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 ششم 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.

دراین فصل، مدرکی تحت عنوان «دیاگرام‌های حلقه» تشریح می‌شود.

اگر یک پروژه فرایندی را به صورت 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 به صورت 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 پیاده‌سازی 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 ۸۴ ، طبقه همکف. کد پستی ۱۶۹۷۷۸۶۳۳۳

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

Adli Control bavar

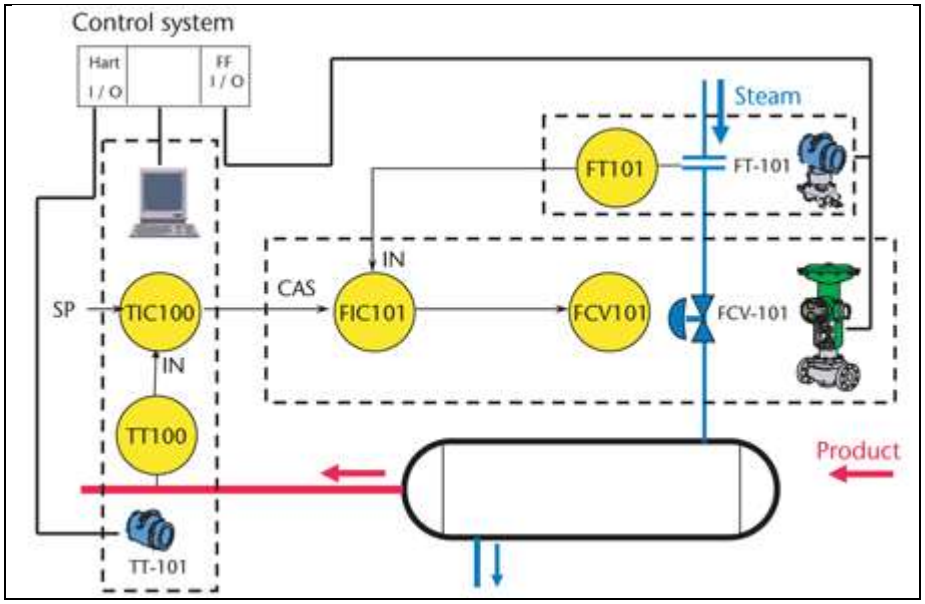
فصل ششم

نمودارهای حلقه

Loop Diagrams

انتظار می‌رود که خواننده پس مطالعه‌ی این فصل توانایی‌های زیر را کسب نماید:

- آشنایی با مفهوم حلقه ساده و پیچیده
- آشنایی با نمودارهای حلقه
- ترسیم نمودارهای حلقه



چکیده

نمودار حلقه یکی از اسناد تولید شده در روند طراحی و تولید مستندات سیستم کنترل و ابزار دقیق می‌باشد. که کلیه اتصالات مربوط به دستگاه‌های تشکیل‌دهنده یک حلقه کنترل بسته یا حلقه باز را به نمایش می‌گذارد. در نمودارهای حلقه، چه نیوماتیکی یا شند یا الکتریکی، هدف تعریف شماتیکی تمام نقاط اتصال از دستگاههای موجود در فیلد به سیستم کنترل می‌باشد. در این نقشه‌ها تمام جعبه ترمینال‌ها، تابلوهای مارشالینگ، کابینت‌های نیوماتیکی و ترمینال‌ها بایستی تک به تک تعریف گردند. همچنین تمام اطلاعات اتصالات که برای نصب، نگهداری و عیب‌یابی ادوات ذکر شده در حلقه، مورد نیاز می‌باشد، بایستی نشان داده شوند.

این نمودارها ممکن است بسته به شرایط پروژه و یا تصمیم گروه طراح کنترل و ابزار دقیق به دو صورت ظاهر شوند. نمودار حلقه با اطلاعات حداقل و دیگری نمودار حلقه با اطلاعات اضافه‌تر و اختیاری. شکل‌ها و توضیحاتی که در این فصل آورده شده است. بر اساس توضیحات و نمونه‌هایی از نمودارهای حلقه است که در سند *ISA-5.4*، استاندارد *ISA* می‌باشد. این سند که خیلی پیچیده نیست، شش نمودار حلقه نمونه و تعدادی علائم ترسیمی مورد استفاده در ایجاد آنها را معرفی کرده است. این شش نمودار نوعی از نظر پیچیدگی متفاوت بوده و شامل دو نمودار، برای کنترل نیوماتیکی، دو نمودار برای کنترل الکترونیکی و دو تا نیز برای سیستم‌های کنترل توزیع شده *DCS* می‌باشد. در هر یک از این جفت نمودارها، یکی برای نشان دادن حداقل آیتم‌های مورد نیاز بوده و دیگری نمودار حلقه با آیتم‌های اختیاری و تکمیلی را نشان می‌دهند. بیشتر علائم ترسیمی بکار رفته در نمودارهای حلقه، ترکیبی از همان علائمی بکار رفته در سند *ISA-5.1* (مربوط به نقشه *P8ID*) می‌باشد. ولی دارای اطلاعات تکمیلی در خصوص اتصالات نیوماتیکی و الکتریکی می‌باشد.

مرور کلی

نمودار حلقه قطعاً یکی از شناخته شده‌ترین سندها در حوزه کنترل و ابزار دقیق می‌باشد. این سند همچنین به استثنای فرم‌های مشخصات (دیتا شیت دستگاه‌های ابزاردقیق) عمومی‌ترین سند نیز به شمار می‌آید. نمودارهای حلقه بر روی میز طراحان، اتاقک‌های سیار، ناظرین ساخت، در نوت‌بوک‌های مرکز تعمیر و نگهداری، چپانده شده در جیب مهندسین و تکنسین‌های تعمیرکار و یا حتی بصورت پراکنده در زیر جعبه‌های ترمینال دستگاه‌های ابزار دقیق(*Junction Boxes*) یک پلنت یافت می شود. نمودارهای حلقه بیان کننده این مسئله هستند که اولاً سیستم کنترل مرکب از چه المان‌هایی می‌باشد و ثانیا نشان می‌دهند که چگونه در قالب یک طرح خاص و بصورت منطقی و قدری در یک اسلوب زیبا به هم متصل گردیده‌اند.

تعریفی که واژه‌نامه استاندارد *ISA* از نمودار حلقه ارائه می‌کند عبارت است از :«یک نمایش شماتیکی از یک مدار تکمیل شده هیدرولیکی، الکتریکی، مغناطیسی یا نیوماتیکی». این مدار کامل عموماً یک حلقه نامیده می‌شود. همچنین برای عبارت حلقه دو تعریف دیگر از واژه‌نامه *ISA* به صورت زیر می‌باشد.

الف- ترکیبی از چند دستگاه ابزار دقیق به هم متصل شده می‌باشد که برای اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی یک فرآیند و یا کنترل یک متغیر فرآیندی منظور شده‌اند.

ب- کلیه بخش‌های یک سیستم کنترل: فرآیند، سنسورها، ترنسمیترها، کنترل کننده‌ها و عناصر کنترل نهایی (مانند شیرکنترل)

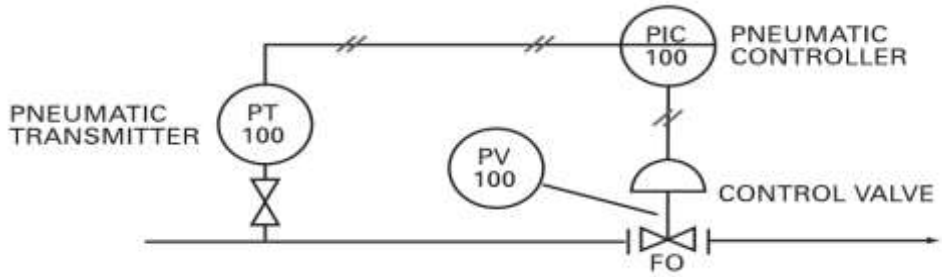
این تعاریف گسترده بوده و هر گونه اتصال بین دو دستگاه را پوشش می‌دهند.

مفهوم کلیدی در تعریف حلقه این است که تمام دستگاه‌های یک حلقه، تنها یک متغیر فرآیندی را کنترل یا مانیتور می‌کنند. یک حلقه ساده ممکن است یک سویچ فشار نصب شده در فیلد باشد که بالا بودن فشار در یک خط لوله و یا تجاوز از حد مجاز تعریف شده برای فشار مطلوب را بصورت یک چراغ در پانل محلی نمایش می‌دهد. این سویچ می‌تواند بر روی یک حلقه تنها قرار گیرد و یا می‌تواند در یک حلقه دیگر که فشار خط را کنترل می‌کند واقع شود.

یک حلقه کنترل الکترونیکی بسیار معمول شامل یک دستگاه ترنسمیتر، کنترل کننده، مبدل سیگنال (*Transducer*) الکتریکی به سیگنال نیوماتیکی (*I/P* خوانده می‌شود *I-to-P*) و یک شیرکنترل می‌باشد. یک

سیستم الکترونیکی پیچیده‌تر نیز که باز یک حلقه تکی به حساب می‌آید. شامل یک ترنسمیتر با دو یا چند شیر کنترل به همراه مبدل‌های *I/P* می‌با شد. به شرطی که شیرهای کنترل تنها برای کنترل و تاثیرگذاری بر روی یک متغیر فرآیندی منظور شده با شند. شکل‌های ٦-١ و ٦-٢ دو نمونه از نمودار نوعی حلقه را نشان می‌دهند.

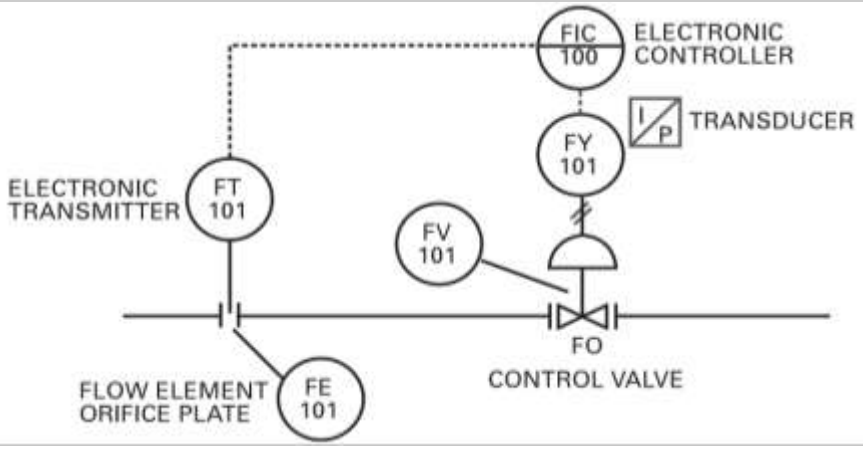
شکل ٦-١ : یک حلقه نیوماتیکی



حلقه نیوماتیکی کنترل کننده فشار

شکل٦-١ یک حلقه نیوماتیکی(*PIC100*) را به تصویر می‌کشد. در این حلقه که کنترل کننده فشار یک خط می‌باشد، کلیه سیگنال‌های انتقالی نیوماتیکی و با فشار *psi* ١٥-٣ می‌باشد.

شکل ٦-٢ : یک حلقه کنترل الکترونیکی



حلقه الکترونیکی کنترل فلو

شکل ٦-٢ یک حلقه الکترونیکی (*FIC101*) کنترل کننده فلو می‌با شد. که در آن نوع سیگنال‌های خروجی ترنسمیتر و کنترل کننده الکترونیکی بوده به طوری که ا ستفاده از نوع سیگنال جریانی ٢٠-٤ میلی‌آمپر بسیار معمول می‌باشد. در این حلقه مبدل (*FY 101*) سیگنال الکترونیکی را به سیگنال نیوماتیکی تبدیل می‌کند. که

به طور معمول دارای فشار ۱۵psi–۳ می‌باشد. در بعضی مواقع نوع پر فشار این سیگنال نیوماتیکی یعنی ۳۰psi–۶ نیز برای فراهم نمودن قدرت بیشتر در حرکت محور شیر کنترل استفاده می‌شود.

حلقه‌ها بر روی نقشه‌های P&ID تعریف می شود. به این معنی که مولفه‌های تشکیل دهنده یک حلقه کنترل در طی ایجاد نقشه P&ID مشخص می‌گردد. بنابراین قبل از این که نمودارهای حلقه ترسیم شوند، مولفه‌های تشکیل دهنده نمودار حلقه در نقشه P&ID شماره‌گذاری شده‌اند.

حال آنچه که یک نمودار حلقه درست و صحیح را تشکیل می‌دهد چیست؟ یک نمودار حلقه ادوات کنترل و ابزار دقیقی را به تصویر می‌کشد که در کنترل، نمایش و تاثیر گذاری بر روی یک متغیر فرآیندی نقش دارند. کلیه سیگنال‌های الکتریکی، نیوماتیکی و اتصالات تغذیه برق دستگاه‌ها، بایستی به همراه اتصالات فرآیندی، نمایش داده شده و دارای شناسه باشند. یک نمودار حلقه منابع و شرایط سیستم‌های خدماتی مانند آب، برق و هوای ابزاردقیق را مشخص می‌کند. نمودار حلقه همچنین اطلاعات ترمینالی مانند شناسه جعبه ترمینال‌ها، شماره ترمینال، شماره و تعداد بلوک ترمینال و حتی شناسه درگاه نیوماتیکی را نیز فراهم می‌کند. بسته به شرایط و ضرورت‌های پلنت موردنظر، شماره کابل، رنگ هادی، علائم سیم‌ها، شناسه تابلوی برق و شناسه سویچ‌های قطع جریان (Circuit Breaker) را نیز می‌توان در یک نمودار حلقه نشان داد.

رهنمودهایی برای ترسیم نمودارهای حلقه

نشریه ISA-5.4-1991 با عنوان «نمودارهای حلقه ابزار دقیق» تعدادی رهنمود در خصوص این نمودارها ارائه نموده است که در ادامه تشریح می‌گردد.

- نمودارهای حلقه به طور معمول در نقشه‌هایی با اندازه ANSI B(11"×7"), ترسیم می‌شوند. نقشه با اندازه صفحه نوع B اساساً به این خاطر استفاده می شود که دارای فضای کافی برای به تصویر کشیدن یک حلقه می‌باشد. اندازه مذکور، به خاطر این که هم در سایت و هم روی میز کار به آسانی بکار گرفته می شود، یک اندازه عالی برای این نوع نمودار محسوب می شود. به طوری که به صورت اختیاری، ابعاد صفحه ترسیم می‌تواند به ANSI A, 8 1/2 "×۱۱" نیز کاهش یابد. بیشتر چاپگرهای لیزری امروزی قابلیت چاپ صفحات 11"×7" را دارند.

- نمودارهای حلقه، تنها یک حلقه را به تصویر می‌کشند. در بعضی اوقات در ترسیمات تابلوهای آلارم و نمایشگرهای چندتایی ممکن است این رهنمود رعایت نگردد. کلیه دستگاه‌های ابزار دقیق تشکیل‌دهنده یک حلقه، تنها یک متغیر فرآیندی را کنترل یا مانیتور می‌کنند.
- قالب نمودار حلقه ممکن است افقی یا عمودی باشد. ولی قالب انتخاب شده بایستی برای تمام نقشه‌ها در سطح پروژه یا واحد فرآیندی یکسان باشد.
- نمودارهای حلقه به بخش‌هایی تقسیم می‌گردند که منعکس کننده مکان‌های قرارگیری قطعات می‌باشند بخش‌های قید شده در مثال‌های سند *ISA-5.4*، شامل موارد زیر می‌باشد:

1-Field or Field Process Area
2-Cable Spreading Room
3- Computer I/O Cabinet
4- Panel Front
5- Panel Rear
6- Control Panel
7- Console

بسته به بزرگی یک پروژه یا پلنت، بخش‌های بخصوص استفاده شده در واحد فرآیندی موردنظر ممکن است متفاوت با موارد فهرست شده باشد.

- نمودارهای حلقه ممکن است حداقل اطلاعات را به نمایش بگذارند و یا ممکن است خیلی پیچیده بوده و با اطلاعات فراوانی همراه باشند. در ادامه این فصل هر دو دیدگاه مورد بحث قرار می‌گیرد. البته محتوای نمودارهای حلقه در یک پروژه بایستی از استانداردهای تعریف شده پلنت پیروی کند. مقدار اطلاعات قید شده در نمودارهای حلقه دارای یک تأثیر و ارتباط مستقیم مهمی بر روی هزینه طراحی و پیاده‌سازی دارد. لذا پیامدهایی در خصوص قراردادها و ساعات کاری انجام پروژه بسته به روش انتخابی، در پیچیدگی نمودارهای حلقه وجود خواهد داشت. در ادامه چند رهنمود دیگر ارائه می‌شود که به طور مستقیم در *ISA-5.4* اشاره نشده است ولی توجه به این موارد مفید می‌باشد.
- نمودارهای حلقه، یعنی نمایش شماتیکی تجهیزات فرآیندی، در جانمایی دستگاهها و فهم سریع عملکرد حلقه‌ها مفید می‌باشند. نقشه *P&ID* منبع خوبی برای نمایش علائم ترسیمی ادوات فرآیندی [1] بوده ولی برای حذف اطلاعات اضافی نیاز به ویرایش دارد.

[1] *Process Cartoon*

- عنوان نقشه‌های نمودار حلقه، که به طور معمول یک توصیف سرویسی می‌باشد. در اسنادی مانند فهرست ابزار دقیق، فرم‌های مشخصات و یا هر سند دیگر از مستندات طراحی و در بعضی مواقع برروی نمایشگرهای سیستم *DCS* نمایان می‌شوند.
- شماره ترسیم یک نمودار حلقه همان شماره حلقه می‌باشد. به طوری که اکثر افراد در جستجوی اسناد از این روش استفاده می‌کنند. متأسفانه از آن جایی که ممکن است در بعضی مواقع شماره حلقه با قوانین شماره‌گذاری پروژه برای ترسیمات سازگار نباشد، این نوع رویه شماره گذاری، با مقاومت‌هایی ممکن است روبرو شود. به نظر نویسنده، در این مواقع مسئولیت پیدا کردن راه‌حل، بر عهده تیم طراحی کنترل و ابزار دقیق می‌باشد. تا سیستم شماره‌گذاری نمودارهای حلقه مبتنی بر شماره حلقه باشد.

اطلاعات اختیاری و تکمیلی

- گاهی اوقات دیده می شود که اطلاعات اختیاری ارائه شده در سند*ISA-5.4*، در نقشه‌های نمودار حلقه قید شده است. این کار به ویژه در روند نصب و رفع عیب از دستگاه‌ها می‌تواند مفید باشد. اما مجدداً تاکید می شود که نگه داشت این اطلاعات همراه با یک هزینه اضافی می‌باشد. علاوه بر این اضافه کردن این اطلاعات به یک نمودار حلقه بدین معنی است که اطلاعات در بیش از یک محل (نمودارهای حلقه و دیگر مدارک پروژه و شاید در فرم‌های مشخصات) ظاهر می‌شود. معمولاً تکثیر اطلاعات قویاً منع می شود. داشتن اطلاعات در دو جای مختلف به این معناست که احتمالا در برخی از مواقع ممکن است تصور شود که اطلاعات مذکور در هر دو جا درست نمی‌باشد. با این حال، مزایای حاصل از داشتن اطلاعات سازنده دستگاه و اطلاعات کالیبراسیون در نمودارهای حلقه را نمی‌توان انکار کرد. در برخی از پلنت‌ها تصمیم گرفته می‌شود که در آرشیو گروه کنترل و ابزار دقیق، نمودارهای حلقه به عنوان سند اصلی نگهداری شود که در آن صورت اسناد فرم‌های مشخصات دستگاه‌های ابزار دقیق تبدیل به یک مدرک ثانویه می‌گردد که تنها برای خرید مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر، مدرک نمودار حلقه یک سند کنترل شده بوده و همواره دقت می‌شود که اطلاعات آن درست باشد. لذا فرم مشخصات ممکن است با دقت و درستی کافی تهیه نشده باشند ولی این نمودارها قطعا بایستی با دقت تهیه شوند.

- اگرچه که این مسئله در سند *ISA-5.4* نشان داده نشده است ولی به رغم آنچه، شما دیده یا شنیده باشید، اطلاعات محل قرارگیری دستگاه‌های ابزار دقیق ممکن است بر روی یک نمودار حلقه نیز نشان داده شود. اطلاعات محل نصب دستگاه‌های ابزار دقیق به طور معمول در زمان مناسبی از روند طراحی در دسترس نمی‌باشند. لذا بایستی بعداً به نمودار حلقه اضافه شوند.
- زمانی که یک نمودار حلقه الکترونیکی یا به نمایش گذاشته شده در نمایشگرهای *DCS* بر اساس آیتم‌های اختیاری تعاریف *ISA-5.4* ترسیم می‌گردد، اطلاعات تکمیلی زیادی در آن نهفته است. بنابراین، دانستن این نکته مهم است که آیا نمودار حلقه در بسته طراحی شما شامل حداقل اطلاعات لازم است یا شامل آیتم‌های اختیاری نیز می‌باشد.

ترسیم نمودار حلقه

اکنون که یک ایده از مفاهیم واطلاعات مربوط به آنچه که بایستی در یک نمودار حلقه آورده شود کسب کردید، زمان ترسیم و تولید آنها می‌باشد. به طور کلی ترسیم نمودارهای حلقه زمانی می‌تواند آغاز شود که:

- توافقات در خصوص ضوابط و معیارهای طراحی و محتویات نمودار حلقه صورت گرفته باشد. به عبارت دیگر استاندارد مشخصی داشته باشید.
- نسخه ویرایش نهایی نقشه *P&ID* برای تیم طراحی صادر و ارسال شده باشد.
- فرم‌های مشخصات تکمیل شده باشند.
- تجهیزات ابزار دقیق مشخص شده و یا بهتر این که، خریداری شده باشند.
- توپولوژی نصب «جعبه ترمینال‌ها» و تابلوهای سیم‌بندی (*Marshalling Panel*) تعریف شده باشند.

مثال‌هایی از نمودارهای حلقه

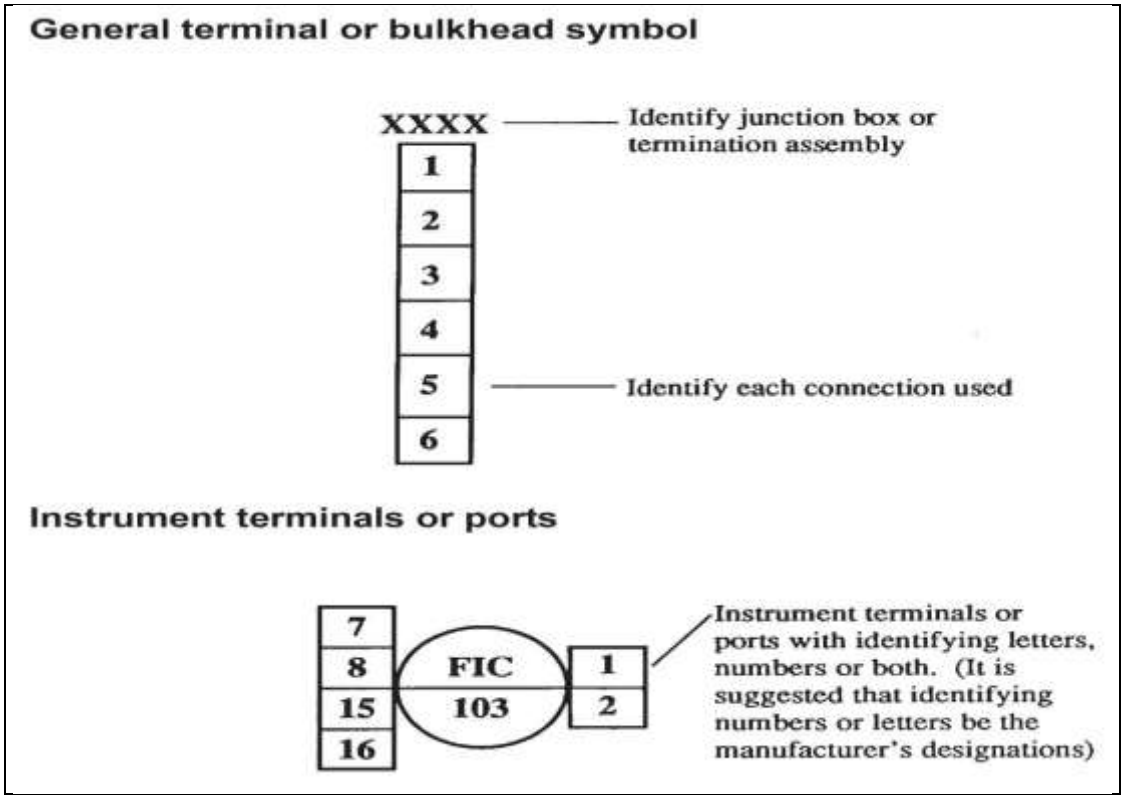
شکل‌ها و توضیحاتی که در ادامه آورده شده است. نمونه‌هایی از نمودارهای حلقه و اطلاعات محتوی آنها را تشریح می‌کند. بایستی توجه شود که سند *ISA-5.4*، تنها استاندارد پذیرفته شده جهانی می‌باشد که نمودارهای حلقه را توصیف می‌کند. این سند که خیلی پیچیده نیست، شش نمودار حلقه نمونه و تعدادی

علائم ترسیمی مورد استفاده در ایجاد آنها را معرفی کرده است. این شش نمودار نوعی از نظر پیچیدگی متفاوت بوده و شامل دو نمودار، برای کنترل نیوماتیکی، دو نمودار برای کنترل الکترونیکی و دو تا نیز برای سیستم‌های کنترل توزیع شده *DCS* می‌باشد. در هر یک از این جفت نمودارها، یکی برای نشان دادن حداقل آیتم‌های مورد نیاز بوده و دیگری نمودار حلقه با آیتم‌های اختیاری و تکمیلی را نشان می‌دهند. بیشتر علائم ترسیمی بکار رفته در نمودارهای حلقه، ترکیبی از همان علائمی بکار رفته در سند *ISA-5.1* (مربوط به نقشه *P8ID*) می‌باشد. ولی دارای اطلاعات تکمیلی در خصوص اتصالات نیوماتیکی و الکتریکی می‌باشد.

اطلاعات تکمیلی یاد شده در بالا، در سه شکل بعدی که در ادامه آمده است، نشان داده شده است. در هنگام ایجاد نمودارهای حلقه بخاطر داشته باشید که چه آنها نیوماتیکی باشند یا الکتریکی، هدف تعریف شماتیکی تمام نقاط اتصال از دستگاههای موجود در فیلد به سیستم کنترل می‌باشد. تمام جعبه ترمینال‌ها، تابلوهای مارشالینگ، کابینت‌های نیوماتیکی و ترمینال‌ها بایستی تک به تک تعریف گردند. همچنین تمام اطلاعات اتصالات که برای نصب، نگهداری و عیب‌یابی ادوات ذکر شده در حلقه، مورد نیاز می‌باشد، بایستی نشان داده شوند.

شکل ٦-٣ علائم‌ترسیمی بکار رفته برای ترمینال‌ها، درگاه‌های ورودی و خروجی را نشان می‌دهد. این اطلاعات بایستی کپی همان شناسه حک شده توسط سازنده دستگاه، باشد. توجه شود که مطابقت داشتن نام‌گذاری بر روی نمودار حلقه با نوشته‌های حک شده بروی دستگاه‌های ابزار دقیق از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. نشان دادن علائم + یا – بر روی نمودار حلقه ممکن است برای سیگنال *mA* ٢٠-٤ درست باشد. ولی موقعی که ترمینال‌های دستگاه با اعداد٤ یا ٥ نام گذاری شده باشند و یا زمانی که سیگنال‌های + یا – وجود داشته باشند؛ مفید نخواهد بود.

شکل ٦-٣ : نمودار حلقه ـ علائم ترسیمی ترمیتنال‌ها

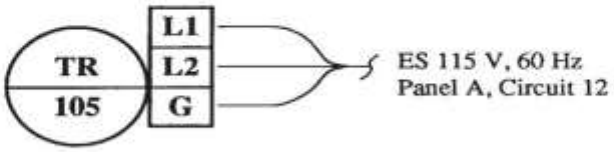


شکل ٦-٤ نحوه اتصال منابع تغذیه یا انرژی مانند منبع تغذیه برق ، منبع تغذیه هوای ابزار دقیق و منبع فلوی هیدرولیکی را به یک حلقه کنترل نشان می‌دهد. اتصالات الکتریکی نشان دهنده تعداد سیم‌های هادی، سطح ولتاژ، شماره تابلو و شماره مدار منبع می‌باشد. منابع هوا یا هیدرولیکی نیز نشان دهنده تعداد اتصالات و فشار ورودی می‌باشند. از آن جایی که نمایش نمودار حلقه، شماتیکی می‌باشد، اتصالات فیزیکی دستگاه ابزار دقیق نشان داده نمی شود. الزامات فیزیکی دستگاه ابزار دقیق در سند جزئیات نصب آورده می شود که مواردی چون نحوه جانمایی فیزیکی دستگاه در فرآیند، اندازه لوله‌های نصب، فتینگ‌ها، مولفه‌های سیم‌بندی و دیگر موادی که در سوار کردن دستگاه بر جای مناسب خود مورد نیاز می‌باشد، را مشخص می‌کند.

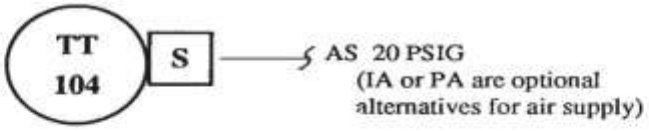
شکل ٦-٤ : نمودار حلقه ـ منابع تغذیه

Instrument system energy supply

Electrical power supply. Identify electrical power supply followed by the appropriate supply level identification and circuit number or disconnect identification.



Air supply. Identify air supply followed by air supply pressure.

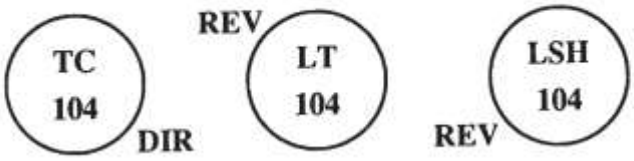


Hydraulic fluid supply. Identify hydraulic fluid followed by the fluid supply pressure.

شکل٦-٥، پاسخ یک دستگاه را چه نیوماتیکی باشند یا الکترونیکی، به سیگنال اعمالی مشخص می‌کند. یک ترنسیمتر یا کنترل کننده یک متغیر فرآیند می‌تواند به دو صورت عملکرد مستقیم و معکوس تغذیه شود. به این معنی که در عملکرد مستقیم، سیگنال خروجی کنترل‌کننده یا ترنسیمتر با افزایش مقدار متغیر فرآیند، افزایش می‌یابد، ولی در عملکرد معکوس، سیگنال خروجی نسبت به افزایش مقدار متغیر فرآیندی کاهش می‌یابد. لذا نوع عملکرد کنترل‌کنندهها بایستی برروی نمودارهای حلقه با شنا سه *DIR* یا *REV* نمایش داده شود. یک عملکرد غلط کنترل‌کننده موجب می‌شود که حلقه کنترلی ناپایدار گردیده و این ناپایداری تا زمانی که حلقه کنترلی عملیاتی نشده باشد، قابل تشخیص نخواهد بود. اگر عملکرد اعمال شده به یک کنترل‌کننده غلط باشد معکوس کردن عملکرد کنترل‌کننده سخت نمی‌باشد. از آن جایی که اکثراً ترنسمیترها دارای عملکرد مستقیم هستند معمولاً عبارت *DIR* برای آنها نشان داده نمی‌شود.

شکل ٦-٥ : عملکرد دستگاه‌های ابزار دقیق

Identification of instrument action. Show the direction of the instrument signal by placing appropriate letters close to the instrument bubble. Identify an instrument in which the value of the output signal increases or changes to its maximum value, as input (measured variable) increases by the letters "DIR". Identify an instrument in which the value of the output signal decreases or changes to its minimum value, as the value of the input (measured variable) increases by the letters "REV". However, since most transmitters are direct-acting, the designation DIR is optional for them.



به عنوان مثال در شکل ٦-١، که با عنوان حلقه نیوماتیکی در ابتدای فصل نمایش داده شد، می‌توان از *PIC-100* برای تشریح یک کنترل‌کننده با عملکرد معکوس یا مستقیم استفاده کرد. ترنسمیتر *PT-100* در فرم مشخصات مربوطه به عنوان یک دستگاه با عملکرد مستقیم مشخص شده است. لذا سیگنال خروجی با افزایش فشار خط، افزایش می‌یابد. بدلیل این که شیر کنترل *PV100* به صورت *Fail Open* می‌باشد. در آن صورت سیگنال با روند افزایشی در خروجی *PIC100*، شیر کنترل را خواهد بست. بنابراین کنترل کننده دارای عملکرد معکوس بوده و حلقه به صورت زیر کار خواهد کرد.

همین که فشار در خط افزایش یابد، دامنه سیگنال خروجی *PT100* افزایش یافته و در پاسخ به این افزایش، خروجی کنترل کننده کاهش می‌یابد. که این نیز باعث باز کردن شیر کنترل *PV100* و پایین آوردن فشار در خط می‌گردد. شکل٦-١، یک نسخه کپی شده از حلقه *PIC100* موجود در نقشه *P&ID* می‌باشد. بنابراین از آن جایی که عبارات *DIR* یا *REV* در شکل ٦-١ نشان داده نشده است، در *P&ID* نیز نشان داده نخواهد شد.

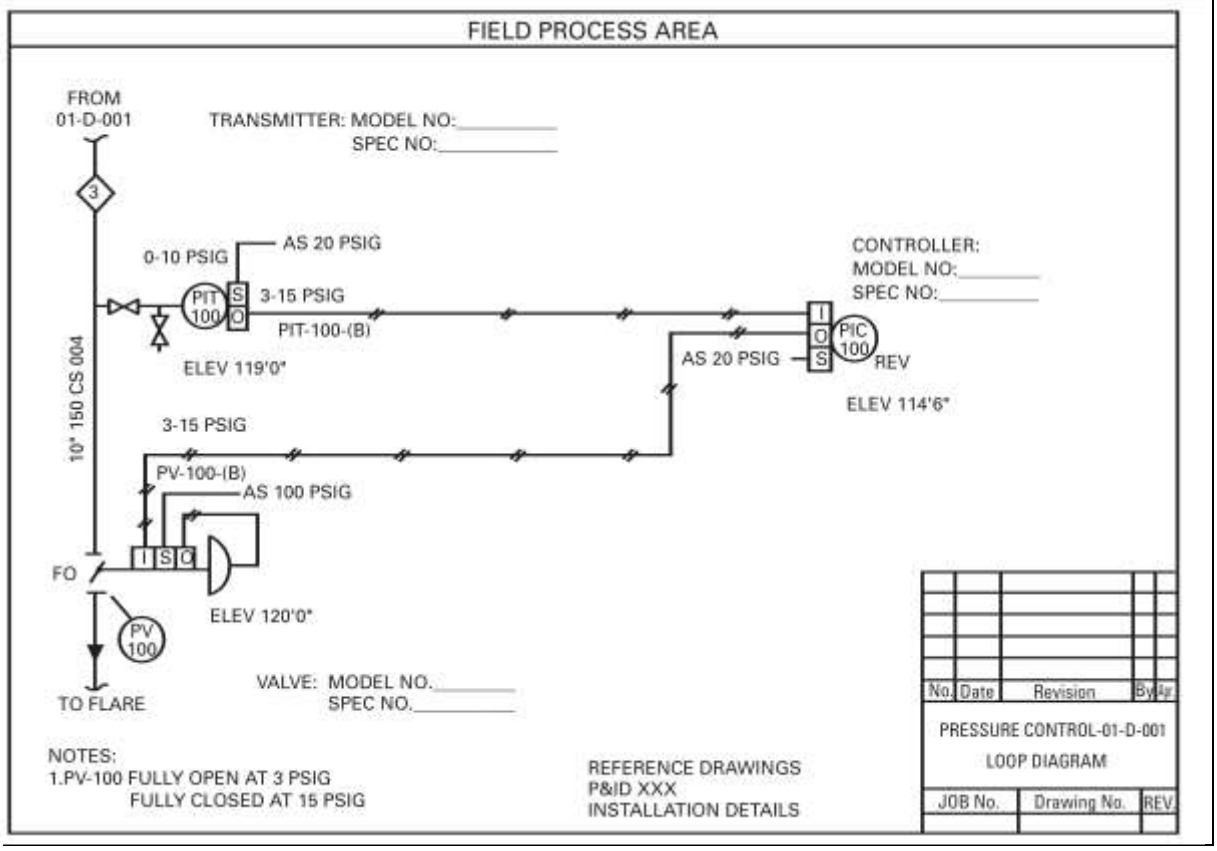
نمودار حلقه برای حلقه *PIC100*

شکل ٦-٦ نمودار حلقه ترسیم شده برای حلقه *PIC100* را نشان می‌دهد. با مراجعه به شکل٢-٢١ فصل٢،دیده می‌شود که *PIC100* یک کنترل‌کننده فشار نصب شده در فیلد می‌باشد که با آزاد کردن بخارهای اضافی به فلر از طریق شیر کنترل پروانه‌ای *PV100*، فشار خط *01-D001* را در مقدار *psig* ٤ حفظ می‌کند. از فرم مشخصات مربوط به این ترنسمیتر مشخص می‌گردد که رنج اندازه‌گیری این ترنسمیتر برای خط ″١٠

با کلاس رتبه‌بندی *I50 CS 004* و فشار *psig* ۱۰-۰ می‌باشد. همچنین با مراجعه به برگه مشخصات سازنده ترنسیمتر در می‌یابیم که این ترنسیمتر دارای دو درگاه می‌باشد. یکی درگاه *"S"* برای هوای ورودی و دیگری درگاه*"O"* برای هوای خروجی می‌باشد. کنترل‌کننده *PIC100* نیز در موقعیت ارتفاع *"114'6" - N-1075' 0", E-1500'0"* قرار گرفته است. به طوری که اطلاعات محل نصب و ارتفاع قرارگیری دستگاه *PT-100* و *PV100* از نقشه جانمایی تجهیزات می‌تواند استخراج شود. به فصل ۷، شکل ۷-٤ مراجعه شود.

همچنین از فرم مشخصات *PIC100*، مشخص می شود که *PIC100* یک کنترل‌کننده با سه درگاه و با عملکرد معکوس می‌باشد. کاتالوگ سازنده نیز نشان می‌دهد که سه درگاه این کنترل‌کننده عبارت است از: درگاه سیگنال ورودی*"I"*، درگاه سیگنال خروجی*"O"* و درگاه تغذیه هوای ابزار دقیق *"S"*. خروجی نیوماتیکی این دستگاه مستقیماً از طریق لوله *PV-100-(B)* به درگاه *"I"* پوزشینر می‌رود. دو درگاه دیگر نیز بر روی پوزشینر شیر کنترل وجود دارد. یکی درگاه خروجی *"O"* و دیگری درگاه تغذیه هوای ابزار دقیق *"S"*می‌باشد.

شکل ٦-٦ : نمودار حلقه ـ *PIC 100*



توجه شود که دستگاه پوزشینر در نقشه *P&ID* نمایش داده نمی‌شود و تنها بر روی نمودار حلقه هست که نشان داده می‌شود. همچنین به دلیل این که همواره پوزشینر بر روی شیر کنترل سوار می‌شود و به همراه شیرکنترل تهیه و ارائه می‌گردد، اغلب دارای شنا سه جداگانه‌ای نمی‌با شد. سه خط تغذیه هوای ابزار دقیق وجود دارد که که از یک منیفلد ٦ اتصـــالی قرار گرفته در موقعیت مکانی *"E 1500'0"* و *"N 1060'0"* جریان می‌یابد. منیفلد مذکور در نقشه جانمایی شکل ٧-٤ فصل ٧ نشان داده شده است.

نمودار حلقه برای *FIC 301*

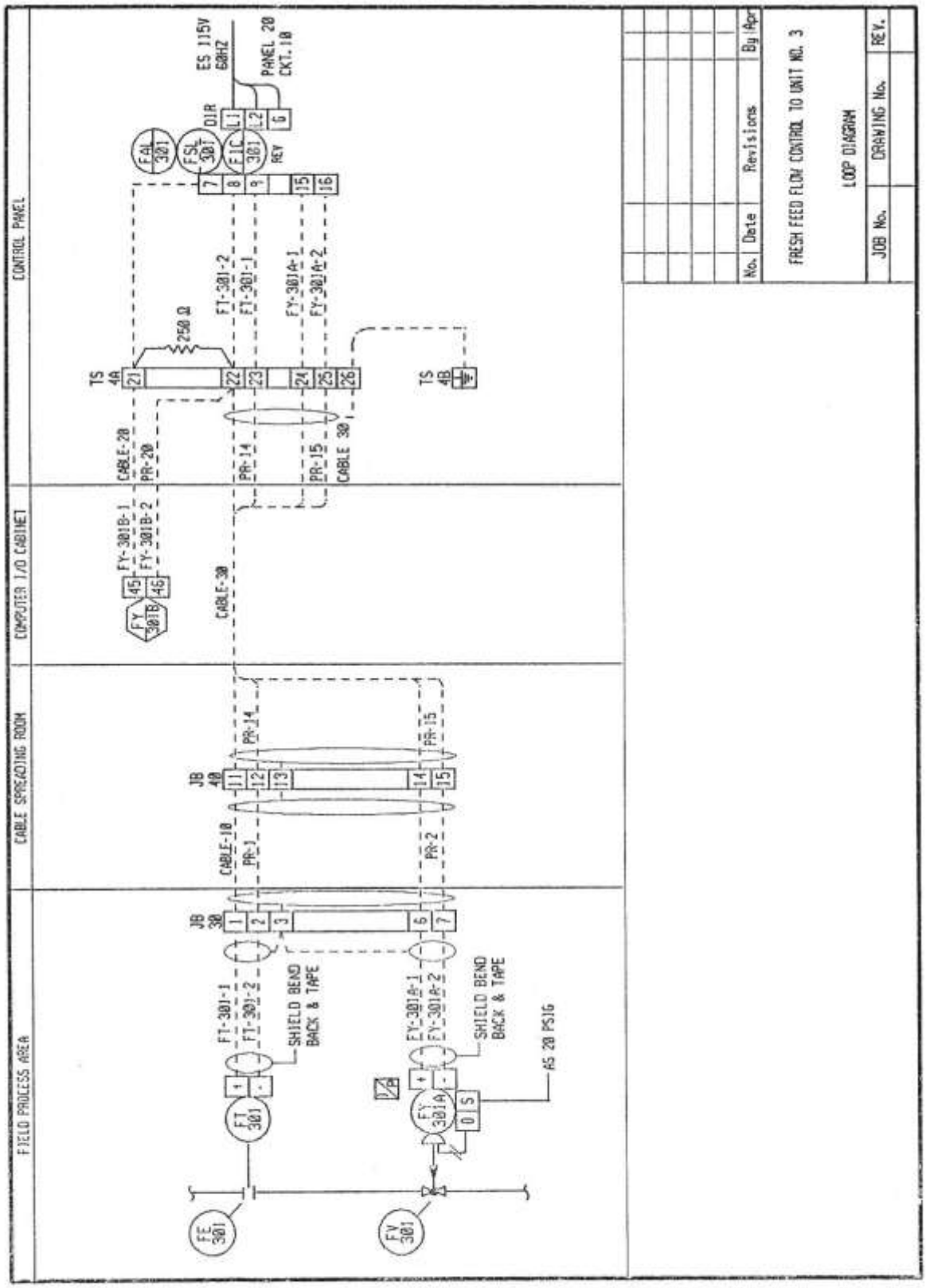
شکل ٦-٧ یک حلقه الکترونیکی را برای *FIC 301* را به تصویر کشیده است. سمت چپ این ترسیم، آیتم‌های قرار گرفته در محیط فرآیند ه ستند. شنا سه و علائم تر سیمی بکار رفته در این شکل، همان‌هایی هستند که در نقشه *PID* استفاده شده‌اند. با این تفاوت که در اینجا جزئیات اضافی‌تر اتصالات نیز قید شده ا ست. در این شکل همچنین، صفحه اوریفس *FE301* که یک المان فلو مح سوب می شود، ترن سیمتر فلو *FT301* و شیرکنترل فلو *FV 301* نیز نشان داده شده است. زوج سیم *FT301-1* و *FT-301-2*، ترمینال‌های + و– ترنسـیمتر را به ترمینال ١ و ٢ در جعبه ترمینال *JB30* متصـل می‌کند. در این کابل یک پوشـش حفاظ (*Shield*) وجود دارد که برای حفاظت زوج سیم از تداخل الکترومغناطی سی در نظر گرفته شده ا ست. این سیم به ترمینال مشترک ٣ در *JB30* و صل شده است. (در شکل ٦-٧ از طریق عبارت *shield bend back and tape* نشان داده شده است)

کابل چند رشـــته‌ای *CABLE-10*، جعبه ترمینال *jB30* را به جعبه ترمینال *JB40* قرار گرفته در اتاق پخش کابل وصـــل می‌کند. هدف از اتاق پخش کابل، دســـته بندی دوباره ســـیم‌های آمده از دســـتگاه‌های ابزاردقیق از طریق کابل *CABLE-10* به یک آرایش بهینه جهت اتصـــال به تابلو *I/O* کامپوتر کنترل از طریق کابل *CABLE-30* می‌با شد. سیم پو شش حفاظ کلی برای کابل‌های چند هادی به ترمینال ١٣، جعبه ترمینال *JB40* مت صل می شود. به منظور ات صال پیو سته پو شش حفاظ از د ستگاههای فیلد به تابلو کنترل، پو شش حفاظ کابل *CABLE-30* نیز از طریق ترمینال ٢٦، *TS4A* به زمین متصـــل شـــده و از آن جا به ترمینال زمین *TS4B* وصل می‌شود.

با توجه به شکل ٦-٧ یک سیگنال ورودی از *FT301* وجود دارد که با شنا سه *FY301B* به کامپیوتر متصل شده است. مقاومت ٢٠٠ اهم وصل شده به ترمینال‌های ٢١ و ٢٢، *TS40* سیگنال ٢٠*mA*-٤ حاصل از فلوترنسیمتر را به ٥-١ ولت که برای کامپیوتر مورد نیاز می باشد، تبدیل می‌کند. این سیگنال زوج سیم شماره ٢٠، *CABLE-20* را با شماره سیم‌های *FY301B-1,2* بکار می‌برد. کنترل کننده *FIC301* دارای یک پانل پشتی با یک سوئیچ تشخیص دهنده حداقل فلو *FSL301* و یک پانل جلویی با سیگنال آلارم *FAL301* می‌باشد.دستگاه *FSL301* یک سوئیچ با عملکرد مستقیم می‌باشد که با کاهش فلو، سیگنال خروجی کاهش یافته و آلارم به صدا در می‌آید. کنترل کننده *FIC301* با یک خط ١١٥ ولتی و ٦٠ هرتز از مدار شماره ١٠ و تابلو شماره٢٠ تغذیه شده است. منبع تغذیه به ترمینال‌های *L2* و *L1* و *G*، کنترل کننده *FIC301* متصل شده است.

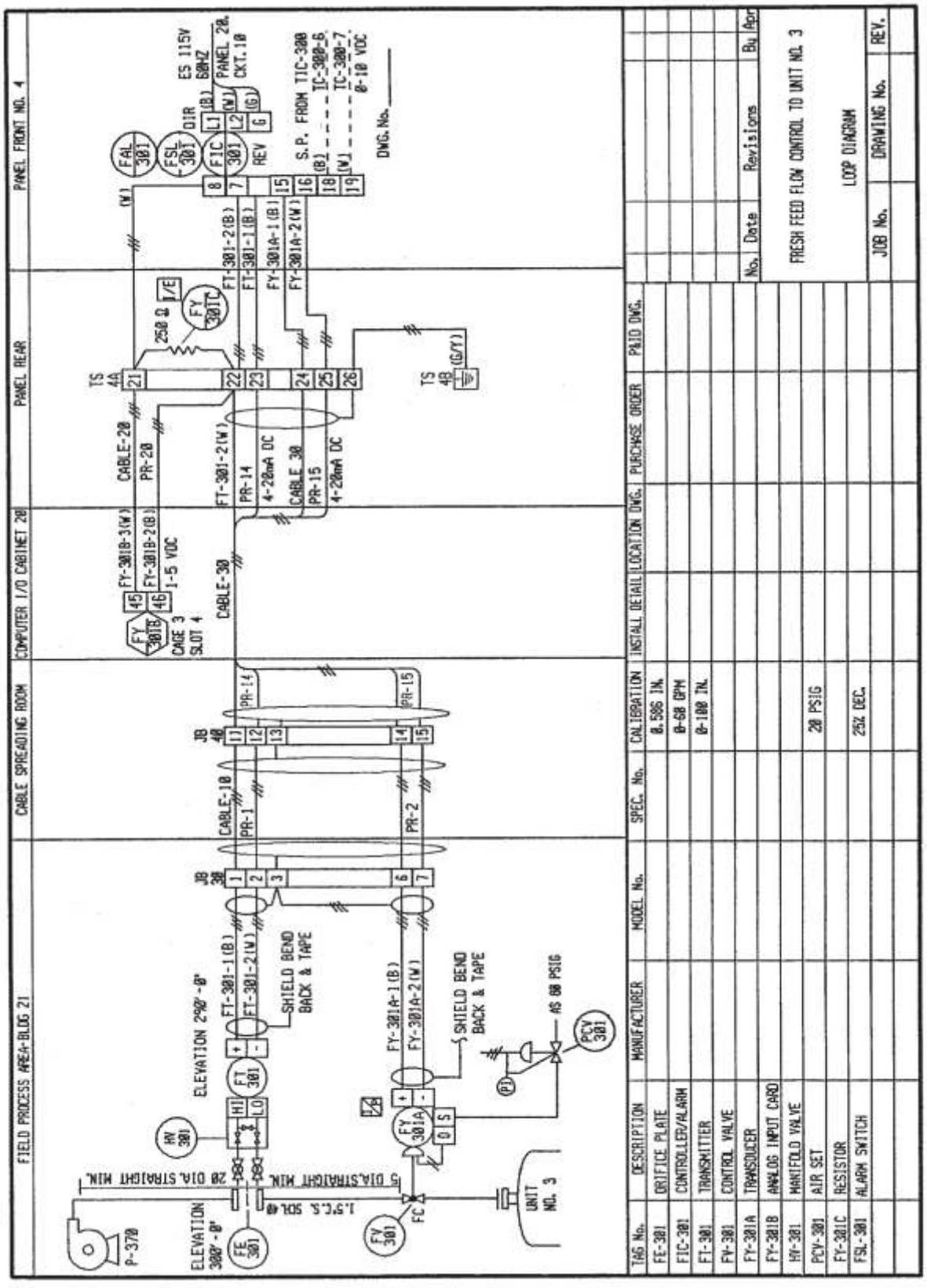
کنترل‌کننده *FIC301* یک کنترل کننده با عملکرد معکوس می‌باشد. به طوری که یک کاهش در سیگنال اتصالی از *FT301* منجر به افزایش سیگنال خروجی در کنترل‌کننده خواهد شد. خروجی *FIC301* از ترمینال ١٥ و ١٦ کنترل‌کننده، از طریق ترمینال ٢٤ و ٢٥ *T540*، به زوج سیم١٥ *CABLE-30*، سیم بندی شده است. زوج سیم *PR-15* به ترمینال ١٤ و ١٥ جعبه ترمینال *jB40* وصل شده است. از آن جا نیز از طریق زوج سیم *PR-2* کابل *CABLE-10* به ترمینال‌های ٦ و ٧ *jB30* و صل شده است. از *JB30* نیز یک زوج سیم تکی به *FY301A* یعنی مبدل *I/P* و صل می شود. شماره سیم‌های این زوج سیم به ترتیب، *FY301A-1* به ترمینال مثبت و *FY301A2* به ترمینال منفی متصل شده است. *FY 301A* نیاز به یک تغذیه هوا با فشار *psi* ٢٠ دارد که به در گاه تغذیه آن (*S*) متصل شده و خروجی به زیر دیافراگم محرک شیر متصل می شود. شیر کنترل *FV301* نیز همان طوری که توسط علامت برداری نشان داده شده است، به صورت *Fail Close* می‌باشد. برای نشان دادن بعضی تفاوت‌ها در نمایش جزئیات در نمودار های حلقه، شکل ٦-٨ همان نمودار حلقه شکل ٦-٧ را با یک سری اطلاعات و آیتم‌های تکمیلی نشان می‌دهد. به عنوان مثال در این شکل، خط سیم بندی سیگنال به جای خط معمول نقطه نقط با یک علامت ترسیمی دیگر *ISA* نمایش داده شده است.

شکل ٦-٧ : نمودار حلقه الکترونیکی ـ با اطلاعات حداقل



Loop diagram, electronic control, minimum required items.

شکل ٦-٨ : نمودار حلقه ـ با اطلاعات حداقل و اختیاری



آیتم های اختیاری نشان داده شده در شکل ٦-٨ شامل اطلاعاتی در خصوص خط لوله *1.5" CS Sch 40* و دیگر اطلاعات زیر می‌باشد.

- مبدأ آغاز آن در پمپ ۳۷۰ و اتمام آن در واحد ۳ می‌باشد.
- یک فاصله *۲۰D* (بیست برابر قطر داخلی خط)برای فاصله *Upstream* و یک فاصله *۵D* *Downstream* برای اوریفیس *FE 301* به صورت مستقیم در امتداد ترنسیمتر فلو درنظر گرفته شده است.
- صفحه اوریفیس در ارتفاع *300'0"* قرار گرفته است.
- ترنسمیتر *FT301* در ارتفاع *290'0"* می‌باشد.
- یک منیفیلد با سه شیر *HV301* وجود دارد. که امکان تنظیم ترنسیمتر را در فیلد، از طریق قطع شیر بالادست و باز کردن شیر بای‌پس، فراهم می‌کند.
- ورودی ولتاژ *Vdc* ۵-۱ و اطلاعات محل قرارگیری (قفسه ۳ و اسلات ٤) برای کامپیوتر کنترل فرآیند در نظر گرفته شده است.
- شناسه‌هایی برای منیفیلد سه شیره *HV301*، مقاومت ۲۵۰ اهم در *FY 301C* و رگولاتور فشار برای تغذیه هوای ابزار دقیق *PCV 301* اضافه شده است.
- رنگ‌هایی برای سیم‌ها در سیم بندی تابلو در نظر گرفته شده ا ست. *"W"* برای سفید، *"B"* برای مشکی و *G/Y"* برای سبز- زرد
- سطوح سیگنال برای ورودی و خروجی کنترل‌کننده به صورت *٤-۲۰mA* بیان شده و ورودی کامپیوتر *Vdc* ۵-۱ می‌باشد.
- مشخصه شاخص اضافی دیگر، جدول آورده شده در پائین شکل می‌باشد که شناسه‌ها و اطلاعات زیر را برای تمام وسایل نشان داده شده در حلقه را فهرست می‌کند.

Description	Spec number	Location Drawing
Manufacturer	Calibration	Purchase Order
Model Number	Installation Detail	P&ID Drawing

اطلاعات این جدول، تکراراطلاعاتی هست که در دیگر مستندات پروژه نشان داده شده است. تمام این اطلاعات و اطلاعات تکمیلی اضافه‌تر از آن می‌تواند در یک بانک اطلاعات پروژه وارد شود.

خلاصه

در این فصل نمودارهای حلقه توصیف، استفاده از آنها تشریح و بعضی از راهنمایی‌ها در خصوص ترسیم درست آنها اشاره گردید. استاندارد *ISA* از تولید مستندات نمودارهای حلقه به عنوان قسمتی از اسناد تحویلی پروژه، بسیار جانبداری می‌کند و باور دارد که تیم توسعه دهنده نمودارهای حلقه، باعث بررسی‌های نهایی از درستی و تکمیل بودن طرح پروژه می‌شوند.

در صورتی که نمودارهای حلقه تولید شده توسط گروه کنترل و ابزار دقیق در یک زمان‌بندی معین شده تولید گردد به موقع برای فرآیند "تست لوپ" (*Loop Check*) و عملیات عیب یابی(*Trouble Shooting*) در طی راه‌اندازی واحد آماده خواهد شد.

متخصصین *ISA* همچنین بر این عقیده‌اند که تولید تمام نمودارهای حلقه در یک اسلوب کنترل شده بهتر و سودمند می‌باشد. زیرا در غیر این صورت ممکن است مجبور شوید که بعضی از آنها را در یک شب بارانی در ساعت ۲ نصف شب و در شرایط اضطراری مانند خاموش شدن سیستم (*Shut Down*) تولید نمایید. و مدیر واحد صنعتی اصرار بر راه‌اندازی مجدد و هرچه سریعتر سیستم دارد. بلی این اتفاق می‌افتد.