سیستم های هیدرولیک و پنوماتیک

دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

سید مهدی ابطحی

سر فصل دروس

1. مقدمه ای بر سیستم انرژی دار سیالاتی
2. اصول اولیه هیدرولیک
3. اصول اولیه پنوماتیک
4. عملگرهای هیدرولیکی و پنوماتیکی
5. شیرآلات کنترلی
6. تحلیل و طراحی مدارات هیدرولیک و پنوماتیک
7. تجهیزات بادی – هیدرولیکی

مراجع و ارزیابی

مراجع:

۱- جزوه کلاسی

۲- آموزش هیدرولیک ترجمه مهندس شیرخورشیدی J.L. Johnson

۳- اصول طراحی و کاربرد پنوماتیک ترجمه مهندس شیرخورشیدی Depper f. Werner

۴- هیدرولیک صنعتی مهندس رهروان

۵- مجموعه جزوات آموزشی فستو

ارزیابی:

پروژه ۵ نمره : تحلیل و طراحی مدار با استفاده از نرم افزار Automation Studio

آزمون پایان ترم ۱۶ نمره

فصل اول

مقدمه ای بر سیستم های انرژی دار سیالاتی

روشهای مختلف انتقال انرژی:

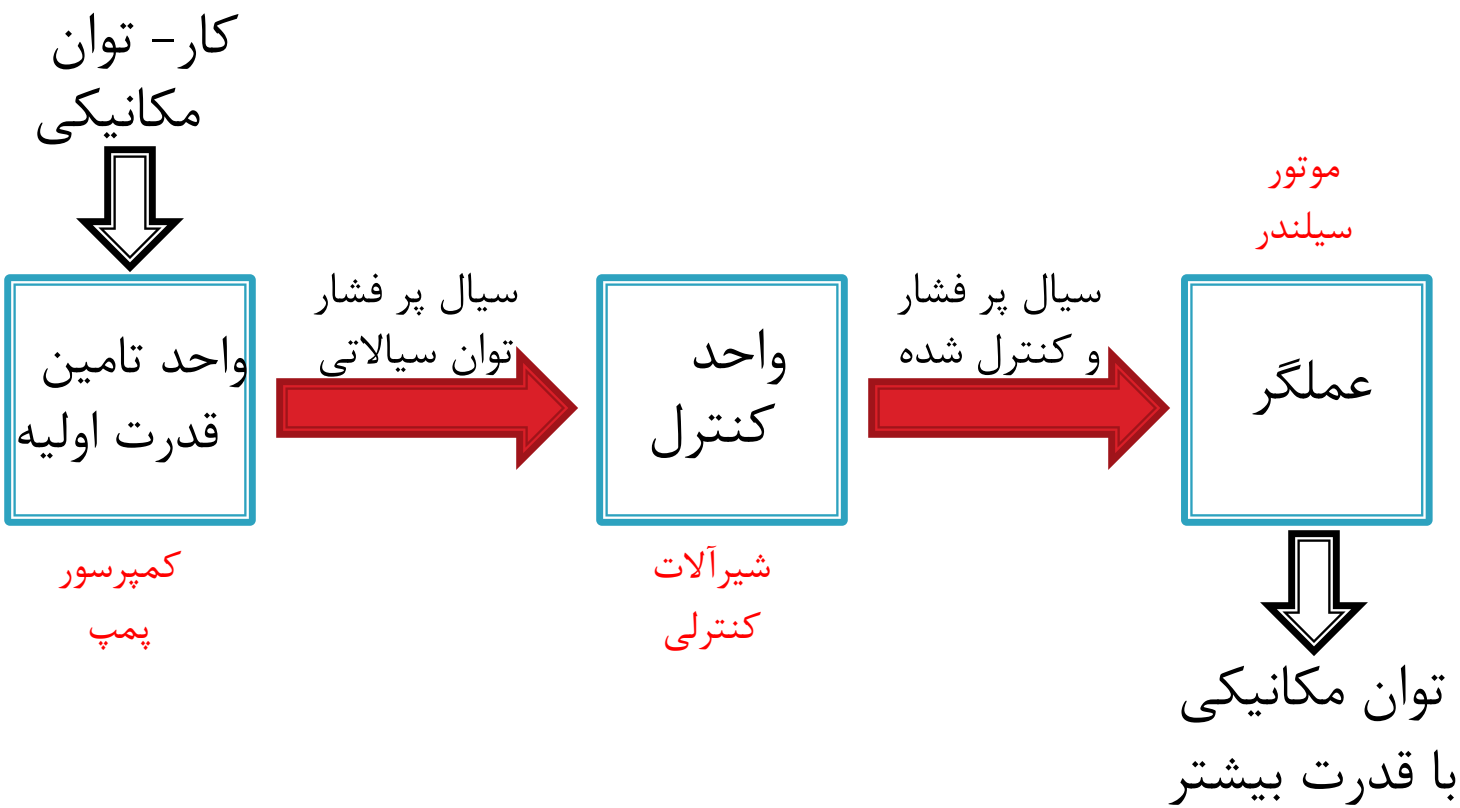
1. روش مکانیکی معایب : افت توان زیاد، هزینه بالا، درجه صلبیت بالا
2. روش الکتریکی
3. روش سیالاتی مزایا : انعطاف پذیری بالا، افزایش نیرو یا گشتاور

سیستم های انرژی دار سیالاتی

1. سیستم های هیدرولیکی : سیال عامل مایع مشتق شده از نفت خام مانند روغن، سیال تراکم ناپذیر

2. سیستم های پنوماتیکی : سیال عامل گاز یا هوا، سیال تراکم پذیر

نمای کلی سیستم



تفاوت سیستم های هیدرولیک و پنوماتیک

۱ . سیال عامل :

Hyd. : روغن ویسکوز (تراکم ناپذیر)

Pnu. : گاز (هوا) (تراکم پذیر)

۲ . تراکم پذیری:

Hyd. : به علت تراکم ناپذیری سیال پاسخ عملگر ها کند می باشد .

Pnu. : به علت تراکم پذیزی سیال پاسخ عملگر ها سریع می باشد و در عملگرها ایجاد خاصیت فنریت می کند .

تفاوت سیستم های هیدرولیک و پنوماتیک

۳ . کنترل موقعیت و سرعت :

Hyd. : به علت تراکم ناپذیزی سیال بسیار دقیق است.

Pnu. : با دقت بسیار کم ، به علت انبساط سریع سیال

۴ . فشار کاری سیال عامل:

Hyd. : 150-250 bar

Pnu. : 7-15 bar

تفاوت سیستم های هیدرولیک و پنوماتیک

۵ . قدرت: Hyd. : به علت فشار کاری زیاد در سیستمهای قدرت به کار گرفته می شود .

Pnu. : به علت فشار کاری کم در سیستمهای اتوماسیون صنعتی به کار گرفته می شود .

۶ . هزینه : Hyd. : هزینه بالا و تعمیر نگه داری پیچیده .

Pnu. : هزینه پایین و تعمیر نگه داری ساده .

تفاوت سیستم های هیدرولیک و پنوماتیک

۷ . خوردگی :

Hyd. : روغن به عنوان روانکار

Pnu. : رطوبت هوا باعث خوردگی می شود.

۸ . سیستم :

Hyd. : مدار بسته Close Loop

Pnu. : مدار باز Open Loop

کاربرد ها

کاربرد هیدرولیک : دقت و قدرت زیاد ، سرعت کم

کاربرد پنوماتیک : سرعت زیاد ، دقت و قدرت کم

فصل دوم

اصول اولیه هیدرولیک

سیال عامل هیدرولیک

- سیال هیدرواستاتیک ← قانون پاسکال $P_{(Pa=N/m^2)} = F^{(N)}/A^{(m^2)}$
- سیال هیدرودینامیک

1bar ≃ 1atm ≃ 10^5 Pa

1bar ≃ 14.7 psi ≃ 760 mm Hg ≃ 10 m H_2O

سیال هیدرواستاتیک

افزایش نیرو به کمک قانون پاسکال :

$$P_{in} = \frac{F_{in}}{A_{in}}$$

$$P_{out} = \frac{F_{out}}{A_{out}}$$

$$P_{in} = P_{out} \rightarrow F_{out} = P_{out}.A_{out} = P_{in}.A_{in}$$

$$\rightarrow F_{out} = \frac{A_{out}}{A_{in}} F_{in}$$

$$F_{out} = \left(\frac{D_{out}}{D_{in}}\right)^2 F_{in}$$

سیال هیدرواستاتیک

کورس پیستون

$$V_{in} = X_{in} . A_{in}$$

$$V_{out} = X_{out} . A_{out}$$

$$V_{in} = V_{out} \xrightarrow{\text{سیال تراکم پذیر}} X_{out} = \frac{A_{in}}{A_{out}} X_{in}$$

$$X_{out} = \left(\frac{D_{in}}{D_{out}}\right)^2 X_{in}$$

سیال هیدرواستاتیک

سرعت پیستون : اگر کورس پیستونهای ورودی و خروجی در زمان مساوی t انجام گیرد داریم :

$$\left(X_{out} = \frac{A_{in}}{A_{out}} X_{in}\right)/t \rightarrow \nu_{out} = \frac{A_{in}}{A_{out}} \nu_{in}$$

$$\nu_{out} = \left(\frac{D_{in}}{D_{out}}\right)^2 \nu_{in}$$

سیال هیدرودینامیک

دبی حجمی (شدت جریان سیال) :

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow A_1 v_1 = A_2 v_2$$

اجزا سیستم هیدرولیک

۱- واحد تامین قدرت اولیه (مولد انرژی سیالاتی)

۲- واحد کنترل(شیرآلات کنترلی)

۳- واحد خروجی (عملگر)

پمپ های هیدرولیکی

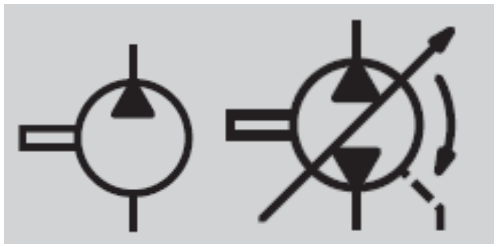
۱- پمپ هیدرواستاتیک (حجم جابجایی مثبت)

۲- پمپ هیدرودینامیک (جریان خروجی پیوسته)

پمپ پیستونی : محوری و محوری خمیده ، شعاعی

پمپ چرخدنده ای : خارجی ، داخلی

پمپ پره ای : بالانس ، غیر بالانس



پمپ ساده پمپ دوجهته متغییر

پمپ های هیدرولیکی

نکته ی ۱ : هدف از بکارگیری پمپ در سیستم های هیدرولیکی ایجاد جریان سیال است نه صرفا ایجاد فشار .

نکته ی ۲ : جریان سیال خروجی همیشه تمایل دارد در مسیری که حداقل مقاومت را دارد جاری شود .

پمپ های هیدرولیکی

حجم جابجایی پمپ(Vp) : حجم سیالی که در هر سیکل از پمپ خارج می شود . $cm^3/_{rev}, in^3/_{rev}$

دبی پمپ (Qt) : حجم سیالی که در واحد زمان از پمپ خارج می شود .
$cm^3/_{min}, in^3/_{min}$

$$Q_t = V_p . N$$

$$1\ galon = 231 in^3 \rightarrow Q_t = \frac{V_p . N}{231}_{(gpm)}$$

$$1\ lit = 1000 cm^3 \rightarrow Q_t = \frac{V_p . N}{1000}_{(lpm)}$$

پمپ های هیدرولیکی

گشتاور محرکه پمپ :

$$T_t = \frac{P.V_p}{2\pi}$$

توان ورودی به پمپ :

$$HP_{i\,(hp)} = \frac{T^{(in.lbs)}.N^{(rpm)}}{63025}$$

$$KW_{i\,(kw)} = \frac{T^{(N.m)}.N^{(rpm)}}{9550}$$

پمپ های هیدرولیکی

بازده پمپ :

۱- بازده حجمی (نشتی های پمپ)

$$\eta_v = \frac{Q_a}{Q_t} * 100$$

۲- بازده مکانیکی (افت مکانیکی ناشی از اصطکاک)

$$\eta_m = \frac{T_t}{T_a} * 100$$

۳- بازده کل

$$\eta_O = \frac{HP_h}{HP_i} * 100 = \frac{KW_h}{KW_i} * 100$$

فصل سوم

اصول اولیه پنوماتیک

تولید هوای فشرده

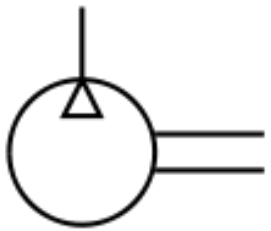
کمپرسورها

مشخصات : ۱- حجم سیال تحویلی (ظرفیت کمپرسور) m^3/min

۲- حداکثر فشار کاری (نسبت تراکم)

انواع کمپرسورها : ۱- با جابجایی ثابت
- رفت و برگشتی
- دورانی (پره ای)

۲- توربو کمپرسور



تولید هوای فشرده

طبقه بندی کمپرسور ها از لحاظ وجود روغن در هوا :

Free oil دورانی و رفت و برگشتی

Oil inject اسکرو (پیچی)

تولید هوای فشرده

توزیع هوای فشرده

- مخزن ذخیره هوا (انباره هوا)
- سیستم لوله کشی (خطوط اصلی و فرعی)
- واحد مراقبت
- تله آبگیر
- فیلتر هوا
- رطوبت گیر هوا

تولید هوای فشرده

مخزن ذخیره هوا

وظیفه ی اصلی آن جلوگیری از تغییرات و نوسانات فشار هوا در خطوط است. دوم آنکه یک ذخیره ی هوا در مخزن موجود می باشد. سوم آنکه به عنوان رطوبت گیر اصلی سیستم عمل می کند.

مخازن به سه صورت افقی ، قائم و بدون پایه هستند.

مخزن یک شیر فشار شکن دارد که اگر فشار به بیش از حد مجاز برسد شیر باز شده و هوا از آن خارج می شود.

تولید هوای فشرده

محاسبات مخزن

حجم مخزن بر حسب m^3 برابر است با ظرفیت تحویلی کمپرسور بر حسب $m^3/_{hr}$

عدد شاخص مخزن : $P_{(bar)} \times v_{(lit)}$

تولید هوای فشرده

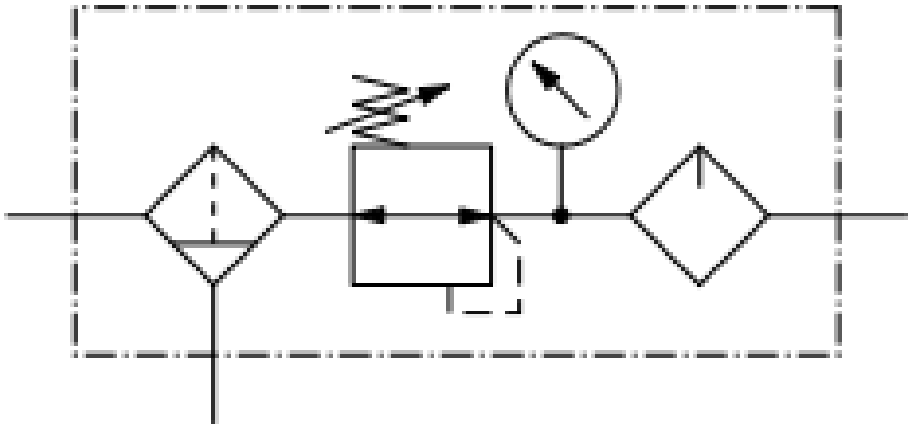
طرح لوله های اصلی و فرعی در سیستم لوله کشی

تولید هوای فشرده

آماده سازی هوای فشرده (واحد مراقبت) : ۱- فیلتر

۲- شیر تنظیم کننده فشار رگلاتور

۳- روغن زن



تولید هوای فشرده

تولید هوای فشرده خشک (رطوبت گیری از هوا)
خشک کن انحلالی ، جذبی ، سرمایشی

رطوبت گیرهای هوا : ۱- خنک کننده انتهای کمپرسور
۲- مخازن اصلی و ثانویه
۳- تله آبگیر
۴- فیلتر های هوا

به واسطه افت فشار و خنک کردن هوا دمای هوا به دمای نقطه شبنم می رسد و تقطیر در قطرات آب انجام می شود و آب توسط شیر خارج میشود.

تولید هوای فشرده خشک

خشک کن انحلالی

تولید هوای فشرده خشک

خشک کن جذبی

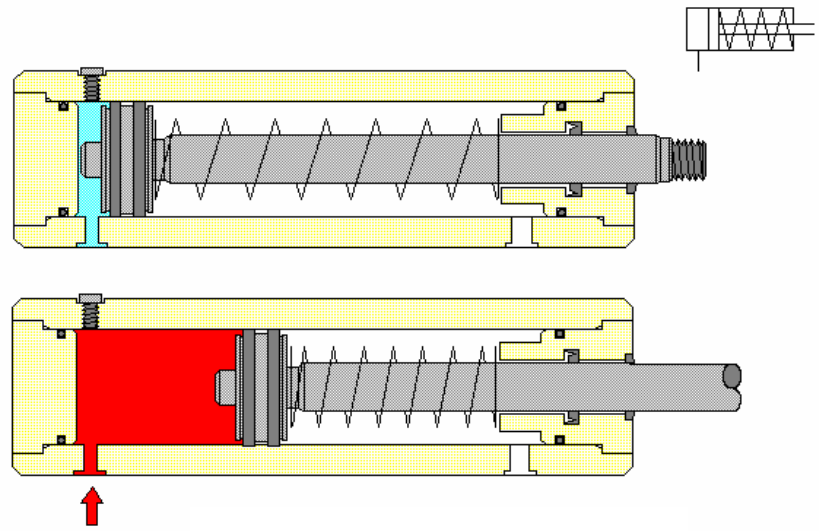
تولید هوای فشرده خشک

خشک کن سرمایشی

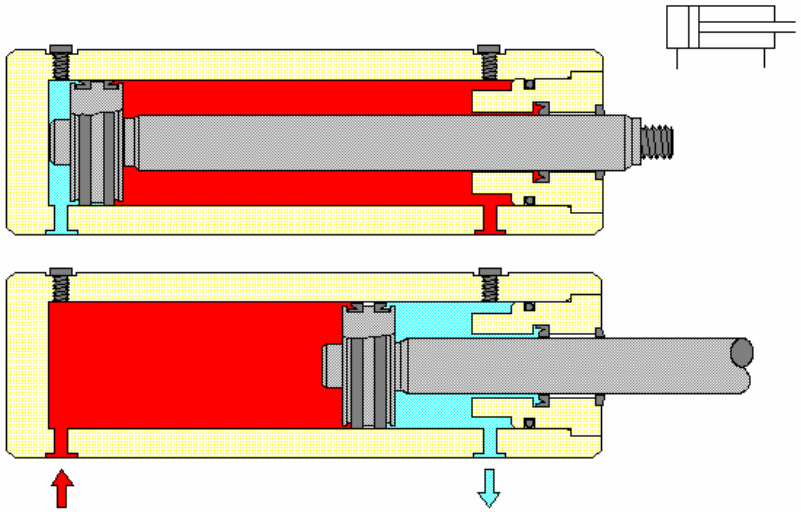
فصل چهارم

عملگرهای هیدرولیکی و پنوماتیکی Actuators

سیلندرها



- سیلندر یکطرفه



- سیلندر دوطرفه

سیلندر یکطرفه

این سیلندر عمدتاً کاربرد پنوماتیکی دارد و کاربرد هیدرولیکی آن محدود به موارد زیر می باشد :

- سیلندر یکطرفه فشاری با برگشت فنری
- سیلندر یکطرفه کششی با برگشت فنری
- سیلندر یکطرفه فشاری با برگشت وزنی (جک ماشین)
- سیلندر یکطرفه کششی با برگشت وزنی

سیلندر یکطرفه پنوماتیکی

- سیلندر دیافراگمی
- سیلندر دیافراگمی فرم دار
- سیلندر یکطرفه با پیستون واقعی

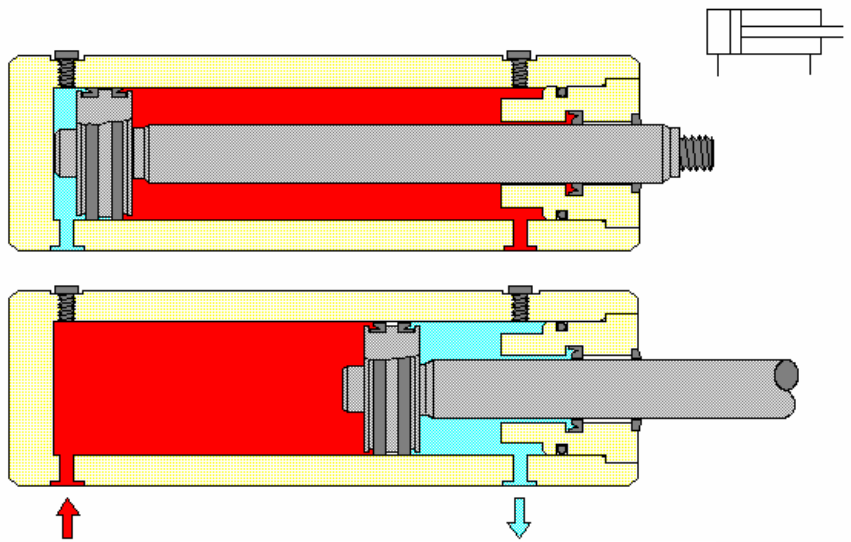
حرکت رو به جلو : به کمک نیروی حاصله از فشار سیال

حرکت رو به عقب (مکانیزم های برگشت) :

1. به کمک فنر
2. به کمک باد (بالشتک گازی)
3. به کمک برگشت بادی با شیر تنظیم کننده فشار

سیلندر دوطرفه

عمده ی کاربرد در سیستم های هیدرولیکی می باشد .



محاسبات سیلندرهای دوطرفه

نیرو در حرکت رو به جلو $F_E = P.A_p$

نیرو در حرکت رو به عقب $F_R = P.(A_P - A_R)$

$$F_E > F_R$$

محاسبات سیلندرهای دوطرفه

سرعت سیلندر در حرکت رو به جلو

$$Q = A.V \rightarrow V_E = \frac{Q}{A_P}$$

سرعت سیلندر در حرکت رو به عقب

$$V_R = \frac{Q}{A_P - A_R}$$

$$V_R > V_E$$

محاسبات سیلندرهای دوطرفه

توان سیلندر :

$$HP_H = \frac{P.Q}{1714}$$

$$HP_O = \frac{F.V}{550}$$

$$KW_H = \frac{P.Q}{60000}$$

$$KW_O = \frac{F.V}{1000}$$

محاسبات سیلندرهای دوطرفه

جریان اختلافی :

میزان اختلاف در شدت جریان ورودی و خروجی در سیلندر دوطرفه

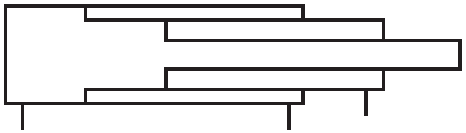
$$V_E = \frac{Q_{pump}}{A_P} = \frac{Q_{ret}}{A_P - A_R}$$

در حرکت رو به جلو $Q_{pump} > Q_{ret}$

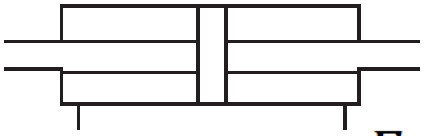
در حرکت رو به عقب $Q_{pump} < Q_{ret}$

انواع دیگر سیلندر

1. سیلندر تلسکوپی



2. سیلندر دوطرفه با میله دوطرفه



$$F_E = P.(2A_P - A_R)$$

3. سیلندر دوقلو

سیلندرهای یکطرفه پرکاربرد

جک هیدرولیکی

سیلندرهای یکطرفه پرکاربرد

پرس هیدرولیکی

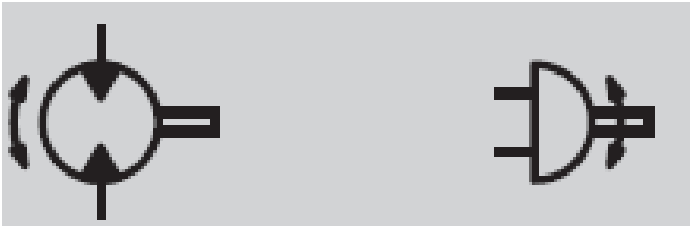
سیلندر چند ایستگاهی پنوماتیکی :

عملگرهای دورانی(موتور)

موتور پنوماتیکی : استفاده بسیار کم مانند موتور خالی کردن دندان ، پیچ گوشتی بادی.

موتور هیدرولیکی : ۱- عملگر چرخشی پره ای (چرخش غیر دائم)

۲- هیدروموتور (گردش دائم)



عملگرهای دورانی(موتور)

گشتاور هیدروموتور :

$$T_t = \frac{\Delta P . V_m}{2\pi}$$

سرعت دورانی هیدروموتور :

$$N_{(rpm)} = \frac{Q_t}{V_m}$$

توان خروجی هیدروموتور :

$$HP_{o\,(hp)} = \frac{T^{(in.lbs)} . N^{(rpm)}}{63025}$$

$$KW_{o\,(kw)} = \frac{T^{(N.m)} . N^{(rpm)}}{9550}$$

عملگرهای دورانی(موتور)

بازده هیدروموتور :

۱- بازده حجمی

$$\eta_v = \frac{Q_t}{Q_a} * 100$$

۲- بازده مکانیکی

$$\eta_m = \frac{T_a}{T_t} * 100$$

۳- بازده کل

$$\eta_O = \frac{HP_o}{HP_h} * 100 = \frac{KW_o}{KW_h} * 100$$

فصل پنجم

واحد کنترل : شامل شیرآلات کنترلی

- شیر کنترل جهت (راه دهنده) Directional control valve (D.C.V)
- شیر کنترل فشار Pressure control valve (P.C.V)
- شیر کنترل جریان (دبی) Flow control valve (F.C.V)

کارکرد :

- D.C.V تغییر جهت چرخش موتور یا حرکت سیلندر
- P.C.V تنظیم فشار برای تنظیم نیرو یا گشتاور
- F.C.V تنظیم سرعت خطی سیلندر یا دور موتور

نامگذاری دریچه های شیرهای چند راهه :

- P : اتصال به سیال پر فشار خروجی از پمپ یا کمپرسور
- A,B,... : اتصال سیال از شیر به عملگر
- R,S,T,... : اتصال تخلیه سیال از عملگر به کارتر یا مخزن در هیدرولیک و تخلیه به جو در پنوماتیک
- X,Y,Z,... : اتصال راههای کنترلی شیر (مسیر پیلوت شیر)

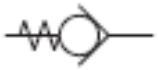
نامگذاری شیرهای چند راهه :

$$n_p/n_s$$

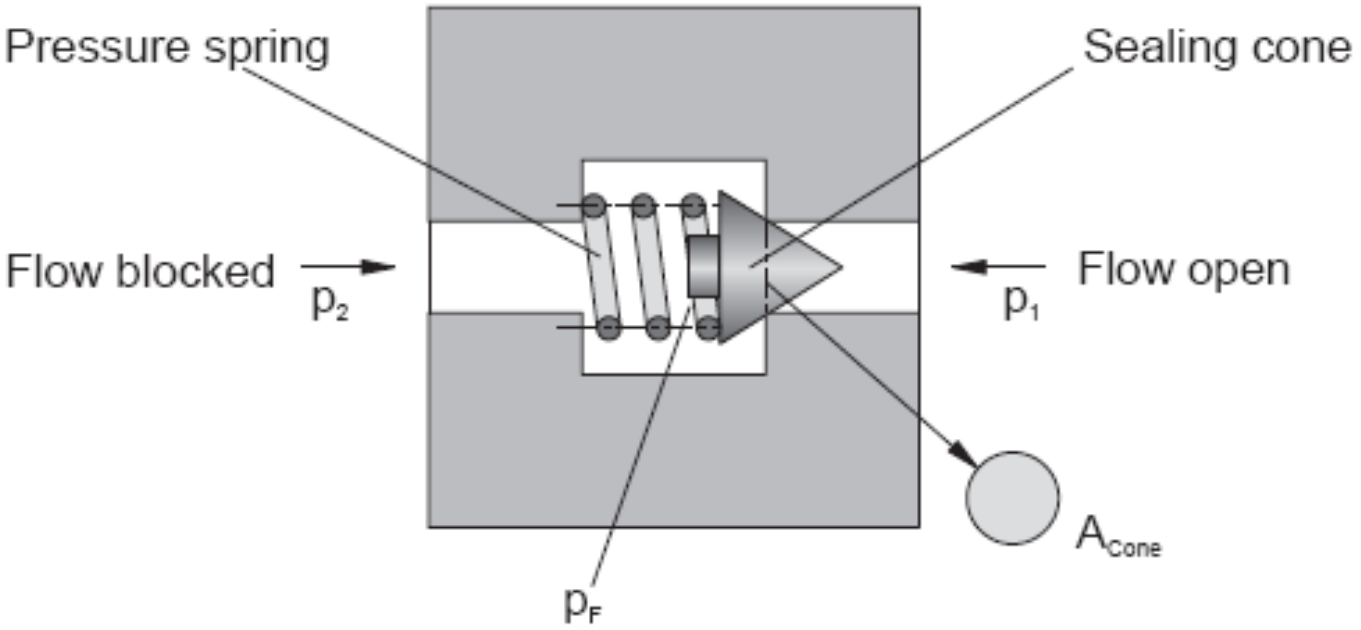
n_p : تعداد دریچه های شیر

n_s : تعداد وضعیت های کاری شیر

شیر کنترل جهت (راه دهنده)
Directional control valve (D.C.V)

Symbol: 

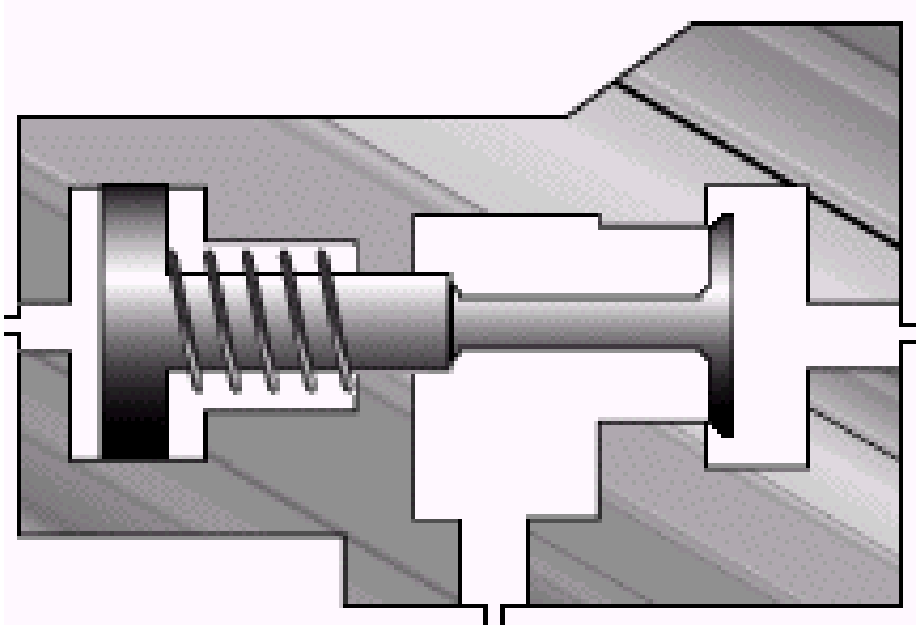
شیر یک طرفه(Check Valve)



شیر کنترل جهت (راه دهنده)
Directional control valve (D.C.V)

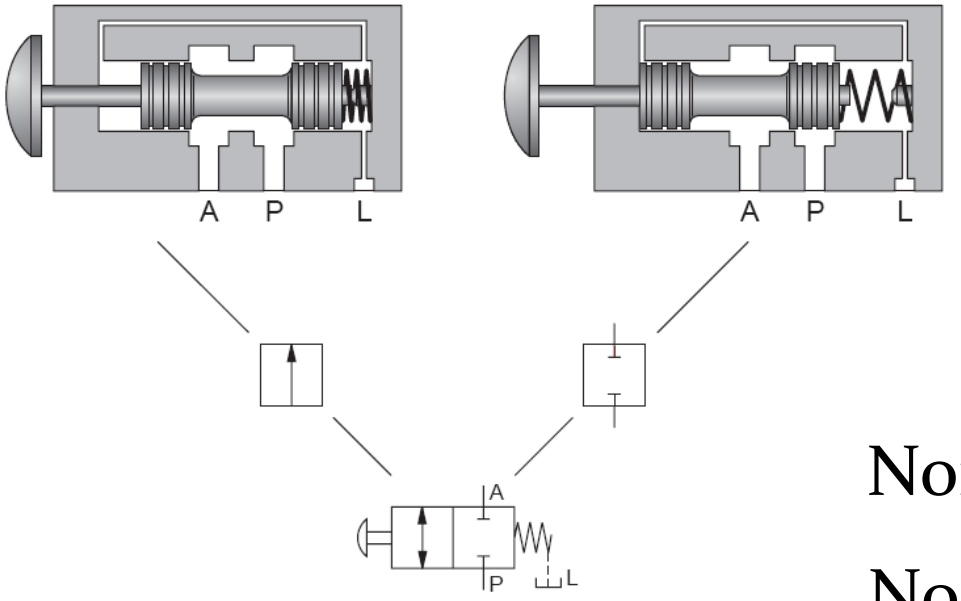
شیر یک طرفه پیلوت دار(Pilot Operated Check Valve)

Pilot Operated Check Valves



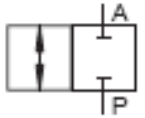
شیر کنترل جهت (راه دهنده)
Directional control valve (D.C.V)

شیر دو راهه (on-off , shut-off valve)

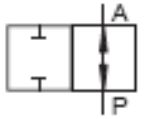


2/2-way valve

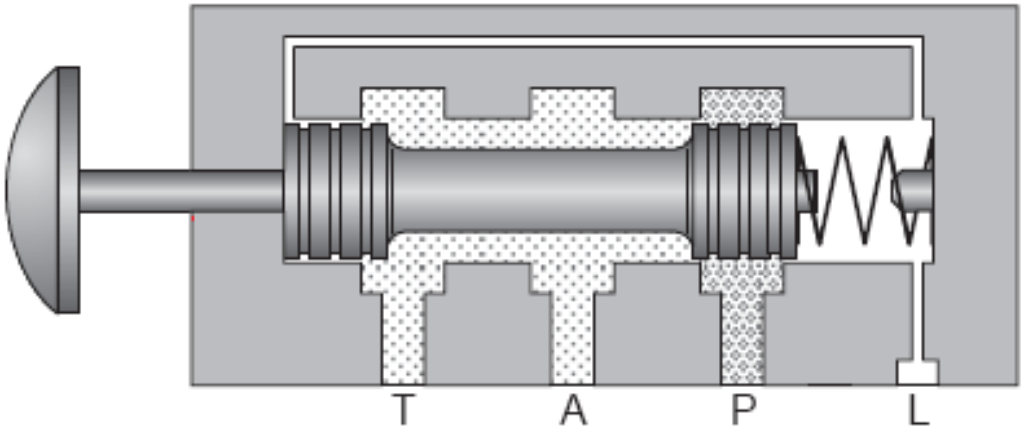
Normally Closed



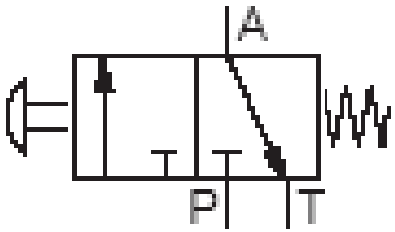
Normally Open



شیر کنترل جهت (راه دهنده)
Directional control valve (D.C.V)

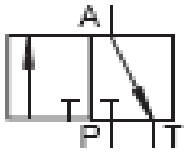


شیر سه راهه

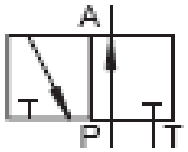


3/2 – way valve

Normally Closed

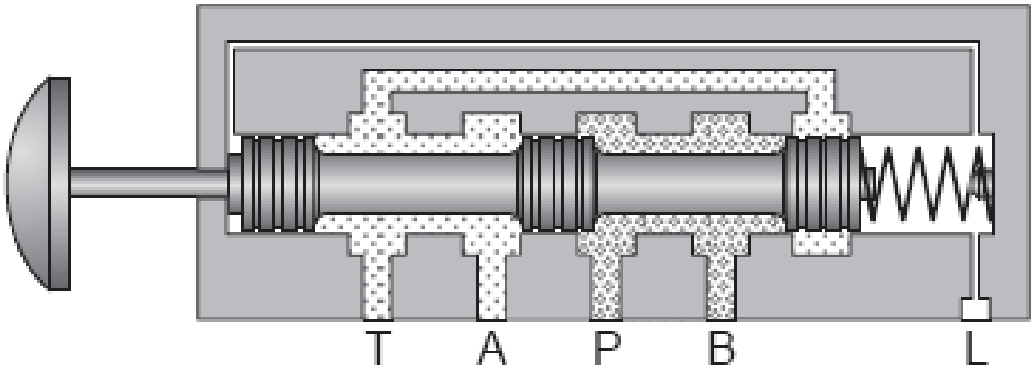


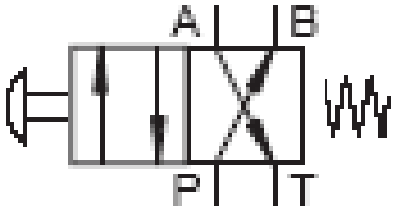
Normally Open



نکته : شیر ۳/۲ حداقل وسیله برای کنترل یک سیلندر(موتور) یکطرفه را ایجاد می کند .

شیر کنترل جهت (راه دهنده)
Directional control valve (D.C.V)



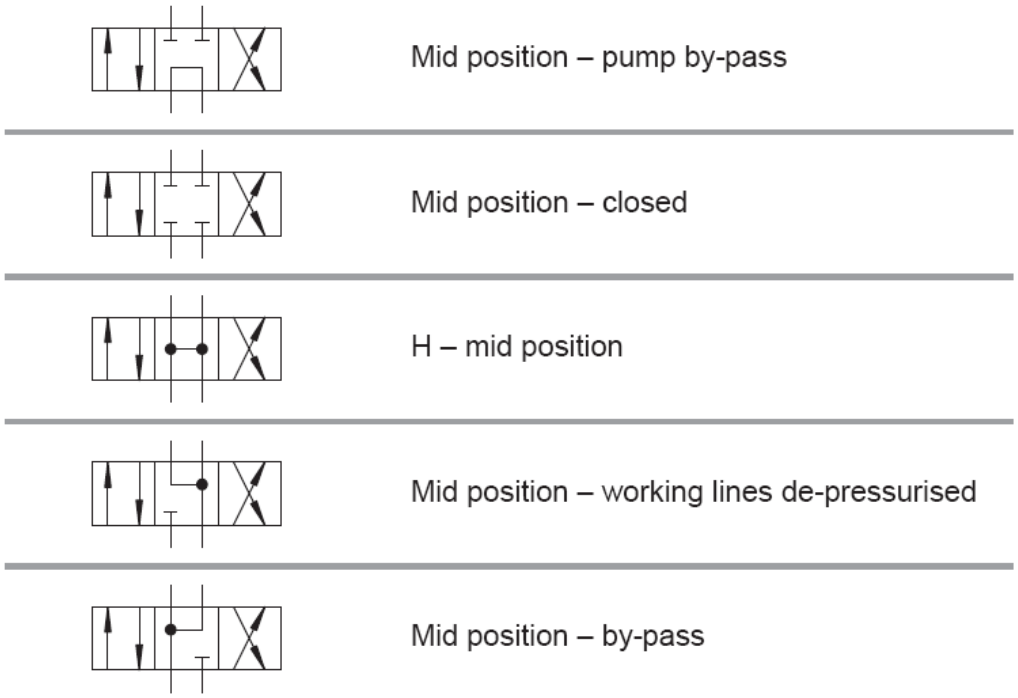


4/2 – way valve

شیر چهار راهه

نکته : شیر ۴/۲ حداقل وسیله برای کنترل یک سیلندر دوطرفه(موتور دوجهته) را ایجاد می کند .

شیر کنترل جهت (راه دهنده)
Directional control valve (D.C.V)

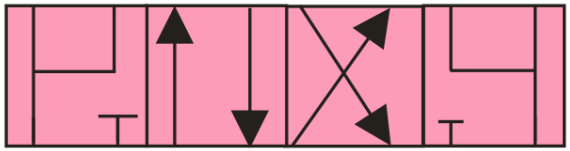


4/3 – way valve

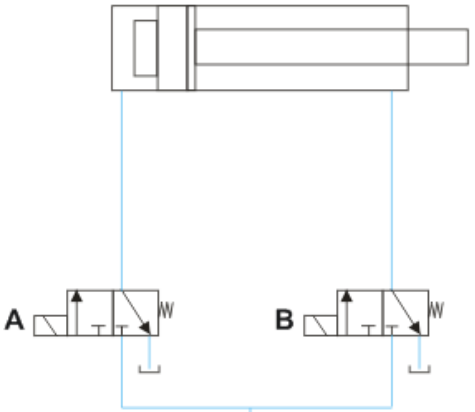
شیر چهار راهه

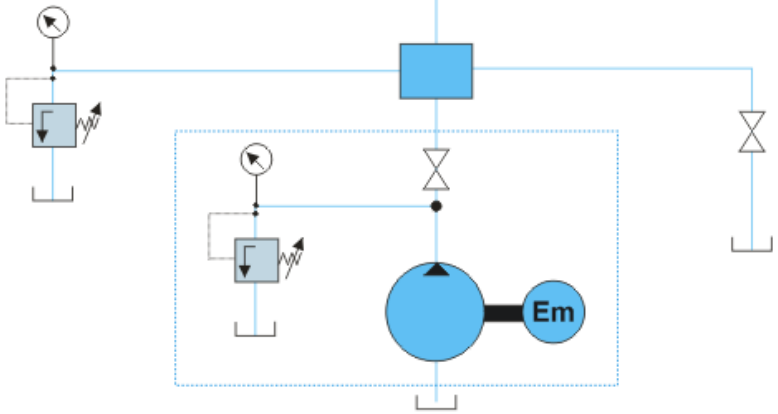
شیر کنترل جهت (راه دهنده)
Directional control valve (D.C.V)

A	B	
1	0	
1	1	
0	0	
0	1	



4/4 – way valve





شیر کنترل جهت (راه دهنده)

Directional control valve (D.C.V)