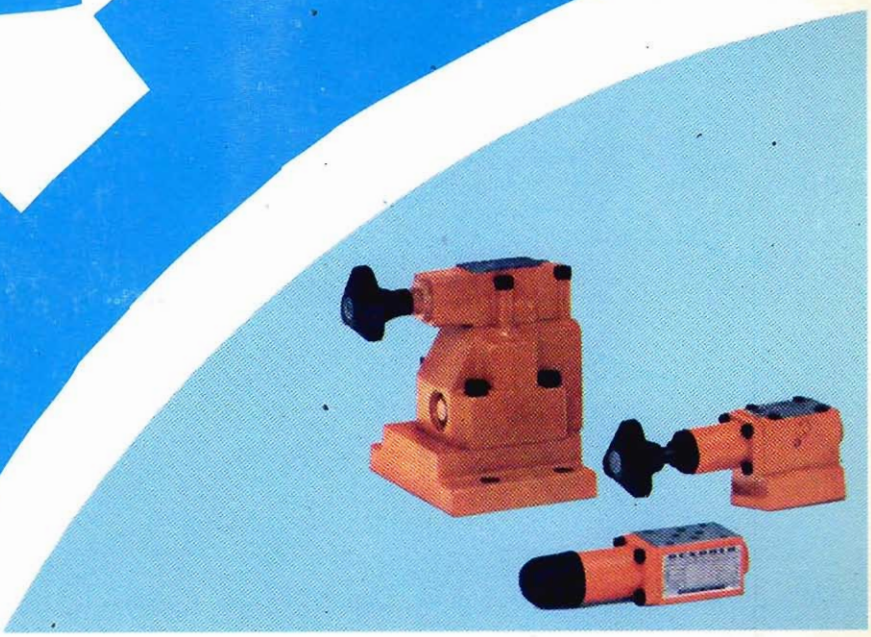
جمهوری اسلامی ایران
وزارت کار وامور اجتماعی

سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور



اساس کار پنوماتیک وکاربرد آن

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ
ن
وَالْقَلَمِ وَمَا يَسْطُرُونَ

جمهوری اسلامی ایران
وزارت کار و امور اجتماعی

سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور

اساس کار پنوماتیک و کاربرد آن

اسم کتاب : اساس کار پنوماتیک و کاربرد آن
ترجمه : حمیده بحرانیان - بهار دادگر
ناشر : سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور
تیراژ : ۳۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول
سال انتشار : بهمن ۱۳۷۵
حروفچینی : واحد کامپیوتر - مدیریت پژوهش
لیتوگرافی، چاپ و صحافی : اداره چاپ و انتشارات - مدیریت پژوهش

کلیه حقوق برای سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور محفوظ است.

بسمه تعالی

مقدمه

اساسی ترین هدف هردوره آموزشی **تربیت افراد و متناسب ساختن شخصیت و قابلیت های آنان با دگرگونی و تحولات اجتماعی ـ اقتصادی و فرهنگی** است، تا کارآیی لازم را برای پذیرش و ایفای نقشی که درپیشبرد وظایف اجتماعی و شغلی درجهت حفظ و حراست از ارزشهای جامعه که درآن زندگی می کنند، کسب نمایند.

با توجه به اینکه رشد سریع تکنولوژی، تغییرات و تأثیرات عمیقی درمسائل اجتماعی واقتصادی بدنبال داشته ،اتخاذروشهایی که هماهنگ کننده برنامه های آموزشی با توسعه تکنولوژی وتحول و متضمن تأمین نیروی انسانی ماهر و متخصص موردنیاز آن باشد، اجتناب ناپذیراست.[۱]

تجربه و مطالعه نشان داده که مناسبترین روش آموزشی که جوابگوی امر مزبور می باشد «کارآموزی نیروی انسانی» است. این روش بدین لحاظ حائزاهمیت است که درماهیت برنامه ها، مطالب و محتوای درسی کارآموزان ویژگیهای زیر مشاهده می شود :

۱ـ ملاک و معیار برای انتخاب مواد و موضوعات دروس نظری و عملی کارآموزی، با توجه به ایجاد مهارتها **برای جوابگویی به نیازهای متنوع مشاغل و روشهای جدید و نوین کار** و آماده ساختن افراد برای احرازشغلی مفید و انجام کار مناسب و درخورشخصیت والای انسان، می باشد.

۲ـ محتوای برنامه های کارآموزی، **سازگاری انسانها درمقابل زندگی عینی و شایستگی آنان را برای سازندگی**، تضمین می نماید.

۳ـ ایجاد **مهارتهای تخصصی** ازطریق کارآموزی.

۴ـ برنامه های آموزشی کارآموزان در دوجهت **یادگیری مهارتها و تغییر رفتار مؤثر** است و یادگیری را درجهت تغییر رفتار مطلوب، تأمین می نماید.

۵ ـ هرچند که در کارآموزی، آموزش مهارتها به افراد برای انجام کارهای محوله اهمیت دارد، لیکن در برنامه های کارآموزی نکاتی منظور می شود تا کارآموزان با **فراگیری آنها ضوابط و معیارهای سازمانی را رعایت نموده و تأثیر فعالیتهای آنان درجهت اهداف سازمان** افزون گردد.

۶ـ محتوای دروس کارآموزی، نه تنها **کارآموزان را با یافته های جدیدعلمی آشنا می نماید**، بلکه آنان را قادر می سازد تا **خلاقیت و ابتکار تازه ای پدیدآورند**.

۷ـ ازطریق کارآموزی و اثرآن درایجادمهارتهای قابل اشتغال و ارتقاء مهارت براساس تغییرات فرآیند کار، **اهداف و فعالیتهای تولید تحقق خواهندیافت،** که مهمترین این اهداف عبارتند از:

۱ـ۷ـ افزایش میزان کمی و کیفی تولید.

۲ـ۷ـ بهبود و روشهای عملیات پشتیبانی درامرتولید، ازقبیل **برنامه ریزی دقیق برای روشهای** برآوردقیمت ـ بازاریابی ـ خدمات مهندسی، تحقیقاتی و ....

۳ـ۷ـ بهبود روابط کار و **ایجادروحیه همکاری** بین کارکنان.

۴ـ۷ـ تقلیل ضایعات درتولید و حوادث کار.

۵ـ۷ـ هموارشدن راه شغلی کارکنان و**قبول مسئولیتهای** بیشتر ازطرف آنان.

۶ـ۷ـ بهبودیافتن روشهای تولید و توزیع کالاها ـ ارائه خدمات مفید پس از فروش و تحویل به موقع سفارشات خریداران.

۷ـ۷ـ ایجاد همبستگی بیشترکارکنان باسازمان و واحدهای تولیدی و رضایت شغلی درآنها به لحاظ مهارتهای اکتسابی.

۸ـ۷ـ ازبین رفتن تعارض بین اهداف سازمانی و خواسته های کارکنان.

لازم به ذکراست که کارآموزی به منظور عام آن محدود به رشته های خاص و تحصیل درحرف مشخص برای افراد بخصوص نبوده و دامنهٔ آن بسیار وسیع می باشد، بطوریکه تمامی حرفه ها و مشاغل را شامل گشته و **ایجاد زمینه های اشتغال و کسب شرایط احرازشغل،** برای همگان حتی کسانی که دوره های آموزش عالی را گذرانیده اند، ضروری است.

به موجب **قانون کارجمهوری اسلامی ایران،** فراهم نمودن امکانات جهت برگزاری دوره کارآموزی و تربیت نیروی انسانی ماهر و متخصص و اجرای این دوره ها بعهده**سازمان آموزش فنی وحرفه ای وابسته به وزارت کارو اموراجتماعی** گذاشته شده است.

جهت نیل به این هدف، **آنچه درگام اول مطرح می شود، جمع آوری اطلاعات دقیق نیروی فنی است که دراین راستا اداره شناسائی صنایع، مهارتها و راهنمایی حرفه ای مدیریت پژوهش** با انجام و انتشار تحقیقات لازم، گام مؤثری درشناخت عوامل و صفات موردنیاز در واحدهای تولیدی و صنعتی برداشته است.

حسین کمالی
وزیر کار و اموراجتماعی

فهرست **صفحه**

فصل ۱- اجزاء ساده و علائم مداری آن

- سیستم ۱
- سیلندر ۴
- شیرها ۱۲
- علائم مداری ۱۵
- کاراندازهای شیر ۱۸
- کاراندازهای دستی ۱۸
- کاراندازهای مکانیکی ۲۱
- کنترل از راه دور ۲۱
- انواع و سایزهای شیر ۲۵
- شیرهای لغزنده ۲۷
- شیرهای نشستی ۲۷

فصل ۲- تجهیزات سیستم کنترل پنیوماتیکی

- زنجیر کنترل ۳۱
- دیاگرام وضعیت طبق سیستم آحاد بین‌المللی ۱۳۲۶ ۳۶
- قفل شدگیها و قطع فشار ۳۹
- تاکت حافظه‌دار ۴۴
- اجزاء زنجیره تاکت ۴۷
- سیستم کنترل الکتریکی و مکانیکی ۵۱
- مقایسه کنترل‌های کنترل ۵۲

فهرست **صفحه**

فصل ۳- نگهداری هوای فشرده
- ساختمان هوای فشرده ۵۶
- گزینش دستگاهها ۵۸
- سرعت پیستون ۶۱
- تهیه هوا ۶۵
- تقطیر سازی ۶۷
- خشک کردن ۶۸
- صاف کردن ۶۹
- تنظیم فشار ۷۰
- روغنکاری ۷۰
- شیر تنظیم فشار ۷۱
- ذخیره انرژی هوای فشرده ۷۳
- ادغام پنوماتیک و الکترونیک ۷۵

اجزاء ساده و علائم مداری آن

سیستم

نیرو و حرکت از آیتم‌های مهم در صنعت به شمار می‌آیند. از این دو عامل در کاربرد ابزار صنعتی جهت گرفتن، بلند کردن، ثابت نگهداشتن، پرسکاری، پرچکاری و یا هدایت قطعات استفاده می‌شود.

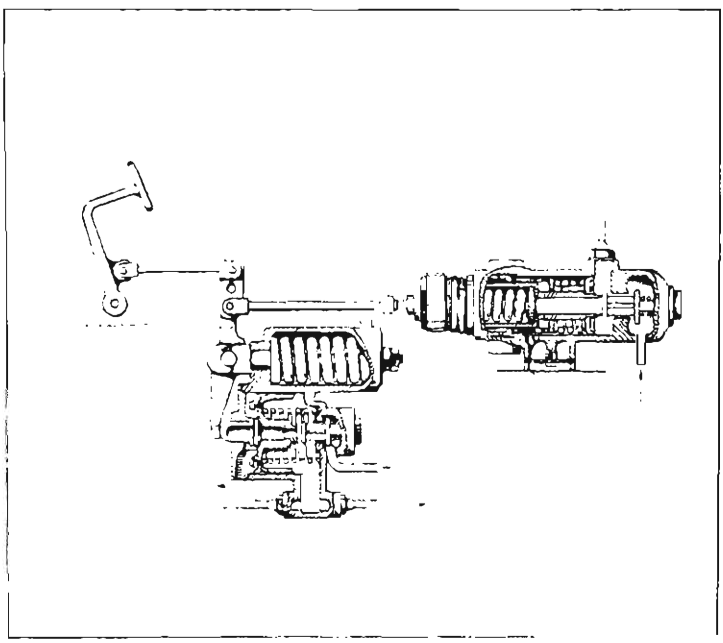
غالباً این امر مشکل به نظر می‌رسد که با نیرو مقدار کمی فشار بتوان نیرویی را ایجاد کرد که توسط آن قطعات صنعتی را به محل دلخواه انتقال داد. در اینجا است که با استفاده از یک خط لوله در مکانی که فشار مورد نیاز است، می‌توان از هوای فشرده استفاده کرد. وقتی که در ابتدا لوله، فشاری را ایجاد کنیم، بلافاصله در انتهای لوله، فشاری مشابه در دسترس خواهیم داشت که این سرعت انتقال را اصطلاحاً «سرعت صوت» می‌نامند.

یک ضربه فشار، تقریباً با سرعت صوت گسترش می‌یابد و فقط هنگامی که از دیواره لوله عبور می‌کند، وقفه‌ای کوتاه در سرعت آن ایجاد می‌شود و حتی زمانی که در مسیری مستقیم حرکت نمی‌کند، در سرعت آن تأثیری نخواهد داشت.

قانون عمومی گسترش هوای فشرده توسط ریاضیدان یونانی، ارشیمدس (۲۸۷-۲۱۲ ق - م) کشف شد.

گرچه رابطه فیزیکی آن بیش از ۲۲۰۰۰ سال قبل شناخته شده بود. اما هوای فشرده به عنوان یک وسیله مفید صنعتی استعمال نمی‌شد. پنوماتیک یعنی تکنولوژی بکارگیری هوای فشرده در دهه سالهای شصت قرن حاضر به نقطه اوج قابل توجهی رسید که پیامدهای آن همچنان ادامه دارد. قابل توجه است که دلایل موجود، نشانگر این است که هوای فشرده تا مدتها قابل استفاده نبوده است. یکی از

دلایل موجود این است که وقتی بخواهیم فشار هوای انتهای لوله را به یک نیرو تبدیل کنیم، می‌بایستی بطور مثال این فشار را بر روی سطح پیستون وارد آوریم. هرچه سطح پیستونی که بر آن نیرو وارد می‌آید، بزرگتر باشد نیروی حاصله از آن بیشتر خواهد بود. پیستون به شکلی متحرک در داخل سیلندر نصب می‌گردد و شکاف مابین پیستون و دیواره سیلندر بایستی بطریقی درزگیری شود که هوا در آن نفوذ نکند، اما پیستون براحتی قابل حرکت باشد.



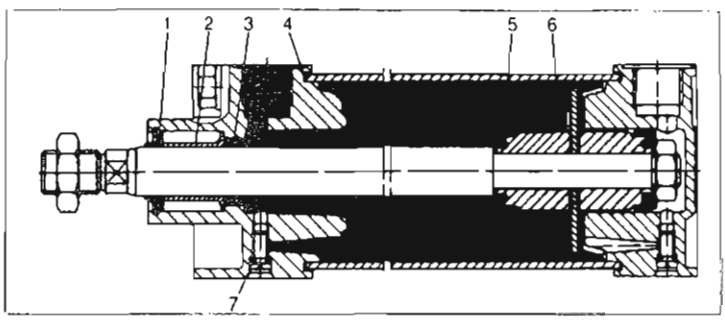
شکل شماره ۱- تجهیزات محافظتی هوای فشرده

مواد مصنوعی مشکل درزگیری را قابل حمل می‌کند

پیدا کردن راه حلی تکنیکی جهت درزگیری، تا مدتها مشکل بزرگی را پدید آورده بود. برای تولید یک رینگ آب‌بندی مواد خامل مورد نیاز است که قابلیت ارتجاعی داشته و بتواند به خوبی در دیواره سیلندر جایگزین شود.

همچنین محکم باشد که در مقابل فشار زیاد هوا در شکاف بین لوله و پیستون فشرده نشود و به هنگام انتقالات طولانی فشار هوا، غیر قابل فرسایش باشد. قابل جابجایی در دیواره سیلندر باشد که بدین وسیله میزان خسارت ناشی از اصطکاک کاهش یابد.

مواد خامی که این نیازها را مرتفع سازد، تا مدتها در دسترس نبود. تلاش برای رفع این مشکل با استفاده از فرو کردن قطعات چرمی و نمدی در محل بوش نیز نتیجه مساعدی در بر نداشت.



شکل شماره ۲ سیلندر با رینگهای آب‌بندی

۱- درزگیر
۲- بوش
۳- درزگیر
۴- حلقه آب‌بندی (رینگ نگهدارنده)
۵- سیل
۶- درزگیرهای روی پیستون
۷- رینگ لاستیکی

تازه در سالهای دهه پنجاه پس از توسعه مواد مصنوعی مواد اولیه مجزایی جهت درزگیری در دسترس قرارگرفت از آن زمان به بعد بود که پنوماتیک به سرعت در حوزه مهمی از تکنیک توسعه پیدا کرد.

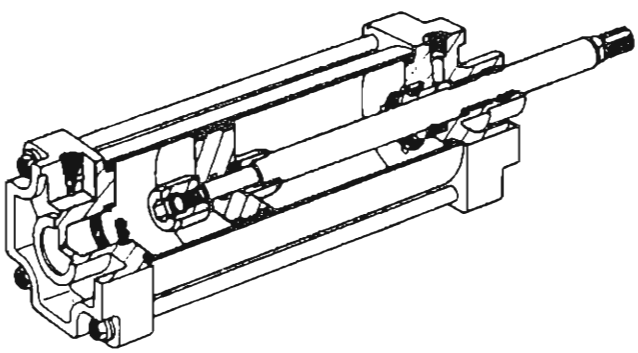
امروزه تعداد بیشماری از اجزاء آزمایش شده جهت تولید دستگاههای پنوماتیکی که هم در ساخت تمامی قطعات و هم در موارد کاربردهای بخصوص مورد استفاده قرار می‌گیرد، موجود است. معذالک این توسعه مدت مدیدی نیست که به این مرحله رسیده است.

سیلندر

در داخل سیلندر، پیستون قرار دارد و نیروی آن توسط دسته پیستون که در خارج از سرپوش سیلندر قرار می‌گیرد به سمت خارج انتقال می‌یابد. هر چه پیستون A وسیعتر و هوای فشرده P_e بیشتر باشد، به همان مقدار نیروی پیستون افزایش می‌یابد.

نیروی پیستون برابر است با : $F = P_e \cdot A$

فشاری را که بر اثر فشار اتمسفر اضافه می‌شود، با حرف P_e نشان می‌دهند و (اندیس e که از کلمه لاتینی excedens که به معنی گذشته می‌باشد اخذ شده است) مبداء فشار مطلق که همان خلاء می‌باشد، صفر است که با P_a نشان داده می‌شود.



شکل شماره ۳ : – جایگاه پیستون داخل سیلندر را نشان می‌دهد.

کمپرسور حاوی فشار هوا (کمپرسورهای تولید هوای فشرده)

هوای فشرده در سیستم پنوماتیکی توسط یک کمپرسور فراهم می‌گردد. فشار متعارف برابر شش تا ده بار (واحد فشار) است. یک بار برابر است با مقدار ۱۰ نیوتن که بر سطح معادل یک سانتیمتر مربع وارد می‌آید.

$$1 = \text{bar} = 10 \ \ \text{N/cm}^2$$

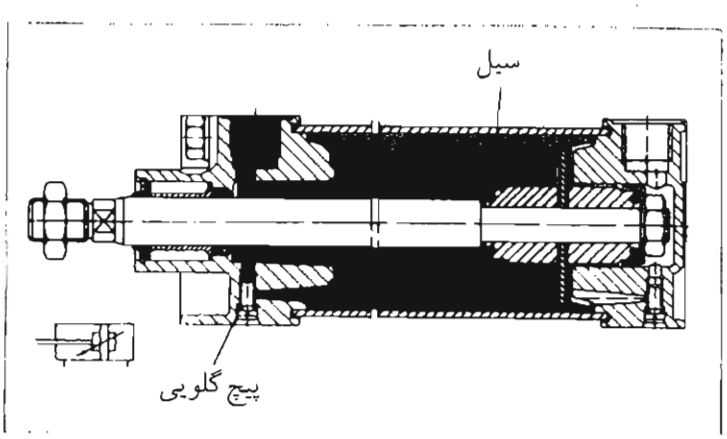
فشار عبارتست از : نیرو تقسیم بر سطح.

دقت و قطعیت این تعریف زمانی معین می‌گردد که فشار جو برابر با یک بار باشد و فشار فوقانی داخل لاستیک اتومبیل برابر ۲ بار باشد.

غالباً این امکان که فشار هوایی که در سیستم لوله کشی پنوماتیکی جریان دارد در سیلندر افزایش یابد. بدین جهت می‌بایست پیستونی با وسعت زیاد انتخاب کرد که نیروی لازم را فراهم آورد، که بدین منظور سیلندرهایی در طرح‌ها و سایزهای متفاوت عرضه شده است.

ضربه‌گیر انتهای سیلندر

هنگام حرکت سریع پیستون، به انتها و ابتداء بدنه سیلندر، به شدت ضربه وارد می‌شود. به همین علت در هر دو طرف انتهای سیلندر، ضربه‌گیری نصب می‌شود که پیستون را متوقف می‌سازد. طرز کار این ضربه‌گیر به این ترتیب می‌باشد که شاخک ضربه‌گیر سر پیستون با نزدیک شدن به دهانه خروجی بدنه سیلندر کشیده می‌شود و به این وسیله هوا در محل استوانه‌ای آن محبوس می‌شود و با حرکت هوا، پیستون تحت فشار قرار می‌گیرد که این فشار موجب می‌شود پیستون به طریقه‌ای ارتجاعی متوقف گردد و هوای محبوس شده از طریق یک دریچه به آرامی به خارج هدایت شود.

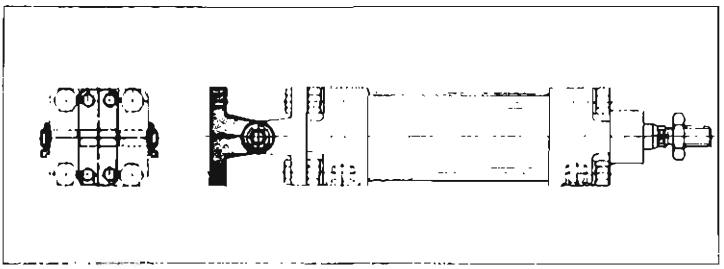


شکل شماره ۴ : نشانگر ضربه گیرهای انتها و ابتدای سیلندر است.

هنگام خروج، هوا از رینگهای آب‌بندی عبور می‌کند، به طوری که بر تمام سطح پیستون نفوذ می‌کند. نکته قابل توجه این است که هنگام خروج هوا، تمام سطح پیستون جهت تولید نیرو مورد استفاده قرار می‌گیرد.

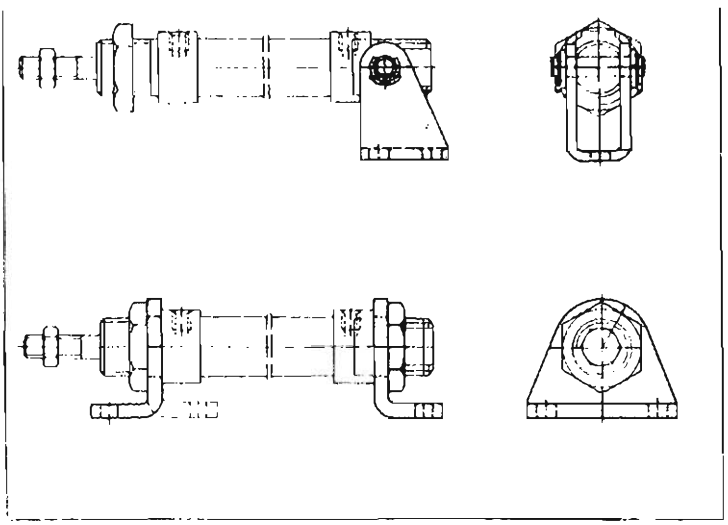
نصب سیلندر

برای اینکه پیستون، نیروی لازم را فراهم آورد بایستی سیلندر تکیه گاهی داشته باشد. به همین جهت، نصب بدنه سیلندر به تکیه گاهی نیاز دارد که به آن اصطلاحاً "پایه" می‌گویند که به وسیله آن سیلندر می‌تواند در مسیر حرکت خود ثابت بماند. به همین جهت، بستهایی در سایزهای متفاوت عرضه شده است.



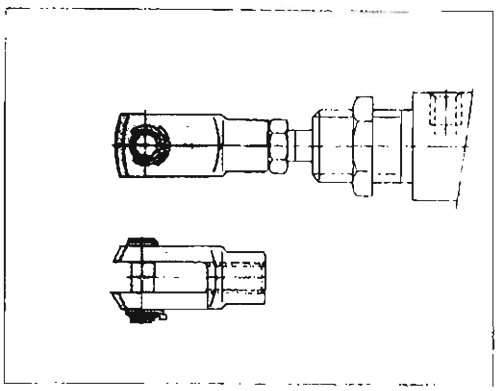
شکل شماره ۵ : نصب بدنه سیلندر را به تکیه‌گاه نشان می‌دهد.

بستهای متفاوتی متناسب با بدنه سیلندر ساخته می‌شود، ولی در مورد بستهای دیگری که برای لوله سیلندر و سرپوش از آن استفاده می‌شود، نیازی به تناسب آن با سیلندر ندارد.



شکل شماره ۶ : بستهای مربوط به نصب لوله سیلندر و سرپوش را نشان می‌دهد.

علاوه بر این، می‌بایستی یک بست جهت انتقال نیرو در انتهای دسته پیستون نصب گردد که در این مورد راه حلهای متفاوتی وجود دارد.



شکل شماره ۷ : پایه مورد به انتقال نیرو که در انتهای دسته پیستون نصب شده.

طول سیلندر

طول سیلندر با توجه به مسیر حرکت مورد نیاز پیستون تنظیم می‌شود. سیلندرهایی با طولهای متفاوت عرضه شده است. ولی طول استاندارد آن بیشتر توصیه می‌شود. به ویژه در مورد سیلندرهای دو کاره می‌بایستی که طول سیلندر بیشتر از مسیر حرکت پیستون نباشد، زیراکه در هر حرکت پیستون، مقدار زیادی از هوای فشرده در فضای غیر قابل استفاده سیلندر بیهوده پر و تخلیه می‌گردد و باعث اصطکاک ضربه‌گیرها می‌شود. لوله سیلندرها با سایزهای متفاوت، طبق نیاز مشتریان ارائه شده است که با بدنه و سرپوش سیلندر و بستها و پیستون هماهنگی دارد و به این ترتیب، مشتریان می‌توانند طول سیلندر را با توجه به نیازشان انتخاب کنند.

طول سیلندر مورد نظر

هنگامی که طول سیلندر زیاد باشد. می‌توان حدود آن را معین نمود، زیرا وقتی که دسته پیستون به سمت خارج رانده می‌شود، تحت تاثیر نیروی متقابل، امکان بروز خطر شکستگی وجود خواهد داشت و لبه‌های پیستون در جهت مسیر حرکت دسته پیستون، در سرپوش سیلندر به شدت، تحت فشار قرار می‌گیرد.

اینکه طول خمیدگی سیلندر، بر اساس استاندارد تعیین شود. از نقش بسزایی برخوردار است. در کاتالوگهای مربوطه، نمونه طولهایی با اندازه مجاز و با توجه به ظرفیت آن وجود دارد.

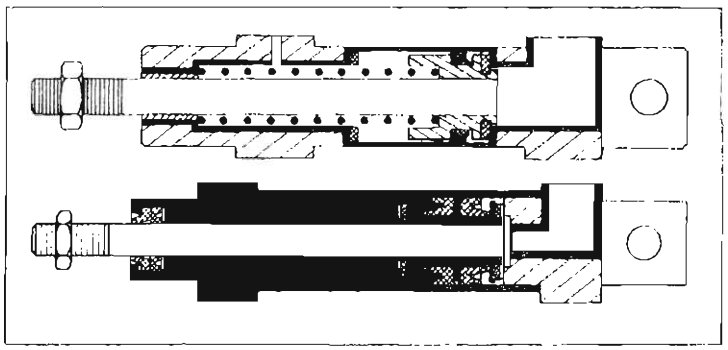
انواع سیلندرها

تحت تاثیر هوای فشرده، پیستون به حرکت در می‌آید و دسته پیستون به سمت عقب رانده می‌شود.

قبل از حرکت بعدی، می‌بایست که پیستون دوباره به عقب برگردد و دسته پیستون به سمت داخل رانده شود که این عمل به دو صورت انجام می‌گیرد :

سیلندر یک کاره

۱) در این نوع سیلندر، فنری فشاری داخل سیلندر بین پیستون و سرپوش سیلندر نصب می‌گردد که با افت هوای فشرده و تخلیه آن در سطح سیلندر پیستون را به عقب می‌راند. وقتی که پیستون به سمت خارج حرکت می‌کند، فنر بسته می‌شود. فنر نباید زیاد محکم باشد تا به وسیله آن حرکت برگشتی پیستون بدون نیروی خارجی عمل شود. پیستون، نیروی لازم را در حرکت خروجی خود بدست می‌آورد و در حرکت ورودی، فاقد نیرو است. چنین سیلندری را که پیستون آن فقط در مسیر حرکت خروجی خود نیرو تولید می‌کند، سیلندر یک کاره می‌نامند.



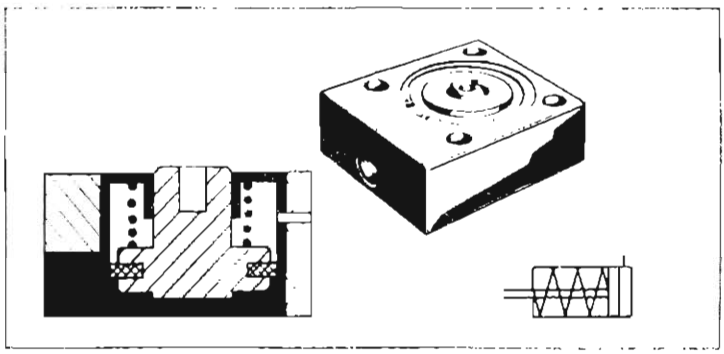
شکل شماره ۸ : سیلندر یک کاره را در قسمت بالا و سیلندر دو کاره را در پایین نشان می‌دهد.

سیلندر دو کاره

۲) نوع دیگر، سیلندر دوکاره است که برای حرکت پیستون از هوای فشرده که بر دسته پیستون اعمال می‌شود استفاده می‌شود و همزمان با آن در جهت مقابل پیستون نیز می‌توان فشار هوا را افزایش داد. در چنین مواردی می‌بایست در سرپوش سیلندر در محل دسته پیستون یک درزگیر نصب گردد که مانع نفوذ هوا به سمت خارج دسته پیستون شود. چنین سیلندری که پیستون آن در هر دو جهت ورودی و خروجی با هوای فشرده حرکت می‌کند، سیلندر دو کاره نامیده می‌شود. برای اینکه پیستون حرکت کند، بایستی که هوای فشرده از یک جهت پیستون وارد و از جهت دیگر تخلیه گردد و به این ترتیب، برای وارد کردن و تخلیه هوا در جهت مسیر حرکت پیستون، می‌بایستی از یک شیر مناسب استفاده کرد. قبل از آنکه وارد جزئیات شویم، ذکر دو نوع دیگر از انواع سیلندر که از اهمیت بیشتری برخوردار هستند، الزامی است.

سیلندر با کورس کوتاه

از سیلندرهای با کورس کوتاه، ترجیحاً در جهت نیروی انبساط و یا فرآیند فشار استفاده می‌شود و مسیر حرکت آن بالغ بر چند میلیمتر است.



شکل شماره ۹ : سیلندر با کورس کوتاه، جهت نیروی انبساط را نشان می‌دهد.

سیلندر بدون دسته پیستون

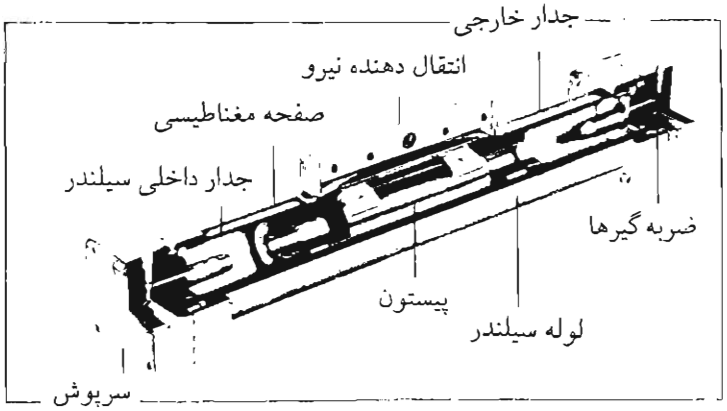
قبلاً نام این نوع سیلندر ذکر شده است. همانطورکه نامش پیدا است، فاقد دسته پیستون است و بدون حرکت پیستون کار می‌کند، در این نوع سیلندر، برای انتقال نیروی پیستون به خارج به طرق مختلف می‌توان عمل کرد.

بطور مثال، یک اتصال مغناطیسی بین پیستون در داخل و یک بوش در خارج از لوله سیلندر ایجاد کرد که این راه حلی ساده و دائمی به شمار می‌آید.

راه‌حل دیگر اینکه، طول سیلندر را به طریقه مکانیکی شکاف داده و اتصالات ممتدی را بین پیستون و بوش در خارج از جداره لوله سیلندر ایجاد کرد. شکاف قسمت جلو و عقب برش، توسط حلقه‌های آب‌بندی و نوار فولادی پوشانده می‌شود که این راه‌حلی قابل اطمینان است که بارها تجربه شده است.

یکی دیگر از سیستم‌های متنوع و کارآمد این است که یک نوار فولادی به پیستون نصب می‌شود که این نوار توسط سرپوش سیلندر و در بالای غلطک

برگشتی به صورت متحرک قرار می‌گیرد و از آنجا توسط سرپوش دیگر سیلندر به طرف پیستون بر می‌گردد.



شکل شماره ۱۰ : برش سیلندر بدون دسته پیستون را نشان می‌دهد.

شیرهای راه‌دهنده

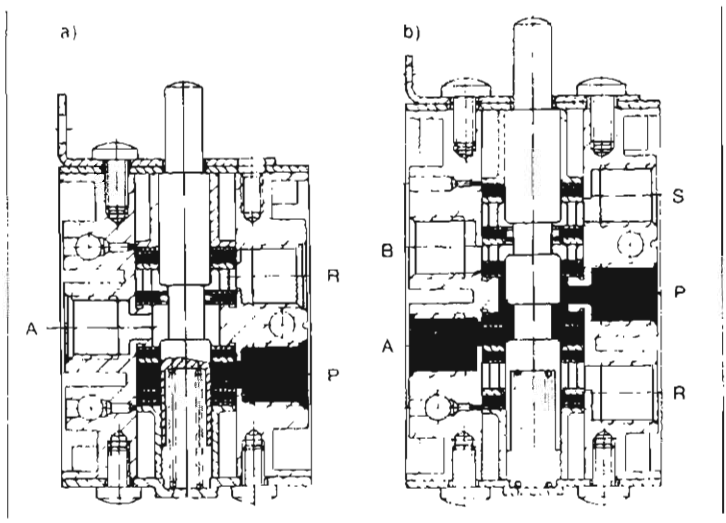
برای کنترل حرکات سیلندرها، شیرها به کار برده می‌شوند. (شیر راه‌دهنده نامگذاری مناسبی برای اینگونه شیرهاست). به عنوان مثال، برای جابجایی و تعویض جهت مسیر عمل کننده یک سیلندر یک کاره، شیر راه دهنده می‌بایست هوای فشرده را به سوی سیلندر در پشت پیستون هدایت کند. زمانی که پیستون از طریق نیروی نصب شده مجدداً به سمت داخل رانده می‌شود، هوای جلوی سیلندر تخلیه می‌گردد.

از این رو، هر شیر به سه خط لوله متصل می‌شود :

خط فشار هوا P

خط کار A , B

خط تخلیه R , S



شکل ۱۱ : a) شیر راه دهنده 3/2 - b) شیر راه دهنده 5/2

اتصالات متحرک، لوله‌ها را به هم مرتبط می‌کنند

اتصال لوله‌ها توسط کوپلینگ‌های نصب شده‌ای که قابل جابجای است، در شیر برقرار می‌شود. بر روی اینگونه کوپلینگ‌ها، خطوط حلقوی لوله هوای فشرده می‌بایست متصل گردند.

پیستون شیر، از خارج، در دو موضع کنترل قادر به حرکت است. یک موضع برای خروج پیستون سیلندر و دیگری برای ورودی آن.

یک شیر راه‌دهنده با سه دهانه کنترل و ۲ موضع سوئیچی، شیر راه‌دهنده 3/2 نامیده می‌شود. (شکل ۱۱، (a) که اولین عدد بیانگر تعداد مسیرها یا دهانه‌های کنترل و دومین عدد بیانگر تعداد موضع سوییچی می‌باشد. بر این اساس، یک شیر با چهار دهانه کنترل و دو موضع سوییچی شیر راه دهنده 4/2 نامیده می‌شود.

۴ اتصال برای سیلندر دو کاره

برای حرکت یک سیلندر دوکاره، چهار اتصال شیر بکار برده می‌شود. یکی برای اتصال به شبکه فشار هوا و دیگری به خروجی هوا و دو اتصال دیگر به سیلندر متصل می‌شوند. برای اینکه پیستون به سمت خارج رانده شود، می‌بایست شیر راه‌دهنده، هوای فشرده را به پشت پیستون هدایت کرده و همزمان، هوای اطراف تخلیه گردد.

در حین برگشت مجدد پیستون، هر دو دهانه کنترل در شیر جابجا می‌شوند. مکانهای اتصالات سیلندر با حروف A و B در شکلی مشخص شده‌اند.

در بعضی مواقع نیز شیرها بیش از ۲ موضع سوئیچی دارند. به عنوان مثال، جهت بکاراندازی یک سیستم کنترل، نیاز به استفاده از تمام مواضع می‌باشد. یک شیر راه‌دهنده با چهار دهانه کنترل و ۳ موضع سوئیچی شیر راه‌دهنده 4/3 نامیده می‌شود.

هوای برگشتی برای کنترل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در اکثر موارد، دو خط تخلیه هوا برقرار می‌گردد. روشهای تکنیکی - کنترلی مفیدی نیز موجود است. ساده‌تر خواهد بود، اگر پس از هر مکانیزم کنترل، هوای برگشتی بتواند به طور مستقیم از سیلندر A یا B به بیرون منتقل شود، تا اینکه در داخل شیر به طرف یک دریچه خروجی مشترک هدایت گردد.

از مزایای دیگر لوله‌های برگشت مجزا این است که هوای برگشتی می‌تواند در حین ورود و خروج سیلندر در هر بار برای فرآیندهای کنترل متمایز، مورد استفاده قرار گیرد.

یک شیر با دو دریچه جریان هوا برای سیلندر دو کاره، به عنوان شیر راه دهنده 5/2 مشخص می‌گردد.
(شکل ۱۱ . (b)) دومین دریچه خروج هوا با S نشان داده شده است.

در بعضی مواقع، یک شاخک به عنوان المنت کنترل در شیر راه دهنده نصب شده است. موارد دیگری نیز هست که بعدها به جزئیات آن می‌پردازیم.

علائم مداری

هر چقدر تجهیزات پنوماتیکی، گسترده‌تر طراحی شده باشند، به همان اندازه مهم‌تر خواهد بود نمودارهای کنترلی ترسیم شود که از آنها بتوان دستگاههای بکار برده شده و اتصالات لوله‌ای آنها را استنباط نمود.

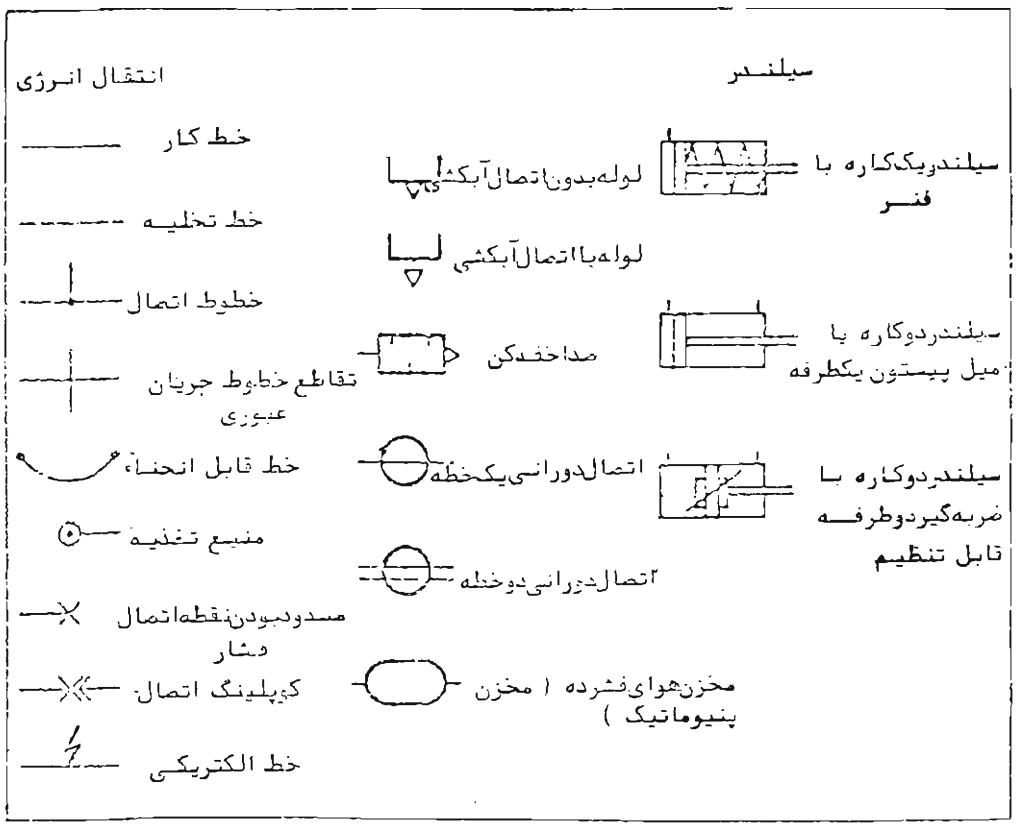
علائم مداری بر اساس استاندارد

برای دستگاهها، در نمودار، علائم کنترل بکار می‌رود که طبق تعریف استاندارد سیستم آحاد بین‌المللی DIN ISO 1219 تعیین شده‌اند.

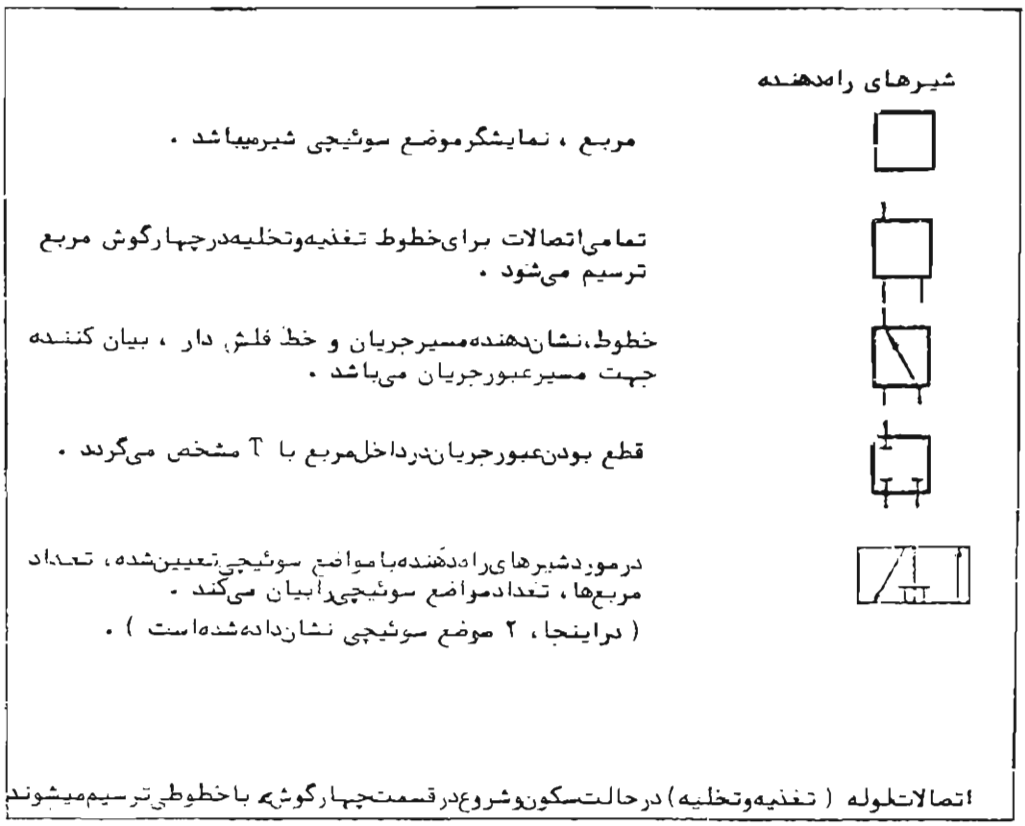
بنابراین، برای انتقال انرژی و سیلندر، علائم کنترلی دیگری نیز وجود دارد. این مطلب به وضوح در شکل ۱۲ بیان شده است.

علائم مداری شیرهای راه‌دهنده، کمی پیچیده‌تر هستند. این علائم به شرح زیر بکار برده شده‌اند :

نخست یک مربع با تمام اتصالات لوله‌ای برای لوله‌های ورودی و خروجی (تغذیه و تخلیه) ترسیم شده است. در این مربع، اتصالات لوله‌ای به شکل خطوط طوری ترسیم شده‌اند، که موضع اصلی (در مورد پیستون سیلندر همان موضع خروجی می‌باشد) را ایجاد می‌کند. (شکل ۱۳)



شکل ۱۲ : علائم مداری برای انتقال انرژی و سیلندرها.



شکل ۱۳ : چهارچوب ساختمانی علائم مداری یک شیر راه‌دهنده

در مربع سمت راست یا چپ در جهت ساختار موضع اصلی برای دیگر مواضع، مربع‌هایی ترسیم گشته است که در آنها همچنین خطوطی برای نمایش اتصالات لوله ضروری رسم می‌شود. از این رو، به نظر می‌رسد برای خطوط اتصال لوله‌ها، این مربع‌ها جابجا می‌شوند. بر این اساس، برای هر موضع، سوئیچی شیر، دقیقاً یک مربع ایجاد می‌گردد.

در بخشهای بعدی، دستگاههای پنوماتیکی دیگری با علائم مداریشان معرفی خواهند شد. علائم مداری راجع به نوع ساختمان و تناسب دستگاهها، مطلبی را بیان نمی‌کنند. اما علائم مداری موجود می‌باشند که موارد گوناگونی را که باعث بکاراندازی شیرها می‌شود و هم چنین نحوه کار آنها را نشان می‌دهند.

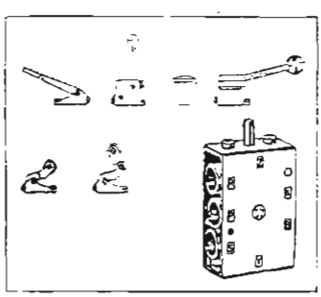
کار اندازهای شیر

برای بکار اندازی یک شیر و برای آنکه یک روند کنترل صورت گیرد، می‌بایست سیگنالی از شیر عبور داده شود. برای این کار، روشهای گوناگونی موجود می‌باشد.

کار اندازهای دستی

ابتداء کار اندازهای دستی هستند که در مورد آنها تجهیزات پنوماتیکی، از طریق حرکت اهرم کنترل و تکمه‌ها با نیروی عضلانی کنترل می‌گردند.

اهرم کنترل و تکمه‌ها



برای اعمال مختلف کاراندازها - در اینجا منظور، اهرم کنترل و تکمه‌ها می‌باشند - روشهای گوناگونی وجود دارد.

ساخت این کاراندازها به گونه‌ای است که هم اندازه با سرشیر می‌باشند، به طوری که می‌توانند مستقیم به انتهای شیر نصب گردند.

شکل ۱۴ : اهرمها و تکمه‌های کنترل برای بکاراندازی شیرها.

علائم مداری برای انواع مختلف کاراندازها بر اساس طرح استاندارد سیستم آحاد بین‌المللی DIN ISO 1219 تنظیم شده‌اند.
علائم مداری کاراندازهای شیر، مستقیماً در انتهای شیر ترسیم گردیده‌اند (شکل ۱۵).

کاراندازهای مکانیکی

به وسیله شاخک پالس‌کننده

به وسیله غلطک

به وسیله غلطک با برگشت آزاد

به وسیله فنر

کاراندازهای دستی

حالت کلی

به وسیله تکمه

یه وسیله اهرم

به وسیله پدال

کاراندازهای الکتریکی

به وسیله مغناطیس

به وسیله مغناطیس و شیر کمکی

به وسیله مغناطیس و شیر کمکی با کارانداز دستی

کاراندازهای پنوماتیکی

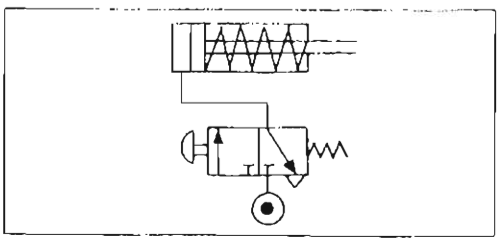
با فشار مستقیم

با تخلیه مستقیم فشار

مجرای کنترل داخلی (فنربادی)

شکل شماره ۱۵ : علائم مداری کاراندازهای شیر بر اساس سیستم آحاد بین‌المللی DIN 150 1219

با این علائم مداری، نمودارهای کنترل ساده‌ای را می‌توان ترسیم نمود. به عنوان مثال، در شکل ۱۶ ، نمودار کنترل حرکت یک پیستون سیلندر یک کاره توسط شیر راه‌دهنده 3/2 ، با کارانداز تکمه‌ای فشاری، نمایش داده شده است.



شکل شماره ۱۶ : نمودار کنترل حرکت یک پیستون سیلندر یک کاره.

کاراندازهای دستی، اکثراً برای نصب پانل‌ها (محفظه کنترل) در نظر گرفته می‌شوند. بدان معناکه می‌بایست طوری به قسمت جلوی یک پانل یا سطح بالای یک میز کنترل نصب شوند که کارانداز در خارج و شیر در داخل پانل باشد.

شکل ۱۷ : کاراندازهای دستی برای نصب پانل‌ها (محفظه کنترل).

در اینجا یکی دیگر از مزیت‌های پنوماتیک روشن می‌گردد :
از طریق تکمه فشاری ساده‌ای می‌توان نیروی عظیمی در صورت لزوم در محدوده‌ای وسیع در دستگاه به وجود آورد.

کارانداز مکانیکی

دومین نوع کارانداز، کارانداز مکانیکی است که توسط شاخک، فنر و یا غلطک کار می‌کند. این نوع کارانداز‌ها نیز با سرشیر، هم اندازه می‌باشند و بطور کلی با اجزای ساختمانی کارانداز‌های دیگر نیز قابل تعویض می‌باشند.
بر اساس طرح استاندارد DIN ISO 1219 چهار کارانداز مکانیکی معین شده است.

تجهیزات با حرکت خود، شیر را کنترل می‌نمایند

کارانداز‌های مکانیکی، توسط بادامک‌ها و نگهدارنده‌ها و به عبارتی از طریق اجزاء تجهیزات فنی، فشرده می‌شوند. از این رو، می‌بایست آنها را همراه با شیر به مواضع مناسب در تجهیزات نصب نمود.

بنابراین، ماشین یا تجهیزات، با حرکت خود، شیر را برای خط کار بعدی کنترل می‌نماید.
بنابراین، دومین مزیت پنوماتیک، قابلیت اتوماتیک کردن جریان فرآیند‌های مکانیکی است.

کنترل از راه دور

سومین نوع کارانداز، کارانداز‌های کنترل از راه دور می‌باشد. برای این منظور، سیگنال کنترل به سوی کارانداز شیر از یک موضع سوئیچی به فاصله دور، انتقال می‌یابد.

هوای فشرده یا ولتاژ الکتریکی

در تجهیزات پنوماتیکی، هوای فشرده یا ولتاژ الکتریکی برای انتقال سیگنال بکار می‌رود.

زمانی که از هوای فشرده برای انتقال سیگنال کنترل استفاده می‌شود. نصب کارانداز آسان می‌شود. از این رو، بر روی سرشیر خط لوله هوای باریکی وصل می‌شود. شوک فشار، جهت کنترل شیر، از طریق شیر راه‌دهنده کوچکی که اصطلاحاً شیر پیلوتی نامیده می‌شود، داده می‌شود.

الکترود مغناطیس جهت کنترل

برای کارانداز الکتریکی، یک الکترود مغناطیس بر روی سر شیر نصب می‌گردد که شیر را کنترل می‌نماید.

توسط یک سوئیچ نصب شده در موضعی دیگر، ولتاژ لازم جهت تحریک مغناطیس‌ها ایجاد می‌شود.

هم ماگنت جریان مستقیم و هم ماگنت جریان برق متناوب، اکثراً برای ولتاژ ۲۲۰ ولت شبکه برق بکار می‌روند، بطوریکه می‌توانند مستقیماً به شبکه وصل گردند.

اگر بر عکس ماگنت جریان مستقیمی نصب شده باشد، و به جای آن می‌بایست جریان مستقیم مهیا می‌شود، اکثراً ولتاژ برای کنترل به میزان متداول ۲۴ ولت تغییر شکل خواهد داد. از این رو، ماگنت‌های جریان مستقیم تقریباً از هزینه کاری بیشتری برخورد دارند، اما از طرفی این ماگنت‌ها جریان برق را آرامتر برقرار کرده، دارای قدرت جذب بیشتری می‌باشند و به تعداد بیشتری از مدارها، به عنوان ماگنت‌های جریان متناوب دسترسی دارند.

مفید برای اتوماسیون

سومین مزیت پنوماتیک، امکان هدایت از راه دور با انتقال سیگنال پنوماتیکی و الکترونیکی می‌باشد.

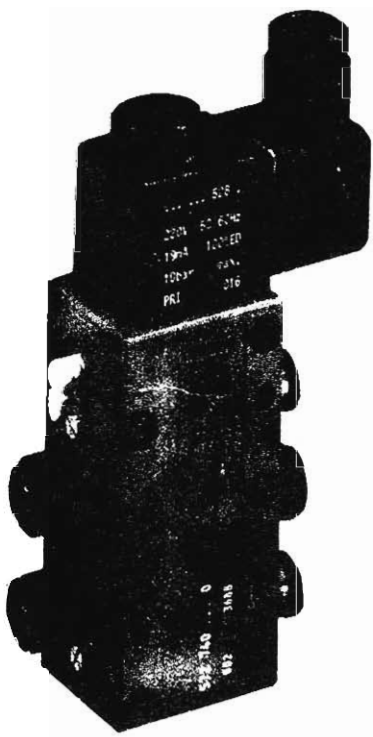
طریقه کنترل از راه دور برای اتوماسیون مفید می‌باشد. همانطور که قبلاً شرح

داده شد، می‌توان این فرآیندها را نیز با کارانداز‌های مستقیم مکانیکی مکانیزه کرد، اما اغلب، این روش هزینه زیادی را در پی دارد.

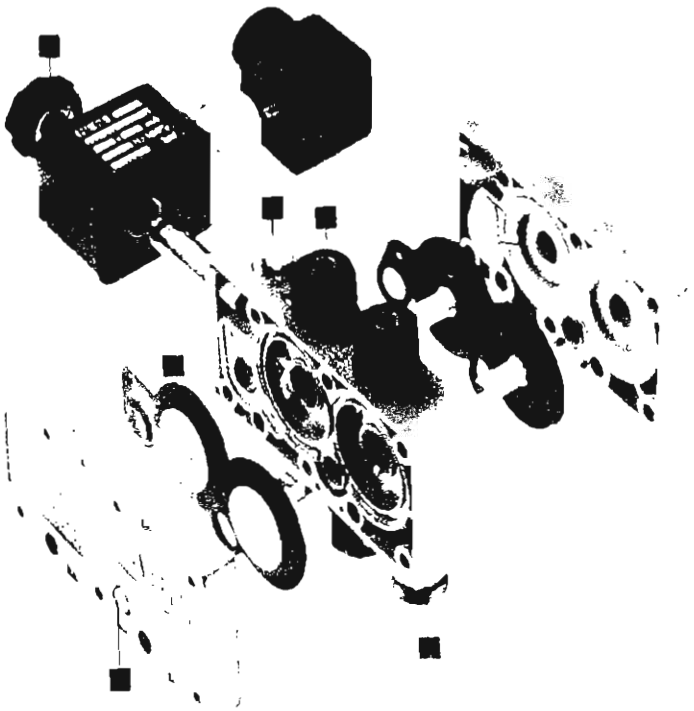
به کارانداز پیستون سیلندر، مستلزم انرژی زیادی است. برای فراهم شدن زمینه این کار، می‌بایست جریان هوای بیشتری به یک لوله عریض هدایت گردد.

مدت زمانی که صرف هدایت هوا از منبع فشار در ابتدا به سمت موضع سوییچی و بعد از آن به طرف سیلندر در حال کار می‌شود، پیچیده و خارج از حوصله می‌باشد.

اگر لوله فرمان، از طریق کوتاهترین راه از منبع فشار به سوی مصرف کننده برده شود، و در موضع مناسبی در این مسیر شیر راه دهنده‌ای نصب گردد، و فقط لوله باریکی از موقع سوئیچی به شیر راه‌دهنده وصل گردد، این روش آسانتر و اتلاف انرژی کمتری را در پی خواهد داشت.



(شکل شماره ۱۸ : شیر راه‌دهنده الکتر ومغناطیس 5/2



شکل شماره ۱۹ : (۱) شیر تخلیه کمکی. (۲) خط تغذیه. (۳) کارانداز دستی (۴) اتصال خط کار. (۵) پیچ تنظیم سرعت. (۶) اتصال خط تخلیه.

لوله‌های کنترل و فرمان مجزا

برای کنترل شیرهای بزرگ، تنها نیاز به یک پالس کنترل کوتاه با انـدکی انـرژی است. از این رو، لوله‌های کنترل و فرمان، اکثراً از هم مجزا شده‌اند. این عمل مزایای دیگری نیز در بردارد که عبارتند از :

مزایای لوله‌های مجزا

امکان انتخاب بین کنترل پنوماتیکی و الکتریکی یا الکترونیکی را موجب می‌شود.

می‌توان سیگنال‌های کنترل سوئیچ‌های بیشتری را با هم هدایت، مقایسه و متصل نموده و حاصل این اعمال، کنترل شیر راه‌دهنده می‌باشد. (در واقع این نوع اتصالات، نشان دهنده یک سیستم کنترل است).

شیرهای کوچک، برای سیگنال فاقد انرژی، سریعتر کار می‌کنند. این موضوع "به ویژه " در مورد اتصالات گسترده، مهم می‌باشد.

گیرنده سیگنال‌های حساس را نمی‌توان برای کمیت‌های فیزیکی همانند درجه حرارت، رطوبت، محتویات گازی بکار برد. (امروزه، گیرنده سیگنال را "سنسور" نیز می‌نامند).

اکثراً سیستم با هزینه مناسب تری بکار می‌افتد، زیرا خط کار از کورس کوتاهی بطرف سیلندر می‌تواند هدایت گردد.

راجع به کنترل‌های پنوماتیکی "بعدها" به تفصیل صحبت خواهد شد. اما قبل از آن می‌بایست انواع شیر را از نزدیک، مورد بررسی قرار داد.

انواع طرحها و اندازه‌ها شیر

متناسب با اندازه سیلندر، شیرهای راه‌دهنده در اندازه‌های گوناگون بکار می‌روند. جریان اسمی از موارد مهم در رابطه با اندازه‌های شیر به شمار می‌آید.

جریان اسمی

جریان اسمی، جریان هوایی است که در وضعیت استاندارد فشار ۶ بار، از طریق شیر جریان می‌یابد، زمانی که کاهش فشار ۱ بار مجاز باشد.

برای این منظور، می‌بایست فشار خط تغذیه را به میزان ثابت ۶ بار ($P_e=6bar$) و فشار خط تخلیه را ۵ بار در نظر گرفت و حجم مقدار هوای جاری به هنگام این کاهش فشار را در هر دقیقه اندازه گرفت. از آنجایی که هوا همانند دیگر گازها،

واسطه‌ای تراکم پذیر (دقیق‌تر بگوییم، یک چگالی متغیر) می‌باشد) از این رو، حجم، هم به فشار مطلق P_a، و هم به درجه حرارت T بستگی دارد.

برای رسیدن به " مقدار ثابت " می‌بایست ارقام اندازه‌گیری شده را برحسب وضعیت استاندارد محاسبه نمود.

وضعیت استاندارد

وضعیت استاندارد، وضعیتی است که در آن $P_n = P_a = 1$ bar و درجه حرارت $t_n = 20^c$ مطابق با $T_n = 293$ K باشد.

ارتباط قابل محاسبه بین دو وضعیت متفاوت، از طریق فرمول زیر بیان می‌شود :

$$\frac{P_{a1} \cdot 2\,V_1}{T_1} = \frac{P_{a2} \cdot 2_{v2}}{T_2}$$

شیرهای دیگری نیز وجود دارد که می‌توانند جریان‌های اسمی شیرهای کوچک را که حدوداً 50 L /mm است تا جریان‌های اسمی شیرهای بزرگ 9000 L/mm را از خود عبور دهند. جریان اسمی هم به ابعاد برشهای عرض داخلی دریچه در شیر و هم به جریان مناسبی که در مجاری لوله‌ها شکل می‌گیرند، بستگی دارد.

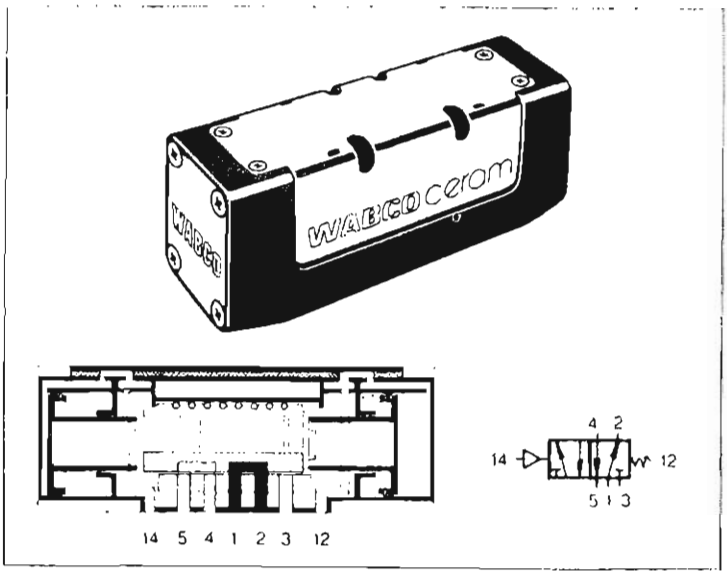
از این رو، سازندگان شیرها سعی کرده‌اند، بین اندازه ابعاد کوچک خارجی با جریان مناسبی که در مجراها شکل گرفته است، در شیرها تطابق ایجاد نمایند. یک پیستون شیر در داخل، اغلب مانع عبور یک جریان مناسب در لوله‌ها می‌گردد. به این دلایل و نیز دلایل موجود دیگر می‌توان با توجه با کارآیی و عملکرد اینگونه شیرها با شاخک، که تاکنون مورد بررسی قرارگرفته است، انواع دیگر شیر را توسعه داد.

شیر کشویی تخت

یکی دیگر از انواع شیرها، شیر کشویی تخت می‌باشد که در آن مجراها با سوراخهای سطح زیرین یک لغزنده مسطح، که در سطحی صاف نصب شده‌اند، با یکدیگر متصل می‌شوند. سوراخهای سطح زیرین، به لوله‌های خروجی متصل

می‌گردند. شیرهای کشویی دارای جریان اسمی بالایی هستند، زیرا مجراها در آنها قادرند به جریانها شکل مناسبی دهند.

اخیراً، لغزنده‌ها و صفحه‌های سرامیکی نیز طراحی شده‌اند. چون مقاومت در برابر ساییدگی و اصطکاک در متر یالهای سرامیکی صنعتی بسیار بالاست، می‌توان با این نوع لغزنده‌ها، دهها میلیون مکانیزم کنترل را بدون نیاز به بررسی، اجراء نمود.



شکل ۲۰ : شیر کشویی - لغزنده و صفحه سرامیکی هستند.

شیرهای نشستنی

سومین نوع شیرها، شیرهای نشستنی هستند که یک درزگیر که اکثراً جنس آن از ماده‌ای ارتجاعی است، بر روی کف قرار می‌گیرد. فنری کوچک، ویژه فشار هوا، دیسک را بر روی بشقاب شیر محکم نگهمیدارد. هر اندازه که فشار بیشتر باشد، دیسک شیر بر روی بشقاب بیشتر فشار وارد می‌کند. جهت فرآیند کنترل، دیسک شیراز بشقاب بلند می‌شود.

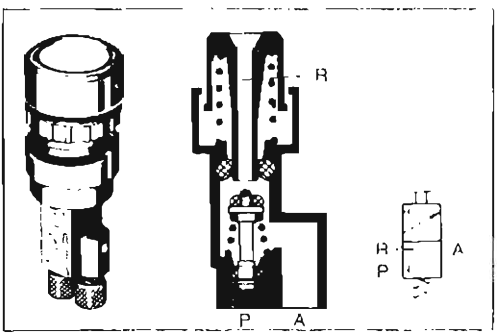
زمان سوئیچینگی کوتاه و فرکانس کنترلی بالا

از آنجایی که مسیر دریچه اضطراری کوتاه باشد، زمان سوئیچینگی کوتاه و فرکانس کنترلی بالا، امکان پذیر است.

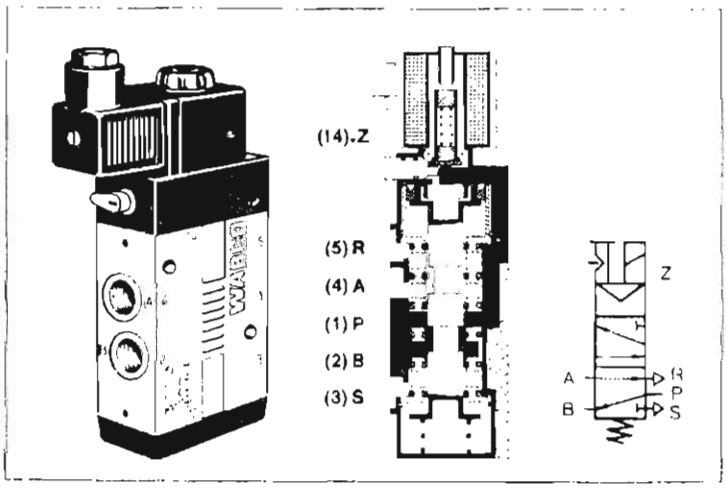
هنگام به کاراندازی یک شیر راه دهنده 3/2، قبل از آنکه اتصال فشار P در جهت لوله سیلندر A باز شود، نخست می‌بایست اتصال لوله سیلندر در جهت خروجی هوا R تطبیق شده باشد. برای این منظور، یکی از دو موضع درزگیری (آب بندی) که نصب شده است، هنگام کار دریچه خروجی را قفل می‌کند. (شکل ۲۱)

شیرهای نشستنی فقط برای ابعاد اسمی کوچک ساخته شده‌اند

بالا رفتن دیسک آب بندی در مقابل فشار هوا، مستلزم صرف مقداری انرژی است. به همین جهت، شیرهای نشستی، فقط برای ابعاد اسمی کوچک ساخته شده‌اند. شیرهای بزرگتر همانند شیرهای کشویی عمل می‌کنند. عمل آنها یا بطور مکانیکی نیروی عضلانی و یا بطور پنوماتیکی صورت می‌گیرد.



شکل ۲۱ : شیر نشستی



شکل۲۲ : شیر راه دهنده کمکی الکترو مغناطیسی، اتصال P (۱) = خط فشار، اتصالات (۴) A و (۲) B = خط کار، (۵) R و (۳) S = خط تخلیه، اتصال (۴) Z = خط فرمان.

همانطور که گفته شد، هوای فشرده جهت اعمال پنوماتیکی در شیرهای کوچک کمکی، کنترل و تنظیم می‌گردند.

به کاراندازی الکتریکی یک شیر بزرگ، مشکلاتی را در پی دارد. الکترو مغناطیس‌های قوی که دارای انرژی کافی می‌باشند، توان هدایتی بالایی دارند و از این رو در شیر، کمیت‌های نامناسبی را ایجاد می‌نمایند. بدین جهت تنها شیرهای کوچک بطور الکترو مغناطیسی عمل می‌کنند. اما با کمک شیرهای الکترو مغناطیسی کوچکتر، شیرهای بزرگ قادر خواهند بود بطور پنوماتیکی کار کنند. اکثراً، شیر کمکی الکترو مغناطیسی و شیر اصلی پنوماتیکی دارای یک واحد ساختمانی مشترک هستند که به آن شیر کمکی (الکترو پنوماتیکی) گویند.

سیستم کنترل در تجهیزات پنوماتیکی

همانگونه که قبلاً ذکر شد، سیستم بکار اندازی تجهیزات پنوماتیکی از سیستم کنترل الکتریکی و مکانیکی کاملاً مجزاست.

در این کتاب، پیرامون سیستم کنترل پنوماتیکی، مفصلاً صحبت شده است و به کنترل مکانیکی به طور خلاصه اشاره شده، بطوری که با یک بررسی دقیق می‌توان تعیین نمود که کدام سیستم را می‌توان بکار برد.

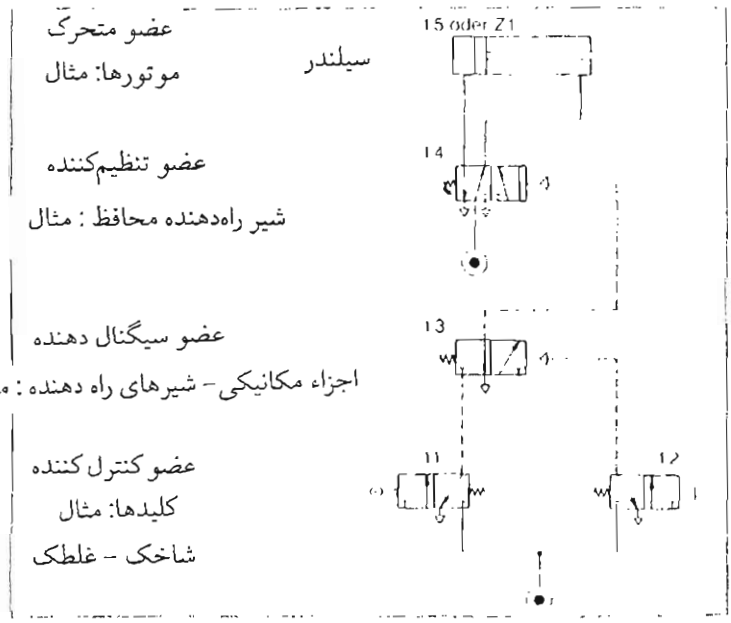
زنجیره کنترل

" از زمان ارسال سیگنال تا زمان حرکت "

مسیر حرکت از سیگنال ارسالی تا حرکت هوای فشرده را در سیلندر "زنجیره کنترل" می‌نامند. یک زنجیره کنترل، از چهار قسمت تشکیل شده است. ابتداء عضو محرک است که نیرو و یا جریان را اتصال می‌دهد.

در پنوماتیک این عضو هوای فشرده سیلندر و یا موتور است. دومین قسمت، شامل شیرهایی است که جهت کاراندازی عضوهای محرک مورد استفاده قرار می‌گیرد که به آنها عضوهای تنظیم کننده می‌گویند. بعد از آن عضوهای کنترل قرار دارند که به آنها شیر یا کارانداز می‌گویند و به وسیله آنها سیگنالهای کنترل، متحمل و ذخیره می‌گردند و نهایتاً عضو سیگنال دهنده که در زنجیر کنترل پنوماتیکی اغلب کوچک است که شامل یک شیر کارانداز ۳/۲ مکانیکی یا دستی می‌باشد که توسط آن، سیگنال کنترل در این زنجیره هدایت می‌شود.

برای هر کدام از عضوهای محرک، یک زنجیره کنترل وجود دارد. وقتی عضوهای محرک زیادی وجود دارد که کارآیی یکسانی دارند می‌توان از یک زنجیره کنترل استفاده کرد.



شکل شماره ۲۳ : زنجیره کنترل را در چهار مرحله نشان می‌دهد.

زنجیره‌های کنترل، دارای علائم ممتدی هستند که به توصیف عملکرد کمک می‌کند. سیگنال استارت، می‌تواند مکانیکی، دستی، یا ترکیبی از انواع مختلف سیگنال باشد. برای روشن شدن مطلب، به مثال زیر توجه کنید :

اگر بخواهیم یک قطعه کار را پرس کنیم، زمانی که قطعه در دستگاه پرس قرار

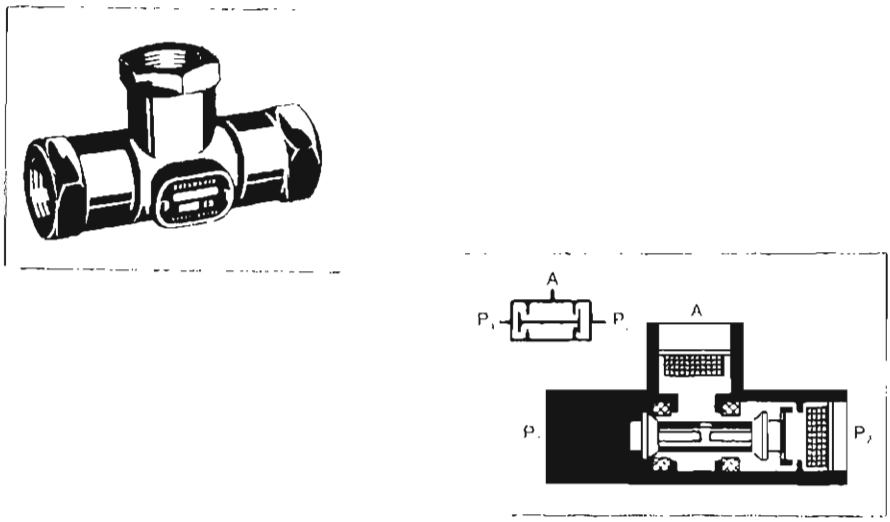
داده می‌شود. و شاسی بکار اندازی شیر زده می‌شود و تا زمانی که تکمه فشار زده شده باشد، این قطعه به شکل پنوماتیکی از دستگاه خارج می‌گردد و بعد از آن، پیستون سیلندر دوباره حرکت می‌کند و زمانی که قطعه کار در دستگاه پرس وجود ندارد، پیستون نباید به وسیله پرس، به قسمت خارج رانده شود، زیرا به این ترتیب، خسارت کمتری بر آن وارد می‌آید که ساختمان آن را به وسیله شکل فوق، می‌توان مشاهده کرد.

جهت پرسکاری، باید از یک سیلندر دو کاره استفاده کرد. که هوای مورد نیاز، جهت حرکت پیستون را به وسیله یک شیر راه‌دهنده ۵/۲ با کارانداز پنوماتیکی و با بفنر برگشتی می‌توان به عنوان عضو تنظیم کننده تأمین کرد. کنترل هوا، جهت کاراندازی عضو تنظیم کننده به وسیله نصب یک شیر ۳/۲ با فنر برگشتی انجام می‌گیرد عضو کنترل، با یک شیر ۳/۲ که با نیروی بازو کار می‌کند، کنترل می‌شود. لوله تغذیه، جهت فراهم آوردن هوای مورد نیاز توسط شیر ۱۰۱ که هنگام نصب قطعه کار به کار می‌افتد، باز می‌شود.

شیر ۱۰۱ و ۱۰۲ ، عضوهای سیگنال دهنده هستند. عضو کنترل ۱۰۳ وقتی توسط شیر ۱۰۲ بکار افتد و همزمان توسط شیر ۱۰۱ هوای مورد نیاز را فراهم آورد می‌تواند هوای فشرده را به عنوان سیگنال به عضو تنظیم کننده منتقل کند. در صورتیکه یکی از این دو شیر موجود نباشد، یا قطعه کار در دسترس نباشد، و یا تکمه استارت کار نکند، عضو تنظیم کننده ۱۰۴ روشن نمی‌شود.

شیر کشویی دو فشاره

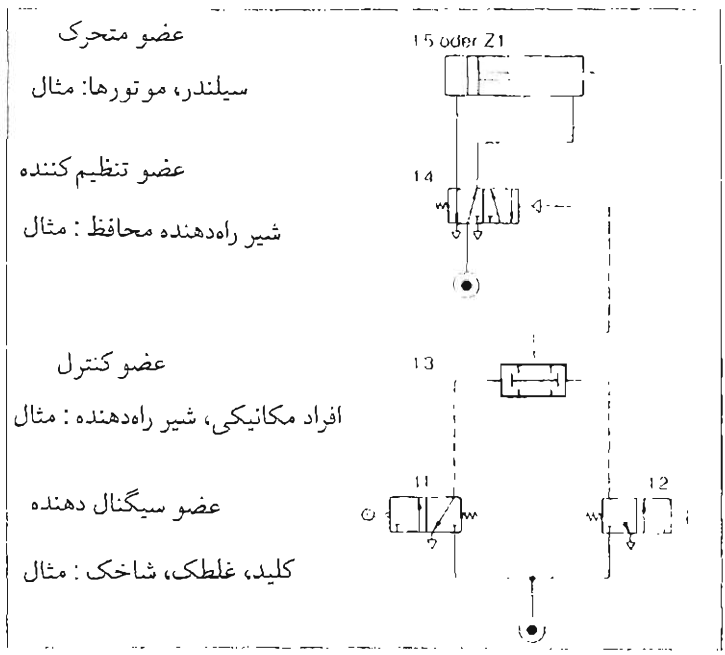
برای مثالی که به آن اشاره شد، عضو کنترل کننده ما یک شیر ۳/۲ با کارانداز پنوماتیکی با یک فنر برگشتی است که اصطلاحاً به آن شیر کشویی دوطرفه می‌گویند.(شکل ۲۴)



شکل شماره ۲۴ : یک شیر کشویی دو فشاره را نشان می‌دهد که وقتی همزمان یک سیگنال در دو قسمت ورودی آن ایجاد می‌شود، در قسمت خروجی یک سیگنال پدید می‌آید.

ایجاد سیگنال کنترل با استفاده از دو سیگنال ورودی

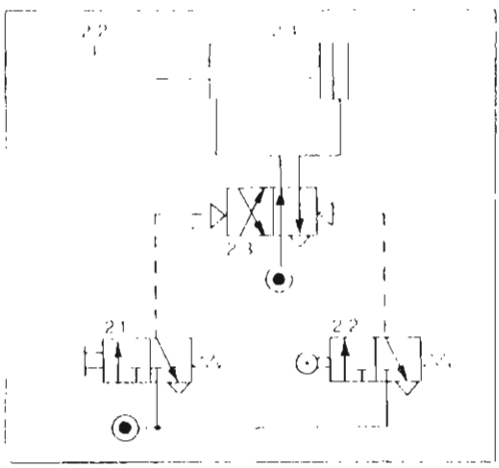
یک شیر کشویی دو فشاره دارای دو ورودی و یک خروجی است. زمانی که در دو ورودی همزمان سیگنالی ایجاد می‌شود، در خروجی، سیگنال کنترل پدید می‌آید. شیر کشویی دو طرفه با ترسیم مدار کنترل به وضوح مشخص می‌گردد. (شکل ۲۵)



شکل شماره ۲۵ : شیر کشویی را در زنجیزه کنترل نشان می‌دهد.

وظیفه‌ای که شیر کشویی دو فشاره در زنجیره کنترل به عهده دارد، به خوبی آشکار است. هنگامی که هر دو عضو سیگنال دهنده، همزمان به کار می‌افتد، شیر کشویی می‌بایستی برای به کاراندازی عضو تنظیم کننده، سیگنالی را ارسال می‌کند. اتصال سیگنال‌ها در عضوهای کنترل در یک حوزه وسیع و قابل توجهی از سیستم کنترل، بر اساس قاعده تنظیم شده‌ای باید گسترش یابد.

برای فرآیندهای ساده، عضوهای کنترل چندان قابل اهمیت نیست، و می‌توان گهگاه از آن صرفنظر کرد. در مثال زیر، وجود یک عنصر کنترل ضرورتی ندارد. وقتی که پیستون سیلندر به سمت خارج حرکت می‌کند و به نقطه نهایی می‌رسد، دوباره به عقب رانده می‌شود و نهایتاً در موضع نهایی، متوقف می‌گردد.



شکل ۲۶ : طرح مدار حرکت سیلندر دو کاره.

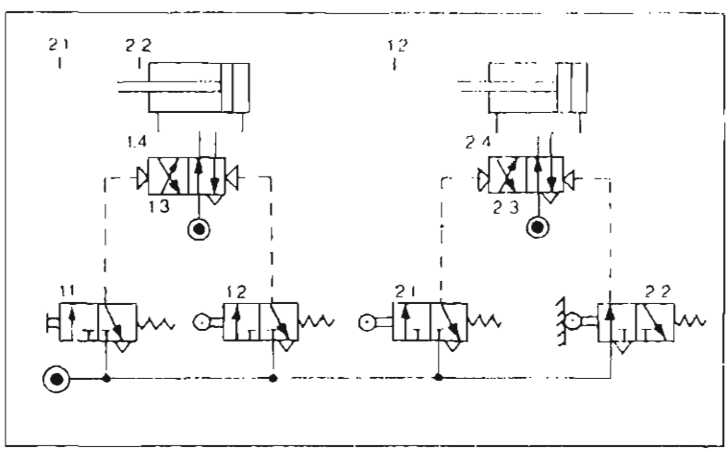
شیر راه دهنده حافظه‌ای سیگنال دهنده

به عنوان تنظیم کننده ۲۰۳ از یک شیر راه‌دهنده حافظه‌ای سیگنال دهنده بدون فنری که ابتدا در موضع کنترل قرار می‌گیرد و نیز برای به کاراندازی شیر، یکی از دو خط کنترل در موضع فنر برگشتی قرار می‌گیرد و توسط یک شیر راه دهنده ۲۰۲ و دسته پیستون سیلندر، به کار می‌افتد. وضعیت خروجی پیستون، با خط کوتاهی و همچنین شیر به عنوان عضو سیگنال دهنده فعال با عدد در طرح مدار به خوبی نمایش داده شده است.

دیاگرام وضعیت، طبق سیستم آحاد بین المللی ۳۲۶۰

فرآیند پرهزینه عضو کنترل در سیستم کنترل، طبق نمونه زیر، بدون این عضو نیز امکان پذیر است. هنگامی که پیستون سیلندر اولی همانگونه که در تصویر ۲۷ نمایش داده شده، به سمت خارج رانده می‌شود، به دنبال آن نیز پیستون سیلندر دوم به سمت خارج رانده می‌شود و مجدداً پیستون اولی به سمت داخل و به دنبال آن پیستون دومی نیز رانده می‌شود. تشریح نوشتاری این فرآیند، مشکل خواهد بود، اما هنگامی که این فرآیند نوشتاری حرکت پیستون به سمت داخل و خارج را ترسیم می‌کنیم، درک مفهوم آن ساده‌تر خواهد بود.

هنگامی که برای توصیف این فرآیند از دیاگرام وضعیت طبق سیستم آحاد بین المللی ۳۲۶۰ استفاده می‌کنیم مفهوم آن رساتر خواهد بود.



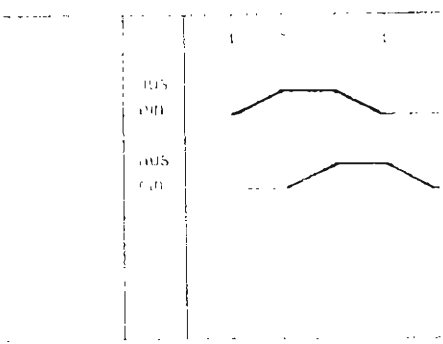
شکل ۲۷ : طرح مدار حرکت یک سیلندر دو کاره را نشان می‌دهد.

نمونه چنین دیاگرام وضعیتی، شامل یک سری خطوط عمودی و افقی می‌باشد. خطوط عمودی در ستونهایی مجزا و شماره‌گذاری شده قرارگرفته‌اند. خطوط افقی وضعیتهای مختلف عضوهای محرک را نشان می‌دهد. آنها به شکلی منطبق ترسیم شده‌اند. وسایل دیگر نیز دارای چنین علائمی در نمونه مدار هستند.

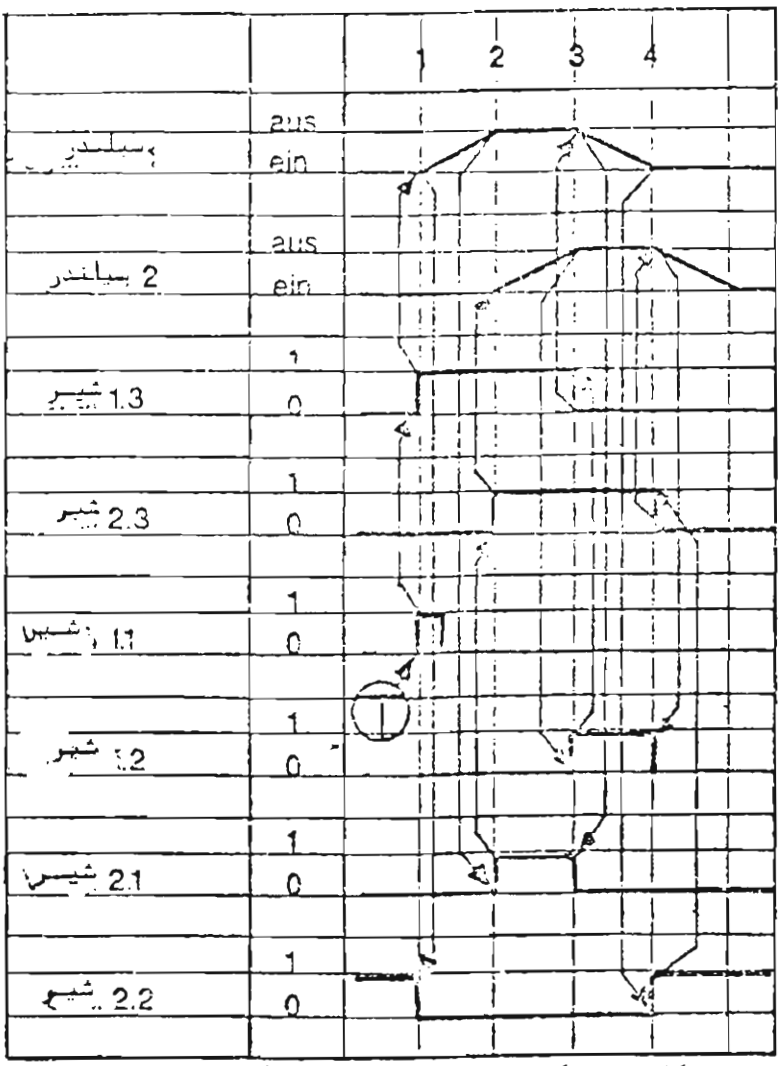
مکانها و وضعیت‌های محرک در هر مرحله، توسط خطوط عرضی نشان داده شده است. برای تعیین حد فاصل خطوط عمودی، زمان و سرعت حرکت را می‌توان ملاک قرار داد.

از آنجایی که در مدار کنترل فوق، دو عضو کنترل وجود دارد که هر کدام حرکتی مجزا دارد و برای هر کدام یک زنجیره کنترل که توسط عضوهای سیگنال دهنده کنترل می‌شود، موجود است، برای بقیه اجزاء زنجیره کنترل، یعنی عضوهای تنظیم کننده، عضوهای کنترل و عضوهای سیگنال دهنده نیز می‌توان دیاگرام وضعیتی تعیین نمود.

وابستگی هر یک از اجزاء به یکدیگر، سبب بکار افتادن آنها می‌شود و تا زمانی که در مکانی واحد به یکدیگر می‌رسند توسط خطوط باریک، سیگنال نمایش داده می‌شوند.

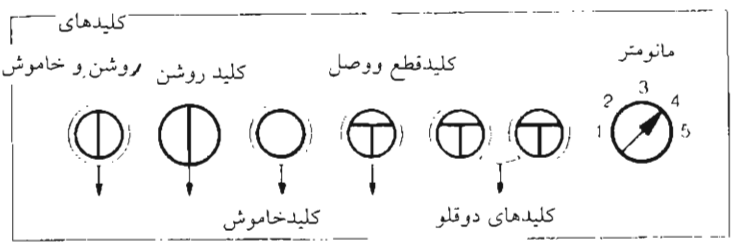


شکل ۲۸ : دیاگرام وضعیت طبق سیستم آحاد بین‌المللی را نشان می‌دهد. برای سیگنالهای دیگری که در زنجیره کنترل تأثیر می‌گذارند، خاموش شدن و یا قطع و وصل شدن، علائم خاصی وجود دارد (که در شکل ۳۰ نمایش داده شده است).



شکل ۲۹ : دیاگرام وضعیت با تمام عضوهای آن را نشان می‌دهد.

دیاگرام وضعیت یک وسیله کمکی مستعمل است که توسط آن می‌توان عملکرد ارتباطی و کارکردهای سیستم کنترل را به وضوح آشکار نمود.



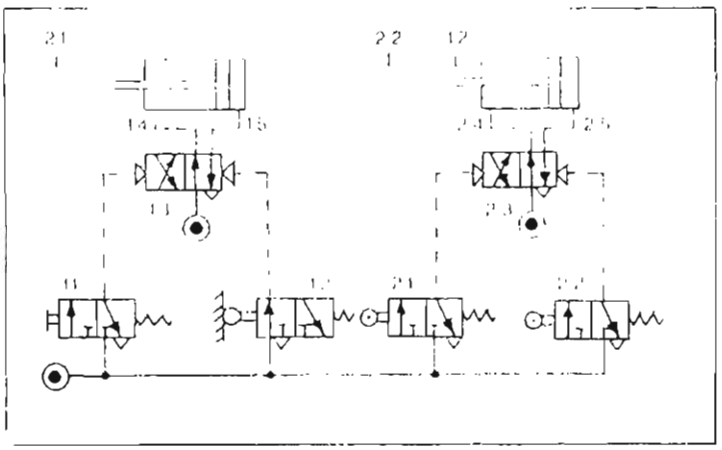
شکل ۳۰ : علائم مداری عضوهای سیگنال که با کارانداز نیروی عضلانی به کار می‌افتد.

قفل شدگی‌ها و قطع فشار هوا :

در جریان سیستم کنترل اشکالات عدیده‌ای پدید می‌آید که می‌توان آن را با دقت تشخیص داد. بطور مثال - اشکالاتی است که در نمونه زیر پدید می‌آید. (شکل ۳۱) در مدار فعلی دو پیستون وجود دارد که ابتدا پیستون اولی به سمت خارج رانده می‌شود و سپس پیستون دومی زمانی که پیستون دومی زمانی که پیستون به نقطه نهایی خود می‌رسد دوباره به عقب رانده می‌شود و سپس پیستون اولی شروع به حرکت می‌کند (۱-۲-۲+۱) این چنین جریان حرکتی در پیستون سیلندر یک امر غیر عادی نیست، بلکه می‌توان فعالیت‌های زیر را به شکل عملی تشریح کرد.

پیستون اولی یک قطعه کار را نگه می‌دارد دو پیستون دومی وسیله‌ای راکه با آن برای منگنه کردن، پرس کردن یا خم کردن استفاده می‌شود حرکت می‌دهد و در سومین مرحله دوباره به قسمت خروجی خود باز می‌گردد و در نهایت پیستون اولی قطعه را رها می‌کند.

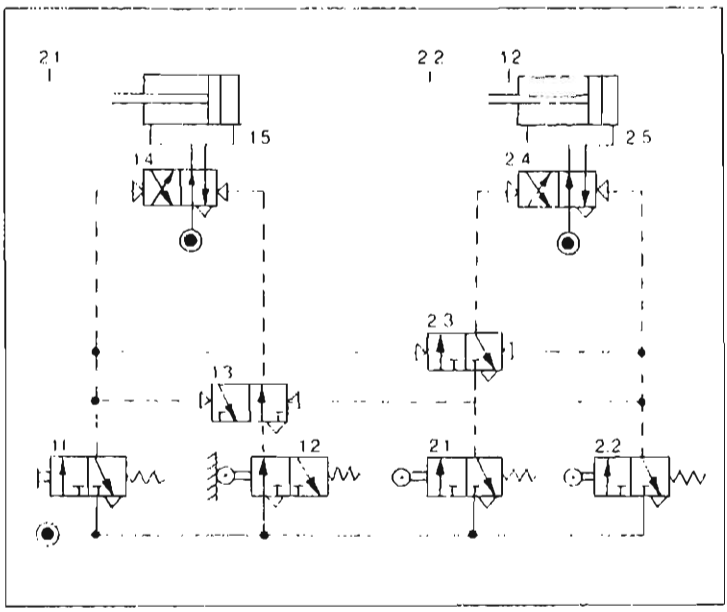
تصویر مدار شماره ۳۱ به خوبی طرح مداری این دو زنجیره کنترل را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۳۱ : نشان دهنده حرکت پیستون در یک سیلندر دوکاره است.

اما این جریان کنترل دارای دو اشکال است که در طرح مداری آن به خوبی قابل روایت نیست. وقتی که زنجیره کنترل به کار می‌افتد این نواقص آشکار می‌شود.

همزمان با آغاز حرکت پیستون ۱۰۵ به سمت خارج رانده نمی‌شود و سیگنال استارت ۱۰۱ وقتی شروع به کار می‌کند دفلکس را نشان نمی‌دهد. که علت عدم دفلکس وجود نقص در سیگنال است. بوسیله دسته پیستون ۲۰۵ شیر ۱۰۲ بکار می‌افتد و لوله‌های کنترل متصل به شیر ۱۰۲ به سمت شیر تنظیم کننده ۱۰۴ هوادهی می‌شود. که ابتدا می‌بایست تخلیه گردند و به این ترتیب شیر ۱۰۴ توسط سیگنال شیر ۱۰۱ به کار می‌افتد و برای تخلیه آن از یک شیر راه‌دهنده ۳۱۲ بعنوان عضو کنترل کننده ۱۰۳ که توسط شیر ۱۰۱ به کار می‌افتد استفاده می‌شود.



شکل شماره ۳۲ : قطع فشار جهت برطرف نمودن نقص سیگنال را نشان می‌دهد.

سومین مرحله در جریان سیستم کنترل به این ترتیب است که هنگامی که پیستون شماره ۲۰۵ مجدداً به سمت داخل رانده می‌شود عضو سیگنال دهنده ۲۰۲ آزاد می‌گردد و توسط دسته پیستون ۲۰۵ به مست موضع انتهایی خود به کار می‌افتد، وقتی که سیگنال این شیر عمل نکند پیستون نیز به حرکت درنمی‌آید و به این ترتیب شیر ۲۰۱ لوله‌های کنترل را به سمت شیر ۲۰۴ هوادهی می‌کند و مکان لازم جهت خروج پیستون فراهم می‌آید.

استفاده از عضو کنترل جهت رفع شکل

در اینجا برای رفع شکل از یک شیر راه‌دهنده ۳/۲ بعنوان عضو کنترل ۲۰۳ نصب می‌شود که هوای لوله‌های متصل به شیر ۲۰۱ را تخلیه می‌کند و به این ترتیب نقص سیگنال را مرتفع می‌سازد و عضو کنترل ۲۰۳ توسط عضو سیگنال دهنده ۲۰۲ به کار می‌افتد. (تصویر شماره ۳۲).

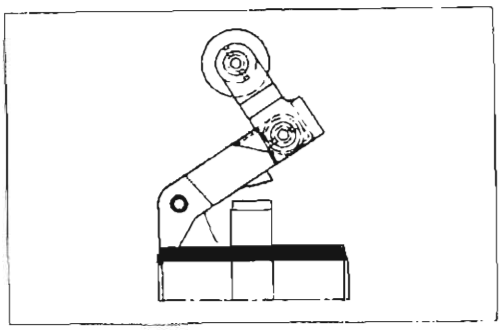
وقتی که هوای لوله‌های متصل به شیر ۲۰۱ تخلیه گردید عضو تنظیم کننده ۲۰۴ به کار می‌افتد و پیستون ۲۰۵ را به حرکت درمی‌آورد و در نهایت پیستون ۱۰۵ نیز دوباره به حرکت می‌افتد. پیستون ۲۰۵ فرمان حرکت را از عضو سیگنال ۱۰۲ جهت حرکت در مسیر ورودی دریافت می‌کند و جریان کنترل به پایان می‌رسد.

متوقف شدن عضو کنترل

باید توجه داشت که حرکت عضو کنترل تا زمانی که به نیروی آن نیازی نیست باید متوقف شود. و به همین جهت باید لوله‌های برگشتی کنترل بوسیله یک عضو سیگنال دهنده مجزا هوادهی شود و اگر لوله‌های برگشتی به خوبی متصل شده باشند جریان بخوبی بدون اشکال صورت می‌گیرد. در کنار روش‌های عرضه شده برای بکارگیری هوای فشرده یک راه دیگر نیز موجود است و آن اینکه سیگنال مانع را کمی قبل از فعالیت متوقف ساخت سیگنالهای عضوهای سیگنال دهنده توسط پیستون سیلندر به کار انداخته می‌شوند و بوسیله یک مسیر فرعی مجزا دریافت می‌شوند و به این منظور شیری در انتهای پیستون نصب می‌گردد که موجب می‌شود که این سیگنال از کنار بادامکهای کنار دسته پیستون عبور نکند بلکه از بالای آن جریان یابد و کمی بعد در این موضع به کار می‌افتد.

علیرغم این عضو سیگنال دهنده در هر حرکت پیستون دوباره به کار می‌افتد. یکبار هنگام خروج پیستون و یکبار هنگام ورود پیستون برای اجتناب از این عمل از شیری که توسط یک غلطک با برگشت آزاد حرکت می‌کند استفاده می‌شود. در

حرکت برگشتی پیستون غلطکی را که متصل به یک فنر است خم می‌کند بدون آن که موجب حرکت شیر شود.



شکل ۳۳ : غلطک با حرکت برگشتی آزاد نشان می‌دهد.

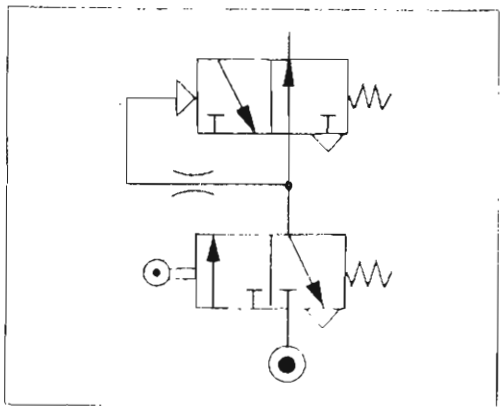
(حرکت سریع پیستون مجاز نیست).

این راه حل ساده دارای معایبی نیز هست، در صورتیکه در روند کنترل قبل از رسیدن پیستون به نقطه انتهایی طی کردن مرحله بعدی کنترل مجاز نباشد سرعت پیستون نیز نباید زیاد باشد و از آنجایی که زمان فعالیت بسیارکوتاه است. بطور مثال همیشه قابل نصب نمی‌باشد و می‌بایستی که شیر به اجزاء یدکی مکانیکی جهت حرکت برگشتی مجهز شود.

راه حل مطلوب دیگری را می‌توان با آن به نتیجه رسید این است که عضو کنترل میانی کمی بعد از دریافت سیگنال حرکت متوقف شود و هوای لوله‌ها تخلیه گردد، مدت زمان فعالیت آن به واسطه نصب یک خفه کننده در لوله‌های کنترل عضو کنترل پنوماتیکی معین گردد.

همانگونه که در مثال ساده قبلاً ترسیم شد، برای داشتن طرح صحیحی از عضوهای کنترل نیاز به بررسی دقیق سیستم کنترل ضروری است. قوانینی وجود دارد که اطلاعات مورد نظر راجع به شرایط و مکان نصب عضوهای کنترل رابه ما

می‌دهند و با توجه به این قوانین می‌توان اجزاء ساختاری فعال پنوماتیکی را که به راحتی قابل نصب هستند گسترش داد و بواسطه آن نموداری بی‌نقص از یک سیستم کنترل را طرح ریز کرد که به این مورد در مبحث بعدی خواهیم پرداخت.



شکل ۳۴ : ترتیب تأخیر زمانی به کار اندازی را نشان می‌دهد.

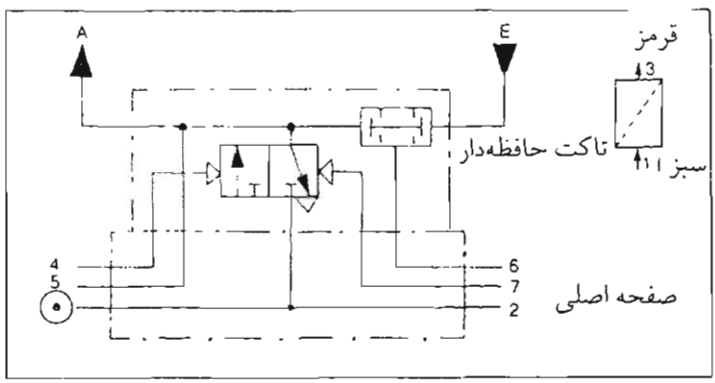
تاکت حافظه دار

" برای هر یک از مراحل عملی می‌توان از یک عضو کنترل استفاده کرد "

قوانینی موجود است که بر اساس آن در سیستم کنترل می‌توان مراحل سیگنال را بدون هیچگونه نقصی طی کرد.

برای هر کدام از مراحل عملیات در جریان کنترل یک عضو کنترل مجزا نصب می‌شود که لوله‌های کنترل مورد نیاز را هوادهی می‌کند. وقتی تمام مراحل به پایان می‌رسد. این عضو به کار می‌افتد و توسط سیگنال کنترل مراحل بعدی طی می‌گردد.

با کمک یک تاکت حافظه‌دار می‌توان جریان کنترل را طرح ریزی کرد، تاکت حافظه‌دار یک جزء اتصال دهنده ساده است که تقریباً ۲/۵ سانتیمتر عرض و ۲/۵ عمق و ۳ سانتیمتر طول دارد، یک تاکت حافظه‌دار در موقع یک شیر راه‌دهنده ۳۱۲ با کارانداز پنوماتیکی تشکیل شده است.



شکل شماره ۳۵ : نشانگر تاکت حافظه دار است.

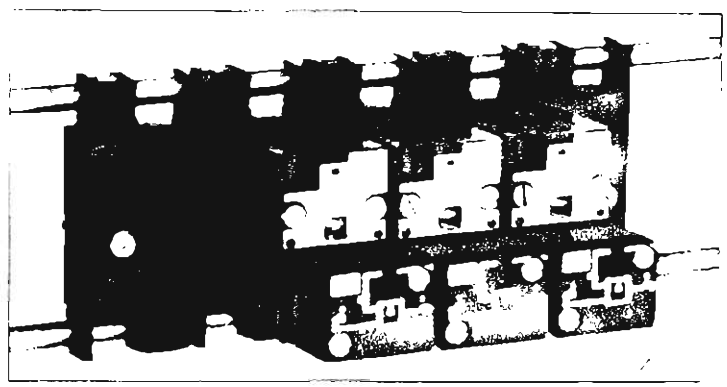
استفاده از دو سیگنال برای قرار دادن تاکت

برای قرار دادن تاکت جهت حفظ ایمنی از دو سیگنال استفاده می‌شود، که در یکی از سیگنال‌ها برای تاکت حافظه‌دار فعال و دیگری جهت عضو سیگنال بکار می‌رود و در بقیه تاکت‌ها پشت سر هم بعد از طی این مراحل و بکارگیری هر دو سیگنال موجب بکار اندازی شیر کشویی دوطرفه می‌شود. تاکت حافظه دار برای

هر کدام از مراحل به صفحه اصلی متصل می‌گردد و در یک ردیف پشت سر هم نصب می‌گردند که به آن " زنجیره تاکت " می‌گویند.

صفحه اصلی تمام انشعابهای لوله‌ای مورد نیاز را در برمی‌گیرد، لوله میانی برای تغذیه هوای تمام تاکت‌های حافظه دار و یکی برای خروج که به تاکت حافظه‌دار بعدی متصل است و در جهت مقابل یک لوله ورودی که سیگنال تاکت قبلی را دریافت می‌کند و یک خروجی جهت قطع تاکت قبلی و یک ورودی جهت دریافت سیگنال منقطع تاکت قبلی، صفحات اصلی محکم و نزدیک به هم نصب شده‌اند. در اینجا لوله میانی مورد نیاز نیست در انشعابات لوله‌ای مورد نظر در هر صفحه اصلی یک دهانه برای سیگنال خروجی عضوتنظیم کننده جهت جریان یافتن مراحل عملی و یک دهانه ورودی برای هر یک از ایمپولزهای عضو سیگنال دهنده که بعنوان آخرین مرحله عملی بکار می‌افتد. انتهای هر دو زنجیره تاکت بوسیله قطعه ورودی و خروجی به هم متصل شده است.

انشعابات ورودی و خروجی قطعات به سمت اجزاء داخلی یا خارجی زنجیره تاکت هدایت می‌شوند با توجه به این تاکت‌ها عضو سیگنال دهنده می‌تواند فعال شود.



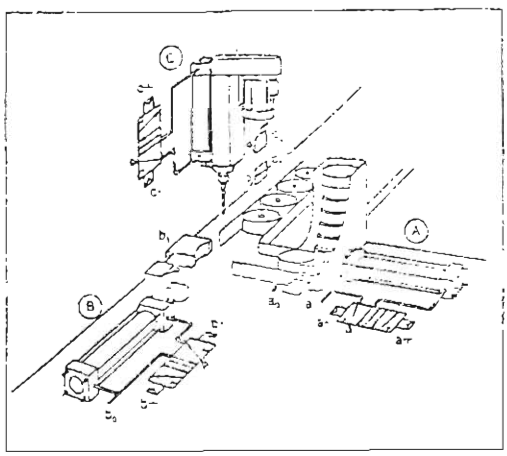
شکل ۳۶ : تاکت حافظه‌دار

اجزاء زنجیره تاکت

نمودار مدار با ترسیم عضوهای محرک و عضوهای تنظیم کننده‌شان می‌توان به سادگی طرح ریزی کرد.

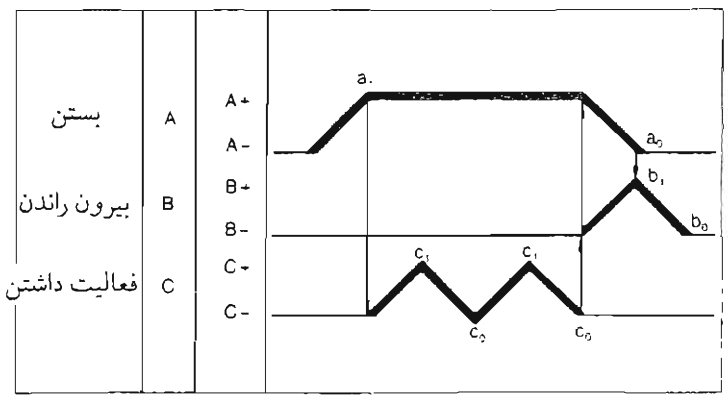
"طراحی نمودار به شکلی ساده"

با ملاک قرار دادن دیاگرام وضعیت می‌توان ارقام مورد نیاز هر مرحله را بدست آورد و نیز با قرار دادن تاکت‌های حافظه‌دار به تعداد عضوها و آغاز حرکت آنها توسط سیگنال استارت از خارج در اولین مرحله با اتصال خروجی اولین تاکت حافظه‌دار با عضو تنظیم کننده و نصب یک عضو سیگنال دهنده که در پایان اولین مرحله به‌کار می‌افتد و سیگنال آن به سمت اولین خروجی هدایت می‌شود و سپس تاکت حافظه دار نصب می‌شود که در مرحله دوم خروجی آن به عضو تنظیم کننده متصل می‌شود و به دنبال آن تا آخرین عضو سیگنال دهنده که جریان کنترل در آنجا به پایان می‌رسد که به این ترتیب یک نمودار بوجود می‌آید، مزایای این طرح مداری را می‌توان با مثالی تشریح کرد :



شکل ۳۷ : نمودار از یک فرآیند مته‌کاری

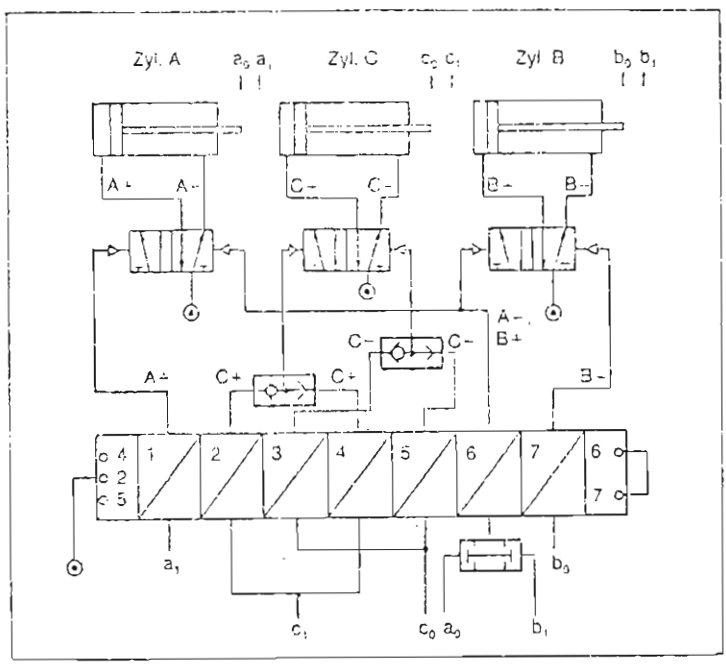
اگر بخواهیم فرآیند مته‌کاری را به شکل اتوماتیک انجام دهیم ابتدا می‌بایست پیستون A قطعه‌کار را به محل مته‌کاری سوق دهد و همزمان آن را نگه دارد و سپس پیستون سیلندر C دوک داد و بار جهت تمیزکردن برداه‌ها به حرکت در می‌آورد و نهایتاً پیستون B قطعه را به پیش می‌راند و ابتدا می‌بایست پیستون A قطعه را رها کرده و به عقب رانده شود و سپس پیستون B مجدداً به عقب رانده می‌شود. موضع عضوهای سیگنال دهنده در طرح مدار مربوط به فرآیند مته‌کاری در دیاگرام عملی با علائم B و C 1 نامیده می‌شوند.



شکل شماره ۳۸ دیاگرام فرآیند مته‌کاری

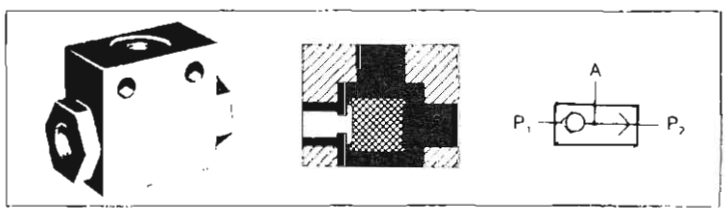
بدون تردید برای طی مراحل بعدی سیگنالها به سمت تاکت‌های حافظه‌دار بیشتری هدایت می‌شود و این حالت زمانی است که یکی از تاکتهای حافظه‌دار بعد از تاکت حافظه‌دار اصلی قرار می‌گیرد و تاکت‌های دیگر از خود واکنشی نشان ندهند. در این نمودار خروج سیگنال با حروف C_0 ، C_1 ، ترسیم شده است.

پیستون C دوبار حرکت رفت و برگشت را طی می‌کند و به همین جهت به هر طرف از عضو تنظیم کننده دو تاکت حافظه‌دار متصل می‌شود. و به این ترتیب سیگنال هوای فشرده یکی از تاکت‌ها توسط لوله هوادهی تاکت دومی خارج نمی‌شود. بلکه در آن ذخیره می‌گردد برای بکاراندازی سیستم نیاز به شیر تعویض کننده می‌باشد.



شکل شماره ۳۹ : نمونه مدار یک فرآیند مته‌کاری

یک شیر تعویض کننده دارای دو دهانه اتصال ورودی و یک دهانه اتصال خروجی است که هوای آزاد شده در قسمت ورودی آن ذخیره می‌گردد، طبق سیستم آحاد بین‌المللی ۱۲۱۹ علائم مداری برای شیر تعویض کننده معین گردیده است و به راحتی می‌توان لوله‌های لاستیکی را طبق این نمونه کارگذاری کرد و زنجیره تاکت را بدون لوله‌های لاستیکی بر اساس یک طرح جدید در موضع دیگری کارگذاشته شوند، برنامه کنترل به آسانی قابل تغییر است. زنجیره تاکت‌های بدون فاصله و با استفاده از سوبروتین‌ها به هم اتصال می‌یابند و اشکالات با روش‌های متفاوت حل می‌گردد.



شکل ۴۰ : نشانگر شیر تعویض کننده است.

خطرات ناچیز ناشی از کارکرد غلط

تاکت‌های حافظه‌دار علاوه بر اینکه سیستم کنترل را منظم می‌سازند دارای مزیت دیگری نیز هستند و آن اینکه نواقص بکاراندازی را در تجهیزات هوادهی کم می‌کند و ایمنی کار را افزایش می‌دهد. گرچه دستگاه‌های هوای فشرده به خوبی کار می‌کند، اما گه‌گاه اتفاق می‌افتد که عضو سیگنال دهنده در زمانی نامناسب به کار

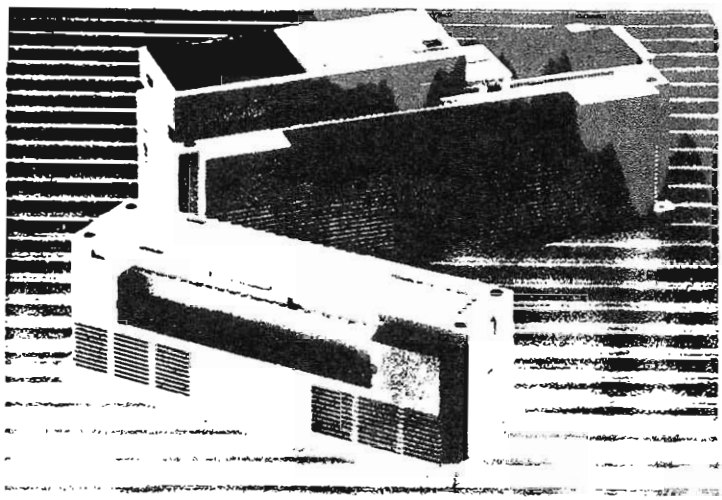
می‌افتد که چنین خطاهایی اغلب در اثر براده‌های ناشی از مته کاری و یا قرارگرفتن قطعه کار در موقع اشتباهی و یا عمل غلط ایجاد می‌گردد.

به طور مسلم تلاش بر این است که عضو سیگنال دهنده در موضعی ایمنی شده قرارگیرد تا ازکارکرد غلط آن جلوگیری بعمل آید. زمانی که عضو سیگنال دهنده هر زمانی نامناسب به کار می‌افتد موجب حرکت نادرست عضو محرک می‌شود که البته بکاراندازی اشتباهی عضو سیگنال دهنده در زمان تخلیه هوا اتفاق نمی‌افتد زیراکه در تخلیه هوا این امر که فضای کافی برای کنترل هوای آزاد وجود داشته باشد قابل اهمیت است.

سیستم‌های کنترل الکتریکی و مکانیکی

در کنار صنعت پنوماتیک سیستم کنترل الکتریکی با استفاده از رله و کنتاکتور وجود دارد و تجهیزات پنوماتیکی می‌توانند کنترل الکتریکی داشته باشند.

آخرین پیشرفت‌ها در زمینه سیستم کنترل مکانیکی، سیستم کنترل برنامه ریز حافظه‌دار است که به نام سیستم SPS نامیده می‌شود. برخلاف زنجیره تاکت در سیستم کنترل برنامه ریز حافظه‌دار تنظیم خاصی برای ورودی‌ها و خروجی‌ها در نظر گرفته نشده است، بلکه می‌توان آن را به دلخواه معین نمود و با دادن آن به کیبوردبه طریقی مجزا برنامه ریزی و بعنوان برنامه به حافظه سپرده می‌شود. سیستم دیگری که پیچیدگی‌های کنترل رله و زنجیره تاکت را نشان می‌دهد بعنوان سیستم کنترل برنامه ریز ارتباطی یا VPC نامیده می‌شود.



شکل شماره ۴۱ : سیستم کنترل برنامه‌ریز حافظه دار را نشان می‌دهد.

مقایسه سیستم‌های کنترل

مدرن‌ترین و بارزترین سیستم کنترل SPS است، با استفاده از این سیستم می‌توان تجهیزات کوبل شده وسیعی با اتصالات پیچیده و قابل انعطاف و اندکی متغیر را کنترل کرد، اما برنامه ریزی وسیع این تجهیزات با استفاده از سیستم SPS کار ساده‌ای نیست و فقط نیروهای متخصص آموزش دیده قادر به این نوع برنامه‌ریزی می‌باشند. به همین جهت از کنترل‌هایی که حوزه وسیعی را اشغال می‌کنند صرف نظر می‌شود و از واحدهای کوچکی که بتوان روی آنها وسایل مورد نیاز و مناسب را متصل کرد استفاده می‌شود.

سیستم SPS زیاد ارزان قیمت نیست گرچه قطعه اصلی کنترل که شیب نامیده می‌شود گران قیمت است ولی این امر منوط به اندازه اجزاء است. در آغاز برای

تهیه انرژی (برای سیستم SPSکه نیاز به انرژی یکسان و ولتاژکمی دارد) نیاز به یک کوپلر نوری (که ورودی‌ها را در مقابل ضربات اشتباهی محافظت می‌کند) و باطری‌های ضربه‌گیر (که برنامه را بعد از خاموش شدن دستگاه نگهداری می‌کند) و رله‌های خروجی جهت کاراندازی عملیات وسیع‌تر و رله قوی‌تر و تهیه انرژی لازم جهت تامین ظرفیت الکترو مغناطیسی تا بدینوسیله از عمومیت یافتن ضربه اشتباهی در شبکه لوله‌های کنترل جلوگیری شود در بعضی موارد سیستم پنوماتیکی ساده‌تر است. بطور مثال تهیه انرژی مورد نیاز به هنگام افت فشار هوای فشرده لازم که در منبعی ذخیره شده است جهت کنترل و فعالیت‌های نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در اینجا خصوصیت هوای فشرده که متراکم بودن است نتایج مثبتی را در بر دارد.

امتیازات سیستم SPS

در سیستم SPS تمام سنسورها که مطابق با عضوهای سیگنال دهنده هستند به طریقه الکتریکی کار می‌کند و در اینجا به عنوان سیگنال از جریان الکتریکی و ولتاژ الکتریکی استفاده می‌شود. کاربرد سیگنال الکتریکی جهت انتقال بسیار دقیق‌تر از طریقه پنوماتیکی آن صورت می‌گیرد در اینجا سیستم SPS در مقایسه با سیستم مکانیکی از امتیازات بیشتری برخوردار است.

در این سیستم تدابیر یکسانی نیز در مورد مسیرهای خروجی اتخاد گذشته است. بطور نمونه در الکترو موتورها و وسایل حرارتی که با عضور محرک الکتریکی کنترل می‌شود سیستم SPS پیشنهاد می‌شود.

کنترل پنوماتیکی

بالعکس مواردی نیز وجود دارد که برای بکار اندازی انواع شیرها هوای فشرده

مناسب است. شیرهای با کارانداز پنوماتیکی از شیرهای با کارانداز الکترو مغناطیسی ارزان‌تر و کوچکتر هستند و همچنین مناسب بودن آنها با مسیرهای ورودی کنترل است و سیگنال حرکت و ضربه‌های فشار هوا در سیستم پنوماتیکی مستقیماً جریان می‌یابند.

راهنمایی جهت انتخاب صحیح

از طریق این اطلاعات می‌توان نقطه نظرهایی را جهت انتخاب صحیح سیستم کنترل جایگزین بدست آورد. جریان کنترل در سیستم پنوماتیکی مرحله به مرحله تحت شرایطی خاص توسط زنجیزه تاکت‌ها که تعداد آنها حداکثر ده یا پانزده عدد می‌شود کنترل می‌گردد و با توجه به استفاده از این تاکت‌ها و نیز همانگونه که قبلاً ذکر شده مسیرهای واحد کنترل کوچکتر سیستم پنوماتیکی ارزان‌تر و ممتازتر است.

کنترل پنوماتیکی به علت استفاده از هوای فشرده بعنوان سیگنال از مزیتی برخوردار است که دیگر نیازی به تغییر سیگنال‌ها هم وجود نخواهد داشت.

در هنگام وقوع خطرات غیر مترقبه کنترل پنوماتیکی در مقابل کنترل الکتریکی و کنترل مکانیکی از مزیت بیشتری برخوردار است.

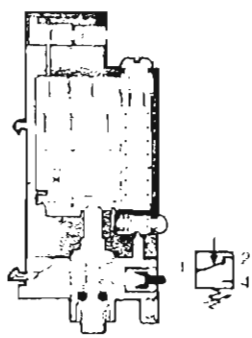
دستگاه‌های الکتریکی در مکان‌هایی که امکان وقوع خطر انفجار وجود دارد قابل نصب است و به همین دلیل گران و جاگیر هستند و وقوع خطرات انفجار نیز کم نیست. این خطرات ممکن است در معادن، در صنعت پتروشیمی در صنعت عایق بندی و کمپرس کردن و بسیاری از شاخ‌های صنایع رخ می‌دهند. همچنین دانه‌های پنبه و غلات نیز می‌توانند ذرات انفجار آمیزی را ایجاد می‌کنند.

سیگنال متغیر

گهگاه پیش می‌آید ه باید سیگنال غیر الکتریکی تبدیل شود، و به همین جهت از

سیگنال متغیر استفاده می‌شود. سوییچ فشاری برای انتقال فشار در سیگنال الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد که بعنوان متغیر PE مشخص می‌گردد. سیگنال متغیر مشابه‌ای نیز وجود دارد که سیگنال الکتریکی را به پنوماتیکی انتقال می‌دهد که بعنوان متغیر EP نامیده می‌شود که این امر در مورد شیرهای الکترو مغناطیسی صادق است.

سیستم کنترل مکانیکی هزاران بار سریعتر از سیستم پنوماتیکی کار می‌کند. اما از آنجایی که برای تولید نیروی حرکت، سیستم پنوماتیکی کاملاً مناسب است (صرفنظر از قواعدی که در آخر کتاب به آن اشاره شده). سرعت زیاد چندان مؤثر نخواهد بود.



شکل ۴۲ : سوییچ فشاری.

نگهداری هوای فشرده:

حوزه کاربرد فشار

برای هوای فشرده عمدتاً دو حوزه استعمال وجود دارد :

۱- حرکات خطی می‌بایست سریع و شدید صورت گیرند.

۲- فرآیندهای کنترل و سیستم جریان اتوماتیک (اکثراً در ارتباط با حرکات خطی) می‌بایست برنامه ریزی شوند.

هوای فشرده انرژی گرانی است

در ارتباط با قوانین مورد نظر دو حوزه به وضوح متمایز هستند. در تکنیک کنترل، حوزه استعمال به انتقال و اتصال سیگنال دور از هرگونه اشتباه بستگی دارد. بدین جهت مشکل تبدیل انرژی در این حوزه بی‌معناست، زیرا سطح انرژی پایین می‌باشد. اما در حوزه حرکات خطی شدید موضوع فرق داشته و مشکل تهیه و تدارک انرژی موازنه بازدهی، حرارت، جریان یا فشار محدود و شتاب جرم را به ویژه می‌بایست مدنظر قرار داد زیرا هوای فشرده انرژی گرانی است. از این رو به خصوص در جهت تبدیل انرژی در عملیات گسترده‌تر بهتر خواهد بود که هر چه بیشتر در راستای صرفه‌جویی گام برداشته شود.

هنگام ایجاد هوای فشرده، حرارت پدید می‌آید. در بعضی مواقع حرارت هوای فشرده تا ۱۸۰ سانتیمتر می‌رسد این حرارت بیانگر یک اتلاف انرژی اولیه غیر قابل اجتناب است، که اغلب به بیشتر از نیمی انرژی به کار برده شده بالغ می‌شود.

این اتلاف انرژی را می‌توان تا چند درصد کاهش داد، بدین صورت که هوا به هنگام فرآیند تراکم، به خوبی خنک گردد. بعلاوه این گرمای ایجاد شده را می‌توان

مورد استفاده قرار داد. (بعنوان مثال برای گرم کردن) البته مصرف این اتلاف انرژی تنها در مورد تجهیزات بزرگ امکان پذیر است.

حلقه آب‌بندی مناسب (واشر) جهت جلوگیری از اتلاف فشار

مسلماً این امر بدیهی است، که تا حد امکان می‌بایست از اتلاف هوای فشرده جلوگیری نمود. با وجود این تجربه نشان می‌دهد که توجه دقیق به واشرهای مناسب (به ویژه در مورد اتصالات پیچی لوله، کوپلینگ‌های پلاستیکی و اتصالات سیلندر و شیر) امری لازم و ضروری است به همین خاطر سازندگان این گونه وسایل، انواع طرح‌ها و اندازه‌های گوناگون از شلنگ‌ها، لوله‌ها، اتصالات پیچی و کوپلینگ‌ها را که جهت نصب تجهیزات پنوماتیکی بکار می‌روند رائه داده‌اند.

کاهش اصطکاک جزئی

اتلاف انرژی از طریق اصطکاک لوله در خطوط جریان در مورد هوای فشرده (درست برعکس فشار هیدرولیکی) کاملاً جزئی است. با این همه هنگام عبور جریان در لوله‌ها و شیرها، کاهش فشار به حدی می‌بایست کم باشد که فشار تولید شده درکمپرسور به میزان کافی برای پیستون سیلندر یا موتور بادی موجود باشد. لذا، توصیه می‌شود، شیرها و لوله‌ها بیش از اندازه معمول با توجه به اطراف و جوانب کار تعیین و انتخاب گردند. زمانی که فشار بالاتری در پیستون سیلندر لازم باشد در آن صورت ابعاد ساختمانی سیلندر (شیرها و لوله‌ها) کوچک هستند.

بعلاوه اتلاف فشار بندرت باعث اتلاف انرژی می‌گردد، زیرا هر اندازه که فشار کمتر باشد، حجم هوا بزرگتر خواهد بود و جریان انتقالی (دبی) Q : ثابت = Pa.Q

انتخاب دستگاه‌ها:

انتخاب سیلندر بر اساس محاسبه سطوح پیستون

جداولی موجود است، که اطلاعات راجع به اتلاف فشار در لوله‌ها، قطعات نبشی (زاویه‌دار) و همانند آن‌ها را بردارد. همچنین جریان اسمی که در اطلاعات مشخصه هر شیر هست، شامل یک چنین اطلاعاتی است با وجود این، تعیین ابعاد مناسب برای تک تک اجزای ساختمانی با کمک این ارقام و اطلاعات مشکل است. اما برای رفع این مشکل، راه‌حل ساده‌ای وجود دارد. برای این منظور سیلندری را در نظر می‌گیریم. ارتباط بین نیروی پیستون FK و سطح پیستون A و فشار Pe از طریق معادله زیر مشخص می‌گردد.

$$FK = A.Pe$$

نیرویی که در جهت غلبه بکار می‌رود از طریق وضعیت ظاهری مشخص می‌شود، که در ابتدا می‌بایستی این نیرو تعیین گردد. در این رابطه نمی‌بایست فراموش کرد که مقدار سنجیده شده برای شتاب یک جسم جهت حرکت بیش از اندازه معمول محاسبه گردد. تعیین دقیق میزان نیروهای ظاهری بعضی اجسام، در بعضی موارد استثنایی امکان پذیر می‌باشد و اکثراً بر اساس حدس مشخص می‌گردد. علاوه بر این می‌بایست چند درصدی نیز برای غلبه بر اصطکاک پیستون و میل بادامک در سیلندر، اضافه بر مقادیر فوق محاسبه نمود. روی هم رفته این مقادیر نشان دهنده نیروی لازم پیستون می‌باشد. (FK) سپس بعد از تعیین فشار هوا (Pe) در سیستم، می‌بایست ابعاد مورد نیاز سطوح پیستون محاسبه شود و بعد از آن سیلندر مناسبی انتخاب گردد.

ذخیره نیروی پیستون

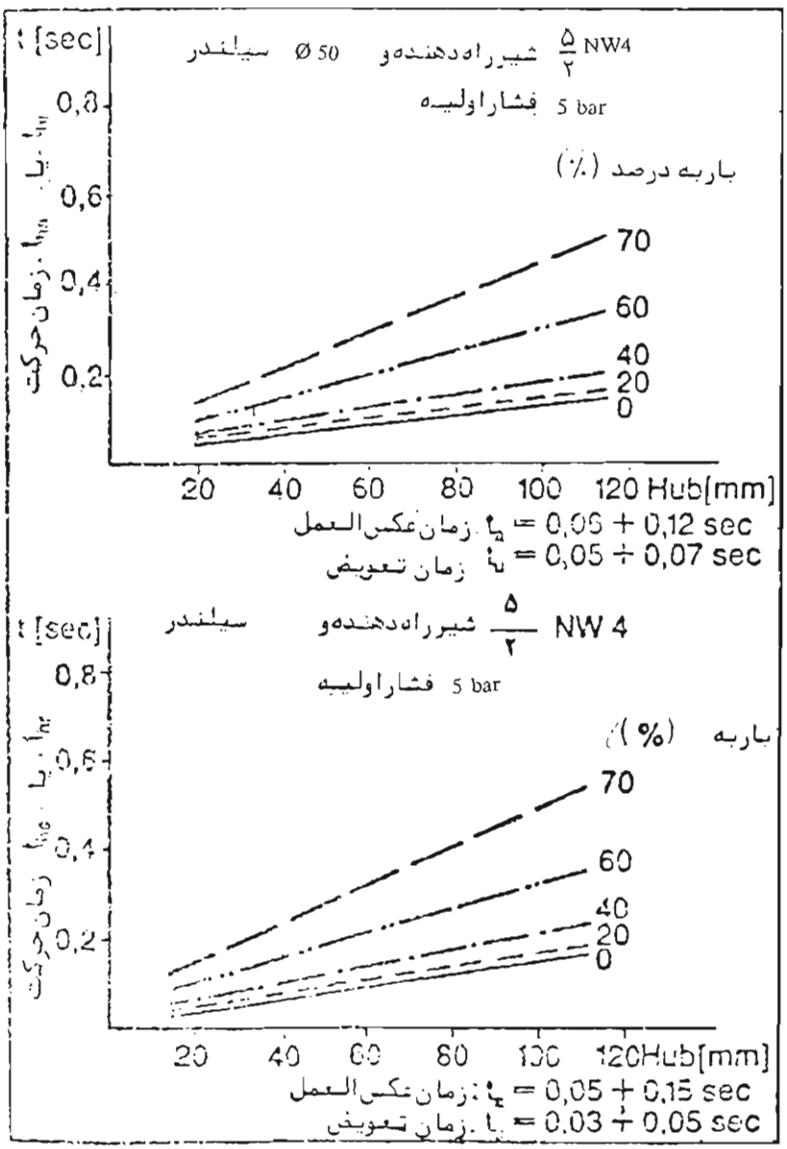
از دیگر مواردی که اکثراً قواعد عملی آن از پیش گفته شده است که، بار ظاهری جهت غلبه نمی‌بایست بیشتر از ۷۰٪ حداکثر نیروی پیستون باشد. در این صورت ذخیره نیروی کافی برای فائق شدن بر مقاومت‌های اصطکاک و شتاب باقی می‌ماند.

سیلندرها مطابق با سایزشان دارای سوراخ‌های اتصال متناسبی با پیچ‌های لوله هستند. برای این منظور اتصالات پیچی مناسب با لوله‌ها و شیرها در نظرگرفته شده است. هر چند که این اتصالات گاهی خارج از حد نیاز می‌باشند. اما در عوض کاهش فشار جزئی خواهد بود. تنها هنگام استفاده از شیرهای گرانبهاء (بعنوان مثال شیرهای الکترو مغناطیسی) بهتر است، که این گونه شیرها یک شماره کوچکتر انتخاب شوند و همراه با یک قطعه احیاء کننده فشار نصب گردند.

شیرهای راه‌دهنده با ابعاد اسمی کوچکتر، دارای یک تاثیر خفه کنندگی (سلفی) قابل توجهی می‌باشند که منجر به کاهش بیشتر سرعت پیستون می‌شوند. از طرفی بار بر روی سرعت پیستون تاثیر می‌گذارد.

دیاگرام زیر راجع به این ارتباط‌ها اطلاعاتی را در اختیار ما می‌گذارند. در این دیاگرام‌ها خطوط رفت بنا به شرایط حتی‌المقدور کوتاه‌تر ترسیم شده‌اند. که در نتیجه این کار بعنوان مثال، یک پیستون با قطر ۵۰ میلیمتر در مورد یک بار ۷۰٪ برای یک کورس ۱۰۰ میلیمتری به ۰/۵ ثانیه زمان نیازمند است. در صورتی که شیری با ابعاد اسمی NW4 نصب شده باشد.

اگر بار ۴۰٪ برآورد شود، در آن صورت پیستون فقط به ۰/۲۲ ثانیه زمان نیازمند است. اگر در وضعیت مشابه شیر بزرگتری با ابعاد اسمی NW7 نصب شده باشد، پیستون به ۰/۴۵ یا ۰/۱۹ ثانیه زمان نیازمند است.



شکل (۴۳) وابستگی سرعت پیستون به ابعاد و بار

شیرهای کوچک برای خطوط کنترل

همانطور که قبلاً نیز ذکر شده است، یکی از دلایلی که برای خطوط کنترل، کوچکترین شیرها بکار می‌روند به این علت است که خطوط کنترل و فرمان باستثناء کنترل‌های بسیار ساده می‌بایست مجزا نگهداشته شوند. تاکت‌های حافظه‌دار دارای قطر لوله‌ای ۲/۵ میلی‌متر می‌باشند قطر بعضی از شیرها حتی کوچکتر نیز هست و به ۱ میلی‌متر و در بعضی از محصولات جدید به ۰/۵ میلی‌متر نیز رسیده است.

سرعت پیستون

هوای فشرده سرعت‌های حرکتی بالای پیستون را موجب می‌شود که این مسئله خود یکی دیگر از مزایای پنوماتیک بشمار می‌آید. مقدار سرعت بستگی به این موضوع دارد که چه میزان از فشار موجود در سیلندر را برای شتاب جسم در اختیار داریم. زمانی که فشار سیستم پنوماتیکی شکل مجاز به نظر نرسد، سرعت‌های بالا و پایین پیستون دال بر این موضوع است، که سیلندر و بدنبال آن شیر، بطرز صحیحی انتخاب نشده‌اند.

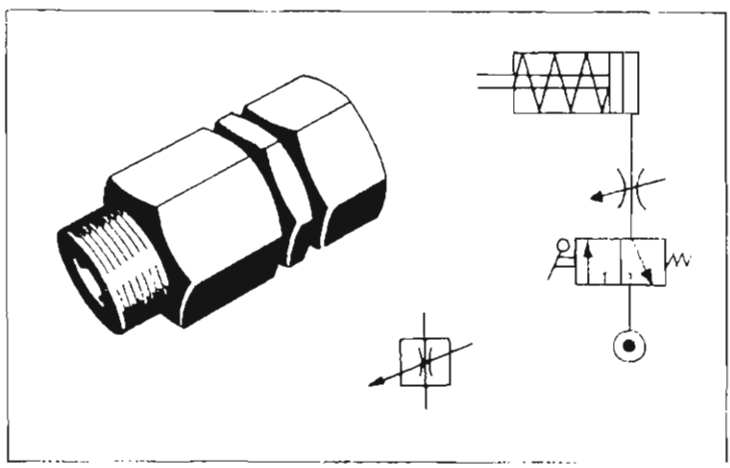
توسط شیر خفه‌کننده، چنانچه سرعت بطور نامطلوبی بالا یا متغیر باشد می‌توان سرعت را تنظیم نمود یک شیر خفه‌کننده از برش‌های عرضی تنگاتنگی تشکیل یافته است و اندازه مقطع عبور جریان با یک پیچ (پیچ خفه‌کننده) تنظیم می‌گردد. (شکل ۴۴)

سرعت قابل تنظیم

در ابتدا شیر خفه‌کننده به خط فشار در جهت سیلندر نصب می‌شود. آن گاه هنگام حرکت پیستون در جلوی شیر خفه‌کننده فشار سیستم و در عقب آن فشار

لازم جهت غلبه بر نیروی پیستون ایجاد می‌گردد.

این اختلاف فشار متناسب با کاهش فشار در شیر خفه‌کننده می‌باشد. برش عرضی شیر خفه‌کننده می‌بایست به قدری کوچک تنظیم شود که در مورد اختلاف فشار موجود و با وجود اگراندیسمان (بزرگ نمایی) جریان دبی به هنگام فشار جزیی‌تر در پشت شیر خفه‌کننده، تنها یک جریان هوای مناسب جهت سرعت پیستون مورد نظر وارد شود. اگر بار پیستون تغییر یابد و به موجب آن کاهش فشار نیز تغییر کند در آن صورت جریان هوای تغییر یافته توسط شیر خفه‌کننده فشرده می‌شود و در نتیجه سرعت پیستون تغییر می‌کند. اگر جریان انتقالی (دبی) با وجود بار تغییر یافته پیستون ثابت بماند، تنظیم آن مستلزم هزینه بالایی است که اکثراً همانند مدار کنترل الکترونیکی بازسازی می‌شود.

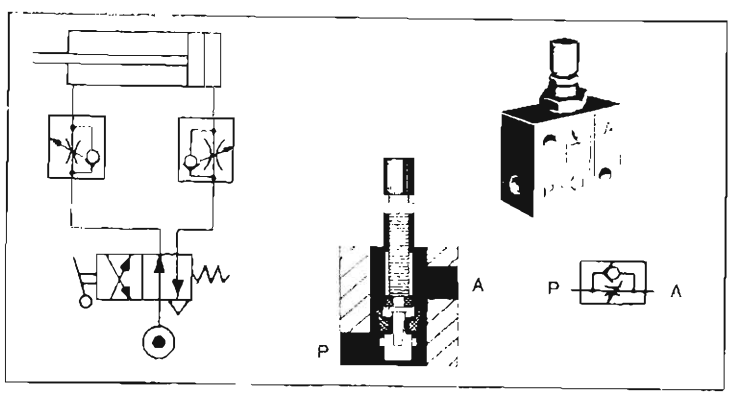


شکل ۴۴ : تنظیم سرعت پیستون با کمک یک شیر گلویی

هنگامی که پیستون در مقابل سرپوش سیلندر و یا دسته پیستون در مقابل نگهدارنده هدایت شده و بایستد، کماکان هوای فشرده در فضای سیلندر جریان می‌یابد تا محفظه سیلندر به فشار سیستم برسد. فرآیندهایی که در آنها هوای فشرده زودتر از موعد تنظیم شده باشد نمی‌توانند به مرحله اجراء در آیند. شیر خفه‌کننده را همچنین می‌توان به لوله پشت سیلندر به سمت خارج نصب نمود.

فشار اتمسفر در پشت شیر خفه‌کننده صفر می‌باشد $Pe = 0$ در جلوی پیستون فشار کامل سیستم برقرار است که باعث حرکت پیستون گشته و هم زمان بین پیستون و شیر خفه‌کننده یک فشار برگشتی را موجب می‌گردد.این فشار برگشتی موجب رانده شدن جریان هوای تنظیم شده می‌شود.

هنگام محدودکردن مقدار جریان هوا در هر جهت، ۲ شیر خفه‌کننده تنظیم شده متفاوت می‌بایست موجود باشد. برای اینکه هر بار تنها شیر خفه کننده مورد نظر عمل کند، باید شیر یک طرفه به طور موازی طوری به شیرهای خفه‌کننده نصب گردد، که هوا از شیر خفه‌کننده مورد نظر بتواند عبورکند (شکل ۴۵)



شکل ۴۵ : تنظیم سرعت هوای ورودی و خروجی با کمک ۲ شیر خفه‌کننده

شیر خفه‌کننده و شیر یک طرفه اکثراً بر روی یک بدنه مشترک قرار می‌گیرند، با وجودیکه کاهش فشار در شیرهای خفه کننده اغلب به میزان بالائی است، اما اتلاف انرژی در آنها جزئی می‌باشد. با وجود این می‌بایست سعی شود که از این کار ممانعت شود.

در بعضی موارد این عمل از طریق انتخاب یک سیلندر کوچکتر، که پیستون آن بیشتر بارگیری شده باشد میسر می‌گردد.

سیلندر موضعی برای توقف قطعه کار در محل مناسب

به دفعات به این موضوع اشاره شده است که هوای فشرده واسطه‌ای تراکم پذیر می‌باشد. از این رو نمی‌توان پیستون را بر روی موضع مورد نظری ثابت نگهداشت تا هوای فشرده تنظیم شود. هوای در حال انبساط پیستون به حول قطعه کار می‌راند که تعیین مدت این عمل به سختی تخمین زده می‌شود.

برای اینکه قطعه کار در محل مناسب و دلخواه قرارگیرد و همچنین تغییرات بار بطور دقیقی صورت گیرند سیلندرهای موضعی با یک مدارکنترل هم آهنگ ساخته شده‌اند. یک سیستم اندازه‌گیری میسر، وضعیت مناسب پیستون را بررسی می‌نماید. هنگام انحراف، یک شیر راه‌دهنده کنترل سریع ۵/۳، مناسب بودن وضعیت پیستون را کنترل می‌کند و سومین موضع سوییچی، انسداد تمامی اتصالات را موجب می‌شود.

صدای ضربه‌های سخت توسط خفه‌کننده‌ها گرفته می‌شود :

اگر خواسته باشیم با وسایل ساده‌تری به مکان مناسبی برای توقف نایل شویم، می‌بایست نگهدارنده‌ای قرار داده که در مقابل آن دسته پیستون برخورد کند. از آنجایی که این عمل هزینه کمی در بردارد، از روش‌های متداول امروزی به شمار

می‌آید. البته هنگام حرکت به ویژه زمانی که پیستون با سرعت بالاتری حرکت می‌کند ضربه‌های سختی ایجاد می‌گردد. برای کاهش ضربه‌ها، ضربه‌گیرها نصب می‌شوند.

خفه‌کننده‌های انتهای پیستون باعث می‌شوند که پیستون سیلندر جلوی نگهدارند روی سرپوش سیلندر توقف کند. این مطلب در مبحث "سیلندر" شرح داده شده است.

تهیه هوا

هوا، وسیله‌ای است که در محیط طبیعی اطراف ما موجود می‌باشد. بنابراین برای تهیه آن مشکلی وجود ندارد. معذالک هزینه تهیه هوای فشرده بالاست.

تنها مصرف انرژی بالا و اتلاف زیاد این امر را ممکن می‌سازد که هوای متراکم شده بعنوان فشار محسوب شود. بعلاوه برای تهیه هوای فشرده می‌بایست به چند مورد دقیقاً توجه شود :

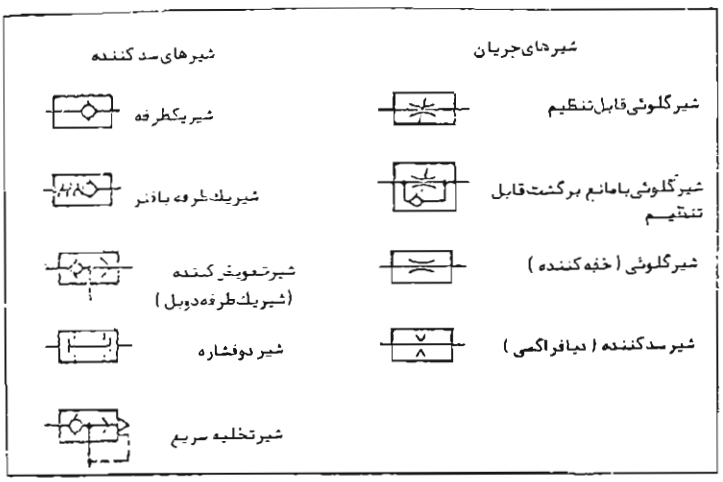
۱- جدا نمودن آب از هوا

۲- تصفیه گرد و غبار توسط فیلتر

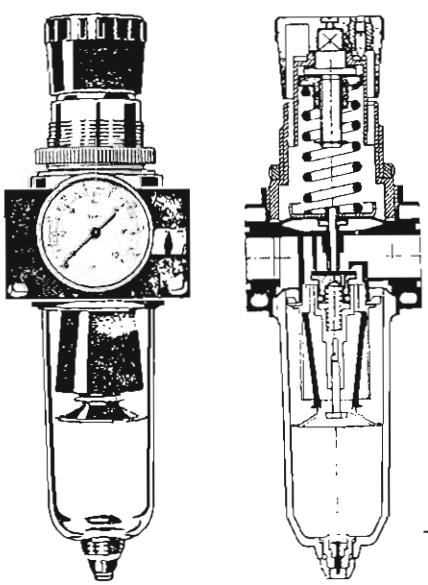
۳- تنظیم فشار بر اساس یک مقدار ثابت

در بعضی مواقع ضروری است همراه با هوای فشرده روغن اتمیز شده (پودر شده) نیز باشد تا بدین طریق روغن کاری محرک‌های پنوماتیک انجام می‌پذیرد.

هوا توسط واحد مراقبت که تشکیل یافته از فیلتر یا آب‌گیر، شیر تنظیم کننده فشار و (گاهی) یک روغن پاش، هدایت و آماده می‌گردد.



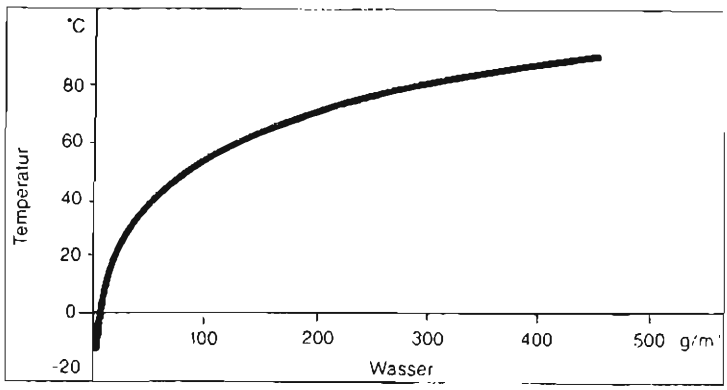
شکل ۴۶ : علائم مداری شیرهای سد کننده (شیرهای یک طرفه) و شیرهای جریان (شیرهای گلوئی) بر اساس سیستم آحاد بین‌المللی



شکل ۴۷ : واحد مراقبت تشکیل شده از یک آب‌گیر با فیلتر و یک شیر تنظیم کننده فشار

آب گیر

هوا حاوی بخار آب می‌باشد، میزان بخارآب موجود در هوا بستگی به فشار ندارد بلکه وابسته به درجه حرارت است. هر اندازه درجه حرارت بالاتر باشد میزان بخار آب موجود در هوا نیز بیشتر خواهد بود. (شکل ۴۸)



شکل ۴۸ : ماکزیمم بخارآب موجود در هوا بستگی به درجه حرارت دارد.

هوای گرم، حاوی بخار بیشتری است

با بالا رفتن رطوبت نسبی (بعنوان مثال) هنگامی که درجه حرارت پایین می‌آید، قسمت عمده‌ای از رطوبت هوا، بصورت آب خارج می‌گردد و در شبکه هوای فشرده بر روی دیوارهای داخلی محفظه و لوله‌ها برخورد می‌کند. با مثالی ساده در این رابطه می‌توان مسئله را روشن نمود.

هوای $20^{\circ}C$ می‌بایست $17g / m^3$ آب در خود داشته باشد. در صورتیکه رطوبت نسبی هوا ۶۵٪ باشد هوا در این درجه حرارت حاوی $/ mz11 / 9g / m^3$ /

آب می‌باشد.

به محض آنکه هوا بر اساس Paz9 bar,Pezb ^{bar} متراکم گردد، برای حجم هوای $1m^3$ در وضعیت استاندارد ۱ معادله زیر صدق خواهد کرد.

$$Pa_1 , V_1 = Pa_2 . V_2$$

$$1\ bar.1m^3 = 9\ bar . V_2$$

که از این فرمول V_2 محاسبه می‌شود :

$$V = 1/9m^3 = 0/11m^3$$

بنابراین میزان بخارآب موجود در هوا :

$$11/0\ g/0,11m^3 = 107\ g/m^3$$

از آنجایی که هوا پس از متراکم شدن داغ می‌باشد، بنابراین حاوی مقدار بخار هست. اما بمحض اینکه درجه حرارت به $20^{\circ}C$ کاهش یابد، $17g/m^3$ آن بصورت بخارآب اشباع شده و $90\ g/m^3$ آن بصورت آب در لوله‌ها پایین می‌آید.

برای جدا نمودن آب، می‌بایستی آب گیرها، با شیرهای تخلیه در مواضع پایینی لوله‌ها نصب گردند آب‌گیرها، در انتهای لوله جایی که هوا عمدتاً در آنجا خنک می‌شود و در انتهای هر انشعاب لوله، در صورتیکه هوا بطور مصنوعی خشک نشود نصب می‌گ دند.

خشک کردن هوا:

خشک کردن به طریقه سرد کردن

در بعضی مواقع هوای پس از آب‌گیری را نمی‌توان مورد استفاده قرار داد،

بنابراین همانطور که هوا به هنگام انقباض گرم می‌گردد، هنگام انبساط گاهی تا رسیدن به ناحیه انجماد خنک می‌گردد.

بنابراین، این مسئله آب به طریق دیگری نیز می‌تواند تراوش گردد را نمی‌بایست مدنظر قرار داد برای اجتناب از این کار هوا خشک می‌گردد. برای این منظور هوا بطریقه مصنوعی نزدیک به درجه انجماد خشک می‌شود تا از این طریق آب بیشتری در خنک کننده پایین آمده و مشتق گردد. به این طریقه خشک کردن : " روش خشک کردن به طریقه سرد کردن" گویند.

خشک کردن به طریقه آذر و رپسیون

یکی دیگر از روشهای متداول، خشک کردن به طریقه آذر و رپسیون می‌باشد. هوا از طریق یک ماده خشک کن (برای مثال سیلیکاگل) که در درجه حرارت معمولی رطوبت بخار مانند را گرفته و جذب می‌کند، هدایت می‌شود از این طریق رطوبت به قدری کم می‌شود که نقطه شبنم به پایین‌تر از $0^{\circ}c$ می‌رسد.

نقطه شبنم

نقطه شبنم درجه حرارتی است که تحت آن درجه آب تقطیر می‌گردد. میزان درجه نقطه شبنم بستگی به مقدار بخار آب دارد.

صاف کردن

پس از گرفته شده رطوبت هوا، ذرات گرد و غبار از طریق فیلتر، از هوا جدا می‌گردند. قطر سوراخ‌های فیلتر می‌بایستی حدوداً از ۵ الی ۵۰ میکرومتر باشد.

تنظیم فشار

رگلاتور فشار، که از طریق هوا هدایت می‌شود، فشار را در شبکه ثابت نگه می‌دارد، بطوریکه تغییرات یا نوساناتی که توسط کمپرسورها یا عوامل خارجی ایجاد می‌گردند متعادل می‌شوند. رگلاتور فشار شامل یک شیر خفه‌کننده قابل تنظیم است که برش عرضی ورودی آن بطور خودکار تنظیم می‌شود. ضمناً نیروی قابل تنظیم یک فنر کشیده شده بر اساس مقدار نامی از قبل داده شده می‌باشد.

یک شیر خفه‌کننده از فشار ثابت مراقبت می‌کند

اگر فشار موجود در لوله‌ها از طریق نیروی اعمال شده فنر (پتانسیل بایاس فنر) به مقدار تنظیم شده رسیده باشد، مجرای ورودی هوا بسته می‌شود تا فشار مجدداً کاهش یابد.

معذالک اگر فشار در مدار ثانویه که در جهت جریان در عقب رگلاتور می‌باشد باز هم افزایش یابد (مثلاً از طریق حرارت لوله‌ها) یا بنا به تمایل می‌بایست کاهش فشار ثانویه‌ای ایجاد گردد، در آن صورت فشار مازاد با کمی باز شدن مجرای خروجی خارج می‌گردد.

فشار تنظیم شده در مدار ثانویه همواره کمتر از مدار اولیه در پشت کمپرسور می‌باشد، که این حالت خود نوعی اتلاف فشار محسوب می‌شود.

لذا، برای کاهش هرچه بیشتر از این اتلاف، توصیه می‌شود که رگلاتور بصورتی تنظیم گردد که کاهش فشار در آن ناچیز باشد.

روغن کاری

در بعضی مواقع هوای فشرده می‌بایست بلافاصله با روغن مه ترکیب گردد. روغن موجود در روغن زن از طریق تاثیر فشار منفی (فشاری که کمتر از حد متعارفی

است) از نازل خارج گشته، اتمیزه می‌شود و توسط جریان هوا به جلو رانده می‌شود.

تا حد امکان می‌بایست از اختلاط هوا با روغن اجتناب شود

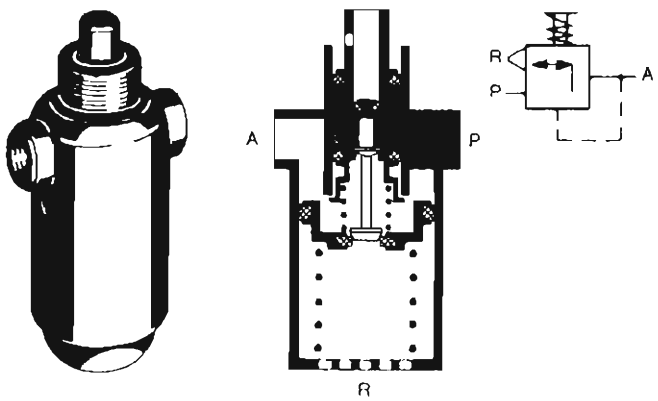
زیرا هوای خروجی حاوی روغن، بر محیط زیست تاثیر سوء داشته و برای سلامتی افراد مضر و خطرناک است. در مواردی که متریالهای مزدوج مناسب (بیش از اندازه برای مواضع لغزنده) انتخاب شده باشند و فشار غیر معمول نباشد از اضافه شدن روغن به هوا اجتناب می‌شود. با وجود این روغن مه در موارد زیر توصیه می‌گردد.

۱- بیشتر از ۱۰۰ دور در هر دقیقه در هر شیر
۲- سرعت پیستون بیش از 1m/s باشد.

شیر تنظیم فشار

برای اینکه فشار در بخشی از لوله برای تنظیم کاهش یابد از یک شیر تنظیم فشار استفاده می‌شود. کارکرد این شیر همانند رگلاتور فشار، در واحد مراقبت می‌باشد. البته دقیق‌تر، با تبعیت جزیی‌تر از حالت‌های قبلی و مزایای متغیری که در زیر به آن اشاره شده است. تقریباً رگلاتورهای فشار با یک پیچ بر اساس ماکزیمم فشار مورد نظر قابل تنظیم است.

اما شیرهای تنظیم فشار علاوه بر این موارد دارای امکانات تنظیمی دیگری نیز می‌باشد. بعنوان مثال در مورد کاراندازهای شاخک دار، اهرم دستی، پدال پایی، کاراندازهای از راه دور پنوماتیکی و الکترو مغناطیسی این گونه شیرها کاربرد دارند.



شکل ۴۹ : خط تخلیه = اتصال R خط کار = اتصال A خط فشار = اتصال P و شیر تنظیم فشار

مقایسه الکترونیکی مقدار سنجیده شده و مقدار نامی

در مورد کاراندازهای الکترو مغناطیسی از راه دور، یک آنالوگ سیگنال فرمان غیر مستقیم توسط شیر فشار (با مبدل E/P) به یک فشار نسبی تبدیل می‌گردد. برای این منظور میزان فشار در خروجی شیر اندازه‌گیری می‌شود به یک ولتاژ الکتریکی مبدل می‌گردد و بطور الکترونیکی با سیگنال غیرمستقیم بصورت مقدار نامی مقایسه می‌شود. الکترونیک، سیگنال‌های فرمانی را ایجاد می‌نماید که توسط ۲ شیر مغناطیسی و یک شیر رله کاملاً کنترل شده، به یک میزان فشار دقیق تبدیل می‌گردد.

در مورد انحراف‌های تنظیم اتاق فرمان شیر تهویه یا تخلیه می‌گردد تا به فشار

مقرر برسد. بنابراین با کمک دست فشار در مدار ثانویه می‌تواند شرایط را با برنامه‌های کنترل شده یا تنظیم شده تطبیق دهد.

با وجود این همیشه فشار در مدار اولیه کمتر می‌باشد. موارد استعمال زیادی برای فشارهای دقیق مراعات شده و متغیر وجود دارد. بعنوان مثال می‌توان برای فرآیندهای برنامه ریزی شده پرس یا ولتاژهای کنترل شده نوار مغناطیسی این موارد را در نظر گرفت.

ذخیره انرژی هوای فشرده

اتلاف بیش از حد هوای فشرده به هنگام درست کار نکردن سیلندر رخ می‌دهد. ماکزیمم فشار هوای متناسب با فشار در شبکه خطوط برای شروع حرکت پیستون مؤثر است بخشی از نیروی فشار برای شتاب جرم بکار برده می‌شود. اگر سرعت پیستون به حدی نرسد که توسط جریان هوای در حال نفوذ تعیین گردد مقدار فشار که برای حفظ حرکت مورد نیاز است افت خواهد کرد.

قطع به موقع هوای ورودی

ماکزیمم این فشار اغلب تنها ۵۰٪ مقدار ماکزیمم واقعی برآورد می‌شود. هنگامیکه شیرهای نصب شده بکار افتاده باشند، اگر تغذیه هوا قبل از ایجاد ضربه قطع گردد، فشار ذخیره شده در ارتباط با گشتاور جرم کافی خواهد بود، تا پیستون را به وضعیت فینال سوق دهد. از این رو در سیلندر تنها مقدار کمی هوای فشرده موجود است. معذالک ذخیره انرژی هوای فشرده همیشه لازم نیست. اکثراً معمول است هنگامی که پیستون بر اثر ضربه از جای خود حرکت می‌کند، شیر تنظیم باز گذاشته شود.

بنابراین سیلندر از هوای فشرده انباشته می‌گردد تا زمانی که به فشار سیستم نائل

شود. سپس اگر شیر تعویض گردد، بطوریکه پیستون مجدداً به جای اولیه خود برگردد، نخست می‌بایست هوای فشرده پر شده در سیلندر راکه بی فایده می‌باشد قبل از حرکت مجدد پیستون خارج نمود. که این عمل البته خود نوعی اتلاف انرژی محسوب می‌شود.

اتلاف انرژی ایجاد سر و صدای می‌کند

از طرفی این تخلیه هوا یک انعکاس صورت قابل توجهی را ایجاد می‌کند. هوا با صدای سوت بلندی خارج می‌گردد. اگرچه صداگیری نصب می‌شود، ولی در بعضی مواقع سر و صدایی که از تخلیه هوا ایجاد می‌شود. برای افراد مکان‌های مجاور نیز ایجاد مزاحمت می‌کند.

همچنین ممکن است در مواضعی دیگر نیز سر و صداهای غیر ضروری پدید می‌آید که این خود بیانگر اتلاف انرژی است. سر و صدایی که کمپرسورهای بزرگ ایجاد می‌کنند، اغلب غیر قابل تحمل هستند، هزینه زیادی صرف می‌شود تا از میزان صدایی که توسط کپسول تولید کننده هوای فشرده بوجود می‌آید کاسته شود.

هر اندازه که کمپرسورها بزرگتر باشند به همان اندازه کاهش سر و صدای ایجاد شده توسط آنها مشکل تر خواهد بود. گسترش کاربرد کمپرسورهای کوچک که بدون کپسول همانند یک کمپرسور یخچال به آرامی کار می‌کنند مفید خواهد بود. هر چند که جریان ایجاد شده توسط این نوع کمپرسورها برای نیازهای صنعتی کافی نیستند. از طریق ماکزیمم کنترل ارسالی، اکثراً این امر میسر می‌شود که مصرف هوا تا $\frac{۲}{۳}$ کاهش یابد. که این عمل منجر به کاهش قابل توجهی در هزینه کار، سرمایه گذاری و فشار بر محیط زیست می‌گردد.

ادغام پنوماتیک و الکترونیک

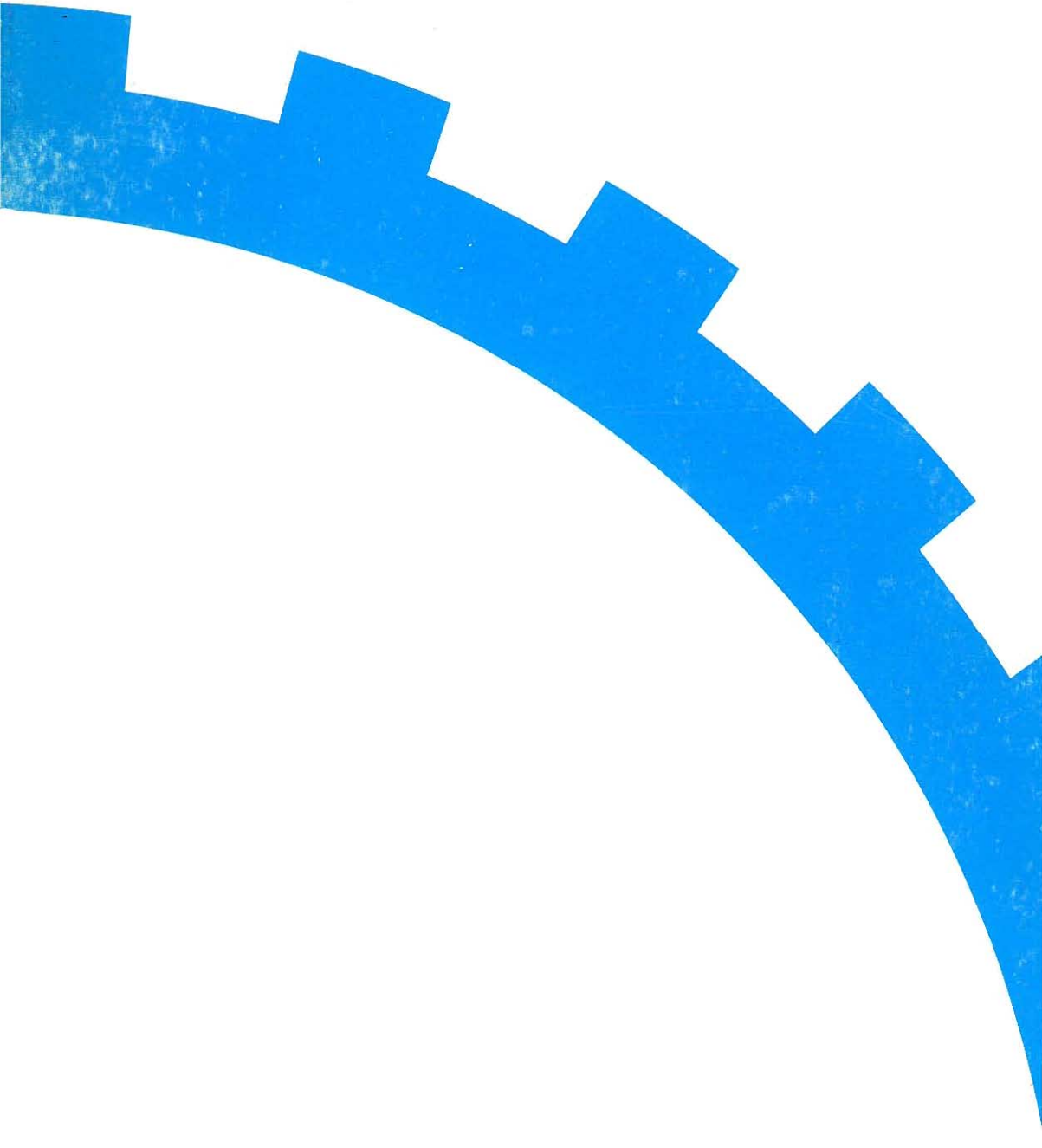
با هوای فشرده فشار یا نیرو انتقال می‌یابند و در مواضع مورد نظر در تاسیسات فنی بکار برده می‌شوند همچنین مکانیزم کنترل توسط هوای فشرده صورت می‌گیرد. ساختمان این سیستم ساده بود و مطمئن عمل می‌کند. با وجود این در بعضی موارد کنترل‌های الکترونیکی ارائه می‌گردند، بعنوان مثال در موردی که :

۱- اتصالات سیگنالی زیادی مورد نیاز باشند
۲- سستورهای الکترونیکی بکار روند
۳- سیگنال‌های سریع ایجاد گردد و یا :
۴- مدارهای کنترل نصب شده باشد.

با ادغام سیستم الکترونیک در پنوماتیک، نتایج مطلوبی حاصل شده است، و این امر در صورتی میسر می‌شود که فشار با جریان هوا با یک مقدار متغیر تطبیق داده شده باشند. بیشتر مشکلات زمانی بروز می‌کند که حرکات انتقالی کنترل شده پیستون سیلندر می‌بایست هدایت شوند و وضعیت‌های میانی دقیقاً رعایت گردند. با وجود این کارآیی بیشتر مستلزم استفاده از شیرهای کنترل الکترونیکی قطع وصل سریع است.

تلاش در این زمینه به جایی منتهی خواهد شد که سیستم الکترونیکی با وضعیت‌های سیستم پنوماتیکی در سطح عالی تطبیق یابد. اکثراً المنت‌های اجزاء ساختمانی الکترونیکی با شیرهای پنوماتیکی بر روی یک بدنه مشترک جای می‌گیرند، بطوریکه بصورت یک واحد متصل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ادغام سیستم الکترونیکی دقیق‌تر و سریعتر با سیستم پنوماتیکی پر قدرت گام‌های موثری را در جهت توسعه و پیشرفت در این زمینه در پی خواهد داشت.



انتشارات مدیریت پژوهش