

Table of Contents

1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY THỦY LỰC	2
1.1. Khái niệm và phân loại:.....	2
1.1.1. Khái niệm.....	2
1.1.2. Phân loại.....	2
1.2. Các thông số cơ bản của máy thủy lực:.....	3
1.2.1. Cột áp:.....	4
1.2.2. Lưu lượng:.....	5
1.2.3. Công suất:	5
1.2.4. Hiệu suất:	5
2. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ BƠM	7
2.1. Khái niệm và phân loại:.....	7
2.1.1. Khái niệm:.....	7
2.1.2. Phân loại:	7
2.1.3. Phạm vi sử dụng:.....	11
2.2. Các thông số làm việc cơ bản:	11
2.2.1. Lưu lượng:.....	12
2.2.2. Cột áp:.....	12
2.2.3. Công suất và hiệu suất:.....	14
2.2.4. Cột áp hút và chiều cao cột áp hút cho phép:	14
2.2.5. Hiện tượng xâm thực:.....	15
2.3. Bài tập:	17

1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY THỦY LỰC

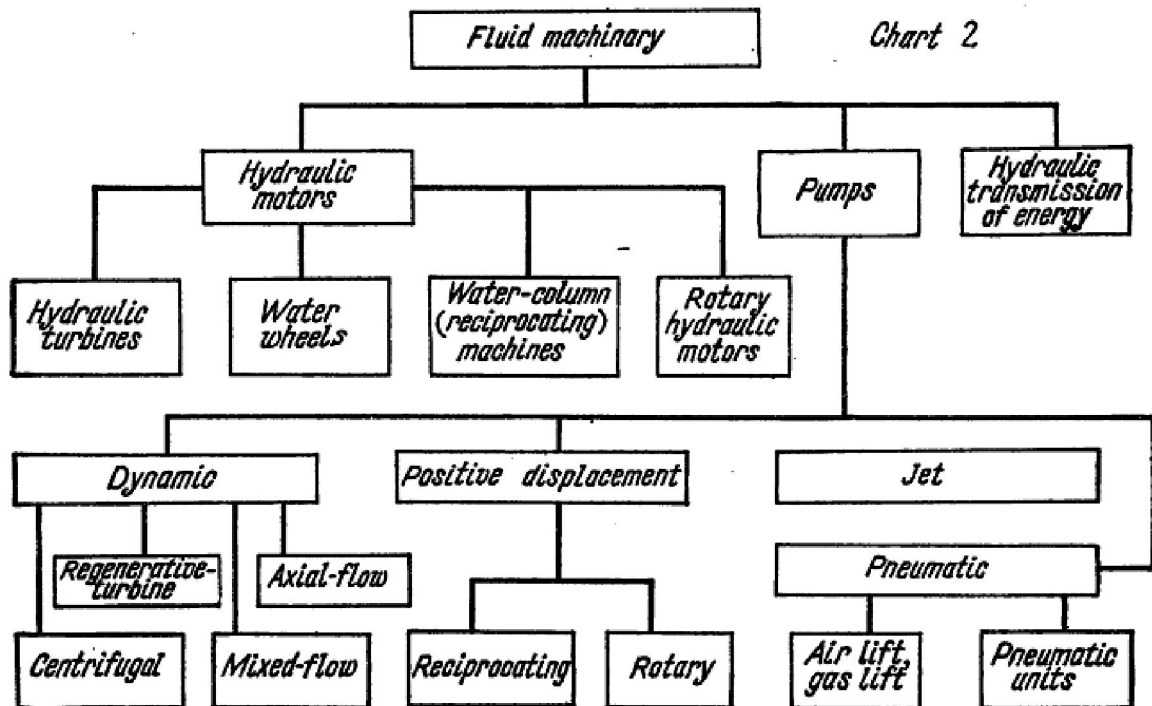
1.1. Khái niệm và phân loại:

1.1.1. Khái niệm

- Máy thủy khí là các máy làm việc bằng cách trao đổi năng lượng với chất lỏng (khí) theo các nguyên lý thủy lực học nói chung và cơ học môi chất nói riêng.
- Trong phạm vi môn học Máy và thiết bị thủy khí chúng ta sẽ nghiên cứu về các loại bơm, quạt.
 - Bơm: là máy dùng để di chuyển dòng môi chất và tăng năng lượng của dòng môi chất. Khi bơm làm việc, năng lượng bơm nhận được từ động cơ sẽ chuyển hóa thành thế năng, động năng và trong một chừng mực nhất định thành nhiệt năng của dòng môi chất.
 - Quạt: là thiết bị di chuyển chất khí với cơ số gia tăng áp $\varepsilon < 1,15$ $P < 1500 \text{ mmH}_2\text{O}$. ($\varepsilon = \frac{P_{ra}}{P_{vào}}$).
 - Máy hút khí: làm việc $\varepsilon > 1,15$ hay $P > 1500 \text{ mmH}_2\text{O}$, không làm lạnh nhân tạo.
 - Máy nén khí: làm việc $\varepsilon > 1,15$ hay $P > 1500 \text{ mmH}_2\text{O}$, có làm lạnh nhân tạo tại nơi xảy ra quá trình nén khí.

1.1.2. Phân loại

Ta có thể phân loại máy thủy lực theo: nguyên tắc tác dụng của máy với dòng môi chất trong quá trình làm việc, theo tính chất trao đổi năng lượng và cấu tạo



Hình 1.1. Phân loại máy thủy lực

- Theo nguyên tắc tác dụng của máy thủy lực với dòng môi chất trong quá trình làm việc: người ta chia máy thủy lực thành nhiều loại khác nhau nhưng chủ yếu có hai loại:
 - Máy thủy lực cánh dẫn: việc trao đổi năng lượng giữa máy với chất lỏng thực hiện bằng năng lượng thủy động của dòng chảy qua máy.
 - Máy thủy lực thể tích: thực hiện trao đổi năng lượng với chất lỏng theo nguyên lý nén chất lỏng trong một thể tích kín dưới áp suất thủy tĩnh.
- Theo tính chất trao đổi năng lượng và cấu tạo

1.2. Các thông số cơ bản của máy thủy lực:

Là những số liệu kỹ thuật biểu thị khả năng làm việc và đặc tính làm việc của máy thủy lực bao gồm: cột áp, lưu lượng, công suất và hiệu suất làm việc của máy.

1.2.1. Cột áp:

- Năng lượng đơn vị tại mặt cắt A – A:

$$e_A = \frac{P_A}{\gamma} + \frac{\alpha_A v_A^2}{2g} + z_A$$

- Năng lượng đơn vị tại mặt cắt B – B:

$$e_B = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{\alpha_B v_B^2}{2g} + z_B$$

Trong đó:

P, v: Áp suất và vận tốc dòng chảy (N/m², m/s)

e: Năng lượng đơn vị (m).

a: Hệ số điều chỉnh động năng.

g: Khối lượng riêng của môi chất (kg/m³).

γ : Trọng lượng riêng của môi chất (N/m³).

- Chênh lệch năng lượng đơn vị của dòng môi chất qua máy thủy khí:

$$\Delta e_{BA} = z_B - z_A + \frac{P_B - P_A}{\gamma} + \frac{\alpha_B v_B^2 - \alpha_A v_A^2}{\gamma}$$

$\Delta e_{BA} > 0$: Môi chất được máy cung cấp năng lượng: bơm,

$\Delta e_{BA} < 0$: Máy được dòng môi chất truyền năng lượng: tua bin.

Vậy: Cột áp của máy thủy lực là năng lượng đơn vị của dòng môi chất trao đổi với máy thủy khí.

$$H = z_B - z_A + \frac{P_B - P_A}{\gamma} + \frac{\alpha_B v_B^2 - \alpha_A v_A^2}{\gamma}$$

$$\text{Cột áp tĩnh: } H_t = z_B - z_A + \frac{P_B - P_A}{\gamma}$$

$$\text{Cột áp động: } H_d = \frac{\alpha_B v_B^2 - \alpha_A v_A^2}{\gamma}$$

$$\text{Cột áp toàn phần: } H = H_t + H_d$$

1.2.2. Lưu lượng:

Là lượng môi chất chuyển động qua máy trong một đơn vị thời gian.

+ Q: Lưu lượng thể tích (m^3/s ; m^3/h ; l/s).

+ M: Lưu lượng thể tích: $M = \rho.Q$ (kg/s ; kg/h).

+ G: Lưu lượng trọng lượng (N/s ; N/h ; kG/s).

$$G = \gamma.Q = \rho.g.Q = g.M.$$

1.2.3. Công suất:

Công suất thủy lực: N_{tl} (W) là cơ năng dòng chất lỏng trao đổi với máy thủy lực trong một đơn vị thời gian.

$$N_{tl} = G.H = \gamma.Q.H$$

Công suất làm việc: N (W) là công suất trên trục máy khi máy làm việc.

- Bơm: $N > N_{tl}$

$$N = \frac{N_{tl}}{\eta} = \frac{\gamma.Q.H}{\eta}$$

- Động cơ thủy lực: $N < N_{tl}$

$$N = \eta.N_{tl} = \eta.\gamma.Q.H$$

1.2.4. Hiệu suất:

Hiệu suất của máy thủy lực, η dùng để đánh giá tổn thất năng lượng trong quá trình trao đổi năng lượng với dòng môi chất.

$$\eta_B = \frac{N_{tl}}{N}; \quad \eta_D = \frac{N}{N_{tl}}$$

Trong điều kiện làm việc, các hiệu suất phụ thuộc rất nhiều yếu tố máy, kích thước máy và cấu tạo, loại môi chất, chế độ làm việc, các đặc tính làm việc.

Để đánh giá hiệu năng lượng của hệ thống chung gồm có máy và động cơ tương ứng, người ta còn sử dụng hiệu suất của hệ thống η_{tl} .

$$\eta_{ht} = \frac{N_{tl}}{N_{ĐĐ}}$$

$N_{ĐĐ}$: công suất điện để khởi động động cơ.

- Để tính hiệu suất chung của máy thủy lực, thường đánh giá thông qua các dạng tổn thất.
- Tổn thất cột áp của dòng môi chất chảy qua máy (tổn thất thủy lực) đánh giá bằng hiệu suất thủy lực (hiệu suất cột áp); η_H .
- Tổn thất do ma sát của các bộ phận cơ khí trong máy thủy lực (tổn thất cơ khí), đánh giá bằng hiệu suất cơ khí; η_{ck} .
- Tổn thất do rò rỉ môi chất làm lưu lượng làm việc của máy gọi là tổn thất lưu lượng, đánh giá bằng hiệu suất lưu lượng; η_Q .

Hiệu suất chung của máy thủy lực:

$$\eta = \eta_H \cdot \eta_Q \cdot \eta_{ck}$$

2. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ BƠM

2.1. Khái niệm và phân loại:

2.1.1. Khái niệm:

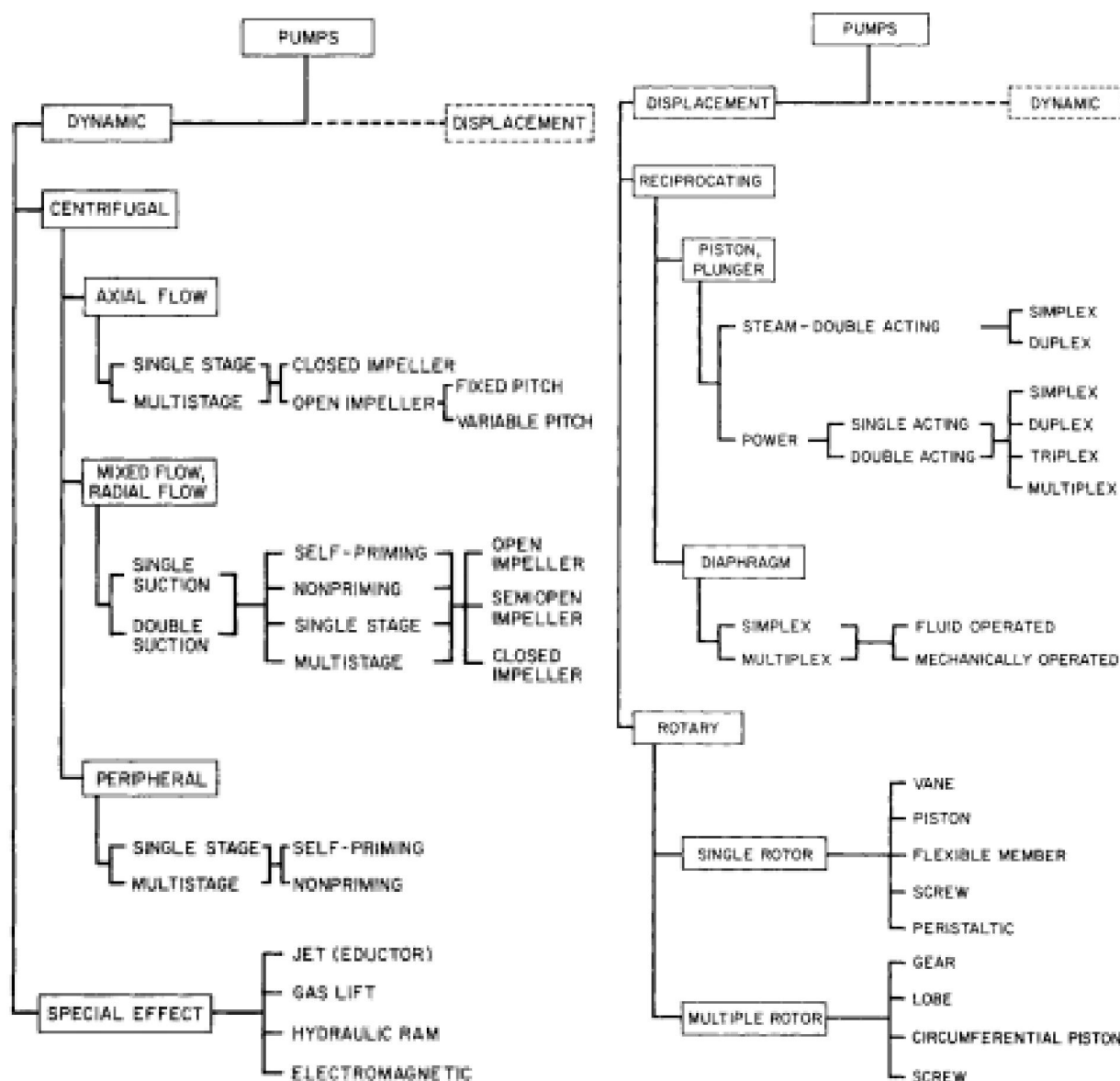
Bơm là máy để tạo ra dòng chất lỏng chuyển động. Nói cách khác bơm là máy là dùng để di chuyển chất lỏng và tăng năng lượng của dòng chất lỏng. Là máy thủy lực dùng để biến đổi cơ năng của động cơ thành năng lượng để vận chuyển chất lỏng hoặc tạo nên áp suất cần thiết trong hệ thống truyền dẫn thủy lực.

2.1.2. Phân loại:

Người ta phân loại bơm theo nguyên lý làm việc và cấu tạo, theo công dụng, và theo cột áp và lưu lượng.

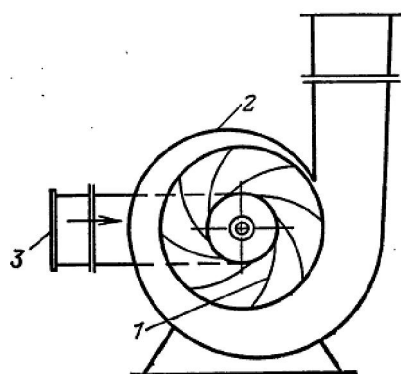
- Theo nguyên lý làm việc và cấu tạo ta có bơm cánh dẫn, bơm thể tích, bơm phun tia.
- Theo công dụng: bơm cấp nước nồi hơi, bơm dầu, bơm nhiên liệu, bơm cứu hỏa và bơm hóa chất.
- Theo phạm vi cột áp ta có: cột áp cao, thấp và trung bình.
- Theo lưu lượng ta có: lưu lượng lớn, nhỏ và trung bình.

Có một hệ thống phân loại cơ bản hơn, dựa vào năng lượng tác động vào lưu chất. Ta có hai loại chính: động (dynamic) và thể tích (displacement).

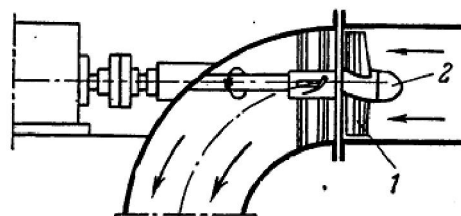


Hình 2.1. Phân loại bơm

- Dynamic ta có những loại chính:



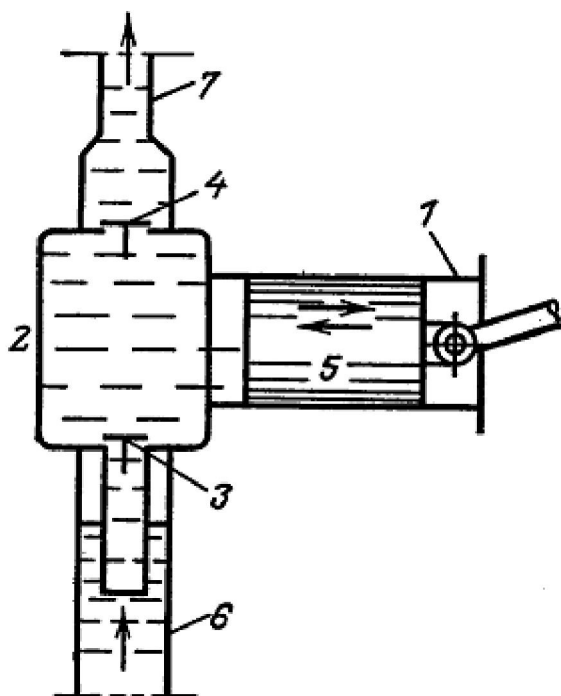
a/ Bơm ly tâm



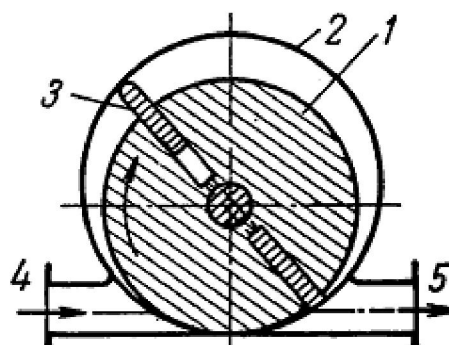
b/ Bơm hướng trục

Hình 2.2. Hai loại máy thủy lực động học chính

- Displacement ta có những loại chính:



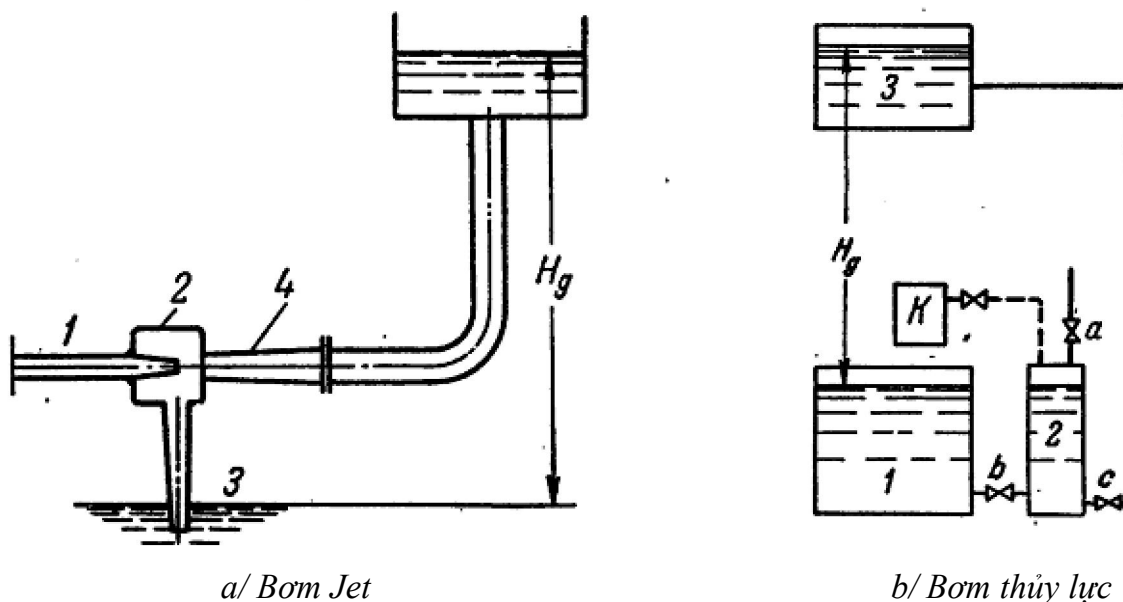
a/ Bơm piston



b/ Bơm rotor

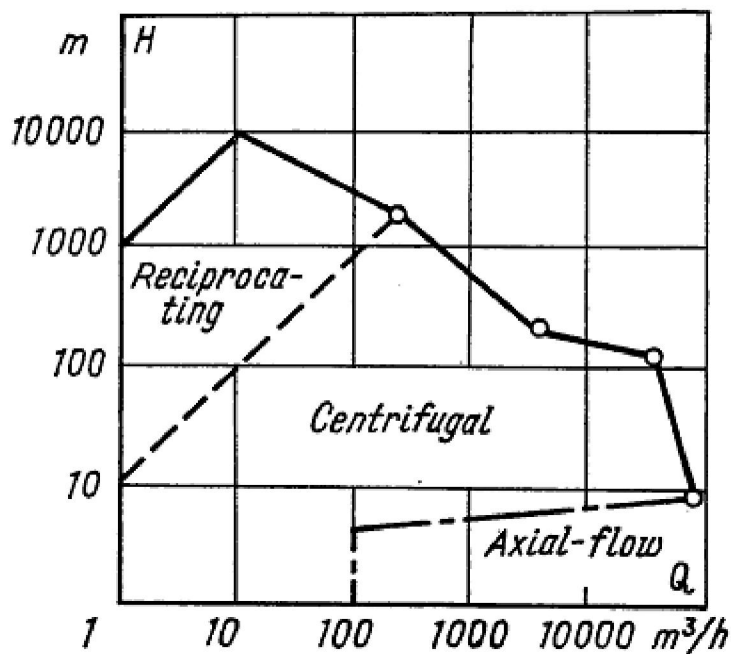
Hình 2.3. Hai loại bơm thể tích chính

Ngoài ra còn có các loại bơm khác:



Hình 2.4. Các loại bơm khác

Có ba loại bơm được sử dụng rộng rãi gồm: ly tâm, hướng trục và piston.



Hình 2.5. Các loại khác nhau của bơm nước.

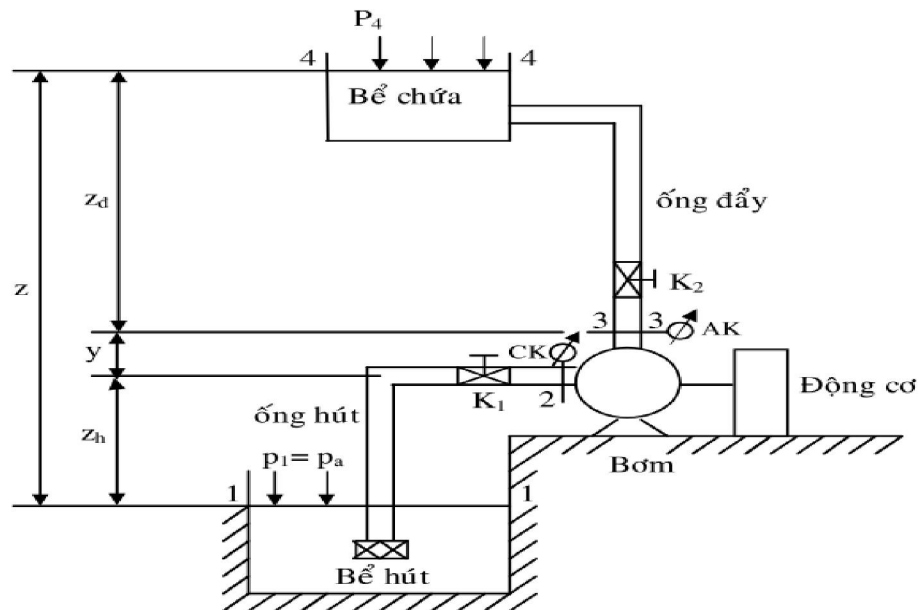
2.1.3. Phạm vi sử dụng:

Bơm được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực có thể kể đến như:

- Trong nông nghiệp: thủy lợi hóa, chăn nuôi, trồng trọt,...
- Trong công nghiệp: khai thác mỏ, dầu khí, công trình xây lắp...
- Trong kỹ thuật vận chuyển: khai thác mỏ hóa chất, vật liệu xây dựng,...
- Chế tạo máy: hệ thống điều khiển và truyền động thủy lực,...

2.2. Các thông số làm việc cơ bản:

Bơm bao giờ cũng làm việc trong một hệ thống đường ống. Bơm có năm thông số làm việc cơ bản. Bao gồm: lưu lượng, cột áp, công suất, hiệu suất và cột áp hút cho phép.



Hình 2.6. Các thông số làm việc của bơm

2.2.1. Lưu lượng:

- Là lượng chất lỏng bơm vận chuyển trong một đơn vị thời gian.
- Được xác định bằng các dụng cụ trung bình lắp trên ống đẩy như ống Venturi, lưu lượng kế kiểu màng chắn hoặc các dụng cụ đo trung bình bằng thùng lường hoặc cân đặt ở cuối ống đẩy. Chỉ xác định được giá trị trung bình lưu lượng trong một đơn vị thời gian.

2.2.2. Cột áp:

- Là năng lượng đơn vị mà bơm truyền cho chất lỏng.

$$\begin{aligned} H &= e_{ra} - e_{vào} = e_3 - e_{ra} \\ &= \left(z_h + y + \frac{P_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} \right) - \left(z_h + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \right) \\ &= y + \frac{P_3 - P_2}{\gamma} + \frac{v_3^2 - v_2^2}{2g} \end{aligned}$$

P_2 và P_3 là áp suất tuyệt đối:

$$P_2 = P_a - P_{ck}$$

$$P_3 = P_a + P_{ak}$$

Công thức tính cột áp của bơm:

$$H = y + \frac{P_{ak} + P_{ck}}{\gamma} + \frac{v_3^2 - v_2^2}{2g}$$

Trong hệ thống bơm có thể coi hệ số động năng $\alpha = 1$, vì dòng chảy trong một hệ thống bơm có tiết diện nhỏ, và vận tốc lớn thường là chảy rối.

Nếu đường kính ống hút và ống đẩy bằng nhau, không trích lưu lượng trên đường ống đẩy ($v_3 = v_2$), y bỏ qua vậy $H = \frac{P_{ak} + P_{ck}}{\gamma}$; xác định bằng các trị số trên AK và CK kế.

Khi không có các số liệu đo của bơm đang làm việc: P_{ak} ; P_{ck} ,...mà chỉ có số liệu yêu cầu của hệ thống ta có thể tính bằng cách viết phương trình Bernoulli cho các mặt cắt 1-1 và 2-2; 3-3 và 4-4:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_h + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{wh}$$

$$\text{Hay: } \frac{P_2}{\gamma} = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} - \left(z_h + \frac{v_2^2}{2g} + h_{wh} \right)$$

$$e_1 = e_2 + h_{wt}$$

Với h_{wh} : tổn thất năng lượng ở ống hút (m).

Nếu $P_1 = P_a$, v_1 nhỏ thì $P_2 < P_a$ vậy P_2 đo bằng chân không kế.

Tương tự phương trình Bernoulli cho mặt cắt 3-3 và mặt cắt 4-4

$$\frac{P_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} = z_d + \frac{P_4}{\gamma} + \frac{v_4^2}{2g} + h_{wd}$$

$$\frac{P_3}{\gamma} = \frac{P_4}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} - \left(z_d + \frac{v_4^2}{2g} + h_{wd} \right)$$

Hầu hết trong thực tiễn: $\frac{v_3^2}{2g} \ll \left(z_d + \frac{v_4^2}{2g} + h_{wd} \right)$ vậy $P_3 > P_4$

$P_4 = P_a \Rightarrow P_3 > P_a$ vậy P_3 đo bằng áp kế.

$$e_3 = e_4 + h_{wd}$$

Phương trình cột áp:

$$H = e_3 - e_2 = z + \frac{P_4 - P_1}{\gamma} + \frac{v_4^2 - v_1^2}{2g} + h_w$$

Vậy cột áp yêu cầu của bơm dùng để khắc phục:

- + Chênh lệch hình học giữa mặt thoáng bể chứa và bể hút, gọi là độ cao dâng z .
- + Độ chênh áp suất trên mặt thoáng bể chứa và bể hút: $\frac{P_4 - P_1}{\gamma}$
- + Độ chênh động năng giữa bể hút và bể chứa: $\frac{v_4^2 - v_1^2}{2g}$
- + Tổn thất năng lượng trong hệ thống đường ống.
- Cột áp của bơm làm việc trong một hệ thống cũng là cột áp của hệ thống.

$H_t = z + \frac{P_4 - P_1}{\gamma}$: cột áp tĩnh của hệ thống, không đổi đơn vị trong một hệ thống cho trước.

$H_t = \frac{v_4^2 - v_1^2}{2g} + h_w$: cột áp động của hệ thống, thay đổi theo lưu lượng của hệ thống.

Cột áp = cột áp tĩnh + cột áp động.

Biểu diễn bằng đồ thị phương trình cột áp của hệ thống ta có đường cong biểu thị đặc tính làm việc của hệ thống (đường đặc tính của hệ thống, đường đặc tính lưới).

2.2.3. Công suất và hiệu suất:

Xem mục: 1.2.3 và 1.2.4 phần 1. Khái niệm chung về máy thủy lực.

2.2.4. Cột áp hút và chiều cao cột áp hút cho phép:

Khả năng làm việc của bơm phụ thuộc rất nhiều vào quá trình hút của bơm. Trong quá trình bơm hút chất lỏng, bánh công tác phải tạo được độ chênh áp nhất định giữa cửa hút của bơm và mặt thoáng của bể hút. Độ chênh áp này gọi là cột áp hút của bơm, nhờ đó, chất lỏng chảy từ bể vào bơm.

$$H_h = \frac{P_1 - P_2}{\gamma}$$

$$\text{Nếu } P_1 = P_a \text{ thì } H_h = H_{ck} = \frac{P_1 - P_2}{\gamma}$$

$$H_h = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} = z_h + \frac{v_2^2}{2g} + h_w$$

Cột áp hút của bơm dùng để khắc phục chiều cao hút z_h , tổn thất trên ống hút và tạo động năng cần thiết $\frac{v_2^2}{2g}$; tùy thuộc vào trị số áp suất trên mặt thoáng của bể hút, áp suất này luôn có trị nhất định.

$$\text{Mà } P_1 = P_a \text{ vậy } H_{hmax} = (P_2 = 0).$$

$$H_{hmax} = H_{ckmax} = \frac{P_a}{\gamma} = 10 \text{ mH}_2\text{O}.$$

Điều kiện làm việc của bơm:

$$H_h = z_h + \frac{v_2^2}{2g} + h_w < H_{ckmax}$$

Thực tế cột áp hút của bơm khi $P_1 = P_a$ không bao giờ đạt đến 10 mH₂O vì áp suất ở cửa ra của bơm khi giảm đến một mức nào đó sẽ bằng áp suất hơi bão hòa của chất lỏng tại nhiệt độ làm việc, sẽ gây hiện tượng xâm thực (ăn mòn) bên trong bơm/

2.2.5. Hiện tượng xâm thực:

Khi chất lỏng ở nhiệt độ nhất định sẽ sôi và bốc hơi bão hòa dưới áp suất tương ứng. Áp suất này gọi là áp suất hơi bão hòa P_{bh} .

Bảng 2.1. Áp suất hơi bão hòa của nước.

T°C	0	10	20	30	40	60	80	100	120
P_{bh}/γ , m	0,06	0,12	0,24	0,48	0,75	2,03	4,83	10,33	20,2

Như vậy, ở một nhiệt độ nào đó, khi áp suất trong chất lỏng bằng P_{bh} thì chất lỏng sẽ sôi, tạo nên nhiều bọt khí trong dòng chảy. Các bọt khí này sẽ bị cuốn vào những vùng áp suất lớn hơn P_{bh} , ngưng tụ đột ngột thành giọt chất lỏng ($v_l \ll v_k$). Do đó, trong dòng chảy xuất hiện những khoảng trống cục bộ, những phần tử chất lỏng xung quanh sẽ tràn đến với vận tốc lớn, áp suất tại đây tăng lên rất cao, (> 1000 atm). Áp suất cục bộ này sẽ làm rỗ bề mặt kim loại, phá hỏng bộ phận làm việc của máy. Đây gọi là hiện tượng xâm thực, thường xảy ra trong các máy thủy lực có áp suất nhỏ, nhiệt độ cao.

Khi hiện tượng này xảy ra, dòng chảy sẽ bị gián đoạn, gây tiếng động bất thường và máy bị rung nhiều, lưu lượng, cột áp và hiệu suất của máy giảm đột ngột. Hiện tượng kéo dài sẽ làm các bộ phận làm việc của máy bị phá hỏng.

Để tránh hiện tượng này thì:

$$\frac{P_2}{\gamma} > \frac{P_{bh}}{\gamma}$$

Đối với từng loại bơm sản xuất, trong các tài liệu kỹ thuật đều ghi rõ cột áp chân không cho phép $[H_{ck}]$ ứng với $P_a = 1 \text{ at}$ và $t = 20^\circ\text{C}$.

Điều kiện để bơm đủ khả năng hút:

$$H_h = z_h + \frac{v_2^2}{2g} + h_w \leq [H_{ck}]$$

Chiều cao hút cho phép của bơm là:

$$[z_h] = [H_{ck}] - \frac{v_2^2}{2g} - h_w$$

Nếu không có giá trị $[H_{ck}]$ thì $[z_h]$ phải được tính theo điều kiện không xảy ra hiện tượng xâm thực.

Điều kiện để không xảy ra hiện tượng xâm thực là cột áp toàn phần tại cửa vào của bơm, nơi có áp suất nhỏ nhất, nguy hiểm nhất, phải lớn hơn áp suất hơi bão hòa tại nhiệt độ làm việc.

$$\frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \geq \frac{P_{bh}}{\gamma} + \Delta h$$

Δh : Cột áp chống xâm thực.

Mặt khác:

$$\frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} = \frac{P_a}{\gamma} - z_h - h_w$$

$$\text{Suy ra: } [z_h] = \frac{P_{bh}}{\gamma} - \left(\frac{P_{bh}}{\gamma} + \Delta h + h_w \right)$$

Δh : Xác định bằng thực nghiệm, phụ thuộc vào số vòng quay và lưu lượng của bơm. Theo Rutonhiep ta có:

$$\Delta h \geq 10 \left(\frac{n\sqrt{Q}}{c} \right)^{-\frac{4}{3}}$$

Trong đó:

n : Tốc độ quay bánh công tác (vg/ph).

Q : Lưu lượng (m^3/s).

C: Hệ số phụ thuộc vào đặc điểm kết cấu của bơm, có giá trị thay đổi trong khoảng $800 \div 1000$. C càng lớn thì điều kiện chống xâm thực càng tốt.

2.3. Bài tập:

BT 01: Đọc tài liệu 1, Phần: *Energy transfer, Velocity diagrams and head generation. Section2: Centrifugal pump theory*. Tóm tắt dạng gạch đầu dòng.

BT 02: Đọc tài liệu 1, phần *Specify speed and optimum geometry. Section2: Centrifugal pump theory*. Tóm tắt dạng gạch đầu dòng.

BT 03: Đọc bài giảng và đặt 2 câu hỏi kèm theo trả lời. Đây là bài để nhắc, các bài tập sau đều có bài tập này.

BT 04: Tìm 3 tài liệu với từ khóa: “*Centrifugal pump*”. Viết lại theo dạng tài liệu tham khảo.