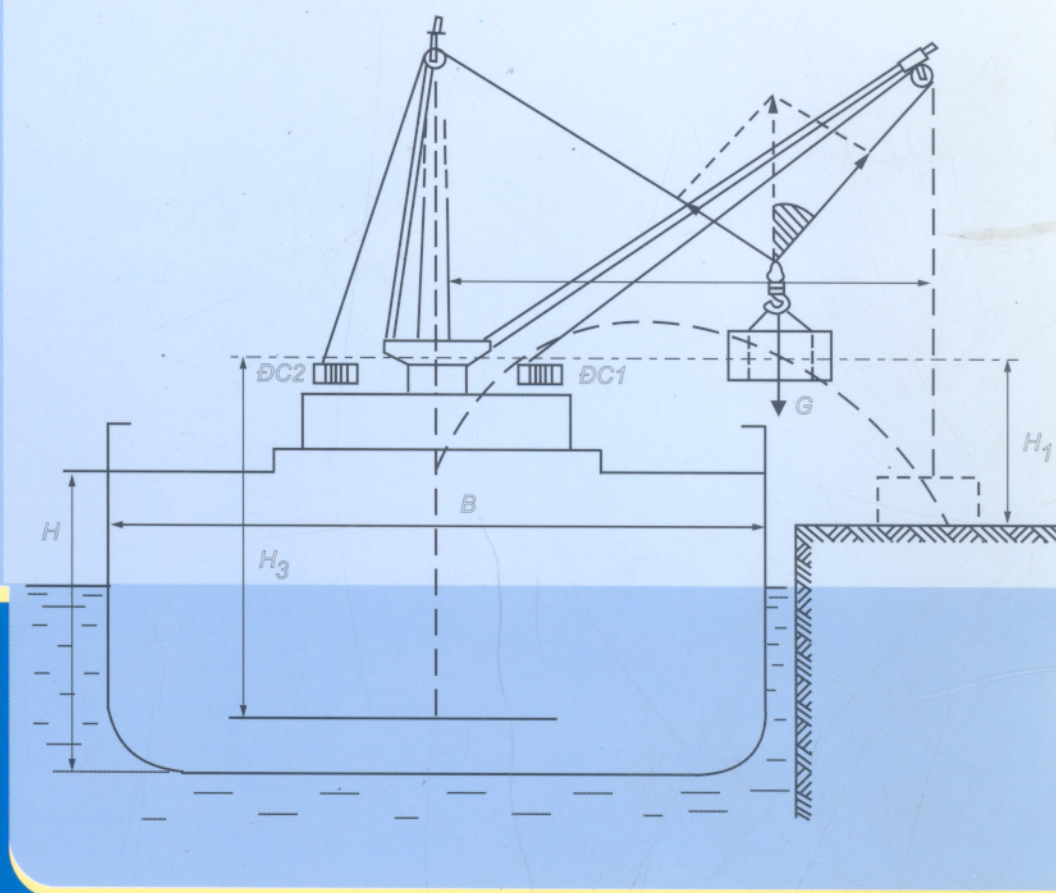




TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TÀU THUY?

TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI
KSĐT. LƯU ĐÌNH HIẾU

TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TÀU THUY

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2004

LỜI NÓI ĐẦU

“**Truyền động điện tàu thủy**” là một môn học chuyên môn có dung lượng lớn (với tám trình và hai thiết kế môn học). Việc biên soạn giáo trình cho môn học đã là một nhu cầu được đặt ra từ nhiều năm. Bộ môn truyền động điện tổ chức biên soạn giáo trình này làm tài liệu giảng dạy và học tập nhằm nâng cao hơn nữa chất lượng đào tạo của nhà trường.

Giáo trình gồm 4 chương:

Chương I: Truyền động điện lái tàu thủy.

Chương II: Truyền động điện neo - tời quấn dây.

Chương III: Truyền động điện thiết bị làm hàng

Chương IV: Truyền động điện bơm - quạt gió.

Nội dung ở từng chương đều bao gồm hai phần:

- Phân tích các yêu cầu cơ bản của đăng kiểm đối với hệ thống, phương pháp tính chọn động cơ thực hiện.

- Phân tích đặc điểm kỹ thuật và nguyên lý hoạt động của một số hệ thống điển hình, đang được sử dụng nhiều trên các đội tàu biển Việt Nam.

Tài liệu này được dùng làm giáo trình giảng dạy cho sinh viên chuyên ngành điện tàu thủy, điện tự động công nghiệp. Ngoài ra, đây còn là tài liệu tham khảo cho sinh viên các ngành đi biển, ngành đóng tàu và các kỹ sư điện đang làm việc tại các nhà máy đóng và sửa chữa tàu.

Tài liệu được biên soạn lần đầu, tài liệu tham khảo về lĩnh vực điện tàu thủy không nhiều, trình độ của người viết còn hạn chế nên khó tránh được sai sót. Tác giả và bộ môn Truyền động điện rất mong nhận được sự góp ý của đồng nghiệp và bạn đọc để giáo trình được hoàn thiện hơn. Mọi góp ý xin gửi về:

Bộ môn Truyền động điện

Khoa Điện - Điện tử tàu biển

Trường Đại học Hàng hải Hải Phòng

ĐT: (031) 735683 hoặc (031) 729916

Tác giả xin chân thành cảm ơn các thầy giáo của bộ môn Truyền động điện và các em sinh viên khoá 37 chuyên ngành Điện tàu thủy đã giúp đỡ, tạo điều kiện cho tác giả hoàn thành tập sách này.

Tác giả

Chương I

TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN THIẾT BỊ LÁI TÀU THỦY

§1.1. NHỮNG KHÁI NIỆM CHUNG VỀ HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN (T.Đ.Đ) THIẾT BỊ LÁI TÀU THỦY

1.1.1. Những yêu cầu cơ bản đối với hệ thống lái

Thiết bị lái được xếp vào nhóm máy phụ quan trọng nhất trên tàu thủy. Thiết bị này thực hiện chức năng điều khiển con tàu theo hành trình cho trước, đi lại trong các luồng hẹp hoặc điều động tàu ra vào cảng... Hoạt động của thiết bị lái có ý nghĩa rất lớn trong việc đảm bảo an toàn, nâng cao hiệu quả kinh tế trong khai thác con tàu.

Với chức năng và tầm quan trọng như vậy, hệ thống truyền động điện lái phải đáp ứng được các yêu cầu cơ bản sau đây:

- Hệ thống phải có cấu tạo đơn giản, có độ bền cao. Hệ thống điều khiển phải được thiết kế với sơ đồ đơn giản nhất, sử dụng ít các khí cụ. Các máy điện, các khí cụ điện, các chi tiết cơ khí... phải được chế tạo đặc biệt và được kiểm tra chặt chẽ trước khi được lắp ráp, sử dụng dưới tàu.

- Có hệ số dự trữ cao. Những phần tử quan trọng trong hệ thống đều được lắp ráp dưới dạng kép. Chúng có thể làm việc độc lập hoặc song song với nhau.

- Có khả năng quá tải lớn theo mômen. Mômen quay của phần tử thực hiện phải luôn lớn hơn mômen cản cực đại xuất hiện trên trụ lái trong quá trình bẻ lái.

- Phải đảm bảo thời gian bẻ lái. Khi tàu hành trình với tốc độ lớn nhất, thời gian để bẻ lái từ 35^0 mạn này sang 35^0 mạn kia của con tàu không được vượt quá 28 giây. Nếu góc bẻ lái $\delta_{\max} < 35^0$ thì thời gian bẻ lái phải nhỏ hơn thời gian T được tính theo biểu thức sau:

$$T = 28 \frac{2\delta_{\max} - 5^0}{65} (\text{giây})$$

Đối với tàu quân sự và các tàu công trình (tàu cuốc, tàu lai dắt...) thời gian bẻ lái từ góc bẻ lái lớn nhất mạn này sang góc bẻ lái lớn nhất mạn kia là 20 giây hoặc có thể còn nhỏ hơn nữa.

- Đơn giản và thuận tiện trong điều khiển. Mọi thao tác điều khiển cần được thực hiện thông qua một cơ cấu điều khiển. Cần có ít nhất từ hai đến ba trạm điều khiển. Việc chuyển từ trạm điều khiển này sang trạm kia phải dễ dàng, nhanh chóng.

- Phải có thiết bị kiểm tra để biết vị trí thực của bánh lái. Thiết bị này phải hoạt động tin cậy với độ chính xác cho phép. Sai số ở vùng góc bẻ lái nhỏ là $\pm 1^0$, ở vùng góc bẻ lái lớn có thể tới $\pm 2,5^0$.

- Phải có hệ thống lái sự cố. Khi chuyển từ hệ thống lái chính sang hệ thống lái sự cố, thời gian không được vượt quá hai phút.

- Trọng lượng và kích thước nhỏ, giá thành thấp.

Các yêu cầu đối với hệ thống lái được quy định tại các điều từ 511 đến 522 của "Quy phạm trang thiết bị tàu biển" do Đăng kiểm Việt Nam ban hành.

1.1.2. Phân loại hệ thống lái

Để phân loại hệ thống lái chúng ta có thể dựa vào:

- Nguồn năng lượng dùng cho hệ thống.
- Cấu trúc của hệ thống.
- Chế độ công tác của hệ thống.

a) Phân loại hệ thống lái theo hình dạng của bánh lái:

- Hệ thống có bánh lái hình lá có phần bù.
 - Hệ thống có bánh lái hình lá không có phần bù.
 - Hệ thống có bánh lái dạng profin có phần bù.
 - Hệ thống có bánh lái dạng profin không có phần bù.

b) Phân loại hệ thống theo bộ truyền:

- Hệ thống lái điện - cơ.
- Hệ thống lái điện - thủy lực.

c) Phân loại theo chế độ công tác của hệ thống:

Theo chế độ công tác, ta chia hệ thống thành:

- Hệ thống lái đơn giản: Là hệ thống mà vị trí của bánh lái không phụ thuộc vào vị trí của tay điều khiển. Bánh lái còn di chuyển khi tay điều khiển còn nằm ngoài vị trí "0" nó chỉ ngừng di chuyển khi tay điều khiển được đưa về vị trí "0". Người điều khiển phải thường xuyên theo dõi hệ thống chỉ báo góc lái để xác định được vị trí thực của bánh lái.

- Hệ thống lái lập: Là hệ thống trong đó vị trí thực của bánh lái luôn luôn trùng với vị trí của tay điều khiển. Hệ thống chỉ báo góc lái chỉ nhằm giúp người điều khiển kiểm tra tính chính xác trong hoạt động của hệ thống.

- Hệ thống lái tự động: Là hệ thống có khả năng tự động giữ cho con tàu đi theo một hướng đi cho trước, không cần có sự tác động của con người.

§1-2. ĐẶC TÍNH MÔMEN CẢN TRÊN TRỤ LÁI

Đặc tính mô men cản trên trụ lái là đặc tính thể hiện mối quan hệ giữa mômen cản trên trụ lái với góc bẻ lái δ khi cho δ thay đổi trong vùng từ $(-\delta_{\max} \div +\delta_{\max})$:

$$M_{\delta} = f(\delta)$$

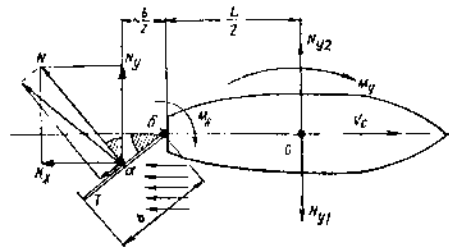
Mômen cản trên trụ lái không chỉ phụ thuộc vào góc bẻ lái δ mà còn phụ thuộc vào tốc độ của tàu, vào hướng di chuyển của tàu theo chiều chạy tiến hay lùi.

Việc khảo sát để xây dựng được đặc tính $M = f(\delta)$ có ý nghĩa quan trọng vì qua đặc tính này ta sẽ biết được sự thay đổi của mômen cản trên trụ lái trong quá trình bẻ lái.

Mômen cản trên trụ lái được hình thành bởi lực tác dụng của dòng nước lên bánh lái trong quá trình bẻ lái. Vì vậy, trước hết cần khảo sát các lực tác dụng của dòng nước lên bánh lái khi đưa bánh lái ra khỏi mặt phẳng đối xứng của tàu.

1.2.1. Lực tác dụng lên bánh lái

Ta giả thiết tàu đang chạy tiến với tốc độ V_T . Khi đó, dòng nước được xem như đang chuyển động theo chiều ngược lại với vận tốc tương tự. Nếu ta quay bánh lái ra khỏi mặt phẳng đối xứng một góc δ thì dòng nước sẽ tác dụng lên bánh lái một lực. Lực này có thể được xem là tổng hợp của các lực thành phần do dòng nước tác dụng lên bánh lái trong quá trình bẻ lái (xem hình vẽ 1-1).



Hình 1-1. Lực tác dụng của dòng nước lên bánh lái.

Ta phân tích lực này thành hai thành phần:

T - Song song với mặt phẳng bánh lái, là thành phần lực ma sát trượt, tạo ra sự mài mòn bề mặt bánh lái.

N - Vuông góc với mặt phẳng bánh lái, là thành phần chính gây ra mômen cản trên trụ lái trong quá trình bẻ lái. Ta tiếp tục phân tích N thành hai thành phần N_x và N_y . Trong đó:

- N_x là thành phần song song với mặt phẳng đối xứng của tàu và có chiều ngược với chiều chuyển động của con tàu. Do vậy, đây là thành phần lực cản, làm giảm tốc độ của con tàu.

- N_y là thành phần vuông góc với mặt phẳng đối xứng của con tàu.

Tại trọng tâm G của con tàu ta đặt một cặp đối lực N_{y1} và N_{y2} (Bằng nhau về giá trị và bằng N_y). Ta nhận thấy: N_y và N_{y1} tạo thành một cặp ngẫu lực. Chúng sẽ tạo ra mômen quay tàu khi thực hiện lệnh bẻ lái.

N_{Y2} vuông góc với mặt phẳng đối xứng của tàu và hướng ra phía ngoài của vòng quay trở. Lực này sẽ tạo ra góc đặt của con tàu.

Mômen quay tàu khi ta quay bánh lái ra khỏi mặt phẳng đối xứng một góc δ được tính theo công thức:

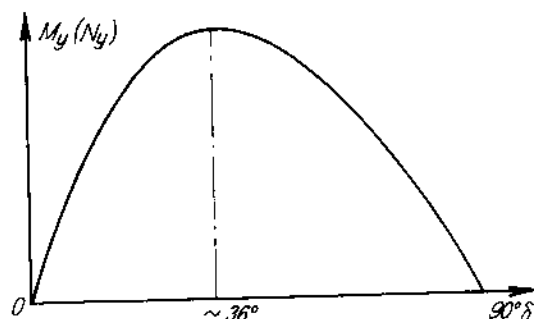
$$M_Y = N_Y \left(\frac{L}{2} + \frac{b}{2} \right) \cong N \cdot \frac{L}{2} \cdot \cos \delta$$

Trong đó:

L - Chiều dài của con tàu;

b - Chiều rộng của bánh lái. Trong tính toán ta thường bỏ qua thành phần $b/2$ vì $b \approx (0,01 \div 0,02)L$.

Ta cần lưu ý rằng, lực tác dụng của dòng nước lên bánh lái sẽ tăng lên cùng với sự tăng lên của góc bẻ lái. Tuy vậy thành phần N_Y lại tỷ lệ với $\cos \delta$, do đó N_Y sẽ tăng dần và đạt cực đại trong vùng $\delta = (0 \div 36^\circ)$ sau đó N_Y sẽ giảm dần (xem hình 1-2). Điều đó có nghĩa là mômen quay tàu không những không tăng mà còn giảm đi khi góc bẻ lái vượt quá góc lái từ khoảng $(35^\circ \div 36^\circ)$ trở đi. Chính vì vậy, ở tất cả các hệ thống lái, người ta thường giới hạn góc lái tối đa trong khoảng từ $(30^\circ \div 35^\circ)$.



Hình 1-2. Sự phụ thuộc của mômen quay tàu vào góc bẻ lái của bánh lái phẳng.

Mômen tải trên trụ lái được tính theo biểu thức:

$$M_\delta = N \cdot b_\delta$$

Trong đó: b_δ - Cánh tay đòn của lực, đó là khoảng cách từ điểm đặt của lực tới trục của trụ lái.

1.2.2. Những quy ước về dấu

Góc bẻ lái thuận là góc khi quay bánh lái từ mặt phẳng đối xứng ra mạn. Trong trường hợp này góc lái được coi là giá trị dương: $(0^\circ \div +\delta_{\max})$.

Góc bẻ lái ngược là góc lái khi quay bánh lái từ mạn về mặt phẳng đối xứng của tàu. Trong trường hợp này góc lái được coi là có giá trị âm $(-\delta_{\max} \div 0^\circ)$.

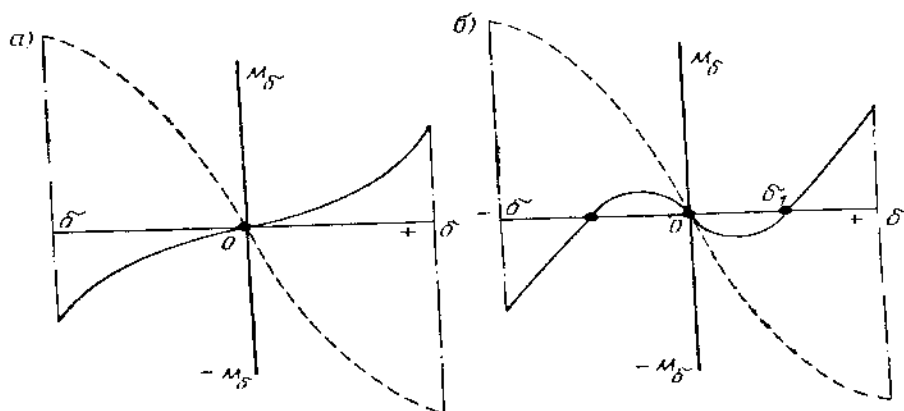
Mômen cản trên trụ lái M_δ được coi là mang dấu (+) nếu nó có chiều ngược với chiều chuyển động của bánh lái (cản trở chuyển động của bánh lái). M_δ được coi là mang dấu (-) nếu nó có chiều trùng với chiều chuyển động của bánh lái (hỗ trợ chuyển động của bánh lái).

1.2.3. Dạng của đặc tính mômen cản trên trụ lái

Dạng của đặc tính mômen cản trên trụ lái phụ thuộc vào kiểu bánh lái, hướng chuyển động của con tàu và chiều bẻ lái.

Bằng thực nghiệm, người ta đã thu được dạng của đặc tính mômen cản trên trụ lái như trên hình vẽ 1-3.

Nhánh đặc tính nằm trên góc phần tư thứ nhất và thứ ba ứng với khi tàu tiến (đường liền nét). Nhánh đặc tính nằm trên góc phần tư thứ hai và thứ tư ứng với khi tàu lùi. Khi tàu tiến, nếu bề lái từ mặt phẳng đối xứng ra mạn (góc bề lái $0^\circ \div +\delta_{\max}$), lực tác dụng của dòng nước lên bánh lái gây ra mômen cản có chiều chống lại chiều chuyển động của bánh lái, vì thế M_δ mang dấu dương. Nếu bề lái từ một mạn nào đó về mặt phẳng đối xứng của tàu (góc bề lái $-\delta_{\max} \div 0^\circ$), mômen cản trên trụ lái hỗ trợ cho chuyển động của bánh lái, vì thế M_δ mang dấu âm. Phân tích tương tự như trên, khi tàu lùi, với góc bề lái dương ($0^\circ \div +\delta_{\max}$) mômen cản M_δ mang dấu âm và ngược lại.



Hình 1-3. Dạng đặc tính mômen cản trên trụ lái
a) Bánh lái đơn giản ; b) Bánh lái có phân bù.

Từ dạng đặc tính thu được ta có nhận xét: Với cùng một góc bề lái như nhau, giá trị của mômen cản trên trụ lái khi tàu lùi lớn hơn khi tàu tiến. Điều này được giải thích như sau: Khi tàu tiến, do chân vịt quay tạo thành những dòng xoáy, dòng nước tác động lên bánh lái tạo thành các phản lực có phương khác nhau (do dòng nước không đồng nhất). Tổng hợp các phản lực này chính là lực tác dụng lên bánh lái trong quá trình bề lái. Hợp lực trong trường hợp này sẽ nhỏ hơn hợp lực khi tàu lùi bởi vì khi tàu lùi, bánh lái chịu tác động của dòng nước đồng nhất, không có các dòng xoáy do chân vịt gây ra. Nhận xét này có ý nghĩa thực tiễn: Người sử dụng nên hạn chế sử dụng góc bề lái tối đa khi tàu lùi vì dễ gây ra quá tải cho hệ thống lái.

Qua đặc tính thu được ta nhận thấy dạng đặc tính khi tàu lùi cũng giống như đối với bánh lái không có phân bù. Tuy nhiên, khi tàu tiến dạng đặc tính của chúng có sự khác nhau. Khi góc bề lái nhỏ ($0 \div +\delta_1$), mômen M_δ mang dấu âm khi bề lái theo chiều thuận và ở vùng $(-\delta_1 \div 0)$, mômen M_δ lại có dấu dương khi bề lái theo chiều ngược. Có hiện tượng trên là do có tác dụng của phân bù của bánh lái.

Khi góc bẻ lái còn nhỏ, thành phần vuông góc với bánh lái của lực tác dụng do dòng nước tác động lên phần bù của bánh lái lớn hơn so với phần chính (ở phần chính lực tác dụng chủ yếu là thành phần song song với mặt phẳng bánh lái). Do vậy, khi bẻ lái thuận, mômen cản trên trụ lái có chiều hỗ trợ chuyển động của bánh lái nên mang dấu âm. Khi bẻ lái ngược, mômen cản trên trụ lái có chiều cản trở chuyển động của bánh lái nên mang dấu dương.

§1-3. XÁC ĐỊNH TẢI THỦY ĐỘNG TRÊN TRỤ LÁI

1.3.1. Đặc tính chung

Nghiên cứu trường hợp chung nhất, cho một dòng nước chảy tác động tới một tấm chắn phẳng với một góc tác dụng là α . Theo định luật Niu-ton, dòng nước tác dụng lên tấm chắn này một lực N được xác định theo biểu thức sau:

$$N = S \cdot \rho \cdot v^2 \cdot \sin^2 \alpha. \quad (N)$$

Trong đó: S - Diện tích của tấm chắn, m^2 .

ρ - Tỷ trọng của nước, kG/m^3 .

Với $\rho = 1000 \text{ kG/m}^3$ nếu là nước ngọt

và $\rho = 1025 \text{ kG/m}^3$ nếu là nước biển

v - Vận tốc của dòng nước, m/s .

Biểu thức này được đưa ra trên cơ sở lý thuyết bằng cách khảo sát một phần tử nước có thể tích là $v \cdot dt \cdot \sin \alpha$ tác động tới tấm chắn với vận tốc là v dưới góc tác dụng là α (xem hình 1-4). Khi đó xung lực tác dụng của dòng nước lên tấm chắn là:

$$\rho \cdot v \cdot dt \cdot \sin \alpha \cdot v \cdot \sin \alpha = N \cdot dt$$

Trong tính toán, nếu dùng biểu thức trên để tính lực tác dụng của dòng nước lên bánh lái thì chưa đảm bảo chính xác. Để tính đến các ảnh hưởng khác như tính không đồng nhất của dòng nước, dòng chảy... người ta thường đưa ra các hệ số kinh nghiệm.

Đối với bánh lái phẳng, kỹ sư người Pháp Jossell đã đưa ra một công thức kinh nghiệm để tính lực tác dụng của dòng nước như sau:

$$N = \frac{K}{a} \sin \alpha S_p v_c^2 \quad (N)$$

$$M_s = N \cdot b_d$$

$$b_d = x_d - x = ab - x$$

$$a = 0,195 + 0,305 \sin \alpha$$

Trong đó:

K - Hệ số kinh nghiệm khi tính toán đến các ảnh hưởng của dòng chảy tới bánh lái (kG/m^3). Trong tính toán nếu không yêu cầu tuyệt đối chính xác ta có thể chọn:

$K = 196 \text{ kG/m}^3$ - Khi tàu tiến.

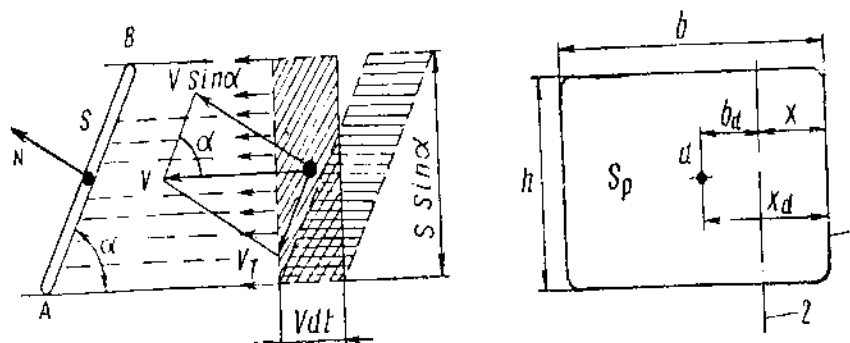
$K = 407 \text{ kG/m}^3$ - Khi tàu lùi (với v được tính bằng m/s).

b_0 - Cánh tay đòn của lực, m.

$x_0 = ab$ - Khoảng cách từ điểm đặt lực tới cạnh trước của bánh lái, m.

x - Chiều rộng phần bù của bánh lái, m.

b - Chiều rộng của bánh lái, m.



Hình 1-4. a) Lực tác dụng của dòng nước lên bánh lái hình lá
b) Các thông số của bánh lái có phần bù.

Đối với bánh lái dạng prôfin, việc tính toán lực tác dụng của dòng nước phức tạp hơn. Do mặt cắt ngang có dạng thủy động học, khi ta quay bánh lái khỏi mặt phẳng đối xứng của tàu một góc δ thì tại các điểm khác nhau trên bánh lái, dòng nước tác động tới nó với những góc α khác nhau (xem hình 1-5). Lực tác dụng tổng N sẽ là tổng các lực thành phần N_i do dòng nước gây ra tại từng phần diện tích bánh lái dưới góc tác dụng α_i .

Để tính toán, ta sử dụng công thức:

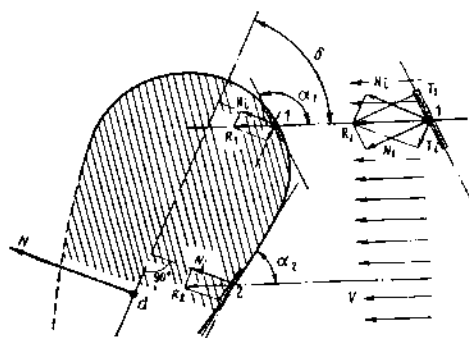
$$N = C_0 \cdot S \cdot \rho \cdot v^2 \quad (N)$$

Trong đó: C_0 - Hệ số góc tác dụng và có thể tính được theo biểu thức:

$$C_0 = \frac{\int S \cdot \sin^2 \alpha_i ds}{S} = (\sin 2\alpha_i)_{tb}$$

Hệ số góc tác dụng C_0 là hàm của góc bẻ lái δ . Để tiện cho việc tính toán, trong các sổ tay kỹ thuật người ta thường cho $C_0 = f(\delta)$ dưới dạng đồ thị.

S - Diện tích bánh lái (m^2). Diện tích này được lấy bằng diện tích thiết kế của mặt phẳng bánh lái vuông góc với dòng nước.



Hình 1-5. Lực tác dụng của dòng nước lên bánh lái dạng Prôfin

Ta gọi $pv^2/2$ là tốc độ thủy động thì lực tác dụng của dòng nước còn có thể tính theo biểu thức:

$$N = C_p \frac{v^2}{2} S \quad (N)$$

Trong đó: $C = 2C_0 = f(\delta)$

Các hệ số C và C_0 có thể lấy từ các số liệu thu được từ kinh nghiệm của các nhà thiết kế và đóng tàu. Các hệ số này thường được cho dưới dạng các bảng hệ số trong sổ tay kỹ thuật.

1.3.2. Các đặc tính hình học của bánh lái dạng prôfin

Bánh lái dạng hình dạng prôfin được sử dụng rộng rãi trên tàu thủy vì với hình dạng này, mômen cản trên trụ lái được giảm đi đáng kể. Mặt khác, để tăng hiệu quả sử dụng người ta thường dùng loại bánh lái dạng prôfin có phân bù với diện tích phân bù trong khoảng $(0,25 \div 0,3)$ diện tích bánh lái.

Sau đây là một số tham số nói lên đặc tính hình học của bánh lái dạng prôfin (xem hình vẽ 1-6):

Chiều dài tương đối được kí hiệu là λ và được tính bằng biểu thức:

$$\lambda = \frac{h^2}{S_p} = \frac{h}{b_{tb}}$$

Trong đó :

S_p - Diện tích của bánh lái, m^2 .

b_{tb} - Chiều rộng trung bình của bánh lái, m.

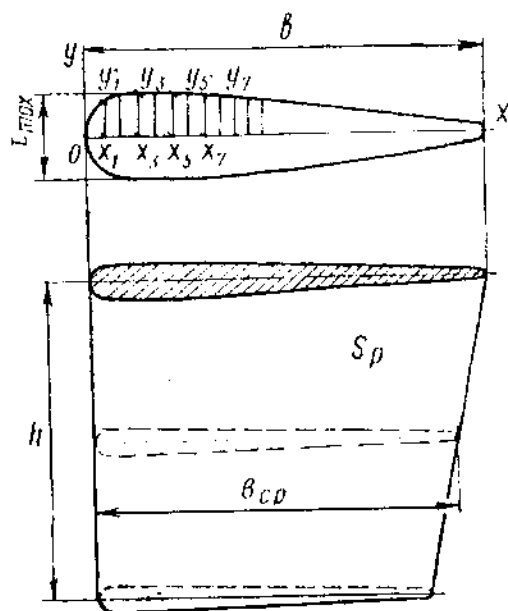
h - Chiều cao của bánh lái, m.

Các bánh lái dạng prôfin đang được sử dụng có chiều dài tương đối nằm trong khoảng $(0,5 \div 3,0)$.

Độ dày tương đối là tỉ số giữa chiều dày lớn nhất với chiều rộng của mặt cắt ngang lớn nhất của bánh lái và được kí hiệu là t , với:

$$\bar{t} = \frac{t_{max}}{b}$$

Bánh lái dạng prôfin thường có $t = 0,25$ hoặc nhỏ hơn. Với độ dày tương đối như vậy hiệu ứng thủy động của bánh lái prôfin sẽ đạt ở mức cao nhất.

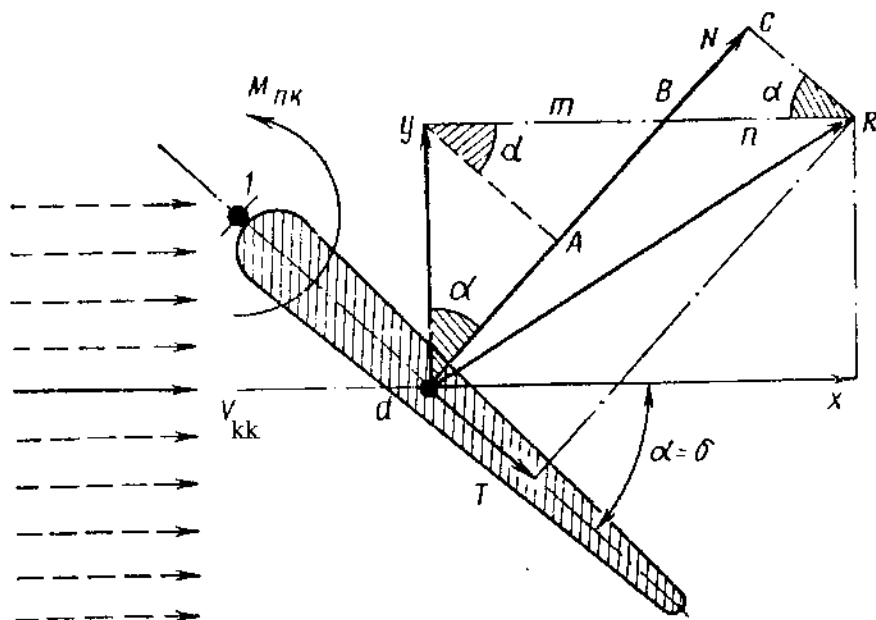


Hình 1-6. Hình dáng và kích thước của bánh lái dạng Prôfin.

1.3.3. Các đặc tính thủy động của bánh lái dạng rôfin

Hệ số lực C_n , C_y , C_x và hệ số mômen C_m ứng với góc tác dụng khác nhau của dòng nước tới bánh lái được gọi là đặc tính thủy động của bánh lái dạng rôfin. Các đặc tính này có ý nghĩa quan trọng trong quá trình tính toán, thiết kế hệ thống truyền động điện lái. Người ta đã tiến hành các thực nghiệm để thu được các đặc tính này.

Một bánh lái có dạng rôfin được đặt trong một ống hình trụ rỗng. Bánh lái này được gắn cố định với một trục có thể quay được để tạo các góc bề lái khác nhau (xem hình 1-7).



Hình 17. Lực và mômen được hình thành khi thổi luồng không khí tới bánh lái có dạng rôfin.

Người ta gắn các thiết bị đo lực để có thể đo được lực tác dụng của dòng không khí (Thay cho dòng nước trong thực tế) được thổi vào ống tác động lên bánh lái và một thiết bị đo mômen để đo mômen ở cạnh trước của bánh lái.

Ta thổi vào ống hình trụ có đặt bánh lái một luồng không khí với vận tốc là V_{kk} và quay bánh lái ra khỏi mặt phẳng song song với luồng không khí với các góc α_i . Chúng ta sẽ nhận được các tương quan sau:

$X = F_1(\alpha)$ - Thành phần lực cản. Trong thực tế, đây là thành phần lực cản trở chuyển động của con tàu.

$Y = F_2(\alpha)$ - Thành phần lực nâng. Trong thực tế, đây là thành phần lực tạo mômen quay tàu.

$M_{CT} = F_3(\alpha)$ - Mômen cạnh trước.

Từ phương trình:
$$N = C_p \frac{v^2}{2} S$$

Ta có thể có biểu thức tính thành phần lực nâng:

$$C_Y = \frac{Y}{\rho_{kk} \cdot \frac{v_{kk}^2}{2} \cdot S}$$

Từ đó ta có hệ số lực nâng:
$$Y = C_Y \rho_{kk} \frac{v_{kk}^2}{2} S$$

Trong đó: $\rho_{kk} = 1,2 \text{ kG/m}^3$ - Tỷ trọng của không khí.

v_{kk} - Tốc độ của dòng khí thí nghiệm, m/s.

S - Diện tích của bánh lái, m^2 .

Với các giá trị của X và Y ta xác định được giá trị lực của luồng không khí tác động lên bánh lái R . Từ đó ta sẽ tính được thành phần lực tạo ra mômen cản trên trụ lái N . Từ hình 1-7 ta có:

$$N = dC = dA + AB + BC$$

$$X = m + n$$

Mà:

$$dA = y \cos \alpha$$

$$AB = m \sin \alpha$$

$$BC = n \sin \alpha$$

$$dA + AB + BC = y \cos \alpha + (m + n) \sin \alpha = N$$

Hay :
$$N = Y \cos \alpha + X \sin \alpha$$

Từ đó ta có hệ số lực:
$$C_N = \frac{N}{\rho_{KK} \frac{v_{KK}^2}{2} \cdot S \cdot b_{tb}}$$

Và hệ số mô men:
$$C_M = \frac{M_{CT}}{\rho_{KK} \frac{v_{KK}^2}{2} \cdot S \cdot b_{tb}}$$

Ở đây ta coi cánh tay đòn bằng chiều rộng trung bình của bánh lái.

Trong tính toán người ta thường dùng hệ số trọng tâm của lực C_d với:

$$C_d = \frac{x_d}{b_{tb}} = \frac{C_M}{C_N}$$

Tóm lại, với các góc tác dụng α khác nhau ta có các giá trị của X , Y , M_{CT} , từ đó tính được các hệ số C_Y , C_N , C_M và C_d . Bằng thực nghiệm này ta có được các hàm $C_Y = F(\alpha)$; $C_N = F(\alpha)$; $C_M = F(\alpha)$ và $C_d = F(\alpha)$ dưới dạng đồ thị hoặc bảng.

Để tiện cho việc tính toán, đôi khi trong các sổ tay kỹ thuật chúng ta còn có các đặc tính $C_Y/C_X = F(\alpha)$, $C_Y = F(\lambda, \alpha)$ và $C_X = F(\lambda, \alpha)$...

1.3.4. Xác định lực và mômen cản trên trụ lái của bánh lái có phần bù, khi tàu tiến

1. Lực tạo mômen cản trên trụ lái:

$$N = C_N \frac{\rho_n v_n^2}{2} S_p \quad (N)$$

Trong đó: C_N - Hệ số lực.

ρ_n - Tỷ trọng của nước biển, $\rho_n = 1025 \text{ kg/m}^3$.

v_n - Tốc độ của dòng nước. Trong tính toán ta lấy bằng tốc độ của con tàu, m/s.

S_p - Diện tích bánh lái, m^2 .

2. Mômen thủy động ở cạnh trước của bánh lái:

$$M_{CT} = C_M \frac{\rho_n v_n^2}{2} S_p b_{tb} = N X_d \quad (\text{Nm})$$

Trong đó: C_M - Hệ số mômen cạnh trước của bánh lái.

b_{tb} - Chiều rộng trung bình của bánh lái, m.

X_d - Khoảng cách từ cạnh trước của bánh lái tới điểm đặt lực, m.

3. Khoảng cách từ điểm đặt lực tới tâm của trụ lái:

$$b_d = X_d - X = \frac{M_{CT}}{N} - X \quad (\text{m})$$

4. Mômen cản trên trụ lái:

Ngoài thành phần chính do lực tác động của dòng nước lên bánh lái gây ra, mômen cản trên trụ lái còn có thành phần mômen cản do ma sát ở ổ đỡ trụ lái gây ra. Trong tính toán ta lấy giá trị mômen cản do ma sát bằng khoảng (5 - 20)% M_δ .

$$M_\delta = N b_d = \left(\frac{M_{CT}}{N} - X \right) N = M_{CT} - N.X \quad (\text{Nm})$$

1.3.5. Mômen cản trên trụ lái ở chế độ tàu lùi

Khi tàu lùi, cần phải lưu ý tới một số đặc điểm sau:

- Dòng nước tác động tới bánh lái là dòng nước đồng nhất, không có dòng xoáy do chân vịt gây ra.

- Điểm đặt của lực lùi về phía cạnh sau của bánh lái một cách đáng kể, với $X_d = (0,7 \div 0,75)$. Tăng so với khi tàu tiến từ $2,5 \div 3$ lần.

- Tốc độ của tàu khi lùi chỉ bằng $(0,7 \div 0,75)$ khi tàu tiến. Khi tính toán ta lấy tốc độ của dòng nước: $V_{nl} = (1,05 \div 1,1).(0,7 \div 0,75)$.

Sau khi đã lưu ý các điểm nêu trên, ta có thể dùng các bước từ 1 đến 4 đã nêu trên để tính mômen cản trên trụ lái khi tàu lùi.

Chú ý rằng, các hệ số C_N , C_M phải được lấy ứng với chế độ tàu lùi.

§1-4. XÂY DỰNG ĐẶC TÍNH TẢI CỦA ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN Ở HỆ THỐNG LÁI ĐIỆN CƠ

Đặc tính tải của động cơ thực hiện là đặc tính mô tả sự thay đổi của tải trên trục động cơ thực hiện khi thay đổi góc lái δ .

$$M = f(\delta)$$

Tải trên trục của động cơ thực hiện là do tải trên trụ lái và do ma sát gây ra. Trục của động cơ thực hiện được nối cơ khí với trụ lái thông qua bộ truyền động cơ khí. Vì vậy, mômen trên trục động cơ có thể được tính bằng các biểu thức:

$$M = \frac{M_\delta}{i\eta_{TD}} \quad (1-1)$$

$$M^- = \frac{M_\delta^-}{i} \eta_{TD}^- \quad (1-2)$$

Trong đó: Dấu "-" chế độ ứng với góc bẻ lái ngược

Hiệu suất truyền ngược của bộ truyền động cơ khí được tính bằng biểu thức:

$$\eta_{TD}^- = 2 - \frac{1}{\eta_{TD}}$$

η_{TD} - Hiệu suất truyền thuận.

i - Tỷ số truyền của bộ truyền động cơ khí.

Như vậy, đặc tính $M = f(M_\delta)$ có thể được coi là đặc tính tải trên trục của động cơ thực hiện vì ứng với một góc lái δ ta đều đã xác định được một giá trị của M_δ .

Theo các biểu thức trên, khi bánh lái đi qua mặt phẳng đối xứng của con tàu (ứng với góc lái $\delta = 0$) thì mômen cản trên trục động cơ sẽ không có. Thực tế, vào thời điểm ấy, tải trên trục động cơ thực hiện là M_0 . Tải này do ma sát ở bộ truyền cơ khí gây ra. Trong tính toán có thể chọn:

$$M_0 = (0,1 \div 0,3) M_{\max} \quad (\text{N.m}) \quad (1-3)$$

- Giá trị thấp ứng với loại bánh lái đơn giản.

- Giá trị cao ứng với loại bánh lái có phần bù.

Ngoài ra, đối với bánh lái có phần bù, mômen cản do ma sát còn có thể tính theo biểu thức sau:

$$M_0 = 0,1 + 0,67\bar{R}) M_{\max} \quad (\text{N.m}) \quad (1-4)$$

Trong đó: $\bar{R}$ - Hệ số phân bù của bánh lái

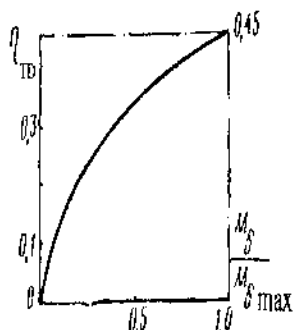
$$\bar{R} = \frac{S_x}{S_p}$$

Ở đây: S_x - Diện tích phần bù của bánh lái, m^2 .

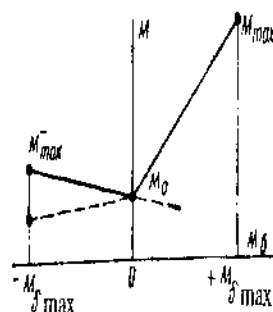
Khi xây dựng đặc tính $M = f(M_\delta)$ ta cần chú ý các điểm sau:

Hiệu suất của bộ truyền cơ khí không phải là một giá trị cố định mà nó thay đổi theo sự thay đổi của tải. Giá trị của hiệu suất truyền động cho trước là hiệu suất ứng với tải ở giá trị định mức. Nếu sử dụng nó làm số liệu tính toán thì kết quả sẽ kém chính xác. Vì vậy, cần phải biết đặc tính $\eta_{TD} = f(M_\delta)$ (hình 1-8).

Khi yêu cầu tính chính xác không cao, ta có thể coi mối quan hệ $M = f(M_\delta)$ là tuyến tính. Để xây dựng đặc tính ta chỉ cần xác định hai điểm: điểm M_0 - ứng với góc lái $\delta = 0$, mômen cản trên trụ lái $M_\delta = 0$, điểm M_{max} với $M_{max} = M_{\delta_{max}}/i\eta_{TD}$ hoặc $M_{max} = M_{\delta_{max}} \cdot \eta_{TD}/i$ (hình 1-9).



Hình 1-8. Sự phụ thuộc của $\eta = f(M_\delta)$



Hình 1-9. Sự phụ thuộc của $M = f(M_\delta)$

1.4.1 Khi quay bánh lái theo chiều thuận

Đặc tính tải trên trục động cơ thực hiện khi quay bánh lái theo chiều thuận là nhánh bên phải của hình 1-9. Phương trình của nhánh này là:

$$M = M_0 + C \cdot M_\delta \quad (1-5)$$

Trong đó: C - Hệ số tỷ lệ và được xác định như sau:

$$M = M_{max} = \frac{M_{\delta_{max}}}{i\eta_{TD}}$$

Khi $M_\delta = M_{\delta_{max}}$ thì lúc đó:

$$\frac{M_{\delta_{max}}}{i\eta_{TD}} = M_0 + CM_{\delta_{max}}$$

Vậy:

$$C = \frac{1}{i\eta_{TD}} - \frac{M_0}{M_{\delta_{max}}}$$

Thay C vào phương trình (1-5) và biến đổi ta được phương trình đặc tính tải trên trục động cơ thực hiện khi quay bánh lái theo chiều thuận:

$$\text{Với } M_{\delta} > 0: \quad M = \frac{M_{\delta}}{i\eta_{TD}} + \frac{M_{\delta\max} - M_{\delta}}{M_{\delta\max}} M_0 \quad (1-6)$$

(1)
(2)

Phương trình này gồm hai phần:

- (1): Mômen cản trên trục động cơ ứng với hiệu suất truyền không đổi.
- (2): Mômen cản trên trục động cơ ứng với hiệu suất truyền thay đổi.

1.4.2. Khi quay bánh lái theo chiều ngược

Đặc tính tải của trường hợp này là nhánh bên trái của đặc tính (hình 1 -9). Phương trình của nhánh này là:

$$M^- = M_0 - C_1 M_{\delta}$$

Lí luận tương tự như trên và chú ý rằng:

$$M_{\max}^- = -\frac{M_{\delta\max}}{i} \eta_{TD}^-$$

$$\text{Với } M_{\delta} < 0 \text{ ta có:} \quad M^- = -\frac{M_{\delta\max}}{i} \eta_{TD}^- + \frac{M_{\delta\max} - M_{\delta}}{M_{\delta\max}} M_0 \quad (1-7)$$

Cần lưu ý rằng các phương trình (1-6) và (1-7) được xây dựng khi chỉ xét đến dấu của mômen cản trên trụ lái mà không tính đến chiều quay của bánh lái.

Khi tính toán cho hệ thống lái với bánh lái có phân bù, ở một chiều quay nào đó của bánh lái (có thể là quay thuận hoặc ngược), mômen cản trên trụ lái lúc có giá trị dương, lúc có giá trị âm. Ta phải sử dụng các biểu thức (1-6), (1-7) một cách phù hợp để tính toán cho đúng.

Khi quay bánh lái theo chiều ngược, do mômen cản hỗ trợ cho chuyển động của bánh lái, mômen cản trên trục động cơ có thể nhỏ hơn cả M_0 (đường ----- trên đặc tính trong hình 1-9). Trong trường hợp này mômen cản có thể được tính theo biểu thức:

$$M_0 = -\frac{M_{\delta\max}}{i} \cdot \eta_{TD}^-$$

§1-5. CÁC LỰC TÁC ĐỘNG TRONG BỘ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

Để xây dựng được đặc tính tải của động cơ thực hiện trong hệ thống lái điện thủy lực, cần phải khảo sát và xác định được đầy đủ các lực tác dụng hình thành trong bộ truyền động thủy lực khi quay bánh lái.

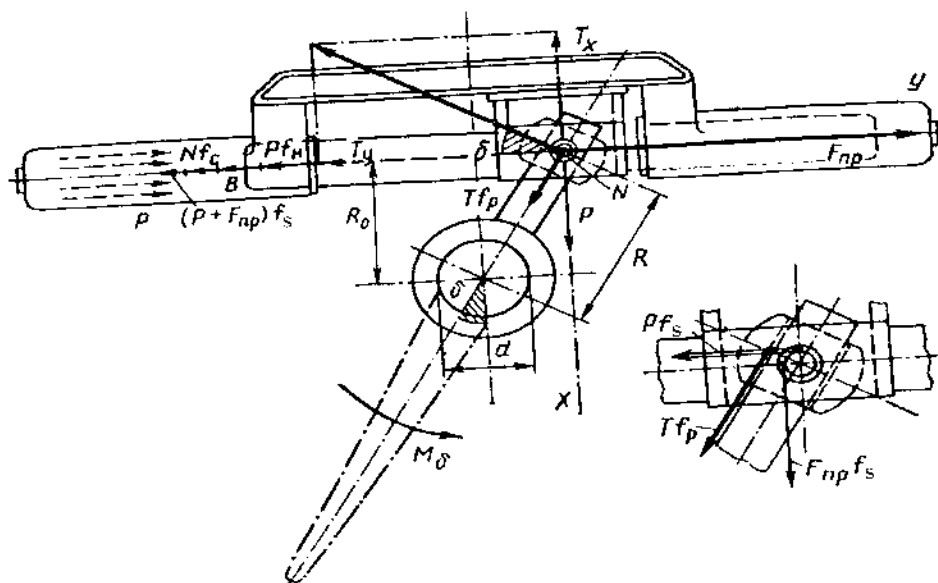
Khi quay bánh lái một góc δ nào đó, trong xilanh của bộ truyền động thủy lực xuất hiện các lực cản. Các lực cản này được xác định bởi mômen cản trên trụ lái M_{δ} và các

lực ma sát trong xilanh, ổ đỡ, ổ nối... Để bánh lái có thể chuyển động được, xilanh lực phải tạo được lực nén đủ lớn, thắng được tổng các lực cản này.

1.5.1. Các lực hình thành trong hệ thống truyền động

Các lực hình thành trong hệ thống truyền động gồm:

$T = M_{\delta}/R$ - Lực tác động chính của tải thủy động, được xác định bởi mômen cản trên trụ lái M_{δ} lực này có phương vuông góc với mặt phẳng bánh lái và được phân tích thành hai thành phần:



Hình 1-10. Lực tác dụng trong hệ thống lái diện thủy lực

T_x - Vuông góc với trục của xilanh lực, có xu hướng đẩy ổ nối khỏi trục của xilanh lực.

T_y - Song song với trục của xilanh lực. Đây là lực cản chính.

T_f - Lực ma sát tại ổ nối do T sinh ra khi ổ nối chuyển động quay làm quay bánh lái.

N - Phản lực ở ổ nối, được tạo bởi trọng lực của ổ nối.

N_f - Lực ma sát được tạo bởi trọng lực của ổ nối khi nó di chuyển.

P - Phản lực trong xilanh lực.

P_f - Lực ma sát trong xilanh do piston trượt trong xilanh gây ra.

P_s - Lực ma sát tại ổ đỡ trục piston.

B - Lực ma sát

F_{np} - Lực hình thành bởi áp lực nén của xilanh lực. Để bánh lái có thể quay được, lực này phải lớn hơn tổng lực cản F_c hình thành trong xilanh lực.

$F_{np}f_s$ - Lực ma sát trong ổ đỡ do thành phần F_{np} sinh ra.

1.5.2. Tính lực tác dụng trong xilanh lực

Để có cơ sở cho việc tính toán lựa chọn bơm thủy lực và động cơ thực hiện trong hệ thống lái điện thủy lực, cần phải tính được lực tác dụng trong xilanh lực khi thực hiện quay bánh lái.

Tại tâm của ổ nối, ta đặt một hệ trục tọa độ OX và OY (xem hình 1-10) với:

OX - Hướng vuông góc với trục của cặp xilanh lực.

OY - Hướng trùng với trục của cặp xilanh lực.

Khi đó ta thấy:

Phương trình cân bằng lực theo trục OX là:

$$P = T \sin \delta - T f_p \cos \delta - F_{np} f_s \quad (1-8)$$

và theo trục OY là: $F_{np} = T \cos \delta + P f_H + P f_s + T f_p \sin \delta + N f_C + B \quad (1-9)$

Trong đó: f_p, f_H, f_s là các hệ số ma sát.

Với hệ thống lái điện thủy lực, vật liệu được dùng để chế tạo các cặp xilanh lực, ổ nối, bệ đỡ... là thép và hợp kim thép. Vì vậy, có thể coi $f_p = f_H = f_s = f = (0,08 \div 0,1)$.

Thay P từ phương trình (1-8) vào phương trình (1-9) và biến đổi ta được:

$$F_{np} = \frac{T \cos \delta [1 - f_p(f_H + f_s)] + T \sin \delta (f_p + f_H + f_s) + N f_C + B}{1 + f_s(f_p + f_H)}$$

Vì $f^2 = (0,006 \div 0,01)$ quá nhỏ, có thể bỏ qua. Vậy trong tính toán có thể chọn $f_C = 0,2$ đối với vật liệu mềm và $f_C = (0,07 \div 0,13)$ đối với vật liệu cứng.

Khi đã tính được mômen cản trên trụ lái M_δ ta có thể tính được lực T theo biểu thức:

$$T = \frac{M_\delta}{mR} = \frac{M_\delta}{mR_0} \cos \delta \quad (1-10)$$

Trong đó: m - Số cặp xilanh lực.

$R = R_0 / \cos \delta$ - Cánh tay đòn của lực. Đại lượng này là hàm của góc quay bánh lái δ , m.

$R_0 = (1,1 \div 1,6)d$ - Khoảng cách từ trục của xilanh lực tới trục của trụ lái. Khoảng cách này phụ thuộc vào đường kính của trụ lái d, m.

$$F_{np} = F_C = \frac{M_\delta}{mR_0} (\cos^2 \delta + 1,5f \sin 2\delta) + N f_C + B \quad (1-11)$$

Nhận xét: Giống như mômen cản trên trụ lái M_δ , lực tác dụng trong xilanh lực cũng là một hàm của góc quay bánh lái δ .

1.5.3 Xác định lực ma sát trong xilanh lực

Từ biểu thức (1-11) ta nhận thấy, để tính được lực tác dụng trong xilanh lực ứng với một góc quay bánh lái δ nào đó, ta cần biết:

Đặc tính Mômen cản trên trụ lái $M_\delta = f(\delta)$.

Thành phần lực ma sát do phản lực ở ổ nổi sinh ra Nf_c

Lực ma sát trong xilanh lực B

Trong đó, Nf_c phụ thuộc vào trọng lực và vật liệu làm ổ nổi. Đại lượng này có giá trị nhỏ, khi tính toán có thể bỏ qua.

Lực ma sát B thường được tính theo công thức kinh nghiệm:

$$B = 0,15 \pi.D.h.p.f_c \quad (N) \quad (1-12)$$

Trong đó: $\pi.D.h$ - Diện tích tiếp xúc của xilanh và piston của xilanh lực, N.

h - Hành trình của piston, m.

D - Đường kính của piston, m.

p - Áp lực công tác trong xilanh lực, N/m^2 .

f_c - Hệ số ma sát.

0,15 - Hệ số kinh nghiệm.

§1-6. CÁC THAM SỐ QUAN TRỌNG CỦA BỘ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

1.6.1. Áp lực định mức của chất lỏng công tác

Các hệ thống lái điện thủy lực dùng trên tàu thủy thường có áp lực định mức của chất lỏng công tác nằm trong khoảng:

$(70 \div 100) \text{ kG/cm}^2$ hoặc $(68,7 \div 98,1)10^5 \text{ N/m}^2$ - Đối với loại xilanh lực.

60 kG/cm^2 - Đối với động cơ thủy lực cánh phẳng.

Ngày nay, do sự phát triển của nền công nghiệp đóng tàu, người ta đã đóng được những tàu chở dầu, chở hàng rời siêu khổng lồ. Với những con tàu ấy, người ta đã sử dụng những hệ thống lái điện thủy lực có áp lực công tác định mức của chất lỏng lên tới 200 kG/cm^2 . Khi máy lái bị quá tải, áp lực công tác trong hệ thống sẽ tăng lên. Theo quy phạm, áp lực này không được phép vượt quá giá trị được tính theo biểu thức sau đây:

$$p_{\max} = (1,1 \div 1,15) p_{\text{dm}}$$

Trong thiết kế, để đảm bảo an toàn cho bơm thủy lực, động cơ thủy lực và hệ thống ống dẫn... người ta phải đưa vào các thiết bị bảo vệ. Đó là các van giảm áp, van an toàn... (xem phần hệ thống thủy lực của lái điện thủy lực).

1.6.2. Đường kính piston của xilanh lực

Việc lựa chọn hợp lý đường kính piston của xilanh lực trong hệ thống thủy lực có ý nghĩa rất quan trọng. Ta biết rằng, thể tích của chất lỏng công tác được lưu chuyển qua bơm trong quá trình bề lái phụ thuộc vào đường kính của piston và hành trình của piston trong xilanh.

Khi thay đổi đường kính của piston, lực cản toàn phần trong xilanh và lực tác dụng của chất lỏng công tác đều thay đổi, vì: Từ phương trình (1-11) và (1-2) ta có:

$$F_c = \frac{M_{\delta}}{mR_0}(\cos^2\delta + 1,5f\sin 2\delta) + Nf_c + 0,15\delta Dhp_{dm}f_c = \psi_1(D)$$

Lực tác dụng trong xilanh có thể tính được theo biểu thức:

$$F_{np} = \frac{\pi D^2}{4} p_{dm} = \psi_2(D) \quad (1-13)$$

Từ đây ta có hai cách để tính chọn đường kính của piston.

Để chọn chính xác và tối ưu, người ta tiến hành dựng hai đường đặc tính $F_c = \psi_1(D)$ và $F_{np} = \psi_2(D)$. Điểm cắt nhau của hai đường đặc tính này sẽ cho ta giá trị của đường kính piston D hợp lý nhất (xét về cả hai phương diện: Tăng lực cản F_c và lực tác dụng F_{np} trong quá trình bẻ lái).

Khi chỉ cần tính toán với độ chính xác tương đối, ta có thể bỏ qua thành phần lực cản B. Khi đó, dựa vào phương trình (1-11) và (1-13) ta có:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi p_{dm}} \left[\frac{M_{lm}}{mR_0} (\cos^2\delta_{min} + 1,5\sin 2\delta_{min}) + Nf_c \right]} \quad (m) \quad (1-14)$$

Trong đó:

p_{dm} - Áp lực định mức của chất lỏng công tác, N/m^2 .

M_{lm} - Mômen tựa trên trụ lái, (Nm). Đây là thành phần mômen thủy động lớn nhất xuất hiện trên trụ lái khi bẻ lái từ mạn này sang mạn kia ở chế độ chạy tàu hình chữ S. Mômen này còn lớn hơn cả mômen $M_{\delta_{max}}$. Theo quy phạm, hệ số mômen tựa được xác định theo biểu thức sau đây:

$$K_{lm} = \frac{M_{lm}}{M_{\delta_{max}}} = (0,56 \div 1,36)$$

$\delta_{min} = \alpha_l \beta$ - Giá trị góc bẻ lái nhỏ nhất ứng với khi xuất hiện mômen tựa với góc dạt β .

1.6.3. Lưu lượng định mức của bơm

a) Thể tích của chất lỏng công tác được lưu truyền qua bơm trong quá trình bẻ lái từ mạn này sang mạn kia được tính theo biểu thức:

$$V = m \frac{\pi D^2}{4} 2R_0 \operatorname{tg}\delta_{max} 10^{-3} \quad (m^3) \quad (1-15)$$

Trong đó: $\pi.D^2/4$ - Diện tích mặt cắt ngang của piston, m^2 .

$2.R_0.\operatorname{tg}\delta_{max}$ - Hành trình của piston trong vùng góc bẻ lái $2\delta_{max}$.

m - Số cặp xilanh lực.

b) Lưu lượng trung bình của bơm:

Lưu lượng trung bình của bơm được xác định theo biểu thức sau đây:

$$Q_{tb} = \frac{V}{T} \quad (m^3/s) \quad (1-16)$$

Trong đó: T - Thời gian bể lái từ mạn này sang mạn kia.

$$T = T_{dk} - (2 \div 3) \quad (s)$$

T_{dk} - Thời gian bể lái từ mạn này sang mạn kia theo quy định của đăng kiểm.

c) Lưu lượng định mức của bơm

Để đảm bảo hệ thống thủy lực hoạt động tin cậy ở mọi chế độ lái, lưu lượng định mức cần phải lớn hơn lưu lượng trung bình của bơm.

Trong các hệ thống lái điện thủy lực, bơm thủy lực được sử dụng đều là bơm piston có lưu lượng không đổi hoặc có lưu lượng có thể thay đổi được. Với các loại bơm này, lưu lượng của bơm phụ thuộc rất nhiều vào tốc độ quay rôto của bơm. Xét về mặt nguyên tắc, khi tốc độ quay của bơm bằng tốc độ định mức thì lưu lượng ra của bơm sẽ là lưu lượng định mức. Tuy nhiên, lưu lượng định mức không chỉ phụ thuộc vào tốc độ mà còn phụ thuộc vào một số yếu tố khác nữa.

Tại thời điểm bắt đầu bể lái, lưu lượng của bơm không thể đạt ngay được giá trị định mức (với loại bơm có lưu lượng có thể điều chỉnh được) hoặc là khi bánh lái đã quay tới góc bể lái theo lệnh lái thì lưu lượng ra của bơm cũng giảm dần.

Trong quá trình bể lái, khi áp suất nén trong piston tăng làm hiệu suất thể tích giảm dẫn đến lưu lượng của bơm bị giảm. Khi xét đến các yếu tố này người ta đưa vào biểu thức tính lưu lượng định mức hệ số truyền không đều của bơm K_0 . Trong tính toán thường chọn $K_0 = (1,1 \div 1,25)$.

Với hệ thống lái điện thủy lực, rất nhiều trường hợp có sử dụng hai bơm thủy lực. Các bơm này có thể làm việc độc lập hoặc song song với nhau tùy theo chế độ công tác của tàu. Ví dụ, ở chế độ sự cố hoặc điều động, hai bơm cùng làm việc. Ở chế độ hành trình trong vùng biển tự do, chỉ cần dùng một bơm. Việc sử dụng hai bơm thủy lực trong một hệ thống nhằm tăng cường độ dự trữ, nâng cao tính an toàn cho hệ thống. Tuy nhiên, xét về mặt kinh tế, điều này không có lợi. Để tính đến tính hiệu quả trong sử dụng kết hợp với khả năng dự trữ, khi tính lưu lượng định mức, người ta đưa vào hệ số dự trữ K_{dt} . Khi tính toán thường chọn $K_{dt} = (1,0 \div 0,5)$.

Mặt khác, động cơ điện lái bơm thủy lực phải công tác ở chế độ làm việc dài hạn. Để tăng tuổi thọ cho động cơ người ta tính để động cơ làm việc ở tốc độ thấp hơn tốc độ định mức từ $(30 \div 40)\%$. Do vậy, lưu lượng của bơm khi tra trong sổ tay kỹ thuật thường phải lớn hơn lưu lượng tính toán từ $(1,4 \div 1,6)$ lần. Để xét đến yếu tố này, khi tính toán lưu lượng định mức người ta đưa ra hệ số tốc độ K_n . Với K_n thường được chọn trong khoảng $(0,7 \div 0,6)$.

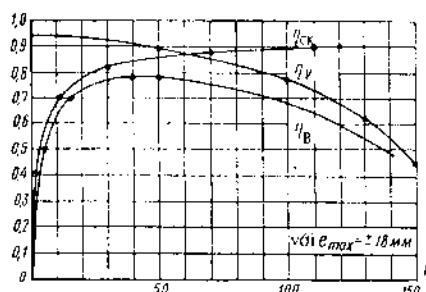
Từ đó ta có biểu thức tính lưu lượng định mức của bơm như sau:

$$Q_{dm} = K_Q K_{dt} \frac{Q_{th}}{K_n} = K_Q K_{dt} \frac{V}{K_n T} \quad (m^3/s) \quad (1-17)$$

1.6.4. Đặc tính công tác của bơm

Bơm thủy lực được lựa chọn dựa vào các thông số quan trọng của nó là Q_{dm} và p_{dm} . Sau khi đã lựa chọn được bơm theo sổ tay kỹ thuật, ta sẽ biết được tốc độ định mức của bơm. Đây sẽ là thông số quan trọng để tiến hành lựa chọn động cơ điện lái bơm thủy lực.

Đối với bơm đã được lựa chọn, ta cần phải biết được giá trị và đặc tính của một số loại hiệu suất khác nhau. Các đặc tính này có thể được cho dưới dạng bảng hoặc đồ thị. Ví dụ, hình 1-11 là đặc tính hiệu suất của loại bơm piston hướng trục (Bơm có lưu lượng thay đổi.).



Hình 1-11. Đặc tính hiệu suất của bơm có lưu lượng thay đổi

Sau đây ta khảo sát một số đặc tính hiệu suất của bơm.

a) Hiệu suất thể tích

Hiệu suất thể tích là tỉ số giữa thể tích nén V_n với thể tích vào V_v của chất lỏng công tác.

$$\eta_T = \frac{V_n}{V_v} = 0,7 \div 0,9 \quad (1-18)$$

Giá trị định mức của hiệu suất thể tích phụ thuộc vào độ nhớt của chất lỏng công tác và sai số lắp ráp các chi tiết của bơm. Hiệu suất thể tích là hàm của áp lực nén: $\eta_T = f(p)$. Nó thường nằm trong khoảng:

$$\begin{aligned} \text{Với } \eta_{T0} &= (0,93 \div 1,0) \text{ khi } p = 0; \\ \eta_{Tmin} &= (0,45 \div 0,7) \text{ khi } p \approx 1,5 p_{max} \end{aligned}$$

b) Hiệu suất cơ khí của bơm

Hiệu suất cơ khí của bơm biểu thị tổn hao do ma sát ở vòng bi, ổ đỡ, ma sát trượt ở các phần truyền động của bơm... Đại lượng này cũng là một hàm của áp lực công tác. Cùng với sự gia tăng của áp lực công tác, hiệu suất cơ khí cũng được tăng lên (hình 1-18).

Khi áp lực công tác có giá trị định mức thì hiệu suất cơ khí có giá trị trong khoảng $\eta_{ck} = (0,85 \div 0,96)$.

c) Hiệu suất thủy lực của bơm

Hiệu suất thủy lực đặc trưng cho tổn hao ma sát do chất lỏng di chuyển trong đường ống và trên bề mặt công tác của rôto của bơm.

Đối với lái thủy lực, hiệu suất này có thể đạt đến $\eta_{TL} = 0,98$. Khi tính toán người ta có thể bỏ qua nó.

d) Hiệu suất toàn phần của bơm.

Hiệu suất toàn phần của bơm được tính theo biểu thức:

$$\eta_{TP} = \eta_T \cdot \eta_{CK} \cdot \eta_{TL} = 0,6 \div 0,85 \quad (1-19)$$

§1-7. XÂY DỰNG GIẢN ĐỒ PHỤ TẢI CỦA ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN ĐỐI VỚI LÁI ĐIỆN THỦY LỰC

Cũng giống như đối với lái điện cơ, giản đồ phụ tải của hệ thống lái điện thủy lực là mối quan hệ của mômen cản trên trục động cơ với góc bẻ δ : $M = f(\delta)$.

Mômen cản trên trục động cơ thực hiện phụ thuộc vào tải thủy động của bơm, cụ thể là phụ thuộc vào lưu lượng chất lỏng qua bơm và áp lực công tác của chất lỏng do bơm tạo ra. Vì vậy, để xây dựng được giản đồ phụ tải cho động cơ thực hiện ta cần khảo sát hai thông số này.

1.7.1. Lưu lượng của bơm piston rôto quay

a) Giá trị của lưu lượng chất lỏng qua bơm được xác định bằng biểu thức sau đây:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} Z \cdot h_{\max} e \cdot \frac{n}{60} \eta_T \quad (m^3/s) \quad (1-20)$$

Trong đó:

d - Đường kính của piston (xem phần bơm có lưu lượng thay đổi), m.

Z - Số piston có trong bơm.

$h_{\max}$ - Hành trình lớn nhất của piston, m.

e - Độ dịch chuyển tương đối của vành định tâm của bơm có lưu lượng thay đổi ($e_{\max} = 1$), mm.

n - Tốc độ quay rôto của bơm, v/p.

η_T - Hiệu suất thể tích.

Với một bơm cụ thể, các thông số d , Z , $h_{\max}$ là những giá trị không đổi. Ta đặt:

$$K_b = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot 60} Z \cdot h_{\max}$$

$$\text{Khi đó:} \quad Q = K_b \cdot e \cdot n \cdot \eta_T \quad (m^3/s) \quad (1-21)$$

Ta biết rằng, với bơm piston, sau một vòng quay của rôto bơm sẽ đưa vào hệ thống một lượng chất lỏng xác định. Do vậy, bơm piston rôto quay sẽ có lưu lượng toàn phần là hàm bậc nhất của tốc độ quay của rôto.

b) Các dạng lưu lượng.

Lưu lượng của bơm piston rôto quay được chia thành các dạng sau đây:

Q_{XL} - Lưu lượng xác lập (Hay còn gọi là lưu lượng toàn phần) của bơm. Lưu lượng này chỉ có được khi tốc độ quay của bơm là tốc độ định mức. Khi đó lưu lượng xác lập chỉ còn phụ thuộc vào độ lệch tâm của vòng định tâm. Trong trường hợp này ta coi thể tích chất lỏng đầu vào bằng thể tích chất lỏng được nén (có nghĩa là $\eta_v = 1$).

Như vậy, từ phương trình (1-21) ta có:

$$Q_{XL} = f(e) \text{ khi } n = \text{const và } \eta_v = 1.$$

Q_{ld} - Lưu lượng tương đối của bơm. Đây cũng là dạng lưu lượng xác lập nhưng được tính ở hệ đơn vị tương đối. Tức là:

$$Q_{ld} = \frac{Q_{XL}}{Q_{XL_{\max}}} \quad (m^3/s) \quad (1-22)$$

Trong đó: $Q_{XL_{\max}}$ - Lưu lượng ứng với khi $e = 1$.

Chú ý rằng: Với các giá trị khác nhau của hiệu suất của bơm. Lưu lượng xác lập và lưu lượng tương đối cũng sẽ có các giá trị khác nhau.

Q_d - Lưu lượng tác dụng. Khi đã biết lưu lượng xác lập, nếu ta xét đến ảnh hưởng của tốc độ thực của bơm và ảnh hưởng của hiệu suất thể tích khi áp lực của chất lỏng công tác thay đổi, ta sẽ phải tính lưu lượng tác dụng. Lưu lượng này được xác định bằng biểu thức sau:

$$Q_d = Q_{XL} \cdot \frac{n}{n_{dm}} \cdot \eta_v \quad (m^3/s) \quad (1-23)$$

c) Thiết bị hạn chế lưu lượng xác lập

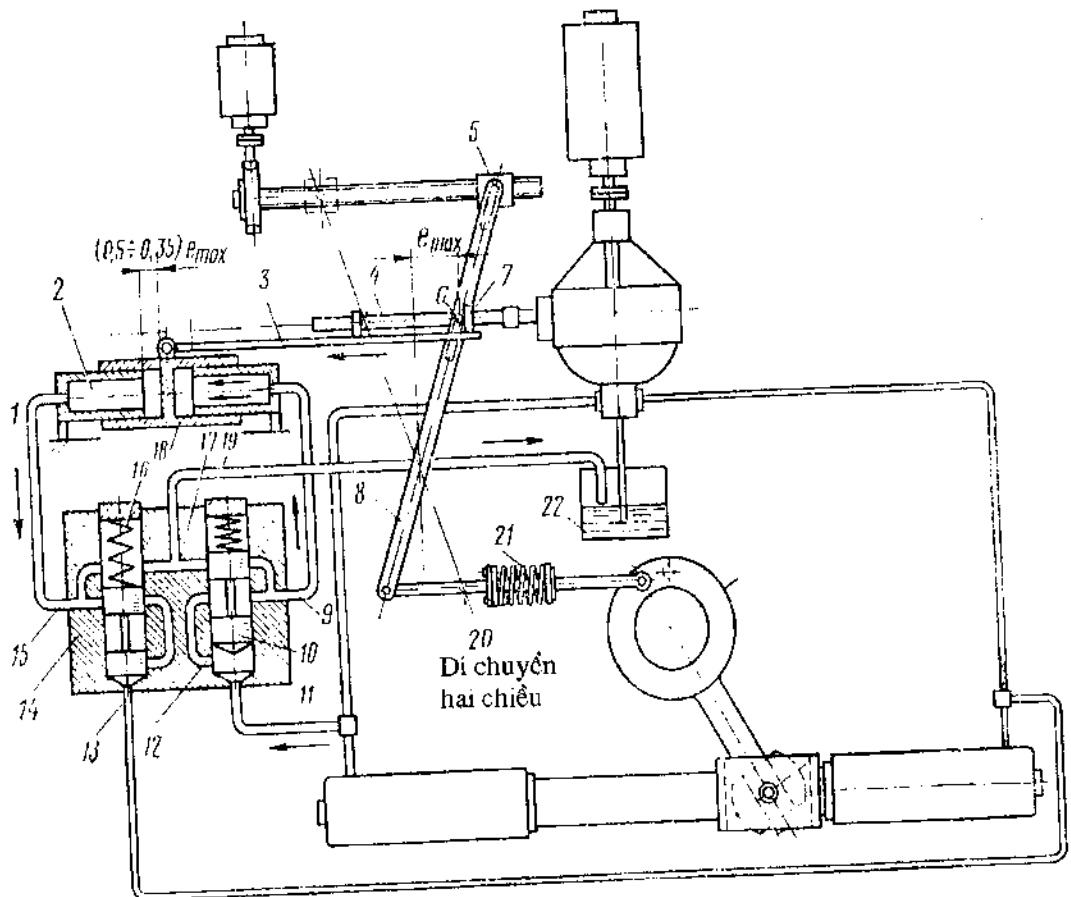
Trong quá trình hoạt động, nếu vì một lí do nào đó áp lực công tác trong hệ thống tăng lên sẽ làm mômen tải trên trục động cơ thực hiện tăng. Điều này có thể dẫn đến quá tải cho động cơ thực hiện. Để tránh quá tải cho động cơ, trong hệ thống thủy lực có lắp đặt một bộ hạn chế lưu lượng xác lập của bơm thủy lực (xem hình 1-12). Khi áp lực của chất lỏng công tác trong hệ thống tăng lên, cơ cấu tác động của bộ hạn chế lưu lượng sẽ làm dịch chuyển cần điều khiển vành định tâm bơm theo hướng làm giảm lưu lượng của bơm. Khi lưu lượng đã được giảm đi, áp lực của chất lỏng công tác trong hệ thống sẽ không tăng được tới giá trị cực đại. Động cơ thực hiện sẽ thoát khỏi tình trạng bị quá tải.

Ở đây chúng ta có thể xem xét qua cấu tạo của bộ hạn chế lưu lượng của bơm. (Cần chú ý rằng thiết bị này chỉ được lắp đặt ở những hệ thống lái điện thủy lực có bơm thủy lực là loại bơm có lưu lượng thay đổi được - bơm biến lượng).

Thiết bị hạn chế lưu lượng có các phần tử chính như sau:

- Cặp xilanh, piston 18.2. Piston này có thể dịch chuyển từ vị trí chính giữa về hai phía với một khoảng cách hợp lý để sao cho khi nó dịch chuyển, qua cơ cấu tác động số 7 sẽ làm tâm bơm dịch chuyển đủ để lưu lượng của bơm giảm xuống tới mức cho phép. Thông thường người ta đặt hành trình này trong khoảng $(0,5 \div 0,35) e_{\max}$.

- Khối van 14. Khối van này có nhiệm vụ so sánh áp lực của chất lỏng công tác với áp lực cho phép đặt trước. Khối van này có hai van để có thể so sánh áp lực cả hai chiều bề lái. Khi đang thực hiện bề lái theo một chiều nào đó, nếu áp lực của chất lỏng công tác vượt quá giá trị cho phép đặt trước thì một trong hai van này sẽ mở để đưa chất lỏng công tác vào xilanh 18.

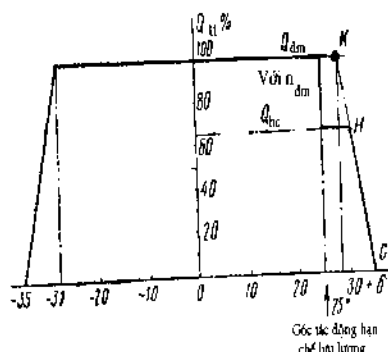


Hình 1-12. Nguyên lí hoạt động của bộ tự động hạn chế lưu lượng.

e) Giảm đồ lưu lượng xác lập (hình 1-13).

Đây là mối quan hệ $Q_{XL} = f(\delta)$. Khi thực hiện bể lái từ mạn này sang mạn kia ($\pm \delta_{\max}$).

Hình 1-13 mô tả giản đồ lưu lượng xác lập của bơm. Giản đồ này được xây dựng trên cơ sở khảo sát quá trình bẻ lái từ mạn trái ($-\delta_{\max}$) sang mạn phải ($+\delta_{\max}$). Tại thời điểm ban đầu, khi động cơ servo nhận được tín hiệu điều khiển, tâm bơm được dịch chuyển từ 0 đến $e_{\max}$. Lưu lượng của bơm tăng dần từ 0 tới Q_{XL} .



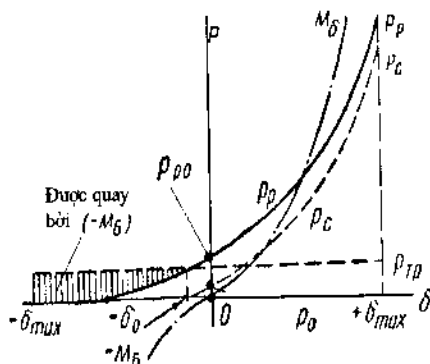
Hình 1-13. Đặc tính lưu lượng xác lập khi bể lái từ mạn này sang mạn kia

Thời gian này bánh lái quay được một góc từ 30° đến 50° . Trong suốt thời gian bề lái tiếp theo đó, lưu lượng xác lập luôn không đổi. Nó sẽ là lưu lượng đặt trước của chất lỏng công tác, bộ hạn chế lưu lượng bắt đầu làm việc làm lưu lượng của bơm giảm nhanh tới lưu lượng hạn chế với $Q_{hc} = (0,5 \div 0,65)$. Bánh lái tiếp tục quay. Do tác động của thiết bị lập thủy lực, tâm của bơm được đưa dần về 0 làm lưu lượng giảm dần.

1.7.2. Đặc tính áp lực công tác của bơm

Đặc tính áp lực công tác của bơm là đường biểu thị mối quan hệ $p_p = f(\delta)$ và được xây dựng trong cả vùng góc bẻ lái từ $-\delta_{\max}$ đến $+\delta_{\max}$.

Áp lực công tác được tạo bởi bơm thủy lực. Áp lực này cần phải thắng được mômen cản trên trụ lái khi bề lái ở vùng góc bề lái dương (Từ mặt phẳng đối xứng ra hai mạn tàu). Khi mômen cản trên trụ lái có giá trị âm, chất lỏng công tác được chuyển từ xanh lục này sang xanh lục kia. Bơm thủy lực được xem như làm việc ở chế độ không tải, không tạo ra áp lực công tác (xem hình 1-14). Giá trị của áp lực chính được xác định bằng lực khi bề lái với góc bề lái dương (theo



Hình 1-14. Sự phụ thuộc của áp lực công tác vào góc bề lái

1-14). Giá trị của áp lực chính được xác định bằng lực cản toàn phần phân xuất hiện trong xi lanh lúc khi bẻ lái với góc bẻ lái dương (theo biểu thức 1-11).

$$p_c = \frac{F_c}{\frac{\pi D^2}{4}} = f(\delta) \quad (1-24)$$

Thay F_C từ (1-11) và biến đổi đi ta có:

$$p_c = \frac{4}{\pi D^2} \left[\frac{M_\delta}{mR_0} (\cos^2 \delta + 1,5f \sin 2\delta) + Nf_c + 0,15\pi D h f_c p_c \right] \quad (1-25)$$

Hay là:

$$p_c \left(1 - \frac{0,6h f_c}{D}\right) = \frac{4}{\pi D^2} \left[\frac{M_\delta}{mR_0} (\cos^2 \delta + 1,5f \sin 2\delta) + Nf_c \right] \quad (1-26)$$

Từ đó ta có:

$$p_c = \frac{4}{\pi D(D - 0,6h f_c)} \left[\frac{M_\delta}{mR_0} (\cos^2 \delta + 1,5f \sin 2\delta) + Nf_c \right] \quad (N/m^2) \quad (1-27)$$

Ta nhận thấy, khi góc bề lái $\delta = 0$, mômen cản trên trụ lái $M_\delta = 0$ thì:

$$p_c = \frac{4Nf_c}{\pi D(D - 0,6h f_c)} \quad (N/m^2) \quad (1-28)$$

Ở góc bề lái ($-\delta_0 \div 0$), do góc bề lái nhỏ, lực tác dụng của dòng nước lên bánh lái không đủ lớn để làm quay bánh lái. Do vậy, bơm thủy lực cần sinh ra một áp lực công tác để hỗ trợ cho việc quay bánh lái.

Ngoài tải thủy động và một số tổn hao cơ học chủ yếu của hệ thống, áp lực công tác của bơm còn phải thắng được tổn hao ma sát giữa chất lỏng với đường ống dẫn và một số tổn hao phụ khác. Do vậy, bơm cần phải sinh ra được một áp lực công tác phụ. Với:

$$p_{ph} = (0,1 \div 0,15)p_c \quad (1-29)$$

Áp lực phụ này là một giá trị hầu như không đổi trong khoảng bề lái từ ($-\delta_{\max} \div \delta_{\max}$).

Do vậy, áp lực công tác của bơm sẽ là:

$$p_P = p_c + p_{ph}$$

1.7.3. Xác định mômen cản trên trục động cơ.

Ta biết rằng, công suất tác dụng của động cơ có thể được xác định dựa vào mômen (Nm) trên trục động cơ và tốc độ quay (vòng/phút) của nó theo biểu thức:

$$P = \frac{Mn}{9560} \quad (kW) \quad (1-30)$$

Mặt khác, theo các tham số thủy động, công suất của động cơ có thể được xác định được dựa vào lưu lượng (m^3/s) và áp lực công tác (N/m^2) của bơm theo biểu thức:

$$P = \frac{Q_d p_P}{\eta_{TP}} 10^{-3} \quad (kW) \quad (1-31)$$

Công suất tác dụng này phải đủ lớn để thắng được mômen cản trên trục động cơ thực hiện.

Từ các phương trình (1-31), (1-23) và (1-19) ta có:

$$P = \frac{Q_{XL} \cdot n p_p}{n_{dm} \eta_T \eta_{CK} \eta_{TL}} \eta_T 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

Nếu coi hiệu suất thủy lực $\eta_{TL} = 1$ thì:

$$M_c = 9560 \frac{P}{n} = 9560 \frac{Q_{XL} n p_p}{n_{dm} \eta_{CK}} 10^{-3} \quad (\text{Nm})$$

Hay:
$$M_c = 9,56 \frac{Q_{XL} \cdot P_p}{n_{dm} \eta_{CK}} \quad (\text{Nm}) \quad (1-32)$$

Trong đó:

Q_{XL} - Lưu lượng xác lập, m^3/s .

p_p - Áp lực công tác, N/m^2 .

n_{dm} - Tốc độ định mức của động cơ. Đây là giá trị dùng để tính toán xây dựng giàn đồ lưu lượng xác lập của bơm, v/p.

η_{CK} - Hiệu suất cơ khí của bơm. Đây cũng là đại lượng dùng để tính p_p và Q_{XL} .

Từ biểu thức (1-32) ta nhận thấy:

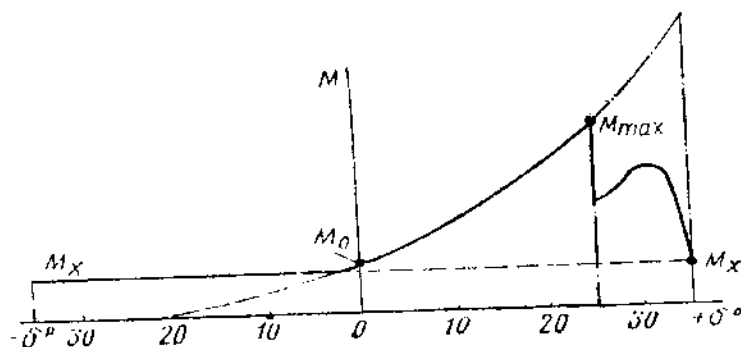
Mômen cản trên trục động cơ thực hiện phụ thuộc vào các tham số cơ bản của bơm thủy lực, đó là lưu lượng và áp lực công tác. Như vậy, khi điều chỉnh hoặc hạn chế lưu lượng của bơm là ta đã điều chỉnh hoặc hạn chế được tải của động cơ thực hiện. Điều này có ý nghĩa rất quan trọng trong khai thác hệ thống. Khi mômen cản trên trụ lái tăng sẽ làm tăng áp lực công tác của chất lỏng trong xilanh lực, dẫn tới tăng mômen cản trên trục động cơ. Để tránh cho động cơ thực hiện bị quá tải, có thể điều chỉnh để giảm lưu lượng của bơm nhằm giữ cho mômen cản trên trục động cơ luôn ở giá trị cho phép.

Từ phương trình (1-32), dựa vào các đặc tính $Q_{XL} = f(\delta)$ và $p_p = f(\delta)$ ta xây dựng được đặc tính mômen trên trục động cơ theo góc bẻ lái δ :

$$M = f(\delta) \text{ trong vùng } \pm \delta_{\max} \text{ (hình 1-15)}$$

Ta nhận thấy: Tại vùng bẻ lái ngược, với góc bẻ lái lớn, áp lực công tác $p_p = 0$, có thể coi động cơ lái bơm làm việc ở chế độ không tải. Mômen cản trên trục động cơ có giá trị M_x . Khi bánh lái quay về mặt phẳng đối xứng của tàu và chuyển sang vùng góc bẻ lái dương, mômen cản trên trục động cơ tăng dần cùng với sự tăng lên của p_p . Khi bánh lái quay tới góc $\delta = (24^\circ \div 26^\circ)$ thì do tác động của cơ cấu hạn chế lưu lượng, Q_{XL} của bơm đột ngột giảm xuống làm mômen cản trên trục động cơ cũng đột ngột giảm xuống. Sau đó mômen cản tăng dần theo sự tăng lên của p_p cho tới khi $\delta \approx 30^\circ$ thì từ từ giảm xuống đến M_x cùng với sự giảm dần của Q_{XL} .

Chú ý rằng, ở chế độ không tải, tốc độ của động cơ có thể bằng $n_x \approx 1,05 n_{dm}$ và mômen không tải: $M_x = (0,15 \div 0,35) M_{dm}$. Ở đây, M_{dm} của động cơ có thể xác định được sơ bộ theo biểu thức (1-32) khi lấy: $Q_{XL} = Q_{dm}$ và $p_p = p_{dm}$.



Hình 1.15. Đặc tính mômen cản trên trục động cơ theo góc bẻ lái

§1-8. PHƯƠNG PHÁP ĐƠN GIẢN ĐỂ TÍNH CHỌN ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN CHO HỆ THỐNG LÁI

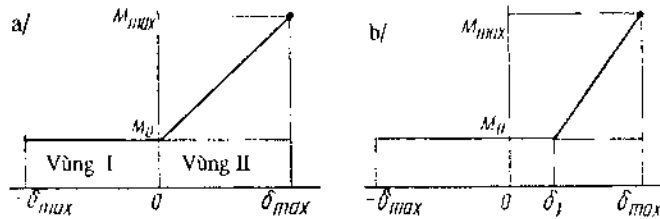
Khi tiến hành tính toán hệ thống truyền động điện lái, người ta có thể sử dụng phương pháp gần đúng liên tục. Phương pháp này có thể được tóm tắt thành các bước cơ bản sau đây:

- Tính lực tác dụng của dòng nước lên bánh lái trong quá trình bẻ lái trên cơ sở biết các thông số cơ bản của con tàu, của bánh lái và bộ truyền động cơ khí.
- Tính mômen cản trên trụ lái khi cho góc bẻ lái thay đổi từ $(-\delta_{\max} \div +\delta_{\max})$.
- Tính mômen cản trên trục động cơ.
- Sơ bộ tính chọn tốc độ của động cơ thực hiện dựa vào tốc độ bẻ lái, tỉ số truyền của bộ truyền động cơ khí...
- Tính công suất của động cơ thực hiện và sơ bộ lựa chọn động cơ điện theo sổ tay kỹ thuật. Nếu là lái điện thủy lực, ta có thể tính công suất của động cơ theo các thông số thủy lực là Q_{dm} và p_{dm} .
- Nghiệm động cơ thực hiện theo điều kiện phát nhiệt và thời gian bẻ lái từ $(-\delta_{\max} \div +\delta_{\max})$.

1.8.1. Đặc tính tải gần đúng

Đối với lái điện cơ có bộ truyền động cơ khí tự hãm, người ta có thể coi rằng khi: $M_\delta \leq 0$ thì mômen cản trên trục động cơ thực hiện bằng $M_0 = \text{const}$. Ta giả thiết thêm rằng, khi $M_\delta > 0$, cùng với sự thay đổi của góc bẻ lái δ , mômen cản trên trục động cơ thực hiện thay đổi tuyến tính (xem hình 1-16a). Với loại bánh lái có phần bù, mômen cản trên trụ lái có giá trị âm ngay cả khi góc bẻ lái có giá trị $+\delta_1$. Như vậy, đối với hệ thống lái dùng bánh lái có phần bù, mômen cản trên trục động cơ thực hiện sẽ có giá trị mômen M_0 trong vùng góc bẻ lái từ $(-\delta_{\max} \div +\delta_1)$, (xem hình 1-16b).

Chú ý rằng, khi xây dựng đặc tính tải gần đúng cho động cơ thực hiện ta phải dựa vào đặc tính $M_\delta = f(\delta)$. Các giá trị δ_1 , $-\delta_{\max}$ và $+\delta_{\max}$ cũng được lấy một cách tương ứng từ đặc tính này.



Hình 1-16. Đặc tính tải

a) Đối với bánh lái không có phần bù; b) Đối với bánh lái có phần bù.

a) Đối với bánh lái không có phần bù.

Ở dạng tổng quát, phương trình đặc tính tải có dạng:

$$M_c = M_0 + b \cdot \delta$$

Ở từng vùng của góc bẻ lái ta có:

Với góc bẻ lái từ $(-\delta_{\max} \div 0)$:

$$b = 0 \text{ và } M_c = M_0 \quad (1-33)$$

Với góc bẻ lái từ $(0 \div +\delta_{\max})$:

$$b = \frac{M_{\max} - M_0}{\delta_{\max}}$$

Vì khi $\delta = \delta_{\max}$ thì $M_c = M_{\max}$. Vậy:

$$M_c = M_0 + \frac{M_{\max} - M_0}{\delta_{\max} - \delta_1} \delta \quad (1-34)$$

b) Đối với bánh lái có phần bù

Với góc bẻ lái từ $(-\delta_{\max} \div -\delta_1)$:

$$b = 0 \text{ và } M_c = M_0$$

Với góc bẻ lái từ $(-\delta_1 \div +\delta_{\max})$:

$$b = \frac{M_{\max} - M_0}{\delta_{\max} - \delta_1}$$

Vậy:

$$M_c = M_0 + \frac{M_{\max} - M_0}{\delta_{\max} - \delta_1} (\delta - \delta_1)$$

Hay là:
$$M_c = \frac{M_0 \delta_{\max} - M_{\max} \delta_1}{\delta_{\max} - \delta_1} + \frac{M_{\max} - M_0}{\delta_{\max} - \delta_1} \delta \quad (1-35)$$

1.8.2. Đặc tính cơ gần đúng của động cơ thực hiện

Động cơ thực hiện của hệ thống lái thường có 3 dạng đặc tính:

Dạng đặc tính cơ cứng.

Dạng đặc tính cơ mềm.

Dạng đặc tính cơ hình Hypebol.

a) Dạng đặc tính cơ cứng: Ta thường gặp động cơ thực hiện là loại động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc có một hoặc hai cấp tốc độ. Với loại động cơ này, điểm công tác luôn được chọn trên đoạn tuyến tính của đặc tính. Như vậy khi mômen tải trên trục động cơ thay đổi thì tốc độ của động cơ vẫn không thay đổi, $n = \text{const}$ (xem hình 1-17).

Ta có: $n = n_1 - aM$

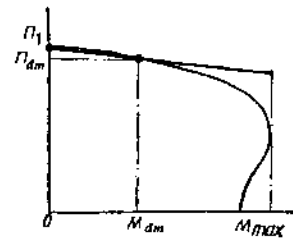
Trong đó:

$$a = \frac{n_1 - n_{dm}}{M_{dm}} \text{ vì khi } n = n_{dm} \text{ thì } M = M_{dm};$$

n_1 - Tốc độ đồng bộ.

$$\text{Vậy: } n = n_1 - \frac{n_1 - n_{dm}}{M_{dm}} M \quad (1-36)$$

Biểu thức (1-36) là phương trình của dạng đặc tính cơ cứng.



Hình 1-17. Dạng đặc tính cơ của động cơ dị bộ.

b) Dạng đặc tính cơ mềm (Hình 1-18)

Dạng đặc tính cơ này có thể gặp trong các hệ thống lái sau:

- Dùng hệ thống Máy phát - Động cơ có cuộn bù ngược.

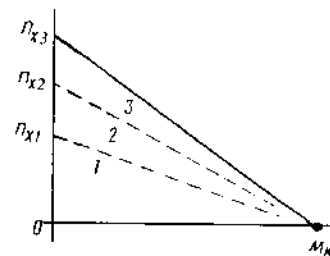
- Dùng động cơ thực hiện là động cơ điện một chiều kích từ song song có mắc các điện trở cố định trong mạch cuộn dây phản ứng (Với động cơ có $P \leq 3 \text{ kW}$).

- Dùng động cơ dị bộ rôto dây quấn có điện trở phụ trong cuộn dây rôto.

Trong vùng công tác, phương trình đặc tính có dạng:

$$n = n_x - aM$$

Trong đó: $a = \frac{n_x}{M_n}$ vì khi $n = 0$ thì $M = M_n$; (M_n - mômen ngắn mạch)



Hình 1-18. Dạng đặc tính cơ mềm

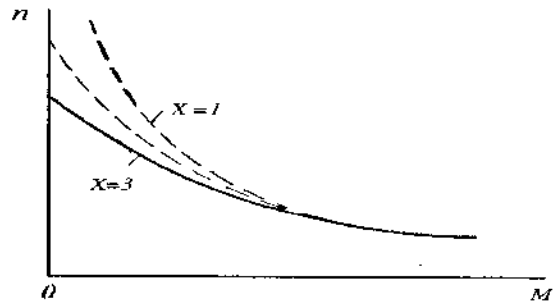
Vậy:
$$n = n_X \left(1 - \frac{M}{M_n} \right) \quad (1-37)$$

c) Đặc tính cơ có dạng hypebol

Ta gặp các đặc tính dạng này ở động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp và kích từ hỗn hợp (xem hình 1-19). Khi phân tích ta thấy các đặc tính này có dạng gần giống với đường hypebol thuần tuý với phương trình đặc tính:

$$M_n^X = \text{const} \quad (1-38)$$

Trong đó: $X = (2,5 \div 3,0)$. Với các giá trị này của X , đặc tính cơ cứng hơn đặc tính cơ thuần tuý (với $X = 1$).



Hình 1-19. Đặc tính cơ dạng Hypebol

Ở đây ta có thể khảo sát phương trình đặc tính của động cơ một chiều kích từ hỗn hợp với giả thiết động cơ làm việc ở vùng gần bão hoà của mạch từ và cường độ từ trường của mạch từ là một giá trị không đổi.

Khi đó ta có: $\Phi = C\sqrt{I}$ hay: $\Phi^2 = C^2 I$

Vậy: $I^2 = \Phi^2 / C^2$

Đối với động cơ điện một chiều ta đã có:

$$n = \frac{U - IR_u}{C_e \Phi} \approx \frac{U}{C_e \Phi} z$$

Từ đó ta có:
$$\Phi = \frac{U}{C_e n}$$

Mà :
$$M = C_m \Phi I$$

Hay:
$$M = C_m \frac{\Phi^2}{C} \Phi = C_m \frac{U^3}{C^2 C_e^2 n^3}$$

Có thể coi $U = \text{const}$ và đặt: $C_1 = C_m U^3 / C^2 C_e^3$

Ta có:
$$M = C_1 / n^3$$

Vậy:
$$M n^3 = C = \text{const}$$

1.8.3. Xác định các cấp tốc độ cần thiết của đặc tính cơ.

Ta biết rằng, tốc độ của động cơ thực hiện có ý nghĩa quyết định tới thời gian bẻ lái. Vì vậy, khi tính toán để xác định các cấp tốc độ của động cơ thực hiện cần đảm bảo sao cho động cơ có thể quay được bánh lái từ mạn này sang mạn kia trong điều kiện có tải

với thời gian không vượt quá thời gian quy định của Đăng kiểm và thoả mãn được các yêu cầu khác.

Để thấy rõ được điều này, ta xét một ví dụ cụ thể sau đây:

Khi bẻ lái từ $-\delta_{\max}$ đến $+\delta_{\max}$, mômen tải trên trục của động cơ thực hiện được giới hạn bởi các giá trị M_0 và $M_{\max}$ (Ngoài ra người ta còn cần phải lưu ý tới mômen cản có giá trị lớn xuất hiện ở chế độ chạy tàu theo đường ziczác). Mômen quay của động cơ ở chế độ khởi động phải đủ lớn để gia tốc và làm quay được bánh lái. Đối với hệ thống lái, người ta thường chọn:

$$M_{kd} = (1,5 \div 2,0) M_{\max} \quad (1-39)$$

Như vậy, ta đã xác định được điểm dưới của đặc tính cơ (có tọa độ $n = 0$ và $M = M_{kd}$). Ta cần tính toán để xác định điểm trên của đặc tính (xem hình 1-18).

Từ dạng đặc tính (1-18) ta thấy: Điểm trên của đặc tính có thể là các điểm $(n_{x1}, 0)$; $(n_{x2}, 0)$ hoặc $(n_{x3}, 0)$... Tốc độ của động cơ thực hiện càng thấp thì công suất của động cơ thực hiện càng được giảm bớt. Tuy nhiên, khi chọn tốc độ thấp sẽ có thể không thoả mãn về điều kiện thời gian bẻ lái. Vì vậy, cần phải phân tích để lựa chọn một tốc độ n_x hợp lí, thoả mãn được tính kinh tế nhưng cũng đáp ứng được các yêu cầu kĩ thuật khác của hệ thống lái. Để làm được điều này ta có thể thực hiện theo cách sau đây:

Thành lập biểu thức tính thời gian trong từng vùng bẻ lái theo giá trị tốc độ n_x . Tổng thời gian cả hai vùng bẻ lái phải nhỏ hơn hoặc bằng:

$$T = T_{dk} - (2 \div 3) \quad (\text{giây})$$

Dựa vào T và các đại lượng cho biết trước để tính n_x .

Sau đây là các bước tính toán cụ thể.

a) Xác định thời gian trong vùng bẻ lái ngược (vùng I)

Trong vùng này, mômen tải trên trục động cơ là M_0 . Tương ứng với tải này là tốc độ không tải n_0 của động cơ và được xác định theo biểu thức (1-37) (Theo dạng đặc tính cơ của hệ thống):

$$n_0 = n_x \left(1 - \frac{M_0}{M_n} \right)$$

Ở đây: $M_n = M_{kd}$

Góc quay của bánh lái, tốc độ quay của động cơ thực hiện và thời gian bẻ lái liên hệ với nhau qua biểu thức:

$$2\pi \frac{n_0}{i} \frac{t_l}{60} = \delta_{\max}$$

Trong đó: n_0 - Tốc độ không tải, vòng/phút.

t_l - Thời gian bẻ lái, s.

$\delta_{\max}$ - Góc bẻ lái, radian.

i - Tỷ số truyền của bộ truyền động cơ khí.

Từ đó ta có:

$$t_1 = \frac{30i\delta_{\max}}{\pi n_0} = C_0 \frac{\delta_{\max} M_n}{n_x (M_n - M_0)} \quad (1-40)$$

Trong đó:

$C_0 = 30i/\pi = 9,56i$ - Hệ số của tỷ số truyền khi góc quay tính bằng radian;

$C_0 = 60i/360 = i/6$ - Hệ số của tỷ số truyền khi góc quay tính bằng độ.

Trong biểu thức (1-40), n_x là giá trị chưa biết, cần phải tính.

b) Xác định thời gian trong vùng bẻ lái thuận (vùng II):

Trong vùng này, mômen cản trên trục động cơ thực hiện tăng theo đường thẳng (xem hình 1-16a). Ta có:

$$M_c = M_0 + \frac{M_{\max} - M_0}{\delta_{\max}} \delta \quad (1-41)$$

Khi tải trên trục động cơ tăng lên, tốc độ của động cơ sẽ giảm dần (xem hình 1-18). Để xác định tốc độ của động cơ ta dùng biểu thức (1-37), khi thay $M = M_c$ ta có:

$$n = n_x \left(1 - \frac{M_0 + \frac{M_{\max} - M_0}{\delta_{\max}} \delta}{M_n} \right)$$

Biến đổi biểu thức này và đặt:

$$\begin{aligned} n_x - n_x \frac{M_0}{M_n} &= n_0 \\ n_x \frac{M_{\max} - M_0}{M_n \delta_{\max}} &= A \end{aligned} \quad (1-42)$$

Từ đó ta có mối liên hệ giữa tốc độ quay của động cơ thực hiện với góc quay của bánh lái:

$$n = n_0 - A\delta \quad (1-43)$$

Tốc độ góc của trục động cơ thực hiện có thể tính theo biểu thức:

$$\omega = i \frac{d\delta}{dt}$$

Trong đó: $\omega = 2\pi n/60$ - Tốc độ góc của trục động cơ.

$d\delta/dt$ - Tốc độ góc của trụ lái.

Vậy:
$$\frac{2\pi n}{60} = i \frac{d\delta}{dt}$$

Tức là:
$$n = \frac{30i}{\pi} \frac{d\delta}{dt} = C_0 \frac{d\delta}{dt} \quad (1-44)$$

Từ (1-43) và (1-44) ta có:

$$dt = C_0 \frac{d\delta}{n} = C_0 \frac{d\delta}{n_0 - A\delta}$$

Từ đó ta có:
$$t_2 = C_0 \int_0^{+\delta_{\max}} \frac{d\delta}{n_0 - A\delta}$$

$$t_2 = -\frac{C_0}{A} \left| \ln(n_0 - A\delta) \right|_0^{+\delta_{\max}} = -\frac{C_0}{A} \ln \frac{n_0 - A\delta_{\max}}{n_0} \quad (1-45)$$

Khi thay n_0 và A bằng các giá trị từ biểu thức (1-42) ta sẽ tính được thời gian bề lái trong vùng II:

c) *Xác định điểm tính toán của đặc tính cơ của động cơ thực hiện*

Thời gian bề lái từ mạn này sang mạn kia được tính:

$$T = T_{DK} - (2 \div 3) \text{ (s)}$$

Điều kiện cần thỏa mãn của hệ thống truyền động điện lái là: $T = t_1 + t_2$

Thay t_1 và t_2 từ các biểu thức (1-40) và (1-45) ta được:

$$T = C_0 \frac{\delta_{\max} M_n}{n_X (M_n - M_0)} - C_0 \frac{\delta_{\max} M_n}{n_X (M_n - M_0)} \ln \frac{M_n - M_{\max}}{M_n - M_0} \quad (1-46)$$

Từ đó ta có:

$$n_X = \frac{C_0 M_n \delta_{\max}}{T} \left(\frac{1}{M_n - M_0} - \frac{1}{M_{\max} - M_0} \ln \frac{M_n - M_{\max}}{M_n - M_0} \right)$$

Chú ý: Tùy từng trường hợp cụ thể mà ta có thể dùng biểu thức (1-46) để tính một trong các tham số C_0 , T hoặc n_X .

d) *Tính công suất của động cơ thực hiện.*

Công suất tác dụng của động cơ được xác định bởi mômen và tốc độ của động cơ. Từ dạng đặc tính cơ của động cơ ta thấy, ứng với mỗi điểm trên đặc tính ta đều xác định được một giá trị của công suất. Tuy nhiên, theo cách tính đơn giản, ta chọn công suất định mức cho động cơ bằng công suất cực đại. Đây là công suất ở chế độ ngắn hạn, thường là nửa giờ.

Như vậy, trên đặc tính cơ, công suất định mức ứng với mômen định mức và tốc độ quay định mức của động cơ.

* Xác định mômen định mức của động cơ: Để xác định M_{dm} ta dựa vào phương trình $P = f(M)$

Ta có:
$$P = \frac{Mn}{9560} = \frac{M}{9560} n_X \left(1 - \frac{M}{M_n}\right)$$

Hay:
$$P = \frac{n_X}{9560} \left(M - \frac{M^2}{M_n}\right)$$

Ta có:
$$\frac{dP}{dt} = \frac{n_X}{9560} - \frac{2Mn_X}{9560M_n} = 0$$

Từ đó:
$$M_{dm} = M_n/2 \text{ (Nm)}$$

* Xác định tốc độ quay định mức của động cơ. Theo đặc tính cơ và dựa vào mômen định mức M_{dm} ta có:

$$n_{dm} = n_X \left(1 - \frac{\frac{M_{dm}}{M_n}}{2}\right) = \frac{n_X}{2}$$

* Tính công suất định mức của động cơ:

$$P_{dm} = \frac{M_{dm} n_{dm}}{9560} = \frac{M_n n_X}{49560} \text{ (kW)}$$

Sau khi xác định được công suất định mức, tiến hành lựa chọn sơ bộ động cơ theo số tay kỹ thuật. Dựa vào các thông số cơ bản của động cơ vừa được chọn để dựng đặc tính cơ chính xác của động cơ thực hiện. Đó sẽ là cơ sở để tính nghiệm động cơ.

§1-9. XÁC ĐỊNH SƠ BỘ CÁC THÔNG SỐ ĐỊNH MỨC CỦA ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN BẰNG PHƯƠNG PHÁP GẦN ĐÚNG LIÊN TỤC

1.9.1. Đối với lái điện cơ

Để tính chọn động cơ thực hiện cho hệ thống lái điện cơ có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau. Trong thực tế, người ta thường sử dụng hai phương pháp sau đây:

a) Phương pháp đơn giản: Phương pháp này đã được trình bày ở §1-8. Phần tính toán kiểm nghiệm động cơ đã chọn được trình bày ở phần sau.

b) Phương pháp tải trung bình: Đây là phương pháp tính toán đơn giản nhất. Các bước của phương pháp này như sau:

Bước thứ nhất: Tính mômen quay định mức.

Theo phương pháp này, mômen quay định mức được lấy bằng mômen trung bình theo góc lái của một chu kỳ bẻ lái từ mạn này sang mạn kia. Ở phần trước ta đã xây dựng

được đặc tính $M = f(\delta)$ (xem hình 1-16). Trong vùng II của đặc tính, mômen trên trục động cơ tăng tuyến tính với góc bẻ lái δ .

Trong vùng này, mômen trung bình trên trục động cơ được tính:

$$M_{tb} = \sqrt{\frac{1}{\delta_{\max}} \int_0^{\delta_{\max}} M^2 d\delta} \quad (1-47)$$

Trong đó: $M = M_0 + \frac{M_{\max} - M_0}{\delta_{\max}} \delta$ (Đối với bánh lái không có phần bù)

Thay M vào (1-47) và tính ta được:

$$M_{tb}^2 = \frac{M_0^2 + M_0 M_{\max} - M_{\max}^2}{3} \quad (1-48)$$

Như vậy, mômen trung bình bình phương của hàm tuyến tính bằng 1/3 tổng bình phương các giá trị giới hạn của mômen trong vùng thay đổi đó. Giá trị này có ý nghĩa rất quan trọng trong tính toán.

Từ đó ta tính được giá trị trung bình của mômen tải trên trục động cơ khi bẻ lái từ mạn này sang mạn kia (đối với bánh lái không có phần bù):

$$\begin{aligned} M_{dm} = M_{tb\delta} &= \sqrt{\frac{1}{2\delta_{\max}} M_0^2 \delta_{\max} + \frac{M_0^2 + M_0 M_{\max} + M_{\max}^2}{3} \delta_{\max}} \\ &= \sqrt{\frac{1}{6} (M_{\max}^2 + M_0 M_{\max} + 4M_0^2)} \end{aligned}$$

Kết quả tính toán mômen định mức theo biểu thức trên chỉ là giá trị tính toán sơ bộ. Để đảm bảo lựa chọn động cơ được chính xác, ta còn phải chú tới yêu cầu về khả năng quá tải của động cơ. Ta có thể dựa vào yêu cầu khi khởi động động cơ với mômen tải lớn nhất trên trục động cơ để có:

$$M_{kd} = M_{dm} \cdot \gamma_{kd} = 1,5 M_{\max} \quad (1-49)$$

Trong đó:

M_{kd} - Mômen khởi động của động cơ.

γ_{kd} - Khả năng quá tải của động cơ theo mômen ở chế độ khởi động hoặc dừng.

1,5 - Hệ số dự trữ để gia tốc và để thắng sức cản của ma sát của bộ truyền động ở trạng thái tĩnh.

$$M_{dm} = \frac{1,5 M_{\max}}{\gamma_{kd}}$$

Từ đó ta tính được mômen định mức theo mômen cực đại trên trục và khả năng quá tải theo mômen của động cơ:

Mômen này phải thỏa mãn điều kiện:

$$M_{dm} \geq M_{tbd}$$

Bước thứ hai: Tính tốc độ quay định mức của động cơ thực hiện.

Theo phương pháp này, tốc độ định mức của động cơ có thể được coi là bằng tốc độ trung bình trong một chu kỳ bề lái từ mạn này sang mạn kia. Từ phương trình (1-44) ta có:

$$n_{tb} = C_0 \frac{2\delta_{max}}{T} \quad (\text{vòng/phút}) \quad (1-50)$$

Trong đó: $C_0 = \frac{i}{6}$ nếu góc quay của bánh lái tính bằng độ;

$$T = T_{DK} - (2 \div 3)s$$

Bước thứ ba: Tính công suất định mức của động cơ thực hiện.

Công suất của động cơ thực hiện được tính theo biểu thức:

$$P_{dm} = \frac{M_{dm} n_{tb}}{9560} \quad (\text{kW})$$

Bước thứ tư: Lựa chọn động cơ thực hiện theo sổ tay kĩ thuật dựa vào các thông số P_{dm} , M_{dm} , n_{tb} , $\Pi B = 40\%$.

Chú ý rằng, động cơ thực hiện của hệ thống lái được chế tạo kiểu kín nước và chống nổ.

1.9.2. Đối với hệ thống lái điện thủy lực

Ta có thể tính toán lựa chọn động cơ thực hiện cho hệ thống lái điện thủy lực dựa trên hai cơ sở:

Theo tải thủy lực trung bình của bơm.

Theo tải cơ học trung bình của động cơ.

a) Tính chọn động cơ theo tải thủy lực trung bình của bơm

Công suất của bơm thủy lực được tính theo lưu lượng của bơm và áp lực công tác của chất lỏng do bơm tạo ra. Nếu lưu lượng có đơn vị tính là (m^3/s), áp lực là (N/m^2) thì đơn vị tính của công suất là:

$$\frac{m^3}{s} \cdot \frac{N}{m^2} = \frac{Nm}{s} = W$$

Khi bề lái từ mạn này sang mạn kia, do mô men cản trên trụ lái là giá trị thay đổi nên lưu lượng và áp lực công tác của chất lỏng công tác cũng thay đổi. Vì vậy, để tính công suất của bơm (mà gián tiếp là công suất của động cơ thực hiện) ta phải dựa vào giá trị trung bình của lưu lượng và áp lực trong một chu kỳ bề lái.

Trong đó, lưu lượng trung bình của bơm được tính theo biểu thức (1-16).

Áp lực công tác trung bình được xác định dựa vào đường cong $p=f(\delta)$ (xem hình 1-14). Cách làm như sau:

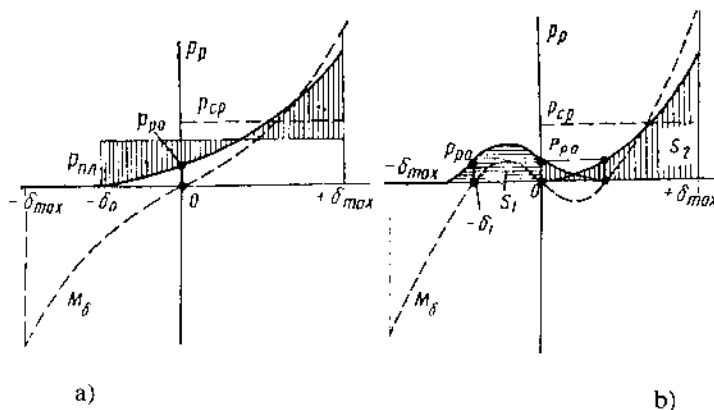
- Dựng đường đặc tính áp lực công tác theo góc bề lái δ (xem hình 1-20). Chú ý rằng khi dựng phải quan tâm tới tỉ lệ xích của p và δ .

- Chuyển đổi tương đương phần diện tích bao bởi đường cong áp lực với trục hoành bằng diện tích hình chữ nhật có cạnh là $(\delta_0 \delta_{\max})$ và p_{td} .

Khi đó, áp lực công tác trung bình được tính bằng biểu thức:

$$p_{th} = \frac{p_{td} \cdot (\delta_0 + \delta_{\max})}{\delta_{\max}} \quad (1-51)$$

Đối với bánh lái có phần bù, do mômen cản trên trụ lái có giá trị dương ngay cả ở vùng góc bề lái âm, bơm thủy lực phải tạo được áp lực công tác để làm quay bánh lái trong vùng góc bề lái này (xem hình 1-20b).



Hình 1-20. Xác định áp lực công tác trung bình của bơm

Trong trường hợp này, áp lực công tác trung bình của bơm được tính theo biểu thức sau:

$$p_{th} = \frac{S_1 + S_2}{\delta_{\max}} m_p m_\delta \quad (1-52)$$

Trong đó:

S_1 và S_2 - Diện tích được giới hạn bởi đường cong $p=f(\delta)$ trong vùng góc bề lái âm và dương, cm^2 .

m_p và m_δ - Tỉ lệ xích áp lực, N/m^2 , cm và tỉ lệ xích góc, radian/cm.

Công suất của động cơ thực hiện được tính bằng phần công suất hữu ích của bơm và công suất tổn hao trong hệ thống truyền thủy lực. Tổn hao công suất của bơm được tính bằng hiệu suất của nó. Khi đó, công suất của động cơ thực hiện được tính theo biểu thức sau đây:

$$P_{dm} = \frac{Q_{tb} P_{tb}}{\eta_b} 10^{-3} \quad (\text{kW}) \quad (1-53)$$

Trong đó: Q_{tb} có đơn vị tính là m^3/s .

P_{tb} có đơn vị tính là N/m^2

Đây là công suất làm việc dài hạn của động cơ thực hiện.

b) Tính toán theo tải cơ học trung bình:

Theo phương pháp này, công suất của động cơ thực hiện sẽ được tính theo tốc độ quay định mức n_{dm} và mômen định mức M_{dm} .

Tốc độ định mức của động cơ được chọn theo tốc độ định mức của bơm và thêm vào $(30 \div 40)\%$ để tăng khả năng dự trữ. Tức là:

$$n_{dm,dc} = n_{dm,b} + (30 \div 40)\% n_{dm,b}$$

Mômen định mức của động cơ được chọn dựa theo yêu cầu về khả năng quá tải của động cơ thực hiện kết hợp với giá trị mômen ngắn hạn lặp lại được tính trong một chu kỳ bẻ lái từ mạn này sang mạn kia (tức là ta đã tính đến sự thay đổi của tải theo góc bẻ lái và thời gian làm việc cho động cơ thực hiện).

Để tính được mômen trung bình, cần phải xác định được mômen ngắn hạn lặp lại theo biểu thức:

$$M_{ngl\delta} = \sqrt{\frac{1}{2\delta_{\max}} \sum_1^n M_i^2 \Delta\delta_i} \quad (1-54)$$

Khi đó mômen trung bình được tính theo biểu thức:

$$M_{tb} = \sqrt{\frac{1}{T} M_{ngl\delta}^2 0,25T + M_x^2 0,75T} \quad (\text{Nm})$$

Trong đó:

M_x - Mômen tải trên trục động cơ ở chế độ bẻ lái ngược $M_x = (0,15 \div 0,35)M_{\max}$;

T - Thời gian của một chu kỳ. $T = (120 \div 90)$.

Khi tính toán cho hệ thống lái, người ta thường chọn chế độ điều động để tính vì đây là chế độ công tác nặng nề nhất. Ở chế độ này có các thông số cơ bản sau:

- Thời gian làm việc $t_{lv} = 28\text{s}$ (Theo quy định của Đăng kiểm)
- Số lần bẻ lái trong một giờ: $30 \div 40$
- Hằng số thời gian đóng mạch tương đối của động cơ:

$$\varepsilon = \frac{t_{lv}}{T} = \frac{28}{120 \div 90} = 0,23 \div 0,31$$

Trong tính toán ta thường chọn: $\varepsilon = 0,25$

Cần phải lưu ý rằng, nếu dựa vào tốc độ định mức và mômen trung bình để tính công suất cho động cơ thì động cơ được chọn mới đảm bảo thoả mãn điều kiện phát nhiệt mà chưa thể thoả mãn điều kiện quá tải theo mômen.

Nếu ta chọn mômen tải giới hạn trên trục động cơ bằng mômen tải trên trục động cơ ở chế độ chạy tàu ziczắc, tức là: $M_{gh} = M_t$. Để đảm bảo cho động cơ không bị quá tải theo mômen thì :

$$M_{gh} = (0,9 \div 0,85)M_{max} = (0,9 \div 0,85)\gamma_M M_{dm}$$

Trong đó: $\gamma_M = M_{max}/M_{dm}$ - Hệ số quá tải theo mômen của động cơ.

$$\text{Từ đó ta chọn: } M_{dm} = \frac{(1,1 \div 1,15)M_{gh}}{\delta_M} \geq M_{tb} \quad (1-55)$$

Công suất định mức của động cơ thực hiện được tính bằng biểu thức:

$$P_{dm} = \frac{M_{dm} \cdot n_{dm}}{9560} \quad (\text{kW})$$

§1-10. XÂY DỰNG CÁC ĐẶC TÍNH CHẾ ĐỘ CỦA ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN Ở HỆ THỐNG LÁI ĐIỆN CƠ

Các đường đặc tính xác định chế độ công tác của động cơ thực hiện trong quá trình bề lái được gọi là các đặc tính chế độ. Có hai đặc tính chế độ quan trọng nhất, đó là:

Đặc tính chuyển động của hệ thống lái $n = f_1(\delta)$. Đặc tính này được xây dựng trong vùng góc bề lái $(-\delta_{max} \div +\delta_{max})$. Nó cho biết sự thay đổi của tốc độ quay phù hợp với mômen tải trên trụ lái ở từng giá trị góc bề lái khác nhau. Trong tính toán, ta cần xây dựng được đặc tính này để làm cơ sở tính thời gian của một chu kỳ bề lái.

Đặc tính năng lượng của hệ thống lái $P = f_2(\delta)$. Đặc tính này được xây dựng trong vùng góc bề lái $(-\delta_{max} \div +\delta_{max})$. Nó cho biết sự thay đổi của công suất hữu ích trên trục động cơ trong quá trình bề lái. Trong tính toán, ta cần xây dựng được đặc tính này để làm cơ sở xác định trạng thái nhiệt của động cơ thực hiện và tổn hao năng lượng trong khai thác hệ thống.

Để xây dựng được các đặc tính $n = f_1(\delta)$ và $P = f_2(\delta)$ ta dùng phương pháp đồ thị với các bước sau đây

Dựng đặc tính cơ của động cơ: $n = f_3(M)$ sau khi đã chọn được động cơ theo sổ tay kỹ thuật.

Dựa vào đặc tính mômen cản trên trụ lái $M = f_4(\delta)$ để xác định các giá trị của mômen M_i theo từng góc bề lái δ_i khác nhau.

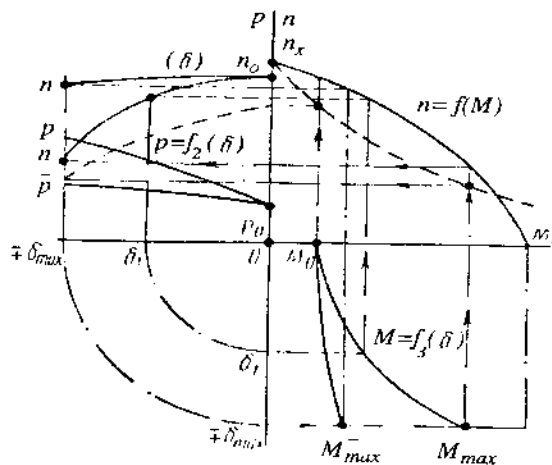
Dựa vào đặc tính cơ, ứng với các giá trị mômen trên trục động cơ M_i ta nhận được các giá trị tốc độ n_i . Từ đó ta xây dựng được đặc tính $n = f_1(\delta)$.

Sau khi đã có đặc tính $M = f_4(\delta)$ và dựng được đặc tính $n = f_1(\delta)$, cứ một giá trị của góc bề lái δ_i ta xác định được một giá trị của M_i và n_i . Từ đó ta có:

$$P_i = \frac{M_i \cdot n_i}{9560}$$

Cho δ các giá trị khác nhau ta sẽ dựng được đặc tính $P = f_2(\delta)$. Hình 1-21 mô tả cách dựng các đặc tính chế độ theo các bước nói trên. Trong đó:

- Đặc tính cơ của động cơ được xây dựng ở góc phần tư thứ nhất.
- Đặc tính mômen tải trên trụ lái $M = f_4(\delta)$ được xây dựng ở góc phần tư thứ tư.
- Đặc tính chế độ $n = f_1(\delta)$ và $P = f_2(\delta)$ được xây dựng ở góc phần tư thứ hai.



Hình 1-21. Phương pháp dựng đặc tính chế độ $n = f(\delta)$ và $P = f(\delta)$.

§1-11. XÂY DỰNG CÁC ĐẶC TÍNH CHẾ ĐỘ CỦA ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN Ở HỆ THỐNG LÁI ĐIỆN THỦY LỰC

Tương tự như đối với lái điện cơ, lái điện thủy lực cũng có hai đặc tính chế độ quan trọng, đó là:

- Đặc tính lưu lượng tác dụng thực tế: $Q_d = f_1(\delta)$.
- Đặc tính năng lượng: $P = f_2(\delta)$.

1.11.1. Xây dựng đặc tính lưu lượng thực tế: $Q_d = f_1(\delta)$

Ta đã biết, lưu lượng tác dụng thực tế được tính theo biểu thức:

$$Q_d = Q_{XLi} \frac{n}{n_{dm}} \eta_T \quad (1-56)$$

Để dựng được đặc tính lưu lượng tác dụng thực tế, ta cần phải biết các đặc tính $Q_{XLi} = f_1(\delta)$, $p = f_2(\delta)$ và dựng được đặc tính cơ của động cơ $n = f_3(M)$. Các bước tiến hành như sau:

Cho góc bẻ lái thay đổi từ $(-\delta_{max} \div +\delta_{max})$ để xây dựng đặc tính $Q_{XLi} = f_1(\delta)$ và $p = f_2(\delta)$.

Dựa vào đặc tính hiệu suất thể tích $\eta_v = f(p/p_{dm})$ và hiệu suất cơ khí $\eta_{ck} = f(p/p_{dm})$ có được từ sổ tay kĩ thuật, với các giá trị khác nhau của p ta có các giá trị của η_v và η_{ck} khác nhau.

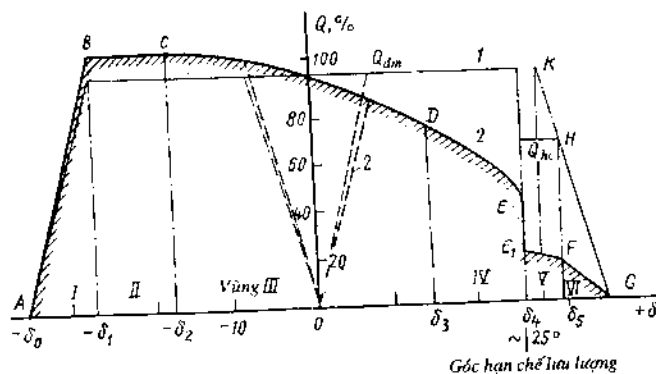
Với các góc bề lái δ_i khác nhau ta có Q_{XLi} , P_i , η_{vi} , η_{cki} . Mômen cản trên trục động cơ được xác định theo biểu thức sau:

$$M_i = 9,56 \frac{Q_{XLi} \cdot P_i}{\eta_{cki} \cdot n_{dm}} \quad (\text{N.m})$$

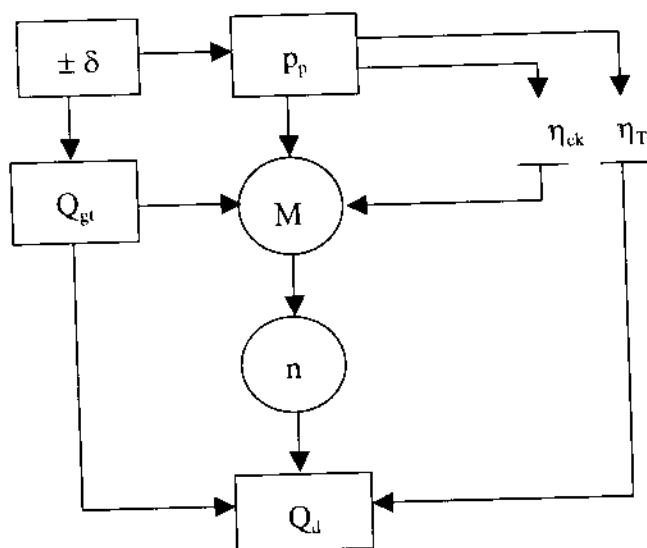
Dựa vào đặc tính cơ của động cơ $M = f(n)$ và các giá trị M_i ta xác định được các giá trị của tốc độ quay n_i .

Xác định lưu lượng thực tế theo biểu thức (1-56).

Đặc tính lưu lượng thực tế được mô tả trên hình 1-22. Các bước để xây dựng đặc tính này được mô tả bằng một chu trình trên hình 1-23.



Hình 1-22. Đặc tính lưu lượng tác dụng của bơm

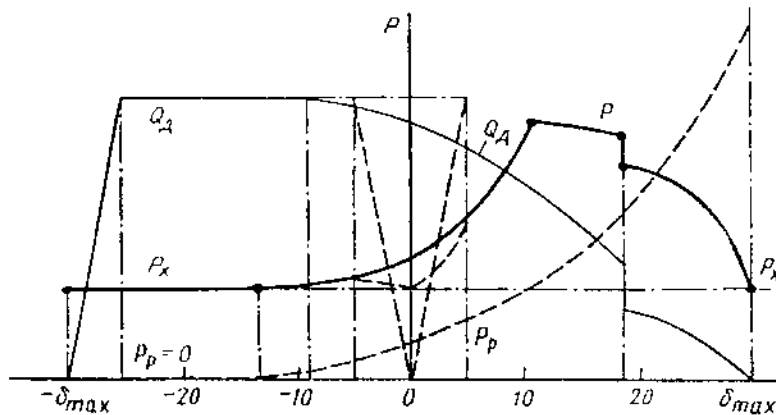


Hình 1-23. Giảm đồ các bước tính lưu lượng tác dụng

1.11.2. Xây dựng đặc tính năng lượng

Trên cơ sở đã biết các đặc tính $Q_d = f_1(\delta)$ và $p_p = f_2(\delta)$. Đặc tính năng lượng được xây dựng từ phương trình:

$$P = \frac{Q_d \cdot P_p}{\eta_{lp}} 10^{-3} \quad (\text{kW})$$



Hình 1-24: Đặc tính năng lượng của truyền động điện thủy lực

Cho góc bẻ lái δ thay đổi từ $(-\delta_{\max} \div +\delta_{\max})$ ta xác định được các giá trị của Q_d và P_p . Từ đó xây dựng được đặc tính $P = f(\delta)$ như hình 1-23.

Trong khi xây dựng đặc tính này ta cần phải chú ý rằng:

- Trong vùng từ $(-\delta_{\max} \div -\delta_0)$, vì $p_p = 0$ (xem hình 1-20a) nên ta chọn công suất của động cơ bằng công suất không tải.
- Trong vùng từ $(-\delta_0 \div +\delta_{\max})$, công suất của động cơ được tính theo biểu thức:

$$P = \frac{Q_d \cdot (P_c + P_{ph})}{\eta_{lp}} 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

Trong đó: p_{ph} là tổn hao áp lực công tác phụ do ma sát giữa đường ống với chất lỏng công tác và các loại ma sát khác gây ra. Khi tính toán ta thường lấy:

$$p_{ph} = 0,15 p_{dm} \left(\frac{Q_d}{Q_{dm}} \right)^2 \quad (\text{N/m}^2)$$

Ngoài phương pháp đã trình bày ở trên, đặc tính $P = f(\delta)$ còn có thể được xây dựng dựa vào các đại lượng cơ học của động cơ. Cách làm này được tiến hành qua các bước sau đây:

- Cho δ thay đổi từ $(-\delta_{\max} \div +\delta_{\max})$. Dựa vào đặc tính $M = f(\delta)$ để xác định được các giá trị của mômen M_i theo các góc δ_i .

- Dựa vào đặc tính cơ của động cơ, với các giá trị của M_i ta có các giá trị của tốc độ quay n_i .

Tính công suất của động cơ theo biểu thức:

$$P_i = \frac{M_i \cdot n_i}{9560}$$

Với từng góc bẻ lái δ_i ta đều nhận được các giá trị của mômen M_i và tốc độ n_i , do vậy dễ dàng xác định được giá trị của công suất P_i . Từ đó dựng được đặc tính $P = f(\delta)$.

§1-12. XÁC ĐỊNH THỜI GIAN BẺ LÁI

Sau khi đã tính chọn được động cơ thực hiện, cần phải xác định thời gian bẻ lái với góc bẻ lái cực đại và so sánh nó với thời gian quy định của Đăng kiểm. Đây là một trong các điều kiện nghiệm động cơ bắt buộc phải thực hiện.

1.12.1. Đối với lái điện cơ

Để tính thời gian bẻ lái trong vùng góc bẻ lái $\pm\delta_{max}$, ta dựa vào biểu thức:

$$n = C_0 \frac{d\delta}{dt}$$

$$\text{Từ đó ta có:} \quad dt = C_0 \frac{d\delta}{n} \quad (1-57)$$

Vậy, thời gian để bánh lái di chuyển trong vùng $\pm\delta_{max}$ là:

$$t = C_0 \int_{-\delta_{max}}^{+\delta_{max}} \frac{d\delta}{n} \quad (1-58)$$

Như vậy, thời gian bẻ lái được xác định bằng tích phân của hàm:

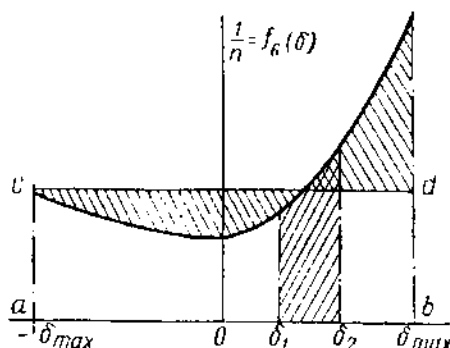
$$1/n = f(\delta)$$

Dựa vào đặc tính tốc độ $n = f(\delta)$ (xem hình 1-21) ta sẽ dễ dàng có được đặc tính: (xem hình 1-25).

Theo biểu thức (1-58), thời gian bẻ lái ở một vùng bất kì nào đó sẽ được tính bằng tích phân của hàm $1/n = f(\delta)$ trong vùng góc bẻ lái đó. Việc tính tích phân này được thay bằng tính diện tích được bao bởi đường cong $1/n = f(\delta)$ trong vùng đó.

Ví dụ, thời gian bẻ lái từ $(\delta_1 \div \delta_2)$ là:

$$t_{12} = C_0 \int_{\delta_1}^{\delta_2} \frac{1}{n} d\delta$$



Hình 1-25. Xác định thời gian bẻ lái bằng phương pháp đồ thị

Thời gian t_{12} bằng diện tích giới hạn bởi đường cong $1/n = f(\delta)$ với vùng giới hạn góc lái từ $(\delta_1 \div \delta_2)$.

Để tính thời gian bẻ lái từ $(-\delta_{\max} \div +\delta_{\max})$ ta cần tìm được diện tích giới hạn bởi đường cong $1/n = f(\delta)$ trong vùng từ $(-\delta_{\max} \div +\delta_{\max})$. Diện tích này được quy đổi về diện tích một hình chữ nhật tương đương để thuận tiện cho tính toán. Để làm được điều đó ta tiến hành dựng đặc tính $1/n = f(\delta)$ trên giấy kẻ li theo một tỉ lệ xích nhất định. Khi đó, thời gian bẻ lái từ $(-\delta_{\max} \div +\delta_{\max})$ là:

$$t = C_0 \cdot ac \cdot ab \cdot m_\delta \cdot m_n \quad (1-59)$$

Trong đó: m_δ - Tỉ lệ xích góc, radian/mm;

m_n - Tỉ lệ xích của hàm $1/n = f(\delta)$, phút/mm.vòng.

Điều kiện nghiệm thời gian quay lái là:

$$t \leq T_{Dk} - (2 \div 3) \text{ giây}$$

1.12.2. Xác định thời gian bẻ lái đối với lái điện thủy lực.

So với lái điện cơ, việc tính thời gian bẻ lái đối với lái điện thủy lực có phần phức tạp hơn. Đối với loại lái này, để bánh lái quay được từ góc lái δ_1 đến δ_2 nào đó, bơm thủy lực phải tạo được một thể tích chất lỏng công tác là V (m^3). Khi đã biết lưu lượng thực tế của bơm ta dễ dàng xác định được thời gian để quay bánh lái từ góc lái δ_1 đến δ_2 theo biểu thức:

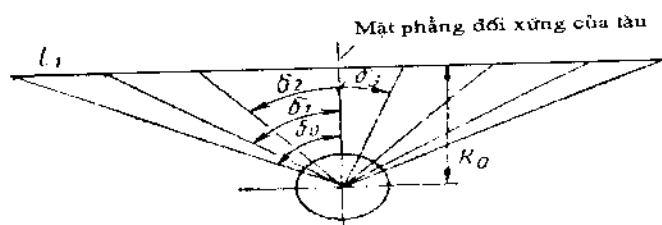
$$t = \frac{V}{Q_{tt}} \quad (s)$$

Đây chính là cơ sở lí luận để tính thời gian bẻ lái cho lái điện thủy lực.

Vậy, để tính được thời gian bẻ lái ta phải dựa vào đặc tính lưu lượng thực tế của bơm $Q_d = f(\delta)$ (xem hình 1-22). Từ đặc tính này ta thấy, lưu lượng thực tế của bơm không bằng nhau ở mọi góc bẻ lái. Do vậy, để tính chính xác thời gian bẻ lái của một chu kì, cần tiến hành các bước sau:

- Chia đặc tính $Q_d = f(\delta)$ thành 6 vùng, đánh số các vùng này từ I đến VI với các góc lái từ: $(\delta_0 \div \delta_1)$, $(\delta_1 \div \delta_2)$, ..., $(\delta_5 \div \delta_6)$ (xem hình 1-22). Cơ sở để chia vùng là ở mỗi vùng có thể coi Q_d là không đổi hoặc thay đổi tuyến tính.

- Xác định giá trị các góc bẻ lái δ_i : Đây là vùng giới hạn bởi các góc lái $\delta_0, \delta_1, \dots, \delta_6$ được tính từ mặt phẳng đối xứng (xem hình 1-26).



Hình 1-26.
Xác định giá trị góc bẻ lái.

- Xác định quãng đường piston di chuyển được trong xilanh khi bánh lái quay được một góc bằng góc lái giới hạn trong vùng phân chia (tính được các quãng đường từ $l_1 \div l_6$) theo biểu thức sau đây:

$$l_i = R_0(\operatorname{tg} \delta_{i-1} \cdot \operatorname{tg} \delta_i) \quad (\text{cm})$$

Trong đó: R_0 - Khoảng cách từ tâm của trụ lái tới trục của piston lực, cm.

- Xác định thể tích chất lỏng được bơm tới xilanh lực trong vùng góc lái phân chia theo biểu thức:

$$V_i = m \cdot \frac{\delta D^2}{4} l_i 10^{-3} \quad (\text{m}^3)$$

Trong đó: m - Số xi lanh lực.

D - Đường kính của piston lực.

- Xác định lưu lượng thực tế trung bình trong các góc giới hạn bởi vùng phân chia. Kết quả nhận được ($Q_{\text{ttb1}} \div Q_{\text{ttb6}}$).

- Tính thời gian bẻ lái cho từng góc bẻ lái giới hạn trong vùng phân chia:

$$t_i = \frac{V_i}{Q_{\text{ttb}i}} \quad (\text{s})$$

- Thời gian bẻ lái từ $(-\delta_{\max} \div +\delta_{\max})$ là:

$$t = \sum_{i=1}^6 t_i \quad (\text{s})$$

Điều kiện nghiệm : $t \leq T_{\text{ĐK}} - (2 \div 3) \quad (\text{s})$

Để tiện cho tính toán và theo dõi, ta lập thành bảng như sau:

Vùng chia góc	Góc hạn chế vùng chia	l_i (cm)	V_i (m^3)	$Q_{\text{ttb}i}$ (m^3/s)	t_i (s)
I	$\delta_0 \div \delta_1$	l_1	V_1	Q_{ttb1}	t_1
II	$\delta_1 \div \delta_2$	l_2	V_2	Q_{ttb2}	t_2
...	...	...	...	...	...
VI	$\delta_5 \div \delta_6$	l_6	V_6	Q_{ttb6}	t_6

§1-13. NGHIỆM TRẠNG THÁI PHÁT NHIỆT CHO ĐỘNG CƠ

Để nghiệm trạng thái phát nhiệt cho động cơ thực hiện ta có thể dùng ba phương pháp:

- Phương pháp xây dựng đường cong phát nhiệt.
- Phương pháp tải trung bình bình phương hoặc tải ngắn hạn lặp lại.
- Phương pháp so sánh tổn hao tương đương.

Việc lựa chọn phương pháp này hay phương pháp kia phụ thuộc vào tính chất và đặc điểm công tác của các động cơ điện trong hệ thống cụ thể.

Với hệ thống truyền động điện lái, để nghiệm phát nhiệt cho động cơ thực hiện người ta thường dùng phương pháp thứ hai và thứ ba mà không dùng phương pháp thứ nhất, bởi vì thời gian công tác của động cơ trong một chu kỳ bề lái rất nhỏ (thường được tính bằng giây) trong khi thời gian để động cơ đạt đến nhiệt độ bão hoà lại rất dài (phải từ 2 ÷ 3 giờ). Trong điều kiện như vậy, việc xây dựng đường cong phát nhiệt rất khó thực hiện.

1.13.1. Phương pháp tải trung bình bình phương

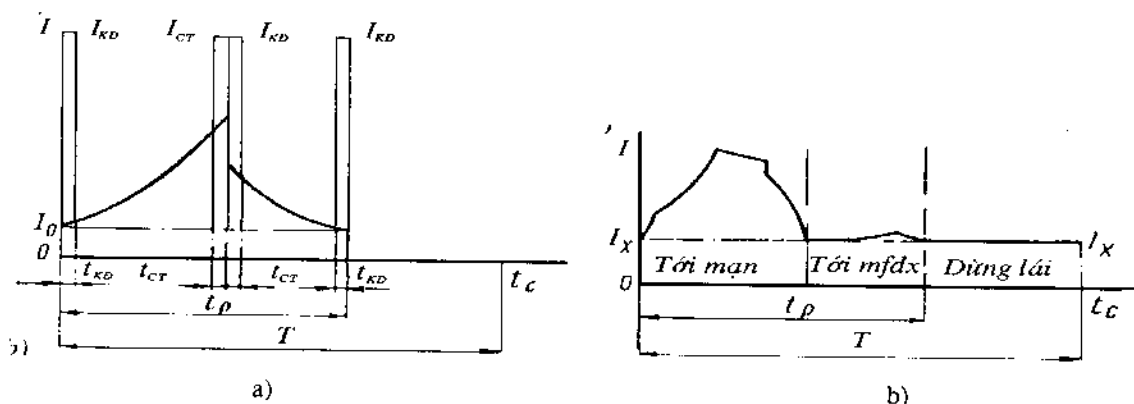
1.13.1a. Xây dựng giản đồ phụ tải

Động cơ điện bị đốt nóng bởi chính dòng điện chạy trong nó. Để nghiệm động cơ theo phương pháp tải trung bình bình phương, cần phải xây dựng được giản đồ phụ tải dưới dạng $I = \Psi(t)$.

Đối với lái điện thủy lực và lái điện cơ ta đều đã xây dựng được giản đồ năng lượng $P = f(\delta)$ và đặc tính tải $M = f(\delta)$ (xem hình 1-15, 1-21 và 1-24). Mặt khác, ta cũng đã có mối quan hệ giữa thời gian theo góc bề lái δ - hàm $t = f(\delta)$ (xem §1-12).

Từ các mối quan hệ này, dễ dàng có được giản đồ phụ tải dưới dạng $P = \Psi(t)$;

$M = \Psi(t)$. Mặt khác, từ động cơ tra được trong sổ tay kỹ thuật, với các thông số biết trước, chúng ta xây dựng được mối quan hệ $M = f(I)$ và $P = f(I)$. Từ đó ta có được giản đồ phụ tải dưới dạng $I = \Psi(t)$ (hình 1-27a, b) đối với lái điện thủy lực và lái điện cơ.



Hình 1-27. Đặc tính dòng điện công tác trong một chu kỳ bề lái

a) Đối với lái điện cơ; b) Đối với lái điện thủy lực

Khi tính toán cho hệ thống lái điện cơ, cần phải tính đến các trạng thái động - hãm, khởi động của động cơ. Khi không đòi hỏi tính chính xác cao, có thể chọn gần đúng:

- Ở chế độ khởi động: $I_{kd} = (2,0 \div 2,5) I_{dm}$
 $t_{kd} = (0,5 \div 1,0) s$

- Ở chế độ hãm động năng: $I_h = I_{kd}$
 $t_h = 0,5t_{kd}$

Thời gian của một chu kì bẻ lái là:

$$T = \frac{3600}{m}$$

Trong đó: m - Số chu kì bẻ lái trong một giờ.

Đối với lái điện thủy lực, thời gian của một chu kì bao gồm thời gian động cơ làm việc với tải trên trụ lái và khi không có tải (xem hình 1-27a, b).

1.13.1b. Nghiệm động cơ thực hiện theo điều kiện phát nhiệt

a) Đối với lái điện cơ

Với loại hệ thống này, động cơ thực hiện công tác ở chế độ ngắn hạn lặp lại. Dòng điện ngắn hạn lặp lại được tính theo biểu thức:

$$I_{ngl} = \sqrt{\frac{1}{t_{cl}} \int_0^{t_{cl}} I^2 dt} \quad (1-61)$$

Dòng điện ngắn hạn lặp lại tính theo biểu thức (1-61) có thể được tính bằng phương pháp đồ thị (bằng cách dựng giản đồ $I = \Psi(t)$ sau đó tính diện tích được bao bởi đường cong này với trục hoành) hoặc bằng phương pháp giải tích.

Thời gian đóng mạch tương đối được tính:

$$\varepsilon = \frac{t_{cl}}{T} \quad (1-62)$$

Tính quy đổi dòng điện ngắn hạn lặp lại thành dòng điện tiêu chuẩn theo hằng số thời gian đóng mạch tương đối tiêu chuẩn ε_{tc} :

$$I_{tc} = I_{ngl} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{tc}}} \quad (1-63)$$

Điều kiện nghiệm là: $I_{tc} \leq I_{dm}$

b/ Đối với lái điện thủy lực:

Trong hệ thống này, động cơ thực hiện công tác ở chế độ dài hạn với tải thay đổi. Trong trường hợp này ta phải tính dòng điện trung bình bình phương:

$$I_{tb} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2 dt} \quad (1-64)$$

Điều kiện nghiệm là:

$$I_{tb} \leq I_{dm}$$

1.13.2. Nghiệm động cơ thực hiện theo phương pháp so sánh tổn hao

Phương pháp này thường được dùng để nghiệm phát nhiệt cho động cơ thực hiện của hệ thống lái.

Điều kiện nghiệm theo phương pháp này là:

$$\begin{array}{ccc} \text{Tổn hao năng lượng khi} & & \text{Tổn hao năng lượng ở chế độ công} \\ \text{động cơ công tác dài hạn} & \geq & \text{tác thực tế trong một thời gian} \\ \text{với các thông số định mức} & & \text{xác định (thường là 1 giờ)} \end{array}$$

Người ta đưa ra điều kiện trên đây trên cơ sở coi rằng tổn hao năng lượng trong quá trình làm việc được chuyển một phần lớn thành nhiệt đốt nóng động cơ. Động cơ công tác ở chế độ định mức có nghĩa là phát nhiệt của động cơ đã nằm trong phạm vi cho phép. Vậy, nếu tổn hao năng lượng thực tế còn nhỏ hơn tổn hao ở chế độ định mức thì phát nhiệt của động cơ là hoàn toàn cho phép.

Đối với lái điện cơ, vế phải của điều kiện nghiệm bao gồm ba thành phần, đó là: tổn hao ở chế độ động (khởi động và hãm), tổn hao ở chế độ công tác bình thường và tổn hao kích từ. Đối với lái điện thủy lực, vế phải của điều kiện nghiệm chỉ có hai thành phần, đó là: tổn hao ở chế độ công tác bình thường và tổn hao kích từ mà bỏ qua tổn hao ở chế độ động vì động cơ công tác ở chế độ dài hạn, chỉ cần khởi động một lần trước khi đưa hệ thống vào làm việc.

1.13.2a. Tên gọi và các biểu thức cần dùng khi tính nghiệm.

Trong phần này ta xét đến các đại lượng gây ra sự phát nhiệt cho động cơ điện, nêu tên gọi và các biểu thức liên quan để tính toán chúng.

Tổn hao công suất thực hiện ΔP_{dm} : Tổn hao này được tính dựa vào công suất định mức của động cơ điện và hiệu suất của nó theo biểu thức:

$$\Delta P_{dm} = \frac{1 - \eta_{dm}}{\eta_{dm}} P_{dm} \quad (W) \quad (1-65)$$

Năng lượng tích lũy trong rôto của động cơ ở chế độ khởi động W_A :

Ở lái điện cơ, khi ngắt động cơ khỏi lưới điện, thường có chế độ hãm động năng. Năng lượng này được phóng qua điện trở hãm và cuộn dây rôto của động cơ. Đó cũng là một trong các thành phần năng lượng tham gia vào việc đốt nóng động cơ và được tính theo biểu thức sau:

$$W_A = \frac{J\omega^2}{2} = \frac{GD^2}{2.4g} \left(\frac{2\pi.n}{60} \right)^2 (W) \quad (1-66)$$

Trong đó: $J = m\rho^2 = GD^2/4g$ - Mômen quán tính của tất cả các phần quay quy đổi về trục động cơ, kGm^2 .

$\omega = 2\pi.n/60$ - Tốc độ góc của động cơ, radian/s.

Trong đa số các trường hợp, mômen bánh đà của các phần quay rất khó xác định. Trong tính toán, người ta cho phép lấy tổng mômen bánh đà của các phần quay bằng khoảng $(15 \div 20)\%$ mômen bánh đà của động cơ.

$$\text{Vậy: } W_A = \frac{GD^2 n^2}{7200} = (1,15 \div 1,2) \frac{GD_{dc}^2 n^2}{7200} \quad (W) \quad (1-67)$$

Hệ số trao đổi nhiệt ξ : Hệ số này đặc trưng cho sự chuyển hoá năng lượng tích lũy trong rôto của động cơ thành nhiệt đốt nóng động cơ. Hệ số này phụ thuộc vào nguyên lý xây dựng hệ thống truyền động điện lái và phụ thuộc vào phương pháp khởi động, dừng động cơ và được tính theo biểu thức :

$$\xi = \xi_{kd} + \xi_h$$

Trong đó: ξ_{kd} - Hệ số trao đổi nhiệt ở chế độ khởi động.

ξ_h - Hệ số trao đổi nhiệt ở chế độ hãm.

Với hệ thống Máy phát - Động cơ, rôto của động cơ không bị ngắt khỏi mạch, kích từ luôn có. Vì vậy, khi dừng động cơ luôn có trạng thái hãm động năng xảy ra. Năng lượng tích lũy trong rôto của động cơ mất đi một phần để thắng sức cản của ma sát (chiếm khoảng 20%). Phần còn lại được phóng qua điện trở hãm, thực hiện quá trình hãm động năng. Quá trình này sinh nhiệt đốt nóng động cơ. Trường hợp này lấy $\xi = (0,7 \div 1,0)$.

Với hệ thống cấp nguồn trực tiếp cho động cơ thực hiện: Nếu không có quá trình hãm điện, quá trình dừng động cơ xảy ra tự nhiên thì $\xi = 0$. Nếu có hãm động năng thì 80% năng lượng tích lũy trong rôto sẽ tiêu tán trên điện trở hãm và cuộn dây của rôto.

$$\text{Khi đó: } \xi_h = 0,8 - \frac{R_u}{R_u + R_h}$$

Trong tính toán, thường chọn hệ số trao đổi nhiệt $\xi = (0,2 \div 0,8)$.

Với hệ thống có động cơ thực hiện là động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc, hệ số trao đổi nhiệt ở chế độ hãm $\xi_h = 0,8$ còn hệ số trao đổi nhiệt ở chế độ khởi động $\xi_{kd} = 2,0$ (do dòng khởi động có giá trị lớn).

Tổn hao thực hiện được tính bằng biểu thức:

$$W_{th} = W_{th1} + W_{th2}$$

Tổn hao này được tính cho một chu kì bẻ lái (bao gồm cả bẻ lái thuận và bẻ lái ngược). Độ lớn của tổn hao này phụ thuộc vào kiểu truyền động điện lái và chế độ làm việc của hệ thống.

1.13.2b. Điều kiện nghiệm phát nhiệt

Đối với lái điện cơ:

$$3600\Delta P_{dm} = 2m\xi W_A + mW_{th} + 3600(1-\varepsilon)\Delta P_{kt} \quad (1-68)$$

Trong đó:

ε - Hệ số thời gian đóng mạch tương đối. Với :

$$\varepsilon = \frac{t_{ct}}{T} \quad (1-69)$$

ΔP_{kt} - Tổn hao công suất kích từ độc lập ΔP_{kt} của động cơ trong hệ thống Máy phát - Động cơ. Tổn hao này được tính ở trạng thái dừng động cơ. Khi làm việc, tổn hao này được tính vào với tổn hao thực hiện W_{th} .

Đối với lái điện thủy lực: Điều kiện để nghiệm là:

$$W_{dm} \geq mW_{th} + W_{kt} \quad (1-70)$$

Hoặc :

$$3600\Delta P_{dm} \geq m \int_0^{t_{ct}} \Delta P_{dt} + (3600 - m.t_{ct}) \Delta P_{kt} \quad (1-71)$$

Trong đó : t_{ct} - Thời gian làm việc của động cơ trong một chu kì (xem hình 1- 27b).

$$\Delta P_{kt} = \frac{1 - \eta_{kt}}{\eta_{kt}} P_{kt} \quad - \quad \text{Tổn hao công suất kích từ ở chế độ không tải}$$

Trong tính toán ta thường chọn:

$$P_{kt} = (0,15 \div 0,2) P_{dm}$$

1.13.2c. Xác định tổn hao thực hiện W_{th}

Tổn hao thực hiện W_{th} của động cơ trong một chu kì bẻ lái phụ thuộc rất nhiều vào chế độ công tác của truyền động điện lái. Có hai chế độ công tác chính của hệ thống lái, đó là:

Chế độ hành trình trong vùng nước tự do, giữ tàu đi theo một hướng đi cho trước. Ở chế độ này, góc bẻ lái thường có giá trị nhỏ và số lần bẻ lái trong một giờ có giá trị lớn.

Chế độ điều động ra vào cảng hoặc đi trong luồng lạch hẹp. Ở chế độ này, góc bẻ lái thường có giá trị lớn và số lần bẻ lái trong một giờ có giá trị nhỏ.

Ở hệ thống lái điện cơ và lái điện thủy lực, tổn hao thực hiện ở các chế độ này cũng khác nhau. Sau đây ta tính cho từng trường hợp cụ thể và với từng hệ thống.

A. Chế độ tàu được giữ theo một hướng cố định:

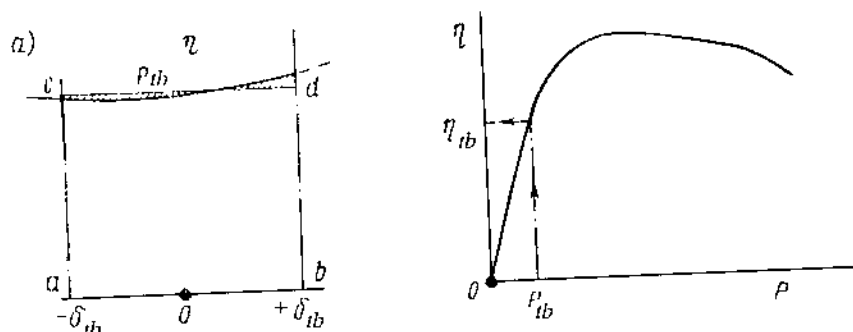
Đặc điểm của chế độ này là:

$\delta_{th} = (3 \div 8)^0$: giá trị trung bình của góc bẻ lái.

$m = 125 \div 200$: số lần bẻ lái trong một giờ.

Đối với lái điện cơ: Với góc bẻ lái nhỏ, mômen cản trên trục động cơ có giá trị nhỏ và hầu như không thay đổi. Tổn hao năng lượng thực hiện W_{th} là không đáng kể. Việc đốt nóng động cơ ở chế độ này chủ yếu do quá trình khởi động và hãm gây ra. Tổn hao

công suất có thể được tính dựa vào công suất trung bình trong chế độ này. Đặc tính mô tả giá trị công suất trung bình và hiệu suất truyền động của lái điện cơ được biểu diễn trên hình 1-28a, b.



Hình 1-28. Công suất trung bình và đặc tính hiệu suất của lái điện cơ ở chế độ giữ tàu theo hướng không đổi.

Việc tính tổn hao thực hiện W_{th1} được thực hiện theo các bước sau:

- Dựa vào đặc tính năng lượng $P = f(\delta)$ xác định giá trị công suất tiêu thụ trung bình. Với góc bẻ lái nhỏ trong phạm vi $-\delta_{ib} \div +\delta_{ib}$ dễ dàng xác định được P_{ib} .
- Từ đặc tính $\eta = (P/P_{dm})$ với giá trị P_{ib} , xác định được η_{ib} .

Khi đó:

$$W_{th1} = \frac{1 - \eta_{ib}}{\eta_{ib}} P_{ib} t_{ct} \quad (1-72)$$

Với: t_{ct} - thời gian công tác của động cơ trong một chu kỳ bẻ lái ứng với góc bẻ lái $-\delta_{ib} \div +\delta_{ib}$.

Đối với lái điện thủy lực: Ở chế độ này, với góc bẻ lái nhỏ có thể xem như động cơ làm việc ở chế độ không tải. Vì vậy, không cần phải kiểm tra trạng thái phát nhiệt của động cơ ở chế độ này.

B. Chế độ điều động:

Tính tổn hao thực hiện W_{th2} : Chế độ này được đặc trưng bằng các đặc điểm sau: $\delta_{ib} = (20 \div 30)^\circ$ và $m = 20 \div 30$. Đây là chế độ công tác nặng nề đối với động cơ thực hiện. Với góc bẻ lái lớn, mômen cản trên trụ lái có giá trị lớn, yêu cầu công suất tiêu thụ của động cơ phải lớn. Mặt khác, khi tải thay đổi thì hiệu suất của động cơ cũng thay đổi theo.

Phương pháp chung để tính tổn hao thực hiện ở chế độ này như sau:

- Xây dựng đặc tính năng lượng $P = f(\delta)$.
- Từ sổ tay kỹ thuật ta nhận được đặc tính hiệu suất: $\eta = f(P/P_{dm})$
- Dựa vào biểu thức: $\Delta P_i = \frac{1 - \eta_i}{\eta_i} P_i$ ta dựng được đặc tính: $\Delta P_i = f_7(\delta)$.

Vì tải thay đổi, giá trị tổn hao công suất và thời gian bề lái ứng với các vùng góc bề lái khác nhau sẽ khác nhau. Do vậy, tổn hao năng lượng được tính bằng biểu thức tổng quát:

$$dW = \Delta P dt$$

Do đó:

$$W_{th2} = \int_0^{t_{cl}} \Delta P dt \quad (1-73)$$

Tính tổn hao thực hiện cho lái điện cơ: Ở lái điện cơ, trục động cơ thực hiện được liên hệ cứng với trụ lái (thông qua bộ truyền động cơ khí có tỉ số truyền cố định). Việc xác định tổn hao năng lượng thực hiện W_{th2} có thể thực hiện bằng hai cách:

Cách thứ nhất:

- Dụng đặc tính: $\Delta P = f_7(\delta)$ (xem phần trên).
- Dụng đặc tính: $t = f(\delta)$ (xem §1-12).
- Từ hai đặc tính trên dựng được đặc tính: $\Delta P = \psi(t)$.

Tính tổn hao thực hiện theo biểu thức (1-73). Việc tính tích phân có thể thực hiện bằng phương pháp đồ thị như đã biết ở trên.

Cách thứ hai:

Từ biểu thức: $n = C_0 \frac{d\delta}{dt}$

Ta có: $dt = C_0 \frac{1}{n} d\delta$

Từ đó ta có: $W_{th2} = \int_0^{t_{cl}} \Delta P dt = C_0 \int_{-\delta_{tb}}^{+\delta_{th}} \frac{\Delta P}{n} d\delta \quad (1-74)$

Các bước tính cụ thể như sau:

- Dụng đặc tính $\Delta P = f_7(\delta)$
- Dụng đặc tính $n = f(\delta)$
- Từ hai đặc tính này ta có được đặc tính $\Delta P/n = f_9(\delta)$ (hình 1-29).

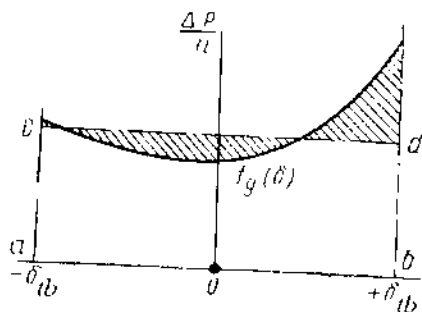
Từ đó dễ dàng tính được tổn hao thực hiện theo biểu thức sau:

$$W_{th2} = C_0 \cdot ac \cdot ab \cdot m_q \cdot m_\delta \quad (1-75)$$

Với:

m_q - tỉ lệ xích của hàm $\Delta P/n$ theo góc $[W/(v/p)mm]$.

m_δ - tỉ lệ xích góc (độ/mm).



Hình 1-29. Đồ thị xác định tổn hao thực hiện ở lái điện cơ.

Tính tổn hao thực hiện cho lái điện thủy lực: Ở hệ thống lái điện thủy lực, động cơ thực hiện liên hệ với trụ lái qua bộ truyền thủy lực. Tỷ số truyền của hệ thống không phải là giá trị cố định - $i = \text{var}$. Do vậy hệ số C_{ii} cũng là giá trị thay đổi ($C_{ii} = 60i/360$ nếu góc lái được tính bằng độ hoặc $C_{ii} = 30i/\pi$ nếu góc lái tính bằng radian). Vì vậy, tính tổn hao thực hiện cho trường hợp này được tiến hành theo các bước sau:

- Dùng đặc tính $P = f_2(\delta)$
- Từ số tay kỹ thuật có đặc tính $\eta = f(P/P_{dm})$
- Dùng đặc tính $\Delta P = f_7(\delta)$ theo biểu thức:

$$\Delta P_i = \frac{1 - \eta_i}{\eta_i} P_i$$

- Dùng đặc tính $t = f(\delta)$ (xem §1-12).
 - Dựa vào đặc tính $\Delta P = f_7(\delta)$ và $t = f(\delta)$ dựng được đặc tính $\Delta P = \psi(t)$ (xem hình 1-31).
- Từ đó tính được tổn hao thực hiện:

$$W_{th2} = \int_0^{t_{cl}} \Delta P dt$$

Theo phương pháp đồ thị với: $W_{th2} = ab.bc.m_t.m_7$

Trong đó: m_t - tỉ lệ xích trục thời gian (s/mm).

m_7 - tỉ lệ xích trục ΔP (W/mm).

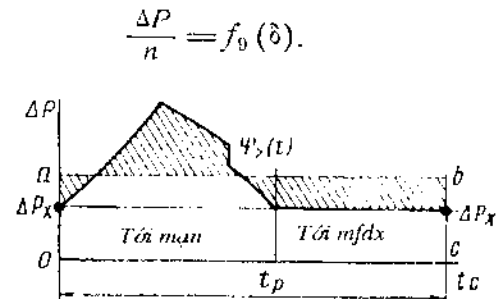
§1-14. CÁC PHƯƠNG PHÁP TẠO LẬP CHO HỆ THỐNG LÁI

Chế độ lái lập là chế độ lái trong đó vị trí của bánh lái luôn trùng với vị trí của tay điều khiển. Để làm được điều đó, một thiết bị không thể thiếu được trong hệ thống điều khiển đó là thiết bị tạo lập.

Về mặt kỹ thuật, người ta có thể tạo lập bằng nhiều phương pháp khác nhau:

- Dùng cầu cân bằng điện trở.
- Dùng xenxin làm việc ở chế độ biến áp.
- Dùng máy phát điện một chiều có cuộn kích từ mắc theo mạch vi sai.

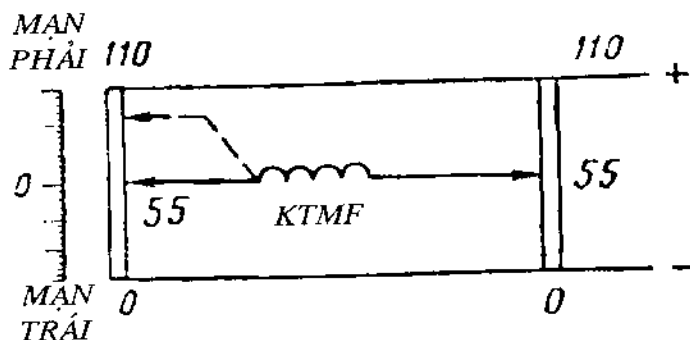
Trong thực tế, phương pháp tạo lập bằng cầu cân bằng điện trở và xenxin làm việc ở chế độ biến áp thường hay được sử dụng. Sau đây ta khảo sát cấu tạo và nguyên lý hoạt động của hai phương pháp này.



Hình 1-30. Xác định tổn hao thực hiện ở lái điện thủy lực.

1.14.1. Phương pháp tạo lập bằng cầu cân bằng điện trở

Cấu tạo (xem hình 1-31).



Hình 1-31. Tạo lập bằng cầu cân bằng điện trở

Cầu cân bằng điện trở gồm hai triết áp R_1 và R_2 hoàn toàn giống nhau về trị số, vật liệu chế tạo...Triết áp R_1 đặt ở trụ điều khiển trên buồng lái và được gọi là phần tử phát. Con chạy của nó được nối cơ khí với vô lăng lái (hoặc với tay điều khiển). Triết áp R_2 đặt ở buồng máy lái và được gọi là phần tử phản hồi (phần tử thu). Con chạy của nó được nối cơ khí với trụ lái. Nguồn nuôi cho cầu cân bằng điện trở nhất thiết phải là nguồn một chiều. Tín hiệu điều khiển được lấy từ chiết áp R_1 còn tín hiệu phản hồi được lấy từ chiết áp R_2 . Ở phương pháp này, các tín hiệu nhận được có giá trị không lớn, do vậy, chúng thường được đưa qua bộ khuếch đại trước khi đưa tới phần tử thực hiện.

Nguyên lý hoạt động: Giả thiết tay điều khiển ở vị trí 0 và bánh lái đang nằm ở vị trí mặt phẳng đối xứng của tàu. Khi tay điều khiển và bánh lái nằm ở vị trí này con chạy của chiết áp phát R_1 nằm tại điểm O_1 còn con chạy của chiết áp thu R_2 nằm ở điểm O_1' . Khi đó, điện thế tại O_1 và O_1' là như nhau. Do vậy không có dòng cân bằng chạy giữa hai điểm O_1 và O_1' . Tín hiệu điều khiển lúc này không có. Hệ thống lái không hoạt động, bánh lái chưa quay.

Giả sử cần bẻ lái về bên phải một góc α° . Quay vô lăng lái để kim chỉ thị lệnh lái tới α° phải. Khi vô lăng lái quay, con chạy của chiết áp R_1 quay theo. Kim chỉ thị ở α° phải thì con chạy của chiết áp R_1 di chuyển tới điểm O_2 . Lúc này điện thế $U_{O_2} > U_{O_1'}$, cân bằng của cầu bị phá vỡ, có dòng cân bằng chạy từ O_2 tới O_1' . Qua điện trở R nhận được tín hiệu điều khiển U_{DK} . Tín hiệu điều khiển được khuếch đại, sau đó được đưa tới phần tử thực hiện (có thể là cuộn kích từ của máy phát kích từ, cuộn van điện từ, role điều khiển...). Dưới tác động của tín hiệu điều khiển bánh lái sẽ được quay dần tới góc lái α° phải. Khi bánh lái quay, con chạy của chiết áp thu R_2 cũng quay theo. Khi bánh lái quay được tới góc lái α° phải thì con chạy của R_2 được di

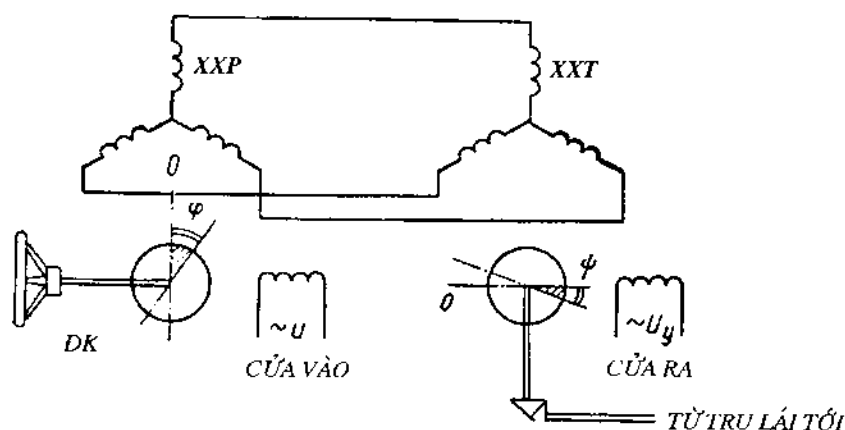
chuyển đến điểm O_2' . Tại đây, $U_{O_2} = U_{O_2}'$. Không còn dòng cân bằng chạy từ O_2 tới O_2' và do vậy, tín hiệu điều khiển mất đi. Bánh lái dừng ở góc lái α^0 phải. Quá trình lập giữa bánh lái và tay điều khiển đã được thực hiện.

Giả sử tay điều khiển đang ở vị trí không, bánh lái nằm ở mặt phẳng đối xứng của tàu, nếu muốn bẻ lái về mạn trái một góc α_1^0 độ nào đó. Quay tay điều khiển sang trái để kim chỉ thị góc lệch lái đến α_1^0 trái. Con chạy của chiết áp R_1 di chuyển đến điểm O_3 . Khi đó, $U_{O_3} < U_{O_1}'$. Có dòng cân bằng chạy từ O_1' tới O_3 (dòng cân bằng có chiều ngược với khi bẻ lái sang phải). Tín hiệu điều khiển đổi dấu. Qua hệ thống điều khiển, bánh lái được quay sang trái dẫn tới góc lái α_1^0 trái (bằng góc lệch lái), con chạy của chiết áp R_2 di chuyển tới O_3' . Tại đó: $U_{O_3} = U_{O_3}'$, Dòng cân bằng bằng không, tín hiệu điều khiển mất đi. Bánh lái dừng ở góc lái α_1^0 trái.

Ở phương pháp tạo lập bằng cầu cân bằng điện trở tín hiệu điều khiển thường có giá trị nhỏ. Vì vậy, tín hiệu này cần phải được khuếch đại trước khi đưa tới phần tử thực hiện. Phần tử khuếch đại có thể là khuếch đại điện cơ (máy điện khuếch đại từ trường ngang, máy phát kích từ cho máy phát chính trong hệ thống máy phát động cơ...) hoặc khuếch đại bán dẫn (trong các hệ thống lái điện thủy lực GYLOT, ARKASS, HOKUSHIN,...)

1.14.2. Tạo lập bằng xenxin làm việc ở chế độ biến áp.

Để tạo tín hiệu lập bằng xenxin, ta dùng hai xenxin mắc theo mạch như hình 1-32.



Hình 1.32

Trong đó:

- XXP: là xenxin phát. Xenxin này được đặt trong trụ điều khiển trong buồng lái. Rôto của nó được liên hệ cơ khí với vô lăng lái. Khi quay vô lăng lái thì rôto của xenxin phát sẽ quay theo. Cuộn kích từ (cuộn dây một pha) của xenxin này được cấp điện từ lưới điện của tàu.

- XXT: là xenxin thu. Rôto của xenxin này được nối cơ khí với trụ lái. Khi bánh lái quay thì rôto của xenxin thu cũng quay theo. Cuộn một pha của xenxin thu sẽ cho ra tín hiệu điều khiển U_{DK} . Cuộn dây ba pha của xenxin phát và xenxin thu được mắc theo các pha tương ứng với nhau.

Để tạo được trạng thái lập, ở trạng thái ban đầu, khi vị trí của tay điều khiển và vị trí của bánh lái trùng nhau thì trục từ trường của rôto xenxin thu và rôto xenxin phát phải trùng nhau (nếu là xenxin có cực tiếp xúc) hoặc lệch nhau một góc 90^0 (nếu là xenxin không cực tiếp xúc). Ở trạng thái này, khi đưa nguồn xoay chiều vào cuộn một pha của xenxin phát, ở cuộn một pha của xenxin thu không có điện áp ra ($U_{DK} = 0$) vì:

$$U_{DK} = U_{\max} \sin \theta = U_{\max} \sin (\varphi - \psi) \quad (1-76)$$

Trong đó: θ - góc lệch trục từ trường rôto xenxin phát và xenxin thu.

Từ (1-76) ta thấy: tín hiệu điều khiển U_{DK} có độ lớn và pha phụ thuộc vào giá trị và dấu của góc θ . Điều đó cũng có nghĩa là U_{DK} có độ lớn và pha phụ thuộc vào độ lớn của góc lệnh lái và hướng bẻ lái.

Cần phải lưu ý rằng, tín hiệu điều khiển nhận được từ phương pháp tạo lập bằng xenxin là tín hiệu xoay chiều có độ lớn và pha thay đổi. Tín hiệu này cần phải được xử lý trước khi được khuếch đại. Để có tín hiệu điều khiển một chiều có dấu thay đổi theo pha của U_{DK} , người ta sử dụng các thiết bị tạo lập phụ - các bộ nắn điện, khuếch đại nhảy pha (xem ví dụ minh hoạ ở §1-14).

1.14.3. Phương pháp tạo lập ở hệ thống thủy lực.

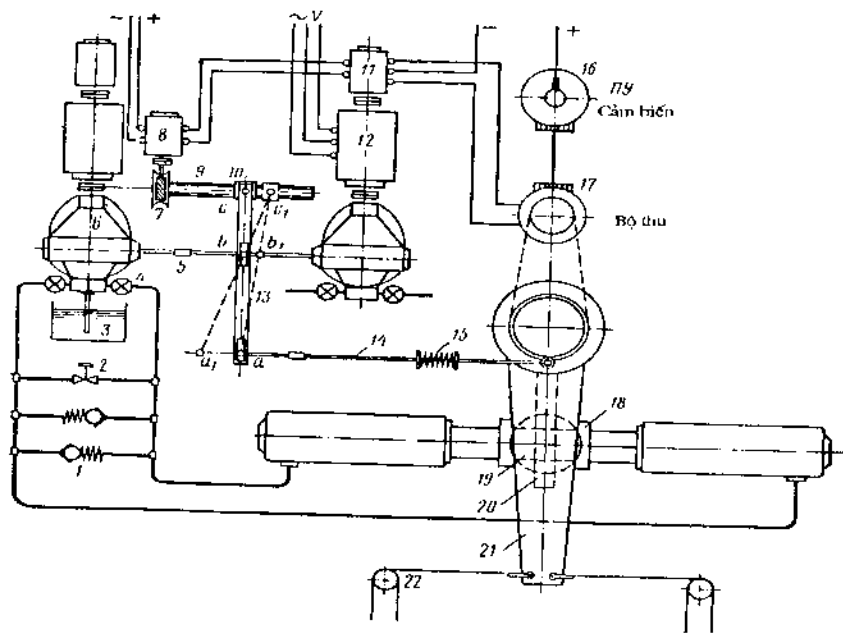
Trong hệ thống lái điện thủy lực sử dụng bơm thủy lực có lưu lượng thay đổi (bơm biến lượng) nhất thiết phải có thiết bị tạo lập thủy lực. Khi có tín hiệu điều khiển, tâm bơm được dịch về phía này hay phía kia phù hợp với chiều bẻ lái. Bơm cho lưu lượng ở cửa ra để động cơ thủy lực làm quay bánh lái. Khi bánh lái đã quay được một góc bằng góc lệnh lái, thiết bị tạo lập điện sẽ triệt tiêu tín hiệu điều khiển. Lúc này đòi hỏi tâm bơm phải được đẩy về vị trí chính tâm, để lưu lượng của bơm bằng 0. Điều này được thực hiện nhờ thiết bị tạo lập thủy lực.

Một trong các thiết bị tạo lập được mô tả ở hình 1-33.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống như sau: Khi vị trí của tay điều khiển và vị trí của bánh lái trùng nhau, thanh truyền điều khiển vành định tâm của bơm 13 nằm ở vị trí abc. Vành định tâm nằm ở chính tâm. Lưu lượng ở cửa ra của tâm bơm biến lượng 6 bằng 0.

Khi có tín hiệu điều khiển được phát đi phần tử phát lệnh lái 16, phần tử thu tín hiệu điều khiển lái 17 sẽ chuyển tới máy phát 11 (tín hiệu điều khiển được đưa tới cuộn kích từ mắc theo mạch vi sai của máy phát này). Máy phát 11 có điện áp ra. Điện áp này đặt vào động cơ trợ động 8. Động cơ 8 quay làm quay vít vô tận 7, 9. Trục 9 quay làm con

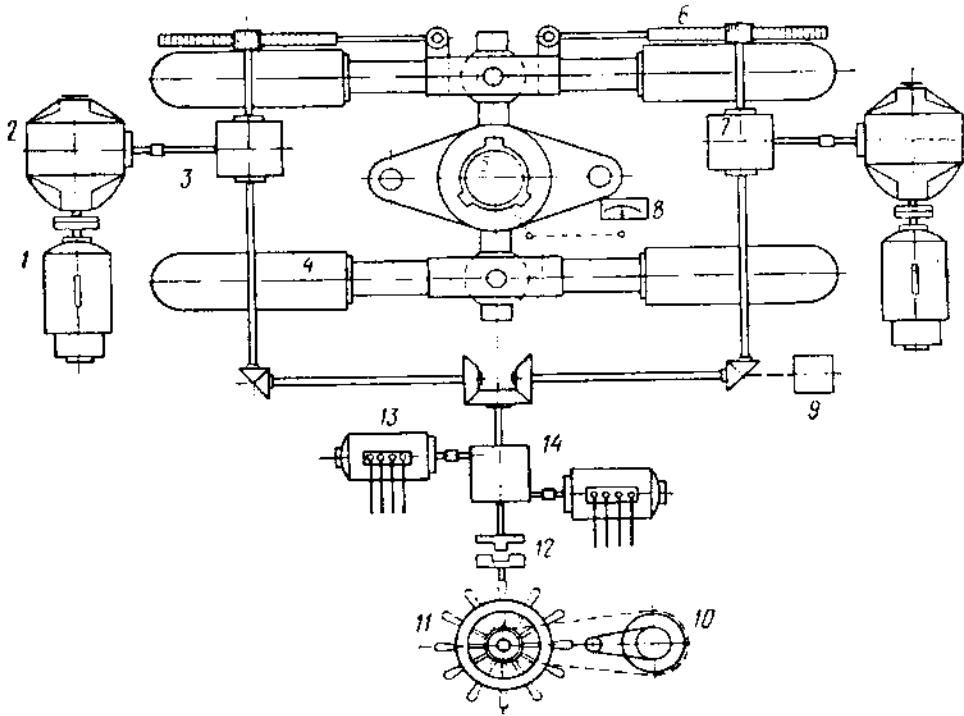
chạy 10 đi chuyển. Điểm c của thanh truyền 13 được di chuyển đến điểm c_1 . Khi đó thanh truyền nằm ở vị trí ab_1c_1 . Kết quả là vành định tâm của bơm đã bị dịch đi một khoảng là bb_1 . Bơm 6 cho lưu lượng chất lỏng công tác ở cửa ra. Động cơ thủy lực hoạt động làm bánh lái bắt đầu quay. Khi trụ lái quay, qua thanh truyền phản hồi 14 điểm a được di chuyển dần đến a_1 .



Hình 1-33. Hệ thống tạo lập thủy lực trong lái điện thủy lực với vít vô tận

Khi bánh lái quay được góc lái bằng góc lệnh lái thì thanh truyền điều khiển 13 được di chuyển đến vị trí a_1bc_1 . Khi đó vành định tâm của bơm 6 được đưa lại vị trí chính tâm. Lưu lượng ở cửa ra của bơm 6 bằng 0. Động cơ thủy lực ngừng hoạt động. Như vậy, nhờ thiết bị tạo lập thủy lực đồng thời với sự triệt tiêu của tín hiệu điều khiển (U_{DK} - xem mục 1-14-1 và 1-14-2), bơm thủy lực cũng không cho lưu lượng ở cửa ra khi bánh lái đã lập đúng lệnh lái.

Hình 1-34 mô tả một thiết bị lập thủy lực có kết cấu khác. Trong hệ thống này việc tạo lập được thực hiện nhờ hộp bánh răng vi sai 7. Khi có tín hiệu bẻ lái, động cơ trợ động 13 quay, qua hệ thống truyền động (gồm các bánh răng hình nón), làm bánh răng chủ động của hộp bánh răng vi sai 7 chuyển động, làm dịch chuyển cần điều khiển vành định tâm của bơm biến lượng. Bơm cho lưu lượng ở cửa ra. Dầu thủy lực được đưa tới các xi lanh lực 4 làm quay bánh lái. Khi piston lực di chuyển làm quay bánh lái, thanh răng 6 chuyển động theo làm bánh răng bị động của hộp bánh răng vi sai quay theo, cần điều khiển vành định tâm bơm di chuyển theo chiều ngược lại. Khi góc lái bằng góc lệch lái, vành định tâm trở về vị trí chính tâm. Khi đó, lưu lượng ở cửa ra của bơm bằng 0, bánh lái ngừng quay.



Hình 1-34. Hệ thống tạo lặc thủy lực bằng bánh răng vi sai.

§1-15. HỆ THỐNG LÁI ĐƠN GIẢN

Chế độ lái đơn giản là chế độ lái có ở tất cả các hệ thống lái. Hệ thống này sẽ được sử dụng khi hệ thống lái lập và hệ thống lái tự động không còn khả năng hoạt động.

Ở chế độ lái đơn giản, vị trí của bánh lái không phụ thuộc vào vị trí của tay điều khiển. Khi tay điều khiển chưa ở vị trí 0, bánh lái còn quay, vị trí của bánh lái được chỉ thị qua thiết bị chỉ báo góc lái với độ chính xác từ $1 \div 2,5^\circ$ (tùy thuộc vào độ lớn của góc lệnh lái).

Ở chế độ lái này, động cơ thực hiện (nếu là lái điện cơ) và động cơ trợ động điều khiển vành định tâm của bơm biến lượng (nếu là lái điện thủy lực) hoạt động ở chế độ ngắn hạn lặp lại.

Điều khiển hoạt động của hệ thống có thể là tay điều khiển hoặc nút bấm điều khiển kết hợp với trạm từ.

1.15.1. Các phân tử bảo vệ và báo động

Theo quy định của Đăng kiểm, hệ thống lái đơn giản nói riêng và hệ thống lái nói chung được quy định về các hình thức bảo vệ và báo động như sau:

Bảo vệ ngắn mạch: Khi hệ thống bị ngắn mạch, cầu dao tự động cấp nguồn cho hệ thống phải nhanh chóng tác động, cắt hệ thống khỏi lưới điện giá trị dòng ngắt:

- Với nguồn điện một chiều: $3I_{dm} < I_{ng} < 4I_{dm}$

- Với nguồn điện xoay chiều: $I_{ng} \geq 1,25I_{kd}$

Trong đó: I_{ng} : Giá trị dòng ngắt của cầu dao tự động

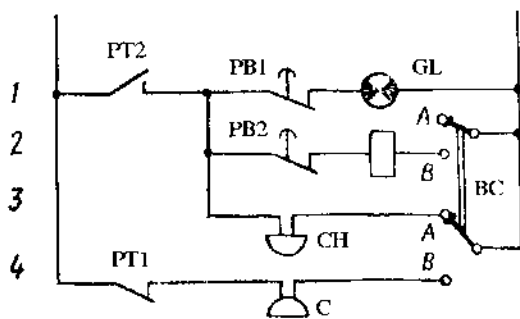
I_{dm} : Giá trị dòng định mức của động cơ cần bảo vệ

I_{kd} : Dòng điện khởi động của động cơ

Để bảo vệ ngắn mạch cho mạch điều khiển, ta có thể dùng cầu chì.

Báo động: Theo quy định, khi động cơ thực hiện của hệ thống lái bị quá tải thì động cơ không bị ngắt khỏi nguồn cấp. Trạng thái quá tải phải được thông báo cho người điều khiển biết qua hệ thống báo động bằng âm thanh và ánh sáng.

Một trong các phần tử báo động quá tải được mô tả ở hình 1-35. Ở chế độ công tác bình thường, công tắc BC để ở vị trí A, khi động cơ thực hiện không bị quá tải, tiếp điểm PT_2 mở, tiếp điểm PT_1 đóng. Chuông CH không kêu và đèn GL không sáng. Khi động cơ thực hiện bị quá tải, tiếp điểm của rơle nhiệt PT_2 đóng lại còn tiếp điểm PT_1 mở ra. Đèn GL sáng và chuông CH kêu báo hệ thống đang bị quá tải. Khi nhận được tín hiệu này, người sử dụng bật công tắc BC về vị trí B. Chuông CH ngừng kêu, rơ le thời gian PB có điện làm mở các tiếp điểm PB_1 và PB_2 làm đèn GL tắt và rơ le PB lại mất điện. Sau một thời gian trễ, các tiếp điểm PB_1 và PB_2 lại đóng lại, đèn GL lại sáng và cuộn hút của rơ le PB lại có điện. Các tiếp điểm PB_1 và PB_2 lại mở ra... quá trình cứ thế lặp đi lặp lại, đèn GL sẽ sáng nhấp nháy khi hệ thống vẫn còn bị quá tải. Nếu người sử dụng có biện pháp xử lý, loại trừ được quá tải cho hệ thống, các tiếp điểm PT_2 mở ra còn PT_1 sẽ đóng lại. Đèn GL tắt và còi con ve C kêu báo hiệu hệ thống đã hết quá tải. Người sử dụng bật công tắc BC về vị trí A, chuông con ngừng kêu. Thiết bị trở lại trạng thái ban đầu, sẵn sàng báo động nếu hệ thống lái bị quá tải.

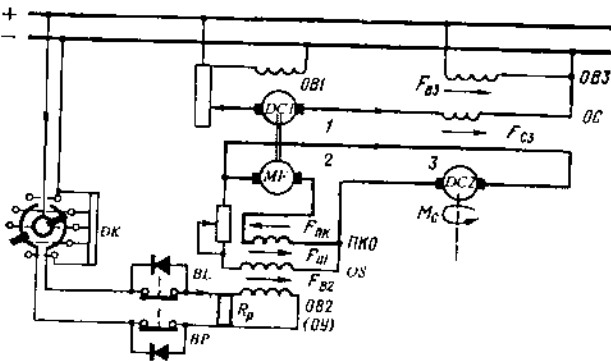


Hình 1-35. Thiết bị bảo vệ quá tải

1.15.2. Khảo sát một hệ thống lái điện cơ đơn giản.

Hệ thống được mô tả ở hình 1-36. Đây là hệ thống máy phát động cơ với động cơ sơ cấp $ĐC_1$, máy phát MF và động cơ thực hiện là $ĐC_2$. Động cơ thực hiện $ĐC_2$ là động cơ điện một chiều kích từ độc lập với cuộn kích từ là OB_1 . Động cơ này còn có cuộn bù dòng OC có từ trường cùng chiều với từ trường của cuộn OB_1 . Máy phát MF có ba cuộn dây. Cuộn kích từ độc lập OB_2 , cuộn kích từ song song OS và cuộn bù ngược $ΠK0$. Trong đó, cuộn OB_2 và cuộn OS có từ trường cùng chiều còn cuộn $ΠK0$ có từ trường

luôn ngược với chiều từ trường của hai cuộn trên. Tay điều khiển ĐK sẽ điều khiển hoạt động của hệ thống bằng cách thay đổi kích từ của máy phát (cả về độ lớn và chiều). BL và BP là các ngắt cuối trái và phải.



Hình 1-36. Hệ thống lái điện cơ đơn giản

Quá trình trên có thể tóm tắt như sau:

$$M_c \uparrow$$

$$M_q < M_c$$

$$n_{DC2} \downarrow$$

$$E_{DC2} \downarrow$$

$$I \uparrow$$

$$F_{\Pi K0} \uparrow$$

$$F_{MF} \downarrow = F_{OB2} = F_{\Pi K0}$$

$$\phi_{MF} \downarrow$$

$$E_{MF} \downarrow$$

$$U_{DC2} \downarrow$$

$$\downarrow n = (U_{DC2} - I \sum R_u) / C \phi_{DC2}$$

Đây là hệ thống đặc trưng điển hình. Tùy theo ý đồ của người thiết kế, bằng cách thay đổi việc sử dụng các cuộn dây kích từ của MF và ĐC₂ mà ta có các hệ thống lái đơn giản khác nhau (xem hình sau):

Họ	Hình thức thực hiện	Sử dụng các cuộn dây				
		OB ₂	OS	ΠK0	OB ₃	OC
a	Bình thường	x			x	
b	Máy phát - động cơ có bù dòng	x			x	x
c	Máy phát - động cơ có bù ngược ΠK0	x		x	x	
d	Hỗn hợp	x		x	x	x
e	Máy phát - động cơ với máy phát 3 cuộn dây	x	x	x	x	

Các hệ thống này có họ đặc tính cơ được thể hiện ở hình 1-37a, b, c, d, e. Các đặc tính này được xây dựng từ phương trình đặc tính cơ của động cơ điện một chiều.

Ta có thể phân tích một trong số các hệ thống nêu trên làm ví dụ. Ta chọn hệ thống máy phát động cơ có cuộn bù ngược ΠK0 (họ đặc tính c).

Ở hệ thống này, động cơ thực hiện ĐC₂ có một cuộn kích từ OB₃. Máy phát có cuộn kích từ độc lập OB₂, cuộn kích từ song song OS và cuộn bù ngược ΠKO (cuộn dòng điện). Sức từ động tổng của MF là:

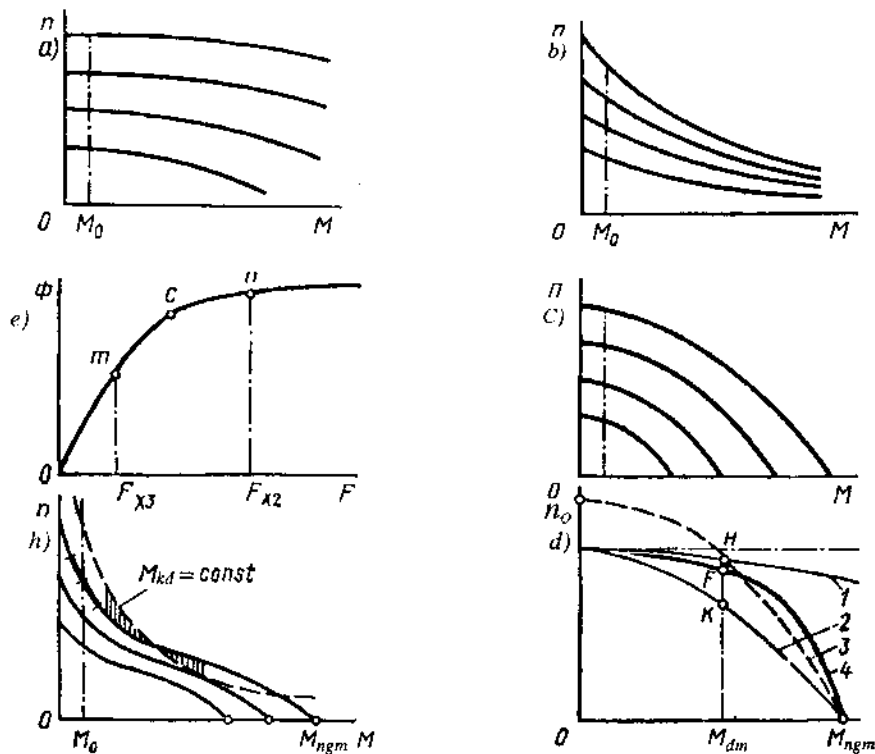
$$F_2 = F_{OB2} + F_{OS} - F_{\Pi KO}$$

Theo tính toán thiết kế, khi động cơ hoạt động ở trạng thái tải nhỏ hơn hoặc bằng định mức, từ trường tổng của máy phát chủ yếu do OB₂ quyết định. Trong vùng công tác, đặc tính $n = f(M)$ khá cứng. Khi vì một lý do nào đó, tải của hệ thống tăng lên vượt quá định mức, sẽ làm tốc độ của động cơ ĐC₂ giảm đi. Vì tốc độ của ĐC₂ giảm nên E_{DC2} giảm.

Dòng điện chạy trong mạch chính của máy phát động cơ tăng lên. Khi đó F_{ΠKO} tăng lên làm sức từ động tổng của máy phát MF giảm đi. Từ đó E_{MF} giảm, dẫn đến điện áp đặt vào động cơ ĐC₂ giảm. Kết quả là tốc độ của động cơ ĐC₂ tiếp tục giảm nhanh... phản ứng cứ thế tiếp diễn. Nếu tải trên trục động cơ tiếp tục tăng, động cơ sẽ có nguy cơ dừng dưới điện (xem hình 1-37c).

Khi động cơ thực hiện bị dừng dưới điện, từ thông kích từ của máy phát đã bị yếu đi rất nhiều, do đó dòng điện ngắn mạch đã được hạn chế đáng kể.

Người ta tính toán chọn cuộn ΠKO như thế nào đó để dòng điện ngắn mạch chỉ nằm trong giới hạn: $I_{ng} = (2 \div 2,5)I_{dm}$. Với ưu điểm như vậy, ở hệ thống lái điện cơ đơn giản người ta thường dùng hệ thống máy phát động cơ có cuộn bù ngược ΠO.



Hình 1-37. Các dạng đặc tính cơ

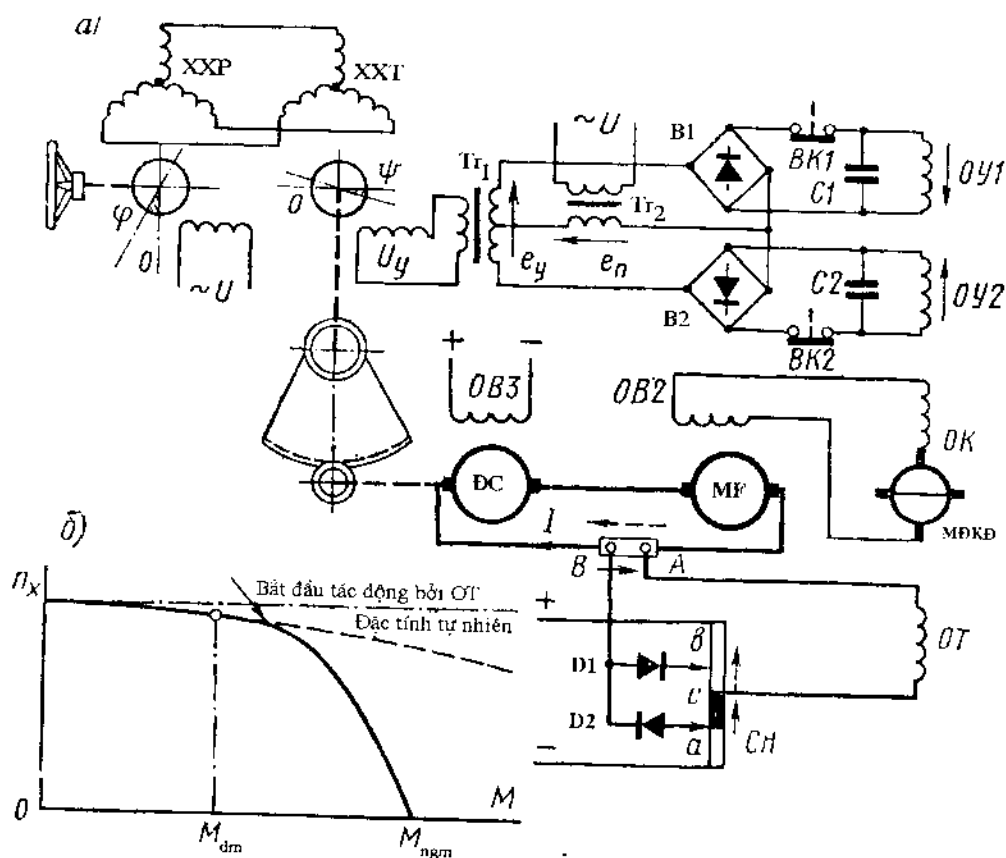
§1-16. HỆ THỐNG LÁI LẤP.

Chế độ lái lặp là chế độ lái trong đó vị trí của bánh lái luôn trùng lặp với vị trí tay điều khiển. Ở chế độ này, thiết bị chỉ báo góc lái giúp người điều khiển kiểm tra được vị trí thực của bánh lái với góc lệch lái.

Sau đây ta tìm hiểu cấu tạo, nguyên lý hoạt động của một vài hệ thống lái lập làm ví dụ.

1.16.1. Hệ thống lái lập điện cơ với hệ thống máy phát động cơ có khâu ngắt dòng

Sơ đồ nguyên lý của hệ thống được trình bày ở hình 1-38.



Hình I-38. a) Hệ thống lái lặp điện cơ;

b) Đặc tính cơ của động cơ thực hiện

Tạo lập cho hệ thống là cặp xen xin không cực tiếp xúc làm việc ở chế độ biến áp, trong đó xen xin phát XXP có rôto nối cơ khí với tay điều khiển, còn xen xin thu XXT có rôto nối cơ khí với trụ lái. Tín hiệu điều khiển Uy được lấy từ cuộn một pha của XXT. Thiết bị tạo lập phụ gồm biến áp nhảy pha Tr_1 , biến áp phụ trợ Tr_2 và các cầu nắn điện B_1, B_2 . Khuếch đại tín hiệu điều khiển được thực hiện bởi máy điện

khuếch đại từ trường ngang MĐKĐ có 3 cuộn điều khiển ngoài cuộn bù OK. Trong đó, hai cuộn điều khiển chính OY_1 và OY_2 có từ trường luôn ngược nhau (nhờ cách mắc hai cuộn dây). Cuộn OT là cuộn dòng điện có tác dụng tạo dạng đặc tính cơ có dạng "đào đất" cho động cơ thực hiện, nhằm hạn chế dòng ngắn mạch, khi động cơ bị dừng dưới điện. Cuộn OT có từ trường luôn ngược với từ trường tổng của hai cuộn điều khiển chính OY_1 và OY_2 .

Máy phát MF có kích từ độc lập với cuộn kích từ OB_2 nhận nguồn cấp từ máy điện khuếch đại. Động cơ thực hiện ĐC là động cơ một chiều kích từ độc lập với cuộn kích từ OB_1 . Khâu ngắt dòng được tạo bởi điện trở CH, các diôt D_1 , D_2 và một nguồn nuôi độc lập một chiều U_n . Cuộn dòng OT chỉ có dòng chạy qua khi điện áp rơi trên điện trở sun U_{AB} (hoặc U_{BA} tùy thuộc vào chiều dòng điện trong mạch máy phát động cơ) lớn hơn U_{ca} hoặc U_{bc} (gọi là điện áp so sánh U_{ss}). Khi dịch chuyển các điểm a, b tức là thay đổi được U_{ss} , cũng có nghĩa là thay đổi được thời điểm xuất hiện ảnh hưởng của từ trường cuộn bù dòng trong từ trường tổng của máy điện khuếch đại. Khi có dòng điện chạy qua OT, từ trường của OT sẽ khử bớt từ trường tổng của MĐKĐ làm giảm sức điện động của nó. Kích từ của máy phát giảm làm điện áp của MF giảm xuống, đặc tính cơ của động cơ bắt đầu gục xuống (xem 1-38b). Khi tải của động cơ thực hiện càng lớn, ảnh hưởng của cuộn OT càng mạnh, đặc tính cơ của động cơ càng hạ thấp xuống. Nhờ có tác dụng của khâu ngắt dòng, khi động cơ thực hiện bị dừng dưới điện, dòng điện dừng được giới hạn ở giá trị cho phép (khoảng $2,0 \div 2,5 I_{dm}$).

Nguyên lý hoạt động của hệ thống có thể tóm tắt như sau: Giả sử tay điều khiển đang ở vị trí 0 và bánh lái đang ở mặt phẳng đối xứng của tàu trục từ trường rôto xen xin thu và xen xin phát đều ở cùng một vị trí và lệch tương đối với nhau một góc 90° . Khi đó $U_g = U_m \cdot \sin(\varphi - \psi) = 0$. Điện áp đặt vào hai cuộn chỉnh lưu B_1 và B_2 có giá trị bằng nhau (bằng điện áp thứ cấp của biến áp Tr_2). Vì vậy, điện áp một chiều sau chỉnh lưu đặt vào hai cuộn điều khiển OY_1 và OY_2 bằng nhau. Máy điện khuếch đại không có kích từ do từ trường của hai cuộn OY_1 và OY_2 khử nhau nên không phát điện. Không có dòng kích từ qua cuộn kích từ độc lập OB_2 nên máy phát không phát điện. Động cơ thực hiện không quay, bánh lái đứng yên ở mặt phẳng đối xứng của tàu.

Khi cần quay bánh lái sang phải một góc α^0 , ta quay vô lăng lái để kim chỉ thị góc lệnh lái tới α^0 phải, rôto xenxin phát XXP quay được một góc φ_1^0 . Ở cuộn một pha của xenxin thu XXT có tín hiệu điều khiển U_y . Qua biến áp Tr_1 có nguồn điều khiển e_y . Giả sử rằng sau khi bẻ lái sang phải, sức điện động e_y và e_n cùng pha với nhau (khi bẻ lái trái chúng sẽ ngược pha), đi theo mạch vòng kín, cuộn chỉnh lưu B_1 có nguồn nạp là tổng của e_y và e_n . Kết quả là điện áp đặt vào cuộn OY_1 lớn hơn điện áp đặt vào cuộn OY_2 .

Từ trường tổng của máy điện khuếch đại:

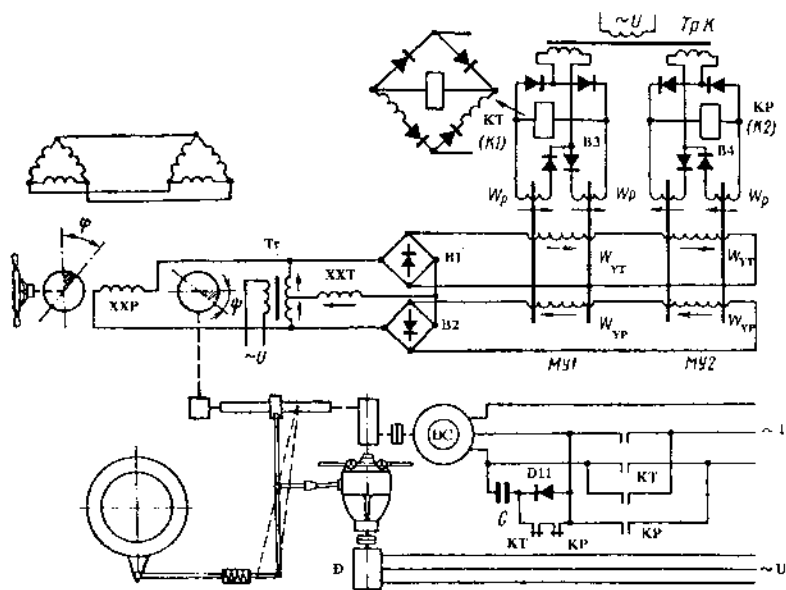
$$\phi_1 = \phi_{OY1} - \phi_{OY2} \neq 0$$

Máy điện khuếch đại được kích từ để tạo ra điện áp có dấu phù hợp với chiều quay của động cơ làm bánh lái quay sang phải. Bánh lái quay, rôto của xenxin XXT cũng quay theo. Khi bánh lái quay đi được 1 góc $\psi_1 = \varphi_1$. Tín hiệu điều khiển $U_y = 0$, hệ thống trở lại trạng thái như khi bánh lái trùng vị trí với tay điều khiển. Máy điện khuếch đại không phát điện, máy phát không phát điện và động cơ thực hiện ngừng quay.

Khi phát lệnh quay bánh lái sang trái tín hiệu điều khiển nhận được ở một cuộn pha của XXT đảo pha. Qua biến áp nhảy pha Tr_1 và biến áp nguồn Tr_2 nguồn nạp cho cầu B_2 được cộng e_y và e_n còn nguồn nạp cho cầu B_1 được trừ e_y và e_n . Máy điện khuếch đại được điều khiển để phát ra điện áp cấp cho kích từ của máy phát làm MF phát điện cấp cho động cơ làm quay bánh lái sang trái...

Các tụ C_1, C_2 là các tụ lọc; BK_1 và BK_2 và các ngắt cuối.

1.16.2. Hệ thống lái lập điện thủy lực.



Hình 1-39. Sơ đồ nguyên lí của hệ thống lái lập điện thủy lực

Để điều khiển vành định tâm của bơm biến lượng người ta sử dụng động cơ trợ động DC. Đây là loại động cơ dị bộ ba pha công suất nhỏ (chỉ khoảng 0,5KW) có thực hiện hãm động năng để dừng nhanh động cơ. Điều khiển hoạt động của động cơ trợ động DC là hai khuếch đại từ trái MY_1 và phải MY_2 với các công tắc tơ phải KP và công tắc tơ trái KT. Khuếch đại từ MY được dùng trong hệ thống là loại khuếch đại có 5 cuộn điều khiển và hai cuộn công tác. Trong hệ thống này, mỗi khuếch đại từ chỉ dùng hai cuộn điều khiển W_{yp} và W_{yt} mắc theo mạch vi sai. Hai cuộn dây công tác W_p được mắc trong các nhánh cầu chỉnh lưu B_3, B_4 để điều khiển việc cấp nguồn cho các công tắc tơ KT và KP. Ở khuếch đại từ MY_1 , từ trường của cuộn điều khiển trái W_{yt} cùng chiều

với từ trường của cuộn công tác W_p còn ở MY_2 thì ngược lại. Tạo lập cho hệ thống là cặp xen xin phát XXP và xen xin thu XXT làm việc ở chế độ biến áp. Thiết bị tạo lập phụ gồm biến áp nhảy pha Tr và hai cầu chỉnh lưu B_1, B_2 . Trong hệ thống có thiết bị tạo lập thủy lực (cấu tạo và nguyên lý hoạt động của thiết bị này xem mục 1-14-3).

Khi vị trí của tay điều khiển và vị trí của bánh lái trùng nhau, cuộn một pha của xen xin thu không có tín hiệu điều khiển, $U_Y = 0$. Hai cầu chỉnh lưu B_1, B_2 nhận nguồn nạp như nhau từ biến áp nhảy pha Tr đưa tới. Dòng chạy qua các cuộn điều khiển W_{YT} và W_{YP} của các khuếch đại từ MY_1 và MY_2 bằng nhau. Do vậy, từ trường của chúng khử hết nhau. Các khuếch đại từ MY_1 và MY_2 ở trạng thái không điều khiển, dòng qua các cuộn công tác nhỏ. Các công tác tơ KT và KP không làm việc, động cơ trợ động không quay, bơm thủy lực không cho lưu lượng ra, bánh lái nằm yên ở vị trí ban đầu.

Giả sử quay tay điều khiển tới α^0 phải, rôto của xenxin phát quay được 1 góc là φ^0 . Khi đó ở cuộn một pha của xenxin thu có U_Y . Nhờ biến áp nhảy pha, nguồn nạp cho cầu chỉnh lưu B_2 lớn hơn nguồn nạp của cầu chỉnh lưu B_1 . Vì vậy, dòng chạy qua cuộn điều khiển lái phải của cả hai khuếch đại từ lớn hơn dòng điện chạy qua cuộn điều khiển lái trái. Ở khuếch đại từ MY_1 , từ trường điều khiển là từ trường của cuộn điều khiển phải W_{YP} . Do vậy MY_1 bị khử từ, dòng qua cuộn công tác giảm, role KT không làm việc. Ngược lại, ở khuếch đại từ MY_2 từ trường điều khiển là từ trường của cuộn W_{YP} và nó được trợ từ. Dòng qua cuộn công tác tăng lên, role KP làm việc, đóng tiếp điểm KP của nó để cấp điện cho động cơ trợ động, làm dịch tâm bơm theo hướng cho chất lỏng công tác tác động làm bánh lái quay sang trái. Khi động cơ trợ động quay, rôto của xen xin thu quay theo, khi $\psi = \varphi$ thì $U_Y = 0$. Hệ thống điều khiển trở lại trạng thái như khi vị trí của tay điều khiển và vị trí của bánh lái trùng nhau, role KP thôi làm việc, tiếp điểm KP trong mạch động cơ trợ động mở ra, cắt nguồn đưa tới động cơ, tiếp điểm KP trong mạch hãm động năng đóng lại, tụ C phóng điện qua 2 pha động cơ trợ động, thực hiện quá trình hãm động năng làm dừng nhanh động cơ. Khi bánh lái quay được góc lái bằng α^0 phải (phù hợp với ψ^0 của rôto xenxin thu), thiết bị lập thủy lực sẽ đưa vành định tâm về chính tâm, bơm thủy lực không cho lưu lượng ra, động cơ thủy lực ngừng hoạt động, bánh lái ngừng quay.

Khi có lệnh bẻ lái sang trái sang trái, hệ thống hoạt động tương tự như trên, khi đó khuếch đại từ MY_1 được trợ từ và MY_2 bị khử từ. Công tác tơ KT làm việc để cấp nguồn cho động cơ trợ động quay theo chiều ngược lại...

§1-17. HỆ THỐNG LÁI ĐIỆN THỦY LỰC

1.17.1. Ưu nhược điểm của hệ thống lái điện thủy lực

a) Ưu điểm

- Có mômen quay lớn (có thể đạt tới 40.000KN.m)

- Trọng lượng và kích thước trên một đơn vị diện tích nhỏ.
- Tỷ số truyền của hệ thống lớn và dễ thay đổi.
- Các cơ cấu công tác được bôi trơn bằng chính dầu thủy lực, do đó giảm được độ mài mòn cơ khí, tăng tuổi thọ cho thiết bị.
- Việc bảo vệ quá tải cho hệ thống được thực hiện dễ dàng, tin cậy.
- Có độ dự trữ và độ tin cậy cao.
- Dễ dàng thực hiện quá trình tự động hoá hệ thống.
- Hiệu suất sử dụng cao.

b) Nhược điểm

- Khó khăn trong chế tạo, lắp đặt và chỉnh định ban đầu.
- Có yêu cầu cao về chủng loại và chất lượng dầu thủy lực.

1.17.2. Các loại bơm thủy lực và động cơ thủy lực thường dùng trong hệ thống lái điện thủy lực.

a) Các loại bơm thủy lực

Có hai loại bơm thủy lực thường được dùng trong hệ thống lái:

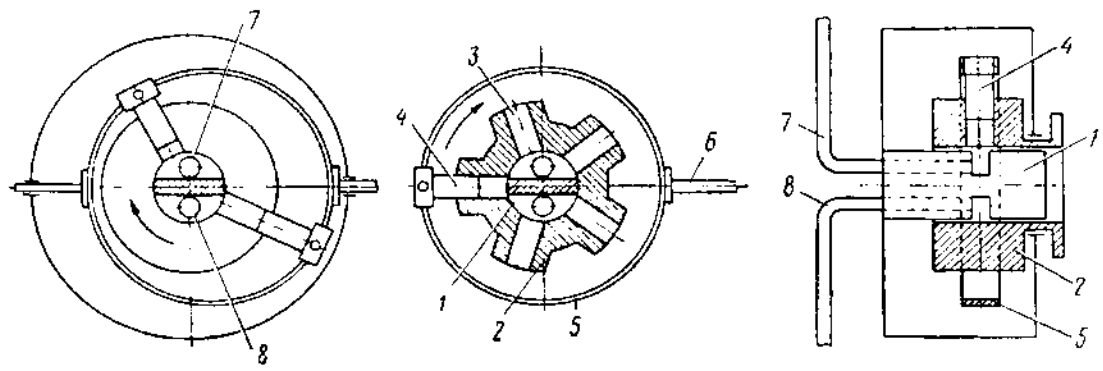
Bơm có lưu lượng không đổi ($Q = \text{const}$) thường là loại bơm thủy lực cánh dẫn. Với loại bơm này, khi rôto của bơm quay với tốc độ không đổi, lưu lượng ở cửa ra của bơm hầu như không thay đổi. Lưu lượng này phụ thuộc chủ yếu vào tốc độ quay của bơm.

Bơm có lưu lượng thay đổi (có thể điều khiển để làm thay đổi được lưu lượng ở cửa ra của bơm, $Q = \text{var}$) thường được dùng là loại bơm biến lượng hình sao (bơm piston rôto quay). Với loại bơm này, khi đã làm quay rôto của bơm, người ta có thể thay đổi được hướng di chuyển cũng như lưu lượng của dòng chất lỏng công tác bằng cách tác động vào cơ cấu điều khiển của bơm. Cấu tạo của bơm được mô tả ở hình 1-39.

Trục 1 gắn với rôto 2, trên trục 1 có hai rãnh chạy theo hướng dọc trục, miệng của các rãnh này được nối với hai cửa ra 7 và 8 của bơm. Trên rôto 2 có gắn các xilanh 3, trong xilanh 3 là các Piston 4. Vành định tâm 5 đỡ một đầu của các piston 4, cần điều khiển 6 dùng để xê dịch vành định tâm của bơm.

Khi rôto của bơm đã được quay bởi động cơ lái bơm, nếu tâm của vành định tâm trùng với tâm của rôto (tâm bơm) thì các piston nằm ở vị trí cân bằng tương đối của chúng. Chúng quay cùng các xilanh nhưng không dịch chuyển trong xi lanh. Kết quả là chất lỏng công tác không được hút, đẩy. Lưu lượng ở cửa vào, ra 7, 8 bằng không. Nếu tác động vào cần điều khiển làm lệch vành định tâm của bơm về một phía nào đó so với tâm của bơm, vị trí cân bằng tương đối của các piston trong các xilanh bị phá vỡ. Các piston bắt đầu di chuyển trong các xilanh. Tùy thuộc vào hướng lệch của vành định tâm so với tâm bơm mà chất lỏng công tác được hút vào ở cửa 7 và đẩy ra ở cửa 8 hoặc

ngược lại. Mặt khác, độ lớn của độ lệch tâm của bơm sẽ quyết định hành trình của các piston, cũng có nghĩa là quyết định của lưu lượng của bơm. Khi thay đổi độ lớn của độ lệch tâm bơm, lưu lượng của bơm sẽ được thay đổi.



Hình 1-40. Cấu tạo của bơm biến lượng hình sao

Tuỳ theo công suất của từng hệ thống cụ thể mà ta có thể lựa chọn các bơm biến lượng có số piston khác nhau. Các loại bơm biến lượng hình sao thường có từ 5 đến 15 piston. Chúng ta có thể tham khảo thông số của bơm biến lượng hình sao qua bảng sau:

Thông số	Bơm A	Bơm B
- Số lượng piston	9	14
- Đường kính piston (mm)	24	32
- Độ lệch tâm công tác (mm)	±13	±18
- Lưu lượng lý thuyết (l/p)	103	298
- Lực ép của thanh kéo khi áp suất dầu là 13,5Mpa (N)	6050	8620
- Tốc độ quay của bơm (v/p)	975	735
- Khối lượng (kg)	270	685

Bơm A: Dùng dầu tuabin 22. Độ nhớt: (20 ÷ 23)cst; ở nhiệt độ 50⁰C

Bơm B: Dùng dầu tuabin 46. Độ nhớt: (44 ÷ 48)cst; ở nhiệt độ 50⁰C

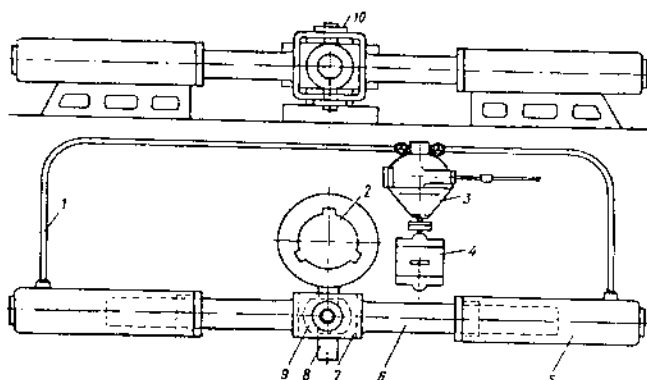
b) Các loại động cơ thủy lực thường dùng.

Hệ thống lái điện thủy lực thường dùng các loại động cơ thủy lực sau:

- Hệ thống xilanh lực: bao gồm 2 loại:
 - Hệ thống xilanh lực cố định.
 - Hệ thống xilanh lực lắc được.

- Động cơ thủy lực vành khuyên.
- Động cơ thủy lực cánh dẫn.

Hệ thống xilanh lực cố định là loại xilanh lực tác động 1 chiều. Thân xilanh được bắt cố định và thường là đặt vuông góc với mặt phẳng đối xứng của thân tàu. Để có thể điều khiển bánh lái quay sang phải hoặc sang trái ta phải dùng một cặp gồm 2 xilanh - piston, xem hình 1-41.

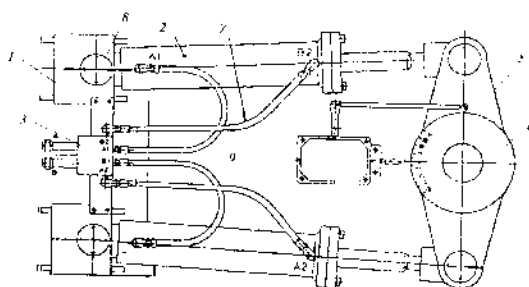


Hình 1-41. Các cặp xilanh lực cố định trong hệ thống lái điện thủy lực.

1- Thân tàu; 2- Xilanh piston lực; 3- Hộp van điều khiển; 4- Hộp van phân phối;
5- Thanh truyền lực; 6 - Trục lái; 7- Ống mềm dẫn chất lỏng công tác; 8- Ổ quay.

Để tăng cường khả năng hoạt động và tăng độ dự trữ cho hệ thống, người ta thường dùng 2 cặp xilanh lực cố định. Các cặp xilanh này có thể hoạt động độc lập hoặc song song với nhau. Loại động cơ thủy lực này có trên các tàu sông Sài Gòn, Long Hải, Sông Đuống, Tô Lịch...

Hệ thống xilanh lực lắc được là hệ thống tác động theo cả hai chiều (xem hình 1-42). Một đầu của xilanh được gắn với vỏ tàu nhờ ổ quay 8. Đầu kia của xilanh gắn với tay đòn truyền lực 5. Như vậy, khi piston dịch chuyển trong xilanh dưới tác dụng của chất lỏng công tác, toàn bộ xilanh có thể lắc được nhờ ổ quay 8.



Hình 1-42. Hệ thống lái điện thủy lực với xi lanh lực lắc được

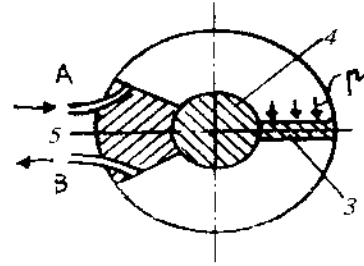
Vì xilanh không cố định vị trí trong quá trình bẻ lái, nên các đường ống dẫn chất lỏng công tác phải là ống mềm chịu dãn và chịu được áp lực công tác cao.

Với hệ thống xilanh lực lắc được, để thực hiện việc quay bánh lái sang phải, sang trái, người ta chỉ cần dùng một xilanh. Để tăng khả năng hoạt động khi điều động, ra vào

luồng và tăng độ dự trữ cho hệ thống, người ta thường sử dụng hai xilanh, các xilanh này thường được đặt song song với mặt phẳng đối xứng của tàu.

Do có cấu tạo đặc biệt như nêu ở trên, hệ thống xilanh lực lắc được thường được dùng trên các tàu có trọng tải nhỏ hoặc trung bình. Chúng ta có thể gặp loại động cơ này trên các tàu Phú Yên 01, Bạch Long Vĩ, Hoa Phượng Đỏ...

Động cơ thủy lực vành khuyên có cấu tạo như trên hình 1-43. A, B là các cửa vào, ra của chất lỏng công tác. Thanh truyền lực 3 có một đầu gắn cố định với trụ lái 4, còn đầu kia được gắn với cán của piston 2. Có 2 xi lanh hình trụ cong 1 được ngăn cách với nhau bởi các vách ngăn chịu lực 5.



Hình 1-43. Động cơ thủy lực vành khuyên

Khi chất lỏng công tác có áp lực cao được đẩy vào cửa B và hút ra ở cửa A, piston 1 sẽ di chuyển trong xilanh 2 theo chiều quay của kim đồng hồ. Lực được truyền qua thanh giằng làm bánh lái quay về một phía nào đó. Khi chất lỏng được đẩy vào cửa A và hút ra từ cửa B, piston sẽ di chuyển trong xilanh theo chiều ngược chiều quay của kim đồng hồ. Bánh lái sẽ được quay theo chiều ngược lại. Loại động cơ thủy lực này, có kết cấu đơn giản, gọn, tuy nhiên thường hay bị hư hỏng vách ngăn hai xilanh do thường xuyên chịu áp lực cao với hướng tác động luôn thay đổi.

Động cơ thủy lực cánh dẫn là loại động cơ có stato là một hình trụ rỗng có các cửa vào và ra của chất lỏng công tác. Rôto cũng có hình trụ trục của nó được gắn với trụ lái. Trên thân của rôto có gắn 2 hoặc 3 tầng cánh, các cánh của rôto và các vách chắn sẽ chia stato của động cơ thành các khoang. Khi nén chất lỏng công tác vào khoang này và hút ra ở khoang kia, chất lỏng công tác vào khoang này sẽ tác động lên các cánh của rôto làm rôto của động cơ quay làm quay bánh lái.

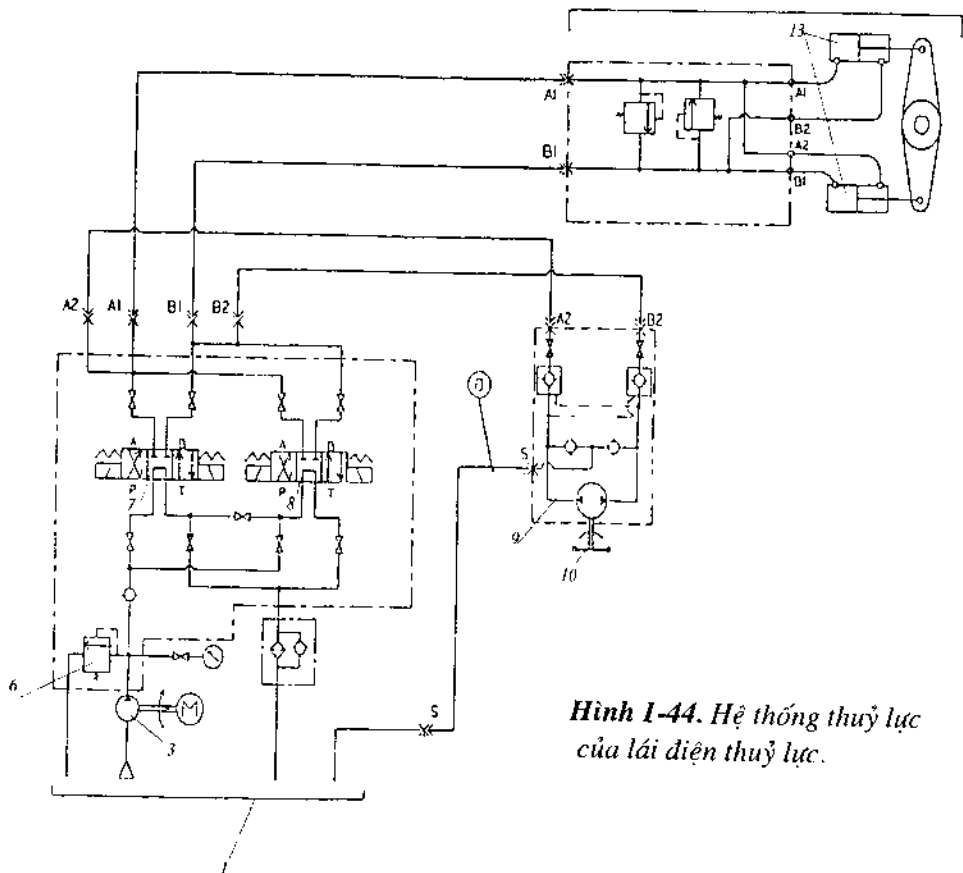
Loại động cơ thủy lực này, có trọng lượng và kích thước nhỏ. Độ bền của các vách chắn chia khoang trong stato không cao, khó sửa chữa, thay thế. Do kết cấu của động cơ, áp lực công tác của chất lỏng lên cánh của rôto thường không cao. Do vậy, hệ thống có dùng động cơ thủy lực cánh dẫn thường phải dùng loại bơm có lưu lượng lớn.

1.17.3. Sơ đồ thủy lực của hệ thống lái điện thủy lực.

Một hệ thống thủy lực có tính tổng quát của hệ thống lái điện thủy lực được trình bày ở hình 1-44.

Hệ thống gồm các phần tử sau đây:

- Động cơ lái bơm thủy lực M.
- Bơm thủy lực 3. Hệ thống này sử dụng loại bơm có lưu lượng không đổi.



Hình 1-44. Hệ thống thủy lực của lái điện thủy lực.

- Đồng hồ đo áp lực 4 để theo dõi áp lực công tác các van giảm áp 6 được đặt mức áp lực cho phép 224 kg/cm^2 có nhiệm vụ bảo vệ quá tải cho hệ thống.

- Các van điện từ điều khiển 7 và 8. Hai cụm van này có cấu tạo giống nhau và cùng thực hiện một chức năng là điều khiển bánh lái quay phải hoặc quay trái. Khi cuộn van điện từ trái có điện, cửa A thông với P còn cửa B thông với T. Dầu thủy lực được đưa từ bơm 3 tới cửa P qua A tới động cơ thủy lực làm bánh lái quay sang trái. Đường dầu hồi từ động cơ qua B tới cửa T để trở về két chứa. Khi cuộn van điện từ phải có điện, cửa A thông với T còn cửa B thông với cửa P. Hướng tác động của dầu thủy lực tới động cơ thủy lực theo chiều ngược lại. Bánh lái được quay sang phải. Khi cả hai van điện từ trái và phải không có điện, cửa P thông với cửa T, dầu thủy lực tuần hoàn từ két chứa 1 qua bơm, qua các cửa P, T của hai cụm van điều khiển 7 và 8 để trở về két 1.

- Két chứa dầu cho chế độ lái sự cố 9.

- Bơm dầu bằng tay 10.

- Van điều khiển lái ở chế độ sự cố 11. Van này sẽ có cấu tạo giống như các van điều khiển 7 và 8. Ở đây, việc đóng mở van được thực hiện bằng tay bởi người điều khiển. Tay van ở vị trí giữa, cửa P thông với cửa T. Đẩy tay van sang trái cửa A thông với cửa

P, cửa B thông với cửa T. Đẩy tay van sang phải cửa A thông với cửa T, cửa B thông với cửa P.

- Các động cơ thủy lực 13. Ở hệ thống này người ta sử dụng 2 xilanh lực loại lắc được.
- Các đường ống cứng dẫn dầu thủy lực P - 1.
- Các đường ống mềm đưa dầu thủy lực tới các xilanh lực lắc được P-2.

Bơm thủy lực 3 được lái bởi động cơ điện 2 quay liên tục trong suốt hành trình của con tàu. Khi chưa điều khiển quay bánh lái, các van điện từ phải và trái của các cụm van điều khiển 7 và 8 chưa có điện, dầu thủy lực được hút từ két qua bơm, qua các cửa P và T của các cụm van 7, 8 để về két. Các xilanh lực 13 chưa làm việc, bánh lái không quay. Ở chế độ này, áp lực công tác của dầu thủy lực có giá trị P_0 (chế độ không tải). Giả sử có tín hiệu điều khiển quay tay lái sang phải, van điện từ phải của cụm van 7 có điện làm cửa B thông với cửa P, cửa A thông với cửa T. Dầu thủy lực qua bơm tới cửa P qua cửa B theo đường ống được đưa tới nửa phía trên của xilanh lực bên trái và nửa phía dưới của xilanh lực bên phải. Các piston bắt đầu di chuyển làm bánh lái từ từ quay sang phải. Dầu thủy lực ở nửa dưới xilanh bên trái và nửa trên của xilanh bên phải được dồn theo đường ống tới cửa A qua cửa T của van điều khiển 7, qua cửa P - T của van điều khiển 8 để về két chứa 1. Việc quay bánh lái sang trái cũng diễn ra tương tự như trên nhưng lúc này cuộn van điện từ trái có điện. Cửa A thông với P và cửa B thông với cửa T. Khi có sự cố ở hệ thống điều khiển hay bị mất điện toàn tàu, việc quay bánh lái được thực hiện bằng cách sử dụng bơm dầu bằng tay số 10 và cụm van điều khiển bằng tay số 11. Hoạt động của hệ thống diễn ra tương tự như trên.

Trong quá trình hệ thống lái làm việc, nếu vì một lý do nào đó, áp lực của dầu thủy lực tăng quá giá trị đặt trước cho phép, các van giảm áp 6 sẽ mở cho một phần dầu thủy lực thông qua các van này để về két. Nhờ tác động của các van này, hệ thống thủy lực thoát khỏi tình trạng quá tải.

Chương II

TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN NEO VÀ TỜI QUẤN DÂY

§2-1. KHÁI NIỆM CHUNG

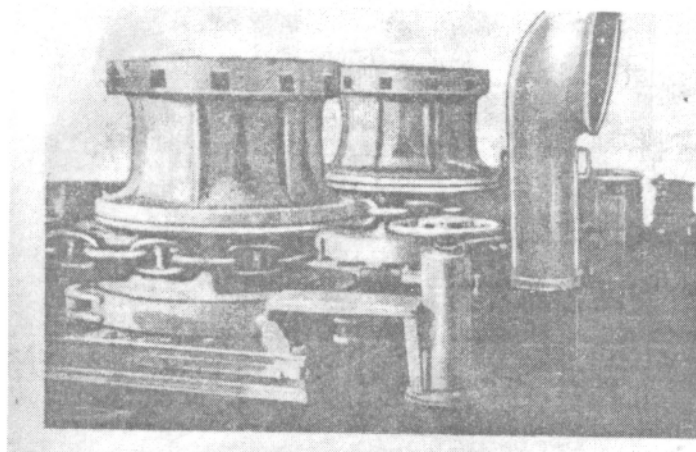
Neo và tời quần dây thuộc nhóm các thiết bị điện trên boong, chúng có chức năng:

- Giữ tàu ở vị trí cố định trong các vùng neo đậu.
- Đảm bảo an toàn cho con tàu trong quá trình điều động, ra vào luồng lạch.
- Thu thả cáp buộc, tàu trong quá trình ra vào cầu hoặc khi cần lại dất.

Với chức năng như vậy, neo và tời quần dây được xếp vào nhóm máy phụ quan trọng trên tàu. Sự hoạt động tin cậy của các hệ thống này có ý nghĩa lớn đối với an toàn của con tàu.

Neo và tời quần dây thường có hai loại: tời neo đứng và tời neo nằm.

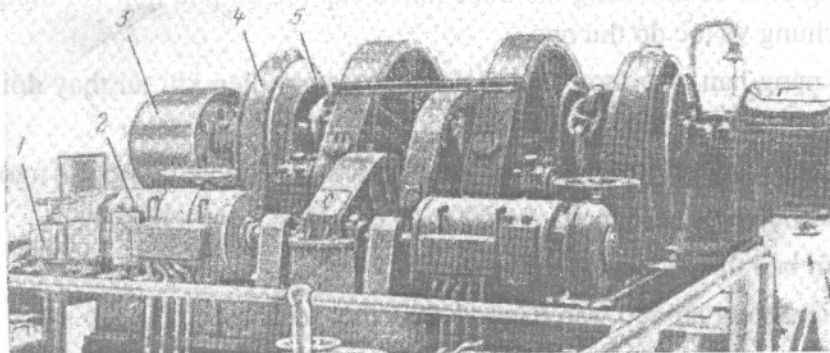
Tời neo đứng (xem hình 2-1) có trục công tác thẳng đứng, vuông góc với mặt boong chính. Đĩa hình sao và trống tời nằm nổi trên mặt boong. Động cơ thực hiện, cơ cấu truyền động và thiết bị điều khiển nằm dưới mặt boong chính. Loại này có ưu điểm sau: trang thiết bị điện của hệ thống được đặt trong buồng kín, tránh được tác động xấu của nước biển, chiếm ít diện tích trên mặt boong chính. Tuy nhiên, ở loại tời này động cơ thực hiện thường được lắp dưới dạng treo nên công suất của chúng bị hạn chế. Tời neo đứng thường được dùng trên các tàu chở dầu. Động cơ thực hiện và các thiết bị điều khiển được đặt cách ly với môi trường dễ cháy nổ.



Hình 2.1. Tời neo đứng

Tời neo nằm (xem hình 2-2) có trục công tác nằm ngang. Động cơ thực hiện và bộ truyền động cơ khí nằm nổi trên mặt boong chính. Nhược điểm của tời neo nằm là chiếm nhiều diện tích của mặt boong. Tuy vậy, hệ thống không bị hạn chế về công suất do động cơ thực hiện được gắn cố định trên bệ máy. Tời neo nằm thường được dùng trên các tàu vận tải. Các tham số chính của tời neo nằm được quy định chuẩn hoá theo từng loại tương ứng với cấp tàu. Ví dụ: các nhà chế tạo của Nga thiết kế hệ thống neo nằm dưới 11 loại từ B₁ - B₁₁ với các xích neo có đường kính mắt xích từ (15 - 87) mm.

Động cơ thực hiện liên hệ với trục đĩa hình sao qua một bộ truyền động cơ khí. Bộ truyền động cơ khí có thể là các bánh răng hình trụ hoặc vít vô tận có hoặc không có tự hãm. Trên các tàu hiện nay thường dùng các bộ truyền động không có tự hãm với hiệu suất truyền động cao (tới 0,75).



Hình 2-2. Hệ thống tời neo nằm

Trong hệ thống truyền động điện neo nhất thiết phải có phanh hãm cơ khí (dạng phanh đai). Phanh này có tác dụng giữ chặt xích neo khi tàu hành trình và hạn chế tốc độ khi thả neo tự do. Ngoài phanh hãm cơ khí, động cơ thực hiện phải có phanh điện từ. Phanh này có nhiệm vụ giữ chặt neo và xích neo khi hệ thống đang làm việc mà bị mất điện đột ngột.

Quá trình thả neo có thể thực hiện bằng hai cách: Nếu độ sâu thả neo không có lớn (không lớn hơn 25 m) thì có thể thả neo rơi tự do. Thả neo tự do được thực hiện bằng cách nhả li hợp, tách trục lai đĩa hình sao ra khỏi hệ thống truyền động cơ khí; nối lỏng phanh cơ khí; sức nặng của neo sẽ làm neo và xích neo rơi tự do. Nếu độ sâu thả neo lớn, việc thả neo được thực hiện nhờ động cơ điện. Trường hợp này nhất thiết không được để neo rơi tự do vì sẽ nguy hiểm cho hệ thống.

§2-2. CÁC YÊU CẦU ĐỐI VỚI HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN NEO

Tời neo là một thiết bị rất quan trọng trong việc đảm bảo an toàn cho con tàu trong quá trình neo đậu tàu tại các vùng neo và khi ra vào luồng lạch. Trong những trường hợp

đặc biệt có thể phải xử dụng cả hai neo hoặc dùng hết xích neo để giữ cố định con tàu khi tàu hành trình trên biển, do sự cố của máy chính tàu có thể phải thả trôi. Khi đó, neo phải được thả để hạn chế sự trôi dạt của tàu... Do vậy, truyền động điện tời neo phải đáp ứng được các yêu cầu sau:

- Có thể sử dụng hệ thống trong mọi điều kiện thời tiết, mọi trạng thái mặt biển với các yêu cầu kỹ thuật đã cho trước.
- Có thể khởi động động cơ với toàn bộ phụ tải của hệ thống. Momen khởi động phải lớn hơn hai lần momen cản trên đĩa hình sao.
- Động cơ thực hiện có thể dừng dưới điện 30 giây sau khi đã công tác định mức.
- Đảm bảo được lực kéo neo cần thiết khi tốc độ động cơ bị giảm hoặc động cơ bị dừng dưới điện.
- Hệ thống phải có khả năng tạo được nhiều cấp tốc độ phù hợp với trạng thái của tải và yêu cầu chung về tốc độ thu neo.
- Có khả năng hạn chế được sự dao động của dòng điện khi tải thay đổi. Không gây ra xung dòng điện tại thời điểm bắt đầu đưa hệ thống vào làm việc.
- Phải có khả năng giữ cố định được neo và xích neo khi hệ thống đột ngột mất điện.
- Động cơ thực hiện phải được chế tạo dưới dạng kín nước, chống nổ.
- Phải đảm bảo thả neo an toàn, tin cậy.
- Thuận tiện trong lắp ráp, vận hành và thay thế sửa chữa.
- Thiết bị gọn nhẹ, chắc chắn, giá thành thấp.

§2-3. CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN XÁC ĐỊNH TẢI VÀ CHẾ ĐỘ CÔNG TÁC CỦA TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN NEO

Công tác của truyền động điện neo được đặc trưng bằng các đại lượng sau:

- Sức kéo trên đĩa hình sao. Đại lượng này phụ thuộc vào đường kính mắt xích và chiều dài đường xích neo được thả. Ngoài ra, nó còn phụ thuộc vào các yếu tố bên ngoài tác động tới con tàu như gió, dòng chảy.v.v.

- Tốc độ thu xích neo.

- Thời gian công tác của một chu kỳ. Đại lượng này phụ thuộc vào chiều dài đoạn xích neo được thả và điều kiện nhổ neo khỏi bùn.

2.3.1. Các định mức cung cấp neo tàu thủy

2.3.1a. Đặc tính cung cấp

Các định mức cung cấp neo tàu thủy được quy định bởi quy phạm đóng tàu Việt Nam. Thiết bị neo phụ thuộc vào các kích thước chính của tàu, cấu trúc của thượng tầng, ca bin. Sự phụ thuộc này được đặc trưng bằng đặc tính cung cấp - ký hiệu là N_c và được xác định bằng biểu thức:

$$N_C = \Delta^{2/3} + 2Bh_V + 0,1A \quad (m^2) \quad (2-1)$$

Trong đó:

Δ - Lượng choán nước của tàu, TL.

B - Chiều rộng lớn nhất của con tàu, m.

h_V - Chiều cao tính theo mạn tàu, từ đường mớn nước mùa hè WL đến đỉnh của cabin. Nếu chiều rộng buồng lái $> 0,25B$ thì khi tính có thành phần này. Nếu chiều rộng buồng lái $< 0,25B$ thì có thể bỏ qua.

A - Diện tích chấn gió của tàu, m^2 . Đại lượng này được xác định từ đường mớn nước mùa hè WL đến đỉnh cabin nếu chiều rộng buồng lái $> 0,25B$.

Đặc tính cung cấp là đại lượng cơ bản để tính toán tất cả các thiết bị của neo.

2.3.1b. Trọng lực của neo

Tất cả các tàu đi biển đều có ít nhất là hai neo. Với những tàu có vùng hoạt động không hạn chế, nếu $N_C > 200$ thì cần phải có ba neo (một neo để dự trữ) trọng lực của một neo được tính theo biểu thức:

$$Q_N = kN_C \text{ (kG)} \quad (2-2)$$

Trong đó, hệ số k được xác định như sau:

$k = 3$ - Đối với tàu có tầm hoạt động không hạn chế.

$k = 2,75$ - Đối với tàu có tầm hoạt động hạn chế cấp I.

$k = 2,5$ - Đối với tàu có tầm hoạt động hạn chế cấp II.

$k = 2$ - Đối với tàu có tầm hoạt động hạn chế cấp III.

Giới hạn tầm hoạt động của tàu biển:

Cấp I - Tàu hoạt động trong vùng biển hở, khoảng cách giữa hai điểm neo đậu tránh bão là 200 hải lý hoặc ở vùng biển kín có khoảng cách giữa hai điểm neo đậu là 400 hải lý.

Cấp II - Tàu hoạt động trong vùng biển hở có khoảng cách giữa hai điểm neo đậu tránh bão là 50 hải lý hoặc trong vùng biển kín với khoảng cách tránh bão được quy định theo quy phạm đóng tàu.

Cấp III - Tàu chạy ven biển.

2.3.1c. Dây xích neo

Tổng chiều dài dây xích neo ở cả hai neo phải không nhỏ hơn giá trị được tính theo biểu thức:

$$L_{\Sigma} = 87r \sqrt[4]{N_C} \text{ (m)} \quad (2-3)$$

Trong đó: $r = 1$ với tàu có vùng hoạt động không hạn chế. Hệ số r sẽ giảm một lượng $\Delta r = 0,12$ đối với mỗi cấp hoạt động của tàu. Tức là: $r = 1 - k_r \Delta r$. Ví dụ: Tàu có tầm hoạt động hạn chế cấp III sẽ có $r = 1 - 3 \times 0,12 = 0,64$.

Thông thường: $L_{\Sigma} \geq 200$ m đối với tàu có tầm hoạt động không hạn chế.

$L_{\Sigma} \geq 100$ m đối với những tàu có tầm hoạt động hạn chế.

Dây xích neo được tạo nên bởi nhiều đoạn xích neo. Mỗi đoạn xích neo thường có độ dài từ (25 ÷ 27,5)m. Khi tính toán, ta thường tính sao cho số đoạn xích neo là số chẵn để chia đều cho hai đường xích neo. Nếu số đoạn xích neo lẻ thì ưu tiên đường xích neo bên phải dài hơn một đoạn. Nếu mắt xích neo có đường kính $d < 15$ mm thì không cần thiết phải chia thành các đoạn xích neo.

2.3.1d. Đường kính mắt xích neo

Các mắt xích neo được làm bằng thép. Đường kính của mắt xích neo được tính theo biểu thức:

$$d = St\sqrt{N_C} \text{ (m)} \quad (2-4)$$

Trong đó:

Hệ số $S = 1$ đối với tàu có vùng hoạt động không hạn chế. Hệ số này sẽ giảm một lượng $\Delta S = 0,06$ đối với mỗi cấp hoạt động của tàu. Tức là:

$S = 1 - K_1\Delta S$. Ví dụ với tàu có tầm hoạt động giới hạn cấp II:

$$S = 1 - 2 \times 0,06 = 0,88.$$

$t = 1,75$ đối với xích neo được chế tạo từ thép bình thường.

$t = 1,55$ với loại thép bền.

$t = 1,35$ với loại thép đặc biệt.

Sau tính toán nếu $d > 15$ mm thì mắt xích neo phải có thanh giằng ngang.

Để xác định tải gây ra bởi trọng lực của xích neo, sau lỗ neo ta phải biết trọng lượng của một mét xích neo. Tuy nhiên, để đơn giản ta thường dùng các biểu thức kinh nghiệm:

- Với loại mắt xích neo có thanh giằng:

$$P = 0,215d^2 \approx 0,215Q_N \text{ (N/m)} \quad (2-5)$$

- Với loại mắt xích neo không có thanh giằng: $P = 0,227d^2 \text{ (N/m)}$

Cần lưu ý rằng, với các tàu có tầm hoạt động không hạn chế thì $d^2 \approx Q_N$ vì $S = 1$ và $t = 1,75$.

Nếu tính đến sự mất trọng lượng của xích neo trong nước thì trọng lực của một mét xích neo được tính:

$$P_1 = P \frac{\gamma - \rho}{\gamma} = 0,87P \text{ (N/m)} \quad (2-6)$$

Trong đó:

$\gamma = 7,75 \div 7,8$ - Tỷ trọng của thép làm mắt xích neo.

$\rho = 1,025$ - Tỷ trọng của nước biển (nước ngọt thì $\rho = 1,0$).

2.3.1e. Chiều dài đường xích neo sau lỗ neo

Chiều dài đường xích neo sau lỗ neo được xác định bằng độ sâu thả neo. Tại những vùng quy định cho tàu bè neo đậu, độ sâu thường trong khoảng (15 ÷ 30) m. Tuy vậy, độ sâu thả neo tính toán lại được quy định bởi quy phạm đóng tàu.

Nếu $d < 14$ mm thì độ sâu thả neo tính toán được tính theo biểu thức:

$$h = 1/3 \cdot L_{xp} \text{ (m)}$$

Trong đó: L_{xp} - chiều dài đường xích neo ở mạn phải.

Nếu $d > 14$ mm thì độ sâu thả neo tính toán được cho theo bảng sau:

d (mm)	h (m)
15 ÷ 17	65
18 ÷ 28	80
> 28	100

Khi thả neo để giữ cố định tàu, ngoài sức bám của neo, cần phải thả thêm một số xích neo nằm dưới đáy biển để tăng cường thêm lực giữ cho tàu khỏi bị trôi dạt. Khi gió càng lớn hoặc dòng chảy mạnh thì số lượng xích neo được thả sau lỗ neo càng nhiều. Thực tế đóng tàu biển cho thấy, chiều dài đường xích neo sau lỗ neo phụ thuộc vào độ sâu thả neo tính toán theo biểu thức:

$$L_0 = (2 \div 4) h \text{ (m)} \quad (2-7)$$

Chú ý: Chỉ số nhỏ được chọn khi độ sâu thả neo lớn. Cụ thể:

Nếu $h < 50$ m chọn giới hạn trên.

Nếu $h > 50$ m chọn giới hạn dưới.

2.3.1h. Lực kéo neo cần thiết

Theo quy định của Đăng kiểm, tải tính toán trên đĩa hình sao được tính theo biểu thức:

$$T_{DK} = 1,13(G_N + ph) \text{ (N)} \quad (2-8)$$

Trong đó: G_N - Trọng lượng của neo, N. Trong đó $G_N = Q_N g$

Với $g = 9,81$ gia tốc trọng trường.

p - Trọng lượng của một mét xích neo, N/m.

h - Độ sâu thả neo, m.

Tải được tính theo biểu thức này là đã tính đến sự mất trọng lượng của neo và phần xích neo nằm trong nước; tính đến ma sát giữa xích neo với lỗ neo và ống dẫn xích neo (được thể hiện qua hệ số ma sát $f_{ms} = 1,28 \div 1,35$). Vì $1,13 = 0,87 \times 1,28$.

Trong khai thác, tải lớn nhất của hệ thống sẽ xuất hiện khi nhổ neo khỏi bùn với độ sâu thả neo tính toán. Đối với loại neo thường dùng cho tàu biển, sức bám của neo được

tính bằng hai lần trọng lượng của neo. Vậy, tải trên đĩa hình sao khi nhổ neo khỏi bùn được tính gần đúng theo biểu thức:

$$T_N = f_{MS}[2G_N + (G_N + p_h).0,87] \text{ (N)} \quad (2-9)$$

Ngoài ra, lực kéo neo (tải trên đĩa hình sao) còn được tính trong một số trường hợp đặc biệt khác.

Khi thu hai neo đồng thời:

$$T_{2N} = f_{MS} \cdot 0,87 \cdot 2(G_N + p_h) \text{ (N)} \quad (2-10)$$

Khi thu một neo trong trạng thái thả hết xích neo nhưng neo không bám được xuống đáy biển:

$$T_{N0} = f_{MS} \cdot 0,87 \cdot (G_N + p \cdot L_{01}) \text{ (N)} \quad (2-11)$$

Trong đó: L_{01} - Chiều dài lớn nhất của xích neo sau lỗ neo, chỉ có khi thả hết xích neo. Trong thực tế khai thác hầu như không gặp phải trường hợp này.

Chúng ta có thể tham khảo sức căng trên đĩa hình sao trong trường hợp nhổ neo khỏi bùn, thu đồng thời hai neo với các độ sâu thả neo tính toán khác nhau ở bảng sau:

Trường hợp	Độ sâu 80m	Độ sâu 100m
Nhổ neo khỏi bùn và thu một neo	$5,91 G_N$	$6,42 G_N$
Thu đồng thời cả hai neo ở 1/2 độ sâu	$4,98 G_N$	$5,64 G_N$
Thu đồng thời cả hai neo với toàn bộ độ sâu	$6,42 G_N$	$7,45 G_N$

Đối với các tàu lớn, chiều dài xích neo tới 300m, chiều dài xích neo sau lỗ neo là 285m, chiều dài đoạn xích neo khô là 15m thì lực kéo neo tối đa là:

$$T_N = 8,95 \cdot G_N$$

2.3.1.i. Tốc độ và thời gian thu xích neo.

Theo quy định của Đăng kiểm, tốc độ thu neo trung bình với tải định mức $V \leq 10$ m/phút. Khi tải nhẹ tốc độ có thể đạt đến $V = (24 \div 35)$ m/phút (trường hợp thu cáp buộc tàu ở chế độ điều động). Khi thu xích để đưa neo vào lỗ neo, tốc độ $V \leq 7$ m/phút. Theo kinh nghiệm của các nhà máy đóng tàu của Nga thì tốc độ này có thể chọn trong vùng $(6 \div 8)$ m/p. Thời gian thu neo được tính từ khi bắt đầu thực hiện thu neo cho đến khi neo được đưa vào lỗ neo. Theo quy định của Đăng kiểm, thời gian này là 30 phút khi lực kéo neo và tốc độ thu neo đều ở giá trị định mức.

§2-4. CÁC GIAI ĐOẠN CỦA QUÁ TRÌNH THU NEO

Có thể chia quá trình thu neo làm 4 giai đoạn:

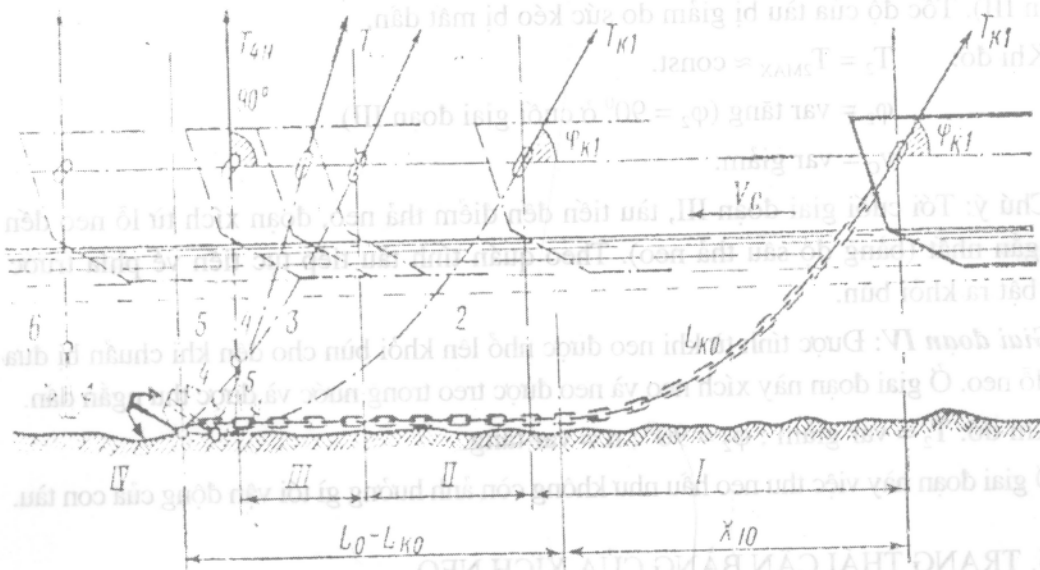
Giai đoạn I: Tàu được kéo với sức căng không đổi.

Giai đoạn II: Tàu được kéo với sức căng thay đổi.

Giai đoạn III: Sức căng đạt đến giá trị lớn nhất, neo được nhổ bật nền khỏi bùn.

Giai đoạn IV: Thu xích neo từ đáy biển đến khi neo tới gần lỗ neo.

Các giai đoạn của quá trình thu neo được mô tả ở hình 2-3.



Hình 2-3. Các giai đoạn của quá trình thu neo

Sau đây ta tiến hành phân tích để thấy được sự thay đổi của sức căng trên đĩa hình sao, tốc độ của tàu ở từng giai đoạn...

Giai đoạn I: Đây là giai đoạn thu phần xích neo nằm trong bùn. Xích neo được thu với tốc độ đều. Cứ một mắt xích neo được nhắc lên khỏi bùn thì có một mắt xích neo đi qua đĩa hình sao. Tàu từ từ tiến đến điểm thả neo với tốc độ không đổi. Trong suốt giai đoạn này, đoạn xích neo trong nước không thay đổi hình dạng. Sức căng trên xích neo và lực kéo neo trên đĩa hình sao không thay đổi.

Nếu ta gọi T_2 là lực kéo neo trên đĩa hình sao; φ_2 là góc hợp bởi lực này với mặt phẳng nằm ngang; v_c là tốc độ của tàu thì ở giai đoạn này: $T_2 = \cos nt$; $\varphi_2 = \cos nt$; $v_c = \cos nt$.

Chú ý rằng, khi xét sự thay đổi của lực kéo (sức căng) trên đĩa hình sao chúng ta bỏ qua ảnh hưởng của quá trình khởi động và gia tốc của động cơ điện vì các quá trình này diễn ra rất nhanh.

Giai đoạn II: Bắt đầu được tính từ khi mắt xích neo cuối cùng được nhắc lên khỏi bùn. Kết thúc khi toàn bộ xích neo vống trong nước được thu hết. Ở giai đoạn này, đoạn xích neo vống trong nước được rút ngắn dần và biến dạng (thẳng dần). Sức căng trên đĩa hình sao T_2 và góc φ_2 tăng dần. Tàu tiếp tục tiến về điểm thả neo với tốc độ không đổi (do quán tính và do sức kéo ở đĩa hình sao liên tục tăng). Tức là: $T_2 = \text{var tăng}$; $\varphi_2 = \text{var tăng}$; $v_c = \text{const}$.

Giai đoạn III: Đây là giai đoạn rất ngắn của quá trình thu neo, được tính từ khi xích neo hết độ vông đến khi neo được nhổ bật lên khỏi bùn. Lúc này tàu đã tiến đến gần điểm thả neo. Sức căng trên đĩa hình sao đạt đến giá trị lớn nhất và hầu như không đổi. Nếu neo không được nhổ khỏi bùn thì động cơ thực hiện sẽ bị dừng dưới điện (cuối giai đoạn III). Tốc độ của tàu bị giảm do sức kéo bị mất dần.

Khi đó: $T_2 = T_{2MAX} \approx \text{const.}$

$\varphi_2 = \text{var tăng } (\varphi_2 = 90^\circ \text{ ở cuối giai đoạn III}).$

$v_c = \text{var giảm.}$

Chú ý: Tới cuối giai đoạn III, tàu tiến đến điểm thả neo, đoạn xích từ lỗ neo đến neo là ngắn nhất (bằng độ sâu thả neo). Theo quán tính tàu tiếp tục tiến về phía trước làm neo bật ra khỏi bùn.

Giai đoạn IV: Được tính từ khi neo được nhổ lên khỏi bùn cho đến khi chuẩn bị đưa neo vào lỗ neo. Ở giai đoạn này xích neo và neo được treo trong nước và được thu ngắn dần.

Khi đó: $T_2 = \text{var giảm} ; \varphi_2 = 90^\circ ; n = \text{var tăng.}$

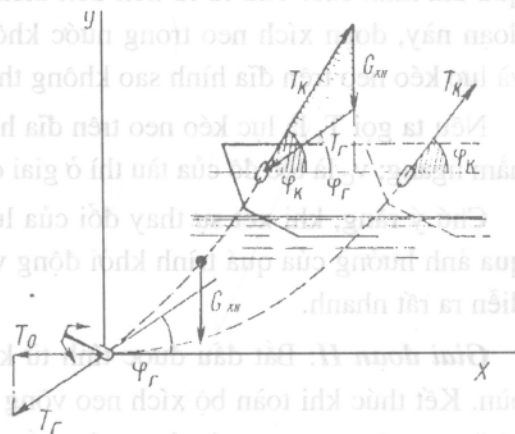
Ở giai đoạn này việc thu neo hầu như không còn ảnh hưởng gì tới vận động của con tàu.

§2-5. TRẠNG THÁI CÂN BẰNG CỦA XÍCH NEO

Mô men cản trên đĩa hình sao do sức căng ở xích neo gây ra. Với mỗi trạng thái của xích neo, sức căng trên xích neo có những giá trị khác nhau. Để xác định các giá trị này người ta dùng phương trình dây treo.

2.4.1. Điều kiện cân bằng lực trên mỗi phần của xích neo

Tại các điểm bất kỳ trên đường xích neo vông trong nước chúng ta đều dựng được một tam giác lực. Theo quy tắc của cơ học lý thuyết, mỗi phần xích neo có thể được thay thế bằng một lực tác dụng lên phần còn lại của xích neo. Có thể khảo sát được tam giác lực đối với trạng thái cân bằng của toàn bộ đường xích neo. Chúng ta chỉ cần nghiên cứu sự cân bằng lực ở giai đoạn thu neo thứ hai (xem hình 2-4). Lực kéo ở điểm cuối của đường xích neo phải cân bằng với lực phân bố theo chiều dài của dây xích neo.



Phương trình cân bằng lực theo trục x:

$$T_r \cos \varphi_r + T_k \cos \varphi_k = 0$$

Trong đó: T_r : lực kéo của điểm cuối của xích neo;

Hình 2-4. Trạng thái cân bằng của đường xích neo.

φ_r : góc hợp bởi T_r với mặt phẳng nằm ngang;
 Điều đó có nghĩa là: phân lượng nằm ngang của lực kéo tại bất kỳ điểm nào của xích neo đều cân bằng nhau.

Tức là:
$$T_r \cdot \cos \varphi_R = T_K \cdot \cos \varphi_K = T \cos \varphi \quad (2-12)$$

Khi còn có một đoạn xích neo nằm trong bùn (giai đoạn I) thì $\varphi_r = 0$ và $T_r = T_0$.

Khi đó:

$$T_K \cdot \cos \varphi_K = T_0 \quad (2-13)$$

Nói một cách khác, ở bất kỳ điểm nào của đường xích neo nằm ngang, lực kéo đều cân bằng với lực giữ của neo T_0 .

2.4.2. Điều kiện giữ tàu khi thả neo

Khi tàu thả neo, các lực bên ngoài tác động lên tàu gồm:

W_g - Lực tác dụng của gió

W_n - Lực tác dụng của dòng nước tới vỏ tàu

W_{cv} - Lực tác dụng của dòng nước tới chân vịt

Tổng ngoại lực:

$$W_C = W_g + W_n + W_{cv} \quad (2-14)$$

Xét trong trường hợp cực đoạn, lực tác dụng của dòng nước và của gió cùng phương, cùng chiều. Các lực này tác động lên con tàu, đẩy tàu ra xa điểm thả neo. Mũi tàu hướng về điểm thả neo, ngược chiều với các lực bên ngoài. Khi đó neo và phần xích neo nằm trong bùn sẽ tạo ra lực giữ tàu (xem hình 2-5).

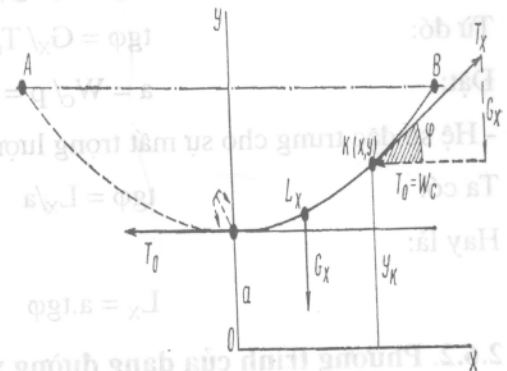
Phân lượng nằm ngang của lực này phải cân bằng với ngoại lực tác động lên con tàu khi neo đậu. Đó chính là điều kiện giữ tàu khi thả neo:

$$T_{KC} \cos \varphi_K = W_C \quad (2-15)$$

Khi đang neo đậu ổn định, nếu gió mạnh lên thì cần thả thêm xích neo nhằm tăng cường lực giữ tàu để sao cho phương trình trên luôn được thoả mãn. Như vậy tàu sẽ không bị trôi dạt do tác dụng của các ngoại lực.

Từ các phương trình (2-13) và (2-15) có thể coi: $T_0 = W_C$

Điều đó có nghĩa là lực giữ của neo cân bằng với lực tác động từ bên ngoài lên con tàu.

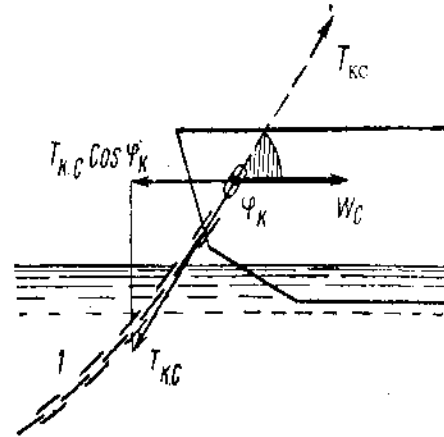


Hình 2-5. Lực cân bằng xác định trạng thái của tàu khi thả neo

§2-6. PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN XÁC ĐỊNH ĐỘ VỒNG TỰ DO CỦA XÍCH NEO

Đường xích neo tự do được mô tả trên hình (2-6). Hai điểm cuối A, B được nằm trên một mặt phẳng nằm ngang. Theo định nghĩa của dây treo tự do, điểm thấp nhất của đường xích neo phải tiếp tuyến với mặt phẳng nằm ngang.

Khi đó, $\varphi_R = 0$ và trạng thái này phù hợp với giai đoạn I của quá trình thu neo. Để xác định tải của hệ thống truyền động điện neo cần phải xác định một loạt các tham số đặc trưng cho trạng thái treo tự do của xích neo.



Hình 2-6. Đường xích neo tự do

2.6.1. Góc đặt của lực kéo

Tại bất kỳ điểm nào của đường xích neo tự do, góc đặt của lực kéo đều được xác định nhờ tam giác lực. Khi xây dựng tam giác lực với đoạn xích neo có độ dài L_X , tính từ điểm có độ vồng lớn nhất, chúng ta có được biểu thức (xem hình 2-6):

$$G_X = T_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$$\text{Từ đó:} \quad \operatorname{tg} \varphi = G_X / T_0 = p L_X / T_0$$

$$\text{Đặt:} \quad a = W_C / p = T_0 / p \quad (2-16)$$

- Hệ số đặc trưng cho sự mất trọng lượng của xích neo và lực giữ của nó.

$$\text{Ta có:} \quad \operatorname{tg} \varphi = L_X / a \quad (2-17)$$

Hay là:

$$L_X = a \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2-18)$$

2.6.2. Phương trình của dạng đường xích neo

Phương trình dạng đường xích neo được xây dựng hoàn toàn dựa vào lý thuyết. Ta giả sử, xích neo được treo tự do, điểm có độ vồng lớn nhất nằm cách gốc tọa độ về phía trên một đoạn $a = T_0 / p$ (xem hình 2-6).

Phương trình đường xích neo tương ứng với hệ trục tọa độ này có dạng:

$$y = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right) = a \cdot \operatorname{ch} \frac{x}{a} \quad (2-19)$$

Khi giải phương trình ta được:

$$y = a \cdot \operatorname{sech} \varphi \quad (2-20)$$

2.6.3. Lực kéo ở một điểm bất kỳ của đường xích neo treo tự do

Từ các biểu thức cơ bản (2-12) và (2-13) ta có:

$$T = T_0 / \cos\varphi = T_0 \cdot \sec\varphi$$

Từ các biểu thức (2-16) và (2-20) ta có:

$$T = T_0 \frac{y}{a} = T_0 \frac{y}{(T_0/p)}$$

(2-21)

hay là

$$T = p \cdot y$$

Trong đó: y - là tung độ của điểm đang khảo sát. Ví dụ tại điểm K trên hình (2-6) ta có tung độ y_K .

2.6.4. Chiều dài của đường xích neo treo tự do

Để tính được chiều dài của đường xích neo treo tự do có điểm bắt đầu là điểm có độ võng lớn nhất, chúng ta có thể sử dụng các biểu thức đã biết ở trên.

Bình phương cả hai vế các biểu thức (2-18) và (2-20) rồi trừ chúng cho nhau ta có:

$$\begin{array}{l} y^2 = a^2 \cdot \sec^2\varphi \\ L_x^2 = a^2 \cdot \tg^2\varphi \\ \hline y^2 - L_x^2 = a^2(\sec^2\varphi - \tg^2\varphi) \end{array}$$

Mà:

$$(\sec^2\varphi - \tg^2\varphi) = 1$$

Vậy:

$$y^2 - L_x^2 = a^2$$

Độ dài của đường xích neo võng trong nước:

$$L_x = \sqrt{y^2 - a^2} \quad (2-22)$$

Ví dụ: Tính độ dài đường xích neo võng trong nước đến điểm K ta sẽ có $y = y_K$.

2.6.5. Hình chiếu của đường xích treo trên trục hoành

Đại lượng này được ký hiệu là X_{10} . Khi xác định được đại lượng này chúng ta sẽ biết được khoảng cách từ tàu đến điểm thả neo (xem hình 2-3):

$$X_0 = L_0 - L_{K0} + X_{10} \quad (2-23)$$

Trong đó:

L_0 - chiều dài toàn bộ xích neo sau lỗ neo

L_{K0} - chiều dài đoạn xích neo võng trong nước và được xác định từ biểu thức (2-22)

với $y = h + a$.

Để xác định hình chiếu X_{10} chúng ta có thể sử dụng phương trình đường xích treo (2-19):

$$y = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right) = \frac{a}{2} \left(z + \frac{1}{z} \right)$$

Trong đó: $z = e^{x/a}$

Biến đổi ta được một phương trình bậc hai:

$$az^2 - 2yz + a = 0$$

Giải phương trình này ta được:

$$z = \frac{y \pm \sqrt{y^2 - a^2}}{a} = \frac{y + L_X}{a} \quad (2-24)$$

Ở đây chỉ lấy dấu + để phù hợp với ý nghĩa vật lý của biểu thức.

Từ biểu thức: $z = e^{x/a}$

Ta có: $\ln z = x/a$

Từ đó ta có thể xác định được hình chiếu của đoạn xích neo treo trong nước với điểm bắt đầu từ lỗ neo: $x = a \cdot \ln z$

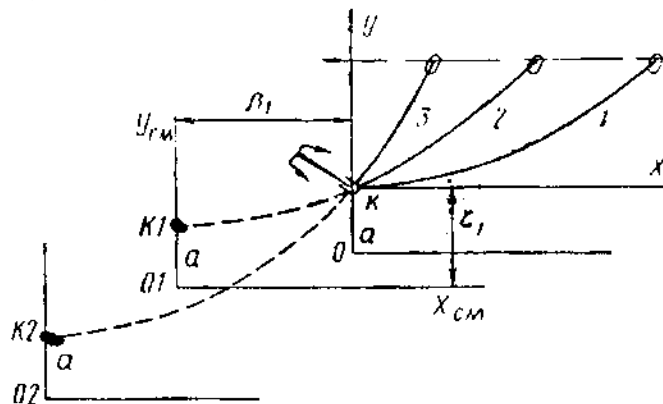
Với z được xác định theo (2-24) có:

$$y = h + a \text{ và } L_X = L_{K0}$$

Tức là: $X_{10} = a \cdot \ln(h + a + L_{K0})/a \quad (2-25)$

§2-7. PHƯƠNG TRÌNH TỔNG QUÁT CỦA ĐỘ VÔNG ĐƯỜNG XÍCH NEO

Trong các phần trên chúng ta đã thông qua chương trình dây treo tự do để khảo sát xích neo vông trong nước. Ở giai đoạn I (khi đó $\varphi = 0$) sang các giai đoạn sau, phần xích neo nằm trong bùn không còn nữa, dạng của đoạn xích neo trong nước thay đổi liên tục. Góc φ cũng liên tục thay đổi.



Hình 2-7. Dịch trục tọa độ khi thu đoạn xích neo vông trong nước.

Để khảo sát xích neo trong các giai đoạn sau, cần phải biến đổi phương trình (2-19) như thế nào đó để phương trình này luôn đúng trong các giai đoạn. Từ hình 2-7 ta nhận

thấy, từ các vị trí 2, 3... của tàu, xích neo vẫn có độ võng trong nước (vẫn là dạng xích treo) nhưng không còn là treo tự do nữa. Tuy nhiên vẫn có thể xem chúng như những đoạn xích treo tự do nào đó. Thật vậy, giả sử ta kéo dài độ võng của đoạn xích neo sang bên trái và xuống phía dưới ta sẽ tìm được các điểm $K_1, K_2...$ Mỗi đường cong mới được xem là treo tự do ấy ứng với một trục tọa độ mới. Phương trình biểu diễn chúng trong các trục tọa độ mới này cũng sẽ khác. Nói cách khác, để có thể dùng phương trình chuẩn (phương trình 2-19) cho các vị trí 2, 3... thì cần phải dịch gốc tọa độ từ O sang O_1 hoặc $O_2...$

Ví dụ, khảo sát đường xích neo ở vị trí 2. Điểm có độ võng lớn nhất của đường xích neo này là K_1 . Trục tọa độ mới được dựng bằng cách: qua K_1 kẻ 1 đường thẳng song song với trục OY . Từ K_1 lấy xuống phía dưới một đoạn có độ dài bằng a ta được gốc tọa độ mới O_1 . Như vậy, hệ trục tọa độ mới đã dịch so với trục tọa độ cũ một khoảng ξ_1 và β_1 (xem 2-7).

$$\begin{aligned} \text{Với:} \quad & Y_{CM} = Y + \xi_1 \\ & X_{CM} = X + \beta_1 \\ \text{Tổng quát ta có:} \quad & \left. \begin{aligned} Y_i &= Y + \xi_i \\ X_i &= X + \beta_i \end{aligned} \right\} \quad (2-26) \end{aligned}$$

Sau khi dịch trục tọa độ, ta có thể dùng phương trình chuẩn cho các vị trí mới. Tức là:

$$Y_i = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x_i}{a}} + e^{-\frac{x_i}{a}} \right) = a \cosh \frac{x_i}{a}$$

Theo hệ tọa độ cơ bản, có thể viết:

$$Y + \xi_i = a \cosh(x + \beta_i)/a \quad (2-27)$$

Phương trình (2-27) là phương trình tổng quát của đường xích treo bất kỳ. Trong phương trình này có hai đại lượng cùng thay đổi khi dịch hệ trục tọa độ, đó là β_i và ξ_i . Tuy nhiên, hai đại lượng này thay đổi có quan hệ với nhau theo hàm $\xi = f(\beta)$. Khi dịch trục tọa độ, giá trị xác định của ξ sẽ xác định giá trị của β . Ta còn có nhận xét thêm rằng, khi dịch hệ trục tọa độ tới các điểm mới, đều có phương trình (2-27). Ở mỗi điểm K_i mới, $X = 0$ và $Y = 0$. Vì vậy ta có:

$$\xi_i = a \cosh(\beta_i/a)$$

Vậy dạng tổng quát của đường xích neo bất kỳ có thể được viết lại dưới dạng một biến:

$$Y + a \cosh(\beta/a) = a \cosh[(X + \beta)/a] \quad (2-28)$$

§2-8. XÁC ĐỊNH BIẾN SỐ DỊCH TRỤC TỌA ĐỘ

Để có thể dùng phương trình tổng quát vừa lập được trong phần trên để khảo sát đường xích neo ở vị trí bất kỳ nào đó ở các giai đoạn II, II; cần phải xác định được β .

Như trên đã trình bày, β là một đại lượng biến đổi trong quá trình tàu di chuyển dần tới điểm thả neo. Như vậy, để xác định β ta cần khảo sát hàm số:

$$\beta = f(X_{KL})$$

Trong đó: X_{KL} - hoành độ của lỗ neo.

Sau giai đoạn I, mỗi vị trí của tàu sẽ ứng với một đường xích neo treo. Với mỗi vị trí ấy đều có một giá trị $\beta_i = \text{const}$ (tương ứng với hệ trục tọa độ X, Y).

Khi tàu đã tiến đến điểm thả neo thì $X_{KL} = 0$. Trong quá trình tiến dần tới điểm thả neo, tung độ của lỗ neo luôn không đổi:

$$Y_{LK} = h = \text{const}$$

Trong đó: h - độ sâu thả neo tính toán, m.

$$\text{Từ đó ta có phương trình: } h + \text{ach}(\beta/a) = \text{ach}[(X_{KL} + \beta)/a] \quad (2-29)$$

Từ phương trình này ta có thể xác định được β theo X_L , có nghĩa là xác định được mối quan hệ $\beta = f(X_{LK})$. Để giải phương trình này ta có thể dùng hai phương pháp: phương pháp hình học và phương pháp giải tích.

2.8.1. Xác định β theo phương pháp đồ thị

Xác định β theo phương pháp này là rõ ràng nhất. Giả sử ta đặt vế trái và vế phải của phương trình (2-29) là U và V. Tức là:

$$U = h + \text{ach}(\beta/a)$$

$$V = \text{ach}[(X_{KL} + \beta)/a]$$

Chúng ta sẽ dựng được các hàm $U = f(\beta)$ và $V = f(X_{KL}, \beta)$ (hình 2-8).

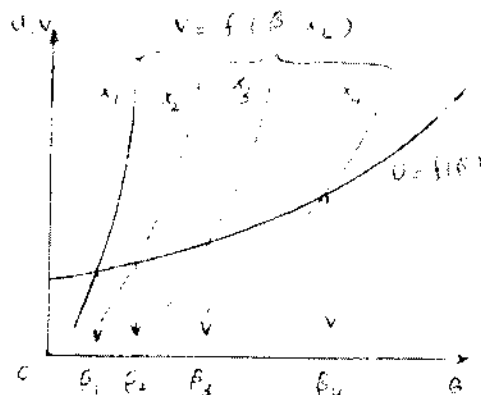
Cách dựng như sau:

- Trước hết dựng $U = f(\beta)$ bằng cách cho β thay đổi trong phạm vi:

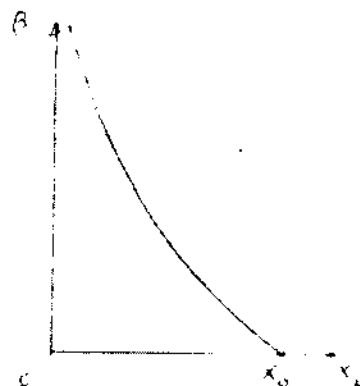
$$\beta = 0 \div (1,2 \div 1,4)L_0$$

Trong đó: L_0 - chiều dài của toàn bộ xích neo sau lỗ neo.

- Sau đó dựng $V = f(X_{KL}; \beta)$ với X_{KL} được chọn thay đổi từ $(X_{10} \div 0)$. Trong đó, X_{10} - hình chiếu của đoạn xích neo vông trong nước xuống trục hoành (tính bắt đầu từ giai đoạn II).



Hình 2-8. Xác định bằng đồ thị tham số dịch chuyển trục tọa độ.



Hình 2-9. Sự phụ thuộc của β vào vị trí của lỗ neo

Điểm cắt của đặc tính $U = f(\beta)$ với các đặc tính $V = f(X_{KL}; \beta)$ sẽ thoả mãn phương trình (2-29). Từ các điểm cắt này ta xác định được các giá trị $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$ tương ứng với các giá trị $X_{KL1}, X_{KL2} \dots$. Từ đó ta dựng được đường cong của hàm $\beta = f(X_{KL})$ (hình 2-9).

2.8.2. Phương pháp giải tích.

Xác định β bằng phương pháp đồ thị thực ra có một số nhược điểm. Đó là khi X có giá trị nhỏ thì đường cong $U = f(\beta)$ và $V = f(X_{KL}; \beta)$ gần như nhau nên việc xác định β tại các điểm cắt là rất khó, sai số lớn. Để xác định β bằng phương pháp giải tích ta làm như sau:

Biến đổi phương trình (2-29):

$$h + \text{ach}(\beta/a) = \text{ach}[(X_{KL} + \beta)/a]$$

Thành:
$$h/a = \text{ch}[(X_{KL} + \beta)/a] - \text{ch}(\beta/a)$$

$$\frac{h}{2a} = 2 \cdot \text{sh} \frac{(X_{KL} + \beta)}{a} + \frac{\beta}{a} - \text{sh} \frac{X_{KL} + \beta}{a} - \frac{\beta}{a}$$

Vậy:
$$\frac{h}{2a} = \text{sh} \frac{X_{KL} + 2\beta}{2a} - \text{sh} \frac{X_{KL}}{2a}$$

Hay:
$$\text{sh} \frac{X_{KL} + 2\beta}{2a} = \frac{h}{2a \cdot \text{sh} \frac{X_{KL}}{2a}} \quad (2-30)$$

Từ phương trình (2-30) chúng ta sẽ xác định được giá trị của β theo X_{KL} .

§2-9. CÁC CÔNG THỨC PHỤ THUỘC THƯỜNG DÙNG

2.9.1. Góc đặt của lực kéo

Tại bất kỳ điểm nào của đường xích treo, lực kéo đều có phương tiếp tuyến với đường cong này. Vì vậy ta có:

$$\text{tg} \varphi = dy/dx$$

Từ phương trình cơ bản:
$$y + \text{ach}(\beta/a) = \text{ach}[(X + \beta)/a]$$

Giả sử cần xác định góc đặt lực kéo tại một điểm xác định nào đó, có nghĩa là khoảng cách X_{KL} đã được xác định. Khi đó $\beta = \text{const}$, đạo hàm nhánh thứ hai sẽ bằng 0:

$$\frac{d}{dx} \text{ach} \frac{\beta}{a} = 0$$

Ta có:
$$\frac{dy}{dx} = \frac{a}{a} \text{sh} \frac{X + \beta}{a}$$

Hay:
$$\text{tg} \varphi = \text{sh}[(X + \beta)/a] \quad (2-31)$$

Trong đó: X, Y - tọa độ của điểm đặt lực kéo trên đường xích neo sau lỗ neo.

Từ phương trình (2-31) ta có:

Ở đầu dưới của đoạn xích neo với $X = 0$ nên:

$$\operatorname{tg} \varphi_R = \operatorname{sh}(\beta/a) \quad (2-32)$$

Ở đầu trên của đoạn xích neo với $X = X_{KL}$ nên:

$$\operatorname{tg} \varphi_K = \operatorname{sh}[(X_{KL} + \beta)/a] \quad (2-33)$$

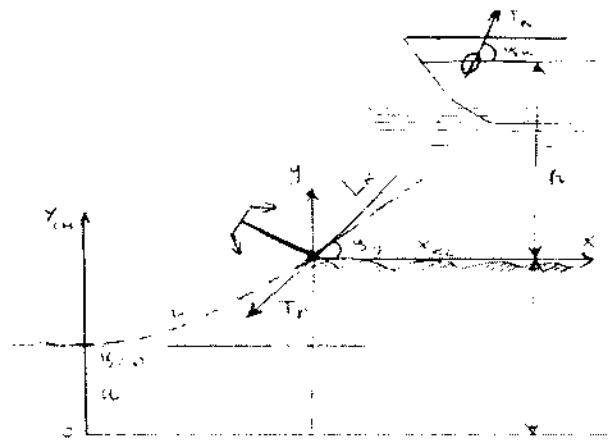
2.9.2 Xác định chiều dài đoạn xích neo vông trong nước

Từ phương trình: $L_X = a \operatorname{tg} \varphi$

Ta có: $\operatorname{tg} \varphi = L_X/a$

Đây là phương trình tính cho đường xích neo treo tự do. Sang giai đoạn II của quá trình thu neo, đoạn xích neo vông trong nước không còn là đường xích treo tự do nữa.

Khi giả định kéo dài xích neo thêm một đoạn $L_{phụ}$ - phù hợp với việc dịch gốc trục tọa độ đã nói ở trên thì vẫn có thể sử dụng phương trình trên để tính chiều dài xích neo sau lỗ neo (xem hình 2-10).



Hình 2-10. Xác định chiều dài đoạn xích neo sau lỗ neo

Tức là:

$$L_X = a \operatorname{tg} \varphi_X$$

Theo đó, tổng chiều dài của đoạn xích neo sau lỗ neo ở từng thời điểm là:

$$L_K + L_{phụ} = a \operatorname{tg} \varphi_K$$

$$\text{Và} \quad L_{phụ} = a \operatorname{tg} \varphi_g$$

Vậy, chiều dài của đoạn xích neo sau lỗ neo vông trong nước là:

$$L_K = a(\operatorname{tg} \varphi_K - \operatorname{tg} \varphi_g) \quad (2-34)$$

2.9.3. Lực kéo ở một điểm bất kỳ của đường xích neo

Với đường xích neo tự do, lực kéo ở một điểm bất kỳ nào đó của nó được xác định bằng phương trình (2-21). Khi dịch trục tọa độ thì:

$$Y_{CM} = Y + \xi$$

Theo (2-21) ta có:

$$T = p_1(Y + \xi) = p_1[Y + a \operatorname{ch}(\beta/a)] \quad (2-35)$$

Ở đầu cuối của đoạn xích neo vì $Y = 0$, nên: $T_R = p_1 a \operatorname{ch}(\beta/a)$

Ở đầu trên của đoạn xích neo vì $Y = h$ nên: $T_K = p_1[h + a \operatorname{ch}(\beta/a)]$.

§2-10. CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ ĐIỆN DỪNG TRONG HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TỜI NEO

Để có thể lựa chọn được loại động cơ phù hợp, ta cần xác định được các yêu cầu cơ bản của hệ thống truyền động điện tời neo đối với dạng đặc tính cơ của động cơ điện. Như trên đã trình bày, hệ thống truyền động điện tời neo có các đặc điểm cần lưu ý:

- Tải của hệ thống có giá trị lớn và thay đổi trong phạm vi rộng trong chu kỳ làm việc.
- Ở cuối giai đoạn III, động cơ thực hiện có thể sẽ bị dừng dưới điện. Ở trạng thái này, động cơ điện cần phải có một mômen dừng hạn chế.
- Cần có tốc độ cao để thu đoạn xích neo trong bùn hoặc thu thả cáp khi điều động tàu...
- Khi thả neo bằng động cơ ở những vùng có độ sâu thả neo quá lớn, động cơ cần có tốc độ ổn định.

Với những điểm vừa nêu trên, dạng đặc tính cơ thích hợp với hệ thống là dạng đặc tính mềm khi thu neo và tương đối cứng khi thả neo.

Từ phân tích trên ta thấy có thể sử dụng các loại động cơ như sau:

Với lưới điện một chiều: Có thể dùng động cơ điện có kích từ nối tiếp với bộ truyền động cơ khí có khả năng tự hãm cao. Với động cơ này, tốc độ của động cơ được tự động điều chỉnh theo sự thay đổi của tải. Khi thả neo, qua hệ thống điều khiển chuyển cuộn kích từ nối tiếp thành song song, tạo được đặc tính cơ cứng. Động cơ kích từ hỗn hợp thường được dùng với hệ thống có công suất không quá 50kW. Sức từ động của cuộn kích từ song song chiếm tỉ lệ khoảng:

$$\frac{F_{//}}{F_{//} + F_{m}} = (0 \div 0,5)$$

Để tạo nhiều cấp tốc độ, có thể dùng hai cách: thay đổi điện trở phụ mắc trong mạch phản ứng và thay đổi từ thông kích từ của động cơ. Việc đưa điện trở phụ có giá trị lớn vào mạch phản ứng sẽ hạn chế đáng kể mômen dừng khi động cơ bị dừng dưới điện.

Với lưới điện xoay chiều: Khi công suất hệ thống dưới 50kW, có thể dùng động cơ dị bộ rôto lồng sóc rãnh sâu (hoặc rãnh kép) có nhiều tốc độ. Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách thay đổi cách đấu các cuộn dây (hoặc thay đổi cuộn dây) stato để thay đổi số đôi cực p. Thường dùng loại động cơ có ba tốc độ, với tốc độ thấp để đưa neo vào lỗ neo, tốc độ trung bình để thu thả xích neo và tốc độ cao để thu thả cáp. Nếu công suất của hệ thống lớn hơn 50kW, nên dùng động cơ dị bộ rôto dây quấn. Với loại động cơ này, có thể điều chỉnh được tốc độ trong phạm vi rộng bằng cách thay đổi điện trở phụ mắc đối xứng hoặc không đối xứng trong mạch cuộn rôto. Tương tự như đối với động cơ điện một chiều, việc hạn chế mômen dừng được thực hiện bằng cách đưa điện trở phụ có giá

trị lớn vào cuộn dây rôto. Nếu hệ thống có công suất lớn hơn nữa, có thể dùng hệ thống máy phát - động cơ hoặc hệ thống van - động cơ.

Với những hệ thống dùng bộ truyền động cơ khí không có khả năng tự hãm, cần thực hiện các quá trình hãm điện để ổn định tốc độ thả neo. Có hai trạng thái hãm điện thường dùng là hãm tái sinh và hãm động năng, trong đó quá trình hãm động năng thường được dùng hơn.

§2-11. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TỜI NEO.

Để điều khiển động cơ thực hiện trong hệ thống truyền động điện neo có thể dùng tất cả các hệ thống điều khiển cơ bản đã biết. Đó là: điều khiển bằng tay không chế; tay điều khiển kết hợp với trạm từ (hệ thống công tắc tơ, role), hệ thống máy phát - động cơ.

2.11.1. Đặc điểm chung của các hệ thống điều khiển

Hệ thống điều khiển bằng tay không chế có cấu tạo đơn giản và thường được dùng cho hệ thống truyền động điện tời neo có công suất nhỏ ($P = 20 \div 25\text{kW}$), đôi khi có dùng cho hệ thống có công suất tới 90kW . Hệ thống điều khiển này đòi hỏi người sử dụng phải mất nhiều sức lực và sự tập trung làm việc cao. Để tiện cho việc kiểm tra động cơ tay không chế thường được đặt gần động cơ thực hiện và bộ truyền động cơ khí. Để tiện cho việc kiểm tra dòng điện tải của hệ thống, trên tay không chế thường có đặt Ampe kế. Vì có nhiều hạn chế, hình thức điều khiển này ngày càng ít được sử dụng.

Hệ thống điều khiển kết hợp tay điều khiển với trạm từ. Hình thức điều khiển này đang được dùng rất phổ biến trên các đội tàu biển nước ta. Quá trình điều khiển được thực hiện bởi tay điều khiển thông qua hoạt động của các role, công tắc tơ của trạm từ. Do vậy, có thể tự động hóa một phần các thao tác điều khiển. Ví dụ: có thể tăng dần từ tốc độ thấp đến tốc độ cao khi đột ngột đưa nhanh tay điều khiển từ vị trí "0" đến vị trí có tốc độ cao (tự động khởi động theo hàm thời gian) hoặc tự động chuyển về làm việc ở tốc độ thấp khi động cơ bị quá tải. Hệ thống có nhược điểm là cấu tạo phức tạp, có nhiều khí cụ. Tuy nhiên, hoạt động của các hệ thống này vẫn tin cậy nhờ công nghệ cao trong chế tạo các thiết bị, khí cụ điện.

Ở cả hai hình thức điều khiển nêu trên, việc thu neo được thực hiện khi quay tay điều khiển (hoặc tay không chế) theo chiều thuận kim đồng hồ. Việc thả neo được thực hiện khi thao tác ngược lại.

Với những hệ thống truyền động điện neo có công suất lớn, nếu sử dụng các động cơ đị bộ sẽ không đáp ứng tốt yêu cầu cần có. Trong trường hợp này người ta thường sử dụng hệ thống máy phát - động cơ. Ở hệ thống này, có thể sử dụng cuộn bù ngược về phía máy phát để hạn chế dòng điện trong động cơ khi động cơ bị dừng dưới điện. Việc điều chỉnh tốc độ được thực hiện dễ dàng bằng cách thay đổi từ trường kích từ của máy

phát và của động cơ. Nhược điểm lớn nhất của hệ thống F - Đ là số lượng máy điện nhiều, hệ thống công kênh.

2.11.2. Các hình thức bảo vệ và các quá trình khởi động

Theo quy định của Đăng kiểm, hệ thống truyền động điện neo nhất thiết phải có các hình thức bảo vệ sau: bảo vệ ngắn mạch; bảo vệ quá tải; bảo vệ điện áp thấp và bảo vệ không.

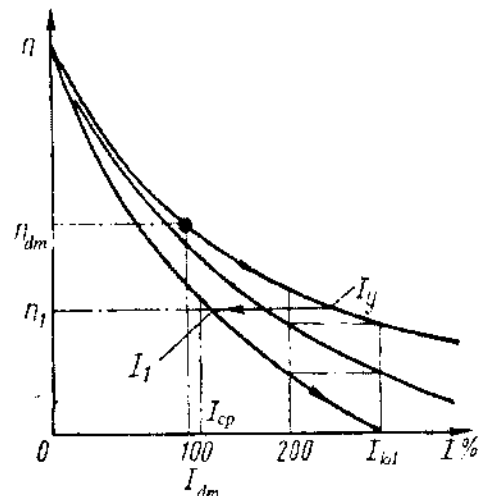
Ngoài các bảo vệ trên, hệ thống nhất thiết phải có thiết bị để ngắt khẩn cấp trong trường hợp cần thiết.

Bảo vệ ngắn mạch được thực hiện bởi cầu dao tự động có móc bảo vệ dòng cực đại. Móc bảo vệ này là các role dòng điện cực đại có dòng định mức trong khoảng $(25 \div 600)A$. Mức đặt dòng điện tác động của các role này trong khoảng $(2,25 \div 3,5)I_{dm}$. Bảo vệ ngắn mạch cần phải tác động tức thời với thời gian $(0,05 \div 0,08)$ giây.

Bảo vệ quá tải có thể thực hiện bởi các role dòng điện hoặc role nhiệt. Cần lưu ý rằng các role dòng điện có tác động tức thời với giá trị của dòng đặt nên không dùng để bảo vệ quá tải cho các động cơ điện xoay chiều. Dòng đặt cho role dòng điện trong trường hợp này là $(1,3 \div 1,4)I_{dm}$. Để bảo vệ quá tải cho các động cơ điện xoay chiều cần dùng các role nhiệt. Các role nhiệt có thời gian trễ tác động do vậy không thực hiện bảo vệ trong thời gian khởi động động cơ. Để có thể bảo vệ được ngay cả khi quá tải nhỏ nhưng kéo dài, dòng đặt tác động của role nhiệt thường trong khoảng $(1,1 \div 1,25)I_{dm}$. Đối với hệ thống truyền động điện neo tời quần dây, bảo vệ quá tải có ý nghĩa rất lớn vì tải của hệ thống thường không ổn định và có thể vượt tải định mức. Ngoài ra, động cơ còn có khả năng bị dừng dưới điện khi vì một lý do nào đó neo không bị nhả bật lên khỏi bùn.

Bảo vệ điện áp thấp và bảo vệ không được thực hiện bởi role điện áp. Role này được chỉnh định để không thể duy trì được lực giữ tám động khi điện áp lưới giảm còn $50\%U_{dm}$. Khi đó, nguồn cấp cho hệ điều khiển bị cắt, động cơ sẽ được ngắt ra khỏi lưới điện. Đồng thời role này có thể thực hiện chức năng bảo vệ không nếu cuộn hút của nó được mắc nối tiếp với tiếp điểm thường đóng của tay điều khiển ở vị trí "0".

Hạn chế quá tải cho động cơ khi đang làm việc ở các cấp tốc độ cao



Hình 2-11. Tự động hạn chế quá tải ở tốc độ cao và hạn chế dòng điện dừng

được thực hiện bởi các rơle dòng điện với giá trị dòng đặt trong khoảng $(1,5 \div 2,1)I_{dm}$. Tác động của các rơle này, qua hệ thống điều khiển sẽ chuyển tốc độ của động cơ từ tốc độ cao về tốc độ thấp hơn theo đặc tính cơ của động cơ bằng cách đổi tổ đấu dây để thay đổi số đôi cực của cuộn dây stato (với động cơ điện xoay chiều) hoặc đưa thêm điện trở phụ vào mạch phản ứng (với động cơ điện một chiều). Có thể dùng một số rơle dòng điện để tự động chuyển cấp tốc độ. Khi bị dừng dưới điện, động cơ được chuyển về đặc tính cơ có tốc độ thấp nhất và hạn chế được dòng điện dừng ở mức cho phép (xem hình 2-11).

Để các rơle dòng điện không tác động ngay khi khởi động động cơ, có thể dùng các rơle thời gian trung gian.

§2-12. MỘT SỐ HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TỚI NEO THƯỜNG GẶP

2.12.1. Hệ thống F-Đ với cuộn bù ngược

2.12.1a. Cấu tạo và các đặc tính kỹ thuật của hệ thống

Hệ thống này được sử dụng với lưới điện một chiều với phản động lực gồm (xem hình 2-11a).

- Động cơ sơ cấp $\mathcal{D}_1$ - Đây là động cơ một chiều kích từ song song với cuộn kích từ là E_1F_1 . Động cơ $\mathcal{D}_1$ được khởi động qua các điện trở khởi động r_1 theo hàm thời gian nhờ các rơle thời gian B, D và các công tắc tơ A, C, E.

- Điện trở r_2 mắc song song với cuộn kích từ E_1F_1 đóng vai trò điện trở phóng điện.

- Chiết áp r_3 dùng để điều chỉnh kích từ có tác dụng tạo cho $\mathcal{D}_1$ có tốc độ phù hợp với yêu cầu khai thác hệ thống.

- Các nút ấn START, STOP dùng để khởi động và dừng $\mathcal{D}_1$.

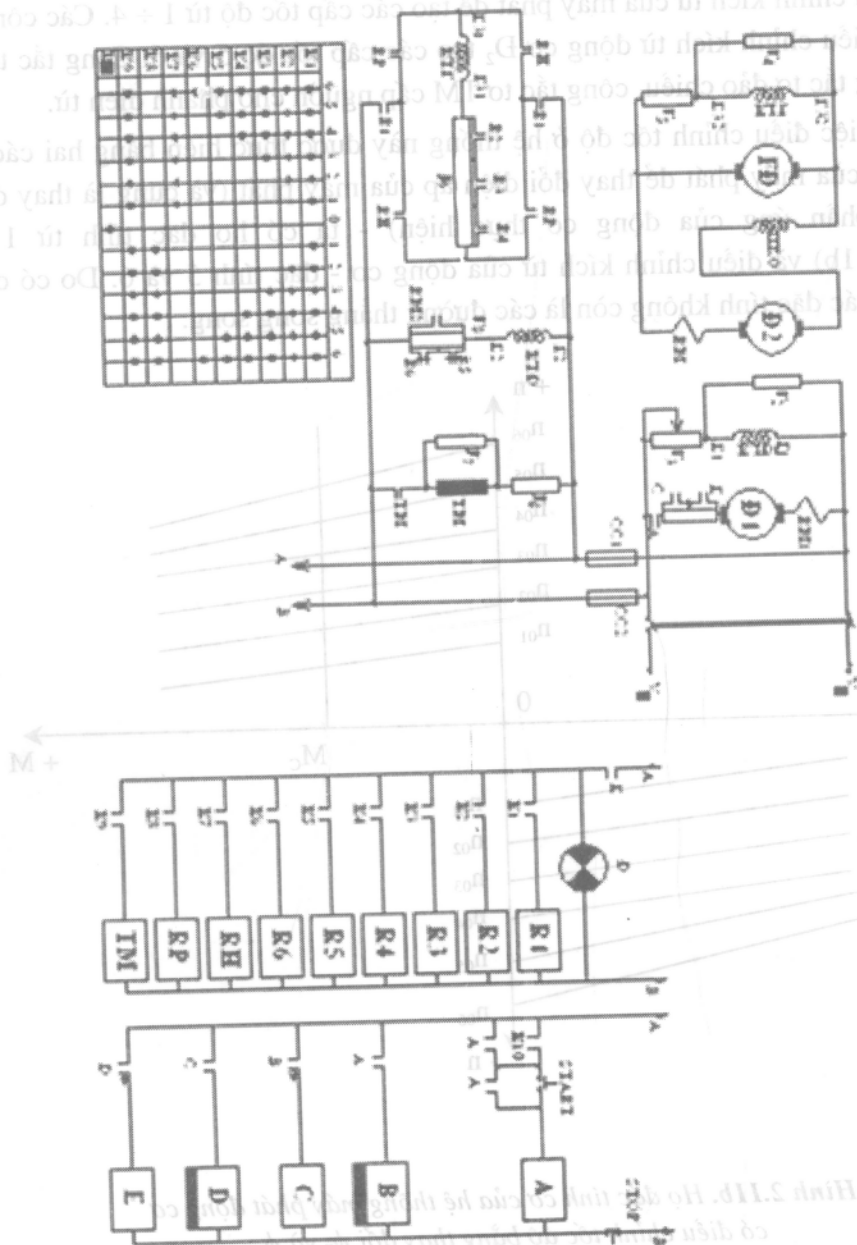
- Động cơ sơ cấp được bảo vệ quá tải nhờ rơle dòng điện cực đại RM_1

Máy phát điện một chiều F trong hệ thống F - Đ có hai cuộn kích từ chính: cuộn kích từ độc lập $E_{31}F_{31}$ và cuộn kích từ song song $E_{32}F_{32}$. Hai cuộn này được quấn để chiều từ trường của chúng trùng nhau... Cuộn kích từ thứ ba của máy phát F là cuộn khử từ ΠKO . Cuộn này có từ trường ngược với từ trường của hai cuộn kích từ chính. Tức là:

$$F_{\Sigma} = F_{E_{31}F_{31}} + F_{E_{32}F_{32}} - F_{\Pi KO}$$

Trong đó:

Từ trường kích từ của cuộn kích từ độc lập $E_{31}F_{31}$ có thể điều chỉnh được nhờ việc tăng giảm điện trở R_{η} . Từ trường kích từ của cuộn kích từ song song thay đổi tùy thuộc vào sự tăng, giảm của điện áp do máy phát phát ra. Từ trường kích từ của cuộn bù ngược phụ thuộc vào dòng tải trong mạch chính.



Hình 2.11a: Hệ thống máy phát động cơ với cuộn bù ngược PKO

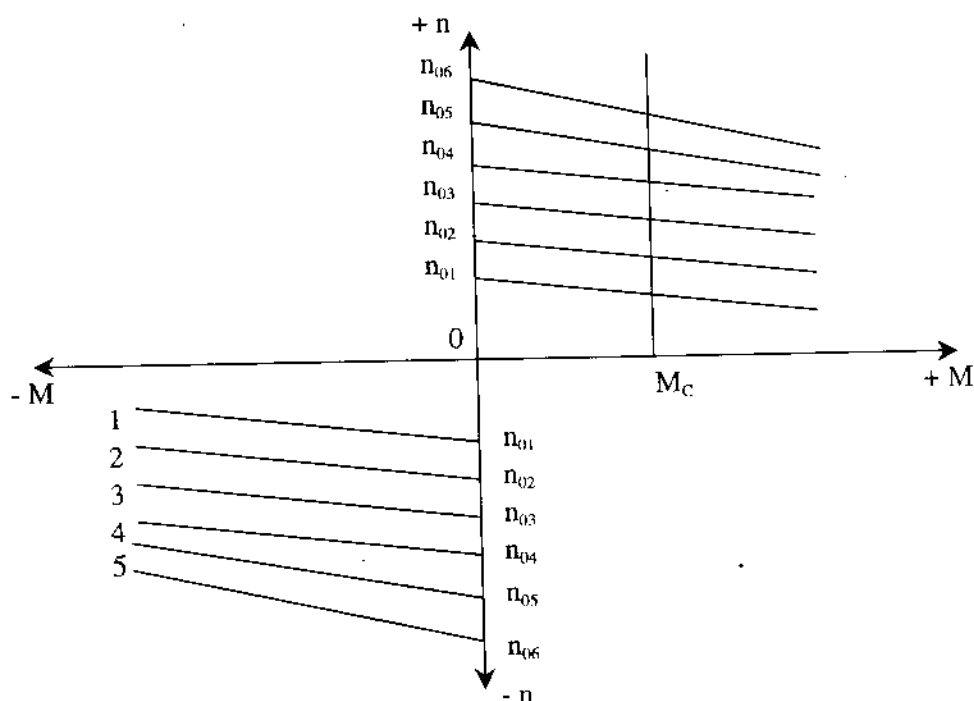
Động cơ thực hiện Δ_2 là động cơ điện một chiều kích từ độc lập với cuộn kích từ E_2F_2 . Từ trường kích từ của động cơ này có thể điều chỉnh nhờ điện trở R_8 . Bảo vệ quá tải cho động cơ thực hiện Δ_2 nhờ rơ le dòng điện cực đại RM_2 . Phan điện từ TM có điện trở hạn chế r_6 và điện trở phóng điện r_7 .

Phần điều khiển gồm các thiết bị sau:

Tay điều khiển K có 6 vị trí thu, thả neo và một vị trí O. Các cực tiếp xúc từ $K_1 \div K_{10}$ dùng để điều khiển các khí cụ của trạm từ. Các công tắc tơ R_1, R_2, R_3, R_4 dùng để cấp

nguồn và điều chỉnh kích từ của máy phát để tạo các cấp tốc độ từ 1 ÷ 4. Các công tắc tơ R_5 và R_6 để điều chỉnh kích từ động cơ Đ_2 tạo các cấp tốc độ 5 và 6. Công tắc tơ R_M và R_P là các công tắc tơ đảo chiều, công tắc tơ TM cấp nguồn cho phanh điện từ.

Như vậy, việc điều chỉnh tốc độ ở hệ thống này được thực hiện bằng hai cách: điều chỉnh kích từ của máy phát để thay đổi điện áp của máy phát (và cũng là thay đổi điện áp đặt vào phần ứng của động cơ thực hiện) - ta có họ đặc tính từ 1 đến 4 (xem hình 2-11b) và điều chỉnh kích từ của động cơ - đặc tính 5 và 6. Do có cuộn bù ngược ΠKO , các đặc tính không còn là các đường thẳng song song.



Hình 2.11b. Họ đặc tính cơ của hệ thống máy phát động cơ có điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi ϕ_f và ϕ_{dc} .

2.12.1b. Nguyên lý hoạt động của hệ thống

Sau khi đóng cầu dao tự động AB, nguồn điện được đưa tới bộ điều khiển khởi động động cơ sơ cấp. Động cơ sơ cấp lại máy phát được khởi động bằng cách ấn nút START.

Công tắc tơ A có điện làm đóng tiếp điểm A ở mạch động lực, cấp điện cho động cơ Đ_1 . Động cơ này được khởi động với toàn bộ điện trở r_1 . Các tiếp điểm phụ của công tắc tơ A đóng để nuôi cho A và cấp điện cho role thời gian B. Sau một thời gian tiếp điểm B của role này đóng lại cấp điện cho công tắc tơ C. Tiếp điểm C ở mạch động lực đóng lại

cắt đi một phần điện trở khỏi động r_1 , động cơ được tăng tốc độ. Đồng thời tiếp điểm phụ C đóng cấp điện cho role thời gian D. Sau một thời gian tiếp điểm D của role này đóng lại làm công tắc tơ E được cấp điện. Tiếp điểm chính của công tắc tơ này đóng cắt phần còn lại của điện trở khỏi động r_1 , động cơ Đ_1 được gia tốc tới tốc độ công tác ổn định. Tiếp điểm phụ E đóng đưa điện tới trạm từ, đèn Đ sáng báo hệ thống đã sẵn sàng hoạt động.

Điều khiển để hệ thống làm việc ở các cấp tốc độ bằng cách đưa tay điều khiển lần lượt qua các vị trí 1 đến 6 ở mỗi chiều thu, thả neo diễn ra bình thường. Các cấp tốc độ từ 1 đến 4 được tạo ra bằng cách dùng tay điều khiển cấp nguồn cho các công tắc tơ R_1, R_2, R_3, R_4 để cắt dần điện trở R_9 làm tăng dần từ trường kích từ của cuộn kích từ độc lập $E_{31}F_{31}$. Tốc độ 4 và 5 được tạo ra bằng cách đóng các tiếp điểm K_5 và K_6 của tay điều khiển để cấp điện cho công tắc tơ R_5, R_6 , lần lượt đưa từng phần điện trở r_8 vào mạch kích từ của động cơ thực hiện Đ_2 .

Ở đây chúng ta quan tâm tới một vài trường hợp điều khiển đặc biệt: Người điều khiển đưa nhanh tay điều khiển từ vị trí 0 đến vị trí 6 (có tốc độ cao nhất); đưa tay điều khiển từ một vị trí nào đó phía thu neo sang phía thả neo và ngược lại.

Khi đưa nhanh tay điều khiển từ 0 sang vị trí 6, do các tiếp điểm từ K_1 đến K_6 đóng nên các công tắc tơ từ R_1 đến R_6 đều có điện. Điện trở r_9 được cắt khỏi mạch kích từ độc lập của máy phát F. Khi đó máy phát có E_F đạt giá trị lớn nhất. Các công tắc tơ R_5, R_6 được cấp điện làm mở các tiếp điểm R_5, R_6 đưa điện trở r_8 vào mạch kích từ E_2F_2 của động cơ. Ở trạng thái này, dòng điện trong mạch chính của máy phát động cơ sẽ có giá trị lớn $[I_u = (E_F - E_{D2}) / (r_{uF} + r_{uD2})]$ rất lớn vì $E_{D2} = C_{E2}\Phi_{D2} \cdot n_{D2} = 0$.

Role dòng điện RM_2 tác động làm đóng tiếp điểm RM_2 của nó để cắt điện trở r_8 ra khỏi mạch kích từ của động cơ Đ_2 . Đồng thời cuộn kích từ ΠKO khử từ mạnh làm E_F giảm đi đáng kể, hạn chế được dòng điện chạy trong mạch chính của F - Đ. Động cơ Đ_2 được gia tốc từ một đặc tính trung gian (thấp hơn đặc tính 4 - xem hình 2-11b) cho đến khi RM_2 thôi tác động, điện trở r_8 được đưa vào mạch E_2F_2 . Từ trường kích từ của động cơ giảm, động cơ thực hiện chuyển sang làm việc ở đặc tính 6.

Khi đưa tay điều khiển từ một vị trí nào đó phía thu neo sang phía thả neo, sẽ có quá trình hãm ngược xảy ra trong động cơ. Do đảo chiều từ trường kích từ của cuộn kích từ độc lập, dòng chạy trong mạch chính lúc này là:

$$I_u = \frac{-E_F - E_{D2}}{r_{uF} + r_{uD2}}$$

Mômen điện từ hình thành trong động cơ trở thành mômen hãm làm cho tốc độ động cơ giảm dần đến không. Sau đó Đ_2 sẽ bắt đầu gia tốc theo chiều ngược lại trên đặc tính tương ứng với vị trí của tay điều khiển.

Hệ thống này có các bảo vệ sau:

- Bảo vệ không được thực hiện nhờ công tắc tơ A
- Bảo vệ quá tải cho động cơ sơ cấp nhờ rơle dòng cực đại RM_1 . Khi hệ thống đang làm việc, nếu bị quá tải mạnh, rơle dòng điện RM_1 tác động làm tiếp điểm RM_1 mở, cắt nguồn cấp cho hệ thống điều khiển làm động cơ D_1 và cả hệ thống ngừng hoạt động.
- Bảo vệ quá tải cho động cơ thực hiện D_2 nhờ rơle dòng điện cực đại RM_2 . Khi có quá tải ở tốc độ cao [$I = (1,15 \div 1,3)I_{dm}$] rơle này tác động làm RM_2 đóng lại, điện trở r_x được đưa vào mạch kích từ E_2F_2 . Động cơ thực hiện tự động chuyển về làm việc ở đặc tính số 4 (có tốc độ thấp hơn). Khi hết quá tải D_2 lại tự động chuyển sang tốc độ cao.
- Bảo vệ ngắn mạch cho mạch điều khiển nhờ cầu chì CC_1 . Bảo vệ ngắn mạch cho mạch động lực nhờ cầu dao tự động AB.

2.12.2. Hệ thống truyền động điện neo với động cơ dị bộ rôto lồng sóc ba tốc độ có hai cuộn dây stato.

2.12.2a. Cấu tạo và đặc điểm kỹ thuật của hệ thống (xem hình 2.11c).

m_1 - Động cơ thực hiện, đây là động cơ dị bộ rôto lồng sóc rãnh sâu có 2 cuộn dây ở stato. Để tạo được 3 cấp tốc độ, cuộn dây thứ nhất được đổi dấu $\Delta \rightarrow YY$ với số đôi cực 8/16, cuộn dây thứ 2 có số đôi cực là 32.

S_1 - Phanh điện từ một chiều, cuộn phanh được cấp nguồn từ biến áp m_2 (380V/220V) và bộ nắn điện n_1 . Do phải thường xuyên đóng ngắt, cuộn phanh điện từ được bảo vệ khỏi bị đánh thủng các lớp dây nhờ điện trở phóng điện r_4 . Điện trở kinh tế r_5 được đưa vào mạch cuộn phanh hoặc ngắt ra khỏi mạch nhờ công tắc tơ (CCT) c_8 .

b_1 - Tay điều khiển có 7 vị trí - 1 vị trí "0" và 3 vị trí ở mỗi phía thu thả neo. Tay điều khiển này có các tiếp điểm (1 - 01); (3 - 03); (5 - 05); (7 - 07); (9 - 09) và (11 - 011).

b_2 - Nút dừng khẩn cấp, nút ấn này đặt tại tay điều khiển, nó được sử dụng khi cần dừng tức thời động cơ thực hiện.

$d_1; d_2$ - Các rơ le trung gian

$d_3; d_5; d_6$ - Các rơle thời gian

$C_1; C_2$ - Các công tắc tơ đảo chiều

$C_3; C_4; C_5; C_6$ - Các công tắc tơ tốc độ 1,2,3

C_7 - Công tắc tơ cấp nguồn cho phanh điện từ

C_8 - Công tắc tơ trung gian

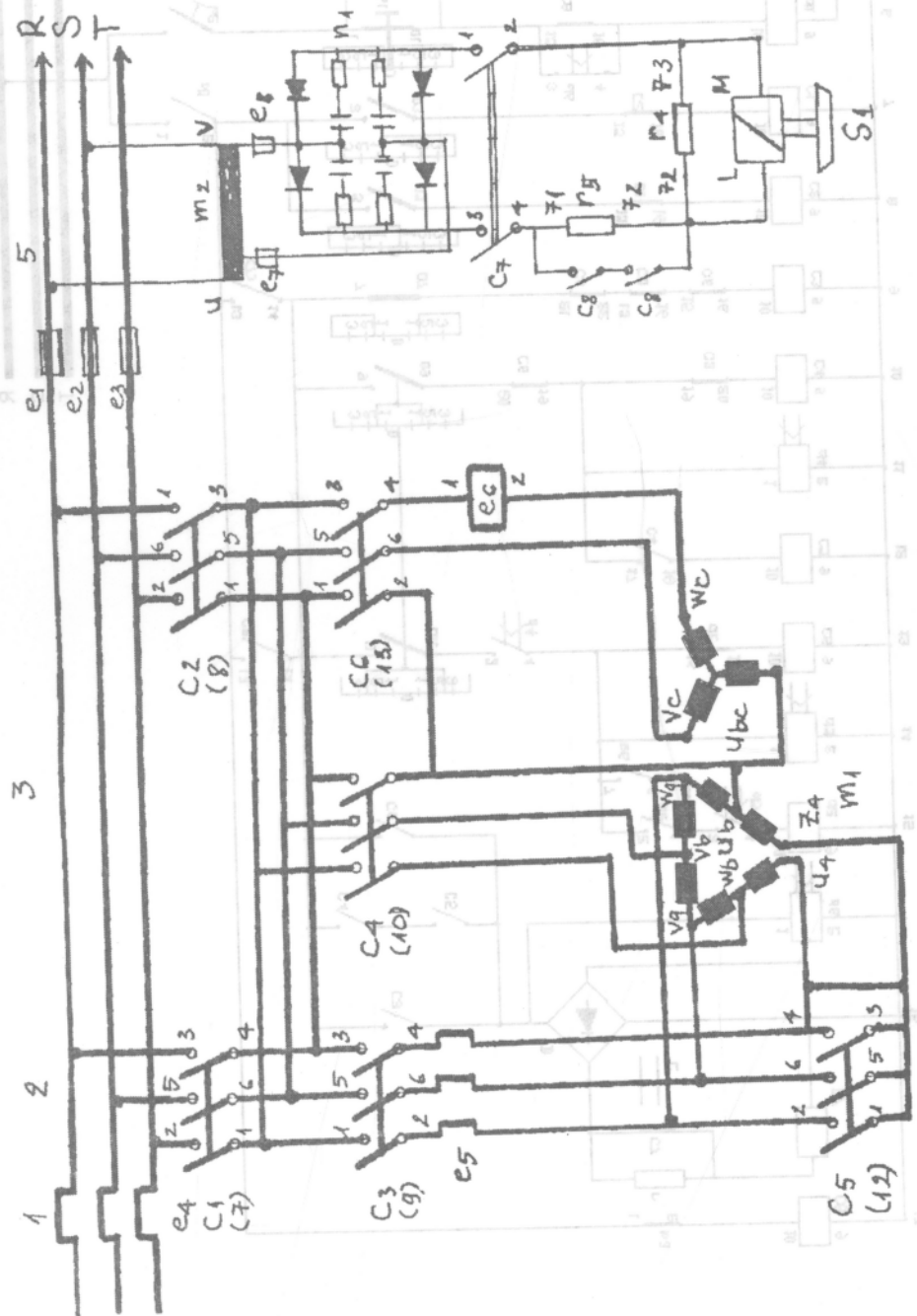
b_3 - Ngắt hành trình. Thiết bị này được gắn ở phanh điện từ s_1 . Khi má động của phanh được hút hoàn toàn về phía lõi thép thì má động sẽ tì lên cần điều khiển làm b_3 mở ra.

e_6 - Rơ le ròng điện cực đại, bảo vệ quá tải ở tốc độ cao cho động cơ thực hiện.

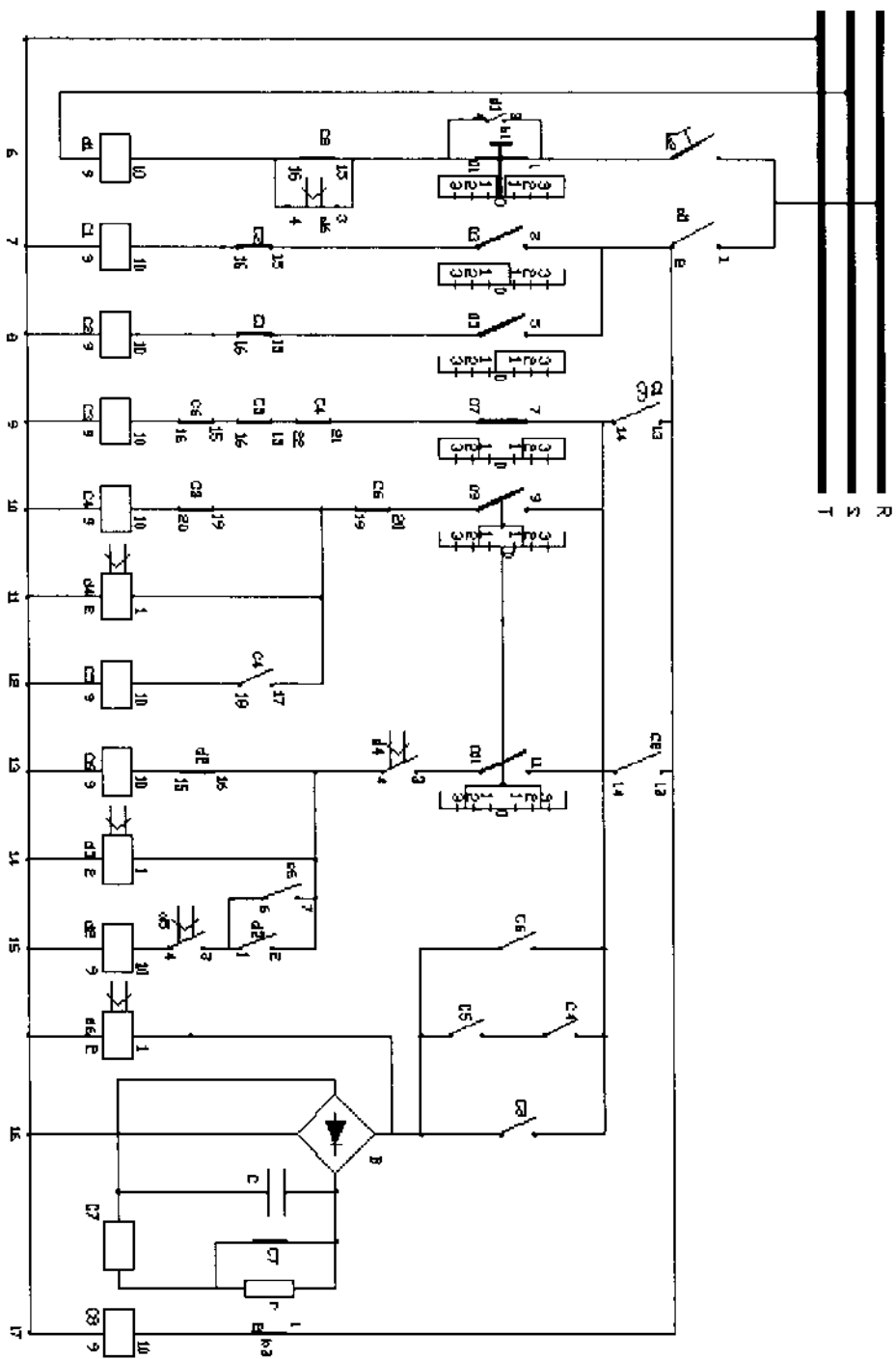
e_5 - Bảo vệ quá tải cho động cơ ở tốc độ 1.

e_4 - Bảo vệ quá tải chung cho cả 3 tốc độ.

Ở hệ thống này có cần lưu ý: Phanh để giữ cố định trục động cơ là phanh điện từ một chiều và công tắc tơ cấp nguồn cho phanh C_7 là công tắc tơ một chiều. Sử dụng các thiết bị điện một chiều trong trường hợp này nhằm tạo ra lực hút ổn định cho phanh điện từ.



Hình 2.11c. Hệ thống TĐĐ neo với động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc ba tốc độ, hai cuộn dây stator



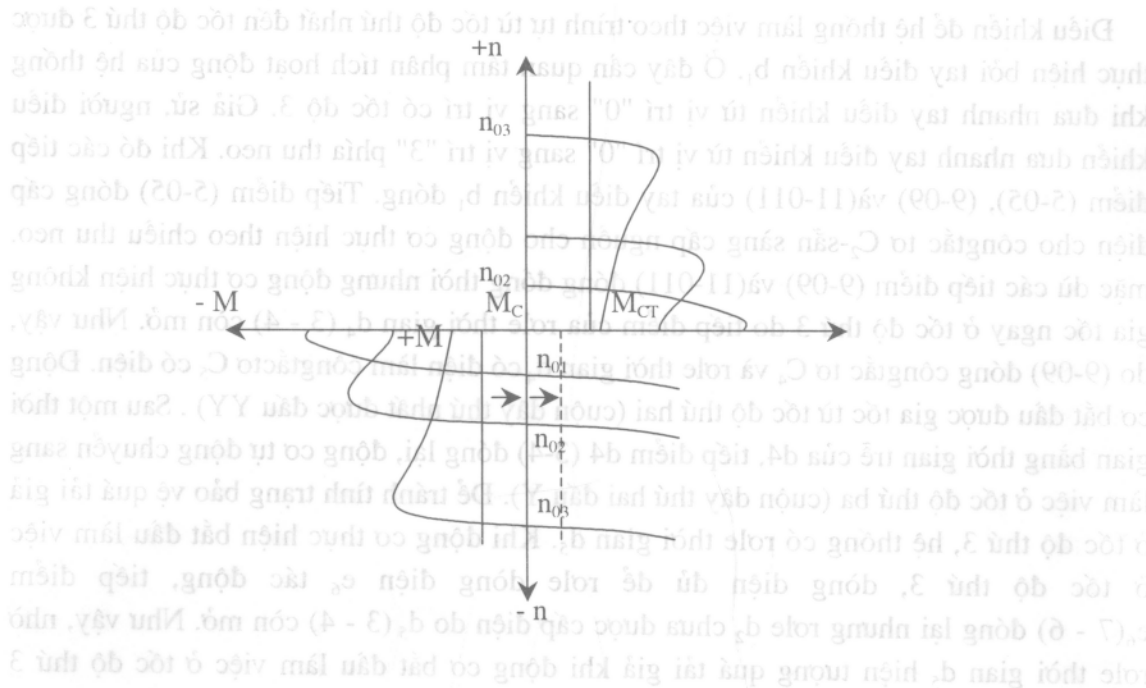
2.12.2b. Nguyên lý hoạt động của hệ thống

Đóng nút dừng khẩn cấp b_2 , rơ le d_1 được cấp điện. Tiếp điểm $d_1(1-2)$ đóng cấp điện cho hệ thống điều khiển. Tiếp điểm $d_1(3-4)$ đóng để tự duy trì nguồn cấp cho d_1 .

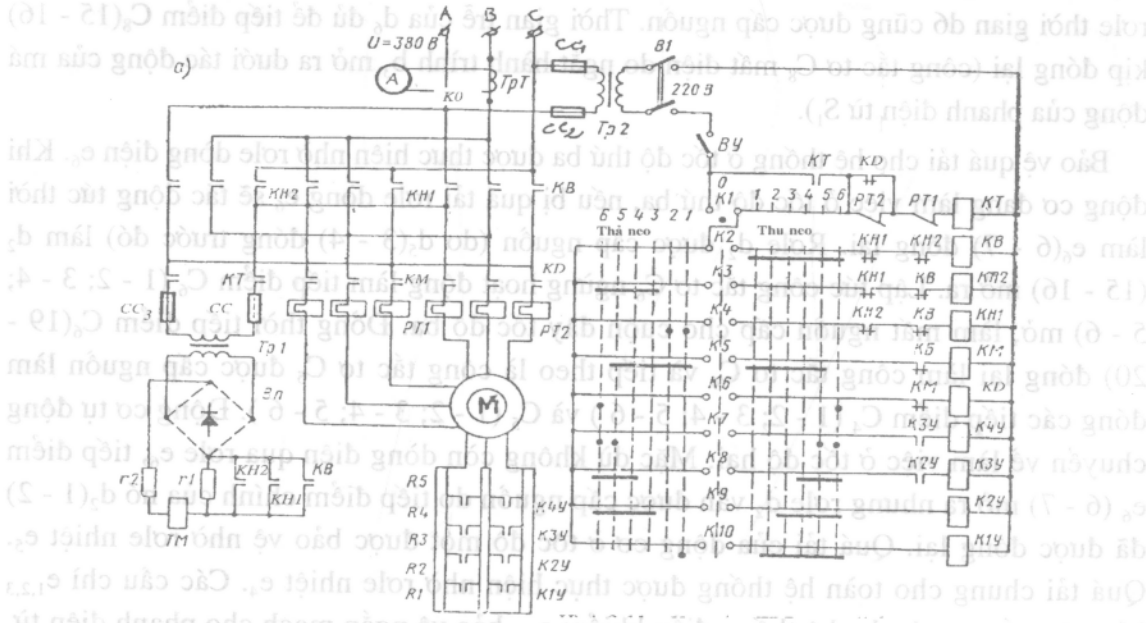
Điều khiển để hệ thống làm việc theo trình tự từ tốc độ thứ nhất đến tốc độ thứ 3 được thực hiện bởi tay điều khiển b_1 . Ở đây cần quan tâm phân tích hoạt động của hệ thống khi đưa nhanh tay điều khiển từ vị trí "0" sang vị trí có tốc độ 3. Giả sử, người điều khiển đưa nhanh tay điều khiển từ vị trí "0" sang vị trí "3" phía thu neo. Khi đó các tiếp điểm (5-05), (9-09) và (11-011) của tay điều khiển b_1 đóng. Tiếp điểm (5-05) đóng cấp điện cho công tắc tơ C_2 sẵn sàng cấp nguồn cho động cơ thực hiện theo chiều thu neo. Mặc dù các tiếp điểm (9-09) và (11-011) đóng đồng thời nhưng động cơ thực hiện không gia tốc ngay ở tốc độ thứ 3 do tiếp điểm của rơle thời gian $d_4(3-4)$ còn mở. Như vậy, do (9-09) đóng công tắc tơ C_4 và rơle thời gian d_4 có điện làm công tắc tơ C_5 có điện. Động cơ bắt đầu được gia tốc từ tốc độ thứ hai (cuộn dây thứ nhất được đấu YY). Sau một thời gian bằng thời gian trễ của d_4 , tiếp điểm $d_4(3-4)$ đóng lại, động cơ tự động chuyển sang làm việc ở tốc độ thứ ba (cuộn dây thứ hai đấu Y). Để tránh tình trạng bảo vệ quá tải giả ở tốc độ thứ 3, hệ thống có rơle thời gian d_5 . Khi động cơ thực hiện bắt đầu làm việc ở tốc độ thứ 3, dòng điện đủ để rơle dòng điện e_6 tác động, tiếp điểm $e_6(7-6)$ đóng lại nhưng rơle d_2 chưa được cấp điện do $d_5(3-4)$ còn mở. Như vậy, nhờ rơle thời gian d_5 hiện tượng quá tải giả khi động cơ bắt đầu làm việc ở tốc độ thứ 3 không cản trở hoạt động bình thường của hệ thống. Rơle thời gian d_6 có vai trò quan trọng khi bắt đầu đưa hệ thống vào làm việc. Ngay sau khi phanh điện từ S_1 được cấp điện nhờ công tắc tơ C_7 tác động làm đóng các tiếp điểm $C_7(1-2-3-4)$. Đồng thời rơle thời gian d_6 cũng được cấp nguồn. Thời gian trễ của d_6 đủ để tiếp điểm $C_8(15-16)$ kịp đóng lại (công tắc tơ C_8 mất điện do ngắt hành trình b_3 mở ra dưới tác động của má động của phanh điện từ S_1).

Bảo vệ quá tải cho hệ thống ở tốc độ thứ ba được thực hiện nhờ rơle dòng điện e_6 . Khi động cơ đang làm việc ở tốc độ thứ ba, nếu bị quá tải rơle dòng e_6 sẽ tác động tức thời làm $e_6(6-7)$ đóng lại. Rơle d_2 được cấp nguồn (do $d_5(3-4)$ đóng trước đó) làm $d_2(15-16)$ mở ra. Lập tức công tắc tơ C_6 ngừng hoạt động làm tiếp điểm $C_6(1-2; 3-4; 5-6)$ mở, làm mất nguồn cấp cho cuộn dây tốc độ ba. Đồng thời tiếp điểm $C_6(19-20)$ đóng lại làm công tắc tơ C_4 và tiếp theo là công tắc tơ C_5 được cấp nguồn làm đóng các tiếp điểm $C_4(1-2; 3-4; 5-6)$ và $C_5(1-2; 3-4; 5-6)$. Động cơ tự động chuyển về làm việc ở tốc độ hai. Mặc dù không còn dòng điện qua rơle e_6 , tiếp điểm $e_6(6-7)$ mở ra nhưng rơle d_2 vẫn được cấp nguồn do tiếp điểm chính của nó $d_2(1-2)$ đã được đóng lại. Quá tải của động cơ ở tốc độ một được bảo vệ nhờ rơle nhiệt e_5 . Quá tải chung cho toàn hệ thống được thực hiện nhờ rơle nhiệt e_4 . Các cầu chì $e_{1,2,3}$ bảo vệ ngắn mạch cho hệ thống điều khiển; $e_{7,8}$ bảo vệ ngắn mạch cho phanh điện từ. Bảo vệ ngắn mạch cho hệ thống được thực hiện bởi cầu dao tự động hoặc cầu chì

(các thiết bị này thường được đặt trên bảng điện chính và không được thể hiện trên sơ đồ nguyên lý hình.2-11c).



Hình 2.11d. Đặc tính cơ của động cơ hai cuộn dây ba tốc độ trong hệ thống truyền động neo

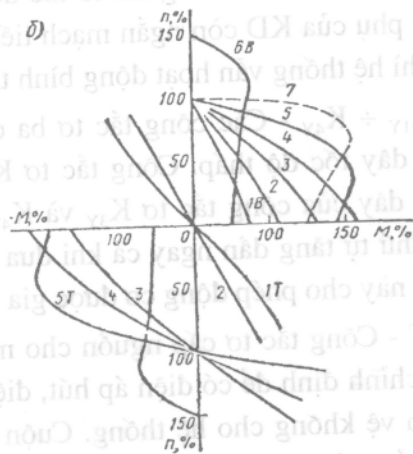


Hình 2.11e. Hệ thống TĐĐ neo với động cơ không đồng bộ rô tô dây quấn

2.12.3. Hệ thống truyền động điện neo với động cơ dị bộ rôto dây quấn

Sơ đồ nguyên lý của hệ thống được trình bày ở hình 2-11e. Hệ thống này được điều khiển gián tiếp bằng việc kết hợp tay điều khiển với trạm từ. Động cơ thực hiện có cấu tạo đặc biệt, có thể xem như hai động cơ được ghép đồng trục và có chung một vỏ máy. Stato của nó có hai cuộn dây, cuộn dây tốc độ thấp có $2p = 6$ làm việc với phần rôto dây quấn. Với cuộn dây này hệ thống có thể tạo được từ 5 đến 6 cấp tốc độ bằng cách thay đổi điện trở phụ mắc trong cuộn dây rôto (đặc tính 1 ÷ 5, 7 hình 2-11f). Cuộn dây có tốc độ cao $2p = 4$ làm việc với phần rôto lồng sóc. Điều khiển hệ thống được thực hiện nhờ tay điều khiển có vị trí 0 và 6 vị trí ở mỗi phía nâng hạ. Từ vị trí 1 đến 5 tay điều khiển thực hiện thao tác điều khiển cho cuộn dây tốc độ thấp, điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở phụ của cuộn dây rôto. Vị trí 6 chuyển động cơ sang làm việc ở tốc độ cao. Hai vị trí đầu phía thả neo, cuộn dây tốc độ thấp chỉ được đấu hai pha với lưới điện. Đây là trạng thái hãm động năng của động cơ thực hiện. Nhờ có điện trở phụ có giá trị lớn ở cuộn dây rôto, động cơ có đặc tính hãm 1T và 2T. Giá trị của mômen hãm có thể điều chỉnh được bằng cách thay đổi điện trở phụ ở cuộn dây rôto. Từ các vị trí 3, 4, 5 và 6 phía thả neo động cơ thực hiện làm việc bình thường với các đặc tính từ 3T ÷ 5T và 6T. Khi thả neo ở vùng có độ sâu thả neo lớn hơn độ sâu thả neo tính toán động cơ thực hiện sẽ công tác ở chế độ hãm tái sinh.

Cuộn dây tốc độ cao có mômen quay nhỏ (chỉ bằng $0,2M_{dm}$) nên chỉ dùng để thu dây cáp trùng trong quá trình điều động tàu.



Hình 2.11f. Đặc tính cơ của hệ thống

2.12.3a. Các phần tử chính của hệ thống và đặc điểm của chúng

M - Động cơ thực hiện kiểu kín nước, stato có hai cuộn dây với các thông số $P_{dm} = 33/12,5$ KW; $U_{dm} = 380V$; $I_{dm} = 70/25$ A; $n_{dm} = 720/1440$ vòng/phút; $\cos\varphi = 0,87/0,88$; $M_{max} = 70/26,5$ KGm; $M_{Kd} = 47/18$ KGm; $I_{Kd}/I_{dm} = 3,5/5,1$; chế độ công tác 30 phút; trọng lượng 518 kg.

Tp_1 và Tp_2 - Các biến áp cấp nguồn cho mạch điều khiển và phanh điện từ. Điện áp biến đổi 380/220V.

KB, KH_1 , KH_2 - Các công tắc tơ đảo chiều. Các công tắc tơ này có khóa liên động về điện để đảm bảo an toàn cho hệ thống (khi công tắc tơ này đã hút thì công tắc tơ kia

không được làm việc, tránh gây ngắn mạch hai pha). Công tắc tơ KH_1 có nhiệm vụ đấu một pha cuộn dây tốc độ thấp của động cơ để có các đặc tính 1T, 2T khi thả neo.

KM, KD - Các công tắc tơ tốc độ - chúng có khóa liên động về điện. Ngoài ra, tiếp điểm phụ của KD còn ngắn mạch tiếp điểm của rơle nhiệt PT_2 để khi có quá tải ở tốc độ cao thì hệ thống vẫn hoạt động bình thường ở các cấp tốc độ thấp.

$K_{1Y} \div K_{4Y}$ - Các công tắc tơ ba cực có nhiệm vụ điều chỉnh tốc độ của động cơ ở cuộn dây tốc độ thấp. Công tắc tơ K_{2Y} và K_{3Y} có khóa liên động về điện trong mạch. Cuộn dây của công tắc tơ K_{3Y} và K_{4Y} có tác dụng duy trì sự gia tốc của động cơ phải theo thứ tự tăng dần ngay cả khi đưa nhanh tay điều khiển tới vị trí tốc độ thứ năm. Hệ thống này cho phép động cơ được gia tốc bắt đầu từ các đặc tính 2B và 2T.

KT - Công tắc tơ cấp nguồn cho mạch phanh điện từ. Ngoài ra, công tắc tơ này còn được chỉnh định để có điện áp hút, điện áp nhả phù hợp với yêu cầu bảo vệ điện áp thấp và bảo vệ không cho hệ thống. Cuộn hút của công tắc tơ này được cấp nguồn qua các tiếp điểm của rơle nhiệt PT_1 và PT_2 . Công tắc tơ KT không làm việc sẽ là cho hệ thống ngừng hoạt động hoàn toàn.

TM - Phanh điện từ một chiều. Cuộn hút điện từ của phanh được cấp nguồn từ cầu chỉnh lưu B_n thông qua các điện trở r_1, r_2 . Khi làm việc, để tăng lực hút cho phanh, điện trở r_1 được cắt ra khỏi mạch cấp nguồn. Khi bắt đầu ngừng làm việc, r_1 được đưa vào mạch - r_1 đóng vai trò của điện trở phóng điện.

PT_1, PT_2 - Rơle nhiệt ba pha dùng để bảo vệ quá tải cho cuộn dây tốc độ thấp và tốc độ cao. Sử dụng các rơle nhiệt ba pha nhằm tạo ra khả năng dự trữ cho thiết bị bảo vệ vì ta đã biết rằng, để bảo vệ quá tải cho động cơ điện ba pha chỉ cần dùng rơle nhiệt hai pha là đủ.

2.12.3b. Nguyên lý hoạt động của hệ thống

Nguyên lý hoạt động của hệ thống được trình bày tóm tắt bằng các sơ đồ đơn giản và có các ký hiệu lưu ý sau đây:

K_1 - Tiếp điểm của tay điều khiển đang ở vị trí đóng

$\xrightarrow{+}$

- Nguồn cấp một chiều

$\xrightarrow{///}$

- Nguồn cấp xoay chiều ba pha

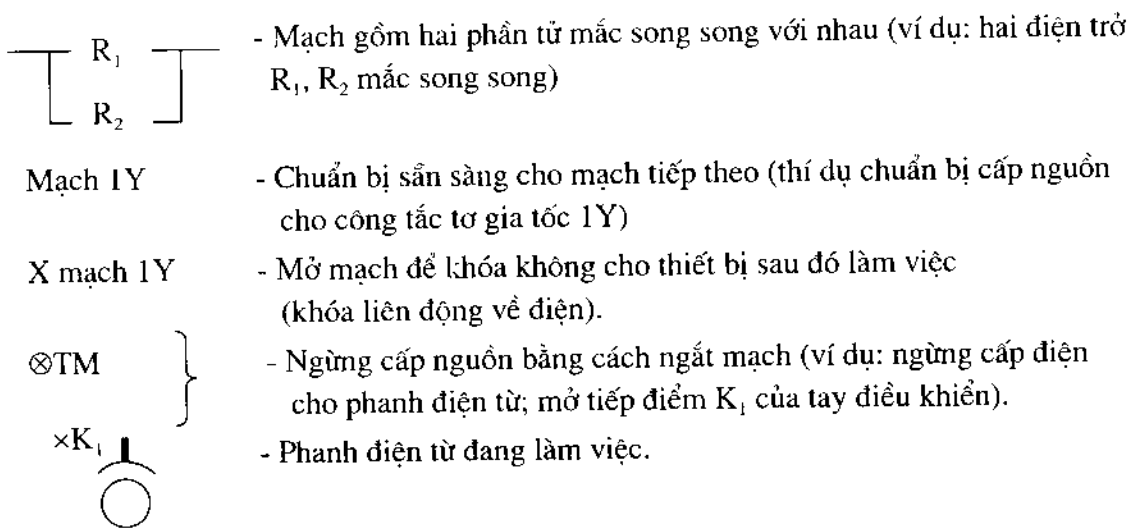
$\boxed{KB}$

$\bigcirc B$

- Ký hiệu của công tắc tơ hoặc rơle

$\xrightarrow{\Delta t}$

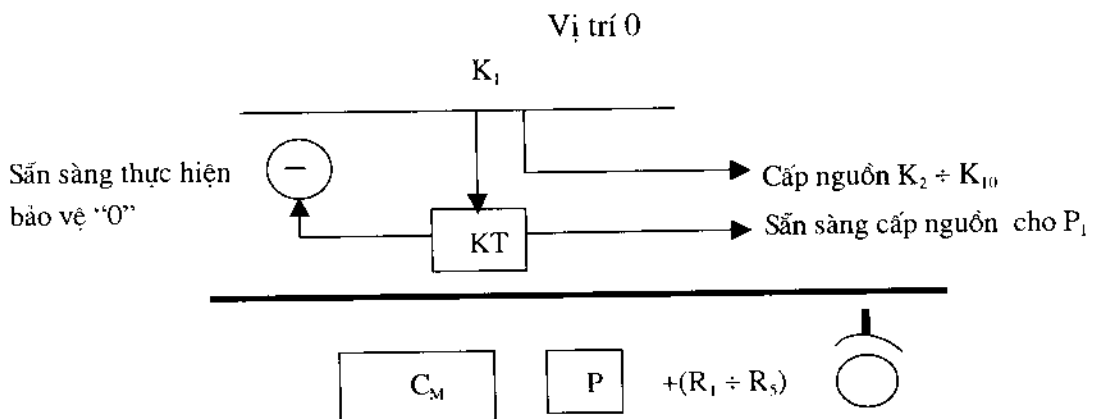
- Thực hiện chức năng có trễ thời gian



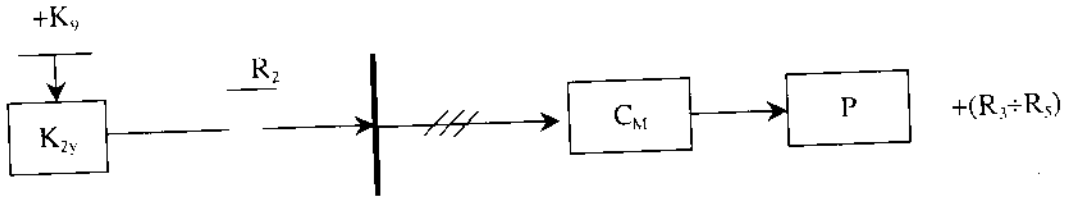
Chuẩn bị đưa hệ thống vào hoạt động: đóng cầu dao tự động cấp nguồn cho hệ thống (đặt trên bảng điện chính - không được thể hiện trên bản vẽ). Đóng cầu dao B_1 và công tắc dừng khẩn cấp B_y . Nguồn cấp đã được đưa tới hệ thống điều khiển, sẵn sàng đưa hệ thống vào hoạt động.

Diễn giải: ở vị trí 0 của tay điều khiển, tiếp điểm K_1 đóng. Nguồn cấp được đưa tới các tiếp điểm $K_2 \div K_{10}$ của tay điều khiển. Đồng thời, công tắc tơ KT có điện sẵn sàng cấp điện cho biến áp TP_1 và tiếp điểm phụ của nó đóng làm ngắn mạch K_1 , sẵn sàng thực hiện chức năng bảo vệ 0, các cuộn dây stato chưa được cấp điện. Các điện trở điều chỉnh $R_1 \div R_5$ được mắc nối tiếp với nhau và được nối với cuộn dây rôto.

Diễn giải: ở vị trí 1 phía thu neo, tiếp điểm K_1 của tay điều khiển mở ra (XK_1) và các tiếp điểm K_2, K_5 được đóng lại ($+K_2; +K_5$). Công tắc tơ KT được cấp nguồn qua tiếp điểm của chính nó (thực hiện chức năng bảo vệ 0); $+K_2$ cấp nguồn cho công tắc tơ KB còn $+K_5$ cấp nguồn cho công tắc tơ KM. Cuộn dây tốc độ thấp của động cơ thực hiện được cấp điện qua các tiếp điểm KB và KM. Ngoài ra, các công tắc tơ này còn có các chức năng:

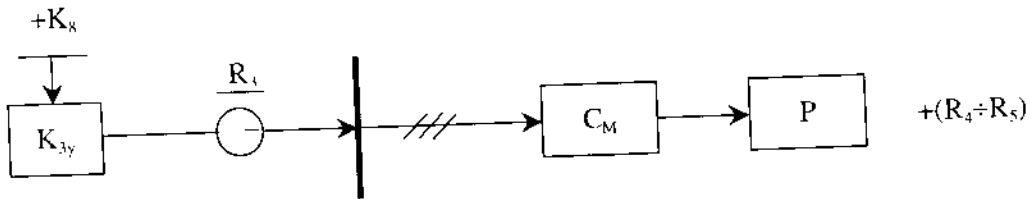


Vị trí 3 phía thu neo



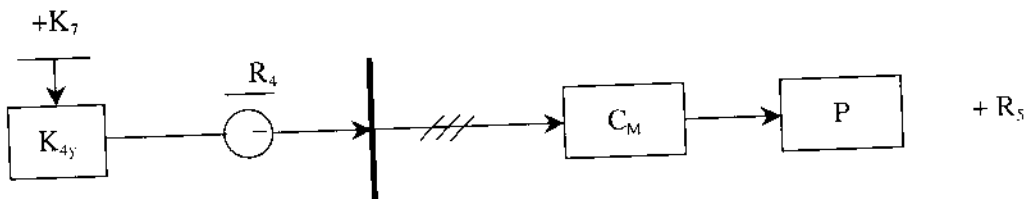
Thêm K_9 đóng làm K_{2Y} có điện. Điện trở R_2 bị cắt mạch. Động cơ chuyển sang làm việc ở tốc độ 3 (đường đặc tính 3B).

Vị trí 4 phía thu neo



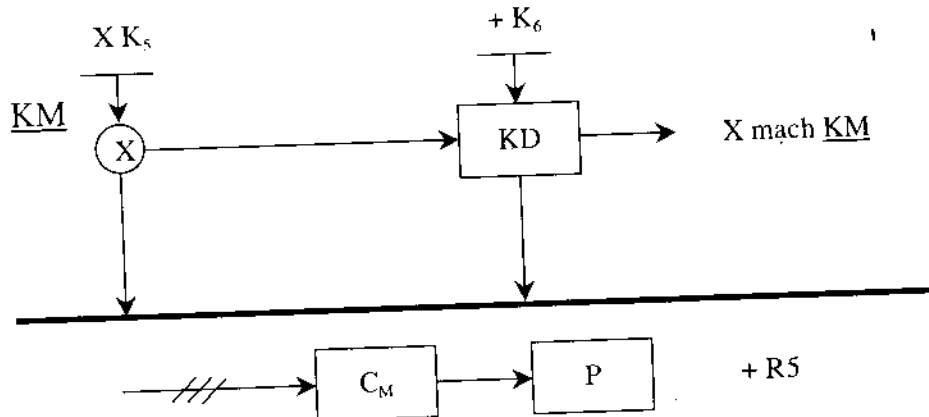
Thêm K_8 đóng công tắc tơ K_{3Y} có điện cắt thêm R_1 . Động cơ chuyển sang làm việc ở tốc độ 4 (đường 4B).

Vị trí 5 phía thu neo



Thêm K_7 đóng làm K_{4Y} có điện cắt R_4 khỏi mạch cuộn dây rôto. Động cơ chuyển sang làm việc ở tốc độ 5 đường đặc tính 5B.

Vị trí 6 phía thu neo

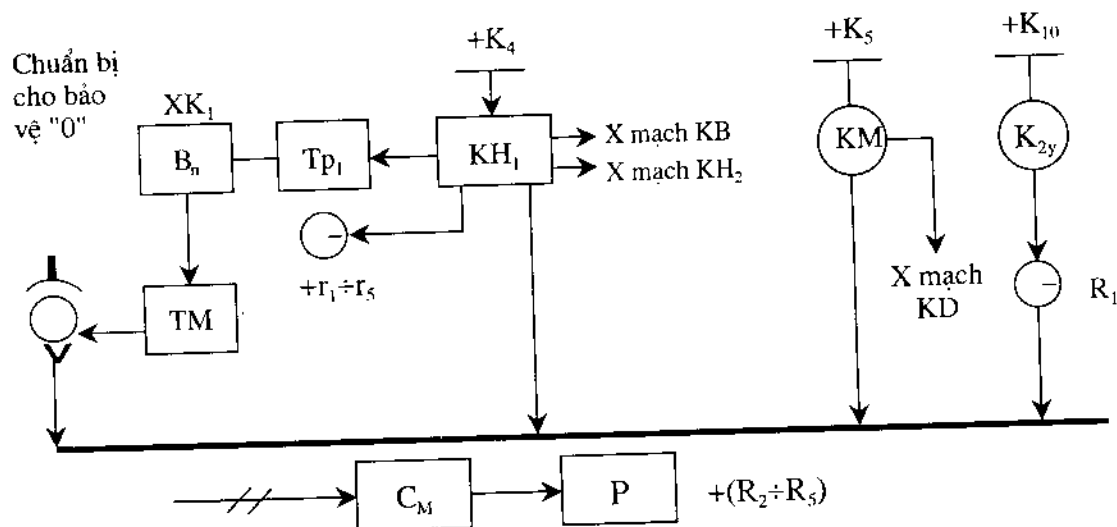


Tiếp điểm K_5 mở làm công tắc tơ KM mất điện cắt nguồn cấp vào cuộn dây tốc độ thấp. Đồng thời K_6 đóng cấp điện cho công tắc tơ KD làm đóng tiếp điểm của nó ở mạch động lực. Cuộn dây tốc độ cao nhận được nguồn cấp ba pha, tiếp điểm phụ KD mở khóa liên động công tắc tơ KM. Động cơ chuyển sang làm việc ở tốc độ 6 (đường 6B). Tốc độ này có công suất nhỏ nên chỉ dùng để thu thả cáp trùng khi điều động tàu.

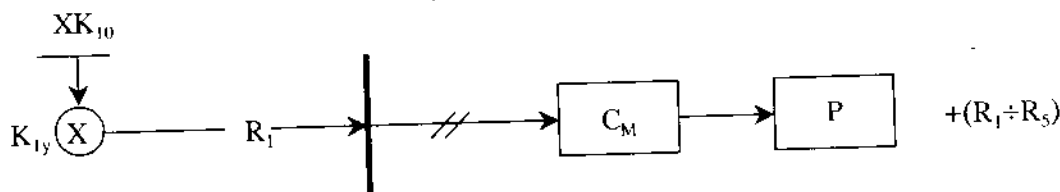
Quá trình thả neo:

Ở chế độ này, K_4 đóng KH_1 có điện. Cuộn dây tốc độ thấp được đấu hai pha với lưới. Động cơ làm việc ở chế độ hãm động năng trên đường đặc tính 1T. Cuộn dây rôto được mắc với các điện trở $R_2 \div R_5$ đảm bảo tạo được mômen hãm cần thiết để thả neo ổn định ở tốc độ thứ nhất.

Vị trí 1 - đường 1T.



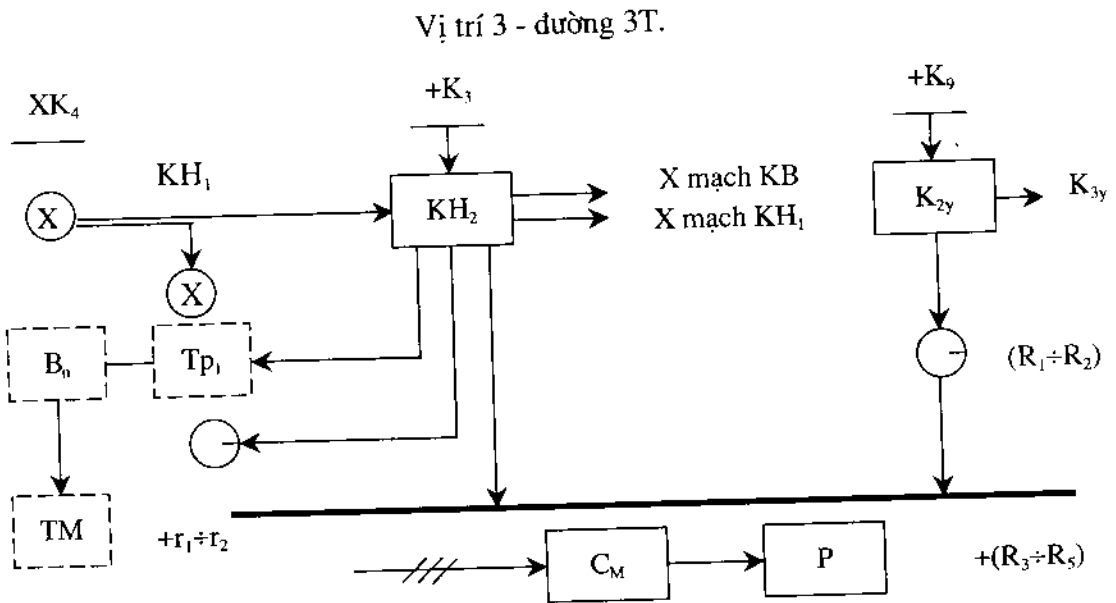
Vị trí 2-đường 2T.



Thêm K_{10} mở, K_{1y} bị mất nguồn. Điện trở phụ R_1 được đưa thêm vào mạch cuộn dây rôto. Động cơ được chuyển sang làm việc ở đặc tính 2T. Tốc độ thả neo tăng.

Ở vị trí này, hệ thống hoạt động giống như ở vị trí 3 khi thu neo chỉ khác là lúc này KH_2 được cấp nguồn còn KB thì không. Động cơ thực hiện được gia tốc trên đặc tính 3T. Nếu thả neo ổn định ở vị trí này, động cơ thực hiện sẽ làm việc ở chế độ hãm tái sinh.

Ở các vị trí 4, 5, 6 của tay điều khiển, hệ thống cũng hoạt động như ở các vị trí tương ứng khi thu neo. Động cơ lần lượt được gia tốc trên đặc tính 3T, 4T, 5T và 6T đối xứng với các đặc tính 3B, 4B, 5B và 6B phía thu neo.



Bảo vệ hệ thống:

Bảo vệ ngắn mạch được thực hiện nhờ cầu dao tự động cấp nguồn chung cho toàn hệ thống (không được thể hiện trong sơ đồ nguyên lý). Bảo vệ ngắn mạch cho mạch điều khiển được thực hiện nhờ các cầu chì CC_1 và CC_2 . Bảo vệ "0" được thực hiện nhờ công tắc tơ KT. Bảo vệ quá tải cho cuộn dây tốc độ thấp nhờ rơle nhiệt ba pha PT_1 . Với tốc độ cao - rơle nhiệt PT_2 . Khi động cơ bị quá tải ở cuộn dây tốc độ cao (tốc độ n_c) hệ thống vẫn hoạt động bình thường ở các cấp tốc độ của cuộn dây tốc độ thấp nhờ có tiếp điểm phụ KD sau tiếp điểm rơle nhiệt PT_2 .

§2-13. CÁC THÔNG SỐ ĐỊNH MỨC CỦA ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN

Việc tính toán lựa chọn động cơ thực hiện cho hệ thống tời neo không khó khăn lắm vì thời gian công tác của một chu kỳ ngắn, sức căng trên đĩa hình sao và tốc độ thu neo ở từng giai đoạn đã được biết trước.

Việc tính chọn có thể thực hiện bằng hai phương pháp, đó là: phương pháp tính đơn giản và phương pháp gần đúng liên tục. Phân tích tải của hệ thống qua từng giai đoạn thu neo ta thấy tải là tải ngắn hạn và thay đổi liên tục. Với loại tải này ta thường dùng phương pháp gần đúng liên tục với các bước tóm tắt sau:

- Sơ bộ xác định các thông số định mức của động cơ để chọn động cơ theo sổ tay kỹ thuật.

- Xây dựng giản đồ phụ tải $M = f(t)$; $P = f(t)$ và $I = f(t)$ cho một chu kỳ làm việc.
- Nghiệm lại động cơ đã chọn về thời gian thu neo và khả năng phát nhiệt.

Việc tính toán thường được tiến hành đối với trường hợp thu một neo ở độ sâu tính toán, xích neo được thả hết và nằm trong bùn. Với các điều kiện đầu như vậy, ta lần lượt tính mômen định mức và công suất định mức để từ đó sơ bộ chọn động cơ thực hiện theo sổ tay kỹ thuật.

2.13.1. Mômen quay định mức

Mômen quay định mức của động cơ có thể xác định nhờ sức căng trên đĩa hình sao quy định bởi Đăng kiểm (được xác định theo biểu thức 2-8).

Mặt khác, mômen định mức còn có thể xác định được nhờ mômen khởi động và bội số khởi động của động cơ (khả năng quá tải theo mômen của động cơ ở chế độ khởi động).

Với động cơ một chiều, khả năng quá tải của động cơ theo mômen thường được giới hạn khoảng $2,5M_{dm}$ vì dòng điện giới hạn cho phép khi khởi động của loại động cơ này khoảng $2,5I_{dm}$. Với động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp, khi dòng tải tăng kéo theo sự gia tăng của từ thông kích từ. Mômen quay sẽ có giá trị lớn hơn $2,5M_{dm}$ khi dòng điện đạt tới dòng điện cho phép $2,5I_{dm}$.

Theo quy định của Đăng kiểm, mômen khởi động của động cơ cần phải lớn hơn hai lần mômen cần trên đĩa hình sao. Vậy, từ biểu thức (2-8), mômen định mức của động cơ cần phải không nhỏ hơn giá trị được tính theo biểu thức sau:

$$M_{dm} = \frac{M_{kd}}{\gamma_{kd}} = \frac{2 \cdot T_{dk} \cdot R_s}{i \cdot \eta_{td} \cdot \gamma_{kd}}$$

$$M_{dm} = \frac{M_{kd}}{\gamma_{kd}} = \frac{2,26 \cdot R_s}{i \cdot \eta_{td} \cdot \gamma_{kd}} (G_N + p \cdot h) \quad (N.m) \quad (2-36)$$

Trong đó:

R_s - là bán kính tính toán của đĩa hình sao (m). Các đĩa hình sao trong bộ truyền động cơ khí của hệ thống neo thường có năm hoặc sáu rãnh. Bước của xích neo bằng $8d$ (xem hình 2-12).

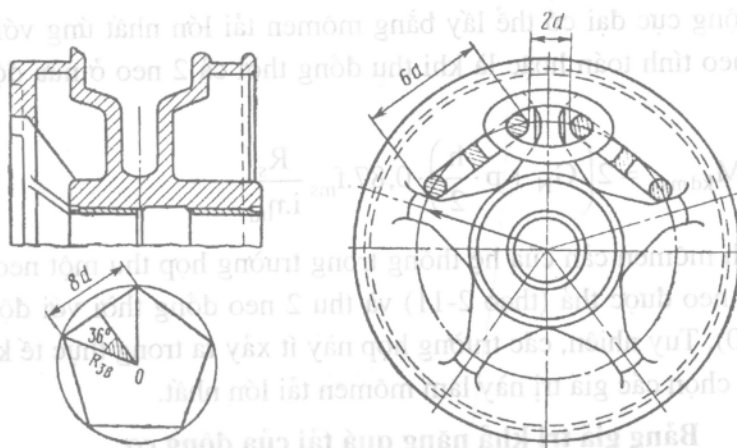
Ví dụ, với đĩa hình sao có năm rãnh, bán kính của đĩa hình sao là:

$$R_s = \frac{8d \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \sin 36^\circ} = 0,0068d \quad (m)$$

$i = 55 \div 250$ - Tỷ số truyền của bộ truyền động cơ khí.

$\eta_{td} = 0,75 \div 0,82$ - Hiệu suất định mức của bộ truyền động cơ khí.

γ_{kd} - khả năng quá tải của động cơ theo mômen khi khởi động (xem bảng giá trị khả năng quá tải của động cơ).



Hình 2-12. Chiều dài của bước xích neo và bán kính của đĩa hình sao

Mặt khác, mômen định mức cần phải đảm bảo lớn hơn hoặc bằng tải tính toán.
Tức là:

$$M_{dm} \geq \frac{T_{dk} \cdot R_s}{i \cdot \eta_{td}} = \frac{1,13 R_s}{i \cdot \eta_{td}} (G_N + p \cdot h)$$

Điều kiện này xuất phát từ yêu cầu: khi tải của hệ thống bằng tải tính toán, động cơ phải có tốc độ thu neo bằng tốc độ định mức để công suất của nó là công suất định mức.

Theo kinh nghiệm của nhà máy đóng tàu Dinamô của Nga, mômen khởi động có thể tính được theo biểu thức sau:

$$\frac{1,1 \cdot L_0 \cdot d^{1,5} \cdot D_s}{i \cdot \eta_{td}} \leq M_{kd} < \frac{2 \cdot L_0 \cdot d^{1,5} \cdot D_s}{i \cdot \eta_{td}} \quad (N.m) \quad (2-37)$$

Trong đó: L_0 - chiều dài của toàn bộ xích neo (m).

d - Đường kính của mắt xích neo (mm).

D_s - Đường kính của đĩa hình sao (m).

Khi chọn mômen khởi động, nên chọn mômen khởi động có giá trị lớn nhất để đảm bảo cho động cơ có thời gian khởi động ngắn. Tại thời điểm khởi động, ngoài tải chính của hệ thống, còn có các thành phần mômen cản tạo bởi sự gia tăng hệ số ma sát tĩnh trong bộ truyền động cơ khí, tính quán tính. Vì vậy mômen khởi động cần tăng thêm một lượng dự trữ để thắng các thành phần mômen cản kể trên. Theo kinh nghiệm của nhà máy đóng tàu Dinamô của Nga, mômen khởi động cần tăng thêm 50% giá trị đã chọn.

Theo (2-8), mômen định mức của động cơ khi tính toán cần phải lớn hơn hoặc bằng:

$$M_{dm} = \frac{1,5 \cdot M_{kdmax}}{\gamma_{kd}} \quad (N.m) \quad (2-38)$$

Mômen khởi động cực đại có thể lấy bằng mômen tải lớn nhất ứng với khi thả một neo ở độ sâu thả neo tính toán hoặc là khi thu đồng thời cả 2 neo ở nửa độ sâu thả neo tính toán, tức là:

$$M_{kdmax} = 2 \left(G_N + p \cdot \frac{h}{2} \right) \cdot 0,87 \cdot f_{ms} \cdot \frac{R_s}{i \cdot \eta_{td}} \tag{2-39}$$

Chúng ta đã tính mômen cản của hệ thống trong trường hợp thu một neo với toàn bộ chiều dài của xích neo được thả (theo 2-11) và thu 2 neo đồng thời với độ sâu thả neo tính toán (theo 2-10). Tuy nhiên, các trường hợp này ít xảy ra trong thực tế khai thác. Do vậy, ta không được chọn các giá trị này làm mômen tải lớn nhất.

Bảng giá trị khả năng quá tải của động cơ

Loại đồng điện	Đặc điểm chung hoặc là kiểu động cơ		Khả năng quá tải		
			Khi tốc độ định mức γ_M	Khi khởi động γ_{KD}	
Một chiều	Động cơ kiểu ДПМ :				
	- Động cơ kích từ hỗn hợp		3,0	3,6	
	- Động cơ kích từ song song		2,5	3,0	
	Động cơ kiểu ПМ làm việc dài hạn		2,5	2,5	
Xoay chiều	Động cơ đị bộ rôto lồng sóc	МАН	Loại một tốc độ làm việc ngắn hạn	2,6 ÷ 6,2	2,0 ÷ 4,0
			Loại hai tốc độ dùng cho tời neo	1,7 ÷ 2,5	1,5 ÷ 2,4
			Loại hai tốc độ làm việc ngắn hạn	2,1 ÷ 3,0	2,1 ÷ 2,75
			Loại một, hai và ba tốc độ làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại	1,65÷ 3,8	1,65 ÷ 3,1
			MTK và MTKB	2,6 ÷ 3,4	Lấy nhỏ hơn so với γ_M từ (5÷10)%
	Động cơ đị bộ rôto dây quấn kiểu MT và MTB		2,3 ÷ 3,4		

1.13.2. Tốc độ quay định mức

Để xác định tốc độ quay định mức có thể dựa vào quy định của Đăng kiểm về tốc độ thu neo với tải tính toán, tức là chọn $V_{dm}=10^m$ / phút hay 0,167m/s.

Ta có:
$$V_{dm} = 2\pi R_s \frac{n_{dm}}{60 \cdot i} \tag{2-40}$$
(m/s)

Vậy:
$$n_{dm} = \frac{60.i}{2.\pi.R_s} \cdot V_{dm} = 9,56 \cdot \frac{i}{R_s} \cdot V_{dm} \quad (v/p)$$

Thay: $V_{dm} = 0,167 \text{ (m/s)}$ vào ta có:

$$n_{dm} = 1,6 \cdot \frac{i}{R_s} \quad (v/p) \quad (2-41)$$

Ta có thể tính tốc độ bằng cách khác như sau: đĩa hình sao có thể có $(5 \div 6)$ bước răng; chiều dài mỗi bước răng của đĩa hình sao là $8d$ (xem 2-12). Vậy chu vi của đĩa hình sao theo bước răng của nó là: $(5 \div 6)8d \text{ (mm)} = (40 \div 48)d \text{ (mm)} = (0,04 \div 0,048)d \text{ (m)}$

Từ đó ta có:
$$V = (0,04 \div 0,048)d \frac{n}{60.i} \quad (m/s)$$

Theo kinh nghiệm của nhà máy đóng tàu Dinamô Nga, do các động cơ được chế tạo riêng cho hệ thống neo theo quy chuẩn nên có thể chọn tốc độ quay định mức của động cơ dựa theo đường kính của mắt xích neo:

Nếu $d \leq 28 \text{ mm}$ chọn $n_{dm} = 1100 \div 1450 \text{ v/p}$

Nếu $d > 28 \text{ mm}$ chọn $n_{dm} = 600 \div 800 \text{ v/p}$

2.13.3. Công suất định mức

Với các động cơ làm việc ở chế độ ngắn hạn có thời gian công tác $T = 15 \div 30$ phút, công suất của động cơ có thể tính toán theo biểu thức:

$$P_{dm} = \frac{M_{dm} \cdot n_{dm}}{9560} \quad (kW)$$

Ngoài ra, theo kinh nghiệm thiết kế và kinh nghiệm khai thác, người ta còn có thể tính công suất của động cơ dựa theo các thông số cơ bản của hệ thống.

Ví dụ, theo nhà máy Dinamo (Nga) công suất định mức của động cơ có thể tính theo:

$$P_{dm} = \frac{L_o d^{1,5}}{5600 \eta_{id}} \quad (kW) \quad (2-42)$$

Kiểu của động cơ thực hiện được chọn theo yêu cầu và điều kiện khai thác hệ thống. Nếu động cơ được đặt trên mặt boong, cần chọn động cơ được chế tạo dưới dạng kín nước, nếu đặt trong buồng kín dưới boong cần chọn động cơ dạng chống nổ.

2.13.4. Các thông số định mức của tời điều động tàu.

Tính công suất và lựa chọn động cơ thực hiện cho tời thu thả cáp trong quá trình điều động tàu được thực hiện dễ dàng vì đây là hệ thống hoạt động ở chế độ ngắn hạn với tải không đổi và tốc độ được lựa chọn theo điều kiện tính toán. Mômen cản trên trục động cơ và tốc độ thu thả cáp theo yêu cầu sẽ là các giá trị định mức để tính công suất định mức cho động cơ thực hiện. Các đại lượng này phụ thuộc vào từng hệ thống cụ thể.

Lực kéo định mức được xác định bằng kích thước của thiết bị. Thiết bị tời điều động tàu được chế tạo thành bảy loại có lực kéo định mức trong khoảng:

$$F_{dm} = (4900 \div 9800)N$$

Tốc độ định mức được lựa chọn theo lực kéo định mức và phải không vượt quá 18m/p. Khi tính toán thiết kế, tốc độ định mức được chọn theo bảng sau:

F_{dm}	KG	500 ÷ 2000	3000 ÷ 8000	> 8000
V_{dm}	m/p	15 ÷ 18	12 ÷ 16	11 ÷ 14

Công suất định mức của động cơ thực hiện được tính:

$$P_{dm} = K \cdot \frac{F_{dm} \cdot V_{dm}}{\eta_{TD}} \cdot 10^{-3} \quad (\text{kW}) \quad (2-43)$$

Trong đó: F_{dm} - Lực kéo định mức, N.

V_{dm} - Tốc độ thu cáp định mức, m/s.

$K = 0,8 \div 0,9$ - hệ số quá tải.

Động cơ thực hiện của hệ thống tời điều động tàu được chọn ở chế độ công tác ngắn hạn với thời gian công tác 30 phút và có khả năng dừng dưới điện 15 giây sau khi đã làm việc ở chế độ định mức. Mômen khởi động của loại động cơ này cần phải thỏa mãn điều kiện:

$$2M_{dm} \leq M_{kd} < 3M_{dm}$$

§2-14. CÁC LỰC BÊN NGOÀI TÁC DỤNG LÊN CON TÀU TRONG QUÁ TRÌNH THU NEO

Khi hệ thống truyền động điện thu xích neo, con tàu từ từ tiến tới điểm thả neo. Trong quá trình di chuyển, tàu phải chịu tác động của dòng nước lên phần thân tàu chìm trong nước, lên chân vịt và tác động của gió lên phần nổi của nó. Các lực bên ngoài tác động lên con tàu được xem là có cùng một hướng. Đây chính là tải làm căng xích neo trong quá trình thu neo và là tải truyền động neo (theo 2-14):

$$W_c = W_g + W_n + W_{cv}$$

Tốc độ của dòng nước tiến tới con tàu được xác định bằng tốc độ dòng chảy và tốc độ di chuyển của chính con tàu ở giai đoạn I của quá trình thu neo:

$$v_n = v_{dc} + v_t \quad (\text{m/s}) \quad (2-44)$$

Trong đó: $v_{dc} = 0,35 \div 4,0$ (m/s) ; $v_t = 0,1 \div 0,3$ (m/s).

Có thể tham khảo tốc độ dòng chảy của nước ở các vùng biển khác nhau theo bảng sau:

Vùng biển, đại dương	Tốc độ dòng chảy lớn nhất (hải lý/h*)
Đại Tây Dương	1,0
Thái Bình Dương	1,0
Ấn Độ Dương	2,08
Biển Ban Tích	4,0
Biển Đơ	0,78
Địa Trung Hải và Biển Ai Cập	4,0
Biển Đen	0,7
Biển Nhật Bản	3,5

(* 1 hải lý/h = 0,514 m/s)

Tốc độ của gió được chọn trong điều kiện thu neo bình thường: $v_g = (4 \div 12)$ m/s. Sức gió được phân thành 13 cấp với tốc độ tương ứng cho theo bảng sau. Khi tính chọn công suất của động cơ thực hiện của hệ thống truyền động điện neo ta có thể dùng để tham khảo:

Cấp gió	Tốc độ (m/s)	Cấp gió	Tốc độ (m/s)
0	0 ÷ 0,2	7	13,9 ÷ 17,1
1	0,3 ÷ 1,5	8	17,2 ÷ 20,7
2	1,6 ÷ 3,3	9	20,8 ÷ 24,4
3	3,4 ÷ 5,4	10	24,5 ÷ 28,4
4	5,5 ÷ 7,9	11	28,5 ÷ 32,6
5	8,0 ÷ 10,7	12	32,7 và lớn hơn
6	10,8 ÷ 13,8		

2.14.1. Lực tác dụng của dòng nước với vỏ tàu

Khi thu neo, tàu tiến dần đến điểm thả neo với tốc độ rất nhỏ, vì vậy lực cản của nước lúc này chỉ do ma sát giữa nước và vỏ tàu tạo lên.

$$\text{Vậy: } W_n = R_{ms} (K_k \xi_k + \Delta \xi_k) \cdot S_{cm} \cdot \frac{v_n^2}{2} \quad (N) \quad (2-45)$$

Trong đó:

K_k - Hệ số tỷ lệ tính tới hình dạng của vỏ tàu. Hệ số này được xác định theo tỉ lệ giữa chiều dài với chiều rộng mặt boong chính của tàu và được cho theo bảng sau:

L/B	6,0	8,0	10,0	12
k_k	1,04	1,03	1,02	1,01

Tuỳ theo hình dạng của vỏ tàu, khi mũi tàu rẽ nước để tiến về điểm thả neo đã làm cho tốc độ của dòng nước tăng lên một chút so với tốc độ thực của nó. Sự gia tăng tốc độ này được tính tới qua hệ số K_k .

ξ_k - Hệ số ma sát giữa vỏ tàu với nước. Hệ số này phụ thuộc vào đặc điểm kết cấu phân thân tàu chìm dưới nước và được xác định theo số Reynod Re cho ở bảng sau:

$R_e \cdot 10^{-6}$	$\xi_k \cdot 10^3$	$R_e \cdot 10^{-7}$	$\xi_k \cdot 10^3$	$R_e \cdot 10^{-8}$	$\xi_k \cdot 10^3$	$R_e \cdot 10^{-9}$	$\xi_k \cdot 10^3$
		1,0	3,04	1,0	2,18	1,0	1,56
		1,25	2,95	1,25	2,11	1,25	1,51
		1,5	2,88	1,5	2,05	1,5	1,47
		1,75	2,81	1,75	2,01	1,75	1,44
2,0	3,84	2,0	2,75	2,0	1,97	2,0	1,41
2,5	3,72	2,5	2,67	2,5	1,91	2,5	1,37
3,0	3,62	3,0	2,6	3,0	1,86	3,0	1,33
3,5	3,54	3,5	2,54	3,5	1,82	3,5	1,3
4,0	3,47	4,0	2,49	4,0	1,78	4,0	1,28
4,5	3,41	4,5	2,44	4,5	1,75	4,5	1,26
5,0	3,36	5,0	2,4	5,0	1,72	5,0	1,24
6,0	3,27	6,0	2,34	6,0	1,68	6,0	1,21
7,0	3,21	7,0	2,29	7,0	1,65	7,0	1,18
8,0	3,15	8,0	2,25	8,0	1,61	8,0	1,16
9,0	3,09	9,0	2,21	9,0	1,58	9,0	1,14

Như vậy, để xác định được ξ_k cần phải xác định được số Reynod :

$$R_e = (L \cdot v_n) / \nu \quad (2-46)$$

Trong đó:

L - Chiều dài của tàu, m.

$\nu = (0,013 \div 0,01) \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2/\text{s)}$ - Hệ số độ nhớt của nước biển ở nhiệt độ $20^\circ \div 10^\circ\text{C}$.

$\Delta \xi_k = 0,7 \cdot 10^{-3} \div 1,2 \cdot 10^{-3}$ - Số gia hệ số ma sát được tính đến độ không nhẵn của vỏ tàu. Giá trị dưới tính cho tàu có vỏ liên kết bằng các mối hàn, giá trị trên cho trường hợp bằng đinh tán.

S_{CM} - Diện tích bề mặt chìm trong nước của vỏ tàu. Với tàu biển diện tích này được tính theo công thức của B.A.Cemeki

$$S_{CM} = [(1,97 \div 2,0)T + 1,37(\delta - 0,274)B] \cdot L \quad (m^2) \quad (2-47)$$

Trong đó: L, B và T - các kích thước chính của tàu (m).

$\delta = 0,6 \div 0,75$ - Hệ số lấp đầy của dòng nước.

1,97 - Hệ số uốn cong của đuôi tàu.

$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ - tỷ trọng của nước biển.

2.14.2. Lực tác dụng của dòng nước với chân vịt

Trong thời gian thu neo, chân vịt của tàu thủy chưa quay. Khi tàu tiến dần đến điểm thả neo, dòng nước cũng tác dụng lên chân vịt một lực cản, lực này có thể xác định dựa theo lực của dòng nước lên vỏ tàu (dựa theo quan điểm của I.Aphanacep):

Với tàu có một chân vịt: $W_{CV} = 0,25W_n$

Với tàu có n chân vịt: $W_{CV} = 0,2.n.W_n$

Ngoài ra, có thể tính W_{CV} cho tàu có một chân vịt theo biểu thức của V.P.Giucop:

$$W_{CV} = (220 \div 330) \cdot \theta \cdot D_{CV}^2 \cdot v_n^2 \quad (N) \quad (2-48)$$

Trong đó:

$\theta = A_v/A_o$ - Tỷ số vòng tròn chân vịt. Đó là tỉ số diện tích thiết kế của các cánh chân vịt với toàn bộ diện tích vòng tròn chân vịt.

D_{CV} - Đường kính chân vịt, m.

v_n - Vận tốc tương đối của dòng nước, m/s.

2.14.3. Lực tác dụng của gió

Lực cản do gió gây ra khi kéo tàu tới điểm thả neo được xác định bằng biểu thức:

$$W_g = K_g \cdot S_n \cdot V_g^2 \quad (N) \quad (2-49)$$

Trong đó: K_g - Hệ số áp lực của gió, Ns^2/m^4 . Hệ số này được xác định dựa theo kết cấu và loại tàu. Lực cản do gió gây ra sẽ có giá trị lớn nhất khi hướng gió thổi tới tàu hợp với mặt phẳng đối xứng của tàu một góc từ $27^\circ - 30^\circ$. Trong tính toán ta chọn trường hợp gió thổi ngược theo chiều chuyển động của tàu, đó là trường hợp thường gặp khi thu neo. Hệ số K_g được cho theo bảng sau:

Loại tàu và cấu trúc thượng tầng	K_g	ε
Tàu chở dầu có cabin phía đuôi tàu	0,216	0,31
Tàu chở hàng có một cabin ở giữa	0,206	0,27
Tàu chở khách có cabin giữa và xuống cữu sinh hai bên mạn	0,172	0,26

S_n - Diện tích chắn gió của tàu, bao gồm diện tích chắn gió của phần vỏ tàu nổi trên mặt nước, của các cơ cấu trên boong như ống thông gió hầm hàng, bệ và cần cẩu... Diện tích này được xác định gián tiếp qua cấu trúc của tàu:

$$S_n = \varepsilon_1 S_1 + S_2 \text{ (m}^2\text{)}$$

Trong đó:

ε - Hệ số hiệu chỉnh, tính đến sự giảm lực tác dụng của gió khi diện tích chắn gió của tàu thay đổi. ε được chọn theo bảng trên.

S_1 - Diện tích chắn gió của thượng tầng, m².

S_2 - Tổng diện tích chắn gió của các cơ cấu trên boong, m².

v_g - Vận tốc của gió, m/s.

§2-15. TỐC ĐỘ DI CHUYỂN CỦA TÀU Ở GIAI ĐOẠN THỨ NHẤT CỦA QUÁ TRÌNH THU NEO

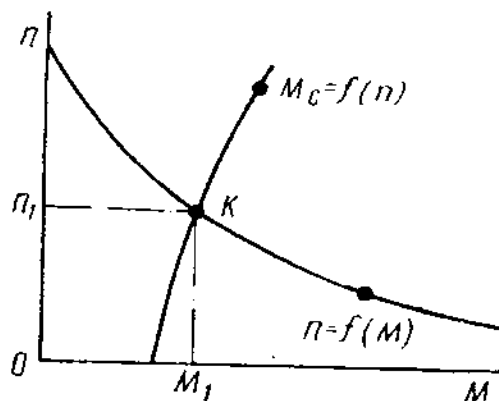
Ở giai đoạn này cứ một mắt xích neo đi qua đĩa hình sao thì một mắt xích neo được nhấc lên khỏi bùn. Vì vậy, tốc độ di chuyển của con tàu tới điểm thả neo có thể được coi bằng tốc độ thu xích neo của cơ cấu thu neo. Nói cách khác, tốc độ của tàu ở giai đoạn thứ nhất V_{T1} có thể được xác định bằng tốc độ quay của động cơ điện làm truyền động hệ thống (động cơ thực hiện). Mặt khác, tốc độ quay của động cơ thực hiện lại phụ thuộc vào tải M_c có nghĩa là phụ thuộc vào các lực cản trở chuyển động của con tàu, cũng có nghĩa là phụ thuộc vào tốc độ di chuyển của con tàu. Tóm lại, sự phụ thuộc này có thể được mô tả bằng một quan hệ khép kín như sau:

$$\frac{n}{\uparrow} \leftarrow M_c \leftarrow T_k \leftarrow W_c \leftarrow \frac{V_T}{\uparrow}$$

Từ phân phân tích ở trên người ta đưa ra phương pháp xác định tốc độ của con tàu ở giai đoạn thứ nhất bằng phương pháp đồ thị với các bước thực hiện sau đây:

Trên hệ trục toạ độ n, M dựng đặc tính $M_c = f(n)$. Đặc tính này sẽ cho biết sự thay đổi mômen cản trên của động cơ thực hiện khi tốc độ của động cơ thay đổi. Với cùng tỷ lệ xích, xây dựng đặc tính của động cơ thực hiện $N = f(M)$.

Giao điểm K của hai đường đặc tính sẽ xác định điểm công tác ổn định của



Hình 2-13. Xác định tốc độ di chuyển của tàu ở giai đoạn thứ nhất

hệ thống ở giai đoạn thứ nhất của quá trình thu neo. Từ điểm này theo trục tốc độ ta có tốc độ quay của động cơ ở giai đoạn thứ nhất n_1 .

Dựa vào biểu thức (2-40) với tốc độ quay n_1 ta tính được tốc độ di chuyển của tàu ở giai đoạn này:

$$V_{T1}=2\pi.R_S.n_1 / i \text{ (m/p)}$$

Để thuận tiện cho việc tính toán xây dựng đặc tính tải $M_C = f(n)$ chúng ta dùng phương pháp lập bảng theo mẫu sau:

n	V_T	V_n	V_n^2	W_n	W_g	W_C	T_K	M_C
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Sau khi lập bảng ta xác định các đại lượng cần tính theo các bước sau :

- Bước 1: Cho n các giá trị khác nhau (thường cho 4 ÷ 5 giá trị trong đó có n_{dm} và $n = 0$).
- Bước 2: $V_T=2\pi.R_S.n / 60i \text{ (m/S)}$ [theo (2-40)]
- Bước 3: $v_n = v_T + v_{dc} \text{ (m/s)}$ [theo (2-44)]
- Bước 4: v_n^2
- Bước 5: $W_n = (K_K\xi_K + \Delta\xi_K)S_{cm}\rho v_n^2/ 2 \text{ (N)}$ [theo (2-45)]
- Bước 6: $W_{CV} = 0,25W_n$ hoặc $0,2.n.W_n \text{ (N)}$
- Bước 7: $W_C = W_n + W_g + W_{CV} \text{ (N)}$ [theo (2-14)]
- Bước 8: $T_K = p_1 (h + a) = p_1.h + W_C \text{ (N)}$ [theo (2-16) và (2-21)]
- Bước 9: $M_C = (f_K.T_K.R_S)/ (i.\eta_{TD}) \text{ (N.m)}$ (2-50)

Chú ý: Khi tính M_C cần phải lưu ý tới sự thay đổi của hiệu suất truyền động η_{TD} khi tải thay đổi. Để đảm bảo tính toán chính xác, với các giá trị của T_K khác nhau ta cần xác định hiệu suất truyền động η_{TD} bằng cách tính dựa vào đường cong hiệu suất $\eta = f(T_K/T_{Kdm})$ (xem hình 3 - 14).

§2-16. XÂY DỰNG ĐẶC TÍNH TRẠNG THÁI CỦA XÍCH NEO

Để xác định được chế độ tải của hệ thống truyền động điện neo cần phải mô tả bằng đồ thị sự thay đổi của các đại lượng chính đặc trưng cho trạng thái của xích neo khi thực hiện thu neo. Các đặc tính trạng thái xích neo còn được gọi là các giản đồ phụ, là các đặc tính mô tả các mối quan hệ:

$$\begin{aligned} L &= f_1(X_{KL}) \\ T_K &= f_2(X_{KL}) \end{aligned}$$

Trong đó: L - Chiều dài của xích neo sau lỗ neo (m)

T_K - Lực kéo neo và xích neo ở lỗ neo (N)

X_{KL} - Khoảng cách từ điểm thả neo đến tàu (Tính tới lỗ neo), m.

2.16.1. Tính toán xây dựng đặc tính trạng thái của xích neo ở giai đoạn thứ nhất

Các đại lượng đã được biết trước ở giai đoạn này là:

$$p_1 = 0,87 p \text{ (N/m)}$$

W_c - Lực bên ngoài tác động lên con tàu tương ứng với tốc độ di chuyển của con tàu V_{T1} , xem ở bảng trên.

h - Độ sâu thả neo tính toán, m

L_0 - Toàn bộ chiều dài xích neo sau lỗ neo, khi tính toán ta lấy L_0 bằng toàn bộ chiều dài có thể có của xích neo, m.

Để tính toán người ta sử dụng các phương trình của đường xích treo tự do (xem §2-5). Cụ thể là:

$$1. a = W_c / p_1 \text{ (m)}$$

$$2. L_{K0} / \sqrt{(h+a)^2 - a^2} = \sqrt{h^2 + 2ah} \quad (\text{m})$$

$$3. X_{10} = a \cdot \ln \frac{a+h+L_{K0}}{a} \quad (\text{m})$$

$$4. T_{K1} = p_1(h+a) \text{ (N)}$$

$$5. X_0 = L_0 - L_{K0} + X_{10} \quad (\text{m})$$

Các đại lượng tính toán được ở giai đoạn này đều có giá trị không đổi. Việc xây dựng đặc tính trạng thái của xích neo ở giai đoạn này được thực hiện như sau (xem hình 2-14).

Dùng hệ trục tọa độ (T_K , L_K , X), đặc tính trạng thái của xích neo được dựng từ phải sang trái. Trên trục hoành đặt từ gốc tọa độ một đoạn có độ dài là X_0 - tương ứng với khoảng cách từ tàu tới điểm thả neo. Điểm này tương ứng với chiều dài toàn bộ xích neo đã được thả sau lỗ neo L_0 và sức căng ở lỗ neo T_{K1} . Điểm cuối của giai đoạn I được xác định nhờ khoảng cách X_{10} - Khoảng cách từ điểm thả neo đến tàu ở cuối giai đoạn I. Tương ứng với điểm này, chiều dài của xích neo là L_{K0} và sức căng tại lỗ neo là T_{K1} . Trong giai đoạn này, toàn bộ phần xích neo nằm trong bùn đã được thu hết, phần xích neo còn lại được treo tự do trong nước. Tàu từ từ tiến đến điểm thả neo với tốc độ không đổi, chiều dài xích neo giảm một cách tuyến tính và sức căng tại lỗ neo không đổi.

2.16.2. Tính toán để xây dựng đặc tính trạng thái xích neo ở giai đoạn thứ 2 và thứ 3

Giai đoạn thứ nhất của quá trình thu neo kết thúc khi mất xích neo cuối cùng được nhắc lên khỏi bùn. Giai đoạn thứ 2 và thứ 3 là các giai đoạn thu đường xích neo vồng trong nước và nhổ bật neo khỏi bùn. Trong các giai đoạn này, hình dạng của đường xích neo liên tục thay đổi và sức căng tại lỗ neo cũng liên tục thay đổi.

STT	Các giá trị	Phương pháp xác định
1	X_{KL}	Cho X_{KL} các giá trị khác nhau từ X_{l0} đến 0 tương ứng với các khoảng cách khác nhau từ tàu đến điểm thả neo
2	β	Xác định β theo X_{KL} dựa vào đường cong $\beta = f(X_{KL})$ - (hình 2-9)
3	$X_{KL} + \beta$	
4	β / a	
5	$(X_{KL} + \beta) / a$	
6	$tg\varphi_r = sh(\beta/a)$	Xen biểu thức (2-32) và (2-33)
7	$tg\varphi_K = sh(X_{KL} + \beta)/a$	
8	$Ch(\beta/a)$	
9	$ach(\beta/a)$	
10	$tg\varphi_K - tg\varphi_r$	
11	$L_K = a.(tg\varphi_K - tg\varphi_r)$	Xem biểu thức (2-34)
12	$T_K = p_1[h + ach(\beta/a)]$	Xem biểu thức (2-35)

Để tính toán xây dựng đặc tính trạng thái xích neo ở các giai đoạn này người ta sử dụng các biểu thức tính toán đối với đường xích treo tổng quát (xem 2-5). Kết thúc tính toán được lập theo bảng trên.

Các biểu thức ở bước 11 và 12 của bảng trên sẽ xác định được chiều dài của xích neo và sức căng tại lỗ neo để theo đó xây dựng được đặc tính trạng thái của xích neo ở giai đoạn thứ 2 và thứ 3 của quá trình thu neo. Chúng ta cần xác định ranh giới giữa giai đoạn 2 và giai đoạn 3.

Giai đoạn 3 bắt đầu khi sức căng trên xích neo tại lỗ neo đạt đến sức căng nhỏ nhất neo ra khỏi bùn T_n . Xác định được T_n , theo đặc tính $T_K = f_2(X_{KL})$ ta tìm được điểm ranh giới K của giai đoạn 2 và 3 (xem hình 2-14).

Giá trị của lực nhỏ neo khỏi bùn phụ thuộc vào sức bám của neo. Đối với loại neo thường dùng cho tàu biển - neo KHOL, lực bám của nẽ khoảng $(2,4 \div 3,7)G_N$ (ngay nay người ta có thể chế tạo được neo có lực bám gấp từ 3 - 8 lần của neo KHOL). Để tính toán ta lấy lực bám của neo bằng $3G_N$. Ta xét trong trường hợp neo được nhổ khỏi bùn. Khi đó sức căng ở điểm cuối của đường xích neo là T_{R0} , có hướng vuông góc với đáy biển (xem hình 2-15) và bằng: $T_{R0} = 3 G_N$

Sức căng của xích neo tại lỗ neo sẽ được xác định dựa theo T_{R0} . Theo tam giác lực (hình 2-15) và biểu thức (2-34) ta có:

$$tg\varphi_{r0} = 3.G_N / W_C = sh(\beta_{om} / a) \quad (2-51)$$

thời gian của quá trình thu neo. Đặc tính năng lượng $P = f_3(t)$ xác định chế độ tải của truyền động điện neo. Đặc tính này dùng để tính toán tổn hao, nghiệm động cơ thực hiện theo yêu cầu phát nhiệt.

Để xây dựng được các giản đồ phụ tải, trước hết phải dựng đặc tính cơ của động cơ $n = f(M)$ và đặc tính trạng thái của xích neo $T_K = f(X)$; $L_K = f(X)$

2.17.1. Giản đồ phụ tải của hệ thống ở giai đoạn thứ nhất

Các tham số xác định chế độ công tác của hệ thống ở giai đoạn thứ nhất được xác định là n_1 và M_1 tương ứng với điểm K trên hình 2-17 (xem §2-14). V_{T1} là tốc độ của tàu ở giai đoạn thứ nhất ứng với tốc độ quay của động cơ thực hiện là n_1 .

Các tham số còn lại được xác định như sau :

Công suất của động cơ thực hiện:

$$P_1 = M_1 \cdot n_1 / 9560. \text{ (kW)}$$

Thời gian thu neo ở giai đoạn thứ nhất:

$$t_1 = X_1 / V_{T1} \text{ (phút)}$$

Trong đó: $X_1 = X_0 - X_{10} = L_0 - L_{K0}$ - Quãng đường con tàu di chuyển được trong giai đoạn thứ nhất (xem hình 2-14).

Giản đồ ở giai đoạn thứ nhất được dựng bằng cách đặt trên trục hoành một đoạn bằng thời gian t_1 . Tương ứng với nó là các giá trị n_1 ; M_1 ; P_1 ; (xem hình 2-15).

2.17.2. Giản đồ phụ tải của hệ thống ở giai đoạn thứ 2

Do quán tính ở giai đoạn thứ 2, tốc độ di chuyển của tàu được xem là không đổi và bằng V_{T1} . Khi đó thời gian thu neo ở giai đoạn 2 được tính theo biểu thức

$$t_2 = X_{2P} / V_{T1} \text{ (phút)}$$

Trong đó: X_{2P} - Quãng đường tàu di chuyển được trong giai đoạn 2 (xem hình 2-14). Quãng đường này được xác định chính xác sau khi đã tìm được điểm chuyển tiếp từ giai đoạn hai sang giai đoạn ba (điểm K trên hình 2-14).

Xây dựng đặc tính tốc độ $n = f_1(t)$ cho giai đoạn thứ 2: Giai đoạn thứ 2 là giai đoạn thu đoạn xích neo vồng trong nước. Cùng với sự giảm dần của độ dài đường xích neo, sức căng trên đĩa hình sao tăng dần lên. Tốc độ quay của động cơ cũng giảm dần. Tuy nhiên, tốc độ của động cơ không giảm tuyến tính mà giảm theo đường cong có dạng vồng của đường xích neo ở giai đoạn 2. Để xây dựng $n = f_1(t)$ ta làm như sau:

- Chia đoạn X_{2P} thành i phần bằng nhau có độ dài là ΔX_i . Đánh số thứ tự từ phải sang trái ΔX_1 ; ΔX_2 ... (xem hình 2-14). Ứng với từng điểm chia, kẻ các đường song song với trục tung và trục hoành ta được các đoạn ΔL_{2i} . Đây chính là độ dài đường xích neo được thu tương ứng với đoạn đường tàu di chuyển được là ΔX_i . Chúng cũng được đánh dấu từ phải sang trái ΔL_{21} ; ΔL_{22} ... Trên trục thời gian của đồ thị $n = f_1(t)$ (hình 1.16), từ t_1 ta đặt

một đoạn có độ dài là t_2 . Chia t_2 thành i phần bằng nhau và có độ dài là Δt và được đánh số thứ tự $\Delta t_1; \Delta t_2 \dots$ từ trái sang phải.

Tốc độ quay của động cơ thực hiện ở từng phần được tính theo biểu thức:

$$n_{2i} = \frac{\Delta L_{2i} \cdot i}{2\pi R_s \Delta t_i} \quad (\text{vòng/phút}) \quad (2-53)$$

Trong đó: $\frac{\Delta L_{2i} \cdot i}{2\pi R_s \Delta t_i}$ - Tốc độ quay của đĩa hình sao sau thời gian Δt_i .

Như vậy, với một giá trị Δt_i ta xác định được một giá trị n_{2i} . Nối các điểm này lại ta được giản đồ $n = f_1(t)$ ở giai đoạn 2.

Xây dựng giản đồ mômen quay $M = f_2(t)$: Giản đồ này cũng được xây dựng theo phương pháp phân chia thời gian như đã thực hiện ở trên. Mômen quay do động cơ sinh ra có thể không phù hợp với mômen cần do tải gây ra ở từng khoảng thời gian Δt (đặc biệt là với những động cơ có đặc tính cơ cứng). Về nguyên tắc khi thiết kế cũng như khi khai thác các hệ thống truyền động điện cần phải tạo được sự phù hợp giữa mômen cần và mômen quay của động cơ. Làm được điều đó sẽ tránh được quá tải cho động cơ thực hiện, hệ thống được khai thác tối ưu.

Mômen quay của động cơ được xác định dựa theo đặc tính cơ của động cơ $n = f(M)$ và n_{2i} ở từng khoảng thời gian Δt_i .

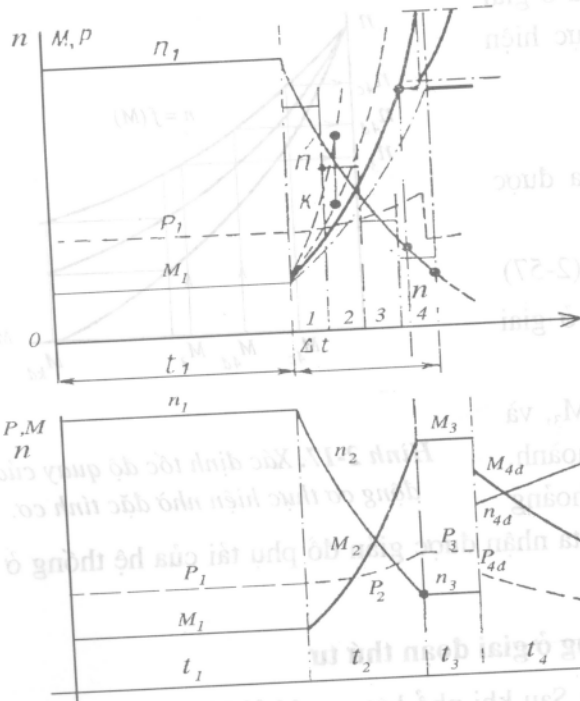
Mômen cần trên trục động cơ thực hiện M_{c2i} được xác định dựa theo sức căng T_{2i} . Giá trị của T_{2i} được lấy từ đặc tính $T_K = f(X)$ (hình 2-14) ứng với các ΔX_i .

$$\text{Khi đó:} \quad M_{c2i} = \frac{-f_{ms} \cdot T_{2i} \cdot R_s}{i \cdot \eta_{TD}} \quad (\text{N.m})$$

Mối quan hệ $M = f_2(t)$ được xây dựng trên cơ sở tính được tốc độ quay của động cơ ở từng giai đoạn của quá trình thu neo và dựng được đặc tính cơ của động cơ thực hiện đã chọn được. Mối quan hệ này cho ta biết diễn biến của quá trình thu neo, tức là cho biết giản đồ phụ tải của động cơ thực hiện. Mối quan hệ $M_c = f(t)$ là giản đồ phụ tải của hệ thống.

Cần lưu ý rằng có sự khác nhau của giản đồ phụ tải $M = f_2(t)$ khi đặc tính cơ tự nhiên hay đặc tính cơ nhân tạo để xây dựng nó (đường 1 - dùng đặc tính cơ tự nhiên; đường 2 dùng đặc tính cơ nhân tạo - xem hình 2-16). Các giản đồ phụ tải của hệ thống được dùng để phục vụ cho việc kiểm nghiệm động cơ thực hiện. Do vậy, cần phải căn cứ vào hệ thống điều khiển để có được dạng đặc tính cơ thích hợp ở từng giai đoạn thu neo, giúp cho việc xây dựng các giản đồ phụ tải.

Công suất của động cơ thực hiện được xác định dựa vào các giá trị M_{2i} và n_{2i} đã tính được ở trên cho từng khoảng thời gian Δt . Từ đó ta có được giản đồ $P = f_3(t)$ ở giai đoạn 2.



Hình 2-16. Giản đồ phụ tải của truyền động điện neo
a - Giai đoạn 1 và 2;
b - Giai đoạn 2,3,4

2.17.3 Giản đồ phụ tải của hệ thống ở giai đoạn thứ 3

Ở giai đoạn này, toàn bộ phân xích neo vông trong nước đã được thu hết. Xét trong điều kiện khai thác bình thường, neo được nhổ bật khỏi bùn, động cơ thực hiện không bị dừng dưới điện. Tốc độ quay của động cơ thấp, tương ứng với tải của hệ thống lúc này có giá trị lớn nhất và được xem là không đổi.

Mômen quay của động cơ thực hiện: Lực nhổ bật neo khỏi bùn trên đường xích neo tại lỗ neo do mômen quay của động cơ thực hiện tạo thành. Nói một cách khác, ở giai đoạn ba có thể lấy mômen quay của động cơ bằng mômen do lực nhổ neo khỏi bùn sinh ra và được tính theo biểu thức:

$$M_s = M_n = \frac{f_{ms} \cdot T_n \cdot R_s}{i \cdot \eta_{td}} \quad (\text{N.m}) \quad (2-55)$$

Tốc độ quay của động cơ thực hiện: Tốc độ ở giai đoạn này phải phù hợp với mômen cản M_n của hệ thống và được xác định nhờ đặc tính cơ của động cơ thực hiện (xem hình 2-17).

Tuỳ thuộc vào hệ thống điều khiển cụ thể mà ở giai đoạn này động cơ có thể làm việc trên đặc tính cơ tự nhiên hay trên các đặc tính cơ nhân tạo. Từ đó ta thấy với mômen quay của động cơ $M_3 = M_n$, tốc độ quay của động cơ ở giai đoạn này có thể là n_{31} ; n_{32} hoặc n_3 . Tốc độ thu xích neo khi kéo neo ở giai đoạn ba: $V_3 = 2 \cdot \pi \cdot R_s \cdot n_3 / i$ (m/p). Chiều dài của xích neo sau lỗ neo ở đầu giai đoạn ba L_{3d} được xác định nhờ đặc tính trạng thái xích neo (hình 2-14) theo X_{KL} .

Việc xác định khoảng cách từ tàu ở giai đoạn ba đến điểm thả neo được thực hiện bằng cách tính:

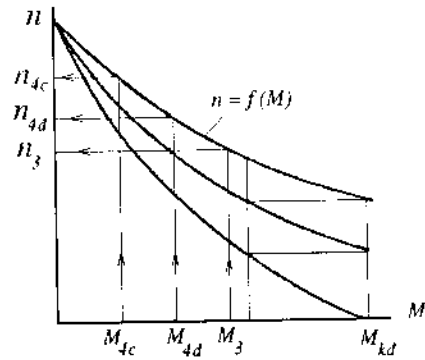
$$X_{3d} = X_0 - X_1 - V_{11} \cdot t_2 \text{ (m)}.$$

Thời gian thu neo ở giai đoạn ba được tính theo biểu thức:

$$t_3 = (L_{3d} - h) / v_3 \text{ (phút)} \quad (2-57)$$

Công suất của động cơ thực hiện ở giai đoạn ba được xác định theo M_n và n_3 .

Ở giai đoạn ba, các đại lượng n_3 , M_3 , và P_3 được xem là không đổi. Trên trục hoành, sau t_2 ta đặt một đoạn bằng t_3 . Trong khoảng thời gian này ta có: $M_3 = M_n$; n_3 ; P_3 và ta nhận được giản đồ phụ tải của hệ thống ở giai đoạn ba (xem hình 2-16).



Hình 2-17. Xác định tốc độ quay của động cơ thực hiện nhờ đặc tính cơ.

2.17.4. Giản đồ phụ tải của hệ thống ở giai đoạn thứ tư

Mômen quay của động cơ thực hiện: Sau khi nhổ bật neo khỏi bùn, mômen cản trên trục động cơ đột ngột giảm đi (do lực bám của neo trong bùn không còn nữa). Tải của truyền động điện neo lúc này chỉ do trọng lượng của neo và phần còn lại của đường xích neo gây ra. Đại lượng này giảm dần cùng với sự giảm dần của độ dài đường xích neo. Mômen quay của động cơ thực hiện được tính cho đến thời điểm đầu và cuối giai đoạn bốn theo biểu thức sau:

Ở đầu giai đoạn:
$$M_{4D} = \frac{f_{ms} R_s}{i \cdot \eta_{TD}} (G_N + p \cdot h) 0,87 \quad (2-58)$$

Ở cuối giai đoạn:
$$M_{4C} = \frac{f_{ms} R_s}{i \cdot \eta_{TD}} \cdot G_N \quad (\text{Nm}) \quad (2-59)$$

Ở cuối giai đoạn bốn, neo và phần còn lại của xích neo đã lên khỏi mặt nước do vậy hệ số 0,87 bị mất đi trong biểu thức tính M_{4C} .

Cần lưu ý rằng, ở giai đoạn này khi tải của hệ thống đột ngột giảm đi, trong động cơ thực hiện sẽ xuất hiện mômen động. Trong tính toán chúng ta bỏ qua thành phần này mà tính chính xác vẫn đảm bảo vì mômen động có giá trị nhỏ.

Giả sử tốc độ quay của động cơ thực hiện thay đổi theo quy luật tuyến tính, khi đó mômen quay của động cơ thực hiện ở giai đoạn bốn sẽ được xác định ở từng thời điểm trung gian nhờ tốc độ quay của động cơ thực hiện và đặc tính cơ $n = f(M)$.

Tốc độ quay của động cơ thực hiện được xác định nhờ đặc tính cơ của động cơ và mômen quay của nó ở thời điểm đầu và cuối của giai đoạn này (xem hình 2-17) đó là các giá trị M_{4D} và M_{4C} đã tính được ở phần trước. Đường biểu diễn sự thay đổi của tốc

độ quay trên giản đồ phụ tải có dạng đường thẳng. Khi đó, giá trị trung bình của tốc độ quay của động cơ thực hiện ở giai đoạn bốn là:

$$n_{4TB} = (n_{4B} + n_{4C}) / 2 \text{ (vòng / phút)}$$

Thời gian thu neo ở giai đoạn này là:

$$t_4 = h \cdot i / 2\pi R_s \cdot n_{4TB} \text{ (phút)} \quad (2-60)$$

Trong đó:

$h/2\pi R_s$ - Số vòng quay của đĩa hình sao ở giai đoạn bốn khi thực hiện thu neo từ độ sâu thả neo tính toán $h(m)$.

n_{4TB}/i - Số vòng quay trung bình của đĩa hình sao trong thời gian một phút.

Trên trục thời gian của giản đồ phụ tải, sau t_3 ta đặt một đoạn bằng t_4 (xem hình 2-16b), với n_{4B} ; n_{4C} ; M_{4B} ; M_{4C} ; thay đổi theo quy luật tuyến tính, ta xây dựng được giản đồ phụ tải $n = f_1(t)$ và $M = f_2(t)$ cho giai đoạn bốn.

Công suất của động cơ thực hiện được xác định dựa vào n_4 và M_4 ở từng thời điểm của giai đoạn này. Trên cơ sở đó ta dựng được giản đồ năng lượng $P = f_3(t)$.

Sau giai đoạn bốn, quá trình tthu neo có thể được coi là có một giai đoạn nữa, giai đoạn thứ năm - giai đoạn thu neo vào lỗ neo. Để đảm bảo an toàn và đưa neo vào lỗ neo chính xác, đúng vị trí cần phải dùng tốc độ thật thấp (7m/phút - theo quy định của Đăng kiểm). Tuy nhiên trong tính toán người ta cho phép bỏ qua giai đoạn này vì thực tế lúc này neo đã được kéo tới gần lỗ neo, chân vịt đã được quay để đẩy tàu đi. Quá trình thu neo ở giai đoạn thứ năm không gây trở ngại nào cho quá trình chạy tàu nữa.

2.17.5. Các chỉ tiêu cần thoả mãn của truyền động điện neo ở chế độ bình thường

Thời gian thu neo: Khi thu một neo trong điều kiện bình thường, theo quy định của Đăng kiểm thì thời gian của quá trình thu neo $T_{DK} = (20 - 30)$ phút. Thời gian thu neo thực tế được xác định theo giản đồ công tác và bằng tổng thời gian của 4 giai đoạn. Hệ thống truyền động điện neo có động cơ được lựa chọn thoả mãn yêu cầu về thời gian thu neo, nếu:

$$t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \leq T_{DK}$$

Tốc độ thu neo cần không nhỏ hơn 10m/phút khi thu neo với lực kéo neo bằng T_{DK} (theo biểu thức 2-8). Thực tế cho thấy $T_{DK} = T_{\text{m}}$ vì vậy động cơ thực hiện đã lựa chọn được coi là thoả mãn về tốc độ nếu $n_{4B} \geq n_{\text{m}} = 1,6 \cdot i / R$ (vòng/phút) (theo biểu thức 2-41).

§2-18. XÁC ĐỊNH TRẠNG THÁI NHIỆT CỦA ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN CỦA HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN NEO

2.18.1. Các trường hợp đặc trưng của tải

Động cơ thực hiện làm việc ở chế độ ngắn hạn với $t_{\text{ch}} = 30$ phút và có thể dừng dưới điện 30 giây sau khi đã công tác ở chế độ định mức. Trong thời gian dừng dưới điện các

động cơ một chiều và động cơ dị bộ rôto dây quấn cần phải có mômen quay lớn gấp 2 lần mômen định mức M_{dm} của chúng. Kết thúc trạng thái dùng dưới điện, phát nhiệt của động cơ không được vượt quá 130% so với nhiệt độ lớn nhất cho phép theo cấp cách điện của vật liệu cách điện dùng cho động cơ.

Chế độ khai thác theo tính toán: Chế độ này được xét cho toàn bộ quá trình thu neo ở độ sâu thả neo tính toán, toàn bộ xích neo được thả và tính toán cho neo mạn phải.

Ngoài các điều kiện tính toán như đã nêu ở trên, trong quá trình tính toán cần phải chú ý tới ảnh hưởng của quá trình phát nhiệt của động cơ khi tải của hệ thống thay đổi. Khi khai thác hệ thống, dòng điện tải được kiểm tra bằng ampe kế (ví dụ như khi nhỏ neo khỏi bùn hoặc neo bị kẹt trong bùn...). Các thiết bị bảo vệ sẽ tác động để hạn chế nó ở mức độ cho phép. Giá trị dòng điện tác động của các thiết bị bảo vệ có thể điều chỉnh được cho phù hợp với quá trình khai thác hệ thống.

2.18.2. Phương pháp tính toán

2.18.2.a. Khái niệm chung

Hệ thống truyền động điện neo làm việc ở chế độ ngắn hạn. Các giai đoạn của quá trình thu neo, hệ thống điện tạo lực kéo và tải thay đổi liên tục. Trong điều kiện như vậy, có thể dùng tất cả các phương pháp tính toán trạng thái phát nhiệt để nghiệm phát nhiệt cho động cơ thực hiện; đó là các phương pháp: dòng điện trung bình bình phương (xem 1-13-1); phương pháp so sánh tổn hao (xem 1-13-2). Tuy nhiên với động cơ thực hiện ở hệ thống truyền động điện neo dùng phương pháp xây dựng trực tiếp đường cong phát nhiệt là thích hợp hơn cả. Để thực hiện được phương pháp này người ta sử dụng lý thuyết nhiệt, các phép hiệu chỉnh, các kinh nghiệm của các nhà máy chế tạo động cơ điện. Đối tượng khảo sát là các động cơ điện có thể được coi là vật thể tương đương có nhiệt dung C xác định và hệ số truyền nhiệt bề mặt σ . Phương pháp này kiểm tra chính xác, đầy đủ tình trạng phát nhiệt của động cơ thực hiện.

2.18.2.b. Phương trình cơ bản của sự phát nhiệt và các ký hiệu được dùng

Giá trị gia tăng nhiệt độ của động cơ $\theta_T = \tau_T - \tau_0$ (hiệu nhiệt độ tuyệt đối của động cơ và của môi trường xung quanh) sau thời gian t kể từ sau khi bắt đầu bị đốt nóng được xác định bằng phương trình cơ bản:

$$\theta_T = \theta_{\max}(1 - e^{-t/\tau}) + \theta_0 e^{-t/\tau} \quad (2-61)$$

Trong đó:

$\theta_{\max}$ - Sự gia tăng nhiệt độ lớn nhất ứng với một tải xác định, $^{\circ}\text{C}$. Giá trị này ổn định và ứng với chế độ bão hoà của động cơ (chế độ cân bằng nhiệt). Ở chế độ này, nhiệt sinh ra bởi tổn hao trong máy điện được truyền toàn bộ ra môi trường xung quanh với:

$$\theta_{\max} = \Delta P / \sigma \quad (2-62)$$

ΔP - Tổn hao công suất ở động cơ thực hiện ứng với một tải xác định nào đó, (W)

σ - Hệ số trao đổi nhiệt bề mặt hay là khối lượng nhiệt được truyền từ toàn bộ bề mặt của động cơ ra môi trường xung quanh sau một giây để nhiệt độ của môi trường xung quanh tăng lên được 1°C ; $\text{W}/1^{\circ}\text{C}$

T- Hằng số thời gian phát nhiệt (đơn vị tính là giây, phút, giờ)

Phương trình cơ bản của quá trình phát nhiệt (2-61) cho thấy sự gia tăng nhiệt độ θ_T là hàm của thời gian t : $\theta_T = f(t)$ (xem hình 1-18).

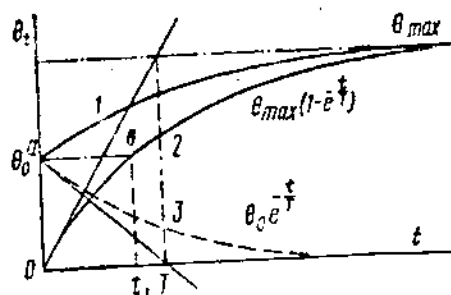
Sự thay đổi nhiệt độ của động cơ (đường 1) được xác định bởi 2 quá trình:

Quá trình thứ nhất : Động cơ được đốt nóng từ 0°C đến nhiệt độ lớn nhất $\theta_{\max}$ (đường 2).

Quá trình thứ 2 : Làm nguội động cơ từ nhiệt độ ban đầu θ_0 đến 0° (đường 3).

Thực tế là nhiệt độ ban đầu của động cơ không phải là 0°C mà là θ_0 . Quá trình đốt nóng động cơ điện thể hiện bởi thành phần thứ nhất của phương trình (2-61) với trục tọa độ θ_T được dịch đi một đoạn có độ dài ab (xem hình 2-18).

Vậy, đường cong phát nhiệt của động cơ có dạng của đường 2 với điểm xuất phát ở nhiệt độ ban đầu θ_0 .



Hình 2-18. Đường cong phát nhiệt của một vật thể khi có và không có nhiệt độ ban đầu

2.18.2c. Xác định các tham số nhiệt của động cơ

Các tham số nhiệt là các đại lượng cần thiết để tính toán trạng thái nhiệt cho động cơ thực hiện. Việc xác định trực tiếp các đại lượng này rất khó thực hiện. Do vậy người ta thường phải dùng các biện pháp trung gian để gián tiếp xác định chúng. Các tham số nhiệt cơ bản, cần thiết cho việc tính toán gồm:

T- Hằng số thời gian phát nhiệt, giây, phút, giờ ...

σ - Hệ số trao đổi nhiệt bề mặt $\text{W}/1^{\circ}\text{C}$

Từ lý thuyết chung về phát nhiệt của các vật thể ta thấy với các động cơ điện, các đại lượng này không phải là cố định mà chúng thay đổi tùy thuộc vào điều kiện làm mát, tốc độ quay và tải của động cơ. Với các động cơ kiểu hở thì sự thay đổi do các yếu tố trên là không đáng kể. Với các động cơ điện có làm mát, hằng số thời gian phát nhiệt tăng hơn một số phần trăm, cụ thể:

$$T_0 = (1,05 \div 1,07) T$$

Do sự phức tạp của quá trình phát nhiệt của động cơ điện mà các tham số nhiệt thường được xác định bằng kinh nghiệm. Để tính toán phát nhiệt người ta thường sử dụng các đặc tính phát nhiệt và làm mát được lập bởi các nhà máy chế tạo động cơ điện.

Các đặc tính này được lập cho từng loại động cơ với công suất khác nhau, trong điều kiện tải khác nhau. Có thể dùng trực tiếp các đặc tính này để xây dựng đường cong phát nhiệt (sẽ được trình bày sau đây).

Việc xác định các tham số nhiệt phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Tính chính xác của phép tính tùy thuộc vào phương pháp mà người thiết kế chọn để tính toán. Sau đây ta nghiên cứu một vài phương pháp tính toán thường được sử dụng.

2.18.2c.1 Xác định T, σ theo kinh nghiệm của nhà máy chế tạo động cơ và theo sổ tay kỹ thuật

2c.1a - Xác định hằng số thời gian T theo đặc tính phát nhiệt:

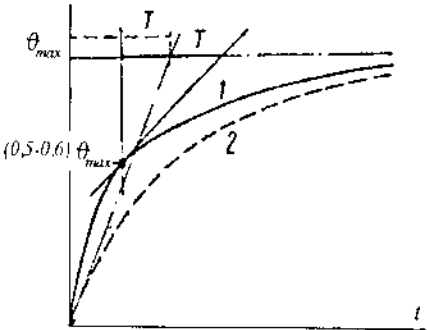
Dựa vào đặc tính phát nhiệt được xây dựng từ kinh nghiệm của nhà máy chế tạo động cơ (xem hình 2-19) đối với kiểu và các thông số của động cơ, chúng ta có thể xác định được hằng số thời gian phát nhiệt T.

Cách xác định như sau: Kẻ đường tiếp tuyến với đường cong phát nhiệt kinh nghiệm tại điểm ứng với θ môi trường. Từ giá trị cực đại của sự gia tăng nhiệt độ θ_{max} kẻ một đường thẳng song song với trục hoành. Hai đường này cắt nhau tại điểm K. Độ dài θ_{max} K chính là hằng số thời gian phát nhiệt T.

Tuy nhiên, qua khảo sát người ta nhận thấy, hằng số thời gian phát nhiệt T theo đường cong phát nhiệt lý thuyết và theo kinh nghiệm có sự khác nhau. Để khắc phục hiện tượng này, để xác định T, người ta kẻ tiếp tuyến với đường cong phát nhiệt kinh nghiệm tại điểm a, ứng với θ_T = (0,5 - 0,6)θ_{max}.

Hệ số truyền nhiệt theo bề mặt dễ dàng được xác định theo sổ tay kỹ thuật của động cơ. Muốn vậy cần phải biết cấp cách điện của vật liệu dùng cho động cơ và nhiệt độ cực đại cho phép của loại vật liệu ấy. Theo Đăng kiểm, cấp cách điện, nhiệt độ cho phép và sự gia tăng nhiệt độ cho phép của máy điện được cho ở bảng sau:

Cấp cách điện					
	A	E	B	F	II
Nhiệt độ					
Nhiệt độ đốt nóng cho phép °C	105	120	130	155	180
Sự gia tăng nhiệt độ cho phép khi τ _m = 45°C	55	70	75	95	120



Hình 2.19. Xác định trạng thái của động cơ theo đường cong phát nhiệt kinh nghiệm

Chú ý : Nếu nhiệt độ môi trường vượt quá 45°C thì sự gia tăng nhiệt độ cho phép sẽ giảm đi. Ngược lại, nếu τ_{mt} giảm đáng kể thì sự gia tăng nhiệt độ cho phép tăng lên so với giá trị cho phép nhưng không quá 10°C.

Các động cơ điện cho trong sổ tay kỹ thuật có thể có chế độ công tác bất kỳ nào đó. Mặc dù vậy, khi xác định σ ta phải căn cứ vào chế độ công tác cụ thể của động cơ thực hiện đã được lựa chọn để tính. Ví dụ : Nếu động cơ công tác ở chế độ dài hạn thì có thể dùng biểu thức (2-62):

$$\theta_{max} = \frac{\Delta P_{dm}}{\sigma} \rightarrow \sigma = \frac{\Delta P_{dm}}{\theta_{max}} = \frac{(1 - \eta_{dm}) \cdot P_{dm}}{\eta_{dm} \theta_{max}} \quad (2-63)$$

Trong đó:

$\theta_{max} = \theta_{cp}$ - Sự gia tăng nhiệt độ cực đại cho phép theo lớp cách điện của động cơ, °C.

P_{dm} - Công suất định mức của động cơ thực hiện, KW.

η_{dm} - Hiệu suất định mức của động cơ.

Nếu động cơ được chế tạo công tác ở chế độ ngắn hạn thì không cần xác định hệ số truyền nhiệt theo bề mặt σ bằng biểu thức (2-62). Ví dụ cho trường hợp động cơ công tác ở chế độ ngắn hạn có $t_{ct} = 30$ phút. Tổn hao công suất gây ra sự gia tăng nhiệt độ của động cơ đến θ_{cp} . Giá trị này được xác định từ đường cong phát nhiệt kinh nghiệm của chế độ công tác 30 phút (xem hình 2-20). Sự gia tăng nhiệt độ ở chế độ này không đạt đến θ_{max} . Từ phương trình phát nhiệt (2-61), với $t_{ct} = 30$ phút, sự gia tăng nhiệt độ cho phép được tính:

$$\theta_{cp} = \frac{\Delta P_{30}}{\sigma} \left(1 - e^{-\frac{t_{30}}{T}}\right) \quad (2-64)$$

Trong đó: ΔP_{30} - Tổn hao công suất ở chế độ ngắn hạn với $t_{ct} = 30$ phút và có giá trị bằng:

$$\Delta P_{30} = \frac{1 - \eta_{30}}{1 - \eta_{30}} \cdot P_{dm}$$

T - hằng số thời gian phát nhiệt (phút).

Từ phương trình (2-64) sẽ dễ dàng tính được σ .

2c.1b. Xác định hằng số thời gian phát nhiệt theo hai chế độ công tác.

Với một số loại động cơ chuyên dụng (ví dụ: động cơ dùng cho thiết bị làm hàng, thiết bị neo, tời...) theo sổ tay kỹ thuật chúng có thể có hai chế độ công tác.

Nếu có một trong hai chế độ là chế độ dài hạn thì việc tính T sẽ rất đơn giản. Khi đó, ở chế độ dài hạn sẽ có P_{∞} , t_{∞} , η_{∞} ; ở chế độ ngắn hạn có P_{ng} , t_{ng} , η_{ng} . Theo cấp cách điện của động cơ ta có θ_{cp} .

Tổn hao công suất của động cơ ở các chế độ công tác được tính:

$$\begin{aligned}\Delta P_{\infty} &= \frac{1 - \eta_{\infty}}{\eta_{\infty}} P_{\infty} \\ \Delta P_{ng} &= \frac{1 - \eta_{ng}}{\eta_{ng}} P_{ng}\end{aligned}\quad (2-65)$$

Ở cuối chế độ ngắn hạn, sự gia tăng nhiệt để đạt đến giá trị cho phép θ_{cp} :

$$\theta_{cp} = \theta_{max} \left(1 - e^{-\frac{t_{ng}}{T}}\right) \quad (2-66)$$

Trong đó: θ_{max} - giá trị gia tăng nhiệt độ ổn định cực đại ứng với tổn hao công suất của động cơ ở chế độ ngắn hạn ΔP_{ng} .

Từ (2-66) ta có:

$$e^{-\frac{t_{ng}}{T}} = 1 - \frac{\theta_{cp}}{\theta_{max}}$$

Vậy:

$$\frac{t_{ng}}{T} = -\ln\left(1 - \frac{\theta_{cp}}{\theta_{max}}\right) \quad (2-67)$$

Ở đây cần phải lưu ý rằng θ_{cp} là sự gia tăng nhiệt độ ổn định cực đại đối với chế độ công tác dài hạn của động cơ. ở chế độ này, tổn hao công suất của động cơ là ΔP_{∞} . Dựa vào phương trình (2-62) ta có:

$$\frac{\theta_{cp}}{\theta_{max}} = \frac{\Delta P_{\infty}}{\Delta P_{ng}} \quad (2-68)$$

Từ (2-67) và (2-68) ta có:

$$T = \frac{-t_{ng}}{\ln\left(1 - \frac{\Delta P_{ng}}{\Delta P_{\infty}}\right)} \quad (2-69)$$

Nếu cả hai chế độ công tác đều là chế độ ngắn hạn thì theo sổ tay kỹ thuật ta có các tham số: P_1, t_1, η_1 và P_2, t_2, η_2 . Theo (2-65) ta tính được ΔP_1 và ΔP_2 . ở cuối mỗi chế độ công tác, động cơ đều đạt đến sự gia tăng nhiệt độ cho phép θ_{cp} . Tức là:

$$\Delta P_1(1 - e^{-t_1/T}) = \Delta P_2(1 - e^{-t_2/T}) \quad (2-70)$$

Giải phương trình này sẽ xác định được hằng số thời gian phát nhiệt T bằng phương pháp đồ thị như sau:

Dựng các đặc tính $\Delta P_1(1 - e^{-t_1/T})$ và $\Delta P_2(1 - e^{-t_2/T})$ trong cùng một hệ trục tọa độ. Điểm cắt của hai đặc tính sẽ xác định được hằng số thời gian phát nhiệt T .

2.18.2d. Xác định T theo phương pháp gần đúng

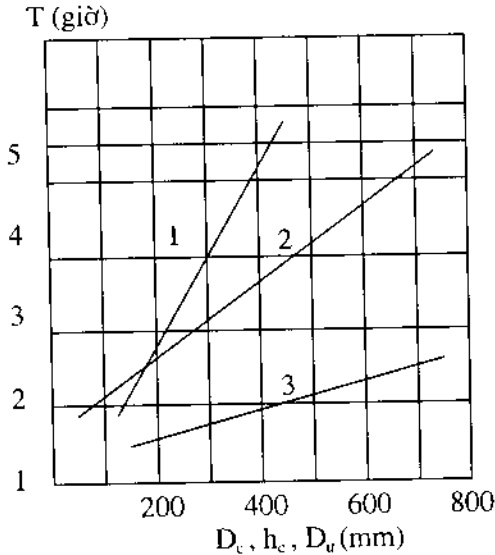
Trong trường hợp không đủ điều kiện để tính toán như đã nêu ở trên, có thể xác định hằng số thời gian phát nhiệt T bằng cách lựa chọn gần đúng. Để áp dụng được phương pháp này, cần phải biết đặc tính $T = f(D_c, h_c, D_v)$ (với D_c - đường kính của stato;

h_c - chiều cao của trục động cơ so với mặt phẳng nằm ngang; D_u - đường kính của rôto).
 Đặc tính này được nhà máy chế tạo động cơ điện xây dựng khi lập hồ sơ xuất xưởng cho từng loại động cơ (xem hình 2-20).

2.18.2e. Xây dựng giản đồ phát nhiệt

- 1 - Cho động cơ điện một chiều.
- 2 - Cho động cơ dị bộ kiểu kín.
- 3 - Cho động cơ dị bộ kiểu kín có làm mát từ bên ngoài.

Hình 2-20. Đặc tính để xác định hằng số thời gian phát nhiệt của động cơ dùng cho thiết bị làm hàng



2.e.1. Giản đồ tổn hao công suất.

Trong quá trình thu neo, tổn hao công suất ở động cơ bằng lượng nhiệt do động cơ sinh ra trong quá trình này. Vì vậy, tổn hao công suất ΔP ở từng giai đoạn của quá trình thu neo có thể được xác định bởi sự gia tăng nhiệt độ cực đại θ_{max} (theo biểu thức 2-62) của động cơ và đường cong phát nhiệt đã được xây dựng (theo phương trình phát nhiệt cơ bản 2-61). Giá trị này được dùng để đánh giá một cách gần đúng sự phát nhiệt của động cơ theo phương pháp so sánh tổn hao (xem §1-13).

Tổn hao công suất của động cơ phụ thuộc vào tải của nó và hiệu suất ứng với tải đó:

$$\Delta P_i = \frac{1 - \eta_i}{\eta_i} P_i \tag{2-71}$$

Từ giản đồ năng lượng $P = f_3(t)$ (xem hình 2-16) ta biết được tải của hệ thống ở từng giai đoạn của quá trình thu neo. Để tính được ΔP_i , cần phải biết đặc tính hiệu suất $\eta = f(P/P_{dm})$. Nếu không có đường cong này, có thể dụng gần đúng đặc tính $\eta = f(P/P_{dm})$ theo biểu thức chung. Cuối cùng ta dựng được giản đồ tổn hao công suất có dạng như hình 2-21. Xác định tổn hao công suất ΔP theo giản đồ phụ tải là phương pháp chính xác nhất.

Ví dụ, với động cơ dị bộ rôto lồng sóc dùng cho thiết bị làm hàng kiểu МАП có trong sổ tay kỹ thuật hay trong lý lịch của nó. Đặc tính công tác như hình 2-22. Khi biết điện áp dây của nguồn, với bất cứ tốc độ nào (hoặc độ trượt S) ta đều dễ dàng xác định được tổn hao công suất:

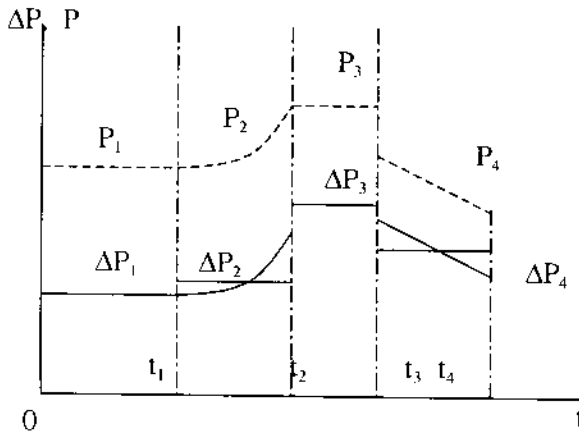
$$\Delta P = P_1 - P \quad (2-72)$$

Trong đó: P_1 - công suất từ lưới điện cung cấp cho động cơ được tính bằng biểu thức:

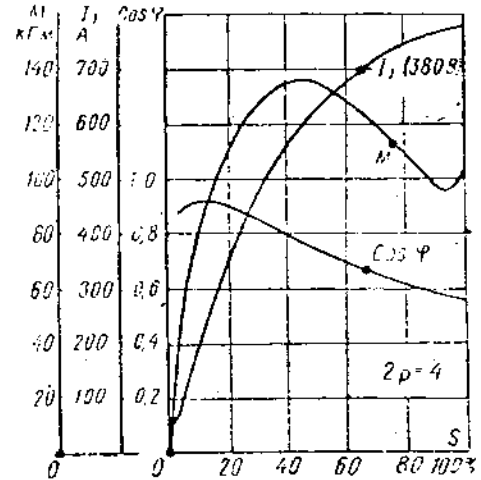
$$P_1 = \sqrt{3} U_1 I \cos \varphi \times 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

$P = Mn/9560$ (KW) - công suất hữu ích trên trục động cơ.

Tổn hao công suất ở chế độ động cơ bị dừng dưới điện có giá trị lớn nhất.



Hình 221. Giảm đồ tổn hao công suất của động cơ thực hiện trong một chu kỳ làm việc.



Hình 2-22. Các đặc tính công tác của động cơ dị bộ MAIT- 611 - 4/12 ở chế độ công tác với số đôi cực là 4

Đối với động cơ điện một chiều:

$$\Delta P_d = U_d \cdot I_d \quad (\text{W}) \quad (2-73)$$

Trong đó:

U_d - Điện áp đặt vào phần ứng của động cơ ở chế độ ngắn mạch (sau khi đã tính tới sụt áp trên điện trở phụ hoặc có sự khử từ máy phát ở hệ thống máy phát - động cơ), V.

I_d - Dòng điện của động cơ ở chế độ ngắn mạch, A.

Đối với động cơ điện xoay chiều:

$$\Delta P_d = P_d \sqrt{3} U_d I_d \cos \varphi_d \quad (\text{W}) \quad (2-74)$$

Nếu là động cơ dị bộ rôto dây quấn thì tổn hao công suất sẽ được tính bằng tổn hao công suất chung bớt đi tổn hao công suất ở điện trở phụ phía rôto.

Để đơn giản cho quá trình xây dựng đường cong phát nhiệt của động cơ thực hiện, các đường cong ở giản đồ tổn hao công suất được thay thế bằng các đoạn thẳng có giá trị trung bình của tổn hao công suất ở từng giai đoạn (xem hình 2-21).

2.e2. Giảm đồ dòng tải.

Dòng điện chạy trong động cơ trực tiếp gây ra sự phát nhiệt làm đốt nóng nó. Giảm đồ dòng tải được xây dựng cho cả chu kỳ thu neo và đó chính là cơ sở để kiểm tra trạng thái phát nhiệt của động cơ bằng phương pháp dòng điện trung bình bình phương.

Dòng tải có thể xác định được bằng cách dựa vào đặc tính công tác của động cơ $I = f(n)$ (xem hình 2-22) hoặc theo công suất của động cơ theo cách tính sau đây:

$$P_1 = P + \Delta P \quad (\text{theo 2-72})$$

Trong đó: công suất hữu ích P được lấy từ giản đồ năng lượng $P = f_3(1)$ cho từng giai đoạn của quá trình thu neo (xem hình 2-16). Tổn hao công suất ΔP được lấy từ giản đồ tổn hao công suất $\Delta P = f(1)$ (xem hình 2-21).

$$\text{Đối với động cơ điện 1 chiều: } I = P_1 / U_1 \quad (A) \quad (A)$$

Đối với động cơ điện xoay chiều:

$$I = P_1 / \sqrt{3} U_1 \cos \varphi \quad (A)$$

2.2.3. Xây dựng đường cong phát nhiệt

Để có được dạng chung của đường cong nhiệt độ ở tất cả quá trình làm việc, cần tính toán xây dựng họ đặc tính nhiệt ứng với từng cấp tổn hao công suất (xem hình 2-22). Các đặc tính này đều được xây dựng với điểm bắt đầu từ gốc tọa độ của hệ trục tọa độ $(\theta; t)$. Để xây dựng mỗi đường cong, chúng ta sử dụng phương trình (2-62) và thành phần thứ nhất của phương trình (2-61):

$$\theta_t = \theta_{\max} (1 - e^{-t/T}) = \Delta P (1 - e^{-t/T}) \quad (2-75)$$

Với mỗi giá trị gia tăng nhiệt độ cực đại $\theta_{\max}$, cho t biến thiên trong vùng $(3 \div 4)T$, tiến hành tính toán và lập thành bảng sau:

t	t/T	$e^{-t/T}$	$1 - e^{-t/T}$	θ_{11}	θ_{12}	θ_{131}	θ_{132}	θ_{14}

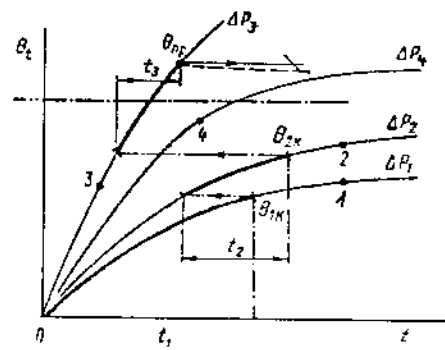
Ở giai đoạn thứ ba, khi tốc độ của động cơ thực hiện giảm đến tốc độ nhỏ nhất (thậm chí có thể dừng dưới điện), ta có thể tính toán và dựng đường cong nhiệt độ cho trạng thái dừng dưới điện (theo biểu thức 2-73 hoặc 2-74) với $T_0 = (1,02 \div 1,05)T$.

Đường cong phát nhiệt của động cơ ở từng giai đoạn được xây dựng dựa theo các đường cong nhiệt độ, các đường cong này được dựng theo kết quả tính toán ở bảng trên (xem hình 2-23).

Sự phát nhiệt của động cơ bắt đầu theo đường cong thứ nhất (đường 1), tương ứng với tải của động cơ ở giai đoạn thứ nhất. Cuối giai đoạn này, sự gia tăng nhiệt độ đạt đến giá trị θ_{1K} .

Sang giai đoạn thứ hai, tải của động cơ thay đổi với giá trị trung bình của tổn hao công suất là ΔP_2 . Khi đó, đặc tính nhiệt của giai đoạn này là đường 2. Sự gia tăng nhiệt độ của động cơ theo đường 1 sang đường 2, như đã được trình bày ở trên hình 2-18. Điểm bắt đầu của sự gia tăng nhiệt độ là θ_{1K} .

Ở cuối giai đoạn hai (sau thời gian t_2), sự gia tăng nhiệt độ của động cơ đạt đến θ_{2K} . Để xác định được sự phát nhiệt của động cơ ở giai đoạn ba cần phải chuyển về đường cong nhiệt độ 3. Nếu ở cuối giai đoạn ba, sau thời gian t_3 , sự gia tăng nhiệt độ θ_{3K} đạt đến giá trị thấp hơn sự gia tăng nhiệt độ cực đại cho phép đối với tải của giai đoạn thứ tư thì việc xây dựng đường cong phát nhiệt có thể kết thúc tại đây (xem hình 2-23).



Hình 2-23. Xây dựng đường cong nhiệt độ của động cơ thực hiện ở hệ thống truyền động điện neo.

Điều kiện kiểm tra phát nhiệt của động cơ là:

$$\theta_{gh} \leq \theta_{cp}$$

Ví dụ, nếu động cơ thực hiện của hệ thống truyền động điện neo có đường cong phát nhiệt như hình 2-24 thì động cơ này không thỏa mãn điều kiện phát nhiệt.

Nếu ở giai đoạn thu neo thứ ba, động cơ không bị phát nhiệt quá mức quy định thì cần dựng tiếp đường cong phát nhiệt cho giai đoạn thứ tư. Ở giai đoạn này, tải của động cơ giảm dần, động cơ được làm mát. Đường cong phát nhiệt trong thời gian t_4 được xây dựng theo phương trình phát nhiệt cơ bản (2-61):

$$\theta_4 = \theta_{\max 4}(1 - e^{-t/T}) + \theta_{3K}e^{-t/T}$$

$$\theta_4 - \theta_{\max 4} = (\theta_{3K} - \theta_{\max 4})e^{-t/T}$$

Để làm rõ sự giảm dần nhiệt độ của động cơ, phương trình trên được biến đổi thành:

$$\theta_{14} = \theta_{4K}.e^{-t/T}$$

Chú ý: ở giai đoạn này động cơ được làm mát, vì vậy đường cong phát nhiệt có thể được dựng theo thành phần thứ hai của phương trình phát nhiệt cơ bản (2-61) (tức là chỉ xét tới quá trình làm mát động cơ).

2.18.3. Kiểm tra phát nhiệt của động cơ thực hiện theo dòng điện trung bình bình phương

Theo phương pháp này, dòng điện trung bình bình phương của cả chu kỳ thu neo được đem so sánh với giá trị dòng điện định mức của động cơ thực hiện đã được chọn theo sổ tay kỹ thuật. Dòng điện trung bình bình phương được tính theo giản đồ phụ tải $I = f_4(t)$

(xem hình 2-24). Sau khi đã tuyến tính hoá các đoạn phi tuyến của giản đồ này, theo biểu thức (1 - 9 - 2) ta có:

$$I_{tb} = \sqrt{\frac{1}{T} \left[I_1^2 t_1 + \left(I_1^2 + I_1 I_3 + I_3^2 \right) \frac{t_2}{3} + I_3^2 t_3 + \left(I_{4d}^2 + I_{4d} I_{4c} + I_{4c}^2 \right) \frac{t_4}{3} \right]}$$

Điều kiện kiểm tra phát nhiệt theo phương pháp dòng điện trung bình bình phương:

$$I_{tb} \leq I_{dm}$$

Trong đó: I_{dm} - Dòng điện định mức của động cơ đã chọn trong sổ tay kỹ thuật.

Nếu thời gian công tác thực tế khác với thời gian công tác ghi trong sổ tay thì cần phải tính I_{tb} về dòng điện quy đổi:

$$I_{qd} = I_{tb} \sqrt{\frac{T_{tt}}{T_{tc}}}$$

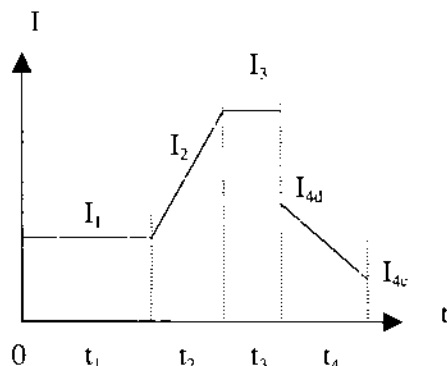
Trong đó:

T_{tt} - Thời gian công tác thực tế của cả chu kỳ thu neo.

T_{tc} - Thời gian làm việc theo tiêu chuẩn của động cơ.

Điều kiện kiểm tra phát nhiệt trong trường hợp này:

$$I_{qd} \leq I_{dm}$$



Hình 2-24. Giản đồ phụ tải $I = f_d(t)$ của động cơ thực hiện trong chu kỳ thu neo

§2-19. THẢ NEO BẰNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Khi khu vực thả neo ở độ sâu quá lớn thì phải thực hiện bằng truyền động điện (thả neo bằng động cơ điện).

Quá trình thả neo bằng truyền động điện có hai giai đoạn. Ban đầu, khi lực cản do neo và xích neo gây ra còn nhỏ, động cơ thực hiện làm việc ở chế độ động cơ để xông neo và xích neo. Khi tải do neo và trọng lượng của xích neo sau lỗ neo đủ lớn làm quay bộ truyền động cơ khí và động cơ thực hiện, động cơ chuyển sang làm việc ở chế độ hãm. Sau đây chúng ta khảo sát một số thông số chủ yếu, đặc trưng cho quá trình thả neo bằng điện.

2.19.1. Chiều dài đoạn xích neo sau lỗ neo khi động cơ bắt đầu làm việc ở chế độ hãm

Chiều dài này được xác định bằng sự thay đổi dấu của mômen cản trên trục động cơ. Sự thay đổi này lại phụ thuộc vào sự thay đổi giá trị và dấu của hiệu suất ngược của bộ truyền động cơ khí khi coi mômen cản là dương và không đổi. Hiệu suất truyền của bộ

truyền động cơ khí không phải là một giá trị cố định mà nó là hàm của tải $\eta_{TD} = f(T_i/T_{dm})$ (xem hình 2-26). Mômen cản trên trục động cơ thực hiện khi thả neo được xác định bằng biểu thức:

$$M_i^- = \frac{T_i R_s}{i} \eta_K^- \eta_{TD}^- \quad (2-76)$$

Với: η_K - Hiệu suất gây bởi tổn hao ma sát lỗ neo.

$$\eta_K = 1/f_K$$

Vậy:
$$\eta_K = 2 - \frac{1}{\eta_K}$$

Trong tính toán ta chọn $\eta_K = 0,72 \div 0,65$.

Hiệu suất truyền ngược cũng giống như hiệu suất truyền thuận, nó là hàm của tải:

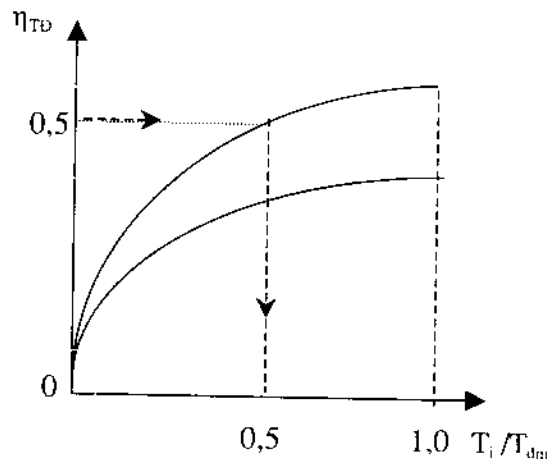
$$\eta_{TD}^- = 2 - \frac{1}{\eta_{TD}} = f\left(\frac{T_i}{T_{dm}}\right) \quad (2-77)$$

Hiệu suất truyền động định mức ứng với mômen quay định mức của động cơ khi sức kéo trên xích neo tại lỗ neo là giá trị định mức. Giá trị này được xác định bằng biểu thức:

$$T_{dm} = \frac{M_{dm} i \eta_{TD}}{f_K R_s} \quad (2-78)$$

Từ (2-78) ta thấy, khi bắt đầu thả neo lực kéo ở lỗ neo T_i có giá trị nhỏ. Vì vậy, hiệu suất truyền của bộ truyền động cơ khí η_{TD} cũng có giá trị nhỏ (xem hình 2-26). Theo biểu thức (2-77), hiệu suất truyền ngược sẽ có giá trị âm. Khi mômen cản trên đĩa hình sao có dấu dương thì mômen cản trên trục động cơ sẽ có dấu âm (theo 2-76). Điều đó có nghĩa là mômen cản có chiều trùng với chiều chuyển động, động cơ thực hiện làm việc ở chế độ động cơ.

Cùng với sự tăng lên của chiều dài đoạn xích neo sau lỗ neo, sức căng ở xích neo tại lỗ neo tăng lên làm hiệu suất truyền tăng. Khi $\eta_{TD} = 0,5$ theo biểu thức (2-77) thì $\eta_{TD}^- = 0$ và sau đó sẽ đổi dấu mang giá trị dương. Động cơ chuyển sang làm việc ở chế độ hãm. Hình 2-25. Xác định lực kéo khi thả neo ở thời điểm chuyển động cơ sang chế độ hãm.



Hình 2-25. Xác định lực kéo khi thả neo ở thời điểm chuyển động cơ sang chế độ hãm

Dựa vào đường cong hiệu suất (hình 2-25), có thể xác định được giá trị của tỉ số $T_{0,5}/T_{dm}$ ứng với khi động cơ thực hiện chuyển chế độ công tác.

Khi đã xác định được T_{dm} theo biểu thức (2-78), chúng ta dễ dàng xác định được $T_{0,5}$. Dựa vào $T_{0,5}$ có thể xác định được độ sâu h_{c0} - cũng chính là chiều dài đoạn xích neo sau lỗ neo ứng với khi động cơ chuyển sang chế độ hãm:

$$T_{0,5} = 0,87(G_N + p \cdot h_{c0})$$

$$\text{Vậy: } h_{c0} = \frac{1}{p}(1,15T_{0,5} - G_N) \quad (\text{m}) \quad (2-79)$$

2.19.2. Tốc độ thả neo lớn nhất khi neo gần chạm đáy biển

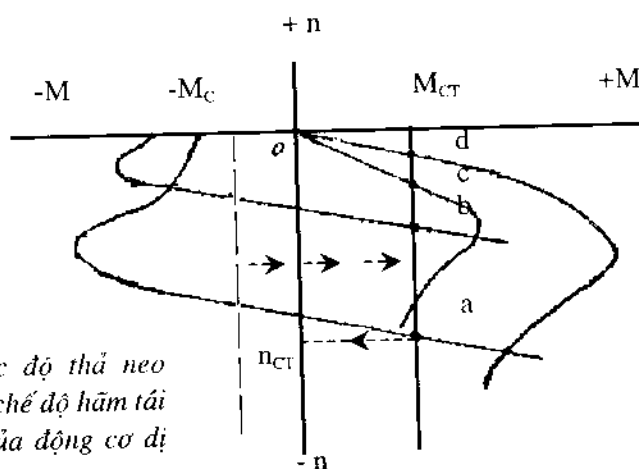
Tốc độ này phụ thuộc vào phương pháp hãm điện được dùng trong các hệ thống cụ thể. Khi đó, mômen cản khi thả neo bằng mômen kéo neo và được xác định theo biểu thức:

$$M_{CT}^- = M_{4d} = (G_N + ph)0,87\eta_K\eta_{TD} \quad (2-80)$$

Trong đó: η_{TD} - Ứng với tải định mức và hiệu suất truyền thuận toàn phần η_{TD} .

Đặc tính tải là một đường thẳng. Trong quá trình thả neo, đặc tính này di chuyển từ trái sang phải và song song với chính nó (đường M_c). Giá trị của nó được tính theo biểu thức (2-80) khi động cơ được chuyển sang làm việc ở chế độ hãm (xem hình 2-26).

Tuỳ theo chế độ hãm điện được dùng mà tốc độ thả neo lớn nhất khi neo gần chạm đất có thể ứng với các điểm a, b (nếu hãm tái sinh) hoặc c, d (nếu dùng hãm động năng).



Hình 2-26. Xác định tốc độ thả neo khi neo gần chạm đất với chế độ hãm tái sinh và hãm động năng của động cơ di bộ rôto lồng sóc hai tốc độ

Chương III

TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN THIẾT BỊ LÀM HÀNG

§3.1. ĐẶC ĐIỂM CHUNG

3.1.1 . Phân loại hệ thống

Trên tàu thuỷ, tời được dùng rất nhiều với các mục đích khác nhau. Ví dụ: tời hàng dùng để xếp dỡ hàng hoá; tời lái để thu thả dây cáp trong quá trình điều động tàu; tời nâng hạ cầu thang; tời nâng hạ xuống cứu sinh;... Tuy khác nhau về mục đích sử dụng nhưng chúng đều thực hiện các chức năng nâng hạ hoặc kéo, thả.

Theo mục đích sử dụng, người ta phân thiết bị làm hàng và các loại tời khác thành các nhóm sau:

- Tời hàng và cần trục: đây là các thiết bị được sử dụng rộng rãi trên các tàu vận tải. Chúng thực hiện chức năng bốc xếp hàng hoá từ tàu lên bờ hoặc ngược lại hay bốc xếp hàng hoá giữa hai tàu với nhau khi đang neo đậu trên vịnh, trên biển.
- Máy nâng: dùng để nâng hạ và di chuyển hàng hoá ở các kho bãi hoặc di chuyển, bốc xếp các thiết bị, chi tiết máy trong buồng máy tàu thuỷ.
- Nhóm tời thông dụng: tời nâng hạ cầu thang, tời nâng hạ xuống cứu sinh, tời sau lái, ...
- Nhóm tời đặc biệt: là các loại tời được trang bị trên các tàu cứu hộ, tàu đánh cá, tàu nghiên cứu biển ...

Theo chức năng của truyền động điện ta chia thành: cơ cấu nâng hạ, cơ cấu quay mâm, cơ cấu thay đổi tầm với.

Theo hệ thống truyền động của truyền động điện có thể chia thành:

- Truyền động điện cơ: đơn giản trong chế tạo, có hiệu suất sử dụng chung của toàn hệ thống cao (khoảng $0,79 \div 0,9$).
- Truyền động điện thuỷ lực: dạng truyền động điện này đang được sử dụng ngày càng rộng rãi cho nhóm máy phụ trên boong. Chúng có các ưu điểm nổi bật sau: cho phép sử dụng động cơ dị bộ rôto lồng sóc một tốc độ làm động cơ thực hiện, có thể điều khiển ở phần thuỷ lực ...

Theo chế độ công tác có thể phân thành các nhóm:

- Công tác ở chế độ ngắn hạn lặp lại: tời hàng, cần trục, tời lái tự động, ...
- Công tác ở chế độ ngắn hạn: tời nâng hạ xuống, tời nâng hạ cầu thang.

Theo hệ thống cấp nguồn: lấy nguồn trực tiếp từ lưới điện hay từ máy phát riêng.

Theo hệ thống điều khiển: điều khiển bằng tay không chế hoặc tay điều khiển kết hợp với trạm từ.

3.1.2. Đặc điểm của thiết bị bốc xếp trên tàu

Ngày nay trên tàu thuỷ có hai loại thiết bị bốc xếp chủ yếu là tời hàng và cần trục.

Tời hàng là thiết bị bốc xếp được sử dụng rộng rãi trên các tàu có tải trọng lớn và chạy đường dài. Tời hàng có những ưu điểm như: khả năng quá tải cao, tầm với không hạn chế, có thể làm việc an toàn ngay cả khi tàu bị nghiêng. Tuy nhiên, tời hàng cũng có những nhược điểm sau: thời gian chuẩn bị để đưa hệ thống vào làm việc lớn, khả năng sẵn sàng làm việc thấp, hệ thống cồng kềnh, ...

Cần trục thường được dùng nhiều trên các tàu có trọng tải nhỏ hoặc trung bình chạy trên các tuyến đường ngắn. Thiết bị này có ưu nhược điểm: khả năng sẵn sàng làm việc cao; tầm với bị hạn chế; làm việc không an toàn khi tàu bị nghiêng quá 5° ; khả năng quá tải kém.

Để tận dụng các ưu điểm và hạn chế các nhược điểm của tời hàng và cần trục, các nhà thiết kế đã chế tạo ra một thiết bị làm hàng được gọi là tời đơn. Đây là loại tời có một móc và cần có thể quay được. Loại tời này hiện đang được sử dụng rộng rãi trên đội tàu của Nhật Bản, Canada, ...

Tải trọng của tời hàng và cần trục trên tàu thuỷ thường có các cỡ: 1,2 tấn; 2,5 tấn; 5 tấn; 10 tấn; 15 tấn; ...

3.1.3. Những ưu nhược điểm cơ bản của thiết bị làm hàng bằng điện

Ngày nay, khi mức độ điện khí hoá và tự động hoá ngày càng phát triển thì tời hàng và cần trục sử dụng máy hơi nước và diesel đã hầu như không còn được sử dụng nữa, thiết bị làm hàng bằng điện có những ưu điểm cơ bản sau:

- Tính kinh tế cao: hiệu suất của các động cơ điện cao hơn rất nhiều so với các máy hơi nước (0,7 - 0,9 so với 0,15 - 0,2). Năng lượng điện dễ dàng chuyển tải đi xa mà không gây ra tổn hao đáng kể.

- Dễ dàng thực hiện các quá trình điều khiển tự động, điều khiển từ xa, giải phóng người lao động khỏi những lao động đơn điệu, nặng nhọc.

- Không gây tiếng ồn lớn trong quá trình làm việc. Vệ sinh công nghiệp được đảm bảo.

Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm chúng ta còn phải kể đến một số các nhược điểm sau: có khả năng gây ra cháy nổ do trong quá trình làm việc có xuất hiện tia lửa điện; giá thành ban đầu cao.

§3.2. NHỮNG YÊU CẦU CƠ BẢN ĐỐI VỚI THIẾT BỊ LÀM HÀNG TÀU THUỶ

Yêu cầu cao nhất đối với thiết bị làm hàng tàu thuỷ là rút ngắn thời gian bốc xếp hàng hoá tại bến cảng. Như chúng ta đã biết, ngày nay các nhà máy đóng tàu đã cho ra

đòi những con tàu có tốc độ khá cao (có thể đạt tới 25 -30 hải lý/một giờ). Với tốc độ hành trình lớn như vậy, thời gian quay vòng của con tàu phụ thuộc chủ yếu vào thời gian bốc xếp hàng hoá ở các đầu bến. Rõ ràng, muốn nâng cao tính kinh tế của vận tải đường biển ta phải tìm cách rút ngắn thời gian bốc xếp hàng hoá. Muốn thế, ngoài những yêu cầu kỹ thuật chung cho các hệ thống truyền động điện như ta đã biết, thiết bị làm hàng tàu thuỷ phải đáp ứng được hai yêu cầu rất quan trọng sau:

3.2.1. Năng suất làm hàng cao

Để thoả mãn yêu cầu năng suất làm hàng cao, thiết bị làm hàng phải được tính toán lựa chọn theo các yếu tố sau:

Đảm bảo đủ tốc độ nâng hạ hàng khi tải là tải định mức: Trước hết ta cần biết rằng, truyền động điện thiết bị làm hàng có chế độ công tác là chế độ ngắn hạn lặp lại (tùy theo từng cơ cấu mà hệ số ngắn hạn lặp lại có thể là 25% hoặc 40%). Như vậy, trong một chu kỳ công tác, thường xuyên xảy ra trạng thái đóng mở máy. Mặt khác, quãng đường mà hàng hoá di chuyển ở từng giai đoạn của chu kỳ làm hàng thường không lớn. Vì vậy, khi tải của hệ thống là tải định mức ta cần lựa chọn được một tốc độ nâng hạ hàng hợp lý nhất. Vì quãng đường di chuyển ngắn lại thường xuyên xảy ra các quá trình hãm, gia tốc, khởi động, ... việc lựa chọn tốc độ lớn sẽ không phát huy được tác dụng. Mặt khác, khi chọn tốc độ lớn sẽ làm tăng trọng lượng và kích thước của hệ thống. Ngược lại, nếu chọn tốc độ quá thấp thì thời gian của một chu kỳ bốc xếp sẽ tăng làm giảm năng suất bốc xếp hàng.

Theo tài liệu của các hãng đóng tàu, tốc độ nâng hạ hàng với tải định mức thường bằng $(0,2 \div 1,0)$ m/s tức là $(12 \div 60)$ m/p (theo tài liệu của các nhà máy đóng tàu Liên Xô cũ) hoặc $(1,5 \div 2,0)$ m/s tức là $(90 \div 120)$ m/p (theo tài liệu của các nhà máy đóng tàu của Mỹ).

Mặt khác, khi lựa chọn tốc độ nâng hạ hàng với tải định mức ta còn cần phải chú ý đến yếu tố an toàn của hàng hoá. Việc lựa chọn tốc độ phải tính tới sự gia tốc bình thường để không gây ra xung lực lớn, đột ngột ở dây cáp và các bộ phận cơ khí của cơ cấu truyền động.

Hệ thống phải có khả năng thay đổi tốc độ trong phạm vi rộng, tạo được tốc độ cao khi không tải hoặc khi tải nhẹ.

Khi nghiên cứu một chu kỳ làm hàng của tời hàng hoặc cần trục ta thấy tải của hệ thống không phải là một giá trị cố định. Vì vậy, nếu ta gọi tốc độ nâng hạ hàng với tải định mức là V_{dm} thì hệ thống cần phải có những cấp tốc độ trung gian khác phù hợp với từng trạng thái của tải. Chúng ta có thể tham khảo theo tài liệu của các nhà máy đóng tàu. Sau đây là một ví dụ:

Tốc độ nâng hạ hàng toàn tải:

$$V_{dm}$$

Tốc độ nâng hạ hàng bằng 1/2 tải định mức:

$$(1,5 \div 1,7)V_{dm}$$

Tốc độ nâng hạ móc không:

$$(3 \div 3,5)V_{dm}$$

Tuỳ theo cấp tàu và khả năng tải của hệ thống, người thiết kế cần lựa chọn tốc độ cho phù hợp.

Mặt khác, để nhắc thử hàng, đặt hàng chạm đất và đưa hàng vào hầm tàu một cách chính xác, an toàn, hệ thống cần thiết phải có một tốc độ thật thấp. Tốc độ này phụ thuộc vào độ cao đặt hàng chạm đất. Chúng ta có thể tham khảo tốc độ này theo bảng sau:

Tốc độ đặt hàng chạm đất (m/p)	3	6	9	15	24	36	40
Độ cao đặt hàng (m)	0,13	0,5	1,1	3,2	8,2	18	25

Khi lựa chọn tốc độ này ta còn cần phải chú ý tới loại hàng hoá cần bốc xếp. Nếu hàng hoá là loại không dễ hỏng, dễ vỡ (ví dụ: gỗ, bông, sắt, thép,...) thì có thể chọn tốc độ đặt hàng chạm đất lớn. Ngược lại, với loại hàng hoá dễ vỡ, dễ hư hỏng thì ta cần chọn độ cao hạ hàng và tốc độ chạm đất thấp.

Có khả năng rút ngắn thời gian quá độ: Ta đã biết, tời hàng và cần trục làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại, thường xuyên xảy ra các quá trình khởi động, hãm đối với động cơ điện (theo thống kê, số lần khởi động, hãm có thể lên tới 500 l/h). Vì vậy, việc rút ngắn thời gian quá độ có ý nghĩa to lớn trong việc nâng cao năng suất làm hàng. Để rút ngắn thời gian quá độ người ta có thể thực hiện các biện pháp sau:

Chọn những động cơ điện có mômen khởi động lớn; chế tạo những động cơ chuyên dùng có mômen quán tính nhỏ bằng cách giảm đường kính của rôto đồng thời tăng chiều dài của rôto để giữ cho công suất của động cơ không đổi.

Chọn động cơ thực hiện của hệ thống là những động cơ có tốc độ không quá lớn. Ta thường chọn những động cơ có tốc độ không lớn hơn 1000v/p. Việc chọn động cơ có tốc độ không lớn ngoài mục đích làm giảm tính quán tính của các phần quay còn nhằm làm giảm bớt các cơ cấu truyền động trung gian, tăng hiệu suất chung của toàn hệ thống.

3.2.2. An toàn cho hàng hoá và thiết bị

An toàn cao cho con người, hàng hoá và thiết bị cũng là yêu cầu được các nhà thiết kế hết sức coi trọng. Người điều khiển hệ thống phải được bố trí ở vị trí thích hợp, thuận tiện cho việc quan sát, có thể phòng ngừa được các tai nạn do đứt cáp, rơi hàng,... gây ra. Để đảm bảo an toàn cho hàng hoá, thiết bị, hệ thống phải có độ bền cơ học cao, hoạt động nhịp nhàng, không gây ra xung lực đột ngột trên dây cáp và các cơ cấu truyền động. Cần phải có các ngắt cuối, ngắt hành trình... để tự động ngừng hoạt động của hệ thống khi có những sai phạm trong điều khiển, vận hành hệ thống. Cụ thể, với cần trục, ở cơ cấu nâng hạ hàng phải có thiết bị bảo vệ móc chạm đỉnh cần, bảo vệ sức căng tối đa, sức căng tối thiểu trên dây cáp, bảo vệ quá tốc độ khi hạ hàng. Ở cơ cấu nâng hạ cần phải có thiết bị bảo vệ góc nâng cần tối đa và góc hạ cần tối thiểu, bảo vệ móc chạm đỉnh cần...

Ngoài hai yêu cầu chính đã được phân tích ở trên, thiết bị làm hàng tàu thủy còn cần phải đáp ứng các yêu cầu khác như: hệ thống cần có tính kinh tế cao trong thiết kế, chế tạo và sử dụng. Thuận tiện cho việc bảo quản, bảo dưỡng, sửa chữa. Với tời hàng và cần trục, tải của chúng liên tục thay đổi, thời gian làm việc với tải nhỏ chiếm một lượng lớn trong chu kỳ xếp dỡ. Khi tải thay đổi thì hiệu suất truyền của bộ truyền động cơ khí và hệ số $\cos\phi$ của lưới điện bị thay đổi. Vì vậy, động cơ thực hiện trong hệ thống tời hàng và cần trục phải được chế tạo đặc biệt để sao cho $\cos\phi$ và hiệu suất ít thay đổi khi tải thay đổi trong phạm vi rộng.

Mặt khác, hệ thống phải được lắp đặt chắc chắn, kết cấu đơn giản, kích thước và trọng lượng nhỏ, giá thành hạ,...

§3.3. NHỮNG LOẠI ĐỘNG CƠ THƯỜNG DÙNG TRONG HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN THIẾT BỊ LÀM HÀNG

3.3.1. Động cơ điện một chiều

Truyền động điện sử dụng động cơ điện một chiều tỏ ra có nhiều ưu điểm, phù hợp với các yêu cầu của thiết bị làm hàng. Chúng có khả năng điều chỉnh tốc độ trong phạm vi rộng, có khả năng tạo ra được nhiều đường đặc tính trung gian bằng cách thay đổi các tham số của mạch kích từ và mạch động lực. Sau đây ta nghiên cứu cụ thể các ưu nhược điểm của từng loại động cơ điện một chiều:

Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp: Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp có khả năng tự thay đổi được tốc độ quay khi tải của hệ thống thay đổi. Đặc tính cơ của động cơ mềm, có dạng đường cong công suất không đổi ($M_n = \text{const}$). Vì vậy, công suất của động cơ luôn được khai thác tối ưu. Động cơ có mômen khởi động lớn, gia tốc nhanh. Ta biết rằng, động cơ một chiều kích từ nối tiếp có mômen quay tỉ lệ với bình phương của dòng điện tải và khi khởi động $I_{kd} = (2 \div 2,5)I_{dm}$. Vậy, nhờ có giá trị dòng khởi động lớn mà mômen khởi động có giá trị lớn, động cơ nhanh chóng được gia tốc. Mặt khác, cùng một mômen cần, dòng tải ở loại động cơ này có giá trị nhỏ hơn.

Cùng với các ưu điểm nêu trên, động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp cũng có những nhược điểm sau: khi không tải hay tải nhẹ, tốc độ truyền động của hệ thống có xu hướng tăng quá lớn, có thể đến $(5 \div 6)V_{dm}$. Việc điều chỉnh tốc độ bị hạn chế và khó thực hiện do phải thay đổi các tham số ở mạch động lực.

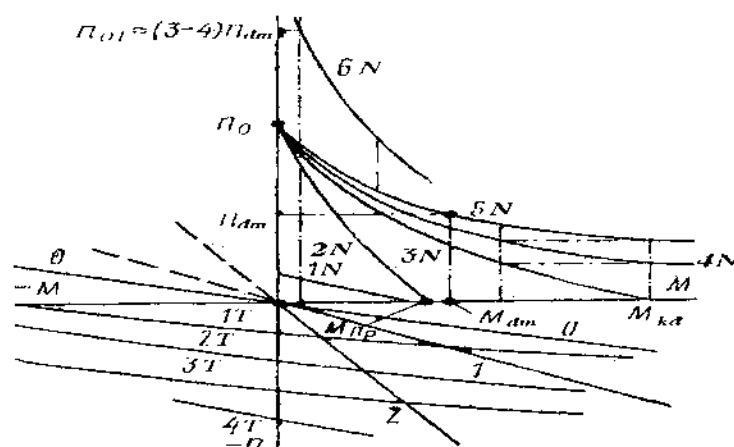
Động cơ điện một chiều kích từ song song: Loại động cơ này có những ưu nhược điểm sau: dễ dàng thực hiện việc điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi dòng điện trong mạch kích từ. Mặt khác, với phương pháp điều chỉnh này tính kinh tế được nâng cao bởi tổn hao năng lượng trong quá trình điều chỉnh là không đáng kể. Trọng lượng, kích thước của thiết bị điều chỉnh nhỏ, gọn. Đặc tính cơ của động cơ này thuộc loại cứng, tốc độ sẽ ít thay đổi khi tải của hệ thống thay đổi. Tuy nhiên, nhược điểm của nó là không có khả năng tự điều chỉnh tốc độ khi tải thay đổi. Khả năng quá tải kém. Trong thực tế,

loại động cơ này thường được dùng làm động cơ thực hiện của thang máy hoặc đôi khi dùng làm động cơ thực hiện trong cơ cấu quay mâm của cần trục.

Động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp: Loại động cơ này kết hợp được ưu điểm của hai loại động cơ trên. Chúng được sử dụng rộng rãi trong hệ thống truyền động điện thiết bị làm hàng. Để điều chỉnh tốc độ người ta có thể thực hiện bằng cả hai phương pháp: thay đổi từ trường kích từ và thay đổi điện trở phụ ở mạch phản ứng.

Để tăng khả năng ổn định tốc độ khi hạ hàng, đôi khi người ta thay đổi cách đấu để chuyển động cơ kích từ hỗn hợp thành động cơ kích từ song song. Trong trường hợp như vậy, cuộn kích từ nối tiếp được mắc nối tiếp với một điện trở phụ và được mắc song song với phần ứng của động cơ.

Dạng đặc tính cơ thích hợp nhất đối với thiết bị làm hàng được trình bày trong hình 2-1. Các đặc tính này nhận được ở hệ thống truyền động điện có động cơ thực hiện là động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp.



Hình 3-1. Dạng đặc tính cơ thích hợp của động cơ điện một chiều.

Phía nâng hàng:

Đường 1: Hệ thống hoạt động có tốc độ thấp nhất. Đặc tính này có được nhờ sử dụng biện pháp rẽ mạch phản ứng động cơ. Tốc độ này dùng để nhấc thử hàng.

Đường 2: Tốc độ thấp để nâng tải nặng hoặc trung bình. Đặc tính này có được nhờ đưa một điện trở phụ có giá trị lớn vào mạch phản ứng của động cơ. Với tải lớn, ta có thể dùng đặc tính này để thực hiện hãm nối ngược khi hạ hàng.

Đường 3, 4: Các đặc tính tạo các cấp tốc độ trung gian bằng cách cắt dần các điện trở mắc trong mạch phản ứng của động cơ.

Đường 5: Đặc tính cơ tự nhiên của động cơ.

Đường 6: Đặc tính có tốc độ cao để nâng móc không hoặc tải nhẹ. Đặc tính này có được nhờ giảm kích từ của động cơ. Với tải nhẹ, tốc độ quay của động cơ có thể đạt tới giá trị $(3 \div 4)n_{dm}$.

Phía hạ hàng:

Đường 0, 1, 2: Các đặc tính hãm động năng với các điện trở hãm khác nhau để có các tốc độ hạ hàng khác nhau.

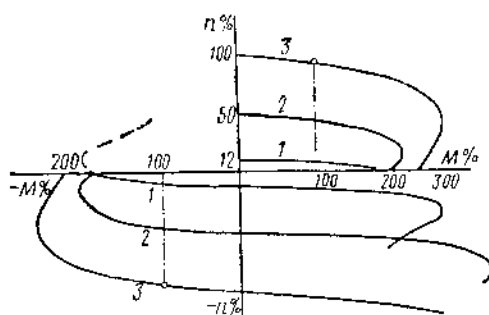
Đường 1c: Tạo tốc độ thả hàng thấp.

Đường 2c, 3c: Các đặc tính tạo các cấp tốc độ hạ hàng trung gian, nhận được bằng cách thay đổi kích từ của động cơ.

Đường 4c: Tạo tốc độ hạ hàng cao dùng để hạ móc không hoặc tải nhẹ.

3.3.2. Động cơ điện xoay chiều

Ở các hệ thống truyền động điện thiết bị làm hàng dùng nguồn xoay chiều người ta thường dùng loại động cơ điện dị bộ rôto lồng sóc có ba cấp tốc độ. Đây là loại động cơ chuyên dùng được chế tạo đặc biệt. Động cơ loại này được xem như hai động cơ ghép lại với nhau. Trong đó tốc độ thứ nhất dùng một cuộn dây riêng rẽ với rôto riêng. Rôto này thường là loại lồng sóc rãnh sâu hoặc lồng kép nhằm mục đích hạn chế dòng điện khởi động cho động cơ. Tốc độ thứ



Hình 3-2. Đặc tính cơ của động cơ dị bộ 3 tốc độ

hai và thứ ba được tạo ra bằng cách thay đổi cách đấu dây của cuộn dây stato thứ hai. Việc tạo ra các cấp tốc độ khác nhau được thực hiện bằng cách thay đổi số đôi cực của cuộn dây stato của động cơ. Tời hàng từ 3 tấn đến 5 tấn của hãng SIEMENS sử dụng động cơ dị bộ 3 tốc độ có $2p = 4/8/16$ được trang bị trên các tàu Kim Đồng, Phả Lại, Ý Lan... Đặc tính cơ của loại động cơ này được mô tả trên hình 2-2. Đặc tính 3 có tốc độ khoảng 1,3 m/s - tốc độ dùng để nâng hạ hàng toàn tải., nâng hạ móc không. Đường 2, tốc độ 0,65 m/s - đây là tốc độ trung gian chuyển tiếp từ tốc độ thấp lên tốc độ cao và ngược lại. Đặc tính 1, tốc độ 0,15 m/s - tốc độ để nhấc thử hàng hoặc đưa hàng chạm đất. Động cơ dị bộ rôto lồng sóc nhiều tốc độ được sử dụng rộng rãi trong thiết bị làm hàng vì nó có cấu tạo đơn giản, đáp ứng tương đối tốt các yêu cầu về tốc độ. Có trọng lượng và kích thước nhỏ hơn động cơ điện một chiều có cùng công suất. Tuy nhiên, việc điều chỉnh tốc độ không láng, mômen khởi động nhỏ hơn so với động cơ điện một chiều.

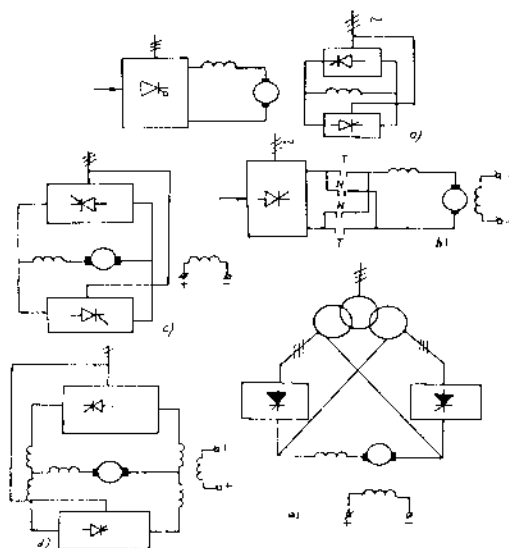
3.3.3. Đòi nét về các hệ thống truyền động điện thiết bị làm hàng hiện nay và xu hướng phát triển

Đội tàu biển Việt Nam hiện nay rất đa dạng về nguồn gốc xuất xứ và có tuổi thọ cao. Thiết bị làm hàng cũng như các trang thiết bị điện khác đều đã được thiết kế, chế tạo vào những năm 60, 70 của thế kỷ XX. Thiết bị làm hàng của nhóm tàu nhập về từ Liên Xô (cũ) đều dùng tời hàng hoặc cần trục sử dụng điện thuần túy. Các hệ thống này nay đều đã quá già cỗi, thường xuyên hư hỏng và đòi hỏi phải thường xuyên được bảo quản, sửa chữa. Nhóm tàu nhập từ Nhật Bản có thiết bị làm hàng bằng thủy lực dưới dạng tời kép hoặc tời đơn. Do thiết bị đã cũ, vệ sinh công nghiệp không đảm bảo, độ ồn khi làm việc cao. Nhóm tàu nhập từ Tây Âu có thiết bị làm hàng kết hợp điện thủy lực...

Ngày nay, cùng với sự mất đi của trạm phát điện một chiều, trên tàu thủy ta thường gặp các thiết bị làm hàng sử dụng động cơ điện xoay chiều. Những năm trước đây khi công nghiệp điện tử, bán dẫn chưa phát triển, có hai hướng phát triển cho thiết bị làm hàng. Hướng thứ nhất, sử dụng động cơ dị bộ rôto lồng sóc nhiều tốc độ. Điều khiển hệ thống thực hiện bằng tay điều khiển kết hợp với trạm từ. Hướng này tồn tại trong thời gian khá dài và phát triển mạnh trong ngành đóng tàu của các nước Đông và Tây Âu mà dấu vết còn lại ở đội tàu của Nga, Ba Lan, Đức, Anh là ví dụ. Hướng thứ hai, sử dụng động cơ dị bộ lồng sóc một tốc độ làm động cơ thực hiện trong thiết bị làm hàng thủy lực. Điều khiển hệ thống hoàn toàn nhờ thủy lực qua hệ thống van cơ khí. Hướng này phát triển mạnh trong ngành đóng tàu của Nhật Bản. Tời hàng, cần trục thủy lực tỏ ra có nhiều ưu điểm. Hệ thống có thể sử dụng động cơ dị bộ rôto lồng sóc một tốc độ để lái một bơm (nếu là tời hàng) hoặc ba bơm đồng thời (cho 3 cơ cấu của cần trục). Quá trình đảo chiều, thay đổi tốc độ... không phải tác động vào động cơ thực hiện mà chỉ diễn ra ở phần thủy lực. Tuy nhiên, việc tiến hành tự động hóa cho hệ thống này khó thực hiện, thiết bị cồng kềnh...

Ngày nay, kỹ thuật điện tử phát triển nhanh và ngày càng hoàn thiện. Việc ra đời các thyristo, transistor có dòng định mức lớn (đến hàng ngàn Ampe) đã cho phép các nhà thiết kế lập ra hệ thống truyền động điện van - động cơ điện xoay chiều; van - động cơ điện một chiều. Các dạng truyền động điện van - động cơ điện một chiều được mô tả trên hình 3-3.

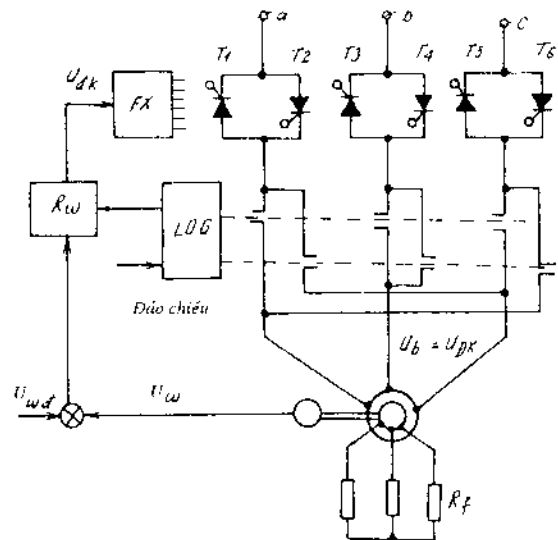
Hình 3-3a, động cơ thực hiện được đảo chiều nhờ đảo chiều dòng điện kích từ,



Hình 3-3. Hệ thống truyền động điện van - động cơ điện một chiều

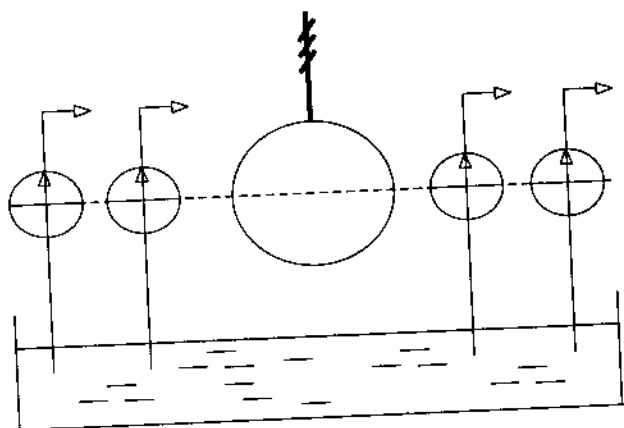
điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp đặt vào phần ứng của động cơ. Hình 3-3b, động cơ thực hiện được đảo chiều quay nhờ công tắc tơ đảo chiều điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp đặt vào phần ứng của động cơ. Hình 3-3c, d, e đảo chiều nhờ đảo chiều dòng điện phần ứng, điều chỉnh tốc độ nhờ thay đổi điện áp đặt vào động cơ. Sử dụng hệ thống truyền động điện van - động cơ điện một chiều chúng ta đã tận dụng hết các ưu điểm của động cơ một chiều ở khía cạnh điều chỉnh tốc độ, tạo được dạng đặc tính cơ phù hợp với trạng thái của tải. Hiện nay, hệ thống truyền động điện van - động cơ điện một chiều được sử dụng tương đối rộng rãi, đặc biệt là với các hệ thống có tải lớn, thay đổi trong phạm vi rộng và các hệ thống đòi hỏi sự ổn định tốc độ cao (hệ thống tời cuốn, cơ cấu nâng hạ hàng của cần trục có trọng tải lớn,...).

Ở hình 3-4 động cơ thực hiện là động cơ dị bộ rôto lồng sóc một tốc độ. Đảo chiều động cơ được thực hiện nhờ công tắc tơ đảo chiều. Điều chỉnh tốc độ thực hiện bằng cách thay đổi điện áp đặt vào động cơ. Ở hệ thống này, có thể tạo được nhiều cấp tốc độ phù hợp với yêu cầu của thiết bị làm hàng mà không phải dùng động cơ có nhiều cấp tốc độ, giảm bớt đáng kể trọng lượng và kích thước của động cơ. Truyền động điện thuỷ lực cũng đang được hoàn thiện và được sử dụng ngày càng rộng rãi trong thiết bị làm hàng tàu thuỷ và trên bờ. Việc điều khiển kết hợp điện thuỷ lực cho phép các nhà thiết kế dễ dàng thực hiện các quá trình tự động điều khiển và bảo vệ hệ thống. Với cần trục, việc sử dụng truyền động điện thuỷ lực đã cho phép giảm bớt đáng kể số lượng động cơ thực hiện. Hệ thống một động cơ điện lại nhiều bơm thuỷ lực được trình bày trong hình 3-5. Trong đó:



Hình 3-4. Hệ thống điều khiển truyền động điện van - động cơ điện xoay chiều

- 1 - Bơm thuỷ lực của cơ cấu nâng hạ hàng;
- 2 - Bơm thuỷ lực của hệ thống điều khiển;
- 3 - Bơm thuỷ lực của cơ cấu quay mâm;
- 4 - Bơm thuỷ lực của cơ cấu nâng hạ cần;
- 5 - Động cơ thực hiện.



Hình 3-5. Hệ thống động cơ lai nhiều bơm thủy lực

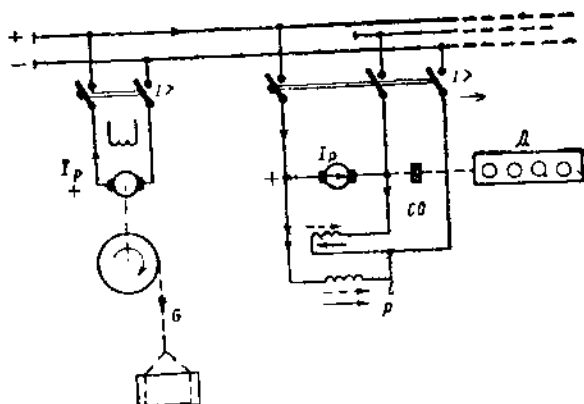
§3.4. CÁC QUÁ TRÌNH Hãm ĐIỆN TRONG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN THIẾT BỊ LÀM HÀNG

Ở truyền động điện thiết bị làm hàng, ngoài phanh điện từ làm nhiệm vụ phanh hãm, giữ cho động cơ không quay khi tay điều khiển đã ở vị trí "0" (với bất kỳ trạng thái nào của tải), còn có các quá trình hãm điện. Các quá trình hãm này có thể xảy ra một cách tự nhiên hoặc theo ý đồ của nhà thiết kế, chế tạo. Các quá trình hãm điện không mang ý nghĩa hãm để dừng động cơ, cố định trục động cơ mà chỉ có ý nghĩa cải thiện, làm tốt thêm các quá trình làm việc của hệ thống, rút ngắn thời gian quá độ khi hệ thống thay đổi tốc độ, đảo chiều... Như chúng ta đã biết, tời hàng và cần trục có tải là tải thế năng. Vì vậy, ở truyền động điện thiết bị làm hàng có thể có cả ba trạng thái hãm điện. Đó là hãm tái sinh, hãm ngược và hãm động năng.

3.4.1. Hãm điện đối với thiết bị làm hàng điện một chiều

Động cơ thực hiện trong truyền động điện thiết bị làm hàng điện một chiều thường là động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp. Trong hệ thống có tải thế năng, với động cơ điện một chiều có thể có hãm tái sinh và hãm động năng.

Như ta đã biết, quá trình hãm tái sinh xảy ra khi thực hiện hạ hàng. Để nâng cao hiệu quả của quá trình hãm điện và ổn định quá trình hạ hàng, người ta thường thông qua

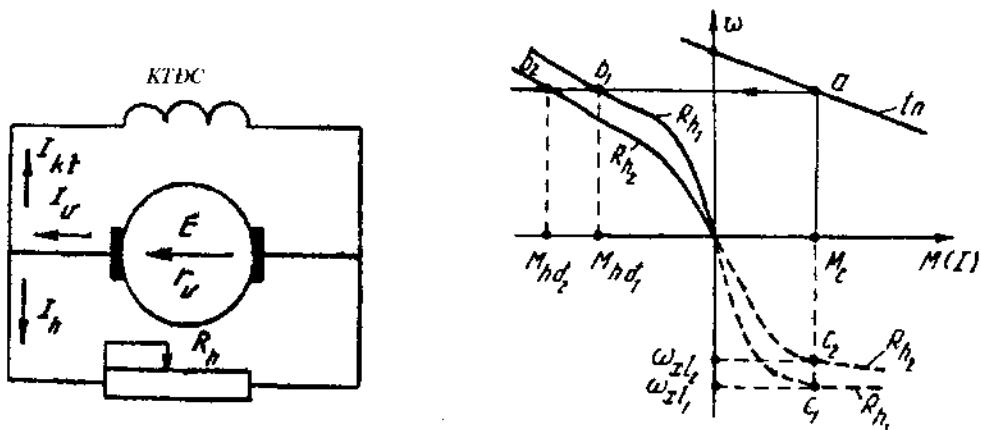


Hình 3-6. Trạng thái hãm tái sinh đối với trạm phát điện của tàu

hệ thống điều khiển để chuyển đổi động cơ một chiều kích từ hỗn hợp thành động cơ một chiều kích từ song song bằng cách bỏ cuộn kích từ nối tiếp hoặc chuyển cuộn kích từ nối tiếp thành cuộn kích từ song song sau khi đưa thêm vào mạch của cuộn dây này một điện trở hạn chế. Khi có hãm tái sinh, động cơ chuyển sang làm việc ở chế độ máy phát, $E_{dc} > U_n$ (do $n_{dc} > n_0$), làm việc song song với máy phát của trạm (hình 3-6).

Dòng hãm tái sinh đưa từ động cơ về có chiều cùng chiều với dòng kích từ song song của máy phát và ngược chiều với dòng điện phản ứng của máy phát. Máy phát có xu hướng chuyển sang làm việc ở chế độ động cơ, mômen điện từ sinh ra bởi máy phát có chiều trùng với mômen quay của động cơ sơ cấp. Tải của động cơ sơ cấp giảm dẫn đến giảm lượng nhiên liệu đưa tới động cơ sơ cấp. Mặt khác, do dòng chạy qua cuộn nối tiếp của máy phát (lúc này đang làm việc ở chế độ động cơ) ngược chiều với dòng ban đầu nên từ trường sinh ra bởi dòng điện này khử bớt từ trường của cuộn nối tiếp làm từ trường tổng giảm. Điều này làm tăng quá trình hãm tái sinh (do E_{mp} giảm) đồng thời làm tốc độ của máy phát được tăng thêm. Có nguy cơ dẫn đến vượt tốc cho động cơ sơ cấp. Qua phân tích ở trên ta thấy, quá trình hãm tái sinh xảy ra tự nhiên, ngoài ý đồ của người thiết kế và người sử dụng. Quá trình hãm này có mặt tích cực và cả tiêu cực. Ở những tàu có nhiều tời hàng điện một chiều người ta phải sử dụng các điện trở phụ mắc song song với động cơ để tiêu tán bớt phần năng lượng trả về nguồn do hãm tái sinh tạo ra. Các điện trở này thường được đưa vào ở các cấp tốc độ cao phía hạ hàng.

Để có hãm động năng, người thiết kế phải chủ động thực hiện ngay từ khi thiết kế hệ thống. Ở truyền động điện thiết bị làm hàng, hãm động năng thường được sử dụng ở tốc độ thứ nhất phía hạ hàng để tạo tốc độ thấp khi đưa hàng chạm đất. Sơ đồ đầu của động cơ và đặc tính cơ của động cơ được mô tả trên hình 3-7.



Hình 3-7. Sơ đồ hãm động năng động cơ điện một chiều
a) Sơ đồ nguyên lý; b) Đặc tính cơ khi hãm động năng

Khi đưa tay điều khiển tới tốc độ thứ nhất phía hạ hàng, công tắc tơ hãm có điện làm đóng các tiếp điểm H_1 và H_2 , công tắc tơ K mất điện làm K mở ra. Phanh điện từ có điện, giải phóng trục động cơ. Dưới sức nặng của hàng, động cơ bắt đầu quay. Rôto của

động cơ quay trong từ trường kích từ của cuộn kích từ song song sẽ làm xuất hiện trong cuộn dây rôto một sức điện động cảm ứng E. Qua điện trở hãm R_h có dòng điện I_h chạy qua. Vì $\phi_{kls} < \phi_{kltm}$ nên muốn có mômen hãm lớn ta phải chọn điện trở hãm R_h có trị số sao cho dòng điện hãm ban đầu đạt được giá trị cho phép cực đại. Hãm động năng kích từ hỗn hợp có hiệu quả tốt hơn nhưng sơ đồ đấu phức tạp nên thực tế ít được sử dụng.

3.4.2. Hãm điện đối với thiết bị làm hàng xoay chiều

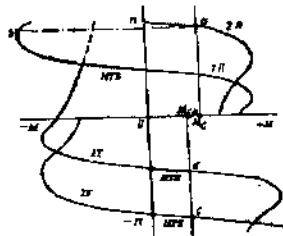
Theo lý thuyết chung về quá trình hãm điện, truyền động điện thiết bị làm hàng điện xoay chiều có thể có cả ba chế độ hãm: hãm tái sinh, hãm động năng, hãm nối ngược. Chúng ta lần lượt xét các chế độ hãm này.

Hãm tái sinh có thể xảy ra trong hai trường hợp: Khi chuyển tốc độ động cơ từ cao về thấp và khi hạ hàng ổn định ở một cấp tốc độ nào đó, khi đó tốc độ quay của rôto lớn hơn tốc độ đồng bộ (xem hình 3-8). Khi có hãm tái sinh, động cơ làm việc ở chế độ máy phát (ở các góc phần tư thứ hai và thứ tư) trên các đoạn $\delta - n_{1M}$, $n_{1M} - d$ và $n_1\delta - c$.

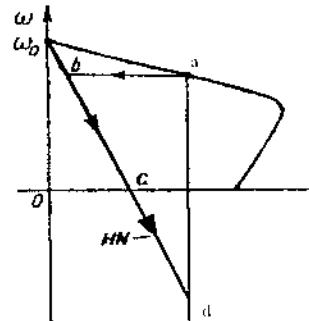
Hãm ngược là trạng thái máy phát của động cơ khi mà rôto của nó quay ngược với từ trường quay tương ứng với thứ tự pha của điện áp lưới đặt vào động cơ.

Trạng thái này có thể xảy ra trong hai trường hợp:

Trường hợp thứ nhất: Đưa điện trở phụ vào mạch cuộn dây rôto của động cơ không đồng bộ rôto dây quấn với tải là tải thế năng. Đặc tính cơ của trường hợp này được mô tả trên hình 3-9.



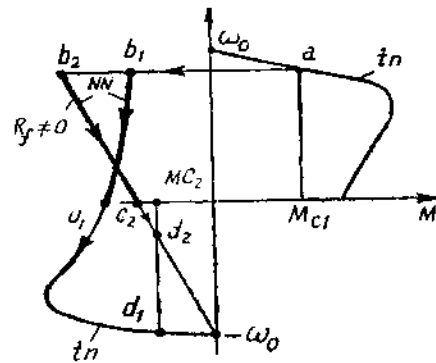
Hình 3-8. Đặc tính cơ của chế độ hãm tái sinh động cơ không đồng bộ.



Hình 3-9. Đặc tính cơ của chế độ hãm ngược động cơ không đồng bộ với tải thế năng.

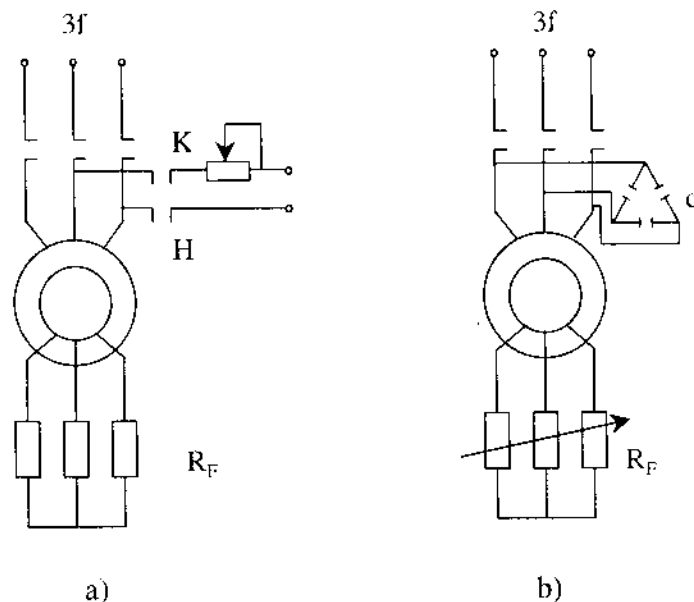
Giả sử động cơ đang quay theo chiều nâng tải với tốc độ xác lập ứng với điểm a, ta đưa thêm điện trở phụ vào mạch cuộn dây rôto. Động cơ sẽ chuyển sang làm việc tại điểm b của đặc tính biến trở. Tại b, mômen quay của động cơ nhỏ hơn mômen cản nên tốc độ của động cơ bắt đầu giảm dần mặc dù tải vẫn được nâng lên. Đến điểm c, tốc độ quay của động cơ bằng không nhưng do mômen quay của động cơ nhỏ hơn mômen cản nên rôto của động cơ đảo chiều quay và tốc độ quay tăng dần, tải bắt đầu được thả xuống. Đến điểm d, mômen của động cơ cân bằng với mômen cản nên tải được hạ xuống với tốc độ xác lập n_T . Đoạn cd của đặc tính là giai đoạn có hãm ngược.

Trường hợp thứ hai, đảo chiều từ trường quay khi động cơ đang làm việc bằng cách đảo hai trong ba pha nguồn cấp vào stato. Các đặc tính trong trường hợp này biểu diễn trên hình 3-10. Khi không có điện trở phụ trong mạch rôto thì đoạn hãm là b_1c_1 . Khi có điện trở phụ trong cuộn dây rôto thì đoạn hãm là b_2c_2 . Cần phải chú ý rằng, khi có hãm ngược, độ trượt $S > 1$ nên dòng điện rôto có giá trị lớn. Vì vậy, không thực hiện hãm ngược khi tốc độ lớn (đối với động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc) hoặc cần đưa thêm điện trở phụ có giá trị đủ lớn vào mạch rôto để hạn chế dòng điện rôto (đối với động cơ dị bộ rôto dây quấn).



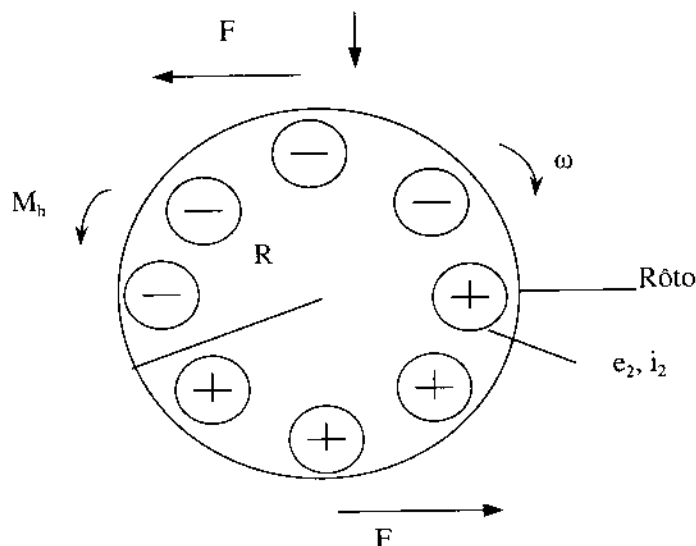
Hình 3-10. Các đặc tính cơ khi hãm ngược bằng cách đảo hai trong ba pha

Hãm động năng là trạng thái động cơ không đồng bộ làm việc như một máy phát điện đồng bộ cực ẩn có tần số biến đổi và được kích từ ở stato. Động năng đã được tích lũy trong quá trình làm việc trước đó biến thành điện năng và tiêu hao trên điện trở của mạch rôto dưới dạng nhiệt. Trạng thái này xảy ra khi động cơ đang quay ta cắt stato của nó khỏi lưới điện xoay chiều rồi đưa nguồn điện một chiều vào. Tùy thuộc vào nguồn điện một chiều đưa vào cuộn dây stato của động cơ mà ta phân thành hai loại. Hãm động năng kích từ độc lập và hãm động năng tự kích. Hãm động năng tự kích có nguồn năng lượng điện một chiều được tạo ra từ năng lượng do động cơ đã tích lũy được từ trước đó (xem hình 3-11a, b).



Hình 3-11. Sơ đồ nguyên lý hãm động năng động cơ không đồng bộ. a. Kích từ bằng nguồn bên ngoài; b. Dùng tụ điện tạo nguồn kích từ.

Khi cắt stato của động cơ lưới điện xoay chiều rồi đóng vào nguồn điện một chiều, dòng điện một chiều chạy trong stato sinh ra một từ trường đứng yên so với stato. Giả sử từ thông ϕ của từ trường này có chiều như trong hình 3-12. Do quán tính, rôto của động cơ vẫn quay với tốc độ ω theo chiều quay cũ. Các thanh dẫn của rôto sẽ cắt từ trường của stato và tạo ra ở rôto một sức điện động cảm ứng e_2 (có chiều xác định bằng quy tắc bàn tay phải).



Hình 3-12. Quá trình hãm động năng của động cơ không đồng bộ.

Dấu (+) sức điện động có chiều đi vào, dấu (-) sức điện động có chiều đi ra. Vì là rôto kín mạch (lồng sóc hoặc dây quấn) nên e_2 sinh ra dòng i_2 cùng chiều với nó. Dòng i_2 tác dụng tương hỗ với từ trường của stato tạo thành lực điện từ F (có chiều xác định bằng quy tắc bàn tay trái). Lực F tạo thành mômen hãm M_h có chiều ngược với chiều quay của rôto làm rôto quay chậm dần, e_2 cũng theo đó giảm dần.

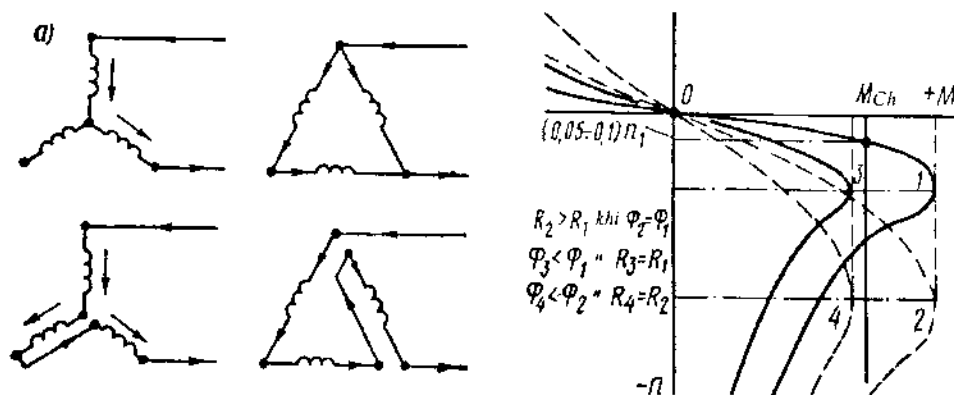
Quá trình hãm động năng tự kích có ϕ biến đổi theo xu hướng giảm dần còn hãm động năng kích từ độc lập thì ϕ không đổi trong quá trình hãm. Đặc tính cơ của hãm động năng được mô tả trên hình 3-13b.

Tùy thuộc vào độ lớn của dòng kích từ một chiều và điện trở ở mạch rôto mà ta có các đặc tính hãm động năng khác nhau. Bằng cách lựa chọn kích từ hợp lý, người ta có thể tạo được cấp tốc độ một phía hạ hàng có giá trị rất nhỏ, khoảng $(0,05 \div 0,1)n_0$ (đường 1).

Khi cắt stato của động cơ lưới điện xoay chiều rồi đóng vào nguồn điện một chiều, dòng điện một chiều chạy trong stato sinh ra một từ trường đứng yên so với stato. Giả sử từ thông ϕ của từ trường này có chiều như trong hình 3-12. Do quán tính, rôto của

động cơ vẫn quay với tốc độ ω theo chiều quay cũ. Các thanh dẫn của rôto sẽ cắt từ trường của stato và tạo ra ở rôto một sức điện động cảm ứng e_2 (có chiều xác định bằng quy tắc bàn tay phải).

Dấu (+) sức điện động có chiều đi vào, dấu (-) sức điện động có chiều đi ra. Vì là rôto kín mạch (lồng sóc hoặc dây quấn) nên e_2 sinh ra dòng i_2 cùng chiều với nó. Dòng i_2 tác dụng tương hỗ với từ trường của stato tạo thành lực điện từ F (có chiều xác định bằng quy tắc bàn tay trái). Lực F tạo thành mômen hãm M_h có chiều ngược với chiều quay của rôto làm rôto quay chậm dần, e_2 cũng theo đó giảm dần. Quá trình hãm động năng tự kích có ϕ biến đổi theo xu hướng giảm dần còn hãm động năng kích từ độc lập thì ϕ không đổi trong quá trình hãm. Đặc tính cơ của hãm động năng được mô tả trên hình 3-13b. Tùy thuộc vào độ lớn của dòng kích từ một chiều và điện trở ở mạch rôto mà ta có các đặc tính hãm động năng khác nhau. Bằng cách lựa chọn kích từ hợp lý, người ta có thể tạo được cấp tốc độ một phía hạ hàng có giá trị rất nhỏ, khoảng $(0,05 \div 0,1)n_0$ (đường 1). Lưu ý rằng nguồn điện đưa vào cuộn dây stato của động cơ không đồng bộ là nguồn điện một chiều. Để nâng cao hiệu quả của quá trình hãm ta cần tăng độ lớn của từ trường kích từ. Muốn vậy, người ta thay đổi cách đấu cuộn dây stato của động cơ. Một số cách đấu này được trình bày trên hình 3-13a.



Hình 3-13. Phương pháp đấu cuộn dây stato của động cơ không đồng bộ khi hãm động năng (a) và đặc tính cơ của động cơ ở chế độ này (b)

§3.5. TÍNH TOÁN CÔNG SUẤT ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN TRONG CƠ CẤU NÂNG HẠ HÀNG CỦA TỜI HÀNG VÀ CẦN TRỤC

Việc tính toán công suất để lựa chọn động cơ thực hiện phải dựa vào chế độ công tác của động cơ. Ở các thiết bị nâng hạ nói chung, động cơ thực hiện thường có hai chế độ công tác: chế độ ngắn hạn lặp lại và chế độ công tác ngắn hạn. Tời nâng hạ xuống cứu sinh, nâng hạ cầu thang có chế độ công tác là chế độ ngắn hạn. Việc tính toán công suất để lựa chọn động cơ thực hiện ở chế độ này tương đối đơn giản. Cơ sở tính toán là giá trị lực nâng định mức và tốc độ nâng tải cho phép ở từng hệ thống cụ thể.

Cơ cấu nâng hạ hàng, quay mâm của cần trục và tời hàng có chế độ công tác ngắn hạn lặp lại. Tải của các cơ cấu này thay đổi theo một quy luật nhất định và lặp lại sau một chu kỳ làm việc. Ví dụ, với cơ cấu nâng hạ hàng, trong một chu kỳ làm hàng, tải của nó thay đổi theo bốn giai đoạn: nâng hàng với mômen cản M_1 ; hạ hàng với mômen cản M_2 ; nâng móc không với mômen M_3 và hạ móc không với mômen M_4 . Để tính toán lựa chọn động cơ cho chế độ ngắn hạn lặp lại ta có thể dùng các phương pháp sau:

- Phương pháp dòng điện, mômen hoặc công suất tương đương. Phương pháp này thường được dùng cho các hệ thống có thời gian của một chu kỳ $T > 10$ phút.
- Phương pháp thời gian đóng mạch tương đối, phương pháp này dùng để tính toán cho các hệ thống có $T < 10$ phút.

3.5.1. Phương pháp thứ nhất(còn có tên gọi là phương pháp dòng điện, mômen hoặc công suất trung bình bình phương).

Cơ sở của phương pháp này là dựa vào giá trị dòng điện trung bình bình phương của dòng điện trực tiếp đốt nóng động cơ. Để xác định được giá trị này, cần phải biết giản đồ phụ tải của hệ thống:

$$I = f(t), M = f(t), P = f(t)$$

Khi đó, tải trung bình bình phương trong một chu kỳ làm việc được tính theo biểu thức:

$$I_{tb} = \sqrt{\frac{1}{t} \sum_{i=1}^n i_i^2 t_i} \tag{3-1}$$

hoặc:
$$M_{tb} = \sqrt{\frac{1}{t} \sum_{i=1}^n i_i^2 t_i} \tag{3-2}$$

$$P_{tb} = \sqrt{\frac{1}{t} \sum_{i=1}^n i_i^2 t_i} \tag{3-3}$$

Với phương pháp tính này, ta cần lưu ý tới điều kiện làm mát cho động cơ ở chế độ quá độ, chế độ dừng..., kiểu động cơ (loại kín, loại hở), phương pháp làm mát (tự làm mát hay làm mát cưỡng bức). Khi xét đến các yếu tố này, người ta đưa ra hệ số α - hệ số tính đến hiệu quả làm mát xấu đi khi khởi động, hãm điện và hệ số β - hệ số tính đến điều kiện làm mát xấu đi khi động cơ ngừng làm việc. Các hệ số này có thể được tham khảo theo bảng sau:

Loại động cơ	Các hệ số	
	β	α
- Loại hở	0,5	0,7
- Loại kín không có quạt gió cưỡng bức	0,9	0,9

Khi đó thời gian một chu kỳ là :

$$T = \sum_{i=1}^n t_{cti} + \beta \sum_{i=1}^n t_{0i} + \alpha \left(\sum_{i=1}^n t_{kdi} + \sum_{i=1}^n t_{hi} \right) \quad (3-4)$$

Trong đó:

I_i, M_i, P_i - Dòng điện, mômen, công suất tương đương ứng với từng giai đoạn thứ i .

t_{cti} - Thời gian công tác thứ i .

t_{0i} - Thời gian nghỉ thứ i .

t_{kdi} - Thời gian khởi động thứ i .

t_{hi} - Thời gian hãm thứ i .

Vì thời gian của một chu kỳ của cơ cấu nâng hạ hàng $T < 10$ phút nên khi tính toán ta không dùng phương pháp này.

3.5.2. Phương pháp thời gian đóng mạch tương đối

Trong tính toán thiết kế đây là phương pháp chính để tính chọn động cơ thực hiện cho tời hàng và cần trục. Đặc điểm của các thiết bị này là chúng công tác ở chế độ ngắn hạn lặp lại với tải biến đổi theo chu kỳ không đổi.

Ở phương pháp tải trung bình bình phương, dòng điện (mômen, công suất) trung bình được tính trong cả thời gian của một chu kỳ là chưa thật chính xác. Ta biết rằng, khi tốc độ của động cơ bị giảm đi thì điều kiện làm mát cho động cơ bị kém đi. Tuy vậy, không phải tất cả các chi tiết của động cơ đều được làm mát như nhau khi tốc độ của nó giảm đi.

Ở phương pháp thời gian đóng mạch tương đối, công suất của động cơ xác định theo tải ngắn hạn lặp lại. Dòng điện, mômen hay công suất cũng được lấy theo giá trị trung bình bình phương nhưng không phải cho cả chu kỳ mà chỉ tính theo tổng thời gian công tác. Tức là:

$$I_{ngl} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n t_{cti}} \sum_{i=1}^n I_i^2 t_i} \quad (3-5)$$

Theo phương pháp này, sự giảm phát nhiệt của động cơ ở những thời gian nghỉ được tính qua hệ số thời gian đóng mạch tương đối $\varepsilon = t_{ct}/T$ hoặc giá trị $\Pi B\%$. Động cơ sẽ được lựa chọn theo sổ tay kỹ thuật dựa vào I_{ngl} và $\Pi B\%$. Các động cơ được ghi trong sổ tay đều được chế tạo theo các $\Pi B\%$ mẫu với các cấp 20%; 25%; 40%; 60%.

Để xác định tải ngắn hạn lặp lại, cần phải biết gián đồ phụ tải của hệ thống. Tuy nhiên, không phải ở hệ thống nào ta cũng có được gián đồ phụ tải của nó. Vì vậy, người ta phải tiến hành lựa chọn động cơ theo phương pháp gần đúng liên tục. Với các bước tính cụ thể sau đây:

a) *Tính toán sơ bộ công suất của động cơ và lựa chọn động cơ theo sổ tay kỹ thuật:*

Mômen quay của động cơ khi nâng hàng với tải định mức:

$$M_1 = \frac{(G_{dm} + G_0)D_u}{2i\eta_{TD}} \quad (\text{kGm}) \quad (3-6)$$

Trong đó: G_{dm} - Tải trọng định mức của cơ cấu nâng hạ hàng, kG.

G_0 - Trọng lượng của móc không, kG.

D_u - Đường kính của trống tời, m.

i - Tỷ số truyền của bộ truyền động cơ khí.

η_{TD} - Hiệu suất của bộ truyền động cơ khí.

Tốc độ quay của động cơ khi nâng tải định mức:

$$n_1 = \frac{60i}{\pi D_u} V_{dm} \quad (\text{v/p}) \quad (3-7)$$

Trong đó: V_{dm} - Vận tốc nâng hàng với tải định mức. Vận tốc này được lựa chọn bởi người thiết kế theo những tiêu chuẩn về an toàn và năng suất bốc xếp của cơ cấu, m/s.

Công suất của động cơ khi nâng hàng với tải định mức:

$$P_1 = \frac{M_1 n_1}{9560} \quad (\text{kW}) \quad (3-8)$$

Dựa vào công suất đã tính được ở giai đoạn thứ nhất P_1 , ta chọn động cơ theo sổ tay kỹ thuật và hệ số ngắn hạn lặp lại $\Pi B\%$ tới 40% và tốc độ quay gần với giá trị của n_1 .

b) *Nghiệm lại động cơ*

Động cơ sau khi đã được chọn theo các bước kể trên cần phải nghiệm lại theo các yêu cầu về phát nhiệt, khả năng quá tải... Quá trình tính toán kiểm nghiệm động cơ được thực hiện theo các bước sau:

- Xây dựng đặc tính cơ của động cơ thực hiện vừa được lựa chọn (theo các số liệu của động cơ có được theo sổ tay kỹ thuật).

- Xây dựng giản đồ phụ tải $I = f(t)$; $M = f(t)$ hoặc $P = f(t)$ có xét đến các quá trình khởi động và hãm động cơ.

- Dựa vào giản đồ phụ tải tính dòng điện ngắn hạn lặp lại:

$$I_{ngl} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n t_{cti}}} \sum_{i=1}^n I_i^2 t_i$$

- Chuyển đổi dòng điện ngắn hạn lặp lại về dòng điện quy chuẩn khi có tính đến khả năng giảm phát nhiệt của động cơ ở các trạng thái ngừng:

$$I_{ct} = I_{ng} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{mẫu}}} \quad (3-9)$$

Điều kiện nghiệm:

$$I_{ct} \leq I_{dm}$$

Trong đó:

I_{dm} - Dòng điện định mức của động cơ lấy theo sổ tay kỹ thuật, A.

$\varepsilon_{mẫu}$ - Hệ số thời gian mẫu của động cơ được chọn.

ε - Hệ số thời gian đóng mạch tương đối thực tế của động cơ thực hiện.

Sơ bộ xác định thời gian đóng mạch tương đối thực tế theo các bước sau:

+ Tính số chu kỳ làm hàng trong một giờ:

$$Z = \frac{Q}{G_{dm}} \quad (3-10)$$

Trong đó: Q - lượng hàng trung bình bốc xếp được trong một giờ (T/h)

+ Thời gian của một chu kỳ:

$$T = \frac{3600}{Z} \quad (s) \quad (3-11)$$

+ Thời gian công tác của cơ cấu trong một chu kỳ:

$$t_{ct} = \frac{H_{tb}}{V_{dm}} + 3 \frac{H_{tb}}{2V_{dm}} = 1,5 \frac{H_{tb}}{V_{dm}} \quad (s) \quad (3-12)$$

Trong đó: H_{tb} - Chiều cao nâng hạ hàng trung bình của cơ cấu nâng hạ hàng của tời hàng và cần trục.

+ Hệ số thời gian đóng mạch tương đối: $\varepsilon = t_{ct} / T$

Nếu sau khi nghiệm phát nhiệt, động cơ được chọn không thoả mãn điều kiện đã nêu thì phải tiến hành lại từ bước chọn động cơ theo sổ tay và tiến hành nghiệm lại như đã trình bày ở trên.

§3-6. XÂY DỰNG GIẢN ĐỒ PHỤ TẢI CỦA ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN Ở CƠ CẤU NÂNG HẠ HÀNG CỦA TỜI HÀNG VÀ CẦN TRỤC

3.6.1. Đặc điểm chung của chu kỳ làm việc

Giản đồ phụ tải của động cơ thực hiện là các mối quan hệ $I = f_1(t)$; $M = f_2(t)$ và $P = f_3(t)$. Ta thường dựa vào tải của hệ thống ở từng giai đoạn của chu kỳ làm hàng để xây dựng mối quan hệ $M = f_2(t)$. Từ mối quan hệ này ta dễ dàng có được giản đồ $I = f_1(t)$ và $P = f_3(t)$. Để xây dựng được mối quan hệ $M = f_2(t)$ ta cần phân tích để hiểu rõ đặc điểm các giai đoạn của chu kỳ làm hàng của cơ cấu. Ở thiết bị làm hàng, có hai loại cơ cấu nâng hạ.

Loại thứ nhất, cơ cấu nâng hạ của cần trục hoặc tời hàng một móc với một cần có thể quay được quanh trụ đỡ. Với loại này, một chu kỳ làm hàng gồm các giai đoạn sau (xét đối với tải là định mức):

Các giai đoạn	Tải	Thời gian
- Nâng hàng lên độ cao cần thiết	M_1	t_1
- Dừng để quay cần	-	t_{01}
- Hạ hàng	M_2	t_2
- Dừng để tháo móc khỏi hàng	-	t_{02}
- Nâng móc không	M_0	t_3
- Dừng để quay cần	-	t_{03}
- Hạ móc không	M_0	t_4
- Dừng để móc hàng	-	t_{04}

Với cơ cấu này, trong thời gian công tác ở từng giai đoạn, động cơ thực hiện chịu một tải không đổi do hàng hoá hoặc do móc không gây ra.

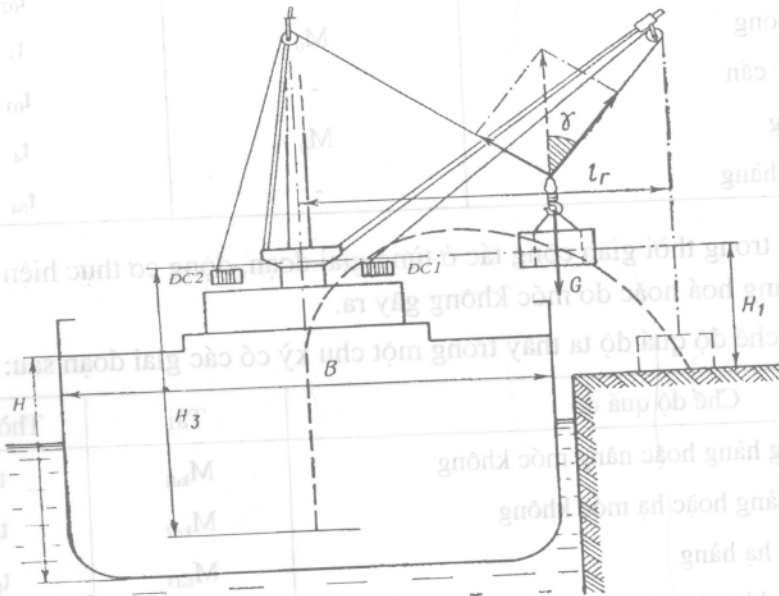
Khi có tính đến chế độ quá độ ta thấy trong một chu kỳ có các giai đoạn sau:

Chế độ quá độ	Tải	Thời gian
- Khởi động để nâng hàng hoặc nâng móc không	M_{kd1}	t_{kd1}
- Khởi động để hạ hàng hoặc hạ móc không	M_{kd2}	t_{kd2}
- Khởi động để hãm hạ hàng	M_{kd3}	t_{kd3}
- Hãm dừng động cơ khi nâng hoặc hạ hàng hay móc không	M_h	t_h

Loại thứ hai, tời hàng hai cần cố định có chung một móc. Ở loại này, trong một chu kỳ làm hàng, tải ở từng động cơ không ngừng thay đổi theo một quy luật nhất định. Sau đây, ta tiến hành phân tích đặc điểm của từng giai đoạn trong chu kỳ làm hàng của loại thứ hai này. Giả sử, tàu đang đỗ làm hàng tại bến, hàng được bốc từ cảng xuống tàu (xem hình 3-14) thì một chu kỳ làm hàng có các giai đoạn ứng với tải và thời gian được lập theo bảng sau:

Các giai đoạn của chu kỳ làm hàng của tời kép	Tải của ĐC thực hiện		Thời gian của giai đoạn
	ĐC 1	ĐC 2	
Nâng hàng lên độ cao cần thiết	M_1	M_0	t_1
Đưa hàng sang ngang	$M_2 \rightarrow M_0$	$M_0 \rightarrow M_1$	t_2
Hạ hàng tại vị trí đặt hàng	M_0	M_2	t_3
Tháo móc khỏi hàng	-	-	t_{01}

Các giai đoạn của chu kỳ làm hàng của tời kép	Tải của ĐC thực hiện		Thời gian của giai đoạn
	ĐC 1	ĐC 2	
Nâng móc không lên đủ độ cao cần thiết	M_0	M_0	t_4
Đưa móc không sang ngang	M_0	M_0	t_5
Hạ móc không	M_0	M_0	t_6
Móc mã hàng vào móc	-	-	t_{02}



Hình 3-14. Quá trình làm hàng của tời kép

Chú ý: các giai đoạn quá độ cũng tương tự như ở loại thứ nhất. Khi bốc hàng từ tàu lên bờ thì tải của động cơ 1 và 2 được thay đổi cho nhau. Vì vậy, ở tời kép, hai động cơ thực hiện được tính chọn hoàn toàn như nhau.

3.6.2. Mômen cản tĩnh trên trục động cơ thực hiện

Khi nâng hàng với tải bất kì nào đó, mômen cản trên trục động cơ được tính theo biểu thức:

Thời gian của chu kỳ làm hàng của tời kép

ĐC 2

$$M_x = \frac{G_x R_T}{i \times \eta_x} \quad (\text{Nm})$$

(3-13)

Trong đó:

G_x - Tổng trọng lượng của hàng và móc không. Trong tính toán có thể lấy trọng lượng của hàng hoá nhỏ hơn trọng lượng định mức do có tính đến hệ số tải. Người ta thường lấy $G = (0,8 \div 0,9) G_{dm} \text{ (N)}$.

R_T - Bán kính trống tời, m.

$i = 30 \div 100$ - Tỷ số truyền của bộ truyền động cơ khí.

η_x - Hiệu suất của bộ truyền động cơ khí. Hiệu suất này không phải là một giá trị cố định mà nó thay đổi phụ thuộc vào hệ số tải K_z với $K_z = G_x/G_{dm}$. Hiệu suất này có thể được xác định nhờ đường cong công suất $\eta_x = f(G_x/G_{dm})$ (xem hình 3-15) theo giá trị của hiệu suất định mức. Nếu hiệu suất định mức của bộ truyền động cơ khí khác với các giá trị đã cho ở các đường cong trên hình 3-15 thì có thể xác định hiệu suất của bộ truyền động cơ khí theo biểu thức:

$$\eta_x = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{dm}} + \alpha \frac{1 - K_z}{K_z}} \quad (3-14)$$

Trong đó: $\alpha = 0,05 \div 0,1$ - hệ số tổn hao cơ khí không đổi.

Khi hạ hàng, mômen trên trục động cơ được xác định theo biểu thức:

$$M_h^- = \frac{G_x R_T}{i} \eta_x^- \quad (\text{N.m}) \quad (3-15)$$

Trong đó:

η_x^- - hiệu suất truyền ngược của bộ truyền động cơ khí. Giá trị hiệu suất truyền ngược được xác định như sau:

- Khi hạ hàng, trên trục động cơ thực hiện xuất hiện mômen qui đổi được tạo bởi mômen cản của tải và mômen cản do ma sát của bộ truyền động cơ khí:

$$M_h = M_t - \Delta M = \frac{G_x R_T}{i} - \Delta M \quad (3-16)$$

- Khi nâng hàng cũng với tải như vậy, động cơ điện phải có mômen quay thẳng được mômen cản do tải G_x và mômen cản do ma sát sinh ra. Giả thiết rằng, mômen cản do ma sát có giá trị không đổi thì:

$$M = \frac{G_x R_T}{i} + \Delta M$$

Đồng thời, theo (3 - 13) ta có:

$$M_h = \frac{G_x R_T}{i \eta_x}$$

Từ đó ta có:

$$\Delta M = \frac{G_x R_T}{i \eta_x} - \frac{G_x R_T}{i}$$

Vậy:

$$M_h = \frac{G_x R_T}{i} - \left(\frac{G_x R_T}{i \eta_x} - \frac{G_x R_T}{i} \right)$$

$$M_b = \frac{G_x R_T}{i} \left(2 - \frac{1}{\eta_X} \right)$$

Do đó:
$$\eta_X = 2 - \frac{1}{\eta_X}$$

3.6.3. Mômen trên trục động cơ ở chế độ quá độ

3.6.3a. Mômen khởi động

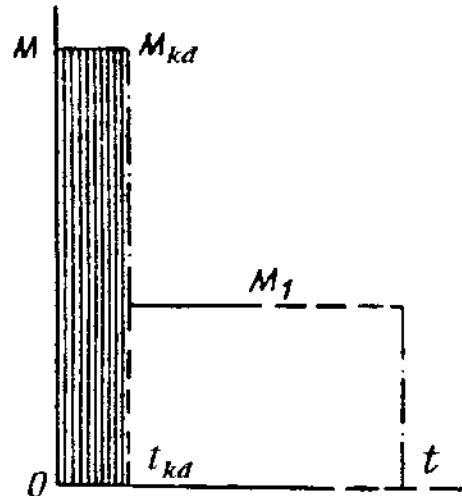
Mômen khởi động của động cơ phải đủ lớn để thắng được mômen cản tĩnh do tải gây ra và tạo được mômen động để gia tốc trong quá trình khởi động. Mặt khác, giá trị của mômen khởi động bị hạn chế bởi khả năng quá tải theo mômen của động cơ ở trạng thái khởi động γ_{MK} .

Vậy:
$$M_{kd} = M_C + M_D = \gamma_{MK} M_{dm} \quad (3 - 17)$$

Cần phải lưu ý rằng không nên chọn mômen khởi động quá lớn vì nó có thể gây ra hỏng các bánh răng của bộ truyền động cơ khí. Để đảm bảo được cả hai yếu tố thời gian khởi động ngắn và an toàn cho thiết bị, cần phải lưu ý tới gia tốc của hệ thống. Trong đa số các thiết bị làm hàng, gia tốc của hệ thống thường chọn trong khoảng $a = (0,2 \div 0,35) \text{ m/s}^2$.

Trong một số trường hợp đặc biệt như thiết bị chuyên cẩu hàng không vỡ, hàng nhẹ ta có thể chọn gia tốc trong khoảng $a = (1 \div 2) \text{ m/s}^2$.

Với phân tích như trên, mômen khởi động của thiết bị làm hàng trên tàu thủy có thể chọn trong khoảng $M_{kd} = (2 \div 2,5) M_{dm}$ (xem hình 3-16).



Hình 3-16. Biểu đồ mômen ở chế độ khởi động.

Nếu cần tính toán chính xác hơn thì có thể tính mômen khởi động theo biểu thức (3 - 17). Cách làm như sau:

Xác định tốc độ nâng hàng thực tế của hệ thống:

$$v_p = \frac{2\pi R_t}{60i} n_p$$

Ở đây: n_p là tốc độ quay của động cơ được xác định nhờ đặc tính cơ của động cơ ứng với mômen cản tĩnh M_C .

Nếu tính toán ở chế độ tải định mức thì có thể lấy $v_p = v_{dm}$.

Chọn gia tốc của hệ thống trong vùng an toàn cho phép (hoặc có thể lấy giá trị trung bình). Khi đó:

$$t_{kd} = \frac{v_p}{a} \quad (s)$$

Vậy:
$$M_d = \frac{GD_{ht}^2 n_p}{375 t_{kd}} \quad (3-19)$$

Trong đó: GD_{ht}^2 - Mômen quán tính của hệ thống được qui đổi về trục động cơ thực hiện và được tính:

$$GD_{ht}^2 = (1,1 \div 1,2)[GD^2 + GD_{kn}^2] + GD_h^2 \quad (3-20)$$

Với: GD^2 - Mômen quán tính của động cơ, Nm^2 .

$GD_{kn}^2 = (0,2 \div 0,5)GD^2$ - Mômen quán tính của khớp nối, Nm^2 .

GD_h^2 - Mômen quán tính của hàng đã được qui đổi về trục động cơ, Nm^2 .

$(1,1 \div 1,2)$ - Hệ số tính đến mômen quán tính của tất cả các phần quay khác được qui đổi về trục động cơ thực hiện.

Mômen quán tính của hàng GD_h^2 qui đổi về trục động cơ được tính theo biểu thức:

$$GD_h^2 = \frac{4G_X}{\eta_X} \left(\frac{R_t}{i} \right)^2 \quad (N.m^2) \quad (3-21)$$

3.6.3b. Mômen hãm của động cơ

Khi thực hiện hãm, mômen hãm của động cơ phải thắng được mômen cản tĩnh, quán tính quay của các phần tử trong hệ thống và năng lượng động của tải. Giá trị của mômen hãm cũng được xác định tương tự như mômen khởi động:

$$M_h = M_{ch} + M_{dh} = \gamma_M M_{dm} \quad (3-22)$$

Trong đó: γ_M - khả năng quá tải theo mômen của động cơ ở chế độ quay.

Chú ý: khi xác định mômen động ở chế độ hãm thì mômen quán tính của hàng hóa được xác định theo biểu thức:

$$GD_h^2 = 4G_X \cdot \eta_X^- \left(\frac{R_T}{i} \right)^2 \quad (N.m^2)$$

Ở chế độ hãm, mômen động của hệ thống luôn có chiều ngược với mômen hãm (cả khi nâng hàng cũng như khi hạ hàng) còn mômen cản hãm M_{ch} có thể cùng hoặc ngược chiều với mômen hãm của động cơ.

Khi nâng hàng, mômen cản của hàng cùng chiều với mômen hãm nên mômen hãm có giá trị nhỏ. Khi hạ hàng, mômen cản của hàng hỗ trợ với chiều chuyển động nên ngược chiều với mômen hãm. Do vậy, mômen hãm phải lớn hơn khi nâng hàng.

3.6.4. Thời gian của các quá trình quá độ

Thời gian của các giai đoạn quá độ có liên quan chặt chẽ với mômen động và gia tốc cũng như khả năng hãm của động cơ. Vì vậy ta chia các giai đoạn quá độ thành các giai đoạn khởi động và các giai đoạn hãm.

a) Thời gian khởi động khi nâng hàng

Nếu chọn tốc độ nâng hàng định mức $v_{dm} = 0,2 \div 1,0$ m/s và gia tốc cho phép của hàng hoá là $a = 0,2 \div 0,35$ m/s² thì thời gian gia tốc khi nâng hàng được tính:

$$t_{kd} = \frac{0,2 \div 1,0}{0,2 \div 0,35} = (0,6 \div 5) \quad (s)$$

Trong thực tế, thời gian khởi động khi nâng hàng thường nằm trong khoảng (1,5÷3)s.

b) Thời gian hãm

Thời gian hãm phụ thuộc vào trạng thái hãm, đó là các trạng thái hãm khi thay đổi tốc độ, hãm hạ hàng hay hãm dừng. Trong tính toán gần đúng ta có thể chọn: $t_h \approx 0,5t_{kd}$

Ở đây ta xét đến một vài trạng thái hãm điện thường có ở thiết bị làm hàng.

Hãm tái sinh khi hạ hàng:

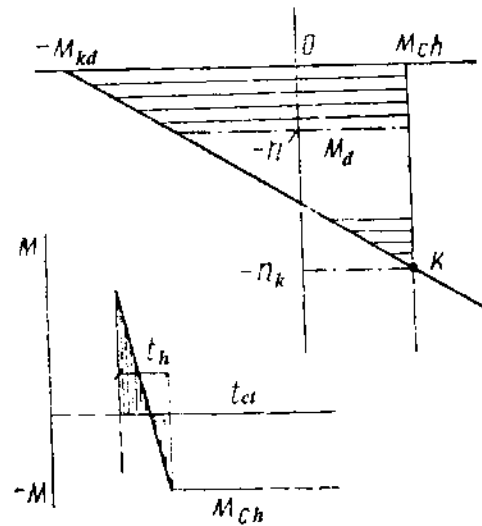
Hình vẽ 3-17 mô tả sự gia tốc của tải khi hãm tái sinh ở chế độ hạ hàng.

Điểm hạ hàng ổn định là K có tốc độ là n_k . Khi bắt đầu thực hiện hạ hàng, động cơ được khởi động ở chế độ động cơ sau đó gia tốc dần đến tốc độ không tải lý tưởng. Từ đó, dưới tác dụng của tải thế năng, tốc độ của động cơ tiếp tục tăng, động cơ chuyển sang chế độ hãm tái sinh.

Mômen hãm đạt giá trị ổn định M_K và tốc độ khi hãm ổn định là n_k . Qua phân tích ở trên ta thấy, trước khi hãm ổn định, động cơ đã có gia tốc ban đầu của quá trình khởi động, vì vậy thời gian quá độ của hãm tái sinh sẽ được rút ngắn lại. Khi khởi động hạ hàng, mômen khởi động và mômen cản của hàng cùng chiều với nhau, do vậy, mômen động có giá trị lớn nhất:

$$M_d = -M_{kd} - (+M_{ch}) = -(M_{kd} + M_{ch})$$

Dấu (-) là dấu xác nhận đây là quá trình gia tốc phía hạ hàng. Cùng với sự tăng tốc, mômen động của động cơ sẽ giảm dần đến không. Giá trị mômen động ứng với tốc độ quay n được xác định dựa vào hệ thức lượng trong tam giác vuông:



Hình 3-17. Sự gia tốc của tải khi hãm tái sinh ở chế độ hạ hàng.

$$\frac{M_d}{n_k - n} = \frac{M_{kd} + M_{ch}}{n_k}$$

hay:
$$M_d = (M_{kd} + M_{ch}) \frac{n_k - n}{n_k}$$

Từ biểu thức:
$$M_d = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}$$

và chú ý đến dấu khi gia tốc thả hàng ta có:

$$-M_d = \frac{GD^2}{375} \frac{d}{dt}(-n)$$

Chúng ta nhận được biểu thức tính thời gian gia tốc:

Đặt:
$$dt = \frac{GD^2}{375 M_d} dn = \frac{GD_{ht}^2 n_k}{375 (M_{kd} + M_{ch}) (n_k - n)} dn$$

$$A = \frac{GD_{ht}^2 n_k}{375 (M_{kd} + M_{ch})}$$

Lấy tích phân ta được: $t = -A \ln(n_k - n) + C$

Ở đây $C = A \ln n_k$ khi cho $t = 0$ và $n = 0$.

Vậy:
$$t = \frac{GD_{ht}^2}{375} \frac{n_k}{M_{kd} + M_{ch}} \ln \frac{n_k}{n_k - n}$$

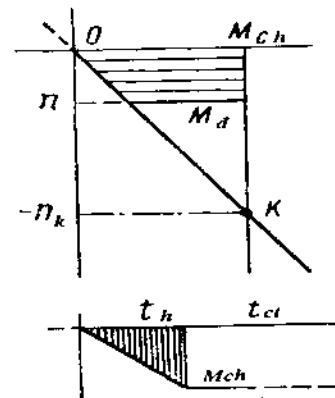
Để xác định thời gian gia tốc hãm tái sinh thì ta phải cho $n = n_k$. Khi đó $t_h = \infty$. Thực tế tính toán ta chọn $n \approx n_k$ (khoảng $0,95n_k$ hoặc $1,05n_k$). Khi đó ta có:

$$t_h = 3 \frac{GD_{ht}^2}{375} \frac{n_k}{M_{kd} + M_{ch}} = 3A \quad (3-23)$$

Hãm động năng khi hạ hàng: việc xác định thời gian hãm động năng khi hạ hàng cũng được tiến hành tương tự như trên. Đặc tính hãm động năng được mô tả trên hình 3-18. Khi thực hiện hãm động năng để hạ hàng, mômen động để gia tốc cho động cơ đạt đến giá trạng thái hãm ổn định chỉ có một thành phần, đó là mômen cản do hàng hoá gây ra.

Xác định tương tự như trên ta có:

$$M_d = \frac{n_k - n}{n_k} M_{ch}$$



Hình 3-18. Gia tốc của tải khi hạ hàng với hãm động năng

Từ đó ta có:

$$t_h = 3 \frac{GD_{ht}^2 n_k}{375 M_{ch}} \quad (3-24)$$

So sánh (3-23) và (3-24) ta thấy, thời gian gia tốc hãm động năng dài hơn so với thời gian gia tốc hãm tái sinh khi hạ hàng.

Thời gian hãm cơ khí: Thời gian này được xác định xuất phát từ quan điểm an toàn cho hàng hoá, bắt đầu từ việc xác định gia tốc dừng an toàn. Từ đó ta có:

$$t_h = \frac{v_h}{a}$$

Trong đó: V_h - tốc độ hạ của hàng tại thời điểm bắt đầu thực hiện hãm cơ khí.

Thời gian hãm cơ khí còn có thể xác định được bằng tốc độ ở thời điểm bắt đầu hãm và quãng đường mà hàng đi được sau khi hãm cho tới khi dừng hoàn toàn. Khi hãm, tốc độ di chuyển của hàng bắt đầu từ v_h và kết thúc là không, vậy tốc độ trung bình khi hãm cơ khí là $v_h/2$. Quãng đường mà hàng có thể đi được khi có hãm cơ khí được Đăng kiểm cho phép là: $v_h/100$.

Vậy:

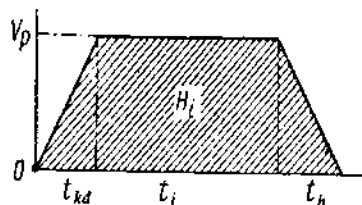
$$t_h = \frac{60.2.V}{V_h.100} = 1,2 \quad (s)$$

Với v_h tính bằng m/p.

3.6.5. Thời gian của các giai đoạn làm việc ổn định

Đó là thời gian nâng, hạ hàng hoặc móc không với tốc độ ổn định. Đây là các giai đoạn chính của một chu kỳ làm hàng. Việc tính thời gian này có thể thực hiện bằng phương pháp hình học.

Xét một giai đoạn nào đó: ví dụ, nâng hàng lên độ cao H_i , giai đoạn này sẽ có các thời gian gia tốc nâng hàng, nâng hàng ổn định và hãm khi nâng hàng. Tương ứng với các thời gian này là quãng đường mà hàng đi được (xem hình 3-19). Diện tích giới hạn trong vùng có gạch chéo bằng quãng đường H_i mà hàng di chuyển được trong giai đoạn này:



Hình 3-19. Diện tích giới hạn mô tả quãng đường hàng di chuyển được trong một giai đoạn.

$$H_i = \frac{v_p}{2} t_{kd} + v_p t_{od} + \frac{v_p}{2} t_h$$

Vậy:

$$t_{od} = \frac{H_i}{v_p} - \frac{t_{kd} + t_h}{2} \quad (3-25)$$

Trong đó: H_i - Quãng đường mà hàng hoá hoặc móc không đi được khi tốc độ đã ổn định, m.

Chú ý rằng, khi đưa hàng qua mạn tàu thì độ cao của hàng cần lớn hơn độ cao của mạn tàu khoảng $(1 \div 1,5)$ m.

Trong thực tế, khi bốc hàng từ tàu lên bờ thì chọn: $H_i = (0,7H + 1)$

Còn khi chuyển hàng từ bờ xuống tàu thì chọn: $H_i = (H + 1,5)$

Với:

H - Chiều cao từ miệng hầm hàng tới mặt lacanh hầm hàng, m;

$v_p = \pi D_1(n_p / 60i)$ - Tốc độ làm việc ổn định, với n_p được xác định dựa vào đặc tính cơ của động cơ và đặc tính tải, m/s.

3.6.6. Thời gian của các giai đoạn không làm việc

Đây là những khoảng thời gian khá dài trong một chu kỳ làm việc. Đó là thời gian móc hàng vào mã hàng, tháo móc khỏi mã hàng (ở tời hàng và cơ cấu nâng hàng của cần trục) và thời gian đưa hàng sang ngang (ở cơ cấu quay mâm của cần trục).

3.6.6a. Thời gian tháo và móc hàng.

Thời gian này phụ thuộc vào kinh nghiệm và mức độ lành nghề của người công nhân bốc xếp; đồng thời nó cũng phụ thuộc vào loại hàng, phương thức xếp hàng... Khi chọn thời gian này chúng ta có thể tham khảo qua bảng sau:

Loại hàng hoá	Thời gian	
	Chu kỳ (s)	Tháo móc (s)
Hàng khối hoặc tấm (Kim loại...)	155 ÷ 245	82 ÷ 180
Ống dài (khoảng 2800 kg)	570 ÷ 680	430 ÷ 670
Hòm, kiện (khoảng 5000 kg)	282 ÷ 810	142 ÷ 670

Đối với đa số các thiết bị làm hàng trên tàu thuỷ có tải trọng không lớn. Tổng thời gian móc hàng và tháo móc có thể chọn trong khoảng $t_{02} + t_{04} = (80 \div 110)$ (s).

3.6.6b. Thời gian đưa hàng hoặc móc không sang ngang

Với cần trục thì đây là thời gian nghỉ của cơ cấu nâng hạ và là thời gian làm việc của cơ cấu quay mâm. Góc quay của cơ cấu quay mâm cần trục trên tàu thuỷ thường trong khoảng $(120^\circ \div 180^\circ)$. Tốc độ góc của cơ cấu $\omega = (6 \div 18)^\circ/\text{s}$. Ở tời hàng (loại tời kép) khi đưa hàng hoặc móc sang ngang, cả hai động cơ thực hiện đều làm việc. Quãng đường di chuyển sang ngang là $l = 0,75B$ trong đó B là chiều rộng lớn nhất của mặt boong chính. Tốc độ di chuyển của hàng là 0,6 m/s còn của móc không là 1,0 m/s.

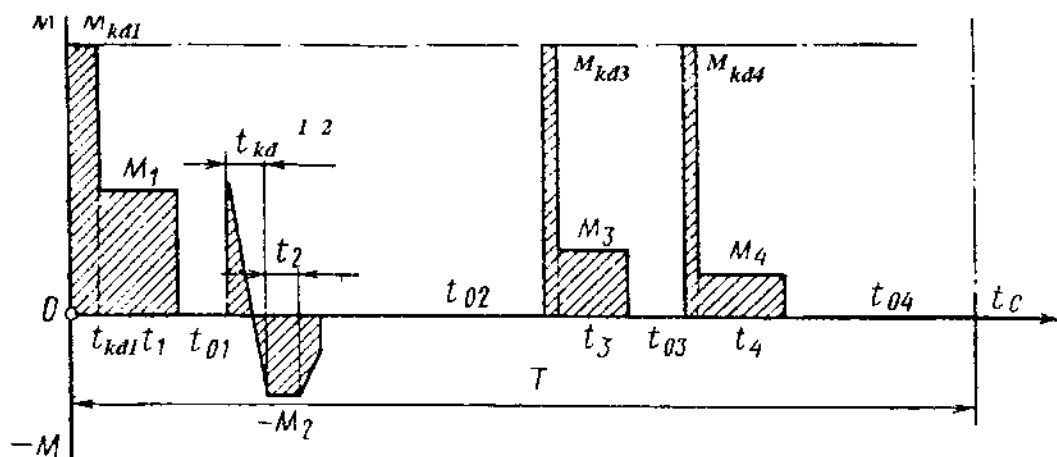
Khi có tính đến quá trình hãm và khởi động, thời gian di chuyển sang ngang được tính như sau:

Đối với khi có hàng hoá: $t_{01} = 1,25B + 5 \quad (s)$

Đối với khi chỉ có móc không: $t_{03} = 0,75B + 5 \quad (s)$

3.6.7. Giảm đồ phụ tải và nghiệm động cơ theo điều kiện phát nhiệt cho phép.

Ở trên ta đã tính được mômen cản của cơ cấu ở các giai đoạn và thời gian tương ứng với các giai đoạn ấy của một chu kỳ làm việc. Dựa vào các kết quả tính toán này ta dựng được giản đồ phụ tải cho cơ cấu $M = f_1(t)$ (hình 3-20).



Hình 3-20. Giản đồ phụ tải của cơ cấu nâng hạ hàng ở cần trục.

Từ mômen quay có thể tính được công suất hoặc dòng điện của động cơ với cách làm như sau: dựa vào đặc tính cơ của động cơ đã được chọn $n = f(M)$ và $M = f_1(t)$ ta dựng được $n = f_2(t)$.

Xây dựng giản đồ $P = f_3(t)$ dựa vào mối quan hệ: $P = Mn/9560$

Công suất tiêu thụ từ lưới điện: $P_c = \frac{P}{\eta}$

Khi tính toán ta cần lưu ý đến sự thay đổi của hiệu suất theo tải:

$$\eta = f(P/P_{dm})$$

Xây dựng $I = f_4(t)$ dựa vào mối quan hệ $I = P_c/U$. Đôi khi ta có thể xây dựng giản đồ $I = f_4(t)$ trực tiếp từ mối quan hệ $M = f_1(t)$ khi có mối quan hệ $M = f(I)$.

Sau khi đã dựng được giản đồ phụ tải $I = f_4(t)$ việc nghiệm lại động cơ thực hiện được tiến hành qua các bước sau:

Tính dòng ngắn hạn lặp lại I_{ngl} hoặc công suất ngắn hạn lặp lại P_{ngl} .

Tính hằng số thời gian đóng mạch tương đối thực tế ϵ hoặc $\Pi B\%$.

Tính qui đổi dòng điện ngắn hạn lặp lại thành dòng công tác thực tế.

Với các phương trình được sử dụng:

$$I_{ngl} = \sqrt{\frac{\sum I_{qd}^2 t_{qd} + \sum I_p^2 t_p}{\sum t_{qd} + \sum t_p}}$$

$$\varepsilon = \frac{\sum t_{qd} + \sum t_p}{T} \quad (3-26)$$

$$I_{cl} = I_{ngl} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{qc}}}$$

Điều kiện nghiệm: $I_{cl} \leq I_{dm} \quad (3-27)$

Trong đó:

I_{dm} - Dòng điện định mức của động cơ đã được chọn trong sổ tay kỹ thuật ứng với hàng số thời gian đóng mạch tương đối qui chuẩn ε_{qc} , A.

t_{qd} - Thời gian của các giai đoạn quá độ.

t_p - Thời gian của các giai đoạn công tác ổn định.

§3.7 TÍNH TOÁN LỰA CHỌN ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN CHO CƠ CẤU QUAY MÂM CỦA CẦN TRỤC

3.7.1. Đặc điểm công tác của cơ cấu quay mâm.

Cơ cấu quay mâm (quay cần) là một trong ba cơ cấu tạo nên cần trục. Động cơ thực hiện qua bộ truyền động cơ khí làm quay mâm quay, trên đó có toàn bộ các thiết bị của cần trục. Khác với cần trục trên bờ, động cơ thực hiện của cơ cấu quay mâm phải làm việc trong điều kiện khó khăn hơn. Một trong các điều kiện đó là động cơ thực hiện phải quay mâm quay khi tàu bị nghiêng, bị lắc,... Khi đó, mâm quay quay trong mặt phẳng nghiêng, tải của hệ thống tăng hơn bình thường do có thêm tải phụ.

Động cơ thực hiện của cơ cấu quay mâm làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại với hệ số ngắn hạn lặp lại khoảng 25%. Một chu kỳ công tác của nó có thể phân thành hai giai đoạn: giai đoạn quay thuận có tải và giai đoạn quay ngược chỉ có móc không. Với quan điểm như vậy, việc tính chọn động cơ thực hiện cho cơ cấu quay mâm cũng tương tự như khi tính toán cho hệ thống lái điện cơ. Các bước tính sẽ gồm:

- Xác định tải của hệ thống và dựng đồ thị tải ở cả hai giai đoạn quay thuận và quay ngược.
- Sơ bộ tính công suất và chọn động cơ thực hiện.
- Xây dựng giản đồ phụ tải cho cơ cấu.
- Nghiệm động cơ theo điều kiện phát nhiệt.

3.7.2. Xây dựng đặc tính tải của động cơ thực hiện ở cơ cấu quay mâm

Khi làm việc, động cơ thực hiện ở cơ cấu quay mâm có các tải chính sau:

- Lực cản do ma sát ở các vòng bi và ổ đỡ mâm quay.
- Lực cản của gió.
- Sức nâng hàng hoá khi tàu bị nghiêng.
- Mômen quán tính của hệ thống (chỉ xuất hiện ở các giai đoạn quá độ: chế độ khởi động, hãm).

3.7.2a. Tải do lực ma sát gây ra

Việc tính toán được thực hiện cho trường hợp làm việc nặng nề nhất đối với cơ cấu, đó là khi tầm với của cần là lớn nhất (xem hình 3-20). Lực ma sát xuất hiện ở bộ đỡ được xác định bởi các phản lực thành phần. Các phản lực này phụ thuộc vào trọng lượng của hàng, của cần và lực tác dụng của gió. Khi quay cần, hướng tác dụng tương đối của các lực tác dụng và các phản lực bị thay đổi. Vì vậy khi cần quay, lực ma sát ở các ổ đỡ cũng thay đổi. Góc nghiêng cho phép làm việc của cơ cấu không quá 5° . Xác định các phản lực X , X_1 được thực hiện đối với trạng thái ban đầu của hệ thống, khi tất cả các lực thành phần nằm trong một mặt phẳng và được coi là không đổi.

Với phân tích như trên, thành phần của các lực tác dụng và các phản lực gồm:

- G : trọng lượng của hàng, được ký hiệu là 1. Khi tàu bị nghiêng so với mặt phẳng nằm ngang một góc γ có thể phân tích G thành hai thành phần:

+ $G\cos\gamma$ - Song song với trục của trụ cần, ký hiệu là 2.

+ $G\sin\gamma$ - Vuông góc với trục của trụ cần, ký hiệu là 3.

- G_{KP} : trọng lượng của cần cầu, số 6 bao gồm trọng lượng của tất cả các chi tiết và các bộ phận quay của cơ cấu. Thành phần này được phân thành hai thành phần 7 và 8.

- X và X_1 : các phản lực ở vòng bi trên và dưới.

- Y : phản lực của ổ đỡ.

Giá trị của các phản lực ở các ổ đỡ được xác định nhờ các phương trình cân bằng mômen và lực tại các ổ đỡ này.

Phản lực ở vòng bi trên được xác định nhờ phương trình cân bằng mômen tại điểm A:

$$G\cos\gamma L_C + G\sin\gamma H_C + G_{KP}\cos\gamma L_D + G_{KP}\sin\gamma H_D - XH_B = 0$$

Từ đó:

$$X = \frac{(GL_C + G_{KP}L_D)\cos\gamma + (GH_C + G_{KP}H_D)\sin\gamma}{H_B}$$

Phản lực ở vòng bi dưới được xác định nhờ phương trình cân bằng lực theo trục x :

$$X_1 = X - (G + G_{KP})\sin\gamma$$

Phản lực ở ổ đỡ được xác định nhờ phương trình cân bằng lực theo trục y :

$$Y = (G + G_{KP})\cos\gamma$$

Mômen ma sát tại các gối đỡ:

Ở vòng bi trên: $M_1 = X.f.r_1$

Ở vòng bi dưới: $M_2 = X_1.f.r_2$

Ở ổ đỡ: $M_3 = (2.Y.f.r_2)/3$

Tổng mômen ma sát: $M_{ms} = M_1 + M_2 + M_3$ (3-29)

Trong đó: r_1 - Bán kính của vòng bi trên, m.

r_2 - Bán kính của vòng bi dưới, m.

$f = 0,08 \div 0,15$ - Hệ số ma sát.

Giá trị của mômen ma sát M_{ms} được xem là không đổi trong phạm vi góc quay β_{max} . Khi quay ngược, do không có hàng nên M_{ms} có giá trị nhỏ hơn khi quay thuận với cùng góc quay. Khi tính toán, vẫn dùng các biểu thức trên, thay trọng lượng của hàng bằng trọng lượng của móc không.

3.7.2b. Tải do gió gây ra.

Ở tàu thủy, cần cầu được đặt trên mặt boong chính. Do được đặt trên cao, thoáng nên cần cầu luôn chịu lực tác dụng của gió ở mọi phía tác động vào. Lực tác động này khá lớn, cần phải được xét đến trong quá trình xác định tải cho động cơ thực hiện.

Giả thiết rằng gió thổi song song với mặt nước theo hướng dọc theo thân tàu. Gió sẽ tác động lên cần cầu một lực tác dụng F_B . Điểm đặt của lực này trùng với trọng tâm D của cần cầu (xem hình 3-21). Khi tàu bị nghiêng một góc γ , lực tác dụng của gió F_B - số 9 được phân tích thành hai thành phần. Thành phần thứ nhất $F_B \cos \gamma$ - số 10,

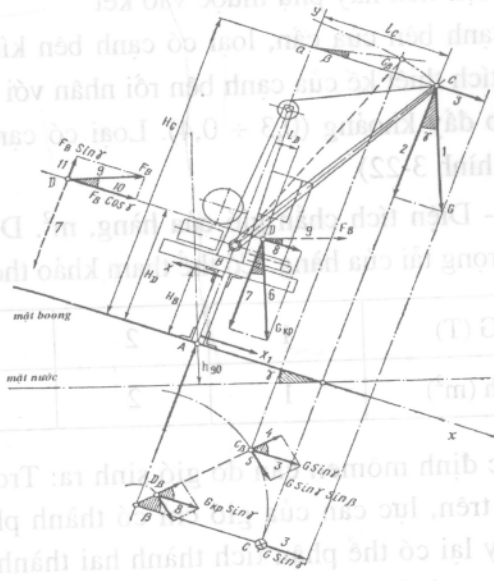
song song với mặt boong chính, nằm trong mặt phẳng quay của cần trục. Thành phần thứ hai $F_B \sin \gamma$ - số 11, vuông góc với mặt boong chính, tạo lực nâng cần trục. Thành phần này không là tải của hệ thống.

Giá trị lực cản của gió được xác định theo biểu thức:

$$F_B = K_B \cdot S \cdot v_B^2 \quad \text{hay} \quad F_B = P_B (S_{Kp} \sin \beta + S_h) \quad (N) \quad (3-30)$$

Trong đó:

$K_B = 1,2$ - Hệ số áp lực của gió, $N.s^2/m^4$.



Hình 3-21. Lực tác động tới cơ cấu quay mâm khi tàu bị nghiêng

$v_B \leq (18 \div 20)$ - Tốc độ của gió, ở đây ta chọn ở mức lớn nhất cho phép, m/s.

$P_B = 40$ - áp lực của gió. Đây là giá trị cực đại cho phép theo quy phạm đóng tàu đối với thiết bị làm hàng tàu thủy, kG/m².

S - Diện tích hứng gió của cần trục và hàng, m². Diện tích này phụ thuộc vào góc quay cần β và được xác định bằng diện tích chắn gió của hàng.

S_{KP} - Diện tích hứng gió của cần, m². Diện tích này phụ thuộc vào kết cấu cạnh bên của cần, loại có cạnh bên kín và cạnh bên rỗng. Trong tính toán, ta lấy diện tích thiết kế của cạnh bên rồi nhân với hệ số lấp đầy. Với loại có cạnh bên rỗng, hệ số lấp đầy khoảng (0,3 ÷ 0,4). Loại có cạnh bên kín, hệ số lấp đầy khoảng (0,8 ÷ 1) (xem hình 3-22).

S_h - Diện tích chắn gió của hàng, m². Diện tích này phụ thuộc một cách tương đối theo trọng tải của hàng. Có thể tham khảo theo bảng sau:

G (T)	1	2	3	5	10	50
Sh (m ²)	1	2	2,5	3,5	6	20

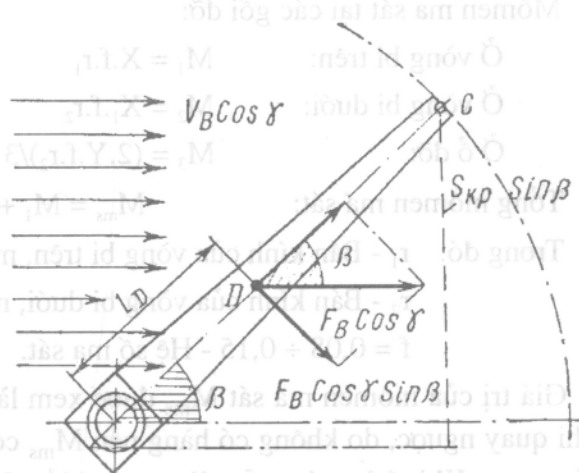
Xác định mômen cản do gió sinh ra: Trong mặt phẳng quay của cần, như đã phân tích ở trên, lực cản của gió chỉ có thành phần $F_B \cos \gamma$ (xem hình 3-22). Thành phần lực này lại có thể phân tích thành hai thành phần: $F_B \cos \gamma \cos \beta$ trùng với trục của cần và $F_B \cos \gamma \sin \beta$ vuông góc với trục của cần. Thành phần thứ nhất cân bằng với phản lực về phía gối đỡ. Thành phần thứ hai tạo ra mômen cản của gió và được xác định theo biểu thức:

$$M_B = I_D F_B \cos \gamma \sin \beta$$

Thay giá trị của F_B từ biểu thức (3-30) ta có:

$$M_B = P_B (S_{KP} \sin \beta + S_h) I_D \cos \gamma \sin \beta \tag{3-31}$$

Từ biểu thức (3-31) ta thấy, thành phần thứ nhất của mômen cản của gió tỉ lệ với $\sin^2 \beta$, thành phần này xác định dạng của đặc tính. Khi quay ngược, do không có hàng nên mômen cản của gió M_B sẽ giảm đi. Mômen cản giữ nguyên dấu và có tác dụng hỗ trợ với truyền động của cơ cấu.



Hình 3-22. Phân bố lực tác dụng của gió lên mặt phẳng quay của cần trục.

3.7.2c. Tải do trọng lượng hàng gây ra khi tàu bị nghiêng.

Theo quy phạm thì góc nghiêng cho phép cần trục làm việc lâu dài không được vượt quá 5^0 . Khi tàu bị nghiêng, lúc quay cần thì trọng tâm của cần và của hàng cũng thay đổi. Khi góc quay đến $\beta = 90^0$ điểm C sẽ được nâng lên độ cao của điểm a với độ cao h_{0K} . Trọng tâm của cần cầu cũng được nâng lên một đoạn nhỏ (tương ứng với sự giảm đi của đoạn l_D). Khi đó, trọng lượng của hàng và cần sẽ gây ra mômen cản phụ ở trụ của cần cầu M_h . Mômen này được hình thành bởi thành phần song song với mặt boong chính (3 và 8) của trọng lượng hàng và trọng lượng cần trục khi tàu bị nghiêng. Chúng ta khảo sát các thành phần lực này trong mặt phẳng quay (phần dưới của hình 3-21). Giả sử cần được quay tới một điểm bất kỳ C_β nào đó, có thể phân tích lực 3 thành hai thành phần 4 và 5, lực 8 thành hai thành phần: thành phần thứ nhất song song với trục của cần còn thành phần thứ hai vuông góc với trục của cần. Thành phần thứ nhất cắt trục của gối đỡ nên không tạo thành mômen cản. Thành phần thứ hai là $G \sin \gamma \sin \beta$ và $G_{KP} \sin \gamma \sin \beta$ tạo thành mômen cản ở trụ quay của cần trục:

$$M_h = (G l_C + G_{KP} l_D) \sin \gamma \sin \beta \quad (3-32)$$

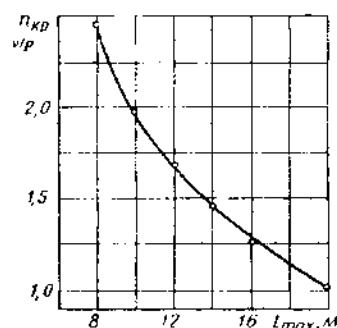
Như vậy, mômen cản của hàng khi tàu bị nghiêng là hàm sin của góc quay β . Khi quay ngược, M_h bị giảm đi do lúc này không có hàng. Cũng giống như mômen cản do gió tạo ra, M_h có dấu và có chiều tác dụng không đổi. Điều đó có nghĩa là khi quay ngược, M_h hỗ trợ cho chuyển động.

3.7.2d. Tải do quán tính gây ra

Hệ thống cần trục khi có hàng có quán tính khá lớn. Tại thời điểm ban đầu, động cơ thực hiện của cơ cấu quay mâm phải tạo được mômen quay động đủ lớn để gia tốc cho hệ thống. Để xác định được mômen tải do quán tính gây ra, cần phải biết tốc độ quay và gia tốc quay tính toán trung bình của cơ cấu. Các đại lượng này được xác định nhờ thời gian gia tốc và chuyển động xác lập. Tốc độ quay của cần trục thường là không vượt quá $n_{KP} = (1 \div 3)$ v/p. Tốc độ này phụ thuộc vào tầm với tối đa của cần theo đồ thị hình 3-23.

Tốc độ của đầu cần khi có tải được chọn khoảng 0,5m/s. Tốc độ góc của cần trục được tính theo biểu thức:

$$\omega_{KP}^0 = \frac{360 n_{KP}}{60} = 6 n_{KP} = (6 \div 18) ^0/s$$



Hình 3-23. Sự phụ thuộc tốc độ quay của cần trục và tầm với tối đa của cần.

Để tránh cho hàng bị lắc khi gia tốc, người ta chọn thời gian khởi động cho cơ cấu quay chậm là $t_{kd} = 5s$. Khi đó, gia tốc góc của cơ cấu được tính:

$$\varepsilon = \frac{\omega_{KP}^0}{t_{kd}} = \frac{(6 \div 18)}{5} = (1,2 \div 3,6) \text{ } ^\circ/s^2$$

Mômen quán tính của cần trục khi có hàng được xác định theo quy tắc chung và bằng tổng mômen quán tính của các khâu, các chi tiết riêng biệt:

$$J_{KP} = \sum_{i=1}^n J_i$$

Mômen quán tính của phần tử riêng biệt có khối lượng xác định (hàng, móc không, cần, mâm quay...) được tính theo biểu thức:

$$J_i = m_i r_i^2 \quad (kGm^2) \quad (3-32)$$

Những phần còn lại, có khối lượng không xác định có thể tính một cách gần đúng. Bán kính quán tính của chúng được tính theo công thức lý thuyết chung của truyền động điện còn mômen quán tính được tính theo biểu thức (3-32). Mômen bánh đà của cần trục bằng: $GD_{KP}^2 = 4gJ_{KP}$ (Nm^2). Khi quay ngược, mômen quán tính của cơ cấu quay chậm sẽ giảm đi do không có hàng.

Mômen cản do quán tính gây ra được tính theo biểu thức:

$$M_{qt} = J_{KP} \frac{d\omega_{KP}}{dt} = J_{KP} \frac{\omega_{KP}}{t_{kd}} \quad (Nm) \quad (3-33)$$

Tải này được xem là không đổi trong vùng góc quay gia tốc:

$$\beta_{kd} = \frac{\omega_{KP}}{2} t_{kd} = \frac{6 \div 18}{2} 5 = (15^0 \div 45^0)$$

Trong đó: $\omega_{KP}/2$ - Tốc độ góc quay trung bình trong vùng góc quay gia tốc.

Do có thành phần mômen cản tạo bởi quán tính của hàng và cần cầu, động cơ thực hiện phải sinh ra một mômen động phụ đủ lớn để gia tốc cho cơ cấu. Mômen này được tính:

$$M_{dp} = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} = \frac{GD^2_i}{375} \frac{n_{KP}}{t_{kd}} \quad (Nm) \quad (3-34)$$

Trong đó: GD^2 - mômen bánh đà của động cơ, Nm^2 .

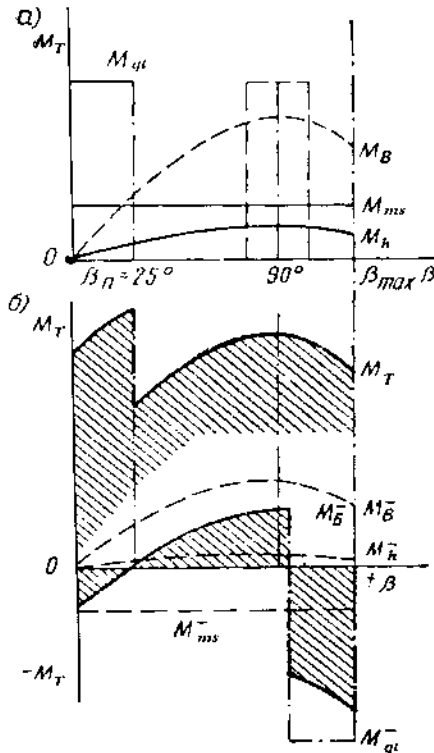
3.7.2e. Xây dựng đặc tính tải của động cơ thực hiện

Đặc tính tải của động cơ thực hiện là mối quan hệ giữa mômen cản trên trục động cơ với góc quay của cần $M = f(\beta)$. Đặc tính này được xây dựng dựa vào đặc tính $M_T = f(\beta)$ (đặc tính mômen cản trên trục cần theo góc quay cần). Đặc tính $M_T = f(\beta)$ khi quay thuận và khi quay ngược được xây dựng bằng cách dựng các đặc tính mômen cản thành phần sau đó tổng hợp lại (cộng đồ thị) (hình 3-24). Ta có:

$$M_T^+ = M_{ms} + M_{qt} + M_B + M_h$$

$$M_T^- = M_{ms} + M_{qt} - M_B - M_h$$

Điều đó có nghĩa là có hai mômen tải thành phần là mômen phản tác dụng (mômen ma sát và mômen quán tính) và mômen tác dụng (mômen cản của hàng và của gió). Chú ý rằng, mômen quán tính có giá trị không đổi và chỉ xuất hiện ở vùng góc quay khởi động β_{kd} .



Hình 3-24.

Đặc tính mômen cản trên trụ cần của cơ cấu quay mâm

a) Dạng đặc tính của các mômen tải thành phần;

b) Mômen tải khi quay thuận và khi quay ngược.

Sau khi có đặc tính $M_T = f(\beta)$ chúng ta dễ dàng tính và dựng được đặc tính tải cho động cơ thực hiện. Trụ quay của cần trực liên hệ với trục động cơ thực hiện thông qua bộ truyền động cơ khí. Hiệu suất của bộ truyền động không phải là giá trị cố định mà thay đổi theo sự thay đổi của tải. Khi tính toán ta có thể xác định η theo đồ thị 3-14. Khi quay ngược, nếu mômen cản tác dụng trội hơn thì cần phải tính với η_{TD} . Khi đó ta có biểu thức tính mômen cản trên trục động cơ khi quay thuận và khi quay ngược:

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{M_T}{i\eta_{TD}} = M_{dp} \\ M^- &= \frac{M_T}{i} \eta_{TD} + M_{dp} \end{aligned} \right\} \quad (3-35)$$

Trong đó: M_{dp} - Mômen động phụ để gia tốc động cơ thực hiện. Có thể coi rằng mômen này không làm tăng tải cho cơ cấu và nó tác động đồng thời với mômen quán tính chỉ trong giai đoạn gia tốc ứng với góc quay $\beta_{kd} \approx 25^\circ$.

§3-8. PHƯƠNG PHÁP TÍNH CHỌN ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN CHO CƠ CẤU QUAY MÂM CỦA CẦN TRỤC

3.8.1. Các loại động cơ thường dùng

Nếu dùng động cơ điện một chiều làm động cơ thực hiện thì thường chọn loại động cơ kích từ hỗn hợp. Loại động cơ này có khả năng cải thiện được các quá trình khởi động, thay đổi tốc độ lẳng nên không gây ra hiện tượng lắc hàng khi gia tốc. Khi quay ngược với móc không, có điều kiện tạo được tốc độ cao để rút ngắn thời gian của một chu kỳ, tăng năng suất làm hàng. Nếu dùng động cơ điện xoay chiều, người ta thường chọn loại động cơ dị bộ rôto lồng sóc có 2 tốc độ. Tỷ lệ thay đổi tốc độ 2 : 1. Để tránh lắc hàng và cần, cần hạ thấp tốc độ của động cơ trước khi dừng bằng cách kết hợp hãm điện với hãm bằng phanh điện từ.

3.8.2. Phương pháp tính công suất của động cơ

Động cơ thực hiện của cơ cấu quay mâm công tác ở chế độ ngắn hạn lặp lại. Nếu sử dụng động cơ điện một chiều thì hệ số ngắn hạn lặp lại $\Pi B = 25\%$, với động cơ xoay chiều thì $\Pi B = 40\%$. Tương tự như với cơ cấu nâng hạ hàng, để tính chọn động cơ, người ta cũng dùng phương pháp gần đúng liên tục.

Để sơ bộ chọn động cơ, công suất của động cơ thực hiện có thể tính theo hai phương pháp:

Phương pháp thứ nhất, tính công suất định mức của động cơ theo tải tối đa. Dựa vào đặc tính tải $M = f(\beta)$ ta chọn được giá trị của mômen cần tối đa $M_{\max}$. Từ đó tính mômen định mức theo biểu thức:

$$M_{dm} = (1,2 \div 1,5) \frac{M_{\max}}{\gamma_{MK}} \quad (3-36)$$

Trong đó: $(1,2 \div 1,5)$ - Hệ số dự trữ khi tính đến sự tăng của hệ số ma sát tĩnh lúc khởi động và mômen cần thiết để gia tốc cho cơ cấu.

γ_{MK} - Khả năng quá tải theo mômen ở chế độ khởi động của động cơ.

Tốc độ quay của động cơ có thể lấy bằng tốc độ trung bình:

$$n_{dm} = n_{tb} = i \cdot n_{KP} = i \cdot (1 \div 3) \quad (v/p)$$

$$\text{Từ đó ta có:} \quad P_{dm} = \frac{M_{dm} n_{dm}}{9560} \quad (kW) \quad (3-37)$$

Phương pháp thứ hai, tính theo mômen trung bình bình phương. Dựa vào đặc tính tải $M = f(\beta)$ ở chế độ quay thuận và quay ngược ta tính được:

$$M_{1,2}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \Delta \beta_i}{\beta_{\max}}$$

Từ đó ta có:

$$M_{dm} = \sqrt{\frac{M_1^2 + M_2^2}{2}}$$

Tốc độ định mức của động cơ cũng được lấy theo tốc độ trung bình:

$$n_{dm} = n_{tb} = i \cdot n_{KP} = i \cdot (1 \div 3) \quad (v/p)$$

Vậy:

$$P_{dm} = \frac{M_{dm} \cdot n_{dm}}{9560} \quad (kW)$$

Thời gian đóng mạch tương đối của cơ cấu:

$$\varepsilon = \frac{2t_{ct}}{T}$$

Với: $t_{ct} = \beta_{max}/\omega_{KP}$ - Thời gian công tác của cơ cấu trong một hướng quay.

Ở đây ω_{KP} được tính theo biểu thức:

$$\omega_{KP} = \frac{360n_{KP}}{60} = 6n_{KP} \quad \text{với} \quad n_{KP} = n_{tb}$$

T - Thời gian của một chu kỳ, lấy theo giản đồ phụ tải của động cơ thực hiện ở cơ cấu nâng hạ hàng (hình 3-20).

3.8.3. Xây dựng giản đồ phụ tải cho động cơ thực hiện của cơ cấu quay mâm

Giản đồ phụ tải $M = f(t)$ có thể được xây dựng bằng cách dựa vào đặc tính tải $M = f(\beta)$. Tương tự như ở hệ thống lái, giữa tốc độ quay của động cơ với góc quay có mối quan hệ:

$$n = C_0 \frac{d\beta}{dt}$$

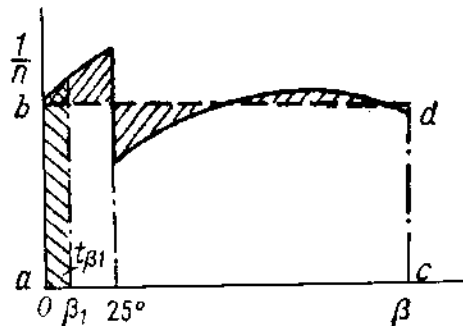
Trong đó:

$C_0 = i/6$ Khi góc quay được tính bằng độ.

Từ đó ta có:

$$t = C_0 \int \frac{1}{n} d\beta \quad (3-38)$$

Từ đây ta có cách dựng: Từ một giá trị nào đó của M, theo đặc tính tải ta nhận được một giá trị của góc quay β và theo đặc tính cơ của động cơ ta có một giá trị của n. Từ đó ta có đặc tính phụ $n = f(\pm \beta)$ chuyển đặc tính này sang dạng $1/n = f(\beta)$. Đặc tính này có dạng như hình 3-25. Việc tính thời gian theo biểu thức (3-38) được thay bằng cách tính trên đồ thị.



Hình 3-25. Xác định thời gian quay thuận của cần cầu bằng phương pháp đồ thị.

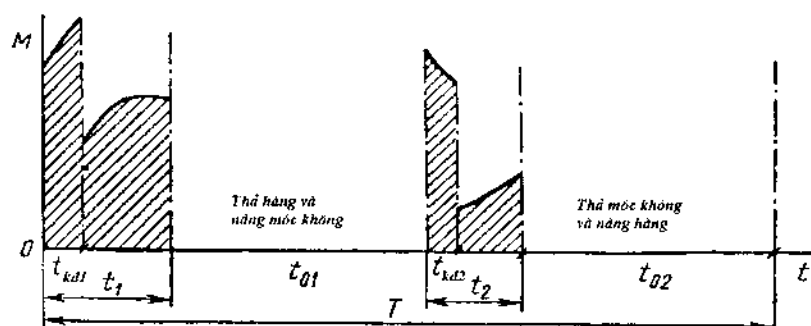
Ví dụ:

$$t_{\beta} = C_0 ab \cdot ac \cdot m_{\beta} m_{1/n}$$

Với: m_β - Tỷ lệ xích theo góc quay.

$m_{t/m}$ - Tỷ lệ xích của tốc độ.

Thời gian để cơ cấu quay mâm quay được một góc β nào đó bằng diện tích giới hạn bởi đặc tính $1/n = f(\beta)$ với trục hoành. Việc tính chính xác diện tích này rất khó thực hiện. Để đơn giản, người ta chuyển thành tính cho một hình chữ nhật có diện tích tương đương. Với cách tính như vậy, cho góc quay các giá trị β_i khác nhau ta xác định được thời gian t_i , từ đó dựng được đặc tính $t = f(\pm \beta)$. Kết hợp đặc tính tải $M = f(\beta)$ và đặc tính $t = f(\pm t)$ chúng ta sẽ có được giản đồ phụ tải của động cơ thực hiện của cơ cấu quay mâm $M = f(t)$ (xem hình 3-26). Giản đồ là cơ sở nghiệm động cơ thực hiện của cơ cấu này.



Hình 3-26. Giản đồ phụ tải của cơ cấu quay mâm

3.8.4. Nghiệm động cơ thực hiện theo các yêu cầu kỹ thuật

Nghiệm theo điều kiện phát nhiệt. Các bước tính toán để nghiệm phát nhiệt cho động cơ thực hiện của cơ cấu quay mâm cũng tương tự như đối với cơ cấu nâng hạ hàng.

Trước hết, cần chuyển giản đồ phụ tải dưới dạng $M = f(t)$ thành $I = f(t)$. Tính dòng điện ngắn hạn lặp lại I_{ngl} và dòng điện qui đổi theo biểu thức (2.26).

Điều kiện nghiệm theo biểu thức (2.27):

$$I_{ct} \leq I_{dm}$$

Để đảm bảo tốc độ quay trung bình của cần trục, cần thỏa mãn điều kiện :

Trong đó:
$$\frac{\beta_{\max}}{t_1} \geq \left(\frac{0}{s} \right);$$

t_1 - Thời gian quay của cần trục theo chiều quay thuận.

Nghiệm khả năng quá tải theo mômen. Đây là việc kiểm tra khả năng khởi động của động cơ thực hiện ở một vị trí trung gian nào đó (ví dụ, ở góc quay $\beta = 90^\circ$). Khi đó các mômen tải đều có giá trị cực đại, áp lực của gió ở mức bình thường. Tuy nhiên, cần phải lưu ý tới các yêu cầu kỹ thuật, an toàn cho cơ cấu này. Điều kiện để nghiệm khả năng quá tải có thể theo biểu thức (3.36).

§3.9. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN CỦA TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN THIẾT BỊ LÀM HÀNG

3.9.1. Khái quát chung

Hệ thống điều khiển của truyền động điện thiết bị làm hàng được lựa chọn trên cơ sở đáp ứng cao nhất các yêu cầu đã được đặt ra cho thiết bị làm hàng, cụ thể là:

- Phải có khả năng điều khiển để tạo ra được nhiều cấp tốc độ.
- Không thay đổi tốc độ quá đột ngột mà phải theo thứ tự từ thấp đến cao hoặc ngược lại để tránh gây lắc hàng hoặc tạo xung lực đột ngột trên dây cáp.
- Phải có các bảo vệ về điện và cơ khí để đảm bảo an toàn cho thiết bị và hàng hoá.

Ngày nay trên tàu thủy vẫn tồn tại các hình thức điều khiển sau:

- Dùng tay không chế trực tiếp điều khiển động cơ thực hiện. Hình thức này thường dùng cho các hệ thống có công suất nhỏ hoặc trung bình. Hệ thống có cấu tạo đơn giản, thuận tiện trong lắp ráp, sửa chữa. Tuy nhiên, điều khiển hệ thống phải mất nhiều sức lực, dễ gây mệt mỏi cho người sử dụng.

- Dùng tay điều khiển kết hợp với trạm từ để điều khiển động cơ. Tay điều khiển được đặt ở trên cao, thậm chí có thể di chuyển được, rất tiện lợi cho người sử dụng khi cần phải quan sát, điều khiển. Việc điều khiển được thực hiện nhẹ nhàng, không tốn sức. Trạm từ được đặt trong các buồng riêng biệt, tránh được tác động xấu của môi trường, thuận tiện trong bảo quản sửa chữa. Tuy nhiên, hình thức này làm tăng số lượng thiết bị điều khiển, trọng lượng và kích thước của hệ thống lớn. Hình thức điều khiển này dùng cho các hệ thống có công suất lớn.

Hệ thống điều khiển thiết bị làm hàng phải có các thiết bị bảo vệ:

- Bảo vệ ngắn mạch cho mạch động lực và mạch điều khiển.
- Bảo vệ quá tải, bao gồm bảo vệ quá tải ở các cấp tốc độ cao và bảo vệ quá tải chung cho hệ thống.
- Bảo vệ "không" nhằm tránh cho hệ thống tự hoạt động khi nguồn cấp có trở lại sau khi bị mất nguồn đột ngột.
- Bảo vệ quá tốc độ khi hạ hàng nhằm bảo vệ an toàn cho hàng hoá khi vì một lý do nào đó hàng có tốc độ di chuyển vượt quá qui định.

Ngoài các bảo vệ về điện như đã nêu trên, hệ thống điều khiển còn có các bảo vệ cơ khí (đặc biệt là đối với cần cẩu) như: bảo vệ móc chạm cần, bảo vệ sức căng tối đa, sức căng tối thiểu trên dây cáp, bảo vệ góc quay tối đa, bảo vệ tầm với tối đa, tối thiểu,...

Chúng ta sẽ có dịp phân tích kỹ các hình thức bảo vệ cho thiết bị làm hàng ở phần nghiên cứu hệ thống.

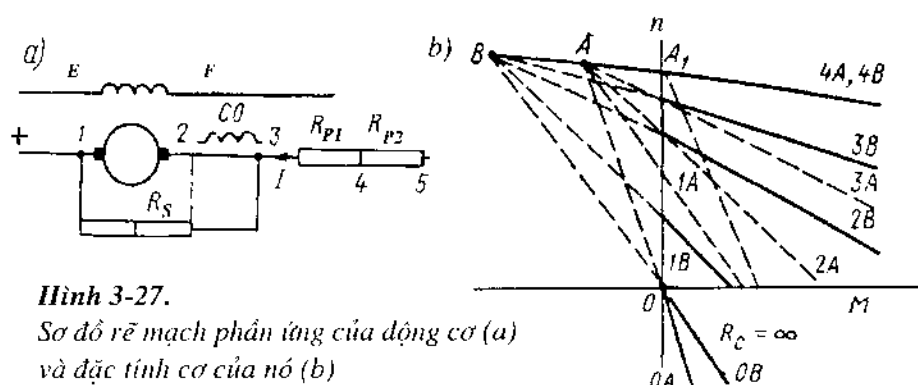
3.9.2. Một số mạch đặc biệt

Để nâng cao hiệu quả sử dụng, ở hệ thống điều khiển truyền động điện thiết bị làm hàng điện một chiều có sử dụng một vài mạch đặc biệt.

3.9.2a. Dùng điện trở rẽ mạch phản ứng của động cơ

Sơ đồ mạch rẽ mạch phản ứng được trình bày trên hình 3-27. Khi thực hiện rẽ mạch phản ứng, trong hệ thống có các tác dụng:

- Tổng trở toàn mạch phản ứng của động cơ giảm.
- Dòng điện phản ứng tăng.
- Sụt áp trên điện trở mắc nối tiếp với phản ứng tăng lên.
- Giảm điện áp đặt vào động cơ.
- Giảm tốc độ quay của động cơ thực hiện.



Hình 3-27.

Sơ đồ rẽ mạch phản ứng của động cơ (a)
và đặc tính cơ của nó (b)

Cần lưu ý rằng, các tác dụng trên chỉ có trong hệ thống khi thực hiện rẽ mạch phản ứng và có điện trở phụ R_p trong mạch của phản ứng. Biện pháp này thường được dùng ở tốc độ 1 ở cả phía nâng, hạ hàng để có tốc độ thấp dùng để nhắc thử hàng hoặc đặt hàng chạm đất.

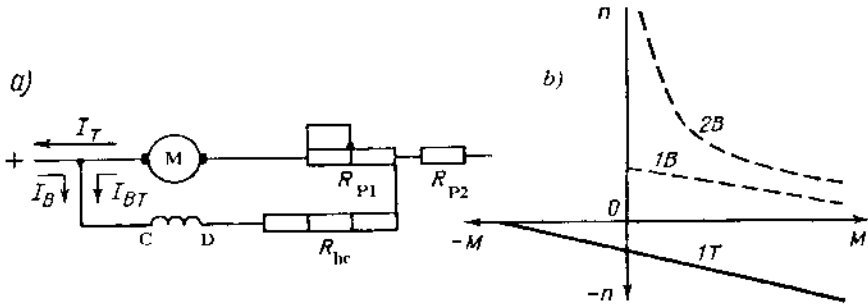
Chúng ta nghiên cứu ảnh hưởng của việc rẽ mạch phản ứng tới đặc tính cơ của động cơ có kích từ song song (xem hình 3-27b). Nếu $R_p = 0$ thì việc rẽ mạch phản ứng không làm giảm điện áp đặt vào phản ứng của động cơ. Động cơ làm việc trên đặc tính cơ tự nhiên 4a, 4b của nó. Khi $R_S = \infty$ - không rẽ mạch phản ứng, khi thay đổi điện trở phụ R_p ta sẽ thu được một chùm đặc tính xuất phát từ điểm A. Theo lý thuyết chung của truyền động điện, điểm A sẽ dịch chuyển dần về bên trái khi giảm dần điện trở rẽ mạch phản ứng, $R_{SA} > R_{SB} \dots$. Điện trở phụ R_p càng lớn thì điện áp đặt vào phản ứng động cơ càng giảm, đặc tính cơ càng được hạ thấp xuống. Khi $R_p = \infty$ (tương ứng với việc ngắt phản ứng của động cơ khỏi lưới điện) động cơ được hãm động năng với đặc tính hãm OA hoặc OB. Như vậy, thông qua hệ thống điều khiển, bằng cách thay đổi điện trở phụ R_p và điện trở rẽ mạch phản ứng R_S sẽ có được một họ các đặc tính phù hợp với yêu cầu nâng hạ hàng.

Tuy nhiên, việc thay đổi tốc độ bằng cách rẽ mạch phản ứng có tính kinh tế không cao vì nó gây tổn hao phụ ở các điện trở R_p . Vì vậy, phương pháp này thường chỉ dùng ở

vị trí thứ nhất khi nâng, hạ hàng để có tốc độ thấp để nhấc thử hoặc đặt hàng, các tốc độ này thường xảy ra trong thời gian ngắn và ít dùng.

3.9.2b. Đấu song song cuộn kích từ nối tiếp

Để có tốc độ hạ hàng tương đối ổn định khi tải thay đổi, người ta thường chuyển đấu cuộn kích từ nối tiếp thành mắc song song (xem hình 3-28). Như vậy, động cơ kích từ hỗn hợp đã được chuyển thành động cơ kích từ song song. Vì nội trở của cuộn kích từ nối tiếp rất nhỏ, muốn đấu song song thì phải đấu nối tiếp với nó các điện trở phụ có giá trị thích hợp để hạn chế dòng điện. Ghép song song cuộn kích từ nối tiếp sẽ tạo được từ trường tổng lớn ngay cả khi tải nhỏ, do đó có thể dùng trong trường hợp hạ hàng với tải nhỏ. Nhờ đổi đấu cuộn kích từ nối tiếp mà có được đặc tính cứng (đường 1H, 1B), có thể nâng hạ các loại hàng khác nhau với tốc độ tương đối ổn định.



Hình 3-28. Đấu song song cuộn kích từ nối tiếp
a) Sơ đồ đấu; b) Đặc tính cơ của động cơ.

§3-10. PHÂN TÍCH ĐẶC ĐIỂM KỸ THUẬT CỦA MỘT VÀI HỆ THỐNG THƯỜNG GẶP

3.10.1 Tời hàng điện một chiều, điều khiển trực tiếp bằng tay không chế

Hình 3-29 giới thiệu sơ đồ nguyên lý của hệ thống truyền động điện thiết bị làm hàng được điều khiển trực tiếp bằng tay không chế. Hệ thống này có từ những năm 60 của thế kỷ XX và thường được trang bị trên những tàu có trọng tải nhỏ. Với cấu tạo hết sức đơn giản nhưng hệ thống lại đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu của truyền động điện thiết bị làm hàng. Ngày nay, cùng với sự mất đi của các trạm phát điện một chiều, chúng ta hầu như ít còn gặp nó. Tuy nhiên, đây vẫn là một hệ thống mang tính đặc trưng, việc tìm hiểu nó là cần thiết. Hệ thống bao gồm các phần tử sau:

MF - Phan điện từ.

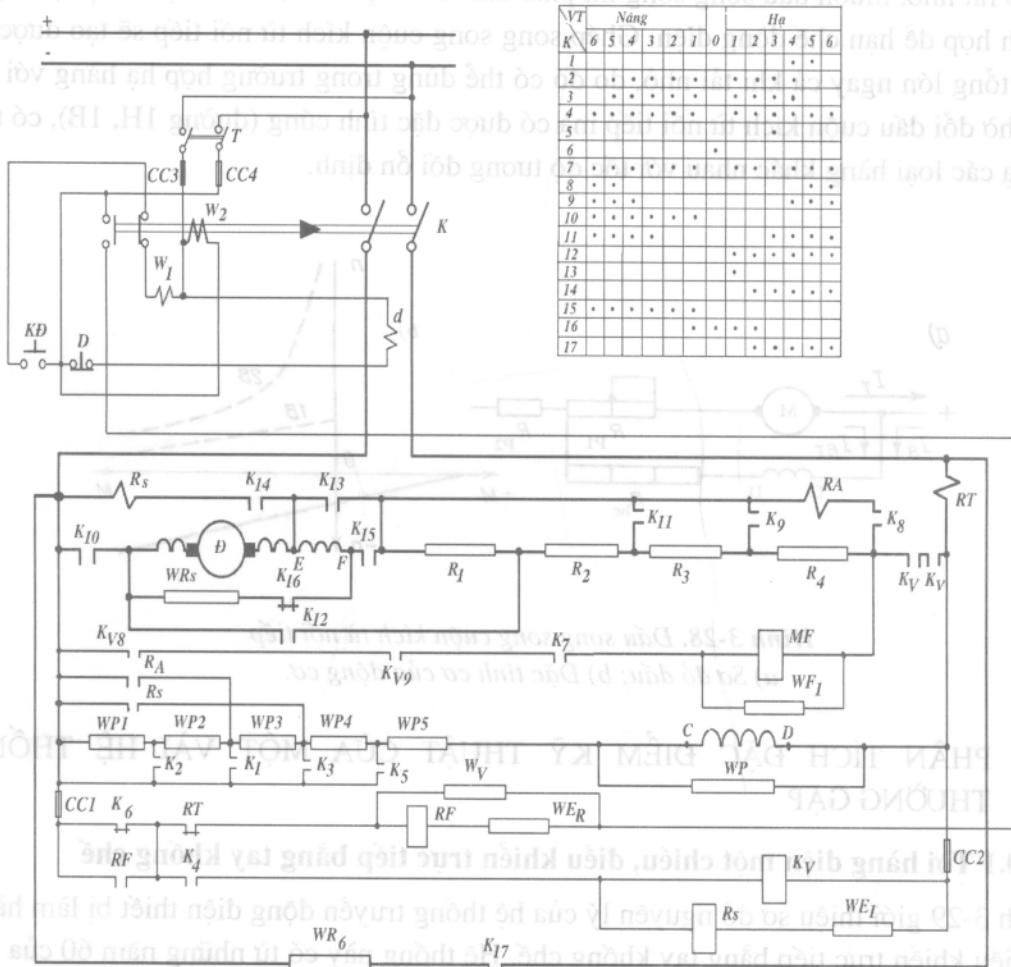
Đ - Động cơ thực hiện, đây là động cơ một chiều kích từ hỗn hợp với cuộn kích từ nối tiếp CD và cuộn kích từ song song EF.

K - Cầu dao tự động dùng để đóng, cắt nguồn từ xa. Trong cầu dao tự động có: d - role trung gian đóng vai trò cuộn giữ bảo vệ điện áp thấp, hoặc để ngắt cầu dao tự động từ xa. W₁ - role trung gian cấp nguồn cho cuộn hút để đóng cầu dao tự động W₂.

KD - Nút ấn đóng cầu dao tự động từ xa, nút ấn này được đặt tại tay không chế.

D - Nút ấn ngắt cầu dao tự động từ xa được đặt tại tay không chế.

T - Công tắc xoay.



Hình 3-29. Hệ thống truyền động điện thiết bị làm hàng điện một chiều

a) Sơ đồ nguyên lý; b) Bảng trạng thái của tay không chế

Tay không chế để điều khiển hệ thống có 13 vị trí, vị trí 0 và 6 vị trí về mỗi phía nâng, hạ. Có 17 cực tiếp xúc từ K₁ đến K₁₇ với trạng thái đóng mở được cho ở bảng trạng thái (hình 3-29b).

KV - Công tắc tơ mạch chính.

RF - Role trung gian thực hiện chức năng bảo vệ "không".

RA - Rơle dòng điện, bảo vệ quá tải cho động cơ thực hiện ở tốc độ cao.

RS - Rơle phân cực có 2 cuộn dây: cuộn dòng điện và cuộn điện áp. Rơle này dùng để bảo vệ quá tốc độ cho động cơ thực hiện khi hạ hàng.

RT - Rơle dòng điện cực đại, bảo vệ quá tải chung cho động cơ thực hiện.

R_1, R_2, R_3, R_4 : Điện trở phụ dùng để điều chỉnh tốc độ.

$WP_1, WP_2, WP_3, WP_4, WP_5$ - Điện trở điều chỉnh dòng kích từ song song của động cơ.

WF_1, WF_2, WF_3, WF_4 - Các điện trở phóng điện.

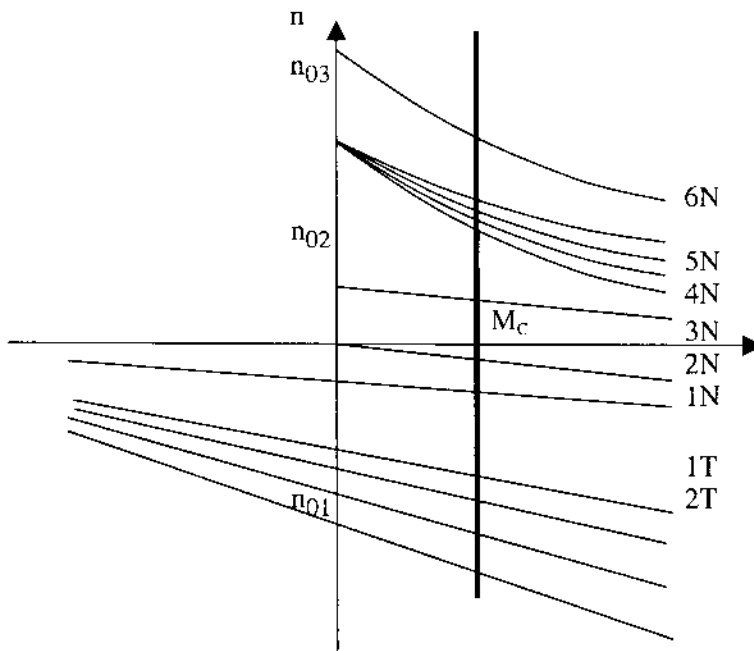
WE - Điện trở hạn chế.

WR - Điện trở rẽ mạch phản ứng của động cơ.

WR_6 - Điện trở tiêu tán năng lượng hãm tái sinh.

CC_1 - Cầu chì bảo vệ ngắn mạch cho mạch điều khiển.

CC_2 - Cầu chì bảo vệ ngắn mạch cho mạch đóng cầu dao tự động



Hình 3-30. Họ đặc tính cơ của động cơ thực hiện

Hệ thống có một số đặc điểm kỹ thuật cần quan tâm:

Thực hiện rẽ mạch phản ứng ở tốc độ thứ nhất phía nâng hàng. Ở tốc độ này, điện trở WR được mắc song song với phản ứng, toàn bộ điện trở phụ từ R_1 đến R_4 được mắc nối tiếp với phản ứng, ta được tốc độ thấp để nhấc thử hàng (đường đặc tính 1N, xem hình 3-30). Các đường đặc tính 2N, 3N, 4N, 5N nhận được bằng cách cắt dẫn điện trở phụ trong mạch cuộn dây phản ứng. Để có tốc độ cao khi nâng móc không hoặc hàng

nhẹ người ta thực hiện bằng cách giảm mạnh từ thông của động cơ. Đưa toàn bộ các điện trở từ WP_1 đến WP_5 vào mạch cuộn dây kích từ song song (đường 6N). Phía hạ hàng, thực hiện hãm động năng ở tốc độ 1. Ở tốc độ này cuộn kích từ nối tiếp EF được mắc nối tiếp với điện trở hãm WR_s nhằm nâng cao hiệu quả của quá trình hãm. Điện trở phụ R_1 cũng được đưa vào, đóng vai trò như một điện trở hãm. Tốc độ này có đặc tính là đường 1T. Biện pháp này đã tạo được tốc độ cực thấp để đặt hàng chạm đất. Rẽ mạch phản ứng được thực hiện ở tốc độ 2. Cuộn kích từ nối tiếp tiếp tục được mắc nối tiếp với điện trở WR_s làm rẽ mạch phản ứng. Với cách mắc này, động cơ thực hiện trở thành động cơ một chiều kích từ song song với hai cuộn kích từ song song EF và CD. Động cơ có tốc độ thấp và ổn định (đường 2T). Từ tốc độ 3 đến tốc độ 6, động cơ làm việc như một động cơ kích từ song song, cuộn kích từ nối tiếp EF bị loại ra. Việc điều chỉnh tốc độ được thực hiện bằng cách đồng thời cắt các điện trở phụ trong mạch phản ứng và thay đổi điện trở mạch cuộn dây kích từ song song (đặc tính là các đường 3T, 4T, 5T, 6T). Đến tốc độ 6, toàn bộ điện trở phụ đã được cắt ra khỏi mạch phản ứng và WP_1 được cắt khỏi mạch kích từ song song.

Khi đang nâng, hạ hàng ở tốc độ 6, nếu vì lý do nào đó, động cơ bị quá tải, rơle dòng điện R_A sẽ tác động, đóng tiếp điểm R_A để cắt đi WP_2 , động cơ tự động chuyển về làm việc ở tốc độ trung gian (đường nét đứt). Khi quá tải hết, động cơ lại tự động chuyển sang làm việc tại tốc độ 6.

Khi đang hạ hàng ở tốc độ cao (tốc độ 5, 6), nếu vì lý do nào đó, tốc độ của động cơ vượt quá giá trị cho phép (có hiện tượng vượt tốc), rơle phân cực R_s sẽ tác động làm đóng tiếp điểm R_s , cắt các điện trở WP_2 , WP_3 làm tăng dòng điện kích từ, từ thông của động cơ tăng làm tốc độ của động cơ giảm đi, tránh được nguy cơ hư hỏng cho hàng hoá.

Qua phân tích ở trên ta nhận thấy, hệ thống điều khiển này có nhiều ưu điểm: - Tạo được rất nhiều cấp tốc độ.

- Khi hạ hàng, tốc độ khá ổn định khi tải thay đổi.
- Có khả năng tự động bảo vệ quá tải cho động cơ.
- Cấu tạo của hệ thống rất đơn giản ...

Nhược điểm của hệ thống là điều khiển rất nặng nề, gây mệt mỏi cho người sử dụng.

3.10.2. Hệ thống truyền động điện thiết bị làm hàng điện xoay chiều của hãng Siemens

Ngày nay, việc sử dụng các động cơ di bộ rôto lồng sóc 3 cấp tốc độ trong truyền động điện thiết bị làm hàng đang ngày càng nhiều. Mặc dù nguồn năng lượng điện trên tàu thủy là nguồn mềm nhưng các máy phát đồng bộ đều có trang bị các bộ tự động điều chỉnh điện áp xây dựng theo nguyên tắc phức hợp pha nên điện áp của nguồn được ổn định khá tốt. Một trạm phát điện tàu thủy có từ 2 đến 3 tổ hợp máy phát - diesel có công

suất khoảng $(170 \div 230)$ KW đủ cho phép sử dụng trực tiếp các động cơ dị bộ rôto lồng sóc có công suất tới 35 KW làm động cơ thực hiện cho thiết bị làm hàng.

Hình 3-31 giới thiệu sơ đồ nguyên lý của hệ thống truyền động điện thiết bị làm hàng của hãng Siemen. Hệ thống gồm các phần tử sau:

M_1 - Động cơ thực hiện. Đây là loại động cơ dị bộ rôto lồng sóc ba tốc độ có ba cuộn dây riêng biệt đấu sao với số đôi cực 4/ 8/ 16 công suất tương ứng 4,5/ 22/ 45 KW.

M_2 - Động cơ quạt gió.

S_{11} - Phanh điện từ. Ở đây sử dụng phanh điện từ một chiều (vì: có số lần đóng mở cho phép lớn, lực hút ổn định), nguồn một chiều cấp cho phanh nhận được từ cầu chỉnh lưu ba pha n_{11} .

m_{13} - Biến áp hạ áp 380/ 220V - 110V để cấp nguồn cho phanh điện từ và thiết bị bảo vệ quá tải.

r_{12} - Điện trở phóng điện cho cuộn phanh. Cần lưu ý rằng, với các cuộn hút điện từ một chiều nói chung, cần thiết phải có điện trở phóng điện nhằm bảo vệ cho cuộn dây khỏi bị đánh thủng do mức chênh lệch điện thế ở các vòng dây tại thời điểm quá độ.

r_{11} - Điện trở hạn chế.

$A_{11}b_{11}$ và $B_{11}b_{11}$ - Hai tay điều khiển. Hệ thống có thể được điều khiển từ hai phía với hai tay điều khiển này. Mỗi tay điều khiển có bảy vị trí, một vị trí "0" và ba vị trí về mỗi phía nâng, hạ.

b_{12} - Công tắc hành trình. Công tắc này được đặt tại cửa gió làm mát động cơ, khi cửa gió mở thì công tắc này được đóng lại.

$1b_1$ - Nút dừng khẩn cấp, được đặt ở tay điều khiển chính.

C_{16} - Công tắc tơ khống chế quạt gió.

C_{11}, C_{12} - Hai công tắc tơ khống chế đảo chiều.

C_{13}, C_{14}, C_{15} - Các công tắc tơ khống chế các tốc độ một, hai và ba.

C_{17} - Công tắc tơ khống chế mạch phanh điện từ. Đây là công tắc tơ điện từ một chiều.

d_{11} - Role trung gian thực hiện chức năng bảo vệ "không".

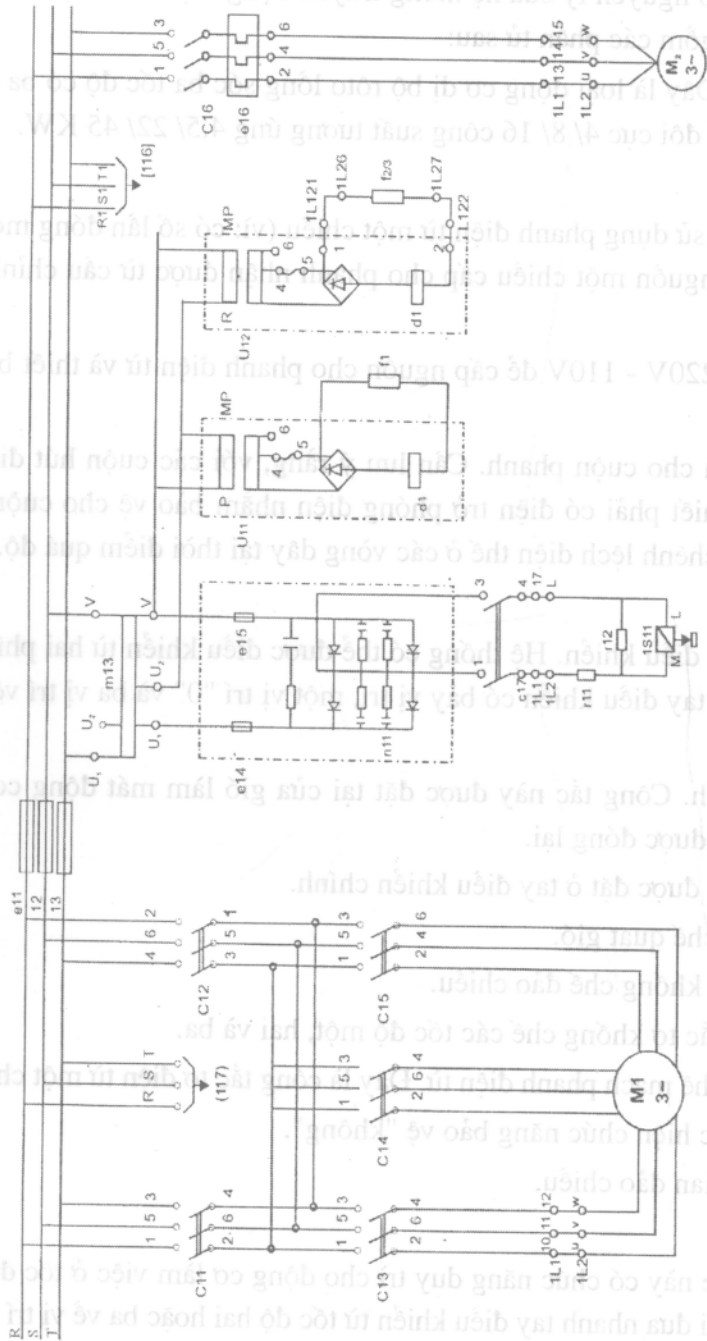
d_{12}, d_{13} - Các role trung gian đảo chiều.

d_{14} - Role trung gian.

d_{15} - Role thời gian. Role này có chức năng duy trì cho động cơ làm việc ở tốc độ một bằng thời gian trễ của nó khi đưa nhanh tay điều khiển từ tốc độ hai hoặc ba về vị trí "0".

d_{16}, d_{17} - Các role thời gian có chức năng chuyển dần từng nấc tốc độ một, hai, ba khi đưa nhanh tay điều khiển từ tốc độ "0" sang tốc độ ba.

$U_{11}d_1$ và $U_{12}d_2$ - Các phần tử cảm biến nhiệt dùng để bảo vệ quá tải chung và bảo vệ quá tải ở các cấp tốc độ cao cho động cơ.



Hình 3-31: Sơ đồ nguyên lý của hệ thống tốc độ hàng 3 tốc độ hãng SIEMEN

1. 1. 1. Là các phần tử cảm biến nhiệt. Đây là các điện trở nhiệt có hệ số nhiệt độ dương, làm nhiệt độ tăng thì điện trở tăng. Các điện trở nhiệt này được đặt trong buồng của động cơ để đo nhiệt độ của buồng đốt.

2. 2. 2. Cấu trúc và nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển. Bộ điều khiển nhận tín hiệu từ các cảm biến nhiệt và đưa ra tín hiệu điều khiển cho các phần tử chấp hành.

3. 3. 3. Sơ đồ nguyên lý của bộ điều khiển. Sơ đồ này mô tả các thành phần và kết nối của bộ điều khiển.

4. 4. 4. Nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển. Bộ điều khiển nhận tín hiệu từ các cảm biến nhiệt và đưa ra tín hiệu điều khiển cho các phần tử chấp hành.

5. 5. 5. Sơ đồ nguyên lý của bộ điều khiển. Sơ đồ này mô tả các thành phần và kết nối của bộ điều khiển.

6. 6. 6. Nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển. Bộ điều khiển nhận tín hiệu từ các cảm biến nhiệt và đưa ra tín hiệu điều khiển cho các phần tử chấp hành.

7. 7. 7. Sơ đồ nguyên lý của bộ điều khiển. Sơ đồ này mô tả các thành phần và kết nối của bộ điều khiển.

8. 8. 8. Nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển. Bộ điều khiển nhận tín hiệu từ các cảm biến nhiệt và đưa ra tín hiệu điều khiển cho các phần tử chấp hành.

9. 9. 9. Sơ đồ nguyên lý của bộ điều khiển. Sơ đồ này mô tả các thành phần và kết nối của bộ điều khiển.

10. 10. 10. Nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển. Bộ điều khiển nhận tín hiệu từ các cảm biến nhiệt và đưa ra tín hiệu điều khiển cho các phần tử chấp hành.

11. 11. 11. Sơ đồ nguyên lý của bộ điều khiển. Sơ đồ này mô tả các thành phần và kết nối của bộ điều khiển.

12. 12. 12. Nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển. Bộ điều khiển nhận tín hiệu từ các cảm biến nhiệt và đưa ra tín hiệu điều khiển cho các phần tử chấp hành.

13. 13. 13. Sơ đồ nguyên lý của bộ điều khiển. Sơ đồ này mô tả các thành phần và kết nối của bộ điều khiển.

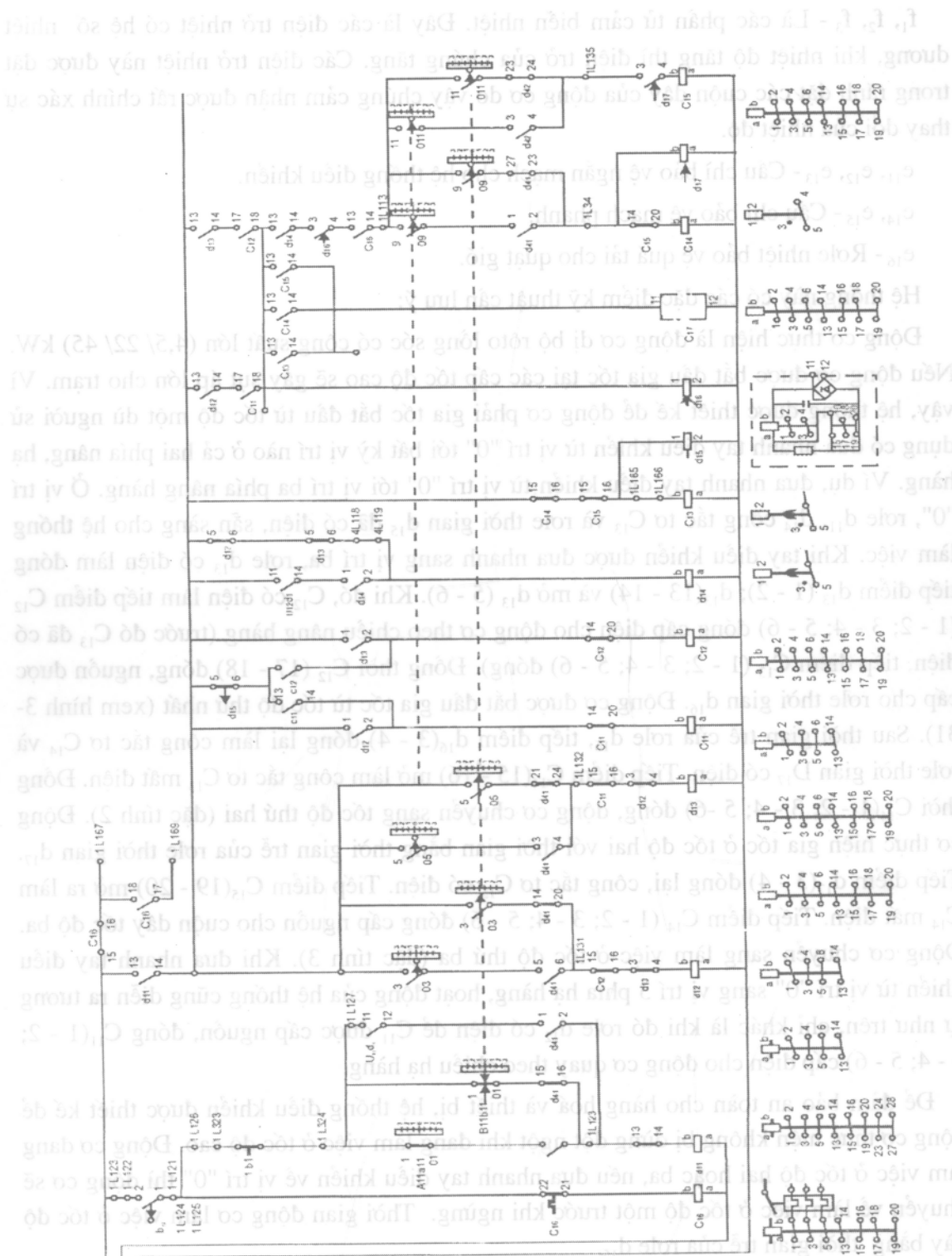
14. 14. 14. Nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển. Bộ điều khiển nhận tín hiệu từ các cảm biến nhiệt và đưa ra tín hiệu điều khiển cho các phần tử chấp hành.

15. 15. 15. Sơ đồ nguyên lý của bộ điều khiển. Sơ đồ này mô tả các thành phần và kết nối của bộ điều khiển.

16. 16. 16. Nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển. Bộ điều khiển nhận tín hiệu từ các cảm biến nhiệt và đưa ra tín hiệu điều khiển cho các phần tử chấp hành.

17. 17. 17. Sơ đồ nguyên lý của bộ điều khiển. Sơ đồ này mô tả các thành phần và kết nối của bộ điều khiển.

18. 18. 18. Nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển. Bộ điều khiển nhận tín hiệu từ các cảm biến nhiệt và đưa ra tín hiệu điều khiển cho các phần tử chấp hành.



f_1, f_2, f_3 - Là các phân tử cảm biến nhiệt. Đây là các điện trở nhiệt có hệ số nhiệt dương, khi nhiệt độ tăng thì điện trở của chúng tăng. Các điện trở nhiệt này được đặt trong rãnh đặt các cuộn dây của động cơ đo vậy chúng cảm nhận được rất chính xác sự thay đổi của nhiệt độ.

e_{11}, e_{12}, e_{13} - Cầu chì bảo vệ ngắn mạch cho hệ thống điều khiển.

e_{14}, e_{15} - Cầu chì bảo vệ mạch phanh.

e_{16} - Role nhiệt bảo vệ quá tải cho quạt gió.

Hệ thống này có các đặc điểm kỹ thuật cần lưu ý:

Động cơ thực hiện là động cơ dị bộ rôto lồng sóc có công suất lớn (4,5/ 22/ 45) kW. Nếu động cơ được bắt đầu gia tốc tại các cấp tốc độ cao sẽ gây sụt áp lớn cho trạm. Vì vậy, hệ thống được thiết kế để động cơ phải gia tốc bắt đầu từ tốc độ một dù người sử dụng có đưa nhanh tay điều khiển từ vị trí "0" tới bất kỳ vị trí nào ở cả hai phía nâng hạ hàng. Ví dụ, đưa nhanh tay điều khiển từ vị trí "0" tới vị trí ba phía nâng hạ hàng. Ở vị trí "0", role d_{11}, d_{14} công tắc tơ C_{13} và role thời gian d_{15} đã có điện, sẵn sàng cho hệ thống làm việc. Khi tay điều khiển được đưa nhanh sang vị trí ba, role d_{13} có điện làm đóng tiếp điểm $d_{13}(1 - 2); d_{13}(13 - 14)$ và mở $d_{13}(5 - 6)$. Khi đó, C_{12} có điện làm tiếp điểm $C_{12}(1 - 2; 3 - 4; 5 - 6)$ đóng cấp điện cho động cơ theo chiều nâng hạ hàng (trước đó C_{13} đã có điện, tiếp điểm $C_{13}(1 - 2; 3 - 4; 5 - 6)$ đóng). Đồng thời $C_{12}(17 - 18)$ đóng, nguồn được cấp cho role thời gian d_{16} . Động cơ được bắt đầu gia tốc từ tốc độ thứ nhất (xem hình 3-31). Sau thời gian trễ của role d_{16} , tiếp điểm $d_{16}(3 - 4)$ đóng lại làm công tắc tơ C_{14} và role thời gian D_{17} có điện. Tiếp điểm $C_{14}(15 - 16)$ mở làm công tắc tơ C_{13} mất điện. Đồng thời $C_{14}(1 - 2; 3 - 4; 5 - 6)$ đóng, động cơ chuyển sang tốc độ thứ hai (đặc tính 2). Động cơ thực hiện gia tốc ở tốc độ hai với thời gian bằng thời gian trễ của role thời gian d_{17} . Tiếp điểm $d_{17}(3 - 4)$ đóng lại, công tắc tơ C_{15} có điện. Tiếp điểm $C_{15}(19 - 20)$ mở ra làm C_{14} mất điện. Tiếp điểm $C_{14}(1 - 2; 3 - 4; 5 - 6)$ đóng cấp nguồn cho cuộn dây tốc độ ba. Động cơ chuyển sang làm việc ở tốc độ thứ ba (đặc tính 3). Khi đưa nhanh tay điều khiển từ vị trí "0" sang vị trí 3 phía hạ hàng, hoạt động của hệ thống cũng diễn ra tương tự như trên, chỉ khác là khi đó role d_{12} có điện để C_{11} được cấp nguồn, đóng $C_{11}(1 - 2; 3 - 4; 5 - 6)$ cấp điện cho động cơ quay theo chiều hạ hàng.

Để đảm bảo an toàn cho hàng hoá và thiết bị, hệ thống điều khiển được thiết kế để động cơ thực hiện không bị dừng đột ngột khi đang làm việc ở tốc độ cao. Động cơ đang làm việc ở tốc độ hai hoặc ba, nếu đưa nhanh tay điều khiển về vị trí "0" thì động cơ sẽ chuyển về làm việc ở tốc độ một trước khi ngừng. Thời gian động cơ làm việc ở tốc độ này bằng thời gian trễ của role d_{15} .

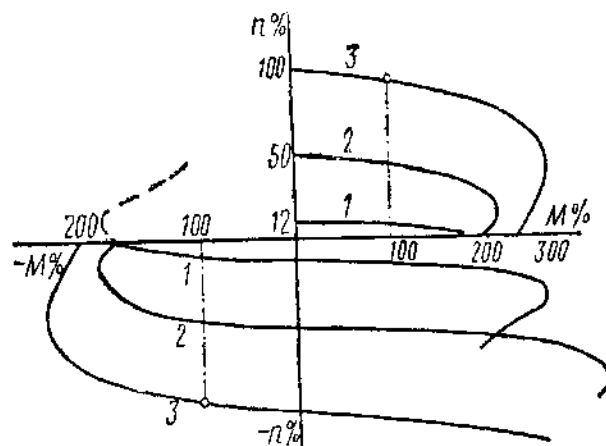
Cụ thể là: khi đưa tay điều khiển từ vị trí 3 về "0", công tắc tơ C_{15} mất điện làm $C_{15}(1 - 2; 3 - 4; 5 - 6)$ mở, ngừng cấp nguồn cho công tắc tơ C_{13} và role thời gian d_{15} . Tiếp điểm $C_{13}(1 - 2; 3 - 4; 5 - 6)$ đóng lại. Trong khi đó, công tắc tơ C_{12} (hoặc C_{11} tùy theo khi

đó đang là nâng hay hạ hàng) vẫn tiếp tục được cấp nguồn qua d_{15} (5 - 6) - C_{12} (13 - 14) - C_{11} (19 - 20) (hoặc d_{15} (5 - 6) - C_{11} (13 - 14) - C_{12} (19 - 20)) mặc dù khi đó d_{13} (hoặc d_{12}) đã mất điện. Sau một thời gian trễ, tiếp điểm d_{15} (5 - 6) mở làm C_{12} (hoặc C_{11}) mất điện. Động cơ được nhanh chóng dừng lại dưới tác dụng của phanh điện Khi đưa nhanh tay điều khiển từ vị trí 2, 3 phía nâng sang phía hạ hàng (hoặc đưa ngược lại), hệ thống có khả năng đảm bảo hoạt động theo trình tự sau:

- Động cơ thực hiện tự động chuyển về tốc độ một, sau một thời gian sẽ đảo chiều quay và gia tốc theo chiều ngược lại, bắt đầu từ tốc độ một sau chuyển dần sang tốc độ hai, ba. Trong trường hợp này, tại thời điểm đảo chiều có xảy ra quá trình hãm ngược.

- Động cơ thực hiện làm việc ở chế độ có làm mát cưỡng bức nhờ quạt gió M_2 . Nếu cửa gió không được mở thì hệ thống điều khiển không được cấp điện. Nếu quạt gió bị quá tải (do cánh quạt bị kẹt chằng hạn), rơle nhiệt e_{16} sẽ tác động làm công tắc tơ C_{16} mất điện, ngắt quạt gió khỏi lưới điện. Đồng thời C_{16} (13 - 14) mở ra. Động cơ thực hiện chỉ làm việc được ở tốc độ thứ nhất.

- Khi động cơ đang làm việc ở các cấp tốc độ cao, vì lý do nào đó bị quá tải, điện trở của điện trở nhiệt $f_{2,3}$ tăng lên, rơle d_1 không duy trì được trạng thái đóng, tiếp điểm $U_{12}d_1$ (11 - 14) mở ra làm rơle trung gian d_{14} mất điện, tiếp điểm d_{14} (13 - 14) mở ra, động cơ sẽ tự động chuyển từ tốc độ cao về tốc độ thứ nhất. Nếu động cơ còn tiếp tục bị quá tải thì điện trở của f_1 tăng làm d_1 không còn khả năng giữ tắt động, tiếp điểm U_1d_{11} (11 - 12) mở ra làm rơle d_{11} mất điện. Tiếp điểm d_{11} (13 - 14) mở làm toàn bộ hệ thống điều khiển mất điện. Động cơ bị ngắt khỏi lưới điện. Khi động cơ đã được chuyển về làm việc ở tốc độ thứ nhất, nếu tay điều khiển vẫn để ở vị trí 2, 3 thì khi hết quá tải động cơ sẽ tự động chuyển sang làm việc ở các tốc độ thứ hai, thứ ba.



Hình 3-32. Đặc tính cơ của động cơ thực hiện

Qua phân tích những đặc điểm kỹ thuật vừa nêu trên, chúng ta nhận thấy hệ thống có các ưu nhược điểm: tạo được các cấp tốc độ phù hợp với trạng thái tải của hệ thống. Có các quá trình tự động hoá hợp lý để đảm bảo tối đa về an toàn cho hàng hoá, thiết bị, hợp lý hoá quá trình điều khiển. Việc điều khiển hệ thống được thực hiện dễ dàng, thuận

tiện và tiêu tốn ít năng lượng. Trọng lượng và kích thước của thiết bị điều khiển tăng do số lượng các khí cụ lớn ...

§3-11. TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN VỚI THIRISTO DÙNG CHO THIẾT BỊ LÀM HÀNG CÓ CÔNG SUẤT LỚN

Ngày nay, kỹ thuật điện tử đang ngày càng phát triển mạnh mẽ, các kỹ thuật điều khiển hiện đại đang ngày càng hoàn thiện và được áp dụng rộng khắp trong mọi lĩnh vực sản xuất. Bên cạnh đó, công nghệ chế tạo các linh kiện bán dẫn cũng đã đạt được những thành tựu to lớn. Việc chế tạo thành công các linh kiện bán dẫn công suất lớn (diod, thiristo, diac, triac...) đã cho phép các nhà thiết kế chế tạo thiết lập được các bộ biến đổi công suất lớn dùng để điều khiển các động cơ điện, hình thành hệ thống truyền động điện van - động cơ. So với các hệ thống truyền động điện sử dụng thuần túy các khí cụ có cực tiếp xúc, hệ thống này có các ưu điểm nổi bật:

- Độ ồn trong công tác nhỏ;
- Không làm phát sinh ra tia lửa điện do không có quá trình đóng mở các cực tiếp xúc ở mạch động lực;
- Trọng lượng và kích thước của hệ thống giảm đáng kể;
- Đặc biệt là có thể sử dụng động cơ điện một chiều để làm việc với lưới điện xoay chiều.

Với truyền động điện thiết bị làm hàng nói riêng và với các truyền động điện đòi hỏi có nhiều cấp tốc độ, điều chỉnh lạng, rộng,... thì điều này có ý nghĩa rất lớn vì nó cho phép tận dụng hết ưu điểm của động cơ điện một chiều. Mặt khác, với hệ thống truyền động điện này, chỉ với động cơ điện dẹt bộ một cuộn dây ta cũng tạo được nhiều cấp tốc độ khác nhau.

Tuy nhiên, hệ thống cũng có những nhược điểm:

- Các phần tử bán dẫn rất nhạy cảm với nhiệt độ môi trường. Vì vậy thiết bị điều khiển cần được bố trí trong môi trường có nhiệt độ ổn định và không quá cao.
- Đầu tư ban đầu cao.
- Các thiết bị bảo vệ cho hệ thống phải có độ nhạy cao,...

3.11.1. Sơ đồ khối của hệ thống

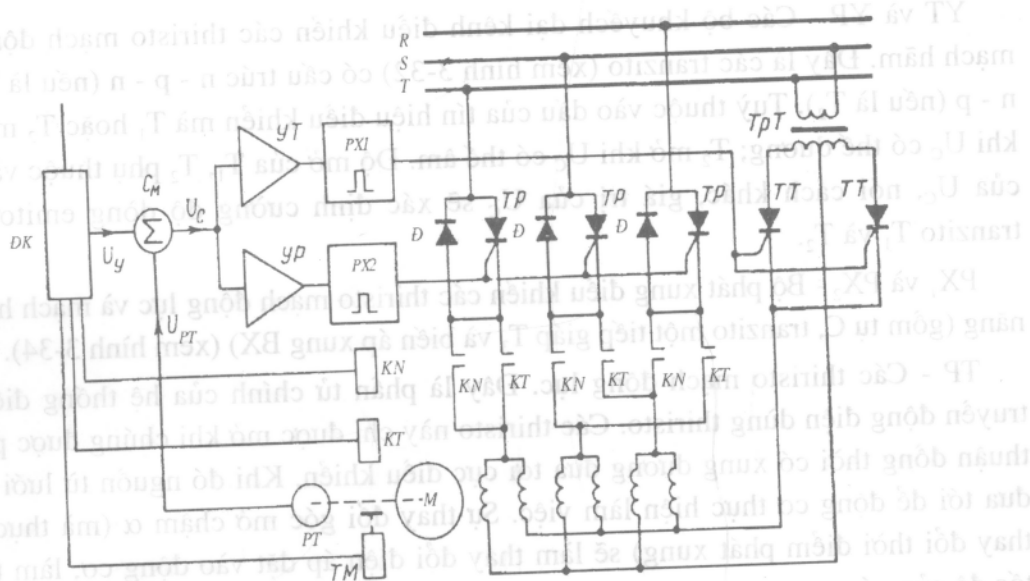
Hình 3-33 mô tả sơ đồ khối của hệ thống truyền động điện thiristo điều khiển thiết bị làm hàng tàu thủy của hãng ASEA. Đây là hệ thống dùng để điều khiển động cơ điện dẹt bộ rôto lồng sóc một cuộn dây, đảo chiều nhờ công tắc tơ, có thực hiện hãm động năng kích từ ngoài.

Hệ thống truyền động điện dạng này đang được sử dụng ngày càng rộng rãi trên các tàu vận tải container. Tải của hệ thống có thể đến 18 tấn.

Hệ thống gồm các phần tử:

M - Động cơ thực hiện. Đây là động cơ dị bộ rôto lồng sóc một cấp tốc độ. Ở mỗi pha, cuộn dây stato đều gồm hai cuộn, các cuộn dây này được mắc thành một hệ sao kép. Nguồn cấp cho M, là nguồn xoay chiều ba pha có điện áp thay đổi được nhờ thay đổi góc mở chậm α của các thiristo. Động cơ được đảo chiều nhờ các công tắc tơ.

TM - Phanh điện từ. Việc cấp nguồn cho phanh điện từ được thực hiện nhờ tay điều khiển. Phanh được cấp nguồn ở mọi vị trí của tay điều khiển trừ vị trí "0".



Hình 3-33. Sơ đồ khối của hệ thống truyền động điện thiết bị làm hàng hăng ASEA.

KN, KT - Các công tắc tơ đảo chiều. Khi đưa tay điều khiển về phía nâng hàng thì KN có điện, phía hạ hàng thì KT có điện. Các công tắc tơ này có các khoá liên động về điện hoặc liên động cơ khí để tránh hoạt động đồng thời vì bất cứ lý do gì.

PT - Máy phát tốc. Đây là máy phát tốc xoay chiều, có bộ nắn điện để lấy tín hiệu phản hồi âm tốc độ nhằm ổn định tốc độ cho hệ thống. Máy phát tốc được lai đồng trục với động cơ thực hiện.

ĐK - Tay điều khiển. Ngoài vị trí "0", tay điều khiển này có 6 vị trí ứng với 6 tốc độ về mỗi phía nâng hoặc thả hàng. Tốc độ quay ở mỗi vị trí được cho biết trong bảng sau:

Vị trí tay điều khiển	1	2	3	4	5	6
Giá trị tốc độ quay theo % tốc độ định mức	10,7	23,6	36,6	49,4	63,2	100

Tốc độ quay của động cơ được đặt bởi điện áp điều khiển U_Y . Thay đổi điện áp điều khiển được thực hiện nhờ biến trở đặt trong tay điều khiển ĐK. Ngoài ra, ở tất cả các vị

trí công tác của tay điều khiển đều đảm bảo được việc cấp nguồn cho các công tác tơ đảo chiều KN, KT theo chiều quay tương ứng và cho phanh điện từ TM.

C_M - Bộ cộng tín hiệu (điện trở R_1 - xem hình 3-32). Bộ cộng tín hiệu được lắp theo mạch nối tiếp ngược giữa điện áp điều khiển U_Y với tín hiệu phản hồi U_{PT} lấy từ máy phát tốc PT (phản hồi âm). Tín hiệu ở cửa ra của bộ cộng U_C có dấu phụ thuộc vào độ lớn của các điện áp tín hiệu thành phần:

$$U_C = U_Y - U_{PT}$$

YT và YP - Các bộ khuếch đại kênh điều khiển các thiristo mạch động lực và mạch hãm. Đây là các tranzito (xem hình 3-32) có cấu trúc n - p - n (nếu là T_1) và p - n - p (nếu là T_2). Tùy thuộc vào dấu của tín hiệu điều khiển mà T_1 hoặc T_2 mở: T_1 mở khi U_C có thể dương; T_2 mở khi U_C có thể âm. Độ mở của T_1 , T_2 phụ thuộc vào độ lớn của U_C , nói cách khác, giá trị của U_C sẽ xác định cường độ dòng emitơ của các tranzito T_1 và T_2 .

PX₁ và PX₂ - Bộ phát xung điều khiển các thiristo mạch động lực và mạch hãm động năng (gồm tụ C, tranzito một tiếp giáp T_3 và biến áp xung BX) (xem hình 3-34).

TP - Các thiristo mạch động lực. Đây là phần tử chính của hệ thống điều khiển truyền động điện dùng thiristo. Các thiristo này chỉ được mở khi chúng được phân cực thuận đồng thời có xung dương đưa tới cực điều khiển. Khi đó nguồn từ lưới sẽ được đưa tới để động cơ thực hiện làm việc. Sự thay đổi góc mở chậm α (mà thực chất là thay đổi thời điểm phát xung) sẽ làm thay đổi điện áp đặt vào động cơ, làm thay đổi tốc độ của nó.

Đ - Các diod động lực có nhiệm vụ khép kín mạch động lực ở các pha.

TT - Các thiristo mạch hãm. Các thiristo này được mắc theo sơ đồ nắn điện hai nửa chu kỳ tạo ra nguồn điện một chiều để thực hiện hãm động năng. Giá trị dòng kích từ và kết quả của quá trình hãm được điều chỉnh do thay đổi góc mở chậm của thiristo. Các thiristo mạch hãm được điều khiển giống như các thiristo ở mạch động lực. Cần phải lưu ý rằng hệ thống phải được thiết kế có các khoá liên động để khi điều khiển thì chỉ có các thiristo mạch động lực hoặc các thiristo mạch hãm hoạt động tùy thuộc vào dấu của tín hiệu điều khiển.

TPT - Biến áp hạ áp cấp nguồn kích từ cho mạch hãm động năng.

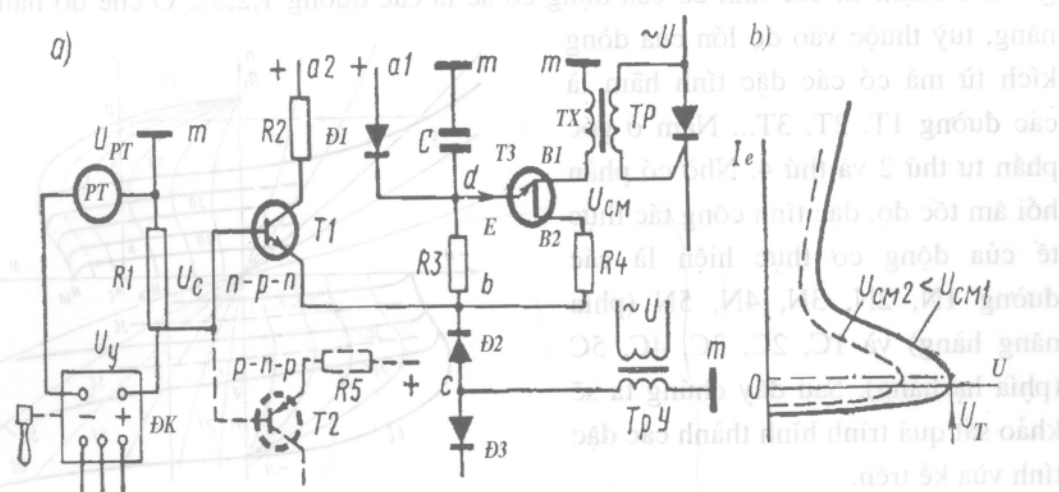
3.11.2. Sơ đồ điều khiển thiristo đơn giản

Hình 3-34 mô tả sơ đồ nguyên lý của hệ thống điều khiển thiristo cho một pha của mạch động lực. Điều khiển thiristo được thực hiện theo nguyên tắc xung pha. Sự hình thành xung điều khiển đưa tới cực điều khiển của thiristo được thực hiện nhờ bộ phát xung. Đóng vai trò chính trong bộ phát xung là tụ C, tranzito một tiếp giáp (UJT) T_3 và biến áp xung BX. Trong sơ đồ này, tranzito T_1 và T_2 đóng vai trò của các bộ khuếch đại

chọn kênh điều khiển. Tùy thuộc vào dấu của tín hiệu điều khiển nhận được sau bộ cộng U_C mà T_1 và T_2 sẽ quyết định cho phát xung điều khiển tới mạch động lực TP hay mạch hãm TT. Điện trở R_1 đóng vai trò bộ cộng các điện áp điều khiển U_Y và điện áp phản hồi từ máy phát tốc PT.

Từ sơ đồ hình 3-34 ta thấy tụ C được nạp từ ba nguồn:

- Nguồn cố định: $+a_1 - D_1 - d - c - m$.
- Nguồn đồng bộ: từ thứ cấp biến áp đồng bộ $Tpy - D_2 - R_3 - d - c$.
- Nguồn một chiều thay đổi: $+a_2 - T_1 - R_3 - b - d - c$.



Hình 3-34. Sơ đồ nguyên lý của mạch tạo xung đơn giản
a) Sơ đồ nguyên lý; b) Đặc tính Von-Ampe của UJT.

Tùy thuộc vào độ lớn của tín hiệu điều khiển đưa tới cực gốc của T_1 mà dòng emitor của nó có giá trị khác nhau.

Khi tụ C được nạp đến một giá trị điện áp đủ lớn (U_T) thì tranzito một tiếp giáp mở. Tụ C phóng điện qua EB_1 - sơ cấp biến áp xung Tx. Từ thứ cấp biến áp, một xung dương được đưa tới cực điều khiển của thiristo. Như vậy, độ lớn của tín hiệu điều khiển đưa tới cực gốc của T_1 , T_2 sẽ quyết định thời gian nạp tụ C đến giá trị điện áp U_T , cũng có nghĩa là U_C sẽ quyết định thời điểm phát xung để mở thiristo.

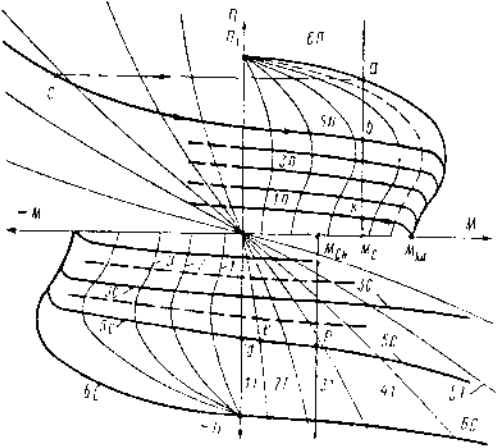
Nếu dòng emitor của T_1 có giá trị đủ lớn (tùy thuộc vào tín hiệu điều khiển U_C) thì quá trình nạp cho tụ C có thể kết thúc khi bắt đầu nửa chu kỳ dương của điện áp nguồn. Thiristro được phân cực thuận và có xung điều khiển tới cực điều khiển sẽ mở ra. Trong trường hợp như vậy, không cần thiết phải có thêm nguồn nạp đồng bộ theo đường $m - c - b - d$ nữa. Khi tín hiệu điều khiển nhỏ, dòng emitor của T_1 không đủ nạp cho C đạt đến U_T ứng với thời điểm bắt đầu nửa chu kỳ dương của điện áp nguồn thì cần thiết phải có nguồn nạp từ biến áp đồng bộ $c - b - d$ để đảm bảo sự đồng bộ giữa thời điểm phát xung

và sự phân cực thuận của thiristo. Góc mở chậm α của thiristo phụ thuộc vào thời điểm phát xung của bộ tạo xung. Độ lớn của nó phụ thuộc vào điện áp điều khiển U_c lấy từ sau bộ cộng. Nếu điện áp điều khiển U_y càng nhỏ thì góc mở chậm α càng lớn, điện áp đặt vào động cơ càng nhỏ và ngược lại.

3.11.3. Nguyên lý hoạt động của hệ thống và đặc tính cơ của động cơ thực hiện.

Đặc tính cơ của động cơ thực hiện được trình bày trên hình 3-35.

Khi đặt toàn bộ điện áp nguồn vào động cơ thực hiện thì đặc tính của nó là các đường 6N (phía nâng hàng) và 6C (phía hạ hàng). Khi giảm điện áp vào động cơ nhờ thay đổi góc mở chậm α , đặc tính cơ của động cơ sẽ là các đường 1,2,3... Ở chế độ hãm động năng, tùy thuộc vào độ lớn của dòng kích từ mà có các đặc tính hãm là các đường 1T, 2T, 3T... Nằm ở góc phần tư thứ 2 và thứ 4. Nhờ có phản hồi âm tốc độ, đặc tính công tác thực tế của động cơ thực hiện là các đường 1N, 2N, 3N, 4N, 5N (phía nâng hàng) và 1C, 2C, 3C, 4C, 5C (phía hạ hàng). Sau đây chúng ta sẽ khảo sát quá trình hình thành các đặc tính vừa kể trên.



Hình 3-35. Đặc tính cơ của động cơ thực hiện

Ví dụ: tay điều khiển được đặt ở vị trí I phía nâng hàng.

Ở vị trí này, điện áp của tín hiệu điều khiển là U_{y1} có giá trị tương ứng với tốc độ quay của động cơ là 10,7%ndm. Tại thời điểm bắt đầu, tốc độ n của động cơ bằng 0, sức điện động của máy phát tốc chưa có, $E_{PT} = 0$. Sau bộ so sánh ta có $U_c = U_{y1}$ và có thể dương (xem hình 3-34). $U_c = U_{y1}$ được đưa tới cực gốc T_1 và T_2 làm T_1 dẫn còn T_2 khoá. T_1 dẫn sẽ làm bộ phát xung điều khiển các thiristo mạch động lực TP phát xung để mở các thiristo này. Giá trị của U_{y1} được tính toán lựa chọn thích hợp để thời điểm phát xung của bộ phát xung trùng với thời điểm đầu của nửa chu kỳ dương của điện áp nguồn. Do đó, khi các thiristo mạch động lực mở, tại thời điểm bắt đầu, toàn bộ điện áp nguồn được đưa tới động cơ thực hiện. Động cơ được khởi động với mômen khởi động của đặc tính cơ tự nhiên, đủ lớn để gia tốc cho toàn bộ hệ thống và tải. Cùng với sự xuất hiện và tăng dần của tốc độ động cơ n , tín hiệu phản hồi E_{PT} cũng tăng dần. $U_{c1} = U_{y1} - U_{PT1}$ sẽ giảm dần. Thế dương đưa tới cực gốc của T_1 giảm dần làm dòng emitor của nó giảm dần. Quá trình nạp cho tụ C bị kéo dài dần, thời điểm phát xung của bộ tạo xung chậm dần làm góc mở chậm α tăng dần. Kết quả là điện áp đặt vào động cơ thực hiện giảm dần. Như vậy, nhờ có phản hồi âm tốc độ, động cơ không gia tốc trên đường đặc

tính 6N mà theo đường 1N. Tại K, mômen quay của động cơ cân bằng với mômen cản, động cơ làm việc ổn định với tốc độ thứ nhất.

Khi đưa tay điều khiển sang vị trí thứ II, ta có $U_{Y2} > U_{Y1}$, vì vậy: $U_{C2} = U_{Y2} - U_{PT1} > U_{C1}$. Khi đó, T_1 dẫn nhiều hơn làm dòng emitter của nó lại tăng lên. Thời gian nạp cho tụ được rút ngắn lại, bộ tạo xung sẽ phát xung sớm hơn, góc mở chậm α nhỏ đi. Kết quả là điện áp đặt vào động cơ tăng lên đủ để động cơ tiếp tục gia tốc từ đặc tính cơ gốc 6N. Tốc độ động cơ bắt đầu tăng làm E_{PT} tăng dần, đồng thời với nó là sự giảm dần của U_{C2} . Động cơ được gia tốc theo đường 2N đến điểm công tác ổn định mới ứng với tốc độ thứ hai.

Hệ thống hoạt động tương tự như trên khi tay điều khiển được đưa dần sang các vị trí III, ..., VI. Ở vị trí VI của tay điều khiển, U_{Y6} được chọn có giá trị đủ lớn để U_{C6} điều khiển bộ tạo xung phát xung mở các thiristo với góc mở chậm α nhỏ nhất cho phép. Động cơ được gia tốc trên đặc tính gốc 6N và công tác ổn định tại a.

Khi chuyển sang chế độ hạ hàng, tay điều khiển được đưa theo chiều ngược lại. Cùng với việc cấp điện cho động cơ tương tự như trên, công tắc tơ đảo chiều cũng được cấp điện, nguồn tới động cơ được đảo hai trong ba pha để đảo chiều quay cho động cơ. Hoạt động của hệ thống diễn ra tương tự như khi điều khiển nâng hàng. Khi hạ hàng do tải là tải thế năng, động cơ được gia tốc nhanh hơn và trong hệ thống sẽ có thời điểm diễn ra trạng thái $U_Y = U_{PT}$, khi đó $U_C = 0$. Ở thời điểm ấy cả hai kênh điều khiển đều khoá. Các thiristo TP và TT đều không dẫn, điện áp đặt vào động cơ bằng 0; mômen quay của động cơ $M = 0$ (ví dụ đang hạ hàng ở tốc độ thứ 5 thì thời điểm đó ứng với điểm d trên đường đặc tính 5C). Do ảnh hưởng của tải, động cơ tiếp tục được gia tốc, khi đó U_{PT} trở lên lớn hơn U_Y vì vậy: $U_C = U_Y - U_{PT} < 0$. Tín hiệu điều khiển có thể âm đưa tới cực gốc của T_1 và T_2 làm T_1 khoá còn T_2 bắt đầu dẫn. Kênh điều khiển phát xung cho mạch hãm động năng bắt đầu hoạt động. Ban đầu do $(-U_C)$ còn có giá trị nhỏ, thời gian nạp cho tụ C còn dài, xung được phát muộn nên góc mở chậm α của các thiristo TT còn lớn, điện áp kích từ thực hiện hãm động năng còn nhỏ. Đặc tính hãm là đường 1T (điểm thực hiện hãm là điểm e - đường đặc tính 5C). Do tải chưa cân bằng với mômen hãm của động cơ, tốc độ của động cơ tiếp tục tăng làm E_{PT} tăng dần đến $(-U_C)$ tiếp tục tăng, ta có các đặc tính hãm 2T, 3T, ... do điện áp kích từ tăng dần. Khi mômen hãm của động cơ cân bằng với mômen cản của tải, động cơ sẽ hạ hàng với tốc độ ổn định (ví dụ: điểm P trên đường đặc tính 5C).

Khi chuyển tay điều khiển từ vị trí có tốc độ cao về vị trí có tốc độ thấp. Ví dụ, từ tốc độ thứ 6 về tốc độ thứ 5, sẽ có quá trình hãm động năng tự động diễn ra trong hệ thống. Thật vậy, khi động cơ đang công tác ở tốc độ thứ 6 với tốc độ na, tín hiệu phản hồi từ máy phát tốc đưa về bộ so sánh là U_{PTa} . Khi đưa tay điều khiển về vị trí V, tín hiệu điều khiển là U_{Y5} có giá trị nhỏ hơn nhiều so với U_{PTa} . Do vậy, U_C có thể âm và có giá trị

khá lớn. Với $(-U_c)$, kênh phát xung điều khiển mạch động lực bị khoá còn kênh phát xung mạch hãm động năng bắt đầu làm việc. Tại thời điểm ban đầu, do $(-U_c)$ lớn nên các thiristo TT mở với góc mở chậm nhỏ. Dòng kích từ hãm có cường độ lớn tạo ra mômen hãm lớn (điểm c). Do có mômen hãm lớn, tốc độ động cơ giảm dần: $U_c = U_{ys} - U_{PTa}$ giảm dần làm góc mở chậm α của các thiristo TT tăng dần. Khi đó, dòng kích từ hãm giảm dần sẽ làm mômen hãm giảm dần. Khi $U_{PT} = U_{ys}$ thì $U_c = 0$. Cả hai kênh điều khiển đều khoá. Điện áp đặt vào động cơ $U = 0$. Mômen quay của động cơ $M=0$. Do ảnh hưởng của tải, tốc độ động cơ tiếp tục giảm, $U_{PT} < U_{ys}$ làm U_c có giá trị dương. Kênh điều khiển hãm động năng bị khoá, ngừng phát xung, các thiristo TT ngừng dẫn. Kênh điều khiển mạch động lực bắt đầu làm việc, các thiristo TP mở. Động cơ trở lại làm việc ở chế độ động cơ, quá trình hãm động năng tự động kết thúc. Do tác dụng của tải, tốc độ động cơ giảm dần, U_{PT} giảm dần làm U_c tăng dần. Điện áp đặt vào động cơ tăng dần làm mômen quay của động cơ tăng dần. Tới b, mômen quay cân bằng với mômen cản, động cơ công tác với tốc độ ổn định.

Khi động cơ đang làm việc ở một tốc độ nào đó, nếu đưa tay điều khiển về vị trí 0 thì $U_y = 0$. Do quán tính, động cơ còn quay nên máy phát tốc tiếp tục đưa tín hiệu về bộ cộng. Khi đó $U_c < 0$, các thiristo mạch động lực TP bị khoá còn các thiristo mạch hãm động năng mở. động cơ được hãm động năng kết hợp với phanh điện từ để dừng động cơ.

Chương IV

TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN THIẾT BỊ BƠM QUẠT GIÓ

§4.1. ĐẶC TÍNH CHUNG CỦA THIẾT BỊ BƠM, QUẠT GIÓ

Trên tàu thủy, truyền động điện thiết bị bơm quạt điện xếp vào nhóm máy phụ quan trọng. Ta đã biết, truyền động điện các máy phụ trên tàu tiêu thụ tới 90% tổng công suất của toàn trạm, trong đó nhóm máy phụ buồng máy chiếm tới 50%. Ở những tàu chuyên dụng (ví dụ như tàu chở dầu...) truyền động điện thiết bị bơm quạt gió có một ý nghĩa đặc biệt quan trọng và công suất mà chúng tiêu tốn cũng khá lớn.

Truyền động điện thiết bị bơm quạt trên tàu thủy thực hiện các chức năng:

- Phục vụ cho hành trình của con tàu: Các loại bơm dầu đốt, dầu bôi trơn cho máy chính, máy nén khí, các loại bơm nước làm mát.
- Đảm bảo an toàn khi chạy tàu: Các loại bơm chuyển dầu đốt, dầu nhớt, bơm la canh, bơm balát, bơm cứu hoả...
- Đảm bảo sinh hoạt cho thuyền viên: Các quạt thông gió ở phòng ở, các nơi sinh hoạt công cộng, các bơm nước sinh hoạt...
- Phục vụ cho khai thác: Các loại bơm thuỷ lực của thiết bị làm hàng, bơm chuyển dầu ở các tàu chở dầu, các quạt gió thông gió hầm hàng...

Các loại bơm, quạt có hai tham số cơ bản: lưu lượng và chiều cao cột áp.

Lưu lượng là lượng chất lỏng hoặc chất khí đi qua tiết diện của đường ống ra trong một đơn vị thời gian. Thường lấy đơn vị là m^3/s ; m^3/ph ; m^3/h hay kg/s ; tấn/giờ... Trên tàu thủy thường sử dụng nhóm bơm, quạt có lưu lượng thay đổi trong phạm vi rộng từ một vài $m^3/giờ$ đến hàng nghìn $m^3/giờ$. Lưu lượng được ký hiệu là Q .

Chiều cao cột áp: Ký hiệu là H - là năng lượng để chuyển tải một đơn vị trọng lượng chất lỏng hoặc chất khí qua bơm quạt. H thường được đo bằng độ cao cột chất lỏng hay chất khí được bơm. Năng lượng này nhằm đảm bảo tốc độ cần thiết cho chất lỏng hoặc khí được bơm và thắng được sức cản trên đường ống. Đơn vị đo chiều cao cột áp là m hoặc milimét cột nước, tương ứng là KG/cm^2 hoặc KG/m^2 .

Ở 0^0C - một mét chiều cao cột nước = $0,1KG/cm^2 = 0,1at$

1mm chiều cao cột nước = $1KG/m^2$

Ở 20^0C - 10,3m chiều cao cột nước = $1KG/cm^2$.

Chiều cao cột áp của các loại quạt thường nằm trong phạm vi từ (50 ÷ 300)mm chiều cao cột áp, các loại bơm (5 ÷ 30) mm chiều cao cột áp.

§4.2. PHÂN LOẠI BƠM VÀ QUẠT GIÓ.

Để phân loại bơm, quạt chúng ta có thể dựa vào nhiều cơ sở.

- Theo nguyên lý công tác: Có bơm quạt ly tâm, hướng tâm, bơm biến lượng, bơm piston... Trên tàu thủy hầu như có sử dụng đầy đủ các loại bơm quạt này (ví dụ: bơm lacanh - dùng bơm piston; các loại quạt - quạt ly tâm, bơm dầu máy lái - bơm biến lượng hình sao...)

- Theo công dụng: Gồm các loại bơm phục vụ cho máy chính, các loại bơm quạt phục vụ cho các mục đích khác (đảm bảo an toàn, phục vụ cho sinh hoạt của thuyền viên...)

- Theo áp lực công tác có thể phân thành ba loại:

- Áp suất thấp: Nhỏ hơn 5 KG/cm²
- Áp suất trung bình: Trong khoảng (5 ÷ 50) KG/cm²
- Áp suất cao: Lớn hơn 50 KG/cm²

- Theo lưu lượng có thể phân thành:

- Bơm có lưu lượng thấp: Dưới 20 m³/giờ
- Bơm có lưu lượng trung bình: Từ (20 ÷ 40) m³/giờ
- Bơm có lưu lượng cao: Lớn hơn 40 m³/giờ.

Tàu thủy thường dùng nhóm bơm có lưu lượng trong khoảng (20 ÷ 60) m³/giờ. Các loại bơm có lưu lượng lớn thường được dùng làm bơm tuần hoàn, bơm chống thùng ... Loại này có thể có lưu lượng đến 10.000 m³/giờ. Ở các tàu chở dầu bơm dầu để làm hàng có lưu lượng đến 20.000 ÷ 25.000 m³/giờ. Quạt gió ở trên tàu thường có lưu lượng trong khoảng (100 ÷ 10.000) m³/giờ.

Ngoài ra, chúng ta còn có thể phân loại bơm quạt theo loại dòng điện (một chiều hay xoay chiều), theo chiều lắp đặt (đặt đứng hay nằm ngang)... Chúng ta có thể tham khảo các bảng thống kê sau đây của các loại bơm, quạt thường dùng trên tàu thủy. Ở đây ta có thể thấy được mục đích sử dụng lưu lượng và chiều cao cột áp của các loại bơm và quạt này.

Tên gọi các loại bơm	Chức năng	Q (m ³ /giờ)	H (kg/m ³)
Bơm nhiên liệu	Cung cấp nhiên liệu cho máy chính		20 ÷ 40
Bơm dầu nhờn	Bôi trơn và làm mát máy chính		8 ÷ 200
Bơm nước làm mát	Làm mát cho máy chính		15 ÷ 40

Tên gọi các loại bơm	Chức năng	Q (m ³ /giờ)	H (kg/m ³)
Bơm cung cấp	Cấp nước nổi hơi hoặc kết thường trực	20 ÷ 300	30 ÷ 80
Bơm tuần hoàn	Tuần hoàn nước nóng để hâm máy chính	2500 ÷ 7500	5 ÷ 9
Bơm balat	Bơm nước làm cân tàu, dần tàu, cứu hoả	500	15 ÷ 25
Bơm la canh	Bơm nước la canh hầm hàng, buồng máy	15 ÷ 200	15 ÷ 25
Bơm cứu hoả, chống thùng	Bơm nước để chữa cháy, bơm nước ở các hầm bị thùng	30 ÷ 1000	8 ÷ 200
Bơm vệ sinh	Cấp nước để làm vệ sinh	1 ÷ 50	20 ÷ 60
Bơm dầu làm hàng	Bơm dầu làm hàng ở các tàu chở dầu	50 ÷ 1600	70 ÷ 100

§4.3. BƠM QUẠT LY TÂM VÀ CÁC ĐẶC TÍNH CỦA NÓ

4.3.1. Đặc điểm của bơm, quạt ly tâm

Bơm quạt ly tâm được sử dụng rất rộng rãi bởi chúng có các ưu điểm sau:

- Dễ lắp đặt, dễ dàng phối hợp chúng với các loại động cơ điện.
- Làm việc ở tốc độ cao (từ 1000 ÷ 3000 v/p) vì vậy dễ lựa chọn động cơ có thể làm việc được với nhiều loại động cơ khác nhau có trọng lượng và kích thước nhỏ hơn bơm piston có cùng công suất (nhẹ hơn từ 3 ÷ 4 lần).

- Có lưu lượng ra liên tục.

- Có thể làm việc an toàn, tin cậy ở môi trường có nhiều tạp chất, bẩn. Có thể tăng được chiều cao cột áp bằng cách ghép nối tiếp các rôto và tăng lưu lượng bằng cách ghép song song các rôto của bơm.

Tuy nhiên, bơm ly tâm có nhược điểm là không có khả năng tự hút. Nếu cửa hút ở xa bơm thì trước khi cho bơm hoạt động cần đổ đầy chất lỏng công tác vào đường ống hút.

4.2.3. Chiều cao cột áp toàn phần của bơm quạt ly tâm

4.3.2a. Dùng phương trình Ôle để xác định chiều cao cột áp

Chế độ làm việc của bơm quạt ly tâm được xác định bằng chiều cao cột áp và lưu lượng của nó. Việc tính toán xác định giá trị và mối quan hệ giữa các đại lượng này có một ý nghĩa rất quan trọng. Phương trình Ôle xác định chiều cao cột áp lý thuyết toàn phần (bỏ qua các tổn hao) của bơm ly tâm, không giới hạn số cánh bơm của rôto. Thực tế là khi qua rôto, dòng chất lỏng được chia thành vô số các tia nhỏ li ti và có khả năng tạo ra dòng xoáy trong buồng bơm gây ra tổn hao chiều cao cột áp. Theo phương trình Ôle ta có:

$$H_{T\infty} = \underbrace{\frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} + \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g}}_I + \underbrace{\frac{C_2^2 - C_1^2}{2g}}_{II} \quad (4-1)$$

(m cột chất lỏng)

Trong đó:

I - Chiều cao cột áp tĩnh, được tạo ra bởi hiệu thế năng của mức chất lỏng.

II - Chiều cao cột áp động, được tạo bởi động năng của chất lỏng công tác.

Chiều cao cột áp động được xem như là áp lực của gió hoặc của dòng chất lỏng ở cửa ra của bơm. Tốc độ di chuyển của không khí hoặc chất lỏng công tác là do tác dụng của dòng li tâm. Do trọng lượng của không khí hoặc chất lỏng công tác trong buồng bơm sẽ tạo thành áp lực tĩnh.

U_1 và U_2 - Tốc độ di chuyển của chất lỏng ở cửa vào và cửa ra của bơm, m/s (xem hình 4 - 1).

W_1 và W_2 - Tốc độ tương đối của chất lỏng ở cửa vào và cửa ra, m/s.

C_1 và C_2 - Tốc độ tuyệt đối của chất lỏng ở cửa vào và cửa ra, m/s. Tốc độ này được tính bằng tổng hình học của tốc độ di chuyển U_1, U_2 và tốc độ tương đối W_1 và W_2 .

g - Gia tốc trọng trường, m/s².

Đối với quạt gió, việc tính chiều cao cột áp động có khác một chút so với bơm li tâm. Chúng ta đã biết, chiều cao hoặc là tổn hao của nó được xác định bằng cột chất khí hoặc chất lỏng được chuyển qua bơm, quạt. Để quy đổi về cột nước thì trong biểu thức tính chiều cao cột áp động cần phải có thêm tỷ số giữa trọng lượng riêng của chất lỏng hoặc chất khí với trọng lượng riêng của nước (ví dụ là không khí thì phải có thêm thành phần γ_K/γ_n). Ngoài ra khi chuyển từ mét chất lỏng thành mm thì cần phải nhân kết quả với 1000. Khi đó ta có:

$$\frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} \cdot \frac{\gamma_K}{\gamma_n} 1000 = \rho_K \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g}$$

Vì $\gamma_n = 1000 \text{ KG/m}^3$ và $\gamma_K/g = \rho_K$.

Vậy phương trình tính chiều cao cột áp cho quạt gió sẽ là:

$$H_{T\infty} = \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} - \frac{W_2^2 - W_1^2}{2g} - \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} \rho_K \quad (\text{mm cột nước})$$

4.3.2b. Tính chiều cao cột áp thực tế

Trong thực tế, để xác định chiều cao cột áp của bơm hoặc quạt gió, người ta thường sử dụng một vài phương pháp khác, đơn giản hơn phương trình Ôle. Một trong các phương pháp đó là phương pháp tam giác tốc độ (xem hình 4-1).

Ở cửa ra của bơm, dựa vào hệ thức lượng của tam giác thường ta có:

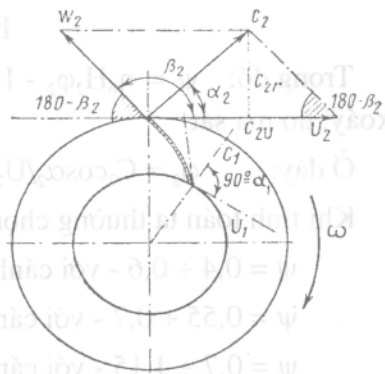
$$W_2^2 = C_2^2 + U_2^2 - 2U_2 \cdot C_2 \cos \alpha_2 (*)$$

Ở cửa vào ta có:

$$W_1^2 = C_1^2 + U_1^2 - 2U_1.C_1\cos\alpha_1 (**)$$

Đem biểu thức (*) trừ biểu thức (**), chuyển về chia cả 2 vế cho $2g$ và so sánh với biểu thức (4-1) ta có:

$$H_{T\infty} = \frac{C_2 U_2 \cos \alpha_2 - C_1 U_1 \cos \alpha_1}{g} \quad (4-2)$$



Hình 4-1. Tam giác tốc độ của ra bơm li tâm

Bơm li tâm cần được chế tạo để có được chiều cao cột áp có giá trị lớn nhất. Điều này chỉ có thể có được khi $\alpha_1 = 90^\circ$, khi đó $\cos \alpha_1 = 0$. Khi đó chiều cao cột áp lý thuyết sẽ là:

$$\frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} \cdot \frac{\gamma_K}{\gamma_n} 1000 = \rho_k \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g}$$

Trong đó: $C_{2U} = C_2 \cos \alpha_2$ - Tốc độ thiết kế tuyệt đối của cửa ra.

— Khi với số cánh bơm hạn chế, vành cánh bơm quay sẽ tạo trong buồng bơm các dòng xoáy của chất lỏng công tác. Các dòng xoáy sẽ làm giảm áp lực của dòng chất lỏng, điều đó có nghĩa là chiều cao cột áp của bơm đã bị tổn hao đi một phần. Để xét đến ảnh hưởng này, người ta đưa ra hệ số K_Z . Hệ số K_Z càng nhỏ khi số cánh bơm càng nhỏ và tỷ số giữa đường kính trong R_1 và đường kính ngoài R_2 càng lớn.

$$K_Z = \frac{H_T}{H_{T\infty}} = 0,56 \div 0,9$$

Khi số cánh bơm $Z = 4 \div 16$ và $R_1/R_2 = (0,6 \div 0,33)$.

Tổn hao thủy lực trong bơm do ma sát giữa chất lỏng công tác với các chi tiết của bơm được tính qua hiệu suất:

$$\eta_b = \frac{H}{H_T} = 0,5 \div 0,9$$

Khi đó hiệu suất toàn phần của bơm là:

$$\eta_{TP} = K_Z \eta_b = \frac{H}{H_{T\infty}}$$

Vây chiều cao cột áp thực tế của bơm li tâm được xác định theo biểu thức:

$$H = \eta_{TP} H_{T\infty} = \eta_{TP} \cdot (U_2 C_{II}) / g \text{ (m cột chất lỏng)} \quad (4-4)$$

Giá trị của chiều cao cột áp toàn phần của quạt gió được xác định bằng biểu thức:

$$H = \rho_k \psi U_2^2 \quad (\text{mm cột nước})$$

Trong đó: $\psi = \eta_b H_2 \varphi_2$ - Hệ số chiều cao cột áp tính đến tổn hao thuỷ lực do dòng xoáy, do ma sát.

Ở đây: $\varphi_2 = C_2 \cos \alpha_2 / U_2$

Khi tính toán ta thường chọn:

$$\psi = 0,4 \div 0,6 - \text{với cánh bơm nghiêng phía sau } (\beta_2 > 90^\circ)$$

$$\psi = 0,55 \div 0,7 - \text{với cánh bơm thẳng}$$

$$\psi = 0,7 \div 1,15 - \text{với cánh bơm nghiêng phía trước } (\beta_2 < 90^\circ)$$

4.3.2c. *Mối quan hệ giữa chiều cao cột áp và lưu lượng.*

Mối quan hệ giữa H và Q là đặc tính công tác cơ bản của bơm và quạt gió.

Giá trị của chiều cao cột áp toàn phần được xác định bằng biểu thức:

$$H = \eta_{TP} \cdot U_2 C_{2U} / g$$

Qua đây ta thấy H là đại lượng phụ thuộc vào tốc độ quay của bơm.

Lưu lượng của bơm được xác định bằng tích của tốc độ dòng chảy của chất lỏng công tác ở cửa ra với tiết diện toàn phần ở cửa ra.

$$Q = 2\pi R_2 b C_{2r} \quad (4-5)$$

Trong đó: b - Chiều rộng của vòng công tác.

C_{2r} - Phân lượng hướng tâm của tốc độ tuyệt đối ở cửa ra (xem hình 4-1).

Từ tam giác tốc độ (hình 4-1) ta thấy:

$$C_{2r} = (U_2 - C_{2U}) \cdot \operatorname{tg}(180^\circ - \beta_2) = (C_{2U} - U_2) \cdot \operatorname{tg} \beta_2$$

Ở đây β_2 là góc hợp bởi tốc độ tương đối W_2 với tốc độ U_2 ở cửa ra

Từ biểu thức trên ta có:

$$C_{2U} = U_2 + C_{2r} / \operatorname{tg} \beta_2 = U_2 + C_{2r} \operatorname{ctg} \beta_2$$

Từ biểu thức (4-5) ta có:

$$C_{2r} = \frac{Q}{2\pi R_2 b}$$

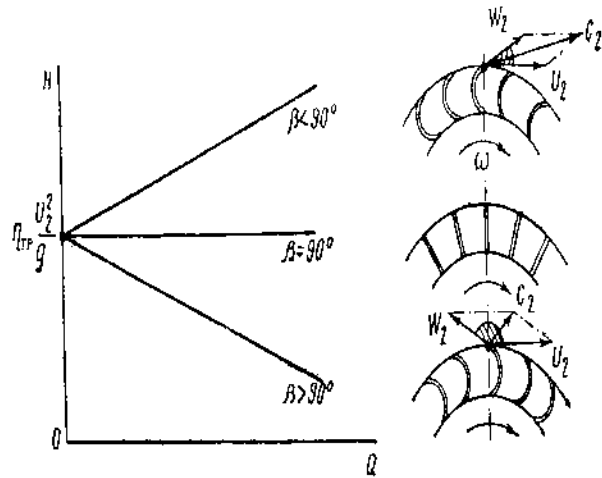
Khi thay C_{2U} vào biểu thức (4-4) với C_{2r} được tính theo Q ta thiết lập được mối quan hệ giữa H và Q :

$$H = \frac{\eta_{TP}}{g} \left(U_2^2 + \frac{Q U_2 \operatorname{ctg} \beta}{2\pi R_2 b} \right) \quad (4-6)$$

Phương trình trên được coi là đặc tính tải lý thuyết của bơm quạt li tâm. Chiều cao cột áp H là hàm tuyến tính của lưu lượng Q và phụ thuộc vào góc nghiêng của bơm. Khi $Q = 0$, chiều cao cột áp ban đầu không phụ thuộc vào góc nghiêng của cánh bơm β . Đặc tính HQ lý thuyết được trình bày trên hình (4-2).

Nếu $\beta_2 < 90^\circ$ (cánh bơm nghiêng về phía trước) thì $\text{Ctg}\beta_2$ có dấu dương và chiều cao cột áp H tăng khi Q tăng. Đặc tính là đường thẳng đi lên.

Đặc tính công tác thực tế của bơm hơi khác so với đặc tính lý thuyết. Trong thực tế, đặc tính H - Q có dạng đường cong và ở vùng có lưu lượng lớn thì với bất cứ dạng cánh bơm nào, đặc tính H - Q đều có hướng đi xuống. Cần lưu ý rằng, loại bơm li tâm có cánh nghiêng về phía trước rất ít được sử dụng trên tàu. Hình 4-2 trình bày các đặc tính công tác của bơm li tâm có hình dáng cánh bơm khác nhau.



Hình 4-2. Đặc tính HQ lý thuyết phụ thuộc vào góc nghiêng của cánh bơm

Nếu $\beta_2 = 90^\circ$ (cánh bơm thẳng), $\text{Ctg}\beta_2 = 0$, chiều cao cột áp không đổi khi lưu lượng thay đổi.

Nếu $\beta_2 > 90^\circ$ (cánh nghiêng về phía sau), $\text{Ctg}\beta_2$ có dấu âm. Chiều cao cột áp giảm khi lưu lượng tăng. Đặc tính là đường thẳng đi xuống.

4.3.2d. Các đặc tính công tác của bơm.

Các đặc tính công tác của bơm quạt ly tâm được xây dựng khi giữ tốc độ quay $n = \text{const}$, cũng có nghĩa là $U_2 = \text{const}$ và đó là các hàm của biến lưu lượng Q . Các đặc tính quan trọng và có ý nghĩa nhất là các đặc tính sau đây:

$H = f_1(Q)$ - Đặc tính chiều cao cột áp - Lưu lượng; đây là đặc tính quan trọng nhất.

$N = f_2(Q)$ - Công suất thực tế trên trục bơm.

$\eta = f_3(Q)$ - Đặc tính hiệu suất của bơm.

Đối với bơm quạt ly tâm có cánh thẳng.

H_1 - đường đặc tính H - Q cứng. Loại này thường được dùng cho các loại bơm quạt có yêu cầu giữ chiều cao cột áp không đổi khi lưu lượng thay đổi, thí dụ bơm cấp nước nồi hơi, nồi có áp lực hơi xác định.

N_1 - Công suất tiêu thụ trên trục bơm. Với loại bơm quạt có đặc tính H - Q cứng thì khi lưu lượng Q tăng sẽ làm N_1 tăng theo.

η_1 - Đặc tính hiệu suất của bơm quạt ly tâm cánh thẳng thấp hơn đặc tính của bơm có cánh nghiêng phía sau.

Đối với bơm quạt có cánh nghiêng phía sau.

H_2 - Đường đặc tính H-Q mềm. Loại này được dùng cho các bơm cần thay đổi lưu lượng trong phạm vi rộng và có công suất lớn để hạn chế sự giao động của công suất. Thí dụ: bơm tuần hoàn, bơm làm mát máy chính...

N_2 - Đặc tính công suất. Đặc tính tương đối cứng, công suất tiêu thụ của bơm ít thay đổi khi Q tăng.

η_2 - Loại bơm này có hiệu suất cao hơn so với bơm quạt cánh thẳng, vì vậy rất phù hợp cho hệ thống có công suất lớn.

Việc duy trì được chiều cao cột áp H ở một giá trị H_0 hạn chế là tính chất quan trọng của đặc tính H-Q ở bơm quạt ly tâm. Đóng cửa gió hay đóng các van thoát trên đường ống, lưu lượng ra bằng không, động cơ thực hiện chỉ tiêu tốn một công suất nhỏ mà vẫn tạo được và duy trì được chiều cao cột áp. Đối với một số hệ thống điều này rất có ý nghĩa, ví dụ hệ thống bơm cứu hoả, bơm balát...

§4.4. ĐẶC TÍNH CẢN CỦA ĐƯỜNG ỐNG

Tải và chế độ công tác của truyền động điện thiết bị bơm quạt ly tâm không chỉ được xác định bằng các đường đặc tính công tác của chính bơm quạt ly tâm mà còn được xác định bởi đặc tính cản của đường ống nữa.

4.4.1. Các lực cản thành phần của đường ống

Sức cản thành phần của đường ống trong hệ thống bơm quạt được biểu diễn dưới dạng các tổn hao cột áp:

$$H_C = H_{ng} + H_b + \Delta H_{ms} + H_d + \Delta H_{ch} \quad (4-7)$$

Trong đó:

$H_d = \frac{C^2}{2g}$ - Tổn hao động. Tổn hao này được xác định nhờ tốc độ tuyệt đối của dòng

chất lỏng hoặc khí.

H_{ng} - Chiều cao cột áp ngược trong hệ thống. Ví dụ ở hệ thống cấp nước nồi hơi có áp lực ngược lại từ phía nồi hơi.

H_b - Sức cản hình học. Sức cản này được xác định bởi mức chênh lệch mức thể tích chất lỏng ở cửa hút ra cửa đẩy.

ΔH_{ms} - Tổn hao do ma sát ở trong đường ống.

ΔH_{ch} - Tổn hao cục bộ do sự thay đổi hình dạng, tiết diện của đường ống.

H_b - Sức cản hình học.

Sức cản này được xác định bằng chiều cao cột chất lỏng phía cửa hút H_h và phía cửa đẩy H_d .

$$H_n = H_{ch} + H_{cd} \quad (\text{m cột chất lỏng}) \quad (4-8)$$

Trong đó:

H_{ch} - Độ cao cột chất lỏng từ vị trí đặt bơm đến cửa hút (xem hình 4-3).

H_{cd} - Chiều cao cột chất lỏng từ vị trí đặt bơm đến cửa mức nước trong két.

Tổn hao chiều cao cột áp do ma sát: được tính bằng tổng tổn hao do ma sát ở từng đoạn đường ống trong hệ thống.

$$\Delta H_{ms} = \sum_{i=1}^n \xi_{ki} \frac{C^2}{2g} \quad (\text{m cột chất lỏng}) \quad (4-9)$$

Trong đó:

C - Tốc độ chuyển động của chất lỏng, m/s.

$\xi_{ki} = (1,2 - 2,0) \cdot \lambda \frac{L_i}{d_i}$ - Hệ số tổn hao chiều cao cột áp.

Với: (1,2 - 2,0) - Hệ số tổn hao sức đẩy đo độ không nhẵn của đường ống.

L_i - Chiều dài của đoạn đường ống thứ i , m.

d_i - Đường kính của đoạn đường ống i , m.

λ - Hệ số sức cản đường ống, phụ thuộc vào đặc điểm chuyển động của chất lỏng trong đường ống. Nó được xác định theo biểu thức kinh nghiệm dựa theo hệ số: Reynods R_e .

Đối với dạng chuyển động theo lớp, không có dòng xoáy của chất lỏng công tác và sự vượt trội của lực ma sát, hệ số $R_e < 2300$ thì:

$$\lambda = \frac{64}{R_e} \quad (4-10)$$

Đối với dạng chuyển động rối (hỗn loạn), tạo thành vòng xoáy làm yếu dòng chảy, hệ số $R_e > 2300$ thì:

$$\lambda = 0,0074 + 0,61 R_e^{-0,35} \text{ hoặc } \lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{R_e}} \quad (4-11)$$

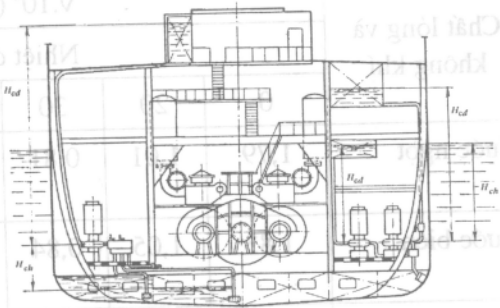
Trong ống dẫn dầu, có thể tính λ theo biểu thức:

$$\lambda = 0,018 + 0,976 R_e^{-0,45} \quad (4-12)$$

Trong trường hợp chung có thể tính số Reynods theo biểu thức:

$$R_e = \frac{c \cdot d}{v} \quad (4-13)$$

Trong đó: v - Hệ số động năng của chất lỏng ở một nhiệt độ cho trước, m^2/s . Có thể tham khảo các giá trị v cho trường hợp cụ thể theo bảng sau:



Hình 4-3. Vị trí đặt bơm trên tàu tương ứng với mức nước và mức đẩy

Chất lỏng và không khí	v.10 ⁶ (m/s)						γ kg/m ³ khi t ⁰ C	δ kg.s ² /m ⁴
	Nhiệt độ ⁰ C							
	0	20	30	40	60	100		
Nước ngọt	1,79	1,01	0,81	0,66	0,48	0,296	1000 khi 4 ⁰ C	102
Nước biển	1,83	1,05	0,84	-	-	-	1025 khi 4 ⁰ C	104
Xăng	0,80	0,64	0,58	-	-	-	720 khi 15 ⁰ C	69-73
Dầu Diezen	12,6	8,0	6,0	4,6	-	-	-	-
Dầu Tuốcbin T	3800	520	238	123	42,8	-	-	-
Dầu mazut	-	150	-	-	-	-	920 khi 15 ⁰ C	91-94
Không khí	13	14,9	-	17	19,5	24,5	1,2 khi 20 ⁰ C	0,122

Chú ý các giá trị của γ , δ được cho ở hệ đơn vị MKC.

Tổn hao chiều cao cột áp cục bộ ΔH_{cb} , nảy sinh ở các đoạn bị uốn cong của đường ống hay ở những đoạn đường ống có gắn thêm các phụ kiện của hệ thống như các phin lọc, thiết bị đo, thiết bị làm mát... và có thể tính được theo biểu thức:

$$\Delta H_{cb} = \sum_{i=1}^n \xi_i \frac{C^2}{2g} \quad (\text{m cột chất lỏng}) \quad (4-14)$$

Trong đó: ξ_i - Hệ số tổn hao chiều cao cột áp cục bộ.

Khi đường ống bị uốn cong một góc 90⁰, đường kính cong là R (m) thì:

$$\xi = 0,131 + 0,163 \left(\frac{d}{R} \right)^{3,5}$$

4.4.2. Đặc tính cản của đường ống

Đặc tính cản của hệ thống đường ống là mối quan hệ giữa tổng tổn hao chiều cao cột áp trong hệ thống với lưu lượng của chất lỏng hoặc chất khí được vận chuyển trong hệ thống đường ống ấy. Từ biểu thức (4-7) ta có:

$$\begin{aligned} H_C &= H_{ng} + \sum_{i=1}^n \xi_{ki} \frac{C^2}{2g} + \sum_{i=1}^m \xi_i \frac{C^2}{2g} + \frac{C^2}{2g} \\ &= H_{C0} + \sum_{i=1}^n \xi_{ki} \frac{C^2}{2g} + \sum_{i=1}^m \xi_i \frac{C^2}{2g} + \frac{C^2}{2g} \end{aligned} \quad (4-5)$$

Trong đó: $H_{C0} = H_{ng} + H_h$ - Tổn hao chiều cao cột áp không đổi trong hệ thống đường ống.

Chúng ta khảo sát trường hợp đơn giản nhất, đó là đường ống không phân nhánh và tiết diện ống không thay đổi. Đây là trường hợp thường gặp trên tàu. Trong trường hợp như vậy, tốc độ của dòng chất lỏng trong đường ống được tính theo biểu thức:

$$C = \frac{Q}{S} \text{ (m/s)} \quad (4-16)$$

Trong đó: Q - lưu lượng, m^3/s .

S - tiết diện của đường ống, m^2 .

Nếu coi rằng lưu lượng của chất lỏng hoặc khí ở các đoạn ống nối tiếp đều bằng nhau, thay (4-16) vào (4-15) và biến đổi đi ta được biểu thức tính tổn hao chiều cao cột áp trong hệ thống có dạng:

$$H_C = H_{C0} + \frac{Q^2}{2g} \left(\sum_{i=1}^n \xi_{ki} \frac{1}{S_{ki}^2} + \sum_{i=1}^m \xi_i \frac{1}{S_i^2} + \frac{1}{S_r^2} \right) \quad (4-17)$$

Trong đó: S_r - Tiết diện đầu ra của đường ống đi vào két chứa.

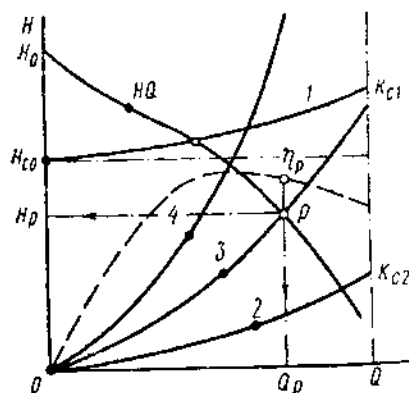
Với giả thiết các hệ số tổn hao chiều cao cột áp do ma sát và tổn hao cục bộ là không đổi, ta có biểu thức cuối cùng:

$$H_C = H_{C0} + K_C Q^2 \quad (\text{m cột chất lỏng}) \quad (4-18)$$

Trong đó: $K_C \approx \text{const}$ - Hệ số cản của đường ống.

Hệ số này có thể xác định được dựa theo biểu thức (4-17) và thực tế nó là một giá trị thay đổi phụ thuộc vào sự thay đổi của tốc độ dòng chảy của chất lỏng trong từng đoạn đường ống. Khi cần độ chính xác cao ta có thể xác định được hệ số này bằng tính toán cụ thể.

Dạng cơ bản của đặc tính cản của đường ống được trình bày trên hình (4-4). Từ biểu thức (4-18) ta có đặc tính 1 là đặc tính cản của hệ thống đường ống có áp lực cản không đổi H_{C0} . Dạng đặc tính này có ở hệ thống cấp nước nổi hơi, hệ thống bơm nước sinh hoạt có bình nén hydropho ... Ở những hệ thống này luôn có tổn hao hình học. Hệ thống ống dẫn của các hệ thống trên không dài và có tiết diện lớn nên có hệ số sức cản đường ống nhỏ. Tổn hao chiều cao cột áp phụ thuộc chủ yếu vào lưu lượng. Đặc tính $H_C = f(Q)$ cứng.



Hình 4-4. Các dạng cơ bản của đặc tính cản và điểm công tác p của bơm li tâm.

Nếu $H_{ct} = 0$, đặc tính cản có dạng như đường 3 - đặc tính cản dạng parabol. Phương trình của đặc tính dạng này:

$$H_c = k_c Q^2 \quad (4-19) \text{ (m cột chất lỏng)}$$

Dạng đặc tính này có ở các hệ thống bơm nước mặn, bơm balát, bơm tuần hoàn, bơm nước làm mát... Tuỳ theo hệ số sức cản đường ống k_c mà đặc tính cản là các đường 2, 3, 4.

§4.5. CÔNG SUẤT CỦA ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN

Công suất truyền từ động cơ điện tới trục bơm được biến thành năng lượng để dòng chất lỏng hoặc chất khí chuyển động trong đường ống và để thắng được các sức cản của đường ống. Công suất hữu ích được xác định bằng tích của chiều cao cột áp với lưu lượng. Các tổn hao công suất được biểu diễn dưới dạng hiệu suất của hệ thống bơm, quạt. Khi đó, công suất của động cơ thực hiện được tính theo biểu thức:

$$P = \frac{\gamma H Q}{102 \eta_{II}} \quad (\text{kW}) \quad (4-20)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng của bơm, m^3/s .

H - Chiều cao cột áp, m cột chất lỏng nếu là bơm và mm cột nước nếu là quạt gió.

γ - Tỷ trọng của chất lỏng, KG/m^3 .

η_{II} - Hiệu suất của hệ thống. Khi tính toán có thể chọn η_{II} trong vùng $(0,25 \div 0,9)$ phụ thuộc vào kiểu bơm, các số liệu và các đặc điểm cấu tạo của hệ thống. Khi giữa động cơ thực hiện và bơm có bộ truyền động cơ khí thì cần phải tính cả hiệu suất của bộ truyền động η_{TB} .

Để chọn động cơ thực hiện, công suất thực tế cần phải tăng thêm khoảng $(16 \div 19)\%$ công suất tính toán. Công suất được tăng nhằm tăng khả năng dự trữ cho động cơ thực hiện khi có tính đến sự gia tăng sức cản đường ống hoặc giảm điện áp của nguồn điện.

Khi tính chọn động cơ thực hiện cho quạt gió, công suất của động cơ có thể được tính theo biểu thức:

$$P = \frac{H Q}{102 \eta_H} \quad (\text{kW}) \quad (4-21)$$

§4.6. ẢNH HƯỞNG CỦA TỐC ĐỘ QUAY TỚI CÔNG TÁC CỦA BƠM, QUẠT LY TÂM

Khi khai thác hệ thống bơm quạt ly tâm, đôi khi chúng ta cần phải thay đổi chế độ làm việc của chúng. Điều đó được thực hiện bằng cách thay đổi tốc độ quay của động cơ thực hiện. Vấn đề quan trọng được đặt ra là sự thay đổi của tốc độ quay sẽ ảnh hưởng

như thế nào tới các thông số cơ bản, đặc trưng cho chế độ công tác của bơm quạt ly tâm. Đó là Q , H , P và M .

4.6.1. Sự thay đổi của lưu lượng

Đối với bơm quạt ly tâm, lưu lượng của chúng thay đổi tỷ lệ với sự thay đổi của tốc độ quay:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1} = i_n \quad (4-22)$$

Trong đó: i_n - Hệ số điều chỉnh.

n_1 - Tốc độ quay ở chế độ thứ nhất.

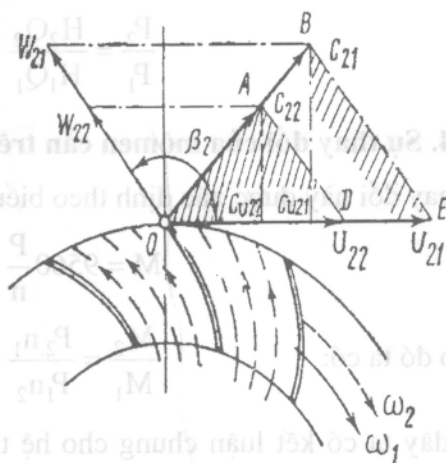
n_2 - Tốc độ quay ở chế độ thứ hai.

Giả sử rằng tốc độ được điều chỉnh theo hướng giảm: $n_2 < n_1$. Khi đó tốc độ dòng chảy ở cửa ra cũng giảm $U_{22} < U_{21}$. Nếu lưu lượng Q_2 giảm tỷ lệ thì tốc độ tương đối ở cửa ra W_{22} và phân lượng hướng tâm của tốc độ tuyệt đối C_{2r2} cũng giảm (xem hình 4-5).

Như vậy, khi $\beta_2 = \text{const}$, tam giác tốc độ ở cửa ra là đồng dạng: $\triangle OAD \sim \triangle OBE$

Do đó:
$$\frac{U_{22}}{U_{21}} = \frac{n_2}{n_1} = i_n$$

và
$$\frac{W_{22}}{W_{21}} = \frac{Q_2}{Q_1} = i_n$$



Hình 4-5. Sự thay đổi của tam giác tốc độ của ra khi thay đổi tốc độ quay của bơm quạt ly tâm.

4.6.2. Sự thay đổi của chiều cao cột áp lý thuyết

Từ biểu thức (4-3):
$$H_{\infty} = \frac{C_{2u} U_2}{g}$$

Ta có:
$$\frac{H_{\infty 2}}{H_{\infty 1}} = \frac{C_{2u2} U_2}{C_{2u1} U_1} = i_n^2$$

Khi công tác ở chế độ tương đương, hiệu suất của hệ thống η_H hầu như không đổi ($\eta_H \approx \text{const}$) vì:

$$\eta_H = \frac{H}{H_{T\infty}} = \frac{H_{T\infty} - \Delta H}{H_{T\infty}} = 1 - \frac{\Delta H}{H_{T\infty}} \quad (4-23)$$

Trong đó, tổn hao thủy lực ΔH và chiều cao cột áp lý thuyết đều thay đổi tỷ lệ với bình phương của lưu lượng. Do vậy, tỷ số $\frac{\Delta H}{H_{T\infty}}$ thực tế là không thay đổi khi tốc độ quay của động cơ thay đổi.

Vì vậy, từ biểu thức:
$$H = \eta_H \frac{U_2 C_{2U}}{g}$$

Ta thấy:
$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{U_{22} C_{2U_2}}{U_{21} C_{2U_1}} = i_n^2 \quad (4-24)$$

4.6.3. Sự thay đổi công suất trên trục động cơ

Sự thay đổi này được xác định nhờ biểu thức (4-20). Như phân tích ở trên, có thể xem $\eta_H = \text{const}$ khi tốc độ động cơ thay đổi. Khi đó ta có:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{H_2 Q_2}{H_1 Q_1} = i_n^2 \cdot i_n = i_n^3 \quad (4-25)$$

4.6.4. Sự thay đổi của mômen cản trên trục động cơ

Sự thay đổi này được xác định theo biểu thức:

$$M = 9560 \frac{P}{n}$$

Theo đó ta có:
$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{P_2 n_1}{P_1 n_2} = i_n^3 \cdot \frac{1}{i_n} = i_n^2 \quad (4-26)$$

Tới đây ta có kết luận chung cho hệ thống truyền động điện có tải dạng cánh quạt (loại tải có cánh) như: chân vịt, bơm, quạt ly tâm :

Mômen quay trên trục động cơ tỷ lệ với bình phương của tốc độ quay.

Công suất trên trục động cơ tỷ lệ bậc ba với tốc độ quay.

4.6.5. Mối quan hệ giữa lưu lượng và chiều cao cột áp khi thay đổi tốc độ quay

Từ phương trình (4- 22) ta thấy lưu lượng của bơm quạt ly tâm thay đổi tỷ lệ với tốc độ quay. Từ đó ta có:

$$\frac{Q_2^2}{Q_1^2} = i_n^2$$

Mà theo (4 -24) ta có:
$$\frac{H_2}{H_1} = i_n^2$$

Vậy:
$$\frac{Q_2^2}{Q_1^2} = \frac{H_2}{H_1}$$

Từ đây ta có nhận xét:

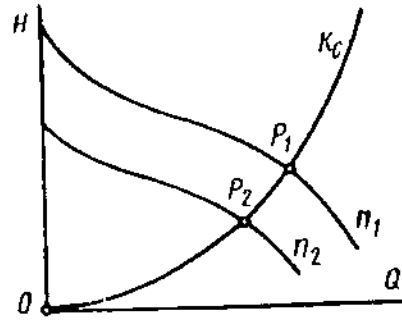
Ở mọi tốc độ của bơm, quạt ly tâm, tỷ số giữa bình phương của lưu lượng với chiều cao cột áp là một giá trị không thay đổi tức là:

$$\frac{Q_1^2}{H_1} = \frac{Q_2^2}{H_2} = \frac{Q_K^2}{Q_K} = \text{const}$$

Từ phương trình (4-19) ta thấy:

$$\frac{Q^2}{H} = \frac{1}{K_C} = \text{const}$$

Vậy: khi thay đổi tốc độ quay của bơm, điểm công tác của hệ thống luôn nằm trên đường đặc tính của nó (điểm $P_1, P_2, \dots$ xem hình (4-6)).



Hình 4-6. Điểm công tác ở chế độ "đồng dạng" của bơm.

§4.7. CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ ĐIỆN THƯỜNG DÙNG TRONG HỆ THỐNG BƠM, QUẠT LY TÂM

Động cơ thực hiện trong hệ thống truyền động điện bơm quạt có các đặc điểm sau:

Chúng thường làm việc ở hai chế độ: Dài hạn (quạt làm mát buồng máy, bơm làm mát máy chính, bơm dầu bôi trơn ...) và ngắn hạn (bơm cấp nước nồi hơi, bơm nước sinh hoạt, bơm phân ly...). Hệ thống không đòi hỏi thay đổi chiều quay và đa số các trường hợp không cần phải điều chỉnh tốc độ (không thay đổi lưu lượng. Động cơ làm việc với tải không đổi và có số lần khởi động không vượt quá (3÷5) lần trong một giờ. Mặt khác, động cơ thường làm việc ở môi trường có độ ẩm cao, có hơi dầu và nhiều tạp chất dễ gây cháy nổ...

Với những đặc điểm nêu trên, động cơ thực hiện của hệ thống truyền động điện bơm quạt phải được chế tạo dưới dạng kín nước, chống nổ. Có thể dùng các loại động cơ có đặc tính cơ cứng. Ngày nay, khi nguồn cấp là nguồn xoay chiều ba pha, tốt nhất nên dùng động cơ dị bộ rôto lồng sóc. Với hệ thống có công suất lớn, để hạn chế dòng điện khởi động của động cơ ta có thể khởi động động cơ qua cuộn kháng bảo hoà hoặc khởi động theo phương pháp Y/Δ.

§4.8. ĐIỀU CHỈNH LƯU LƯỢNG CỦA BƠM QUẠT LY TÂM

Trên tàu thuỷ, đôi khi cần điều chỉnh lưu lượng của bơm quạt lớn. Tùy thuộc vào yêu cầu khai thác, sử dụng của các hệ thống cụ thể mà chúng ta cần phải thay đổi lượng nhiên liệu, dầu bôi trơn, nước làm mát...

Có hai phương pháp thường dùng để thay đổi lưu lượng của bơm, quạt ly tâm:

Thay đổi sức cản của đường ống - điều chỉnh về phía thủy lực hoặc khí.

Thay đổi tốc độ quay của động cơ.

4.8.1. Điều chỉnh lưu lượng bằng cách thay đổi sức cản của đường ống

Để thay đổi sức cản của đường ống, chúng ta có thể thay đổi độ mở của các van tiết lưu hoặc các cửa gió ở cửa ra của hệ thống đường ống. Khi tăng sức cản trên đường ống, lưu lượng của hệ thống giảm do độ dốc của đặc tính cản của hệ thống tăng (vì $K_{c2} > K_{c1}$) và điểm công tác dịch từ điểm P_1 tới P_2 (xem hình 4-7). Như vậy, cùng với lưu lượng ra Q_2 , bơm có khả năng tạo được chiều cao cột áp là H_V nhưng chiều cao cột áp công tác thực tế chỉ là H_2 tương ứng với điểm công tác P_3 trên đặc tính cản có hệ số sức cản là K_{c1} , với $H_V \gg H_2 \dots$ Có một phần lớn chiều cao cột áp đã bị tổn hao ở van tiết lưu (hoặc cửa gió)... Sức cản đường ống càng tăng thì tổn hao này càng lớn.

Như vậy, điều chỉnh lưu lượng theo phương pháp này là không kinh tế. Nó chỉ được dùng trong các hệ thống không có khả năng điều chỉnh được tốc độ của động cơ. Trong hệ thống quạt thông gió trên tàu thủy ta có thể điều chỉnh cửa gió để thay đổi lưu lượng tới từng khu vực.

Tổn hao công suất ở van tiết lưu:

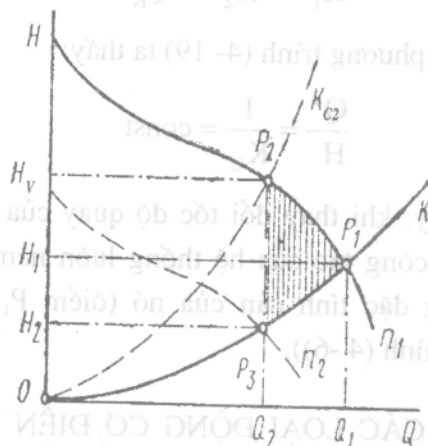
$$\Delta P_V = \frac{\gamma H_V Q_2}{102 \eta_H} - \frac{\gamma H_2 Q_2}{102 \eta_H}$$

Để tính toán, ta có thể coi $\eta_H = \text{const}$. Khi đó:

$$\Delta P_V = \frac{\gamma H_V Q_2}{102 \eta_H} \left(1 - \frac{H_2}{H_V} \right) = P_V \left(1 - \frac{H_2}{H_V} \right)$$

Trong đó: P_V : - Công suất toàn phần thực tế trên trục động cơ khi điều chỉnh lưu lượng bằng van tiết lưu.

Khi điều chỉnh lưu lượng của bơm xuống mức $0,5 Q_{dm}$, tổn hao công suất có thể lên đến $(70 \div 80)\%$ công suất thực tế trên trục động cơ, tỷ lệ chiều cao cột áp H_2/H_V trong khoảng $(0,3 \div 0,2)$.



Hình 4-7. Sự thay đổi điểm công tác của hệ thống khi tăng sức cản của trên đường ống.

Đặc tính H-Q của hệ thống càng cứng thì việc điều chỉnh lưu lượng bằng cách thay đổi sức cản đường ống càng có hiệu quả.

Qua các phân tích trên ta có nhận xét:

Phương pháp thay đổi sức cản trên đường ống chỉ điều chỉnh được lưu lượng theo chiều giảm Q. Tính kinh tế thấp do có tổn hao công suất khá lớn tại các van điều chỉnh.

4.8.2. Điều chỉnh lưu lượng bằng cách thay đổi tốc độ của động cơ thực hiện

Tuỳ thuộc vào loại động cơ sử dụng trong hệ thống bơm, quạt mà ta có các phương pháp điều chỉnh tốc độ khác nhau. Cần lưu ý rằng, bơm quạt ly tâm có đặc tính tải quạt gió ($M \sim n^2$). Chúng ta cần phân tích để có phương pháp điều chỉnh đạt hiệu quả cao nhất.

4.8.2a. Đối với động cơ điện một chiều

Điều chỉnh tốc độ cho động cơ điện một chiều có thể thực hiện bằng hai cách: Thay đổi điện trở phụ trong mạch cuộn dây phản ứng và thay đổi từ thông kích từ của động cơ.

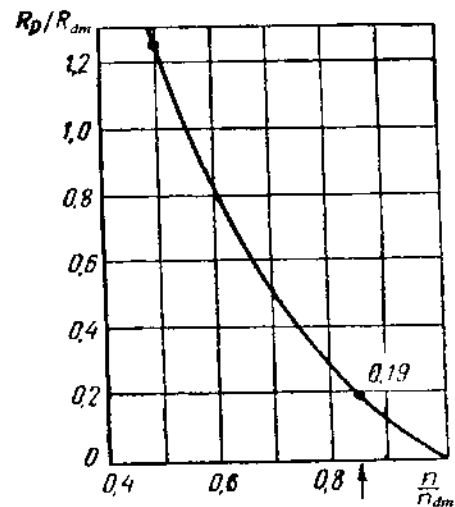
Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở phụ R_p .

Trong trường hợp này, động cơ được lựa chọn theo công suất định mức của bơm. Với tốc độ quay định mức của động cơ, bơm sẽ cho lưu lượng ra bằng lưu lượng định mức. Với hệ thống này, động cơ chỉ điều chỉnh được theo hướng giảm tốc độ, không có khả năng dự trữ điều chỉnh và luôn sử dụng hết công suất thiết kế. Động cơ có trọng lượng và kích thước nhỏ, giá thành hạ. Mặt khác, trong hệ thống phải có các điện trở phụ và các khí cụ điều khiển. Trong quá trình điều chỉnh, có một phần lớn năng lượng bị tổn hao trên điện trở phụ.

Với tải có dạng quạt gió, tổn hao năng lượng khi điều chỉnh không tăng tỷ lệ với sự suy giảm của tốc độ. Ban đầu, tổn hao tăng mạnh. Khi tốc độ giảm đi 30% (tức $n = 0,7 n_{dm}$), tổn hao có thể đến 18% công suất định mức. Nếu tốc độ tiếp tục giảm thêm 20% nữa (tức $n = 0,5 n_{dm}$), tổn hao công suất chỉ tăng thêm 2%.

Để tính giá trị điện trở phụ R_p ta có thể dựa vào đồ thị hình 4-8.

Ví dụ: Xác định giá trị điện trở phụ R_p để giảm tốc độ của động cơ thực hiện đến còn $n = 0,85 n_{dm}$, và để giảm lưu lượng của



Hình 4-8. Đồ thị để tính điện trở phụ R_p mắc trong mạch phản ứng để điều chỉnh tốc độ cho tải có dạng quạt gió $M \sim n^2$.

bơm đến mức tương đương với nó. Dựa vào tỷ số $\frac{n}{n_{dm}}$ và đường cong $\frac{R_p}{R} = f(\frac{n}{n_{dm}})$ ta xác định được: $R_p = 0,19R_{dm}$.

$$\text{Trong đó: } R_{dm} = \frac{U_C}{I_{dm}}$$

R_{dm} - Điện trở định mức của động cơ.

Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi kích từ của động cơ.

Theo nguyên tắc, bằng phương pháp này lưu lượng của bơm cũng được điều chỉnh theo hướng giảm đi. Muốn vậy, cần điều chỉnh giảm tốc độ quay của động cơ bằng cách tăng từ thông kích từ của nó. Động cơ thực hiện được chọn với công suất bằng công suất định mức của bơm, nhưng nó có tốc độ công tác ở mức cần thiết tối thiểu, ứng với chế độ công tác với từ trường yếu. Tốc độ quay của bơm và công suất định mức của nó cần phải đạt ở trạng thái kích từ của động cơ chỉ bằng 50% giá trị định mức. Nếu chọn $\phi_{kt} = \phi_{kt_{dm}}$ thì khi cần giảm lưu lượng, phạm vi điều chỉnh rất hẹp do mạch từ đã bão hoà.

Ở phương pháp này, công suất của động cơ ghi trong sổ tay kỹ thuật là:

$$P_{dm} = \frac{0,5n_b \cdot C_{dc} \cdot I_{dm} \cdot \phi}{9560} \quad (4-27)$$

Khi giảm từ thông đi một nửa thì tốc độ của động cơ tăng lên gấp đôi:

$$P_{dm} = \frac{n_b \cdot C_{dc} \cdot I_{dm} \cdot \phi \cdot 0,5}{9560} \quad (4-28)$$

Theo (4-28) khi động cơ công tác ở chế độ từ trường yếu (bằng 50% ϕ_{dm}), để công suất không đổi, dòng điện của động cơ $I_p = I_{dm}$.

Nếu tăng từ thông kích từ lên bằng từ thông định mức để giảm tốc độ đi hai lần, ta có:

$$\frac{P_{dm}}{8} = \frac{0,5n_b \cdot C_{dc} \cdot I \cdot \phi}{9560}$$

Như vậy, ở chế độ này dòng điện trong động cơ đã giảm đi 8 lần so với dòng điện định mức. Vì: ta đã biết $M \sim i_n^2$ nên khi tốc độ giảm đi 2 lần thì mômen quay giảm đi 4 lần. Mặt khác, khi đó ϕ tăng 2 lần, do đó dòng điện trong động cơ phải giảm đi 8 lần. Đây là chế độ điều chỉnh lưu lượng của bơm theo phương pháp thay đổi từ thông.

Qua các phân tích trên ta có nhận xét sau:

Ở chế độ công tác bình thường, động cơ không sử dụng hết mômen quay và công suất của mạch từ. Vì vậy, động cơ có trọng lượng và kích thước lớn, giá thành cao, lãng phí.

Khó chọn được động cơ loại động cơ có tốc độ cực đại, gấp đôi tốc độ định mức ứng với công suất định mức. Thường thì chỉ chọn được động cơ có $n_{max} = 1,5n_{dm}$ khi P_{dm} . Do

vậy, phạm vi điều chỉnh bị hạn chế (thường chỉ giảm được 25% n_{dm}). Việc điều chỉnh tốc độ được thực hiện ở mạch kích từ, nên tổn hao công suất nhỏ, điều chỉnh lúng.

Việc lựa chọn phương pháp điều chỉnh lưu lượng cần được cân nhắc theo hướng sau:

Nếu công suất của hệ thống không lớn, việc điều chỉnh không diễn ra thường xuyên, liên tục thì nên dùng phương pháp thay đổi R_p .

Nếu cần thay đổi lưu lượng Q mà thực chất thay đổi tốc độ trong phạm vi $n_{dm} > n > 0,75n_{dm}$ thì dùng phương pháp thay đổi ϕ .

Khi $n_{dm} > n > 0,5n_{dm}$ kết hợp cả hai phương pháp

Khi dải điều chỉnh nằm trong vùng : $n_{dm} \div 0,75n_{dm}$ - thay đổi ϕ và:

$0,75n_{dm} \div 0,5n_{dm}$ - Thay đổi R_p

4.8.2b. Đối với động cơ điện xoay chiều

Như đã trình bày ở phần trước, động cơ dị bộ rô to lồng sóc thường được dùng làm động cơ thực hiện cho các hệ thống bơm, quạt li tâm ở lưới điện xoay chiều. Để điều chỉnh tốc độ quay, có thể dùng hai phương pháp: Thay đổi các tham số của nguồn cấp (thay đổi tần số, điện áp) và thay đổi số đôi cực của cuộn dây Stato bằng cách dùng các cuộn dây có số đôi cực khác nhau hoặc thay đổi cách đấu dây của cuộn dây này.

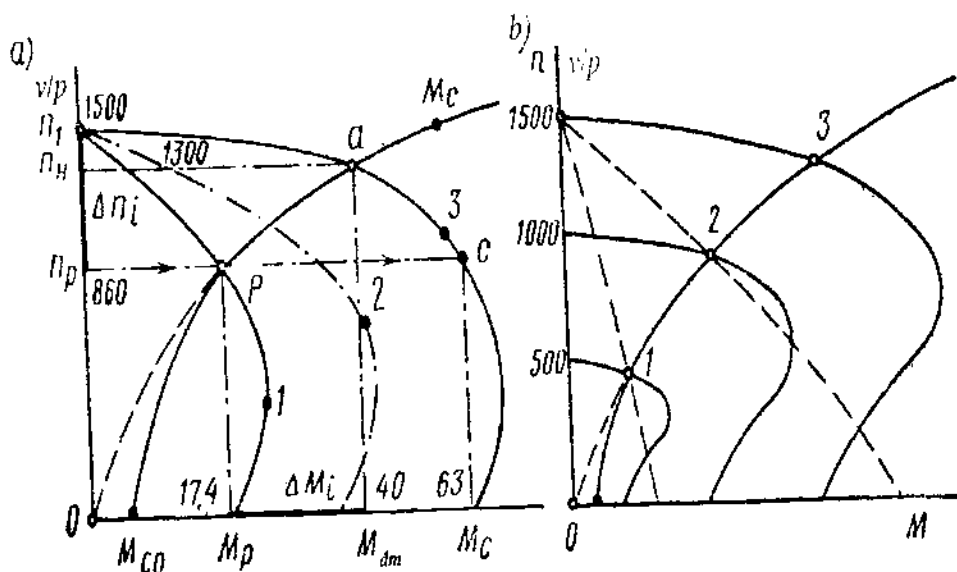
Điều chỉnh tần số nguồn cấp để điều chỉnh tốc độ quay của động cơ dị bộ là phương pháp có tính kinh tế cao. Tuy nhiên ta không thể điều chỉnh tần số của nguồn chung vì như vậy sẽ ảnh hưởng tới các phụ tải khác. Trong các trường hợp cần thiết, ví dụ: Điều khiển bơm làm hàng ở các tàu chở dầu, bơm thuỷ lực ở thiết bị làm hàng... ta sử dụng nguồn cấp riêng mà với nguồn này ta có thể điều chỉnh được tần số của nó để điều chỉnh tốc độ của động cơ. Để điều chỉnh tần số ta có thể dùng các bộ biến tần quay (sử dụng các máy điện) hoặc bộ biến tần tĩnh (sử dụng các thiết bị bán dẫn).

Điều chỉnh tốc độ bằng phương pháp thay đổi điện áp đặt vào cuộn dây Stato của động cơ nhờ mắc thêm cuộn kháng bão hoà ít được sử dụng vì nó có tổn hao lớn. Muốn áp dụng phương pháp này, thường sử dụng hệ thống truyền động điện thiristo - động cơ. Để mở rộng phạm vi điều chỉnh và giảm đáng kể tốc độ quay bằng phương pháp giảm điện áp nguồn, ta thường chọn các động cơ có độ trượt lớn.

Họ đặc tính cơ của động cơ khi điều chỉnh điện áp đặt vào cuộn dây Stato được trình bày trên hình (4-9).

Khi cần xác định điện áp cần thiết đặt vào động cơ ta có thể làm như sau:

Xây dựng các đặc tính cơ nhân tạo của động cơ thực hiện (hình 4-9a) và biết giá trị của mômen tải M_{dm} ứng với lưu lượng toàn phần của bơm. Khi giảm điện áp đặt vào động cơ, đặc tính cơ sẽ dịch về bên trái, ví dụ: Ta có đường 1, ứng với điện áp đặt vào động cơ là U_2 . Khi đó điểm công tác của hệ thống là P, với tốc độ quay là n_p .



Hình 4-9. Điều chỉnh tốc độ quay của động cơ dị bộ trong hệ thống bơm quạt li tâm
a - Bằng cách thay đổi điện áp. b - Bằng cách thay đổi số đôi cực.

Ta có:
$$\frac{M_p}{M_{dm}} = \left(\frac{n_p}{n_{dm}} \right)^2 = i_n^2 \text{ hay } M_p = i_n^2 M_{dm} \quad (4-29)$$

Mặt khác, mômen quay của động cơ dị bộ tỷ lệ với bình phương của điện áp đặt vào nó. Trên đặc tính cơ tự nhiên tốc độ quay n_p ứng với điện áp định mức U_{dm} sẽ có mômen cần M_C (điểm C).

Vậy:
$$\frac{M_p}{M_C} = \frac{U_2^2}{U_{dm}^2} \quad (4-30)$$

Từ các biểu thức (4-29) và (4-30) ta có hệ số điều chỉnh điện áp:

$$i_u = \frac{U_2}{U_{dm}} = \sqrt{\frac{M_p}{M_C}} = \sqrt{\frac{M_{dm} \cdot i_n^2}{M_C}} = i_n \sqrt{\frac{M_{dm}}{M_C}} \quad (4-31)$$

Ví dụ: Xác định điện áp cần thiết đặt vào động cơ để hệ số điều chỉnh tốc độ

$i_n = 0,66$. Với điện áp định mức của lưới $U_{dm} = 380V$, tải có dạng tải quạt gió (xem hình vẽ 4-9a).

Từ đồ thị, theo tỷ lệ xích ta có:

1mm = 40vòng/phút, vậy $n_{dm} = 1300$ v/p

1mm = 10Nm, vậy $M_{dm} = 40Nm$

Ta có: $n_p = i_n \cdot n_{dm} = 0,66 \cdot 1300 = 860$ v/p, ứng với $n_p = 860$ v/p ta xác định được điểm công tác trên đặc tính cơ tự nhiên C có $M_C = 63Nm$.

Vậy:
$$i_u = i_n \sqrt{\frac{M_{dm}}{M_c}} = 0,66 \sqrt{\frac{40}{60}} = 0,525$$

Từ đó ta có:
$$U_2 = i_u \cdot U_{dm} = 0,525 \cdot 380 \text{ v} = 200 \text{ v.}$$

Mômen quay của động cơ ở chế độ làm việc mới là:

$$M_p = M_{dm} \cdot i_n^2 = 40 \cdot 0,66^2 = 17,4 \text{ (N.m)}$$

Điều chỉnh tốc độ của động cơ bằng cách thay đổi số đôi cực của cuộn dây Stato cũng thường được sử dụng do không gây ra tổn hao phụ trong quá trình điều chỉnh. Họ đặc tính cơ khi thay đổi số đôi cực để điều chỉnh tốc độ được trình bày trên hình 4-9b. Trên tàu thủy người ta thường dùng các động cơ có 3 cấp tốc độ.

§4.9. ĐẶC ĐIỂM CƠ BẢN CỦA BƠM PISTON

4.9.1. Tính chất, các tham số và đặc điểm công tác

4.9.1a. Đặc điểm

Bơm piston có các đặc điểm đặc trưng:

Piston của bơm chuyển động thẳng do vậy khó kết hợp giữa động cơ với bơm. Để ghép nối chúng, cần phải có bộ biến đổi chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến.

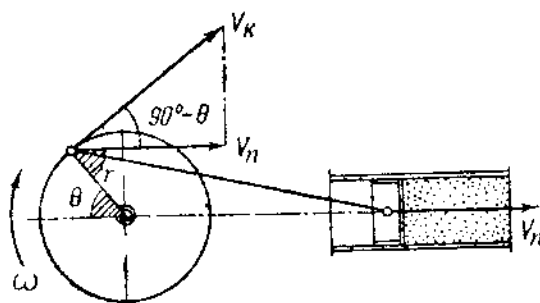
Bơm làm việc với tốc độ thấp, thường chỉ khoảng $80 \div 250$ vòng/phút, cá biệt có bơm piston làm việc với tốc độ 750 vòng/phút.

Có khả năng tự hút, tính sẵn sàng hoạt động cao.

Trên tàu thủy, bơm piston thường được dùng ở những hệ thống yêu cầu lưu lượng không lớn khi chiều cao cột áp lớn. Ví dụ có thể dùng làm bơm la canh, bơm cứu hoả, bơm cấp nước.

4.9.1b. Các tham số đặc trưng

Lưu lượng của bơm Q: Lưu lượng Q của bơm piston được xác định bằng diện tích tiết diện của piston và tốc độ chuyển động của nó. Điều đó có nghĩa là Q được tính bằng thể tích chất lỏng được vận chuyển qua bơm trong một đơn vị thời gian. Ở bơm piston, do có sự chuyển đổi từ chuyển động quay của động cơ thành chuyển động tịnh tiến của piston nên lưu lượng của bơm không đều. Ở đây nảy sinh khái niệm lưu lượng tức thời và lưu lượng trung



Hình 4-10. Tốc độ của piston để xác định lưu lượng tức thời của bơm

bình. Lưu lượng tức thời phụ thuộc vào tốc độ di chuyển của piston tại thời điểm khảo sát (xem hình 4-10). Tốc độ này được tính theo biểu thức:

$$V_n = V_k \cdot \cos(90^\circ - \theta) = \omega \cdot r \cdot \sin \theta.$$

Trong đó:

$V_k = \omega \cdot r$ - Tốc độ vòng của trục khuỷu, m/s.

$\omega = \frac{2\pi n_k}{60}$ - Tốc độ góc của trục khuỷu, m/s.

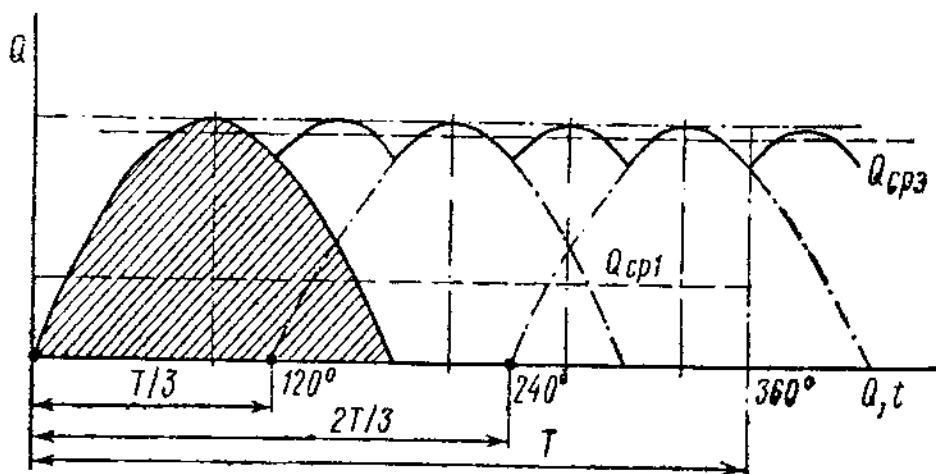
$n_k = \frac{n}{i}$ - Tốc độ quay của trục khuỷu, tốc độ này được xác định qua tốc độ quay của động cơ điện và tỷ số truyền của bộ truyền động cơ khí, vòng/phút.

Ta có: $Q_{IT} = S_p \cdot V_n = \omega \cdot r \cdot S_p \cdot \sin \omega t$ (4-32)

Trong đó: r - bán kính của trục khuỷu, m.

S_p - Diện tích mặt cắt ngang của piston, m^2 .

Vậy, lưu lượng tức thời của bơm piston là đại lượng hình sin. Chính điều này tạo ra sự cung cấp không đều lưu lượng ở cửa ra (xem hình 4-11). Tùy thuộc vào bơm có một, hai hay ba piston với hành trình lệch pha với nhau mà ta có đặc tính $Q = f(t)$ như hình 4-11. Thay thế diện tích nửa hình sin bằng hình chữ nhật thì ta có diện tích của hình chữ nhật ấy chính bằng lưu lượng trung bình Q_{th} của bơm. Nếu bơm có một piston ta có Q_{th1} , ba piston ta có Q_{th3} ... Để ổn định lưu lượng ở cửa ra, trên tàu thủy ta thường dùng loại bơm có 3 piston có hành trình lệch pha với nhau 120° - xem hình 4-11.



Hình 4-11: Sự thay đổi lưu lượng tức thời của bơm piston theo thời gian

Sự cung cấp lưu lượng không đều là nguyên nhân gây ra sự dao động tải, kéo theo đó là sự dao động của tốc độ quay và dòng điện trong động cơ. Để hạn chế ảnh hưởng này,

ta có thể chọn loại động cơ điện có mômen bánh đà lớn hoặc gắn thêm bánh đà vào hệ thống. Khi đó hệ số dao động tốc độ cho phép là:

$$\delta_n = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{n_{tb}} \leq \frac{1}{80 \div 100}$$

Nếu hệ thống đã có gắn thêm bánh đà nhưng lưu lượng ra vẫn không đều thì có thể dùng bơm có nhiều piston. Các piston này có hành trình lệch nhau. Như trên ta đã nói, người ta có thể dùng loại bơm có ba piston với hành trình lệch pha nhau 120° .

Mức độ truyền không đều: $\delta_Q = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}$ có các giá trị:

3,14 - Với bơm có một piston

1,57 - Với bơm có hai piston có hành trình lệch nhau 180° .

1,047 - Với bơm có 3 piston với hành trình lệch nhau 120°

1,11 - Với bơm có 4 piston với hành trình lệch nhau 90°

Lưu lượng trung bình để xác định công suất của động cơ:

$$Q_{tb} = Z \cdot l \cdot S_p \cdot \frac{n}{60i} \eta_i \quad (4-33)$$

Trong đó: Z - Số xilanh làm việc song song

l - Hành trình của piston, m

i - Tỷ số truyền của bộ truyền động.

$\eta_i = 0,85 \div 0,96$ - Hiệu suất thể tích của bơm, nó phụ thuộc vào các kích thước của bơm, đường kính piston và lưu lượng Q.

Chiều cao cột áp H của bơm piston không phụ thuộc vào lưu lượng và tốc độ quay (như đối với bơm li tâm) mà chỉ phụ thuộc vào sức cản của đường ống. Đó là đặc điểm đặc trưng của bơm piston.

Công suất của động cơ thực hiện được tính theo biểu thức (4-20):

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102 \eta_{dm}}$$

Trong đó: Q - Lấy bằng lưu lượng trung bình.

$$\eta_{dm} = 0,55 \div 0,92$$

4.9.2. Các đặc tính công tác và điều chỉnh lưu lượng của bơm piston

4.9.2a. Các đặc tính công tác.

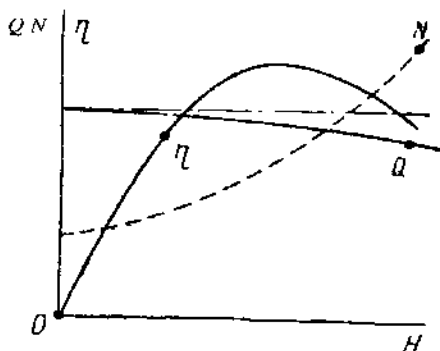
Cũng giống như các loại bơm khác, các đặc tính công tác được xây dựng với điều kiện $n = \text{const}$. Với điều kiện này, từ phương trình (4-33) ta thấy lưu lượng của bơm piston luôn không đổi $Q = \text{const}$. Trong thực tế, đường đặc tính H-Q của các loại bơm

này có dạng như hình (4-12). Khi tăng sức cản trên đường ống, chiều cao cột áp H tăng. Khi H tăng thì lưu lượng của bơm bị giảm đi một chút do hiệu suất thể tích η_v giảm. Công suất trên trục bơm N tỷ lệ với H . Tuy nhiên, đặc tính $N = f(H)$ không phải là sự phụ thuộc tuyến tính vì còn chịu ảnh hưởng bởi sự thay đổi của lưu lượng Q và hiệu suất thể tích η_v .

4.9.2b. Điều chỉnh lưu lượng

Khác với bơm quạt li tâm, bơm piston có ít phương pháp để điều chỉnh lưu lượng hơn.

Như trên đã trình bày, khi thay đổi sức cản đường ống theo hướng tăng lên, chiều cao cột áp tăng lên đáng kể nhưng lưu lượng Q của bơm lại thay đổi rất ít (xem hình 4-12). Nếu bơm làm việc với tốc độ $n_1 = \text{const}$, tăng sức cản của đường ống để thay đổi đặc tính cản từ đường 4 (với hệ số sức cản K_{C1}) sang đường 5 (với hệ số sức cản K_{C2}) thì điểm công tác chuyển từ P_1 sang P_c . Khi đó chiều cao cột áp tăng được $\Delta H = H_c - H_1$ trong khi đó $Q_c \approx Q_1$.



Hình 4-12. Các đặc tính công tác của bơm piston.

Mặt khác khi đóng van tiết lưu để tăng sức cản của đường ống sẽ gây ra sự va đập thủy lực có thể phá vỡ đường ống hoặc rò rỉ chất lỏng tại các mặt bích nối đường ống...

Nếu đóng hoàn toàn van tiết lưu ở cửa ra, lưu lượng $Q = 0$, chiều cao cột áp rất lớn, rất nguy hiểm cho hệ thống. Đây là trạng thái sự cố, vì vậy, người ta không dùng phương pháp thay đổi sức cản đường ống để thay đổi lưu lượng của loại bơm này.

Để điều chỉnh lưu lượng người ta thường dùng phương pháp thay đổi tốc độ quay của động cơ thực hiện. Khi thay đổi tốc độ từ n_2 sang n_3 thì đặc tính công tác của bơm chuyển từ đường 2 sang đường 3. Khi sức cản đường ống không đổi, điểm công tác sẽ chuyển từ P_2 (với lưu lượng là Q_2) sang P_3 (với lưu lượng Q_3). Như vậy, cùng với sự tăng lên của tốc độ quay $n_3 > n_2$ lưu lượng của bơm piston cũng tăng lên $Q_3 > Q_2$.

Ở một vài loại bơm piston đặc biệt, ví dụ bơm biến lượng kiểu quay (còn có tên gọi là biến lượng hình sao) thường được dùng trong hệ thống lái điện thủy lực. Việc điều chỉnh lưu lượng được thực hiện bằng cách làm lệch vành định tâm của bơm. Phương pháp này đơn giản, dễ thực hiện.

4.9.3. Ảnh hưởng của tốc độ quay tới các chỉ số công tác

Cũng như ở bơm li tâm, sự thay đổi của các chỉ số công tác được xác định bằng đặc tính cản của hệ thống đường ống mà bơm piston làm việc với nó. Với bơm kiểu thể

tích (trong đó có bơm piston), từ phương trình (4-33) ta thấy, lưu lượng tỷ lệ thuận với tốc độ quay:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1} = i_n$$

Khi bơm làm việc với hệ thống đường ống có đặc tính cản dạng $H_c = K_c Q^2$ (xem hình 4-13). Giống như ở bơm li tâm, khi thay đổi tốc độ quay từ n_1 đến n_2 :

$$\frac{Q_2}{Q_1} = i_n \text{ - Theo quy luật của bơm}$$

thể tích.

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{K_c Q_2^2}{K_c Q_1^2} = i_n^2 \text{ - Theo quy luật của}$$

hệ thống đường ống.

Vậy:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{Q_2 H_2}{Q_1 H_1} = i_n^3$$

Khi bơm làm việc với hệ thống đường ống có đặc tính cản dạng $H_c = H_{c0} + K_c Q^2$ (hệ thống có áp lực cản lớn) (xem hình 4-14)... Khi khảo sát, cho phép bỏ qua tổn hao chiều cao cột áp trong hệ thống đường ống. Khi đó ta có:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = i_n \text{ - Theo quy luật của bơm thể}$$

tích

$$\frac{H_2}{H_1} = 1 \text{ - Theo quy luật của hệ thống}$$

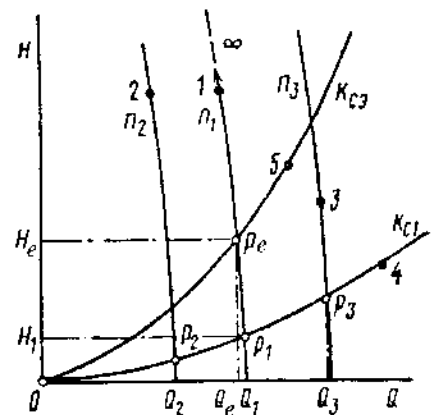
đường ống $H_c \approx H_{c0} = \text{const}$

$$\text{Vậy: } \frac{P_2}{P_1} = \frac{Q_2 H_2}{Q_1 H_1} = i_n$$

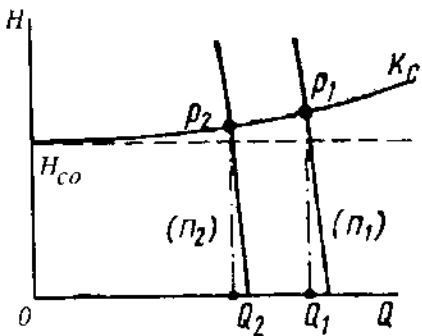
Tức là: Công suất của bơm piston thay đổi tỷ lệ thuận với sự thay đổi của tốc độ quay.

Trong thực tế, do sự thay đổi của chiều cao cột áp động và tổn hao do ma sát trong hệ

thống đường ống nên $\frac{H_2}{H_1} > 1$ khi tốc độ thay đổi từ n_1 tới n_2 .



Hình 4-13. Ảnh hưởng của sự thay đổi sức cản đường ống và tốc độ quay tới



Hình 4-14. Sự thay đổi lưu lượng của bơm piston do thay đổi tốc độ quay khi làm việc với hệ thống đường ống có sức cản ngược

§4.10. MÁY NÉN KHÍ

4.10.1. Công dụng và phân loại máy nén khí

Trên tàu thủy, máy nén khí được sử dụng khá rộng rãi với các mục đích khác nhau. Không khí được máy nén vào các bình chứa để từ đó cấp cho các hệ tiêu thụ: Dùng để khởi động máy chính, tổ hợp diezen máy phát, các hệ thống điều khiển từ xa diezen, các thiết bị vệ sinh...

Có nhiều cơ sở để phân loại máy nén.

Theo kiểu máy nén có: máy nén khí kiểu piston và máy nén kiểu tuabin li tâm.

Máy nén khí kiểu piston được áp dụng rộng rãi trên tàu thủy. Áp suất của máy nén kiểu này thường $P > 4\text{atm}$ (trên tàu thủy thường dùng loại có $P < 100\text{at}$).

Máy nén khí kiểu tuabin li tâm có áp suất trong khoảng từ $(4 \div 10)\text{atm}$, đôi khi tới 30atm . Loại này thường dùng ở tốc độ cao.

Theo công dụng của máy nén có:

Máy nén chính: Dùng để nén gió để khởi động máy chính.

Máy nén phụ (theo yêu cầu của Đăng kiểm): Dùng để thay thế máy nén chính khi nó bị hư hỏng hoặc hỗ trợ máy nén chính ở chế độ điều động, sự cố...

Máy nén sự cố: Dùng để nén khí khởi động cụm Diezen - Máy phát sự cố khi có sự cố ở trạm phát chính.

Máy nén thông dụng: máy nén có áp lực thấp $(3 \div 8) \text{ kG/cm}^2$ dùng cho các nhu cầu bình thường như cấp gió cho còi, thiết bị vệ sinh công nghiệp...

Máy nén chuyên dụng: Dùng trên tàu ngầm, tạo áp lực để ép nước balát ra khỏi tàu...

Theo lưu lượng có:

Máy nén có lưu lượng thấp: $Q < 10\text{m}^3/\text{phút}$

Máy nén có lưu lượng trung bình: $Q = (10 \div 30)\text{m}^3/\text{phút}$

Máy nén có lưu lượng cao: $Q > 30\text{m}^3/\text{phút}$.

Theo áp suất công tác có:

Máy nén có áp suất thấp: $P = (8 \div 10)\text{atm}$

Máy nén có áp suất trung bình: $P = (10 \div 80)\text{atm}$

Máy nén có áp suất cao: $P > 80\text{atm}$.

4.10.2. Quá trình nén và các chỉ số xác định tải của truyền động điện máy nén

Trong quá trình nén ép, không khí nén được đốt nóng đến nhiệt độ cao. Nhiệt độ này phụ thuộc vào mức độ ép và điều kiện làm mát của hệ thống. Năng lượng để đốt nóng không khí, gián tiếp được nhận từ động cơ thực hiện lái máy nén. Có thể coi rằng đó chính là tải trên trục động cơ. Ngoài ra tải trên trục động cơ còn phụ thuộc vào lượng không khí được nén trong một đơn vị thời gian. Vậy đặc tính của quá trình nhiệt, áp lực

nén và lưu lượng của máy nén chính là các tham số cơ bản xác định tải của động cơ lai máy nén.

4.10.2a. Quá trình nén không khí.

Quá trình nén không khí được mô tả bằng một giản đồ thể hiện mối quan hệ giữa áp lực nén trong xi lanh với hành trình của piston (được thể hiện qua thể tích nén V). Giản đồ này được xây dựng cho một chu kỳ nén ép, tức là cả quá trình hút và nén không khí.

Giản đồ lý thuyết (xem hình 4-15)

Đây là giản đồ mô tả mối quan hệ P và V theo các điều kiện lý tưởng, không tính đến ảnh hưởng của một loạt các yếu tố phụ.

Đường dưới cùng ứng với mức áp lực hút P_1 . Áp lực này được duy trì không đổi khi piston di chuyển hết hành trình của nó từ trái sang phải. Khi đó van hút mở, không khí được hút vào xi lanh của máy nén. Đến vị trí giới hạn ở bên phải (với thể tích khí được hút vào là V) piston dừng lại và bắt đầu chuyển động theo chiều ngược lại, van hút được đóng lại, không khí trong xi lanh bắt đầu bị nén. Áp lực không khí trong xi lanh tăng dần. Cùng với sự tăng lên của áp lực nhiệt độ không khí được nén cũng tăng. Tùy thuộc vào điều kiện làm của máy nén mà ta có các đường đặc tính nén là 3, 2, 1. Đường dốc nhất (đường 3) ứng với quá trình nén đoạn nhiệt. Áp lực nén trong xi lanh tăng nhanh và đạt đến áp lực cao P_2 khi thể tích nén còn lớn (V_{23})... Trong trường hợp không khí nén trong xi lanh được làm mát và duy trì không đổi trong quá trình nén, áp lực nén sẽ tăng từ từ và đạt mức áp lực cao P_2 khi thể tích nén đến mức V_{21} . Đường 1 là đường nén đẳng nhiệt. Nhiệt độ của không khí nén được giữ không đổi $T = \text{const}$. Nếu quá trình làm mát không đảm bảo duy trì được nhiệt độ không đổi thì có các đường đặc tính nén trung gian (đường 2). Đó là các quá trình nén đa biến. Quá trình này có tính chất đặc trưng cho tất cả các dạng nén ép không khí và các chất khí. Theo lý thuyết ta có phương trình đa biến:

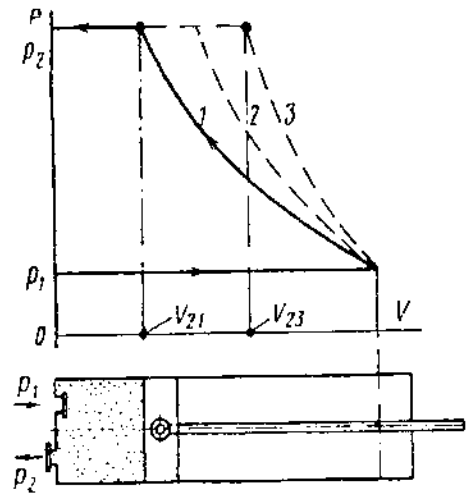
$$PV^n = \text{const}$$

Trong đó: n - chỉ số đa biến.

Nếu: $n = 1$ - Ta có quá trình nén đẳng nhiệt đẳng nhiệt.

$n = K$ - Ta có quá trình nén đoạn nhiệt.

Ở đây: $K = 1,6$ - Đối với loại khí đơn nguyên tử.



Hình 14-15. Giản đồ lý thuyết của chu kỳ nén không khí.

$K = 1,4$ - Đối với không khí và loại khí có hai nguyên tử (O_2 , H_2 , N_2 , CO).

$K = 1,3$ - Đối với khí nhiều nguyên tử

Khí áp lực trong xi lanh đạt đến P_2 , van xả bắt đầu mở, không khí từ xi lanh máy nén được nén vào bình chứa. Tới đây là kết thúc một chu kỳ, piston lại bắt đầu di chuyển sang phải, bắt đầu một chu kỳ mới.

Giản đồ thực tế (xem hình 4-16).

Giản đồ này được xây dựng khi có tính đến đặc điểm cấu tạo xi lanh máy nén và ảnh hưởng của các yếu tố phụ khác.

Khi piston di chuyển về bên trái để nén không khí, nó không thể tới tận đỉnh của xi lanh. Giữa chúng còn tồn tại một thể tích không lớn V_o . Không khí ở trong vùng thể tích V_o vẫn có áp suất nén là P_2 .

Khi piston di chuyển về bên phải để bắt đầu một chu kỳ mới, áp lực không khí bên trong xi lanh từ từ giảm xuống (đường 1-2). Đến điểm 2, áp lực bên trong xi lanh bằng áp lực của không khí bên ngoài P_1 (áp lực hút). Để mở được van hút, áp lực bên trong xi lanh phải thấp hơn áp lực hút P_1 (điểm 3) và áp lực này được duy trì suốt quá trình piston di chuyển sang phải để hút không khí vào xi lanh (đoạn 3-4). Kết thúc quá trình hút, piston bắt đầu chuyển động theo chiều ngược lại (đoạn 4-5), áp lực không khí trong xi lanh tăng và bằng với áp lực bên ngoài, van hút đóng lại. Chỉ sau lúc này, quá trình nén không khí mới thực sự bắt đầu (đoạn 5-6). Đến điểm 6, van xả mở để không khí từ xi lanh được nén vào bình chứa. Do sức cản của van xả và của đường ống dẫn khí, áp lực nén giảm đến giá trị P_2 (đường 6-1). Tới điểm 1, piston ngừng chuyển động sang trái để chuẩn bị cho chu kỳ tiếp theo. Không khí trong phần thể tích còn lại là tấm đệm làm giảm tác dụng của lực quán tính ở piston. Khi piston chuyển động theo chiều ngược lại, lượng không khí này được làm mát và hỗ trợ cho chuyển động của piston.

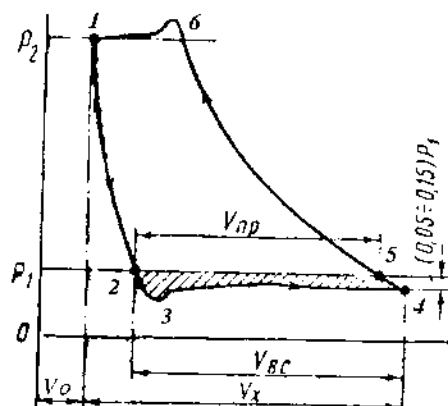
4.10.2b. Áp suất được tạo bởi máy nén

Trên tàu thủy thường dùng khí nén cho các mục đích khác nhau. Tùy theo mục đích sử dụng, có các cấp áp lực nén sau :

(60 ÷ 70) kG/cm^2 - Dùng để khởi động động cơ diesel cao tốc.

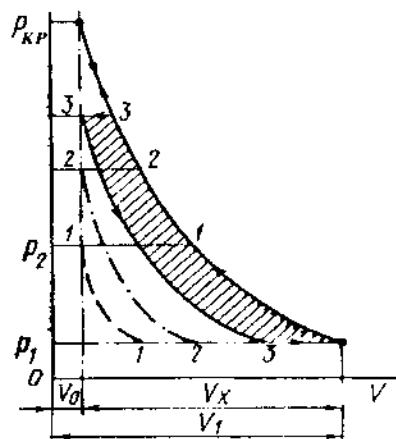
(25 ÷ 60) kG/cm^2 - Dùng cho hệ thống làm lạnh và các Diesel tốc độ thấp.

(4 ÷ 10) kG/cm^2 - Dùng cho hệ thống điều khiển từ xa các khí cụ điện, còi hơi.



Hình 4-16. Giản đồ thực tế của chu kỳ nén khí.

Diện tích của giản đồ thực tế xác định công tác hữu ích của quá trình nén không khí. Giá trị áp lực ở cuối quá trình nén P_2 càng lớn thì diện tích của giản đồ càng lớn. Tuy nhiên việc nâng cao P_2 bằng cách nào đó, ví dụ chỉnh lại mức tác động của rơ le áp lực..., ép piston đến tận đỉnh chưa hẳn đã tăng được diện tích của giản đồ. Khi dùng các biện pháp để tăng áp lực nén cao P_2 lên đến P_{kp} chẳng hạn (xem hình 4-17). Hết quá trình nén, piston di chuyển theo chiều ngược lại. Không khí nén còn lại trong phần thể tích V_0 giãn nở theo đường cong nén ép. Diện tích của giản đồ trong giai đoạn này bằng không. Động cơ thực hiện được coi như làm việc không tải.



Hình 4 -17. Tổn hao lưu lượng của máy nén khí tăng áp lực nén.

Thường thường ở máy nén khí có trang bị bộ khống chế li tâm dùng để điều khiển hoạt động của van xả (hoặc van hút). Ban đầu, khi tốc độ của máy nén còn thấp bộ khống chế li tâm không cho các van hoạt động, không có quá trình nén ép xảy ra trong máy nén. Nhờ có hoạt động này, máy nén được khởi động ở chế độ không tải. Điều này có ý nghĩa rất lớn, nhất là với hệ thống có động cơ lai máy nén là động cơ dị bộ rô to lồng sóc (loại này có mômen khởi động nhỏ, khi khởi động trực tiếp với tải lớn thường gây sụt áp cho lưới điện...)

4.10.2c. Lưu lượng của máy nén được xác định bởi thể tích không khí được hút vào xi lanh

Trên tàu thủy người ta thường dùng các loại máy nén có lưu lượng khoảng (50 ÷ 60 m³/giờ). Lưu lượng này phụ thuộc vào các tham số của xi lanh và được xác định theo biểu thức:

$$Q = Z l S_p \frac{n}{i} \eta_T \quad \text{m}^3/\text{phút} \quad (4-35)$$

Trong đó:

Z - Số lượng xi lanh của máy nén.

l - Hành trình của piston, m.

S_p - Diện tích tiết diện của xi lanh, m².

n - Tốc độ quay của động cơ thực hiện (vòng/phút).

i - Tỷ số truyền của bộ truyền động.

η_T - Hiệu suất thể tích. Trong trường hợp này, η_T đóng vai trò của hệ số truyền khí tính đến sự giảm lưu lượng do tổn hao và do tác động của giới hạn thể tích cuối.

Để tính được hiệu suất thể tích của máy nén, cần xác định tổn hao thể tích do tồn tại thể tích cuối ở quá trình nén và các tổn hao khác. Từ hình vẽ 4-16 ta có:

V_X - Thể tích hành trình toàn phần piston.

V_{BC} - Thể tích hút.

V_{np} - Thể tích hành trình của piston ứng với các điều kiện đầu của quá trình hút.

Hiệu suất thể tích hút khi nén bình thường:

$$\eta_{TB} = \frac{V_{BC}}{V_X} \approx 0,95 \quad (4-36)$$

Tổn hao lưu lượng trong máy nén khí sinh ra bởi các nguyên nhân:

Do ma sát giữa không khí với van hút và đường ống. Đặc tính hút phải nằm dưới áp lực hút P_1 (xem hình 4-15) khiến cho $V_{np} < V_{BC}$.

Khi bị nén, không khí nóng nên khiến mật độ không khí bị giảm trong vùng thể tích V_{np} . Không khí bị rò rỉ qua các mặt bích, mối nối... Hiệu suất thể tích do tổn hao được tính:

$$\eta_{TT} = (0,8 \div 0,95) \quad (4-37)$$

Hiệu suất thể tích toàn phần của máy nén:

$$\eta_T = \eta_{TB} \cdot \eta_{TT} = 0,75 \div 0,9 \quad (4-38)$$

Chú ý: Máy nén nhỏ thì chọn giá trị thấp.

4.10.3. Tính toán công suất và lựa chọn động cơ thực hiện

Công suất của động cơ thực hiện cần phải đủ để thực hiện quá trình nén ép không khí và khắc phục được các tổn hao của hệ thống. Nếu quá trình nén là quá trình đẳng nhiệt thì tổn hao năng lượng là nhỏ nhất.

Công suất của máy nén có thể tính theo các biểu thức sau:

$$P = K \frac{Q}{600 \cdot 102 \cdot \eta_K \cdot \eta_{TD}} \cdot \frac{L_i + L_a}{2} \quad (\text{kW}) \quad (4-39)$$

Trong đó:

K - hệ số dự trữ ($K = 1,1 \div 1,15$),

Q - Lưu lượng của máy nén, $\text{m}^3/\text{phút}$,

η_K - Hiệu suất của máy nén, $\eta_K = (0,5 \div 0,8)$

η_{TD} - Hiệu suất của bộ truyền động. Máy nén thường được truyền động bằng đai có $\eta_{TD} = 0,85$.

L_i, L_a - Công nén đẳng nhiệt và đoạn nhiệt, kGm .

Giá trị của L_i và L_a ở các áp suất nén khác nhau được cho theo bảng sau:

Đại lượng	Áp suất cuối (là áp suất nén + 1 at) at							
	3	4	5	6	7	8	9	10
L_i	11.000	13.900	16.100	17.900	19.500	20.800	2.200	23.000
L_a	12900	17.100	20.500	23.500	26.100	28.600	30.700	32.700
Z	200	260	300	345	360	410	440	446

Hoặc có thể tính công suất theo công thức đơn giản hơn:

$$P_{dm} = K \cdot \frac{Q \cdot Z}{81,6}$$

Trong đó: K - hệ số dự trữ ($k = 1,1 \div 1,15$),

Z – hệ số cho theo áp suất cuối (bảng trên),

Q – lưu lượng của máy nén.

Sau khi tính được công suất của động cơ tiến hành lựa chọn động cơ theo sổ tay kỹ thuật với các cơ sở:

Dựa vào công suất định mức P_{dm} và tốc độ định mức n_{dm} ,

Chế độ công tác: dài hạn, ngắn hạn và ngắn hạn lặp lại

Kiểu động cơ: Tùy thuộc vào vị trí sử dụng. Nếu có nguồn một chiều thì có thể chọn động cơ thực hiện là loại có kích từ hỗn hợp. Loại động cơ này có mômen khởi động lớn, sự dao động của dòng tải ở quá trình hút và nén ít. Nếu là lưới điện xoay chiều, với máy nén có công suất nhỏ có thể dùng động cơ dị bộ rô to lồng sóc. Với hệ thống có công suất lớn có thể dùng động cơ dị bộ rô to dây quấn hoặc động cơ rô to lồng sóc nếu có bộ khống chế hoạt động của các van hút, đẩy.

Để hạn chế sự dao động của dòng điện trong phạm vi cho phép ($\Delta = 0,7 \cdot I_{dm}$) khi tải của máy nén thay đổi ta thường chọn loại động cơ có mô men quán tính lớn hoặc gắn thêm bánh đà.

4.10.4. Điều chỉnh lưu lượng của máy nén

Trong khai thác, lưu lượng của máy nén khí cần phải đáp ứng được yêu cầu của các hộ tiêu thụ. Mức tiêu thụ phụ thuộc vào yêu cầu sử dụng thực tế còn lượng khí nén cung cấp phụ thuộc vào sự làm việc của máy nén. Sự thay đổi lưu lượng của máy nén có thể tạo ra sự dao động áp lực trong hệ thống nén khí (đặc biệt là ở chế độ điều động, mức tiêu thụ khí nén rất lớn do thường xuyên khởi động máy chính). Để đảm bảo cho các thiết bị có sử dụng khí nén hoạt động bình thường cần phải giữ áp lực khí nén không đổi. Điều chỉnh lưu lượng khí nén có thể thực hiện bằng hai cách: tác động vào động cơ điện lái máy nén và tác động vào phía máy nén (phương pháp điện và phương pháp cơ khí).

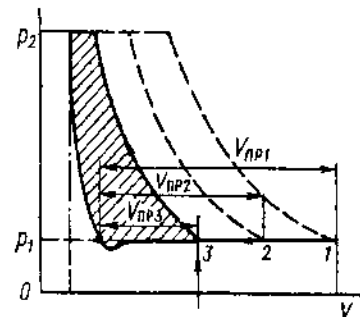
4.10.4a. Điều chỉnh bằng cách tác động vào động cơ điện

Từ phương trình (4-35) ta thấy, để điều chỉnh lưu lượng của máy nén có thể thay đổi tốc độ của động cơ điện. Tùy thuộc vào loại động cơ và hệ thống điều khiển mà ta chọn lấy một phương pháp điều chỉnh hợp lý nhất. Khi áp lực bình chứa đạt đến giá trị yêu cầu, rơ le áp lực tác động làm ngừng cấp điện cho động cơ. Khi áp lực ở bình chứa giảm, động cơ được cấp điện trở lại. Phương pháp này dùng cho những động cơ không điều chỉnh tốc độ và là phương pháp kinh tế nhất. Khi dùng phương pháp này, động cơ thực hiện làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại. Cách làm này có nhược điểm là động cơ thường xuyên khởi động, dùng gây ra dao động điện áp, làm xấu chất lượng của nguồn. Với hệ thống có công suất lớn, việc điều chỉnh lưu lượng thực hiện bằng cách đóng, ngắt máy nén nhờ khớp nối điện từ. Khi bình chứa khí nén đủ áp lực, máy nén được ngắt khỏi động cơ lại (nhờ khớp nối). Động cơ lại tiếp tục quay nhưng đây là chế độ công tác không tải. Khi áp lực ở bình chứa giảm, khớp nối điện từ lại đóng để máy nén được nối với động cơ điện. Ở cách làm này, động cơ điện làm việc ở chế độ dài hạn, năng lượng tiêu hao lớn hơn ở cách làm trên nhưng tránh được dao động điện áp cho lưới điện.

4.10.4b. Điều chỉnh bằng cách tác động về phía máy nén.

Để điều chỉnh lưu lượng bằng phương pháp này, cần phải có các thiết bị phụ. Chúng được điều khiển bằng điện theo nguyên tắc điều khiển từ xa hay tự động. Các phương pháp sau đây được sử dụng:

Thay đổi độ mở của van hút. Với phương pháp này, sức cản đường ống hút tăng làm tổn hao của đường hút. Thể tích hành trình của piston ứng với điều kiện đầu của quá trình hút V_{np} giảm, làm giảm lưu lượng của máy nén (hình 4-18). Khi đóng hoàn toàn van hút, đường hút gần như giảm xuống đến mức không và đường xả trùng với đường hút.



Hình 4-18: Giảm độ của chu trình nén khi thay đổi độ mở van hút.

Dùng mạch nhánh nối cửa hút với cửa xả thông qua van có điều khiển.

Tăng thêm thể tích cuối V_0 bằng cách nối vào cửa xả một bình chứa phụ.

§4.11. CÁC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN BƠM, QUẠT

Trong đa số các trường hợp, truyền động điện các thiết bị bơm, quạt không đòi hỏi phải đảo chiều và điều chỉnh tốc độ. Vì vậy, việc điều khiển chúng không phức tạp và thiết bị điều khiển rất đơn giản. Hệ thống truyền động điện bơm, quạt gió nói chung cần phải có các hình thức bảo vệ sau:

Bảo vệ "không" hoặc bảo vệ điện áp thấp bảo vệ này nhằm tránh cho động cơ tự khởi động lại sau khi hệ thống mất nguồn cấp, sau đó có nguồn trở lại hoặc khi điện áp nguồn cấp bị giảm quá mức cho phép. Để thực hiện bảo vệ này người ta dùng rơ le điện áp với điện áp nhả $U_n = (0,8 \div 0,85)U_{dm}$.

Bảo vệ quá tải cho động cơ thực hiện. Để thực hiện chức năng bảo vệ này có thể dùng rơ le dòng điện cực đại (nếu là động cơ điện một chiều) hoặc rơ le nhiệt (nếu là động cơ xoay chiều). Giá trị dòng điện tác động $I_w = (1,05 \div 1,5)I_{dm}$ tùy theo cấp cách điện của vật liệu cách điện của động cơ.

Bảo vệ ngắn mạch cho mạch động lực và mạch điều khiển. Khi cụ để bảo vệ ngắn mạch cho mạch động lực thường là cầu dao tự động (đôi khi có thể dùng cầu chì), còn với mạch điều khiển dùng cầu chì.

Ngoài các bảo vệ trên, ở một vài hệ thống chúng ta có thể gặp các bảo vệ khác: Bảo vệ mất từ trường ở truyền động điện với động cơ điện một chiều, bảo vệ quá tốc độ, bảo vệ nhiệt độ nước làm mát cao hoặc áp lực dầu bôi trơn thấp ở các máy nén.

Hệ thống điều khiển động cơ điện một chiều

Điều khiển trực tiếp, dùng trong hệ thống bơm, quạt gió có công suất nhỏ $(0,5 \div 1,0)$ kW.

Điều khiển kiểu biến trở, dùng trong hệ thống có công suất trung bình $(10 \div 15)$ kW, đôi khi có thể lên tới 80 kW. hình thức điều khiển này thường được dùng cho các hệ thống làm việc ở chế độ dài hạn hoặc cần điều chỉnh tốc độ (Biến trở khởi động đồng thời là biến trở điều chỉnh).

Điều khiển kiểu biến trở có thể thực hiện tại chỗ hoặc từ xa nhờ động cơ trợ động. Lưu ý rằng trong mạch của động cơ trợ động cần có các ngắt cuối để giới hạn vùng di chuyển con chạy của biến trở.

Điều khiển kiểu trạm từ, có thể dùng với hệ thống có bất kỳ công suất nào. Thường dùng cho các hệ thống có công suất $(3 \div 100)$ kW. Có thể điều khiển bằng nút ấn hoặc bằng tay điều khiển. Dễ dàng tự động hoá hoạt động của hệ thống nhờ rơ le mức, rơ le áp lực, rơ le nhiệt độ.

Hệ thống điều khiển động cơ dòng điện xoay chiều :

Ngày nay, hầu như tất cả các trạm phát điện trên tàu thủy đều là trạm phát điện xoay chiều. Do vậy truyền động điện các thiết bị bơm, quạt gió đều dùng động cơ điện dị bộ rôto lồng sóc.

Nếu công suất động cơ thực hiện nhỏ hơn 20% tổng công suất của các máy phát đang cấp nguồn cho các trạm phát thì có thể khởi động trực tiếp. Nếu vượt qua giá trị này, cần thực hiện các biện pháp khởi động để hạn chế dòng điện khởi động. Các biện pháp khởi động thường gặp:

Dầu nối tiếp với động cơ các cuộn kháng bảo hòa để giảm điện áp đặt vào động cơ tại thời điểm khởi động. Dùng phương pháp này có thể giảm được dòng khởi động nhưng mômen khởi động giảm mạnh ($M \approx U^2$) và có tổn hao năng lượng lớn.

Chuyển đổi cuộn dây stato của động cơ từ đấu sao thành đấu tam giác (Y/ Δ).

Khởi động động cơ qua biến áp tự ngẫu.

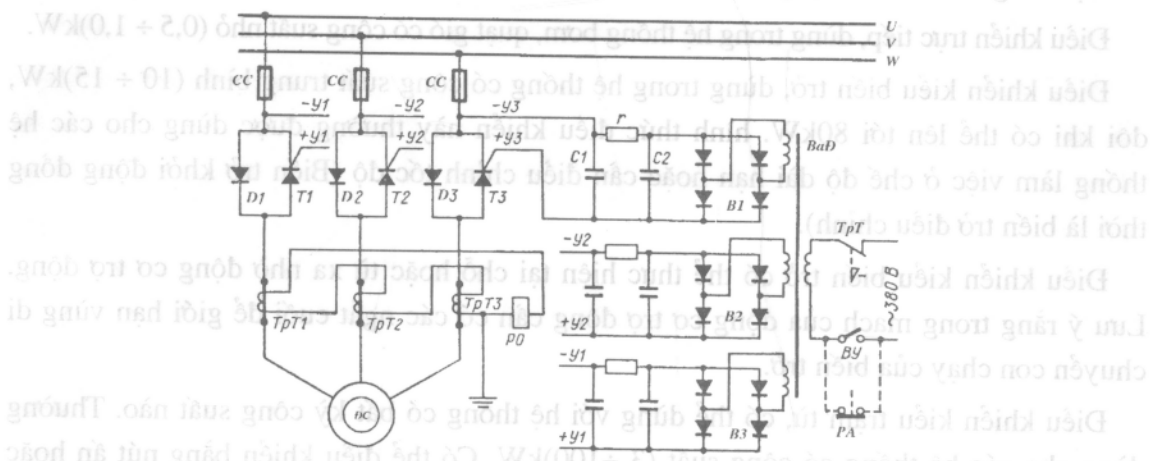
Đưa thêm điện trở phụ R_2 vào mạch cuộn dây rôto của động cơ dị bộ rô to dây quấn.

Thực hiện các quá trình khởi động kể trên có thể bằng tay hoặc tự động nhờ các khí cụ của trạm từ.

§ 4.12. MỘT SỐ VÍ DỤ VỀ HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN BƠM, QUẠT VÀ MÁY NÉN

4.12.1. Bộ khởi động thiristo dùng cho truyền động điện không đảo chiều

Hình (4-19) là sơ đồ nguyên lý của hệ thống điều khiển động cơ điện xoay chiều không đảo chiều với các thiết bị đóng mạch là thiristo.



Hình 4-19. Bộ khởi động từ thiristo với động cơ dị bộ rôto lồng sóc của hệ thống TĐĐ bơm

Hệ thống được lắp ráp mang tính thí nghiệm, cho một bơm nước sinh hoạt có công suất $P = 11 \text{ kW}$; $U_{dm} = 380 \text{ V}$; $I_{dm} = 22 \text{ A}$.

Hệ thống điều khiển bao gồm:

BaĐ - Biến áp điều khiển, thứ cấp có 3 cuộn dây để lấy tín hiệu điều khiển các thiriston ở mỗi pha.

B_1, B_2, B_3 - Các cầu chỉnh lưu lấy để đưa tới cực điều khiển của các thiristo một điện áp một chiều $U_y = 22 \text{ V}$.

C_1, C_2 và r - mạch lọc hình chữ Π

By - Công tắc điều khiển. Nếu thay thế công tắc này bằng tiếp điểm của rơ le áp lực, hệ thống sẽ làm việc ở chế độ tự động.

D_1, D_2, D_3 - Các diốt để dẫn nguồn trong một phần hai chu kỳ bị khoá của các thiristo.

T_1, T_2, T_3 - Các thiristo đóng vai trò như thiết bị đóng ngắt mạch (không cực tiếp xúc)

TPT_1, TPT_2, TPT_3 - Các biến dòng điện được mắc nối tiếp để lấy tín hiệu bảo vệ mất pha.

PO - Rơ le bảo vệ mất pha. Rơ le này được mắc nối tiếp với ba biến dòng (cũng mắc nối tiếp) ở ba pha.

Khi có điện ở cả ba pha, dòng chạy qua Rơle PO bằng 0. Rơle không hoạt động. Nếu mất một pha, có dòng chạy qua PO làm mở tiếp điểm Po trong mạch cuộn dây sơ cấp của biến áp BaĐ. Các thiristo không được điều khiển nên khoá lại. Động cơ được ngắt ra khỏi lưới.

CC - Cầu chì tác động nhanh để bảo vệ ngắn mạch cho động cơ.

4.12.2. Hệ thống điều khiển truyền động điện máy nén với động cơ dị bộ rôto lồng sóc

12.2a. Cấu tạo của hệ thống

Hệ thống điều khiển máy nén khí với động cơ dị bộ rôto lồng sóc được trình bày ở hình (4-20).

Hệ thống được điều khiển bằng trạm điều khiển với các phân tử :

M - Động cơ thực hiện.

f_1 - Biến áp hạ áp cấp nguồn cho các khí cụ điều khiển.

f_2 - Biến áp và đèn tín hiệu báo nguồn.

AB - Cầu dao tự động, cấp nguồn cho hệ thống.

CT - Công tắc chọn chế độ - Bằng tay hoặc tự động.

C_1 - Công tơ mạch chính.

83T - Rơ le thời gian, có thời gian trễ 13 giây

(2-1) - Rơ le thời gian, có thời gian trễ 10 giây

(2-2) - Rơ le thời gian, có thời gian trễ 13 phút

4, 2X, 1X; RY1, RY - Các rơ le trung gian.

MV - Van điện từ để xả nước đọng ở cửa xả của máy nén.

TH - Tiếp điểm của Rơle nhiệt để bảo vệ máy nén khi nhiệt độ nước làm mát cao (Tiếp điểm đóng khi nhiệt độ cao hơn mức đặt trước).

PS ($P_3 - P_4$) - Tiếp điểm của rơle áp lực. Tác động khi áp lực dầu bôi trơn cho máy nén thấp (tiếp điểm này đóng khi áp lực dầu bôi trơn thấp hơn mức áp lực đặt)

PS ($P_1 - P_2$) - Các tiếp điểm của role áp lực khổng chế áp lực chai gió. Đây là các role vi phân, tiếp điểm sẽ đóng khi áp lực gió trong chai giảm thấp hơn mức đặt áp lực thấp và mở ra khi áp lực gió lớn hơn mức đặt áp lực cao.

B_4 nút ấn đặt lại (Reset). Khi một trong số các bảo vệ nhiệt độ nước làm mát cao hoặc áp lực dầu bôi trơn thấp tác động, muốn hệ thống máy nén hoạt động trở lại (sau khi đã xử lý sự cố) cần phải ấn nút này.

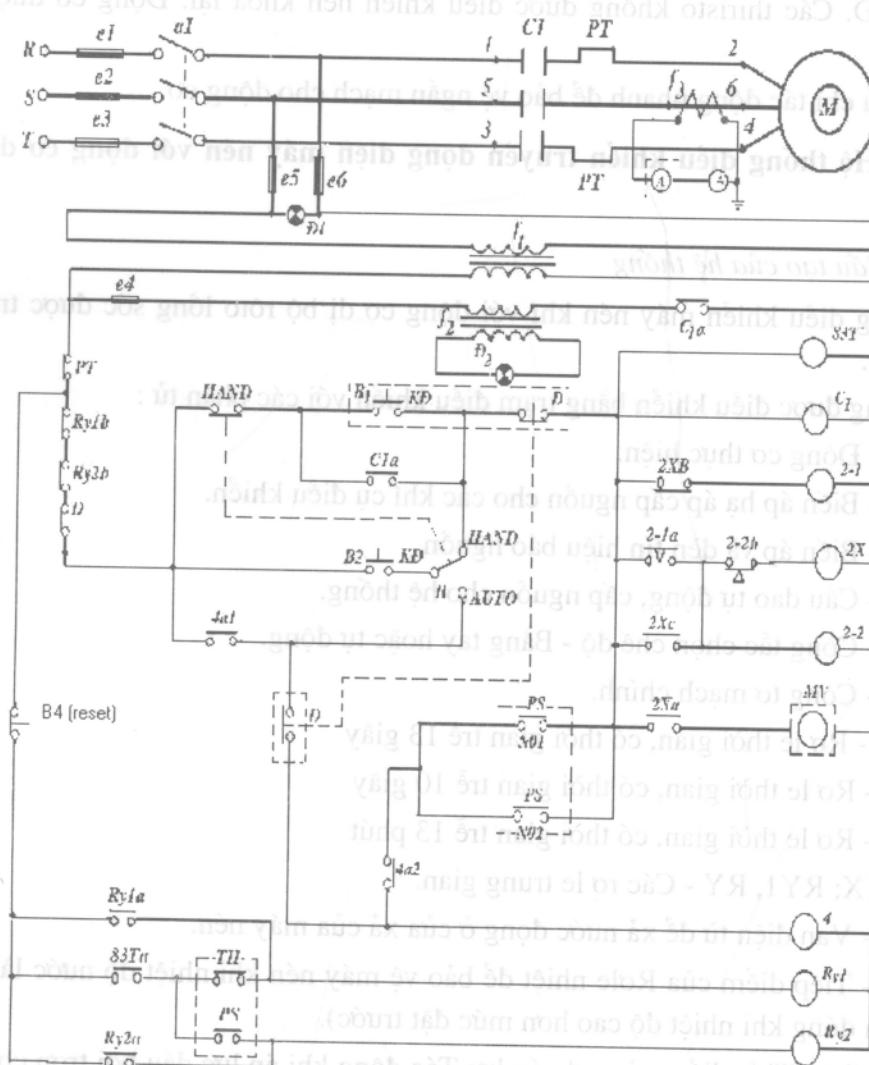
F_3 : Biến dòng đo lường.

A: Các Am pe kế.

PT: Các Role nhiệt bảo vệ quá tải cho máy nén .

C_4, C_5, C_6 : Các cầu trì bảo vệ ngắn mạch cho hệ thống điều khiển.

KĐ và D: Các nút khởi động và nút dừng.



Hình 4-20. Truyền động điện máy nén tự động với động cơ dị bộ rôto lồng sóc

4.12.2b. Nguyên lý hoạt động

Chế độ không tự động: Công tắc chọn chế độ làm việc B để ở vị trí HAND. Đóng cầu dao cấp nguồn a_1 đèn báo có nguồn D_1 sáng (đèn màu vàng). Ấn nút khởi động B_1 (hoặc B_2). Trong hệ thống điều khiển sẽ có các hoạt động sau:

Công tắc tơ C_1 có điện làm đóng tiếp điểm C_{1a} để tự duy trì nguồn cấp cho công tắc tơ C_1 ; đèn D_2 (màu xanh) sáng báo động cơ bắt đầu làm

Role thời gian 83T có điện. Sau 13s tiếp điểm 83 T_a được đóng lại, đưa mạch bảo vệ áp lực dầu bôi trơn và nhiệt độ nước làm mát máy nén vào trạng thái sẵn sàng hoạt động.

Van điện từ MV chưa được cấp điện, cửa xả nước động mở, máy nén được khởi động ở chế độ nhẹ tải đồng thời nước động của quá trình nén trước đó được đẩy ra ngoài.

Role thời gian (2-1) có điện. Sau 10 giây, tiếp điểm 2-1a đóng lại. Khi đó:

Role trung gian 2X có điện và role thời gian (2-2) có điện. Role 2X có điện làm cho:

Tiếp điểm 2Xa đóng lại, cấp điện cho van điện từ MV làm cửa xả nước động đóng lại.

Tiếp điểm 2Xc đóng lại, sẵn sàng cấp nguồn cho rơ le 2X.

Tiếp điểm 2X_B mở ra làm cho role thời gian (2-1) mất nguồn cấp. Tiếp điểm (2-1a) mở ra. Role trung gian 2X tiếp tục được cấp nguồn qua tiếp điểm 2X_C và (2-2b). 13 phút kể từ sau khi được cấp nguồn, role thời gian (2-2) mở tiếp điểm (2-2b) của nó làm mất nguồn cấp cho role trung gian 2X. Khi đó tiếp điểm 2X_a mở ra làm van điện từ MV mất nguồn cấp, cửa xả nước động mở để nước động trong máy nén được xả ra ngoài. Tiếp điểm 2X_c ra làm mất nguồn cấp cho rơ le thời gian (2 - 2) làm tiếp điểm (2 - 2b) của rơ le này đóng lại. Tiếp điểm 2X_B đóng lại cấp nguồn cho rơ le thời gian (2-1). Tuy nhiên phải 10 giây sau, tiếp điểm (2.1a) mới đóng lại để cấp nguồn cho role trung gian 2X và rơ le thời gian (2-2).

Khi rơ le 2X có điện các tiếp điểm 2Xa, 2Xc đóng lại và 2X_B mở ra. Van điện từ MV được cấp điện làm cửa xả nước động đóng lại. Rơ le thời gian (2 - 2) có điện để 13 phút sau sẽ lặp lại quá trình tự động xả nước động như đã nói ở trên.

Chế độ tự động: Đặt công tắc chọn chế độ ở vị trí AUTO. Ấn nút khởi động B_1 (hoặc B_2). Rơ le trung gian 4 được cấp nguồn làm các tiếp điểm 4a đóng lại sẵn sàng cho hệ thống sẵn sàng hoạt động ở chế độ tự động.

Nếu áp lực trong các chai gió đang ở mức cao (hight), các tiếp điểm của Rơ le áp lực PS(P_{11} - P_{12}) mở, không có nguồn cấp cho mạch điện điều khiển. Động cơ M chưa làm việc. Nếu áp lực trong các chai gió tụt xuống mức thấp (Low) tiếp điểm PS (P_{11} - P_{12}) đóng lại. Nguồn được đưa tới công tắc tơ C_1 , các role thời gian 83T (2 - 1). Máy nén được đưa vào làm việc và quá trình tự động xả nước động diễn ra như đã trình bày ở trên. Khi áp lực trong các chai gió đạt đến mức cao, các tiếp điểm của rơ le áp lực PS (P_{11} - P_{12}) lại mở ra làm mất nguồn cấp cho mạch điều khiển. Máy nén ngừng làm việc. Máy nén sẽ tự động hoạt động trở lại khi áp lực gió trong chai bị tụt xuống mức thấp.

Bảo vệ cho hệ thống: Bảo vệ ngắn mạch động lực và mạch điều khiển được thực hiện nhờ các cầu chì $e_1 \div e_6$. Bảo vệ không nhờ công tắc tơ C_1 (ở chế độ không tự động) và rơ le trung gian 4 (ở chế độ tự động). Bảo vệ quá tải nhờ các rơ le nhiệt PT. Bảo vệ áp lực dầu bôi trơn máy nén thấp, nhiệt độ nước làm mát cao được thực hiện nhờ rơ le áp lực P_5 và rơ le nhiệt TH cùng với các rơ le trung gian RY_1, RY_2 . Nếu các sự cố này xảy ra RY_1 hoặc RY_2 được cấp điện làm mở tiếp điểm RY_1b (hoặc RY_2b). Mạch điều khiển bị mất điện máy nén ngừng hoạt động. Sau khi khắc phục được sự cố, muốn đưa máy nén vào hoạt động, người điều khiển cần phải ấn nút B_4 (Reset) sau đó ấn nút ấn khởi động B_1 (hoặc B_2).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Н.М.Хомяков, В.С.Михайлов.
Судовые электроприводы. Л.Сиверс
Москва "Транспорт" 1975г.
2. Судовые электроприводы.
Издательство "Судостроение", Ленинград 1969г.
3. Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liên, Nguyễn Thị Hiền.
Truyền động điện.
Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật - Hà Nội 1994
4. Trần Huy Dũng.
Máy phụ tàu thủy.
Nhà xuất bản Giao thông vận tải - Hà Nội 1993
5. Hồ sơ kỹ thuật của một số tàu thuộc đội tàu công ty VOSCO

MỤC LỤC

	Trang
<i>Lời nói đầu</i>	3
 Chương I. Truyền động điện thiết bị lái tàu thủy	
§1-1. Những khái niệm chung về hệ thống truyền động điện thiết bị lái tàu thủy	5
§1-2. Đặc tính mômen cản trên trụ lái	7
§1-3. Xác định tải thủy động trên trụ lái	10
§1-4. Xây dựng đặc tính tải của động cơ thực hiện ở hệ thống lái điện cơ	16
§1-5. Các lực tác động trong bộ truyền động thủy lực	18
§1-6. Các tham số quan trọng của bộ truyền động thủy lực	21
§1-7. Xây dựng giản đồ phụ tải của động cơ thực hiện đối với lái điện thủy lực	25
§1-8. Phương pháp đơn giản để tính chọn động cơ thực hiện cho hệ thống lái	31
§1-9. Xác định sơ bộ các thông số định mức của động cơ thực hiện bằng phương pháp gần đúng liên tục	38
§1-10. Xây dựng các đặc tính chế độ của động cơ thực hiện ở hệ thống lái điện cơ	43
§1-11. Xây dựng các đặc tính chế độ của động cơ thực hiện ở hệ thống lái điện thủy lực	44
§1-12. Xác định thời gian bẻ lái	47
§1-13. Nghiệm trạng thái phát nhiệt cho động cơ	49
§1-14. Các phương pháp tạo lập cho hệ thống lái	57
§1-15. Hệ thống lái đơn giản	62
§1-16. Hệ thống lái lập	66
§1-17. Hệ thống lái điện thủy lực	69
 Chương II. Truyền động điện neo và tời quán dáy	
§2-1. Khái niệm chung	76
§2-2. Các yêu cầu đối với hệ thống truyền động điện neo	77
§2-3. Các đại lượng cơ bản xác định tải và chế độ công tác của truyền động điện neo	78
§2-4. Các giai đoạn của quá trình thu neo	82
§2-5. Trạng thái cân bằng của xích neo	84
§2-6. Những phương trình cơ bản xác định độ võng tự do của xích neo	96
§2-7. Phương trình tổng quát của độ võng đường xích neo	88
§2-8. Xác định biến số dịch trục toạ độ	89
§2-9. Các công thức phụ thường dùng	91
§2-10. Các loại động cơ điện dùng trong hệ thống truyền động điện tời neo	93
§2-11. Hệ thống điều khiển truyền động điện tời neo	94
§2-12. Một số hệ thống truyền động điện tời neo thường gặp	96

§2-13. Các thông số định mức của động cơ thực hiện	111
§2-14. Các lực bên ngoài tác dụng lên con tàu trong quá trình thu neo	116
§2-15. Tốc độ di chuyển của con tàu ở giai đoạn thứ nhất của quá trình thu neo	120
§2-16. Xây dựng đặc tính trạng thái của xích neo	121
§2-17. Xây dựng giản đồ phụ tải của truyền động điện neo	124
§2-18. Xác định trạng thái nhiệt của động cơ thực hiện hệ thống truyền động điện neo	129
§2-19. Thả neo bằng truyền động điện	139
Chương III. Truyền động điện thiết bị làm hàng	
§3-1. Đặc điểm chung	142
§3-2. Những yêu cầu cơ bản đối với thiết bị làm hàng tàu thủy	143
§3-3. Những loại động cơ thường dùng trong hệ thống truyền động điện thiết bị làm hàng	146
§3-4. Các quá trình hãm điện trong truyền động điện thiết bị làm hàng	151
§3-5. Tính toán công suất động cơ thực hiện trong cơ cấu nâng hạ của tời hàng và cần trục	156
§3-6. Xây dựng giản đồ phụ tải của động cơ thực hiện ở cơ cấu nâng hạ hàng của tời hàng và cần trục	160
§3-7. Tính toán lựa chọn động cơ thực hiện cho cơ cấu quay mâm của cần trục	171
§3-8. Phương pháp tính chọn động cơ thực hiện cho cơ cấu quay mâm của cần trục	178
§3-9. Hệ thống điều khiển của truyền động điện thiết bị làm hàng	181
§3-10. Phân tích đặc điểm kĩ thuật của một vài hệ thống thường gặp	183
§3-11. Truyền điện động với thiristor dùng cho thiết bị làm hàng có công suất lớn	192
Chương IV. Truyền động điện thiết bị bơm quạt gió	
§4-1. Đặc tính chung của thiết bị bơm, quạt gió	199
§4-2. Phân loại bơm và quạt gió	200
§4-3. Bơm, quạt li tâm và các đặc tính của nó	201
§4-4. Đặc tính cản của đường ống	206
§4-5. Công suất của động cơ thực hiện	210
§4-6. Ảnh hưởng của tốc độ quay tới công tác của bơm, quạt li tâm	210
§4-7. Các loại động cơ điện thường dùng trong hệ thống bơm, quạt li tâm	213
§4-8. Điều chỉnh lưu lượng của bơm, quạt li tâm	213
§4-9. Đặc điểm cơ bản của bơm Piston	219
§4-10. Máy nén khí	224
§4-11. Các hệ thống điều khiển truyền động điện bơm, quạt	230
§4-12. Một số ví dụ về hệ thống truyền động điện bơm, quạt và máy nén	232
Tài liệu tham khảo	237
	239

TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TẦU THỦY

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

Chịu trách nhiệm nội dung:

LUU ĐÌNH HIẾU

Chế bản:

TRẦN KIM ANH

Trình bày bìa:

NGUYỄN HỮU TÙNG

Sửa bản in:

ĐINH BẢO HẠNH

In 800 cuốn khổ 19 × 27cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng kí kế hoạch xuất bản số 1211/XB-QLXB-19 ngày 24-8-2004. In xong và nộp lưu chiểu tháng 9-2004.

6V4.1	1211 - 2004
XD- 2004	

Giá : 38.500^d