



اصول و اجزاء

سیستم‌های هیدرولیکی و پنوماتیکی

میرداد خسروشاهی

www.hcioe.org

چکیده

در سیستم‌های پنوماتیکی و هیدرولیکی ، قدرت سیال به نیروی خطی یا دورانی مکانیکی تبدیل می شود. هدف این گزارش مرور مختصر این سیستم‌ها و اجزاء تشکیل دهنده آنها می باشد . که نخست در بخش مقدمه کلیات آنها مطرح و مزایا و معایب آنها با هم مقایسه . سپس به طور مفصل به سیستم‌های هیدرولیکی پرداخته شده و انواع پمپ‌ها ، شیرها و عملگرهای هیدرولیکی متداول معرفی و ساختمان و مکانیسم کارکرد آنها بیان و متعاقبا به سایر اجزاء سیستم هیدرولیکی مانند مخزن و انباره اشاره شده و در بخش سوم نیز به سیستم‌های پنوماتیکی و ساختار و نحوه عملکرد کمپرسورها توضیح داده شده و سپس به سایر اجزاء پنوماتیکی مانند شیرها و اتصالات پرداخته شده و با توجه به مشابهت زیاد بین اجزاء پنوماتیکی و قطعات متناظر هیدرولیکی به بیان مختصر آنها اشاره می شود.



www.hcioe.org

فهرست مطالب

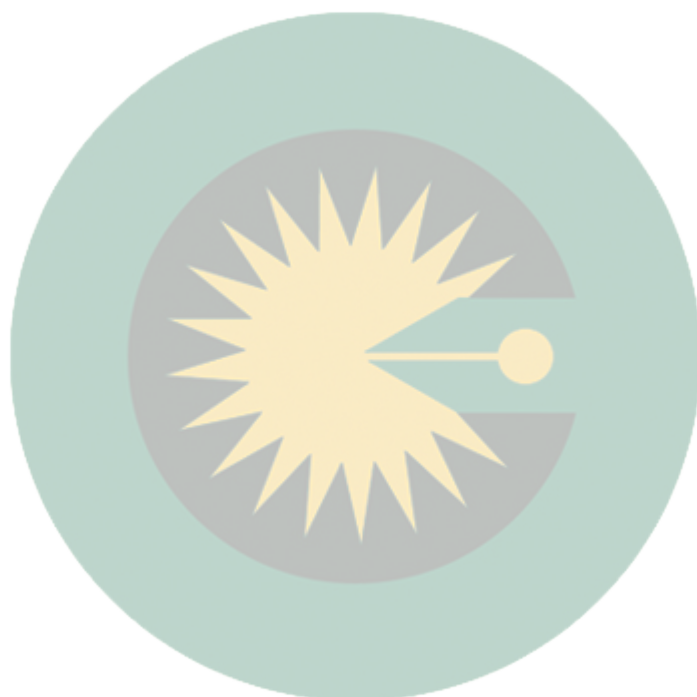
| صفحه | عنوان |
|---------|--|
| ۱..... | ۱- مقدمه |
| ۳..... | ۲- اجزاء سیستم‌های هیدرولیکی |
| ۴..... | ۱-۲- مخزن روغن هیدرولیک |
| ۵..... | ۲-۲- پمپ‌های هیدرولیکی |
| ۵..... | ۱-۲-۲- پمپ دنده‌ای |
| ۷..... | ۲-۲-۲- پمپ پره‌ای |
| ۸..... | ۳-۲-۲- پمپ پیستونی |
| ۱۱..... | ۳-۲- شیرهای هیدرولیکی |
| ۱۱..... | ۱-۳-۲- شیرهای کنترل فشار |
| ۱۲..... | ۲-۳-۲- شیرهای کنترل جهت (مقسم) |
| ۱۳..... | ۳-۳-۲- شیرهای کنترل جریان |
| ۱۴..... | ۴-۳-۲- شیرهای یکطرفه |
| ۱۶..... | ۴-۲- عملگرهای هیدرولیکی |
| ۱۶..... | ۱-۴-۲- هیدروموتورها |
| ۱۶..... | ۲-۴-۲- سیلندرهای هیدرولیکی |
| ۱۷..... | ۵-۲- اجزاء فرعی هیدرولیکی |
| ۱۷..... | ۱-۵-۲- انباره |
| ۱۸..... | ۲-۵-۲- فشار سنج |
| ۱۹..... | ۳-۵-۲- خنک‌کن روغن |
| ۱۹..... | ۴-۵-۲- فیلتر روغن |
| ۲۰..... | ۳- اجزاء سیستم‌های پنوماتیکی |
| ۲۰..... | ۱-۳- کمپرسورهای سیستم پنوماتیکی |
| ۲۱..... | ۱-۱-۳- کمپرسورهای رفت و برگشتی پیستونی |
| ۲۳..... | ۲-۱-۳- کمپرسورهای دورانی پره‌ای |
| ۲۵..... | ۳-۱-۳- کمپرسورهای دورانی مارپیچی |

- ۳-۱-۴ - کمپرسورهای دورانی پیچی ۲۶
- ۳-۱-۵ - کمپرسورهای دینامیکی گریز از مرکز ۲۸
- ۳-۱-۶ - کمپرسورهای دینامیکی محوری ۲۹
- ۳-۲ - مراقبت باد ۳۰
- ۳-۳ - شیرهای پنوماتیکی ۳۱
- ۳-۴ - جک و موتور پنوماتیکی ۳۳
- ۳-۵ - اجزاء فرعی پنوماتیکی ۳۳

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱- شمای کلی سیستم هیدرولیک ۳
- شکل ۲- مخزن روغن هیدرولیکی ۴
- شکل ۳- ساختمان و نحوه عملکرد پمپ دنده‌ای خارجی ۶
- شکل ۴- شمای کلی پمپ پره‌ای ۷
- شکل ۵- اساس عملکرد پمپ پیستونی ۹
- شکل ۶- پمپ پیستونی شعاعی (شکل بالا) و محوری (شکل پایین) ۱۰
- شکل ۷- طرح کلی شیر کنترل فشار ۱۱
- شکل ۸- کارکرد شیر کنترل جهت ساده ۱۲
- شکل ۹- شیر کنترل جهت با چهار دهانه و سه موقعیت ۱۳
- شکل ۱۰- ساختمان شیر کنترل جریان و نماد آن ۱۴
- شکل ۱۱- عملکرد شیر یکطرفه ۱۵
- شکل ۱۲- سیلندر هیدرولیکی دوطرفه ۱۷
- شکل ۱۳- انواع آکومولاتورهای هیدرولیکی ۱۸
- شکل ۱۴- ساختمان فشارسنج بردن ۱۸
- شکل ۱۵- دسته بندی کمپرسورها ۲۱
- شکل ۱۶- طرح کلی کمپرسور پیستونی ۲۳

- شکل ۱۷- طرح کلی کمپرسور پره ای ۲۴
- شکل ۱۸- مکانیسم فشرده سازی در کمپرسور مارپیچی ۲۵
- شکل ۱۹- ساختمان کمپرسور پیچی ۲۷
- شکل ۲۰- عملکرد کمپرسور سانتریفوژ ۲۸
- شکل ۲۱- ساختمان کمپرسور محوری ۲۹
- شکل ۲۲- نمونه ای از واحد مراقبت باد ۳۰
- شکل ۲۳- نمونه ای از شیر برقی ۳۲



www.hcioe.org

۱- مقدمه

در سیستم‌های پنوماتیکی و هیدرولیکی، قدرت سیال به نیروی خطی یا دورانی مکانیکی تبدیل می‌شود. کاربردهای سیستم‌های هیدرولیک عمدتاً در مواردی است که توان بالا و سرعت کنترل‌شده دقیق مد نظر باشد (مانند جک‌های هیدرولیک، ترمز و فرمان هیدرولیک). در سیستم‌های هیدرولیک می‌توان با اعمال نیروی کم به نیروی بالا و دقیق دست یافت؛ همچنین می‌توان نیروهای بسیار بزرگ خروجی را با اعمال نیروی کم (مانند باز و بسته کردن شیرها) کنترل نمود. از پنوماتیک در مواردی که نیروی نسبتاً پایین (حدود یک تن) و سرعت حرکتی بالا مورد نیاز باشد، استفاده می‌کنند (مانند محرک‌های ربات‌ها). سیستم‌های هیدرولیک و پنوماتیک به خاطر اصطکاک کم و هزینه پایین از راندمان بالایی برخوردار هستند. اصول فیزیکی عملکرد تمام سیستم‌های هیدرولیکی و پنوماتیکی بر قانون فشار پاسکال استوار است. منظور از فشار، نیروی عمودی است که بر سطح وارد می‌شود و واحد آن پاسکال نام دارد. یک پاسکال، معرف فشار وارد بر یک متر مربع بوسیله یک نیوتن نیرو است، وقتی که به صورت عمودی بر آن سطح وارد شود. قانون پاسکال بیان می‌کند که اولاً، فشار سراسر سیال در حال سکون یکسان است. ثانیاً، در هر لحظه فشار استاتیکی در تمام جهات یکسان است. ثالثاً، فشار سیال در تماس با سطوح بصورت عمودی وارد می‌گردد.

در سیستم‌های هیدرولیکی و پنوماتیکی، برای انتقال توان، یک سیال (تراکم ناپذیر با تراکم پذیر) استفاده می‌شود که توسط پمپ‌های هیدرولیک یا کمپرسورها تحت فشار قرار می‌گیرد. مرحله بعد انتقال سیال به نقطه دلخواه است که این وظیفه را لوله‌ها و شیلنگ‌ها به عهده دارند. بعد از تنظیم فشار و تعیین

جهت جریان توسط شیرها، سیال تحت فشار به سمت عملگرها (سیلندرها یا موتورهای هیدرولیک) هدایت می‌شود. اساس کار سیستم‌های هیدرولیکی و پنوماتیکی مشابه است؛ فقط در هیدرولیک از سیال تراکم ناپذیر مانند روغن و در پنوماتیک از سیال تراکم پذیر مانند هوا استفاده می‌کنند. در هر دو سیستم سیال باید عاری از هر گونه گرد و غبار و ناخالصی باشد.

طراحی ساده، امکان افزایش نیرو، سادگی و دقت کنترل، انعطاف پذیری و قابلیت اطمینان و راندمان بالا از مزایای سیستم هیدرولیکی و پنوماتیکی نسبت به سایر سیستم‌های مکانیکی یا الکتریکی است. توجه کنید که در سیستم‌های هیدرولیکی و پنوماتیکی، انتقال توان توسط جریان سیال پرفشار در خطوط انتقال (لوله‌ها و شیلنگ‌ها) صورت می‌گیرد، ولی در سیستم‌های مکانیکی دیگر برای انتقال توان از اجزایی مانند بادامک، چرخ دنده، گاردان، اهرم و کلاچ استفاده می‌شود. بنابراین، چون در این سیستم‌ها نسبت به سایر سیستم‌های مکانیکی قطعات متحرک کمتری وجود دارد، می‌توان در هر نقطه به حرکت‌های خطی یا دورانی با توان بالا و کنترل مناسب دست یافت.

در یک نگاه کلی، می‌توان سیستم‌های هیدرولیکی و پنوماتیکی را به صورت زیر مقایسه کرد:

در سیستم هیدرولیک، روغن علاوه بر انتقال توان، وظیفه روغنکاری قطعات داخلی سیستم را نیز بر عهده دارد؛ ولی در پنوماتیک علاوه بر روغنکاری قطعات، باید رطوبت هوا را نیز از بین برد.

فشار در سیستم‌های هیدرولیکی به مراتب بیشتر از فشار در سیستم‌های پنوماتیکی می‌باشد، در نتیجه قطعات سیستم‌های هیدرولیکی باید از مقاومت بیشتری برخوردار باشند.

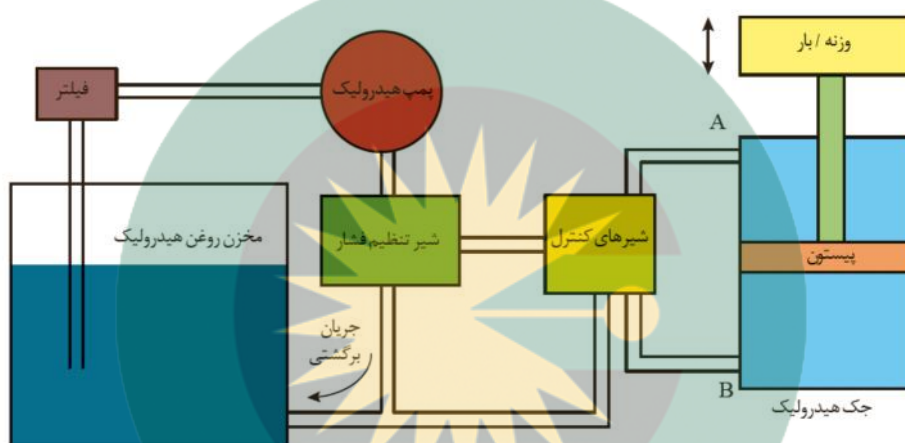
در سرعت‌های پایین دقت محرک‌های پنوماتیکی بسیار نامطلوب است، در صورتی که دقت محرک‌های هیدرولیکی در هر سرعتی رضایت بخش است.

در سیستم‌های پنوماتیکی با سیال هوا نیاز به لوله‌های بازگشتی نمی‌باشد.

سیستم‌های پنوماتیک نسبت به سیستم‌های هیدرولیکی بازده کمتری دارند.

۲- اجزاء سیستم‌های هیدرولیکی

در یک سیستم هیدرولیک چهار فرایند اساسی انجام می‌شود: نخست، پمپ‌ها انرژی را به قدرت سیال تحت فشار تبدیل می‌کنند. دوم، لوله‌ها و شیلنگ‌ها سیال را تا نقاط مورد نظر انتقال می‌دهند. سوم، شیرها جهت، فشار و جریان سیال را کنترل می‌کنند. چهارم، کار نهایی توسط عملگرها انجام می‌گیرد. شکل ۱، شمای کلی یک سیستم هیدرولیکی را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- شمای کلی سیستم هیدرولیک

اجزاء مهم تشکیل دهنده سیستم‌های هیدرولیکی که در شکل ۱ دیده می‌شوند، به قرار زیرند:

۱- مخزن: برای نگهداری سیال www.hcioe.org

۲- پمپ: برای به جریان انداختن سیال (با استفاده از الکتروموتور یا موتورهای احتراق داخلی)

۳- شیر: برای کنترل فشار، جریان و جهت حرکت سیال

۴- عملگر: برای تبدیل انرژی سیال تحت فشار به نیروی مکانیکی مولد کار (سیلندرهای هیدرولیک)

برای ایجاد حرکت خطی و موتورهای هیدرولیک برای ایجاد حرکت دورانی)

در ادامه، هر کدام از این اجزاء به تفصیل تشریح خواهند شد.

۲-۱- مخزن روغن هیدرولیک

مخزن، محل نگهداری حجم معینی از روغن هیدرولیک است. نقطه شروع جریان در مدار هیدرولیکی، مخزن روغن است. روغن هیدرولیک پس از گردش در مدار و انجام کار در عملگرها مجدداً به مخزن بر می گردد. بنابراین در یک سیستم هیدرولیک، همیشه مقداری روغن موجود است. مشخصات مخزن روغن در سیستم‌های هیدرولیک مختلف، متفاوت است؛ اما ویژگی همه این مخزن‌ها به قرار زیر است:

- ۱) اغلب مخزن‌های هیدرولیک به شکل مکعب یا مکعب مستطیل ساخته می‌شوند.
 - ۲) در همه مخازن یک مجرای شارژ (پرکردن) روغن وجود دارد که معمولاً در بالای مخزن تعبیه شده است.
 - ۳) در پایین مخزن یک مجرای تخلیه روغن وجود دارد که معمولاً مجهز به یک شیر دستی است؛ این مجرا محل تخلیه روغن مخزن به هنگام جایگزینی آن با روغن جدید است.
 - ۴) معمولاً روی بدنه مخازن یک نمایشگر نشان‌دهنده سطح روغن وجود دارد که می‌توان با مشاهده آن میزان روغن داخل مخزن را تنظیم کرد.
- نمونه‌ای از یک مخزن هیدرولیک در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- مخزن روغن هیدرولیکی

۲-۲- پمپ‌های هیدرولیکی

پمپ هیدرولیک، روغن هیدرولیک را به تمام نقاط مدار حرکت می‌دهد. بنابراین می‌توان پمپ را «قلب» سیستم هیدرولیک نامید که هدف آن ایجاد جریان سیال در مدار است. پمپ هیدرولیک، توان حاصل از دوران الکتروموتور یا یک موتور احتراقی را به «توان هیدرولیکی» تبدیل می‌کند. حرکت پمپ‌ها به صورت دورانی است و همیشه به یک محرک (الکتروموتور یا موتور احتراقی) کوپل می‌شوند تا حرکت دورانی خود را از آن محرک بگیرند. معمولاً برای راه‌اندازی پمپ‌های هیدرولیک، در تجهیزات ثابت از «الکتروموتور» و در تجهیزات سیار از «موتور احتراق داخلی» استفاده می‌شود.

در سیستم‌های هیدرولیکی از پمپ‌های جابجایی مثبت (جریان گسسته) استفاده می‌شود. در این گونه پمپ‌ها به ازای هر دور چرخش محور پمپ، مقدار مشخصی از سیال به سیستم هیدرولیک وارد می‌شود. به عبارت دیگر جریان تولیدی به حجم جابجایی پمپ و سرعت دوران آن بستگی دارد. با وجود تنوع پمپ‌های جابجایی مثبت، می‌توان آنها را بر مبنای نحوه حرکت اجزاء داخلی، در چند گروه تقسیم بندی کرد: پمپ دنده‌ای^۱، پمپ پره‌ای^۲ و پمپ پیستونی.

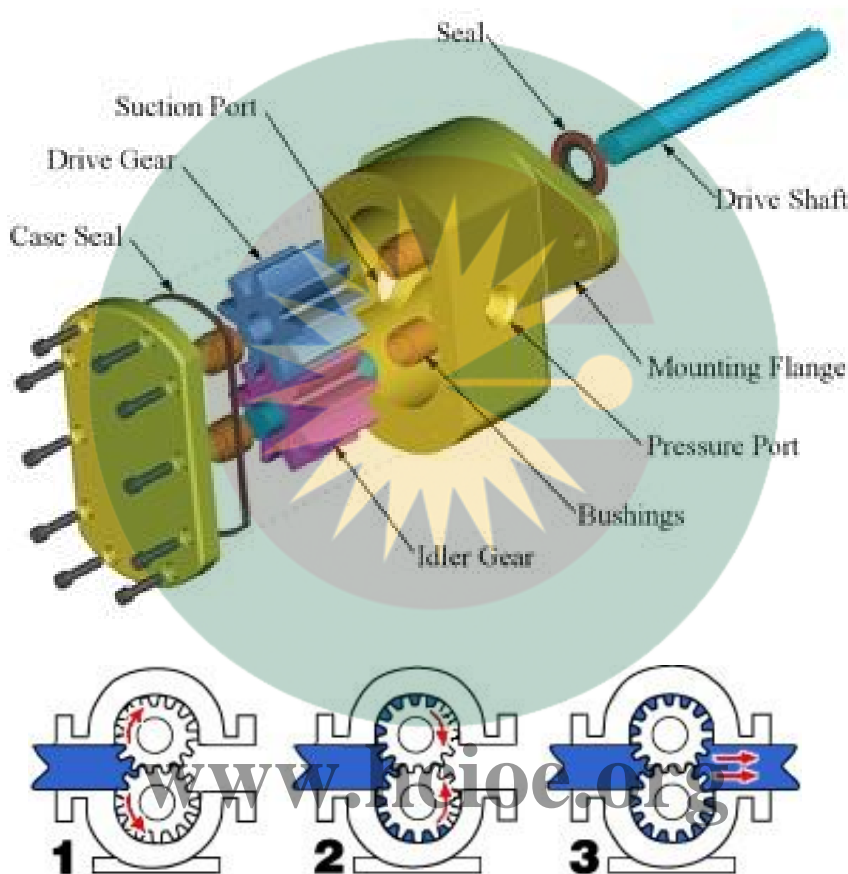
۲-۲-۱- پمپ دنده‌ای

پمپ‌های دنده‌ای بسیار ارزان هستند و به نوع سیال هیدرولیک حساسیت ندارند. این پمپ‌ها در مقابل آلودگی مقاوم هستند. فشار در این سیستم‌ها بین ۱۵۰۰ psi تا ۵۰۰۰ psi است. این ویژگی‌ها باعث شده که در تجهیزات متحرک، بیشتر از پمپ‌های دنده‌ای استفاده شود. پمپ‌های دنده‌ای می‌توانند در هر دو جهت عمل کنند و این ویژگی در بعضی از سیستم‌ها مهم است. در ادامه، مکانیسم عملکرد نوعی از پمپ‌های دنده‌ای موسوم به پمپ دنده‌ای خارجی که در سیستم‌های هیدرولیک پرکاربرد است، تشریح می‌شود.

^۱ Gear

^۲ Vane

درون پمپ‌های دنده‌ای (خارجی)، دو چرخ‌دنده در خلاف جهت یکدیگر حرکت می‌کنند؛ اولی به شفت موتور متصل است و دومی، چرخ دنده هرزگرد است. سیال از محفظه ورودی وارد پمپ شده و از میان دندانه‌های چرخ دنده‌ها و جداره محفظه حرکت می‌کند. به دلیل فواصل بسیار کم، سیال از مرکز پمپ نمی‌تواند عبور کند. سپس دو جریان دوباره با هم مخلوط شده و به سمت خروجی پمپ رانده می‌شوند. شمای کلی یک پمپ دنده‌ای و نحوه عملکرد آن در شکل ۳ نشان داده شده است. پمپ دنده‌ای از گروه پمپ جابجایی مثبت است که در هر بار چرخش چرخ‌دنده‌ها، مقدار ثابتی از سیال را جابه‌جا می‌کند.



شکل ۳- ساختمان و نحوه عملکرد پمپ دنده‌ای خارجی

۲-۲-۲- پمپ پره‌ای

این نوع پمپ‌ها کارآیی و موارد استفاده زیادی دارند ولی سیال آنها باید خواص ضد سایش داشته باشد. در پمپ‌های پره‌ای، نوک پره‌ها، صفحات دوار و شیار پره‌ها در معرض سایش قرار دارند. البته، سایش تمام سطوح آن یکنواخت است. تحمل پمپ‌های پره‌ای در مقابل آلودگی کم است و ذرات آلودگی، سبب سایش شدید پره‌ها می‌شود. پمپ‌های پره‌ای در محدوده فشار ۱۰۰۰ psi تا ۳۰۰۰ psi توانایی کار دارند.

پمپ پره‌ای از یک روتور و تعدادی پره تشکیل شده است که داخل شیارهایی در روتور قرار گرفته‌اند. پره‌ها به صورت شعاعی داخل شیارهای روتور حرکت می‌کنند، یعنی می‌توانند داخل شیارها حرکت رفت و برگشت داشته باشند. روتور و پره‌ها داخل یک رینگ بادامکی شکل به نام استاتور گردش می‌کنند. نیروی گریز از مرکز حاصل از دوران محور، پره‌های موجود در شیارهای روتور را به سمت خارج رانده و در تماس با سطح رینگ نگه می‌دارد. در نیم دور اول چرخش محور، فضای بین روتور و رینگ بادامکی افزایش یافته و انبساط حجمی حاصل، موجب کاهش فشار و ایجاد مکش می‌گردد؛ در نتیجه، سیال به مجرای ورودی پمپ جریان می‌یابد. در نیم دور دوم، پره‌ها به تدریج پیرو سطح رینگ بادامکی به داخل شیار باز گشته و به دلیل کاهش حجم، سیال به طرف مجرای خروجی رانده می‌شود. شکل ۴، شمای کلی از این نوع پمپ‌ها را نشان می‌دهد.



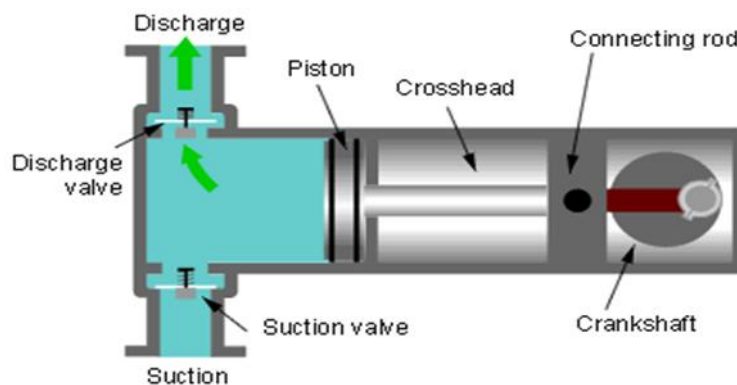
شکل ۴- شمای کلی پمپ پره‌ای

در نوعی از پمپ های پره‌ای متقارن، شکل استاتور (پوسته) به فرم بیضوی طراحی می‌شود، در نتیجه، مجاری ورودی و خروجی روغن نظیر به نظیر در مقابل یکدیگر قرار گرفته و تعادل هیدرولیکی حاصل شود. پمپ پره‌ای متقارن که با دو ورودی و دو خروجی در جهات مختلف طراحی می‌شوند، متوازن است و در نتیجه، تنش یکنواخت و کمتری بر روی یاتاقان‌ها وارد می‌شود.

۲-۲-۳- پمپ پیستونی

پمپ پیستونی از گروه پمپ‌های جابه‌جایی مثبت است که با رفت و برگشت پیستون درون سیلندر عمل پمپاژ را انجام می‌دهد. لقی پمپ‌های پیستونی بسیار کم بوده و به همین دلیل این پمپ‌ها به ذرات ناشی از سایش خراشیدگی بسیار حساس هستند. پمپ‌های پیستونی به دو شکل جابجایی ثابت یا متغیر طراحی می‌شوند. طراحی‌های جابجایی متغیر، تغییرات فشار سیستم را جبران می‌کنند و دارای بیشترین بازدهی (بین ۹۲ تا ۹۷ درصد) هستند.

پمپ پیستونی از سیلندر، پیستون، شیر ورودی و شیر خروجی تشکیل شده است. پیستون به وسیله دسته‌ای که یک سوی آن بر روی چرخ دواری قرار گرفته است، در دو جهت مخالف حرکت می‌نماید. همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، هنگام حرکت پیستون به یک طرف راست، دریچه خروجی در اثر مکش و نیروی بازگشت سیال خروجی بسته می‌شود و در اثر مکش ایجاد شده در داخل سیلندر، دریچه ورودی باز می‌شود و مایع به درون محفظه پمپ وارد می‌شود. هنگامی که پیستون به طرف چپ حرکت می‌نماید، دریچه ورودی بسته شده و دریچه خروجی باز می‌گردد و سیال محبوس در محفظه، تحت فشار پیستون به مجرای خروجی انتقال می‌یابد. تکرار این عمل سبب انتقال سیال از یک محل به محل دیگر می‌گردد.



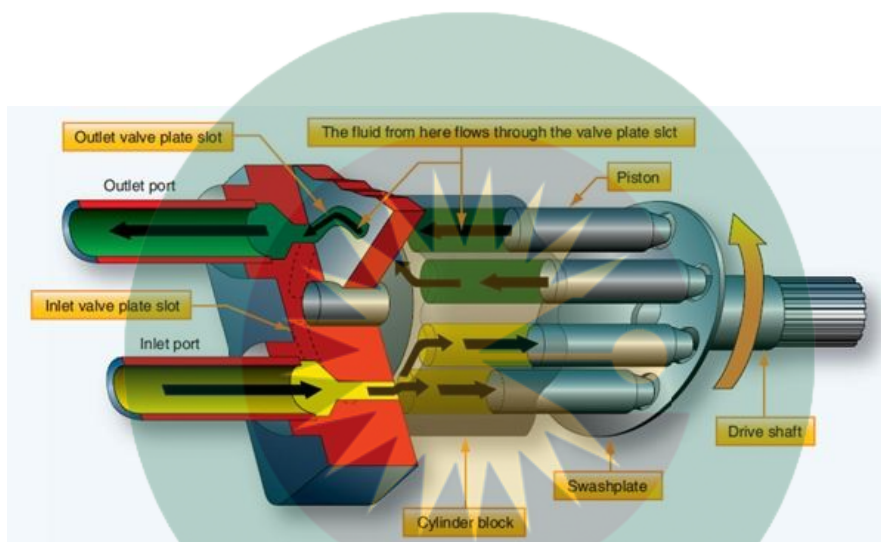
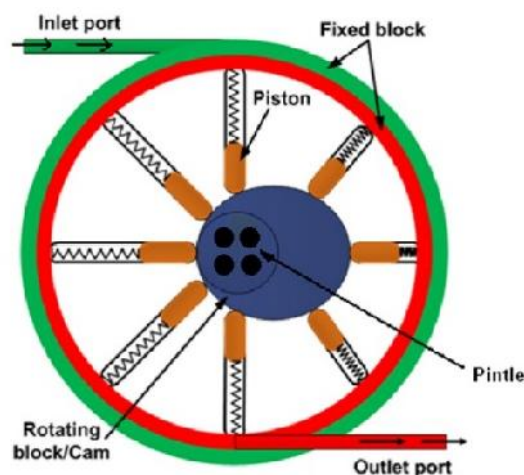
شکل ۵- اساس عملکرد پمپ پیستونی

چالش اصلی در طراحی پمپ های پیستونی، این است که با چه مکانیزمی می توان حرکت دورانی محور ورودی را به حرکت رفت و برگشتی پیستون تبدیل کرد. با توجه به این نکته، این نوع از پمپ ها به دو شکل شعاعی^۱ و محوری^۲ طراحی می شوند که ساختار آنها در شکل ۶ نشان داده شده است.

در نوع شعاعی، چیدمان قرارگیری پیستون ها در بلوک به صورت شعاعی است و تحت بارگذاری فنر بر روی یک یاتاقان خارج از مرکز قرار دارند. پیستون ها بر روی یک قسمت استوانه ای کوتاه قرار گرفته اند. این بخش استوانه ای (شامل پیستون ها و بلوک پیستون) توسط محور دواری که درون محفظه دایره ای شکل قرار دارد و پوسته و سطح بادامکی ثابت می باشند. هنگامی که بخش استوانه ای به گردش در می آید، نیروی گریز از مرکز، موجب می شود که پیستون ها به سمت بیرون پرتاب شوند؛ البته در این حین، همواره در تماس همیشگی با محفظه دایره ای می گردند. در نتیجه چرخش بلوک سیلندر و خارج از مرکز بودن آنها، پیستون های یک طرف به سمت خارج و پیستون های طرف دیگر به سمت مرکز روتور حرکت می نمایند. در ناحیه ای که پیستون ها از مرکز روتور فاصله می گیرند، مکش لازم به وجود می آید و سیال از طریق مجرای شیر مرکزی به درون سیلندرها می شود.

^۱ Radial

^۲ Axial



شکل ۶- پمپ پیستونی شعاعی (شکل بالا) و محوری (شکل پایین)

www.hcioe.org

در نوع محوری، پیستون‌ها موازی محور بلوک سیلندر قرار می‌گیرند؛ یعنی، محور گردش پیستون‌ها و سیلندرهای موازی می‌باشد. رفت و برگشت پیستون‌ها به واسطه صفحه زاویه‌دار انجام می‌شود و همزمان که بلوک استوانه‌ای می‌چرخد، پیستون‌ها که با صفحه شیب‌دار (سواش پلایت) در تماس هستند، با دوران محور پمپ در داخل بلوک سیلندر عمل رفت و برگشت را انجام می‌دهند. پمپ‌های محوری در دو شکل محور خمیده و محور مستقیم همراه با صفحه زاویه‌گیر ساخته می‌شوند.

۳-۲- شیرهای هیدرولیکی

جریان سیال در سیستم هیدرولیکی با استفاده از شیرها کنترل می‌شود. در واقع، شیرهای هیدرولیک ارتباط بین سیال هیدرولیک و فرمان‌های کنترلی را برقرار می‌کنند. شیرهای هیدرولیک دارای انواع مختلفی هستند که در ادامه به تفصیل معرفی می‌شوند.

۳-۲-۱- شیرهای کنترل فشار

با شیرهای کنترل فشار، می‌توان فشار سیستم هیدرولیک را تعیین یا محدود کرد. به طور کلی فشار سیستم تحت تأثیر آنها قرار می‌گیرد. این نوع شیرها سیستم را در برابر تغییرات ناگهانی فشار حفاظت می‌کند. شمای کلی از این شیرها در شکل ۷ نمایش داده شده است. شیرهای کنترل فشار بر حسب محل قرار گرفتن آنها در مدار هیدرولیک به دو دسته تقسیم می‌شوند:



شکل ۷- طرح کلی شیر کنترل فشار

الف - شیر فشارشکن

هرگاه شیر کنترل فشار به گونه‌ای در مدار نصب شود که در صورت بالا رفتن فشار از حد مجاز، شیر مذکور باز شده، لوله فشار را به مخزن مرتبه ساخته و با تخلیه مقداری از روغن، فشار اضافی را خنثی نماید،

^۱ Relife Valve

شیر کنترل حالت فشارشکن خواهد داشت. به عبارت دیگر شیرهای فشارشکن، شیرهای کنترل فشاری هستند که در یک مسیر انشعابی از مدار به سمت مخزن نصب می‌شوند. با نصب این شیرها چنانچه فشار در سیستم به هر علتی بالا رود، مسیر بازگشت روغن به مخزن باز شده تا فشار متعادل گردد. بدینوسیله سیستم هیدرولیک در مقابل پیامدهای ناشی از بالا رفتن فشار محافظت می‌گردد.

ب- شیر تنظیم فشار

چنانچه شیر کنترل فشار به گونه‌ای در مدار نصب شود که فشار معینی را در قسمتی از سیستم حفظ نماید، شیر کنترل حالت تنظیم فشار خواهد داشت. برای منظور فوق شیر کنترل باید بین پمپ و شیر کنترل اصلی نصب گردد.

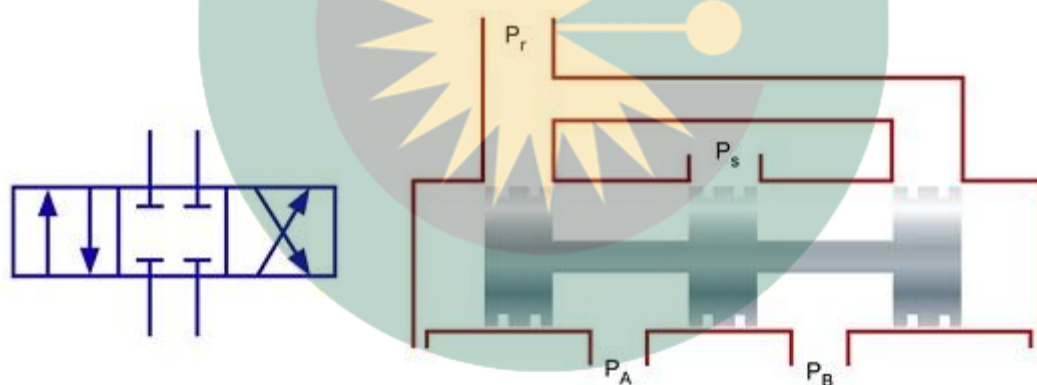
۲-۳-۲- شیرهای کنترل جهت (مقسم)

شیرهای کنترل جهت، انتقال سیال را با قطع کردن یا تغییر جهت دادن آن کنترل می‌کنند. به عبارتی، شیرهای کنترل جهت وظیفه تغییر مسیر سیال را با باز و بسته نمودن مسیر آن برعهده دارند. این شیرها به منظور کنترل جهت حرکت مصرف کننده‌ها و همچنین توقف آنها هم مورد استفاده قرار می‌گیرند. شیرهای کنترل جهت جریان ممکن است به صورت دستی یا برقی باز و بسته شوند.



شکل ۸- کارکرد شیر کنترل جهت ساده

این شیرها عموماً از یک اسپول که در داخل یک بدنه حرکت می‌کند، ساخته می‌شود. این اسپول در درون یک استوانه‌ای که در بدنه شیر هیدرولیک ماشین شده است، حرکت رفت و برگشتی دارد. عملکرد شیر هیدرولیک با تعداد پورت (دهانه) کاری و تعداد موقعیت اسپول تعریف می‌گردد. به نحوی که در شکل ۸ نشان داده شده است، شیر کنترل جهت، حداقل شامل دو موقعیت اسپول و دو دهانه کاری می‌باشد. شیرهای کنترل جهت توسط تعدادی مربع متصل به هم نشان داده می‌شوند که به هر کدام یک موقعیت اطلاق می‌شود. تعداد مربع‌ها نشانگر تعداد موقعیت شیر است. فلش‌های داخل مربع‌ها جهت جریان را نشان می‌دهند. خطوط عمودی و افقی و مورب نشان‌دهنده این است که دهانه‌های شیر در موقعیت‌ها چگونه به هم متصل می‌شوند. نام شیر بستگی به تعداد موقعیت و تعداد دهانه‌های آن دارد. هنگام نامگذاری شیرهای کنترل جهت، ابتدا لازم است تعداد دهانه‌ها و سپس تعداد موقعیت‌ها بیان شود. رایج‌ترین مدل کنترل ولو ۴/۳ است که به معنی چهار پورت کاری و سه موقعیت اسپول می‌باشد که ساختار و نماد آن در شکل ۹ نشان داده شده است.



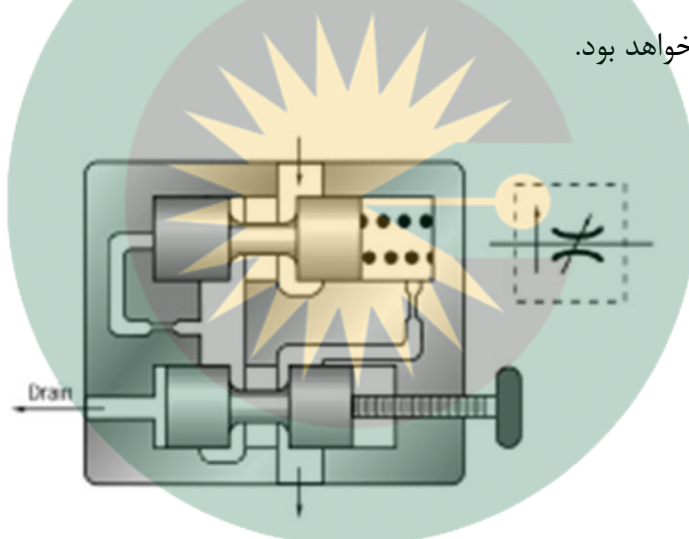
www.hcioe.org
شکل ۹- شیر کنترل جهت با چهار دهانه و سه موقعیت

۲-۳-۳- شیرهای کنترل جریان

از شیرهای کنترل جریان برای کنترل سرعت محرک‌های هیدرولیکی (سیلندر و موتور) استفاده می‌شود. این شیر دارای یک پیچ تنظیم است که جریان سیال را در هر دو سمت محدود می‌کند. از آنجا که سرعت

خطی سیلندر یا سرعت دورانی هیدروموتور تابع نرخ جریان است برای تنظیم سرعت باید نرخ جریان را کاهش یا افزایش داد.

شیر کنترل جریان با باز و بسته کردن یک گلولی مسیر عبور سیال را تنگ یا گشاد می‌نماید. تنگ شدن مسیر باعث افزایش فشار روغن عبوری میشود. فشار مورد نظر باعث باز شدن شیر فشار شکن در ابتدای مسیر می‌گردد. در نتیجه روغن اضافی از طریق این شیر به مخزن باز می‌گردد. از آنجا که این روغن با فشار تخلیه می‌شود، توان موجود در آن تبدیل به گرما شده و باعث افزایش دمای روغن می‌گردد. سرعت تنظیم شده توسط شیرهای گلولی ساده تابع بار و تغییرات فشار می‌باشد و در صورت کاهش مقدار بار متحرک، سرعت افزایش میابد و در نتیجه نمیتوان سرعت ثابتی بدست آورد. برای ایجاد سرعت ثابت از شیرهای کنترل جریان با مکانیزم جبران کننده فشار استفاده می‌شود. سرعت توسط این شیرها تابع تغییرات بار نبوده و نسبتاً ثابت خواهد بود.



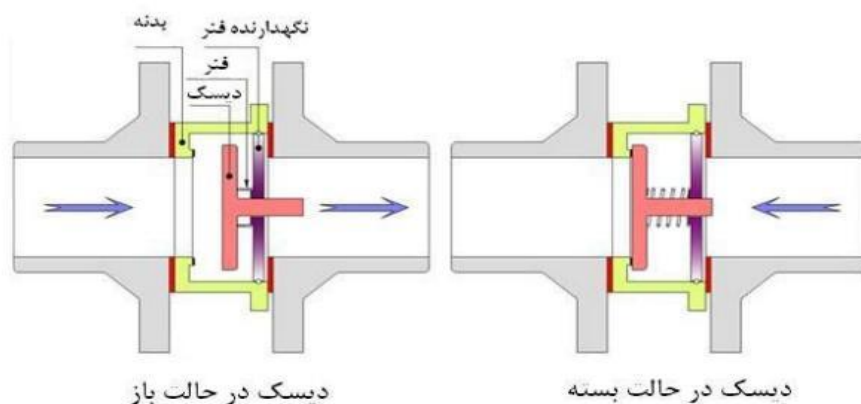
شکل ۱۰- ساختمان شیر کنترل جریان و نماد آن

www.ncioe.org

۲-۳-۴ - شیرهای یکطرفه

شیرهای یکطرفه^۱ که تنها از یک جهت اجازه عبور سیال را می‌دهند، از شیرهای کنترل جهت جریان محسوب می‌شوند. شیرهای یک طرفه را می‌توان جزو شیرهای خودکار قلمداد کرد، چون اپراتور هیچ کنترلی روی آن ندارد. همانطور که در شکل ۱۱ نشان داده شده است، شیرهای یکطرفه با جریان سیال

(فشار سرعتی) بطور خودکار باز شده و با استفاده از نیروی جاذبه یا نیروی ناشی از برگشت جریان سیال بسته می‌شوند و مانع از برگشت جریان از بالا دست به پایین دست می‌گردد.



شکل ۱۱- عملکرد شیر یکطرفه

ایجاد آشفتگی در جریان و افت فشار در اینگونه شیرها بسیار کم می‌باشد. در فرآیندهایی که در آنها از شیر یکطرفه استفاده می‌شود به دلیل افت فشار کم در اطراف شیر، عموماً از شیر یکطرفه نوسانی استفاده می‌گردد. شیر یکطرفه نوسانی دارای دیسکی می‌باشد که در بالای شیر به بدنه قلاب شده است. این شیرها برای خطوطی که سرعت سیال پائین می‌باشد به کار می‌روند و در خطوطی که دارای جریان ضربانی می‌باشند نباید از این شیرها استفاده نمود. چون بطور پیوسته دیسک باز و بسته شده و کوبیده شدن آن باعث از بین رفتن متعلقات شیر خواهد گردید. در کل، این نوع شیر یکطرفه‌ها برای حالتی که سیال حرکت ضربه ای داشته و یا برگشت سیال سریع باشد گزینه مناسبی نمی‌باشد. از آنجائیکه این شیرها متشکل از چندین قطعه متصل به هم است، در بین انواع شیر یکطرفه‌ها دارای کمترین استحکام می‌باشند. این نوع شیر یکطرفه‌ها را می‌توان هم در حالت افقی و هم در حالت عمودی مورد استفاده قرار داد (در حالت نصب عمودی باید جریان سیال از پائین به بالا باشد تا نیروی جاذبه به بسته شدن مجراوند کمک نماید). همچنین بدلیل سادگی تجهیزات تشکیل دهنده، دارای تعمیرات به نسبت ساده‌تری در مقایسه با سایر شیر یکطرفه‌ها می‌باشد.

۲-۴- عملگرهای هیدرولیکی

هدف نهایی سیستم هیدرولیک جابجا کردن اجسام از طریق اعمال نیرو به آنها می باشد. قطعاتی که این وظیفه را انجام می دهند، محرک یا عملگر نامیده می شوند. عملگرها دارای حرکت دورانی یا خطی (حرکت رفت و برگشتی) هستند. عملگرهای دورانی هیدروموتور و عملگرهای خطی سیلندر نامیده می شوند که در ادامه در مورد آنها بحث خواهد شد.

۲-۴-۱- هیدروموتورها

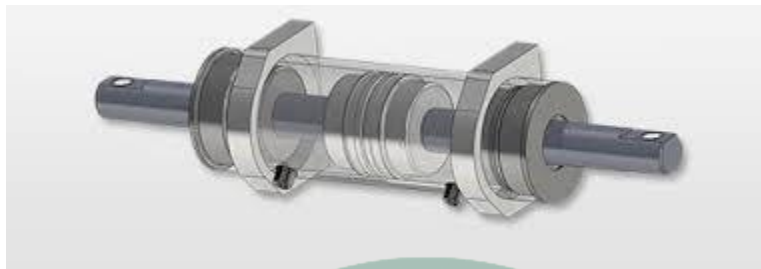
هیدروموتور عملگر دورانی هیدرولیکی است که برای تبدیل قدرت سیال به حرکت دورانی به کار می رود. ساختمان هیدروموتور شباهت زیادی به پمپ هیدرولیکی دارد؛ با این تفاوت که نقش پمپها، تبدیل نیروی مکانیکی به جابجایی سیال می باشد، اما هیدروموتورها بالعکس، قدرت سیال هیدرولیکی را دریافت و نیروی مکانیکی اعمال می کنند. متناظر با هر نوع پمپ هیدرولیک، یک هیدروموتور وجود دارد. بنابراین، هیدروموتور دنده‌ای، هیدروموتور پره‌ای و هیدروموتور پیستونی انواع مهم هیدروموتورها می باشند.

۲-۴-۲- سیلندرهای هیدرولیکی

سیلندر هیدرولیک نوعی موتور هیدرولیکی با جابجایی رفت و برگشتی است که انرژی سیال را به انرژی جنبشی پیستون تبدیل می کند. به عبارت دیگر می توان گفت سیلندرهای هیدرولیک دستگاهی است که انرژی سیال تحت فشار را، به نیروی مکانیکی خطی و حرکتی تبدیل می نماید. هر سیلندر هیدرولیک شامل بدنه، پیستون، میل پیستون و یک سری قطعات لاستیکی جهت آببندی می باشد. سر سیلندر سمتی است که میل پیستون از آن بیرون می زند. سیلندرهای هیدرولیک به دو گروه تقسیم می شوند: یکطرفه و دو طرفه.

سیلندر هیدرولیک یکطرفه سیلندری است که فشار سیال باعث جابجایی پیستون تنها در یک جهت می شود و اعمال نیرو در جهت عکس آن توسط یک نیروی خارجی (وزن) انجام می پذیرد. سیلندر یکطرفه با توجه به نوع ساخت آن می تواند تنها به جلو یا عقب اعمال نیرو نماید که به آن، جهت فعال سیلندر می گویند و در جهت غیر فعال آن اعمال نیرو توسط وزن خود سیلندر، نیروی گرانش یا سیلندر کمکی انجام می گیرد.

سیلندر هیدرولیک دوطرفه، سیلندری است که می تواند هم در جهت جلو و هم در جهت معکوس توسط فشار سیال، اعمال نیرو کند. سیلندر دوطرفه می تواند نیرو را در هر دو جهت رفت و برگشت اعمال نماید. هنگامی که روغن وارد پورت عقب می شود، سیلندر نیرو را در جهت جلو اعمال خواهد کرد و هنگامی که روغن وارد پورت جلو می شود، سیلندر نیرو را در جهت برگشت (عکس) اعمال می نماید. شکل ۱۲ ساختار سیلندر هیدرولیکی را نشان می دهد.



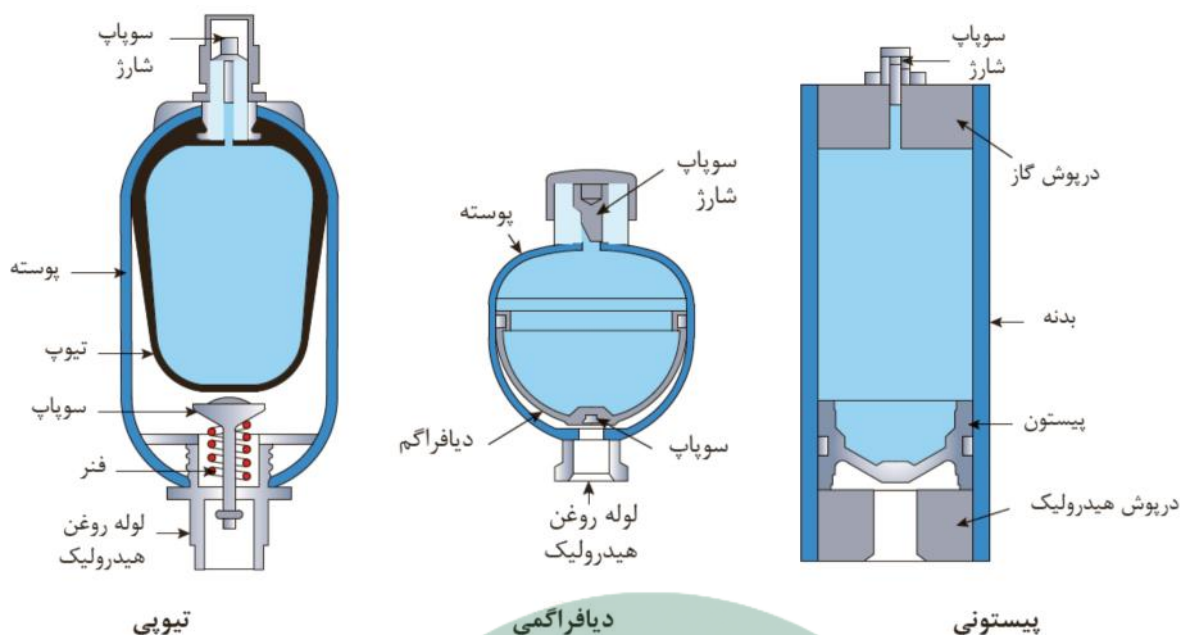
شکل ۱۲- سیلندر هیدرولیکی دوطرفه

۲-۵- اجزاء فرعی هیدرولیکی

علاوه بر موارد اصلی که ذکر شد، تجهیزات و وسایل دیگری هم در برخی شرایط به سیستم هیدرولیکی اضافه می شوند. برخی از این متعلقات مهم که عموماً وظیفه جنبی خاصی در سیستم ایفا می کنند، در ادامه مرور می شوند.

۲-۵-۱- انباره

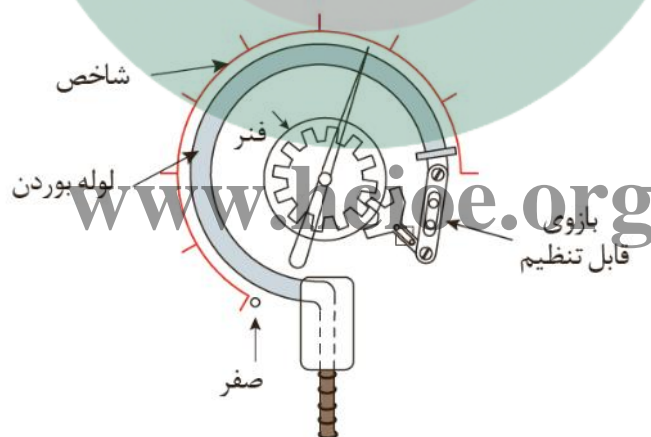
آکومولاتورها، درواقع انباره هایی هستند که قادرند روغن را تحت فشار خود ذخیره نمایند، تا در هنگام ضرورت مورد بهره برداری قرار گیرد. در مدارهای هیدرولیک، روغن، تحت فشار پمپ وارد آکومولاتور می شود تا، گاز، فنر یا وزنه ای را متراکم کند و بعداً هنگامی که افت فشار در دهانه ورودی آکومولاتور پدید آید، روغنی که در مخزن آکومولاتور ذخیره شده است، در اثر نیروی فنر یا هوای تحت فشار، به بیرون آکومولاتور رانده شده و کاهش فشار جبران گردد. آکومولاتور به عنوان یک ضربه گیر در پمپ های پیستونی هم به کار می رود تا ضربه های پی در پی پمپ را تعدیل کند و جریان نسبتاً یکنواخت و بدون تپش را تحویل دهد. شکل ۱۳، ساختار انواع آکومولاتورهای متداول را نشان می دهد.



شکل ۱۳- انواع آکومولاتورهای هیدرولیکی

۲-۵-۲- فشارسنج

برای تنظیم شیرهای کنترل فشار و برای تعیین نیرویی که توسط یک جک و یا گشتاوری که توسط یک موتور هیدرولیکی، اعمال می شود، نیاز به فشارسنج می باشد. تمام فشارسنج ها دارای صفحه ای هستند که با واحدهای Bar (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)، psi (پوند بر اینچ مربع) یا KPa مدرج شده اند. ساختار یک فشارسنج ساده در شکل ۱۴ نشان داده شده است.



شکل ۱۴- ساختمان فشارسنج بوردن

۲-۵-۳ - خنک‌کن روغن

دمای زیاد روغن باعث آزاد شدن حباب های هوا یا بخار می‌شود و در نتیجه پدیده کاویتاسیون در پمپ رخ می‌دهد. یعنی حباب‌ها هنگام عبور از پمپ، در اثر چرخش در پمپ و فشار بالا منفجر می‌شوند و ارتعاش و صدای قابل توجهی تولید می‌کنند که منجر به آسیب پمپ می‌شود. در صورتی که دمای روغن در حدود ۵۰ درجه سانتیگراد ثابت بماند، امکان آزاد شدن حباب های بخار روغن و هوا کاهش می‌یابد و ویسکوزیته روغن در محدوده بهینه قرار می‌گیرد. به همین جهت سیستم های هیدرولیکی که در معرض حرارت بالا هستند، به خنک کن روغن مجهز می‌شوند.

۲-۵-۴ - فیلتر روغن

حداکثر ابعاد ذرات خارجی که اجازه ورود به پمپ را دارند معمولاً کوچک تر از ۲۵ میکرون هستند و ذرات با ابعاد بزرگتر از آن، توسط فیلتر مناسب که در مسیر سیال قرار می‌گیرد، جمع آوری می‌شود تا از ورود آنها به پمپ جلوگیری شود. کثیف بودن روغن یکی از عواملی است که می‌تواند منجر به پدیده کاویتاسیون شود.



www.hcioe.org

۳- اجزاء سیستم‌های پنوماتیکی

در سیستم‌های پنوماتیک برای دست یافتن به یک سیال پرفشار، هوا را توسط یک کمپرسور فشرده می‌کنند تا به فشار دلخواه برسد، سپس آن را در یک مخزن ذخیره می‌کنند. البته، دمای هوا پس از فشرده شدن به شدت بالا می‌رود که می‌تواند به قطعات سیستم آسیب برساند؛ بنابراین، هوای فشرده قبل از هدایت به خطوط انتقال باید خنک شود. به دلیل وجود بخار آب در هوای فشرده و پدیده میعان در فرایند خنک سازی باید از یک واحد بهینه سازی برای خشک کردن هوای پر فشار استفاده کرد. بخش‌های اصلی یک سیستم پنوماتیکی به قرار زیرند:

ر کمپرسور

ر خنک کننده و خشک کننده هوای تحت فشار

ر شیر کنترل

ر عملگر

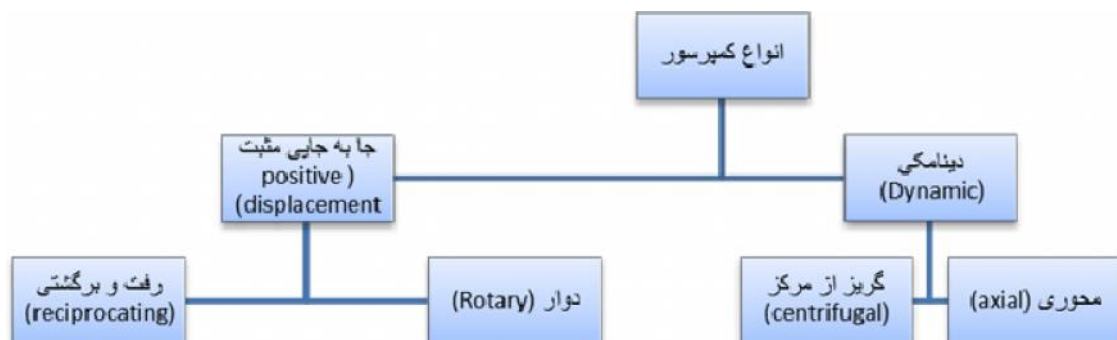
www.hcioe.org

در ادامه، جزئیات هریک از اجزاء فوق الذکر به تفصیل تشریح می‌شوند.

۳-۱- کمپرسورهای سیستم پنوماتیکی

کمپرسورها، فشار هوا یا هر گاز دیگر را در طول یک یا چند مرحله افزایش داده و انرژی را به هوا یا گاز منتقل می‌کنند. در اثر کاهش حجم گاز فشرده شده، دما و چگالی آن افزایش می‌یابد. طرز کار کلی

آنها مانند پمپ است. کمپرسورها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند: کمپرسورهای جابجایی مثبت و کمپرسورهای دینامیکی. شکل ۱۵ تقسیم بندی کلی کمپرسورها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵- دسته بندی کمپرسورها

در کمپرسورهای جابجایی مثبت یا جریان متناوب، گاز به داخل محفظه کشیده شده و پس از تراکم، با فشار از محفظه خارج می‌شود. به عبارتی، در کمپرسورهای جابجایی، مقداری از گاز را در داخل یک حجم بسته محبوس می‌کنند. با کاهش حجم، فشار گاز محبوس افزایش می‌یابد، آنگاه گاز تحت فشار قرار گرفته به نقطه دهش کمپرسور تحویل داده می‌شود. کمپرسورهای دینامیکی بر این اساس کار می‌کنند که پره‌ها ابتدا به گاز سرعت داده و سپس به طور ناگهانی سرعت آن را کاهش داده و به فشار تبدیل می‌کنند. کمپرسورهای جابجایی با جریان ثابتی کار می‌کنند و کمپرسورهای دینامیکی با فشار ثابتی کار می‌کنند. کمپرسورهای رفت و برگشتی بیشتر به منظور تراکم گاز در فشارهای بالا و حجم‌های کم استفاده می‌شود؛ در حالی که کمپرسورهای دورانی معمولاً برای تراکم هوا در فشارهای پایین و حجم زیاد کاربرد دارند.

۳-۱-۱- کمپرسورهای رفت و برگشتی پیستونی

این کمپرسورها جزء کمپرسورهای جابجایی مثبت هستند. انواع مختلفی از این نوع کمپرسورها ساخته شده است که در تمامی آنها، با حرکت یک یا چند پیستون درون یک یا چند سیلندر، هوا متراکم می‌شود.

همانطور که شکل ۱۶ نشان می‌دهد، پیستون توسط یک میله شاتون حرکت می‌کند و شاتون به میل لنگی متصل است که معمولاً با استفاده از یک موتور الکتریکی با یک موتور احتراق داخلی چرخانده می‌شود. هنگامی که پیستون بالا می‌رود، هوای درون محفظه سیلندر متراکم شده و از دریچه خروجی از سیلندر خارج شده و به داخل سیستم حرکت می‌کند؛ به هنگام پایین آمدن پیستون، دریچه ورود هوا باز شده و هوا به داخل محفظه کشیده می‌شود.

خلاصه اینکه، عمل فشرده سازی در کمپرسورهای رفت و برگشتی طی سه مرحله زیر انجام می شود که به صورت یک سیکل تکرار می‌شود:

۱. مرحله مکش^۱

با باز شدن سوپاپ حرکت پیستون به سمت پایین، گاز کم فشار وارد سیلندر میشود. تا زمانی که پیستون به پایین ترین حد حرکت خود (نقطه مرگ) برسد.

۲. مرحله تراکم^۲

در این مرحله ابتدا سوپاپ مکش بسته می شود. سپس پیستون به سمت بالا حرکت می کند. گازی که درون سیلندر محبوس شده است، فشرده می شود تا زمانی که پیستون به بالاترین حد حرکت خود (نقطه مرگ) برسد.

۳. مرحله تخلیه^۳

سوپاپ تخلیه باز می‌شود. گاز با فشار بالا به لوله خروجی رانده میشود. با اتمام مرحله تخلیه، دوباره سیستم در حالت مکش قرار می‌گیرد.

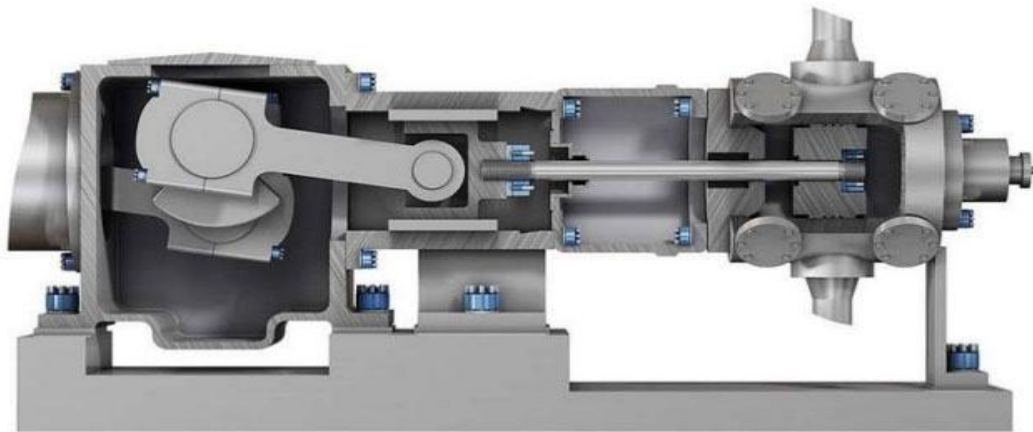
شباهت بسیاری میان کمپرسورهای رفت و برگشتی و موتورهای احتراق داخلی وجود دارد. هم

کمپرسورهای رفت و برگشتی و هم موتورهای احتراق داخلی دارای سیلندر، پیستون و میله‌های اتصال

^۱ Suction

^۲ Compression

^۳ Discharge



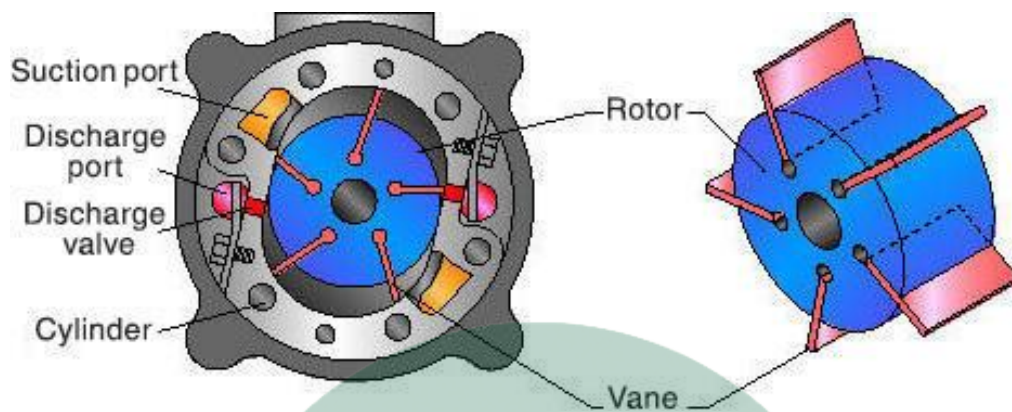
شکل ۱۶- طرح کلی کمپرسور پیستونی

می‌باشند؛ اما کمپرسورهای رفت و برگشتی دارای دو تفاوت مهم با موتورهای احتراق داخلی هستند. اول اینکه سوپاپ‌های کمپرسور به صورت خود عملگر بوده در حالی که سوپاپ‌های موتورهای احتراق داخلی با استفاده از نیروی منتقل شده از طرف موتور عمل می‌کنند، تفاوت دیگر این است که در کمپرسورهای رفت و برگشتی، میله اتصال مستقیماً به پیستون وصل نبوده و به میله کراس هد وصل شده و این میله به پیستون وصل می‌گردد. وجود این سیستم در ساختمان کمپرسورها مزایای زیادی دارد. از جمله این که در این حالت می‌توان سیلندر را توسط یک روانکار خاص، روانکاری کرده و یا حتی آن را روانکاری نکرد.

۳-۱-۲- کمپرسورهای دورانی پره‌ای

کمپرسورهای دورانی پره‌ای، یک نوع کمپرسور جابجایی مثبت می‌باشند که شمای کلی از آن در شکل ۱۷ نشان داده شده است. این کمپرسورها دارای یک روتور با پره‌های فلزی هستند که طول این پره‌ها می‌تواند تغییر کند. این روتور به صورت خارج از مرکز در یک سیلندر قرار گرفته است با دوران روتور، درون سیلندر، هوای محبوس در بین پره‌ها متراکم می‌گردد. به عبارت دیگر، روتور که دارای پره‌های متحرک شعاعی است به صورت خارج از مرکز در محفظه استاتور می‌چرخد، پره‌ها به واسطه نیروی گریز از مرکز با دیواره‌های استاتور تماس برقرار می‌نمایند؛ وقتی که فاصله بین روتور و استاتور افزایش می‌یابد، هوا به داخل

فرستاده می‌شود. هوا در محفظه‌های مختلف کمپرسور حبس شده و حجم این محفظه‌ها همزمان با چرخش کاهش می‌یابد. وقتی که پره‌ها از مقابل مجرای خروجی می‌گذرند، هوا تخلیه می‌شود.



شکل ۱۷- طرح کلی کمپرسور پره ای

تنها قطعات متحرک در این کمپرسورها، روتور و پره‌ها می‌باشند و به هیچ سوپاپی نیاز نمی‌باشد. اگرچه روتور این کمپرسورها کاملاً متقارن است، اما عملکرد پره‌ها و نیروی وارد شده بر پره‌ها به علت فشار موجود در بین آنها سبب ایجاد مقداری ارتعاش می‌گردد. تعداد پره‌های این کمپرسورها می‌تواند متفاوت باشد. به عنوان مثال پمپ خلاء دارای یک یا دو پره و بوسترهای فشار دارای ۲۲ پره می‌باشند. علاوه بر ایجاد سایش در نوک پره‌ها وجود اختلاف فشار در طرفین پره‌ها نیز سبب ایجاد سایش در دیواره‌های پره‌ها می‌گردد. به منظور کاهش بارهای وارده بر پره‌ها، تعداد آنها را افزایش می‌دهند. از مزایای این کمپرسورها می‌توان موارد زیر را نام برد: این کمپرسورها دارای ابعاد فیزیکی کوچکی می‌باشند؛ هزینه اولیه ساخت این کمپرسورها کم است و فنداسیون ویژه‌ای برای نصب این کمپرسورها لازم نیست. از معایب این کمپرسورها می‌توان به بازدهی کمتر آنها اشاره کرد.

۳-۱-۳- کمپرسورهای دورانی مارپیچی^۱

این نوع کمپرسور کم صدا و کم ارتعاش بوده و تراکم در آن به صورت پیوسته و از طریق دو حلزونی که یکی از آن‌ها ثابت و دیگری متحرک است انجام می‌شود. یکنواخت و پیوسته بودن فرآیند متراکم سازی باعث کاهش تلفات جریان می‌شود. این کمپرسورها نیازی به سوپاپ ندارند به همین دلیل تلفات سوپاپ در آن‌ها وجود ندارد. مکان قرارگیری لوله مکش و لوله رانش جدا از یکدیگر است، بنابراین انتقال حرارت بین گاز مکشی و گاز خروجی که یکی از مشکلات رایج در کمپرسورها مخصوصاً در نسبت فشارهای بالا است به مقدار زیادی کاهش می‌یابد.



شکل ۱۸- مکانیسم فشرده سازی در کمپرسور مارپیچی

در شکل ۱۸ چگونگی فشرده سازی هوا نشان داده شده است. با حرکت حلزونی متحرک دو مارپیچ با یکدیگر در تماس قرار گرفته و یک فضای هلالی شکل را تشکیل می‌دهند که هوا در آن محبوس می‌شود.

^۱ Scroll or Spirall

این عمل باعث خلاء و مکش گاز به درون فضای هلالی و مسدود شدن مسیر عبور می گردد. با ادامه حرکت مارپیچی، گاز به مرکز مسیر حلزونی حرکتی داده می شود. در واقع همان طور که شکل ۱۸ نشان می دهد، با ادامه حرکت حلزونی این فضای هلالی کوچک و کوچک تر می شود. با کاهش حجم فضای بین دو قطعه حلزونی شکل، فشار هوا و در نتیجه دما افزایش می یابد. در نهایت هوای محبوس شده به مرکز مسیر مارپیچی می رسد. در این قسمت هوا به فشار مورد نظر رسیده و از مرکز قسمت مارپیچی از دریچه حلزونی ثابت خارج می شود. فرآیند تشریح شده تنها برای یک بسته هواست، در صورتی که این فرآیند به صورت پیوسته در حال انجام می باشد. همواره هوای کم فشار از بیرونی ترین قسمت محیطی به فضای بین دو حلزونی کشیده شده و با پیشروی آن به صورت مستمر، هوای بیشتری به داخل این فضای کشیده می شود. در واقع در این سیکل، حجم های متعددی از هوا به صورت همزمان متراکم می شوند، بدین ترتیب، سیکل تراکم یکنواخت و نسبتاً پیوسته خواهد بود.

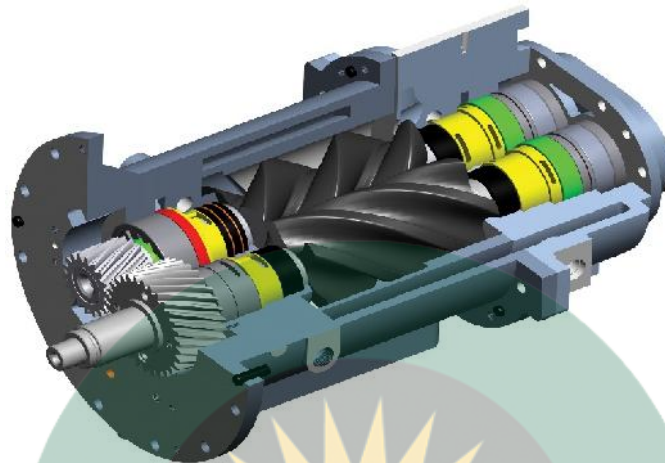
۳-۱-۴ - کمپرسورهای دورانی پیچی^۱

کمپرسورهای پیچی به منظور تأمین جریان پیوسته ای هوای متراکم طراحی شده است. کمپرسورهای پیچی دارای دو محور گردان بوده و از اصل جابجایی استفاده می کنند. با توجه به شباهت رتورهای این نوع کمپرسورها به پیچ اصطلاحاً به آنها کمپرسورهای نوع پیچی یا گفته می شود. یکی از دو محور، متراکم کننده و دیگری چرخ دالاله (بدون بار) می باشد. محور متراکم کننده در این کمپرسورها دارای مقطع پیچی محدب می باشد، در حالی که محور بدون بار (چرخ دالاله) دارای سطح مقطع پیچی مقعر می باشد. شکل ۱۹ ساختمان کمپرسور پیچی را نشان می دهد.

نحوه کار کمپرسورهای پیچی بر اساس حبس شدن گاز بین بدنه سیلندر و لوب هایی است که به صورت نر و ماده در داخل هم می چرخند. این دو محور بر خلاف جهت یکدیگر دوران می کنند. به عبارتی، با دوران

^۱ Screw

این محورها، حجم هوای محبوس در بین آنها در یک محفظه، رفته رفته کوچکتر شده و هوا متراکم می‌شود. سپس هوای متراکم شده محفظه را ترک می‌کند. یعنی، حرکت دورانی محورهای پیچی باعث جلو راندن هوا (مثل چرخ گوشت) از مسیر ورودی تا خروجی می‌شود. هر چه هوا به طرف خروجی کمپرسور نزدیک‌تر می‌شود انرژی بیشتری دریافت می‌کند و با کاهش حجم آن فشارش افزایش پیدا می‌کند.

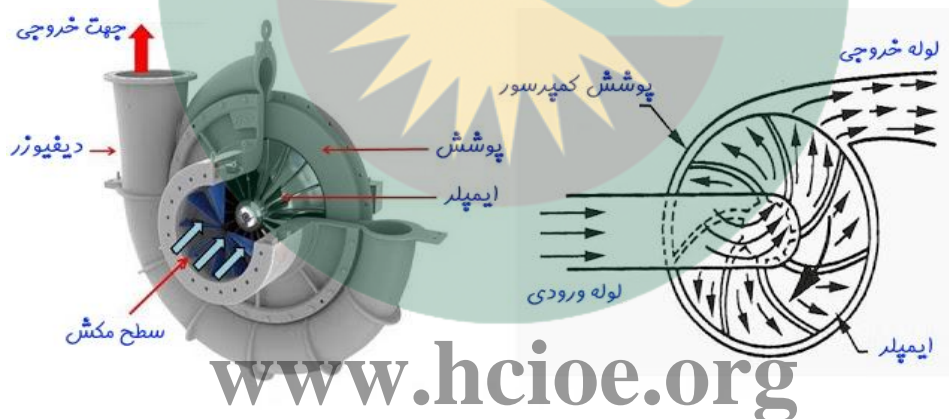


شکل ۱۹- ساختمان کمپرسور پیچی

در بعضی از این کمپرسورها برای جلوگیری از تماس مستقیم قطعات ثابت و متحرک با ایجاد یک فیلم نازک روغن که همراه هوا وارد کمپرسور می‌شود از تماس و اصطکاک قطعات ثابت و متحرک ممانعت می‌شود. بر این اساس این نوع کمپرسورها در دو دسته با روغن و بدون روغن تقسیم بندی می‌شوند. در کمپرسورهای نوع روغنی، روغن روانکاری تزریق می‌شود تا یک فیلم روغن بین قطعات ثابت و متحرک به وجود آید و از تماس قطعات جلوگیری کند. این روغن تزریق شده مجدداً در قسمت خروجی کمپرسور از هوای خروجی به توسط سیستم‌های جداکننده روغن و گاز جدا می‌شود و مجدداً وارد سیکل اصلی خود جهت روغن کاری قطعات می‌شود که گاهی نیاز به اضافه کردن روغن به داخل مخزن می‌شود. در کمپرسورهای پیچی بدون روغن، دو محور به گونه ای با یکدیگر درگیر می‌شوند که سطوح آنها با یکدیگر تماس نمی‌یابد، در حالی که در کمپرسورهای پیچی که از روغن استفاده می‌کنند، سطوح محورها با یکدیگر تماس داشته و بنابراین نیازی به تعادل از طریق دنده وجود ندارد. از مزایای کمپرسورهای پیچی، حجم کوچک، جریان پیوسته و ارتعاشات کم را می‌توان نام برد.

۳-۱-۵- کمپرسورهای دینامیکی گریز از مرکز^۱

کمپرسورهای گریز از مرکز، کمپرسورهای دینامیکی هستند که از پروانه‌های با سرعت بالا به منظور شتاب دهی به هوا استفاده می‌کنند. این کمپرسورها قادر به تأمین مقدار زیادی هوای فشرده می‌باشند. کمپرسورهای گریز از مرکز، با گردش پروانه، سیال را به درون محفظه کشیده و در اثر حرکت چرخشی پروانه، نیروی گریز از مرکز شدیدی را در سیال (در یک محفظه مدور) ایجاد می‌کند. به این ترتیب سیال در برخورد با محفظه تحت فشار قرار می‌گیرد. با افزایش دور پروانه انرژی جنبشی گاز زیاد شده و این میزان انرژی، فشار را در خروجی دیفیوزر بالا می‌برد. به عبارت دیگر، هوا با استفاده از پره‌های شعاعی وارد مرکز پروانه دواری می‌شود و توسط نیروهای گریز، از مرکز به سمت محیط پروانه دوار به بیرون پرتاب می‌شود. هوا از یک محفظه حلزونی عبور می‌کند که در این محفظه انرژی جنبشی به فشار استاتیک تبدیل می‌شود.



شکل ۲۰- عملکرد کمپرسور سانتریفوژ

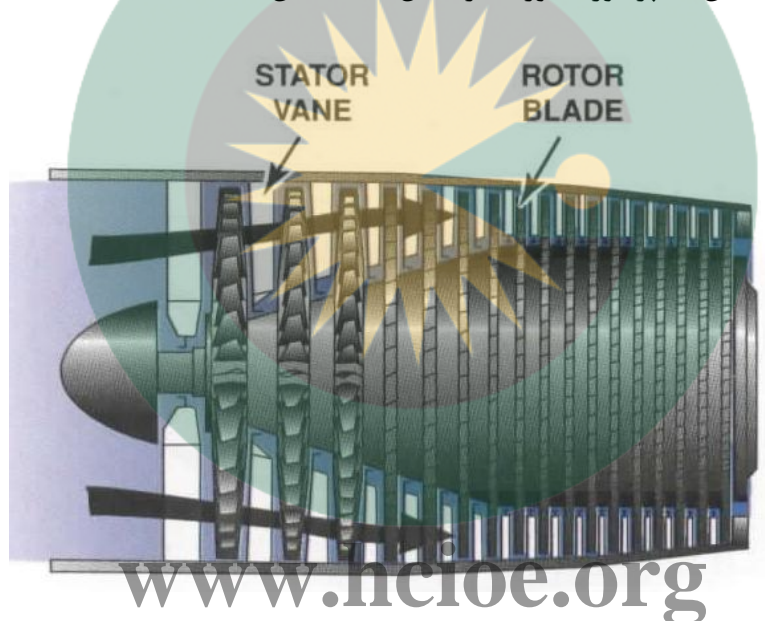
از خصوصیات این کمپرسورها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: این نوع کمپرسورها در سرعت‌های بالایی کار می‌کنند و دارای سر و صدای زیادی می‌باشند. برای دست یافتن به فشار موردنظر می‌توان از پروانه

^۱ Centrifuge

های چندگانه استفاده کرد. کمپرسور گریز از مرکز بدون روغن بوده و چرخ دنده هایی که باید روغن کاری شوند توسط آب بندی های محور از هوا جدا شده اند.

۳-۱-۶- کمپرسورهای دینامیکی محوری

این کمپرسورها دارای ردیف‌های متناوبی از پره‌های ثابت و متحرک است. با حرکت پره‌های متحرک در هوا، سرعت آن افزایش می‌یابد، سپس با عبور هوا از مسیرهای انبساطی میان پره‌های ثابت و متحرک سرعت آن کم شده و فشار آن افزایش می‌یابد. زاویه پره‌ها در طبقه اول زیاد است و به تدریج هر قدر که به سمت خروج پیش می‌رود، زاویه پره‌ها کم می‌شود و از سرعت سیال کاسته شده و به دما و فشارش افزوده می‌شود. ساختمان کمپرسور محوری در شکل ۲۱ نمایش داده شده است.



شکل ۲۱- ساختمان کمپرسور محوری

کمپرسورهای محوری هوا را از میان پره‌های خود عبور داده و به سمت عقب می‌رانند. در جداره این کمپرسورها پره‌های ثابتی وجود دارد که جهت هوای ورودی را از هر طبقه به طبقه بعدی تنظیم می‌کند. در این نوع از کمپرسورها خطر سگته کمپرسور بسیار کم است. ردیف‌های ثابت کمپرسور انرژی جنبشی را که توسط پره‌های متحرک به هوا داده می‌شود به ازدیاد فشار تبدیل کرده و همچنین جهت سیال را به

زاویه ای مناسب برای ورود به ردیف بعدی تصحیح می نمایند. هر طبقه کمپرسور شامل یک ردیف پره چرخنده و به دنبال آن یک ردیف پره ثابت می باشد. قبل از ورود سیال به طبقه اول کمپرسور یک ردیف پره ثابت به نام (پره راهنمای ورودی) قرار می دهند که جهت سیال را برای ورود به طبقه اول کمپرسور تصحیح می کند.

۳-۲- مراقبت باد

واحد مراقبت باد یکی از اجزای بسیار مهم سیستم پنوماتیکی می باشد که با حذف آن از مدار استهلاک سیستم به شدت افزایش پیدا می کند. محل نصب واحد مراقبت باد بر روی خط باد خروجی از کمپرسور و قبل از ورود باد به سیستم می باشد که وظیفه آن جذب رطوبت موجود در هوای فشرده می باشد. آب داخل یک ظرف که در قسمت پایین است، ریخته می شود و باید توسط سرویس کار دستگاه تخلیه گردد. در صورت ورود رطوبت به سیستم باعث زنگ زدگی قسمت های متحرک و در نتیجه کاهش عمر آنها می گردد. همچنین یک مخزن برای روغن وجود دارد که به همراه باد آن را وارد سیستم نموده و باعث روانکاری قسمت های متحرک می شود و بر روی آن یک مانومتر جهت مشاهده فشار باد موجود است.



شکل ۲۲- نمونه ای از واحد مراقبت باد

۳-۳- شیرهای پنوماتیکی

شیرهای پنوماتیکی بسیار مشابه شیرهای هیدرولیکی است که تنها سیال عبوری از آن متفاوت است. این شیرها را می‌توان بر اساس کارکرد آنها در رابطه با نوع سیگنال‌دهی، نحوه کاراندازی و ساختار در گروه‌های مختلف در دسته‌های زیر گروه بندی کرد:

۱) شیرهای کنترل جهت

شیرهای کنترل جهت، انتقال سیگنال‌های سیال را با تولید، قطع یا تغییر جهت دادن سیگنال‌ها کنترل می‌کنند. شیر کنترل جهت، با تعداد اتصالات کنترل شده و تعداد وضعیت‌ها نشان داده می‌شوند. هر وضعیت با یک مربع مشخص می‌شود.

۱) شیرهای کنترل جریان

از شیرهای کنترل جریان، برای تنظیم سرعت سیلندرها و موتورها از طریق تغییر میزان دبی ورودی با خروجی آنها استفاده می‌شود. شیر کنترل جریان با باز و بسته کردن گلو، مسیر عبور سیال را تنگ یا گشاد می‌نماید. تنگ شدن مسیر باعث افزایش فشار سیال عبوری می‌شود. فشار مورد نظر باعث باز شدن شیر فشار شکن در ابتدای مسیر می‌گردد. سرعت تنظیم شده توسط شیرهای گلویی ساده، تابع بار و تغییرات فشار می‌باشد. در صورت کاهش مقدار بار متحرک، سرعت افزایش می‌یابد و در نتیجه نمی‌توان سرعت ثابتی بدست آورد.

۱) شیرهای یک طرفه www.hcioe.org

شیر یک طرفه تنها اجازه عبور جریان سیال را در یک جهت می‌دهد و مانع گذر در جهت‌های دیگر می‌شود. تنوع بسیاری در ساختار و اندازه شیرهای یکطرفه وجود دارد.

۱) شیرهای کنترل فشار

این شیرها وظیفه محدود کردن فشار، تنظیم فشار و کاهش دادن فشار را بر عهده دارند.

ا شیرهای مرکب

ترکیب عملکردهای شیرهای مختلف می تواند عملکرد تازه ای ایجاد کند. شیر جدید را می توان با ترکیب اجزای جداگانه به منظور تولید پیکره ای ترکیبی برای کاهش ابعاد و پیچیدگی آن ایجاد کرد. نمونه ای از آن تایمر پنوماتیکی است که ترکیبی از شیر کنترل جریان یکطرفه، منبع ذخیره هوا و شیر کنترل جهت ۳/۲ راهه است.

ا شیرهای سلونوئیدی

سلونوئید از یک دسته سیم با پوشش عایق که معمولا به شکل استوانه پیچیده شده است، تشکیل می شود. هنگام دریافت انرژی الکتریکی، تولید میدان مغناطیسی می کند و در نتیجه موجب حرکت هسته آهنی می شود. در حقیقت این هسته آهنی با حرکت خود می تواند مسیر دهانه یک شیر را باز یا بسته کند. سلونوئید ولو، یک شیر الکترومکانیکی است برای قطع و وصل مسیر سیال. سلونوئید انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی جهت چرخش، باز یا بستن یک ولو به صورت مکانیکی تبدیل می کنند. این ولو ها به واسطه جریان برق وارد شده به بوبین آن، عمل قطع و یا وصل جریان سیال را انجام می دهد. در شیرهای دو راهه سیال در قسمت خروجی قطع و یا وصل می شود (شیر بسته کامل و یا باز کامل می باشد). در شیرهای سه راهه سیال ورودی به یکی از دو مسیر خروجی هدایت می گردد. شکل ۲۳ نمونه ای از یک شیر پنوماتیکی سلونوئیدی را نشان می دهد.

www.hcioe.org



شکل ۲۳- نمونه ای از شیر برقی

۳-۴- جک و موتور پنوماتیکی

برای تامین نیروی خطی از جک‌های پستونی استفاده می‌شود که روش عملکرد آنها به این صورت می‌باشد که باد از یک سمت وارد سیلندر می‌شود و باعث به حرکت در آمدن پیستون می‌گردد و برای بازگشت به موقعیت قبلی باد وارد سمت دیگر همان سیلندر شده و نیروی مورد نیاز برای این عمل را تامین می‌نماید. در جک‌های یک کاره عمل برگشت به نقطه شروع با استفاده از یک فنر و یا نیروی ثقلی انجام می‌شود. برای تامین حرکت دورانی از موتور پنوماتیکی استفاده می‌شود که فشار باد را به حرکت دورانی تبدیل می‌نماید.

۳-۵- اجزاء فرعی پنوماتیکی

برای نصب و گسترش یک سیستم پنوماتیکی از اجزای خاصی برای انشعاب و متصل نمودن قسمت‌ها به هم استفاده می‌شود که در زیر بصورت فهرست وار به برخی از آنها اشاره می‌شود.

۱) **شیلنگ باد و لوله فلزی :** جهت انتقال فشار هوای کمپرس شده از شیلنگ‌های استخوانی استفاده می‌شود که منعطف می‌باشد و به سادگی و با ابزار آلات ساده ای می‌توان عملیات نصب ، تعمیر و یا تعویض را بر روی آن اجرا نمود ولی گاهی در یک سیستم می‌توان از شیلنگ‌های گازی که جهت بالا بردن عمر سیستم استفاده می‌شود. از لوله‌های فلزی در خطوط اصلی نیز استفاده می‌شود که در این حالت هم عمر سیستم و هم ضریب اطمینان بالاتر می‌رود ولی هزینه بیشتری را به سازنده تحمیل می‌کند.

www.hcioe.org

۲) **سرشیلنگی :** برای اتصال برقرار کردن بین ورودی و خروجی‌های شیربرقی و جک‌ها و سایر قسمت‌های متحرک استفاده می‌شود .



سه راهی باد : برای انشعاب گرفتن از خط لوله باد مورد استفاده می گردد .

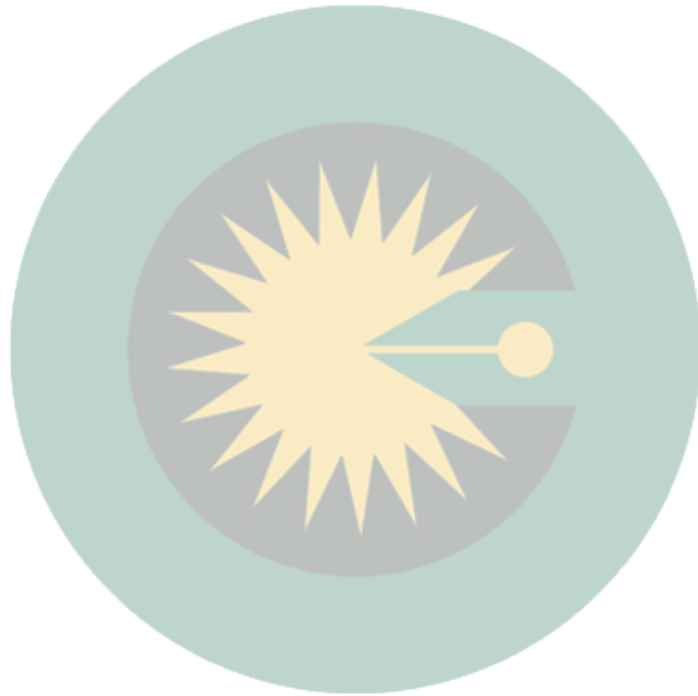


دوراهی باد : برای متصل نمودن دو خط لوله باد استفاده می شود که گاهی می تواند هر سمت این دوراهی از یک سایز متفاوت باشد که برای متصل نمودن خطوط با سایزهای متفاوت استفاده می شود .



اگزوز : بر روی خروجی های هوای استفاده شده در شیر برقی قرار می گیرد .

www.hcioe.org



www.hcioe.org