



Động cơ điện kéo máy bơm và chọn động cơ điện

Bởi:

Nguyễn Quang Đoàn

ĐỘNG CƠ ĐIỆN KÉO MÁY BƠM VÀ CHỌN ĐỘNG CƠ ĐIỆN

Để truyền động máy bơm có thể dùng động cơ điện, động cơ đốt trong, máy hơi nước, động cơ gió, máy thủy lực ...vv... Trong đó động cơ điện được dùng phổ biến nhất. Động cơ đốt trong chỉ được dùng đối với máy bơm di động hoặc trạm bơm dã chiến ở các vùng xa, động cơ chạy bằng sức gió chỉ dùng ở nơi có điều kiện thích hợp sử dụng gió... Bởi vậy ở đây chúng ta chỉ nghiên cứu về động cơ điện.

Hệ thống truyền động máy bơm với sự tác động của năng lượng điện gọi là truyền động điện. Quy ước có thể chia hệ thống này làm ba phần: động cơ điện, thiết bị điều khiển động cơ điện, trang thiết bị truyền năng lượng từ động cơ điện đến máy bơm.

Động cơ điện được sử dụng rộng rãi trên trạm bơm do tính ưu việt của nó so với các loại truyền động khác: khối lượng xây lắp được giảm nhỏ, nền móng và thiết bị truyền năng lượng từ động cơ đến máy bơm đơn giản hơn (trực động cơ và trực máy bơm có thể được nối qua khớp nối trực), dễ tự động hóa khi khởi động hoặc dừng máy, chi phí vận hành nhỏ, điều kiện làm việc tốt nhất, gian máy sạch sẽ ..v.v...

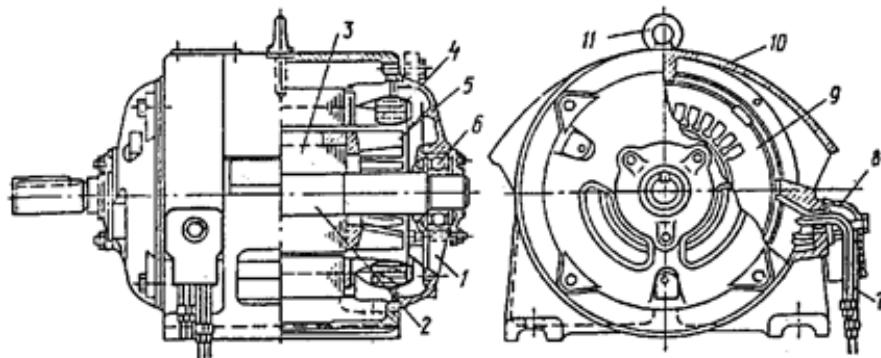
Trong trạm bơm thường sử dụng động cơ điện xoay chiều ba pha dị bộ và đồng bộ.

Động cơ điện dị bộ

Động cơ điện dị bộ là động cơ có vòng quay của rô to nhỏ hơn vòng quay của từ trường, nó làm việc có " độ trượt " so với từ trường của stator (bảng so sánh dưới đây):

Số đôi cực	Động cơ điện		Số đôi cực	Động cơ điện	
	Dị bộ	Đồng bộ		Dị bộ	Đồng bộ
1	2900	3000	5	585	600
2	1450	1500	6	485	500
3	960	1000	8	368	375
4	730	750	10	290	300

Động cơ dị bộ có hai loại là động cơ rô to ngắn mạch (còn gọi là động cơ lồng sóc) và động cơ quấn dây. Động cơ rô to ngắn mạch (xem Hình 9 - 5) so với động cơ quấn dây thì có kết cấu đơn giản hơn, kích thước và khối lượng nhỏ hơn, giá thành rẻ hơn. Nó có thể được đấu trực tiếp vào mạng điện qua cầu giao đơn giản hoặc điều khiển từ xa bằng khởi động từ. Tuy nhiên cần thấy rằng khi đấu trực tiếp động cơ này vào mạch thì dòng điện mở máy tăng 5 ... 7 lần so với dòng điện định mức, và điều này gây bất lợi đối với các hộ dùng điện khác cùng mạng. Động cơ rô to ngắn mạch có thể trực đứng hoặc trực ngang.



Cấu tạo động cơ điện dị bộ rô to ngắn mạch.

- 1- cửa nhận không khí; 2- trục; 3- rô to; 4- cuộn dây; 5- nắp thông gió; 6- ổ hướng;
 7- dây ra của stator; 8- nắp bảo vệ đầu dây ra; 9- phân tinh ép vào giá đỡ; 10- giá đỡ
 bằng gang; 11- vòng để móc nâng hạ.

Động cơ điện dị bộ rô to quấn dây có biến trở khởi động được nối với cuộn dây của rô to. Biến trở khởi động chỉ được đóng vào mạch rô to trong giai đoạn mở máy động cơ. Khi vòng quay động cơ điện đạt tới gần vòng quay định mức thì biến trở tự động ngắt, còn động cơ vẫn tiếp tục ở chế độ như rô to ngắn mạch. Dòng điện mở máy ở động cơ rô to quấn dây nhỏ hơn vài lần so với rô to ngắn mạch . Tuy vậy trong trạm bơm, động cơ rô to quấn dây ít được sử dụng hơn rô to ngắn mạch bởi vì kết cấu của nó phức tạp hơn, kém an toàn trong vận hành và giá thành lại đắt hơn .

Động cơ điện kéo máy bơm và chọn động cơ điện

Căn cứ vào công suất có thể chia động cơ điện dị bộ làm ba loại chính sau:

- Loại nhỏ (có công suất nhỏ hơn 100 kW) thường là động cơ rô to ngắn mạch ba pha, động cơ loại này không có yêu cầu gì đặc biệt khi khởi động; điện áp định mức thường là 220 / 380 hoặc 500 V.

Động cơ chế tạo ở Liên Xô cũ dùng chữ A để kí hiệu động cơ điện dị bộ (hoặc chữ AO kí hiệu động cơ dị bộ có bảo vệ đặt ngoài trời), con số tiếp theo chỉ cỡ thân máy, số tiếp theo nữa chỉ cỡ chiều cao lõi thép từ, con số sau dấu gạch ngang chỉ số cực từ.

Ví dụ **A 62 - 4** là động cơ dị bộ, có cỡ thân máy là cỡ 6, cỡ chiều cao lõi thép từ là cỡ 2, có 4 cực từ. Nếu kí hiệu **AO 62 - 4** là động cơ dị bộ đặt ngoài trời an toàn và các ký hiệu chữ số như quy ước trên.

Kí hiệu của động cơ dị bộ Việt Nam cũng giống Liên Xô chỉ khác là thay chữ A bởi

chữ K (không đồng bộ) hoặc chữ AK (không đồng bộ kiểu kín, đặt ngoài trời). Ví dụ **DK 62 - 4** là động cơ dị bộ kiểu kín đặt ngoài trời, cỡ thân máy là 6, cỡ chiều cao lõi thép từ là 2 và có 4 cực từ.

- Loại trung bình (có công suất từ 100 ... 200 kW). Động cơ dị bộ loại này có điện áp từ 220 / 380 V, 3.000 V hoặc 6.000 V. Liên Xô cũ chế tạo các loại có kí hiệu Γ AM, AM và AM. Trong đó chữ A là động cơ dị bộ. Γ AM, AM là động cơ rô to ngắn mạch kiểu rãnh sâu và kiểu lồng sóc kép có tính năng mở máy tốt, thích hợp với dung lượng nguồn điện nhỏ, phụ tải khởi động không lớn. Loại AM là loại động cơ dị bộ rô to quấn dây, dùng trong trường hợp dung lượng nguồn nhỏ không đủ cung cấp cho động cơ dị bộ kiểu rô to ngắn mạch khi khởi động.

- Loại lớn (có công suất lớn hơn 300 kW). Động cơ dị bộ loại lớn Liên Xô chế tạo có các loại: AMCO là loại động cơ kiểu ngắn mạch, loại ?AMCO là loại động cơ dị bộ kiểu quấn dây. Loại động cơ lớn này có điện áp 3000 V và 6000 V. Loại BAH là động cơ dị bộ trục đứng . Kí hiệu loại động cơ này như sau : Sau chữ BAH lần lượt là cỡ thân máy, cỡ chiều cao lõi thép từ, số cực từ. Ví dụ **BAH 14 - 49 - 6** là động cơ dị bộ trục đứng có cỡ thân máy là 14, cỡ chiều cao lõi thép từ là 49 và có 6 cực từ.

Động cơ điện đồng bộ

Động cơ điện đồng bộ là động cơ có số vòng quay của rô to bằng số vòng quay của từ trường stator. Khi động cơ kéo máy bơm có công suất lớn hơn 200 kW và làm việc trong thời gian dài liên tục thì thường dùng động cơ điện đồng bộ để kéo. Số đôi cực p và tần số tiêu chuẩn $f = 50$ Hz quyết định số vòng quay của động cơ : $n = 60f / p$.

Kết cấu của động cơ đồng bộ (xem Hình 9 - 6) phức tạp hơn kết cấu của động cơ dị bộ. Từ thông trong động cơ đồng bộ được tạo thành do bộ kích từ riêng, đó là một máy phát

Động cơ điện kéo máy bơm và chọn động cơ điện

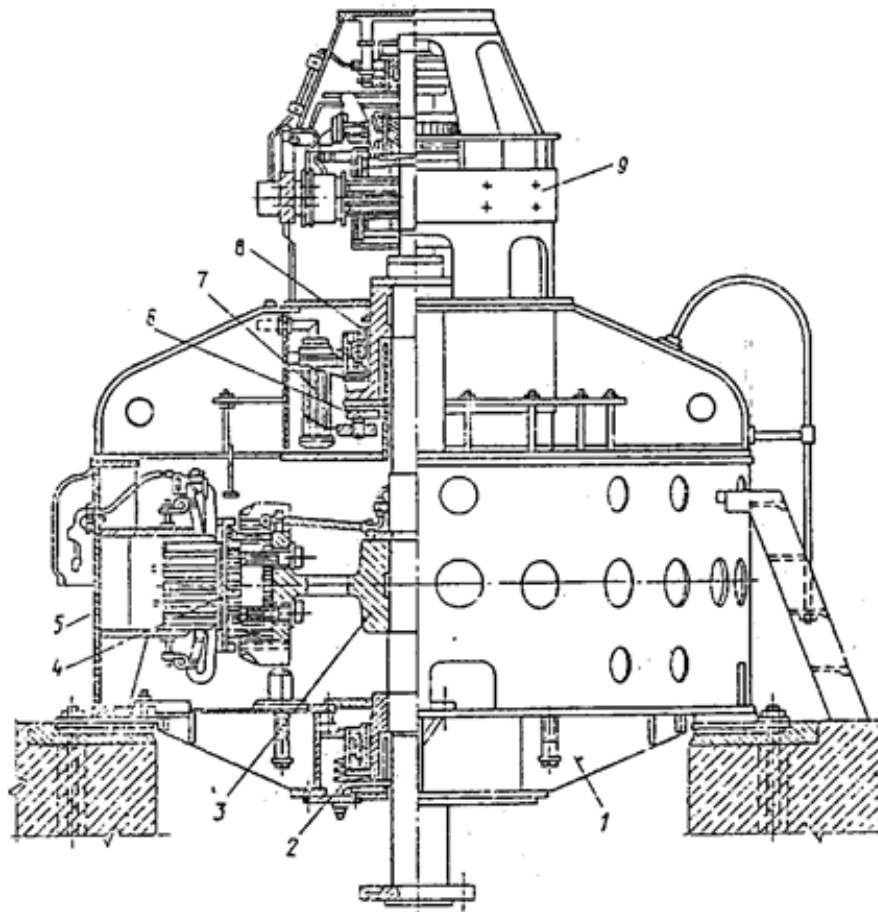
một chiều nhỏ. Để đưa động cơ điện vào làm việc, rô to cần phải quay với vòng quay gần với vòng quay từ trường của stator. Bởi vậy rô to của phần lớn các động cơ điện đồng bộ có đặt cuộn ngắn mạch khởi động phụ, tương tự như cuộn dây rô to của động cơ dị bộ.

Động cơ điện đồng bộ có điện áp 3.000 V, 6.000 V, 10.000 V và hơn. Liên Xô đã chế tạo loại động cơ đồng bộ loại MC, B, BC, BCH...v.v...

Loại BC (xem Hình 9 - 6 trang sau) có kí hiệu như sau: B là động cơ trục đứng, chữ là động cơ, chữ C là đồng bộ, dãy số tiếp theo là đường kính stator (cm), dãy số sau dấu gạch chéo là chiều cao lõi thép từ (cm), chữ số sau gạch ngang là số cực từ. Loại động cơ này hiện nay đã chế tạo có công suất đạt đến 200.000 kW.

Ví dụ **BC 325 / 44 - 16** là động cơ điện đồng bộ trục đứng có đường kính stator là 325 cm, chiều cao lõi thép từ là 44 cm, có 16 cực từ (8 đôi cực).

Loại BCH là loại động cơ đồng bộ trục đứng dùng cho máy bơm nước. Kí hiệu các số sau dãy chữ lần lượt là: cỡ thân máy, dãy số tiếp sau gạch ngang là cỡ chiều cao lõi thép từ, con số sau gạch ngang cuối là số cực từ. Ví dụ **BCH 15 - 31 - 8** là động cơ điện đồng bộ trục ngang cỡ thân máy là 15, cỡ chiều cao lõi thép từ là 31 và có 8 cực từ.



Cấu tạo của động cơ điện đồng bộ B C- 325/44 - 16.

- 1- giá đỡ dưới; 2,8 - ổ trục định hướng ; 3- rô to; 4- cực từ; 5- stator; 6- ổ đỡ;
7- thiết bị làm nguội; 9 - kích từ.

Động cơ điện đồng bộ mặc dù có cấu tạo và tự khởi động phức tạp, giá thành cao (thường hơn 20% so với động cơ dị bộ) nhưng vẫn được dùng rộng rãi trong thực tế vì những ưu điểm sau đây:

- Có khả năng làm việc với hệ số công suất ($\cos\varphi$) đạt tới 1, do vậy nâng cao được hệ số công suất của mạng và tạo khả năng sử dụng điện kinh tế;
- Hệ số công suất không phụ thuộc vào vòng quay định mức của rô to;
- Động cơ làm việc ổn định khi điện áp trong mạng giao động;
- Góp phần tăng hệ số công suất $\cos\varphi$ khi tham gia bù đồng bộ trong lưới điện .

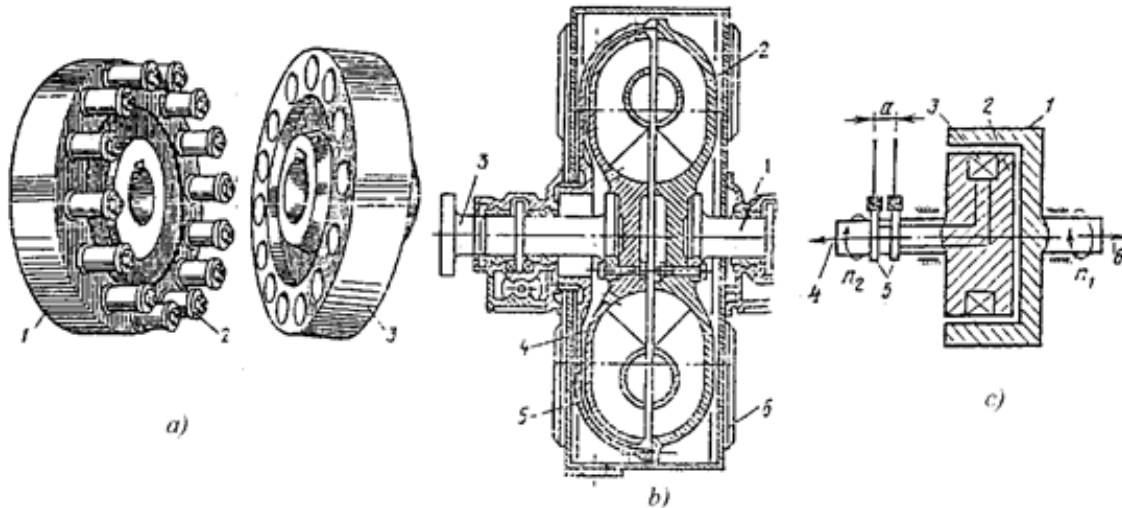
Các loại cơ cấu truyền động từ động cơ cho máy bơm

Cơ năng do trục động cơ truyền cho trục máy bơm có thể qua các thiết bị khác nhau như: khớp nối đĩa, khớp nối thủy lực, khớp nối điện từ, truyền động đai truyền, truyền động bánh răng ..v.v...

Khớp nối đĩa

Khớp nối trục loại đĩa được dùng để nối trục động cơ và trục máy bơm có cùng vòng quay định mức. Các chốt 2 một đầu bị nối cứng trên đĩa 1 nối trục động cơ và

được lồng bên ngoài bằng ống cao su đem lắp vào các lỗ ở đĩa 3 của trục máy bơm. Khớp đĩa này nhờ có các ống cao su nên khi mô men xoắn truyền từ trục động cơ cho trục máy bơm sẽ có va đập mềm. Loại khớp nối này có cấu tạo đơn giản và tiện lợi cho vận hành. Hiệu suất của nó gần bằng 1. Bởi vậy khớp nối đĩa được dùng rộng rãi.



Các loại khớp nối trục động cơ và trục máy bơm.

a- khớp nối đĩa; b- khớp nối thủy lực; c- khớp nối điện từ.

Khớp nối thủy lực

Khớp nối thủy lực được dùng nối trục động cơ và trục máy bơm khi cần điều chỉnh vòng quay của máy bơm cho phù hợp với các điểm công tác trên đường H - Q nhưng vòng quay của động cơ không đổi. Cấu tạo của khớp thủy lực gồm có: bánh xe bơm li tâm 2 nối với trục dẫn động 1 (trục động cơ) và bánh xe công tác turbin 4 nối với trục bị động 3 (trục máy bơm). Bánh xe li tâm 2 quay do trục động cơ kéo và làm tăng năng lượng của chất lỏng chảy qua nó (từ tâm đến chu vi). Năng lượng này truyền cho bánh công tác turbin 4, bánh 4 nối với trục máy bơm chính thông qua trục bị động 3. Trục 3 làm việc có độ trượt tương đối so với trục dẫn động 1. Mức độ trượt phụ thuộc vào

lượng chất lỏng đưa vào khớp nối do một máy bơm đặc biệt cung cấp. Khi thay đổi độ trượt cũng là thay đổi vòng quay của máy bơm chính và hiệu suất của khớp nối cũng phụ thuộc vào mức độ trượt. Nếu mức độ trượt là 2 ... 3 % thì hiệu suất của khớp thủy lực đạt 0,96 ... 0,98, khi mức độ trượt lớn hơn 50% thì hiệu suất khớp nối giảm đến 0,6.

Khớp nối điện từ

Khớp nối điện từ được dùng cũng giống điều kiện của khớp nối thủy lực. Cấu tạo của nó gồm phần cảm 2 được gắn với trục máy bơm và phần ứng 1 gắn với trục động cơ. Khi dòng điện một chiều qua vòng tiếp xúc 5 dẫn vào cuộn kích thích 3 thì giữa phần ứng 1 và phần cảm 2 xuất hiện quan hệ điện từ. Quan hệ này làm cho phần cảm phải quay theo vòng quay của phần ứng với một mức độ trượt nào đó. Khi dòng điện thay đổi đều đặn thì mức độ trượt cũng thay đổi đều đặn và do vậy cũng làm cho vòng quay của máy bơm thay đổi. Ưu điểm chính của khớp nối điện từ là đơn giản cho việc điều khiển, sửa chữa và công việc dự phòng, các chi tiết ít bị mòn, có khả năng điều khiển từ xa và tự động hóa. Nhược điểm của nó là khối lượng và kích thước của nó lớn, khi nhiệt độ môi trường thay đổi thì làm việc kém ổn định. Hiệu suất của khớp nối này phụ thuộc vào mức độ trượt của phần cảm.

Truyền động bằng đai truyền.

Truyền động này được sử dụng khi vòng quay trục động cơ khác vòng quay trục máy bơm hoặc khi trục động cơ và trục máy bơm đặt cách nhau hoặc được đặt ở những mặt phẳng nằm ngang khác nhau. Nhánh kéo của đai thường đặt bên dưới còn nhánh không tải đặt phía trên nhánh kéo. Hiệu suất của đai truyền vào khoảng 0,94 ... 0,98.

Truyền động bánh răng (bộ biến tốc).

Truyền động bánh răng cũng được dùng giống như truyền động đai. Bộ biến tốc gồm các trục và các bánh răng lắp hoàn chỉnh trong một hộp nhỏ. Trong thời gian làm việc nó cần được bôi trơn bằng dầu. Hiệu suất của truyền động bánh răng đạt 0,98 ... 0,99.

Tính hợp lý của việc sử dụng loại khớp nối hoặc truyền động nào trong trường hợp cụ thể phải được lập luận qua tính toán kinh tế kỹ thuật thận trọng.

Chọn động cơ điện cho máy bơm.

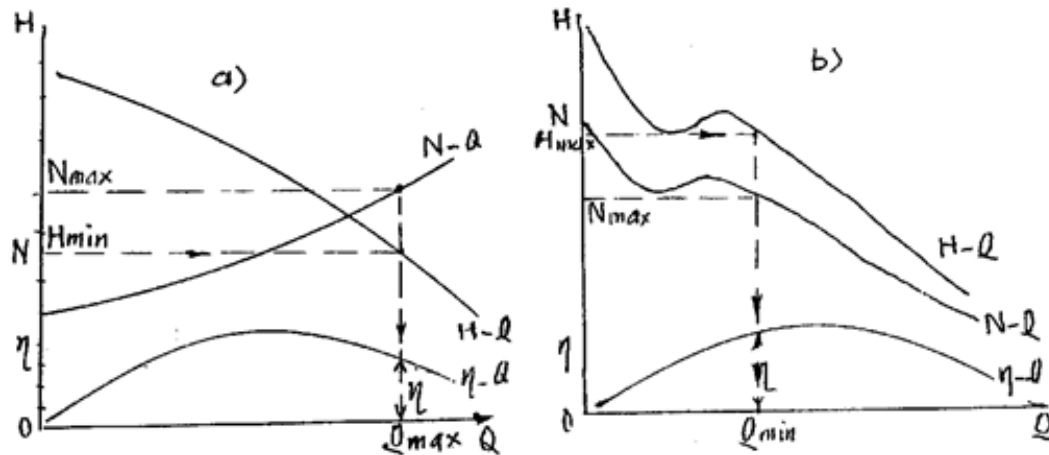
Trong một số bảng tra máy bơm người ta đã cho động cơ điện đi kèm. Trong trường hợp máy bơm chưa có động cơ đi kèm ta phải tiến hành tính toán và lựa chọn động cơ thích hợp. Điều kiện chọn động cơ kéo máy bơm là động cơ được chọn phải đảm bảo truyền công suất cần thiết cho máy bơm với số vòng quay đã có của máy bơm. Công suất cần thiết và vòng quay trục động cơ có thể được chỉ dẫn ở tài liệu máy bơm. Vòng quay của động cơ được chọn và vòng quay của máy bơm chênh lệch không quá 5%.

Động cơ điện kéo máy bơm và chọn động cơ điện

Công suất yêu cầu lớn nhất của máy bơm (kW) khi số vòng quay đã cho trên trục của máy bơm được tính theo công thức:

$$N_{max} = 981 Q.H / \eta$$

Trong đó: Q, H, η là lưu lượng (m³/s), cột nước (m) và hiệu suất máy bơm lấy với công suất yêu cầu lớn nhất. Đối với máy bơm li tâm tỉ tốc vừa và nhỏ thì công suất lớn nhất xảy ra khi Q = Q_{max} và H = H_{min} (Hình 9 - 8,a) . Đối với máy bơm hướng trục



Xác định Q, H, η dựa vào đường đặc tính của máy bơm.

thì công suất lớn nhất xảy ra khi Q = Q_{min} và H = H_{max} (Hình 9 - 8,b).

Công suất để chọn động cơ điện sẽ là:

$$N_{dc} \geq k . N_{max} / \eta_{td}$$

Trong đó: η_{td} là hiệu suất truyền động. Lấy $\eta_{td} = 1$ với khớp nối đĩa.

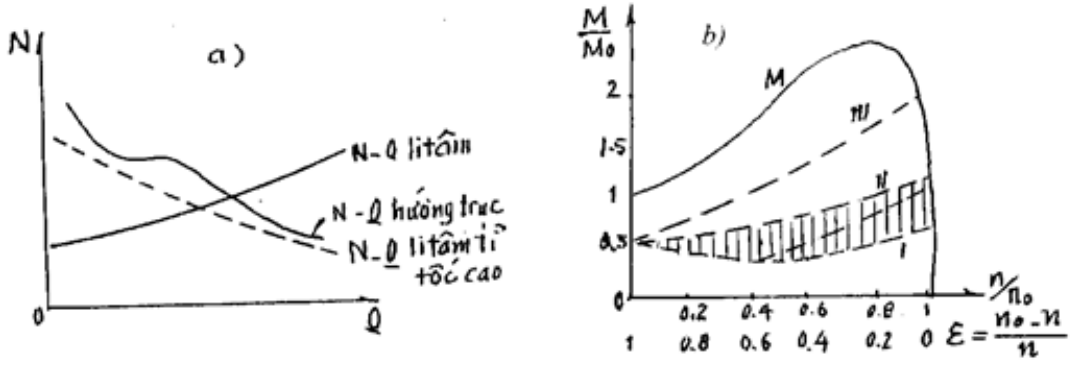
k là hệ số an toàn công suất, lấy theo bảng sau:

N (kW)	2	2... 5	5... 50	50 ... 100	100
k	1,7 ... 1,5	1,5 ... 1,3	1,15 ... 1,1	1,08 ... 1,05	1,05

Có thể tham khảo thêm tài liệu của Liên Xô cũ: Khi $N_{dc} \leq 20$ kW thì k = 1,25; khi $N_{dc} = 21 \dots 50$ kW thì k = 1,21; khi $N_{dc} = 51 \dots 300$ kW thì k = 1,15; khi $N_{dc} > 300$ kW thì k = 1,1.

Kinh nghiệm thực tế cho thấy khi công suất yêu cầu của máy bơm ≤ 200 kW người ta khuyên dùng động cơ điện dị bộ có điện áp thấp (điện áp lưới ≤ 1000 V); khi công suất yêu cầu của bơm lớn hơn 200 kW và việc khởi động cũng như dừng máy tiến hành thường xuyên thì nên dùng động cơ điện dị bộ có điện áp cao (điện áp > 1000 V); còn khi công suất yêu cầu của máy bơm lớn hơn 200 kW và việc khởi động và dừng máy không thường xuyên thì nên dùng động cơ điện đồng bộ có điện áp cao.

Ngoài việc chọn động cơ theo công suất và vòng quay đã nêu trên, khi chọn động cơ điện còn phải xét đến vấn đề khởi động của từng loại máy bơm mà động cơ kéo. Từ đường N - Q của máy bơm (xem Hình 9 - 9,a) ta thấy rằng: bơm li tâm tỉ tốc vừa và thấp khi khởi động (khi Q nhỏ) thì có công suất yêu cầu thấp; còn bơm li tâm tỉ tốc cao



So sánh đường đặc tính công suất các loại bơm.

a - Dạng đường N - Q của các loại máy bơm khác nhau.

b - Biểu đồ thay đổi công suất động cơ khi khởi động.

và bơm hướng trục khi khởi động (Q nhỏ) thì công suất rất lớn. Như vậy bơm hướng trục và bơm li tâm tỉ tốc cao ($n_s > 300$ v/ph) phải có công suất khởi động lớn, cần phải rất chú ý vấn đề khởi động khi chọn động cơ điện cho hai loại máy bơm này.

Trong mọi trường hợp, mô men quay do động cơ tạo ra phải luôn lớn hơn mô men cản khi máy bơm làm việc, nhất là khi mở máy. Giá trị của các mô men này có thể tra được trong các bảng tra động cơ. Xét khái quát về các loại động cơ điện ta thấy (xem Hình 9 - 9,b): Trục tung biểu thị tỷ số giữa mô men và mô men định mức (M/M_0), trục hoành biểu thị tỉ số vòng quay và vòng quay định mức (n/n_0) đồng thời cũng biểu thị độ trượt $\epsilon = (n_0 - n) / n_0$, khi khởi động thì $\epsilon = 1$, khi vòng quay đạt đến vòng quay định mức thì $\epsilon = 0$. Từ biểu đồ trên Hình 9 - 9,b ta thấy:

- Đối với máy bơm li tâm sử dụng động cơ dị bộ rô to ngắn mạch. Khi khởi động nếu đóng kín van ống đẩy thì mô men cản diễn biến theo đường I và cao nhất chỉ chiếm 0,35 ... 0,5 mô men định mức. Nếu lúc khởi động mở hết van ống đẩy thì mô men cản diễn

biến theo đường II và cũng chỉ đạt đến bằng mô men định mức. Đối với bơm li tâm tỉ tốc cao, công suất khi $Q = 0$ xấp xỉ công suất định mức do vậy đường diễn biến của nó cũng tương tự đường II. Điều này cho thấy đối với máy bơm li tâm nói chung nếu dùng động cơ điện dị bộ rô to ngắn mạch thì vấn đề khởi động không có gì đáng ngại.

- Đối với máy bơm hướng trục, nếu có dùng van ống đẩy khi khởi động thì đường mô men cần sẽ lên cao theo đường III, do đó có khả năng quá tải động cơ. Do vậy cần tiến hành kiểm tra quá tải khi mở máy trong nội dung chọn động cơ.

Hiện nay ở các trạm bơm nhỏ, động cơ dị bộ rô to ngắn mạch được dùng rất phổ biến và dùng cầu giao trực tiếp mở máy. Với cách khởi động này dòng điện khởi động đột tăng đến 5 ... 7 lần dòng điện định mức. Các động cơ điện phải có cách mở máy thích hợp với điều kiện công suất nguồn cung cấp cho nó và công suất trạm biến áp. Trong việc mở máy ta cần tìm biện pháp giảm dòng điện và điện áp mở máy. Có thể dùng biện pháp đấu sao - tam giác (Y/Δ) để khởi động động cơ có cuộn dây stator đã đấu tam giác. Có thể dùng biến áp tự ngẫu hạ điện áp xuống còn 0,6 đến 0,8 điện áp định mức rồi đóng máy để khởi động, cách này giảm được điện áp mở máy nhưng lại làm giảm mô men mở máy, nên nó được dùng cho các động cơ có mô men cần nhỏ, không nên dùng với động cơ có mô men cần lớn vì có khả năng động cơ không kéo nổi máy bơm.

Động cơ điện đồng bộ có mô men quay tỉ lệ bậc nhất với điện áp (trong khi động cơ điện dị bộ có mô men quay tỉ lệ bậc hai với điện áp), do vậy sự thay đổi điện áp trong dây dẫn ít ảnh hưởng đến mô men quay. Đó là một ưu điểm lớn của nó so với động cơ dị bộ. Động cơ đồng bộ cũng thường khởi động bằng các phương pháp khởi động của động cơ dị bộ. Trong các trạm thủy điện tích năng, để khởi động "tổ máy ba máy" động cơ đồng bộ, khi chuyển chế độ người ta có thể dùng turbin gáo nhỏ để quay tổ máy về chế độ đồng bộ rồi mới đóng máy vào lưới.

Tóm lại nội dung chọn động cơ điện như sau:

- Dựa vào công suất động cơ tính theo công thức (9 - 8) và vòng quay của máy bơm đã biết, hình thức trục tổ máy, tra được động cơ điện và các thông số cơ bản của động cơ được chọn (trong đó có công suất định mức $N_{đc}$ và vòng quay định mức).

- Kiểm tra điều kiện quá tải động cơ với cột nước lớn nhất hoặc nhỏ nhất xảy ra trong hai trường hợp thiết kế và trường hợp kiểm tra. Yêu cầu công suất quá tải phải nhỏ

hơn hoặc bằng công suất định mức của động cơ $N_{đc}$ đã chọn. Kiểm tra độ chênh lệch vòng quay giữa động cơ và máy bơm không được quá 5 %.

- Xem xét tính năng khởi động của động cơ có phù hợp với máy bơm hay không và dùng biện pháp khởi động nào cho thích hợp.