فصل چهارم :

اصول کار عمل کننده

اکنون مطالعه ی خود را از قسمت ورودی به قسمت خروجی سیستم هیدرولیکی متمرکز می نماییم. دراین فصل عمل کننده ها را مطالعه خواهیم کرد. اینها وسایلی هستند که انرژی فشاری را گرفته و آن را تبدیل به نیروی مکانیکی و حرکت می کنند. اگرچه تاکنون مطالعاتی راجع به منبع انرژی و انباره ها انجام داده ایم، اما عمل کننده ی خروجی درحقیقت نقطه ی شروع طراحی یک مدار هیدرولیکی است. در واقع هرگاه خروجی نداشته باشیم (بلندکردن یک بار، پایین آوردن یک تیغه،گرداندن یک چرخ و غیره)، در این صورت به سیستم هیدرولیکی احتیاج نخواهیم داشت. توجه طراحان در وحله ی اول به انتخاب وسایلی که حرکت و فشار مورد نیاز را تامین نمایند، معطوف می گردد. وقتی این امر انجام شد، آن گاه می توان قدرت و سیستم کنترل را بررسی نمود.

خطی یا دورانی:

همان طوری که در فصل اول گفته شد، عمل کننده ها، خطی یا دورانی هستند. نیرو و حرکتی که از یک عمل کننده ی خطی (سیلندر یا رام)حاصل می شود، در یک خط مستقیم است. یک عمل کننده ی دوار با موتور تولید گشتاور و حرکت دورانی می کند.

عمل کننده های خطی :

سیلندرها، عمل کننده های خطی هستند.

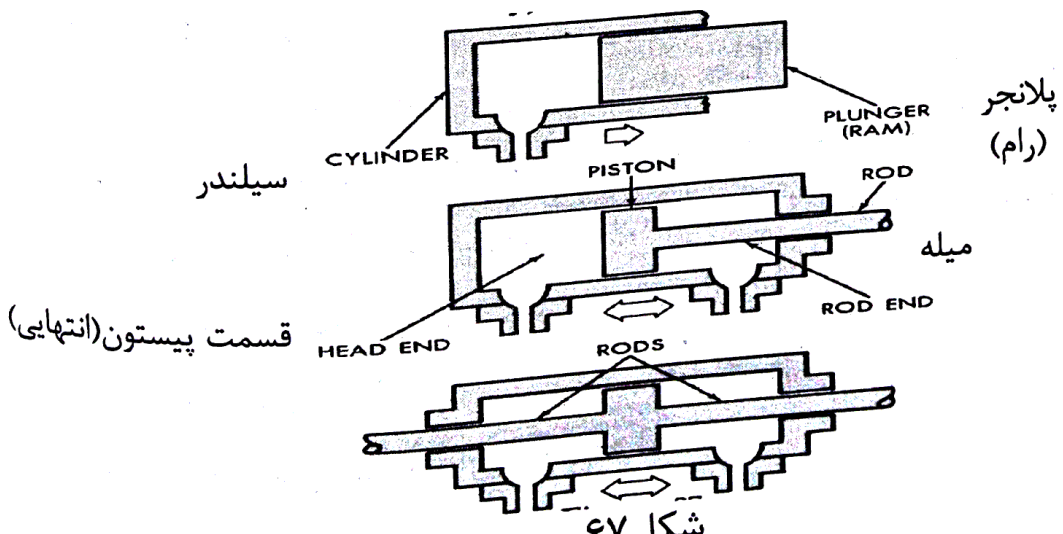
در صنعت هیدرولیک، اسامی زیادی برای عمل کننده های خطی موجود است و آنها عبارت هستند از سیلندرها ، رام ها، موتورهای رفت و برگشتی، موتورهای خطی و احتمالاً اسامی دیگر. چون بعضی اوقات ممکن است که با این اصطلاحات مواجه شوید، بهتراست که بدانید، اینها چه معنی ای می دهند. اما در این دستورالعمل، ما فقط راجع به سیلندر و رام بحث می کنیم و راه های استفاده از آنها به این قراراست.

سیلندر: هرگونه واحد هیدرولیکی که از یک پیستون یا پلانجرساخته شده و درون یک محفظه ی استوانه ای توسط مایع تحت فشار کار انجام دهد، سیلندر نامیده می شود.

رام : رام یک سیلندر، یک حالته از نوع پلانجر می باشد و یا خود پلانجر در این نوع سیلندراست. به عبارت دیگر، از کلمه ی سیلندر به عنوان یک عمل کننده ی خطی و از کلمه ی رام به عنوان نوع خاصی از سیلندر استنباط می شود.

اجزای یک سیلندر:

قبل ازاین که به طبقه بندی سیلندرها بپردازیم، اجزای اساسی آنها را بررسی می‌کنیم (شکل ۶۷). سیلندر یا استوانه درحقیقت لوله ای است که پیستون یا پلانجر درون آن حرکت می‌کند. در سیلندر نوع رام، پلانجر یا رام به طورمستقیم بر روی بار عمل می نماید. در نوع سیلندر پیستونی میله ی متصل به پیستون بر روی بار عمل می نماید. انتهای استوانه که میله با پلانجر از آن بیرون می آید "ته" و نقطه ی مقابل آن "سر" نامیده می‌شود. اتصالات هیدرولیکی سیلندر را، که به سر و ته میله وصل می شوند، به ترتیب دهانه ی ابتدایی و دهانه ی انتهایی می نامند.

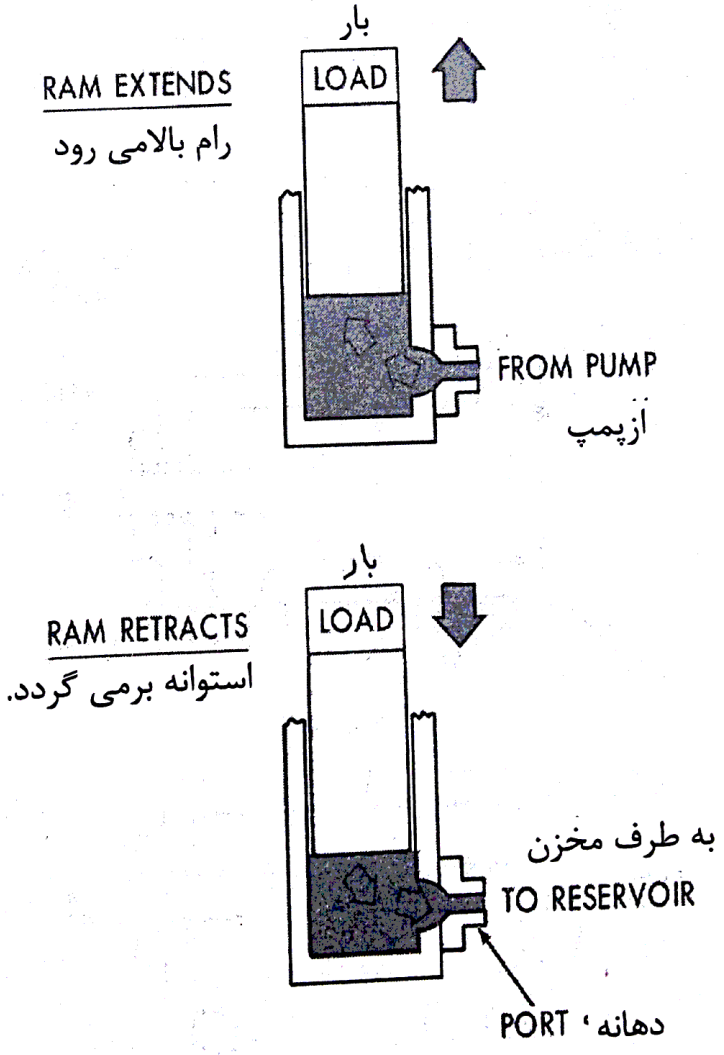


شکل ۶۷

طبقه بندی سیلندرها:

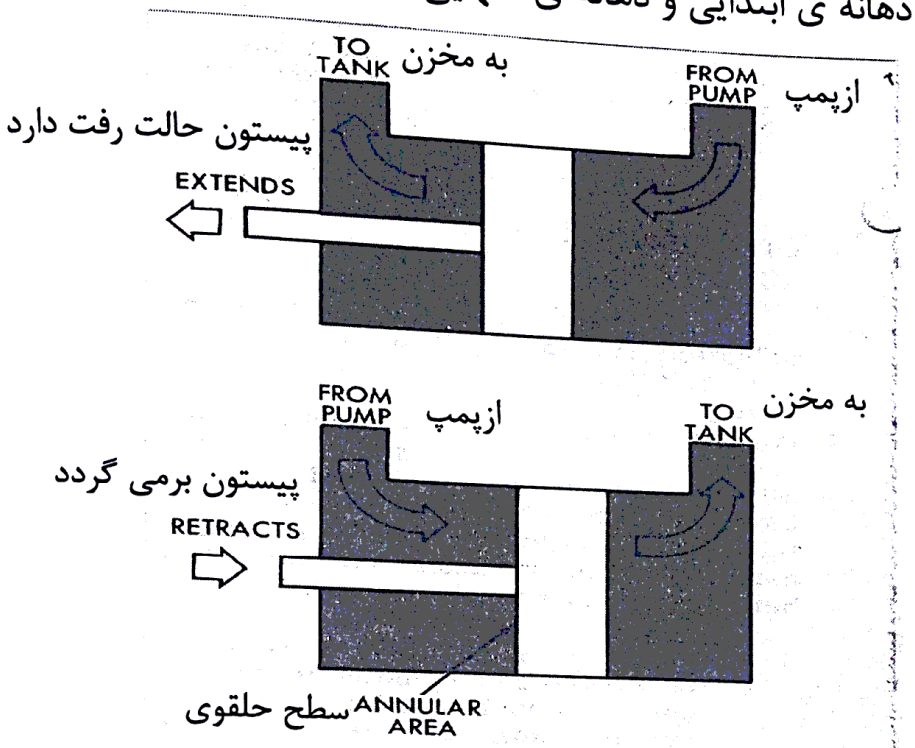
سیلندرها را به یک حالته و دو حالته طبقه بندی می نمایند. سیلندرهای دوحالته خود به سیلندرهای دیفرانسیل و غیر دیفرانسیل تقسیم بندی می شوند.

سیلندر یک حالته: سیلندر یک حالته (شکل۶۸) فقط دارای یک دهانه ی ابتدایی بوده و در یک جهت به طور هیدرولیکی عمل می کند. وقتی روغن به داخل دهانه ی پمپ می شود، با فشار پلانجر یا پیستون را حرکت داده و آنها هم به نوبه ی خود بار را حرکت می دهند. برای برگشت پیستون یا پلانجر باید روغن را به مخزن برگرداند. دراین حالت پیستون یا پلانجر به سبب باری که بر روی آن قرار دارد و یا به وسیله ی یک نیروی مکانیکی مثلاً یک فنر برمی گردد. در وسایل موتوری، جریانی که به دستگاه وارد شده یا از آن خارج می شود، به وسیله ی یک شیر کنترل جهت معکوس کننده کنترل می شود.



شکل ۶۸

سیلندر دو حالته: در یک سیلندر دو حالته، پمپ این امکان را دارد که در هر دو جهت پیستون را بـه حرکـت درآورد. در ایـن حالـت سـیلندر دارای دو دهانـه می باشد: دهانه ی ابتدایی و دهانه ی انتهایی (شکل۶۹).



شکل۶۹

روغن از طریق پمپ به دهانه ی انتهایی وارد می‌شـود و باعـث خـروج میلـه ی پیستون می‌گردد. در همان زمان، روغنی که در قسمت میله پیستون وجـود دارد، با فشار به مخزن رانده می شود. برای برگشت میله، جریان عکس می شود. روغـن به سر سیلندر وارد می شود، دهانه‌ی انتهایی به مخزن راه پیدا می کند تـا روغـن قسمت سر سیلندر را به مخزن بازگرداند. در سیلندر دو حالته جهت جریـان ورود به سیلندر و خروج ازآن را، به وسیله ی یک شیر کنترل جهت دوحالته و یا توسط یک پمپ دوطرفه می توان کنترل نمود.

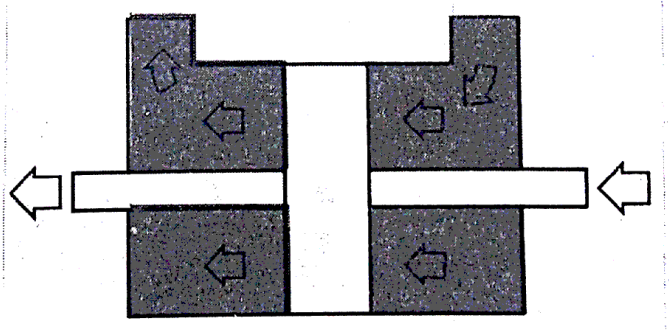
سیلندر دیفرانـسیل: سـیلندر دو حالتـه شـکل ۶۹ یـک اسـتوانه‌ی سـیلندر دیفرانسیل است زیرا سطوحی که فـشار بـر آنهـا اعمـال مـی شـود، در دو سـوی پیستون نابرابر هستند. درطرف ته سیلندر سطح کامل پیستون دربرابر فشار روغن قرار می گیرد و در طرف سر سیلندر باید سطح مقطع میلـه را از سـطح پیـستون کم کرد. بنابراین یک سطح حلقه مانند، برای اعمال فـشار بـه کـارمی رود کـه از

سطح کل پیستون کمتراست. همچنین فضایی را که میله اشغال می کند، حجم روغن قسمت سر سیلندر را کاهش می دهد. بنابراین دو دستورالعمل عمومی برای سیلندرهای دیفرانسیل به قرار زیر وجود دارد:

۱- با بده حجمی(LPM) مساوی که به طرفین پیستون وارد می شود، سرعت سیلندر درحالت برگشت به علت کاهش ظرفیت حجمی بیشتر ازحالت رفت است.

۲- با فشار مساوی درطرفین پیستون، نیروی اعمال شده درحالت رفت، به علت سطح مقطع بیشتر پیستون، زیادتر است. درواقع، چنانچه دریک زمان، فشار مساوی ازطریق هردو دهانه اعمال شود، پیستون درجهت حالت رفت، حرکت می کند چرا که نیروی وارده برآن بیشتر است. چنانچه اندازه ی میله ی پیستون استاندارد باشد، نسبت سطح پیستون به سطح حلقه مانند آن ۶ به ۵ است درحالی که با میله ی پیستونی که برای کارهای سنگین به کارمی رود، این نسبت ممکن است ۱/۵به۱یا ۲ به ۱باشد.

سیلندر غیر دیفرانسیل: دراین نوع سیلندر (شکل ۷۰) پیستون درطرفین دارای میله بوده و فشار و سرعت درهر دو جهت به علت سطح مقطع و حجم مساوی در دو سوی پیستون برابر است. از سیلندر غیردیفرانسیل، در وسایل موتوری معمولاً خیلی کم استفاده می شود اما باید به خاطر داشت همانطوری که در فصل۱بیان گردید، برای احتزار از سردرگمی هنگام بحث درباره ی عملیات سری و فشار برگشت، این طرح مفید خواهد بود.

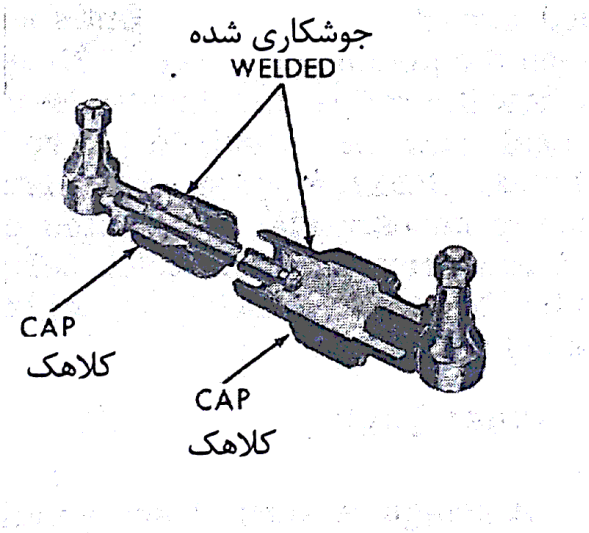


شکل ۷۰

ساختمان سیلندر:

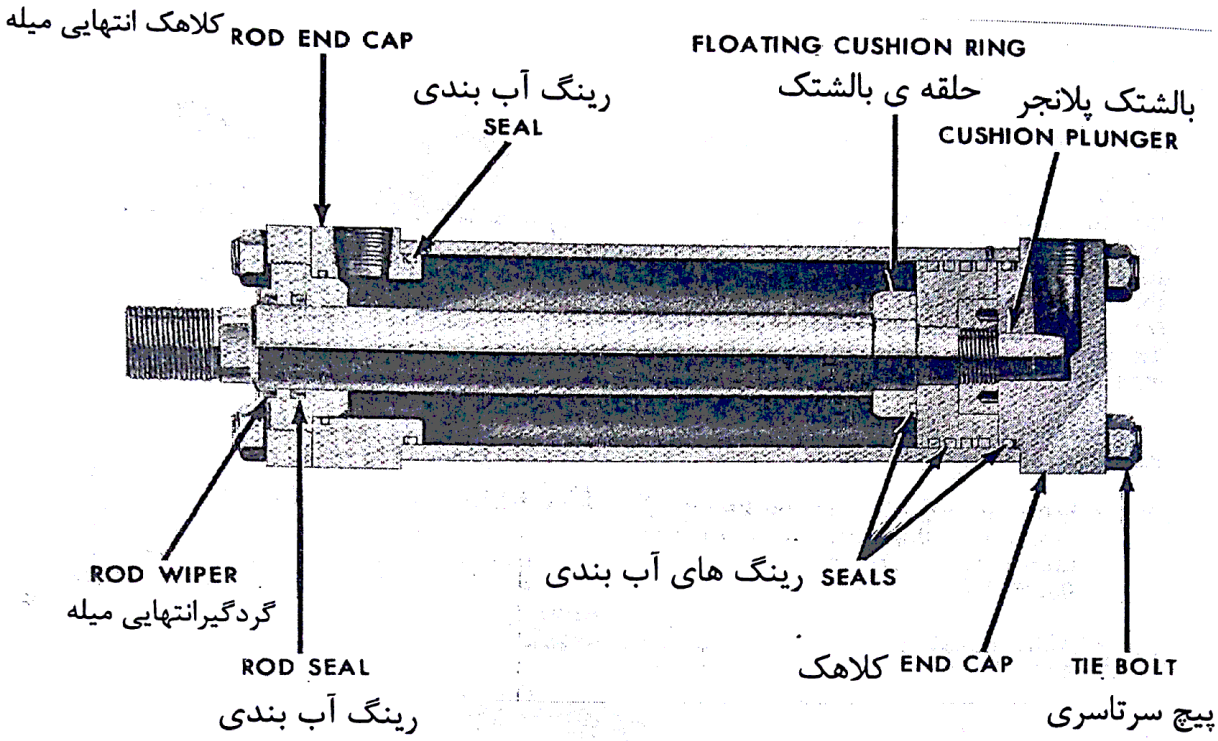
به طور کلی، سیلندر از یک استوانه یا لوله، پیستون و میله ی پیستون(یا رام) و دو کلاهک انتهایی و واشرهای آب بندی روغن مناسب تشکیل شده است. استوانه معمولاً یک لوله ی فولادی یا چدنی بدون درز است که سطح داخلی آن به خوبی

صیقل داده شده است. میله ی فولادی پیستون به شدت صیقل شده و از فولاد سخت با روکش کرم ساخته شده است تا خط خط نشده و بر روی آن حفره ایجاد نشود. میله در قسمت کلاهک انتهایی برروی یک بوشینگ یا سطح صیقلی تکیه دارد. دهانه ی سیلندر در کلاهک انتهایی تعبیه شده است.کلاهک ها ممکن است بر روی لوله پیچ شده یا جوش داده شوند (شکل۷۱) یا توسط پیچ های سرتاسری به آن متصل شده (شکل۷۲) و یا به صورت فلنج های پیچ شده باشند. چنانچه استوانه، چدنی باشد،کلاهک انتهایی ممکن است با استوانه به صورت یکپارچه باشد. نکاتی باید در نصب کلاهک ها رعایت شود، به این ترتیب که برای سیلندرهای ثابت از فلنج و برای سیلندرهای متحرک از گیره های"U"شکل (کلویس) استفاده شود.



شکل۷۱

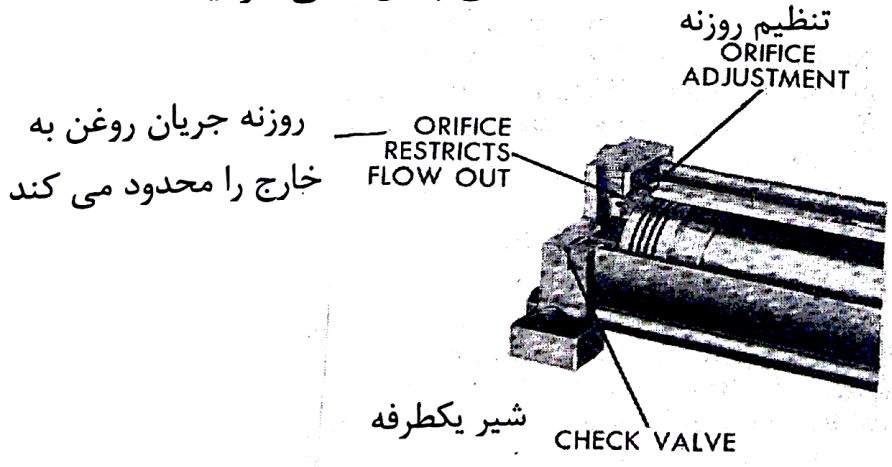
رینگ های آب بندی و رینگ های گردگیر در کلاهک انتهایی در سمتی که میله از آن عبور می کند، برای تمیز نگاه داشتن میله و جلوگیری از نشت روغن به داخل از دور میله، نصب می گردند. نقاط دیگری که درآنها رینگ آب بندی به کار می رود، کلاهک انتهایی طرف سیلندر، اتصالات و بین پیستون و استوانه می باشند. برحسب این که میله به پیستون چگونه متصل شده باشد درآنجا نیز ممکن است که رینگ آب بندی لازم باشد، نشت داخلی که دراطراف پیستون صورت می گیرد، معمولاً نامطلوب است. این نشتی، انرژی را تلف کرده و از بالا نگاه داشتن یک بار، به وسیله ی "قفل هیدرواستاتیک"جلوگیری می نماید، یا مانع می شود که روغنی را که درپشت پیستون قرارگرفته است، درهمان حال باقی بماند.



شکل ۷۲

بالشتک های سیلندر:

یکی از اجزای مهم سیلندر بالشتک آن است (شکل۷۳)که برای کند کردن سرعت پیستون در انتهای کورس به کارمی رود. یک پلانجر شیب دار یا حلقه ی بالشتک بر روی میله به یک محفظه که در کلاهک تعبیه شده است، وارد شده و از جریان مایع به خارج از سیلندر جلوگیری می کند و سپس یک وزنه ی کوچک در کلاهک ایجاد شده جریان مایع به خارج را در فاصله ی کوتاه باقی مانده ی کورس پیستون کنترل می کند. یک شیر قابل تنظیم جهت افزایش یا کاهش ابعاد روزنه ی مزبور برای کنترل میزان کندکنندگی پیش بینی گردیده است.

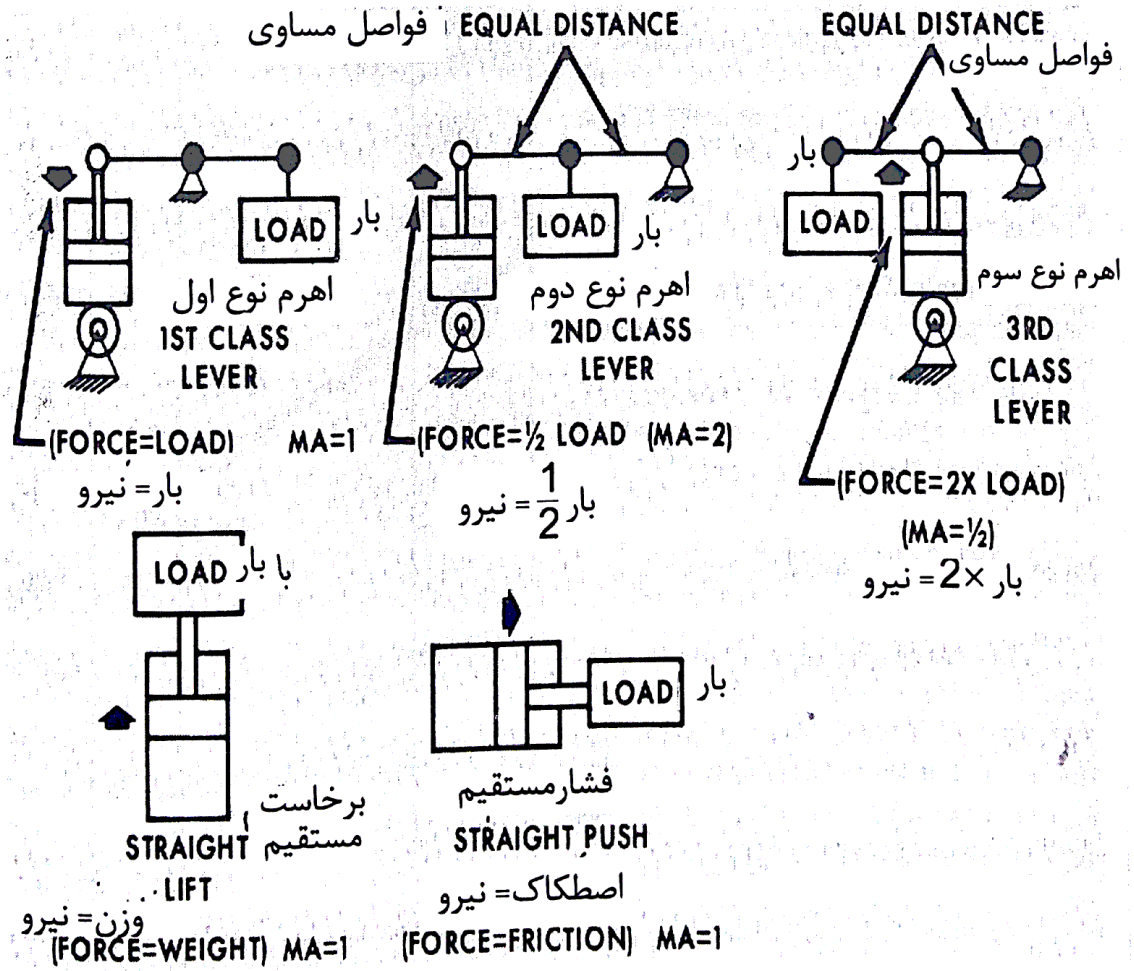


شکل ۷۳

درکورس برگشت، ما نمی خواهیم فشار روغن از طریق روزنه ی کلاهک به پیستون وارد شود زیرا زمان شروع به حرکت برگشت پیستون راکند می کند. بنابر این یک شیر یک طرفه برای آن پیش بینی شده است. این شیر از خروج جریان به خارج از سیلندر جلوگیری کرده و اجازه می دهد که روغن آزادانه وارد سیلندر شود.

سیلندر با اهرم:

در فصل ۱، دیده شد که چگونه از خواص و مزایای مکانیکی اهرم (به صورت هیدرولیکی و یا بازوهای مکانیکی) استفاده می گردد. یک سیلندر هیدرولیک می تواند از طریق یک اهرم، به بار مربوطه متصل گردد. چنانچه چند برابر کردن نیرو، موردنظر ما باشد، باید مسافت را کم کنیم و هرگاه بخواهیم مسافت را زیاد کنیم، باید نیرو را کم کنیم. تعدادی از اشکال استفاده از سیلندر با اهرم در شکل ۷۴ با مزایای مکانیکی هریک و نیروهای واقعی که ازطرف سیلندراعمال می گردد، نشان داده شده است. بهره ی مکانیکی(M.A)مقدار چندبرابر شدن نیرو را نشان می دهد.



شکل ۷۴

بسیاری از این ترکیبات سیلندر و اهرم اشکال پیچیده تری دارند، به خصوص در جایی که سیلندر تحت زوایای مختلف درعمل حرکت می کند. رابطه ی بین نیرو و حرکات ازنظر هندسی از بحث این کتاب خارج است. البته یک مهندس قادر است درچنین شرایطی نیروهای واقعی را که ازطرف سیلندر اعمال می شود، به سهولت محاسبه نماید.

قدرت سیلندر:

سیلندرها برحسب اندازه و ظرفیت فشاردرجه بندی می شوند. اندازه شامل قطر استوانه، قطر میله و طول کورس پیستون می باشد. قطر استوانه ازکمتر از سه سانتی متر تا چند متر تغییر می کند. ولی قطر سیلندرهای متحرک به ندرت به چندین سانتی متر می رسد. غیرعادی نیست اگر طول کورس پیستون،گاهی به چندمتر برسد. محدودیت طول در سیلندرهای طویل به علت خمش احتمالی است.

نیروی خروجی:

همانطور که درفصل ۱ گفته شد، نیروی خروجی از سیلندر به فشار و سطح مقطع پیستون بستگی دارد. چنانچه قطرسیلندر معلوم باشد می توان سطح مقطع آن را حساب کرد.

$$\text{(سطح)}A = \frac{۳/۱۴۱۶ \times D^۲}{۴}$$

که D دراین رابطه قطراست.برای محاسبه‌ی سطحی که میله به آن متصل است ازهمین رابطه می توان استفاده کرد،البته پس ازکسرسطح مقطع میله ازسطح پیستون.برای این منظورازفرمول زیراستفاده می شود.

$$\text{(سطح)}A_R = \frac{۳/۱۴۱۶ \times (D^۲H - - - D^۲R)}{۴}$$

DH قطرپیستون وDR قطرمیله است.

برای مثال اگر سطح مقطع پیستون ۳۶ و میله ی پیستون ۴ باشد، سطح حلقوی برابر ۲۵/۱۳۳خواهد بود. چنانچه سطح و فشار معلوم شد، نیرو از رابطه‌ی زیر محاسبه می شود.

$$F\ \text{(نیرو)} = P\text{(فشار)} \times A\ \text{(مساحت)}$$

همانطوری که قبلاً ذکر شد نیرو برحسب کیلوگرم، فشار برحسب Kg/cm^2 و مساحت برحسب سانتی مترمربع بیان می شود. نیروی اعمال شده ازطرف سیلندر رامی توان با افزایش فشار یا سطح پیستون بالا برد.

فشار اعمال شده توسط سیلندر:

فرمول نیرو، نیروی خارجی از سیلندر را تحت فشار مشخصی به ما می دهد. اما می دانیم که فشار واقعی که سبب حرکت بار می شود، عبارت است از نیروی بار تقسیم بر سطح مورد نظر.

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

برای مثال، فشار $۷۷/۷\ Kg/cm^2$ سبب بلندکردن بار به وزن ۳۵۰۰ کیلوگرم می شود، درحالی که سطح مقطع پیستون $۴۵\ cm^2$ باشد.

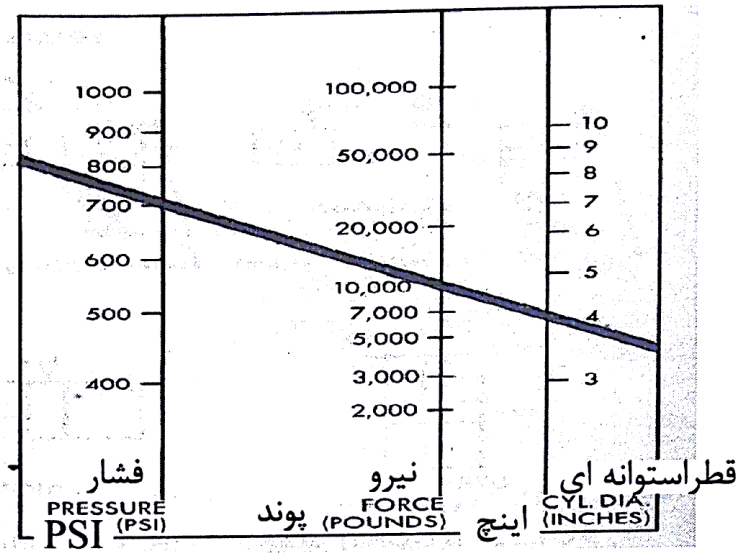
حل:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{3500}{45} = 77/7$$

هرگونه افزایشی درمیزان بار، فشار عمل را بالا می برد. البته بارسبک تر، فشار کمتری لازم دارد. همانطوری که قبلاً ذکر شد، واحدهای اندازه گیری، Kg/cm^2، کیلوگرم و سانتی مترمربع می باشند.دراین فرمول ها از نیروی اصطکاک صرف نظر شده است. نیرویی که برای خنثی کردن نیروی اصطکاک به کارمی رود، به نیروی مذکور در رابطه افزوده می شود.

مشخصه های نوموگرافیک:

برای ساده کردن این محاسبات وقتی مقادیر تقریبی برای محاسبه کافی باشد، از مشخصه های نوموگرافیک که در اغلب کتاب های مرجع (Hand Book) هیدرولیک وجود دارد، استفاده می شود. یک مشخصه ی نوموگرافی جزیی برای فشار، نیروی خروجی و قطر سیلندر در شکل۷۵ نشان داده شده است. وقتی ۲پارامتر از ۳ پارامتر موجود در مشخصه ی معلوم باشد از اتصال دو پارامتر معلوم و تقاطع امتداد آن با خط مقیاس سوم، مقدار مجهول به دست می آید.

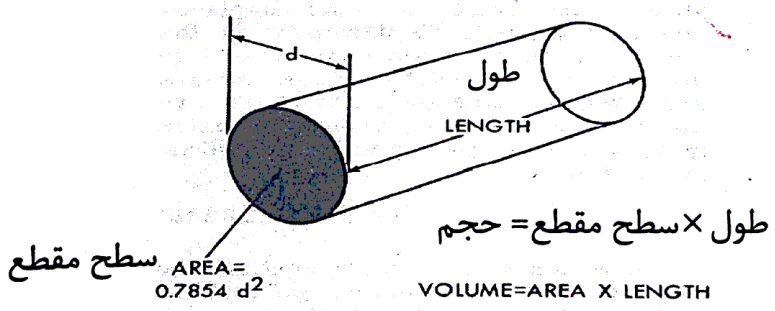


شکل ۷۵

سرعت سیلندر :

سرعت سیلندر مستقل از بار یا فشار می باشد. سرعت بستگی به حجم فضایی که از مایع پرمی شود و میزان بدهٔ حجمی (LPM) به سیلندر دارد.حجم شکل ۷۶ برابر است با D^2 ۰/۷۸ سانتی مترمربع ضرب در طول سیلندر برحسب سانتی متر. به این ترتیب استوانه ای با ۱۰۰متر طول و سطح مقطع ۱۰سانتی مترمربع معادل ۱۰۰۰سانتی مترمکعب حجم دارد که معادل یک لیتر می باشد. (به خاطر بیاورید که یک لیتر برابر ۱۰۰۰سانتی مترمکعب می باشد).

طول ×سطح = حجم



شکل ۷۶

چنانچه در هر دقیقه یک لیتر روغن به این سیلندر وارد شود، پیستون کورس ۳متری خود را در مدت یک دقیقه طی می کند، بنابراین سرعت تقریباً ۳متر در دقیقه خواهدبود. چنانچه بده ی ورودی به سیلندر۲ برابرشود، سیلندر در نصف زمان اولیه برمی گردد. بنابراین سرعت دو برابر شده یعنی ۶ متر در دقیقه می گردد.

به این ترتیب، برای یک جریان معین چنانچه ابعاد سیلندر کاهش پیداکند، سرعت زیاد می شود. ما می توانیم سرعت سیلندر را یا با افزایش بده ی ورودی آن توسط پمپ و یا کاهش ابعاد سیلندر افزایش دهیم. کوچک کردن ابعاد سیلندر فشار عمل برای یک بار معینی را بالا می برد.

محاسبه ی جریان در یک سرعت معین:

عموماً، برای پیدا کردن LPM موردنظر در سرعت معین سیلندر، باید۱- مسافت لازم در یک دقیقه را پیدا کنید.۲- حجم لازم برای آن مسافت را پیدا کنید. ۳- حجم را به لیتر تبدیل کنید.

LPM لازم = ۱۰۰۰سانتی متر مکعب دردقیقه

اگر فرض شودکه سیلندری به قطر۴ سانتی متر داشته و بخواهیم LPM ورودی به آن را تعیین کنیم درحالی که طول کامل۰/۳متر را در ۱۵ثانیه طی نماید، محاسبات ما به این ترتیب خواهد بودکه ابتدا سرعت سیلندر را، به سانتی متر در دقیقه تبدیل می کنیم که بتوانیم از این طریق به سانتی مترمکعب LPM برسیم. اگر سیلندر۳۰ سانتی متر را در ۱۵ثانیه طی کند یعنی در هر ثانیه ۲سانتی متر طی می‌کند، در این صورت مسافتی را که در یک دقیقه طی می‌شود برابر است با:

حل: سانتی متربردقیقه $\frac{2IN}{SEC} \times \frac{60SEC}{MIN} = 120(cm/\min)$

با معلوم شدن سرعت یک قدم به هدف نزدیک شده ایم.

حجم = سطح × طول $\Rightarrow \frac{\pi D^2}{4}$

حجم = ۰/۷۸۵۴ D^2 × ۱۲۰Cm

حجم = ۰/۷۸۵۴ × ۴ Cm × ۴ Cm × ۱۲۰Cm

حجم = ۱۵۰۰cm^3 (تقریباً)

حال می‌دانیم که برای انجام این کارجریانی معادل ۱۵۰۰ cm^3/min لازم است. چنانچه این عدد بر۱۰۰۰تقسیم شود، جریان برحسب LPM به دست می‌آید.

۱۵۰۰ ÷ ۱۰۰۰ = ۱/۵ LPM(تقریباً)

یعنی ۱/۵لیتر در دقیقه بـار ورودی سـبب سـرعت۱۲۰سـانتی متـر در دقیقـه می گردد البته ما نمی توانیم ۱/۵لیتر را به سیلندر وارد کنیم چون طول آن فقـط ۳۰Cm است. اما این مقدار بده حجمی است که باید ایجاد شود.

قوه ی اسب (اسب بخار):

قدرت مصرفی سیلندر از دو طریق پیدا می شود. اگر نیرو، مسافت و زمان معلوم باشد، قدرت کل را حساب کرده و به قوه ی اسب تبدیل می کنیم.

$$\text{قدرت} = \frac{\text{مسافت(متر)} \times \text{نیرو(کیلوگرم)}}{\text{زمان(دقیقه)}}$$

$$\text{قوه ی اسب بخار} = ۷۵ \frac{\text{کیلوگرم متر}}{\text{ثانیه}}$$

اگرشدت جریان و فشار معلوم باشد:

ضریب ثابت ×فشار ×شدت جریان= اسب بخار

$$HP = LPM \times Kg/cm^2 \times ۱۵/۲۳ \times 10^{-5}$$

اینها همان روابطی هستند که در فصل اول به آنها اشاره شد.

موتورها:

ازنقطه نظر ساختمان، موتورهای هیدرولیکی شباهت زیادی به پمپ هـا دارنـد. در واقع بعضی از پمپ ها بدون هیچگونه تغییری مانند موتورها عمل می کننـد و بقیه هم با هم اندک تغییری به صورت موتور درمی آیند.

عمل موتور: می توان گفت که موتور همان پمپ است با تفاوت این که به جای این که روغن را فشرده کند، توسط فشار روغن کار می کند. روغن به داخـل یـک دهانه پمپ شده و سبب می شود که محور بگردد. همان محفظه های هیدرولیکی (بین پره ها و بدنه در موتور پره ای) روغـن را بـه دهانـه ی دیگـر بـرده و تخلیـه می کنند که دوباره به مخزن یا ورودی پمپ برگردد. انـواع اصـلی موتورهـا ماننـد پمپ ها بوده و دارای پره، پیستون و چرخ دنده می باشند.آنها همچنین می توانند یک طرفه و یا دوطرفه باشند. غالب موتورها که برای دستگاه های متحرک ساخته می شوند، از نوع دوطرفه می باشند.

مقادیر اسمی در موتور: مقادیر اصلی اسمی در موتور عبارت هستند از : فشار، جابجایی وگشتاور. جابجایی، مقدار روغنی است که به داخل موتور پمپ می شود، تا آن را یک دور به گردش درآورد. گشتاور و فشار تعیین کننده ی مقدار بار موتور می باشد.

جابجایی: جابجایی دریک موتور هیدرولیک مانند جابجایی پمپ برحسب سانتی مترمکعب در دور بیان می شود. جابجایی موتور عبارت از مقدار روغنی است که باید به آن داد تا موتور یک دور بگردد. اغلب موتورها دارای جابجایی ثابت می باشند اما انواع بسیار متعددی از موتورهای پیستونی به خصوص در موتورهای هیدرواستاتیک، با جابجایی متغیر نیرو وجود دارند.

بده حجمی لازم در یک سرعت معین: چنانچه جابجایی و سرعت موردنظر در موتور معلوم باشد، بده آن از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$\text{LPM} = (\text{RPM})\ \text{سرعت} \times cm^3 / REV$$

برای مثال موتوری با جابجایی ۲/۳۱ سانتی مترمکعب در هر دور و با سرعت ۱۰۰۰دور در دقیقه مقدار۲/۳۱ لیتر در دقیقه سیال لازم دارد.

$$\text{LPM} = \frac{۱۰۰۰\text{RPM} \times ۲/۳۱\ \text{REV}}{۱۰۰۰} = ۲/۳۱$$

سرعت موتور: چنانچه میزان جابجایی و LPM داده شده به موتور مشخص باشد، سرعت برحسب دور در دقیقه از رابطه ی زیر پیدا می شود.

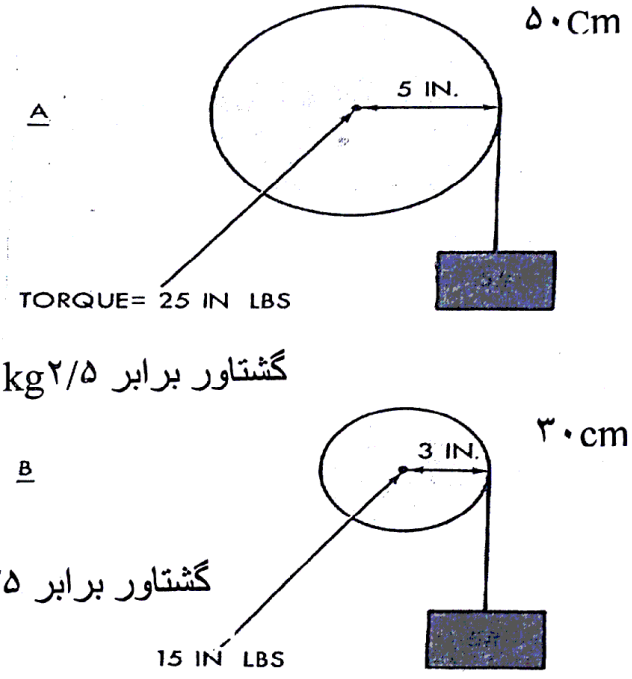
$$\text{RPM} = \frac{\text{LPM} \times ۱۰۰۰}{\text{جابجایی(برحسب سانتی متر مکعب درهردور)}}$$

از این رابطه معلوم می شود که هرگونه افزایشی در جابجایی سبب کاهش سرعت و برعکس کاهش آن سبب افزایش سرعت می گردد. راه دیگر افزایش سرعت، افزایش LPM است.

گشتاور چیست؟

گشتاور بنا به تعریف عبارت از کوشش برای گرداندن یا چرخاندن یا احتمالاً نیروی دورانی است. گشتاور موتور معمولاً برحسب کیلوگرم سانتی متر یا کیلوگرم متر اندازه گیری می شود. یک آچار گشتاورسنج همان آچار ساده ای است که بر روی آن یک صفحه ی مدرج قرار دارد که تعیین می کند آچار تا چه نیروی چرخشی

توسط آن به پیچ اعمال می شود. گشتاوری که توسط یک موتور ایجاد مـی شـود، بستگی به مقدار بار و فاصله ی شعاعی از مرکز محور موتور دارد برای مثال وزنـی که درشکل۷۷ قسمت A وجود دارد در فاصله ی ۵۰ سانتی متر از مرکز محور اثر می کند. میزان گشتاور در این حالت عبارت است ازشعاع قرقره ضرب در وزنـه یـا ۲/۵کیلوگرم متر در نمای B، قرقره کوچک تر است و بنابراین گشتاور کمتـر مـی باشد. قرقره ی کوچک گشتاور کمی بر روی موتور ایجـاد مـی کنـد امـا قرقـره ی بزرگ، چنانچه سرعت موتور تغییر نکند، بار را سریع تر بالامی بـرد و پـایین مـی آورد.



شکل۷۷

گشتاور اسمی: گـشتاور اسـمی یـک موتـور برحـسب پونـد اینـچ (کیلـوگرم سانتی متر) گشتاوری است که موتور در فشار(۱۰۰PSI)(۶۰ Kg/cm^2) ایجاد می کند. بنـابراین موتـوری بـا گـشتاور ۲۵ کیلـوگرم سـانتی متـر ۶۰ Kg/cm^2 را بـا ۲۵کیلوگرم سانتی متر بار، تولید می‌نماید.چنانچه مقدار بار۵۰کیلوگرم سانتی متر باشد، فشار مورد نظر ۲برابریعنی ۱۲۰ Kg/cm^2می گردد و چنانچـه ۷۵ کیلـوگرم سانتی متر باشد سه برابر یعنی ۱۸۰ Kg/cm^2می شود و همین طور تا آخر.

به طورکلی فشار کار یک موتور عبارت است از:

$$\text{فشارکار} = \frac{\text{گشتاوربار (کیلوگرم سانتی متر)} \times ۶۰}{\text{گشتاور اسمی}}$$

حداکثرگشتاوری که موتور می تواند تحمل کند بستگی به حداکثر فشار مجاز و گشتاور اسمی آن دارد.

$$\text{حداکثرگشتاور} = \frac{\text{گشتاوراسمی} \times \text{حداکثرفشارمجاز } Kg/cm^2}{۶۰}$$

بنابراین اگرموتوری با گشتاور اسمی ۲۵ کیلوگرم برسانتی متر با فشار $۱۲۰\ Kg/cm^2$ کار کند، تولید ۵۰۰۰ کیلوگرم سانتی مترگشتاور می نماید.

$$\text{گشتاور} = \frac{۲۵\ Kg/cm \times ۱۲۰\ Kg/cm^2}{۶۰\ Kg/cm^2} = ۵۰ \text{kg /cm}$$

فرمول کلی گشتاور در موتور هیدرولیک به قرار زیر است:

$$\text{گشتاور(kg/ cm)} = \frac{\text{جابجایی}\left(\frac{\text{سانتی مترمکعب}}{\text{دور}}\right) \times \text{فشار } Kg/cm^2}{۲\pi}$$

$$\text{گشتاور(پوند اینچ)} = \frac{\text{جابجایی}\left(\frac{\text{اینچ مکعب}}{\text{دور}}\right) \times \text{فشار}}{۲\pi}$$

از این رابطه ملاحظه می شود، افزایش گشتاور بستگی مستقیم به افزایش فشار یا جابجایی دارد. به هرحال هرچه جابجایی زیادتر باشد، سرعت موتور به نسبت افزایش گشتاور به دست آمده کاهش می یابد.

گشتاور و اسب بخار: دو رابطه ی کلی بین گشتاور و قوه ی اسب برای هر وسیله ی دوار از جمله موتور هیدرولیک وجود دارد.

$$\text{گشتاور(پوند اینچ)} = \frac{۶۳۰۲۵ \times HP}{RPM}$$

$$HP = \frac{RPM \times \text{گشتاور(پوند اینچ)}}{۶۳۰۲۵}$$

$$HP = RPM \times ۷۵۰۰ \times \text{گشتاور(کیلوگرم سانتی متر)}$$

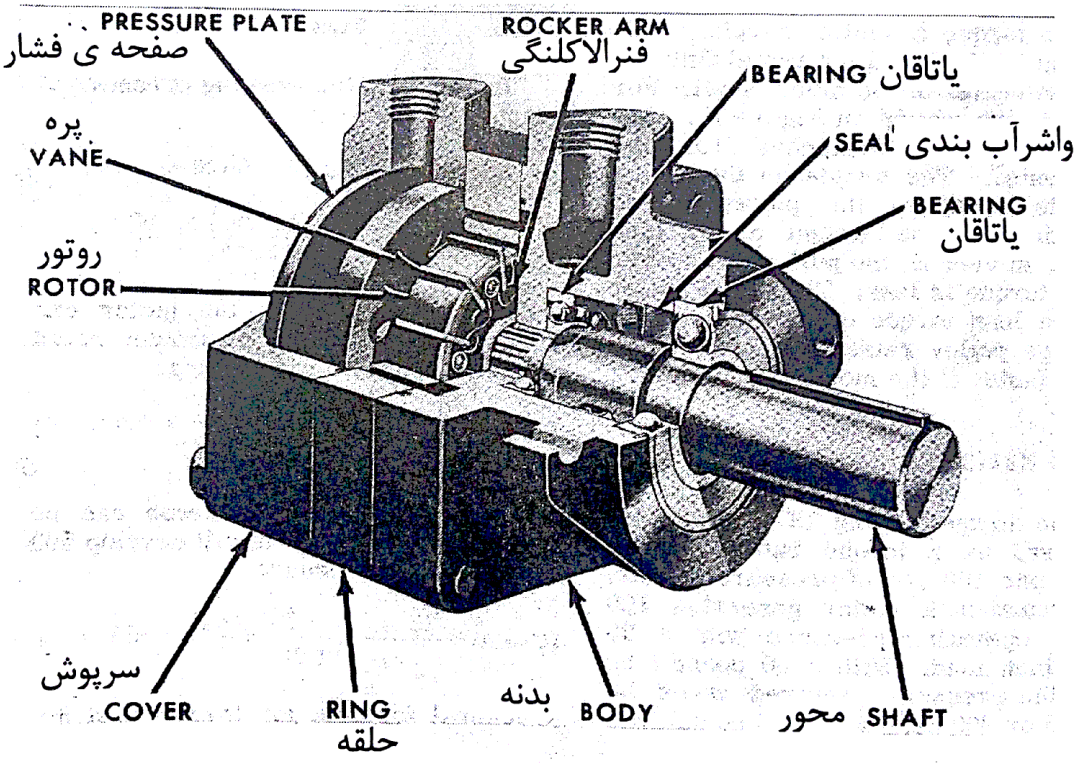
$$\text{گشتاور(kg/ cm)} = \frac{HP}{RPM \times ۷۵۰۰}$$

از فرمول هیدرولیکی اسب بخار نیز، چنانچه فشار و شدت جریان معلوم باشد، می توان استفاده کرد.

$$HP=(Kg/cm^2)\text{فشار}\times LPM \times ۱۵/۲۳\times 10^{-5}$$

موتور پره ای مربع شکل:

موتورهای پره ای مربع شکل (شکل۷۸) شباهت به پمپ هم نام خود دارند. این موتورها دارای فنرهایی هستند که هنگامی که نیروی گریز از مرکز وجود ندارد، نوک پره ها را با فشار به سطح داخلی پمپ تکیه می دهد. این موتورها از نظر هیدرولیکی متعادل هستند، تا از اعمال بارجانبی بر روی محور جلوگیری شود. محور بر روی دو بلبرینگ تکیه دارد، و به این ترتیب موتور می تواند بارهای غیرمستقیم مانند چرخ دنده ها و چرخ و زنجیر ها را همانند بارهای مستقیم، به حرکت درآورد.

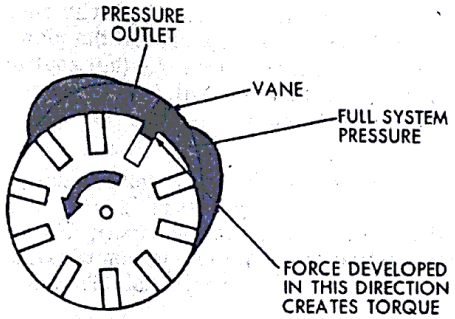


شکل۷۸

طرز کارموتورباپره ی متعادل:

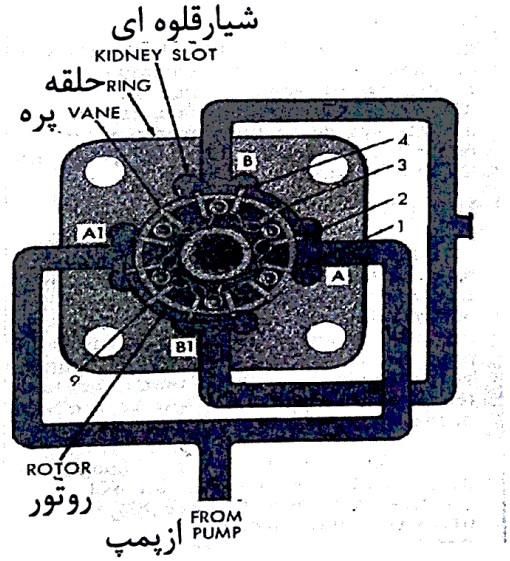
روغنی که با فشار از پمپ به موتور جریان می یابد، اختلاف فشاری را ایجاد می‌کند که نتیجه ی آن تولید گشتاور است. این امر را می توان با مشاهده ی

اختلاف فشار بر روی یک پره از پمپ هنگام عبور از دهانه ی ورودی مشاهده نمود (شکل۷۹). در سمت ورودی، فشار سیستم به پره وارد می شود. درسمت دیگر پره، فشار بسیار اندک خروجی، وجود دارد. اختلاف فشار موجود نیرویی را که بر روی پره اعمال می کند، این نیرو به طور مماسی برروتور وارد می شود. همانطوری که وزنه در شکل۷۷ تولید گشتاور بر روی محور قرقره می نماید، این نیروی مماسی نیز در روی محور ایجاد گشتاورمی کند.



شکل۷۹

این اختلاف فشار بر روی پره های شماره ی ۳ و ۹ در شکل۸۰ اثر می کند. به طرفین پره های دیگر همین طوری که درشکل دیده می شود، نیروهای مساوی وارد می شود. با چرخیدن روتور هر یک از پره ها به نوبه ی خود به هنگام گردش تولید گشتاور می نماید.



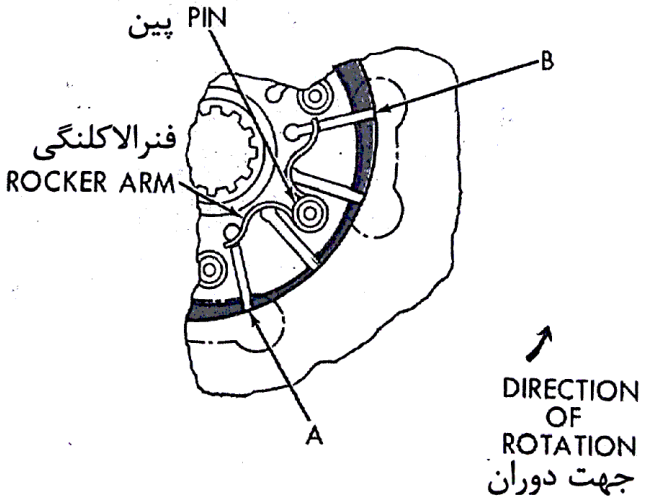
شکل۸۰

در شرایط فوق گردش جریان طوری است که ما هرگاه در سمت سرپوش ایستاده و محور را نگاه کنیم، در جهت عکس عقربه های ساعت گردش می کند.

دهانه‌ای که در بدنه تعبیه شده است، دهانه ی ورودی و دهانه‌ای که درسرپوش تعبیه شده، دهانه ی خروجی است. چنانچه جهت گردش جریان برعکس شود، گردش روتور در جهت عقربه های ساعت عوض می شود.

فنرهای الاکلنگی:

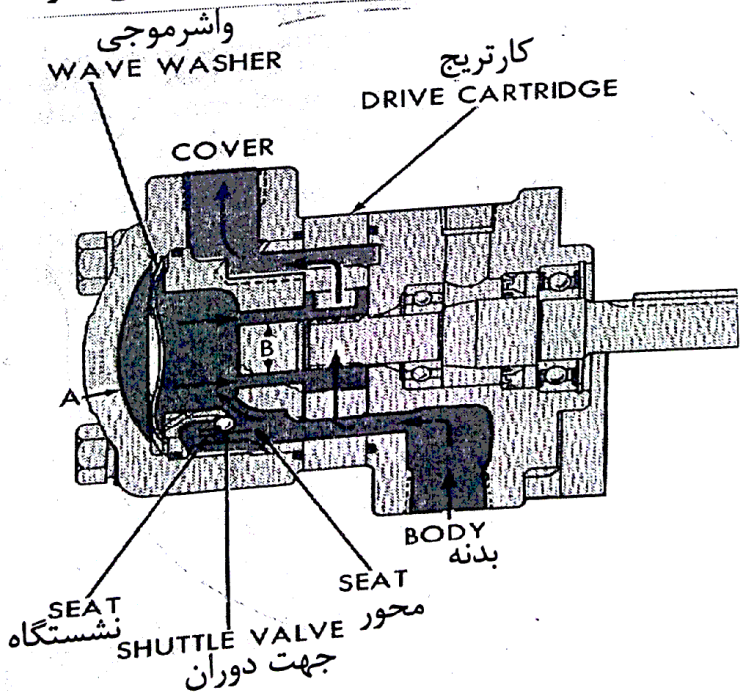
به خاطر بیاورید که، درپمپ های پره ای،هنگامی که پمپ شروع به کارمی کند، پره ها با فشار بیرون آمده و با فشار، توسط نیروی گریز از مرکز با جدار داخلی پمپ تماس پیدا می کنند. وقتی موتور راه می افتد، نیروی گریز از مرکز وجود ندارد که چنین عملی را انجام دهد و بنابراین باید راه دیگری برای بیرون راندن پره ها پیدا کرد در غیر این صورت، بدون این که گشتاوری تولید شود، روغن از لابه لای پره ها عبور می کند. در این نوع موتور، از فنرهای الاکلنگی (شکل۸۱) که از سیم های فولادی ساخته شده برای تماس دادن نوک پره ها با جدار داخلی موتور، استفاده می شود. فنرها به وسیله ی پین هایی به روتور لولا شده اند. دو سر هر فنر در زیر دو پره که با یکدیگر زاویه ی ۹۰ دارند، قرار می گیرد. وقتی که پره ی A در یکی از دو انتهای فنر توسط جدار داخلی به داخل شکاف خود رانده می شود، پره ی دیگر (B) از شکاف بیرون می آید. داخل شدن پره ی A در درون شیار، همواره با خارج شدن پره ی B از شیار و برعکس همراه می باشد. به این ترتیب فنر الاکلنگی فشار فنری کمی بر روی پره ها اعمال می کند.



شکل۸۱

عملکرد صفحه ی فشار:

عمل صفحه ی فشار در این نوع موتور همانند عمل صفحه ی فشار در پمپ هم نام آن است. صفحه ی فشار کناره ی جانبی روتور و استوانه را دربرابر نشت داخلی آب بندی می کند و فشار سیستم را به زیرپره ها اعمال می نماید تا آنها را از شیار بیرون رانده و با فشار به جدار داخلی تماس دهد. این امر در پمپ ها به سادگی انجام می شود چرا که صفحه ی فشار مستقیماً در نزدیکی دهانه ی فشار قوی در سرپوش انتهایی قراردارد. در موتورهای دوطرفه، گاهی دهانه ای که در سرپوش تعبیه شده است، همان دهانه ی برگشت روغن یا دهانه ی فشارضعیف می باشد (شکل۸۲) بنابراین طرح صفحه ی فشار دراینجا به میزان قابل توجهی با طرح های دیگر متفاوت است. توجه داشته باشید که اطاقک فشار (A درشکل ۸۲) از دهانه ی سرپوش مجزا و آب بندی شده است. دهانه ی تعبیه شده در سرپوش، به یک مجرای حلقوی در دور تا دور صفحه راه دارد. این مجرا نیز به شیر شاتل مربوط می شود. دهانه ی تعبیه شده در بدنه نیز به شیر شاتل متصل است. همان طوری که نشان داده شد دهانه ی بدنه تحت فشار است. این فشار، نیرویی درجهت سمت چپ به شیر شاتل وارد می کند و راه اتصال به دهانه ی فشارکم را آب بندی می کند. فشار سیستم به طرف اطاقک A هدایت می شود.

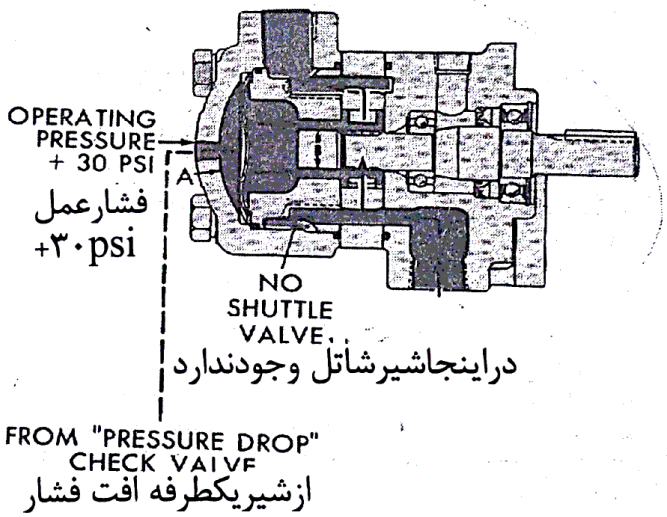


شکل۸۲

اگرجهت جریان را عکس کنیم، دهانه ی سرپوش تحت فشار قرار گرفته و شیر شاتل را به سمت راست می راند و مجرایی را که به دهانه ی بدنه وصل می شود، می بندد. دوباره فشار سیستم به اطاقک A هدایت شده اما این بار این فشار از دهانه ی دیگری است. فشار موجود در اطاقک A صفحه ی فشار را دربرابرکناره ی جانبی استوانه و روتور قرار می دهد. این فشار همچنین ازطریق مجرای B به زیر پره ها هدایت می شود.

طرح اصلاح شده ی صفحه ی فشار(S_2):

با تغییرات خاصی که در صفحه ی فشار داده می شود (شکل۸۳) موتور این امکان را می یابد که بدون بازوهای انگشتی و سوپاپ های شاتل عمل نماید. یک شیر یک طرفه که تولید افت فشار می کند، درخط فشار جلوتر از شیر کنترل جهت عکس کننده قرارمی گیرد. این شیر یک طرفه فشاربرگشتی به میزان $۲\ Kg/cm^2$ بالاتر از فشار عمل موتور را می نماید. این $۲\ Kg/cm^2$ فشار مثبت به وسیله ی اتصال خارجی به محفظه ی A هدایت می شود. درآنجا این فشار پره های درون شیار را به سمت خارج می راند و صفحه ی فشار را به هنگام کارپمپ، در برابر کناره ی جانبی استوانه و روتور قرار می دهد.

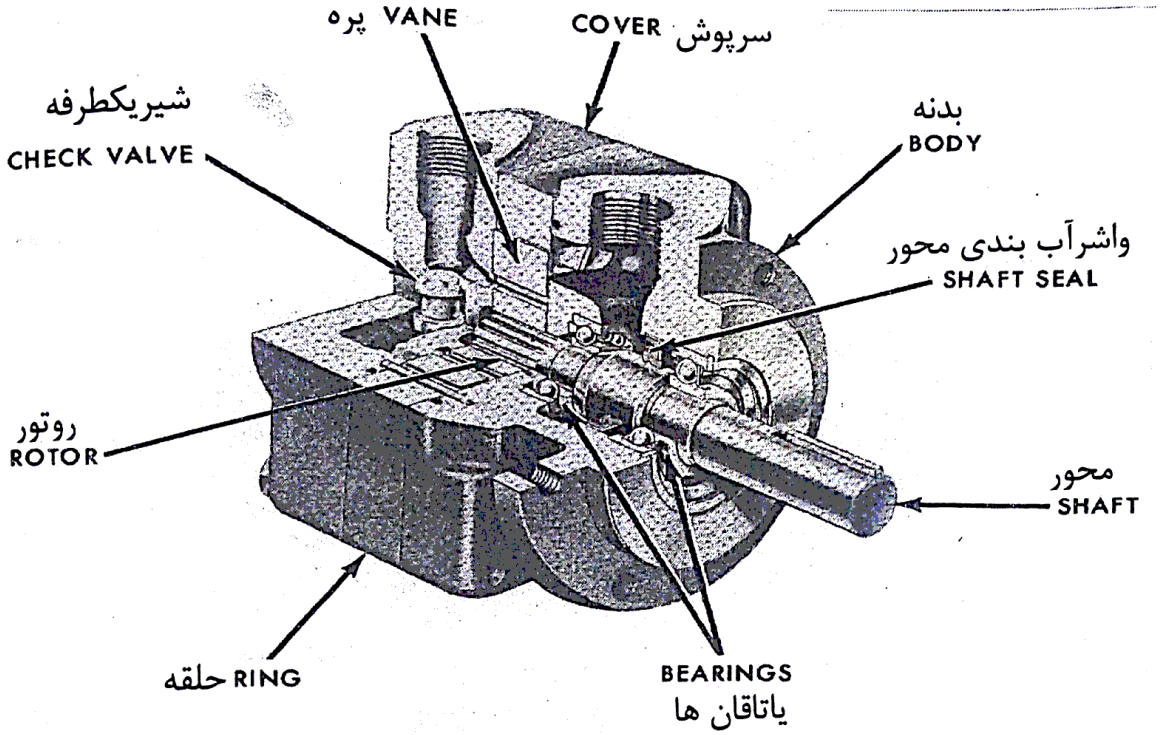


شکل۸۳

موتورهای یک جهته M3U, M2U:

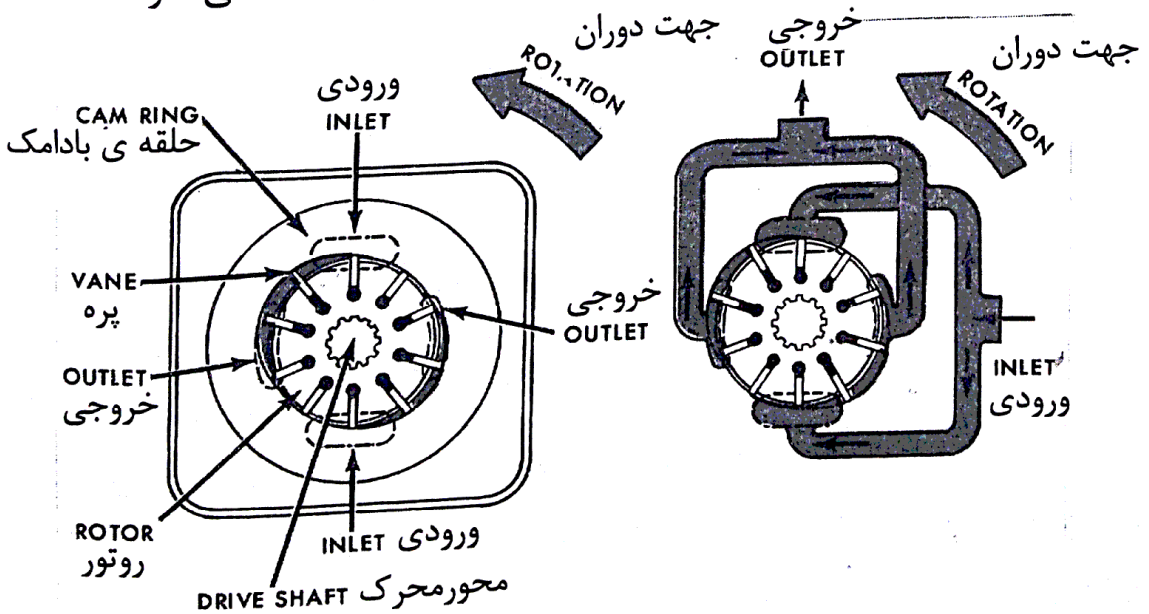
موتورهای یک جهته (شکل۸۴) از نظر طرح همانند موتور مربع که قبلاً شرح داده شد، می باشند. به هرحال نظر به این که دراین نوع موتور، جهت جریان نمی تواند عکس شود، شیرهای شاتل در صفحه ی فشار به کاربرده نمی شود.

دهانه ی سرپوش همواره همان دهانه ی فشار بوده و موتور دارای سیستم تخلیه ی داخلی است.



شکل۸۴

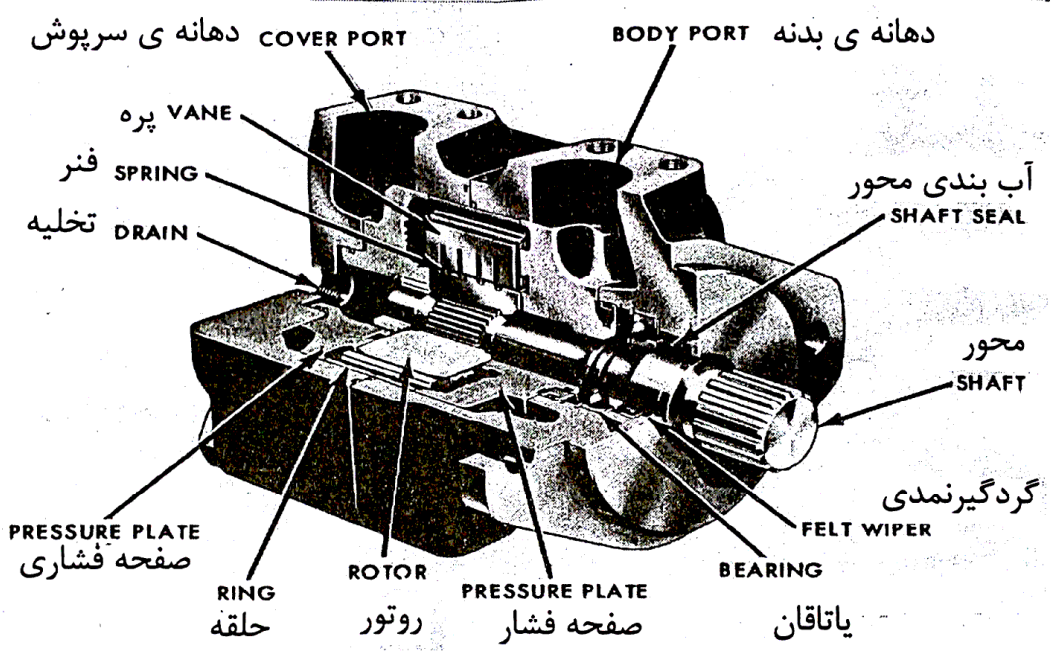
گشتاور همانند سایر موتورهای مربع تولید می شود (شکل۸۵) پره ها مانند موتورهای دوطرفه طرح S_2 با فشار از داخل شیار به خارج رانده می شود اما در این طرح شیر یک طرفه که تولید اختلاف فشار می کند، درون سرپوش موتور تعبیه می شود (شکل۸۴). موتورهای یک جهته با گشتاورهای از ۱۸تا ۷۵پوند اینچ (۲۰/۷ تا ۸۶ کیلوگرم متر) برای (۱۰۰PSI) فشار ساخته می شوند.



شکل۸۵

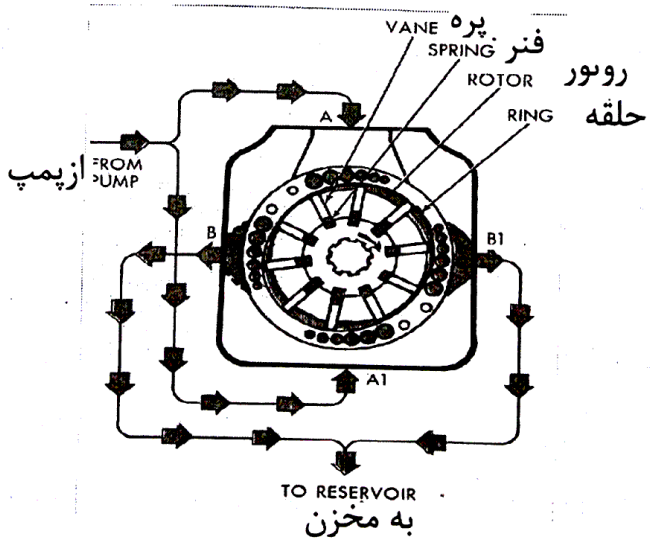
موتورهای پره ای با کیفیت عالی:

نوع دیگری از موتور پره ای متعادل، نوع با کیفیت عالی است (شکل۸۶). این موتور شباهت زیادی به پمپ پره ای با کیفیت عالی دارد و همراه با کارتریج های قابل تعویض نیز مورد استفاده قرار می گیرد. ازنظر سادگی طرح، صفحات انتهایی به عنوان صفحات فشار عمل می کنند و پره ها توسط فنرهایی به طرف خارج رانده می شوند. وجود شیرهای شاتل و بازوهای انگشتی دراینجا لازم نیست.

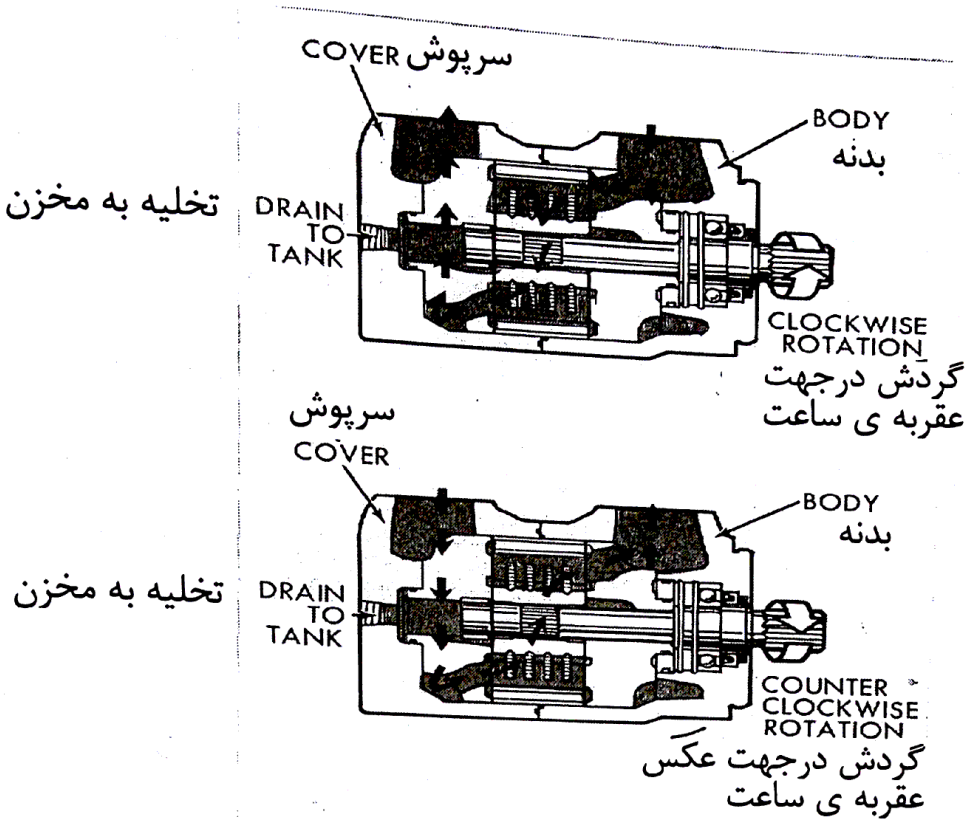


شکل۸۶

تولید گشتاور همانند تولید آن در موتور مربع شکل (شکل۸۷) می باشد. نواحی فشار بر روی صفحات دوبله فشار در شکل ۸۸ نشان داده شده است.



شکل۸۷



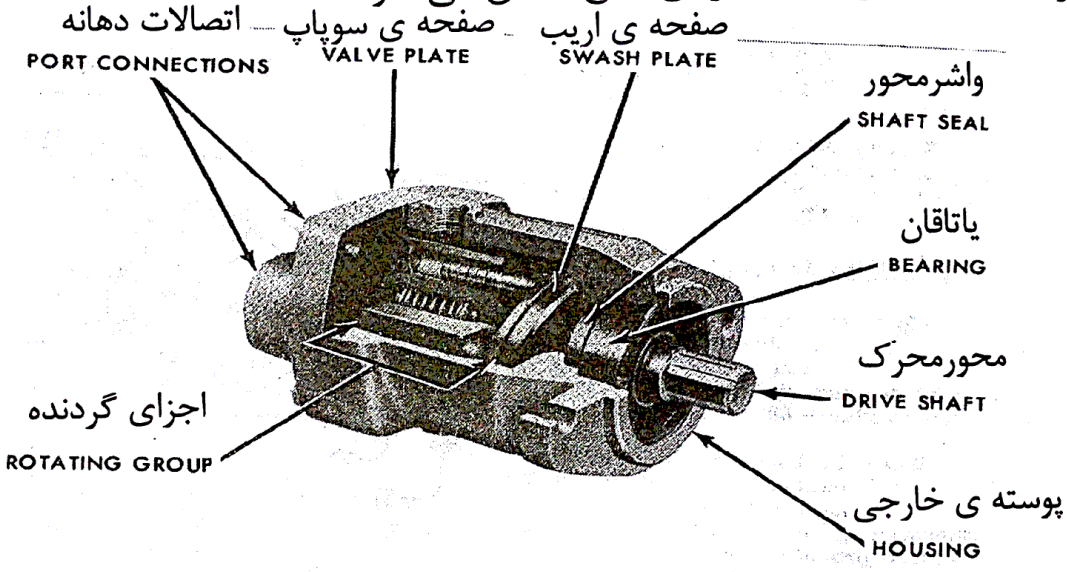
شکل۸۸

سیستم تخلیه ی خارجی:

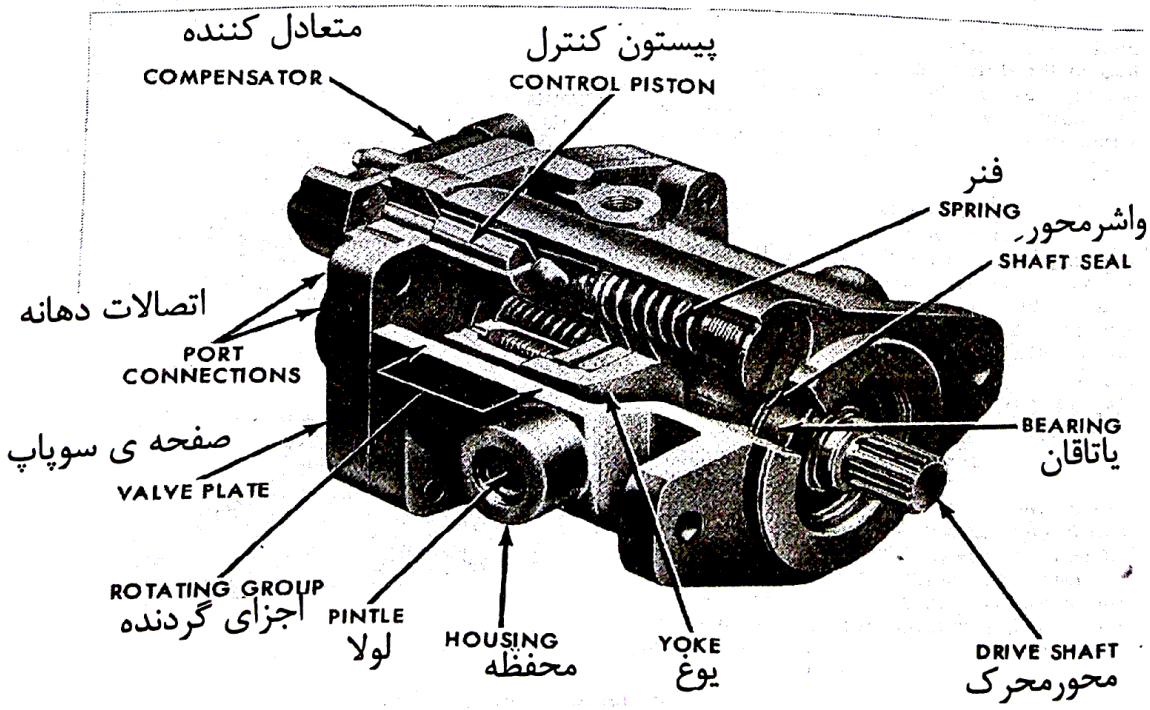
اغلب موتورهای هیدرولیکی دوطرفه به خطوط تخلیه ی خارجی، برای حمل روغن های نشتی احتیاج دارند. اثبات این امر با مشاهده ی مسیرهای نشتی داخلی در (شکل۸۸) ممکن می گردد. وقتی دهانه ی بدنه تحت فشار قرار دارد، روغن می تواند از توپی صفحه فشار به درون محفظه ای که محور را احاطه کرده است، نشت کند. چنانچه دریچه ی اطمینانی پیش بینی نشده باشد، این اطاقک از روغن پر شده و لزوماً فشار آن زیاد می شود. آب بندی محور خراب می شود. مسیر دیگری که احتمال نشتی دارد، در توپی صفحه ی فشار طرف سرپوش می باشد. مسیری در جایی که لوله ی خارجی جهت حمل روغن نشتی و برگشت آن به مخزن قرار دارد، امتداد محور در داخل سرپوش، به یک مسیر خارجی متصل می گردد تا روغن نشتی را به مخزن برگشت دهد. بعضی از پمپ ها دارای سیستم تخلیه ی خارجی هستند ولی ما معمولاً از دهانه های ورودی و خروجی، به جای یکدیگر استفاده نمی کنیم. بنابراین همواره امکان این که از تخلیه ی داخلی استفاده شود، وجود دارد. در پمپ هایی که از داخل تخلیه می شوند، راه های تخلیه به دهانه ای هدایت می گردندکه همواره تحت فشار کم قرار دارند.

موتورهای پیستونی با محور مستقیم:

این نوع موتورها شبیه پمپ های مشابه می باشند (شکل های۸۹ و۹۰). این موتورها در مدل های متفاوت با جابجایی ثابت و متغیر و در اندازه های مختلف ساخته می شوند. گشتاور به علت افت فشار درون موتور، ایجاد می گردد. فشار روغن بر قسمت های انتهایی پیستون ها نیرو اعمال می کند و این نیرو به محور منتقل شده و سبب گردش آن می گردد. جهت گردش محور در اغلب موتورها به وسیله ی تغییر جهت جریان مایع عکس می شود.



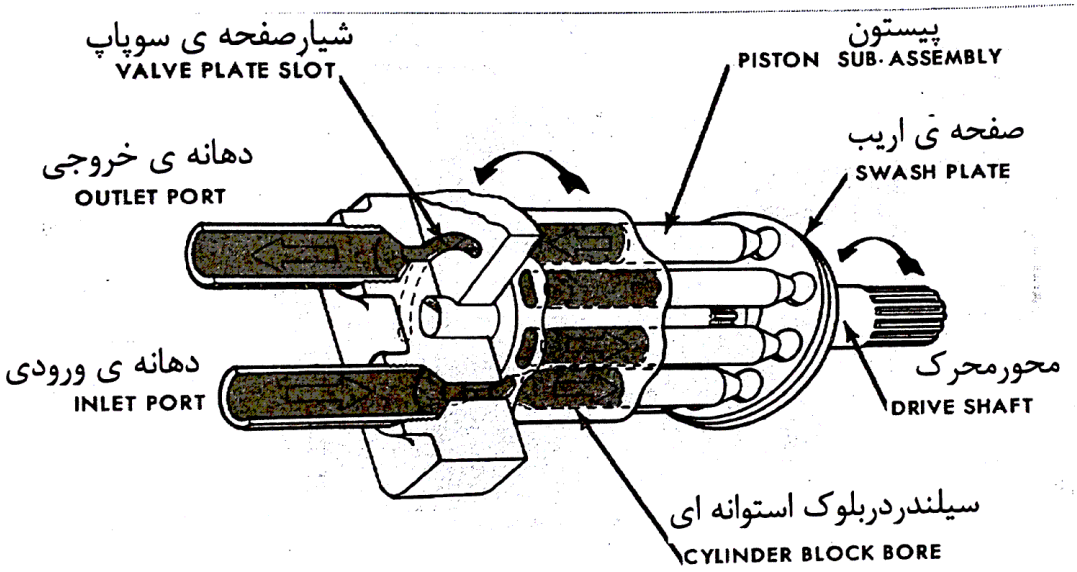
شکل۸۹



شکل۹۰

نحوه ی کار:

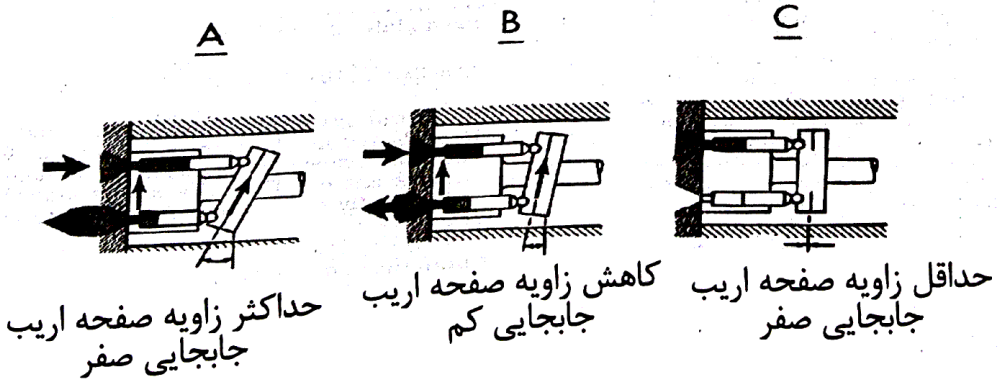
روغن با فشار از پمپ بـه درون لولـه ی سـیلندر از طریـق دهانـه ی ورودی آن (شکل۹۱) وارد می شود. نیرویی که بر روی پیستون ها اعمال می شود به صفحه ی اریب منتقل می گردد. پاشنه ی این پیستون ها، که برروی صفحه ی اریـب قـرار دارند، فقط به مقدار اندک می توانند از قـسمت اسـتوانه ای دورشـوند و ایـن امـر سبب گردش قسمت استوانه ای می گردد. قـسمت اسـتوانه ای بـه محـور متـصل شده، بنابراین، محور نیز می گردد.



شکل۹۱

جابجایی موتور با محور مستقیم:

میزان جابجایی موتور بستگی بـه زاویـه ی صـفحه ی شـیب دار دارد (شـکل۹۲). در زاویه ی حداکثر میزان جابجایی حداکثر است چرا که پیستون ها حداکثر کورس را طی می کنند.



شکل۹۲

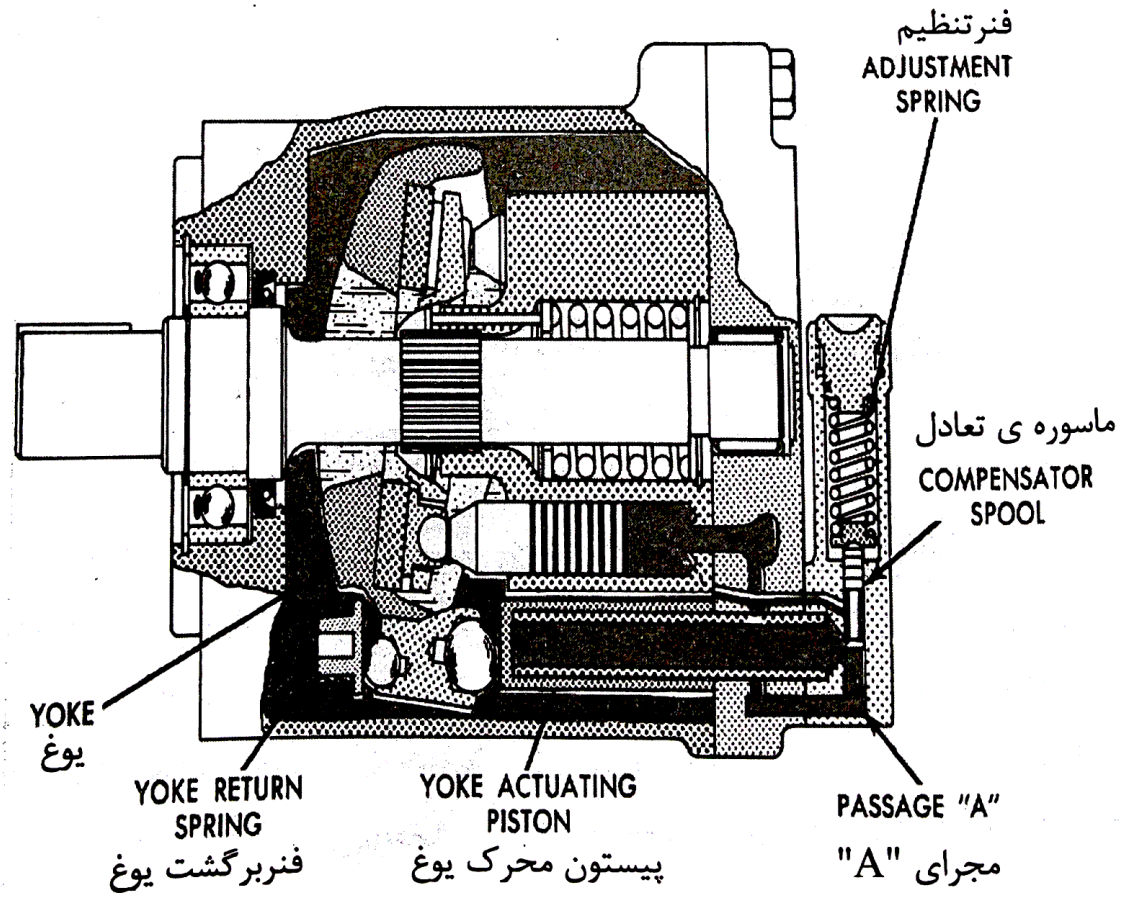
وقتی زاویه کوچک می شود، کورس پیستون کوتاه تر و جابجایی کاهش می یابد و چنانچه شدت جریان ثابت باشد، سرعت موتور زیاد شده اما گشتاورآن کم می شود. گشتاور درموقعی که جابجایی ماکزیمم است، بیشترین مقدار را دارد زیرا نیرویی را که پیستون به موازات صفحه ی اریب وارد می کند، بیشترین مقدار را دارد.

موتور با جابجایی متغیر:

دراین نوع موتورها، صفحه ی اریب در داخل یک یوغ که بر روی یک پینتل (لولایی) سوار شده قراردارد و به این ترتیب می توان زاویه ی صفحه راتغییر داد. یوغ را می توان به طور مکانیکی و یا توسط یک سیستم کنترل تعادل فشار تغییر مکان داد.

کنترل تعادل فشار:

کنترل تعادل فشار (شکل۹۳) به وسیله ی ایجاد تعادل بین فشار سیستم و یک سوپاپ فنری عمل می کند. سوپاپ، پیستونی را که سبب حرکت یوغ می شود، متناسب با فشارسیستم، کنترل می کند. وقتی که فشارکمتر از فشار تنظیمی فنر سوپاپ باشد، یوغ در وضعیتی با زاویه ی حداقل قرار می گیرد.

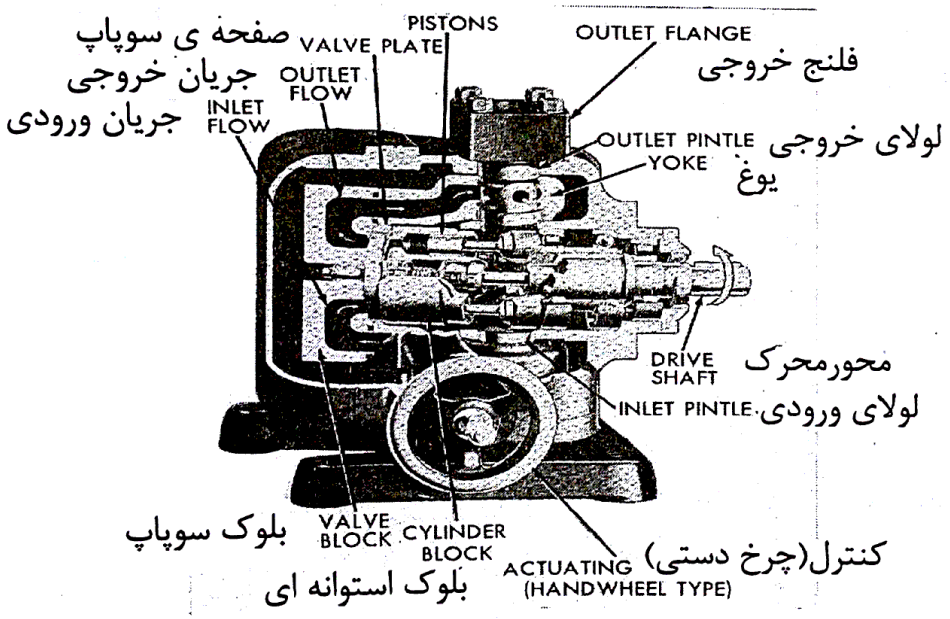


شکل۹۳

چنانچه بار افزایش یابد، فشار بالا می رود. وقتی فشار به حد فشار تنظیمی فنر برسد، این فشار بر نیروی فنر غلبه کرده، سوپاپ را بلند می کند و مجرای A به پیستون راه پیدا می کند. پیستون حرکت کرده و یوغ را به اجبار در وضعیتی با زاویه ی بیشتر قرارمی دهد، درنتیجه جابجایی افزایش می یابد. سرعت موتور کاهش می یابد اما مقدارگشتاور جهت تغییر یا حرکت، زیاد می شود.کنترل هیدرولیکی، جابجایی موتور را در میزان حداکثر، و برای تمام مقادیر بار، تنظیم کرده و تا یک حد مشخص از توقف و بازماندن موتور، هنگام افزایش بار جلوگیری می کند.

موتورهای پیستونی با محور خمیده:

این نوع موتورها نیز شبیه پمپ های هم نام خود هستند. آنها همچنین در اندازه های مختلف و با جابجایی ثابت و متغیر ساخته می شوند (شکل۹۴). موتورها با جابجایی متغیر به طور مکانیکی یا به وسیله ی تعادل فشار کنترل می گردند.



شکل۹۴

طرز کار این نوع موتورها، تقریباً شبیه موتورهای با محور یکپارچه می باشد با این تفاوت که دراین نوع موتورها، فشار پیستون ها بر فلنج محور محرک اعمال می شود. مولفه های موازی فشار سبب گردش (فلنج) می شوند.گشتاور به هنگام حداکثر جابجایی ماکزیمم بوده و سرعت حداقل است. این نوع موتور به خصوص نوع با جابجایی متغیر آن بسیار سنگین و حجیم است و مورد استعمال آن بر روی دستگاه های متحرک محدود می باشد.