15

۱۵) فصل پانزدهم: نقشه‌کشی و نقشه‌خوانی ابزاردقیق

۱۵-۱) انواع نقشه‌های فرآیندی(گروه ابزاردقیق)

در این فصل قصد داریم به طور کاربردی انواع نقشه‌های تهیه شده توسط گروه ابزاردقیق را معرفی نماییم.

۱۵-۲)نمودار جعبه‌ای فرآیند (BFD)

این نقشه در اولین مراحل طراحی یک کارخانه، یا هنگامی که بخواهند به ساده‌ترین شکل، فرآیندهای مختلف یک واحد صنعتی بزرگ و پیچیده را نشان دهند رسم می‌شود. در این نمودار تعدادی از دستگاه‌ها، که در مجموع یک فرآیند را به وجود می‌آورند، به صورت یک جعبه یا بلوک(Block) نشان داده می‌شوند. برای مثال، مجموعه‌ای از مبدل‌های حرارتی، پمپ‌ها، ظروف مختلف، برج تقطیر (Distillation Tower) و یا برج‌های عاری ساز را با یک جعبه و تحت نام «جداسازی» یا «تقطیر» نمایش می‌دهند. در نمودار جعبه‌ای تقدم و تأخر عملیات حفظ شده است و با دنبال کردن خطوط (جریان‌ها) از چپ به راست می‌توان به یک شناخت کلی در خصوص فرآیند دست یافت.

۱۵-۳) نمودار جریان‌های فرآیند Process Flow Diagram

این نقشه نمایش دهنده این است که چه محصولاتی و به چه میزانی در واحد تولید می‌گردند. در PFD تجهیزات اصلی فرآیند و نیز چگونگی ارسال مواد بین آن‌ها نشان داده

می‌شود. رآکتورها، برج‌های جداسازی(نظیر تقطیر، استخراج و...) مخازن، مبدل‌های حرارتی، فیلترها، خشک‌کن‌ها، پمپ‌ها، کمپرسورها و نظایر این‌ها از مهم‌ترین دستگاه‌های فرآیندی هستند که در نمودار جریان‌های فرآیندی نمایش داده می‌شوند. معمولاً اعداد و ارقام مربوط به جریان‌ها نظیر مقدار دبی، ترکیب، دما، فشار و انرژی هر جریان به صورت جدول در نقشه درج می‌شود که به این جدول Mass Balance نیز می‌گویند. به طور خلاصه می‌توان گفت PFD نقشه‌ای است که مسیر اصلی فرآیند و فرآیندهای اصلی واحد را نشان می‌دهد. در این نقشه‌ها به جزئیات پرداخته نمی‌شود و نمایش دستگاه‌ها به صورت شماتیک است.

هدف PFD این است که در هنگام بهره‌برداری نشان دهد که یک فرآیند دقیقا چه کاری انجام می‌دهد در حالی که P&ID تمام کنترلرها، نوع شیرها و مواردی که در یک ساختار استفاده شده‌اند را نمایش می‌دهد.

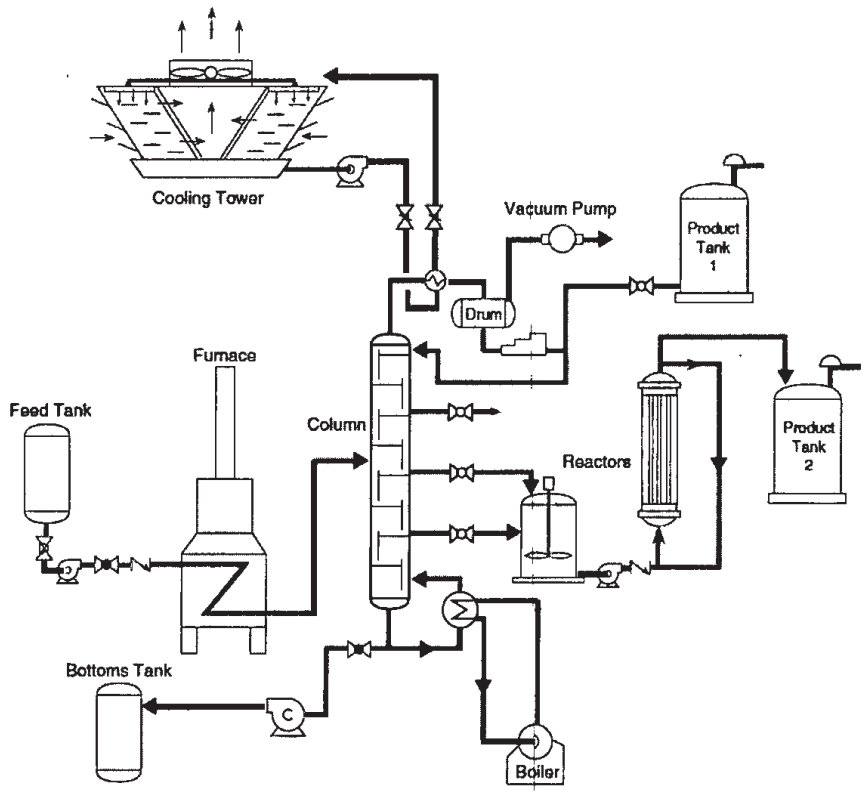
با مشاهده یک نقشه PFD اطلاعات زیر را می‌توان کسب کرد:

- نمایش گرافیکی چیدمان تجهیزات اصلی، خطوط فرآیندی و لوپ‌های کنترلی
- انبار اولیه مواد، محصول
- دبی خطوط اصلی و شرایط عملکردی
- یوتیلیتی‌های مهم که در فرآیند به صورت مداوم مورد استفاده قرار می‌گیرند
- محدوده فرآیندهای مختلف

نکته: یک PFD اطلاعات زیر را ارائه نمی‌دهد:

- ❖ نوع لوله‌ها
- ❖ شماره خط لوله
- ❖ انشعابات فرعی غیر مهم
- ❖ شیرهای جداسازی و توقف(Shut Off Valves)
- ❖ شیرهای ایمنی
- ❖ اطلاعات مربوط به تگ‌ها
- ❖ اطلاعات مربوط به ارتعاشات

به عنوان مثالی از دیاگرام PFD شکل زیر ارتباط پایه‌ای و مسیرهای جریان را در یک واحد فرآیندی نمایش می‌دهد.



۱۵-۴)نقشه‌های P&ID

یکی از نقشه‌های عمومی که توسط گروه فرآیند تولید می‌گردد نقشه Piping & Instrumentation diagram می‌باشد. این نقشه که معمولاً در لیست نقشه‌های مهندسی آورده می‌شود اصلی‌ترین نقشه و یکی از پر اطلاعات‌ترین نقشه در جهت تهیه نقشه‌های مهندسی ابزار دقیق و کنترل به شمار می‌رود. بدین ترتیب که تا این نقشه توسط تیم فرآیند تهیه نگردد گروه ابزار دقیق نمی‌تواند اکثر نقشه‌های خود را تولید نماید. برای دریافت بهتر موضوع به تعریف زیر نیز توجه نمایید:

نقشه‌های بین ابزار دقیق و گروه فرآیندی(پروسس) که ارتباط یک تجهیز را با دیگر تجهیزات و اتاق کنترل بیان می‌کند، نقشه‌های P&ID نامیده می‌شوند. به عبارت دقیق‌تر نقشه‌های شماتیکی هستند که شامل کلیه تجهیزات مکانیکی، خطوط ارتباطی، تجهیزات ابزاردقیق، سیستم‌های کنترلی و اینترلاک‌ها می‌باشند. کلیه اقلام و تجهیزات مکانیکی، لوله‌کشی و ابزار دقیق در این نقشه به طور شماتیک نشان داده می‌شوند. ولی آن دسته از اقلام لوله‌کشی که در طراحی Piping Layout یا همان چیدمان لوله‌کشی مورد نیاز واقع می‌شوند در نقشه P&ID دیده نمی‌شود از جمله زانویی‌ها که دقیقاً بستگی به طریق چیدمان لوله‌کشی دارند.

در نقشه‌های P&ID جهت فرآیندها همواره از چپ به راست در نظر گرفته می‌شود. اطلاعات مربوط به تجهیزات فرآیند اعم از روتاری و ثابت در نقشه ذکر می‌شود. معمولا اطلاعات مربوط به تجهیزات روتاری در پائین هر تجهیز و اطلاعات مربوط به تجهیزات ثابت در بالای هر تجهیز آورده می‌شود. جهت جلوگیری از شلوغی صفحات برای بخش‌های تکراری از نمونه‌های تفضیلی Typical Detail استفاده می‌شود. در صفحاتی که تجهیزات جانبی موجب شلوغی خطوط لوله می‌گردند از صفحات کمکی بعنوان Auxiliary P&ID استفاده می‌شود. همواره از Note های مناسب جهت بهره گیری بهینه، استفاده می‌شود. فضاهای خالی همیشه جهت تغییرات آینده از ابتدای طراحی می‌بایست پیش بینی گردد .هر سری از P&ID ها می‌بایست حتما دارای صفحه Legend که در آن نماد ها و علائم مخفف آورده شده است، باشند.

در واقع می‌توان گفت که P&ID شکل کامل شده PFD می‌باشد. این نمودار پس از تهیه و تایید PFD تهیه می‌گردد. در یک P&ID باید حداقل اطلاعات زیر نشان داده شود :

- نمایش کلیه وسایل کنترلی و مشخصات آن
- تجهیزات مکانیکی به همراه نام و شماره آن
- شیرها و مشخصات آن‌ها
- کلیه اطلاعات مربوط به پایپینگ شامل شماره خطوط، اندازه، تغییر مشخصه‌ها، طبقه‌بندی خطوط و جهت جریان
- کلیه کورکن‌ها(Blind) ، فلنج ها، شیرها، تجهیزات ایمنی، دریچه‌ها (Vent)، محل‌های تخلیه(Drain) ، فیتینگ‌ها، تبدیل‌ها
- خطوط شروع و تخلیه موقتی
- ورودی‌ها و خروجی‌های کنترلی و اینترلاک‌ها
- ورودی‌های سیستم کنترل کامپیوتری
- کلیه وسایل کنترلی شامل لوپ ها، ارتباطات نرم افزاری و هشدارها و سیستم منطقی

نقشه P&ID پس از تهیه و تایید PFD تهیه می‌گردد. پس از تهیه و تایید P&ID نیز، کارشناسان پایپینگ نسبت به تهیه مدارک تفصیلی پایپینگ نظیر نقشه ایزومتریک و Loop Diagram و غیره اقدام می‌کنند. از سوی دیگر کارشناسان ابزار دقیق نیز با استفاده از این نمودار نسبت به طراحی مدارک تفصیلی ابزار دقیق نظیر منطق کنترلی، صفحات واسط و غیره اقدام می‌نمایند.

۱۵-۴-۱) چند نکته

در صنعت چهار پارامتر مهم داریم:

۱- دما – Tempreture

۲- سطح – Level

۳- فشار – Pressure

۴- فلو – Flow

در قالب این چهار پارامتر ۴ لوپ کنترلی نیز تعریف می‌گردد که در هر لوپ پارامتر اصلی، یکی از ۴ پارامتر ذکر شده می‌باشد:

Loop کنترلی دما که شامل تجهیزات زیر می‌باشد:

TE------>TT----->TIC------>TV

- ☑ TE(Tempreture Element): سنسور دما
- ☑ TT(Tempreture Transmiter:): ترانسمیتر دما
- ☑ TIC(Tempreture Indicator Controller): کنترلر نمایش دهنده دما
- ☑ TV(Tempreture Valve): شیر کنترلی دما

Loop کنترلی فشار:

PE ------->PT -------->PIC -------->PV

- ☑ PE(Pressure Element): سنسور فشار
- ☑ PT(Pressure Transmiter): ترانسمیتر فشار
- ☑ PIC(Pressure Indicator Controller): کنترلر نمایش دهنده فشار
- ☑ PV(Pressure Valve): شیر کنترلی فشار

Loop کنترلی فلو:

FE ------->FT ------->FIC ------->FV

- ☑ FE(Flow Element): سنسور فلو
- ☑ FT(Flow Transmiter): ترانسمیتر فلو

☑ FIC(Flow Indicator Controller): کنترلر نمایش دهنده فلو

☑ FV(Flow Valve): شیر کنترلی فلو

Loop کنترلی سطح

LE------>LT ------>LIC ------>LV

☑ LE(Level Element): سنسور فلو

☑ LT(Level Transmiter): ترانسمیتر فلو

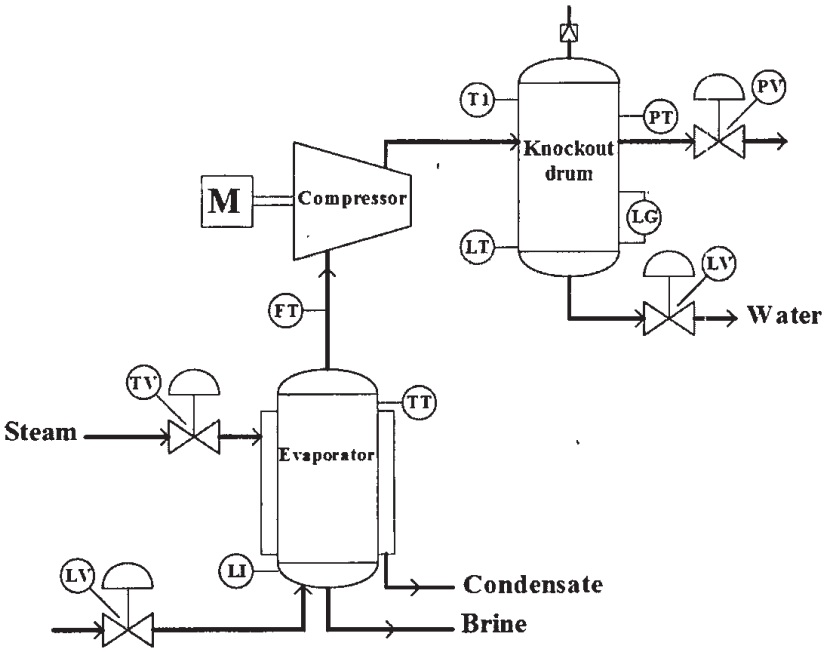
☑ LIC(Level Indicator Controller): کنترلر نمایش دهنده فلو

☑ LV(Level Valve): شیر کنترلی فلو

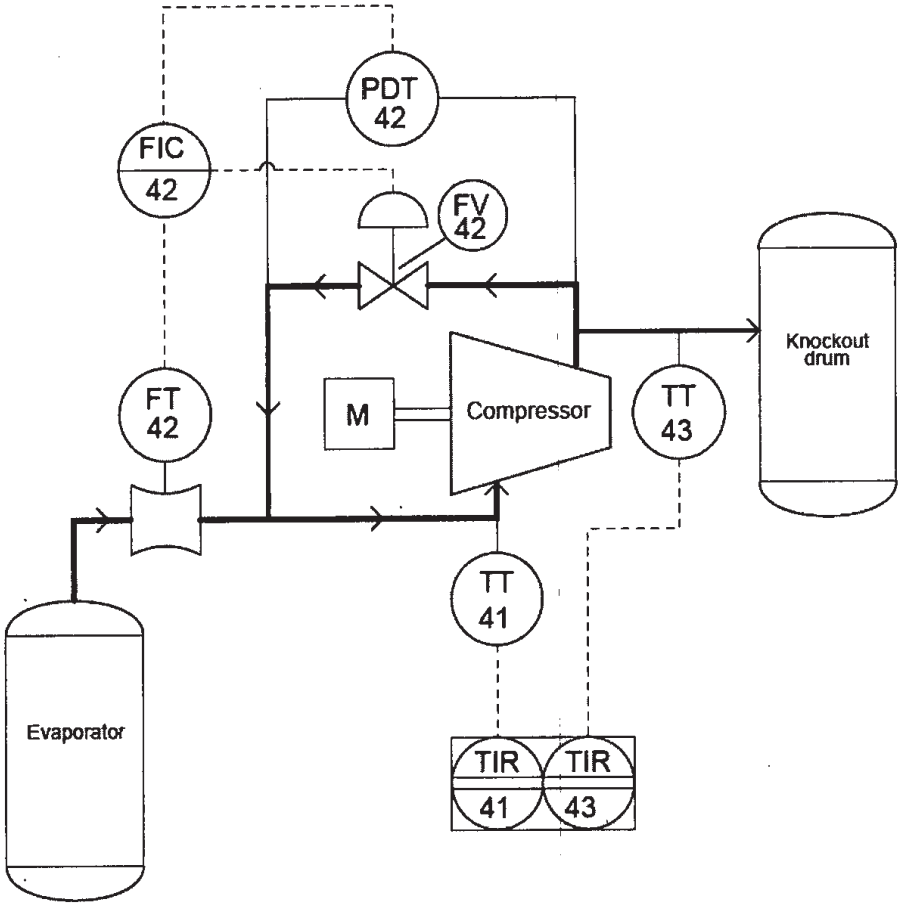
در مراکز صنعتی جایی که تجهیزات در آن واقع شده است را سایت یا UNIT می‌گویند و واحدهای کنترلی را Control Room می‌نامند. المان‌ها و یا تجهیزات اگر در سایت باشند بر روی نقشه P&ID به یک صورت و اگر در ControlRoom باشند به صورت دیگری نمایش داده می‌شوند.

۱۵-۴-۲) مثالی جامع از یک دیاگرام PFD و P&ID یک فرآیند صنعتی

در شکل زیر یک PFD بسیار ساده نمایش داده شده است:



در این فرآیند آب توسط کمپرسور و تحت خلاء بخار می‌گردد. سپس کمپرسور بخارهای تشکیل شده را به واحد "knockout drum" فرستاده و در این واحد میزانی از این بخارات متراکم شده و به شکل مایع در می‌آیند. همانگونه که می‌بینید در یک PFD اتصالات اصلی لوله‌های فرآیندی و تجهیزات نمایش داده شده است اما جزئیاتی مانند نوع خطوط سیگنال تجهیزات و تجهیزات کمکی نمایش داده نمی‌شود. شکل زیر همین فرآیند اما دیاگرام P&ID آن را نشان می‌دهد:

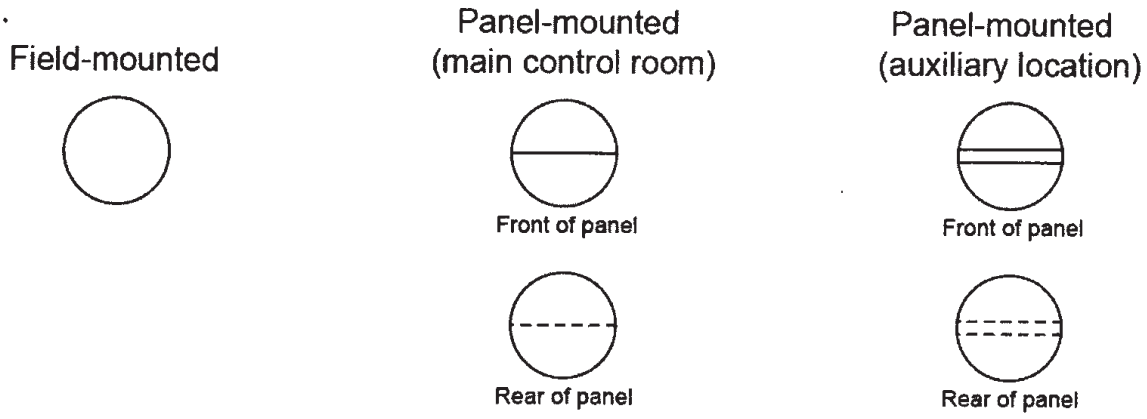


همانگونه که در شکل مشخص است در این دیاگرام تجهیزات بیشتری که در ارتباط با کمپرسور بوده و به منظور تنظیم فلو بکار می‌روند نمایش داده شده است. در این دیاگرام یک ترانسمیتر تفاضلی فشار(PDT) و یک کنترلر نمایش دهنده فلو(FIC) و یک شیر کنترل برگشتی(FIV) که اجازه می‌دهد مقداری از بخارهای خارج شده از کمپرسور خط تخلیه به

کمپرسر خط مکش وارد گردد، نیز وجود دارد. از طرف دیگر دو ترانسمیتر دما که وظیفه گزارش دمای خط تخلیه و مکش به ریکوردر را برعهده دارند نمایش داده شده است.

با توجه به شکل مشخص می‌شود که کنترلر فلو، ترانسمیتر فلو، ترانسمیتر فشار و شیر فلو دارای شماره مشترکی(42) هستند. این شماره مشترک نمایش دهنده شماره لوپ می‌باشد(Loop Number) یعنی تمامی این تجهیزات نام برده شده قسمتی از یک سیستم کنترلی مشابه هستند و تجهیزاتی که شماره لوپ متفاوتی دارند یعنی بخشی از یک سیستم کنترلی دیگر می‌باشند یا وظیفه اندازه‌گیری و کنترل فرآیند دیگری را برعهده دارند. به عنوان مثال دو ترانسمیتر دما و ریکوردرهای متناظرشان دارای شماره لوپ 41 و 43 می‌باشند.

به تفاوت بین نمادهای گرافیکی نمایش داده شده در نقشه P&ID توجه نمایید بعضی از این نمادهای دارای شکل دایره، بعضی دایره با خطی در وسط آن می‌باشند این اشکال بر اساس استاندارد ISA[1] می‌باشند.



☑ Field-mounted: نصب در فیلد

☑ Panel-mounted: نصب در تابلو(پنل) – (main control room) (اتاق اصلی کنترل)

☑ Panel-mounted: نصب در تابلو – (auxiliary location) (موقعیت کمکی)

☑ Front Of Panel: بالای تابلو

---

[1] Instrumentation, Systems, and Automation society

☑ Rear of panel: پشت تابلو

نوع نماد بکار رفته برای هر تجهیز بیانگر موقعیت قرارگیری آن تجهیز می‌باشد. این نحوه بیان موقعیت در سیستم‌هایی که از چند صد تجهیز صنعتی تشکیل شده‌اند اهمیت می‌یابد و در واقع در این سیستم‌ها است که نمود پیدا می‌کند. در دیاگرامی که بررسی شد ریکوردرهای دما در یک مستطیل نمایش داده شده بودند و این بدان معنی است که این ریکوردرها قسمتی از یک تجهیز صنعتی یکسان می‌باشند به عبارت دیگر یعنی تنها یک ریکوردر دما وجود داشته و این ریکورد هر دو دمای مکش و تخلیه را ذخیره می‌کند. این مطلب نشان می‌دهد ضرورتی ندارد که هر شکل گرافیکی بیانگر یک تجهیز صنعتی باشد بلکه می‌تواند بیانگر یکی از کاربردهای یک تجهیز چند کاره باشد.

اطلاعاتی که در یک دیاگرام P&ID نمایش داده نمی‌شود عبارت‌اند از:

☑ نوع کابل و شماره سیم

☑ بلوک‌های ترمینالی و جعبه تقسیم

☑ رنج کالیبراسیون تجهیزات صنعتی

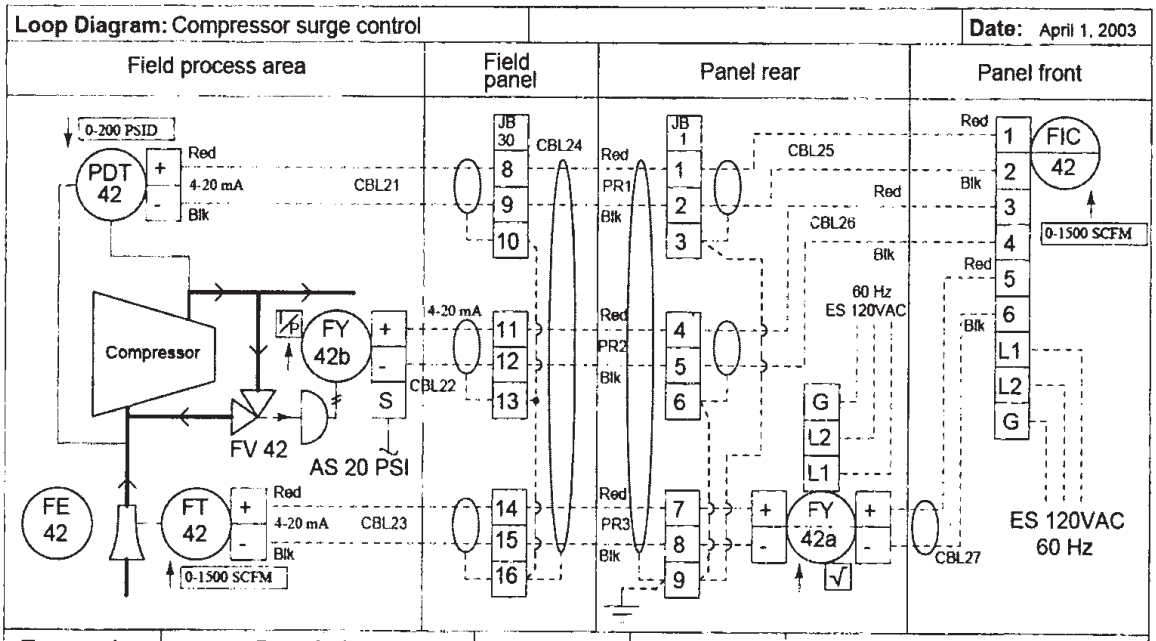
☑ مدهای عیب‌یابی

☑ منبع تغذیه

برای کسب این چنین جزئیاتی می‌بایست از دیاگرام لوپ استفاده کرد.

۱۵-۵) دیاگرام لوپ Loop Diagram

نام دیگر این دیاگرام loop sheet می‌باشد. برای فرآیند بررسی شده مثال قبل می‌توان دیاگرام لوپ مشابه شکل زیر در نظر گرفت.



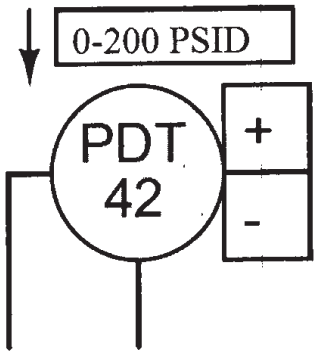
Tag number	Description	Input cal.	Output cal.	Notes
FE 42	Venturi tube	0-1500 SCFM	0-100 "WC	
FT 42	Suction flow transmitter	0-100 "WC	4-20 mA	
FY 42a	Square root extractor	4-20 mA	4-20 mA	
FY 42b	Current-to-pressure converter	4-20 mA	3-15 PSI	
FV 42	Anti-surge control valve	3-15 PSI	100%-0%	Air-to-close
PDT 42	Differential pressure transmitter	0-200 PSI	20-4 mA	Reverse action
FIC 42	Anti-surge controller	4-20 mA	4-20 mA	

همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود نقشه P&ID تمامی تجهیزاتی که در نقشه لوپ نمایش داده می‌شود را نشان نمی‌دهد نتنها پروسه شامل دو ترانسمیتر، یک کنترلر و یک شیر می‌باشد بلکه فرآیند شامل دو ترانسدیوسر نیز می‌باشد. قبل از ورود سیگنال به کنترلر، ترانسدیوسر 42a سیگنال ترانسمیتر فلو را تقویت می‌کند و ترانسدیوسر 42b نیز سیگنال الکتریکی ۴ تا ۲۰ میلی آمپر را به سیگنال فشار ۳ تا ۱۵ PSI تبدیل می‌کند. هر شکل گرافیکی در دیاگرام لوپ بیانگر یک تجهیز خاص با ترمینال‌های مربوطه‌اش برای انجام اتصالات می‌باشد.

توجه شود که در دیاگرام لوپ خط تیره(خط‌چین) بیانگر سیم‌های مسی است. ترمینال بلوک‌هایی که این سیم‌ها به آن‌ها متصل می‌گردند با مربع‌هایی به همراه شماره نمایش داده می‌شوند. شماره کابل، رنگ سیم‌ها، شماره جعبه انشعاب، مشخصه تابلو و حتی نقطه زمین در دیاگرام لوپ نشان داده می‌شود. تنها دیاگرامی که جزئیات بیشتری از اتصالات یک تجهیز نمایش می‌دهد شماتیک چند خطی یا همان نقشه مدار فرمان و قدرت آن تجهیز صنعتی می‌باشد. نقشه‌های لوپ کامل‌ترین نقشه‌های فرآیندهای صنعتی بوده که شامل تمامی موارد و

جزئیاتی می‌باشند که در نقشه‌های PFD و P&ID در نظر گرفته نشده است. شاید در ابتدا این جزئیات به نظر کاربردی نیاید اینکه رنگ سیم‌ها، نوع سیم، محل قرارگیری تجهیزات و ترمینال‌های سیم‌کشی و.... در نقشه ذکر گردد چه کاربردی دارد؟ اما تکنسین‌های با تجربه می‌دانند که این اطلاعات چه کمک بزرگی در تعمیر، عیب‌یابی و کالیبراسیون سیستم دارند و به چه میزانی به کاربر کمک می‌کنند. به عنوان مثال هنگامی که قصد دارید تا عملکرد یک ترانسمیتر فشار را تست نمایید به سادگی می‌توان با استفاده از رنج کاری ذکر شده در دیاگرام لوپ اقدام به تست ترانسمیتر کرد. به عنوان مثال برای اندازه‌گیری فشار آب یک مخزن که دارای ارتفاع ۰ تا ۱۰۰ اینچ می‌باشد می‌بایست چک کرد که به ازای سطح صفر چه فشاری، سطح ۱۰۰ اینچ چه فشاری و برای ۵۰ اینچ چه فشاری و معادل با چه سیگنالی در خروجی ترانسمیتر قرار می‌گیرد حال اگر رنج کاری ذکر نشده باشد کمی کار تست و کالیبراسیون سخت‌تر خواهدشد.

اطلاعات دیگری که در نقشه لوپ نمایش داده می‌شود عملکرد تجهیز صنعتی است. در کنار نماد هر المان یک جعبه به همراه پیکان جهت‌دار رو به بالا یا پایین وجود دارد که عملکرد تجهیز را نمایش می‌دهد. پیکان رو به بالا(↑) نمایانگر تجهیزات با عملکرد مستقیم(direct-acting) می‌باشد یعنی تجهیزاتی که در آن‌ها سیگنال خروجی با افزایش سیگنال ورودی افزایش می‌یابد. پیکان رو به پایین(↓) نمایانگر تجهیزات با عملکرد معکوس(reverse-acting) می‌باشد یعنی تجهیزاتی که در آن‌ها سیگنال خروجی با افزایش سیگنال ورودی کاهش می‌یابد.



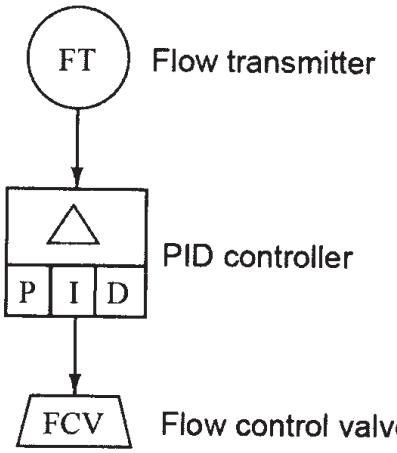
به عنوان مثال در شکل بالا پیکان رو به پایین بیانگر این مطلب است که ترانسمیتر زمانی که فشار تفاضلی برابر صفر است خروجی ۲۰ میلی آمپر داشته یعنی ماکزیمم رنج در فشار صفر و

هنگامی که فشار در ماکزیمم خود یعنی 200 PSI قرار دارد خروجی ترانسمیتر سیگنال حد پایین یعنی ۴ میلی آمپر می‌باشد.

۱۵-۶) Functional diagrams

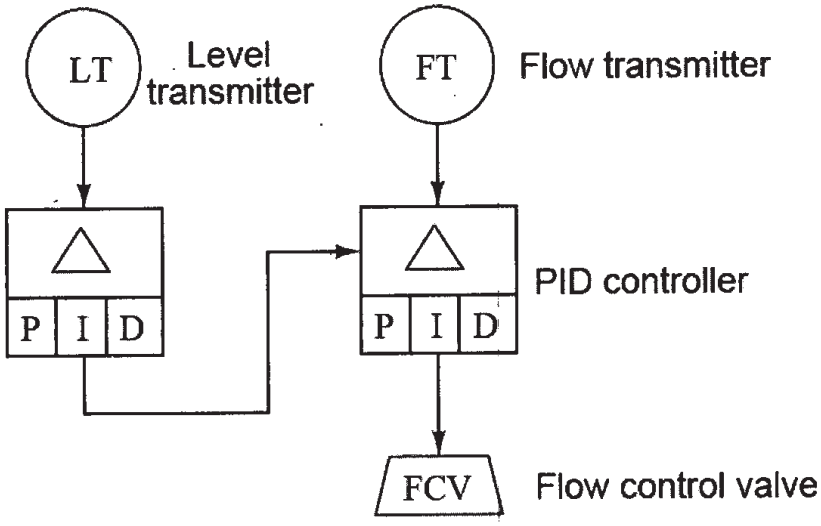
این دیاگرام که با عنوان نقشه فنی نیز از آن یاد می‌شود به منظور نمایش سیستم‌های کنترلی مانند PID کنترلر، rate limiters و manual loaders بکار می‌رود. این نوع از نقشه در صنعت تولید برق و به منظور مستندسازی استراتژی‌های کنترلی به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دیاگرام بجای نمایش و تمرکز بر روی نحوه اتصالات تجهیزات، لوله‌ها و... بیشتر برای نمایش نحوه تبادل اطلاعات در یک سیستم کنترلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نحوه ترسیم و نمایش اطلاعات در این نوع دیاگرام مطابق شکل زیر از بالا به پایین می‌باشد به گونه‌ای که تجهیزات اندازه‌گیری سیستم مانند ترانسمیترها در قسمت بالایی نقشه و عنصر نهایی کنترل مانند شیر یا موتورهای چند سرعته در پایین دیاگرام قرار می‌گیرد. در واقع این دیاگرام الگوریتم استفاده شده در سیستم کنترلی را نمایش می‌دهد نه چیز دیگری.

شکل زیر یک نمونه دیاگرام Functional را نمایش می‌دهد در این دیاگرام ترانسمیتر فلو(FT) وظیفه ارسال سیگنال متغیر فرآیندی به کنترلر PID را داشته و کنترلر بر اساس نوع تنظیمات دستورات لازم را تحت یک سیگنال به عنصر نهایی کنترل که یک شیر کنترل جریان(FCV) است می‌فرستد.

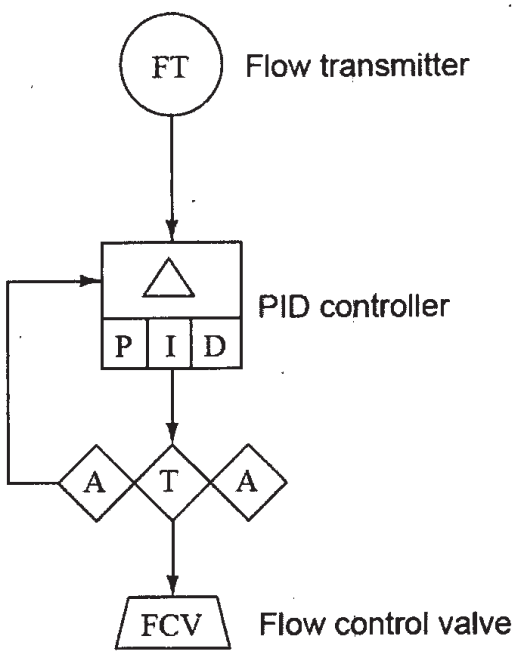


توجه شود که به دیاگرام Functional، دیاگرام SAMA نیز گفته می‌شود که این نام برگرفته از عبارت Scientific Apparatus Makers Association می‌باشد.

همانگونه که در شکل زیر مشاهده می‌شود برای نمایش سیستم‌های کنترلی نوع Cascade که در آن خروجی یک کنترلر به عنوان ست پواینت کنترلر دیگر عمل می‌کند نیز از دیاگرام Functional استفاده می‌گردد.



همچنین می‌توان از این دیاگرام به منظور نمایش تفاوت‌های موجود در استراتژی‌های کنترلی بهره برد. به عنوان مثال می‌توان نحوه کنترل دستی و اتوماتیک را در این دیاگرام مشاهده کرد. در مثال زیر یک بلوک انتقالی(T) و دو بلوک با قابلیت تنظیم دستی(A) که این امکان را به اپراتور می‌دهند تا ست پواینت کنترلر و متغیرهای خروجی را به صورت دستی تنظیم کند و همچنین سیستم را در مد اتوماتیک و دستی قرار دهد وجود دارد.



پارامترهایی که داخل بلوک‌های مستطیلی شکل نمایش داده می‌شود مانند P، I، D و Δ نمایانگر قابلیت‌های اتوماتیک و بلوک‌های به شکل لوزی هستند مانند A و T بیانگر قابلیت دستی می‌باشند که می‌بایست توسط اپراتور تنظیم گردند. در این دیاگرام خط توپر بیانگر سیگنال‌های آنالوگ مانند متغیر فرآیندی، ست پواینت و... می‌باشد و خط تیره نمایانگر سیگنال‌های دیجیتال می‌باشد. در این دیاگرام خط تیره به منظور تعیین نحوه ست پواینت می‌باشد یعنی ست پواینت توسط کاربر تنظیم شود(A) یا با استفاده از ترانسمیتر فلو(FT).

تا اینجا با چند نوع از دیاگرام‌های مهم مدارک ابزاردقیق آشنا شدیم تمامی این دیاگرام‌ها برای نمایش تجهیزات صنعتی از یکسری کدها مانند TT(Temperature Transmitter) که نماد ترانسمیتر دما است استفاده می‌کنند این نمادها بر اساس استاندارد ISA 5.1 می‌باشند. برای هر تجهیز صنعتی یک تگ یکتا که بیانگر آن تجهیز می‌باشد تعریف می‌گردد این تگ از یکسری حرف و اعداد تشکیل می‌شود حرف بیانگر کارکرد تجهیز و عدد بیانگر شماره لوپی است که تجهیز مورد نظر به آن اختصاص دارد. به عنوان مثال تجهیزی با تگ FC-135 این اطلاعات را به ما می‌دهد:

FC: نوع تجهیز: کنترلر فلو(Flow Controller)

شماره لوپ: 135

البته ممکن است نحوه شماره‌گذاری تجهیزات متفاوت باشد به عنوان مثال 12-FC-135 در چنین نام‌گذاری‌هایی عدد اول بیانگر شماره واحد و عدد دوم بیانگر شماره لوپ می‌باشد یعنی کنترلر فلو برای لوپ شماره ۱۳۵ قرار گرفته در واحد ۱۲. حال فرض کنید که این لوپ مورد نظر شامل چندین کنترلر FC باشد بنابراین برای تعریف تگ می‌بایست از حروف A تا Z بعد از نام تگ استفاده کرد به عنوان مثال: 12-FC-135A, 12-FC-135B, 12-FC-135C.

۱۵-۷) نحوه نام‌گذاری تگ‌های مورد استفاده در نقشه‌های ابزار دقیق

برای نام‌گذاری هر تجهیز صنعتی قرار گرفته در یک لوپ خاص می‌بایست به پارامتری که توسط لوپ کنترل و یا حس می‌شود دقت ویژه کرد چون این پارامتر مبنای نام‌گذاری تگ بوده هرچند وظیفه تجهیز صنعتی کنترل و یا حس پارامتر دیگری باشد. به عنوان مثال برای نام‌گذاری یک کنترلر که در لوپ مربوط به اندازه‌گیری فلو قرار دارد از FC استفاده می‌کنیم و

همین کنترلر در لوپ اندازه‌گیری دما با نام TC و در لوپ اندازه‌گیری سطح با LC نمایش می‌دهند. به همین ترتیب در یک لوپ کنترلی سطح ترانسمیتر را با LT نمایش می‌دهند هرچند اگر این ترانسمیتر از نوع فشار باشد زیرا متغیری که لوپ کنترل و یا حس می‌کند سطح است بنابراین این ترانسمیتر LT نامیده می‌شوند هرچند این ترانسمیتر به طور مستقیم وظیفه اندازه‌گیری سطح را نداشته باشد کنترلر قرار گرفته در این لوپ نیز LC نامیده می‌شود حتی عنصر نهایی کنترل که می‌تواند شیری باشد که در این لوپ قرار دارد نیز LV نامیده می‌شود تمامی این نام‌گذاری‌ها به این علت است که تمامی این تجهیزات قرار گرفته در این لوپ از آنجا که به فرآیند مربوط به اندازه‌گیری سطح کمک می‌کنند بنابراین حرف اول تگ آن‌ها L می‌باشد.

حروفی که مطابق استاندارد ISA بوده و به عنوان حروف شناسایی تگ مربوط به نام‌گذاری یک تجهیز در یک لوپ مورد استفاده قرار می‌گیرند در جدول زیر لیست شده‌اند. در این جدول کاربرد ستون Modifier تعیین یک متغیر یکتا برای تجهیز مورد نظر است به عنوان مثال هنگامی که تگی به صورت PT نام‌گذاری می‌شود منظور یک ترانسمیتر است که وظیفه اندازه‌گیری فشار در یک نقطه مشخص از فرآیند را بر عهده دارد در حالی که PDT ترانسمیتری است که وظیفه اندازه‌گیری اختلاف فشار بین دو نقطه از فرآیند را بر عهده دارد. به عنوان مثالی دیگر TC یک کنترلر دما است در حالی که TKC یک کنترلر است که وظیفه کنترل نرخ تغییرات دما(rate-of-change) را برعهده دارد.

Letter	Variable	Modifier
A	Analytical (composition)	
B	Burner or Combustion	
C	*User-defined*	
D	*User-defined*	Differential
E	Voltage	
F	Flow	Ratio or Fraction
G	*User-defined*	
H	Hand (manual)	
I	Current	
J	Power	Scan
K	Time or Schedule	Time rate-of-change
L	Level	
M	*User-defined*	Momentary
N	*User-defined*	
O	*User-defined*	
P	Pressure or Vacuum	
Q	Quantity	Time-Integral or Total
R	Radiation	
S	Speed or Frequency	Safety
T	Temperature	
U	Multi-function	
V	Vibration	
W	Weight or Force	
X	*Unclassified*	X-axis
Y	Event, State, or Presence	Y-axis
Z	Position or Dimension	Z-axis

عبارت "user-defined" اشاره به متغیرهایی دارد که در استاندارد تعریف نشده‌اند و به مراتب در سیستم ابزاردقیق طراحی شده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به عنوان مثال یک مهندس کنترل، یک سیستم ابزاردقیقی به منظور اندازه‌گیری و کنترل ضریب شکست یک مایع طراحی کرده و حرف C را به این سیستم ابزاردقیق اختصاص داده است. بنابراین ترانسمیتر قرار گرفته در این سیستم را با CT و شیر کنترل را با CV نمایش می‌دهیم. هنگامی که در نام‌گذاری تگ از "user-defined" استفاده می‌شود می‌بایست که در قسمتی از نقشه به توضیح این اختصار تعریف شده بپردازیم تا خواندن نقشه برای کاربر آسان‌تر شود. عبارت "unclassified" نمایانگر یک یا تعداد بیشتری متغیر تعریف نشده در استاندارد می‌باشد که هر کدام از این متغیرها تنها یک بار و یا به تعداد خیلی محدود در سیستم ابزاردقیق مورد استفاده قرار می‌گیرند. حرف بعدی که در تگ مربوط به تجهیز استفاده می‌گردد بیانگر عملکردی است که تجهیز صنعتی در ارتباط با متغیر فرآیندی ایفا می‌کند. به عنوان مثال PT بیانگر ترانسمیتری است که وظیفه اندازه‌گیری فشار را برعهده دارد و یا PI یک نشان‌دهنده فشار است و PC نیز

کنترلر فشار می‌باشد بنابراین در تمامی این تگ‌ها حرف دوم معرف عملکرد تجهیز می‌باشد یعنی تمامی این تجهیزات در ارتباط با فشار می‌باشند. بسیاری از تجهیزات چند کاره بوده بنابراین در نام‌گذاری آن‌ها از چند حرف استفاده می‌گردد به عنوان مثال TRC که یک کنترلر و ثبت‌کننده دما می‌باشد(Temperature Recording Controller).

در بعضی از موارد حرف اول بیانگر قابلیت "passive" بودن است پسیو بودن به معنی در دسترس برای اپراتور بوده و به نوعی به مد دستی اشاره دارد در حالی که حرف دوم از تگ قابلیت "active" بودن را نشان می‌دهد یعنی مد اتوماتیک. در جدول زیر حروف نشان دهنده قابلیت پسیو و اکتیو بودن نمایش داده شده است. شایان ذکر است که نام‌گذاری تجهیزات ابزاردقیق همیشه مطابق با استاندارد نبوده و ممکن است در بعضی از نقشه‌ها با سیستم‌های نام‌گذاری متفاوتی نسبت به استاندارد ISA 5.1 مواجه شوید.

Letter	Passive function	Active function	Modifier
A	Alarm		
B	*User-defined*	*User-defined*	*User-defined*
C		Control	
E	Element (sensing)		
G	Glass or Viewport		
H			High
I	Indicate		
K		Control station	
L	Light		Low
M			Middle or Intermediate
N	*User-defined*	*User-defined*	*User-defined*
O	Orifice		
P	Test point		
R	Record		
S		Switch	
T		Transmit	
U	Multi-function	Multi-function	Multi-function
V		Valve, Damper, Louver	
W	Well		
X	*Unclassified*	*Unclassified*	*Unclassified*
Y		Relay, Compute, Convert	
Z		Driver, Actuator, or unclassified final control element	

در زیر به بعضی از تگ‌های اختصاص داده شده به تجهیزات ابزاردقیق اشاره شده است:

AIT(Analytical Indicating Transmitter): آنالایزر اکسیژن با یک نمایشگر نشان دهنده درصد اکسیژن

ESL(Voltage Switch, Low): سوئیچی که به منظور شناسایی شرایط under-voltage در یک سیستم قدرت به کار می‌رود.

FFI(Flow Ratio Indicator): نمایشگر نرخ فلو، یک تجهیزی که نرخ بین هوا و سوخت برای صنایع بزرگ موتورسازی را نمایش می‌دهند.

FIC(Flow Indicating Controller): کنترلر نمایش‌دهنده فلو، کنترلری که به منظور نمایش فلو به اپراتور طراحی شده است.

HC(Hand Controller): کنترلر دستی، تجهیزی که این اجازه را به اپراتور می‌دهد تا سیگنال کنترلی را به مقدار مورد نظر تنظیم نماید. معمولا دستور لازم را به Valve یا دیگر عنصر نهایی کنترل صادر می‌کند.

JQR(Power Totalizing Recorder): ریکوردر وات – ساعت، که انرژی کل مصرف شده را نمایش می‌دهد.

LSHH(Level Switch, High-High): سوئیچ حس کننده سطح که به منظور شناسایی بالا آمدن سطح مایع و فعال یا خاموش کردن اتوماتیک سیستم در چنین شرایطی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

LT(Level Transmitter): ترانسمیتر سطح، تجهیزی که سطح مایع را حس کرده و سطح اندازه‌گیری شده را توسط یک نمایشگر آنالوگ یا دیجیتال نمایش می‌دهند.

PIT(Pressure Indicating Transmitter): ترانسمیتر نمایش‌دهنده فشار، ترانسمیتر فشاری که بر روی خود یک نمایشگر برای نشان دادن فشار دارد.

PDT(Pressure Differential Transmitter): ترانسمیتر اختلاف فشار، ترانسمیتر فشاری که به منظور اندازه‌گیری اختلاف فشار بین دو نقطه از یک سیستم سیال بکار می‌رود.

PV(Pressure Valve): شیر فشار، یک شیر کنترل نصب شده در یک لوپ فشار.

TE(Temperature Element): سنسور دما مانند ترموکوپل، ترمسیتور، بیمتال و...

TKAH(Temperature Rate-of-change Alarm, High): هنگامی که تغییرات دمایی از یک حد تعیین شده بیشتر می‌گردد این تجهیز آلارم می‌دهد.

TV(Temperature Valve): یک شیر کنترل که در لوپ دمایی نصب شده است.

TY(Temperature Converter): یک ترانسدیوسر جریان به فشار(I/P) که در لوپ دمایی نصب شده است.

VSH(Vibration Switch, High): سوئیچ لرزش High، سوئیچی است که به منظور شناسایی لرزش یک قسمت مشخص از سیستم بکار می‌رود.

ZXI, ZYI, and ZZI(Position Indicators for X, Y, and Z axes respectively): نمایش‌دهنده‌ای که موقعیت سه محوری یک ماشین CNC را نمایش می‌دهد.

با توجه به محل قرار گرفتن تجهیز در سایت و یا اتاق کنترل و همچنین نوع سیستم کنترل مرکزی که DCS و یا PLC می‌باشد نماد نمایش داده شده در نقشه متفاوت خواهد بود. شکل زیر نشان دهنده نوع نماد می‌باشد:

General instrument or function symbols

	Primary location accessible to operator	Field mounted	Auxiliary location accessible to operator
Discrete instruments	1	2	3
Shared display, shared control	4	5	6
Computer function	7	8	9
Programmable logic control	10	11	12

1. Symbol size may vary according to the user's needs and the type of document.
2. Abbreviations of the user's choice may be used when necessary to specify location.
3. Inaccessible (behind the panel) devices may be depicted using the same symbol but with a dashed horizontal bar.

- Discrete instruments یا همان تجهیزات گسسته یا دیجیتالی به وسیله المان‌های دایره‌ای شکل نمایش داده می‌شوند. سنسورها و تجهیزات ابزاردقیق در این رده قرار می‌گیرند.
- المان‌های Shared control/display(نمایشگر و کنترل اشتراکی) با یک دایره که در یک چهارگوش محاط شده است به نمایش گذاشته می‌شوند. در واقع این دستگاه‌ها، تجهیزاتی هستند که عملکرد خودشان را با دیگر دستگاه‌ها به اشتراک می‌گذارند.

- توابع کامپیوتری(Computer functions) به وسیله یک شش ضلعی نمایش داده می‌شوند. درواقع تجهیزاتی که توسط کامپیوتر کنترل می‌شوند در این دسته قرار می‌گیرند.
- توابع PLC نیز با مثلث‌های موجود در یک چهار ضلعی نشان داده می‌شوند.

اضافه شدن یک خط افقی به هر یک از اشکال فوق به معنی قرار گرفتن المان و یا تابع مربوطه در دسته مربوط به موقعیت نصب[۲] اصلی می‌باشد. اضافه شدن دو خط موازی، موقعیت نصب کمکی[۳]، که در دسترس اپراتور است را نمایش می‌دهد. عدم استفاده از خطوط افقی نیز به معنی قرار گرفتن در فیلد می‌باشد. تجهیزاتی که در پشت برد تابلو[۴] و در بعضی از موقعیت‌های نصب غیر قابل دسترس قرار می‌گیرند با خط تیره افقی نمایش داده می‌شوند.

خلاصه‌ای از نحوه نام‌گذاری تگ

جهت شماره‌گذاری تجهیزات ابزار دقیق و یا به عبارتی اختصاص .Tag No مطابق با استاندارد ISA به تجهیزات، موارد زیر می‌بایست در نظر گرفته شود.

۱- کلیه تجهیزات ابزار دقیق می‌بایست شماره منحصر به فردی داشته باشند.

۲- هر Tag دستگاه ابزار دقیق دارای فرمتی مانند زیر است که از دو قسمت حداکثر چهار کاراکتری تشکیل می‌گردد که قسمت اول معرف عملکرد دستگاه و قسمت دوم معرف Section فرآیندی و شماره ترتیبی دستگاه در آن Section می‌باشد.

XXXX-XXXX
Code Number

۳- در این فرمت و در قسمت اول، اولین حرف همواره نشانگر نوع متغیر پروسس می‌باشد. در زیر به تعدادی از آن‌ها اشاره شده است:

F – Flow ، L – Level ، P – Pressure ، T – Temperature

هرگاه متغیر پروسس در لیست معرفی شده از طرف استاندارد نباشد از حرف X استفاده می‌کنیم.

حرف دوم نوع تجهیز را مشخص می‌کند. در زیر به تعدادی از آن‌ها اشاره شده‌است:

I – Indicator
S - Switch
T – Transmitter

---

[۲] Primary Location
[۳] Auxiliary Location
[۴] Panel-Board

V – Valve

حرف‌های سوم و چهارم که به صورت ترکیبی با حرف دوم می‌آیند عملکرد(Function) تجهیز را مشخص می‌کنند که در زیر به تعدادی از این ترکیب‌ها اشاره شده است:

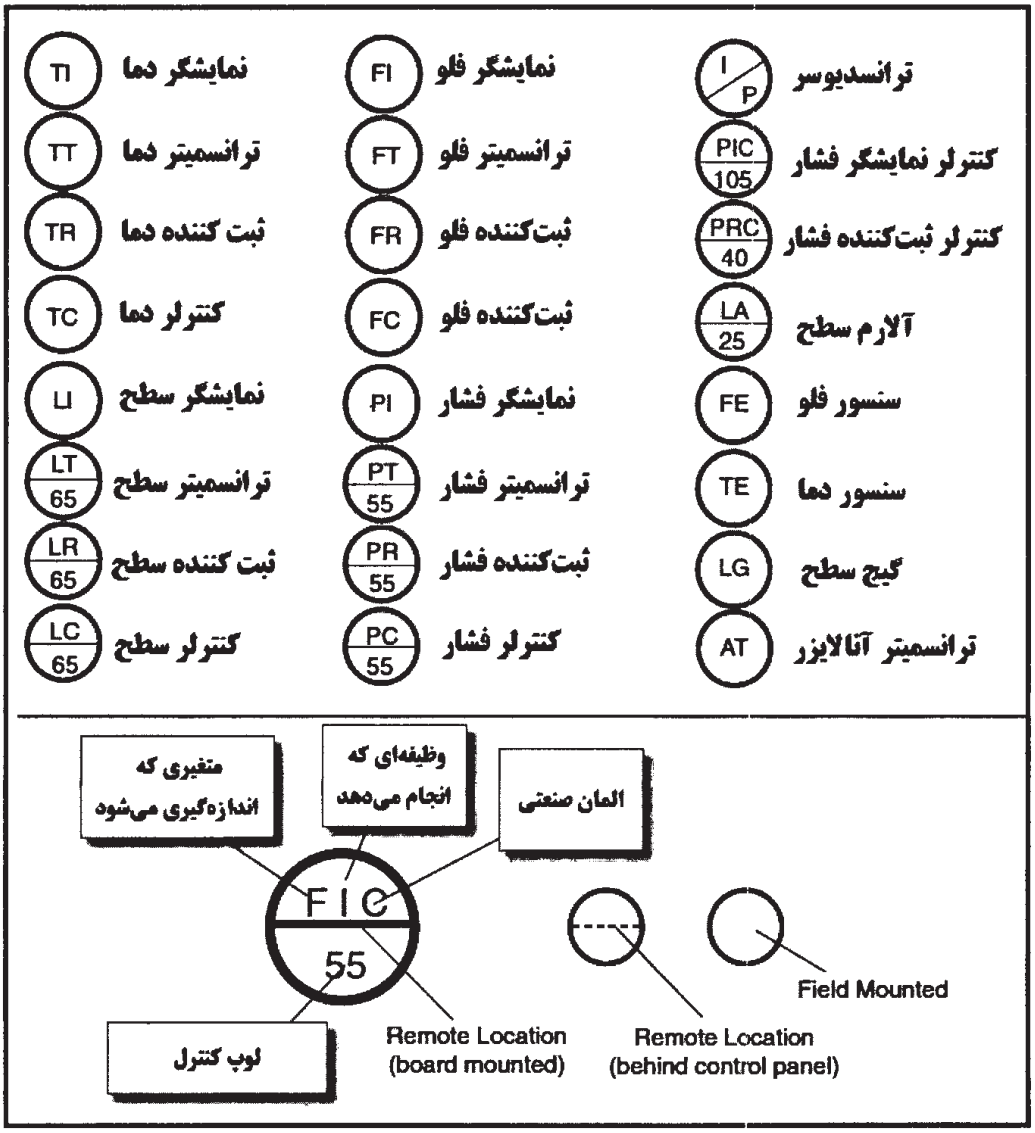
FRC - Flow Recorder Controller
LICA - Level Indicating Controller Alarm
PSHL - Pressure Switch High Low
TIT - Temperature Indicating Transmitter

۴- در این فرمت و در قسمت دوم تعدادی عدد جهت نمایش شماره واحد و نیز شماره ترتیبی تجهیز بکار می‌رود.

۵- درصورتی که چند دستگاه مشابه در یک لوپ و یا در واحد داشته باشیم از حروف انگلیسی A تا Z در انتهای شماره شناسایی برای انحصاری نمودن .Tag No استفاده می‌نماییم. جهت سهولت در ذیل چند مثال آورده شده‌است:

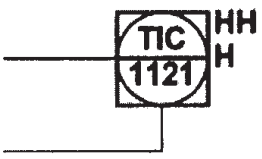
- LIC-6204: منظور یک نمایشگر و کنترل کننده سطح مایع است که چهارمین لوپ سطح مایعی است که در بخشی از فرآیند که Section 600 می‌تواند باشد قرارگرفته است.
- FQIR-3507: منظور یک نمایشگر و ثبت کننده Quantity جریان سیال هست که هفتمین لوپ فلویی است که در بخشی از فرآیند که Section 300 می‌تواند باشد قرار گرفته است.

شکل زیر چند نمونه از نمادهایی که در نقشه‌های P&ID استفاده می‌شود را به همراه نام‌گذاری تگ مربوطه نمایش می‌دهد.



برای نمایش نوع آلارم یک لوپ:

از حرف L، برای آلارم Low و از حرف H برای آلارم High استفاده کرده و آلارم‌های High در بالا و آلارم‌های Low در پایین نماد نمایش داده می‌شود. مثال زیر نشان می‌دهد که لوپ TIC-1121 شامل آلارم‌های High و High High می‌باشد.



برای نمایش توابع یک لوپ از نمادهای زیر استفاده می‌شود:

×	= multiplying	ضرب کردن
÷	= dividing	تقسیم کردن
>	= high selecting	انتخاب بالا
<	= low selecting	انتخاب پائین
⊁	= high limiting	محدوده بالا
⊀	= low limiting	محدوده پائین

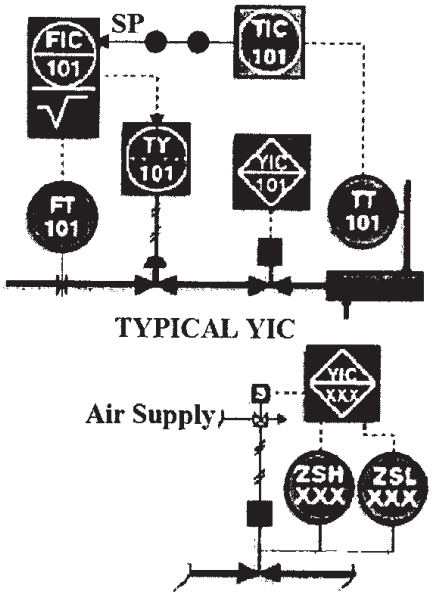
I/D	= inverse derivative	مشتق گیر معکوس
S	= solenoid	سولنوئید
1:1	= boost	تقویت
I	= integrate	یکپارچه سازی

F(t)	= time function	تابع زمان
F(x)	= Nonlinear or unspecified function	تابع غیرخطی یا نا مشخص
Σ	= summing	جمع کردن
Σ/n	= averaging	معدل گیری
$\sqrt[n]{}$	= root extraction	ریشه گیری
x^n	= exponential	نمایی
d/dt	= derivative	مشتق گیری
∫	= integral	پیوسته
P/I	= pneumatic to current	هوا به جریان
I/P	= current to pneu matic	جریان به هوا
K	= proportional	تناسبی
- K	= reverse proportional	تناسبی معکوس
Δ	= difference	تفاضل گیر
/	= convert	تبدیل
** L	= alarm signal monitor	مشاهده سیگنال هشدار
** H		
** HL		
	= velocity limiter	محدود کننده سرعت
+	= bias	بایاس
-		
+ -		
REV	= reverse action	عمل معکوس

DESIGNATION اسم	SIGNAL	سیگنال
E	Voltage	ولتاژ
I	Current (Electrical)	جریان (الکتریکی)
H	Hand	دستی
O	Electromagnetic	الکترومغناطیسی
P	Pneumatic, Pressure, Vacuum	هوایی – فشار – خلاء
R	Radiation	تابش
MV	Milivolts	میلی ولت
A	Analog	آنالوگ
D	Digital	دیجیتال

۱۵-۷-۱) مثال‌هایی از نقشه P&ID

در شکل زیر قسمتی از یک P&ID نمایش داده شده‌است:



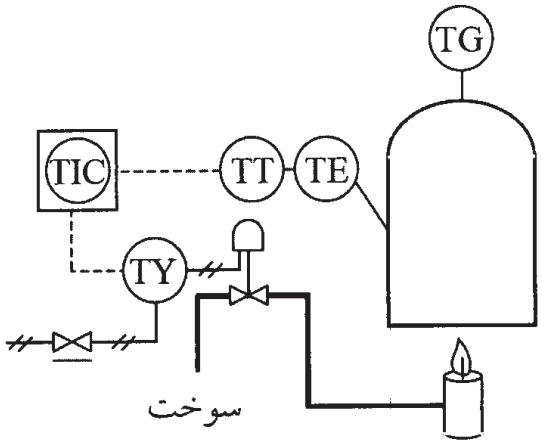
در این مثال FT 101 یک ترانسمیتر جریان نصب شده در فیلد[۵] است که به وسیله سیگنال الکتریکی(خط تیره) به FIC 101 که یک کنترلر نمایش‌دهنده جریان[۶] است و در یک تجهیز control/display اشتراکی نصب گشته، متصل شده است. خروجی FIC 101 یک سیگنال الکتریکی است که به TY 101، قرار گرفته در Behind-The-Panel-Board که همان موقعیت غیرقابل دسترس است می‌رود. سیگنال خروجی TY 101 نیز که یک سیگنال پنوماتیکی(خط با

---

۵ Field-Mounted Flow Transmitter
۶ Flow Indicating Controller

دابل اسلش) است TY 101 را به یک I/P(ترانسدیوسر تبدیل جریان به پنوماتیک۷) تبدیل می‌کند. TT 101 و TIC 101 مشابه FT 101 و FT 101 می‌باشند اما اندازه گرفته، نمایش می‌دهند و دما را کنترل می‌کنند. خروجی TIC 101 به وسیله یک نرم‌افزار داخلی و یا خط داده(خط با حباب‌هایی روی آن) به ست‌پواینت(SP) مربوط به FIC 101 متصل شده تا یک استراتژی cascade control را تشکیل دهند.

به عنوان مثالی دیگر از P&ID نقشه زیر را در نظر بگیرید که یک حلقه(لوپ) بسته را نمایش می‌دهد که شامل اندازه‌گیری کمیت و ارسال فرمان به تجهیزات می‌باشد. توجه شود که هر حلقه بسته شامل حداقل دو حلقه باز است که خود حلقه باز نیز از یک تجهیز و اتاق کنترل تشکیل شده است.



☑ TE: سنسور دما TI: نمایشگر دما TS: سوئیچ دمایی

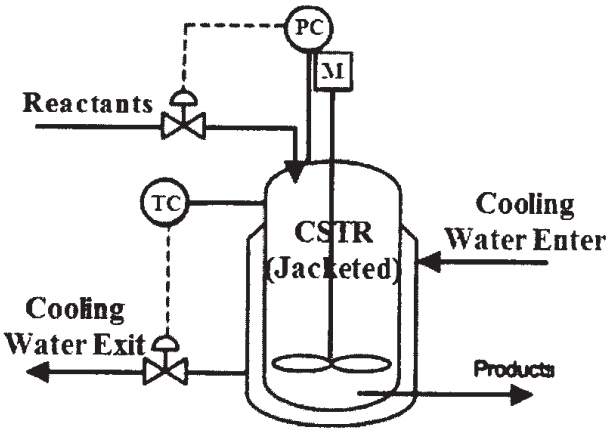
☑ TG: نمایشگر دما(گیج) TT: ترانسمیتر دما TIC: کنترلر نمایش‌دهنده دما

در شکل زیر یک نقشه P&ID نمایش داده شده است در این نقشه واکنش دهنده وارد یک CSTR غلاف‌دار می‌گردد، جایی که واکنش اتفاق می‌افتد و محصولات از آن خارج می‌شود. رآکتور توسط آب خنک می‌شود. دمای درون رآکتور توسط یک کنترل‌کننده مانیتور می‌شود. شیر می‌تواند دبی آب خنک کننده را تغییر دهد که در نتیجه منجر به کنترل دمای درون رآکتور می‌شود. یک کنترل‌کننده فشار هم نیز نشان داده شده است که بازخورد آن به شیر

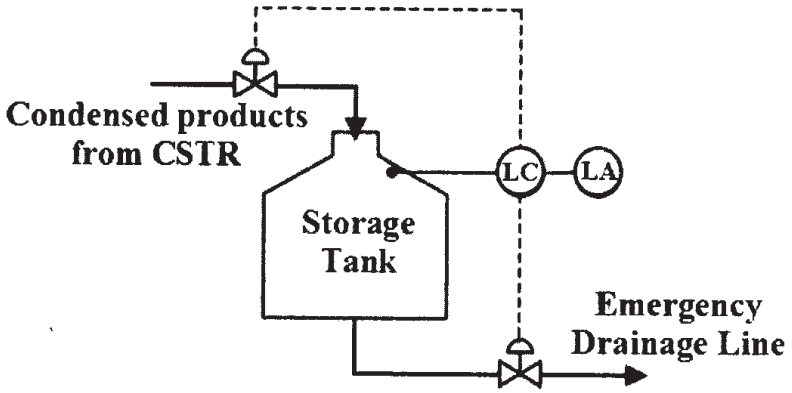
---

۷ Current To Pneumatic Transducer

ورودی باز می‌گردد. بنابراین ما می‌توانیم نتیجه بگیریم این واکنش در فاز گازی است و اگر CSTR خیلی پر شود شیر ورودی بسته خواهد شد.



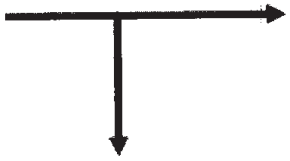
شکل زیر یک تانک ذخیره را نمایش می‌دهد. اگر تانک پر شود مواد در رآکتور ریخته می‌شوند. بنابراین اگر تانک به میزان ۹۰٪ ظرفیتش پر شود کنترل کننده سطح سیگنال الکتریکی فرستاده و بدین ترتیب یک خروجی اضطراری که در انتهای تانک قرار دارد را باز می‌کند. کنترل کننده سطح همچنین زنگ خطر را به معنای وجود مشکل در تانک فعال می‌کند و در آخر کنترل کننده سطح شیر ورودی را می‌بندد.



۱۵-۷-۲) نمایش اتصالات در نقشه P&ID

جهت جریان در نقشه P&ID

جهت اصلی جریان در نقشه همواره از چپ به راست و از بالا به پایین در نظر گرفته می‌شود. جهت فهم بیشتر معمولا در جهت جریان بر روی خطوط لوله از پیکان‌هایی به سمت راست یا چپ و همچنین بالا و پایین استفاده می‌شود.



اتصالات دو خط لوله

اتصالات جریان در نقشه‌های P&ID به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

عدم اتصال دو خط لوله

اتصالات جریان در نقشه‌های P&ID به یکی از دو صورت زیر نمایش داده می‌شود:

۱۵-۸) Instrument List

مدرک Instrument List که در پروژه‌های مختلف با نام‌های Instrunent Index و یا Instrunent Schedule معروف می‌باشد یک لیست کامل از کلیه اطلاعات هر یک از اجزای لوپ‌های ابزاردقیق شامل تجهیز[8] و عملکرد[9] آن‌ها می‌باشد. این لیست علاوه بر اطلاعاتی از قبیل شماره شناسایی[10]، سرویس، رنج، واحد[11]، شماره خط یا تجهیزی که روی آن نصب شده است[12] و آلارم‌ها شامل لیست کلیه مدارکی که به هر نحو شامل اطلاعاتی از آن ابزاردقیق

---

[8] Component
[9] Function
[10] Tag No
[11] Unit
[12] Equipment Or Line No

می‌باشد از قبیل خرید، نصب و راه‌اندازی نیز هست. به عنوان مثال شماره نقشه P&ID، شماره مدرک و صفحه Data Sheet، شماره مدرک Hook Up، شماره نقشه Instrument Location Layout و غیره از جمله اطلاعاتی است که در Instrument List ذکر می‌شود.

Instrument List می‌بایست به صورت حروف الفبا و بر اساس شماره شناسایی مرتب شود. به عبارت دیگر لوپ‌های ابزاردقیق ابتدا بر اساس حروف الفبا و سپس بر اساس شماره شناسایی مرتب شود. همچنین می‌بایست در نظر بگیریم که کلیه اجزا و توابع یک لوپ پشت سر هم بیایند و نحوه مرتب نمودن از سنسور به اتاق کنترل و سپس از اتاق کنترل به المان نهایی کنترل می‌باشد. در زیر نمونه‌ای از نحوه مرتب کردن یک Instrument List نمایش داده شده است:

AT 005
AI 005
FT 002
FI 002
FAL 002
FT 003
FI 003

شروع تهیه این مدرک پس از ترسیم P&ID بوده و تقریبا تا انتهای پروژه می‌بایست بر روی آن کار نمود و در انتهای پروژه، نهایی خواهد گشت. با توجه به وجود نرم‌افزارهای طراحی از جمله Intools مدرک Instrument List به عنوان پایگاه داده مهندسی ابزار دقیق بوده و تهیه آن با استفاده از نرم‌افزار و به صورت اتوماتیک می‌باشد یعنی دیگر نیاز به نوشتن آن‌ها به صورت دستی نیست.

امروزه در کلیه پروژه‌ها یک دیتابیس برای ابزاردقیق‌ها تهیه می‌شود که در آن اطلاعات بیشماری از ابزاردقیق‌های پروژه تهیه می‌گردد و مدرک Instrument List خود بخشی از این دیتابیس می‌باشد. شکل زیر یک نمونه Instrument List از نوع قدیمی را نمایش می‌دهد همانگونه که مشاهده می‌کنید در این لیست شماره شناسایی‌های ابزاردقیق همانند Level Gauge و Level Transmitterها مطابق P&ID مربوطه است.

Tag	Desc	P&ID #	Spec Form #	R.Q #	Location Plan #	Install. Detail	Piping Drawing
LG - 1	D – 001 – KO. Drum	1	L - 1	L - 1	-	-	ISO - 010
LG - 2	D – 001 Distil. Column	2	L - 1	L - 1	-	-	ISO - 015
LG - 3	C – 002 Stripper	3	L - 1	L - 1	-	-	ISO - 016
LT - 100	D – 001 - KO. Drum	1	L - 100	T - 1	LP - 1	ID - 001	ISO - 010
LI - 100	D – 001 – KO. Drum	1	L - 100	I - 1	LP - 1	ID - 002	-
LT – 101	C – 001 – Distil. Column	2	L - 100	T - 1	LP - 4	ID - 001	ISO - 015
LT - 102	C – 002 Stripper	3	L - 100	T - 1	LP - 5	ID - 001	ISO - 016

یکی از قابلیت‌های این نقشه کمک به کاربر برای شناسایی المان‌های موجود در نقشه‌های مختلف است به عنوان مثال فرض کنید که یک سنسور PT 100 در نقشه P&ID نمایش داده شده است که به منظور اندازه‌گیری دما و نمایش آلارم‌های مربوط به High Temp و Low Temp به کار می‌رود با مشاهده نقشه P&ID تنها می‌توانیم متوجه شویم که یک سنسور دما از نوع PT100 داریم اما این که این سنسور دارای چه رنجی از دما، مدل و سازنده سنسور، نحوه نصب و غیره را می‌بایست از مدرک Instrument List پیدا کنیم. البته بعضی از اطلاعات به صورت دقیق در Instrument List وجود ندارد و برای کسب اطلاعات بیشتر می‌بایست به سایر مدارک ابزاردقیق مانند Box Diagram، Marshaling Cabinet Diagram، Installaton Detail و Instrument Location Layout و.. مراجعه کرد اما نکته مهم این است که شماره نقشه مربوط به این مدارک نیز در Instrument List ذکر می‌شود و می‌توان به راحتی و با مراجعه به Instrument List و پیدا کردن نقشه‌های مرتبط با المان مورد نظر نیاز خود را رفع کرد. در زیر اطلاعاتی که مستقیما در یک Instrument List می‌بایست ذکر شود را نشان داده‌ایم:

- **Connection Data**
  - Junction Box
  - Marshalling Panel
  - I/O Rack Address
- **Maintenance and Operations**
  - Stores or Stocking Number
  - Calibration Date
  - Manufacturer
  - Model Number
  - Vendor
  - Purchase Order
  - Receiving Report Number
- **Construction Data**
  - Calibration or Shop Approved
  - Installed Date
  - Commissioning Date
  - Turnover Date
- **Basic Data**
  - Tag Number
  - Function
  - Service
  - Line No or Equipment No
  - I/O Type (AI, AO, DI, DO)
- **Technical Data**
  - Calibration Range
  - Units
  - Rating
  - Power: 24 VDC or 120VAC
  - Location
- **Index Data**
  - P&ID
  - Loop Sheet Number
  - Installation Plan Number

۱۵-۹) نقشه Specification Form

مدرک Specification Form که یک نوع فرم برای نمایش اطلاعات می‌باشد با نام Instrument Data Sheet نیز شناخته می‌شود. این مدرک هریک از تجهیزات ابزاردقیق و کنترل را با جزئیات برای سازندگان تشریح می‌نماید و سازندگان با استفاده از این مدرک است که می‌توانند تجهیز مورد نظر پروژه را پیشنهاد فنی و مالی داده و آنرا با توجه به شرایط پروژه

تهیه نمایند. هنگامی که نقشه‌های P&ID در بخش ابزاردقیق و کنترل در حال اضافه شدن نمادها و شماره‌شناسایی(.TagNo) می‌باشند همزمان دو فعالیت در گروه قابل انجام می‌باشد. اولین آن، اضافه نمودن شماره شناسایی‌ها در مدرک Instrument List و یا به نوعی اضافه نمودن ابزاردقیق‌ها در بانک اطلاعات پروژه جهت اطمینان از غیر تکراری بودن شماره شناسایی در نظر گرفته شده می‌باشد و دومین فعالیت تعریف نوع تجهیز ابزار دقیق است که این تجهیز چه کاری و با چه روشی انجام داده و با استفاده از چه سیگنالی با اتاق کنترل در ارتباط می‌باشد. همه این تعاریف همزمان در فرم‌های مخصوص وارد می‌شوند که در پروژه‌های مختلف به آن Specification Form و یا Instrument Data Sheet گفته می‌شود. در شکل زیر یک نمونه از این نوع فرم‌ها نمایش داده شده است.

Differential Pressure Instrument

1	Tag No.		73-FT-1301	73-FI-1301
2	Diff. Range	Set Point	mm H2O	
3		Set	0-2500 mmH2O	
4	Scale Factor			
5	Zero Elev / Supp.			
6	Pressure Max		34.7kg/cm2(g)	
7	Temp. Max		115Deg C	
8	Control Mode / Action			
9	Service		4"-WP-73-1211-B9A-IH	
10	Options		b,g,l,j	

GENERAL		MEASURING UNIT	
1. Function	Transmit Indicate	23. Service	Flow
2. Type	Electric SMART	24. Element Type	Diaphragm
3. CASE	MFR STD	25. Body Material	Carbon Steel
4. Mounting	YOKE	26. Element Material	316SS
5. Enclosure	Refer Notes	27. Body Rating kg/cm2(g)	
6. Electrical Area Classification	IEC Zone2 Gr IIA / IIB	28. Overange Protection	150% Max. Pressure
7. Intrinsic Safe	Required	29. Instrument Connection	1/2"NPTF
8. Air Supply		30. Connection Location	MFR STD
9. Power Supply	24V D. C Two Wire	31. Diaphragm Seal	Not Required
10. Cable Entry	1/2"NPTF	Type	
11. Accuracy	+/- 0.075%	Wetted Parts Material	
TRANSMITTER		Other Material	
12. Output	4-20mA DC Analog	Process Connection (LP)	
13. Driving Voltage	25 V (On Two Wire)	Size & Rating	
14. Protocol	HART	Facing & Finish	
CONTROLLER		Process Connection (HP)	
15. Alm Switch		Size & Rating	
16. Set Point Adjustment		Facing & Finish	
17. Manual Regulator		Capillary Material	
18. Output :-		Armour Type	
19. Protocol		Armour Material	
RECORDER		Capillary Length	0
20. Chart		Flushing/Filling Conn. With plug	
21. Chart Drive		**MODEL**	
22. Chart Speed		32. Manufacture	-
		33. MFR & Model No.	-

Options :-
a) Air Filter Regulator b) Integral output Meter (Indirimetality c) Manifold 5 Valve d) Manifold 3 Valve e) Condensate Pots
f) Adjustable Dampener g) Integral Sq.Rt. Ext h) Test Jack , Calibrating i) Mounting Accessories for 2" NB Pipe j) CCOE Approval

S.No.2: Smart transmitter shall be with HART protocol
S.No.5: Enclosure shall be Weather proof to IP 65 and Flameproof to the area classification specified.

به عنوان مثال فرض کنید که در یک نقشه P&ID می‌خواهیم فلو عبوری را در یک خط لوله اندازه‌گیری نموده و در سیستم کنترلی اطاق کنترل نمایش دهیم. لازم است گروه ابزاردقیق با توجه به Legend پروژه نماد مخصوص فلومتر و همچنین با استفاده از روش شماره‌گذاری شماره شناسایی این تجهیز را به همراه نمایش چگونگی ارتباط اتاق کنترل بر روی نقشه P&ID

ارائه نمایند. ابتدا یک شماره شناسایی مطابق روش شماره‌گذاری پروژه به این تجهیز اختصاص می‌دهند مثلا با توجه به این که ترانسمیتر فلو می‌باشد شماره FT – 501 به آن اختصاص داده می‌شود. حال می‌بایست با استفاده از مدرک Instrument List و یا دیتا بیس چک شود که این شماره قبلا اختصاص داده شده است و یا خیر. همانگونه که می‌دانیم تک بودن شماره شناسایی ابزاردقیق‌ها یکی از الزامات پروژه می‌باشد.

پس از مطمئن شدن از غیر تکراری بودن شماره شناسایی حال اطلاعات اولیه این تجهیز که منجر به انتخاب نماد آن می‌شود را می‌بایست تعیین کرد. به عنوان مثال فرض کنید که این ترانسمیتر از نوع Vortex تعیین شده باشد و با توجه به اینکه فقط نمایشگر بوده و حلقه‌ای پیچیده ندارد نوع سیگنال جهت انتقال اطلاعات به اتاق کنترل فیلدباس(FieldBus) انتخاب می‌گردد. همین اطلاعات جهت نمایش این فلومتر در نقشه P&ID کافی است ولی آیا با همین اطلاعات سازنده می‌تواند فلومتر مورد نظر را پیشنهاد داده و آن را مطابق شرایط پروژه تهیه کند؟ مسلما پاسخ منفی است بنابراین نیاز است اطلاعات بیشتری جهت ارائه به سازنده تهیه گردد و همانگونه که اشاره شد کلیه این اطلاعات که شامل شرایط فرآیندی، شرایط فیزیکی و شرایط نصب می‌باشد، در مدرک Specification Form آورده می‌شود.

هرگونه خالی بودن از سطرهای این مدرک دلیل نبود اطلاعات می‌باشد لذا نیاز است کلیه آیتم‌های این مدرک به نحوی پر شوند بدین صورت که اگر نیاز به اطلاعات آن آیتم نمی‌باشد و یا برای این ابزاردقیق خاص این اطلاعات مورد نیاز نمی‌باشد این مطلب نیز در محل قرارگرفتن اطلاعات وارد شود. حتی می‌توان اطلاعاتی که ممکن است به سازنده تجهیز بستگی داشته باشد را با یک علامت مشخص کرد.

۱۵-۱۰) Logic Diagram

اکثر فرآیندهای پیوسته شامل کنترلرهای دودویی(On-Off Control) می‌باشند. این نوع کنترل می‌تواند نتیجه یک سوئیچ ساده بوده و یا نتیجه یکسری روال پیچیده باشد. یک کنترل On-Off می‌تواند یک پمپ را خاموش روشن کرده و یا یک شیر را باز و بسته نماید حتی می‌تواند برای Shut Down یک واحد صنعتی در شرایط غیر ایمن(Unsafe Condition) مورد استفاده قرار گیرد.

یک سیستم ساده دودویی می‌تواند شرایط چندین فرآیند را در نظر گرفته تا از آسیب‌های جدی که می‌تواند در حد میلیاردها ریال به واحد ضرر رساند جلوگیری نماید. سیستم‌های کنترل On-Off چه سیستم مذکور ساده باشد و یا پیچیده، می‌توانند سخت افزاری با استفاده از

رله الکتریکی و یا نرم‌افزاری و بر پایه ریزپردازنده باشند. حال این سیستم‌ها چه به صورت نرم‌افزاری و چه به صورت سخت‌افزاری باشد نیاز به اسنادی جهت ارائه لاجیک مربوطه دارد.

همانگونه که می‌دانیم P&IDها جهت نمایش فرآیندها و همچنین ارتباطات بین فرآیندها می‌باشند و جهت نمایش ارتباطات مربوط به سیستم کنترل On-Off به سندی به نام Interlock and Sequence Diagram که به اختصار Logic Diagram نیز نامیده می‌شود نیاز خواهیم داشت.

حداقل سه روش جهت تکمیل مدارک کنترل On-Off موجود می‌باشد که اسناد و مدارک Logic Diagram می‌تواند به تنهایی از یکی از روش‌ها و یا ترکیبی از آن‌ها تهیه گردد. این سه روش عبارت‌اند از:

۱) Text Description
۲) Ladder Diagram
۳) Logic Diagrams

قابلیت یک طراح مدرک لاجیک چگونگی استفاده صحیح از نمادها به یکی از سه روش فوق می‌باشد و یک بهره‌بردار خوب و یا کارشناس تعمیرات قابلیت خواندن صحیح نمادها را خواهد داشت.

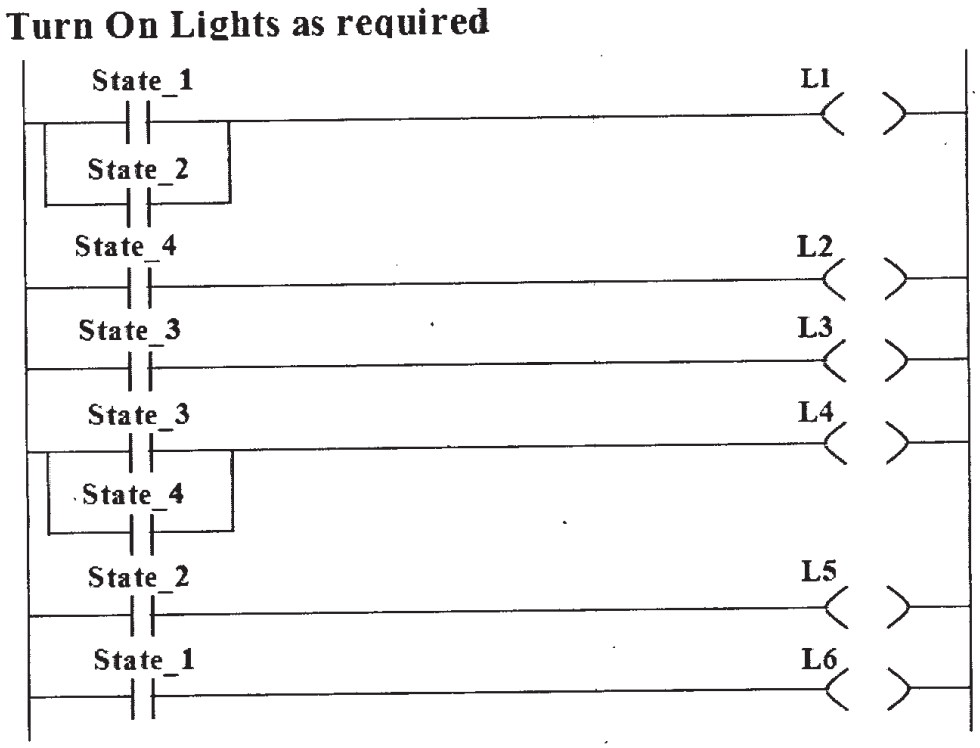
۱۵-۱۰-۱) Text Description

در این روش چگونگی حس کردن شرایط فرآیند توسط تجهیزات و تاثیرگذاری آن‌ها بر روی المان‌های نهایی کنترل به صورت جملات مختصر آورده می‌شود. این نحوه نوشتن معمولا به صورت Interlock note در سمت راست نقشه‌های P&ID و در قسمت Notes آورده می‌شود. البته شماره Note حتما در داخل یک لوزی در کنار کلیه تجهیزات مربوطه مانند ترانسمیتر، سوئیچ، شیر و یا پمپ قرار خواهد گرفت. البته لاجیک‌های پیچیده را نمی‌توان با یک Note در کنار نقشه‌های P&ID نمایش داد بلکه نیاز است توضیحات مربوط به آن در یک مدرک جداگانه‌ای به نام Functional Specification یا Operation Description آورده شود. در پروژه‌های مختلف نام‌های مختلفی برای این مدرک گذاشته می‌شود. اسناد و مدارک که بر اساس Text Description می‌باشند معمولا همراه با نقشه‌های P&ID و توسط تیم فرآیند تهیه می‌گردند.

۱۵-۱۰-۲) Ladder Diagram

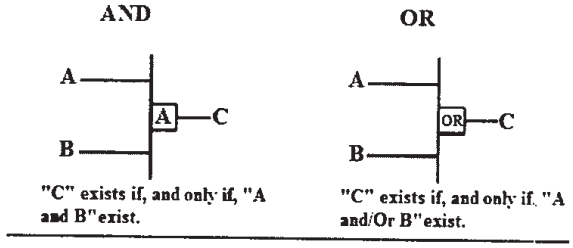
این مدرک یک سند بر اساس سیم‌بندی مربوط به تجهیزات سخت‌افزاری سیستم می‌باشد. این دیاگرام معمولا جهت برنامه‌ریزی یک سیستم PLC و یا کنترل دودویی و یا در یک سیستم کنترل غیر متمرکز(Distributed Control System) و یا یک سیستم سخت افزار رله‌ای بکار می‌رود.

Ladder Diagram از دو خط عمودی که نمایش دهنده قطب‌های مثبت و منفی تغذیه می‌باشد تشکیل شده است. بین این دو خط لاجیک مدار PLC و یا مدارهای رله کنتاکتوری نوشته می‌شود که البته استاندارد مورد استفاده در ایران تنها شامل برنامه PLC است و مدارات رله کنتاکتوری از بالا به پایین نوشته می‌شوند و نه از چپ به راست مانند آنچه در Ladder Diagram انجام می‌شود. شکل زیر که بیانگر یک برنامه PLC است نمونه‌ای از کاربرد Ladder Diagram را نمایش می‌دهد.

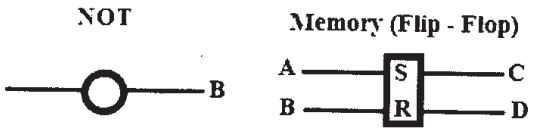


(۳-۱۰-۱۵ Logic Diagram

روش Logic Diagram مرسوم‌ترین روش جهت نمایش کنترل دودویی می‌باشد. معمولا خواندن دیاگرام لاجیک کار پیچیده‌ای نیست اما طراحی این نوع دیاگرام‌ها نیاز به صرف زمان دارد. به عنوان مثال در شکل زیر دو نماد AND و OR نمایش داده شده است.

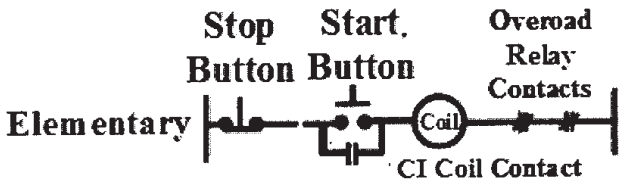


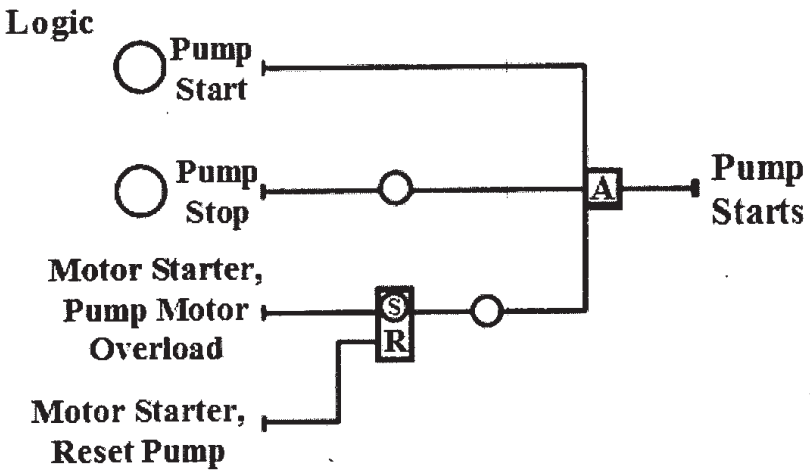
شکل زیر طریقه نمایش گیت NOT که معکوس کننده ورودی می‌باشد و یک حافظه فلیپ فلاپ از نوع SR را نمایش می‌دهد.



کلیه نمادهای فوق در استاندارد ISA-5.2 تعریف شده‌اند و برای تهیه کردن مدرک Logic Diagram نیاز به داشتن این استاندارد می‌باشد. تهیه مدرک Logic Diagram برعهده بخش ابزاردقیق و کنترل می‌باشد ولی یک کارشناس خبره ابزاردقیق و کنترل نیز می‌تواند براحتی جهت فرآیند واحد لاجیک، بنویسید بلکه این کارشناسان فرآیند پروژه هستند که با تهیه مدارکی مانند Cause & Effect Diagram و Control Philosophy یا Logic Description به مهندس ابزاردقیق در تهیه مدرک Logic Diagram کمک می‌کنند.

شکل زیر نحوه تغییر Ladder Diagram به Logic Diagram را نمایش می‌دهد.



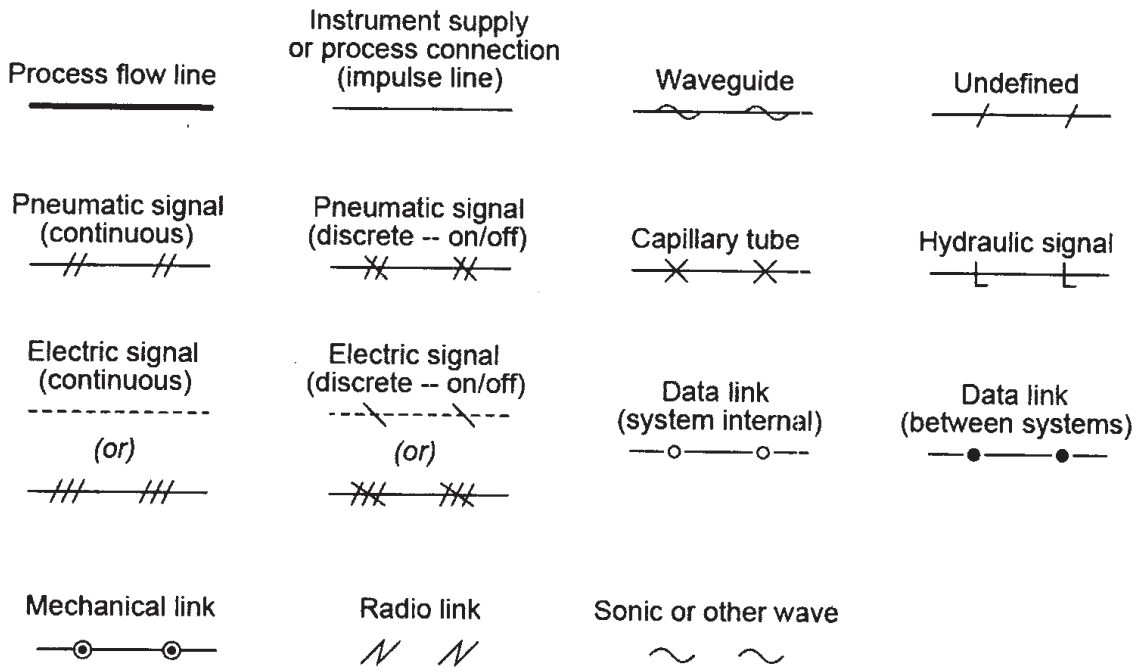


۱۵-۱۰-۴) فرم خرید Purchasing

فرض کنید کلیه Specification Formها و Data Sheetهای تجهیزات ابزاردقیق و کنترل تهیه گردیده است حال نیاز است این تجهیزات جهت خرید سفارش داده شوند. لیست خرید در فرم خرید لیست می‌گردد.

۱۵-۱۱) نمادهای استفاده شده در نقشه‌های ابزاردقیق

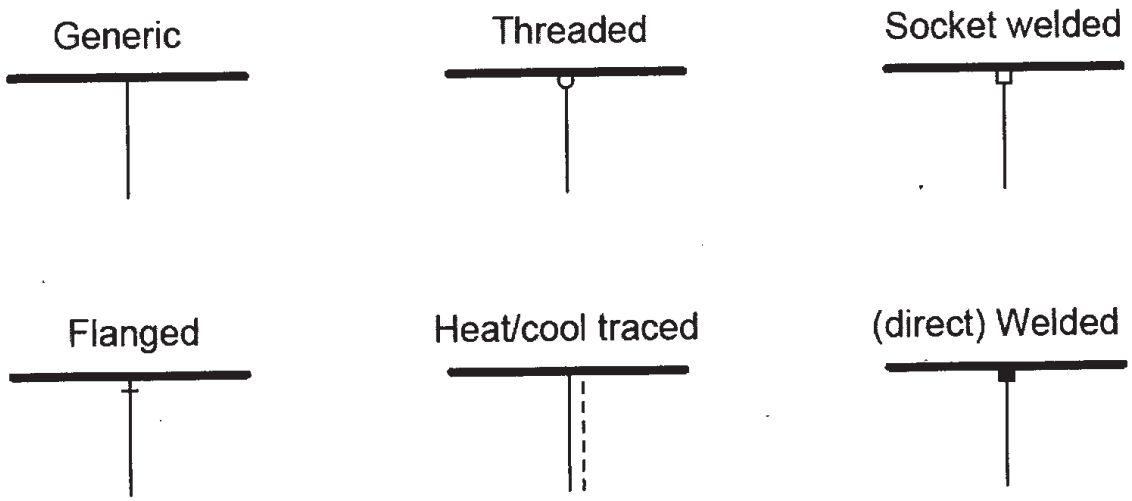
۱۵-۱۱-۱) Line types



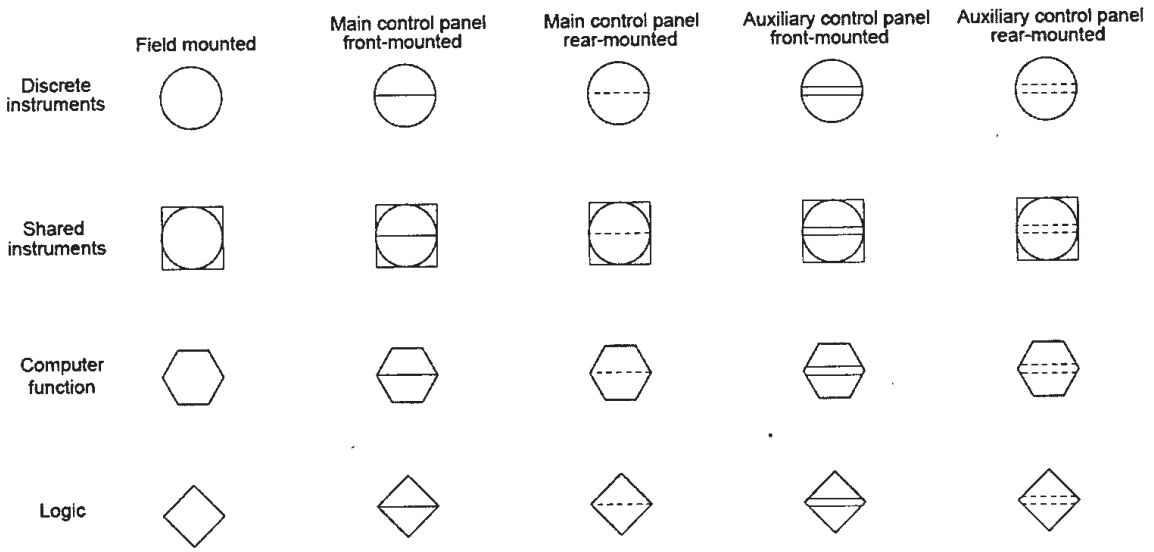
در جدول زیر حروف بکار رفته بر روی خطوط تغذیه و پروسه که نوع آن‌ها را بیان می‌نماید ذکر شده است:

حروف اختصاری بکار رفته در تغذیه تجهیزات		
AS	AIR SUPPLY	تغذیه پنوماتیکی ، تغذیه با هوای فشرده
ES	ELECTRIC SUPPLY	تغذیه الکتریکی
GS	GAS SUPPLY	تغذیه گاز(فشرده)
HS	HYDRAULIC SUPPLY	تغذیه هیدرولیک (روغن تحت فشار)
NS	NITROGEN SUPPLY	تغذیه با گاز نیتروژن
SS	STEAM SUPPLY	تغذیه با بخار
WS	WATER SUPPLY	تغذیه با آب
IA	INSTRUMENT AIR	هوای فشرده ابزار دقیق
PA	PLANT AIR	هوای موجود کارگاه

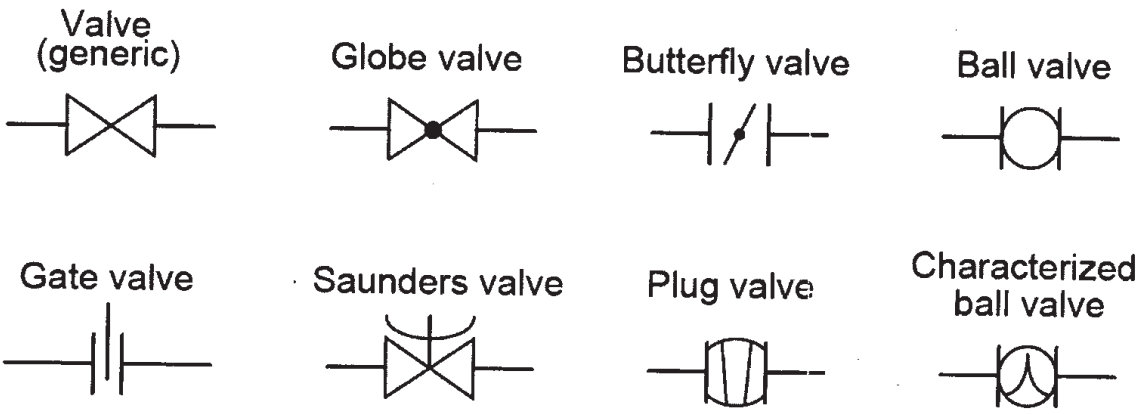
(۱۵-۱۱-۲) Process/Instrument line connections



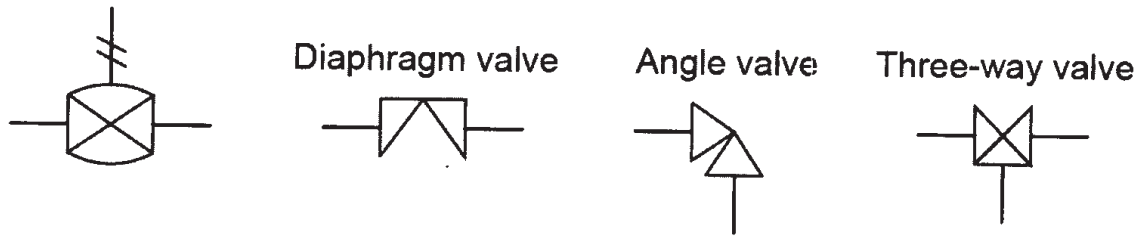
(۱۵-۱۱-۳) Instrument bubbles

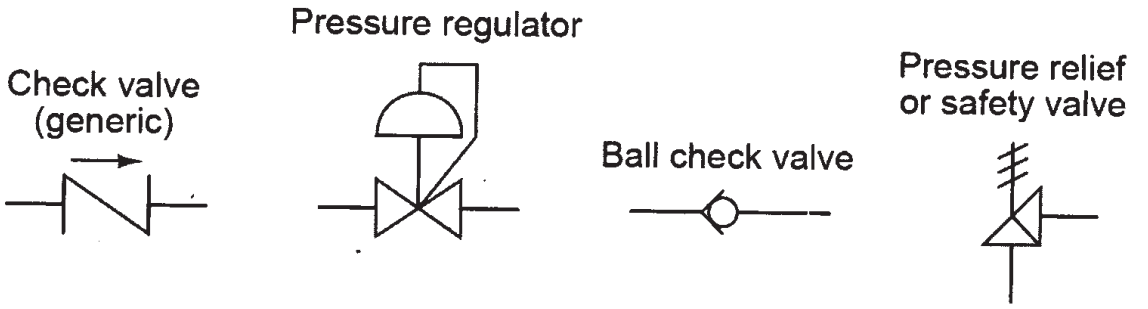


Process valve types (۴-۱۱-۱۵)

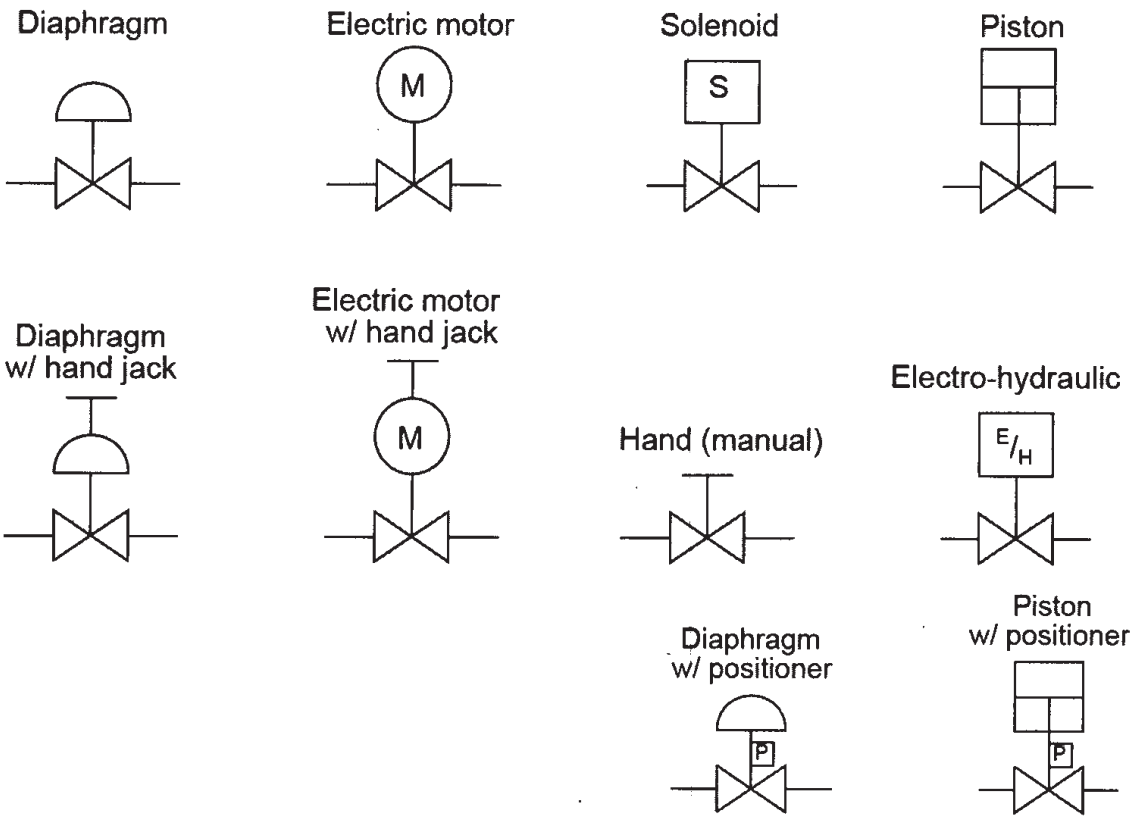


Pneumatic pinch valve (۵-۱۱-۱۵)

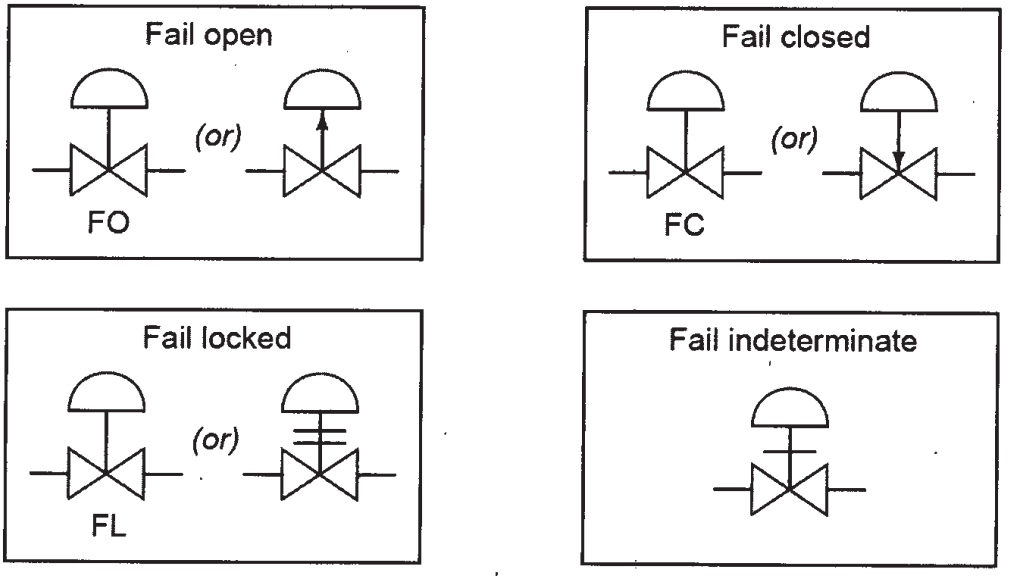


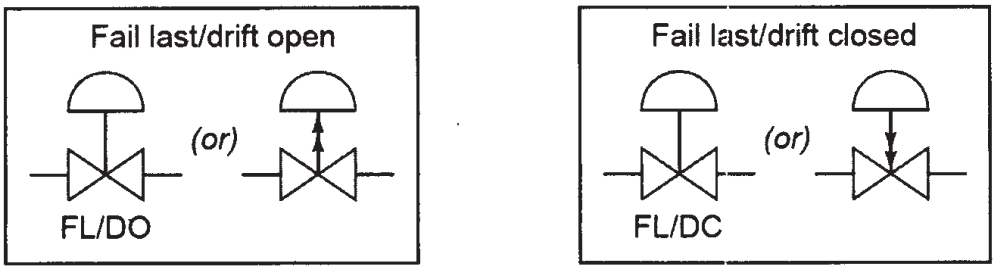


Valve actuator types (۶-۱۱-۱۵)

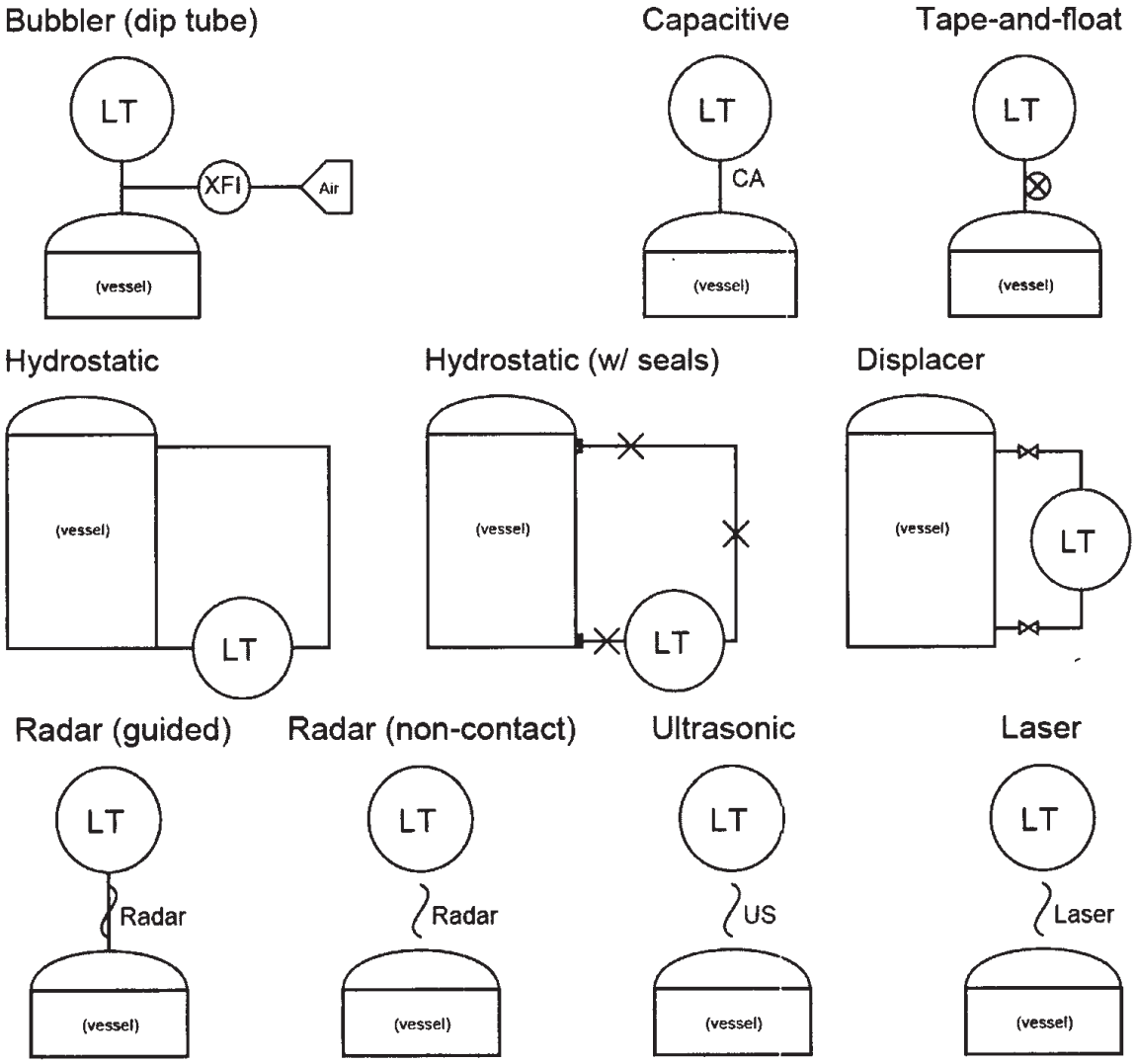


Valve failure mode (۷-۱۱-۱۵)

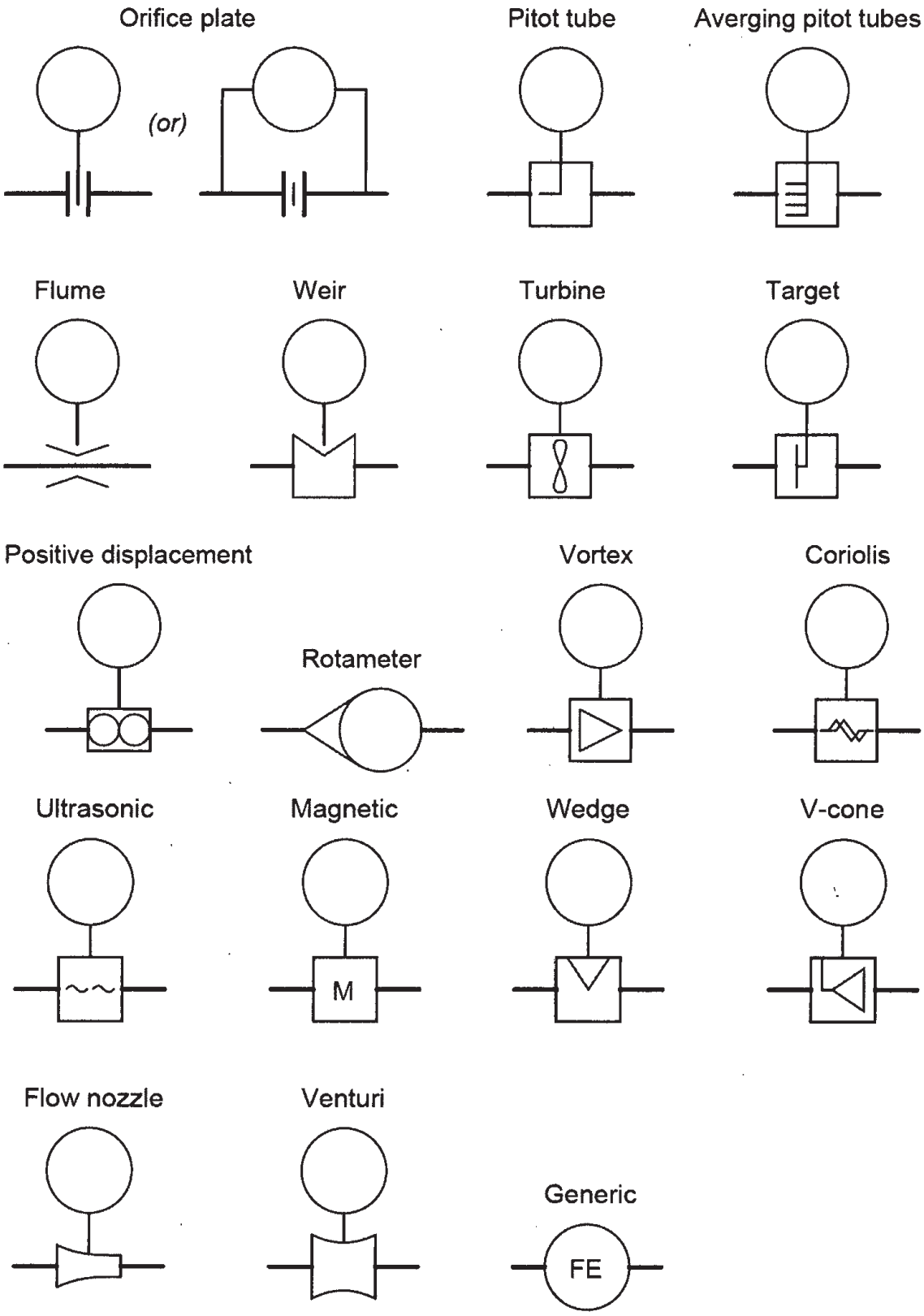




Liquid level measurement devices (۸-۱۱-۱۵)

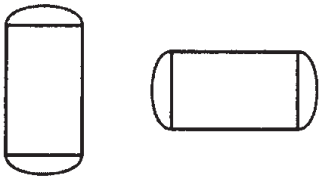


۱۵-۱۱-۹) Flow measurement devices (flowing left-to-right)



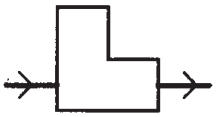
Process equipment (۱۰-۱۱-۱۵)

Pressure vessels

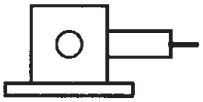


Centrifugal pump

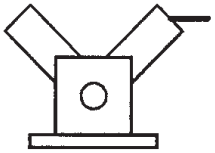
Positive-displacement pump



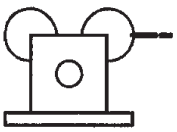
Single-stage reciprocating compressor



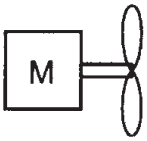
Dual-stage reciprocating compressor



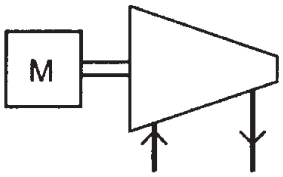
Rotary screw compressor



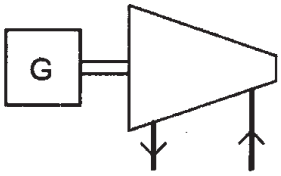
Motor-driven fan



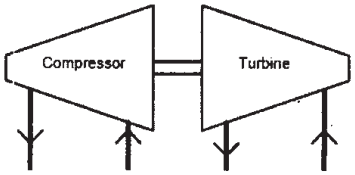
Motor-driven axial compressor



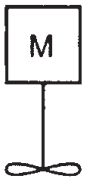
Turbogenerator



Turbocompressor



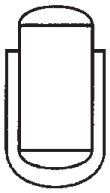
Mixer



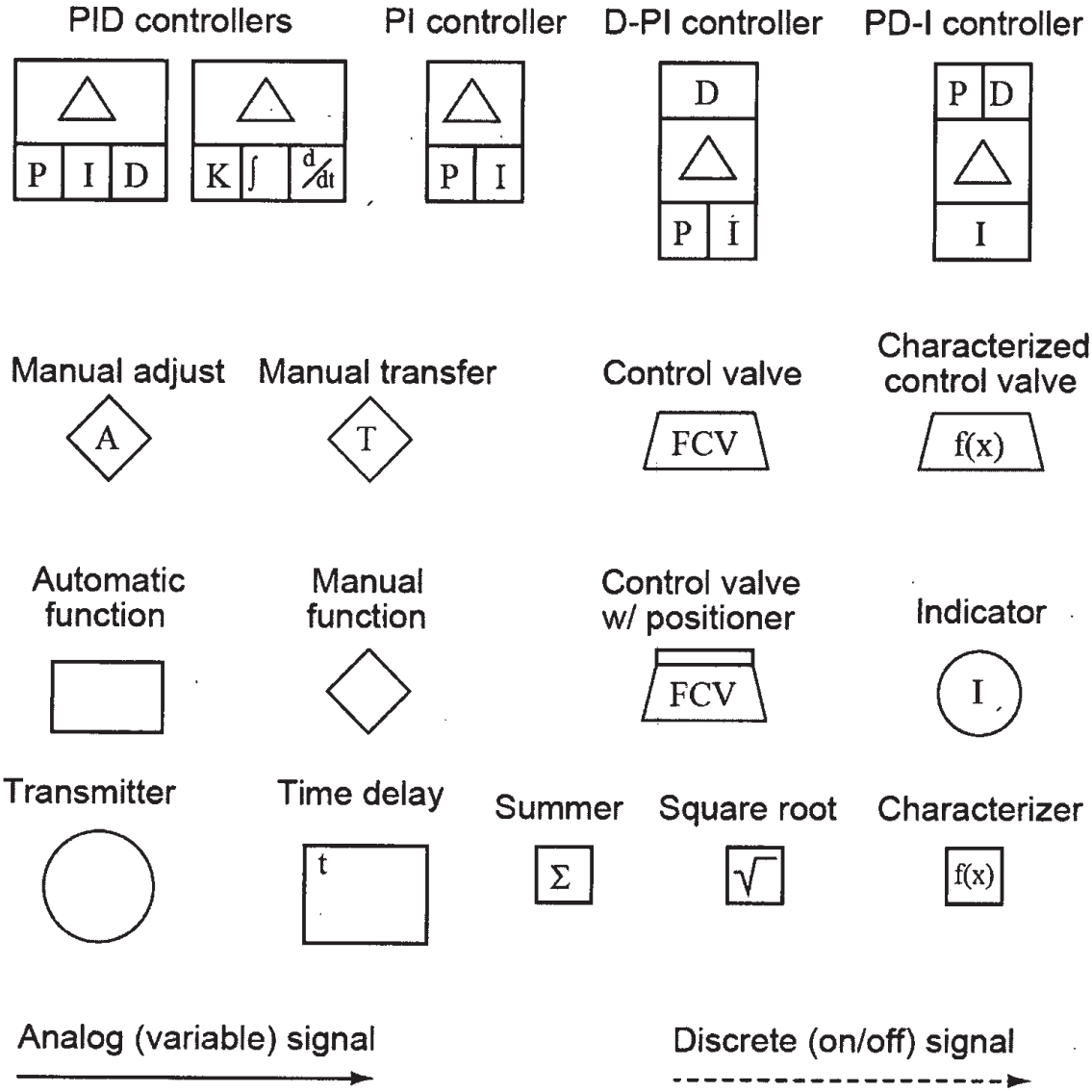
Conveyor belt

Shell-and-tube heat exchanger

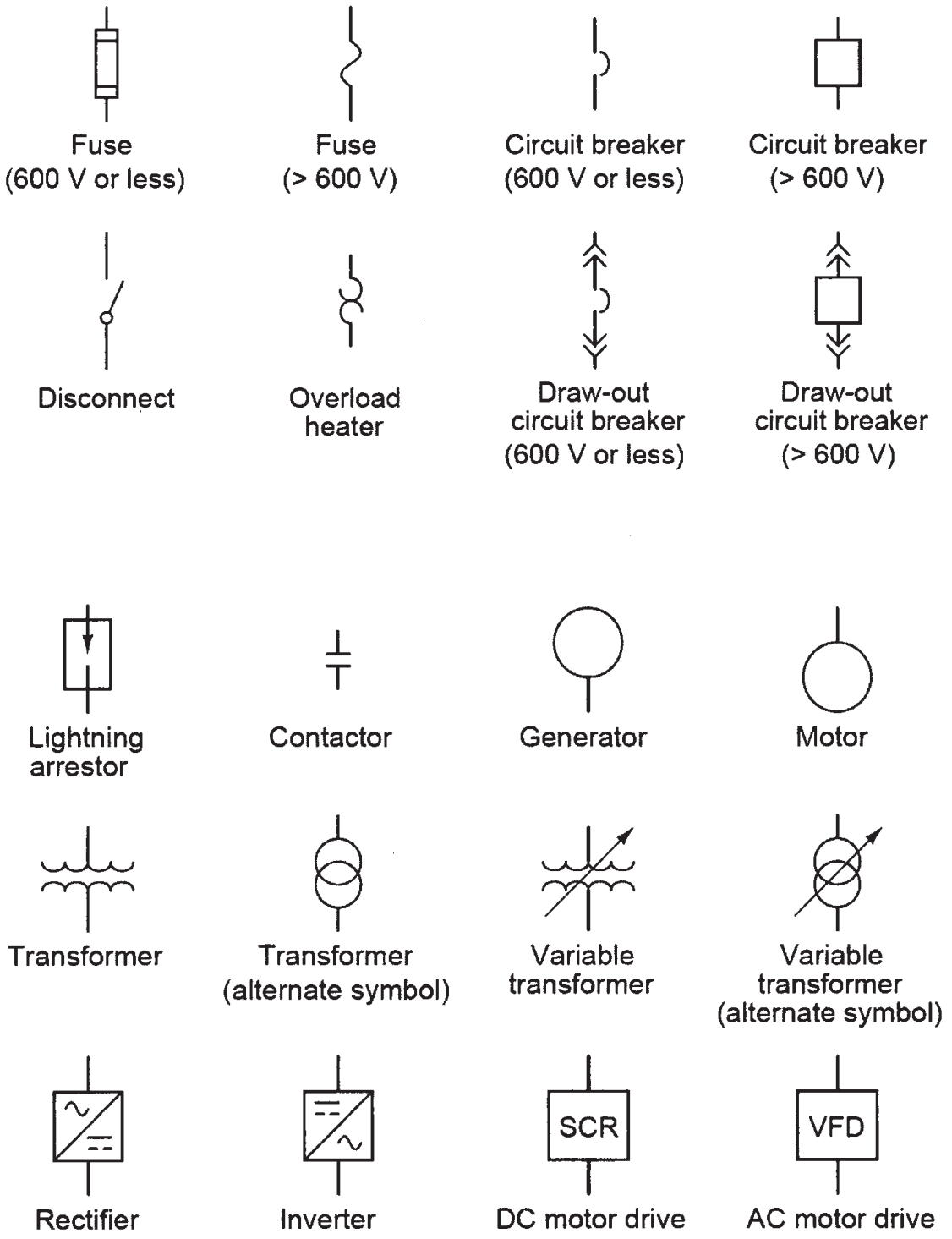
Jacketed vessel



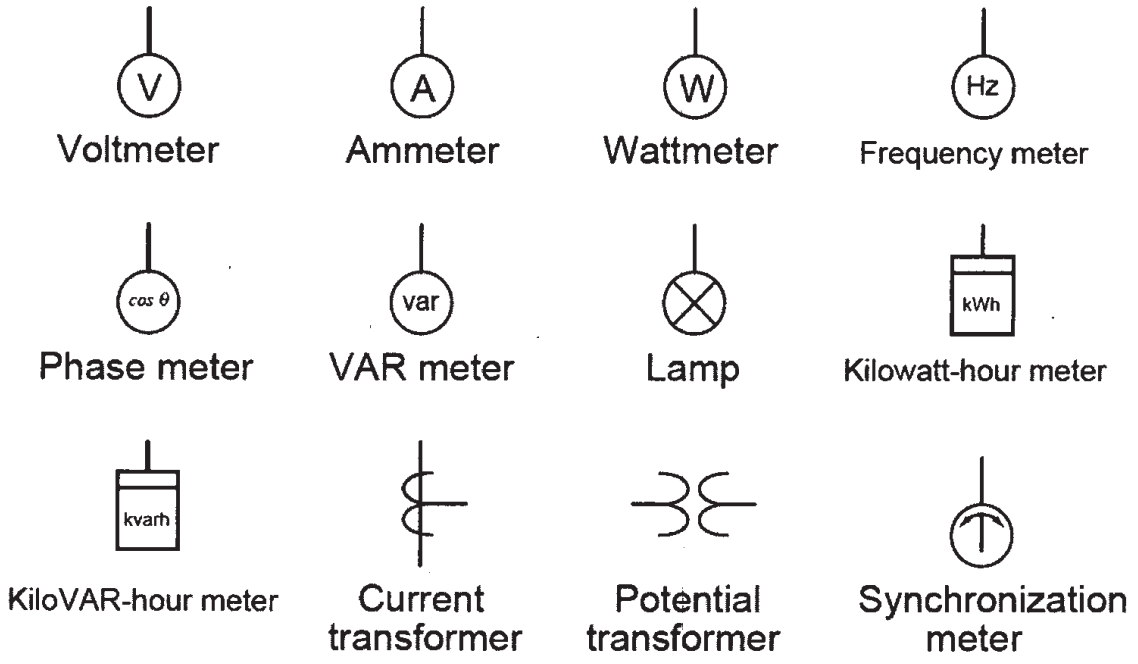
(۱۱-۱۱-۱۵) Functional diagram symbols



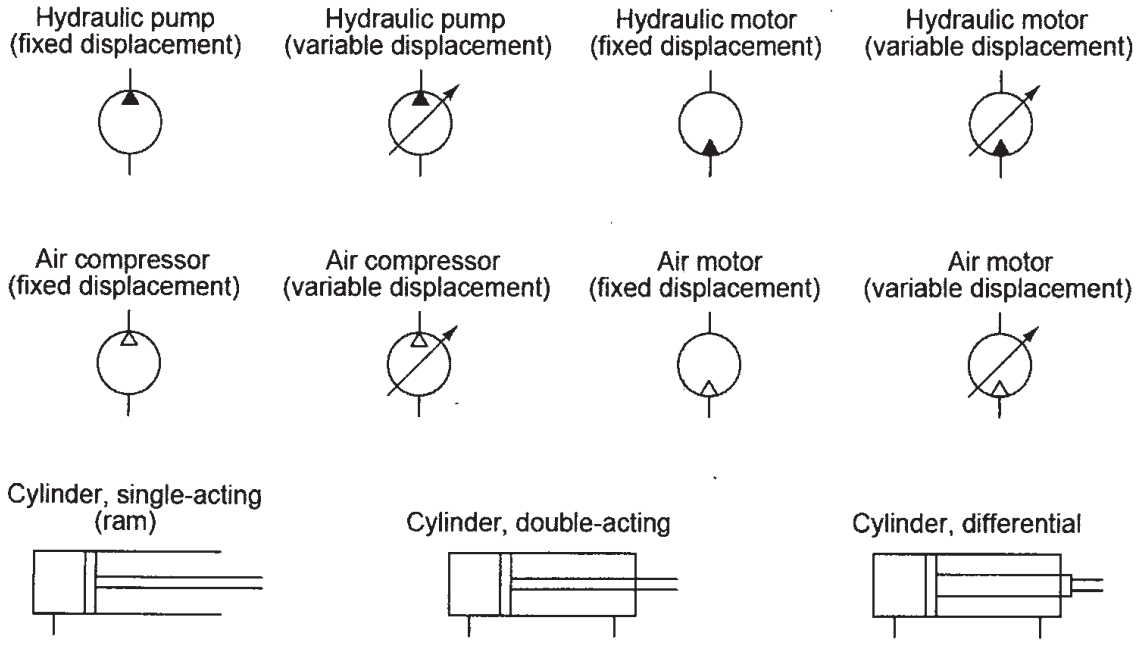
Single-line electrical diagram symbols (۱۲-۱۱-۱۵)

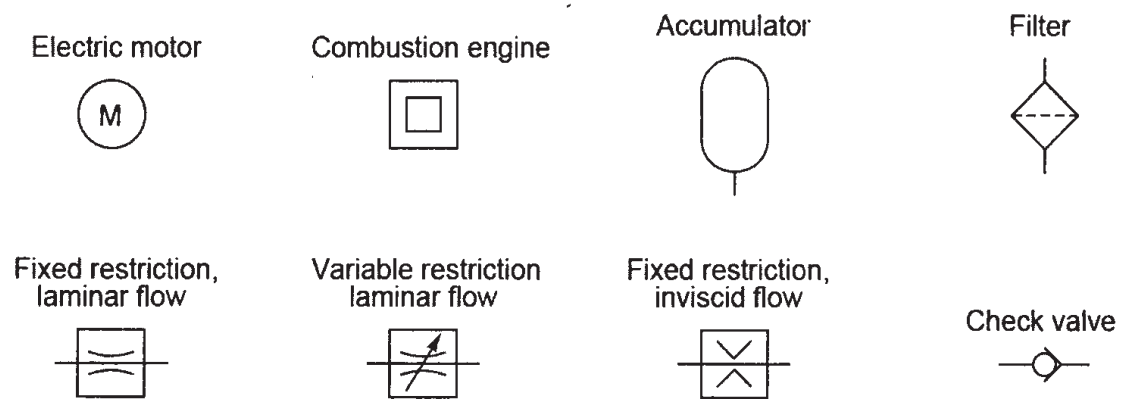


INSTRUMENT AND PROCESS EQUIPMENT SYMBOLS (۱۳-۱۱-۱۵)



Fluid power diagram symbols (۱۴-۱۱-۱۵)





NSTRUMENT AND PROCESS EQUIPMENT SYMBOLS (۱۵-۱۱-۱۵