هیدرولیک و نیوماتیک

علی چائی بخش

تولید قدرت

- موتورهای AC
- موتورهای DC
- موتورهای دیزل
- موتورهای اتو
- توربین های گاز
- ...

M_i, ω_i

- مهمترین مساله انتقال قدرت
  - چرخدنده
  - تسمه و پولی
  - کوپل ها
  - کوپل های اصطکاکی
  - کلاچ
  - ...

مشخصات انتقال

- تغییر پیوسته حرکت بسیار دشوار است
- موقعیت مولدهای توان ثابت است
- در صورتی که موتورهای از نوع DC یا AC باشند، تغییر دور ممکن است ولی هزینه آن بالا است

هیدرولیک و نیوماتیک

Hydro = water, Aulos = pipe

- هیدرودینامیک (Hydrodynamic)
- هیدرواستاتیک (Hydrostatic)

Pnumatic

- اگر بجای سیال مایع از گاز استفاده شود، به آن نیوماتیک گویند.

هیدرودینامیک

- انتقال قدرت هیدرودینامیک
  - توربوپمپ ها و توربین ها
  - انتقال توان با استفاده از انرژی سیمناتیک سیال
  - موقعیت مکانی تجهیزات ثابت است
  - واحدها مجتمع هستند.

هیدرواستاتیک

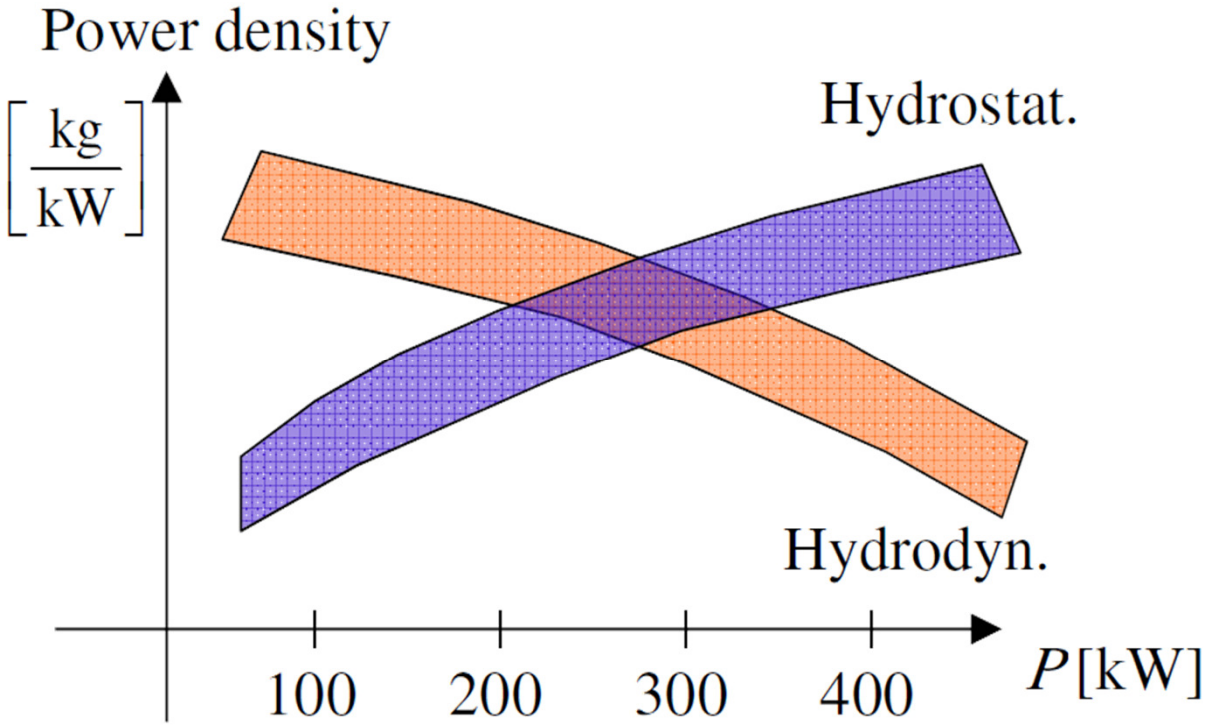
- انتقال قدرت هیدرواستاتیک
  - پمپ‌های جابجایی مثبت
  - تولید فشار بالا و انتقال از طریق خطوط انتقال و تجهیزات کنترلی برای به راه اندازی عملگرها (خطی یا دورانی)
  - موقعیت مکانی تجهیزات قابل انتقال می باشد
    - (به دلیل افت شدید نباید از ۵۰ متر بیشتر باشد)

✓ انتقال پیوسته و متغیر امکان پذیر است

هیدرودینامیک .VS هیدرواستاتیک

$$P = \Delta p \cdot Q$$

- توان تولیدی
  - هیدرودینامیک : Δp کوچک و Q بزرگ
  - هیدرواستاتیک : Δp بزرگ ولی Q کوچک



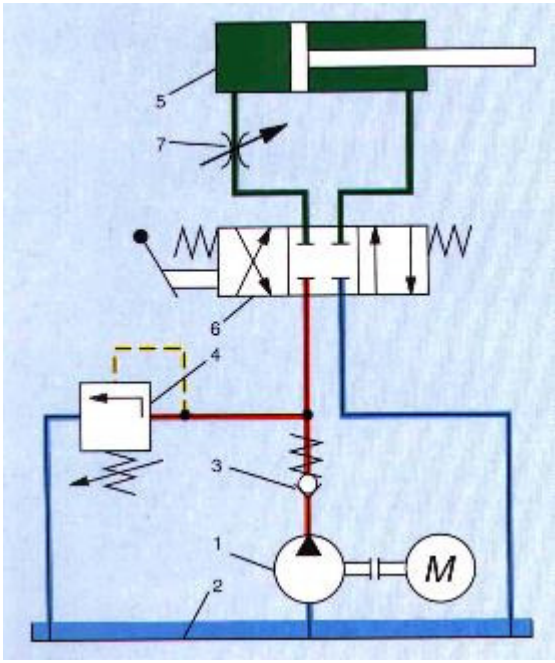
هیدرودینامیک .vs هیدرواستاتیک

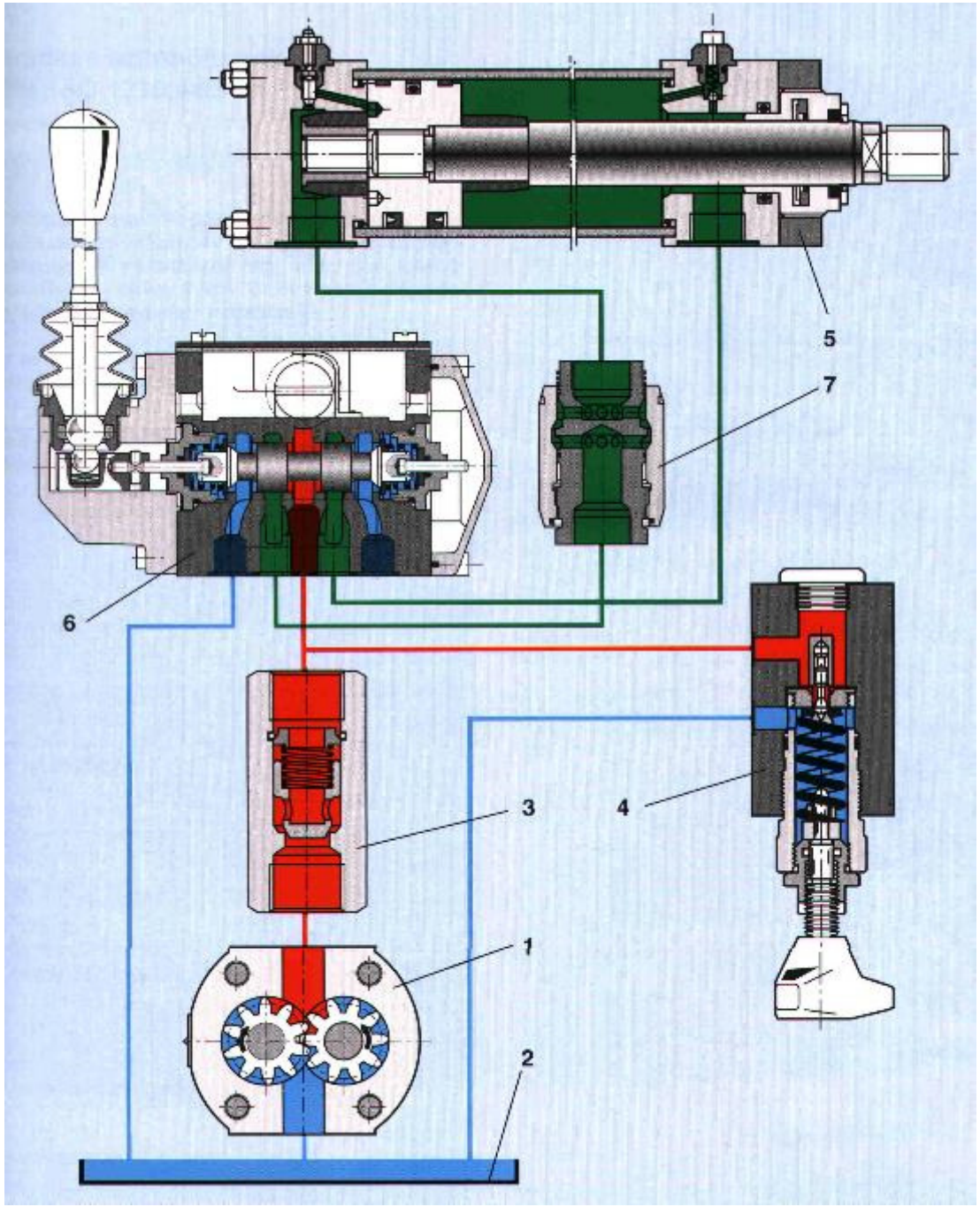
- هیدرودینامیک
  - برای توان های بیش از ۳۰۰ kW

- هیدرواستاتیک
  - حرکت خطی
  - نیروهای بزرگ
  - قرارگیری در موقعیت دلخواه

ساختار سیستمهای محرک هیدرواستاتیک

- اجزا
  - پمپ، موتور، انبار روغن، شیر ایمنی PRV، فیلتر، اتصالات و لوله
- کنترل
  - شیر تعیین جهت، فشار، دبی سیال عامل
- عملگر
  - خطی، دورانی، نوسانی





۱- پمپ

۲- تانک روغن

۳-شیر کنترل جریان

۴- شیر ایمنی PRV

۵- سیلندر هیدرولیک

۶- شیر کنترل هدایت (directional)

۷- شیر گلویی (throttle)

مزیت های سیستم هیدرولیک

- روش ساده برای ایجاد حرکت خطی
- ایجاد نیروی زیاد، گشتاور بالا و همچنین دانسیته انرژی بالا
- حرکت دائم و پوسته عملگر
- تغییر آسان جهت حرکت
- امکان شروع حرکت در بار کامل

مزیت های سیستم هیدرولیک

- تاخیر کم، ثابت زمانی کوچک به دلیل پایین بودن اینرسی
- امکان اندازه گیری ساده نیروی وارده با اندازه گیری فشار
- امکان جابجایی ساده محرک و عملگر
- چگالی قدرت بالا (نسبت توان به وزن در مقایسه با سایر سیستمها بسیار زیاد است)
- مقاوم بودن (مقاوم در برابر شرایط محیطی)

معایب سیستم هیدرولیک

- نیاز به سیال عامل
  - نشتی،
  - احتراق
  - فیلتر نمودن
  - ...
- عدم اقتصادی بودن برای مسافت های زیاد

سیالات هیدرولیک

وظیفه اصلی سیال عامل هیدرولیک عبارتند از:

- انتقال قدرت
  - فشار و انتقال حرکت

- انتقال سیگنالهای کنترلی

سیالات هیدرولیک

وظیفه فرعی سیال عامل هیدرولیک عبارتند از:

- روغنکاری قطعات دوار و متحرک و جلوگیری از ساییدگی و استهلاک
- انتقال حرارت از محل تولید به محل نگهداری سیال
- انتقال ذارت به فیلتر
- حفاظت سطوح از محیطهای شیمیایی به ویژه خوردگی

سیالات هیدرولیک

- نیازهای عملکردی
  - مشخصات خوب روغنکاری
  - عدم وابستگی شدید ویسکوزیته به فشار و دما
  - انتقال حرارت خوب
  - ضریب انبساط حرارتی پایین
  - مدول الاستیسیته بالا

سیالات هیدرولیک

- نیازهای ایمنی
  - نقطه اشتعال بالا یا در بعضی مواقع کاملا غیرقابل اشتعال
  - خنثی بودن از نظر شیمیایی (غیرخورنده سطوح در حال تماس)
  - قابلیت حل پایین هوا و عدم تمایل به تولید کف

سیالات هیدرولیک

- نیازهای اقتصادی
  - قیمت پایین
  - سرعت کهنه شدن آرام، پایداری شیمیایی و حرارتی (به معنی طول عمر زیاد)
- نیازهای محیط زیستی
  - بدون آسیب به محیط زیست
  - فاقد اثر سمی

انواع سیالات هیدرولیک

- آب : ٪ ۳
- روغن های معدنی (Mineral oils) : ٪ ۷۵
- سیالات غیرقابل اشتعال ٪ ۹
- سیالات تجزیه پذیر (Biologically degradable) ٪ ۱۳
- سیالات الکترورئولوژیکی(Electrorheological fluids) * در حال توسعه

آب

- آب
  - آب خالص
  - آب با مواد افزودنی

- قدیمی ترین نوع سیال هیدرولیک
- در مناطقی که خطر انفجار، آتش سوزی یا مسائل بهداشتی
  - کارخانجات غدایی، دارویی، نساجی،

آب

- مزایا
  - عدم آلودگی محیطی
  - عدم نیاز به دفع
  - ارزان بودن
  - عدم وجود خطر آتش سوزی و انفجار
  - دسترسی آسان
  - ضریب انتقال حرارت = ۴ × ضریب انتقال حرارت روغن معدنی
  - مدول تراکم پذیری = ۲ × مدول تراکم پذیری روغن معدنی
  - عدم وابستگی شدید ویسکوزیته به فشار و دما

آب

- معایب
  - خصوصیات روغنکاری پایین
  - ویسکوزیته پایین
    - آب بندی بد
    - ❊ در عوض افت توان کم
  - خطر خوردگی
  - خطر کاویتاسیون (فشار بخار نسبتا بالا)
  - بازه دمایی محدود (یخ زدگی یا جوشیدن)

- نیاز به مواد با کیفیت بالا و تلرانس کم: مثل فولاد ضد زنگ، سرامیک یا پلاستیک
- هزینه بالا

روغن های معدنی

- روغن های معدنی
  - با مواد افزودنی
  - بدون مواد افزودنی

- سیال معمول در سیستمهای هیدرولیک
- معمولا به صورت مخلوطی از روغن ها به همراه افزودنی
  - کاهش خوردگی
  - افزایش طول عمر
  - کاهش ویسکوزیته به تغییرات دما
  - افزایش انتقال ذرات

روغن های معدنی

- مزایا
  - روغنکاری خوب
  - ویسکوزیته بالا (آب بندی خوب)
  - ارزان
- معایب
  - قابل احتراق
  - آلودگی محیط زیست

سیالات غیرقابل اشتعال

- سیالات غیرقابل اشتعال
  - محتوی آب: امولاسیون آب و روغن (سینتتیک)
  - فاقد آب: مایعات سینتتیک (پایه استرهای فسفاتی)

- معادن، قطعات هواپیما، ریخته گری، نورد و هر منطقه ای که خطر انفجار وجود داشته باشد

سیالات غیرقابل اشتعال

- معایب
  - چگالی بالا، تلفات بالاتر و ایجاد کاویتاسیون
  - بازه دمایی محدود (کمتر از ۵۵ درجه)
  - خصوصیات روغنکاری بد
  - کاهش حداکثر بار
  - مشخصات هوازدایی پایین تر
  - بعضی مواقع ایجاد خوردگی شیمیایی در آب بندی ها

سیالات تجزیه پذیر

- سیالات تجزیه پذیر
  - طبیعی (روغن کانولا)
  - سینتتیک

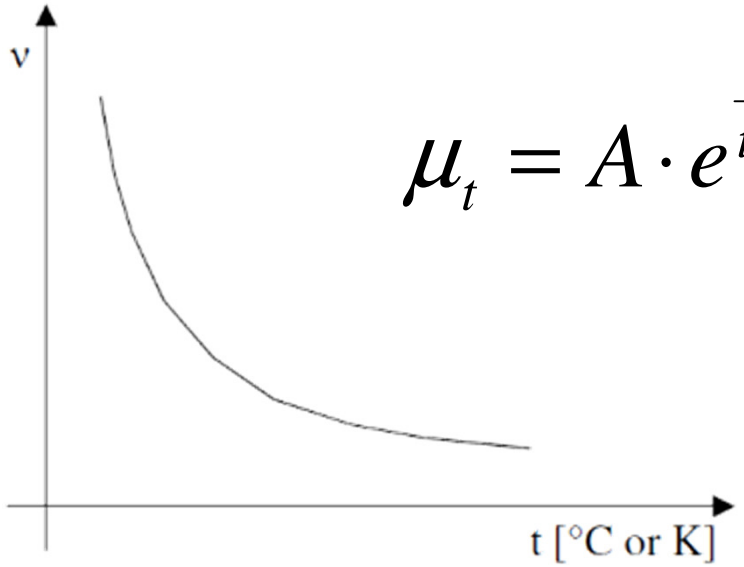
- حفاظت از محیط زیست و آب
  - ماشینهای کشاورزی
  - سیستم های متحرک
  - مشابه با روغنهای معدنی بوده ولی گرانقیمت

ویسکوزیته سیالات هیدرولیک

- تغییرات بر حسب دما
- رابطه Ubbelohde-Walther

$$ln(ln(\nu + c)) = K_v - m \cdot ln(T)$$

– ثابت c, m, K_v



- رابطه Vogel-Cameron

$$\mu_t = A \cdot e^{\frac{B}{t+c}}$$

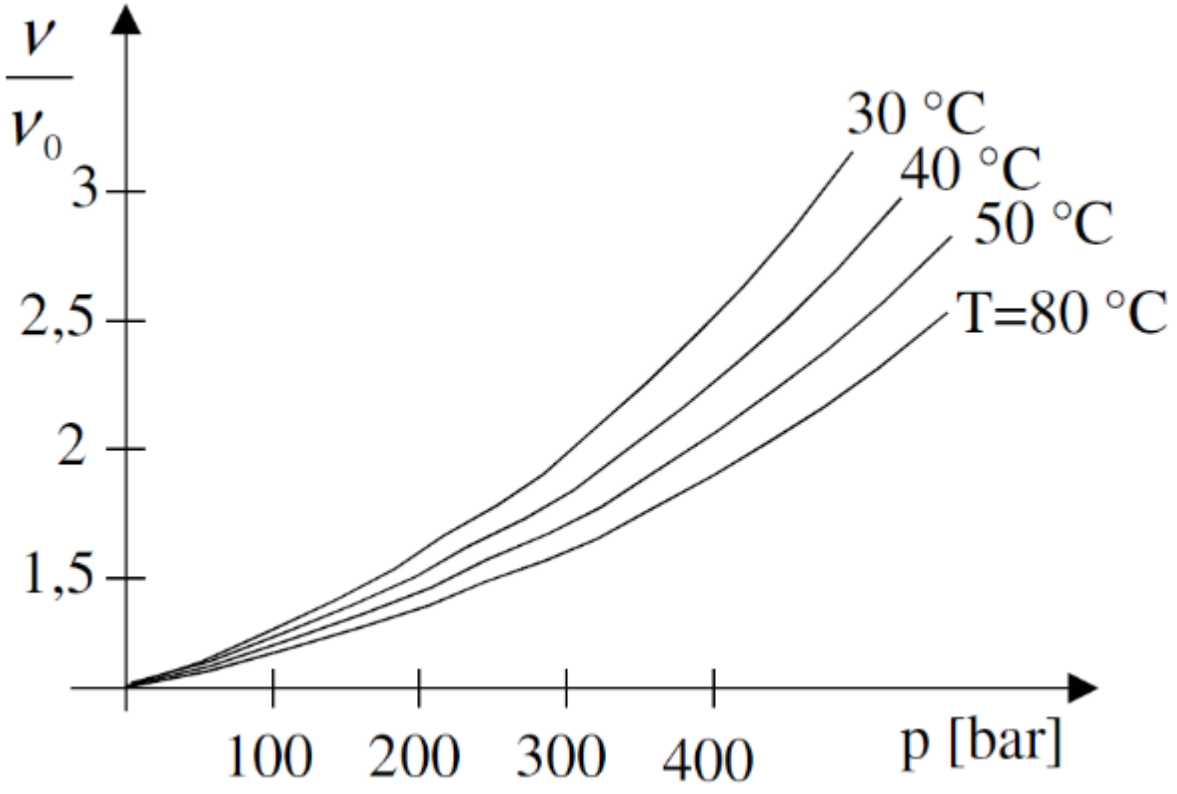
– ثابت A, B, C

ویسکوزیته سیالات هیدرولیک

- تغییرات بر حسب فشار

$$\mu_p = \mu_0 \cdot e^{\alpha p}$$

– μ_0 و ν_0 ویسکوزیته در فشار اتمسفر



چگالی سیالات هیدرولیک

- وابستگی چگالی به دما معمولا کم است
- وابستگی چگالی به فشار توسط قانون هوک (Hooke)

$$\frac{\Delta V}{V} = -\frac{\Delta p}{K}$$

– که در آن K ثابت تراکم پذیری (که در واقع خودش ثابت نیست)

- **وجود هوا**
- **انعطاف پذیری لوله ها**

وجود هوا در سیال هیدرولیک

- وجود هوا بسیار مضر است
- هوا به دلیل مکش پمپ به روغن وارد می شود.
- با اتصالات مناسب قابل جلوگیری است
- با افزایش فشار به سرعت در روغن حل می شوند
- با کاهش فشار هوای محلول به خارج می شود.

$$V_a = V_f \cdot \alpha \cdot \frac{p_2}{p_1}$$

ضریب حلالیت در فشار عادی α

وجود هوا در سیال هیدرولیک

- مشکلات وجود هوا در سیال
  - حرکت ناگهانی و پرشی، نوسان و سروصدا
  - تغییر جهت کند
  - کاهش انتقال حرارت
  - شتاب گیری کاهش عمر سیال عامل،
  - خوردگی کاویتاسیون

پمپ و موتورهای هیدرولیک

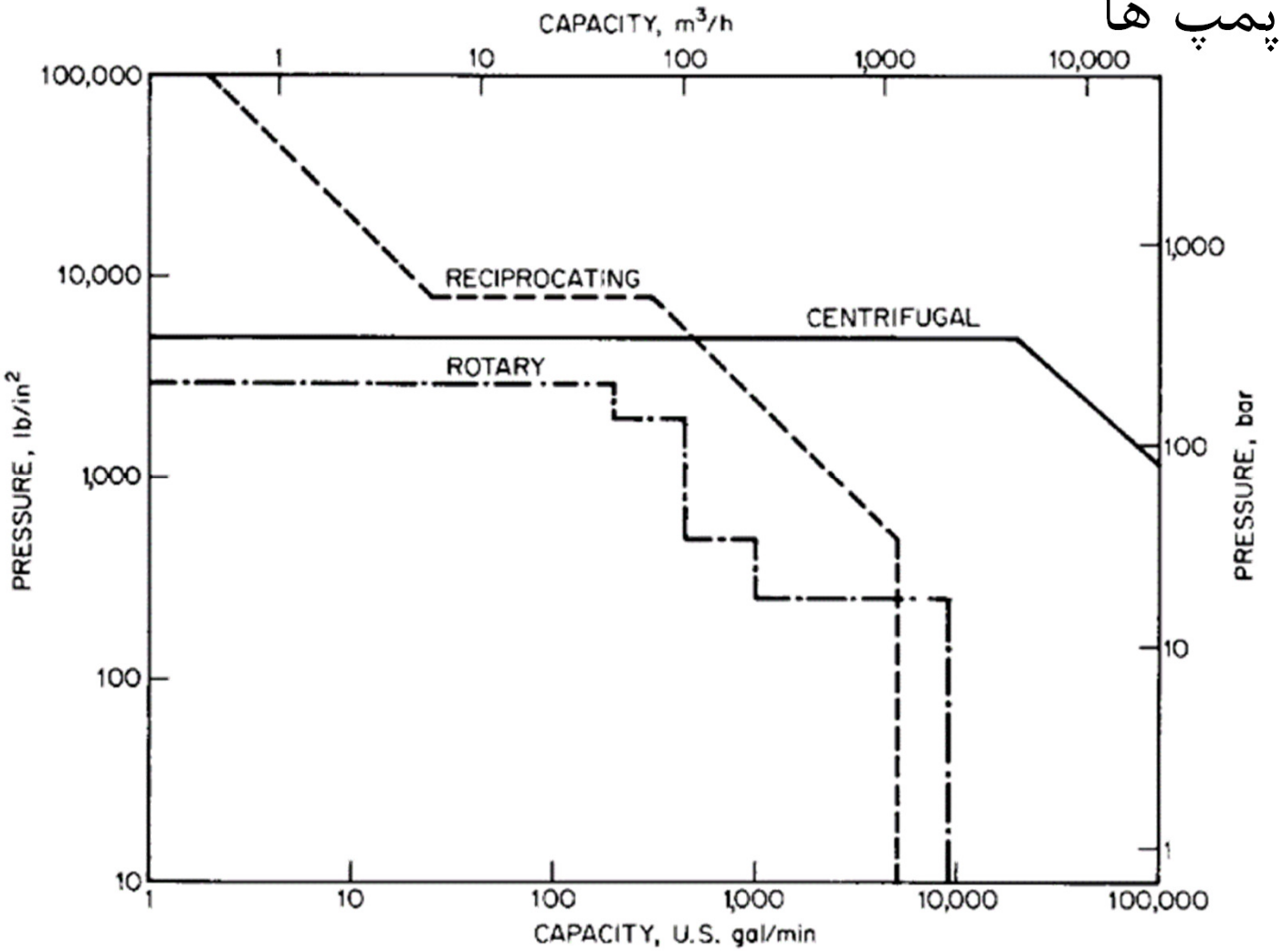
ساختار و عملکرد

پمپ هیدرولیک

- معیارهای انتخاب پمپ
  - هزینه
  - حداکثر فشار، دبی، توان
  - کارایی مکش
  - دور
  - وزن
  - نوع سیال

پمپ هیدرولیک

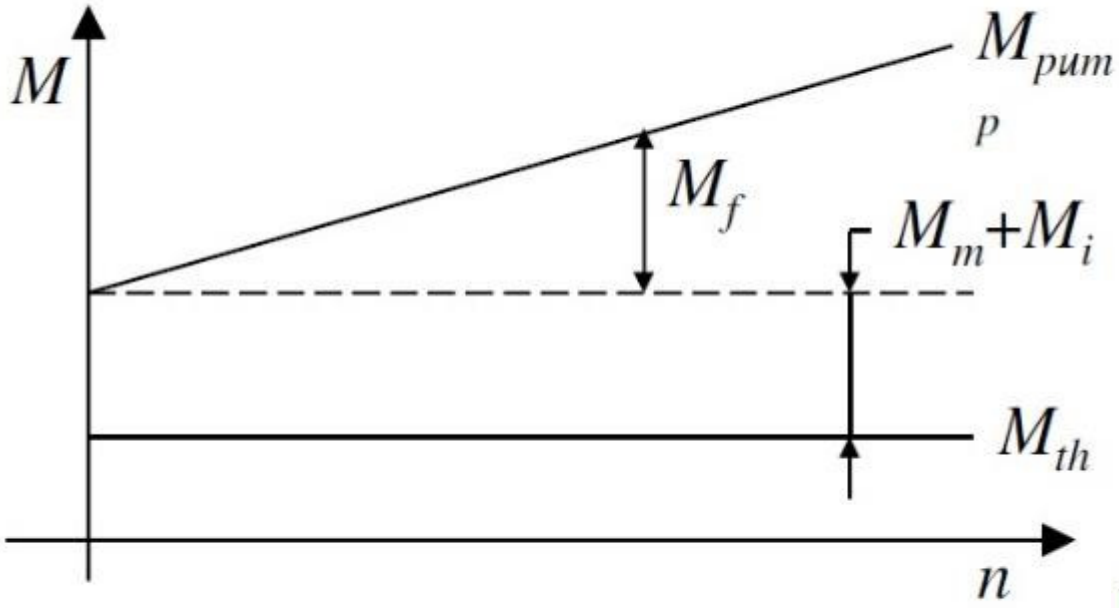
- فشار- دبی پمپ ها



افت در پمپ و موتور

$$P_{theory} = M_{theory} \cdot \omega = Q_{\text{geometrical}} \cdot \Delta p \quad \Rightarrow \quad M_{theory} = \frac{V_{\text{geometrical}}}{2\pi} \cdot \Delta p$$

Pump



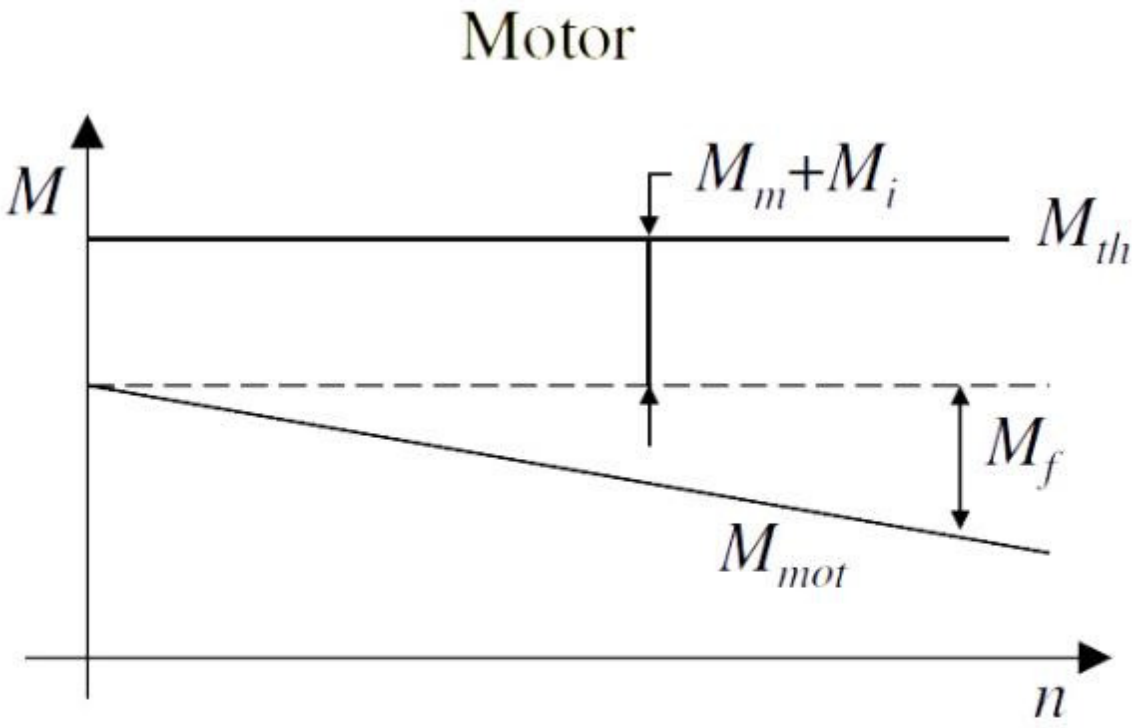
- گشتاور مورد نیاز برای پمپ

$$M = M_{th} + M_m + M_f + M_i$$

Losses: m – mechanical,
f – friction,
i – inertial

افت در پمپ و موتور

- گشتاور مورد نیاز برای موتور



$$M = M_{th} - \left(M_m + M_f + M_i\right)$$

Losses: m – mechanical,
f – friction,
i – inertial

هد پمپ

- محاسبه هد پمپ

$$head = (p_2 - p_1)/(\rho g) + (v_2^2 - v_1^2)/(2g) + (z_2 - z1)$$

- **h = total head developed (m)**
- **p_2 = pressure at outlet (N/m2)**
- **p_1 = pressure at inlet (N/m2)**
- **ρ = density of liquid (kg/m3)**
- **g = acceleration of gravity (9.81) m/s2**
- **v_2 = velocity at the outlet (m/s)**
- **v_1 = velocity at the inlet (m/s)**

هد پمپ

- **هد استاتیک**
  - هد کل زمانی که پمپ روشن نیست
- **هد دینامیک**
  - هد کل زمانی که پمپ روشن است
- **هد استاتیکی مکش (suction)**
  - هد در طرف مکش پمپ زمانی که پمپ روشن نیست در صورتی هد سیال بالاتر از پره باشد.
- **بالابر استاتیکی مکش (lift)**
  - هد در طرف مکش پمپ زمانی که پمپ روشن نیست در صورتی هد سیال پایین تر از پره باشد

هد پمپ

- **هد استاتیکی تخلیه (discharge)**
  - هد در طرف تخلیه پمپ زمانی که پمپ روشن نیست
- **هد / بالابر دینامیکی مکش**
  - هد در بخش مکش زمانی که پمپ روشن است
- **هد / بالابر دینامیکی تخلیه**
  - هد در بخش تخلیه زمانی که پمپ روشن است

هد خالص مکش مثبت (NPSH)

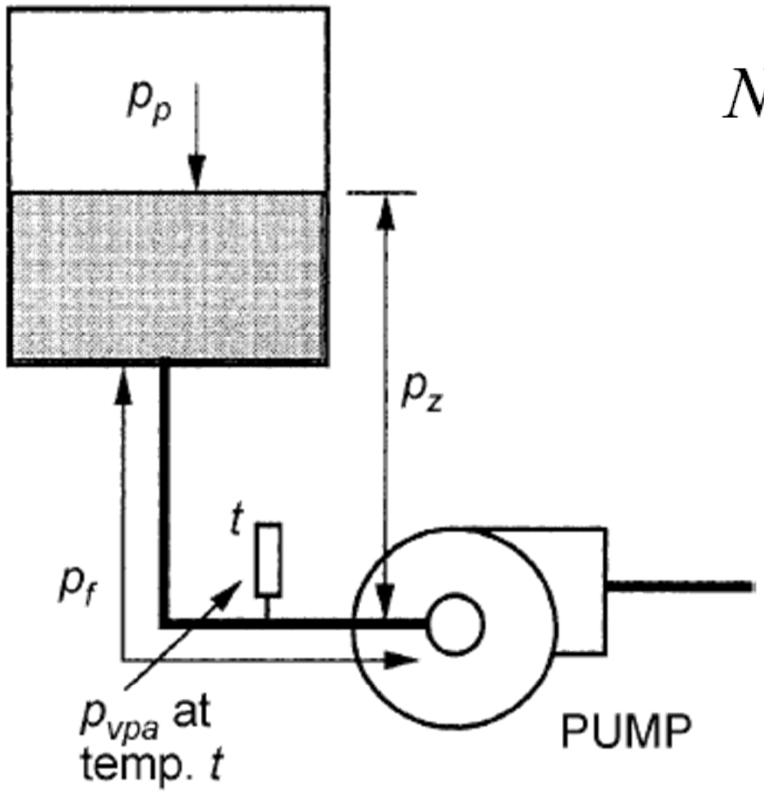
- **هد خالص مکش مثبت**
- $NPSH_R$: هد مثبت در طرف مکش پمپ که برای جلوگیری از افت فشار پمپ و حفظ فشار سیال در بالای فشار بخار آن لازم است

- $NPSH_A$: هد مثبت ممکن در طرف مکش پمپ که سیستمی که در آن پمپ کار می کند. فشار افزوده شده سیال در بالای فشار بخار آن زمانی که به بخش مکش پمپ می رسد.

هد خالص مکش مثبت (NPSH)

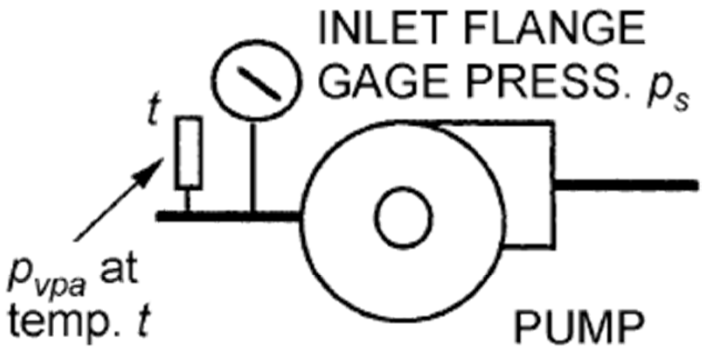
$$NPSH = \frac{g_c}{g}\left(\frac{P_a - P_v}{\rho} - h_{fs}\right) - Z_a$$

p_a = atmos. pressure



NPSA = $p_p + p_z - p_{vpa} - p_f$

PROPOSED DESIGN



NPSA = $p_a + p_s + V^2\rho/2 - p_{vpa}$

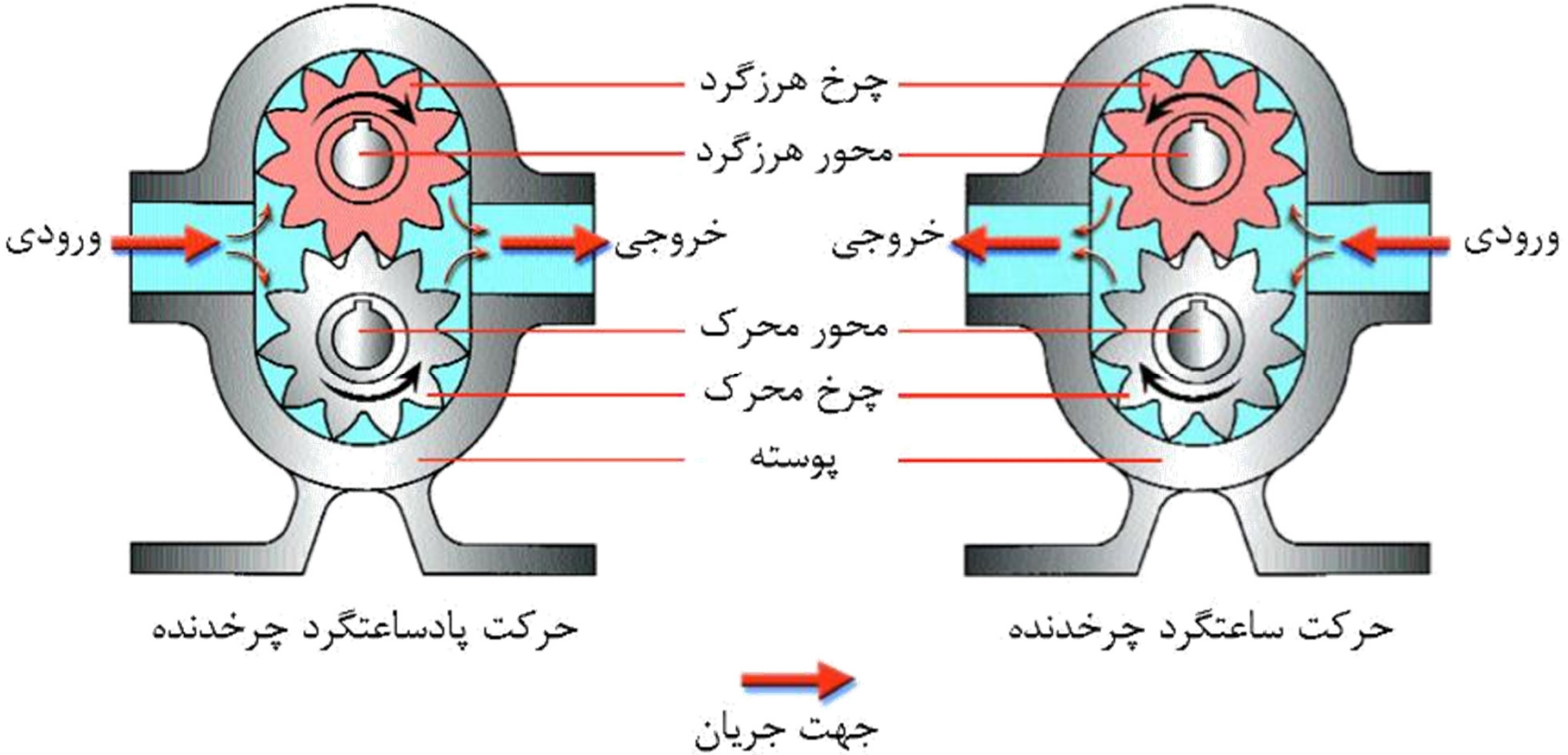
EXISTING INSTALLATION

پمپ و موتورهای هیدرولیک

- انواع پمپ‌های هیدرولیک
  - پمپ/ موتور روتاری
    - چرخدنده‌ای، گوشواره‌ای، پیرامونی، مارپیچی
  - پمپ/ موتور رادیال (شعاعی)
    - پمپ پیستونی شعاعی
    - پمپ پره‌ای شعاعی
  - پمپ/ موتور اکسیال (محوری)
  - ...

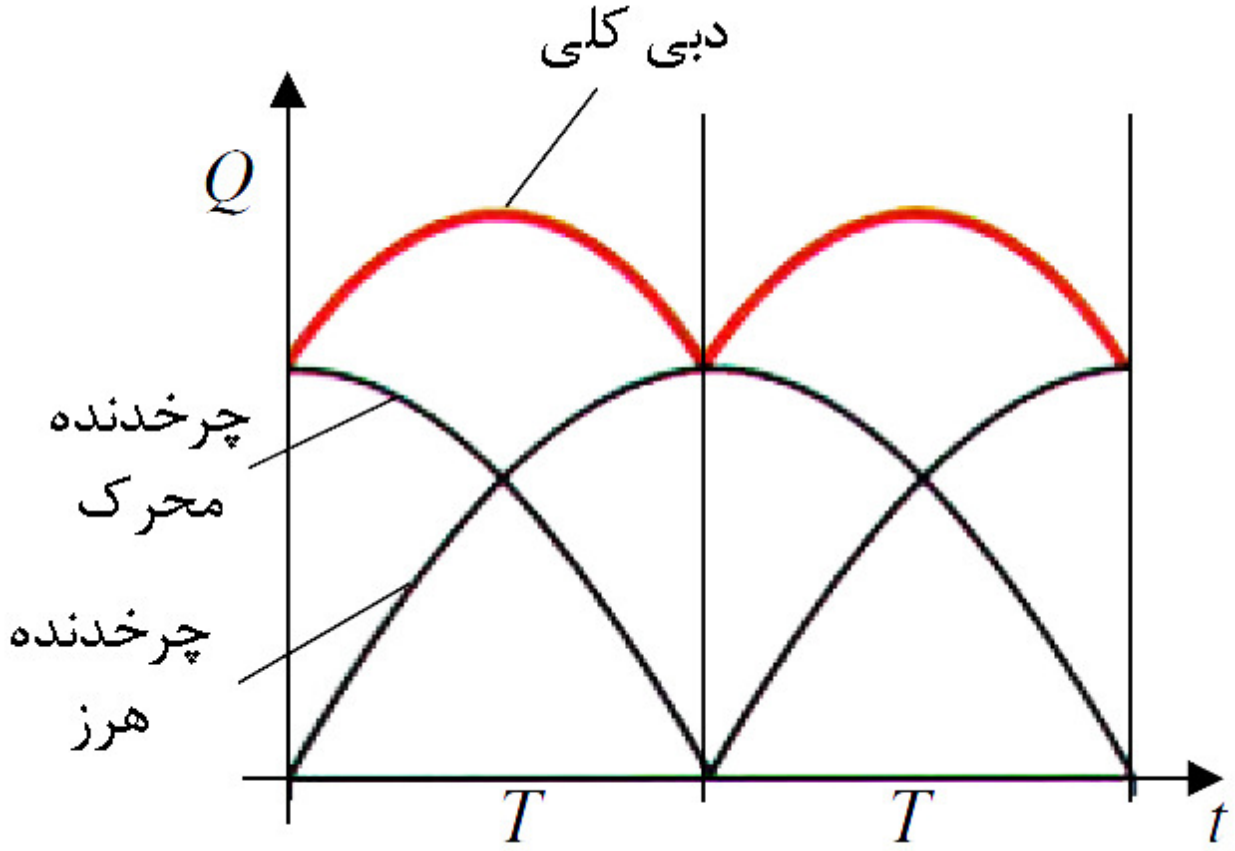
پمپ‌های چرخدنده‌ای

- شامل دو چرخدنده دوار که حجم جابجا شده برابر با فضای محبوس بین دو چرخدنده



پمپ‌های چرخدنده‌ای

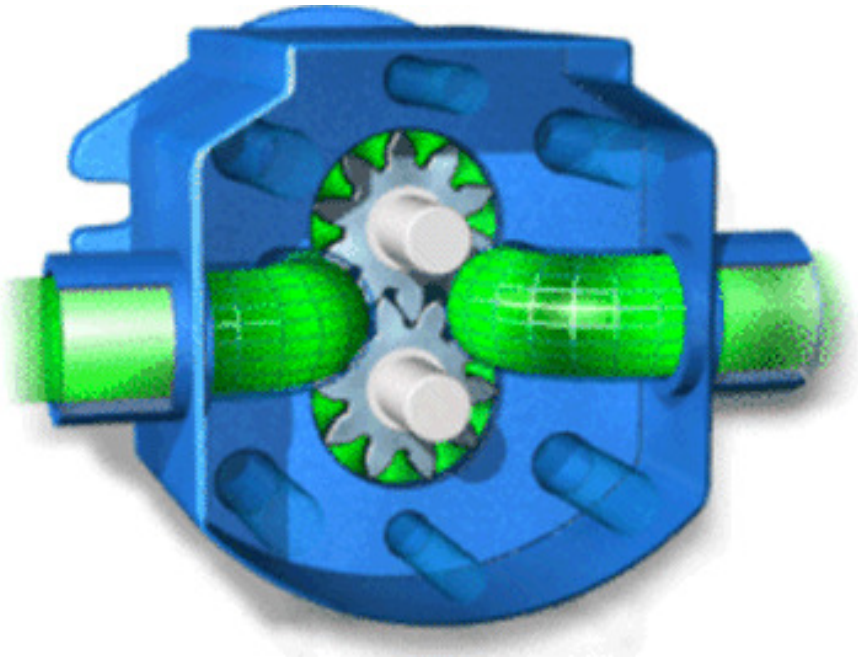
- تغییرات دبی بر حسب گشتاور پمپ‌های چرخدنده‌ای



پمپ‌های چرخدنده‌ای خارجی

- External Gear Pump
  - نحوه عملکرد پمپ چرخدنده‌ای خارجی





پمپ‌های چرخدنده‌ای خارجی

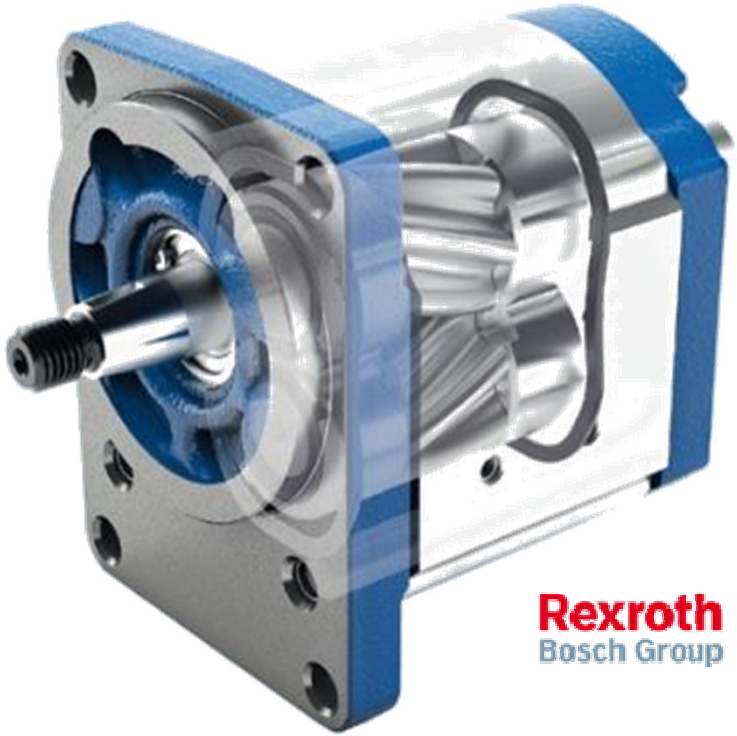
- معمولا برای سیستم های هیدرولیک موبایل استفاده می شوند.
  - فشار نسبی بالا
  - وزن کم
  - محدوده دور بزرگ
  - دمای کاری گسترده
  - حداکثر فشار: ۳۰۰ بار
  - حداکثر دبی: 0.2 تا 200 cm^3
  - دور بالا: ۵۰۰ تا ۶۰۰۰ در دقیقه

پمپ‌های چرخدنده‌ای خارجی

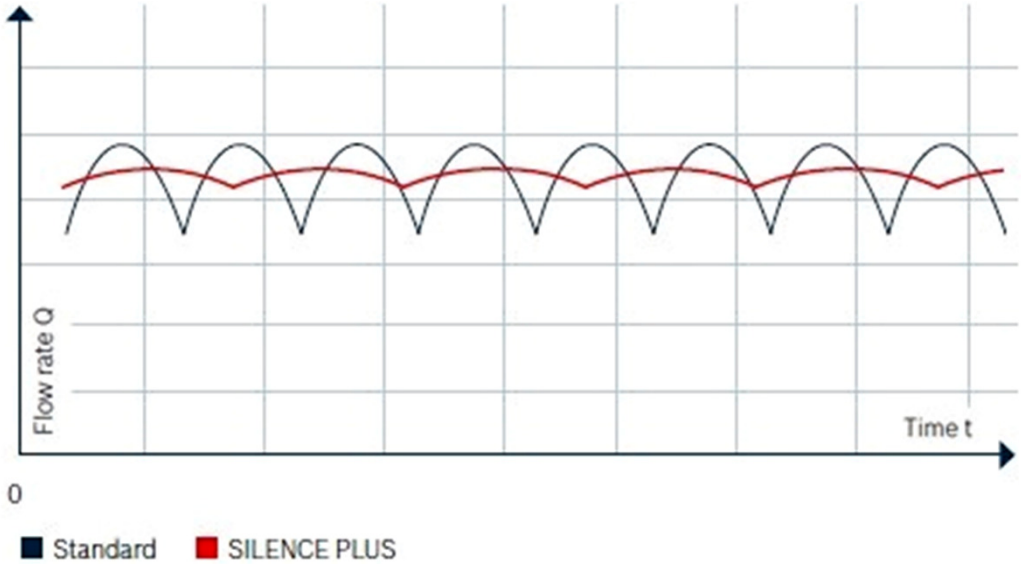
- معایب پمپ چرخدنده‌ای
  - امکان ساخت از بازه محدودی از مواد به دلیل تلرانس بالا
  - تنش برشی بالا بر روی سیال
  - نیروی اعمالی بالا به محورها
  - پر سروصدا،
  - لرزش زیاد،
  - ضربه های شدید

پمپ‌های چرخدنده‌ای خارجی

- پمپهای با سروصدای کم (نسل جدید)



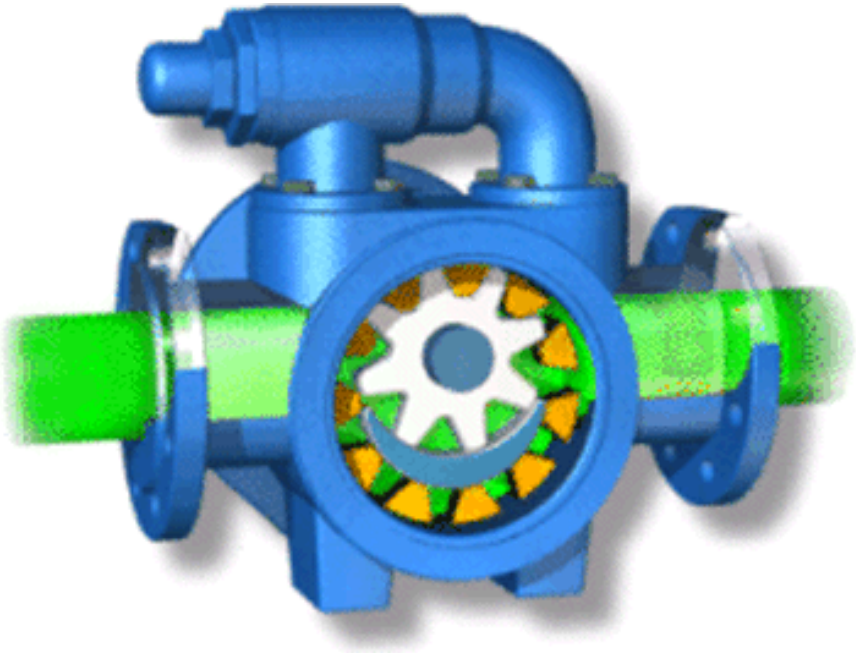
SILENCE PLUS version



پمپ‌های چرخدنده‌ای داخلی

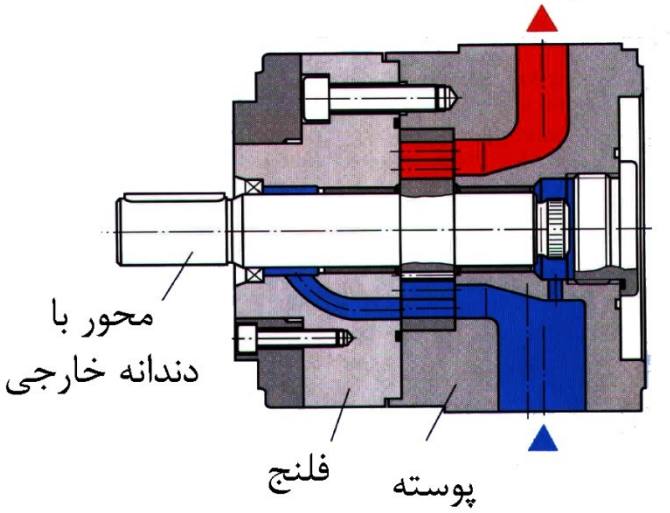
- Internal Gear Pump
  - نحوه عملکرد پمپ چرخدنده‌ای داخلی

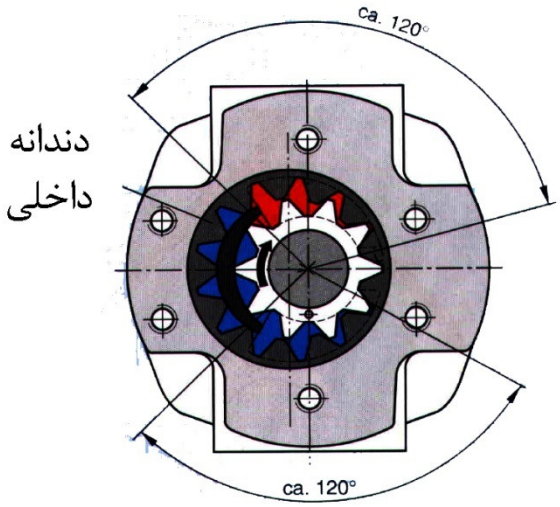




پمپ‌های چرخدنده‌ای داخلی

- در سیستم های هیدرولیک صنعتی
  - سروصدای کم
  - جریان آرام
  - هد مکش بالا
  - حداکثر فشار: ۳۰۰ بار
  - حداکثر دبی: $3\ cm^3$ تا ۲۵۰
  - دور بالا: ۵۰۰ تا ۳۰۰۰ در دقیقه



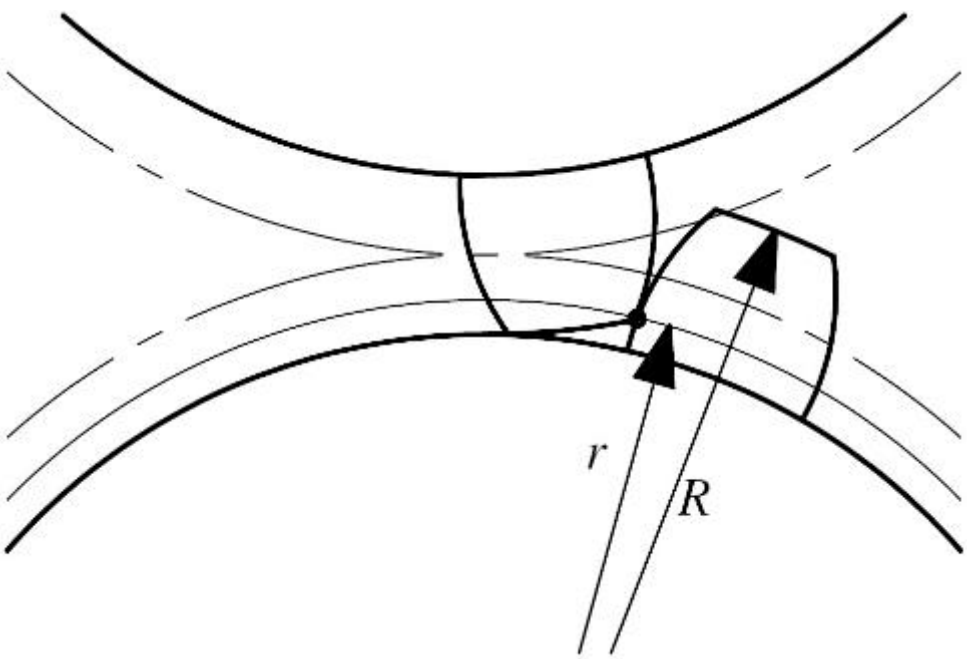


پمپ‌های چرخدنده‌ای

- حجم جابجا شده

$$\overbrace{V_g = 4\pi \cdot b \cdot r \cdot (R - r)}^{\text{External}} \quad \text{or} \quad \overbrace{V_g = 2\pi \cdot b \cdot m^2 \cdot (z + 2x)}^{\text{Internal}}$$

R	**شعاع خارجی**
r	**شعاع آخرین نقطه تماس**
b	**پهنا**
z	**تعداد دندانه**
m	**مدول چرخدنده**
x	**ثابت پروفیل**



پمپ‌های چرخدنده‌ای

- مزایا عمومی پمپ چرخدنده‌ای
  - استفاده برای محدود گسترده‌ای از سیالات با ویسکوزیته متفاوت
  - سادگی در تعمیر و بازسازی
  - دو قطعه متحرک
  - یک محور محرک
  - ارزان
  - قابلیت اطمینان بالا، عدم حساسیت به آلودگی
  - راندمان بالا ۹۰ درصد

موتور چرخدنده‌ای

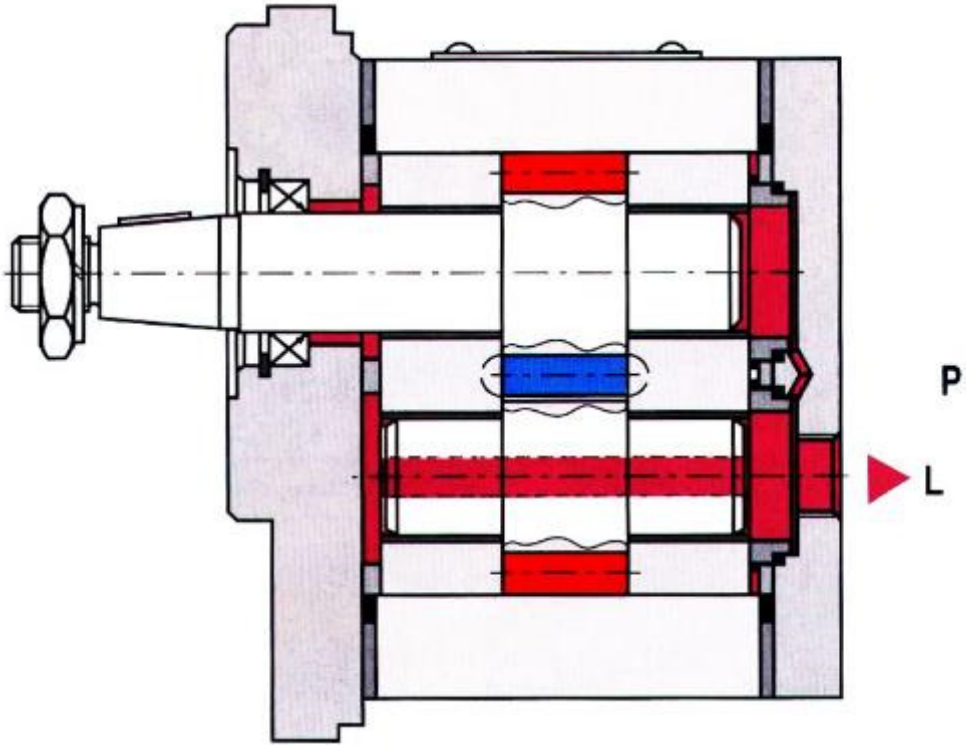
- تبدیل انرژی هیدرولیک به انرژی مکانیکی
- برای یک جابجایی مشخص:

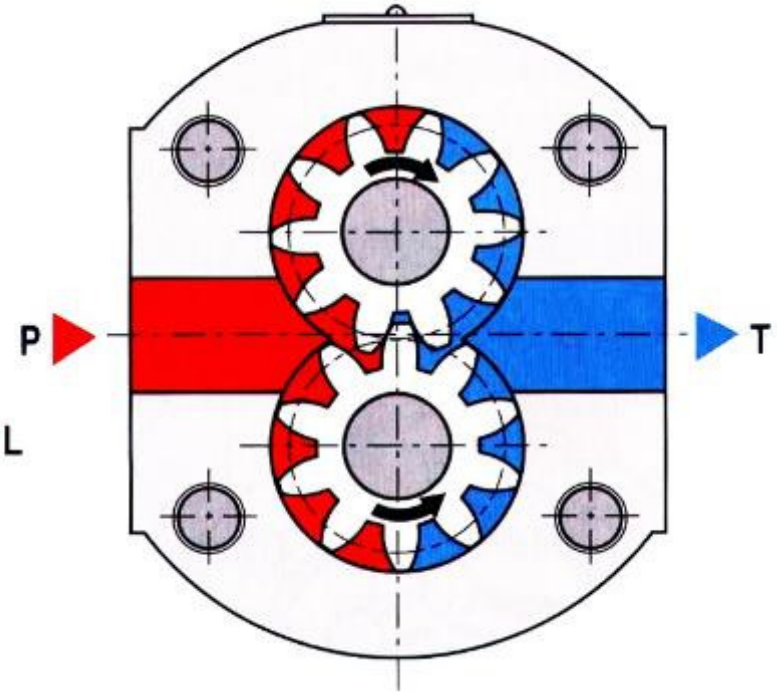
گشتاور $\propto$ فشار هیدرولیک

سرعت $\propto$ نرخ جریان

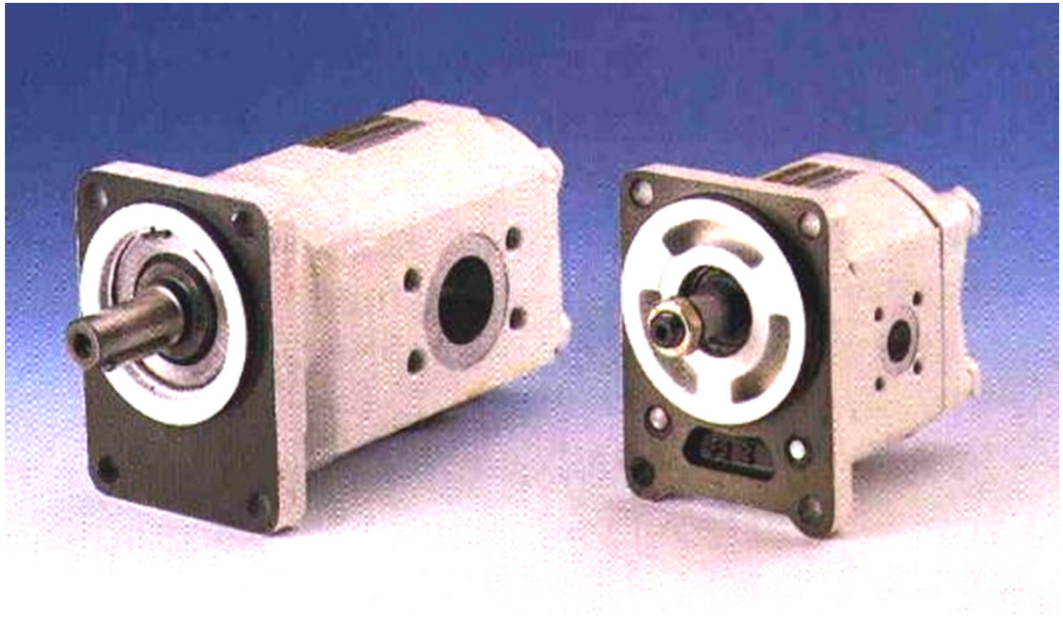
موتور چرخدنده‌ای

- حداکثر فشار: ۳۰۰ بار
- حداکثر دبی: $1\ cm^3$ تا ۲۰۰
- دور بالا: ۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰در دقیقه





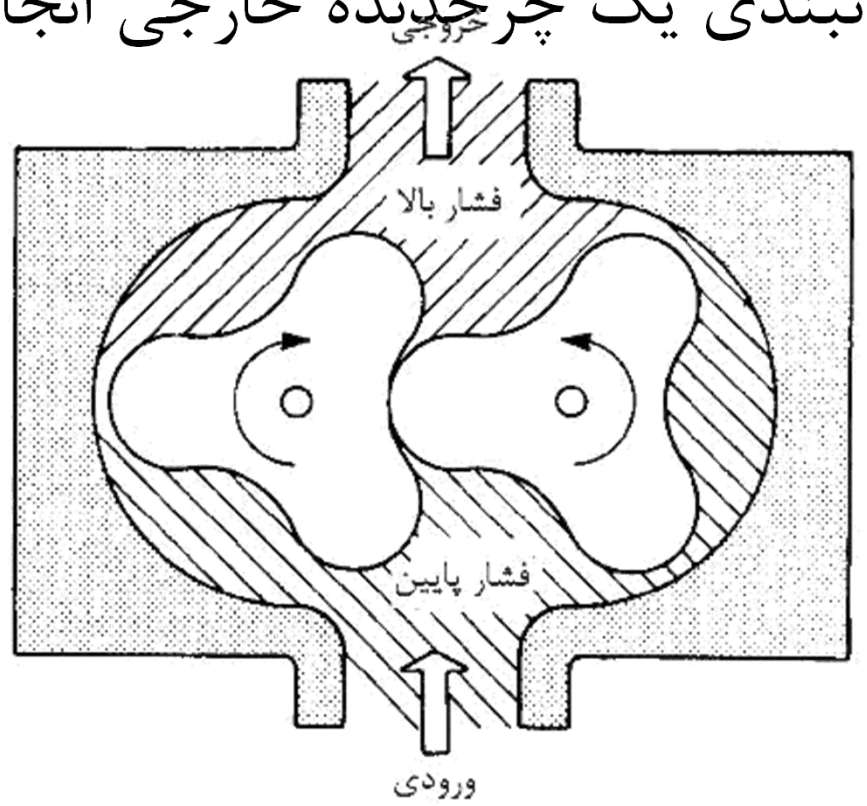
موتور چرخدنده‌ای



- جلوه انتخاب
  - فشار
  - دور
  - تغییر جابجایی (دبی)
  - شرایط نصب
  - طول عمر
  - شرایط نگهداری
  - سطح سروصدای مجاز
  - قیمت

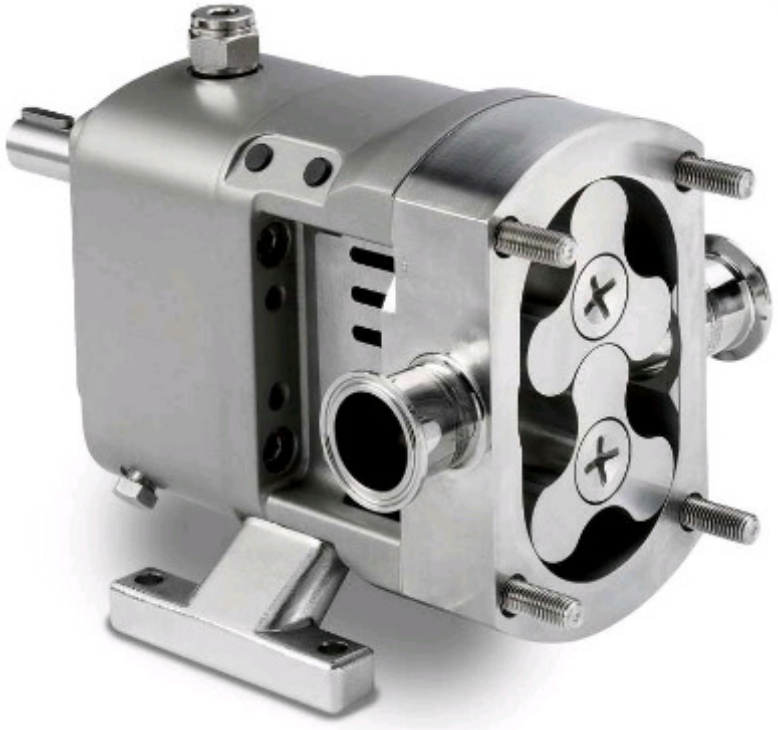
پمپ گوشواره‌ای (Lobe Pump)

- همانند پمپ چرخدنده‌ای از نوع پمپ دو محور (چند محور) است.
- تماس بین دو پره توسط زمانبندی یک چرخدنده خارجی انجام می شود.



پمپ گوشواره‌ای

- Lobe Pump



- نحوه عملکرد پمپ لوب

پمپ گوشواره‌ای

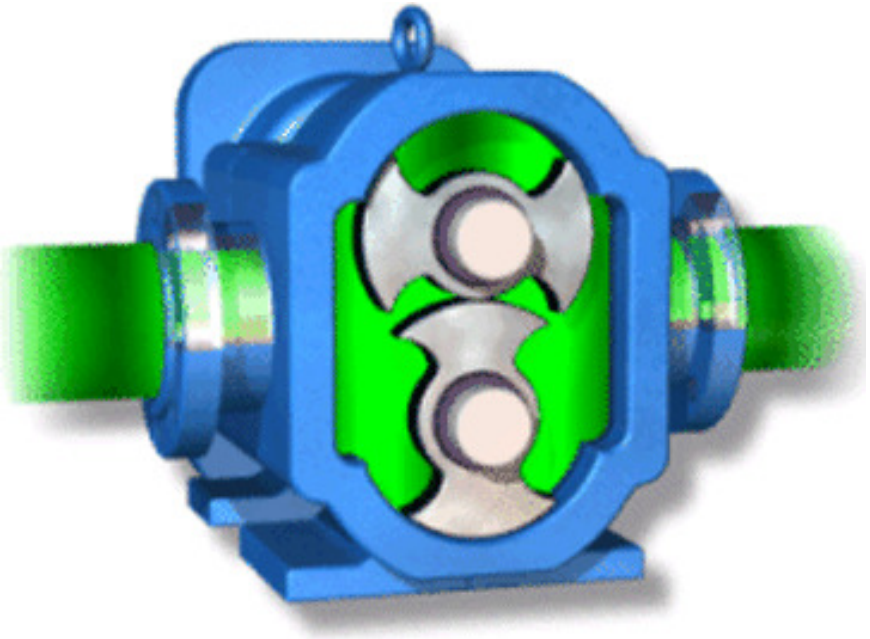


- مزایا
  - امکان نظافت و کیفیت بهداشت مناسب (برای صنایع دارویی) (هیدرولیک آب)
  - کارایی بالا (بیش از ۹۰ درصد)
  - قابلیت اطمینان بالا
  - مقاوم در برابر خوردگی
  - مشخصات خوب تمیزکاری و بخارشویی (CIP/SIP)

پمپ پیرامونی (Circumferential)

- محدوده کاری گسترده برای فشار و سرعت های پایین
- فشار کاری پایین ۳۱ بار (۴۵۰ psi)





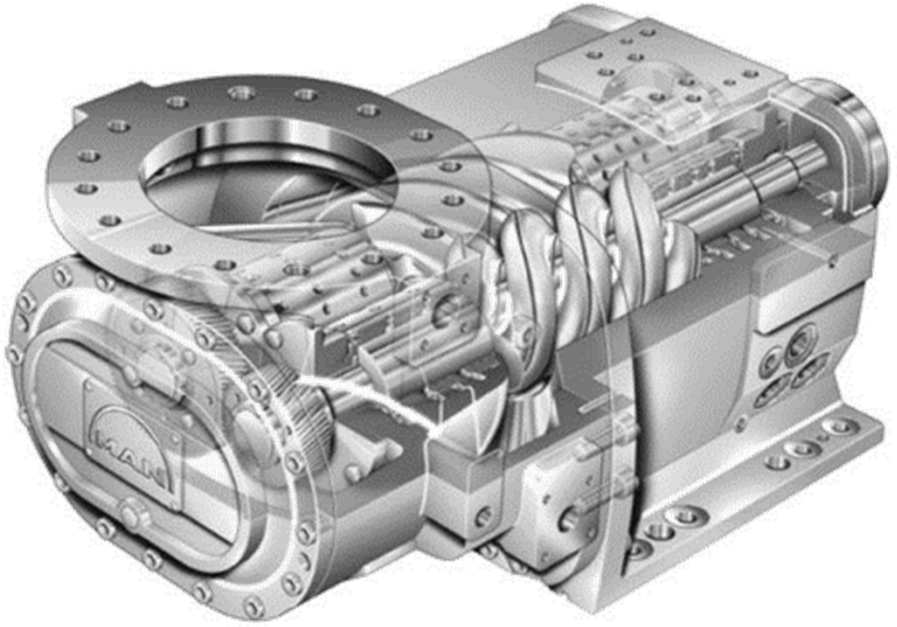
پمپ پیرامونی (Circumferential)

- برای محدوده ویسکوزیته (۵۰ تا ۱۰۰۰۰۰۰سانتی استوک (cSt 5×10^{-5} m^2/s تا ۱ m^2/s
- دور پایین ۵۰۰ تا ۱۸۰۰rpm
- تلورانس پایین
- کاربرد:
  - پتروشیمیایی، کاغدسازی، آسفالت
  - فرآیندها غذایی، سیالات حساس به تنش برشی

پمپ پیچی (Screw)

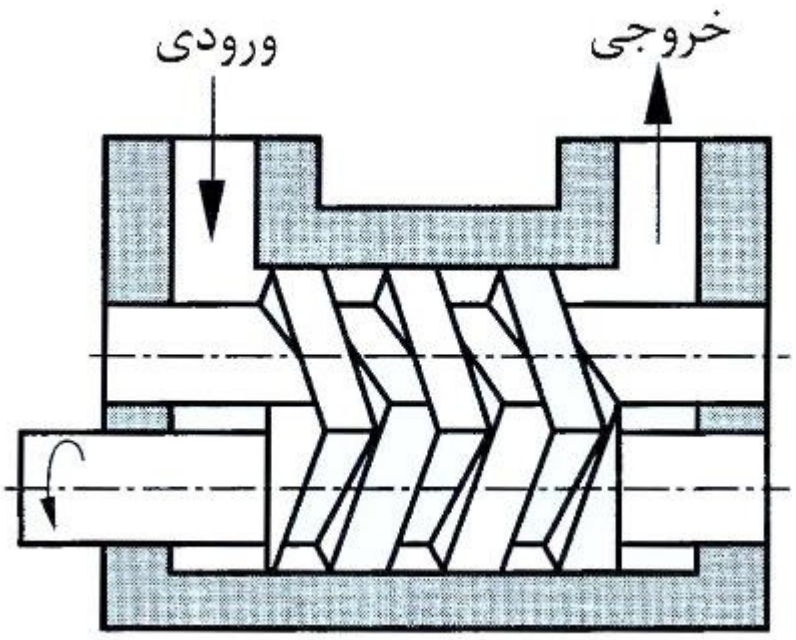
- یکی از انواع پیچیده پمپ های روتاری است.
- شامل ۲ (تا ۳) پیچ با دندانه های خلاف جهت هم
- یکی به صورت ساعت چرخ و دیگری به صورت پادساعتگرد حرکت می کند.

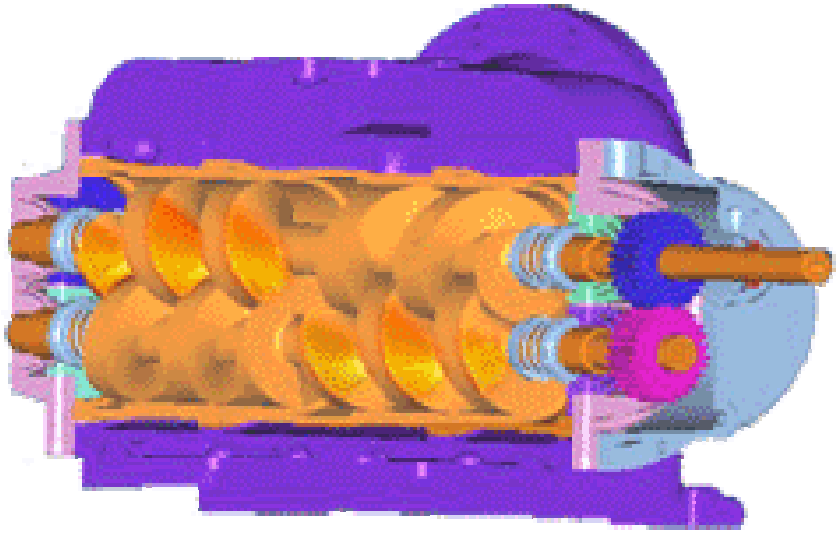




پمپ پیچی (Screw)

- پیچ‌ها توسط چرخدنده‌ای که به دقت درجه‌بندی شده با یکدیگر می‌چرخند
- فاصله بین دو پیچ متحرک و همچنین پوسته پمپ حداقل فاصله ممکن است.





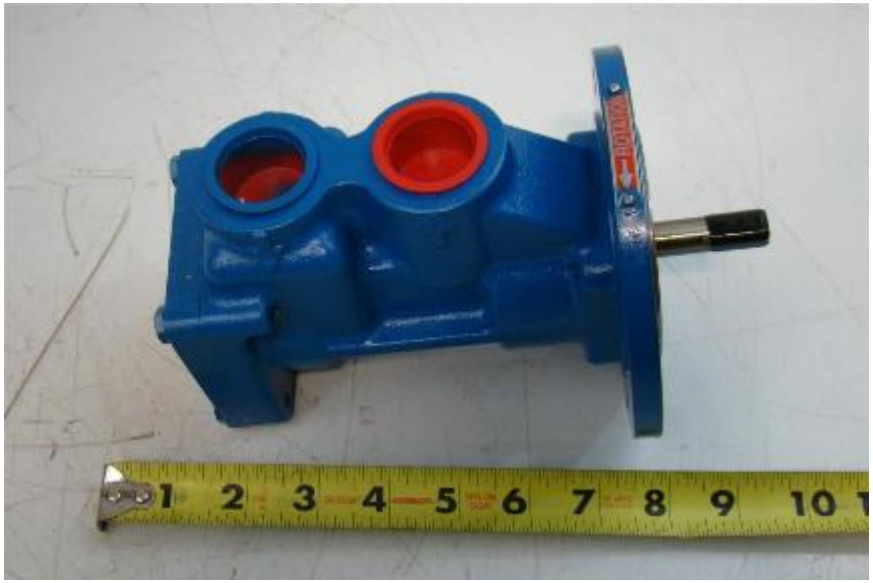
پمپ پیچی (Screw)

- مزایا
  - محدود گسترده فشاری و دبی
  - محدود گسترده سیالات و ویسکوزیته
  - ظرفیت قابل تغییر
  - قابلیت چرخش با سرعت بالا که امکان انتخاب موتورهای مختلف را می‌دهد.
  - سرعت داخلی پایین
  - مکش خوب

پمپ پیچی (Screw)

- مزایا
  - تلورانس پایین که مانع از ورودی هوا و سایر گازها شود.
  - حداقل میزان تولید کف
  - ارتعاشات مکانیکی کم، عدم ضربه زنی، عملکرد آرام
  - طراحی متراکم

پمپ پیچی (Screw)



- معایب
  - قیمت بسیار بالا
    - نمونه: قیمت تقریبی ۱۲۰۰ دلار
  - حساسیت کاریی به ویسکوزیته
  - برای فشار بالا نیازمند ابعاد طولانی پیچ هستیم
  - افت زیادتر به دلیل طول تماس بیشتر

پمپ پیچی (Screw)

$$V_g = \frac{\pi}{4}\left(D^2 - d^2\right)s - D^2 \cdot s\left(\frac{\pi \cdot \alpha}{360^\circ} - \frac{\sin 2\alpha}{4}\right)$$

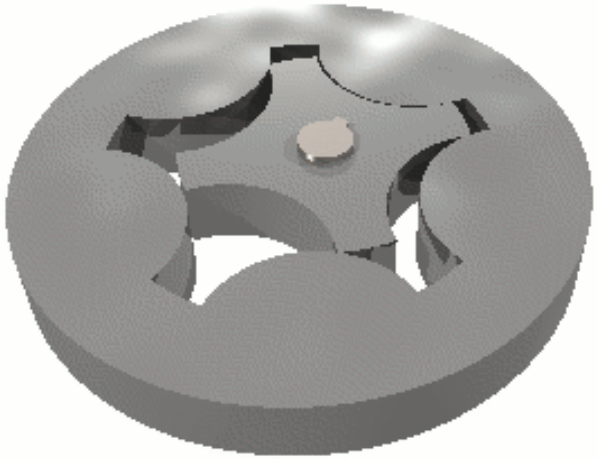
s : pitch

- حداکثر دبی: ۳۰۰۰ l/s
- حداکثر فشار: ۱۷۰ بار
- راندمان: ۰.۶۵ تا ۰.۷۰

****** موتور پیچی وجود ندارد ******

پمپ گرتور (Gerotor Pump)

- از جمله پمپهای روتاری است
  - شامل یک روتور داخلی و یک روتور خارجی است
  - روتور داخلی دارای N دندانه و روتور خارجی دارای N+1 دندانه است.
  - روتور داخلی به صورت خارج از مرکز و هر دو می‌چرخند.



پمپ گرتور (Gerotor Pump)

- نحوه عملکرد پمپ گرتور



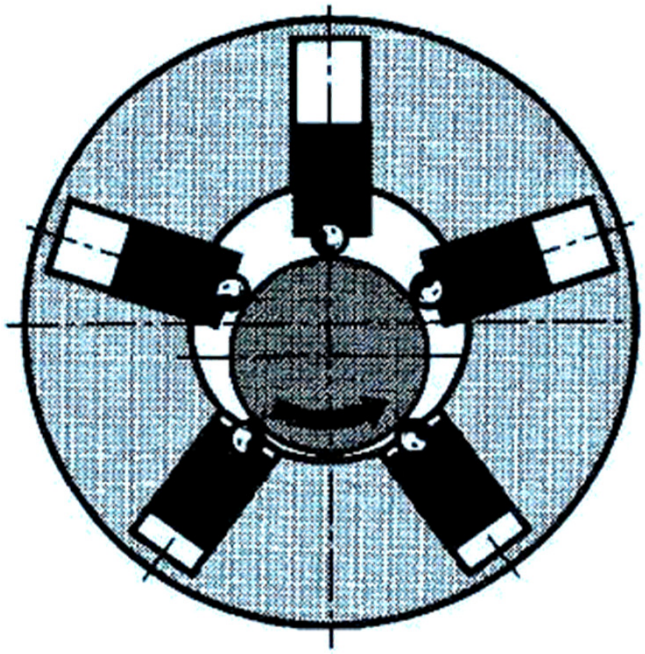


پمپ گرتور (Gerotor Pump)

- مزایا
  - سرعت بالا
  - دارای دو قطعه متحرک
  - تخلیه ثابت بدون توجه به فشار
  - عملکرد در هر دو جهت
  - عملکرد آرام و بی صدا
- معایب
  - محدودیت فشار (تا فشارهای متوسط)
  - ظرفیت ثابت
  - تنش زیاد بر روی محورها

پمپ پیستونی شعاعی

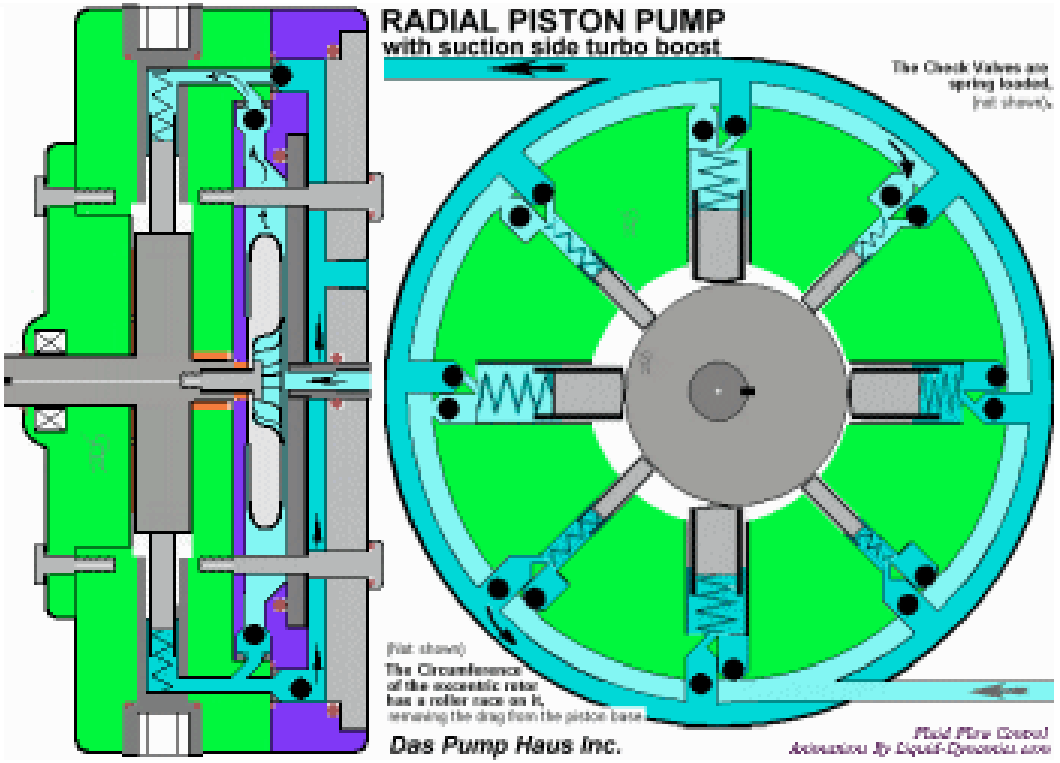
- انواع پمپ پیستونی شعاعی
  - شامل پیستونهای متحرک و سیلندر ثابت
    - نیاز به شیرهای ورودی و خروجی



پمپ پیستونی شعاعی

- نحوه عملکرد پمپ پیستونی شعاعی با سیلندر ثابت و شفت خارج از مرکز

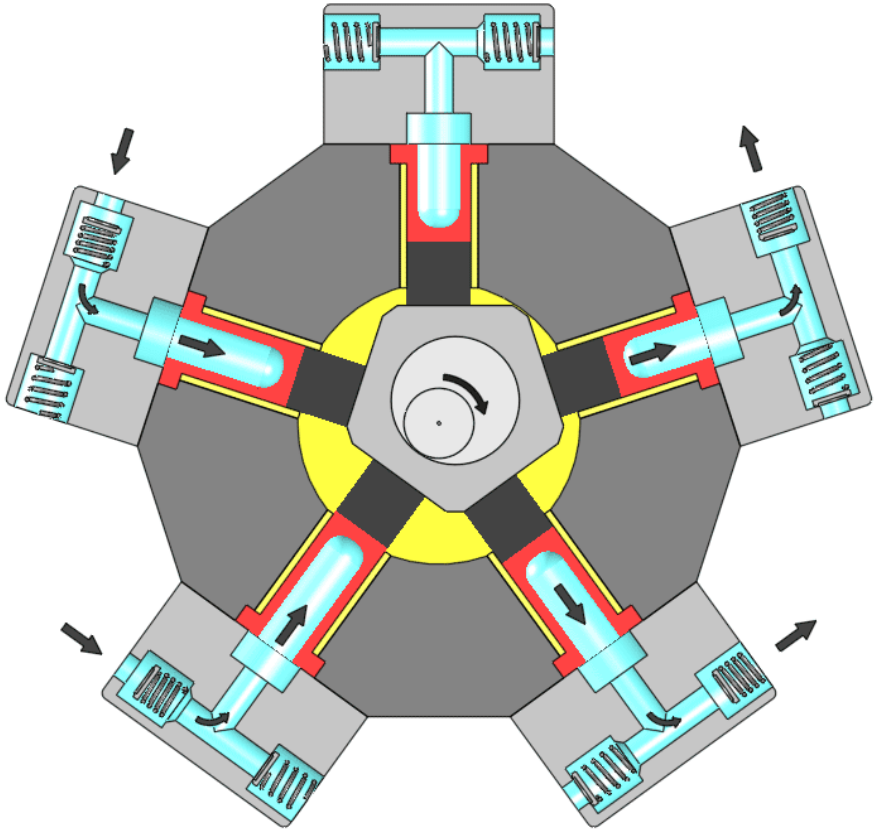




پمپ پیستونی شعاعی

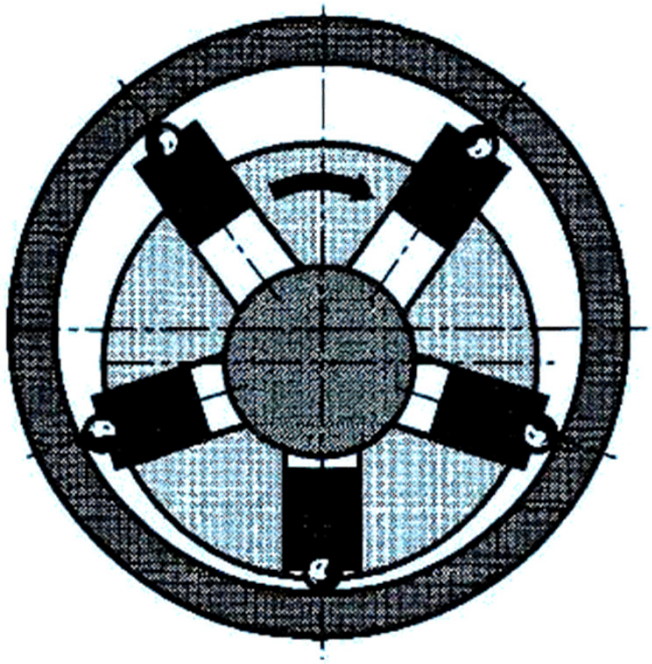
- پمپ پیستونی شعاعی یا سیلندر ثابت با شفت چندوجهی

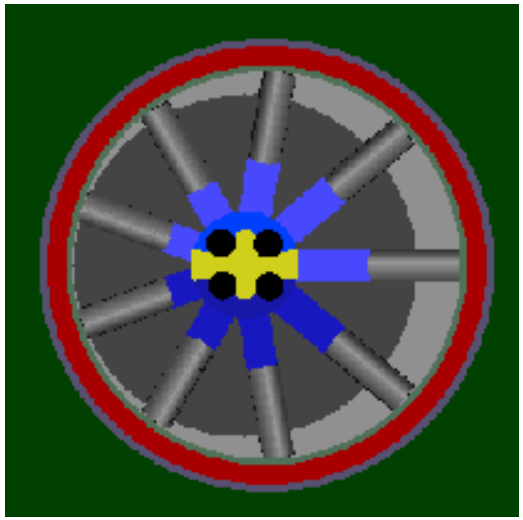




پمپ پیستونی شعاعی

- انواع پمپ پیستونی شعاعی
  - شامل مجموعه پیستونهای و سیلندر متحرک
    - عدم نیاز به شیر





پمپ پیستونی شعاعی

- پمپ پیستونی شعاعی با بلوک سیلندر متحرک
  - کنترل مستقیم




Package

پمپ پیستونی شعاعی

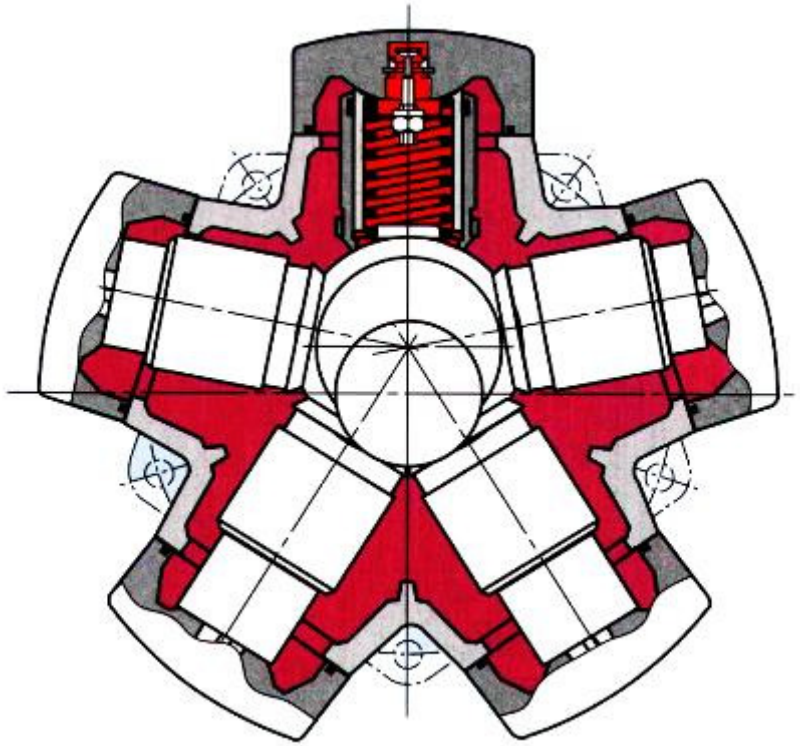
- مزایا
  - کارایی بالا (۸۵تا ۹۵٪)
  - فشار بالا (تا ۸۰۰ بار)
  - دور: ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ rpm
  - عدم نوسان فشار و دبی (به عت حجم کوچک جابجایی)
  - سطح سروصدای پایین
  - عدم وجود نیروی محوری داخلی بر روی محور یاتاقانها
  - قابلیت اطمینان بالا

پمپ پیستونی شعاعی

- کاربردها
  - ماشین ابزارها (جابجایی ابزار برش)
  - واحدهای فشار بالا (HPU) مانند سیستم‌های حفاظت در برابر فشار زیاد
  - تجهیزات تست کشش یا فشار
  - سیستم تعلیق هیدرولیک فعال در خودروهای مدرن
  - ماشین آلات تزریق پلاستیک و پودر
  - انرژی باد (توربین بادی)

موتور پیستونی شعاعی

- برای سرعت‌های بسیار پایین مورد استفاده قرار می‌گیرند (Low Speed High Torque) (LSHT)



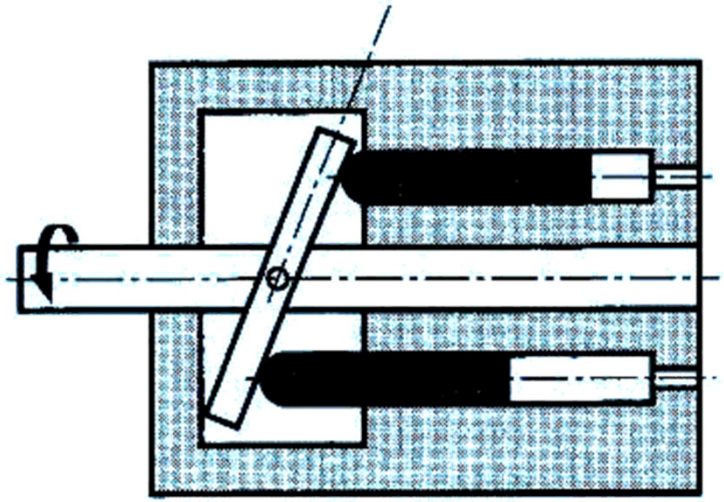
موتور پیستونی شعاعی LSHT

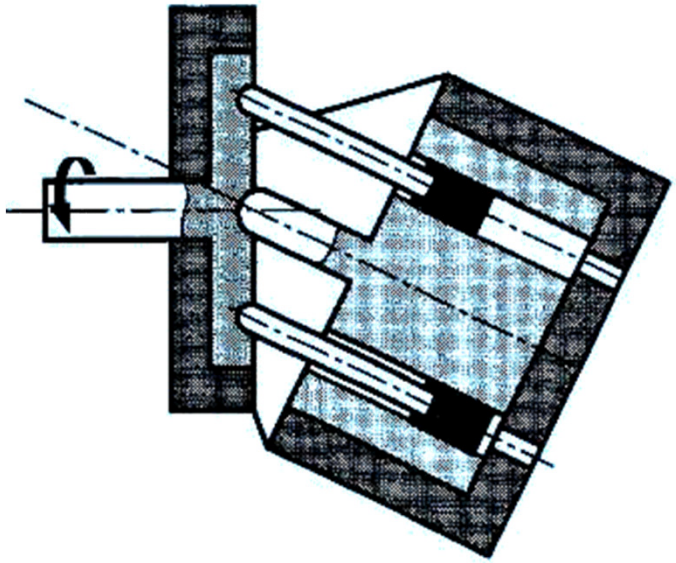


- جابجایی: $10 - 8500\ cm^3$
- حداکثر فشار: ۳۰۰ بار
- سرعت: ۰.۵-۲۰۰۰ در دقیقه
- حداکثر گشتاور: ۳۲۰۰۰ Nm

پمپ پیستونی محوری

- انواع پمپ پیستونی محوری
  - بلوک مورب
  - شفت مورب



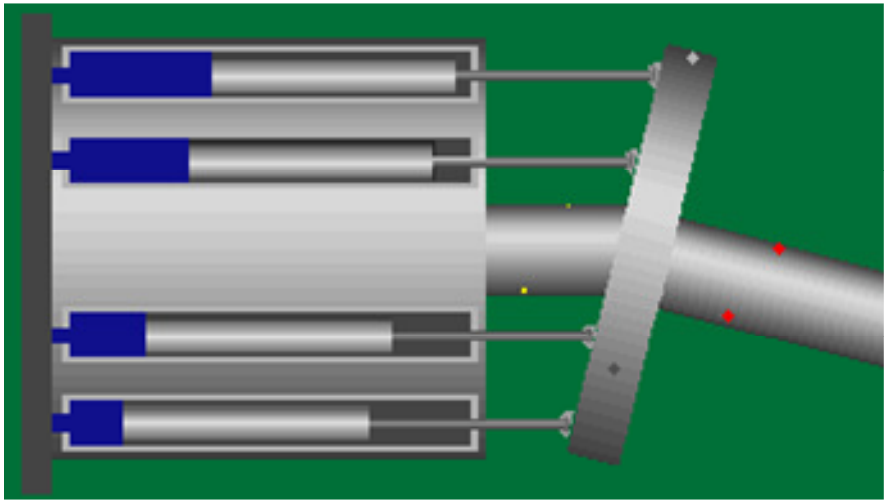


پمپ پیستونی محوری

- پمپ پیستونی محوری با بلوک مورب

– Axial piston pump with tilting block

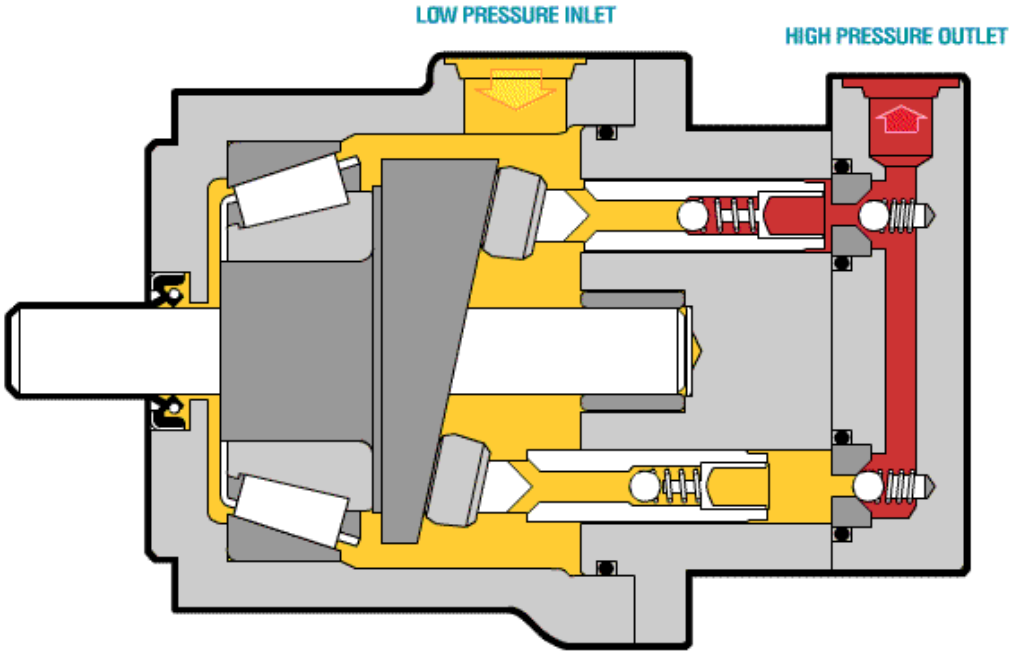




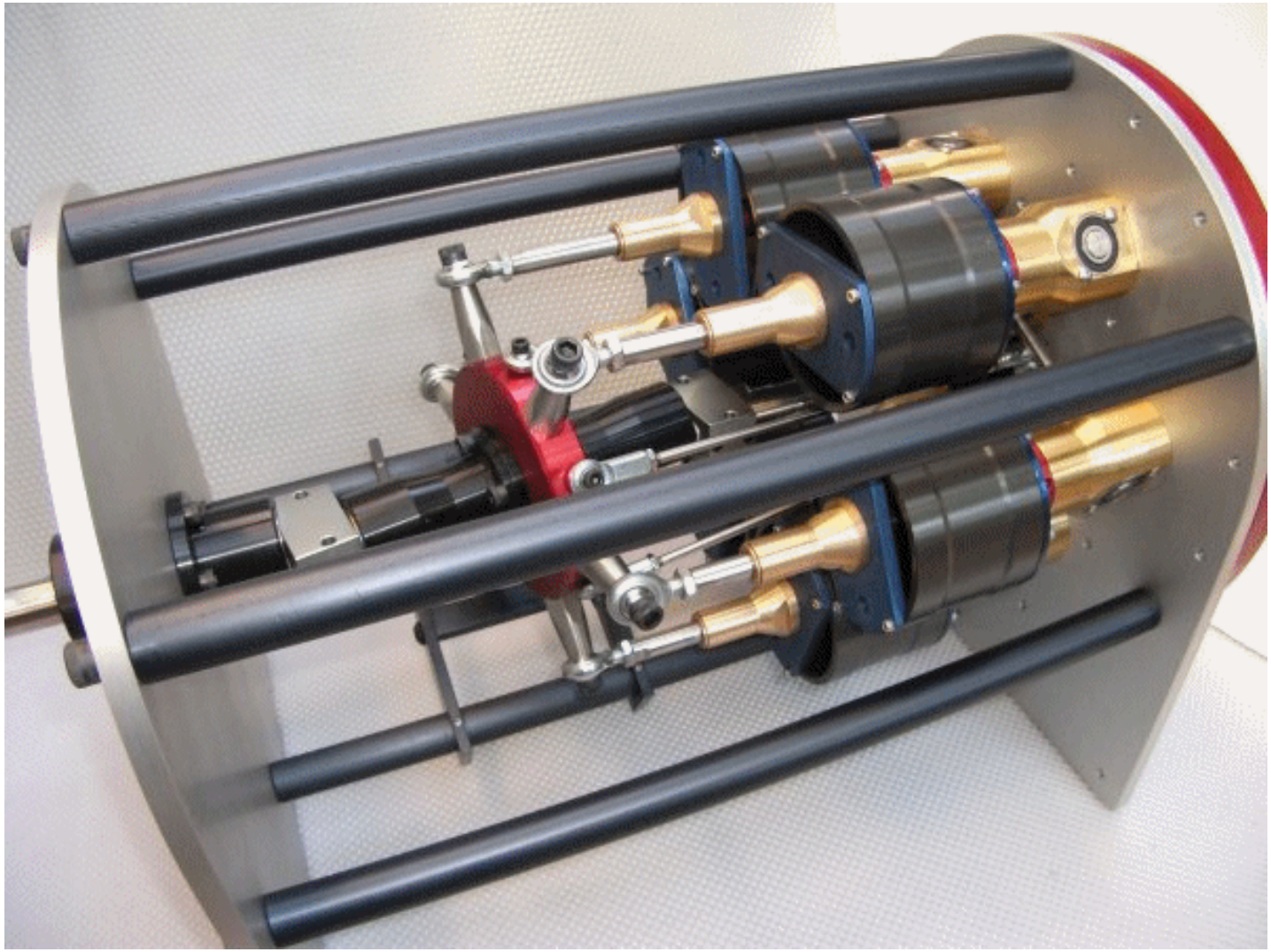
پمپ پیستونی محوری

- پمپ پیستونی محوری با شفت مورب





پمپ پیستونی محوری

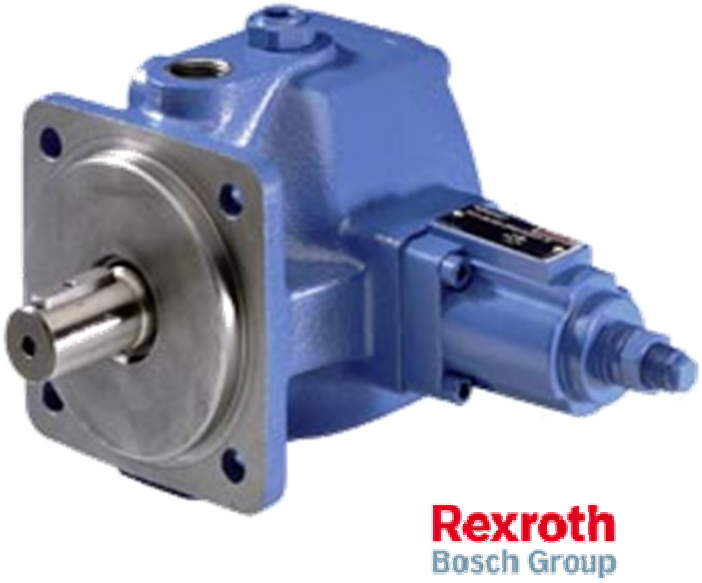


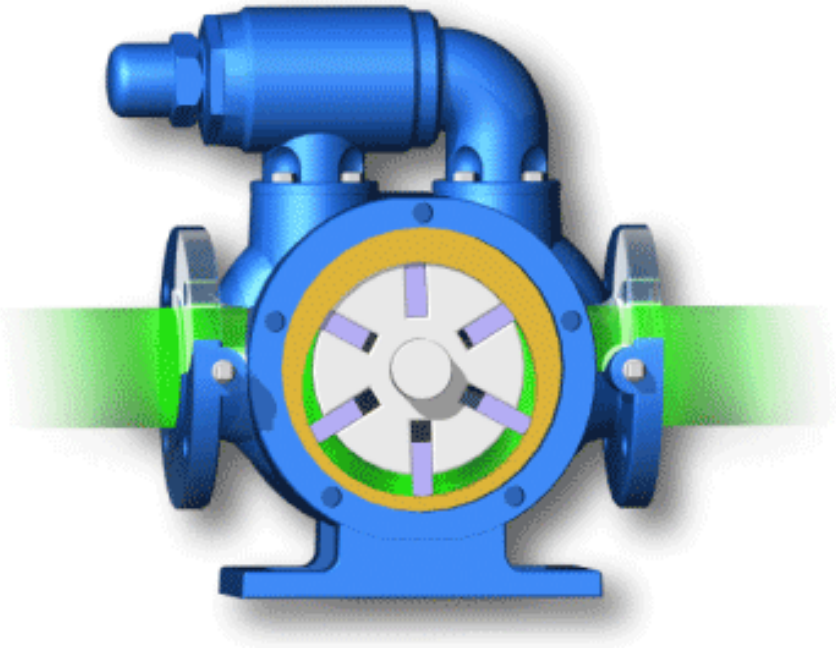
پمپ پیستونی محوری

- مشخصات و مزایا
  - کوچک، متراکم
  - کارایی خوب (۹۰ تا ۹۸ ٪)
  - عمر طولانی
  - فشار بالا (تا ۸۰۰ بار)
  - دور: ۱۲۰۰ تا ۳۰۰۰ rpm
  - بیشتر به عنوان موتور مورد استفاده قرار می‌گیرد تا پمپ

پمپ پره متحرک (Vane Pump)

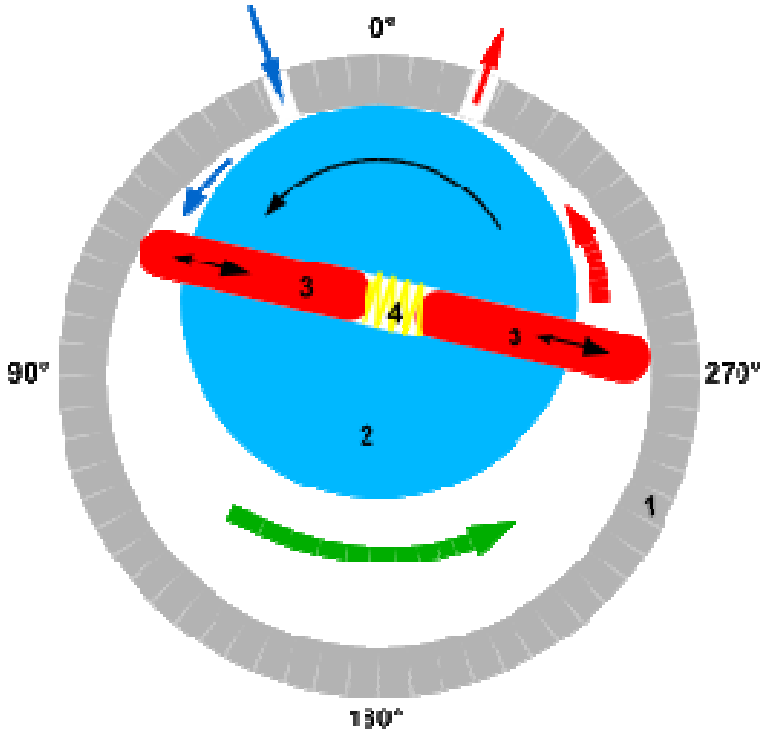
- جز پمپ‌های روتاری تک محور می‌باشند
- شامل پره های قرار گرفته در داخل روتور است که در داخل یک محفظه می‌چرخند





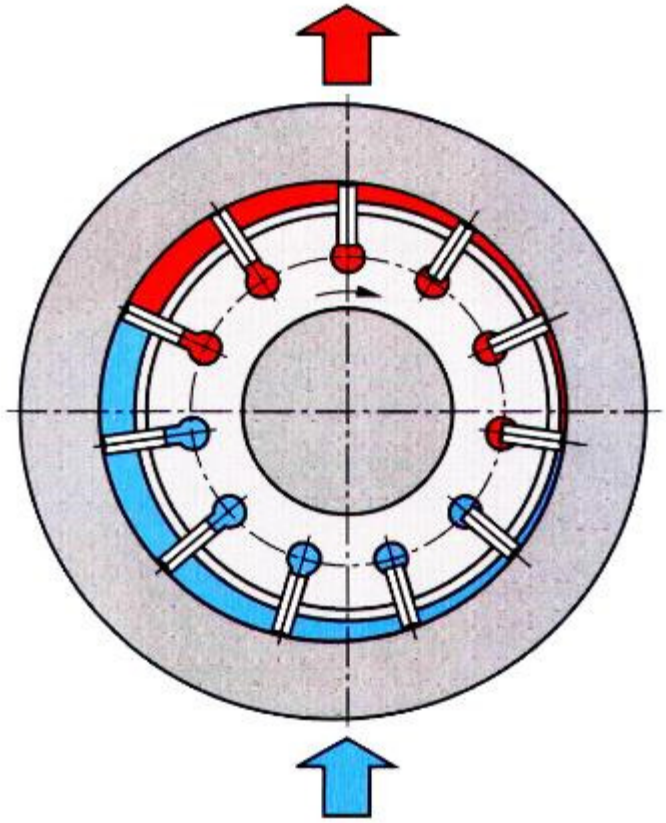
پمپ پره متحرک

- توسط چارلز بارنس در ۱۸۷۴ اختراع شد
- یکی از ابزارهای کاهش مصرف انرژی است که در بسیاری از کاربردها مورد استفاده قرار می گیرد



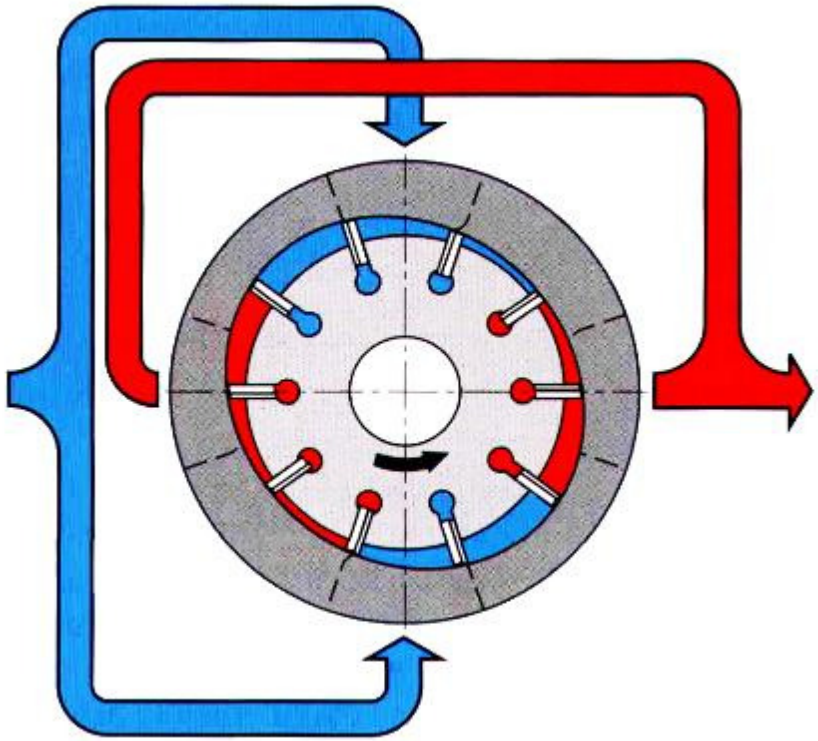
1. محفظه پمپ
2. رتور
3. پره ها
4. فنر

پمپ پره متحرک



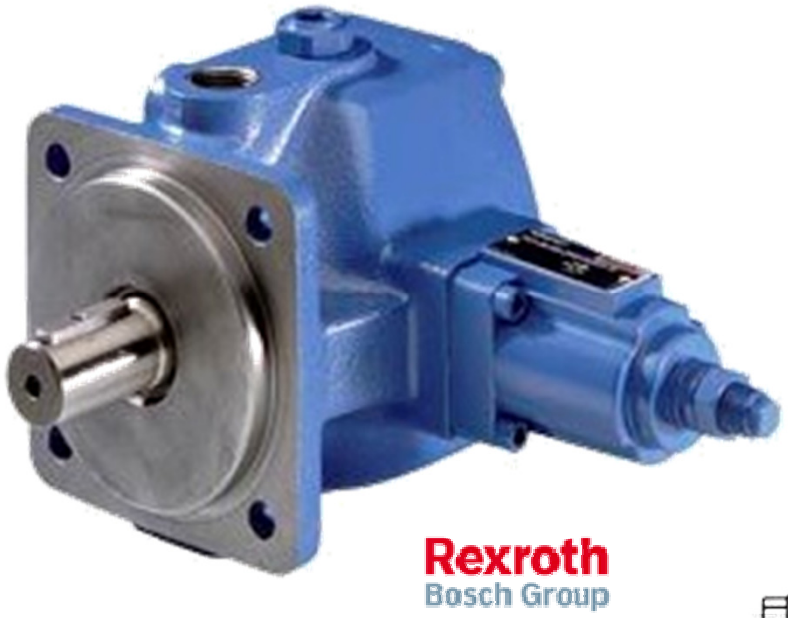
- انواع پمپ پره متحرک
  - یک مرحله‌ای (Single acting)
    - حجم جابجا شده قابل تنظیم است

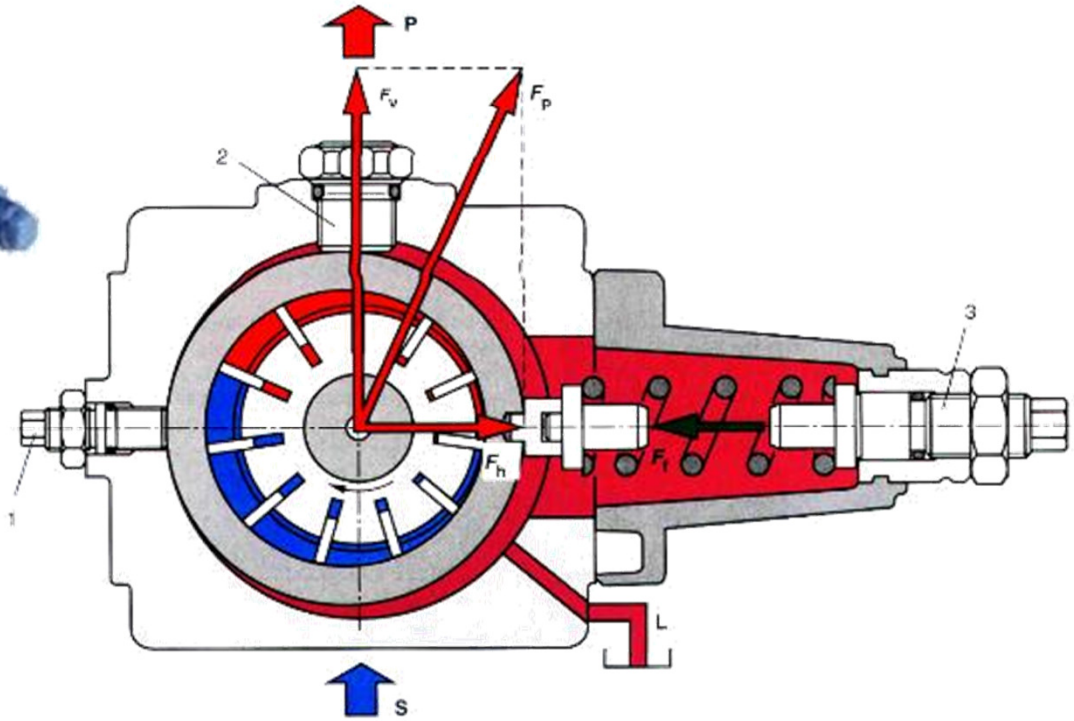
- انواع پمپ پره متحرک
  - دو مرحله‌ای (Double acting)
    - حجم جابجا شده ثابت است.



پمپ پره متحرک

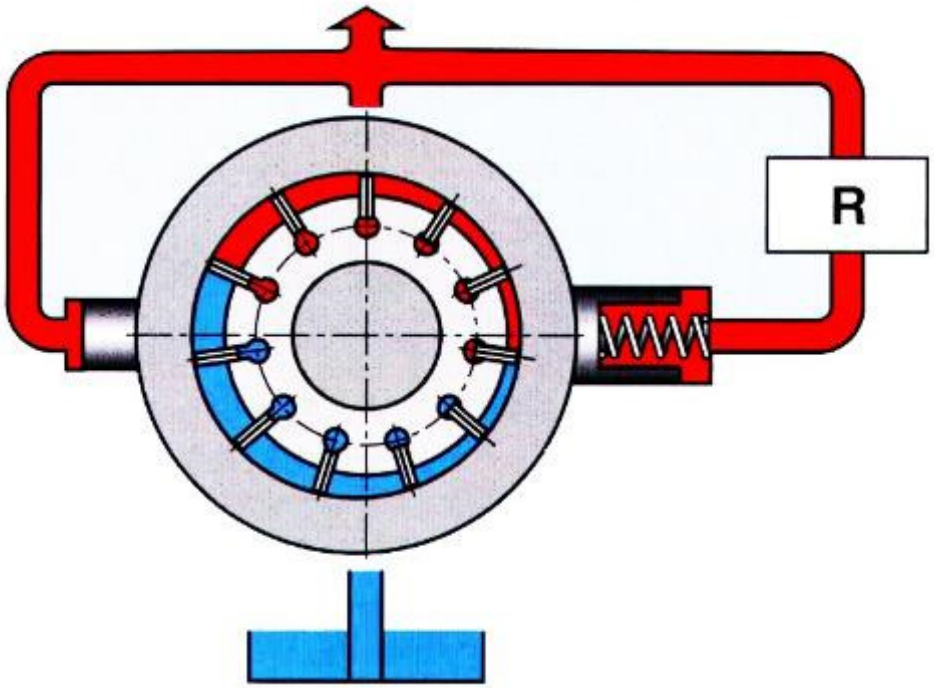
- مکانیزم کنترل مستقیم
  - برای کنترل فشار از نیروی فنری استفاده می‌شود





پمپ پره متحرک

- مکانیزم کنترل جبرانساز فشار



Rexroth
Bosch Group



پمپ پره متحرک

- مشخصات
  - نسبتا آرام (ولی کمتر از پمپهای پیچی)
  - فشار متوسط : ۶۵ تا ۱۳۵ بار
  - دور: ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ rpm
  - بازدهی: ۸۰ تا ۹۵ ٪
  - ارزان
  - تلفات نشتی بالا
  - در صورت رسیدن به فشار نهایی بدون محدودگر می باید از RV استفاده شود.

* کمتر به عنوان موتور مورد استفاده قرار می‌گیرد

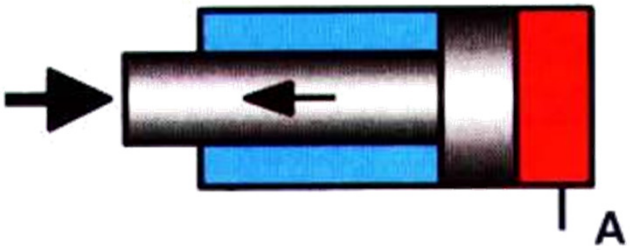
عملگرهای هیدرولیک

سیلندر و پیستون‌ها

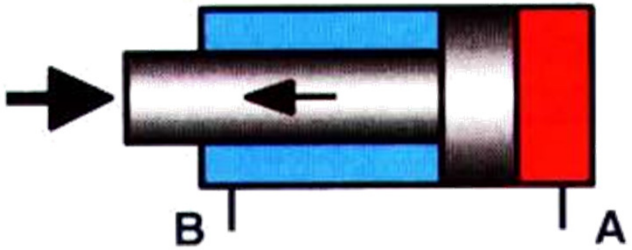
ساختار و عملکرد

سیلندر و پیستون‌ها

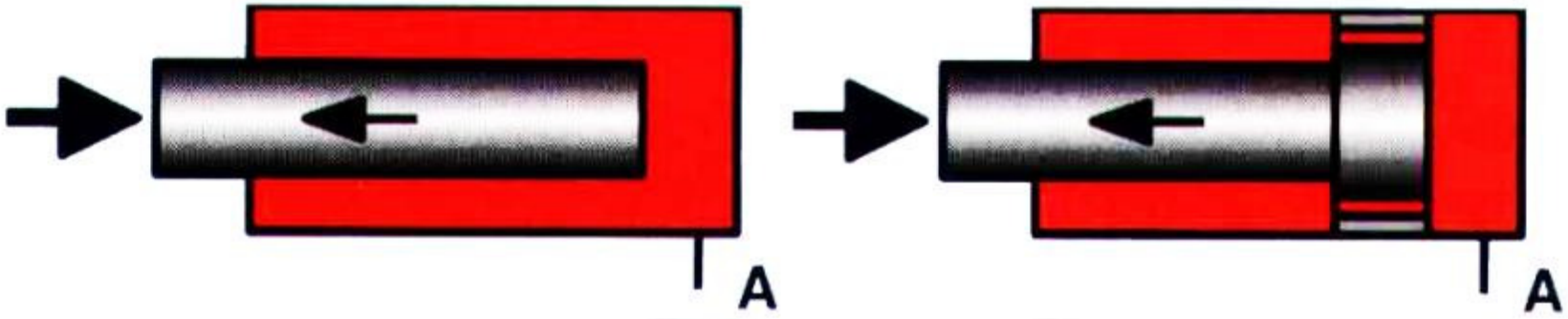
- انواع سیلندر و پیستون‌ها
  - تک جهته: فقط در یک سمت عمل می‌کنند
    - کوبه، پیستون، تلسکوپی، حرکت سریع



  - دوجهته: در هر دو جهت عمل می‌کنند
    - پیستون، میله دوطرفه، دو پشته، تلسکوپی، حرکت سریع



کوبه (Plunger)

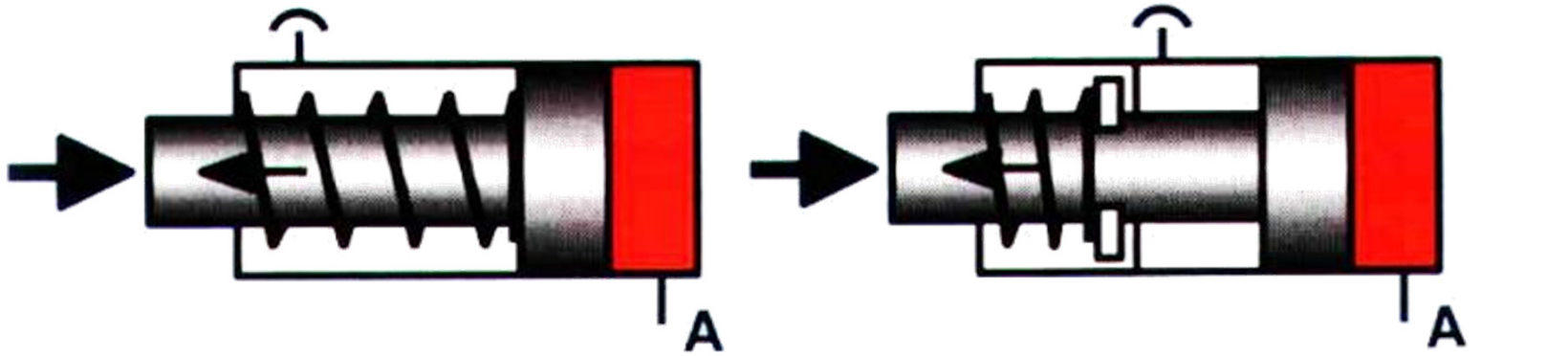






پیستون تک جهته

- فشاری

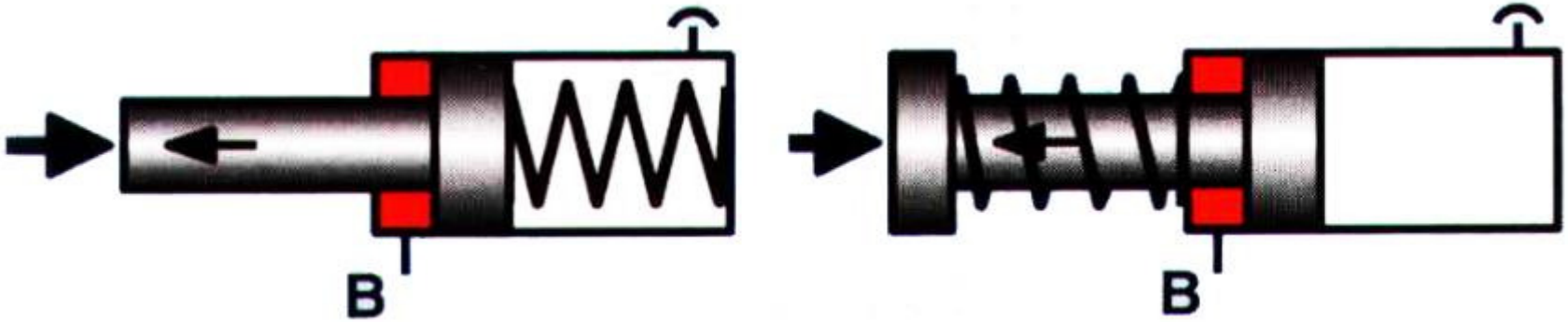




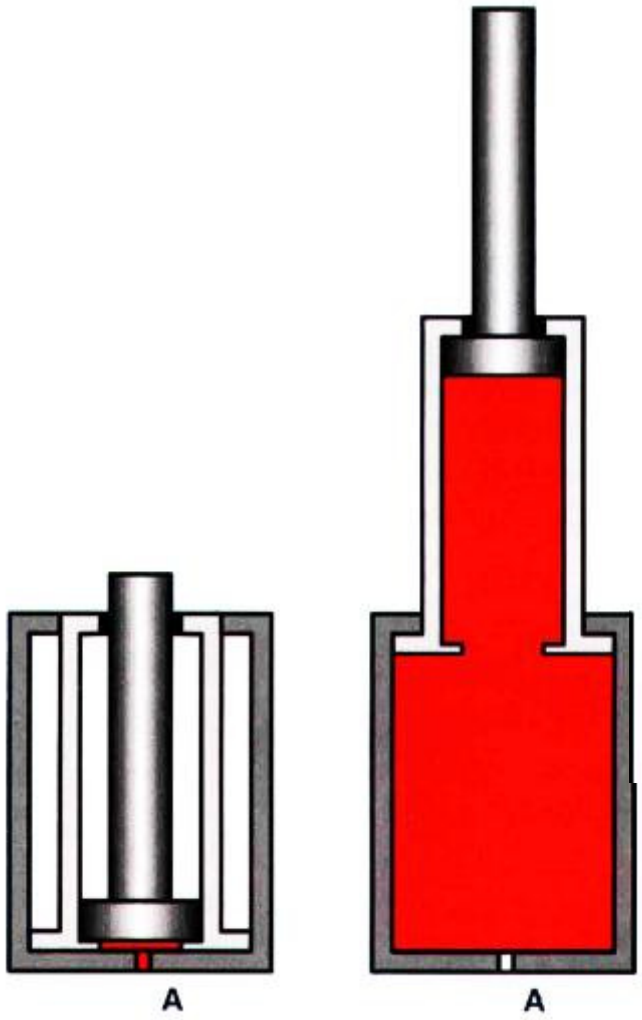
پیستون تک جهته

- کششی





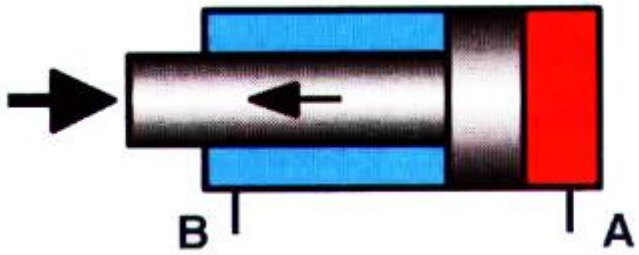
تلسکوپی





پیستون دو جهته

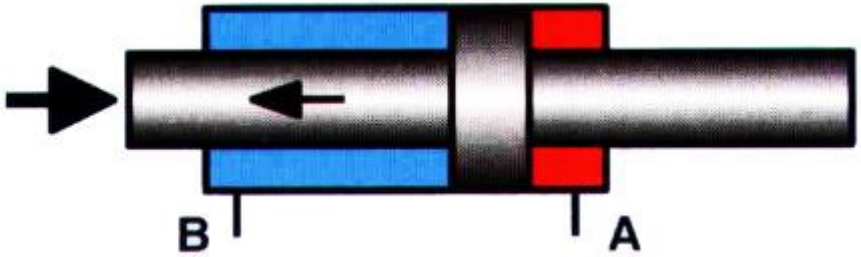






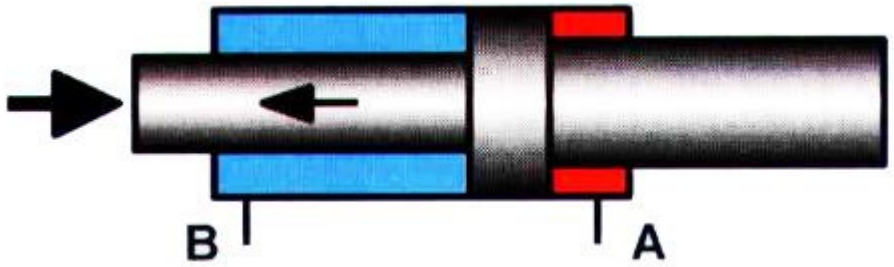
پیستون دو جهته دو سر

- سرعت در دوجهت یکسان:





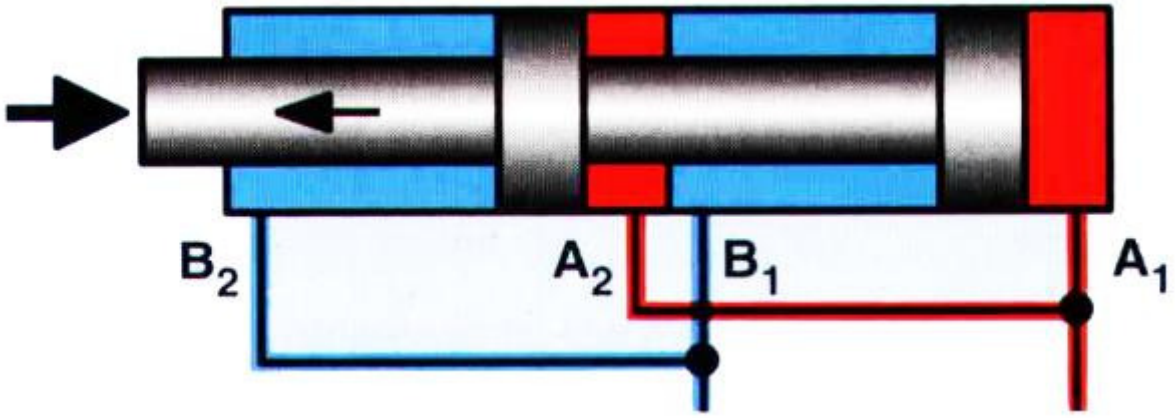
- سرعت در دوجهت متفاوت



پیستون دو پشته

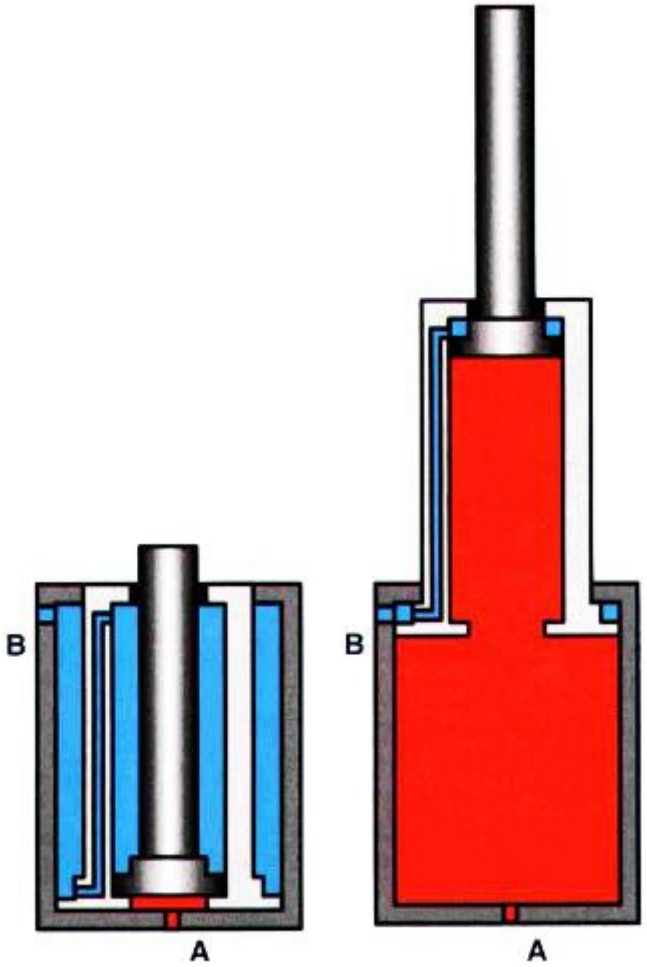
- Tandem





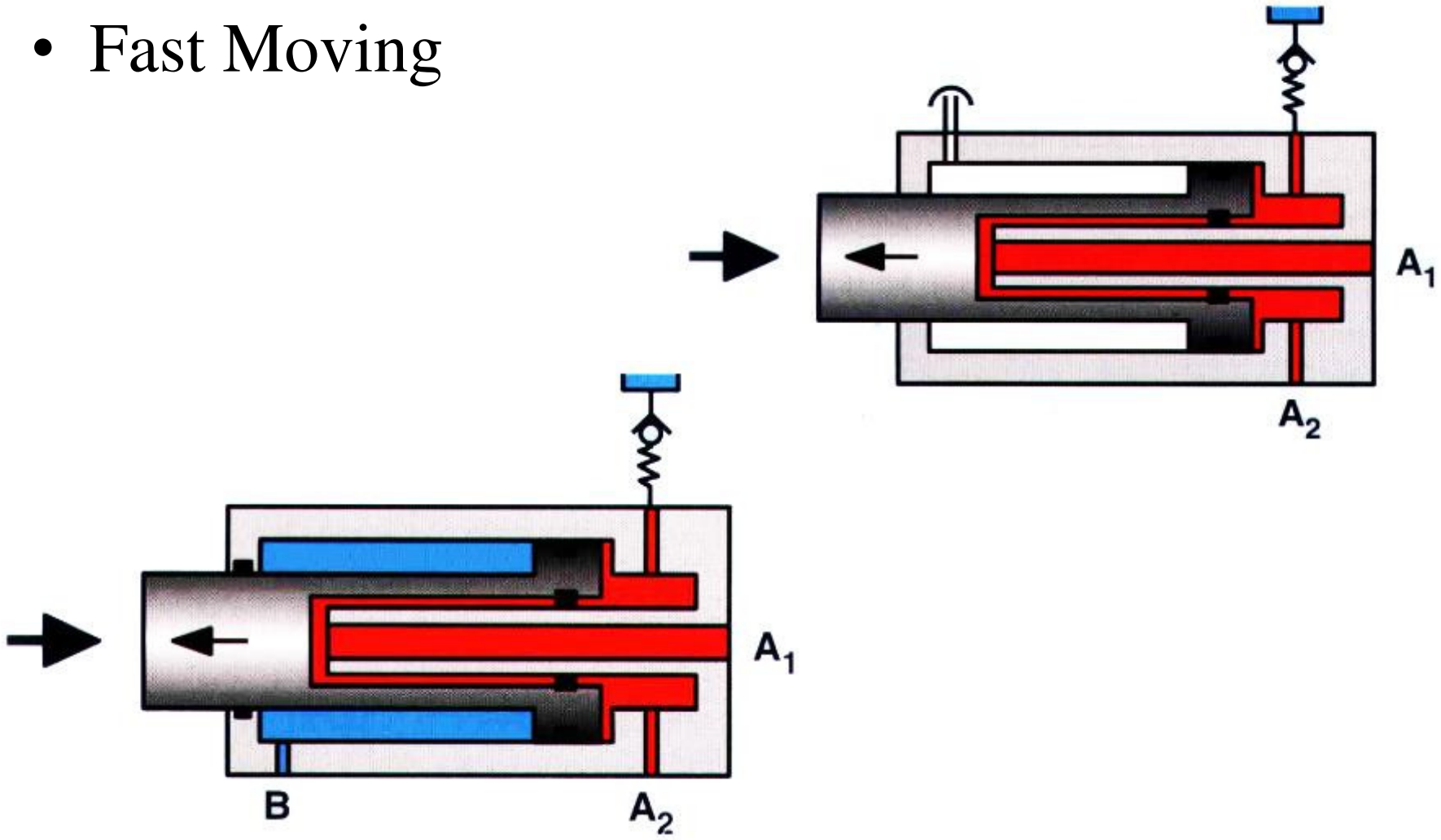
تلسکوپی دو جهته





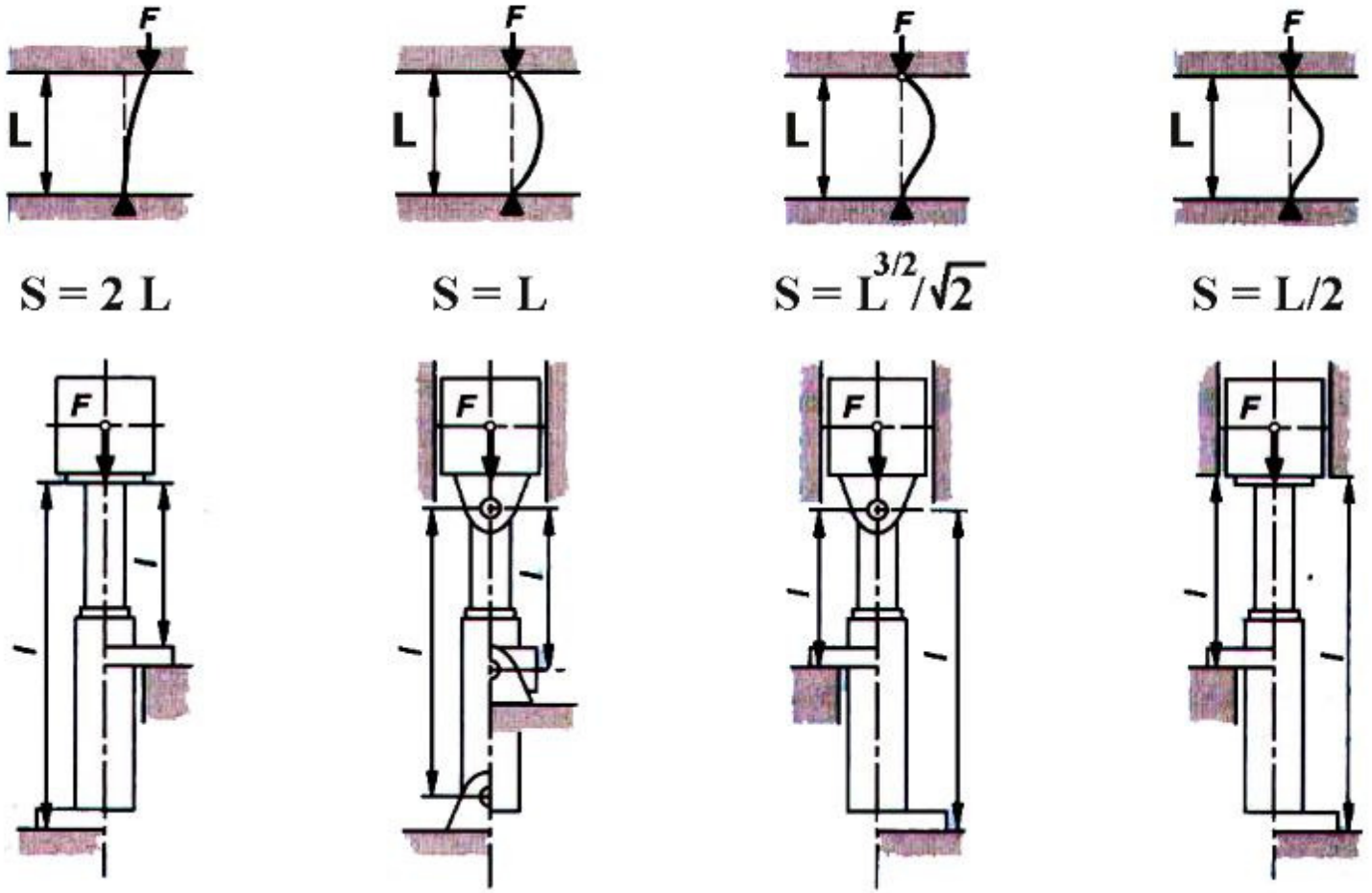
حرکت سریع

- Fast Moving

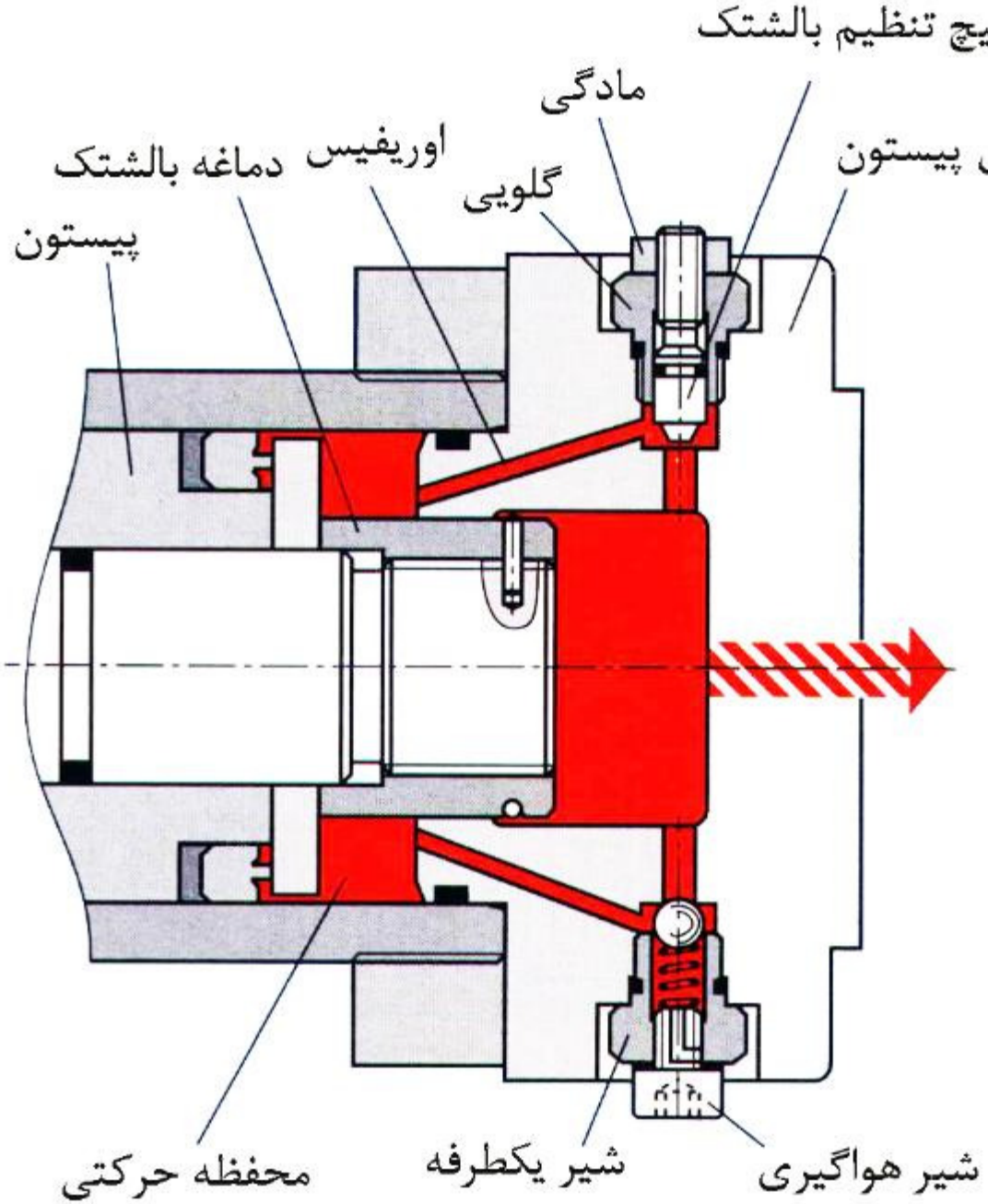


کمانش در پیستون هیدرولیک

	دو سر ثابت دو سر مقید	یک سر ثابت یک سر مفصل و مقید	دو سر مفصل دو سر مقید	یک سر ثابت یک سر آزاد
طول جابجایی آزاد	$S = L/2$	$S = L^{3/2}/\sqrt{2}$	$S = L$	$S = 2L$



بالشتک (Cushioning)



- در بخش انتهایی پیستون، برای حرکت آرام محفظه ای در نظر گرفته شده تا از ضربه زدن ناگهانی جلوگیری کند

انواع شیرها و کاربردهای آن

ساختار و عملکرد

انواع شیرها

- شیرها برای انجام انواع عملکردهای کنترلی و نظارتی بکار می‌روند:
  - شیرهای کنترل فشار (pressure control valves)
  - شیرهای کنترل دبی (flow control valves)
  - شیرهای یک طرفه (check valves)
  - شیرهای کنترل جهت (directional control valves)

شیرهای کنترل فشار

- انواع شیرهای کنترل فشار
  - شیرهای اطمینان (pressure relief valves)
  - شیرهای کاهش فشار (pressure reducing valves)
  - شیرهای تفاضل فشار (pressure difference valve)
  - شیرهای نسبت فشار (pressure ratio valve)

شیرهای اطمینان (PRV)

- وظیفه شیر اطمینان، محافظت از پمپ و سیستم هیدرولیک در برابر بار اضافه و تنظیم حد بالای فشار است

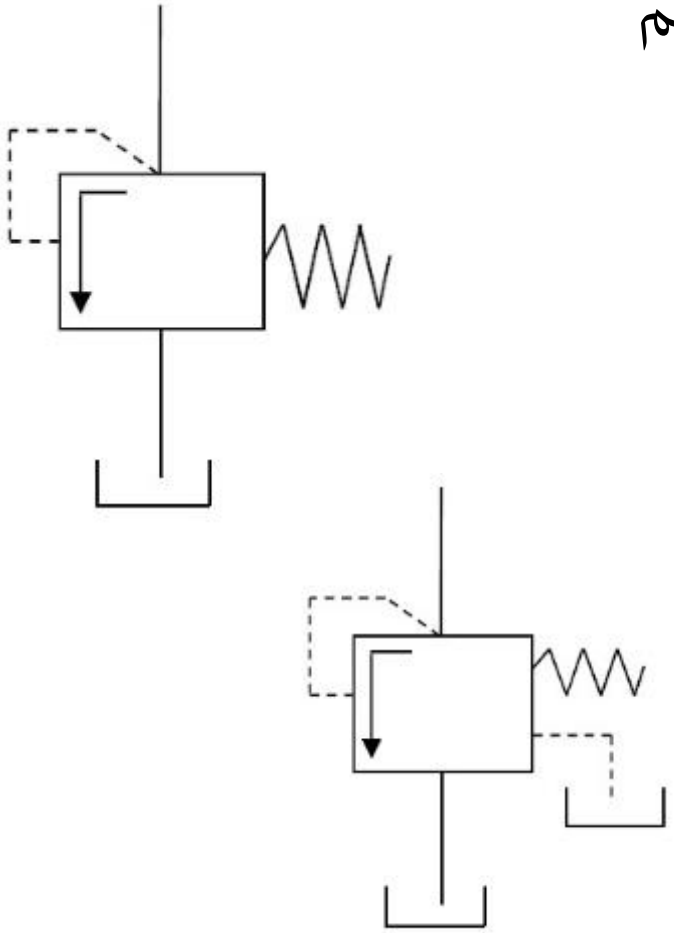
- دلایل افزایش فشار در سیستم هیدرولیک
  - دبی خروجی پمپ بیشتر از دبی عملگر باشد،
  - حجم سیستم بسته کاهش یابد،
  - بار بر روی عملگرها زیاد باشد،
  - دمای سیستم بسته افزایش یابد،
  - مقاومت هیدرولیک سیستم زیاد شود،

شیرهای اطمینان (PRV)

- انواع شیرهای اطمینان (PRV) از نظر عملکرد
  - شیرهای اطمینان با عملکرد مستقیم (direct acting)
  - شیرهای اطمینان با عملکرد پیلوت (pilot operated)
  - شیرهای اطمینان خودکار (self-operated)
  - شیرهای اطمینان با عملکرد خارجی (externally operated)

شیرهای اطمینان (PRV)

- شیرهای اطمینان با عملکرد مستقیم (direct acting PRV)





شیرهای اطمینان (PRV)

$\Rightarrow$ نیرو $\quad p_{sys} \cdot A = F_S = F_{S0} + c \cdot x$

$\Rightarrow$ صفحه اوریفیس $\quad Q_{rv} = A_c \cdot \bar{v} = k \cdot x \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_f}} = k \cdot x \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 p_{sys}}{\rho_f}}$

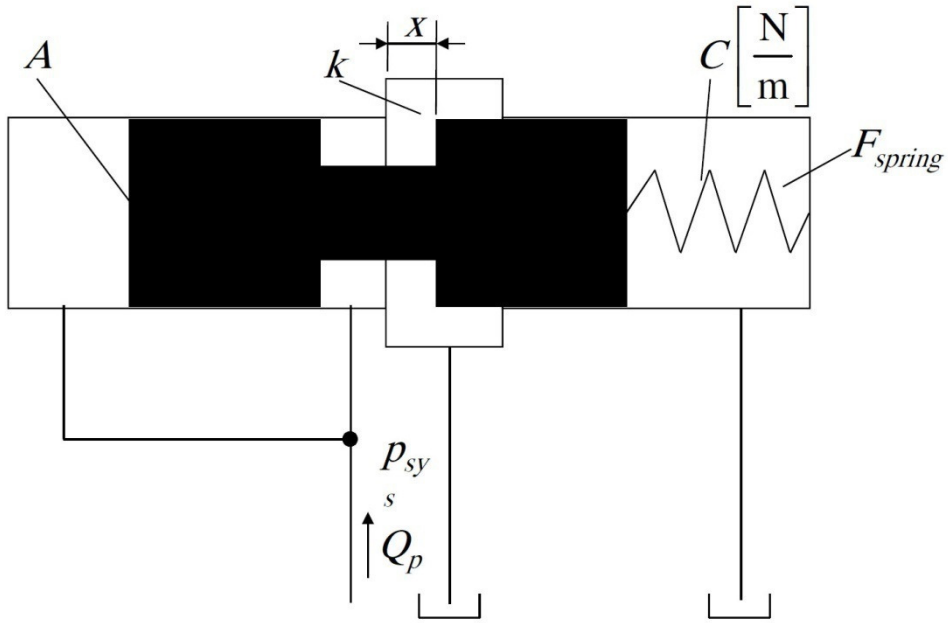
$\alpha = 0{,}6 \ldots 0{,}7$

$$Q_{rv} = k \cdot \alpha \cdot x \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho_f}} \cdot \sqrt{\frac{F_{S0} + cx}{A}}$$

$$x = \frac{p_{sys} \cdot A - F_{S0}}{c}$$

$\Rightarrow$

$$Q_{rv} = k \cdot \alpha \cdot \frac{p_{sys} \cdot A - F_{S0}}{c} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho_f}} \cdot \sqrt{p_{sys}}$$



شیرهای اطمینان (PRV)

- که یک رابطه غیر خطی است.
- با فرض اینکه P* فشاری باشد که در آن شیر باز شود،

$$p_{sys}^{*} \cdot A = F_{S0}$$

$$Q_{rv} = k \cdot \alpha \cdot \frac{\left(p_{sys} - p_{sys}^{*}\right) \cdot A}{c} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho_f}} \cdot \sqrt{p_{sys}} = \underbrace{\frac{k \cdot \alpha \cdot A}{c} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho_f}}}_{=const} \cdot \left(p_{sys} - p_{sys}^{*}\right) \sqrt{p_{sys}}$$

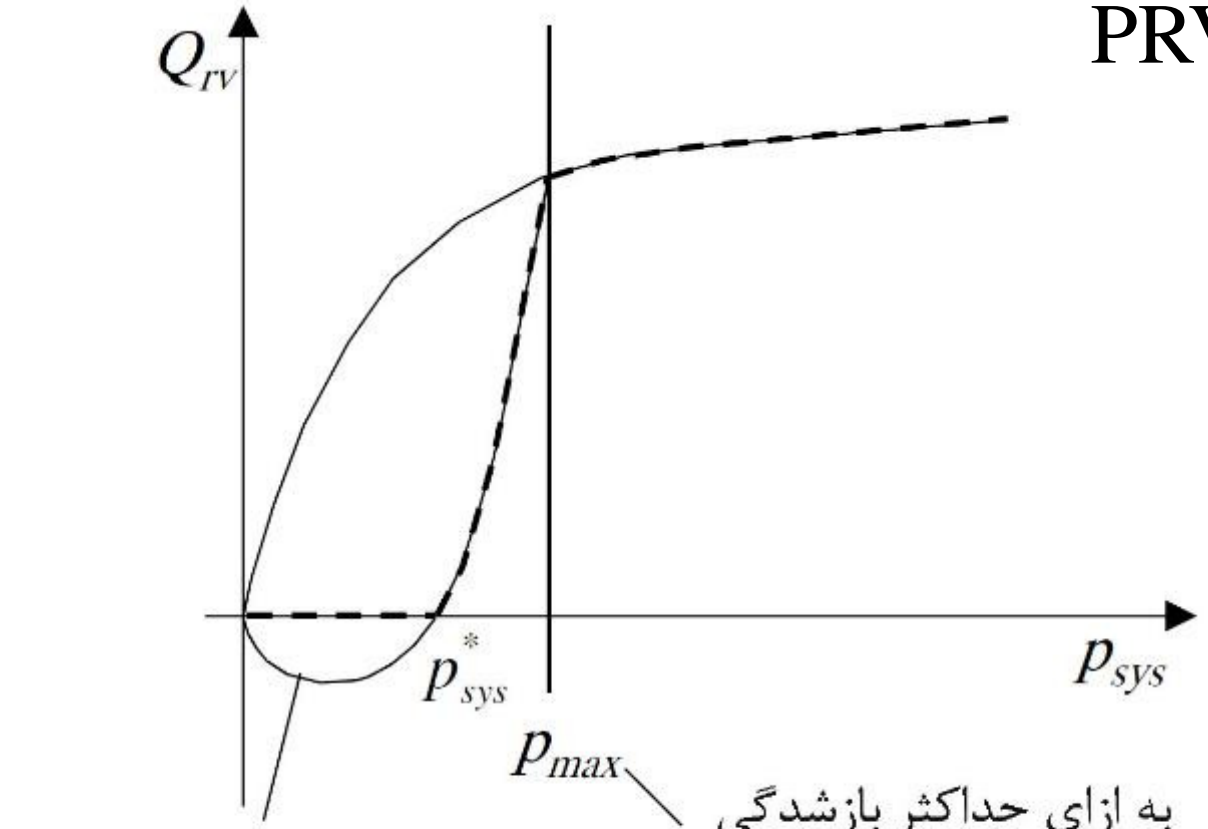
$$0 \le x \le x_{\max}$$

If p > p_{max} :

$$Q_{rv} = const \cdot \left(p_{\max} - p_{sys}^{*}\right) \cdot \sqrt{p_{sys}} = const \cdot \sqrt{p_{sys}}$$

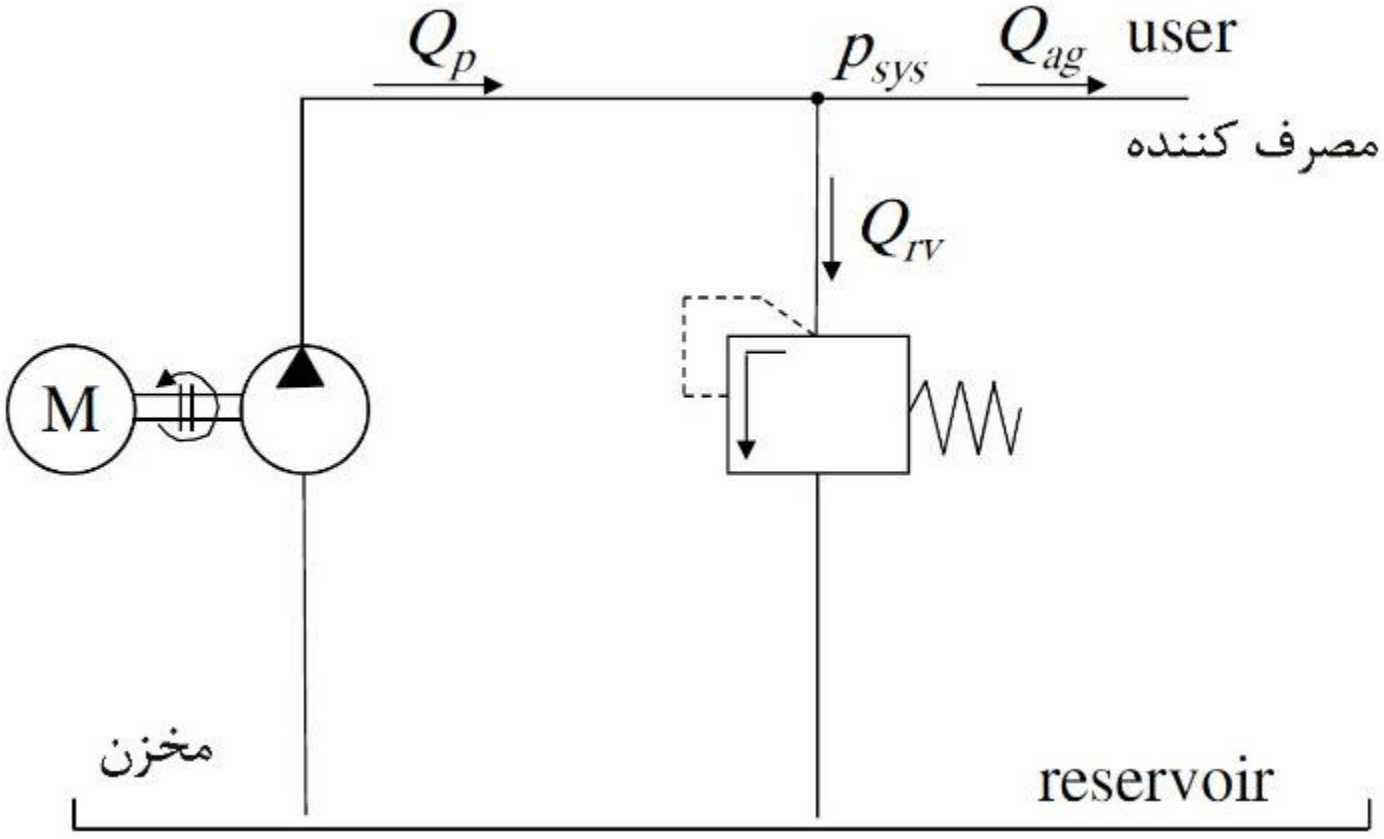
شیرهای اطمینان (PRV)

- نحوه عملکرد PRV

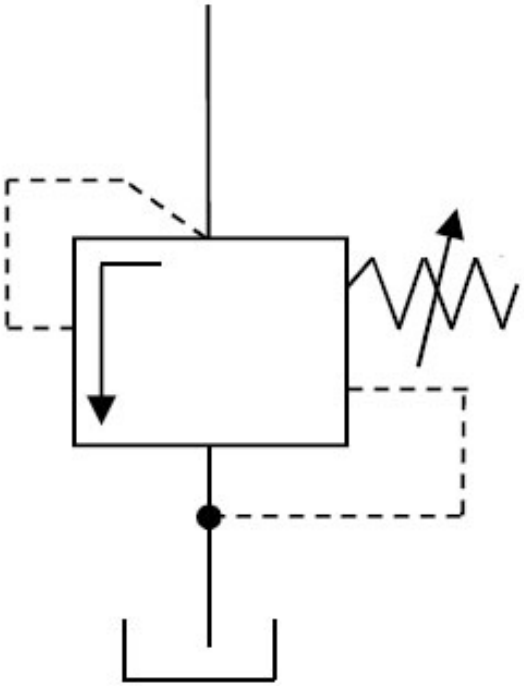


شیرهای اطمینان (PRV)

- نحوه قرارگیری شیر اطمینان در مدار هیدرولیک



شیرهای اطمینان (PRV)



- شیرهای اطمینان با عملکرد پیلوت (pilot operated PRV)



شیرهای اطمینان (PRV)

- شیرهای اطمینان پیلوت زمانی استفاده می‌شوند که حجم جریان زیادی نیاز به کنترل داشته باشد.

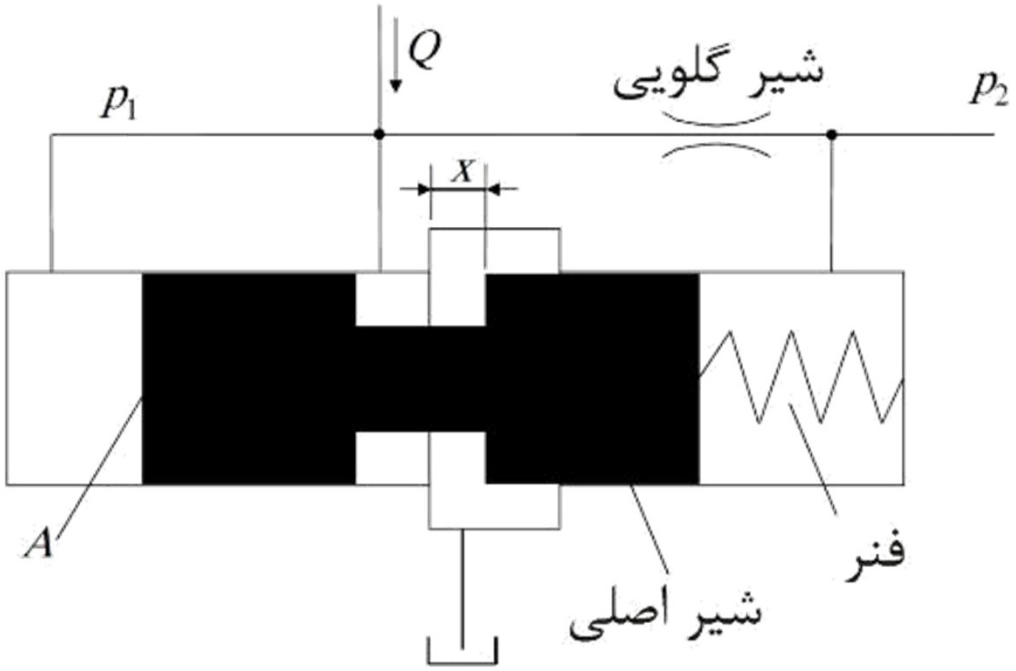
- در دبی‌های بالا، در صورت استفاده از شیرهای اطمینان با عملکرد مستقیم، مقدار تلفات بسیار زیاد می‌شود

- در دبی‌های بالا دینامیک شیر بسیار بد می‌شود

شیرهای اطمینان (PRV)

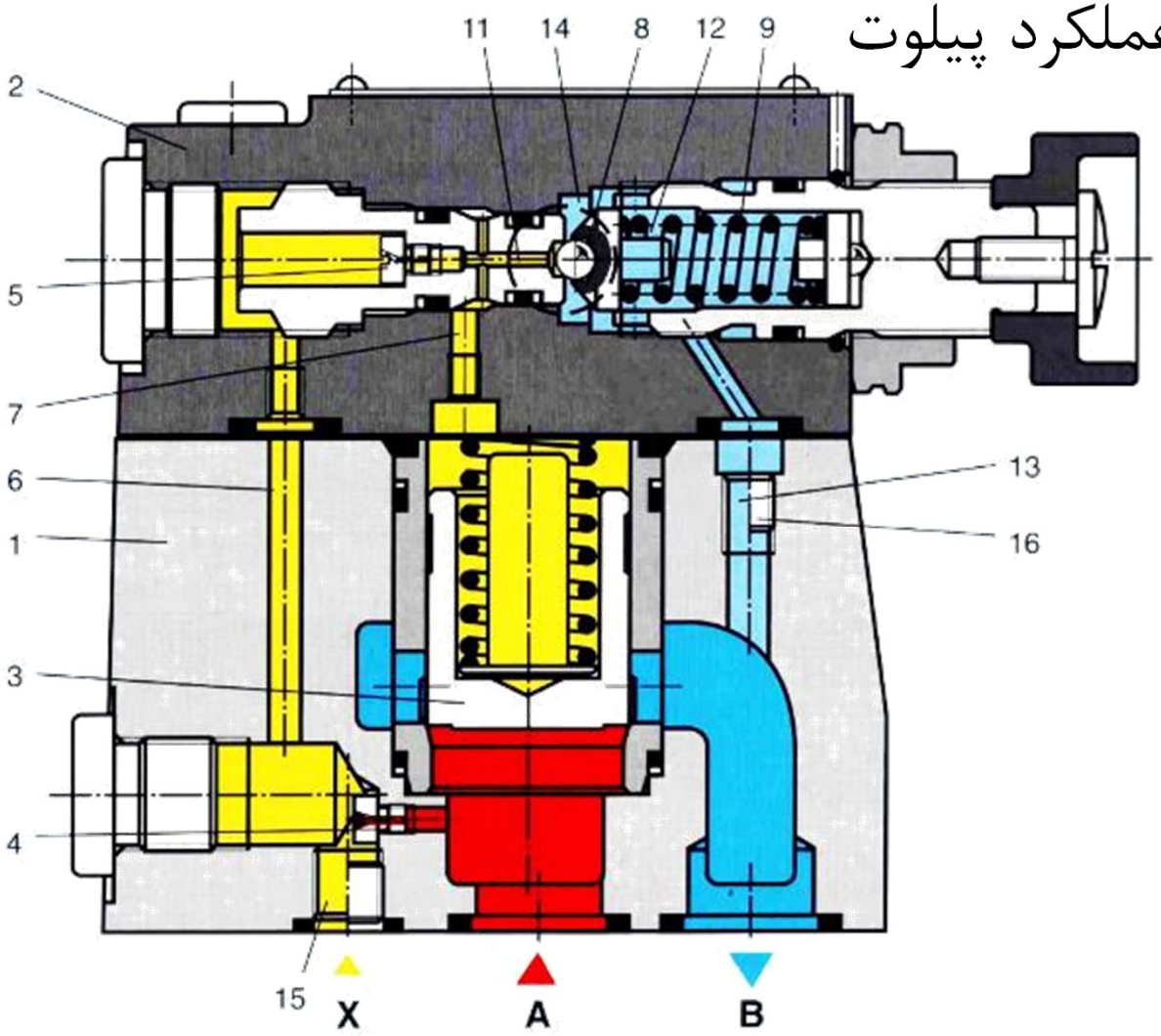
$$C = \frac{k \cdot \alpha \cdot A}{c} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho_f}}$$

- ضریب شیر
- مقادیر زیاد c برای شیر اصلی
- مقادیر زیاد c برای شیر پیلوت



- p_1 فشاری که باید کنترل شود

شیرهای اطمینان (PRV)



- شیرهای اطمینان با عملکرد پیلوت

۱- شیر اصلی

۲- شیر پیلوت

۳- میله اصلی

۴-۵-۱۱-گلویی

۶-۷-۱۳- خطوط عملگر

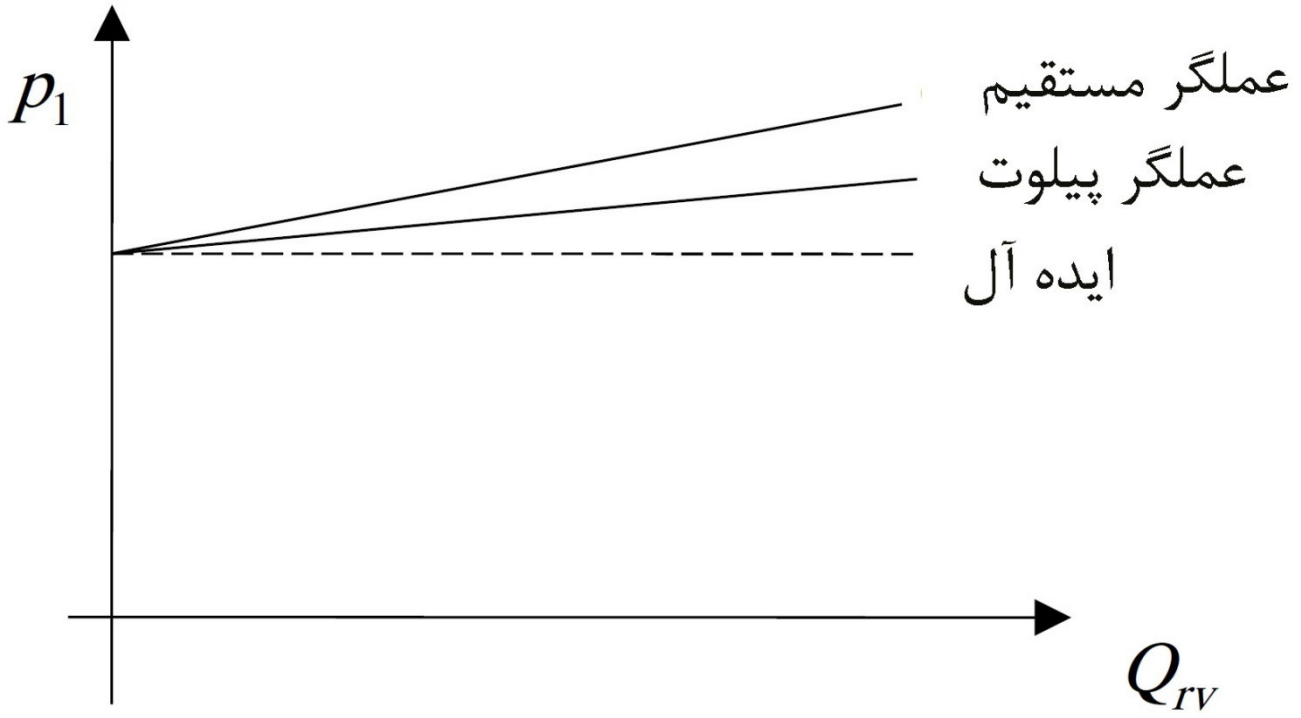
۸- بدنه شیر

۹- فنر

۱۵- تخلیه

شیرهای اطمینان (PRV)

- مقایسه عملکرد



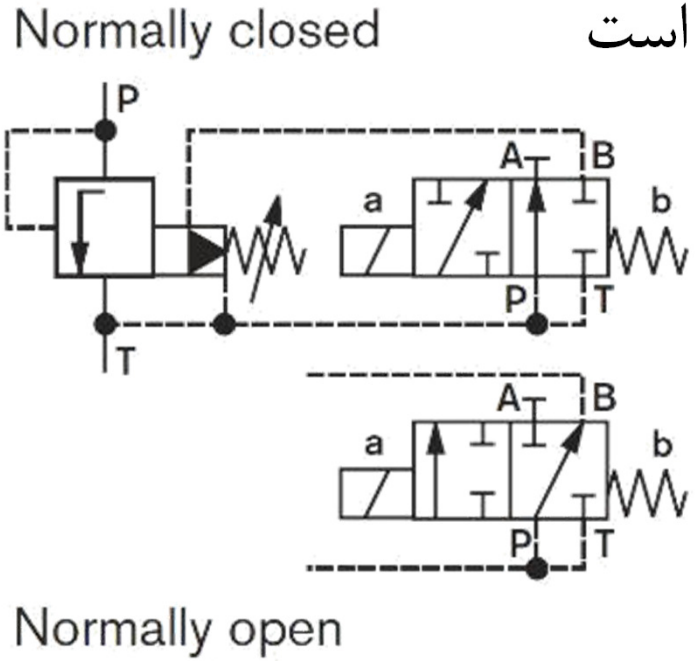
شیرهای اطمینان (PRV)



- شیرهای اطمینان با عملکرد خارجی

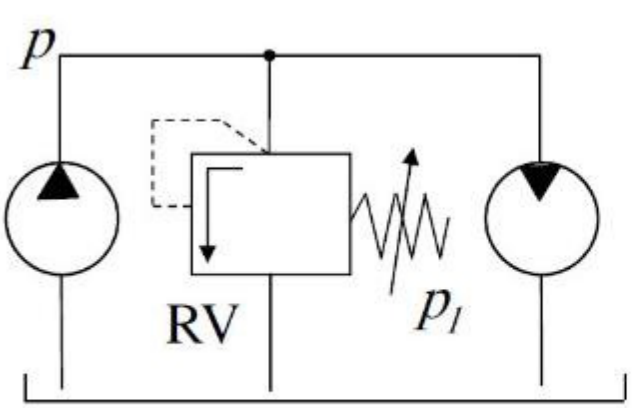
externally operated

– معمولا از نوع PRV پیلوت به همراه یک شیر برقی است

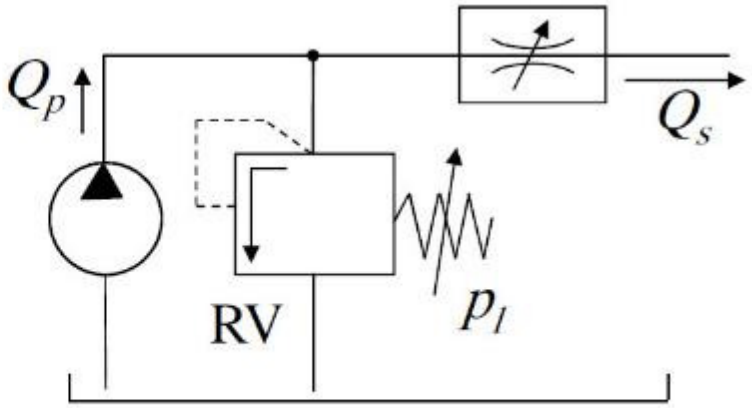


شیرهای اطمینان (PRV)

- کاربردهای PRV
  - شیر اطمینان (معمول)
  - شیر سر ریز (فقط برای توانهای پایین)
  - شیر ترتیبی (Sequence valve) (خاموش کننده- روشن کننده)



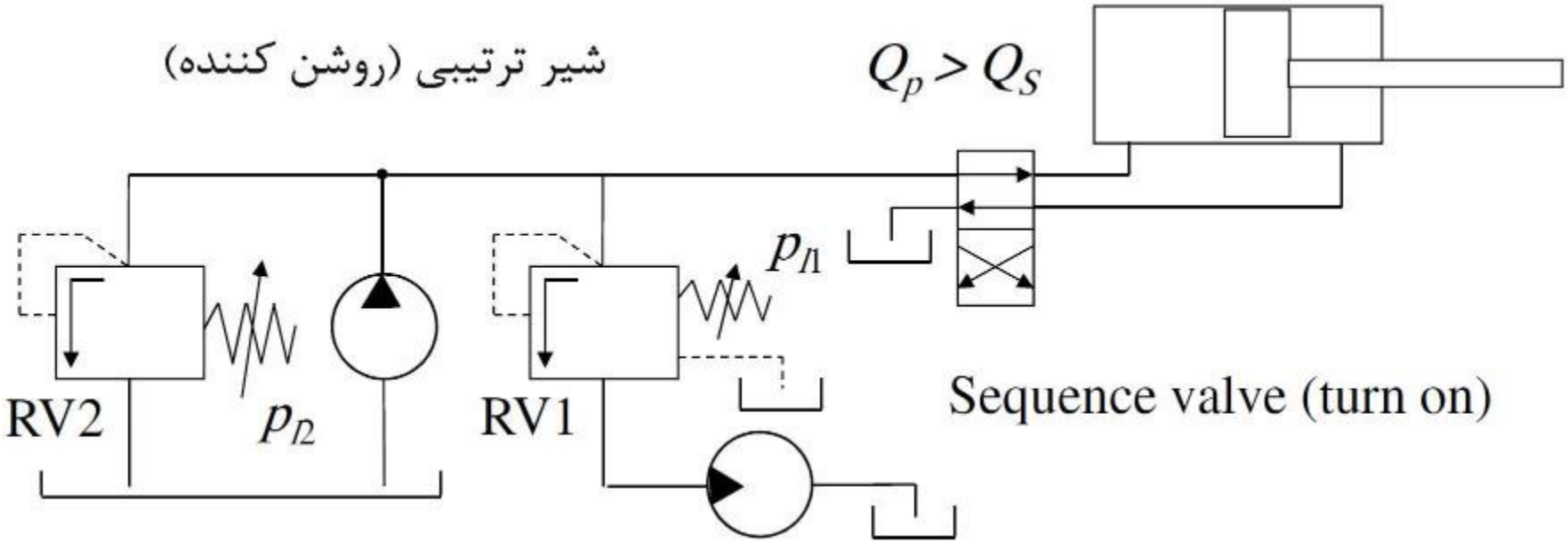
شیر اطمینان



شیر سرریز (منبع فشار)

شیرهای اطمینان (PRV)

- شیر ترتیبی (روشن کننده)
  - برای تغدیه دو مصرف‌کننده از یک پمپ مشترک استفاده می‌شود
  - با تمام شدن دوره یکی از کاربرها، فشار خط افزایش یافته و به کاربرها دیگر سوییچ می‌کند.

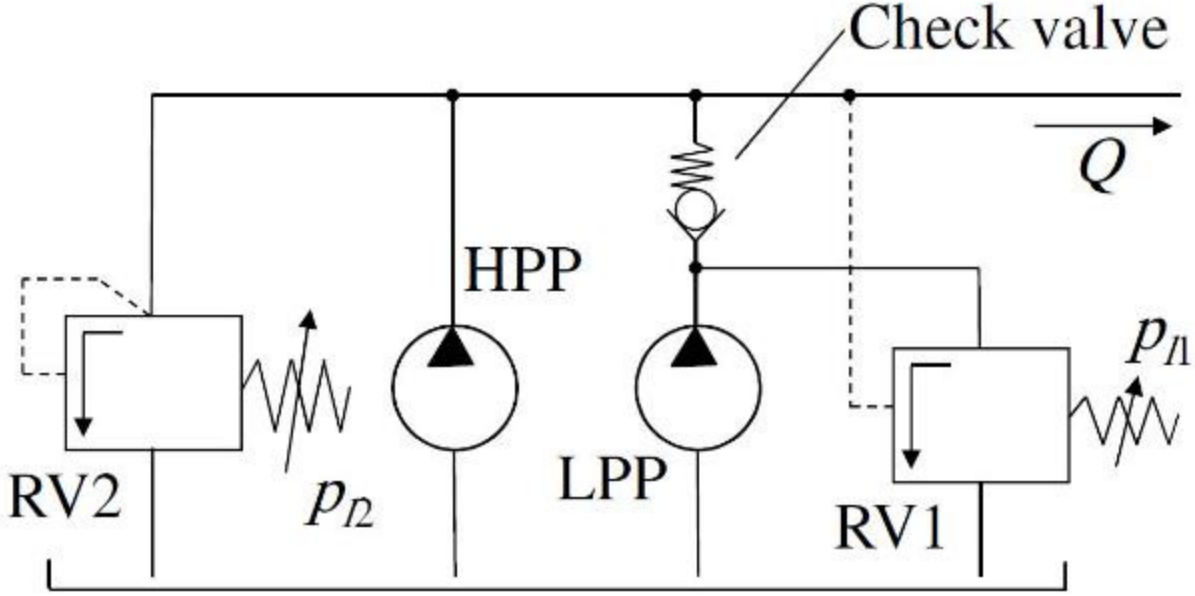


شیرهای اطمینان (PRV)

- شیر ترتیبی (خاموش کننده)

– در صورت استفاده از دو پمپ (یکی فشار بالا و دیگری فشار پایین) به صورت موازی بکار گرفته می‌شود.

– فقط در صورت کافی نبودن فشار، پمپ فشار بالا کار خواهد کرد.

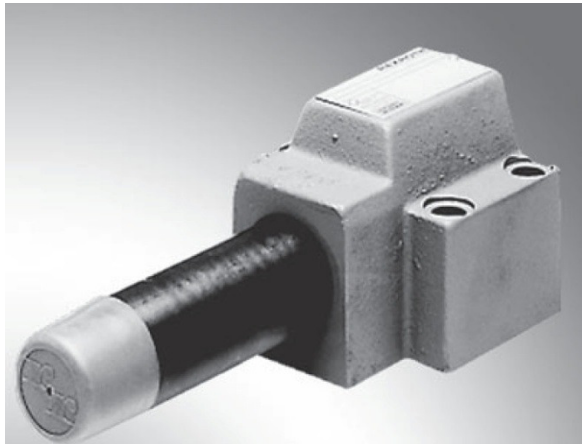


* در صورت نیاز به فشاری کمتر از حد RV1، شیرها بسته شده و پمپ به سیستم باز می‌گردد

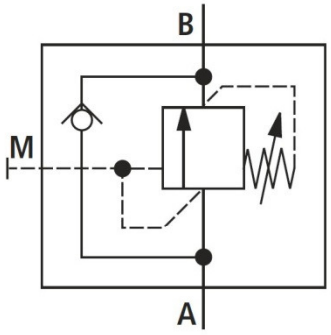
* RV1 از نوع عملگر خارجی است

شیر ترتیبی





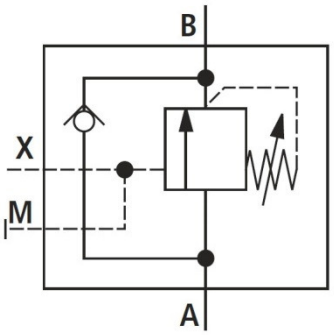
"No code" version



Pilot oil supply internal,

leakage oil discharge internal

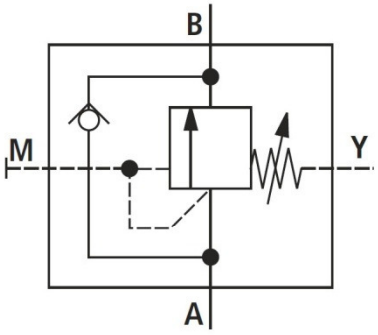
"X" version



Pilot oil supply external,

leakage oil discharge internal

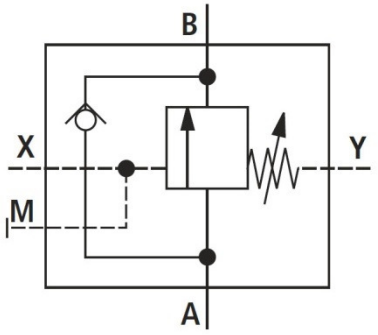
"Y" version



Pilot oil supply internal,

leakage oil discharge external

"XY" version



Pilot oil supply external,

leakage oil discharge external

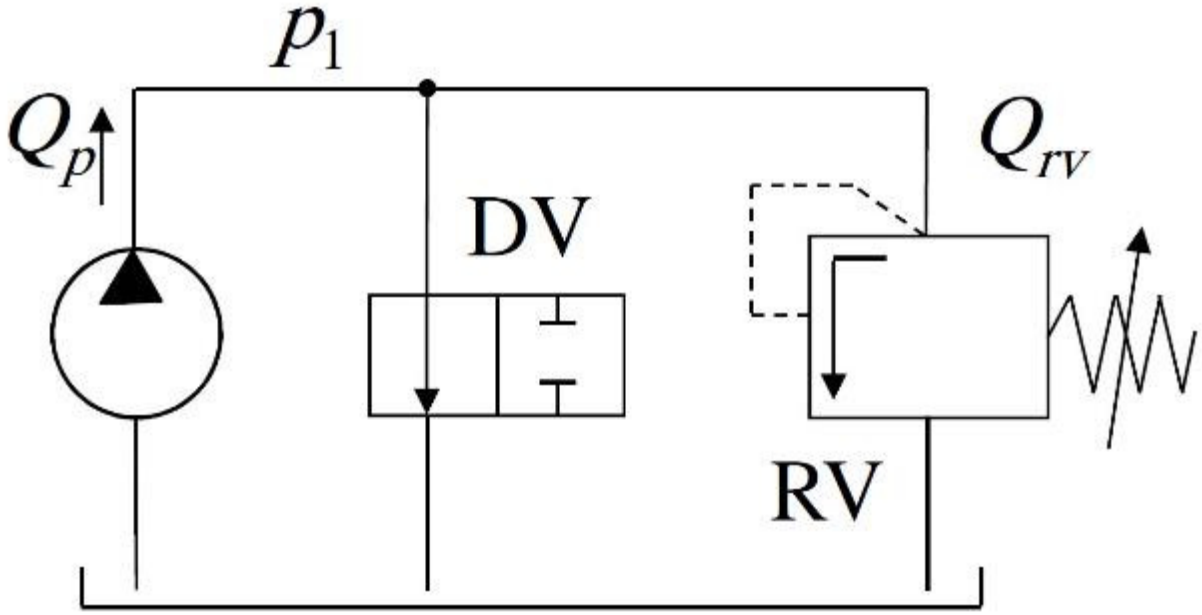
دینامیک شیرهای PRV

- باز و بسته شدن ناگهانی شیر سبب ایجاد نوسان در شیر می‌شود
- رفتار ماندگار سیستم فقط وابسته به شیر می‌باشد.
- رفتار دینامیکی وابسته به تمامی سیستم است.
- رفتار دینامیکی با اعمال یک تغییر فشار ناگهانی بر شیر قابل بررسی است.

دینامیک شیرهای PRV

- دستگاه تست

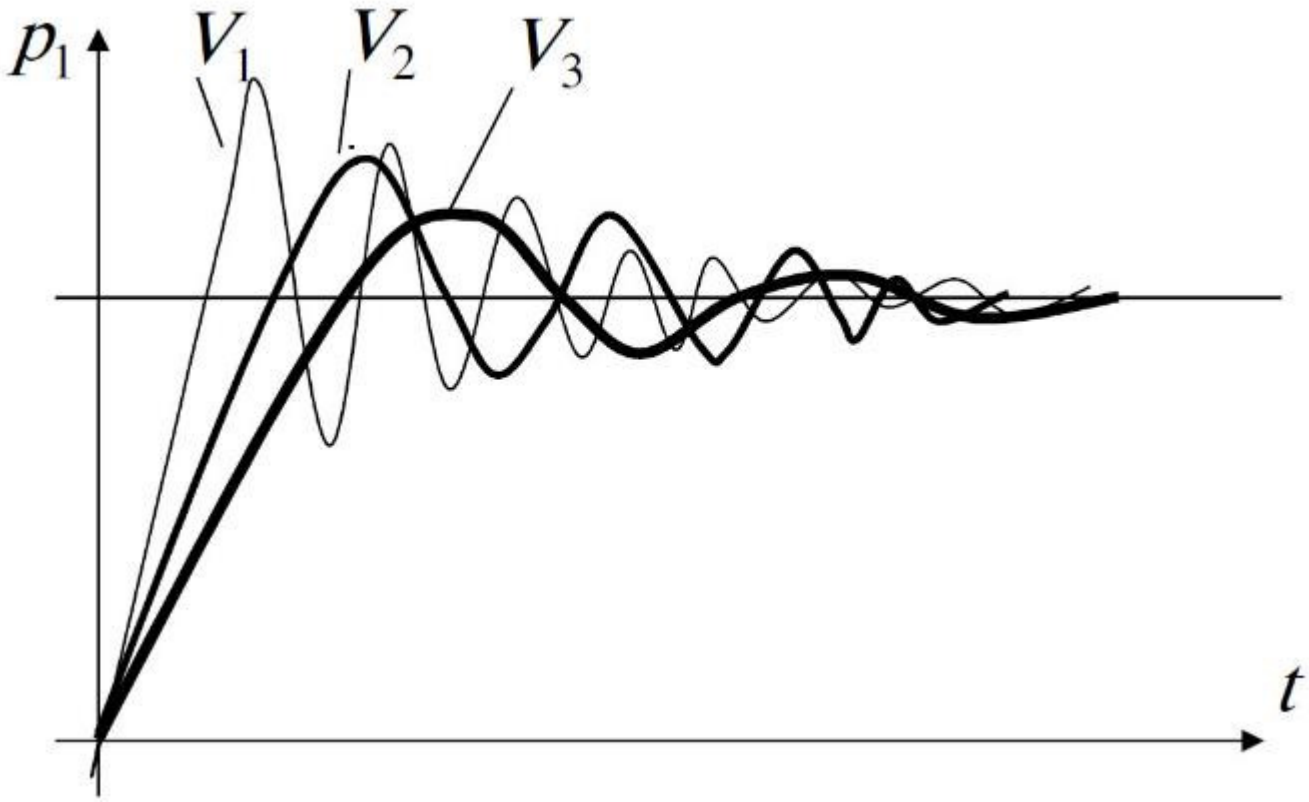
– مسیر بای پس توسط یک شیر کنترل جهت ناگهان بسته شده و این کار سبب افزایش ناگهانی فشار خط می‌شود



دینامیک شیرهای PRV

- V : حجم سیال بین پمپ و شیر

$$V_1 < V_2 < V_3$$



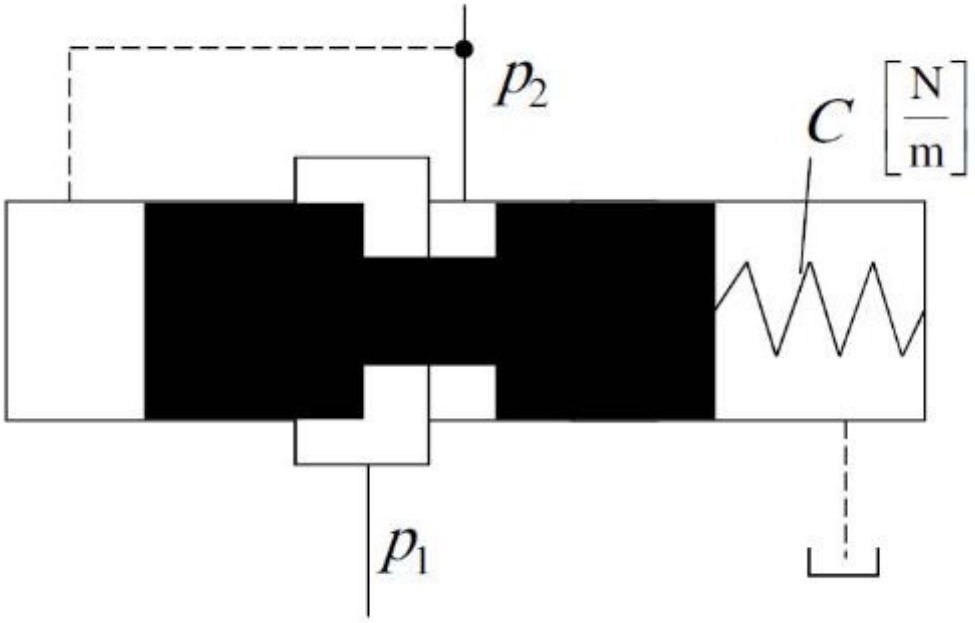
شیرهای فشارشکن

- شیرهای فشارشکن (Pressure reducing valves) برای تامین یک فشار ثابت ثانویه جدا از مقدار فشار و دبی خط اصلی بکار گرفته می‌شوند
  - مسیرهای جانبی (auxiliary) مانند مدارهای کنترل

- انواع شیرهای فشارشکن
  - مستقیم
  - پیلوت
  - شیر سه راهه

شیرهای فشارشکن

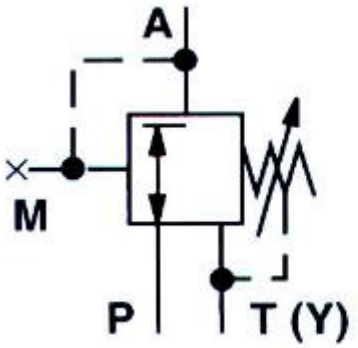
- وضعیت اصلی شیر به صورت کاملا باز است.
- در صورت افزایش فشار p_1 بیش از نیروی فنر، شیر شروع به بسته شدن می‌کند.
- شیر مقدار باز خواهند ماند که نیروی فنر با نیرو فشار p_2 به تعادل برسد.

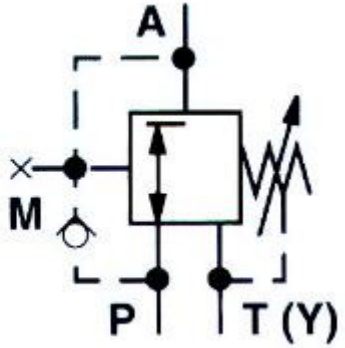


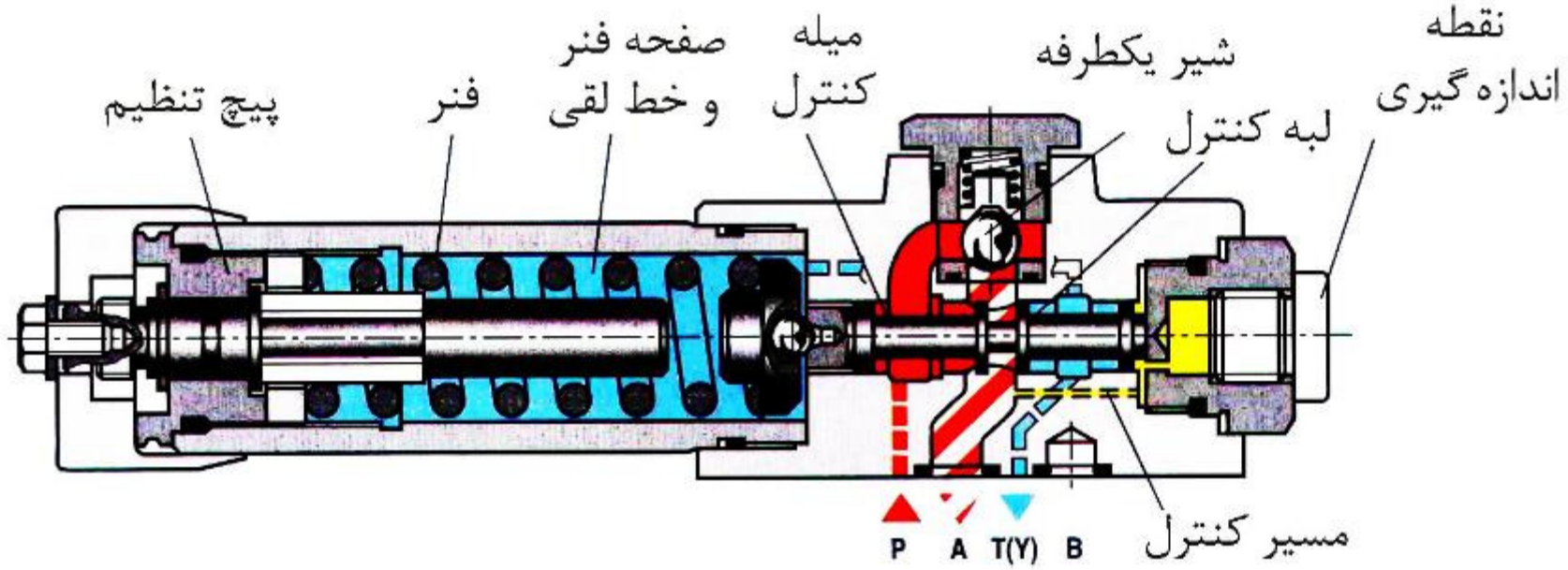
افت توان حاصل برابر با $(p_1\text{-}p_2)Q$ بوده، نباید به صورت طولانی استفاده شوند

شیرهای فشارشکن

- شیرهای فشارشکن عملکرد مستقیم

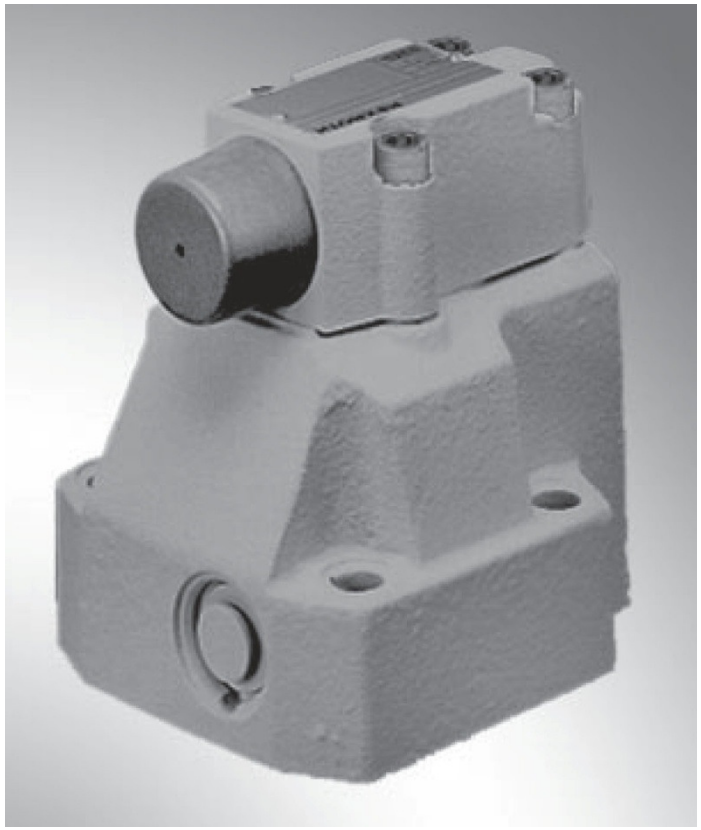


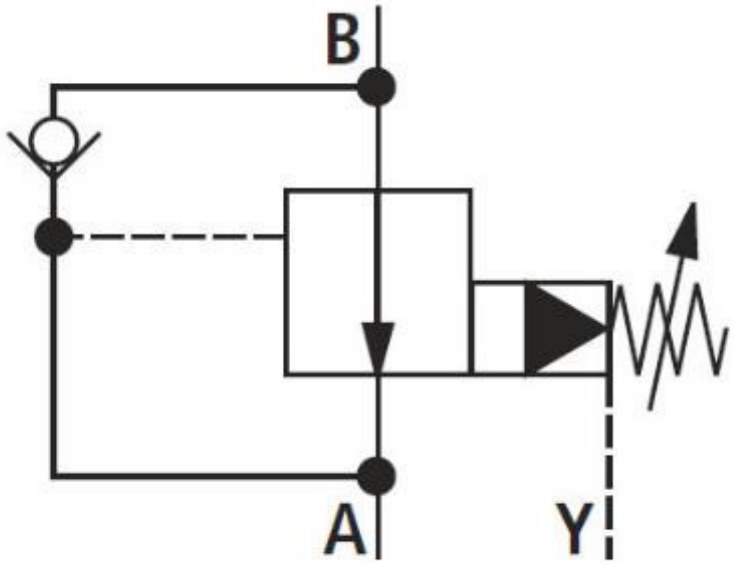




شیرهای فشارشکن

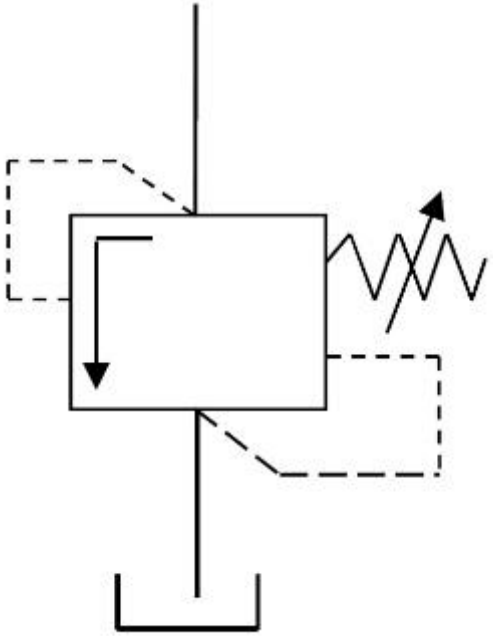
- شیرهای فشارشکن عملکرد پیلوت





شیرهای تفاضل فشار

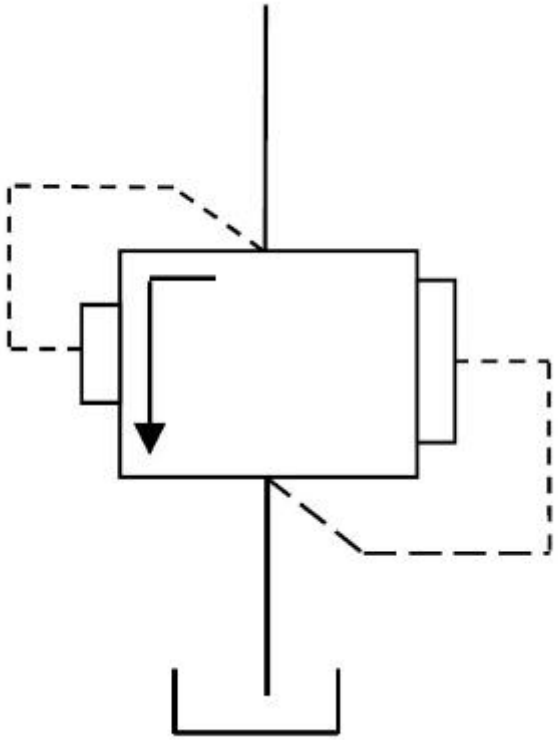
- کاربرد شیرهای تفاضل فشار (Pressure difference valves) برای حفظ اختلاف فشار بین ورودی و خروجی بدون توجه به میزان دبی و فشار است.



- مشابه با شیرهای فشارشکن بوده با این تفاوت که سمت فنر به تخلیه متصل نبوده و به یکی از خطوط فشار متصل است

شیرهای نسبت فشار

- کاربرد شیرهای تفاضل فشار (Pressure ratio valves) برای حفظ نسبت فشار بین ورودی و خروجی بدون توجه به میزان دبی و فشار است



در بلوک آن فنری وجود نداشته، تنها فشار خطوط به دو طرف صفحه پیستون اعمال می‌شوند

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

شیرهای کنترل جریان

- سرعت حرکت جک‌های هیدرولیک می‌تواند تحت تاثیر سرعت جریان قرار گیرد.
- این کار توسط پمپ‌های سرعت متغیر یا شیرهای کنترل جریان انجام می‌شود.

- روش‌های کنترل جریان توسط شیرهای کنترل جریان
  - تغییر سطح مقطع اوریفیس
  - تغییر تفاوت فشار دو طرف یک مقاومت
  - تقسیم جریان

شیرهای کنترل جریان

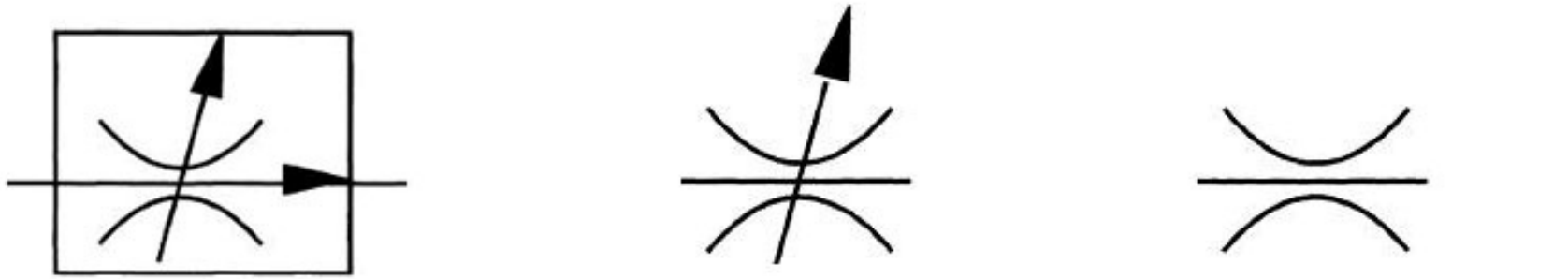
- مزایا
  - سادگی
  - عملکرد مطمئن
  - رفتار دینامیکی خوب
  - صحت
- معایب
  - افت نسبتا شدید توان

شیرهای کنترل جریان

- انواع شیرهای کنترل جریان
  - شیرهای مقاومتی (Restrictor) (گلویی throttle)
  - شیرهای کنترل جریان (Flow control valves)
  - شیرهای تقسیم جریان (Flow dividing valves)

شیرهای مقاومتی

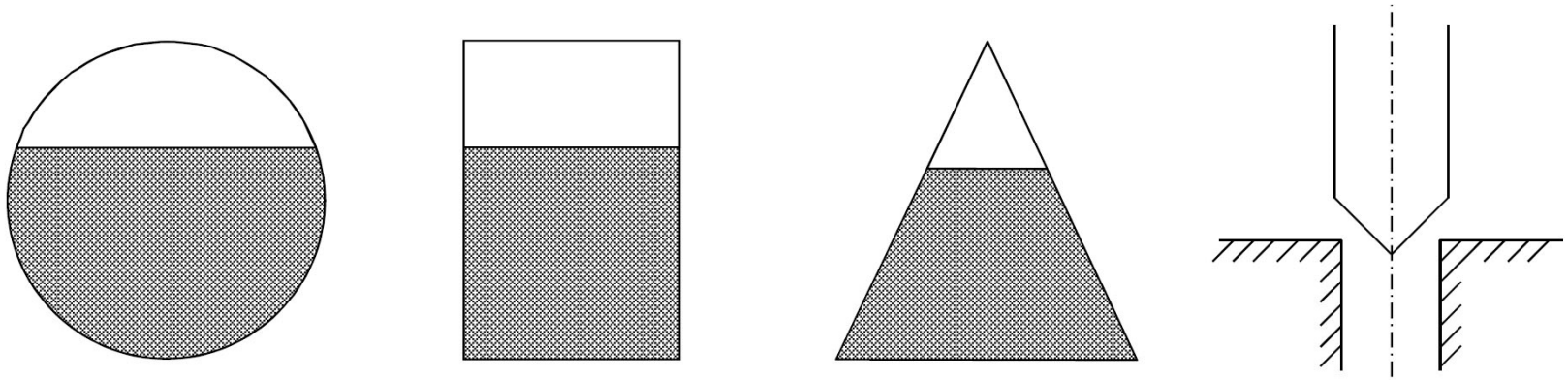
- شیرهای مقاومتی (Restrictor Valves) می‌توانند به صورت مقاومت متغیر یا مقاومت ثابت باشند.



کنترل جریان ثابت کنترل جریان گلویی کنترل جریان گلویی با جبرانساز فشار

شیرهای مقاومتی

- نوع مقاومت متغیر آن بر اساس تغییر سطح مقاومت عمل می‌کند
  - تا حد ممکن در این نوع شیرها، مقاومت باید از مستقل از عدد Re باشد.
  - راه حل آسان برای این منظور استفاده از مقاومت‌های اوریفیسی است

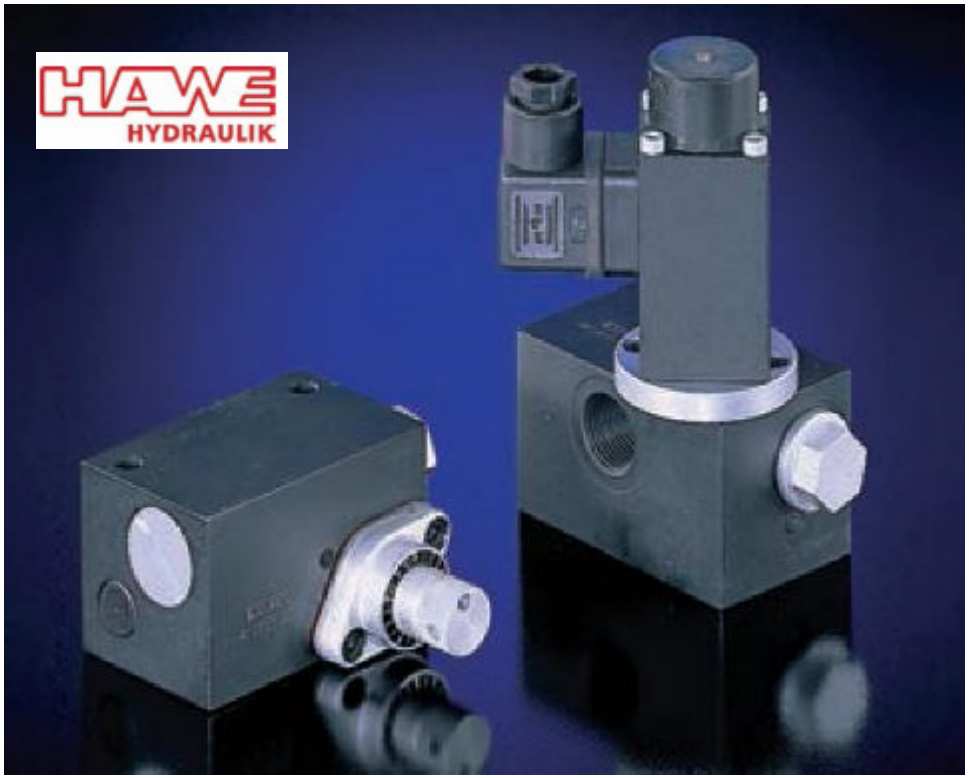


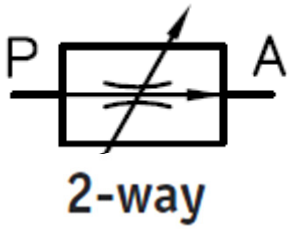
شیرهای مقاومتی

- مشخصه انواع سطح مقطع
  - عدم حساسیت به آلودگی: دایروی
  - افزایش سطح مقطع پیوسته، بخصوص برای سطح مقطع‌های کوچک: مثلثی
  - تغییر آسان سطح مقطع: همگی بجز دایروی

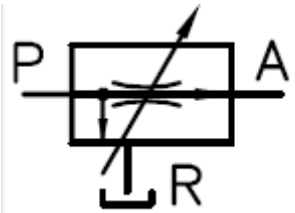
شیرهای مقاومتی

- انواع شیر گلویی





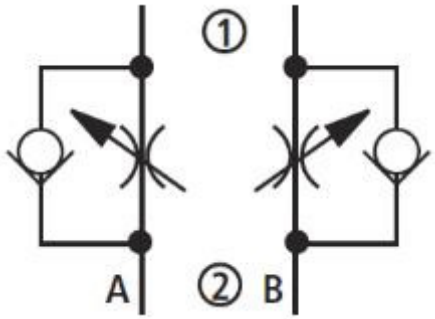
2-way



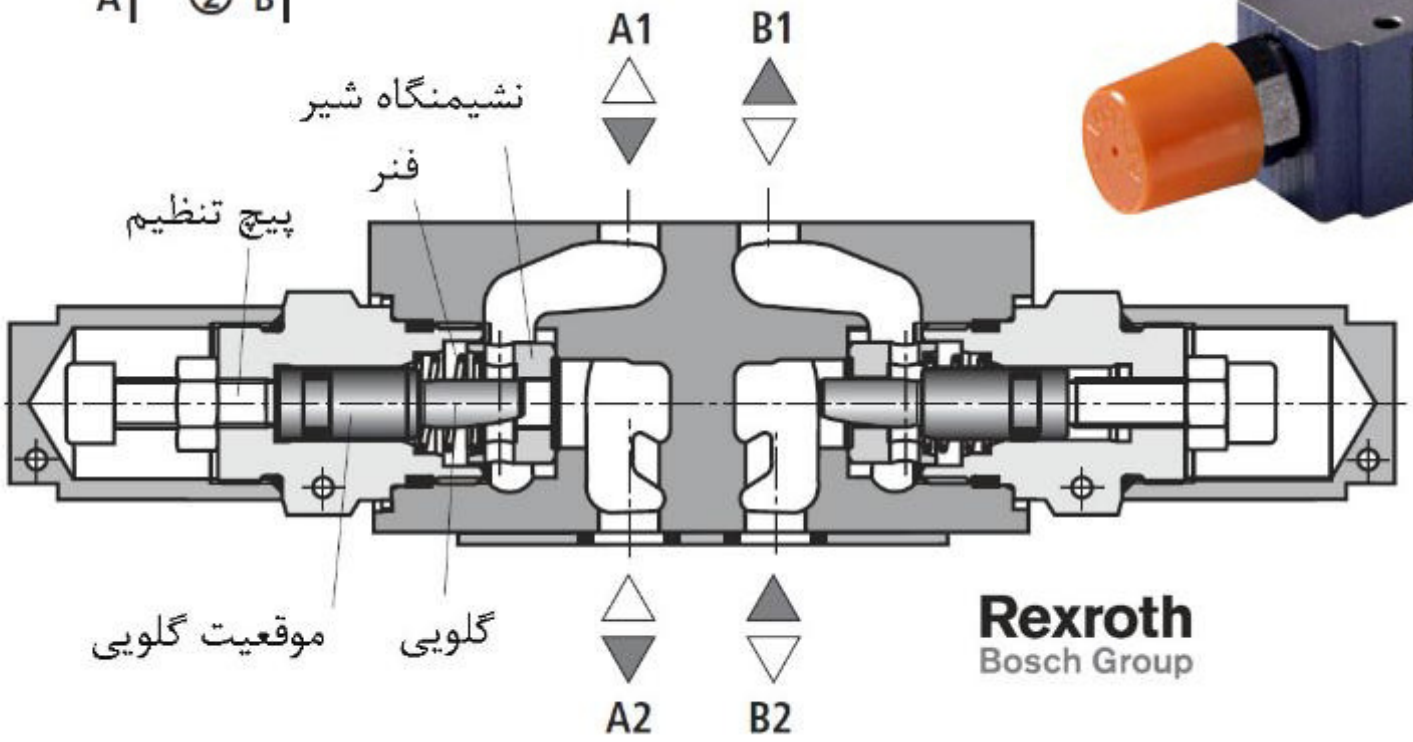
3-way

شیرهای مقاومتی

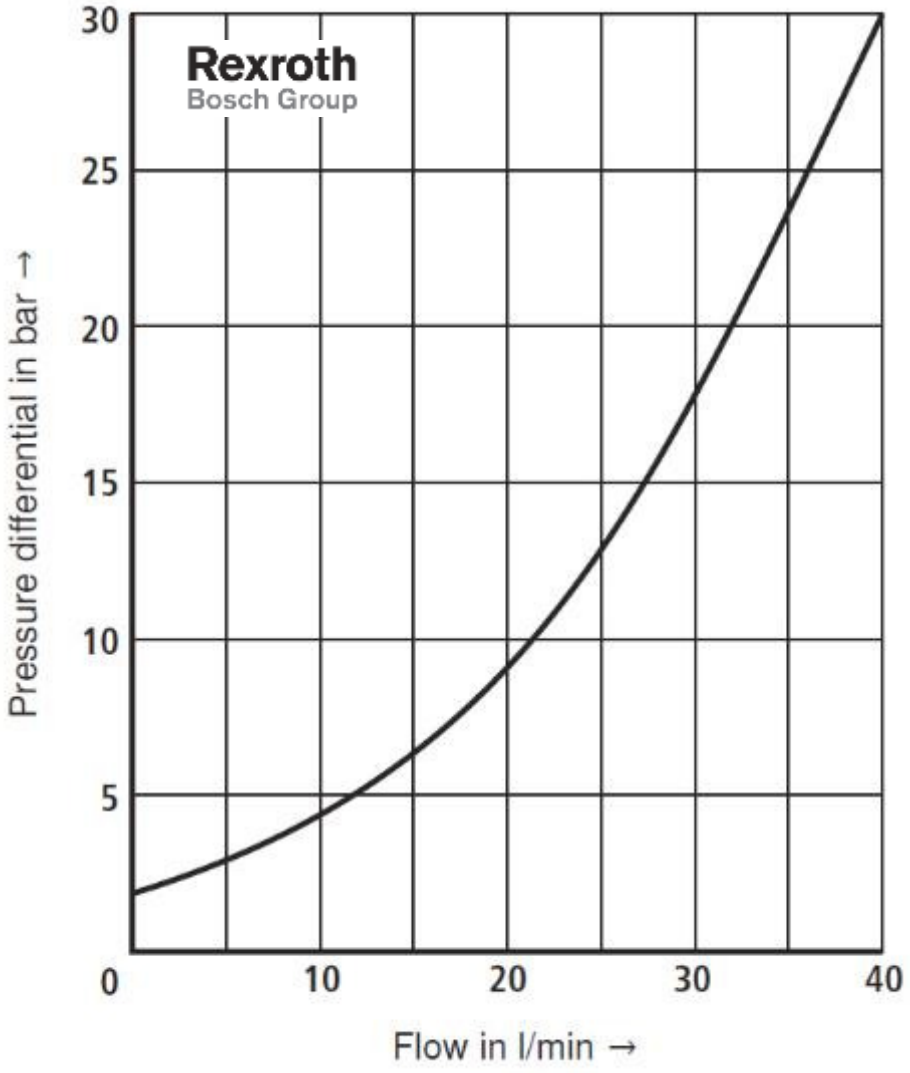
- انواع شیر گلویی دوقلو Twin (با شیر یکطرفه)





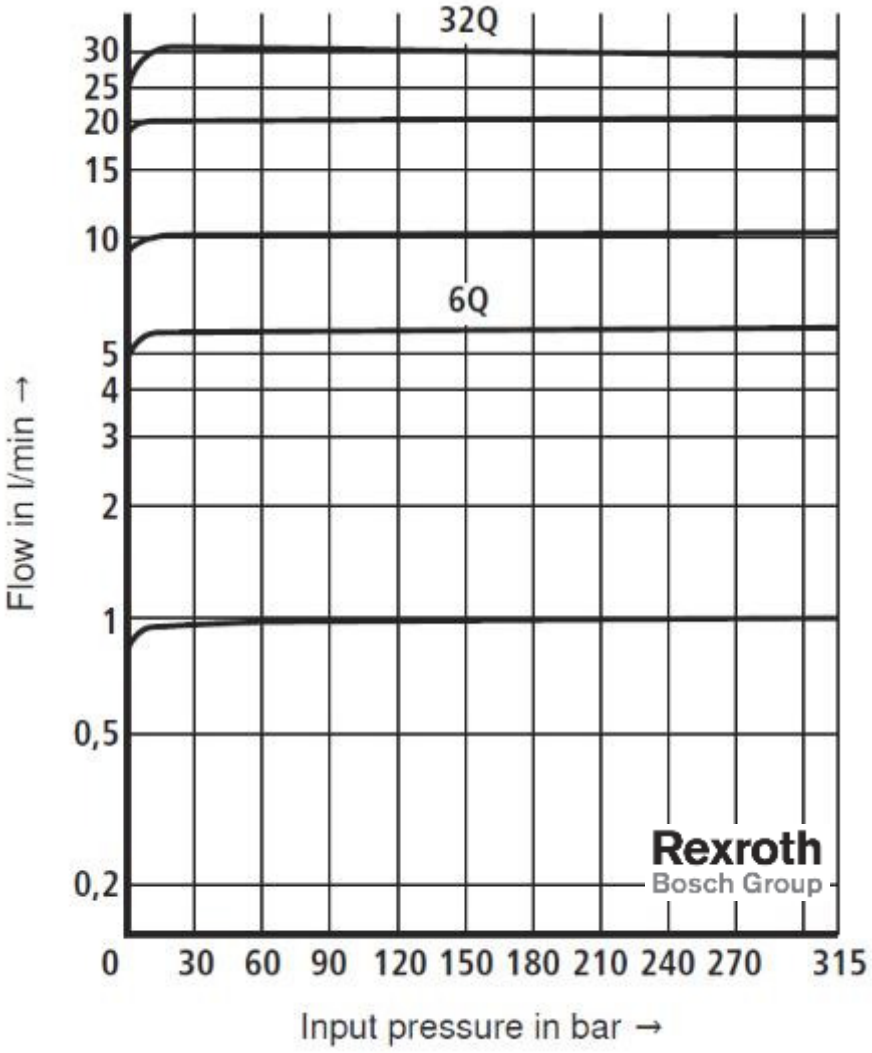


شیرهای مقاومتی



- در صورت بسته بودن مسیر اوریفیس، مقدار تغییر دبی بر حسب فشار به این صورت خواهد بود.

شیرهای مقاومتی



- میزان تغییرات دبی عبوری به ازای تغییر فشار در شیر کنترل جریان مقاومتی به این صورت خواهد بود.

شیرهای مقاومتی

- نحوه قرارگیری شیرهای مقاومتی در مدار هیدرولیک
  - به صورت سری قبل از عملگر
    - *بسیار نامناسب به دلیل ایجاد کاویتاسیون و گرما*
  - به صورت سری بعد از عملگر
  - موازی با عملگر

- شیرهای مقاومتی سبب افت کارایی سیستم می‌شوند. به این دلیل فقط در سیستم‌هایی با توان پایین و برای مدت زمان کوتاه باید استفاده شوند.

شیرهای کنترل جریان

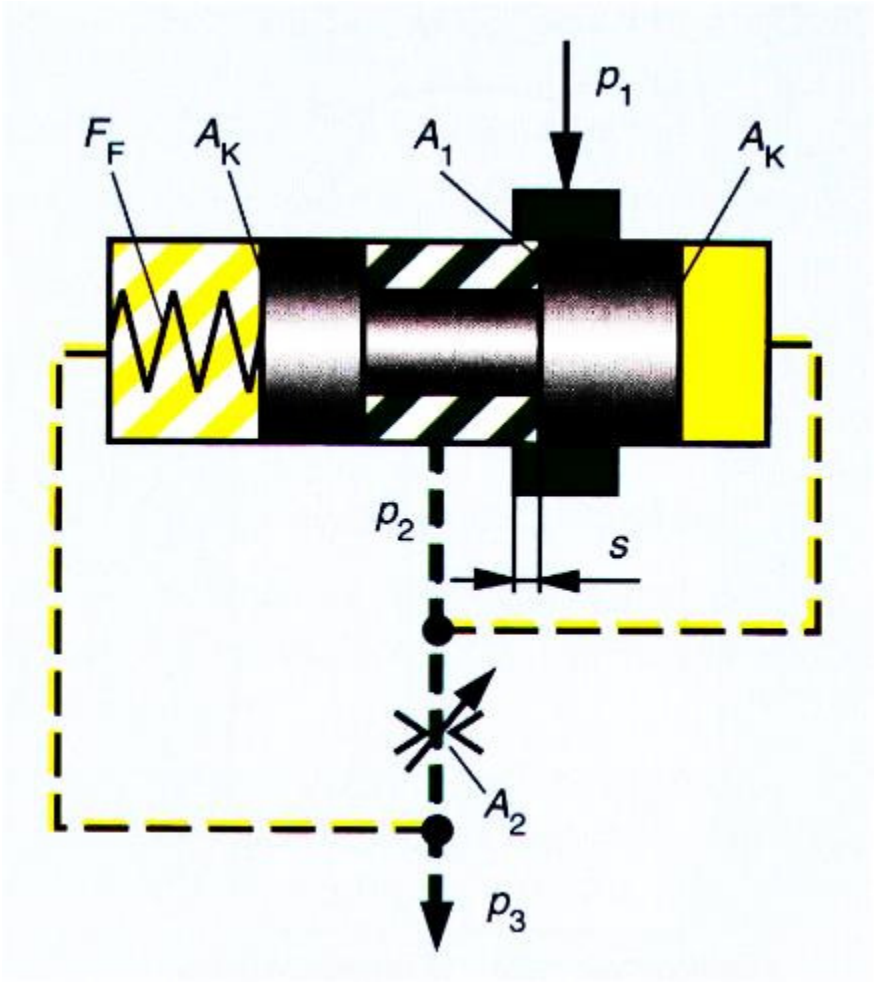
- شیرهای کنترل جریان (Flow control valves) شامل ترکیبی از شیرهای تفاضل فشاری و شیرهای مقاومتی می‌باشند

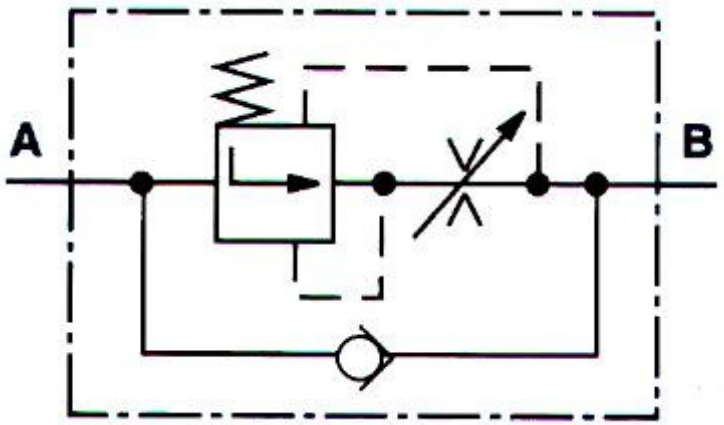
  – شیرهای تفاضل فشار وظیفه ثابت نگه داشتن افت فشار هنگام عبور از شیر گلویی را به عهده دارد به صورتی که جریان فقط وابسته به مقدار سطح موثر شیر یا جابجایی X شیر باشد
  – در این صورت جابجایی عملگر مستقل از بار خواهد شد

- دو نوع سری و موازی آن وجود دارد

شیرهای کنترل جریان

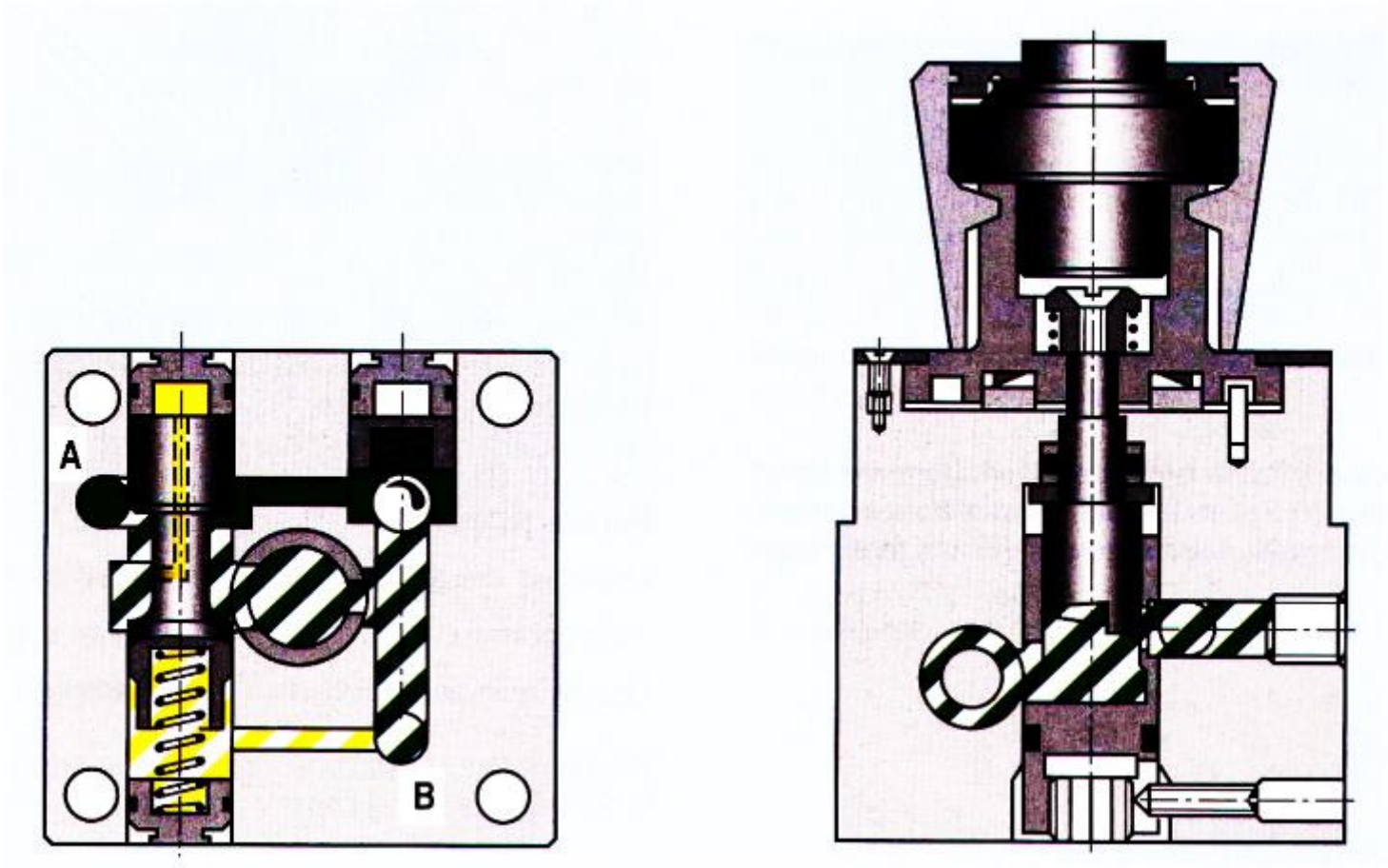
- نوع سری: شیرهای دو راهه





شیرهای کنترل جریان

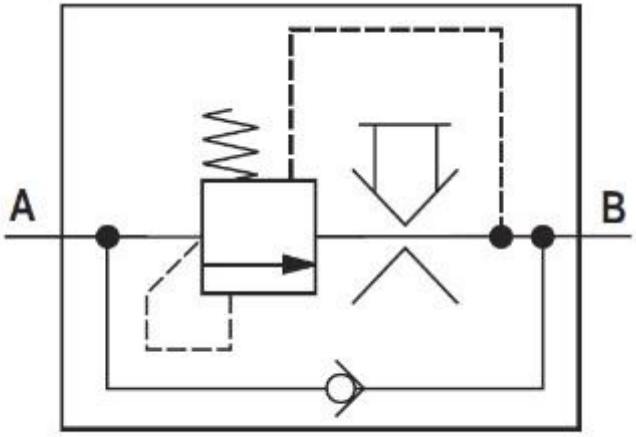
- نوع سری: شیرهای دو راهه



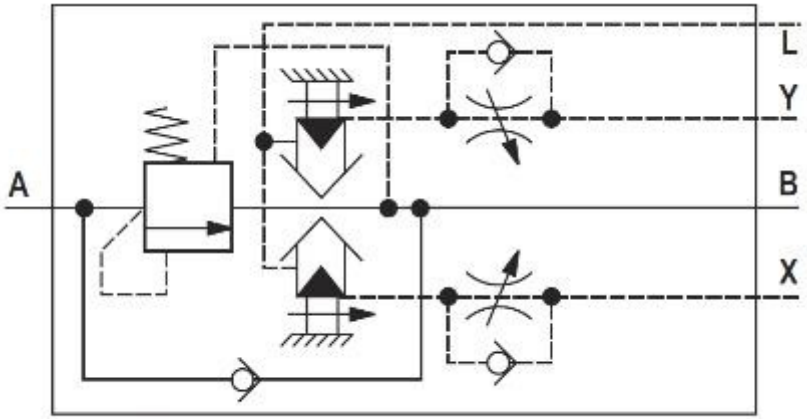
شیرهای کنترل جریان



- انواع دو راهه
  - عملگر مکانیکی
  - عملگر هیدرولیکی
  - عملگر الکتروهیدرولیکی



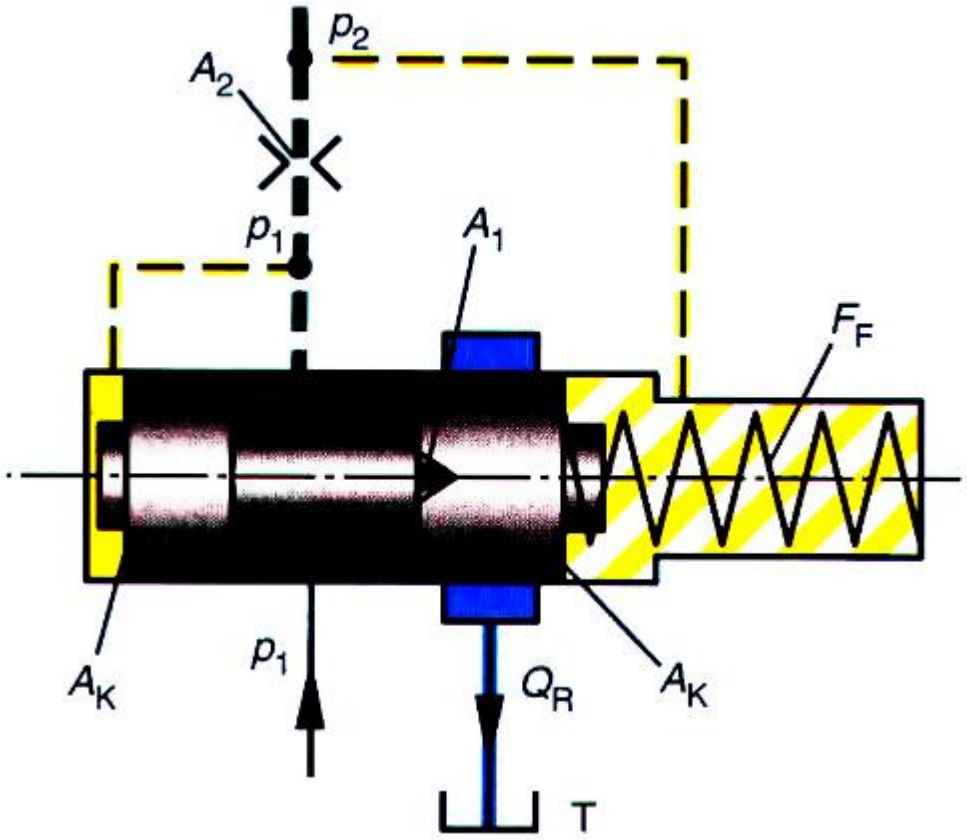
Mechanical actuation (type 2FRM)

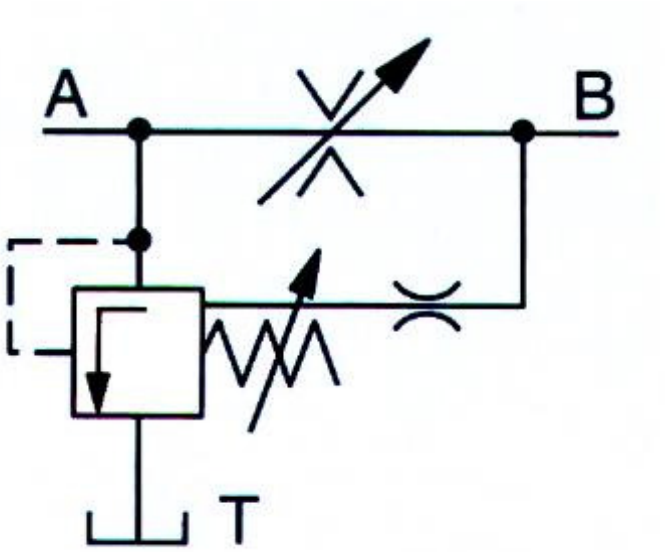


Hydraulic actuation (type 2FRH)

شیرهای کنترل جریان

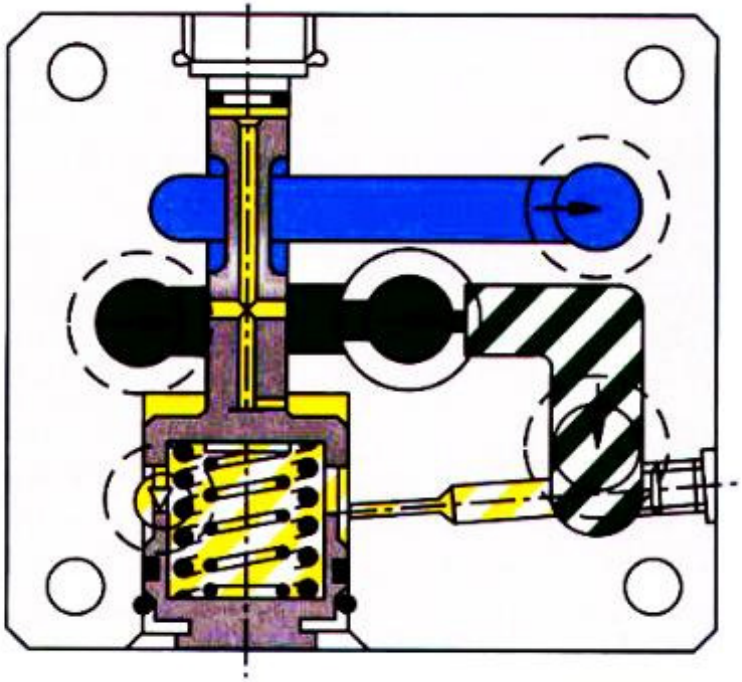
- نوع موازی: شیرهای سه راهه

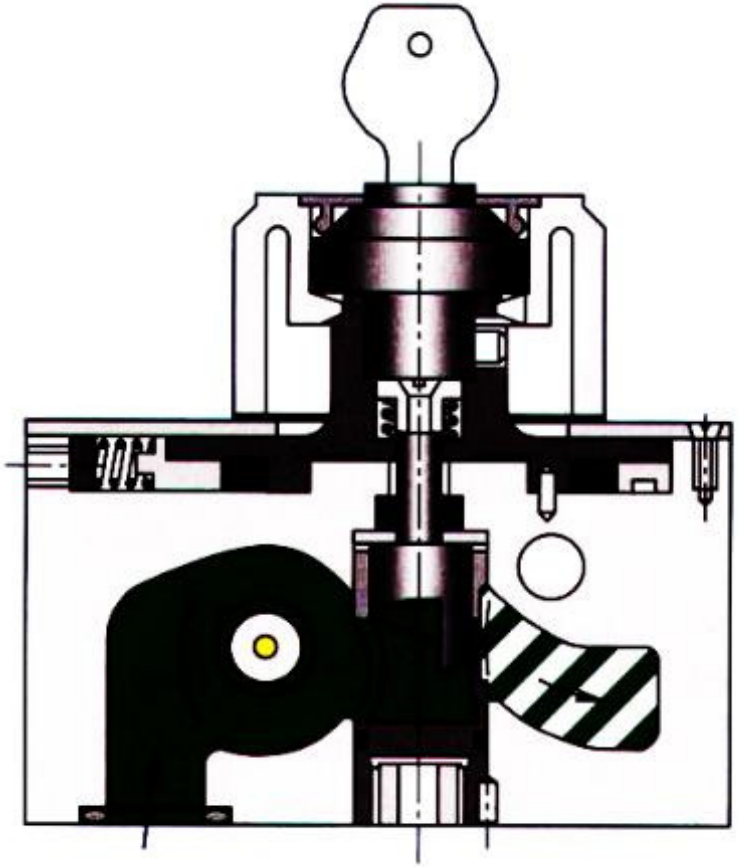




شیرهای کنترل جریان

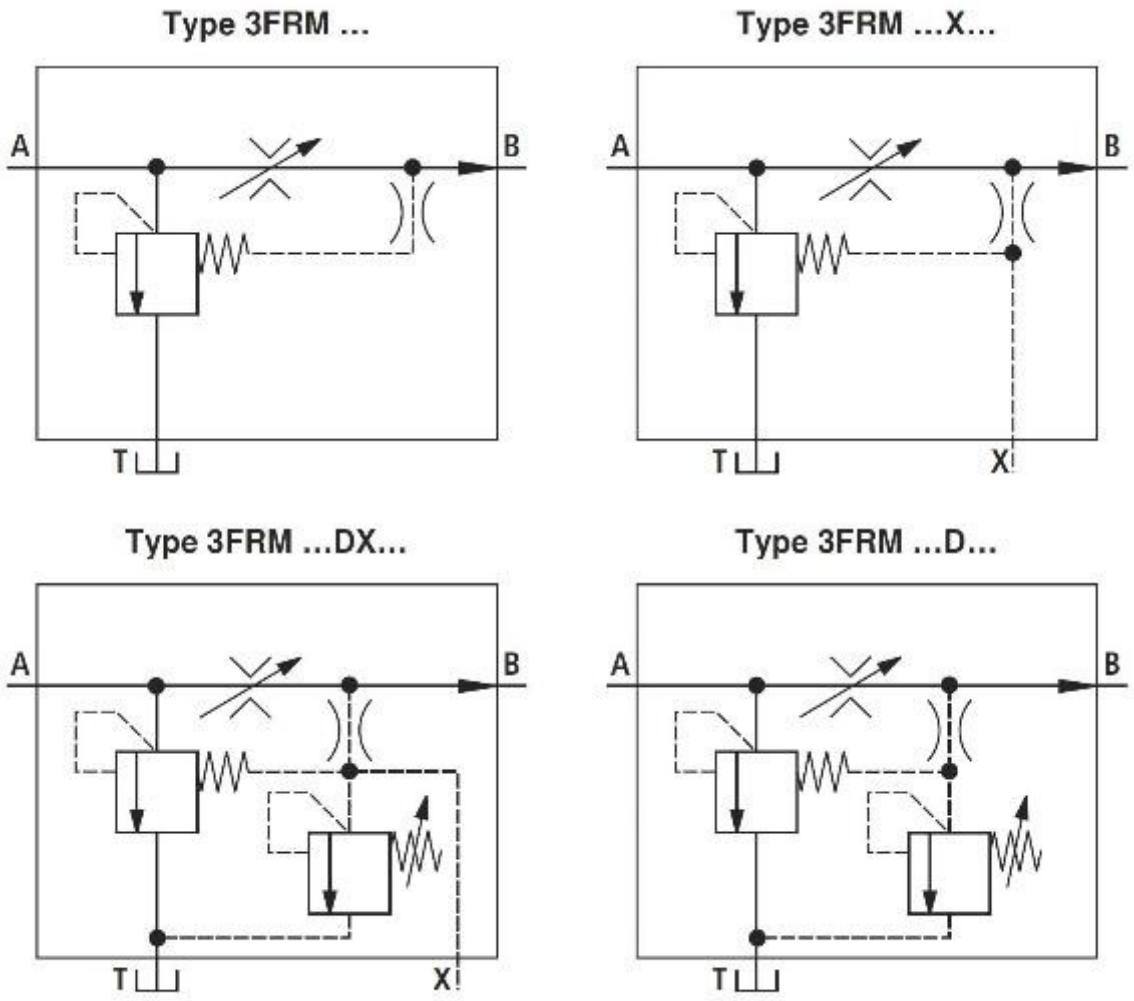
- نوع موازی: شیرهای سه راهه





شیرهای کنترل جریان

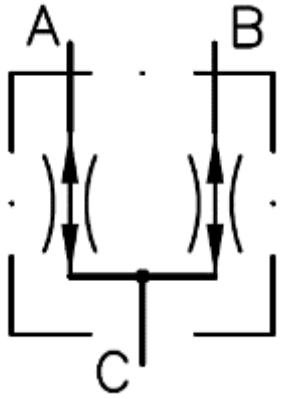
- نوع موازی:
شیرهای سه راهه





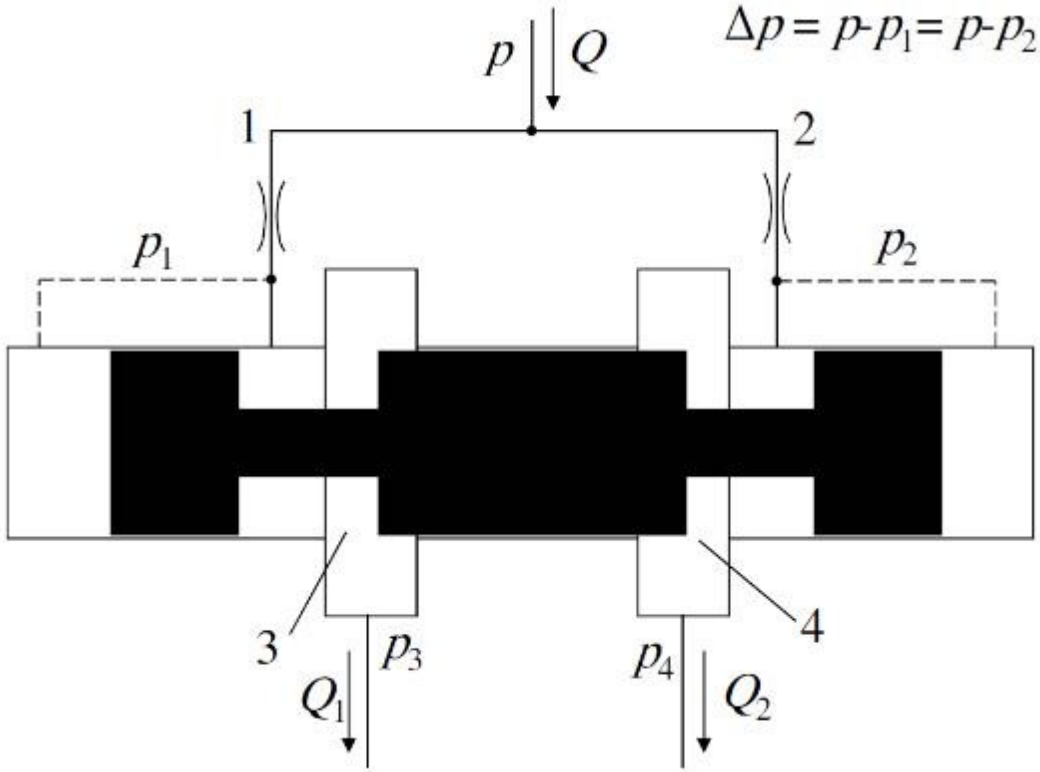
شیرهای تقسیم جریان

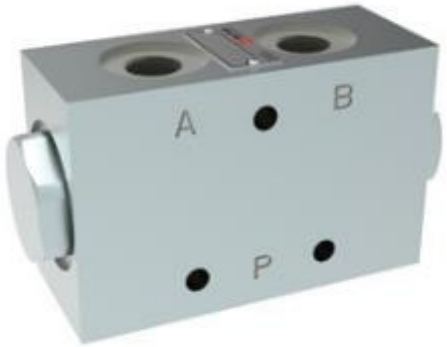
- شیرهای تقسیم جریان (Flow dividing valves) میزان جریان را بدون توجه به فشار دو طرف، به یک نسبت از پیش تعیین شده تقسیم می‌کنند.
- این کار برای کنترل سرعت دو عملگر جدا از میزان بار می‌باشد





- دو مقاومت ۱ و ۲ سبب ایجاد افت فشار به میزان Δp خواهند شد.
- در حالت تعادل $p_1=p_2$ و شیر در وسط قرار می‌گیرد.
- در صورت افزایش p_3 به دلیل افزایش بار، جریان Q_1 کاهش می‌یابد.
- *در نتیجه:* p_1 افزایش یافته
- *در نتیجه:* شیر به سمت راست حرکت می‌کند
- *در نتیجه:* جریان Q_1 افزایش یافته تا زمانی که مجددا $p_1=p_2$شود





شیرهای تقسیم جریان

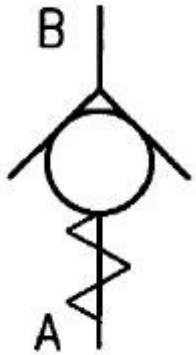
- معایب اصلی شیرهای تقسیم جریان
  - دینامیک شیرها پیچیده است
  - حرکت اولیه آن با مشکل همراه است
  - به دلیل تراکم‌پذیری سیال و لوله‌ها می توان سبب ایجاد خطا شود
  - بین شیر تقسیم کننده و عملگر حجم باید کمترین مقدار ممکن باشد، هیچ نوع نشتی وجود نداشته باشد.

❋ البته انواع بسیار با کیفیت آن نیز در حال حاضر تولید و مورد استفاده قرار می‌گیرد

شیرهای یک طرفه

- وظیفه شیرهای یک طرفه (check valves) محدود نمودن حرکت سیال فقط در یک جهت است.
  - حرکت در خلاف جهت حرکت مجاز، با استفاده از یک المان کروی یا مخروطی (سوپاپ یا poppet) محدود می‌شود.
  - معمولا از نیروی فنری برای برگردانده سوپاپ بر روی نشیمنگاه آن استفاده می‌شود.
  - معمولا سطوح از نوع فلزی با ماشین‌کاری بسیار دقیق بوده، نشیمنگاه الاستیک معمولا خوب آب‌بند نمی‌شود.

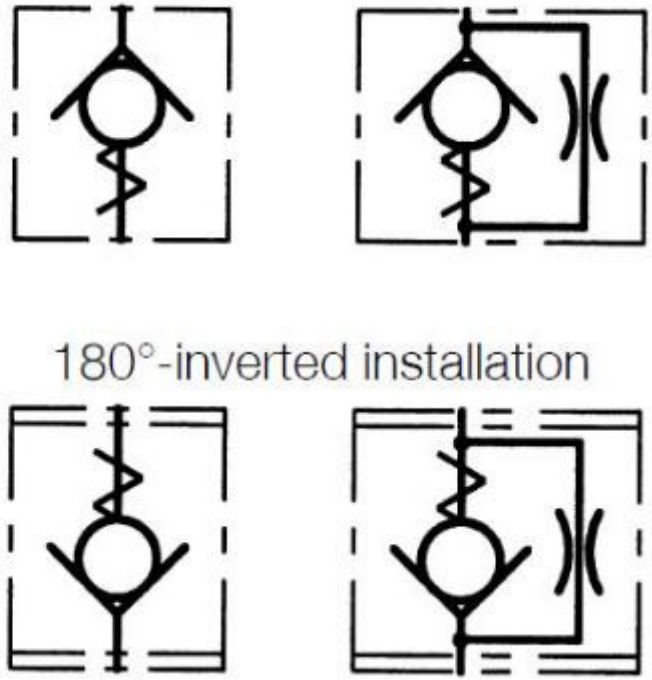




شیرهای یک طرفه

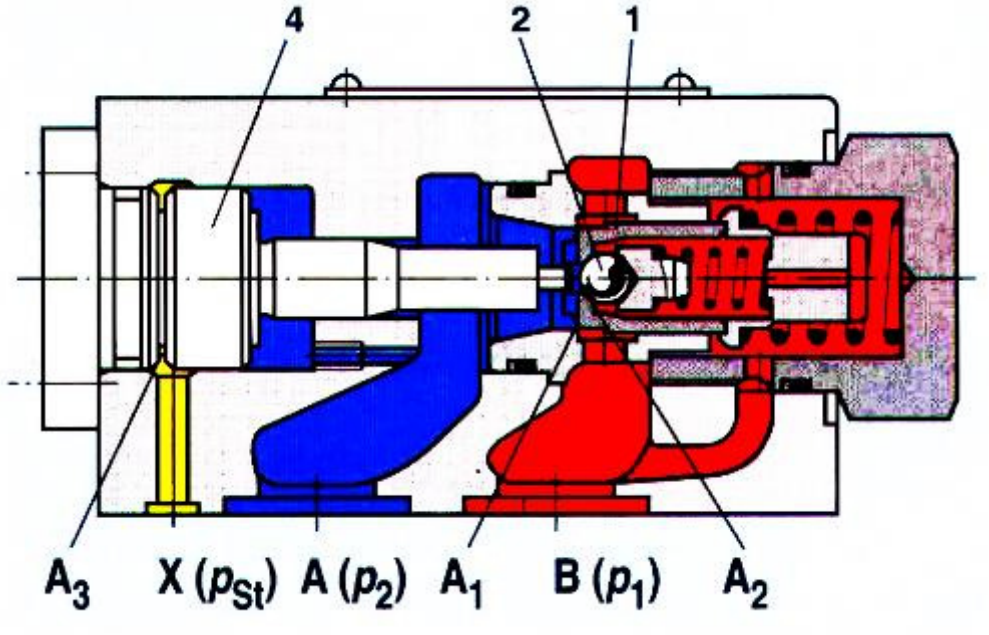
- شیرهای یک طرفه با مقاومت گلویی
  - به عنوان PRV نیز بکار می‌رود





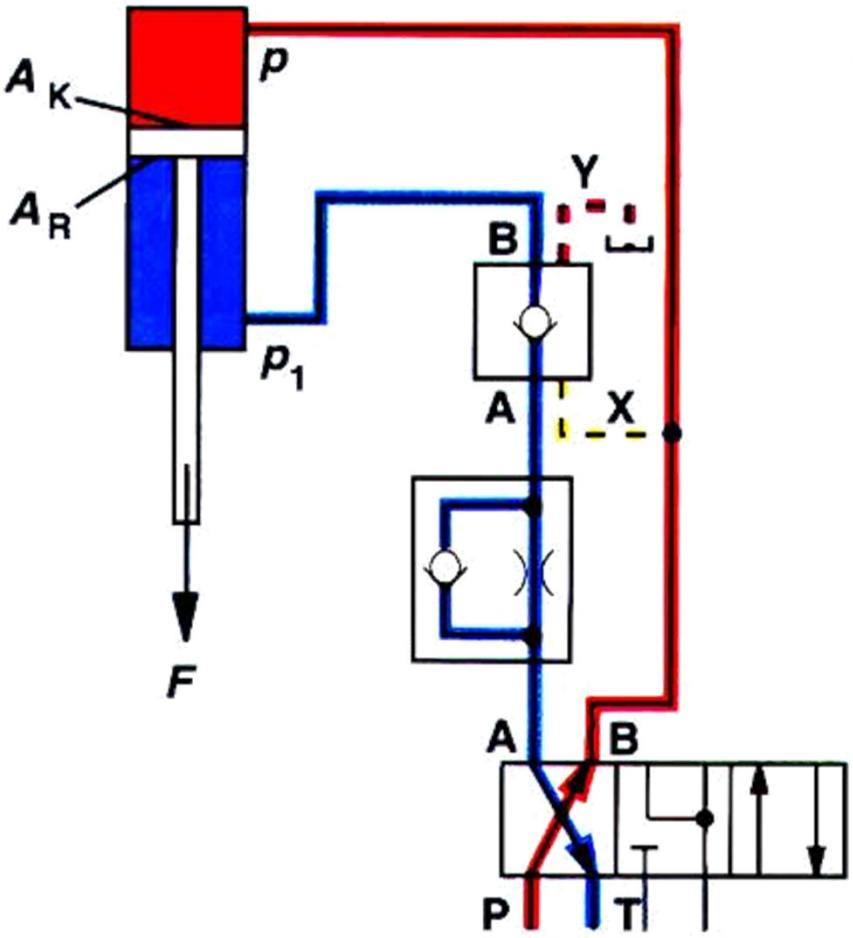
شیر یک طرفه با عملگر پیلوت

- شیر یک طرفه با عملگر پیلوت با استفاده از نیروی فشار خارجی عمل می‌کند.
  - یک پیستون به مساحت بزرگتر وجود داشته به صورتی که با فشاری پایین‌تر از فشار بسته‌شدن شیر عمل می‌کند.



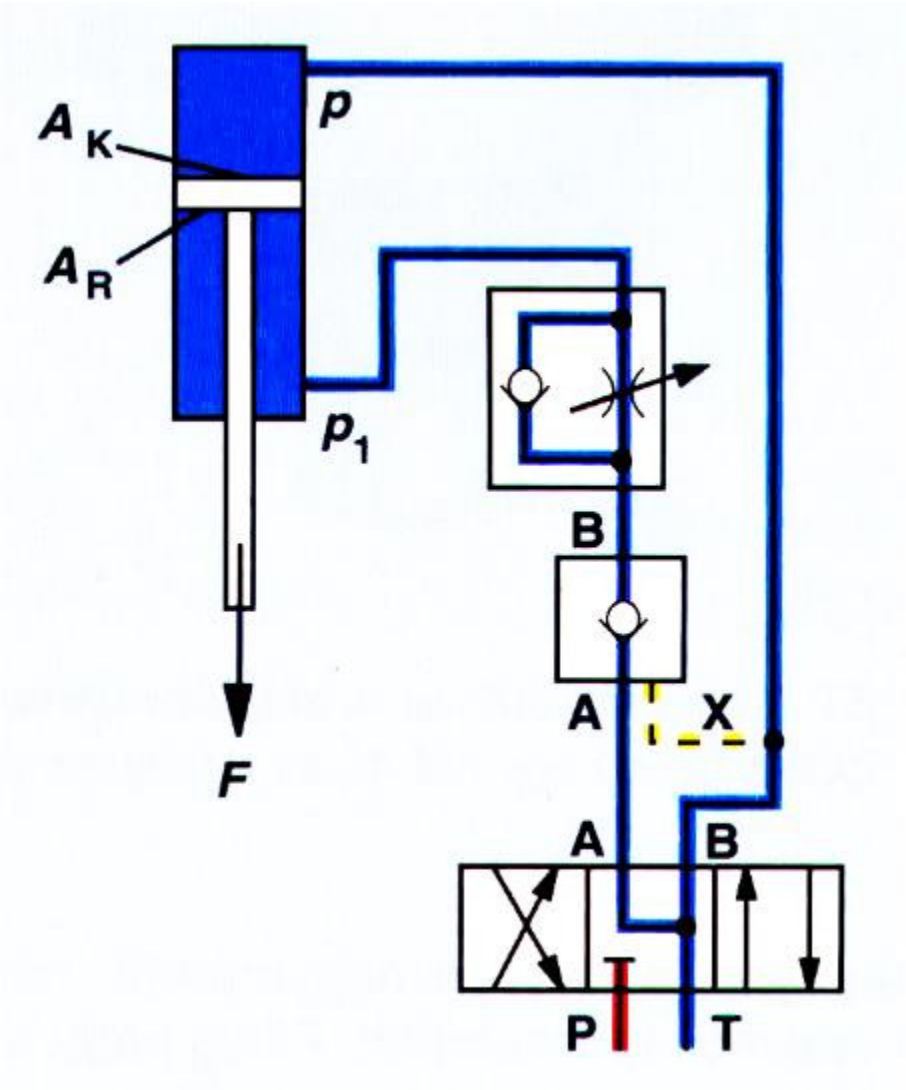
شیر یک طرفه با عملگر پیلوت

- کاربرد اصلی: نگهداری بار و تخلیه در زمان مورد نظر





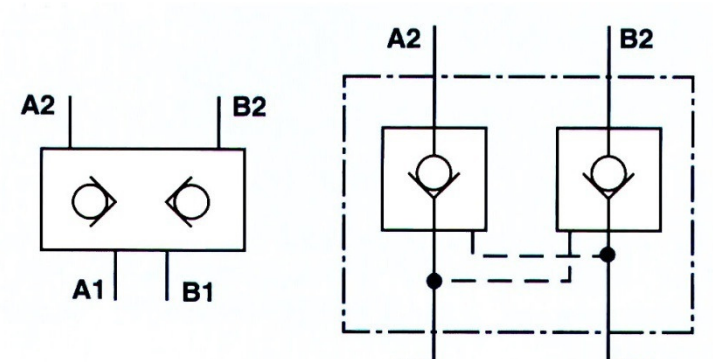
شیر یک طرفه با عملگر پیلوت

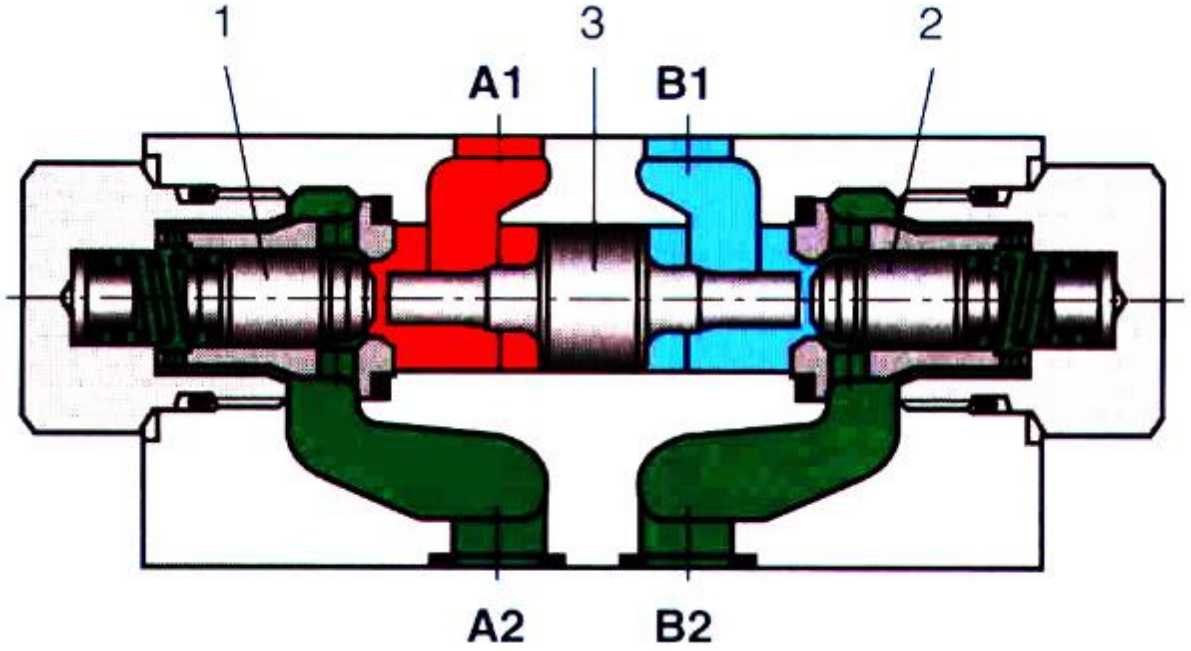


- در صورت عمل کردن پیلوت و باز شدن خط تخیله، فشار در خط پمپ و کنترل کاهش می‌یابد. تا زمانی که فشار p_1 به نسبت مشخصی از فشار p_2 رسید و شیر یک طرفه بسته شود.

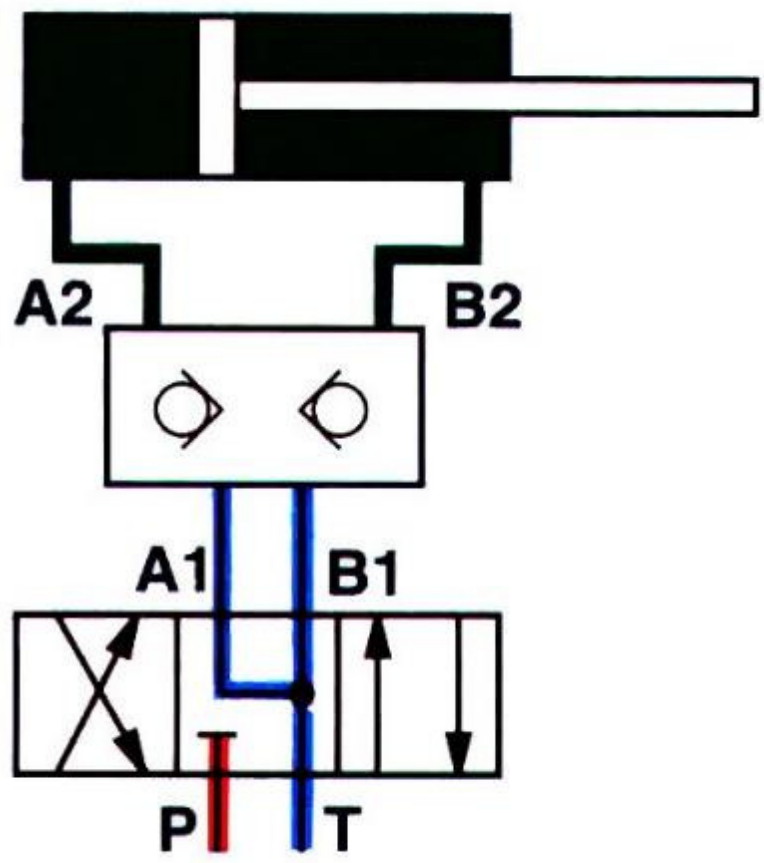
شیر یک طرفه ساندویچی

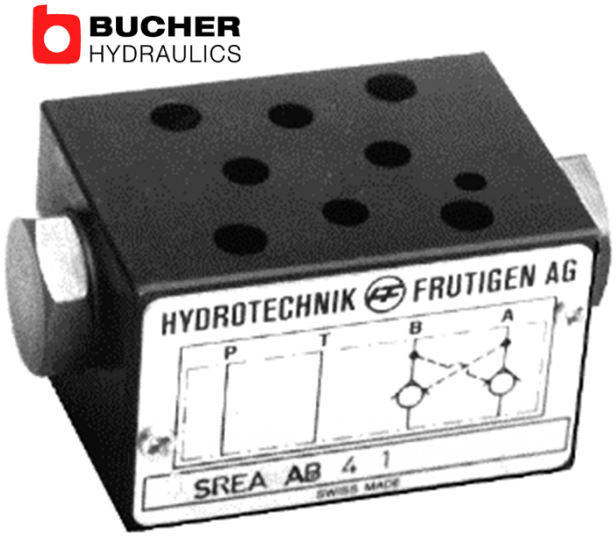
- برای کنترل جریان در دو مسیر عملگر بکار می رود.





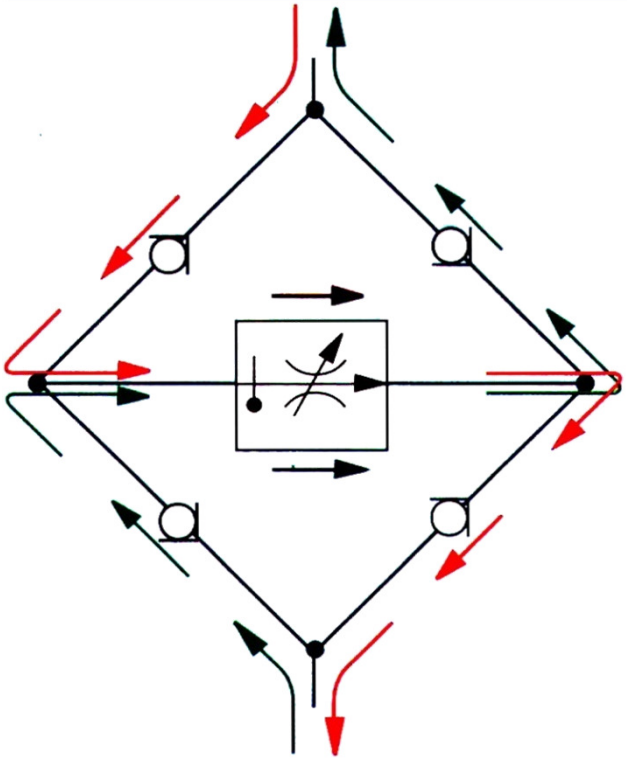
شیر یک طرفه ساندویچی

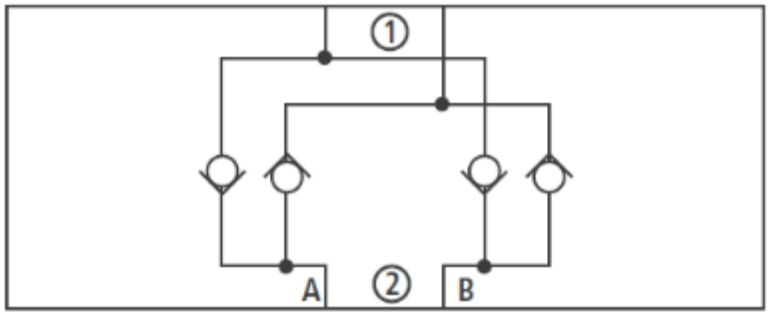






مدار یکسوساز





- مدار روبرو به عنوان مدار Graetz شناخته می‌شود. از نوع شیرهای کنترل جریان دو طرفه است



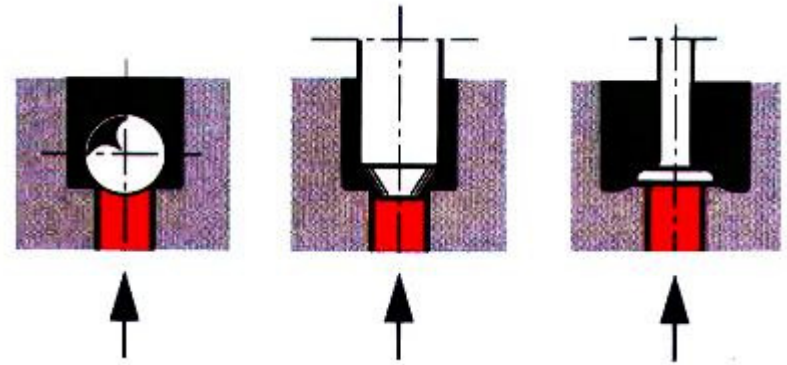
شیرهای کنترل جهت

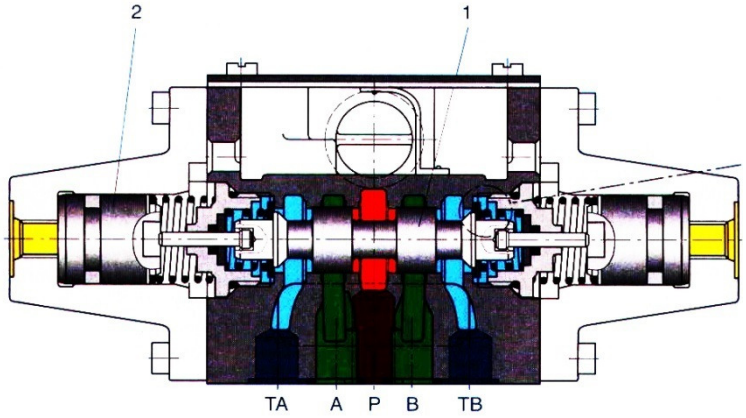
- شیرهای کنترل جهت (directional control valves)
  - برای کنترل جهت در سیستمهای هیدرولیک / نیوماتیک بکار می‌روند
  - وظیفه آنها هدایت روغن یا هوا به مواضع مختلف سیستم برای انجام هدف خاص است.

شیرهای کنترل جهت

- انواع دسته‌بندی شیرهای کنترل جهت
  - بر اساس استفاده از ماسوره‌ای یا سوپاپ
  - بر اساس عملکرد سوییچی یا امکان تنظیم پیوسته
  - بر اساس تعداد اتصال یا موقعیت
  - بر اساس نوع واحد کنترل و تنظیم موقعیت

شیرهای کنترل جهت

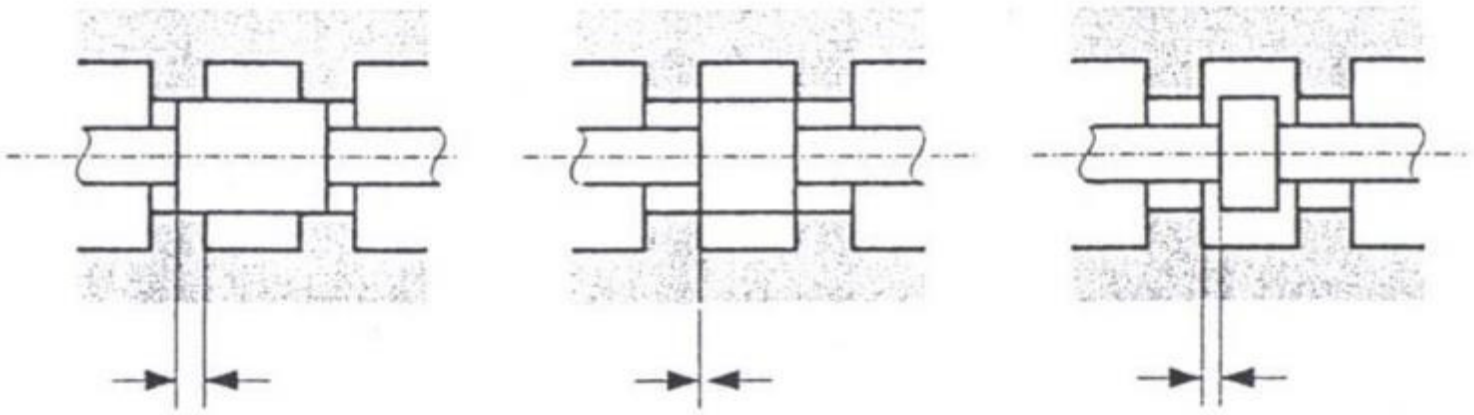




شیرهای ماسوره‌ای	شیرهای سوپاپی
همیشه نشتی دارند	کاملا آب‌بند هستند
نیاز به جابجایی‌های زیاد دارند	یک جابجایی کوچک سبب عبور جریان می‌شود
ارزان قیمت	گرانقیمت
در بیشتر مواقع به دلیل انعطاف‌پذیری و هزینه کم ترجیح داده می‌شودند.	برای کنترل جریان‌های زیاد بکار می‌روند

شیرهای کنترل جهت

- عملکرد سوییچی / تنظیم پیوسته
  - سوییچی: در وضعیت باز یا بسته هستند
  - تنظیم پیوسته: مقدار باز شدن آنها توسط یک واحد کنترل الکتروهیدرولیک / الکترونیوماتیک یا الکتریکی تنظیم می‌شود.



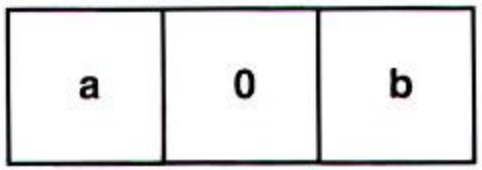
Overlap > 0 Overlap = 0 Overlap < 0

شیرهای کنترل جهت

- تعداد اتصال و موقعیت
  - تعداد موقعیت می‌تواند از ۲ تا ۵ باشد



۲ موقعیت

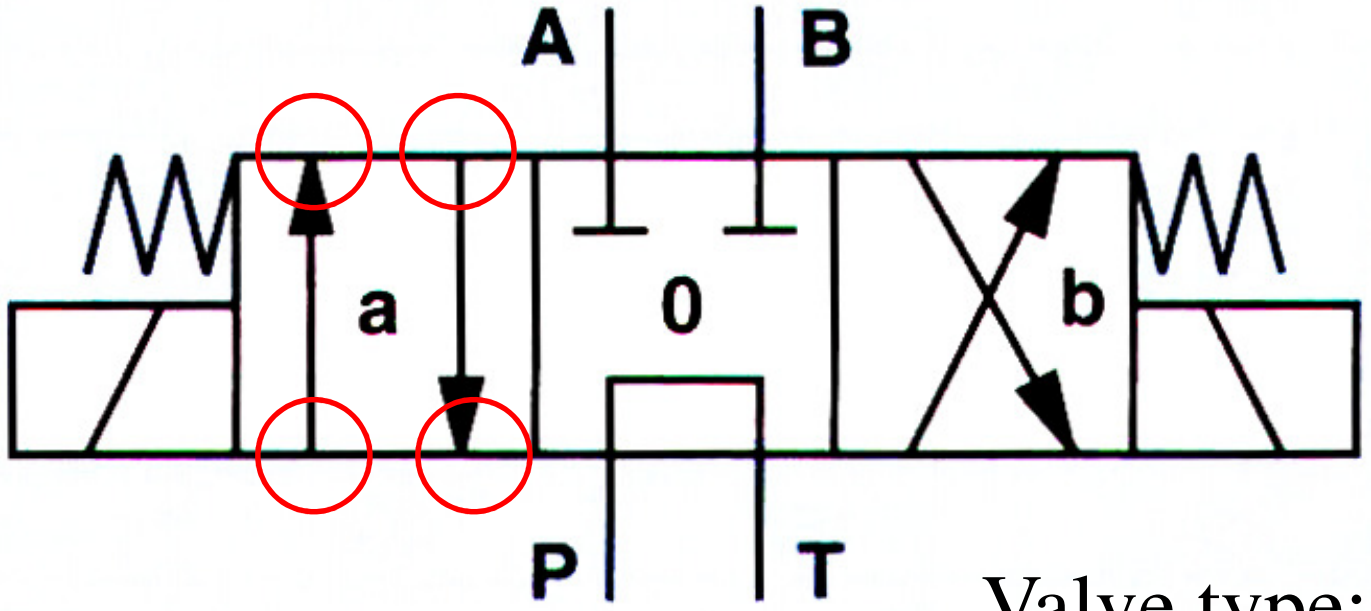


۳ موقعیت

شیرهای کنترل جهت

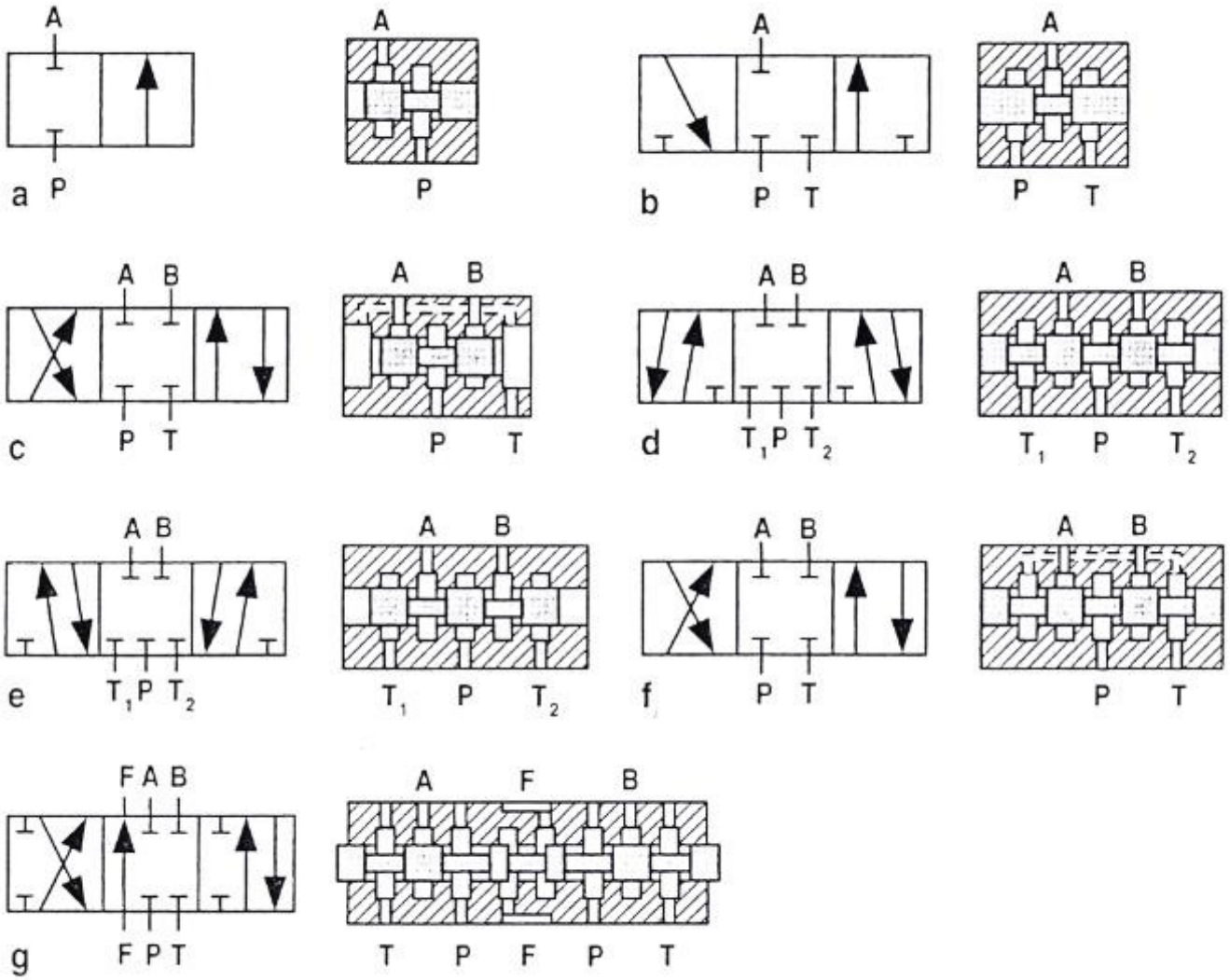
- تعداد اتصال و موقعیت

– تعداد اتصال (port) برابر تعداد تمامی نقاط اتصال در هر بلوک است



Valve type: 4×3

شیرهای کنترل جهت



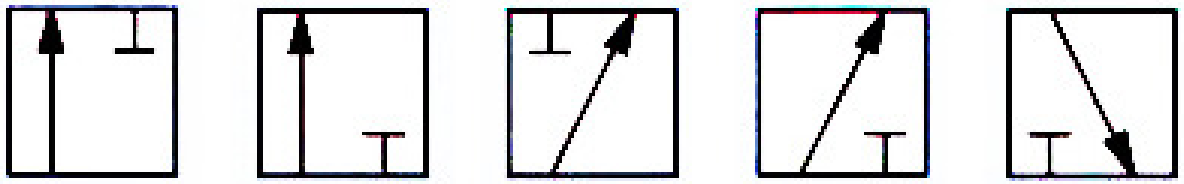
شیرهای کنترل جهت

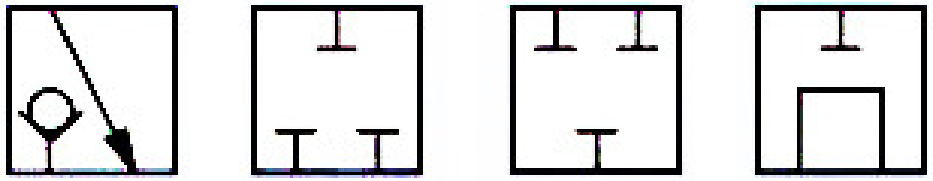
- انواع بلوک ۲ راهه



شیرهای کنترل جهت

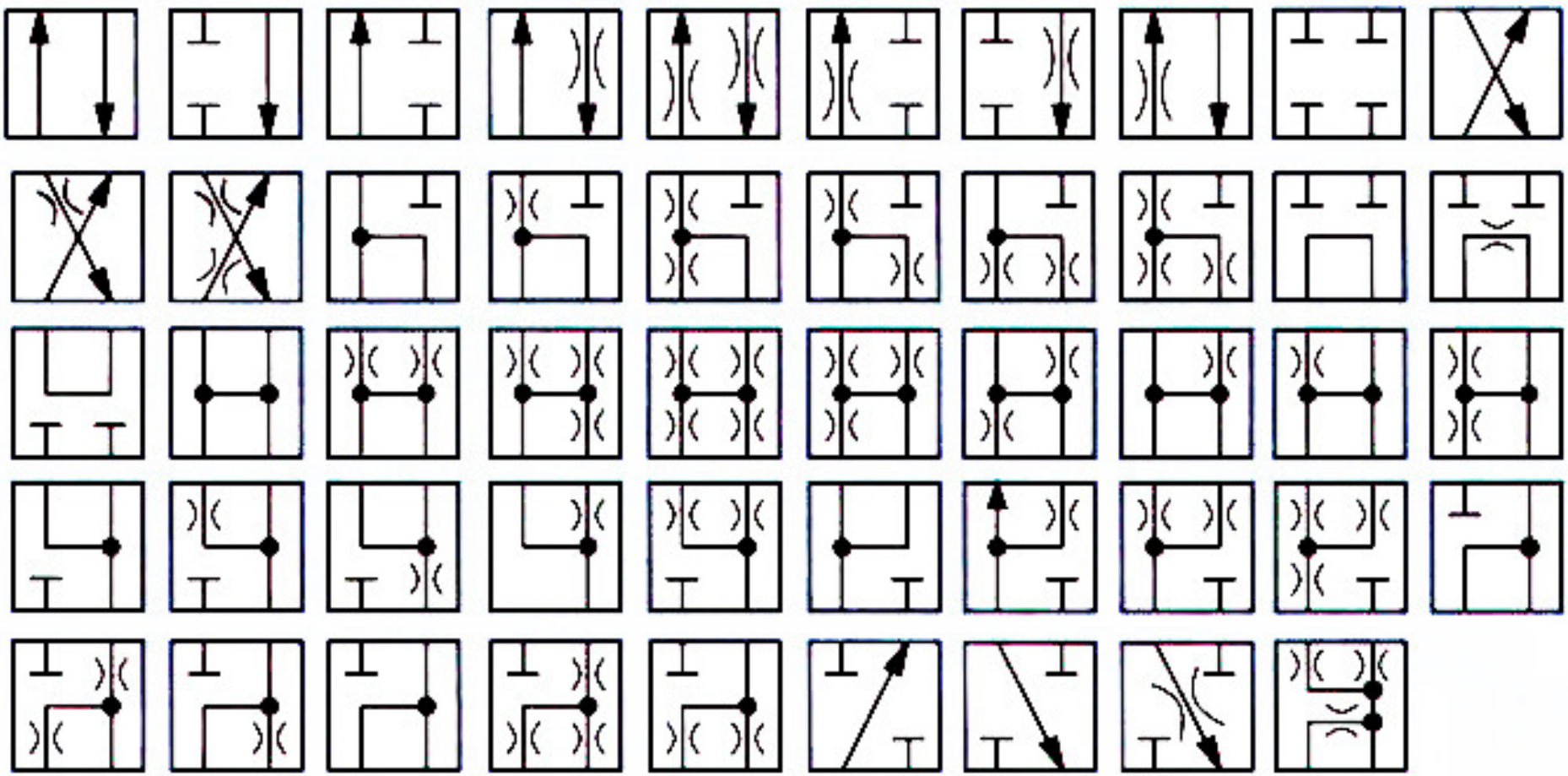
- انواع بلوک ۳ راهه





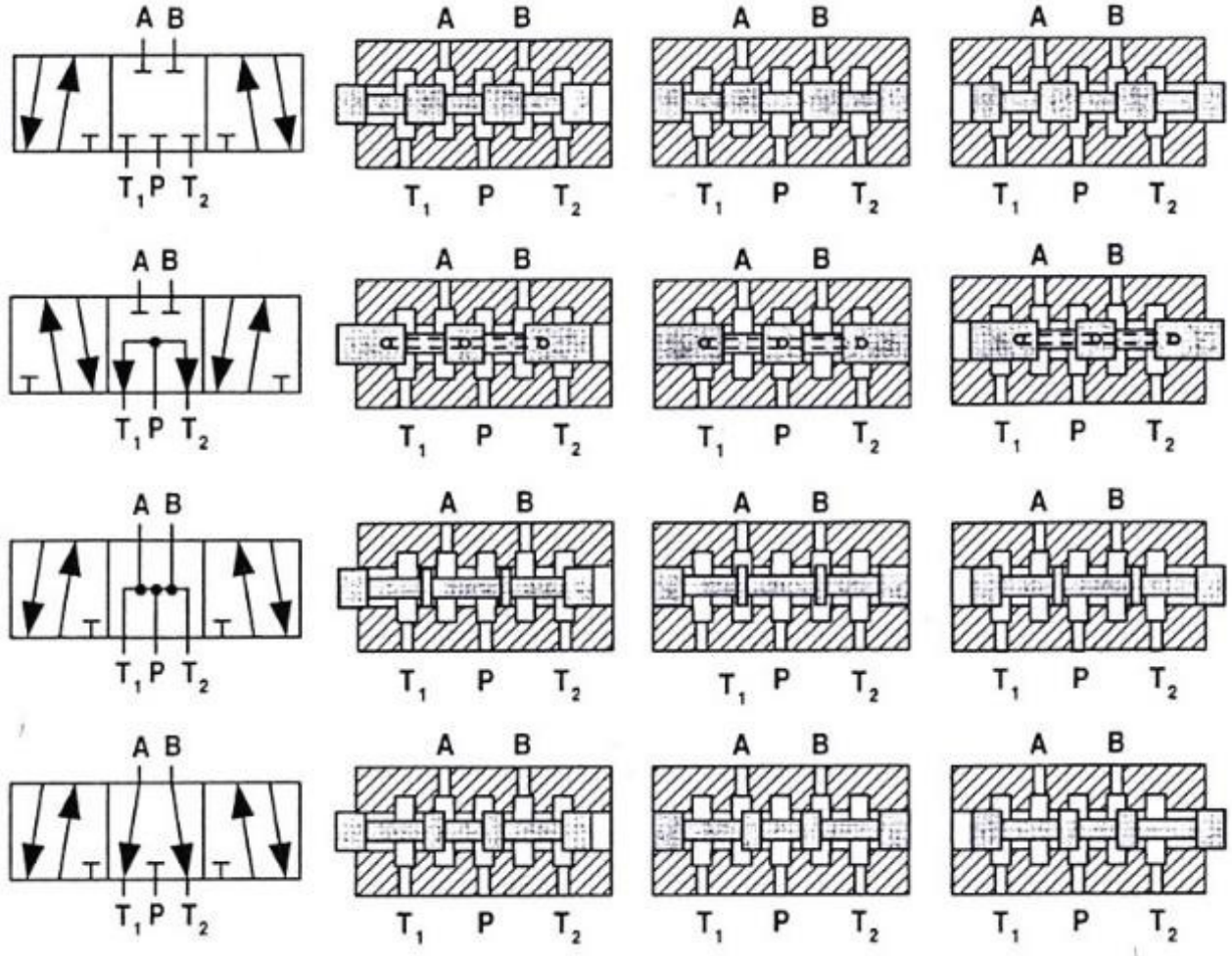
شیرهای کنترل جهت

- انواع بلوک ۴ راهه



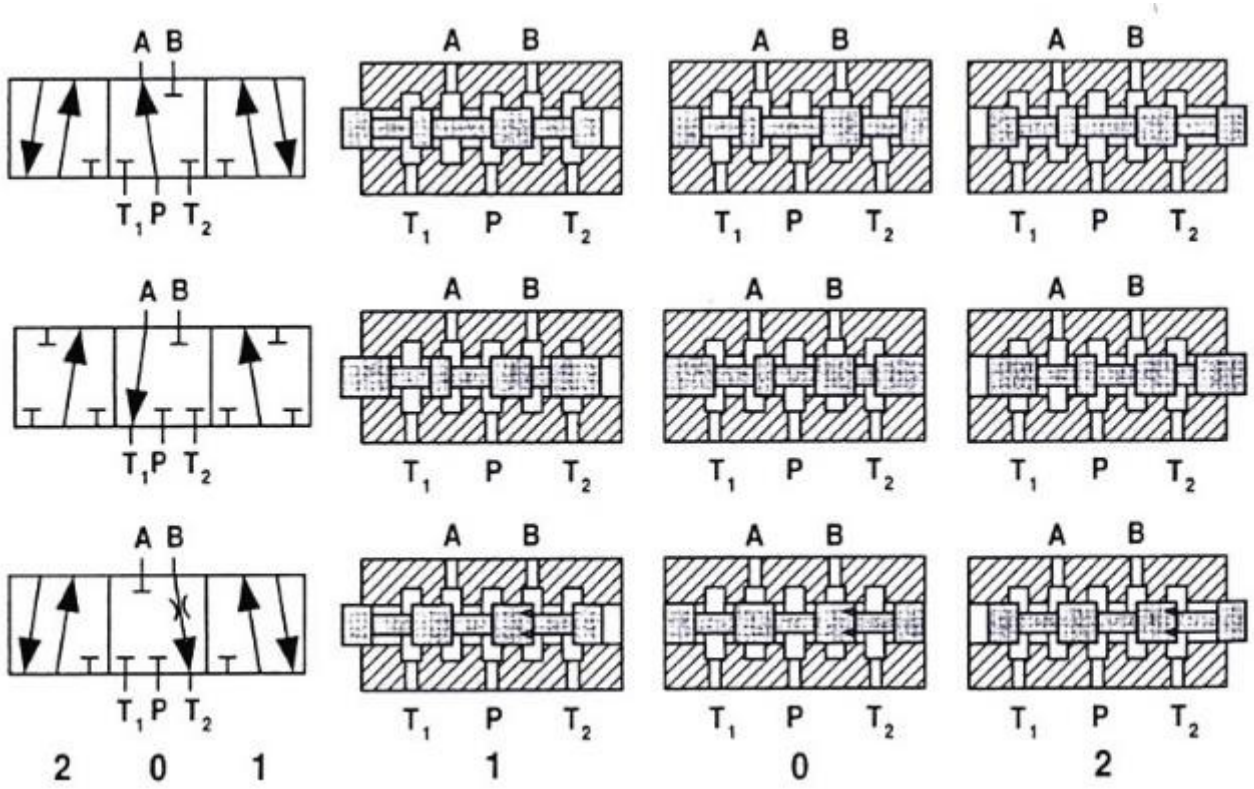
شیرهای کنترل جهت

- انواع بلوک ۵ راهه



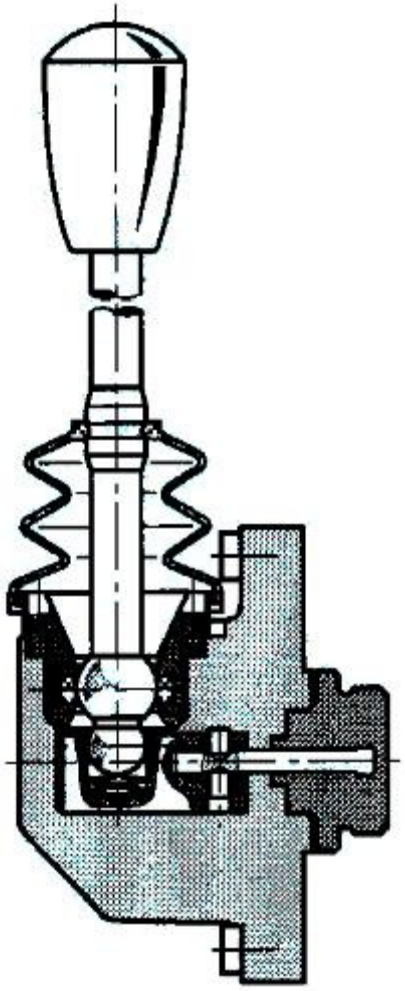
شیرهای کنترل جهت

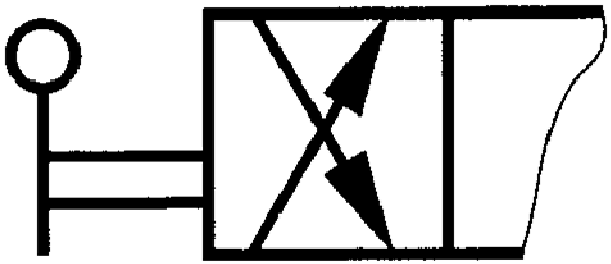
- انواع بلوک ۵ راهه



شیرهای کنترل جهت

- نوع عملگر: دستی

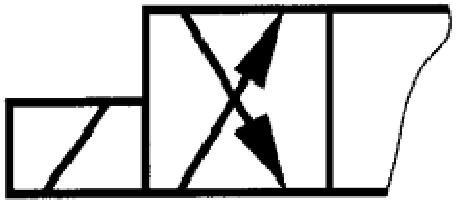


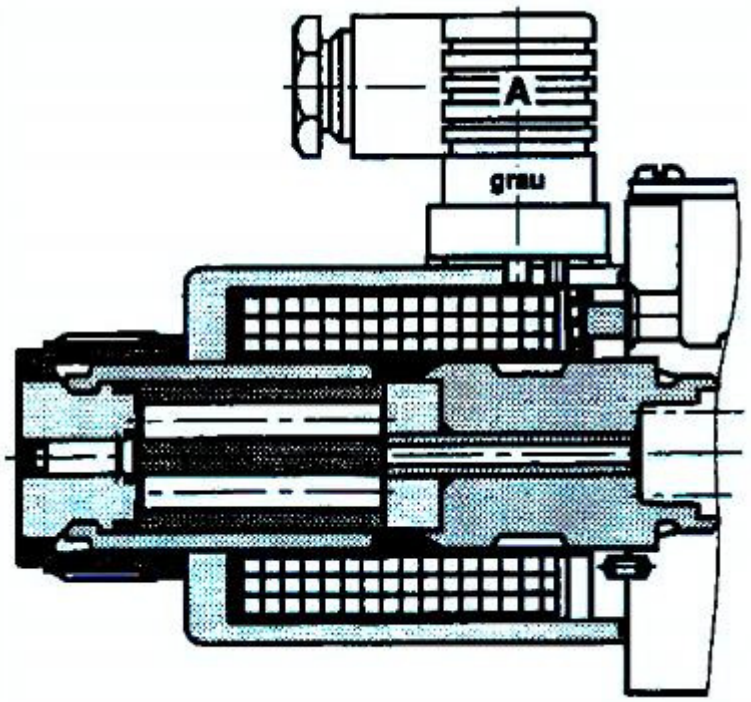


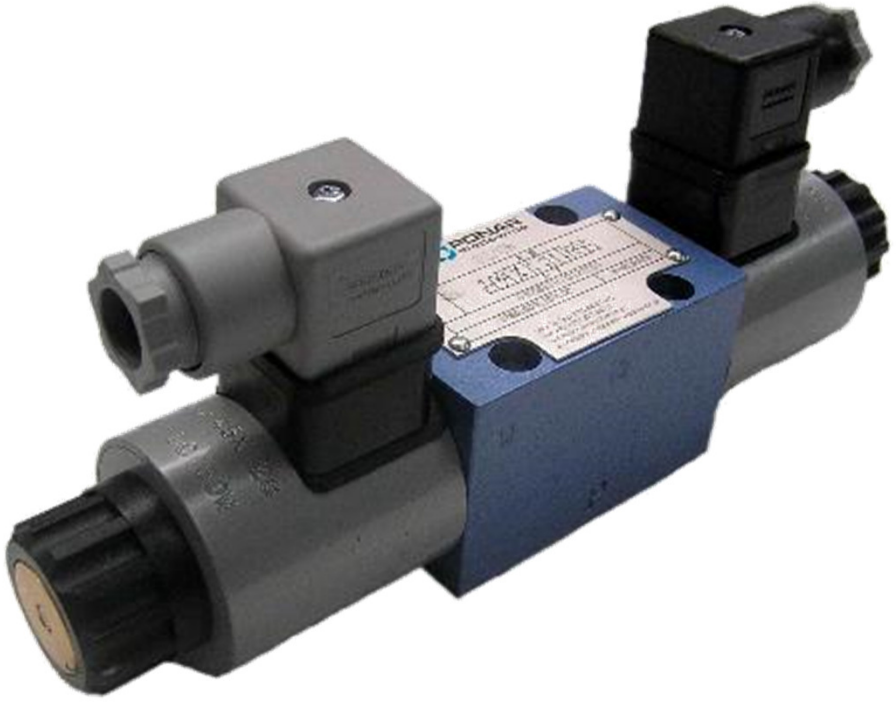


شیرهای کنترل جهت

- نوع عملگر: الکتریکی





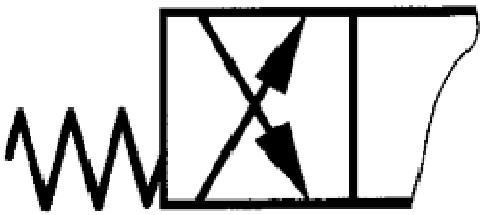


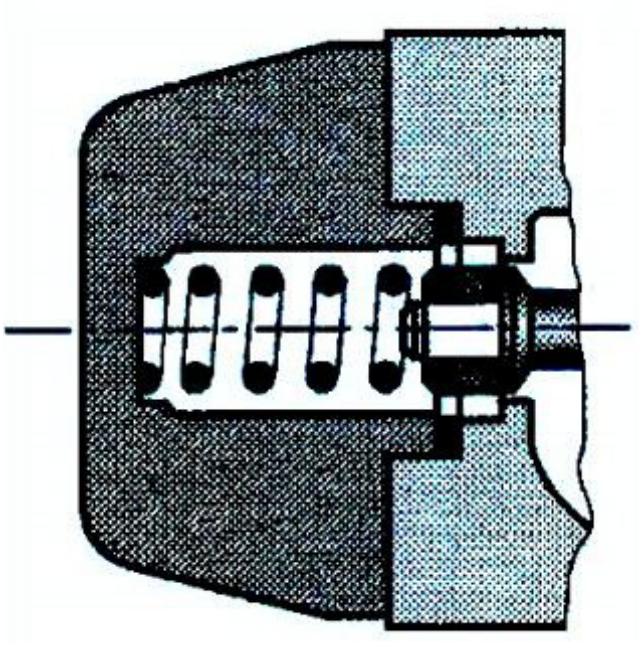
شیرهای کنترل جهت

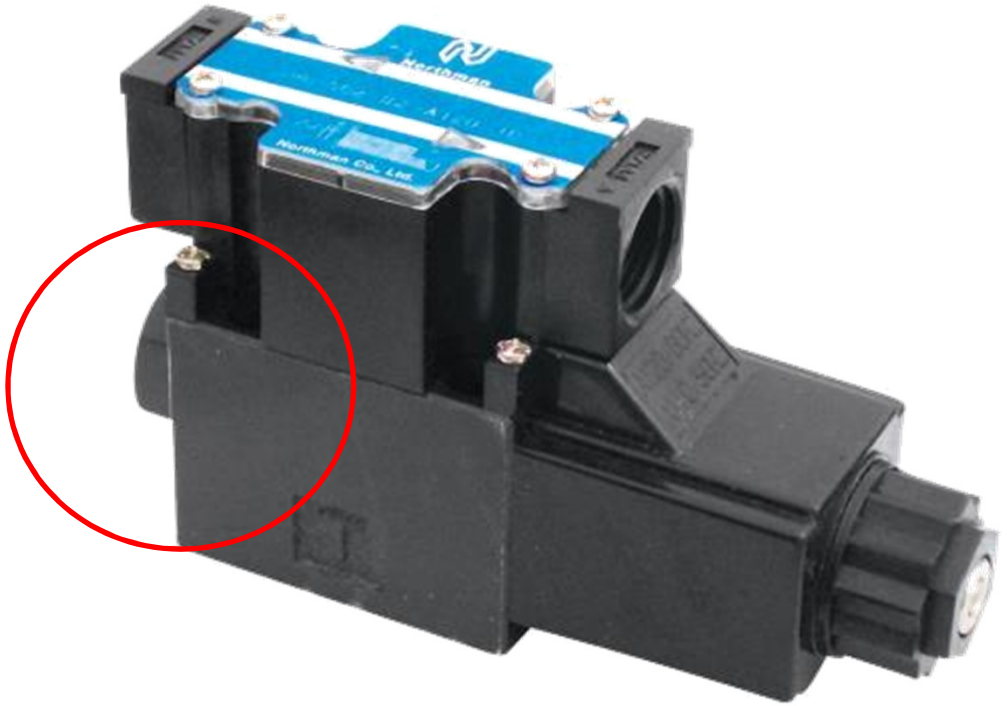
- نوع عملگر: فنری

Spring return –

Single acting –

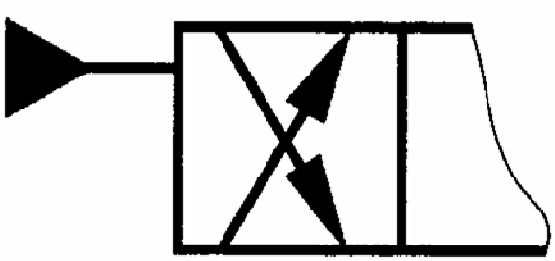


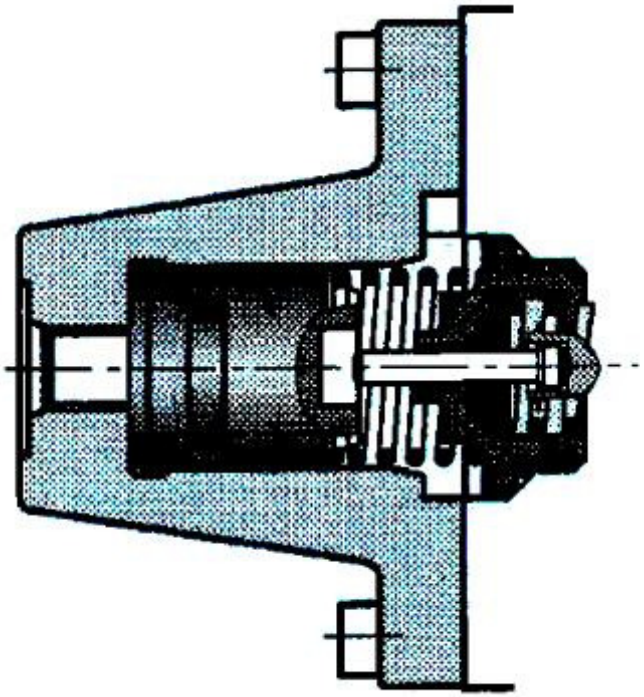




شیرهای کنترل جهت

- نوع عملگر: سیال
- Fluid power

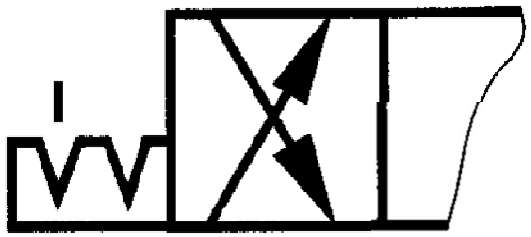


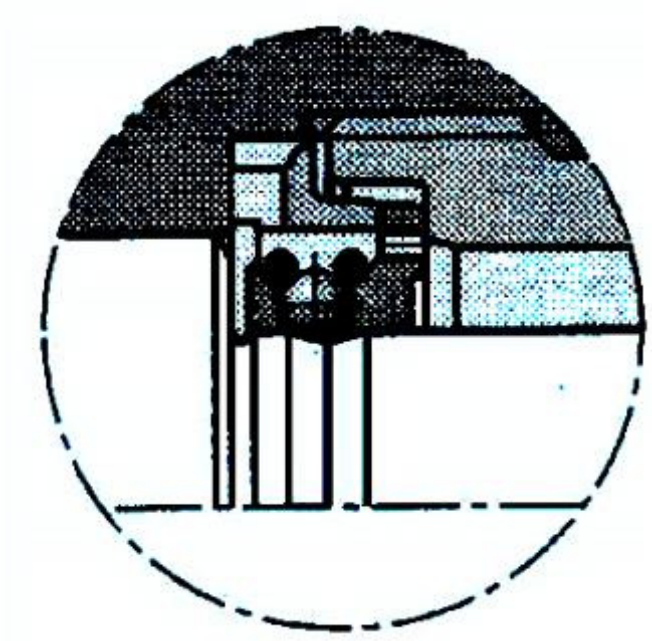




شیرهای کنترل جهت

- نوع عملگر: دندانه‌ای

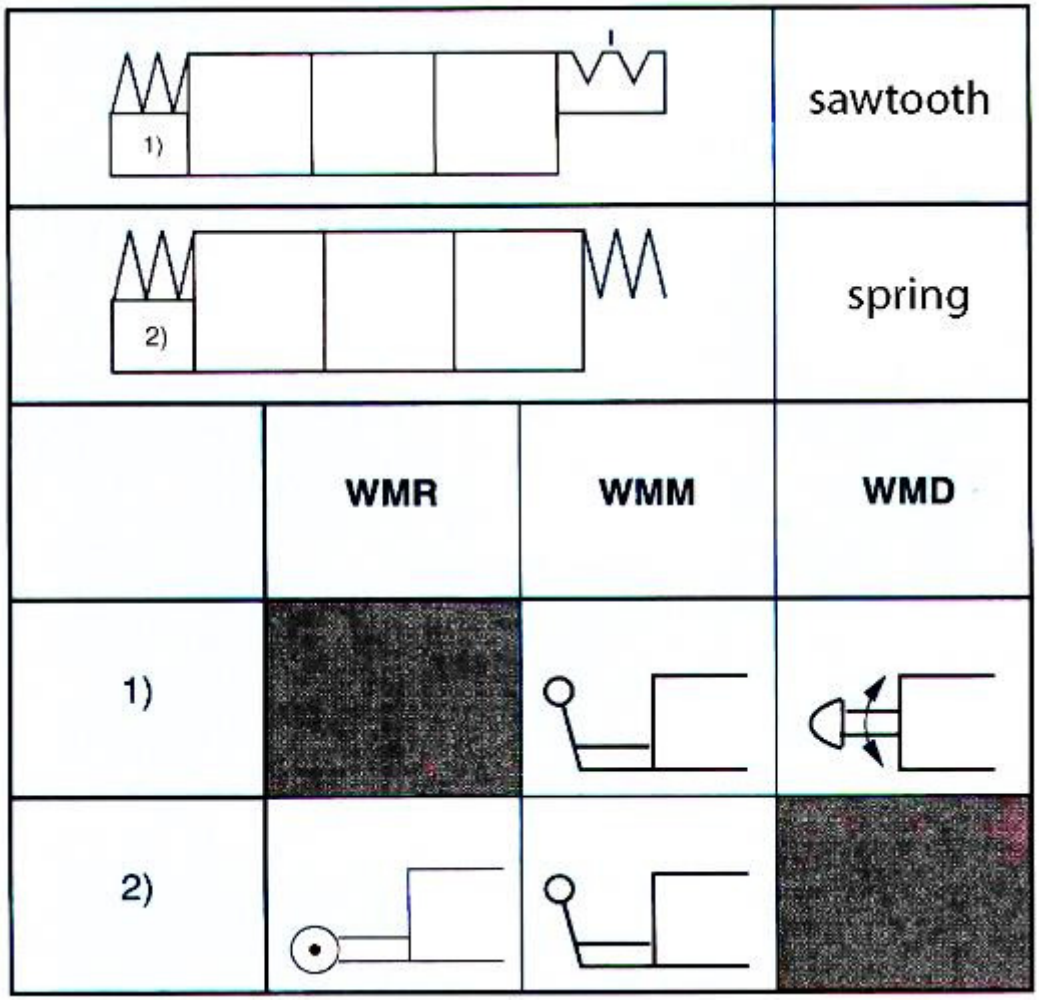






شیرهای کنترل جهت

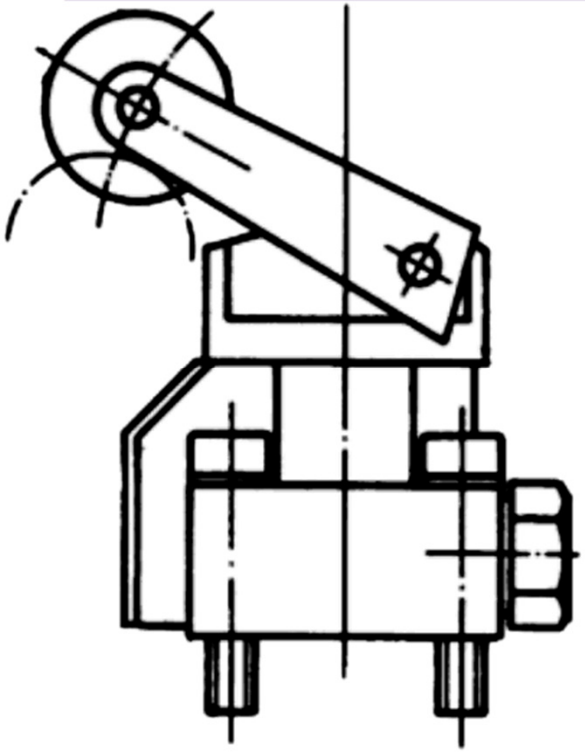
- نوع دو انتهای شیرهای کنترل جهت می‌تواند به صورت زیر باشد.

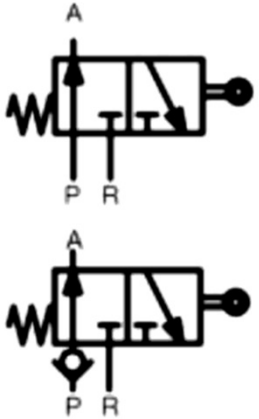


- نوع فنری آن به عنوان سنسور موقعیت مورد استفاده قرار می‌گیرد

شیرهای کنترل جهت

- سنسور موقعیت











شیرهای کنترل جهت

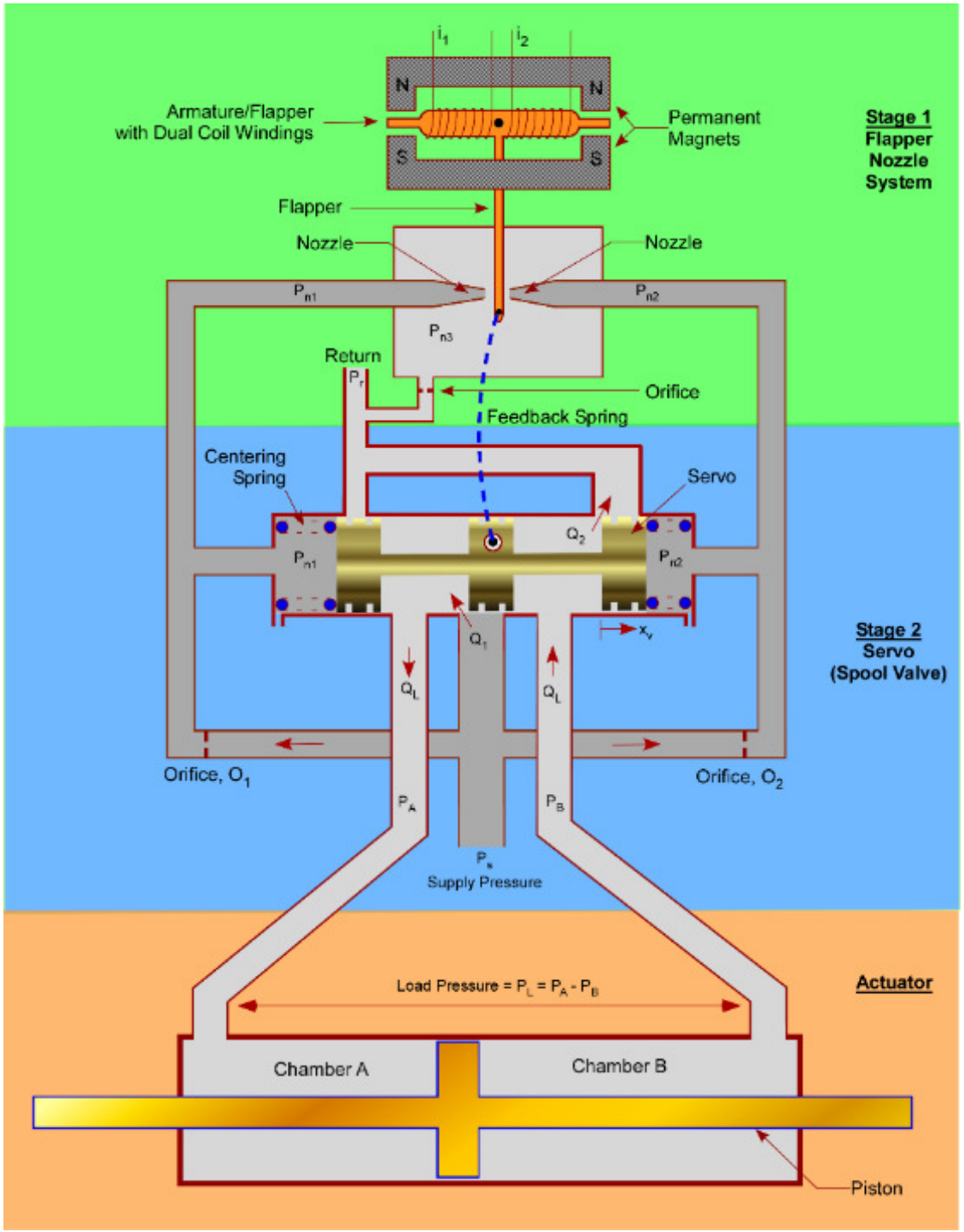
- تنظیم پیوسته
  - شیرهای سرو (servo valves)
  - شیرهای تناسبی (proportional valves)

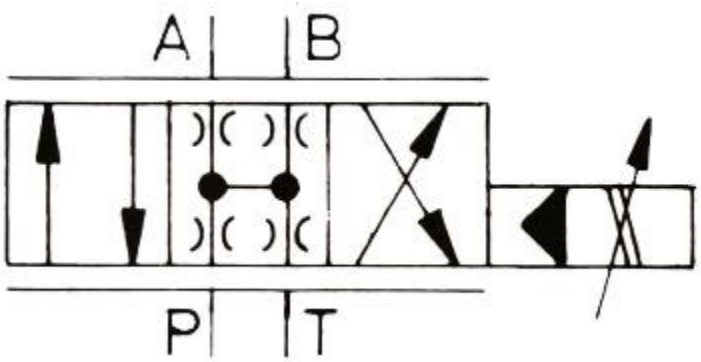
شیرهای سروو

- شیرهای سروو (servo valves)
  - این شیرها می‌توانند با یک توان ورودی کوچک، یک توان خروجی بسیار بزرگ را کنترل کنند.
  - امکان جابجایی جرم بسیار زیاد در زمان کوچک برای کنترل دقیق در برابر نیروی متغیر را دارند.
  - معمولا بسیار گرانقیمت بوده، زیرا با دقت بسیار بالایی ساخته می‌شوند.
  - بکارگیری آنها هزینه نیز زیادی دارد زیرا سیال باید به خوبی فیلتر شود.
  - معمولا دارای ۲ مرحله (در دبی‌های بیشتر ۳ مرحله) تقویت دارند

شیرهای سروو

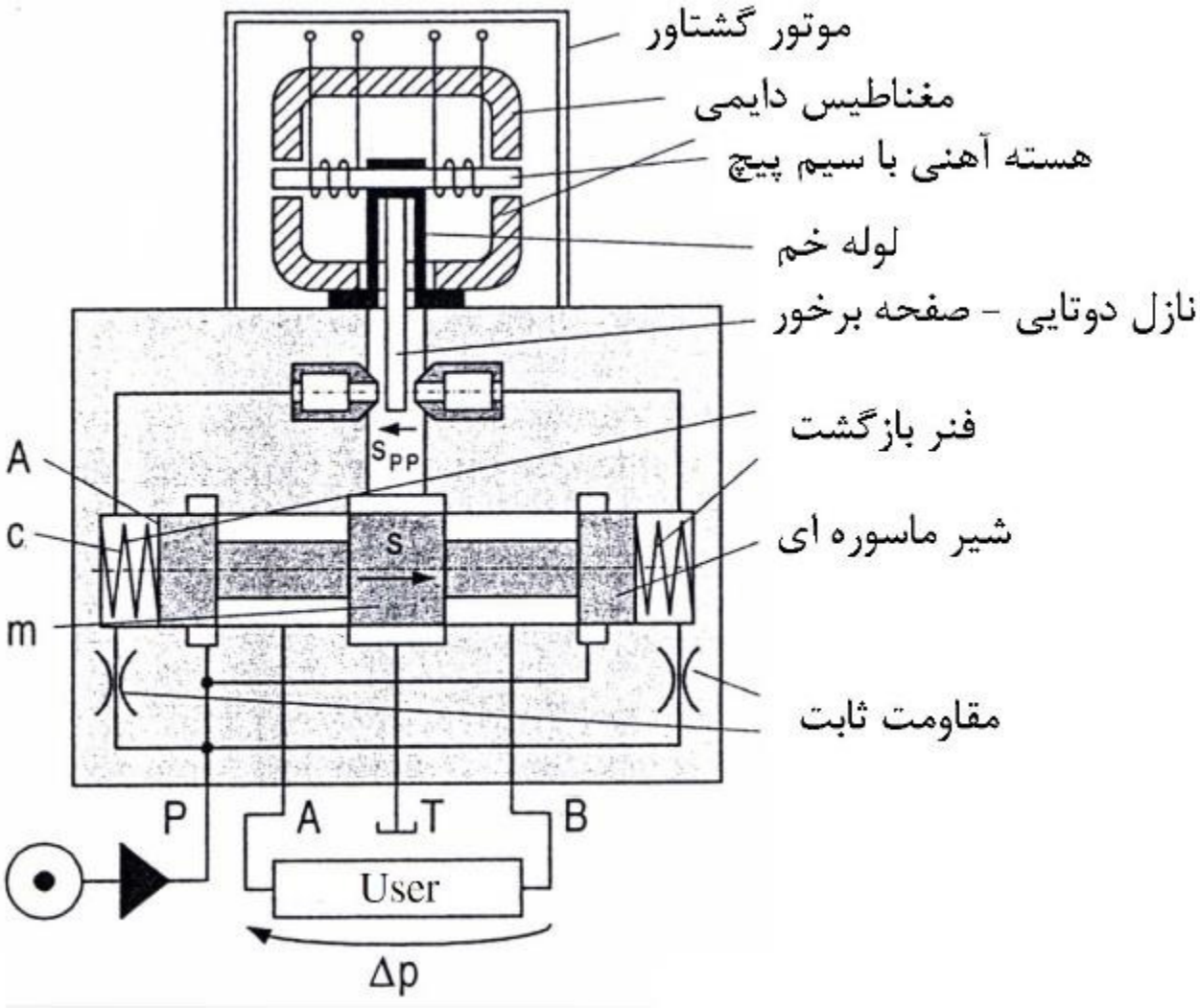
- شیرهای سروو دو مرحله‌ای





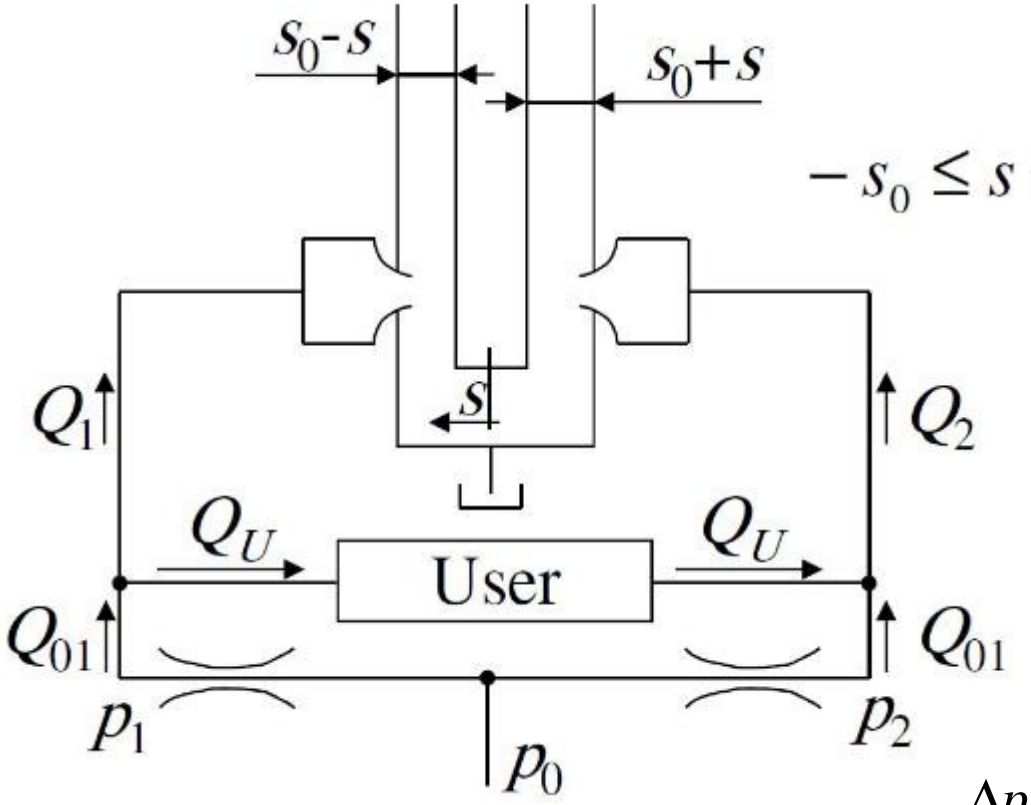
شیرهای سروو

- ساختار شیر



شیرهای سروو

- نحوه عملکرد شیر سروو

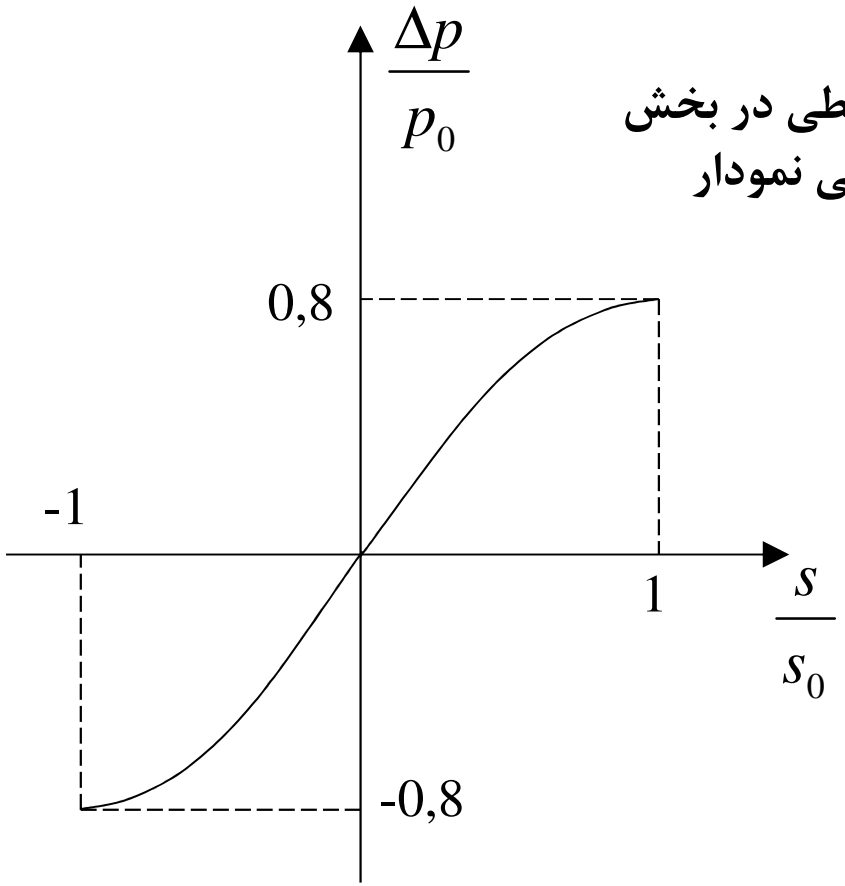


$$-s_0 \le s \le s_0$$

$$\Delta p = p_0 \cdot \left(\frac{1}{1+\left(1-\frac{s}{s_0}\right)^2} - \frac{1}{1+\left(1+\frac{s}{s_0}\right)^2} \right)$$

شیرهای سروو

- نمودار تغییرات فشار به جابجایی

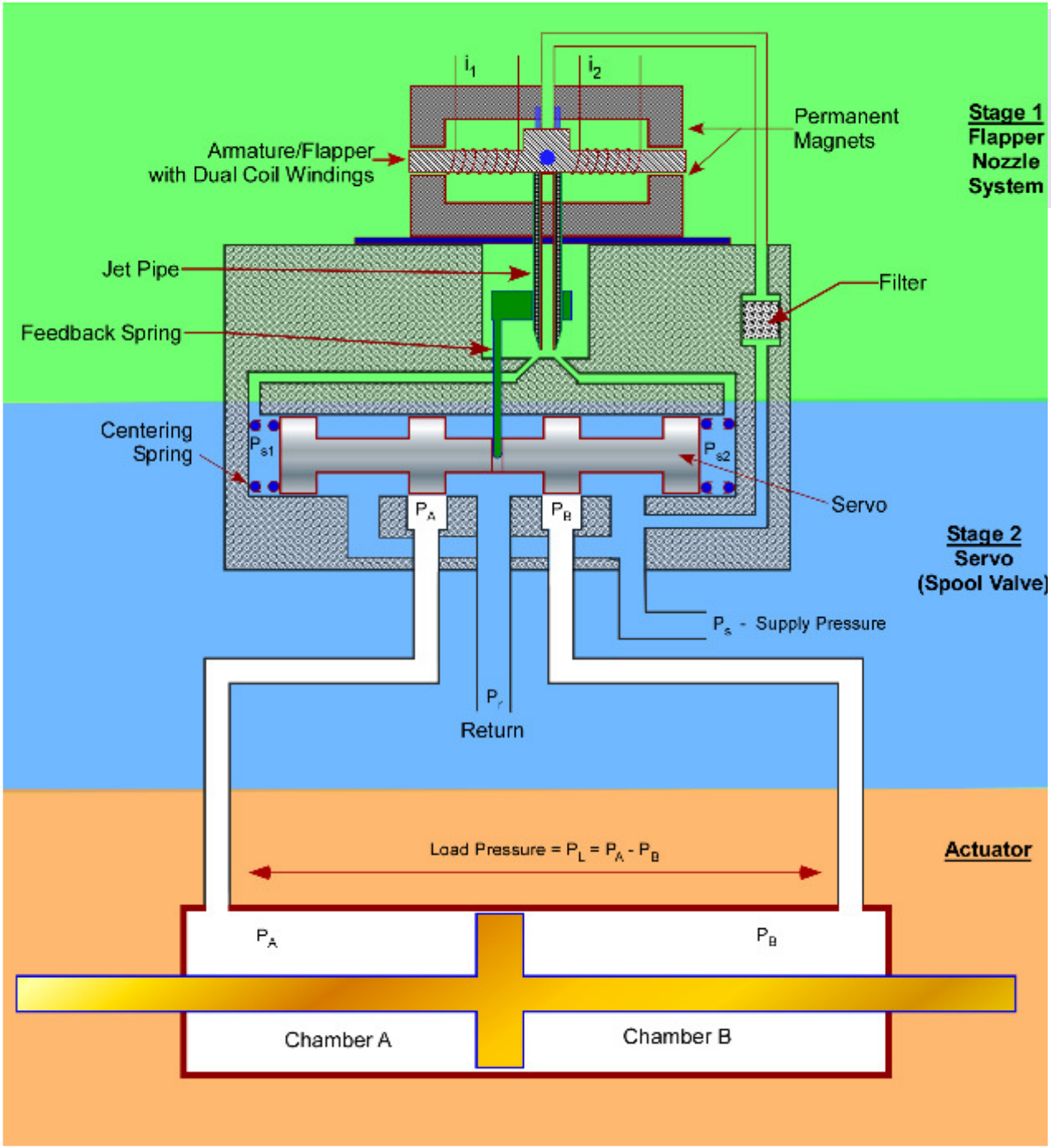


شیرهای سروو

- عملکرد
  - در صورت عدم وجود جریان، جابجایی وجود نداشته، شیر در وسط قرار می‌گیرد.
  - در صورت برقراری جریان، هسته آهنی حرکت کرده، صفحه متصل به آن نیز جابجا و در نتیجه فشار افت می‌کند.
  - با توجه به فواصل کوچک کیفیت ساخت باید بسیار بالا باشد

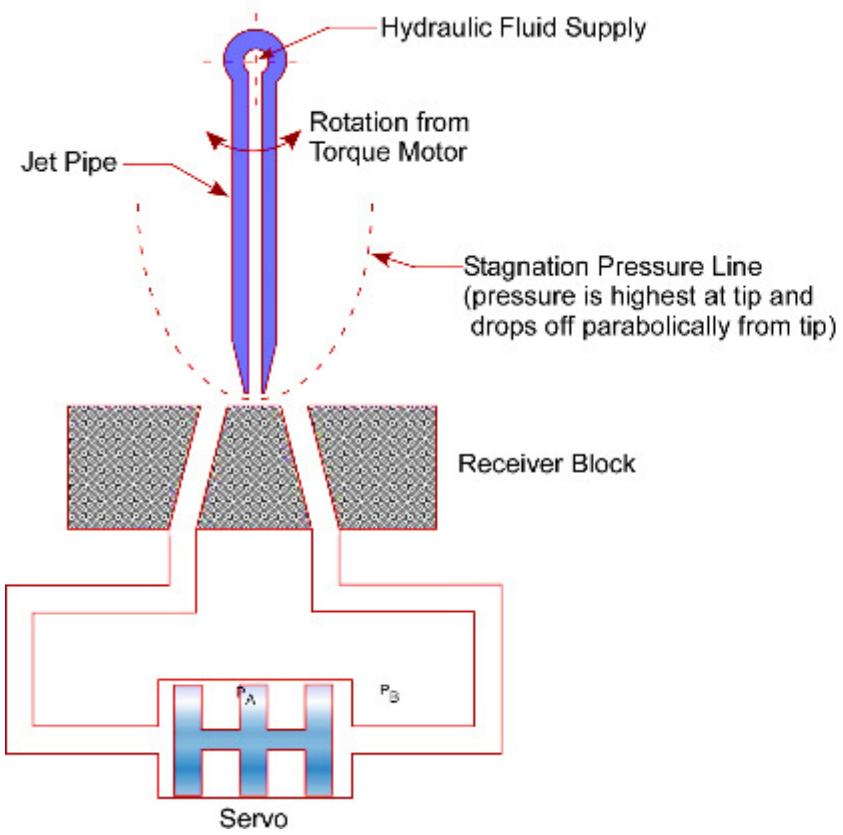
شیرهای سروو

- نوع دیگری از شیرهای سروو دو مرحله‌ای، نوع لوله جت سرو عملگر است.

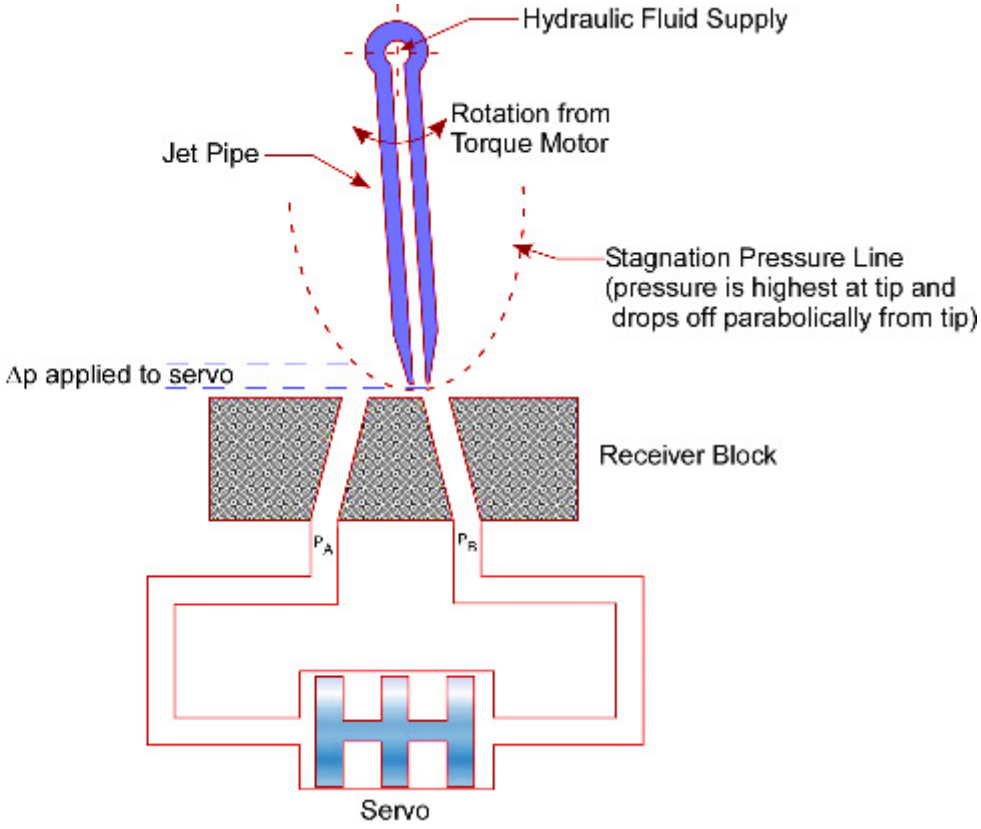


شیرهای سروو

- Jet Pipe



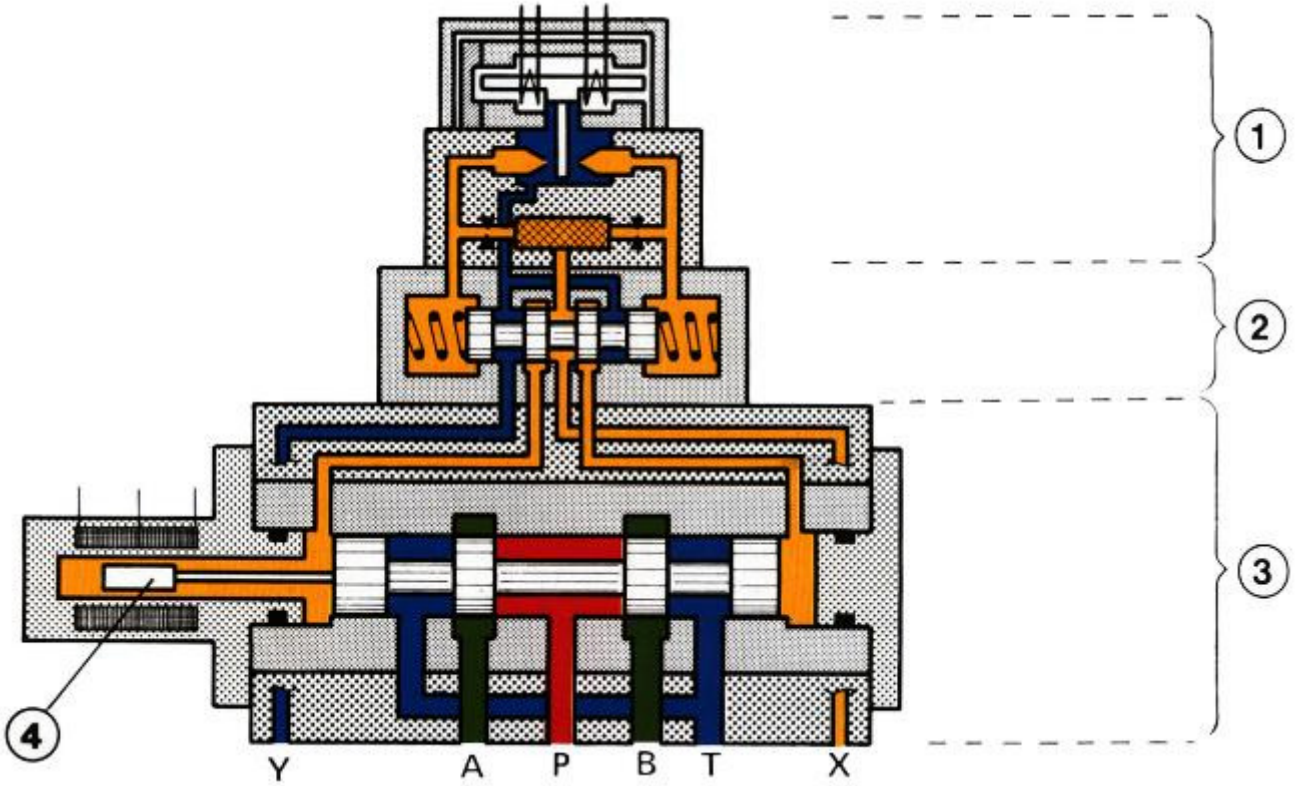
(a) Jet Pipe Centered



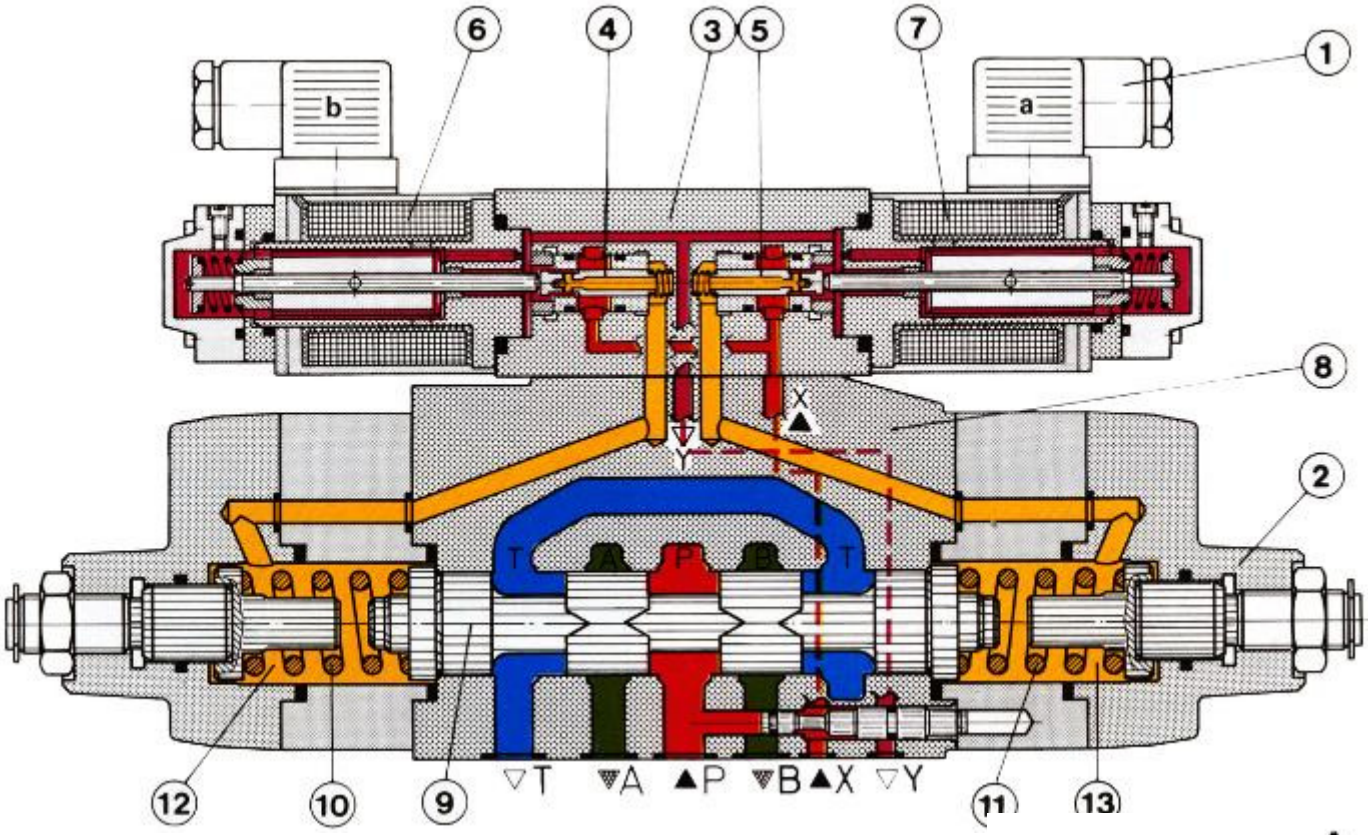
(b) Jet Pipe Rotated to Right

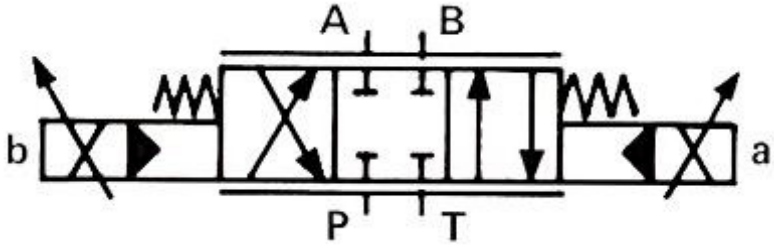
شیرهای سروو

- نوع دیگری از شیرهای سروو، از نوع سه مرحله‌ای است.
- این نوع شیرها برای توانهای بسیار بالا بکار می‌رود.



شیرهای تناسبی





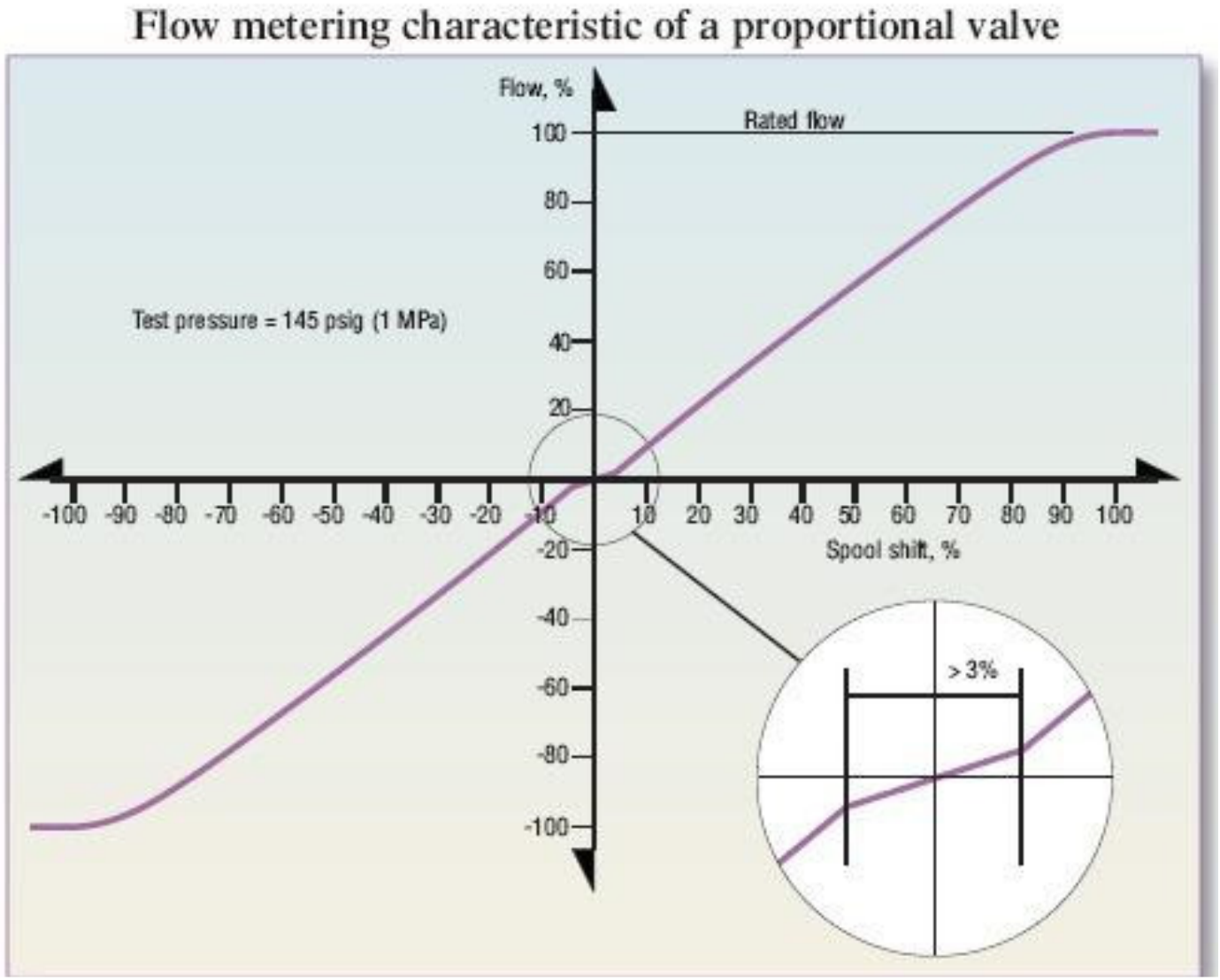
شیرهای تناسبی

- در این نوع شیر، از مغناطیس‌های تناسبی قابل تنظیم، برای کنترل دقیق و پیوسته موقعیت شیرهای کنترل جهت استفاده می‌شود.

- نیروی مغناطیس متناسب با مقدار جریان اعمالی و تقریبا مستقل از موقعیت است.

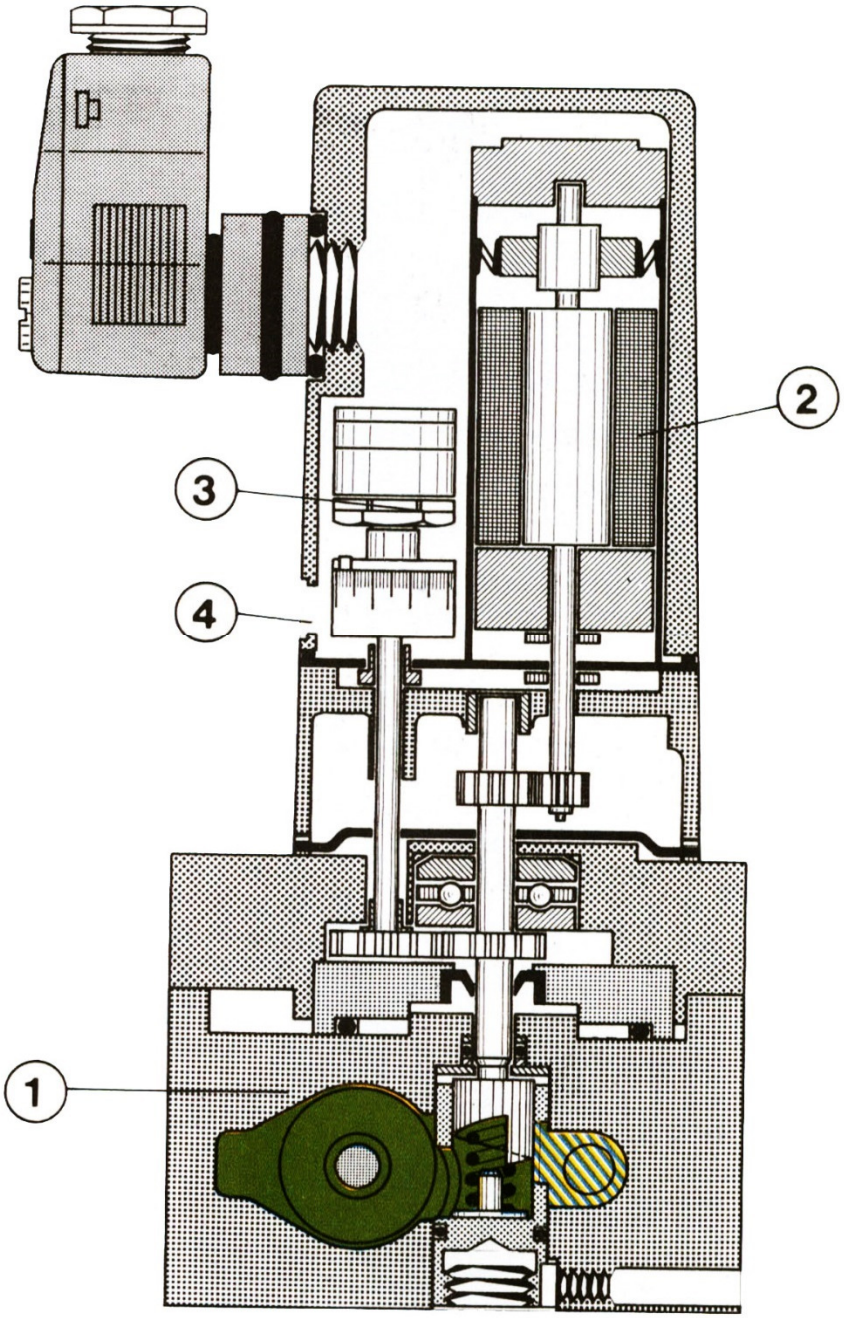
- برای کاهش اثر هیسترزیس همراه با آن از سیستم کنترل فیدبک موقعیت استفاده می‌شود.

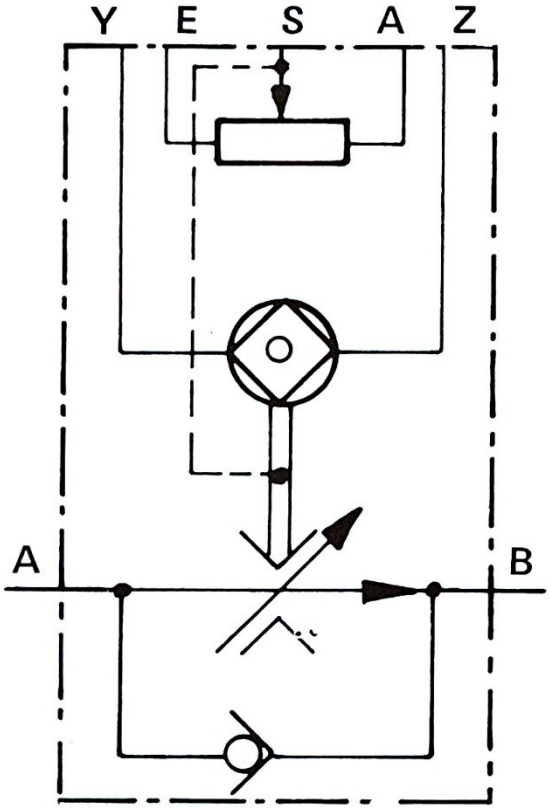
شیرهای تناسبی



شیرهای تناسبی

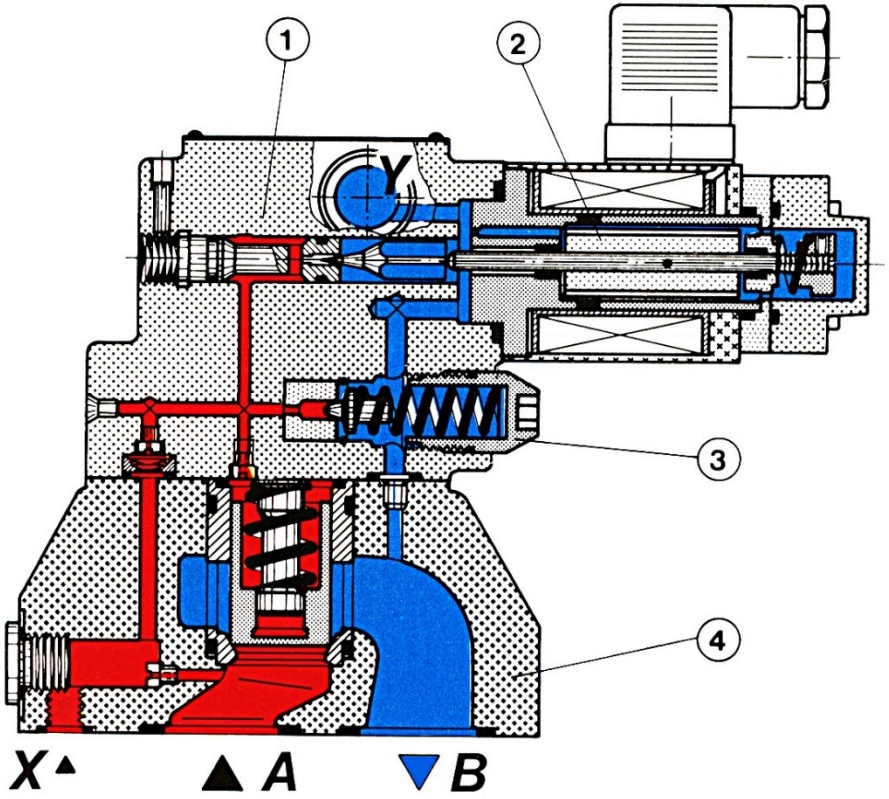
- اغلب این شیرها برای کنترل جریان بکار می‌روند.

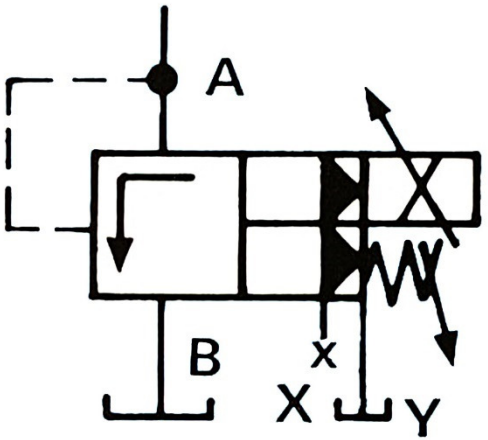




شیرهای تناسبی

- در شیرهای فشار بجای فنر، از مغناطیس استفاده شده است
  - دقت این نوع شیر بسیار زیاد است.



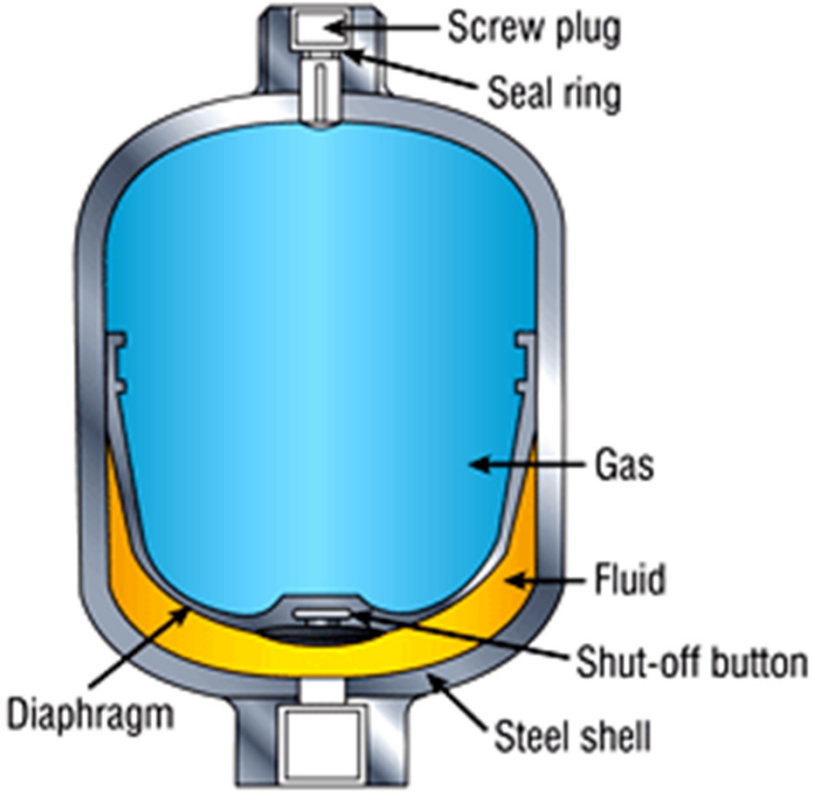


تجهیزات جانبی

ساختار و عملکرد

انباره هیدرولیکی

- انباره (Accumulator)
  - ذخیره انرژی
  - ذخیره سازی سیال
  - عملکرد اضطراری
  - جبرانسازی نیرو
  - استهلاک شوک مکانیکی
  - جذب نوسان فشار
  - جبرانسازی نشتی ها

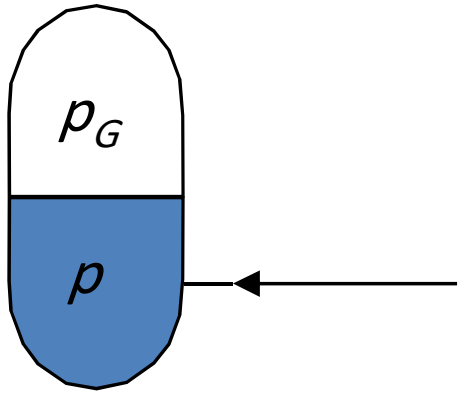


انباره هیدرولیکی

- ظرفیت هیدرولیکی انباره

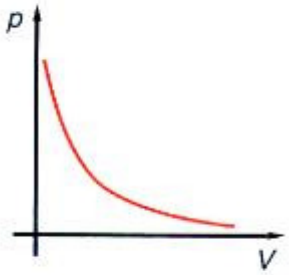
$$C_{accumulator} = \frac{V_1}{n \cdot p} \cdot \left(\frac{p_G}{p} \right)^{\frac{1}{n}}$$

– N : انبساط پلی تروپیک

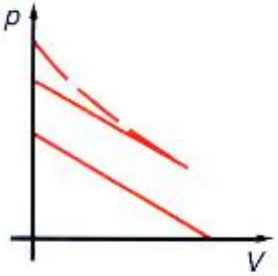


انباره هیدرولیکی

انباره گازی (هیدرونیوماتیک)

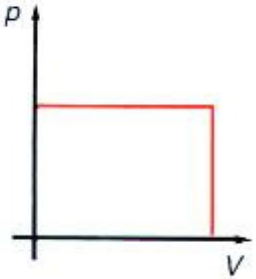


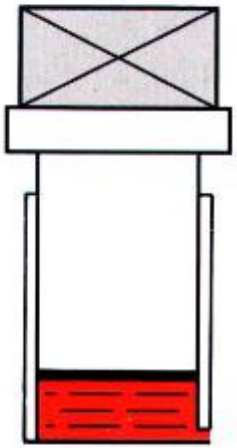
با نیروی فنری



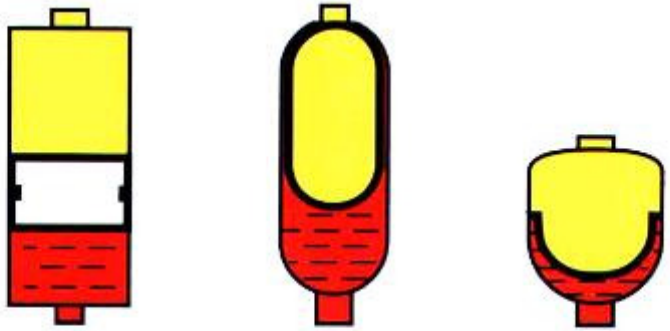


با نیروی وزنه



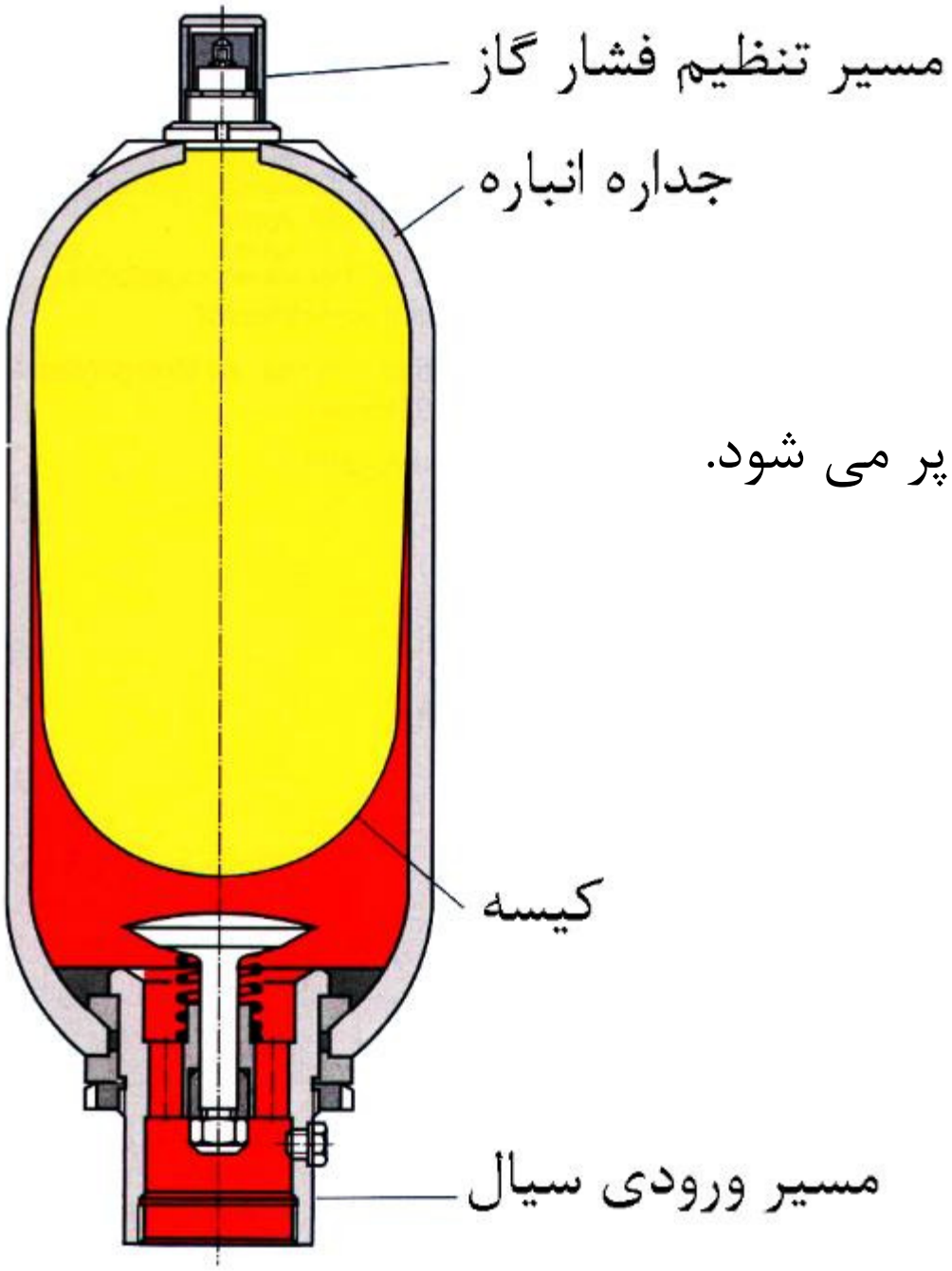


غشایی کیسه‌ای پیستون



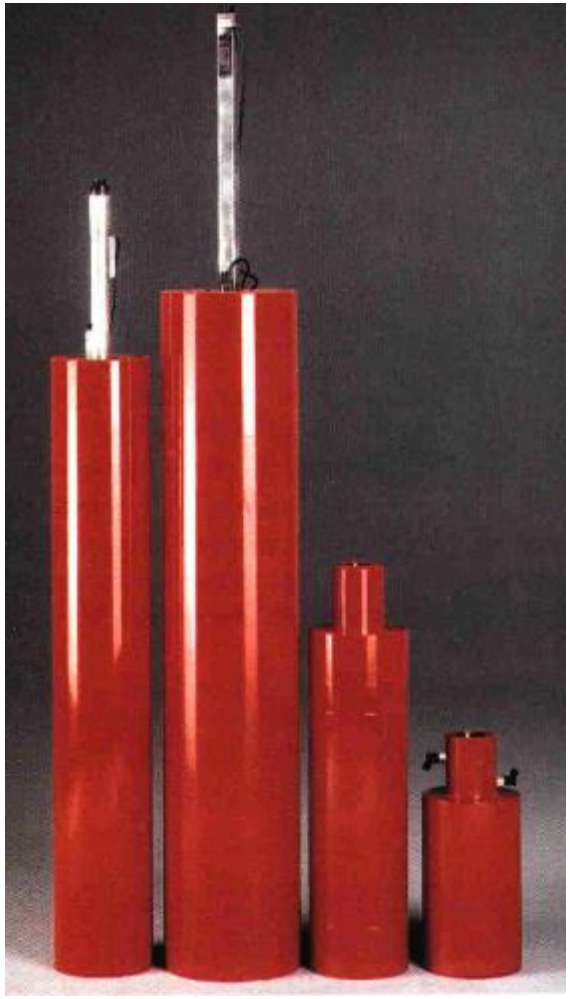
Piston Bladder Membrane

انباره هیدرولیکی



- ساختار انباره
  - کیسه معمولا با گاز CO_2 پر می شود.

انباره هیدرولیکی



پیستون



غشایی



کیسه ای

مخزن روغن

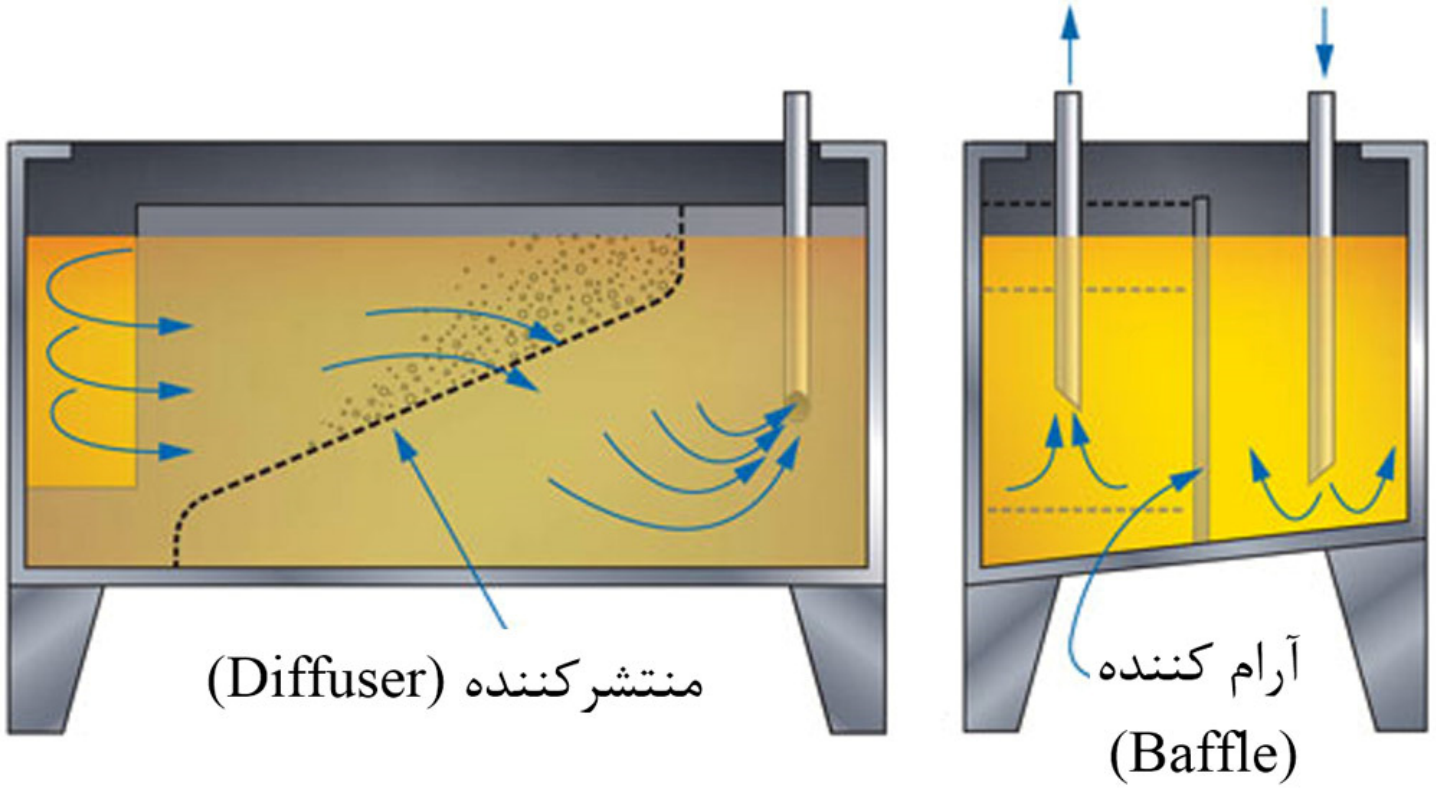
- وظایف:
  - ذخیره‌سازی حجم معینی از سیال
  - انتقال حرارت به خارج از سیستم
  - گاززدایی از روغن (صفحات بزرگ / زمان ماند طولانی)
  - جداسازی آب چگالیده
  - حمل اجزای سایر بخش‌های سیستم هیدرولیک (پمپ، شیر، لوله‌ها و...)

مخزن روغن



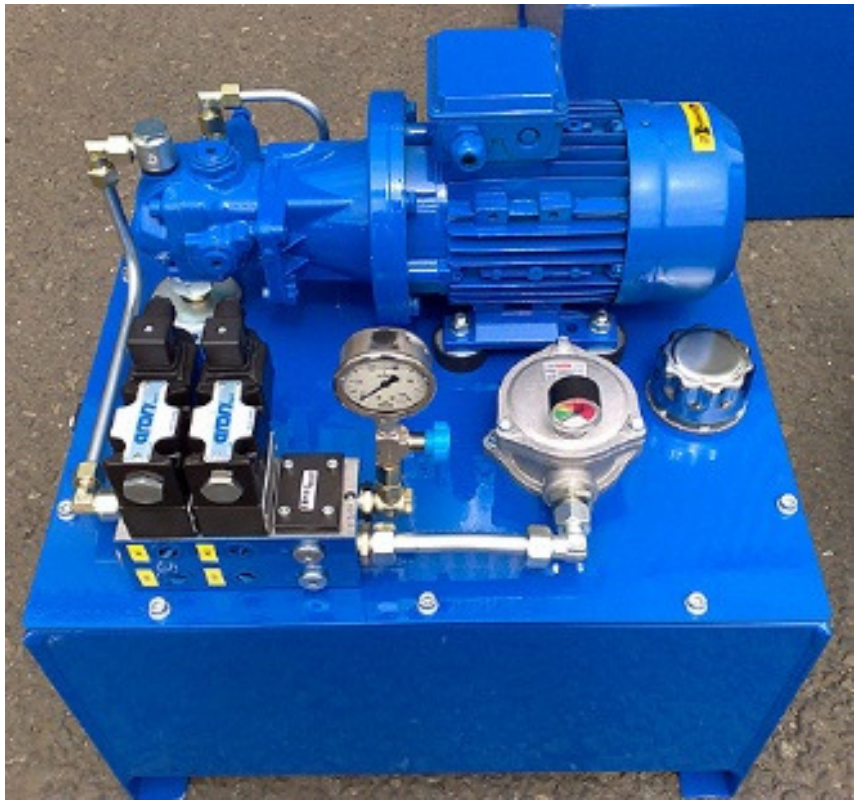
مخزن روغن

- ساختار مخزن برای هواگیری و رسوب زدایی از روغن



مخزن روغن

- Power pack
- معمولا مخزن به همراه مجموعه ای از اجزای مختلف به صورت شکل می باشد:




Oil pump
Motor
Check valve
Cooling fan
Manifold block
Solenoid valve
Hydraulic filter
Pressure Gauge
Hydraulic oil level gauge

لوله و انواع آن

- لوله‌ها را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

1. صلب
2. نیمه صلب
3. انعطاف‌پذیر یا شلینگ

لوله و انواع آن

- لوله‌های صلب
  - لوله‌های صلب فولادی در ۴ وزن زیر در دسترس است.
    - استاندارد یا رده ۴۰
    - فشار قوی (XS) یا رده ۸۰ برای فشار ۱۰۰۰ psi
    - رده ۱۶۰ برای فشار ۳۰۰۰ psi
    - ابرفشار قوی (XXS)



لوله و انواع آن

Nominal Size	O.D. Inches	Schedule 40		Schedule 80	
		Wall	Weight, Lb/Ft	Wall	Weight, Lb/Ft
1/8	0.405	0.068	0.24	0.095	0.31
1/4	0.540	0.088	0.43	0.119	0.54
3/8	0.675	0.091	0.57	0.126	0.74
1/2	0.840	0.109	0.85	0.147	1.09
3/4	1.050	0.113	1.13	0.154	1.48
1	1.315	0.133	1.68	0.179	2.17
1 1/4	1.660	0.140	2.27	0.191	3.00
1 1/2	1.900	0.145	2.72	0.200	3.63
2	2.375	0.154	3.66	0.218	5.03

Nominal Size	O.D. Inches	Schedule 160		Schedule XXS	
		Wall	Weight, Lb/Ft	Wall	Weight, Lb/Ft
1/8	0.405	N/A	N/A	N/A	N/A
1/4	0.540	N/A	N/A	N/A	N/A
3/8	0.675	N/A	N/A	N/A	N/A
1/2	0.840	0.188	1.31	0.294	1.72
3/4	1.050	0.219	1.95	0.308	2.44
1	1.315	0.250	2.85	0.358	3.66
1 1/4	1.660	0.250	3.77	0.382	5.22
1 1/2	1.900	0.281	4.86	0.400	6.41
2	2.375	N/A	N/A	N/A	N/A

لوله و انواع آن

- لوله‌های نیمه صلب

– لوله‌های بی‌درز فولادی، آلومنیومی، و مسی که در دستگاه‌های بادی و روغنی بکار می‌روند.

- لوله‌های فولادی بی درز (SAE 1010) با تابکاری کامل
- لوله‌های فولادی بی درز ضد زنگ تابکاری کامل
- لوله‌های بی درز آلومینیومی (B50S-0)
- لوله‌های بی درز مسی با تابکاری کامل



لوله و انواع آن

- لوله‌های انعطاف‌پذیر یا شلینگ
  - زهواره: سازه نگهدارنده لوله
    - کتان، الیاف مصنوعی، پنبه نسوز، سیم
    - بافته شده، گیس بافت، تابیده، مارپیچی



لوله و انواع آن



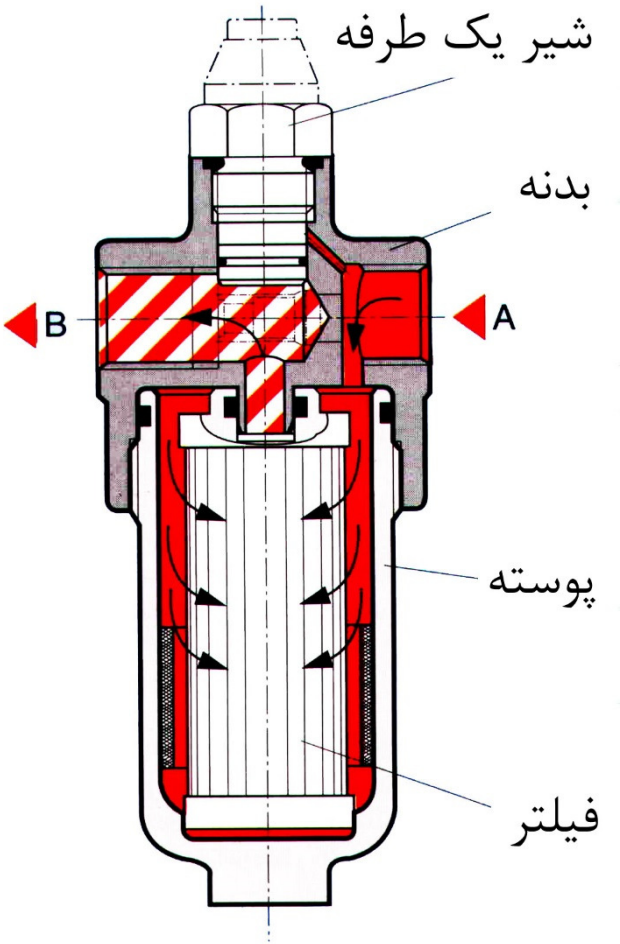
لوله و انواع آن





فیلتر

- دلیل استفاده از صافی یا فیلتر
  - پیشگیری از ورود ذرات گرد و غبار به اجزای حساس پمپ

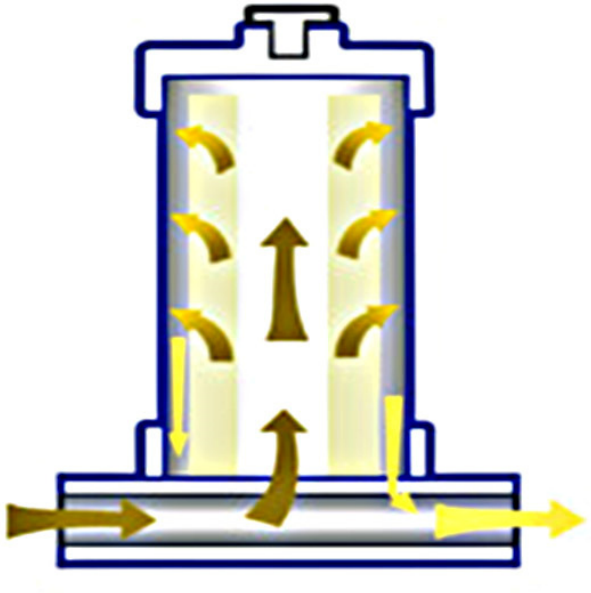


فیلتر

- انواع فیلتر
  - فیلترهای سطحی (Surface filter)
  - فیلترهای حجمی یا عمقی (Volume filter)



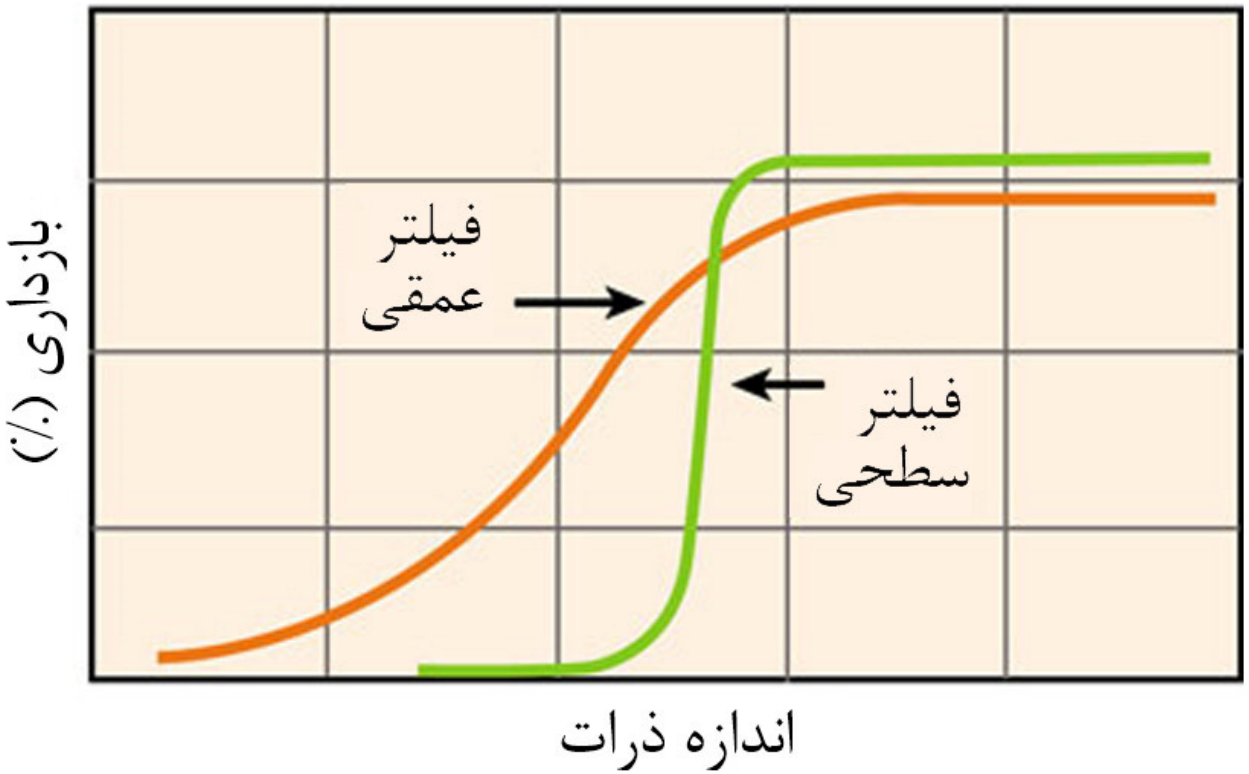
فیلتر عمقی



فیلتر سطحی

فیلتر

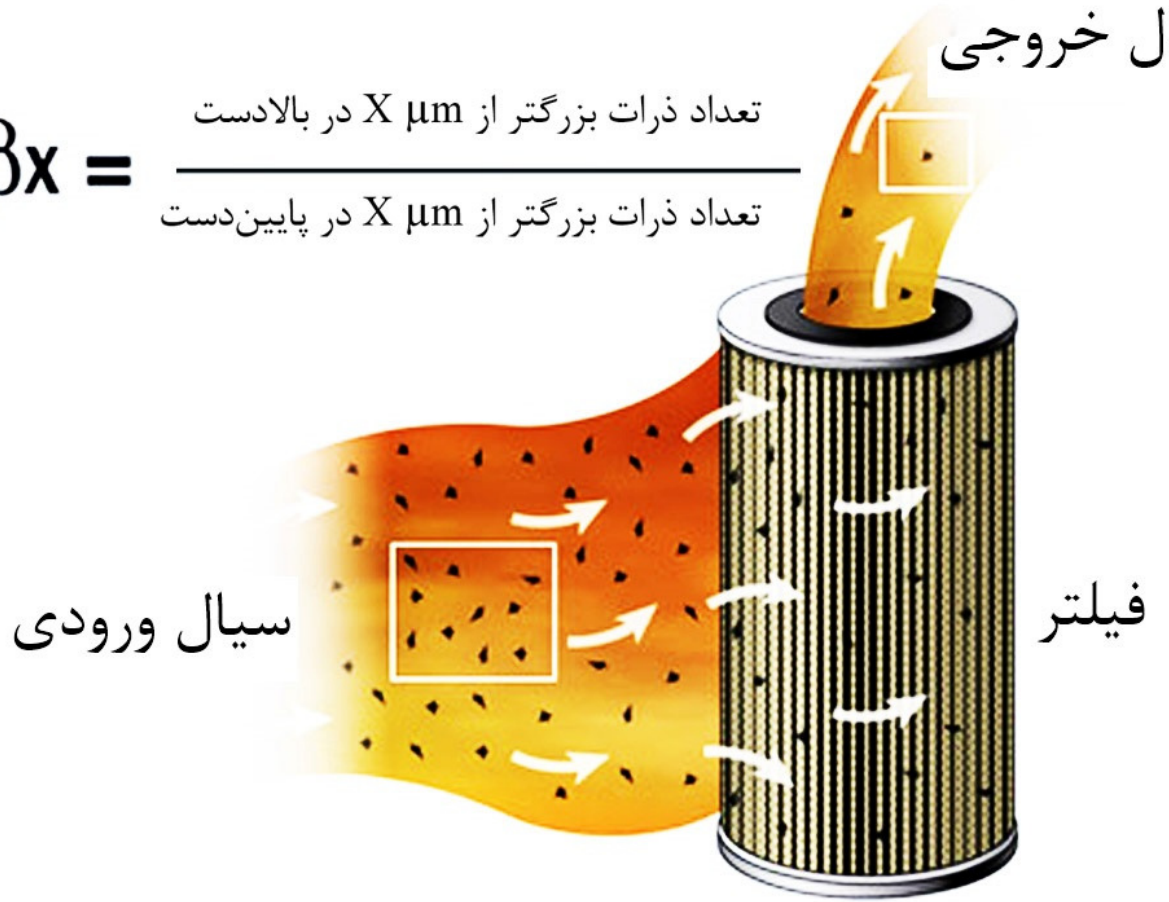
- تاثیر اندازه ذرات بر میزان بازداری در فیلترهای عمقی و سطحی



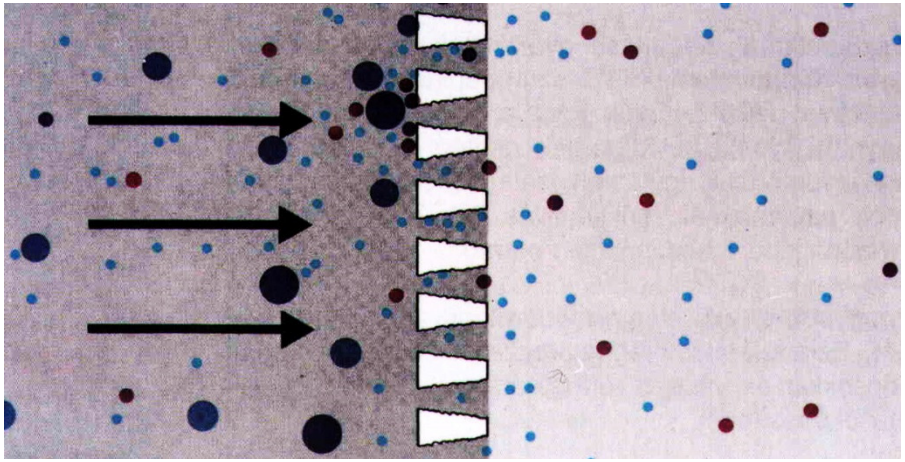
فیلتر

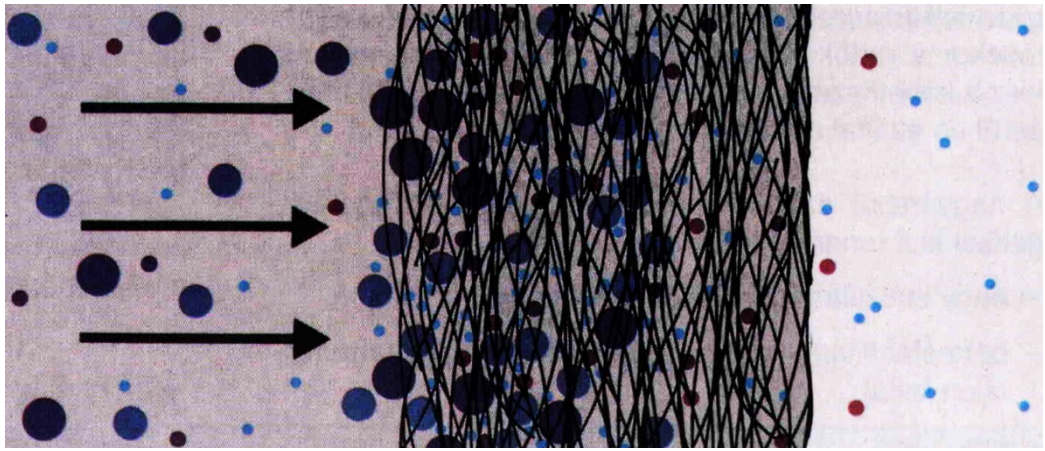
- ضریب کارایی فیلتر

$$\beta x = \frac{\text{تعداد ذرات بزرگتر از } X\ \mu m \text{ در بالادست}}{\text{تعداد ذرات بزرگتر از } X\ \mu m \text{ در پایین‌دست}}$$



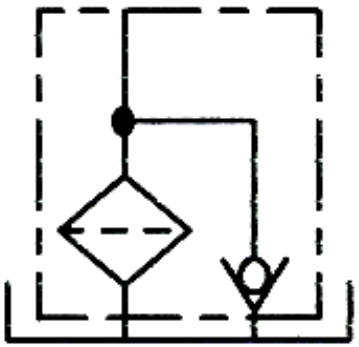
فیلتر





فیلتر

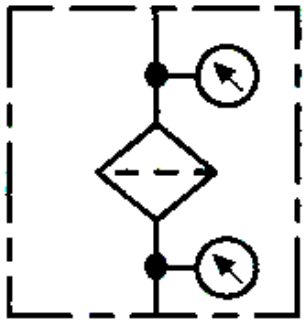




- فیلتر مکشی (Suction filter)
  - برای محافظت از پمپ برای ذرات بزرگتر از ۱۰ میکرون
  - هزینه پایین
  - تعمییرات مشکل (بخصوص در هنگام نصب در زیر سطح سیال)
  - مجهز به شیر یک طرفه بوده، فشار باز شدن آن بسیار پایین است (جلوگیری از کاویتاسیون)
  - بهترین درجه فیلتر کردن
    - مش فولاد ضدزنگ: ۲۵ تا ۹۰ μm
    - کاغذ، پشم شیشه و پلی‌استر: ۱۰ μm
    - پشم شیشه: ۱۰ تا ۲۵ μm

فیلتر



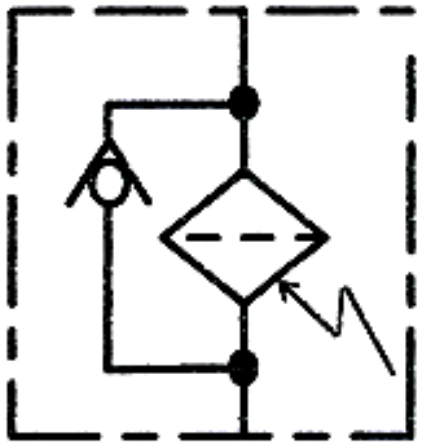


- فیلتر فشاری(Pressure filter)
  - هزینه متوسط (بسته به اندازه و فشار)
  - درجه بالای فیلتر کردن
  - بهترین درجه فیلتر کردن
    - مش فولاد ضدزنگ: ۲۵ تا ۶۶۰ µm
    - کاغذ، پشم شیشه و پلی‌استر: ۱ تا ۲۰ µm

فیلتر



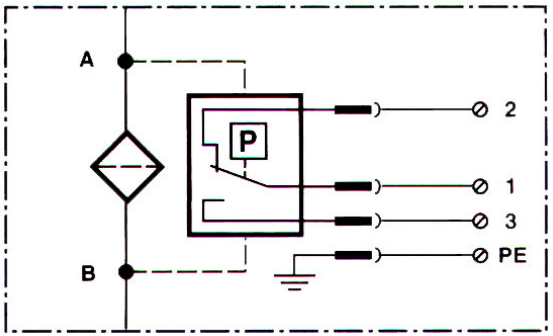
- فیلتر مسیر بازگشت (Return-line filter)
  - بسیار ارزان
  - تعمیر آسان
  - بدون از کار افتادگی
    - چون همراه با فیلتر داپلکس استفاده می شود
  - درجه فیلتر کردن عالی
    - مش فولاد ضدزنگ: ۴۰ تا ۹۰ µm
    - کاغذ: ۱۰ µm
    - پشم شیشه: ۱۰ تا ۲۵ µm



فیلتر



- سیستم فیلتر بای‌پس
  - بسیار پرهزینه، که البته به دلیل طول عمر و نرخ پایین کنه شدن سیال هیدرولیک به سرعت جبران می‌شود
  - درجه فیلتر کردن بسیار بالا ۰.۵ µm
  - حذف رسوب و لجن از سیال
  - بدون شوک فشار هنگام عبور از فیلتر
  - امکان فیلتر کردن off-line

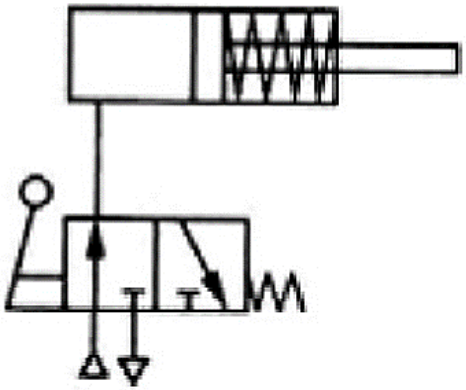


حرکت اتوماتیک

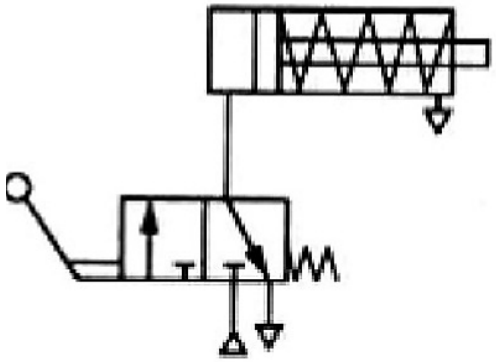
سیستم های نیوماتیکی

کنترل حرکت یک جک یک طرفه

- برای این منظور می توان از یک شیر N.C. 3×2 بهره برد.

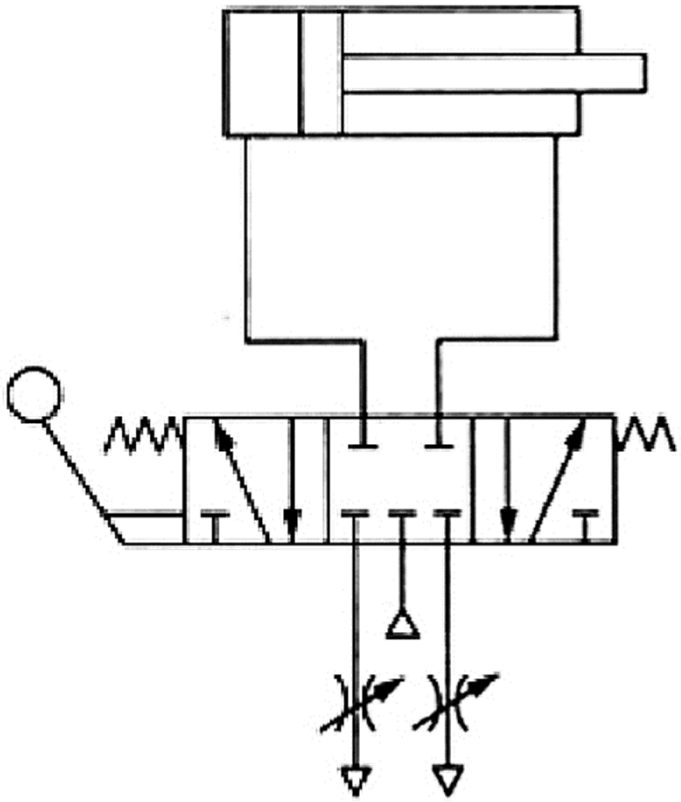


وضعیت ۲: شیر باز، جک در وضعیت باز شده



وضعیت ۱: شیر بسته، جک در وضعیت برگشت

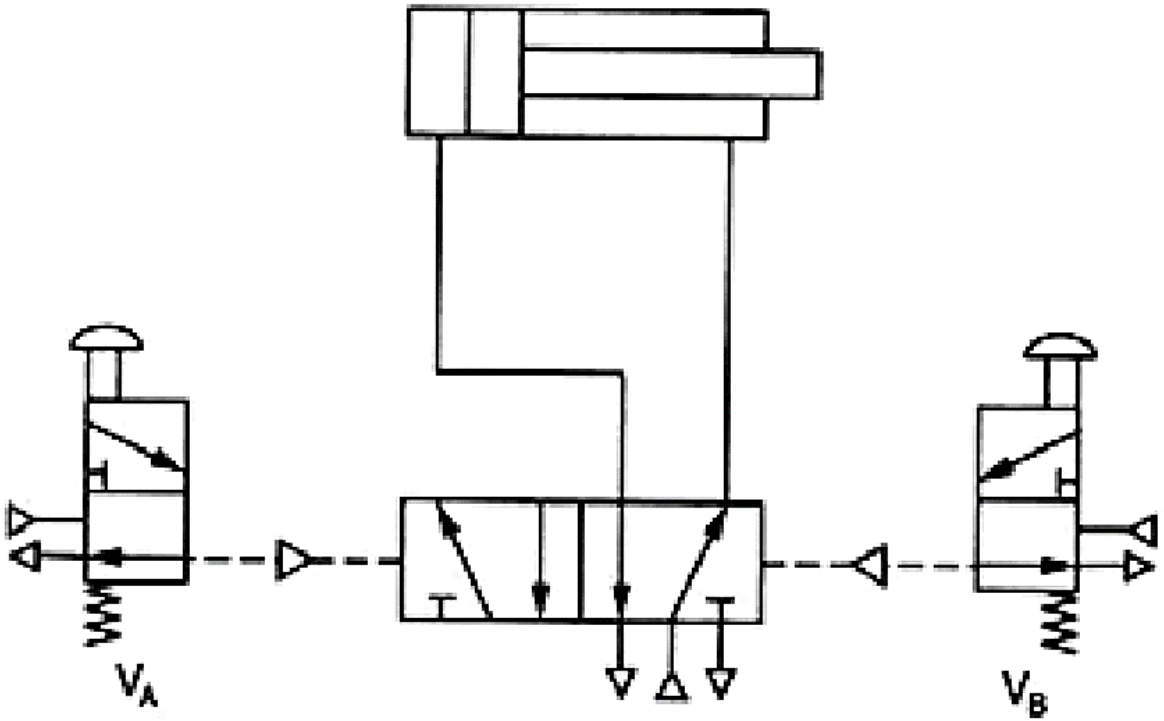
کنترل حرکت یک جک دوطرفه



- اگرچه می توان از شیرهای کنترل جهت متفاوتی استفاده نمود، ولی از روش های مرسوم برای این منظور استفاده از شیر 5×2 یا شیر 5×3 بهره برد.
- تفاوت آنها در وضعیت بدون حرکت بلوک وسط است.

کنترل حرکت با شیرهای کنترل و فرمان پیلوت

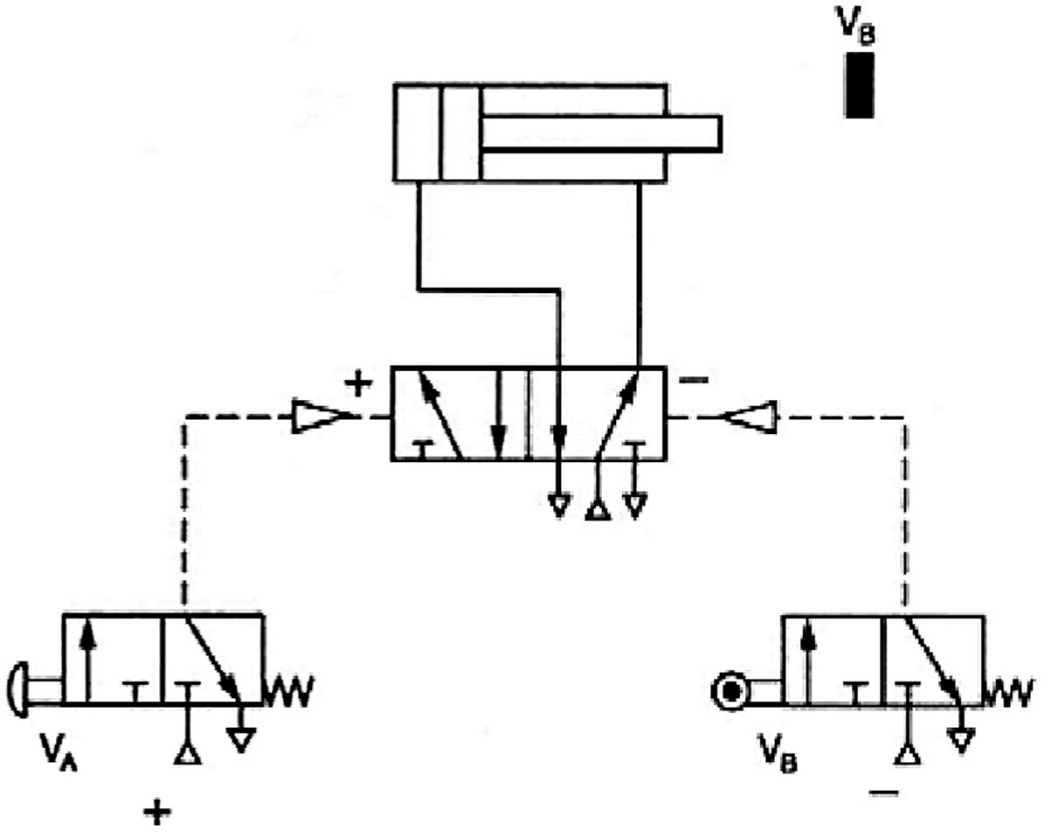
- در سیستم های نیوماتیک، ممکن از فشار خط قدرت متفاوت از فشار خط کنترل باشد. برای این منظور استفاده از شیرهای فرمان و پیلوت برای کنترل موقعیت، گزینه مناسبی است.



خط چین نشانگر خط فشار پیلوت است

حرکت اتوماتیک جک دوطرفه

اضافه کردن ۱ یا چند سنسور می تواند نقطه شروع و پایان حرکت جک ها را مشخص نماید.

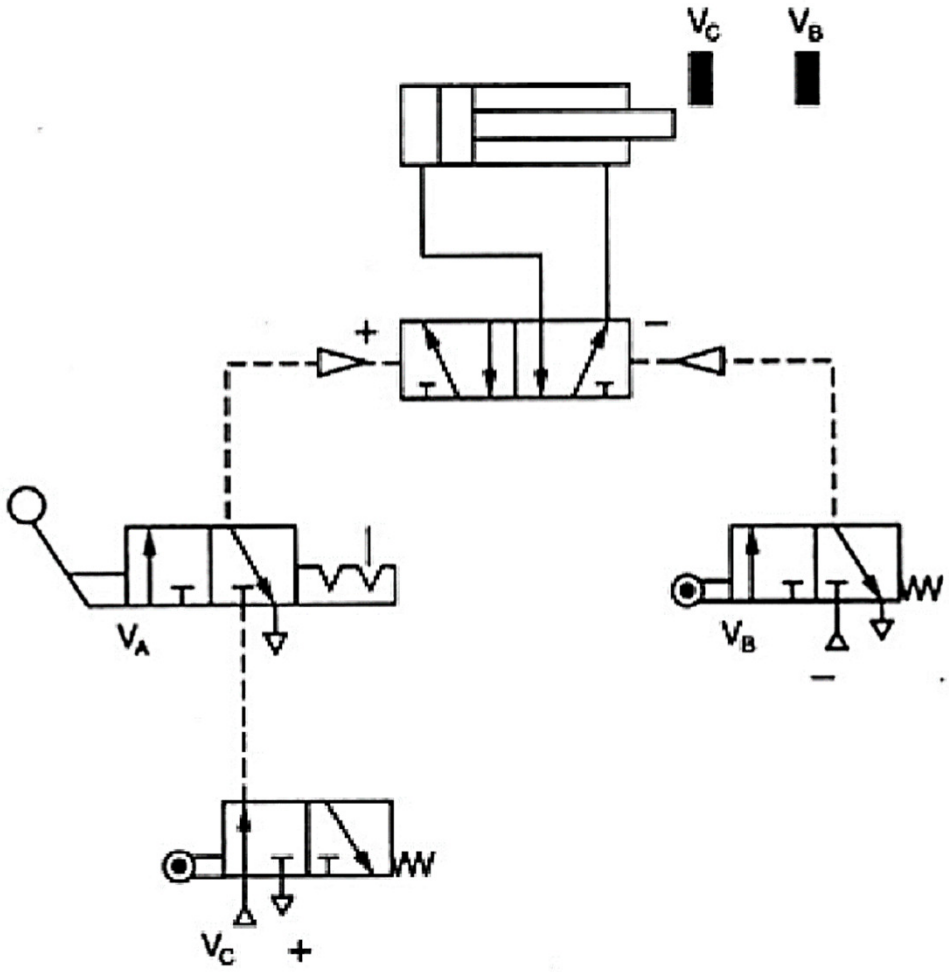


در این صورت امکان ایجاد حرکت اتوماتیک فراهم خواهد شد.

با فشار دکمه فشاری، جک به سمت جلو حرکت و پس از برخورد انتظار می رود به عقب برگردد

* (ولی تا زمانی که دست از دکمه برداشته شود، برنمی گردد)

حرکت اتوماتیک جک دوطرفه



- می توان با در نظر گرفتن ۲ شیر فرمان (سنسورهای موقعیت) و یک شیر 5×2 حرکت رفت و برگشت اتوماتیک ایجاد نمود.

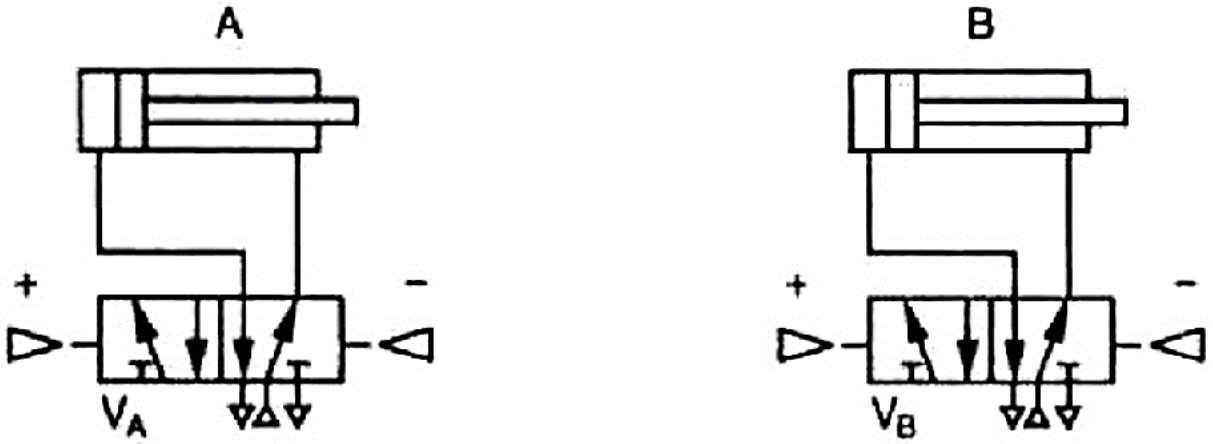
- تا زمان باز بودن شیر 3×2 حرکت رفت و برگشت ادامه خواهد یافت.

حرکت ترکیبی توسط چند جک

- با استفاده از سنسورهای موقعیت می توان حرکت های ترکیبی نیز ایجاد نمود. به عنوان مثال:

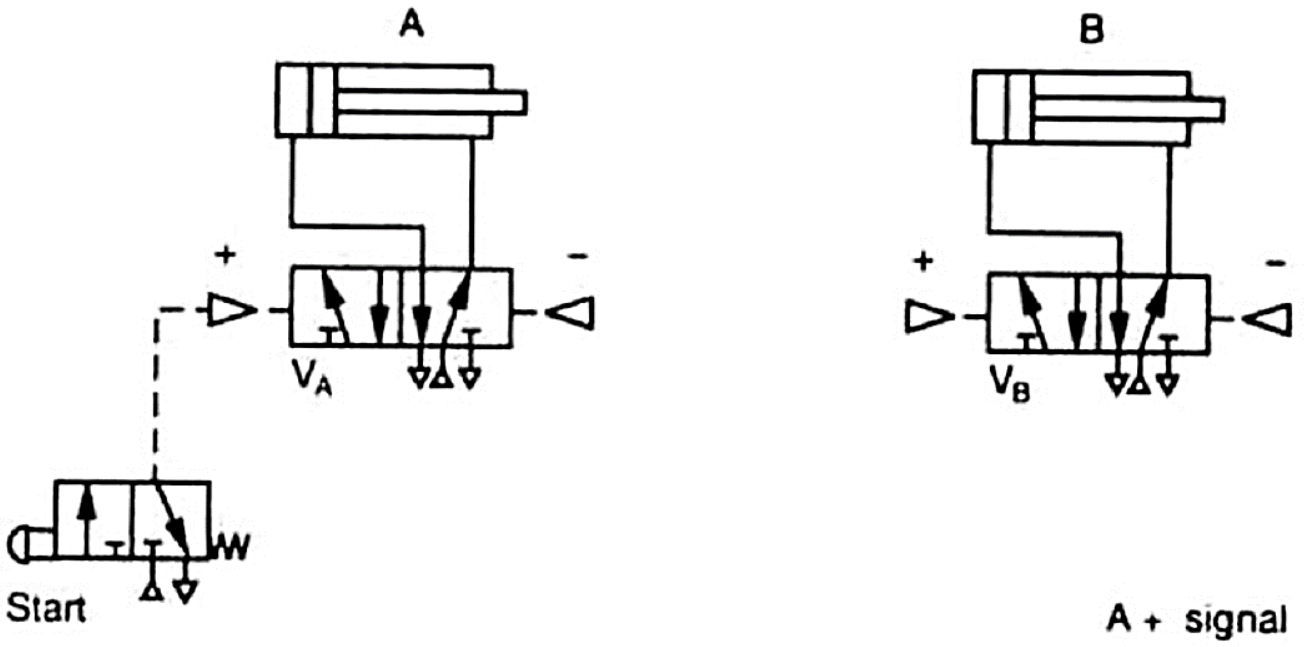
A+ B+ A- B- repeat

- مرحله اول: انتخاب شیر 5×2 برای حرکت جک ها



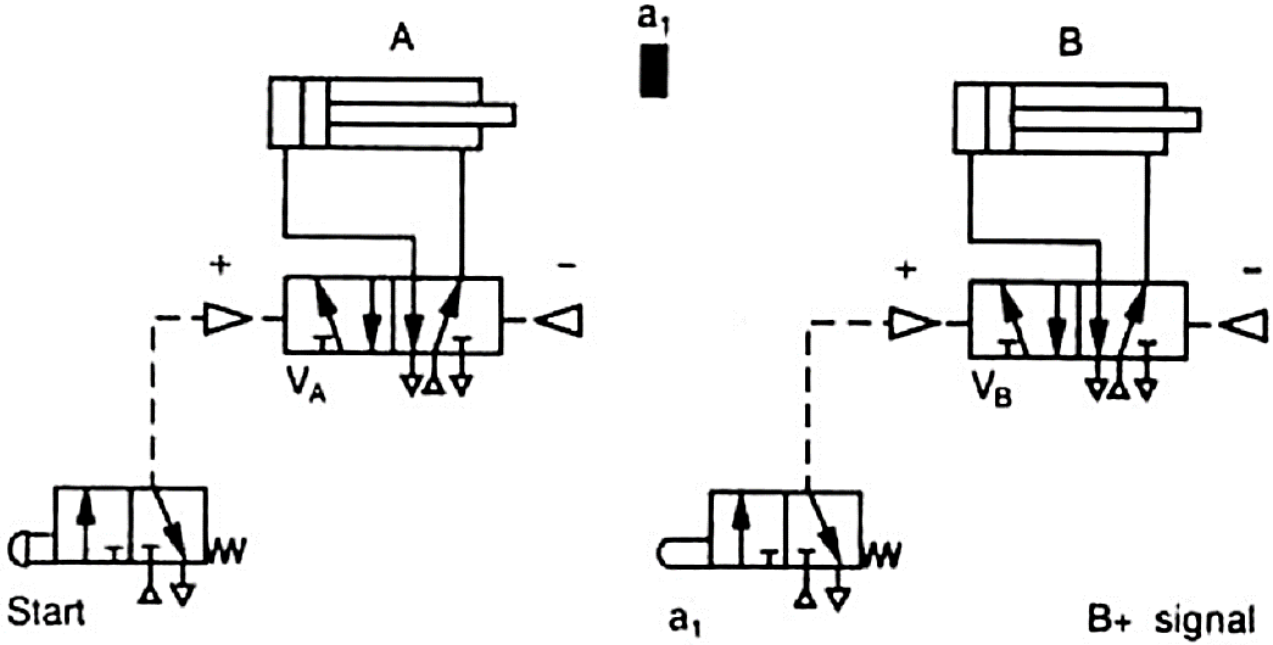
حرکت ترکیبی توسط چند جک

- مرحله دوم: انتخاب شیر 3×2 برای شروع حرکت.
  - با فشار دکمه حرکت A+ انجام می شود.



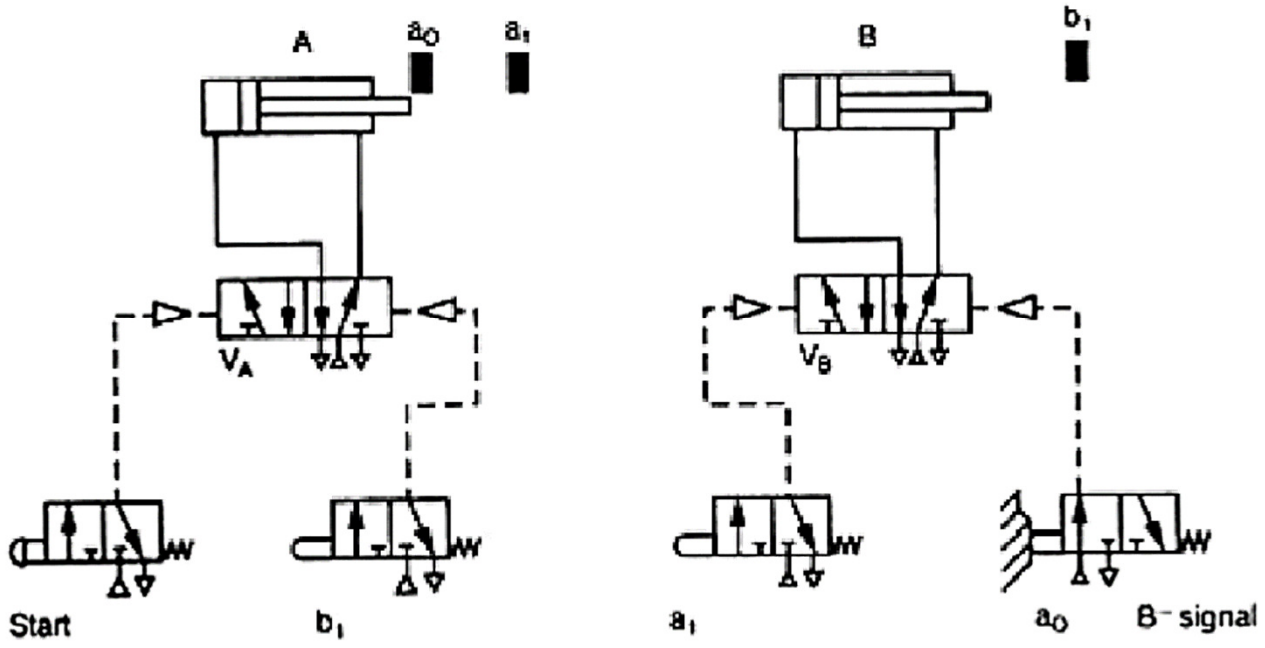
حرکت ترکیبی توسط چند جک

- مرحله سوم: سنسور 3×2 فشاری .N.C در نقطه a_1
  - تشخیص رسیدن جک A به پایان کورس آن
  - برقراری سیگنال هوا برای انجام حرکت +B

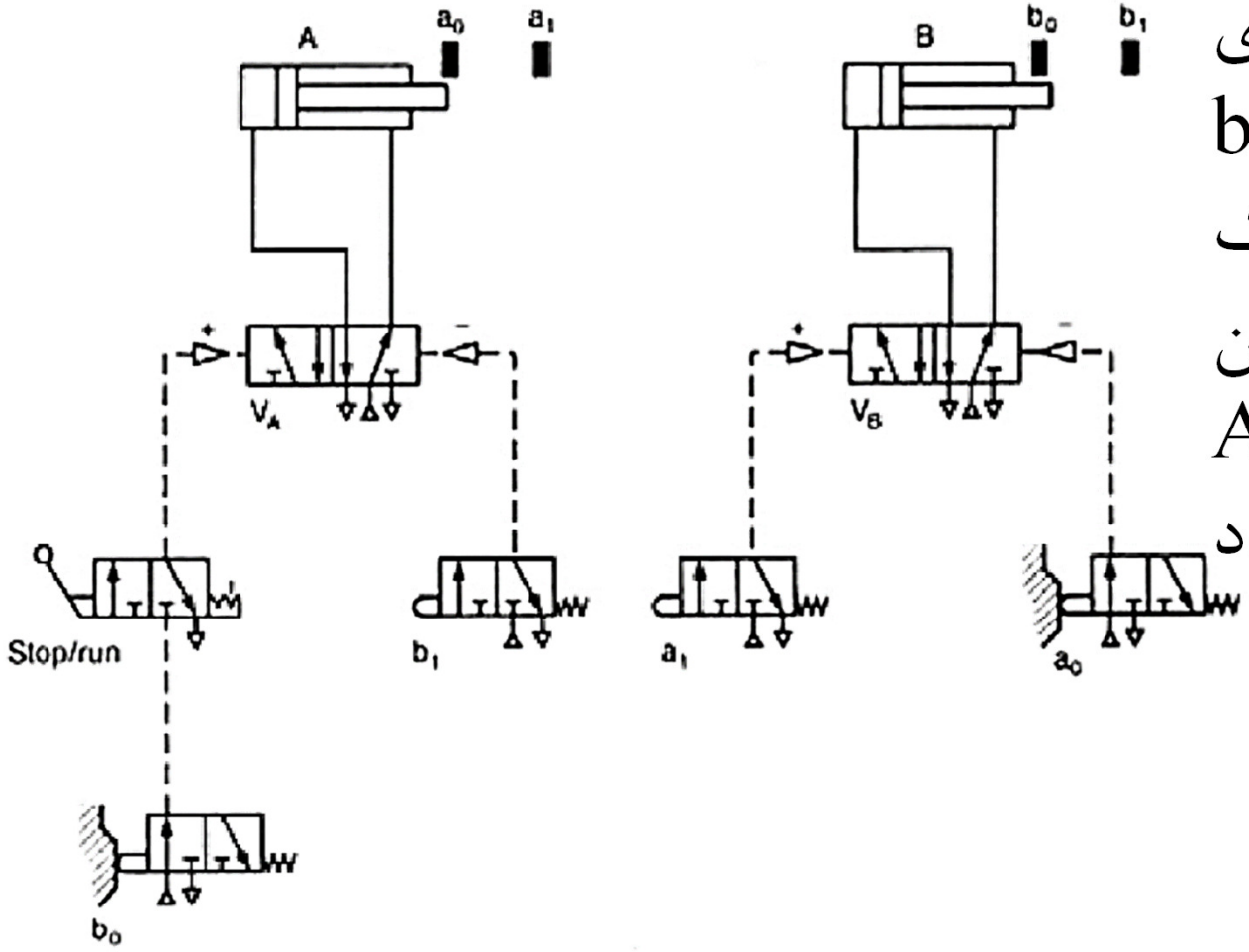


حرکت ترکیبی توسط چند جک

- مرحله چهارم: سنسور 3×2 فشاری .N.C در نقطه b_1 و
  - درگیری در نقطه b_1 سبب بازگشت و حرکت -A می شود
  - سنسور a_0 به معنی درگیر بودن برای تشخیص نقطه اولیه حرکت کل مجموعه و امکان تکرار حرکت ها است.

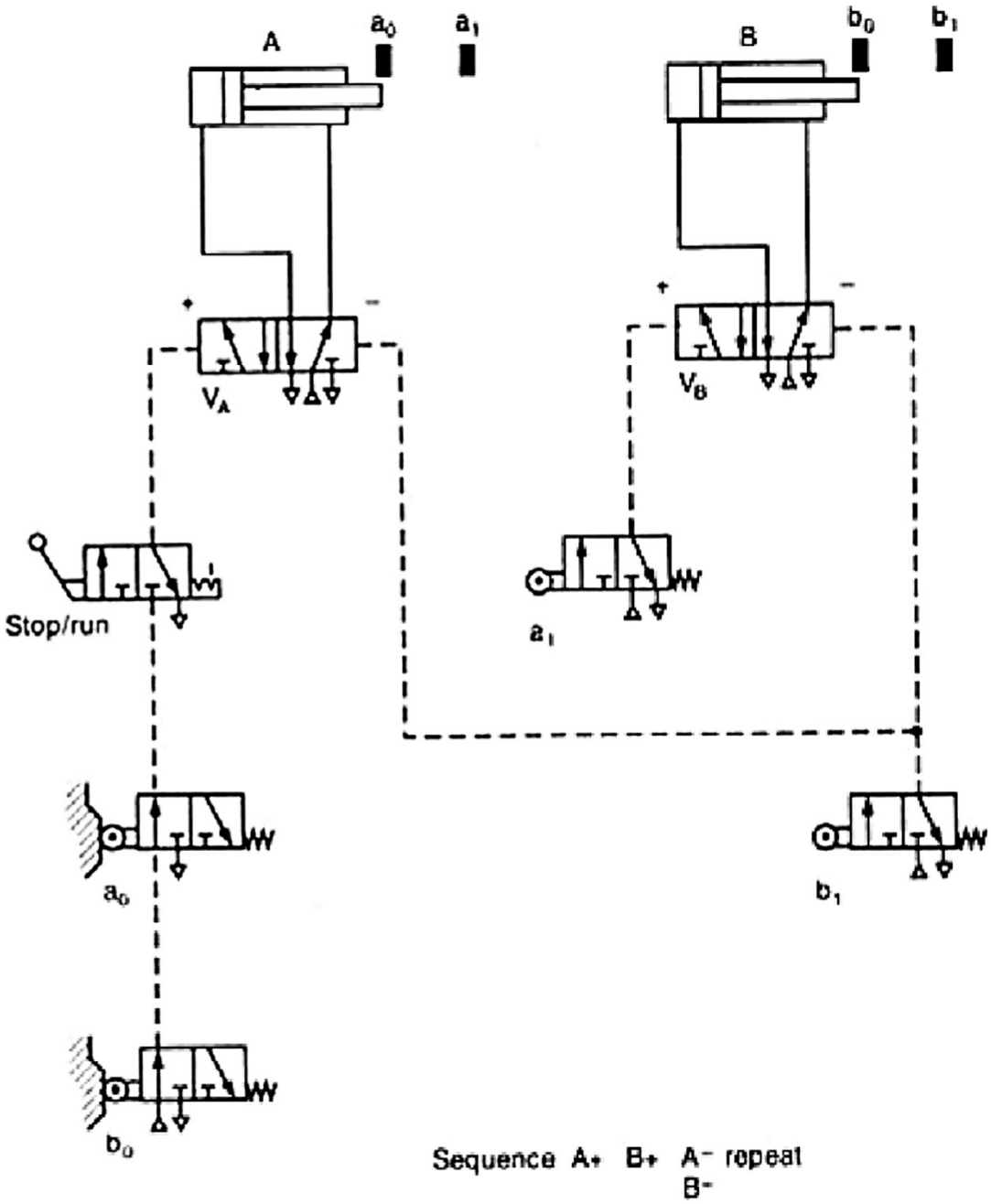


حرکت ترکیبی توسط چند جک



- مرحله نهایی: درگیری سنسور در نقطه b_0 نشانگر بازگشت جک B و برقراری جریان هوا برای جک A جهت شروع مجدد حرکت است.

ایجاد دو حرکت همزمان



Sequence A+ B+ A- repeat
B-

A+ B+ A- repeat
B-

تداخل سیگنال ها

- فرض کنید می خواهیم حرکت زیر را ایجاد نماییم:

A+ B+ /B- A-

- مشکل اصلی این حرکت زمانی آشکار که در حرکت سوم یعنی B- جک B، به نقطه شروع حرکت خود باز می گردد.
- این امر باعث تداخل بین دو حرکت خواهد شد.
- نتیجه آن ثابت ماندن جک A به صورت باز و عقب و جلو رفتن پیاپی جک B خواهد شد.

مدارهای موازی

- برای حل مشکل تداخل سیگنال های استفاده از مدارهای موازی پیشنهاد شده است.

A+ B+ /B- A-

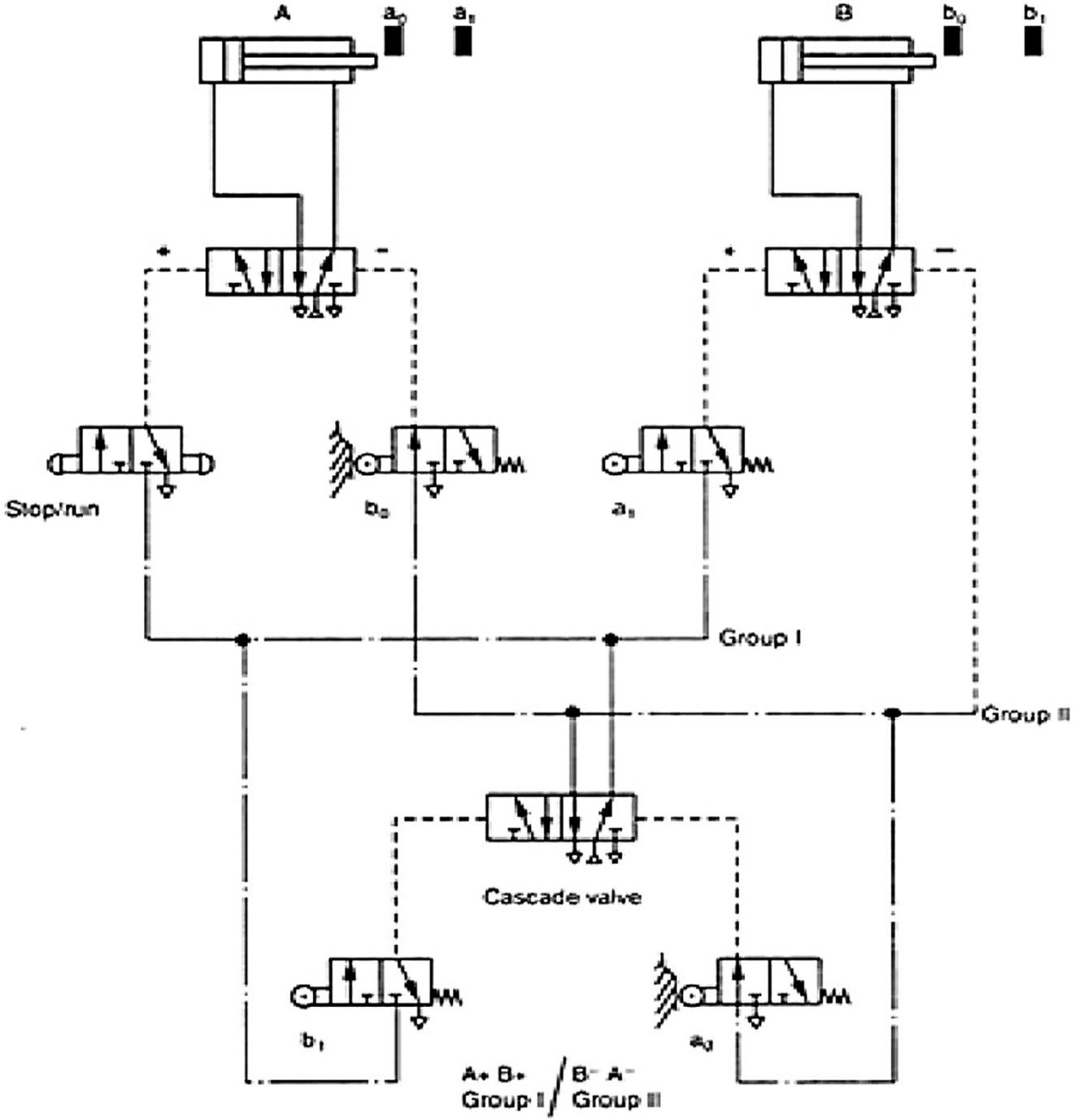
GI GII

- برای این منظور، حرکت ها به دو گروه باز شونده و جمع شونده تقسیم می شوند.

مدارهای موازی

- مرحله ۱: کل ترتیب به گروه های تقسیم کنید که در آن هیچ یک از جک ها بیش یک بار تکرار نشوند.
- مرحله ۲: جک ها، شیرهای اصلی و جهت حرکت را مشخص کنید. کلید قطع و وصل در مدار را در نظر بگیرید.
- مرحله ۳: یک شیر 5×2 یا 5×3 را به عنوان تقسیم کننده گروه ها انتخاب و هر یک از گروه های ۱ و ۲ را به بالای آن متصل کنید.
- مرحله ۴: از اولین گروه و با سنسورهای نیوماتیک ترتیب حرکت را مشخص کنید. اولین گام در هر گروه، فعال سازی خط فشار آن است (بر روی شیر تقسیم کننده)

مدارهای موازی

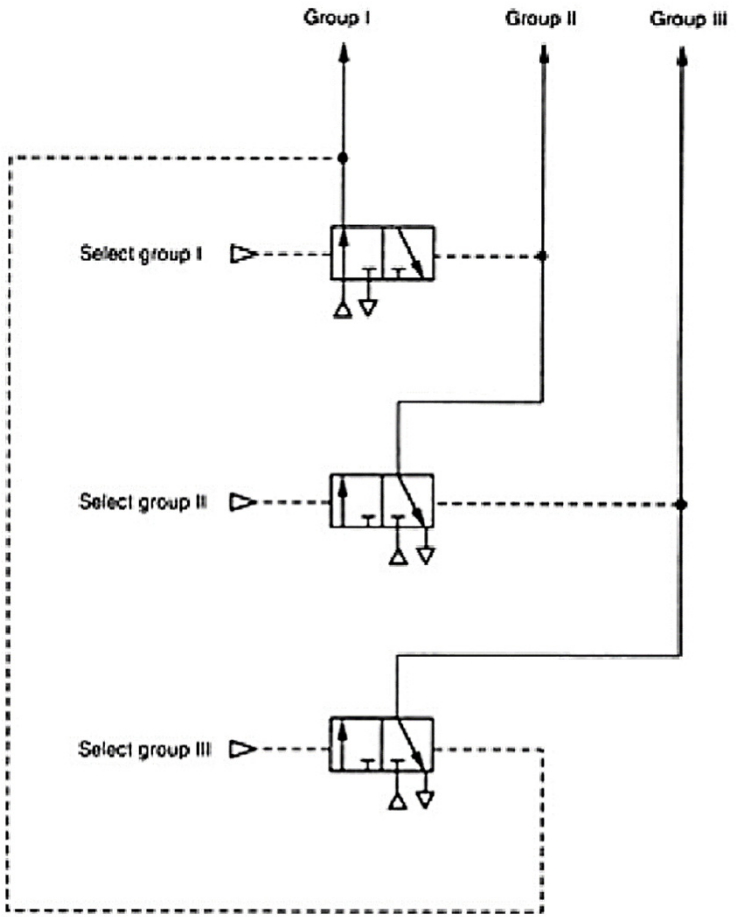


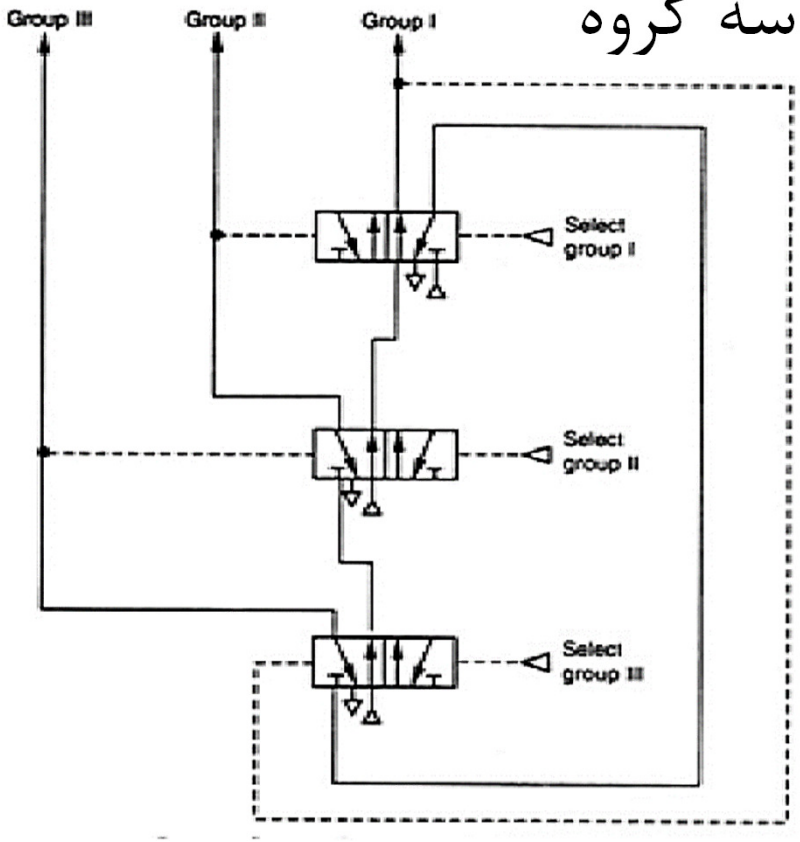
A+ B+ /B- A-

GI GII

مدارهای موازی

- استفاده از شیرهای 3×2 یا 5×2 برای ایجاد سه گروه





مدارهای موازی

- استفاده از شیرهای 5×2 برای ایجاد چهار گروه موازی

