگمی شود. شیرهای با عملکرد مستقیم و معکوس کدامند؟ اکچویتورهای با عملکرد مستقیم و معکوس کدامند؟ بخاطر داشته باشید که شیر کنترل شامل هم شیر و هم اکچویتور می‌باشد. افزایش فشار به یک شیر کنترل، اگر باعث شود آن ببندد، عملکردش مستقیم است و اگر موجب بازشدن آن گردد، عملکردش معکوس است.

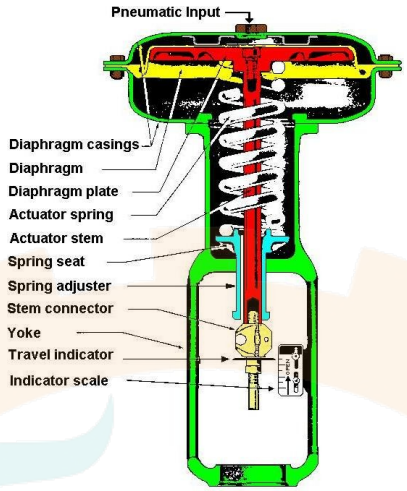
بنابراین یک شیر با عملکرد مستقیم با یک اکچویتور با عملکرد مستقیم، یک شیر کنترل با عملکرد مستقیم است. اما یک شیر با عملکرد معکوس با یک اکچویتور با عملکرد معکوس، تنها هوا به بستن[۲] خواهد شد، بنابراین بعنوان یک شیر کنترل با عملکرد مستقیم به حساب می‌آید. هر ترکیب دیگری موجب ایجاد یک شیر کنترل با عملکرد معکوس خواهد شد.

مهمترین عاملی که باید بخاطر بسپارید موقعیت نرمال شیر یا عملکرد خطا ـ ایمن[۳] آن است. مثلاً هنگامیکه سیگنال نیوماتیکی در اثر خطا از بین برود، آیا شیر به موقعیت باز خواهد رفت یا به موقعیت بسته؟ فشارهای کاری اکچویتورهای دیافراگمی معمولاً بین ۰.۲-۱bar (۳-۱۵ Psi) یا ۰.۴- ۲ bar (۶-۳۰ Psi) هستند.

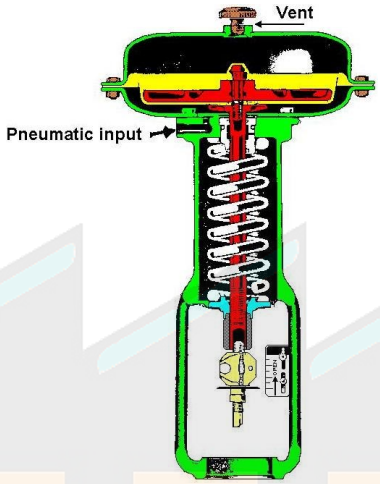
---

۱. Single Acting
۲. Air to Close
۳. Fail- Safe

www.powerplantac.com



شکل ۷-۱۶- اکچویتور با عملکرد مستقیم



شکل ۷-۱۷- اکچویتور با عملکرد معکوس

۷-۶-۲ اکچویتورهای پیستونی:

اکچویتورهای پیستونی ساختار خیلی قوی‌تری نسبت به اکچویتورهای دیافراگمی دارند. این تفاوت، آنها را قادر می‌سازد که در فشارهای خیلی بالاتری عمل کنند. بنابراین به نیروی بیشتری برای غلبه بر افت فشار زیاد در عرض شیرهای کنترل نیاز دارند. فشار کاری این اکچویتورها در حدود ۷-۱۰ bar (۱۰۰-۱۵۰ Psi) می‌باشد.

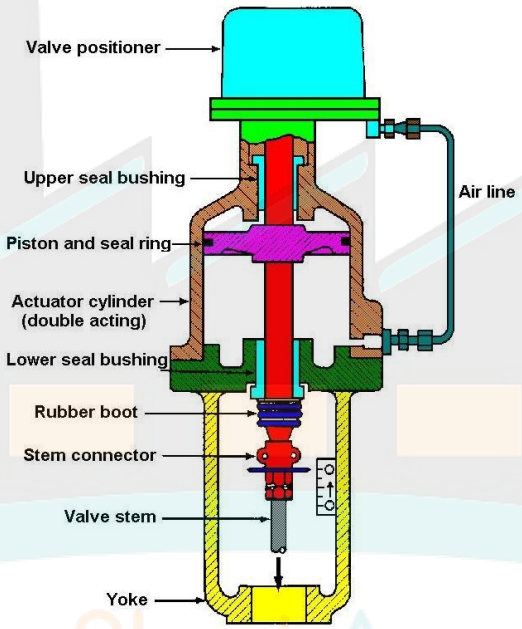
مزیت دیگر اکچویتورهای پیستونی نسبت به اکچویتورهای دیافراگمی، آنست که می‌توانند طوری ساخته شوند که ضربه بزرگتر و به اندازه کافی وسیعتری ایجاد نمایند.

www.powerplantac.com

شیرهای توقف پروسه[1] (S/ D)، معمولاً دارای فنر مقابله[2] هستند. فشار هوا، پیستون را در خلاف فنر مقابله حرکت می‌دهد. هرگاه فشار برداشته شود، فنر، اکچویتور را به موقعیت نرمالش برمی‌گرداند. باید توجه شود که بعضی از سیستم های S/ D، از پیستون های دوکاره استفاده می‌کنند، که حرکت در هر کدام از جهت‌ها توسط فشار نیوماتیکی است. از یک مخزن هوا[3] یا جمع‌کننده[4] برای حرکت اکچویتور در زمانیکه در اثر حادثه‌ای، هوای تغذیه با خطا مواجه شود، استفاده می‌شود.

شیرهای کنترلی که از اکچویتورهای پیستونی استفاده می‌کنند، معمولاً از نوع فنر بارشده نیستند. بعنوان یک قاعده، این شیرهای کنترلی، دوکاره بوده و شامل یک پوزیشنر می‌باشند. شیرهای دوکاره، بطور ایده ال شیرهای On- Off را ایجاد می‌کنند و اگر از پوزیشنر استفاده نمایند، می‌توانند موقعیت دقیقی را فراهم کنند.

توجه کنید که بدون استفاده از فنر مقابله، موقعیت خطا ـ ایمن نمی‌تواند ایجاد شود مگر از بعضی شکل‌های جمع‌آوری هوای ذخیره نیوماتیکی برای این منظور استفاده گردد.



شکل ۷-۱۸- اکچویتور پیستونی نیوماتیکی

۱. Shut Down
۲. Spring Opposed
۳. Reservoir
۴. accumulator

www.powerplantac.com

۷-۷ پوزیشنرهای شیر:

شیر کنترل باید قادر باشد با سرعت و به طور هموار به تغییرات سیگنال کنترلی پاسخ بدهد. در خیلی از حالت‌ها، یک شیر با اندازه ی مناسب و یک اکچویتور با اندازه ی مناسب، بدون نیاز به استفاده از پوزیشنر شیر، کافی است. اما حالت‌های معینی وجود دارند که پوزیشنر شیر باید لحاظ گردد. این حالت‌ها عبارتند از:

- جائیکه فشار دیافراگم موردنیاز، بیشتر از فشار سیگنال کنترلگر است.
- برای شکستن محدوده[۱] که خروجی کنترلگر به بیش از یک شیر باید برود.
- جاییکه فاصله بین خروجی کنترلگر و اکچویتور شیر خیلی زیاد است که باید یک تأخیر بین زمان تغییر خروجی کنترلگر و در نتیجه عکس‌العمل اکچویتور ایجاد نمود.
- جاییکه سیگنال کنترلی از نوع الکتریکی ۴- ۲۰mA بوده و نیاز به تبدیل آن به فشار نیوماتیکی می باشد.

وقتی پوزیشنر شیر استفاده نشود، خروجی کنترلر مستقیماً به اکچویتور متصل می‌شود. هر تغییری در فشار خروجی کنترلر، باید بر ناحیه سطح دیافراگم مؤثر باشد. اگر حجم اکچویتور زیاد است، ممکن است برای عکس‌العمل، زمانی طول بکشد. در صورتیکه از پوزیشنر استفاده گردد، خروجی کنترلگر از طریق پوزیشنر به یک بیلوز می‌رود. حجم بیلوز در مقایسه با اکچویتور، کم است.

بنابراین، تغییر خیلی کم در خروجی کنترلگر، بطور مشهودی توسط بیلوز آشکار می‌گردد. از حرکت ایجادشده توسط بیلوز برای به حرکت درآوردن شیر پایلوت یا فلاپر[۲] (اگر از سیستم فلاپر ـ نازل استفاده گردد) استفاده می‌شود که به نوبه باعث می‌شود حجم زیادی از هوا به سرعت وارد اکچویتور گردد، بنابراین استفاده از پوزیشنر، تضمین می‌کند که به سرعت به تغییرات سیگنال کنترل پاسخ داده شود.

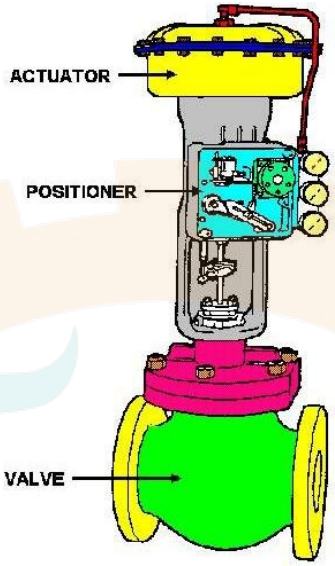
از مطالب گفته شده، چنین نتیجه گیری می‌شود که یک پوزیشنر شیر، قادر است تغییرات کم سیگنال را به نیروی خیلی قدرتمندی برای موقعیت دهی عنصر کنترل نهایی تبدیل کند. از سوی دیگر پوزیشنر با دریافت موقعیت اکچویتور و انتقال آن به تنظیم فلاپر نازل حلقه ی کنترل داخلی جهت تثبیت موقعیت شیر کنترل، کنترل پذیری شیر را تضمین می کند.

---

۱. Split Range
۲. booster

www.powerplantac.com

شکل ۷-۱۹ شیر کنترل را به همراه پوزیشنر آن نشان می‌دهد.



شکل ۷-۱۹- شیر کنترل و پوزیشنر

طرح های زیادی از پوزیشنر وجود دارد، اما باتوجه به ساختار، پوزیشنر به سه بخش تقسیم می‌شود که عبارتند از:

- ورودی
- خروجی
- فیدبک

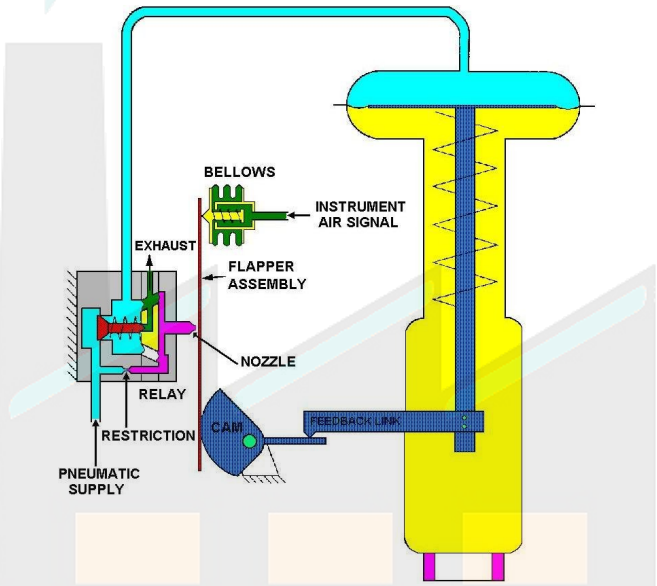
بخش ورودی برای سیگنال کنترل نیوماتیکی Psi ۱۵-۳، شامل یک بیلوز است و برای سیگنال کنترل الکتریکی ۲۰mA -۴، یک بوبین است که سیگنال خروجی کنترل کننده به آن وارد می‌شود. با تغییر سیگنال کنترلی میزان فاصله ی فلاپر- نازل کنترل و در نتیجه با تخلیه ی فشار هوای ابزاردقیق، فشار روی دیافراگم شیر را کنترل می کند. نهایتاً نیروی ناشی از فشار روی دیافراگم با نیروی ناشی از فنر به تعادل رسیده و موقعیت نهایی شیر حاصل می شود.

بخش خروجی، ممکن است شامل ساختار شیر پایلوت، فلاپر ـ نازل یا ساختار رله باشد. در هر حالت، هر کدام، یک تغذیه نیوماتیکی مستقل دارند.

www.powerplantac.com

حرکت ایجاد شده در قسمت ورودی، باعث می‌شود فشار در قسمت خروجی تغییر کند. بنابر این اکچویتور شروع به حرکت خواهد کرد. اتصال فیدبکی به اکچویتور متصل شده، که قسمتی از بخش فیدبک را شکل می‌دهد.

بخش فیدبک، تعیین می‌کند که چه موقع مقدار درست فشار به اکچویتور رسیده است. برای هر اندازه-ای از فشار سیگنال کنترل، موقعیتی مرتبط با آن از اتصال فیدبک وجود دارد که سبب می‌شود سیگنال خروجی به اکچویتور، تغییرات را متوقف کند. بعبارت دیگر، اگر پوزیشنر به درستی تنظیم شده باشد، اتصال فیدبک، مطمئن می‌کند که فشار نیوماتیکی به اکچویتور، مستقیماً متناسب است با سیگنال کنترل از کنترلگر. شکل ۷-۲۰، مثالی از عملکرد یک پوزیشنر شیر را بطور ساده نشان می‌دهد.



شکل ۷-۲۰- پوزیشنر شیر کارخانه فیشر به صورت ساده شده

در شیر کنترل فوق که سیگنال آن نیوماتیکی می باشد، بیلوز در بخش ورودی است و ساختار رله در بخش خروجی و بادامک[۱] و اتصال فیدبک در بخش فیدبک است. فرض کنید که سیگنال نیوماتیکی از کنترل کننده به بیلوز افزایش یابد. بیلوز منبسط شده و فلاپر را به طرف نازل حرکت می‌دهد. این سبب می‌شود فشار پشت نازل افزایش یابد که به نوبه باعث می‌شود ساختمان دیافراگم رله، شیر تغذیه را باز نماید.

۱. Cam

www.powerplantac.com

سپس فشار خروجی به اکچویتور، افزایش یافته، سبب حرکت میله اکچویتور به سمت پایین می‌گردد. مادامیکه آن به سمت پایین حرکت می‌کند، اتصال فیدبک را حرکت داده و آن بادامک را در جهتی می‌چرخاند که باعث می‌شود فلاپر از نازل دور گردد. در این حالت، فشار پشت نازل کاهش یافته و بنابراین شیر تغذیه رله بسته می‌شود و حرکت اکچویتور متوقف می‌گردد.

بنابراین تغییر سیگنال ورودی، یک تغییر در موقعیت اکچویتور ایجاد می‌کند. پوزیشنر، دوباره با فشار سیگنال بزرگتر، موقعیت جدید اکچویتور و اختلاف کمی در موقعیت فلاپر متعادل می‌گردد.

با کاهش سیگنال کنترل کننده، بیلوز منقبض‌شده (به کمک محدوده فنر[1]) و فلاپر شروع به دورشدن از نازل می‌کند. فشار پشت نازل کاهش می‌یابد و بنابراین فشارهای اکچویتور در داخل رله بر نیروهای فشار نازل غلبه می‌کنند و دیافراگم رله را حرکت می‌دهند بطوریکه پورت تخلیه[2] باز می‌شود. همانطوریکه فشار اکچویتور به هوا تخلیه می‌گردد، فنر اکچویتور، اکچویتور را به سمت بالا حرکت می‌دهد و اتصال فیدبک، بادامک را طوری می‌چرخاند که آن فلاپر را به عقب به سمت نازل حرکت می‌دهد، بنابراین فشار پشت نازل بالا می‌رود و سبب بستن شیر تخلیه می‌گردد.

در خصوص سیگنال های کنترل الکتریکی ۴- ۲۰mA به جای بیلوز یک بوبین وجود دارد که با ایجاد میدان مغناطیسی توسط این سیگنال، هسته ی آن جابجا شده و فاصله ی فلاپر- نازل را کم یا زیاد می کند.

پوزیشنرهای شیرها می‌توانند عملکرد مستقیم یا معکوس داشته باشند. عملکرد مستقیم به این مفهوم است که افزایش سیگنال ورودی موجب افزایش سیگنال خروجی می‌شود، در حالیکه در پوزیشنر با عملکرد معکوس، افزایش سیگنال ورودی سبب کاهش سیگنال خروجی می‌گردد.

- مشخصات بادامک:

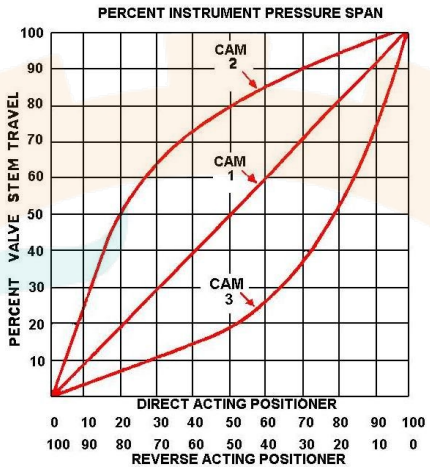
اغلب پوزیشنرهای شیرها، موقعیت میله ی شیر را بصورت خطی متناسب با خروجی سیگنال کنترلگر تغییر می‌دهند، اما بعضی از سازندگان، واسطه‌ای (معمولا یک بادامک) برای تغییر این رابطه ایجاد می‌کنند. بادامک، که قسمتی از ساختار فیدبک را تشکیل می‌دهد، می‌تواند در فرم‌ها و شکل‌های متفاوتی ساخته شود و

---

۱. Spring Range
۲. Exhaust port

www.powerplantac.com

مشخصه‌های بازکردن سریع (بادامک۲)، خطی (بادامک۱) یا فرم‌های مختلفی از مشخصه‌های گلوگاهی (بادامک ۳) را مطابق شکل ۷-۲۱ شبیه‌سازی کند. در واقع با بهره گیری از این تکنیک، دیگر نیازی به استفاده از پلاگ های مختلف نیست و می توان به سادگی با تنظیم وضعیت بادامک مشخصه ی شیر را تغییر داد.



شکل ۷-۲۱- مشخصه ی بادامک (Fisher)

۷-۸ سایر متعلقات[۱] شیر کنترل:

در بسیاری از حالات، شیرهای کنترل با وسایل دیگری نظیر تجهیزات زیر برای انجام یک کار خاص و رضایت‌بخش همراه می‌باشند.

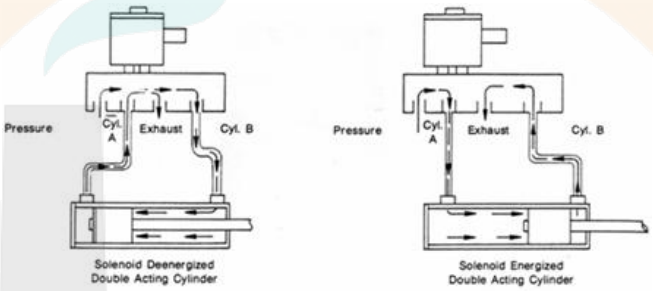
- ✓سوئیچ‌های محدودکننده[۲]
- ✓شیرهای سولونوئیدی[۳]
- ✓شیرهای قفل[۴]
- ✓رله‌های بوستر
- ✓مخازن ظرفیت[۵]

۱. Accessories
۲. Limit Switches
۳. Solenoid Valves
۴. Lock up Valves
۵. Capacity Tanks

www.powerplantac.com

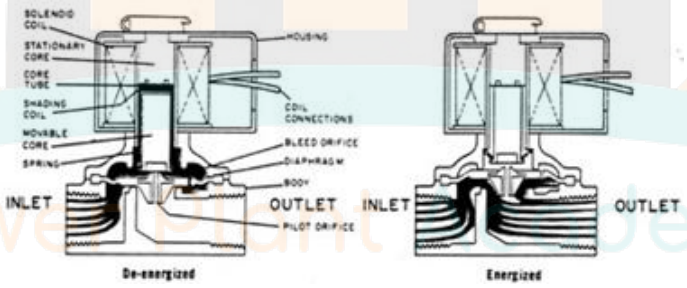
شیرهای سولونوئیدی[1]:

شیر سولونوئیدی، ترکیبی از دو بخش با عملکرد پایه‌ای است، شیر و سولونوئید. این شیرها، در قالب های متفاوتی وجود دارند تا برای طبقه بندی های الکتریکی مختلف، مناسب باشند و باتوجه به مشخصات الکتریکی همانند مشخصات مکانیکی و عملکردی، متنوع هستند. وظیفه ی شیر سولونوئید فراهم کردن سوئیچینگ قطع و وصل[2] در سیستم می‌باشد. این شیرها، در یک سیستم نیوماتیکی یا سیستم مایع همان کاری را انجام می‌دهد که یک رله ی برقی در سیستم برقی انجام می‌دهد. از این شیرها، همیشه در ارتباط با کنترل شیر برای بازکردن یا بستن شیر در شرایط از قبل تعیین شده یا محدودیت‌ها، استفاده می‌شود.



شکل ۷-۲۲

شیرهای چهارراهه برای عمل سیلندرهای دوکاره استفاده می‌شوند. در شکل سمت راست، زمانیکه سولونوئید فعال[3] می‌شود، سیلندر سمت چپ از پورت A ، تحت فشار قرار می‌گیرد و سیلندر سمت راست از پورت B تخلیه می‌شود. در شکل سمت چپ، سیلندر سمت راست از طریق پورت B تحت فشار قرار می‌گیرد و سیلندر سمت چپ از طریق پورت A ، تخلیه می‌شود.



شکل ۷-۲۳ سولونوئید فعال و غیرفعال

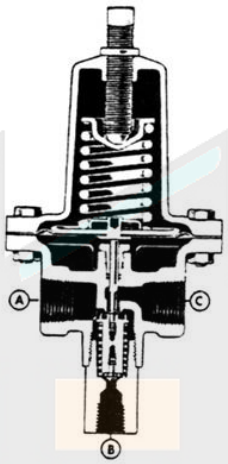
۱. Solenoid Valves
۲. On- Off Switching
۳. Energize

www.powerplantac.com

شیر سولونوئیدی، برای به حرکت درآوردن میله ی شیر، از یک سیم‌پیچ مغناطیسی استفاده می‌کند. شیرهای سولونوئیدی یا کاملاً باز هستند و یا کاملاً بسته و بوسیله سیگنال های الکتریکی از مکان‌های دور فعال می‌شوند. با اتصال جریان الکتریسیته به آهنربای الکتریکی، یک میدان مغناطیسی در سیم‌پیچ شیر ایجاد شده که موجب جابجایی هسته آن می‌گردد. پیستونی[۱] به دیسک شیر متصل شده است که اوریفیس را باز می‌کند یا می‌بندد. این باز یا بسته شدن اوریفیس به این بستگی دارد که شیر فعال شده تا باز کند[۲] یا فعال شده که ببندد[۳].

- شیرهای حبسی[۴]:

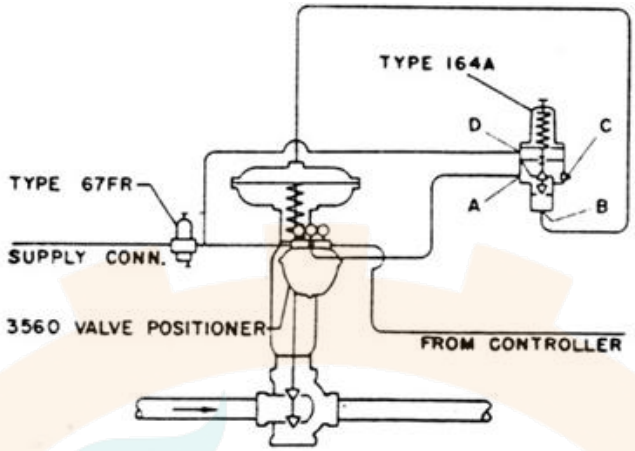
در کاربردهای خاصی، ممکن است نیاز باشد که یک شیر کنترل دیافراگمی، در آخرین موقعیت کنترل شده، زمانیکه اشکالی در هوای تغذیه آن بوجود آمده، باقی بماند. شکل ۷-۲۴ شیری را نشان می‌دهد که برای این منظور استفاده می‌شود و شکل ۷-۲۵ طریقه نصب یک نمونه شیر حبسی را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۲۴ شیر حبسی که برای نگهداری شیر در آخرین موقعیت آن هنگام بروز خطا در هوای تغذیه استفاده می‌شود.

۱. Plunger
۲. Energized to Open
۳. Energized to Close
۴. Lockup

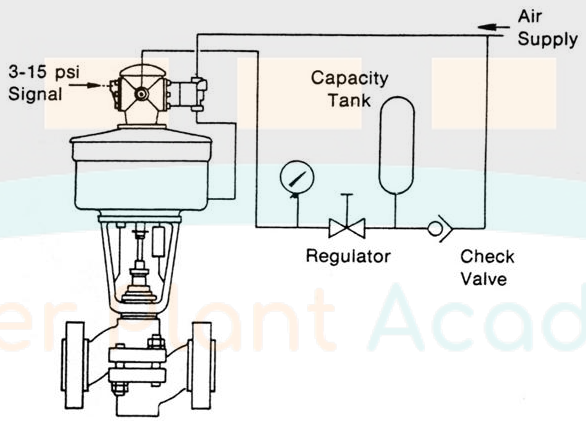
www.powerplantac.com



شکل ۷-۲۵ شماتیک نصب یک شیر حبسی نیوماتیک نمونه (محصول شرکت فیشر)

- مخزن ذخیره[۱]:

اکچویتورهای نیوماتیکی بدون فنر در هنگام ایجاد اشکال در هوای تغذیه، ممکن است در آخرین موقعیت باقی بمانند. اما باتوجه به نیروهای اعمالی به پلاگ شیر، در اثر نشتی، به آرامی به موقعیت باز یا بسته می‌روند. برای رفع این مشکل و زمانیکه لازم است که یک شیر در مقابل فشار خط، باز یا بسته شود، از یک مخزن ذخیره با حبس هوا استفاده می‌کنیم. شکل ۷-۲۶ یک آرایش نمونه برای این منظور را نشان می‌دهد. این فشار هوای ذخیره شده، بدون توجه به اندازه و جهت نیروهای درگیر، هنگامیکه اشکالی برای هوای تغذیه رخ دهد، بازکردن یا بستن مثبتی را برای شیر فراهم می‌کند.



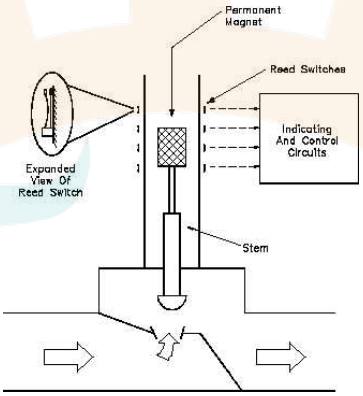
شکل ۷-۲۶ دیاگرام شماتیک یک سیستم حبس هوا با یک مخزن ذخیره برای عملکرد شیر در هنگام از دست دادن هوای تغذیه

۱. Capacity Tank

www.powerplantac.com

- سوئیچ های حدی:

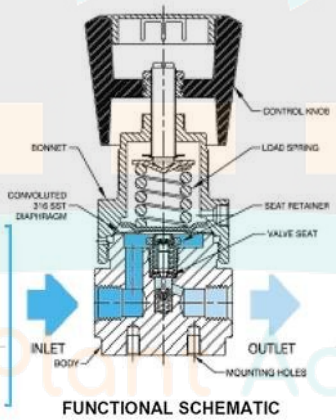
سوئیچ های حدی، ممکن است روی شیرها نصب شوند تا موقعیت شیر را نشان دهند، سیگنال آن برای فعال کردن شیر سولونوئیدی، آلارم‌ها، رله‌ها یا تحت عنوان یک سیگنال شناسایی و ضعیت شیر جهت انجام یا عدم انجام فرایندهای بعدی مطابق فلسفه ی کنترلی بکار رود (شکل ۷-۲۷).



شکل۷-۲۷- سوئیچهای حدی

- رگولاتورهای[۱] تغذیه فشار با فیلتر و تله رطوبت[۲]:

رگولاتورهای تغذیه فشار برای کاهش فشار هوای تغذیه موردنیاز سایت شامل پوزیشنرهای شیرها و سایر تجهیزات کنترل بکار می‌روند. فشارهای هوای تغذیه کاهش داده شده متداول، ۲۰psi و ۳۰psi است.



شکل ۷-۲۸ رگولاتور تغذیه فشار هوای ابزاردقیق

۱. Regulators
۲. Moisture Trap
۳. Motor Operating Valve

www.powerplantac.com

۷-۹ شیرهای عمل کننده توسط موتور (MOV[1]):

اینگونه شیرها معمولاً از نوع توپی می باشند و اکچوئیتور آنها توسط یک الکتروموتور سه یا تک فاز به حرکت وادار می شود. به منظور تامین گشتاور لازم جهت به حرکت درآوردن اکچوئیتور جعبه دنده ای واسط بین موتور و اکچوئیتور می باشد. با چرخش ۹۰ درجه ای شیر توپی وضعیت کاملاً باز یا بسته برای شیر تامین می شود. عمدتاً از این نوع شیر جهت کنترل فرایندهای پیوسته استفاده نمی شود. موارد استفاده این نوع شیرها در جاهایی است که سرعت باز و بسته شدن مد نظر نمی باشد. از اینرو در فرایندهای ترتیبی که باز یا بسته ماندن شیر برای مدت زمانی به مراتب طولانی تر از زمان مورد نیاز برای باز یا بسته شدن شیر اتفاق می افتد و تاخیرهای در حد دقیقه مشکلی برای فرایند ایجاد نمی کند از این نوع شیرها استفاده می شود.

اجزاء اصلی عمل کننده شیرهای MOV عبارتست از:

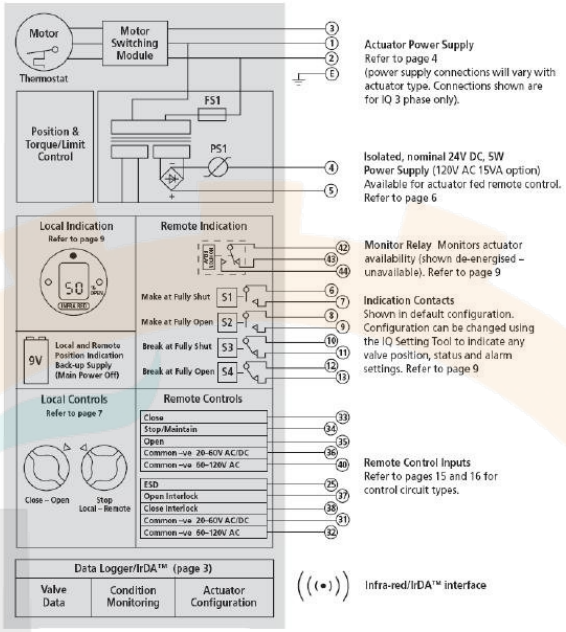
۱. موتور الکتریکی: بسته به مورد از لحاظ توان مورد نیاز سه یا تک فاز.
۲. برد الکترونیکی: حاوی مدارات فرمان موتور، وضعیت، سلکتورهای کنترل Remote/ Local، مدار واسط ریموت دستی.
۳. جعبه دنده: برای تبدیل دور موتور و تامین گشتاور لازم، در واقع زمان باز و بسته شدن شیر وابسته به دور موتور و نسبت چرخ دنده های جعبه دنده می باشد.

شکل۷-۲۹ شیر عمل کننده توسط موتور MOV

شکل زیر شماتیک مدار یک نوع MOV را نشان می دهد:

۱. Motor Operating Valve

www.powerplantac.com



شکل۷-۳۰ شماتیک مدار Rotork MOV

www.powerplantac.com

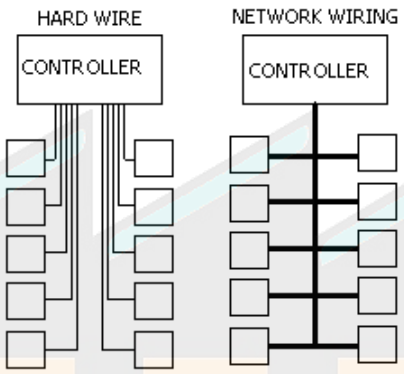
فصل هشتم
شبکه های صنعتی

www.powerplantac.com

۸-۱ مقدمه:

هنگامی است که چندین دستگاه را بهم متصل می کنیم اولین و واضح ترین دلیل صرفه جویی در سیم کشی است. کاهش کابل های بزرگ بخصوص اگر به صورت سیم پیچ در آمده باشند یک مزیت آشکار محسوب می شود.

هر چند که هزینه ی تجهیزات در سیستم های شبکه ای بیشتر است ولی در فاکتورهایی مانند: سیم کشی وخطاهای آن و نیروی انسانی صرفه جویی می شود و مدیریت قسمت های مختلف سیستم از طریق شبکه آسانتر است. شبکه کردن این امکان را به ما می دهد که چند صد دستگاه را به یک مسیر ارتباطی اصلی بدور از سیم کشی اضافی متصل نماییم. بویژه وقتی که سیستم ها از آستانه ۱۰۰ اتصال I/O (ورودی /خروجی) گذشتند هزینه اضافی سخت افزار شبکه با صرفه جویی در زمان سیم کشی خنثی می شود. پیمانه ای بودن[1] یکی دیگر از مزایای مهم شبکه است. (شکل ۸-۱)



شکل ۸-۱

شکل ۸-۱ صرفه جویی در هزینه با اندازه سیستم خود را نشان می دهد معمولاً سیستم های با ۱۰۰ دستگاه یا بیشتر اگر از شبکه استفاده نمایند هزینه کاهش می یابد. سیستم های شبکه شده می توانند سریعتر از پیکربندی فیزیکی توسط نرم افزار پیکربندی شوند. پیمانه ای بودن امکان جالبی برای طراحی دستگاه است. از آنجاییکه ارتباط دستگاه ها با نرم افزار دست یافتنی است لذا جابجایی یک سیستم بزرگ، سوار کردن آن روی

۱. سیستم پیمانه ای - سیستمی که از واحدهای مستقل تشکیل شده باشد

www.powerplantac.com

یک مسیر و دوباره بستن قطعات آن در هر مکانی بسیار آسان است. به علاوه سه دلیل عمده برای صرفه جویی سیم کشی و پیمانه ای بودن سیستم، در شبکه کردن دستگاهها وجود دارد:

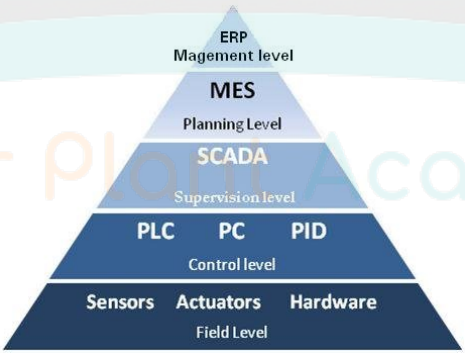
۱. ***امکان عیب یابی:*** یک دستگاه شبکه ای اگر خوب کار نکند یا خرابی پیش بیاید در اغلب موارد از طریق سیستم به کاربر اطلاع داده می شود این اطلاعات می تواند کمک بزرگی باشد. ارزش آن وقتی بیشتر می شود که اطلاعات از راه دور و از طریق اینترنت در دسترس باشد.

۲. ***پیکر بندی مناسب:*** کنترل کننده ها بطور خودکار می توانند مشخص کنند کدام اجزا مستقل به شبکه متصلند و تعیین کنند چه تنظیم نرم افزاری انجام شده است. این در حقیقت می تواند زمان هایی را که یک سیستم بزرگ بدون انتقال داده می ماند و زمان راه اندازی مجدد را کوتاه کند.

۳. ***سیستم های اطلاعاتی مهندسی، کنترلی و مدیریتی:*** با بهره مندی و دسترسی افراد با سطوح و ویژگی های مختلف نظیر اپراتور به کل فرایند، مهندسی برای انجام تغییرات لازم و بررسی وضعیت عملکرد و مدیریت برای تصمیم گیری و برنامه ریزی لازم، اهمیت و جایگاه شبکه ای شدن و متمرکز ساختن اطلاعات و نقش آن در افزایش بهره وری و تولید معین و اجتناب ناپذیر می باشد.

۸-۲ سطوح سلسله مراتبی سیستم های اتوماسیون صنعتی:

سیستم های اتوماسیون صنعتی می توانند خیلی مجتمع و پیچیده باشند ولی عموماً به سطوح سلسله مراتبی ساختار بندی می شوند. هر سطح شرایط متفاوتی در شبکه ارتباطی دارد. در شکل زیر یک ساختار سلسله مراتبی از یک سیستم اتوماسیون صنعتی نشان داده شده است.



شکل ۸-۲ سطوح سلسله مراتبی سیستم های اتوماسیون صنعتی

www.powerplantac.com

۸-۲-۱ سطح فیلد Field Level:

سطح فیزیکی اتوماسیون شامل دستگاه ها و سنسورهای عمل کننده است که پردازش های فنی را انجام می دهند. روش های ارتباطی نقطه به نقطه[1] در شبکه ارتباطی از لحاظ قیمت کابل کشی و کیفیت ارتباط مقرون به صرفه می باشند. امروزه Field Bus (یک نوع شبکه صنعتی) اغلب برای انتقال اطلاعات در سطح فیلد بکار می رود. از آنجاییکه در یک فرایند اتوماسیونی زمانبندی درخواست ها باید بطور دقیق اجرا شود، برنامه های کنترل کننده های این سطح عملیات انتقال چرخشی نیاز دارند، که اطلاعات را در فواصل زمانی مشخص انتقال دهند و اطلاعات تعیین شده را برای کم کردن زمان انتقال به قسمتهای کوچکتر تقسیم کنند.

۸-۲-۲ سطح کنترل Control Level:

سطح کنترل شامل دستگاه های کنترلی مانند PLC و CNC می باشد. دستگاه های کنترل اصلی معمولاً طبقه بندی شده اند، کار دستگاه ها در سطح کنترل انتقال اطلاعات بین پروسه تولید محصول و کنترل کننده و عملیات پردازش های فنی است. اطلاعات ممکن است باینری یا آنالوگ باشد.

جهت ارتباط سطح کنترل معمولاً از شبکه های صنعتی بهره گیری می شود که برای اتصال آنها از کابلهای چند رشته ای موازی یا رابط های سریال استفاده می شود. استانداردهای ارتباطی سریال مانند: RS232C، RS422 و RS485 و نوع های عمومی دیگر با استاندارد ارتباطی موازی IEEE488 با هم استفاده می شود.

برای تبادل اطلاعات نیز از پروتکل های مختلف نظیر پروفی باس، مدباس و کنترل نت (Control Net) استفاده می شود. یکی از ویژگی های مهم این سطح اتوماسیون سرعت و حجم داده های آن می باشد به گونه ای که (Real-Time) بودن سیستم را تامین نماید.

۸-۲-۳ سطح سوپروایزری (Supervision Level):

در سطح سوپروایزری عملیات اپراتوری مشتمل بر مشاهده ی نحوه ی عملکرد فرایند، تنظیم پارامترهای کنترلی، اعمال نقاط مقرر و سایر عملیات مربوطه صورت می گیرد. از این جهت باید نرخ تبادل داده ها در این سطح اتوماسیون حداقل سرعت مورد نیاز بهره بردار برای عکس العمل لازم را برآورده سازد.

---

۱. Peer to Peer مدل شبکه ای که در آن هر ایستگاه به ایستگاه بعدی متصل است و هر ایستگاه خود مستقلاً می تواند در نقش یک کنترل کننده ظاهر شود

www.powerplantac.com

۸-۲-۴ سطح برنامه ریزی (Planing Level):

در این سطح اتوماسیون با توجه به داده های در اختیار منجمله داده های مربوط به تاریخچه ی عملکرد یک تجهیز یا سیستم، در اختیار مهندسی جهت بررسی عملکردها و تصمیمات متناسب با آن نظیر تعمیرات و تغییرات قرار می گیرد.

لذا در این سطح اتوماسیون ذخیره سازی اطلاعات مفید و مورد نیاز در حجم وسیع صورت می گیرد و با توجه به نرم افزارهای تحلیلگر داده های پردازش شده ی قابل استفاده در اختیار مهندسین قرار می گیرد. در این سطح نیز بنا بر خاصیت ارزیابی سیستم و عملکرد آن به داده های با زمان واقعی نیاز می باشد.

۸-۲-۵ سطح مدیریت (ERP Level):

بالاترین سطح یک سیستم اتوماسیون صنعتی است که کنترل کننده ی آن اطلاعات مدیریتی سیستم را جمع آوری و کل سیستم اتوماسیون را مدیریت می کند لذا بر مبنای اطلاعات جمع آوری شده مدیریت تصمیم گیری های لازمه در خصوص عملکرد فرایند را اتخاذ می نماید.

۸-۳ لایه های اطلاعاتی:

هرچیزی که شبکه ای می شود یا هر نوع اطلاعات دیجیتالی که ارسال می شود برای موضوعیت گرفتن در لایه هایی بیان می شوند. شما می توانید یک فایل را با استفاده از برنامه Word ایجاد نمایید که ترکیبی از متن، جدول یا تصاویر باشد و ممکن است آنرا فشرده کرده (zip) و سپس با نرم افزار کد گزاری مناسب (PGP) رمز نگاری کنید بعد آنرا به پیغام Email خود اضافه کرده و با مودم توسط پروتکل TCP/IP ارسال نمایید. پیغام در Mail Server گیرنده ذخیره می شود و وقتی پیغام دریافت شد، به ترتیب۶ لایه ی زیر را طی می کند: TCP/IP، Modem، PGP، ZIP و باز کردن فایل و مشاهده محتویات آن.

TCP/IP فقط یک لایه نیست بلکه خود ترکیبی از ۵ لایه است. لایه کردن اطلاعات، فرایند را در تکه های قابل مدیریت خرد می کند و یک مکانیزم پیچیده را ساده می سازد. امروزه شما نمی توانید راجع به شبکه کردن و لایه های اطلاعاتی بدون اشاره به مدل ISO/OSI[1] صحبت کنید. این مدل سال های زیادی است که بعنوان روشی برای فهماندن لایه های اطلاعاتی در شبکه استفاده می شود (رجوع شود به جدول ۸-۱).

۱. مدل ISO/OSI یک معماری لایه ای استاندارد که نوع عملیات تبادل اطلاعات در شبکه های ارتباطی را مشخص می کند

www.powerplantac.com

اغلب شبکه ها واقعاً از همه این لایه ها استفاده نمی کنند. برای مثال اترنت و RS-232 فقط لایه های فیزیکی هستند. بنابراین RS-232 فقط لایه ۱ را بکار می برد و اترنت لایه های ۱و۲. TCP/IP یک پروتکل است نه یک شبکه و از لایه های ۳ و ۴ استفاده می کند صرفنظر از اینکه لایه های ۱ و ۲ یک خط تلفن، اتصال بی سیم یا کابل اتر نت 10baseT هستند.

Layer 7	***Application***	تعیین محتوی اطلاعات
Layer 6	***Presentation***	قالب بندی اطلاعات و رمزگذاری
Layer 5	***Session***	ایجاد , حفظ و هماهنگی ارتباط
Layer 4	***Transport***	چک کردن Errorها و تحویل سالم
Layer 3	***Network***	مشخص کردن مسیرانتقال اطلاعات در شبکه
Layer 2	***Data link***	آدرس دهی و مخابره اطلاعات
Layer 1	***Physical***	مشخص کردن سطوح ولتاژ و اتصالات فیزیکی
Layer 0	***Transmission***	تعیین وسیله فیزیکی انتقال اطلاعات

جدول ۸-۱ ISO/OSI مدل شبکه ای

۸-۳-۱ وظایف هر لایه:

لایه ی ۷ Ó لایه ی کاربرد Application:

این لایه محتوی اطلاعات را مشخص می کند و انتقال آنها بین برنامه های کاربردی. اگر شما بوسیله Email یک فایل PDF را ارسال کنید برنامه ای که برای باز کردن آن استفاده می شود Adobe Acrobat است. بیشتر لایه های پروتکل پیچیده هستند ولی لایه Application آخرین مرحله در ساخت اطلاعات مفید است.

در طراحی یک سنسور این جز نرم افزاری است که داده های پردازشی را بین سنسورها و پردازنده مبادله می کند. نرم افزار محتوی پارامترهای دیجیتال و آنالوگ را تنظیم می کند.

لایه ی ۶ Ó لایه ی نمایش Presentation:

این لایه جهت قالب بندی داده های اطلاعاتی (تبدیل آنها به فریم اطلاعاتی) برای ارسال و در گیرنده تبدیل آن به داده اطلاعاتی بکار می رود. مثلا ممکن است یک مجموعه کاراکتر را به کدهای ASCII تبدیل کند.

www.powerplantac.com

همچنین عمل رمگذاری برروی داده ها نیز ممکن است در این لایه انجام شود. لایه ی ۶ معمولاً توسط نرم افزار مدیریت می شود و اغلب در شبکه های صنعتی کاربرد ندارد.

لایه ی ۵ ؛ لایه ی جلسه Session:

این لایه وظیفه ی ایجاد و حفظ ارتباط را دارد. مدیریت ورود به سیستم در این لایه انجام می شود. این لایه نیز توسط نرم افزار مدیریت می شود و در شبکه های صنعتی کاربرد ندارد.

لایه ی ۴ ؛ لایه ی حمل و نقل Transport:

این لایه کنترل سالم رسیدن اطلاعات را توسط برقراری پروتکل پیغام بر عهده دارد و عمل عیب یابی را انجام می دهد. این لایه توسط نرم افزار مدیریت می شود.

لایه ی ۳ ؛ لایه ی شبکه Network:

این لایه وظیفه ی مسیر یابی اطلاعات از ایستگاهی به ایستگاه دیگر را در شبکه بوسیله ی باز نگه داشتن مسیر انتقال اختصاصی بعهده دارد همچنین ممکن است در صورت لزوم پیغام های بزرگ را به بسته های کوچکتر بشکند و در گیرنده آنها را مجدداً پیوند دهد. این لایه توسط نرم افزار مدیریت می شود.

لایه ی ۲ ؛ لایه ی اتصال داده Data Link:

این لایه انتقال فیزیکی داده ها بین ایستگاه ها را مدیریت می کند. همانطور که می دانید یک بسته ی اطلاعاتی (فریم اطلاعاتی) دارای فیلدهای Checksum[1]، آدرس مبدا و مقصد است که با استفاده از این اطلاعات یک اتصال فیزیکی بین ماشین مبدا و مقصد برقرار می کند. این لایه اغلب بصورت سخت افزاری مدیریت می شود.

لایه ی ۱ ؛ لایه ی فیزیکی Physical:

این لایه ولتاژ سیگنال ها و همچنین اتصالات فیزیکی را برای ارسال تحت وسیله انتقال مانند: HUB ها یا Repeater (تکرارکننده) تعریف می کند.

لایه ی انتقال Transmission:

به وسیله ی فیزیکی انتقال که معمولاً سیم، فیبر نوری، یا فن آوری بی سیم است، اشاره می کند. اطلاعاتی که می خواهد ارسال شود از لایه ی کاربرد شروع شده و تا لایه ی فیزیکی حرکت می کند تا برروی

۱. Checksum برنامه با استفاده از این فیلد کنترلی صحت اطلاعات را بررسی می کند

www.powerplantac.com

کانال ارتباط فیزیکی ارسال شود و در سمت گیرنده تا لایه ی کاربرد بالا می رود تا کاربر آنرا دریافت کند. اغلب پروتکل ها به مدل ISO/OSI وابسته اند، اما اکثراً از مشخصه ی دقیقی تبعیت نمی کنند، در عوض در صورت نیاز لایه های مختلف را با هم ترکیب می کنند.

www.powerplantac.com

فصل نهم

سیستم های کنترل متمرکز و گسترده

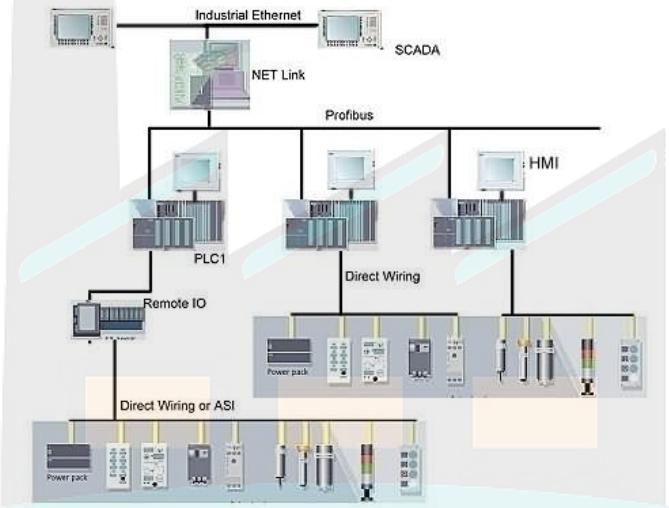
www.powerplantac.com

۹-۱ مقدمه:

سیستم های کنترل دیجیتال صنعتی جدید به دو صورت عمده ی متمرکز و گسترده پیاده سازی می شوند. ساختارهای متمرکز کل فرآیند طی منطق کنترلی در یک CPU ایجاد می گردد و عملیات کنترل در آن صورت می پذیرد، حال آنکه در ساختار های گسترده فرآیندها با توزیع منطق کنترلی در CPU های مختلف صورت می گیرد. در ساختار گسترده کنترلرها بوسیله ی شبکه های صنعتی به یکدیگر متصل در حال تبادل اطلاعات می باشند.

۹-۲ سیستم کنترل متمرکز PLC:

PLC، کنترل کننده ی برنامه پذیری است که از خانواده ی کامپیوترها به‌شمار می‌آید. این کنترل‌کننده، عمدتاً در مقاصد صنعتی به‌کار می‌رود. ورودی ها را می‌گیرد و بر اساس برنامه‌ای که در حافظه ی آن نوشته شده، خروجی‌های لازم را برای ماشین یا فرآیندی که تحت کنترل آن است صادر می‌نماید.

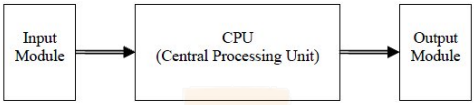


شکل ۹-۱ نمای کلی ارتباط PLC با تجهیزات جانبی

بنابراین در نگاه اول، PLC مطابق شکل ۹-۲ از سه قسمت اصلی یعنی مدول‌های ورودی، CPU و مدول‌های خروجی تشکیل شده است. مدول ورودی، سیگنال‌های متنوع دیجیتال یا آنالوگ را از Field قبول می‌کند و سپس آنها را به سیگنال‌های منطقی (۱,۰) که برای CPU قابل پردازش باشد تبدیل می‌نماید. CPU مطابق با برنامه‌ای که قبلاً کاربر در حافظه آن ذخیره کرده است دستورات کنترلی را اجرا کرده، خروجی لازم را

www.powerplantac.com

به‌صورت سیگنال‌های منطقی به مدول‌های خروجی می‌فرستد. این مدول‌ها، سیگنال‌های مزبور را به فرم دیجیتال یا با تبدیل به آنالوگ به تجهیزات Field مانند عملگرها (Actuators) ارسال می‌نمایند.



شکل ۹-۲ نمای کلی PLC

۹-۲-۱ استاندارد IEC61131:

با رشد و توسعه ی صنعت و تکنولوژی، سازندگان مختلف PLC های متنوعی را به بازار عرضه نمودند که این مقوله، از یکسو قابلیت انتخاب را برای مصرف کننده به همراه داشت و از سوی دیگر پیچیدگی هایی را به لحاظ بهره برداری و نگهداری آنها ایجاد می نمود، از اینرو استاندارد نمودن این تکنولوژی ها امری اجتناب ناپذیر گردید. در سال ۱۹۷۹ یک گروه متخصص در International Electro-technical Commision (IEC) کار بررسی جامع PLC ها را شامل سخت افزار، برنامه نویسی و ارتباطات به عهده گرفت. هدف این گروه تدوین روش‌های استانداردی بود که جنبه‌های مختلف این وسیله از طراحی سخت افزار گرفته تا نصب، تست، برنامه‌ریزی و ارتباطات آنرا پوشش دهد و توسط سازندگان PLC به‌کار گرفته شود.

شکل ۹-۳ استاندارد IEC61131

استاندارد IEC61131 از بخش‌های زیر تشکیل شده است:

بخش ۱- اطلاعات کلی (General Information)

بخش ۲- ملزومات سخت افزاری و آزمایش‌ها (Equipment Requirements and Test)

بخش ۳- زبان‌های برنامه نویسی (Programming Languages)

۱. Instruction List(IL): یک زبان سطح پایین و به‌صورت متنی است. این زبان بیشتر شبیه زبان اسمبلرهای میکروپروسسور است.

www.powerplantac.com

۲. Function Block Diagram(FBD): زبان گرافیکی است و برنامه نویسی در آن توسط یک سری بلوک های پایه که در کنار هم قرار می‌گیرند، انجام می‌شود.

۳. Ladder Diagram(LD): روش گرافیکی است. LD و FBD می‌توانند به‌صورت توام در برنامه به‌کار روند.

۴. Structured Text(ST): یک زبان سطح بال شبیه C و پاسکال است و کاربرد عالی بویژه در الگوریتم‌های پیچیده ریاضی دارد.

۵. Sequentional Function Control(SFC): در این روش برنامه به مراحلی که ترتیب الگوریتم‌های کنترلی را نشان می‌دهد تقسیم می‌گردد و شامل Step های مختلف برنامه است. هر گاه شرایطی که در بخش Transition مشخص شده برآورده گردد، step قبلی غیر فعال و step فعلی فعال می‌گردد.

بخش ۴- راهنمای کاربران (User Guidelines)

بخش ۵- ارتباطات (Communication)

بخش ۶- این بخش خالی است و برای استفاده در آینده رزرو شده است.

بخش ۷- برنامه نویسی کنترل فازی (Fuzzy Control Programming)

بخش ۸- راهنمای کاربرد زبان‌های برنامه‌نویسی (Guidelines for application of programming languages)

۹-۲-۲ مزایا ی PLC:

بعضی از مزایای اساسی استفاده از PLC عبارتند از:

۱. انعطاف پذیری

۲. اعمال تغییرات و تصحیح خطاها توسط نرم افزار و عیب یابی راحت و سریع

۳. تعداد بسیار زیاد کنتاکت‌ها (امکان چند صد ورودی و خروجی)

۴. هزینه ی کمتر به دلیل کاهش هزینه ی تعمیرات و زمان خرابی سیستم

۵. اجرای آزمایشی (Pilot Running)

۶. نظارت عینی (Visual Observation) و بهره گیری از گرافیک های متناسب با فرایند

۷. سرعت عمل (قابلیت اجرای برنامه های کنترلی طی چند ده میلی ثانیه)

۸. سادگی روش برنامه نویسی بولی یا نردبانی

۹. قابلیت اطمینان و نگهداری

www.powerplantac.com

۱۰.سادگی قرار گرفتن اجزای سیستم کنترل و تعویض آنها در صورت خرابی

۱۱.مستند سازی

۱۲.امنیت (بهره گیری از امکانات امنیتی قوی نرم افزاری و سخت افزاری و ایجاد دسترسی مختلف)

۱۳.سهولت تغییرات با برنامه نویسی مجدد

۹-۲-۳ سیستم کلی PLC:

اجزاء کلی یک سیستم PLC که در تمامی سازنده ها عمومیت دارد عبارتند از:

۱. واحد پردازنده مرکزی (CPU): مغز یا قلب سیستم PLC است که از دو قسمت اصلی زیر تشکیل شده‌است:

- پردازشگر که مسؤول اجرای برنامه ی کنترل و سیستم عامل کنترلر می باشد
- حافظه که محل استقرار برنامه ی کنترلی، اطلاعات ورودی و خروجی، پارامترها، تایمرها و ... می باشد

۲. منبع تغذیه که تامین ولتاژهای مورد نیاز CPU و کارت های ورودی و خروجی را برعهده دارد

۳. برنامه ریز/ مانیتور Programmer/Monitor(PM)

۴. مدول‌های ورودی/ خروجی

۵. کارت های شبکه نظیر مدباس برای تبادل دیتای مورد نیاز سایر کنترل کننده ها

۶. بدنه و قفسه‌ها جهت استقرار مدول های مختلف نظیر CPU، کارت های ورودی و خروجی و کارت های شبکه نظیر و ...

۹-۲-۴ خطاهای عملیاتی PLC:

در PLC ها، برای مشخص‌کردن برنامه نویسی نادرست و عملکرد نادرست، معمولاً یکی از دو روش زیر استفاده می شود:

۱. کدهای خطا: این کدها معمولاً بر روی صفحه نمایش، به صورت کد در سیستم‌های کوچک یا به‌صورت زبان کاربر پسند (User-Friendly) در سیستم‌های بزرگ‌تر هنگامی که بعضی چیزها نادرست باشند ظاهر می‌گردند.

www.powerplantac.com

۲. دیودهای نورانی (LED): این دیودها بر روی صفحه روبروی PLC قرار دارند و عموماً برای نمایش شرایط مختلف مطابق جدول ۹-۱ به‌کار می‌روند.

LED	INDICATION
POWER	Internal power supply is functioning.
RUN	The processor is scaning the program and controlling output. LED flashes when PLC is STOPPED , outputs are retained. LED is off when PLC is halted , outputs are disabled.
FAULT	Processor failure has been detected.
LOW BATTERY	Battery is below low limit.
PROM	PROM module is plugged in and operating.

جدول ۹-۱

۹-۲-۵ ملاحظات مربوط به محیط کار PLC:

برای اطمینان از عملکرد قابل اطمینان و مداوم سیستم PLC بعد از نصب، باید به عوامل زیر توجه گردد:

۱. **محفظه (Enclosure):** اندازه ی محفظه که PLC می‌خواهد در آن قرار بگیرد باید طبق استاندارد National Electrical Manufactures Association(NEMA) باشد تا فضای مناسب برای سیم‌های کنترل ورودی و سیم‌کشی تغذیه و دسترسی آسان به همه قطعات و سیم‌ها جهت نصب، تغییرات آینده و عیب‌یابی را فراهم کند.

۲. **دما:** محدوده ی تغییرات دما در محیط کار باید با محدوده قابل تحمل PLC هم‌خوانی داشته باشد.

۳. **رطوبت، گرد و غبار و محیط خورنده:** با توجه به اینکه سطح رطوبت می‌تواند منجر به عملکردهای نادرست الکتریکی یا الکترونیکی گردد، گرد و غبار می‌تواند مجراهای خنک کننده را مسدود کند و مسیرهای اتصال کوتاه الکتریکی ایجاد کند، محیط خورنده با ایجاد گازهای اکسید کننده و تشکیل اکسید بر روی سیم‌ها و ترمینال‌ها، باعث قطع شدن نقاط اتصال الکتریکی گردد، بنابراین باید از محفظه‌های حفاظت شده مناسب استفاده گردد.

www.powerplantac.com

۴. **لرزش:** اگر CPU در معرض لرزش‌های شدید ناشی از تجهیزات مجاور قرار گیرد، می‌تواند منجر به خطاهای زود هنگام CPU شود و طول عمر تجهیزات PLC را کاهش دهد. لرزش‌ها را می‌توان با استفاده از تکیه‌گاه های ضد ضربه کاهش داد.

۵. **اتصال زمین الکتریکی سیم‌ها و تجهیزات و کابینت:** برای ایجاد حفاظت در برابر اتصال الکتریکی از زمین الکتریکی استفاده می شود و بدنه ی کابینت ها و تجهیزات به آن متصل می شود.

۶. **اغتشاشات الکتریکی ناشی از وسایل خارج از PLC:** برای جلوگیری از نویزهای الکتریکی از زمین ابزاردقیق استفاده می شود و قسمت شیلد سیم های انتقال سیگنال آنالوگ که بسیار به نویزهای الکتریکی حساس می باشند به آن وصل می گردد.

۷. **استفاده از سیستم رله اصلی برای توقف اضطراری عملکرد PLC:** این سیستم وقتی فعال است، عملکرد PLC بصورت نرمال است، اما وقتی غیر فعال شود، PLC عمل نخواهد کرد.

۸. **حفاظت مدار الکتریکی و سیم بندی PLC:** با انتخاب مناسب سیستم محافظ مدار الکتریکی شامل فیوزها، کلیدهای قطع مدار و غیره انجام می‌شود. هدف از ایجاد مدارات محافظ الکتریکی جلوگیری از صدمه و آسیب احتمال در شرایط جریان اضافی می باشد.

۳-۹ سیستم های کنترل گسترده (Distributed Control Systems):

همانطور که می دانیم در کنترل فرآیند های بزرگ و پیچیده با مسائل و مشکلات عدیده ای مواجه هستیم مثلاً ممکن است تعداد حلقه های کنترل در یک مجتمع پتروشیمی بیش از هزار حلقه باشد که در چنین حالتی تعداد اندازه گیر ها و عملگر ها به ده ها هزار خواهد رسید و از آنجا که ممکن است هر یک از حلقه های کنترلی علاوه برارتباطات داخلی با حلقه های دیگر در ارتباط باشند حجم سیم کشی و مدارات ارتباطی حلقه ها با یکدیگر بسیار بالا می رود که این امر هزینه زیادی خواهد داشت، توانایی های سیستم های DCS مشکل پیچیدگی و هزینه مجتمع های بزرگ را حل می کند.

یک سیستم DCS در واقع شبیه یک شبکه کامپیوتری است که با جمع آوری اطلاعات از اندازه گیری های محلی و با استفاده از ماژول های کنترل کننده به صورت نرم افزاری ارتباطات و منطق کنترل را پیاده سازی می کند و فرمان های لازم را به عملگر ها ارسال می نماید استفاده از نرم افزار به جای سیم کشی و مدار

www.powerplantac.com

های ارتباطی هزینه را بسیار کاهش خواهد داد. در سیستم های DCS به کارگیری ماژول های هوشمند و میکرو پروسسور های قوی امکان تنظیم دقیق و سریع حلقه های کنترل در مراحل مختلف تولید محصول فراهم می آورد. بدین ترتیب می توان ضایعات تولید را تا حد زیادی کاهش داد.

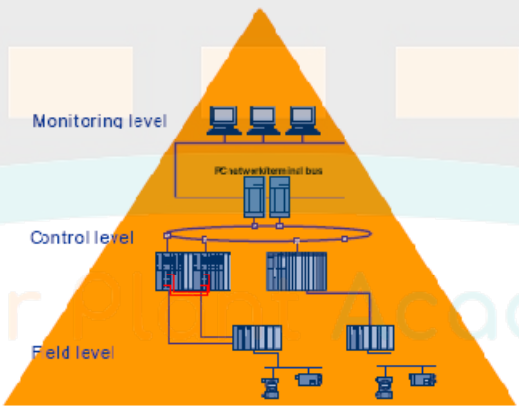
معماری یک سیستم DCS بسیار مهم است و شرکت های سازنده برحسب فرآیند های تحت کنترل معماری های مختلفی را ارائه می کنند، که انتخاب معماری مناسب در هزینه و مرغوبیت محصول تولید شده نقش اساسی دارد. همچنین استفاده از نرم افزار مناسب در سیستم های DCS سرعت دقت و توانایی های سیستم را تحت تاثیر قرار می دهد. یک سیستم DCS مجموعه ای از کنترل کننده ها می باشد که هر یک قابلیت پردازش بیش چند صد حلقه کنترلی را دارند.

این کنترل کننده ها از طریق یک شبکه صنعتی با یکدیگر در ارتباط هستند. می توانند توسط واحد های ورودی خروجی خود به تجهیزات فیلد متصل شوند و ده ها حلقه را کنترل نمایند.

۹-۳-۱ اجزای یک سیستم DCS:

سیستم های DCS عموماً در سه سطح اساسی پیاده سازی می شوند، البته سطوح دیگر اتوماسیون نیز در اکثر سازندگان ارائه گردیده و گاهاً جزء موارد اختیاری می باشند.

۱. Operation & Monitoring Level
۲. Control Level
۳. Field Level



شکل۹-۴ سطوح اتوماسیون در DCS

www.powerplantac.com

۱. سطح مانیتور (Operation & Monitoring Level):

در بالاترین سطح یک سیستم DCS ایستگاه های کاربری قرار دارند این ایستگاه ها کامپیوتر هایی هستند که توسط آنها کاربران سیستم، عملیات نظارت وکنترل را روی فرآیند را انجام می دهند. این ایستگاه ها توسط شبکه ای موسوم به Terminal Bus به سطوح پایین تر متصل می شوند.

در سطح مانیتورینگ، ایستگاه مهندسی (Engineering Station) ES و ایستگاه اپراتوری OS (Operator Station) قرار دارند.

- ایستگاه مهندسی (Engineering Station) ES:

این ایستگاه، کامپیوتری است که نرم افزار طراحی و مهندسی سیستم DCS روی آن نصب می‌شود و کلیه عملیات مهندسی سیستم شامل دانلود کردن برنامه در کنترلرها، تغییر در منطق برنامه و انجام اصلاحات و تغییرات صفحات گرافیکی سیستم مانیتورینگ از طریق آن صورت می‌گیرد. معمولاً ES در محل جداگانه‌ای نصب می‌شود. ES به هر دو Bus سیستم اعم از Process Bus و Terminal Bus متصل است.

- ایستگاه اپراتوری OS(Operator Station):

OS، ایستگاه کاری اپراتورهاست. روی این کامپیوترها، صفحات گرافیکی به شکل Runtime که غیر قابل ویرایش است دانلود شده است. OS ها بسته به معماری سیستم، به‌طور مستقیم یا از طریق سرور به کنترلرها متصل هستند. اپراتورها می‌توانند مقادیر پروسسی را روی OS مشاهده نمایند و یا فرامین کنترلی را از طریق OS به کنترلرها ارسال کنند.

۲. سطح کنترل (Control Level):

در سطح میانی کنترل کننده ها قرار دارند که از طریق شبکه ای موسوم به Process Bus به یکدیگر و نیز با سطوح بالاتر در ارتباط می باشند. اغلب سیستم های این شبکه دارای Redundant نیز هستند معمولاً در سیستم های نوین از اترنت در این نوع شبکه ها استفاده می شود و از فیبر نوری به عنوان رابط فیزیکی جهت ارتباط بهره می برند.

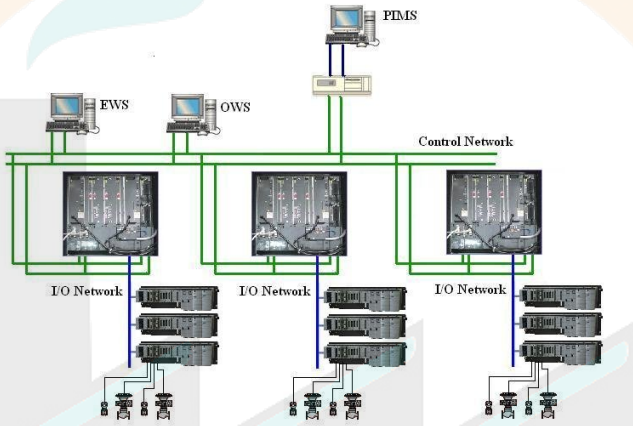
۳. سطح کارخانه (Field Level):

در پایین ترین سطح یک سیستم DCS که Field Level است تجهیزات ابزار دقیق (Field Instruments) شیرها و عملگرها (Actuators) قرار دارند.

www.powerplantac.com

در هر سه سطح مورد اشاره از آنجائیکه اطلاعات بایستی بصورت واقعی باشند شبکه بایستی بصورت Real Time و با قابلیت اطمینان بسیار بالا عمل نماید. همچنین به منظور پیشگیری از بروز Shut down های ناشی از قطعی شبکه، از شبکه های Redundant استفاده می گردد.

سیستم‌های کنترل غیر متمرکز DCS در واقع راهکاری برای رفع ضعف‌های سیستم‌های متمرکز در خصوص فرایندهای وسیع و گسترده به لحاظ سیگنالی و مکانی محسوب می‌شوند. بدین شکل که پردازش اطلاعات بین کنترلرها تقسیم شده در عین حال یک شبکه ارتباطی نیز بین کنترلرها موجود می باشد و تبادل اطلاعات بین آن‌ها به آسانی انجام می پذیرد. معماری متعارف یک سیستم DCS، مطابق شکل ۹-۵ است.



شکل ۹-۵ ساختار کنترلی غیرمتمرکز (Distributed Control System)

۹-۴ تفاوت سیستم‌های کنترل DCS و PLC:

هدف و رویکرد طراحی و پیاده سازی این دو سیستم اساساً متفاوت می باشد. در واقع نیاز صنایع تعیین کننده ی این دو استراتژی اساسی کنترل می باشد، که ذیلاً به اختصار اشاره می گردد.

۱. PLC ها برای Factory Automation و کنترل‌های ترتیبی یا Interlocking

۲. DCS ها برای Process Automation و یا کنترل فرآیند

بدین معنا که PLC ها قابل استفاده برای کنترل فرآیند نبودند و در مقابل DCS ها سرعتی به اندازه PLC ها نداشتند. اما امروزه با توجه به رشد و پیشرفت تکنولوژی، اشتراکات زیادی بین این دو سیستم به وجود آمده است و در بسیاری موارد می‌توان از PLC ها نیز برای کنترل یک پروسه شیمیایی استفاده کرد و از طرف دیگر، سرعت سیستم‌های DCS نیز روزه به روز بیشتر می‌شود.

www.powerplantac.com

به‌طور کلی می‌توان گفت هر دو سیستم در حال حاضر ماهیت یکسانی دارند و تنها نوع کاربرد و قابلیت‌های آن‌ها با یکدیگر متفاوت است. تعدادی از تفاوت های سیستم‌های کنترل DCS وPLC را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

۱. ظرفیت یا تعداد I/O

۲. کاربرد یا نوع I/O

۳. زمان مهندسی

۴. قابلیت پشتیبانی (Redundancy)

۵. مانیتورینگ

۶. شبکه‌بندی (Networking)

۷. قیمت

۸. سرعت

۱. ظرفیت یا تعداد I/O:

به‌طور کلی می‌توان گفت PLC ها برای تعداد I/O زیر ۱۰۰۰ به صرفه هستند. در حالی‌که وقتی تعداد I/O بالای ۱۰۰۰ است، استفاده از DCS آسانتر و مقرون به‌صرفه‌تر است.

۲. کاربرد یا نوع I/O:

PLC ها با هدف پردازش سیگنال‌های دیجیتال و Interlocking طراحی شده‌اند. اگر چه امروزه PLC های بزرگ، قابلیت پردازش حلقه‌های سنگین PID را نیز دارند. در مقابل DCS ها نیز ذاتاً برای پیاده‌سازی حلقه‌های کنترلی که متشکل از سیگنال‌های آنالوگ هستند طراحی شده‌اند و به‌همین دلیل در صنایعی که فرآیندهای شیمیایی و پروسسی زیادی دارند (مانند پتروشیمی و پالایشگاه‌ها) استفاده از DCS مناسب‌تر است. بنابراین می‌توان گفت قوی‌ترین PLC ها، قابلیتی در حد DCS های کوچک و ساده را دارا هستند. در مقابل برای صنایعی نظیر خودورو سازی که ۹۵٪ عملیات کنترلی بر اساس پردازش سیگنال‌های دیجیتال و Interloking است، استفاده از یک سیستم DCS که برای مدل اتوماسیون فرآیندی طراحی شده است، مناسب نیست و بهتر است از PLC استفاده شود.

www.powerplantac.com

۳. زمان مهندسی:

یکی از تفاوت‌های اصلی DCS و PLC، در زمان مهندسی و نحوه ی برنامه‌نویسی آنها می‌باشد. در عمل یک مهندسی DCS، پس از طراحی ساختار کلی سیستم و مشخص شدن تعداد وظایف هر یک از کنترلرها، توابع مورد نیاز را از کتابخانه انتخاب کرده، به شکل یک پازل کنار هم قرار می‌دهد تا فرآیند کنترلی مورد نظر را پیاده سازی کند. البته این امکان وجود دارد که در صورت نیاز یک تابع جدید، طراحی و به کتابخانه اضافه شود. این در حالیست که برنامه نویسی در PLC ها تقریباً از صفر آغاز می‌شود و یک مهندس سیستم باید ابتدا تمامی بلوک‌های اصلی برنامه نظیر Function Block های مورد نیاز برای کنترل المان‌هایی مانند پمپ، موتور، شیر کنترل و غیره را طراحی کرده، سپس از آنها برای ساخت برنامه استفاده کند.

۴. پشتیبانی سخت‌افزاری (Redundancy):

سیستم‌های DCS به علت کاربردهای مهمی که دارند، ذاتاً Redundant طراحی شده‌اند و در تمام سطوح اعم از کارت‌های I/O، شبکه‌های ارتباطی، کنترلرها و منابع تغذیه Redundant هستند. به‌عبارتی می‌توان برای هر یک از دو المان به‌صورت موازی استفاده نمود و درجه ی اطمینان (Reliability) سیستم را افزایش داد. البته سیستم‌های DCS این قابلیت را دارند که به‌صورت منفرد (Single) نیز پیاده سازی شوند. در حالی‌که Redundancy در PLC های بزرگ، آن هم به‌صورت Optional امکان پذیر است و معمولاً نیاز به تجهیزات و نرم افزارهای اضافی دارد و حجم کار مهندسی بیشتری را نیز نسبت به حالت عادی طلب می‌کند. به عبارت دیگر می‌توان گفت PLC ها ذاتاً به‌صورت منفرد به کار گرفته می‌شوند.

۵. مانیتورینگ:

یکی از نقاط برتر سیستم‌های DCS در مقایسه با PLC، برخورداری از مجموعه ی کاملی از المان‌های گرافیکی لازم برای پیاده‌سازی سیستم مانیتورینگ توسط مهندس طراح سیستم است. این المان‌ها به طور اتوماتیک توسط سیستم در صفحات گرافیکی، نصب و ارتباطات لازم بین آن المان گرافیکی و نرم افزار موجود در کنترلر به طور خودکار برقرار می‌گردد. این ویژگی، زمان طراحی و اجرای سیستم مانیتورینگ را که به دلیل جزئیات مفصل، یکی از زمان‌برترین قسمت‌های مهندسی یک سیستم کنترل و مانیتورینگ است. به طرز قابل توجهی کاهش می‌دهد. تشخیص این‌که چه عنصر گرافیکی در کدام صفحه باید قرار بگیرد، بر اساس سلسله مراتب (Hierarchy) طراحی شده در ابتدا صورت می‌گیرد. در نتیجه وظیفه ی طراح سیستم مانیتورینگ، تنها به

www.powerplantac.com

جانمایی این المان‌ها و نیز طراحی و ترسیم عناصر گرافیکی ثابت نظیر خطوط لوله و یا هر چیزی دیگری که تغییر گرافیکی ندارد محدود می‌گردد.همین ویژگی عیناً در مورد آلارم ها نیز صادق است یعنی وقتی یک المان گرافیکی دینامیک مانند یک پمپ در صفحات گرافیکی وارد می‌شود، تمامی Message های مربوط به آن (شامل Alarm و Event) نیز به‌طور خودکار فعال می‌شوند و وظیفه ی مهندس سیستم تنها به Customize کردن Message ها محدود می‌شود. این در حالی است که برای ایجاد Messaging در سیستم کنترل مبتنی بر PLC، تمامی آلارم ها باید تک تک Configure شوند که عملاً در یک سیستم با تعداد Message حداقل بالای ۱۰۰۰۰، کاری زمان‌بر و طاقت فرسا به شمار می‌رود.

۶. شبکه‌بندی (Networking):

برای ایجاد شبکه ارتباطی بین چند PLC، ابتدا باید سخت افزار ارتباطی (کارت شبکه) را به آن‌ها اضافه کرد. سپس تنظیم‌های نسبتاً زیادی را انجام داد و پس از آن برنامه‌ای برای طرفین یک خط ارسال/دریافت (هر یک از PLC ها) نوشت و در آن‌ها دانلود کرد تا بتوان داده‌ای را از یک PLC به PLC دیگر فرستاد. در عمل شبکه بندی PLC احتیاج به یک تخصص جداگانه علاوه بر PLC-Programming دارد. این در حالی است که یک سیستم DCS، به طور پیش فرض، دارای شبکه ارتباطی است، یعنی تنظیمات مورد نیاز برای اتصال بین Node ها، قبلاً توسط سازنده ی سیستم انجام شده و برنامه های مورد نیاز برای نقل و انتقال داده‌ها نیز طراحی و تست شده است. در واقع می‌توان گفت، برقراری ارتباط در سیستم DCS نوعی Plug & Play است یعنی کافی است المان‌ها نصب و به طور فیزیکی از طریق سیم‌های رابط به هم متصل شوند. مدیریت ارتباط بین Node ها و نقل و انتقال اطلاعات توسط نرم افزارهای سیستم DCS صورت می‌گیرد و مهندس طراح سیستم نیاز به صرف وقت در این مورد ندارد.

۷.قیمت:

یکی از تفاوت‌های عمده بین سیستم‌های PLC و DCS در قیمت آن‌ها است. یک سیستم DCS قیمتی حداقل دو برابر یک سیستم PLC برای یک واحد با تعداد I/O یکسان دارد. این مقایسه از نقطه نظرهای زیر قابل بررسی است:

- سخت افزار DCS گران‌تر است (۱/۵ تا ۳ برابر)
- نرم افزار DCS خیلی گران‌تر است (۵ تا ۱۰ برابر)

www.powerplantac.com

- طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم DCS تخصص بالاتری می‌خواهد.
- دوره آموزش سیستم DCS طولانی‌تر و گران‌تر از آموزش PLC است.

۸.سرعت:

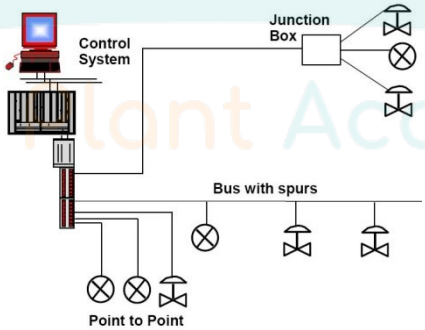
از آنجا که PLC ها برای پردازش دیجیتالی طراحی شده‌اند، ذاتاً از سرعت بالاتری نسبت به سیستم‌های DCS برخودار هستند. در عین حال DCS ها به دلیل وسعت و پیچیدگی سیستم، نمی‌توانند سرعتی در حد یک PLC داشته باشند، به همین علت در مواقعی که لازم است سیستم کنترل، واکنش سریعی در مقابل رفتار پروسه از خود نشان دهد، برای بالا بردن درجه اطمینان، از PLC ها استفاده می‌شود مانند سیستم‌های قطع اضطراری (Emergency Shut. ESD یا Down). این سیستم‌ها نوعاً PLC هستند.

۹-۵ فیلدباس:

فیلدباس در استاندارد ISA به شماره ۵۰.۲۰ قسمت ۲۴ به‌صورت زیر تعریف شده است:

فیلدباس یک گذرگاه دیجیتال کامل، دو سویه (Tow Ways) و چند انشعابی با پروتکلی مشخص و از پیش تعیین شده (Deterministic) است که برای ارتباط کنترلی توزیع یافته، میان ابزارها و دستگاه‌های سطح میدان (Field) به وجود آمده است.

امروزه اکثر سیستم‌های DCS حداقل از یک یا چند نوع تکنولوژی فیلدباس نظیر Foundation Field Bus، Profibus، DeviceNet را پشتیبانی می‌کنند و قابلیت اتصال به آن را دارا هستند. با استفاده از فیلدباس می‌توان تعداد زیادی از تجهیزات ابزار دقیق را با استفاده از تنها یک کابل رابط به کنترلرها متصل کرد و حجم کابل‌کشی را به شکل قابل توجهی کاهش داد. به دلیل دیجیتال بودن اطلاعات ارسالی، نیاز به کارت های I/O جهت تبدیل ندارد و تنها یک کارت واسطه برای کل فیلدباس لازم است.



شکل ۹-۶ اتصال I/Oها با استفاده از فیلدباس

www.powerplantac.com

۹-۵-۴ ویژگی‌های یک فیلدباس:

از آنجاییکه هر سیستمی به منظور خاص و هدف خاصی طراحی و متولد می گردد، محاسن و معایبی داراست، که قدرت انتخاب را به استفاده کننده می دهد تا با دانش لازم بتواند نیاز خود را برطرف نماید. فیلدباس نیز از این قائده مستثنی نیست و دارای معایب و محاسن ذیل می باشد.

۹-۵-۴-۱ مزایای فیلد باس:

از مزایای فیلدباس می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. دو طرفه بودن مسیر انتقال اطلاعات
۲. کاهش حجم کابل کشی
۳. استفاده از سخت افزار کمتر
۴. نگهداری و تعمیرات آسان

۱. دو طرفه بودن مسیر انتقال اطلاعات:

ایده استفاده از فیلدباس در مقابل اتصال متعارف آنالوگ (مانند ۴-۲۰ mA) مطرح می‌شود. اتصالات آنالوگ یکطرفه هستند یعنی تنها از سمت فیلد به طرف سیستم کنترل می‌روند و بالعکس آن امکان پذیر نیست. در فیلدباس‌ها، باس‌های دیجیتال دو طرفه هستند و امکان ارسال اطلاعات از سمت سیستم کنترل به فیلد نیز وجود دارد.

۲. کاهش حجم کابل کشی:

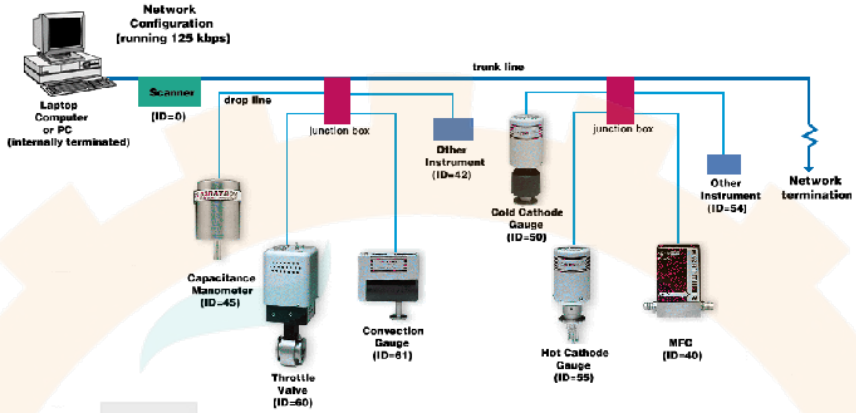
با استفاده از فیلدباس‌ها، می‌توان چندین تجهیز ابزاردقیق را تنها با یک زوج کابل به سیستم کنترل متصل کرد. این امر باعث کاهش تعداد سیم و کار کابل‌کشی می‌شود.

۳. استفاده از سخت افزار کمتر:

چون ارسال اطلاعات به‌صورت دیجیتال انجام می‌شود، نیاز به کارت‌های I/O برای تبدیل و ارسال / دریافت داده نمی‌باشد، در نتیجه سخت‌افزار کمتری مصرف می‌شود. به‌عنوان مثال برای یک شیر کنترل، در حالت عادی باید یک خروجی آنالوگ (AO) برای تنظیم خروجی شیر و یک ورودی آنالوگ (AI) یا دو ورودی دیجیتال (DI)، برای خواند وضعیت جاری آن اختصاص یابد که هر کدام هم یک زوج سیم نیاز دارند. در صورتی‌که با بکارگیری فیلدباس، نه تنها یک زوج سیم بیشتر مورد نیاز نیست، بلکه به همان زوج سیم، می‌توان چندین تجهیز ابزار دقیق دیگر نیز متصل کرد. البته تجهیزاتی به یک فیلدباس متصل می‌شوند که پروتکل

www.powerplantac.com

ارتباطی آن فیلدباس را پشتیبانی کنند. برای برآورده‌کردن این منظور، یک سری قطعات الکترونیکی در ساختمان آن‌ها اضافه شده است و بنابراین در مقایسه با سایز تجهیزات ابزار دقیقی اندکی گران‌تر هستند.



شکل ۹-۷ اتصال تجهیزات ابزاردقیقی از طریق فیلدباس به سیستم کنترل

۴.نگهداری و تعمیر آسان:

تجهیزات کنترل و ابزار دقیق معمولی باید در دوره تناوب معین، چکاب شوند و معمولاً باید برای چکاب از محل نصب باز و از سرویس خارج شوند در حالی‌که تجهیزات متصل به یک فیلدباس، از طریق شبکه یعنی از راه دور قابل بازرسی (Remote Diagnostic) هستند.

۹-۵-۴-۲ معایب فیلدباس:

استفاده از فیلدباس ها مشکلاتی نیز به همراه دارد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱.نصب و نگهداری آن نیاز به تخصص نسبتاً بالایی دارد

۲.آموزش آن گران است

۳.بعضی فیلدباس‌ها فقط در کنار سیستم‌های کنترل بزرگ نظیر DCS ها قابل استفاده هستند و به سیستم‌های کنترل ساده‌تر مانند PLC ها متصل نمی‌شوند.

۹-۵-۵ فیلدباس‌های معروف:

امروزه استفاده از فیلدباس به دلیل مزایای متعدد آن، به شدت مورد توجه بخش اتوماسیون و کنترل صنایع مختلف قرار گرفته است و شرکت‌های متعددی نیز تکنولوژیهای متنوعی را در این زمینه ارائه داده اند. از مهم‌ترین فیلدباس‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

www.powerplantac.com

- DeviceNet
- BitBus
- ModBus, ModBus plus
- Control Net
- AST
- PNET
- CAN
- INTERBUS

۹-۶ سیستم کنترلی پالایشگاهی:

سیستم کنترلی پالایشگاهی با توجه به قدمت آن گستره ی وسیعی از سیستم های کنترل سنتی و مدرن از جمله سیستم های کنترل پنیوماتیک، الکترونیکی، رله کنتاکتوری، PLC، DCS و فیلدباس بهره می گیرند. پالایشگاه ها به سبب بزرگی و حجم بالای سیگنالینگ و حلقه های کنترلی و همچنین اهمیت ایمنی در آنها از استانداردهای ویژه ی برق و ابزار دقیق تبعیت می نمایند. در هر پالایشگاه بسته به سال ساخت از ترکیبی از سیستم های کنترل مورد استفاده قرار گرفته است. پالایشگاه های قدیمی تر بر پایه ی سیستم های کنترل نیوماتیک بوده و حلقه های کنترلی بطور کامل از هوای فشرده جهت انتقال سیگنال های سنسورها، کنترل کننده های PID و سیگنال های کنترلی شیرها استفاده می نمایند. پالایشگاه های جدیدتر با توجه به وسعت آنها و حجم زیاد داده های ورودی و خروجی بر مبنای سیستم های کنترل گسترده پیاده سازی شده اند و در مواردی نیز نظیر کمپرسورها و واحدهای جانبی آب برق و بخار از کنترل کننده های منطقی برنامه پذیر استفاده گردیده.

به طور کلی ساختار اتوماسیون و حفاظت فرآیندهای پالایشگاهی جدید بر مبنای استفاده ی جایگاهی از سیستم های کنترل مدرن می باشد، بدین معنا که تمامی سیستم کنترلی و حفاظتی پالایشگاه بر عهده ی یک سیستم کنترلی خاص نمی باشد و نوع کنترل کننده ی انتخابی به عوامل مختلفی که بخشی از آنها در ذیل آمده است صورت می گیرد:

۱. نوع فرآیند
۲. میزان ایمنی مورد نیاز (SIL)
۳. میزان نیاز به در دسترس بودن فرآیند (Availabiliy)

www.powerplantac.com

۴. حجم ورودی و خروجی های مورد نیاز
۵. وسعت فیزیکی فرآیند
۶. بهای سیستم های کنترل
۷. بهای تجهیزات تحت کنترل
۸. قطعات یدکی و عمر سخت افزار های سیستم کنترل
۹. شرایط محیطی سیستم
۱۰. شرایط خاص سازنده های مختلف
۱۱. سرعت کنترل کننده
۱۲. شبکه سازی سیستم ها

با در نظر گرفتن موارد فوق سیستم های کنترلی موجود در یک پالایشگاه متنوع بوده و دو یا چند نوع از سیستم های کنترل مدرن را در بر گیرد. بعنوان مثال برای یک ژنراتور توربینی به جهت نوع فرآیند، سطح ایمنی مورد نظر، نیاز به در دسترس بودن بالا و بهای تجهیز، نیاز است که از کنترل کننده ای استفاده شود که بطور توام قابلیت اطمینان، در دسترس بودن و ایمنی را تا حد بسیار بالایی تامین کند.

با بهره گیری از سیستم های کنترل گسترده فرایند کنترل پالایشگاه به واحدهای مختلف تقسیم بندی شده و وظیفه ی کنترل هر یک از این واحدها بسته به حجم و موقعیت مکانی بر عهده ی کنترل کننده های مختلف قرار داده می شود. از اینرو هر پالایشگاه بسته به وسعت و حجم فرایند از تعداد کنترل کننده های متناسب بهره می گیرد. از آنجائیکه سیستم های کنترل گسترده دارای شبکه ی صنعتی خاص خود می باشند، برای تبادل اطلاعات مورد نیاز بین واحدهای مختلف که هر یک ممکن است در کنترل کننده ی مجزایی پیاده سازی شده باشند، از این مدیا براحتی استفاده کرده و عملیات کنترل براحتی قابل پیاده سازی می باشد. به منظور حفظ فرایند در صورت بروز خطا در این شبکه ها، از افزونگی در شبکه ها نیز استفاده می شود.

در پالایشگاه های جدید چنانکه اشاره گردید به دلیل وسعت از سیستم های کنترل گسترده برای کنترل فرایند استفاده می شود. به منظور تامین شرایط محیطی لازم برای تجهیزات به لحاظ دما، گرد و غبار، رطوبت و ... و همچنین ایمنی و پیشگیری از ایجاد جرقه و انفجار یا آتش سوزی، رعایت استانداردهای مربوطه

www.powerplantac.com

ضرورتی اجتناب ناپذیر است. از اینرو محل استقرار تجهیزات ابزاردقیق و سیستم های کنترلی به شرح زیر می باشد:

بر اساس طراحی مکانی صورت گرفته، اتاق هایی تحت عنوان اتاق ابزاردقیق[۱] در نزدیکی واحدهای فرایندی تعبیه شده که بخشی از تجهیزات نظیر، سیستم های کنترل، مانیتورینگ و مدارات واسط در این مکان ها قرار گرفته است.

به منظور ایجاد نظم و ترتیب و سهولت تعمیر و نگهداری و همچنین انجام تغییرات مورد نیاز در آینده، از کابینت های استاندارد جهت استقرار این تجهیزات استفاده می شود. بطور معمول یک کابینت جهت قرار دادن سیستم کنترل و شاسی های حاوی کارت های ورودی و خروجی بوده و کابینت یا کابینت های دیگری جهت قرار دادن بردهای تطبیق سیگنال و رله ها و ترمینال های ورودی و خروجی می باشد. بعضی از سازنده ها تمامی تجهیزات را بصورت ادغام شده در کابینت های مشترک قرار می دهند. لازم به ذکر است هر یک از اتاق های ابزاردقیق ممکن است در برگیرنده چند PLC و چند کنترل کننده از یک سیستم DCS باشد.

در ترمینال های ورودی و خروجی، سیگنال ها با در نظر گرفتن نوع آنها (دیجیتال یا آنالوگ) و همچنین موقعیت مکانی آنها در واحدها، دسته بندی شده و توسط کابل های چند رشته از طریق کانال های تعبیه شده در زیر اتاق های ابزاردقیق به نزدیکی محل تجهیزات در واحدها منتقل می شوند. به منظور حفظ ایمنی و سهولت عیب یابی و انجام توزیع سیم ها به هر یک از تجهیزات، جعبه هایی موسوم به جعبه ابزاردقیق با قابلیت آب بندی بالا جهت پیشگیری از جرقه در نزدیکی تجهیزا واقع شده است. کابل های سیگنال ها از یک طرف وارد این جعبه ها و از طرف دیگر بصورت مجزا با کابل های مربوطه به تجهیز متصل می شوند. در تمامی نقاطی که کابل های چند رشته و کابل های سیگنال وارد یا خارج می شوند از پوششی به نام گلند[۲] استفاده می شود.

ارتباط بین سیستم های کنترل DCS نیز به جهت فواصل نسبتاً طولانی اتاق های ابزاردقیق و نیاز به سرعت بالا در شبکه کنترل آنها توسط کابل های فیبر نوری برقرار می شود. لذا در هر اتاق ابزاردقیق با استفاده

---

۱. Instrument Technical Room (ITR)

۲. Gland

www.powerplantac.com

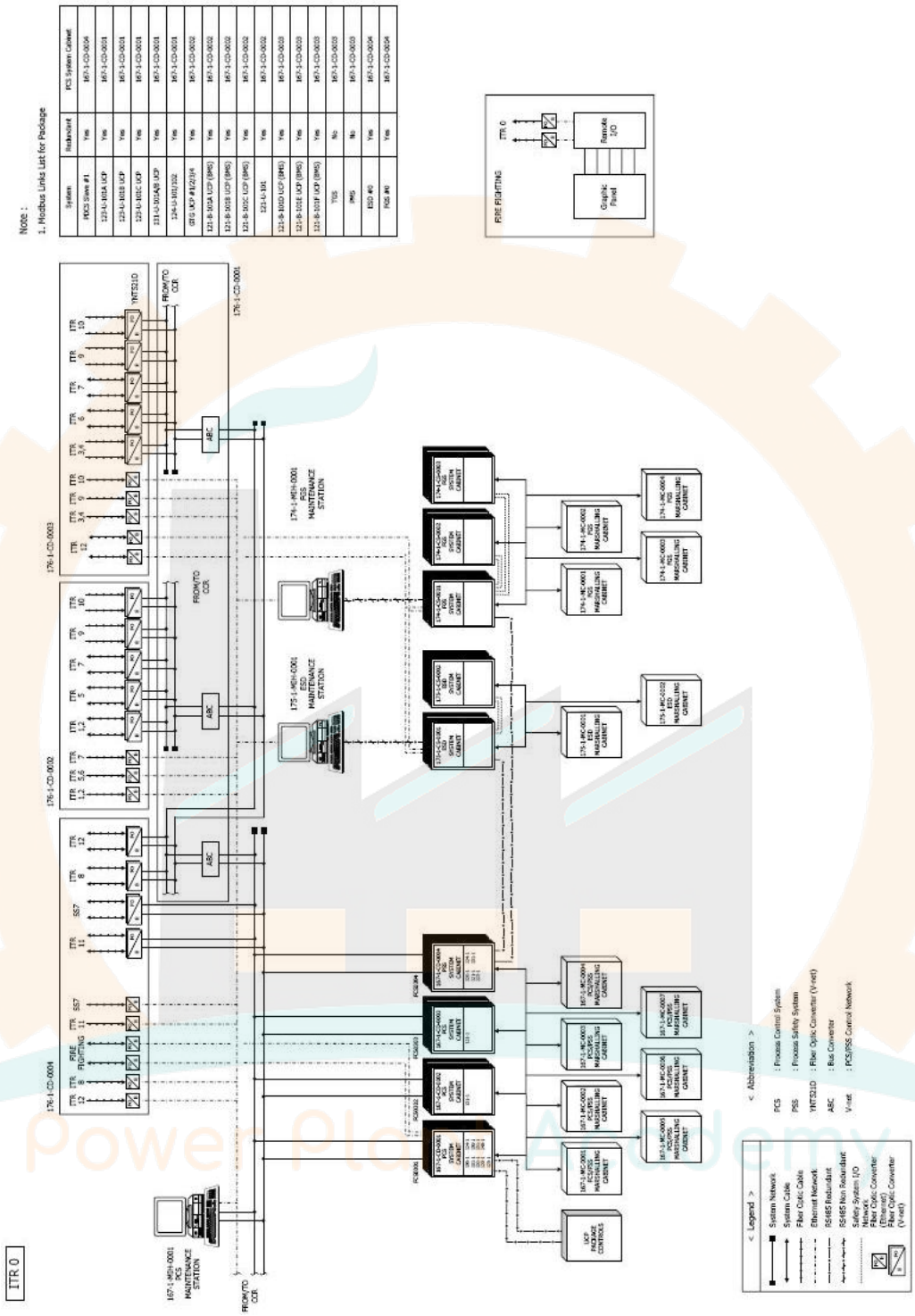
از مبدل های فیبر نوری به الکتریکی و بالعکس این امر محقق می شود و به منظور حصول اطمینان بیشتر کابل های فیبر نوری بصورت حلقه به همدیگر متصل می باشند.

در شکل ۹-۸ نقشه ی یک نمونه از سیستم کنترل پالایشگاهی نشان داده شده است. چنانکه در این شکل نمایان است، کنترل فرایند به کنترل کننده های مختلفی واگذار گردیده است. لازم به ذکر است که نقشه ی زیر تنها متعلق به یکی از اطاق های ابزار دقیق پالایشگاهی بوده و کنترل کننده های دیگر در سایر اطاق های ابزار دقیق توزیع شده در سایت به فراخور موقعیت مکانی قرار گرفته اند.

شکل ۹-۹ نیز نقشه ی یک PFD نمونه متعلق به یکی از واحدهای پالایشگاهی را نشان می دهد. چنانکه قابل مشاهده است این نقشه مبین فرایند بوده و فاقد مشخصه های کنترلی و ابزار دقیقی می باشد و تنها گویای نحوه انجام عملیات فرایند می باشد.

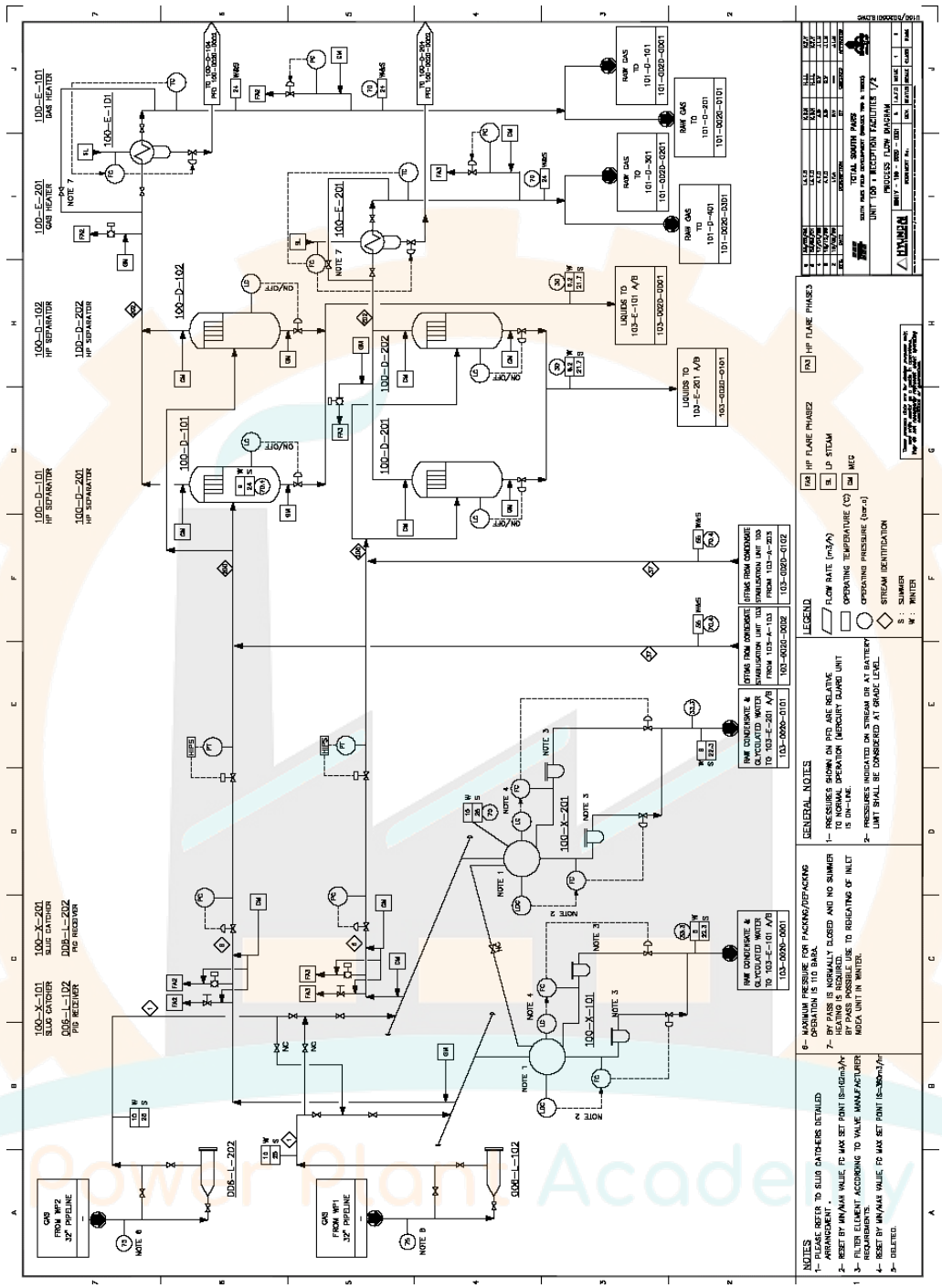
نقشه های P&ID بطور مشخص فرایند را به همراه مشخصه های ابزار دقیقی و کنترلی نشان می دهند و از آنها مفاهیم گسترده تری در خصوص نحوه ی کنترل فرایند می توان استنباط نمود. شکل ۹-۱۰ نقشه ی P&ID بخشی از یک واحد را نشان می دهد، چنانکه ملاحظه می شود مشخصه های ابزار دقیق بصورت تگ و اینترلاک (Interlock) که عمل کنترلی انجام شده توسط آنرا بیان می نماید در این نقشه آمده است.

www.powerplantac.com



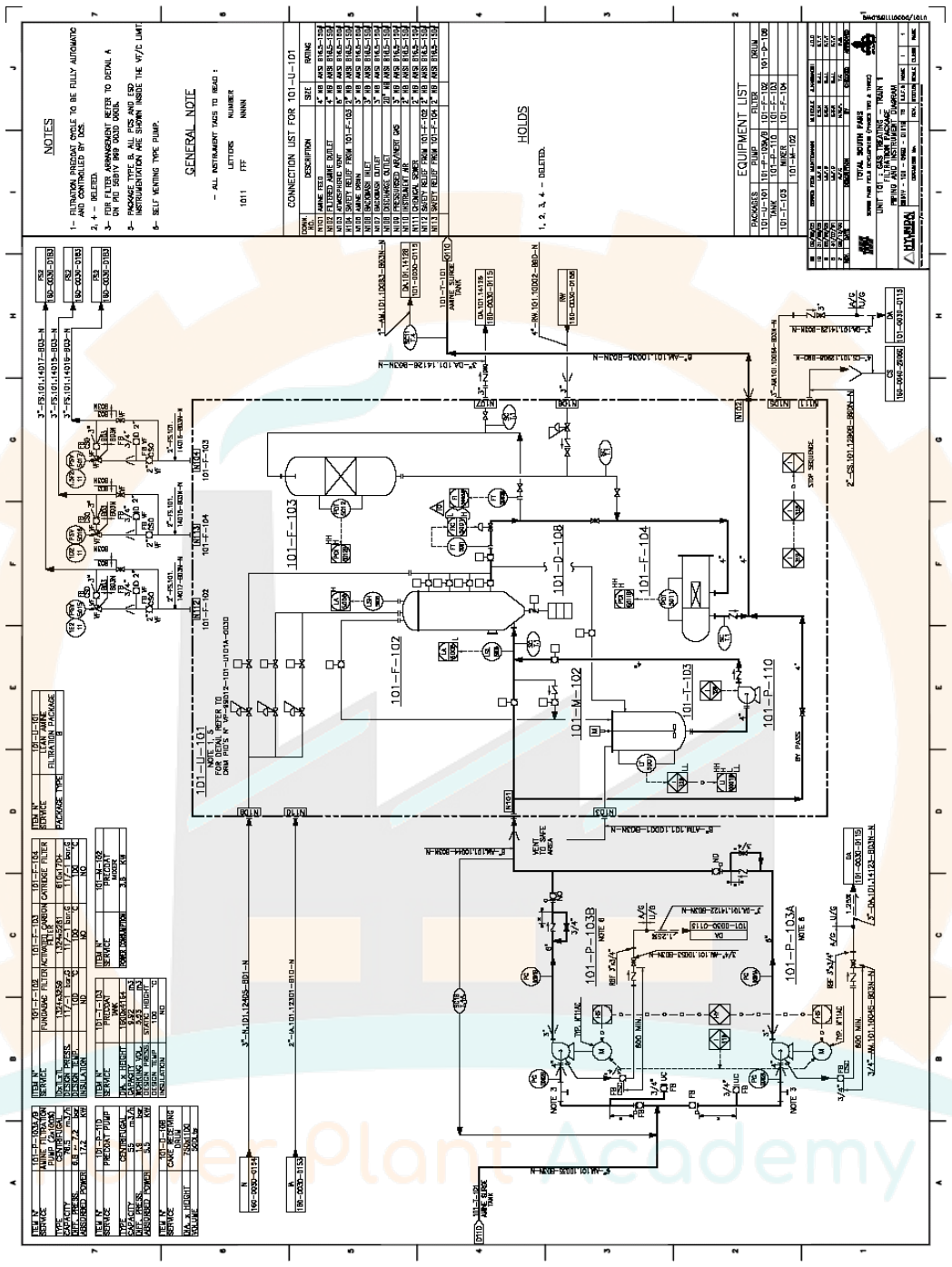
شکل ۹-۸ نقشه ی سیستم کنترلی پالایشگاهی

www.powerplantac.com



شکل ۹-۹ بخشی از یک نقشه‌ی PFD

www.powerplantac.com



شکل ۹-۱۰ بخشی از یک نقشه‌ی PID

www.powerplantac.com

منابع:

آشنایی با سیستمهای کنترل DCS	مرکز آموزش گروه صنعتی ندا - شهرام فهیمی
کنترل فرایندها	دانشکده مهندسی شیمی نفت - دانشگاه صنعتی شریف
روش های کنترل	محمد حسین موحدی
اصول اساسی سیستمهای کنترل	ره آوران پتروشیمی
شیرهای کنترل	آموزش و تجهیز نیروی انسانی شرکت ملی گاز ایران- حمید ربانی
تاریخچه ی کنترل صنعتی	دکتر محمدرضا جاهد مطلق- محمدحسن موحدی
آشنائی با پروتکل HART	مرتضی محسنی
سایت های مختلف سازندگان ابزار دقیق	

www.powerplantac.com