درباره این سند

با نام و یاد خدای بزرگ و

و با درود به تمامی افراد فعال در حوزه اتوماسیون صنعتی

سند آموزشی حاضر فصل دوم از یک کتاب یا مجموعه آموزشی با عنوان «مستندات کنترل و ابزار دقیق» (I&C Documentation) می‌باشد. که از منابع و مدارک معتبر مانند استاندارد ANSI ISA 18.1 ترجمه و گردآوری شده است.

اگر یک پروژه فرایندی را به‌صورت یک پروژه EPC فرض کنیم، مستندات I&C مدارکی هستند که در فاز طراحی و مهندسی یک پروژه فرآیندی تولید می‌شوند. هدف از مدارک طراحی ابزار دقیق و کنترل (I&C)، پوشش و استخراج الزامات فنی خاص پروژه فرایندی است که هنگام تهیه و تامین تجهیزات و مواد فنی پروژه و یا در فاز ساخت به‌صورت دقیق باید دنبال شود.

ازآنجا که این سند سال‌ها پیش در ابتدای شروع به‌کار این بنده حقیر در حوزه اتوماسیون صنعتی با هدف نشر یک کتاب تهیه شده است، قطعاً دارای کاستی‌های زیادی است. ولی امید است که در ارتقاء دانش و توان عملیاتی افراد تازه وارد در حوزه اتوماسیون صنایع فرآیندی مفید بوده باشد.

این سند و اسناد آموزشی مرتبط با این سند به‌صورت رایگان در اختیار خوانندگان قرار می‌گیرد. لذا ازآنجا که هیچ‌گونه حق تالیف و نشر برای این مجموعه آموزشی پیش بینی نشده است لذا نشر، تکثیر و هرگونه استفاده علمی از این مجموعه آموزشی با حفظ امانت مطالب آن، آزاد می‌باشد. در صورت داشتن هرگونه پیشنهاد و انتقاد می‌توانید از طریق آدرس پست الکترونیک با اینجانب ارتباط برقرار نمایید.

info@adli-control.com
s.akbari@znu.ac.ir

با تشکر : صادق اکبری

درباره ما

آدلی کنترل

مرکز تخصصی دوره‌های آموزش اتوماسیون صنعتی

شرکت فنی و مهندسی آدلی کنترل باور، با داشتن تخصص و تجربه کافی در بخش‌های مختلف صنایع نفت و گاز و کارخانه آماده ارائه خدمات مهندسی درزمینه تأمین تجهیزات برق، کنترل و ابزار دقیق، طراحی و پیاده سازی سیستم‌های کنترل، ارتقاء و به‌روزآوری، تعمیر و نگهداری و مشاوره در حوزه اتوماسیون صنعتی می‌باشد. همچنین دپارتمان آموزشی این شرکت به‌صورت کاملاً حرفه‌ای و مطابق با استانداردهای آموزشی شرکت‌های بزرگ جهانی همچون زیمنس دوره‌های آموزشی مختلفی را در خصوص انواع سیستم‌های اتوماسیون صنعتی برگزار می‌کند..

تهران – محله شهرک راه آهن ، خیابان سایه یکم ، خیابان ۱۶ متری گلستان ، پلاک ۸٤ ، طبقه همکف. کد پستی

www.adli-control.com

Actrain.adli-control.com

Info@adli-Control.com

+98-921-2182734
+98-021-44731981
+98-021-44745368

+98-921-2182734

AdliControl

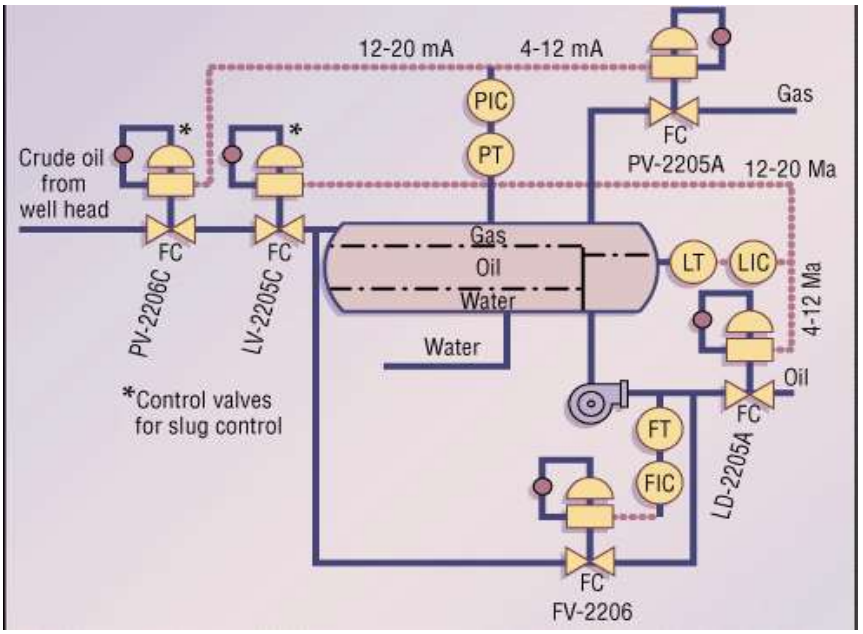
فصل دوم

نقشه P&ID و علائم ترسیمی

Piping & Instrumentation Diagrams

انتظار می‌رود که خواننده با مطالعه‌ی این فصل قابلیت‌های زیر را بدست آورد:

- تعریف و تشریح کاربرد نقشه‌های *P&ID* و اطلاعات محتوی آن
- شناخت علائم ترسیمی دستگاه‌های کنترل و ابزار دقیق در نقشه‌های *P&ID*.
- ترسیم یک نقشه *P&ID*
- آشنایی با حلقه‌های کنترل و ابزار دقیق
- آشنایی با شناسه دستگاه‌های کنترل، ابزار دقیق و خطوط سیگنال



فـصـل دوم

چکیده

معمولاً در روند طراحی و تولید مستندات سیستم‌های کنترل و ابـزار دقیـق، اطلاعـات عمـومی موردنیـاز تمامی گروه‌های طراحی، در یک سری مدارک عمومی تهیه می‌شود که هم ساده بوده و هم برای همه گروه‌های تخصصی براحتی قابل استفاده باشد. اطلاعات تخصصی‌تر نیز در مدارک مهندسی تخصصی هـر گـروه تهیـه و تولید می‌گردد. یکی از اسناد عمومی که توسط گروه فرآیند و با مشـاوره گـروه‌هـای دیگـر ماننـد *I&C* تولیـد می‌گردد. مدرک *P&ID* می‌باشد. این مدرک که معمـولا در لیسـت مـدارک مهندسـی فرآینـد آورده مـی‌شـود، اصلی‌ترین مدرک و پراطلاعات ترین مدرک در جهت تهیه مدارک مهندسی ابزار دقیق و کنترل بشمار مـی‌رود. لذا تا زمانی که این مدرک توسط تیم فرآیند تهیه نگردد گروه کنترل و ابزار دقیق قادر به تهیه و تولیـد مـدارک تخصصی خود نخواهد بود.

کلمه *P&ID* سرنام عبارت *Piping and Instrumentation Diagram* می‌باشد. این سند نمـوداری اسـت که ارتباط بین تجهیزات فرآیندی و دستگاه‌های کنترل و ابزار دقیق مورداسـتفاده بـرای کنتـرل فرآینـد را نشـان می‌دهد. این نمودار که بر اساس نمودار جریان فرآیند (*PFD*) تهیه می‌گردد نشانه‌ها یا علائم گرافیکی تجهیزات و لوله‌کشی فرآیند را به همراه نشانه‌های گرافیکی دستگاه‌های اندازه‌گیری فرآیند و عملکردهای کنترلی را نشان می‌دهد. علائم گرافیکی که برای نشان دادن تجهیزات و وسـایل کنترلـی اسـتفاده مـی‌شـود، اغلـب بـر اسـاس استاندارد *ISA* طراحی می‌شوند. درواقع می‌توان گفت که *P&ID* شکل کامل شده *PFD* می‌باشد. بـه‌طـوری‌کـه پس از تهیه و تائید *PFD* تهیه می‌گردد.

مرور کلی

سرنام (*Acronym*) *"P&ID"* نامی برای یک سند مهم می‌باشد که برای تعریف فرآیند، تجهیزات فرآیند، لوله‌کشی و تمامی المان‌های کنترل و مانیتورینگ بکار می‌رود و در صنایع فرآیندی بسیار شناخته‌شده می‌باشد. نسخه‌ی ٤ «واژه‌نامه سیستم‌های اتوماسیون ابزار دقیق و کنترل» تعریف جامعی از وظایف نقشه‌های *P&ID* ارائه کرده است.

مدارک *P&ID* که اتصالات بین تجهیزات فرآیندی و ابزار دقیق مورداستفاده برای کنترل فرآیند را به نمایش می‌گذارد. پس از تهیه و تائید نقشه‌های *PFD* تهیه می‌گردند. به‌طوری‌که با تائید و صدور نهایی *P&ID* کارشناسان لوله‌کشی، مدارک تفصیلی لوله‌کشی نظیر نقشه ایزومتریک و غیره را تهیه و کارشناسان ابزار دقیق نیز با استفاده از این نمودار نسبت به طراحی مدارک تفصیلی ابزار دقیق نظیر نمودارهای منطقی، نمودارهای حلقه و غیره اقدام می‌نمایند. درواقع می‌توان گفت که *P&ID* یک مدرک کلیدی در تهیه بسیاری دیگر از مدارک موردنیاز در طراحی فرآیند می‌باشد و به‌عنوان یک مایلستون مهم در طراحی بسیاری از پروژه‌ها مطرح می‌باشد. به‌طوری‌که پس از تهیه *P&ID* می‌توان تقریب نسبتاً خوبی از مشخصات و میزان تجهیزات موردنیاز برای خرید نیز فراهم کرد.

در این نقشه‌ها برای به تصویر کشیدن تجهیزات مکانیکی، لوله‌کشی، قطعات لوله‌کشی، شیرهای صنعتی، راه‌اندازها و سیستم‌های کنترل و ابزار دقیق، مجموعه‌ای از علائم ترسیمی بکار گرفته می‌شود. این علائم ترسیمی به نحوی بر روی نقشه ترسیم می‌شوند که به‌طور واضح فرآیند را تعریف می‌کند. علائم ترسیمی سیستم‌های کنترل و ابزار دقیق (*I&C*) که در *P&ID* بکار گرفته می‌شود، عموماً مبتنی بر علائم موجود در مستند استاندارد *ISA-5.1-1984(R1992)* با عنوان «تعاریف و علائم ترسیمی ابزار دقیق» می‌باشند.

در یک نقشه *P&ID* باید حداقل اطلاعات زیر نشان داده شود:

- نمایش کلیه وسایل کنترل و ابزار دقیق و مشخصات آن‌ها
- تجهیزات مکانیکی به همراه نام و شماره آن
- انواع شیرهای صنعتی و مشخصات آن‌ها

* کلیه اطلاعات مربوط به خطوط لوله بین تجهیزات شامل شماره خطوط، اندازه، تغییر مشخصه‌ها، طبقه‌بندی خطوط و جهت جریان.
* کلیه فلج‌ها، تجهیزات ایمنی، دریچه‌های تخلیه(*Vent and Drain*)، فیتینگ‌ها، تبدیل‌ها مانند کاهنده
* خطوط شروع و تخلیه موقت
* ورودی‌ها و خروجی‌های کنترلی و اینترلاک‌ها
* ورودی‌های سیستم کنترل کامپیوتری
* کلیه وسایل کنترلی شامل حلقه‌ها، ارتباطات نرم‌افزاری و هشدارها و سیستم منطقی

موارد زیر نباید در *P&ID* نشان داده شوند:

* شیرهای نصب‌شده در ورودی ترنسمیترها یا دستگاه‌های اندازه‌گیری
* رله‌های کنترلی
* کلیدهای دستی
* ظرفیت یا نرخ عملکرد تجهیزات
* لوله‌گذاری و شیرهای اولیه تجهیزات
* داده‌های مربوط به فرآیند مانند میزان جریان، دما یا فشار
* زانویی‌ها، سه‌راهی‌ها و فیتینگ‌های استاندارد مشابه
* یادداشت‌های تفصیلی

این فصل از کتاب در حل مشکلات ناشی از اطلاعات سردرگم کننده‌ی موجود در خصوص*P&ID* که مدت‌هاست در این زمینه مطرح می‌باشد، کمک خواهد کرد. وجود این امر که سردرگمی زیادی در خصوص *P&ID* وجود دارد قابل‌فهم است. زیرا واقعاً هیچ استاندارد دانشگاهی دراین‌ارتباط وجود ندارد که مشخص کند چه اطلاعاتی بایستی در *P&ID* آورده شود و یا حتی معنی علائم و حروف بکار رفته در*P&ID* به چه معنی می‌باشد. احتمالاً یک فرد باتجربه دقیقاً بداند که حرف *"P"* و *"D"* به چه معنی می‌باشد و یا محتوای *P&ID* چیست ولی یک فرد دیگری که در یک سایت فرآیندی کار می‌کند ممکن است با این برداشت موافق نباشد. به‌عنوان‌مثال ممکن است حرف *"P"*در *P&ID* به *Piping* یا *Process* اشاره نماید. حرف *"I"* اشاره دارد بر

Instrumentattion ، حرف *D* نیز ممکن است برای *Drawing* یا *Diagram* بکار رود. حتی ممکن است نقشه‌های *P&ID* نقشه‌های «دیاگرام جریان» (*Flow Diagram*) نیز نامیده شوند. که نباید با «دیاگرام جریان فرآیند» که در فصل قبل تشریح شد. اشتباه گرفته شود.

هیچ استاندارد ملی، دانشگاهی، بین‌المللی و بین‌رشته‌ای وجود ندارد که توسعه و تولید محتوای *P&ID* را پوشش دهد[]. به‌هرحال بیشتر اطلاعات مورداستفاده در یک *P&ID* توسط *ISA-5.1* پوشش داده‌شده است، که یک سند عالی و قابل‌انعطاف بوده و در اصل علائم ترسیمی ابزار دقیق را تعریف می‌کند. کتاب حاضر از سند *ISA-5.1* به‌عنوان یک مرجع معتبر و کامل استفاده می‌کند.

نقشه‌های *P&ID* بعد از بررسی دقیق و موشکافانه‌ی کنترل کیفیت، در اختیار اعضای تیم پروژه و کارکنان کارفرما قرار می‌گیرد.که ممکن است چندین بار در طول اجرای پروژه منتشر شوند. این نقشه‌ها و ترسیمات از اهمیت بالایی برخوردار هستند. به‌طوری‌که زمان‌بندی‌های کلیدی (*Key milestones*) در پروژه مبتنی بر انتشار نسخه‌های مختلف *P&ID* می‌باشد. بعضی از عناوین نسخه‌هایی از *P&ID* که به‌منظورهای مختلفی ارسال می‌شود عبارتنداز:

A – Issue for scope definition
B – Issue for Client Approval
C – Issue for bid, bidding of major equipment
D – Issue for detailed design
E – Issue for construction (or 1, or 2, or 3, etc.)

قبل از این‌که نگاهی عمیق‌تر به نقشه‌ی *P&ID* بیندازیم نیاز هست یک سری عبارات با تمرکز بر روی کنترل و ابزار دقیق تعریف شود. شکل۲-۱ تعاریف ساده‌ای از مفاهیم کنترل فرآیند را نشان می‌دهد. یک دستگاه ابزار دقیق وسیله‌ای برای اندازه‌گیری، نمایش یا کنترل یک فرآیند می‌باشد که هر دو نوع وسایل ساده و پیچیده را شامل می‌شود. به‌عنوان‌مثال گیج یا نشانگرهای محلی فشار و دماسنج‌های عقربه دار جزء دستگاه‌های ساده

شکل ۲-۱: تعاریف کنترل فرآیند و ابزار دقیق

- **دستگاه ابزاردقق**
  - وسیله‌ای برای اندازه‌گیری، نمایش یا کنترل یک متغیر فرآیند
- **کنترل فرآیند**
  - تمام حلقه‌های کنترل فرآیند شامل سه مؤلفه زیر می‌باشد.
    - اندازه‌گیری (*Sensing*)

- مقایسه
- تصحیح

می‌باشند. از دستگاه‌های پیچیده نیز می‌توان به ترنسمیترهای (*Transmitter*) فشار و یا آنالایزرهای فرآیند نظیر کروماتوگراف گاز اشاره کرد، که نوع و کمیت گاز را در یک فرآیند بخار تشخیص و به سیستم کنترل مرکزی ارسال می‌کنند.

مفهوم عبارت «کنترل فرآیند» از تعاریف موجود برای این دو کلمه در هر واژه‌نامه‌ای، قابل‌فهم می‌باشد. در یک تعریف ساده، فرآیند عبارت است ازآنجام یک سری مراحل ترتیبی و کنترل به معنی اصول حاکم بر اجرای مراحل می‌باشد. بنابراین کنترل فرآیند به‌منزله‌ی کنترل یک سری مراحل متوالی می‌باشد.

به‌طورکلی تمام فرآیندهای کنترلی حاوی سه بلوک تابع یعنی بلوک‌های اندازه‌گیری، مقایسه و تصحیح می‌باشند.

اندازه‌گیری(*Sensing*)

یک تعریف از سنجش فرآیند عبارت است از تعیین یا اندازه‌گیری یک متغیر فرآیند و تبدیل آن به یک شکل قابل‌فهم.(شکل ۲-۲).

جریان یک مایع در یک لوله یا هوا در یک داکت، سطح مایع در یک تانک، فشار گاز در یک مخزن، دمای سیال موجود در داخل یک برج تقطیر، همه از نوع متغیرهای فرآیندی می‌باشند. که به‌طورمعمول در کنترل یک فرآیند، متغیرهای مذکور به‌صورت پیوسته اندازه‌گیری می‌شوند. یک ترنسمیتر با یک مکانیم اندازه‌گیری، اطلاعات اندازه‌گیری شده را به یک مکان مرکزی- جایی که عمل مقایسه صورت می‌گیرد- ارسال می‌کند. این

شکل ۲-۲ : تعاریف اندازه‌گیری و مقایسه

- **حسگر و اندازه‌گیری**

جهت تعیین یا اندازه‌گیری یک متغیر فرآیندی و تبدیل آن به شکل‌های قابل‌فهم

- **مقایسه**

مقایسه‌ی مقدار متغیر فرآیند (*PV*) (*Process value*) با مقدار مطلوب (*SP*) (*Set Point*) و تولید یک سیگنال برای یکسان نمودن این دو متغیر. این سیگنال بستگی دارد به این‌که:

- مقادیر *SP* و *PV* چقدر از هم دور هستند.
- چه مدت نسبت به هم دور یا متفاوت از هم بودند.
- با چه سرعتی نسبت به هم نزدیک یا از هم دور می‌شوند.

مکان مرکزی معمولاً یک اتاق کنترل می‌باشد که در آن اپراتورهای عملیاتی کل عملیات فرآیند را تحت نظر دارند.

مقایسه(

شکل۲-۲ حاوی یکسری تعاریف تفضیلی از توابع مقایسه می‌باشد. در این مقایسه مقدار متغیر فرآیندی که توسط حسگر ترنسمیتر اندازه‌گیری شده است، با مقدار مطلوب مقایسه و سیگنال مناسبی درنتیجه‌ی عمل مقایسه تولید می‌شود. تا دو مقدار قرائت‌شده و مقدار مطلوب را به هم نزدیک نگه دارد. این عمل کنترل خودکار، پیوسته نام دارد. انجام مقایسه می‌تواند توسط یک کنترل‌کننده‌ی نیوماتیکی یا الکترونیکی و یا از طریق یک سیستم کنترل اشتراکی نظیر سیستم‌های کنترل توزیع‌شده یا *DCS* (*Distributed Control System*)، کنترل‌کننده‌ی قابل‌برنامه‌ریزی (*PLC*)، یک تراشه‌ی کامپیوتری یا پردازنده‌ی جایگذاری شده در یک دستگاه ابزار دقیق و یا حتی یک کامپیوتر رومیزی صورت گیرد. این سیستم‌ها یا دستگاه‌ها که ازنظر کلی، یک کنترل‌کننده محسوب می‌گردند، ممکن است به سه مشخصه از متغیر فرآیندی توجه داشته باشند.

P-Proportional or Gain

تعریف می‌کند که مقدار متغیر فرآیندی به چه نسبت یا چه مقدار از مقدار مطلوب دور می‌باشد.

I-Integral or reset

تعریف می‌کند که چه مدت، مقدار متغیر فرآیندی متفاوت از مقدار مطلوب بوده است.

D-Derivative or rate

تعیین می‌کند که مقدار متغیر فرآیندی با چه سرعتی در حال تغییر می‌باشد.

به مجموع این سه مشخصه که در یک کنترل‌کننده جمع می‌شود یک کنترل‌کننده *PID* گفته می‌شود. که همنام شدن این سرنام با سرنام *P&ID* کاملاً اتفاقی می‌باشد.

تصحیح

کنترل‌کننده پس ازآنجام مقایسه، برای نزدیک کردن مقادیر متغیر فرآیند و مطلوب به یکدیگر، سیگنالی تولید می‌کند. این سیگنال به یک دستگاه قرارگرفته در فیلد که در اغلب مواقع یک شیر کنترل یا یک پمپ با سرعت متغیر می‌باشد، جهت ایجاد تغییر در متغیر فرآیندی ارسال می‌شود.

شکل ۲-۳ : تعریف عمل تصحیح

- **تصحیح**

نزدیک‌تر کردن مقدار متغیر فرآیند به مقدار مطلوب. این کار از طریق یک المان کنترل نهایی که اغلب مواقع یک شیر کنترل می‌باشد، صورت می‌گیرد.

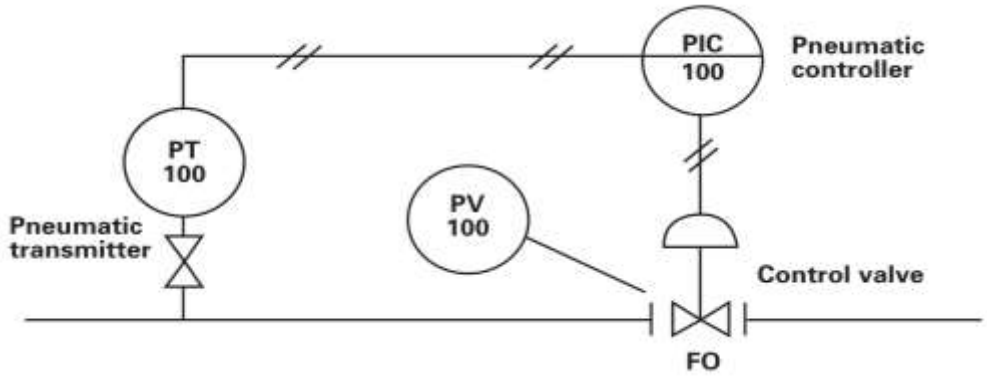
- **شیرهای کنترل (معمولاً ولی نه همیشه) :**
  - دارای سیستم محرک نیوماتیکی بوده و اغلب از طریق سیگنال نیوماتیکی با فشار *psig*۱۵-۳ کنترل می‌شوند.
  - اگر سیگنال کنترل‌کننده، الکترونیکی یا دیجیتال باشد. قبل از محرک از یک مبدل (*Transducer*) استفاده می‌شود.
  - به‌طور مستقیم می‌تواند توسط یک کنترل‌کننده نیوماتیکی کنترل گردد.

حلقه‌ی کنترل

در کنترل خودکار، سه مؤلفه کنترل، یعنی ترنسمیتر که مقدار متغیر فرآیندی را اندازه‌گیری می‌کند، کنترل‌کننده که عمل مقایسه را بین دو مقدار *PV* و *SP* انجام می‌دهد و شیر کنترل که عمل تصحیح را انجام می‌دهد. به فرم یک حلقه‌ی کنترل به هم متصل می‌شوند. ارتباطات بین این مؤلفه‌ها ممکن است به‌صورت نیوماتیکی، الکترونیکی، دیجیتالی و یا یک ترکیبی از هر سه باشد. مؤلفه‌ی نیوماتیکی به‌طورمعمول سیگنال هوای ابزار دقیق با فشار *psig* ۱۵-۳ می‌باشد. اگر اتصال بین دستگاه‌ها به‌صورت الکترونیکی باشد، هرچند که می‌توان از دیگر سطوح سیگنال استفاده کرد به‌طورمعمول از یک سیگنال *mA*۲۰-٤ استفاده می‌شود. سطح سیگنال (بین ٤ و ۲۰ میلی‌آمپر) تابعی از سیستم کنترل انتخاب‌شده می‌باشد.

شکل ۲-٤ : تعریف حلقه کنترل

یک حلقه کنترل ترکیبی از دستگاه‌های کنترل و ابزار دقیق می‌باشد که متغیرهای فرآیندی را اندازه‌گیری و یا آن‌ها را کنترل می‌کند.



یک حلقه‌ی نیوماتیکی - کنترل‌کننده‌ی فشار

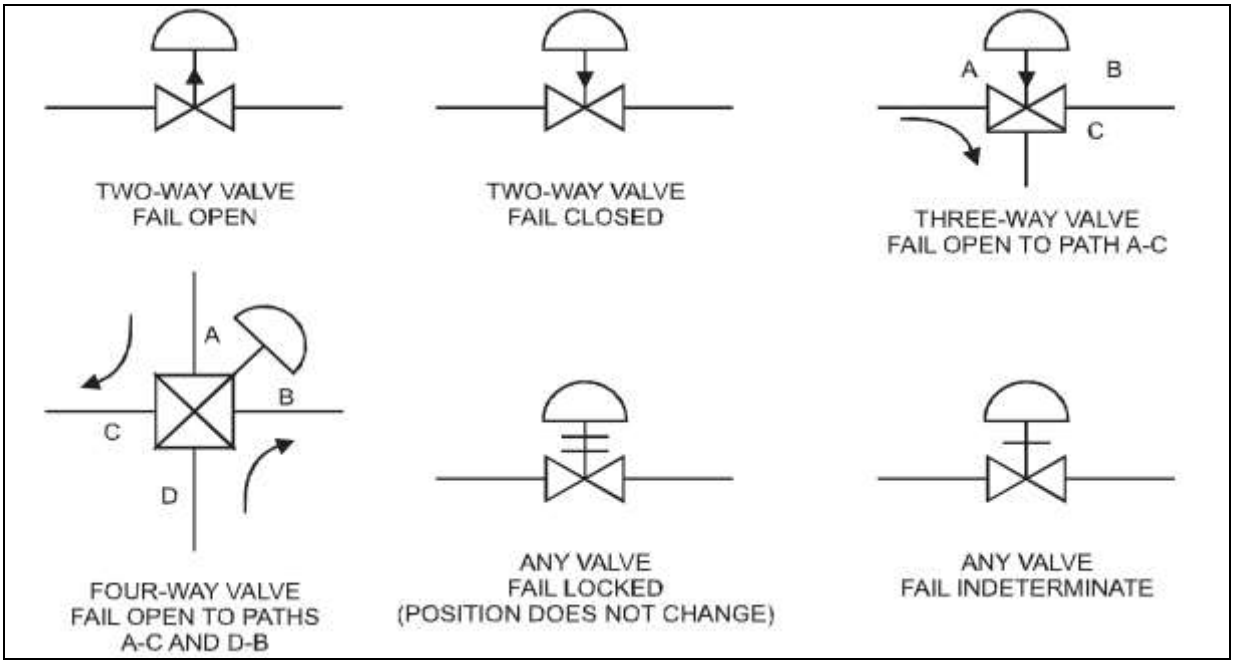
شکل۲-٤ یک حلقه‌ی کنترل نیوماتیکی را که فشار یک خط را کنترل می‌کند، نشان می‌دهد. شماره حلقه‌ی انتخاب‌شده، ۱۰۰ می‌باشد. بنابراین تمام وسایل موجود در حلقه دارای شماره شناسه (*Tag Number*) ۱۰۰ خواهد بود. خطوطی که علامت // بر روی آن‌ها کشیده شده است نشان می‌دهد که اطلاعات از ترنسمیتر *PT-100* به‌صورت نیوماتیکی به کنترل‌کننده و نمایشگر *PIC-100* ارسال و از *PIC-100* نیز به شیر کنترل *PV-100* با یک سیگنال نیوماتیکی متغیر از ۳ تا *psig* ۱۵ ارسال می‌گردد. شیر کنترل دارای شناسه *FO* (*Fail Open*) می‌باشد. این شناسه به این معنی است که اگر نیروی محرکه متصل به شیر کنترل که در این مورد فشار باد می‌باشد قطع شود، شیر کنترلی به حالت کاملاً بازخواهد رفت.

علائم و نشانه‌های گرافیکی تجهیزات و دستگاه

شیرهای کنترل

شیرهای کنترل ممکن است در مواقع بروز خطا یا اشکال، در موقعیت‌های مختلفی قرار گیرند: باز، بسته، قفل‌شده و یا نامعین(*Indeterminate*). موقعیت قرارگیری یک شیر در مواقع مواجهه با خطا، می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر روی تجهیزات مرتبط بگذارد. که ازاین‌جهت به‌عنوان یک ویژگی ایمنی موردتوجه کارکنان طراحی می‌باشد. تعیین عملکرد شیرهای کنترل در مواقع بروز خطا، اغلب در جلسات بازبینی و طراحی *P&ID* موردبحث و بررسی قرار می‌گیرد و لذا تصمیم‌گیری و موافقت در این خصوص در زمان طراحی *P&ID* ضروری می‌باشد.

شکل ۲-۵ : نحوه عمل عملگر شیر **و قطع نیروی محرکه**(*Actuator Action and Power failure*)

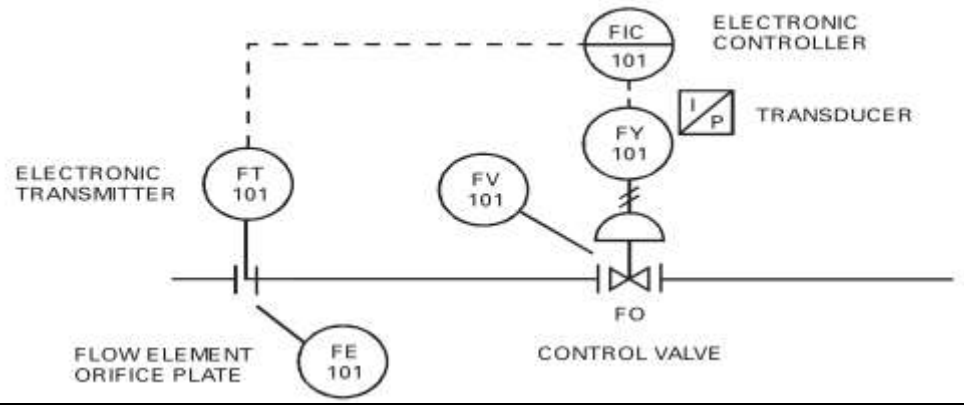


در عمل باز یا بسته کردن یک شیر کنترل، عبارت «انرژی(*Power*)» به نیرویی اشاره دارد که عملگر شیر و درنتیجه محور شیر را حرکت می‌دهد. که در اکثر مواقع نیروی بسیار معمول، هوای ابزار دقیق می‌باشند.

موقعیت‌های شیر در مواقع بروز خطا، با استفاده از شناسه‌های حرفی در پایین علامت ترسیمی شیر قید می‌شود. به‌عنوان‌مثال *FO* برای *Fail open* ، *FC* برای *Fail close*، *FL* برای *Fail Lost* یا *Fail locked* و *FI* برای *Fail Indeterminate*. شکل ۲-۵، روش‌های دیگری را برای نمایش وضعیت شیرها در مواقع بروز خطا نشان می‌دهد. با نگاه به این علائم ترسیمی و جهت پیکان بردار بر روی آن‌ها، مشخص است که در پیکان رو به بالا شیر از نوع *Fail Open* و پیکان رو به پایین، یک شیر کنترل از نوع *Fail Close* را به تصویر می‌کشد. همچنین یک خط متقاطع (*Crossing Lines*) برای حالت *Indeterminate*، و شکل دو خط (*Two Crossing Lines*) برای بیان موقعیت‌های *Fail locked* یا *Last Position* می‌باشد.

دانستن این نکته اهمیت دارد که موقعیت شیر در مواقع بروز خطا بر از دست دادن نیروی محرکه (*Motive Force*) اولیه در شیر اشاره دارد. قطع سیگنال الکترونیکی از مبدل شیر یا سیگنال الکترونیوماتیکی از پوزیشنر ممکن است عکس‌العمل متفاوتی نسبت به حالات موقعیت *Fail* شیر کنترل سبب شود. یک شیر با محرک بدون فنر، به‌محض از دست دادن هوای ابزار دقیق به وضعیت *Indeterminate* خواهد رفت. ولی اگر پوزیشنر وجود داشته باشد. به‌محض قطع سیگنال الکترونیکی، محور شیر در یک‌جهت تصادفی حرکت خواهد کرد.

شکل ۲-٦ : یک حلقه کنترل الکترونیکی



شکل ۲-٦، حلقه الکترونیکی را نشان می‌دهد که میزان فلو در یک خط لوله را کنترل می‌کند. شماره این حلقه ۱۰۱ نام‌گذاری شده است. خط نقطه‌چین، نشان می‌دهد که اطلاعات به‌صورت الکترونیکی از ترنسمیتر فلو، *FT101*، به کنترل‌کننده و نمایش‌دهنده *FIC-101* و ازآنجا به مؤلفه *I/P* (مبدل جریان به فشار نیوماتیک) (*FY101*) ارسال می‌گردد. ترنسیمتر *FT-101*، فشار تفاضلی خط را که متناسب با نرخ فلوی عبوری می‌باشد، از طریق المان *FE-101* اندازه‌گیری (یک المان فلو یا صفحه اوریفیس) و سپس یک سیگنال ۲۰*mA*-٤ (جریان مستقیم) را مطابق با فشار تفاضلی اندازه‌گیری شده ارسال

نمایش یا عدم نمایش؟

یکی از چالش‌هایی که ممکن است در بخش *P&ID* با آن روبرو شوید، به تصویر کشیدن سیستم‌های یک شرکت ثالث بر روی نقشه‌های *P&ID* می‌باشد. اگر قرار است حجم عظیمی از تجهیزات توسط شرکت ثالث بکار گرفته شود، چه مقدار از آن تجهیزات بایستی بر روی نقشه‌های ترسیمی شما نشان داده شود؟ اگر شرکت ثالث تهیه‌کننده سیستم، خود دارای نقشه‌های *P&ID* باشد، آیا نقشه‌های *P&ID* آن‌ها را به نقشه خود کپی می‌کنید یا تنها آن‌ها را در مجموعه نقشه‌های فراهم‌شده قید می‌کنید؟ طبق معمول، جواب درستی واقعاً وجود ندارد، هر پلنتی به روش متفاوتی مدیریت می‌کند، هر پروژه حوزه کاری متفاوتی داشته و هر سرمایه‌گذار شرایط و نیازهای متفاوتی در *P&ID* دارد.

ترسیم دوباره‌ی نقشه‌ها در درون نقشه‌های خود ارزان نیست و همچنین داشتن دو نقشه که یک چیز یکسانی را نشان می‌دهد ایده خوبی نمی‌باشد. (نقشه شما و نقشه شرکت ثالث تأمین‌کننده سیستم) یک رویکرد مقرون‌به‌صرفه و موفق این است که نقاط ارتباطی/ روابط بین فروشنده سیستم و سیستم کنترلی شما نمایش داده شود. تنها مؤلفه‌هایی که بر روی ایستگاه اپراتوری نمایش داده می‌شود نشان داده شود و سپس بر روی نقشه‌ها و ترسیمات به نقشه‌های *P&ID* و اسناد راهنمای عملیاتی شرکت ثالث ارجاع داده شود. (برای اطلاعات بیشتر)

می‌نماید. کنترل‌کننده *FIC-101*، که یک کنترل‌کننده و نمایش‌دهنده الکترونیکی فلو می‌باشد در پاسخ به مقدار اندازه‌گیری شده و پس از انجام مقایسه با مقدار مطلوب، یک سیگنال ۴-۲۰*mA* تولید و به مبدل *FY101* که سیگنال۴-۲۰*mA* را به یک سیگنال نیوماتیکی تبدیل می‌کند، ارسال می‌کند. این سیگنال موقعیت محرک شیر را تغییر می‌دهد. که آن نیز به‌نوبه خود موقعیت داخلی پلاگ یا محور شیر کنترل را حرکت داده و موجب تغییر میزان فلوی عبوری از شیر کنترل خواهد شد.

دستگاه‌های ساده ابزار دقیق مثل نمایشگرهای محلی، قرائت و نمایش مقدار متغیرهای فرآیندی را در فیلد فراهم می‌کنند. این دستگاه‌ها شامل گیج‌های فشار، دماسنج‌ها، گیج‌های سطح و روتامترها می‌باشند. دیگر دستگاه‌های ابزار دقیق که کمی پیچیده‌تر از نوع‌های ساده هستند، سیگنالی را به‌منظور نمایش و ثبت مقادیر متغیرهای فرآیند به یک سیستم کنترل راه دور واقع در یک اتاق مرکزی انتقال می‌دهند. هر دو این گروه از دستگاه‌های ابزار دقیق، بر روی نقشه‌های *P&ID* نمایش داده می‌شوند.

اعضای گروه طراحی کنترل و ابزار دقیق تمام حلقه‌های کنترل پیچیده و علائم مربوط به دستگاه‌های ابزار دقیق محلی را یکی‌یکی به نقشه *P&ID* اضافه می‌کنند تا این‌که کل مؤلفه‌های سیستم کنترل و ابزار دقیق در نقشه تعریف گردد. ازآنجایی‌که دستگاه‌های محلی اولین وسایلی هستند که ممکن است با افراد تأمین و نگهداری سایت در تماس باشد، قراردادن دستگاه‌های ابزار دقیق محلی در مکان صحیح نبایستی نادیده گرفته شود.

ISA-5.1

سند *ISA-5.1* استانداردی است که در اکثر مواقع در صنایع فرآیندی به‌عنوان یک سند پایه در به تصویر کشیدن سیستم‌های کنترل و ابزار دقیق بر روی نقشه‌های *P&ID* و دیگر مستندات بکار گرفته می‌شود. این استاندارد انعطاف‌پذیر بوده و حوزه‌ی کاربرد آن وسیع است. مطالب زیر نقل‌قولی است از پاراگراف ۴,۴,۱ سند *ISA-5.1* می‌باشد.

«مثال‌های آورده شده در این استاندارد، علائم ترسیمی را نشان می‌دهند که برای به تصویر کشیدن دستگاه‌های ابزار دقیق و کنترل در نقشه‌ها و دیاگرام‌ها منظور شده‌اند. به‌طوری‌که روش‌های تعریف علائم ترسیمی و شناسه‌ها برای دستگاه‌های مختلف فرآیند، تشریح و به تصویر کشیده شده است. مثال‌های موجود در

این استاندارد شناسه‌هایی را نشان می‌دهند که برای دستگاه‌های تصویر شده، یک علامت ترسیمی نوعی می‌باشند. علائم ترسیمی نشان می‌دهند که دستگاه‌های گوناگون به‌صورت نوعی در مثال‌ها بکار گرفته‌شده‌اند.»

استاندارد پایه در تعریف شناسه دستگاه‌های کنترل و ابزار دقیق، برای اکثر واحدهای صنعتی و تأسیساتی مبتنی بر *ISA-5.1* می‌باشد. و شامل اطلاعات مفصل و توصیفات خوب در خصوص تعریف بیشتر و اضافه‌تر شرایط دستگاه‌های محلی، برآورده کردن شرایط سیستم بخصوص و یا حتی حفظ قوانین مرسوم سایت می‌باشد.

بدون کنترل و استفاده‌ی دقیق از علائم ترسیمی، مستندات تولیدی به‌سرعت به یک وضعیت آشفتگی خواهند رفت، که در آن صورت فهم و استفاده از مدارک سخت می‌گردد. بااهمیت‌تر این‌که وقتی خواندن نقشه‌ها گیج‌کننده و کار کردن با آن‌ها بسیار سخت گردد، کسی از آن‌ها استفاده نخواهد کرد. بنابراین نقشه‌ها و مستندات تولیدی در خصوص آیتم‌های جدید اضافه‌شده و اطلاعات اضافه‌شده، بایستی به‌طور پیوسته به‌روزآوری شوند. زمانی که هرگونه مشکلی نظیر موارد گیج‌کننده، مبهم و سخت برای خواندن و غیرقابل‌دسترس در استفاده از نقشه‌ها وجود دارد پشتیبانی و نگهداری نخواهند گردید و لذا نقشه‌هایی که پشتیبانی و مراقبت نشوند به‌سرعت بی‌استفاده خواهند شد.

تعریف وسایل ابزار دقیق

همان‌طوری که در شکل‌های ۲-٤ و ۲-٦ دیده می‌شود ترکیبی از شناسه‌های حرفی، عددی و علائم ترسیمی برای تعریف وسایل ابزار دقیق در یک حلقه استفاده می‌شود. شناسه‌های حرفی تعریف‌شده در سند *ISA-5.1* ، در شکل ۲-۷ به‌صورت یک جدول آورده شده است.

شکل ۲-۷ شامل جدولی با ۲٦ سطر و ۵ ستون می‌باشد. اولین ستون این جدول به‌صورت ترتیب الفبایی ۲٦ متغیر فرآیندی و یا متغیرهای اندازه‌گیری را به‌صورت که *ISA-5.1* بیان می‌دارد، فهرست نموده است. بنابراین اولین حرف شناسه دستگاه‌ها، نشان‌دهنده‌ی متغیر فرآیندی می‌باشد که اندازه‌گیری می‌شود. معمول‌ترین متغیرها در پلنت‌های فرآیندی موارد زیر می‌باشند.

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

چندین کاراکتر حرفی مانند *C*، *D*، *G*، *M*، *N*، *O* وجود دارد که می‌تواند توسط کاربر برای تعریف دیگر متغیرها استفاده شود. که البته کاربر بایستی تعاریف منظور شده را به‌صورت واضح بر روی برگه‌ی شرح علائم و اختصارات *P&ID* (*legend*) مستند نموده و تعاریف مذکور بایستی بدون ابهام و یا بدون تغییر، در کل مستندات پلنت حفظ گردد. بنابراین اگر بعضی از شرکت‌ها، از *ISA-5.1* به‌عنوان نقطه‌ی شروع استفاده کنند. در آن صورت جداول موجود در برگه شرح علائم و اختصارات بایستی به‌منظور الحاق حروف تخصیص‌یافته تغییر یابد. حتی می‌توان به‌صورت خاص، ترکیبات حرفی قابل قبول یا استانداردی را برای واحد تأسیساتی تعریف نمود.

استفاده از کاراکتر *X* برای اولین حرف یک مورد خاص می‌باشد. تعریف زیر که از *ISA-5.1* استخراج شده است می‌گوید. «کاراکتر حرفی طبقه‌بندی نشده‌ی *X* برای پوشش معانی و تعاریف فهرست نشده منظور شده است. که تنها فقط یک‌بار یا به‌صورت محدودشده استفاده می‌گردد. در صورت به‌کارگیری این حرف، کاراکتر مذکور ممکن است هر تعداد معانی داشته باشد.»

شکل ۲-۷ : حروف شناسه‌های وسایل ابزار دقیق

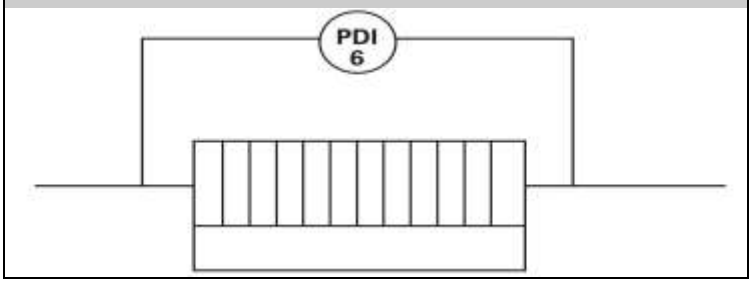
	FIRST-LETTER (4)		SUCCEEDING-LETTERS (3)		
	MEASURED OR INITIATING VARIABLE	MODIFIER	READOUT OR PASSIVE FUNCTION	OUTPUT FUNCTION	MODIFIER
A	Analysis (5,19)		Alarm		
B	Burner, Combustion		User's Choice (1)	User's Choice (1)	User's Choice (1)
C	User's Choice (1)			Control (13)	
D	User's Choice (1)	Differential (4)			
E	Voltage		Sensor (Primary Element)		
F	Flow Rate	Ratio (Fraction) (4)			
G	User's Choice (1)		Glass, Viewing Device (9)		
H	Hand				High (7, 15, 16)
I	Current (Electrical)		Indicate (10)		
J	Power	Scan (7)			
K	Time, Time Schedule	Time Rate of Change (4, 21)		Control Station (22)	
L	Level		Light (11)		Low (7, 15, 16)
M	User's Choice (1)	Momentary (4)			Middle, Intermediate (7,15)
N	User's Choice (1)		User's Choice (1)	User's Choice (1)	User's Choice (1)
O	User's Choice (1)		Orifice, Restriction		
P	Pressure, Vacuum		Point (Test) Connection		
Q	Quantity	Integrate, Totalize (4)			
R	Radiation		Record (17)		
S	Speed, Frequency	Safety (8)		Switch (13)	
T	Temperature			Transmit (18)	
U	Multivariable (6)		Multifunction (12)	Multifunction (12)	Multifunction (12)
V	Vibration, Mechanical Analysis (19)			Valve, Damper, Louver (13)	
W	Weight, Force		Well		
X	Unclassified (2)	X Axis	Unclassified (2)	Unclassified (2)	Unclassified (2)
Y	Event, State or Presence (20)	Y Axis		Relay, Compute, Convert (13, 14, 18)	
Z	Position, Dimension	Z Axis		Driver, Actuator, Unclassified Final Control Element	

نقش (*Function*) منظور شده برای کاراکتر حرفی هم در برگه‌ی علائم و اختصارات و هم به‌طور ضمنی با حروف توصیفی در کنار علامت ترسیمی نیز بیان می‌شود. موقعی که کاراکتر حرفی *X* به‌طور صحیحی بیان شود، در آن صورت دیگر لازم نیست که به‌طور مکرر تعریف گردد. تنها کافی است که یک‌بار تعریف‌شده و به‌طور محدود چند بار تعریف شود.

ستون دوم جدول با عنوان "*Modifier*" اطلاعات تکمیلی را به حروف اول یعنی متغیر فرآیندی اضافه می‌کند. به‌عنوان‌مثال، اگر یک دستگاه ابزار دقیق برای اندازه‌گیری اختلاف فشار بین دونقطه‌ی فشار بالادست و پایین‌دست یک فیلتر استفاده می‌شود. در آن صورت حرف *P* برای فشار به‌عنوان اولین حرف و *D* برای قابلیت تفاضلی به‌عنوان توصیف‌کننده (*Modifier*) دومین حرف استفاده می‌شود. شکل ۲-۸ و ۲-۹ را ببینید. زمانی که هدف اندازه‌گیری فلوی لحظه‌ای بوده و یک دستگاه جمع کننده (*Totalizer*) برای نمایش فلوی کل در طول زمان، استفاده می‌شود. شناسه‌ی دستگاه *FQ* خواهد بود. در این شناسه حرف اول شناسه یعنی *F* برای فلو و دومین حرف یعنی *Q* از ستون دوم جدول انتخاب‌شده است. که بر جمع یا فلوی کلی در یک بازه‌ی زمانی دلالت دارد.

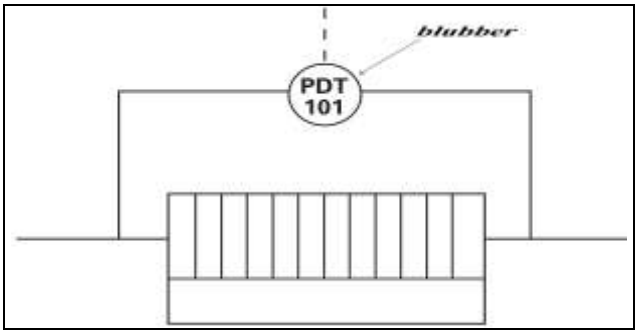
سه ستون بعدی، تعاریف بیشتری از دستگاه را ارائه می‌کند. اولین ستون از این سه ستون، ماهیت اطلاعات نمایش داده‌شده را توصیف می‌کند. به‌عنوان‌مثال شکل ۲-۸، نشان می‌دهد که فشار تفاضلی فیلتر فشار (*Filter Press*) اندازه‌گیری و نمایش داده می‌شود. که در آن از حرف سوم یعنی *I* به‌عنوان نمایشگر(*Indicator*) استفاده داده‌شده است. عدم حضور خط تقسیم‌کننده در بالای دایره (یا حباب ترسیمی) (*Bubbler*) نشان می‌دهد که فشار تفاضلی به‌صورت محلی نمایش داده می‌شود.

شکل ۲-۸ : Filter Press With D/P Indicator



بنابراین *PDI* به‌صورت محلی افت فشار در دو سر فیلتر را نمایش می‌دهد. شکل ۲-۹ نیز نشان می‌دهد که مقدار فشار تفاضلی به یک مکان مرکزی مانند اتاق کنترل ارسال می‌شود. ستون دوم از سه ستون آخری جدول نشان می‌دهد که از حرف *T* برای ترنسیمتر استفاده خواهیم کرد و لذا شناسه این دستگاه *PDT* خواهد بود.

شکل ۲-۹ : Filter Press With D/P Transmitter



با شروع از یک متغیر فرآیند در سمت چپ شکل ۲-۹ و اضافه کردن حروف تعریف‌شده در ستون‌های متوالی، نقش یا وظیفه‌ی کلی دستگاه سیستم کنترل تعریف می‌گردد.

شکل ۲-۱۰، بسیاری از ترکیبات حروفی ممکن را که چاپ دوباره از *ISA-5.1* می‌باشد، نشان داده و دستگاه نمایش داده‌شده با حروف را توصیف می‌کند. به‌عنوان‌مثال یکی از سطرهای این جدول که با *F* شروع‌شده است. تمام ترکیات ممکن از دستگاه‌های مرتبط با متغیر فلو را به نمایش گذاشته و آن‌ها را به‌صورت زیر توصیف می‌کند.

تصور غلط معمول
بر طبق استاندارد *ISA-5.1* استفاده از حروف متوالی *CV* برای هر چیزی غیر از شیر کنترل خود محرک(*Self-actuating*) صحیح نمی‌باشد. یک شیر کنترل در یک حلقه‌ی فلو با شناسه حرفی *FV* تعریف می‌شود. *FCV* یک رگولاتور مستقل(*Self-contained*) فلو می‌باشد.

شکل ۲-۱۰ ترکیبات حرفی برای متغیرهای فرآیندی

First-Letters	Initiating or Measured Vaiable	Controllers				Readout Devices		Switches and Alarm Devices*			Transmitters			Solenoids, Relays, Computing Devices	Primary Element	Test Point	Well or Probe	Viewing Device, Glass	Safety Device	Final Element
		Recording	Indicating	Blind	Self-Actuated Control Valves	Recording	Indicating	High**	Low	Comb	Recording	Indicating	Blind							
A	Analysis	ARC	AIC	AC		AR	AI	ASH	ASL	ASHL	ART	AIT	AT	AY	AE	AP	AW			AV
B	Burner/Combustion	BRC	BIC	BC		BR	BI	BSH	BSL	BSHL	BRT	BIT	BT	BY	BE		BW	BG		BZ
C	User's Choice																			
D	User's Choice																			
E	Voltage	ERC	EIC	EC		ER	EI	ESH	ESL	ESHL	ERT	EIT	ET	EY	EE					EZ
F	Flow Rate	FRC	FIC	FC	FCV, FICV	FR	FI	FSH	FSL	FSHL	FRT	FIT	FT	FY	FE	FP		FG		FV
FQ	Flow Quantity	FQRC	FQIC			FQR	FQI	FQSH	FQSL			FQIT	FQT	FQY	FQE					FQV
FF	Flow Ratio	FFRC	FFIC	FFC		FFR	FFI	FFSH	FFSL						FE					FFV
G	User's Choice																			
H	Hand		HIC	HC						HS										HV
I	Current	IRC	IIC			IR	II	ISH	ISL	ISHL	IRT	IIT	IT	IY	IE					IZ
J	Power	JRC	JIC			JR	JI	JSH	JSL	JSHL	JRT	JIT	JT	JY	JE					JV
K	Time	KRC	KIC	KC	KCV	KR	KI	KSH	KSL	KSHL	KRT	KIT	KT	KY	KE					KV
L	Level	LRC	LIC	LC	LCV	LR	LI	LSH	LSL	LSHL	LRT	LIT	LT	LY	LE		LW	LG		LV
M	User's Choice																			
N	User's Choice																			
O	User's Choice																			
P	Pressure/ Vacuum	PRC	PIC	PC	PCV	PR	PI	PSH	PSL	PSHL	PRT	PIT	PT	PY	PE	PP			PSV, PSE	PV
PD	Pressure, Differential	PDRC	PDIC	PDC	PDCV	PDR	PDI	PDSH	PDSL		PDRT	PDIT	PDT	PDY	PE	PP				PDV
Q	Quantity	QRC	QIC			QR	QI	QSH	QSL	QSHL	QRT	QIT	QT	QY	QE					QZ
R	Radiation	RRC	RIC	RC		RR	RI	RSH	RSL	RSHL	RRT	RIT	RT	RY	RE		RW			RZ
S	Speed/Frequency	SRC	SIC	SC	SCV	SR	SI	SSH	SSL	SSHL	SRT	SIT	ST	SY	SE				TSE	SV
T	Temperature	TRC	TIC	TC	TCV	TR	TI	TSH	TSL	TSHL	TRT	TIT	TT	TY	TE	TP	TW			TV
TD	Temperature, Differential	TDRC	TDIC	TDC	TDCV	TDR	TDI	TDSH	TDSL		TDRT	TDIT	TDT	TDY	TE	TP	TW			TDV
U	Multivariable					UR	UI							UY						UV
V	Vibration/Machinery Analysis					VR	VI	VSH	VSL	VSHL	VRT	VIT	VT	VY	VE					VZ
W	Weight/Force	WRC	WIC	WC	WCV	WR	WI	WSH	WSL	WSHL	WRT	WIT	WT	WY	WE					WZ
WD	Weight/Force, Differential	WDRC	WDIC	WDC	WDCV	WDR	WDI	WDSH	WDSL		WDRT	WDIT	WDT	WDY	WE					WDZ
X	Unclassified																			
Y	Event/State/Presence		YIC	YC		YR	YI	YSH	YSL				YT	YY						YZ
Z	Position/Dimension	ZRC	ZIC	ZC	ZCV	ZR	ZI	ZSH	ZSL	ZSHL	ZRT	ZIT	ZT	ZY	ZE					ZV
ZD	Gauging/Deviation	ZDRC	ZDIC	ZDC	ZDCV	ZDR	ZDI	ZDSH	ZDSL		ZDRT	ZDIT	ZDT	ZDY	ZDE					ZDV

Note: This table is not all-inclusive.
*A, alarm, the annunciating device, may be used in the same fashion as S, switch, the actuating device.
**The letters H and L may be omitted in the undefined case.

Other Possible Combinations:

FO	(Restriction Orifice)	PFR	(Ratio)
FRK, HIK	(Control Stations)	KQI	(Running Time Indicator)
FX	(Accessories)	QQI	(Indicating Counter)
TJR	(Scanning Recorder)	WKIC	(Rate-of-Weight-Loss Controller)
LLH	(Pilot Light)	HMS	(Hand Momentary Switch)

Letter Combination	Description
FRC	Flow Recorder Controller. A recorder for the value of instantaneous flow, integral with a flow controller.
FIC	Flow Indicating Controller. An instantaneous flow Indicator combined with a flow controller.
FC	Blind Flow Controller. A flow controller without any indication or recording of instantaneous flow.
FCV	A self-actuated control valve controlling flow.
FICV	An FCV with an integral instantaneous flow indicator.
FR	Flow Recorder.
FI	Flow Indicator.
FSH	Flow Switch High. A switch which changes state on high flow.
FSL	Flow Switch Low. A switch which changes state on low flow.
FSHL	Flow Switch High-Low. A switch which changes state on high or low flow, and does not change in between the high and low flows.
FRT	Flow Recording Transmitter. For transmitting and recording in the same device.
FIT	Flow Indicating Transmitter. Transmitter with an integral indication of instantaneous flow.
FT	Blind Flow Transmitter. Transmitter with no indication of instantaneous flow.
FY	Solenoid, Relay, Computing Device. For example, current (I) to pneumatic (P) converters are correctly identified (in accordance with ISA-5.1) as FY in a flow loop, with a further definition of I/P shown Outside the symbol, often in a square box.
FE	Primary Element. An orifice plate.
FP	Test Point. A point provided in the piping where a test measurement is made; the instrument is not normally connected to the point permanently. The point is normally valved or otherwise isolated.
FG	Flow Glass. G for glass or viewing device. A sight flow indicator. An uncalibrated view of the flow is provided.
FV	Flow Valve. Control valve in a flow loop.

شماره‌گذاری دستگاه‌های ابزار دقیق

گروه کنترل و ابزار دقیق علاوه بر تعریف شناسه‌های حرفی برای دستگاه‌ها یا توابع ابزار دقیق، یک شماره یا عدد ترتیبی نیز به هر یک از آن‌ها تخصیص می‌دهد. به‌طوری‌که تمام دستگاه‌های منظور شده برای یک تابع، دارای شماره‌ی ترتیبی یا شماره‌ی حلقه یکسان می‌باشند. یک شماره‌ی حلقه تنها، برای معرفی یا شناسه‌ی دستگاه‌هایی استفاده می‌شود که یک عمل خاصی را به انجام می‌رسانند. این عمل بخصوص می‌تواند یک ورودی یا خروجی برای کنترل‌کننده *PID*، یک خروجی از نمایشگر متغیر فرآیندی و یا یک مقدار خروجی

دستی (در مقابل اتوماتیک) باشد. این عدد با حروف ترکیب می‌شود که به‌صورت منحصربه‌فرد هر دستگاه را در داخل آن مجموعه مشخص می‌کند.

این شماره‌ها ممکن است از توصیه‌های *ISA-5.1* پیروی کنند. ولی سیستم‌های شماره‌گذاری بسیاری نیز در صنعت استفاده می‌شود. شماره‌گذاری که *ISA-5.1* پیشنهاد می‌کند ممکن است به‌صورت موازی یا سریال باشد. موازی بودن در *ISA-5.1* به معنی شروع با یک شماره‌ی ترتیب جدید برای هر حرف اول می‌باشد. بنابراین شناسه‌هایی مانند *FRC-101* ، *PIC-101* و *TI-101* وجود خواهند داشت. سریال بودن نیز در *ISA-5.1* به معنی استفاده از یک ترتیب عددی یکسان برای تمام دستگاه‌ها می‌باشد. بنابراین شناسه‌هایی مانند *FRC-101* ، *LR-102* ، *PIC-103* و *TI-104* خواهیم داشت. در بعضی مواقع نیز برای معرفی نوع مشخصی از دستگاه‌ها از شماره‌گذاری بلوکی استفاده می‌شود. به‌عنوان‌مثال تمام شیرهای ایمنی ممکن است از سری ۹۰۰ استفاده کنند: *PSV-900*، *PSV-901* ، *PSV-902*. و غیره.

شکل ۲-۱۱ : شماره‌گذاری دستگاه‌های ابزار دقیق

- **درصورتی‌که پروژه بزرگ نباشد و یا هیچ شماره‌ای برای تقسیم‌بندی منطقه‌ای یا چند واحدی و چند پلنتی وجود ندارد، از شماره‌گذاری پایه** مانند: *FT-2 or FT-02 or FT-002* **استفاده کنید.**
- **اگر در یک پروژه تعداد کمی منطقه، واحد یا پلنت (به تعداد ۹ یا کمتر) وجود دارد. از اولین رقم شماره‌ی پلنت در شماره‌ی** شناسه **استفاده کنید.** مانند *FT-102* (عدد ۱ برای واحد، منطقه یا شماره پلنت)
- **اگر پروژه به یک سری واحد، پلنت یا منطقه تقسیم‌شده است از شماره‌گذاری به شکل زیر استفاده کنید.**

– 1-FT002 *– 01-FT002* *– 001-FT002*

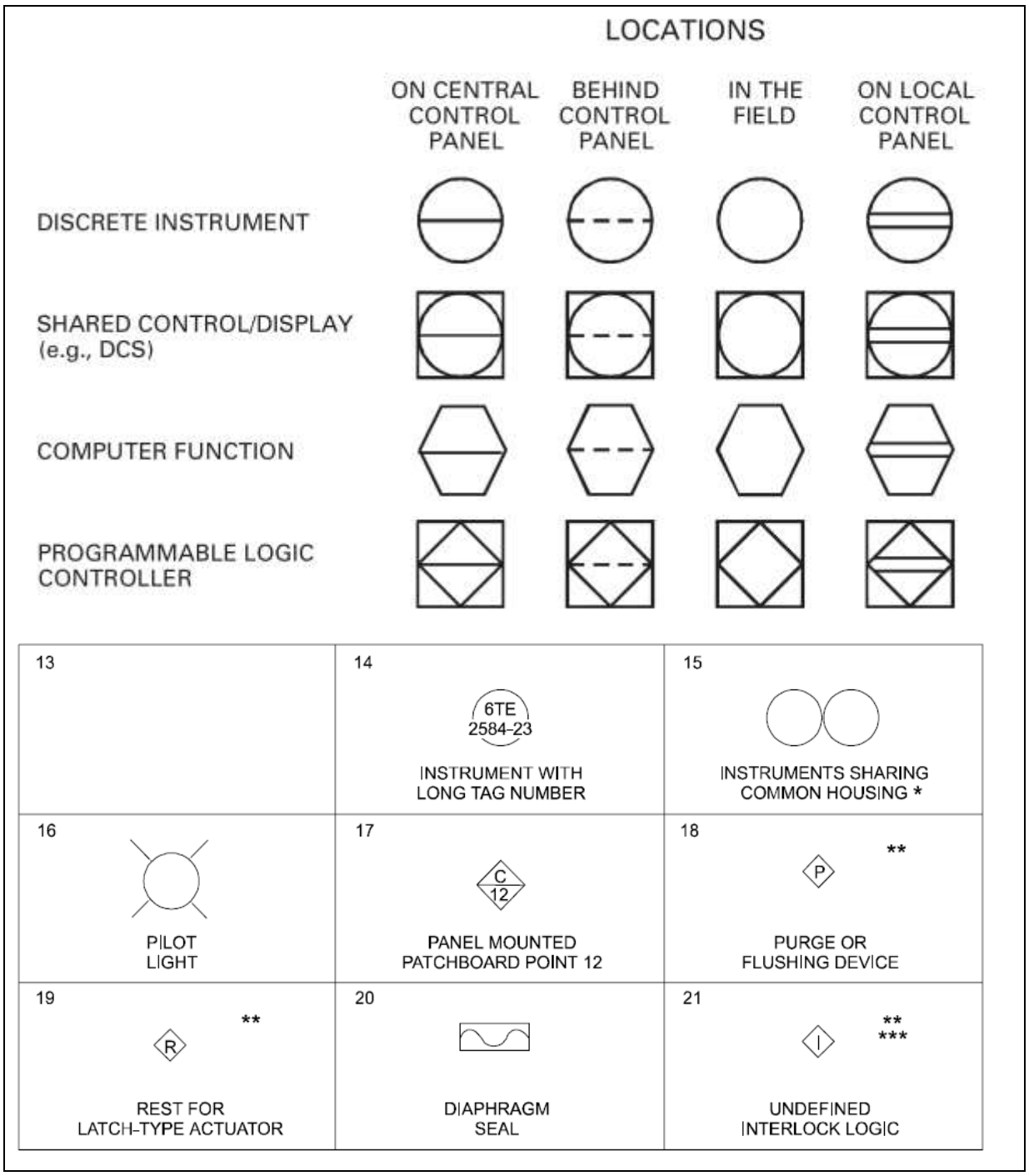
شماره‌گذاری دستگاه‌های ابزار دقیق ممکن است برای معرفی یا شناساندن مکان یا سرویس حلقه نیز، ساختاردهی شوند. به‌عنوان‌مثال با توجه به شکل ۲-۱۱ رقم اول شماره‌گذاری ممکن است بر شماره‌ی پلنت دلالت نماید. درنتیجه *FT-102* یک دستگاه ابزار دقیق در پلنت شماره ۱ می‌باشد. دو روش دیگر برای معرفی مکان قرارگیری دستگاه‌های ابزار دقیق، استفاده از پیشوندها می‌باشد. به‌عنوان‌مثال عدد ۲ برای منطقه، ۰۳ برای واحد و یا ۰۰٤ برای پلنت شماره ٤، به‌طوری‌که محدوده سرویس را برای حلقه‌ی موردنظر تعریف می‌کند. لذا نمونه شناسه، *2-FT-102* مبین حلقه‌ی ۱۰۲ در منطقه‌ی ۲، یا *03-FT-102* گویای حلقه ۱۰۲ در واحد ۰۳ و یا

004-FT-102 برای حلقه‌ی ۱۰۲ در پلنت شماره ٤ می‌باشد. این اعداد همچنین می‌توانند برای نشان دادن پلنت، واحد و منطقه در یک شماره و به‌طور یکجا باهم ترکیب شوند. مثلاً *234-FT-102*، که یک ترنسمیتر فلو در حلقه ۱۰۲ واقع در منطقه ۲، واحد ۳ و پلنت ٤ می‌باشد. به خاطر داشته باشید که شماره حلقه، آیتم‌های موجود در حلقه را تعریف می‌کند. بنابراین ممکن است حلقه در محدوده‌هایی که در بالا فهرست شد به کار گرفته شود. ولی یک دستگاه بخصوص ممکن است ازنظر فیزیکی در یک محدوده‌ی دیگری قرارگرفته باشد.

یک تغییرپذیری این سیستم، وابسته بودن شماره‌های *P&ID* به یک منطقه‌ی خاص بوده و سپس شماره‌گذاری ترتیبی دستگاه‌های ابزار دقیق بر روی آن برگه‌ی *P&ID* می‌باشد. به‌عنوان‌مثال نقشه‌ی *P&ID* به شماره‌ی ۲۵ که حاوی ۱۰ حلقه می‌باشد شماره حلقه‌هایی به شکل ۲۵۰۰ تا ۲۵۹۹ خواهد بود. قشنگی این سیستم در این است که می‌توان برای یک دستگاه ابزار دقیق، تنها بر اساس شناسه، نقشه‌ی *P&ID* مربوط را پیدا کرد. زیرا شماره شناسه دستگاه، حاوی شناسه *P&ID* نیز می‌باشد. اغلب شماره‌ی منطقه در شماره *P&ID* نیز جاگذاری می‌شود که در آن صورت می‌توان منطقه‌ی بکار گرفته‌شده را تنها با نگاه به شماره شناسه حلقه تشخیص داد.

سیستم شماره‌گذاری انتخاب‌شده برای *P&ID* و حلقه‌های موجود باید تست و مورد بازبینی قرار گیرند. تا اطمینان حاصل شود که شناسه‌های تعریف‌شده برای انواع دستگاه‌های الکترونیکی بکار رفته در پلنت درست می‌باشد. برای شماره‌ی حلقه ۱ و شماره‌ی حلقه ۰۰۱، بعضی از بانک‌های اطلاعاتی، نرم‌افزارهای کنترل فهرست اموال، برنامه‌ریزی، تأمین و نگهداری، مشخصاً رفتار متفاوتی خواهند داشت.

شکل ۲-۱۲ : *General Instrument or Function Symbols*



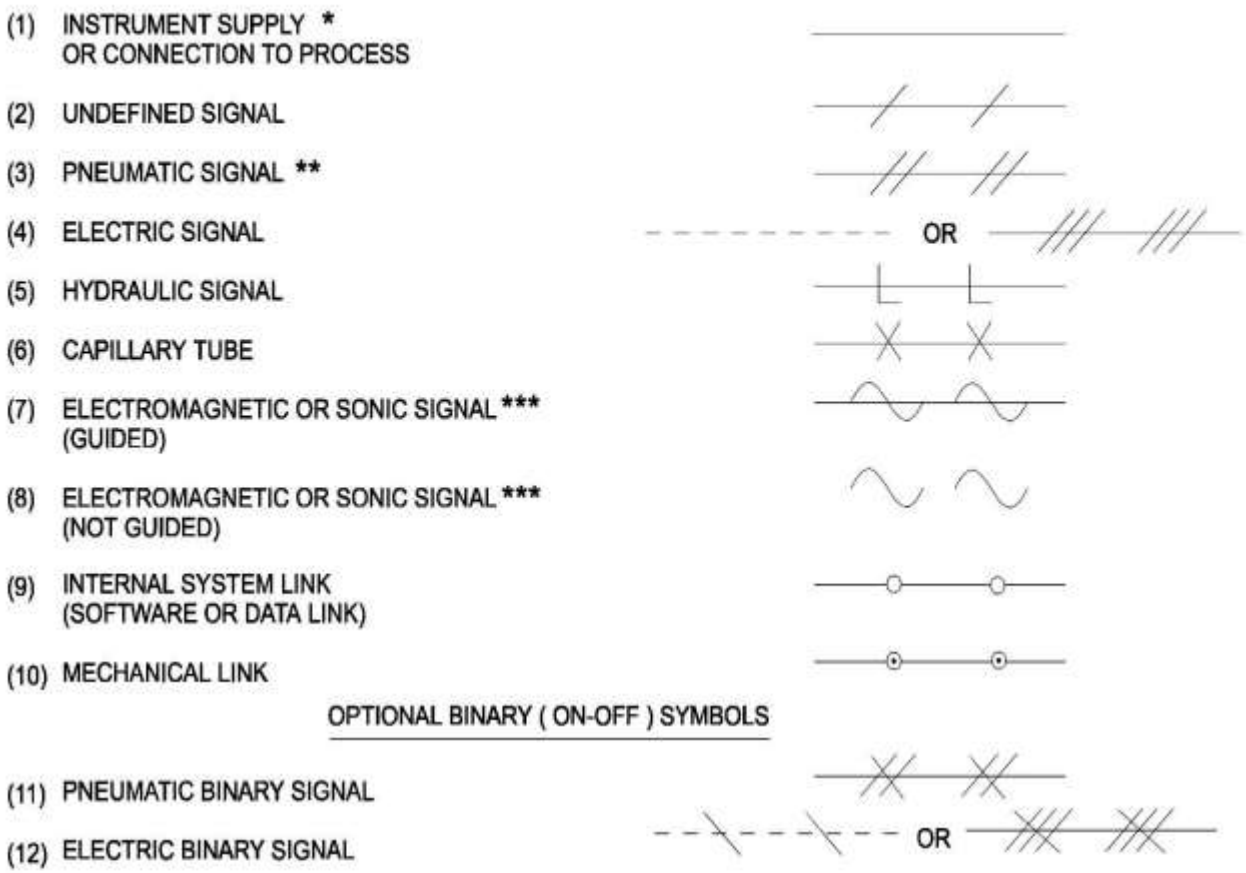
علائم ترسیمی خط

شکل ۲-۱۳، علائم ترسیمی خطوط ابزار دقیقی را که از سند استاندارد *ISA-5.1* کپی شده است، نشان می‌دهد. این علائم ترسیمی نحوه‌ی ارسال سیگنال‌ها بین دستگاه‌های کنترل و ابزار دقیق را توصیف می‌کند. این خطوط نسبت به خطوط لوله‌کشی فرآیند مربوطه روشن‌تر رسم می‌شوند. خط حس کننده فرآیند، یعنی خط یا لوله‌ای که یک ترنسیمتر فشار را به‌طور مستقیم به فرآیند متصل می‌کند، روشن‌ترین خط «لوله» قابل قبول می‌باشد.

علامت ترسیمی خطوط اتصال نیوماتیکی را تعریف می‌کند. که معمولاً خطوط تأمین‌کننده‌ی هوای ابزار دقیق می‌باشند. برای سیگنال‌های نیوماتیکی *on-off* یا دودویی علامت به‌صورت اختیاری استفاده می‌شود. برای انتقال سیگنال‌های الکترونیکی نیز از دو نوع علامت ترسیم استفاده می‌شود. خط نقطه‌چین و خط هاشور متقاطع.

شکل ۲-۱۳ : علائم ترسیمی خطوط ابزار دقیق

انواع خطوط مرتبط با خطوط لوله فرآیند



NOTE: 'OR' means user's choice. Consistency is recommended.

* The following abbreviations are suggested to denote the types of power supply. These designations may also be applied to purge fluid supplies.

AS - Air Supply
IA - Instrument Air
PA - Plant Air
} Options
ES - Electric Supply
GS - Gas Supply
HS - Hydraulic Supply
NS - Nitrogen Supply
SS - Steam Supply
WS - Water Supply

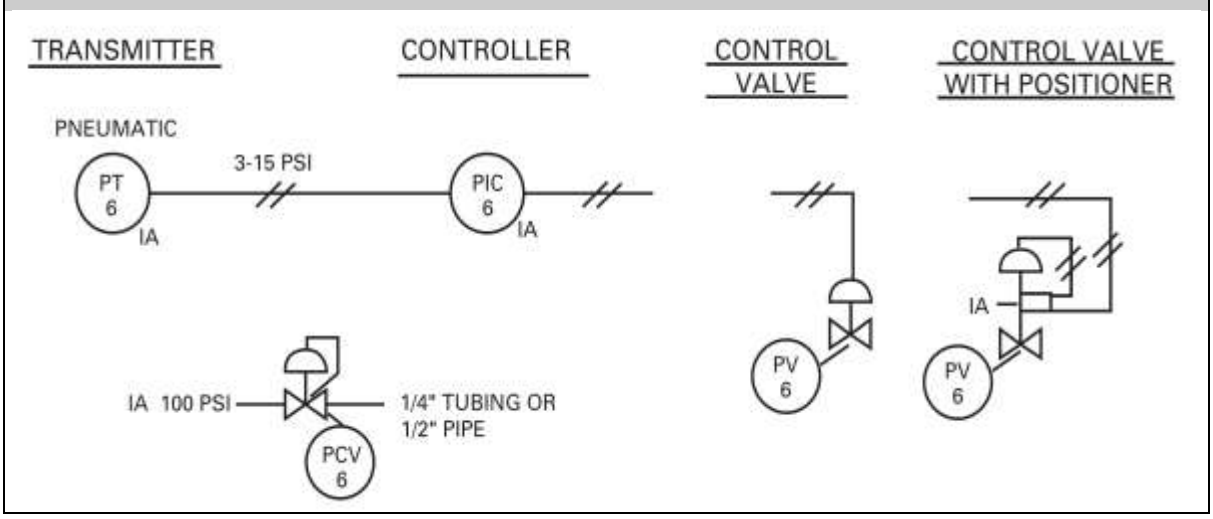
The supply level may be added to the instrument supply line, e.g., AS-100, a 100-psig air supply; ES-24DC, a 24-volt direct current power supply.

** The pneumatic signal symbol applies to a signal using any gas as the signal medium. If a gas other than air is used, the gas may be identified by a note on the signal symbol or otherwise.

*** Electromagnetic phenomena include heat, radio waves, nuclear radiation, and light.

ارسال نیوماتیکی

شکل ۲-۱٤ : ارسال نیوماتیکی



یک سیستم کامل انتقال نیوماتیکی که در آن فشار سیگنال نیوماتیکی *psig* ۱۵-۳ می‌باشد در شکل۲-۱٤ نمایش داده‌شده است. مقدار فشار سیگنال نیوماتیکی در عمل می‌تواند *psig*۳۰-٦ نیز باشد. که البته چندان معمول نیست. در این شکل دستگاه *PT-6*، که یک ترنسیمتر فشار نصب‌شده در فیلد می‌باشد که یک سیگنال *psig* ۱۵-۳ را متناسب با فشار فرآیند، تولید و ارسال می‌کند. این سیگنال به یک کنترل‌کننده و نمایش‌دهنده‌ی محلی نصب‌شده در محل یعنی *PIC-6* ارسال می‌گردد. کنترل‌کننده نیز یک سیگنال تصحیح‌شده‌ی *psig* ۱۵-۳ را تولید و به شیر کنترل *PV-6* ارسال می‌کند.

درصورتی‌که عملگر شیر (محرک) بتواند شیر کنترل را در کل رنج و بدون توجه به فشار فرآیند، با سیگنال*psig* ۱۵-۳ حرکت دهد. خط سیگنال نیوماتیکی به‌طور مستقیم به عملگر شیر وصل می‌گردد. ولی اگر در تمام شرایط طراحی و گستره آن، سیگنال *psig* ۱۵-۳ برای عملگر شیر کافی نباشد. یک پوزیشنر(*Positioner*) به عملگر شیر اضافه می‌شود. وظیفه پوزیشنر مقایسه‌ی سیگنال ورودی از کنترل‌کننده با موقعیت واقعی شیر و تولید یک فشار هوای لازم برای قراردادن محور شیر در موقعیت مطابق با سیگنال ورودی می‌باشد. فشار خروجی از پوزیشنر به شیر، فشار بالایی بوده و به‌طورمعمول از *psig* ۳۰ به بالا می‌باشد. به‌طوری‌که دارای خط ورودی هوای ابزار دقیق با فشار *psig* ٦۰ یا بالاتر می‌باشد.

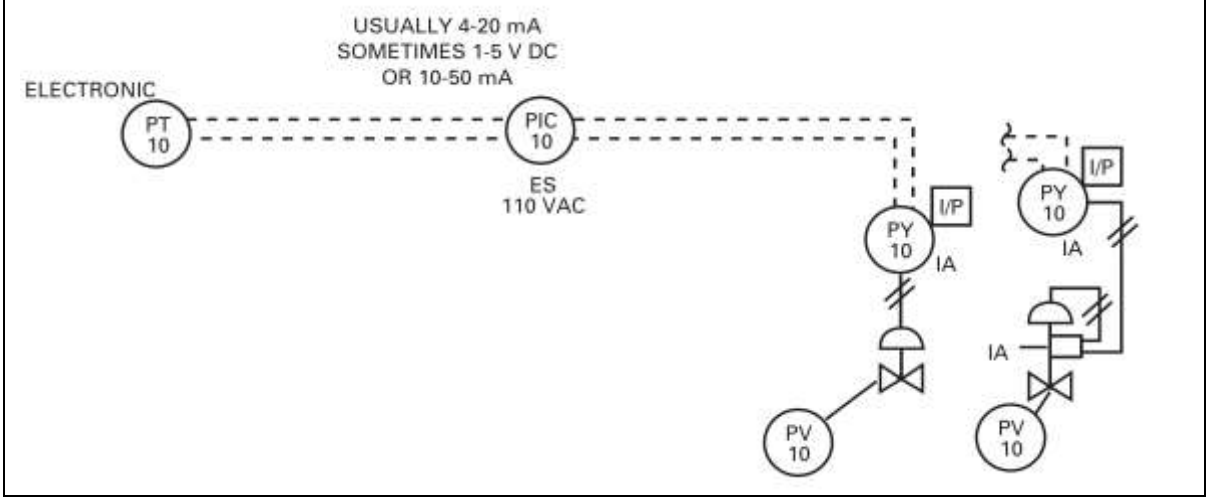
عبارت *IA* در شکل ۲-۱٤ نشان می‌دهد که ما نیاز به منبع هوای ابزار دقیق، یکی در ترنسیمتر، یکی در کنترل‌کننده و یکی دیگر در پوزیشنر داریم. هوای *IA* معمولاً در فیلد از طریق یک سیستم لوله‌کشی هوای ابزار

دقیق در سراسر فیلد پخش می‌شود. که اغلب دارای فشار نامی ۱۰۰psig می‌باشد. رگلاتورهای فشار که در شکل به‌صورت PCV-6 نشان داده‌شده است برای کاهش فشار هوای ورودی به مقدار موردنیاز یک وسیله قرارگرفته در فیلد منظور شده است. رگلاتورهای فشار که در وسایل نیوماتیکی بکار گرفته می‌شوند نه همیشه ولی بسته به نوع صنعت شما، در حلقه‌های کنترلی دارای شناسه نمی‌باشند. این المان‌ها ممکن است در نقشه‌ها و ترسیمات به‌صورت علائم بدون شناسه و شماره، ظاهر شوند.

ارسال الکترونیکی

شکل ۲-۱۵ یک سیستم نوعی از انتقال الکترونیکی را نشان می‌دهد. بیشتر سیستم‌های انتقال الکترونیکی در کنترل و ابزار دقیق، سیستم‌های دوسیمه(Two wire system) نامیده می‌شوند. این به این معنی است که ترنسیمترهای نصب‌شده در فیلد تنها دارای دو سیم اتصال الکترونیکی هستند. سیگنال انتقالی در این سیستم معمولاً به‌صورت ۴-۲۰ mA و ۲۴ vdc می‌باشد. هرچند در بعضی از پیاده‌سازی‌ها ممکن است از سیگنال با رنج ۱۰-۵۰ mA یا ۱-۵ Vdc نیز استفاده‌شده باشد.

شکل ۲-۱۵ : ارسال الکترونیکی



اکثر شیرهای کنترل دارای عملگر نیوماتیکی می‌باشند. لذا حتی در یک سیستم کنترل الکترونیکی مدرن، به‌منظور تغییر موقعیت شیر، سیگنال الکترونیکی به سیگنال نیوماتیکی تبدیل خواهد شد. وسیله‌ای که این عمل تبدیل را انجام می‌دهد مبدل یا ترنسدیوسر می‌باشد. که معمولاً یک مبدل I/P و یا یک پوزیشنر

الکترونیوماتیکی می‌باشد. یک *I/P* در شکل ۲-۱۵ با یک روش نام‌گذاری قدیمی و با شناسه *PY* نمایش داده‌شده است. که در آن حروف *p* برای فشار و *Y* برای سولنوئید، رله و یا وسیله محاسباتی می‌باشد.

برای واضح‌تر کردن بیشتر، کلمه *I/P* در داخل یک مربع ۱/٤اینچ در سمت راست حباب دایره‌ای شکل مبدل نوشته می‌شود. یک پوزیشنر نیوماتیکی یا الکترونیوماتیکی در اغلب مواقع به‌صورت جداگانه از شیر، شناسه گذاری نمی‌شود و این شاید به خاطر این است که معمولاً همراه شیر کنترل نصب‌شده و به‌عنوان یک قطعه یا بخشی از شیر کنترل فروخته می‌شود. ولی به‌هرحال جهت استفاده‌ی اختیاری، یک علامت ترسیمی و شناسه حرفی *ZC* در استاندارد *ISA-S.1* برای پوزیشنر تعبیه‌شده است. همچنین به‌صورت نمادین یک جسم ساده و کوچک بر روی محور یک شیر کنترل می‌تواند برای نمایش حضور یک پوزیشنر استفاده گردد.

علائم گرافیکی زیادی در *ISA-5.1* برای وسایل ابزار دقیق بخصوص وجود دارد که ما سعی کردیم اکثر آن‌ها را نشان دهیم.

علائم ترسیمی برج‌ها و مبدل‌های حرارتی

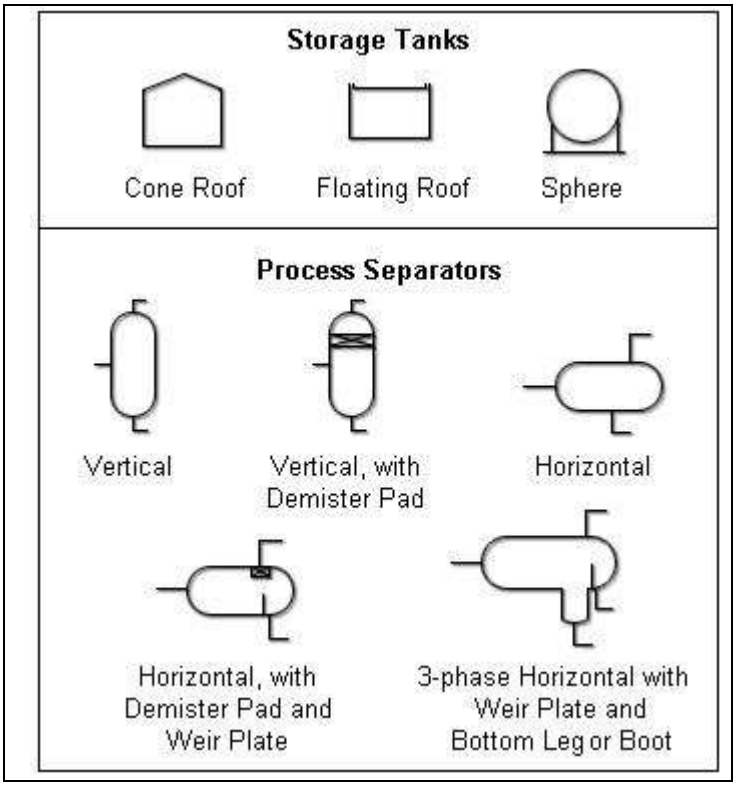
این علائم گرافیکی که پیش‌تر در فصل اول یعنی نمودار جریان فرآیند *PFD* موردبحث قرار گرفتند. علائم مربوط به تجهیزات اصلی فرآیند بوده و به همان صورت *PFD* در نقشه‌های *P&ID* نیز به نمایش درمی‌آیند. شکل ۲-۱٦ علائم ترسیمی برج‌ها و مبدل‌های حرارتی را نشان می‌دهد.

شکل ۲-۱٦ : علائم ترسیمی برج‌ها و مبدل‌های حرارتی

علائم ترسیمی مخازن و جداکننده‌ها

شکل ۲-۱۷ علائم ترسیمی بکار رفته در نقشه‌های *P&ID* برای مخازن و جداکننده‌ها را نشان می‌دهد.

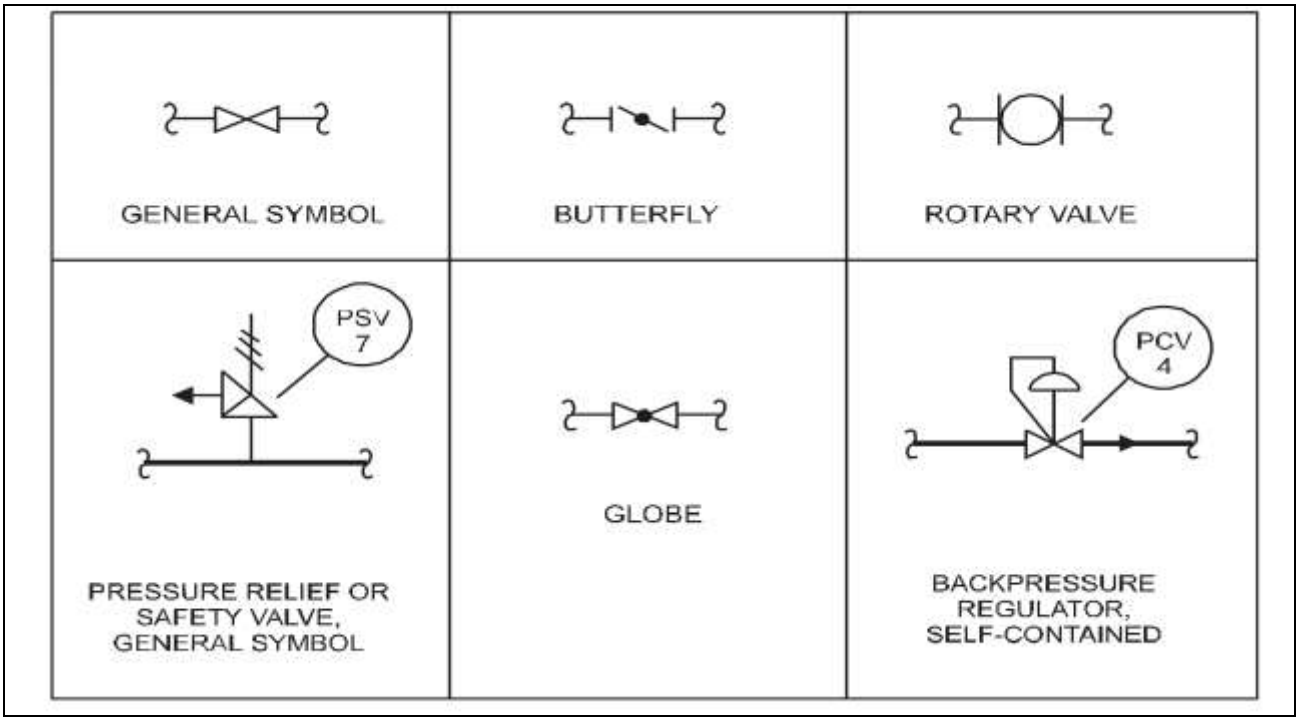
شکل ۲-۱۶ : علائم ترسیمی مخازن و جداکننده‌ها



شیرهای صنعتی

علامت عمومی یک شیر که به شکل یک پاپیون می‌باشد، برای نمایش بدنه‌ی یک شیر کنترل یا یک شیر با عملگر دستی استفاده می‌شود. بعضی از پروژه‌ها به‌جای تعریف نوع شیر کنترل با استفاده از علائم ترسیمی شیرهایی مانند *Rotary*، *Globe* و *Butterfly* که در شکل ۲-۱۶ نشان داده‌شده است، از این علامت ترسیمی به‌عنوان یک علامت ترسیمی عام برای شیر کنترل استفاده می‌کنند.

شکل ۲-۱۶ : شیرهای صنعتی



در این مرحله، مهم است که بین اهمیت وجود این اطلاعات در *P&ID* و هزینه‌ی نگهداری آن‌ها، موازنه صورت گیرد. بنابراین برای تصمیم‌گیری در خصوص انعکاس نوع شیر کنترل با استفاده از علائم ترسیمی مخصوص به خود، بایستی بررسی شود که آیا اطلاعات مذکور برای مقصود و منظور نقشه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد یا نه.

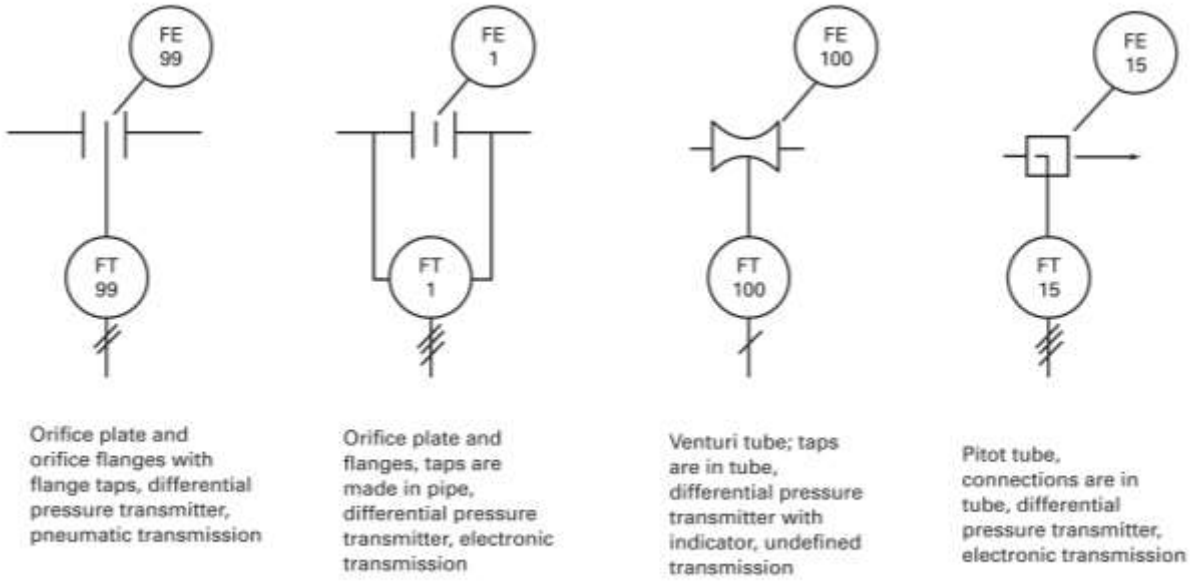
در قرائت یک نقشه‌ی *P&ID*، شایسته است که فرآیند درک شود؟ و یا موقع مرور نقشه *P&ID*، آیا ضروری است که بدانیم شیر کنترل بکار رفته از نوع پروانه‌ای می‌باشد؟ آیا تعداد کاربران *P&ID* که اهمیت می‌دهند چه نوع شیر کنترل استفاده‌شده است در اکثریت می‌باشد و آیا تنها کافی است که بدانیم یک شیر کنترل در فلان قسمت وجود دارد؟ هزینه‌ی ناشی از قید هر اطلاعاتی برابر با هزینه حفظ و نگهداری علائم ترسیمی صحیح می‌باشد.

نقشه‌های *P&ID* در طول مدت طراحی پروژه، برای بیشتر قطعات و بخش‌ها درحال‌توسعه و تغییر می‌باشد. نوع واقعی شیر کنترل تا زمانی که خریداری نشود، مشخص نمی‌گردد. به‌طوری‌که زمان خرید مدت‌ها بعد از صدور *P&ID* برای طراحی جزئی می‌باشد. به‌عنوان‌مثال ممکن است تا حدی مطمئن باشید که یک شیر کنترل از نوع شیر پروانه‌ای خواهد بود. ولی واقعاً تا زمانی که شیر خریداری‌نشده است نوع واقعی را نمی‌دانید.

درصورتی‌که بخواهید نوع واقعی شیر کنترل را در نقشه *P&ID* نشان دهید. بایستی یک نفر پس از خریداری شیرهای کنترل، جهت اطمینان از بکار رفتن نوع صحیح علامت ترسیمی برای شیر انتخاب‌شده، نقشه *P&ID* را دوباره بازبینی نماید. این بازبینی دارای هزینه‌های مرور، تصحیح نقشه و حتی بیشتر از این‌ها، هزینه‌های صدور و ارسال دوباره ترسیمات را به همراه خواهد داشت. به‌طوری‌که در یک پروژه‌ی بزرگ، هزینه‌ی کپی و توزیع ترسیمات می‌تواند دارای رقم نجومی باشد.

علائم ترسیمی دیگری از شیرهای صنعتی در شکل ۲-۱۶ نشان داده‌شده است. علامت ترسیمی برای شیرهای ایمنی(*Safety or relief valves*)، دربرگیرنده یک شیر زاویه‌ای (*Angle valve*) به همراه یک فنر می‌باشد. رگلاتورهای فشار، شیرهای کنترل هستند که دارای محرک بوده ولی بدون سیگنال کنترلی بیرونی می‌باشند و به‌صورت *PCV* نمایش داده می‌شوند. این شیرها که از نوع خودکار می‌باشند میزان فشار را تنظیم نموده و آن را در حالت تعادلی نرمال نگه می‌دارند. جهت جریان خط سنجش فشار در این شیرها به سمت بالادست می‌باشد، اگر شیر *PCV*، *Back pressure* را کنترل کند و اگر فشار پایین‌دستی را کنترل نماید جهت جریان به سمت پایین‌دست جریان خواهد بود.

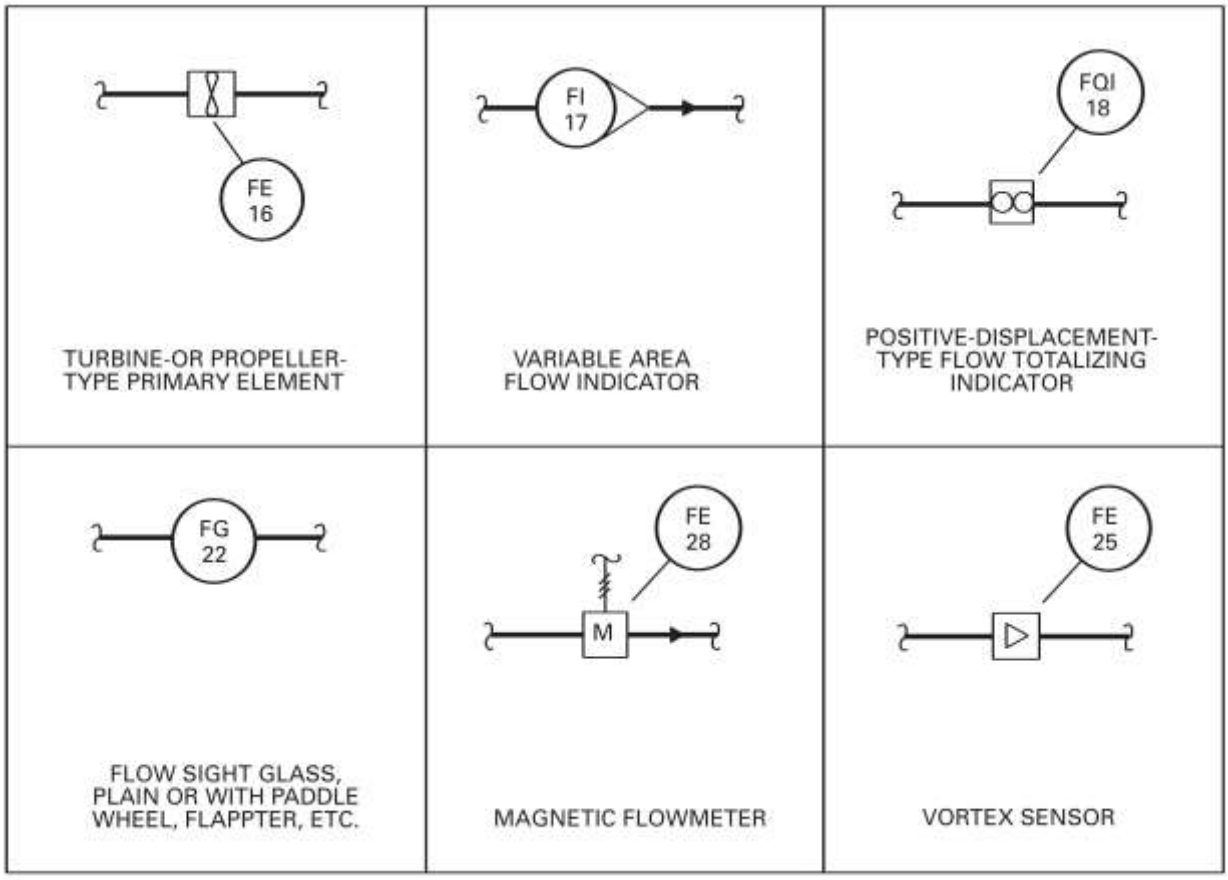
شکل ۲-۱۷ : نمونه ترنسمیترهای فلو



یکی از روش‌های بسیار معمول سنجش فلو و ارسال مقدار اندازه‌گیری شده، استفاده از یک صفحه‌ی اوریفیس و دستگاه سنجش اختلاف فشار تفاضلی (*dp*) می‌باشد. شکل ۲-۱۷، چندین نوع از علائم ترسیمی

برای المان اصلی سنجش فلو را که یک اختلاف فشار تفاضلی نسبت به فلو تولید می‌نمایند را نشان می‌دهد. به‌عنوان‌مثال یک صفحه اوریفیس به همراه فلج‌ها و محل اتصال لوله‌های نمونه‌گیری (*taping tubes*) به دستگاه سنجش اختلاف فشار، لوله ونچوری (*venturi tube*) و یا لوله پیتوت (*Vortex flometer*) نمونه‌هایی از المان اصلی سنجش فلو بشمار می‌آیند.

شکل ۲-۱۸ : دستگاه‌های سنجش فلو



دیگر روش‌های سنجش فلو که در شکل۲-۱۸ نشان داده‌شده است عبارت است از:

- روش توربینی که سرعت متغیر یک پره‌ی توربین در مسیر جاری شدن سیال را اندازه‌گیری می‌کند.
- روتامتر، که فلو را از طریق موقعیت نسبی یک جسم شناور در داخل یک لوله‌ی مدرج اندازه می‌گیرد.
- فلومتر از نوع جابجایی مثبت، که فلوی مایع را به‌صورت حجمی اندازه می‌گیرد.
- فلومتر مغناطیسی، که یک ولتاژ بسیار کوچک ایجادشده یا القاء شده در دو سر الکترود را که در موقع عبور جریان سیال از یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌گردد را اندازه می‌گیرد.

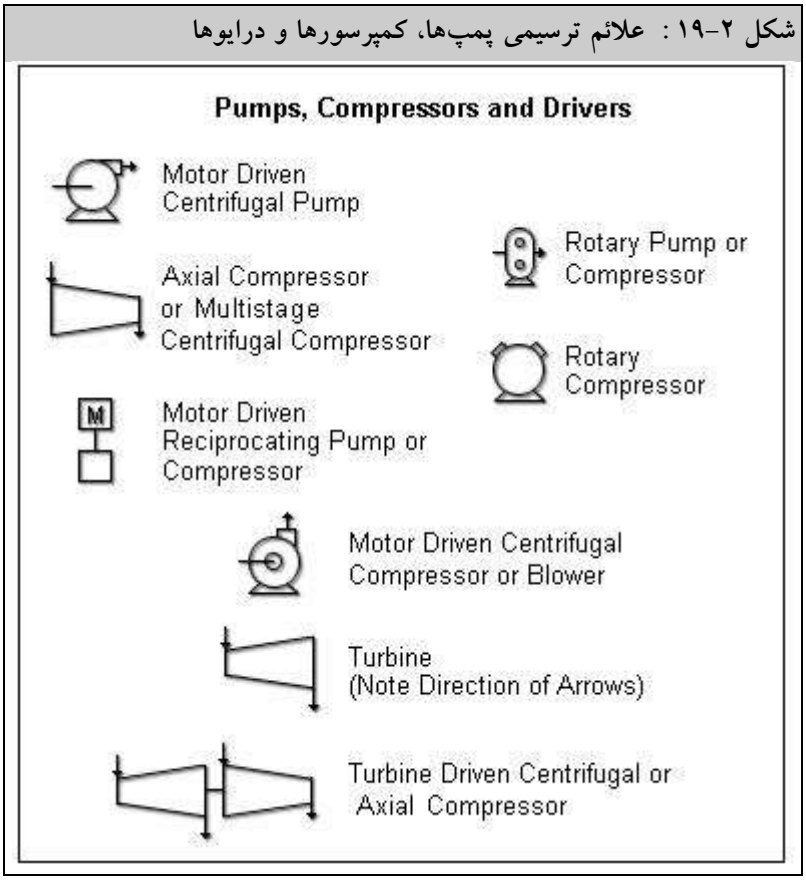
- و فلومتر ورتکس (*Vortex flometer*) که تغییرات در جریان فرآیند را از طریق تغییر فرکانس در لرزش یک شی که در مقابل جریان سیال قرارگرفته اندازه می‌گیرد.

علاوه بر روش‌های یادشده روش‌های دیگری نیز و جود دارد که در اینجا ذکر نشده‌اند.

علائم ترسیمی پمپ‌ها، کمپرسورها و درایوها

پمپ‌ها، کمپرسورها و درایوها ازجمله تجهیزاتی هستند که همواره در تمام پروژه‌های فرآیندی حضور دارند. شکل ۲-۱۹ علائم ترسیمی بکار رفته برای این نوع تجهیزات را نشان می‌دهد.

شکل ۲-۱۹ : علائم ترسیمی پمپ‌ها، کمپرسورها و درایوها



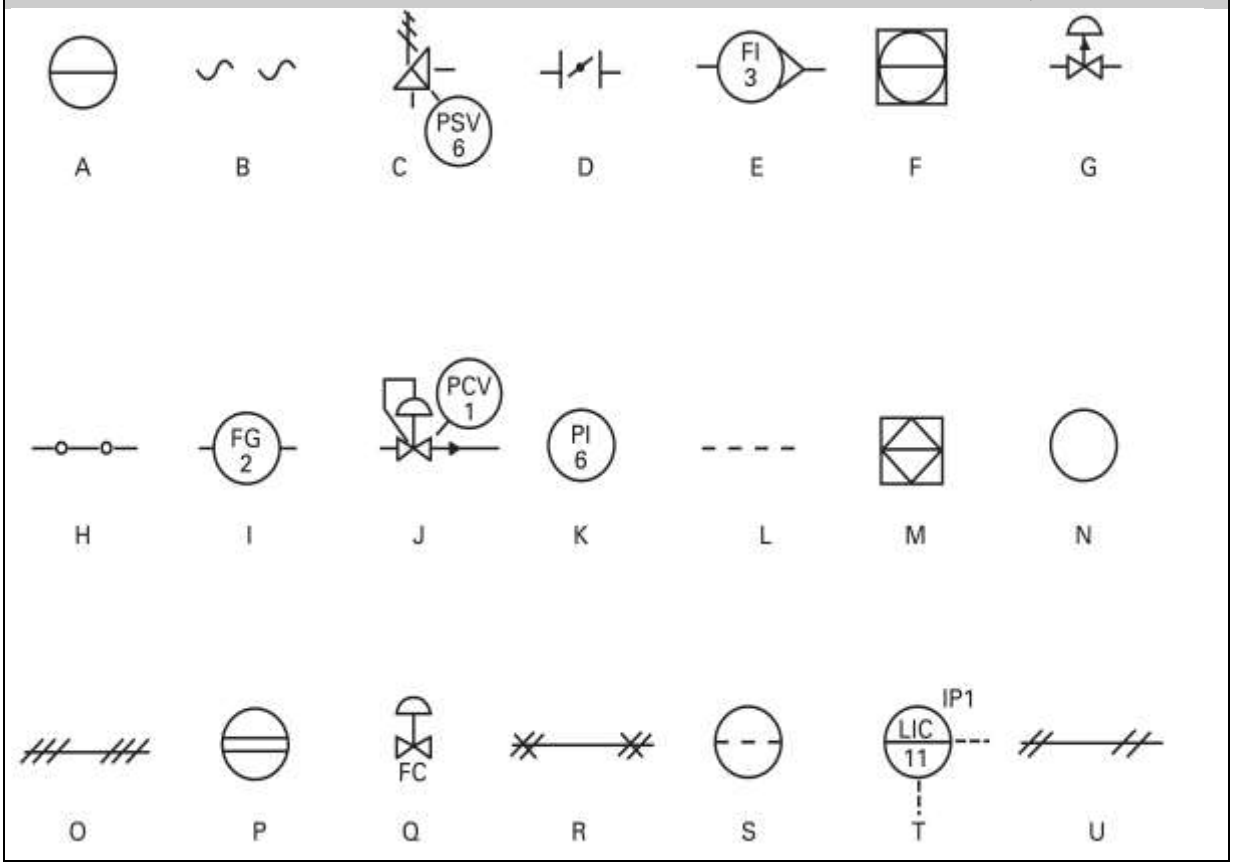
تا اینجا یک مرور کلی از علائم ترسیمی بکار رفته در *ISA-5.1*، صورت گرفت. حال به‌عنوان یک مرور از مطالب گفته‌شده، تمرین زیر را انجام دهید.

توصیفات ارائه‌شده در شکل ۲-۱۹ را با علائم ترسیمی ابزار دقیق آورده شده در شکل ۲-۲۰، مطابقت دهید. بعد از اتمام حل تمرین، جواب‌های خود را با جواب‌های ارائه‌شده در ضمیمه *A* مقایسه کنید.

شکل ۲-۱۹ : توصیفات

1. ( ) *Pneumatic Line Symbol*
2. ( ) *Discrete Instrument - Primary Location Normally Accessible to Operator*
3. ( ) *Safety Valve*
4. ( ) *Discrete Instrument - Auxiliary Location Normally Accessible to Operator*
5. ( ) *Board Mounted Electronic Level Controller*
6. ( ) *Butterfly Valve*
7. ( ) *Back Pressure Regulator - Self Contained*
8. ( ) *Internal System Link - Software or Data Link*
9. ( ) *Discrete Instrument, Normally Inaccessible (Behind the panel)*
10. ( ) *Shared Display or Control - Primary Location Normally Accessible to Operator*
11. ( ) *Electromagnetic or Sonic Signal, Not Guided*
12. ( ) *Electric or Electronic Signal*
13. ( ) *Variable Area Meter (Rotameter)*
14. ( ) *Control Valve - Pneumatic Actuator, Fail Open*
15. ( ) *Electric or Electronic Signal*
16. ( ) *Discrete Instrument - Field Mounted*
17. ( ) *Control Valve, Fail Closed*
18. ( ) *Pneumatic Binary Signal*
19. ( ) *Pressure Indicator*
20. ( ) *Programmable Logic Controller - Primary Location Normally Accessible to Operator*
21. ( ) *Flow Gauge*

شکل ۲-۲۰ : علائم ترسیمی برای حل تمرین



تعریف شرایط فرآیند توسط سند PFD

همچنان که طراحی پروژه، پیش می‌رود. اطلاعات موجود در دیاگرام PFD جهت تعریف شرایط فرآیند برای تجهیزات و خطوط لوله مورداستفاده قرار می‌گیرد. گروه طراحی مخازن و تجهیزات (vessel group)، با استفاده از اطلاعات اولیه‌ی ایجادشده در PFD، اندازه‌ی مخازن را تعیین می‌کنند. گروه طراحی خطوط لوله و شاید گروه فرآیند، محاسبات مربوط به‌اندازه‌ی خطوط را انجام می‌دهند. گروه تجهیزات مکانیکی نیز تجهیزات را انتخاب می‌کنند. ملزومات و نیازمندی‌های تجهیزات ممکن است در سرتاسر فرآیند تأثیرگذار باشند، به‌طوری‌که ممکن است فرآیند طراحی چندین بار مورد بازبینی قرارگرفته و با در نظر گرفتن اطلاعات جدید تکرار شود. تغییر در تجهیزات، تغییرات فرآیندی را به همراه دارد که اندازه‌ی خطوط را تغییر می‌دهد و همین‌که تیم پروژه اطلاعات مفصل‌تر و مناسب‌تری را فراهم می‌کنند. درنهایت زمانی که یک تعادل حاصل می‌شود تمام این اطلاعات بر روی P&ID، ثبت و به‌روزآوری می‌شود.

بنابراین نقشه‌ی P&ID یک سند هماهنگ‌کننده میان گروه‌های مختلف طراحی می‌باشد. هر گروه طراحی بایستی به‌طور پیوسته اطلاعات را به P&ID اضافه و اطلاعات اضافه‌شده توسط دیگر گروه‌ها را بررسی کند. همین‌که جزئیات مربوط به تجهیزات و خطوط لوله آماده شد، گروه طراحی کنترل و ابزار دقیق، نقاط اندازه‌گیری فرآیند را ایجاد، اندازه‌ی شیرهای کنترل را محاسبه و شروع به‌اضافه کردن تعاریف حلقه‌های کنترلی می‌کند. اطلاعات مکرر اضافه‌شده به یک نقشه‌ی P&ID، دارای یک ارجاع کدبندی‌شده به داده‌های تکمیل‌تر می‌باشد که به‌صورت جداگانه در فرم‌های مشخصات (data sheets) و بانک‌های اطلاعاتی نگهداری می‌گردد. عدد نشان داده‌شده بر روی یک خط لوله یک کد مرکب از شماره و حرف است. این شماره دسترسی به اطلاعات اضافه را در خصوص مشخصات خطوط لوله فراهم می‌کند. این اطلاعات اضافی که به‌طورمعمول در مدارکی مانند فهرست خطوط نگهداری می‌شود شامل جنس لوله‌ها، کلاس فشار، روش‌های اتصال و نوع سرویس مربوطه باشد. شکل ۲-۲۰ یک نوع کدبندی را به همراه توضیحات نشان می‌دهد.

طراحی جزئی

برای مقاصد خاصی از پروژه، تصمیم‌گیران پروژه قبل از شروع طراحی جزئی، نقشه‌های P&ID را به‌قدر کافی ازنقطه‌نظر فرآیند توسعه می‌دهند. به‌طوری‌که طراحی فرآیند در سطح خیلی جزئی‌تر و مفصل‌تری صورت

می‌گیرد. بعضی از پروژه‌ها این نقطه را به‌عنوان یک نقطه‌ی عطف (*Schedule milestone*) زمان‌بندی پروژه تعریف می‌کنند. نقشه‌های *P&ID* و شاید دیگر ترسیمات و مستندات مهندسی، به‌طور رسمی برای طراحی جزئی صادر می‌گردد. همچنین عنوان «ارسال برای طراحی جزئی» یا چیزی شبیه به آن در بلوک بازبینی ترسیمات برای آن‌ها انتخاب می‌گردد. این مقطع زمانی مطابق با یک حرکت و خیزش قابل‌توجه در تعیین افراد و شروع به تولید مستندات طراحی می‌باشد.

پس از صدور *P&ID* برای طراحی جزئی، گروه طراحی سیستم کنترل و ابزار دقیق برای به تصویر کشیدن هر یک از دستگاه‌ها یا توابع سیستم کنترل و ابزار دقیق، شروع به‌قرار دادن علائم ترسیم و شماره ـ شناسه‌ها بر روی *P&ID* می‌کنند. شناسه‌های تعریف‌شده، نشان‌دهنده‌ی متغیرهای فرآیندی و توابع مربوط به دستگاه‌های کنترل و ابزار دقیق می‌باشند. این شناسه‌ها دسترسی به اطلاعات کامل‌تر و بیشتر در خصوص یک دستگاه را که در فرم‌های مشخصات و دیگر مستندات سیستم‌های کنترل و ابزار دقیق نگهداری می‌شود، فراهم می‌کنند.

هیچ استاندارد عمومی وجود ندارد که در خصوص یک قالب برای توسعه‌ی *P&ID*، اطلاعاتی ارائه کرده باشد[]. بنابراین قالب بکار رفته توسط بسیاری از گروه‌های طراحی در طول سالیان متوالی در جریان کار یک پروژه ایجادشده است. به‌هرحال، در این قسمت رهنمودهایی ارائه‌شده است که می‌تواند به‌عنوان یک استاندارد جاافتاده در صنعت (*defacto standard*) به خدمت گرفته شود.

- جریان فرآیند از سمت چپ نقشه‌ی *P&ID* به سمت راست می‌باشد.
- نقشه‌های *P&ID* در صفحات *D* (*22"×34"*) یا بزرگ‌تر ایجاد می‌شوند. ولی جهت کاربری آسان در محیط فیلد و محیط‌های اداری، به شرطی که خوانا باشند، می‌توانند به اندازه‌های کوچک‌تر *B* (*11"×17"*) نیز تبدیل شوند
- نقشه‌های*P&ID* بایستی بدون داشتن شلوغی زیاد در نقشه، اطلاعات کافی را برای تعریف و تشخیص فرآیند نشان دهند.
- برای کاهش شلوغی، یک نوشته‌ی راهنمای جزئی می‌تواند برای مؤلفه‌های تکراری مورداستفاده قرار گیرد (شکل ۲-۲۲، به‌عنوان‌مثال "*Typical drain*")
- موقعی که خطوط پای‌پینگ پیچیده‌تر می‌گردد، نقشه‌های *P&ID* در چند برگ ترسیم می‌گردند.

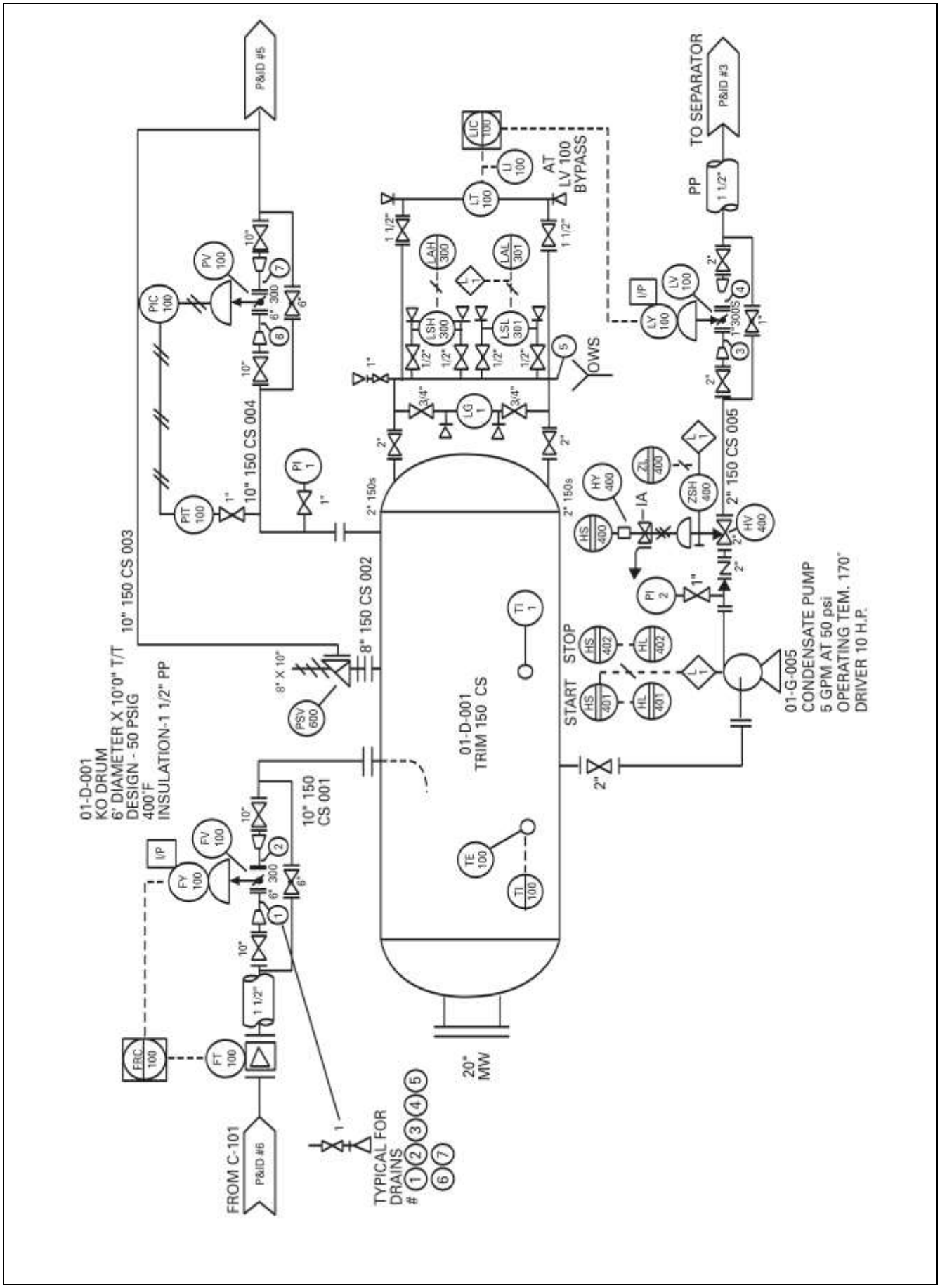
- برای فهم بیشتر و روشن شدن مسئله، یادداشت‌هایی به *P&ID* اضافه کنید.
- اندازه‌های مرتبط با تجهیزات را نشان دهید. ولی شامل ابعاد بخصوص و هم‌چنین ارتفاع قرارگیری دستگاه نباشد.
- هر مجموعه از *P&ID* بایستی حاوی یک برگ شرح علائم و اختصارات (*legend*)، یا برگ‌هایی برای تعریف علائم ترسیمی و اختصارات استفاده‌شده در نقشه‌ها باشد.
- فضای خالی بر روی نقشه *P&ID* بایستی انجام تغییرات فرآیندی در آینده را تسهیل نماید.

همواره در ارتباط با این موضوع که چقدر اطلاعات و چه مقدار جزئیات بایستی در نقشه‌های *P&ID* آورده شود یک ارتباط تبادلی (*Trade-off*) وجود دارد. بسیاری از گروه‌های تخصصی علاقه‌مند به داشتن اطلاعات بیشتر بر روی نقشه‌های *P&ID* هستند. همچنین گروه‌هایی وجود دارند که می‌خواهند اطلاعات کمتری در *P&ID* آورده شده و آن را خلوت نگه‌داشته و بسیار شلوغ نکنند. بنابراین، پرسش این سؤال مهم است که آیا اطلاعاتی که قرار است بر روی نقشه‌ی *P&ID* اضافه شود برای کاربران نهایی *P&ID* قابل ارزش است. یا نه. و آیا این اطلاعات در جای دیگری بهتر نگه‌داری نمی‌شود.

در این قسمت از کتاب، برای ایجاد نقشه‌ی *P&ID* شکل۲-۲۲ از دیاگرام جریان فرآیند فصل یک (شکل ۱-۱)، استفاده‌شده است. این نقشه‌ی *P&ID* شامل *KoDrum*، *01-D-001* و تجهیزات مربوطه، خطوط لوله‌ی فرآیند و مؤلفه‌های کنترل و ابزار دقیق می‌باشد.

شکل۲-۲۲ شامل مثال‌هایی از چندین حلقه‌ی کنترلی می‌باشد. نقشه‌ی مذکور همچنین حاوی چندین روش مختلف مستندسازی مؤلفه‌های کنترل می‌باشد و نشان می‌دهد که به چه نحوی اطلاعات بایستی بر روی یک *P&ID* نمایش داده شود. ولی این‌ها به معنی یک طرح واقع‌بینانه از *KoDrun* (به نقشه *PFD* مربوطه در فصل قبلی مراجعه شود) و تجهیزات مربوطه نمی‌باشد.

شکل ۲-۲۱ : نقشه *P&ID*


01-D-001
KO DRUM
6' DIAMETER X 10'0" T/T
DESIGN - 50 PSIG
400'F
INSULATION-1 1/2" PP
01-D-001
TRIM 150 CS
01-G-005
CONDENSATE PUMP
5 GPM AT 50 psi
OPERATING TEM. 170°
DRIVER 10 H.P.
10" 150 CS 003
10" 150 CS 004
8" 150 CS 002
2" 150 CS 005
10" 150 CS 001
AT LV 100 BYPASS
TO SEPARATOR
FROM C-101
TYPICAL FOR DRAINS # 1 2 3 4 5 6 7
START
STOP
OWS
IA
20" MW
P&ID #5
P&ID #6
P&ID #3
PIC 100
PV 100
PIT 100
PI 1
LIC 100
LT 100
LAH 300
LAL 301
LSH 300
LSL 301
LG 1
LV 100
LY 100
I/P
FV 100
FY 100
FRC 100
FT 100
TE 100
TI 100
TI 1
PSV 600
HS 400
HY 400
ZSH 400
HV 400
PI 2
HS 402
HL 402
HS 401
HL 401

شناسه‌ی تجهیزات (*Equipment identification*)

ترسیمات یا نقشه‌ها در طول مدت‌زمان طراحی، حداقل توسط یک شماره نقشه یا یک شماره یا حرف نسخه تجدیدنظر شناخته می‌شوند. این‌گونه اطلاعات و موارد دیگر در بخش بلوک عنوان نقشه‌ها قرار می‌گیرند. که معمولاً بلوک‌های عنوان به‌منظور سادگی و صرفه‌جویی در فضای نقشه‌کشی، بر روی *P&ID* نمایش داده نمی‌شوند. در فصل ۹ راجع به شماره نقشه، شماره و حروف تجدیدنظر و بلوک‌های عنوان به‌طور مفصل صحبت شده است.

برای تعریف شناسه‌ی یک دستگاه بر روی *P&ID*، از یک شماره‌ی منحصربه‌فرد استفاده می‌شود. برای مثال شماره دستگاه *01-D001* دست‌کم در دو جا نمایش داده‌شده است. یکی بر روی *PFD* و دیگری بر روی *P&ID* . شناسه *D-001* استفاده‌شده در *PFD* در اینجا به‌منظور نشان دادن این‌که *Drum* در واحد صنعتی ۰۱ قرار دارد، پسوند *01* به خود گرفته است. در این مثال کلاس فشار *ANSI Carbon Steel* برای قطعات لوله‌های متصل‌کننده دستگاه به فرآیند (*Trim piping*) مستقیماً بر روی علامت ترسیمی مخزن نشان داده‌شده است. (*150CS*) اطلاعات اضافه‌تر، در بالا و پایین نقشه *P&ID* آورده شده است. به‌ویژه کلاس فشار تجهیزات، اندازه ظرفیت نرمال و ظرفیت طراحی نیز بر روی *P&ID* آورده شده است. که البته هیچ روش استانداردی برای نمایش این اطلاعات وجود ندارد[]. بعضی از طراحی‌ها اطلاعات مربوط به تجهیزات را در داخل یا مجاورت خود علامت ترسیمی نمایش می‌دهند. و بعضی‌ها اطلاعات جزئی‌تری در پائین نقشه می‌آورند و یا احتمالاً از شماره‌ی دستگاه برای ارتباط علامت ترسیمی به اطلاعات آورده شده استفاده می‌شود.

نکته: طراحی خطوط لوله، دستگاه‌ها و تجهیزات مکانیکی برای سه مقدار *Normal* ، *Max* و *Design* نسبت به متغیرهای فرآیند مثل فشار و دما و ... صورت می‌گیرد.

در مثال یادشده، گروه طراحی پای‌پینگ و مخازن، مخزن *01- D-001* را طراحی و علامت ترسیمی آن را مطابق شکل در *P&ID* منعکس کرده است. این مخزن به‌صورت افقی بوده و دارای قطر ٦ فوت و فاصله‌ی مجاور تا مجاور ۱۰ فوت می‌باشد. همچنین دهانه‌ی مخزن دارای قطر ۲۰ اینچ بوده که معمولاً دریچه‌ی آدم‌رو (*MW: Man Way*) نامیده می‌شود.

با توجه به عبارت متنی نشان داده‌شده در نقشه، مخزن برای تحمل یک فشار داخلی حداکثر ۵۰ psig و دمای ۴۰۰ درجه‌ی فارنهایت طراحی‌شده است. دو حرف ساده PP که در عبارت متنی مذکور قیدشده است، حاوی اطلاعات زیادی می‌باشد. عبارت "1 ½" PP" به این معنی است که مخزن برای حفاظت فردی با یک عایق به ضخامت"1½ ایزوله خواهد شد. این عایق‌کاری بر روی تجهیزات و خطوط لوله به‌منظور حفاظت کارکنان از صدمه دیدن در مقابل یک سطح داغ صورت می‌گیرد و با توجه به این‌که می‌خواهیم گاز داخل مخزن خنک نگه‌داشته شود کل مخزن عایق‌کاری نمی‌شود و تنها بخشی از 01-D001 جهت عایق‌کاری در دفترچه‌ی مشخصات سایت یا پروژه (Plant specifications) تعریف می‌شود.

نقشه‌ی P&ID این پروژه، اطلاعات پمپ 01-G-005 را در مجاورت علامت ترسیمی پمپ نشان داده است. که ممکن است در دیگر طراحی یا پروژه‌ها اطلاعات بیشتر یا کمتری، درجایی دیگر از نقشه درج شود و اگرچه در بعضی از طراحی‌ها ممکن است اطلاعات مربوط به راه‌انداز پمپ قید شود ولی در اینجا هیچ علامت ترسیمی برای نمایش آن انتخاب‌نشده و تنها اطلاعات مربوط به روشن یا متوقف کردن موتور نشان داده‌شده است. زمانی که همه‌ی موتورها در واحد فرآیندی به یک طریق راه‌اندازی و متوقف می‌گردد، داده‌های مرتبط با موتور می‌تواند توسط یک علامت ترسیمی نوعی تکی به همراه جزئیات بیشتر در برگه شرح علائم و اختصارات بیان شود.

پس از این‌که اندازه‌ی کلیه اتصالات سیستم‌های کنترل، ابزار دقیق و لوله‌کشی مشخص و بر روی P&ID نمایش داده شدند. این اتصالات نیاز به هماهنگی در میان چندین گروه مختلف دارد.

به‌عنوان‌مثال، فرض کنید گروه کنترل و ابزار دقیق علامت ترسیمی یک ترموکوپل (TE-100) و ترموول آن را به P&ID اضافه نموده است. حال بایستی گروه طراح پای‌پینگ و مخازن و گروه کنترل و ابزار دقیق، بعد از مراجعه به دفترچه‌ی مشخصات سایت یا پروژه، در خصوص اندازه و نحوه‌ی اتصال آن به مخزن بررسی و بر چگونگی آن توافق کنند. به‌طوری‌که نقاط توافق شده برای قرارگیری تجهیزات بر روی نقشه‌های طراحی مخزن و بر روی نقشه جانمایی نیز آورده می‌شود. برای اطلاعات بیشتر در خصوص نقشه‌های جانمایی به فصل ۸ مراجعه شود.

گروه لوله‌کشی اندازه و کلاس فشار خطوط اصلی فرآیند را بر مبنای اطلاعات موجود در *PFD* و بامطالعه‌ی دفترچه مشخصات سایت و پروژه تعیین نموده است. گروه مذکور این اطلاعات و شماره‌ی شناسه خطوط را به نقشه *P&ID* اضافه و سپس با پیشرفت طراحی، اطلاعات ثانویه‌ی خطوط را به آن اضافه می‌کند. گروه پایپینگ از این اطلاعات برای مشخص نمودن اندازه‌ی اتصال مخزن و نوع آن استفاده می‌کند. در نقشه‌ی *P&ID* مثال یادشده از یک سیستم ساده برای شماره‌گذاری خط در معرفی خطوط استفاده‌شده است و اگرچه استاندارد *PIP* به این موضوع اشاره‌کرده است ولی هیچ استاندارد صنعتی برای شماره‌گذاری خطوط وجود ندارد. سیستم شماره‌گذاری بکار رفته در اینجا، واحد اینچ را برای اندازه خطوط، واحد *psi* را برای فشار، و برای نمایش جنس مواد بکار رفته برای لوله‌های پای‌پینگ از حروف اختصاری و یک شماره‌ی ترتیبی استفاده می‌کند. به‌عنوان‌مثال خط ورودی به *01-D001* دارای شناسه *10" 150 CS 001* می‌باشد. که یک خط ۱۰ اینچ از نوع کربن استیل و کلاس فشار *ANSI* با مقدار *psi* ۱۵۰ و دارای شماره‌ی ترتیبی ۰۰۱ می باشد.

از آنجایی که هیچ استاندارد صنعتی برای شماره‌ی خطوط لوله وجود ندارد، در بعضی از طراحی‌ها ممکن است اطلاعات بیشتر یا کمتری در نقشه *P&ID* نمایش داده شود و بعضی از طراحی‌ها تنها یک عدد ترتیبی بر روی *P&ID* نشان داده و تمام اطلاعات اضافی در یک بانک اطلاعات جداگانه یا در یک فهرست متنی تحت عنوان فهرست خطوط تهیه می‌شوند. بعضی از این فهرست‌ها به‌طورمعمول اطلاعاتی نظیر شروع و پایان خط، اطلاعات زمان‌بندی خطوط لوله و کلاس فشار اسمی را نیز ارائه می‌کنند. به‌طوری‌که میزان جریان طراحی نیز می‌تواند در فهرست خطوط نشان داده شود. اطلاعات مذکور بهتر است که در طول استفاده از *P&ID*، ایجاد، حفظ و همسان گردند.

دیگر طراحی‌ها ممکن است حاوی شماره‌ی خطوط بسیار پیچیده‌تر بوده و یا حاوی یک علامت ترسیمی با یک کلمه اختصاری نشان‌دهنده‌ی نوع سرویس خط باشند. به‌طوری‌که نوع ماده‌ی سیال را مشخص و نام‌گذاری کند. نمونه‌هایی از این کلمات اختصاری به‌صورت زیر می‌باشد.

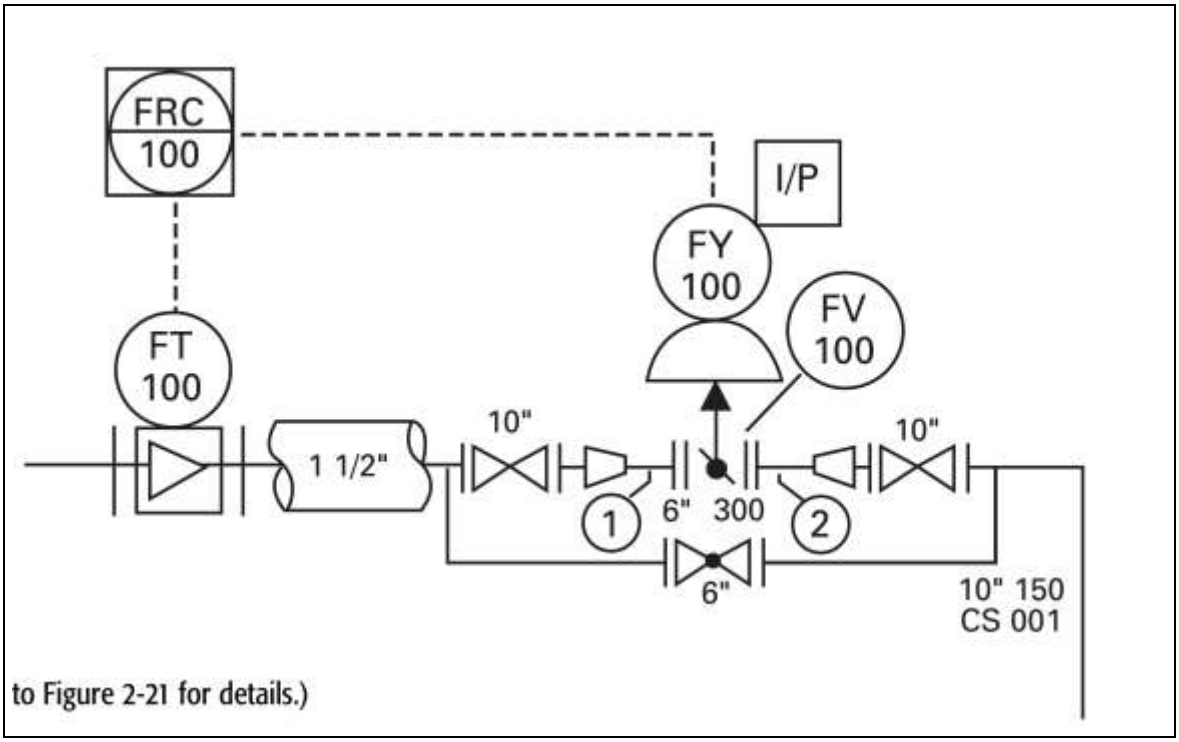
A – Air	*C – condensate*	*CW - cooling water*
FG - fuel gas	*FO - fuel oil*	*IA - instrument air*
N – Nitrogen	*S – steam*	*S-25 - 25 psig steam*
S-100 - 100 psig steam	*PA - plant air*	*PW - potable water*

فهرست خطوط یا بانک اطلاعات ممکن است شامل اطلاعات اضافی در خصوص مواد جاری در خطوط لوله نیز باشند. به‌عنوان‌مثال نرخ فلو در واحد گالن بر دقیقه، پوند بر ساعت، فوت مکعب بر دقیقه، فشار، دما، ضریب چسبندگی، چگالی و چگالی نسبی. دقت شود که واحدهای استاندارد در کل نقشه‌های *P&ID* بایستی از یک مجموعه واحد انتخاب‌شده باشد. به‌عنوان‌مثال مایعات ممکن است همیشه در واحد گالن بر دقیقه، بخار در واحد پوند بر ساعت، هوا در واحد فوت مکعب بر دقیقه و گازها در هر واحدی که مناسب صنعت شما باشد بیان شوند. اگر شرکت مادر، کانادایی یا اروپایی باشد به‌احتمال‌زیاد واحدهای بکار رفته متریک می‌باشد. برای حداقل نمودن فضای موردنیاز برای شناسه‌ی خط، واحدها بر روی شناسه خطوط تکرار نمی‌گردد.

هم‌زمان با پیشرفت مراحل توسعه‌ی نقشه‌های *P&ID*، گروه کنترل و ابزار دقیق نسبت به رویه‌های کلی کنترل تصمیم خواهند گرفت و این معمولاً بعد از مشورت با گروه فرآیند پروژه و نماینده‌ی کارفرما صورت می‌گیرد. زیرا هر دو گروه دارای اطلاعات ارزشمندی در خصوص انتخاب بهترین دستگاه‌های کنترل برای فرآیند هستند. در این مثال گروه کنترل و ابزار دقیق سه حلقه کنترل به نقشه *P&ID* اضافه نموده است که در ادامه تشریح می‌گردد.

یکی از این حلقه‌ها، حلقه فلو (*FRC-100*) بر روی خط *10" 150 CS 001* می‌باشد. که در شکل ۲-۲۲ به تصویر کشیده شده است. المان فلو در ترنسیمتر الکترونیکی *FT-100* از نوع ورتکس انتخاب‌شده است. که میزان فلو را از طریق سنجش تغییرات فرکانسی یک شئ قرارگرفته در مقابل جریان سیال، اندازه‌گیری می‌کند. کنترل‌کننده*FIC-100* به‌عنوان بخشی از سیستم کنترلی *DCS* می‌باشد. سیستم *DCS* در اتاق کنترل مرکزی قرارگرفته است و یا همان‌طوری که در استاندارد *ISA-5.1* بیان‌شده است، مکان اصلی برای قرارگیری سیستم‌های کنترل و مانیتورینگ مرکزی می‌باشد که به‌طورمعمول در دسترس اپراتورها قرار دارد.

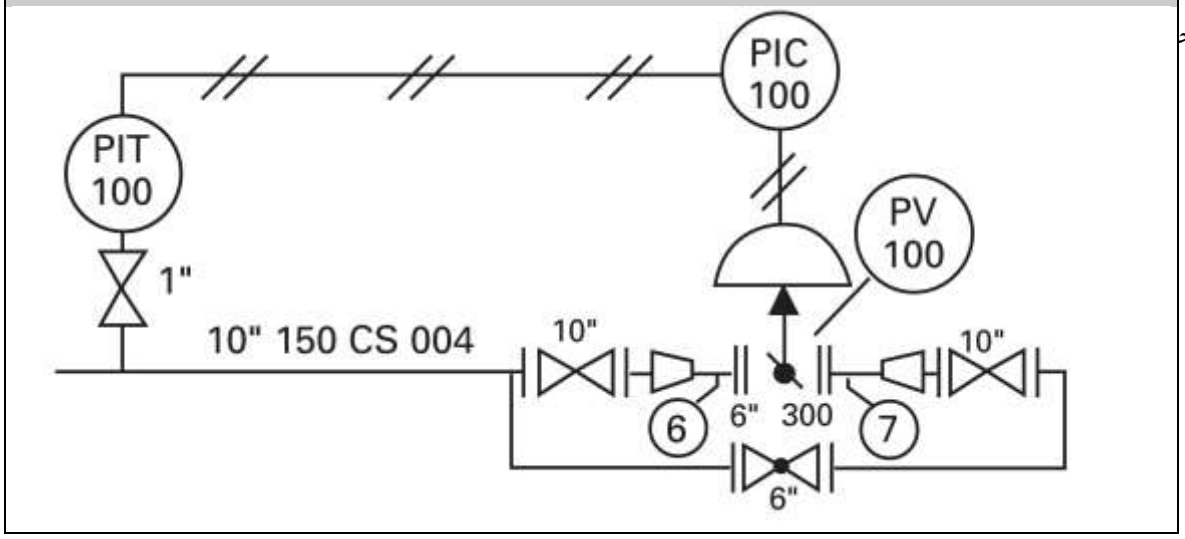
شکل ۲-۲۲ : حلقه فلو- *FRC-100*



با توجه به نمایش خطوط نقطه چین، مشخص است که سیگنال تولیدشده توسط *FRC* به‌صورت الکترونیکی ارسال می‌گردد. سیگنال الکترونیکی مذکور در مبدل *I/P* (تبدیل جریان الکتریکی به فشار نیوماتیک) که بر روی شیر کنترل *FV-100* نصب‌شده، به یک سیگنال نیوماتیکی *FY-100*، تبدیل می‌گردد. شیر *FV-100* یک شیر کنترل از نوع پروانه‌ای با محرک دیافراگمی بوده که حاوی یک فنر برای باز کردن شیر می‌باشد. درصورتی‌که تغذیه‌ی هوای ورودی به شیر قطع شود، شیر کنترل به‌صورت که در شکل با یک بردار رو به بالابر روی محرک شیر نشان داده‌شده است به موقعیت کاملاً باز می‌رود (*FO*). شیر *FV-100* به‌صورت که در دفترچه‌ی مشخصات طراحی سایت تعریف‌شده، به همراه شیرهای *Block & by Pass* نصب‌شده است. شیرهای *Block & by Pass* امکان جداسازی شیر کنترل از فرآیند را فراهم می‌کنند. گروه کنترل و ابزار دقیق اندازه شیر کنترل را با استفاده از مقادیر فلو، افت فشار و دمای توافق شده با گروه‌های فرآیند و پایپینگ محاسبه می‌کند. مطابق شکل، اندازه‌ی محاسبه‌شده برای شیر کنترل مذکور برابر با ″٦ و فلج‌های آن دارای کلاس فشار *ANSI 300* مطابق با دفترچه‌ی مشخصات پروژه می‌باشد. لذا گروه لوله‌کشی مطابق شکل از یک سری قطعات به نام کاهنده‌ی اندازه خط در دو طرف شیر کنترل *FV-100* ولی با شیرهای قطع سریع ″١٠، استفاده کرده است.

گروه کنترل و ابزار دقیق پس از اتمام پروسه سایز کردن شیر کنترل، تمام اطلاعات مربوط به شیر کنترل را در فرم‌ها یا برگه‌های مشخصات (دیتاشیت) مستند نموده و مدارک مذکور را به گروه خرید تجهیزات جهت پیگیری روند خرید ارسال می‌نمایند. سپس فروشنده‌ی انتخاب‌شده برای خرید شیر کنترل، اطلاعات ابعادی را برای هر یک از شیرهای درخواستی تهیه و ارائه خواهند کرد. که این اطلاعات پس از رسیدن به دست گروه کنترل و ابزار دقیق به گروه پایپینگ نیز جهت تکمیل طرح پایپینگ، ارسال خواهد شد.

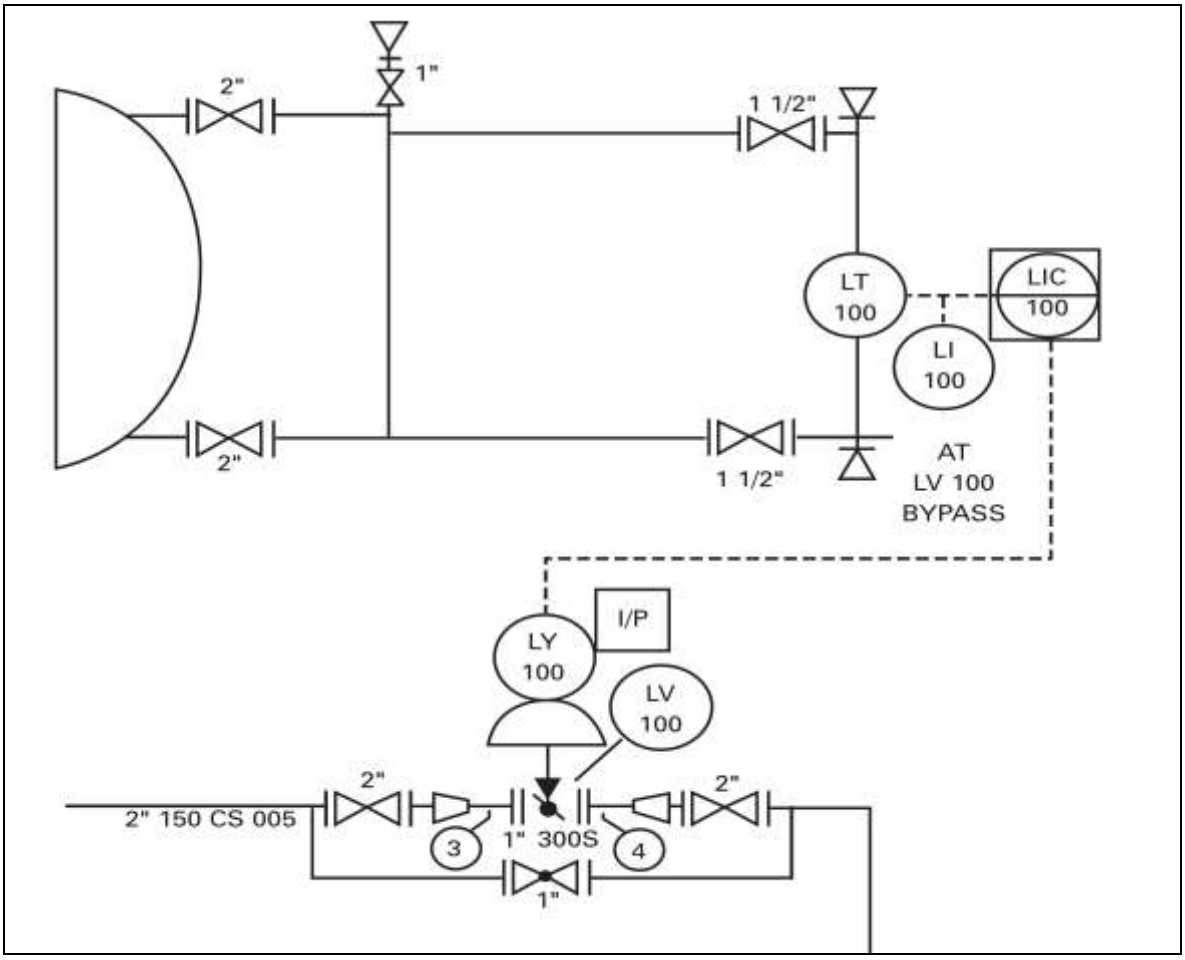
شکل ۲-۲۳ : حلقه‌ی فشار *PIC-100*



حلقه‌ی بعدی، حلقه نیوماتیکی *PIC-100* بر روی خط *10" I50 CS 004* می‌باشد. مطابق نقشه‌ی *P&ID* این حلقه‌ی کنترلی، فشار در تجهیزات *KO Drum* را کنترل می‌کند. ترنسمیتر *PIT-100*، فشار را در خط اندازه‌گیری و سپس یک سیگنال نیوماتیکی را به *PIC-100*، که یک کنترل‌کننده نیوماتیکی نصب‌شده در سایت می‌باشد. ارسال می‌نماید. کنترل‌کننده *PIC-100* نیز در پاسخ، سیگنال صحیح و مناسبی را تولید و به شیر کنترل *PV-100* ارسال می‌نماید. (شیر کنترل پروانه‌ای ٦ اینچ) لازم به ذکر است که شیر کنترل *PV-100* به‌محض قطع سیگنال نیوماتیکی به موقعیت کاملاً باز می‌رود.

شکل۲-۲٤، حلقه‌ی دیگر ذکرشده یعنی حلقه سطح *LIC-100* را نشان می‌دهد که یک حلقه‌ی سطح الکترونیکی با مؤلفه‌های *LT-100*، *LIC-100*، *LI-100*، *LY-100* و *LV-100* می‌باشد.

شکل ۲-۲٤ : حلقه سطح *LIC-100*



تـرنسـمیتـر *LT* بکار رفته یـک تـرنسـمیتـر سـطح

با مکانیسم اندازه‌گیری از نوع جابجایی مثبت بوده و *LIC* یعنی کنترل‌کننده و نمایش‌دهنده‌ی سطح به‌عنوان بخشی از سیستم *DCS* می‌باشد. مؤلفه *LI-100* نیز یک نمایشگر الکترونیکی نصب‌شده در محل می‌باشد که بایستی در مسیر بای‌پس شیر کنترل *LV-100* نصب گردد. این در مواقعی که شیر کنترل*LV-100* جهت تعمیر خارج از سرویس بوده، ولی سیستم *DCS* هنوز در حال سرویس باشد، ضروری می‌باشد. به‌طوری‌که یک اپراتور فرآیند می‌تواند سطح درام را از طریق قراردادن یک شیر بای‌پس کنترل نموده و درعین‌حال مقدار سطح را با *LI-100* مانیتور نماید. *LV-100* یک شیر کنترل پروانه‌ای می‌باشد که به‌محض قطع سیگنال هوای ابزار دقیق به موقعیت کاملاً بسته می‌رود.

گروه لوله‌کشی به‌منظور تخلیه‌ی هرگونه مایع باقیمانده در خط در مواقعی که تعمیر شیر ضروری است، شیرهای تخلیه‌ی یک اینچ درپوش دار را در بالادست و پایین‌دست شیرهای کنترل اضافه نموده است که در عمل خروجی شیرهای تخلیه به یک سیستم بازیابی قابل‌حمل متصل می‌گردد. بعد از این‌که مایع باقیمانده از خط تخلیه گردید شیر کنترل می‌تواند بدون ایجاد آلودگی جوی از سرویس خارج گردد.

به‌طورمعمول تمام دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح بر روی یک وسیله به نام *Strongback* که *Pipe stand* و یا *Bridle* نیز نامیده می‌شود، نصب و سپس لوله‌ی مذکور بـه درام *KO DRUM 01-D-001* وصـل مـی‌گـردد. درواقع یک *Strong back* یک لوله یک‌تکه دو اینچ می‌باشد که مطابق شکل ۲-۲۵ از طریق شیرهای *Block* بـه مخزن متصل می‌گردد. با توجه به نقشه‌ی *P8ID* شکل ۲-۲۱، دستگاه‌های ابزار دقیق مرتبط با سطح متصل شده به *Strong back* شامل وسایل زیر می‌باشد:

- *Level gauge (LG-1)*
- *high Level switch(LSH-300)*
- *Low level switch (LSL-301)*
- *Level transmitter (LT-100)*

شکل ۲-۲۵ : لوله *Strongback*

دستگاه‌های سطح سنج در اغلـب مواقـع ولـی نـه همیشـه، بـه چندین دلیل به این طریق به مخازن متصل مـی‌گردنـد. اول ایـن‌کـه، متصل نمودن دستگاه‌های ابزار دقیق سطح به یک *Strong back* جدا پذیر(*Isolatable*) از تانک و یا یک *Bridle* دستگاه ابزار دقیق، تست دستگاه‌های ابزار دقیق را بدون ایجاد اختلال در روند تولید و یا بدون باز کردن کل مخزن فراهم می‌کند. درصورتی‌کـه بـرای سـیال فرآینـد مناسب باشـد، لولـه‌ی *Strong back* مـی‌توانـد از مخـزن جداشـده، شیرهای تخلیه بازشوند و سیال فرآینـدی سـازگار بـا دسـتگاه بـرای تست عملکرد دستگاه ابزار دقیق سطح به درون دستگاه جاری شـود. دوم این‌که مخازن جزء تجهیزاتی هستند که زمان سـاخت و تحویـل آن‌ها بسیار طولانی بوده و لذا در اوایل پـروژه خریـداری مـی‌شـوند. ولی دستگاه‌های ابزار دقیق به‌طورمعمول مدت‌ها بعد خریداری می‌شوند. به‌طوری‌کـه اطلاعـات ابعـادی دقیـق ممکن است در زمان ایجاد اتصالات جهت نصب دستگاه‌های ابزار دقیق بـر روی مخـازن، در دسـترس نباشـد. بنابراین در این مثال، دو تا اتصال ۲ اینچ بر روی مخزن برای متصـل نمـودن *Strong back* بـه مخـزن در نظـر گرفته‌شده است. زمان‌بندی اتصال دستگاه‌های ابزار دقیق به *Strong back*، مدت‌ها بعد از ایجـاد اتصـالات بـر روی مخازن می‌باشد. سوم این‌که ایجاد اتصالات بر روی مخازن بسیار گران‌تر از اتصـالات لولـه‌ای مـی‌باشـد.

دلایل بالا به معنی جانب‌داری از اتصال تمام دستگاه‌های سطح به مخازن از طریق *Strong back* به‌جای اتصال مستقیم آن‌ها به مخزن نمی‌باشد بلکه این طریق نصب و اتصال را به‌عنوان یک امکان نصب معمول برای دستگاه‌های سطح سنج مطرح کردیم.

در شکل ۲-۲۶، دگمه‌ها و چراغ‌های روشن و خاموش کردن (*HS/HL 401&402*) پمپ *01-G-005* نشان داده‌شده است. شناسه‌های تعریف‌شده برای دگمه‌های مذکور (*HS 401*) در داخل یک دایره‌ی دو نیم شده با دو خط موازی قرارگرفته است. این شیوه‌ی نمایش می‌گوید که این دگمه‌ها و چراغ‌ها همان‌طوری که در *ISA-5.1* بیان شده، در یک پانل یا تابلوی نصب‌شده در فیلد (محلی) قرارگرفته است. پانل محلی مذکور ممکن است در مرکز کنترل موتور (*Motor Control Center*) نیز قرار گیرد.

مطابق شکل۲-۲۱، سوییچ *HS-400* قرارگرفته بر روی پانل محلی، شیر سولنوئید *HY-400* را برق‌دار می‌کند. بطوری که شیر نیوماتیکی *On/Off* با شناسه *HV-400* را باز می‌کند. علامت *T* شکل بر روی محرک نشان می‌دهد که یک عملگر دستی بر روی شیر *On/Off* وجود دارد. عملگر دستی به اپراتور این اجازه را می‌دهد که سیگنال نیوماتیکی را ملغی و شیر را ببندد.

اینترلاک شکل ۲-۲۸ نشان می‌دهد که پمپ یا الکتروموتور پمپ دارای اینترلاک‌هایی به شماره ۳و٤و٧و٨ می‌باشد. وجود اینترلاک‌ها به این معنی است که یک کنترل *On/Off* یا منطقی نسبت به این موتور وجود دارد. به‌طوری‌که با وقوع این اینترلاک‌ها موتور بایستی خاموش گردد. منطق خاموش نمودن موتور که از طریق شناسه اینترلاک در *P&ID* معرفی شده است در نقشه‌هایی به نام دیاگرام منطقی به تصویر کشیده می‌شود (به فصل ٦ مراجعه شود).

شیر ایمنی *PSV -600* سایز شده و یک فرم مشخصات توسط یکی از اعضای تیم پروژه برای آن تهیه شده است. مسؤولیت سایز کردن شیرهای ایمنی در بعضی مواقع به عهده‌ی گروه کنترل و ابزار دقیق، و بعضی مواقع با گروه فرآیند، و یا در بعضی اوقات سایز کردن آن توسط گروه مکانیکی صورت می‌گیرد. گروه مسئول تضمین خواهد کرد که شیرهای ایمنی بر روی *P&ID* به‌درستی نشان داده‌شده‌اند.

دو گیج فشار بر روی *P&ID* نشان داده‌شده که عبارت است از: *PI-1* و *PI-2*، یکی برای نمایش فشار در مخزن و دیگری برای نشان دادن فشار تخلیه‌ی پمپ *01-G-005* می‌باشد.

برای به حداقل رساندن آلودگی، مسیر تخلیه از *strongback* به یک *OWS*، که یک لوله‌ی فاضلاب مخصوص آب نفت یا روغن می‌باشد، هدایت می‌شود. که درواقع یک سیستم لوله‌کشی جداگانه زیرزمینی بوده و به سیستم بازیابی نفت متصل است. یک نماد ترسیمی برای سیستم فاضلاب آب‌روغن (*OWS*) با یک *Y* به همراه شناسه *OWS* نشان داده‌شده است.

در نقشه *P&ID* طرح اولیه نوعی برای هفت عدد شیر تخلیه، در بالادست و پایین‌دست جریان شیرهای کنترل *FV-100*، *LV-100* و *PV-100* ، به‌علاوه یکی دیگر برای تخلیه *strongback* نشان داده‌شده است.

در این فصل، با تشریح این‌که چه اطلاعاتی ممکن است در یک نقشه‌ی *P&ID* نشان داده شود و فرم اطلاعات نمایشی به چه صورت می‌باشد، با عمق بیشتری به این نقشه‌ها نگاه کردیم.