



# واحدکار ۱

## تشریح مبانی هیدرولیک و توان سیالات

### هدف کلی:

تشریح قوانین و اصول حاکم بر سیال مایع محبوس و انجام محاسبات

هدف های رفتاری: فراگیر پس از گذراندن این واحدکار قادر خواهد بود:

- ۱- مفهوم واژه های سیال و هیدرولیک را شرح دهد.
- ۲- مفهوم فشار و نحوه تولید فشار را توضیح دهد.
- ۳- مفهوم فشار اتمسفر و خلاء را بیان کند.
- ۴- اساس کارفشارسنج جیوه ای و واحدهای فشار و خلاء را توضیح دهد.
- ۵- نیرو و ارتباط آن با فشار را توضیح دهد.
- ۶- قانون پاسکال و نتایج آنرا تشریح نماید.
- ۷- جریان، نحوه اندازه گیری جریان و رابطه بین مقدار جریان و سرعت عمل را تشریح نماید.
- ۸- رابطه بین جریان و افت فشار، جریان آرام و متلاطم واصل برنولی را تشریح نماید.
- ۹- اصل بقاء انرژی، کار، توان و توان هیدرولیکی را تشریح نماید.

ساعات آموزش

- نظری

- عملی

- جمع

## پیش آزمون (۱)

- ۱- هیدرولیک چه علمی است؟
- ۲- فشار چگونه تولید می شود؟
- ۳- فشار در داخل یک مایع به چه پارامترهایی وابسته است؟
- ۴- از فشارسنج جیوه ای برای اندازه گیری چه نوع فشاری استفاده می شود؟
- ۵- نیرو چیست؟
- ۶- اصل بقاء انرژی چیست؟
- ۷- مفهوم دبی چیست؟
- ۸- افت فشار در لوله ها، به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۹- با محاسبه توان یک دستگاه، چه چیزی را اندازه می گیریم؟

## به نام خدا

۱-۱ تعریف سیال<sup>۱</sup> :

به موادی که خاصیت روان شدن یا جاری شدن دارند و به شکل گاز یا مایع هستند، نظیر هوا و آب را، سیال گویند.

تصادفاً این دو سیال یکی به شکل باد و دیگری به شکل آبهای زیرزمینی و آبهای جاری، دو عنصر تأثیرگذار در پایه و اساس تمدن ایران اسلامی و ایران باستان می باشند. چراکه در معماری ساختمان‌های شهری و روستائی و پل‌های ارتباطی، حضور این دو عنصر است که صنعت والای بادگیری عمارات کویری، قناتهای دهها کیلومتری درون کویری روستائی، حمامهای سنتی درون شهری و روستائی، صنعت ساخت یخچال‌های عظیم سنتی درون شهری، سیستم آب‌نماها و فواره‌های عمارات و میادین و شبکه آب‌رسانی خانه‌های درون شهری و روستائی، صنعت ساخت پلهای ارتباطی میان شهری و روستائی را در سرزمین ایران موحد از گذشته‌ای بسیار دور توجیه نموده و ایران را به عنوان کشور مخترع و بنیان‌گذار معماری آنان در جهان معرفی می‌نماید. و حتی امروزه که ایران اسلامی دارای مقام سوم سدسازی در جهان بوده توانست همچنان صنعت قنات‌سازی خود را به موازات شبکه گسترده آب‌رسانی لوله فولادی و صنعت ساخت بادگیر عمارت حاشیه کویری را در کنار ماشین‌آلات مدرن تهویه مطبوع حفظ نموده و به آن مباحثات ورزد.



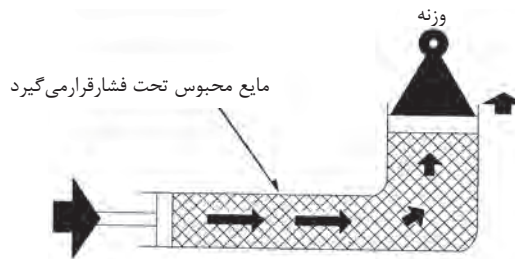
شکل (۱-۱A)



شکل (۱-۱) - سطح مقطع قنات و کانال آن

## ۱-۲ تعریف هیدرولیک<sup>۲</sup>:

هیدرولیک علم ارسال نیرو<sup>۳</sup> و یا حرکت<sup>۴</sup> از طریق یک سیال مایع<sup>۵</sup> محبوس شده می‌باشد. در یک مکانیزم هیدرولیکی، ارسال<sup>۶</sup> قدرت<sup>۷</sup> همیشه با هل دادن و یا فشار آوردن بر یک مایع محبوس صورت می‌پذیرد. شکل (۱-۲) طریق انتقال<sup>۸</sup> انرژی با تحت فشار قرار گرفتن مقدار معینی مایع محبوس در یک مکانیزم هیدرولیکی ساده را به روشنی نمایش می‌دهد.



شکل (۱-۲) - اساس کار هیدرولیک

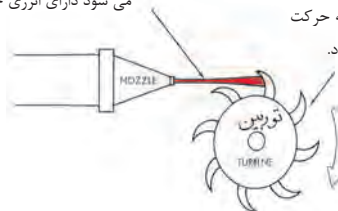
## ۱-۳ مبانی فشار:

هر چند که کلمه هیدرولیک ریشه یونانی داشته و به مفهوم آب است، لیکن نباید تصور شود که علم هیدرولیک در خصوص وسایل و دستگاه‌هایی صحبت می‌کند که با آب کار می‌کنند. نظیر یک

چرخ آبی و یا یک توربین آبی. شکل (۱-۳).

۱- مایعی که از نازل با سرعت زیاد خارج می‌شود دارای انرژی جنبشی می‌باشد.

۲- انرژی موجود در جریان مایع توسط توربین به حرکت دورانی تبدیل می‌شود.



شکل (۱-۳) - وسیله‌ی هیدرودینامیکی، از انرژی جنبشی به عوض فشار، بهره می‌گیرد

۲-Hydraulics

۳-Force

۴- motion

۵-Liquid

۶-Transmit

۷- Power

۸- Transfer

و لذا لازم است مرزی کاملاً مشخص بین دو گروه از وسایل و دستگاهها به ترتیب زیر، ترسیم گردد.

۱- وسایل و دستگاههایی که از ضربه نیرو<sup>۹</sup> و یا ممنتوم<sup>۱۰</sup> یک مایع متحرک بهره مند می شوند و به فعالیت درمی آیند، و بنابر تعریف دارای مکانیزم هیدرودینامیکی<sup>۱۱</sup> هستند.

۲- وسایل و دستگاههایی که از اعمال نیرو به یک مایع محبوس (یعنی فشار) بهره مند می شوند و به فعالیت درمی آیند، و بنابر تعریف دارای مکانیزم هیدرواستاتیکی<sup>۱۲</sup> هستند. در ضمن فشارهم همان نیروی اعمال و منتشر شده ای است که به کلیه سطوح دربرگیرنده مایع محبوس وارد می آید و بر حسب نیرو بر واحد سطح (مثلاً نیوتون بر مترمربع  $N/m^2$ ) بیان می شود.

لازم به یادآوریست که کلیه تجهیزات و مکانیزمهایی که در این کتاب مورد مطالعه قرار خواهند گرفت، در شمار وسایل و دستگاههای هیدرواستاتیکی می باشند، چرا که فعالیت آنان در حوزه ی اعمال نیرو بر یک مایع محبوس قرار دارد و به عبارت دیگر انتقال انرژی از طریق فشار در آنان صورت می پذیرد.

۱-۳-۱ - **فشار چگونه تولید می شود:** فشار زمانی تولید می شود که یا مانعی در مسیر جریان مایع ظاهر شود مانند شکل (۴-۱) و یا مقاومتی در مقابل نیرویی که می خواهد سیال مایع را به حرکت درآورد پدیدار گردد. مانند (شکل (۵-۱))

- ایجاد تمایل در مایع، برای به حرکت درآمدن، ممکن است توسط یک پمپ مکانیکی و یا ممکن است، بسیار ساده، توسط وزن خود مایع، فراهم شود.

بدیهی است که فشار در هر نقطه از یک توده ی مایع مثلاً آب، متناسب است با عمق آن نقطه، و در عمقهای مساوی، فشار ثابت است و تنها بستگی به وزن مایع در بالای آن عمق دارد.

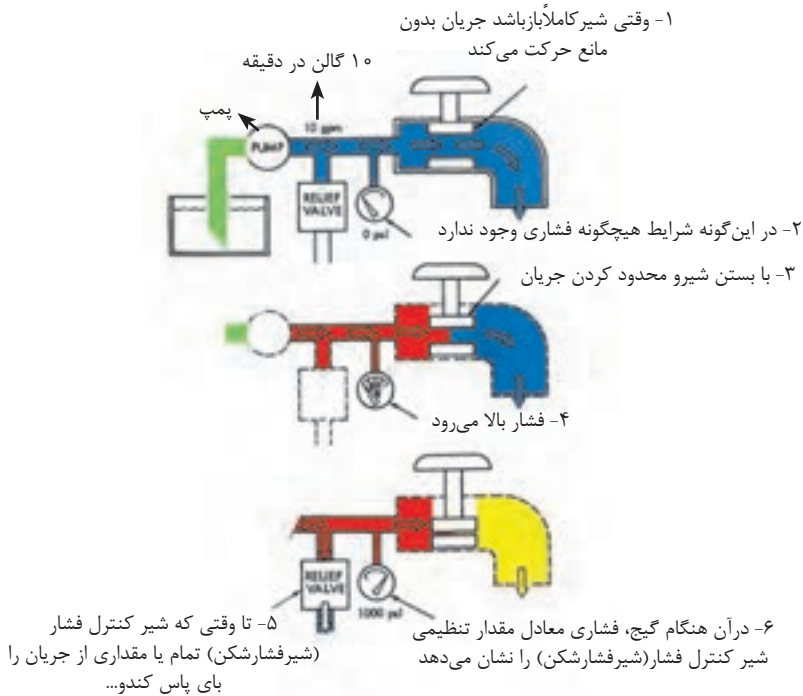
---

۹-Impact

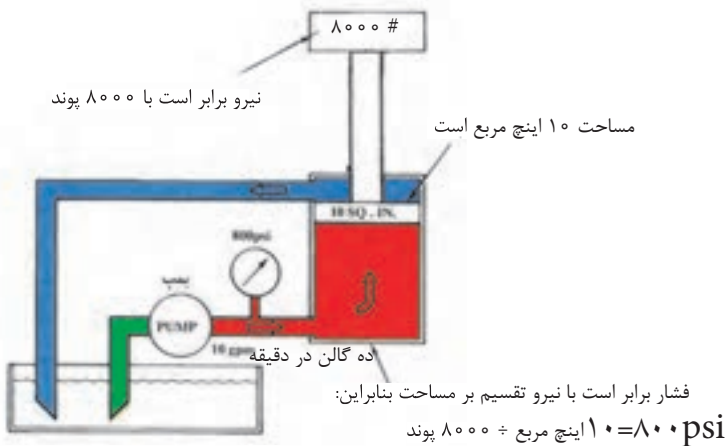
۱۰-Momentum

۱۱- Hydrodynamic Device

۱۲- Hydrostatic



شکل (۱-۴) - وجود مانع تولید فشار می نماید و حد فشار تولیدی توسط شیر کنترل فشار تعیین می گردد

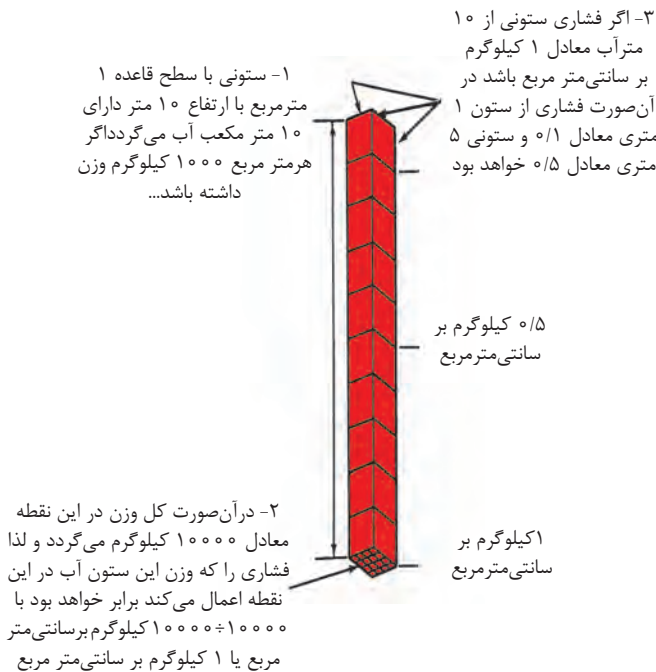


شکل (۱-۵) - حضور نیروی مقاوم در برابر عبور آزاد جریان تولید فشار می نماید

- همانگونه که در شکل (۶-۱) نمایش داده شده است، یک ستون آب شیرین ۱۰ متری فشار ارتفاعی که تولید می کند معادل ۱ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و یک ستون آب ۵ متری، فشار ارتفاعی که تولید می کند، معادل ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است، لیکن پر واضح است که با تغییر نوع سیال مایع، مقادیر فشار نیز تغییر خواهند نمود.

باید دانست که در بسیاری از مواقع برای بیان فشار<sup>۱۳</sup> از لفظ فشار ارتفاع یا هد<sup>۱۴</sup> استفاده

می شود.



شکل (۶-۱) - فشار ارتفاع نتیجه وزن خود مایع است

۱۳-Pressure

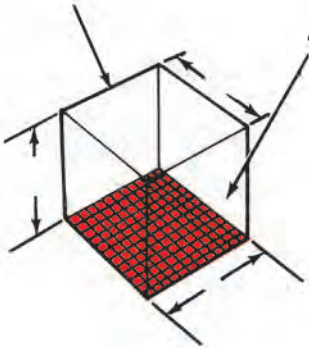
۱۴-Head

### ۲-۳-۱- فشار در ستونی از مایع:

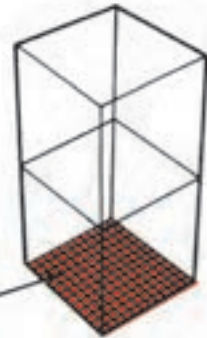
- وزن حجم معینی از روغن، تا حدودی تابع درجه لزجت<sup>۱۵</sup> آن روغن است. به هر حال برای کاربردهای معمولی، وزن روغن های هیدرولیک چیزی بین ۸۸۰ تا ۹۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد. یکی از علل بررسی وزن روغن هیدرولیک، تاثیری است که وزن روغن بر روی قسمت ورودی پمپ ها دارد. در کل فشاری که روغن هیدرولیک در انتهای ستونی به ارتفاع یک متر به سبب وزنش تولید می کند، معادل ۹۰۰۰ پاسگال<sup>۱۶</sup> یا برابر ۰/۰۹ بار<sup>۱۷</sup> است. (شکل ۷-۱).

۱- وزن یک متر مکعب روغن در حدود ۸۸۰ تا ۹۳۰ کیلوگرم یا ۸۶۰۰ تا ۹۱۰۰ نیوتن می باشد.

۲- حال اگر چنین وزنی بر سطح یک متر مربع ای، نیرو وارد نماید، فشار وارد بر کف معادل ۹۰۰۰ نیوتن بر متر مربع یا معادل ۹۰۰۰ پاسگال خواهد بود.



۳- نظر به اینکه، ستون ۲ متری از این روغن مسلماً دو برابر وزن دارد لذا فشار وارد بر کف معادل ۱۸۰۰۰ پاسگال خواهد شد



### شکل ۷-۱- وزن روغن موجب تولید فشار می گردد

و البته به ازای هر متر افزایش ارتفاع، مقدار فشار در پائین ستون بمیزان ۹۰۰۰ پاسگال افزایش می یابد. بطور کلی در یک ستون مایع، مقدار فشار را در هر نقطه دلخواه می توان از رابطه زیر تعیین نمود:

$$p = \rho gh$$

۱۵- Viscosity

۱۶- Pascal

۱۷- Bar/bar



که:  $p =$  مقدار فشار بر حسب نیوتن بر متر مربع  
 $\rho =$  وزن مخصوص مایع بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب  
 $g =$  شتاب ثقل محیط بر حسب متر بر مجذور ثانیه  
 $h =$  عمق نقطه دلخواه تا سطح آزاد مایع بر حسب متر  
 ضمناً: هر بار فشار معادل  $10^{+5}$  نیوتن بر متر مربع یا پاسگال است  
**فشار اتمسفر<sup>۱۸</sup>:**

فشار اتمسفر چیزی جز فشار هوای موجود در جوی که ما زندگی می‌کنیم نیست و آن هم مربوط به وزن هوا می‌باشد. در سطح دریا، وزن ستونی از هوا، به سطح قاعده ۱ اینچ مربع و به ارتفاع زمین تا جو، برابر ۱۴/۷ پوند است لذا فشار معادل ۱۴/۷ psia است. (شکل ۸-۱).

۱- یک ستون هوا با سطح مقطع یک اینچ مربع و به ارتفاع زمین تا اتمسفر



شکل ۸-۱- فشار اتمسفر، همان فشار ارتفاع هوا و یا به عبارتی وزن کل ستون هوا است

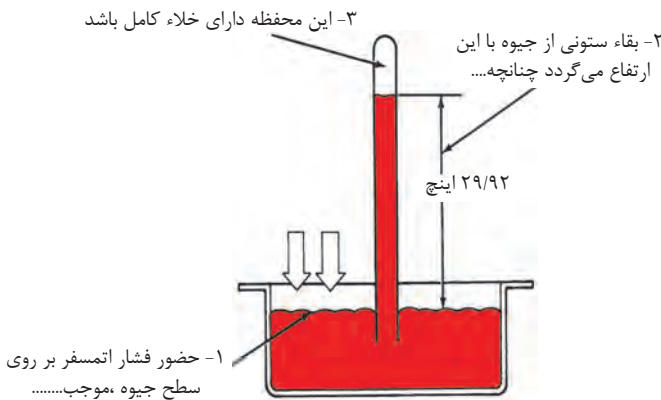
۲- در سطح دریا ۱۴/۷ پوند وزن دارد بنابراین فشار اتمسفر ۱۴/۷ Psia می‌باشد

البته هر قدر که از سطح زمین بالاتر رویم، از وزن ستون هوا کاسته می‌شود، و لذا فشار هوا هم کاهش می‌یابد. همین طور در سطوح پائین تر از سطح دریا، فشار بیش از ۱۴/۷ psia است. در

فضائی که فشار از فشار اتمسفر کمتر است، خلاء یا خلاء نسبی وجود دارد. در ضمن خلاء کامل زمانی حاصل می شود که اصلاً فشاری وجود نداشته باشد و عبارتی دیگر مقدار فشار برابر صفر psia باشد.

### فشارسنج جیوه‌ای<sup>۱۹</sup>:

فشار اتمسفر را نیز می توان با واحد دیگری به نام اینچ جیوه (in. Hg) اندازه گیری و بیان کرد. وسیله ای که برای این منظور وجود دارد بارومتر جیوه‌های نامیده می شود. بارومتر جیوه ای (شکل ۱-۹) وسیله ای است که توسط تریچلی اختراع شد. او نشان داد، زمانی که یک لوله پر از جیوه را در داخل طشت حاوی جیوه وارونه می کنیم، ارتفاع ستون جیوه در داخل لوله به اندازه معینی پائین می آید (لیکن تمام جیوه تخلیه نمی شود)، او چنین استدلال کرد که فشار اتمسفر روی سطح جیوه داخل طشت موجب باقی ماندن ستون جیوه در داخل لوله می شود و همزمان با آن، در فضای فوقانی لوله، خلاء کاملی به وجود می آید. در هوای معمولی ارتفاع ستون جیوه همواره ۲۹/۹۲ اینچ است (که برای سهولت مقدار آنرا ۳۰ in-hg در نظر می گیرند) و این مقدار معادل فشار یک اتمسفر است.



شکل ۱-۹ - فشارسنج جیوه‌ای، فشار هوا (اتمسفر) را اندازه می گیرد

۵-۳-۱- اندازه گیری خلاء ۲°:

چون خلاء به فشار کمتر از اتمسفر گفته می شود. بنابراین مقدار خلاء را می توان با همان واحد فشار اندازه گیری و بیان کرد اکثر خلاء سنجها بر حسب اینچ جیوه درجه بندی شده اند. نظر به اینکه یک خلاء کامل، قادر است ستونی از جیوه را در ارتفاع ۲۹/۹۲ اینچی طشت جیوه نگه دارد، لذا در خلاء سنجها مقدار خلاء کامل را با عدد ۲۹/۹۲ اینچ جیوه نمایش می دهند و قاعدتاً عدد صفر نشان دهنده آن است که اصلاً خلاء وجود ندارد (یا به عبارت دیگر در فشار اتمسفر، این خلاء سنج عدد صفر را نمایش می دهد).

۶-۳-۱- معرفی تعدادی از واحدهای اندازه گیری فشار و خلاء:

چون روشهای گوناگونی برای اندازه گیری فشار و خلاء بیان شده شاید بهتر باشد که تمامی آنها را به یکباره با هم مقایسه کنیم، با توجه به (شکل ۱۰-۱)



شکل ۱۰-۱- مقایسه فشار و خلاء با واحدهای مختلف

درجه بندی معادل  $29.92 \text{ in-Hg}_{ABC}$  است و لذا می توان نوشت: تقریباً  $1 \text{ psi} = 2 \text{ in-Hg}$  (۶) یک اتمسفر فشار، تقریباً معادل فشار ارتفاع ۱۰ متر یا ۳۴ فوت آب شیرین یا معادل فشار ارتفاع ۱۱ متر یا ۳۷ فوت روغن است.

(۷) واحدهای دیگری برای فشار در فیزیک هیدرولیک وجود داشته که متداول ترین آنان پاسکال، بار، کیلوگرم نیرو بر سانتی متر مربع و کیلوگرم نیرو بر متر مربع می باشند.

ضمناً:  

$$1 \text{ نیوتن} \equiv 1 \frac{m^2}{\text{پاسکال}}$$

$$1 \text{ بار} \equiv 10^5 \frac{N}{m^2} \equiv 10^5 \text{ پاسکال}$$

$$1 \text{ مگاپاسکال} \equiv 10^6 \text{ پاسکال}$$

- برای آگاهی از مقادیر سایر واحدهای فشار به بخش ضمیمه مراجعه شود..

#### ۴-۱- نیرو:

نیرو<sup>۲۲</sup> عبارت است از تأثیر یک جسم بر روی جسم دیگر است که یا سبب حرکت آن جسم و یا موجب تند و یا کند شدن حرکت آن جسم و یا باعث متوقف شدن آن جسم می شود.

(۱) یک نوع درجه بندی فشار، برحسب واحد اتمسفر است و چنانچه می دانیم یک اتمسفر فشار عملاً معادل  $14/7 \text{ psi}$  و یا  $\text{psia}$  فشار است، ( $a^{21}$  به مفهوم مطلق است) و برابر با وزن ستونی از هوا با سطح قاعده یک اینچ مربع و به ارتفاع زمین تا جو می باشد

(۲) یک نوع درجه بندی فشار، برحسب واحد  $\text{psia}$  (پوند بر اینچ مربع - مطلق) است، که از خلاء مطلق ( $\text{psia}$  صفر) شروع می شود. در این نوع درجه بندی، فشار اتمسفر  $14/7$  نمایش داده می شود.

(۳) یک نوع درجه بندی فشار، برحسب واحد  $\text{psi}$  است، که درجات آن با درجات  $\text{psia}$  فرقی ندارد، لیکن درجه بندی از فشار اتمسفر آغاز می شود. و نه از صفر مطلق گاهی این نوع درجه بندی را با  $\text{psig}$  (پوند بر اینچ مربع - گیج) هم نمایش می دهند.

(۴) جهت تبدیل دو نوع واحد  $\text{psia}$  و  $\text{psig}$  می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\text{Psia} = \text{psig} + 14/7$$

(۵) در بارومتر یا فشار سنج جیوه ای درجات برحسب  $\text{in-Hg}_{ABS}$  (اینچ جیوه - مطلق) است، و یک اتمسفر فشار در این نوع

۲۱- Absolute

۲۲- Force

## ۱-۴-۱ - واحد نیرو

واحدهای متداول نیرو عبارتند از، کیلوگرم نیرو، پوند، نیوتن و دین

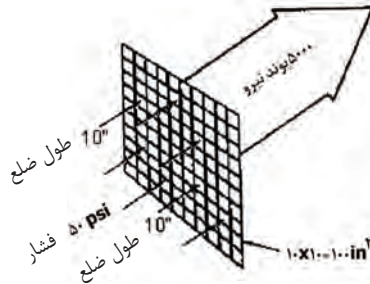
$$\text{دین } 10^{+5} \times 9/8 \equiv \text{نیوتن } 9/8 \equiv \text{پوند } 2/2 \equiv 1 \text{ کیلوگرم نیرو}$$

- برای آگاهی از مقادیر سایر واحدهای نیرو به بخش ضمیمه مراجعه شود.

## ۱-۴-۲ - رابطه نیرو با فشار و سطح:

- بین سه پارامتر نیرو، فشار، سطح هموار، رابطه ی زیر برقرار است

$$F = P.A$$



شکل ۱-۱۱ - ارتباط نیرو، فشار و سطح

- چنانچه واحد فشار Psi و واحد سطح  $\text{in}^2$  باشد در آنصورت نیرو برحسب پوند و چنانچه واحد

فشار پاسگال و واحد سطح  $\text{m}^2$  باشد در آنصورت نیرو برحسب نیوتن خواهد بود.

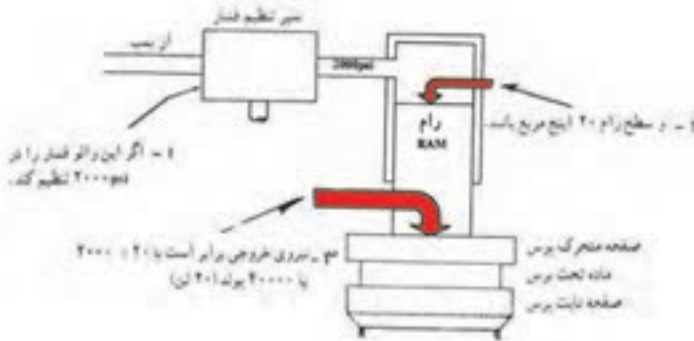
- تصویر نشان میدهد که چگونه فشار سیال معادل 50 Psi وارد بر سطح ای به مساحت  $100 \text{ in}^2$

در کل نیروئی برابر 5000 پوند، تولید می نماید:

$$F = P.A$$

$$F = 50 \times 100 = 5000$$

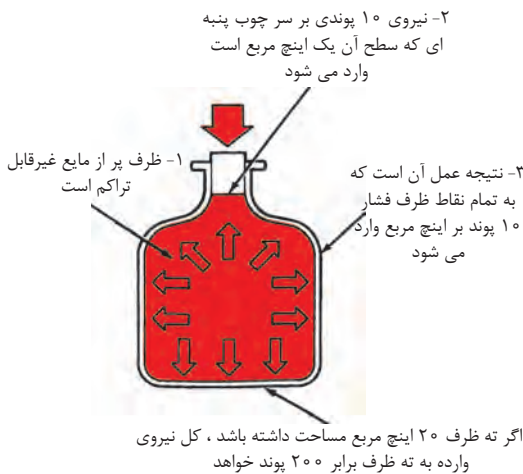
- در شکل (۱۲-۱)، یک پرس هیدرولیکی که شیر تنظیم فشار آن در  $2000 \text{ Psi}$  تنظیم شده، فشار هیدرولیک، به سطح مقطع  $20 \text{ in}^2$  اعمال می نماید، ولذا قادر به تولید نیروی  $40000$  پوندی برای پرس نمودن قطعه کار (ماده تحت پرس) است



شکل ۱۲-۱- نیرومعادل است با حاصل ضرب فشار در سطح

### ۵-۱- قانون پاسکال ۲۳ :

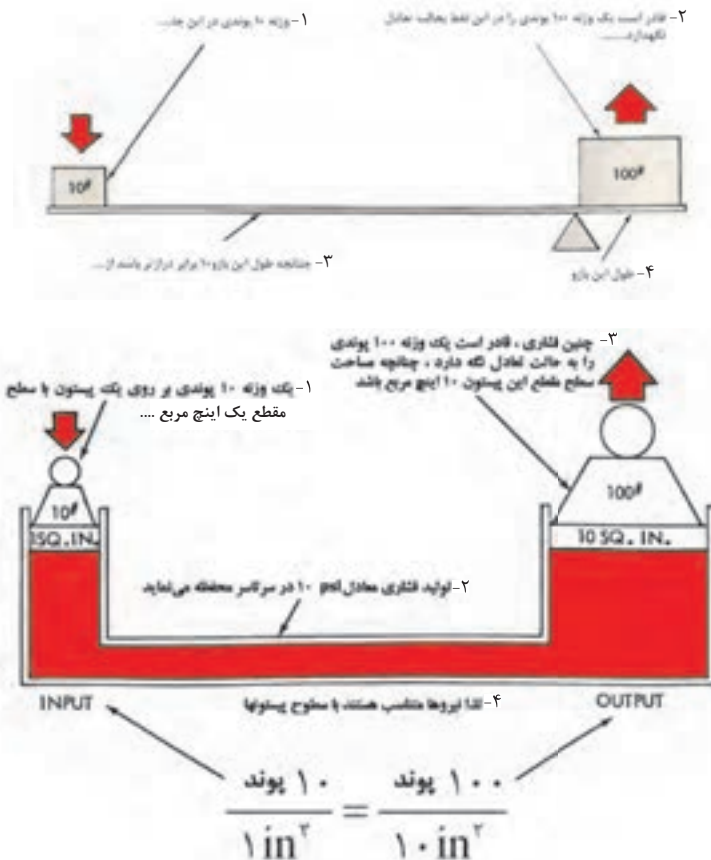
- این قانون بیان می کند که، فشار وارد به یک نقطه از یک مایع محبوس، عیناً به کلیه نقاط و جهات آن مایع منتقل می شود و قادر است نیروئی مساوی و عمود بر سطوحی مساوی، اعمال کند.  
- اکنون روشن می شود که به چه علت فشار وارد بر روی چوب پنبه یک بطری پر، می تواند به شکستن بطری منجر شود. اصولاً "کلیه مایعات غیر قابل تراکم هستند. لذا هرگونه فشاری که بر مایع داخل بطری اعمال شود، این فشار عیناً



شکل ۱۳-۱- فشار به تمام نقاط مایع حبس شده منتقل می گردد

به کلیه قسمت‌های مایع درون بطری منتقل می‌شود. و نتیجه کار، وارد آمدن نیروی بزرگتر، بر روی سطوحی خواهد بود که از سطح مقطع چوب پنبه بزرگتر هستند، لذا این امکان وجود دارد که با فشاری نه چندان زیاد، که به چوب پنبه وارد می‌آوریم، ته بطری را بشکنیم.

- شاید این سادگی حاکم بر قانون پاسگال بود که موجب شد، بشر به مدت دو قرن از پتانسیل عظیمی که در نهاد این قانون وجود دارد غفلت بورزد، تا آنکه در اوایل دوران انقلاب صنعتی، شاهد بهره‌گیری از این قانون توسط یک مکانیک انگلیسی به نام جوزف برامآ و ساخت پرس هیدرولیکی توسط او می‌شویم. شکل (۱۴-۱)



شکل ۱۴-۱- تعادل هیدرولیکی

از تصویر، به راحتی می توان نتیجه گیری کرد که، مقدار نیرو (یا وزنه) هائی که قادر هستند دستگاه را در حالت تعادل نگه دارند، با سطح مقطع پیستونها متناسب اند، برای مثال چنانچه سطح مقطع پیستون خروجی، به  $200 \text{ in}^2$  افزایش یابد، نیروی خروجی تولیدی به  $2000$  پوند، افزایش می یابد و این همان رمزی است که در جکها و پرس های هیدرولیکی موجود است. در ضمن نکته قابل توجه، تشابه دقیقی است که مابین حاصل کار یک پرس هیدرولیکی و یک اهرم وجود دارد، به قسمت B از تصویر توجه کنید، مشاهده می شود که رابطه نیرو به نیرو مثل رابطه فاصله به فاصله است. و لذا در پرس هیدرولیکی رابطه زیرمابین جکهای آن برقرار است :

$$\frac{\text{نیروی ورودی}}{\text{سطح مقطع جک ورودی}} = \frac{\text{نیروی خروجی}}{\text{سطح مقطع جک خروجی}} \quad \text{یا} \quad \frac{\text{نیروی ورودی}}{\text{نیروی خروجی}} = \frac{\text{سطح مقطع جک خروجی}}{\text{سطح مقطع جک ورودی}}$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{یا} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

## ۶-۱ اصل بقای انرژی<sup>۲۴</sup> :

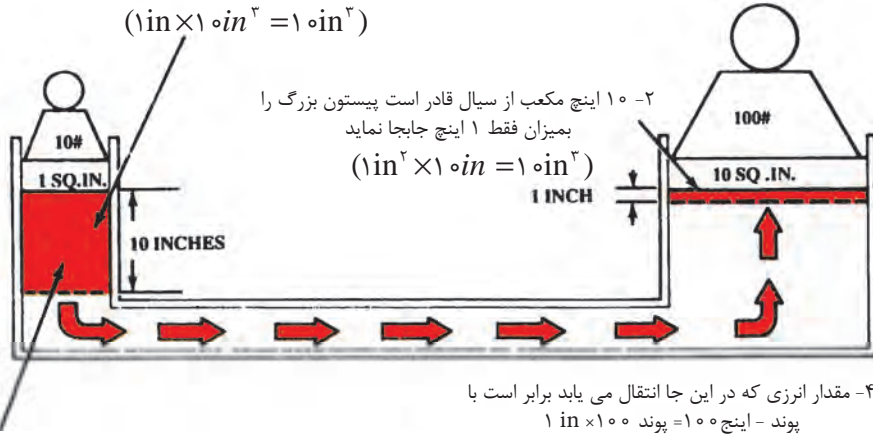
- در فیزیک، یک قانون اساسی حاکی از آن است که انرژی نه قابل خلق شدن است و نه قابل نابود شدن، پس اشتباه نشود، نیروی بزرگی که در پرس هیدرولیکی تولید می شود، از هیچ بوجود نیامده است، چرا که پیستون جک بزرگ، حرکت خود را از جابجائی مایعی بدست می آورد که پیستون جک کوچک مسبب آن است. و لذا مسافتی که پیستونهای جکها طی می نمایند (بواسطه جابجائی مایع) یکسان نبوده و متناسب با عکس سطح مقطع پیستونهایشان خواهد بود و لذا ما تولید نیروی بزرگتر را در مقابل تفاوت مسافت ها طی شده توسط پیستونها و یا در مقابل تفاوت سرعت های حرکت پیستونها، کسب می نمائیم.

<sup>۲۴</sup>- Conservation of Energy



- ۱- حرکت پیستون کوچک به میزان ۱۰ اینچ موجب جابجایی ۱۰ اینچ مکعب سیال می گردد

$$(1 \text{ in} \times 1 \text{ in}^2 = 1 \text{ in}^3)$$



- ۴- مقدار انرژی که در این جا انتقال می یابد برابر است با پوند - اینچ = ۱۰۰ = پوند  $1 \text{ in} \times 100$

- ۳- مقدار انرژی که در اینجا هم انتقال می یابد برابر است با پوند - اینچ = ۱۰۰ = پوند  $10 \text{ in} \times 10$

### شکل ۱۵-۱- انرژی رانه می توان خلق و نه می توان نابود نمود

- لذا برابر اصل بقا: انرژی، در پرس های هیدرولیکی روابط زیر برقرار است :

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad \text{یا} \quad \frac{\text{نیروی ورودی}}{\text{نیروی خروجی}} = \frac{\text{مسافت طی شده توسط پیستون جک خروجی}}{\text{مسافت طی شده توسط پیستون جک ورودی}}$$

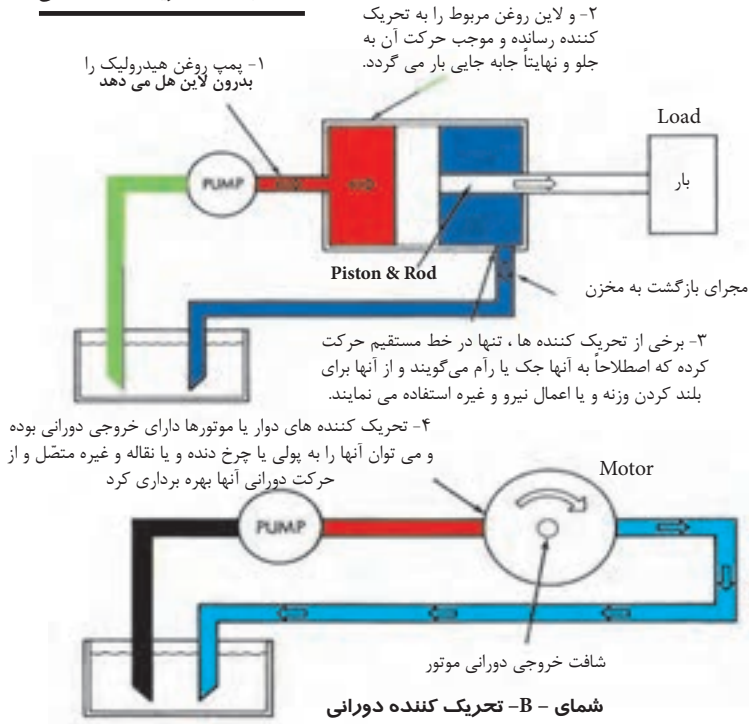
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{یا} \quad \frac{\text{نیروی ورودی}}{\text{نیروی خروجی}} = \frac{\text{سرعت حرکت پیستون جک خروجی}}{\text{سرعت حرکت پیستون جک ورودی}}$$

### ۷-۱ - انتقال یا ارسال قدرت هیدرولیکی ۲۵:

بطور کلی می توان گفت که در سیستمهای هیدرولیکی، با اعمال فشار بر یک مایع محبوس نیرو تولید میگردد و این ارسال نیرو یا انتقال قدرت است که توسط خود مایع محبوس در سیستم انجام می شود. و لذا سیستمهای هیدرولیکی به هیچ وجه منبع اولیه تولید نیرو یا قدرت نیستند، چرا

که در واقع منبع اولیه تولید قدرت و یا نیرو در حقیقت آن دینام برقی و یا موتور دیزلی ای است که پمپ سیستم هیدرولیک را به گردش درمی آورد؛ لذا در یک سیستم هیدرولیکی، آن عضوی که اعمال فشار بر روی روغن می کند پمپ<sup>۲۶</sup> و آن عضوی که فشار روغن هیدرولیک را به نیروی مکانیکی قابل استفاده تبدیل می کند، تحریک کننده<sup>۲۷</sup> می نامند. در ضمن تحریک کننده ها یا دارای حرکت خطی<sup>۲۸</sup> هستند مثل جکها<sup>۲۹</sup> که قادر هستند، مثلاً با هل دادن، باری را جابجا نمایند، و یا دارای حرکت دورانی<sup>۳۰</sup> هستند، مثل موتورهای هیدرولیکی<sup>۳۱</sup>، که با اتصال آنان به انواع پولی ها، گیربکس ها، نقاله ها و غیره، می توانند خدمات بسیار گوناگونی ارائه نمایند.

**شمای A- تحریک کننده خطی**



شکل ۱-۱۶- انتقال قدرت هیدرولیکی

۲۶- Pump

۲۷- Actuator

۲۸- Linear

۲۹- Hydraulic Cylinder

۳۰- Rotary

۳۱- Hydraulic Motor

## ۸-۱ - مبانی جریان ۳۲ :

در یک سیستم هیدرولیک، آن عاملی که اساساً موجب به گردش درآمدن و یا به حرکت درآمدن عضو تحریک کننده میگردد، جریان روغن است و نه حضور خود روغن به تنهایی بعبارت دیگر، درست است که نیرو تنها با فشار، انتقال می یابد لیکن برای ایجاد حرکت در عضو تحریک کننده، وجود جریان روغن ضروری است ولذا حضور روغن آنهم به شکل ساکن به تنهایی کفایت نمی کند.

در یک سیستم هیدرولیک جریان روغن توسط پمپ تولید می شود.

### ۸-۱-۱- نحوه اندازه گیری جریان :

دو روش، برای اندازه گیری مقدار جریان روغن وجود دارد:

#### الف- با اندازه گیری سرعت حرکت روغن:

سرعت حرکت روغن، به معدل تندی ذرات سیالی گفته می شود که از مقابل نقطه ثابتی عبور می کند و یا به معدل فاصله ای که ذرات در واحد زمان طی می کنند. واحدهای متداول سرعت در هیدرولیک عبارتند از متر بر ثانیه (m/s) فوت بر ثانیه (fps) فوت بر دقیقه (fpm) اینچ بر ثانیه (ips).

در واقع یکی از علت های مهم تعیین سرعت حرکت روغن هیدرولیک، محاسبه و تعیین سایز لوله های دستگاه هیدرولیک مربوطه می باشد که در طراحی بسیار مهم است.

#### ب - با اندازه گیری مقدار دبی :

واژه دبی، مقیاسی است برای بیان حجمی از سیال که از مقابل نقطه مشخصی، در طول زمان معینی عبور می کند. واحدهای متداول دبی در هیدرولیک عبارتند از :

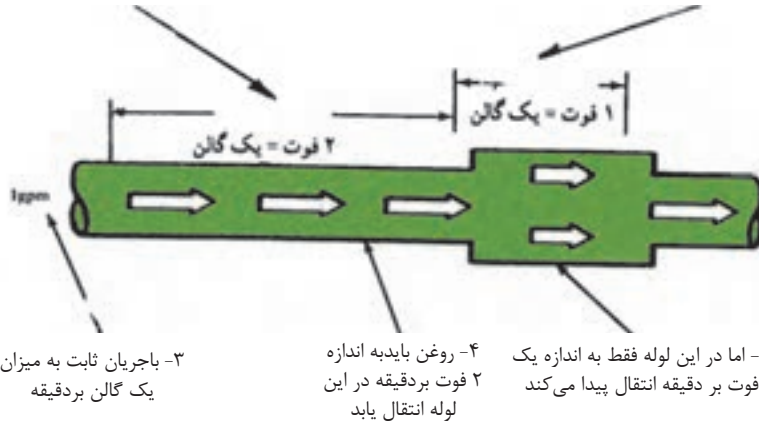
متر مکعب بر ثانیه ( $m^3/s$ ) ، گالن در دقیقه (gpm) و اینچ مکعب بر دقیقه (شکل ۱۷-۱)

تفاوت بین سرعت و مقدار دبی را توضیح می دهد و نشان می دهد که چگونه جریانی با دبی ثابت

یک گالن در دقیقه، در سطح مقطعهای متفاوت دارای افزایش و یا کاهش سرعت می شود.

۱- دوفوت از لوله کوچک یک گالن روغن در خود جای دهد

۲- اما فقط یک فوت از لوله بزرگ می تواند یک گالن روغن در خود جای دهد



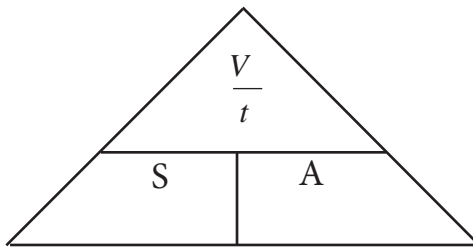
**شکل ۱۷-۱- جریان عبارت از حجم جابه جا شده در واحد زمان و سرعت عبارت از مسافت طی شده در واحد زمان است.**

۲- ۸- ۱- رابطه بین مقدار دبی و سرعت عمل یک تحریک کننده:

تحریک کننده، اصولاً یا یک جک هیدرولیکی است که در آن صورت خروجی آن به صورت یک حرکت خطی ظاهر می شود و یا یک موتور هیدرولیکی است که خروجی آن همیشه بصورت یک حرکت دورانی است. آزمایش نشان می دهد که سرعت حرکت پیستون یک جک هیدرولیکی و یا سرعت گردش شافت یک موتور هیدرولیکی، بستگی به ابعاد عضوهای یاد شده و دبی یا سرعت تزریق روغن هیدرولیک به این اعضاء دارد. در شکل (۱۸-۱)، هر دو جک دارای حجم مساوی هستند، با این حال پیستون جک B، دو برابر سریعتر از پیستون جک A، حرکت می کند، زیرا که سرعت تزریق روغن (دبی) به وسیله پمپ مربوطه، دو برابر است. مسلم است که در شرایط فوق چنانچه سطح مقطع جکی، کوچکتر از دیگری باشد، به همان نسبت سرعت حرکت پیستون آن سریعتر خواهد بود.

لذا نتایج فوق را می توان در روابط زیر خلاصه کرد :

$$\text{سرعت حرکت پیستون} = \frac{\text{دبی پمپ}}{\text{سطح مقطع پیستون}}$$



$$S = \frac{V}{tA}$$

$$\text{دبی پمپ (و یا سرعت جابجائی حجم معینی از روغن توسط پمپ)} = \frac{V}{t}$$

بر حسب  $m^3/s$

$$A = \text{سطح مقطع پیستون بر حسب } m^2$$

$$S = \text{سرعت حرکت پیستون بر حسب } m/s$$

۳- ۸- ۱- خلاصه نتایج به دست آمده:

(۱) نیرو یا گشتاور خروجی از عضو تحریک کننده بستگی مستقیم به فشار روغن هیدرولیک داشته

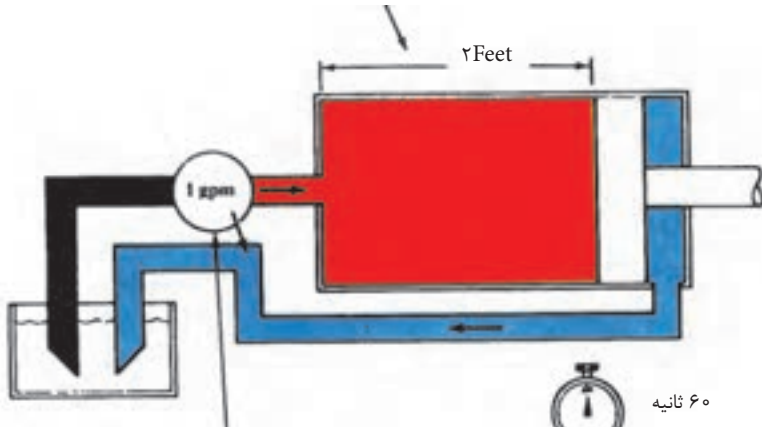
و هیچ ارتباطی به دبی پمپ (یا سرعت تزریق روغن هیدرولیک به آن تحریک کننده) ندارد.

(۲) سرعت حرکت یا سرعت گردش عضو تحریک کننده بستگی مستقیم به دبی پمپ یا سرعت تزریق

روغن هیدرولیک به آن تحریک کننده (پیستون یا موتور هیدرولیکی) داشته و هیچ ارتباطی به فشار

روغن هیدرولیک ندارد.

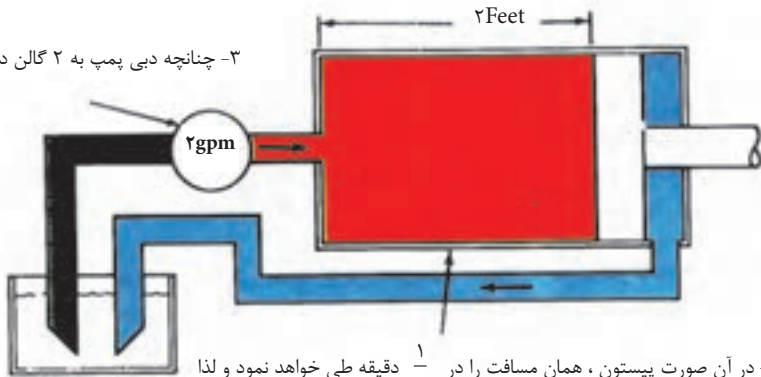
۱- اگر این جک با کورس معادل ۲ فوت به میزان ۱ گالن روغن در خود نگهدارد



۲- یک پمپ با دبی ۱ گالن در دقیقه عملاً پیستون را به میزان ۲ فوت در یک دقیقه جابه جا می نماید . لذا سرعت حرکت پیستون ۲ فوت در دقیقه است



۳- چنانچه دبی پمپ به ۲ گالن در دقیقه افزایش یابد.

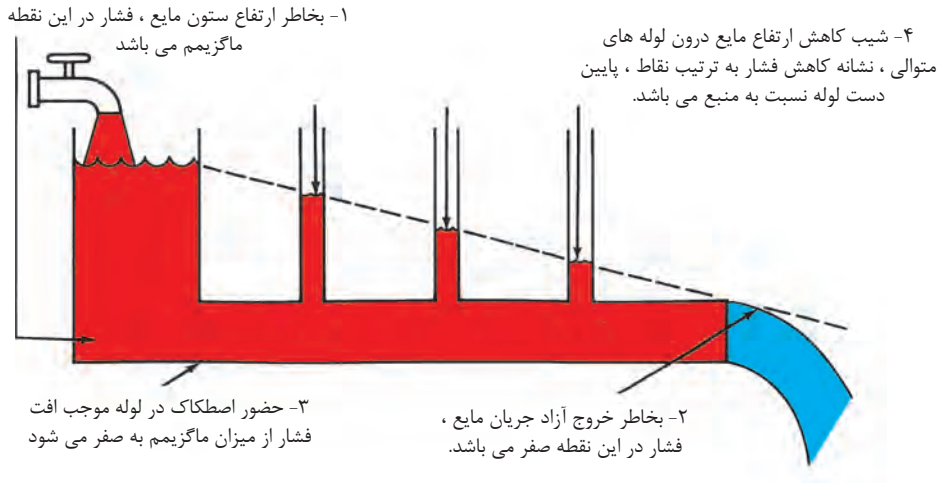


۴- در آن صورت پیستون ، همان مسافت را در  $\frac{1}{2}$  دقیقه طی خواهد نمود و لذا سرعت حرکت پیستون به ۴ فوت در دقیقه افزایش خواهد یافت

شکل ۱۸-۱- سرعت حرکت جک ، بستگی به ابعاد جک و دبی روغن تزریقی به جک ، دارد

۴- ۸- ۱- جریان و افت فشار<sup>۲۳</sup>:

هر کجا که مایعی در حال حرکت است، به یقین در آن محیط نیروی غیر متعادلی حضور دارد که موجب حرکت سیال شده است: لذا چنانچه سیالی در درون لوله ای با سطح مقطع ثابت در حال حرکت باشد، همواره فشار در پائین دست لوله قدری کمتر از بالا دست آن خواهد بود. و لذا همین تفاوت فشار و یا افت فشار است که موجب فایق آمدن جریان مایع بر اصطکاک درون لوله می شود. در شکل (۱۹- ۱) افت فشار رابه واسطه اصطکاک نشان می دهد. در این شکل افت فشار از مقدار ماکزیمم خود تا مقدار صفر را با تفاوتی که در ارتفاع مایع درون لوله های عمودی است، می توان مشاهده کرد.



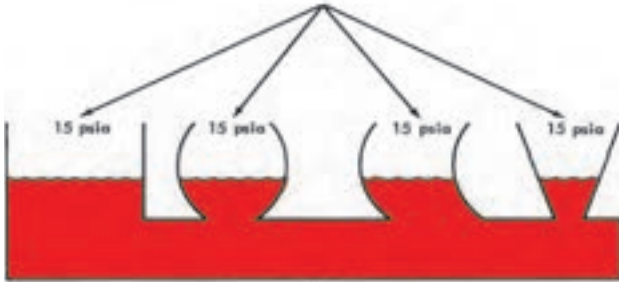
شکل ۱۹-۱- وجود اصطکاک در لوله ها سبب افت فشار می گردد

## ۵- ۸- ۱- تمایل به همترازی در سیال مایع :

زمانی که اصلاً تفاوت فشار (یا افت فشار) وجود ندارد، سطوح آزاد مایع، در یک تراز قرار می گیرند. مانند شکل (۲۰- ۱) حال اگر مقدار فشار در نقطه ای از مایع تغییر کند (بخش B شکل) سطوح

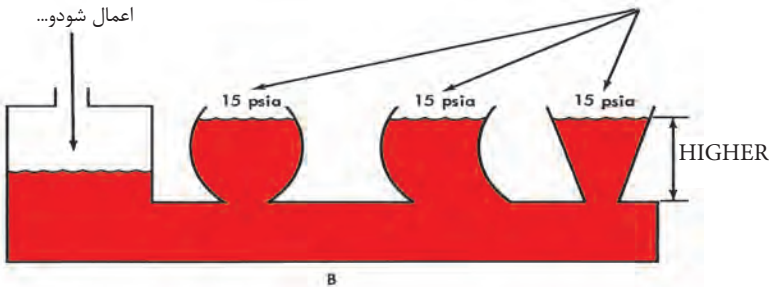
مایع در سایر قسمت‌ها شروع به بالا رفتن می‌کند، تا آنجا که وزنشان جبران تفاوت یا تغییر فشار را بکند و چنانچه سیال روغن باشد هر متر افزایش ارتفاع جبران ۰/۰۹ bar (یا ۹۰۰۰ پاسگال) تغییر فشار را می‌کند. و لذا نتیجه می‌شود که برای به جریان در آوردن روغن در لوله‌های عمودی شکل، علاوه بر اختلاف فشاری که برای فائق آمدن بر اصطکاک (که فقط در لوله‌های افقی قبلاً بررسی شد ولی برای کلیه لوله‌ها ضروریست) می‌باشد، نیاز به اختلاف فشار دیگری نیز است که بر نیروی مخالفی که بواسطه وزن مایع در لوله عمودی ظاهر می‌شود نیز فائق آید.

۱- مشاهده می‌شود بدلیل آنکه سطح آزاد مایعات درون ظروف تماماً در معرض فشار اتمسفریک قرار دارند، ارتفاع ستون مایع در تمامی آنان برابر است



۲- چنانچه افزایش فشاری در این محفظه، اعمال شود...

۳- نتیجه آن افزایش ارتفاع ستون مایع در این ظروف خواهد گردید.



شکل ۲۰-۱- ارتفاع سطح آزاد مایع، وابسته به فشار هوای محفظه است



## ۶- ۸- ۱- خلاصه نتیجه بدست آمده:

در طراحی ساخت یک سیستم هیدرولیک، فشار کل هیدرولیک مورد نیاز از مجموع سه فشار زیر به دست می آید.

۱) فشاری که برای حرکت درآوردن جرم روغن در شبکه (بخصوص لوله های عمودی) لازم است.

۲) فشاری که برای فائق آمدن بر اصطکاک داخل لوله ها و تجهیزات شبکه لازم است.

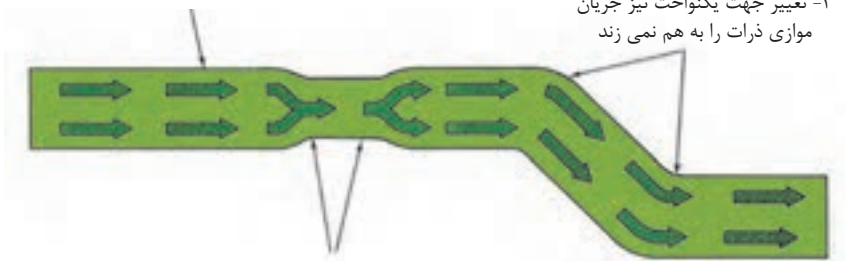
۳) فشاری که برای تولید نیرو و یا تولید گشتاور توسط تحریک کننده جهت به حرکت در آوردن یا وارد آوردن بربر لازم است.

۷- ۸- ۱- جریان آرام<sup>۳۴</sup> و جریان متلاطم<sup>۳۵</sup>:

در شرایط ایده ال، ذرات یک مایع، در درون یک لوله، در مسیرهای مستقیم و موازی با هم حرکت می کنند. شکل (۲۱-۱) در چنین شرایطی گفته می شود که جریان سیال از نوع جریان آرام است. البته باید توجه داشت که لازمه آن پائین بودن سرعت حرکت ذرات و مستقیم بودن لوله است. برای جریانهای آرام، جدار لوله، حداقل اصطکاک را ایجاد می کند.

۱- جریان مایع با سرعت کم در یک لوله مستقیم موازی است یعنی ذرات سیال به طور موازی با جهت جریان حرکت می کنند

۳- تغییر جهت یکنواخت نیز جریان موازی ذرات را به هم نمی زند



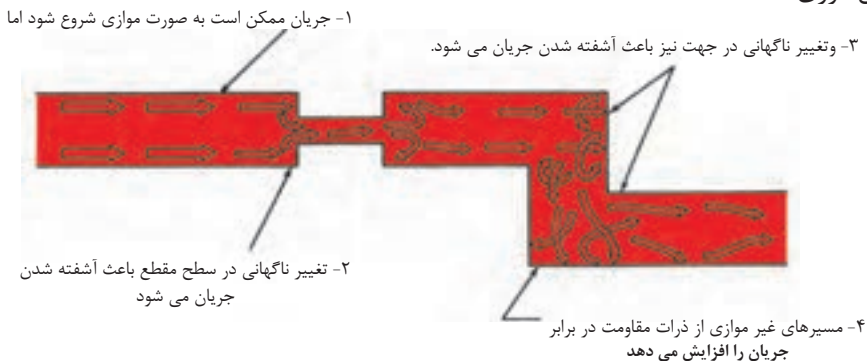
۲- تغییر یکنواخت سطح مقطع جریان موازی ذرات را به هم نمی زند.

شکل ۲۱-۱- در جریان آرام ذرات سیال در مسیرهای موازی حرکت می نمایند.

۳۴- Laminar Flow

۳۵- turbulent Flow

جریان متلاطم در شرایطی به وجود می آید که ذرات سیال، به راحتی و در مسیرهای موازی حرکت نکنند، شکل (۱-۲۲) ، جریان متلاطم، زمانی تولید می شود که مسیر جریان سیال و یا سطح مقطع لوله، ناگهان تغییر کند و یا آنکه سرعت حرکت ذرات سیال بسیار زیاد باشد. نتیجه داشتن جریان متلاطم، افزایش شدید اصطکاک است که مسبب تولید گرما، افزایش فشار کارکرد و به هدر رفتن انرژی است.



شکل ۲۲-۱- تلاطم، سبب ظهور مقاومت در مقابل جریان می گردد

### ۸-۸-۱- اصل برنولی<sup>۳۶</sup>:

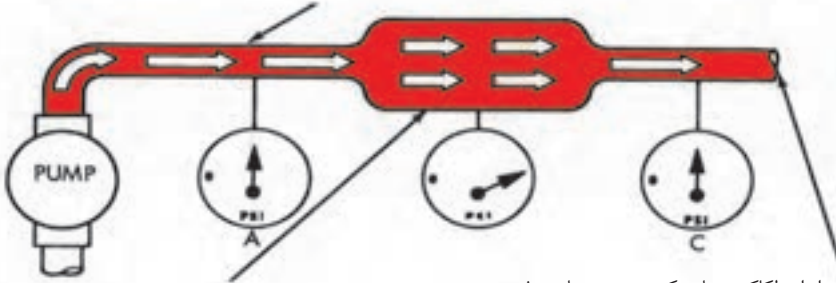
در یک سیستم هیدرولیکی در حال کار، مایع هیدرولیک دارای دو نوع انرژی است. اول آنکه بواسطه جرم و سرعت دارای انرژی جنبشی است و دوم آنکه بواسطه داشتن فشار دارای انرژی پتانسیلی می باشد. دانیل برنولی توانست نشاندهند، در یک سیستم که یک جریانی با دبی ثابت در حال حرکت است، هر بار که سطح مقطع لوله تغییر کند، انرژی از یک شکل به شکل دیگر تبدیل می شود و لذا:

- اصل برنولی بیان می کند که در یک سیستمی که جریانی با دبی ثابت در حال حرکت است، مجموع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی برای کلیه ذرات آن سیال، مقداری است ثابت. شکل

(۱-۲۳)

۳۶- Bernoulli's Principle

۱- در طول لوله باریک سرعت در حد ماگزیمم بوده و لذا بیشتر انرژی به شکل جنبشی بوده و لذا فشار پایین است



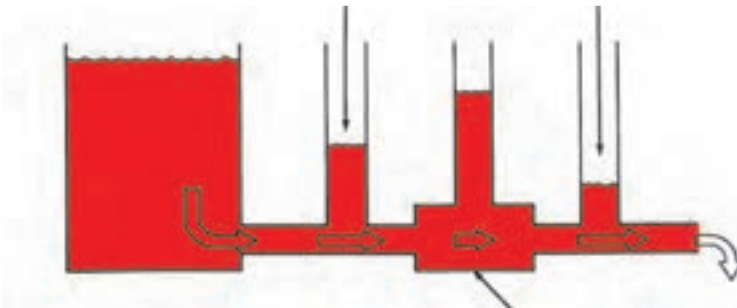
۲- در لوله گشاد، سرعت کاهش می یابد و لذا انرژی جنبشی نیز کاهش می یابد لیکن این افت توسط افزایش فشار، جبران می گردد.

۳- صرف نظر از اصطکاک، زمانی که سرعت جریان روغن به حد وضعیت A برسد فشار روغن هم نیز به حد فشار در وضعیت A خواهد رسید

### شکل ۲۳-۱- در یک جریان با دبی ثابت، مجموع فشار و انرژی جنبشی، مقداریست ثابت

در واقع زمانی که قطر لوله تغییر می کند، سرعت حرکت ذرات تغییر می نماید، و لذا مقدار انرژی جنبشی ذرات افزایش می یابد. و نظر به اینکه انرژی نه از بین می رود و نه تولید می شود؛ لذا تغییر در انرژی جنبشی ذرات باید سبب تغییر در انرژی پتانسیل آنان گردد. و آزمایش فوق این مطلب را ثابت می کند. ضمناً برای آشنایی، شکل (۱-۲۴) تاثیر اصطکاک و تاثیر تغییر سرعت جریان را همزمان بر روی فشار در یک خط لوله، نمایش می دهد.

۱- حضور اصطکاک در لوله، موجب افت فشار، به ترتیب نقاط پایین دست لوله می گردد، مگر در جایی که ....



۲- لوله گشاد می گردد و موجب کاهش سرعت جریان می شود

### شکل ۲۴-۱- اصطکاک و سرعت بر روی فشار تأثیر می گذارند

۹-۸-۱- خلاصه نتیجه بدست آمده:

شده است، به شرط آنکه:

- (۱) این نیرو به شکل هل دادن و یا کشیدن به آن جسم وارد شود.
- (۲) در تمام طول مسیر، نیرو همچنان به جسم اعمال شود.

- اگر چه اصطکاک را نمی توان کاملاً از میان برداشت لیکن می توان آن را تا حدودی محدود نمود. سه عامل اساسی افزایش اصطکاک در سیستم های هیدرولیک عبارتند از:
  - (۱) وجود لوله های طویل در سیستم.
  - (۲) نصب تعداد بسیار زیادی از زانوئی، اتصالات و خمهای نامناسب.
  - (۳) تولید سرعت های زیاد برای جریان روغن سیستم مثلاً با نصب لوله هائی با قطر کوچکتر از آنچه که قطر واقعی آنان باید باشد.

مسافت طی شده × نیرو = کار  
 ↓                      ↓                      ↓  
 نیوتن ژول                      متر

- در پرس هیدرولیکی (شکل (۲۵-۱)، کار تولید شده، در جک  $M$  به جک  $N$  منتقل می شود، به فرض صرف نظر نمودن از اصطکاک و با توجه به اطلاعات زیر می خواهیم کار انجام شده را محاسبه کنیم:

۹-۱-۱- تعریف کار ۳۷:

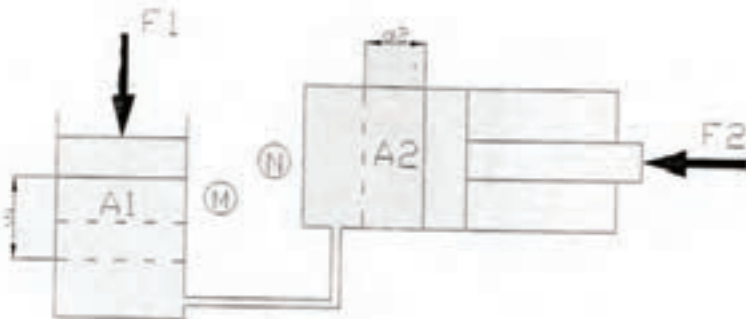
هر گاه نیرویی به جسمی اعمال شود و آن جسم مسافتی را طی کند، می گوئیم کار انجام

$$F_1 = 100kg$$

$$A_1 = 50cm^2$$

$$d_1 = 10cm$$

$$A_2 = 100cm^2$$



شکل ۲۵-۱- کار تولید شده توسط یک جک هیدرولیکی

- با استفاده از قانون پاسگال، مقدار نیروی مقاوم پشت جک N را تعیین می‌کنیم، داریم

$$F_2 = \frac{F_1 \times A_2}{A_1} \Rightarrow F_2 = 200kg \text{ یا } ۲۰۰۰ \text{ نیوتن}$$

- ضمناً می‌دانیم:

$$N \text{ مقدار جابجایی جک } = d_2 = \frac{d_1 \times A_1}{A_2} \Rightarrow d_2 = 5cm$$

- لذا طبق تعریف:

$$\text{ژول } W_1 = F_1 \times d_1 = 1000 \times 10 \times 10^{-2} = 100$$

$$\text{ژول } W_2 = F_2 \times d_2 = 2000 \times 5 \times 10^{-2} = 100$$

- و به روشنی دیده می‌شود که: کار جک N = کار جک M

### ۱۰-۱- توان<sup>۳۸</sup>:

سرعت یا تندی انجام کار را توان گویند و ۱-۱۰-۱- توان مکانیکی:

بعبارت دیگر توان برابراست با کار انجام شده

طبق تعریف داریم:

$$\text{توان} = \frac{\text{کار}}{\text{زمان}}$$

در واحد زمان در شاخه های مختلف فیزیک

برای توان بنابر ضرورت نامهای گوناگونی وجود

دارد، نظیر توان مکانیکی، توان هیدرولیکی، توان

الکتریکی، توان گرمائی... که در مفاهیم و اساس

با یکدیگر معادل بود و واحدهای آنها قابل تبدیل

به یکدیگر نیز می‌باشد.

$$\text{توان} = \frac{\text{مسافت طی شده} \times \text{نیرو}}{\text{زمان}}$$

و لذا توان مکانیکی یک دستگاه برای ارائه خدمات :

$$\begin{array}{ccc} \text{سرعت جابجائی} \times \text{نیرو} = \text{توان مکانیکی} & & \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \text{وات} & \text{نیوتن} & \text{متر بر ثانیه} \end{array}$$

۲- ۱۰- ۱- توان هیدرولیکی:

- مشخص شد که: نیرو  $\times$  سرعت = توان

و لذا توان دستگاه هیدرولیکی برای ارائه خدمات:

نیروی خروجی از عضو تحریک کننده  $\times$  سرعت حرکت عضو تحریک کننده = توان هیدرولیکی یک سیستم پس:

$$\text{توان هیدرولیکی سیستم} = \frac{\text{دبی پمپ روغن}}{\text{سطح مقطع جک}} \times (\text{فشار روغن})$$

$$\begin{array}{ccc} \text{توان هیدرولیکی سیستم} = \text{فشار روغن} \times \text{دبی پمپ} & & \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \text{وات} & \text{متر مکعب بر ثانیه} & \text{پاسگال} \end{array}$$

نکته قابل توجهی وجود دارد و آن اینکه توانی را که پمپ یک سیستم هیدرولیک می بایستی از منبع تغذیه یا محرک خود جذب نماید از مقدار توانی را که آن سیستم هیدرولیک جهت ارائه خدمات به بیرون عرضه می دارد، مسلماً بیشتر خواهد بود، زیرا که سیستم، دارای راندمان صد در صد نمی تواند باشد. اگر تصور کنیم که معدل راندمان مصرفی پمپهای هیدرولیک ۸۰ درصد است. در آن صورت توان مصرفی پمپ را می توان از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$\text{توان هیدرولیکی سیستم} = \frac{\text{توان هیدرولیکی سیستم}}{\text{راندمان پمپ}} = \text{توان مصرفی پمپ روغن هیدرولیک در یک سیستم}$$

## آزمون پایانی (۱)

- ۱- هیدرولیک چه علمی است؟
- ۲- مکانیزم‌های هیدرو دینامیکی و هیدرو استاتیکی، چه تفاوتی دارند؟
- ۳- فشار چگونه تولید می‌شود؟
- ۴- یک ستون آب ۹ متری، چند پاسگال فشار می‌تواند بواسطه وزنش، به انتهای ظرف، لوله و یا دهانه خروجی پمپ خودش، وارد نماید؟
- ۵- یک ستون روغن هیدرولیک، ۴/۵ متری، چند پاسگال فشار می‌تواند بواسطه وزنش، به دهانه خروجی پمپ روغن خودش وارد نماید؟
- ۶- برای اندازه‌گیری فشار هوای محیط، از چه نوع فشار سنجی بهره‌برداری می‌نمایند؟
- ۷- مقدار خلاء موجود در یک محیط را با چه واحدهائی معمولاً بیان می‌نمایند و تفاوت عددی آنها چیست؟
- ۸-  $psia$  و  $psig$ ، به چه معنا است و چه رابطه‌ای باهم دارند؟
- ۹-  $psi$  و  $in -hg$  به چه معناست و چه رابطه‌ای باهم دارند؟
- ۱۰- نیرو چیست، واحدهای متداول آن کدام است و چه تفاوتی عددی باهم دارند؟
- ۱۱- چه رابطه‌ای بین نیرو، فشار و سطح برقرار است؟
- ۱۲- قانون پاسگال، به چه معنا است و چه روابطی را بازگو می‌کند؟
- ۱۳- اگر قانون پاسگال، اصل بقاء انرژی را نقض نمی‌کند، پس چگونه قادر هستیم به سادگی در پرس‌های هیدرولیکی، نیروی عظیمی تولید نمائیم، توضیح دهید؟

۱۴ - در یک سیستم هیدرولیکی:

۱۴-۱- منبع اولیه تولید نیرو یا قدرت چه نام دارد، و چه کاری می کند؟

۱۴-۲- مبدل انرژی مکانیکی به انرژی هیدرولیکی، چه نام دارد و چه خدمتی می کند؟

۱۴-۲- مبدل انرژی هیدرولیکی به انرژی مکانیکی چه نام دارد، و چه کاری می کند؟

۱۴-۴- عامل ارسال نیرو یا قدرت، چیست؟

۱۵- آیا هر مایعی می تواند ارسال نیرو یا قدرت نماید؟

بله چون هیدرولیک است

خیر باید محبوس باشد

۱۶- عامل اساسی در فعال نمودن تحریک کننده هیدرولیکی دستگاه، چه چیز می باشد؟

۱۷- یکی از پارامترهای بسیار مهم در تعیین سایز لوله های هیدرولیکی، محاسبه چه چیزی

است؟

۱۸- دبی چیست، واحدهای متداول آن کدام است و چه تفاوت عددی با هم دارند؟

۱۹- چه رابطه ای بین دبی جریان و سرعت عمل عضو تحریک کننده در دستگاه، وجود دارد،

توضیح دهید؟

۲۰- سرعت حرکت یا سرعت گردش عضو تحریک کننده دستگاه به چه پارامتری بستگی دارد؟

۲۱- مقدار نیرو یا گشتاور خروجی از عضو تحریک کننده دستگاه، به چه پارامتری بستگی دارد؟

۲۲- در طراحی سیستم هیدرولیکی، فشار کل مورد نیاز را از مجموع کدام فشارها به دست

می آوریم؟

۲۳- اصل برنولی، چه چیزی را بیان می کند، توضیح دهید؟

۲۴- چه عواملی، اصطکاک را در مدارهای هیدرولیکی افزایش داده و سبب اتلاف انرژی می

شوند؟

۲۵- رابطه موجود برای بیان توان هیدرولیکی دستگاه، را تعیین و نحو استخراج آن را توضیح

دهید؟



## واحد کار ۲

### تشریح نمادهای دیاگرام گرافیکی و طرز کار سیستم های هیدرولیکی

#### هدف کلی:

تشریح نمادهای دیاگرام گرافیکی و طرز کار نمونه ای از سیستم های هیدرولیکی

هدف های رفتاری: فراگیر پس از گذراندن این واحد کار قادر خواهد بود:

- ۱- نماد گرافیکی انواع لوله ها را ترسیم و تشریح کند.
- ۲- نماد گرافیکی انواع تحریک کننده های هیدرولیکی را ترسیم و تشریح کند.
- ۳- نماد گرافیکی انواع شیرهای هیدرولیکی را ترسیم و تشریح کند.
- ۴- مزایای سیستم های هیدرولیکی را تشریح کند.
- ۵- معایب سیستم های هیدرولیکی را توضیح دهد.
- ۶- طرز کار پرس هیدرولیکی را تشریح کند.
- ۷- طرز کار سیستم موتور دو جهته هیدرولیکی را تشریح کند.
- ۸- طرز کار سیستم هیدرولیک با شیر کنترل مسیر از نوع مرکز-گردش آزاد را تشریح کند.
- ۹- طرز کار سیستم هیدرولیک با شیر کنترل مسیر از نوع مرکز-بسته را تشریح کند.
- ۱۰- طرز کار سیستم هیدرولیک با پمپ از نوع حجم جابجائی متغیر را تشریح نماید.

#### ساعات آموزشی

- نظری:

- عملی:

- جمع:

## پیش آزمون (۲)

- ۱- تفاوت نمای برشی و دیاگرام گرافیکی یک قطعه، چیست؟
- ۲- نماد گرافیکی چند نوع قطعه را می شناسید؟
- ۳- چه نوع دسته بندی برای شیرها قائل اید؟
- ۴- چند نوع سیستم هیدرولیکی می توانید نام ببرید؟
- ۵- چه نوع مزایایی برای سیستم های هیدرولیکی قائل اید؟
- ۶- چرا از پرس هیدرولیکی استفاده می شود و کلاً چه مزیتی دارد؟
- ۸- چه صنعتی به طور فراگیر از سیستم های هیدرولیکی، بهره برداری می نماید؟

## ۲-۱ - نمادهای گرافیکی در سیستم هیدرولیک<sup>۱</sup>:

- سیستم های هیدرولیکی و اجزای آن ها به روش های گوناگون نمایش داده می شوند. چنانچه تصویر اجزاء نمایش داده شود، در آن صورت هدف آشنا شدن با شکل ظاهری وسیله است. چنانچه برشی از وسیله به نمایش گذاشته شود، هدف آشنا شدن با ساختمان درونی آن وسیله یا قطعه می باشد و بالاخره چنانچه دیاگرام گرافیکی از قطعه یا وسیله و یا سیستم نمایش داده شود، در آن صورت هدف آشنایی با عملکرد آن خواهد بود. گاهی هم ترکیبی از سه حالت فوق را انتخاب و نمایش میدهند. در این کتاب از هر سه روش فوق بهره برداری شده است. در صنعت از نمادهای گرافیکی و دیاگرام بیشتر بهره می برند، چرا که نمادهای گرافیکی به منزله خلاصه نویسی برای دیاگرام مدارها محسوب می شوند و لذا از اشکال هندسی ساده برای نمایش عملکرد و اثر متقابل اجزاء سیستم بر روی یکدیگر بهره برداری می شوند.

مجموعه ای از نمادهای گرافیکی استاندارد در ضمیمه آخر کتاب وجود دارد. لیکن در این فصل سعی شده به طور خلاصه نمادهای متداول توضیح و نحوه بهره برداری از اطلاعات این نمادها، همراه با طبقه بندی مختصری از آنان بحث شود.

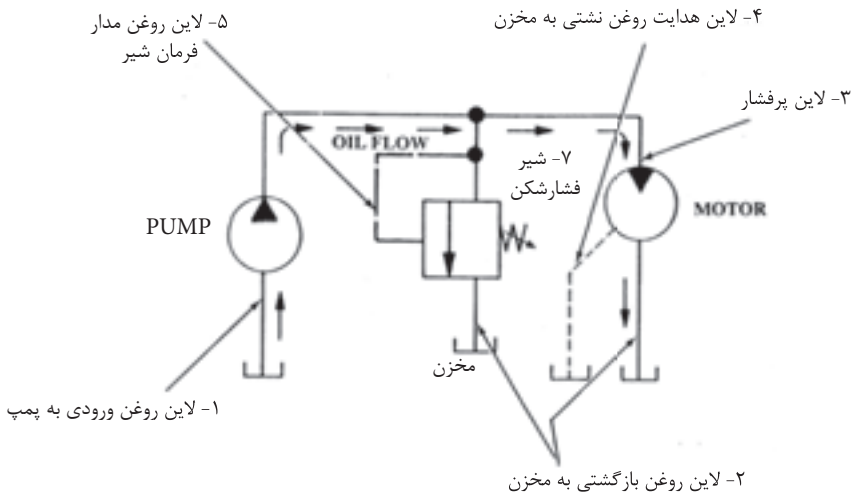
### ۲-۱-۱ - نمادهای گرافیکی لوله ها (خطوط)<sup>۲</sup>:

- لوله های سایز بزرگ و یا کوچک و همچنین مسیرهای عبور سیال را با یک خط نمایش می دهند (شکل ۲-۱) که آن هم به سه شکل کلی دسته بندی میگردد.

---

۱- Graphical Symbols

۲- Lines



شکل ۱-۲- نماد گرافیکی سه گروه خط

۱- خط پر: اختصاص به نمایش مسیر اصلی عبور روغن داشته و در دیاگرام گرافیکی، لوله ورودی به پمپ، کلیه لوله های تحت فشار پس از پمپ، و همینطور لوله های برگشت روغن از اجزاء به مخزن را با این نماد، نشان می دهند.

۲- خط چینهای کشیده: اختصاص به نمایش مسیر روغن فرمان (پایلوت یا راه انداز) قطعات مدار هیدرولیک دارد. در واقع مسیر روغنی را نشان میدهد که وظیفه اش عمل کنترل یا عمل تحریک قطعات یا اجزاء سیستم هیدرولیک است.

۳- خط چینهای کوتاه: اختصاص به نمایش مسیر روغنهای نشستی (لیک) اجزاء مدار دارد، که این روغن ها باید به مخزن سیستم نهایتاً، هدایت شوند.

#### ۲-۱-۲ - نماد گرافیکی دستگاههای دوار:

- نماد گرافیکی دستگاههایی که دارای حرکت دورانی هستند، یک دایره می باشد

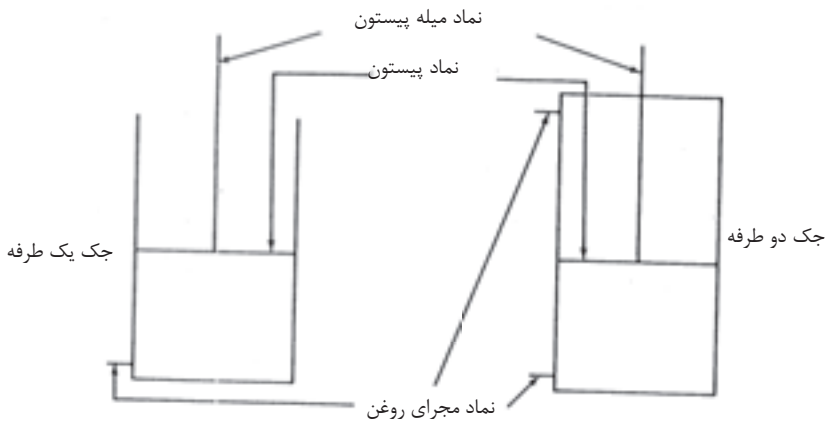
- ترسیم مثلث‌هائی به نام مثلث انرژی در درون دایره، بیانگر نوع عملکرد آن دستگاه دوار است. به شکل توجه کنید، چنانچه دستگاه دوار، منبع تولید انرژی هیدرولیکی باشد آن را پمپ می‌نامند، و در این حالت راس مثلث به سمت خارج دایره است و چنانچه دستگاه دوار، دریافت‌کننده انرژی هیدرولیکی باشد آن را موتور می‌نامند، و در این حالت راس مثلث بسمت داخل دایره خواهد بود. - ضمناً وجود تنها یک مثلث در دایره نمایانگر یک جهته بودن دستگاه دوار و وجود دو مثلث در دایره، نمایانگر دو جهته بودن دستگاه است. همچنین چنانچه دستگاه هیدرولیکی دوار دارای قابلیت حجم جابجائی متغیر نیز باشد. در آن صورت این مزیت را با نماد یک فلاش مورب بر روی دایره،



شکل ۲-۲- نمادگرافیکی هیدروپمپ‌ها و هیدروموتورها

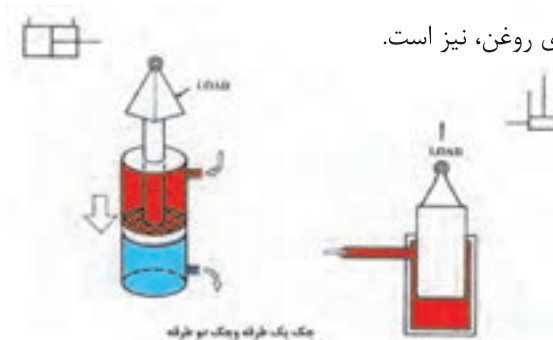
۳-۱-۲- نماد گرافیکی جکها<sup>۳</sup>:

- جکهای هیدرولیکی را با ترسیم یک مستطیل بهمراه نمایش یک پیستون و یک میله پیستون و یک یا دو مدخل<sup>۴</sup> برای روغن، نشان میدهند.



شکل ۳-۲- نماد گرافیکی جک یک طرفه و دو طرفه

- جکهای یکطرفه را با حذف ضلعی از مستطیل که در سمت انتهایی میله پیستون قرار دارد و ترسیم تنها یک مدخل برای روغن نمایش می دهند، در حالیکه برای جکهای دو طرفه مستطیل کاملاً بسته و دارای دو مدخل برای روغن، نیز است.



شکل ۳-۲-۴- جک یک طرفه و جک دو طرفه

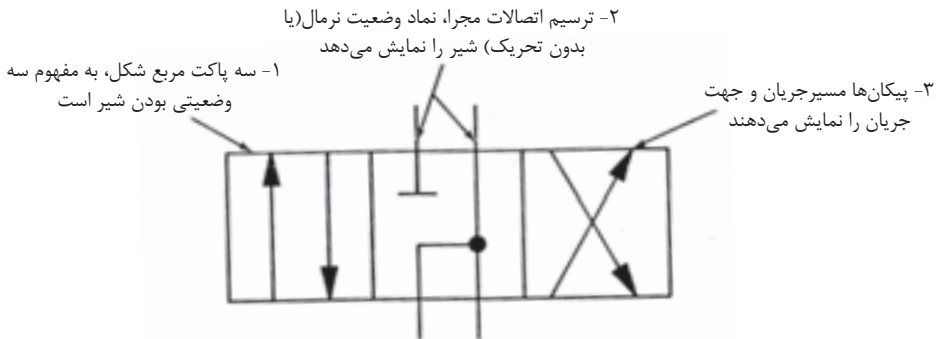
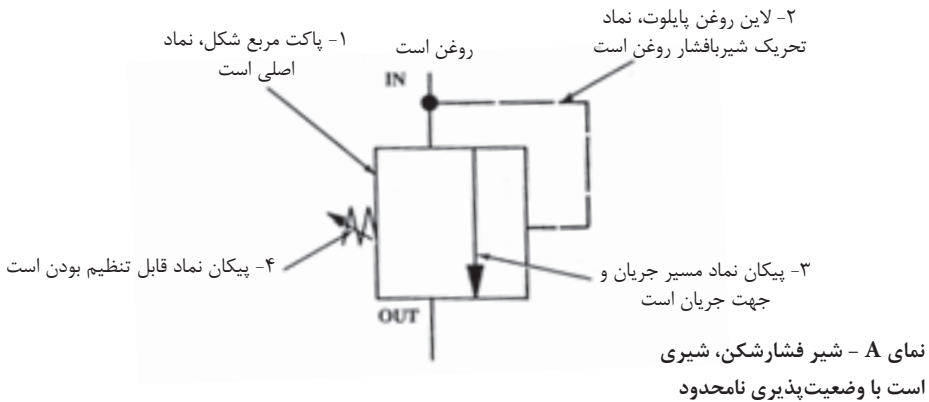
۳- Cylinders

۴- Port

ضمناً به علت تنوع جکها، نماد گرافیکی آنان در درس مربوطه قرار دارد، هر چند که مجموعه این نمادها، در ضمیمه کتاب نیز گنجانده شده.

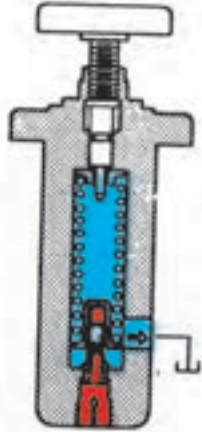
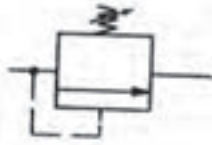
#### ۴-۱-۲- نماد گرافیکی شیر (والو):

- نماد شیر یا والو، یک مربع است که بمنزله یک پاکت عمل می کند  
درون این پاکت ها پیکان هایی رسم می شوند که نمایانگر مسیر و جهت جریان روغن هستند:



نمای B - شیر کنترل مسیر، شیراست با وضعیت پذیری محدود

شکل ۵-۲- نماد شیرها، یک پاکت (مربع) است (هرپاکت نمایانگر یک وضعیت است)



شکل ۶-۲- شیر فشار شکن و  
نماد گرافیکی آن

الف- نماد شیرهایی با وضعیت پذیری نامحدود<sup>۶</sup>:  
- این گروه شیرها را تنها با ترسیم یک مربع نمایش می دهند، نمای A از شکل (۵-۲) چرا که فرض بر این است که این گروه ها شیرها، قادراند از حالت کاملاً باز تا کاملاً بسته بنابر ضرورت، بی اندازه، وضعیت گوناگون داشته باشند. مثل شیر فشار کن که میزان باز بودن آن در هر لحظه، میزان فشار ماکزیمم را (با کمک حجم روغنی که اجازه بای پس می یابد)، کنترل می کند. برای مثال به نماد گرافیکی شکل (۶-۲) توجه نمائید:

ب- نماد شیرهایی با وضعیت پذیری محدود<sup>۷</sup>:

- نماد این دسته از شیرها به گونه ایست که به ازای هر وضعیت یک مربع ترسیم می شود. مانند شیر کنترل مسیر در شکل (۵-۲) و توضیحات تکمیلی در جدول (۱-۲)، در پایان همین درس.

۵-۱-۲ - نماد گرافیکی مخزن روغن<sup>۸</sup>:

مخزن روغن را با مستطیل نمایش می دهند. شکل (۷-۲)، چنانچه مخزن از نوع مخزن تحت فشار نباشد (یعنی با هوای آزاد مرتبط باشد)، مستطیل مذکور را باز و چنانچه از نوع مخزن تحت فشار باشد، مستطیل را بسته، رسم می نمایند.

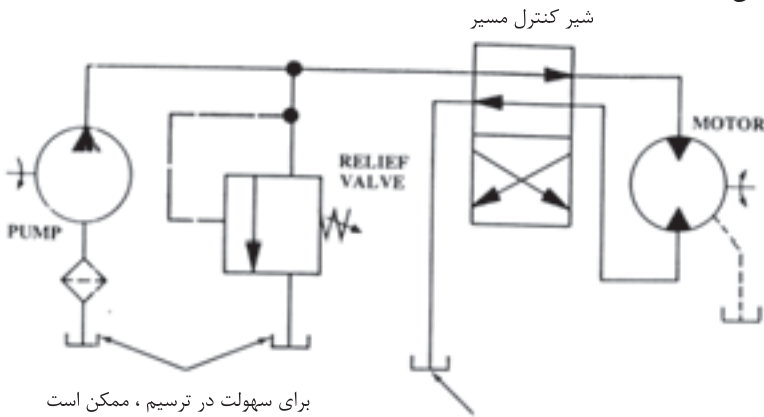
۶- Infinite Positioning Valves

۷- Finite Positioning Valves

۸- Reservoir-TANK



ضمناً در هنگام ترسیم دیاگرام مدار هیدرولیک، برای سهولت و جلوگیری از شلوغی شکل تعدادی مخازن روغن کشیده می شود، در حالی که عملاً تمامی آن ها یکی بیشتر نیست. ضمناً دهانه لوله بازگشت روغن به مخزن را باید بر اساس طراحی بر حسب آن که زیر سطح آزاد روغن باشد یا بالای سطح آزاد روغن و یا از پائین مخزن به کف آن وصل شود، در نماد گرافیکی مربوطه نشان داد.



برای سهولت در ترسیم، ممکن است مخازن متعدد ترسیم گردد که در اصل به مفهوم یک مخزن است

چنانچه لازم باشد دهانه لوله‌ای در زیر سطح روغن مخزن باشد، نماد گرافیکی آن لاین را به کف مخزن می‌چسبانیم

### شکل ۷-۲- دیاگرام گرافیکی یک مدار هیدرولیکی


۶-۱-۲ - نتیجه:

- در یک دیاگرام گرافیکی که عملاً طرز کار یک سیستم هیدرولیکی را ترسیم می نماید، اصلاً سعی در نشان دادن اندازه- شکل- محل استقرار و یا ساختمان داخلی اجزاء سیستم را ندارد، بلکه سعی در نشان دادن عملکرد اجزاء سیستم و ارتباط آنها با یکدیگر است.

جدول ۱-۲:

a	b	c
---	---	---

۱- هر وضعیت شیر را می توان با یک عدد یا یک حرف مشخص نمود:

۲- علامت  در داخل مربع، نماد بسته بودن مسیر روغن است.



۳- پیکان در داخل مربع، نماد آزاد بودن عبور جریان روغن در آن مسیر و در آن وضعیت است.



۴- ارتباط و اتصال مسیرها در داخل هر مربع را با نماد نقطه، مشخص می کنند.

۵- چون در هر زمان فقط یک وضعیت وجود دارد، لذا نماد حضور آن وضعیت بخصوص را در آن



لحظه، با ترسیم خطوط کوتاه برای آن وضعیت نشان می دهند. ضمناً باید بخاطر داشت:

الف- وضعیتی را که یک شیر غیر فعال و تحریک نشده دارا است، وضعیت نرمال یا سکون گویند.

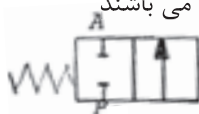
ب- وضعیتی را که یک شیر فعال یا تحریک شده دارا است، وضعیت شروع یا استارت گویند.

۶- بر روی گرافیک یک شیر:

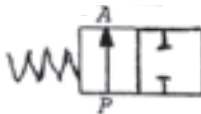
- نماد مدخل لوله‌های متصل به تحریک کننده ها، حروف A, B, C, ... می باشند

- نماد مدخل لوله متصل به پمپ، حرف P می باشد

- نماد مدخل لوله متصل به تخلیه (بازگشت)، حروف R, S, T می باشند



۷- نماد یک شیر در حالت نرمال (غیر فعال) - بسته



۸- نماد یک شیر در حالت نرمال (غیر فعال) - باز

۹- نامگذاری صحیح یک شیر برای مثال:

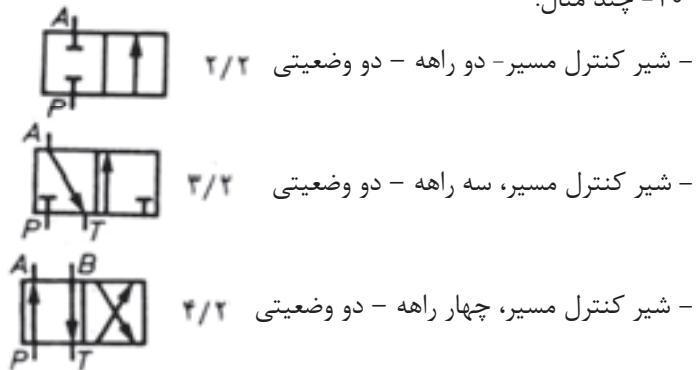


- شیر کنترل مسیر، چهارراهه - سه وضعیتی - با وضعیت نرمال بسته.

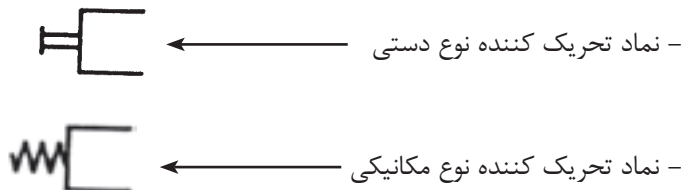
- نکته:

در هنگام تعیین چند راهه بودن یک شیر، تعداد مدخل‌های روغن پایلوت (تحریک کننده) و تعداد مدخل‌های اتصال لوله‌های روغن نشستی، بر روی والو را بحساب نمی‌آورند.

۱۰- چند مثال:



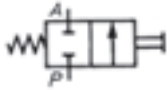
۱۱- نماد، تعدادی از انواع تحریک کننده‌های شیرها:





- نماد تحریک کننده نوع برقی ←

مثال:



- شیر کنترل مسیر - دوراهه - دو وضعیتی - با تحریک کننده دستی و برگشت فنری

## ۲-۲ - آشنایی با طرز کار سیستم های هیدرولیکی ساده<sup>۹</sup>:

- سیستم هیدرولیکی، عبارت از یک مدار بسته از یک سیال مایع محبوس است که با بهره گیری از قوانین سیالات مایع محبوس، قادر به ارسال قدرت و انجام کار می باشد.

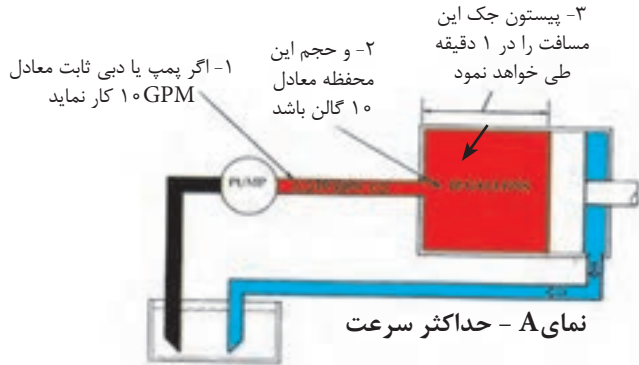
- تنوع سیستم های هیدرولیکی بعلت گستردگی و جامعیت از شمارش خارج است. لیکن در ادامه این درس تنها به جهت معرفی و شناخت، اشاره ای به طرز کار تعدادی از سیستم های ساده هیدرولیکی می نمائیم. ولی ابتدا به مزایا و معایب کلی می پردازیم.

### ۱-۲-۲ - مزایای سیستم های هیدرولیکی:

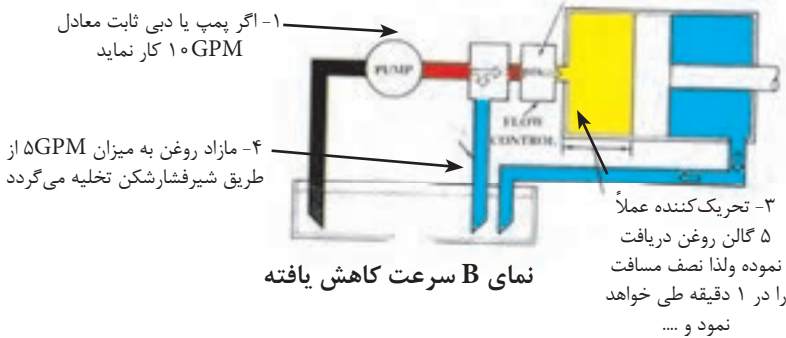
۱- سرعت عمل متغیر داشتن<sup>۱۰</sup>: در سیستم های هیدرولیکی، هر چند که اکثر منابع تولید قدرت (موتور برقی - موتور دیزلی - موتور بنزینی) دارای سرعت ثابت می باشند لیکن خروجی سیستم هیدرولیکی یا همان عضو تحریک کننده، این انعطاف را دارد که در دامنه وسیعی از سرعتهای متغیر کار کند و برای این منظور هم کافی است که از پمپ با حجم جابجایی متغیر و یا از شیر کنترل جریان شکل (۸-۲) استفاده شود.

۹- Basic

۱۰- Variable Speed



۲- چنانچه یک شیر کنترل جریان مقاومت ایجاد نماید

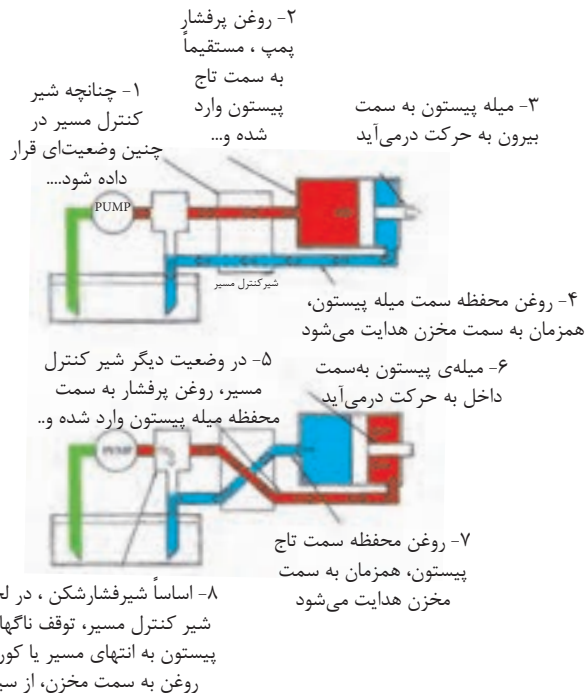


شکل ۸-۲- سرعت حرکت یک محرک هیدرولیکی می تواند متغیر باشد

## ۲ - توانایی برگشت پذیری "

- می دانیم تنها تعداد محدودی از منابع تولید قدرت (موتور برقی، دیزلی، بنزینی، بادی، آبی، ...) هستند که توانایی حرکت و انجام کار در هر دو جهت را، در یک سیستم دارا می باشند. ضمن آنکه در ابتدا، باید سرعت های آنها کاهش یابد و قبل از آنکه جهت حرکت آنان عوض شود می بایستی کاملاً متوقف شوند، اما خروجی سیستم هیدرولیک یا همان عضو تحریک کننده، این توانایی را دارد

که، در زمانی که با حداکثر سرعت در حال حرکت به یک سمت است، درجا، تغییر جهت بدهد و به سمت مخالف حرکت کننده و برای این منظور هم کافی است که از یک شیر کنترل مسیر چهارراه<sup>۱۲</sup> و یا از یک پمپ روغن دو جهته<sup>۱۳</sup>، در مدار بهره برداری شود. ضمناً ایمنی این مدار را هم با نصب شیر فشارشکن<sup>۱۴</sup> می توان تأمین کرد، (شکل ۹-۲).



شکل ۹-۲- جهت حرکت یک محرک هیدرولیکی می تواند تغییر کند

۳- ایمنی در مقابل افزایش بیش از حد مقدار بار<sup>۱۵</sup>: اصولاً شیر فشار شکن، سیستم هیدرولیک را در مقابل افزایش مقدار بار بیش از حد مجاز، محافظت می نماید، چرا که افزایش بیش از حد مجاز بار، سبب افزایش بیش از حد مجاز فشار روغن در حال کار شده و این امر موجب تحریک و

۱۲- Four - Way-Directional Valve

۱۳- Reversible Pump

۱۴- Pressure Relief Valve

۱۵- Over Load Protection

باز شدن شیر مذکور می شود و لذا بخشی از روغن خروجی پمپ به داخل مخزن هدایت می گردد، البته تا آن اندازه که سیستم قادر باشد با حداکثر نیرو یا گشتاور خروجی مجاز خود، همچنان به کار کردن ادامه دهد.

**۴- داشتن انعطاف در واماندگی<sup>۱۶</sup> :** واماندگی یک موتور برقی در جذب بار، می تواند موجب صدمات شدید به موتور و یا حداقل سوختن فیوز شود.

همین طور یک دیزل یا موتور بنزینی در حال کار، ممکن نیست از حرکت باز بایستد، بدون آنکه نیاز به استارت مجدد داشته باشد. لیکن یک تحریک کننده هیدرولیکی این توانایی را دارد که در مقابل جذب بار زیاد به حالت واماندگی برسد، بدون آنکه صدمه ای به اجزاء آن وارد شود، و درست لحظه ای که مقدار بار کاهش یابد، قادر است مجدداً فعالیت خود را آغاز نماید. چرا که در طول مدت واماندگی، شیر فشار شکن به سادگی باز شده و خروجی پمپ تغذیه را به مخزن روغن هدایت می کند.

#### ۲-۲-۲- معایب سیستم های هیدرولیکی:

۱- نیاز به سرویس و نگهداری دقیق می باشد به ویژه جهت قطعات و تجهیزاتی که در مجاورت هوای بد و آلوده هستند.

۲- نیاز به محافظت کامل قطعات و تجهیزات دارد در مقابل زنگ زدن، خوردگی و آلوده شدن روغن.

۳- خطر آلودگی محیط زیست دارد بواسطه هر نوع سهل انگاری در هنگام بهره برداری و یا سرویس و نگهداری.

#### ۳-۲-۲- معرفی سیستم پرس (جک) هیدرولیکی:

- در این سیستم یک مخزن و یک مجموعه شیر وجود دارد که روی هم، وظیفه پشتیبانی و تغذیه دائم روغن به جک کوچک جهت تلمبه<sup>۱۷</sup> نمودن آن به زیر جک بزرگ است، شکل (۱۰-۲).

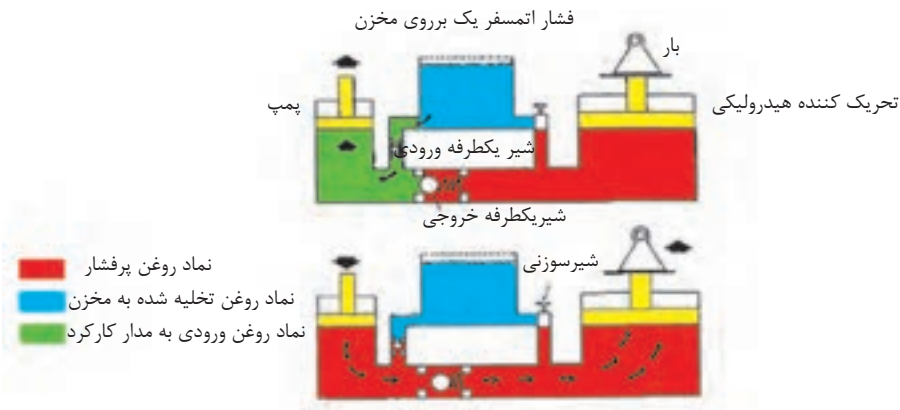
۱۶- Can be Stalled

۱۷- To Stroke

- هر بار که روغن تلمبه می شود، جک بزرگ به همراه بار، یک پله بالا می رود.

- دیاگرام اول، مربوط به حالتی است که جک کوچک در حال حرکت به سمت بالا و مکش روغن از مخزن به درون محفظه خود است، در این حالت، شیر یکطرفه خروجی توسط فشار روغن محفظه زیر جک بزرگ، بسته می گردد، ولی شیر یکطرفه ورودی بعلت مکش موجود و افت فشار باز شده، و اجازه می دهد روغن مخزن، به زیر جک کوچک مکیده شده و فضای آن را پر نماید.

- دیاگرام دوم، مربوط به حالتی است که جک کوچک در حال حرکت به سمت پائین و پمپ و تلمبه نمودن روغن محفظه خود به محفظه زیر پیستون جک بزرگ است، در این حالت دیده می شود که شیر یکطرفه ورودی بعلت فشار موجود بسته و شیر یکطرفه خروجی باز شده و موجب جابجایی روغن به زیر پیستون بزرگ، و حرکت بار به سمت بالا می گردد.



شکل ۱۰-۲- طرز کار جک هیدرولیکی

- بمنظور حرکت بار به سمت پائین، شیر سومی به نام شیر سوزنی<sup>۱۸</sup> را باز نموده، و اجازه می دهیم که روغن محفظه جک بزرگ به مخزن روغن وصل شود، و بار با نیروی ثقل خود به پیستون بزرگ به سمت پائین فشار آورده و روغن محفظه جک بزرگ را به درون مخزن روغن هل داده و

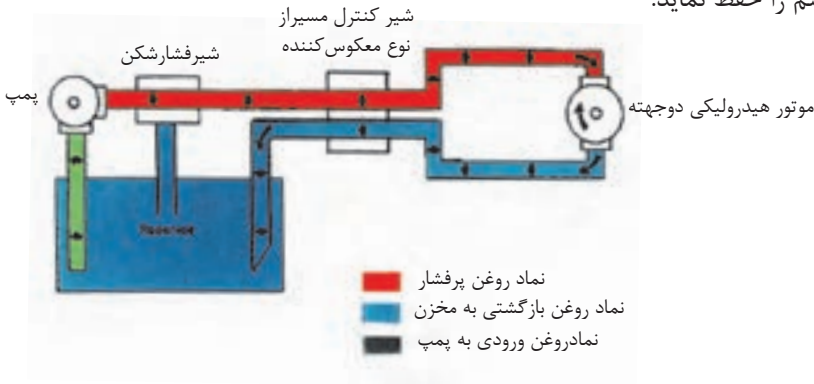
۱۸- Needle Valve



آنها تخلیه نماید.

#### ۴-۲-۲ - معرفی سیستم موتور هیدرولیکی دو جهته:

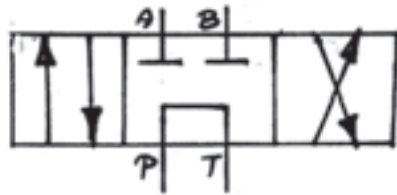
- شکل (۱۱-۲) نشان می دهد که چگونه یک پمپ برقی هیدرولیکی قادر است یک موتور هیدرولیکی دو جهته را تغذیه و آنها جهت ارائه خدمات به خارج، تحریک نماید.
- همانگونه که مشاهده می شود، یک شیر کنترل مسیر از نوع معکوس کننده، روغن پر فشار پمپ را به یک سمت موتور هیدرولیکی هدایت و روغن بازگشتی از آن را همزمان به مخزن روغن وصل می نماید.
  - ضمناً یک شیر فشار شکن نیز سیستم را در مقابل افزایش فشار بیش از اندازه مجاز، محافظت می نماید زیرا قادر است در صورت لزوم با عمل بای پس نمودن خروجی پمپ به مخزن روغن، ایمنی سیستم را حفظ نماید.



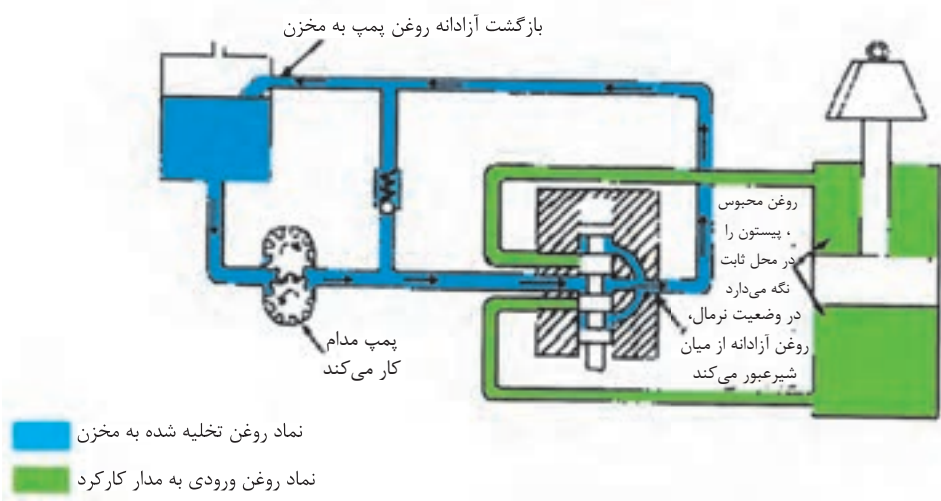
شکل ۱۱-۲- موتور هیدرولیکی دو جهته

#### ۵-۲-۲ - معرفی سیستم هیدرولیک با شیر کنترل مسیر (از نوع مرکز-گردش آزاد):

- نماد گرافیکی شیر کنترل مسیر - چهار راهه - سه وضعیتی - از نوع مرکز-گردش آزاد چنین است:



- ویژگی این شیر در آن است که هنگامیکه در وضعیت نرمال (غیر فعال) قرار دارد، اجازه می دهد که خروجی پمپ، آزادانه از طریق این شیر به مخزن روغن باز گردد.  
همانگونه که شکل (۱۲-۲)، نحوه کار آن را در وضعیت نرمال یا غیر فعال در سیستم نشان می دهد.

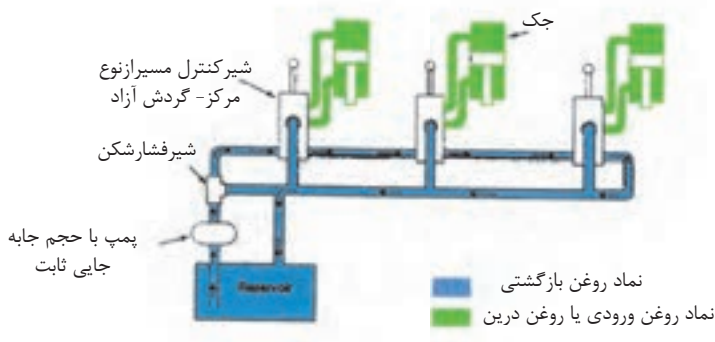


شکل ۱۲-۲- شیر کنترل مسیر از نوع مرکز، گردش آزاد

- صولاً از این نوع شیر در مدار هیدرولیکی جکهای دو طرفه و همینطور مدار موتورهای هیدرولیکی بهره برداری میگردد.

۶-۲-۲ - معرفی نمونه از سیستم هیدرولیک با اتصال سری شیرهای کنترل مسیر از نوع مرکز - گردش آزاد: (جهت مطالعه‌ی آزاد)

- شکل (۱۳-۲)، کاربرد و نقش شیر کنترل مسیر از نوع مرکز- گردش آزاد را در یک نمونه، اتصال سری جهت جک های دو طرفه، نمایش می دهد.



شکل ۱۳-۲- اتصال سری برای شیرهای کنترل مسیر از نوع مرکز گردش آزاد

- روغن از پمپ به سمت سه عدد شیر کنترل مسیر که بصورت سری قرار دارند هدایت می شود، و همانگونه که مشاهده می شود، اتصال مدار به شکلی است که روغن بازگشتی از جک اول، به سوی ورودی شیر کنترل مسیر دوم هدایت می گردد و الاخر.

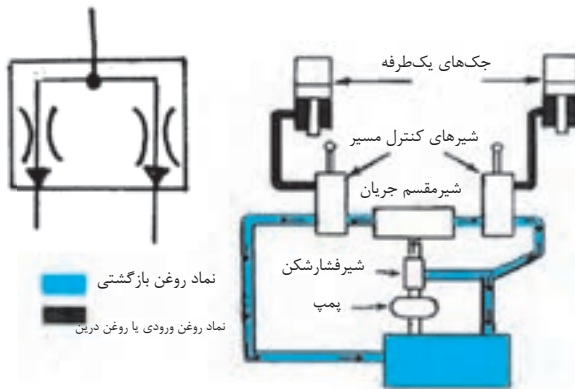
- در وضعیت غیر فعال (نرمال)، روغن از میان شیرها، عبور کرده و به مخزن باز می گردد به همان ترتیب که فلاشها نشان میدهند.

- هنگامیکه یکی از شیرها تحریک می شود، روغن ورودی به آن شیر، به سمت جک مربوط هدایت می شود، هم زمان روغن بازگشتی از همان جک، از طریق مسیر بازگشت، به سمت ورودی شیر بعدی هدایت می گردد.

- شایان ذکر است که گفته شود، هنگامی طراحی این سیستم پاسخگو و ایده ال است که در هر زمان تنها یک شیر تحریک و فعال شود، در حالیکه شیرهای دیگر تا پایان انجام کار همچنان

غیرفعال باقی بمانند و تحریک نشوند.

۷-۲-۲ - معرفی سیستم هیدرولیک مجهز به شیر مقسم<sup>۱۹</sup> جریان بهمراه شیر کنترل مسیر از نوع مرکز - گردش آزاد: (جهت مطالعه آزاد)  
- نماد گرافیکی یک شیر مقسم جریان (تقسیم کننده نسبی) چنین است:

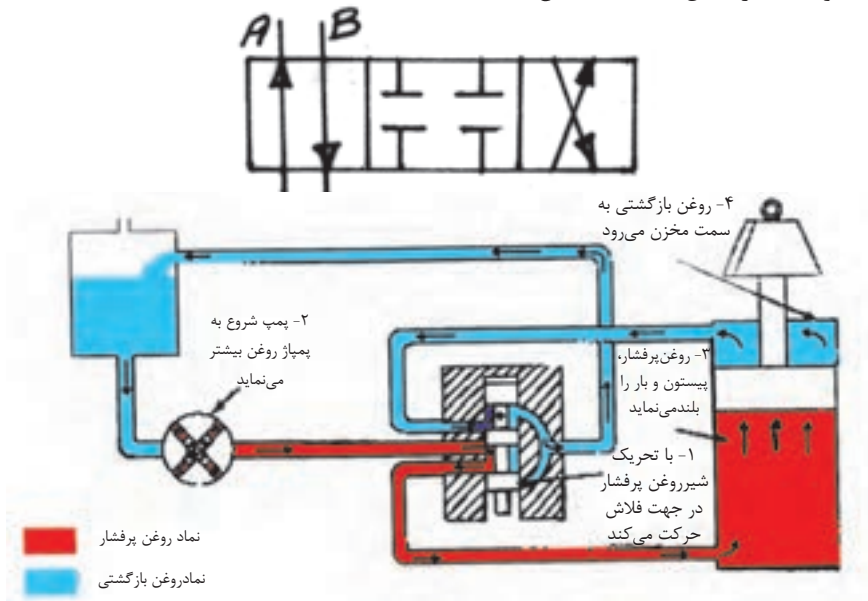


شکل ۱۴-۲- ترکیب شیر مقسم جریان با شیر کنترل مسیر از نوع مرکز، گردش آزاد

شکل (۱۴-۲)، دو شیر کنترل مسیر از نوع مرکز- گردش آزاد را بهمراه یک شیر مقسم جریان، نشان می دهد.

- همانگونه که در شکل مشاهده می شود، شیر مقسم، تمام جریان خروجی پمپ را دریافت و آنرا به دو بخش برای دو فعالیت تقسیم می نماید. این شیر می تواند طوری طراحی شود که مثلاً همواره اول عضو تحریک کننده سمت چپ سیستم را فعال نماید، (هر چند که شخص کاربر دستگاه، هر دو عضو تحریک کننده سیستم را همزمان تحریک و فعال نماید) و همینطور این شیر قادر است، جریان را بطور مساوی و یا به صورت درصدی تقسیم نموده و ارسال دارد. بهرحال چنین سیستم هیدرولیکی، نیاز به پمپ بزرگ و قوی ای دارد.

- ۸-۲-۲ - معرفی سیستم هیدرولیک با شیر کنترل مسیر (از نوع مرکز - بسته)  
 - نماد گرافیکی شیر کنترل مسیر - چهار راهه - سه وضعیتی - از نوع مرکز - بسته، چنین است:  
 - همانگونه که در شکل (۱۵-۲) نشان داده شد.



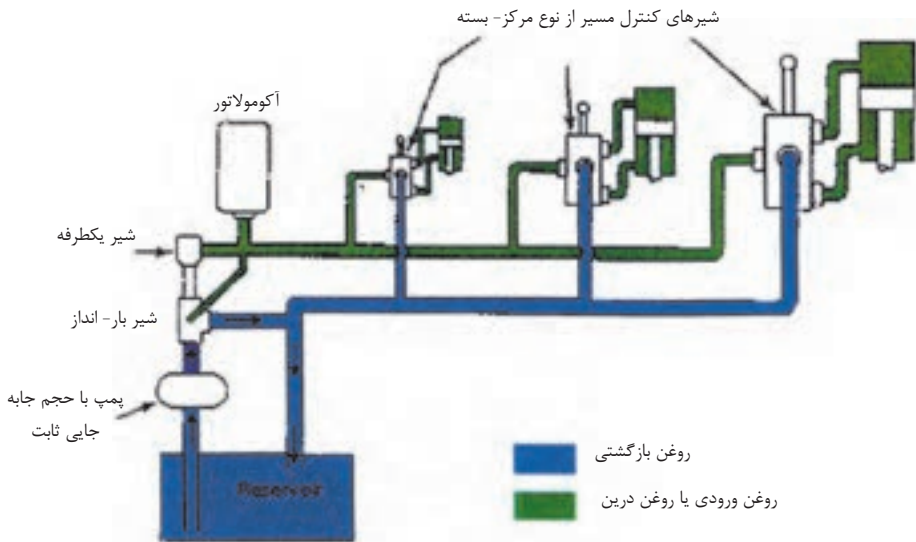
شکل ۱۵-۲- عملکرد شیر کنترل مسیر از نوع مرکز - بسته

- نظر به اینکه کلیه مجراهای روغن این شیر در وضعیت نرمال (غیر فعال)، بسته باقی می‌ماند، لذا در چنین سیستم هیدرولیکی، پمپ قادر است در طول زمانی که به جریان روغن برای انجام کار نیازی نیست، بشکل خلاص یا خاموش استراحت نماید، و مقدار زیادی انرژی هم صرفه جوئی شود.

- ۹-۲-۲ معرفی سیستم هیدرولیک با مجموعه ای از پمپ با حجم جابجائی ثابت و آکومولاتور به همراه شیر کنترل مسیر از نوع مرکز - بسته: (جهت مطالعه آزاد)  
 - نماد گرافیکی یک آکومولاتور (انباره تحت فشار)، از نوع گازی چنین است:



شکل (۱۶-۲) مربوط بیک نمونه سیستم هیدرولیک با شیر کنترل مسیر نوع مرکز - بسته به همراه یک پمپ کوچک از نوع حجم جابجایی ثابت، که وظیفه اش شارژ روغن به محفظه یک آکومولاتور است، می باشد.



شکل ۱۶-۲- ترکیبی از پمپ با حجم جابه‌جایی ثابت و آکومولاتور

- زمانی که آکومولاتور، شارژ کامل روغن می‌شود و حداکثر فشار ممکن را بدست می‌آورد، یک شیر بار-انداز<sup>۲۰</sup>، در آن لحظه تحریک شده و جریان روغن پمپ را به سمت مخزن سیستم هدایت می‌کند. ضمناً یک شیر یکطرفه<sup>۲۱</sup> هم، جهت حبس نمودن فشار روغن و جلوگیری از به‌هدر رفتن فشار، در مدار، نصب شده است.

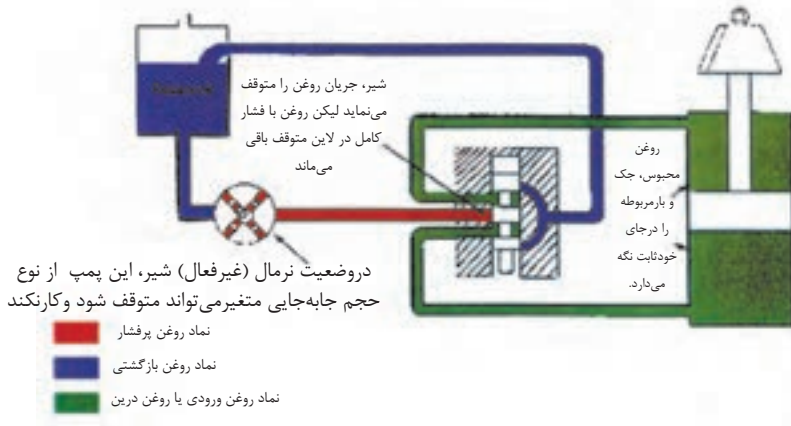
- هنگامیکه یکی از شیرهای کنترل مسیر، عمل کند، آکومولاتور شروع به تخلیه روغن خود و شارژ جک مربوط می‌نماید. ضمناً، همین که فشار مدار افت کند، شیر بار-انداز، مسیر روغن پمپ را مجدداً عوض کرده و اقدام به شارژ مجدد آکومولاتور می‌نماید.

۲۰- Unloading Valve

۲۱- Check Valve

۱۰-۲-۲ - معرفی نمونه ای از سیستم هیدرولیک مجهز به پمپ با حجم جابجایی متغیر به همراه شیر کنترل مسیر از نوع مرکز- بسته: (جهت مطالعه آزاد)

- شکل (۱۷-۲) مربوط بیک نمونه سیستم هیدرولیک است، با پمپ از نوع حجم جابجایی متغیر به همراه یک شیر کنترل مسیر از نوع مرکز- بسته که در حالت نرمال یا غیر فعال قرار دارد.



### شکل ۱۷-۲- پمپ با حجم جابه‌جایی متغیر به همراه شیر کنترل مسیر از نوع مرکز بسته

۱- در این سیستم هنگامیکه شیر وضعیت نرمال (غیر فعال) بخود می‌گیرد، هر چند که همه مسیرها را می‌بندد، ولی حرکت پمپ همچنان ادامه پیدا می‌کند، تا فشار روغن موجود در خط لوله پشت شیر تا پمپ، به حدی که از قبل تعیین شده برسد.

۲- در این لحظه یک شیر متعادل کننده فشار<sup>۲۲</sup> (که در این شکل درون ساختمان پمپ قرار دارد)، تحریک شده و:

الف- پمپ روغن را بطور اتوماتیک خاموش می‌کند

ب- با بستن مسیر خروجی پمپ، فشار روغن موجود در خط لوله گفته شده در بند ۱ را محافظت نموده و از کاهش فشار و به هدر رفتن انرژی پتانسیل آن جلوگیری می‌کند.

۳- با تحریک شیر کنترل مسیر سیستم دو مجرای روغن باز می شود:

الف- روغن پرفشار و ساکن خط لوله پشت شیر به محفظه روغن زیر جک ارتباط پیدا کرده و به آن سمت جاری می شود، این امر موجب می شود که کل فشار کاهش یابد، و در نتیجه شیر متعادل کننده فشار، پمپ را مجدداً روشن نموده و جریان روغن پمپ، به زیر جک جاری شده و آنرا به حرکت در آورد.

ب- همزمان روغن محفظه سمت دیگر جک از طریق شیر کنترل مسیر اصلی به مخزن روغن سیستم ارتباط پیدا نموده و با حرکت جک، روغن آن محفظه شروع به تخلیه می شود.

۴- زمانی که شیر کنترل مسیر مجدداً برگردد به حالت نرمال یا غیر فعال خویش، روغن در هر دو محفظه بالا و پایین جک دو طرفه، حبس می گردد و همزمان کلیه مجراهای منتهی به پمپ مسدود میگردند و پمپ مجدداً به حالت استراحت و خاموش برمی گردد.

۱۱- ۲- ۲- معرفی سیستم هیدرولیک با مجموعه ای از شیر کنترل مسیر از نوع مرکز - بسته، پمپ با حجم جابجائی متغیر و پمپ شارژ: (جهت مطالعه آزاد)

- یک عدد پمپ شارژ<sup>۲۳</sup>، روغن را از مخزن اصلی روغن به پمپ اصلی سیستم که پمپ با حجم جابجائی متغیر است، تزریق می نماید، و با این عمل دو کار انجام می دهد

الف- کمبود روغن مورد نیاز سیستم را تأمین و جبران می کند

ب- فشار روغن در سمت ورودی پمپ اصلی سیستم را بالا می برد

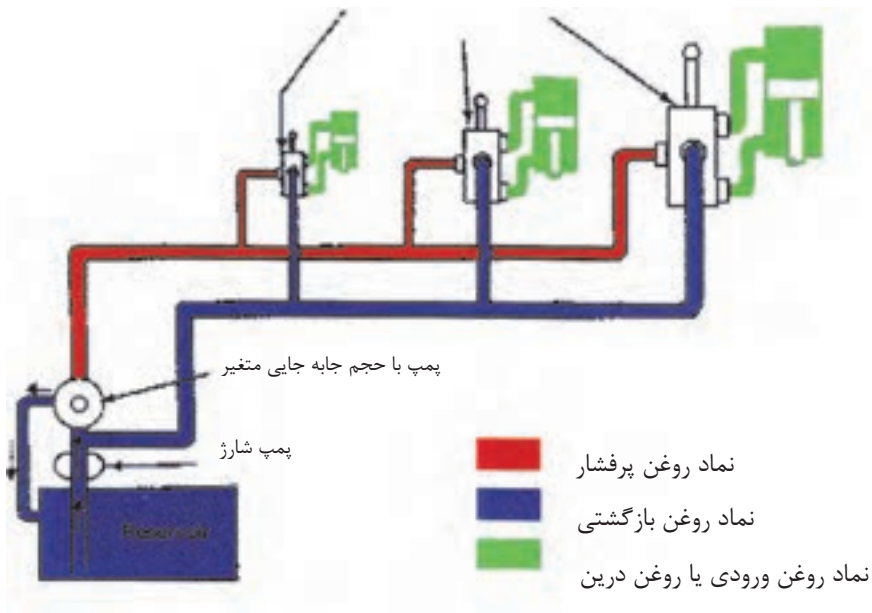
- و در نتیجه پمپ شارژ با اجرای بندهای الف و ب، راندمان پمپ اصلی سیستم را قدری بالا می برد

- همانگونه که مشاهده می کنید در این سیستم، روغن بازگشتی، از اعضاء تحریک کننده سیستم مستقیماً به ورودی پمپ اصلی می رود و نه به مخزن اصلی روغن.



- تصادفاً کاربرد این مجموعه هیدرولیکی بسیار فراگیر بود و امروزه بر روی تراکتورها که مجموعه‌ای از سیستم فرمان هیدرولیکی، سیستم ترمز هیدرولیکی، سیستم بیل هیدرولیکی، سیستم خیش هیدرولیکی، جک های تعادل هیدرولیکی و... می باشند، بهره برداری می شود.

شیرهای کنترل مسیر از نوع مرکز - بسته



شکل ۱۸-۲- ترکیبی از پمپ شارژ و پمپ با حجم جابه جایی متغیر و شیر کنترل مسیر از نوع مرکز-بسته



## آزمون پایانی (۲)

۱- با ترسیم یک دیاگرام گرافیکی، لوله های اصلی، لوله های مدار پابلوت و لوله های روغن نشتی را نمایش دهید.

۲- نماد گرافیکی اجزاء زیر را ترسیم نمائید:

۲-۱- پمپ یک جهته با حجم جابجائی - ثابت

۲-۲- پمپ دو جهته با حجم جابجائی - متغیر

۲-۳- موتور یک جهته با حجم جابجائی - متغیر

۲-۴- موتور دو جهته با حجم جابجائی - متغیر

۲-۵- موتور یک جهته با حجم جابجائی - ثابت

۲-۶- جک یک طرفه

۲-۷- جک دو طرفه

۲-۸- مخزن روغن از نوع لوله زیر سطح روغن

۲-۹- آکومولاتورها از نوع گازی

۲-۱۰- شیر دو راهه- دو وضعیتی- نوع نرمال- باز

۲-۱۱- شیر دو راهه- دو وضعیتی- نوع نرمال- بسته

۲-۱۲- شیر کنترل مسیر- چهار راهه- سه وضعیتی- نوع مرکز- بسته

۲-۱۳- شیر کنترل مسیر- چهار راهه- سه وضعیتی- نوع مرکز- گردش آزاد

۲-۱۴- نماد تحریک کننده نوع مکانیکی

۳- حداقل ۳ عدد از مزایای مهم سیستم های هیدرولیکی را توضیح دهید؟

۴- حداقل ۲ عدد از معایب سیستم های هیدرولیکی را برشمارید؟

- ۵- دیاگرام گرافیکی یک سیستم پرس هیدرولیکی را ترسیم و ارائه نمائید
- ۶- مهمترین مزیت بهره برداری از شیر کنترل مسیر سه وضعیت از نوع مرکز- بسته به همراه پمپ با حجم جابجائی متغیر، در مدارهای هیدرولیکی چیست؟
- ۷- اجزاء مهم سیستم هیدرولیکی چند منظوره موجود بر روی تراکتورهای کشاورزی را نام ببرید و نمادهای گرافیکی اجزاء را بطور جداگانه ترسیم نمائید؟