

Chương I: Cơ sở lý thuyết

1.1. Lịch sử phát triển

+/ 1920 đã ứng dụng trong lĩnh vực máy công cụ.

+/ 1925 ứng dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp khác như: nông nghiệp, máy khai thác mỏ, máy hóa chất, giao thông vận tải, hàng không, ...

+/ 1960 đến nay ứng dụng trong tự động hóa thiết bị và dây chuyền thiết bị với trình độ cao, có khả năng điều khiển bằng máy tính hệ thống truyền động thủy lực với công suất lớn.

1.2. Những ưu điểm và nhược điểm của hệ thống truyền động bằng thủy lực

1.2.1. Ưu điểm

+/ Truyền động được công suất cao và lực lớn, (nhờ các cơ cấu tương đối đơn giản, hoạt động với độ tin cậy cao nhưng đòi hỏi ít về chăm sóc, bảo dưỡng).

+/ Điều chỉnh được vận tốc làm việc tinh và vô cấp, (dễ thực hiện tự động hoá theo điều kiện làm việc hay theo chương trình có sẵn).

+/ Kết cấu gọn nhẹ, vị trí của các phần tử dẫn và bị dẫn không lệ thuộc nhau.

+/ Có khả năng giảm khối lượng và kích thước nhờ chọn áp suất thủy lực cao.

+/ Nhờ quán tính nhỏ của bơm và động cơ thủy lực, nhờ tính chịu nén của dầu nên có thể sử dụng ở vận tốc cao mà không sợ bị va đập mạnh (như trong cơ khí và điện).

+/ Dễ biến đổi chuyển động quay của động cơ thành chuyển động tịnh tiến của cơ cấu chấp hành.

+/ Dễ đề phòng quá tải nhờ van an toàn.

+/ Dễ theo dõi và quan sát bằng áp kế, kể cả các hệ phức tạp, nhiều mạch.

+/ Tự động hoá đơn giản, kể cả các thiết bị phức tạp, bằng cách dùng các phân tử tiêu chuẩn hoá.

1.2.2. Nhược điểm

+/ Mát mát trong đường ống dẫn và rò rỉ bên trong các phân tử, làm giảm hiệu suất và hạn chế phạm vi sử dụng.

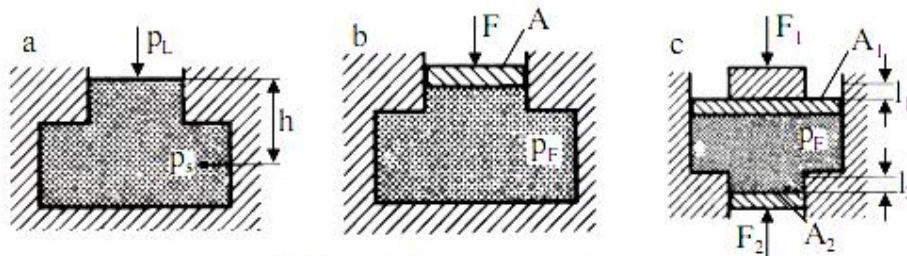
+/ Khó giữ được vận tốc không đổi khi phụ tải thay đổi do tính nén được của chất lỏng và tính đàn hồi của đường ống dẫn.

+/ Khi mới khởi động, nhiệt độ của hệ thống chưa ổn định, vận tốc làm việc thay đổi do độ nhớt của chất lỏng thay đổi.

1.3 Định luật của chất lỏng

1.3.1. Áp suất thủy tĩnh

Trong chất lỏng, áp suất (do trọng lượng và ngoại lực) tác dụng lên mỗi phần tử chất lỏng không phụ thuộc vào hình dạng thùng chứa.



Hình 1.1. Áp suất thủy tĩnh

Ta có:

$$\text{Hình a: } p_s = h \cdot g \cdot \rho + p_L \quad (1.1)$$

$$\text{Hình b: } p_F = \frac{F}{A} \quad (1.2)$$

$$\text{Hình c: } \frac{F_1}{A_1} = p_F = \frac{F_2}{A_2} \text{ và } \frac{l_2}{l_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{F_1}{F_2} \quad (1.3)$$

Trong đó:

ρ- khối lượng riêng của chất lỏng;

h- chiều cao của cột nước;

g- gia tốc trọng trường;

p_s- áp suất do lực trọng trường;

p_L - áp suất khí quyển;
 p_F - áp suất của tải trọng ngoài;
 A, A_1, A_2 - diện tích bề mặt tiếp xúc;
 F - tải trọng ngoài.

1.3.2. Phương trình dòng chảy liên tục

Lưu lượng (Q) chảy trong đường ống từ vị trí (1) đến vị trí (2) là không đổi (const).

Lưu lượng Q của chất lỏng qua mặt cắt A của ống bằng nhau trong toàn ống (điều kiện liên tục).

Ta có phương trình dòng chảy như sau:

$$Q = A.v = \text{hằng số (const)} \quad (1.4)$$

Với v là vận tốc chảy trung bình qua mặt cắt A .

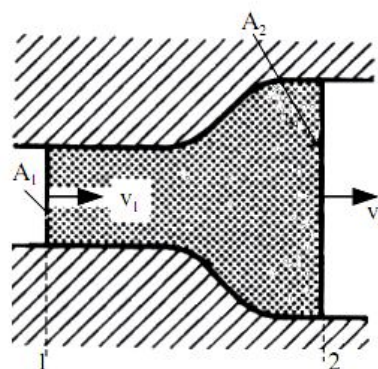
Nếu tiết diện chảy là hình tròn, ta có:

$$\Leftrightarrow v_1 \cdot \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} = v_2 \cdot \frac{d_2^2}{4} \quad \begin{matrix} Q \\ 1 = Q_2 \\ \text{hay} \end{matrix}$$

$$v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$$

Vận tốc chảy tại vị trí 2:

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{d_1^2}{d_2^2}$$



Hình 1.2. Dòng chảy liên tục

Trong đó:

Q_1 [m³/s], v_1 [m/s], A_1 [m²], d_1 [m] lần lượt là lưu lượng dòng chảy, vận tốc dòng chảy, tiết diện dòng chảy và đường kính ống tại vị trí 1.

Q_2 [m³/s], v_2 [m/s], A_2 [m²], d_2 [m] lần lượt là lưu lượng dòng chảy, vận tốc dòng chảy, tiết diện dòng chảy và đường kính ống tại vị trí 2.

1.3.3. Phương trình Bernulli

Theo hình 1.3 ta có áp suất tại một điểm chất lỏng đang chảy:

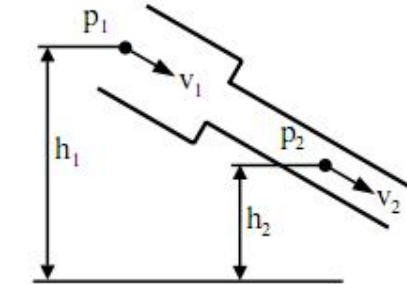
$$p_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} = \text{const}$$

Trong đó:

$$\left. \begin{array}{l} p_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 \\ p_2 + \rho \cdot g \cdot h_2 \end{array} \right\} \text{áp suất thủy tĩnh.}$$

$$\frac{\rho \cdot v_1^2}{2}, \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} : \text{áp suất thủy động.}$$

$$\gamma = \rho \cdot g \quad \text{trọng lượng riêng.}$$



Hình 1.3. Phương trình Bernulli

1.4 Đơn vị đo các đại lượng cơ bản (Hệ mét)

1.4.1. Áp suất (p)

Theo đơn vị đo lường SI là Pascal (Pa)

$$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2 = 1\text{m}^{-1}\text{kgs}^{-2} = 1\text{kg/ms}^2$$

Đơn vị này khá nhỏ, nên người ta thường dùng đơn vị: N/mm², N/cm² và so với đơn vị áp suất cũ là kg/cm² thì nó có mối liên hệ như sau:

$$1\text{kg/cm}^2 \approx 0.1\text{N/cm}^2 = 10\text{N/cm}^2 = 10^5\text{N/m}^2$$

(Trị số chính xác: $1\text{kg/cm}^2 = 9,8\text{N/cm}^2$; nhưng để dàng tính toán, ta lấy $1\text{kg/cm}^2 = 10\text{N/cm}^2$).

Ngoài ra ta còn dùng: $1\text{bar} = 10^5\text{N/m}^2 = 1\text{kg/cm}^2$

$$1\text{at} = 9,81 \cdot 10^4\text{N/m}^2 \approx 10^5\text{N/m}^2 = 1\text{bar.}$$

(Theo DIN- tiêu chuẩn Cộng hòa Liên bang Đức thì $1\text{kp/cm}^2 = 0,980665\text{bar} \approx 0,981\text{bar}$; $1\text{bar} \approx 1,02\text{kp/cm}^2$. Đơn vị kG/cm^2 tương đương kp/cm^2).

1.4.2. Vận tốc (v)

Đơn vị vận tốc là m/s (cm/s).

1.4.3. Thể tích và lưu lượng

a. Thể tích (V): m³ hoặc lít(l)

b. Lưu lượng (Q): m³/phút hoặc l/phút.

Trong cơ cấu biến đổi năng lượng dầu ép (bơm dầu, động cơ dầu) cũng có thể dùng đơn vị là m³/vòng hoặc l/vòng

1.4.4 Lực (F)

đơn vị lực là Newton (N)

$$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot 1\text{m/s}^2$$

1.4.5 Công suất (N)

đơn vị công suất

$$1\text{W} = 1\text{Nm/s} = 1\text{m}^2 \cdot \text{kg/s}^2$$

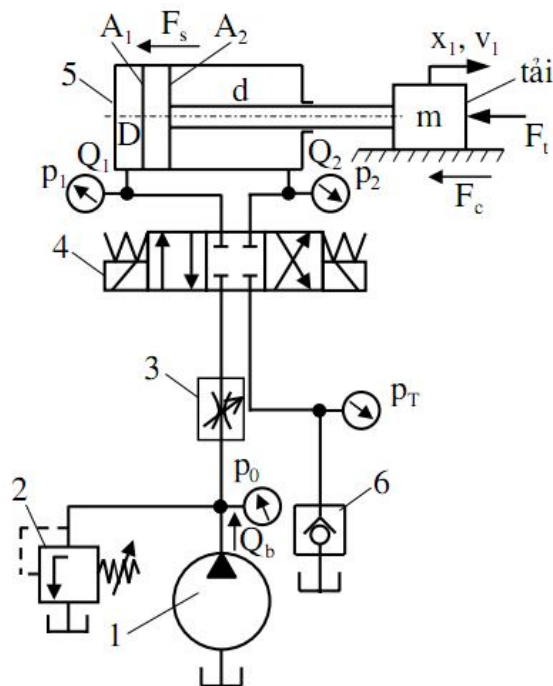
1.5 Các dạng năng lượng

+/ Mang năng lượng: dầu

+/ Truyền năng lượng: ống dẫn, đầu nối

+/ Tạo ra năng lượng hoặc chuyển đổi thành dạng năng lượng khác: bơm, động cơ dầu (mô tơ thủy lực), xilanh truyền lực.

1.5.1 Sơ đồ thủy lực tạo chuyển động tịnh tiến



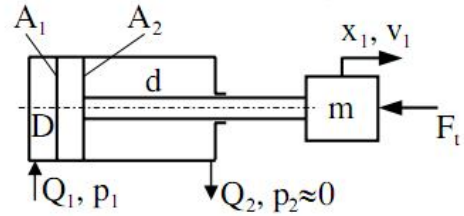
Sơ đồ mạch thủy lực chuyển động tịnh tiến

Tính toán sơ bộ:

+/- Thông số của cơ cấu chấp hành:

F_t và v (v_1 và v_2)

Chuyển động tịnh tiến (hành trình làm việc)



+/- Các phương trình:

Lưu lượng: $Q_1 = A_1 \cdot v_1$

$Q_2 = A_2 \cdot v_1$

Lực: $F_t = p_1 \cdot A_1$

Công suất của cơ cấu chấp hành: $N = \frac{F_t \cdot v_1}{60 \cdot 10^3} \text{ [kW]}$

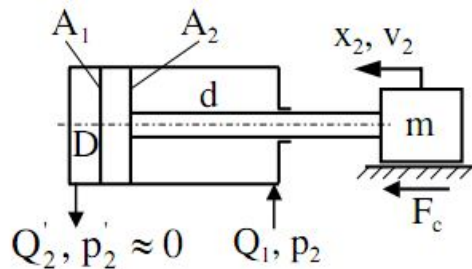
Công suất thủy lực : $N = \frac{p_1 \cdot Q_1}{60 \cdot 10^3} \text{ [kW]}$

Nếu bỏ qua tổn thất từ bơm đến cơ cấu chấp hành thì $N \approx N_{\text{bơm}}$

Nếu tính đến tổn thất thì:

$$N = N_{\text{đcơ điện}} = \frac{N}{\eta} \quad (\eta = 0,6 \div 0,8)$$

Chuyển động lùi về (hành trình chạy không)



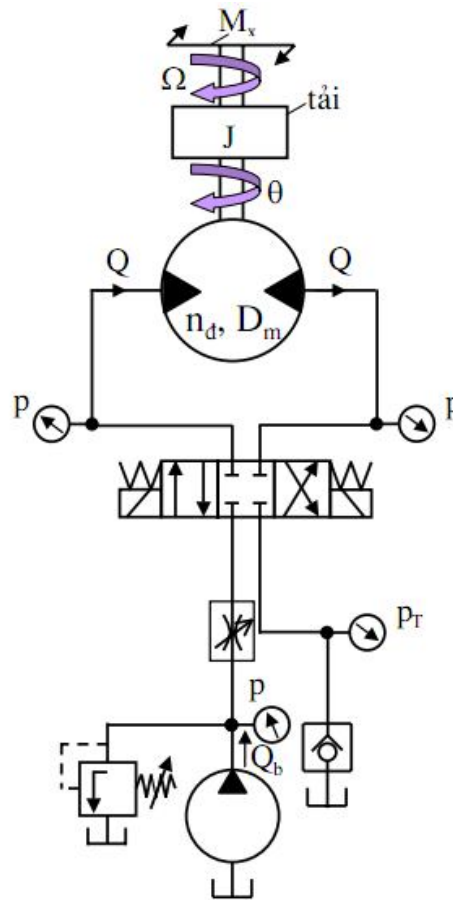
Nếu tải trọng $F_t = 0$ khi đó áp lực do p_2 chỉ thắng lực masat: $p_2 \cdot A_2 \geq F_c$

Lưu lượng : $Q_1 = A_2 \cdot v_2$

$$Q_2 = A_1 \cdot v_1 \neq Q_1$$

Do $A_1 > A_2$ nên $\Rightarrow v_2 > v_1$

1.5.2 Sơ đồ thủy lực tạo chuyển động quay



Sơ đồ mạch thủy lực chuyển động quay

Công suất của cơ cấu chấp hành: $N = \frac{M_x \cdot \Omega}{102} \quad (M_x = p \cdot D_m)$

$$\text{Hoặc} \quad : \quad N = \frac{M_x \cdot 2\pi \cdot n}{102.60} = \frac{M_x \cdot n}{975} \text{ [kW]}$$

$$\text{Công suất thủy lực} : \quad N = \frac{P_1 \cdot Q}{60 \cdot 10^3} \text{ [kW]} \quad (Q = D_m \cdot \Omega)$$

1.6 Tổn thất trong hệ thống truyền động thủy lực

Trong hệ thống truyền động bằng thủy lực có các loại tổn thất sau:

1.6.1 Tổn thất thể tích

Loại tổn thất này do dầu thủy lực chảy qua các khe hở trong các phần tử hệ thống gây nên.

Nếu áp suất càng lớn, vận tốc càng nhỏ, độ nhớt càng nhỏ thì tổn thất càng lớn.

Tổn thất thể tích đáng kể nhất là ở các cơ cấu biến đổi năng lượng (bơm dầu, động cơ dầu, xilanh truyền lực).

Đối với bơm dầu: tổn thất thể tích được thể hiện bằng hiệu suất sau:

$$\tilde{\eta}_{tb} = Q/Q_0$$

Q - Lưu lượng thực tế của bơm dầu

Q_0 - Lưu lượng danh nghĩa của bơm.

Nếu lưu lượng chảy qua động cơ dầu là Q_{0d} và lưu lượng thực tế

$Q_d = q_d \cdot \tilde{\eta}_d$ thì hiệu suất của động cơ dầu là:

$$\tilde{\eta}_{td} = Q_{0d}/Q_d$$

1.6.2 Tổn thất cơ khí

Tổn thất cơ khí là do ma sát giữa các chi tiết có chuyển động tương đối ở trong bơm dầu và động cơ dầu gây nên.

Tổn thất cơ khí của bơm được biểu thị bằng hiệu suất cơ khí:

$$\tilde{\eta}_{cb} = N_0/N$$

N_0 - Công suất cần thiết để quay bơm (công suất danh nghĩa), tức là công suất cần thiết để đảm bảo lưu lượng Q và áp suất p của dầu, do đó:

$$N_0 = \frac{p \cdot Q}{6 \cdot 10^4} \text{ (kW)}$$

N - Công suất thực tế đo được trên trục của bơm (do mômen xoắn trên trục).

Đối với dầu : $N_{0d} = (p \cdot Q_d) / 6 \cdot 10^4$

Do đó : $\eta_{cd} = N_d / N_{0d}$

Từ đó, tổn thất cơ khí của hệ thống thủy lực là:

$$\eta_c = \eta_{cb} \cdot \eta_{cd}$$

1.6.3 Tổn thất áp suất

Tổn thất áp suất là sự giảm áp suất do lực cản trên đường chuyển động của dầu từ bơm đến cơ cấu chấp hành (động cơ dầu, xilanh truyền lực).

Tổn thất này phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- +/ Chiều dài ống dẫn
- +/ Độ nhẵn thành ống
- +/ Độ lớn tiết diện ống dẫn
- +/ Tốc độ chảy
- +/ Sự thay đổi tiết diện
- +/ Sự thay đổi hướng chuyển động
- +/ Trọng lượng riêng, độ nhớt.

Nếu p_0 là áp suất của hệ thống, p_1 là áp suất ra, thì tổn thất được biểu thị bằng hiệu suất:

$$\eta_a = \frac{p_0 - p_1}{p_0} = \frac{\Delta p}{p_0}$$

Hiệu áp Δp là trị số tổn thất áp suất.

Tổn thất áp suất do lực cản cục bộ gây nên được tính theo công thức sau:

$$\Delta p = 10 \cdot \xi \cdot \frac{\rho}{2g} \cdot v^2 \cdot \frac{1}{d} \left[\frac{N}{m^2} \right] = 10^{-4} \cdot \xi \cdot \frac{\rho}{2g} \cdot v^2 \cdot \frac{1}{d} [\text{bar}]$$

Trong đó:

ρ - khối lượng riêng của dầu (914kg/m^3);

g - gia tốc trọng trường ($9,81\text{m/s}^2$);

v - vận tốc trung bình của dầu (m/s);

σ - hệ số tổn thất cục bộ;

l - chiều dài ống dẫn;

d - đường kính ống.

1.6.4 ảnh hưởng của thông số hình học đến tổn thất áp suất

a. Tiết diện dạng tròn

Nếu ta gọi:

Δp - Tổn thất áp suất;

l - Chiều dài ống dẫn;

ρ - Khối lượng riêng của chất lỏng;

Q - Lưu lượng;

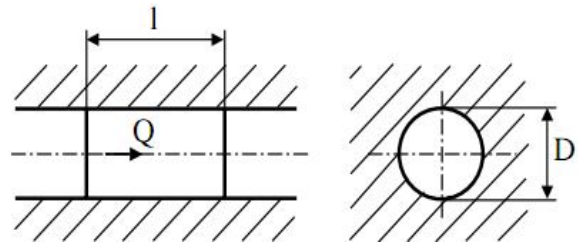
D - Đường kính;

σ - Độ nhớt động học;

σ - Hệ số ma sát của ống;

σ_{LAM} - Hệ số ma sát đối với chảy tầng

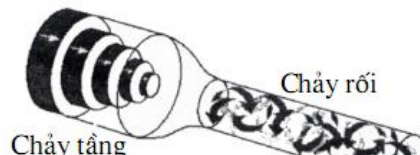
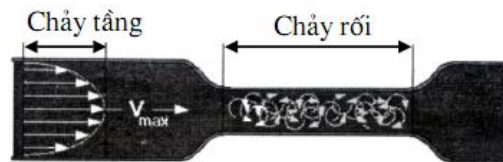
σ_{TURB} - Hệ số ma sát đối với chảy rối.



$$\Rightarrow \text{Tổn thất: } \Delta p = \frac{8}{\pi^2} \cdot \lambda \cdot \frac{l \cdot \rho \cdot Q^2}{D^5}$$

$$\lambda = \lambda_{\text{LAM}} = \frac{256}{\pi} \cdot \frac{D \cdot \nu}{Q}$$

$$\lambda = \lambda_{\text{TURB}} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{D \cdot \nu}}}$$



Số Reynold: $\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{D \cdot v} > 3000$.

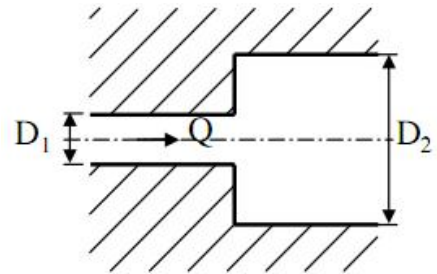
b. Tiết diện thay đổi lớn đột ngột

Tổn thất: $\Delta p = \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2}\right)^2 \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{D_1^4}$

Trong đó:

D1- đường kính ống dẫn vào;

D2- đường kính ống dẫn ra.

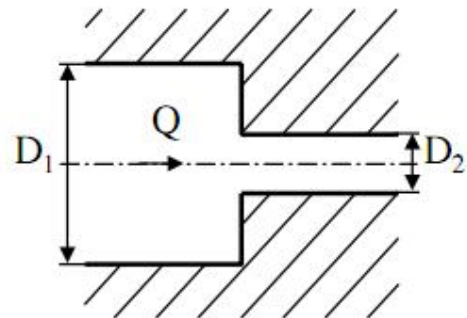


c. Tiết diện nhỏ đột ngột

Tổn thất: $\Delta p = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{D_2^2}{D_1^2}\right) \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{D_1^4}$

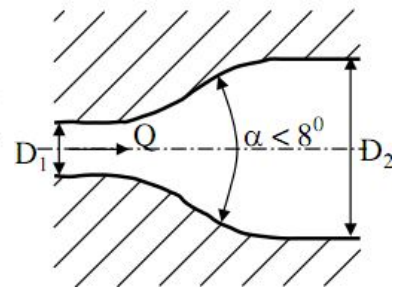
D1- Đường kính ống dẫn ra

D2- Đường kính ống dẫn vào.

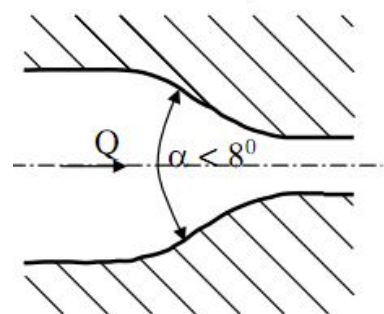


d. Tiết diện thay đổi lớn từ từ.

Tổn thất: $\Delta p = [0,12 \div 0,2] \left(1 - \frac{D_1^4}{D_2^4}\right) \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{D_1^4}$



e. Tiết diện thay đổi nhỏ từ từ.



Tổn thất: $\Delta p = 0$

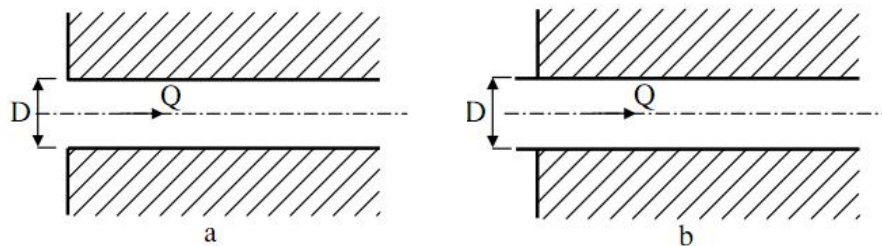
f. Vào ống dẫn

Tổn thất áp suất được tính theo công thức sau:

$$\Delta p = \xi_E \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{D^4}$$

Trong đó hệ số thất thoát ξ_E được chia thành hai trường hợp như ở bảng sau:

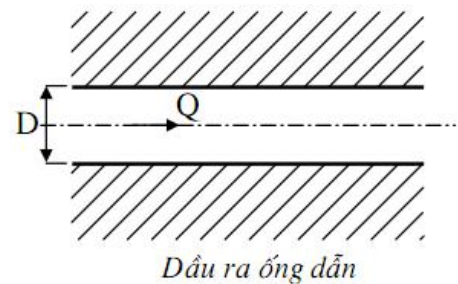
	Cạnh	Hệ số thất thoát ξ_E
a	Sắc	0,5
	Gãy khúc	0,25
	Tròn	0,06
b	Có trước	< 3



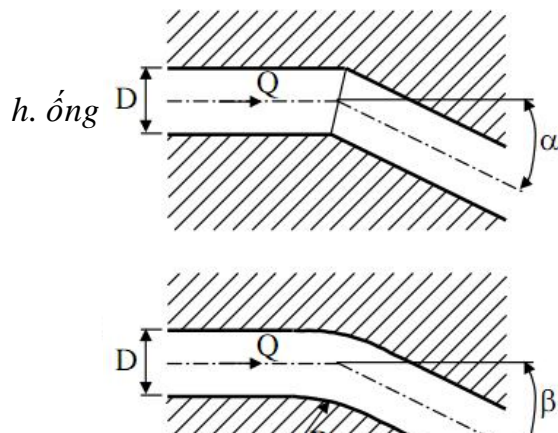
g. Ra ống dẫn

Tổn thất áp suất được tính theo công thức sau:

$$\Delta p = \xi_U \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{D^4}$$



	Hệ số thất thoát ξ_U
$\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{D \cdot v} < 3000$	2
$\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{D \cdot v} > 3000$	1



Góc α, β	Hệ số thất thoát ξ_U
$\alpha = 20$	0,06
$\alpha = 40$	0,2
$\alpha = 60$	0,47
$\beta = 20$	0,04
$\beta = 40$	0,07
$\beta = 60$	0,1
$\beta = 80$	0,11
$\beta = 90$	0,11

i. Tổn thất áp suất ở van

k. Tổn thất trong hệ thống thủy lực

1.7. Độ nhớt và yêu cầu đối với dầu thủy lực

1.7.1. Độ nhớt

Độ nhớt là một trong những tính chất quan trọng nhất của chất lỏng. Độ nhớt xác định ma sát trong bản thân chất lỏng và thể hiện khả năng chống biến dạng trượt hoặc biến dạng cắt của chất lỏng. Có hai loại độ nhớt:

a. Độ nhớt động lực

Độ nhớt động lực học là lực ma sát tính bằng 1N tác động trên một đơn vị diện tích bề mặt 1m^2 của hai lớp phẳng song song với dòng chảy của chất lỏng, cách nhau 1m và có vận tốc 1m/s.

Độ nhớt động lực học được tính bằng [Pa.s]. Ngoài ra, người ta còn dùng đơn vị poazơ (Poiseuille), viết tắt là P.

$$1\text{P} = 0,1\text{N.s/m}^2 = 0,010193\text{kG.s/m}^2$$

$$1\text{P} = 100\text{cP (centipoiseilles)}$$

Trong tính toán kỹ thuật thường số quy tròn:

$$1\text{P} = 0,0102\text{kG.s/m}^2$$

b. Độ nhớt động

Độ nhớt động là tỷ số giữa hệ số nhớt động lực học với khối lượng riêng của chất lỏng:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

Đơn vị độ nhớt động là $[\text{m}^2/\text{s}]$. Ngoài ra, người ta còn dùng đơn vị stoc (Stoke), viết tắt là St hoặc centistokes, viết tắt là cSt.

$$1\text{St} = 1\text{cm}^2/\text{s} = 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$$

$$1\text{cSt} = 10^{-2}\text{St} = 1\text{mm}^2/\text{s}$$

c. Độ nhớt Engler (E^0)

Độ nhớt Engler (E^0) là một tỷ số quy ước dùng để so sánh thời gian chảy 200cm^3 dầu qua ống dẫn có đường kính 2,8mm với thời gian chảy của 200cm^3 nước cất ở nhiệt độ 200C qua ống dẫn có cùng đường kính, ký hiệu: $E^0 = t/t_n$

Độ nhớt Engler thường được đo khi dầu ở nhiệt độ 20, 50, 1000C và ký hiệu tương ứng với nó: E020, E050, E0100.

1.7.2. Yêu cầu đối với dầu thủy lực

Những chỉ tiêu cơ bản để đánh giá chất lượng chất lỏng làm việc là độ nhớt, khả năng chịu nhiệt, độ ổn định tính chất hoá học và tính chất vật lý,

tính chống rỉ, tính ăn mòn các chi tiết cao su, khả năng bôi trơn, tính sủi bọt, nhiệt độ bắt lửa, nhiệt độ đông đặc.

Chất lỏng làm việc phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- +/ Có khả năng bôi trơn tốt trong khoảng thay đổi lớn nhiệt độ và áp suất;
- +/ Độ nhớt ít phụ thuộc vào nhiệt độ;
- +/ Có tính trung hoà (tính tro) với các bề mặt kim loại, hạn chế được khả năng xâm nhập của khí, nhưng dễ dàng tách khí ra;
- +/ Phải có độ nhớt thích ứng với điều kiện chấn khí và khe hở của các chi tiết di trượt, nhằm đảm bảo độ rò dầu bé nhất, cũng như tổn thất ma sát ít nhất;
- +/ Dầu phải ít sủi bọt, ít bốc hơi khi làm việc, ít hoà tan trong nước và không khí, dẫn nhiệt tốt, có môđun đàn hồi, hệ số nở nhiệt và khối lượng riêng nhỏ.

Trong những yêu cầu trên, dầu khoáng chất thoả mãn được đầy đủ nhất.

Chương II: Cơ cấu biến đổi năng lượng

2.1. Bơm và động cơ dầu (mô tơ thủy lực)

2.1.1. Nguyên lý chuyển đổi năng lượng

Bơm và động cơ dầu là hai thiết bị có chức năng khác nhau. Bơm là thiết bị tạo ra năng lượng, còn động cơ dầu là thiết bị tiêu thụ năng lượng này. Tuy thế kết cấu và phương pháp tính toán của bơm và động cơ dầu cùng loại giống nhau.

a. *Bơm dầu*: là một cơ cấu biến đổi năng lượng, dùng để biến cơ năng thành năng lượng của dầu (dòng chất lỏng). Trong hệ thống dầu ép thường chỉ dùng bơm thể tích, tức là loại bơm thực hiện việc biến đổi năng lượng bằng cách thay đổi thể tích các buồng làm việc, khi thể tích của buồng làm việc tăng, bơm hút dầu, thực hiện chu kỳ hút và khi thể tích của buồng giảm, bơm đẩy dầu ra thực hiện chu kỳ nén.

Tùy thuộc vào lượng dầu do bơm đẩy ra trong một chu kỳ làm việc, ta có thể phân ra hai loại bơm thể tích:

+/ Bơm có lưu lượng cố định, gọi tắt là bơm cố định.

+/ Bơm có lưu lượng có thể điều chỉnh, gọi tắt là bơm điều chỉnh.

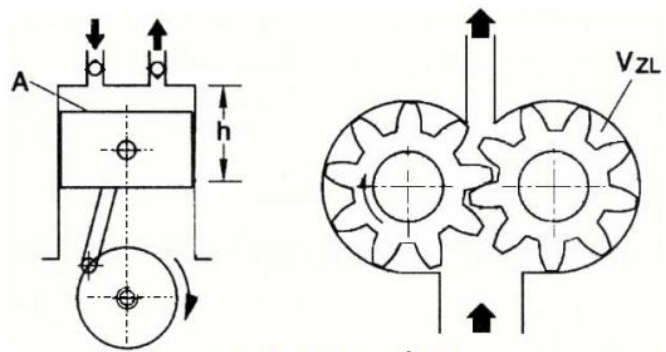
Những thông số cơ bản của bơm là lưu lượng và áp suất.

b. *Động cơ dầu*: là thiết bị dùng để biến năng lượng của dòng chất lỏng thành động năng quay trên trục động cơ. Quá trình biến đổi năng lượng là dầu có áp suất được đưa vào buồng công tác của động cơ. Dưới tác dụng của áp suất, các phần tử của động cơ quay.

Những thông số cơ bản của động cơ dầu là lưu lượng của 1 vòng quay và hiệu áp suất ở đường vào và đường ra.

2.1.2. Các đại lượng đặc trưng

a. *Thể tích dầu tải đi*



Hình 2.1. Bơm thể tích

trong 1 vòng (hành trình)

Nếu ta gọi:

V - Thể tích dầu tải đi trong 1 vòng (hành trình);

A - Diện tích mặt cắt ngang;

h - Hành trình pittông;

V_{ZL} - Thể tích khoảng hở giữa hai răng;

Z - Số răng của bánh răng.

ở hình vẽ, ta có thể tích dầu tải đi trong 1 vòng (hành trình):

$$V = A.h \quad 1 \text{ hành trình}$$

$$V \approx V_{ZL}.Z.2 \quad 1 \text{ vòng}$$

b. Áp suất làm việc

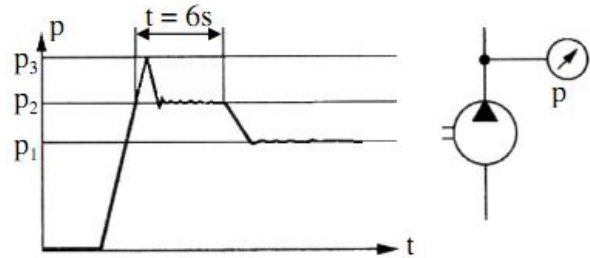
Áp suất làm việc được biểu diễn trên hình

Trong đó:

+/ Áp suất ổn định p_1 ;

+/ Áp suất cao p_2 ;

+/ Áp suất đỉnh p_3 (áp suất qua van tràn).



Hình 2.2. Sự thay đổi áp suất làm việc theo thời gian

c. Hiệu suất

Hiệu suất của bơm hay động cơ dầu phụ thuộc vào các yếu tố sau:

+/ Hiệu suất thể tích $\tilde{\alpha}_v$

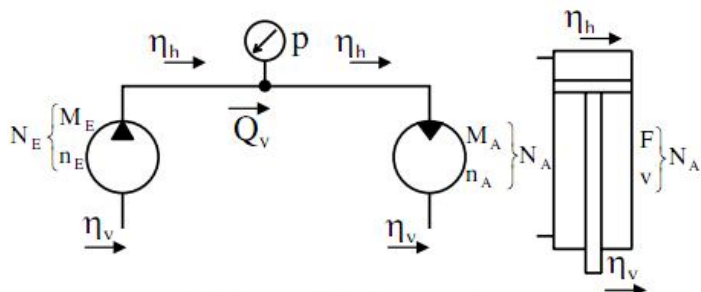
+/ Hiệu suất cơ và thủy lực $\tilde{\alpha}_{hm}$

Như vậy hiệu suất toàn phần:

$$\tilde{\alpha}_t = \tilde{\alpha}_v \cdot \tilde{\alpha}_{hm}$$

Ở hình 2.3, ta có:

+/ Công suất động cơ điện:



Hình 2.3. Ảnh hưởng của hệ số tổn thất đến hiệu suất

$$N_E = M_E \cdot \Omega_E$$

+/ Công suất của bơm:

$$N = p \cdot Q_v \quad (2.5)$$

Như vậy ta có công thức sau:
$$N_E = \frac{N}{\eta_{tb}} = \frac{p \cdot Q_v}{\eta_{tb}}$$

+/ Công suất của động cơ dầu:

$$N_A = M_A \cdot \Omega_A \text{ hay } N_A = \tilde{\eta}_{tMotor} \cdot p \cdot Q$$

+/ Công suất của xilanh:

$$N_A = F \cdot v \text{ hay } N_A = \tilde{\eta}_{txilanh} \cdot p \cdot Q_v$$

Trong đó:

N_E, M_E, Ω_E - công suất, mômen và vận tốc góc trên trục động cơ nối với bơm;

N_A, M_A, Ω_A - công suất, mômen và vận tốc góc trên động cơ tải;

N_A, F, v - công suất, lực và vận tốc pittông;

N, p, Q_v - công suất, áp suất và lưu lượng dòng chảy;

$\tilde{\eta}_{txilanh}$ - hiệu suất của xilanh;

$\tilde{\eta}_{tMotor}$ - hiệu suất của động cơ dầu;

$\tilde{\eta}_{tb}$ - hiệu suất của bơm dầu;

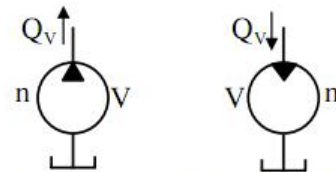
2.1.3. Công thức tính toán bơm và động cơ dầu

a. Lưu lượng Q_v , số vòng quay n và thể tích dầu trong một vòng quay V

Ta có: $Q_v = n \cdot V$

+/ Lưu lượng bơm: $Q_v = n \cdot V \cdot \tilde{\eta}_v \cdot 10^{-3}$

+/ Động cơ dầu: $Q_v = \frac{n \cdot V}{\eta_v} \cdot 10^{-3}$



Hình 2.4. Lưu lượng, số vòng quay, thể tích

Trong đó:

- Q_v - lưu lượng [lít/phút]
- n - số vòng quay [vòng/phút]
- V - thể tích dầu/vòng [cm³/vòng]
- $\tilde{\alpha}_v$ - hiệu suất [%].

b. Áp suất, mômen xoắn, thể tích dầu trong một vòng quay V

Theo định luật Pascal, ta có:

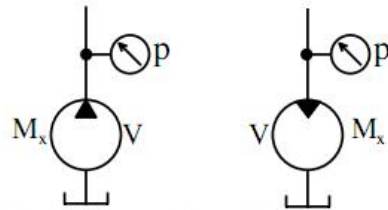
$$p = \frac{M_x}{V}$$

Áp suất của bơm:
$$p = \frac{M_x \cdot \eta_{hm}}{V} \cdot 10$$

Áp suất động cơ dầu:
$$p = \frac{M_x}{V \cdot \eta_{hm}} \cdot 10$$

Trong đó:

- p [bar]
- M_x [N.m]
- V [cm³/vòng]
- $\tilde{\alpha}_{hm}$ [%].



Hình 2.5. áp suất, thể tích, mômen xoắn

c. Công suất, áp suất, lưu lượng

Công suất của bơm tính theo công thức tổng quát là: $N = p \cdot Q_v$

+ Công suất để truyền động bơm:

$$N = \frac{p \cdot Q_v}{6 \cdot \eta_t} \cdot 10^{-2}$$

+ Công suất truyền động động cơ dầu:

$$N = \frac{p \cdot Q_v \cdot \eta_t}{6} \cdot 10^{-2}$$

Trong đó:

N	[W], [kW]
p	[bar], [N/m ²]
Q _v	[lít/phút], [m ³ /s]
̑ _t	[%]

Lưu lượng của bơm về lý thuyết không phụ thuộc vào áp suất (trừ bơm ly tâm), mà chỉ phụ thuộc vào kích thước hình học và vận tốc quay của nó. Nhưng trong thực tế do sự rò rỉ qua khe hở giữa các khoang hút và khoang đẩy, nên lưu lượng thực tế nhỏ hơn lưu lượng lý thuyết và giảm dần khi áp suất tăng.

Một yếu tố gây mất mát năng lượng nữa là hiện tượng hỏng. Hiện tượng này

Thường xuất hiện, khi ống hút quá nhỏ hoặc dầu có độ nhớt cao.

Khi bộ lọc đặt trên đường hút bị bẩn, cùng với sự tăng sức cản của dòng chảy, lưu lượng của bơm giảm dần, bơm làm việc ngày một ồn và cuối cùng tắc hẳn. Bởi vậy cần phải lưu ý trong lúc lắp ráp làm sao để ống hút to, ngắn và thẳng.

2.1.4. Các loại bơm

a. Bơm với lưu lượng cố định

- +/ Bơm bánh răng ăn khớp ngoài;
- +/ Bơm bánh răng ăn khớp trong;
- +/ Bơm pittông hướng trục;
- +/ Bơm trục vít;
- +/ Bơm pittông dĩa;
- +/ Bơm cánh gạt kép;
- +/ Bơm rôto.

b. Bơm với lưu lượng thay đổi

- +/ Bơm pittông hướng tâm;
- +/ Bơm pittông hướng trục (truyền bằng đĩa nghiêng);
- +/ Bơm pittông hướng trục (truyền bằng khớp cầu);