واحد یادگیری ۱
نصب و کاربرد سیستم‌های هیدرولیک

آیا می‌دانید

- سیستمهای انتقال قدرت شامل چند دسته است؟
- نقش سیالات در انتقال قدرت چیست؟
- هیدرولیک صنعتی چیست و چه کاربردهایی دارد؟

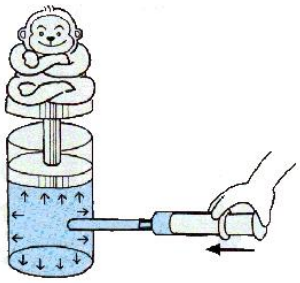
هدف از این شایستگی عبارتند از:

۱- آشنایی با کاربرد سیستمهای هیدرولیک
۲- آشنایی با اصول و قوانین حاکم بر سیالات
۳- توانایی شناخت اجزای سیستمهای هیدرولیک و نماد آنها
۴- توانایی محاسبات مربوط به انتخاب اجزای سیستمهای هیدرولیک
۵- توانایی نقشه خوانی
۶- توانایی ترسیم مدارهای هیدرولیک
۷- توانایی ترسیم و شبیه سازی مدارهای هیدرولیک با نرم افزار Automation Studio

استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد یادگیری هنرجویان قادر به شناخت و انتخاب قطعات، طراحی مدار و محاسبه‌ی اجزای یک سیستم هیدرولیک می باشند.

آشنایی با سیستم های هیدرولیک



آیا تا کنون به تخلیه‌ی بار توسط کامیون یا خاک برداری توسط لودر توجه کرده اید؟ به نظر شما نیروی لازم برای انجام این کارها چگونه تامین می شود؟ برای پاسخگویی به شکل روبر نگاه کنید. با فشار دادن سرنگ مطابق شکل، پیستون و در نتیجه عروسک جابجا می شود. همانطورکه ملاحظه نمودید، از آب برای جابجا کردن بالابر استفاده شده است. بله، در کامیون و لودر نیز از مایعات (روغن) برای انجام کار استفاده می شود.

هیدرولیک صنعتی

استفاده از مایعات (روغن)به منظور تولید نیرو، گشتاور و حرکت موضوع هیدرولیک صنعتی می باشد.

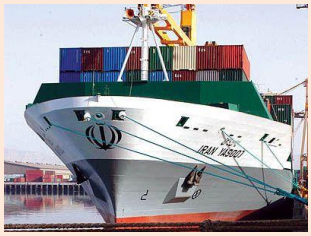
پخش فیلم

کاربرد سیستمهای هیدرولیک

فعالیت

جدول زیر برخی کاربردهای هیدرولیک را نمایش می دهد. جدول را تکمیل نمایید.

تصویر	نام	نقش هیدرولیک در سیستم	تصویر	نام	نقش هیدرولیک در سیستم
	بالابر			لودر	
	دستگاه تزریق پلاستیک	باز وبسته کردن قالب و تزریق مـــادهی خمیری		پرس	
	بـــالابر خودرو			ماشـین آتـش نشانی	

	هواپیما			کشتی	سکان، وینچ

بخش‌های مختلف یک سیستم هیدرولیک

عملگرها

در این بخش توان هیدرولیکی به توان مکانیکی تبدیل می شود. به عبارت دیگر جریان روغن به حرکت خطی (رفت و برگشتی) یا دورانی تبدیل می شود.

کنترل

اجزای این بخش که شیر نامیده می شوند، مسیر حرکت، فشار و نیز جریان سیال را کنترل می کنند.

تامین انرژی

این بخش وظیفه‌ی آماده سازی و به حرکت درآوردن روغن در سیستم هیدرولیک را به عهده دارد. در واقع انرژی جنبشی ورودی به پمپ به انرژی جنبشی روغن تبدیل می شود. این بخش شامل الکتروموتور(موتور احتراقی) پمپ، مخزن، فیلتر هوا،فیلتر روغن، نشانگر روغن و... می باشد.

در جدول زیر مقایسه ای بین سیستمهای هیدرولیک و سایر سیستمهای انتقال قدرت انجام شده است.

	هیدرولیک	پنوماتیک	الکتریکی
منبع انرژی	موتور الکتریکی موتور احتراقی انباره	موتور الکتریکی موتور احتراقی مخزن تحت فشار	برق (تک فاز و سه فاز) باطری
انتقال انرژی توسط	لوله ها و شیلنگ‌ها	لوله ها و شیلنگ‌ها	کابل الکتریکی میدان مغناطیسی
نوع حرکت تولیدی	دورانی و خطی	دورانی و خطی	دورانی و خطی
انتقال انرژی	تا ۱۰۰m نرخ جریان ۲-۶m/s	تا ۱۰۰۰m نرخ جریان تا ۲۰ تا ۴۰m/s	نا محدود با افت توان
سرعت	۰/۵m/s	۱/۵m/s	-
نیرو	دربرابر اضافه بار حفاظت شده نیرو تا ۳۰۰۰ton (قابلیت افزایش بیشتر دارد.	دربرابر اضافه بار حفاظت شده نیرو تا ۳ton	قابلیت اضافه بار ندارد بازده ضعیف به دلیل تجهیزات مکانیکی پایین دستی

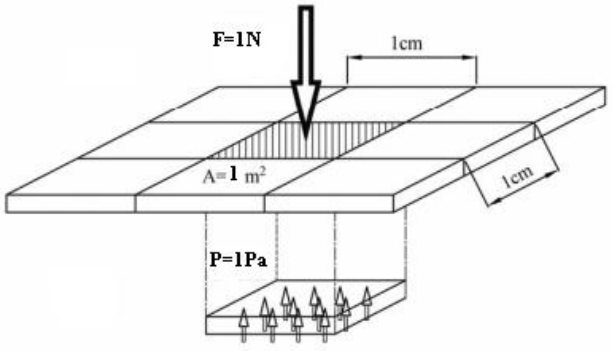
مفاهیم پایه در هیدرولیک

نیرو

کشش یا فشاری که از یک شی به شی دیگر وارد می شود را نیرو گویند. به عنوان مثال هنگامیکه یک خودرو راهل می دهید یا در را باز و بسته می کنید، به خودرو یا در نیرو وارد می کنید. البته همیشه نیرو موجب حرکت نمی شود. به عنوان مثال هنگامیکه دست خود را به دیوار فشار می دهید به دیوار نیرو وارد می کنید ولی این نیرو باعث جابه جایی دیوار نمی شود. همچنین ممکن است نیرو بدون اینکه دو جسم تماس داشته باشند، وارد شود. مانند سیبی که در اثر جاذبه‌ی زمین از درخت می افتد.

فشار

در صورتی که نیرو به صورت عمود به سطحی وارد شود، نیرو تقسیم بر سطح را فشار گویند.



$$P = \frac{F}{A}$$

فشار یکی از مهمترین کمیت‌ها در هیدرولیک می باشد. در سیستم SI واحد فشار پاسکال (Pa) می باشد. یک پاسکال برابراست با $\frac{۱N}{۱m^۲}$. واحد مورد استفاده در هیدرولیک بار (bar) می باشد. رابطه‌ی بین بار و پاسکال به صورت زیر می باشد:

bar= $۱۰^۵$ Pa

بحث کنید

در شکل یک شاقول و یک وزنه‌ی برنجی ملاحظه می کنید. وزن دو قطعه با هم برابر است. وزنه را در کف دست قرار می دهیم . سپس شاقول را توسط نخی که به انتهای آن بسته می شود به صورت عمودی طوری که وزن آن کاملا توسط دست تحمل شود در کف دست قرار می‌دهیم. به نظر شما در کدام حالت فشار بیشتر در کف دست احساس خواهد شد؟چرا؟

مثال: مطابق شکل یک میز به وزن ۳۰kg دارای چهار پایه‌ی مربع شکل به طول ضلع ۲cm می باشد. فشار وارده از طرف میز به زمین را حساب کنید.

حل: با استفاده از رابطه‌ی فشار داریم:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{۳۰ \times ۱۰}{۴ \times (۰.۰۲)^۲} = ۱۸۷۵۰۰Pa$$

توجه کنید

برای تبدیل kg به N باید عدد مربوطه را در ۹.۸۱ ضرب کنیم. در محاسبات مهندسی به جای ۹/۸۱ از ۱۰ استفاده می کنیم.

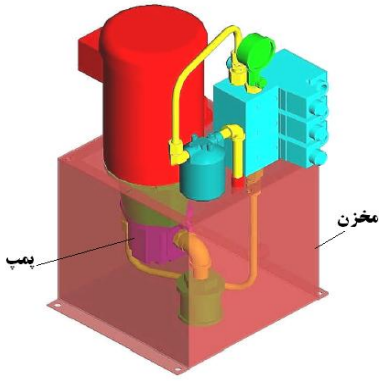
فکرکنید

لیوان آب شکل مقابل را در نظر بگیرید. فشار وارده از طرف آب به کف لیوان چقدر است؟ آیا می توانید رابطه ای کلی برای محاسبه‌ی فشار وارده از طرف آب به کف ظرف (مخزن) بیابید؟

پرسش

درشکل مقابل ارتفاع روغن از ورودی پمپ تا سطح بالای روغن ۶۰cm، و وزن مخصوص روغن $۰/۸۶gr/cm^۳$ می‌باشد. فشار در ورودی پمپ را حساب کنید.

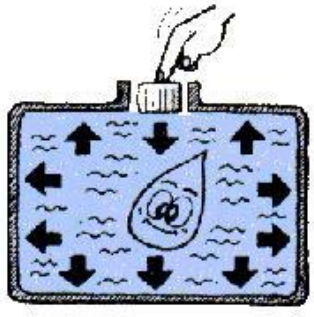
راهنمایی: از رابطه‌ی به دست آمده از فکر کنید بالا استفاده نمایید.



فشار سنج

فشارسنج (Pressure gauge) در سیستمهای هیدرولیک به منظور اندازه گیری فشار مورد استفاده قرار می گیرند. همانطور که در شکل ملاحظه می کنید فشار برحسب bar (قرمز) و psi (سیاه) قابل اندازه گیری می باشد.

قانون پاسکال



شکل مقابل را در نظر بگیرید. با وارد کردن نیرو به پیستون فشاری تولید می شود که در تمام مایع درون ظرف به طور یکسان منتقل می شود. در واقع قانون پاسکال بیان می کند که اگر سیال ساکن باشد، فشار وارده بر سیال در تمامی جهات به طور یکسان پخش می شود و این فشار عمود بر دیواره‌ی ظرف می باشد.

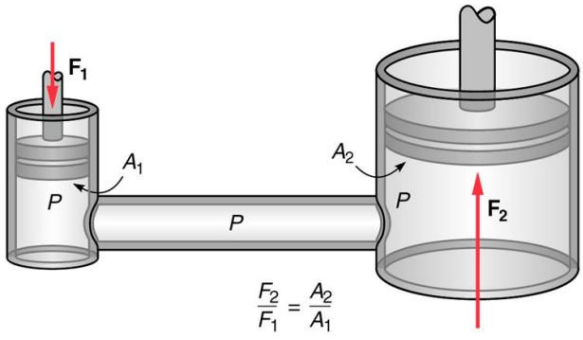
ترجمه کنید

The basic principle in hydro-static is pascals- law: " the effect of a force acting on a stationary liquid spreads in all directions within the liquid. The amount of pressure in liquid is equal to the weight force, with respect to the area being acted upon.

کاربردهای قانون پاسکال

افزایش نیرو

مکانیزم شکل روبرو با استفاده از قانون پاسکال طراحی شده است. نیروی وارده بر پیستون کوچکتر را F_1 و نیروی وارده بر پیستون بزرگتر را F_2 می نامیم. با توجه به قانون پاسکال فشار ایجاد شده در اثر نیروی F_1 در کل مایع پخش می شود. بنابراین داریم:



$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} \quad و \quad P_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

طبق قانون پاسکال :

$$F_2 = \frac{A_1}{A_2}$$

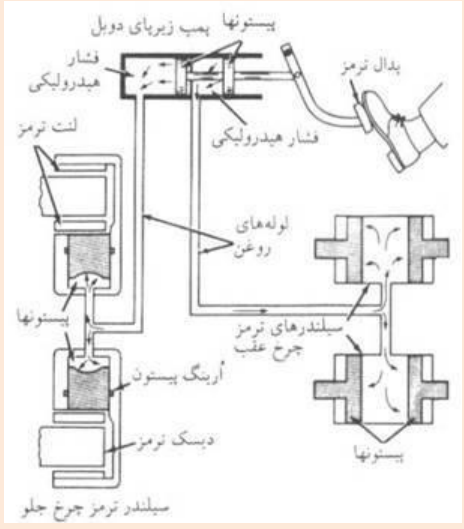
با توجه به اینکه A_1 از A_2 کوچکتر است، نتیجه می گیریم F_2 از F_1 بزرگتر است. به عبارت دیگر می توان با نیرویی کمتر از وزن خودرو، آن را نگه داشت.

پرسش

فرض کنید در شکل بالا F_2 برابر با ۱۲۰۰kg، قطر پیستون بزرگتر ۶۰mm و قطر پیستون کوچکتر ۴۰mmباشد. نیروی F_1 را حساب کنید.

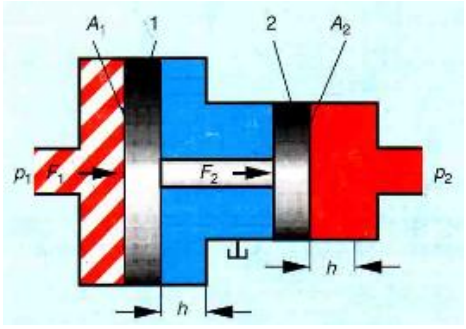
پرسش

شکل زیر مربوط به مدار ترمز خودرو می باشد. مساحت پیستونهای سیلندر اصلی (پمپ زیر پا) برابر با $4cm^2$، مساحت پیستونهای ترمز عقب برابر با $5cm^2$ و مساحت پیستونهای ترمز جلو برابر با $20cm^2$می باشد. نیروی ۴۰۰N به پیستونهای سیلندر اصلی وارد می شود. نیروهای وارد بر پیستونهای ترمز عقب و جلو را محاسبه نمایید.



افزایش فشار (بوستر)

در شکل مقابل دو طرف پیستونها از مایع پر شده است. اگر فشار P_1 روی پیستون شماره‌ی (۱) اثر کند، تولید نیروی F_1 می کند. نیروی F_1 از طریق میله‌ی رابط بین دو پیستون، به پیستون شماره‌ی (۲) اثر کرده و تولید فشار P_2 می نماید. با استفاده از قانون پاسکال داریم:



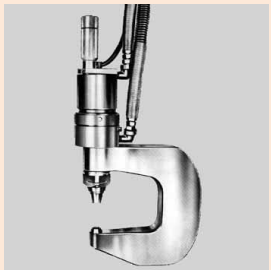
$$F_1 = F_2$$

$$P_1 A_1 = P_2 A_2 \Rightarrow P_2 = P_1 \frac{A_1}{A_2}$$

به دلیل اینکه A_2 از A_1 کوچکتر می باشد، نتیجه می گیریم P_2 از P_1 بزرگتر است. به عبارت دیگر فشار کمتری وارد سیستم شده و فشار بیشتری در خروجی تحویل می گیریم.

پرسش

در سیستم هیدرولیک مربوط به گان پرچکاری، از یک بوستر فشار به منظور تامین فشار بالای لازم برای انجام عمل پرچکاری استفاده می شود.در صورتی که فشار سیستم ۷۰bar و فشار مورد نیاز پرچکاری ۳۵۰bar باشد، قطر بزرگتر پیستون بوستر باید چند برابر قطر کوچکتر آن باشد؟



پخش فیلم

عملکرد تقویت کننده‌ی فشار (بوستر)

نرخ جریان (Flow rate) (دبی)

حجمی از مایع که در مدت زمان مشخصی از یک مقطع لوله عبور می کند را دبی گوییم.

$$Q = \frac{V}{t}$$

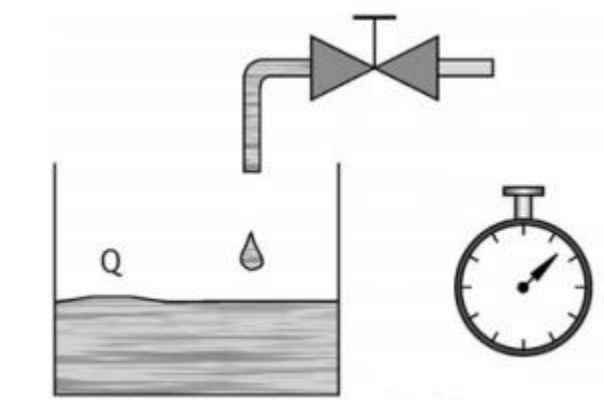
Q: دبی V: حجم t: زمان

توجه کنید

واحد متداول دبی در هیدرولیک، lit/min (لیتر بر دقیقه) می باشد.

فعالیت

یک ظرف ۱ لیتری ویک زمان سنج تهیه کنید. ظرف را با استفاده از شیر آب پر کنید. این عمل را سه بار تکرار کنید و بار اول شیر آب را کمی باز کنید. بار دوم بیشتر و بار سوم تا انتها باز کنید و جدول زیر را تکمیل نمایید.



	حجم	زمان min	دبی Lit/min
۱			
۲			
۳			

ترجمه کنید

Flow law

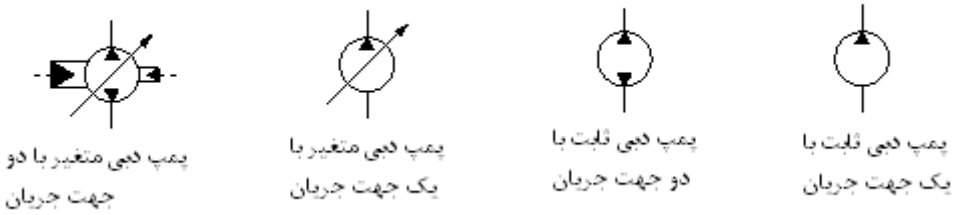
If liquid flows through a pipe of varying diameters, at any particular time the same volume flows at all points. This means that the velocity of liquid flow must increase at narrow point.

پرسش

میخواهیم با استفاده از یک پمپ آب که خروجی آن ۱۰۰ lit/min می باشد، استخری به ابعاد $۱۲m \times ۸m \times ۱/۵m$ را پر کنیم. چقدر زمان لازم است تا استخر پر شود؟

پمپ

پمپ هیدرولیک، وظیفه‌ی به جریان انداختن روغن در مدار را به عهده دارد. در واقع نقش پمپ در یک سیستم هیدرولیک مشابه نقش قلب در بدن انسان می باشد. پمپها هنگامیکه به حرکت در می آیند، از یک دهانه سیال را به اصطلاح مکیده و از دهانه‌ی دیگر ارسال می کنند. نکته‌ی مهم در مورد پمپها اینست که پمپ تولید جریان می کند نه فشار. فشار در اثر مقاومت در برابر جریان به وجود می آید. مقاومت در برابر جریان در اثر عواملی نظیر بار خارجی (مثلا بار روی بالابر)،اصطکاک و بسته بودن مسیر حرکت (بسته بودن شیرها) به وجود می آید.

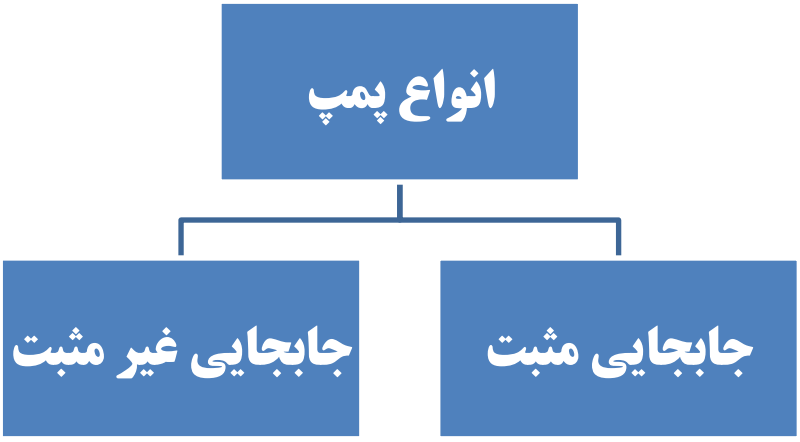


آیا می‌دانید

اولین پمپ به دست خالق عالم هستی آفریده شده است. قلب اساساً یک پُمپ عضلانی تو خالی است که بدون توقف، خون را به سراسر بدن پُمپ می کند. اگر چه قلب چندان بزرگ تر از مُشت دست نیست، ولی در طول مدت عمر در حدود ۳۰۰ میلیون لیتر خون را پمپ می کند. حدود دو سوم قلب در سمت چپ بدن قرار دارد. ماهیچه ی قدرتمند قلب به طور مداوم منقبض می شود و خون را از قلب به دیگر قسمت‌های بدن می راند. این نوع خاص ماهیچه هیچ گاه خسته نمی شود و فقط در قلب وجود دارد. قلب در تمام مدت عمر با سرعت بیش از یک بار در ثانیه می تپد. همان گونه که ذکر گردید قلب از نوع خاصی ماهیچه ساخته شده است که هیچگاه خسته نمی شود.این ماهیچه ۸۰-۶۰ بار در دقیقه فشرده و رها می شود. وقتی که ورزش می کنیم، این تعداد می تواند تا ۱۰۰ بار در دقیقه افزایش یابد.

کارگروهی

مطابق شکل، روی میز کار خود خروجی پمپ را به یک فشار سنج و بعد از آن به شیر ربع گرد وصل کنید. خروجی شیر را به مخزن متصل کنید. پمپ را روشن کنید. عددی که فشار سنج نمایش می دهد را بخوانید. شیر ربع گرد را تا به آرامی ببندید. تغییرات فشارسنج را زیر نظر بگیرید. چه نتیجه ای می گیرید؟



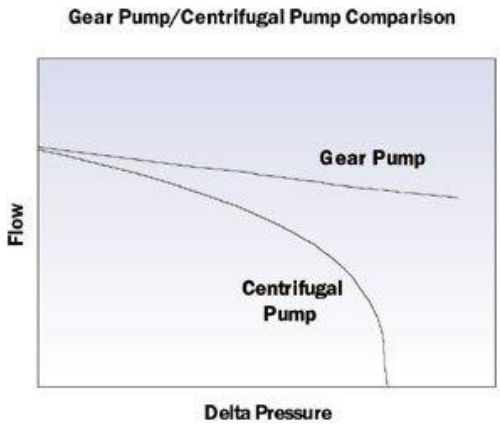
پمپهای جابجایی غیر مثبت

در این پمپ‌ها مطابق نمودار با بالا رفتن فشار در دهانه‌ی خروجی، دبی کاهش می یابد و اگر دهانه‌ی خروجی این پمپها مسدود شود دبی صفر می شود. این پمپها در هیدرولیک کاربرد ندارند. در شکل یک پمپ کولر که پمپ جابجایی غیر مثبت می باشد را ملاحظه می فرمایید.

پمپهای جابجایی مثبت

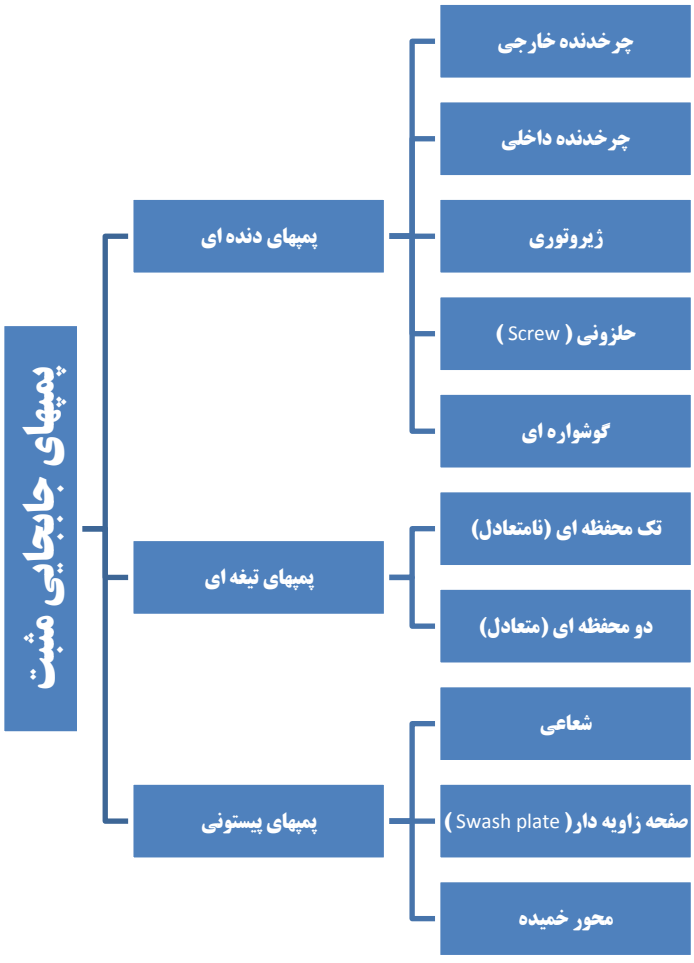
تقسیم بندی این پمپها مطابق با نمودار زیر می باشد. در ادامه برخی از این پمپها که کاربرد بیشتری دارند را توضیح خواهیم داد. با بالا رفتن فشار نمودار دبی کمی انحراف پیدا می کند که به آن انحراف مجاز گفته می شود. در شکل زیر مقایسه ای بین نمودار جریان- فشار پمپ دنده‌ای به عنوان پمپ جابجایی مثبت و پمپ سانتریفیوژ به عنوان پمپ جابجایی غیر مثبت انجام شده است.

پمپ روغن خودرو



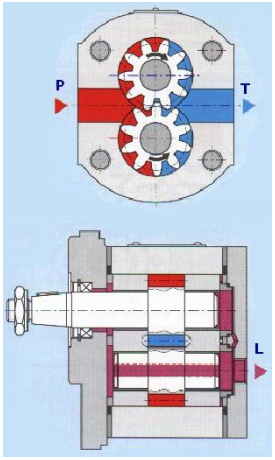
ترجمه کنید

Nonpositive-displacement pumps provide a smooth, continuous flow; positive-displacement pumps have a pulse with each stroke or each time a pumping chamber opens to an outlet port.



مقایسه‌ی مشخصات پمپ‌های جابجایی مثبت (براساس تولیدات شرکتهای معتبر)

نام پمپ	حداکثر دور ورودی rpm	خروجی cm^3/rev	حداکثر فشار کاری bar
پمپ های چرخدنده خارجی	۶۰۰۰	۲۰۰	۲۸۰
پمپ‌های چرخدنده داخلی	۳۶۰۰	۲۵۰	۳۵۰
پمپ‌های تیغه‌ای	۲۷۰۰	۲۰۰	۲۱۰
پمپ‌های حلزونی	۳۶۰۰	۳۲۰۰	۸۰
پمپهای پیستونی محوری	۵۶۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰
پمپهای پیستونی شعاعی	۳۴۰۰	۲۰	۷۰۰



پمپهای چرخدنده خارجی

ساختمان این پمپها شامل دو چرخدنده، پوسته، یاتاقان و شفت می باشد. یکی از دو چرخدنده از طریق شفت به موتور محرک وصل شده و چرخدنده‌ی محرک نامیده می شود. چرخدنده‌ی دوم متحرک می باشد. با چرخش چرخدنده‌ها، در ورودی پمپ دنده ها از یکدیگر دور شده و موجب افت فشار در در دهانه‌ی ورودی نسبت به فشار اتمسفر می گردد. این اختلاف فشار باعث رانده شدن روغن به داخل پمپ می شود. روغن ورودی در فضای بین دندانه ها محبوس شده و به سمت دهانه‌ی خروجی حمل می گردند.

پمپ چرخدنده داخلی

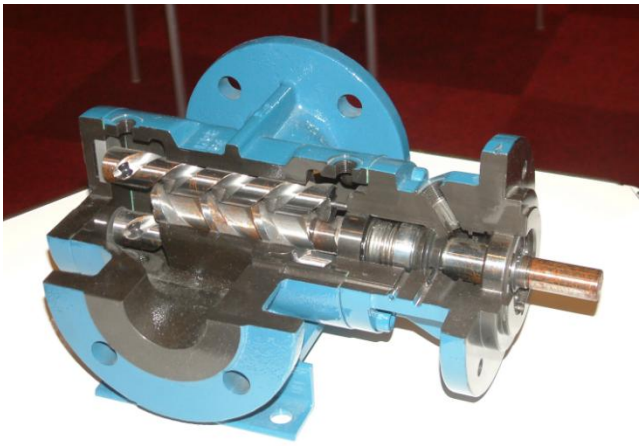
در این پمپها از دو چرخدنده‌ی درگیر یکی محیط بیرونی و دیگری محیط داخلی آن دندانه دار می باشد. چرخدنده‌ی کوچکتر که داخل چرخدنده‌ی بزرگتر قرار گرفته، از طریق شفت به موتور محرک وصل شده و چرخدنده‌ی بزرگتر را با خود به حرکت در می آورد. قطعه‌ی هلالی شکل باعث می شود هنگام چرخش روغن بین دندانه‌های دو چرخدنده محبوس شده و به طرف خروجی حمل گردد. خروجی یکنواخت، مناسب بودن برای روغنهای با ویسکوزیته‌ی بالا از ویژگیهای این پمپها می باشد.

پمپهای ژیروتوری

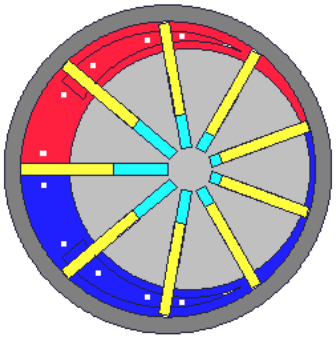
این پمپها با استفاده از دو چرخدنده با دنده های هیپو سیکلوئیدی عمل پمپاژ را انجام می دهند. هر یک از دو چرخدنده می توانند به موتور محرک وصل شده و دیگری را به حرکت درآورند. چرخدنده‌ی بیرونی یک دندانه بیشتر از چرخدنده‌ی داخلی داشته و همین اختلاف دندانه موجب شکل گیری فضای مکش و ارسال می گردد.

پمپهای حلزونی

اجزای اصلی این پمپها دو یا سه پیچ حلزون می باشد. یکی از این پیچها که توسط شفت به موتور محرک وصل می شود محرک و مابقی متحرک می باشند. اگر شیار پیچ حلزون متجرک، راستگرد باشد، متحرکها چپگرد خواهند بود و بالعکس.



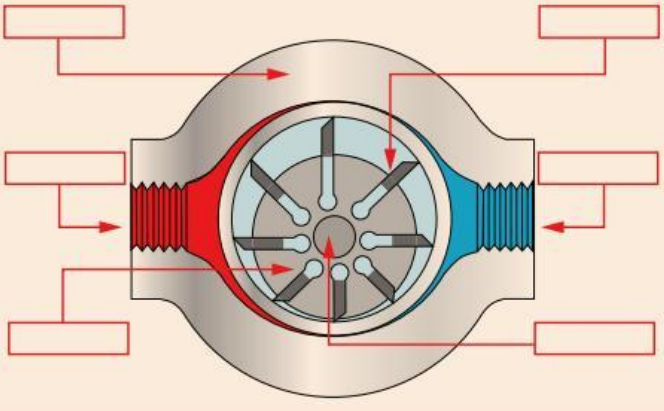
پمپهای تیغه ای



در این پمپها یک روتور شیاردار درون محفظه ای بیضوی یا دایره ای دوران می کند. تیغه ها درون شیارهای محیطی این روتور قرار گرفته اند و تحت تاثیر نیروی گریز از مرکز حاصل از چرخش به بیرون پرتاب می شوند. با توجه به خارج از مرکز بودن روتور و محفظه نسبت به هم فضای ایجاد شده بین تیغه ها و پوسته تغییر کرده و فضای مکش و ارسال شکل می گیرد.

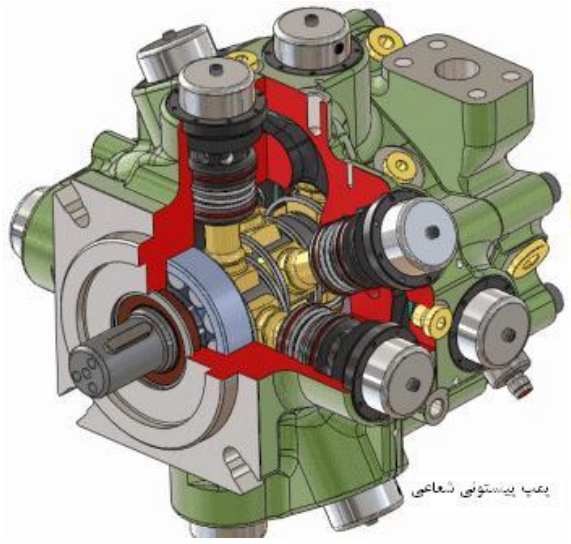
پرسش

اجزای پمپ تیغه ای را در شکل زیر نامگذاری کرده و نحوه‌ی مکش و ارسال روغن را روی شکل توضیح دهید.



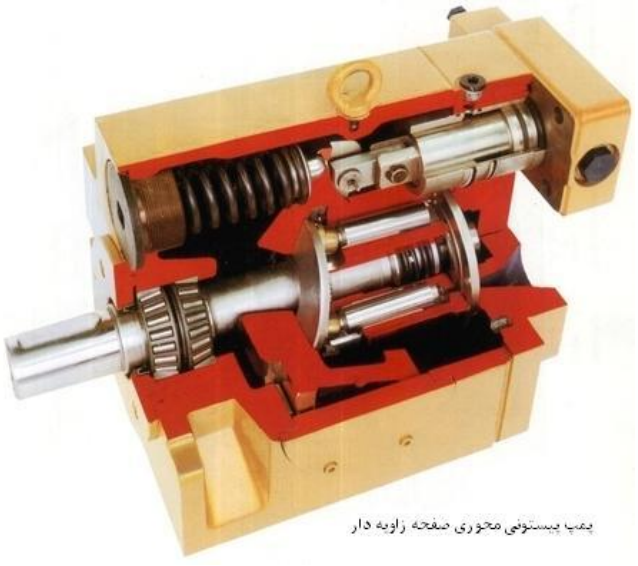
پمپهای پیستونی

اساس کار پمپهای پیستونی حرکت رفت و برگشتی پیستون در داخل سیلندر می باشد. همان طور که با کشیدن پیستون یک سرنگ به عقب، مایع به داخل آن مکیده شده و با فشردن پیستون، مایع از آن خارج می شود، در پمپهای پیستونی حرکت دورانی شفت ورودی به حرکت رفت و برگشتی پیستون داخل سیلندر تبدیل شده و عمل مکش و ارسال روغن صورت می گیرد. از مشخصه‌ی این پمپها فشار کاری بالا می باشد. این پمپها نسبت به سایر انواع گرانتر می باشند. در شکلهای روبرو سه مدل پمپ پیستونی نمایش داده شده است.



پمپ پیستونی شعاعی

پمپ پیستونی با محور خمیده



پمپ پیستونی محوری صفحه زاویه دار

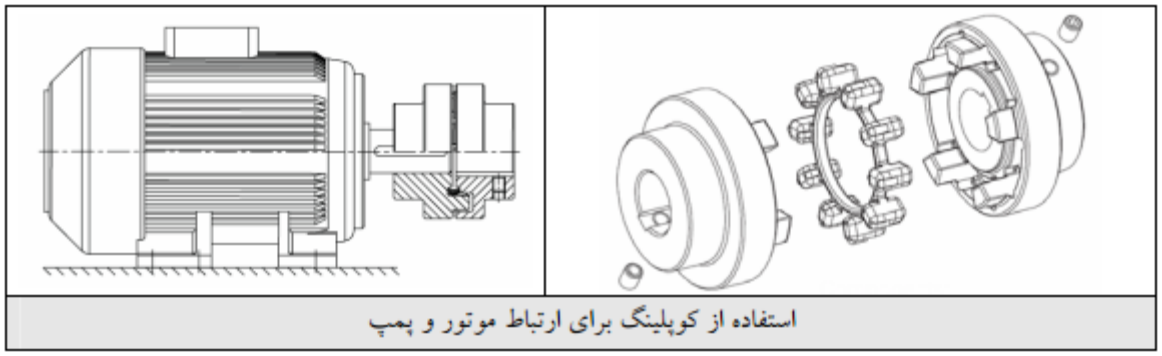
پخش فیلم

انواع پمپ‌های هیدرولیک. عملکرد، مزایا و معایب

محرک‌های پمپ

پمپهای هیدرولیک از خود حرکتی نداشته و توسط محرک‌ها به حرکت در می‌آیند. محرکهای پمپ عبارتند از: الکتروموتور و موتور احتراقی (موتور بنزینی و دیزل). الکتروموتورها در انواع تک فاز و سه فاز وجود دارند. توان معمول الکتروموتورهای تک فاز تا ۲/۲kw و الکتروموتورهای سه فاز تا ۱۶۰kw می باشد.

اتصال پمپ و الکتروموتور از طریق کوپلینگ برقرار می گردد.


استفاده از کوپلینگ برای ارتباط موتور و پمپ

در مواردی که سیستم هیدرولیک کوچک باشد، می‌توان از موتورهای DC که با برق ۲۴V یا ۱۲V باطری خودرو کار می کنند استفاده نمود.

استفاده از موتور DC به عنوان محرک پمپ

پژوهش کنید

در رابطه با ساختمان، عملکرد، کاربردها و ویژگیهای پمپ‌های گوشواره‌ای تحقیق کنید.

مثال

میخواهیم از یک پمپ هیدرولیک با حداکثر دبی ۴۰lit/min در یک سیستم هیدرولیک استفاده کنیم. در صورتی که سرعت روغن در خط مکش ۱/۲m/s باشد، قطر لوله‌ی مناسب در دهانه‌ی مکش و ارسال را محاسبه نمایید.

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{A.L}{t} = A.v$$

$$Q = A.v$$

$$Q = \frac{\pi}{۴} D^{۲}.v$$

$$D = \sqrt{\frac{۴Q}{۳/۱۴ \times v}} = \sqrt{\frac{۴ \times ۴۰ \times ۱۰^{-۳}}{۳/۱۴ \times ۱/۲ \times ۶۰}} = ۰/۰۲۶۶m = ۲۶/۶mm \approx ۱\frac{۱}{۲} inch$$

قطر لوله در دهانه‌ی فشار را به عنوان تمرین محاسبه کنید.

کاویتاسیون در پمپ

هنگامیکه فشار در دهانه‌ی ورودی پمپ کمتر از فشار تبخیر روغن شود، روغن تبخیر شده و وارد سیال هیدرولیک می شود. همچنین امکان ورود حبابهای هوا به داخل روغن نیزبه وجود می آید. این بخارها هنگامیکه به منطقه‌ی پرفشار پمپ (دهانه‌ی خروجی) می رسند، منفجر شده و موجب ایجاد نیروهای ضربه‌ای ونیز سرو صدا می شوند. این نیروها باعث خوردگی اجزای پمپ می شود. به منظور جلوگیری از کاویتاسیون به موارد زیر باید توجه گردد:

۱- فاصله‌ی پمپ و مخزن حداقل مقدار ممکن باشد.

۲- اتصالات در ورودی پمپ کمترین مقدار ممکن باشد.

۳- سرعت روغن در ورودی پمپ کمتر از ۱/۵m/s باشد.

۴- ویسکوزیته‌ی روغن متناسب با پمپ انتخاب شود.

۵- از صافی و فیلترهای با افت فشار کم و نشانگر انسداد به منظور تعویض به موقع استفاده شود.

محاسبه‌ی توان خروجی پمپ

$$\text{توان} = \frac{P.Q}{۶۰۰}$$

P: فشار برحسب bar

Q: دبی پمپ برحسب lit/min

محاسبه‌ی توان موتور لازم برای به حرکت درآوردن پمپ

η: بازده کلی پمپ

$$\eta = \frac{\text{توان خروجی پمپ}}{\text{توان محرک پمپ}}$$

مثال یک پمپ چرخدنده خارجی قرار است ۱۲ لیتر در دقیقه روغن را در فشار ۱۰۰ بار پمپاژ کند. توان موتور الکتریکی لازم برای به حرکت درآوردن این پمپ چقدر است؟ بازده کلی پمپ ۹۰٪ می باشد.

$$۰/۹ = \frac{۱۰۰ \times ۱۲}{\text{توان ورودی} \times ۶۰۰}$$

$$\text{توان ورودی} = \frac{۱۰۰ \times ۱۲}{۶۰۰ \times ۰/۹} = ۲/۲kw$$

پرسش

یک لیفتراک با ظرفیت حمل ۶۰۰۰kg بار تا ارتفاع ۴m داریم. الف) در صورتی که فشار کاری حداکثر ۱۸۰bar باشد قطر سیلندر مورد نیاز برای بلند کردن بار را محاسبه نمایید. ب) اگر سرعت جابجایی بار ۴۵cm/s باشد، دبی پمپ را محاسبه نمایید.

عملگرها

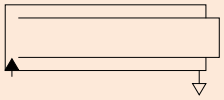
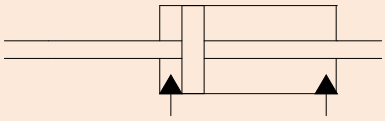
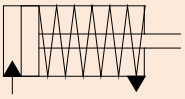
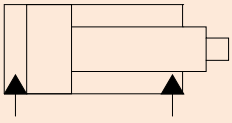
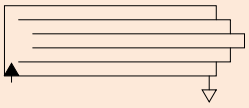
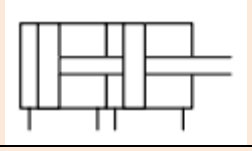
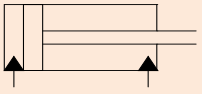
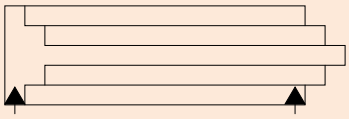
عملگرها به دو دسته‌ی خطی و دورانی تقسیم می شوند. این دو دسته عملگرها حرکات رفت و برگشتی و دورانی را ایجاد می کنند.

فعالیت

جدول زیر مربوط به کاربرد عملگرها می باشد. آنرا کامل کنید.

کاربرد عملگرهای خطی	کاربرد عملگرهای دورانی
سیزر لیفتر	وینچ
.....	.....

انواع عملگرهای خطی همراه با نماد آنها در زیر آمده است.

ردیف	نام	نماد	ردیف	نام	نماد
۱	سیلندر یککاره (یکطرفه) Ram		۵	سیلندر با میله پیستون دوطرفه (دوسر شفت)	
۲	سیلندر یککاره برگشت فنری		۶	سیلندر دیفرانسیلی	
۳	سیلندر تلسکوپی یککاره		۷	سیلندر تاندم (افزایش نیرو در قطر ثابت)	
۴	سیلندر دوکاره (دوطرفه)		۸	سیلندر تلسکوپی دوکاره	

سیلندرهای یککاره (یکطرفه)

دراین سیلندرها حرکت در یک جهت توسط سیال انجام شده و در جهت مخالف توسط نیروی فنر، وزن بار روی سیلندر و یا در کاربردهای ساده با دست انجام می شود. در این سیلندرها سرعت در هر دو جهت قابل تنظیم بوده ولی نیرو فقط در یک جهت قابل کنترل می باشد.

پژوهش کنید

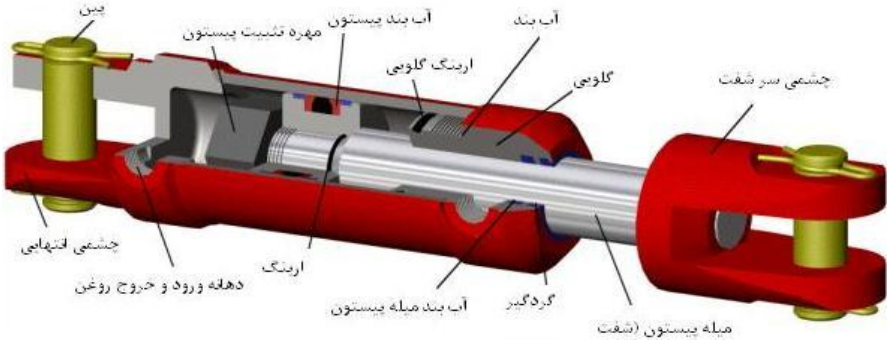
تفاوت‌های سیلندرهای یککاره برگشت تحت بار و برگشت فنری چیست؟

نوع سیلندر	نام	تصویر
یکطرفه برگشت تحت بار	بالابر	

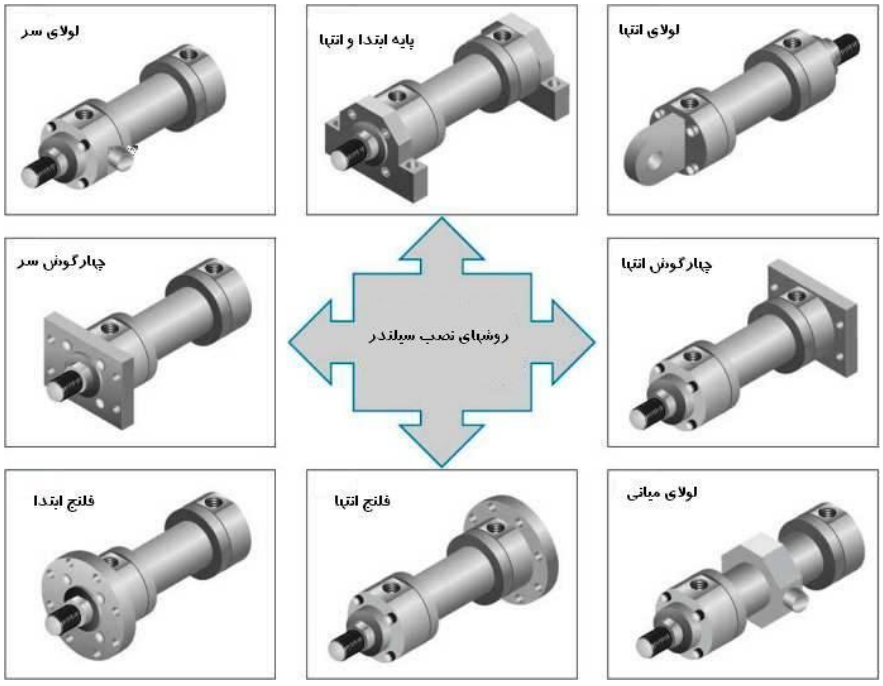
یکطرفه برگشت فنری	پرس کارگاهی	
یکطرفه برگشت توسط دست	پرس کارگاهی	
یکطرفه تلسکوپی	تخلیه بار کامیون	

سیلندرهای دو کاره (دوطرفه)

در این سیلندرها حرکت رفت و برگشت توسط سیال صورت می گیرد. در این سیلندرها سرعت و نیرو در هر دو جهت قابل کنترل می باشد.



روشهای نصب سیلندر



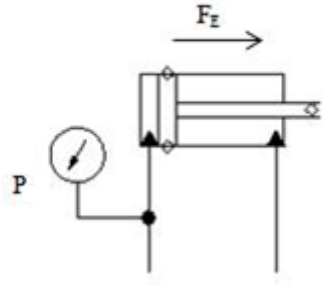
پژوهش کنید

سیلندر چهار میل مهار چیست؟ روش‌های نصب آن کدام است؟

ترجمه کنید

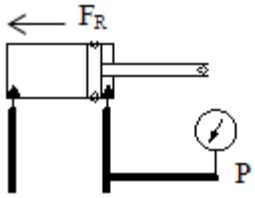
Duplex cylinders consist of multiple piston and rod assemblies which are not connected to each other. This configuration is often used where more than two distinct stopping points are required. One of the application for the Double Piston, Double Rod cylinder is the brake system of a vehicle.

محاسبه‌ی نیروی سیلندر



$$F_E = P(\frac{\pi}{۴} D^۲)$$

F_E: نیروی کورس رفت



$$F_{R=}P \times \frac{\pi}{۴}(D^{۲} - d^{۲})$$

F_R: نیروی کورس برگشت

تذکر: در روابط مربوط به نیروی سیلندر، نیرو بر حسب کیلوگرم، فشار برحسب بار و مساحت بر حسب سانتی متر مربع لحاظ می گردد.

مثال یک سیلندر هیدرولیک دارای قطر داخلی ۱۰۰mm و قطر میله پیستون ۷۰mm می باشد. نیروی کورس رفت و برگشت این سیلندر را در فشار ۱۲۰bar محاسبه نمایید.

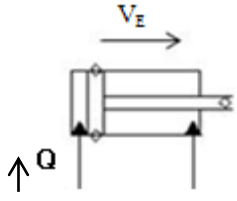
$$F_E = ۱۲۰ \times \frac{۳/۱۴}{۴} \times ۱۰^{۲} = ۹۴۲۰kg \cong ۹/۵ton$$

نیروی کورس برگشت را به عنوان تمرین محاسبه نمایید.

پرسش

شکل مقابل یک خم کن هیدرولیکی ۱۰۰ تن را نشان می دهد. اگر قطر داخلی سیلندرها ۲۰۰mm باشد، مطلوبست فشار لازم برای تامین این نیرو.

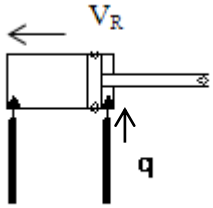
محاسبه‌ی سرعت سیلندر



$$V_E = \frac{Q}{\frac{\pi}{۴}D^{۲}}$$

VE: سرعت کورس رفت

V_R: سرعت کورس برگشت



$$V_R = \frac{q}{\frac{\pi}{۴}(D^۲ - d^۲)}$$

مثال از یک پمپ با دبی ثابت ۱۲lit/min در یک سیستم هیدرولیک استفاده شده استفاده شده است. اگر قطر داخلی سیلندر ۶۰mm باشد، حداکثر سرعت قابل دستیابی برای سیلندر چند cm/s است؟

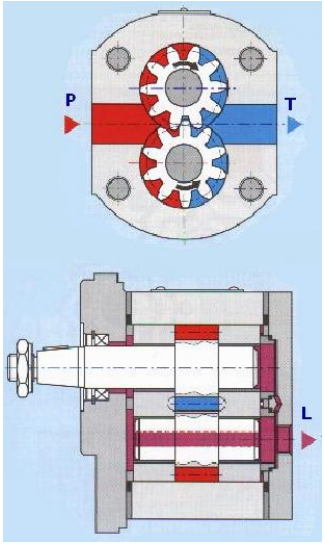
$$V_E = \frac{Q}{\frac{\pi}{۴}D^۲} = \frac{۱۲ \times ۱۰^{-۳}\ cm^۳/_{۶۰s}}{\frac{۳/۱۴}{۴} \times ۶^۲ cm^۲} = ۷\ cm/_s$$

پرسش

برای باز و بسته کردن یک درب از دو سیلندر هیدرولیک با قطر داخلی۷۰mm استفاده شده است. اگر حداکثر سرعت مد نظر، ۵cm/s باشد، دبی پمپ لازم را محاسبه نمایید.

هیدروموتور

هیدروموتورها جز عملگرهای دورانی می باشند و انرژی هیدرولیکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کنند. فاکتورهای مهم در مورد هیدروموتورها عبارتند از: گشتاور- فشار و جابجایی حجمی- سرعت دورانی. فشار و به تبع آن گشتاور تعیین می کنند که هیدروموتور چه مقدار بار را می‌تواند جابجا کند. جابجایی حجمی در واقع حجمی از روغن است که هیدروموتور برای یک دور چرخش، نیاز دارد. جابجایی تعیین می کند که برای دستیابی به سرعت دورانی مشخصی، چه مقدار دبی مورد نیاز است. به عبارت دیگر ظرفیت خروجی پمپ برای دسترسی به سرعت مورد نظر را ارائه می کند. انواع پر کاربرد هیدروموتورها عبارتند از هیدروموتورهای دنده ای، تیغه ای و پیستونی.

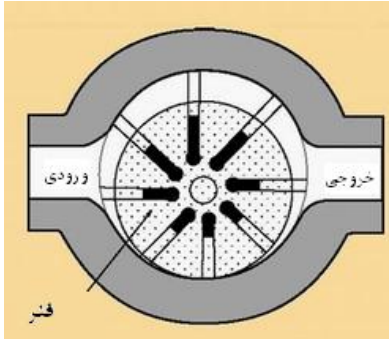


هیدروموتور چرخدنده خارجی

شکل زیر یک هیدروموتور دنده ای را نمایش می دهد. هر دو چرخدنده تحت تاثیر جریان روغن به حرکت در می آیند ولی یکی از آنها به شفت خروجی وصل می شود. عملکرد این نوع هیدروموتور عکس پمپهای چرخدنده خارجی می باشد که قبلا توضیح داده شد. این هیدروموتورها اغلب در هیدرولیک سیار و ماشین آلات کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند.

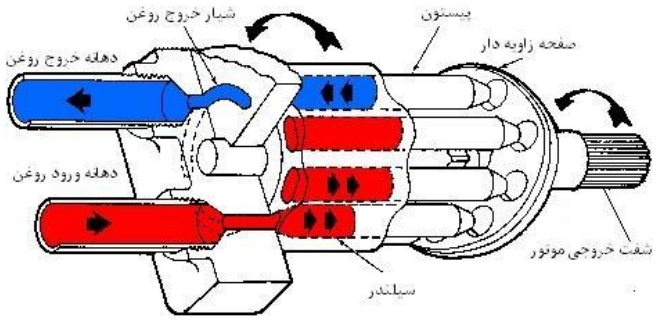
هیدروموتور تیغه ای

در شکل زیر یک هیدروموتور تیغه ای را مشاهده می کنید. روغن ارسالی از پمپ، از دهانه‌ی ورودی وارد هیدروموتور شده و با اعمال نیرو به تیغه‌ها موجب چرخش روتور و در نتیجه شفت خروجی متصل به آن می شود. از آنجا که برخلاف پمپ‌های تیغه‌ای، نیروی گریز از مرکز وجود ندارد از نیرو فنر در پشت تیغه ها برای بیرون نگه داشتن آنها استفاده می شود.

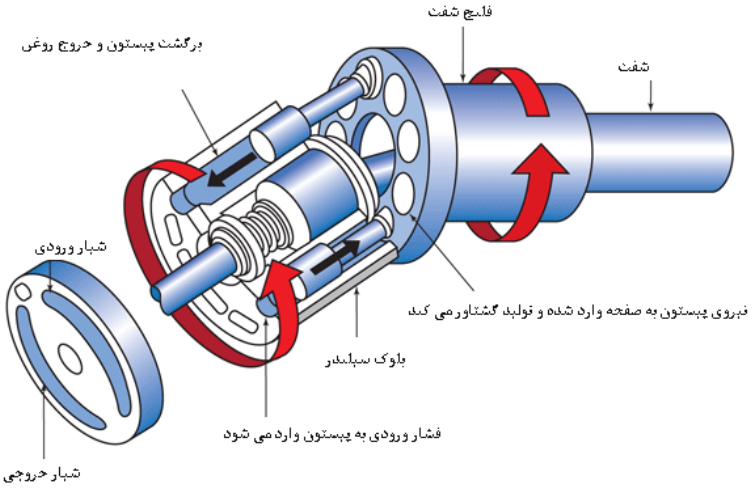


هیدروموتور پیستونی

نوع صفحه زاویه دار این هیدروموتورها مشابه پمپ پیستونی با صفحه‌ی زاویه‌دار بوده و در انواع جابجایی ثابت (صفحه زاویه دار ثابت) و جابجایی متغیر (زاویه‌ی صفحه زاویه دار قابل تغییر) ساخته می شوند. در نوع جابجایی ثابت سرعت دورانی هیدروموتور ثابت و در نوع جابجایی متغیر سرعت دورانی هیدروموتور قابل تغییر می باشد.



فشار روغن ورودی روی پیستون‌ها موجب اعمال نیرو از پیستون‌ها به صفحه‌ی زاویه دار و چرخش شفت می‌گردد. در انواع دبی متغیر جابجایی هیدروموتور (حجم روغنی که در هیدروموتور جای می‌گیرد)، وابسته به زاویه‌ی صفحه می باشد. افزایش زاویه‌ی صفحه گشتاور بیشتر هیدروموتور را نتیجه می‌دهد در حالیکه سرعت دوران شفت کاهش می‌یابد. کاهش زاویه منجر به افزایش سرعت و کاهش گشتاور می‌گردد. اجزا و عملکرد هیدروموتور پیستونی محور خمیده (سر کج) در شکل زیر نشان داده شده است.این هیدروموتورها بزرگ و حجیم می‌باشند.



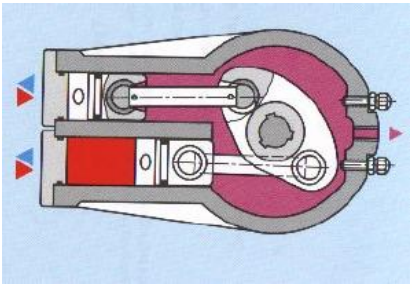
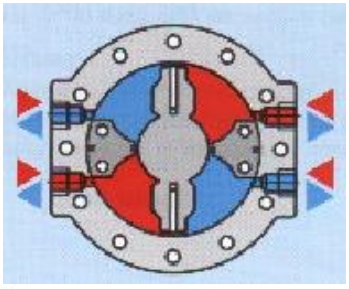
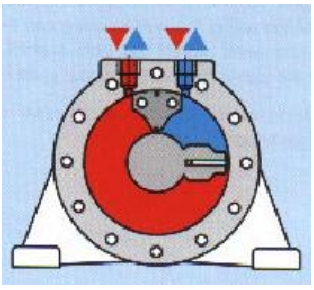
هیدروموتورهای پیستونی شعاعی اصولا در جاهاییکه نیاز به گشتاور بالا در سرعت کم می باشد مورد استفاده قرار می گیرند. به عنوان مثال به عنوان محرک وینچ.

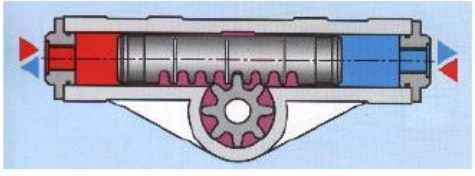
ترجمه کنید

the internal radial piston motor is applied there where high torques are required. Of this type of hydraulic motor there are motors available with a displacement of ۳۰۰ liter/rotation and an output torque of more than ۱,٤۰۰,۰۰۰ Nm! For example, they are used to drive winches, shredders, wheels, bucket wheels.

عملگرهای دورانی با دوران محدود

عملگرهای دورانی با دوران محدود برای ایجاد حرکت دورانی با زاویه‌ی کمتر از ۳۶۰ درجه (یک دور) طراحی می شوند. طراحی جمع و جور و مقاوم این عملگرها آنها را برای استفاده در شرایط کاری سخت مناسب می‌سازد.



فعالیت

در کدام یک از موارد زیر از عملگرهای دورانی و در کدام یک از عملگرهای با دوران محدود استفاده شده است؟

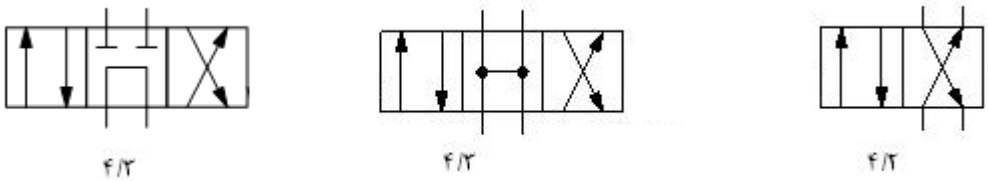
	دستگاه نورد	.....
	بیل مکانیکی	.....
	دستگاه سنگ زنی قطعات تخت	.....
	میکسر بتن	.....

شیرهای کنترل جهت

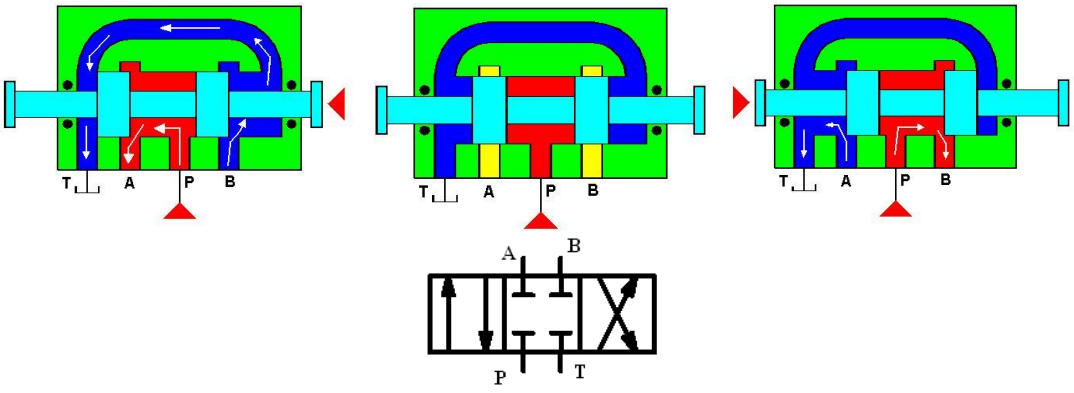
در سیستمهای هیدرولیک به منظور باز و بسته کردن وتغییر مسیر حرکت روغن از شیرهای کنترل جهت استفاده می شود.

نامگذاری شیرهای کنترل جهت

در نامگذاری این شیرها ابتدا تعداد دهانه ها نوشته شده و پس از ممیز تعداد وضعیتها نوشته می شود. بنابراین شیر ۴/۲ (بخوانید چهار-دو) یعنی شیری که ۴ دهانه‌ی کاری و ۲ وضعیت دارد. در شکل دو نمونه از شیرهای کنترل جهت نشان داده شده است. فلش‌ها نشان دهنده‌ی جهت حرکت سیال می باشند. علامت T شکل در شیرها نشان دهنده‌ی بسته بودن آن دهانه است.

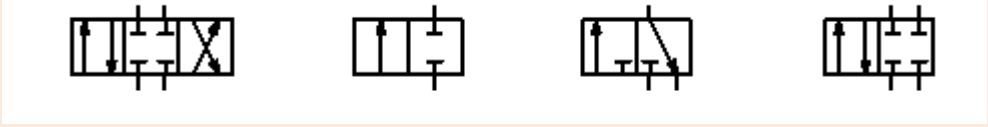


همانطور که مشاهده می‌شود در وضعیت راست از شیر ۴/۲ دهانه ها به صورت ضربدری و در وضعیت چپ به صورت موازی به یکدیگر اتصال دارند. در مورد شیر ۴/۳ یک وضعیت میانی نسبت به شیر ۴/۲ اضافه شده است. در این وضعیت میانی هر چهار دهانه به هم متصل می باشند. در شیر ۴/۳ کناری، در وضعیت وسط دو دهانه‌ی پایین به یکدیگر وصل بوده و دو دهانه‌ی بالایی بسته می باشند.



پرسش

شیرهای کنترل جهت زیر را نامگذاری کنید.



انواع موضع میانی در شیرهای کنترل جهت سه وضعیتی

نام	نماد	ویژگی
بسته (Closed center)		در صورت عدم استفاده از شیر بی بارکننده،بالا رفتن فشار و تخلیه از طریق فشار شکن. به عبارت دیگر تلفات توان به شکل حرارت و داغ کردن روغن.
باز (Tandem, Bypass)		تخلیه‌ی خروجی پمپ به مخزن-بالا نرفتن فشار- عدم اتلاف توان
شناور (Pressure closed)		تخلیه‌ی روغن دو طرف به مخزن- در صورت عدم استفاده از شیر بی بارکننده،بالا رفتن فشار و تخلیه از طریق فشار شکن. به عبارت دیگر تلفات توان به شکل حرارت و داغ کردن روغن.
H (Open center)		تخلیه‌ی روغن دو طرف و خروجی پمپ به مخزن-بالا نرفتن فشار- عدم اتلاف توان
بازیاب		اضافه کردن روغن خروجی از سیلندر به روغن ورودی به آن در کورس رفت- افزایش سرعت رفت سیلندر

استاندارد نامگذاری دهانه‌ها

جدول زیر نحوه‌ی تشخیص دهانه‌ها با استفاده از حروف نوشته شده روی شیر را نشان می دهد.

نوع دهانه	نام دهانه روی شیر
پمپ (فشار)	P
دهانه‌های کاری	A,B
تخلیه (برگشت)	T

نحوه‌ی تحریک شیرها

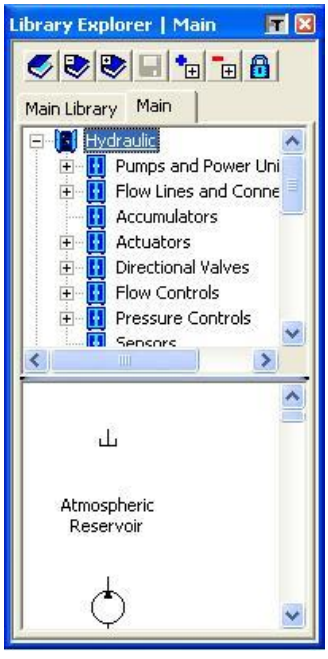
منظور از تحریک شیرها تعیین وضعیت آنها می باشد.به این معنی که یک شیر سه وضعیتی در حالت نرمال در کدام وضعیت قرار دارد و در چه صورتی در دو وضعیت دیگر قرار می گیرد. لوازمی که شیرها را تحریک کرده و وضعیت آنها را تعیین می کنند، کارانداز نامیده می شوند. در جدول زیر انواع کارانداز همراه با نماد آنها آمده است.

ردیف	نام کارانداز	شکل	ردیف	نام کارانداز	شکل
۱	عمومی		۱۰	شاخکی	
۲	شستی فشاری		۱۱	برگشت فنری	
۳	اهرمی (lever)		۱۲	قفلی (گیره ای، خارکی)	
۴	پدالی		۱۰	هیدرولیکی	و
۵	میکروسوئیچ (غلتکی)		۱۱	پنوماتیکی	و
۹	میکروسوئیچ با برگشت خلاص		۱۲	برقی (سولنوئیدی)	

پخش فیلم

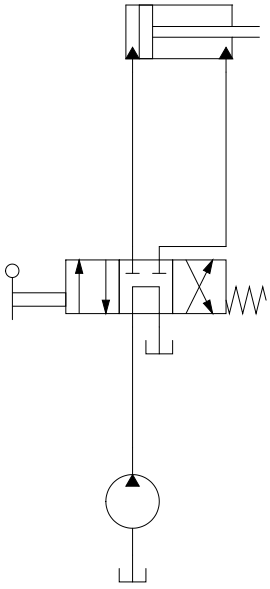
نصب و اجرای Automation studio

مثال میخواهیم با ترسیم و شبیه سازی مدار زیر در نرم افزار Automation studio عملکرد شیر کنترل جهت را بررسی کنیم.



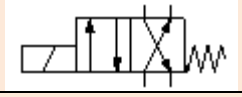
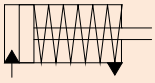
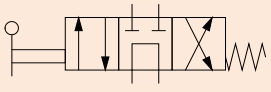
برای دسترسی به اجزای سیستم‌های هیدرولیک در نرم افزار Automation studio، ابتدا مطابق با آنچه در فیلم آموزشی ملاحظه کردید کتابخانه را بارگذاری کرده و شاخه-ی هیدرولیک را باز می کنیم. از زیر شاخه‌های مربوطه اجزای مورد نظر را با درگ کردن (کشیدن نماد مورد نظر تا صفحه‌ی کاری و رها کردن دکمه‌ی ماوس) وارد صفحه می کنیم. به عنوان مثال سیلندر دو کاره را از مسیر: Hydraulic ⟶ Actuators ⟶ Double-Acting Cylinders انتخاب می کنیم. برای اتصال قطعات به یکدیگر نشانگر ماوس را روی دهانه‌ی اول (مثلا ورودی پمپ) می بریم. نشانگر ماوس به شکل در می آید. با کلیک کردن ابتدای اتصال ایجاد می گردد و نشانگر ماوس شکل را به خود می‌گیرد. نشانگر ماوس را روی دهانه‌ی دوم (مخزن) برده و هنگامیکه ماوس مجدد به شکل در آمد کلیک می کنیم. اتصال بین دو دهانه برقرار شده است.

با کلیک کردن روی آیکون یا انتخاب گزینه‌ی Normal از منوی Simulation وارد محیط شبیه سازی شوید.
حالا با کلیک کردن روی اهرم شیر ۴/۳ در وضعیتهای مختلف عملکرد این شیر و تاثیر آن روی مدار را ببینید.



فعالیت

مسیر قرارگیری اجزای مختلف در زیر شاخه های شاخه‌ی Hydraulic را بنویسید.

نام قطعه	نماد	مسیر
پمپ		
مخزن هیدرولیک		
شیر ۴/۲		
سیلندر یکطرفه		
شیر ۴/۳		

پژوهش کنید

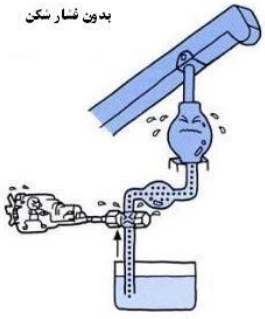
انواع سولنوئید شیرهای برقی و ویژگیهای هریک چیست؟

شیرهای کنترل فشار

شیرهای کنترل فشار به دو دسته‌ی کلی شیرهای فشار شکن (محدود کننده‌ی فشار، ترتیبی، ترمزی، متعادل کننده، بی بار کننده) و رگولاتور فشار (کاهنده‌ی فشار) تقسیم می شوند. شیرهای دسته‌ی فشارشکن، در حالت نرمال (تحریک نشده) بسته می باشند و با بالا رفتن فشار در دهانه‌ی ورودی یا قسمت دیگری از مدار باز شده و روغن را از خود عبور می دهند. در حالیکه در رگولاتور فشار شیر در حالت نرمال (تحریک نشده) باز بوده و با بالا رفتن فشار در دهانه‌ی خروجی شیر بسته می شود.

محدود کننده‌ی فشار

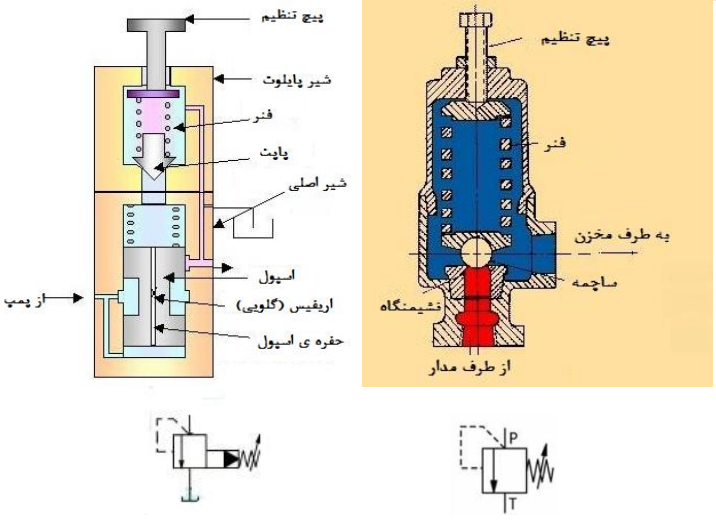
این شیر که به آن شیر اطمینان و فشار شکن نیز گفته می شود، وظیفه‌ی جلوگیری از افزایش فشار ناخواسته را در سیستمهای هیدرولیک به عهده دارد. به این معنی که حداکثر فشار مدار را تنظیم می کند. افزایش فشار در اثر بسته شدن مسیر جریان یا بار روی عملگر اتفاق می افتد و این شیر از پمپ، شیرها، اتصالات و سایر اجزا در برابر افزایش فشار محافظت می نماید. علاوه بر حفاظت از اجزا حداکثر نیروی سیلندرها و گشتاور هیدروموتورها را محدود می کند. محدود کننده‌ی فشار یک شیر نرمال بسته می باشد که با رسیدن فشار به میزان معینی باز شده و روغن را به مخزن تخلیه می کند.



محدود کننده‌ی فشار در دو نوع تحریک مستقیم و غیر مستقیم (پیلوتی) ساخته می‌شود. نوع پیلوتی جریان بیشتری نسبت به نوع تحریک مستقیم از خود عبور می دهد.

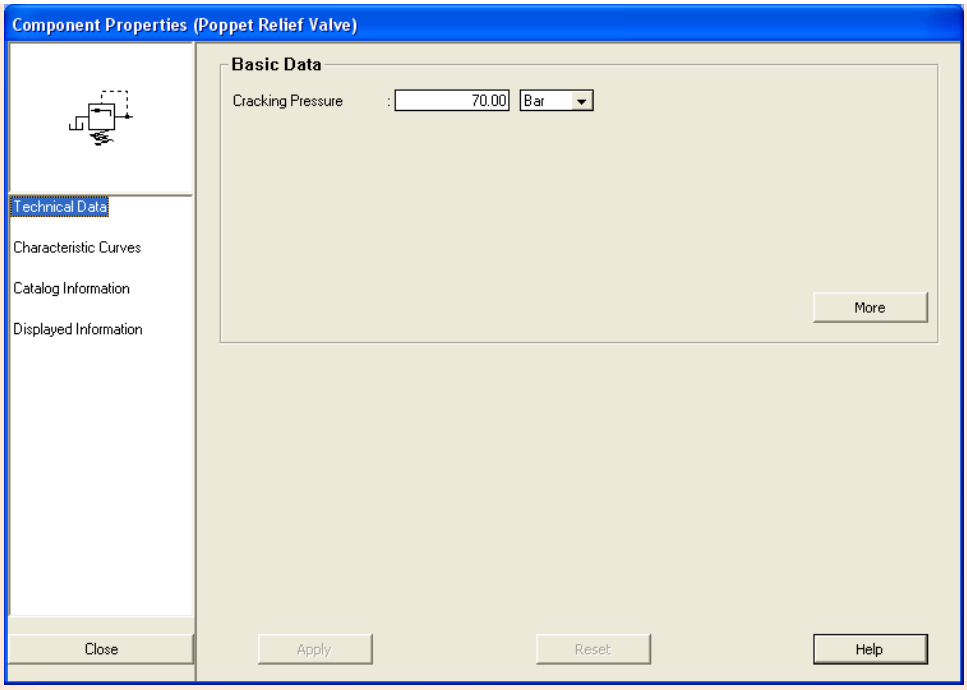
ترجمه کنید

The pressure at which a valve first begins to pass flow is the cracking pressure of a valve. The pressure at which a valve passes its full-rated capacity is the full-flow pressure of a valve. Because of spring rate, a full-flow pressure is higher than a cracking pressure.

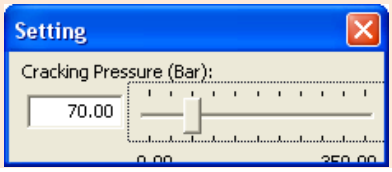


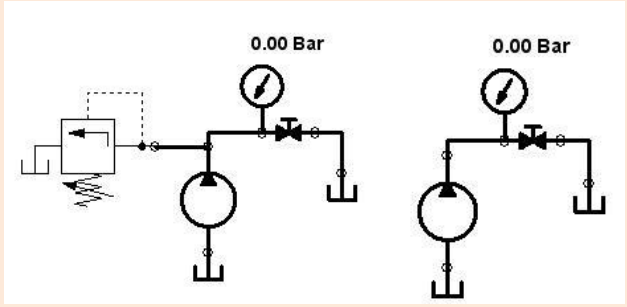
فعالیت

نرم افزار Automation studio را اجرا کنید. مانند آنچه در فیلم آموزشی ملاحظه کردید، کتابخانه‌ی نرم افزار را بارگذاری کرده و مدارهایی مطابق شکل ترسیم کنید. با ورود به محیط شبیه سازی شیر دو راهه را تحریک کنید (با نشانگر موس روی نماد شیر رفته کلیک کنید). عددی که فشارسنج نشان می دهد را یادداشت کنید. اعداد بدست آمده از دو مدار را با هم مقایسه کنید چه نتیجه‌ای می گیرید؟ برای تنظیم شیر محدود کننده‌ی فشار (فشارشکن)، دو بار روی نماد شیر کلیک کنید. پنجره‌ای مطابق شکل باز می شود. در شاخه‌ی Technical Data و در قسمت Cracking Pressure فشار مورد نظر را وارد کنید.



راه دیگر تنظیم محدود کننده‌ی فشار دو بار کلیک روی نماد شیر در محیط شبیه سازی و تنظیم فشار می باشد. مطابق شکل زیر.





فعالیت کارگاهی

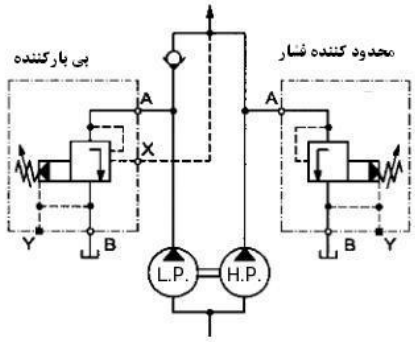
مدارهای مربوط به فعالیت فوق را روی تابلوی آموزشی بسته و آنها را راه اندازی کنید. نتایج بدست آمده را با نتایج نرم افزار مقایسه کنید.

نکات ایمنی

- ✓ مراقب باشید در حین کار روغن در کف کارگاه نریزد. در اینصورت اقدام به خشک کردن نمایید تا از سر خوردن جلوگیری شود.
- ✓ از نصب کامل و صحیح اتصالات اطمینان حاصل کنید.
- ✓ قبل از راه اندازی مدار توسط هنرآموز کنترل شود.

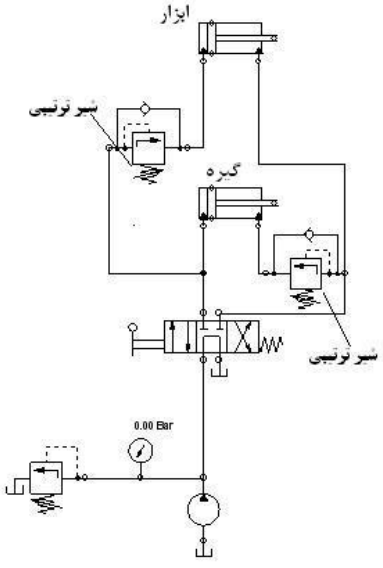
شیر بی بار کننده (Unloading valve)

شیر بی بار کننده در مواقعی که نیاز به خروجی پمپ نمی باشد، جریان ارسالی از سوی پمپ را در فشار پایین به مخزن تخلیه می‌کند. این عمل باعث می شود تا از اتلاف توان و ایجاد حرارت جلوگیری شود. در صورتی که از شیر بی بار کننده استفاده نشود، روغن در فشار بالا از طریق شیر محدودکننده‌ی فشار تخلیه می شود که باعث اتلاف توان و تولید حرارت در سیستم می گردد. از شیر بی بارکننده در مدارهای Hi-Low (دبی زیاد- فشارکم، دبی کم- فشار بالا) استفاده می گردد. این مدارها اغلب در پرسها مورد استفاده قرار می گیرد. بدین صورت که در بخشی از کورس نیاز به سرعت زیاد در نتیجه دبی زیاد می باشد. درنتیجه هر دو پمپ (پمپ با دبی زیاد و فشار کاری پایین و پمپ با دبی کم و فشار کاری بالا) در مدار هستند. هنگامیکه شکل دهی قطعه آغاز می‌گردد، سرعت کم و فشار بالا مورد نیاز می‌باشد. بنابراین خروجی پمپ با دبی بالا توسط شیر بی بارکننده به مخزن تخلیه می‌شود.



شیر ترتیبی

طراحی شیرهای ترتیبی مشابه محدود کننده‌ی فشار می باشد. در عمل یک شیر محدود کننده‌ی فشار را می‌توان به عنوان شیر ترتیبی مورد استفاده قرار داد. نمونه‌ای از کاربرد این شیر را در شکل مشاهده می کنید. ابتدا گیره قطعه را گرفته، سپس سوراخکاری انجام می شود. هنگام برگشت ابتدا باید ابزار از قطعه دور شود و بعد از آن گیره قطعه را آزاد کند.

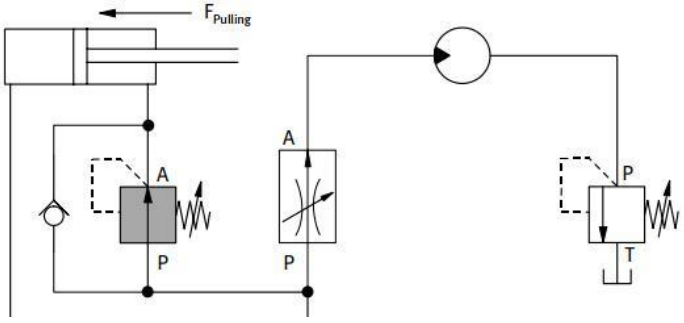


فعالیت کارگاهی

مطابق شکل مدار مربوط به سوراخکاری (حرکت ترتیبی) را بسته و به کمک هنرآموز خود آن را راه اندازی نمایید.

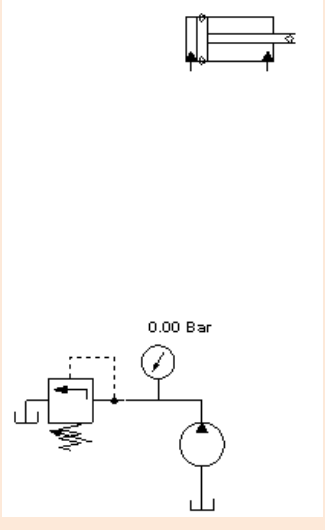
شیر کاهنده‌ی فشار

کاهنده‌ی فشار یک شیر نرمال باز می باشد که از دهانه‌ی خروجی فرمان میگیرد. با افزایش فشار دهانه‌ی خروجی از مقدار تنظیم شده توسط فنر، شیر بسته شده و اجازه‌ی عبور جریان را نمی‌دهد. کاهنده‌ی فشار، فشار دهانه‌ی ورودی را کاهش داده و مقدار آن را ثابت نگه می‌دارد. به عنوان مثال در مدار زیر هیدروموتور در یک فشار کاری (فشار اصلی سیستم که توسط محدود کننده‌ی فشار تنظیم شده) و سیلندر در فشار کاری پایینتری کار می کنند. از یک شیر کاهنده‌ی فشار به منظور کاهش فشار اصلی سیستم برای استفاده‌ی سیلندر استفاده گردیده است.



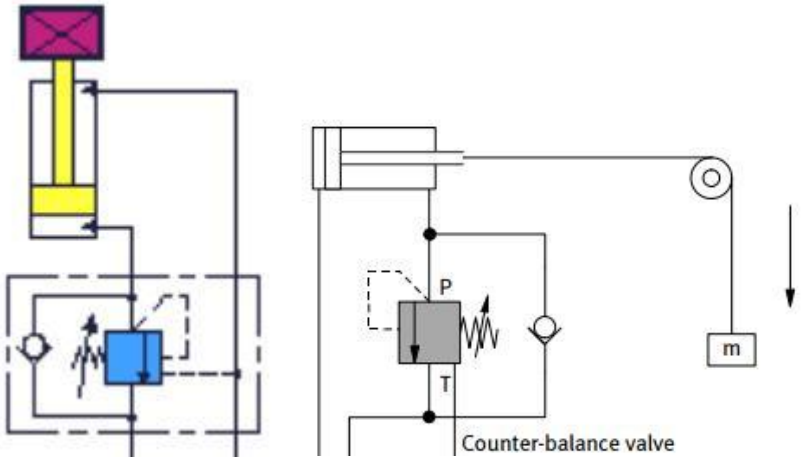
فعالیت کارگاهی

یک گیره‌ی هیدرولیک برای ثابت نگه داشتن قطعه کار به منظور انجام عمل سوراخکاری مورد استفاد قرار می گیرد. با توجه به متفاوت بودن جنس قطعات نیاز است که نیروی گیره قابل تنظیم باشد.مدار را کامل کرده و روی میز کار خود نصب و راه اندازی نمایید.



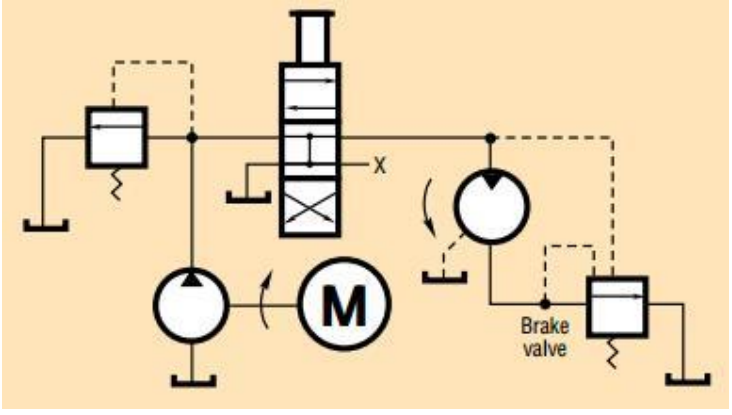
شیر متعادل کننده

شیر متعادل کننده برای جلوگیری از سقوط تحت بار سیلندری که به صورت عمودی نصب شده، استفاده می شود. بار تمایل به کشیدن دسته پیستون به سمت پایین را دارد. در صورتی که مانع کشش دسته پیستون توسط وزنه نشویم، سیلندر با سرعت زیاد به پایین حرکت کرده و اصطلاحا "می افتد". شیر متعادل کننده جز شیرهای کنترل فشار نرمال بسته می باشد که با رسیدن فشار به حد تنظیمی باز شده و جریان را از خود عبور می‌دهد. شیر متعادل کننده در پایین دست سیلندر نصب شده و ایجاد فشار در خروجی سیلندر، اثر وزن روی سیلندر را خنثی می‌نماید.



شیر ترمزی

در واقع همان شیر متعادل کننده می باشد که برای کنترل هیدروموتورها به کار گرفته می شوند و در این نوع کاربرد نام شیر ترمزی به آنها داده می شود. هنگامیکه شیر کنترل جهت به وضعیت وسط تغییر موضع می دهد، هیدروموتور در اثر اینرسی بار دوران خواهدکرد. در این حالت هیدروموتور مانند پمپ عمل می کند. در حالیکه شیر بسته شده و روغنی در ورودی پمپ وجود ندارد. شیر ترمزی با بسته شدن شیر کنترل جهت وافت فشار در ورودی هیدروموتور بسته شده و اجازه‌ی دوران به هیدروموتور نمی‌دهد.

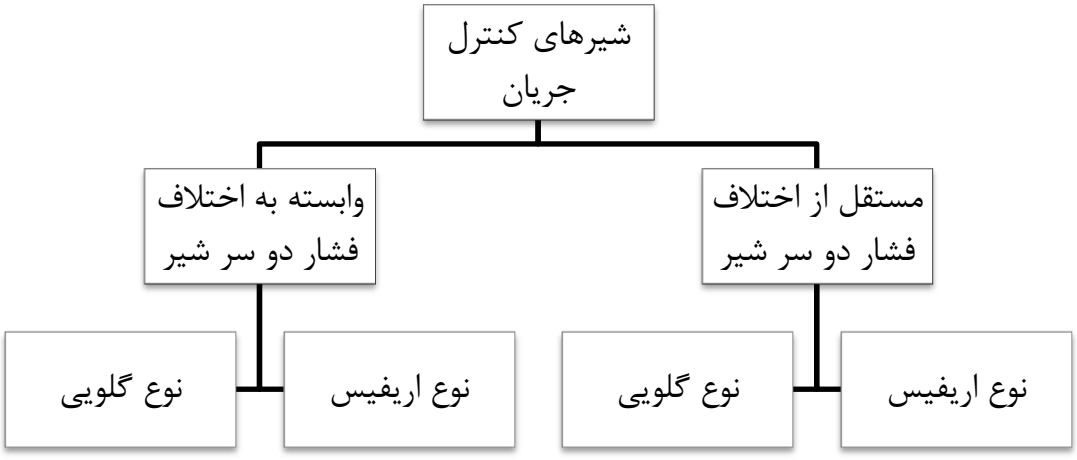


شیرهای کنترل جریان

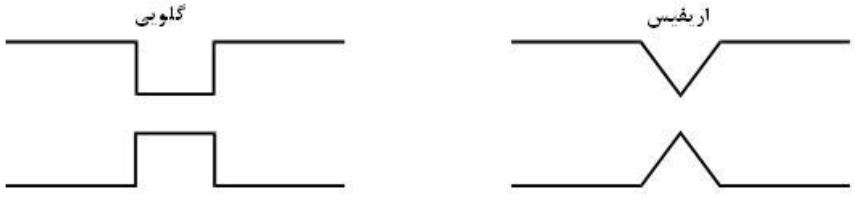
در عملگرهای خطی نیرو و سرعت و در عملگرهای دورانی گشتاور و سرعت دوران (دور بر در دقیقه)، دو فاکتور مهمی هستند که باید کنترل شوند. نیرو و گشتاور با تنظیم فشار کنترل می شوند. طبق رابطه‌ی $V=Q/A$ سرعت تابعی از سطح مقطع و نرخ جریان می باشد. از آنجاکه سطح مقطع در عملگرها یک بار انتخاب و ساخته می شود و قابل تغییر نیست بنابراین سرعت عملگر تابعی از نرخ جریان خواهد بود. سرعت عملگرها اعم از خطی و دورانی توسط شیرهای کنترل جریان، کنترل می شوند. در واقع شیرهای کنترل جریان به منظور کاهش سرعت سیلندرها و هیدروموتورها مورد استفاده قرار می گیرند.

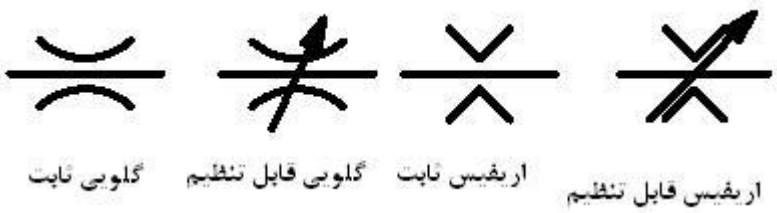
بحث کنید

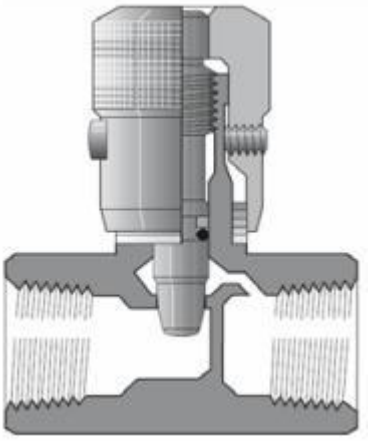
آیا با استفاده از شیرهای کنترل جریان می توان سرعت عملگرها را افزایش داد؟



گلویی و اریفیس مقاومتی در برابر عبور جریان هستند. تفاوت این دو در شکل هندسی مقاومت می باشد. در مواردی که بخواهیم کنترل سرعت مستقل از تغییرات دما باشد از شیرهای نوع اریفیس استفاده می نماییم.





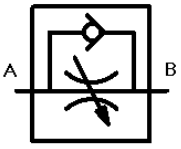


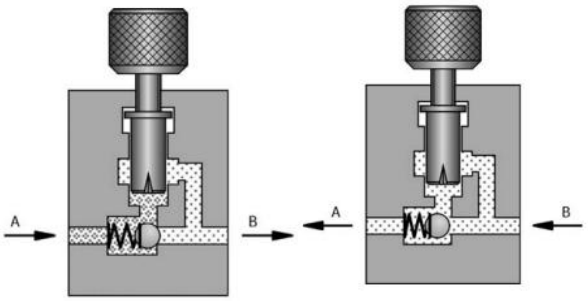
گلویی قابل تنظیم

در هر دو نوع شیرهای کنترل کننده‌ی جریان، جریان عبوری از شیر وابسته به اختلاف فشار دو سر شیر (افت فشار داخل شیر) می باشد. شیرهای تنظیم جریان مستقل از اختلاف فشار دو سر شیر میزان دبی عبوری از شیر را ثابت نگه می دارند. در بسیاری از موارد ثابت بودن جریان مد نظر نیست. مثلا تغییر سرعت عملگر در اثر تغییر بار روی آن مهم نباشد حتی مطلوب باشد. در اینگونه موارد می‌توان از شیرهای کنترل جریان استفاده کرد. شیرهای کنترل جریان مستقل از فشار هزینه‌ی بالاتری دارند و به آنها شیرهای کنترل جریان با جبران کننده‌ی فشار گفته می شود.

شیر کنترل جریان یک‌جهته

این شیر ترکیب دو شیر کنترل جریان (گلویی یا اریفیس) و یک شیر یکطرفه می باشد. جریان در مسیری که شیر یکطرفه بسته است قابل کنترل بوده و در مسیر مخالف از شیر یکطرفه عبور کرده وقابل تنظیم نمی باشد.

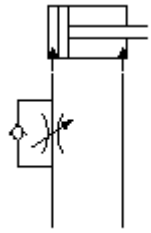




محل قرارگیری شیرهای کنترل جریان در مدار

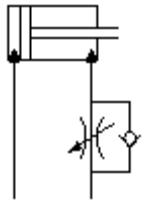
کنترل جریان ورودی

در این روش، شیر کنترل جریان به دهانه‌ی ورودی سیلندر نصب شده و جریان ورودی به سیلندر را کنترل می نماید. این روش کنترل در صورتی که بار با حرکت عملگر مخالفت کند (بار فشاری) مناسب خواهد بود.



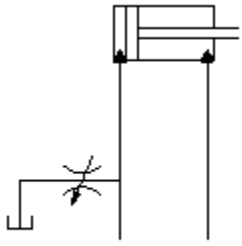
کنترل جریان خروجی

در این روش شیر کنترل جریان به دهانه‌ی خروجی سیلندر متصل شده و جریان خروجی از سیلندر که به طرف مخزن می‌رود را کنترل می نماید. در صورتی که بار موافق با جهت حرکت عملگر باشد، این روش بهترین عملکرد را خواهد داشت. البته اگر بار مخالف جهت حرکت عملگر باشد نیز این روش قابل استفاده است.



کنترل موازی

در این روش شیر کنترل جریان به موازات عملگر بسته شده و بخشی از جریان که مورد استفاده‌ی عملگر نمی باشد را به مخزن تخلیه می کند. این روش به اندازه‌ی دو روش دیگر کاربرد ندارد. همانند کنترل جریان ورودی در صورتی که بار موافق با جهت حرکت عملگر باشد امکان کنترل سرعت وجود ندارد.

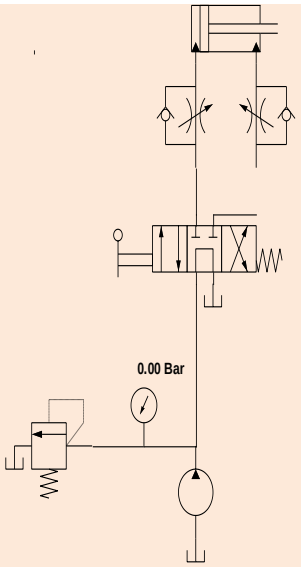


ترجمه کنید

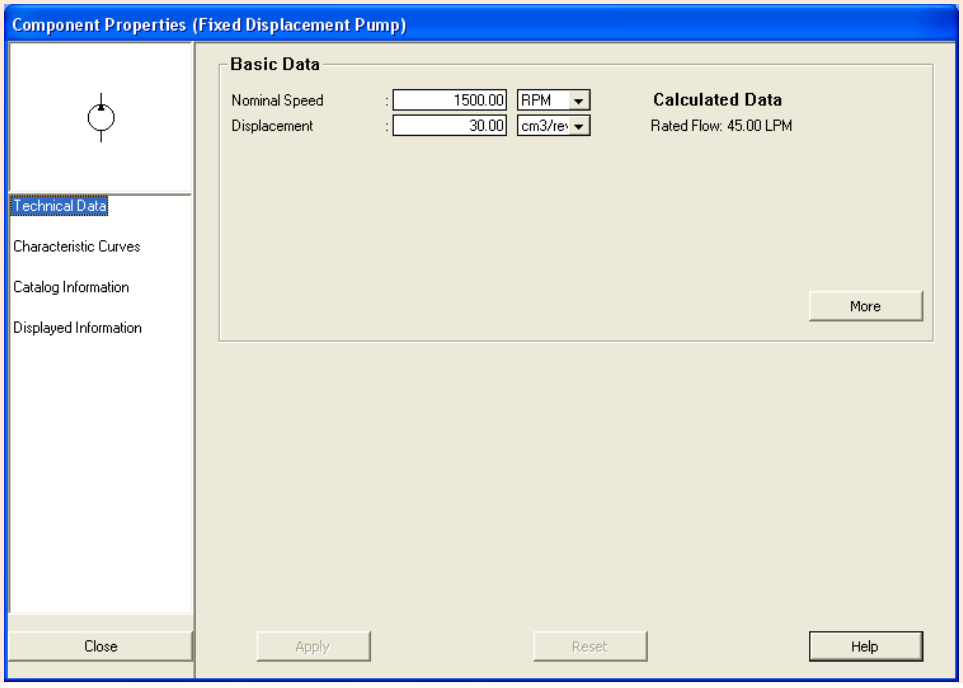
A flow equalizer (flow divider) is used in some hydraulic systems to synchronize the operation of two actuating units. An equalizer divides a single stream of fluid from a directional-control valve into two equal streams. Each actuating unit receives the same flow rate; both move in unison.

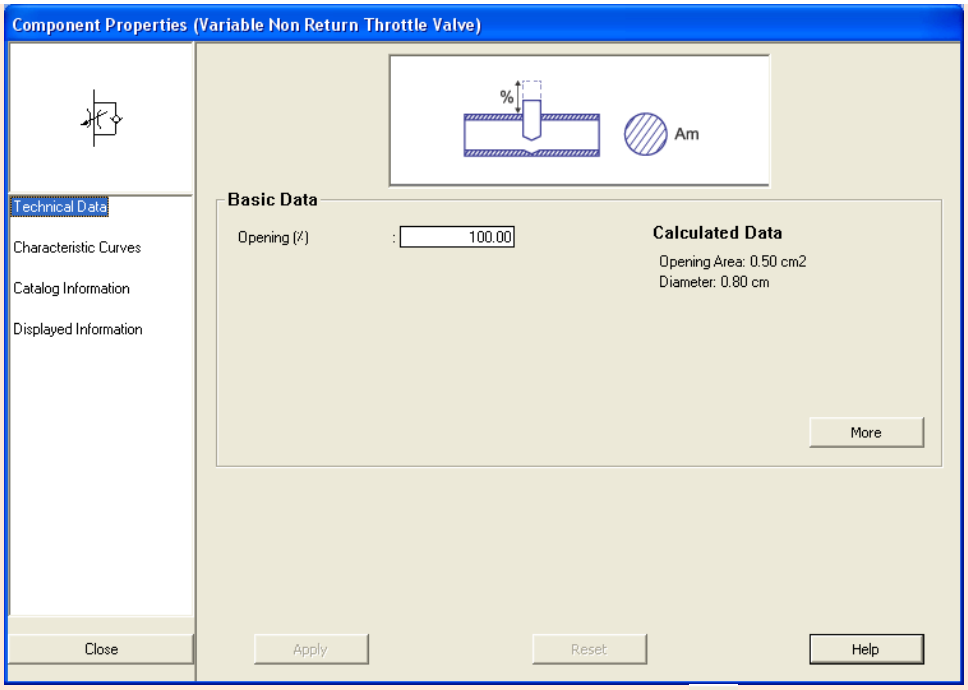
فعالیت

مدار زیر را در نرم افزار Automation studio ترسیم کنید.

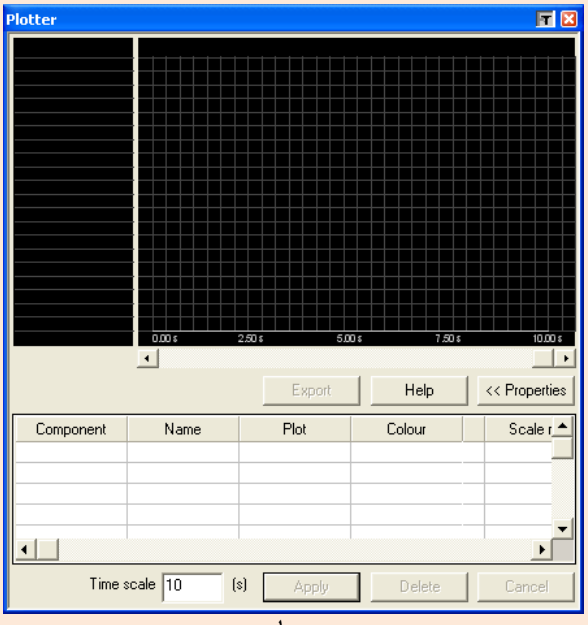


با دو بار کلیک روی پمپ پنجره‌ی مقابل باز می شود. در شاخه‌ی Technical Data سرعت دورانی را ۱۵۰۰rpm و جابجایی پمپ را ۳۰cm^3/rev وارد می کنیم. سپس با دوبار کلیک روی شیرهای کنترل جریان درصد باز بودن شیر را ۱۰۰٪ وارد می کنیم.

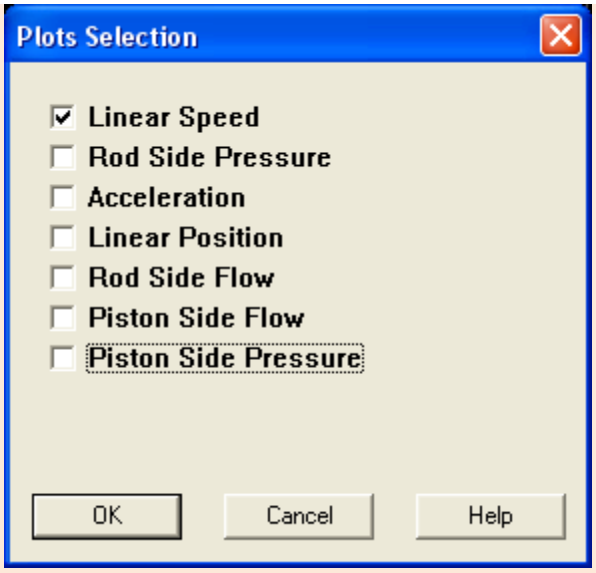




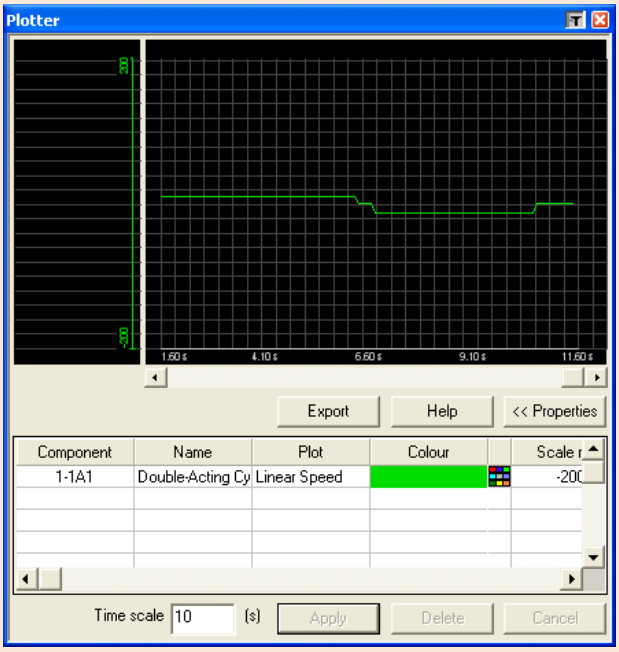
با کلیک روی آیکون رسام پنجره‌ی رسام گشوده می شود. سیلندر را روی پنجره‌ی رسام درگ (سیلندر را با ماوس کشیده و روی رسام بیندازید) کنید. پنجره‌ی Plot Selection باز خواهد شد. موارد نمایش داده شده در این پنجره بسته به موضوع انتخابی متفاوت خواهد بود. در پنجره‌ی مربوطه گزینه‌ی Linear Speed را انتخاب کرده و OK کنید.



رسام



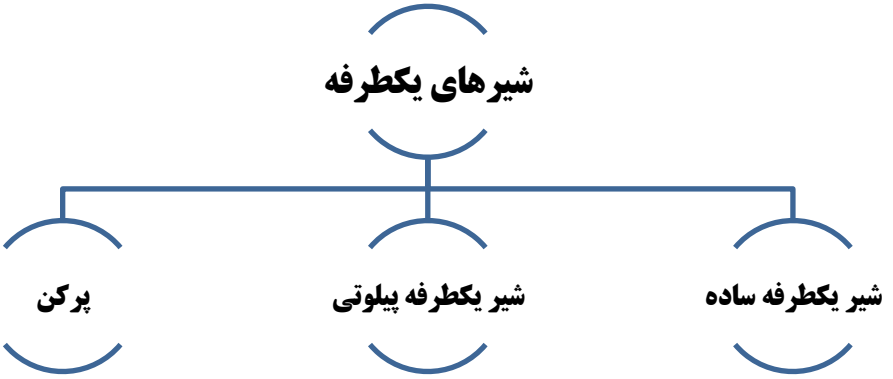
پس از انجام شبیه سازی در رسام روی Export کلیک کنید. مسیر ذخیره سازی را انتخاب کرده و فایل گزارش را ذخیره نمایید.



این بار درصد باز شدن شیر کنترل جریان خط رفت را ۱۰٪ و خط برگشت را ۶۰٪ تنظیم کنید. دقت کنید که شیر محدود کننده‌ی فشار روی ۸۰bar تنظیم شده باشد. یک بار دیگر شبیه سازی را انجام داده و مثل قبل فایل خروجی را ذخیره کنید. با باز کردن فایل‌های ذخیره شده، اعداد بدست آمده برای سرعت رفت و برگشت را در حالت اول مقایسه کنید. اعداد بدست آمده در حالت اول و حالت دوم را نیز مقایسه کنید. چه نتایجی می گیرید؟ روی نتایج بدست آمده بحث کنید.

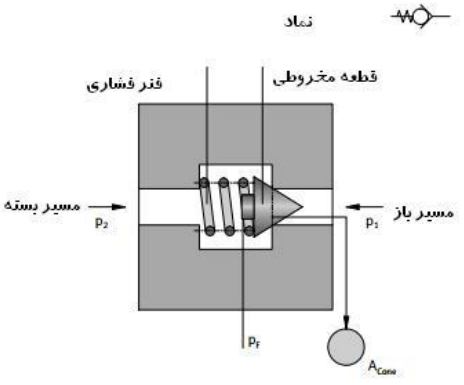
شیرهای یکطرفه

شیرهای یکطرفه همانطور که از نامشان پیداست، در یک جهت اجازه‌ی عبور جریان را می دهند. به این معنی که در یک جهت سیال می تواند از شیر عبور کند و در جهت دیگر مسیر عبور مسدود است.



شیر یکطرفه‌ی ساده

دسته از شیرهای یکطرفه در یک جهت همواره بسته بوده و در جهت دیگر اجازه‌ی عبور جریان را می‌دهند. هنگامیکه جریان از سمت مسیر باز وارد شیر شود، فشار وارده بر قطعه‌ی مخروطی موجب فشرده شدن فنر و باز شدن مسیر و عبور جریان می گردد. در مسیر مخالف فشار سیال، قطعه‌ی مخروطی را به تکیه گاه می‌فشارد. بنابراین در مسیر مخالف مسیر هیچگاه باز نخواهد شد. به جای قطعه‌ی مخروطی از قطعه‌ی ساچمه‌ای و مخروط ناقص نیز می توان استفاده کرد.



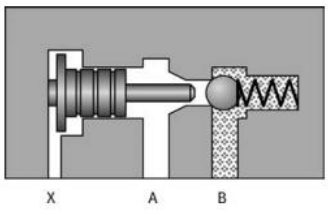
برخی از شیرهای یکطرفه‌ی ساده از فنر در پشت مخروط یا ساچمه استفاده نمی کنند. به این نوع شیرها، شیرهای یکطرفه‌ی بدون پیش بار گفته می شود.

کاربرد شیرهای یکطرفه در پمپ دستی

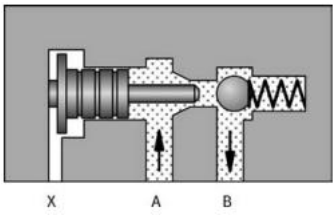
در شکل یک پمپ با محرک دستی نشان داده شده است.

شیر یکطرفه‌ی پیلوتی

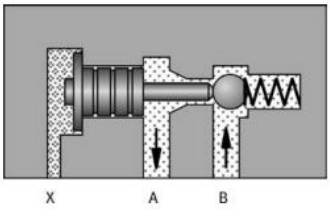
تفاوت این نوع شیر یکطرفه با نوع ساده در اینست که مسیر مسدود توسط سیگنال (فشار پیلوت) باز می شود.



مسیر B به A مسدود



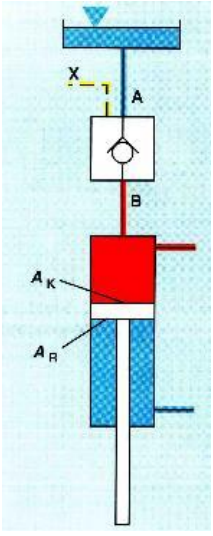
مسیر A به B باز



مسیر B به A توسط فشار در دهانه‌یX باز

پرکن (Pre-fill valve)

پرکن، شیر یکطرفه‌ی پیلوتی بزرگ می باشد. از این شیرها به منظور پرکردن سیلندرهای بزرگ هنگام حرکت سریع (به عنوان مثال در پرس‌ها استفاده می شود).

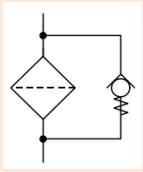
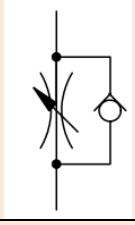
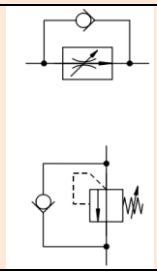
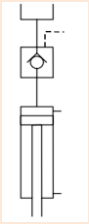
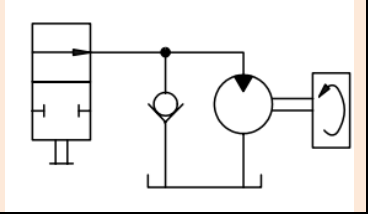
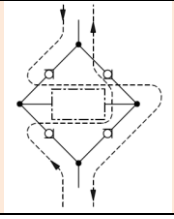


کاربرد پرکن

پژوهش کنید

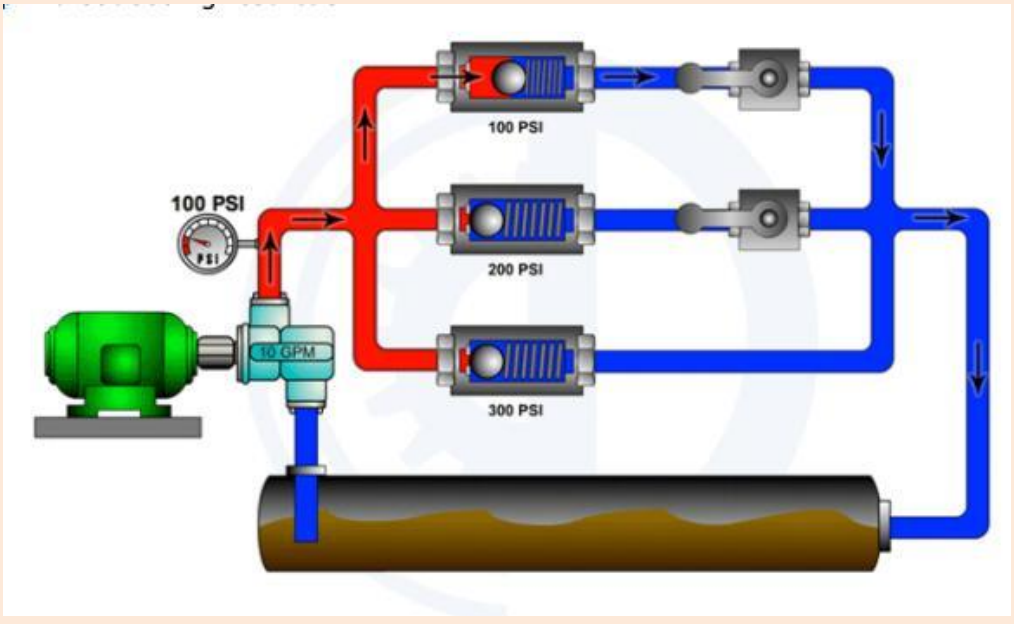
در مورد نحوه‌ی عملکرد پمپهای دستی و کاربرد شیر یکطرفه در آن تحقیق کنید.

کاربردهای شیر یکطرفه

شکل	کاربرد	شکل	کاربرد
	مسیر کنار گذر هنگام انسداد فیلتر		یکجهته نمودن کنترل جریان در شیر کنترل جریان
	مسیر کنار گذر در شیرهای کنترل جریان مستقل از فشار و شیرهای ترتیبی، ترمزی و متعادل کننده		به عنوان پرکن سیلندرهای بزرگ
	تامین روغن هیدروموتور متصل به جسم دوار هنگام بسته شدن شیر		یکسو کننده‌ی جریان

بحث کنید

سه شیر یکطرفه‌ی موازی داریم که از یک پمپ تغذیه می شود. به نظر شما جریان از کدامیک عبور خواهد کرد؟ با توجه به شکل توضیح دهید.



نکات ایمنی

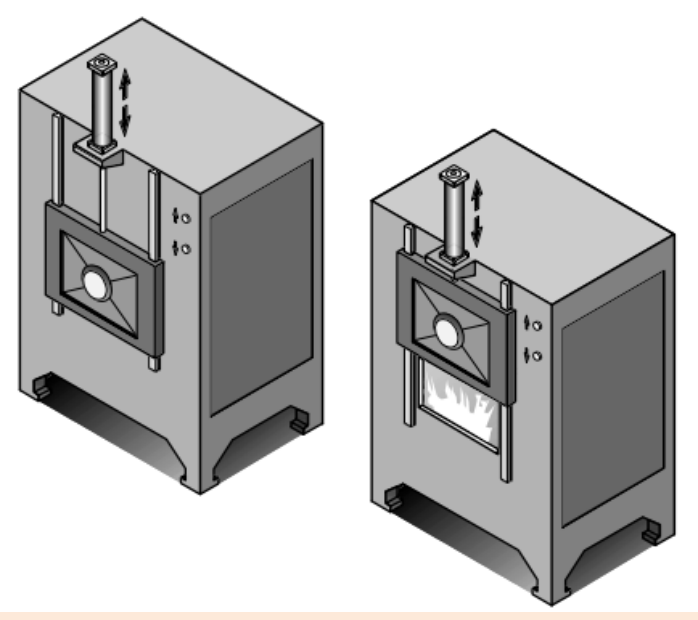
- ✓ پیش از ترک ماشین، بار را روی زمین بگذارید و سیستم را از حالت تحت فشار خارج کنید.
- ✓ هرگز هنگام روشن بودن موتور، اقدام به تعمیر نکنید.
- ✓ قبل از باز کردن خطوط سیستم را از حالت تحت فشار خارج کنید.
- ✓ هنگام تعمیر و نگهداری، سیلندرها را قفل کنید.
- ✓ برای جلوگیری از پاشش روغن از بستن تمامی اتصالات اطمینان حاصل کنید.
- ✓ هنگام شستشوی قطعات از محلولهای غیرفرار استفاده کنید.
- ✓ برای پیدا کردن نشتی در سیستمهای هیدرولیک به هیچ وجه از دست استفاده نکنید. حتما دستکش و عینک مناسب داشته باشید و از یک تکه چوب یا شیشه برای پیدا کردن محل نشتی استفاده کنید.
- ✓ صدمات ناشی از سیستمهای هیدرولیک عبارتند از:
- ✓ سوختن ناشی از روغن داغ
- ✓ نفوذ روغن تحت فشار به زیر پوست
- ✓ آتش سوزی
- ✓ کوفتگی، بریدن یا خراش ناشی از خرابی سیستمهای هیدرولیک
- ✓ مصدومیت ناشی از حرکات ناخواسته تجهیزات هیدرولیک
- ✓ مصدومیت ناشی از آزاد شدن ناگهانی روغن تحت فشار
- ✓ سر خوردن در نتیجه‌ی روغنی بودن سطح
- ✓ شوک الکتریکی ناشی از الکتروموتورها و سولنوئیدهای AC

آیا می‌دانید

حوادث و اتفاقات بی‌شماری در طی زمان در جریان هستند که هر قدر هم محتاط باشیم و دقت کنیم شاید روزی گرفتار حادثه و یا پیشامدی ناگوار شویم. وقتی حادثه‌ای از راه می‌رسد، کسانی که از قبل وقوع حادثه را پیش‌بینی کرده و راهی برای مقابله با آن پیدا کرده‌اند، کمترین آسیب را می‌بینند و سایرین در گرداب عوارض حادثه گرفتار می‌شوند. سازمان‌های بیمه‌گر، حمایت از خانواده‌ها و بیمه‌شدگان را در برابر انواع حوادث تقبل کرده و از بار مشکلات آنان به هنگام بروز حادثه می‌کاهند.بیمه‌شدگان تحت پوشش سازمان تأمین‌اجتماعی در مقابل عوارض و آسیب‌های جسمی و روحی ناشی از حوادث از حمایت این سازمان برخوردار می‌شوند.

برای باز و بسته کردن درب کوره، مطابق شکل از یک سیلندر دوکاره استفاده شده است. بسته شدن درب کوره باید به آهستگی و باسرعت قابل تنظیم صورت گیرد. در صورت نیاز باید بتوان درب را نیمه باز نگه داشت. مدار مربوطه را با توجه به ملاحظات اشاره شده و ایمنی به لحاظ کنترل حداکثر فشار طراحی نمایید. سپس مدار را بسته و آزمایش کنید.

توجه: وزن درب هنگام بسته شدن موجب کشیدن سیلندر به طرف پایین و افزایش سرعت می شود.



شرح کار:

ترسیم، نصب و راه اندازی مدار باز و بسته کردن درب کوره و شبیه سازی مدار با نرم افزار Automation sudio.

استاندارد عملکرد:

ترسیم مدار طبق نمادهای استاندارد. شبیه سازی توسط نرم افزارAutomation studio و نصب و راه اندازی مدار.

شاخص‌ها:

ترسیم مدار صحیح به لحاظ مداری و نماد اجزای هیدرولیک- شبیه سازی مدار توسط نرم افزار و اطمینان از صحت ترسیم- نصب و راه اندازی مدار

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: ۱- در سایت نقشه‌کشی؛ ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس؛ ۳– تهویه استاندارد و دمای ۳۰ ° ±۲۰°c؛ ۴- ابزارآلات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار؛ ۵- وسایل ایمنی استاندارد رایانه؛ ۶- زمان ۲۴۰ دقیقه.

ابزار و تجهیزات: رایانه- نرم افزار Automation studio- مجموعه‌ی آموزشی هیدرولیک

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	ترسیم مدار	۱	
۲	شبیه سازی مدار	۱	
۳	انتخاب اجزای سیستم هیدرولیک	۲	
۴	نصب و راه اندازی سیستم هیدرولیک درب کوره	۳	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱– رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- رعایت دقت و نظم ۳- نظافت تجهیزات پس از اتمام کار ۴- رعایت نکات ایمنی ۵- استفاده از لباس کار و دستکش مناسب	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.

واحد یادگیری ۲
راه اندازی و تعمیر سیستم‌های هیدرولیک

آیا می‌دانید

- فیلتر و فیلتراسیون چیست؟
- پاورپک (یونیت یا پاوریونیت) هیدرولیک چیست؟
- انتخاب عملگرها، پمپ، الکتروموتور و... برای یک سیستم هیدرولیک چگونه است ؟
- اصول عیب یابی و تعمیر سیستم‌های هیدرولیک چیست؟

هدف از این شایستگی عبارتند از:

۱- آشنایی با فیلتر، استانداردها و روشهای فیلتراسیون
۲- آشنایی با یونیت هیدرولیک
۳- توانایی شناخت روشهای نصب تجهیزات روی مخزن
۴- توانایی محاسبه اندازه‌ی اجزای یک سیستم هیدرولیک
۵- شناخت اصول عیب یابی و تعمیر در سیستم‌های هیدرولیک
۶- توانایی شبیه سازی و عیب یابی به کمک نرم افزار Automation Studio

استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد یادگیری هنرجویان قادر به انجام کلیه‌ی فعالیتهای مربوط به انتخاب و راه اندازی یک سیستم هیدرولیک و نیز عیب یابی آن می‌باشند.

از آنجاکه روغن به عنوان ماده‌ی کاری در سرتاسر سیستم‌های هیدرولیک گردش می‌کند، آلودگی آن می‌تواند باعث بروز صدماتی برای اجزای مختلف گردد. بنابراین هر سیستم هیدرولیک نیاز به قسمتی به منظور پاکسازی روغن از آلودگی‌ها می‌باشد. عامل خرابی قطعات در اثر سایش در بیش از ۷۵٪ موارد، آلودگی می‌باشد!

منابع آلودگی در سیستم‌های هیدرولیک

- ✓ آلودگی حین ساخت و مونتاژ شامل گرد و غبار، براده، ذرات آب بندها، سرباره‌ی جوش، تکه‌های لاستیکی جدا شده از شلنگ‌ها، رنگ و...
- ✓ آلودگی هنگام اضافه کردن روغن جدید
- ✓ آلودگی حین عملکرد نظیر کنده شدن ذرات کوچک نظیر آب بندهای لاستیکی در اثر سایش
- ✓ ورود آلودگی از خارج از سیستم هیدرولیک از طریق فیلتر هوا، آب‌بندهای معیوب یا قسمتهای دیگر

فعالیت

در زیر، اثرات آلودگی روی سیستم هیدرولیک آمده است آن‌را کامل کنید.

بسته شدن مجراها

سایش قطعات

.....

.....

.....

.....

آیا می‌دانید

روغن هیدرولیک نو لزوما روغن تمیزی نیست. معمولا روغنهای نو برای استفاده در سیستمهای هیدرولیک یا روغنکاری مناسب نیستند و باید قبل از مصرف فیلتر گردند.

پژوهش کنید

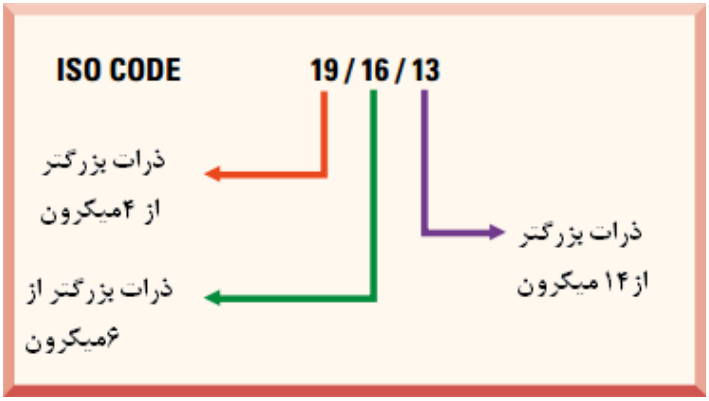
آیا مواد افزودنی به روغنهای هیدرولیک تحت تاثیر فیلتراسیون قرار می گیرند؟ به عبارت دیگر با فیلتر کردن روغن مواد افزودنی به آن نیز جدا می‌گردند؟

ترجمه کنید

The cost due to contamination is staggering, resulting from:
- Loss of production (downtime)
- Component replacement costs
- Frequent fluid replacement
- Costly disposal
- Increased overall maintenance costs
- Increased scrap rate

کد تمیزی روغن

سطح تمیزی روغن بر اساس استاندارد ISO۴۴۰۶ توسط کدی که شامل سه عدد که با ممیز از یکدیگر جدا می‌شوند، نمایش داده می‌شود.



هر یک از سه عدد نشان داده شده در شکل بالا نشانگر محدوده‌ای از تعداد ذرات می باشد. با کمک جدول زیر می‌توان محدوده‌ی تعداد ذرات را پیدا کرد.

شماره محدوده	تعداد ذرات در هر میلی لیتر		شماره محدوده	تعداد ذرات در هر میلی لیتر	
	بیشتر از	کوچکتر مساوی		بیشتر از	کوچکتر مساوی
۲۶	۳۲۰۰۰۰	۶۴۰۰۰۰	۱۵	۱۶۰	۳۲۰
۲۵	۱۶۰۰۰۰	۳۲۰۰۰۰	۱۴	۸۰	۱۶۰
۲۴	۸۰۰۰۰	۱۶۰۰۰۰	۱۳	۴۰	۸۰
۲۳	۴۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	۱۲	۲۰	۴۰
۲۲	۲۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۱۱	۱۰	۲۰
۲۱	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱۰	۵	۱۰
۲۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰۰	۹	۲/۵	۵
۱۹	۲۵۰۰	۵۰۰۰	۸	۱/۳	۲/۵
۱۸	۱۳۰۰	۲۵۰۰	۷	۰/۶۴	۱/۳
۱۷	۶۴۰	۱۳۰۰	۶	۰/۳۲	۰/۶۴
۱۶	۳۲۰	۶۴۰			

فعالیت

جدول زیر را کامل کنید

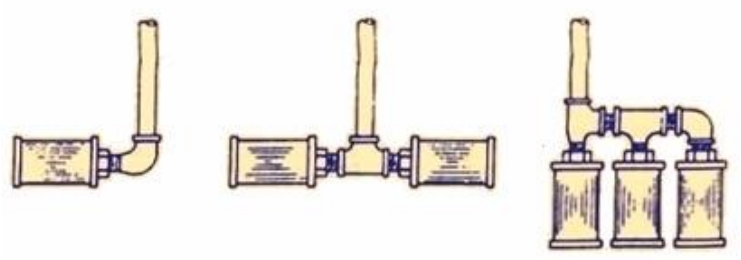
کد تمیزی	تعداد ذرات بزرگتر از ۴میکرون	تعداد ذرات بزرگتر از ۶میکرون	تعداد ذرات بزرگتر از ۱۴میکرون
۱۹/۱۶/۱۳	.....	.....	.....
	۸۲۰	۹۲	۱۶

پژوهش کنید

سطح تمیزی روغن برای اجزای مختلف یک سیستم هیدرولیک اعم از انواع پمپ‌ها، شیرها، عملگرها مطابق با استاندارد ISO۴۴۰۶ کدام است؟

صافی

یک نوع فیلتر بدون بدنه می‌باشد که در خط مکش مورد استفاده قرار می‌گیرد. صافی‌ها درون مخزن و زیر سطح روغن نصب میگردند صافی‌ها ذرات بزرگ را از روغن جدا کرده و نسبت به فیلترها در برابر عبور روغن مقاومت کمتری از خود نشان می‌دهند.



روشهای نصب صافی در ورودی پمپ مطابق با اشکال روبرو می‌باشد.

فیلتر

فیلتر وسیله‌ای است که قادر به جداسازی ذرات ریز نامحلول در روغن می‌باشد. فیلترها بسیار ظریفتر از صافی‌ها عمل می‌کنند. ساختمان فیلتر پیچیده تر از صافی بوده و افت فشار بیستری ایجاد می‌کند.

ترجمه کنید

Mechanical filters contain closely woven metal screens or discs. They generally remove only fairly coarse particles. Absorbent inactive filters, such as cotton, wood pulp, yarn, cloth, or resin, remove much smaller particles; some remove water and water-soluble contaminants. Absorbent active materials, such as charcoal and fuller's earth (a claylike material of very fine particles used in the purification of mineral or vegetable-base oils), are not recommended for hydraulic systems.

قدرت جذب فیلترها

قدرت جذب فیلترها با نسبت β مشخص می‌شود. نسبت β عبارت است از نسبت تعداد ذرات بزرگتر از x میکرومتر در ورودی فیلتر به تعداد ذرات بزرگتر از x میکرومتر در خروجی فیلتر.

$$\beta_x = \frac{N_U}{N_D}$$

N_U : تعداد ذرات بزرگتر از x میکرومتر در ورودی فیلتر

N_D : تعداد ذرات بزرگتر از x میکرومتر در خروجی فیلتر

بازده فیلتر

بازده فیلتر از رابطه‌ی روبرو بدست می‌آید.

$$E_\beta = ۱ - \frac{۱}{\beta}$$

پرسش

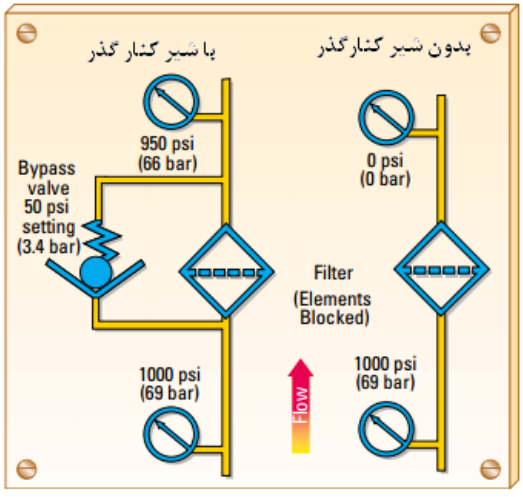
در آزمایشی تعداد ذرات بزرگتر از ۲۰ میکرون در ورودی فیلتر ۲۰۰۰۰ و در خروجی فیلتر ۱۰۰۰ عدد تعیین گردیده است. نسبت بتا و بازده این فیلتر را محاسبه کنید.

پخش فیلم

فیلتراسیون

شیر کنارگذر

شیر کنار گذر یک شیر یکطرفه می‌باشد که در صورت انسداد فیلتر روغن از آن عبور کرده و از آسیب رسیدن به فیلتر در اثر افزایش فشار جلوگیری می‌کند.



نشانگر انسداد فیلتر

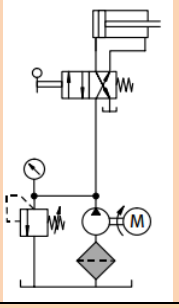
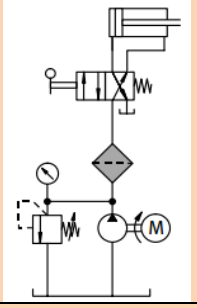
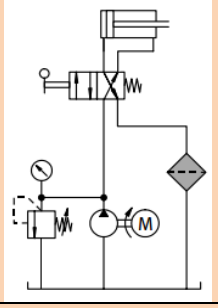
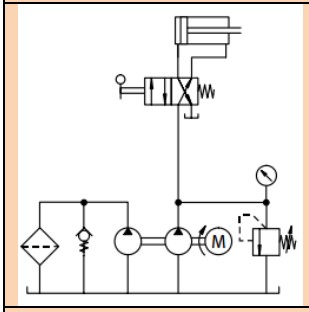
تجهیزات جانبی که برای نشان دادن زمان تعویض فیلتر استفاده می‌شوند را نشانگر انسداد فیلتر گویند. فیلترها پس از گذشت مدت زمانی از کارکردشان از ذرات آلاینده اشباع شده و نیاز به تعویض پیدا می‌کنند.

نشانگر انسداد فیلتر الکتریکی

نشانگر انسداد فیلتر چشمی

محل استقرار فیلتر

جدول زیر محل‌های مختلف استقرار فیلتر و ویژگیهای هر یک را نشان می‌دهد.

	فیلتر خط مکش	فیلتر خط فشار	فیلتر خط برگشت	فیلتر با مدار مجزا
مدار				
مزایا	حفاظت پمپ در برابر آلودگی	اندازه‌ی ظریفتر فیلتر مناسب برای شیرهای حساس به آلودگی	اقتصادی نگهداری و عیب یابی ساده تر	امکان استفاده از فیلتر با اندازه‌ی کوچکتر
معایب	دسترسی سخت تر افزایش احتمال کاویتاسیون با کاهش اندازه‌ی فیلتر	هزینه‌ی بالا	آلودگی‌ها پس از عبور از سیستم فیلتر می-شوند.	ظرفیت فیلتراسیون کمتر
ملاحظات	قابل استفاده برای فیلتر کردن ذرات درشت	نیاز به محفظه‌ی فیلتر مقاوم در برابر فشار و نیز نشانگر انسداد فیلتر دارد.	زیاد مورد استفاده قرار می‌گرد.	تنها بخشی از روغن خروجی فیلتر می‌گردد.

پاورپک هیدرولیک

در صنعت به مجموعه‌ی الکتروموتور، پمپ، مخزن، شیرآلات (کنترل جهت، فشار و جریان) و ادواتی از قبیل نشانگر سطح روغن، فشار سنج و.... که روی مخزن نصب می‌شوند، پاورپک (پاوریونیت یا یونیت) هیدرولیک گفته می-شود. در شکل نمونه‌ای از پاورپک هیدرولیک را مشاهده می‌نمایید.

مخزن هیدرولیک

مخزن هیدرولیک محفظه ای است برای ذخیره ی سیال هیدرولیک و تامین روغن مورد نیاز پمپ. از کارکردهای مخزن می توان به موراد زیر اشاره کرد:

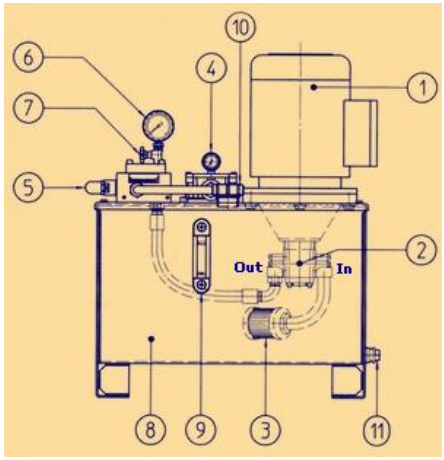
۱- ذخیره ی روغن هیدرولیک
۲- خنک کردن روغن (با تبادل گرمایی با محیط)
۳- ته نشین شدن ذرات فلزی و لاستیکی، آب و لجن
۴- امکان جداشدن حبابهای هوا

نکاتی در ارتباط با اندازه‌ی مخزن

۱- مخزن باید به اندازه ی کافی بزرگ باشد تا بتواند روغن مورد نیاز تمامی سیلندرها و عملگرها را در خود جای داده ونیز جای کافی برای انبشاط روغن موقعی که گرم شده داشته باشد.
۲- مخزن هیدرولیک باید به اندازه ی کافی ارتفاع داشته باشد تا از جریان گردابی در خطوط مکش جلوگیری شود.
۳- مخزن باید به اندازه ی کافی دارای سطوح جانبی باشد تا عمده حرارت تولید شده در سیستم را دفع کند.
۴- در هیدرولیک صنعتی ظرفیت مخزن ۳ الی ۵ برابر ظرفیت پمپ به اضافه ی ۱۰ درصد برای هوا در نظر گرفته می شود.

اجزای پاورپک هیدرولیک

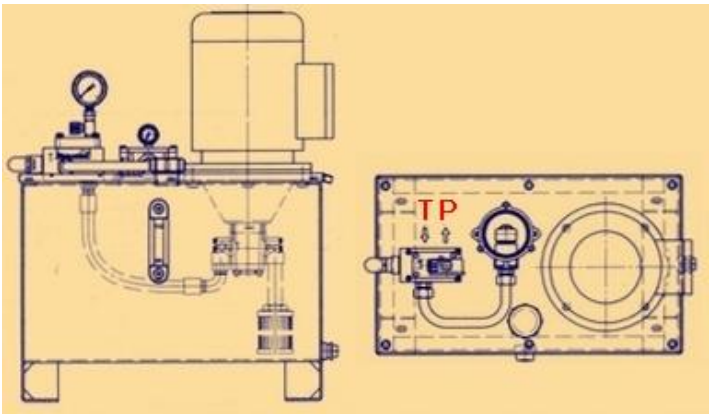
یک یونیت هیدرولیک بسته به طراحی آن برای کاربرد خاص، میتواند دارای اجزای متفاوتی از نظر نوع اجزا و تعداد آنها باشد. لکن تقریبا تمامی یونیت‌ها دارای اجزای مشترکی هستند که در شکل زیر به آنها اشاره شده است.



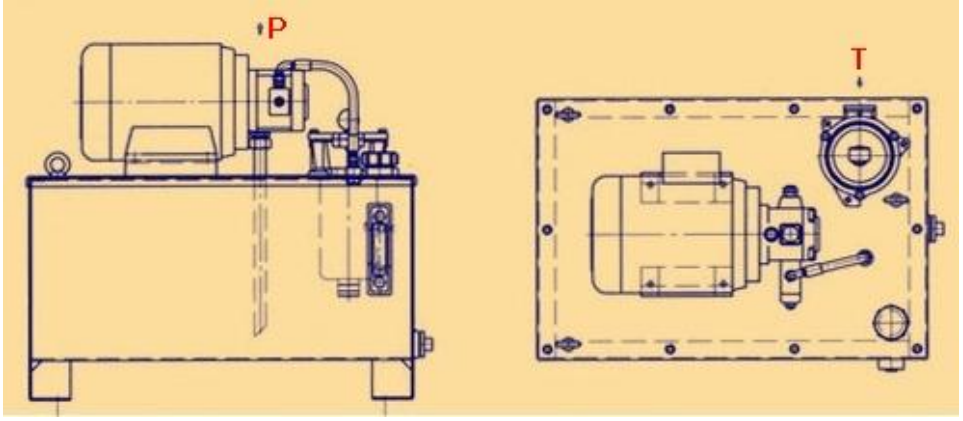
(۱) موتور الکتریکی (۲) پمپ هیدرولیک (۳) صافی (۴) فیلتر خط برگشت (۵) فشار شکن (۶) فشارسنج (۷) شیر ربع گرد (باز و بسته) (۸) مخزن (۹) نشانگر چشمی روغن (۱۰) درب پر کردن روغن (۱۱) دهانه‌ی تخلیه

روشهای نصب پمپ و الکتروموتور روی مخزن

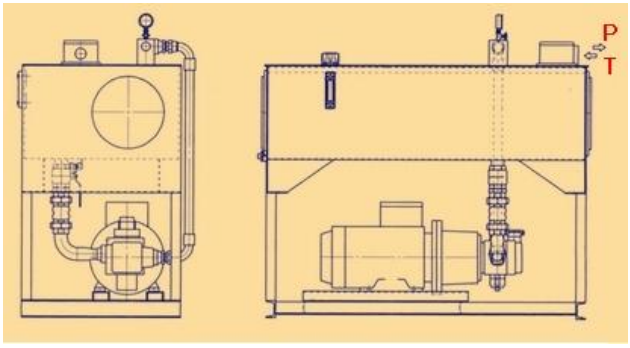
۱) الکتروموتور به صورت عمودی روی مخزن و پمپ داخل مخزن و غوطه‌ور در روغن



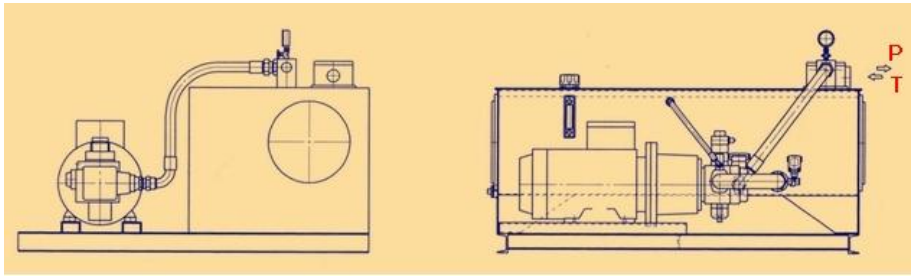
۲) الکتروموتور و پمپ به صورت افقی روی مخزن



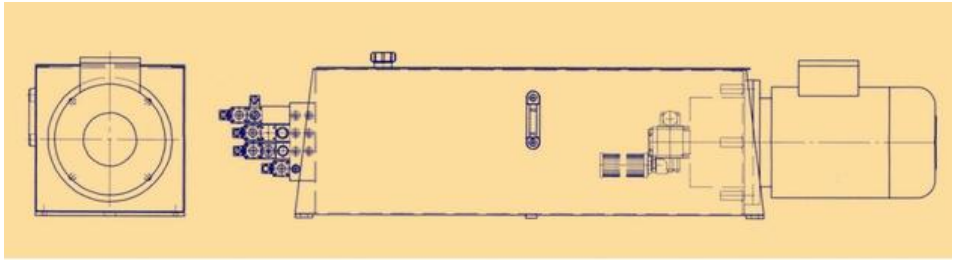
۳) الکتروموتور و پمپ به صورت افقی زیر مخزن



۴) الکتروموتور و پمپ به صورت افقی کنار مخزن



۵) الکتروموتور روی دیواره‌ی مخزن و پمپ غوطه‌ور در داخل روغن



پخش فیلم

پاورپک و اجزای آن

ساخت یک سیستم هیدرولیک

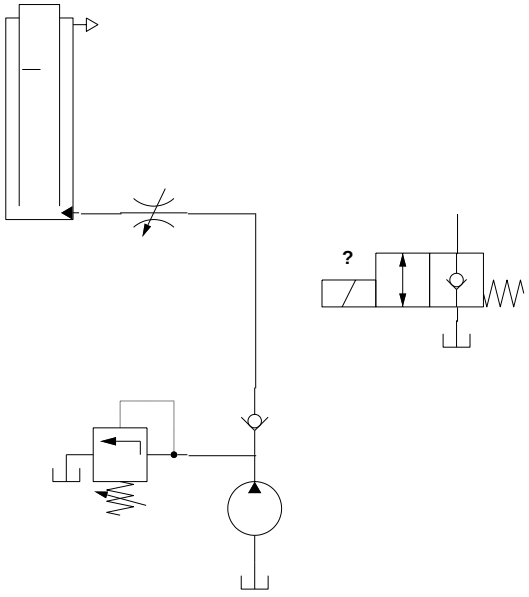
برای ساخت یک سیستم هیدرولیک باید مراحل زیر را به ترتیب طی کنیم:

- ✓ داشتن اطلاعات لازم در مورد سیستمی که قرار است طراحی شود
- ✓ طراحی مدار مناسب
- ✓ محاسبه‌ی اندازه‌ی اجزای هیدرولیک
- ✓ تهیه‌ی نقشه‌های ساخت

مثال میخواهیم یک بالابر با ظرفیت ۲ton و سرعت حرکت ۳cm/s بسازیم.

گام اول: طراحی مدار

مدار مناسب برای بالابر شکل به شرح زیر می‌باشد.



گام دوم: محاسبه‌ی اندازه‌ی سیلندر

برای محاسبه‌ی اندازه‌ی سیلندر نیاز به دانستن فشار کاری می‌باشد. فشار کاری معمول در بالابرها زیر ۱۰۰bar می‌باشد. ما فشار ۴۰bar را انتخاب می‌کنیم. بنابراین داریم:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$۴۰ = \frac{۱۰۰۰ \times ۴}{۳/۱۴ \times D^۲}$$

$$D = \sqrt{\frac{۱۰۰۰ \times ۴}{۴۰ \times ۳/۱۴}} = ۵/۶۴cm$$

جدول زیر قطر معمول برای سیلندر و شفت مورد استفاده در سیلندرهای هیدرولیک را نمایش می‌دهد.با توجه به اینکه عملگر از نوع سیلندر یککاره (یکطرفه) بدون پیستون می‌باشد. قطر ۶۰mm معرف قطر شفت سیلندر می‌باشد. برای قطر داخلی سیلندر میتوانیم عدد ۸۰mm را انتخاب کنیم.

قطر داخلی سیلندر D	۲۵	۳۲	۴۰	۵۰	۶۵	۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۴۰	۱۶۰	۱۸۰	۲۰۰	۲۲۰	۲۵۰	۲۸۰	۳۲۰	۳۶۰
	۴۰۰	۴۵۰	۵۰۰														
قطر دسته پیستون (شفت) d	۱۶	۱۸	۲۲	۲۸	۳۵	۴۵	۵۵	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۵	۱۴۰	۱۶۰	۱۸۰
	۲۰۰	۲۲۰	۲۵۰	۲۸۰	۳۲۰	۳۶۰											

گام سوم: محاسبه‌ی اندازه‌ی پمپ مورد نیاز

برای محاسبه‌ی اندازه‌ی پمپ از سرعت مورد نیاز بالابر استفاده می‌کنیم.

$$Q = A.V$$

$$Q = \frac{۳/۱۴}{۴} \times ۶^{۲} cm^{۲} \times ۳ \times ۶۰ \; {}^{cm}/_{min} = ۵۰۸۶/۸ \; {}^{cm^{۳}}/_{min} = ۵/۰۸۶۸ \; {}^{lit}/_{min}$$

بنابراین پمپی که بتواند ۶lit/min خروجی داشته باشد انتخاب مناسبی به حساب می‌آید.

گام چهارم: انتخاب الکتروموتور مناسب

برای محاسبه‌ی اندازه‌ی الکتروموتور به این نکته توجه می‌کنیم که بازده پمپهای دنده‌ای بین ۸۰ تا ۹۰ درصد می‌باشد.

$$\eta = \frac{\text{توان خروجی پمپ}}{\text{توان محرک پمپ}}$$

$$۰/۸ = \frac{۴۰ \times ۶}{۶۰۰ \times P_E}$$

$$P_E = \frac{۴۰ \times ۶}{۰/۸ \times ۶۰۰} = ۰/۵kw$$

با توجه به این نکته که بازده الکتروموتورها ۱۰۰٪ نیست، یک الکتروموتور با توان ۰/۷۵kw برای این منظور مناسب است. جدول زیر مشخصات مربوط به الکتروموتورها را نمایش می دهد.

توان الکتروموتورها kw			
۰/۲۵	۰/۳۷	۰/۵۵	۰/۷۵
۱/۱	۱/۵	۲/۲	۳
۴	۵/۵	۷/۵	۱۱
۱۵	۱۸/۵	۲۲	۳۰
۳۷	۴۵	۵۵	۷۵
۹۰	۱۱۰	۱۳۲	۱۶۰

ترجمه کنید

Most electric motors are designed to run at ۵۰٪ to ۱۰۰٪ of rated load. Maximum efficiency isusually near ۷۵٪ of rated load. Thus, a ۱۰-horsepower (hp) motor has an acceptable load range of ۵ to ۱۰ hp; peak efficiency is at ۷.۵ hp.

فعالیت

مدار مورد نیاز و نیز اندازه‌ی مناسب اجزا برای سیزر لیفتر (میز هیدرولیک) شکل را طراحی و محاسبه کنید. توجه کنید که نیرویی که هریک از دو سیلندر باید وارد کنند برابر است با ۱۵۰۰kg و از سیلندرهای دوکاره برای این منظور استفاده شده است. فشار کاری را ۶۰bar در نظر بگیرید.

فعالیت کارگاهی

مدار مربوط به سیزر لیفتر فعالیت فوق را روی تابلوی آموزشی در کارگاه بسته و راه اندازی نمایید.

عیب یابی و تعمیر سیستمهای هیدرولیک

اشکالاتی که ممکن است در یک سیستم هیدرولیک وجود داشته باشد به طور کلی به پنج دسته‌ی زیر تقسیم می‌شوند:

۱- عیوب ناشی از اشتباه در طراحی

۲- عیوب ناشی از اشتباه در مونتاژ

۳- عیوب ناشی از اشتباه در راه‌اندازی

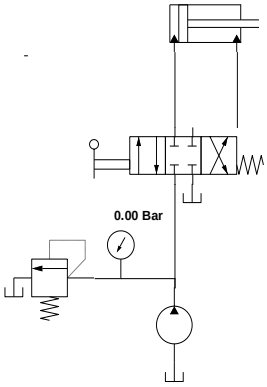
۴- عیوب ناشی از اشتباه در نگهداری

در ادامه هریک از موارد فوق را بررسی خواهیم کرد.

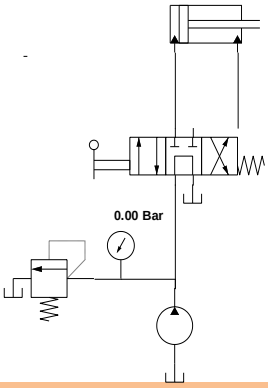
عیوب ناشی از اشتباه در طراحی

اشتباهاتی که در این مرحله می‌تواند رخ دهد عبارتند از طراحی مدار نامناسب، انتخاب اندازه‌ی نامناسب پمپ، سیلندر، الکتروموتور، شیرآلات و عدم دقت به کاتالوگ سازنده‌ی این تجهیزات در مورد بازده، افت فشار، حداکثر فشار کاری و... ، تلفات توان و گرمای تولیدی و... .

مثال در مدار شکل زیر که توسط یک ماشین ساز طراحی شده است، روغن داغ می‌کند. میخواهیم با شبیه سازی آن در نرم‌افزار مشکل را پیدا کرده ورفع نماییم.

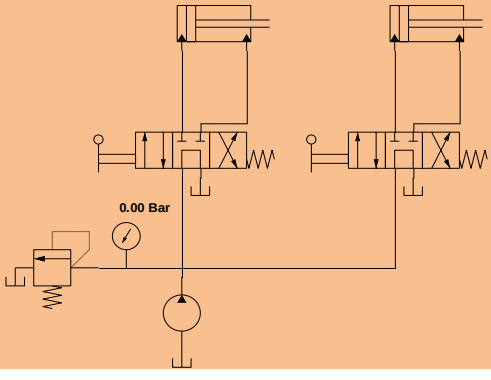


بعد از ترسیم مدار در نرم‌افزار وارد محیط شبیه‌سازی شوید. همانطور که ملاحظه می‌کنید، در وضعیت وسط شیر ۴/۳ فشار مدار بالا رفته و روغن از طریق شیر محدودکننده‌ی فشار به مخزن تخلیه می‌گردد. حال مدار را به شکل زیر اصلاح کنید و شبیه سازی را تکرار کنید. اینبار در وضعیت وسط فشار بالا نمی‌رود. به این دلیل که روغن در وضعیت وسط شیر ۴/۳ در فشار کم به مخزن تخلیه می‌گردد. بنابراین عیب طراحی در این مورد انتخاب اشتباه شیر کنترل جهت بود.



فعالیت

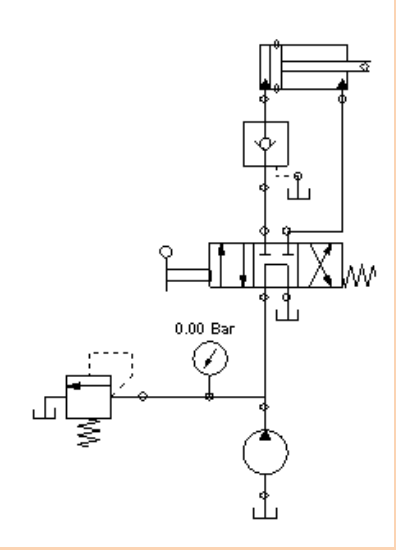
درمدار زیر هدف حرکت دادن هر دو سیلندر به صورت مستقل از یکدیگر می‌باشد. مدار را در نرم‌افزار Automation studio شبیه سازی کنید. آیا مدار زیر هدف فوق را تامین می‌کند؟ اگر جواب منفی است،راه حل خود را برای اصلاح مدار ارائه دهید.



فعالیت کارگاهی

یک ماشین ساز مدار زیر را به منظور خاصی طراحی کرده است. مدار را روی تابلوی آموزشی بسته و صحت آن را آزمایش نمایید.

توجه: فشار مدار را روی ۲۰bar تنظیم نمایید.

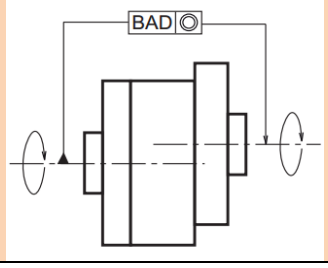


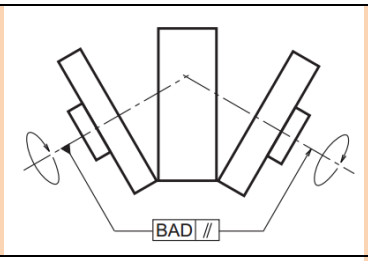
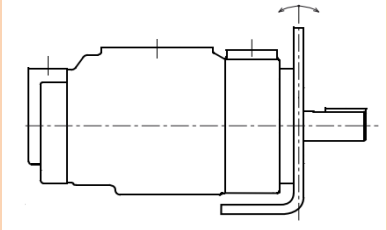
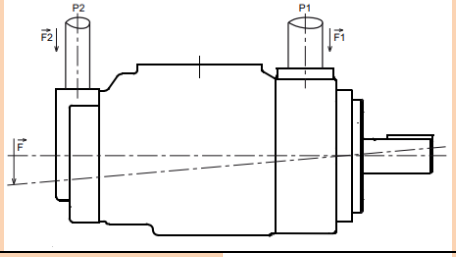
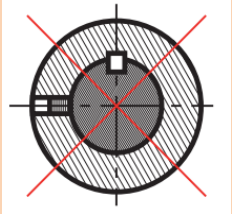
فعالیت

مدار مربوط به فعالیت کارگاهی فوق را در نرم افزار Automation studio طراحی کرده و آن‌را اصلاح نمایید.

عیوب ناشی از اشتباه در مونتاژ

اتصال اشتباه دهانه‌ها، عدم هم محوری در اتصال پمپ و الکتروموتور توسط کوپلینگ، اشتباه در نصب شیلنگ‌ها و... از مواردی است که منجر به عیب در سیستم هیدرولیک می‌گردد. جدول زیر اشکالات در مونتاژ پمپ و الکتروموتور را نمایش می‌دهد.

اشکال مونتاژ	تصویر
عدم هم محوری	

عدم همراستایی	
تغییر شکل براکت هنگام بارگذاری پمپ	
نیروی ناشی از تغییر طول شیلنگ	
اتصال نامناسب شفت و کوپلینگ	

عیوب ناشی از اشتباه در راه‌اندازی

استفاده از سیال هیدرولیک نامناسب می تواند موجب آسیب رساندن به پمپ و هیدروموتور و یا سایر اجزا گردد. به عنوان مثال استفاده از سیال هیدرولیک نامناسب باعث عدم روغنکاری مطلوب یاتاقان‌های هیدروموتور شده و می‌تواند عمر آن‌را از ۷۵۰۰ ساعت به ۵۰۰ ساعت کاهش دهد. سطح روغن ناکافی در مخزن از دیگر اشتباهات این مرحله است که منجر به عملکرد نامطلوب سیستم و آسیب رسیدن به پمپ هیدرولیک می‌گردد. کم بودن فشار ناشی از تنظیم اشتباه شیر محدودکننده‌ی فشار نیز می‌تواند منجر به ناکارآمدی سیستم هیدرولیک گردد.

عیوب ناشی از اشتباه در نگهداری و اتمام طول عمر قطعات

- ✓ تعویض دیرهنگام سیال هیدرولیک
- ✓ عدم تعویض کارتریج فیلتر مسدود شده
- ✓ عدم تعویض صافی پمپ
- ✓ عدم توجه به دمای سیال هیدرولیک
- ✓ و...

از مواردی است که در حین نگهداری یک سیستم هیدرولیک منجر به بروز خسارت و خرابی سیستم می‌گردد. کاهش طول عمر اجزا و آب‌بندهای آنها در نتیجه‌ی افزایش درجه حرارت، خرابی اجزا در نتیجه‌ی سایش، کاویتاسیون، کاهش طول عمر روغن هیدرولیک و... از نتایج اشتباهات ذکر شده در بالا می‌باشد.

در جدول زیر فعالیتهای مربوط به نگهداری برخی اجزای یک سیستم هیدرولیک بیان شده است.

نام اجزا	توضیحات	فعالیت لازم	دوره‌ی زمانی
فیلتر روغن	شامل فیلتر خط مکش، فشار، برگشت یا مدار مجزا	بدنه‌ی فیلتر را با حلال مناسب پاک کنید. فیلتر قدیمی را خارج و فیلتر جدید را جایگزین کنید. توجه: از تماس دست با کارتریج فیلتر جدا خودداری نمایید. کارتریج را داخل کیسه‌ی پلاستیکی قرار دهید.	بر اساس سابقه‌ی نمونه گیری از روغن. بر اساس پیشنهاد سازنده‌ی فیلتر
فیلتر هوای مخزن	در محیطهای آلوده از فیلترهای توری معمول نباید استفاده شود. در این موارد فیلتر با مش ۱۰ میکرون ترجیح داده می‌شود.	تعویض فیلتر هوا	بر اساس سابقه‌ی نمونه گیری از روغن. بر اساس پیشنهاد سازنده‌ی فیلتر
پمپ هیدرولیک	مسئول مربوط به نگهداری باید نوع پمپ مورد استفاده در سیستم و نحوه‌ی عملکرد آن در سیستم را بداند.	فشار و جریان پمپ را در حین چرخه‌ی کاری کنترل و یادداشت نمایید. مقادیر بدست آمده را با نمودار عملکرد پمپ مقایسه نمایید. در صورت انحراف معنادار نیاز به تعمیر پمپ می‌باشد.	کنترل فشار: ترجیحا روزانه یا حداقل هفتگی کنترل فشار و جریان: ترجیحا هر دو هفته حداقل هر ماه
سیلندر هیدرولیک	آشنایی با انواع سیلندرها و نحوه‌ی عملکرد آنها	کنترل موارد زیر به صورت چشمی - اتصالات سیلندر - نشت روغن از گلویی - دسته پیستون (شفت) سیلندر از نظر خراشیدگی یا سیاه شدن	کنترل اتصالات روزانه کنترل نشتی: ترجیحا هفتگی کنترل کیفیت سطح شفت: هر دوهفته

ترجمه کنید

Oil change: every ۲۰۰۰-۳۰۰۰ hours in the average; frequent check of the chemicalphysical properties and of the contamination rate allows service in due time. When the oil is changed,

perform also an accurate cleaning of the reservoir, and also a flushing of the whole plant, if necessary.

پژوهش کنید

برخی عیوب بوجود آمده و علت آنها در جدول زیر آمده است. آنرا کامل کنید.

اشکال بوجود آمده	علت
عدم وجود فشار	- خراب بودن فشارسنج - از کار افتادن پمپ - خرابی کوپلینگ پمپ - ..... - .....
دمای بالای سیال	- قطر شیلنگها و لوله ها کم است - فیلتر فشار مسدود است - ..... - .....
سرو صدای زیاد	- معیوب بودن یا عدم اتصال مناسب کوپلینگها - فیلتر مکش مسدود شده - ..... - .....

پخش فیلم

مونتاژ و دمونتاژ سیلندر هیدرولیک

فعالیت کارگاهی

با توجه به فیلم آموزشی سیلندر دوکاره‌ی هیدرولیک را دمونتاژ کرده و مجدد مونتاژ نمایید.

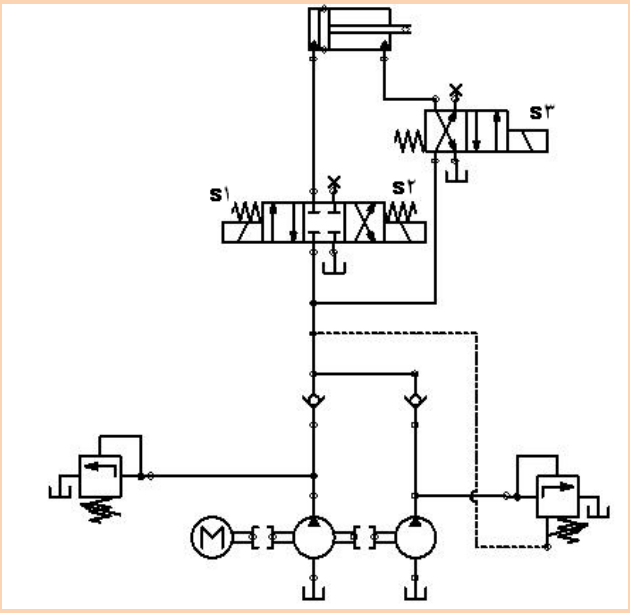
مدار زیر مربوط به یک پرس افقی مچاله کن ضایعات می‌باشد. قبل از اینکه پرس به قطعه کار برسد، نیاز به سرعت زیاد و فشار کم می باشد. بنابراین تا قبل از درگیر شدن پرس، خروجی هر دو پمپ به علاوه‌ی روغن خروجی از سیلندر، وارد سیلندر می شوند. با رسیدن سیلندر پرس به ضایعات، فشار زیاد و سرعت کم مورد نیاز است. بنابراین پمپ بزرگتر توسط شیر بی بار کننده از مدار خارج شده و خروجی سیلندر باید وارد مخزن گردد. دستگاه دارای مدار زیر می باشد. کارفرما از شما خواسته دستگاه را اصلاح کنید. زیرا دستگاه قبل از درگیری سرعت مورد نظر را ندارد و نیز روغن داغ می کند.

۱- مدار را اصلاح کرده و در نرم افزار شبیه سازی نمایید.

۲- اندازه‌ی مناسب سیلندر، پمپها، الکتروموتور ومخزن را محاسبه نمایید.

۳- فیلتر را به مدار اضافه کنید.

۴- کد تمیزی روغن بر اساس استاندارد ISO۴۴۰۶ برای مدار چیست؟



شرح کار:

عیب یابی و اصلاح مدار و محاسبه‌ی اندازه‌ی اجزای مربوط به پرس مچاله کن ضایعات و شبیه سازی مدار با نرم افزار Automation sudio.

استاندارد عملکرد:

عیب یابی و اصلاح مدار طبق نمادهای استاندارد. شبیه سازی توسط نرم افـزارAutomation studio ، تعیـین اندازه‌ی صحیح اجزا و نصب و راه اندازی مدار.

شاخص‌ها:

ترسیم مدار صحیح به لحاظ مداری و نماد اجزای هیدرولیک- شبیه سازی مدار توسط نـرم افـزار و اطمینـان از صحت ترسیم-تعیین اندازه‌ی صحیح اجزا و نصب و راه اندازی مدار.

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: ۱- در سایت نقشه‌کشی؛ ۲- نور یکنواخت بـا شـدت ۴۰۰ لـوکس؛ ۳– تهویـه اسـتاندارد و دمـای ۳۰ ° ±۲۰°c؛ ۴- ابزارآلات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار؛ ۵- وسایل ایمنـی اسـتاندارد رایانـه؛ ۶- زمـان ۲۴۰ دقیقه.

ابزار و تجهیزات: رایانه- نرم افزار Automation studio- مجموعه‌ی آموزشی هیدرولیک

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	اصلاح مدار	۱	
۲	شبیه سازی مدار	۱	
۳	تعیین اندازه‌ی اجزای سیستم هیدرولیک	۲	
۴	نصب و راه اندازی سیستم هیدرولیک پـرس مچاله کن ضایعات	۳	
	شایستگی‌های غیرفنـی، ایمنـی، بهداشـت، توجهـات زیست محیطی و نگرش: ۱– رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- رعایت دقت و نظم ۳- نظافت تجهیزات پس از اتمام کار ۴- رعایت نکات ایمنی ۵- استفاده از لباس کار و دستکش مناسب	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.

واحد یادگیری ۳

کاربرد سیستم‌های پنوماتیک

آیا می‌دانید

- پنوماتیک چیست و چه کاربردهایی دارد؟
- کمپرسور چیست و انواع آن کدام است؟
- انتخاب اجزای یک سیستم پنوماتیک چگونه است؟
- کنترل کننده‌ها در یک سیستم پنوماتیک کدامند؟

هدف از این شایستگی عبارتند از:

۱- آشنایی با سیستم‌های هوای فشرده
۲- آشنایی با قوانین حاکم بر گازها
۳- توانایی شناخت اجزای یک سیست پنوماتیک
۴- توانایی محاسبه اندازه‌ی اجزای یک سیستم پنوماتیک
۵- شناخت اصول عیب یابی و تعمیر در سیستم‌های هیدرولیک
۶- توانایی شبیه سازی مدارهای پنوماتیک به کمک نرم افزار Automation Studio
۷- توانایی نصب و راه‌اندازی مدارهای پنوماتیک پایه

استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد یادگیری هنرجویان قادر به انجام کلیه‌ی فعالیتهای مربوط به انتخاب و راه اندازی یک سیستم پنوماتیک می‌باشند.

پخش فیلم

کاربردهای پنوماتیک

فعالیت

جدول زیر نمونه‌هایی از کاربردهای پنوماتیک را نمایش می‌دهد. جدول را کامل کنید.

شکل	کاربرد
	.....
	.....
	پر کردن بطری مایعات
	پر کردن بطری شامپو یا کره بادام زمینی و...
	.....
	کانوایر پنوماتیک (صنایع سیمان)

	.....
	.....
	.....
	.....
	بسته بندی

آیا می‌دانید

پنوماتیک ازواژه یونانی pneumos به معنی نفس گرفته شده است. منظور از سیستمهای پنوماتیک،سیستم‌هایی هستند که توسط هوای فشرده کار می‌کنند. وقتی هوا فشرده می‌شود، فشار آن از فشار نرمال هوا یعنی فشار جو بیشتر می‌شود. هوای فشرده تمایل به برگشت به حالت اولیه‌ی خود دارد. برای فشرده سازی هوا انرژی لازم است و این انرژی در هوا ذخیره می‌شود. مانند فنر که انرژی را در خود ذخیره می‌کند. بنابراین هنگامیکه هوا میخواهد به حالت اولیه‌ی خود بازگردد، این انرژی را آزاد می‌کند. سیستمهای پنوماتیک از همین انرژی آزاد شده استفاده می‌کنند.

مزایا و محدودیت‌های سیستم‌های پنوماتیک

جدول زیر مزایا و معایب سیستم‌های پنوماتیک را نشان می‌دهد.

مزیت	محدودیت‌ها
در دسترس بودن هوا به اندازه‌ی کافی	نیاز به آماده سازی هوای فشرده قبل ازمصرف از نظر خشک بودن و حذف ناخالصی‌ها
انتقال ساده توسط	دقت کم به دلیل تراکم پذیر بودن هوا

قابلیت ذخیره سازی	سرعت غیر یکنواخت سیلندر به دلیل تراکم پذیر بودن هوا
حساسیت کم به تغییرات دما	نیروی کم (حداکثر ۴ الی ۵ تن)
عدم اشتعال پذیری یا انفجار	سر و صدای کمپرسور و تخلیه‌ی هوا. البته با توسعه‌ی کمپرسورهای بیصدا و نیز اگزوزهای صدا خفه کن
تمیز بودن (در مقایسه با سیستمهای هیدرولیک)	
قیمت نسبتا کم قطعات (در مقایسه با سایر سیستمها)	
سرعت بالای عملگرها	
ایمنی در مقابل اضافه بار	

سیستم‌های پنوماتیک در مقایسه با سیستم‌های الکتریکی

هزینه	ابزارهای پنوماتیکی نسبت به ابزارهای الکتریکی از نظر طراحی ساده تر بوده و هزینه تعمیر و نگهداری کمتری نسبت به ابزارهای الکتریکی دارند.
انعطاف پذیری	به دلیل وجود کمپرسورهایی که توسط موتور وسایل نقلیه به حرکت در می‌آیند، نسبت به سیستمهای الکتریکی برای استفاده در محیطهای مختلف انعطاف پذیرترند.
ایمنی	به دلیل عدم وجود جرقه و خطر انفجار و آتش سوزی و نیز مقاومت در برابر اضافه بار ایمنی بیشتری دارند.
وزن	ابزارهای بادی نسبت به ابزارهای الکتریکی سبک‌ترند.

سیستم‌های پنوماتیک در مقایسه با سیستم‌های هیدرولیکی

هزینه	قطعات پنوماتیک همچنین تعمیر و نگهداری آن نسبت به سیستمهای هیدرولیک ارزانتراند.
انعطاف پذیری	سیستمهای پنوماتیک به لحاظ نصب و راه اندازی ساده‌تر از سیستمهای هیدرولیک می‌باشند، به خصوص هنگامیکه ابزارها مکرر تعویض شوند. همچنین تغییر یا گسترش فعالیت مربوطه در پنوماتیک ساده تر است.
نگهداری	به دلیل پیچیدگی کمتر و نیز نیاز کمتر به بازدیدهای دوره‌ای، نگهداری ساده‌تری دارند.
ایمنی	سیستمهای هیدرولیک هنگامیکه از سیالات مقاوم به آتش سوزی استفاده نکنند قابلیت استفاده در دمای بالا یا نزدیک شعله را ندارند. نشتی در سیستمهای هیدرولیک با توجه به فشار بالای کارکرد می‌تواند به اپراتور آسیب رسانده یا به دلیل کمبود روغن موجب از کار افتادن سیستم گردد. در حالیکه در سیستمهای پنوماتیک به دلیل کارکرد در فشار کم مشکلی از بابت نشتی وجود ندارد. همچنین هوا تمیز بوده ونشت آن محیط را آلوده نخواهدا کرد.
وزن	تجهیزات پنوماتیک نسبت به تجهیزات هیدرولیک سبک‌تراند.

ترکیب هوا

هوایی که ماتنفس می‌کنیم شامل ۷۸/۰۹٪ نیتروژن (N_2)، ۲۰/۹۵٪ اکسیژن (O_2)، ۰/۹۳٪ آرگون (Ar) و ۰/۰۳٪ دیگر گازها می‌باشد.

فشار جو (Atmospheric pressure)

فشار جو در نتیجه‌ی وزن هوای بالای سر ما ایجاد می‌شود. ارتفاع از سطح دریا و نیز شرایط آب و هوایی بر فشار جو تاثیر می‌گذارند. فشار استاندارد جو در سطح دریا و در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد تعریف می‌شود که برابر با mbar ۱۰۱۳/۲۵ (تقریبا ۱bar) می‌باشد.

فکر کنید

فشار جو هنگامیکه از کوه بالا رفته‌اید و هنگامیکه در معدن پایین می‌روید چگونه تغییر می‌کند؟ چرا؟

فشارنسبی

فشار نسبی فشاری است که فشارسنج‌ها نشان می‌دهند. به عبارت دیگر فشار سنج‌ها فشار اضافی بر فشار جو را نمایش می‌دهند و صفر فشار سنج یعنی فشار جو.

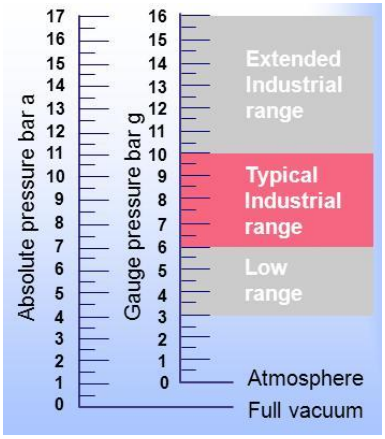
فشار مطلق

فشار مطلق برابراست با فشار جو به علاوه‌ی فشاری که فشار سنج نمایش می‌دهد.

$$P_{abs} = P_g + P_{atm}$$

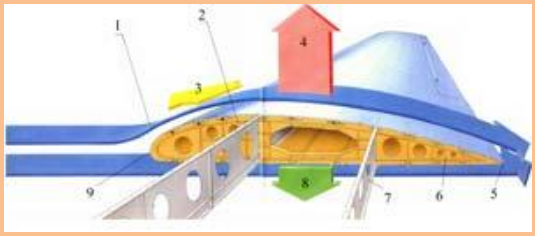
P_{abs}: فشار مطلق P_g: فشاری که فشار سنج نمایش می‌دهد. P_{atm}: فشار جو

درنمودار زیر محدوده‌ی فشار هوا در کاربردهای صنعتی نمایش داده شده است.



آیا می‌دانید

به فرم بال‌های هواپیما در شکل زیر توجه کنید. هوا با رسیدن به بال هواپیما دو شاخه می‌شود. هوایی که از روی بال عبور می‌کند، مسیر بیشتری را نسبت به هوای زیر بال طی می‌کند. از آنجاکه مولکولهای هوایی که از بالا و پایین بال عبور می‌کنند، با هم به انتهای بال می‌رسند (چرا؟)، بنابراین سرعت مولکولها روی بال بیشتر از سرعت مولکولهای هوا در زیر بال است. سرعت بیشتر مولکولهای هوا یعنی فرصت کمتر برای ضربه زدن به بال هواپیما و این یعنی فشار کمتر روی بال و فشار بیشتر زیر بال. نیروی بالا برنده‌ی هواپیما به این ترتیب تولید می‌شود.



فکر کنید

آیا تا به حال دقت کرده‌اید که هنگامیکه باد در راهرو می‌وزد، در اتاق بسته می‌شود؟ باد از داخل اتاق به راهرو نمی‌وزد که باعث هل دادن در و بسته شدن آن شود. پس چرا در بسته می‌شود؟

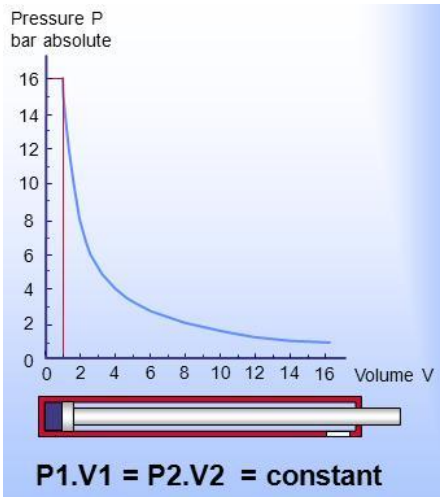
فرآیندهای ترمودینامیکی در گازها

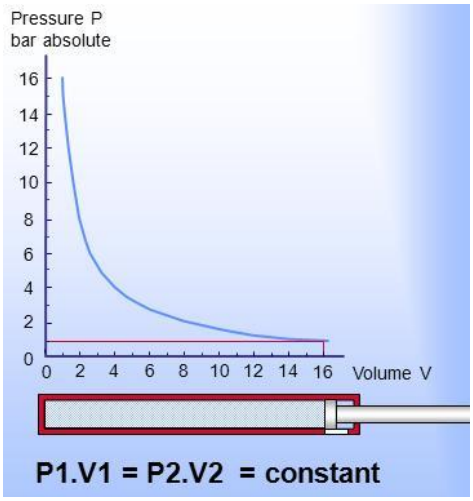
تمامی قوانینی که در ادامه آمده است در مورد گازهای ایده آل صادق است. در عمل گاز ایده آل نداریم ولی هوا با انحراف کمی از این قوانین پیروی می‌کند.

فرآیند دما ثابت (قانون بویل)

در صورتی که دمای گازی ثابت باشد، حاصلضرب فشار در حجم ثابت است. یعنی با افزایش حجم، فشار کاهش و با کاهش حجم، فشار افزایش می‌یابد. در شکل زیر با کاهش حجم فشار افزایش یافته است.

$$P.V = constant$$

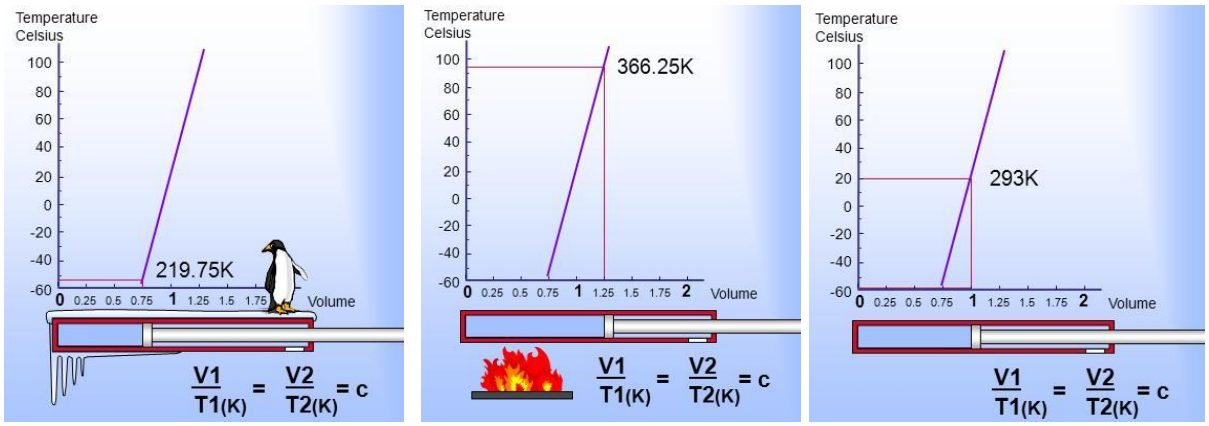




فرآیند فشار ثابت (قانون چارلز)

اگر فشار گاز را ثابت نگه داریم، فشار و دما با هم رابطه‌ی مستقیم خواهند داشت. به عبارت دیگر با افزایش یکی، دیگری نیز افزایش و با کاهش آن، دیگری نیز کاهش خواهد یافت.

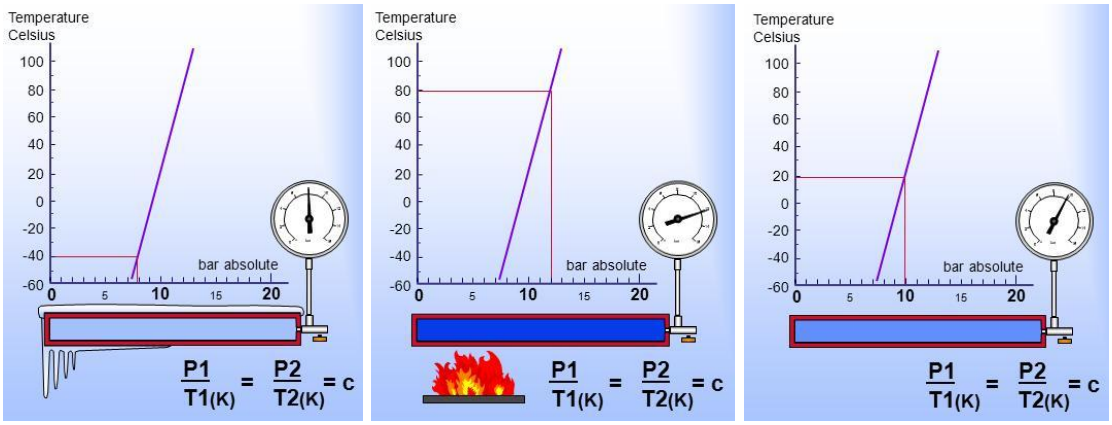
$$\frac{V}{T} = constant$$



فرآیند حجم ثابت (قانون آمونتون)

با ثابت نگه داشتن حجم یک گاز، فشار و دما رابطه‌ی مستقیم خواهند داشت. به این معنی که با افزایش یکی، دیگری نیز افزایش و با کاهش آن دیگری نیز کاهش خواهد یافت.

$$\frac{P}{T} = constant$$



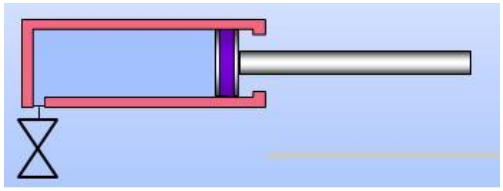
قانون عمومی گازها

قانون عمومی گازها در واقع ترکیبی از قوانین گفته شده در بالا است. به عبارت دیگر برای سه کمیت فشار، حجم و دما داریم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = constant$$

فرآیند بی دررو (آدیاباتیک)

در طی این فرآیند، گاز هیچگونه تبادل حرارتی با خارج ندارد. فرض کنید هوا مطابق شکل داخل سیاندری قرار دارد و بدنه‌ی سیلندر عایق شده است. بنابراین با فشردن یا کشیدن پیستون، حجم، فشار و دما تغییر خواهند کرد ولی گرمایی از داخل سیلندر به بیرون منتقل نخواهد شد. یا فرض کنیم عمل فشردن پیستون اینقدر سریع انجام شود که فرصتی برای تبادل حرارت با خارج وجود نداشته باشد. در اینصورت نیز با فرآیند بی‌دررو مواجه هستیم.



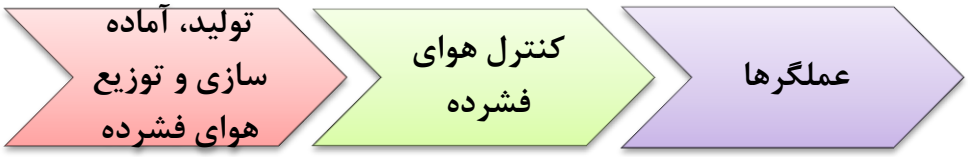
در این فرآیند رابطه‌ی زیر بین فشار و حجم هوا برقرار است:

$$P\,V^{n} = c$$

برای هوا توان n برابر با ۱/۴ می‌باشد.

اجزای سیستمهای پنوماتیک

سیستمهای پنوماتیک شامل سه قسمت اصلی مطابق با شکل می‌باشند که در ادامه هر یک را توضیح خواهیم داد.

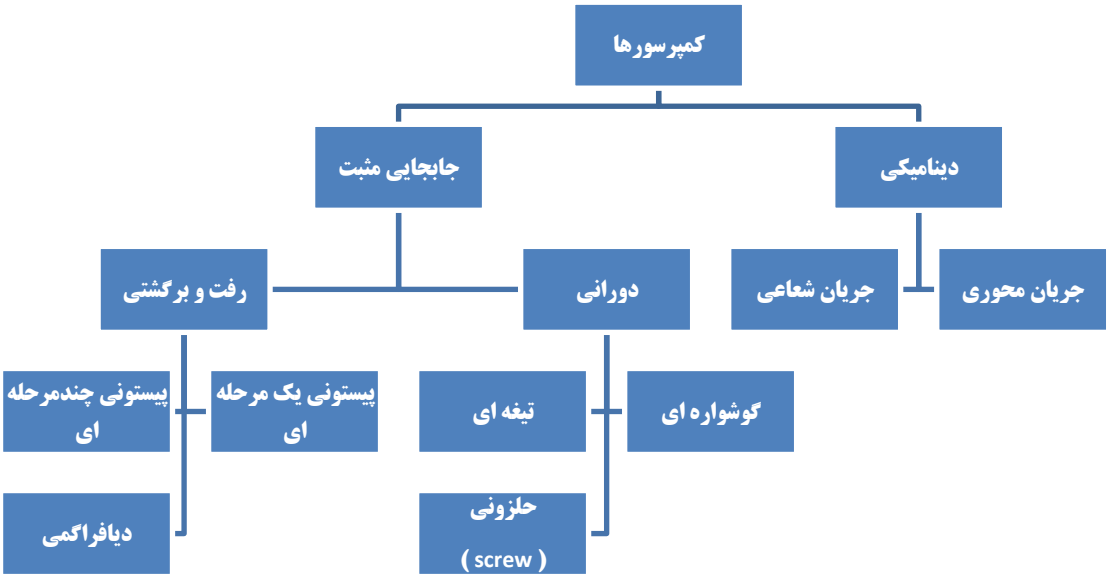


تولید، آماده سازی و توزیع هوای فشرده

این بخش شامل کمپرسور (تولید هوای فشرده)، مخزن (ذخیره‌ی هوای فشرده)، خشک کن، خطوط انتقال و واحد مراقبت می‌باشد.

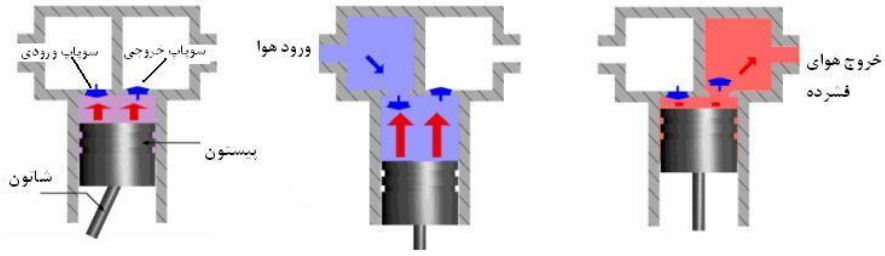
کمپرسور

کمپرسور وسیله‌ای است برای فشرده سازی هوا. کمپرسورها همانند پمپ‌های هیدرولیک انرژی لازم برای حرکت خود را از یک موتور الکتریکی یا احتراقی کسب می‌کنند. کمپرسورها به دو دسته‌ی جابجایی مثبت و دینامیکی تقسیم می‌شوند. در کمپرسورهای جابجایی مثبت مقدار معینی از هوا بین دو قطعه محبوس شده و با کاهش حجم محفظه فشار هوا افزایش می‌یابد. کمپرسورهای جریان پیوسته بر اساس افزایش فشار از طریق افزایش انرژی جنبشی کار می‌کنند. تقسیم بندی کمپرسورها به شرح زیر می‌باشد.

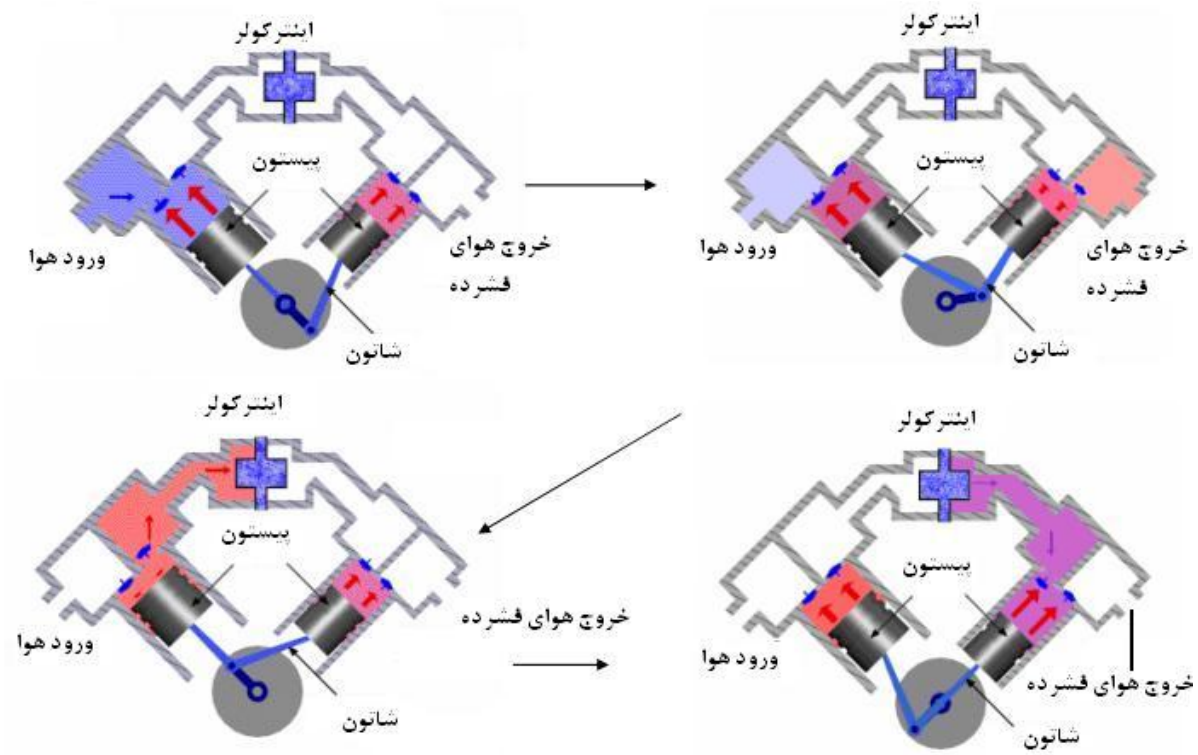


کمپرسورهای پیستونی

در کمپرسورهای پیستونی، شاتون توسط محرک (الکتروموتور یا موتور احتراقی) به حرکت در می‌آید. هنگامیکه شاتون و پیستون متصل به آن به سمت پایین حرکت می‌کنند، هوا از طریق سوپاپ ورودی به داخل سیلندر مکیده می‌شود. با برگشت پیستون به سمت بالا، هوا متراکم شده، فشار آن افزایش یافته و از طریق سوپاپ خروجی به بیرون هدایت می‌شود.



شکل زیر نوع دو مرحله‌ای کمپرسور پیستونی را نمایش می‌دهد. در این کمپرسورها هوا پس از فشرده شدن در سیلندر اول، تا حدودی خنک شده و سپس وارد سیلندر دوم می‌شود. در سیلندر دوم هوا دوباره فشرده می‌شود. مزیت نوع یک طبقه به دو طبقه، امکان تولید فشار بیشتر می‌باشد.



در کمپرسورهای دیافراگمی مطابق شکل بین محفظه‌ی کمپرسور و پیستون توسط یک دیافراگم از هم جدا شده‌اند. مزیت این حالت اینست که روغن وارد محفظه‌ی کمپرسور نشده و هوای خروجی تمیز است. بنابراین این کمپرسور در صنایع غذایی، دارویی و شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نوع کمپرسور	محدوده‌ی فشار کاری بهینه به لحاظ اقتصادی	محدوده‌ی فشار کاری قابل دسترس
پیستونی یک مرحله‌ای	۴ بار	۱۲ بار
پیستونی دومرحله‌ای	۱۵ بار	۳۰ بار
پیستونی بیش از دو مرحله ای	بیش از ۱۵ بار	بیش از ۳۰بار

پژوهش کنید

در مورد نحوه‌ی کارکرد تلمبه‌ی باد دستی تحقیق کنید. اصول کارکرد این تلمبه‌ها شبیه به چیست؟

کمپرسورهای رفت و برگشتی	
مزایا	معایب
طراحی ساده	هزینه‌ی نگهداری بالا
هزینه اولیه‌ی کم	اجزای متحرک زیاد

محدوده‌ی توان گسترده	مستعد مشکلات ناشی از لرزش
در نوع خاص، قابلیت دسترسی به فشارهای خیلی زیاد (تا ۶۰۰۰ بار)	بسته به اندازه‌ی کمپرسور ممکن است برای نصب فونداسیون لازم باشد.
نوع دو مرحله‌ای، بازده بالاتری دارد	اکثرا برای کار با حداکثر ظرفیت طراحی نمی‌شوند.

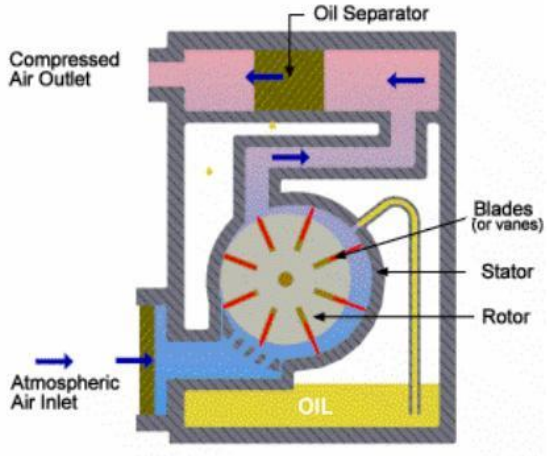
کمپرسورهای دورانی

کمپرسورهای دورانی از یک عنصر دورانی برای فشرده سازی هوا استفاده می‌کنند. طی متراکم سازی هوا محفظه‌ی تراکم به طور پیوسته کاهش می‌یابد.

کمپرسورهای دورانی	
مزایا	**معایب**
طراحی ساده	سرعت دورانی بالا
هزینه‌ی اولیه و نگهداری کم تا متوسط	طول عمر کمتر نسبت به دیگر انواع
نصب ساده	حساس به محیط‌های آلوده
اجزای متحرک کم	

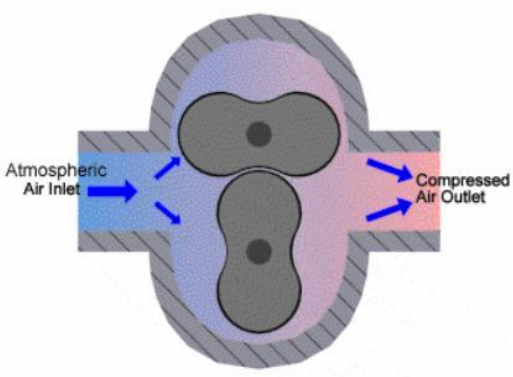
کمپرسور تیغه‌ای

شکل برش خورده‌ی یک کمپرسور تیغه‌ای را در شکل ملاحظه می‌کنید. ساختمان این کمپرسورها شبیه پمپهای تیغه‌ای می‌باشد که در پودمان ۱ با آن آشنا شدید. در بخشی از دوران روتور که فضای بین روتور و استاتور در حال افزایش است، هوا به داخل کمپرسور مکیده شده و در بخشی از دوران روتور که فضای بین روتور و استاتور در حال کاهش است، هوای فشرده از کمپرسور خارج می‌گردد.



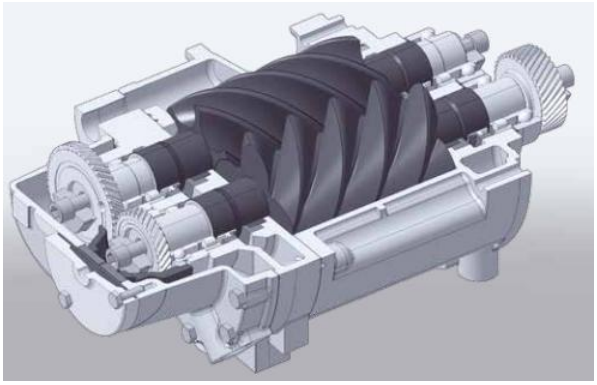
کمپرسور گوشواره‌ای (Roots ،Lobe compressor)

ساختمان این کمپرسورها مطابق شکل زیر است. با توجه به لقی زیاد در این کمپرسورها حداکثر فشار قابل دسترس از حدود ۱۷bar تجاوز نمی‌کند. حجم هوای خروجی بالا از نقاط قوت و بازده کم از نقاط ضعف این کمپرسورها می‌باشد.



کمپرسور حلزونی (Screw)

کمپرسورهای حلزونی از نظر ظرفیت بعد از کمپرسورهای گریز از مرکز قرار داشته و فشار خروجی آنها تا ۴۰bar می‌رسد. کمپرسورهای حلزونی در ظرفیت تا ۱۲۰۰ مترمکعب در دقیقه طراحی و ساخته می‌شوند. بازده بالای این کمپرسورها (۷۵ تا ۸۵ درصد) از نقاط قوت آن محسوب می‌شود.



کمپرسورهای دینامیکی

کمپرسورهای دینامیکی بعد از کمپرسورهای رفت و برگشتی پر مصرف‌ترین کمپرسورها در صنعت می‌باشند. این کمپرسورها در دو نوع جریان محوری و شعاعی ساخته می‌شوند. در این کمپرسورها انرژی جنبشی به فشار تبدیل می‌شود. کمپرسورهای جریان پیوسته برای دبی ۱۷۰۰-۱۰۰۰۰۰۰ متر مکعب بر ساعت ساخته می‌شوند.

انتخاب کمپرسور

انتخاب کمپرسور مناسب برای سیستم، امر مهمی است. کمپرسور بزرگ هزینه و پیچیدگی بیشتری خواهد داشت و کمپرسور کوچک نیازهای سیستم را جوابگو نخواهد بود. توجه به نکات زیر در انتخاب کمپرسور می‌تواند مفید باشد:

۱- نرخ جریان مورد نیاز سیستم

۲- کمپرسور آماده به کار برای مواقع اضطراری

۳- نیازهای آینده

فشار کاری: در انتخاب کمپرسور فشار کاری، فشار مصرف کننده‌ای است که بیشترین فشار کاری را دارد. مثلا اگر سه مصرف کننده در سیستم داشته باشیم که به ترتیب با فشار کاری ۵،۴و۶بار کنند، فشار کاری سیستم را ۶ بار در نظر می‌گیریم. البته افت فشار در سیستم توزیع را هم باید در نظر بگیریم که در بخشهای بعدی توضیح داده خواهد شد.در سر راه دو مصرف کننده‌ی دیگر از شیر کاهنده‌ی فشار استفاده می‌کنیم. یک پیشنهاد غیر اقتصادی در مواقع خاص استفاده از کمپرسور دیگر برای مصرف کننده های با فشار کاری متفاوت می‌باشد.

جریان خروجی کمپرسور (دبی): دبی کمپرسور باید برابر با مجموع نیاز مصرف کننده‌ها به اضافه‌ی ۱۰ الی ۲۰درصد به منظور تغییرات احتمالی در نیازهای سیستم باشد. در این رابطه تعاریف زیر را داریم.

نرخ جریان آزاد کمپرسور (q_{FAD}):

نرخ جریان خروجی کمپرسور در شرایط فشار و دمایی که کار می‌کند.

نرخ جریان نرمال کمپرسور (q_N):

نرخ جریان خروجی کمپرسور در فشار و دمای استاندارد(فشار ۱/۰۱۳bar و دمای ۰℃).

$$q_{FAD} = q_N \times \frac{T_{FAD}}{T_N} \times \frac{p_N}{p_{FAD}}$$

مثال در یک سیستم پنوماتیک سه مصرف کننده با مشخصات زیر داریم. کمپرسور مناسب را تعیین کنید.

مصرف کننده	جریان هوا	فشار
۱	۱۲Nm^3/min	۶bar
۲	۶۷ lit/s FAD	۷bar (a)
۳	۹۵ lit/s FAD	۴bar

شرایط محیطی:

دمای نرمال محیط: ۲۰℃ بیشینه‌ی دمای محیط: ۳۰℃

فشار محیط: ۱bar (a) رطوبت: ۶۰٪

گام اول: محاسبه‌ی میزان نیاز سیستم به هوای فشرده

ابتدا مقدار جریان FAD را برای مصرف کننده‌ی شماره ۱ محاسبه می‌کنیم:

$$۱۲Nm^3/s = ۱۲ \times \frac{۱۰۰۰}{۶۰} = ۲۰۰Nl/s$$

$$q_{FAD} = q_N \times \frac{T_{FAD}}{T_N} \times \frac{p_N}{p_{FAD}}$$

$$\boldsymbol{q_{FAD} = \frac{200 \times (273 + 30) \times 1/013}{273 \times 1} \approx 225\ lit/s}$$

مقدار مصرف هوای فشرده کل سیستم برابراست با:

۲۲۵+۶۷+۹۵=۳۸۷ lit/s

با اضافه کردن ۱۵٪ به عدد فوق خروجی کمپرسور باید برابر برابر باشد با:

$$\boldsymbol{387 \times 1/15 = 450\ lit/s}$$

گام دوم: محاسبه‌ی فشار کاری کمپرسور

ابتدا مقدار فشار نسبی را برای مصرف کننده‌ی شماره ۲ بدست می‌آوریم:

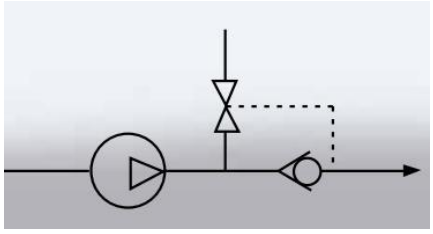
$$P_{abs} = P_g + P_{atm}$$

$$\boldsymbol{7 = P_g + 1 \rightarrow P_g = 7 - 1 = 6}$$

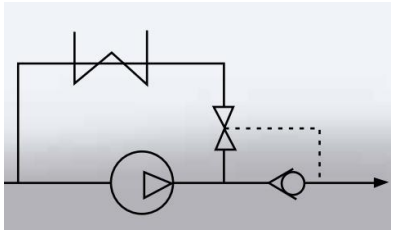
با فرض اینکه افت فشار در خشک کن، فیلتر و لوله کشی بیشتر از ۱/۵bar نباشد، کمپرسور با فشار کاری حداقل ۷/۵ bar مناسب است.

روشهای تنظیم کمپرسورهای جابجایی مثبت

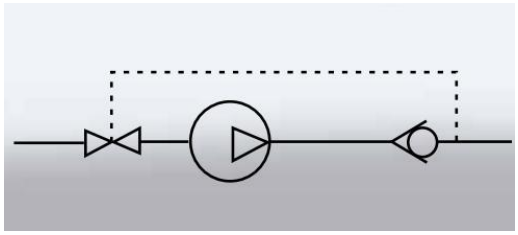
تنظیم از طریق تخلیه: در این روش یک شیر محدود کننده‌ی فشار در صورت افزایش فشار از مقدار مورد نظر هوا را تخلیه می‌کند. به این معنی که هوای خروجی کمپرسور وارد سیستم نشده و تخلیه می‌گردد. با کاهش فشار، شیر محدود کننده‌ی فشار بسته شده و خروجی کمپرسور وارد سیستم می‌گردد. این روش هنگامیکه کمپرسور باید دائما در برابر فشار مخالف کار کند، موثر است.



تنظیم کنارگذر (by pass) : این روش در اصل همان تنظیم از طریق تخلیه است. با این تفاوت که هوای خروجی بعد از خنک شدن به ورودی کمپرسور برمی‌گردد. این روش در مورد کمپرسورهای فرآیند که در آنها گاز به دلیل مضر یا گران بودن امکان تخلیه به محیط را ندارد.

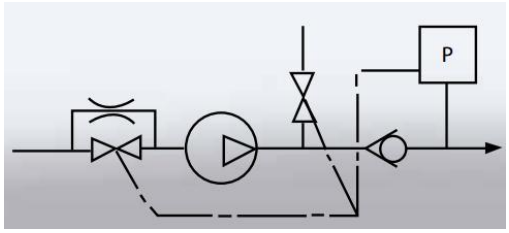


تنظیم از طریق تنگ کردن دهانه‌ی ورودی: این روش ساده با محدود کردن مجرای ورودی، موجب افزایش نسبت فشار ورودی به خروجی کمپرسور و درنتیجه کاهش جریان هوا می‌شود. این روش امکان تنظیم محدوده‌ی کمی از فشار را فراهم می‌آورد. به دلیل بالا بودن نسبت فشار، مصرف انرژی زیاد در این روش زیاد است.



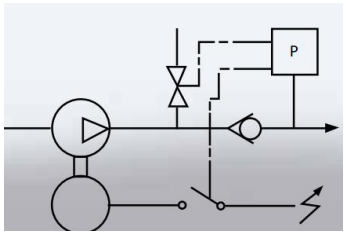
تخلیه به اضافه‌ی تنگ کردن دهانه‌ی ورودی:

این روش امروزه معمولترین روش تنظیم می‌باشد. این روش تنظیم با مصرف انرژی کم حداکثر محدوده‌ی تنظیم (۱۰۰٪-۰) را ارائه می‌دهد. با این روش هنگامیکه جریان هوای خروجی صفر است، مصرف انرژی تنها ٪۳۰-۱۵ حالتی است که کمپرسور با حداکثر توان کار می‌کند. با بالا رفتن فشار، شیر ورودی بسته می‌شود ولی با کوچکترین باز شدن شیر محدود کننده‌ی فشار جریان اضافی را تخلیه خواهد کرد. بنابراین کمپرسور شرایط خلا در ورودی و کمترین فشار معکوس را خواهد داشت.



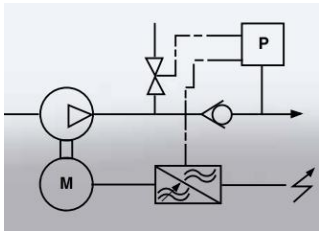
تنظیم از طریق خاموش/ روشن کردن:

کمپرسورهای با توان کمتر از ۵-۱۰kw اغلب با استفاده از این روش کنترل می‌شوند. در این روش با رسیدن فشار به حد بالای تنظیمی، الکتروموتور خاموش می‌شود و در واقع کمپرسور دیگر جریانی تولید نمی‌کند. با افت فشار به حد پایین تنظیمی، الکتروموتور راه اندازی مجدد شده و کمپرسور شروع به کار می‌کند. این روش به منظور به حداقل رساندن بار حرارتی روی الکتروموتور، نیازمند مخزن هوای فشرده‌ی بزرگ یا اختلاف زیاد بین حد بالا و حد پایین فشار می‌باشد.



تنظیم با استفاده از کنترل سرعت:

با کنترل دور موتور احتراقی یا فرکانس الکتروموتور، سرعت کمپرسور و به تبع آن نرخ جریان خروجی را می‌توان کنترل نمود. این روش موثری برای داشتن فشار دائمی در خروجی و مصرف انرژی کمتر می‌باشد.

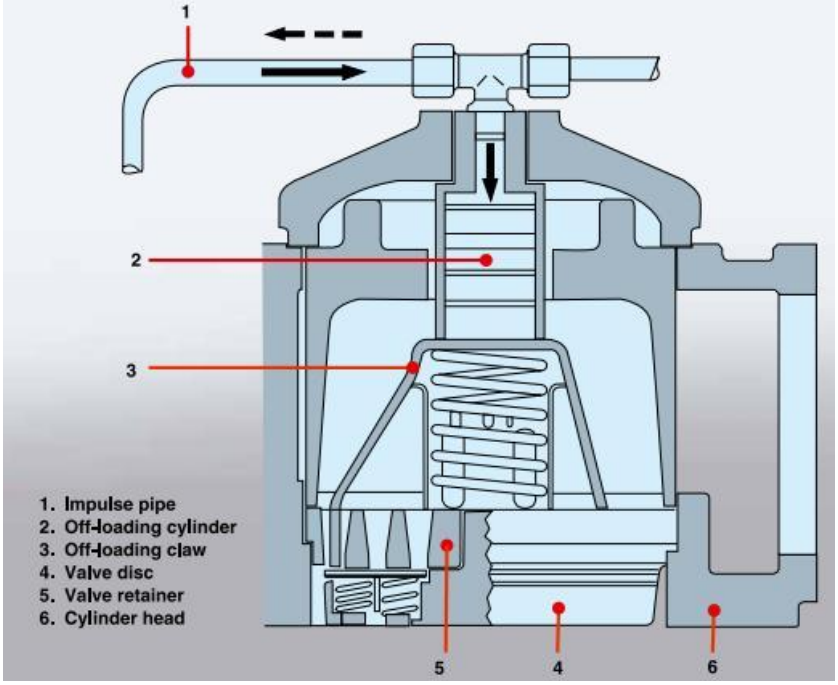


دهانه‌ی خروجی متغیر:

در کمپرسورهای حلزونی میتوان با جابجا کردن دهانه‌ی خروجی به جریان خروجی را به سمت داخل کمپرسور یا دهانه‌ی ورودی هدایت کرد. این روش مصرف انرژی بالایی داشته و غیر معمول است.

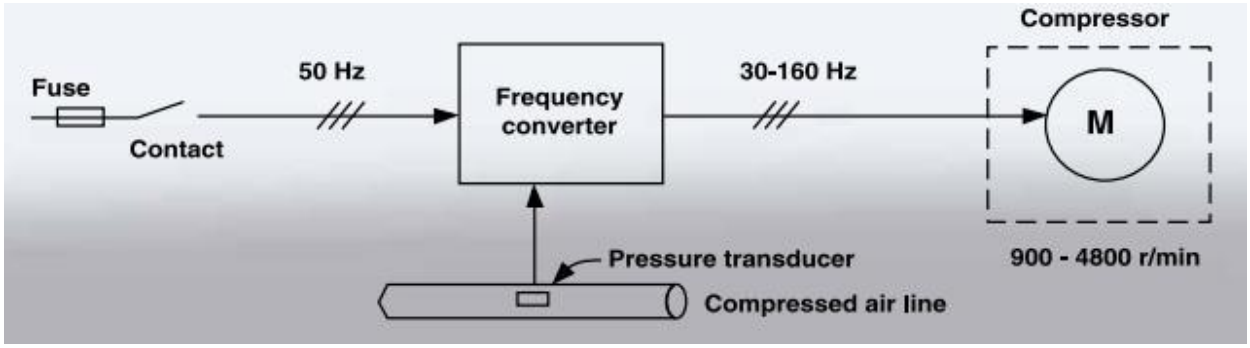
تنظیم از طریق باز نگه داشتن دهانه‌ی ورودی:

در کمپرسورهای پیستونی با استفاده از روشهای مکانیکی می‌توان دهانه‌ی مکش پمپ را باز نگه داشت بنابراین هوا در به جای فشرده شدن، از طریق دهانه‌ی مکش به بیرون باز می‌گردد. مصرف انرژی در حدود ۱۰٪ مصرف در حداکثر توان می‌باشد.

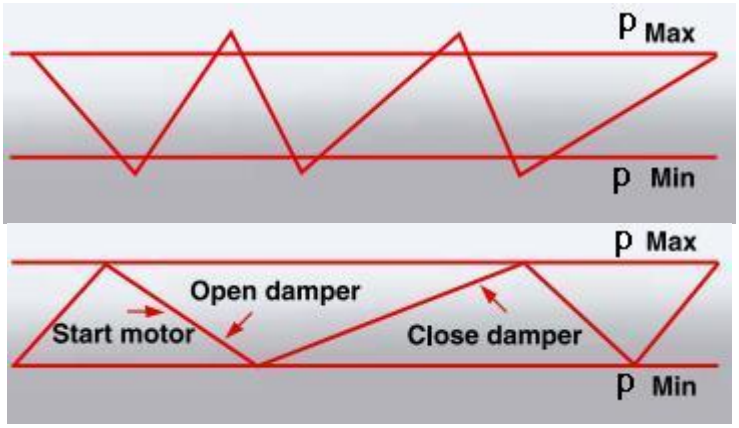


Load-unload-stop:

این روش متداول‌ترین روش کنترل در مورد کمپرسورهای با توان بیش از ۵ کیلووات می‌باشد. این روش محدوده‌ی وسیعی از گستره‌ی فشار را با تلفات توان کم تنظیم می‌کند. این روش ترکیبی است از روش خاموش/ روشن کردن و کنترل الکترونیکی. در روش خاموش/ روشن کردن از یک سوئیچ فشاری (Pressure switch) به منظور خاموش و روشن کردن کمپرسور در حداکثر و حداقل فشارهای تنظیمی استفاده می‌شود. در حالی که در این روش به جای سوئیچ فشاری از یک مبدل آنالوگ فشار (Transducer) ویک سیستم تنظیم سریع الکترونیک استفاده شده است. مبدل فشار پیوسته فشار سیستم را به واحد الکترونیکی ارسال می‌کند. واحد الکترونیک با توجه به تغییرات فشار همزمان خاموش/روشن کردن کمپرسور و باز و بسته کردن دریچه‌ی هوا را کنترل می‌کند. این روش تنظیم سریع و با دقت ۰.۲bar± را ارائه می‌دهد.



در اشکال زیر روش خاموش/ روشن کردن و روش Load-unload-stop مقایسه شده‌اند.



شکل بالا روش خاموش/ روشن- شکل پایین روش Load-unload-stop

مخزن هوای فشرده

در هر سیستم هوای فشرده، یک یا چند مخزن وجود دارد. کارکردهای مخزن هوای فشرده به شرح زیر است:

- ذخیره سازی هوای فشرده برای استفاده آنی در مواقع لازم
- به عنوان منبع انرژی کمکی در مواقع قطعی برق
- تضمین پایداری فشار در شبکه
- تاحدودی جداسازی بخارآب
- خنثی کردن نوسانات فشار

هر مخزن هوا فشرده باید:

- لوله‌ی ورودی در پایین و لوله‌ی خروجی در بالا نصب شود.
- بتواند حداکثر فشار سیستم را تحمل کند.
- دارای فشار سنج باشد.
- دارای شیر محدود کننده‌ی فشار مناسب با سیستم باشد.
- دارای شیر تخلیه در پایین‌ترین نقطه باشد.
- دارای شیرهای باز و بسته در ورودی و خروجی مخزن باشد.
- در جای خنک نصب شود و در مسیر تخلیه‌ی هوای کمپرسور یا خشک کن نباشد.

محاسبه‌ی اندازه‌ی مخزن

اندازه‌ی مخزن تابعی از ظرفیت کمپرسور، روش تنظیم کمپرسور و الگوی مصرف سیستم می‌باشد. از رابطه‌ی زیر به منظور محاسبه‌ی حجم مخزن استفاده می‌شود.

توجه: از رابطه‌ی زیر در مورد کمپرسورهایی که با روش هایی غیر از کنترل سرعت تنظیم می‌شوند، استفاده می‌شود.

$$V = \frac{۰/۲۵ \times q_c \times p_۱ T.}{f_{max} \times (p_U - p_L) \times T_۱}$$

V: حجم مخزن هوای فشرده

q_c: نرخ هوای خروجی آزاد کمپرسور (l/s)

P_1 : فشار مطلق در ورودی کمپرسور (bar)

T_1 : بیشنه‌ی دما در ورودی کمپرسور (K)

$T_.$: دمای هوا در مخزن (K)

p_U-p_L : اختلاف فشار بین حد بالا و حد پایین تنظیمی

f_{max} : حداکثر فرکانس روشن و خاموش کردن کمپرسور (توسط سازنده‌ی کمپرسور بیان می‌شود.به عنوان مثال در هر ۳۰ ثانیه ۱بار میتواند خاموش و روشن شود)

در مورد کمپرسورهایی که با کنترل سرعت تنظیم می‌شوند، حجم مخزن مورد نیاز کوچک‌تر خواهد بود. در صورتی که از فرمول بالا برای این کمپرسورها استفاده شود q_c را باید نرخ هوای خروجی در حداقل سرعت در نظر گرفت. در مواردی که حجم هوای زیادی در مدت زمان کوتاهی مورد نیاز باشد، تعیین اندازه‌ی کمپرسور و خطوط انتقال برای این حجم هوا اقتصادی نخواهد بود. در این موارد یک مخزن جداگانه در نزدیکی مصرف کننده در نظر گرفته شده و بر اساس حداکثر جریان خروجی اندازه‌ی مخزن تعیین می‌شود. در اکثر موارد از یک کمپرسور کوچک فشار بالا و یک مخزن بزرگ برای تامین حجم زیادی از هوای فشرده در مدت زمان کوتاه با فواصل زمانی زیاد استفاده می‌شود. در این مورد اندازه‌ی کمپرسور بر اساس میانگین مصرف تعیین می‌گردد. رابطه‌ی زیر به منظور تعیین اندازه‌ی مخزن در این موارد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$V = \frac{q \times t}{p_1 - p_2} = \frac{L}{p_1 - p_2}$$

V: حجم مخزن هوای فشرده (l)

q: ترخ جریان هوا در مدت زمان تخلیه‌ی مخزن (l/s)

t: مدت زمان تخلیه‌ی هوا (s)

p_1: فشار کاری نرمال در شبکه (bar)

p_2: حداقل فشار کاری برای کارکرد مصرف کننده‌ها (bar)

L: حجم هوای لازم برای پر شدن مخزن (l/work cycle)

مثال در مثال صفحه‌ی ۱۱ اندازه‌ی مخزن را بدست آورید.

$$V = \frac{۰/۲۵ \times q_c \times p_1 T_.}{f_{max} \times (p_U - p_L) \times T_1} = \frac{۰/۲۵ \times ۴۵۰ \times ۱ \times ۳۱۳}{{}^{۱}/_{۳۰} \times ۰/۵ \times ۳۰۳} = ۶۹۷۳lit$$

دمای هوای فشرده را ۱۰ درجه بالاتر از دمای محیط در نظر می‌گیرند.این عدد حداقل ظرفیت مخزن می‌باشد. در هنگام انتخاب اولین اندازه‌ی استاندارد مخزن که بزرگتر از این عدد می‌باشد، انتخاب می‌شود.

پرسش

مطلوبست کمپرسور و مخزن مناسب برای سیستم پنوماتیک با مشخصات زیر:

مصرف کننده	جریان هوا	فشار
۱	۱۰ lit/s FAD	۶bar
۲	۶۷ lit/s FAD	۷bar (a)
۳	۹۵ lit/s FAD	۴bar
۴	۱۵N m^3/min	۶bar (a)

شرایط محیطی:

دمای نرمال محیط: ۲۰°C بیشینه‌ی دمای محیط: ۳۰°C

فشار محیط: ۱bar (a)

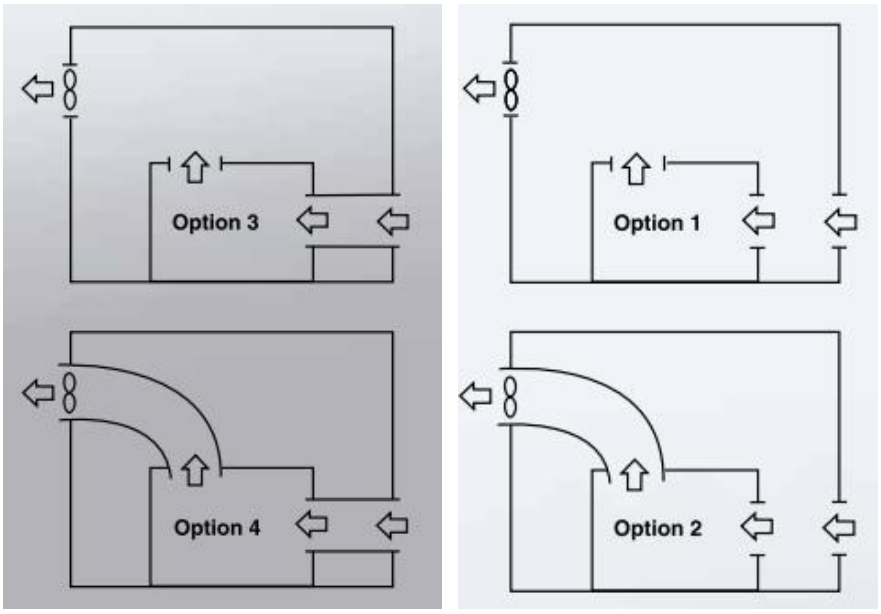
نکاتی در مورد نصب کمپرسور

- محل نصب کمپرسور باید در جایی باشد که لوله کشی و دسترسی مصرف کننده‌ها به کمپرسور را تسهیل کند.
- فضای کافی برای نصب الکتروموتور، ورودی لیفتراک و نیز کمپرسور اضافی در آینده وجود داشته باشد.
- تعبیه‌ی لوله در کف اتاق به منظور تخلیه‌ی رطوبت حاصل از چگالش در مخزن و سایر تجهیزات.
- استفاده از فونداسیون بتنی در مورد کمپرسورهای پیستونی و گریز از مرکز بزرگ و نیز تجهیزات ضد ارتعاش در موارد لازم.
- ورودی هوای کمپرسور حتی الامکان در جایی باشد که هوای تمیز داشته باشد.
- بهتر است هوای ورودی خنک باشد. برای این منظور می‌توان با لوله کشی از خارج از ساختمان هوا را وارد کمپرسور کرد.

تهویه‌ی هوای محل نصب کمپرسور

تمامی کمپرسورها تولید گرما می‌کنند. این گرما با تهویه‌ی اتاقی که کمپرسور در آن نصب شده خارج می‌گردد. مقدار هوای تهویه‌ی مورد نیاز با توجه به حجم کمپرسور و اینکه کمپرسور هوا خنک یا خنک شونده با آب می‌باشد مشخص می‌شود. در مورد کمپرسورهای هوا خنک، مقدار هوای لازم با در نظر گرفتن ۱۰۰٪ انرژی مصرفی الکتروموتور و در کمپرسورهای آب خنک ۱۰٪ انرژی مصرفی الکتروموتور به عنوان گرمای تولید شده محاسبه می-شود.

در شکل‌های زیر نمونه‌هایی از روشهای تهویه را ملاحظه می‌کنید.



آماده سازی هوای فشرده

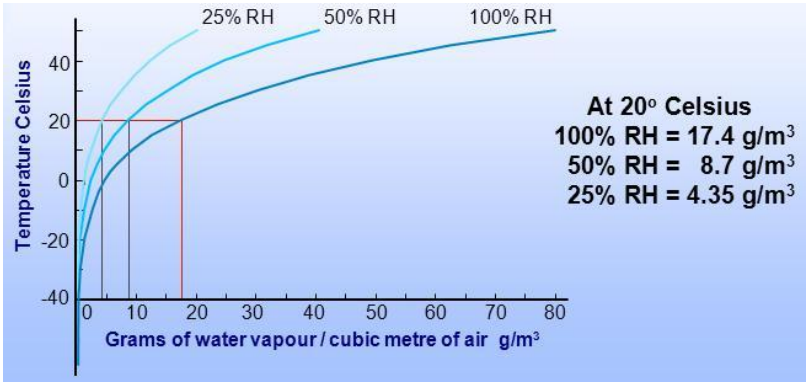
خشک کردن هوای فشرده

هوای محیط دارای بخار آب می‌باشد. در دمای بالا بیشتر و در دمای پایین کمتر. بنابراین هوای فشرده که کمپرسور تولید می‌کند، هوای خشکی نیست. به منظور جلوگیری از اثرات نامطلوب (زنگ زدن) وجود آب در هوای فشرده باید هوا را خشک کرد. در این رابطه تعریف زیر را داریم:

رطوبت مطلق: مقدار بخار آب موجود در یک متر مکعب هوا را رطوبت مطلق گویند.

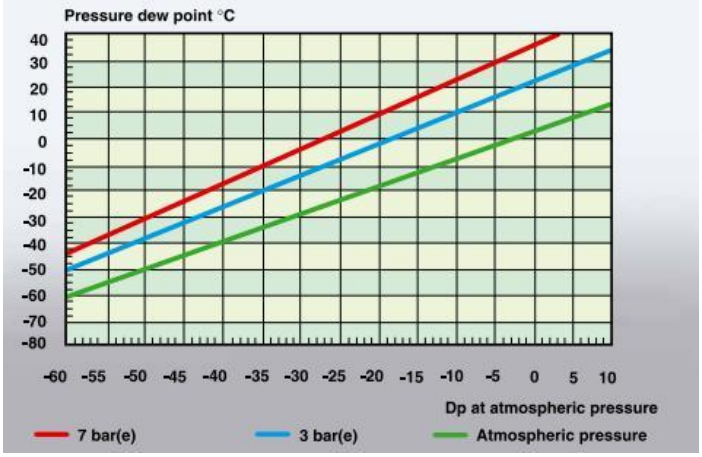
کمیت اشباع: حداکثر بخار آبی که می‌تواند در یک متر مکعب هوا وجود داشته باشد.

درصد رطوبت نسبی: رطوبت مطلق تقسیم بر کمیت اشباع ضربدر ۱۰۰. رابطه‌ی بین مقدار بخار آب (برحسب گرم) موجود در یک متر مکعب هوا و دما در سه حالت رطوبت نسبی ۲۵٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ را در شکل ملاحظه می‌کنید.

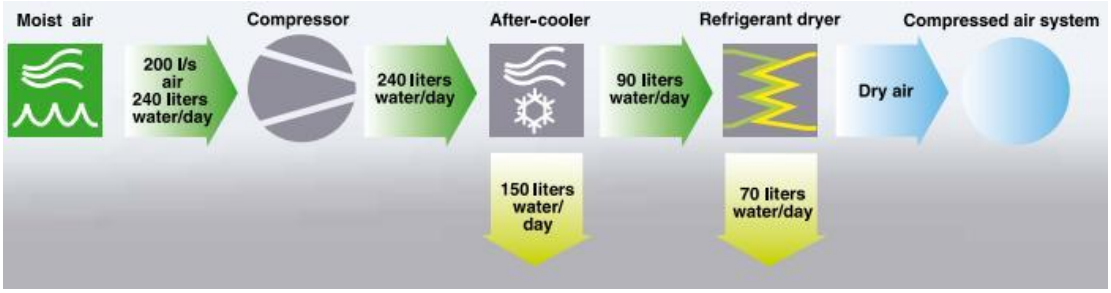


$$\text{رطوبت نسبی} = \frac{\text{رطوبت مطلق}}{\text{کمیت اشباع}} \times 100$$

نقطه‌ی شبنم: هنگامیکه رطوبت نسبی به ۱۰۰ برسد، نقطه‌ی شبنم ایجاد می‌شود. یعنی بخار آب موجود در هوا به شکل قطرات آب در محیط ظاهر می‌گردد. نمودار زیر نقطه‌ی شبنم را در فشارهای اتمسفر، ۳bar و ۷bar نشان می‌دهد.

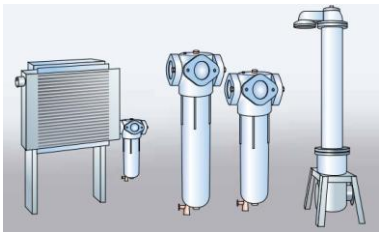


خشک کردن هوای فشرده در دو مرحله یعنی در after-cooler و تجهیزات خشک کن اتفاق می‌افتد. شکل زیر مثالی است از خشک کردن هوای فشرده در دو مرحله ذکر شده.

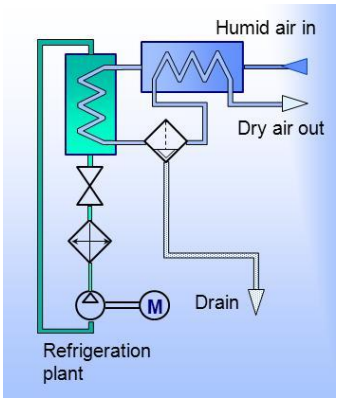


after-cooler

after-cooler یک مبدل حرارتی است که با سرد کردن هوای فشرده، بخار آب آن را جدا می‌سازد. after-cooler ها در دو نوع هوا-خنک و آب-خنک موجوداند. after-cooler دارای تله رطوبت گیر با تخلیه‌ی خودکار بوده و باید نزدیک کمپرسور نصب شوند. کمپرسورهای پیشرفته دارای after-cooler سرخود می‌باشند. معمولا دمای هوای خروجی از after-cooler، ۱۰ درجه بالاتر از دمای ماده‌ی خنک کننده (هوا یا آب) می‌باشد.



after-cooler و تله رطوبت گیر



خشک کردن به روش سرد کردن

در این روش مطابق شکل هوای فشرده ابتدا وارد یک مبدل هوا- هوا شده و تا حدودی خنک می‌گردد. سپس وارد مبدل هوا- ماده سرمازا شده و با سرد شدن مجدد بخار آب آن جدا می‌شود. این بخار آب توسط یک رطوبت گیر جدا شده و تخلیه می‌گردد. بنابراین هوای خروجی خشک خواهد بود.

خشک کردن به روش جذب شیمیایی (Absorption drying)

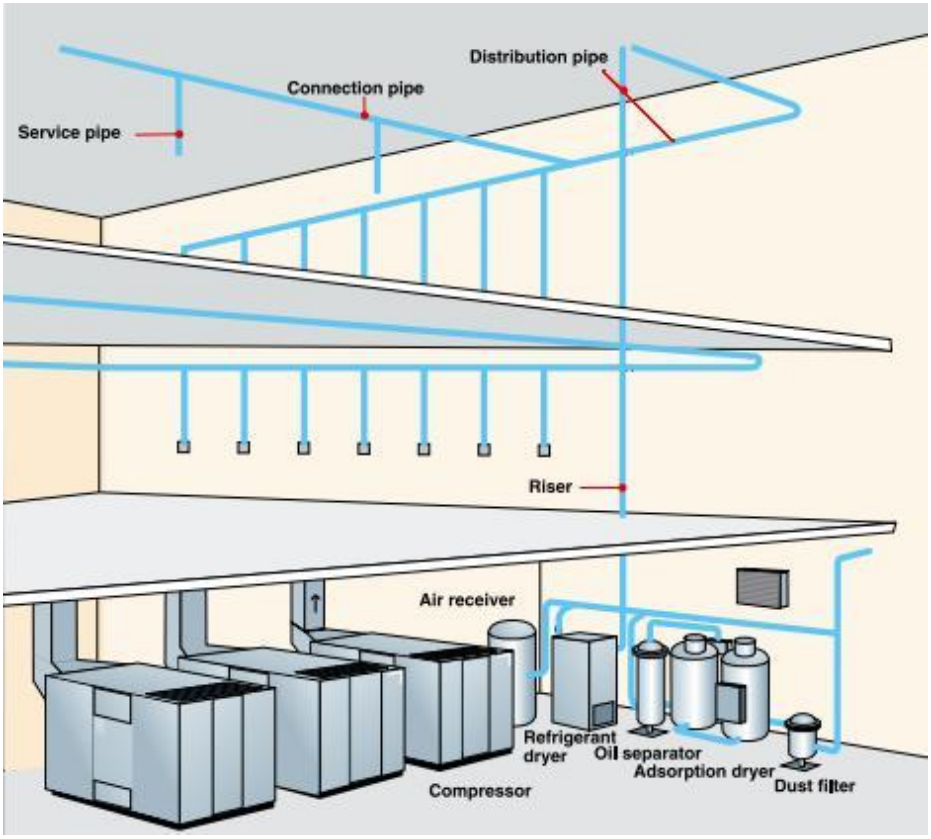
در این روش طی یک واکنش شیمیایی بخار آب هوا جذب ماده‌ی جاذب می‌شود. ماده‌ی جاذب به هر دو شکل مایع یا جامد وجود دارد. معمولا سدیم کلراید و اسید سولفوریک مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش معمول نبوده و مقدار زیادی ماده‌ی جاذب نیاز دارد.

خشک کردن به روش جذب فیزیکی (Adsorption drying)

در این روش هوای فشرده با عبور از روی ماده‌ی نم‌گیر (سیلیکاژل، آلومینای فعال) رطوبت خود را به ماده‌ی نم‌گیر داده و خشک می‌شود. در اثر این جابجایی رطوبت ماده‌ی نم‌گیر اشباع می‌شود. بنابراین باید به طور منظم تعویض گردد.

شبکه‌ی توزیع هوای فشرده

شبکه‌ی توزیع هوا برای اتصال کمپرسور به مصرف کننده‌ها می‌باشد.شبکه‌ی توزیع شامل لوله‌هایی است که ارتباط بین کمپرسور و تمامی مصرف کننده‌ها را برقرار می‌سازد. در شبکه‌های بزرگ مطابق شکل لوله‌ها شامل چهار دسته هستند. لوله‌ی تغذیه کننده (riser) که از طرف مجموعه‌ی کمپرسور (مخزن، خشک کن و...) خارج می‌شود. لوله-های توزیع که هوا را بین نواحی مختلف توزیع می‌کنند. لوله‌های اتصال که هوا را به لوله‌های سرویس می‌رسانند. و لوله‌های سرویس که هوا را به مصرف کننده‌ها می‌رسانند.



محاسبه‌ی قطر خط لوله

روش فرمول:

۱- از رابطه‌ی زیر قطر اولیه‌ی لوله را حساب می‌کنیم.

۲- از روی جدول طول جانشین را برای اتصالات مختلف به دست می‌آوریم.

۳- طول جانشین بدست آمده را با طول خط لوله جمع کرده و از رابطه‌ی زیر قطر نهایی خط لوله را محاسبه می‌کنیم.

$$d = \sqrt[5]{\frac{۴۵۰ \times {q_c}^{۱/۸۵} \times l}{\Delta p \times p}}$$

d: قطر داخلی لوله (mm)

q_c: جریان هوا، FAD (l/s)

l: طول خط لوله (m)

Δp: افت فشار (bar)

P: فشار مطلق کمپرسور (bar)

افت فشار مجاز در جدول زیر آمده است:

افت فشار مجاز در لوله‌های سرویس	۰/۰۳bar
افت فشار مجاز در لوله‌های توزیع	۰/۰۵bar
افت فشار در لوله‌های تغذیه	۰/۰۲bar

روش نمودار:

۱- فشار کاری مطلق (برحسب کیلو پاسکال) را روی محور افقی در قسمت مربوطه پیدا می‌کنیم.

۲- نرخ جریان هوا را (برحسب متر مکعب بر ثانیه) روی محور عمودی سمت راست مشخص می‌کنیم.

۳- از دونقطه‌ی مشخص شده در مراحل قبل خطوط افقی و عمودی رسم می‌کنیم تا یکدیگر را قطع کنند.

۴- از نقطه‌ی بدست آمده در مرحله‌ی ۳ خطی موازی با خطوط مورب رسم می‌کنیم تا خط عمودی مرز بین فشار مطلق و افت فشار را قطع کند.

۵- حال از این نقطه خطی افقی و از طول لوله (محور افقی بالایی) خطی عمودی رو به پایین رسم می‌کنیم تا یکدیگر را قطع کنند.

۶- از نقطه‌ی بدست آمده در مرحله‌ی ۴ خطی مورب به موازات خطوط مورب نمودار و از افت فشار (محور افقی پایین) خطی عمود رسم می‌کنیم تا یکدیگر را قطع کنند.

۷- از نقطه‌ی بدست آمده در مرحله‌ی ۶ خطی افقی رسم می‌کنیم تا محور مربوط به قطر داخلی لوله را قطع کند. عدد بدست آمده، مشخص کننده‌ی قطر داخلی لوله می‌باشد.

حال باید طول جانشین را حساب کرده و دوباره مراحل ۷-۱ را تکرا کنیم تا قطر نهایی محاسبه گردد.

طرح خط لوله

روش خطی: این طرح زمانی مناسب است که مصرف دستگاه بیشتر از ۱۰۰ متر مکعب بر ساعت نباشدف همچنین هنگامیکه هوا به طور همزمان به تمام شبکه کشیده نشود. ضعف‌های این روش عبارتند از:

۱- افت فشار به واسطه‌ی فاصله‌ی گیرنده افزایش می‌یابد.

۲- بدون از مدار خارج کردن بخشهای پایین دست، امکان کار کردن روی هر قسمت وجود ندارد.

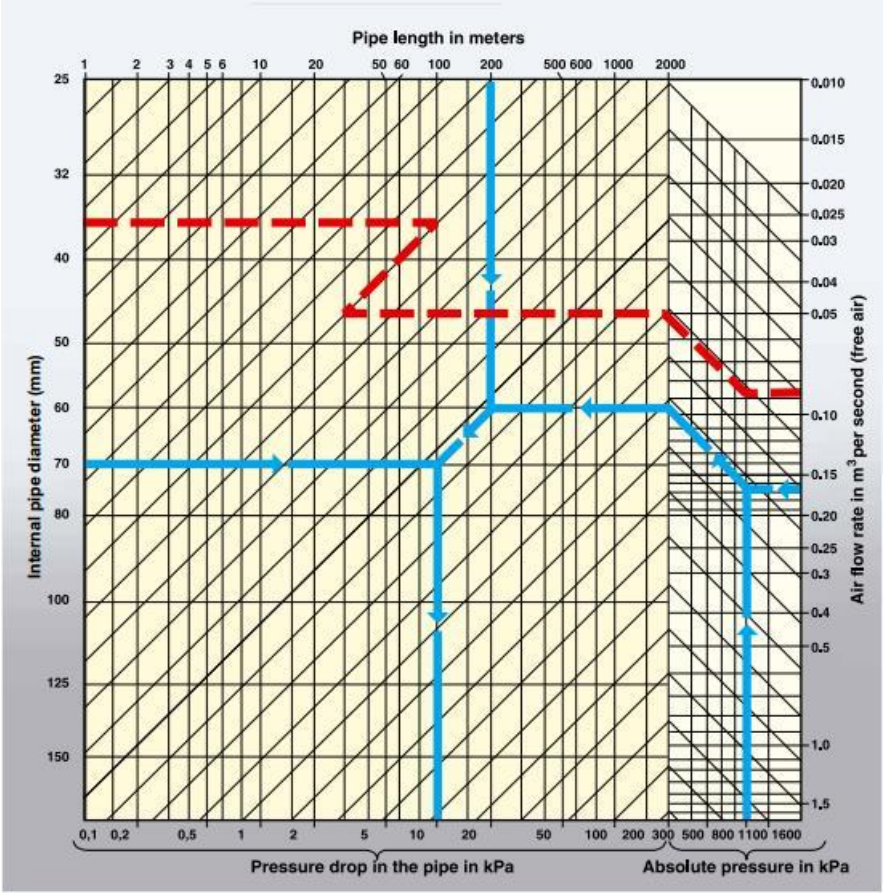
روش حلقوی: خط حلقوی به عنوان خط اصلی بوده و خطوط فرعی از آن منشعب می‌گردد. مزایای این طرح:

۱- به دلیل اینکه هوا از دو طرف جریان دارد توزیع هوا در نقاط مختلف یکنواخت است.
۲- با قطع کردن شیرهای قطع کننده بخشهای مشخصی از مدار خارج شده بدون اینکه از رسیدن هوا به قسمتهای دیگر ممانعت به عمل آید.

روش موازی: این طرح زمانی ارجحیت دارد که تجهیزات مصرفی در درون محیطی که توسط حلقه‌ی اصلی احاطه شده‌اند، باشند.

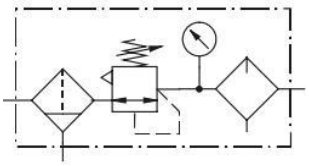
راهنمای نصب لوله

۱- برای هر دو متر، لوله باید به مقدار ۱ سانتی متر شیب دار شود.
۲- یک تله آبگیر باید در فواصل ۵۰-۴۰ متری و در پایین‌ترین نقطه‌ی شاه لوله نصب گردد.
۳- یک تله آبگیر باید در انتهای هر خط باز یا منشعب نصب گردد.
۴- در هر نقطه‌ی اتصال یک شیر قطع باید نصب گردد.

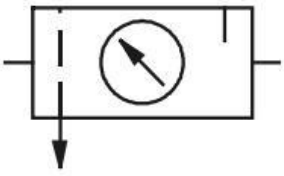


واحد مراقبت

واحد مراقبت در ابتدای مدار مصرف کننده بسته شده و مطابق شکل شامل فیلتر، رگولاتور فشار، فشار سنج و روغن پاش می‌باشد. هوای ورودی به واحد مراقبت ابتدا فیلتر شده و ناخالصی‌های آن جدا می‌شود. سپس فشار خروجی مطابق با نیاز مصرف کننده تنظیم می‌گردد. در آخر نیز به دلیل اینکه هوا خشک شده و سیستمهای مکانیکی از جمله سیستمهای پنوماتیک نیاز به روغنکاری دارند، به هوای خروجی روغن اضافه می‌شود.



نماد مداری واحد مراقبت

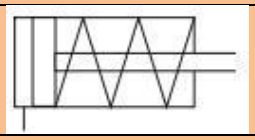
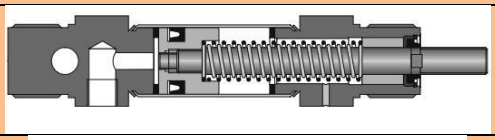
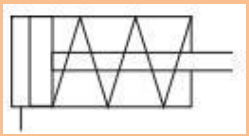
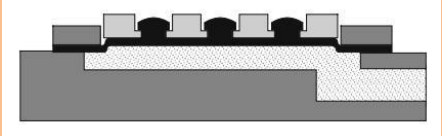
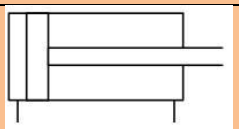
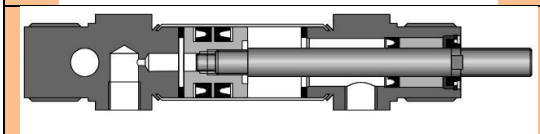
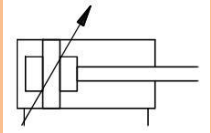
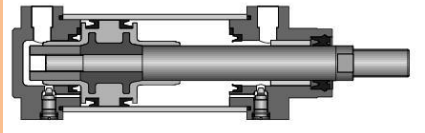
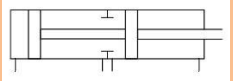
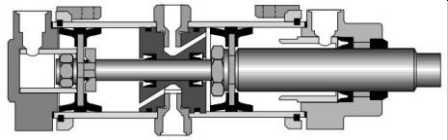
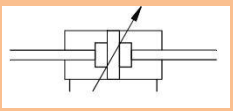
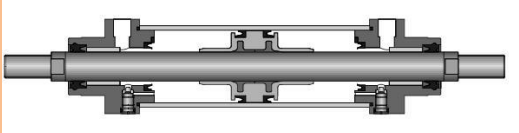


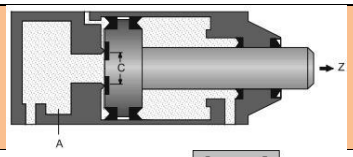
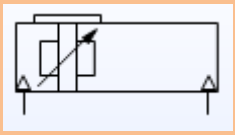
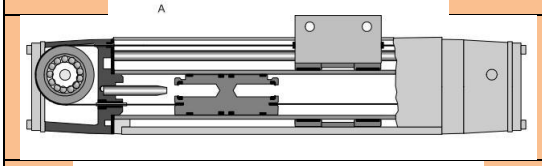
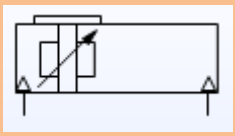
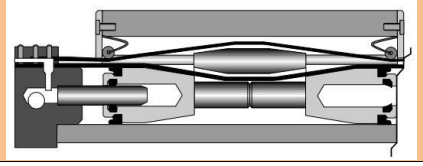
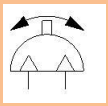
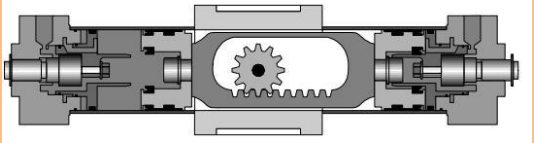
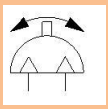
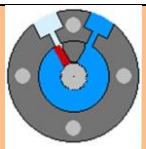
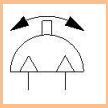
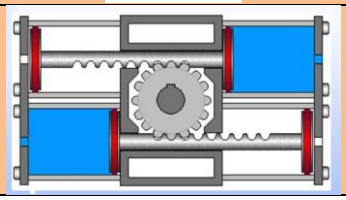
نماد اختصاری واحد مراقبت

عملگرها

عملگرهای خطی یا سیلندرهای پنوماتیک

از نظر نامگذاری و نماد، عملگرهای پنوماتیک مشابه با عملگرهای هیدرولیک می‌باشند.

نام عملگر	نماد	نمای برش خورده
سیلندر یک‌کاره (یکطرفه)		
سیلندر دیافراگمی		
سیلندر دوکاره (دوطرفه)		
سیلندر دو کاره با ضربه گیر		
سیلندر دو کاره تاندم		
سیلندر با میله پیستون دوطرفه با ضربه گیر		

سیلندرهای ضربه‌ای		
سیلندر بدون پیستون		
سیلندر بدون پیستون		
عملگر با دوران محدود		
عملگر با دوران محدود		
عملگر با دوران محدود		

محاسبات سیلندرها

نوع سیلندر	نیروی کورس رفت	نیروی کورس برگشت
دوکاره (دوطرفه)	$F_E = ۰/۹ \times P \times A$	$F_R = ۰/۹ \times P \times (A - a)$
یک‌کاره (یکطرفه)	$F_E = ۰/۹ \times \mathrm{P} \times \mathrm{A} - F_S$	❊

F_E : نیروی کورس مثبت (رفت)

F_R : نیروی کورس منفی (برگشت)

P : فشار

A: مساحت پیستون

a: مساحت شفت (میله پیستون) F_s: نیروی فنر

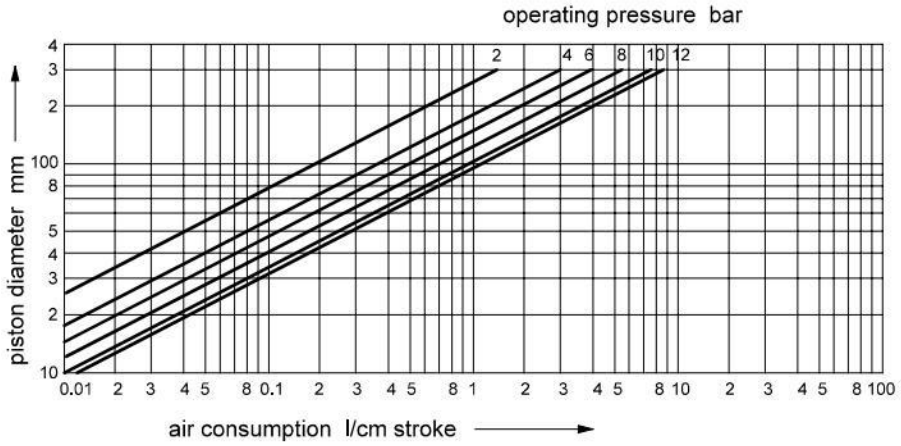
نوع سیلندر	میزان مصرف هوا
یک‌کاره	$q_B = s \times n \times q_H$
دوکاره	$q_B = ۲ \times s \times n \times q_H$

q_B : میزان مصرف هوا

s: طول کورس سیلندر

n : تعداد رفت و برگشت در دقیقه

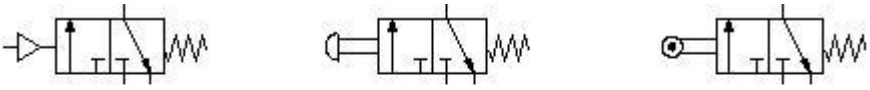
q_H : مقدار مصرف هوا به ازای یک سانتیمتر کورس که از روی نمودار شکل زیر بدست می‌آید.



در رابطه‌ی بالا اختلاف سطح مقطع در سیلندر دوکاره لحاظ نشده است که بدلیل تولرانس‌های مختلف در خطوط و شیرها قابل چشم پوشی است.

شیرهای کنترل جهت

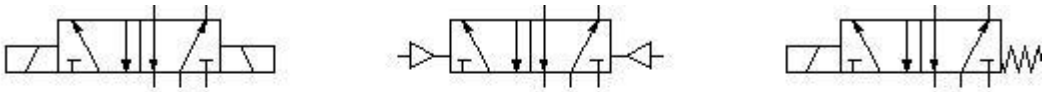
نماد و شیوه‌ی نامگذاری شیرهای کنترل جهت پنوماتیک مشابه شیرهای کنترل جهت هیدرولیک می‌باشد. در ادامه برخی شیرهای پرکاربرد پنوماتیک را ملاحظه می‌کنید.



شیر ۳/۲ غلتکی-لیمیت سوئیچ- برگشت فنری

شیر ۳/۲ شستی برگشت فنری

شیر ۳/۲ تحریک پنوماتیکی برگشت فنری

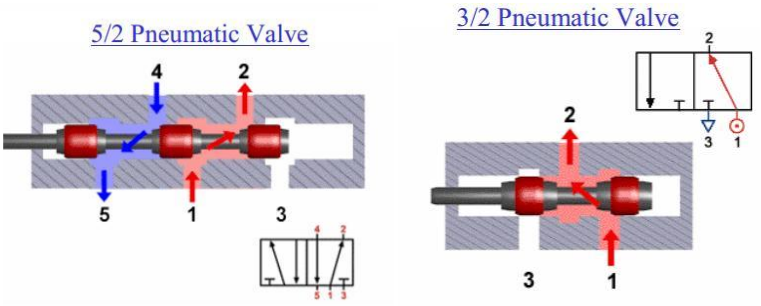


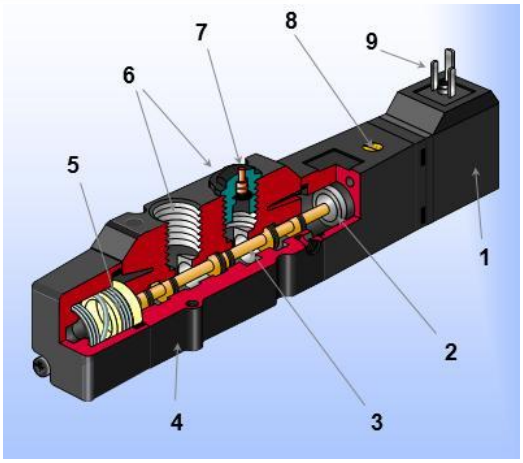
شیر ۳/۲ سولنوئیدی برگشت فنری

شیر ۵/۲ حافظه

شیر برقی-سولنوئیدی- جفت پویین

شکل‌های زیر نمای داخلی و نحوه‌ی عملکرد دو نمونه از شیرهای پنوماتیک را نمایش می‌دهد.





۱: سولنوئید ۲: پیستون ۳: اسپول (قرقره) با آب‌بندها ۴: بدنه‌ی شیر ۵: فنربازگشت
۶: دهانه‌ها ۷: تحریک دستی ۴: کانکتور الکتریکی

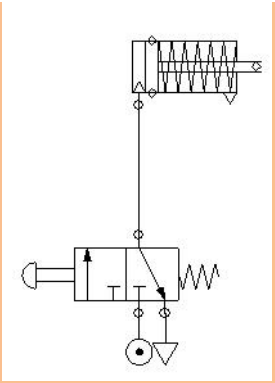
صداخفه کن

به منظور کاهش صدای تخلیه‌ی هوا از شیرهای پنوماتیک می‌توان از صداخفه کن استفاده کرد. آنها از پلاستیک متخلخل یا برنز ساخته شده‌اند. برخی از آنها به شیرهای کنترل جریان مجهز شده‌اند تا جریان خروجی را نیز کنترل کنند.

نماد صداخفه کن

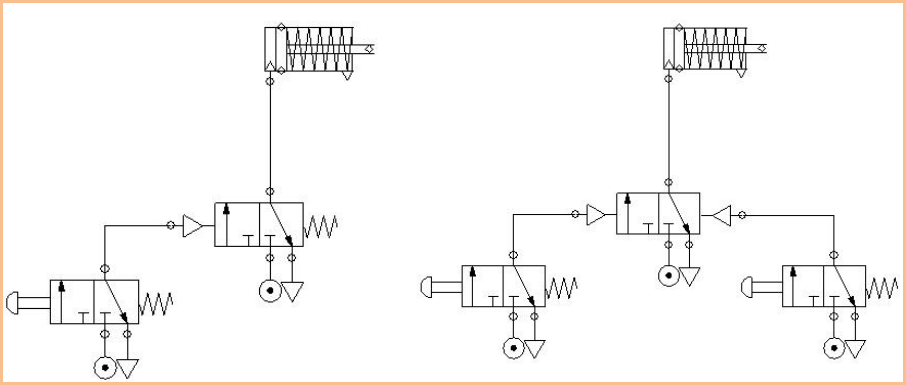
فعالیت

مدار زیر مربوط به کنترل مستقیم سیلندر یکطرفه می‌باشد. آن‌را در نرم افزار Automation studio ترسیم کرده و روی تابلوی آموزشی ببندید.



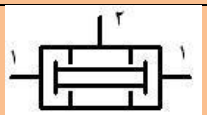
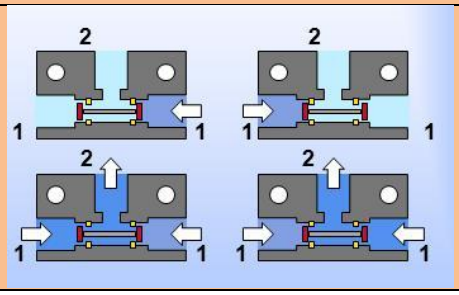
فعالیت کارگاهی

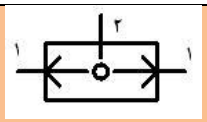
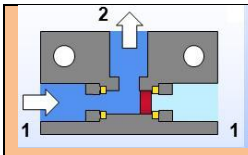
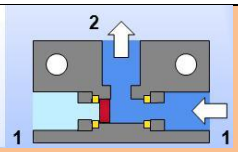
مدارهای زیر را روی تابلوی آموزشی بسته و آزمایش کنید. تفاوت دو مدار چیست؟



عناصر منطقی در پنوماتیک

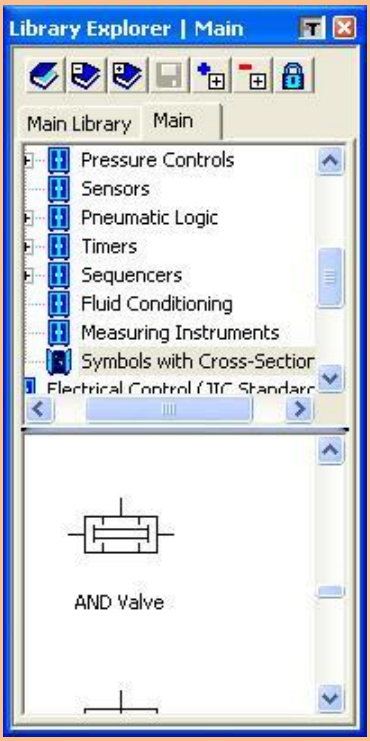
عناصر منطقی، شیرهای پنوماتیکی هستند که خروجی آنها بر اساس منطق خاصی بارگذاری می‌شود. برخی منطق‌ها از ترکیب چند شیر حاصل میشوند.

نام	نماد	جدول درستی			نمای داخلی
AND (و)		۲	۱	۱	
		۰	۰	۰	
		۰	۱	۰	
		۰	۰	۱	
		۱	۱	۱	

OR (یا)		۲	۱	۱	 
		۰	۰	۰	
		۱	۱	۰	
		۱	۰	۱	
		۱	۱	۱	

فعالیت

مدارهای زیر از کاربردهای عناصر منطقی می‌باشد. مدارها را در نرم افزار Automation studio شبیه سازی کنید. عناصر منطقی را از زیر شاخه‌ی مربوطه مطابق شکل وارد صفحه‌ی ترسیم کنید.

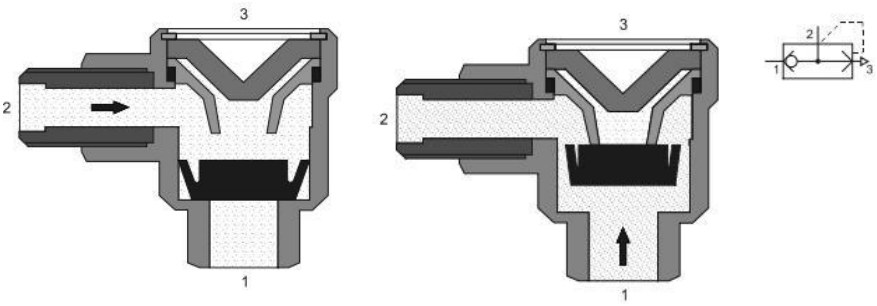


فعالیت کارگاهی

مدارهای فعالیت بالا را روی تابلوی آموزشی در کارگاه بسته و آزمایش کنید.

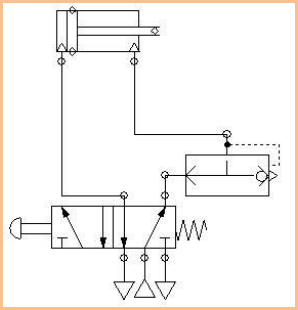
شیر تخلیه سریع

شیر تخلیه سریع به منظور افزایش سرعت سیلندر به خصوص در سیلندرهای یککاره که در کورس برگشت کار انجام نمی‌دهند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر هوا از دهانه‌ی شماره ۱ وارد شود از دهانه‌ی شماره ۲ خارج می‌شود. در صورتیکه هوا از دهانه‌ی ۲ وارد شود از دهانه‌ی شماره ۳ خارج می‌شود. با توجه به اینکه دهانه‌ی تخلیه (شماره ۳) در این شیر بزرگتر از اگزوز در شیرهای کنترل جهت می‌باشد و نیز این شیر نزدیک سیلندر بسته شده و مسیر تخلیه را کوتاه‌تر می‌کند، سرعت حرکت پیستون نسبت به حالتی که این شیر بسته نشده، افزایش می‌یابد.



فعالیت

مدار زیر را در نرم افزار Automation studio شبیه سازی کنید.



Plotter را انتخاب کنید. نماد سیلندر را بکشید و روی پلاتر بیندازید. در پنجره‌ی باز شده مطابق شکل گزینه‌ی Linear Speed را انتخاب کنید. کمینه وبیشینه‌ی مقیاس را مطابق شکل زیر وارد کنید. با ورود به محیط شبیه سازی و تحریک شیر حرکت رفت و برگشت سیلندر را انجام دهید. سرعت رفت را از روی نمودار یادداشت کنید. حال شیر تخلیه سریع را حذف کرده و بار دیگر مدار را شبیه سازی کنید. این بار هم سرعت رفت را یادداشت کنید. سرعت رفت سیلندر را در دو حالت مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

فعالیت کارگاهی

مدار فوق را روی میز کار خود ببندید و آزمایش کنید. نتایج به دست آمده را با نتایج نرم‌افزار مقایسه کنید.

شیرهای کنترل فشار

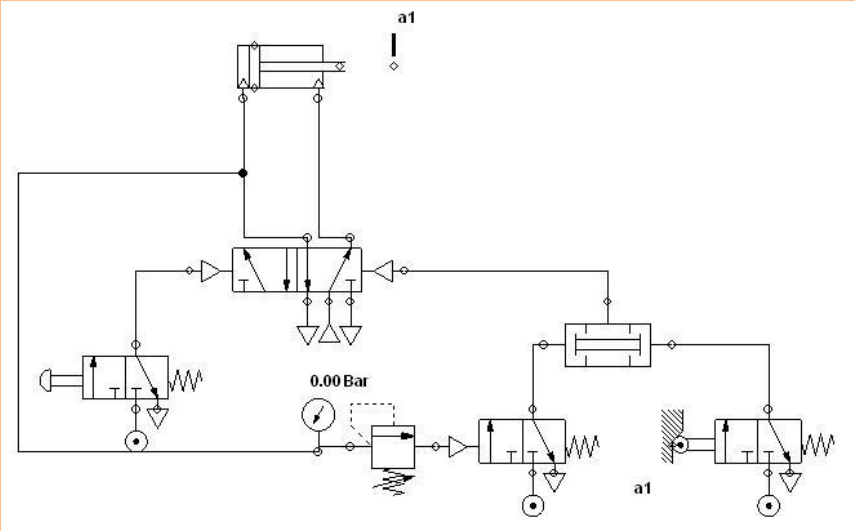
شیرهای کنترل فشار در پنوماتیک به سه دسته‌ی زیر تقسیم می‌شوند:

- شیرهای محدود کننده‌ی فشار (Pressure Relief Valves)
- شیرهای تنظیم کننده‌ی فشار (Pressure Regulator Valves)
- شیرهای ترتیبی (Pressure Sequence Vlave)

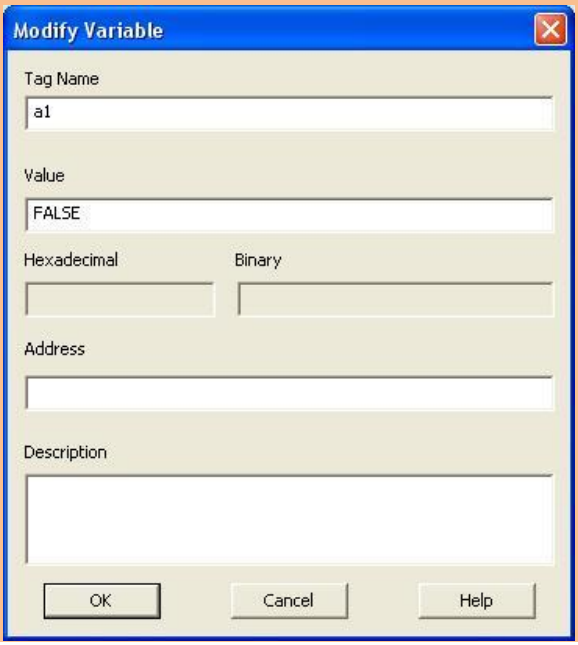
شیرهای محدود کننده‌ی فشار مشابه آنچه در هیدرولیک گفته شد عمل می‌کنند. شیرهای تنظیم کننده‌ی فشار در از نظر عملکردی مشابه شیرهای کاهنده‌ی فشار در هیدرولیک می‌باشند. وشیر ترتیبی نیز عملکردی مشابه با شیرهای ترتیبی در هیدرولیک دارد.

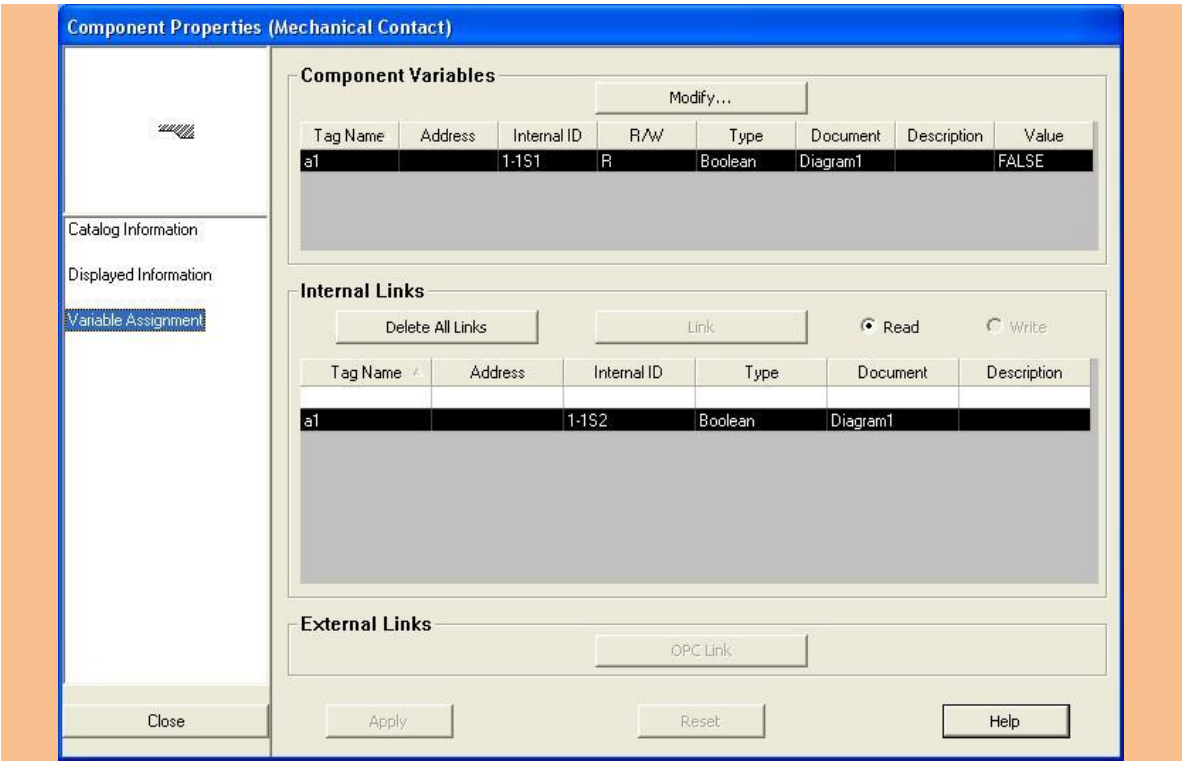
فعالیت

در مدار زیر حرکت برگشت سیلندر مشروط به رسیدن سیلندر به انتهای کورس و رسیدن فشار پشت پیستون به ۷ بار می‌باشد. آن را شبیه سازی کنید. با دو بار کلیک روی شیر ترتیبی فشار باز شدن آن را روی ۷ بار قرار دهید.

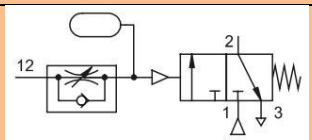
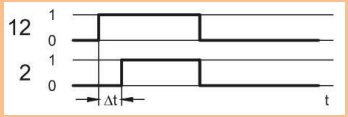
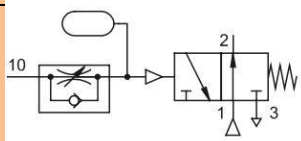
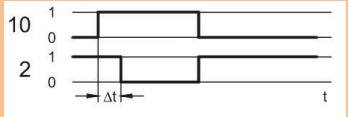
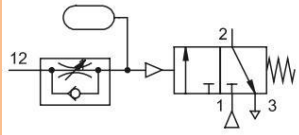
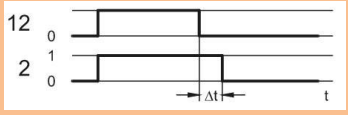
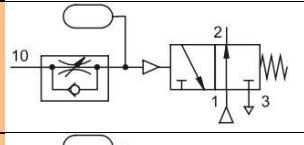
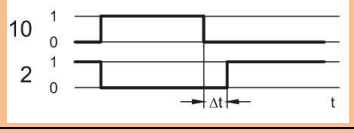
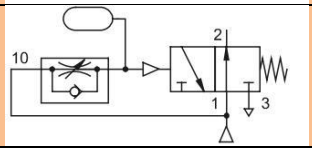
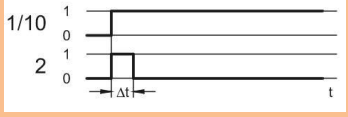


نماد هاشور خورده‌ی روی میکروسوئیچ Mechanical contact و نمادی که به شکل خط در انتهای کورس پیستون قرار گرفته، Sensor Ref نام دارند. هر دوی این اجزا را می‌توانید از زیر شاخه‌ی Sensors در پنوماتیک پیدا کنید. با آوردن Sensor Ref به صفحه، پنجره‌ی Modify Variable باز می‌شود. در این پنجره در قسمت Tag Name نام a۱ را وارد کنید. برای لینک کردن این دو نماد به یکدیگر روی نماد Mechanical contact دوبار کلیک کنید. در پنجره‌ی باز شده a۱ را انتخاب کرده و دکمه‌ی Apply را بزنید.

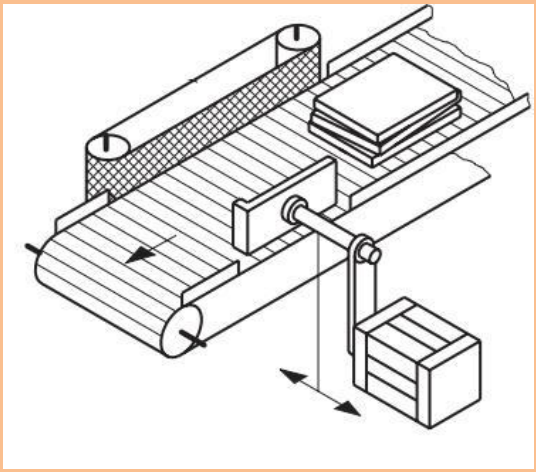


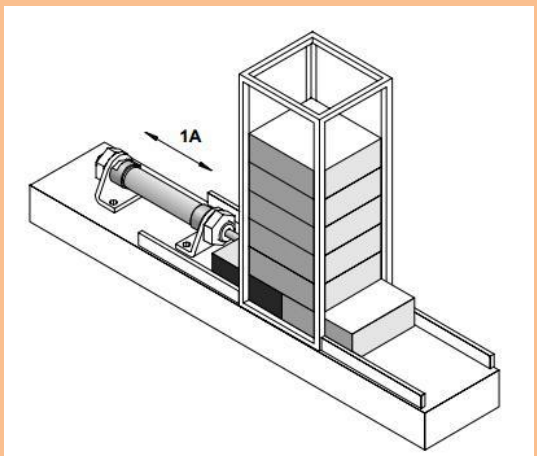


تایمرهای پنوماتیکی

نام	نماد	دیاگرام
تایمر تاخیر در شروع فرمان نوع تاخیر در وصل		
تایمر تاخیر در شروع فرمان نوع تاخیر در قطع		
تایمر تاخیر در خاتمه‌ی فرمان نوع تاخیر در قطع		
تایمر تاخیر در خاتمه‌ی فرمان نوع تاخیر در وصل		
مدار کوتاه کننده‌ی فرمان		

در کارگاهی، مطابق اشکال زیر دو مکانیزم پنوماتیک وجود دارد. در مکانیزم اول، از یک سیلندر یککاره برای تغذیه قطعات به میز ماشینکاری استفاده شده است. بدین ترتیب که با فشردن شستی توسط کارگر، سیلندر قطعه را به سمت میز هدایت می‌کند. زمانیکه کارگر دستش را از روی شستی بردارد، سیلندر به عقب باز خواهد گشت. در مکانیزم دوم، قطعات روی کانوایر حرکت می‌کنند. با رسیدن به براکت وصل شده به شفت سیلندر متوقف شده و با فشردن یک شستی، سیلندر دوکاره قطعات را به تسمه‌ی کنار کانوایر می‌فشارد. با این عمل، قطعات مرتب می‌شوند. سیلندر پس از اینکه به انتهای کورس رسید به صورت خودکار به داخل بازمی‌گردد.





قطر سیلندر یککاره: ۵۰mm کورس سیلندر یککاره: ۱۵cm تعداد رفت و برگشت در دقیقه: ۶ فشار کاری: ۵bar
قطر سیلندر دوکاره: ۷۰mm کورس سیلندر دوکاره: ۱۰cm تعداد رفت و برگشت در دقیقه: ۱۰ فشار کاری: ۷bar(a) بیشینه‌ی دمای محیط: ۳۰درجه دمای نرمال: ۲۰ درجه حد بالای فشار در مخزن: ۷bar
حد پایین فشار در مخزن: ۶bar خاموش روشن شدن کمپرسور: هر ۳۰ ثانیه یک سیکل طول خط لوله: ۲۰m افت فشار مجاز: ۰/۱bar

۱- میزان مصرف هوای هر مصرف کننده را محاسبه کنید.
۲- کمپرسور مناسب برای این کارگاه را مشخص کنید.
۳- حجم مخزن مناسب را بدست آورید.
۴- قطر خط لوله را تعیین کنید.
۵- مدارهای مناسب برای هردو مکانیزم را طراحی کرده و در نرم افزار Automation studio شبیه سازی کنید.
۶- مدارها را روی تابلوی آموزشی خود بسته و آزمایش کنید.

شرح کار:

انتخاب کمپرسور و مخزن مناسب، تعیین قطر خط لوله، طراحی و شبیه سازی مدار و نصب و راه اندازی سیستم هوای فشرده‌ی کارگاهی.

استاندارد عملکرد:

تعیین اندازه‌ی مناسب برای کمپرسور و مخزن- تعیین قطر مناسب برای خط لوله- طراحی و شبیه سازی مدار پنوماتیک- نصب و راه اندازی مدار روی تابلوی آموزشی

شاخص‌ها:

تعیین صحیح اندازه‌ها-ترسیم مدار صحیح به لحاظ مداری و نماد اجزای پنوماتیک- شبیه سازی مدار توسط نرم افزار و اطمینان از صحت ترسیم- نصب و راه اندازی مدار.

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: ۱- در کارگاه هیدرولیک و پنوماتیک ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس؛ ۳– تهویه استاندارد و دمای ۳۰ ° ±۲۰°c؛ ۴- ابزارآلات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار؛ ۵- وسایل ایمنی استاندارد ؛ ۶- زمان ۳۰۰ دقیقه.

ابزار و تجهیزات: رایانه- نرم افزار Automation studio- مجموعه‌ی آموزشی پنوماتیک-ماشین حساب

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تعیین اندازه‌ی کمپرسور، مخزن و قطر لوله	۱	
۲	ترسیم صحیح مدار	۱	
۳	شبیه سازی مدار با نرم افزار	۲	
۴	نصب و راه اندازی	۳	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱– رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- رعایت دقت و نظم ۳- نظافت تجهیزات پس از اتمام کار ۴- رعایت نکات ایمنی ۵- استفاده از لباس کار و دستکش مناسب	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.

واحد یادگیری ۴

شایستگی بکارگیری قطعات پنوماتیکی در ایجاد مدار های پنوماتیکی و رفع عیب آن

آیا می‌دانید

- چگونه می توان یک حرکت اتوماتیک با تجهیزات پنوماتیکی ایجاد کرد ؟
- قبل از بکاری گیری تجهیزات پنوماتیکی بایستی نقشه ارتباط این قطعات را ترسیم کرد ؟
- در صنایع بسته بندی و دارویی از سیستم های پنوماتیکی استفاده می شود ؟
- ترکیب منطقی قطعات پنوماتیکی مدار را ایجاد می کنند ؟

هدف از این شایستگی عبارتند از:

۱- توانایی تشخیص ارتباط منطقی بین قطعات
۲- توانایی ایجاد مدارهایی با کنترل مستقیم و غیر مستقیم
۳- توانایی تشخیص تبیین و ایجاد توابع حرکتی یک مدار
۴- توانایی تشخیص و رفع عیوب مدار (سیگنالهای مزاحم)
۵- توانایی بکار گیری و ساخت یک دستگاه با کنترل پنوماتیکی (پرس)

استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد یادگیری و کسب شایستگی، هنرجویان می‌توانند از قطعات پنوماتیکی برای ایجاد مدار های مختلف با روشهای کنترلی گوناگون استفاده کرده و مدار را ایجاد کند .

کنترل پنوماتیکی

یک سیستم کنترل پنوماتیک از یک مجموعه کامل ، شامل قطعات کنترلی و عملگر پنوماتیک متصل بهم تشکیل می شود . یک سیستم کنترل ممکن است از یک یا چند واحد کنترل مدار باز یا بسته که برای انجام یک وظیفه خاص طراحی شده اند ساخته شود . در ایجاد یک مدار پنوماتیک ابتدا بایستی نوع کنترل مشخص گردد و سپس مداری برای ایجاد این نوع کنترل ایجاد شود .

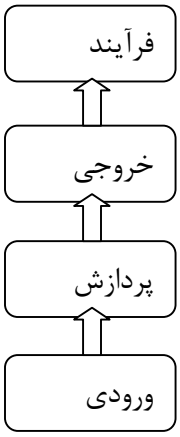
در یک سیستم کنترلی پنوماتیک که عموما بصورت حلقه باز فرض می گردد می توان از تجهیزاتی مانند انواع شیرهای راه دهنده و شیرهای منطقی و عملگر ها استفاده شود .

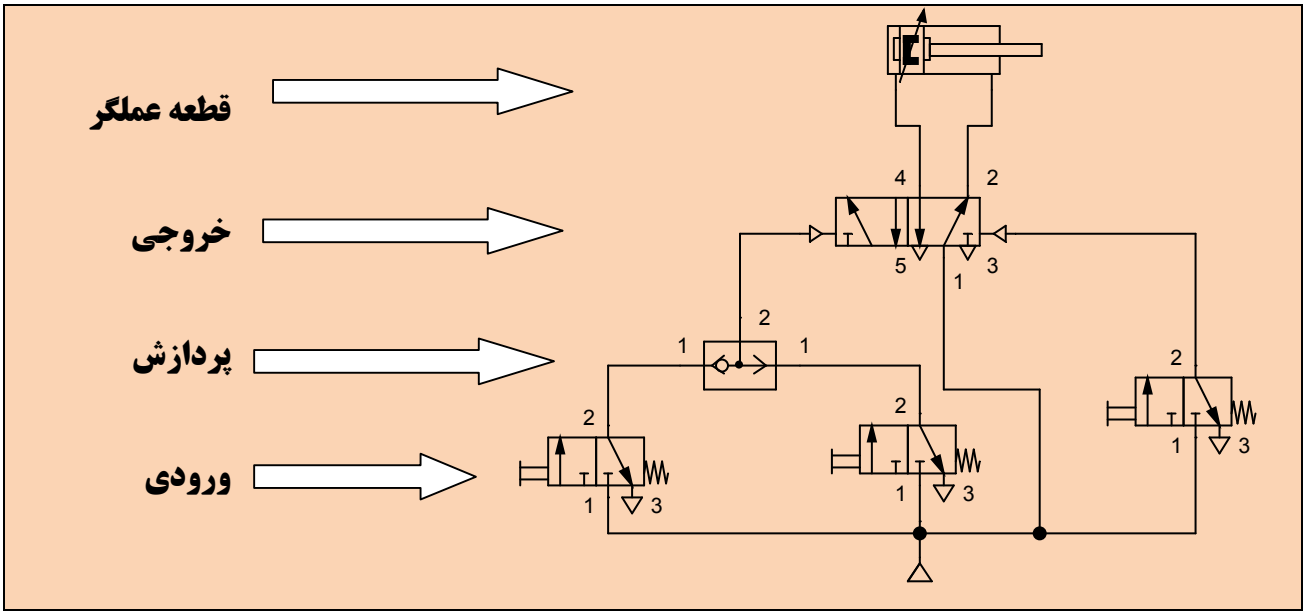
تحقیق : چند نمونه از سیستم های کنترلی پنوماتیک را نام ببرید .

هر سیستم کنترل پنوماتیکی دارای چهار بخش اصلی می باشد که هر کدام دارای اجزا و تجهیزاتی است .

این چهار بخش عبارتند از :

- ورودی
- پردازش
- خروجی
- فرآیند





نکات عمومی در طراحی سیستم های کنترل پنوماتیکی :

- **در سیستم های کنترل پنوماتیکی بخش سیگنال ورودی و پردازش را در فاصله نسبتا دوری نسبت به قسمت عملیات قرار داد اما فاصله بین قطعات ایجاد کننده سیگنال خروجی و قطعات عملگر باید حداقل باشد تا در هدر رفت انرژی و افت سرعت جلوگیری شود**
- **بایستی تناسبی بین قطعات انتخابی مانند شیرها ،سیلندر ها و موتور ها وجود داشته باشد به عبارت دیگر انتخاب این قطعات نیاز به دانش فنی و تخصصی دارد .**
- **طراح یک سیستم کنترل پنوماتیکی قبل از هر چیز بایستی مدارات اولیه و اصلی را بشناسد و تشخیص دهد .**

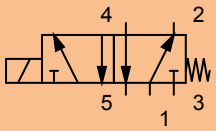
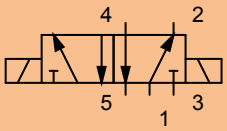
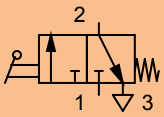
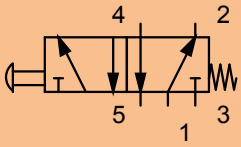
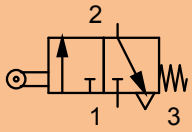
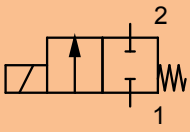
مدارهای اصلی در سیستم های پنوماتیک

مدارهای پیچیده پنوماتیک متشکل از مدارهای اصلی و پایه ای هستند که آشنایی با این مدارها به تفهیم مسایل پیچیده کمک می کند . تفاوت در این مدارها عمدتا در نوع کنترل و بکار گیری عنصر حافظه می باشد .
قبل از پرداختن به مدارهای پایه مروری بر شیرهای مورد استفاده در پنوماتیک و آشنایی مجدد با آنها ضروری است . در یک تقسیم بندی می توان شیرهای مورد استفاده در پنوماتیک را به شکل زیر تقسیم کرد :

۱- شیرهای کنترل جهت
۲- شیرهای کنترل جریان
۳- شیرهای کنترل فشار
۴- شیرهای یکطرفه
۵- شیرهای منطقی

۱-شیرهای کنترل جهت **مسیر عبور هوا را کنترل کرده و برای کنترل زمان کار عملگرها ، کنترل قطع و وصل و تعیین جهت عبور هوا به کار می رود .**

در جدول زیرچندنمونه از شیرهای کنترل جهت در پنوماتیک مشاهده می شود :

		
شیر یک بوبین۵/۲	**شیر دو سر بوبین ۵/۲**	**شیر اهرمی ۵/۲**
		
شیر پوش باتون ۵/۲	**شیر غلتکی ۳/۲**	**شیر ۲/۲ قطع ووصل**

نکاتی قابل توجه درمورد شیرهای پنوماتیک :

۱- سیستم شماره گذاری پورتها

۲- سایز شیرها

۳- عامل تحریک شیرها

۴- نرمال باز و نرمال بسته بودن شیر

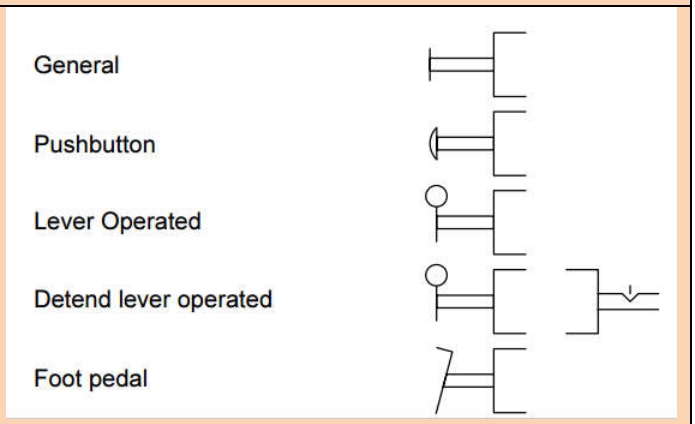
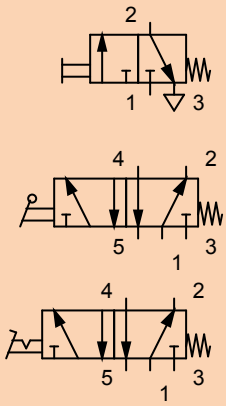
دهانه یا پورت شیرها را در دو سیستم شماره گذاری و حروف گذاری می توان علامت گذاری کرد . که هر کدام از شماره یا حروف مفهوم خاصی دارد .

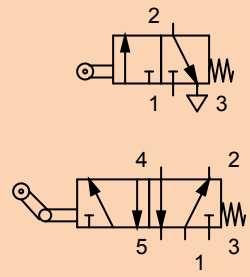
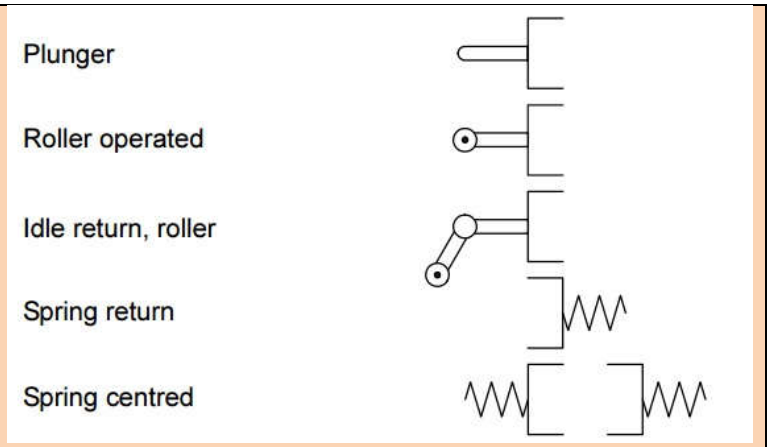
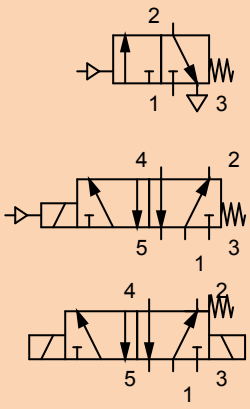
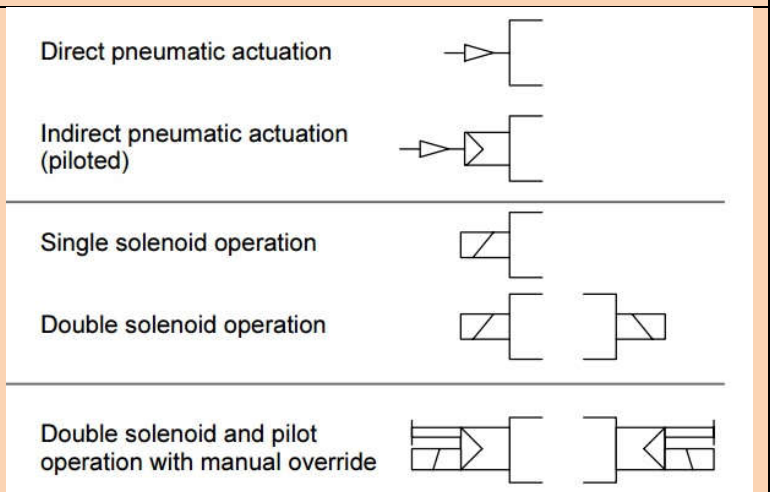
دهانه / Port	شماره گذاری	حروف گذاری
خط فشار	1	P
خطوط کاری	2,4	A,B
تخلیه	3,5	R,S

اتصال پورت ۱ به ۲	12	Y
اتصال پورت ۱ به ۴	14	Z
خط پیلوت کمکی	81 , 91	Pz

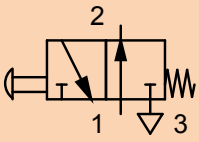
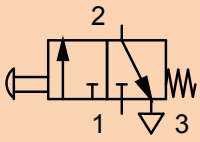
سایز شیر های پنوماتیک متناسب با میزان هوای دهی آنها می باشد و برای یک یا چند سیلندر با قطر و طول کورس معین شیر با سایز معینی تعیین می شود .سایز های موجود و عرف در صنعت در سیستم اینچی و به شکل .... , 1/8" , ¼" ,3/8" , ½" ,1" بیان می شوند .

عوامل تحریک شیرهای پنوماتیک به سه گروه دستی ، مکانیکی و الکتریکی و پنوماتیکی تقسیم می شوند . جدول زیر عوامل تحریک شیرهای پنوماتیک را نشان می دهد .

دستی	مثال
	
مکانیکی	مثال

مثال	الکتریکی و پنوماتیکی
	
	

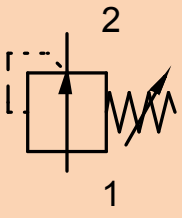
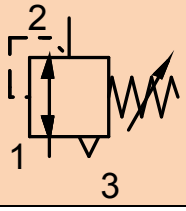
شیرهای راه دهنده در دو نوع نرمال باز و نرمال بسته می توانند بکار گرفته شوند . نمونه ای از این حالت ها را در جدول زیر آورده شده است .

نرمال بسته (Normally close)	نرمال باز (Normally open)
	

۲–شیرهای کنترل جریان میزان جریان هوای عبوری را تنظیم می کند و در دو نوع یکطرف و دو طرفه موجود می باشد .

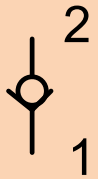
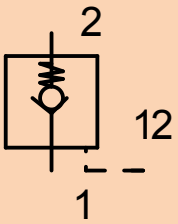
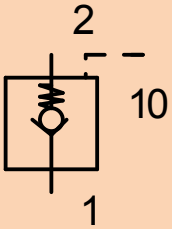
شیر کنترل جریان یکطرفه	شیر کنترل جریان دو طرفه

۳– شیرهای کنترل فشار : در مقایسه با سیستم های هیدرولیکی ، شیرهای کنترل فشار پنوماتیک از تنوع کمتری برخوردار هستند . این شیرهای وظیفه کنترل فشار هوای عبوری از یک شیر یا فشارهوای مورد نیاز سیستم را بر عهده دارد . این شیر در دو نوع محدود کننده فشار و تنظیم فشار (کاهنده فشار) قابل استفاده است .

شیر کاهنده فشار	شیر محدود کننده فشار
	

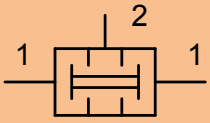
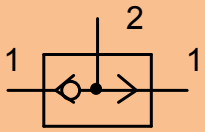
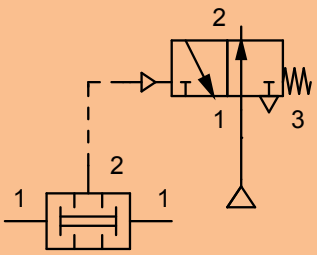
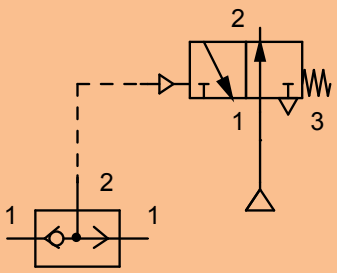
۴–شیرهای یکطرفه :

این شیرها مانند شیر یکطرفه هیدرولیک بوده با این تفاوت که سیال عبوری از آن هوای فشرده می باشد . در انواع مختلف وجود دارد مطابق جدول زیر :

یکطرفه بدون فنر	یکطرفه با فنر	یکطرفه پیلوتی(بازکن)	یکطرفه پیلوتی(قفل کن)
			

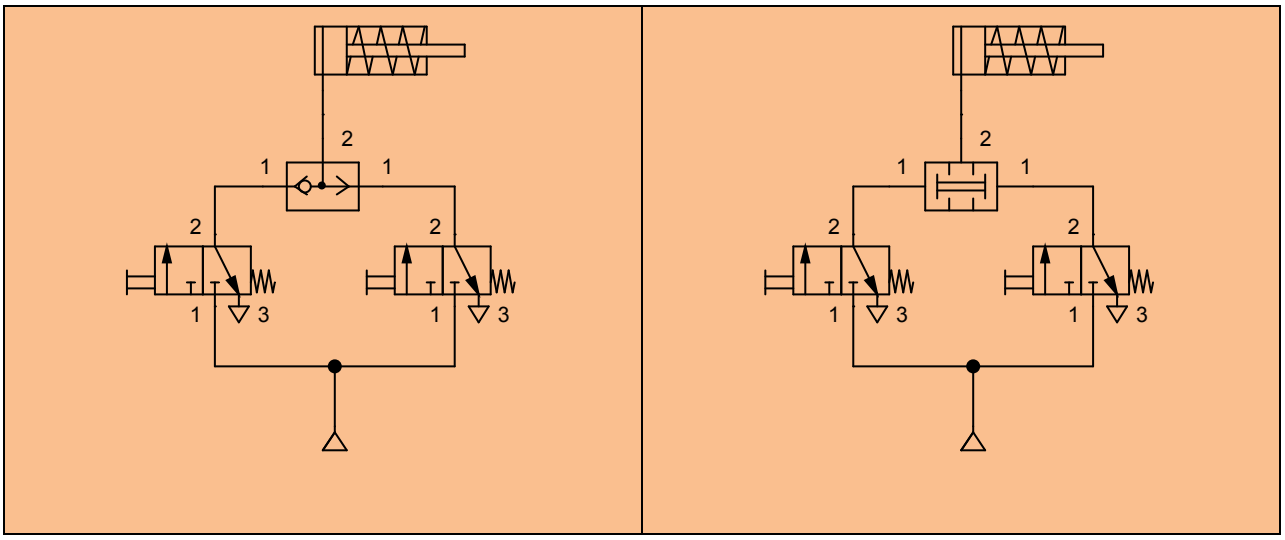
۵–المان های منطقی :

در پنوماتیک عناصر وجود دارد که با ترکیب آنها می توان حالت های منطقی دیجیتال را ایجاد کرد . عمدتا از این عناصر برای فرمان دادن از چند نقطه با ترتیب خاص استفاده می شود . این عناصر در جدول زیر آورده شده اند :

شرح عملکرد	نماد پنوماتیکی	عملکرد منطقی
شیر and هنگامی که از دو خط فشار همزمان بخواهیم خروجی داشته باشیم مورد استفاده قرار می گیرد .		And
شیر OR هنگامی که از دو خط فشار همزمان یا بطور مجزا بخواهیم خروجی داشته باشیم مورد استفاده قرار می گیرد .		OR
در این ترکیب تنها وقتی خروجی خواهیم داشت که دو خط فشار همزمان غیر فعال باشند در غیر اینصورت خروجی فعال می باشد		Nand
در این ترکیب تنها وقتی خروجی فعال است که هر دو ورودی غیر فعال باشد و با فعال شدن حداقل یک ورودی خروجی قطع خواهد شد .		NOR

در پنوماتیک عملیات منطقی Boole را می توان با علامت و عبارتهایی معرفی کرد بطوریکه برای منطق And می توان از " Λ " و برای منطق OR می توان از " V "استفاده کرد . معمولا ورودی شیر های منطقی از شیر دیگر تغذیه می شود بنابراین عبارت منطقی برای شیرهای محرک نوشته می شود .

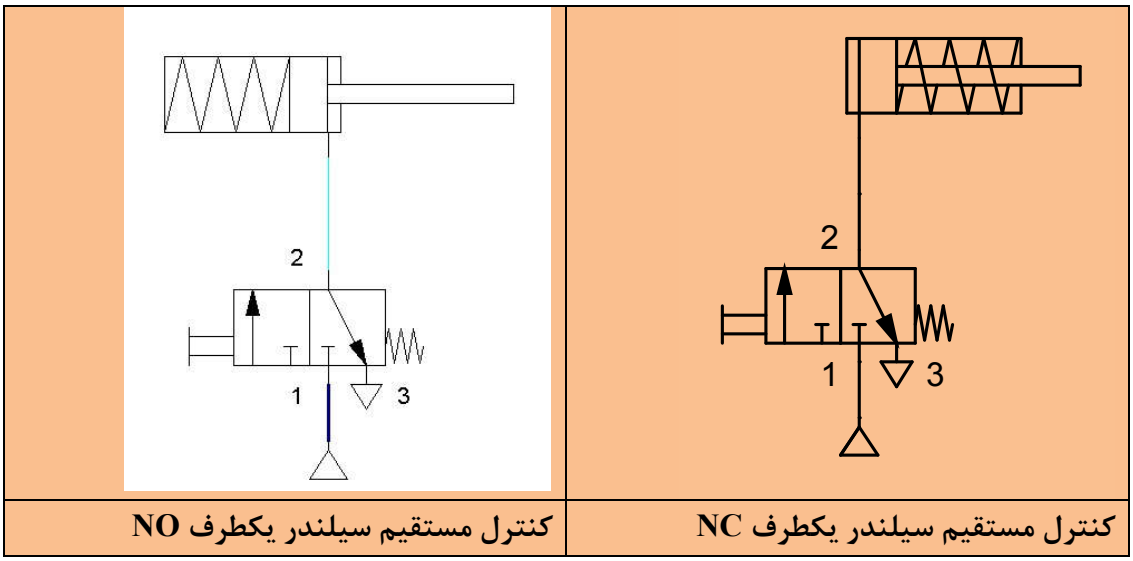
مثال : مداری طراحی کنید که از دو نقطه همزمان بتوان سیلندر یکطرفه ای را تحریک کرد : حل: عبارت منطقی AΛB می باشد	مثال : مداری طراحی کنید که از دو نقطه بطور مجزا بتوان سیلندر یکطرفه ای را تحریک کرد : حل: عبارت منطقی AVB می باشد



نحوی استفاده ازانواع شیرهای با توجه به شرایط مساله متفاوت بوده ولی در تکنیک کنترلی یک مدار پنوماتیک استفاده از این تجهیزات و متناسب بودن آنها برای ایجاد یک حرکت نیاز به آشنایی با مدارهای اصلی دارد . در این بخش به شرح برخی از روشهای کنترل مدار می پردازیم :

الف– کنترل مستقیم سیلندر یک کاره :

در کنترل مستقیم عنصر فرماندهنده مستقیما به عمل کننده متصل است . ازاین نوع کنترل در مواردی که حجم سیلندر عمل کننده کوچک و فاصله بین عناصر فرمان و عمل کننده کوتاه است استفاده می شود .



کنترل مستقیم سیلندر یکطرف NC	کنترل مستقیم سیلندر یکطرف NO

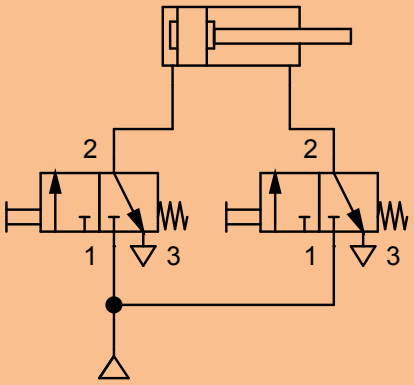
نکته قابل توجه اینکه سیلندر های یک کاره می توانند در دو وضعیت NO و یا NC باشند . بدین معنی که در وضعیت NO پیستون سیلندر در حالت عادی بیرون و در حالت NC پیستون سیلندر در حالت عادی داخل قرار دارد .

فعالیت کارگاهی : یک پرس پنوماتیکی را در نظر بگیرید نیاز است که اپراتور برای کار از دو نقطه همزمان بتواند پرس را تحریک کند .(حفظ ایمنی) همچنین در پشت دستگاه یک شیر دیگر وجود دارد که برای عملیات سرویس از آنجا نیز می توان فرمان صادر کرد . مدار این پرس را بطور مستقیم ترسیم و بر روی تابلو ببندید .

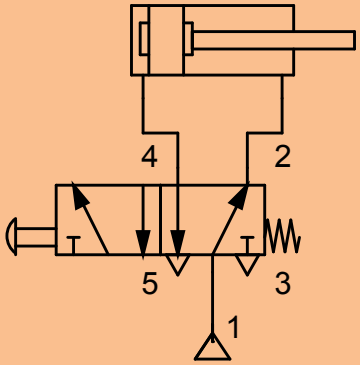
(سه شیر A , B , C بایستی به شکل روبرو ترکیب شوند (AΛB) V C

ب– کنترل مستقیم سیلندر دو کاره :

سیلندر های دو طرفه همانطور که می دانید سیلندر هایی هستند که در دو جهت با فشار هوای فشرده کار می کنند . این سیلندرها را می توان به دو روش کنترل کرد : الف – با استفاده از شیر ۵/۲ ب- با استفاده از دو شیر ۳/۲ .



کنترل مستقیم سیلندر دو طرفه با دو شیر۳/۲



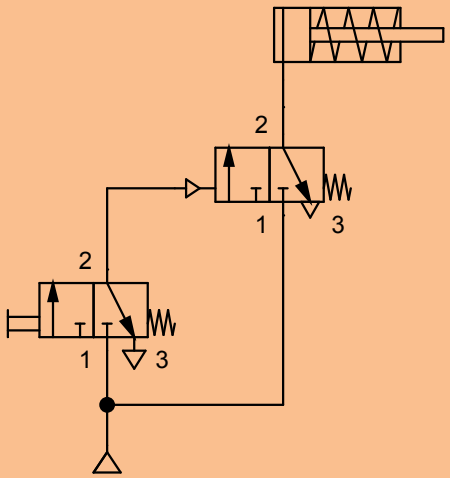
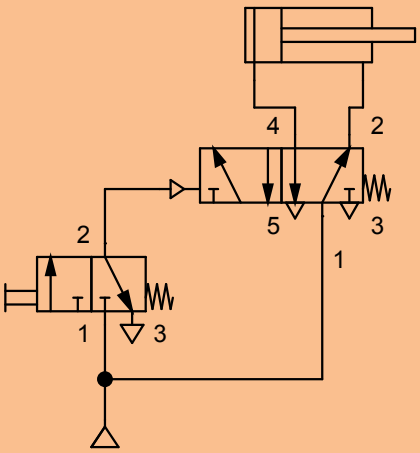
کنترل مستقیم سیلندر دو طرفه با یک شیر ۵/۲

فعالیت کارگاهی :مداری را در نظر بگیرید که در آن با تحریک یک شیر ۳/۲ بتوان دو سیلندر دو طرفه همزمان به جلو حرکت کرده ولی حرکت برگشت این سیلندر ها بطور مجزا از دو شیر متفاوت دیگر فرمان بگیرند . مدار بصورت مستقیم ترسیم کرده و سپس بر روی تابلوی آموزشی ببندید.

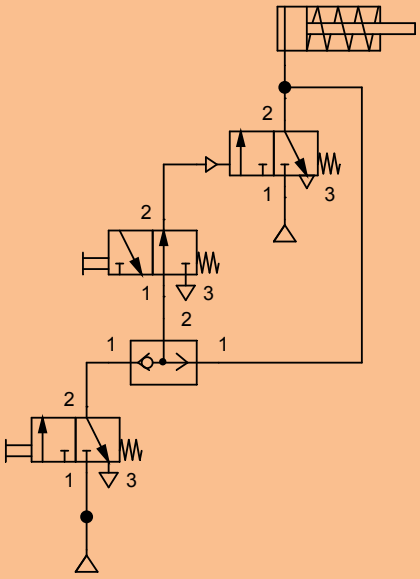
ج– کنترل غیر مستقیم سیلندر های یک کاره و دو کاره :

در کنترل غیر مستقیم ، عنصر فرمان دهنده یک شیر (کوچک) بوده که فرمان را به شیر اصلی می دهد . در سیستم های پنوماتیکی بزرگ برای ارسال فرمان به یک عمل کننده بزرگ عمدتا از شیر های بزرگ استفاده می شود (متناسب با میزان هوا مصرفی سیلندر) در کنترل غیر مستقیم از یک شیر با سایز کوچک با فشار کاری پایین برای تحریک شیر اصلی استفاده می شود .

قبلا با شیرهای حافظه دار آشنا شده اید از این شیر ها در کنترل غیر مستقیم استفاده می شود .

	
کنترل غیر مستقیم سیلندر یکطرفه	کنترل غیر مستقیم سیلندر دوطرفه

مثال : مدار لیفتراکی را طراحی کنید که در آن از یک سیلندر یک طرفه استفاده شده است . مدار باید طوری عمل کند که سیلندر باری را حرکت داده و به ارتفاعی بالا ببرد با رها کردن شیر ۳/۲ پیستون سیلندر همچنان بیرون بماند و در زمان نیاز بتوان پیستون سیلندر را به عقب حرکت داد .



فعالیت کارگاهی : مدارپنوماتیک در نظر بگیرید که حرکت رو به جلو سیلندر دو طرفه از دو نقطه همزمان و حرکت برگشت آن از یک نقطه صورت گیرد . مدار را با کنترل غیر مستقیم ترسیم و بر روی تابلوی آموزشی ببندید.

از مزایای کنترل غیر مستقیم می توان به موارد زیر اشاره کرد :

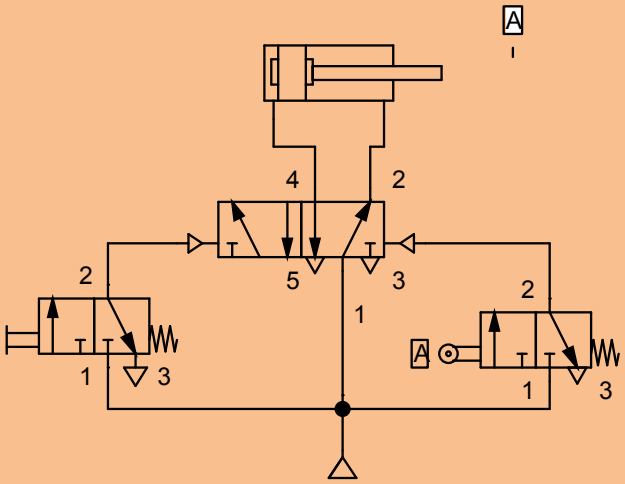
الف- کاهش هزینه بخاطر کاهش فشار کاری شیرهای فرمان دهنده

ب- در کنترل غیر مستقیم می توان فاصله عنصر فرمان دهنده را بیشتر کرد .ولی شیر اصلی بایستی حداقل فاصله را

د– برگشت خودکار سیلندر دو طرفه به کمک شیرهای مرزی غلتکی :

شیرهای غلتکی به گونه ای می باشند که در ابتدا و انتهای مسیر سیلندر ها نصب شده با برخورد سر سیلندر با آن فرمان رفت و یا برگشت سیلندر را صادر می کنند .

مثال : مداری را در نظر بگیرید که حرکت رفت سیلندر با استفاده از یک شیر ۳/۲ صورت گرفته و برگشت سیلندر بطور اتوماتیک انجام شود .

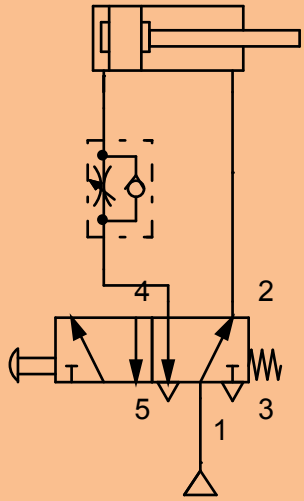
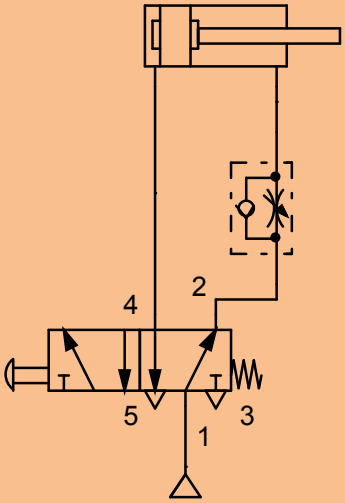
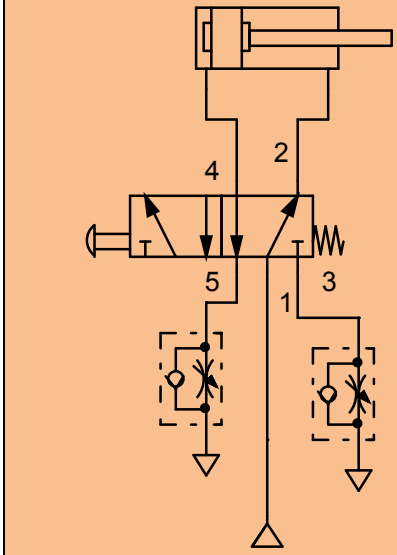


فعالیت کارگاهی : حرکت رفت و برگشت سیلندر دو طرفه ای را با تحریک یک شیر ۳/۲ با استفاده از نرم افزار ترسیم کرده و بر روی تابلوی آموزشی ببندید .

فعالیت کارگاهی : مداری را طراحی کنید که با تحریک یک شیر سیلندر دو طرفه ای به جلو حرکت کرده با رسیدن به انتهای کورس با برخورد به یک شیر غلتکی موجب حرکت رو به جلو سیلندر دیگری شود . با رسیدن سیلندر دوم به انتهای کورس با برخورد به یک شیر غلتکی حرکت برگشت هر دو سیلندر تامین شود .

ه– کنترل سرعت حرکت پیستون :

کنترل سرعت حرکت سیلندر ها توسط شیرهای کنترل سرعت صورت می گیرد . موقعیت قرار گیری شیرهای کنترل سرعت در مدار شکل های گوناگونی دارد . به عنوان مثال برای کنترل سرعت رفت می توان شیر کنترل سرعت را در مسیر رفت و یا برگشت سیلندر قرار داد .

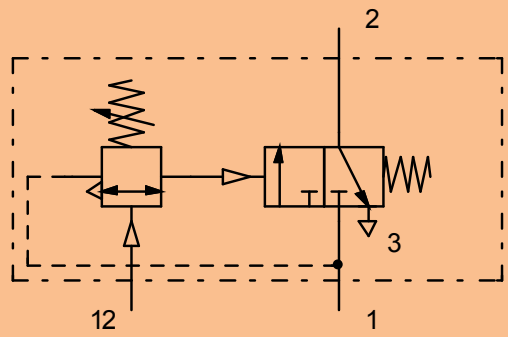
		
کنترل سرعت رفت در مسیر ورودی	کنترل سرعت رفت در مسیر خروجی	کنترل سرعت رفت و برگشت در خروجی هوا

فعالیت کارگاهی :مداری طراحی کنید که سرعت حرکت رفت و برگشت یک سیلندر یکطرفه را بتوان با استفاده شیرهای کنترل جریان کنتر کرد .

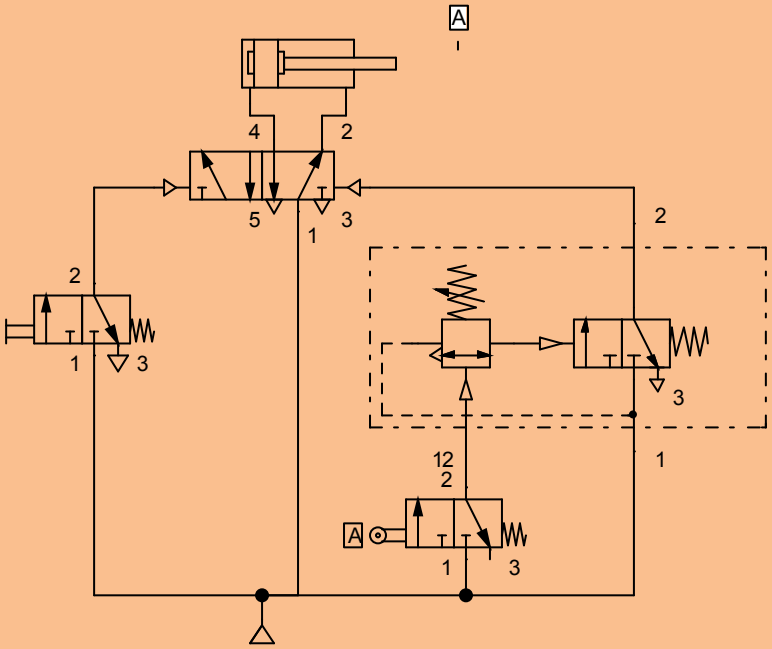
و– کنترل تابع فشار :

موقعی که نیاز باشد عملکرد بعدی مدار ، تابع رسیدن فشار نقطه مشخصی از مدار به مقدار مشخص باشد از المان تابع فشار استفاده می شود . این المان از دو عنصر تشکیل شده است یک شیر ۳/۲ یک طرف پیلوت و یک شیر کنترل فشار .

مسیر شیر پیلوتی ۱ وقتی باز می شود که فشار در مسیر ۱۲ به حد تنظیم رسیده باشد با باز شدن شیر کنترل فشار مسیر شیر پیلوتی نیز باز خواهد شد .



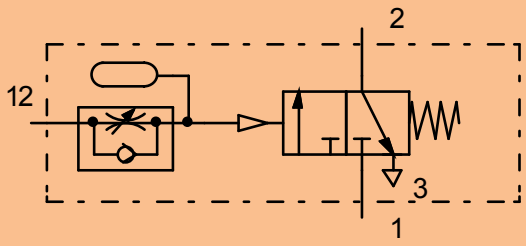
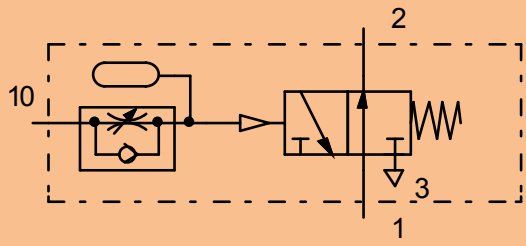
مثال : مداری را در نظر بگیرید که حرکت رفت سیلندر دو طرفه با با استفاده از یک شیر ۳/۲ صورت گرفته و حرکت برگشت آن به طور اتوماتیک پس از رسیدن فشار پشت جک به مقدار مشخصی انجام شود . مدار را بر روی تابلو آموزشی ببندید .



فعالیت کارگاهی : یک دستگاه تامپو را در نظر بگیرید . با استارت یک شیر ۳/۲ حرکت رفت و برگشت سیلندر متصل با مهر تامپو بطور اتوماتیک انجام می شود . سرعت برگشت سیلندر سریع و سرعت رفت آن قابل کنترل می باشد . در انتهای کورس (موقع زدن مهر روی قطعه) وقتی فشار مهر بر روی جسم به حد مشخصی رسید سیلندر فرمان برگشت را صادر کند .

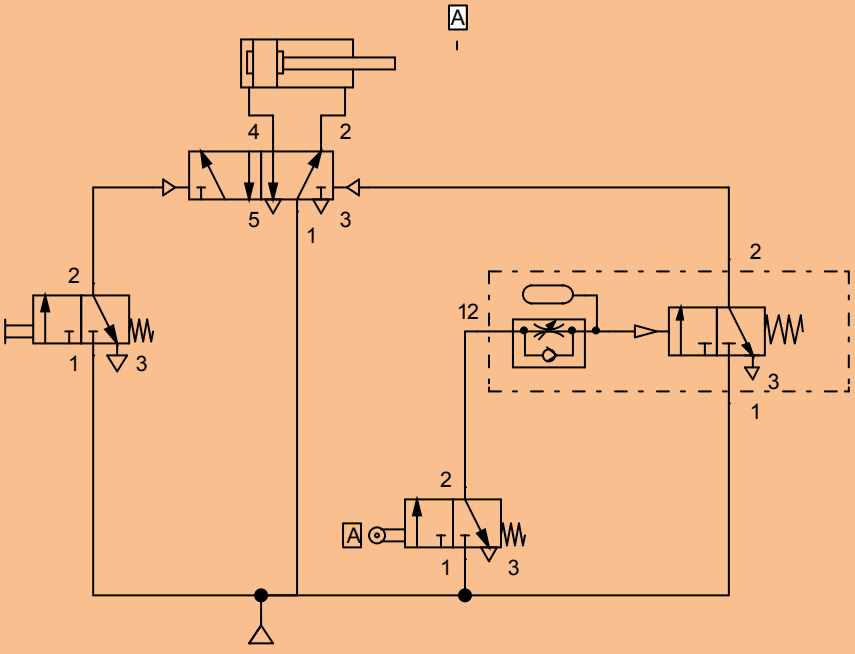
ز– کنترل تابع زمان :

المان تابع زمان را می توان با ترکیب یک شیرکنترل جهت ۳/۲ پیلوتی ، شیر کنترل جریان یکطرفه و یک مخزن کوچک می توان ایجاد کرد . این المان می تواند بصورت تاخیر انداز در قطع و یا وصل شروع فرمان بکار رود . اختلاف تاخیر در وصل یا قطع فرمان فقط در نوع شیر پیلوتی می باشد . نوع نرمال باز برای تاخیر در قطع و نوع نرمال بسته شیر پیلوتی برای تاخیر در وصل فرمان بکار می رود .

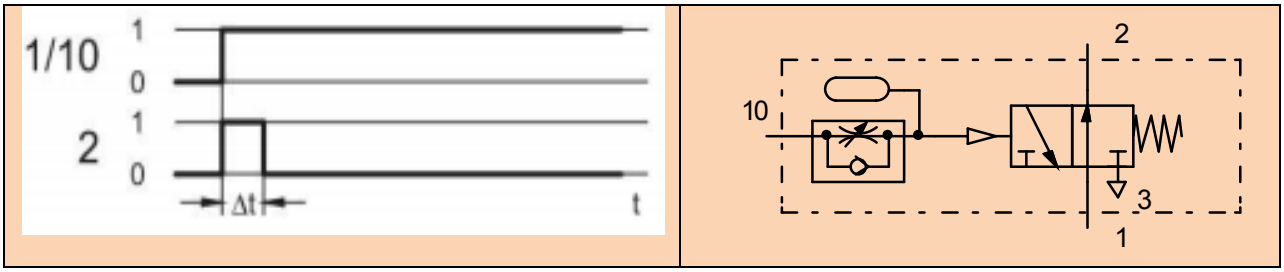
	
المان تاخیر در وصل فرمان رفت	المان تاخیر در قطع فرمان رفت

در صورتیکه بخواهیم از المان تاخیر در خاتمه فرمان استفاده کنیم بایستی شیر کنترل جریان را بصورت برعکس بکاربریم .

مثال : برای زدن برچسب بر روی محصولی فرمان رفت سیلندر بصورت دستی صادر می شود . فرمان برگشت با اندکی مکث و بطور اتوماتیک صورت می گیرد . مدر آن را بعد از ترسیم بر روی تابلو آموزشی ببندید .



نوعی از المان زمان وجود دارد که کوتاه کننده زمان فرمان نامیده می شود . در این المان ابتدا فرمان صادر شده و بعد از زمانی فرمان قطع می شود .



فعالیت کارگاهی :مداری طراحی کنید که حرکت رفت سیلندر توام با تاخیر و حرکت برگشت آن تابع فشار مشخصی باشد . حرکت رفت و برگشت بطور اتوماتیک با تحریک یک شیر ۳/۲ انجام شود .

فعالیت کارگاهی : مداری طراحی کنید که با وصل یک شیر خارکی ۳/۲ سیلندر دو طرفه ای به مدت ۱۰ ثانیه در حال حرکت رفت و برگشت باشد . تعداد رفت و برگشت ها دراین مدت زمان بستگی به سرعت سیلندر خواهد داشت که توسط شیرهای کنترل جریان قابل کنترل است .

فعالیت کارگاهی : مدار توقف در انتهای کورس به مدت زمان t بدون استفاده از شیر های مرزی غلتکی ترسیم و بر روی تابلو ببندید .

مدارهای ترتیبی :

در یک فرآیند کنترل پنوماتیکی عموما از چند سیلندر استفاده می شود حرکت این سیلندر ها ممکن است ترتیب خاص و مشخصی داشته باشند و حرکت آنها وابسته به یک دیگر می باشد . لذا شناخت از نحوی بر قراری ارتباط سیاندر ها در این گونه فرآیند ها مهم و ضروری است .اینگونه مدار ها را مدار های ترتیبی می نامند .

تابع حرکتی :

تابع حرکتی عبارتی است که مشخص می کند ترتیب حرکت سیلندر ها را . در این تابع هر سیلندر با یک حرف لاتین بزرگ تعریف می شود مثلا حرف A . وقتی که پیستون سیلندر بیرون بیاید مثبت و وقتی به

داخل حرکت کند منفی در نظر گرفته می شود . عبارت A+ A- یعنی ابتدا سیلندر A بیرون آمده و سپس به داخل حرکت کرده است .

مثال : تابع حرکتی مداری را بنویسید که با تحریک یک شیر سیلندر A به جلو حرکت کرده و در انتهای کورس موجب حرکت رو به جلو سیلندر B شود . در انتهای ابتدا B به عقب بازگردد و سپس A به عقب بازگشت کند .

حل : A+B+B-A-

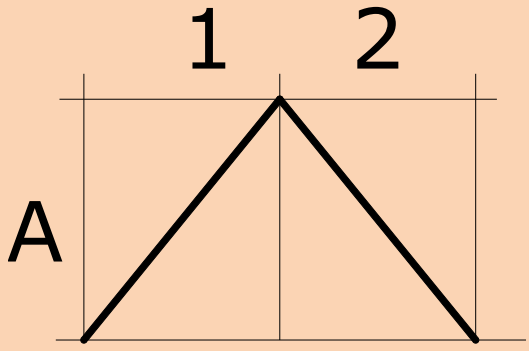
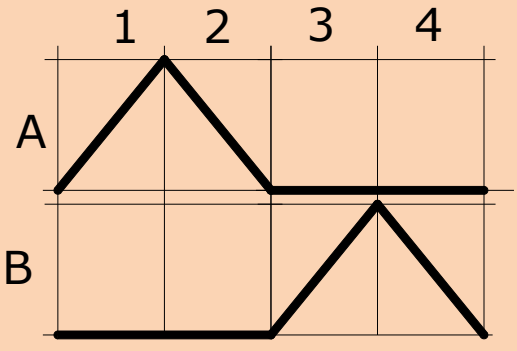
یکی از نکات مهم در طراحی مدارهای کنترل پنوماتیک که در آنها چندین سیلندر طبق برنامه معین حرکت می کنند پیشگیری از ورود دو فرمان متناقض (متداخل) به شیر کنترل جهت یک سیلندر می باشد . که به آن تداخل سیگنال گفته می شود .

دیاگرام حرکت و دیاگرام کنترل :

برای بررسی و رسیدن به نقطه ای که تداخل سیگنال در یک مدار بوجود می آید بایستی ابتدا دیاگرامهای حرکت و کنترل مدار ترسیم شود و از روی آن محل سیگنال مزاحم استخراج گردد.

دیاگرام حرکتی مربوط به حرکت رفت و برگشت سیلندر ها در مراحل مختلف یک سیکل کاری می باشد . این نمودار از دو محور زمان و حرکت تعریف شده است و نشان می دهد که سیلندر در هر مرحله از سیکل به چه شکل قرار دارد . مثالهای از دیاگرام را در جدول زیر مشاهده می کنید .

برای ترسیم دیاگرام تعداد مراحل یک سیکل کاری را بصورت ستونهایی با فاصله مساوی و برای هر سیلندر نیز یک سطر در نظر می گیرید .

A+A-	A+A-B+B-
	

فعالیت : برای هر یک از توابع داده شده نمودار حرکتی ترسیم کنید :

A+A-B+B-

A+B+C+B-C-A-

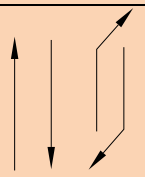
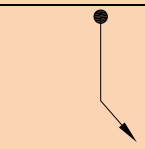
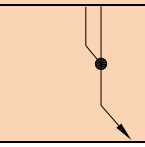
$$A+\binom{B+}{C+}A-\binom{B-}{C-}$$

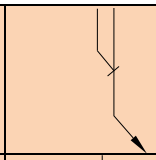
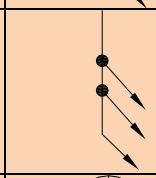
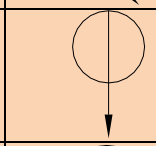
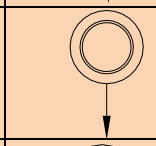
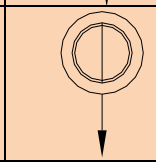
در مواقعی که حرکت دو سیلندر همزمان صورت می گیرد عبارت را زیر هم می نویسند .

دیاگرام کنترل یا دیاگرام فرمان ، هدف از رسم این دیاگرام بررسی موقعیت و وضعیت فرمان دهنده ها در مدار پنوماتیک می باشد . به عبارتی در این دیاگرام موقعیت فیزیکی هر عامل تحریک مشخص می شود . برای ترسیم این دیاگرام ستونهایی که معرف تعداد مراحل یک سیکل کاری است ترسیم می کنیم . سطرها را بصورت دو خط موازی ترسیم کرده خط بالا حالت مثبت یا وصل بودن شیر و خط پایین حالت منفی شدن یا قطع فرمان شیر می باشد .

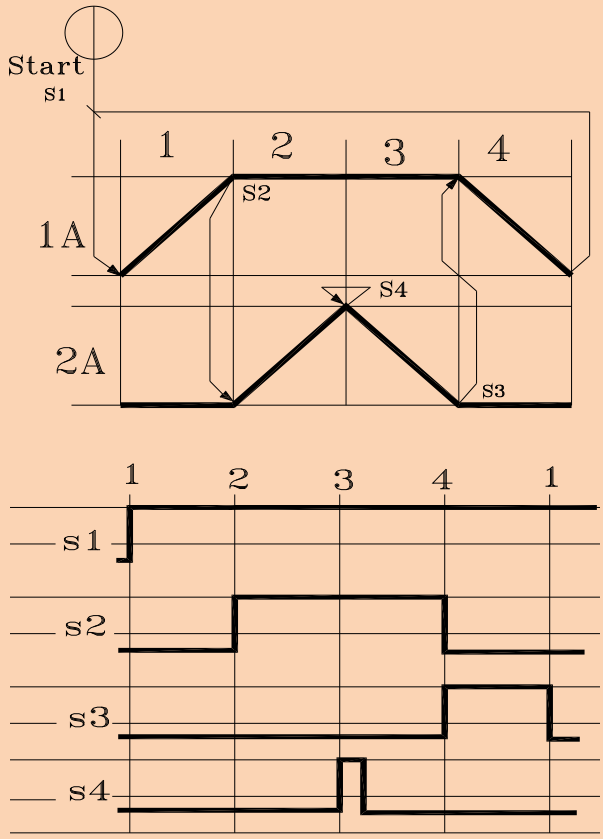
انتقال عوامل حسی بر روی دیاگرام حرکتی :

عوامل حسی شامل میکروسوییچ ها و سنسورها و شیرهای غلطکی می باشند . این عوامل بر روی مدار همراه با یک حرف یا شماره علامت گذاری می شوند . توسط فلش ها و علایم خاصی این عوامل را بر روی نمودار حرکتی نشان می دهند . این عمل بدین خاطر است که تغییر جهت حرکت یک سیلندر بر اساس چه عاملی صورت گرفته است . این علایم مطابق جدول زیر می باشد .

علامت	نام علامت	شرح
	Signal line	خطوط سیگنال : این خطوط از روی نقطه ای که سیگنال شروع می شود ترسیم و به نقطه ای که تغییر وضعیت صورت می گیرد خاتمه می یابد .
	Input element (limit Switch)	المان ورودی میکروسوییچ : معمولا این علامت از نقطه ای که میکروسوییچ عمل می کند و سیگنال ارسال می کند ترسیم می شود .
	OR condition	انشعاب بصورت منطق OR

انشعاب بصورت منطق AND	And condition	
خطوط سیگنال فرعی	Signal branching	
کلید ON یا کلید Start	ON/ Start	
کلید OFF	OFF/ Stop	
کلید روشن و خاموش ON /OFF	ON /OFF	

مثال : برای تابع حرکتی A+B+B-A- دیاگرام حرکت و دیاگرام فرمان را ترسیم کنید .

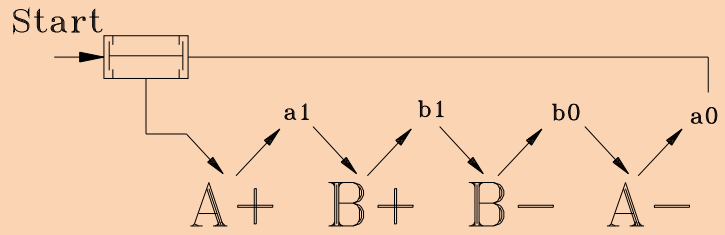


تداخل سیگنال:

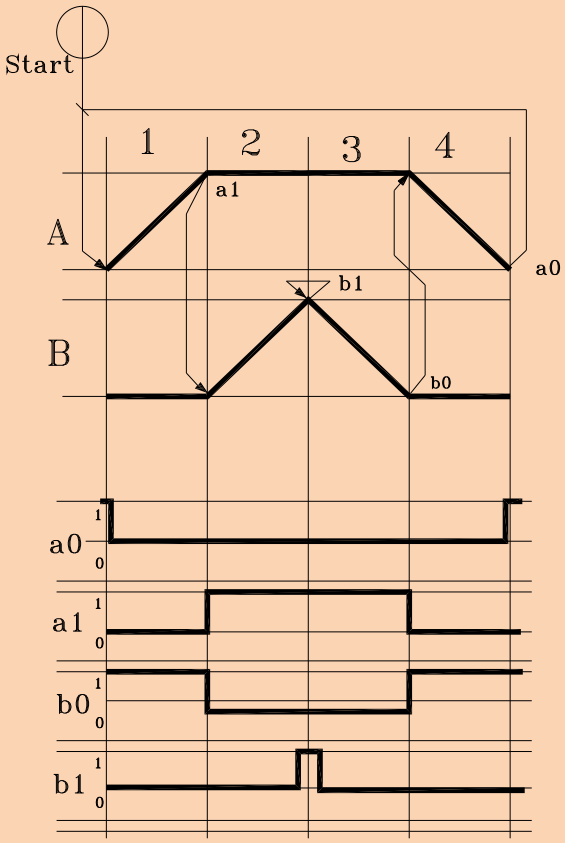
یکی از نکات مهم در طراحی مدارهای کنترل پنوماتیک که در آنها چندین سیلندر طبق برنامه معین حرکت می کنند ، پیشگیری از ورود دو فرمان متناقص (متداخل) به شیر کنترل جهت یک سیلندر است که تداخل سیگنال نامیده می شود . دیاگرام کنترل یا دیاگرام فرمان ابزار مهمی برای تشخیص تداخل سیگنال می باشد .

بایک مثال مفهوم تداخل سیگنال را بیان می کنیم . برای عملیات سوراخکاری از دو سیلندر A,B استفاده شده است . تابع حرکت این دو سیلندر بصورت A+B+B-A- می باشد . سوییچ های مرزی بر روی سیلندر A عبارتند از a1 , a0 و سوییچ ها مرزی سیلندر B عبارتند از b1 , b0 .

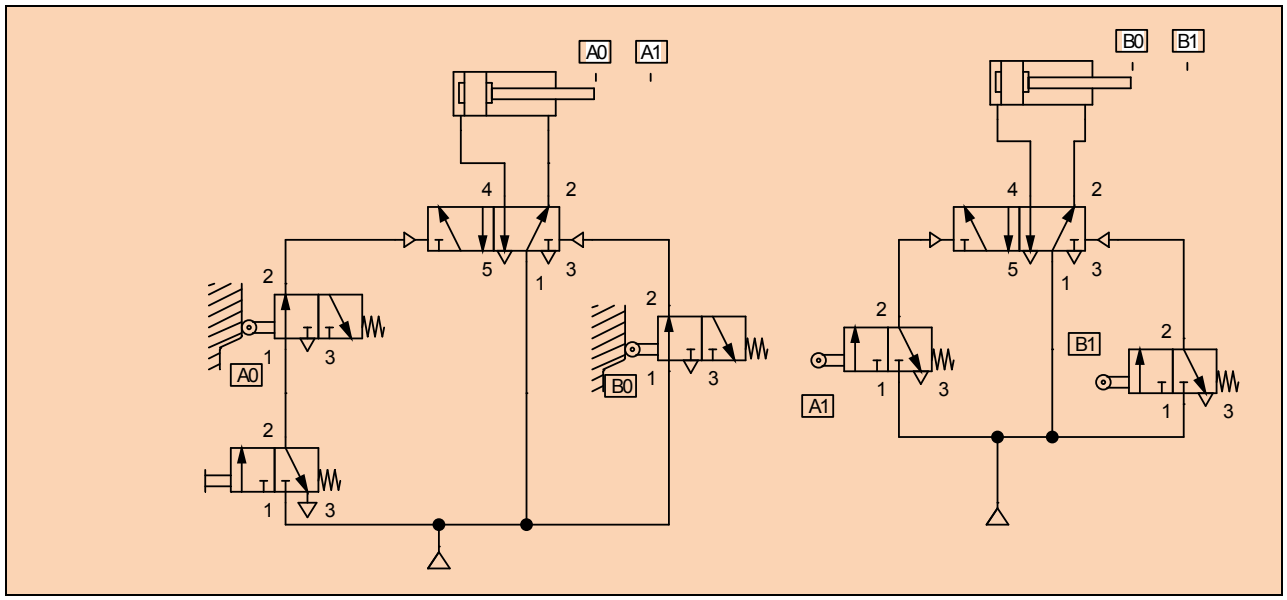
مدار به شکل زیر عمل خواهد کرد .



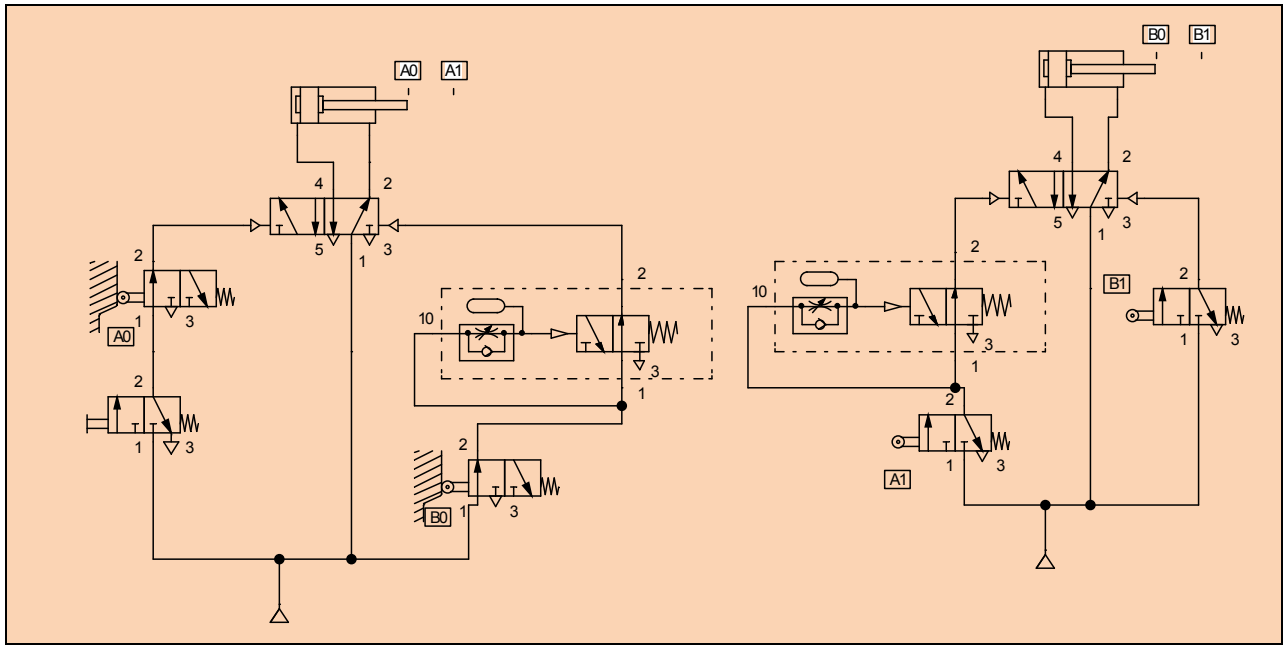
دیاگرام حرکت و دیاگرام فرمان عملکرد مدار بشکل زیر خواهد بود



همانطور در دیاگرام ها مشاهده می شود در مرحله سوم در حالیکه سوییچ **a1** درگیر بوده و در حال ارسال سیگنال به شیر مربوط برای جلو بردن سیلندر **B** می باشد . یک لحظه سوییچ **b1** نیز فرمان بازگشت سیلندر **B** را صادر می کند و این همان تداخل سیگنال بوده و مدار در این حالت بخوبی عمل نخواهد کرد و حرکتی صورت نمی گیرد .مدار این مساله به شکل زیر می باشد .

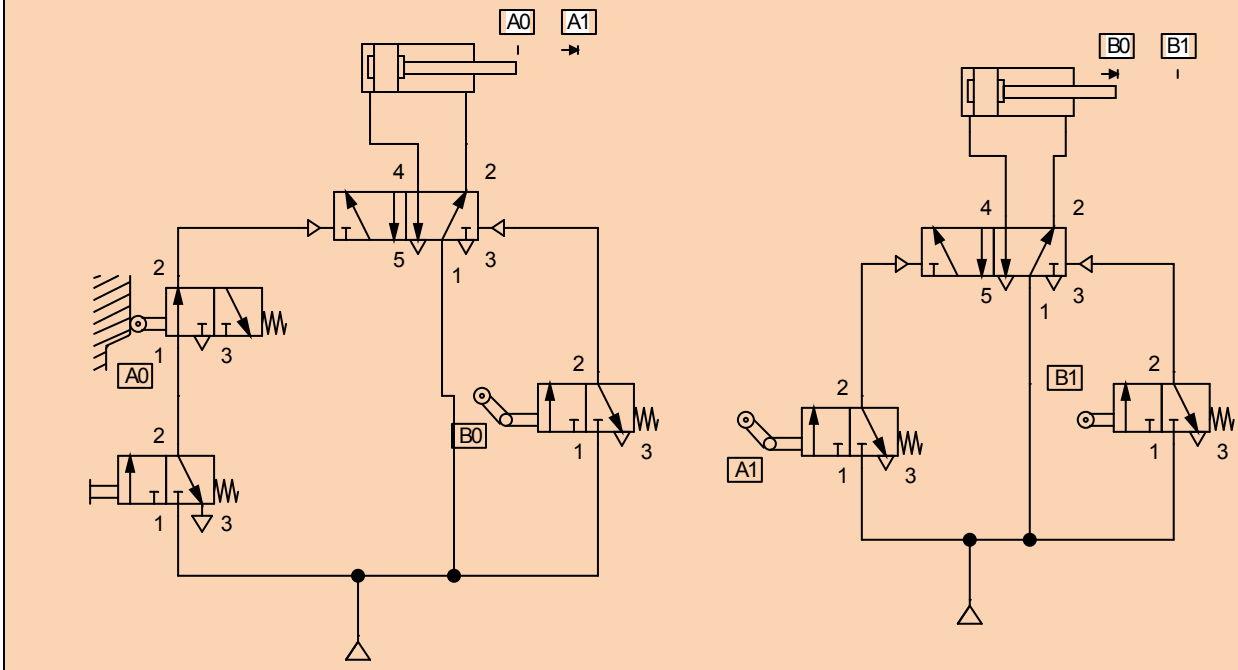


روشهای مختلفی برای رفع تداخل سیگنال وجود دارد یکی از این روشها بدین ترتیب است که مدار را طوری تغییرداد که بعد از شیرهای غلتکی **B0** , **A1** دو المان کوتاه کننده فرمان قرار داد تا لحظه ای پس از ارسال سیگنال قطع شده و از تداخل سیگنال قطع شده و از تداخل جلوگیری کنند .



روش دیگری که می توان از تداخل سیگنال جلوگیری کند استفاده از شیر غلتکی برگشت خلاص می باشد . این شیر ها تنها در یک طرف درگیر بوده و در موقع حرکت عکس سیلندر خلاص می باشند .

شیر غلتکی ساده	شیر غلتکی برگشت خلاص



روشهای دیگری برای رفع تداخل سیگنال وجود دارد که شرح آنها از حوصله کتاب خارج بوده و در مقاطع بالاتر تحصیلی خواهید آموخت . اما به طور خلاصه می توان به روشهای زیر اشاره کرد :

۱- استفاده از روش گروه بندی یا روش Cascade

۲- استفاده از شیر حافظه دار کمکی

۳- استفاده از تاکت های زنجیره ای

۴- استفاده از شیرهای غلتکی برگشت خلاص

۵- استفاده از تایمر پنوماتیکی کشنده سیگنال

به کمک هر کدام از روشهای فوق می توان تداخل سیگنال اضافی را برطرف کرد .

فعالیت : مدارمثال فوق را با تابع حرکتی A+B+B-A- بر روی تابلوی آموزشی با هر دو روش رفع تداخل گفته شده ببندید و مفهوم تداخل سیگنال را عملا مشاهده و بررسی کنید

کاربردهای پنوماتیک :

پنوماتیک نیز مانند روشهای فنی دیگر دارای مزایا و معایبی است که بایستی قبل از بکارگیری آن مورد ارزیابی قرار گیرد . مشخصه هایی مانند هزینه تمام شده ، مقدار نیروی لازم و محدویت های حرکتی در به کارگیری ، بایستی مد نظر قرار گیرد .

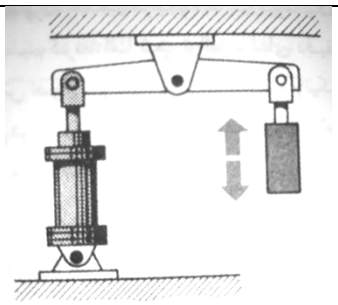
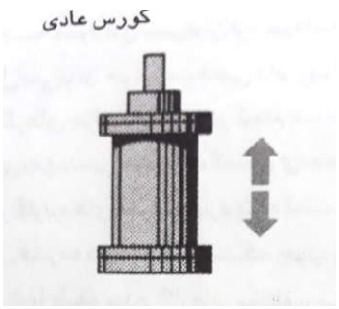
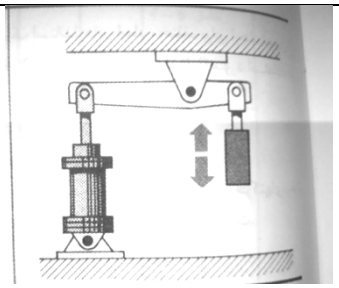
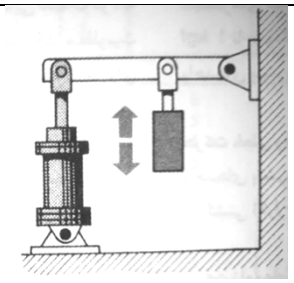
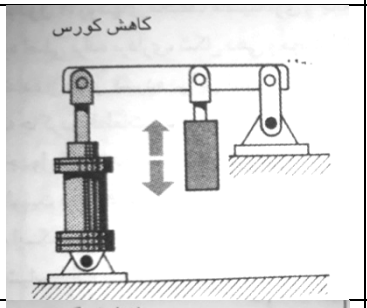
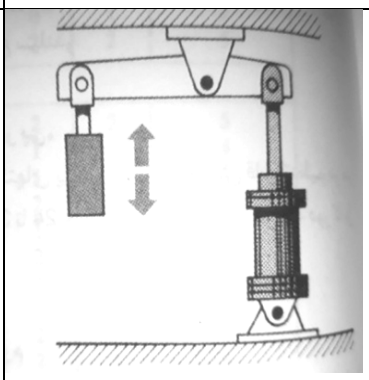
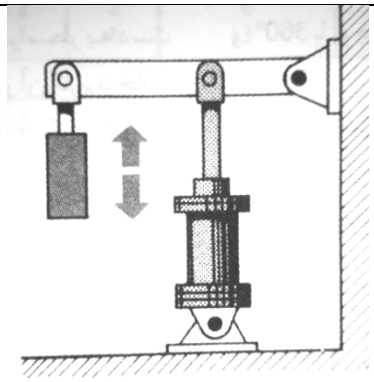
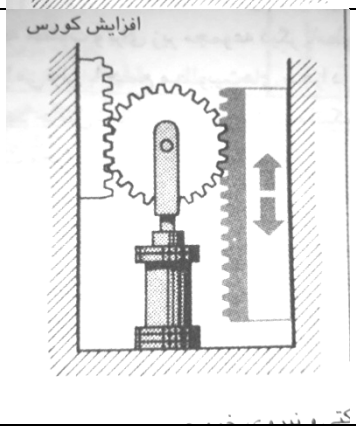
تحقیق : چند دستگاه یا وسیله نام ببرید که در آن از انرژی هوای فشرده برای حرکت استفاده شده است .

نکات کلی در کاربرد پنوماتیک :

عنصر اصلی در سیستم های کنترل پنوماتیک سیلندر ها می باشند . به عبارتی حرکت خطی عمومی ترین فرم حرکت خروجی در یک مدار پنوماتیک خواهد بود . محدویت های مهم در بکارگیری از پنوماتیک نیروی حرکت (قدرت) ، سرعت و طول کورس حرکت می باشد .

بطور کلی استفاده از پنوماتیک برای نیروی کمتر از 30000 kgf و محدوده سرعت کاری بین 2000 mm/min تا 1000 mm/s در نظر گرفته می شود .

استفاده صرف از حرکت خطی پنوماتیک شاید تامین کننده حرکت مطلوب نباشد لذا با ترکیب حرکت خطی پنوماتیک و مکانیزمهای مکانیکی تغییراتی را می توان در کاهش یا افزایش طول کورس و یا نیروی خروجی ایجاد کرد .

انتقال کورس			
کاهش طول کورس			
افزایش کورس			

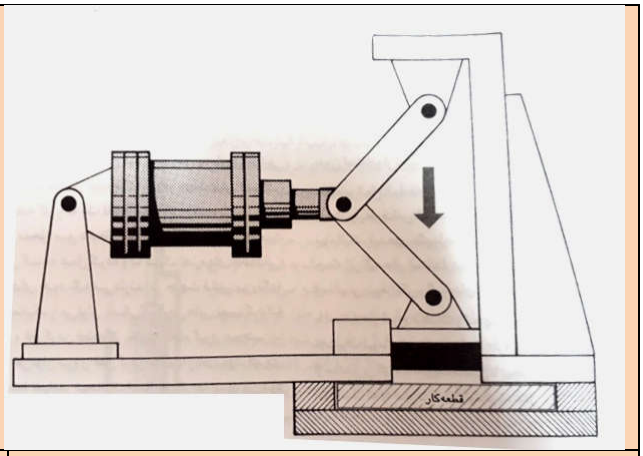
فعالیت : برای افزایش نیرو چند نمونه مکانیزیم ترکیبی (مکانیکی و پنوماتیکی) نام برده و شکل آن را ترسیم و تحلیل کنید .

نمونه کاربردهایی از سیستم کنترل پنوماتیک:

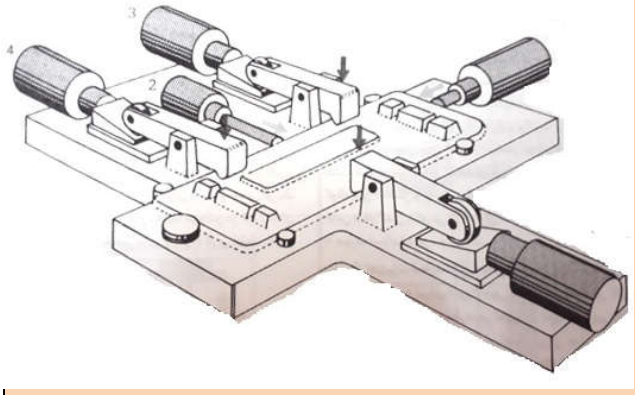
همانطور که گفته شد در زمینه های مختلف صنعتی می توان از کنترل پنوماتیکی بهره برد اتوماسیون ، صنایع بسته بندی ، فلزکاری درودگری و ساختمانی نمونه هایی از بکار گیری کنترل پنوماتیک در آنها می باشد . در ادامه نمونه هایی از کاربرد پنوماتیک را در صنایع مختلف بررسی می کنیم . این نمونه ها با اندکی تغییر می تواند برای تجهیزات دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرد .

۱–قفل کن ها (گیره ها):

در تجهیزات قفل کننده پنوماتیک می توان از سیلندر های یک طرفه و یا دو طرفه استفاده کرد .از قفل کن ها یا گیره ها ی پنوماتیکی می توان در درودگری و فلزکاری برای نگهداری قطعه کار استفاده کرد . تصاویر زیر طرح شماتیک از دو نمونه قفل کن می باشد .



سیستم اهرمی زانویی برای قفل کردن قطعه



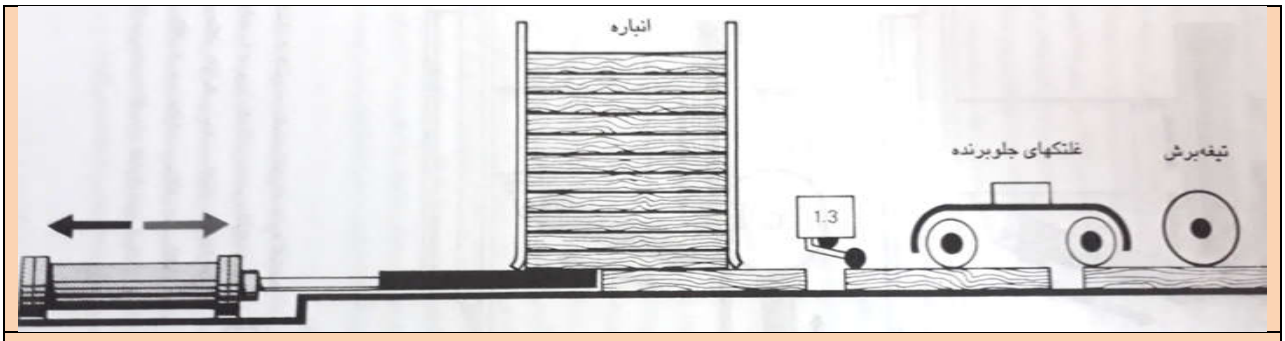
یک قید مخصوص نگهداشتن قطعه کار

فعالیت :با توجه به نمونه گیره آورده شده در شکل قبل ، درصورتیکه بخواهیم گیره نیروهای مختلفی را اعمال کند چه راهکاری را پیشنهاد می کنید . در صورت امکان مدار این گیره را بر روی تابلوی آموزشی ببندید .

فعالیت کارگاهی : با استفاده از چوب یا مواد مصنوعی (ارتالون) گیره ای پنوماتیکی مشابه تصویر قبل بسازید . (برای ابعاد و اندازه ها از مربی خود کمک بگیرید)

۲–تغذیه کردن :

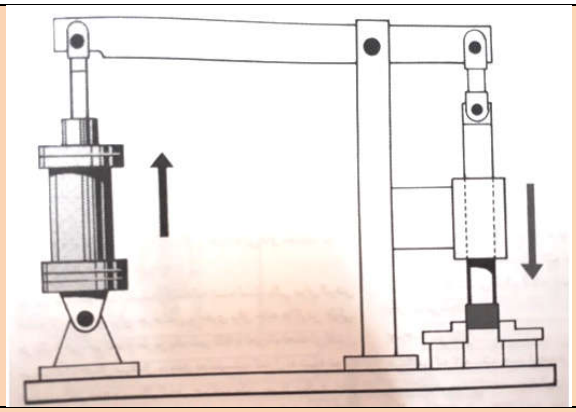
تغذیه به معنای حرکت دادن قطعه به محل انجام عملیات بطور دستی یا اتوماتیک می باشد . بسیاری از تجهیزات برای انجام عملیات بر روی قطعه کار نیاز به یک مکانیزم تغذیه اتوماتیک می باشند برای این منظور مناسبترین گزینه کنترل پنوماتیکی می باشد . شکل زیر طرح شماتیک یک تغذیه الوار چوب وسط یک سیلندر پنوماتیک می باشد . (توجه شود حرکت سیلندر می تواند طبق برنامه ریزی در یک بازه زمانی تکرار پذیر باشد).



سیستم جلو برنده قطعه کار توسط یک سیلندر پنوماتیکی

۳–مونتاژ :

در خطوط تولید ، خطوط بسته بندی و مواردی اینچنین که بطور کلی می توان آنرا مونتاژ چند قطعه نامید کنترل پنوماتیک رایج می باشد خصوصا وقتی که نیروی مونتاژ کاری کمک باشد . عملیات مونتاژ شامل مراحل نگهداری ، پرس کردن قطعات به داخل هم و راهنمایی قطعه در یک مسیر می باشد.



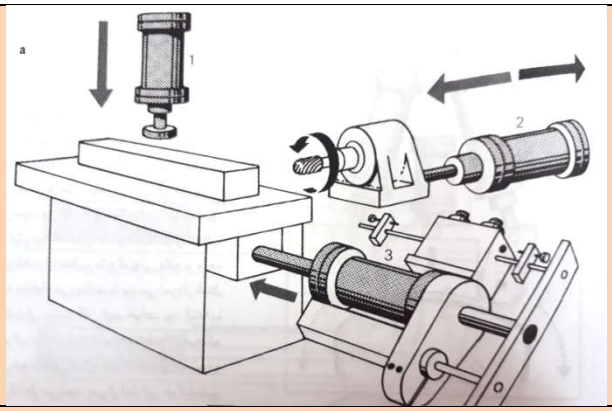
مونتاژ قطعات با استفاده از نیروی پنوماتیک

۴–براده برداری:

نواری فلزی را در نظر بگیرید که قرار است بر روی آن سوراخ هایی پی در پی زده شود اگر این عملیات با یک سیلندر پنوماتیکی که بر روی آن یک سنبه نصب شده باشد سریع تر است یا با یک دریل ؟

مسلما پانچ پنوماتیکی سرعت و تکرار پذیری بهتری نسبت به موارد دیگر دارد . از کنترل پنوماتیکی برای براده برداری و خصوصا ایجاد حرکت پیشروی قطعه در براده برداری استفاده می شود .

درتصویر زیر حرکت پیشروی یک ماشین فرز توسط سیلندر پنوماتیکی صورت می گیرد .



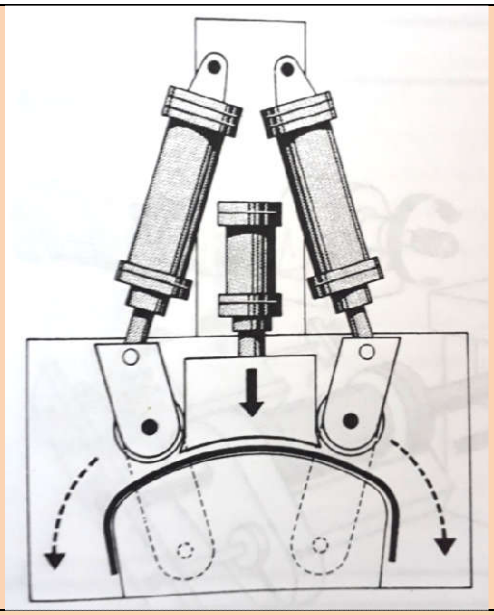
فرزکاری شیار با یک ماشین فرز مخصوص پنوماتیکی

فعالیت کارگاهی : بکمک راهنمایی مربی خود یک پرس پنوماتیکی ساخته و بر روی آن یک سنبه و ماتریس نصب کنید .از این وسیله برای سوراخکار ورق های نازک زیر ۲ میلیمتر استفاده کنید .

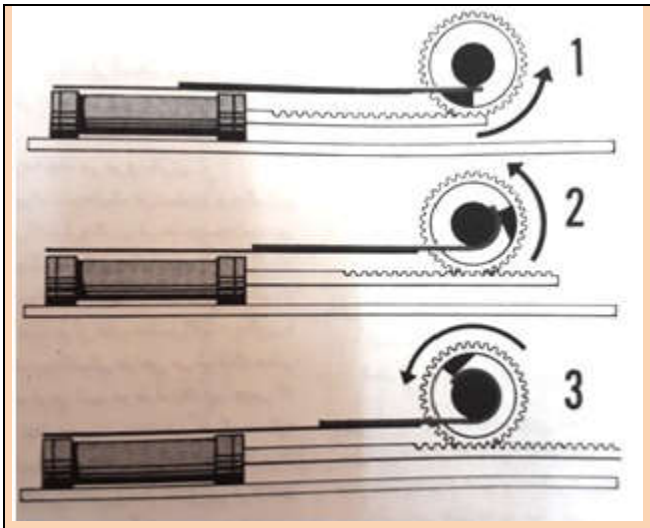
۵–شکل دهی:

شکل دهی بمعنای فرم دادن ورق ها یک لوله ها می باشد . برای شکل دهی مشخصه مهم در کاربرد کنترل پنوماتیک نیروی لازم برای شکل دهی می باشد در صورتیکه نیروی لازمه کمتر از 3000 kgf باشد می توان از پنوماتیک استفاده کرد .

با نصب چند سیلندر در محل های مورد نظر می توان عملیات مختلفی را همزمان بر روی قطعه انجام داد مانند خم کاری ، تا کردن ، سوراخکاری و پرسکاری .



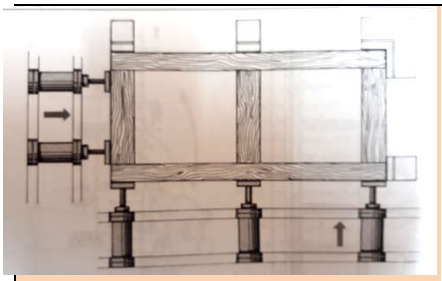
قید مخصوص خم کردن تسمه

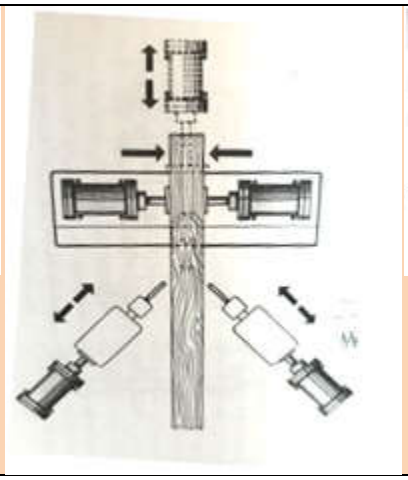


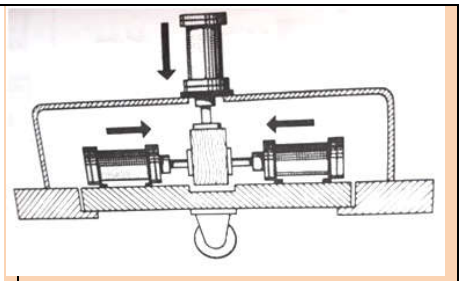
خمکاری یک مفتول فنری

۶–استفاده از پنوماتیک در درودگری :

در عملیات مختلفی از درودگری مانند قیدهای مونتاژ قطعات ، سوراخکاری ، نوارزنی و ... می توان از کنترل پنوماتیکی استفاده کرد . بدلیل اینکه برش چوب نیاز به سرعت برش بالا و نیروی کم دارد پنوماتیک گزینه خوبی برای آن می باشد . اشکال زیر چند نمونه از کاربرد پنوماتیک در درودگری را نشان می دهد .

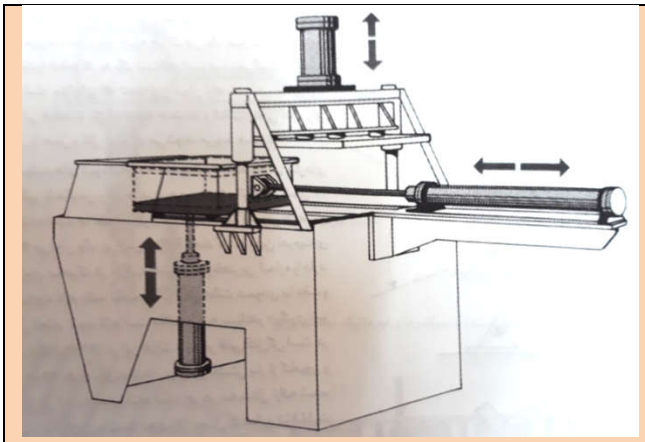




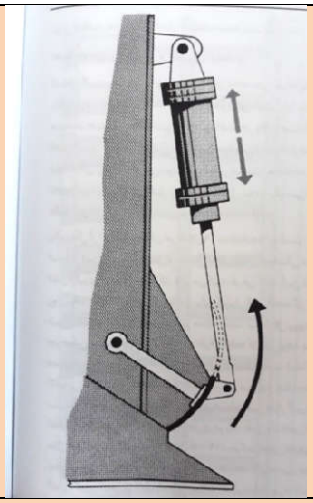


۷–کاربرد پنوماتیک در کارهای ساختمانی :

یکی از حوزه کاربردی پنوماتیک ، فعالیتهای ساختمانی است . با ز و بسته کردن درب مخازن سیمان ، دستگاه های پرس و قالب گیری بلوک های سیمانی نمونه ای از این کاربرد ها است .



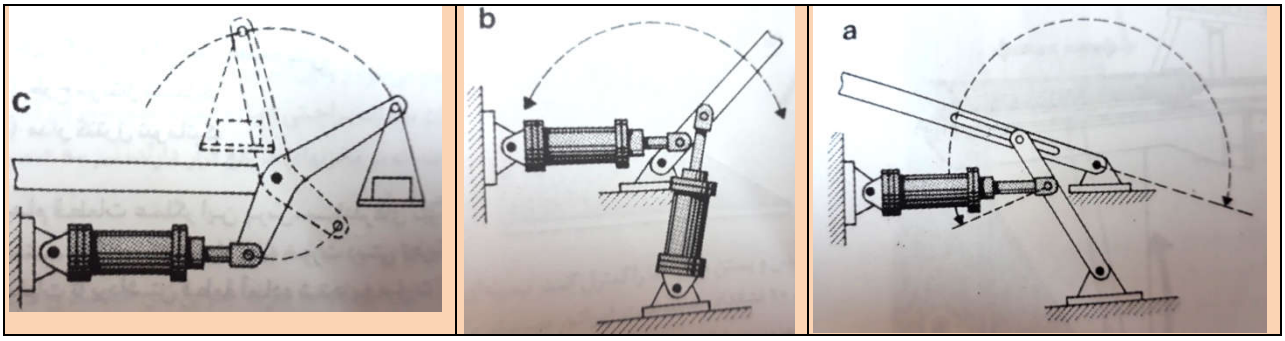
پرس قالبگیری قطعه بتنی



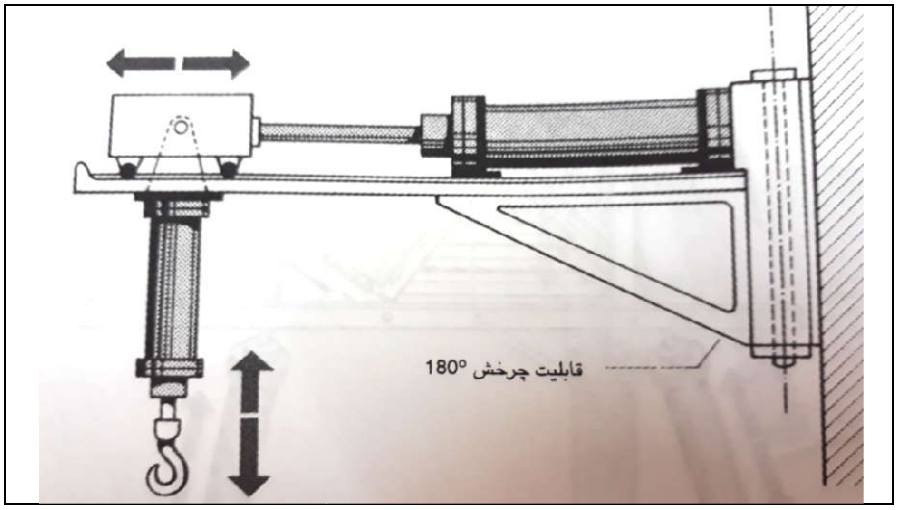
درب مخزن سیمان

۸–جابجاکردن مواد و قطعات :

جابجایی مواد و مصالح در کارگاه در خط تولید می تواند توسط سیستم پنوماتیک صورت گیرد . با نحوی صحیح بکار گیری از سیلندر های پنوماتیک می توان کارهای ساده ای نظیر بلند کردن و چرخانده یک قطعه را انجام داد .



برای جابجا کردن مواد می توان از جرثقیل های پنوماتیکی استفاده کرد . با تمهیداتی نیز می توان مقدار جابجایی را بیشتر کرد .



تمامی موارد گفته شده نمونه ای کوچک از کاربرد پنوماتیک می باشد با اندکی تغییر می توانید کاربرد های دیگری نیز متناسب با فعالیت خود طراحی کنید .

عیب یابی در سیستم های پنوماتیکی :

در هر فرآیند صنعتی بایستی مستنداتی را تهیه و نگهداری کرد تا در مواقع لوزم با رجوع به آن مستندات عیوب بوجود آمده را رفع کرد . این مستندات در سیستم های پنوماتیکی شامل موارد زیر می باشند :

- دیاگرام عملکرد
- نقشه مدار
- دستورالعمل کاری
- برگه های اطلاعات تجهیزات (Data sheet)

هر کدام از مستندات فوق اطلاعاتی را به اپراتور خواهد داد که در تعیین محل و رفع عیب موثر هستند .

فعالیت : به نظر شما در یک سیستم پنوماتیکی چه عیوبی ممکن است بوجود آید .

عوامل گوناگونی موجب نقصان در عملکرد سیستم پنوماتیک می شوند برخی از این عوامل عبارتند از :

- ساییدگی و خوردگی اجزا
- دمای محیط اطراف
- کیفیت هوای فشرده
- حرکت نسبی اجزا پنوماتیک

تحقیق : تحقیق کنید که هر یک از عوامل فوق چه عیبی را ممکن است در سیستم پنوماتیک ایجاد کند .

تحقیق : به نظر شما کدام یک از عوامل نقصان در سیستم پنوماتیک موجب افت فشار سیستم خواهد شد .

تشخیص خطا :

بکار گیری یک روش مدون یا سیستماتیک جهت پیدا کردن و رفع خطاها ، هزینه تعمیرات و زمان خواب را برای یک سیستم معیوب کاهش خواهد داد . خطاها عموما از دو بخش نشات می گیرند :

- در اثر موانع و یا نقص در اجزای ماشین (تجهیزات پنوماتیکی)
- در اثر نقص در سیستم کنترلی (برنامه ریزی و ارتباط غلط اجزا)

تحقیق : نمونه ای از خطا که ناشی از نقص اجزا ماشین و نقص در سیستم کنترلی را در یک سیستم کنترل پنوماتیکی پیدا کنید .

نگهداری تجهیزات پنوماتیکی:

نگهداری دقیق از سیستم ها و تجهیزات پنوماتیک به مراتب ازعملیات تعمیر به هنپام خراب شدن مهم تر و کارآمد تر است . منظور از نگهداری ، سرویس های پیشگیرانه است که با هدف جلوگیری از بروز اشکالات و خرابی های احتمالی تجهیزات انجام می شود . برخی از موارد نگهداری در سیستم های پنوماتیکی به شرح ذیل می باشد :

۱–نگهداری از کمپرسور ها و تجهیزات مربوطه :

بطور کلی از جمله عملیات نگهداری در کمپرسورها می توان :

- بازرسی ، تمیزکردن و کنترل عملکرد فیلتر ورودی هوا ،
- مخزن روغن ، و بازرسی میزان سطح روغن و روغن ریزی احتمالی
- بازرسی تسمه و پولی تسمه
- رطوبت گیر

اشاره کرد . دوره بازرسی و تمیزکردن فیلتر ورودی هوا در کمپرسور به تمیزی هوای محیط بستگی دارد .

تعویض روغن سیستم روغن کاری کمپرسور باید طبق دستورات سازنده کمپرسور باشد . کنترل سطح روغن بطور مستمر از وظایف مهم اپراتور می باشد .

فعالیت کارگاهی : باتفاق مربی محترم خود به کارگاه رفته و نحوه تمیز کردن و تعویض فیلتر هوا و روغن کمپرسور کارگاه را بررسی کنید .

۲–لوله های اصلی توزیع هوای فشرده :

در صورتیکه سیستم لوله کشی توزیع هوای فشرده بدرستی طراحی شده باشد بایستی مسیر لوله ها از نظر نشتی بررسی شود حداقل سالی یکبار اینکار بایستی صورت گیرد . برای اینکار تمامی خروجی لوله ها را بسته و هوای فشرده با فشار ۷ بار را توسط کمپرسور به داخل لوله ها تزریق می کنند سپس کمپرسور را از مسیر با شیر قطع کن جدا می کنند .با گذشت یک شبانه روز در صورتی که حداقل ۱۰ درصد افت فشار وجود داشته باشد تعمیر لوله ها الزامی است .

تحقیق : برای تشخیص نشتی هوا د محل اتصال لوله ها چه تمهیدی را پیشنهاد می کنید .

وجود نشتی در لوله ها علاوه بر افت فشار موجب اتلاف انرژی خواهد شد . طبق جدول زیر وجود یک سوراخ با قطر مشخص می تواند میزان هوای قابل ملاحظه ای را هدر دهد .

قطر سوراخ mm	سطح سوراخ mm^2	جریان خروج هوا mm^3/h	توان مورد نیاز برای تامین هوای هدر رفته	
			kwh	Hp/h
1	0.78	2.4	0.2	0.27
3	7.00	36.0	2.0	2.7
5	19.6	97.8	8.0	10.9

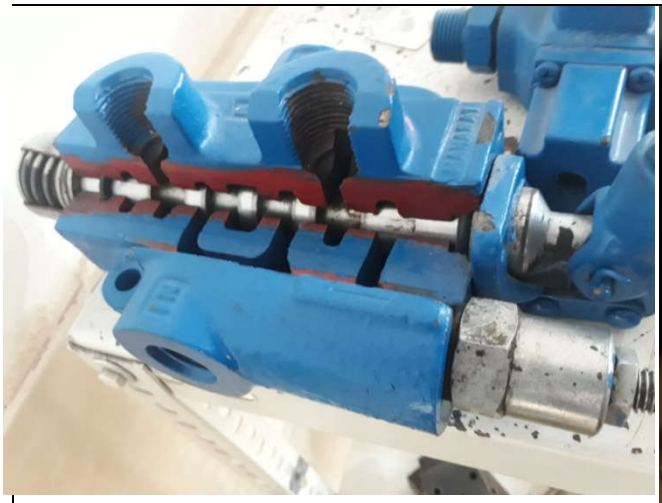
۳– سیلندر ها :

در صورتیکه هوای فشرده در واحد مراقبت به خوبی آماده شود هیچ صدمه های به تجهیزات بعد از آن وارد نخواهد شد و عملیات نگهداری نیاز ندارد . عمده اشکالاتی که در سیلندر ها ممکن است بوجود آید ایجاد سایش در داخل سیلندر و همچنین وجود نشتی در اتصالات روی سیلندر می باشد .

در مورد اول اقدامات پیشگیرانه ای وجود ندارد و با بروز چنین مشکلی بایستی آبند ها ی داخل سیلندر تعویض شود . در مورد نشتی در ورودی هوا سیلندر ها بایستی با تعویض فیتینگ مربوطه از نشتی جلوگیری کرد .

۴–شیرها :

وجود آلودگی در هوای فشرده مانند تکه های زنگ آهن ، ذرات حاصل از جوشکاری در صورتیکه وارد شیرهای پنوماتیکی شود در عملکرد مطلوب شیر اختلال ایجاد خواهد کرد .



بدانید : در دراز مدت ، هزینه های ناشی از نشتی هوا در یک شیر پنوماتیک بیشتر از خرید یک شیر نو خواهد بود .

در مجموع نگهداری از یک سیستم پنوماتیکی طبق دستورالعمل سازنده تجهیزات آن زمان بندی و توصیه می شود برخی از این توصیه ها در برنامه زمانی بصورت زیر است :

الف– عملیات روزانه :

- آب تقطیر شده در رطوبت گیر را تخلیه کنید
- سطح روغن در روغن زن را کنترل کنید

ب–عملیات هفتگی :

- اهرم های تحریک شیرها را بررسی کنید
- بررسی شیلنگ های هوای فشرده
- شیلنگ های تاب خورده و معیوب را تعویض کنید
- فشار هوای کاری سیستم را بررسی کنید

ج– عملیات ماهانه :

- بررسی اتصالات رزوه دار و ثابت سیستم از نظر نشتی بازرسی شود
- نشتی تمام شیرها بررسی شود
- فیلتر ها را تمیز کنید

د– عملیات شش ماهه :

- صدا گیرهای شیر ها را کنترل کنید
- بوش های راهنما در میله پیستون را از نظر سایش بررسی کنید .

پودمان ۵

الکتروهیـــــدرولیک و الکتروپنوماتیک
Electro Hydraulic & Electro Penumatic

در فصلهای قبل مطالبی را درباره علم هیدرولیک و پنوماتیک آموختید که چگونه از نیروی سیال می تواند در مکانیزم های صنعتی بهره برد . در هیدرولیک و پنوماتیک کنترل تجهیزات و فرمان دادن به عملگر ها توسط نیروی انسانی و عناصر مکانیکی صورت میگیرد و این امر در طولانی مدت موجب خطا و کاهش دقت در آن مجموعه خواهد شد

بهره گیری از عناصر وتجهیزات الکتریکی در کنترل و فرمان دادن به تجهیزات هیدرولیک و پنوماتیکی علاوه بر دقت عمل موجب صرفه جویی در هزینه و وقت خواهد شد .

.

واحد یادگیری ۵

شایستگی استفاده از تجهیزات الکتریکی در کنترل مدارهای هیدرولیک و پنوماتیک

آیا می‌دانید

- یکی از روشهای کنترل مکانیزمها استفاده از انرژی الکتریکی می باشد ؟
- یک سیلندر پنوماتیکی می تواند معادل چند نیروی انسانی بدون خستگی کار کند؟
- می توان برای تکرار و کنترل یک حرکت در یک مدار هیدرولیک یا پنوماتیک می توان از عناصر الکتریکی استفاده کرد؟
- با استفاده از کنترل الکتریکی هزینه یک طراحی و ساخت یک مدار هیدرولیک یا پنوماتیک پایین تر خواهد شد ؟
- ترکیب منطقی دو یا چند حرکت بصورت Or , And با کدام تجهیزات ارزانتر و ساده تر می باشد تجهیزات الکتریکی یا پنوماتیکی ؟

هدف از این شایستگی عبارتند از:

۱- تشخیص و تعیین انواع کنترل
۲- آشنایی با انواع سیگنال ها
۳- آشنایی و بکار گیری شیرهای برقی در الکتروهیدرولیک و الکتروپنوماتیک
۴- آشنایی و بکار گیری عناصر سیگنال دهنده مکانیکی
۵- آشنایی و بکار گیری رله در مدارهای الکتروهیدرولیک و الکتروپنوماتیک
۶- آشنایی و بکار گیری سنسورها در مدارهای الکتروهیدرولیک و الکتروپنوماتیک
۷- استفاده از رله هوشمند (Smart logo) در مدارهای الکتروهیدرولیک و الکتروپنوماتیک

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان بایستی بتوانند از اجزای و عناصر الکتریکی مرتبط در مدارهای الکتروهیدرولیک و الکتروپنوماتیک برای کنترل آن استفاده کنند و در نهایت در پروژه های خود از این تجهیزات استفاده کنند .

آیا می‌دانید

در بررسی بعمل آمده هزینه کاری نیروی انسانی در کارهای فیزیکی حدود پنجاه برابر نیروی پنوماتیکی هزینه ایجاد می کند و در صورتیکه نیروی پنوماتیکی با تجهیرات الکتریکی کنترل شود این ضریب بیشتر خواهد شد .

پخش فیلم

فرآیند اتوماسیون صنعتی (کنترل تجهیزات پنوماتیکی و هیدرولیکی با انرژی الکتریکی)

تجهیزات الکتریکی مورد استفاده در مبحث الکتروهیدرولیک اکثرا مشابه تجهیزات الکتریکی مورد استفاده در مبحث الکتروپنوماتیک می باشد . تفاوت جزئی که در این دو مبحث وجود دارد در شیر های برقی بکار گرفته شده آنها می باشد که بجای خود توضیح داده خواهد .
در ابتدا مقدمه ای از مبانی کنترل الکتریکی که برای هر دو مبحث مشترک می باشد را مرور کرده و سپس به الکتروهیدرولیک و بعد الکتروپنوماتیک می پردازیم .

کنترل و مفاهیم مربوط

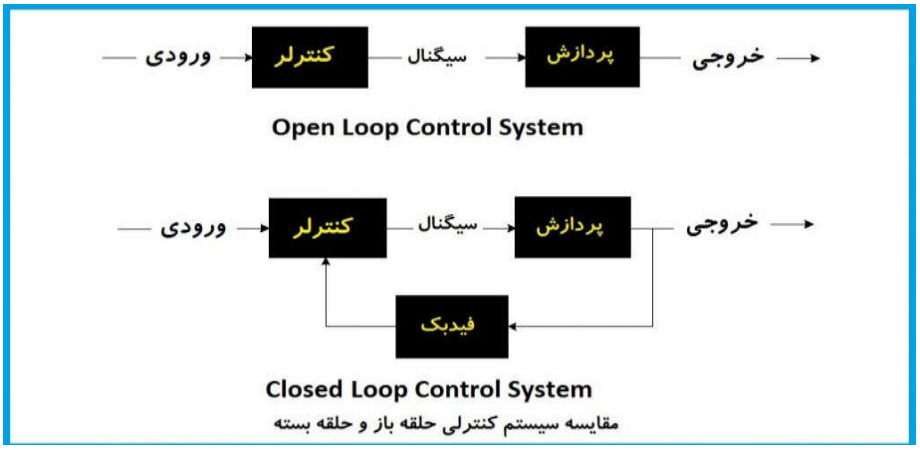
کنترل Control :

کنترل در اصطلاح عام استفاده از یک انرژی کوچک برای به حرکت در آوردن و یا هدایت یک مجموعه بزرگ می باشد .بر اساس استاندارد مراحلی را که در یک سیستم ، یک یا چند متغیر بعنوان ورودی طبق شرایط تدوین شده ، بر یک یا چند متغیر خروجی اثر می گذارند کنترل گفته می شود . به عنوان مثال در یک سیستم هیدرولیک کنترل سرعت جریان سیال با استفاده از یک شیر کنترل جریان نوعی کنترل بر روی مشخصه سرعت می باشد .

انواع کنترل :

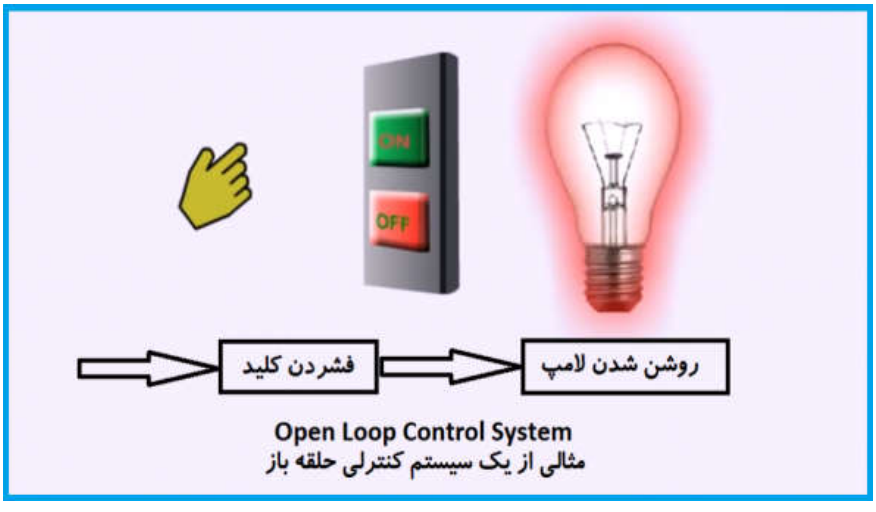
در سیستم های صنعتی عموما از دو نوع کنترل بهره گرفته می شود . این دو نوع عبارتند از :

۱- کنترل حلقه باز (**open loop control**)
۲- کنترل حلقه بسته (**Closed loop control**)



۱-کنترل حلقه باز :

در این نوع کنترل هیچ نوع مقایسه ای بر روی خروجی کار ، انجام نمی شود به عبارتی سیستم هر نوع شرایطی را که داراست بر روی خروجی اعمال می کند و مقایسه ای بین خروجی نسبت به ورودی صورت نمی گیرد .کنترل در این نوع بیشتر بر روی فرآیند ساخت صورت می گیرد نه کیفیت خروجی . بطور مثال در یک پرس خم کن هیدرولیکی اپراتور با فشار کلید استارت تنها موجب حرکت سیلندر پرس گردیده و هیچ نوع کنترلی بر روی قطعه خم شده ندارد .

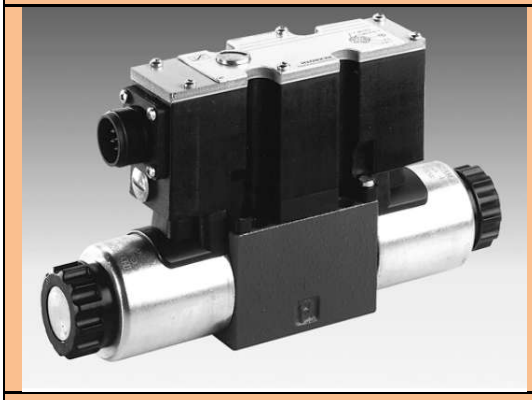


۲-کنترل حلقه بسته :

در این نوع کنترل بطور مستمرخروجی نسبت به ورودی مورد سنجش قرار گرفته تا در صورت نیاز مراحل انجام شده دوباره تکرار شود . به عبارتی در هر لحظه از خروجی نمونه برداری می شود تا با یک مقدار مرجع مقایسه شده و نتیجه مقایسه موجب تثبیت و یا تنظیم مجدد خروجی می گردد .

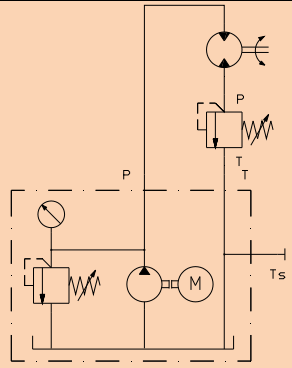
تحقیق کنید :

در سیستم های الکترو هیدرولیکی تجهیزاتی وجود دارند که با توجه به شرایط می توانند مشخصه های فشار و سرعت جریان را تغییر دهند . یکی از این تجهیزات Servo valve می باشد . در مورد آن تحقیق کنید .

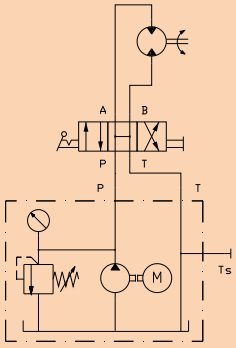


نکات ایمنی : توجه داشته باشید در حین کار با تجهیزات هیدرولیک شلنگ ها بطور هفتگی و یا ماهانه کنترل شوند زیرا پارگی آنها خطراتی را بدنبال دارد .

فعالیت کارگاهی :مدار های زیر را بر روی تابلو بسته و تفاوت دو سیستم حلقه باز و بسته را در هیدرولیک بررسی کنید



Close Loop Hydraulic system



Open Loop Hydraulic system

هر سیستم کنترلی از سه بخش عمده تشکیل شده است :

الف- حس کننده ب- پردازشگر ج- عمل کننده

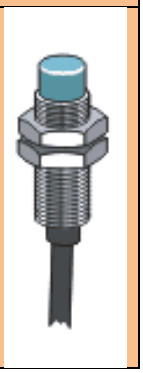
که بخش حس کننده و پردازشگر در الکتروهیدرولیک تجهیزات و عناصر الکتریکی می باشد .و بخش عمل کننده سیلندر ها و هیدروموتور ها می باشند .

در الکتروهیدرولیک و الکتروپنوماتیک عناصر حس کننده را سیگنال دهنده ها می نامند . سیگنال یک کمیت متغیر با زمان است که اطلاعات خاصی را منتقل می کند. در مهندسی برق عموما کمیتی که با زمان تغییر می کند ولتاژ یا جریان است . بنابراین هر وقت از سیگنال صحبت می کنیم آن را عبورجریان یا تغییرات ولتاژ تصور کنید .

در سیستم الکتروهیدرولیکی ، سیگنال توسط تجهیزاتی بنام سیگنال دهنده ارسال می شود . ارسال سیگنال معمولا با تحریک مکانیکی یا دستی و یا غیر تماسی ، سیگنال دهنده ایجاد می شود .

سیگنال ها دارای انواع مختلفی هستند که بستگی به ابزاری که آنرا تولید می کنند دارند. به عنوان مثال شستی استارت یک سیگنال دیجیتال تولید می کند و یک سنسور حرارتی سیگنال آنالوگ ایجاد می کند . تمامی این سیگنال ها می توانند به عنوان ورودی در الکتروهیدرولیک مورد استفاده قرار گیرند .

تحقیق کنید که از سیگنالهای آنالوگ و یا دیجیتال در چه موردی و کجا می توان در یک سیستم هیدرولیکی استفاده شود .

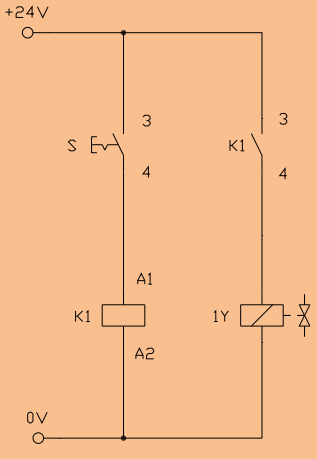
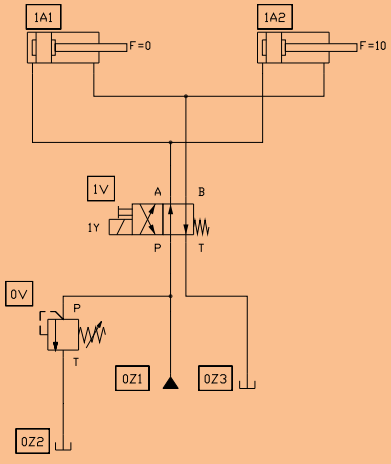
برخی از اجزای سیگنال دهنده			
			

استفاده از تجهیزات الکتریکی در کنترل و فرمان دهی یک سیستم هیدرولیکی مزایایی دارد که برخی از آن ها عبارتند از :

- **ارزانتر بودن تجهیزات الکتریکی و تعداد کمتر عناصر آن در یک سیستم کنترلی**
- **قابلیت انعطاف پذیری سیستم بیشتر خواهد شد .**
- **ایمنی بالایی برای اپراتور و تجهیزات به همراه خواهد داشت .**
- **سرعت سویچینگ سیستم بالاتر خواهد بود .**
- **تعمیر و نگهداری سیستم راحت تر خواهد بود .**

سیستم های الکتروهیدرولیک شامل دو بخش قدرت و فرمان هستند بر این اساس دو مدار برای یک سیستم الکتروهیدرولیک ترسیم می کنند ابتدا مدار قدرت و سپس مدار فرمان .

مدار قدرت از اجزای هیدرولیک مانند سیلندرها و شیلنگ ها و شیرهای تشکیل شده است و مدارفرمان شامل اجزای الکتریکی و نحوه ی ارتباط آنها می باشد .

مدار فرمان	مدار قدرت
	

اجزا و عناصر مورد استفاده در الکتروهیدرولیک :

مهم ترین بخش در تجهیزات الکتروهیدرولیک شیر های هستند که عامل تحریک شان جریان الکتریکی می باشد و معروف به شیر برقی هستند .

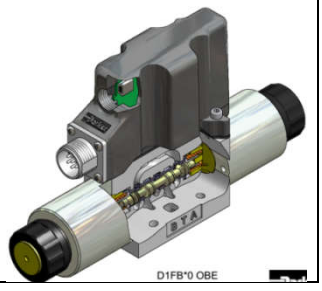
- شیر هیدرولیک برقی **Hydraulic Solenoid Valve**

شیر هیدرولیک برقی ، شیری است که با اعمال نیرویی الکتریکی عمل می نماید و جریان سیال را در یک سیستم هیدرولیک قطع و وصل یا میزان آن را تنظیم می کند، شیر هیدرولیک برقی شامل یک شیر هیدرولیک است که از یک یا دو بوبین برقی **(Solenoid)** در آن استفاده شده است بوبین با مکانیزمی که درون خود دارد توانائی قطع و وصل جریان سیال و یا کنترل آن را دارد .تغییر وضعیت و تنظیم میزان جریان در این نوع شیر ها بر مبنای دستوری است که از سیستم کنترل دریافت می کند .

شیر هیدرولیک برقی یکی از پر کاربردترین اجزا در اتوماسیون صنعتی می باشند . شیرهای هیدرولیک برقی بر حسب نوع وظیفه شان انواع مختلفی دارند .

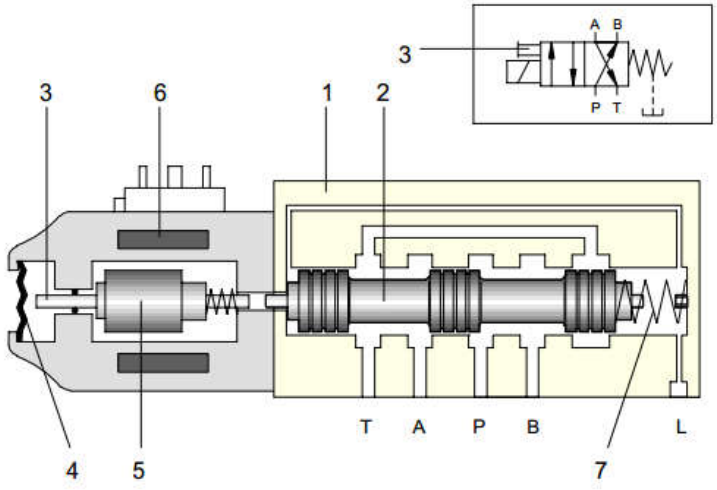
انواع شیر هیدرولیک برقی :

- شیرهای هیدرولیک برقی کنترل جهت (یا کنترل مسیر جریان)
- شیر هیدرولیک برقی کنترل سرعت جریان
- شیر هیدرولیک برقی کنترل فشار
- شیر هیدرولیک برقی پروپشنال (سروولو)

شیر کنترل جهت برقی	شیر کنترل جریان برقی	شیرکنترل فشار برقی	شیر پروپشنال
			

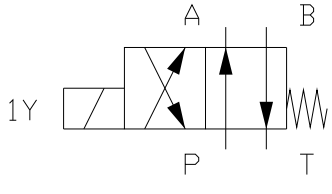
شیر های هیدرولیک برقی کنترل مسیر جریان دو نوع یک سر بوبین و یا دو سر بوبین می باشند . بوبین یا سلونوئید وظیفه به حرکت در آوردن اسپول داخل شیر را دارد و با حرکت اسپول ارتباط دریچه های داخل شیر تغییر می کند .

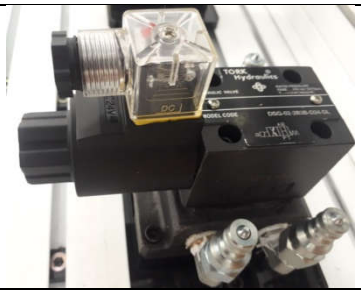
پژوهش و ترجمه :تحقیق کنید سیستم حرکت اسپول داخل شیر برقی چگونه است .



1 valve body
2 longitudinal spool
3 manual operation (emergency operation)
4 plastic protective cover
5 armature
6 coil
7 return spring

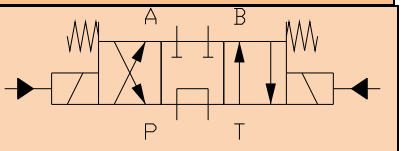
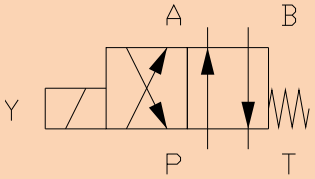
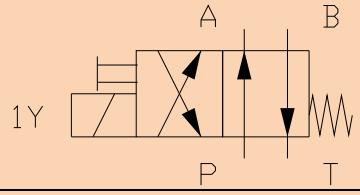
علامت اختصاری شیر های هیدرولیک را در فصل اول قبل آموختید تنها تفاوت شیر های برقی کنترل جهت در عامل تحریک آن می باشد که نیروی الکتریسیته است .



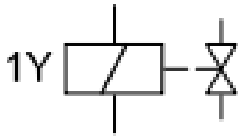


شیر های هیدرولیک برقی نیز دارای وضعیت و حالت های متفاوت هستند و می توانند ۲/۲ و ۳/۲ و ۴/۲ و ۴/۳ و .... باشند .

فعالیت : تحقیق کنید تفاوت شیر های برقی آورده شده در جدول زیر چه تفاوتی با هم دارند .

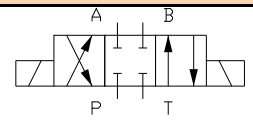
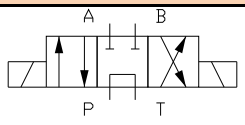
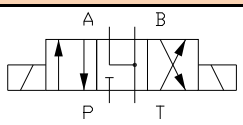
		

علامت اختصاری شیر هیدرولیک برقی در مدار فرمان (مدار الکتریکی) به شکل زیر می باشد .



شیر های برقی همانند اشکال نشان داده شده فوق ۲ و یا ۳ وضعیتی هستند که در نوع سه وضعیتی حالت وسط اشکال گوناگونی دارد و کاربرد های خاصی نیز برای آن تعریف شده است.

فعالیت : تفاوت و کاربرد وضعیت میانی در شیر های هیدرولیک **برقی سه وضعیتی زیر را بنویسید .**

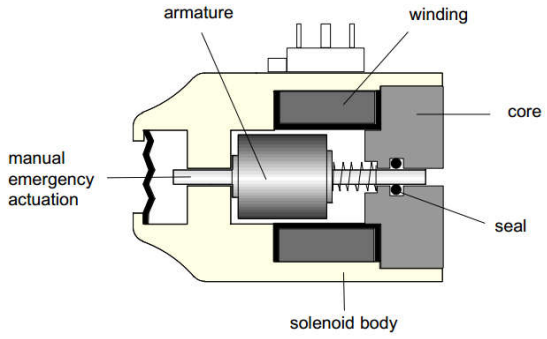
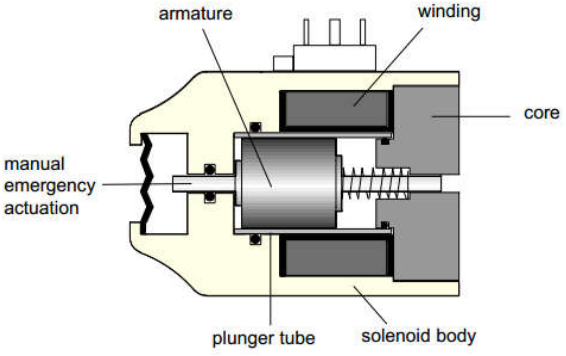
توجه داشته باشید بوبین یا سلونوئید شیرهای هیدرولیک **برقی به دو شکل طراحی شده و عمل می کنند :**

الف- Dry solenoid (air Gap) سلونوئید خشک

ب- wet solenoid سلونوئید تر

در نوع اول فضای داخل بوبین کاملا خشک بوده و روغن وارد آن فضا نمی شود با استفاده از یک اورینگ ارتباط بین فضایی که روغن دارد با فضای بوبین قطع می باشد . عیب عمده این نوع بوبین ها وجود اصطکاک بین پلانجر با اورینگ لاستیکی می باشد که به مرور موجب نشتی روغن می گردد .

در نوع دوم روغن داخل فضای بوبین حرکت کرده و به گونه ای طراحی شده است که روغن به بیرون نشت نمی کند . مزایای آن سوئچینگ راحت و سایش کم و دوره سرویس طولانی می باشد .

Dry solenoid	Wet solenoid
	

فیلم: کاربرد رله در الکتروهیدرولیک

- **رله :** relay

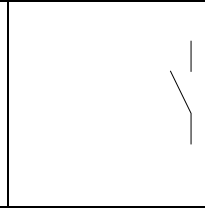
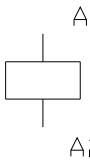
برای آن که یک وسیله برقی را روشن و خاموش کنیم. از کلید استفاده می کنیم. کلیدها به وسیله حرکت مکانیکی که توسط حرکت دست به وجود می آید عمل قطع و وصل را انجام می دهند.

حال می توان حرکت مکانیکی را توسط یک سیم پیچ که میدان مغناطیسی تولید می کند، انجام داد. به کلید های که با یک سیم پیچ داخلی عمل قطع و وصل را انجام می دهند، رله می گویند.

رله صنعتی	رله هوشمند	رله تک کنتاکت

فعالیت : برای هر یک از مشخصات زیر از رله ها تحقیق کنید .		
ردیف	مشخصه	شرح مشخصه
۱	تعداد پایه های رله	
۲	جریان تغذیه و جریان کنتاکت	
۳	پایه های NO و NC و Com	

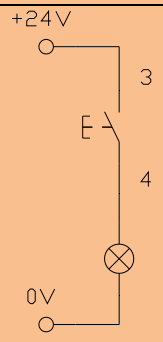
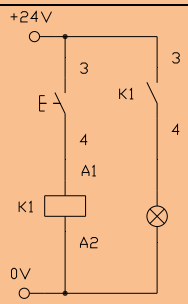
علامت اختصاری رله در مدار الکترو هیدرولیک به دو شکل نرمال بسته و نرمال باز می باشد .

تیغه رله در حالت نرمال باز	تیغه رله در حالت نرمال بسته	بوبین رله در حالت کلی
		

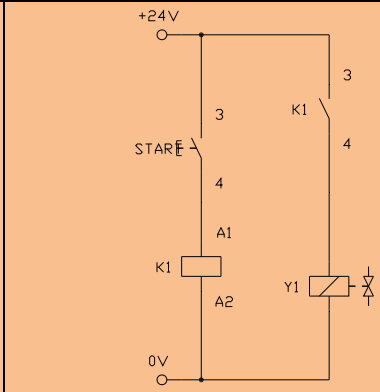
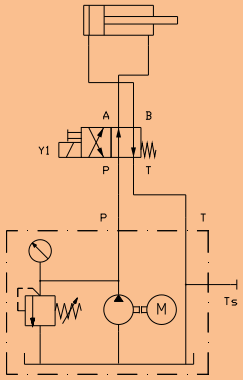
(اعداد فرد ورودی و اعداد زوج خروجی رله می باشند)

فعالیت : در باره رله جامد یا SSR تحقیق کنید که چه کاربردی دارد .

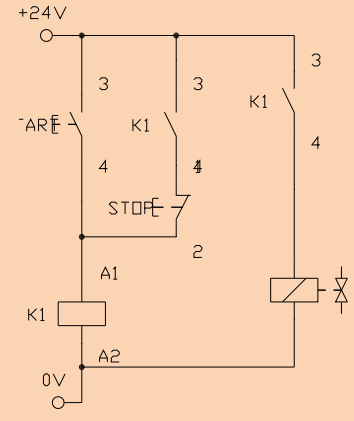
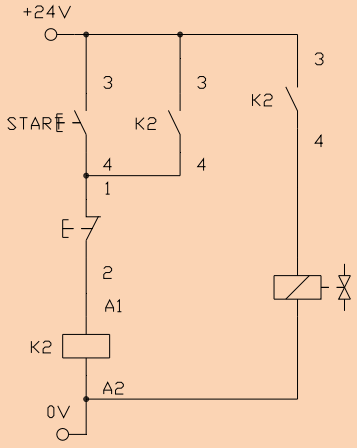
شیرهای هیدرولیک برقی در صورتی که مستقیما از کلید یا شستی استارت فرمان بگیرند به آن کنترل مستقیم و در صورتیکه رله واسطه بین عامل سیگنال دهنده و شیر هیدرولیک برقی باشد کنترل غیر مستقیم گفته می شود . جدول زیر یک LED را دو روش مستقیم و غیر مستقیم نشان داده شده است .

کنترل مستقیم یک LED	کنترل غیر مستقیم یک LED
	

مثال : مدار کنترل مستقیم و غیر مستقیم یک شیر هیدرولیک برقی دو سر بوبین برای تحریک یک جک دو طرفه را با نرم افزار ترسیم می کنیم و مدار و فرمان و قدرت آن را بر روی تابلو ببندید .

مدار فرمان با کنترل غیر مستقیم	مدار فرمان با کنترل مستقیم	مدار قدرت
		

با ارسال یک سیگنال لحظه ای تیغه های رله به هم متصل می شوند و با قطع سیگنال این اتصال نیز قطع خواهد شد . برای حفظ وضعیت اتصال بایستی مدار را بگونه ای طراحی کرد که حالت خود را حفظ کند .برای این کار مدار را به شکل خود نگهدار طراحی می کنند . این مدار به دو شکل زیر در نظر گرفته طراحی می شود .

مدار خود نگهدار تقدم با استارت	مدار خود نگهدار تقدم با استاپ
	

فعالیت : بررسی کنید که دو مدار جدول بالا چه تفاوتی با هم دارند .

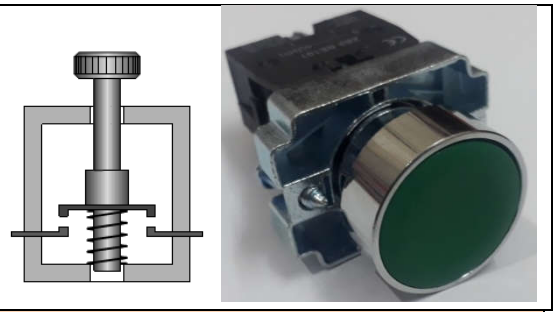
شیر های برقی در مدار الکتروهیدرولیک از اجزائ سیگنال دهنده بطور مستقیم و یا غیر مستقیم فرمان می گیرند .این عناصر و اجزا عبارتند از شستی ها و میکروسوییچ ها و ..... که در زیر به شرح آنها پرداخته می شود .

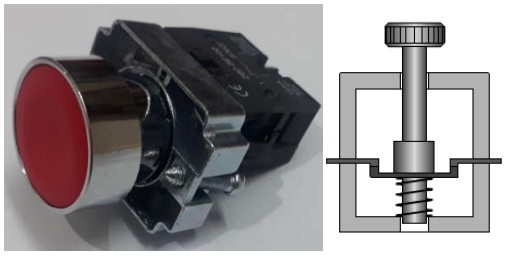
عناصر سیگنال دهنده در سیستم های الکتروهیدرولیک :

سیگنال دهنده ها در سیستم الکتروهیدرولیک به چند دسته تقسیم می شوند .

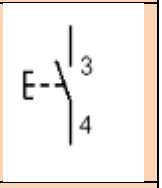
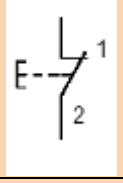
۱- سیگنال دهنده های با تماس مکانیکی :

الف - سیگنال دهنده های دستی : این اجزا بصورت شامل انواع شستی بوده که با فشار دست تیغه های داخل آن متصل شده و جریان برق عبور را می دهد و با قطع فشار جریان قطع می شود .



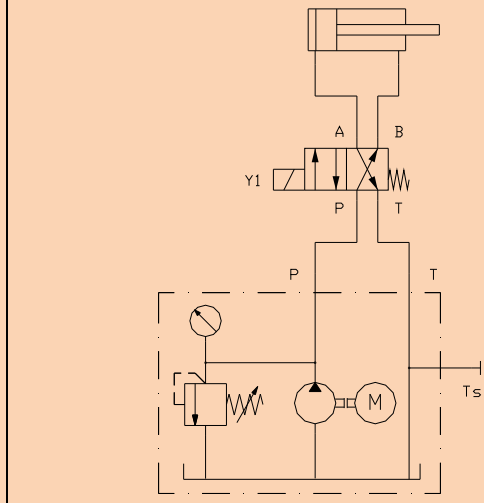
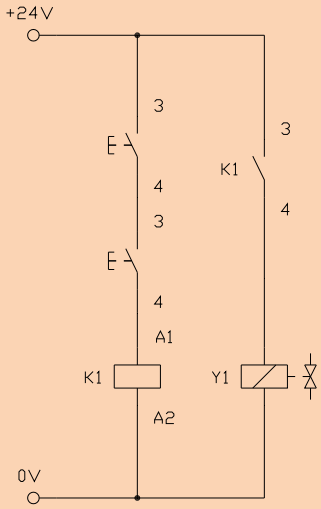


فعالیت : علامت اختصاری دو نوع شستی در جدول زیر آورده شده است . تحقیق کنید که هرکدام مربوط به چه نوع شستی است .

	
نوع شستی : **شماره خط ورودی :** **شماره خط خروجی :**	**نوع شستی :** **شماره خط ورودی :** **شماره خط خروجی :**

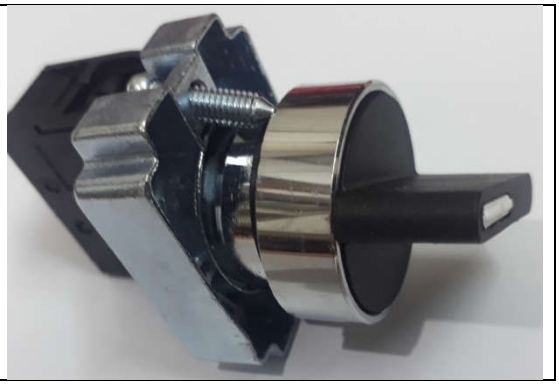
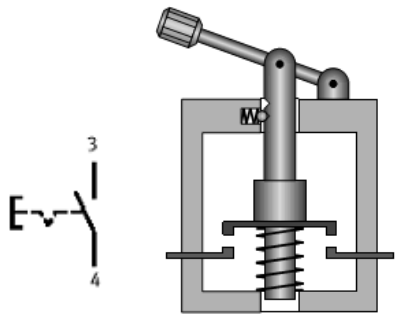
فعالیت : تفاوت سیستم نرمال باز و بسته در هیدرولیک با سیستمهای الکتریکی در چیست ؟

مثال : مداری طراحی کنید که از دو نقطه همزمان بتوان با فشردن دو شستی استارت یک سیلندر دو طرفه را تحریک کرد و پس از برداشت فشار دست جک به عقب باز گردد . با تحریک هر یک از شستی ها مدار فعال نشود .مدار را بر روی تابلو ببندید.

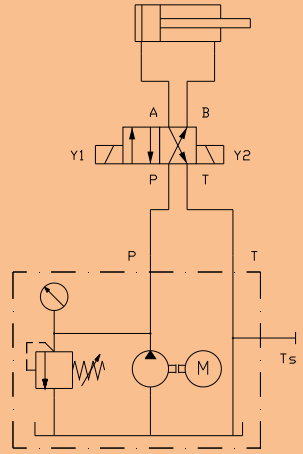
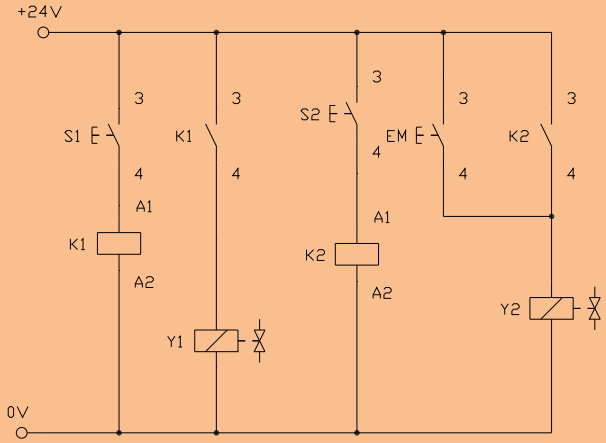
مدار قدرت	مدار فرمان
	

فعالیت : با استفاده از نرم افزار مداری ترسیم کنید که سیلندر دو طرفه ای با تحریک شیر یک سر بوبین توسط یک شستی استارت به جلو حرکت و با فشار شستی استاپ به عقب باز گردد . سرعت حرکت جک هنگام برگشت قابل کنترل و تنظیم باشد . مدار را بر روی تابلوی آموزشی ببندید .(مدار را بصورت خودنگهدار طراحی کنید)

ب– سیگنال دهنده های دستی خارکی : این نوع سیگنال دهنده ها با بطور دستی کار می کنند بدین ترتیب که با فشار دست عما وصل انجام شده و برای برگشت از آن وضعیت بایستی دوباره شستی فشرده شود .

مثال : مداری طراحی کنید که یک سیلندر دو طرفه با فرمان شستی S1 به جلو حرکت کرده و سپس با فرمان شستی **S2** به عقب بازگردد . در هر شرایطی از موقعیت پیستون با زدن کلید EM (قطع اضطراری)پیستون به عقب بازگردد. مدار فرمان و قدرت آن را ترسیم کنید و در پایان بر روی تابلوی آموزشی ببندید .

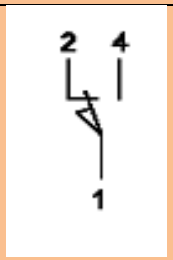
مدار قدرت	مدار فرمان
	

۲– سیگنال دهنده های مکانیکی :

این نوع از سیگنال دهنده ها یک عامل مکانیکی موجب اتصال تیغه های آن می شود و جریان الکتریکی را از خود عبور و یا قطع می کند . این عناصر عبارتند از :

الف– میکرو سوییچ ها : (switch Limit)

میکروسوییچ یک کلید است که معمولا توسط یک عامل مکانیکی تیغه های آن وصل و یا قطع می شود .

میکروسوییچ دکمه ای	نحوه عملکرد میکروسوییچ	علامت اختصاری
		

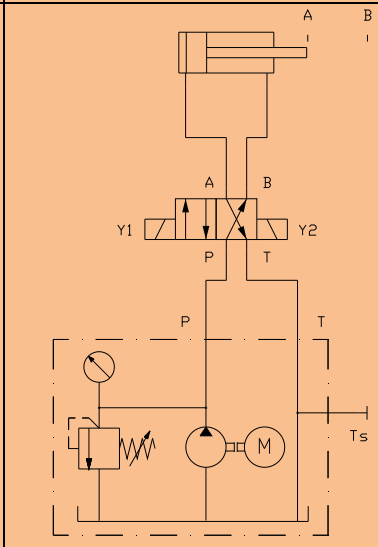
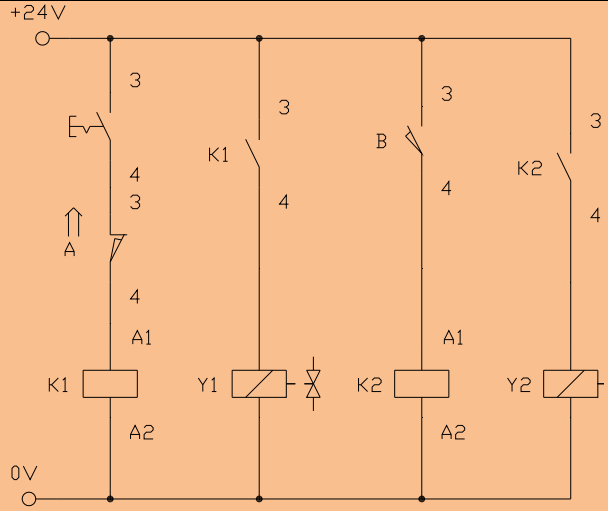
میکروسوییچ ها دارای شکل های مختلفی هستند اهرمی ، میله ای ، غلطکی و دکمه ای .

در اثر برخورد یک عامل مکانیکی مثلا جک هیدرولیک به اهرم و یا غلطک و یا شستی میکروسوییچ ها فرمان اتصال و یا قطع صادر می شود .

فعالیت : بر روی میکروسوییچ ها سه محل اتصال وجود دارد Com و NC و NO در باره آنها تحقیق کنید .

فعالیت : مدار هیدرولیکی ترسیم کنید که با فشار دادن یک شستی استارت سیلندردو طرفه ای به جلو حرکت کرده سپس با برخورد به یک میکرو سوییچ به عقب باز گردد. سپس این مدار را بر روی تابلو ببندید. در این مدار از شیر دو سر بوبین استفاده کنید.

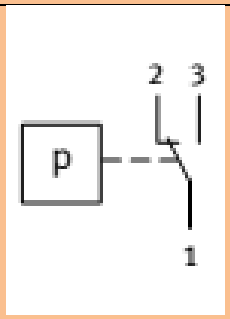
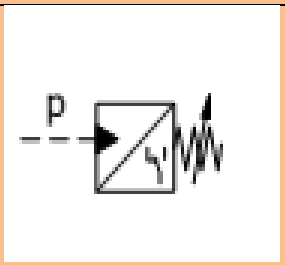
مثال :مداری طراحی کنید که سیلندر دو طرفه ای با تحریک کلید خارکی S1 حرکت رفت و برگشت اتوماتیک انجام داده و با قطع کلید S1 سیلندر ه داخل آمده و متوقف شود .

مدار قدرت	مدار فرمان
	

ب- سوییچ فشار : (Perssure switch)

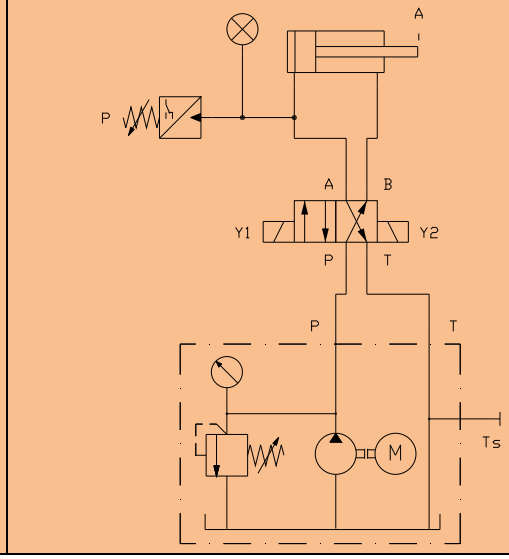
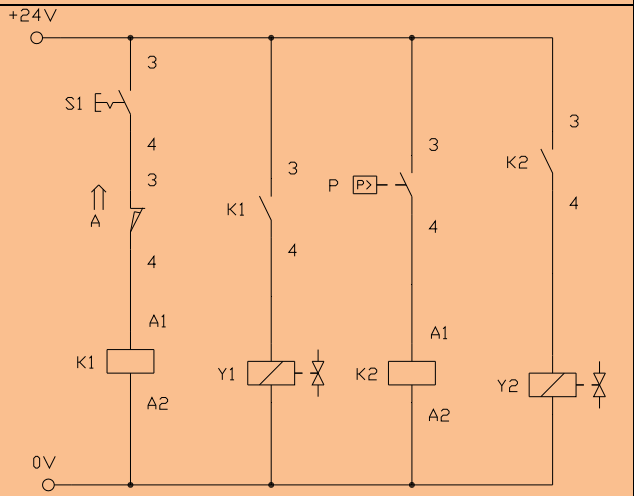
عملکرد این سوییچ ها مانند یک کلید با تحریک دستی بوده با این تفاوت عامل تحریک کننده نیروی مکانیکی (فشار سیال هیدرولیک) می باشد و زمانی که فشار به حد مورد تنظیم رسید سوییچ عمل می کند و اتصال بر قرار می شود

.

علامت اختصاری در مدار فرمان	علامت اختصاری در مدار قدرت	تصویر
		

سوییچ های فشار را با هر ولتاژ ی می توان استفاده کرده Dc یا AC .

مثال : مداری طراحی کنید که سیلندر دو طرفه ای با تحریک کلید خارکی S1 بطور اتوماتیک حرکت رفت و برگشت انجام دهد .
حرکت رو به عقب سیلندر پس از رسیدن به فشار ۵۰ Bar توسط فرمان سوییچ فشار صورت گیرد .

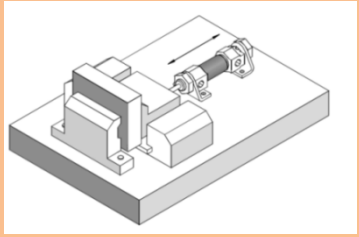
مدار قدرت	مدار فرمان
	

فعالیت : برای شکل زیر مداری ترسیم کنید و بر روی تابلو ببندید که :

الف- اپراتور با فشار یک شستی استارت گیره را بسته

ب- گیره بسته شده پس از رسیدن به فشار ۵۰ Bar گیره باز شود و به عقب بازگردد

ج- سرعت رفت گیره قابل کنترل باشد



۳–سیگنال دهند ه های غیر تماسی (سنسور) :

سنسور المان حس کننده ای است که کمیت های فیزیکی مانند فشار ، حرارت ، رطوبت ، دما و ..... را به کمیتهای الکتریکی پیوسته (آنالوگ) یا غیر پیوسته (دیجیتال) تبدیل می کند .

به عبارتی سنسورها از اجزای سیگنال دهنده هستند که با نزدیک شدن به عاملی که موجب تحریک شان می شود ارسال سیگنال می کنند .

مزایای استفاده از این نوع سیگنال دهند ها عبارتند :

الف– استهلاک مکانیکی وجود ندارد

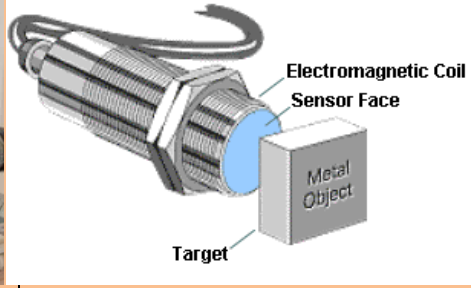
ب– بالا بودن دقت در تعیین موقعیت قطعه

ج– تشخیص قطعه از فواصل نسبتا دور

د– سرعت سوئیچنگ بالا

ه– عمر مفید بالا

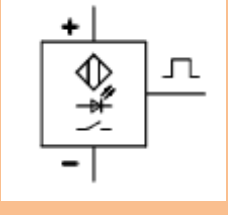
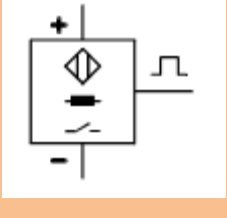
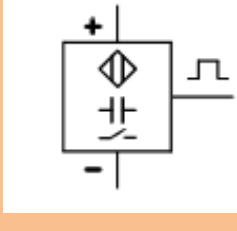
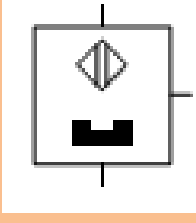
و– امکان استفاده در محیط های مرطوب و حرارت بالا

تصویر سنسور صنعتی	سنسور حساس به فلز	حرکت برگشت سیلندر با فرمان سنسور
		

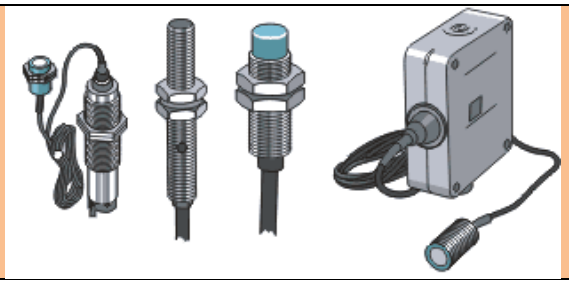
بدلیل اینکه سیگنال ارسالی از سنسور مقدارجریان کمی دارد و قابل استفاده مستقیم برای شیر هیدرولیک برقی نیست لذا سیگنال ارسالی ابتدا به رله فرستاده می شود سپس توسط رله شیر را تحریک می کنند .

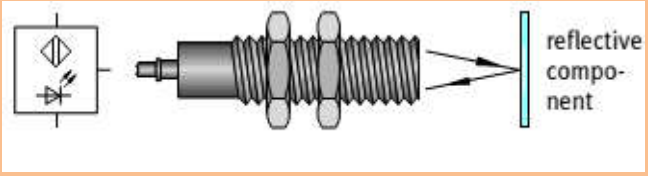
سنسورهای انواع مختلفی دارند که در الکتروهیدرولیک چهار نوع آن کاربرد بیشتری دارند :

الف –سنسور نوری ب– سنسور خازنی ج – سنسور القایی د– رید سوییچ (سنسور سیلندر)

نوری Proximity sensor optical	القایی proximity sensor inductive	خازن proximity sensor capacitive	Reed switchمغناطیسی
			

الف– سنسور نوری : این سنسور ها بر اساس ارسال امواج مادون قرمز مدوله شده و دریافت انعکاس این امواج از رفلکتور عمل می کند .

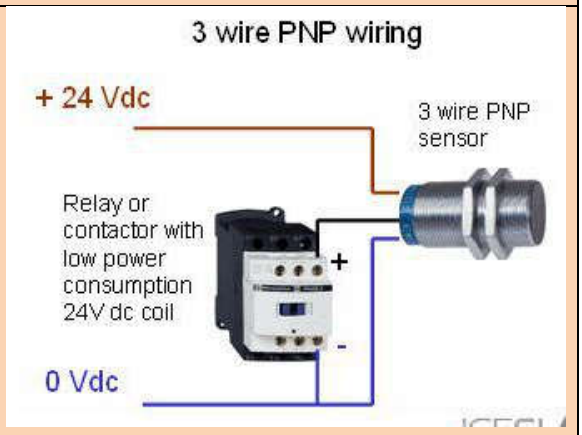




کاربرد سنسورهای نوری در آشکار سازی وجود اشیاء و تشخیص پارگی و شمارش قطعات خط تولید و ..... می باشد.

این سنسورها به طور کلی در دونوع نرمال باز وبسته می باشند (**NO** و **NC**) و همچنین از نظر نوع سیگنال ارسالی در دو نوع **PNP** و **NPN** وجود دارند .

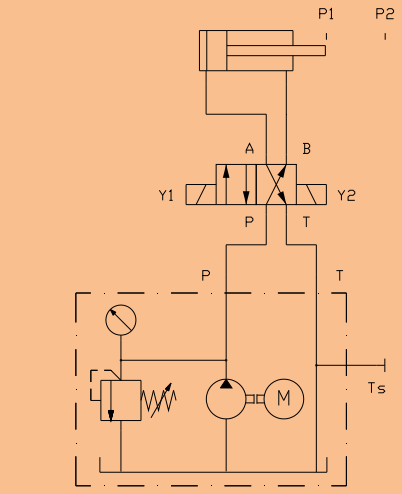
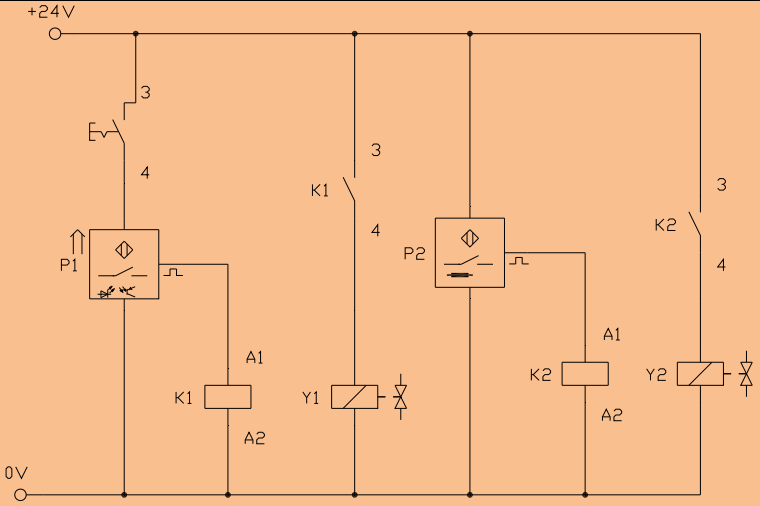
تحقیق و ترجمه کنید .



سنسورهای نوری ممکن است یکطرفه و یا دو طرفه باشند . همچنین می توانند دو سیم تا چهار سیم باشند که نوع چهار سیم حالتهای مختلف نرمال باز و بسته و **PNP** و **NPN** را می تواند ارایه دهد .

فعالیت : تحقیق کنید بر روی سنسورهای نوری پیچ تنظیم وجود دارد کار این پیچ چیست ؟

مثال :مداری طراحی کنید که با استارت یک کلید خارکی حرکت رفت و برگشت سیلندر دو طرفه ای به طور اتوماتیک انجام شود . در ابتدا و انتهای کورس پیستون دو سنسور القایی قرار دهید .

مدار قدرت	مدار فرمان
	

فعالیت : مداری ترسیم کنید و بر روی تابلو ببندید با شرایط زیر :

الف- حرکت سیلندر دو طرفه با فرمان شستی استارت و تحریک شیر برقی دو سر بوبین انجام شود

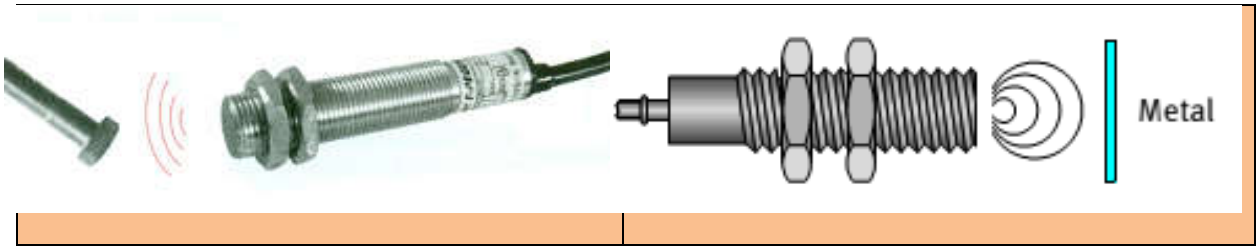
ب- سیلندر پس از رسیدن به انتهای کورس از یک سنسور نوری فرمان برگشت بگیرد .

ج- در صورتیکه سنسور عمل نکرد هر موقع فشار پشت جک به ۶۰ Bar رسید جک به عقب باز گردد.

د- سرعت رفت و برگشت جک قابل کنترل باشد .

(مدار فرمان را بصورت غیر مستقیم ترسیم کنید)

ب- سنسور القایی : سنسورهای القایی سنسورهای بدون تماس هستند که تنها در مقابل فلزات عکس العمل نشان می دهند و می توانند فرمان مستقیم به رله ها ، شیرهای برقی ، سیستمهای اندازه گیری و مدارات کنترل الکترونیکی (PLC) ارسال نمایند .



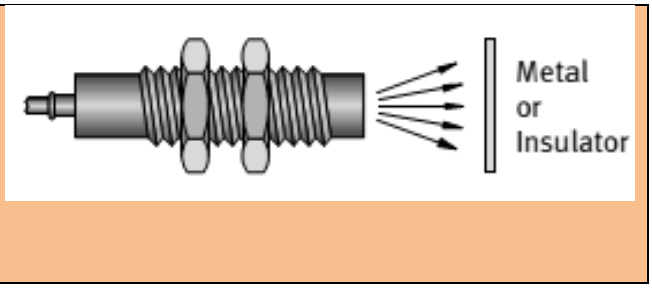
فعالیت : تحقیق کنید که فاصله سوئیچینگ برای فلزات مختلف در سنسورهای القایی یکسان است یا متفاوت ؟

سنسورهای القایی نیز دارای نوع نرمال باز و بسته می باشند . جریان تغذیه سنسورها معمولا DCبوده ولی نوع AC نیز وجود دارد .

فعالیت : تحقیق کنید که هنگامی که دو یا چند سنسور نیاز است در کنار هم نصب بشوند آیا فاصله بین سنسورها مقدار خاصی است .؟

ج –سنسور خازنی :

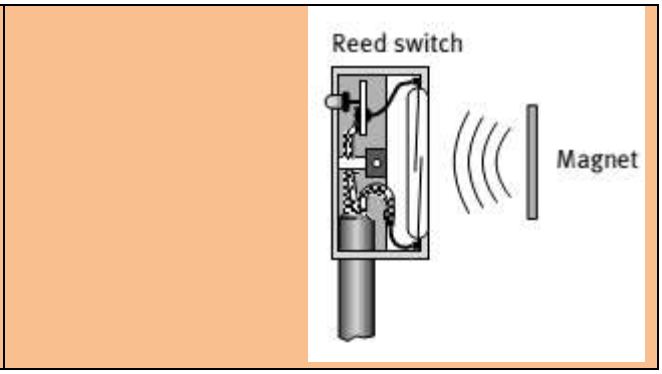
سنسورهای خازنی ، سنسورهای بدون تماس و بدون کنتاکت الکتریکی هستند که در مقابل فلزات و اغلب غیر فلزات عمل می نمایند . از این سنسورها در سطوح مخازن و شمارش قطعات و آشکار سازی تقریبا تمام قطعات استفاده می شود .



د – سنسور سیلندر (Reed switch) :

این نوع سنسور ها از خاصیت مغناطیسی استفاده میکنند . این سنسور ها را تنها بر روی سیلندر هایی می توان نصب کرد که بر روی پیستون آن آهنربایی نصب شده باشد . به محض عبور آهنربا از کنار سنسور اتصالی در داخل سنسور صورت می گیرد و موجب ارسال سیگنال می شود .

در عکس زیر می توانید نحوه نصب یک سنسور مغناطیسی بر روی سیلندر یک جک را مشاهده می کنید .



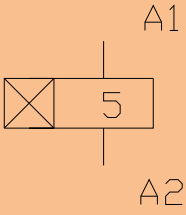
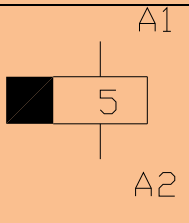
تایمر Timer :

تایمر نوعی رله است که پس از زمان قابل تنظیم تیغه های آن وصل و یا قطع می شود . تایمر ها از نظر ساختار به دو نوع آنالوگ و دیجیتال تقسیم می شوند .

تایمر آنالوگ	تایمر دیجیتال

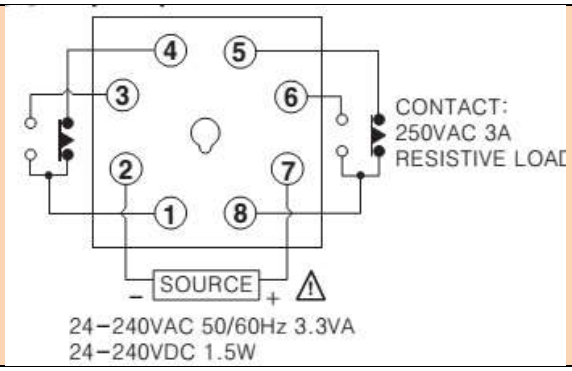
در تایمرها نحوه ی اتصال پایه ها و یا انتخاب مد کارکرد اشکال مختلفی از تاخیر زمان را بوجود می آورند بطوریکه تایمر می توان وظیفه تاخیر در وصل – تاخیر در قطع و یا تایمر فلاشر (قطع و وصل) را ایجاد کند .

در مدار فرمان الکتروهیدرولیک علامت اختصاری دو کارکرد تاخیر در قطع و تاخیر در وصل به شکل زیر می باشد .

تایمر تاخیر در وصل	تایمر تاخیر در قطع
	

تایمرهای آنالوگ دارای تعداد پایه ۸ تایی و ۱۱ تایی وجود دارد . سیم بندی تایمر ۸ پایه آنالوگ به شکل زیر می باشد .

همانطور که در شکل مشاهده می شود یک تایمر آنالوگ هشت پایه دو پایه ۲و ۷ برای تغذیه دارد . پایه ۸ مشترک بین پایه ۶و ۵ می باشد . با گذشت زمان تنظیمی اتصال پایه ۸ از ۵ به ۶ تغییر وضعیت می دهد . پایه های ۱ با ۳و۴ نیز بهمین ترتیب هستند .

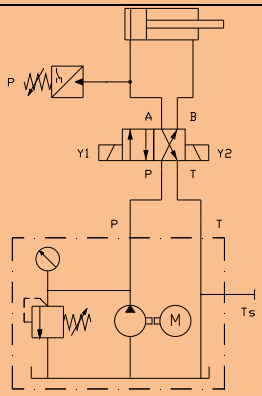
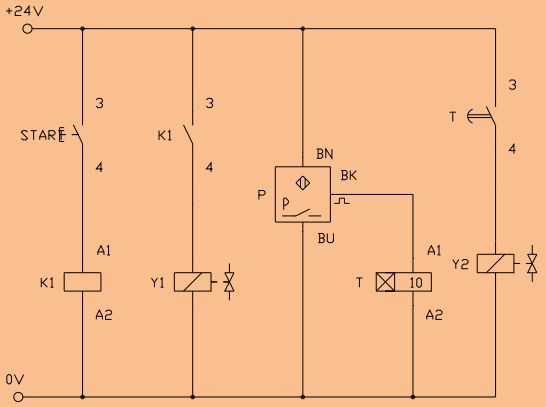


فعالیت : در مورد تایمر آنالوگ ۱۱ پایه تحقیق نموده و نحوی سیم بندی آن را بررسی کنید .

مثال :مداری طراحی کنید که :

الف–با زدن کلید شستی S1سیلندر دو طرفه ای به جلو حرکت کند .

ب–در پایان کورس وقتی فشار سیستم به ۵۰ بار رسید پس از ۱۰ ثانیه سیلندر به صورت اتوماتیک به عقب باز گردد.

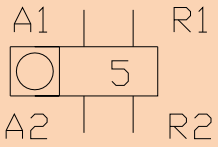
مدار قدرت	مدار فرمان
	

فعالیت : مدار هیدرولیکی ترسیم و بر روی تابلو ببندید که با فرمان شستی استارت به یک شیر دو سر بوبین سیلندر به جلو حرکت کرده و پس از رسیدن به انتهای کورس ۵ ثانیه توقف کرده و بطور اتوماتیک باز گردد.

–کانتر (شمارنده) Cuontre :

کانتر یا شمارنده یکی از تجهیزاتی است که در الکتروهیدرولیک بکار می رود . برای شمارش قطعات و یا شمارش تعداد ضربه جک ها و یا تعداد سیگنال ارسالی به یک رله یا شیر هیدرولیک برقی می توان از کانتر استفاده کرد .

شمارنده های دیجیتال حداقل دارای دو وضعیت مختلف کاری می باشند: در حالت اول (مد ۱) دستگاه عددی را به عنوان نقطه شمارش نهایی دریافت می کند و پس از شروع عملیات شمارش به محض **رسیدن شمارنده** به این عدد خروجی رله دستگاه وصل می گردد، در حالت دوم دستگاه فقط به عنوان شمارنده عمل می نماید، در این حالت دستگاه خروجی ندارد.

علامت اختصاری شمارنده (کانتر)	شمارنده
	

تحقیق : بر روی کانترها پورتهای زیر وجود دارد در مورد هر کدام تحقیق کنید :

– Pluse :

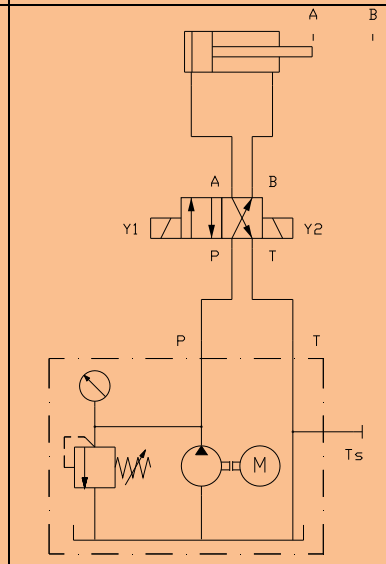
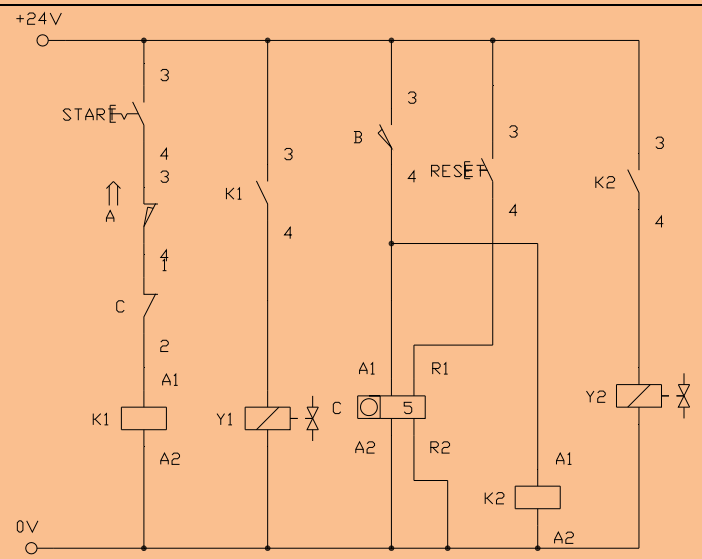
– Reset :

– 15 :

– 16 :

– 18 :

مثال : مداری طراحی کنید که با استارت یک شستی سیلندر دو طرفه ای ۵ بار حرکت رفت و برگشتی انجام داده و بعد از ۵ بار به عقب بازگردد و بایستد . همچنین بعد از ریست کردن شستی ریست دوباره شروع به حرکت کند .

مدار قدرت	مدار فرمان
	

فعالیت : چکش هیدرولیکی در نظر بگیرید مدار فرمان و قدرت آن را بگونه ای ترسیم کنید که :

الف- حرکت مثبت سیلندر (رو به جلو) با فشاردکمه استارت و کنترل غیر مستقیم باشد

ب- تعداد ضربات چکش قابل تنظیم بوده و قابلیت ریست تعداد ضربات وجود داشته باشد .

ج- در ابتدا و انتهای کورس سیلندر از سنسور القایی استفاده شود

د- سرعت و فشار جک قابل کنترل باشد .

الکتروپنوتیک Electro Penumatic :

در سیستم های الکتروپنوماتیک از تجهیزات الکتریکی در کنترل وسایل پنوماتیکی بهره می برند . همانند سیستم های الکتروهیدرولیک تجهیزات الکتریکی مورد استفاده شامل شستیها ، سوییچ های حدی ،رله ، سنسورها ، تایمر و کانتر می باشد که در الکتروپنوماتیک نیز قابل استفاده است .

تنها تفاوت در اجزای این دو مبحث شیر های پنوماتیک برقی می باشد که در ادامه به شرح آن می پردازیم .در مبحث الکتروپنوماتیک از تجهیزات قابل برنامه ریزی (رله های هوشمند) استفاده فراوانی می شود که در این فصل سعی بر آن است که در حل مسایل از رله هوشمند نیز استفاده گردد .

شیر های پنوماتیک برقی :

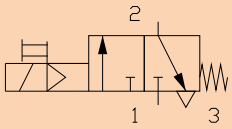
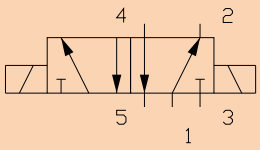
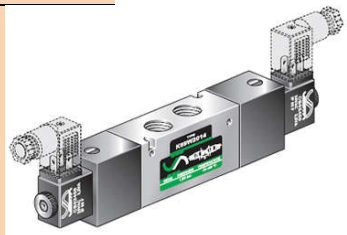
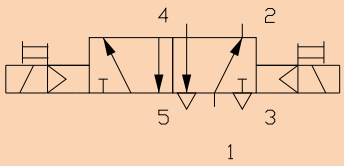
شیرهای پنوماتیکی که عامل تحریک آن جریان الکتریکی می باشد شیرهای پنوماتیک برقی نامیده می شود . جریان الکتریکی به سیم پیچ (بوبین) شیر اعمال شده و موجب به حرکت درآوردن اسپول داخل شیر می شود و مسیر عبور جریان هوا را تغییر و یا تنظیم می کند .

شیر پنوماتیک برقی یک سر بوبین	شیر پنوماتیک برقی دو سر بوبین

مطابق شکل فوق شیرهای پنوماتیکی دارای دو نوع یک سر بوبین و دو سر بوبین هستند . بوبین این شیرها نیز با جریان متناوب و یا مستقیم کار می کند .

یکی از مشخصه های مهم در انتخاب شیرها میزان عبور سیال (هوا) از آن می باشد . بدهی است که سیلندر های بزرگ برای حرکت خود نیاز به مقدار هوای بیشتر و سیلندرهای کوچک به مقدار هوای کمتری نیاز دارند . بر این اساس شیرهای مورد استفاده با توجه به دبی هوا برای سیلندر بایستی اندازه ورودی و خروجی مشخصی داشته باشند که به آن اندازه نامی گفته می شود . سایز دهانه مقدار هوای مشخصی را از خود عبور می دهد . دهانه ورودی و خروجی شیرهای پنوماتیک با سایز های ("۱/۴ و "۱/۲ و "۳/۸ و "۱ و ..... اینچ به بازار عرضه می شوند .به عنوان مثال سایز دهانه "۱/۴ اینچ با قطر شلنگ ۴ میلیمتر مقدار هوادهی ۵۰۰ لیتر بر دقیقه را خواهد داشت . عدم انتخاب صحیح سایز شیر موجب افت فشار در شیر شده و در نهایت بر روی سرعت حرکت سیلندر تاثیر گذار خواهد بود .

تحقیق : بررسی کنید که میزان هوادهی شیرهای پنوماتیک برای هر سایز چه میزان می باشد و برای سیلندرها با قطر مشخص چه نوع شیر با سایز مشخصی استفاده می شود .

علامت اختصاری	نوع شیر	تصویر
	**شیر یک سر بوبین پیلوتی همراه با کنترل دستی**	
	**شیر دو سر بوبین بدون پیلوت**	
	شیر دو سر بوبین پیلوتی همراه با کنترل دستی	

تحقیق : در مورد شیرهای پنوماتیک برقی که پیلوت دارند تحقیق کنید که پیلوت دار بودن شیر به چه معنی است و این شیرها چه تفاوتی با شیر های دیگر دارد .

در هیدرولیک و پنوماتیک گاهی نیاز است که ترکیب دو یا چند شیر حرکتی را ایجاد کند و یا ترتیب خاصی از حرکت سیلندر ها ایجاد شود . برای این منظور مدار را به گونه ای طراحی می کنند که یک حالت منطقی بین اجزای کنترلی ایجاد می شود . ترکیب منطقی اجزای یک سیستم پنوماتیک از توابع منطقی اولیه پیروی می کند .

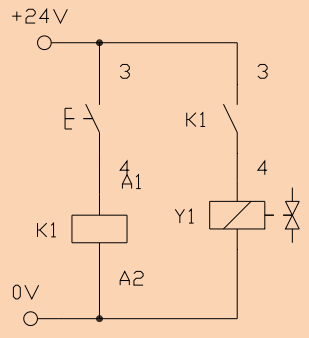
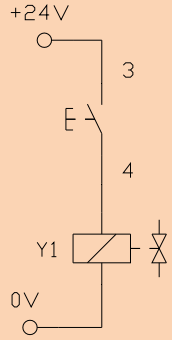
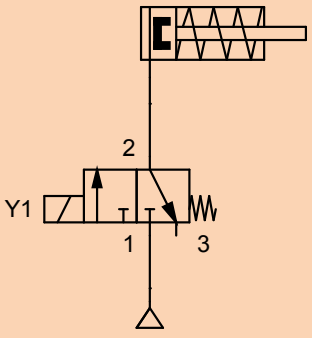
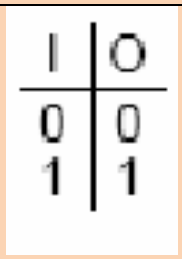
در بخش بعد به توابع منطقی و خصوصا نحوی ایجاد آنها با تجهیزات الکتریکی می پردازیم .

- مدار توابع منطقی :

مدار توابع منطقی ، مدارهای هستند که با سیم بندی خاص و یا قطعه ای واسطه بوجود می آیند . این مدار ها با توجه به ورودی های مختلف خروجی متفاوتی دارند و از آنها در معادل سازی و به عبارتی ساده سازی مدارهای فرمان و قدرت می توان بهره برد .
معمولا در کنار مدارها جدولی وجود دارد که جدول صحت نامیده می شود . در این جدول برای ورودی های مختلف مقدار خروجی مدار مشخص می شود و کاربر با درک اینکه در چه حالتی از ورودی می تواند خروجی داشته باشد از این جدول بهره می برد .
این مدار ها به شرح زیر بوده و در دو حالت مستقیم و غیر مستقیم می تواند بسته شوند .

الف– مدار تابع منطقی Yes :

در این نوع مدار مقدار خروجی برابر همان مقدار ورودی است . به عبارتی هر گاه سیگنالی از عنصر سیگنال دهنده ارسال شود مدار فعال می شود .

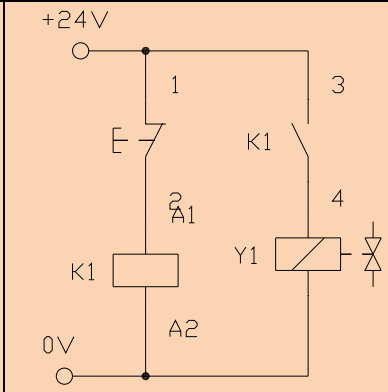
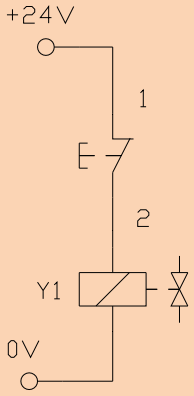
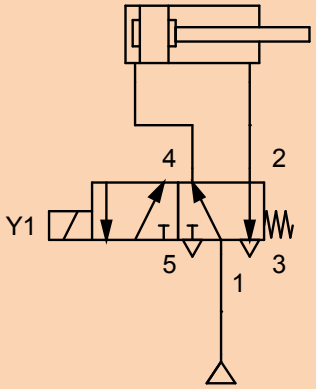
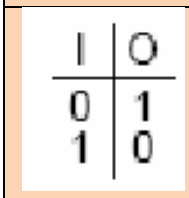
مدار فرمان غیر مستقیم	مدار فرمان مستقیم	مدارپنوماتیک	جدول صحت
			

I	O
0	0
1	1

فعالیت : پرسی را در نظر گرفته که با تحریک یک شستی استارت عمل ضربه (حرکت سیلندر رو به جلو) انجام شود و با قطع فشار شستی سیلندر به عقب باز گردد. مدار آن را ترسیم و بر روی تابلو ببندید .

ب– مدار تابع منطقی NO :

در این مدار با ارسال سیگنال از عنصر سیگنال دهنده مدار قطع می شود به عبارتی در این مدار سیلندر به جلو رانده شده است و با ارسال سیگنال جک به عقب باز می گردد و فشار روغن پشت قطع می شود .

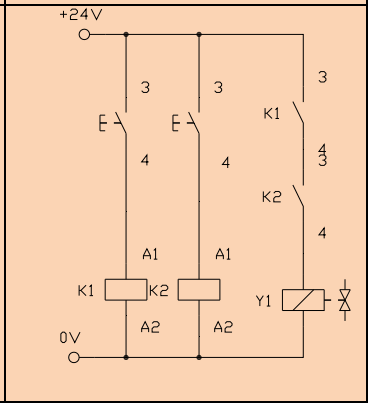
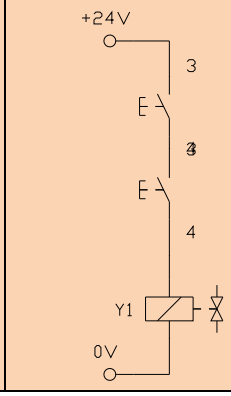
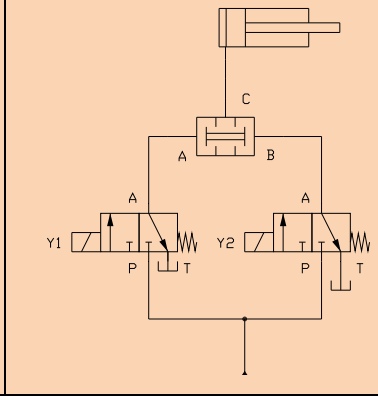
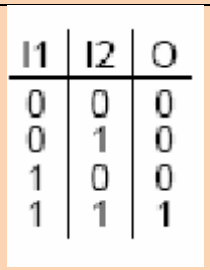
مدار فرمان غیر مستقیم	مدار فرمان مستقیم	مدار پنوماتیک	جدول صحت
			

I	O
0	1
1	0

فعالیت : در گیره ای برای گرفتن قطعه از جک دو طرفه ای استفاده شده است . گیره در حالت عادی و بدون فرمان بسته و قطعه را نگه می دارد . مدار فرمان و مدار قدرت این گیره را طوری ترسیم کنید که با فشار شستی استارت گیره باز شده و با رها کردن شستی گیره مجدد بسته شود .

ج – مدار تابع منطقی AND :

در این مدار با ارسال همزمان دو سیگنال می توان مدار را فعال کرد به عبارتی برای کنترل از دو نقطه همزمان یک جک می توان از مدار منطقی AND استفاده کرد .

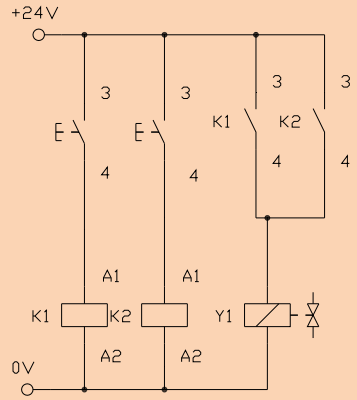
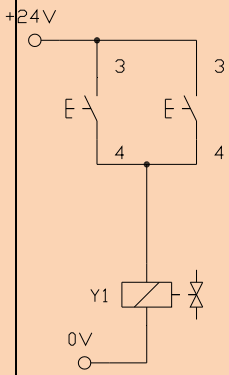
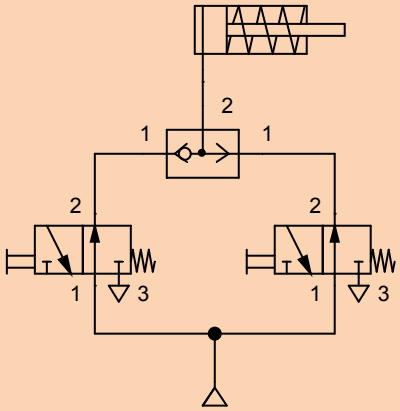
مدار فرمان غیر مستقیم	مدارفرمان مستقیم	مدار پنوماتیک	جدول صحت
			

I1	I2	O
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

فعالیت : مداری طراحی کنید که با استارت یک شستی سیلندر A به جلو حرکت کرده و به انتهای کورس برسد با تحریک شستی استارت دیگر سیلندر B به جلو رانده شود . شرط حرکت سیلندر B به انتها رسیدن سیلندر A می باشد در غیر اینصورت سیلندر دوم نتواند حرکت کند . (در انتهای مسیر سیلندر A یک میکروسوییچ استفاده کنید که با شستی دوم And شود)

د– مدار تابع منطقی OR :

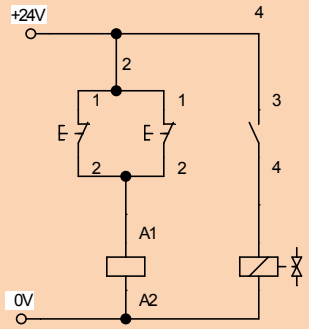
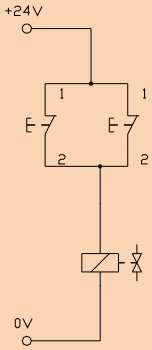
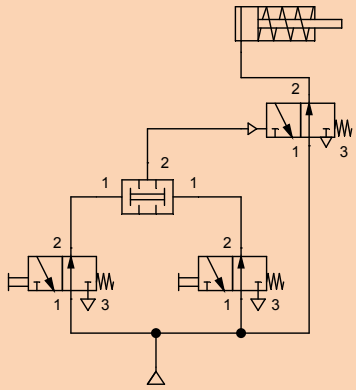
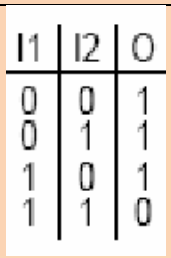
در این مدار با ارسال سیگنال از دو نقطه مجزا می تواند مدار را فعال کرد . برای تحریک یک جک از دو نقطه بطور مجزا می توان از این نوع مدار استفاده کرد .

مدار فرمان غیر مستقیم	مدار فرمان مستقیم	مدار پنوماتیک	جدول صحت
			I1 I2 O 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 0

فعالیت : برای کنترل یک بالا بر نیاز است این بالا بر از دونقطه پایین یا بالا قابل کنترل باشد . مدار فرمان و قدرت آن را ترسیم کنید . همچنین سرعت رفت و برگشت قابل کنترل باشد .

ه– مدار تابع منطقی Nand:

این مدار نفی مدار And می باشد بدین معنی که در مدار And تنها وقتی مدار خروجی داشت که هر دو سیگنال با هم و همزمان صادر شوند ولی در مدار Nand وقتی دو سیگنال همزمان صادر شود مدار خروجی ندارد . از این مدار در زمانی استفاده می شود که با ظاهر شدن دو متغیر مدار قطع شود مثلا وقتی هیدرولیک به انتهای کورس خود رسیده و همچنین سیستم به فشار مورد نظر هم رسید مدار قطع و سیلندر به عقب باز گردد.

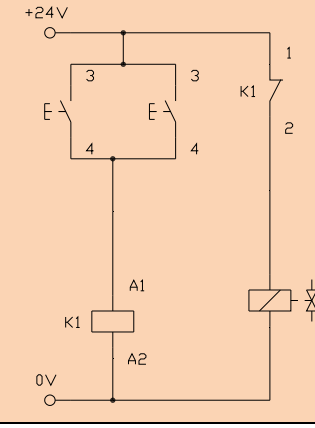
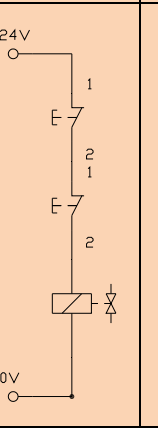
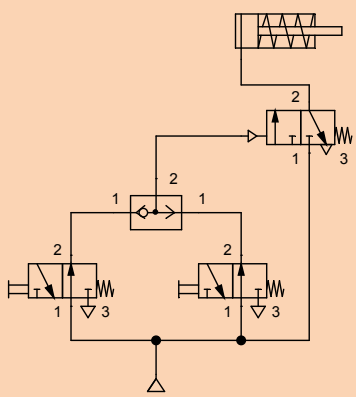
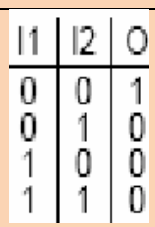
مدار فرمان غیر مستقیم	مدار فرمان مستقیم	مدار پنوماتیک	جدول صحت
			

I1	I2	O
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

فعالیت : مدار های جدول فوق را بر روی تابلو بسته و مدار پنوماتیک آن را با استفاده از شیر پنوماتیک برقی ایجاد کنید .

و– مدار تابع منطقی Nor:

در مدار Nor مدار در حالت عادی و بدون دریافت سیگنال فعال بوده و با ارسال سیگنال از یک نقطه یا دو نقطه همزمان مدار قطع خواهد شد.

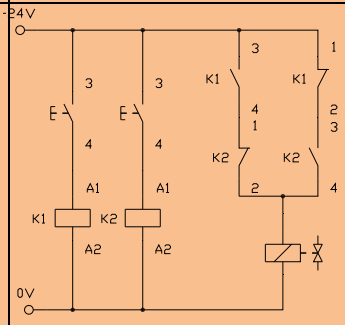
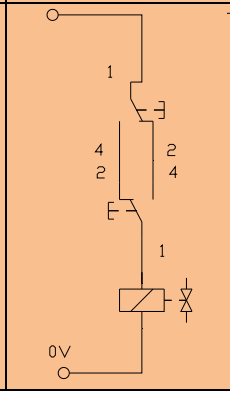
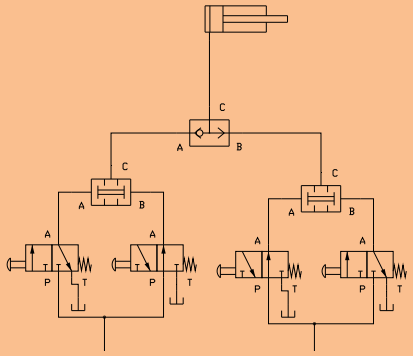
مدار فرمان غیر مستقیم	مدار فرمان مستقیم	مدار پنوماتیک	جدول صحت
			

I1	I2	O
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

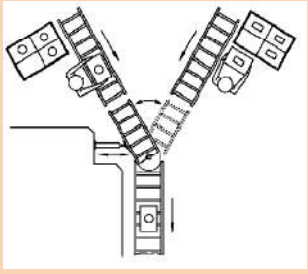
فعالیت : مدار جدول فوق را به دو شکل الکتروپنوماتیک و پنوماتیک بر روی تابلو بسته و با هم مقایسه کنید .

ز– مدار تابع منطقی Xor :

در نوع تابع منطقی تنها با یک سیگنال ورودی مدار فعال می شود و ارسال دو سیگنال همزمان مدار غیر فعال خواهد بود . به عنوان مثال در مواقعی که دو اپراتور از یک جک استفاده می کنند و مدار فقط از یک سیگنال ، فرمان می گیرد .

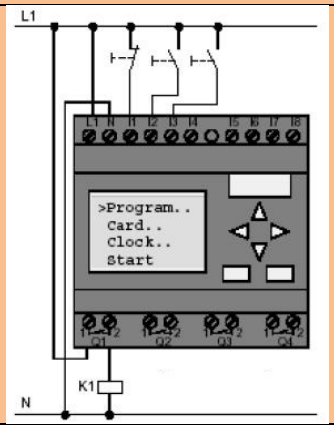
مدار فرمان غیر مستقیم	مدار فرمان مستقیم	مدار پنوماتیک	جدول صحت
			I1 I2 O 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 0

فعالیت : مداری یک کانوایر مانند شکل زیر را طوری طراحی کنید که دو اپراتور بتوانند بطور مجزا فرمان دهند و وقتی که هر دو همزمان فرمان دهند عمل نکند .



استفاده از رله هوشمند در طراحی مدارهای الکتروپنوماتیک :

آنچه که تا اکنون درباره کنترل تجهیزات پنوماتیکی و هیدرولیکی خوانده اید بیشتر کنترل رله ای (رله الکترومکانیکی) بوده است . یک دیگر از تجهیزاتی که در کنترل اینگونه تجهیزات قابل استفاده بوده رله هوشمند (تجهیزات قابل برنامه ریزی) می باشد . استفاده از رله هوشمند علاوه بر اینکه از نظر هزینه بصرفه می باشد از نظر سیم بندی و سر هم کردن تجهیزات نیز ساده تر و به زمان کمتری نیاز دارد .

رله هوشمند	سیم بندی خطوط تغذیه و خروجی رله هوشمند
	

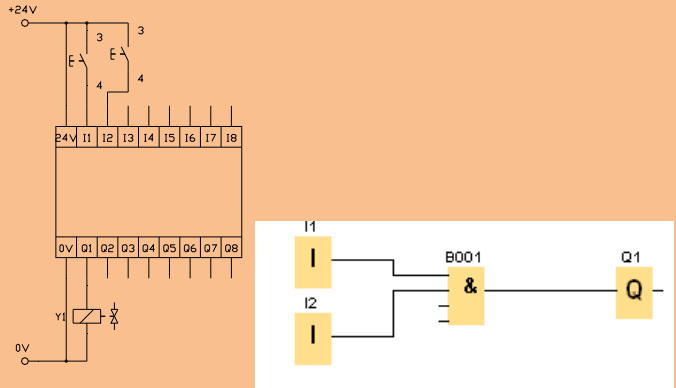
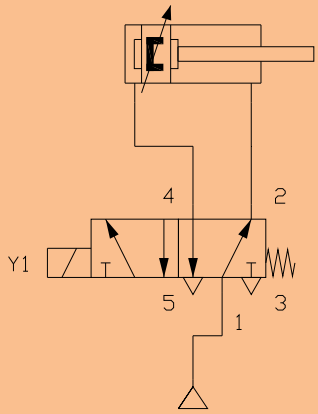
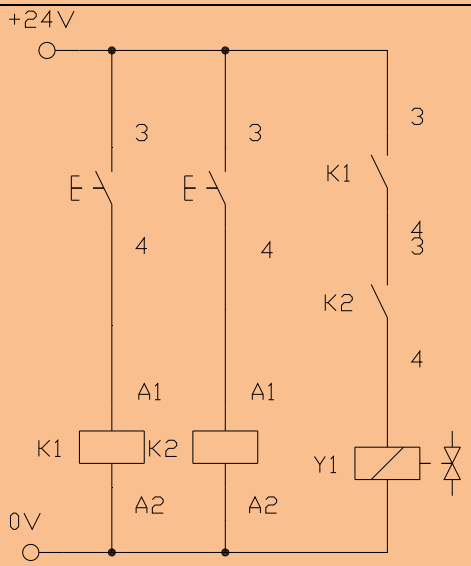
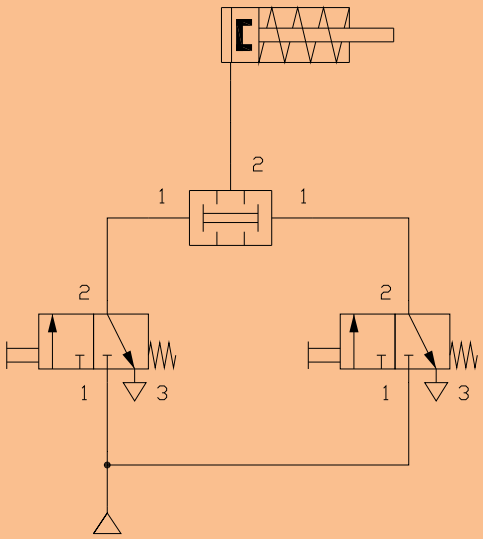
همانطور که در سال گذشته خوانده اید رله هوشمند با استفاده از توابع منطقی که برنامه نویسی می شوند کار می کنند . این توابع در مدارهای الکتروپنوماتیک به راحتی و با کمترین هزینه قابل استفاده هستند . توابع ای که عمدتا در الکتروپنوماتیک از آن بهره می بریم عبارتند از : Yes , No , And , Or , Nand , Nor , Xor و تایمرها و کانتر ها می باشند .

فعالیت : عملکرد هر یک از توابع زیر را که در رله هوشمند آموختید شرح دهید .			
Input	I	Latching Relay	RS
Output	Q	Off delay	3
And	&	On delay	3
OR	≥1	On/off delay	3
Nand	&	Up and down counter	+/- 0 (5)
Nor	≥1	Asynchronous pluse	
Xor	=1	Retentive of relay	3

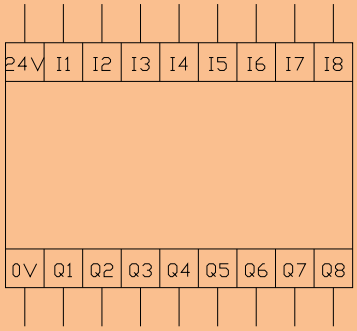
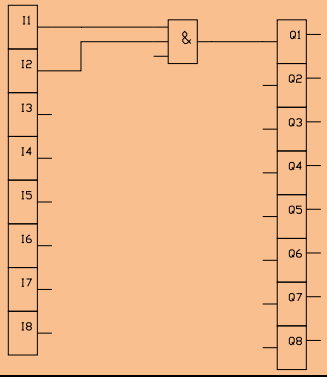
در ادامه شرح و استفاده از توابع منطقی با استفاده از رله هوشمند در مسایل الکتروپنوماتیک را پی می گیریم .

الف- استفاده از تابع And در حل مسایل الکتروپنوماتیک : همانطور که از قبل آموختید تابع منطقی And برای ارسال سیگنال از دو یا چند نقطه همزمان استفاده می شود . مداری که بر اساس And طراحی شده باشد وقتی خروجی دارد که تمام ورودی ها همزمان ارسال سیگنال کنند .

مثال : برای تحریک یک سیلندردو طرفه از دو نقطه همزمان (تابع منطقی AND) مداری با استفاده از رله هوشمند طراحی کنید (برای مقایسه مدار قدرت را به دو صورت پنوماتیک و الکتروپنوماتیک و مدار فرمان را بصورت استفاده از رله الکترومکانیکی و رله هوشمند طراحی کنید) .

مدار فرمان با استفاده از رله هوشمند	مدار قدرت الکتروپنوماتیک
	
مدار فرمان با رله الکترومکانیکی	**مدار قدرت پنوماتیک**
	

نکته : در نرم افزار شبیه ساز مدارهای الکتروپنوماتیکی Fluid Sim تصویر پنل ورودی و خروجی رله هوشمند و پنل برنامه ریزی را بشکل زیر ترسیم می کنند تا برای فراگیر قابل درک باشد .

پنل ورودی و خروجی ها	پنل برنامه ریزی با توابع منطقی
	

فعالیت :با استفاده از رله هوشمند مداری طراحی کنید که :

الف- حرکت رفت سیلندر با تحریک شستی استارت

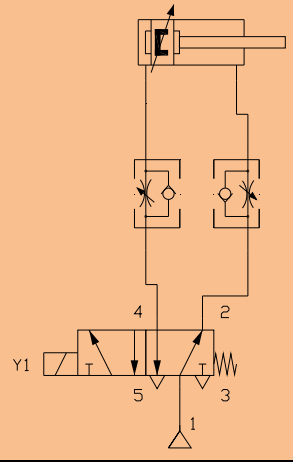
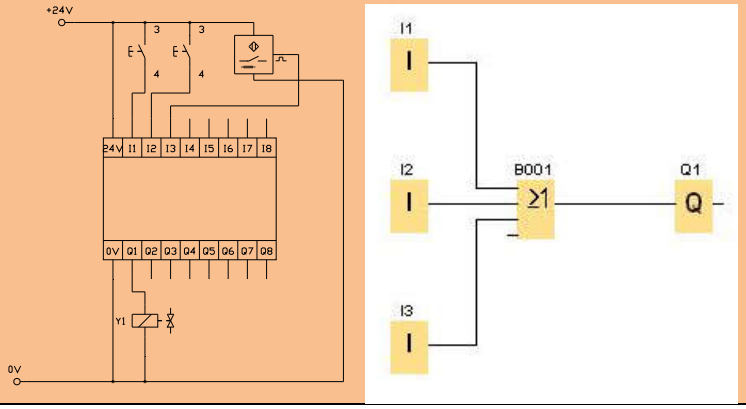
ب- حرکت برگشت سیلندر با برخورد به یک میکروسوییچ و همزمان تحریک شستی دیگر صورت گیرد .

(استفاده از دو عامل تحریک در برگشت پیستون برای اطمینان از رسیدن پیستون به انتهای کورس خود می باشد) طراحی مدار با استفاده از رله هوشمند صورت گیرد .

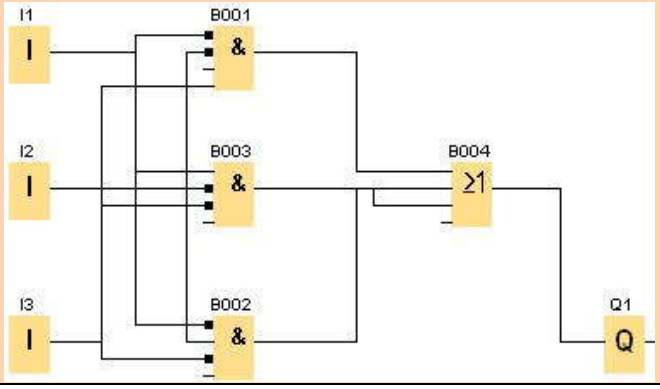
ب- استفاده از تابع منطقی OR در مسایل الکتروپنوماتیک :

برای کنترل یک سیلندر از دو یا چند نقطه می توان از این تابع منطقی بهره برد .

مثال : مداری طراحی کنید که از سه نقطه بطور مجزا بتوان یک سیلندر دو طرفه را کنترل کرد. سرعت رفت و برگشت سیلندر قابل کنترل باشد . حرکت رفت سیلندر از دو نقطه با استفاده از شستی و از یک نقطه با فرمان سنسور القایی صورت گیرد . شیر یک سر بوبین حرکت برگشت سیلندر را با فنر تامین می کند .

مدار قدرت	مدار فرمان با استفاده از رله هوشمند
	

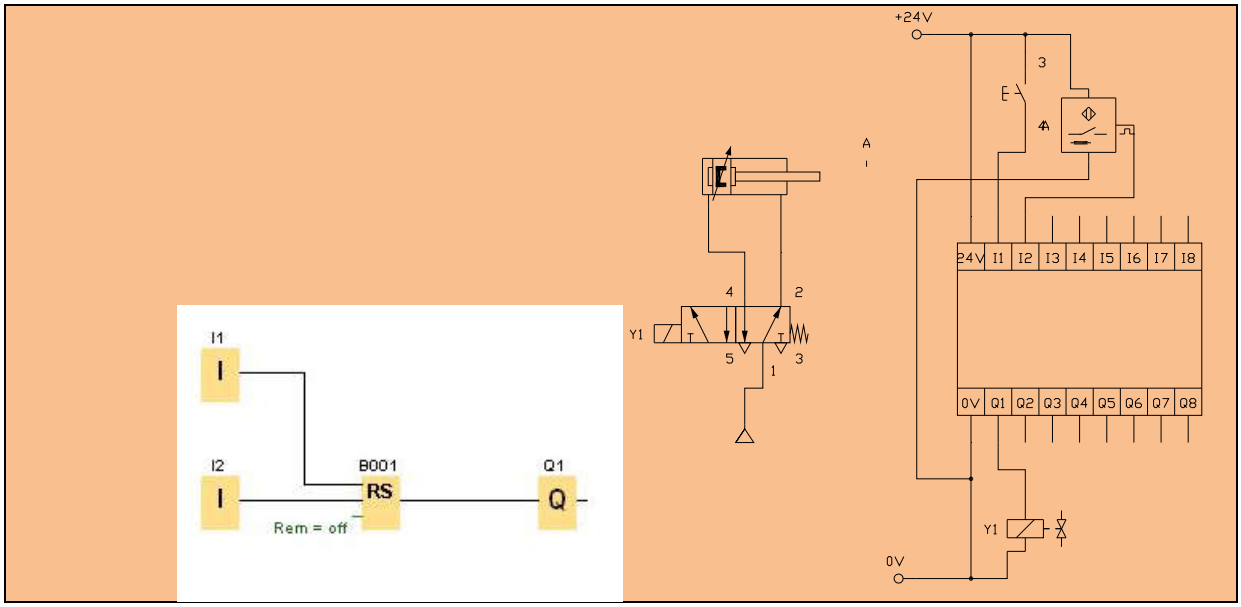
فعالیت : مداری طراحی کنید که از سه نقطه بتوان حرکت رفت یک سیلندر را به گونه ای کنترل کرد که تنها از دو نقطه بطور همزمان سیلندر فرمان بگیرد و تحریک سیلندر از یک نقطه امکان پذیر نباشد . روش زیر پیشنهاد است آیا می توانید روش ساده تری نیز برای آن بیابید .



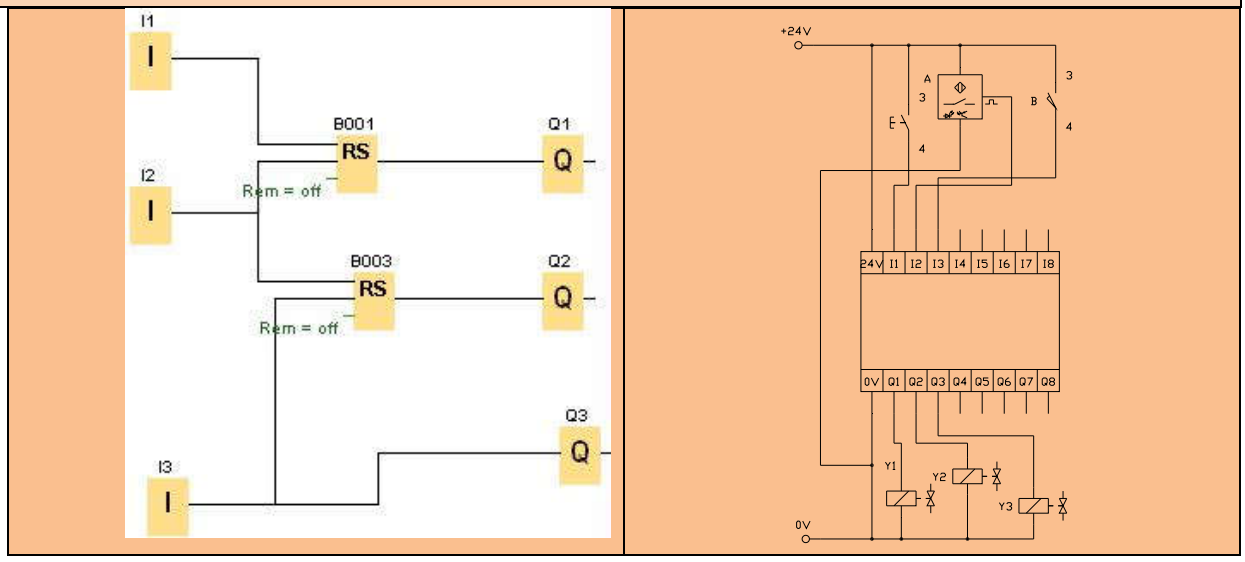
فعالیت :مداری طراحی کنید که حرکت رفت سیلندر دو طرفه A با یک کلید خارکی شروع شود با رسیدن سیلندر A به انتهای کورس و برخورد با یک میکروسوییچ سیلندر B به جلو حرکت کند و با رسیدن آن به انتهای کورس هر دو سیلندر همزمان با هم به عقب باز گردند .
مدار قدرت – مدارفرمان با رله هوشمند این مدار را ترسیم کنید و سپس بر روی تابلوی آموزشی ببندید.

ج- استفاده از تابع منطقی (مدار خود نگهدار) Latching Relay :
این تابع دارای دو ورودی S (SET) و R (RESET) می باشد . با تحریک پایه S خروجی پایدار خواهد داشت و برای غیر فعال کردن آن کافی است یک سیگنال به ورودی R ارسال شود .

مثال : مداری طراحی کنید که یکسیلندر دو طرفه با تحریک لحظه ای یک شیر یک سر بوبین به جلو حرکت کرده و پس از رسیدن به انتهای کورس با فرمان یک سنسور القایی به عقب بازگردد.

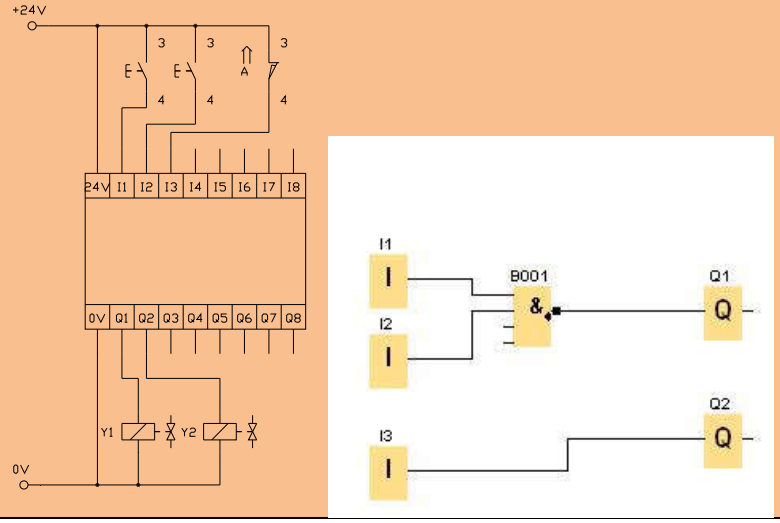
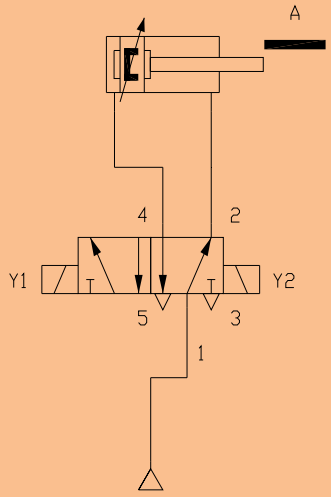


فعالیت : مداری طراحی کنید که با استارت یک شستی سیلندر A به جلو حرکت کرده و با رسیدن به انتهای کورس خود سنسور نوری فرمان رفت سیلندر B و برگشت سیلندر Aرا صادر کند . A+B+A-B-



ج- استفاده از تابع منطقی Nand در مسایل الکتروپنوماتیک : این تابع وقتی خروجی دارد که حداقل یکی از ورودی ها صفر باشد . در این تابع از دو نقطه همزمان نمی توان فرمان صادر کرد .

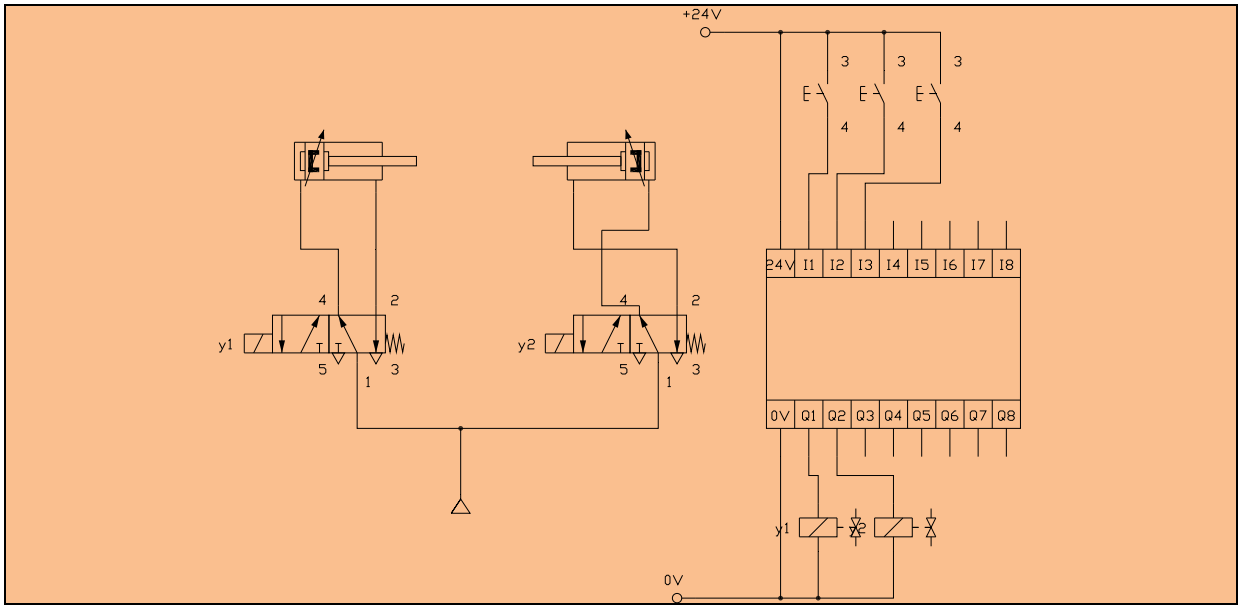
مثال : مداری طراحی کنید که سیلندر دو طرفه ای از دو نقطه قابل کنترل باشد به شرط آنکه از هر دو نقطه همزمان نتوانند سیلندر را تحریک کرد .مدار را با استفاده از رله هوشمند طراحی کنید .

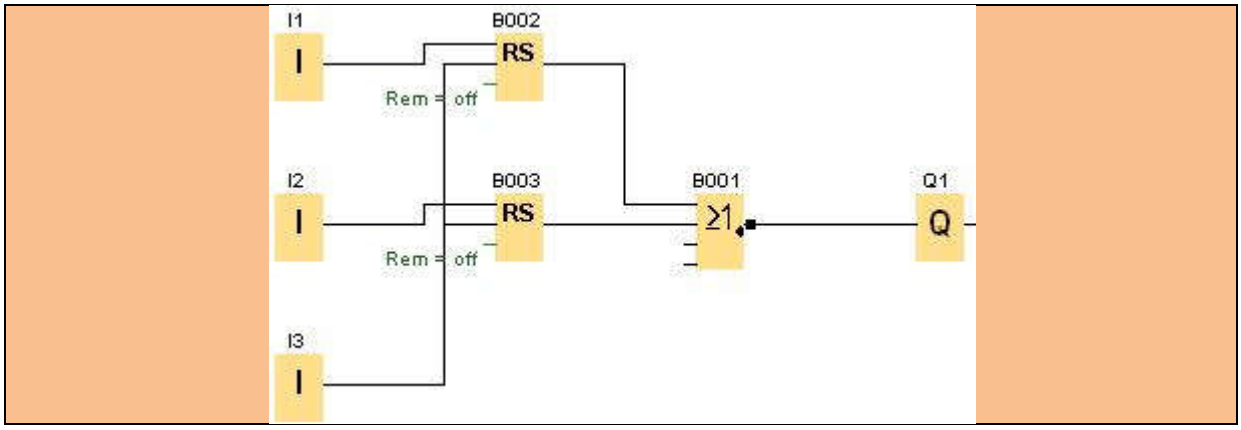
مدار فرمان با استفاده از رله هوشمند	مدار قدرت
	

د- استفاده از تابع منطقی NOR در مسایل الکتروپنوماتیک :

تابع منطقی Nor هنگامی خروجی دارد که ورودی های تابع هیچ سیگنالی ارسال نکنند . به عبارتی تا وقتی که هیچ ورودی ای به مدار اعمال نشده باشد مدار خروجی مثبت دارد .

مثال : برای کشیدن یک قطعه توسط دو سیلندر نیاز است که پیستون دو سیلندر در حالت عادی در انتهای کورس خود باشند . با تحریک هر یک از سیلندرها توسط شستی قطعه از یک طرف کشیده شود . مدار قدرت و فرمان آن را طراحی کنید .



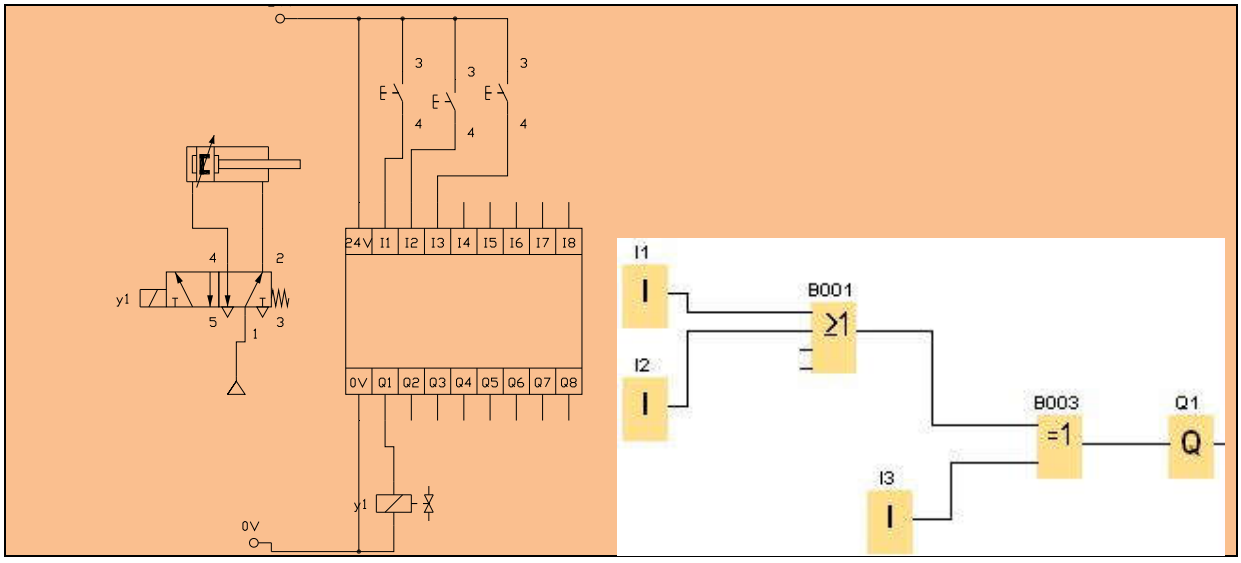


فعالیت : مدار مثال فوق را با استفاده از رله هوشمند و همچنین با استفاده از کنترل رله ای بر روی تابلوی آموزشی ببندید و بررسی کنید .

ه- استفاده از تابع منطقی XOR در مسایل الکتروپنوماتیک :

تابع منطقی Xor در مواردی که نیاز باشد از دو نقطه بطور مجزا یک سیلندر تحریک شود استفاده می شود .

مثال : برای کنترل یک سیلندر دو طرفه از سه نقطه بطور مجزا مداری طراحی کنید که با استفاده از یک شیر یک سر مگنت بتوان سیلندر مورد نظر را فقط بصورت مجزا از سه نقطه کنترل کرد .



و- استفاده از تایمر تاخیر در قطع و وصل در مسایل الکتروپنوماتیک :

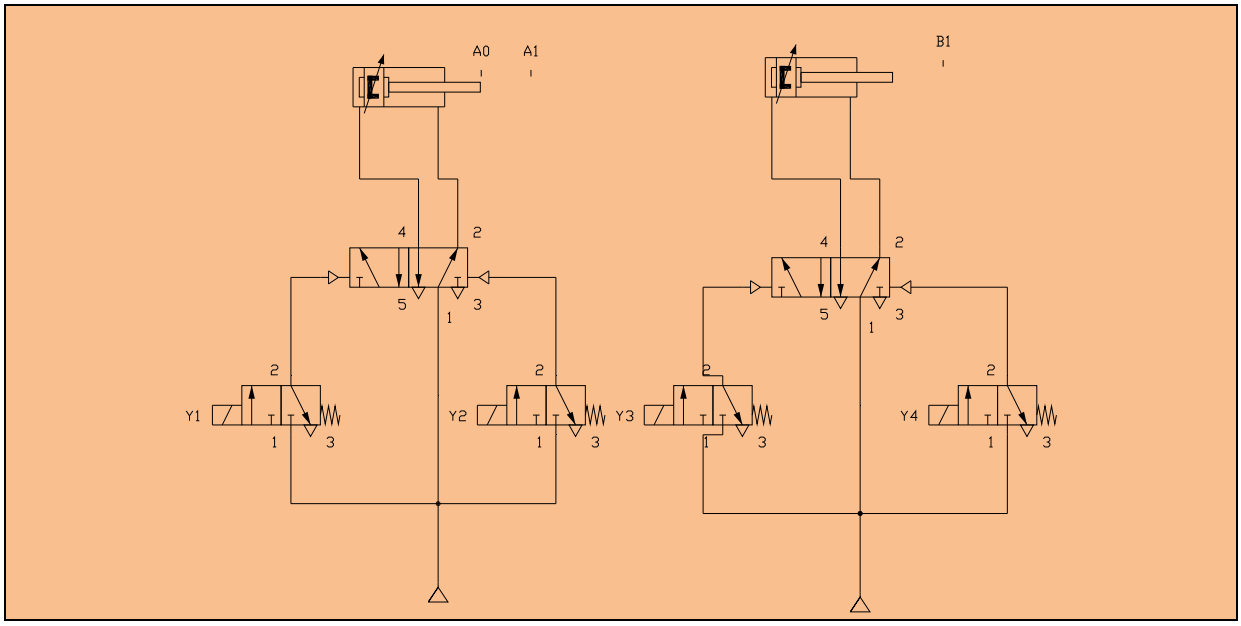
تایمر ها با انواع گوناگونی که دارند در سیستم های الکتروپنوماتیک استفاده فراوانی می شوند . مکث کردن سیلندر در ابتدا و انتهای کورس ، تاخیر در اجرای فرمان و یا تاخیر در قطع فرمان از جمله مواردی هستند که در یک سیستم پنوماتیکی استفاده می شوند .

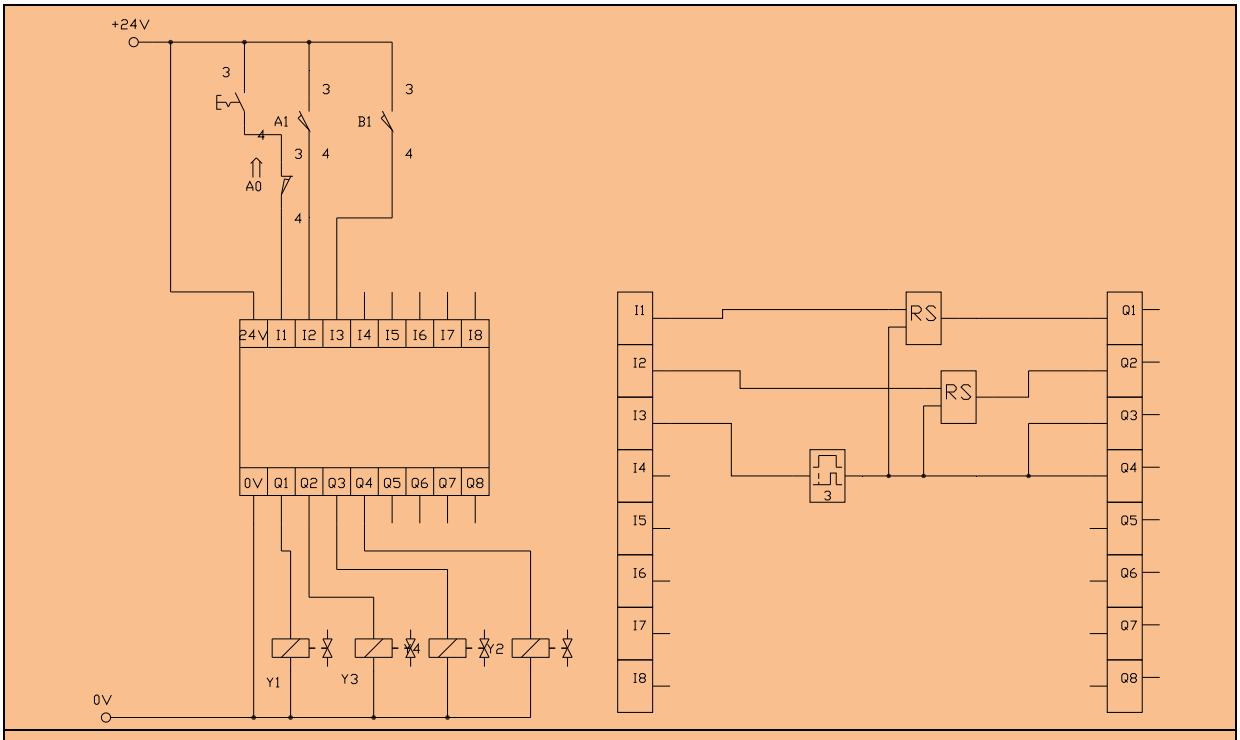
مثال : مداری طراحی کنید که دو سیلندر A,B به شکل زیر حرکت دارند :

الف- با فشار شستی استارت سیلندر A به جلو حرکت کند .

ب-در انتهای کورس با برخورد به میکروسوییچ فرمان حرکت به جلو سیلندر B را صادر کند

ج- سیلندر B در انتهای کورس با ۵ ثانیه مکث فرمان بازگشت هر دو سیلندر را صادر کند . و این سیکل بطور اتوماتیک تکرار شود .





مدار فوق را بروی تابلوی آموزشی خود ببندید و مورد بررسی قرار دهید .

فعالیت : سه سیلندر A,B,C را در نظر بگیرید . دو سیلندر A,B وظیفه نگهداری قطعه کار و سیلندر C هدایت مته به داخل قطعه کار را انجام میدهد .مدار را طوری طراحی کنید :

الف- با استارت مدار سیلندر های A,B هر دو همزمان به جلو حرکت کنند

ب- سپس سیلندر C به سرعت قابل کنترل به جلو حرکت کند

ج- در پایان سوراخکاری ابتدا سیلندر C و بعد از ۵ ثانیه دو سیلندر دیگر به عقب بازگردند .

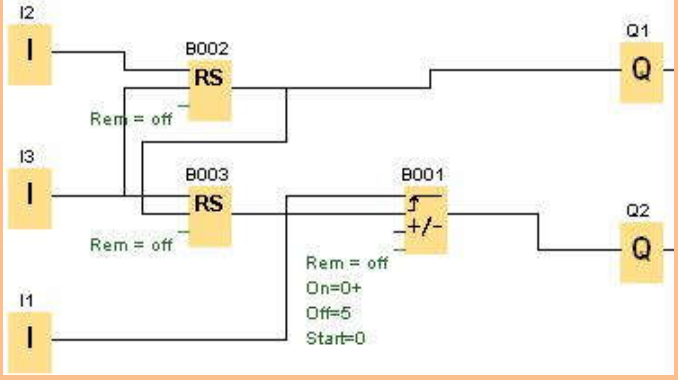
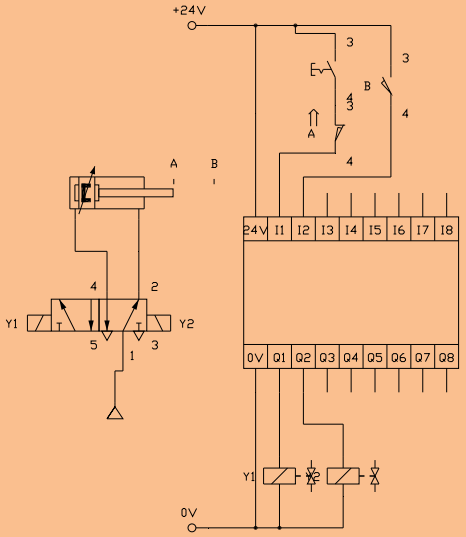
مدار فرمان این مسله را با رله هوشمند طراحی کنید .

فعالیت : مدار یک چکش پنوماتیکی با شیر دو سر بوبین را طوری طراحی کنید که تنظیم زمان تایمر آن تنظیم تعداد ضربه چکش باشد .تعداد ضربات چکش بعد از ۲۰ بار متوقف شود .

و- استفاده از کانتر یا شمارنده در مسایل الکتروپنوماتیک :

کانتر یا شمارنده جهت شمارش و یا تعداد سیگنال ارسالی در سیستم های الکتروپنوماتیک استفاده می شود . فرضا برای شمارش تعداد ضربه سیلندر و یا تعداد قطعه عبوری از جلوی یک سنسور می تواند مورد استفاده قرار گیرد .

مثال : مداری طراحی کنید که با استارت یک شستی سیلندر دو طرفه ای به تعداد ۱۰ بار حرکت رفت و برگشت انجام دهد و بایستد . مدار را با رله هوشمند طراحی کنید .

مدار فرمان	مدار قدرت
	

فعالیت : در یک خط تولیدی یک سنسور نوری با تشخیص محصول فرمان حرکت به یک سیلندر دو طرفه را صادر می کند . لازم است هر ۱۲ بار حرکت سیلندر مدار فرمان دوباره ریست شود . مدار قدرت ، مدار فرمان با استفاده از کنترل رله ای و رله هوشمند را طراحی کنید .