مدرسان شریف

فصل اول

« اصول و مبانی هیدرولیک و پنوماتیک »

به کارگیری سیال تحت فشار به منظور انتقال و کنترل قدرت در زمینه‌های مختلف صنعتی به طور گسترده‌ای در حال توسعه می‌باشد. اصولاً در پنوماتیک، سیال مورد استفاده هوای فشرده و در هیدرولیک روغن‌ها و مایعات دیگر می‌باشند.

از پنوماتیک عموماً وقتی استفاده می‌شود که نیروهایی کمتر از $10\,kN$ (یک تن) و سیکل کاری با سرعت بالا مورد نیاز است. در مواردی که نیروها زیاد بوده و سرعت‌های کنترل شده دقیق و افزایش نیرو با نسبت زیاد، مورد نیاز می‌باشد از سیستم‌های هیدرولیک استفاده می‌شود. کاربردهای توان هیدرولیک دامنه وسیعی از جمله جک‌های اتومبیل، تخت‌های بیمارستان، پرس‌های چندهزار تنی و ربات‌های با دقت بالا دارد.

فشار در مایعات

فشار نیروی عمودی بر واحد سطح است. یعنی:

$$\text{فشار} = \frac{\text{نیرو}}{\text{مساحت}}$$

قوانین پاسکال در مورد فشار در سیال به صورت زیر می‌باشند:

۱ـ در صورتی که از اثر وزن سیال صرف‌نظر شود، فشار در همه نقاط سیال یکسان است.۲ـ در یک لحظه معین، فشار استاتیکی وارد شده در تمامی جهات برابر است. ۳ـ این فشار به صورت عمود بر سطح ظرف وارد می‌شود.

سیستم هیدرولیک ساده که در شکل زیر نشان داده شده است، بار بزرگ W در حال تعادل با نیروی کوچک F روی پیستون می‌باشد. فشار ناشی از بار W عبارت است از:

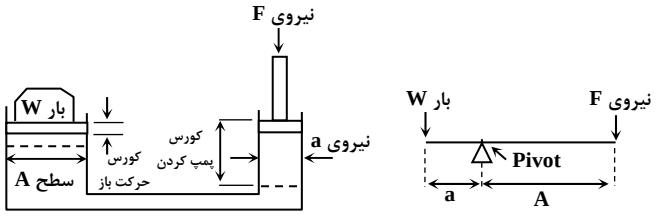
$$\text{فشار} = \frac{\text{نیرو}}{\text{مساحت}} = \frac{W}{A}$$

فشار ناشی از نیروی F عبارت است از:

$$\text{فشار} = \frac{F}{a}$$

پس برای سیستم در حال تعادل شکل ۱داریم:

$$\frac{W}{A} = \frac{F}{a}$$



شکل ۱ . انتقال نیروی هیدرولیک

بنابراین نسبت بارها و نسبت مساحت‌ها با یکدیگر برابر هستند.

$$\frac{W}{F} = \frac{A}{a}$$

برای بلند کردن بار W به اندازه L حجم روغن جابه‌جا شده از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

$$\text{حجم جابه‌جا شده} = V = A \times L = a \times \ell$$

مثال۱: حساسیت بسیار زیاد سیستم‌های هیدرولیک .....

۱) یک نقطه ضعف می‌باشد. ۲) یک نقطه قوت می‌باشد.

۳) پارامتر مهمی نیست. ۴) به محیط سیستم هیدرولیک ارتباط دارد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» کوچک‌ترین مقدار گرد و خاک، زنگ‌زدگی و آشغال در داخل سیستم باعث خرابی آن می‌شود.

◆ ◆ ◆ ◆

کار انجام شده برابر است با حاصل‌ضرب نیرو در تغییر مکان. کار انجام شده توسط بار $= W \times L$

کار انجام شده روی بار عبارت است از: $P \times A \times L$

نیرو

یکی از مهم‌ترین پارامترهای سیلندرهای هیدرولیک، قدرت یا میزان نیرویی است که می‌تواند اعمال نماید. واحد بیان نیرو نیوتن (N) است. البته در عمل از واحد کیلوگرم نیرو (kgf) در تعیین نیرو بیشتر استفاده می‌شود. برای تبدیل این دو واحد از رابطه روبه‌رو استفاده می‌شود: $N = kgf \times ۱۰$

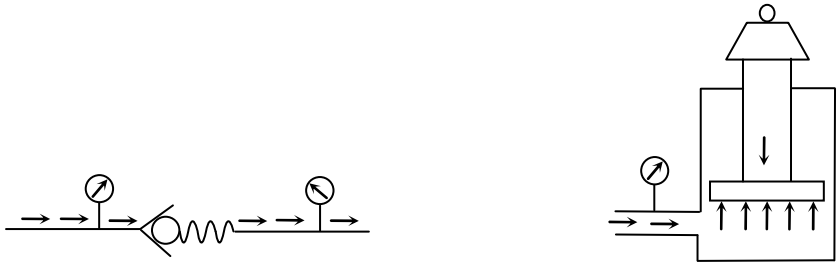
برای تبدیل قدرت سیلندر از واحد متداول تن (ton) به کیلوگرم نیرو (kgf) از رابطه روبه‌رو استفاده می‌شود: $ton = kgf \times ۱۰۰۰$

عوامل ایجاد فشار در سیستم هیدرولیک

فشار در سیستم هیدرولیک نتیجه مقاومت در برابر عبور روغن می‌باشد. معمولاً دو عامل اصلی ایجاد فشار وجود دارد:

الف) فشار ناشی از بار به نحوی که با ایجاد مانع در برابر عبور روغن فشار افزایش می‌یابد.

ب) فشار ناشی از مقاومت و اصطکاک لوله شیلنگ و اتصالات مسیر عبور روغن.



شکل ۲.

برای نمونه حداکثر فشار مجاز یک پرس هیدرولیک ۲۱۰ bar می‌باشد، فشار پشت سیلندر اصلی پرس معادل ۲۵۰۰psi اندازه‌گیری شده است. تعیین کنید آیا فشار ایجاد شده در محدوده مجاز می‌باشد. $p = ۲۱۰ \times ۱۴/۷ = ۳۰۸۷psi$

این فشار بیش از فشار کاری پرس بوده لذا مجاز می‌باشد.

مثال۲: کدام‌یک از گزینه‌های زیر باعث ایجاد فشار در یک سیستم هیدرولیکی نمی‌شود؟

۱) بارگذاری روی سیستم ۲) پیچ و خم مسیر لوله‌کشی ۳) آلودگی روغن ۴) زبری داخلی لوله

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» آلودگی روغن نمی‌تواند روی افزایش فشار سیستم تأثیرگذار باشد.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۳: در بحث فشار هیدرواستاتیک با افزایش ستون مایع درون یک ظرف، فشار وارد بر کف آن ظرف ..... .

۱) افزایش می‌یابد. ۲) به شکل ظرف بستگی دارد. ۳) کاهش می‌یابد. ۴) مرتبط با ستون مایع نیست.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» فشار هیدرواستاتیک مستقل از شکل ظرف بوده و فقط تابع ارتفاع ستون مایع می‌باشد.

ارتفاع معادل فشار در مایع

ستون مایع باعث به وجود آمدن فشار به علت وزن خود می‌شود. لذا با بلند شدن ستون مایع، فشار افزایش یافته و در مورد ستونی از سیال به ارتفاع h و سطح مقطع A خواهیم داشت:

وزن ستون = حجم × وزن واحد حجم $= Ah \times w$ فشار $= \frac{Ahw}{A} = wh$

مثال۴: ارتفاع روغن در یک مخزن از دهانه ورودی پمپ هیدرولیک تا سطح آزاد روغن $۰/۶m$ و وزن مخصوص روغن $۰/۸۶$ می‌باشد. فشار استاتیکی در ورودی پمپ را محاسبه نمایید.

۱) ۰/۵ بار ۲) ۰/۰۵ بار ۳) ۰/۱ بار ۴) ۱ بار

پاسخ: گزینه «۲»

$\text{فشار} = Wh$

جرم حجمی آب $۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$ است، بنابراین جرم حجمی روغن $۸۶۰\frac{kg}{m^۳}$ است. لذا:

فشار در دهانه ورودی پمپ $= ۸۶۰\times ۰/۶ = ۵۱۶\frac{kg}{m^۲} = ۰/۰۵۱۶\frac{kg}{cm^۲}$

یادآوری: $۱\frac{kg}{cm^۲} = ۰/۹۸۱\,bar$

فشار در دهانه ورودی پمپ $= ۰/۰۵۱۶\times ۰/۹۸۱ = ۰/۰۵۰۶\,bar$

جریان سیال

عامل مخالف با حرکت در هر سیستمی اصطکاک است. به منظور ایجاد حرکت لازم است نیروی محرک بر اصطکاک غلبه کند، لذا برای جریان یافتن سیال بین دو سر لوله لازم است که اختلاف فشار وجود داشته باشد که در این صورت جریان سیال از سمت فشار زیاد به طرف فشار کم خواهد بود.

در جریان آرام، افت فشار یا مقاومت اصطکاکی در لوله به عوامل زیر بستگی دارد:

۱ـ مستقیماً متناسب با طول و به طور معکوس با قطر لوله۲ـ متناسب با مقدار سیال در حال جریان در واحد زمان۳ـ مستقل از فشار سیستم۴ـ مستقل از زبری سطح داخل لوله ۵ـ وابسته به ویسکوزیته سیال است که خود تابعی از دما می‌باشد.

برای جریان مغشوش افت فشار در لوله تابع عوامل زیر می‌باشد:

۱ـ متناسب با مجذور مقدار سیال در حال جریان در واحد زمان۲ـ مستقل از فشار سیستم۳ـ وابسته به زبری سطح داخلی لوله ۴ـ مستقل از ویسکوزیته سیال

در سیستم‌های هیدرولیکی به منظور رسیدن به بازده ماکزیمم، ابعاد لوله باید طوری انتخاب شوند که جریان آرام باشد.

مثال۵: برای کسب راندمان ماکزیمم در سیستم‌های هیدرولیکی باید طراحی بر مبنای ..... باشد.

۱) رژیم جریان آرام ۲) رژیم جریان مغشوش ۳) به رژیم جریان ربط ندارد ۴) پمپ پربازده‌تر

پاسخ: گزینه «۱» در سیستم‌های هیدرولیکی سایز لوله بهینه بر مبنای رژیم جریان آرام در نظر گرفته می‌شود.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۶: مطلوب است محاسبه قطر داخلی لوله برای خطوط مکش و فشار یک پمپ با دبی حجمی $۴۰\frac{lit}{min}$ در صورتی که حداکثر سرعت جریان در لوله مکش $۱/۲\frac{m}{s}$ و در لوله فشار $۳/۵\frac{m}{s}$ باشد.

پاسخ:

$\text{دبی} = \text{سطح مقطع جریان} \times \text{سرعت متوسط} \Rightarrow ۴۰\frac{lit}{min} = \frac{۴۰}{۶۰}\frac{lit}{Sec} = \frac{۴۰}{۶۰}\times ۱۰^{-۳}\frac{m^۳}{Sec}$

$\text{سطح مقطع لوله مکش} = \text{جریان داخلی لوله} \;/\; \text{سرعت جریان} \Rightarrow \frac{۴۰\times ۱۰^{-۳}}{۶۰\times ۱/۲} = ۰/۵۵۵\times ۱۰^{-۳}\;m^۲$

اگر قطر لوله D باشد:

$\text{سطح مقطع لوله مکش} = \frac{\pi D^۲}{۴} = ۰/۵۵۵\times ۱۰^{-۳}\;m^۲$

$D = (۴/\pi\times ۰/۵۵۵\times ۱۰^{-۳})^{\frac{۱}{۲}} \;\Rightarrow\; D = ۰/۰۲۶۶m = ۲۶/۶mm$

قطر مورد نیاز در خط فشار نیز به روش مشابهی به ازاء سرعت جریان $۳/۵\frac{m}{s}$ حداقل $۱۵/۶mm$ به دست می‌آید. اما این مقدار باید به صورت لوله‌های استاندارد در بازار درآید.

برای نمونه جرثقیلی باری به وزن ۱۰۰۰ نیوتن را در مدت ۴ ثانیه به اندازه ۲ متر بالا می‌برد. توان تولید شده را محاسبه کنید.

کار انجام شده $W = ۱۰۰۰\,N \times ۲m = ۲۰۰۰$ ژول توان تولید شده $p_{\circ} = \frac{\text{۲۰۰۰ ژول}}{\text{۴ ثانیه}} = ۵۰۰\frac{j}{s} = ۵۰۰watt$

کار انجام شده

کار انجام شده توسط نیرو به وسیله رابطه زیر تعریف می‌شود:

کار انجام شده = نیرو × طول مسیر حرکت

اگر A سطح مقطع پیستون، P فشار مؤثر بر روی پیستون و L کورس پیستون باشند:

نیروی پیستون = فشار × سطح $= P \times A$

کار انجام شده $= P \times A \times L \xrightarrow{A \times L = V}$ کار انجام شده $= P \times V$ حجم × فشار

همچنین توان هیدرولیک بر حسب kw عبارت است از:

$$\text{توان (kW)} = \frac{\text{فشار (bar)} \times \text{دبی } (\ell/\text{min})}{۶۰۰}$$

مثال۷: یک پمپ هیدرولیکی دبی $۱۲\frac{\ell}{\text{min}}$ در فشار ۲۰۰bar تولید می‌کند.

۱ـ توان هیدرولیک را محاسبه نمایید. ۲ـ اگر راندمان کلی پمپ ۶۰% باشد، توان موتور الکتریکی لازم برای کارکرد این پمپ را محاسبه نمایید.

پاسخ:

توان هیدرولیک $= \frac{۱۲(\frac{\ell}{\text{min}}) \times ۲۰۰(\text{bar})}{۶۰۰} = ۴\,kW$

راندمان کلی پمپ = توان خروجی پمپ / توان ورودی پمپ (توان الکتروموتور) توان خروجی پمپ / توان ورودی پمپ = راندمان کلی پمپ

توان خروجی موتور الکتریکی $= \frac{۴}{۰/۶} = ۶/۶۷\,kW$

قوانین پایه در هیدرولیک

۱ـ سیال تحت فشار همیشه مسیر با مقاومت کمتر را برای عبور انتخاب می‌کند. ۲ـ پمپ تولید دبی می‌کند نه فشار ۳ـ فشار فقط در برابر مقاومت یک مانع ایجاد می‌شود.

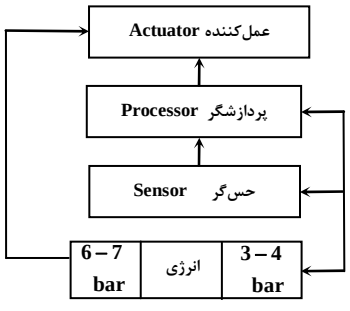
یادآوری:

فشار به psi $= ۱۴/۵ \times$ فشار به bar

فشار به bar $= ۰/۰۶۹ \times$ فشار به psi

$۱Gallon = ۳/۷۸lit$ $۱۰\,kN = ۱ton\ Force$

ریشه کلمه پنیوماتیک از پنیوما گرفته شده است. اصطلاح پنیوما از کلمه یونانی قدیم مشتق شده است و به‌عنوان تنفس ـ باد ـ یا وزش هوا و در فلسفه به معنای روح ذکر گردیده است. پنیوماتیک عبارت است از علمی که در مورد حرکات و وقایع هوا می‌باشد. نمودار زنجیر کنترل پنیوماتیک به صورت روبه‌رو می‌باشد.



شکل ۳.

مثال۸: وظیفه پمپ در سیستم‌های هیدرولیک چیست؟

۱) تولید دبی ۲) تولید فشار ۳) تولید دبی و فشار ۴) تولید دبی و غله بر افت فشار شبکه

پاسخ: گزینه «۴» کامل‌ترین تعریف از پمپ را ارائه می‌دهد.

مثال۹: در مورد مبدل گشتاور از کدام‌یک از حوزه‌های زیر مجموعه هیدرولیک نام برده می‌شود؟

۱) هیدرواستاتیک　　۲) هیدرودینامیک　　۳) هیدروپنوماتیک　　۴) به هیدرولیک مرتبط نیست.

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» در هیدرودینامیک برای تأمین توان از جریان سریع سیال براساس ضربه استفاده می‌شود.

➢ **توجه:** تمام انرژی داده شده به یک سیستم هیدرولیک باید به شکل کار (بازده) یا به شکل حرارت (اتلاف انرژی) از آن گرفته شود.

➢ **توجه:** روغن باید محبوس گردد تا فشار برای کار به وجود آید. یک سیستم کاملاً مسدود در برابر نشتی ضرورت دارد.

➢ **توجه:** دو شاخه اساسی هیدرولیک عبارتند از:

الف) هیدرودینامیک: برای تأمین توان از جریان سریع سیال براساس «ضربه» استفاده می‌شود، مانند مبدل گشتاور. ب) هیدرواستاتیک: برای تأمین توان از جریان سیال پرفشار و نسبتاً کم سرعت استفاده می‌شود.

اصول سیستم‌های پنوماتیک

با توجه به اینکه گاز فشرده شده در سیستم‌های بادی به عنوان منبع فشار در مدار می‌باشد، لذا قوانین حاکم بر گازها، اصول سیستم‌های بادی را تشکیل می‌دهند. برخی از مهم‌ترین قوانین گازها عبارتند از:

۱ـ قانون پاسکال (Pascal's Law): این قانون در بحث فشار در مایعات بیان گردید.

۲ـ قانون بویل (Boyle's Law) : در شرایط دما و جرم ثابت برای گاز کامل داریم: $\boxed{PV = C}$

P: فشار گاز ؛ V: حجم گاز ؛C: مقدار ثابت

۳ـ قانون چارلز (Charle's Law): در شرایط فشار و جرم ثابت برای یک گاز کامل داریم:

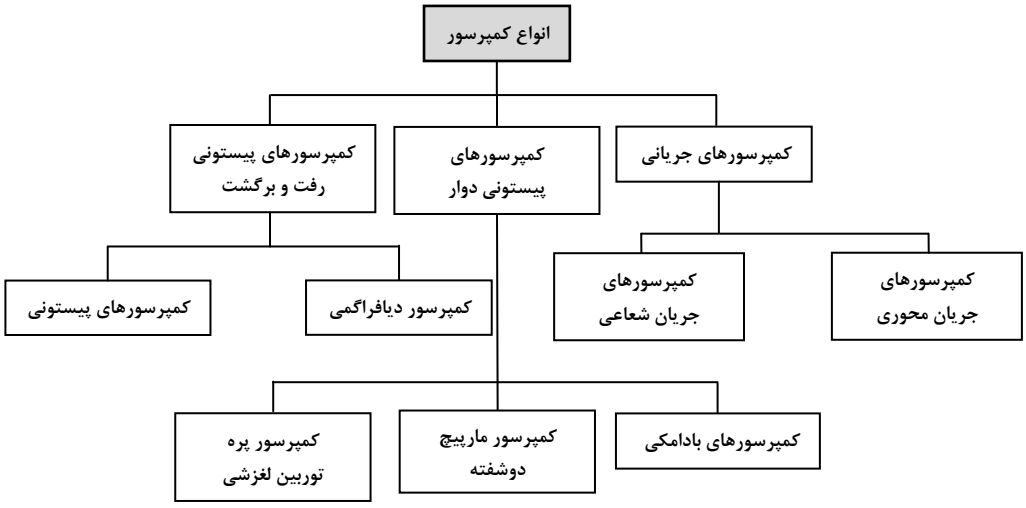
$$\boxed{\frac{V}{T} = C}$$

T: دمای مطلق گاز

۴ـ معادله مشخصه گاز: از ترکیب دو رابطه بویل و چارلز داریم: $PV = mRT$

$$\boxed{\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}}$$

انواع کمپرسورهای هوا: انتخاب کمپرسور از میان انواع مختلف آن وابسته به این موارد است: میزان هوا، فشار، کیفیت پاکیزگی و این که هوا چه میزان باید خشک باشد.



شکل ۴.

مثال۱۰: کمپرسور دیافراگمی جزء کدام‌یک از کمپرسورهای اصلی می‌شود؟

۱) پیستون رفت و برگشتی　　۲) جریانی　　۳) دوار　　۴) پره‌ای

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» مطابق تقسیم‌بندی انواع کمپرسورها، کمپرسور دیافراگمی از خانواده کمپرسورهای پیستونی رفت و برگشتی می‌باشد.

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

۱ـ در هیدرولیک تغییرات دانسیته یک مایع با عمق با رابطهٔ $\rho = ۱۰۰۰ + ۰/۰۳y$ داده شده است. کره‌ای به قطر $۲۵۰mm$ و چگالی ۱/۴ در این مایع غوطه‌ور می‌شود. در چه عمقی کره به تعادل می‌رسد؟ (آزاد ۸۴)

۱) $۱۲m$ ۲) $۱۴m$ ۳) $۱۳/۳۳m$ ۴) $۱۱/۵m$

۲ـ اگر هوا در شرایط دما و فشار استاندارد $۱۰^{۱۸}$ مولکول بر میلی‌متر مکعب داشته باشد مسیر توسط آزاد تقریباً برابر با چند سانتی‌متر است؟ (آزاد ۸۴)

۱) $۱۰^{-۷}$ ۲) $۱۰^{-۹}$ ۳) $۱۰^{-۵}$ ۴) $۱۰^{-۱۱}$

۳ـ در یک خط لوله روغن ایستگاه‌های پمپاژ هر $۶۰km$ دایر شده است. اگر افت فشار در خط لوله $۱۰۰۰\frac{kPa}{km}$ باشد، هر پمپ چه فشاری باید تولید کند تا از تبخیر روغن جلوگیری شود؟ (آزاد ۸۴)

۱) $۶۰۰۰kPa$ ۲) $۳۰۰۰kPa$ ۳) $۹۰۰۰kPa$ ۴) $۱۲۰۰۰kPa$

۴ـ پیستونی به قطر $۵۰mm$ در داخل استوانه‌ای به قطر $۵۰/۱mm$ حرکت می‌کند، مایع روانکاری نفت خام است. اگر نفت را گرم کرده و دمای آن را از $۰^{\circ}C$ به $۱۲۰^{\circ}C$ برسانیم نیروی لازم برای حرکت دادن پیستون چند درصد کاهش می‌یابد؟ (آزاد ۸۴)

$$\begin{cases} T = ۱۲۰^{\circ}C \\ \mu = ۲/۱(۱۰)^{-۸}\ N.S/m^۲ \end{cases} \quad \text{و} \quad \begin{cases} T = ۰^{\circ}C \\ \mu = ۱/۸(۱۰)^{-۲}\ N.S/m^۲ \end{cases}$$

۱) $۹۲/۵$ ۲) $۸۸/۳$ ۳) $۷۵/۲$ ۴) $۶۵/۶$

۵ـ یک پمپ جابه‌جایی مثبت با خروجی $۱\frac{L}{min}$ خط لوله‌ای به حجم یک لیتر را تغذیه می‌کند. اگر ناگهان انتهای لوله مسدود شود، افزایش فشار پس از یک ثانیه چند بار است؟ (مدول بالک سیال پمپ شده را $۲۰۰۰MPa$ در نظر گرفته و از تغییر حجم لوله صرف‌نظر شود) (آزاد ۸۵)

۱) $۶/۶۶$ ۲) $۱/۳۳$ ۳) $۳/۳۳$ ۴) $۲/۳۳$

۶ـ یک پمپ هیدرولیک دبی $۱۲\frac{L}{min}$ در فشار ۲۰۰ بار تولید می‌کند. اگر راندمان کلی پمپ ۶۰% باشد، توان موتور الکتریکی لازم برای به حرکت در آوردن این پمپ چند کیلووات است؟ (آزاد ۸۵)

۱) $۳/۶۷$ ۲) $۶/۶۷$ ۳) ۵ ۴) $۹/۶۷$

۷ـ کدام گزاره درست است؟ (آزاد ۸۶)

۱) قانون بویل در شرایط دما و جرم ثابت برای گاز کامل است.
۲) قانون چالز در شرایط فشار و دما ثابت برای گاز کامل است.
۳) قانون چالز در شرایط دما و حجم ثابت برای گاز کامل است.
۴) قانون بویل در شرایط فشار و جرم ثابت برای گاز کامل است.

۸ـ بر یک پیستون یک‌طرفه با حجم جابه‌جایی ۰/۲ لیتر، هوا با فشار ۶ اتمسفر اثر می‌کند. اگر تعداد کورس پیستون $۲۴۰\frac{H}{min}$ باشد، مقدار هوای مورد نیاز آن در هر دقیقه برابر است با: (آزاد ۹۰)

۱) $۲۸۸\frac{lit}{min}$ ۲) $۲۰۰\frac{lit}{min}$ ۳) $۴۱۵\frac{lit}{min}$ ۴) $۳۳۶\frac{lit}{min}$

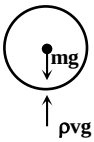
پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

۱ـ گزینه «۳» نیروی ارشمیدس (بالاران) وارد بر گلوله عبارت است از: $(F = \rho vg)$

(F: نیروی ارشمیدس (بالاران)، ρ: چگالی مایع، V: حجم جسم غوطه‌ور)

چگالی کره برابر است با: $P_S = ۱/۴ \times ۱۰۰۰ = ۱۴۰۰$

با ترسیم پیکره آزاد برای کره داریم:



$$\sum F_y = ۰ \Rightarrow mg = \rho vg \xrightarrow{m=\rho V} \rho_{\text{مایع}} = \rho_{\text{کره}}$$

$$۱۰۰۰ + ۰/۰۳y = ۱۴۰۰ \Rightarrow y = \frac{۴۰۰}{۰/۰۳} = ۱۳/۳۳m$$

۲ـ هیچ‌کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. مسیر متوسط آزاد از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید: $\boxed{\overline{\ell} = \frac{۱}{\sqrt{۲} n \pi d^۲}}$

($\overline{\ell}$: مسیر متوسط آزاد، d: قطر مولکول، n: تعداد مولکول بر واحد حجم)

اطلاعات مسئله کافی نیست، چون قطر مولکول هوا داده نشده است. مسیر متوسط آزاد مسیری است که یک مولکول طی می‌کند تا به مولکول دیگر برخورد کند. (این سؤال مربوط به درس مکانیک سیالات است و عنوان آن در درس ساخت و تولید کار صحیحی نمی‌باشد)

۳ـ هیچ‌کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. جهت جلوگیری از تبخیر روغن درون لوله، فشار آن درون لوله نباید به فشار کمتر از فشار اتمسفر برسد. چون افت فشار در هر کیلومتر برابر $۱۰۰۰ kpa$ است و فاصله بین دو پمپ ۶۰ کیلومتر می‌باشد، افت فشار بین دو پمپ $۶۰۰۰۰ kpa$ است. پس هر پمپ باید در هر ایستگاه پمپاژ فشاری بیشتر از این مقدار ایجاد کند تا از تبخیر روغن جلوگیری شود.

۴ـ هیچ‌کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. مایع روانکار جهت کاهش اصطکاک بین سیلندر و پیستون استفاده می‌گردد. نیروی اصطکاک از رابطه زیر به دست می‌آید: $f = \mu N$

همانگونه که مشاهده می‌شود نیروی اصطکاک با ویسکوزیته روانکار رابطه مستقیم دارد. همچنین همانطور که می‌دانید با افزایش دما، ویسکوزیته روانکار طبق داده‌های مسئله کاهش می‌یابد.

$$\text{درصد کاهش نیروی پیستون} = \frac{\mu_{۱۲۰} - \mu_۰}{\mu_۰} = \frac{۲/۱(۱۰)^{-۱۰} - ۱/۸(۱۰)^{-۲}}{۱/۸(۱۰)^{-۲}} = ۰/۹۹ = \%۹۹$$

۵ـ گزینه «۳» طبق تعریف، مدول بالک برابر است با:

$$\beta = \frac{\Delta p}{\Delta V / V} \quad ; \quad Q = ۱\frac{L}{min} = \frac{۱}{۶۰}\frac{L}{sec} = \Delta v \qquad \Delta P = \beta \times \frac{\Delta v}{v} = ۲۰۰۰ \times \frac{\frac{۱}{۶۰}}{۱} = ۳۳/۳۳Mpa = ۳/۳۳bar$$

یادآوری:

$$۱\frac{kg}{cm^۲} = ۰/۹۸۱bar \Rightarrow ۱\frac{kg}{cm^۲} \approx ۱bar$$

$$\Delta p = ۳۳/۳Mpa = ۳/۳۳ \ bar$$

۶ـ گزینه «۲» توان هیدرولیکی از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

P: فشار؛ Q: دبی

$$\text{توان هیدرولیکی (kw)} = \frac{P_{(bar)} \times Q(L/min)}{۶۰۰} \Rightarrow \frac{۲۰۰ \times ۱۲}{۶۰۰} = ۴ \ kw$$

راندمان کلی پمپ × توان موتور الکتریکی= توان هیدرولیکی پمپ

$$\text{توان موتور الکتریکی} = \frac{۴kw}{\%۶۰} = ۶/۶۷kw$$

۷ـ گزینه «۱» برخی از قوانین مهم گازها عبارتند از:

۱ـ قانون بویل (Boyle's Law): در شرایط دما و جرم ثابت برای گاز کامل داریم: $PV = C$

P: فشار گاز V: حجم گاز C: مقدار ثابت

۲ـ قانون چارلز (Charle's Law): در شرایط فشار و جرم ثابت برای یک گاز کامل داریم: $\frac{V}{T} = C$

V: حجم گاز T: دمای مطلق گاز

۳ـ معادله مشخصه گاز: از ترکیب دو رابطه بویل و چارلز، داریم: $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ $PV = mRT$

طبق مطالب بیان شده فقط گزینه ۱ صحیح می‌باشد.

◆ ◆ ◆ ◆

۸ـ گزینه «۱» $Q = ۶ \times ۰/۲ \times ۲۴۰ = ۲۸۸ \frac{Lit}{min}$

توضیح اینکه با افزایش فشار تا ۶ اتمسفر حجم، کاهش یافته و برای کار کردن جک ۶ برابر اولیه دبی مورد نیاز می‌باشد.

◆ ◆ ◆ ◆

آزمون فصل اول

۱ـ کدام‌یک از موارد زیر جزو اصول اساسی هیدرولیک نیست؟

۱) مایعات شکل مخصوص به خود ندارند.

۲) مایعات را می‌توان متراکم کرد.

۳) مایعات فشار وارده را فقط می‌توانند در بعضی جهات به صورت مشروط منتقل کنند.

۴) گزینه‌های ۲ و ۳

۲ـ در کدام مورد باید از سیستم‌های هیدرولیکی استفاده نمود؟

۱) زمانی که قدرت زیادی مورد نیاز باشد.

۲) زمانی که دقت حرکت عملگرها زیاد باشد.

۳) زمانی که عکس‌العمل سریع موردانتظار باشد.

۴) گزینه‌های ۱و ۲

۳ـ تحلیل سیستم‌های پنوماتیکی پیچیده‌تر از سیستم‌های هیدرولیکی است زیرا:

۱) به دلیل نوع مکانیزم المان‌های مورد استفاده

۲) به دلیل هزینه‌های سرمایه‌گذاری در سیستم‌های بادی

۳) به دلیل قابلیت تراکم هوا

۴) گزینه‌های ۱و ۲

۴ـ کدام گزینه از کاربردهای انرژی سیالات در صنایع نیست؟

۱) هیدرولیک خودرویی ۲) هیدرولیک صنعتی ۳) پنوماتیک صنعتی ۴) هیدرونیک

۵ـ کدام گزینه مربوط به قوانین پایه در هیدرولیک نیست؟

۱) سیال کم مقاومت‌ترین مسیر را جهت عبور انتخاب می‌کند.

۲) پمپ مولد فشار است نه مولد دبی.

۳) وجود مانع در مسیر حرکت ایجاد فشار می‌کند.

۴) سیال هیدرولیک هنگام عبور از شیر افت فشار خواهد داشت.

۶ـ محدوده فشار لازم جهت عملگرها در سیستم‌های بادی باید:

۱) در محدوده ۷ـ۶ بار باشد. ۲) در محدوده ۱۴ـ۱۲ بار باشد. ۳) در محدوده ۴ـ۳ بار باشد. ۴) می‌تواند نامحدود باشد.

۷ـ کدام رابطه توان هیدرولیکی تولید شده در پمپ را برحسب KW نشان می‌دهد؟

۱) $\frac{PQ}{60}$ ۲) $\frac{PQ}{600}$ ۳) $\frac{PQ}{6000}$ ۴) $\frac{PQ}{174}$

۸ـ کدام گزینه روی انتخاب کمپرسور مناسب تأثیرگذار است؟

۱) دبی هوای ارسالی ۲) رطوبت هوای منطقه ۳) فشار هوای ارسالی ۴) گزینه ۱ و ۳

۹ـ کدام گزینه از معایب هوای فشرده می‌باشد؟

۱) تنظیم سرعت و نیرو ۲) انبار کردن ۳) هوای تخلیه ۴) سرعت انتقال

۱۰ـ موضوع تخلیه مایع از مخزن بزرگ مربوط به کدام گزینه می‌باشد؟

۱) هیدروپنوماتیک ۲) هیدرولیک ۳) هیدرواستاتیک ۴) هیدرودینامیک

مدرسان شریف

فصل دوم

« پمپ‌ها »

مقدمه

در هر سیستم هیدرولیکی جریان سیال توسط پمپ تأمین می‌شود. پمپ‌ها فشار ایجاد نمی‌کنند و فقط بر مقاومت ایجاد شده در اثر نیروی بار غلبه می‌کنند. پمپ‌ها به دو گروه دسته‌بندی می‌شوند که عبارتند از: پمپ‌های جابه‌جایی غیر مثبت (Non-positive displacement pumps) و پمپ‌های جابه‌جایی مثبت (Positive displacement pumps).

تقسیم‌بندی پمپ‌ها از نظر جابه‌جایی: ۱ـ پمپ‌های جابه‌جایی ثابت، ۲ـ پمپ‌های جابه‌جایی متغیر

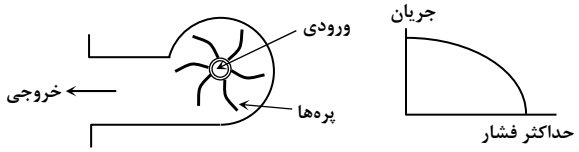
پمپ‌های جابه‌جایی ثابت در هر سیکل حجم روغن یکسانی را جابه‌جا می‌کند، این حجم فقط با تغییر دور پمپ کاهش یا افزایش می‌یابد و فشار سیستم می‌تواند بر حجم روغن تأثیر بگذارد.

در پمپ‌های جابه‌جایی متغیر حجم روغن جابه‌جا شده در هر سیکل حتی در دور ثابت پمپ تغییر می‌کند. این پمپ‌ها یک مکانیزم داخلی دارند که معمولاً برای برقراری یک فشار ثابت در سیستم دبی روغن را تغییر می‌دهند با کاهش فشار سیستم حجم افزایش می‌یابد و با افزایش فشار حجم کاهش می‌یابد.

نکته۱: جابه‌جایی ثابت = جریان (دبی) ثابت. جابه‌جایی متغیر = جریان (دبی) متغیر

پمپ‌های جابه‌جایی غیرمثبت

پمپ‌های سانتریفوژ (گریز از مرکز) نوعی از این پمپ‌ها می‌باشد که در آن با افزایش فشار، دبی کاهش می‌یابد و اگر خروجی پمپ کاملاً بسته شود، خروجی آن به صفر می‌رسد. شکل زیر یک پمپ سانتریفوژ و منحنی مشخصه آن را نشان می‌دهد.



شکل ۱ . پمپ سانتریفوژ الف) مقطع شماتیک ب) منحنی مشخصه پمپ A

استفاده از پمپ‌های جابه‌جایی غیرمثبت در مدارهای هیدرولیک بین مخزن روغن و پمپ اصلی جابه‌جایی مثبت می‌باشد تا روغن از مخزن به ورودی پمپ اصلی انتقال یابد و همچنین در سیستم‌های سردکننده نیز به کار می‌روند.

پمپ‌های جابه‌جایی مثبت

فاکتورهای اصلی که پمپ با آنها مشخص می‌شود، عبارتند از:

۱ـ بیشترین فشار کاری قابل تحمل بر حسب bar ۲ـ دبی جریان خروجی بر حسب $\frac{L}{min}$ در بیشترین سرعت دورانی پمپ یا جابه‌جایی هندسی به ازاء هر دور پمپ.

پمپ‌ها ممکن است جابه‌جایی ثابت یا متغیر داشته باشند. اگر L کورس جابه‌جایی و n سرعت پمپ بر حسب دور در دقیقه باشد، جابه‌جایی در هر دور برابر است با:

$$D = (\frac{\pi d^2}{4}) \times L$$

که d قطر پیستون می‌باشد.

و اگر خروجی واقعی پمپ در هر دقیقه Q، گشتاور ورودی متوسط به محور پمپ T و افزایش فشار در پمپ P فرض شوند، خواهیم داشت:

$D \times n$ = تعداد دور در هر دقیقه × جابه‌جایی در هر دور = خروجی تئوری پمپ