

T.S LÊ XUÂN HOÀ – Th.S NGUYỄN THỊ BÍCH NGỌC

GIÁO TRÌNH
BƠM
QUẠT
MÁY NÉN

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP HỒ CHÍ MINH
9/2004

LỜI NÓI ĐẦU

“Bơm, quạt, máy nén” là một trong những môn học chuyên ngành quan trọng của sinh viên ngành “Công nghệ Nhiệt – Điện lạnh”. Cuốn sách này được biên soạn nhằm đáp ứng yêu cầu của sinh viên Trường đại học Sư phạm kỹ thuật về sách tài liệu chuyên ngành.

Sách “Bơm, quạt, máy nén” gồm 8 chương có nội dung đề cập đến các lý thuyết cơ bản về các loại máy bơm chất lỏng và chất khí, các loại máy quạt và máy nén khí dùng trong công nghiệp và dân dụng, làm cơ sở cho sinh viên chuyên ngành “Công nghệ Nhiệt – Điện lạnh” hiểu rõ về các loại bơm, quạt, máy nén thông dụng dùng trong các nhà máy nhiệt điện và trong thực tế.

Sách sẽ phục vụ tốt cho việc giảng dạy, học tập và nghiên cứu trong các trường đại học kỹ thuật nói chung và Trường đại học Sư phạm kỹ thuật thành phố Hồ Chí Minh nói riêng.

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Mục lục	5
Chương I : Mở đầu	9
1.1- Vài nét về lịch sử phát triển bơm, quạt, máy nén	9
1.2- Định nghĩa và phân loại	10
1.3- Các thông số làm việc cơ bản	12
Bài tập	15
Chương II: Khái niệm chung về bơm	18
2.1- Định nghĩa và phân loại	18
2.2- Các thông số làm việc cơ bản	19
Bài tập	26
Chương III: Bơm cánh dẫn	31
3.1- Khái niệm chung về bơm cánh dẫn	31
3.2- Bơm ly tâm	37
3.2.1- Khái niệm chung	37
3.2.2- Phương trình làm việc của bơm ly tâm	38
3.2.3- Ảnh hưởng của kết cấu cánh đến cột áp của bơm ly tâm	40
3.2.4- Lưu lượng và hiệu suất lưu lượng	45
3.2.5- Đường đặc tính của bơm ly tâm	46
3.2.6- Ứng dụng đồng dạng trong bơm ly tâm	50
3.2.7- Số vòng quay đặc trưng	53
3.2.8- Hiện tượng xâm thực	54
3.2.9- Kiểm tra bơm	55
3.2.10- Điều chỉnh chế độ làm việc của bơm	56
3.2.11- Ghép bơm ly tâm	58
3.2.12- Lực dọc trục trong bơm ly tâm - Cách khắc phục lực dọc trục	60
3.3- Bơm hướng trục	65
3.3.1- Cấu tạo và phạm vi sử dụng	65
3.3.2- Phương trình làm việc	66
3.3.3- Hình dạng cánh	67

3.3.4-	Đường đặc tính	69
3.3.5-	Điều chỉnh chế độ làm việc	70
Bài tập		70
Chương IV:	Bơm thể tích	86
4.1-	Khái niệm chung về bơm thể tích	86
4.1.1-	Khái niệm chung	86
4.1.2-	Các thông số làm việc cơ bản của bơm thể tích	87
4.2-	Bơm piston	89
4.2.1-	Cấu tạo, nguyên lý làm việc	89
4.2.2-	Phân loại	90
4.2.3-	Cách tính lưu lượng của bơm piston	91
4.2.4-	Chuyển động không ổn định của chất lỏng trong bơm. Phương trình Bernuli, cách khắc phục	95
4.2.5-	Áp suất của bơm trong quá trình hút	98
4.2.6-	Áp suất của bơm piston trong quá trình đẩy	101
4.2.7-	Vòng quay giới hạn của bơm piston	103
4.2.8-	Đường đặc tính	103
4.3-	Bơm roto	105
4.3.1-	Khái niệm chung	105
4.3.2-	Bơm bánh răng	106
4.3.3-	Bơm trục vít	115
4.3.4-	Bơm cánh gạt	118
4.3.5-	Bơm chân không vòng nước	123
4.4-	Bơm piston-roto	125
4.4.1-	Khái niệm chung, ưu nhược điểm, phân loại	125
4.4.2-	Bơm piston-roto hướng kính	126
4.4.3-	Bơm piston-roto hướng trục	133
Bài tập		136
Chương V:	Quạt	147
5.1-	Khái niệm chung về quạt	147
5.2-	Quạt ly tâm	150
5.2.1-	Kết cấu và một số chi tiết chính	150
5.2.2-	Các thông số của quạt ly tâm	151
5.2.3-	Đường đặc tính của quạt ly tâm	155

5.2.4- Điều chỉnh quạt	157
5.2.5- Lựa chọn quạt theo điều kiện cho trước	160
5.2.6- Phân loại quạt và một số chi tiết chính của quạt ly tâm	160
5.2.7- Ảnh hưởng của tạp chất khí đến sự làm việc của quạt	163
5.3- Quạt trục	166
5.3.1- Những chú ý về quạt trục	166
5.3.2 - Các phương trình cơ bản của quạt trục	168
5.3.3- Những thông số của quạt trục	173
5.3.4- Quạt trục nhiều cấp	176
5.3.5- Điều kiện làm việc của quạt trục	177
5.3.6- Đặc tính của quạt trục	177
5.3.7- Điều chỉnh lưu lượng	178
Chương VI: Khái niệm chung máy nén	180
6.1- Khái niệm chung	180
6.2- Nhiệt động học máy nén	183
Chương VII: Máy nén cánh dẫn	195
7.1- Máy nén cánh dẫn ly tâm	195
7.1.1- Nguyên lý làm việc của máy nén ly tâm	195
7.1.2- Phương trình làm việc của cấp máy nén	196
7.1.3- Tính toán lại đường đặc tính	198
7.2- Máy nén trục	201
7.2.1- Cấu tạo chung của máy nén trục, cấu tạo cấp	201
7.2.2- Tính chất, những thông số đặc trưng	202
Chương VIII: Máy nén thể tích	208
8.1- Máy nén piston	208
8.1.1- Đồ thị công (hay đồ thị chỉ thị)	208
8.1.2- Ảnh hưởng của khoảng không chết	209
8.1.3- Cách bố trí máy nén nhiều cấp	210
8.2- Máy nén roto	213
8.2.1- Cấu tạo, nguyên lý làm việc	213
8.2.2- Các thông số cơ bản	214
8.3- Điều chỉnh chế độ làm việc của máy nén	216

Mục lục

8

8.3.1- Yêu cầu	216
8.3.2- Điều chỉnh bằng cách thay đổi số vòng quay	216
8.3.3- Điều chỉnh bằng tiết lưu ở ống nạp	217
8.3.4- Điều chỉnh bằng cách mở van nạp	217
8.3.5- Thay đổi thể tích khoảng không chết	218
8.3.6- Một số phương pháp điều chỉnh khác	219
Tài liệu tham khảo	220

TaiLieu.vn
Copyright © Truong DH Su pham Ky thuat TP. Ho Chi Minh

CHƯƠNG I: MỞ ĐẦU

1.1- VÀI NÉT VỀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN BƠM, QUẠT, MÁY NÉN

Bơm, quạt, máy nén thuộc loại các máy thủy lực và máy thủy khí.

Máy thủy lực thô sơ đã có từ thời cổ xưa. Guồng nước là máy thủy lực đầu tiên. Guồng nước lợi dụng năng lượng của nước để kéo các cối xay lương thực hoặc đưa nước vào đồng ruộng, đã được sử dụng khoảng 3000 năm trước công nguyên.

Các máy hút nước có sử dụng sức người và vật được sử dụng ở Ai Cập hàng mấy ngàn năm trước công nguyên.

Bơm piston được dùng ở thế kỷ thứ I trước công nguyên. Bơm piston có loại xích vô cùng được dùng rộng rãi ở Cai-rô để lấy nước ở độ sâu 91,5m vào thế kỷ thứ 5-6 trước công nguyên.

Nói chung trước thế kỷ thứ 17 máy thủy khí rất thô sơ và ít loại.

Bơm piston:

- Năm 1640 nhà vật lý học người Đức là Ôttô Henrich đã sáng chế ra bơm piston đầu tiên để bơm khí và nước dùng trong công nghiệp.
- Khoảng năm 1805 nhà bác học người Anh là Niu Kơmen đã phát minh ra bơm piston để lấy nước trong các nhà máy khai thác mỏ, dùng xilanh hơi ngưng tụ để tạo lực cần thiết trên trục máy nhờ áp suất khí quyển.
- Năm 1840-1850 nhà bác học người Mỹ là Vortington đã giả thiết cơ cấu của bơm hơi mà trong đó piston của bơm và động cơ hơi được phân bố trên một trục chung, sự chuyển động của piston được điều chỉnh nhờ một hệ thống phân bố hơi đặc biệt.

Máy cánh dẫn:

Trong những năm 1751-1754 nhà bác học Euler đã viết về lý thuyết cơ bản của tuabin nước nói riêng và của máy thủy khí cánh dẫn nói chung, làm cơ sở để hơn 80 năm sau, vào năm 1830 nhà bác học người Pháp là Phuộc-nây-rôn đã chế tạo thành công tuabin nước đầu tiên và vào năm 1831 nhà bác học người Nga là Xablucôp đã sáng chế ra bơm ly tâm và quạt ly tâm đầu tiên. Đây chính là những bước nhảy lớn trong lịch sử phát triển các máy năng lượng.

Bơm nhiều cấp:

Nhà Bác học vĩ đại người Anh là Reynolds khi nghiên cứu cấu tạo của bơm nhiều cấp đã đưa vào những thiết bị định hướng cánh dẫn xuôi và ngược. Năm 1875 đã phát minh ra loại bơm tương tự như loại bơm nhiều cấp hiện đại ngày nay.

Máy nén:

- Phát minh bơm không khí và dạng đơn giản của máy nén hiện đại với một chu kỳ nén gắn liền với tên tuổi của nhà vật lý vĩ đại người Đức là Gerike vào năm 1640. Sự hoàn thiện máy nén ở thế kỷ 18-19 đã thúc đẩy sự phát triển của công nghiệp quặng mỏ và luyện kim.
- Vào cuối thế kỷ 18 ở Anh nhà bác học Vinkinson đã sáng chế ra máy nén piston 2 xilanh, nhà bác học Uatt đã chế tạo thành công máy hút không khí có truyền động bằng hơi.
- Máy nén nhiều cấp có làm lạnh trung gian xuất hiện ở Pháp vào khoảng những năm 30 của thế kỷ 19.
- Máy nén nhiều cấp có làm lạnh trung gian giữa các cấp nén xuất hiện ở Đức vào năm 1849 do nhà bác học Raten sáng chế ra.

Quạt:

Vào năm 1831 nhà bác học Nga Xablucôp sáng chế ra quạt ly tâm đầu tiên dùng để làm mát hầm mỏ và làm sạch máy.

Đặc biệt là 80 năm gần đây, lý thuyết về thủy khí động lực phát triển rất mạnh, có nhiều thành tựu to lớn trong việc ứng dụng các phát minh về lĩnh vực máy thủy khí.

Ngày nay máy thủy khí có rất nhiều loại với nhiều kiểu dáng khác nhau được dùng trong mọi lĩnh vực của đời sống cũng như trong công nghiệp và nông nghiệp. Để đáp ứng nhu cầu về năng lượng ngày càng to lớn của công nghiệp hiện đại, ngày nay người ta đã chế tạo được các tuabin cỡ lớn có công suất đến 500.000 kW hoặc lớn hơn. Số lượng bơm, quạt, máy nén cũng như tuabin các chủng loại khác nhau đã được sản xuất hàng năm lên đến hàng triệu chiếc.

1.2- ĐỊNH NGHĨA VÀ PHÂN LOẠI

1.2.1- Định nghĩa

Bơm là máy để di chuyển dòng môi chất và tăng năng lượng của dòng môi chất. Khi bơm làm việc năng lượng mà bơm nhận được từ động cơ sẽ chuyển hoá thành thế năng, động năng và trong một chừng mực nhất định thành nhiệt năng của dòng môi chất.

Máy để bơm chất khí, tùy thuộc vào áp suất đạt được được gọi là quạt, máy hút khí và máy nén khí.

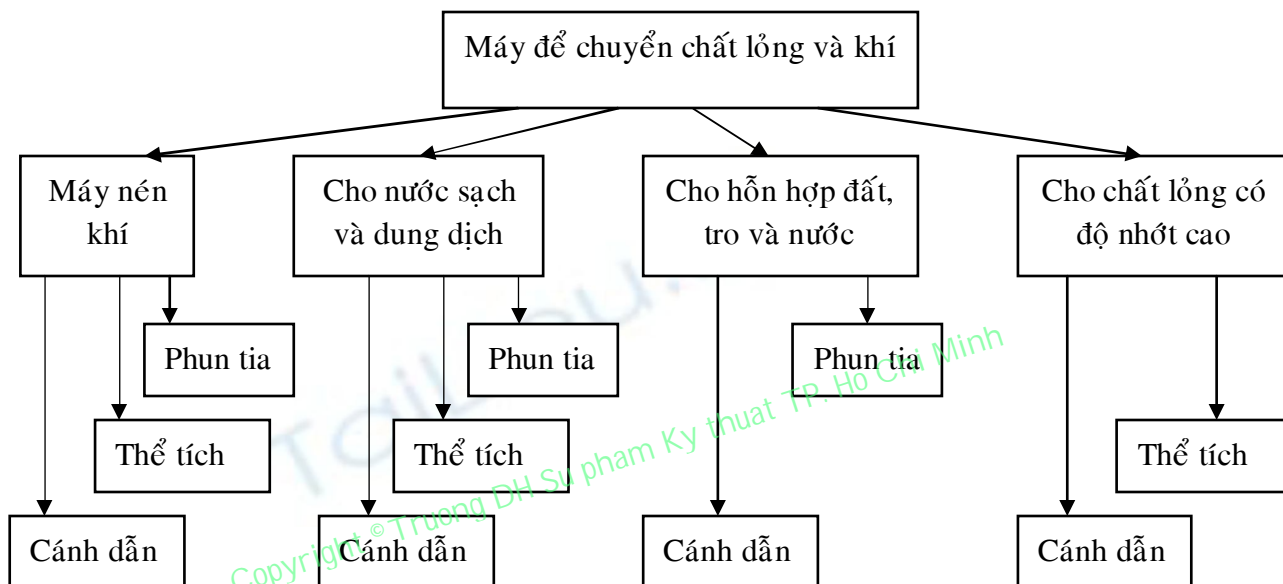
Quạt là máy để di chuyển chất khí với cơ số tăng áp $\epsilon < 1,15$ (ϵ - tỷ số giữa áp suất cửa ra và áp suất cửa vào của máy) hay áp suất đạt được $p < 1500 \text{ mmH}_2\text{O}$.

Máy hút khí là máy làm việc với $\epsilon > 1,15$ hay áp suất đạt được $p > 1500 \text{ mmH}_2\text{O}$ nhưng không có làm lạnh nhân tạo.

Máy nén khí là máy làm việc với $\varepsilon > 1,15$ hay áp suất đạt được $p > 1500 \text{ mmH}_2\text{O}$ và có làm lạnh nhân tạo ở nơi xảy ra quá trình nén khí.

1.2.2- Phân loại

a- Phân loại theo nguyên tắc tác dụng của máy với dòng môi chất trong quá trình làm việc



Hình 1.1 - Sơ đồ phân loại theo nguyên tắc tác dụng của máy với dòng môi chất.

b- Phân loại theo tính chất trao đổi năng lượng và cấu tạo

Bơm có ba loại:

1. Bơm cánh dẫn: gồm
 - Bơm ly tâm
 - Bơm hướng trục
 - Bơm hướng chéo
 - Bơm xoáy
2. Bơm thể tích: gồm
 - Bơm piston
 - Bơm roto
 - Bơm piston-roto
3. Bơm phun tia

Quạt chỉ có loại cánh dẫn gồm:

1. Quạt ly tâm
2. Quạt trục

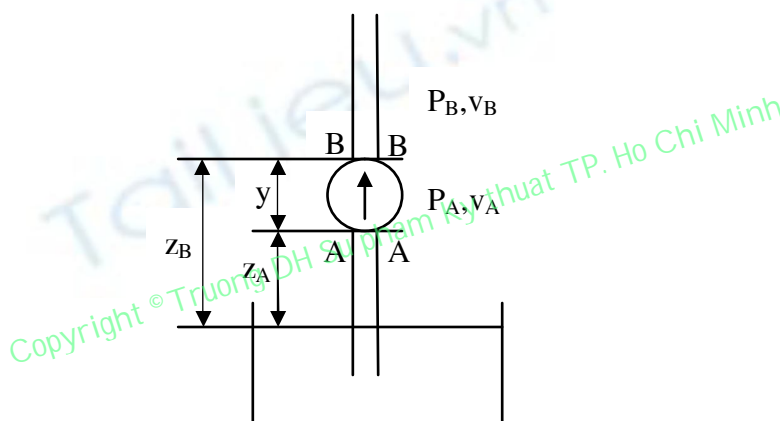
Máy nén có ba loại:

1. Máy nén cánh dẫn: gồm

- Máy nén ly tâm
 - Máy nén trục
2. Máy nén thể tích: gồm
- Máy nén piston
 - Máy nén roto
3. Máy nén phun tia

1.3 - CÁC THÔNG SỐ LÀM VIỆC CƠ BẢN

1.3.1- Cột áp



Hình 1.2 – Sơ đồ máy thủy khí trong hệ thống

Khả năng trao đổi năng lượng của máy thủy khí với dòng môi chất được thể hiện bằng mức chênh lệch năng lượng đơn vị của dòng môi chất ở 2 mặt trước và sau máy.

Năng lượng đơn vị tại mặt cắt A-A:

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

Năng lượng đơn vị tại mặt cắt B-B:

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

Trong đó: z - độ cao hình học

p, v – áp suất và vận tốc của dòng chảy

α - hệ số điều chỉnh động năng

Chênh lệch năng lượng đơn vị của dòng môi chất qua máy thủy khí giữa A và B là:

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

- Nếu $\Delta e_{BA} > 0$ - dòng môi chất được máy cấp cho năng lượng, vậy máy là bơm (chất lỏng hoặc khí).
- Nếu $\Delta e_{BA} < 0$ - máy được dòng môi chất cấp cho năng lượng, vậy máy là động cơ thủy khí.

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

$$H = z_B - z_A + \frac{p_B - p_A}{\gamma} + \frac{\alpha_B v_B^2 - \alpha_A v_A^2}{2g} \quad (1.1)$$

Thành phần thế năng đơn vị gọi là cột áp tĩnh, ký hiệu H_t :

$$H_t = z_B - z_A + \frac{p_B - p_A}{\gamma} \quad (1.2)$$

Thành phần động năng đơn vị gọi là cột áp động, ký hiệu H_d :

$$H_d = \frac{\alpha_B v_B^2 - \alpha_A v_A^2}{2g} \quad (1.3)$$

Vậy: $H = H_t + H_d \quad (1.4)$

1.3.2- Lưu lượng

Định nghĩa:

Lưu lượng là lượng môi chất chuyển động qua máy trong một đơn vị thời gian. Tùy thuộc đơn vị đo có lưu lượng thể tích, lưu lượng khối lượng, lưu lượng trọng lượng.

- Tính bằng đơn vị thể tích, ký hiệu Q gọi là lưu lượng thể tích, có đơn vị đo là m^3/s , m^3/h , l/s .
- Tính bằng đơn vị khối lượng, ký hiệu M gọi là lưu lượng khối lượng, có đơn vị đo là kg/s , kg/h .

$$M = \rho Q$$

- Tính bằng đơn vị trọng lượng, ký hiệu G gọi là lưu lượng trọng lượng, có đơn vị đo là N/s , N/h , kG/s .

$$G = \gamma Q = \rho g Q = gM \quad (1.5)$$

1.3.3- Công suất và hiệu suất

Cần phân biệt rõ hai loại công suất:

- Công suất thủy lực

- Công suất trên trục

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

Công suất thủy lực được tính bằng tích của cột áp với lưu lượng trọng lượng của máy.

$$N_{tl} = GH = \gamma QH \quad (1.6)$$

b- Công suất làm việc: ký hiệu N (có đơn vị đo là W) là công suất trên trục của máy khi máy làm việc. Công suất thủy lực khác công suất trên trục. Quá trình làm việc trong máy càng hoàn thiện thì N và N_{tl} càng ít khác nhau.

- Đối với bơm: $N > N_{tl}$

$$N = \frac{N_{tl}}{\eta} = \frac{\gamma QH}{\eta} \quad (1.7)$$

Hệ số $\eta < 1$ gọi là hiệu suất của bơm.

- Đối với động cơ: $N < N_{tl}$

$$N = \eta N_{tl} = \eta \gamma QH \quad (1.8)$$

Hệ số $\eta < 1$ gọi là hiệu suất của động cơ thủy lực.

c- Hiệu suất của máy thủy lực, ký hiệu η (đo bằng % hoặc không có đơn vị đo) dùng để đánh giá tổn thất năng lượng trong quá trình máy trao đổi năng lượng với dòng môi chất.

Từ công thức (1.7) và (1.8) ta có:

$$\eta_B = \frac{N_{tl}}{N} \quad (1.9)$$

$$\eta_D = \frac{N}{N_{tl}} \quad (1.10)$$

Trong điều kiện làm việc, các hiệu suất phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố: loại máy, kích thước và cấu tạo của máy, loại môi chất chuyển động trong máy, chế độ làm việc của máy, các đặc tính của mạng mà máy làm việc trong đó.

Để đánh giá hiệu năng lượng của hệ thống chung gồm có máy và động cơ của nó, người ta còn sử dụng hiệu suất của hệ thống η_{ht} :

$$\eta_{ht} = \frac{N_{tl}}{N_{ĐĐ}}$$

Trong đó $N_{ĐĐ}$ – công suất điện để khởi động động cơ.

Để tính hiệu suất chung của máy thủy lực, người ta đánh giá thông qua các dạng tổn thất.

e- Tổn thất năng lượng trong máy thủy lực: có 3 dạng

- Tổn thất cột áp của dòng môi chất chảy qua máy gọi là tổn thất thủy lực, được đánh giá bằng hiệu suất thủy lực, còn gọi là hiệu suất cột áp, ký hiệu η_H
- Tổn thất do ma sát của các bộ phận cơ khí trong máy thủy lực gọi là tổn thất cơ khí, được đánh giá bằng hiệu suất cơ khí, ký hiệu η_{CK}
- Tổn thất do rò rỉ môi chất làm giảm lưu lượng làm việc của máy gọi là tổn thất lưu lượng được đánh giá bằng hiệu suất lưu lượng, ký hiệu η_Q

Hiệu suất chung của máy thủy lực là:

$$\eta = \eta_H \cdot \eta_Q \cdot \eta_{CK} \quad (1.11)$$

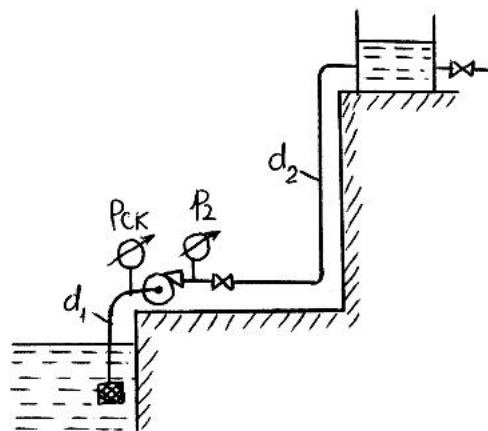
BÀI TẬP

Bài I-1

Một máy thủy lực (bơm nước) tiêu hao công suất trên trục $N = 18,9 \text{ kW}$, hiệu suất của máy $\eta = 0,71$. Xác định các thông số của bơm: lưu lượng, cột áp.

Biết áp suất dư tại cửa ra của bơm $\frac{P_2}{\gamma} = 50,8 \text{ m}$ và độ chân không ở cửa vào

$\frac{P_{CK}}{\gamma} = 3 \text{ m}$, đường kính ống hút $D_1 = 100 \text{ mm}$, đường kính ống đẩy $D_2 = 75 \text{ mm}$, $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$.



Hình 1.3

Giải:

1) Công thức tính cột áp:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}, \text{ bỏ qua độ cao hình học theo đề bài}$$

Hay

$$H = \frac{P_{AK} + P_{CK}}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

Vận tốc v_1, v_2 được xác định từ phương trình liên tục: $Q = v_1 S_1 = v_2 S_2$

Ta có:
$$v_1 = \frac{Q}{S_1} = \frac{4Q}{\pi d_1^2} \quad ; \quad v_2 = \frac{Q}{S_2} = \frac{4Q}{\pi d_2^2}$$

Thay các giá trị vào ta được phương trình đường đặc tính lưới:

$$H = \frac{p_{AK} + p_{CK}}{\gamma} + \frac{16Q^2}{2g\pi^2 d_2^4} - \frac{16Q^2}{2g\pi^2 d_1^4} = 53,8 + Q^2 \left(\frac{16}{2,9,81 \cdot \pi^2 \cdot 0,075^4} - \frac{16}{2,9,81 \cdot \pi^2 \cdot 0,1^4} \right)$$

$$H = 53,8 + 3437,3Q^2$$

2) Công thức tính công suất tiêu hao trên trục: $N = \frac{\gamma Q H}{\eta}$

Hay
$$H = \frac{N\eta}{\gamma Q} = \frac{18,9 \cdot 10^3 \cdot 0,71}{9,81 \cdot 10^3 \cdot Q} = \frac{1,379}{Q}$$

Kết hợp 2 phương trình cột áp, ta thu được phương trình bậc 3 theo lưu lượng Q:

$$53,8 + 3437,3Q^2 = \frac{1,379}{Q} \quad \text{hay} \quad 3437,3Q^3 + 53,8Q - 1,379 = 0$$

Giải phương trình ta thu được: $Q = 0,025 \text{ m}^3/\text{s} = 25 \text{ l/s}$

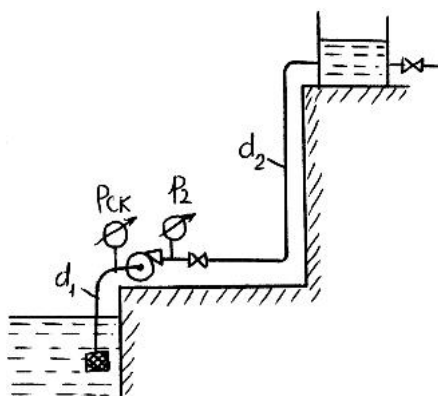
Vậy cột áp sẽ là: $H = 53,8 + 3437,3 \cdot 0,025^2 = 55,95 \text{ m}$

Đáp số: $Q = 25 \text{ l/s}$; $H = 55,95 \text{ m}$

Bài I-2

Một máy bơm nước tiêu hao công suất trên trục $N = 5,5 \text{ kW}$. Tính các thông số : cột áp, lưu lượng và hiệu suất của bơm. Biết áp suất dư ở cửa ra của bơm $\frac{p_2}{\gamma} = 20 \text{ m}$ (cột nước)

và áp suất chân không tại cửa vào của bơm $\frac{p_{CK}}{\gamma} = 4 \text{ m}$, tốc độ trong đường ống đẩy $v = 4 \text{ m/s}$, đường kính ống đẩy $d_2 = 75 \text{ mm}$, đường kính ống hút $d_1 = 100 \text{ mm}$.



Hình 1.4

Đáp số: $Q = 17,65 \text{ l/s}$; $H = 24,56\text{m}$; $N = 4,24\text{kW}$; $\eta = 0,75$

Bài I-3

Một máy bơm nước có tỷ số $\frac{H_d}{H_t} = 0,01475$ có áp suất ra $\frac{P_2}{\gamma} = 60\text{m}$; áp suất vào

$\frac{P_{CK1}}{\gamma} = 3\text{m}$ đường kính ống hút $D_1 = 200\text{mm}$, đường kính ống đẩy $D_2 = 150\text{mm}$.

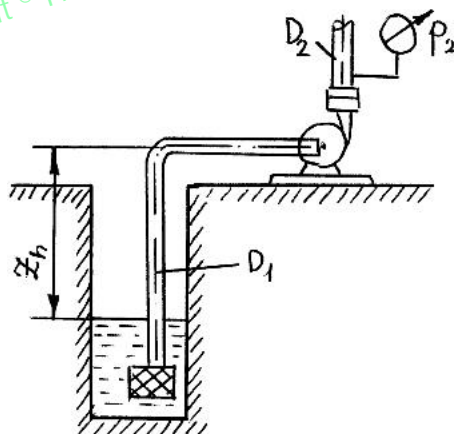
Xác định các thông số của bơm: H , Q , N . Biết hiệu suất $\eta = 76\%$ và $\Delta z_{1-2} = 0$.

Đáp số: $H = 64\text{m}$; $Q = 92 \text{ l/s}$; $N = 76\text{kW}$

Bài I-4

Một bơm nước đặt cách bề mặt bể hút A với độ cao hút $z_h = 1,36\text{m}$. Hệ số tổn thất trong đường ống hút $\xi = 4$.

Tính các thông số của bơm: lưu lượng, cột áp và công suất trên trục. Biết áp suất dư ở cửa ra của bơm $\frac{P_2}{\gamma} = 81,86\text{m}$ và chân không ở cửa vào bơm $H_{CK} = 4\text{m}$; đường kính ống hút và đẩy $D_1 = 300\text{mm}$, $D_2 = 200\text{mm}$; hiệu suất của bơm $\eta = 76\%$.



Hình 1.5

Đáp số: $Q = 820 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 88\text{m}$; $N = 259 \text{ kW}$.

CHƯƠNG II : KHÁI NIỆM CHUNG VỀ BƠM

2.1- ĐỊNH NGHĨA VÀ PHÂN LOẠI

2.1.1- Định nghĩa

Bơm là máy để tạo ra dòng chất lỏng. Hay nói cách khác, bơm là máy dùng để di chuyển chất lỏng và tăng năng lượng của dòng chất lỏng. Khi bơm làm việc năng lượng mà bơm nhận được từ động cơ sẽ chuyển hoá thành thế năng, động năng và trong một chừng mực nhất định thành nhiệt năng của dòng chất lỏng.

Vậy bơm là loại máy thuỷ 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 thuỷ lực.

2.1.2- Phạm vi sử dụng

Bơm được sử dụng rộng rãi trong nhiều lãnh vực:

- Trong nông nghiệp: bơm là thiết bị không thể thiếu để thực hiện thuỷ lợi hoá chăn nuôi trồng trọt.
- Trong công nghiệp: bơm được sử dụng trong các công trình khai thác mỏ, quặng dầu hay các công trình xây dựng.
- Hiện nay trong kỹ thuật vận chuyển, phát triển xu hướng dùng bơm và đường ống dẫn để vận chuyển các sản phẩm của ngành khai thác mỏ (quặng dầu), hoá chất, nguyên vật liệu xây dựng, ... và đó là phương tiện vận chuyển thuận lợi và kinh tế.
- Trong ngành chế tạo máy, bơm được sử dụng phổ biến, nó là một trong những bộ phận chủ yếu của hệ thống điều khiển và truyền động thuỷ lực trong máy.

2.1.3- Phân loại

a. Theo nguyên lý làm việc và cấu tạo của bơm (tương tự như phân loại ở trên)

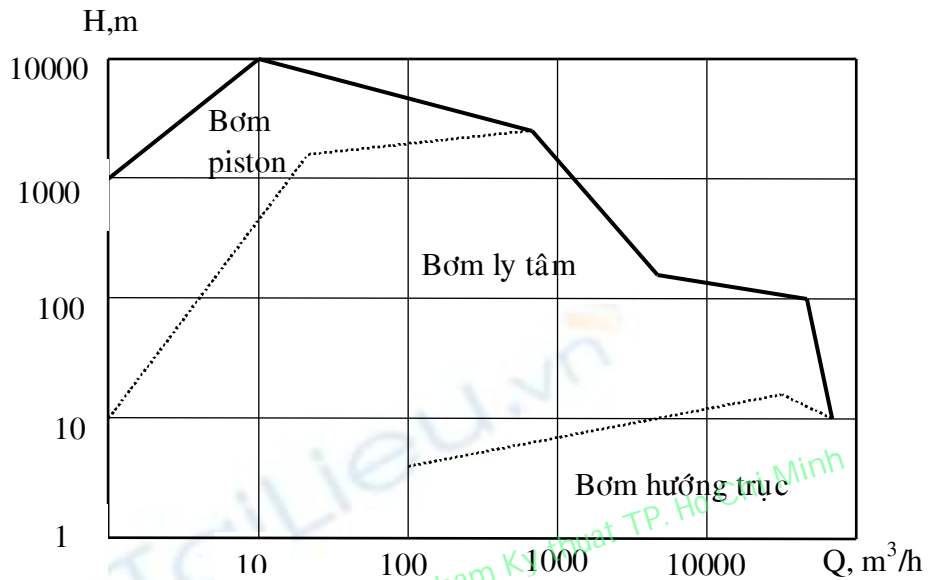
b. Theo công dụng:

- Bơm cấp nước nổi hơi (trong các nhà máy nhiệt điện)
- Bơm dầu (trong các hệ thống truyền động thuỷ lực)
- Bơm nhiên liệu
- Bơm cứu hoả
- Bơm hoá chất..

c. Theo phạm vi cột áp và lưu lượng sử dụng:

Người ta chia bơm thành các loại: bơm có cột áp cao, trung bình hoặc thấp; bơm có lưu lượng lớn, trung bình hoặc nhỏ.

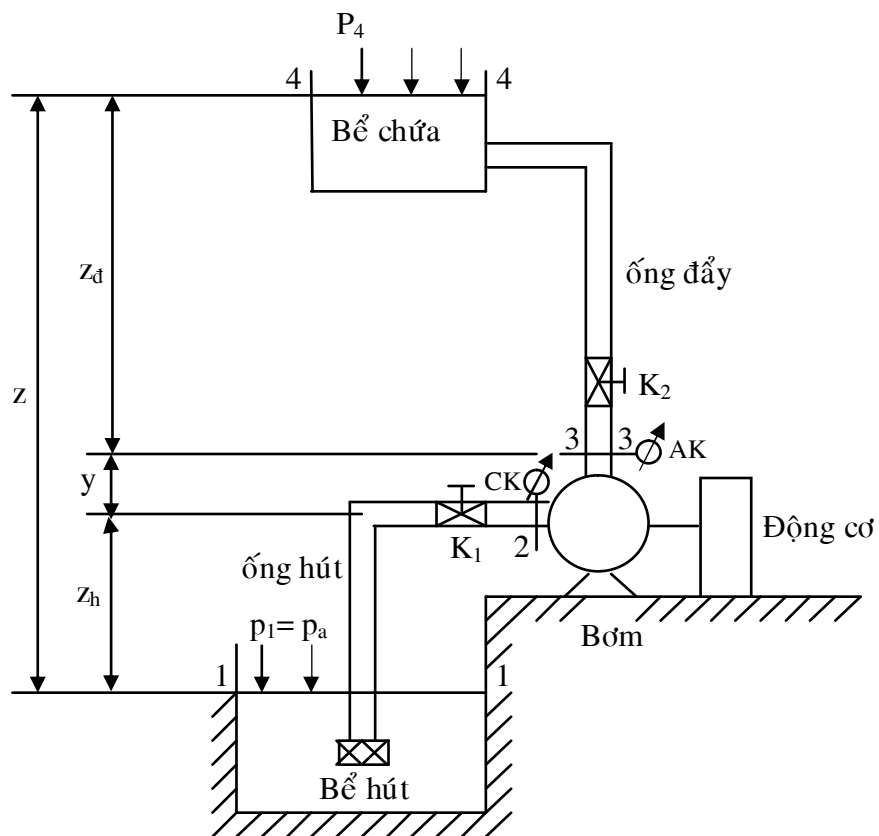
Trong kỹ thuật có 3 loại bơm được sử dụng rộng rãi là bơm ly tâm, bơm hướng trục và bơm piston. Biểu đồ phân bố phạm vi sử dụng của các loại bơm thông dụng trên được thể hiện trên hình 2.1



Hình

2.1 – Phạm vi sử dụng của các loại bơm thông dụng

2.2 - CÁC THÔNG SỐ LÀM VIỆC CƠ BẢN



Hình 2.2 – Sơ đồ hệ thống bơm

Bơm bao giờ cũng làm việc trong một hệ thống đường ống. Để biết rõ công dụng, quá trình làm việc và các thông số cơ bản của bơm, ta nghiên cứu sơ đồ thiết bị của một bơm làm việc trong hệ thống đơn giản trên hình 2.2

Khi bơm làm việc, chất lỏng từ bể hút qua lưới chắn rác theo ống hút đi vào bơm. Sau khi qua bơm, chất lỏng được bơm cấp cho năng lượng chảy vào ống đẩy để lên bể chứa. Từ bể chứa chất lỏng được phân phối về các nơi tiêu thụ. Trong hệ thống truyền động thủy lực, chất lỏng sau khi ra khỏi bơm có áp suất cao, qua bộ phận phân phối đi vào động cơ thủy lực để thực hiện các chuyển động của những cơ cấu làm việc.

Bơm có 5 thông số làm việc cơ bản: lưu lượng Q , cột áp H , công suất N , hiệu suất η và cột áp hút cho phép $[H_{CK}]$. Ta sẽ lần lượt nghiên cứu các thông số này.

2.2.1- Lưu lượng

Là lượng chất lỏng mà bơm vận chuyển được trong một đơn vị thời gian.

Tùy thuộc đơn vị đo có 3 loại lưu lượng: lưu lượng thể tích Q có đơn vị đo là m^3/s , l/s , m^3/h ...; lưu lượng khối lượng M có đơn vị đo là kg/s , kg/h , g/s ...; lưu lượng trọng lượng G có đơn vị đo là N/s , N/h , kG/s ,...

Lưu lượng của bơm được xác định bằng các dụng cụ đo 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. Các loại dụng cụ đo này chỉ xác định được giá trị trung bình của lưu lượng trong một đơn vị thời gian nào đó.

2.2.2- Cột áp: ký hiệu H (m)

Là năng lượng đơn vị mà bơm truyền được cho chất lỏng. Từ sơ đồ hệ thống làm việc của bơm (hình 2.2), ta có:

$$\begin{aligned}
 H &= e_{ra} - e_{vào} = e_3 - e_2 \\
 H &= \left(z_h + y + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} \right) - \left(z_h + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \right) \\
 H &= y + \frac{p_3 - p_2}{\gamma} + \frac{v_3^2 - v_2^2}{2g} \tag{2.1}
 \end{aligned}$$

Trong đó: p_2, p_3 – là các áp suất tuyệt đối

$$p_2 = p_a - p_{CK} ;$$

$$p_3 = p_a + p_{AK}$$

p_{CK}, p_{AK} – là trị số áp suất đọc được trên chân không kế và áp kế.

$$\text{Do đó: } \frac{P_3 - P_2}{\gamma} = \frac{P_{AK} + P_{CK}}{\gamma}$$

Công thức tính cột áp của bơm sẽ thành:

$$H = y + \frac{P_{AK} + P_{CK}}{\gamma} + \frac{v_3^2 - v_2^2}{2g} \quad (2.2)$$

Trong hệ thống bơm ta lấy hệ số hiệu chỉnh động năng $\alpha = 1$ vì dòng chảy trong hệ thống bơm có tiết diện ống nhỏ và vận tốc nước lớn người ta thường coi là dòng chảy rối và được gọi là dòng chảy rối kích thước bé.

Nếu đường kính ống hút và đường kính ống đẩy bằng nhau và không trích lưu lượng trên đường ống đẩy thì $v_2 = v_3$ và khoảng cách y có thể bỏ qua ($y \approx 0$) thì trị số cột áp có thể xác định bằng các trị số đọc được của áp kế và chân không kế lắp ở miệng vào và ra của bơm:

$$H = \frac{P_{AK} + P_{CK}}{\gamma} \quad (2.3)$$

Khi không có các số liệu đo được cụ thể của bơm đang làm việc như p_{CK} , p_{AK} ... mà chỉ có các số liệu yêu cầu của hệ thống làm việc như p_1 , p_4 , z ... ta có thể tính cột áp yêu cầu của bơm theo các giá trị năng lượng ở bể hút và bể chứa như sau:

Viết phương trình năng lượng Bernoulli cho mặt cắt (1-1) và (2-2):

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_h + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{wh} \quad (2.4)$$

$$\text{Hay } \frac{p_2}{\gamma} = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} - \left(z_h + \frac{v_2^2}{2g} + h_{wh} \right) \quad (2.5)$$

h_{wh} – tổng tổn thất năng lượng ở ống hút.

Từ đây ta thấy, nếu $p_1 = p_a$ và v_1 nhỏ thì áp suất ở miệng vào của bơm $p_2 < p_a$ tức là p_2 phải được đo bằng *chân không kế*.

Phương trình năng lượng Bernoulli cho mặt cắt (1-1) và (2-2) còn được viết đơn giản là:

$$e_1 = e_2 + h_{wh} \quad \text{hay} \quad e_2 = e_1 - h_{wh}$$

Tương tự ta viết phương trình năng lượng Bernoulli cho mặt cắt (3-3) và (4-4):

$$\frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} = z_d + \frac{p_4}{\gamma} + \frac{v_4^2}{2g} + h_{wd} \quad (2.6)$$

$$\text{Hay } \frac{p_3}{\gamma} = \frac{p_4}{\gamma} - \frac{v_3^2}{2g} + \left(z_d + \frac{v_4^2}{2g} + h_{wd} \right) \quad (2.7)$$

h_{wd} – tổng tổn thất năng lượng ở ống đẩy.

Ta thấy, thường $\frac{v_3^2}{2g}$ nhỏ hơn $\left(z_d + \frac{v_4^2}{2g} + h_{wd}\right)$ rất nhiều nên $p_3 > p_4$; nếu $p_4 = p_a$ thì $p_3 > p_a$ tức là áp suất ở miệng ra của bơm phải được đo bằng *áp kế*.

Phương trình năng lượng Bernoulli cho mặt cắt (3-3) và (4-4) còn được viết đơn giản là:

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

Thay e_2 và e_3 vào phương trình cột áp, ta có:

$$\begin{aligned} H &= e_3 - e_2 = (e_4 + h_{wd}) - (e_1 - h_{wh}) \\ &= e_4 - e_1 + h_{wh} + h_{wd} = e_4 - e_1 + h_w \end{aligned}$$

Hay
$$H = z_4 - z_1 + \frac{p_4 - p_1}{\gamma} + \frac{v_4^2 - v_1^2}{2g} + h_w$$

$$H = z + \frac{p_4 - p_1}{\gamma} + \frac{v_4^2 - v_1^2}{2g} + h_w \quad (2.8)$$

$h_w = h_{wh} + h_{wd}$ - tổng tổn thất năng lượng trong hệ thống.

Từ công thức (2.4) ta thấy cột áp yêu cầu của bơm dùng để khắc phục:

- Chênh lệch độ cao hình học giữa mặt thoáng bể chứa và bể hút, còn 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 chứa và bể hút $\frac{v_4^2 - v_1^2}{2g}$
- Tổn thất năng lượng trong hệ thống đường ống h_w .

Cột áp của bơm làm việc trong một hệ thống cũng chính là cột áp của hệ thống.

Các thành phần z và $\frac{p_4 - p_1}{\gamma}$ là những đại lượng không thay đổi đối với một hệ thống cho trước, do đó:

$$H_t = z + \frac{p_4 - p_1}{\gamma} \quad \text{gọi là cột áp tĩnh của hệ thống} \quad (2.9)$$

Còn các số hạng $\frac{v_4^2 - v_1^2}{2g}$ và h_w là những đại lượng thay đổi theo lưu lượng của hệ thống, tức là phụ thuộc vận tốc dòng chất lỏng trong ống, do đó:

$$H_d = \frac{v_4^2 - v_1^2}{2g} + h_w \quad \text{- gọi là cột áp động của hệ thống} \quad (2.10)$$

Vậy:
$$H = H_t + H_d \quad (2.11)$$