

پیش آزمون (۵)

- ۱- هدف اساسی، استفاده از تحریک کننده های هیدرولیکی چیست ؟
- ۲- چند مثال در استفاده از جک های هیدرولیکی، بیان کنید ؟
- ۳- چند نوع تحریک کننده هیدرولیکی (جک هیدرولیکی و یا موتور هیدرولیکی) می شناسید ؟
- ۴- یک جک مناسب برای انجام کارتان، چگونه انتخاب می کنید ؟
- ۵- یک موتور هیدرولیکی مناسب برای انجام کارتان چگونه انتخاب می کنید ؟
- ۶- بنظر شما، مهمترین عامل در انتخاب یک جک هیدرولیکی و یا یک موتور هیدرولیکی چیست

۵- تحریک کننده های هیدرولیکی^۱:

یکی دیگر از اعضاء اصلی سیستم های هیدرولیک، تحریک کننده هیدرولیکی نام دارد.

- این عضو مهم، در واقع رأس هر سیستم هیدرولیک بوده و عملاً ماحصل کار مدار هیدرولیک را جهت بهره برداری، عرضه می کند.

۵-۱ تعریف تحریک کننده هیدرولیکی :

تحریک کننده هیدرولیکی : تبدلی است که انرژی از نوع فشار^۲ را به نیروی مکانیکی^۳ و حرکت^۴ تبدیل می نماید.

- تحریک کننده های هیدرولیکی، بر دو نوع هستند خطی و دورانی.

(۱) تحریک کننده های هیدرولیکی خطی، مبدل هائی هستند که خروجی آنان بصورت نیرو و حرکت مستقیم الخط می باشد. از این مبدلها با نامهای سیلندر، جک، موتورهای رفت و برگشتی و موتورهای خطی یاد می شود.

(۲) تحریک کننده های هیدرولیکی دورانی، مبدل هائی هستند که خروجی آنان بصورت کشتاور و حرکت دورانی است. از این مبدلها با نامهای موتور هیدرولیکی یا هیدروموتور نام برده می شود.

- شایان ذکر است که، طراحی هر سیستم هیدرولیکی، در واقع از همین عضو آغاز می شود، چرا که نوع کاری که باید انجام شود و توانی که برای آن لازم است در واقع دو عاملی هستند که نوع و ظرفیت عضو تحریک کننده را تعیین می کنند. و لذا، پس از انتخاب این عضو بسیار مهم است که، نوبت انتخاب سایر اعضاء سیستم می رسد.

۱- Hydraulic Actuator

۲- Pressure Energy

۳- Mechanical Force

۴- Motion

۵-۲ - جک هیدرولیکی^۵ :

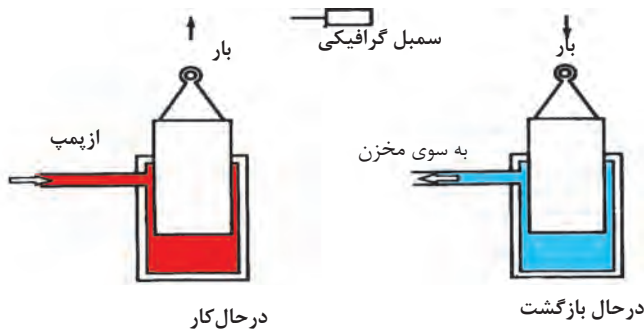
جک هیدرولیکی، همان تحریک کننده هیدرولیکی نوع خطی است، که بیان گردید و در واقع مبدلی است که انرژی موجود در روغن هیدرولیک را که به شکل فشار است دریافت و آنرا تبدیل به نیرو و حرکت در راستای خط مستقیم می نماید. و دارای انواعی بشرح زیر است.

۵-۳ - انواع جک هیدرولیکی :

- جک ها به دو گروه یک طرفه و دو طرفه و همین طور انواع اختلاف فشاری و غیر اختلاف فشاری طبقه بندی می شوند.

۵-۳-۱ - جکهای یکطرفه پیستونی^۶ :

جکهای یکطرفه پیستونی را شاید ساده ترین نوع تحریک کننده های هیدرولیکی بتوان نام برد.



شکل ۱-۵- جک یکطرفه نوع اهرمی

- این جک تنها یک محفظه روغن دارد و فقط در یک جهت نیرو اعمال می کند اکثر آنان بطور عمودی نصب می شوند و برای بازگرداندن اهرم یا پیستون به درون محفظه از نیروی ثقل بار، استفاده می شود.

۵- Cylinder

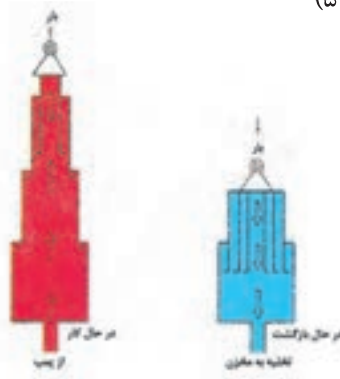
۶-Ram Type Cylinder

- این جکها برای کورس^۷های بلند، مناسب هستند، لذا از آنها در برخی از آسانسورها و یا برای بلند کردن کل اتوموبیل در گارژها استفاده می کنند.

۲-۳-۵- جکهای یکطرفه تلسکوپی^۸ :

- از این نوع جک ها، در جایی استفاده می گردد که داشتن جک یکطرفه با محفظه بلند امکان پذیر نباشد. بعبارت دیگر، نوع کاری که باید انجام شود، همانند کار برای جکهای یکطرفه پیستونی نوع اول است، لیکن فضای کافی برای نصب جک وجود ندارد.

- در ساختمان این نوع جک ها تا ۵ پیستون یا بوش کشویی درون رو^۹، هم طراحی و ساخته و به بازار عرضه می شود شکل (۲-۵)



شکل ۲-۵- میله تلسکوپی این جک طول کورس آن را افزایش می دهد

هر چند که غالب جک های تلسکوپی از نوع یکطرفه هستند، لیکن برای برخی از کاربردها، جک های تلسکوپی دو طرفه هم ساخته و عرضه می شود.

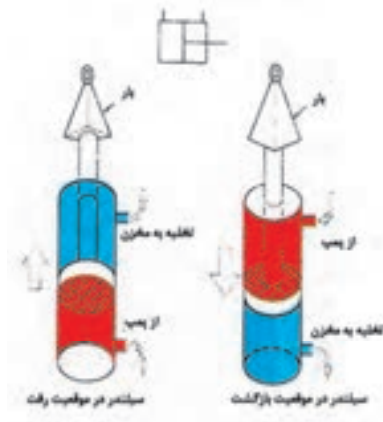
۳-۳-۵- جکهای دو طرفه استاندارد^{۱۰} :

- این جک ها، بدین سبب دو طرفه می نامند، چون قادر اند در هر دو سمت توسط نیروی روغن

۷- Strokes ۸- Telescoping Cylinders ۹- Sleeve

۱۰- Standard Double - Acting Cylinder

هیدرولیک حرکت کنند و کار انجام دهند شکل (۵-۳)



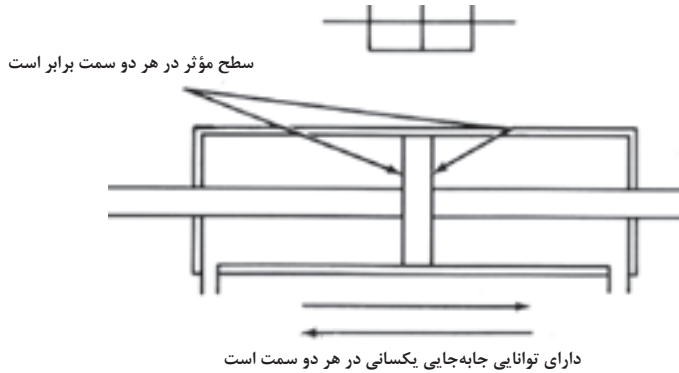
شکل ۵-۳- جک‌های دوطرفه استاندارد، دارای دو کورس نیرو (قدرت) می‌باشند

- نوع استاندارد این جک‌ها در زمره جک‌های اختلاف فشاری طبقه بندی می‌شود، چرا که یک وجه اهرم، از سطح مقطع زیادتری برخوردار است همین اختلاف سطح مقطع سبب می‌شود که سرعت جابه جایی و همین طور مقدار نیروی تولید جک، در رفتن اهرم به یک سمت، بیشتر، از هنگامی بشود که به سمت دیگر حرکت می‌کند.

- در این جک‌ها، اهرم به کندی جابه جا می‌شود، لیکن در هنگام بازگشت هم قادر است، بار را با نیروی زیادی، همراه خود بکشد.

۴-۳-۵ - جک دو طرفه - دو سر "

- این نوع جک در زمره جک‌های دو طرفه هستند، لیکن در شمار انواع غیر اختلاف فشاری طبقه بندی می‌شوند. چون دو وجه اهرم دارای سطحی مساوی هستند. لذا این نوع جک‌ها می‌توانند، سرعت جابجایی یکسان و همین طور قدرت (نیرو) یکسان در ضمن حرکت به هر طرف، داشته باشند. شکل (۵-۴)

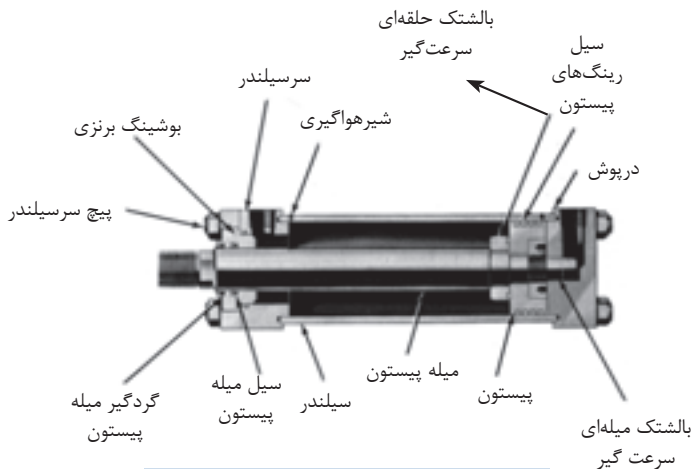


شکل ۴-۵- جک دو سر از نوع دو طرفه ولی غیر اختلاف فشاری است

- هر نوع جک دو طرفه را می‌توان با ارتباط دادن یک سمت آن به مخزن، به یک جک یک طرفه تبدیل کرد.

۴-۵- ساختمان جک هیدرولیکی^{۱۲}:

- قسمت‌های عمده یک جک عبارتند از، محفظه یا سیلندر، پیستون، میله پیستون در پوشش‌های دو سمت سیلندر، و بالاخره سیلهای آبدی؛



شکل ۵-۵- ساختمان جک هیدرولیکی

- ضمناً شایان ذکر است که بدانیم :

(۱) محفظه یا سیلندر جک، عبارت است از یک استوانه استیلی بدون درز که جداره داخلی آن با دقت بسیاری ماشین کاری شده است.

(۲) پیستون معمولاً از جنس چدن یا استیل ساخته شده و با دقت بسیار زیادی ماشین کاری و صیقل می شوند.

(۳) بر روی جدار خارجی پیستون تعدادی سیل به منظور آب بندی و کاهش نشت روغن مستقر می شود. ضمناً اگر چنانچه داشتن مختصری نشت داخلی اشکالی نداشته باشد، می توان از رینگ‌های نوع فلزی که در اتوموبیل ها استفاده می شود، بهره جست در غیر اینصورت برای آب بندی کامل باید از رینگ‌هایی با سطح مقطع T شکل و یا O رینگ هائی لاستیکی به همراه دو عدد رینگ فلزی پشت بند قوی به ازای هر O رینگ استفاده کرد.

(۴) دهانه‌های ورودی و خروجی روغن به سیلندر جک، بر روی در پوش‌های آن تعبیه می شوند.

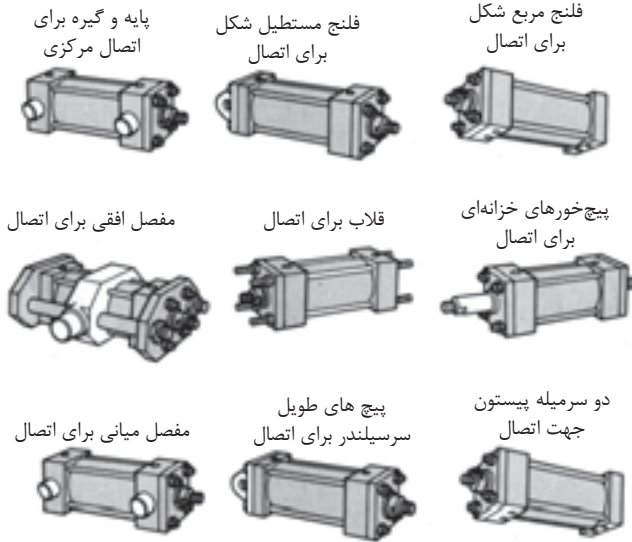
۵-۵ - پایه های اتصال جک ۱۳:

برای محکم کردن جک در محل استقرار خود، که بسیار حائز اهمیت است، از پایه هائی با شکل‌های متنوع، بنا به مورد می توان بهره جست. شکل (۵-۶)

- انتهای میله پیستون را برای سهولت در امر اتصال، رزوه می کنند. بنابراین اتصال میله پیستون به بار، می تواند یا بطور مستقیم و یا از طریق یک رکاب^{۱۴} و یا دو شاخه U شکل و نظایر آنها باشد.

۵-۶ - درجه بندی و یا اندازه ۱۵ جک ها :

- درجه بندی یا اندازه جک ها، به دو عامل بستگی دارد اول ابعاد جک و دوم مقدار فشار مجازی که جک می تواند جذب نماید. چند نکته :



شکل ۶-۵- پایه های جک

(۱) در جک‌ها، میله پیستون دارای ابعاد استاندارد است، لیکن از نظر جنس و آلیاژ آنها را به گروه‌های استاندارد^{۱۶}، فوق استاندارد^{۱۷} و بسیار بادوام^{۱۸} تقسیم می‌کنند.

(۲) منظور از ابعاد جک، قطر پیستون آن و حداکثر جابجائی یا کورس پیستون است.

(۳) باید دانست که در تمام لحظات، سرعت جابجائی میله پیستون، نیروی تولیدی توسط پیستون جک و فشار مورد نیاز برای روغن چک همواره بستگی به سطح مقطع پیستون دارد.

(۴) شایان ذکر است زمانی که پیستون در حال برگشت است برای محاسبه مقدار نیروی تولیدی لازم است، سطح مقطع میله پیستون را از سطح مقطع کل پیستون کم کرد تا سطح موثر بدست آید.

- جدول (۵-۱) مقایسه ای است بین، سطح مقطع پیستونها و نیروی تولید شده در فشارهای ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ PSI برای یک نمونه از جک های صنعتی؛ در ضمن مفاهیم واژه ها در جدول نیز آمده است.

۱۶ Standard

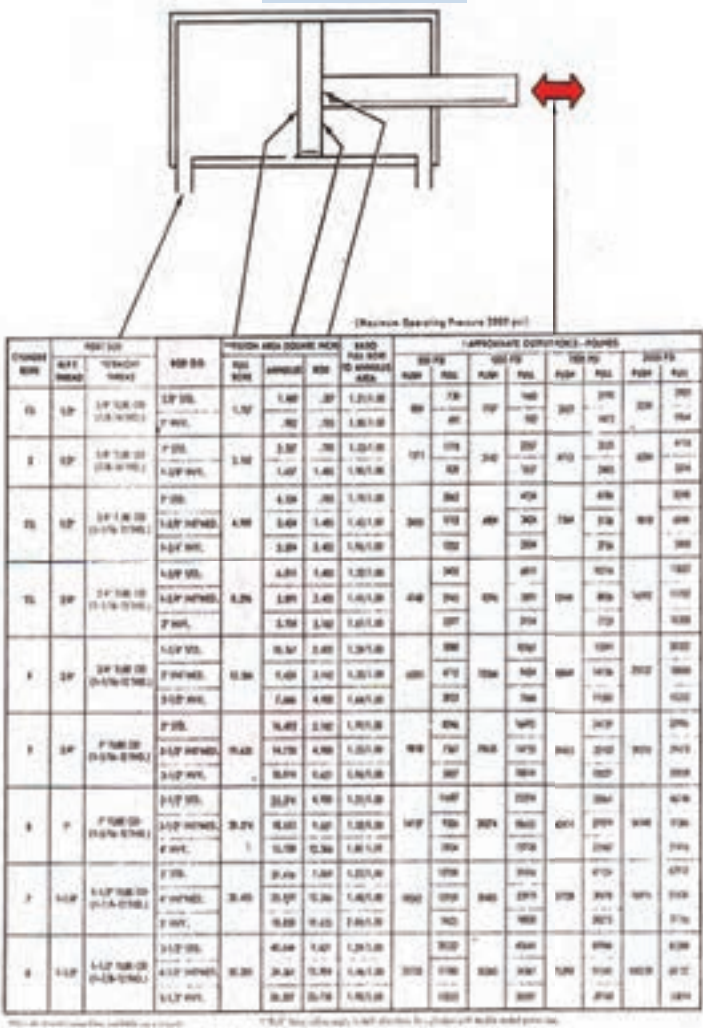
۱۷-Intermediate

۱۸-Heavy Duty

مبانی هیدرولیک صنعتی **واحد کار ۵**

Full Bore	۷- سطح مقطع پیستون با قطر کامل	Cylinder Bore	۱- قطر سیلندر جک
Annulus	۸- سطح مقطع حلقه	Rod O.D	۲- قطر خارجی میله پیستون
Rod	۹- سطح مقطع میله پیستون	STD	۳- میله پیستون از جنس استاندارد
Push	۱۰- نیروی تولیدی در هنگام هل دادن	INT.NED	۴- میله پیستون از جنس فوق استاندارد
Pull	۱۱- نیروی تولیدی در هنگام کشیدن	HVY	۵- میله پیستون از جنس بسیار بادوام
		Piston Area	۶- سطح مقطع پیستون

جدول (۵-۱)



۵-۷ - فرمولهای کاربردی در استفاده از جکها :

۱- به منظور یافتن، سرعت جابه جایی میله پیستون جک، در صورتیکه

(۱) ابعاد جک

(۲) دبی روغن تزریقی به جک

- مشخص باشند، می توان نوشت :

$$\text{سطح موثر پیستون} \div \text{دبی} = \text{سرعت جابه جایی میله پیستون}$$

$$\downarrow \qquad \qquad \downarrow \qquad \qquad \downarrow$$

$$\left[\frac{cm}{sec} \right] \qquad \left[\frac{cm^3}{sec} \right] \qquad \left[cm^2 \right]$$

تذکر : در صورت استفاده از واحدهای دیگر، ضرایب تبدیل مورد نیاز را باید در فرمول اعمال نمود.

۲- به منظور یافتن، نیروی قابل تولید جهت اعمال به بار، در صورتیکه :

(۱) ابعاد جک

(۲) فشار دلخواه روغن تزریقی به جک

- مشخص باشند، می توان نوشت

$$\text{سطح موثر پیستون} \times \text{فشار} = \text{نیروی قابل تولید}$$

$$\downarrow \qquad \qquad \downarrow \qquad \qquad \downarrow$$

$$\left[cm^2 \right] \qquad \left[\frac{N}{cm^2} \right] \qquad \left[N \right]$$

تذکر : در صورت استفاده از واحدهای دیگر، ضرایب تبدیل مورد نیاز را باید در فرمول اعمال نمود.

۳- به منظور تعیین فشار لازم روغن، جهت اعمال نیروئی معین، در صورتیکه

(۱) ابعاد جک

(۲) مقدار نیروی مقاوم از سوی بارمشخص باشند : می توان نوشت :

سطح موثر پیستون ÷ نیروی مقاوم = فشار لازم روغن

$$\left[\frac{N}{cm^2} \right] \quad \left[N \right] \quad \left[cm^2 \right]$$

تذکر : در صورت استفاده از واحدهای دیگر، ضرایب مورد نیاز را باید در فرمول اعمال نمود

۴- جدول (۲-۵) به طور روشن :

- اثر متقابل، متغیرهای فشار ، دبی و ابعاد را بر روی سرعت، فشار کارکرد و نیروی تولیدی نشان می دهد و فرض بر آن است که در طول آزمایشات مقدار بار^{۱۹} ثابت باقی بماند.

متغیرها	سرعت جابه‌جائی میلیه پیستون	فشار مورد نیاز برای انجام کار	نیروی قابل تولید
افزایش تنظیم حداکثر فشارورودی روغن به جک	بی تأثیر	بی تأثیر	افزایش
کاهش تنظیم حداکثر فشار ورودی روغن به جک	بی تأثیر	بی تأثیر	کاهش
افزایش دبی به جک	افزایش	بی تأثیر	بی تأثیر
کاهش دبی به جک	کاهش	بی تأثیر	بی تأثیر
افزایش قطر جک	کاهش	کاهش	افزایش
کاهش قطر جک	افزایش	افزایش	کاهش

تذکر: به فرض آنکه در تمام طول آزمایشات ، مقدار بار یا به عبارت دیگر مقدار نیروی مقاوم

ثابت باقی بماند.

جدول (۲-۵)

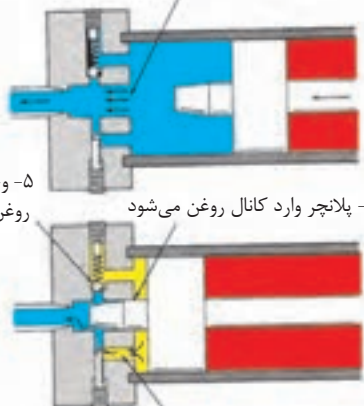
۸-۵ - تجهیزات اختیاری بر روی جک ها :

- تجهیزات وجود دارند که بر حسب نیاز می توان در ساختمان جکها، به کار گرفت مثلاً
- ۱- استفاده از رینگ های فلزی بر روی جداره پیستون، برای جک هایی که دارای حرکت رفت و برگشتی سریع و تندی هستند.
- ۲- بکارگیری بالشتک های کند کننده سرعت برای مرحله پایانی کورس پیستون
- ۳- بکارگیری بوش های بلند فاصله گزار بر روی میله پیستون، به منظور جلوگیری از اعمال نیروی شعاعی غیر مجاز بر روی بوشهای اصلی جک ها.

۱-۸-۵ - بالشتک های سرعت گیر 20° در جک ها:

- به منظور کند کردن حرکت پیستون در نزدیک پایان کورس آن، از بالشتک های کند کننده سرعت، در یک سمت و یا هر دو سمت جک استفاده می کنند و با این روش از اثر مخرب ضربه زدن پیستون به درپوش جکها جلوگیری می نمایند.

۱- خروجی آزاد جریان روغن از سیلندر،
تازمانی ادامه می یابد که....



۵- وجود شیر یک طرفه برای ورود آزادانه روغن به سیلندر جهت حرکت پیستون به سمت مقابل است

۲- پلانچر وارد کانال روغن می شود

۴- سرعت کندشدن حرکت پیستون توسط این پیچ تنظیم اورفیس، قابل کنترل است

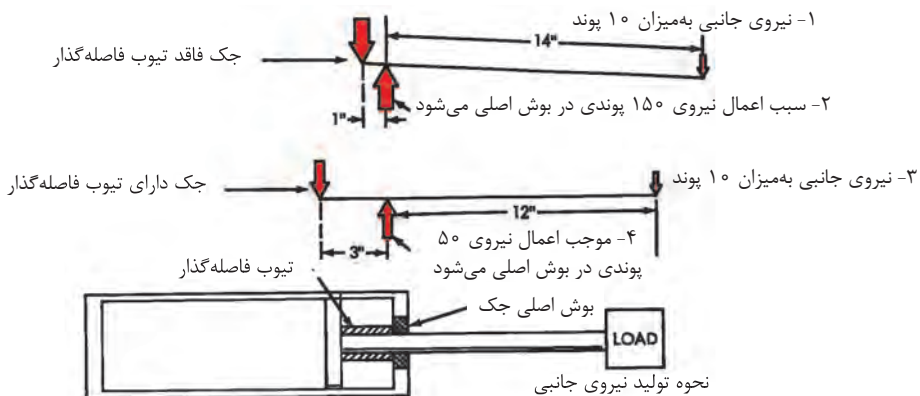
۳- از آن پس ادامه جریان خروجی فقط می تواند از طریق مجرای اورفیس دار صورت پذیرد و حرکت پیستون کند می شود

شکل ۷-۵ - بالشتکهای سرعت گیر در جکها

- عمل کند شدن سرعت حرکت، زمانی آغاز می شود که نوک مخروطی شکل بالشتک، وارد کانال خروجی روغن می شود و مانع تخلیه روغن محفظه از طریق کانال مربوطه می شود.
- برای آنکه پیستون بتواند قسمت آخر کورس خود را طی کند، باید تمامی روغن محبوس شده به تدریج از کانال اورفیس داری که روزه آن قابل تنظیم است، عبور کند و همین امر موجب می شود که پیستون، بخش پایانی کورس خود را به کندی طی کند.
- در این مجموعه یک شیر یکطرفه هم موجود است که وظیفه اش، بای پس کردن کانال اورفیس دار، در هنگام برگشت پیستون است.

۲-۸-۵ - تیوب فاصله گذار یا متوقف کننده^{۲۱}:

- برای جک‌هایی که دارای کورس نسبتاً طولی هستند، یک تیوب فاصله‌گذار به شکل لوله ولی متصل به میله پیستون، نصب می کنند شکل (۵-۸)



شکل ۵-۸- تیوب متوقف کننده، دامنه جابه‌جایی مخرب پیستون جک را کاهش می‌دهد

- تیوب فاصله گذار، در پایان کورس، مینیمم فاصله بین پیستون و بوش اصلی جک (مستقر در درپوش سیلندر) را افزایش داده، و بدین ترتیب تکیه گاهی بسیار خوب برای میله پیستون در مقابل نیروی برشی به وجود می آورد: لذا تخریب بوش اصلی جک را به حداقل می رساند.

۵-۹ - موتورهای هیدرولیکی :

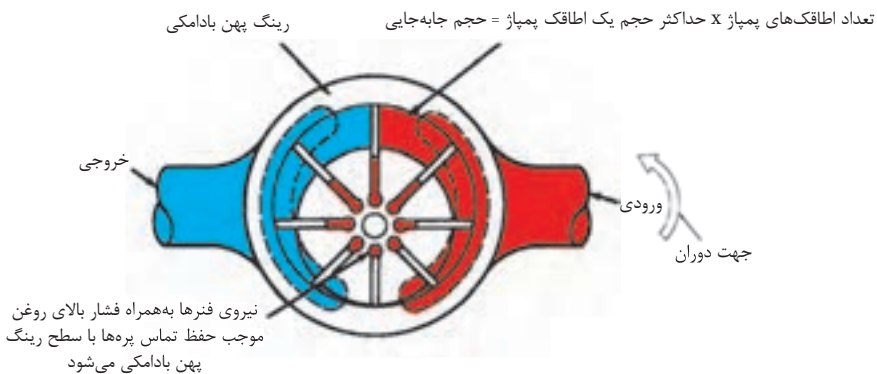
- موتور هیدرولیکی، همان تحریک کننده هیدرولیکی نوع دورانی است که بیان گردید و در واقع مبدلی است که انرژی موجود در روغن هیدرولیک را که به شکل فشار است، دریافت و آنرا تبدیل به گشتاور و حرکت دورانی می نماید: از نظر ساختمانی شبیه پمپ های هیدرولیکی هستند، لیکن در عمل به عوض آنکه سیال را به جلو هل بدهند، (کاری که پمپ انجام می دهد) توسط سیال هل داده می شوند و لذا تولید گشتاور و حرکت دورانی می کنند.

۵-۱۰ - درجه بندی یا اندازه موتورها :

- موتورهای هیدرولیکی براساس حجم جابه جایی، ظرفیت جذب یا تولید گشتاور و حداکثر فشار مجاز کارکرد، درجه بندی می شوند.

۵-۱۰-۱ - تعریف حجم جابجایی :

- مقدار سیالی که یک موتور هیدرولیکی در یک دور کامل در خود جای می دهد را حجم جابجایی گویند.



شکل ۹-۵ - حجم جابجایی (یا ظرفیت) یک موتور عبارت از مقدار سیالی است که موتور هیدرولیکی در یک دور کامل در خود جای می دهد

- به عبارت دیگر، حجم جابجائی معادل است با حاصل ضرب، حجم یک اطاقک در تعداد اطاقک های پیرامون موتور.

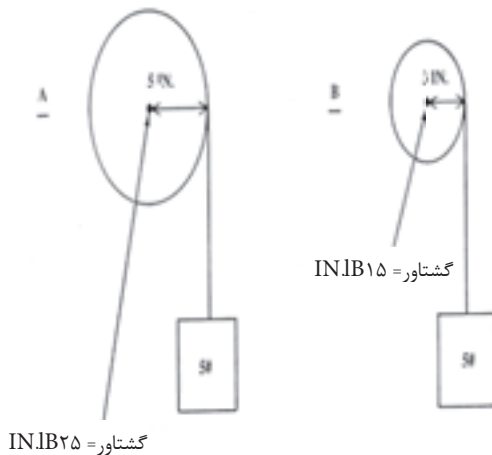
- واحد حجم جابه جائی، سانتی متر مکعب بر دور $\frac{cm^3}{REV}$ ، اینچ مکعب بر دور $\frac{in^3}{REV}$ ، و یا لیتر بر دور $\frac{L}{REV}$ ، می باشد.

۲-۱۰-۵ - معرفی گشتاور ۲۲:

- گشتاور، نماد نیرو، در خروجی موتورهای هیدرولیک است به عبارت دیگر گشتاور عاملی است که موجب چرخش یا پیچش می شود.

- شایان ذکر است که بیان شود، لازمه ایجاد حرکت یا جابه جائی، داشتن گشتاور نمی باشد، لیکن اگر گشتاوری به اندازه کافی بزرگ باشد که بتواند بر نیروی اصطلاک و نیروی مقاومت (اینرسی سکون) بار غلبه کند، در آن صورت ایجاد حرکت یا جابجائی می کند.

- شکل (۱۰-۵)، نمونه ای از گشتاور مورد نیاز برای بلند کردن یک بار به کمک قرقره را تشریح می کند.



شکل ۱۰-۵- نحوه تولید گشتاور در موتور پره ای بالانس هیدرولیکی

ضمناً:

- (۱) توجه داشته باشید که همواره به شافت موتور، گشتاور مقاوم وارد می شود که مقدار آن برابر است با حاصلضرب شعاع قرقره در مقدار بار.
- (۲) شایان ذکر است که بیان شود، هر قدر که شعاع قرقره کوچکتر باشد، به همان میزان گشتاور مقاوم، وارد بر شافت موتور از سوی یک بار معین، کمتر است.
- (۳) معهداً، بهره برداری از قرقره هائی با شعاع بزرگتر این مزیت را دارا است که قادراند، سریعتر و تندتر آن بار را جابجا نمایند (بفرض آنکه دور موتور ثابت بماند)

۳-۱۰-۵ فشار کارکرد:

- فشار مورد نیاز روغن برای یک موتور هیدرولیکی، بستگی به گشتاور مقاوم بار و حجم جابجائی موتور دارد. مثلاً برای تولید یک گشتاور معین، یک موتور هیدرولیکی با حجم جابجائی بزرگتر، نیاز به فشار روغن کمتری دارد تا، یک موتور با حجم جابجائی کوچکتر.

۴-۱۰-۵ نتیجه:

بطور کلی اندازه^{۲۳} موتورهای هیدرولیکی را براساس گشتاور اسمی^{۲۴} آنان به ازای افزایش هر psi ۱۰۰ فشار روغن هیدرولیک مشخص نموده و بیان می نمایند، و با واحد زیر نمایش می دهند:

$$\frac{Lb - in}{۱۰۰Psi}$$

تذکر: واژه های، گشتاور اسمی موتور، اندازه موتور، توان گشتاور سازی موتور، همگی دارای یک مفهوم بوده و معادل می باشند.

۲۳-Size

۲۴- Torque Rating

۱۱-۵ - فرمولهای کاربردی برای موتورهای هیدرولیکی:

۱- بمنظور تعیین اندازه یک گشتاور اسمی یک موتور هیدرولیکی برای انجام یک کار معین، می

توان نوشت:

$$\left(\frac{0.01}{0.01} \times \text{فشار کارکرد} \right) \div \text{گشتاور مقاوم} = \text{گشتاور اسمی موتور هیدرولیک}$$

$$\frac{Lb-in}{100 \text{ Psi}} \qquad Lb-in \qquad \text{Psi}$$

مثال (۱)- چنانچه لازم باشد باری که تولید گشتاور مقاوم ۵۰۰ پوند - اینچ می‌نماید را با روغن

هیدرولیکی که دارای فشار ۲۰۰۰ psi می باشد، جابجا کنیم:

به یک موتور هیدرولیکی با گشتاور اسمی ۲۵ پوند- اینچ، نیاز داریم، چرا که:

$$\text{پوند - اینچ} = \frac{۵۰۰}{۲۰۰۰ \times ۰.۰۱} = ۲۵ \text{ Psi}$$

یعنی نیاز به موتوری داریم که به ازای افزایش هر ۱۰۰ psi فشار روغن، گشتاور تولیدی آن ۲۵

پوند- اینچ افزایش یابد.

مثال (۲)- یک موتور هیدرولیکی با گشتاور اسمی ۵۰ پوند- اینچ، برای جابجائی باری با گشتاور

مقاوم ۱۵۰۰ پوند- اینچ، نیاز به دریافت روغنی با فشار ۳۰۰۰ psi را دارد زیرا:

$$\text{فشار کارکرد مطلوب} = \frac{۱۵۰۰}{۵۰ \times ۰.۰۱} = ۳۰۰۰ \text{ Psi}$$

۲- بمنظور یافتن، حداکثر گشتاوری که یک موتور هیدرولیکی می تواند تولید، و یا جذب نماید،

می توان نوشت:

$$۱۰۰ \div \left(\text{حداکثر فشار کارکرد} \times \text{گشتاور اسمی موتور} \right) = \text{ماکزیمم گشتاور تولیدی}$$

$$Lb-in \qquad \frac{Lb-in}{100 \text{ Psi}} \qquad \text{Psi}$$

مثال (۱): یک موتور هیدرولیکی با گشتاور اسمی ۱۰ پوند-اینچ، قادر است با فشار روغن psi ۲۵۰۰، باری با گشتاور مقاوم ۲۵۰ پوند-اینچ را جا به جا کند. زیرا:

$$\text{حداکثر گشتاور تولیدی موتور} = \frac{۱۰ \times ۲۵۰۰}{۱۰۰} = ۲۵۰ \text{ Lb-in}$$

مثال (۲): مفاهیم واژه های خلاصه شده:

$$\text{gal} \equiv \text{گالن} \equiv ۲۳۱ \text{ in}^3$$

$$\text{PSi} \equiv \frac{\text{Lb}}{\text{in}^2} \equiv \frac{\text{پوند}}{\text{اینچ مربع}} \equiv \text{پوند بر اینچ مربع}$$

$$\text{gpm} \equiv \frac{\text{gal.}}{\text{min.}} \equiv \frac{\text{گالن}}{\text{دقیقه}} \equiv \text{گالن در دقیقه}$$

$$\text{rpm} \equiv \frac{\text{Re v.}}{\text{min.}} \equiv \frac{\text{دور}}{\text{دقیقه}} \equiv \text{دور در دقیقه}$$

$$\text{Re v.} \equiv \text{دور} \equiv ۳۶۰ \equiv ۲\pi \text{ رادیان}$$

$$\text{I} \equiv \text{lit} \equiv \text{لیتر} = ۱۰^3 \text{ cm}^3$$

۳- بمنظور تعیین گشتاور در حال تولید توسط یک موتور هیدرولیکی، در صورتیکه

(۱) حجم جابجایی موتور

(۲) فشار روغن تزریقی به موتور در آن لحظه

- مشخص باشند، می توان نوشت:

$$\tau = \text{حجم جابجایی موتور} \times \text{فشار روغن تزریقی} = \text{گشتاور تولیدی موتور}$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \text{Lb-in} & \text{PSi} & \frac{\text{in}^3}{\text{REV.}} \end{array}$$

تذکر: در صورت استفاده از واحدهای دیگر، ضرایب تبدیل مورد نیاز را باید در فرمول اعمال نموده

۴- بمنظور تعیین دبی مورد نیاز موتور هیدرولیک، در صورتیکه:

(۱) حجم جابجائی موتور هیدرولیک

(۲) دور موتور هیدرولیک

- مشخص باشند، می توان نوشت:

$$\begin{array}{ccc} \text{حجم جابه‌جایی موتور} \times \text{دور موتور} = \text{دبی روغن تزریقی به موتور} & & \\ \downarrow & & \downarrow \\ \text{cm}^3/\text{min} & \text{RPM} & \text{cm}^3/\text{Rev.} \end{array}$$

تذکر: در صورت استفاده از واحدهای دیگر، ضرایب تبدیل مورد نیاز را باید در فرمول اعمال نموده

مثلاً: یک موتور هیدرولیکی که دارای حجم جابجائی معادل ۱۰ اینچ مکعب در دور است، در دور

۱۰۰۰ rpm نیاز به ۴۳ gpm روغن هیدرولیک دارد زیرا:

$$\text{می‌دانیم } 1 \text{ گالن} = 231 \text{ in}^3$$

پس می‌توان نوشت:

$$\text{دبی موتور} = \frac{1000 \times 10}{231} = 43/2 \text{ gpm}$$

- جهت تمرین، واحدهای این مثال را در فرمول آن نوشته، و پس از ساده نمودن، به واحد دبی که

همان gpm است برسید.

۵- بمنظور تعیین دور موتور هیدرولیک، در صورتیکه

(۱) حجم جابجائی موتور

(۲) دبی روغن تزریقی به موتور

- مشخص باشد، می توان نوشت:

حجم جابه‌جایی موتور ÷ دبی روغن تزریقی = دور موتور هیدرولیک

$$\text{RPM} \quad \text{cm}^3/\text{min} \quad \text{cm}^3/\text{Rev}.$$

تذکر: در صورت استفاده از واحدهای دیگر، ضرایب تبدیل مورد نیاز را باید در فرمول اعمال نمود.

۱۲- ۵ - موتورهای هیدرولیکی چرخ دنده ای ۲۵ :

- در این نوع موتورها، فشار وارد بر سطوح دندانه ها، از سوی روغن هیدرولیک، تولید گشتاور

می‌کند. شکل (۱۱-۵)، یک نمونه از این نوع موتورها را نشان می دهد.

۴- به این دو دندانه تنها فشار مخالف از سوی روغن لاین مخزن وارد می‌شود

۳- فشار روغن محبوس بین دندانه‌ها در این ناحیه به هر دو سمت وارد می‌شود و لذا تأثیری در تولید گشتاور مفید نداشته و لذا روغن تنها در این ناحیه انتقال می‌آید

۳- فشار روغن محبوس بین دندانه‌ها در این ناحیه به هر دو سمت وارد می‌شود و لذا تأثیری در تولید گشتاور مفید نداشته و لذا روغن تنها در این ناحیه انتقال می‌آید



۱- به این دو دندانه فشار بالای روغن لاین پمپ اعمال می‌گردد و لذا سعی در گرداندن چرخ دنده‌ها در جهت نشان داده شده می‌شود

۲- بخش‌های از دو دندانه درگیر سعی در مخالفت با حرکت دورانی دارند و لذا برانید گشتاور تولیدی مفید حاصل از آنان محدودتر است

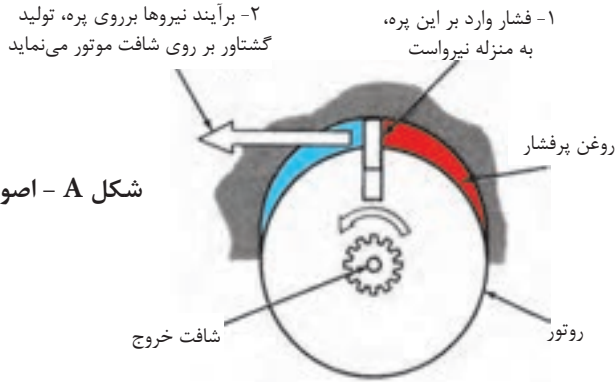
شکل ۱۱-۵- نحوه تولید گشتاور در موتورهای هیدرولیکی نوع چرخ دنده ای

نکاتی چند در مورد این موتورها:

- (۱) هر دو دندانه با یکدیگر درگیر و سپس با هم دوران می کنند.
- (۲) تنها یکی از چرخ دنده ها، به شافت خروجی موتور، متصل است.
- (۳) در این نوع موتورها، تغییر در جهت جریان روغن، سبب تغییر در جهت گردش موتور می شود.
- (۴) حجم جابجائی، این نوع موتورها ثابت است و مقدار آن تقریباً برابر است با، حاصل ضرب حجم محصور بین دو دندانه متوالی، در تعداد دندانه ها.
- (۵) این نوع موتورها، بالانس هیدرولیکی نیستند، اما نمونه هایی از آنها ساخته شده که روغن فشار زیاد، از دو کانال ورودی با انحراف 180° از یکدیگر وارد موتور شده و روغن فشار کم از دو کانال خروجی با انحراف 180° از یکدیگر، از موتور خارج می گردند و بنابراین موتور فاقد نیروی برشی به شافت بوده و لذا در حالت بالانس هیدرولیکی، کار می نماید.
- (۶) حداکثر فشار کارکرد موتورهای چرخ دنده ای نوع ساده متداول حدود 250 psi است.
- (۷) از مزایای مهم این نوع موتورها، سادگی مقاوم بودن در مقابل آلودگی روغن و از معایب آنان، پائین بودن راندمان را می توان نام برد.

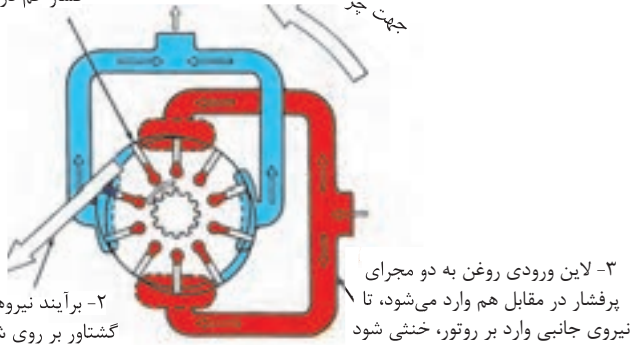
۱۳-۵ - موتورهای هیدرولیکی پره ای^{۴۶}:

- در این نوع موتورها، فشار وارد بر سطوح پره های مستطیل شکل، از سوی روغن هیدرولیک، تولید گشتاور می کند. شکل (۱۲-۵)، یک نمونه از این نوع موتور را نشان می دهد.



شکل A - اصول کار موتور

۱- این پره تحت فشار زیاد قرار می‌گیرد در بخش ورودی و تحت فشار کم در بخش مخالف



شکل B: طراحی برای بالانس هیدرولیکی

شکل ۱۲-۵- نحوه تولید گشتاور در موتور پره‌ای بالانس هیدرولیکی

نکاتی چند در این نوع موتورها:

- (۱) پره ها، درون چاک‌هایی تعبیه شده بر روی روتور، بصورت کشویی حرکت می‌کنند.
- (۲) روتور، به شافت خروجی موتور، متصل است.
- (۳) لبه پره‌های مستطیل شکل، همواره در تماس با سطح یک رینگ پهن بادامکی^{۲۷} می‌باشند.

۲۷-Cam Ring

(۴) هر دو پرده متوالی با بخشی از سطح جانبی موتور و بخشی از رینگ بادامکی، محفظه آببندی شده کوچکی را تشکیل می دهند که، روغن را از قسمت ورودی موتور به قسمت خروجی آن هدایت می کند.

(۵) روتور موتورهای پرده ای که دارای طراحی کاملتری هستند، بالانس هیدرولیکی می باشد، چرا که روغن ورودی از طریق دو کانال متصل به هم ولی با انحراف 180° از یکدیگر وارد موتور می شوند و روغن خروجی از طریق دو کانال متصل بهم دیگر و با انحراف 180° درجه از همدیگر از موتور خارج می شوند.

قسمت B شکل (۱۲-۵).

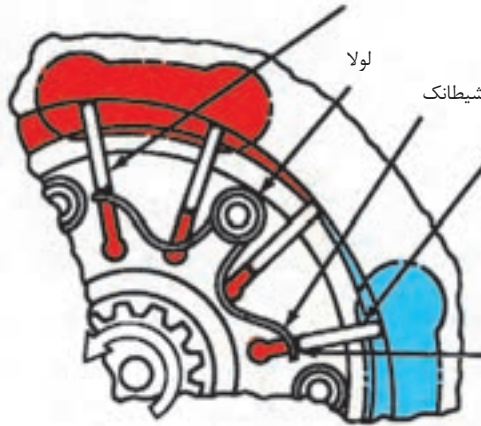
(۶) شکل (۱۳-۵) یک موتور پره ای دو جهته، از نوع شکل ظاهری چهار گوش را نشان می دهد.

- همانگونه که مشاهده میشود، روتور درون یک رینگ پهن بادامک شکل، گردش می کند که یک سمت آن به بدنه موتور، و یک سمت دیگر آن به صفحه فشار^{۲۸} محدود، می شود. در ضمن شیطانک هائی^{۲۹} به بدنه موتور، لولا شده اند، تا با فشار دائمی خود به انتهای پرها، آنها را در تماس دائم با جداره، رینگ پهن بادامکی قرار دهند. البته ضمن آنکه فشار روغن ای که از پائین به پرها وارد می شود، به عمل یاد شده کمک می کند.

۲۸- Pressure Plate

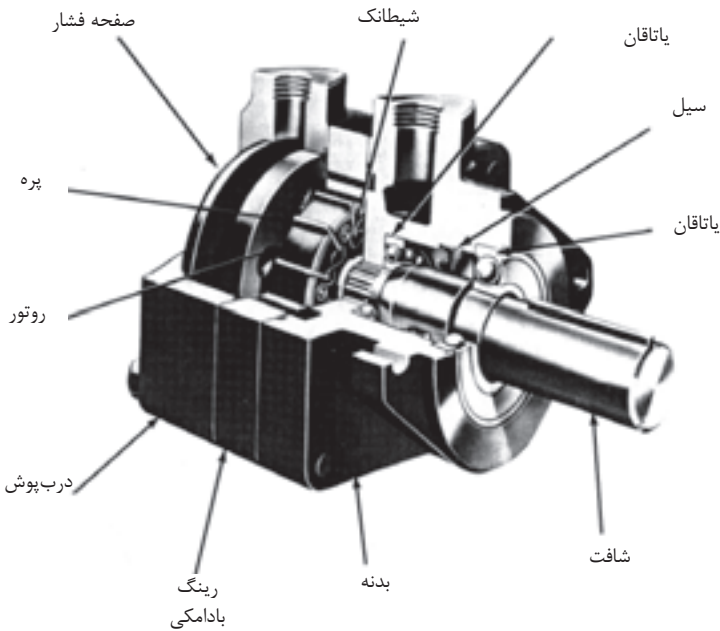
۲۹- Rocker Arm

۱- نمایش خارج شدن پره از داخل کشویی خود



۲- نمایش هل دادن پره به داخل کشویی خود

۳- فشار شیطانکها از پایین به پره، موجب تماس دائم پره به سطح رینگ بادامکی می شود.



شکل ۱۳-۵- ساختمان یک موتور پره ای (با شکل ظاهری چهار گوش) - دوجنبه

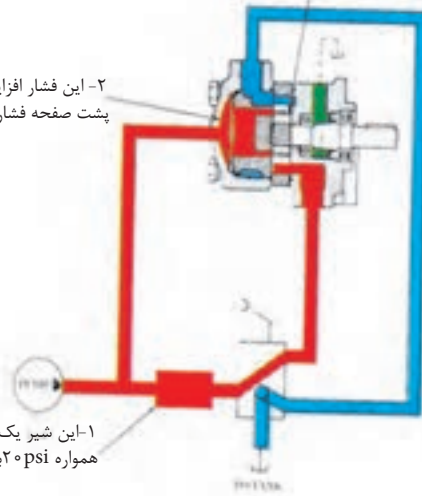
(۷) شکل (۱۴-۵)، موتور پره‌ای پیشرفته‌ای را نمایش می‌دهد که در هر دو جهت قادر است گردش نماید، ضمن آنکه در ساختمان داخلی موتور نیازی به استفاده از شیرهای یکطرفه (که در

بسیاری از موتورهای پره‌ای الزاماً وجود دارد) و یا شیطانک‌های یاد شده استفاده نمی‌شود.

۳- هم به زیر پره‌ها هدایت یافته تا آنها را به سمت بالا در کشویی خود هل بدهد

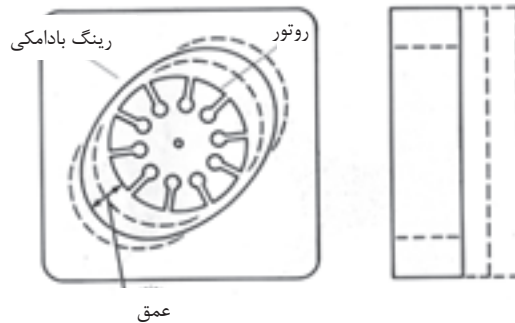
۲- این فشار افزایش یافته، هم به پشت صفحه فشار وارد می‌آید و ...

۱- این شیر یک‌طرفه فشاری تولید می‌نماید که همواره ۲۰ psi بیشتر است از فشار مورد نیاز بار



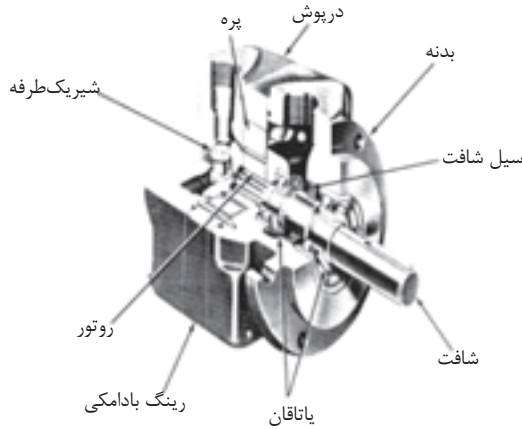
شکل ۱۴-۵- در طرح پیشرفته، شیرهای یک‌طرفه و شیطانک‌ها حذف می‌شوند

(۸) کلیه موتورهای پره‌ای از نوع موتورهای با حجم جابجایی ثابت هستند، لیکن با نصب رینگهای بادامکی دیگری که عمق بادامک آنان متفاوت است، می‌توان موتورهای با حجم جابجایی گوناگون داشت. شکل (۱۵-۵)



شکل ۱۵-۵- در موتورهای پره‌ای، عمق رینگ پهن بادامکی تعیین کننده حجم جابه‌جایی یا ظرفیت هر موتور است

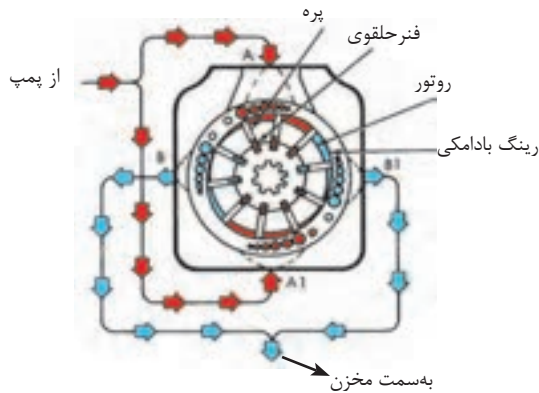
(۹) برای بعضی از مصارف خاص، موتورهای پره ای یک جهته هم می سازند، یک نمونه از این موتورها در شکل (۱۶-۵) دیده می شود از این نوع موتورها برای دوران پنکه یا وسایلی که تنها در یک جهت به گردش نیاز دارند، بهره می گیرند.



شکل ۱۶-۵- ساختمان یک موتور پره ای یک جهته

۱۴-۵ - موتورهای پره ای با عملکرد فوق العاده بالا^{۳۰}:

- شکل (۱۷-۵) - یک نمونه بسیار پیشرفته از موتورهای پره ای بالانس هیدرولیکی نمایش می دهد.



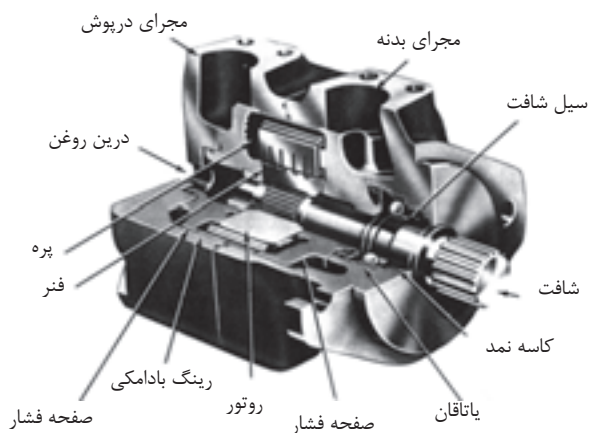
شکل ۱۷-۵- نحوه عملکرد یک موتور پره ای با عملکرد فوق العاده

- این موتورها، گشتاور مورد نیاز را به همان طریق موتورهای پیشرفته در شکل (۱۳-۵) تولید می‌کنند لیکن در ساختمان آنها تغییرات مهمی وجود دارد:

(۱) در این نوع موتورها، فعالیت پره‌ها، توسط فنرهای حلقوی تأمین می‌شود.

(۲) مجموعه رینگ پهن بادامکی، روتور، پره‌ها، صفحات جانبی با هم به شکل یک مجموعه

کامل و یکپارچه (کاتریج)^{۳۱} قابل تعویض به بازار عرضه می‌شوند، شکل (۱۸-۵)

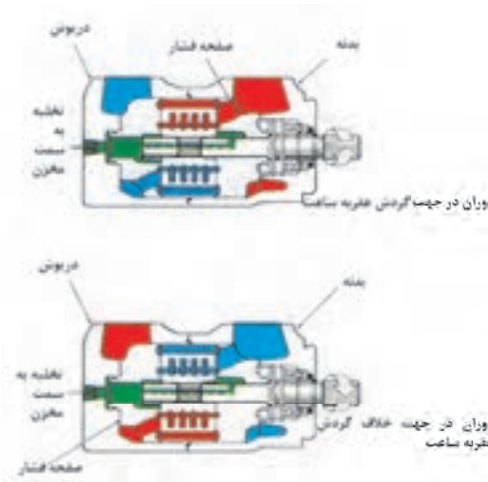


این مجموعه از قطعات به صورت مونتاژ شده و آماده به شکل کاتریج به بازار عرضه می‌شود و یکجا قابل تعویض می‌باشد



شکل ۱۸-۵- ساختمان یک موتور پره ای با عملکرد فوق العاده بالا

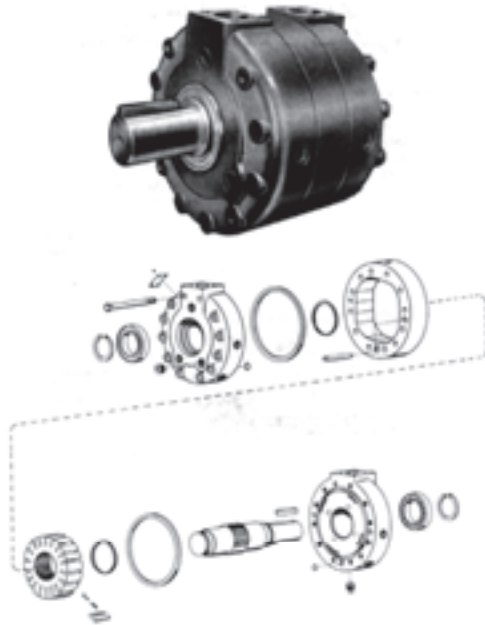
- (۳) این کاتریج‌ها را در کارخانه تست کیفیت و آزمایش از قبل می‌نمایند و لذا می‌توان در محل کار، آنرا با مجموعه معیوب تعویض کرد.
- (۴) این موتورها، دو جهته هستند، و فقط کافی است که جهت تزریق روغن را عوض کنیم تا جهت گردش موتور، تغییر کند. شکل (۱۹-۵).



شکل ۱۹-۵- در موتورهای پره‌ای با عملکرد فوق‌العاده بالا، هر دو صفحه جانبی به منزله صفحه‌های فشار می‌باشند.

۱۵-۵ - موتورهای پره‌ای تولید کننده گشتاور زیاد^{۳۲}:

- نوع دیگری از موتورهای پره‌ای بالانس هیدرولیکی وجود دارد که با داشتن دور کم، توانائی تولید گشتاور بسیار زیادی را دارند، شکل (۲۰-۵)، و در بازار به نام موتورهای گشتاور زیاد سری MHT معروف‌اند.



شکل ۲۰-۵- موتور پره ای تولید کننده گشتاور زیاد

نکاتی چند در مورد این نوع موتورها:

(۱) این موتورها را در اندازه‌ها (گشتاورهای اسمی) گوناگون می‌سازند و به بازار عرضه می‌کنند.

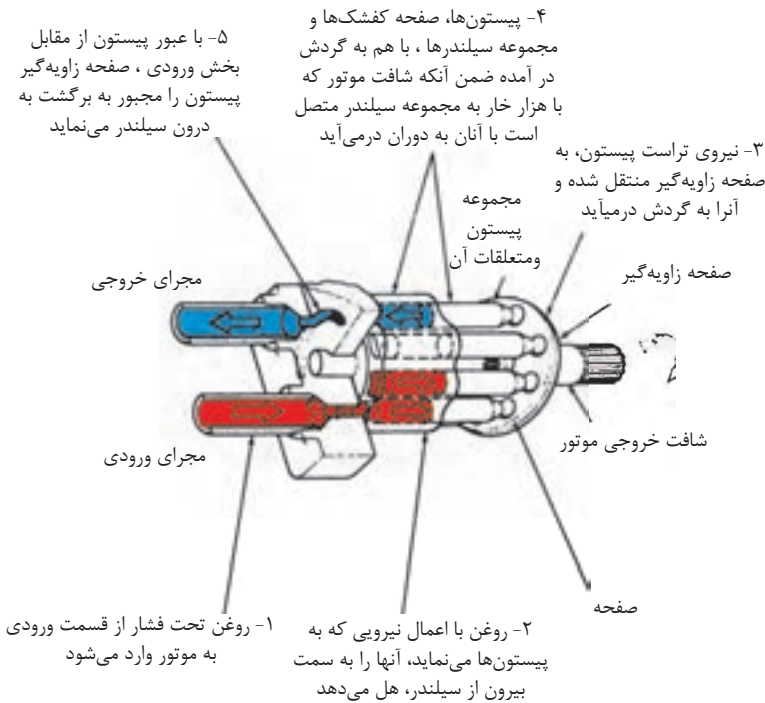
(۲) یک نمونه از این موتورها وجود دارد که در دور ۵ الی ۱۵۰ RPM کار می‌کند و قادر است گشتاوری معادل ۴۵۰۰ فوت-پوند، تولید کند؛ که نوع دوبله همین نمونه، قادر است گشتاوری تا ۹۰۰۰ فوت - پوند تولید کند.

(۳) از این نمونه موتورها، در ماشین‌آلات حفاری و راه‌سازی نظیر مته‌ها، میکسرها، نقاله‌های سنگین، دامپرها، جرّاتقال‌ها و نظایر آن، که نیاز به گشتاور فوق‌العاده زیاد است، استفاده می‌شود.

۱۶- ۵ - موتورهای پیستونی نوع محور مستقیم ۳۳:

- در این نوع موتورها، اعمال فشار از سوی روغن بر انتهای پیستون‌هایی که درون یک بلوک مجموعه‌ای از سیلندرها، قرار دارند و قادر به حرکت رفت و برگشتی هستند، تولید گشتاور می‌کند، شکل

(۲۱-۵)



شکل ۲۱-۵- طرز کار یک موتور پیستونی مستقیم

نکاتی چند در مورد این نوع موتورها:

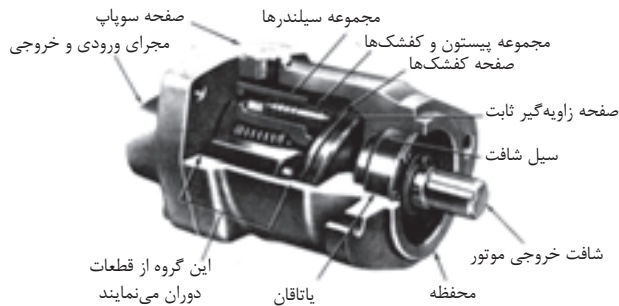
(۱) در موتورهای پیستونی مستقیم، شافت موتور و بلوک مجموعه سیلندر، در یک راستای مستقیم بر روی یک محور نصب هستند.

(۲) اعمال فشار از سوی روغن بر انتهای پیستونها، سبب ظهور نیروی عکس العمل بر روی سطح مایل صفحه زاویه گیر^{۳۴} و موجب به گردش درآمدن بلوک مجموعه سیلندر همراه با شافت موتور می‌شود.

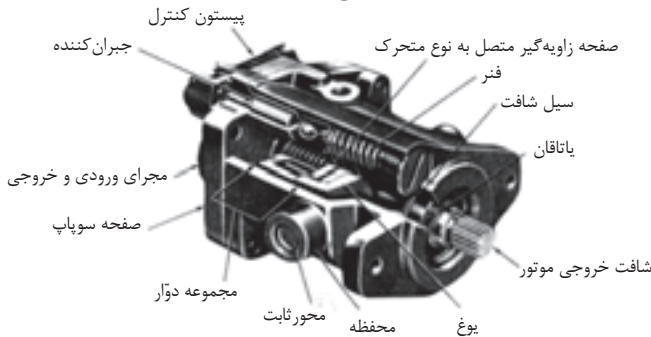
(۳) مقدار گشتاور تولیدی با سطح مقطع پیستونها و زاویه انحراف ایکه صفحه زاویه گیر دارد، متناسب است.

(۴) این موتورها را به دو گونه می‌سازند، یک نوع آنها دارای حجم جابجایی ثابت و نوع دیگر آنها دارای حجم جابجایی متغیر هستند. شکل (۲۲-۵)

حجم جابه جایی ثابت



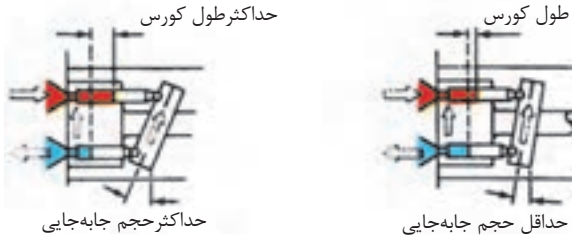
حجم جابه جایی متغیر



شکل ۲۲-۵- دونوع موتور پیستونی مستقیم

(۵) شکل (۲۳-۵) نشان می‌دهد که چگونه با تغییر زاویه صفحه زاویه‌گیر مقدار حجم جابجائی

موتور تغییر می‌کند.



حداکثر زاویه انحراف برای صفحه
زاویه‌گیر و حداکثر گشتاور تولیدی

حداقل زاویه انحراف برای صفحه
زاویه‌گیر و حداقل گشتاور تولیدی

شکل ۲۳-۵- نحوه عملکرد صفحه زاویه‌گیر در موتورهای پیستونی مستقیم با حجم جابه‌جایی متغیر

(۶) در مدل‌هایی با حجم جابجائی متغیر، صفحه زاویه‌گیر درون یک یوغ متحرک جای می‌گیرد و زاویه انحراف آن را می‌توان با استفاده از مکانیزه‌های بسیار ساده دستی^{۳۵} تا مکانیزه‌های پیشرفته نظیر سروها^{۳۶} تغییر و کنترل کرد.

(۷) در مدل‌هایی با حجم جابجائی متغیر، افزایش زاویه انحراف صفحه زاویه‌گیر موجب افزایش گشتاور تولیدی، لیکن موجب کاهش دور شافت موتور می‌شود و بالعکس.

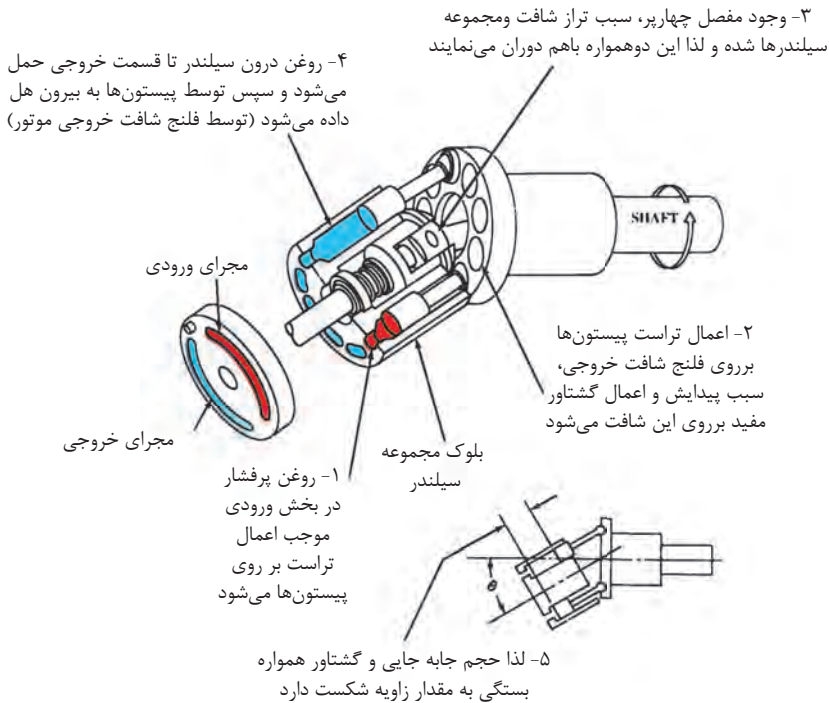
(۸) در مدل‌هایی با حجم جابجائی متغیر، در وضعیت حداقل زاویه انحراف، گشتاور تولیدی موتور، حداقل مقدار ممکن خود را دارا است، ضمن آنکه دور شافت از محدوده حداکثر مجاز خود خارج نمی‌شود.

۱۷-۵ - موتورهای پیستونی نوع محور - زاویه‌دار:

- در این نوع موتورهای پیستونی هم، گشتاور با اعمال فشار از سوی روغن بر انتهای پیستون‌هایی که قادر به حرکت رفت و برگشتی هستند، تولید می‌شود، شکل (۲۴-۵).

۳۵- Hand Wheel

۳۶- Servo



شکل ۲۴-۵- نحوه کار موتورهای بیستونی محور - زاویه دار

نکاتی چند در مورد این نوع موتورها:

- (۱) این نوع موتورها طوری طراحی شده اند که بلوک مجموعه سیلندر و شافت خروجی موتور هیدرولیک در یک راستا نیستند، بلکه با یک زاویه‌ای به یکدیگر اتصال مکانیکی پیدا می‌کنند.
- (۲) در این نوع موتورها، با تغییر زاویه بین محور بلوک مجموعه سیلندر و محور شافت موتور مقدار دور شافت و مقدار گشتاور تولیدی تغییر می‌کند.
- (۳) در این نوع موتورها، با داشتن حداکثر زاویه انحراف بین دو محور که معادل 30° درجه است، دور شافت موتور به حداقل دور کارکرد خود می‌رسد در حالی که موتور دارای حداکثر حجم جابجایی و در نتیجه شافت خروجی دارای حداکثر گشتاور تولیدی خود می‌شود.

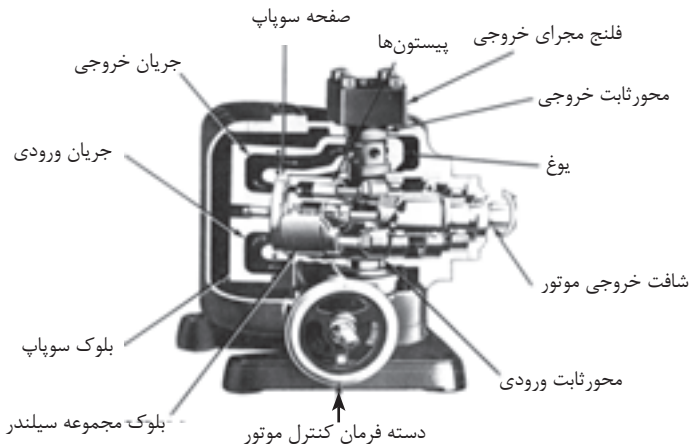
(۴) در این نوع موتورها با داشتن حداقل زوایه انحراف بین دو محور که معادل $7/5$ درجه است، دور شافت موتور به حداکثر خود می‌رسد، در حالی که موتور دارای حداقل حجم جا به جایی و در نتیجه دارای حداقل گشتاور تولیدی خود می‌شود.

(۵) در شکل (۵-۲۵)، یک نمونه از این موتورها را با حجم جا به جایی ثابت و در شکل (۵-۲۶) یک نمونه دیگر از این نوع موتورها را با حجم جا به جایی متغیر می‌بینید.

(۶) در موتورهای با حجم جابجایی متغیر، جهت دوران شافت موتور را می‌توان با تغییر جهت جریان روغن ورودی به موتور تغییر داد.



شکل ۲۵-۵- موتور بیستونی با محور زاویه دار از نوع حجم جابه جایی ثابت



شکل ۲۶-۵- موتور بیستونی با محور زاویه دار از نوع حجم جابه جایی متغیر

۵-۱۸ - خصوصیات کلی موتورهای پیستونی :

(۱) از سه نوع موتوری که تاکنون بحث کردیم، موتورهای پیستونی دارای کارایی بالاتری هستند.

(۲) توانائی انجام کار این گروه از موتورها در دورها و فشارهای بالا بسیار خوب است.

(۳) بدلیل نسبت، قدرت زیاد به وزن کمی که دارا هستند، این گروه از موتورها دارای کاربردهای فراوانی در صنایع فضائی دارند.

(۴) موتورهای پیستونی نوع محور مستقیم، بدلیل ساختمان ساده و قیمت مناسب، موارد استفاده فراوانی در ماشین آلات سنگین و خودروهای سنگین و معمولی دارند.

۵-۱۹ - مقایسه نسبی موتورهای هیدرولیکی شاخص در بازار :

نوع موتور	حداکثر فشار Psi	حداکثر دبی gpm	حداکثر دور RPM	راندمان کلی	هزینه سرویس	عمر قانونی	قیمت خرید
چرخ دنده ای	۲۵۰۰	۱۵۰	۷۰۰۰	پائین	متوسط	خوب	تقریباً پائین
پره ای	۲۵۰۰	۲۵۰	۴۰۰۰	خوب	پائین	خیلی خوب	متوسط
پیستونی	۵۰۰۰	۴۵۰	۱۲۰۰۰	خیلی خوب	خیلی پائین	عالی	بالا

آزمون پایانی (۵)



- ۱- کار تحریک کننده هیدرولیکی را تعریف کنید ؟
- ۲- دسته بندی تحریک کننده های هیدرولیکی بر چه اساسی است ؟
- ۳- نمودار درختی انواع تحریک کننده های خطی این درس را ترسیم نمائید ؟
- ۴- جکهای دو طرفه استاندارد را تشریح نمائید؟
- ۵- فرمولهای کاربردی برای محاسبه مجهولات زیر را نوشته و توضیح دهید ؟
 - الف - محاسبه سرعت جابجائی میله پیستون جک
 - ب - محاسبه مقدار نیروی قابل تولید در هر زمان توسط جک
 - ج - محاسبه مقدار فشار لازم روغن جهت اعمال نیروئی معین توسط جک
- ۶- کار بالشتک های سرعت گیر در جک ها چیست ؟ توضیح دهید؟
- ۷- نمودار درختی انواع تحریک کننده های دورانی این درس را ترسیم نمائید ؟
- ۸- کار موتورهای هیدرولیکی را تعریف کنید ؟
- ۹- درجه بندی یا اندازه موتورها بر چه اساسی تعیین می شود ؟ توضیح دهید ؟
- ۱۰- فرمولهای کاربردی، برای مجهولات زیر را نوشته و توضیح دهید؟
 - الف - تعیین گشتاور اسمی (اندازه)، یک موتور هیدرولیکی
 - ب - تعیین میزان حداکثر گشتاور تولیدی یک موتور هیدرولیکی
 - ج- تعیین گشتاور، در هر زمان، توسط یک موتور هیدرولیکی
 - د - تعیین دبی مورد نیاز، در هر زمان، توسط یک موتور هیدرولیکی
 - ح - تعیین دور موتور هیدرولیکی، در هر زمان ؟

- ۱۱- حداقل ۵ ویژگی در خصوص ساختمان موتورهای چرخ دنده ای توضیح دهید؟
- ۱۲- طرز کار موتورهای پره‌ای را توضیح دهید و حداقل ۵ ویژگی در خصوص ساختمان آنان را بنویسید؟
- ۱۳- چند تا از موارد استفاده از موتورهای پره ای تولید کننده گشتاور زیاد را نام ببرید؟
- ۱۴- حداقل ۶ ویژگی در خصوص ساختمان موتورهای پیستونی نوع محور- مستقیم را توضیح دهید؟
- ۱۵- حداقل ۳ ویژگی در خصوص ساختمان موتورهای پیستونی نوع محور - زاویه‌دار، را توضیح دهید؟
- ۱۶- ۳ مورد از خصوصیات کلی موتورهای پیستونی را نام ببرید؟
- ۱۷- بهترین دوام و عمر قانونی را کدام گروه از موتورهای هیدرولیکی دارا هستند.



واحد کار ۶

توانائی تشریح شیرهای کنترل مسیر روغن

هدف کلی:

• تشریح وظیفه و طرز کار شیرهای کنترل مسیر روغن

هدفهای رفتاری: فراگیر پس از گذاردن این واحد کار، قادر خواهد بود

- ۱- زمینه های کاری شیرهای هیدرولیک را شرح دهد
- ۲- وظیفه شیرهای کنترل مسیر و انواع دسته‌بندی‌های متداول این گروه را شرح دهد
- ۳- وظیفه شیرهای یکطرفه، انواع و ساختمان آنان را توضیح دهد
- ۴- وظیفه شیرهای کنترل مسیر، دو راهه چهارراهه، انواع و ساختمان آنها را تشریح نماید
- ۵- نحوه تحریک شیرهای کنترل مسیر را شرح دهد.
- ۶- نقش فنر در ساختمان شیرهای کنترل مسیر را تشریح نماید.
- ۷- نقش طراحی اسپول در ساختمان و طبقه‌بندی شیرها را توضیح دهد.

ساعات آموزش:

- نظری:

- عملی:

- جمع: