

Chương 5

ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

Động cơ không đồng bộ ba pha (KĐB) được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp từ công suất nhỏ đến công suất trung bình và chiếm tỷ lệ rất lớn so với động cơ khác. Sở dĩ như vậy là do động cơ KĐB có kết cấu đơn giản, dễ chế tạo, vận hành an toàn, sử dụng nguồn cấp trực tiếp từ lưới điện xoay chiều ba pha. Tuy nhiên, trước đây các hệ truyền động động cơ KĐB có điều chỉnh tốc độ lại chiếm tỷ lệ rất nhỏ, đó là do việc điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB có khó khăn hơn động cơ một chiều. Trong thời gian gần đây, do phát triển công nghiệp chế tạo bán dẫn công suất và kỹ thuật điện tử tin học, động cơ KĐB mới được khai thác các ưu điểm của mình. Nó trở thành hệ truyền động cạnh tranh có hiệu quả với hệ truyền động tiristo – động cơ một chiều.

Khác với động cơ một chiều, động cơ KĐB được cấu tạo phần cảm và phần ứng không tách biệt. Từ thông động cơ cũng như mômen động cơ sinh ra phụ thuộc vào nhiều tham số. Do vậy hệ điều chỉnh tự động truyền động điện động cơ KĐB là hệ điều chỉnh nhiều tham số có tính phi tuyến mạnh. Trong định hướng xây dựng hệ truyền động điện động cơ KĐB, người ta có xu hướng tiếp cận với các đặc tính điều chỉnh của truyền động động cơ một chiều.

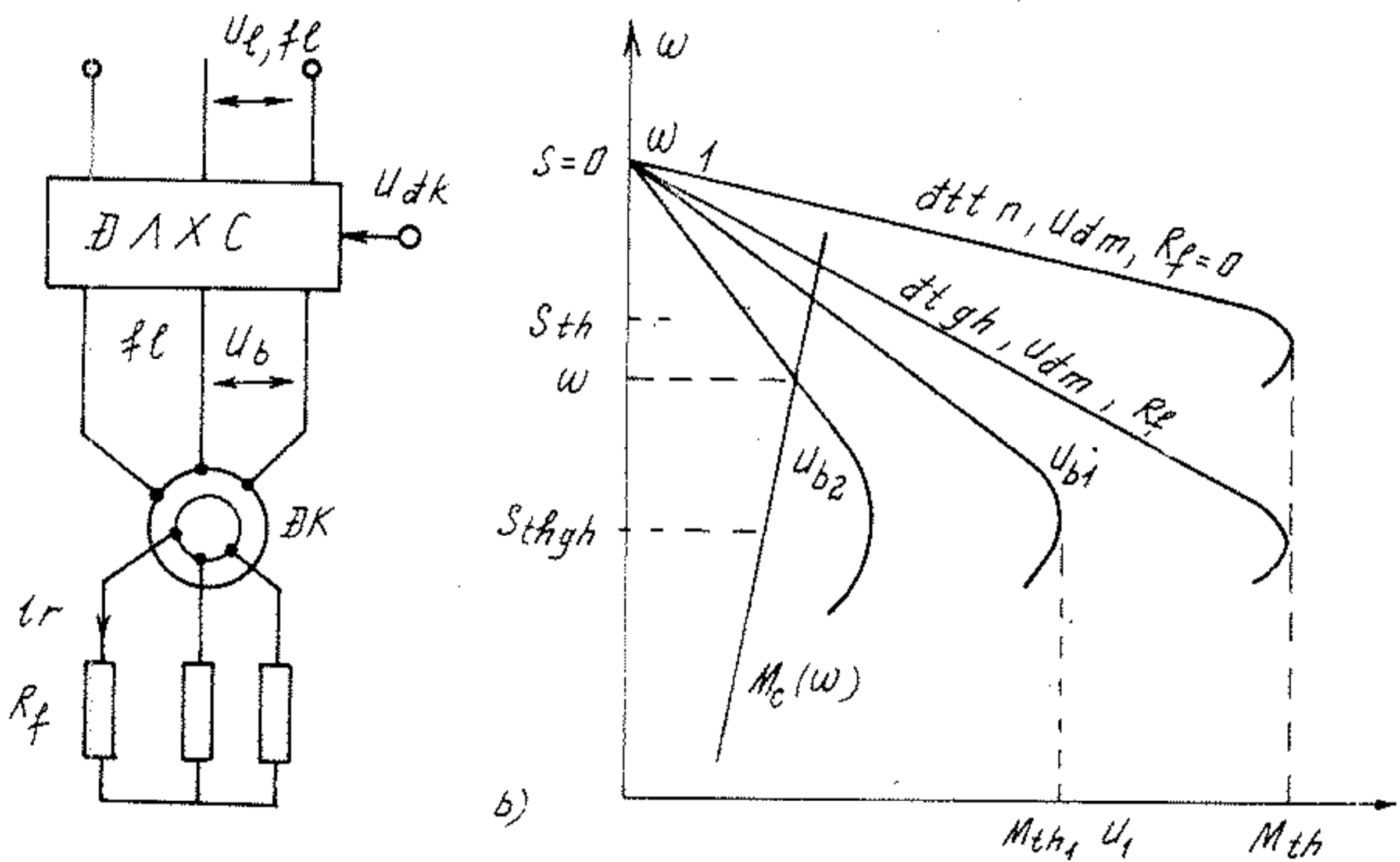
Trong công nghiệp thường sử dụng bốn hệ truyền động điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB:

- a) Điều chỉnh điện áp cấp cho động cơ dùng bộ biến đổi tiristo;
- b) Điều chỉnh điện trở rôto bằng bộ biến đổi xung tiristo
- c) Điều chỉnh công suất trượt P_s ;
- d) Điều chỉnh tần số nguồn cung cấp cho động cơ bằng các bộ biến đổi tần số tiristo hay tranzito.

Trong chương này chúng ta sẽ nghiên cứu cấu trúc, các đặc tính của hệ truyền động này.

5-1. ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP ĐỘNG CƠ

Mômen động cơ không đồng bộ tỷ lệ với bình phương điện áp stato, do đó có thể điều chỉnh được mômen và tốc độ ĐKB bằng cách điều chỉnh giá trị điện áp stato trong khi giữ nguyên tần số.



Hình 5-1. Điều chỉnh điện áp động cơ không đồng bộ. a) Sơ đồ khối nguyên lý.
b) Đặc tính cơ điều chỉnh

Để điều chỉnh điện áp ĐKB phải dùng các bộ biến đổi điện áp xoay chiều (DAXC). Nếu coi DAXC là nguồn áp lý tưởng ($Z_b = 0$) thì căn cứ vào biểu thức mômen tới hạn, có quan hệ sau:

$$\frac{M_{th,u}}{M_{th}} = \left(\frac{U_b}{U_{dm}} \right)^2 \text{ hay } M_{th,u}^* = u_b^{*2} \quad (5-1)$$

Công thức (5-1) đúng với mọi giá trị của điện áp và mômen.

Nếu tốc độ quay của động cơ là không đổi:

$$M_u^* = u_b^{*2}, \quad \omega = \text{const}, \quad M_u = \frac{M_u}{M_{gh}} \quad (5-1)'$$

trong đó U_{dm} – điện áp định mức của động cơ,

u_b – điện áp đầu ra của ĐAXC,

M_{th} – mômen tới hạn khi điện áp là định mức,

M_u – mômen động cơ ứng với điện áp điều chỉnh,

M_{gh} – mômen khi điện áp là định mức, điện trở phụ R_f .

Vì giá trị độ trượt tới hạn s_{th} của đặc tính cơ tự nhiên là nhỏ, nên nói chung không áp dụng điều chỉnh điện áp cho động cơ rôto lồng sóc. Khi thực hiện điều chỉnh điện áp cho động cơ rôto dây quấn cần nối thêm điện trở phụ vào mạch rôto để mở rộng dải điều chỉnh tốc độ và mômen. Như thấy trên H. 5-1, b, tốc độ động cơ được điều chỉnh bằng cách giảm độ cứng đặc tính cơ, trong khi đó tốc độ không tải lý tưởng của mọi đặc tính đều như nhau và bằng tốc độ từ trường quay. Theo lập luận ở mục 3-6 thì tổn thất khi điều chỉnh là:

$$\Delta P_r = M_c(\omega_1 - \omega) = P_{c0} \frac{s}{1-s}$$

Nếu đặc tính cơ của phụ tải có dạng gần đúng:

$$M_c = M_{cdm} \left(\frac{\omega}{\omega_{dm}} \right)^x = M_{cdm} \left(\frac{\omega}{\omega_1} \right)^x,$$

thì tổn thất trong mạch rôto khi điều chỉnh điện áp là:

$$\Delta P_r = M_{cdm} \left(\frac{\omega}{\omega_1} \right)^x \cdot \omega_1 \left(1 - \frac{\omega}{\omega_1} \right).$$

Tổn thất là cực đại khi $\omega = 0$:

$$\Delta P_{rmax} = M_{cdm} \omega_1 = P_{dm}$$

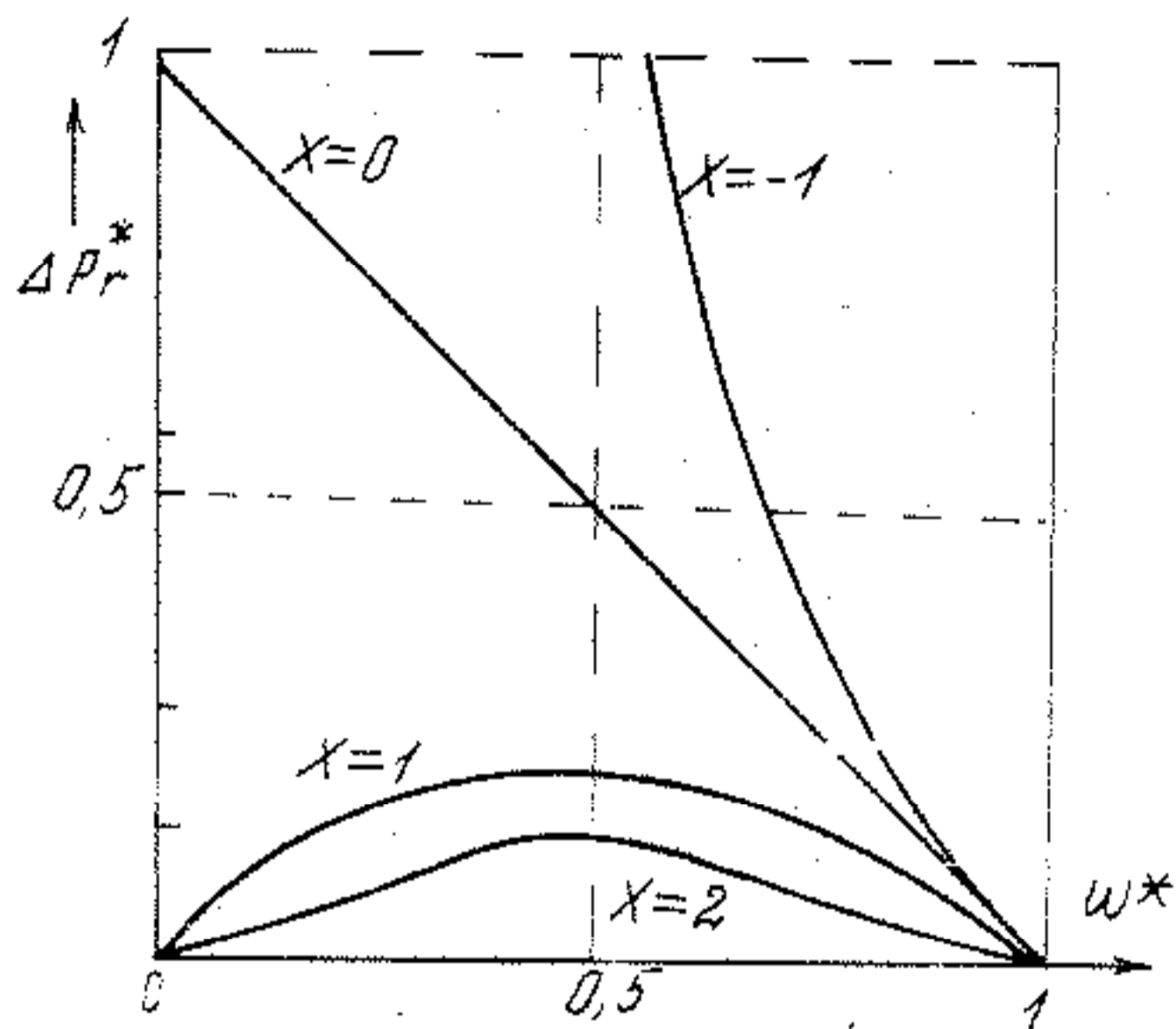
Như vậy tổn thất tương đối trong mạch rôto là:

$$\frac{\Delta P_r}{\omega_1} = \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^x \cdot \left(1 - \frac{\omega}{\omega_1}\right)$$

$$\Delta P_r^* = (\omega^*)^x \cdot (1 - \omega^*) \quad (5-2)$$

Quan hệ này được mô tả bởi đồ thị trên H. 5-2, ứng với từng loại phụ tải cơ có tính chất khác nhau.

Phương pháp điều chỉnh điện áp chỉ thích hợp với truyền động mà mômen tải là hàm tăng theo tốc độ như: quạt gió, bơm ly tâm. Có thể dùng máy biến áp tự ngẫu, điện kháng, hoặc bộ biến đổi bán dẫn làm ĐAXC, trong đó vì lý do kỹ thuật và kinh tế mà bộ điều áp kiểu van bán dẫn là phổ biến hơn cả.



Hình 5-2. Sự phụ thuộc giữa tổn thất rôto và tốc độ điều chỉnh.

Mômen của động cơ ĐKB có thể được tính theo dòng điện rôto (xem phần đặc tính cơ động cơ không đồng bộ):

$$M = \frac{3I_r^2 R_r}{\omega_1 s} \quad (5-3)$$

Nếu giữ dòng điện rôto là không đổi: $I_r = \text{const}$ thì mômen và độ trượt có quan hệ sau:

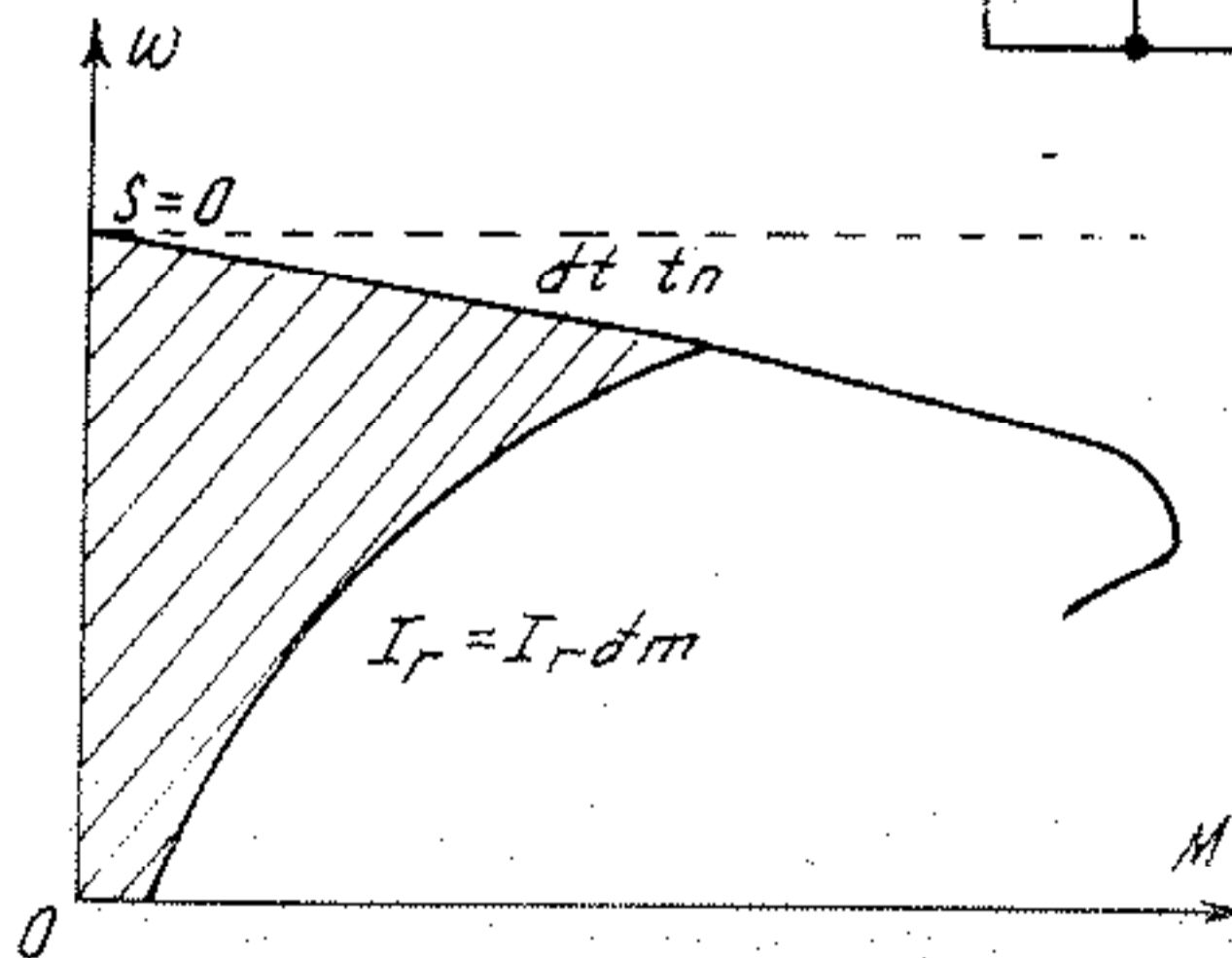
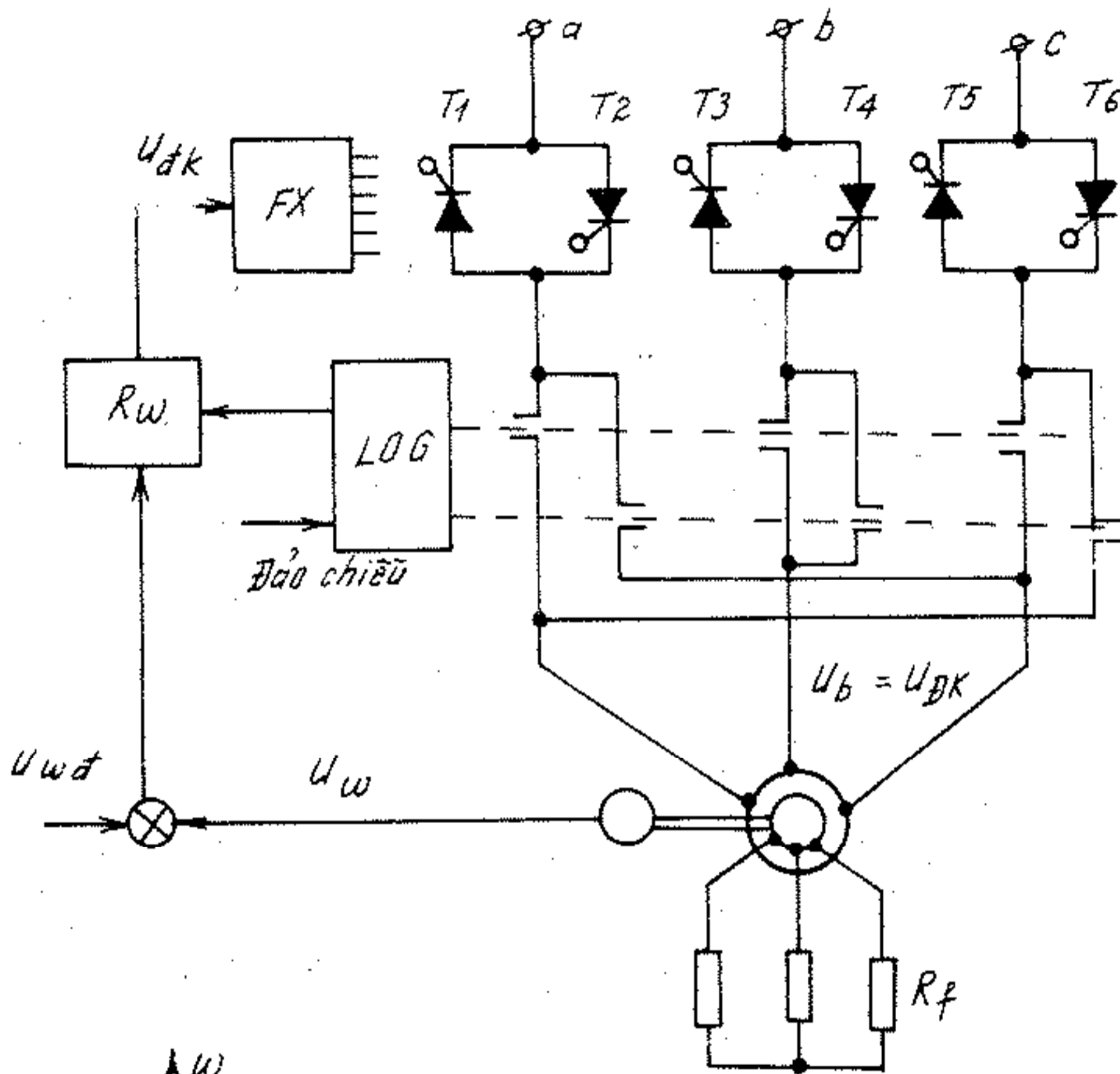
$$M \cdot s = \text{const.}$$

Vùng điều chỉnh tốc độ và mômen khi điều chỉnh điện áp bị giới hạn bởi các trục tọa độ và đường cong:

$$M \cdot s = \frac{3I_{rdm}^2 R_r}{\omega_1}$$

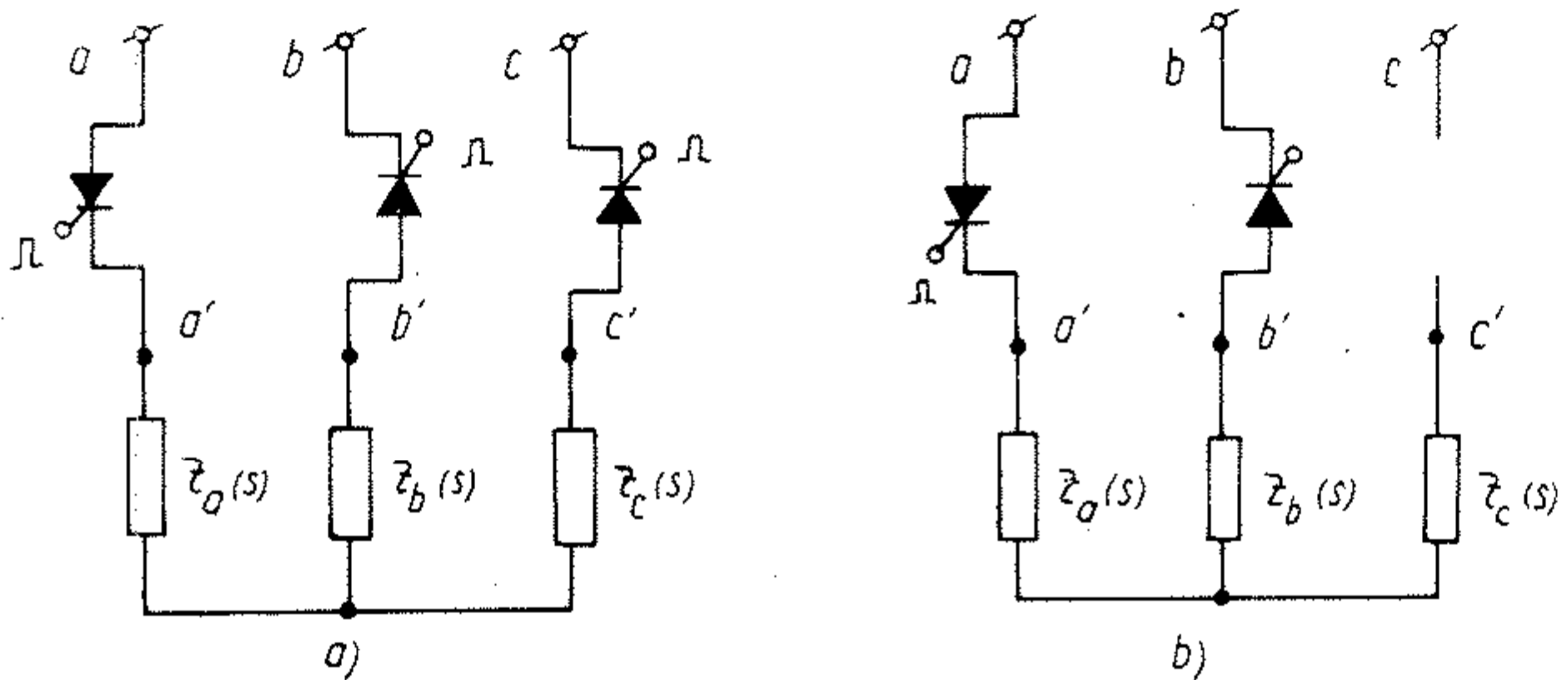
độ rộng của vùng này tùy thuộc vào giá trị điện trở phụ R_f .

Do cách nối các van bán dẫn nên để có dòng chạy qua động cơ thì tại một thời điểm phải có ít nhất hai van ở hai pha khác nhau cùng dẫn điện. Động cơ không đồng bộ có thể coi là phụ tải ba pha gồm



Hình 5-3. Điều chỉnh điện áp động cơ không đồng bộ. a) Sơ đồ cơ bản.
b) Dạng đặc tính cơ.

điện trở và điện cảm nối tiếp nhau, trong đó điện trở rôto biến thiên theo tốc độ quay $R = R(s)$ và điện cảm phụ thuộc vào vị trí tương đối giữa dây quấn rôto và dây quấn stato, do đó góc pha giữa dòng điện và điện áp cũng biến thiên theo tốc độ quay $\varphi = \varphi(s)$

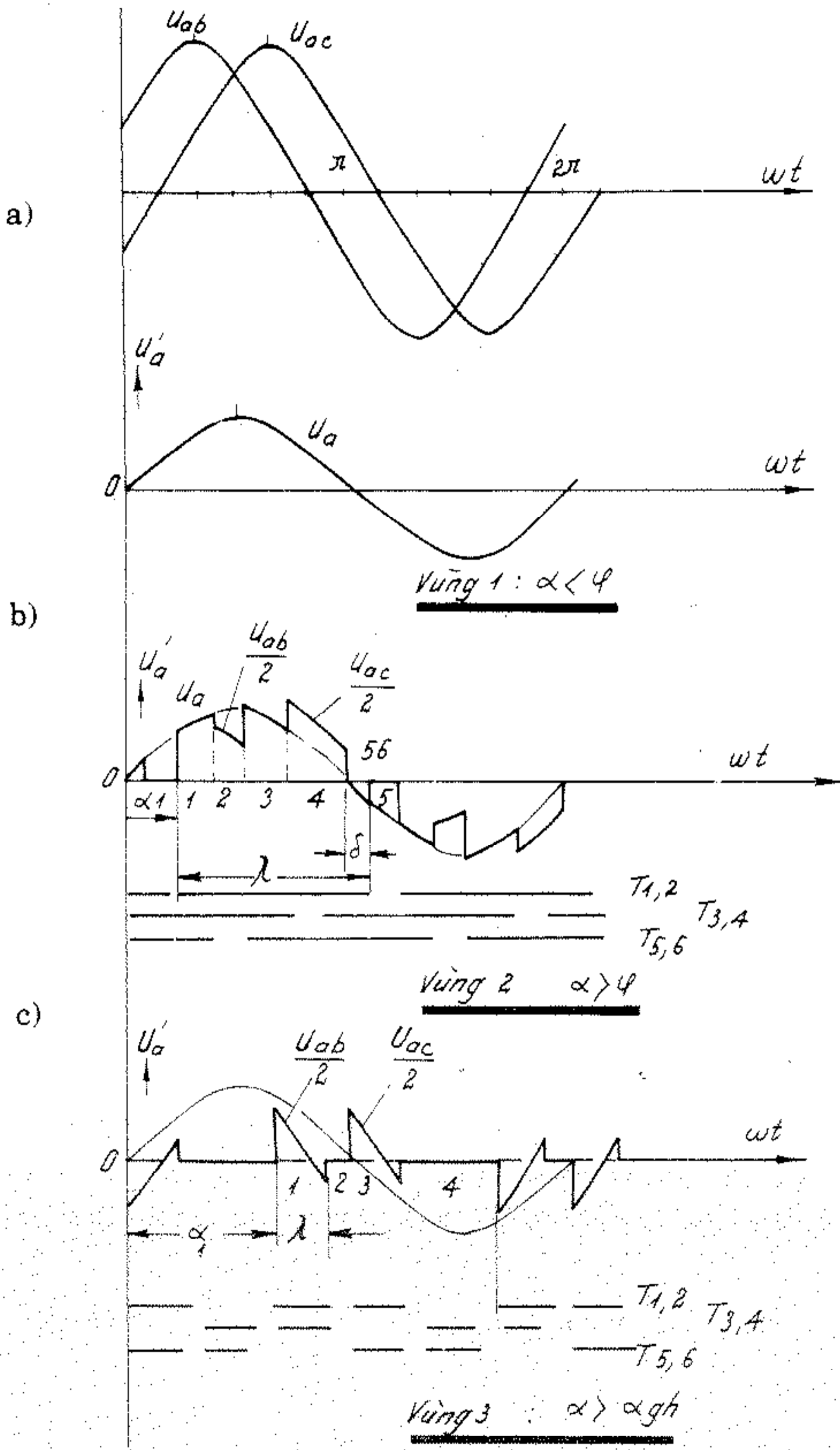


Hình 5-4. Ví dụ về trạng thái dẫn của các van bán dẫn.

Do tính chất tự nhiên của mạch điện có điện cảm nên nếu trong khoảng thời gian $\theta < \varphi$ mà đặt xung điều khiển vào các van bán dẫn thì các van này sẽ chỉ dẫn dòng từ thời điểm $\theta = \varphi$ trở đi và do đó dòng điện và điện áp động cơ không phụ thuộc vào góc điều khiển α (H. 5-5, a). Như vậy chỉ có thể điều chỉnh được điện áp khi góc điều khiển $\alpha > \varphi$.

Khi góc điều khiển $\alpha > \varphi$ thì tùy thuộc vào giá trị tức thời của các điện áp dây mà có lúc có ba van ở ba pha khác nhau dẫn dòng (H. 5-4, a), điểm a' nối vào a , b' vào b và c' vào c , điện áp tức thời trên tải chính là điện áp pha $u_{a'} = U_a$. Ở những đoạn chỉ có hai van dẫn dòng (H. 5-4, b), điểm a' nối vào a , b' vào b và c' hở mạch, điện áp trên tải sẽ là một nửa điện áp dây tương ứng: $u'_{a'} = 1/2u_{ab}$.

Khi góc điều khiển vượt quá giá trị giới hạn nào đó: $\alpha > \alpha_{gh}$ thì không tồn tại chế độ dẫn dòng ở cả ba pha mà chỉ có chế độ dẫn dòng hai pha (H. 5-4, b và H. 5-5, c) ở đoạn các van dẫn dòng thì điện áp tải bằng nửa điện áp dây tương ứng $u_a = 1/2u_{ab}$.



Hình 5-5. Đồ thị điện áp pha khi điều chỉnh góc mở van.

Đồ thị điện áp trên tải trong các chế độ trên được miêu tả trên H. 5-5.

Phương trình vi phân mô tả dòng và áp trên mỗi đoạn là:

$$U_n(\theta) = \omega_c L \cdot \frac{di_n(\theta)}{d\theta} + R \cdot i_n(\theta), \quad (5-5)$$

trong đó $n = 1, 2, 3, \dots$ là số chỉ tên của mỗi đoạn dẫn dòng (H. 5-5). Nghiệm tổng quát của phương trình có dạng:

$$i_n(\theta) = \frac{U_n}{Z} \sin(\theta - \varphi + \beta_n) + A_n \cdot e^{-(\theta - \alpha_n)/\text{tg}\varphi}, \quad (5-6)$$

trong đó

$\beta_n = 0, \frac{\pi}{6}, -\frac{\pi}{6}$ là các điểm mốc,

A_n - các hằng số tích phân,

α_n - góc mở van ở đoạn thứ n ,

Z - tổng trở pha của động cơ.

Do trong mạch có điện cảm nên giá trị cuối của dòng điện ở đoạn thứ $(n - 1)$ bằng giá trị đầu của dòng điện ở đoạn thứ n , vì thế có thể tính được các hằng số tích phân để tìm nghiệm riêng:

$$A_n = I_{(n-1)c} - \frac{U_n}{Z} \sin(\alpha_n - \varphi + \beta_{nn}).$$

Điện áp đặt lên động cơ không phải là sin, trong đó chỉ có sóng điều hòa cơ bản là sinh mômen chính, các điều hòa cao coi như chỉ gây đốt nóng phụ động cơ. Biên độ điều hòa cơ bản trong khai triển Fourier là:

$$U_{1u} = \sqrt{a_{1n}^2 + b_{1n}^2} \quad (5-7)$$

khi $\alpha < \alpha_{gh}$:

$$a_{1n} = \frac{1}{\pi} \sum_{n=1}^5 \left\{ \int_n u_n \cos(\theta) \cdot d\theta \right\}; \quad (5-8)$$

$$b_{1n} = \frac{1}{\pi} \sum_{n=1}^5 \left\{ \int u'_a \sin(\theta) d\theta \right\}_n$$

Ở đoạn $n = 1, 3, 5$ thì $u'_a = u_a = U_m \sin \theta$.

$$\text{Ở đoạn } n = 2 \text{ thì } u'_a = \frac{1}{2} U_{ab} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_m \sin\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right)$$

$$\text{Ở đoạn } n = 4 \text{ thì } u'_a = \frac{1}{2} U_{ac} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_m \sin\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right)$$

Khi $\alpha > \alpha_{gh}$:

$$a_{1u} = \frac{1}{\pi} \left[\int_1 \frac{u_{ab}}{2} \cos(\theta) d\theta + \int_3 \frac{u_{ac}}{2} \cos \theta d\theta \right] \quad (5-9)$$

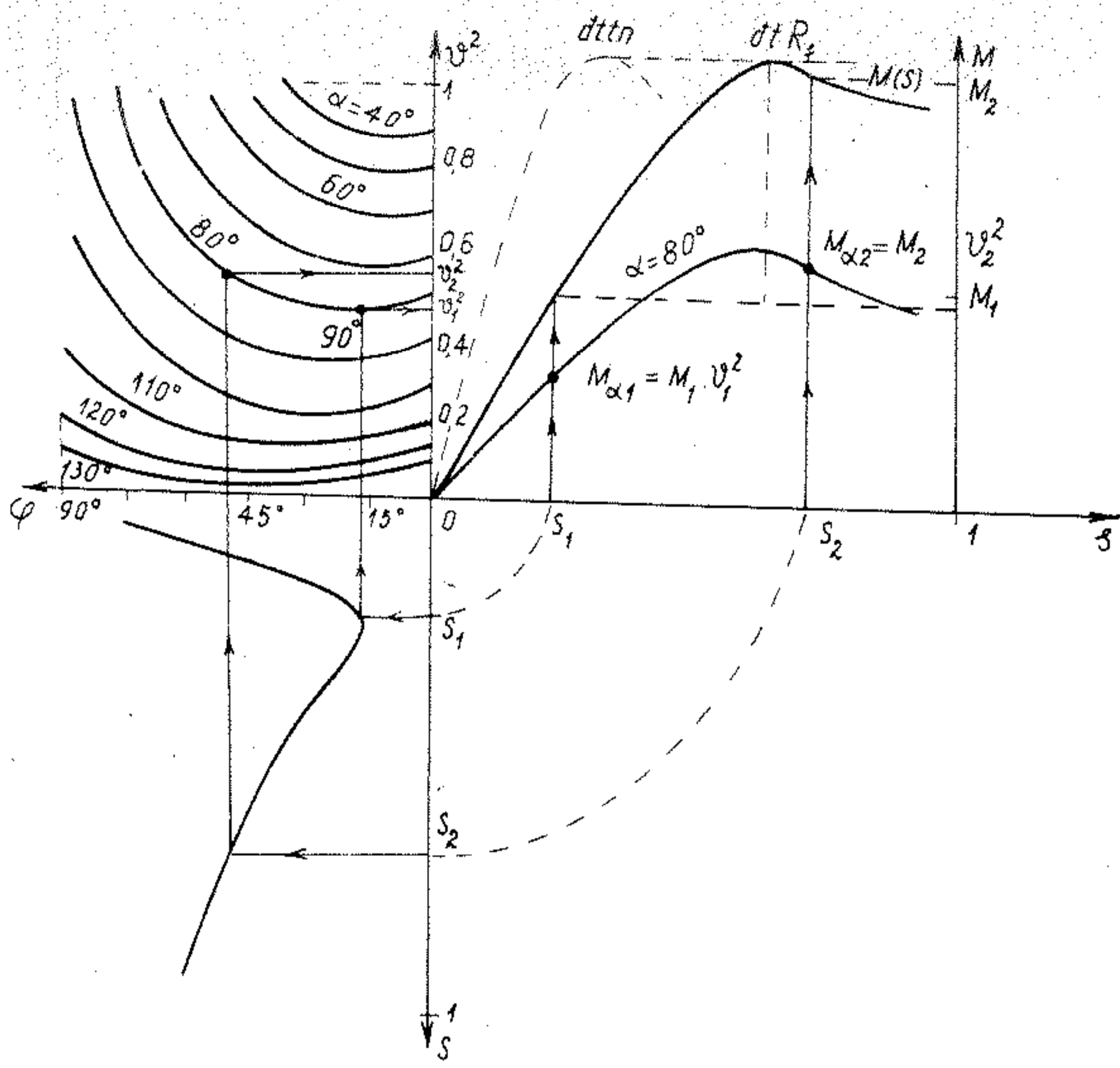
$$b_{1u} = \frac{1}{\pi} \left[\int_1 \frac{u_{ab}}{2} \sin(\theta) d\theta + \int_3 \frac{u_{ac}}{2} \sin(\theta) d\theta \right]$$

Coi $U_{1n} = U_b$ và đặt $v = U_b/U_m$ thì v là hàm số của hai biến số góc điều khiển α và góc $\varphi(s)$: $v = v[\alpha, \varphi(s)]$. Đồ thị $v^2(\alpha, \varphi)$ được dựng trên H. 5-6, ở góc trên bên trái và được coi là đồ thị vạn năng dùng cho mọi hệ thống DAXC-DKB.

Do tính chất phức tạp của quan hệ giữa mômen, điện áp và tốc độ của động cơ không đồng bộ nên trong tính toán thực dụng thường dùng phương pháp đồ thị để dựng các đặc tính điều chỉnh. Thủ tục được tiến hành theo hướng các mũi tên chỉ trên hình 5-6:

- Dựng đặc tính $\varphi(s)$ của động cơ ở góc dưới bên trái, đặc tính này có thể dựng được khi sử dụng sơ đồ thay thế của động cơ không đồng bộ.

- Dựng đặc tính cơ tự nhiên (đường nét đứt) và đặc tính cơ có điện trở phụ ở góc trên bên phải theo các bước như đã hướng dẫn ở

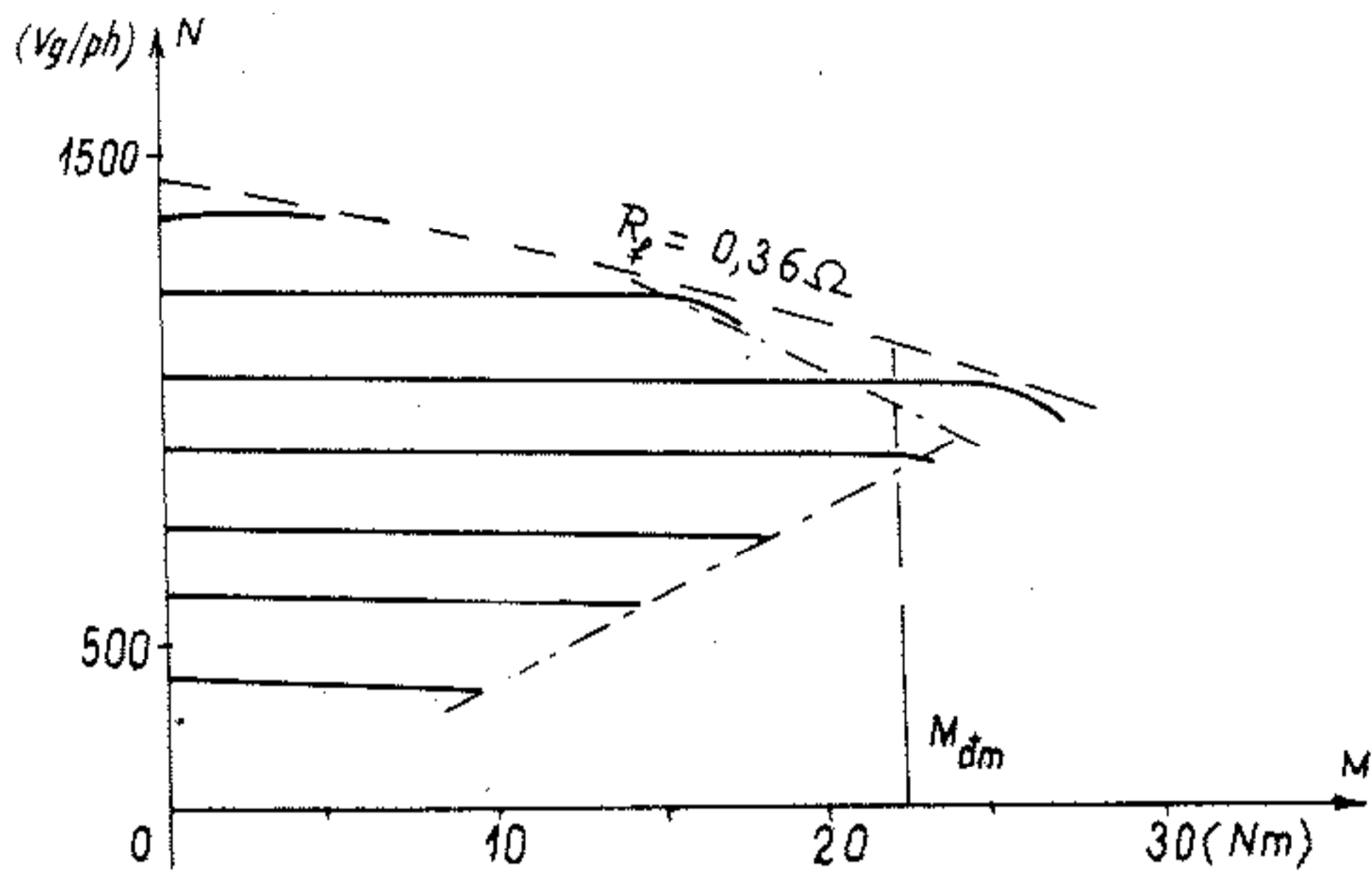


Hình 5-6. Đặc tính điều chỉnh điện áp $v^2 = f(\alpha, \varphi)$, đặc tính $\varphi(s)$ và phương pháp dựng đặc tính cơ.

phần mô tả về đặc tính cơ.

- Sử dụng đặc tính $v^2(\alpha, \varphi)$, $\varphi(s)$, đặc tính $M(s)$ và công thức $M_\alpha = M \cdot v^2$; $s = \text{const}$ ta dựng được họ đặc tính có điều chỉnh khi α lấy các giá trị khác nhau.

Vì đặc tính cơ của hệ hở là rất dốc nên thường dùng phản hồi âm tốc độ để ổn định tốc độ làm việc và mở rộng dải điều chỉnh (H. 5-3). Trên H. 5-7 là các đặc tính thực nghiệm của một hệ điều chỉnh như vậy.



Hình 5-7. Đặc tính cơ của hệ ĐAXC-ĐK - 3 KW có phản hồi âm tốc độ.

5-2. ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN TRỞ MẠCH RÔTÔ

Như đã phân tích ở phần đặc tính cơ ĐKB, có thể điều chỉnh được tốc độ ĐKB bằng cách điều chỉnh điện trở mạch rôto, trong mục này khảo sát việc thực hiện điều chỉnh trơn điện trở mạch rôto bằng các van bán dẫn, ưu thế của phương pháp này là dễ tự động hóa việc điều chỉnh. Điện trở trong mạch rôto động cơ không đồng bộ:

$$R_r = R_{rd} + R_f$$

trong đó R_{rd} - điện trở dây quấn rôto

R_f - điện trở ngoài mắc thêm vào mạch rôto.

Khi điều chỉnh giá trị điện trở mạch rôto thì mômen tới hạn của động cơ không thay đổi và độ trượt tới hạn thì tỷ lệ bậc nhất với điện trở. Nếu coi đoạn đặc tính làm việc của ĐKB, tức là đoạn có độ trượt từ $s = 0$ đến $s = s_{th}$, là thẳng thì khi điều chỉnh điện trở ta có thể viết

$$s = s_i \frac{R_r}{R_{rd}}, \quad M = \text{const}, \quad (5-10)$$

trong đó s - độ trượt khi điện trở mạch rôto là R_r ,

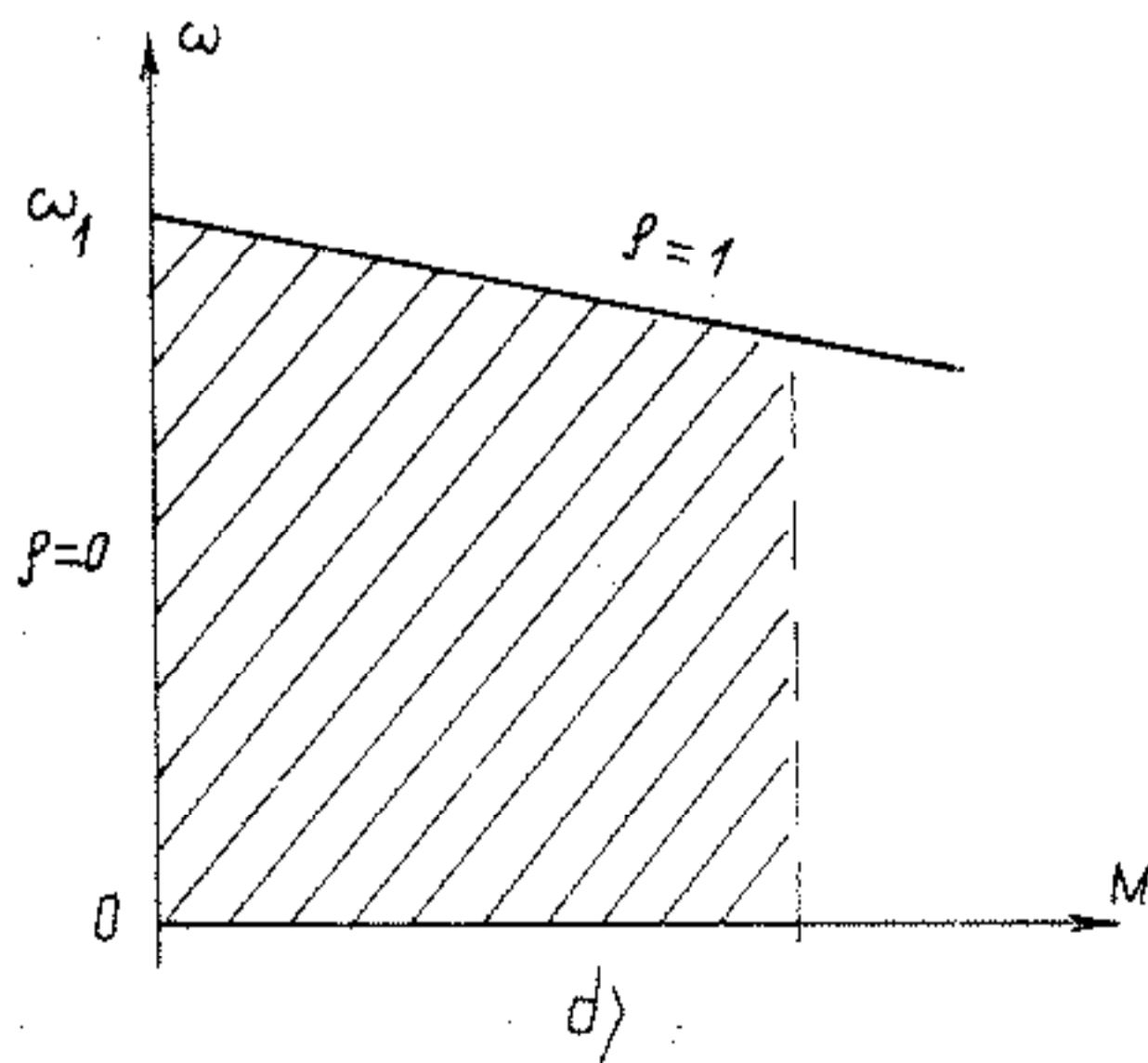
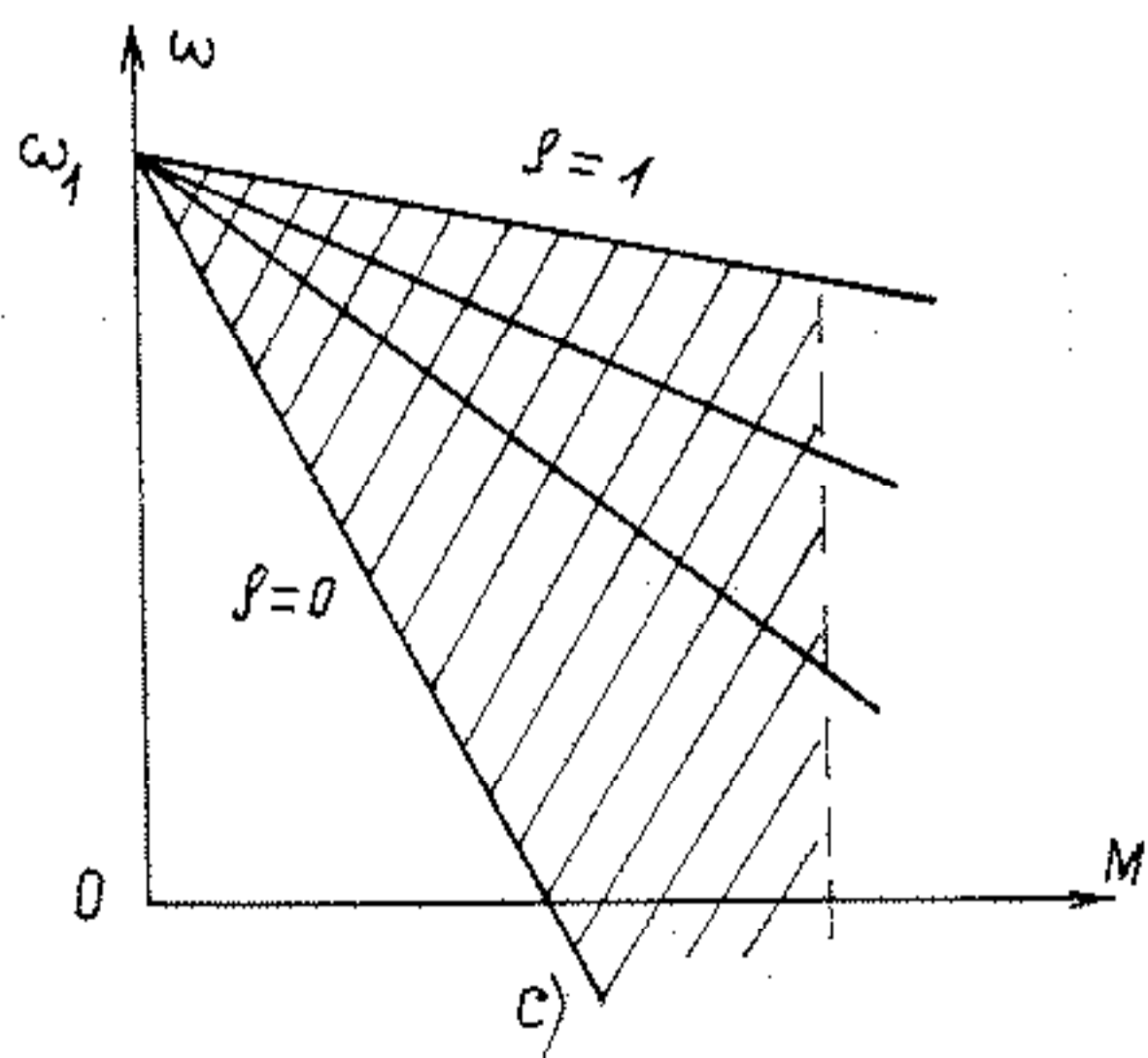
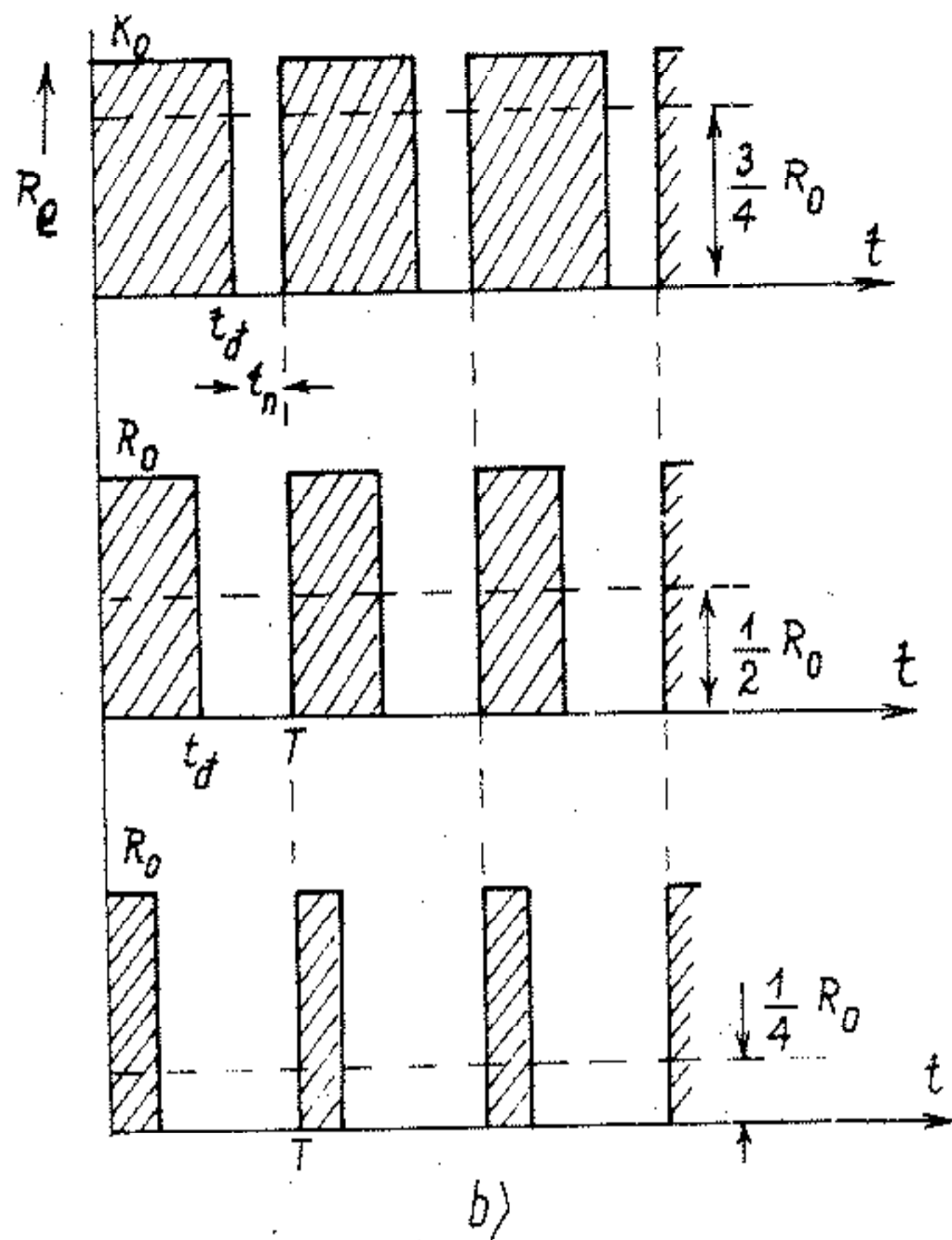
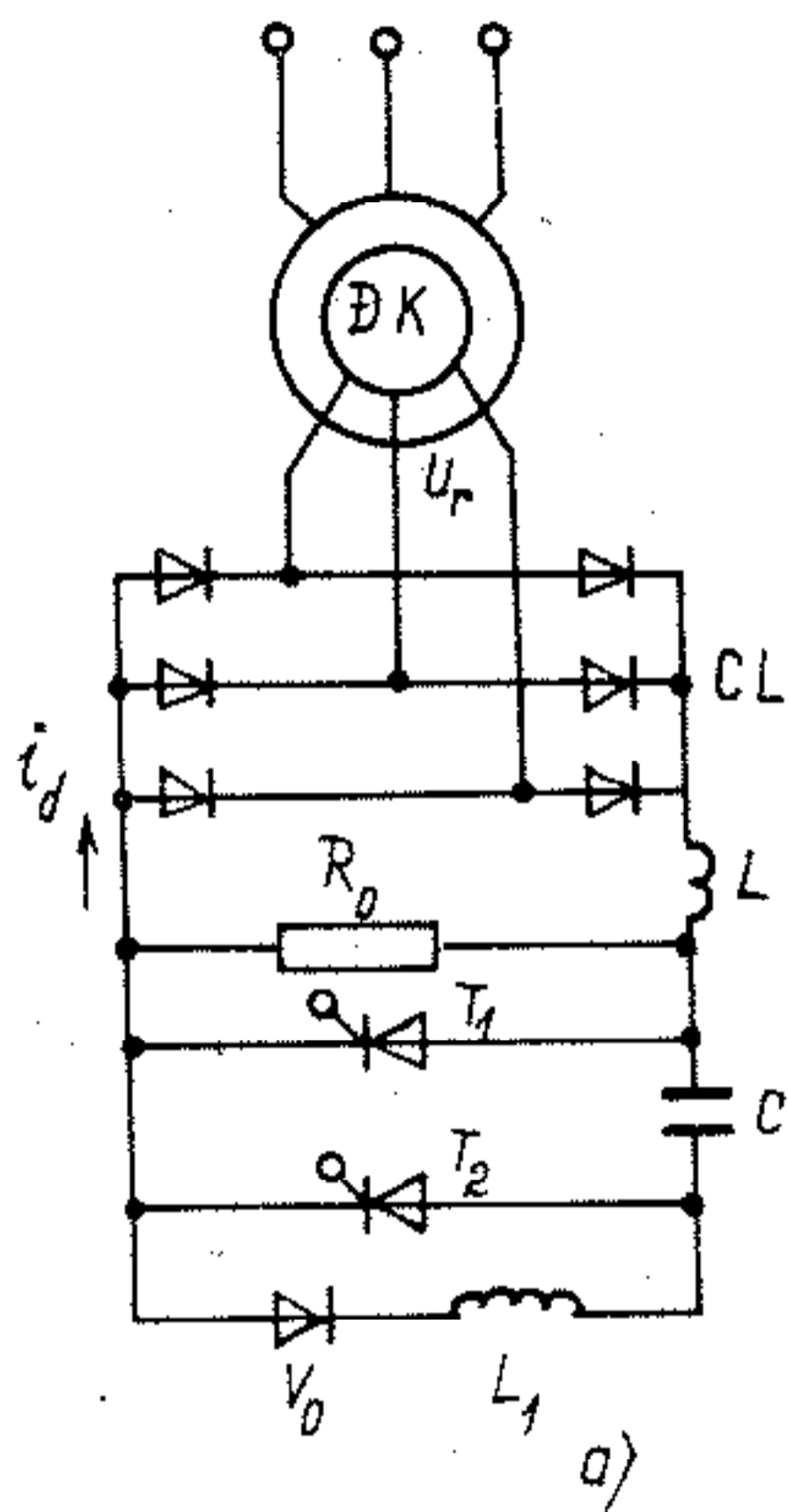
s_i - độ trượt khi điện trở mạch rôto là R_{rd} .

Thay (5-10) vào (5-3) được biểu thức tính mômen :

$$M = \frac{3I_r^2 R_{rd}}{\omega \cdot s_i} \quad (5-11)$$

Nếu giữ dòng điện rôto không đổi thì mômen cũng không đổi và không phụ thuộc vào tốc độ động cơ. Vì thế mà có thể ứng dụng phương pháp điều chỉnh điện trở mạch rôto cho truyền động có mômen tải không đổi.

Trên H. 5-8, a trình bày sơ đồ nguyên lý của điều chỉnh trơn điện trở mạch rôto bằng phương pháp xung. Điện áp u_r được chỉnh lưu bởi cầu diôt CL, qua điện kháng lọc L được cấp vào mạch điều



Hình 5-8. Điều chỉnh xung trở rôto.

a) Sơ đồ nguyên lý; b) Phương pháp điều chỉnh; c,d) Các đặc tính.

chính gồm điện trở R_0 nối song song với khóa bán dẫn T_1 . Khóa T_1 sẽ được đóng, ngắt một cách chu kỳ để điều chỉnh giá trị trung bình của điện trở toàn mạch.

Hoạt động của khóa bán dẫn tương tự như trong mạch điều chỉnh xung áp một chiều. Khi khóa T_1 đóng, điện trở R_0 bị loại ra khỏi mạch, dòng điện rôto tăng lên, khi khóa T_1 ngắt điện trở R_0 lại được đưa vào mạch, dòng điện rôto giảm. Với tần số đóng ngắt nhất định, nhờ có điện cảm L mà dòng điện rôto coi như không đổi và ta có một giá trị điện trở tương đương R_e trong mạch. Thời gian ngắt $t_n = T - t_d$ (xem H. 5-8, b), nếu điều chỉnh tron tỷ số giữa thời gian đóng t_d và thời gian ngắt t_n ta điều chỉnh tron được giá trị điện trở trong mạch rôto.

$$R_e = R_0 \frac{t_d}{t_d + t_n} = R_0 \frac{t_d}{T} = R_0 \rho \quad (5-12).$$

Điện trở tương đương R_e trong mạch một chiều được tính đối về mạch xoay chiều ba pha ở rôto theo quy tắc bảo toàn công suất. Tổn hao trong mạch rôto nối theo sơ đồ H. 5-8, a là

$$\Delta P = I_d^2 (2R_{rd} + R_e), \quad (5-13)$$

và tổn hao khi mạch rôto nối theo sơ đồ H. 5-1, a là

$$\Delta P = 3I_r^2 (R_{rd} + R_f).$$

Cơ sở để tính đối là tổn hao công suất như nhau, nên

$$3I_r^2 (R_{rd} + R_f) = I_d^2 (2R_{rd} + R_e),$$

với sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha thì $I_d^2 = 1,5I_r^2$ nên

$$R_f = \frac{1}{2} R_e = \rho \frac{R_0}{2}. \quad (5-14)$$

Khi đã có điện trở tính đối, dễ dàng dựng được đặc tính cơ theo phương pháp thông thường, họ các đặc tính cơ này quét kín phần mặt phẳng giới hạn bởi đặc tính cơ tự nhiên và đặc tính cơ có điện trở phụ $R_f = R_{0/2}$. - xem H. 5-8, c.

Để mở rộng phạm vi điều chỉnh mômen (H. 5-8, d) có thể mắc nối tiếp với điện trở R_o một tụ điện dung đủ lớn. Việc xây dựng các mạch phản hồi điều chỉnh tốc độ và dòng điện rôto được tiến hành tương tự như hệ điều chỉnh điện áp.

5-3. ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT TRƯỢT

Trong các trường hợp điều chỉnh tốc độ ĐKB bằng cách làm mềm đặc tính và để nguyên tốc độ không tải lý tưởng thì công suất trượt $\Delta P_s = sP_{dt}$ được tiêu tán trên điện trở mạch rôto. Ở các hệ thống truyền động điện công suất lớn, tổn hao này là đáng kể. Vì thế để vừa điều chỉnh được tốc độ truyền động, vừa tận dụng được công suất trượt người ta sử dụng các sơ đồ điều chỉnh công suất trượt, gọi tắt là các sơ đồ nối tầng. Có nhiều phương pháp xây dựng hệ nối tầng, dưới đây trình bày phương pháp nối tầng điện dùng tiristo (H.5-9, a).

Theo cách tính tổn thất khi điều chỉnh thì

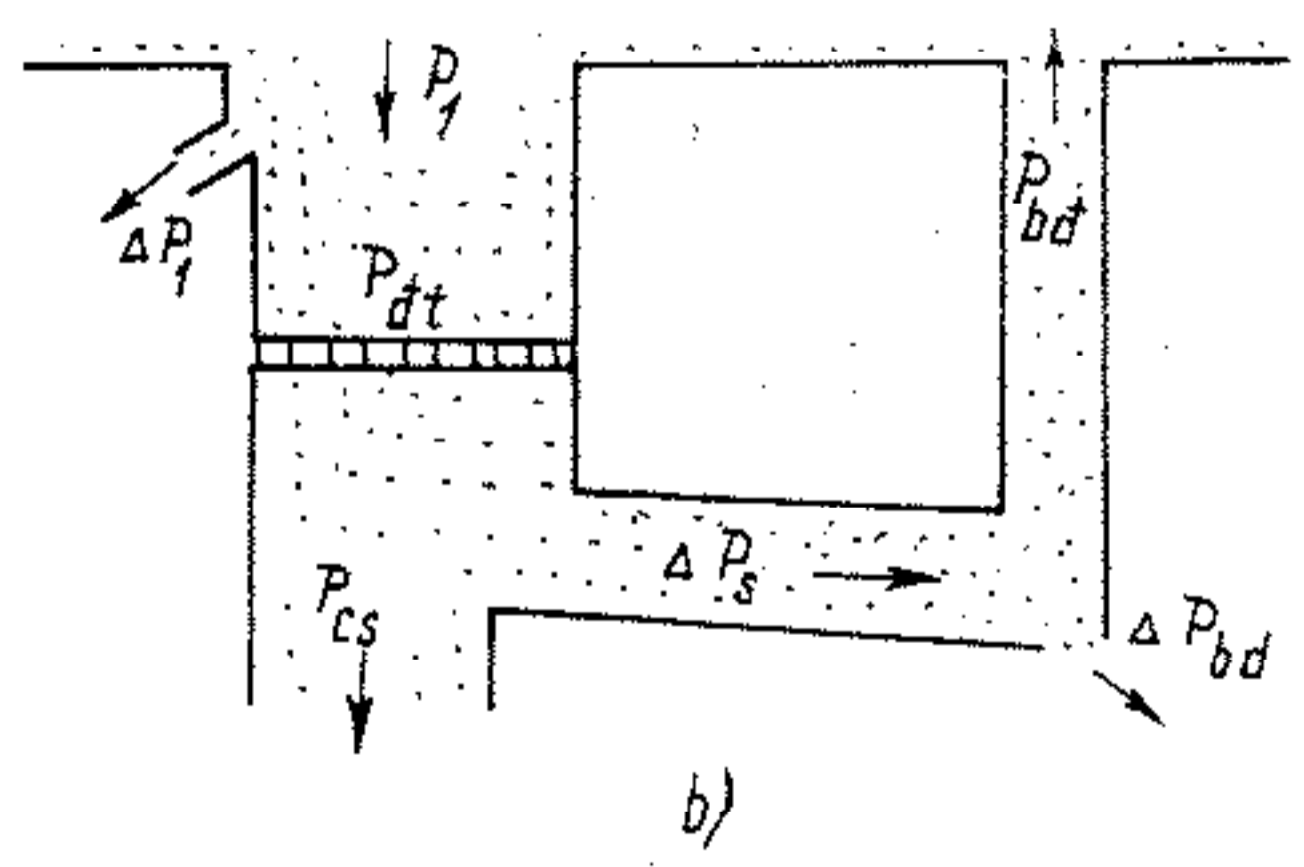
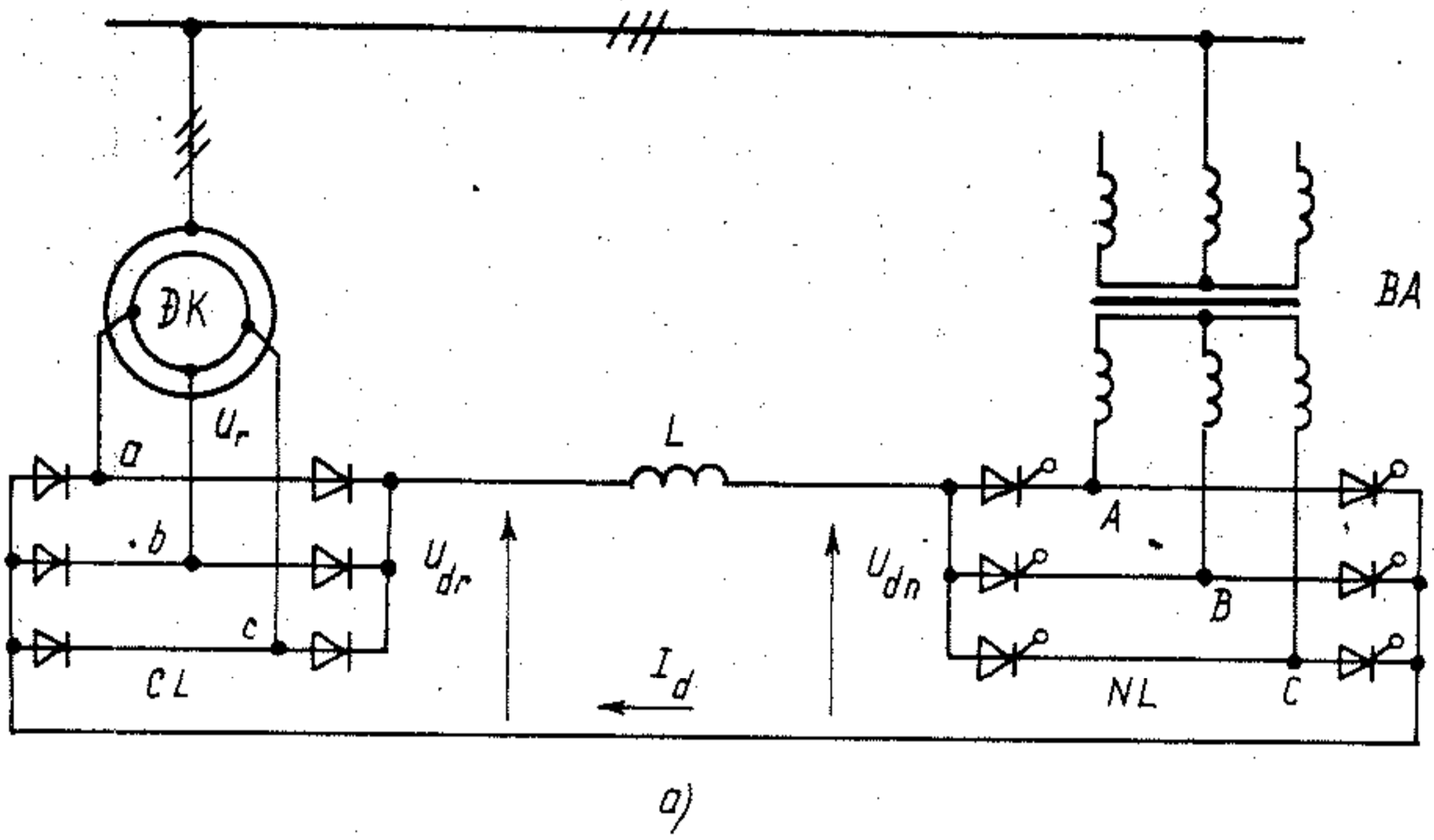
$$\Delta P_s = M_c(\omega_1 - \omega) = M_c \omega_1 s = P_{dt} s \quad (5-15)$$

$$s = \Delta P_s / P_{dt}$$

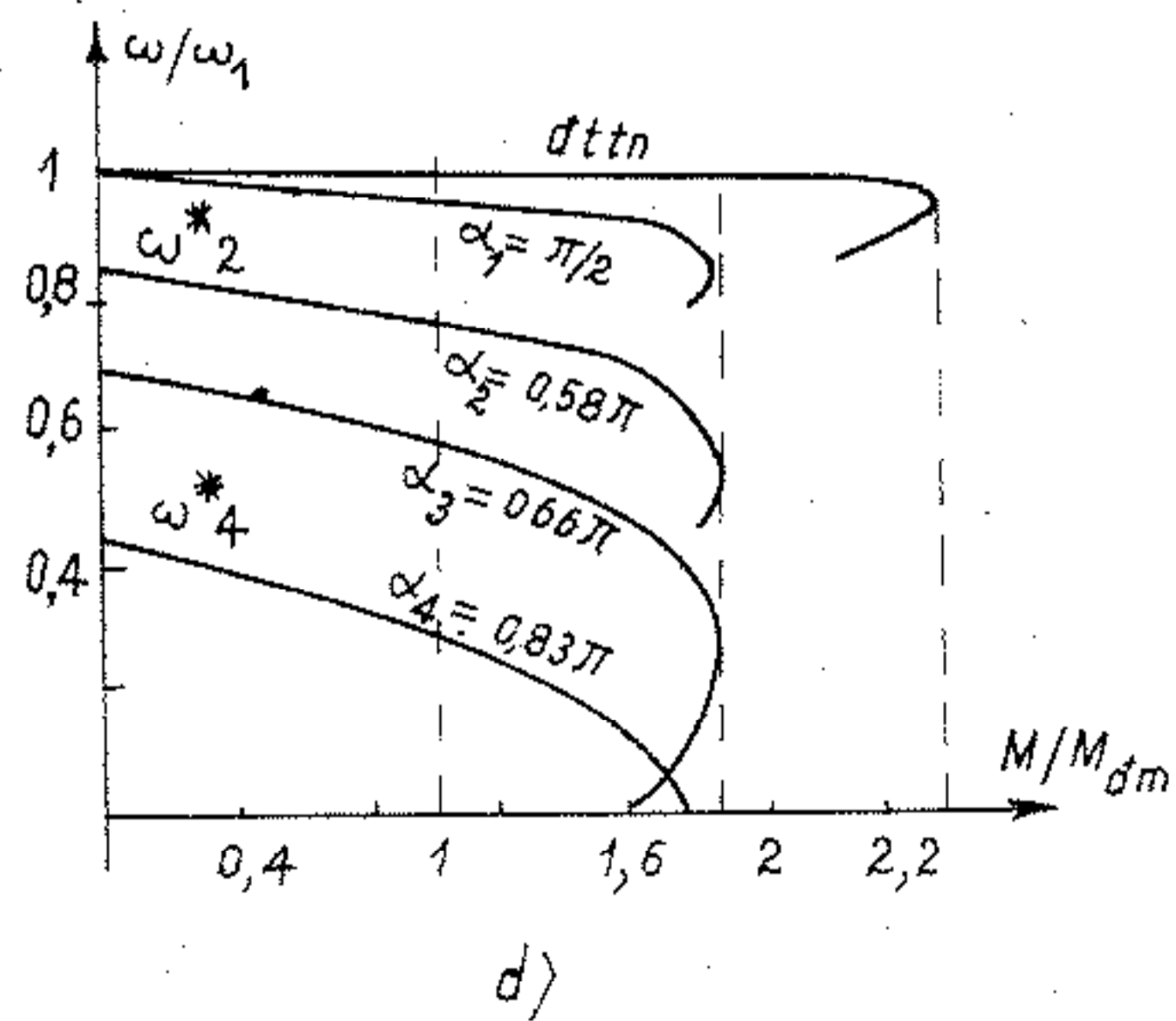
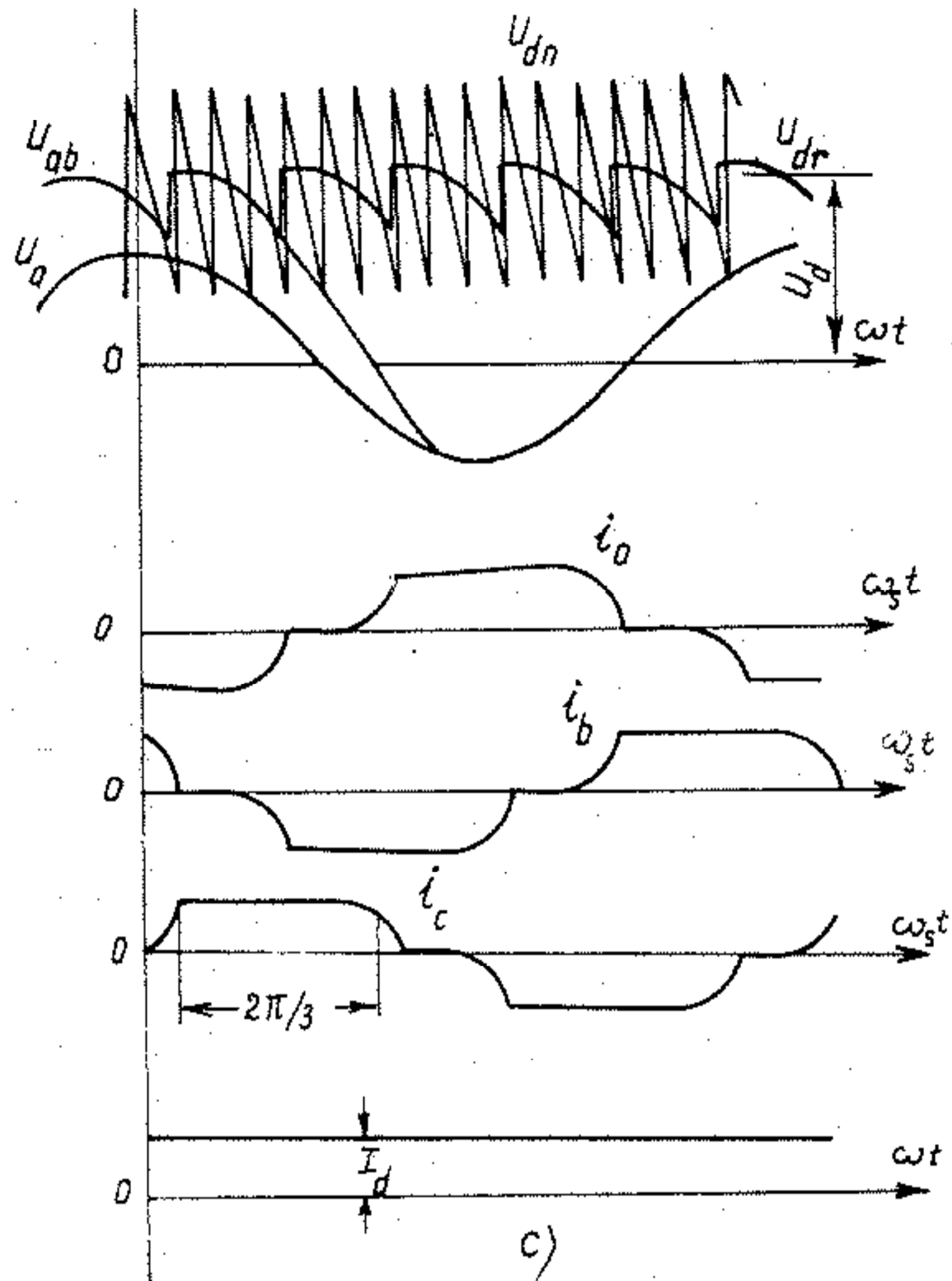
Giản đồ năng lượng khi bỏ qua tổn hao ở rôto được biểu diễn trên H.5-9, b, trong đó $P_{bđ}$ là công suất được trả về lưới điện, $\Delta P_{bđ}$ là tổn hao trong mạch biến đổi công suất trượt thành công suất điện có cùng tần số điện áp lưới.

Sức điện động rôto u_r được chỉnh lưu thành điện áp một chiều qua điện kháng lọc L cấp cho nghịch lưu phụ thuộc NL . Điện áp xoay chiều của nghịch lưu (u_A, u_B, u_C) có biên độ và tần số không đổi do được xác định bởi điện áp và tần số của lưới điện. Nghịch lưu làm việc với góc điều khiển α thay đổi từ 90° đến khoảng 140° , phần còn lại dành cho góc chuyển mạch μ và góc hồi phục tính chất khóa ở của các van.

Độ lớn dòng điện rôto hoàn toàn phụ thuộc vào mômen tải của động cơ mà không phụ thuộc vào góc điều khiển nghịch lưu. Cụm



Hình 5-9. Hệ thống nối tầng van điện.
 a) Sơ đồ nguyên lý; b) Giản đồ năng lượng



- c) Đồ thị dòng và áp khi $f_r = f_{s3}$
d) Đặc tính cơ của hệ nối tăng công suất $P_{dm} = 1000 \text{ kW}$

mạch chỉnh lưu – nghịch lưu phụ thuộc chỉ làm thay đổi được góc pha của dòng điện ở phía xoay chiều của nghịch lưu khi điều chỉnh góc mở α . Quá trình dòng điện và điện áp của bộ biến đổi được mô tả trên H.5-9, c cho trường hợp độ trượt $s = 1/3$. Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu và nghịch lưu là như nhau

$$U_{dr} = U_{dn} = U_d.$$

Sai lệch về giá trị tức thời giữa điện áp chỉnh lưu và nghịch lưu chính là điện áp trên điện kháng lọc L .

Để đơn giản trong cách viết, giả thiết bỏ qua điện trở và điện kháng tản của mạch stato và coi động cơ có số vòng dây stato và rôto như nhau, thì giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu khi $I_d = 0$ là

$$U_d = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} U_{lm} \cdot \frac{\omega_e - \omega_o}{\omega_1}, \quad (5-16)$$

trong đó U_{lm} – biên độ điện áp lưới,

ω_o – tốc độ không tải lý tưởng,

ω_1 – tốc độ từ trường quay stato.

Khi có tải $I_d \neq 0$ thì điện áp này giảm xuống do sụt áp chuyển mạch giữa các van trong cầu chỉnh lưu và sụt áp do điện trở dây quấn rôto.

$$U_d = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} U_{lm} \frac{\omega_e - \omega_o}{\omega_o} - \frac{3}{\pi} \omega_s \cdot L_{r\sigma} I_d - 2R_r I_d, \quad (2-17)$$

trong đó $\omega_2 = \omega_e - \omega$ là tần số trượt của rôto, dòng điện chỉnh lưu trung bình sẽ là hàm số của tốc độ quay:

$$I_d = \frac{\sqrt{3} U_{lm} \cdot \frac{\omega_o - \omega}{\omega_e}}{L_{r\sigma} \omega_1 \left(\frac{\omega_1 - \omega}{\omega_1} + \frac{2\pi R_r}{3\omega_1 L_{r\sigma}} \right)} = \frac{\sqrt{3} U_{lm} \cdot s'}{X_{r\sigma} (s_o + s' + \frac{2\pi R_r}{3X_{r\sigma}})} \quad (5-18)$$

Độ trượt s_o gọi là độ trượt cơ bản của hệ thống khi không tải, độ

trượt s' là do tải gây ra :

$$s_0 = \frac{\omega_1 - \omega_0}{\omega_1} = \frac{\pi}{3\sqrt{3}} \frac{U_d}{U_{lm}} ; \quad s' = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_1} \quad (5-19)$$

Điện áp stato có dạng $u_a = U_{lm} \cos \omega_e t$, nếu bỏ qua điện trở dây quấn stato thì từ thông có biên độ tỷ lệ điện áp stato :

$$\psi = - \frac{U_{lm}}{\omega_1} , \quad (5-20)$$

và mô men của động cơ tỷ lệ với thành phần dọc trục của dòng điện rôto động cơ (về khái niệm này cần tham khảo phần chuyển vị tọa độ các phương trình mô tả động cơ không đồng bộ ba pha).

$$M = - \frac{3}{2} p' \cdot \frac{U_{lm}}{\omega_1} \cdot I_{dr} \quad (5-21)$$

Giá trị trung bình của dòng điện i_{dr} được tính như sau:

$$I_{dr} = - \frac{6}{\pi} \frac{U_{lm}}{X_{\sigma r}} \left(1 - \frac{s'}{s_x}\right) \frac{s'}{s_x} , \quad (5-22)$$

trong đó
$$s_x = s_0 + s' + \frac{2\pi R_r}{3X_{\sigma r}}$$

Cuối cùng phương trình xác định mômen của hệ thống nối tầng van điện sẽ là :

$$M = \frac{9}{\pi} p' \left(\frac{U_{lm}}{\omega_e} \right)^2 \frac{1}{L_{r\sigma}} \left(1 - \frac{s'}{s_x}\right) \frac{s'}{s_x} \quad (5-23)$$

Trên H.5-9, d có dựng các đặc tính cơ của hệ nối tầng van cho từng góc điều khiển α của nghịch lưu. Do điện cảm lọc L trong mạch một chiều có giá trị hữu hạn nên dòng điện một chiều i_d có thể bị gián đoạn khi mômen tải nhỏ, đặc tính cơ ở đoạn này có độ dốc lớn. Mặt khác do sụt áp gây ra bởi điện trở stato, điện trở mạch một chiều, điện trở và điện kháng tản của máy biến áp cũng như sụt áp do chuyển mạch của nghịch lưu và chỉnh lưu nên các đặc tính cơ

điều chỉnh đều có độ cứng và mômen tới hạn nhỏ hơn độ cứng và mô men tới hạn của đặc tính cơ tự nhiên.

5-4. ĐIỀU CHỈNH TẦN SỐ NGUỒN CẤP CHO ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

5-4.1. Mô tả động cơ không đồng bộ dưới dạng các đại lượng vector

a. Khi điều chỉnh tần số ĐKB, thường kéo theo điều chỉnh cả điện áp, dòng điện hoặc từ thông mạch stato, do tính chất phức tạp của các quá trình điện từ trong ĐKB, nên các phương trình, biểu thức đã phân tích không sử dụng trực tiếp được cho trường hợp điều chỉnh tần số. Để thuận tiện cho việc khảo sát hệ thống điều chỉnh tần số, dưới đây nêu phương pháp đánh giá quá trình điện từ dưới dạng các vector.

Trong động cơ KDB, ít nhất có 6 cuộn dây quấn trên mạch từ, phương trình cân bằng điện áp của mỗi cuộn như sau:

$$u_k = R_k i_k + \frac{d\psi_k}{dt}, \quad (5-24)$$

trong đó chỉ số k là tên của dây quấn.

Nếu coi mạch từ là tuyến tính và bỏ qua tổn hao sắt thì mômen điện từ của động cơ là

$$M = \sum_k i_k \frac{\partial \psi_k}{\partial \vartheta} \quad (5-25)$$

Để đơn giản trong khi viết, coi động cơ có hai cực ($p' = 1$) – xem H. 5-10, trong đó các chỉ số bằng chữ thường a, b, c chỉ các dây quấn pha stato, các chỉ số bằng chữ in hoa A, B, C chỉ các pha rôto, góc lệch giữa dây quấn rôto và dây quấn stato là ϑ thì tốc độ sẽ là đạo hàm của góc này

$$\omega = \frac{d\vartheta}{dt} \quad (5-26)$$

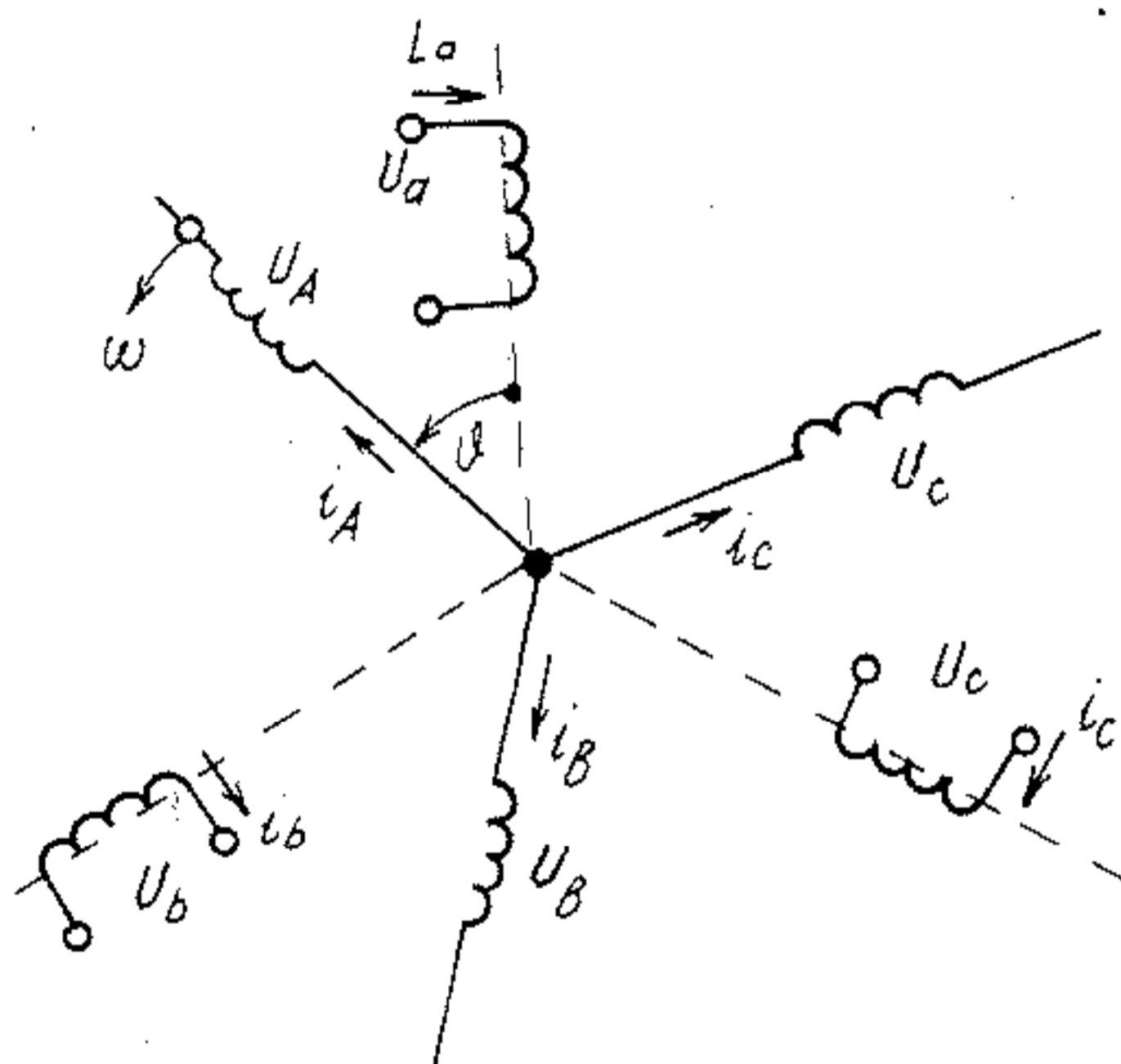
Từ thông móc vòng của các dây quấn

$$\psi_k = \sum_k L_{kj} i_j, \quad (5-27)$$

trong đó j cũng là chỉ số của các pha dây quấn,

khi $j = k$ - có từ thông tự cảm,

$j \neq k$ - có từ thông hổ cảm,



Hình 5-10. Sơ đồ nguyên lý dây quấn của động cơ không đồng bộ.

Ví dụ có thể tính được từ thông của cuộn dây pha a stato :

$$\psi_a = L_{aa} i_a + L_{ab} i_b + L_{ac} i_c + L_{aA} i_A + L_{aB} i_B + L_{aC} i_C. \quad (5-28)$$

Nếu các dây quấn của động cơ là đối xứng và khe hở không khí giữa rôto và stato là đều thì :

$$\begin{aligned} R_a &= R_b = R_c = R_s, \quad R_A = R_B = R_C = R_r \\ L_{aa} &= L_{bb} = L_{cc} = L_{sl}, \quad L_{AA} = L_{BB} = L_{CC} = L_{rl}, \\ L_{ab} &= L_{ac} = L_{bc} = -M_s, \quad L_{AB} = L_{AC} = L_{BC} = -M_r \end{aligned} \quad (5-29)$$

trong đó L_{sl}, L_{rl} - điện cảm tự cảm của từng dây quấn stato, rôto,

M_s, M_r – điện cảm hồ cảm giữa các dây quấn stato, giữa các dây quấn rôto với nhau.

Hồ cảm giữa dây quấn ở stato với dây quấn ở rôto phụ thuộc vào góc lệch không gian giữa hai dây quấn này. Hồ cảm giữa hai dây quấn cùng pha ở stato và rôto sẽ đạt giá trị cực đại khi trục hai dây quấn trùng nhau, tương ứng lúc đó có điện cảm hồ cảm M :

$$L_{aA} = L_{Aa} = L_{bB} = L_{Bb} = L_{cC} = L_{Cc} = M \cdot \cos\vartheta. \quad (5-30)$$

Hồ cảm giữa hai dây quấn khác pha ở rôto và stato được tính đến khi các dây quấn ba pha lệch nhau một góc không gian $2\pi/3$.

$$L_{aB} = L_{Ba} = L_{bC} = L_{Cb} = L_{cA} = L_{Ac} = M \cdot \cos\left(\vartheta + \frac{2\pi}{3}\right) \quad (5-31)$$

$$L_{Ab} = L_{bA} = L_{Bc} = L_{cB} = L_{Ca} = L_{aC} = M \cdot \cos\left(\vartheta - \frac{2\pi}{3}\right)$$

Để đơn giản trong khi viết, coi các đại lượng điện và từ là các vectơ và các thông số của mạch là ma trận thông số :

$$\psi_s = \begin{bmatrix} \psi_a \\ \psi_b \\ \psi_c \end{bmatrix}, \quad \psi_r = \begin{bmatrix} \psi_A \\ \psi_B \\ \psi_C \end{bmatrix}, \quad i_s = \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}, \quad i_r = \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$$

$$u_s = \begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix}, \quad u_r = \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \\ u_C \end{bmatrix} \quad (5-32)$$

$$R_s = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{bmatrix}, \quad R_r = \begin{bmatrix} R_r & 0 & 0 \\ 0 & R_r & 0 \\ 0 & 0 & R_r \end{bmatrix} \quad (5-32)$$

$$L_S = \begin{bmatrix} L_{S1} & -M_S & -M_S \\ -M_S & L_{s1} & -M_S \\ -M_S & -M_S & L_{s1} \end{bmatrix}, \quad L_r = \begin{bmatrix} L_{r1} & -M_r & -M_r \\ -M_r & L_{r1} & -M_r \\ -M_r & -M_r & L_{r1} \end{bmatrix}$$

$$L_m(v) = M \begin{bmatrix} \cos\vartheta & \cos(\vartheta + \frac{2\pi}{3}) & \cos(\vartheta - \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\vartheta - \frac{2\pi}{3}) & \cos\vartheta & \cos(\vartheta + \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\vartheta + \frac{2\pi}{3}) & \cos(\vartheta - \frac{2\pi}{3}) & \cos\vartheta \end{bmatrix}$$

Thay thế các đại lượng trong (5-30), (5-31) và (5-32) và (5-32) vào (5-27); sau đó rút gọn được biểu thức tính từ thông

$$\begin{bmatrix} \Psi_S \\ \Psi_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [L_S] & [L_m(\vartheta)] \\ [L_m(\vartheta)]^t & [L_r] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_S \\ i_r \end{bmatrix} \quad (5-33)$$

trong đó chữ t chỉ ma trận chuyển vị.

Tiếp tục thay thế (5-33) vào (5-24) và (5-25) được phương trình mô tả động cơ không đồng bộ ba pha, trong đó để đơn giản trong biểu diễn đã bỏ dấu ngoặc ở các ma trận thông số.

$$\begin{bmatrix} u_s \\ u_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_S + L_S \frac{d}{dt} & \frac{d}{dt} \cdot L_m(\vartheta) \\ \frac{d}{dt} \cdot L_m^t(\vartheta) & R_r + L_r \frac{d}{dt} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_s \\ i_r \end{bmatrix} \quad (5-34)$$

$$M = i_S^t \frac{d}{d\vartheta} (L_m(v) \cdot i_r) \quad (5-35)$$

Các phương trình này là các phương trình phi tuyến và có hệ số biến thiên theo thời gian vì điện cảm L_m phụ thuộc góc quay:

$$v = v_0 + \int \omega(t).dt.$$

Ngay cả ở chế độ xác lập, $\omega = \text{const}$ thì hồ cảm giữa rôto và stato cũng biến thiên có tính chất chu kỳ.

b. Chuyển vị tuyến tính các phương trình.

Việc giải trực tiếp các phương trình (5-34), (5-35) là khó khăn nên thường chuyển vị các phương trình này sang hệ tọa độ khác sao cho sự biến thiên của các hệ số là không còn nữa. Ba dòng điện pha của động cơ lệch nhau về thời gian là $2\pi/3$, chúng lại được đặt lệch nhau về không gian các góc $2\pi/3$, như thế ở từng thời điểm khác nhau tổng của ba dòng điện này – gọi là vectơ dòng điện không gian có biên độ không đổi $|i_s|$ nhưng góc lệch thì khác nhau – xem H. 5-11, a, b.

Vectơ dòng điện không gian i_s có thể xác định được nếu biết ba vectơ dòng điện pha (i_a, i_b, i_c), ví dụ H.5-11,c :

$$i_s = \frac{2}{3}(i_a + ai_b + a^2i_c); a = e^{j2\pi/3} \quad (5-36)$$

Vì vectơ i_s quay trong mặt phẳng vuông góc với trục rôto, nên có thể phân tích thành hai thành phần vuông góc nhau:

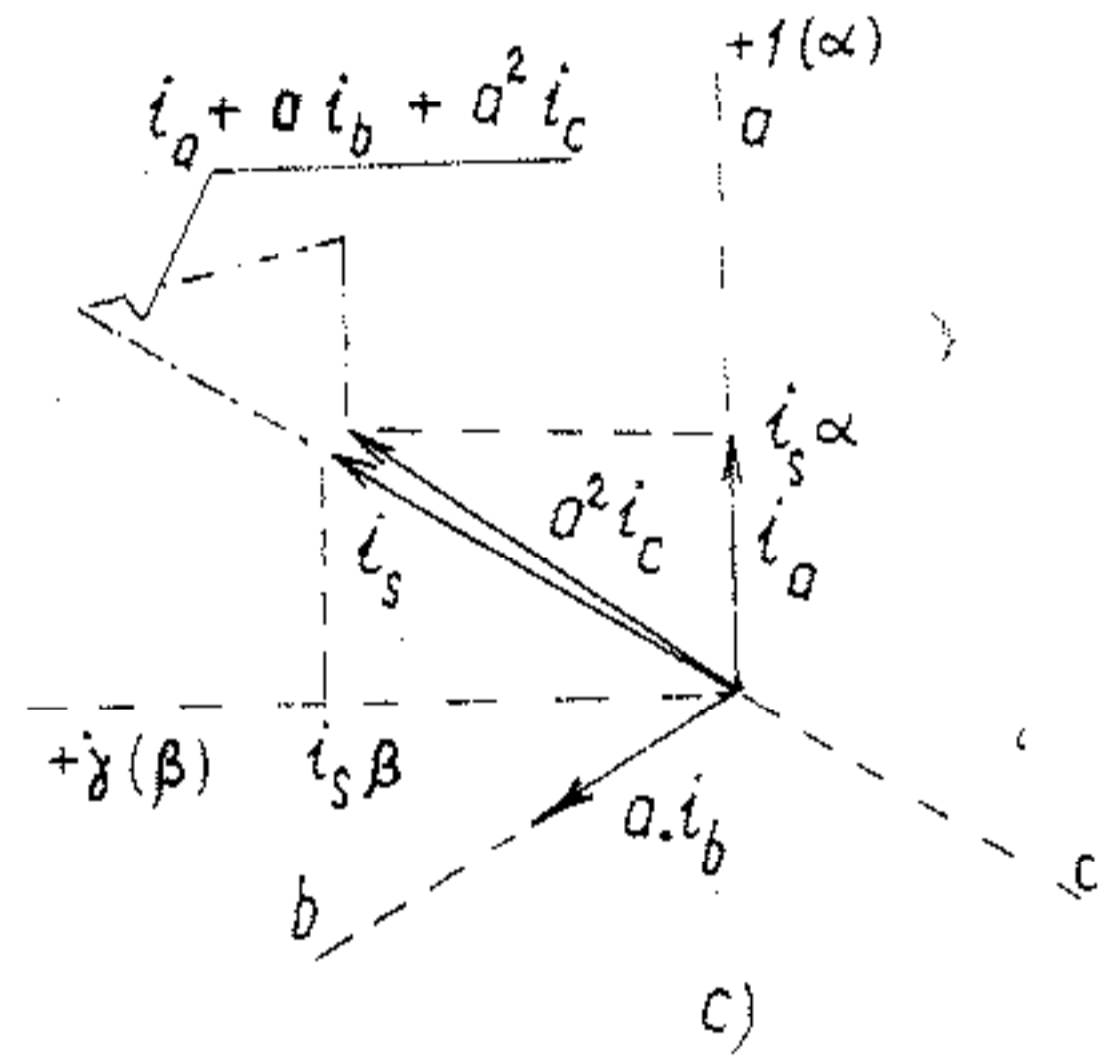
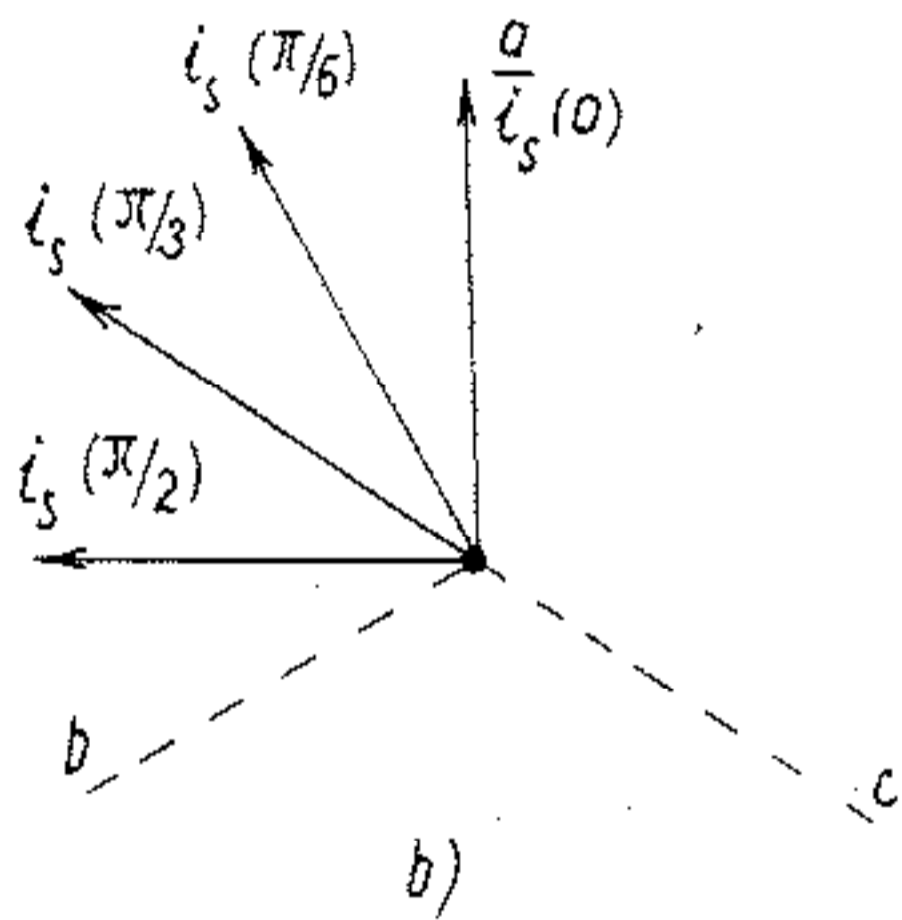
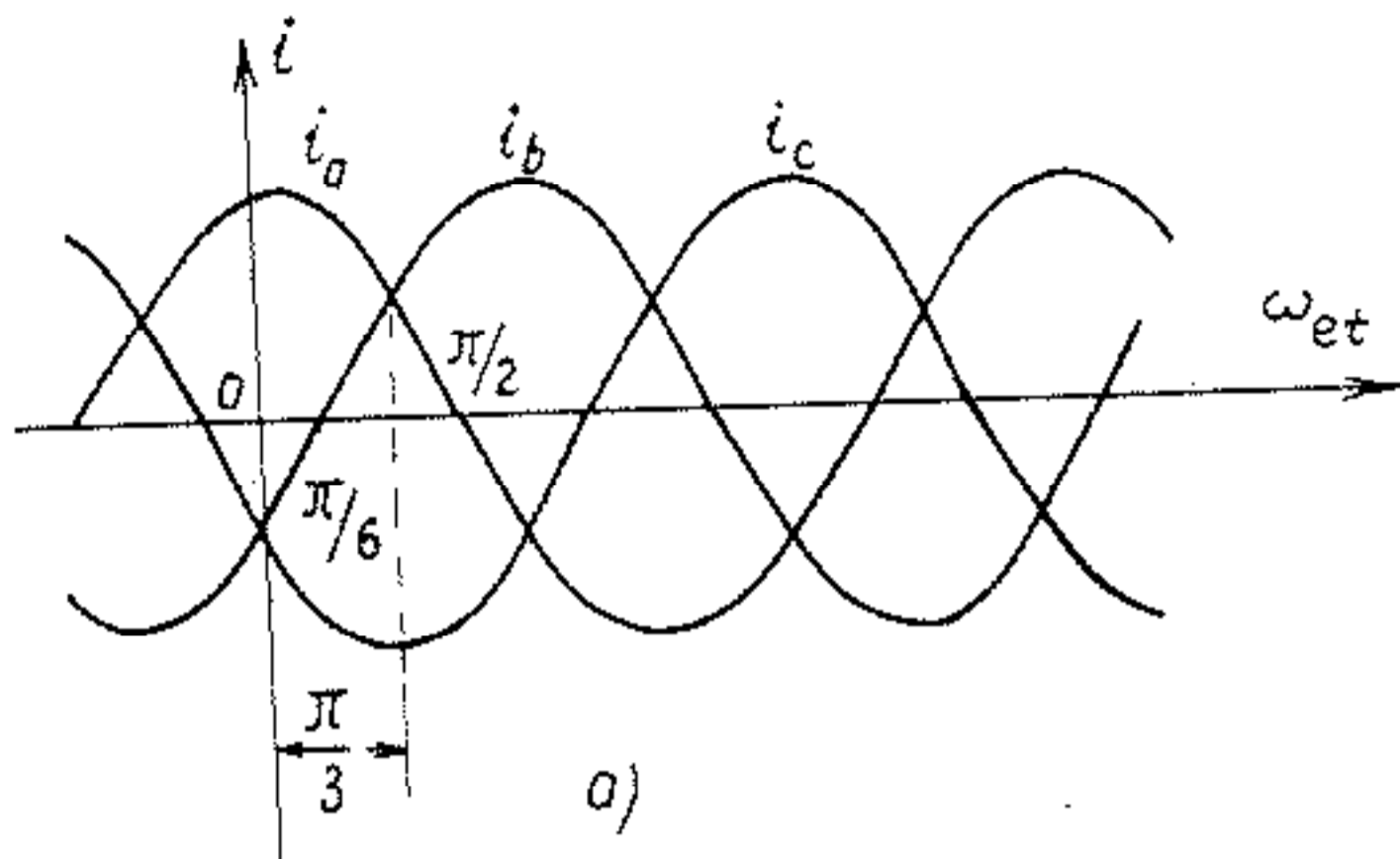
$$i_s = i_{s\alpha} + ji_{s\beta}, i_{s\beta} = I_m \{ i_s = \frac{\sqrt{3}}{3} (i_b - i_c), \quad (5-37)$$

$$i_{s\alpha} = \text{Re}\{i_s\} = \frac{1}{3}(2i_a - i_b - i_c),$$

$$= i_a, \text{ nếu hệ ba pha là đối xứng.}$$

$$= \text{Re}\{i_s\} + i_{s0} \text{ nếu hệ ba pha là không đối xứng, trong đó thành phần thứ tự không } i_{s0} = \frac{1}{3}(i_a + i_b + i_c). \quad (5-38)$$

Cho hệ trục tọa độ vuông góc, mà trên đó biểu diễn vectơ



Hình. 5-11. Vectơ dòng điện không gian mạch stato.

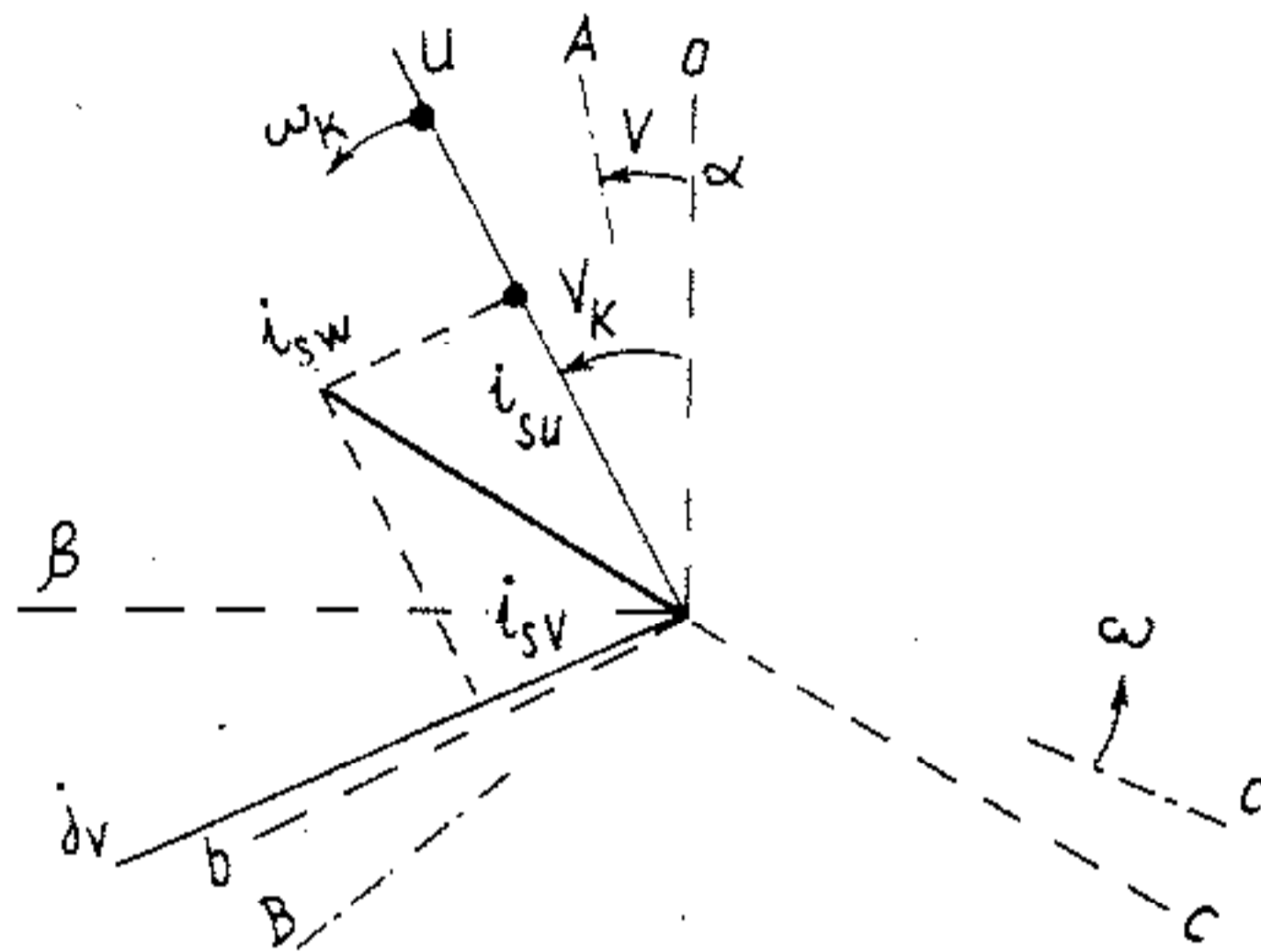
dòng điện không gian, quay với tốc độ ω_k nào đó và gọi đó là hệ trục $w = (u, v, 0)$. Vị trí của hệ trục w sẽ là: $\vartheta_k = \vartheta_{ok} + \omega_k t$, và vectơ dòng điện không gian trong hệ trục mới là $i_{sw} = i_s \cdot e^{-j\vartheta_k}$, các

thành phần của dòng điện trong hệ trục mới được tính như sau :

$$i_{su} = K_d i_a \cos \vartheta_k + i_b \cos \left(\vartheta_k - \frac{2\pi}{3} \right) + i_c \cos \left(\vartheta_k + \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$i_{sv} = -K_q i_a \sin \vartheta_k + i_b \sin \left(\vartheta_k - \frac{2\pi}{3} \right) + i_c \sin \left(\vartheta_k + \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$i_{so} = K_o i_a + i_b + i_c \quad (5-39)$$



Hình 5-12. Biểu diễn vectơ không gian trong hệ tọa độ quay.

Việc tính đổi ngược lại từ hệ $(u, v, 0)$ sang hệ (a, b, c) cho dòng điện rôto được thực hiện bằng cách giải hệ phương trình trên :

$$i_a = \frac{1}{K_d} \cdot \frac{2}{3} i_{su} \cos \vartheta_k - \frac{1.2}{K_q} \frac{1}{3} i_{sv} \sin \vartheta_k + \frac{1}{K_o} \frac{1}{3} i_{so}$$

$$i_b = \frac{1}{K_d} \frac{2}{3} i_{su} \cos \left(\vartheta_k - \frac{2\pi}{3} \right) - \frac{1}{K_q} \frac{2}{3} i_{sv} \sin \left(\vartheta_k - \frac{2\pi}{3} \right) + \frac{1}{K_o} \frac{1}{3} i_{so}$$

$$i_c = \frac{1}{K_d} \frac{2}{3} i_{su} \cos \left(\vartheta_k + \frac{2\pi}{3} \right) - \frac{1}{K_q} \frac{2}{3} i_{sv} \sin \left(\vartheta_k + \frac{2\pi}{3} \right) + \frac{1}{K_o} \frac{1}{3} i_{so} \quad (5-39)$$

Tương tự như trên có thể chuyển vị điện áp ba pha thành điện áp

hai pha (u, v, o)... Các đại lượng ở mạch rôto cũng có thể được chuyển vị sang hệ (u, v, o) với thủ tục giống hệt như trên, chỉ cần để ý rằng dây quấn rôto đang ở vị trí ϑ , nên trong các biểu thức tính toán, thay vì viết (ϑ_k), cần viết ($\vartheta_k - \vartheta$), ví dụ

$$i_{rw} = i_r \cdot e^{-j(\vartheta_k - \vartheta)} \quad (5-40)$$

Các hệ số K_d, K_q, K_o được chọn theo điều kiện cân bằng công suất trước và sau khi chuyển vị, trong trường hợp này, khi đã chọn dòng điện không gian theo (5-36) thì $K_d = K_q = \sqrt{2}/\sqrt{3}, K_o = 1/\sqrt{3}$. Theo thủ tục đã nêu ở (5-39) có thể tính được các thành phần của từ thông stato trong hệ (u, v, o):

$$\begin{aligned} \Psi_{su} &= L_s i_{su} + \frac{2L_m}{3} i_A \cos(\vartheta_k - \vartheta) + i_B \cos(\vartheta - \vartheta - \frac{2\pi}{3}) + \\ &\quad + i_C \cos(\vartheta_k - \vartheta + \frac{2\pi}{3}), \\ \Psi_{sv} &= L_s i_{sv} + \frac{2L_m}{3} i_A \sin(\vartheta_k - \vartheta) + i_B \sin(\vartheta_k - \vartheta - \frac{2\pi}{3}) + \\ &\quad + i_C \sin(\vartheta_k - \vartheta + \frac{2\pi}{3}) \\ \Psi_{so} &= L_{so} i_{so} \end{aligned} \quad (5-41)$$

trong đó

$$\begin{aligned} L_s &= L_{s1} + M_s \\ L_{so} &= L_{s1} - 2M_s \\ L_m &= \frac{2M}{3} \end{aligned} \quad (5-42)$$

Phần trong ngoặc vuông chính là các thành phần của dòng điện rôto trong hệ (u, v, o) nên:

$$\begin{aligned} \Psi_{su} &= L_s i_{su} + L_m i_{ru} \\ \Psi_{sv} &= L_s i_{sv} + L_m i_{rv} \\ \Psi_{so} &= L_{so} i_{so} \end{aligned} \quad (5-43)$$

Ta thấy rằng chỉ có các dây quấn thành phần đồng trục mới có cảm ứng từ, còn các dây quấn thành phần vuông góc nhau thì, như nguyên lý cảm ứng điện từ đã chỉ ra, giữa chúng không có cảm ứng. Tương tự như trên, có thể tính được từ thông rôto trong hệ (u, v, o) :

$$\begin{aligned}\Psi_{ru} &= L_r i_{ru} + L_m i_{su}, \\ \Psi_{rv} &= L_r i_{rv} + L_m i_{sv}, \\ \Psi_{ro} &= L_{ro} i_{ro},\end{aligned}\tag{5-44}$$

trong đó : $L_r = L_{r1} + M_r, L_{ro} = L_{r1} - 2M_r$.

Các vectơ từ thông được viết như sau :

$$\begin{aligned}\Psi_{sw} &= L_s i_{sw} + L_m i_{rw} = \psi_s e^{-jv_k} \\ \Psi_{rw} &= L_r i_{rw} + L_m i_{sw} = \psi_r e^{-j(v_k - v)}.\end{aligned}\tag{5-45}$$

Thay thế các biểu thức dòng điện và từ thông vào (5-34) và (5-35) tính được hệ phương trình mô tả ĐKB trong hệ tọa độ (u, v, o) :

$$\begin{bmatrix} u_{sw} \\ u_{rw} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + L_s \frac{d}{dt} (+ j\omega_k) & L_m \left(\frac{d}{dt} + j\omega_k \right) \\ L_m \left(\frac{d}{dt} - j(\omega_k - \omega) \right) & R_r + L_r \left[\frac{d}{dt} + j(\omega_k - \omega) \right] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sw} \\ i_{rw} \end{bmatrix}$$

$$M = \frac{3}{2} L_m \operatorname{Im} \{ i_{sw} i_{rw}^* \}\tag{5-46}$$

trong đó i_{rw}^* là véc tơ dòng điện rôto liên hợp.

Do cách chuyển vị các vectơ mà các hệ số của các phương trình chỉ còn phụ thuộc vào tốc độ quay của rôto, trong các trường hợp cụ thể có thể giải được dễ dàng các hệ phương trình này. Trong thực tế tính toán thường chọn cố định tốc độ quay của hệ tọa độ $\omega_k = \text{const}$ và thấy bằng các giá trị đặc biệt:

- 1) $\omega_k = 0$, hệ tọa độ là đứng yên, ký hiệu hệ trục $(\alpha, \beta, 0)$,
- 2) $\omega_k = \omega$, hệ tọa độ gắn chặt vào rôto, ký hiệu hệ trục $(d, q, 0)$

3) $\omega_k = \omega_o$, hệ tọa độ gắn chặt vào từ trường quay, ký hiệu hệ trục là (x, y, o) .

Nếu máy điện có số đôi cực $p' > 1$ thì các đại lượng cơ học được tính đổi như sau.

$$\vartheta = \vartheta_j p', \quad \omega = \omega_j p', \quad M = \frac{M_j}{p'}, \quad M_c = \frac{M_{cj}}{p'}, \quad I = \frac{J_j}{p'}. \quad (5-47)$$

Việc tính quy đổi các đại lượng ở mạch rôto thực hiện như sau, nếu số vòng dây ở dây quấn stato và rôto khác nhau:

$$u_r = \frac{N_r}{N_s} u_r' ; \quad i_r = \frac{m_s}{m_r} \frac{N_s}{N_r} i_r' \quad (5-48)$$

$$R_r = \frac{m_r}{m_s} \frac{N_r^2}{N_s^2} R_r' ; \quad L_{r\sigma} = \frac{m_r}{m_s} \frac{N_r^2}{N_s^2} L_{r\sigma}'$$

trong đó

N_s, N_r - Số vòng dây tác dụng của dây quấn stato, rôto;

m_s, m_r - số pha stato, rôto.

Ở chế độ xác lập có thể viết lại hệ (5-46) khi đặt $\frac{d}{dt} = 0$ và các

vectơ không gian được thay bằng các số phức, ví dụ trong hệ tọa độ (x, y, o) thì:

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_s \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + j\omega_o L_s & j\omega_o L_m \\ j\omega_s L_m & R_r + j\omega_s L_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_s \\ \dot{I}_r \end{bmatrix} \quad (5-49)$$

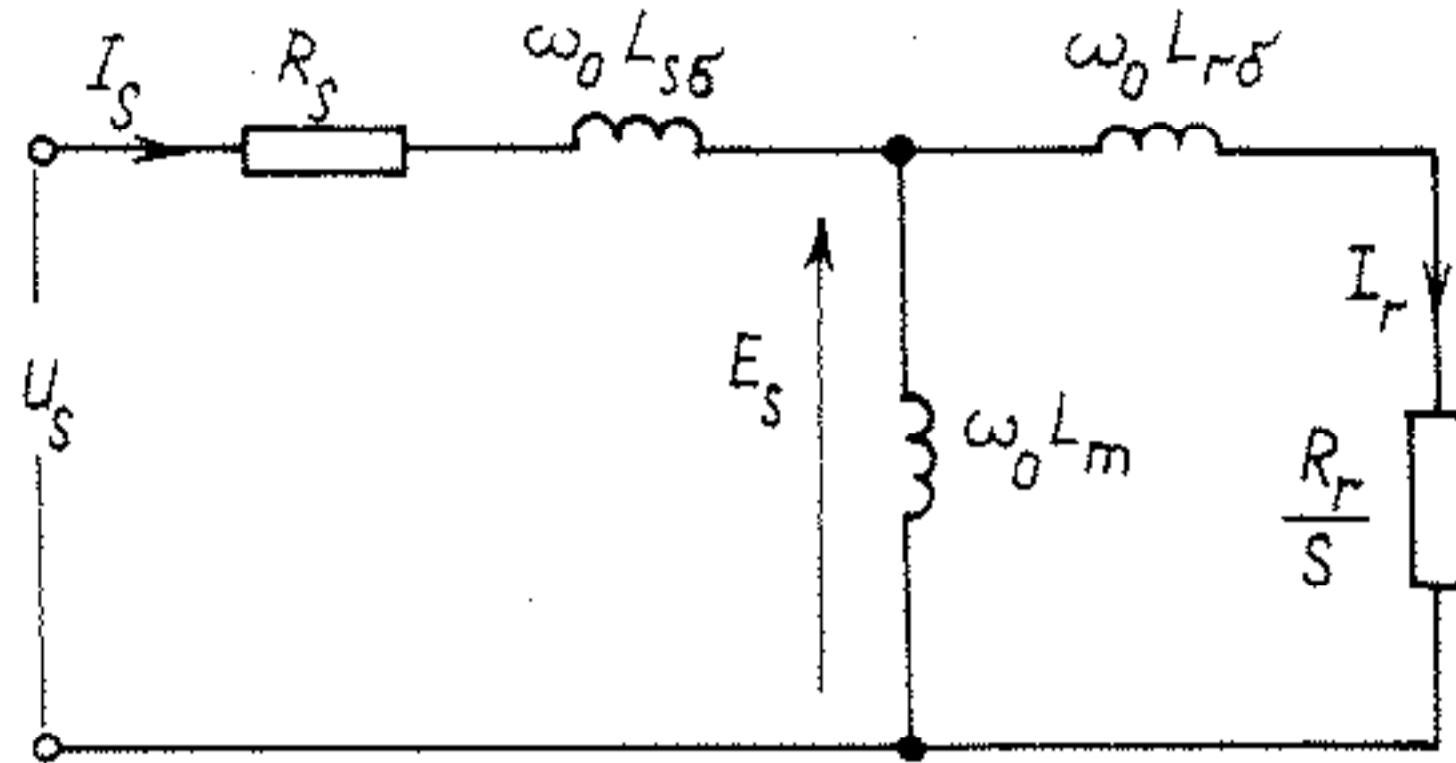
trong đó $\omega_s = \omega_o - \omega$ là tần số trượt của rôto.

Nhân cả hai vế của phương trình thứ hai với $\frac{1}{s}$ ta được hệ sau :

$$\dot{U}_s = R_s \dot{I}_s + j\omega_o (L_m + L_{s\sigma}) \dot{I}_s + j\omega_o L_m \dot{I}_r \quad (5-50)$$

$$0 = \frac{R_r}{s} \dot{I}_r + j\omega_o [L_m \dot{I}_s + (L_m + L_{r\sigma}) \dot{I}_r]$$

và ta tìm lại được sơ đồ thay thế của động cơ không đồng bộ trong hệ tọa độ quay đồng bộ với từ trường quay như trên H.5-13.



Hình 5-13. Sơ đồ thay thế động cơ KĐB ở chế độ xác lập, trong hệ tọa độ quay.

Từ sơ đồ thay thế trên có thể tìm được các đại lượng vật lý của ĐKB, theo cách tính một sơ đồ mạch điện thông thường.

Biên độ vectơ dòng điện stato :

$$I_s = \sqrt{I_s I_s^*} = \frac{U_s \sqrt{\left(\frac{R_r}{\omega S}\right)^2 + L_r^2}}{\omega_0 F(s)} \quad (5-51)$$

$$F(s) = \sqrt{\left(\frac{R_s R_r}{\omega_0 \omega S} - L_s L_{r\sigma}\right)^2 + \left(\frac{R_s}{\omega_0} L_r + \frac{R_r}{\omega S} L_s\right)^2}$$

Biên độ vectơ dòng điện rôto.

$$I_r = \frac{U_s L_m}{\omega_0 F(s)} \quad (5-52)$$

Biên độ vectơ từ thông động cơ :

$$\Psi = \frac{U_s I_m \sqrt{\left(\frac{R_r}{\omega S}\right)^2 + L_{r\sigma}^2}}{\omega_0 F(s)} \quad (5-53)$$

Biên độ véc tơ từ thông stato :

$$\Psi_S = \frac{U_S \cdot L_S \sqrt{\left(\frac{R_r}{\omega_s}\right)^2 + L_{r\sigma}^2}}{\omega_o F(s)} \quad (5-54)$$

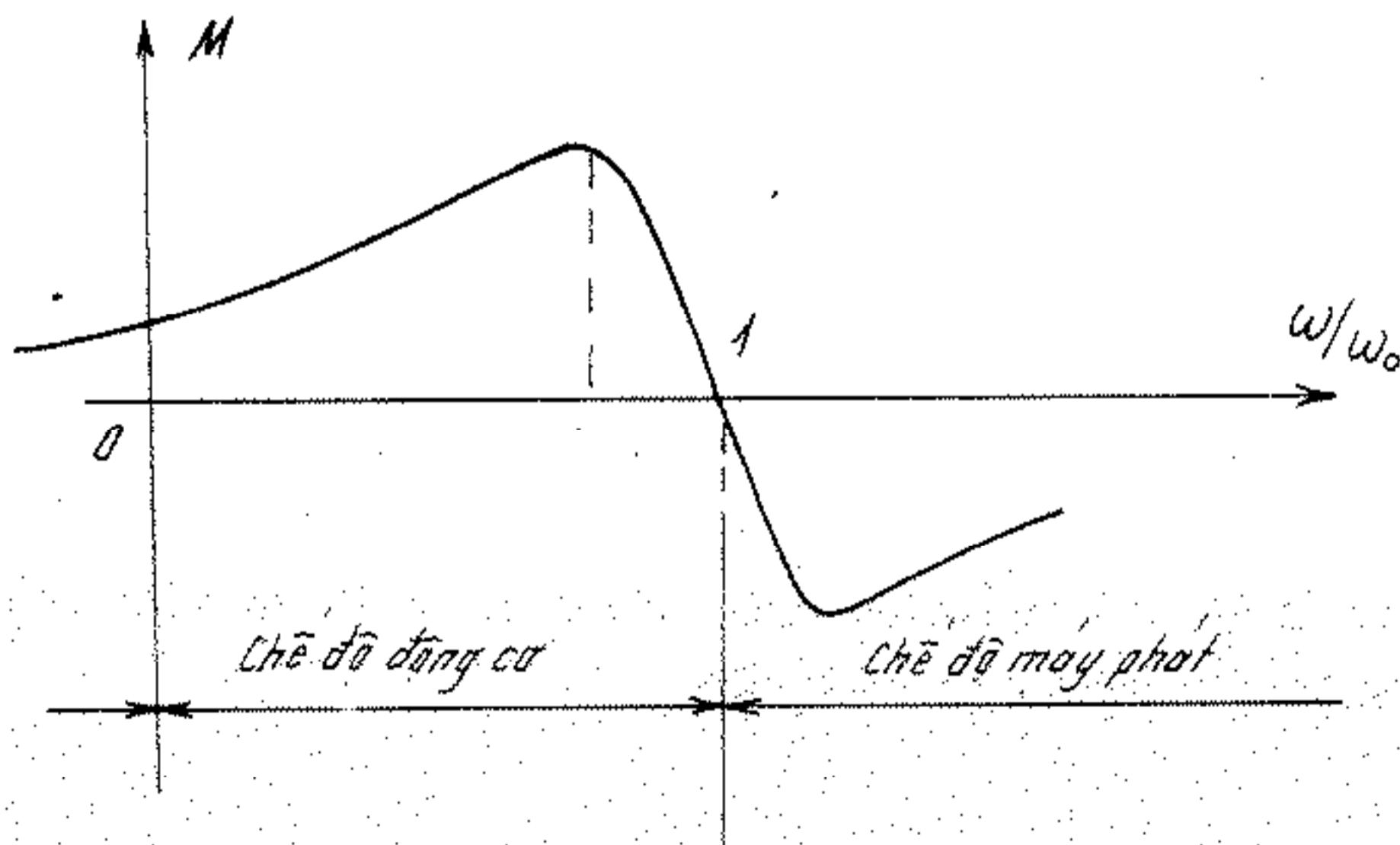
Mômen điện từ của động cơ

$$M = \frac{U_s^2}{\omega_o^2} \frac{L_m^2 R_r}{\omega_s} \frac{1}{F^2(s)} \quad (5-55)$$

Trong nhiều trường hợp có thể tính mômen động cơ qua dòng điện stato hoặc qua dòng điện rôto :

$$M = \frac{L_S(1-\sigma)}{\frac{R_r}{\omega L_r} + \frac{\omega L_r}{R_r}} I_s^2, \quad M = \frac{R_r}{\omega} I_r^2, \quad (5-56)$$

trong đó hệ số tản từ : $\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_S \cdot L_r}$

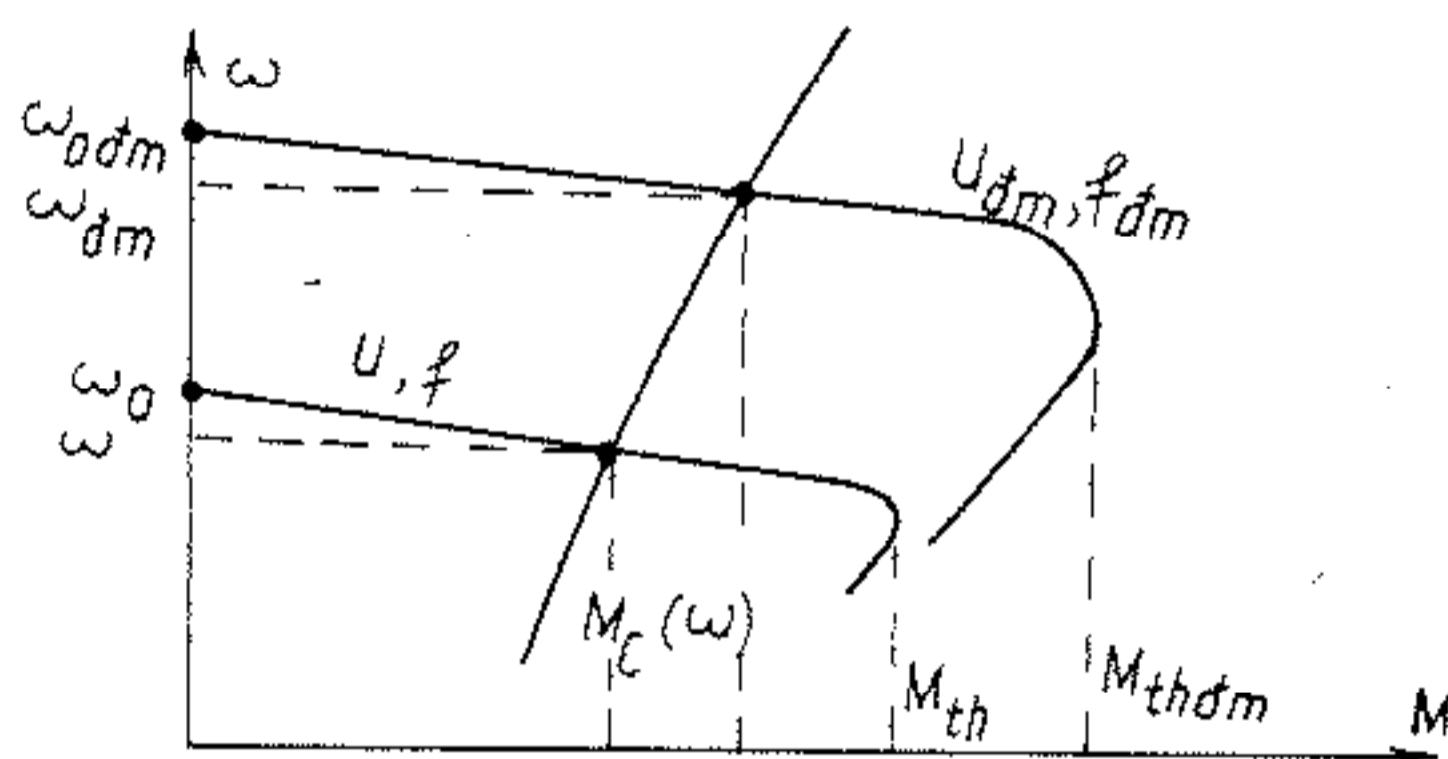


5-4.2. Điều chỉnh tần số – điện áp

a. Luật điều chỉnh tần số điện áp theo khả năng quá tải

Khi điều chỉnh tần số thì trở kháng, từ thông, dòng điện v.v... của động cơ thay đổi, để đảm bảo một số chỉ tiêu điều chỉnh mà không làm động cơ bị quá dòng thì cần phải điều chỉnh cả điện áp. Đối với hệ thống biến tần nguồn áp thường có yêu cầu giữ cho khả năng quá tải về mômen là không đổi trong suốt dải điều chỉnh tốc độ. Mômen cực đại mà động cơ sinh ra được chính là mômen tới hạn M_{th} , khả năng quá tải về mômen được quy định bằng hệ số quá tải mômen λ_M .

$$\lambda_M = \frac{M_{th}}{M}$$



Hình 5-14. Xác định khả năng quá tải về mômen.

Nếu bỏ qua điện trở của dây quấn stato $R_s = 0$ thì từ (5-55) có thể tính được mômen tới hạn như sau :

$$M_{th} = \frac{L_m^2}{2L_s^2 L_{r\sigma}} \frac{U_s^2}{\omega_0^2} = K \left(\frac{U_s}{\omega_0} \right)^2 \quad (5-57)$$

Điều kiện để giữ hệ số quá tải không đổi là

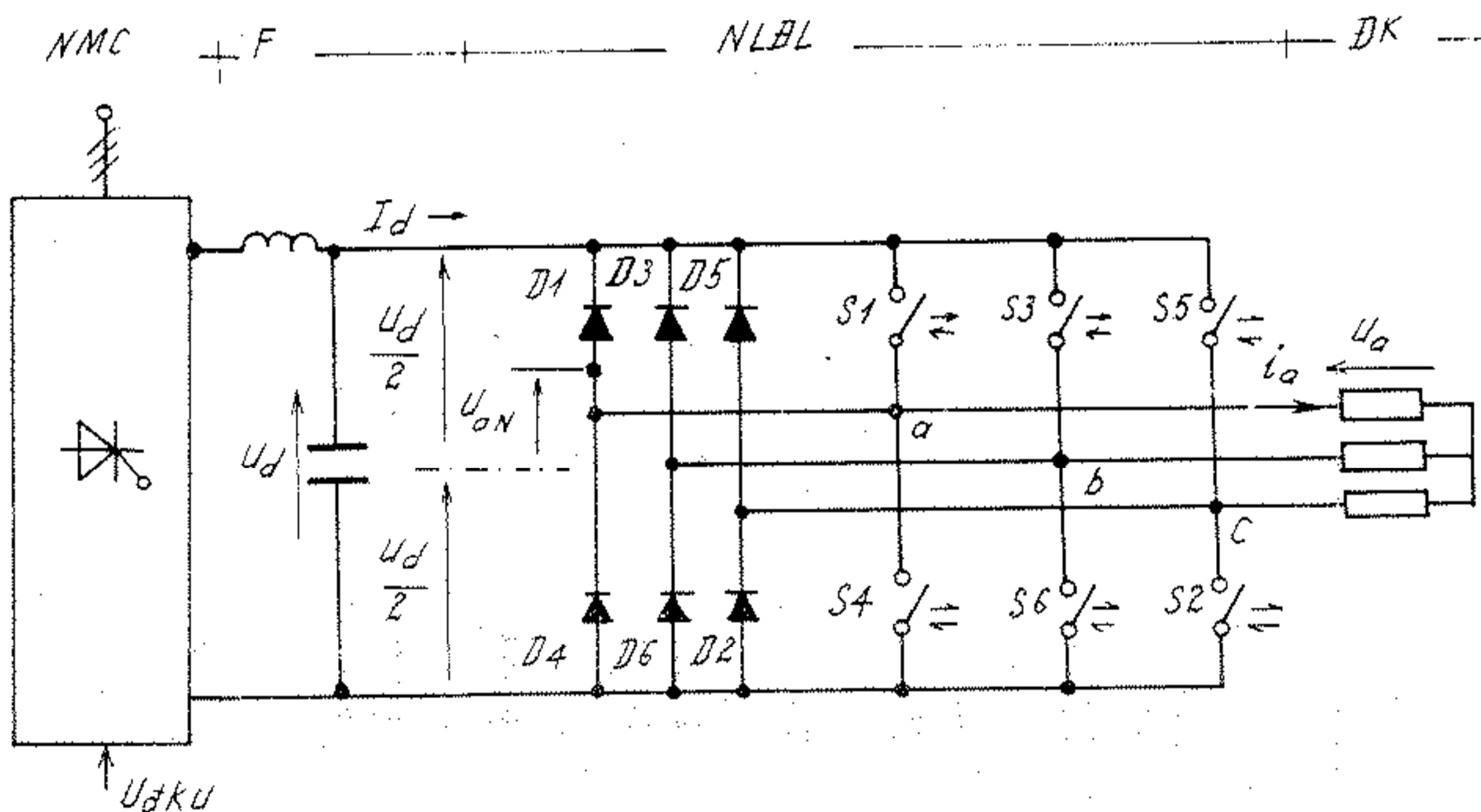
$$\lambda_M = \frac{M_{th}}{M} = \frac{M_{thdm}}{M_{dm}} \quad (5-58)$$

Thay thế (5-57) vào (5-58) và rút gọn ta được

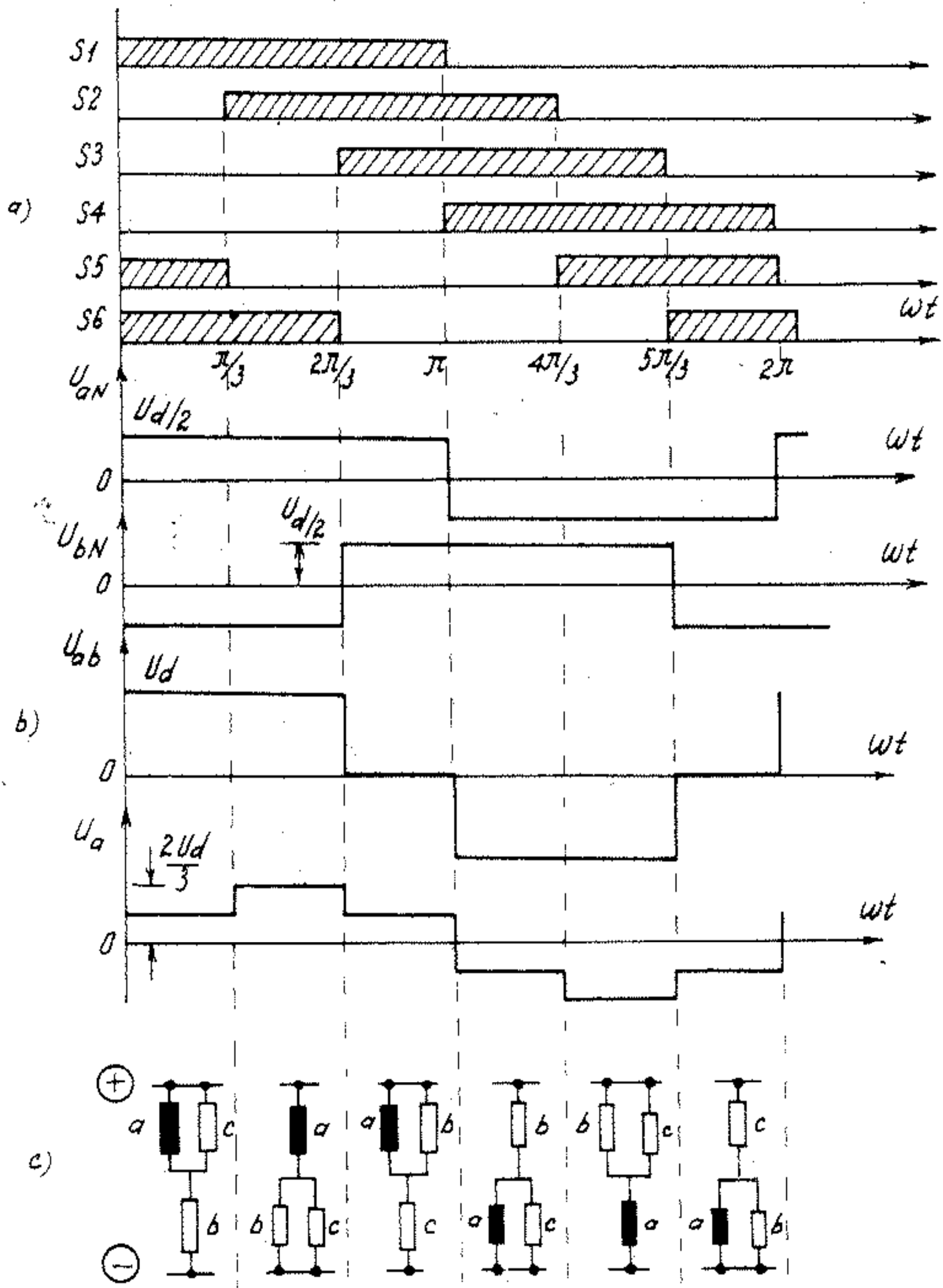
$$\frac{U_s}{\omega_o} = \frac{U_{sdm}}{\omega_{odm}} \sqrt{\frac{M}{M_{thdm}}} \quad (5-59)$$

Đặc tính cơ gần đúng của các máy sản xuất (phụ tải) có thể viết như sau :

$$M_c = M_{dm} \left(\frac{\omega_o}{\omega_{odm}} \right)^x \quad (5-60)$$



Hình 5-15. Sơ đồ nguyên lý biến tần nguồn áp.



Hình 5-16. Nguyên lý tạo điện áp xoay chiều ba pha : a. - Trật tự đóng ngắt khóa S
 b- Đồ thị điện áp dây và pha. c - Sơ đồ nối tải vào nguồn.

Từ (5-60) và (5-59) rút ra được luật điều chỉnh tần số điện áp để có hệ số quá tải về mômen không đổi:

$$\frac{U_s}{U_{sdm}} = \left(\frac{\omega_o}{\omega_{odm}} \right)^{1+x/2} = \left(\frac{f_s}{f_{sdm}} \right)^{1+x/2}$$

Hay ở dạng đơn vị không tên :

$$u_s^* = f_s^{*(1+x/2)} \quad (5-61)$$

b. Các bộ biến đổi tần số - điện áp.

Sơ đồ nguyên lý mạch lực của một bộ biến tần nguồn áp trên H.5-15 bao gồm bốn khối chức năng chính: nguồn điện một chiều *NMC*, mạch lọc *F*, nghịch lưu độc lập nguồn áp *NL* và động cơ *KDB*. Nguồn một chiều và mạch lọc tạo ra điện áp một chiều có giá trị điều chỉnh được, nghịch lưu gồm 6 khóa bán dẫn S_1, \dots, S_6 và cần 6 van không điều khiển D_1, \dots, D_6 . Các khóa nghịch lưu được đóng cắt theo thứ tự nhất định (xem H.5-16,a) tạo thành điện áp xoay chiều ba pha đặt lên động cơ chấp hành, góc dẫn của các khóa là 180° , thời điểm các khóa S_1, S_3, S_5 và S_2, S_4, S_6 bắt đầu dẫn lệch nhau 120° , do đó điện áp ra của nghịch lưu cũng lệch nhau về thời gian là 120° . Điện áp dây của nghịch lưu có dạng xung chữ nhật với độ rộng là 120° và thỏa mãn điều kiện phân tích thành chuỗi điều hòa

$$u_{ab} = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} u_d \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \cos \frac{k\pi}{6} \cdot \sin(k\omega_e t + \frac{\pi}{6}) \quad (5-62)$$

$$k = 1 + 6C; \quad C = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Thành phần điều hòa cơ bản của (5-62) có biên độ

$$U_{abm}^1 = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} u_d = 1,103 u_d \quad (5-63)$$

và có giá trị hiệu dụng là :

$$U_{ab}^1 = \frac{\sqrt{6}}{\pi} u_d = 0,78 u_d \quad (5-64)$$

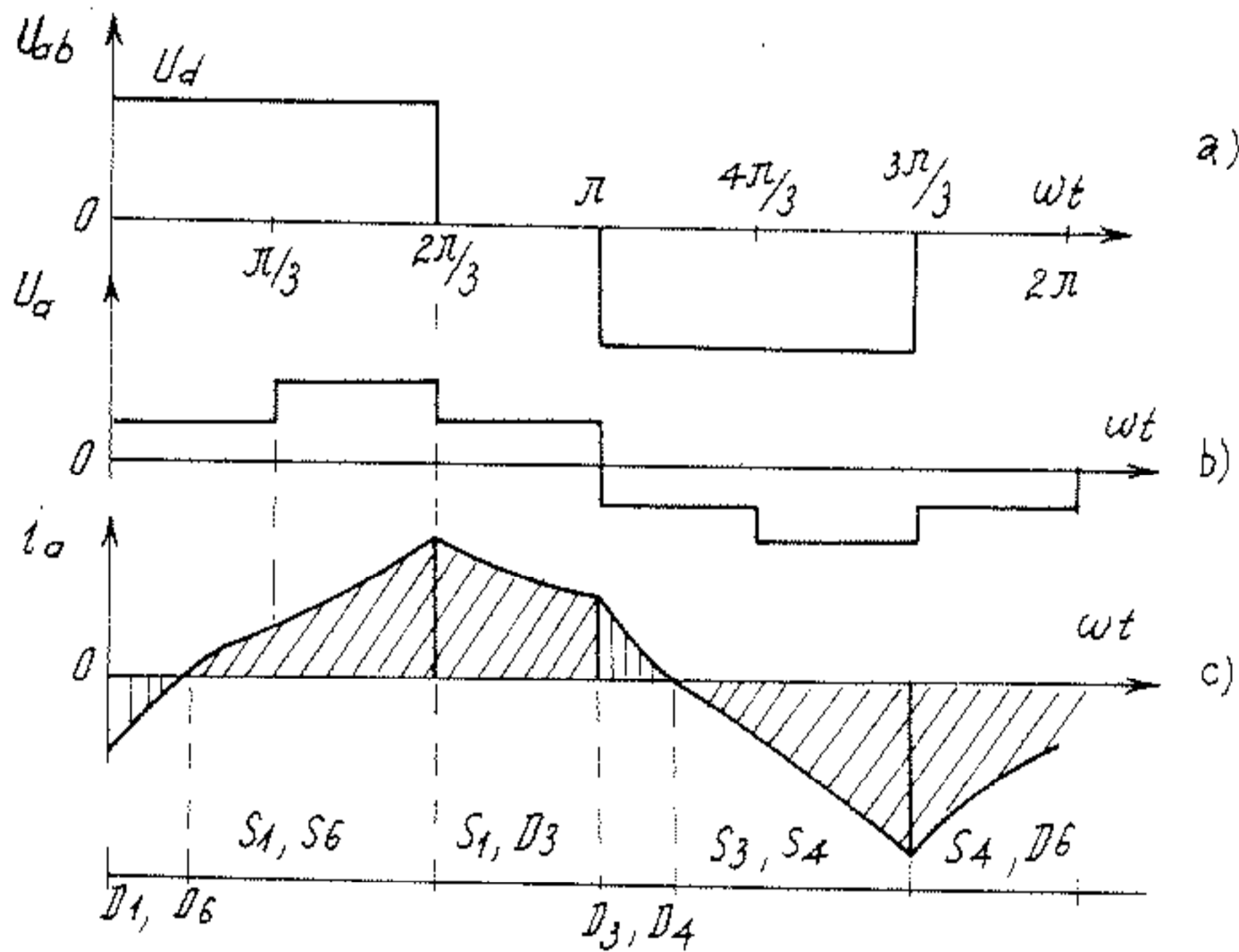
Giá trị hiệu dụng của chuỗi (5-62) :

$$U_{ab} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} u_d = 0,816 u_d. \quad (5-65)$$

Biên độ tăng sóng hài bậc k :

$$U_{abm}^k = \frac{2\sqrt{3}}{k\pi} u_d. \quad (5-66)$$

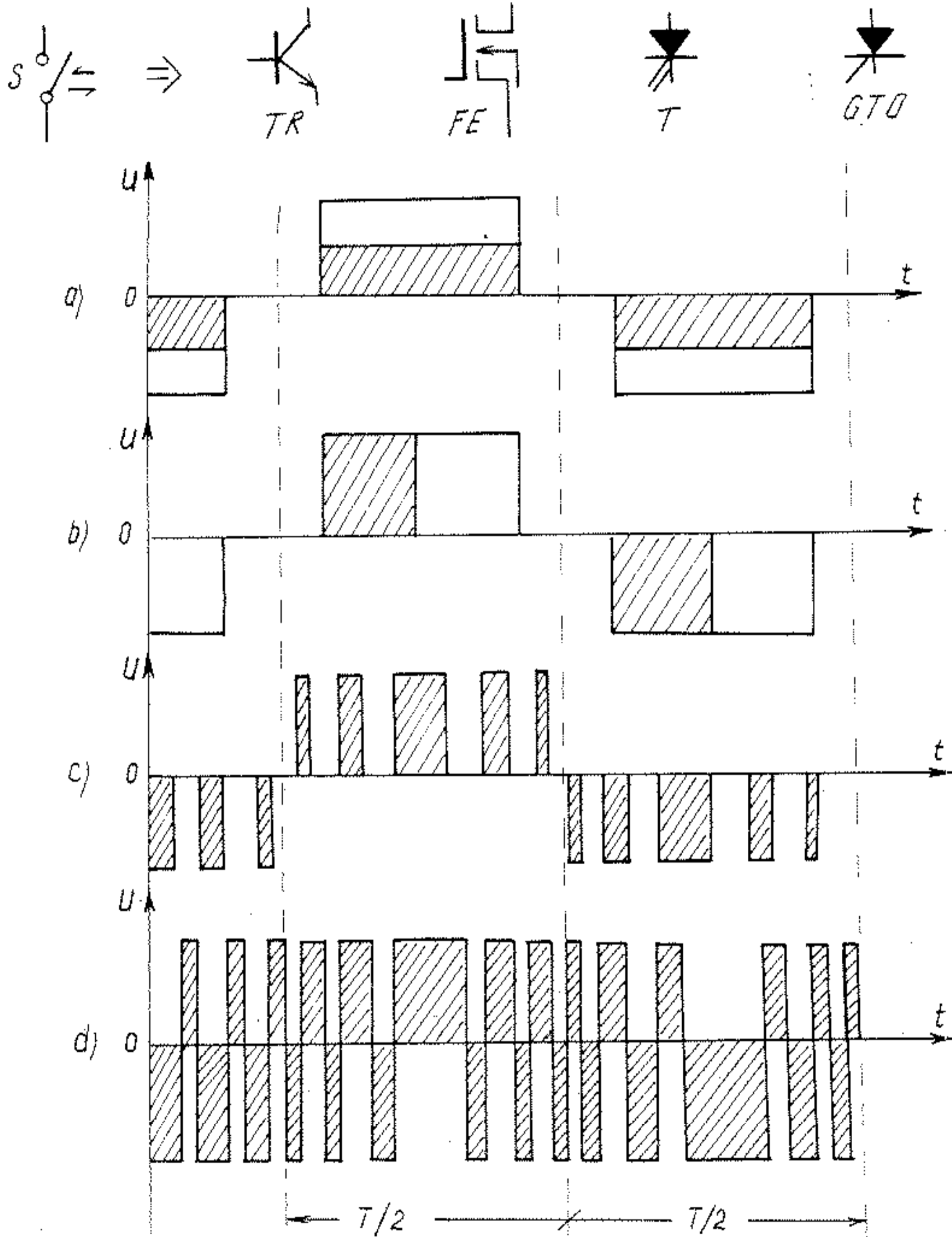
Đồ thị điện áp pha của động cơ có dạng bậc thang, tại thời điểm các khóa chuyển mạch thì điện áp pha có đột biến nhảy cấp, giá trị từng cấp được xác định như trên H.5-16, b. Dòng điện của động cơ là nghiệm của phương trình vi phân mô tả động cơ được giải ở từng đoạn, khi điện áp pha không đổi. Dòng điện có dạng xoay chiều không điều hòa - xem H.5-16.



Hình 5-16. Đồ thị dòng điện và khoảng dẫn của các van.

Các khóa S là các khóa bán dẫn, ở các truyền động công suất nhỏ thường dùng các tranzito, ở các truyền động công suất lớn thường

dùng các van tiristo, khi này việc khóa (ngắt) các van được thực hiện bằng các mạch đặc biệt như dùng tụ điện và các van thiristo phụ v.v... Thời gian gần đây sử dụng các van tiristo đặc biệt là các van khóa được bằng xung điều khiển (GTO).



Hình 5-17. Các phương pháp điều chỉnh điện áp trong nghịch lưu tần số - điện áp.

- a) Điều chỉnh biên độ; b) Điều chỉnh độ rộng một xung;
- c) Điều chỉnh độ rộng bằng điều chế một cực tính;
- d) Điều chế độ rộng xung hai cực tính.

Giá trị điện áp động cơ được điều chỉnh hoặc bởi điều chỉnh biên độ điện áp một chiều – bằng chỉnh lưu điều khiển hoặc bằng bộ băm xung áp (H.5-17,a). Điện áp cũng có thể điều chỉnh bằng điều chỉnh thời gian đóng của các khóa S (H.5-17, b), hoặc là bằng điều chế độ rộng các xung áp bằng chỉnh nghịch lưu (H.5-17, c, d). Phương pháp sau được sử dụng rộng rãi nhất là ở các truyền động công suất nhỏ, do có ưu điểm nổi bật là vừa điều chỉnh được điện áp, vừa làm "sin hóa" điện áp đặt vào động cơ. Với số lượng các xung có độ rộng thích hợp, phương pháp điều chế độ rộng xung có thể làm triệt tiêu các sóng hài bậc cao.

c. Điều chỉnh từ thông.

Chế độ định mức là chế độ làm việc tối ưu về tuổi thọ của động cơ không đồng bộ. Trong chế độ này, từ thông là định mức và mạch từ có công suất tối đa. Luật điều chỉnh điện áp tần số (5-61) là luật gần đúng giữ từ thông không đổi trên toàn dải điều chỉnh. Tuy nhiên từ thông động cơ, trên mỗi đặc tính, còn phụ thuộc rất nhiều vào độ trượt s, tức là phụ thuộc mômen tải trên trục động cơ. Vì thế, trong các hệ điều chỉnh yêu cầu chất lượng cao cần tìm cách bù từ thông.

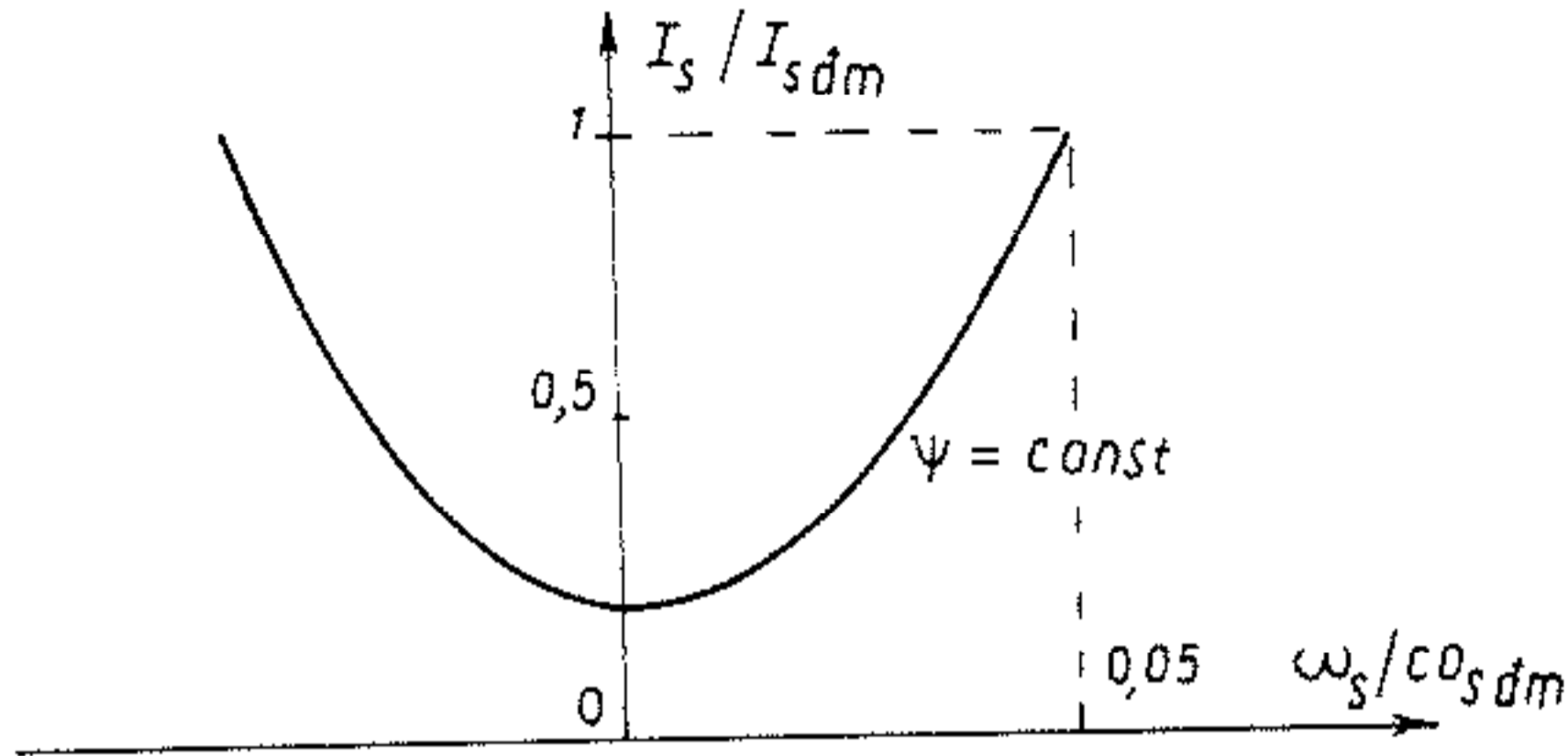
Khi giải đồng thời các phương trình (5-44), (5-49) có thể tìm được quan hệ giữa dòng điện stato và từ thông rôto.

$$I_S = \frac{\Psi_r}{L_m} \sqrt{1 + (T_r \omega_S)^2}, \quad (5-67)$$

trong đó $T_r = L_r/R_r$.

Biểu thức (5-67) có nghĩa là nếu muốn giữ từ thông không đổi $\Psi_r = \Psi_{rdm}$ thì dòng điện phải được điều chỉnh theo độ trượt. Sử dụng sơ đồ thay thế H.5-13 và các biểu thức từ (5-41) đến (5-50) có thể chứng minh được rằng: Khi giữ biên độ từ thông rôto không đổi thì vectơ từ thông rôto và vectơ dòng điện rôto luôn vuông góc nhau trong không gian. Mặt khác, do mômen điện từ là tích vectơ của hai vectơ này nên khi chúng vuông góc nhau thì mômen là tích của hai đại lượng:

$$M = \Psi_r \cdot I_r \quad (5-68)$$



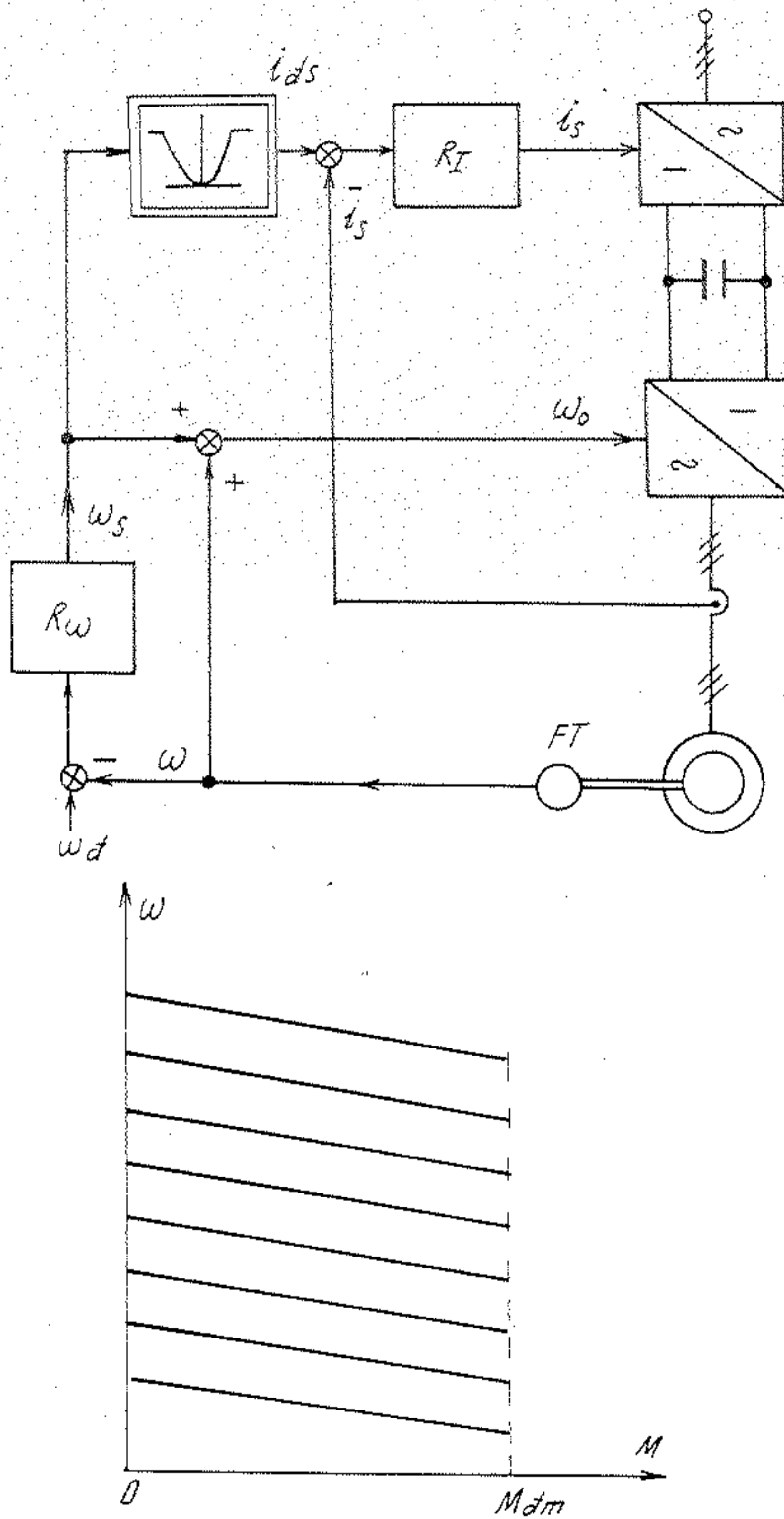
Hình 5-18. Quan hệ $I_s(\omega_s)$ khi từ thông là không đổi.

Điều này cũng có nghĩa là mômen điện từ sẽ tỷ lệ với biên độ dòng điện rôto, giống như quan hệ giữa mômen và dòng điện phản ứng trong động cơ một chiều kích từ độc lập khi từ thông kích từ là định mức. Sơ đồ nguyên lý và đặc tính điều chỉnh của hệ kín như trên H.5-19.

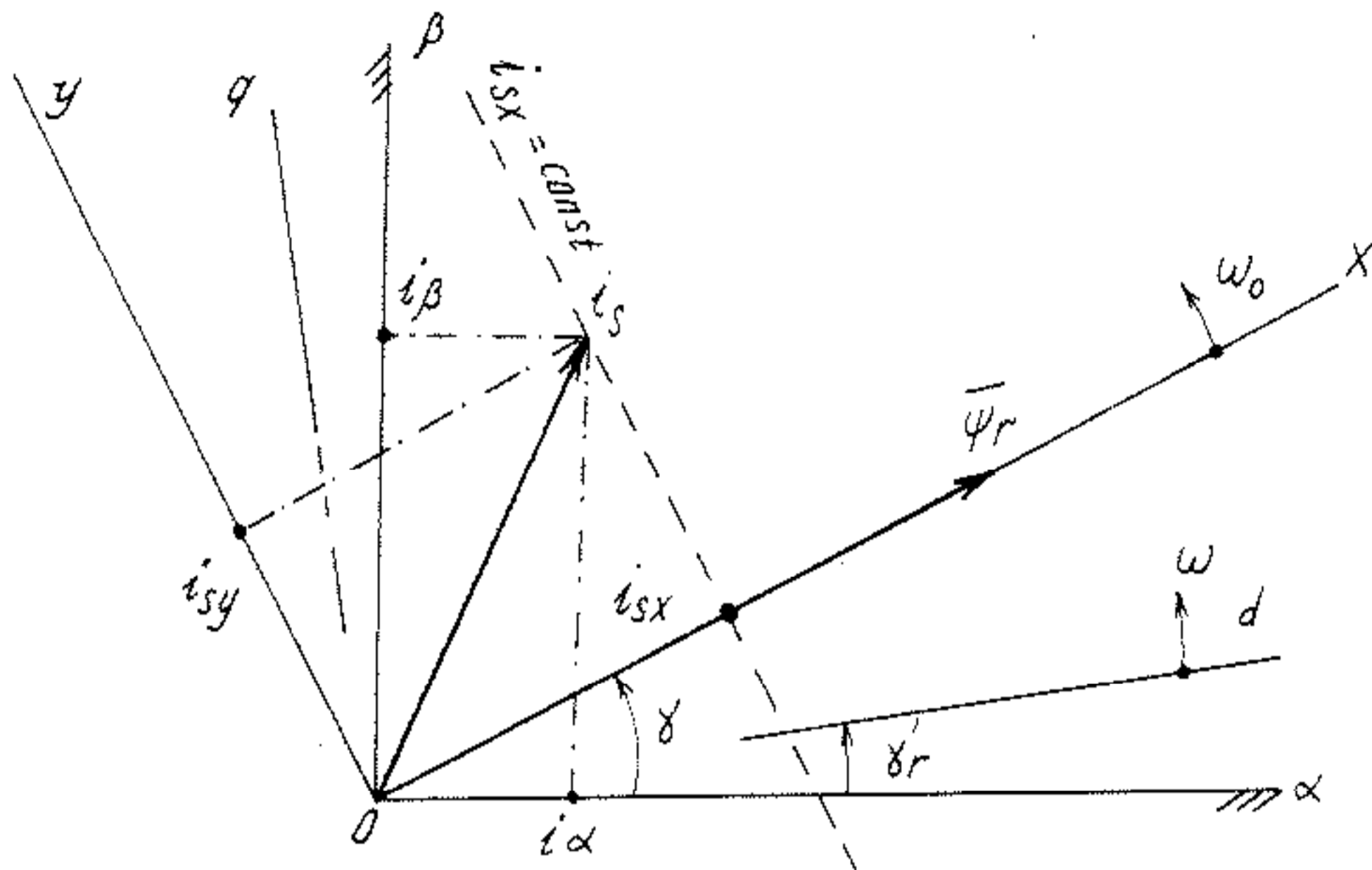
Cấu trúc sơ đồ điều chỉnh từ thông như trên H.5-19 chỉ là điều chỉnh gián tiếp từ thông, thông qua điều chỉnh điện áp của động cơ, vì vậy mà độ chính xác điều chỉnh thấp.

Phương pháp điều chỉnh cả độ lớn (biên độ) và vị trí (pha) của dòng điện giúp tạo được hệ thống điều chỉnh từ thông hoàn hảo mà không cần xen-xơ từ thông. Véc tơ từ thông rôto quy đổi quay đồng bộ với từ trường quay, trong khi chuyển vị các véc tơ và các phương trình, coi véc tơ từ thông trùng với một trục tọa độ – trục ox – như trên H.5-20.

Góc γ mang thông tin về vị trí vectơ từ thông, do thành phần i_{sx} nằm cùng phương với từ thông, do đó điều chỉnh từ thông cũng chính là điều chỉnh i_{sx} . Thành phần i_{sy} nằm vuông góc với véc tơ từ thông nên nếu giữ biên độ từ thông không đổi thì thành phần i_{sy} sẽ



Hình 5-19. Điều chỉnh tần số - điện áp với từ thông không đổi.



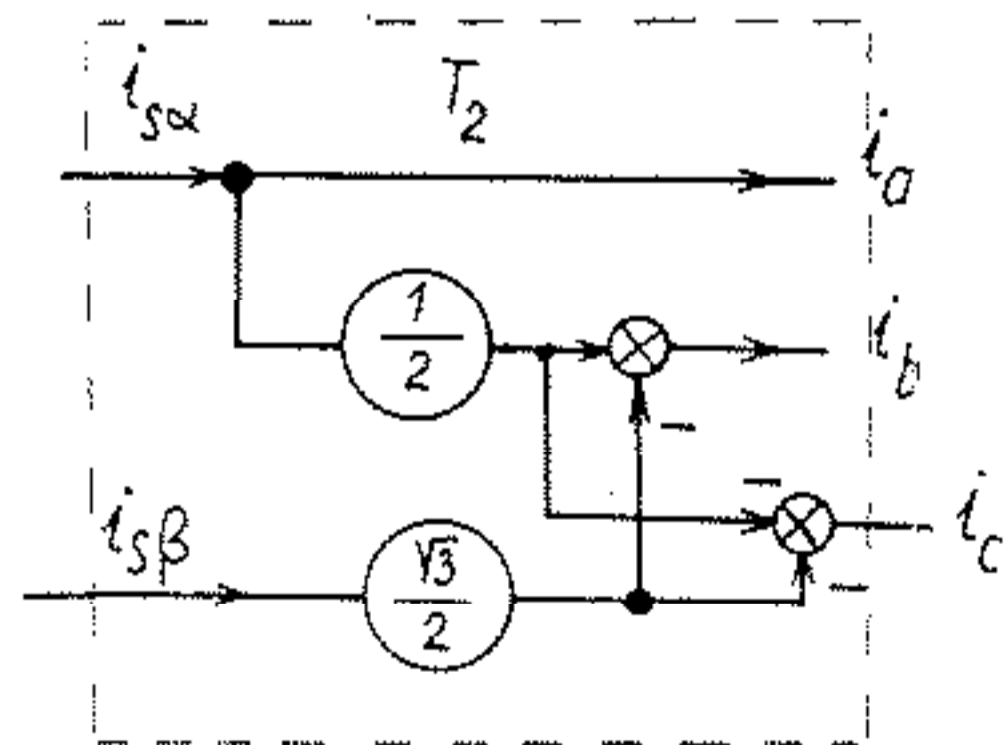
Hình 5-20. Chuyển vị các trục tọa độ.

tỷ lệ với dòng điện rôto, và do đó tỷ lệ với mômen điện từ. Vectơ dòng điện stato có các thành phần được xác định từ hình 5-20 :

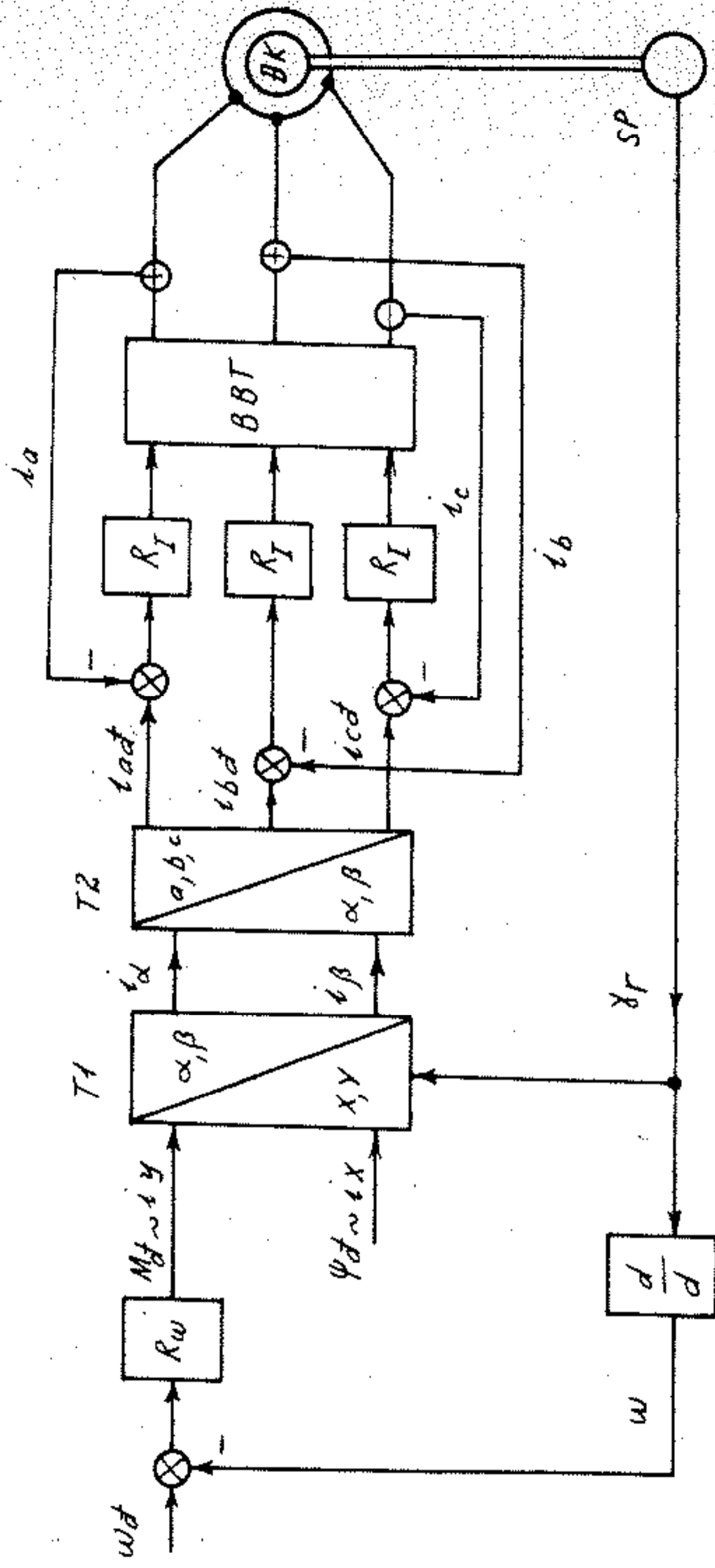
$$\begin{aligned} i_{s\alpha} &= i_{sx} \cdot \cos\gamma - i_{sy} \cdot \sin\gamma, \\ i_{s\beta} &= i_{sx} \cdot \sin\gamma + i_{sy} \cdot \cos\gamma \end{aligned} \quad (5-69)$$

Khi giữ từ thông không đổi và điều chỉnh mômen thì do đặc tính cơ có độ cứng hữu hạn nên tốc độ trượt $\omega_s = \omega_0 - \omega$ cũng thay đổi tỷ lệ với mômen, còn đầu mút của vectơ dòng điện i_s sẽ trượt dọc theo đường thẳng $i_{sx} = \text{const}$.

Sơ đồ khối của hệ điều chỉnh vị trí và biên độ vectơ dòng điện được xây dựng như



Hình 5-20b.



Hình 5-21. Điều chỉnh vectơ dòng điện động cơ trong hệ thống biến tần nguồn áp.

trên H.5-21. Các bộ điều chỉnh tốc độ (R_w) và dòng điện (R_I) có cấu trúc và chức năng như đã mô tả ở các phần trước. Bộ biến đổi tần số điện áp *BBT* là loại biến tần - điện áp điều chỉnh riêng rẽ từng pha bằng phương pháp điều chế độ rộng xung, *SP* là xenxo xác định vị trí γ_r của rôto. Khối tính toán chuyển vị T_1 thực hiện tính toán các phương trình chuyển vị (5-69), trong đó góc γ được xác định như sau :

$$\gamma = \gamma_r + \int \omega_s dt = \gamma_r + K_m \int i_{sy} dt.$$

Khối chuyển vị T_2 (H.5-20b) thực hiện chuyển vị ngược từ hệ tọa độ hai pha ($\alpha, \beta, 0$) sang hệ ba pha (a, b, c) tính theo (5-39) :

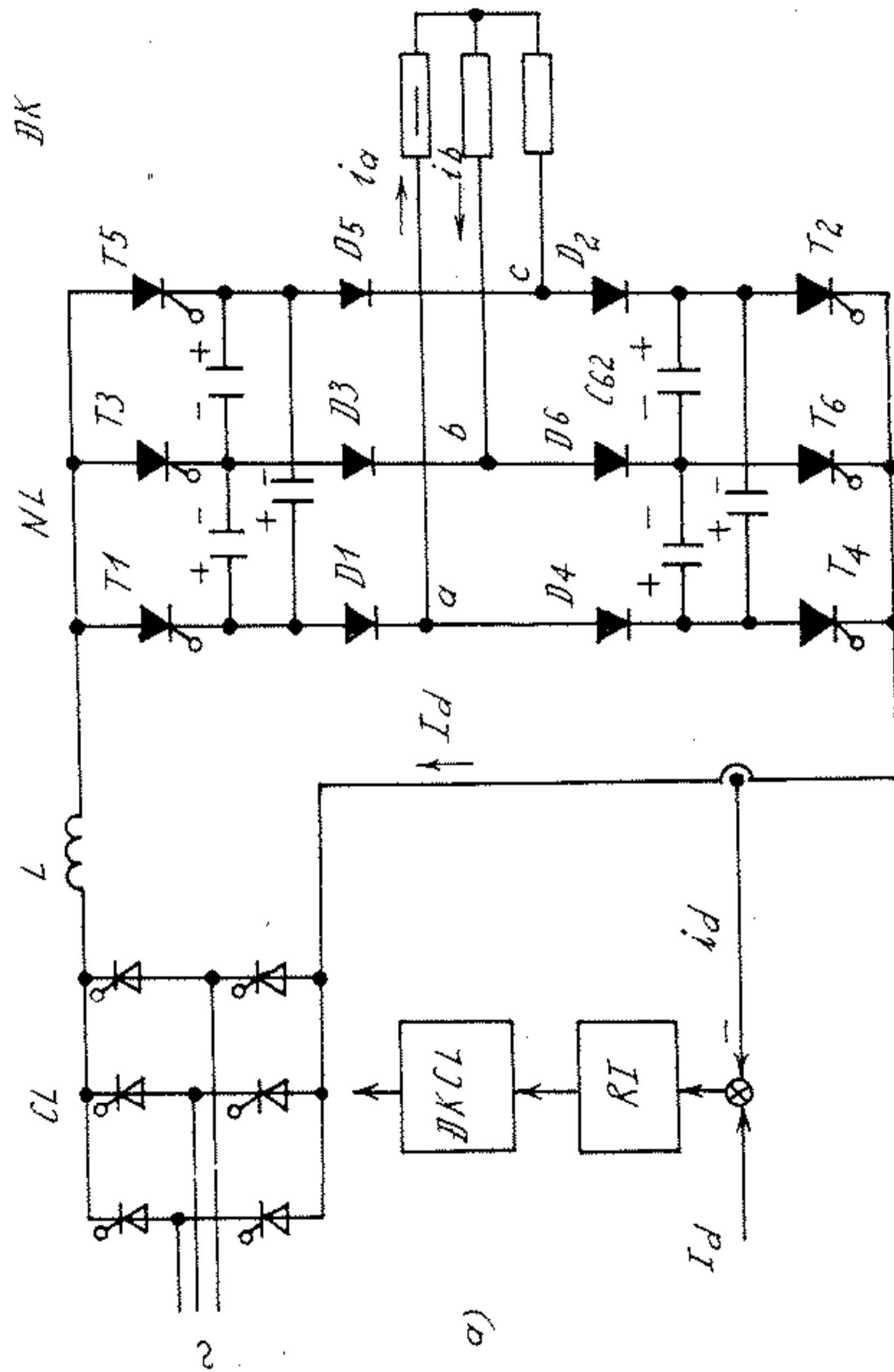
$$\begin{aligned} i_a &= i_{s\alpha} \\ i_b &= \frac{1}{2} (-i_{s\alpha} + \sqrt{3}i_{s\beta}) \\ i_c &= \frac{1}{2} (-i_{s\alpha} - \sqrt{3}i_{s\beta}) \end{aligned} \quad (5-70)$$

5-4.3. Điều chỉnh tần số nguồn dòng điện

a. Biến tần nguồn dòng

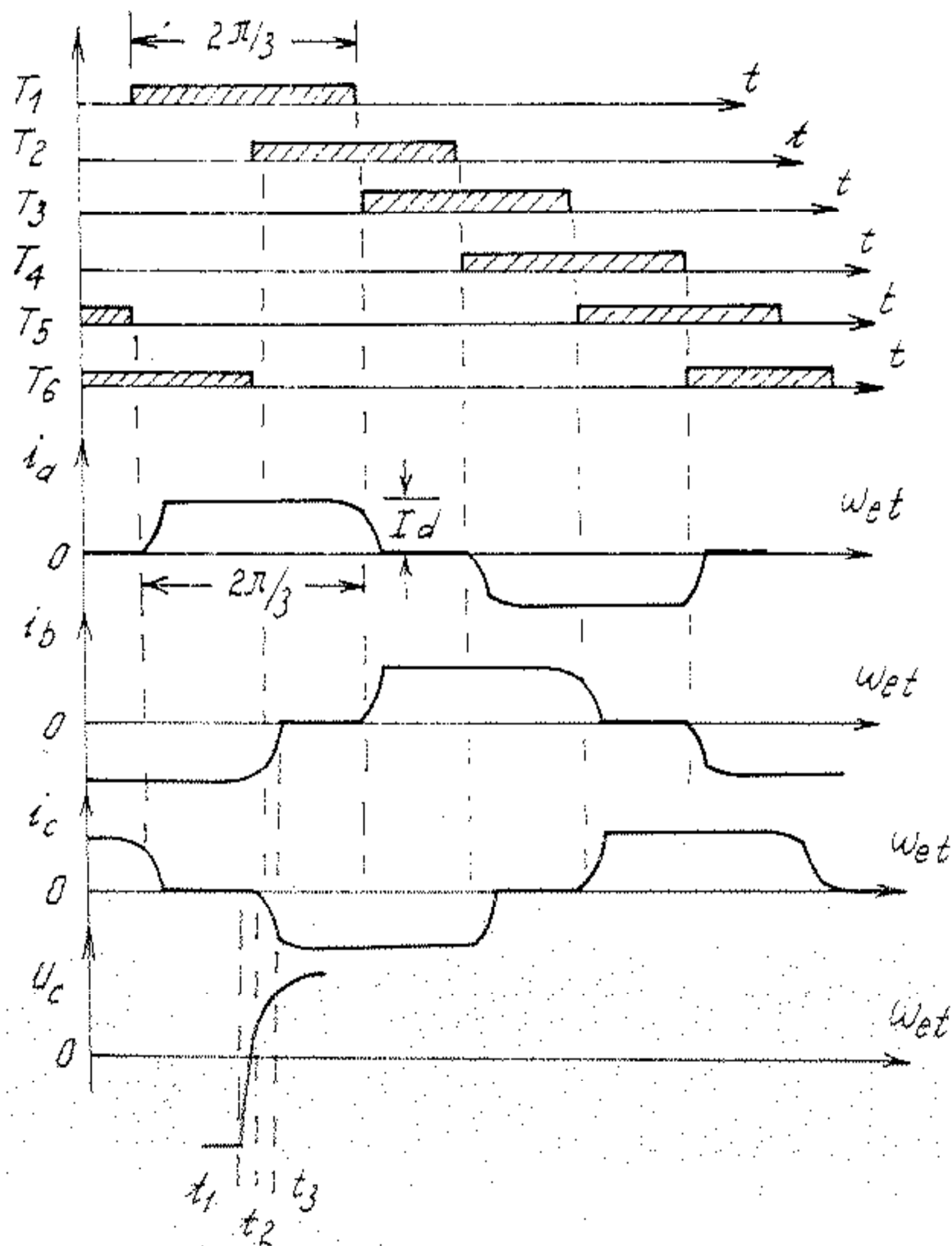
Biến tần nguồn dòng có ưu điểm là tăng được công suất đơn vị máy, mạch lực đơn giản mà vẫn thực hiện hãm tái sinh động cơ. Nguồn điện một chiều cấp cho nghịch lưu phải là nguồn dòng điện, tức là dòng điện không phụ thuộc vào tải mà chỉ tùy thuộc vào tín hiệu điều khiển. Để tạo nguồn dòng điện một chiều thường dùng chỉnh lưu điều khiển hoặc băm xung áp một chiều có bộ điều chỉnh dòng điện có cấu trúc tỷ lệ tích phân (*PI*), mạch lọc là điện kháng tuyến tính có trị số điện cảm đủ lớn. Do có nguồn dòng điện một chiều nên việc chuyển mạch các van bán dẫn có thể thực hiện bằng điện áp trên các tụ chuyển mạch. Sơ đồ nguyên lý mạch lực một bộ biến tần nguồn dòng được mô tả trên H.5-22, a.

Thứ tự đóng ngắt các van $T_1 - T_6$ và dòng điện các pha của động cơ được mô tả trên H.5-22, b. Trong khoảng thời gian các van T_1 và T_6 dẫn thì dòng điện các pha $i_a = -i_b$, các tụ chuyển mạch được nạp điện và có cực tính như trên sơ đồ nguyên lý. Khi bắt đầu đặt



Hình 5-22. Sơ đồ nguyên lý nghịch lưu dòng điện và đồ thị dòng điện động cơ.(a)

xung mở lên tiristo T_2 thì T_2 dẫn và nối cực dương của tụ điện C_{62} lên ca tốt của T_6 làm cho T_6 khóa. Do tải có tính chất điện cảm mà dòng i_b không tắt ngay, dòng này khép mạch qua $D_6 -$ tụ C_{62} song song với mạch nối tiếp $C_{46} - C_{42} - T_2$, nạp cho tụ C_{62} , điện áp trên C_{62} tăng tuyến tính cho đến khi xuất hiện dòng điện i_c qua pha C của tải, bắt đầu sự chuyển dòng của D_6 cho D_2 , cũng là sự chuyển dòng từ pha b sang pha c. Kết thúc quá trình chuyển mạch khi $i_b = 0$ và $i_c = I_d$, tụ điện C_{62} được phân cực ngược lại, chuẩn bị cho lần chuyển mạch sau. Do mạch stato nối hình sao nếu dòng điện các pha là các xung chữ nhật có độ rộng là $2\pi/3$ và chiều cao đúng bằng I_d .



Hình 5-22. Sơ đồ nguyên lý nghịch lưu dòng điện và đồ thị dòng điện động cơ. (b)

b. Đặc tính cơ

Dòng điện stato của động cơ được xác định bởi biến tần nguồn dòng, ở chế độ xác lập chỉ cần phương trình thứ hai của hệ (5-49) là đã mô tả quá trình dòng và áp của động cơ:

$$[0] = [j\omega_s L_m \quad R_r + j\omega_s L_r] \begin{bmatrix} \bar{I}_s \\ \bar{I}_r \end{bmatrix}$$

Phương trình trên có thể viết ở dạng các thành phần của vectơ không gian:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_s L_m & R_r & -\omega_s L_r \\ \omega_s L_m & 0 & \omega_s L_r & R_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{i}_{sx} \\ \bar{i}_{sy} \\ \bar{i}_{rx} \\ \bar{i}_{ry} \end{bmatrix} \quad (5-71)$$

Còn từ phương trình (5-46) cũng có thể tính được mômen :

$$M = \frac{3}{2} p' L_m (i_{rx} i_{sy} - i_{sx} i_{ry}) \quad (5-72)$$

Giải (5-71) tìm được dòng điện rôto:

$$i_{rx} = \frac{\omega_s L_m}{R_r^2 + (\omega_s L_r)^2} (R_r i_{sx} + \omega_s i_{sy}),$$

$$i_{ry} = -\frac{\omega_s L_m}{R_r^2 + (\omega_s L_r)^2} (R_r i_{sy} + \omega_s i_{sx}),$$

và mômen điện từ :

$$M = \frac{3p'}{2} \frac{L_m^2 \omega_s I_s^2}{R_r (1 + \omega_s^2 T_r^2)} \quad (5-73)$$

với độ trượt tới hạn : $s_{th} = \frac{R_r}{\omega_o L_r}$, $\omega_{sth} = \frac{R_r}{L_r}$,

và mômen tới hạn : $M_{th} = \frac{3p'}{4} \frac{L_m^2}{L_r} I_s^2$. (5-74)

Ở hệ thống biến tần nguồn dòng, mômen tới hạn chỉ phụ thuộc vào bình phương dòng điện stato mà không phụ thuộc tần số.

c. Điều chỉnh tần số – dòng điện

Việc điều chỉnh từ thông trong hệ thống biến tần nguồn dòng được thực hiện tương tự như hệ thống biến tần nguồn áp, có thể dùng biểu thức (5-67) và sơ đồ cấu trúc trên H.5-19. Mặt khác, theo (5-73) thì mỗi đặc tính cơ ứng với một giá trị cố định của dòng điện stato, do đó, nếu động cơ làm việc ở điểm tới hạn của đặc tính thì khả năng sinh mômen là lớn nhất. Sơ đồ cấu trúc và đặc tính cơ của hệ như trên H.5-23.

Với cấu trúc và thông số thích hợp của các bộ điều chỉnh R_{ω} , R_I thì phương pháp điều chỉnh tần số trượt không đổi, khi mômen tải có dạng hằng số: $M_c = \text{const}$, là đồng nhất với điều chỉnh dòng điện stato không đổi trên mọi đặc tính điều chỉnh. Đặc tính cơ tĩnh của hệ thống là quỹ tích các điểm tới hạn và có dạng tương tự đặc tính cơ của động cơ đồng bộ.

d) Điều chỉnh vectơ dòng điện.

Tương tự như hệ thống biến tần nguồn áp ở hệ thống biến tần nguồn dòng cũng có thể thực hiện điều chỉnh từ thông bằng cách điều chỉnh vị trí của vectơ dòng điện không gian. Điều khác biệt là trong hệ biến tần nguồn dòng thì dòng điện là liên tục và việc chuyển mạch của các van phụ thuộc lẫn nhau. Sơ đồ thay thế của động cơ làm việc với nguồn (xem H.5-24).

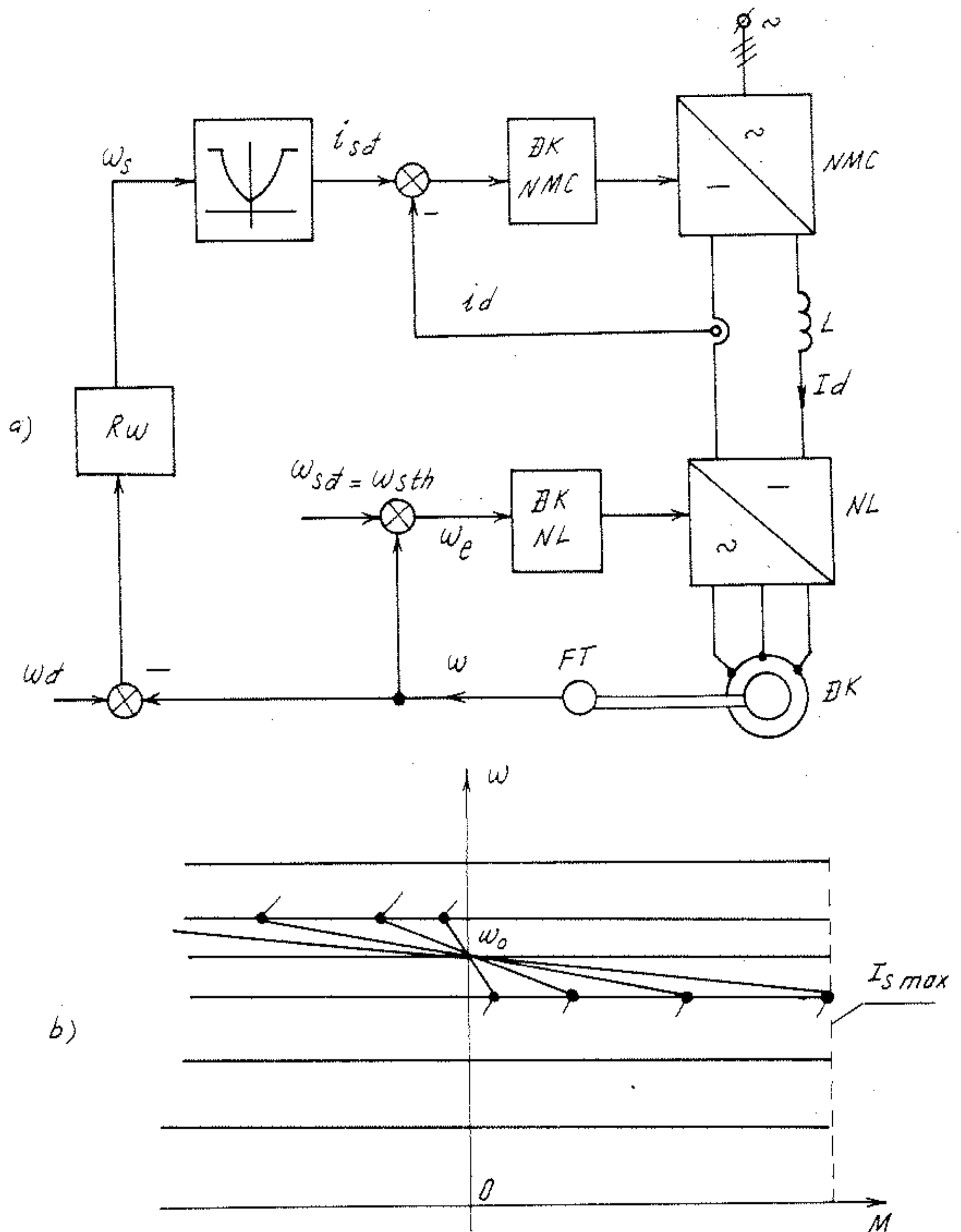
Dòng điện, từ thông và mômen được tính như sau

$$I_s = I_{\mu} - I_r \quad (5-75)$$

$$\Psi_m = L_m I_{\mu}; \quad \Psi_r = L_m I_{\mu} + L_{r\sigma} I_r \quad (5-76)$$

$$M = \frac{3}{2} \frac{p'}{\omega} \cdot \frac{1-s}{s} R_r I_r^2 \quad (5-77)$$

Biên độ từ thông rôto có thể viết ở dạng thông qua dòng điện rôto

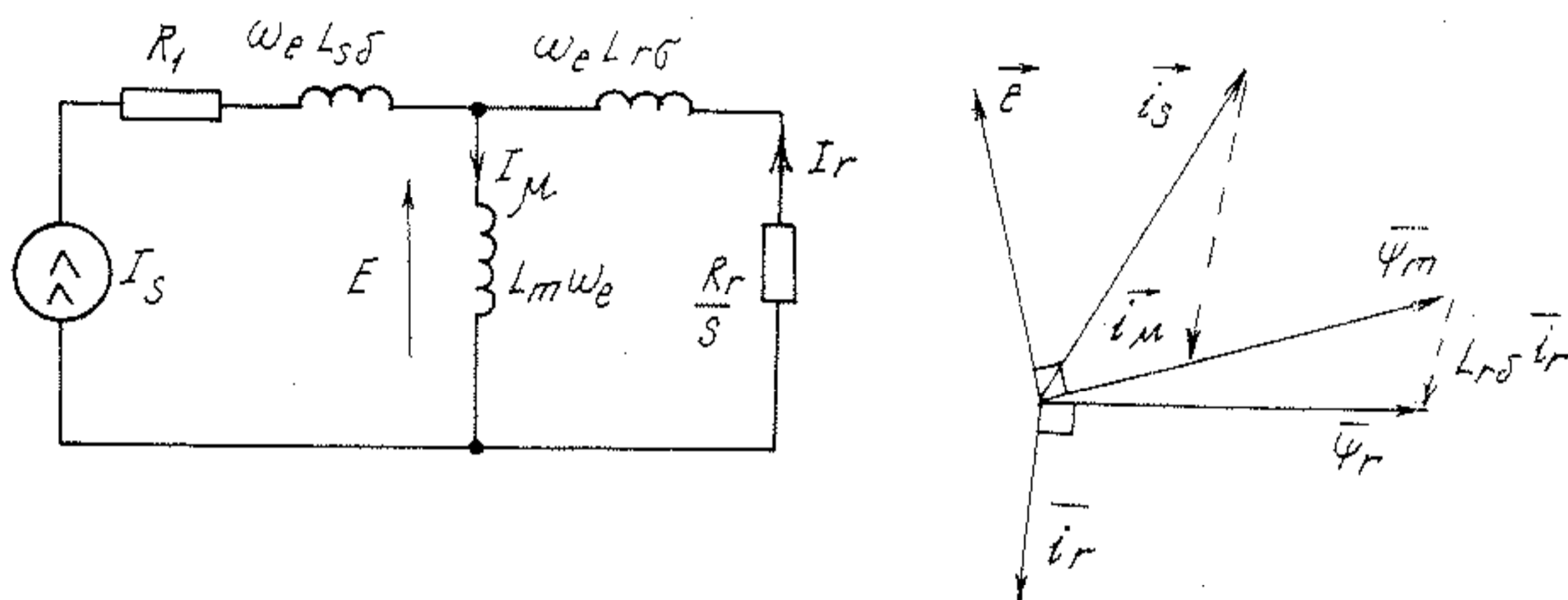


Hình 5-23. Hệ thống biến tần nguồn dòng, điều chỉnh tần số trượt không đổi $\omega_s = \omega_{sth}$
 a) Sơ đồ khối; b) Đặc tính điều chỉnh.

$$\Psi_r = \frac{R_r}{\omega_s} \cdot I_r \quad (5-78)$$

Như vậy, điều kiện để giữ từ thông không đổi $\Psi_r = \Psi_{r\text{dm}}$ là :

$$\omega_s = \frac{R_r}{\Psi_{r\text{dm}}} \cdot I_r = \eta I_r \quad (5-79)$$



Hình 5-24. Sơ đồ thay thế và đồ thị vectơ của động cơ không đồng bộ.

Do thỏa mãn từ thông không đổi nên góc lệch giữa vectơ từ thông và vectơ dòng điện rôto là $\pi/2$ và mômen điện từ là (5-68):

$$M = \Psi \cdot I_r$$

Từ các đồ thị vectơ H.5-24 và H.5-25 suy ra :

$$i_{sx} = \frac{\Psi_r}{L_m} = \frac{R_r}{L_m \cdot \eta} \quad (5-80)$$

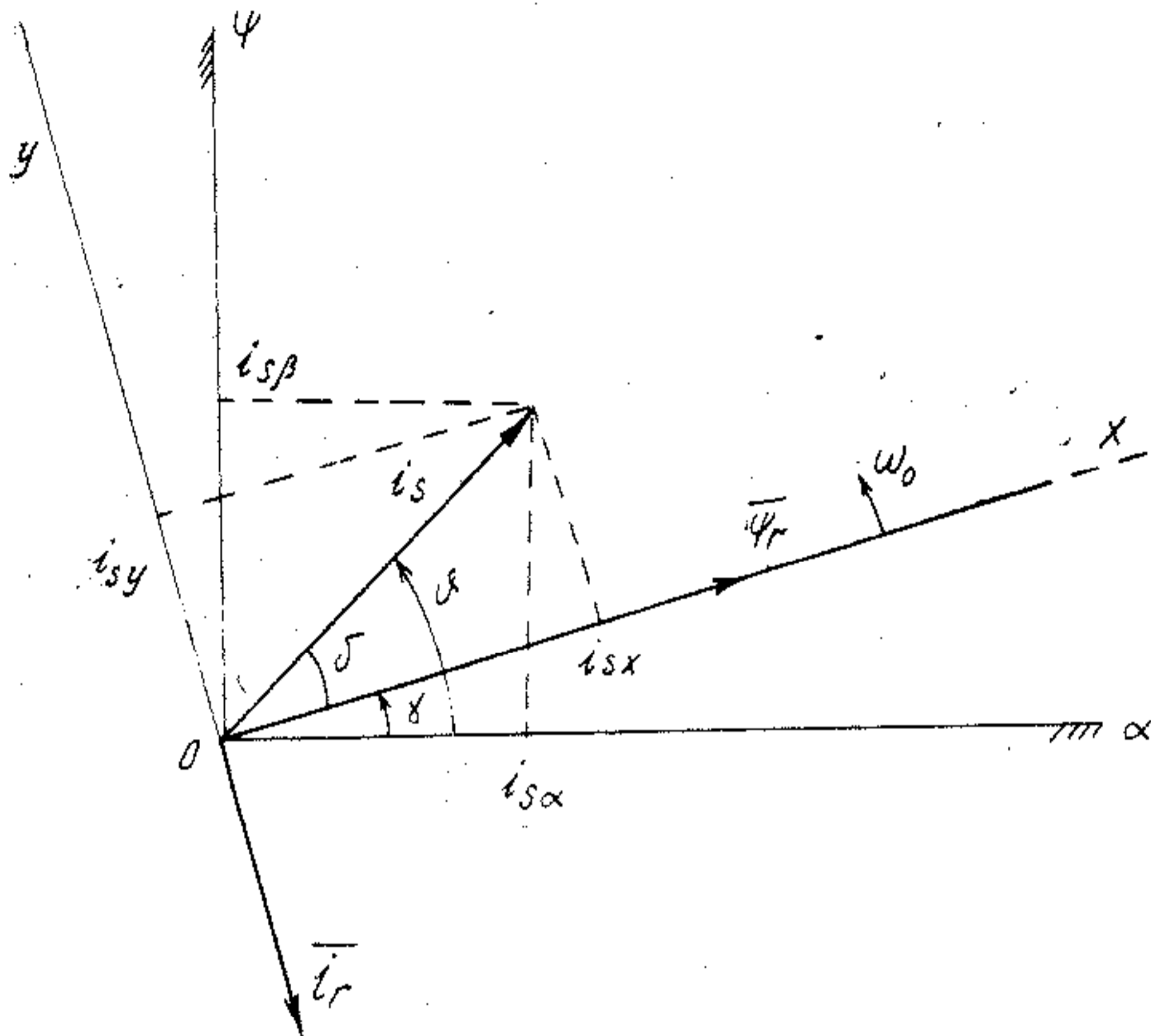
$$i_{sy} = \frac{L_{r\sigma}}{L_m} \cdot I_r = \frac{L_{r\sigma} \cdot \eta}{L_m \cdot R_r} \cdot M \quad (5-81)$$

Do đó i_{sx} là không đổi và i_{sy} tỷ lệ với mômen điện từ.

Nếu $\Psi_r = \psi_r \cdot e^{j\omega t}$

Thì vectơ I_s sẽ được tính như sau :

$$I_S = \sqrt{i_{sx}^2 + i_{sy}^2} \cdot \exp(j(\omega_c t + \arctg \frac{i_{sy}}{i_{sx}})) \quad (5-82)$$



Hình 5-25. Chuyển vị các hệ tọa độ.

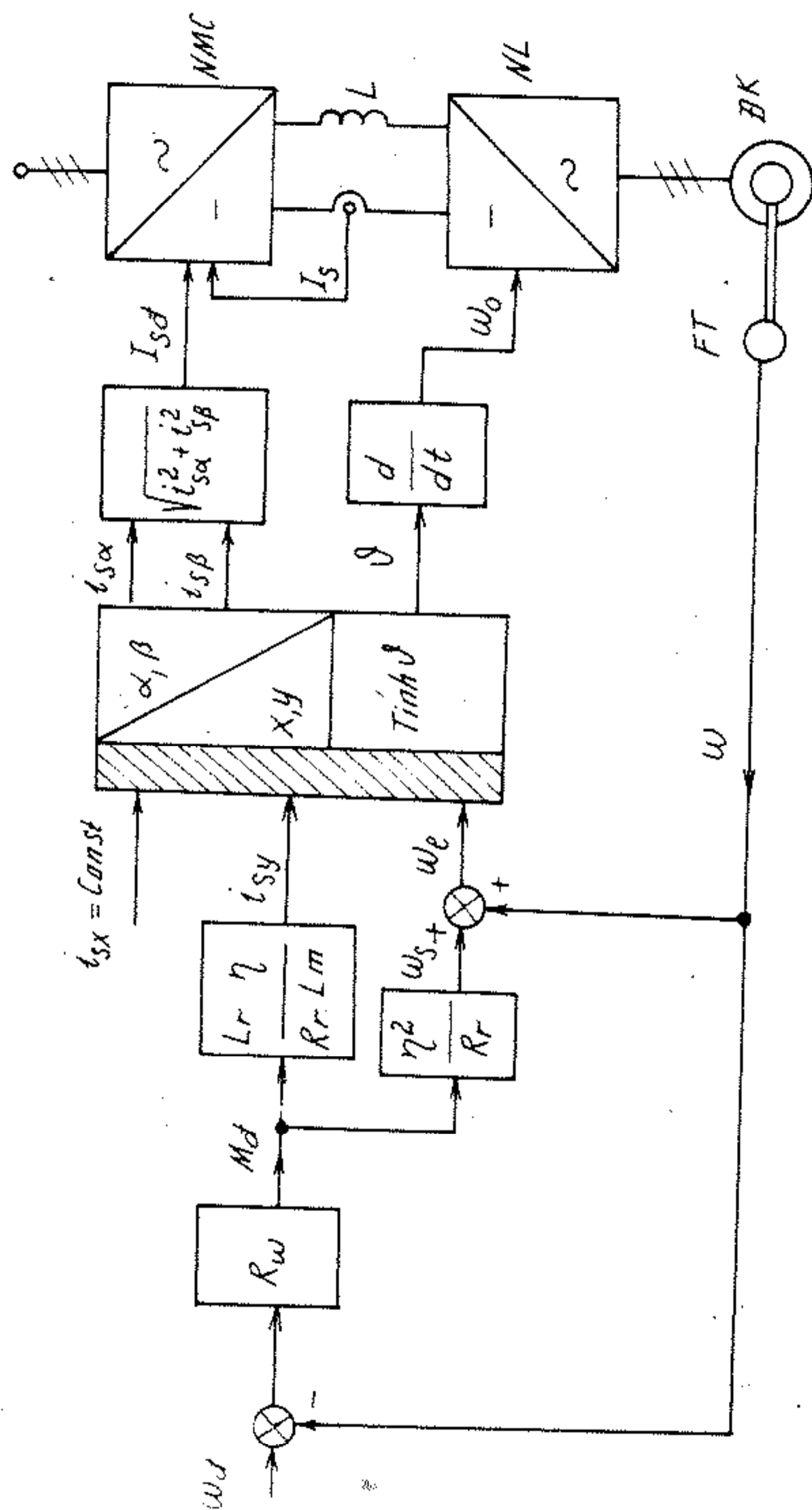
Khi chuyển vị vectơ i_s về hệ tọa độ đứng yên (α, β, o) ta đã có mô tả (5-69) :

$$i_{s\alpha} = i_{sx} \cdot \cos\gamma - i_{sy} \cdot \sin\gamma$$

$$i_{s\beta} = i_{sx} \cdot \sin\gamma + i_{sy} \cdot \cos\gamma$$

và góc lệch của i_s so với Ψ_r

$$\delta = \arctg \frac{i_{sy}}{i_{sx}}$$



Hình 5-26. Sơ đồ khối điều chỉnh tốc độ động cơ lồng sóc, biên độ từ thông rôto không đổi.
 ω_d - Tốc độ đặt, NMC - Bộ nguồn một chiều và mạch điều khiển.
 i_{sx} - Từ thông đặt, NL - Nghịch lưu độc lập và mạch điều khiển.

Trong hệ tọa độ gắn với stato thì biên độ vectơ dòng stato là :

$$I_s = \sqrt{i_{s\alpha}^2 + i_{s\beta}^2}, \quad (5-83)$$

và góc quay của vectơ dòng điện này là

$$\vartheta = \gamma + \delta = \arctg \frac{i_{s\beta}}{i_{s\alpha}}. \quad (5-84)$$

Tổng hợp tất cả các phương trình đã phân tích ở trên ta có thể thiết lập được sơ đồ khối điều chỉnh hệ thống biến tần nguồn dòng-động cơ không đồng bộ ở chế độ xác lập như H.5-26.

Cũng có thể chứng minh được rằng sơ đồ khối trên cũng đáp ứng được các luật điều chỉnh cả trong chế độ quá độ. Điều chỉnh biên độ véc tơ dòng stato thực hiện bằng điều chỉnh dòng điện một chiều, điều chỉnh vị trí vectơ thực hiện bằng điều chỉnh tần số nghịch lưu.

Chương 6

ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ

6-1. KHÁI QUÁT CHUNG

Động cơ đồng bộ ba pha, trước đây thường dùng cho loại truyền động không điều chỉnh tốc độ, công suất lớn hàng trăm kW đến hàng MW (các máy nén khí, quạt gió, bơm nước, máy nghiền v.v...).

Ngày nay do sự phát triển mạnh mẽ của công nghiệp điện tử, động cơ đồng bộ được nghiên cứu ứng dụng nhiều trong công nghiệp, ở mọi loại giải công suất từ vài trăm W (cho cơ cấu ăn dao máy cắt gọt kim loại, cơ cấu chuyển động của tay máy, người máy), đến hàng MW) cho các truyền động kéo tàu tốc độ cao TGV, máy cán v.v...)

Tốc độ quay động cơ được tính bằng biểu thức:

$$\omega_s = \frac{2\pi f_s}{p}, \quad (6-1)$$

trong đó: f_s là tần số nguồn cung cấp.

p là số đôi cực của động cơ.

Từ (6-1) ta thấy điều chỉnh tần số nguồn cung cấp sẽ điều chỉnh được tốc độ động cơ. Do vậy cấu trúc hệ truyền động điều chỉnh tốc độ động cơ đồng bộ bao giờ cũng có bộ biến đổi tần số.

Trong chương này chúng ta sẽ nghiên cứu cấu trúc mạch lực, mạch điều khiển cũng như các đặc tính và các quá trình điện từ trong hệ truyền động bộ biến đổi tần số - động cơ đồng bộ (BBD-ĐB)

6-2. MÔ TẢ TOÁN HỌC ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ

Với giả thiết mạch từ động cơ chưa bão hòa, các cuộn dây stato ba pha đối xứng, các tham số của động cơ không thay đổi, ta có thể

dùng phép biến đổi tuyến tính Park. Tất cả quá trình điện từ cơ của động cơ được biểu diễn trên hệ trục tọa độ d, q (stato) và D, Q (rôto) (xem H.6-1b).

Đối với mạch stato:

$$U_d = R_s i_d + \frac{d\Psi_d}{dt} - \omega \Psi_q, \quad (6-2)$$

$$U_q = R_s i_q + \frac{d\Psi_q}{dt} + \omega \Psi_d.$$

Đối với mạch kích từ:

$$U_{kt} = R_{kt} i_{kt} + \frac{d\Psi_{kt}}{dt}. \quad (6-3)$$

Đối với mạch cuộn dây khởi động :

$$\left. \begin{aligned} U_Q &= R_Q i_Q + \frac{d\Psi_Q}{dt}, \\ U_D &= R_D i_D + \frac{d\Psi_D}{dt}. \end{aligned} \right\} \quad (6-4)$$

Phương trình mô men động cơ:

$$M = \Psi_d i_q - \Psi_q i_d \quad (6-5)$$

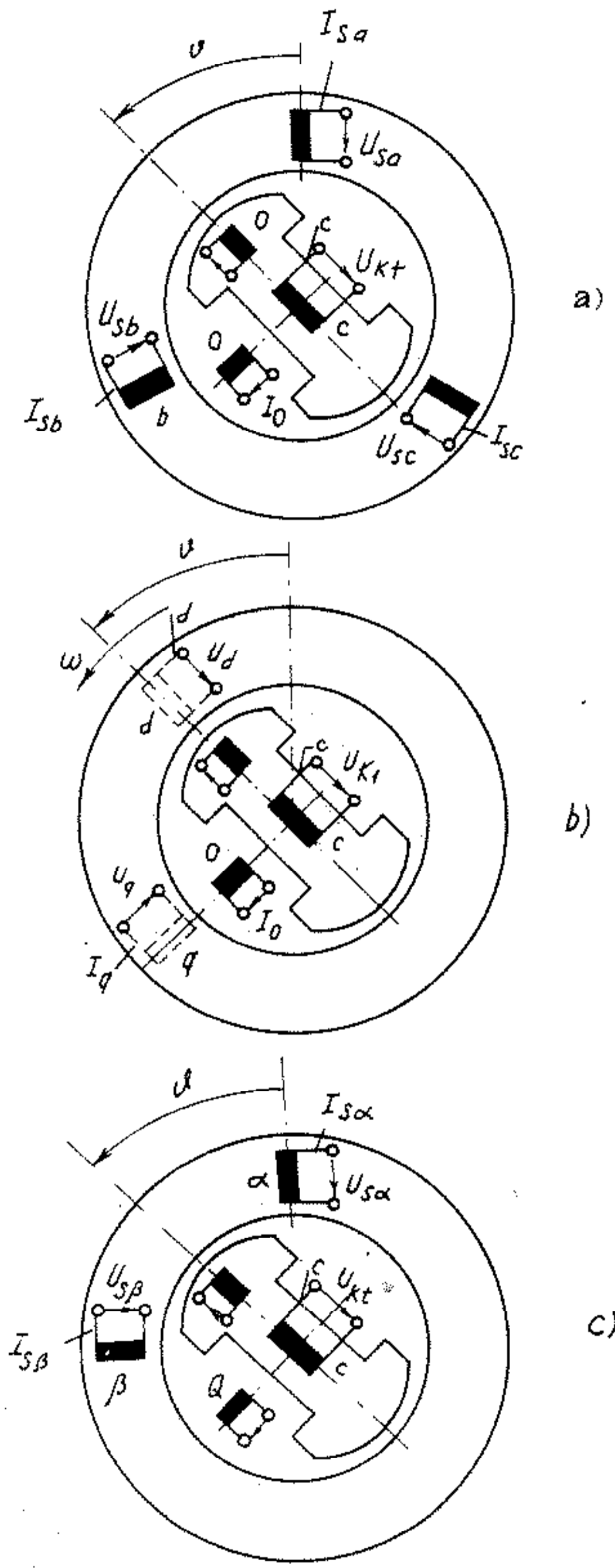
Phương trình động học :

$$M = J \frac{d\omega}{dt} + M_c \quad (6-6)$$

Phương trình từ thông

trong đó : $|\Psi| = |L| \cdot |i|, \quad (6-7)$

$$|\Psi| = \begin{vmatrix} \Psi_d \\ \Psi_q \\ \Psi_{kt} \\ \Psi_D \\ \Psi_Q \end{vmatrix} ; \quad |i| = \begin{vmatrix} i_d \\ i_q \\ i_{kt} \\ i_D \\ i_Q \end{vmatrix}$$



Hình 6-1. Mô tả cấu trúc động cơ đồng bộ.
 a) Bapha. b) Biến đổi d, q. c) Biến đổi α, β .

$$|L| = \begin{vmatrix} L_d & 0 & L_{dk} & L_{d0} & 0 \\ 0 & L_q & 0 & 0 & L_{pQ} \\ L_{kd} & 0 & L_{kt} & L_{kD} & 0 \\ L_D & 0 & L_{Dk} & L_D & 0 \\ 0 & L_{Qp} & 0 & 0 & L_Q \end{vmatrix}$$

$L_d, L_q, L_{kt}, L_D, L_Q$ là điện cảm toàn phần theo các trục, $L_{dD}, L_{Dd}, L_{dk}, L_{kd}, L_{pQ}, L_{Qp}, L_{kD}, L_{Dk}$ là hồ cảm giữa các trục.

Sơ đồ cấu trúc mô tả động cơ đồng bộ trình bày trên H.6-2. Ngoài ra có thể dùng phép biến đổi tuyến tính với hai trục cố định α, β để mô tả toán học động cơ (xem H.6-1c).

6-3. ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ TRONG CHẾ ĐỘ XÁC LẬP

Từ hệ phương trình mô tả toán học (6-2) đến (6-7), thay toán tử đạo hàm $\frac{d}{dt} = 0$, đồng thời gần đúng, bỏ qua điện trở stato ($R_s = 0$), ta nhận được các phương trình chế độ xác lập:

$$U_d = -U_s \sin\theta = -I_q X_q \quad (6-8)$$

$$U_q = U_s \cos\theta = E - I_d x_d \quad (6-9)$$

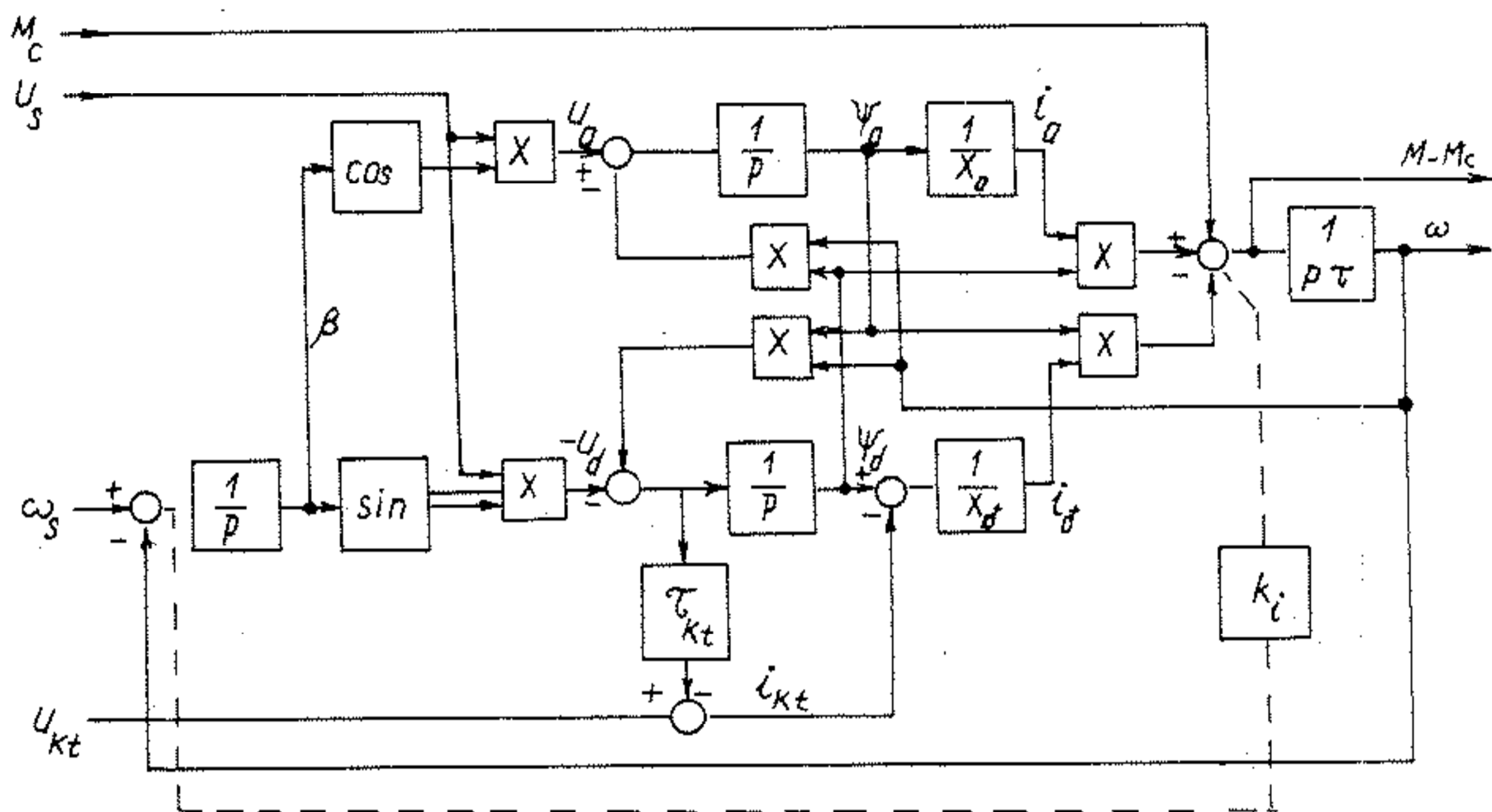
$$I_q = I_s \cos(\varphi + \theta) \quad (6-10)$$

$$I_d = I_s \sin(\varphi + \theta). \quad (6-11)$$

Thành phần dòng phản kháng :

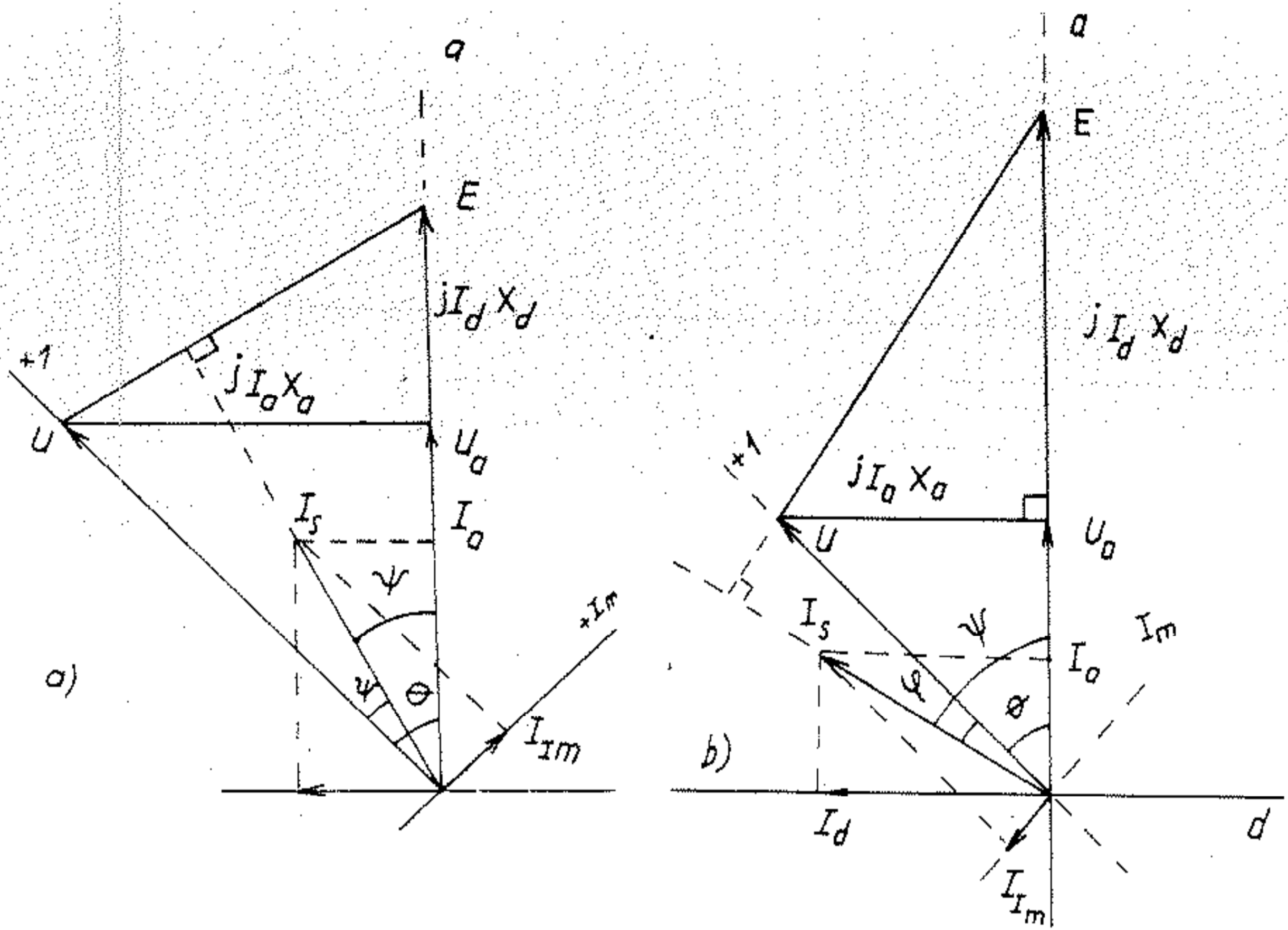
$$\begin{aligned} I_{lm} &= I_q \sin\theta - I_d \cos\theta \\ &= -\frac{E}{X_d} \cos\theta + \frac{U_s}{X_d} \left(1 + \frac{X_d - x_q}{x_q} \sin^2\theta\right). \end{aligned} \quad (6-12)$$

Đồ thị vectơ được vẽ trên H.6-3, trong đó góc θ là góc lệch giữa điện áp và sức điện động, còn gọi là phụ tải, góc φ là góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp, ψ là góc lệch pha giữa dòng điện và sức điện động (Đối với máy cực ần $X_d = X_q$).



Hình 6-2. Sơ đồ cấu trúc mô tả toán học động cơ đồng bộ.

Từ biểu thức (6-13), cho thấy khi thay đổi dòng kích từ (thay đổi giá trị sức điện động), dòng phản kháng I_{Im} sẽ thay đổi, khi thiếu kích từ $I_{Im} > 0$ góc $\varphi > 0$ động cơ vận hành có tính chất tải cảm kháng (xem đồ thị véc tơ H.6-3a). Khi quá kích từ $I_{Im} < 0$ góc $\varphi < 0$, động cơ vận hành có tính chất tải dung kháng (xem H.6-3b) lúc đó dòng điện sẽ vượt trước điện áp và sức điện động.

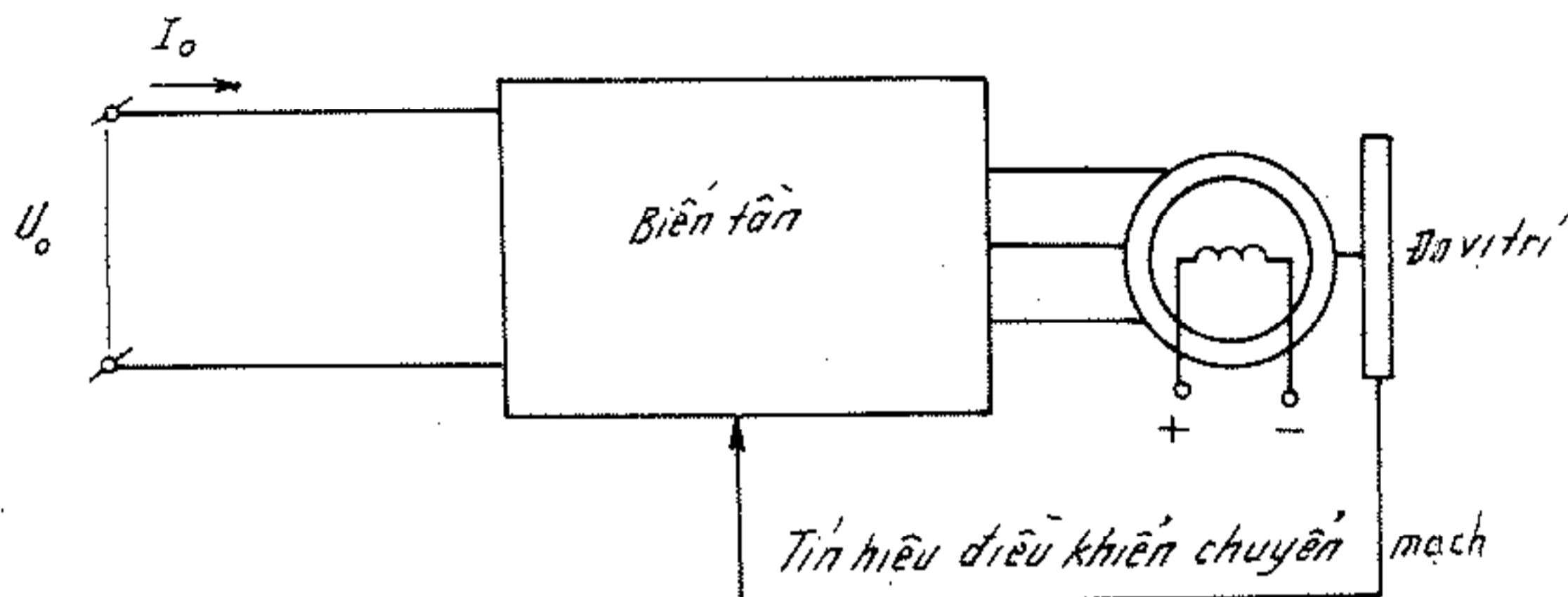


Hình 6-3. Đồ thị véc tơ đơn giản của máy đồng bộ.
 a) Thiếu kích từ. b) Quá kích từ.

6-4. SỰ TƯƠNG ĐỒNG GIỮA TRUYỀN ĐỘNG ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ VÀ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU

Sơ đồ nguyên lý của truyền động động cơ đồng bộ được trình bày trên H.6-4, gồm bộ biến đổi tần số cấp cho mạch stato (phần ứng) động cơ. Việc điều khiển các van của biến tần được thực hiện bằng các tín hiệu từ đầu đo vị trí rôto, các tín hiệu này sẽ quyết định mở và khóa các van theo thứ tự sao cho động cơ làm việc ổn định. Đồng thời do các tín hiệu đo vị trí rôto có tần số bằng tần số quay của

động cơ, cho nên tần số chuyển mạch của các van biến tần có giá trị tương tự.



Hình 6.4. Mạch nguyên lý của truyền động động cơ đồng bộ.

Từ nguyên lý trên ta thấy rằng:

Hộp bộ biến tần – Mạch đo vị trí rôto đóng vai trò như vành góp – chổi than của động cơ một chiều, nó có chức năng giống nhau như:

- Biến đổi chiều dòng điện một chiều thành xoay chiều nhiều pha có tần số thay đổi cho phần ứng động cơ.
- Tần số chuyển mạch của mạch biến đổi thích ứng với tốc độ quay của động cơ.

Sự tương đương giữa máy một chiều và truyền động động cơ đồng bộ còn ở phần nguyên tắc cấu tạo tách biệt giữa phần cảm và phần ứng. Mômen của động cơ đều được xác định từ hàm của hai đại lượng độc lập là từ thông kích từ động cơ và dòng điện phần ứng cho nên ta có thể điều khiển riêng rẽ hai đại lượng đó để điều khiển mômen và tốc độ động cơ theo quy luật mong muốn.

Cho nên có thể xây dựng hệ truyền động động cơ đồng bộ có đặc tính tương tự như truyền động động cơ một chiều. Chính có sự

tương đồng như vậy nên người ta thường gọi truyền động động cơ đồng bộ là truyền động động cơ van.

6-5. PHÂN LOẠI HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ

Hệ truyền động điều chỉnh tốc độ động cơ đồng bộ rất phong phú, có cấu trúc và đặc tính điều chỉnh khác nhau tùy thuộc vào công suất, tải và phạm vi điều chỉnh.

Trong thực tế, động cơ đồng bộ được chế tạo ở các dải công suất:

- Rất nhỏ : vài trăm W đến vài kW
- Nhỏ : vài kW đến 50kW
- Vừa : 50 kW đến 500kW
- Lớn : lớn hơn 500kW.

Ở dải công suất rất nhỏ, động cơ đồng bộ có cấu tạo mạch kích từ là nam châm vĩnh cửu, thường dùng cho cơ cấu truyền động có vùng điều chỉnh rộng, độ chính xác cao, có tải $M_c = \text{const}$, ở trong trường hợp này bộ biến đổi được dùng là biến tần tranzito, nguồn áp biến điệu bề rộng xung.

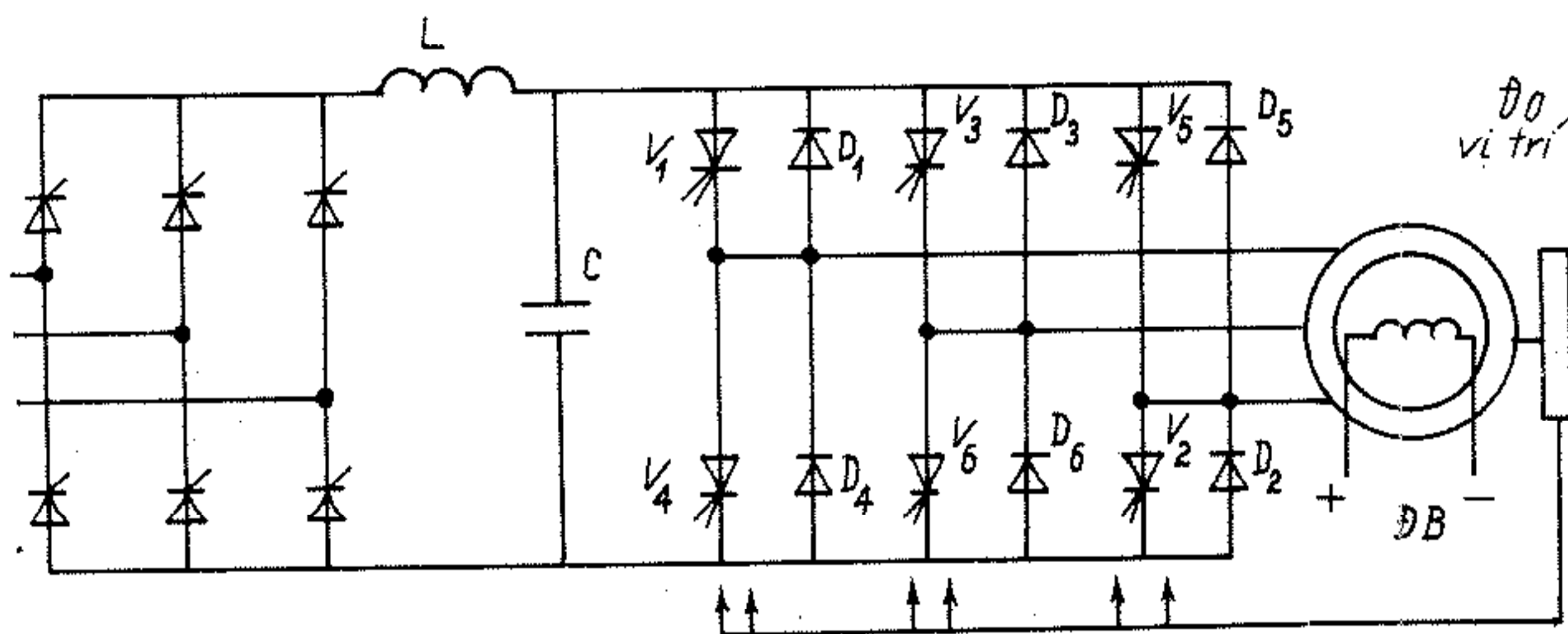
Ở dải công suất nhỏ, động cơ đồng bộ cho phụ tải yêu cầu vùng điều chỉnh không rộng lắm, lúc đó bộ biến đổi được dùng là biến tần tiristo, nguồn dòng chuyển mạch tự nhiên.

Ở dải công suất vừa và lớn, động cơ đồng bộ thường dùng cho các máy bơm, nén khí, máy nghiền và kéo tàu v.v... với vùng điều chỉnh cỡ 10:1 trong các trường hợp này bộ biến đổi được dùng có hai loại: Biến tần tiristo nguồn dòng chuyển mạch tự nhiên và biến tần trực tiếp tiristo (cycloconvertor).

Trong phạm vi chương này, chúng ta sẽ nghiên cứu kỹ hai loại truyền động động cơ đồng bộ: dùng biến tần nguồn áp và biến tần nguồn dòng chuyển mạch tự nhiên.

6-6. TRUYỀN ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ DÙNG BIẾN TẦN NGUỒN ÁP

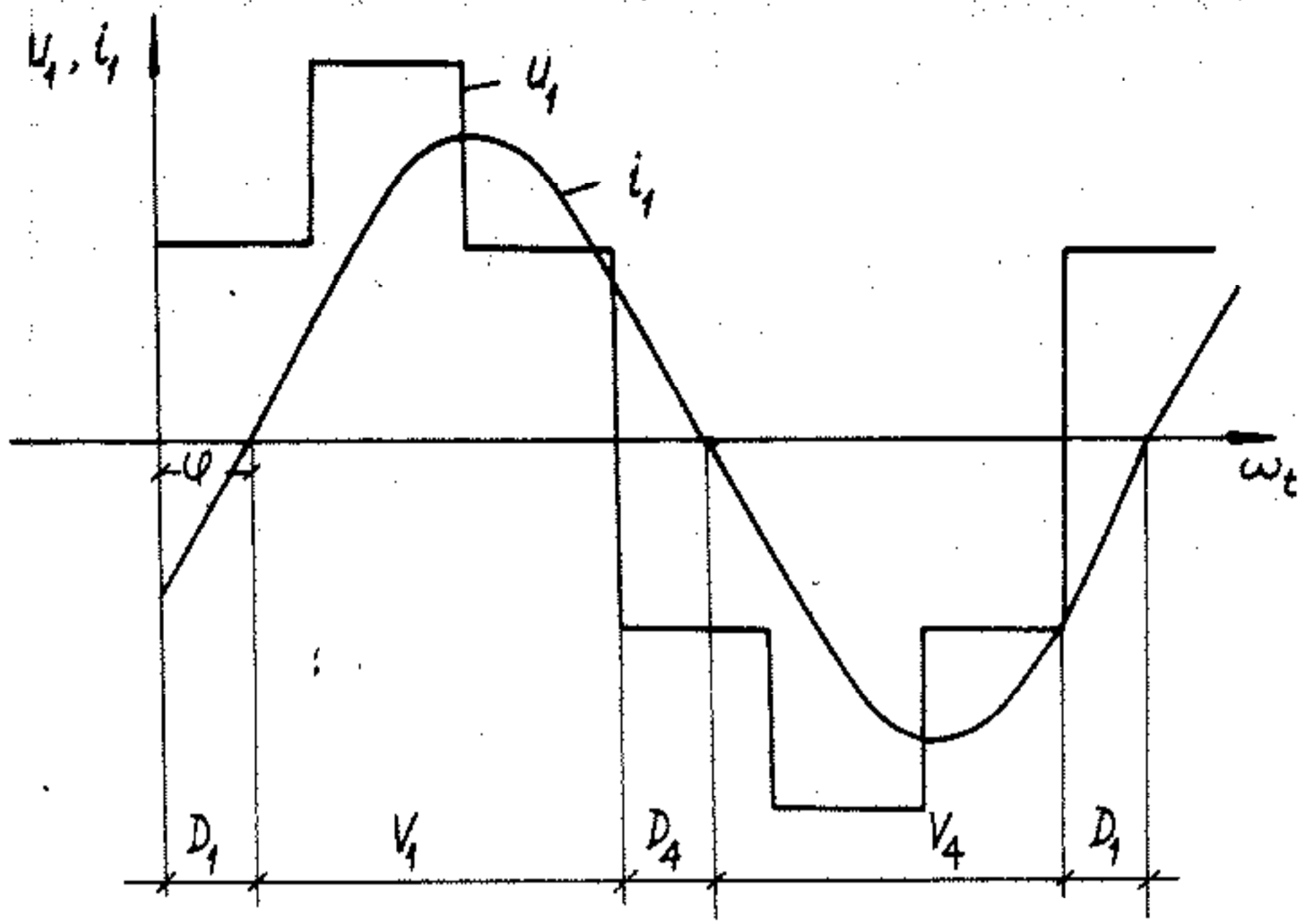
Mạch nguyên lý của truyền động được trình bày trên H. 6-5, trong đó biến tần có 6 van ($V_1 \div V_6$) (là tranzito công suất hoặc tiristo GTO) và 6 diôt ngược ($D_1 \div D_6$). Trong trường hợp góc dẫn các van là 180° , điện áp dây sẽ là 120° . Tùy thuộc vào tính chất tải của động cơ (cảm kháng hay dung kháng) mà biến tần sẽ làm việc với chuyển mạch cưỡng bức hay chuyển mạch tự nhiên.



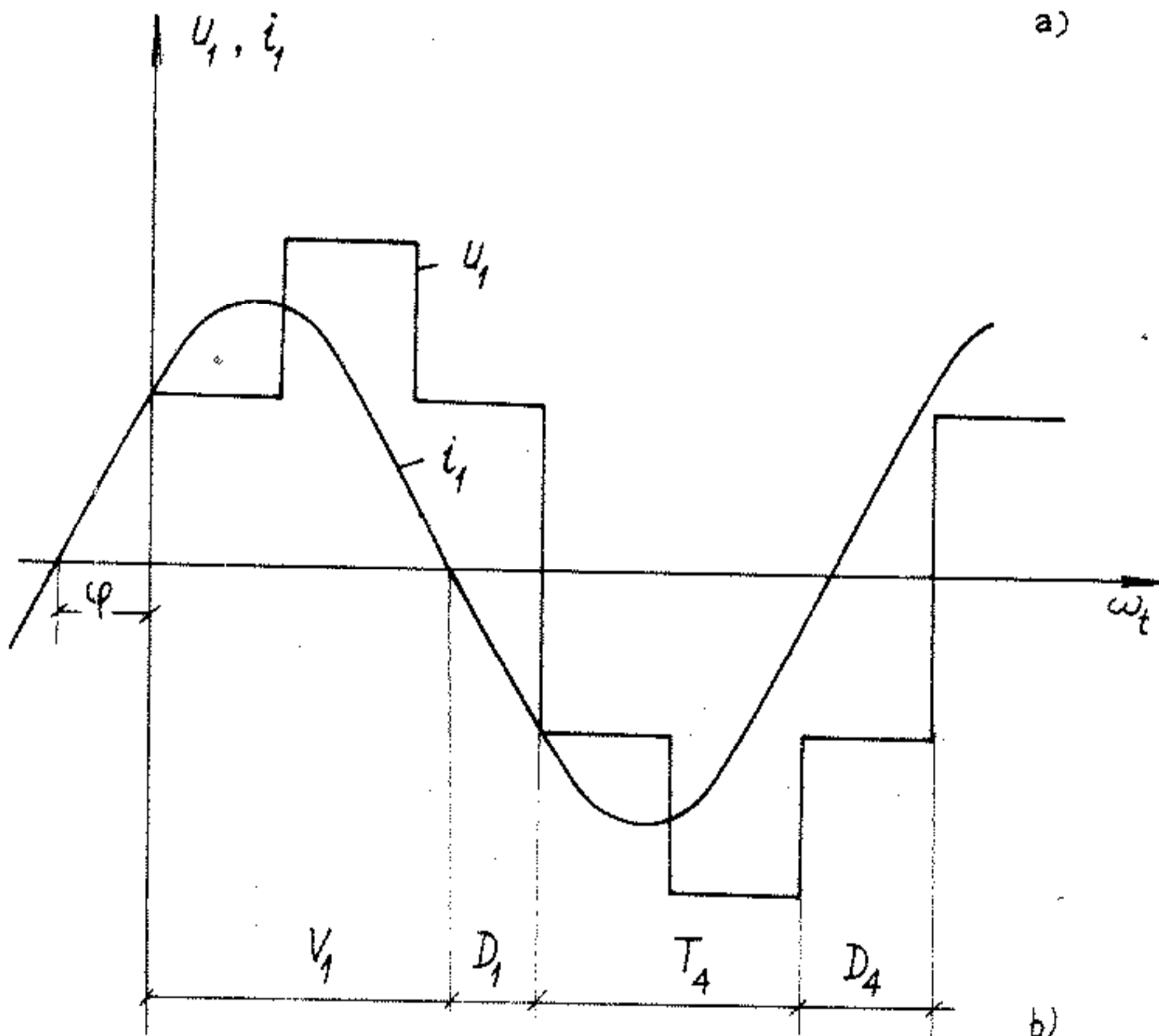
Hình 6-5. Mạch lực của truyền động động cơ đồng bộ dùng biến tần nguồn áp.

Trên H. 6-6a đồ thị dòng điện, điện áp và khoảng dẫn dòng của van và diôt ứng với trường hợp động cơ mang tính chất tải cảm (thiếu kích từ $\varphi > 0$).

Khi động cơ quá kích từ dòng điện vượt trước điện áp $\varphi < 0$, các van thực hiện chuyển mạch tự nhiên (H. 6-6b). Tuy vậy để thực hiện chuyển mạch tự nhiên, góc lệch pha $\varphi \geq -\omega t_q$ (t_q thời gian phụ hồi đặc tính khóa của van).



a)



b)

Hình 6-6. Đồ thị dòng và áp.
 a) Ứng với góc $\varphi > 0$; b) Ứng với góc $\varphi < 0$.

Mômen động cơ, trong trường hợp này được tính bằng biểu thức quen thuộc :

$$M = \frac{3p}{X_d \cdot \omega} \cdot E \cdot U_1 \sin\theta, \quad (6-13)$$

trong đó : M – mômen trung bình

p – số đôi cực của động cơ

X_d – điện kháng trục dọc $x_d = \omega L_d$

E – sức điện động động cơ $E = C\Phi(i)\omega$

U_1 – thành phần điều hòa bậc 1 điện áp, $U_1 = K_o U_o$

θ – góc lệch pha giữa sức điện động E và điện áp U_1 .

Khi điều chỉnh tốc độ động cơ ta có hai trường hợp :

a) Điện áp $U_o = const$

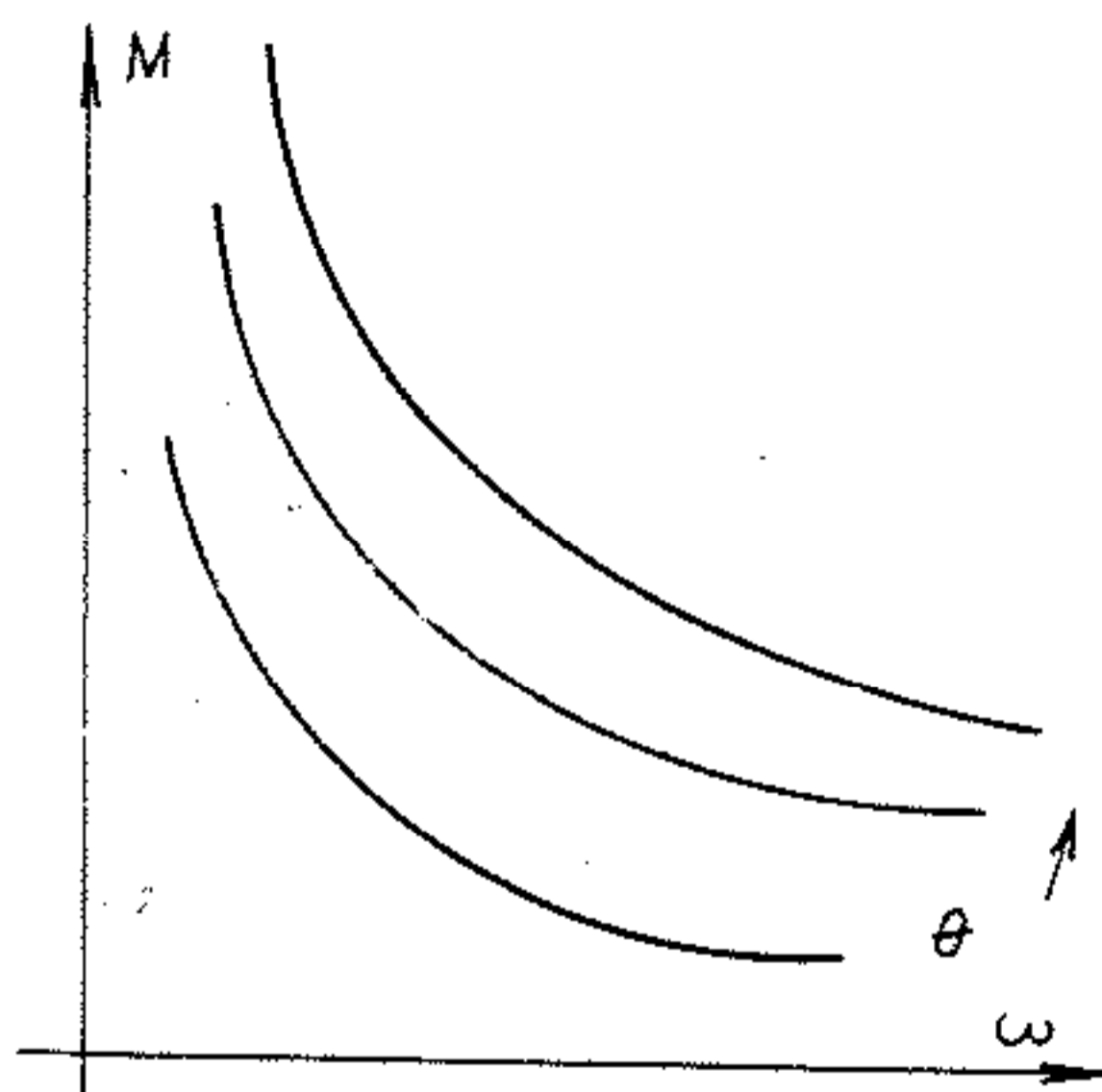
Tỷ số $\frac{E}{X_d} = const$

khi giữ kích từ không đổi.

Như vậy mômen động cơ được tính bằng

$$M = K \frac{\sin\theta}{\omega}$$

Nó chỉ phụ thuộc vào tốc độ ω và góc lệch pha θ có dạng trên H.6-7 tương tự như động cơ một chiều kích từ nối tiếp.



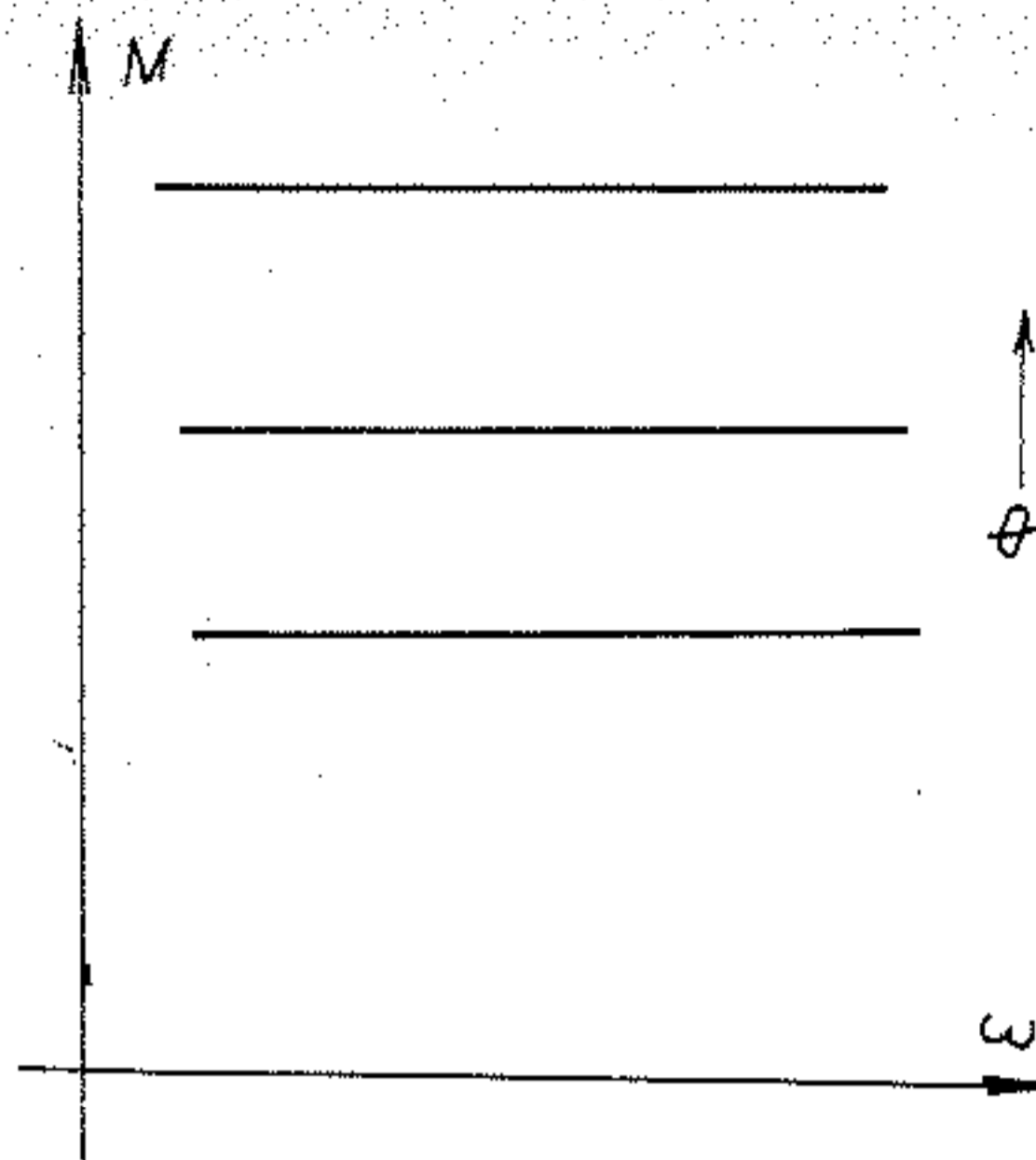
Hình 6-7. Đặc tính của động cơ khi $U_o = const$ và kích từ không đổi.

b) Điện áp U_o được điều chỉnh sao cho tỷ số $\frac{U_o}{\omega} = const$ và kích từ không đổi.

Trong trường hợp này, mômen động cơ chỉ phụ thuộc vào góc θ .

đặc tính của động cơ được trình bày trên H. 6-8.

Cấu trúc hệ truyền động điều chỉnh tốc độ động cơ đồng bộ được mô tả trên H.6-9 (của hãng YASKAWA - 1991). Với động cơ kích từ nam châm vĩnh cửu công suất đến 6 kW dùng để trang bị cho cơ cấu tay máy người máy và các cơ cấu ăn dao máy cắt gọt kim loại.

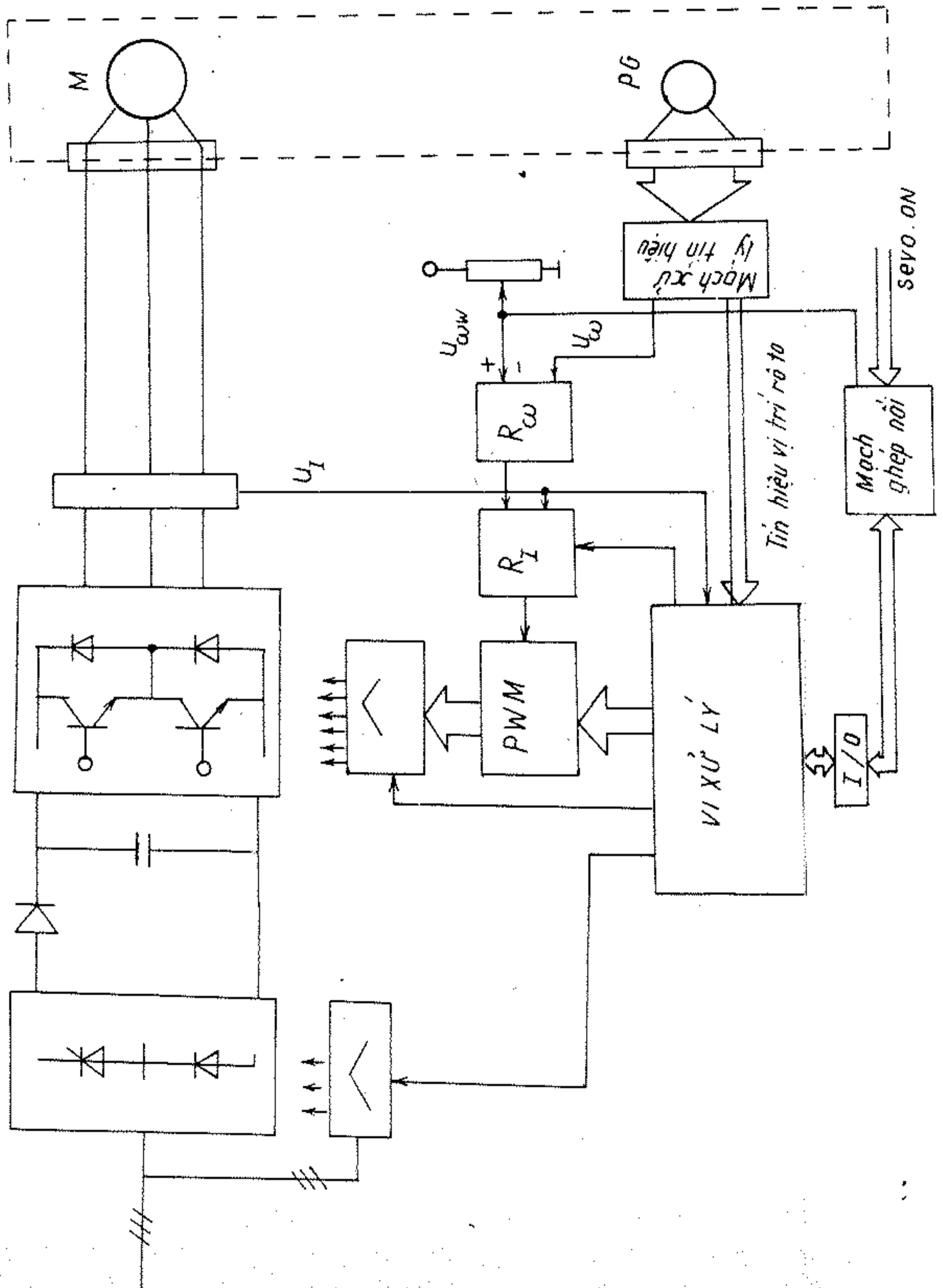


Hình 6-8. Đặc tính của động cơ khi điều chỉnh $U/\omega = \text{const}$ và kích từ không đổi.

Truyền động Servopack (mẫu CACRSRO3BB đến SR44BB) dùng biến tần tranzito PWM (biến điệu bề rộng xung). Mạch điều khiển bố trí hai mạch vòng điều chỉnh, điều chỉnh tốc độ R_ω và điều chỉnh dòng điện R_I . Điều khiển PWM, thứ tự đóng và cắt các tranzito cũng như mạch điều chỉnh vị trí và các tín hiệu bảo vệ sự cố...được thực hiện bởi vi xử lý. Cơ cấu đo vị trí và tốc độ động cơ PG được gắn thành một khối với động cơ, cơ cấu mạch đo cho ta các tín hiệu: tốc độ, vị trí rôto, chiều quay và góc quay, phục vụ cho điều chỉnh vị trí và điều chỉnh tốc độ động cơ.

6-7. HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ VỚI BỘ BIẾN ĐỔI TẦN SỐ NGUỒN DÒNG CHUYỂN MẠCH TỰ NHIÊN

Mạch lực của hệ truyền động được trình bày trên H.6-10 bao gồm: chỉnh lưu tiristo (CL), cuộn cảm lọc (L_d) và nghịch lưu tiristo (NL). Để đảm bảo NL làm việc được trong chế độ chuyển mạch tự nhiên, động cơ phải ở chế độ quá kích từ. Lúc đó NL thực chất là chỉnh lưu làm việc trong chế độ nghịch lưu bị động với điện áp động



Hình 6-9. Sơ đồ nguyên lý truyền động động cơ đồng bộ dùng biến tần tranzito PWM.

cơ, vì vậy trong mạch nghịch lưu không có các phần tử chuyển mạch.

6-7.1. Quá trình chuyển mạch

Trên H.6-11 mô tả nguyên lý làm việc của nghịch lưu NL có hai nhóm van: nhóm anốt chung ($T_1 - T_3 - T_5$) nhóm ca tốt chung ($T_4 - T_6 - T_2$). Góc dẫn mỗi van 120° điện, thứ tự dẫn các van theo từng cặp ($T_1 - T_2; T_2 - T_3; T_3 - T_4; T_4 - T_5; T_5 - T_6; T_6 - T_1$). Trong một chu kỳ điện áp của động cơ có 6 lần chuyển mạch. Do dòng điện vượt trước điện áp, nên khi chuyển mạch: đối với tiristo được mở điện áp có chiều thuận (+) anốt; (-) catốt); tiristo bị khóa, điện áp có chiều ngược ((+) ca tốt; (-) a nốt). Vì vậy cần phải có tín hiệu đồng bộ với sức điện động hoặc điện áp động cơ. Từ đó mạch phát xung sẽ phát xung mở sớm một góc so với điện áp của động cơ. Việc tạo tín hiệu đồng bộ có thể dùng mạch đo vị trí rôto hoặc đo trực tiếp điện áp động cơ.

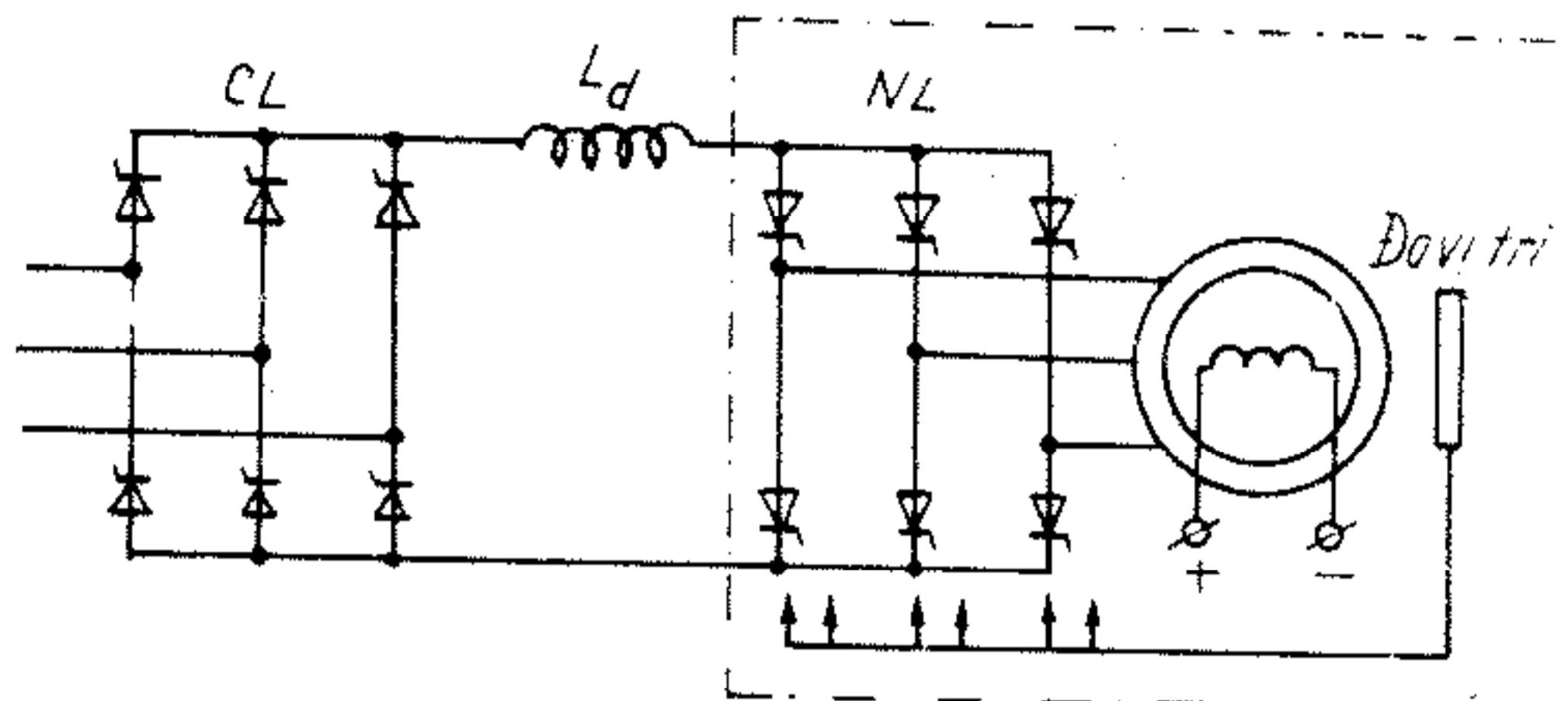
Trên H.6-12, khảo sát quá trình chuyển mạch từ T_5 sang T_1 . Tại thời điểm trước chuyển mạch cặp tiristo $T_5 - T_6$ đang dẫn dòng I_d , lúc đó

$$\left. \begin{aligned} i_a &= 0 \\ i_b &= I_d \\ i_c &= I_d \\ U_m &= U_c - U_b \end{aligned} \right\} \quad (6-14)$$

Cuối quá trình dẫn $T_5 - T_6$, cho xung mở T_1 , điện áp $U_{cA} > 0$, $U_a < 0$ nên T_1 mở, lúc đó tạo thành mạch vòng ngắn mạch: $T_1 -$ pha $a -$ pha $c - T_5 - T_1$. Dòng điện i của mạch vòng cùng chiều với dòng qua T_1 và ngược chiều với dòng qua T_5 (do $U_{cA} > 0$). Dòng qua T_1 thuận lợi hơn nên có trị số tăng dần đến I_d , dòng qua T_5 khó khăn hơn nên giảm dần về 0, như vậy dòng qua T_5 sẽ chuyển sang T_1 ; đồng thời T_5 bị điện áp ngược ($U_c > 0$) đặt lên, nên nó bị khóa. Góc β được gọi là góc mở tiristo (xem H.6-13):

$$\beta = \gamma + \delta,$$

trong đó γ là góc trùng dẫn, δ là góc phục hồi đặc tính khóa, δ đặc tính $\delta \geq \omega t_q$ (t_q là thời gian khóa tiristo).



Hình 6-10. Sơ đồ nguyên lý mạch lực hệ truyền động BBD - động cơ đồng bộ dùng biến tần nguồn dòng chuyển mạch tự nhiên

Nếu góc δ không đủ lớn, T_s không kịp khóa dẫn đến lật chế độ nghịch lưu.

Phương trình dòng điện và điện áp khi chuyển mạch

$$i_a = i$$

$$i_b = -I_d$$

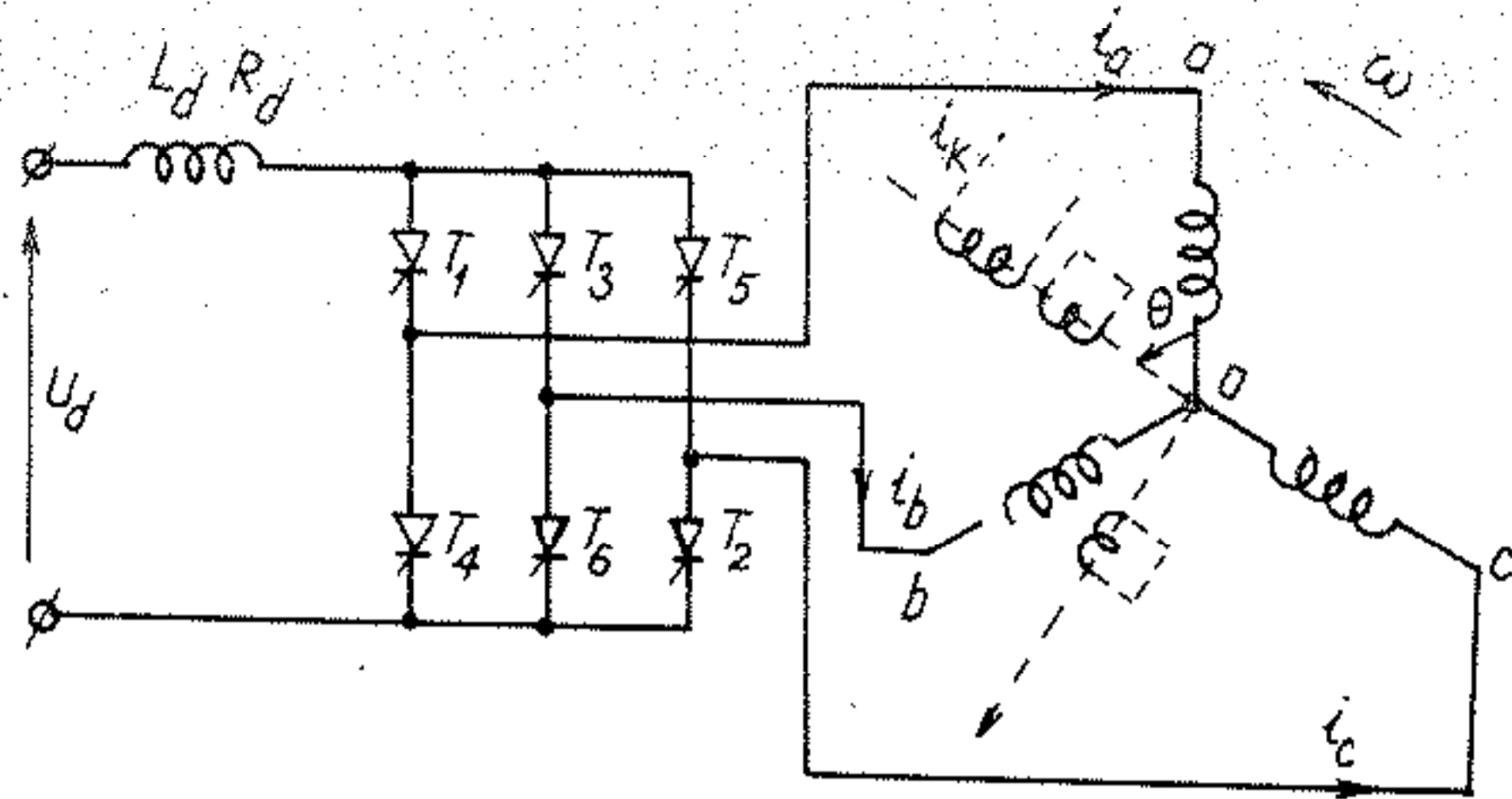
$$i_c = I_d - i$$

$$u_a + L \frac{di_a}{dt} = U_c + L \frac{di_c}{dt} \quad (6-15)$$

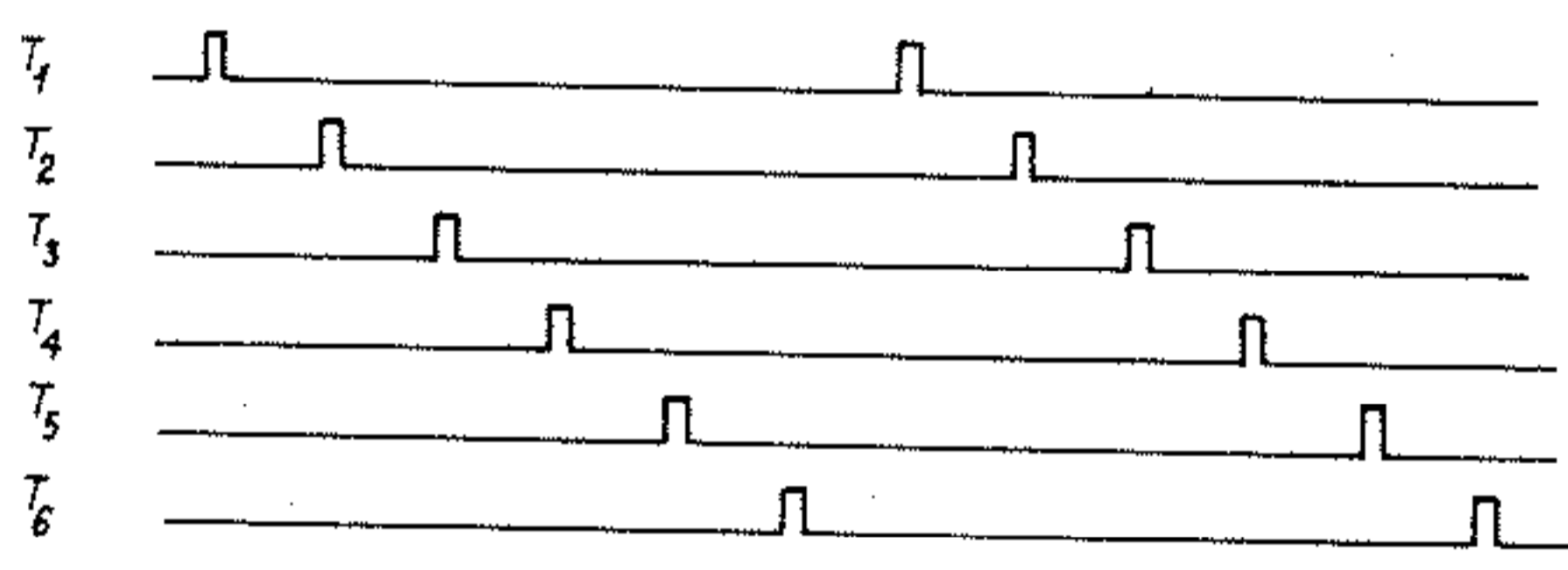
$$\frac{di_a}{dt} = -\sigma \frac{di_c}{dt}$$

Giải phương trình đối với i_a :

$$2L \frac{di_a}{dt} = U_{c\Lambda} = U_m \sin(\omega t - \beta). \quad (6-16)$$



a)



b)

Hình 6-11.

a) Nguyên lý làm việc của nghịch lưu; b) Thứ tự dẫn các tiristo.

với điều kiện đầu $i_a = 0$; Giải (6-16) nhận được

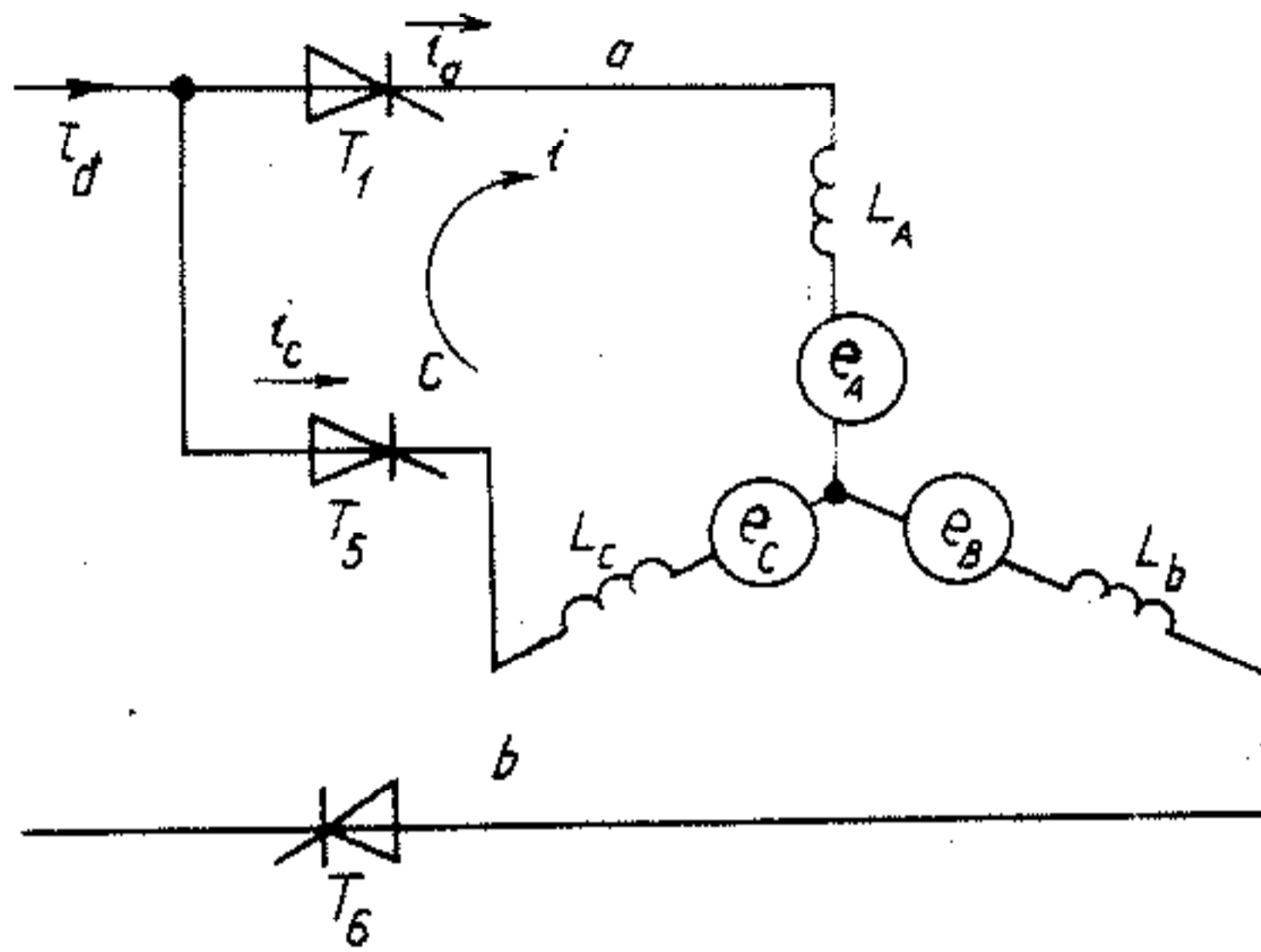
$$i_a = \frac{U_m}{2\omega L} [\cos(\omega t - \beta) - \cos\beta]. \quad (6-17)$$

Khi $\omega t = \gamma$,

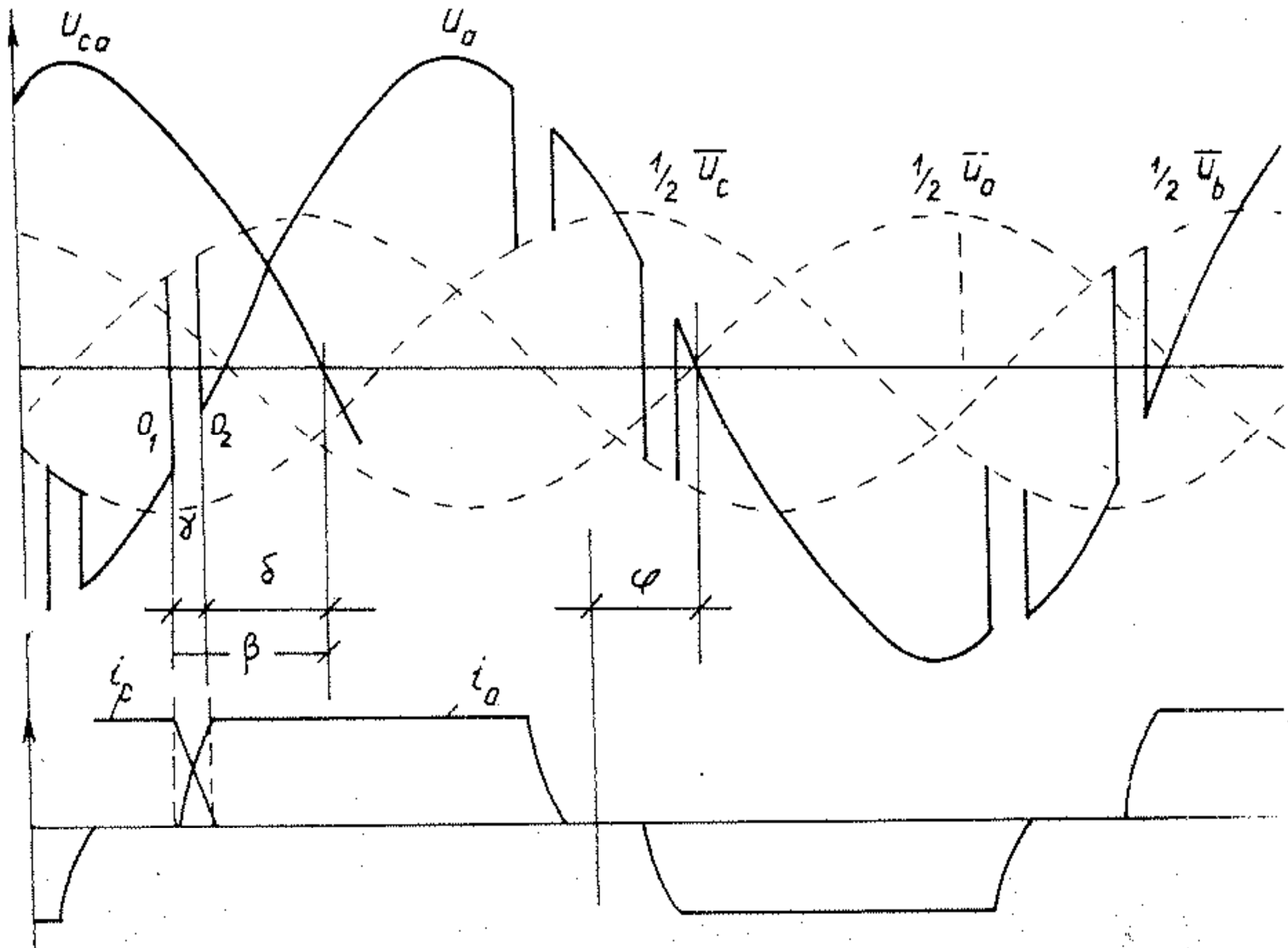
$$i_a = I_d; \quad i_c = 0. \text{ ta có:} \\ \cos(\beta - \gamma) - \cos\beta = 2L \frac{\omega}{U_m} I_d. \quad (6-18)$$

Điều này cho thấy góc trùng dẫn γ là hàm của U_m , β , I_d và ω . Điện cảm chuyển mạch L được tính gần đúng bằng

$$2\omega L = \frac{X_d'' + X_q''}{2} \quad (6-19)$$



Hình 6-12. Quá trình chuyển mạch từ T_5 sang T_1 .



Hình 6-13. Đồ thị dòng điện và điện áp khi chuyển mạch.

Điện áp khi chuyển mạch

$$U_{cm} = \frac{U_a + U_c}{2} - U_b \quad (6-20)$$

Điện áp và dòng khi chuyển mạch được vẽ trên H. 6-13.

Góc lệch pha giữa dòng và áp điều hòa bậc 1

$$\varphi_1 = \beta - 0,5\gamma \quad (6-21)$$

6-7.2. Mômen của động cơ

Mô men động cơ sinh ra do tác dụng của từ trường cực từ Φ_r và từ trường phản ứng Φ_s . Do trong một chu kỳ nghịch lưu chuyển mạch 6 lần, từ trường phản ứng Φ_s sẽ quay tròn qua 6 điểm cố định, kế tiếp nhau lần lượt theo thứ tự dẫn của các cặp tiristo dẫn (xem H.6-14). Từ trường cực từ Φ_r quay tròn với tốc độ của rôto. Mômen động cơ trong một khoảng dẫn tiristo được tính.

$$m = K\Phi_r\Phi_s\sin\beta_1 \quad (6-22)$$

trong đó : β_1 là góc lệch giữa Φ_r và Φ_s ; K là hệ số tỷ lệ

$$\beta_1 = -\omega t + \Psi + 2\pi/3 \quad 0 < \omega t < \pi/3 \quad (6-23)$$

Ψ là góc lệch giữa dòng điện stato và sức điện động E .

Giá trị trung bình của mômen được tính:

$$M_{tb} = \frac{1}{\pi/3} \int_0^{\pi/3} K\Phi_r\Phi_s\sin(-\omega t + \psi + 2\pi/3) d\omega t \quad (6-24)$$

$$M_{tb} = \frac{3}{\pi} K\Phi_r\Phi_s\cos\Psi \quad (6-25)$$

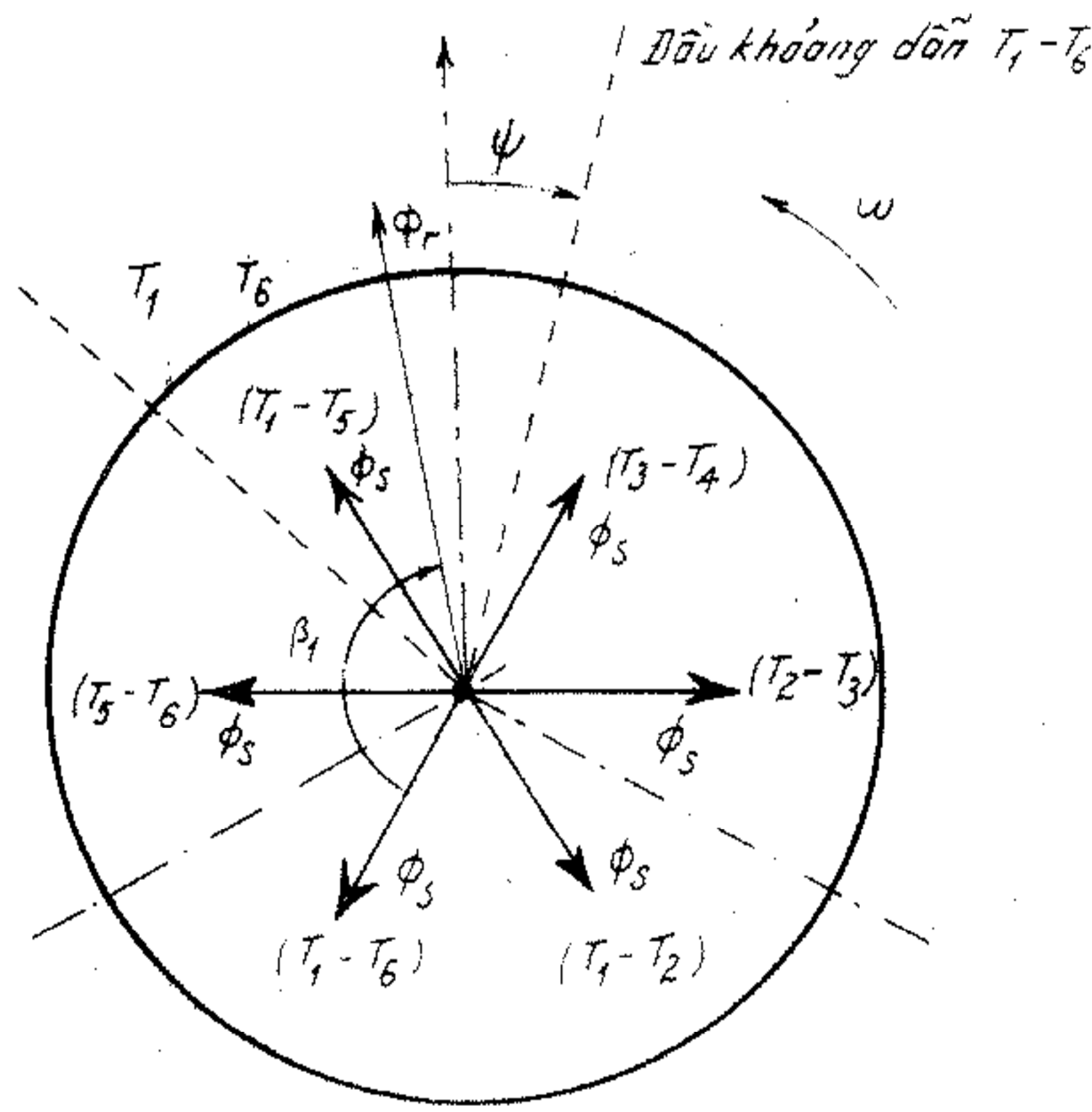
Như vậy mô men trung bình của động cơ sẽ thay đổi theo góc ψ (xem H.6-15):

$$M_{tb} > 0 \text{ khi } 0 \leq \psi < \pi/2; \quad M_{tb} < 0 \text{ khi } \pi/2 < \psi \leq \pi$$

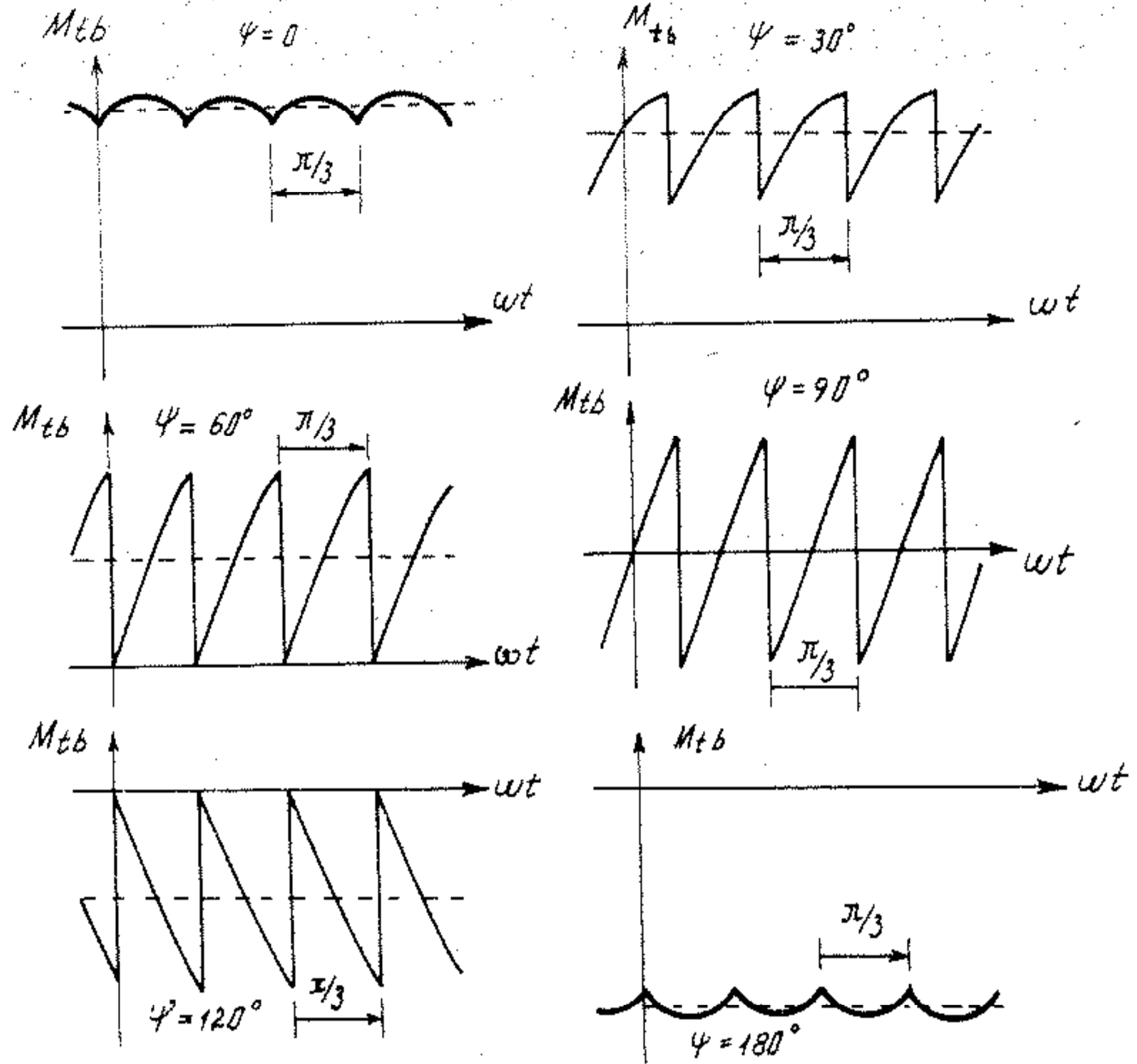
$$M_{tb} = 0 \text{ khi } \psi = \pi/2.$$

6-7.3. Giới hạn của chuyển mạch tự nhiên và vấn đề khởi động

Như phần 7-6.1 đã trình bày thực chất chuyển mạch tự nhiên của nghịch lưu là chuyển mạch theo điện áp tải. Nhờ điện áp của mạch vòng chuyển mạch để mở và khóa các tiristo. Khi ở tốc độ thấp, điện áp động cơ nhỏ, điện trở mạch stato lúc này có thể so sánh với điện cảm, nên gây sụt áp lớn. Do vậy ở tốc độ thấp việc chuyển mạch tự nhiên khó khăn hơn, đến một giá trị nào đó thì chuyển mạch tự nhiên sẽ không thực hiện được, đó là giới hạn của chuyển mạch tự nhiên. Thực tế giới hạn chuyển mạch tự nhiên ở khoảng tốc độ $5 + 10\%$ tốc độ định mức động cơ. Điều này dẫn đến vấn đề khởi động động cơ từ tốc độ 0 đến $(5 + 10\%)$ tốc độ định mức.



Hình 6-14. Từ thông phản ứng ứng với các cặp tiristo dẫn và từ thông cực từ Φ_r



Hình 6-15. Mô men trung bình của động cơ với góc ψ ($0 \div 180^\circ$).

Tùy theo loại phụ tải, cấu tạo của động cơ và công suất động cơ, ta có các biện pháp khởi động thích hợp.

a) *Khởi động dùng chuyển mạch cường bức*

Làm việc của nghịch lưu chuyển mạch cường bức giống như trong truyền động điều khiển tần số động cơ không đồng bộ (xem H.6-16). Biện pháp khởi động này dùng cho mọi loại động cơ, ở các giải công suất khác nhau.

b) *Khởi động dùng phương pháp dòng gián đoạn.*

Nội dung của phương pháp này là : Dựa vào tín hiệu đồng bộ (vị

trí rôto), ta xác định được điểm chuyển mạch. Tại thời điểm đó góc mở chỉnh lưu CL được tăng $\alpha_1 > 90^\circ$, dòng I_d giảm về giá trị 0. lúc này ta cho xung mở tiristo nghịch lưu để tiến hành chuyển mạch. Mặc dù lúc đó điện áp thấp nhưng dòng I_d đã giảm về 0, nên chuyển mạch đã thực hiện được (xem H.6-17), phương pháp khởi động này thường thực hiện ở công suất lớn, tải nhẹ.

c) Khởi động bằng phương pháp khởi động không đồng bộ

Phương pháp này giống như khởi động động cơ đồng bộ ta thường gặp. Nhưng nó chỉ ứng dụng với động cơ có cuộn dây khởi động (hoặc rôto có lồng sóc khởi động) và động cơ vận hành với lưới điện áp xoay chiều.

6-7.4. Quy luật điều khiển

Việc nghiên cứu quy luật điều khiển ở đây, tương tự như trong truyền động điều khiển tần số động cơ không đồng bộ. Tức là cần phải lập luật điều khiển như thế nào đó để trong suốt giải điều chỉnh động cơ sinh ra mô men khắc phục mômen phụ tải và tổn thất là nhỏ nhất. Đối với truyền động động cơ đồng bộ dùng bộ biến đổi dòng điện chuyển mạch tự nhiên, mômen động cơ phụ thuộc vào ba đại lượng (xem biểu thức (6-25));

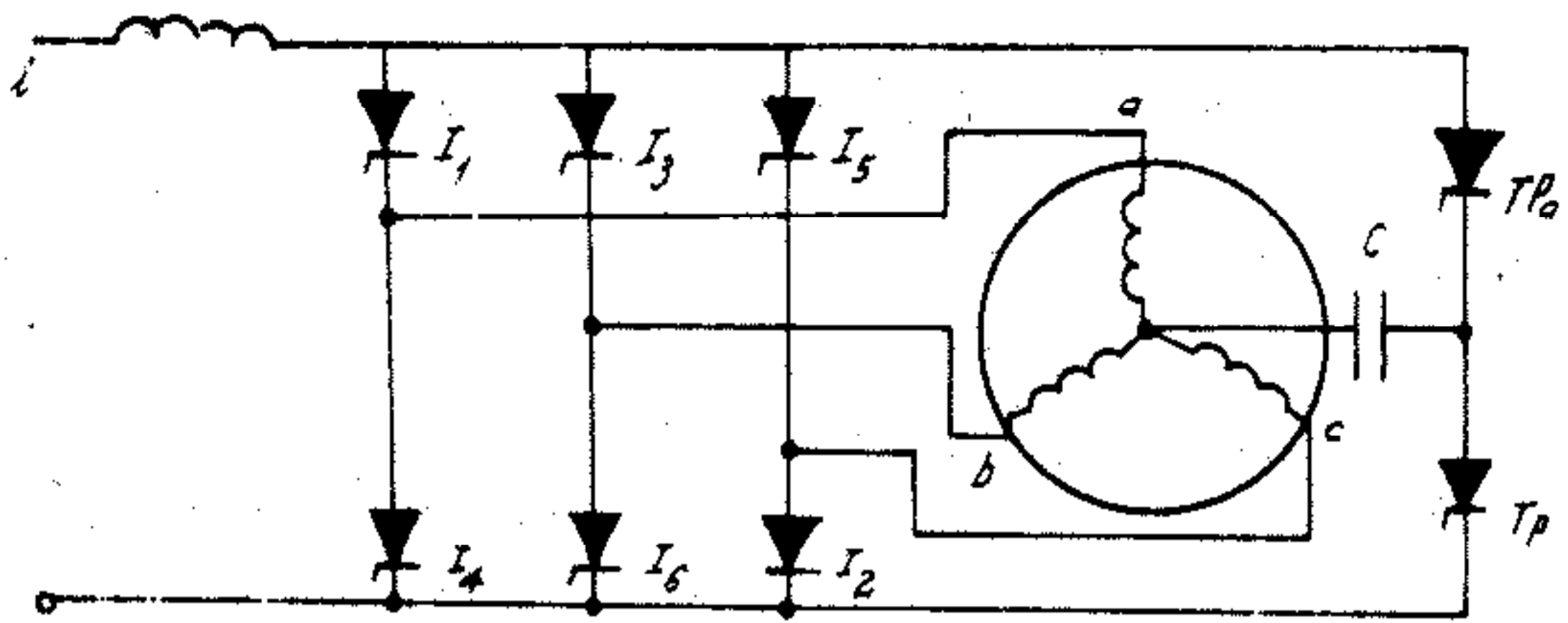
- I_d quyết định giá trị từ thông phần ứng Φ_s ,
- I_{kt} dòng kích từ quyết định giá trị từ thông Φ_r ,
- Góc mở β hay góc lệch ψ hoặc φ .

Trường hợp đơn giản nhất ta có quy luật điều khiển từ thông cực từ không đổi và góc lệch ψ không đổi :

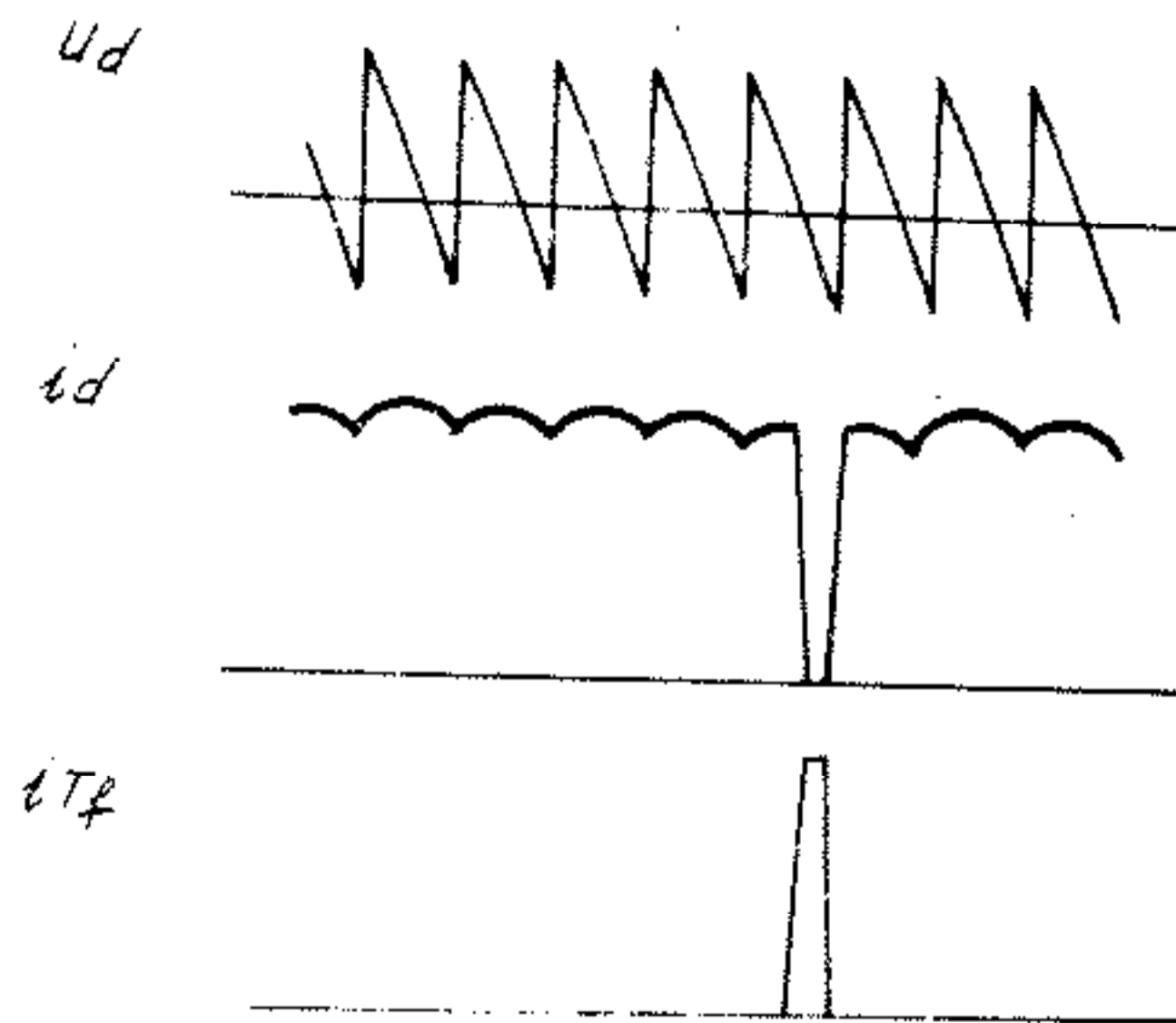
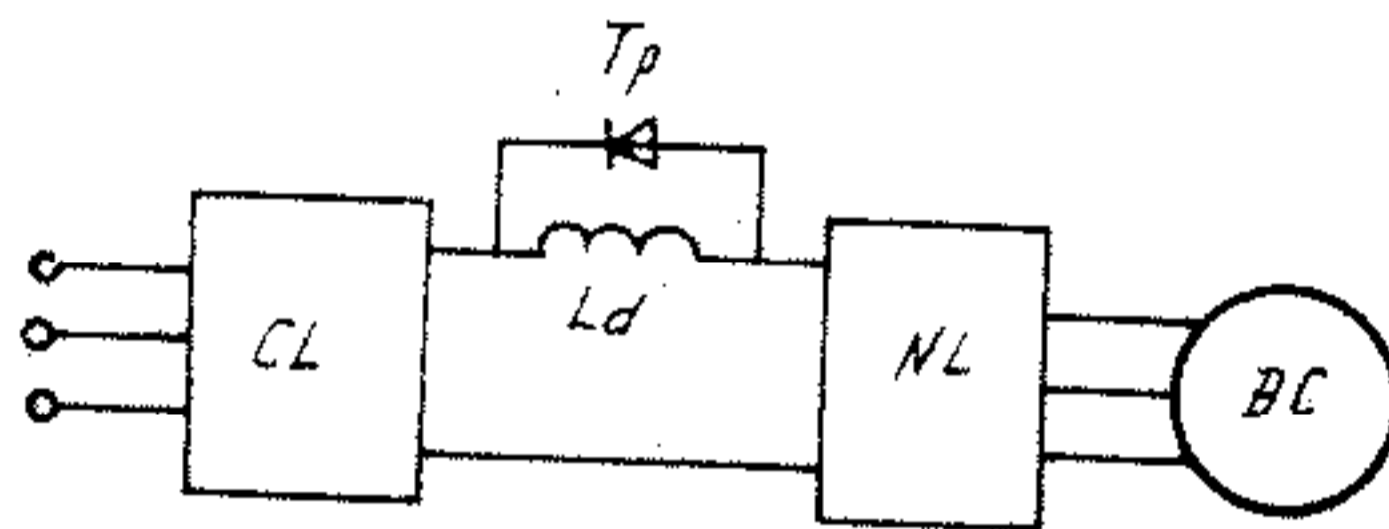
- Từ thông rôto $\Phi_r \sim \frac{E}{\omega}$, nếu giữ dòng kích từ không đổi ta có quan hệ $\frac{E}{\omega} = \text{const}$ và $\Phi_r = \text{const}$.

- Góc lệch giữa dòng điện và sức điện động ψ được giữ không đổi

Như vậy theo (6-25) ta có $M = CI_d$ (6-26) trong đó : C là hằng số.



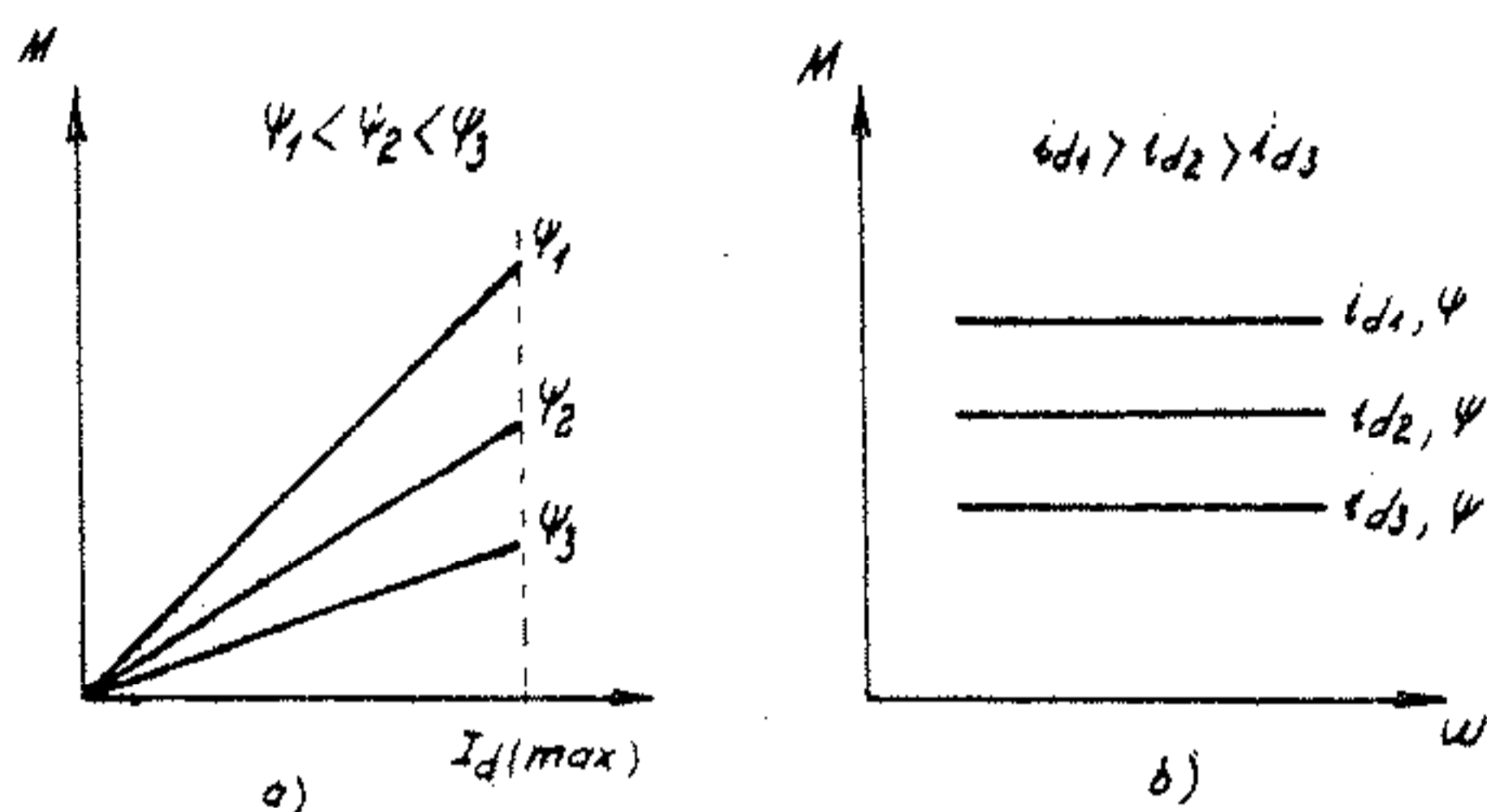
Hình 6-16. Sơ đồ nguyên lý khởi động dùng chuyển mạch cưỡng bức.



Hình 6-17. Sơ đồ nguyên lý khởi động bằng phương pháp dòng gián đoạn và đồ thị điện áp, dòng mạch CL

Điều chỉnh mô men theo quan hệ (6-26), truyền động động cơ đồng bộ tương đương với truyền động động cơ một chiều kích từ độc lập.

Trên H.6-18 biểu diễn quan hệ $M(I_d)$ với góc ψ giữ không đổi và đặc tính $M(\omega)$ với I_d và ψ không đổi.



Hình 6-18. a) Quan hệ $M(I_d)$ với góc ψ khác nhau,
b) Đặc tính cơ $M(\omega)$ (với I_d không đổi ở các giá trị khác nhau và $\psi =$ hằng số).

6-8. CẤU TRÚC MẠCH ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ TRUYỀN ĐỘNG ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ DÙNG BIẾN TẦN NGUỒN DÒNG

Cấu trúc hệ truyền động động cơ đồng bộ – biến tần nguồn dòng rất đa dạng. Trong phần này sẽ giới thiệu những mẫu thông dụng trong thực tế ở giải công suất trung bình và lớn. Trên hình 6-19 trình bày sơ đồ nguyên lý hệ truyền động. Nó gồm các khâu :

Mạch lọc gồm có bộ chỉnh lưu tiristo CL I cuộn cảm lọc một chiều L_d , nghịch lưu tiristo NL II, mạch kích từ dùng chỉnh lưu tiristo CL II.

Mạch điều khiển gồm ba phần :

a) Mạch điều khiển chỉnh lưu có hai mạch vòng điều chỉnh : tốc độ R_ω và dòng điện R_I .

b) Mạch điều khiển kích từ có một mạch vòng điều chỉnh kích từ đảm bảo giữ dòng kích từ không đổi.

c) Mạch điều khiển nghịch lưu có ba phần chính : Mạch tạo tín hiệu đồng pha, mạch dịch pha tạo góc vượt trước ψ và mạch phân phối xung, khuếch đại xung.

Mạch tạo tín hiệu đồng pha ở đây dùng cơ cấu đo vị trí rôto (xem H. 6-21) được cấu tạo bởi đĩa gắn cứng vào trục rôto và bốn đầu đo optron (cấu tạo đĩa đo H.6-20a ứng với động cơ có $2p = 4$). Ba đầu đo O_1, O_2, O_3 sẽ đo vị trí rôto cho ta ba tín hiệu PA, PB, PC đồng pha với EA, EB, EC . Đầu đo O_4 đo tốc độ động cơ SP . Số xung ra ứng với số nhịp trong chu kỳ sức điện động là 128 xung.

- Từ bốn tín hiệu PA, PB, PC và SP đưa vào mạch dịch pha, mạch này có cấu tạo đơn giản là mạch đếm chương trình 6 bit, bằng việc đặt trước dung lượng bộ đếm ban đầu $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$, tương ứng với góc vượt trước ψ .

- Mạch phân phối xung và khuếch đại xung có cấu tạo tương tự như mạch điều khiển nghịch lưu trong điều khiển tần số động cơ không đồng bộ. Cấu trúc mạch điều khiển nghịch lưu được trình bày trên H.6-21.

Mômen động cơ có thể viết dưới dạng :

$$M = \frac{P}{\omega} = K \cdot \frac{E}{\omega} \cdot I_S \cos \Psi. \quad (6-27)$$

Nếu đảm bảo điều kiện $I_{kt} = \text{hằng số}$, thì tỷ số $\frac{E}{\omega}$ sẽ là hằng số.

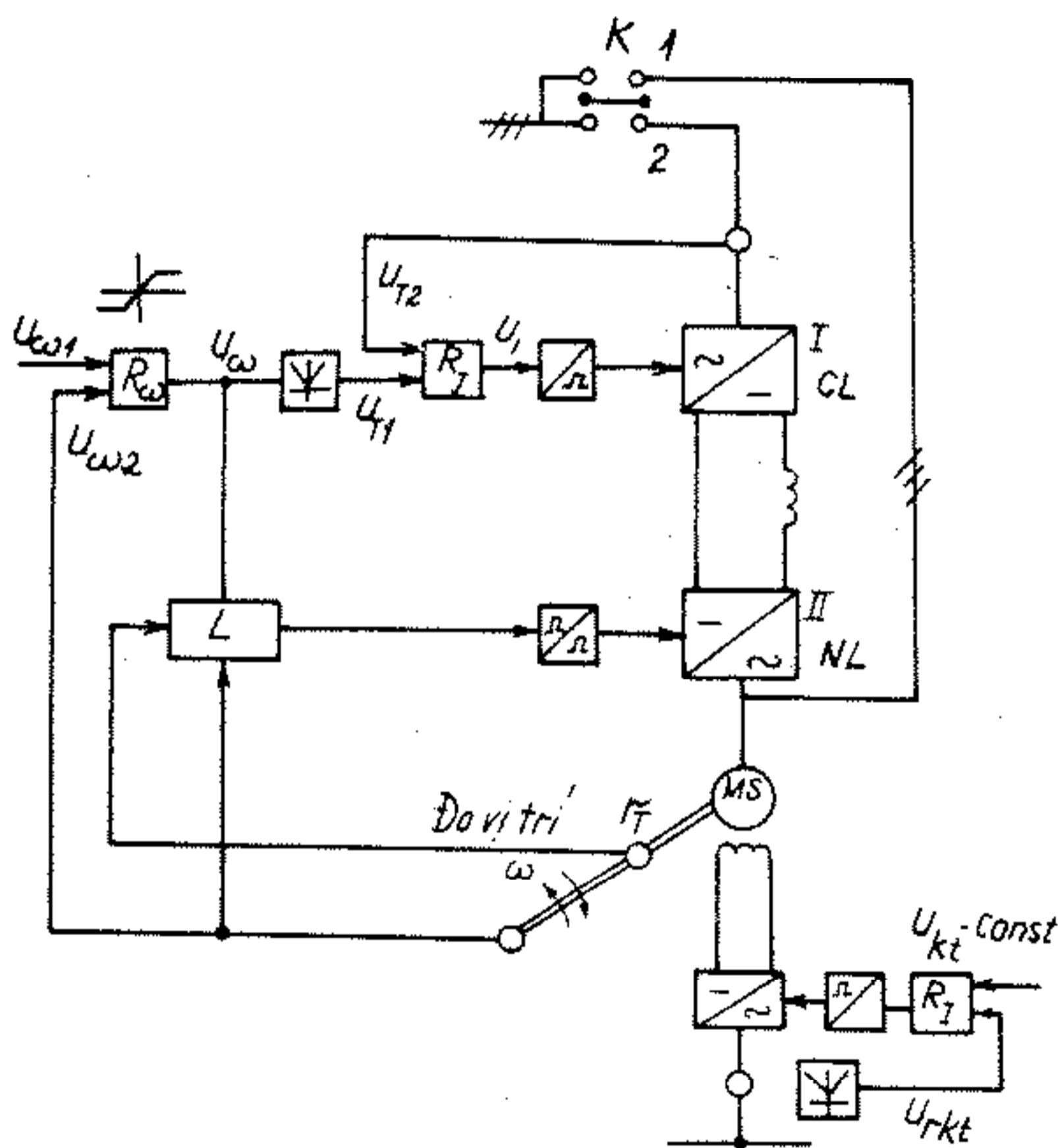
Đồng thời với việc đặt trước góc $\psi = \text{const}$, ta có :

$$M = C I_S = C I_d. \quad (6-28)$$

Như vậy mômen trung bình của động cơ đồng bộ sẽ được điều khiển tương tự như mômen động cơ một chiều.

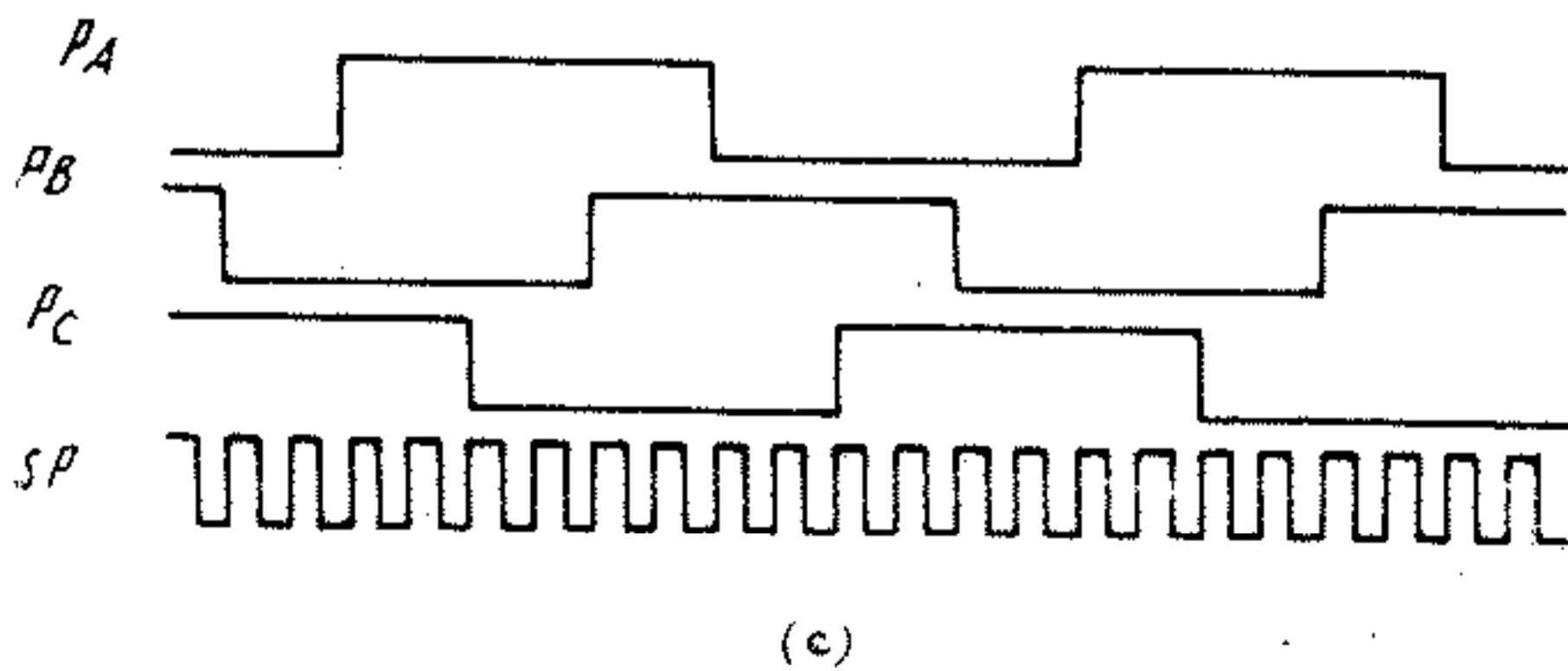
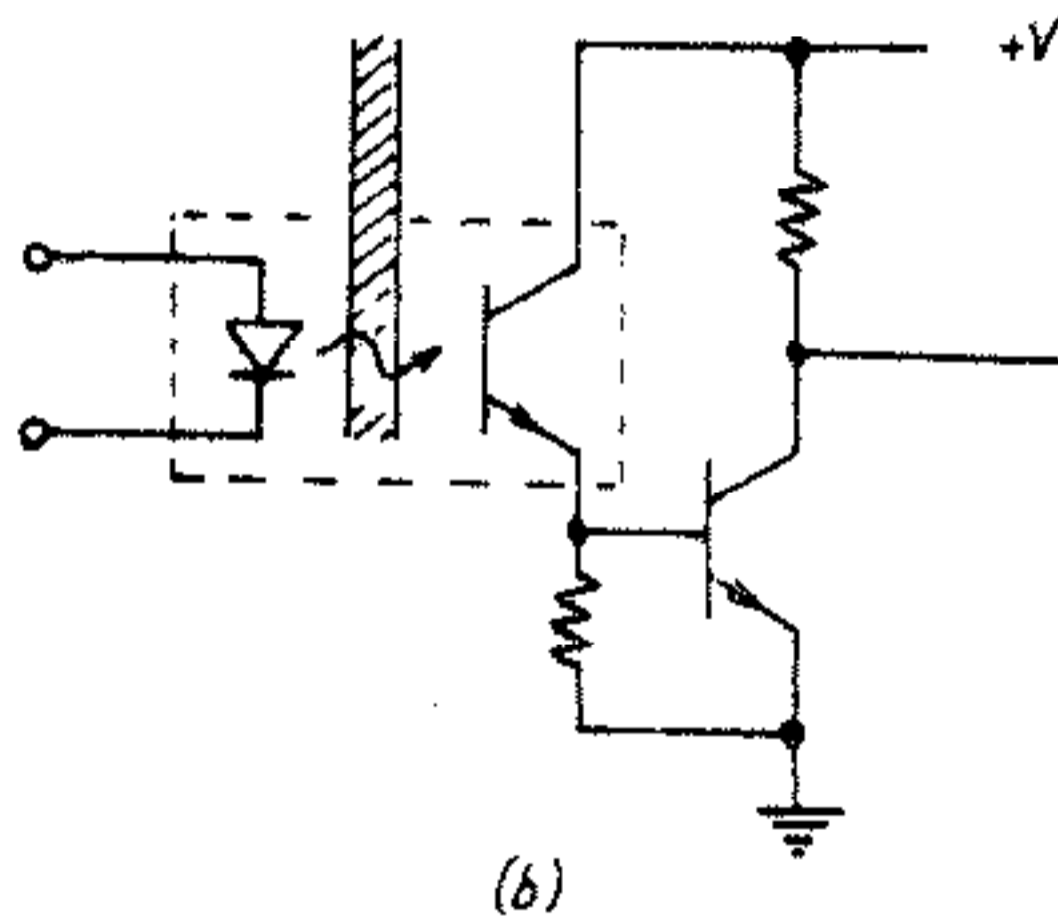
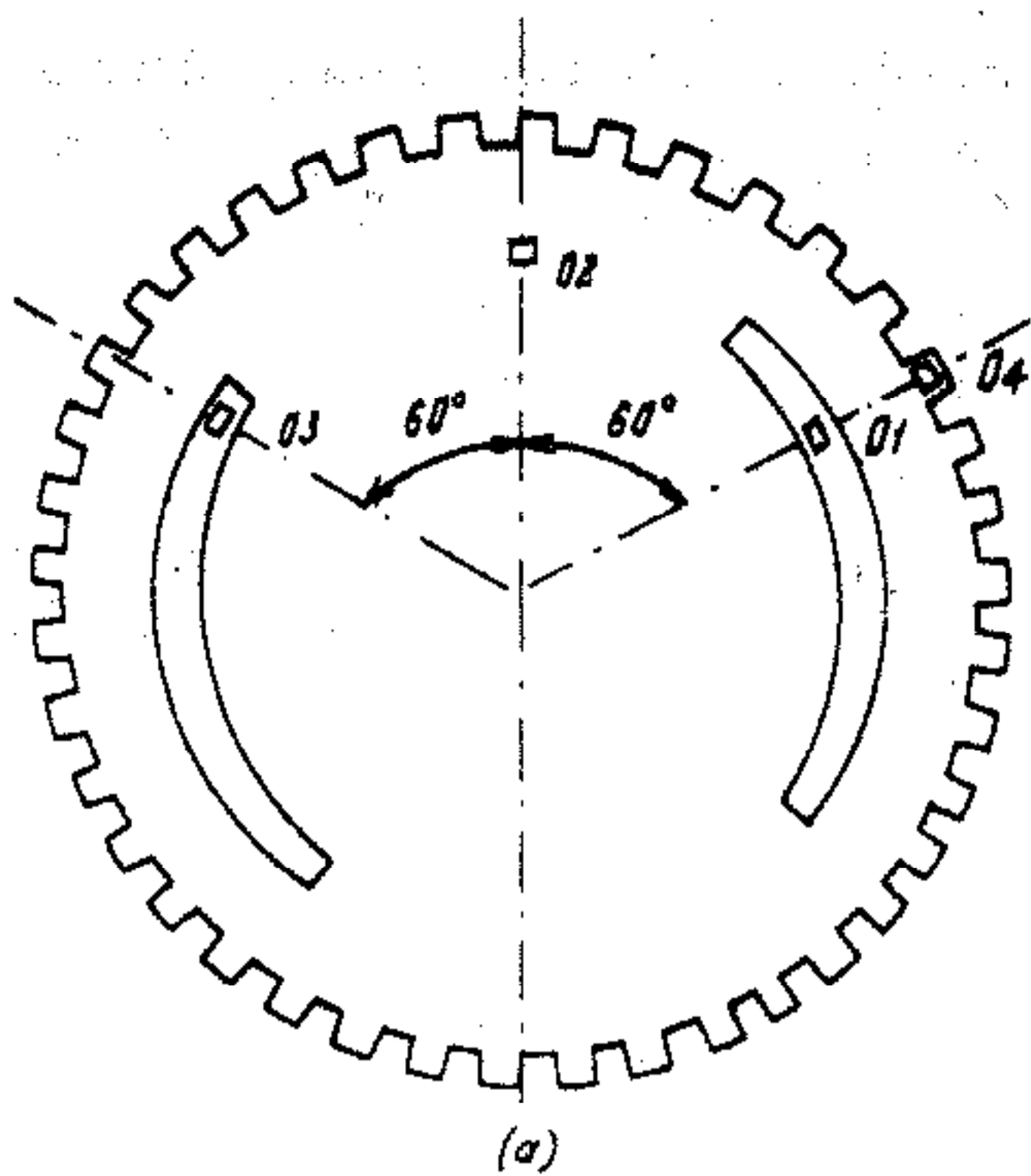
Khởi động hệ truyền động: ở đây sử dụng phương pháp khởi động không đồng bộ, nối trực tiếp với lưới để tốc độ đạt đến (10–15%) tốc độ định mức sau đó đưa bộ biến đổi tần số vào làm việc đảm bảo điều kiện chuyển mạch tự nhiên (xem H.6–19) (Đầu tiên k đóng ở vị trí 1, khi khởi động đến 10–15% ω_{dm} , K chuyển sang vị trí 2).

Truyền động thực hiện hãm tái sinh: lúc đó bộ chỉnh lưu CL_I có góc điều khiển $\alpha_I > 90^\circ$ điện áp chỉnh lưu $U_d < 0$, bộ nghịch lưu NL_{II} có góc điều khiển $\alpha_{II} = 180^\circ - \beta < 90^\circ$ lúc đó sẽ có $U_{NL} > 0$.

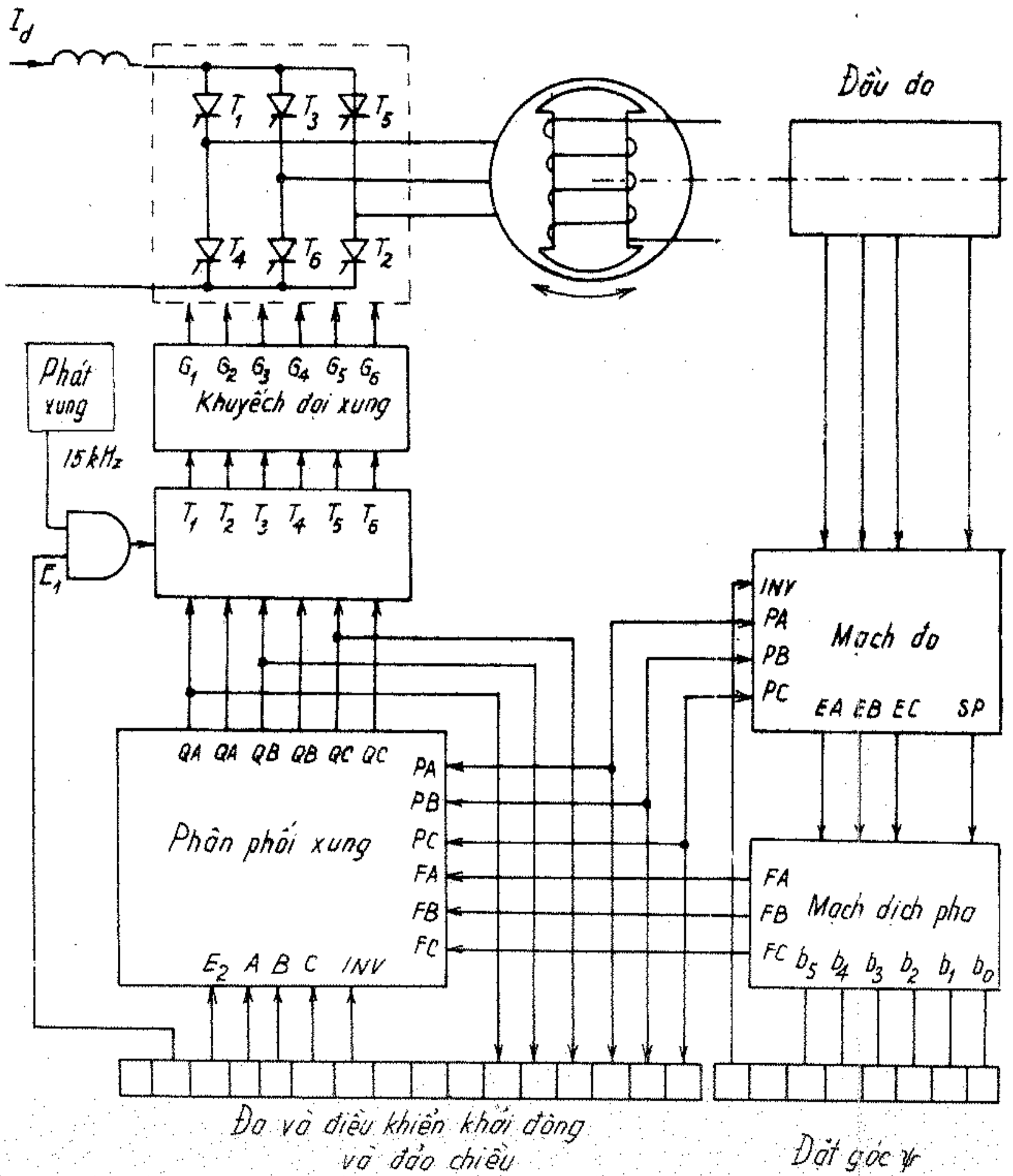


Hình 6–19. Cấu trúc hệ truyền động động cơ đồng bộ bộ biến đổi tần số dòng điện chuyển mạch tự nhiên

- Bộ biến đổi I–CL, BBDII–NL; MS động cơ đồng bộ. – K Bộ đóng cắt khởi động
- R_ω bộ điều chỉnh tốc độ, R_I bộ điều chỉnh dòng điện, R_{IK} bộ điều chỉnh kích từ. – VT đo vị trí; khối L: lô gic tạo xung điều khiển NL.



Hình 6-20. a) Đĩa đo vị trí rôto b) Cấu tạo đầu đo c) Tín hiệu đo



Hình 6-21. Mạch nguyên lý điều khiển nghịch lưu.

Trong một số trường hợp mạch đo vị trí rôto không thích hợp với cấu trúc về cơ hoặc môi trường làm việc, người ta thay thế bằng việc đo điện áp stato của động cơ (cách ly mạch lực bằng biến áp hay các phần tử optron). Lúc đó tín hiệu đồng pha không phải là sức điện động mà là điện áp stato U_a, U_b, U_c và góc lệch pha cần điều khiển là góc φ . Ví dụ $\varphi = 30^\circ$ thì $\alpha_{II} = 150^\circ$ ở chế độ động cơ, $\varphi = 150^\circ$, $\alpha_{II} = 30^\circ$ trong chế độ hãm tái sinh.

Sơ đồ cấu trúc trình bày trên H.6-22 về cơ bản nó tương tự như cấu trúc H.6-19 nhưng có điều khác ở mạch điều khiển kích từ và mạch đo tín hiệu đồng pha, lúc đó mômen động cơ được tính:

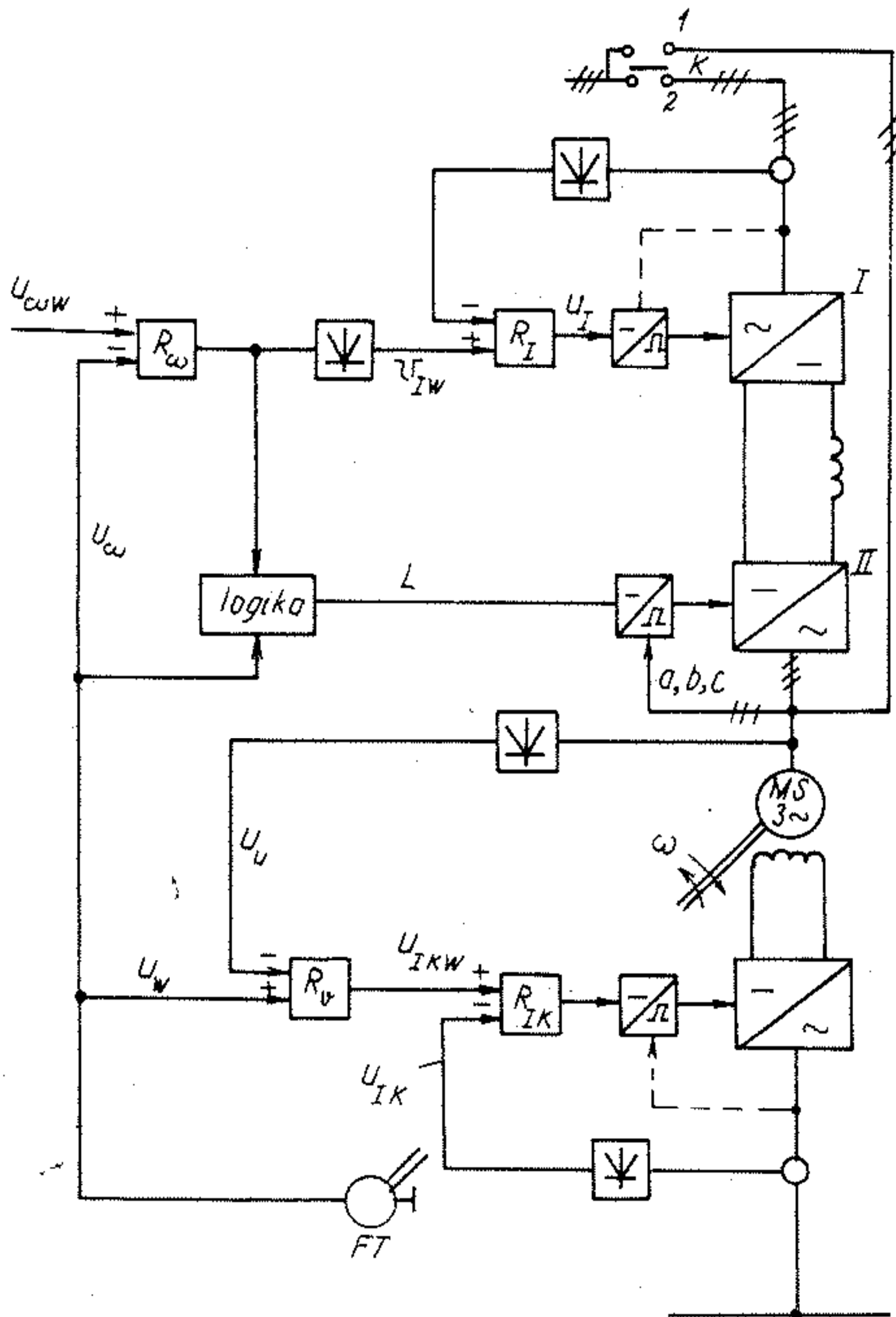
$$M = \frac{3U_s I_s}{\omega} \cos\varphi. \quad (6-29)$$

Nếu ta giữ $\varphi = \text{const}$, và $\frac{U}{\omega} = \text{const}$, thì mômen động cơ sẽ tỷ lệ với dòng I_d .

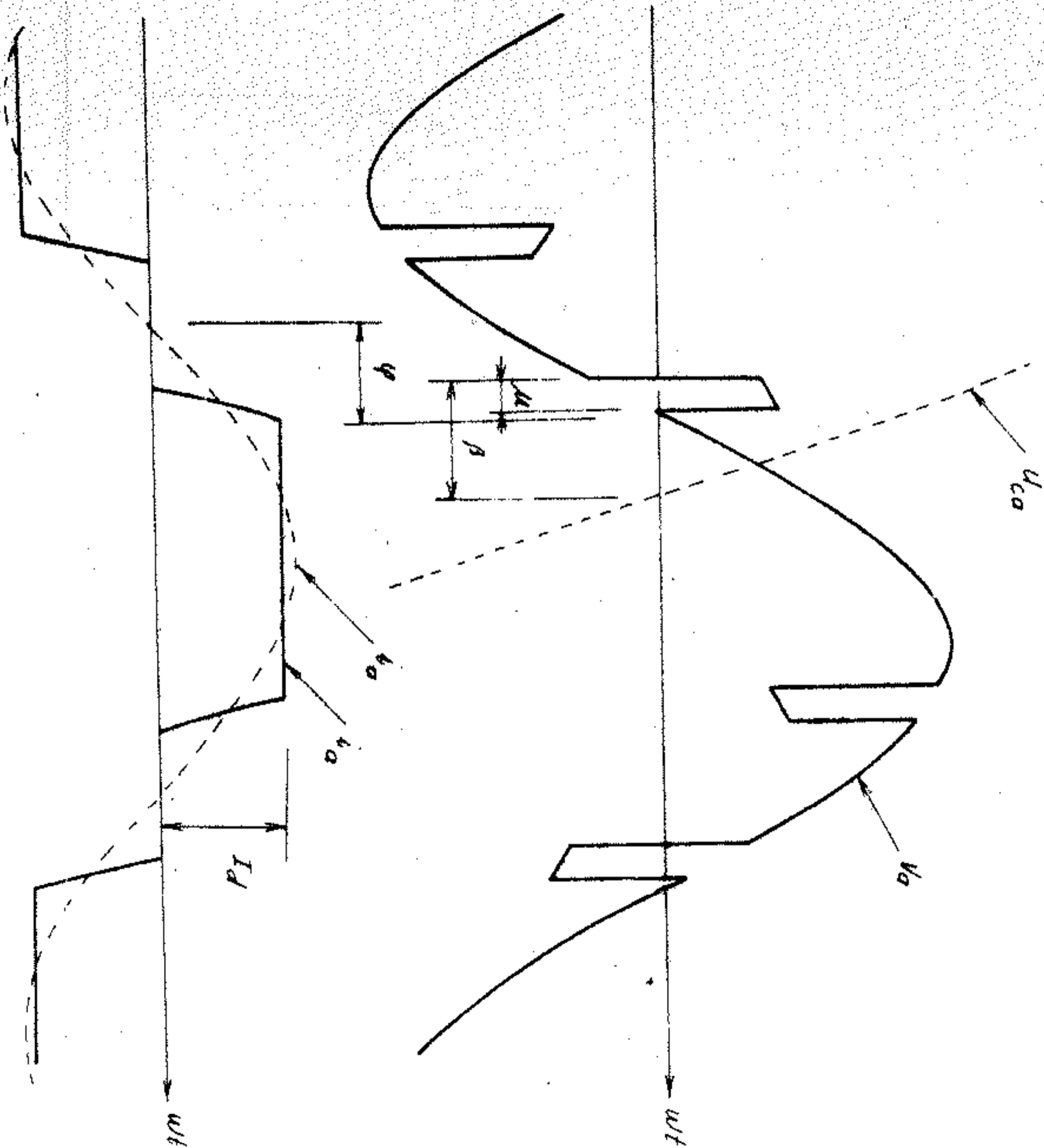
$$M = C_2 I_d. \quad (6-30)$$

Để đảm bảo quan hệ $\frac{U_s}{\omega} = \text{const}$, mạch kích từ cần bố trí thêm bộ điều chỉnh điện áp R_u .

Đồ thị dòng điện và điện áp pha trình bày trên H.6-23.



Hình 1-22 Sơ đồ cấu trúc hệ truyền động cơ đồng bộ BĐ tần số nguồn dòng
 truyền mạch tự nhiên (điều khiển NL thông qua đo điện áp U_a, b, c)



Hình 6-23. Đồ thị dòng điện và điện áp NL khi điều khiển theo góc φ

Chương 7

TÍNH VÀ CHỌN HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

7-1. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG

Nội dung cơ bản của tính chọn hệ truyền động điện bao gồm :

- Xác định công suất động cơ truyền động ;
- Chọn động cơ và loại truyền động ;
- Tính chọn thiết bị mạch lực như : bộ biến đổi, các thiết bị đóng cắt, các mạch lọc v.v... ;
- Tính chọn mạch điều khiển ;
- Tính chọn thiết bị và mạch bảo vệ, đo lường, tin hiệu hóa.

Để có thể thực hiện chính xác các nội dung trên người thiết kế cần phải xác định được những yêu cầu cụ thể đối với hệ truyền động, đó là yêu cầu công nghệ và kinh tế. Trong phần này sẽ dẫn ra những hạng mục cơ bản cần xác định trước khi tính chọn hệ truyền động điện.

T - Các yêu cầu về công nghệ

T_1 - Loại phụ tải truyền động, trong đó cần tính rõ tổng số chu kỳ làm việc trong một giờ, tổng số lần đảo chiều trong một giờ ;

T_2 - Chiều quay ;

T_3 - Giảm độ phụ tải ;

T_{3-1} - Đối với tải liên tục, cần xác định đặc tính tải $M_c(\omega)$ trong giới hạn làm việc ω_{\min} và ω_{\max} .

- T_{3-2} - Đối với tải liên tục, nhưng máy lại thực hiện công nghệ có nhiều giai đoạn khác nhau, thì giản đồ phụ tải phải xác định rõ tại từng điểm làm việc $M_{ct}(\omega_i)$.
- T_{3-3} - Đối với các loại phụ tải còn lại khác, cần phải xây dựng giản đồ phụ tải đầy đủ gồm $M_c(t)$, $\omega(t)$ và $M_c(\omega)$;
- T_4 - Các số liệu yêu cầu về khởi động và hãm truyền động gồm :
- Yêu cầu về gia tốc, giảm tốc ;
 - Các yêu cầu về cơ cấu hãm ;
- T_5 - Sơ đồ động học của thiết bị truyền động với số liệu về mômen quán tính và hộp tốc độ ;
- T_6 - Yêu cầu về tính chất mômen quán tính không đổi $J = \text{const}$ hoặc thay đổi $J = f(\omega)$, $J = f(\varphi)$;
- T_7 - Yêu cầu đối với truyền động trong trạng thái vận hành bất bình thường như hãm khẩn cấp, đảo chiều tức thời hay giảm tốc độ đột ngột ;
- T_8 - Yêu cầu về độ chính xác :
- T_{8-1} - Yêu cầu về độ chính xác tốc độ trong trạng thái tĩnh $\delta_{\omega}^{\%} = \frac{\Delta\omega}{\omega_{dm}} \cdot 100$ [%] ;
- Sai lệch tốc độ cực đại trong trạng thái động khi phụ tải tác động nhảy cấp từ 0 đến định mức $\delta_{\max}^{\%} = \frac{\Delta\omega}{\omega_{dm}} \cdot 100$ [%] ;
 - Tích sai lệch cực đại trong chế độ động với thời gian điều chỉnh tương ứng $\tau_{dc} \cdot \frac{\Delta\omega_{\max}}{\omega_{dm}} \cdot 100$ [%] ;
- T_{8-2} - Độ chính xác vị trí $\pm \Delta\varphi$ [rad], $\pm \Delta S$ [m] ;

T_{8-3} - Độ chính xác điều chỉnh dòng điện (hoặc mômen) theo mục đích công nghệ

$$\frac{\pm \Delta I}{I_{dm}} 100 [\%];$$

T_{8-4} - Độ chính xác điều chỉnh lực kéo $\pm \Delta F$ [N] ;

T_9 - Yêu cầu truyền động nhiều động cơ ;

T_{9-1} - Yêu cầu đồng tốc độ dài $V_1 = V_2$ [m/s]

$$\pm \Delta V_{1,2} = V_1 - V_2 \text{ [m/s],}$$

T_{9-2} - Yêu cầu về giữ tỷ lệ tốc độ

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = K;$$

T_{9-3} - Yêu cầu về độ chính xác dịch chuyển

$$\varphi_1 = \varphi_2 [\text{rad}], \quad S_1 = S_2 \text{ [m]}$$

$$\pm \Delta \varphi_{1,2} = \varphi_1 - \varphi_2, \quad \pm \Delta S_{1,2} = S_1 - S_2 ;$$

T_{10} - Những yêu cầu khác

- Tính chất của thiết kế : Lập nhiệm vụ thiết kế cho một dự án, thiết kế chế tạo, thiết kế lắp ráp hoặc thiết kế để hướng dẫn vận hành.

- Các tiêu chuẩn dùng trong thiết kế : Theo tiêu chuẩn Việt Nam, hay theo tiêu chuẩn quốc tế v.v.

N - Tham số và điều kiện nguồn điện cung cấp cho hệ truyền động.

N_1 - Tham số nguồn điện cung cấp :

Lưới điện xoay chiều 3 ~ 50 Hz, 6kV^e, 3 ~ 50 Hz, 380 V

Lưới điện một chiều 600 V, 1000 V

- $N_{1.1}$ - Độ dao động điện áp lưới, thí dụ 3×380
 $V_{-5\%}^{+10\%}$
- $N_{1.2}$ - Độ dao động tần số $50 \text{ Hz} \pm 1\%$.
- N_2 - Công suất ngắn mạch ;
- $N_{2.1}$ - Công suất ngắn mạch ở nguồn cao áp mà trong đó có cấp cho hệ truyền động.
- $N_{2.2}$ - Giá trị thực của công suất ngắn mạch phục vụ cho việc xác định sụt áp của nguồn ΔU .
- $N_{2.3}$ - Nếu hệ truyền động nối với lưới hạ áp cần xác định rõ tham số của nó. Thí dụ lưới $3 \times 380 \text{ V}$ cấp từ biến thế $1000 \text{ kVA} - 6\text{kV}_{-5\%}^{+10\%}/0,4$ và $\Delta U_K = 5\%$.
- N_3 - Giá trị dòng khởi động cho phép ;
- N_4 - Yêu cầu hạn chế thành phần điều hòa bậc cao dòng và áp ảnh hưởng tới nguồn cung cấp ;
- N_5 - Các yêu cầu đặc biệt khác, thí dụ cần cắt nguồn tự động hay bằng tay khi có sự cố ở lưới hay ở hệ truyền động.
- M - Ảnh hưởng môi trường tới hệ truyền động .
- Môi trường nơi lắp đặt hệ truyền động có ảnh hưởng lớn đến cấu trúc hệ truyền động, cấp cách điện động cơ và buồng điều khiển. Vì vậy ngay từ khi tính chọn đã phải xác định rõ điều kiện môi trường.
- Thí dụ : - Nhiệt độ, -10°C đến 40°C
- Độ cao so với mực nước biển $< 1000 \text{ m}$
 - Độ ẩm tương đối $< 80\%$
 - Độ ẩm tuyệt đối $< 15\text{g/m}^3$

- Bụi < 15 mg m⁻³

- Độ ồn < 70 db

K - Yêu cầu về kết cấu hệ truyền động

K₁ - Yêu cầu về kiểu kín, hay kiểu hở.

K₂ - Dạng lắp ráp : bệ hay mặt bích.

K₃ - Phương pháp làm mát : tự làm mát hay làm mát cưỡng bức,

K₄ - Hạn chế tiếng ồn.

K₅ - Yêu cầu hạn chế không gian, kích thước lắp đặt.

S - Yêu cầu về độ tin cậy, mức độ tự động hóa, trình độ người vận hành và bảo trì.

Độ tin cậy hệ truyền động có liên quan tới chất lượng và độ phức tạp của các phần tử trong hệ. Vì vậy, cần phải tính chọn sao cho hệ truyền động có cấu trúc đơn giản nhất mà đáp ứng được yêu cầu công nghệ.

7-2. PHÁT NÓNG VÀ NGUỘI LẠNH MÁY ĐIỆN

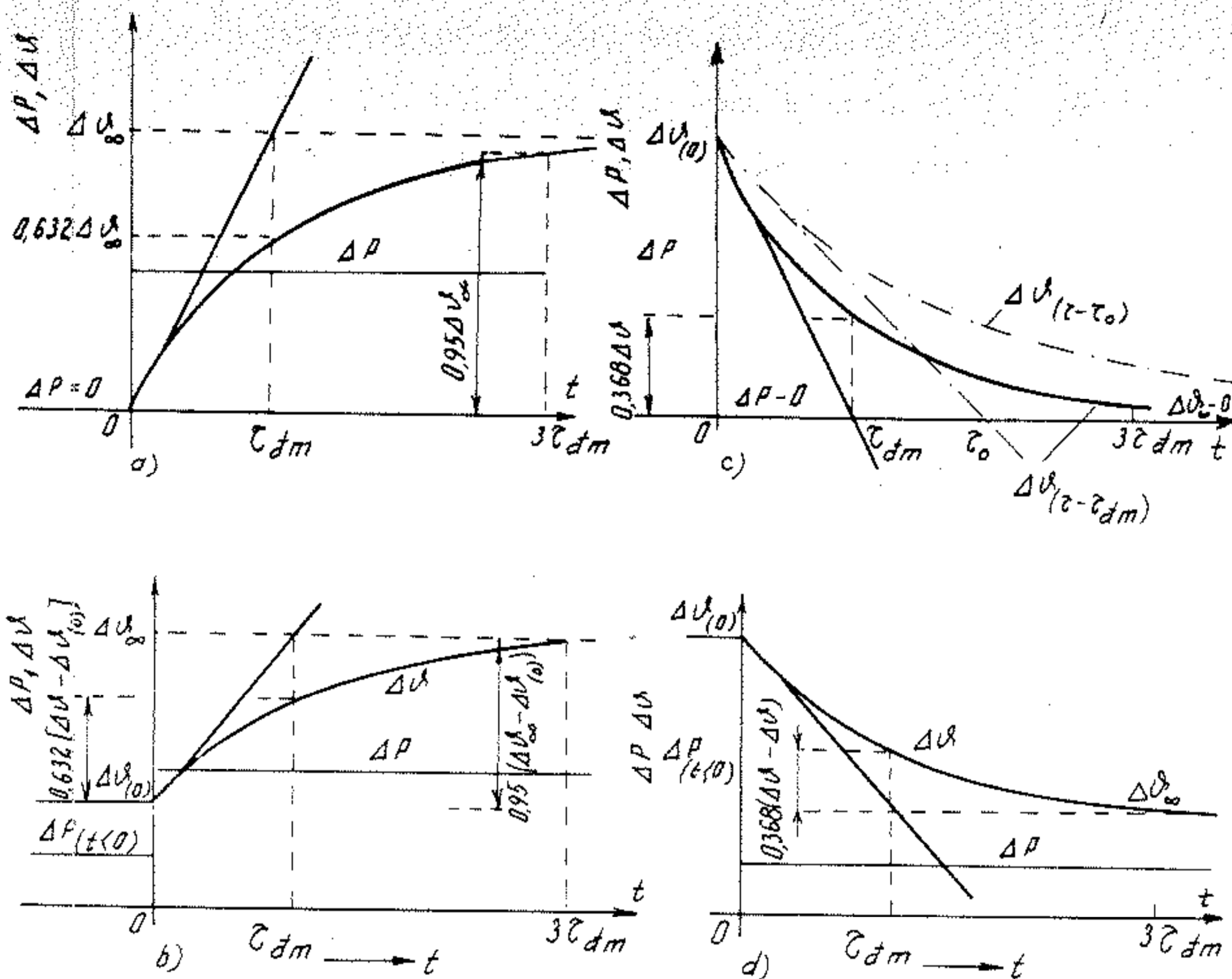
Khi máy điện làm việc, phát sinh các tổn thất ΔP và tổn thất năng lượng $\Delta W = \int_t^0 \Delta P dt$. Tổn thất này sẽ đốt nóng máy điện.

Đối với vật thể đồng nhất, ta có quan hệ

$$\Delta P dt = C dv + A \Delta v dt. \quad (7-1)$$

trong đó Δv - là nhiệt sai giữa máy điện và môi trường 0°C

C - là nhiệt dung của máy điện, là nhiệt lượng cần thiết để :



Hình 7-1. Quá trình phát nóng và nguội lạnh của máy điện.

a) Phát nóng từ nhiệt độ môi trường [$\Delta v_{\infty} = 0$]

$$\Delta v = \Delta v_{\infty}(1 - e^{-t/\tau_{dm}}); \left(\frac{dv}{dt}\right)_0 = \frac{\Delta v_{\infty}}{\tau_{dm}}$$

b) Phát nóng từ nhiệt độ có [$\Delta v_0 \neq 0$]

$$\Delta v = \Delta v_0 + [\Delta v_{\infty} - \Delta v_0(1 - e^{-t/\tau_{dm}})]$$

$$\left(\frac{dv}{dt}\right)_0 = \frac{\Delta v_{\infty} - \Delta v_0}{\tau_{dm}}$$

c) Nguội lạnh đến nhiệt độ môi trường $\Delta v_{\infty} = 0$

$$\Delta v = \Delta v_0 e^{-t/\tau_{dm}}; \left(\frac{dv}{dt}\right)_0 = -\frac{\Delta v_0}{\tau_{dm}}$$

d) Nguội lạnh đến nhiệt độ có [$\Delta v_{\infty} \neq 0$] (tương tự như trường hợp b)

nâng nhiệt độ của máy điện lên 1°C (J/độ).

A – Hệ số tỏa nhiệt (W /độ) phụ thuộc vào tốc độ truyền nhiệt của không khí làm mát máy điện (ở máy điện có quạt làm mát, hệ số A phụ thuộc vào tốc độ quay).

Giải phương trình (7-1), ta nhận được

$$\Delta v = \Delta v_{(0)} + [\Delta v_{\infty} - \Delta v_{(0)}](1 - e^{-t/\tau}) \quad (7-2)$$

trong đó:

$\Delta v_{(0)}$ là nhiệt sai ban đầu

Δv_{∞} là nhiệt sai ổn định; $\Delta v_{\infty} = \frac{\Delta P}{A}$

τ là hằng số thời gian phát sóng (s).

Trên H.7-1 biểu diễn quá trình phát nóng và nguội lạnh máy điện khi tổn thất ΔP tăng nhảy cấp.

Giá trị của hằng số thời gian phát nóng định mức τ_{dm} thường ở giới hạn :

- Máy nhỏ kiểu hở : 5 ÷ 20 phút
- Máy trung bình quạt gió ngoài, kiểu hở : 20 ÷ 40 phút
- Máy lớn quạt gió ngoài, kiểu hở : 30 ÷ 50 phút
- Máy kiểu kín làm mát bề mặt : G_0 ÷ 120 phút
- Máy kín chống nổ : 120 ÷ 240 phút.

7-3. CÁC CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Căn cứ vào đặc tính phát nóng và nguội lạnh của máy điện, người ta chia chế độ làm việc của truyền động thành ba loại : Dài hạn, ngắn hạn và ngắn hạn lặp lại (xem H.7-2).

a) Chế độ dài hạn : Do phụ tải duy trì trong thời gian dài, cho nên nhiệt độ của động cơ đủ thời gian đạt tới trị số ổn định.

b) Chế độ ngắn hạn : Do phụ tải duy trì trong thời gian ngắn,

thời gian nghỉ dài, cho nên nhiệt độ động cơ chưa kịp đạt tới giá trị ổn định và nhiệt độ động cơ sẽ giảm về giá trị ban đầu.

c) Chế độ ngắn hạn lặp lại: Phụ tải có tính chất chu kỳ, thời gian làm việc và nghỉ xen kẽ nhau. Nhiệt độ động cơ chưa tăng đến trị số ổn định thì được giảm do mất tải; Nhiệt độ động cơ suy giảm chưa về giá trị ban đầu thì lại tăng lên do có tải. Do vậy, người ta đưa ra khái niệm thời gian đóng điện tương đối:

$$\varepsilon\% = \frac{t_{lv}}{t_{c.kỳ}} \cdot 100\%, \quad (7-3)$$

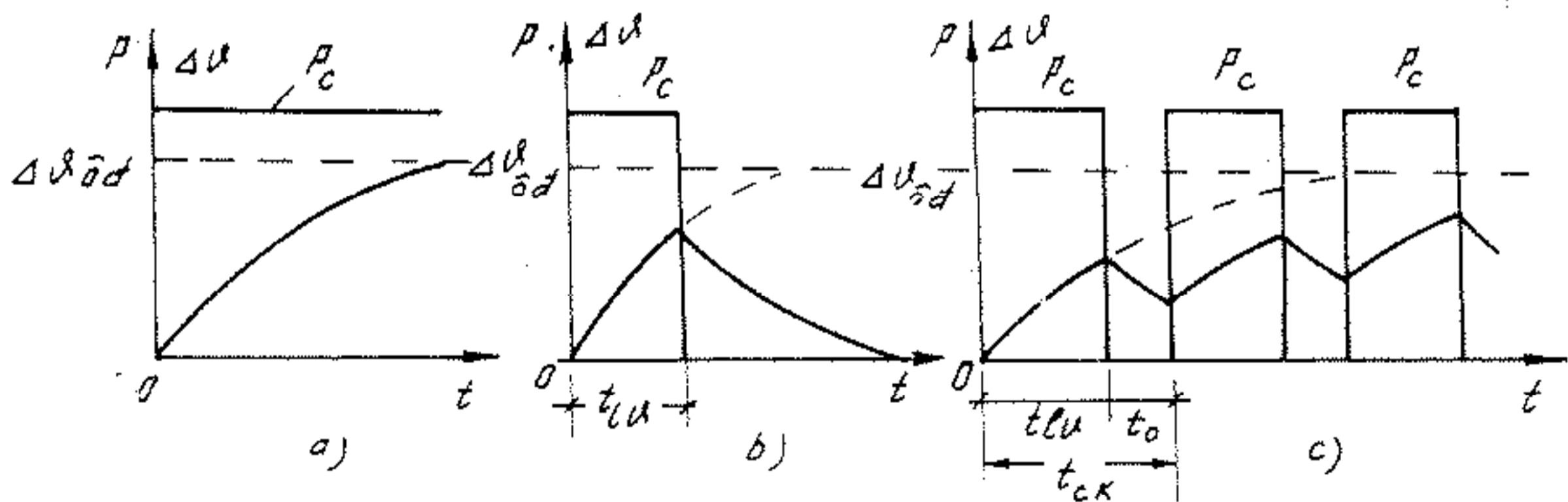
trong đó : t_{lv} : thời gian làm việc có tải

$t_{c.kỳ} = t_{lv} + t_{nghỉ}$ là thời gian của một chu kỳ.

7-4. CHỌN CÔNG SUẤT ĐỘNG CƠ CHO NHỮNG TRUYỀN ĐỘNG KHÔNG ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ

Để chọn công suất động cơ, chúng ta cần phải biết đồ thị phụ tải $M_c(t)$ và $P_c(t)$ đã quy đổi về trục động cơ và giá trị tốc độ yêu cầu.

Từ biểu đồ phụ tải, ta tính chọn sơ bộ động cơ theo công suất; tra ở trong sổ tay tra cứu ta có đầy đủ các tham số của động cơ. Từ đó tiến hành xây dựng đồ thị phụ tải chính xác (trong các chế độ tĩnh, khởi động và hãm).



Hình 7-2. Phân loại các chế độ làm việc của truyền động điện.

a) Dài hạn; b) Ngắn hạn; c) Ngắn hạn lặp lại.

Dựa vào đồ thị phụ tải chính xác, tiến hành kiểm nghiệm động cơ đã chọn.

7-4.1. Chọn công suất động cơ làm việc dài hạn.

Đối với phụ tải dài hạn có loại không đổi (H.7-4a) và loại biến đổi (H.7-4b).

a) Phụ tải dài hạn không đổi: Động cơ cần chọn phải có công suất định mức $P_{dm} \geq P_c$ và ω_{dm} phù hợp với tốc độ yêu cầu. Thông thường $P_{dm} = (1 - 1,3)P_c$. Trong trường hợp này việc kiểm nghiệm động cơ đơn giản: Không cần kiểm nghiệm quá tải về mô men, nhưng cần phải kiểm nghiệm điều kiện khởi động và phát nóng.

b) Phụ tải dài hạn biến đổi: Để chọn được động cơ phải xuất phát từ đồ thị phụ tải tính ra giá trị trung bình của mô men hoặc công suất.

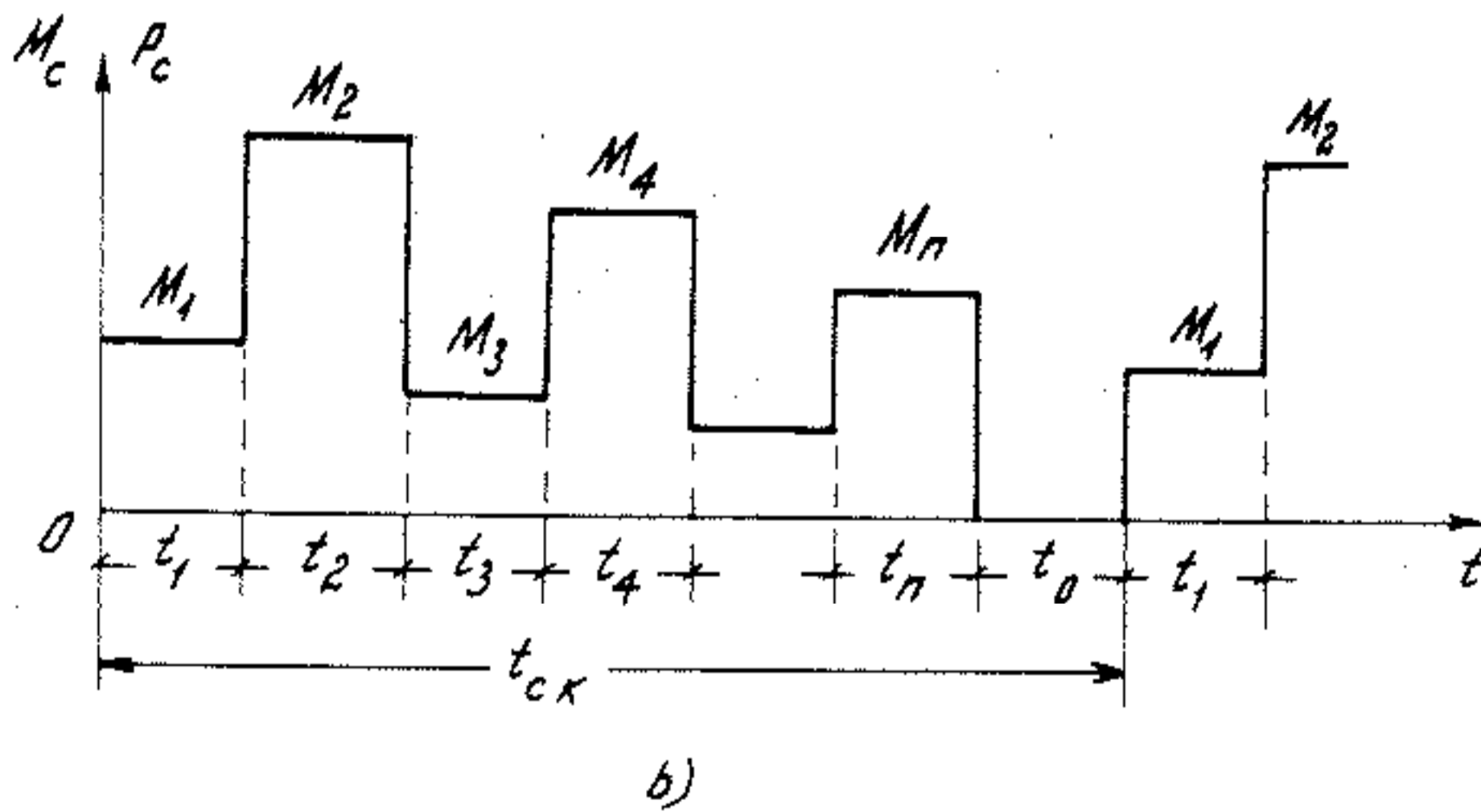
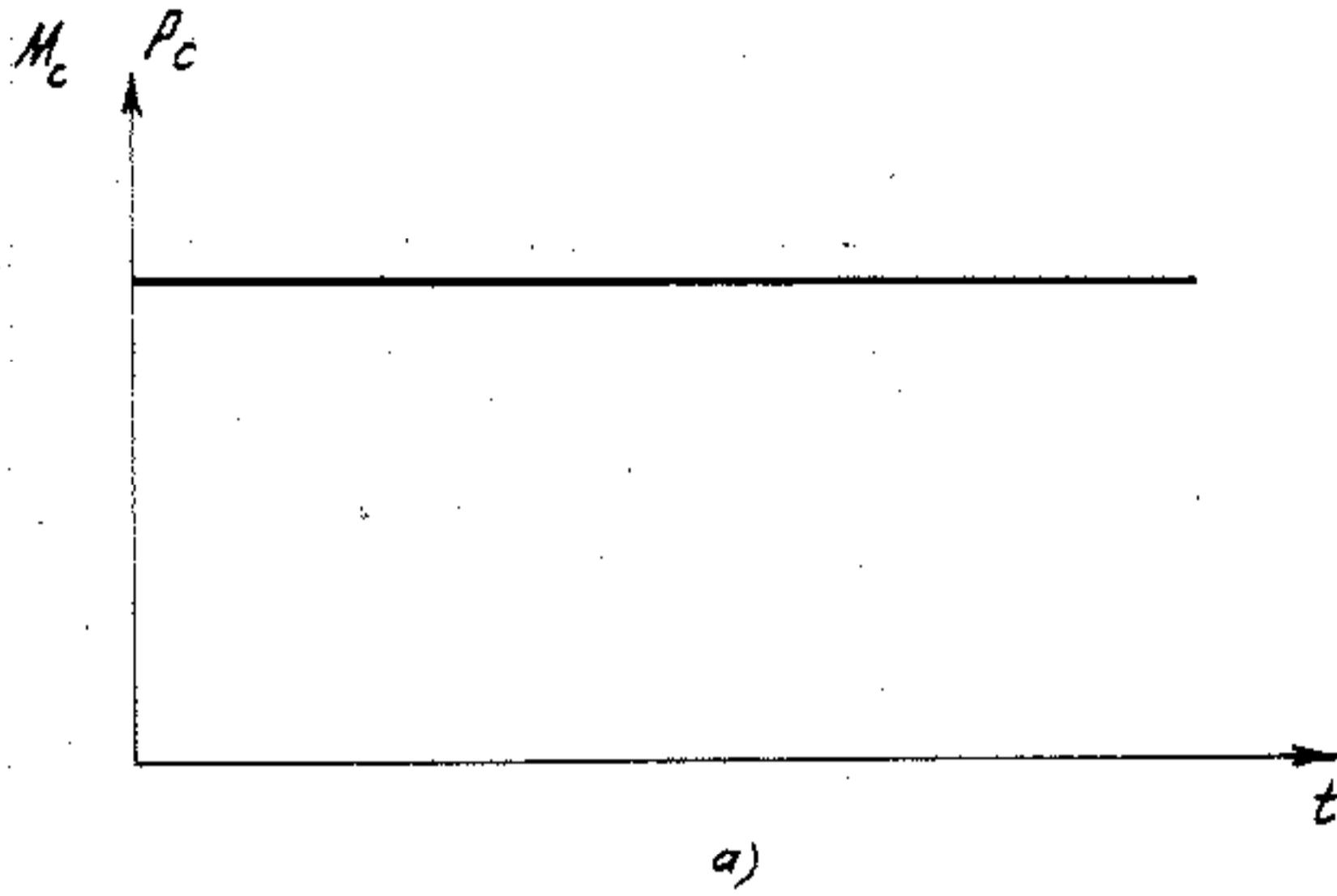
$$M_{tb} = \frac{\sum_0^n M_i t_i}{\sum_0^n t_i} \quad (7-4)$$
$$P_{tb} = \frac{\sum_0^n P_i t_i}{\sum_0^n t_i}$$

động cơ chọn phải có : $M_{dm} = (1 \div 1,3)M_{tb}$
 $P_{dm} = (1 \div 1,3) P_{tb}$

Điều kiện kiểm nghiệm : kiểm nghiệm phát nóng, quá tải về mômen và khởi động.

7-4.2. Chọn công suất động cơ làm việc ngắn hạn

Trong chế độ làm việc ngắn hạn có thể sử dụng động cơ dài hạn hoặc sử dụng động cơ chuyên dùng cho chế độ làm việc ngắn hạn.



Hình 7-4. Đồ thị phụ tải. a) Phụ tải dài hạn không đổi; b) Phụ tải dài hạn biến đổi.

Biểu đồ phụ tải ngắn hạn tính tại trục động cơ được trình bày trên H.7-5.

a) Chọn công suất động cơ dài hạn làm việc ở chế độ ngắn hạn.

Giả thiết động cơ dài hạn được chọn có công suất định mức P_{dm} và mô men định mức M_{dm} . Chắc chắn rằng trong chế độ ngắn hạn với thời gian t_{lv} , có thể tăng công suất phụ tải đến giá trị $P_{lv} = x P_{dm}$ hay $M_{lv} = x M_{dm}$, khi đó phải tính toán thời gian làm việc t_{lv} sao cho phát nóng động cơ đạt giá trị cho phép.

$$\Delta\vartheta_{cf} = \frac{\Delta P_{dm}}{A_{dm}} = \frac{K_{dm} + V_{dm}}{A_{dm}}, \quad (7-5)$$

trong đó K_{dm} là tổn thất định mức bất biến,

V_{dm} là tổn thất định mức biến đổi.

Giá trị phát nóng ổn định khi động cơ làm việc với công suất P_{lv} là :

$$\Delta\vartheta'_{od} = \frac{\Delta P_{lv}}{A_{dm}} = \frac{K_{dm} + x^2 V_{dm}}{A_{dm}} \quad (7-6)$$

Xuất phát từ đường cong phát nóng $\Delta\vartheta(t)$, có thể xác định

$$\Delta\vartheta_{max} = \Delta\vartheta_{cf} = \Delta\vartheta'_{od} (1 - e^{-t_{lv}/T}) \quad (7-7)$$

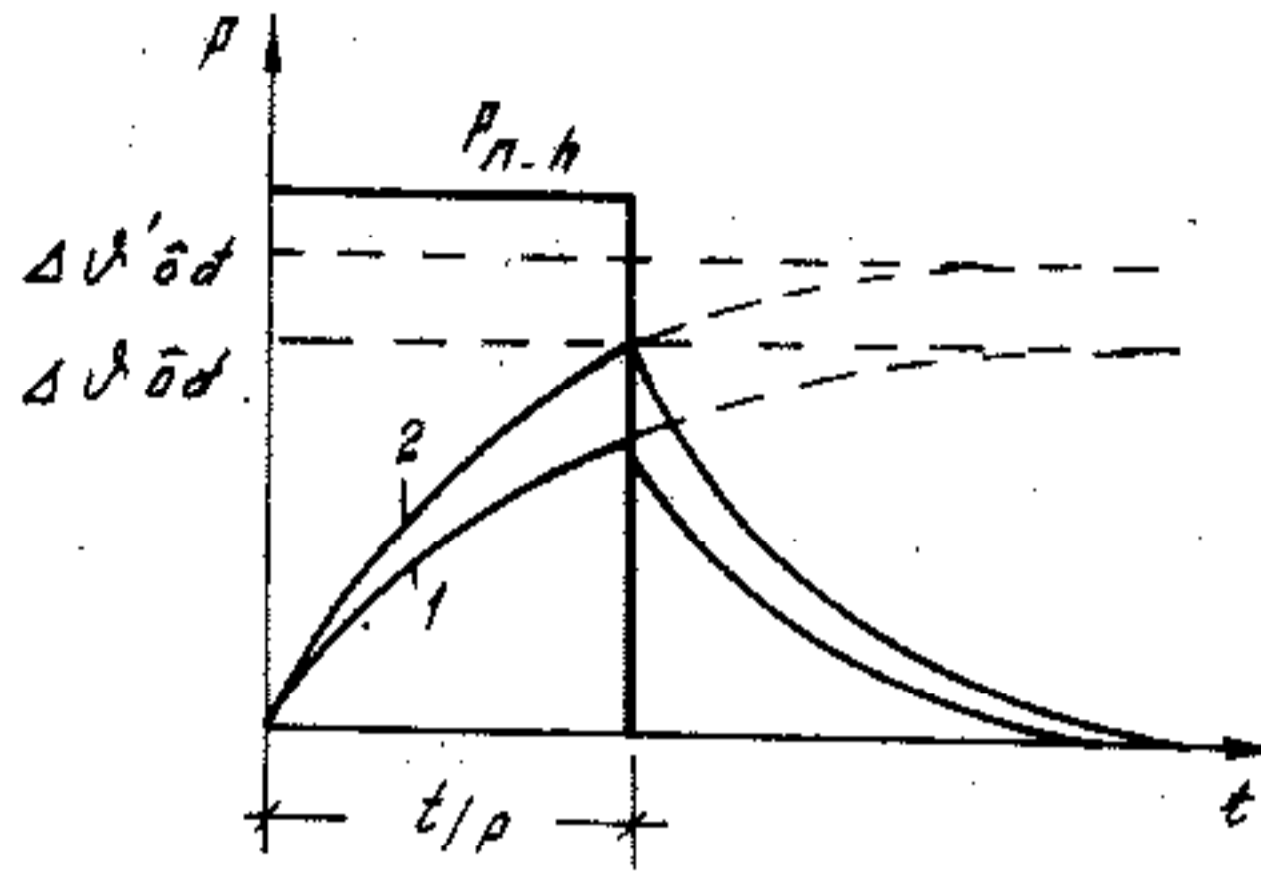
đồng thời ta đặt $\gamma = \frac{K_{dm}}{V_{dm}}$ và $x = \frac{M}{M_{dm}}$ sau khi biến đổi, tìm được giá

trị mômen M_{lv} cho phép trong thời gian t_{lv}

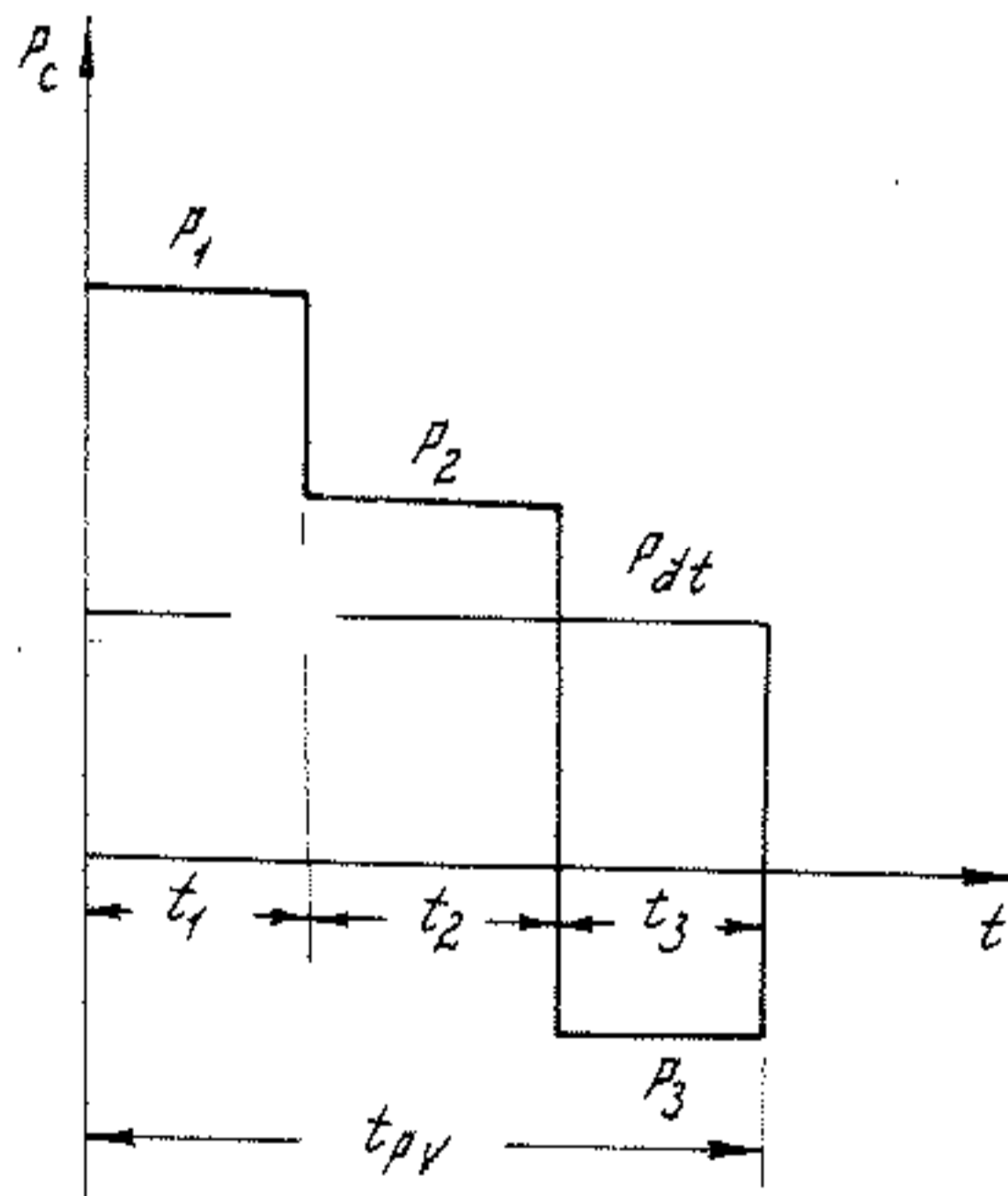
$$M_{lv} = M_{dm} \sqrt{\frac{\gamma + 1}{1 - e^{-t_{lv}/T}} - \gamma} \quad (7-8)$$

Giá trị M_{lv} tìm được không được vượt quá giá trị cho phép theo điều kiện quá tải về mômen của động cơ.

Từ biểu thức (7-8) tìm được thời gian làm việc, trong thời gian này động cơ có thể làm việc với M_{lv}



Hình 7-5. Đồ thị phụ tải ngắn hạn không đổi và đường cong phát nóng nguội lạnh của động cơ ở chế độ ngắn hạn. Đường 1: $P_{dm} = P_{lv}$; Đường 2: $P_{dm} < P_{lv}$.



Hình 7-6. Đồ thị phụ tải ngắn hạn biến đổi.

$$t_{lv} = \frac{1}{T} \frac{M_{dm}^2 M_{lv}}{M_{lv}^2 - M_{dm}^2} \quad (7-9)$$

Nếu phụ tải biến đổi như trên H.7-6 thì giá trị mô men có tính bằng công thức đẳng trị

$$M_{dt} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + M_n^2 t_n}{t_{lv}}} \quad (7-10)$$

Để chọn công suất động cơ dài hạn làm việc với phụ tải ngắn hạn ta phải dựa vào công suất làm việc yêu cầu P_{lv} và giả thiết hệ số quá tải công suất x để chọn sơ bộ động cơ dài hạn. Từ đó có thể xác định được thời gian làm việc cho phép động cơ vừa chọn. Việc tính chọn đó được tính lặp lại nhiều lần làm sao cho t_{lv} tính toán $\leq t_{lv}$ yêu cầu.

b) *Chọn động cơ ngắn hạn làm việc với phụ tải ngắn hạn.*

Động cơ ngắn hạn được chế tạo có thời gian làm việc tiêu chuẩn là 15, 30, 60, 90 phút. Như vậy ta phải chọn $t_{lv} = t_{chuẩn}$ và công suất động cơ $P_{dm\ chọn} \geq P_{lv}$ hay $M_{dm\ chọn} \geq M_{lv}$.

Nếu $t_{lv} \neq t_{chuẩn}$ thì sơ bộ chọn động cơ có $t_{chuẩn}$ và P_{dm} gần với giá trị t_{lv} và P_{lv} . Sau đó xác định tổn thất động cơ ΔP_{dm} với công suất P_{dm} và ΔP_{lv} với P_{lv} . Quy tắc chọn động cơ là

$$\Delta P_{dm} \geq \frac{1 - e^{t_{lv}/T}}{1 - e^{-t_{ch}/T}} \Delta P_{lv} \quad (7-11)$$

Đồng thời tiến hành kiểm nghiệm động cơ theo điều kiện quá tải về mô men và mô men khởi động, cũng như điều kiện phát nóng.

7-4.3. Chọn công suất động cơ cho phụ tải ngắn hạn lặp lại

Biểu đồ phụ tải ngắn hạn lặp lại được trình bày trên (H.7-7) Sau một thời gian, nhiệt sai động cơ sẽ ổn định có hai giá trị $\Delta \vartheta_{min}$ và $\Delta \vartheta_{max}$.

Cũng tương tự như trong trường hợp phụ tải ngắn hạn, ta có thể chọn động cơ dài hạn làm việc với phụ tải ngắn hạn lặp lại hoặc

chọn động cơ chuyên dụng ngắn hạn lặp lại.

a) *Tính chọn công suất động cơ dài hạn làm việc với phụ tải ngắn hạn lặp lại:*

Thường động cơ dài hạn được chọn ở công suất $P_{dm} \leq P_{lv}$ để tận dụng hết khả năng phát nóng cho phép của động cơ. Như vậy hệ số quá tải về nhiệt độ được tính.

$$\delta = \frac{\Delta P_{lv}}{\Delta P_{dm}} = \frac{\Delta \vartheta'_{od}}{\Delta \vartheta_{max}} \quad (7-12)$$

trong đó $\Delta \vartheta'_{od}$ và $\Delta \vartheta_{max}$ được định nghĩa trong (7-6) và (7-7)

Xuất phát từ đường cong phát nóng ta có

$$\delta = \frac{\Delta v'_{od}}{\Delta v_{max}} = \frac{1 - e^{-t_{lv}/\varepsilon'\tau}}{1 - e^{-t_{lv}/\tau}}, \quad (7-13)$$

trong đó τ - hằng số thời gian phát nóng của động cơ.

$$\varepsilon' = \frac{t_{lv}}{t_{lv} + \beta t_0} \quad \text{và} \quad \beta = \frac{\tau}{\tau_0}, \quad (7-14)$$

β là hệ số xét đến điều kiện làm mát bị xấu đi trong thời gian nghỉ τ_0 ($\beta = 0,5$ đối với máy một chiều; $\beta = 0,25$ đối với máy không đồng bộ).

Để chọn được động cơ dài hạn làm việc với phụ tải ngắn hạn lặp lại, ta dựa vào đồ thị phụ tải để có p_{lv} yêu cầu t_{lv} , t_0 từ đó chọn sơ bộ công suất động cơ để có τ và τ_0 để tính ε' và cuối cùng là δ . Sử dụng phương pháp tính lặp sao cho $\frac{\Delta P_{lv}}{\delta} \leq \Delta P_{dm}$ của động cơ chọn thì kết thúc việc tính chọn.

b) *Tính chọn công suất động cơ ngắn hạn lặp lại cho phụ tải ngắn hạn lặp lại.*

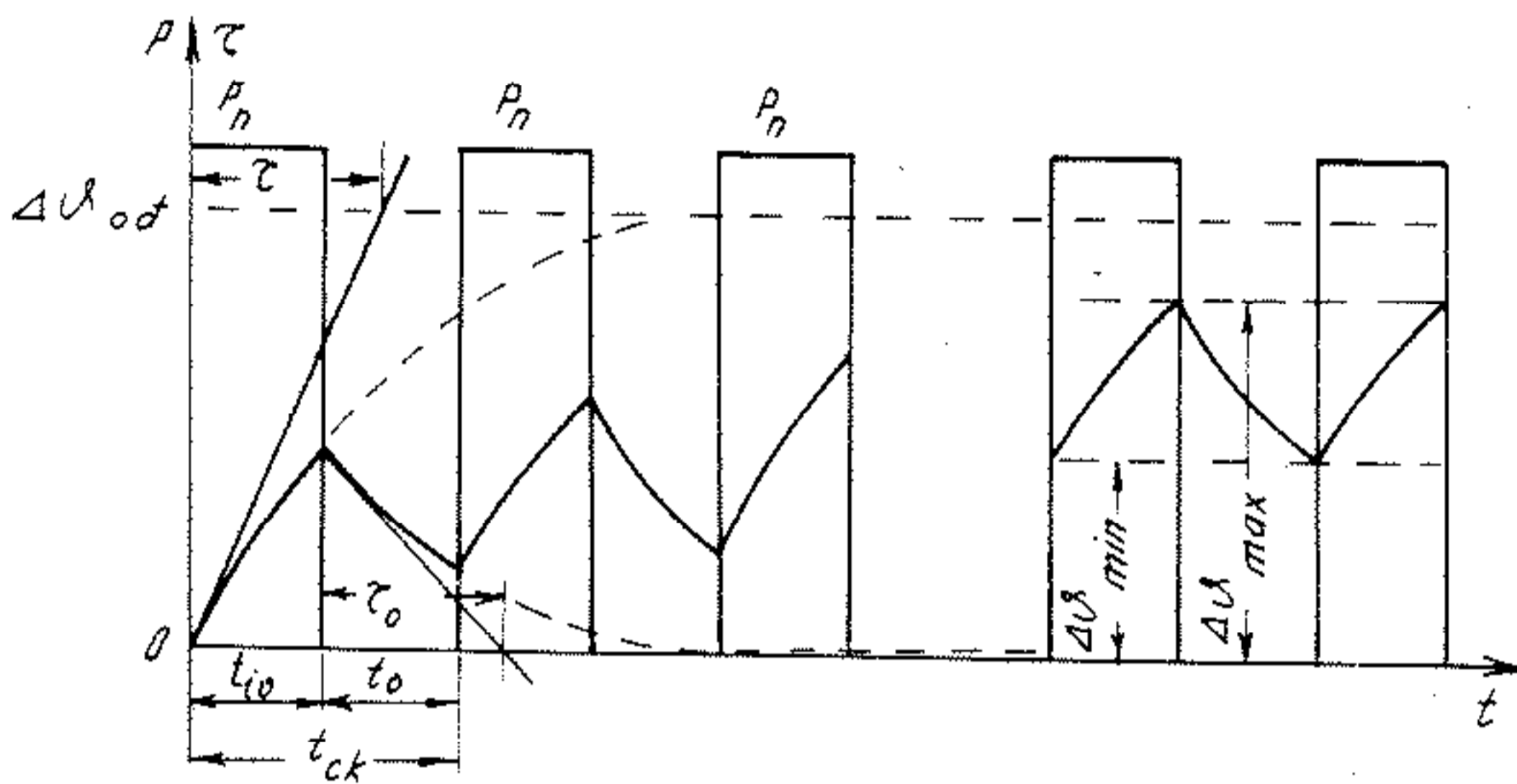
Động cơ ngắn hạn lặp lại, được chế tạo chuyên dụng có độ bền cơ khí cao, quán tính nhỏ (để đảm bảo chế độ khởi động và hãm thường

xuân) và khả năng quá tải lớn (từ 2,5 ÷ 3,5). Đồng thời được chế tạo chuẩn với thời gian đóng điện $\varepsilon\% = 15\%, 25\%, 40\%$ và 60%.

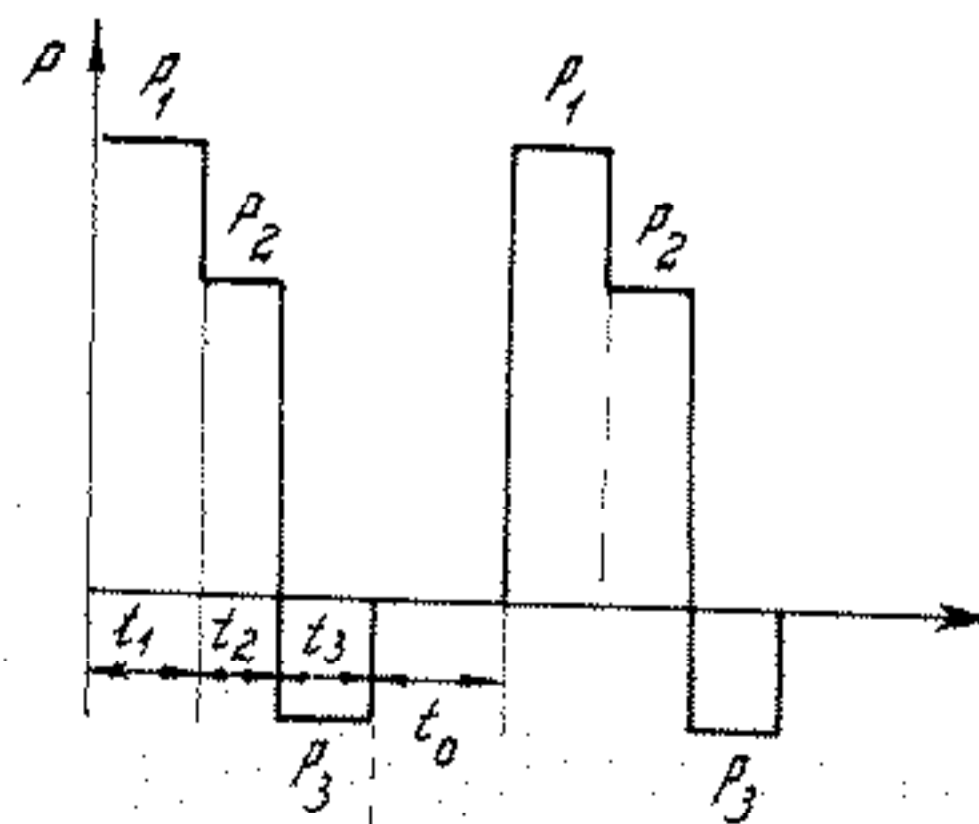
Động cơ được chọn cần có hai tham số

$$P_{dm \text{ chọn}} \geq P_{lv}$$

$\varepsilon\%_{dm}$ chọn phù hợp với $\varepsilon\%$ làm việc



Hình 7-7. Đồ thị phụ tải ngắn hạn lặp lại không đối và các đường cong phát nóng nguội lạnh của động cơ.



Hình 7-8. Đồ thị phụ tải ngắn hạn lặp lại biến đổi.

Trong trường hợp $\varepsilon_{lv}^{\%}$ không phù hợp với $\varepsilon_{dm\ chọn}^{\%}$ thì cần hiệu chỉnh lại công suất định mức theo công thức :

$$P_{dm\ chọn} = P_{lv} \sqrt{\frac{\varepsilon_{lv}^{\%}}{\varepsilon_{dm\ chọn}^{\%}}} \quad (7-15)$$

Ghi chú: Trong trường hợp phụ tải biến đổi như trên H.7-8 thì ta phải dùng công thức tính các đại lượng đẳng trị

$$P_{dt} = \sqrt{\frac{\sum_0^n P_i^2 t_i}{\sum t_i}} \quad (7-16)$$

$$\varepsilon_{dt}^{\%} = \frac{\sum t_i}{\sum t_i \sum t_{i0}} \quad (7-17)$$

Sau đó phải kiểm tra về mô men quá tải, mô men khởi động và phát nóng.

7-5. TÍNH CHỌN CÔNG SUẤT ĐỘNG CƠ CHO TRUYỀN ĐỘNG CÓ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ

Để tính chọn công suất động cơ trong trường hợp này cần phải biết những yêu cầu cơ bản sau:

- Đặc tính phụ tải $P_{yc}(\omega)$, $M_{yc}(\omega)$ và đồ thị phụ tải: $P_c(t)$, $M_c(t)$, $\omega(t)$;
- Phạm vi điều chỉnh tốc độ : ω_{max} và ω_{min}
- Loại động cơ (một chiều hoặc xoay chiều) dự định chọn.
- Phương pháp điều chỉnh và bộ biến đổi trong hệ thống truyền động đó cần phải định hướng xác định trước.

Hai yêu cầu trên nhằm xác định những tham số $P_{yc\ max}$ và $M_{yc\ max}$. Ví dụ đối với phụ tải truyền động yêu cầu trong phạm vi điều

chính, $P = \text{hằng số}$ (xem H.7-9a).

Ta có công suất yêu cầu cực đại $P_{\max} = P_{\text{đm}} = \text{const}$, nhưng mômen yêu cầu cực đại lại phụ thuộc vào phạm vi điều chỉnh

$$M_{\max} = \frac{P_{\text{đm}}}{\omega_{\min}}$$

Đối với phụ tải truyền động yêu cầu trong phạm vi điều chỉnh, $M = \text{const}$ (xem H.7-9b). Ta có công suất yêu cầu cực đại $P_{\max} = M_{\text{đm}} \cdot \omega_{\max}$.

Hai yêu cầu về loại động cơ và loại truyền động có ý nghĩa đặc biệt quan trọng. Nó xác định kích thước công suất lắp đặt truyền động, bởi vì hai yêu cầu này cho biết hiệu suất truyền động và đặc tính điều chỉnh $P_{\text{đc}}(\omega)$, $M_{\text{đc}}(\omega)$ của truyền động. Thông thường các đặc tính điều chỉnh này thường phù hợp với đặc tính phụ tải yêu cầu $P_{\text{yc}}(\omega)$, $M_{\text{yc}}(\omega)$ (xem H.7-10).

Tuy vậy có trường hợp, người ta thiết kế hệ truyền động có đặc tính điều chỉnh không phù hợp chỉ vì mục đích đơn giản cấu trúc điều chỉnh.

Ví dụ: Đối với tải $P = \text{const}$, khi sử dụng động cơ một chiều, phương pháp điều chỉnh thích hợp là điều chỉnh từ thông kích từ. Nhưng ta dùng phương pháp điều chỉnh điện áp phần ứng thì khi tính chọn công suất động cơ cần phải xét yêu cầu M_{\max} (H.7-11). Như vậy công suất động cơ lúc đó không phải là $P_{\text{đm}} = P_{\text{yc}}$ mà

$$P_{\text{đm}} = M_{\max} \cdot \omega_{\max} = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} \cdot P_{\text{yc}} = D \cdot P_{\text{yc}} \quad (7-18)$$

Như vậy công suất đặt sẽ lớn hơn D lần so với P_{yc} .

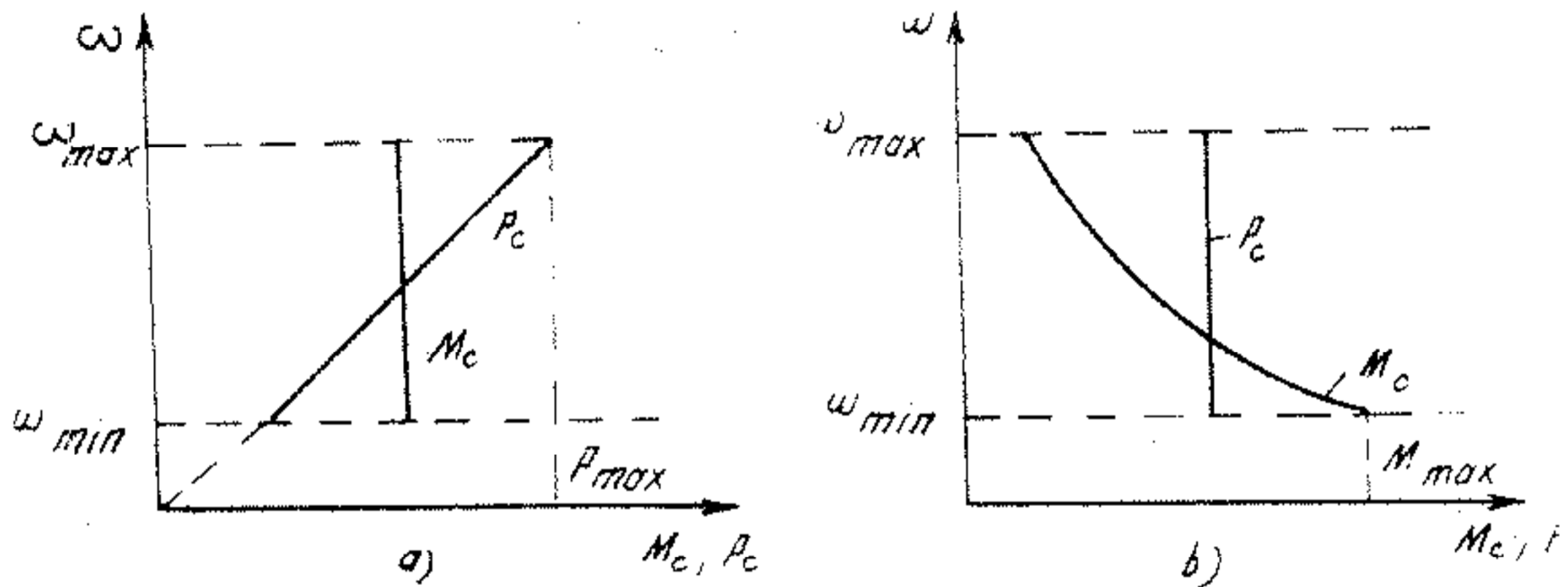
Mặt khác việc tính chọn công suất động cơ còn phụ thuộc vào phương pháp điều chỉnh tốc độ, ví dụ cùng một loại động cơ như động cơ không đồng bộ, mỗi phương pháp điều chỉnh khác nhau có đặc tính hiệu suất truyền động khác nhau (xem 7-4.3), phương pháp điều chỉnh điện áp dùng tiristo có hiệu suất rất thấp so với phương pháp điều chỉnh tần số dùng bộ biến đổi tiristo. Vì vậy khi

tính chọn công suất động cơ bắt buộc phải xét tới tổn thất công suất ΔP và tiêu thụ công suất phản kháng Q trong suốt dải điều chỉnh.

Do vậy việc tính chọn công suất động cơ cho truyền động cơ điều chỉnh tốc độ cần phải gắn với một hệ truyền động chọn trước để có đầy đủ các yêu cầu cơ bản cho việc tính chọn.

7-6. KIỂM NGHIỆM CÔNG SUẤT ĐỘNG CƠ

Việc tính chọn công suất động cơ phần 7-4 và 7-5 được coi là giai đoạn chọn sơ bộ ban đầu. Để khẳng định chắc chắn việc tính chọn đó là chấp nhận được ta cần phải kiểm nghiệm lại việc tính chọn đó.



Hình 7-9. Đồ thị công suất và mômen cân tính của các truyền động điện điều chỉnh với $M_c = \text{const}$ (a), và $P_c = \text{const}$ (b).

Yêu cầu về kiểm nghiệm việc tính chọn công suất động cơ gồm có:

- Kiểm nghiệm phát nóng :

$$\Delta \vartheta \leq \Delta \vartheta_{cf}$$

- Kiểm nghiệm quá tải về mômen

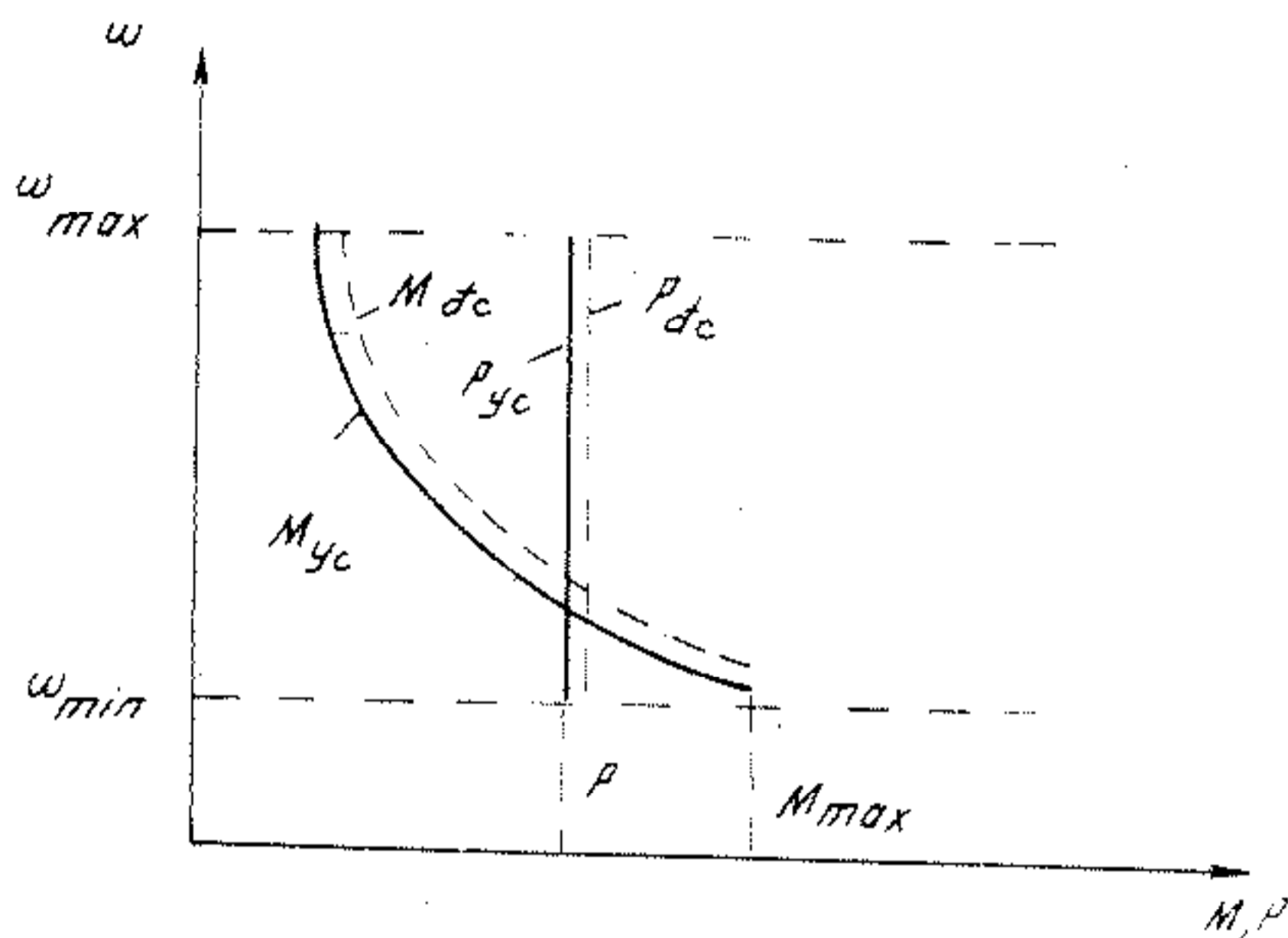
$$M_{dm \text{ đ/c}} > M_{c \text{ max}}$$

- Kiểm nghiệm mô men khởi động

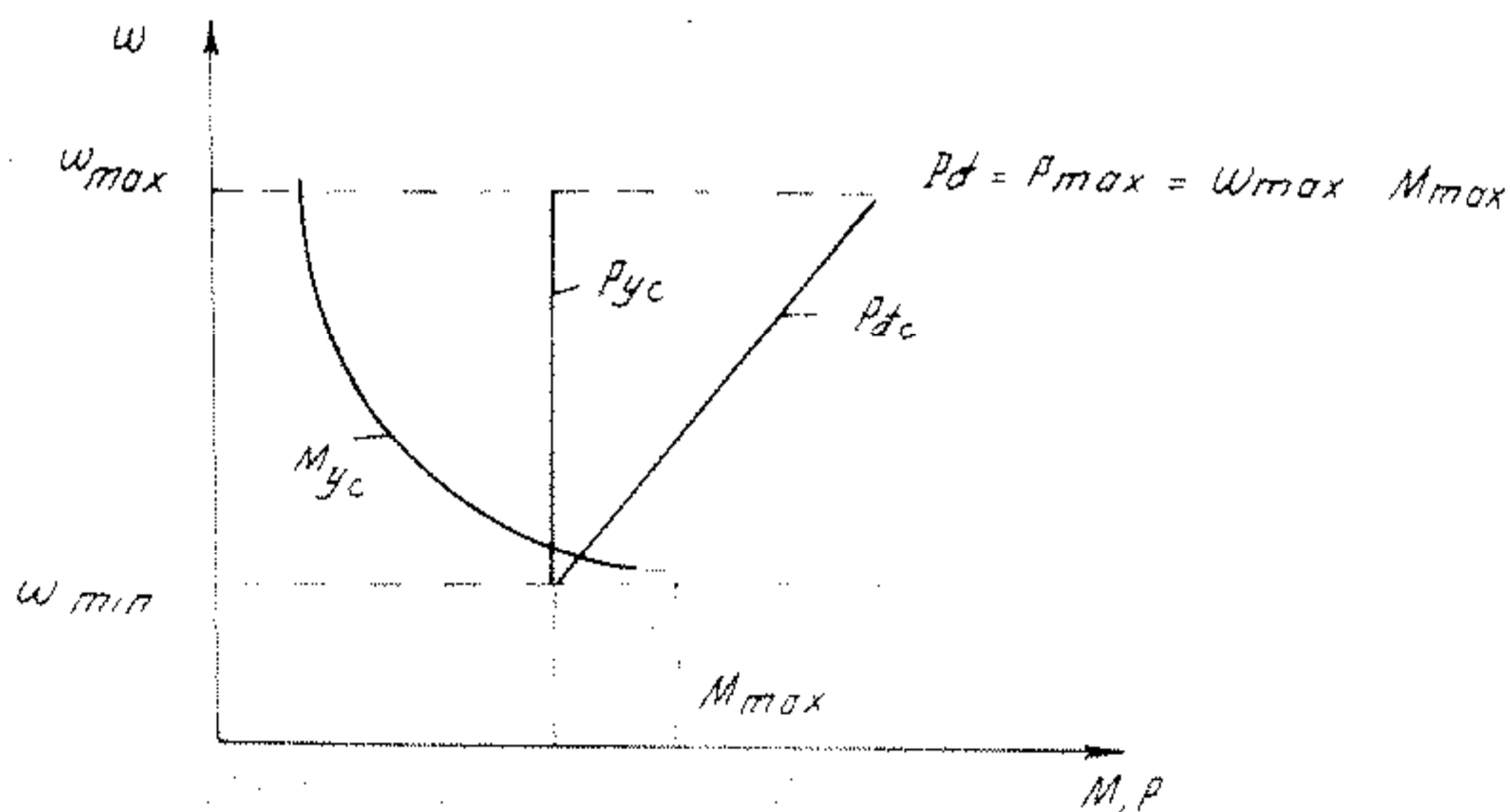
$$M_{kd \text{ đ/c}} \geq M_{c \text{ mở máy}}$$

Ta thấy rằng việc kiểm nghiệm theo yêu cầu quá tải về mômen

và mô men khởi động có thể thực hiện dễ dàng. Riêng về yêu cầu kiểm nghiệm phát nóng là khó khăn, không thể tính toán phát nóng động cơ một cách chính xác được (vì tính phát nóng động cơ là bài



Hình 7-10. Đặc tính phụ tải yêu cầu M_{yc} và P_{yc} (đường nét liền). Đặc tính điều chỉnh M_{dc} và P_{dc} (đường nét đứt) phù hợp với phụ tải.



Hình 7-11. Đặc tính chọn công suất động cơ có đặc tính điều chỉnh không phù hợp

toán phức tạp). Tuy vậy gần đúng có thể sử dụng các phương pháp kiểm nghiệm phát nóng gián tiếp qua đại lượng điện.

a) Kiểm nghiệm phát nóng động cơ bằng phương pháp tổn thất trung bình: Xuất phát từ biểu thức :

$$\Delta v_i = \frac{\Delta P_i}{A} (1 - e^{-t/\tau}) + \Delta v_{bđi} e^{-t/\tau} \quad (7-19)$$

Thay thế các giá trị tổn thất công suất Δp_i ở các giai đoạn vào (7-19) và tính toán gần đúng ta có tổn thất trung bình:

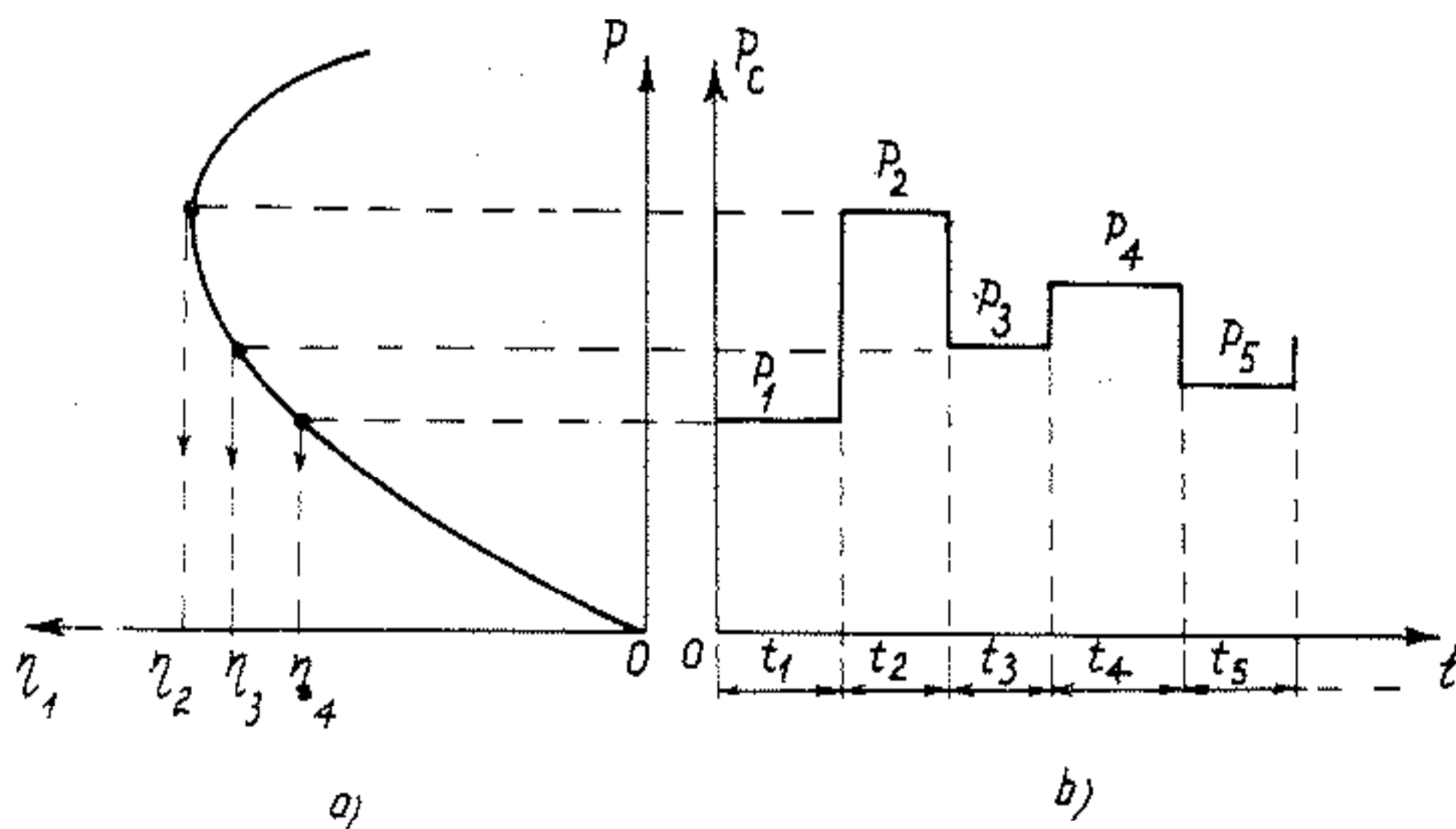
$$\Delta P_{tb} = \frac{\Delta P_1 t_1 + \Delta P_2 t_2 + \dots + \Delta P_i t_i}{t_1 + t_2 + \dots + t_i}$$

Như vậy ta có điều kiện kiểm nghiệm, nếu

$$\Delta P_{tb} \leq \Delta P_{đm \text{ đ/c}} \quad (7-20)$$

thì động cơ chọn thỏa mãn điều kiện phát nóng.

Việc tính ΔP_i dựa vào đồ thị $P(t)$ và $\rho(\eta)$ của động cơ (xem H.7-12), và $\Delta P_{đm \text{ đ/c}}$ được xác định theo công thức



Hình 7-12. Đường cong hiệu suất của động cơ (a), đồ thị phụ tải (b) và cách xác định η .

$$\Delta P_{\text{đm đ/c}} = P_{\text{đm}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{đm}}}{\eta_{\text{đm}}} \quad (7-21)$$

Chú ý đối với động cơ có quạt gió tự làm mát trong biểu thức (7-20) phải tính đến khả năng suy giảm của truyền nhiệt khi dừng máy, khi khởi động và hãm. Ta có

$$\Delta P_{\text{tb}} = \frac{\sum_1^n P_i t_i}{\alpha \sum t_k + \beta \sum t_o + \sum t_{lv}}, \quad (7-22)$$

trong đó :

α là hệ số giảm truyền nhiệt khi khởi động và hãm,

$\alpha = 0,75$ đối với động cơ một chiều,

$\alpha = 0,5$ động cơ xoay chiều;

t_k là thời gian khởi động và hãm; (β và t_o xem 7-4.3).

b) *Kiểm nghiệm phát nóng động cơ theo đại lượng dòng điện đẳng trị :*

Xuất phát từ biểu thức:

$$\Delta P = K + V = K + bI^2, \quad (7-23)$$

trong đó: K là tổn thất không đổi

V - là tổn thất biến đổi, $V = bI^2$

b - hệ số.

Như vậy tương đương với biểu thức ΔP_{tb} ta có biểu thức dòng điện đẳng trị

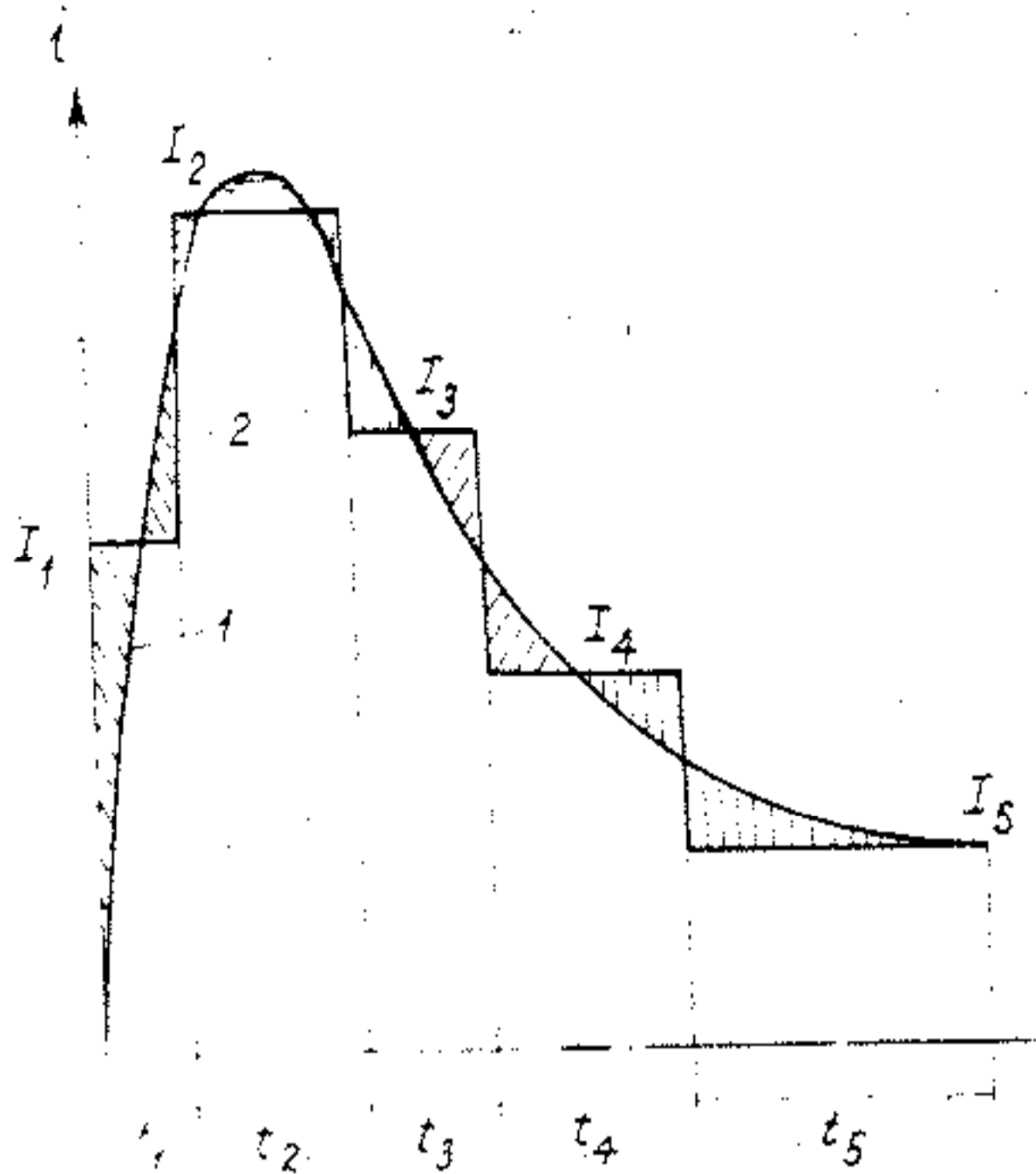
$$I_{\text{đt}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n I_i^2 t_i}{\alpha \sum t_k + \beta \sum t_o + \sum t_{lv}}} \quad (7-24)$$

Điều kiện kiểm nghiệm $I_{\text{đt}} \leq I_{\text{đmđ/c}}$

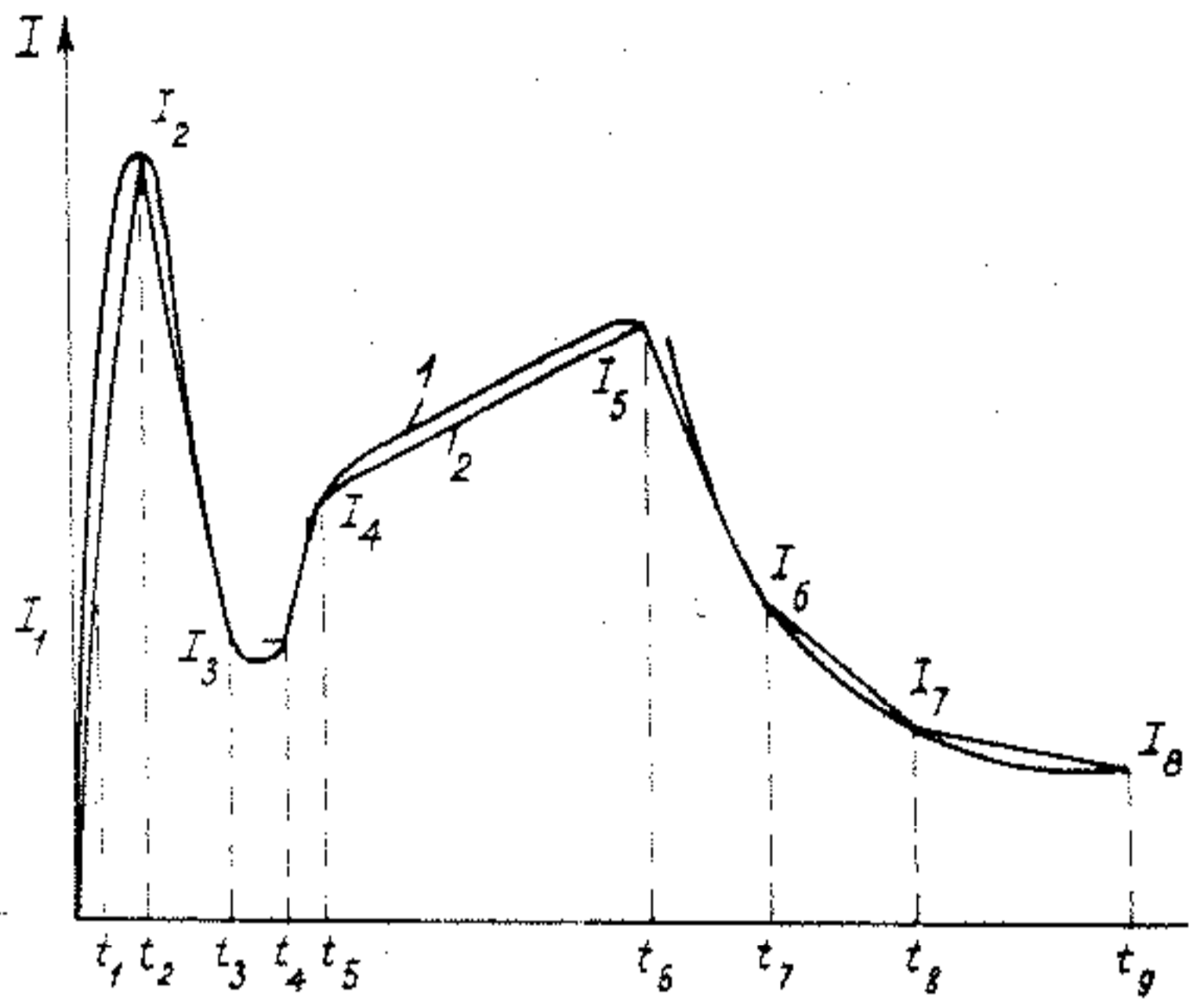
Để tính toán giá trị $I_{\text{đt}}$ ta phải tính quá trình quá độ. Giả thiết ta

có kết quả tính dòng điện $i(t)$ trên H.7-13 dạng đường dòng điện là liên tục.

Dùng phương pháp bậc thang để xác định i_i và t_i .



Hình 7-13. Đồ thị $i = f(t)$ có dạng đường cong liên tục



Hình 7-14. Đồ thị $i = f(t)$ có dạng đường cong gãy khúc.

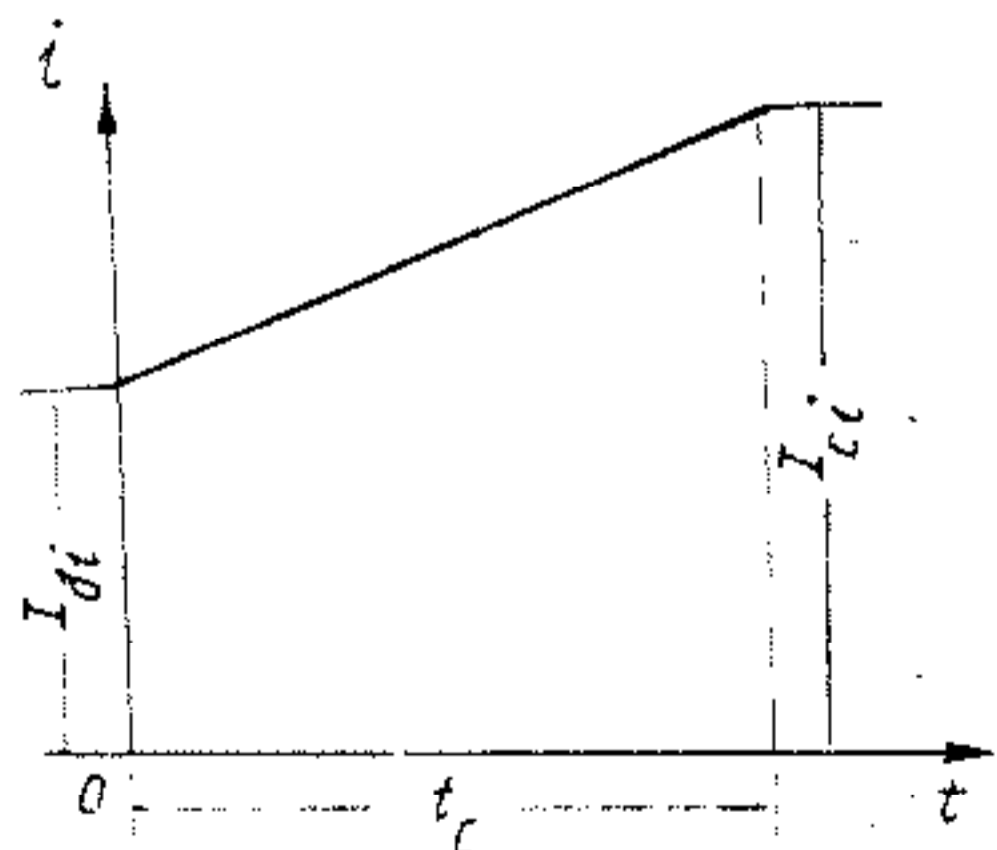
Trong trường hợp đường cong dòng điện có dạng tăng trưởng lớn (H.7-14) ta dùng công thức tính gần đúng

$$I_i = \sqrt{I_{di} I_{ci}} + \frac{\Delta I^2}{3}, \quad (7-25)$$

trong đó I_{di} , I_{ci} xác định theo đồ thị trên H.7-15.

c. Phương pháp mômen đẳng trị

Phương pháp kiểm nghiệm động cơ theo điều kiện phát nóng gián tiếp là mômen được suy ra



Hình 7-15 Minh họa cách tính toán gần đúng dòng điện ở đoạn gãy khúc.

từ phương pháp dùng điện đẳng trị, khi mômen tỷ lệ với dòng điện $M = CI$ (C là hệ số tỷ lệ).

Đối với động cơ một chiều điều kiện này được thỏa mãn khi từ thông động cơ không đổi.

Đối với động cơ xoay chiều không đồng bộ.

$$M = C_m I_2 \Phi_2 \cos \varphi_2 \quad (7-26)$$

Ta cần phải có $\Phi_2 =$ hằng số và $\cos \varphi_2 =$ hằng số (tức là gần tốc độ định mức của động cơ).

Công thức kiểm nghiệm

$$M_{\text{động cơ}} \geq M_{\text{đt}} \quad (7-27)$$

$$M_{\text{đt}} = \sqrt{\frac{1}{T_{\text{ck}}} \sum_1^n M_i^2 t_i} \quad (7-28)$$

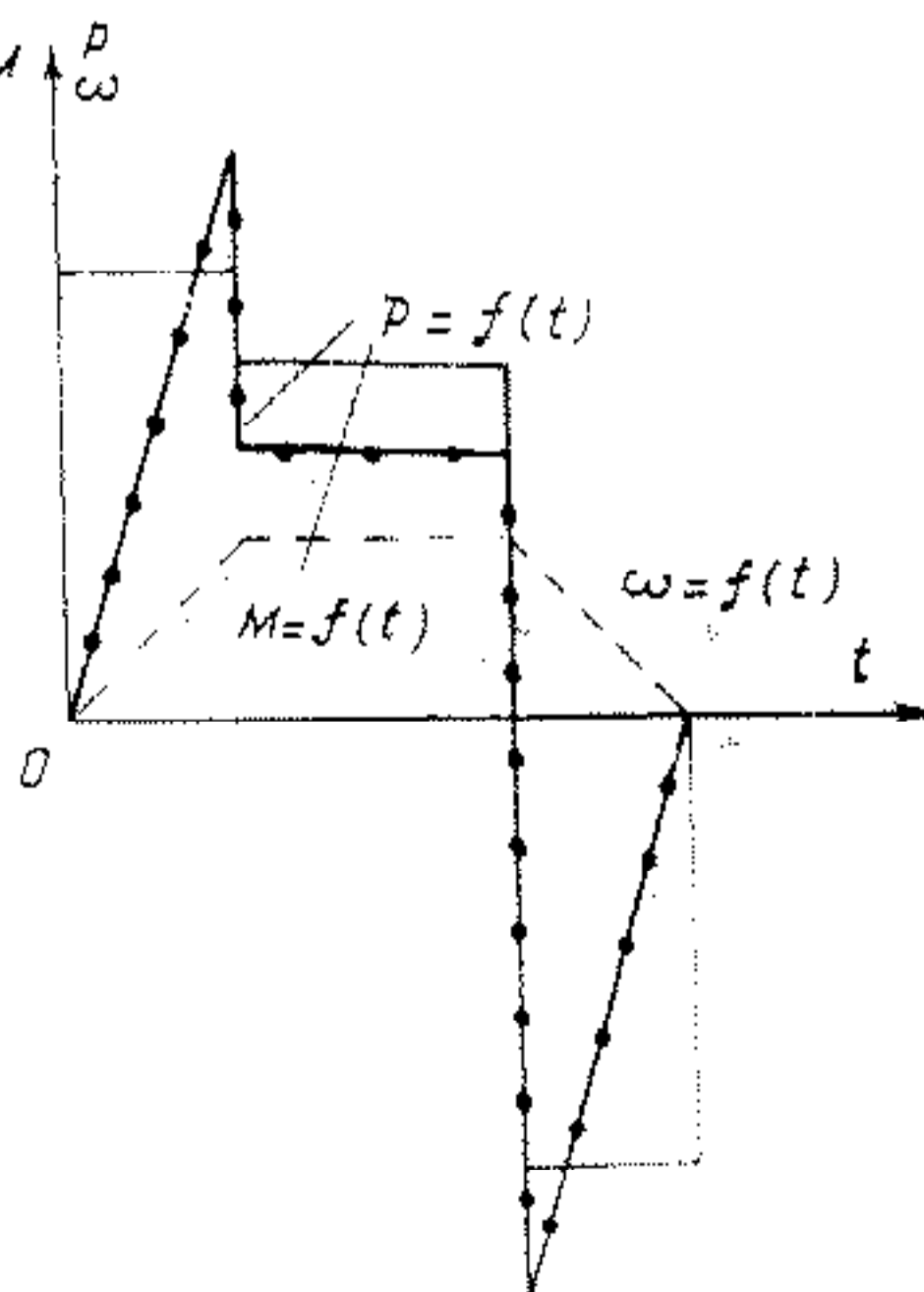
d- Phương pháp công suất đẳng trị

Ở truyền động tốc độ ít thay đổi thì $P - M$ do vậy có thể dùng đại lượng công suất đẳng trị để kiểm nghiệm phát nóng

$$P_{\text{động cơ}} \geq P_{\text{đt}} \quad (7-29)$$

$$P_{\text{đt}} = \sqrt{\frac{1}{T_{\text{ck}}} \sum_1^n P_i^2 t_i} \quad (7-30)$$

Trong thực tế ở gián đồ phụ tải, tốc độ truyền động sẽ có thay đổi lớn trong quá trình khởi động và hãm. Do vậy cần phải tính toán hiệu chỉnh $P(t)$ như trên H.7-16.



Hình 7-16 Minh họa cách tính toán hiệu chỉnh P , trong đoạn khởi động và hãm.

7-7. CHỌN PHƯƠNG ÁN TRUYỀN ĐỘNG

Chọn phương án truyền động là dựa trên các yêu cầu công nghệ và kết quả tính chọn công suất động cơ, từ đó tìm ra một loạt các hệ truyền động có thể thỏa mãn yêu cầu đặt ra. Bằng việc phân tích, so sánh các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật các hệ truyền động này kết hợp tính khả thi cụ thể mà ta có thể lựa chọn được một vài phương án hoặc một phương án duy nhất để thiết kế.

Lựa chọn phương án truyền động tức là phải xác định được loại động cơ truyền động một chiều hay xoay chiều, phương pháp điều chỉnh tốc độ phù hợp với đặc tính tải, sơ đồ nối bộ biến đổi đảm bảo yêu cầu truyền động. Trên bảng 7-1 và bảng 7-2, trình bày tóm tắt các loại truyền động cùng với các đặc tính cơ bản và khả năng, phạm vi ứng dụng. Các thông tin ghi trên bảng 7-1, bảng 7-2 có thể phục vụ cho việc định hướng, khi đề xuất các phương án truyền động.

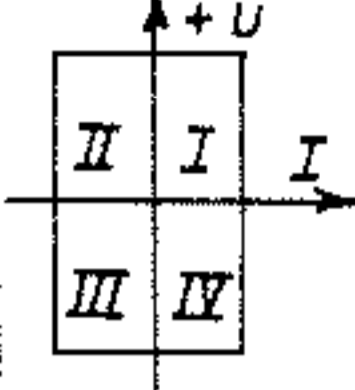
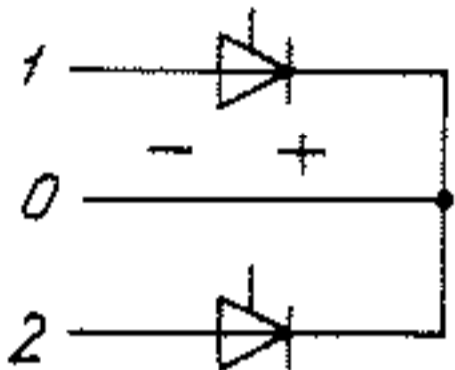
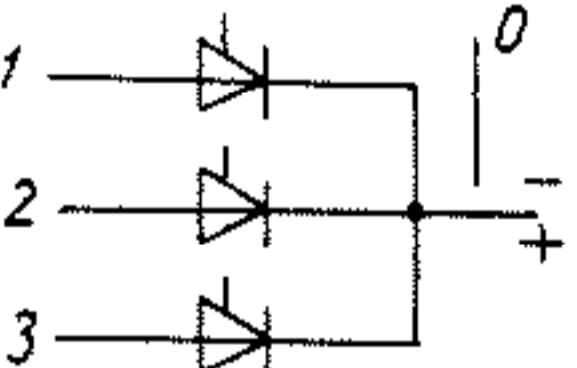
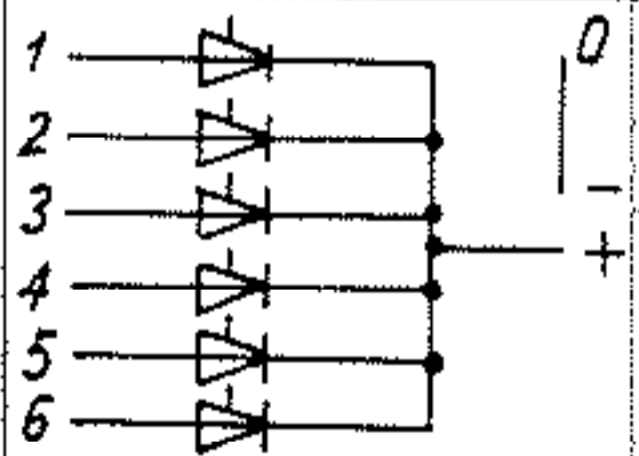
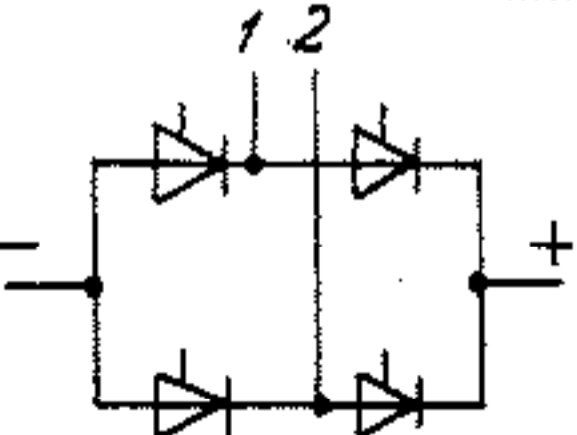
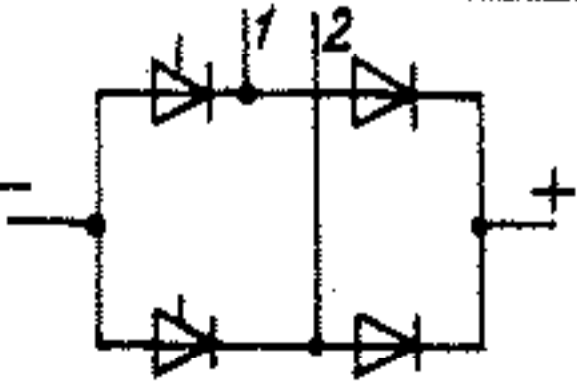
7-8. NHỮNG THÔNG SỐ CƠ BẢN ĐỂ TÍNH CHỌN BỘ BIẾN ĐỔI

Khi đã xác định được loại truyền động ta đã có phương án mạch lực của bộ biến đổi. Tuy vậy khi bắt tay vào tính toán bộ biến đổi cần phải xác định rõ tham số và yêu cầu chi tiết đối với bộ biến đổi cụ thể.

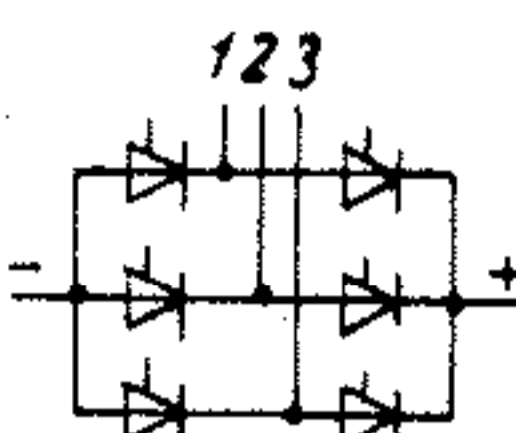
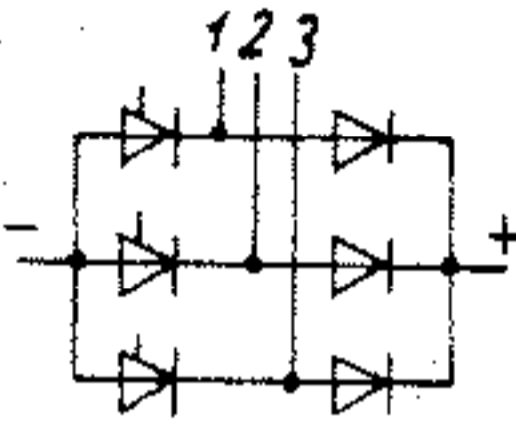
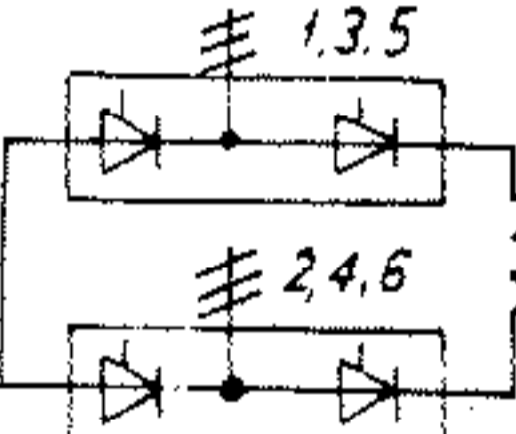
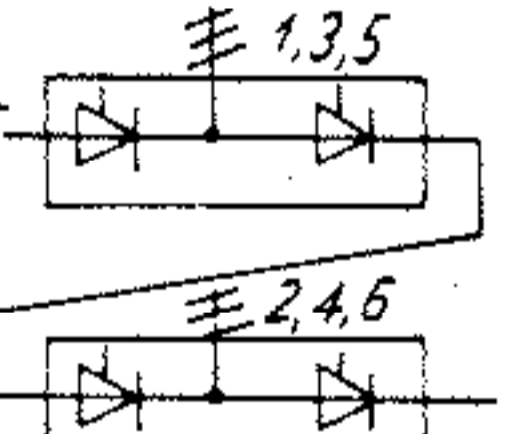
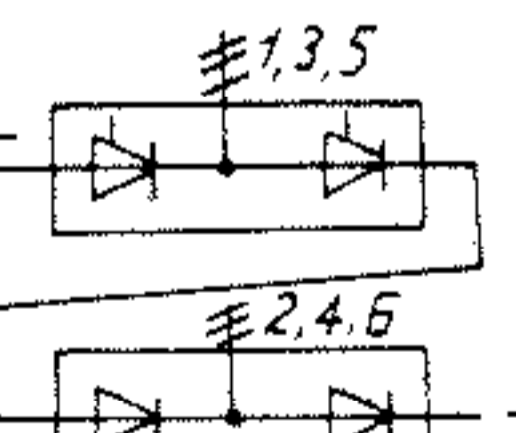
B-1 - Loại động cơ và truyền động cũng như loại công nghệ cụ thể mà nó phục vụ.

B-2 - Các tham số định mức động cơ : $U_{đm}$, $I_{đm}$, $P_{đm}$, $f_{đm}$,
 $\cos\varphi_{đm}$, $\eta_{đm}$

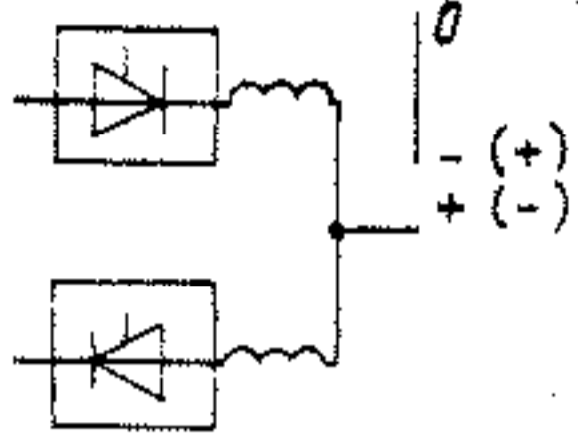
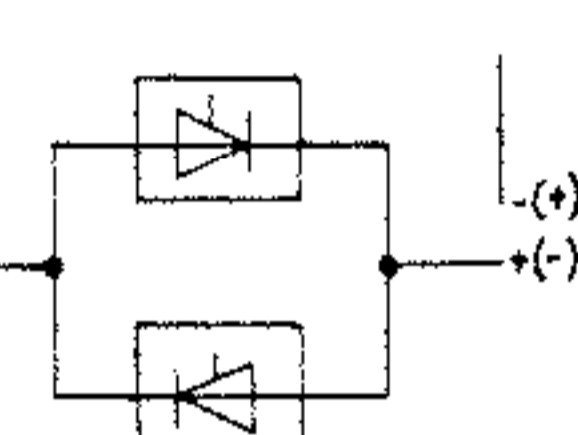
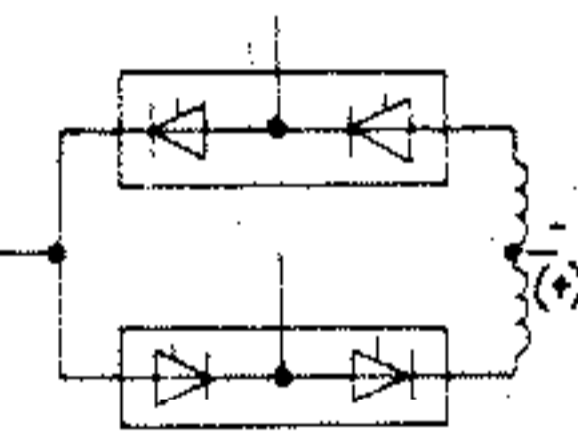
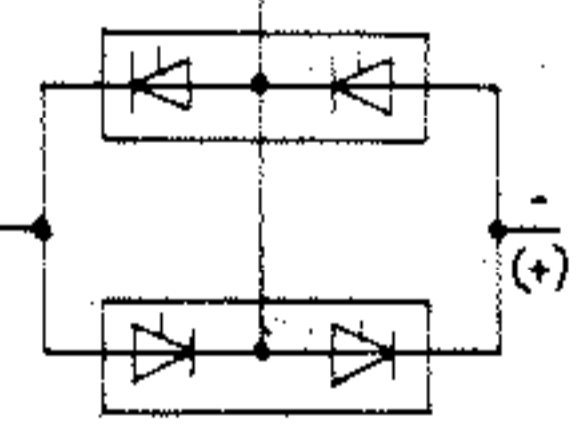
Bảng 7-1. Đặc tính các hệ truyền động một chiều

TT	Sơ đồ khối	Số xung		Công suất kW	Sử dụng
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1		2	I, IV	Một vài kW (220V)	Trong hệ truyền động yêu cầu không cao
2		3	I, IV	Đến hàng chục kW (440V)	Không yêu cầu cao về xung dòng điện
3		6	I, IV	Vài trăm kW (440V)	Điện áp thấp và dòng lớn
4		2	I, IV	Một vài kW	Dùng cho hệ có yêu cầu không cao ở mạch phản ứng và mạch kích từ
5		2	I	Một vài kW	

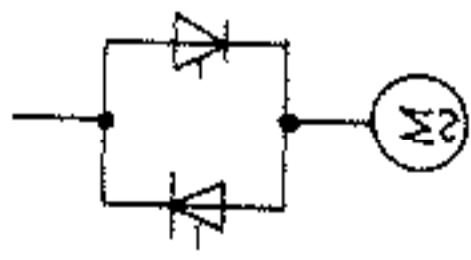
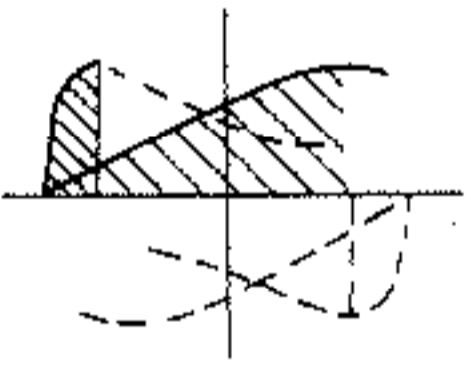
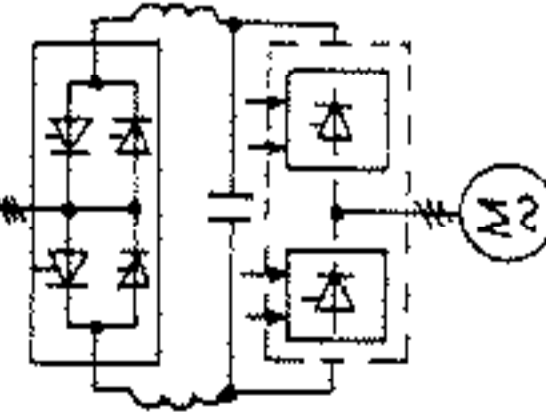
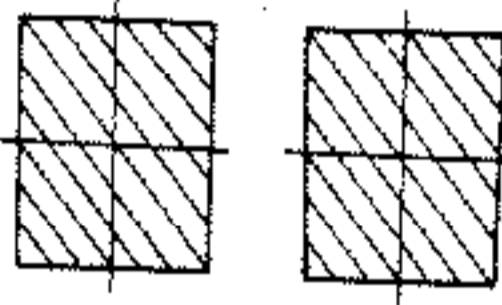
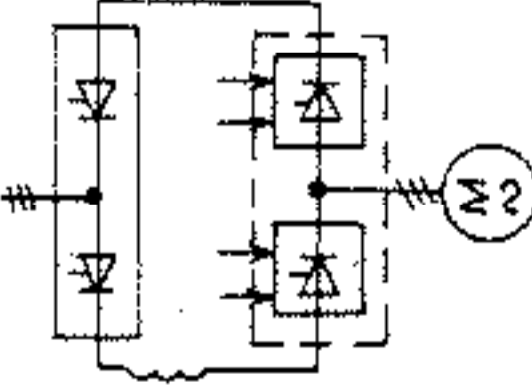
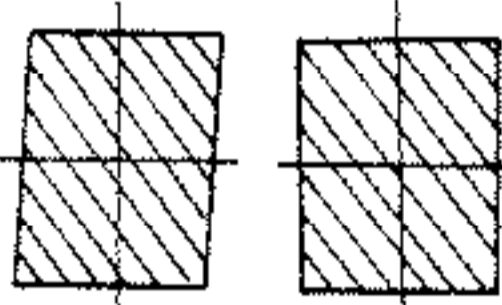
Tiếp hàng 7-1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
6		6	I, IV	Một vài kW đến vài MW	Hệ có yêu cầu cao và không đảo chiều
7		6	I	Vài chục kW	Cấp cho mạch kích từ công suất cỡ trung
8		12	I, IV	Vài trăm kW đến hàng chục MW	Truyền dòng công suất lớn hoặc cho một nhóm động cơ
9		12	I, IV	Vài trăm kW đến hàng chục MW	Truyền công suất lớn hoặc cấp cho một nhóm động cơ (phản ứng nối tiếp)
10		6 hoặc 12	I	Từ trăm kW đến vài MW	Truyền dòng công suất lớn điện áp cao

Tiếp bảng 7-1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
11		3 hoặc 6	I, II III, IV	Vài kW đến trăm kW (440V)	Truyền động yêu cầu đặc tính động cao và đảo chiều quay
12		3 hoặc 6	I, II III, IV	Vài kW đến hàng trăm kW (440V)	Truyền động đảo chiều có vùng kìm nhay khi đảo chiều dòng điện
13		2, 6 12	I, II III, IV	Vài kW đến 10 MW	Truyền động có yêu cầu đặc tính động cao. Đảo chiều quay
14		2, 6 12	I, II III, IV	Vài kW đến vài MW	Truyền động đảo chiều có vùng kìm nhay khi đảo chiều dòng điện

Bảng 7-2. Đặc tính các hệ truyền động xoay chiều

TT	Sơ đồ nối	Động cơ	Đặc tính $\omega = f(M)$	Công suất	Vùng điều chỉnh	Sử dụng
1		Không đồng bộ rotor dây quấn, lồng sóc		Đến 10 kW lồng sóc Chục kW dây quấn	$\frac{\omega_1 h}{\omega_1}$ đến 1 0.1 đến 1	Hệ có yêu cầu không cao công suất nhỏ, dùng khởi động đồng bộ không đồng bộ rotor lồng sóc phụ tải bơm đến 1000 kW 400 V
2		Không đồng bộ Đồng bộ		Đến 500 kW	-0,05 đến 1 và 2 đến 1 khi nâng cao tần số -Điều chỉnh vectơ 0,001 đến 1	-Thay cho truyền động một chiều yêu cầu cao khi sử dụng tranzistor công suất và điều chỉnh vectơ
3		Không đồng bộ Đồng bộ		Đến 500 kW	0,05 đến 1 và 2 đến 1 khi tăng tần số	- Truyền động công suất lớn có hãm tái sinh

Tiếp bảng 7-2

TT	Sơ đồ nối	Động cơ	Đặc tính $\omega=f(M)$	Công suất	Vùng điều chỉnh	Sử dụng
4		Không đồng bộ Đồng bộ		Vài trăm kW đến chục MW	0,05 ÷ 0,4 0,05 ÷ 0,4	Truyền động công suất lớn vùng điều chỉnh hẹp ở vùng tần số đến 20 HZ
5		Đồng bộ		Vài trăm kW đến chục MW	0,05 ÷ 1	Đặc tính hệ tương tự như động cơ một chiều công suất truyền động lớn
6		Không đồng bộ rotor dây quấn		Vài trăm kW đến chục MW	0,5 ÷ 1	Cho truyền động công suất trung bình yêu cầu không cao
7		Không đồng bộ rotor dây quấn		Vài trăm kW đến MW	0,5 ÷ 1,5	Cho truyền động công suất trung bình yêu cầu không cao

B-3- Khả năng quá tải cho phép của động cơ ;

B-4- Đối với hệ truyền động đảo chiều quay cần xác định yêu cầu về dòng điện và điệp áp trong chế độ động và tĩnh ;

B-5- Giới hạn lớn nhất của thành phần điều hòa bậc cao dòng và áp do hệ truyền động tạo ra ;

B-6- Phạm vi biến đổi phụ tải (min - max) ;

B-7- Dòng điện và thời gian khởi động ;

B-8- Cấp điện áp của lưới điện và tham số của lưới cấp cho hệ truyền động :

- Giá trị điện áp và công suất định mức của lưới.
- Độ dao động điện áp lưới,
- Công suất ngắn mạch của lưới.
- Khoảng cách từ nguồn tới nơi lắp đặt.

7-9. TÍNH CHỌN BỘ BIẾN ĐỔI CHỈNH LƯU TIRISTOR

7-9.1. Xác định điện áp không tải chỉnh lưu và điện áp ra của máy biến áp

Bộ biến đổi chỉnh lưu tiristor cần có giá trị điện áp không tải đảm bảo cấp cho phần ứng động cơ một chiều có các tham số : sức điện động định mức động cơ $E_{u \text{ dm}}$, sụt áp tổng ở mạch khi dòng phản ứng cực đại $I_{u \text{ max}}$. Cụ thể :

$$\gamma_1 U_{\text{đo}} \cos \alpha_{\text{min}} = \gamma_2 E_{u \text{ dm}} + \sum U_V + I_{u \text{ max}} R_u \sum + \Delta U_{\gamma \text{ max}} \quad (7-31)$$

trong đó : - $U_{\text{đo}}$ - điện áp không tải của chỉnh lưu.

- γ_1 - hệ số tính đến sự suy giảm điện áp lưới $\gamma_1 = 0.95$.

- γ_2 - hệ số dự trữ máy biến áp $\gamma_2 = 1.04 \div 1.06$

- α_{min} - góc điều khiển cực tiểu. Đối với sơ đồ đảo chiều $\alpha_{\text{min}} = 12^\circ$ ($m = 6$ xung), $\alpha_{\text{min}} = 18^\circ$ ($m = 12$ xung)

Đối với sơ đồ không đảo chiều $\alpha_{\min} = 0$

- $\sum \Delta U_V$ - tổng sụt áp trên van

- $R_u \sum$ - điện trở đẳng trị tổng quy đổi về mạch một chiều gồm điện trở toàn phần mạch phân ứng, điện trở máy biến áp, điện trở cuộn lọc một chiều.

$(I_{u \max})$ - dòng phân ứng cực đại nằm trong khoảng $2 \div 2,5 I_{u \text{ đm}}$.

- Sụt áp cực đại do trùng dẫn $\Delta U_{\gamma \max}$ được tính

$$\Delta U_{\gamma \max} = \Delta U_{\gamma \text{ đm}} \frac{I_{u \max}}{I_{u \text{ đm}}} \frac{I_{u \text{ đm}}}{I_{d \text{ đm}}}$$

trong đó $I_{d \text{ đm}}$ - dòng định mức bộ biến đổi

$\Delta U_{\gamma \text{ đm}}$ - sụt áp trùng dẫn định mức được xác định :

$$\Delta U_{\gamma \text{ đm}} = U_{\text{đo}} \cdot U_K \cdot Y_\gamma$$

- U_K - điện áp ngắn mạch (%)

- Y_γ - đối với sơ đồ sáu xung và mười hai xung $Y_\gamma = 0,5$.

Nếu $I_{u \text{ đm}} = I_{d \text{ đm}}$ ta có

$$U_{\text{đo}} = \frac{\gamma_2 E_{u \text{ đm}} + \sum \Delta U_V + R_u \sum I_{u \max}}{\gamma_1 \cos \alpha_{\min} - Y_\gamma U_K \lambda} \quad (7-32)$$

$$\lambda = \frac{I_{u \max}}{I_{u \text{ đm}}} \text{ bội số dòng điện}$$

Từ (7-32) ta dễ dàng xác định điện áp đầu ra của máy biến áp U_2 :

$$U_2 = \frac{U_{\text{đo}}}{K_{\text{sd}}} \quad (7-33)$$

K_{sd} - hệ số sơ đồ chỉnh lưu khi không cân có biến áp nguồn thì có thể chọn động cơ và bộ biến đổi phù hợp với lưới theo hướng dẫn trên bảng 7-3.

Bảng 7-3. Quan hệ giữa điện áp lưới và điện áp định mức động cơ khi không dùng biến áp nguồn

Điện áp lưới, V	2 ~ 220	2 ~ 380	3 ~ 380	3 ~ 500	3 ~ 660
Hệ số sơ đồ K_{sd}	0,9	0,9	1,35	1,35	1,35
Điện áp không tải chỉnh lưu, V	198	342	513	675	891
Điện áp định mức động cơ, V	160 ÷ 180	270 ÷ 300	400 ÷ 440	530 ÷ 580	700 ÷ 760

7-9.2. Máy biến áp nguồn

Máy biến áp nguồn bộ biến đổi có ba chức năng chính :

- Tạo điện áp U_2 phù hợp điện áp động cơ,
- Cách ly giữa phần lực bộ biến đổi và lưới điện,
- Khi bộ biến đổi cần cách ly một số đầu ra của biến áp.

Khi tính toán máy biến áp nguồn cần lưu ý :

- Nếu có thể phối hợp giữa động cơ bộ biến đổi và lưới thì không cần biến áp nguồn (xem bảng 7-3) ;

- Khi hệ truyền động nối với lưới cao áp thì phải xem xét ảnh hưởng của sóng điều hòa bậc cao từ bộ biến đổi tới lưới, ảnh hưởng sụt áp do huy động công suất phản kháng định ;

- Ở lưới hạ áp cần chọn cấp điện áp lưới cho kinh tế :

- Lưới 3 x 380 V dùng đến $P = 100$ kW, 3 x 660 V dùng đến $P = 350$ kW.

- Công suất lớn hơn thì nối vào lưới 6, 10, 22 hoặc 110 kV

- Sơ đồ nối dây xem bảng 7-4.

7-9.3. Tính chọn cuộn kháng lọc mạch một chiều :

Điện cảm mạch phản ứng động cơ một chiều kích từ độc lập có thể tính gần đúng :

$$L_u \approx K_1 \cdot \frac{U_{udm}}{I_{udm} Z_p n_{dm}} [H] \quad (7-34)$$

Trong đó : K_1 - hệ số lấy giá trị 5,5 ÷ 5,7 đối với máy không bù, $K_1 = 1,4 \div 1,9$ đối với máy có bù ; Z_p - số đôi cực.

Cuộn kháng lọc mạch một chiều được nối vào mạch phản ứng động cơ với mục đích làm giảm vùng dòng điện gián đoạn (làm giảm xung dòng một chiều) đồng thời cải thiện điều kiện chuyển mạch của động cơ điện.

Điện áp đầu ra bộ biến đổi m xung chứa sóng điều hòa cơ bản và bậc cao với tần số góc

$$\omega_K = K.m.\omega_1$$

đây ω_1 - tần số góc lưới điện ($f_1 = 50$ HZ, $\omega_1 = 314$ 1/s) ;

K - số nguyên bậc của các thành phần điều hòa.

Điện áp xoay chiều này gây ra trong mạch phản ứng dòng điện xoay chiều điều hòa với giá trị hiệu dụng

$$I_\sigma = \frac{1}{\omega_1 L_\Sigma} \sqrt{\sum_k \left(\frac{U_{km}}{Km} \right)^2} \quad (7-35)$$

L_Σ - điện cảm tổng của mạch một chiều (bỏ qua giá trị điện trở).

Ta gọi g_σ là hệ số đập mạch điện áp đầu ra bộ biến đổi

$$g_\sigma = \frac{1}{\omega_1} \sqrt{\sum_k \left(\frac{U_{km}}{Km U_{do}} \right)^2} \quad (7-36)$$


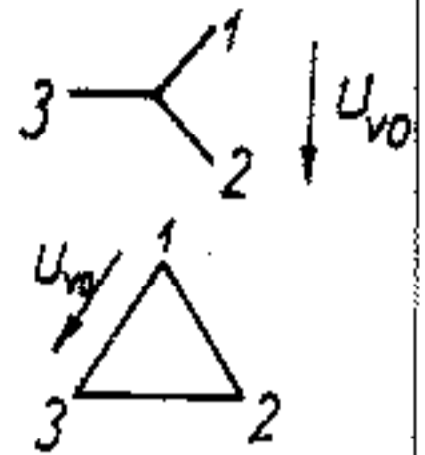
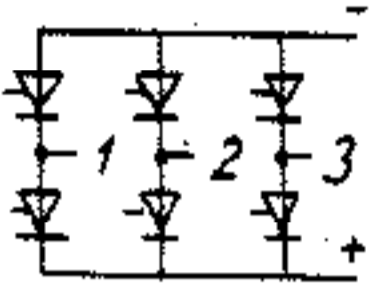
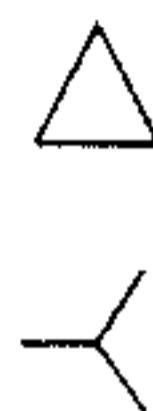
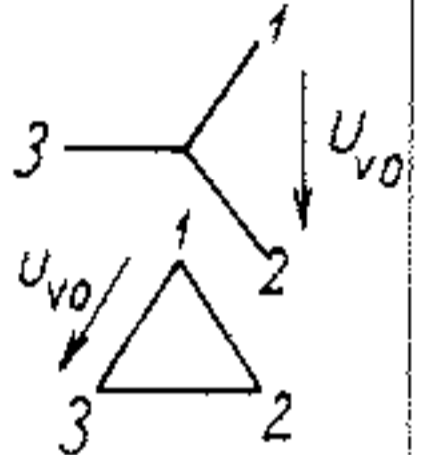
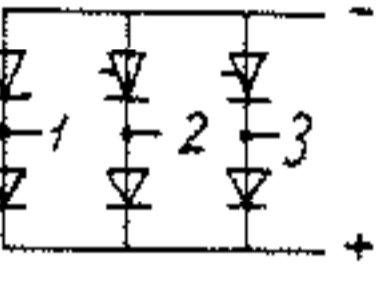

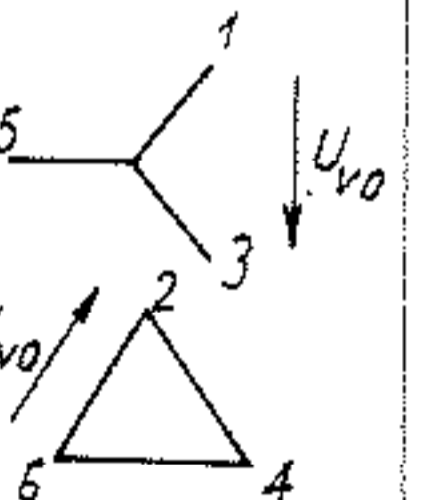
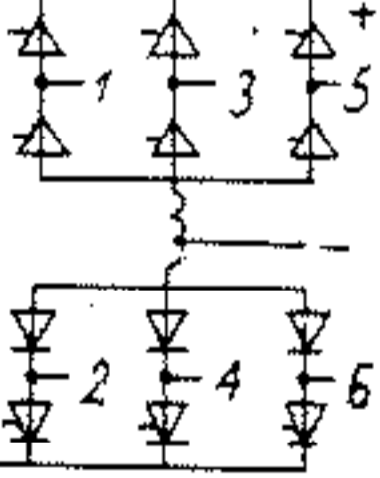

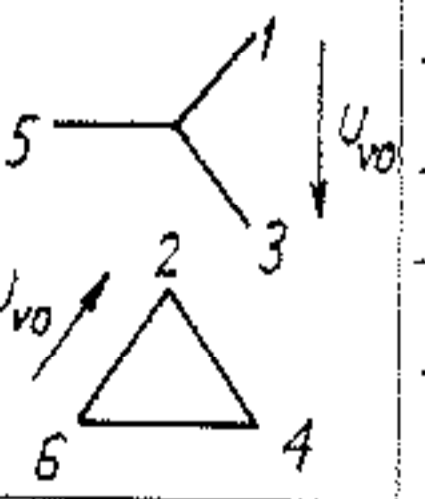
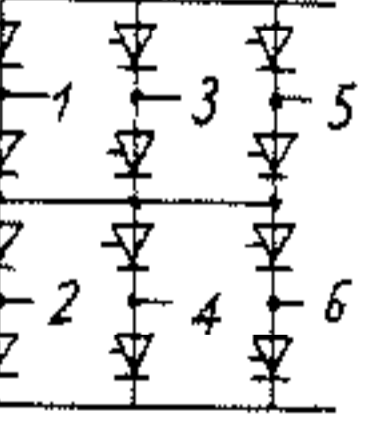
và gọi g_σ hệ số đập mạch dòng điện được xác định

Bảng 7.4. Sơ đồ nối các bộ

Số TT	Sơ đồ nối			Điện áp		
	Biến áp		Độ biến đổi	$\frac{U_{d0}}{U_{V0}}$	$\frac{U_{d12}}{U_{d0}}$	$\frac{\Delta I_{\%}}{I_{\%}^*}$
	I	II				
1	2	3	4	5	6	7
1				0.45 $(\frac{\sqrt{2}}{\pi})$	$\cos \alpha$	0.7 $(\frac{1}{\sqrt{2}})$
2				0.675 $(\frac{3}{\pi\sqrt{2}})$	$\cos \alpha$	0.866 $(\frac{\sqrt{3}}{2})$
3				0.675 $(\frac{3}{\pi\sqrt{2}})$	$\cos \alpha$	0.5
4				0.9 $(\frac{2\sqrt{2}}{\pi})$	$\frac{1 + \cos \alpha}{2}$	0.707 $(\frac{1}{\sqrt{2}})$
5				0.9 $(\frac{2\sqrt{2}}{\pi})$	$\cos \alpha$	0.707 $(\frac{1}{\sqrt{2}})$

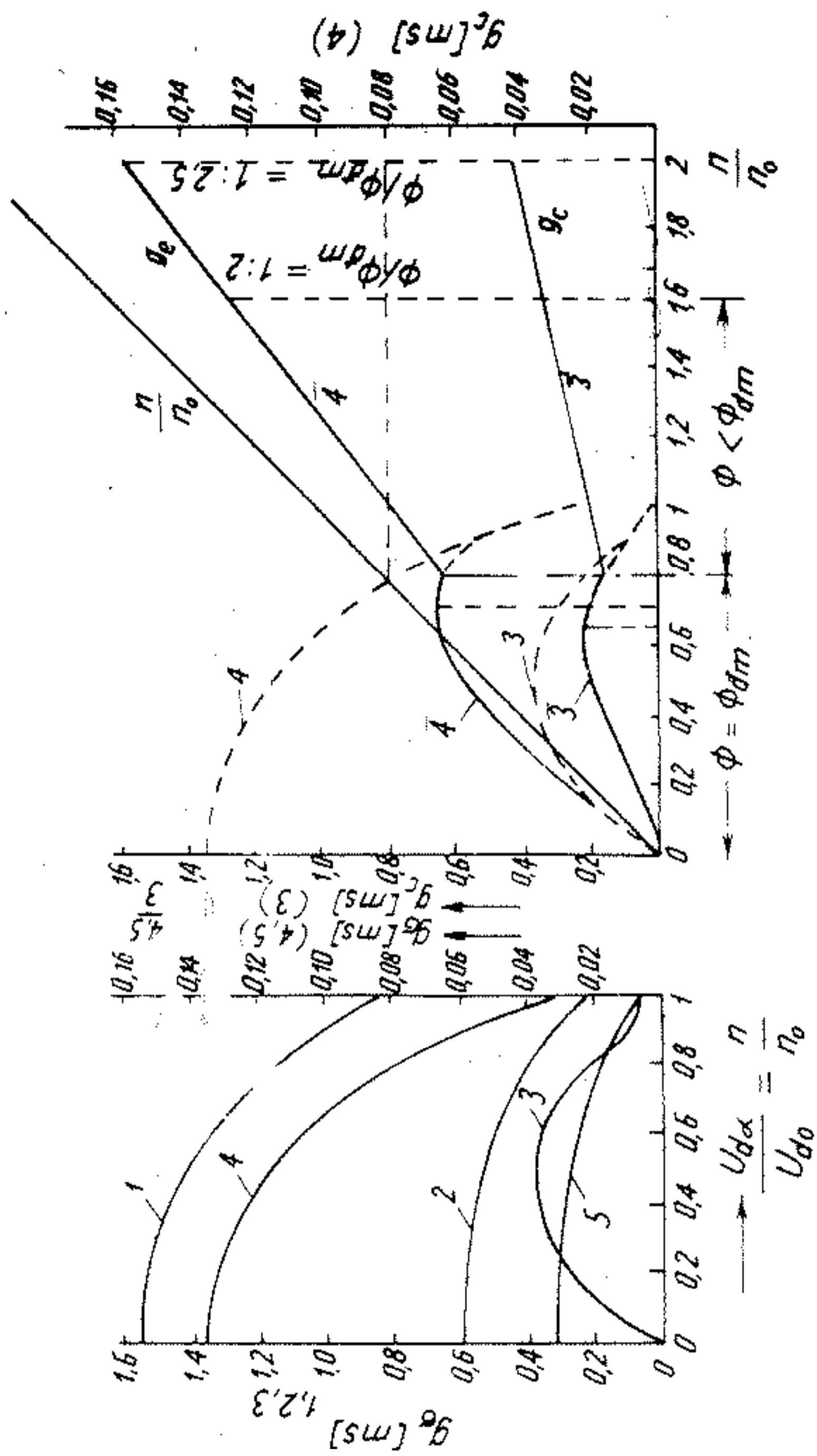
biến đổi tiristor và các tham số

Sóng điều hòa u_d / u_o $\alpha=30^\circ$ $\alpha=90^\circ$		Phân Tiristor			Điện áp			
		$\frac{E}{U_o}$	$\frac{I_{nhann}}{I_o}$	Góc dẫn	$\frac{I_c}{I_o}$	$\frac{I_2}{I_o}$	$\frac{S_T}{U_o I_o}$	Sơ đồ nối khi đo U_o
8	9	10	11	12	13	14	15	16
0.483	0.917	3.14	$\frac{1}{2}$	180°	0.5	$\frac{4}{\sqrt{2}}$	134	1 - 2
0.483	0.550	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{1}{3}$	120°	$\frac{\sqrt{2}}{3}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	146	1-2-3
0.042	0.308	$\frac{2\pi}{3}$	$\frac{1}{4}$	120°	$\frac{1}{\sqrt{6}}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}}$	126	1-3-5 a 2-4-6
0.483	0.917	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{1}{2}$	180°	1	1	114	1-2
0.483	0.492	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{1}{2}$	180°	$\sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}$	$\sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}$	144	1-2

	1	2	3	4	5	6	7
6					$1,35$ $\left(\frac{3\sqrt{2}}{\pi}\right)$	$\cos\alpha$	0,5
7					135 $\left(\frac{3\sqrt{2}}{\pi}\right)$	$\frac{1 + \cos\alpha}{2}$	0,5
8					$1,35$ $\left(\frac{3\sqrt{2}}{\pi}\right)$	$\cos\alpha$	0,26
9					$2,7$ $\left(\frac{6\sqrt{2}}{\pi}\right)$	$\cos\alpha$	0,26

Tiếp hàng 7.4

8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,402	0,308	1,05 $(\frac{\pi}{2})$	$\frac{1}{3}$	120°	0,816 $\sqrt{\frac{2}{3}}$	0,816 $\sqrt{\frac{2}{3}}$	1,05	1-2-3
0,402	0,402	1,05 $(\frac{\pi}{3})$	$\frac{1}{3}$	120°	$\alpha < \frac{\pi}{3}$ 0,816 $\alpha > \frac{\pi}{3}$ $\sqrt{\frac{\pi-\alpha}{\pi}}$	$\alpha < \frac{\pi}{3}$ 0,816 $\alpha > \frac{\pi}{3}$ $\sqrt{\frac{\pi-\alpha}{\pi}}$	1,05	1-2-3
0,012	0,152	1,05 $(\frac{\pi}{3})$	$\frac{1}{6}$	120°	0,408 $(\frac{1}{\sqrt{6}})$	0,79	1,03	1-2-3 đến 2-4-6
0,012	0,152	0,53 $(\frac{\pi}{3})$	$\frac{1}{3}$	120°	1	0,79	1,03	1-3-5 đến 2-4-6



Hình 7-17 a) Quan hệ $g_0 = \eta \cdot \frac{l_{d\alpha}}{l_{d0}}$

b) Quan hệ $g_c = g_0 \cdot \frac{\eta}{\eta_0}$ với giá trị kích từ khác nhau

$$\sigma_1 = \frac{I_{\alpha}}{I_{dm}} = \frac{U_{do} g_{\alpha}}{I_{dm} \cdot L_{\Sigma}} \quad (7-37)$$

Hệ số đập mạch điện áp g_{σ} phụ thuộc vào góc điều khiển

a) $g_{\sigma} = f\left(\frac{U_{d\alpha}}{U_{do}}\right)$ được trình bày trên H.7-17

b) Quan hệ $g_c = \frac{n}{n_0}$ với giá trị kích từ khác nhau.

Bảng 7-5. Hướng dẫn lắp đặt các bộ biến đổi theo chỉ tiêu độ méo điện áp lưới

Bộ biến đổi	Vùng công suất P_{max} [MW]	Độ méo cho phép σ_c [%]	Tác dụng lên lưới m	Sóng điều hòa bậc cao được khảo sát		$\frac{S_k}{P_{max}}$			Điện áp lưới U_n [KV]
				P_{min}	P_{max}	$l_k = 0.05$	$l_k = 0.1$	$l_k = 0.15$	
Rất nhỏ	0.01 az 0.25	0.04	6	5	13	40	35	30	0.38 : 0.5 0.66
			12	11	13	25	20	15	
Nhỏ	0.25 az 1	0.03	6	5	13	55	50	40	6 : 22
			12	11	13	35	25	15	
Trung bình	1 az 10	0.02	6	5	25	90	70	60	6 : 110
			12	11	25	50	35	25	
Lớn	nad 10	0.01	6	5	25	180	140	120	110
			12	11	25	105	70	50	

Do thành phần dòng xoay chiều nên giá trị dòng điện định mức động cơ bị giảm

$$I'_{dm} = I_{dm} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R_m}{R} \sigma_1^2}} \quad (7-38)$$

Tỷ số $\frac{R_m}{R}$ đặc trưng cho sự ảnh hưởng của dòng điện điều hòa bậc cao làm tăng điện trở tổng mạch phản ứng, giá trị tỷ số này $\frac{R_m}{R} = 2 \div 3$.

Dòng điện xoay chiều còn gây ảnh hưởng xấu tới quá trình chuyển mạch ở vành góp máy điện. Cụ thể do ảnh hưởng dòng xoay chiều điều hòa bậc m , từ trường của các cặp cực chuyển mạch bị chậm lại 90° so với dòng điện điều hòa bậc m . Điện áp chuyển mạch chậm trễ sẽ không bù được điện áp phản ứng phân ứng vì sụt áp xoay chiều ΔU_2 không thể tăng nhảy cấp.

$$\begin{aligned} \Delta U_2 &= c I_\sigma n = c \sigma_1 I_{dm} n = \frac{U_{d0} g_\sigma}{L_\Sigma} n_0 \frac{n}{n_0} \\ &= \frac{U_{d0} n_0}{L_\Sigma} g_c \end{aligned} \quad (7-39)$$

Trong đó $g_c = g_\sigma \left(\frac{n}{n_0} \right)$

n - tốc độ quay của động cơ (vg/ph) ;

n_0 - tốc độ quay không tải lý tưởng của động cơ.

Chính vì vậy ngày nay các nhà sản xuất đưa ra chỉ tiêu về độ lớn của hệ số đập mạch cho phép của các động cơ ứng với giá trị tốc độ từ đó đưa ra định nghĩa giá trị cho phép $[\sigma_1 n]_{ct}$ của động cơ.

Trên hình 7-17a,b trình bày hệ số đập mạch điện áp g_σ và hệ số g_c (ảnh hưởng xấu tới chuyển mạch của máy điện).

Từ các lý luận nêu trên ta rút ra giá trị điện cảm cần thiết nối vào mạch một chiều

$$L_d = \frac{U_{do} n_o}{I_{d\text{dm}} [\sigma n]_{\text{ct}}} g_{c\text{max}} - L_u \quad (7-40)$$

$g_{c\text{max}}$ là giá trị cực đại của hệ số gây khó khăn cho chuyển mạch. Nếu như $L_d \leq 0$ có nghĩa là không cần bố trí cuộn kháng một chiều.

Nếu chỉ quan tâm tới việc hạn chế vùng dòng điện gián đoạn thì giá trị điện cảm cần thiết mạch một chiều sẽ là :

$$L_\Sigma \geq \frac{U_{do}}{I_{d\text{min}}} g_o \quad (7-41)$$

Trong đó :

$I_{d\text{min}}$ - dòng phụ tải nhỏ nhất khi vận hành ;

g_o - là hệ số dòng điện gián đoạn có thể lấy giá trị

$$g_o = (2 \div 2,2) g_\sigma \quad (7-42)$$

7-9.4 Ảnh hưởng sóng điều hòa bậc cao và tiêu thụ công suất phản kháng của bộ biến đổi tới lưới điện

a. Bộ biến đổi làm việc như nguồn dòng điều hòa bậc cao

Đối với bộ biến đổi chỉnh lưu tiristor m xung ra, khi vận hành sẽ gây ra ở lưới xoay chiều dòng điện điều hòa bậc cao cấp ν

$$\nu = Km \pm 1$$

Giá trị hiệu dụng điều hòa bậc ν

$$I_\nu = \frac{1}{\nu} I_1 K_\nu \left[\frac{U_{d\alpha}}{U_{do}} \alpha \right] \quad (7-43)$$

Trong đó I_1 - giá trị hiệu dụng điều hòa bậc I.

Sóng điều hòa bậc cao nguồn dòng gây ra tổn thất phụ và gây nhiễu cho lưới điện. Đặc biệt nguy hiểm khi lưới có nối một số phân tử gây cộng hưởng (như nối với tụ điện). Để giảm ảnh hưởng sóng điều hòa bậc cao có ba biện pháp:

- Chọn bộ biến đổi có nhiều xung ra ($m = 6, 12, 18 \dots$),
 - Đối với lưới có nhiều bộ biến đổi (n bộ biến đổi) có cùng số xung đầu ra m ta sử dụng các biến áp cấp cho các bộ biến đổi có góc lệch điện áp ra quan hệ với nhau một góc $\delta = \frac{360}{m.n}$.
- Như vậy, sóng điều hòa bậc cao ở lưới sẽ giảm (xem bảng 7-4).

- Nếu công suất của bộ biến đổi lớn đối với lưới thì ta bố trí mạch lọc đầu vào bộ biến đổi. Trong trường hợp tổng quát, trong lưới điện có nhiều bộ biến đổi sẽ phát ra ít sóng điều hòa hơn so với lưới có một bộ biến đổi công suất tương đương. Nếu như góc điều khiển của hai bộ biến đổi có sai lệch một góc $\Delta\alpha$ thì về pha của chúng sẽ sai lệch $\nu\Delta\alpha$. Nếu $\nu\Delta\alpha = \pi$ thì nhiễu của chúng đối với lưới sẽ bị triệt tiêu.

Khi xét sóng điều hòa do một nhóm bộ biến đổi gây ra ta có

$$I_\nu = \frac{1}{\nu} \varphi_{\nu\alpha} I_1 \Sigma = \frac{1}{\nu} \xi_{\nu\alpha} \beta \Sigma I_1 \quad (7-44)$$

β - hệ số vận hành đồng thời các bộ biến đổi;

$\xi_{\nu\alpha} < 1$ - hệ số làm suy giảm nhiễu điều hòa do lệch pha và ảnh hưởng của chuyển mạch trong bộ biến đổi

$$\xi_{\nu\alpha} = f\left(\Delta\alpha; \alpha \frac{U_{d\nu}}{U_{d1}}\right).$$

Khi nối bộ biến đổi vào lưới sẽ gây ra làm méo dạng điện áp lưới

$$\sigma_\mu = \frac{\sqrt{\sum U_\nu^2}}{U_1} = \frac{\sqrt{3} x''_k \sqrt{\sum (UI_\nu)^2}}{U_1} = \frac{\sqrt{\sum \nu^2 \left(\frac{I_\nu}{I_1}\right)^2}}{\frac{S_k}{S_{lmax}}} \quad (7-45)$$

Trong đó : S_K - công suất ngắn mạch của lưới

$S_{1 \max}$ - công suất biểu kiến lớn nhất của tất cả các bộ biến đổi

Thực tế khi tính toán người ta hay dùng biểu thức kinh nghiệm

$$I_v = \frac{1}{v} I_1 e^{-(v^2/20)U_k} \quad (7-46)$$

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\sqrt{\sum_{v=v_{\min}}^{v=v_{\max}} e^{-(v^2/10)U_k}}}{\frac{S_k}{P_{\max}}} \quad (7-47)$$

Trong đó U_K - điện áp ngắn mạch của máy biến áp bộ biến đổi

P_{\max} - công suất cực đại của các bộ biến đổi

Trên bảng 7-5 dẫn ra các giá trị cho phép đặt các bộ biến đổi theo chỉ tiêu méo điện áp lưới.

b. Công suất phản kháng của bộ biến đổi

Khi nối bộ biến đổi ba pha vào lưới nó yêu cầu công suất phản kháng :

$$Q_1 + \sqrt{3} U_1 I_1 \sqrt{1 - \left(\cos \alpha - \frac{U_{d\alpha}}{U_{d0}} \right)^2} \quad (7-48)$$

Như vậy ta có $\frac{Q_1}{S_1} = f\left(\frac{U_{d\alpha}}{U_{d0}}\right) \quad (7-49)$

Biểu diễn (7-49) ta có giản đồ vẽ trên hình 7-18

Bộ biến đổi điều khiển hoàn toàn khi $\alpha = 90^\circ$ có yêu cầu công suất phản kháng lớn nhất

Đối với hệ truyền động đảo chiều, khi khởi động động cơ có mômen lớn $M_{\max} \sim I_{d\max}$ cần huy động công suất định từ lưới $Q_{1\max} = U_{d0} I_{d\max}$ đồng thời dẫn đến sụt áp trên lưới điện

$$\Delta U = \frac{Q_{\max}}{S_k} = \frac{1}{\frac{S_k}{Q_{\max}}} \quad (7-50)$$

Từ biểu thức (7-47) và (7-50) ta thấy rằng khi bộ biến đổi tiristor nối với lưới để đảm bảo điện áp lưới ít bị méo và sụt áp khi khởi động đều yêu cầu lưới có công suất S_k lớn.

c. *Lọc sóng điều hòa bậc cao và bù công suất phản kháng*

Từ hai phần trên cho ta thấy cần phải giải quyết đồng thời vấn đề lọc sóng điều hòa bậc cao và bù công suất phản kháng, thường được nối ở lưới cao áp (6kV, 10kV, 22kV).

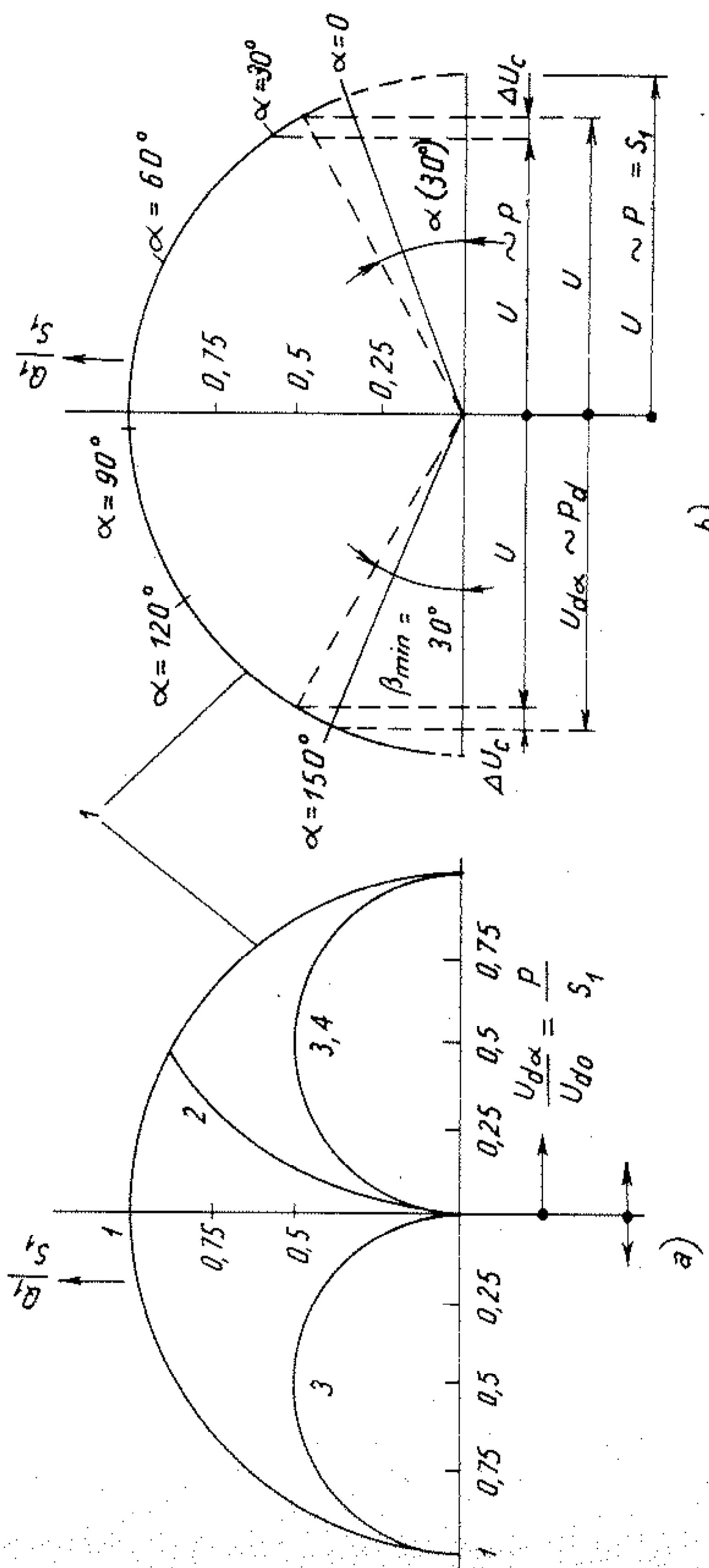
Bộ lọc được thiết lập thành nhóm mạch LC cộng hưởng nối tiếp, nó sẽ ngăn mạch dòng điện điều hòa bậc cao (xem hình 7-19a).

Bộ lọc cũng có thể bố trí một bộ lọc giải rộng (xem hình 7-19b). Trên hình 7-19d là hệ truyền động đảo chiều công suất lớn dùng bộ biến đổi được nối vào lưới, người ta bố trí mạch bù động dùng máy đồng bộ (xem hình 7-19c).

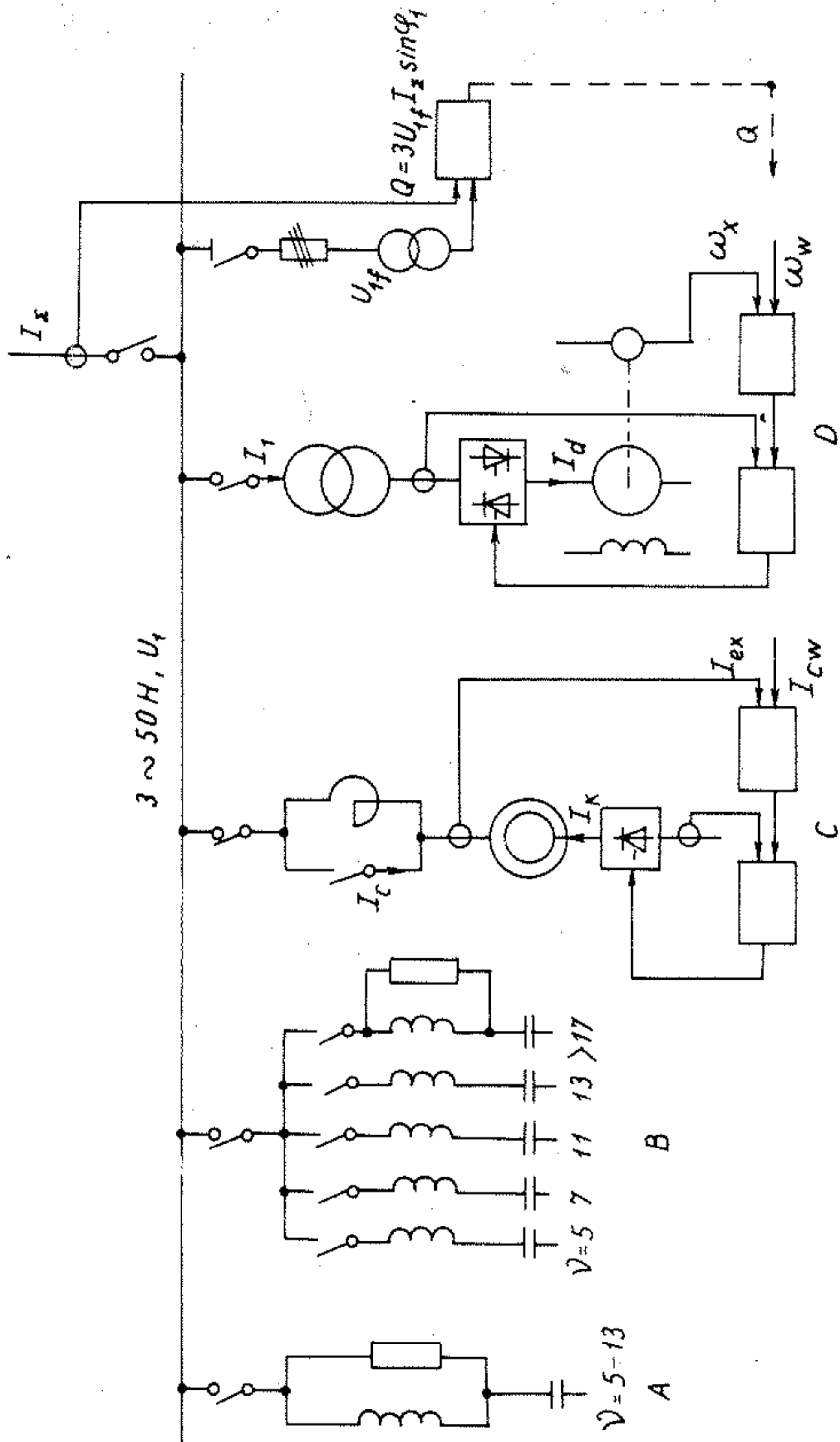
Đặc biệt ở hệ truyền động đảo chiều có yêu cầu độ tăng trưởng dòng điện lớn $\left(\frac{di}{dt}\right)_{\max} = 50 \div 100 \text{ A/s}$ thì máy bù đồng bộ phải có yêu cầu đáp ứng như $U_{Kt\max} \geq 10 U_{Ktdm}$ và $\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{\max} = 10 Q_{dm}/s$ nhằm đảm bảo huy động công suất phản kháng đỉnh trong quá trình quá độ của hệ truyền động.

7-9.5. Một số vấn đề về chống nhiễu ở mạch điều khiển

Mạch điều khiển bộ biến đổi làm việc với tín hiệu có công suất nhỏ $10^{-2} \div 10^{-4} \text{ W}$, vì vậy nó rất nhạy với nhiễu. Việc chống nhiễu cần được thực hiện ở mạch điều khiển bằng các mạch lọc, đồng thời cần phải thực hiện các yêu cầu về lắp đặt cáp truyền tín hiệu :



Hình 7-18 Quan hệ $\frac{Q_1}{S_1} = f\left(\frac{d\alpha}{l_{d0}}\right)$



Hình 7-19. Bộ tri mạch lọc và bù công suất phản kháng

a) Cáp điều khiển cần phải có bọc chống nhiễu đặt cách xa cáp lực cao thế ít nhất là 60 cm (chống nhiễu điện trường).

b) Chống các liên hệ tạo điện cảm ký sinh do các mạch vòng cáp lực và cáp điều khiển :

- Cáp truyền tín hiệu công và trừ thường bố trí thành một cặp

- Các cặp (một hoặc nhiều cặp) cần phải xoắn với bước xoắn cực đại là 15 mm (tức là 70 bước xoắn trong một mét)

- Cáp điều khiển đặt xa cáp lực có dòng điện chạy lớn hơn 200 A khoảng 30 cm, cáp lực có dòng điện lớn hơn 1000 A khoảng 1 mét

- Không bố trí cáp lực và cáp điều khiển trong một rãnh hoặc trong cùng một ống thép

- Môi trường lắp đặt cáp điều khiển phải cách ly và chống nhiễu tích cực, khi có đường dây cao thế lộ điện cảm ứng, máy hàn điện.

c) Tín hiệu nhiễu có thể xâm nhập vào mạch điều khiển khi cáp tín hiệu có dòng điện ký sinh gây sụt áp, để chống ta dùng các biện pháp

- Tiếp địa phần vỏ hộp điều khiển

- Tiếp địa vỏ bọc chống nhiễu ở các đầu cáp

- Cách ly cổng vào ra mạch điều khiển

- Các tín hiệu xung điều khiển tiristor phải cách ly với mạch lực.

7-10. MẠCH BẢO VỆ HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

7-10.1. Mục đích và yêu cầu mạch bảo vệ truyền động điện

Mạch bảo vệ được thiết lập để đảm bảo an toàn và tránh gây tổn thất cho người vận hành thiết bị và sản phẩm. Do vậy, quan điểm khi xây dựng mạch bảo vệ là phải có biện pháp phòng

ngừa các sự cố và các trạng thái làm việc bất bình thường xảy ra nhằm hạn chế tổn thất ở mức thấp nhất.

Trong hệ thống gồm lưới điện - truyền động - máy sản xuất thường nảy sinh các trạng thái làm việc bất bình thường hay sự cố như

- Sụt áp lưới điện trong thời gian ngắn cỡ 10^{-1} s ở thời điểm trước khi cắt các thiết bị bảo vệ cắt do có ngắn mạch ở phụ tải lân cận,

- Các nhiễu gây ra chế độ làm việc bất bình thường ở mạch lực, mạch điều chỉnh và mạch điều khiển,

- Quá tải truyền động,

- Mất pha điện áp nguồn,

- Ngắn mạch một hoặc nhiều pha chạm đất,

- Ngắn mạch các pha.

Tùy theo các loại sự cố và mức độ ta có thể phân ra các nhóm loại bảo vệ.

a) *Bảo vệ cắt khẩn cấp* : Như ngắn mạch ở bộ biến đổi hệ truyền động, mất kích từ động cơ, quá tốc độ, quá dòng, quá điện áp phản ứng, đánh lửa gây ngắn mạch ở vành góp, ngắn mạch một số vòng dây của máy điện, máy biến áp nguồn v.v. Mạch bảo vệ thực hiện cắt khẩn cấp bằng các thiết bị truyền thống như cầu chì, aptômát, rơle v.v., kết hợp với bảo vệ ở mạch điều khiển như khóa tiristor, cắt nguồn nuôi, khóa các bộ điều chỉnh v.v.

b) *Bảo vệ cắt có thời gian* : Quá tải, cách điện giảm, quá nhiệt v.v. Mạch bảo vệ phát hiện và phát tín hiệu cảnh báo trong lúc đó mạch điều chỉnh sẽ tự thay đổi tham số điều khiển để thoát khỏi sự cố hoặc người vận hành trực tiếp điều chỉnh. Nếu sau một thời gian quy định mạch bảo vệ sẽ tác động cắt hệ thống, ngừng làm việc để giải quyết sự cố.

Trong các hệ truyền động hiện đại điều khiển số dùng vi xử lý hay vi tính có trang bị chương trình kiểm tra trạng thái của hệ để phát tín hiệu cảnh báo hoặc dự báo sự cố xảy ra bất kịp thời để tránh gây ra hư hỏng.

Mạch bảo vệ còn có yêu cầu tính chọn lọc cao, phân cấp rõ ràng, có thể một mạch bảo vệ cho một loạt các phần khác nhau hoặc bảo vệ cho cả một loạt truyền động trong một dây chuyền (vì dừng một truyền động sẽ gây tổn thất lớn cho sản xuất so với dừng cả hệ như trong công nghệ sản xuất giấy, cán thép v.v.)

7-10.2. Các sự cố ngăn mạch

Trong hệ thống Lưới điện - Truyền động - Máy sản xuất có thể xảy ra nhiều loại sự cố ngăn mạch :

- Ngăn mạch bên sơ cấp biến áp của bộ biến đổi các thiết bị bảo vệ đường dây và biến áp tác động loại sự cố

- Ngăn mạch bên thứ cấp biến áp của bộ biến đổi nhưng nằm ngoài bộ biến đổi, thiết bị bảo vệ biến áp nguồn tác động lại sự cố

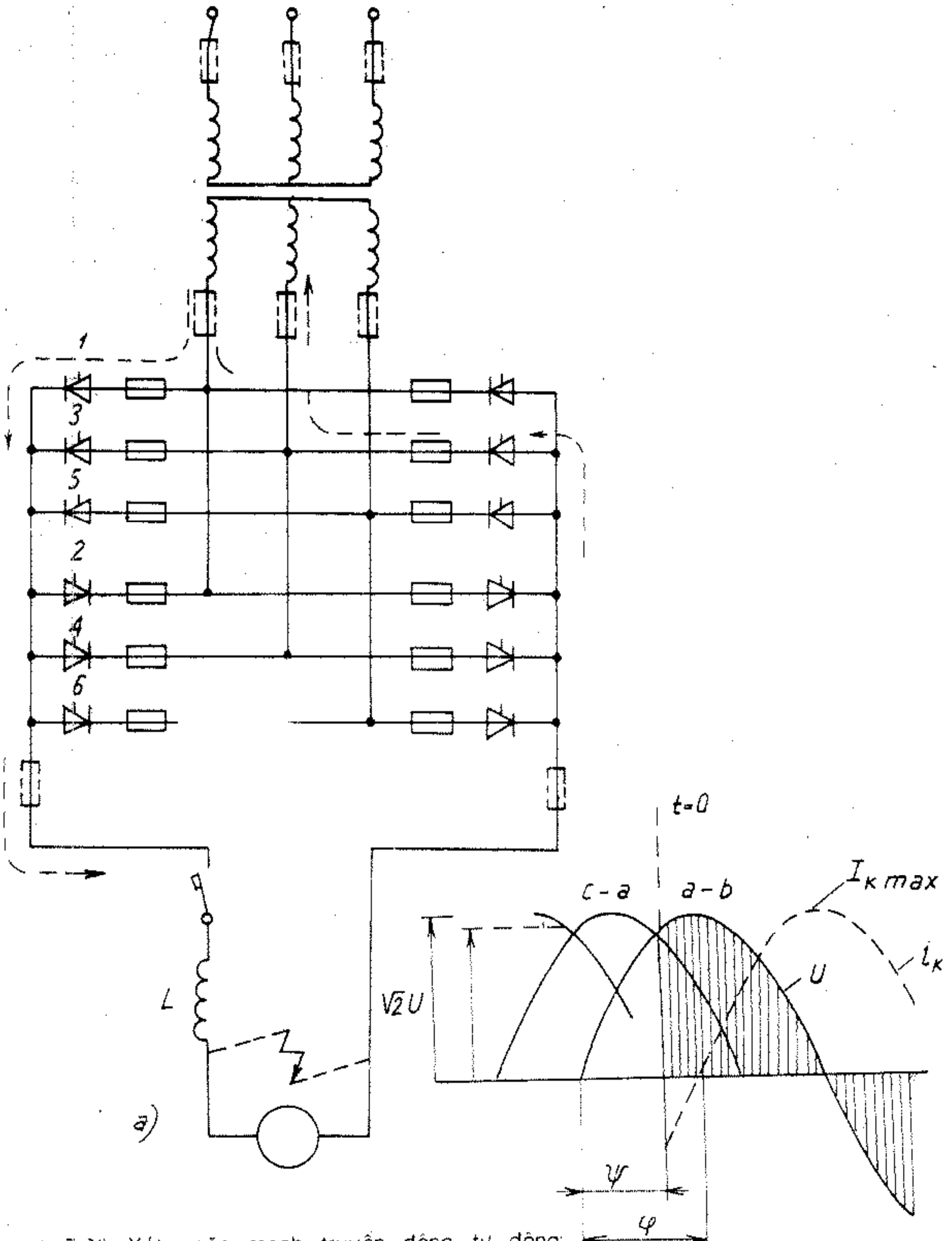
- Ngăn mạch bên trong hệ truyền động : bộ biến đổi và động cơ.

Trong phần này ta nghiên cứu các đặc tính ngăn mạch ở bên trong hệ truyền động

Xét hệ truyền động chỉnh lưu tiristor động cơ một chiều kích từ độc lập H.7-20.

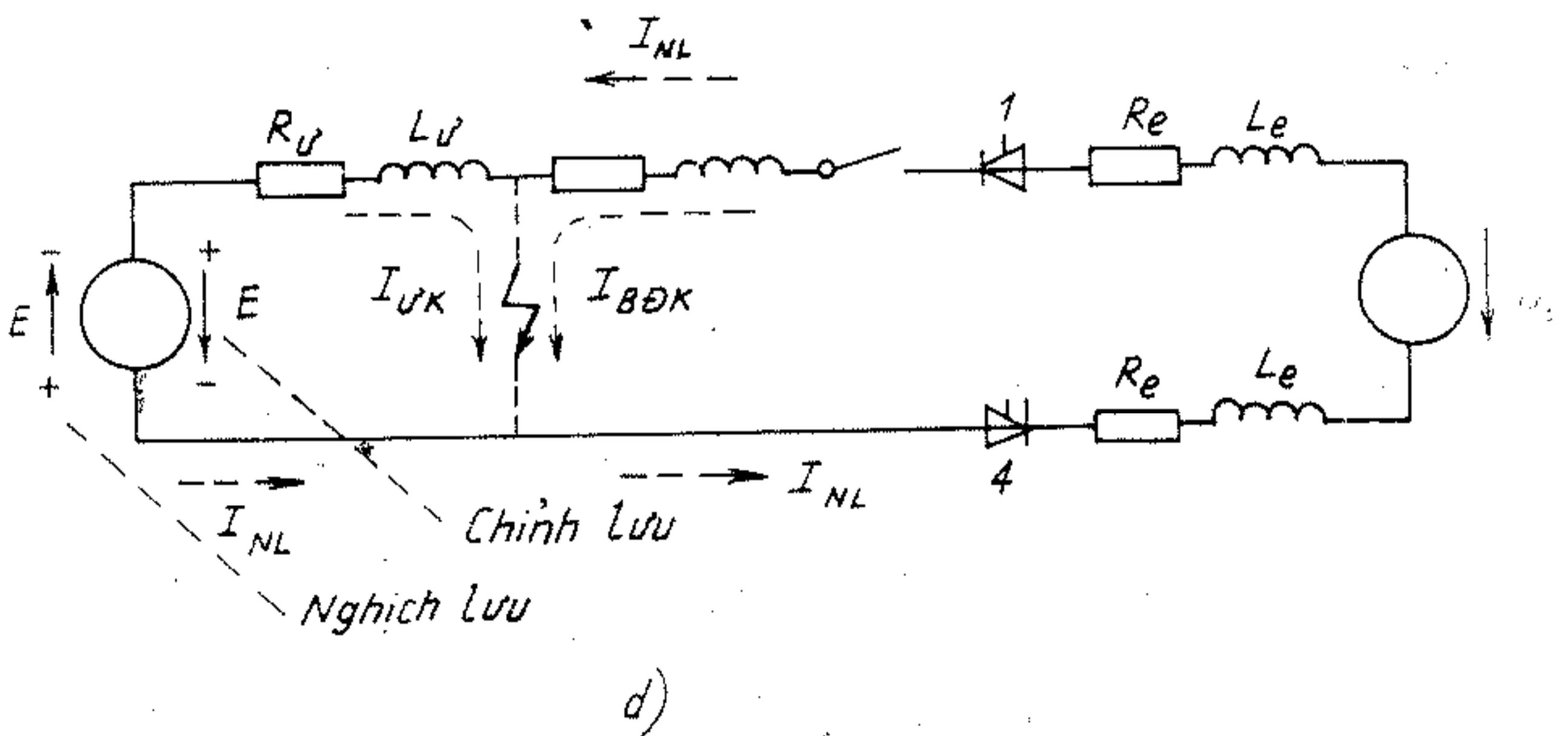
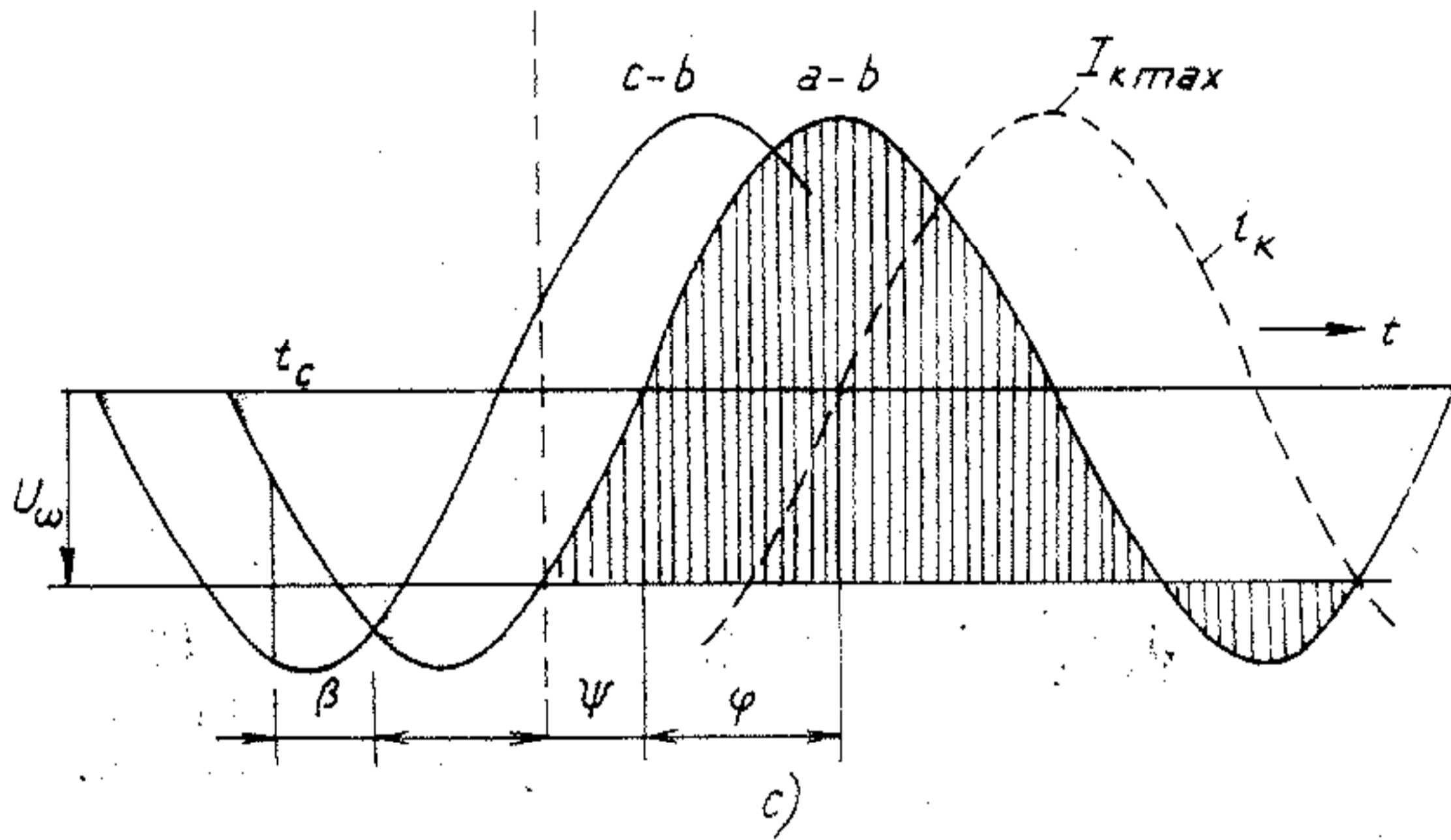
a. Khi hệ đang vận hành ở chế độ nghịch lưu và lưới điện bình thường.

Nguyên nhân nảy sinh sự cố : khi hệ làm việc ở chế độ nghịch lưu truyền động hãm tái sinh do quy luật phát xung không đúng hệ chuyển sang chế độ chỉnh lưu, dòng điện tăng vượt thiết bị bảo vệ tác động : aptômat mạch một chiều nhảy hoặc cầu chì tác động nhanh đứt. Ta có



Hình 7-20. Xét ngán mạch truyền động tu động:
 a) Mạch lực; b) Điện áp và dòng điện khi ngán mạch chỉnh lưu.

Hình 7-20. Xét ngắn mạch truyền động tự động:
 c) Điện áp và dòng điện khi ngắn mạch nghịch lưu
 d) Sơ đồ thay thế



$$L_{\Sigma} \frac{di}{dt} + R_{\Sigma} i = R + 2 U_2 \sin(\omega t - \varphi) \quad (7-51)$$

Trong đó $L_{\Sigma} = L_u + L_{cK} + 2L_{ba}$

$R_{\Sigma} = R_u + R_{cK} + 2R_{ba}$

Giả thiết $t = 0$, $i_{(0)} = 0$, lúc đó $E = \sqrt{2} U_2 \sin \varphi$

Dòng ngắn mạch được tính :

$$i_K(t) = \frac{E}{R_{\Sigma}} (1 - e^{-\frac{t}{T_u}}) + \frac{\sqrt{2} U_1}{\sqrt{R_{\Sigma}^2 + \omega^2 L_{\Sigma}^2}} [e^{-\frac{t}{T_u}} \sin(\varphi + \varphi) + \sin(\omega t - \varphi - \varphi)] \quad (7-52)$$

Trong đó $T_u = \frac{L_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}$, $\varphi = \arctg \frac{\omega L}{R}$

Thành phần thứ nhất của $i_K(t)$ (7-52) là dòng ngắn mạch do năng lượng tích lũy động cơ sinh ra, với điều kiện năng lượng tích lũy là rất lớn và kích từ động cơ giữ nguyên ta có dòng ngắn mạch lớn nhất vào khoảng $9 \div 10 I_{udm}$. Thành phần dòng thứ hai có đặc tính vẽ trên H.7-21. Tùy theo giá trị điện kháng của máy biến áp, điện cảm, điện trở động cơ và điện cảm cuộn lọc, mà dòng ngắn mạch cực đại sẽ có giá trị từ $(2 \div 4) I_{Kmax}$

$$I_{Kmax} = \frac{E}{R_{\Sigma}}$$

b. Khi hệ đang vận hành ở chế độ chỉnh lưu.

Ngắn mạch xảy ra do nguyên nhân : cách điện bị hỏng, điện áp chỉnh lưu tăng nhảy cấp (do mất tín hiệu phản hồi dòng), v.v. Bảo vệ trong chế độ ngắn mạch thường dùng biện pháp khóa toàn bộ mạch phát xung bởi vì dòng điện ngắn mạch này không thể chuyển mạch, không cần thiết để cho cầu chì tác động nhanh, hoặc aptômat tác động nhanh cắt mạch.

Khi cách điện động cơ bị hỏng hoặc trên vành góp động cơ bị đánh lửa vòng tròn gây ngắn mạch. Dòng ngắn mạch lúc đó có hai thành phần

- Ngắn mạch riêng của động cơ (nhóm phân trên)
- Ngắn mạch bộ biến đổi (ngắn mạch hơi pha), dòng qua tiristor lúc đó được tính từ phương trình

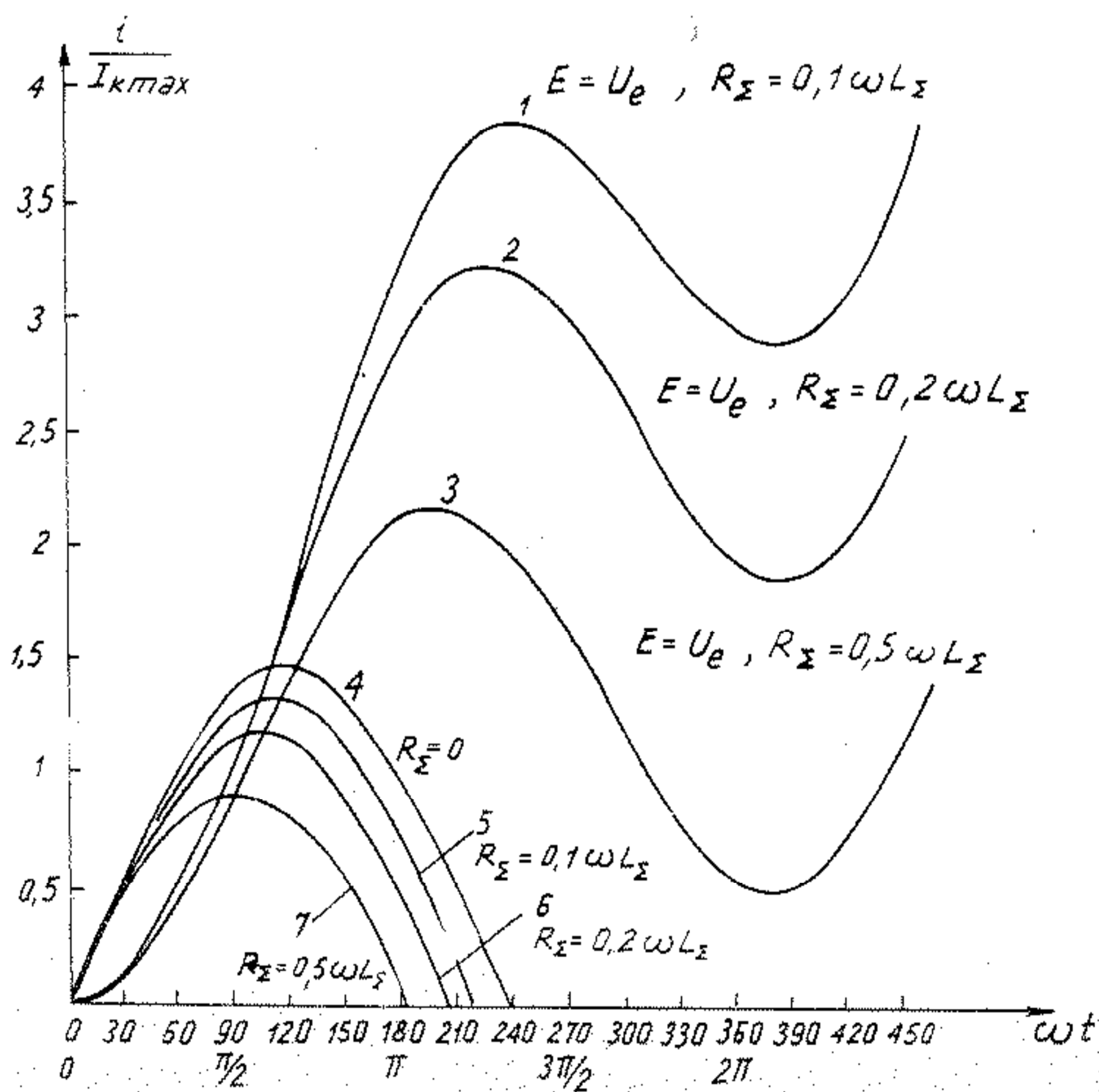
$$L_{\Sigma} \frac{di}{dt} + R_{\Sigma} i = \sqrt{2} U_2 \sin(\omega t + \psi) \quad (7-53)$$

Trong đó $L_{\Sigma} = L_{cK} + 2L_{ba}$, $R_{\Sigma} = R_{cK} + 2R_{ba}$

Với điều kiện đầu $i(0) = 0$

$$i_K(t) = \frac{\sqrt{2} U_2}{\sqrt{R_{\Sigma}^2 + L_{\Sigma}^2 \omega^2}} [e^{-t/T_{\Sigma}} \sin(\psi - \varphi) + \sin(\omega t + \psi - \varphi)] \quad (7-54)$$

$T_{\Sigma} = \frac{L_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}$, dòng ngắn mạch đạt giá trị cực đại.



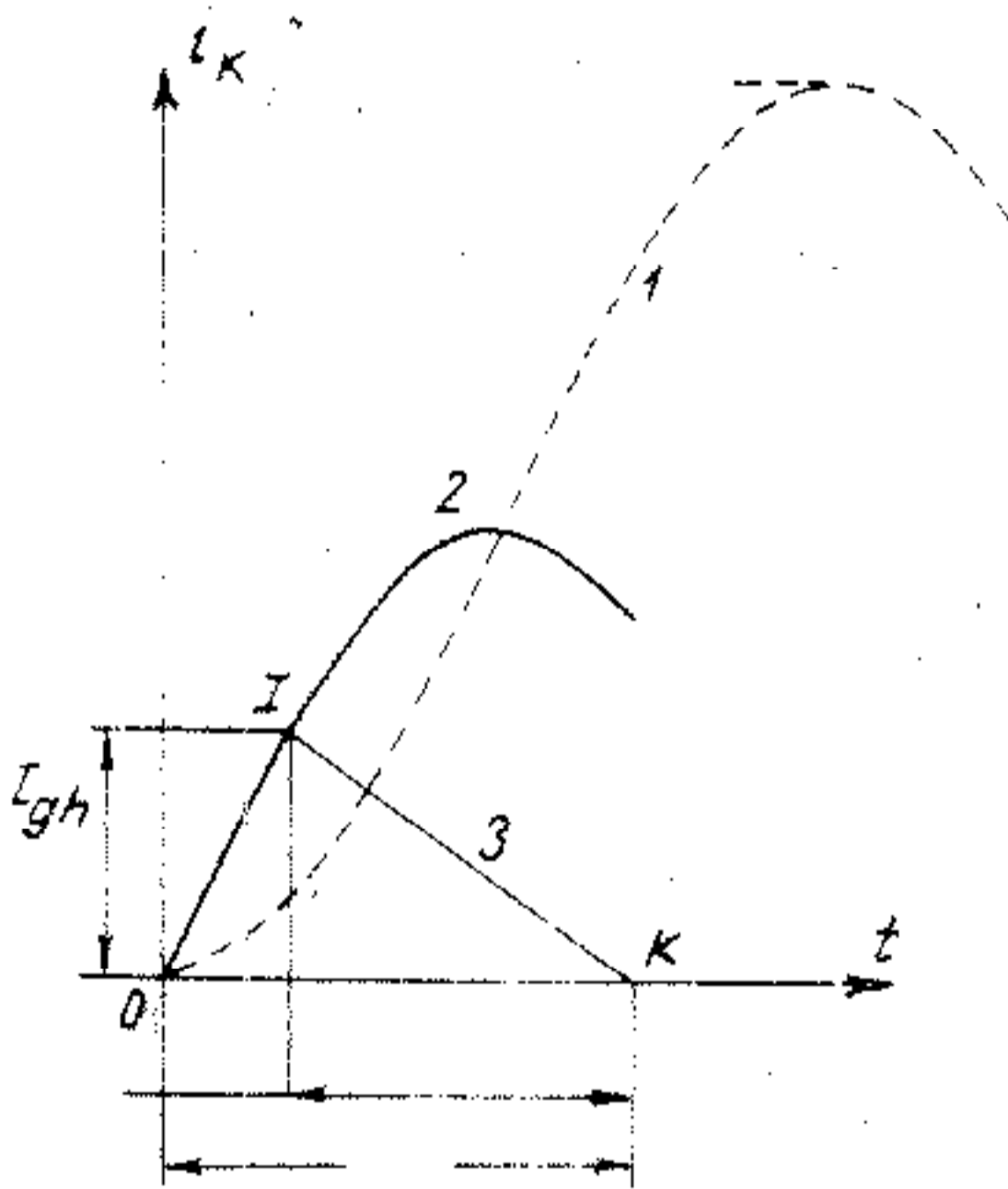
Hình 7-21. Đặc tính dòng điện ngắn mạch.

khi $\alpha = 0$ (tức là $\varphi = 60^\circ$) với giá trị $1,5 \cdot I_{Kmax}$ (H.7-21).

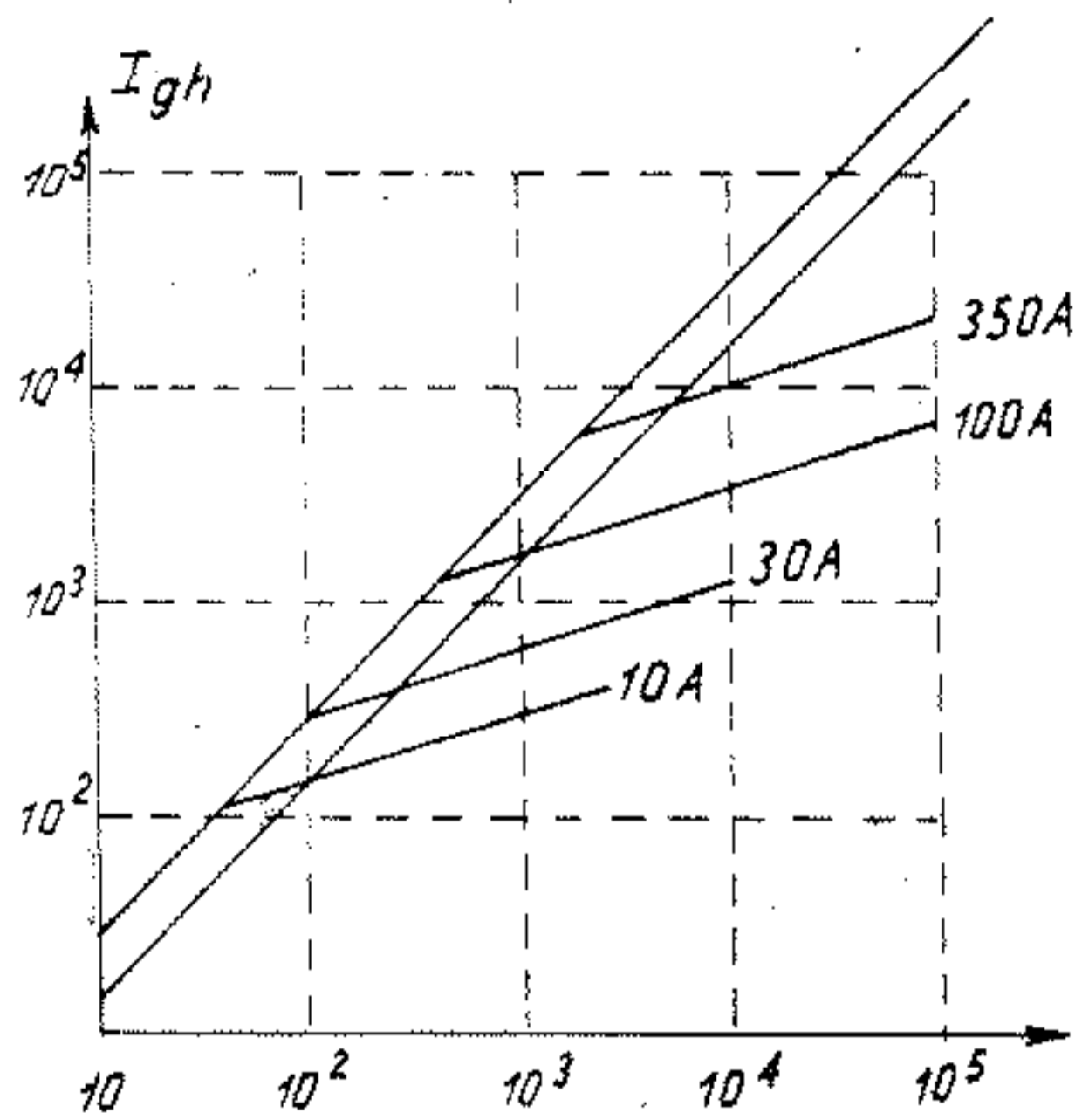
Nhận xét : Khi bỏ biển đổi làm việc trong chế độ nghịch lưu dòng ngắn mạch lớn nhất và nguy hiểm nhất. Vì vậy để tránh gây hỏng hóc cần bố trí thiết bị bảo vệ tác động nhanh (cầu chì tác động nhanh, aptomat tác động nhanh). Đối với phụ tải cần đảo chiều liên tục, cần có mạch theo dõi dự báo về dòng ngắn mạch nghịch lưu.

7-10.3. Các thiết bị bảo vệ

a. Thiết bị bảo vệ dòng điện ngắn mạch



Hình 7-22 Đặc tính tác động của cầu chì

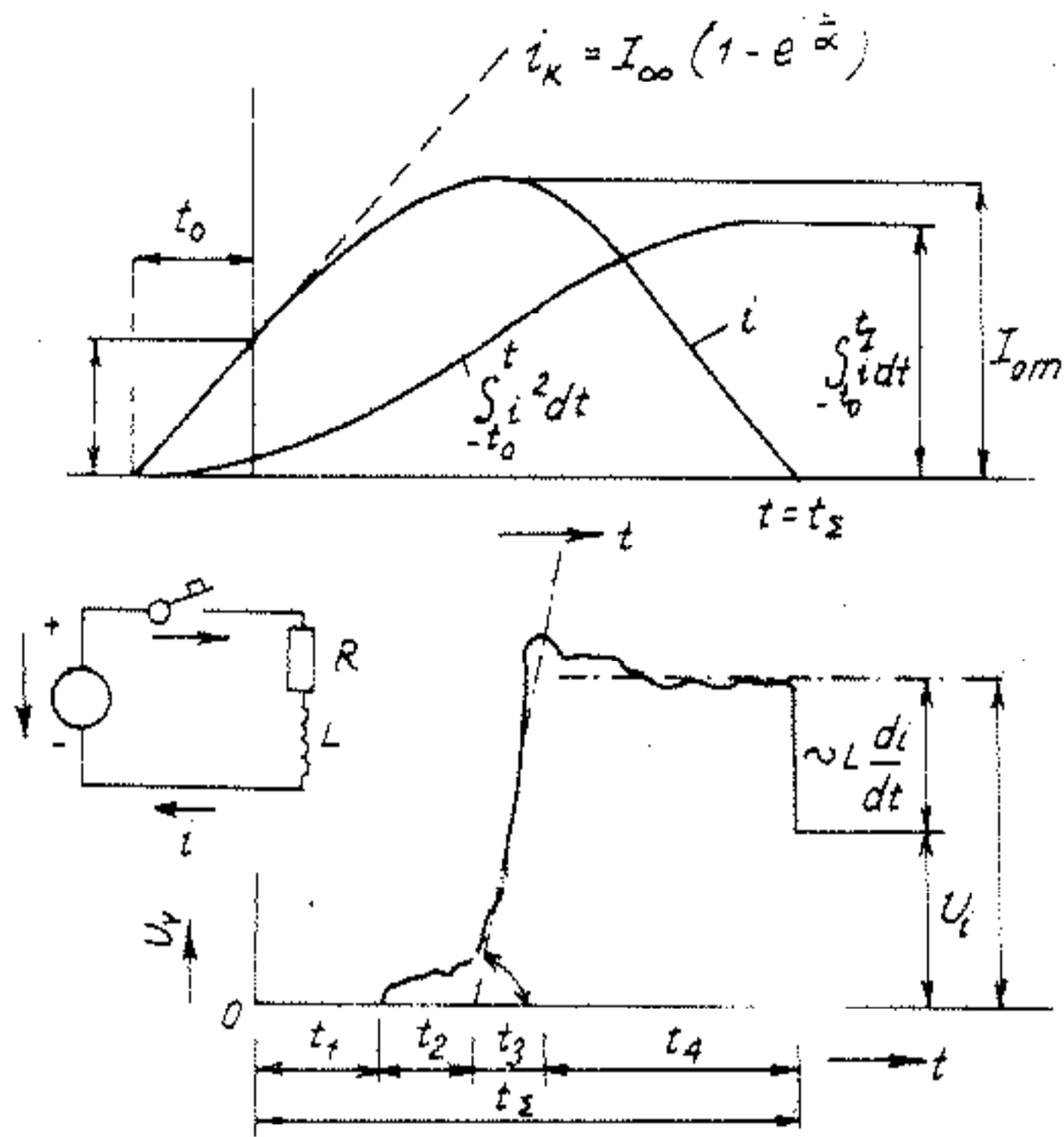


Hình 7-23 Đặc tính dòng giới hạn I_{gh} của cầu chì.

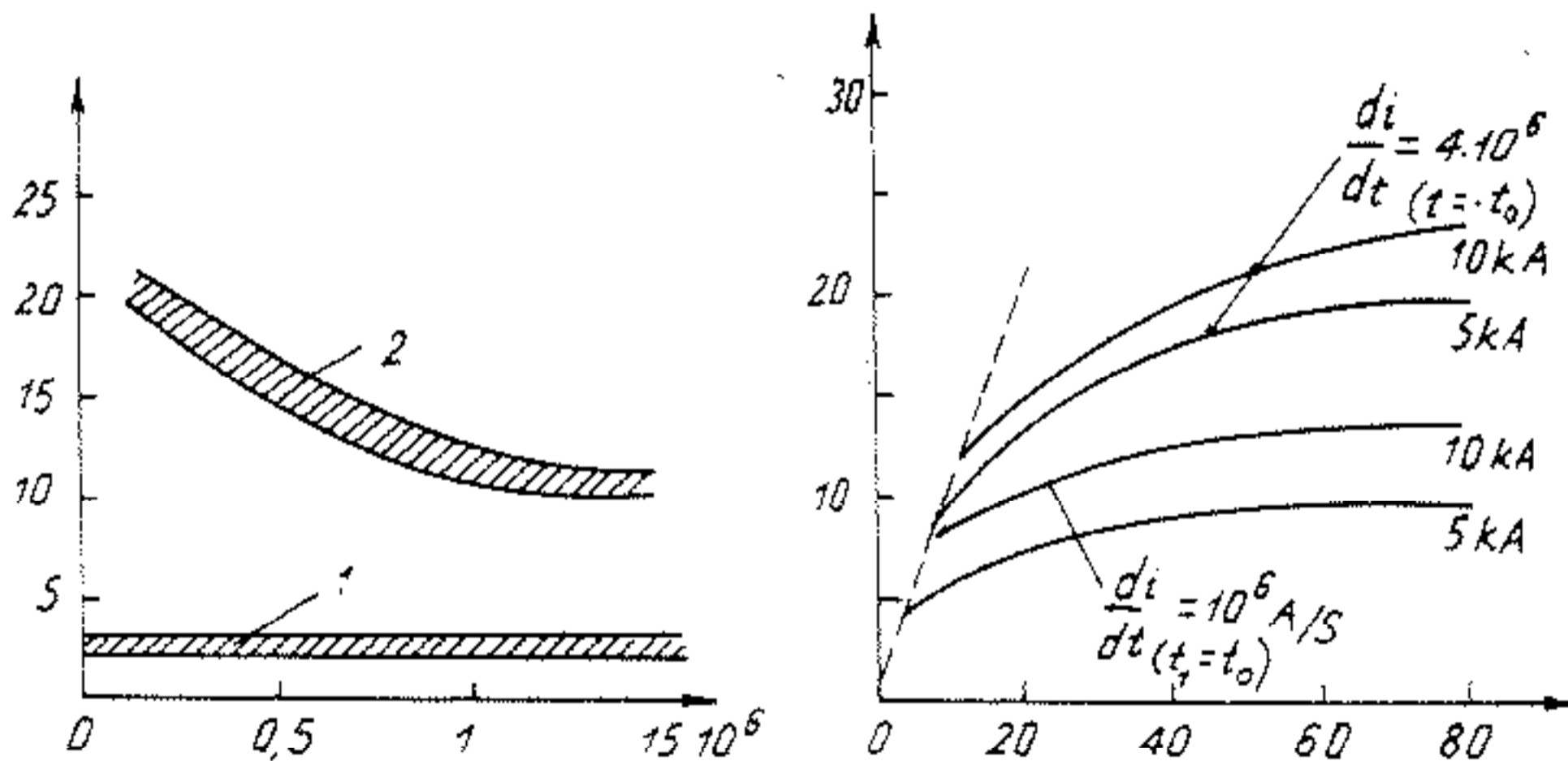
- Cầu chì : Khi ngắn mạch dây cháy sẽ bị nung nóng, uốn và đứt, gây ra cắt mạch. Trên hình 7-22 là đặc tính thời gian của cầu chì và H.7-23 là đặc tính giới hạn dòng điện cắt của cầu chì tác động nhanh

- Thiết bị bảo vệ quá dòng tác động nhanh ở mạch một chiều trên H.7-24 là đặc tính tác động, khi $t \leq 0$ dòng điện ở giá trị

dưới tác động, trong thời gian t_1 dòng điện bắt đầu vượt quá giới hạn công tác bắt đầu mở và trong thời gian t_2 cơ cấu tiếp điểm bắt đầu tách, nên trong thời gian t_3 điện áp trên hai đầu tiếp điểm tăng rất nhanh $d_u/d_t = 300 \div 500 \text{ Vms}$. Khi tăng đến giá trị cực đại, điện áp này được giữ lại cho đến khi tiếp



Hình 7-24. Đặc tính tác động của thiết bị bảo vệ quá dòng tác động nhanh theo thời gian.



Hình 7-25 a) Đặc tính tác động của thiết bị bảo vệ quá dòng tác động nhanh (1 - điện tử, 2 - điện từ).

b) Đặc tính dòng giới hạn của thiết bị bảo vệ quá dòng tác động nhanh ($I_{ph} = 4000 \text{ A}$).

điểm tách ra, điện áp trên hai cực còn lại không
 $U = E + L \frac{di}{dt}$. Bảo vệ quá dòng tác động nhanh có hai
 điện từ và điện từ, đặc tính của nó vẽ trên H.7-24.

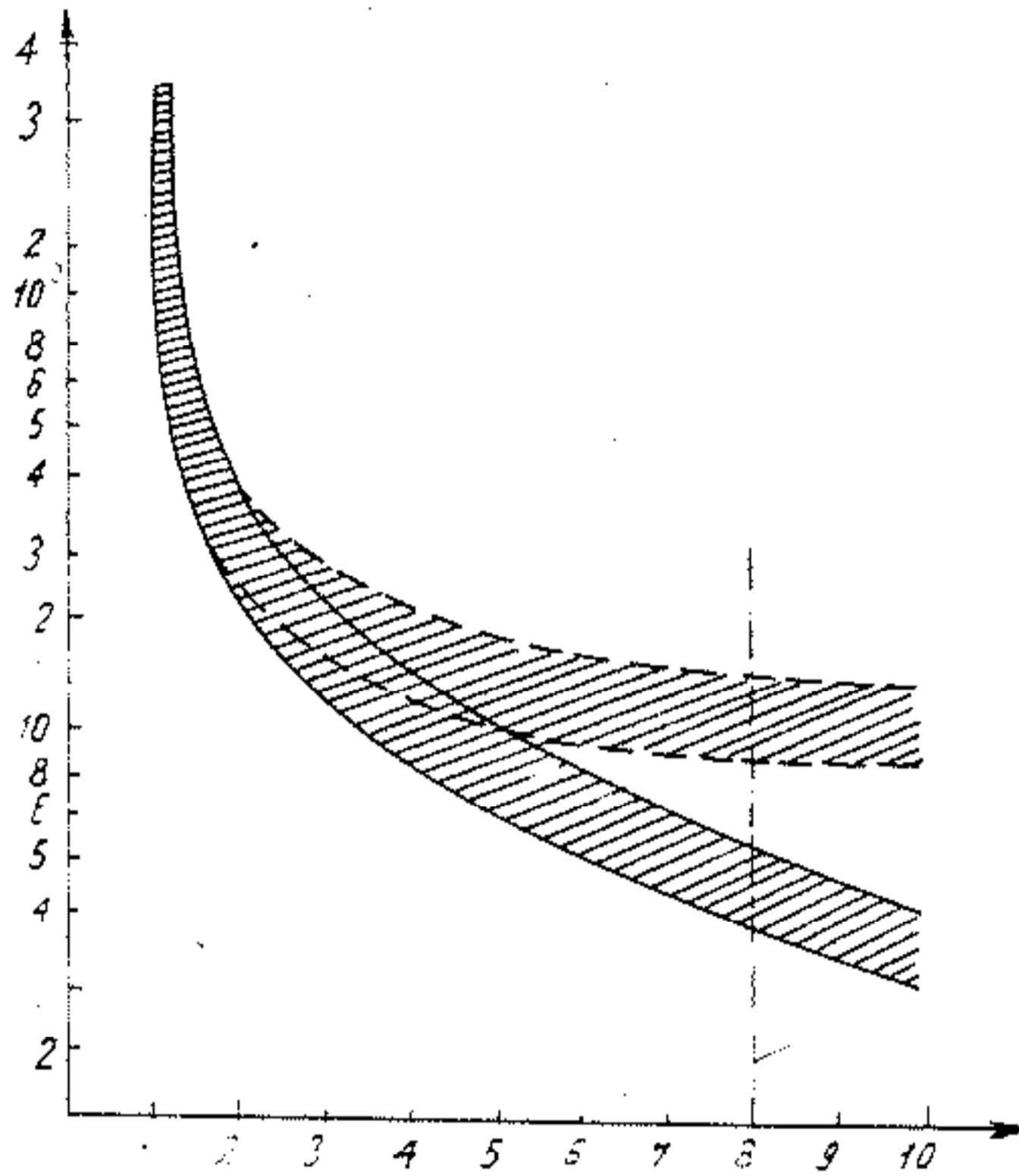
Năng lượng cắt tỷ lệ với tích phân

$$\left[I^2 t \right]_{\text{cắt}} = \int_0^{t_{\text{cắt}}} i^2 dt \quad (7-55)$$

- Role nhiệt :
 Dùng để bảo vệ
 quá tải, có thể
 nối trực tiếp vào
 mạch hoặc qua
 biến dòng. Đặc
 tính tác động của

nó $t_{\text{td}} = f\left(\frac{I}{I_{\text{cd}}}\right)$

là hàm của tỷ lệ
 dòng điện chạy
 qua với dòng điện
 chính định (xem
 H.7-26).



Hình 7-26. Đặc tính của role nhiệt :

b. Các thiết
 bị bảo vệ khác

- Role bảo vệ
 quá áp mạch một
 chiều : dùng bảo
 vệ hệ truyền
 động một chiều có điều chỉnh từ thông

A - Phần tử nhiệt nối trực tiếp

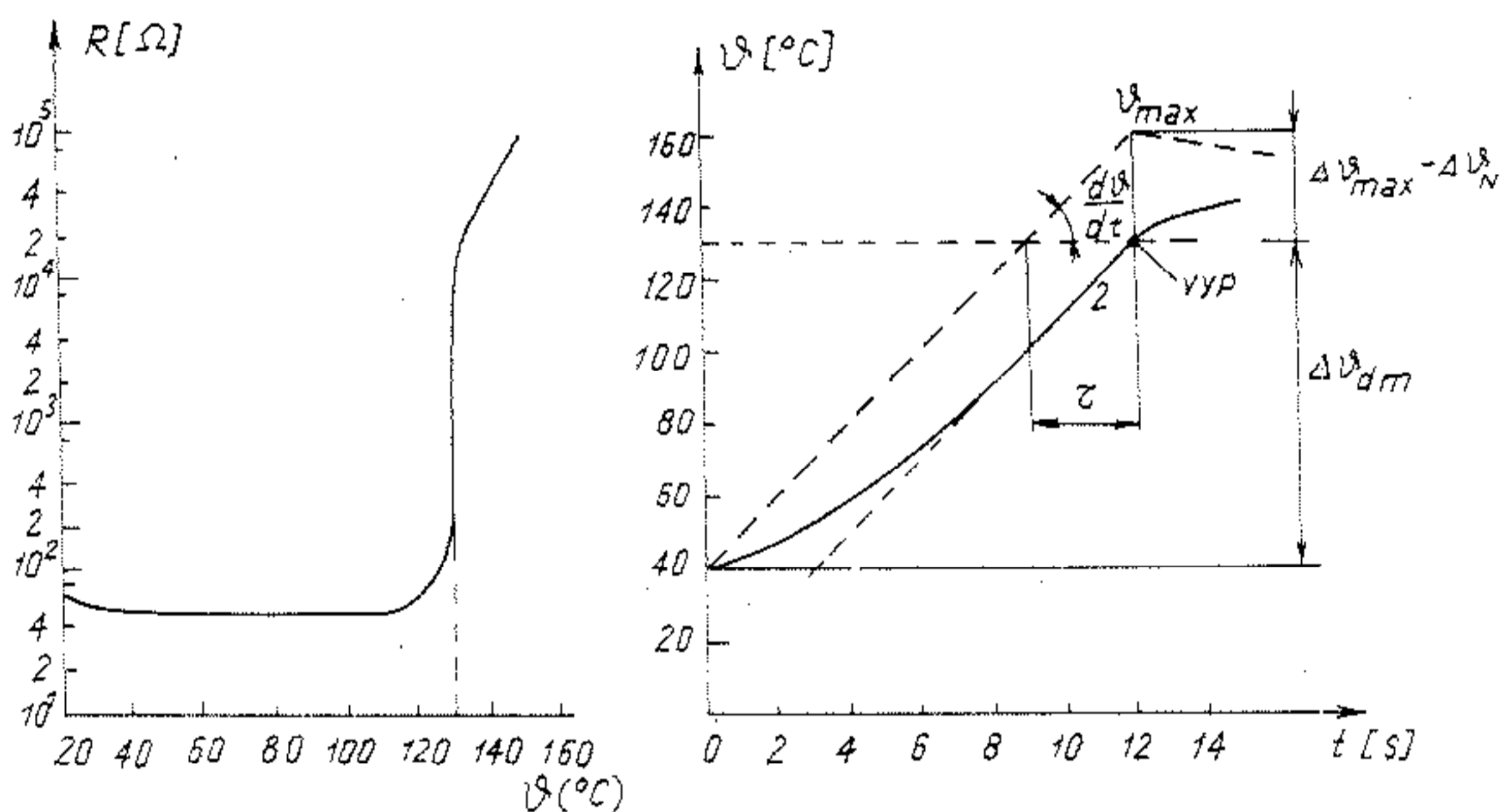
B - Phần tử nhiệt nối qua biến dòng

C - Giá trị dòng ngắn mạch

λ_1 là hệ số dòng điện chính $\lambda_1 = \frac{I}{I_{\text{đặt}}}$

- Role bảo vệ mất từ thông : dùng trong hệ truyền động
 động cơ một chiều và động cơ xoay chiều đồng bộ, thường sử
 dụng các loại role dòng điện.

- Role bảo vệ quá nhiệt : Trong truyền động sử dụng nhiều role bảo vệ nhiệt như bảo vệ quá nhiệt động cơ, máy biến áp, các ổ bi, các tiristor, quá nhiệt trong tủ điều khiển v.v. Người ta thường dùng điện trở nhiệt bán dẫn đã tinh thể (termistor). Đặc tính của nó được trình bày trên H.7-27. Khi nhiệt độ thấp điện trở của nó nhỏ, khi nhiệt độ tăng đến giá trị tác động, điện trở của nó tăng đột biến rất lớn, cắt tín hiệu điều khiển.



Hình 7-27. Đặc tính của termistor

a) $R(t)$; b) $t^{\circ}(t)$.

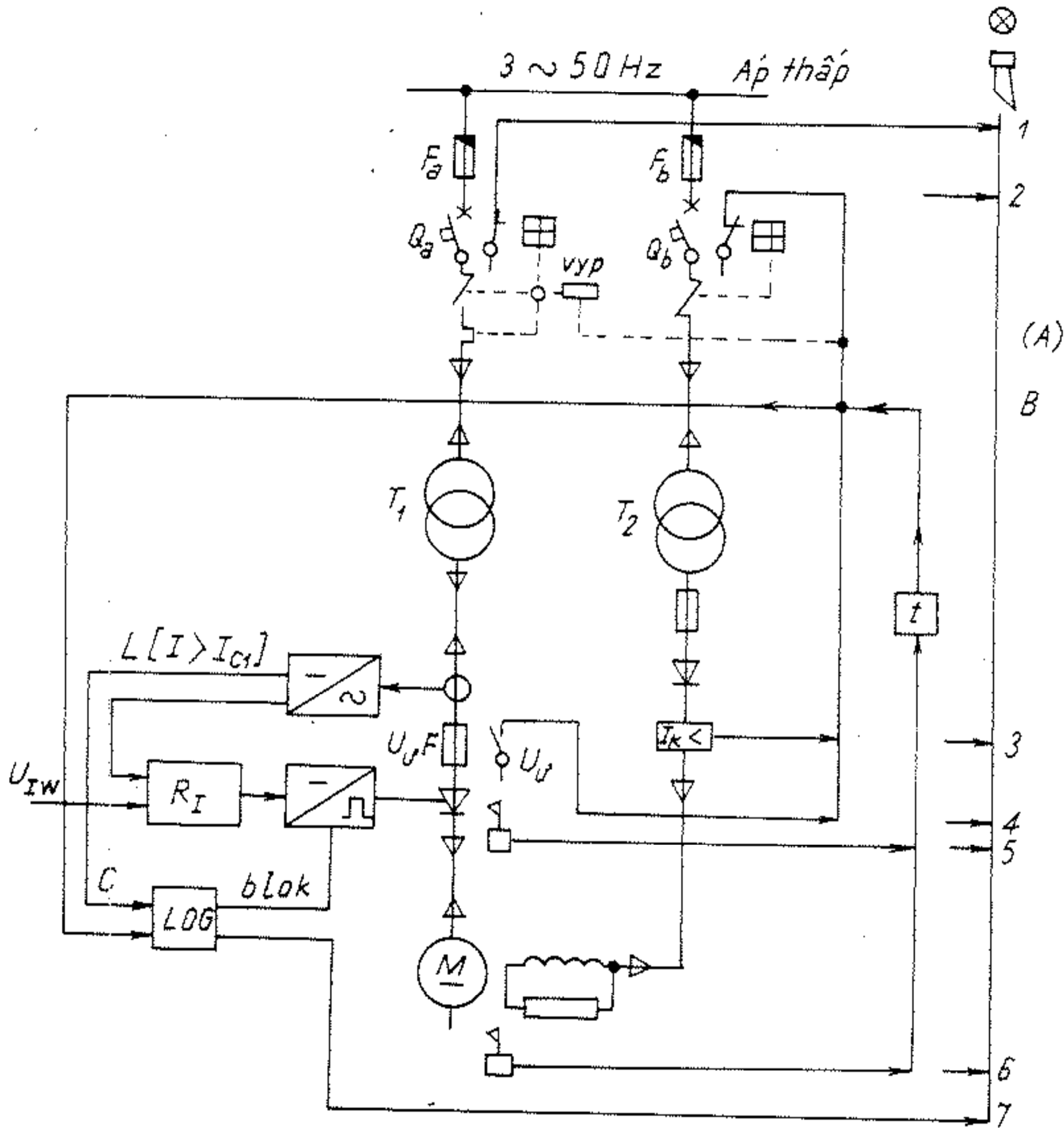
Thường người ta chế tạo loại termistor với dải nhiệt độ $50 \div 180^{\circ}\text{C}$ gắn cách ly với phần phát nhiệt. Thực tế trong bảo vệ nhiệt, người ta nối tiếp nhiều termistor ở các phần phát nhiệt để gửi tín hiệu cảnh báo hoặc bảo vệ cắt hệ thống.

7-10.4. Phương pháp tổ chức bảo vệ hệ truyền động điện

Muốn xây dựng mạch bảo vệ tác động chính xác và hiệu quả cần thực hiện qua các bước sau:

- Thông kê các phân tử trong hệ cơ khả năng sinh ra sự cố như : máy sản xuất, động cơ truyền động, bộ biến đổi, mạch điều khiển bộ biến đổi và nguồn cung cấp.

- Khả năng và nguyên nhân phát sinh sự cố từ những phân tử trên,



Hình 7-28. Mạch bảo vệ truyền động tiristor - động cơ một chiều.

- Xác định sự cố xảy ra cho toàn hệ khi một trong các phần tử của hệ truyền động phát sinh sự cố.

- Thiết lập thiết bị và mạch bảo vệ, sao cho các thiết bị này sẽ đảm bảo loại trừ tất cả sự cố có thể sinh ra. Trên bảng 7-6 là thí dụ tổ chức mạch bảo vệ cho hệ truyền động tiristor động cơ một chiều và sơ đồ bảo vệ đối với hệ truyền động đơn giản (không đảo chiều) hình 7-28 và hệ phức tạp (có đảo chiều) hình 7-29.

Phân tích mạch bảo vệ hình 7-29 : Hệ có sáu tác động

A - Cát aptômát chính cấp nguồn cho truyền động, A tác động khi : quá dòng, đầu vào (1), sự cố máy biến áp nguồn (11) quá có thời gian (8), quá nhiệt biến áp có thời gian (10) bảo vệ hơi dầu biến áp có thời gian (12)

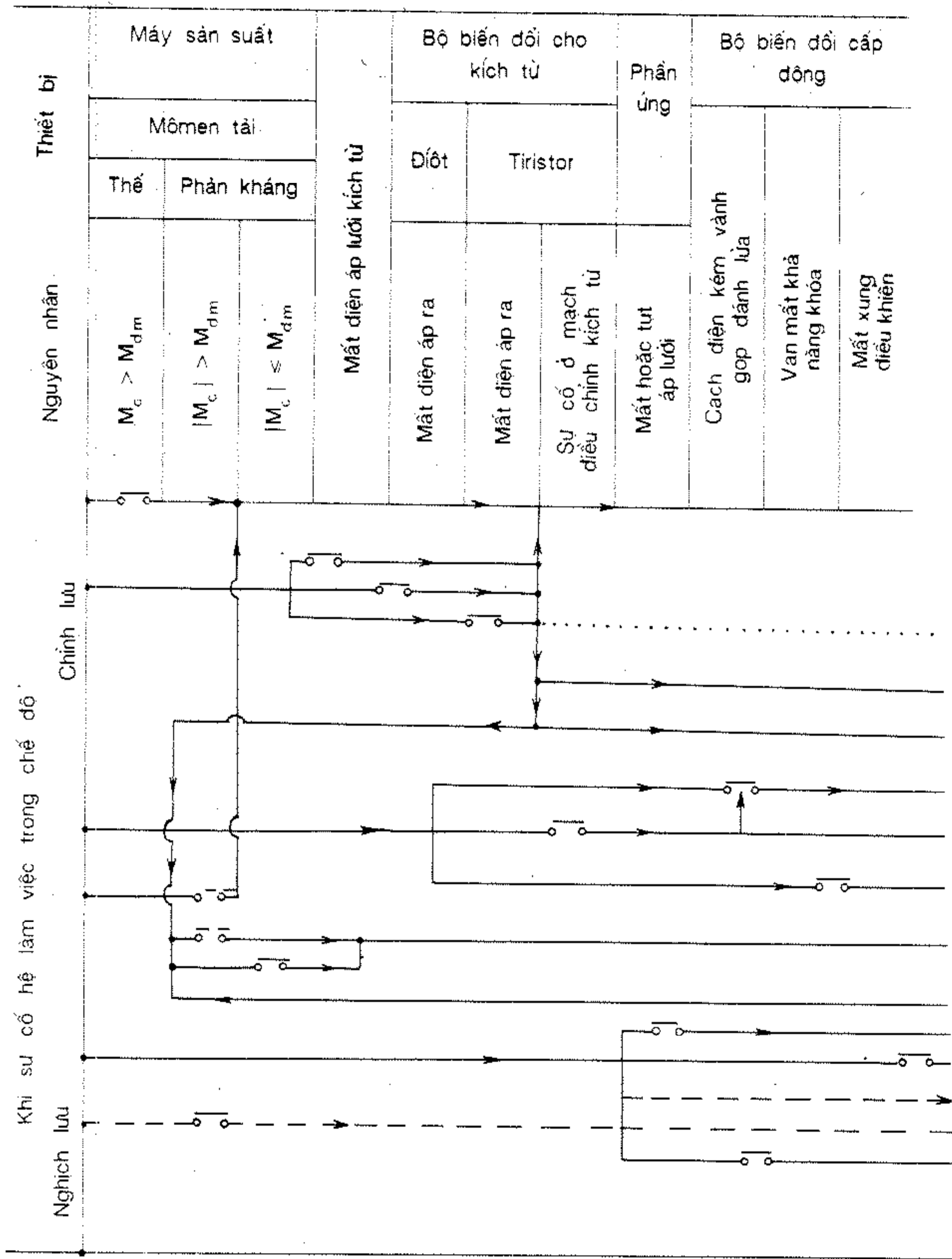
C - Cát cầu chì tác động nhanh ở mạch lực bộ biến đổi

B - Khóa mạch điều khiển : quá dòng tổng (1), mất áp kích từ (2), thấp dòng kích từ (3), sự cố biến áp nguồn (11), quá dòng phản ứng (16), quá áp phản ứng (17), quá tốc độ (20, 21), các tín hiệu cát có thời gian (8, 10, 12, 5, 22) là các bảo vệ quá nhiệt.

D - Bảo vệ quá dòng tác động nhanh ở mạch phản ứng bằng thiết bị cắt điện tử : gồm tất cả các bảo vệ của B

E - Bảo vệ ngắn mạch bộ biến đổi cắt nhanh ở mạch phản ứng

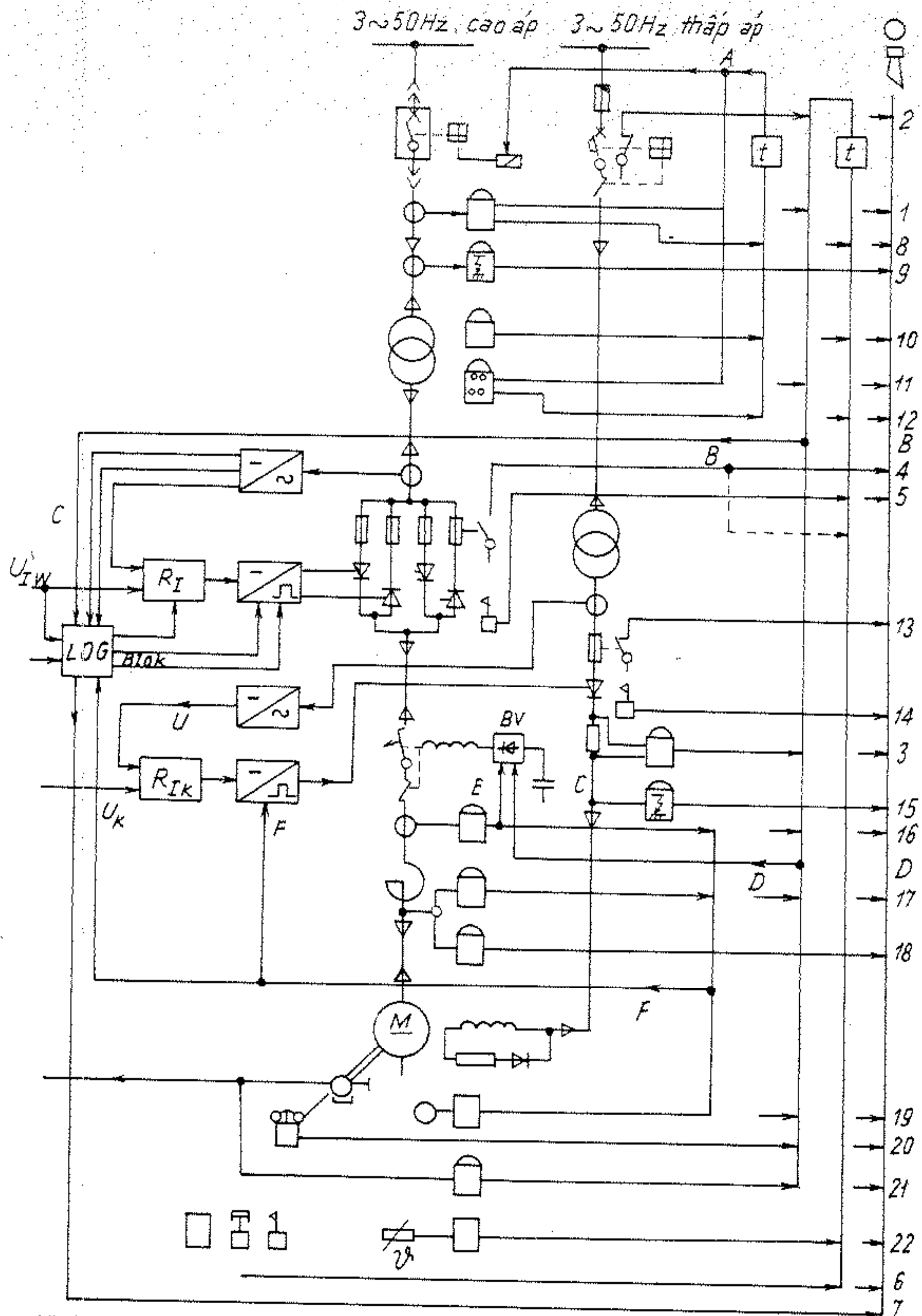
F - Bảo vệ kích từ khi có sự cố quá dòng (16) quá áp (17), mạch kích từ bị khóa phát xung. Ngoài ra tất cả các sự cố đều được tín hiệu hóa và phát còi cảnh báo.



cho phản ứng
cơ

Bảng 7.6. Giản đồ tổ chức mạch bảo vệ hệ truyền động tiristor động cơ một chiều kích từ độc lập

Sự cố ở mạch vòng điều chỉnh tốc độ	Sự cố ở mạch vòng điều chỉnh dòng điện	Sự cố	Bảo vệ
→	→	Quá tải	Rơle nhiệt, termistor
→	→	Quá dòng	Khoá xung điều khiển
→	→	Mất kích từ	Thấp dòng kích từ
→	→	Quá tốc	Thiết bị bảo vệ lực cắt
→	→	Ngắn mạch chuyển lưu	
→	→	Ngắn mạch phản ứng	
→	→	Quá áp mạnh phần ứng	Rơle quá áp
→	→	Ngắn mạch bên trong	Cầu chì tác động nhanh
→	→	Quá tốc phần cơ cấu phanh hãm tác động	Cắt mạch lực
→	→	Ngắn mạch nghịch lưu	Cầu chì tác động nhanh
→	→		Bảo vệ quá dòng tải động nhanh
→	→	Ngắn mạch phản ứng	Cắt kích từ



Hình 7-29. Mạch bảo vệ hệ truyền động tiristor - động cơ một chiều có đảo chiều quay.

7-11. ĐỘ TIN CẬY HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Ngày nay thiết bị công nghệ thường được xây dựng theo dây chuyền sản xuất liên tục khép kín. Do vậy khi có sự cố xảy ra thường dẫn đến tổn thất lớn. Tổn thất này có khi vượt quá cả giá thành hệ truyền động. Vì vậy đặc tính quan trọng nhất của hệ truyền động là độ tin cậy.

Độ tin cậy được định nghĩa bao gồm : tuổi thọ, an toàn không gây sự cố, khả năng vận hành, sửa chữa và bảo quản. Điều này phụ thuộc vào việc thiết kế hệ truyền động, nơi sản xuất chế tạo hệ truyền động và phụ thuộc cả vào người vận hành sử dụng và bảo hành, bảo trì.

7-11.1. Chỉ tiêu độ tin cậy :

Chỉ tiêu độ tin cậy của sản phẩm ngày nay được thống nhất đánh giá bằng xác suất vận hành không sự cố $R(t)$

$$R(t) = \frac{N(t)}{N_0(0)} \quad (7-56)$$

$N(t)$ - tổng số sản phẩm không có sự cố sau thời gian theo dõi thử nghiệm :

$N_0(0)$ - tổng sản phẩm mang ra thử nghiệm.

Người ta còn đưa ra chỉ tiêu đánh giá là xác suất giữa hai khoảng thời gian sự cố gần nhau nhất (t_2, t_1)

$$\lambda(t) = \frac{1}{t_2 - t_1} \frac{N(t_1) - N(t_2)}{N(t_1)}$$

$N(t_1)$ và $N(t_2)$ là sản phẩm không bị hư hỏng tính từ thời gian đầu t_1 và đến thời gian kết thúc t_2 .

Phần lớn sản phẩm, đặc biệt là sản phẩm điện tử có đặc tính cường độ hỏng hóc như trên H.7-30 gồm ba giai đoạn :

- Bắt đầu sử dụng thường hay bị sự cố
- Thời gian có mức độ sự cố thấp và không đổi

- Thời gian cuối tuổi thọ của sản phẩm mức độ sự cố tăng lên.

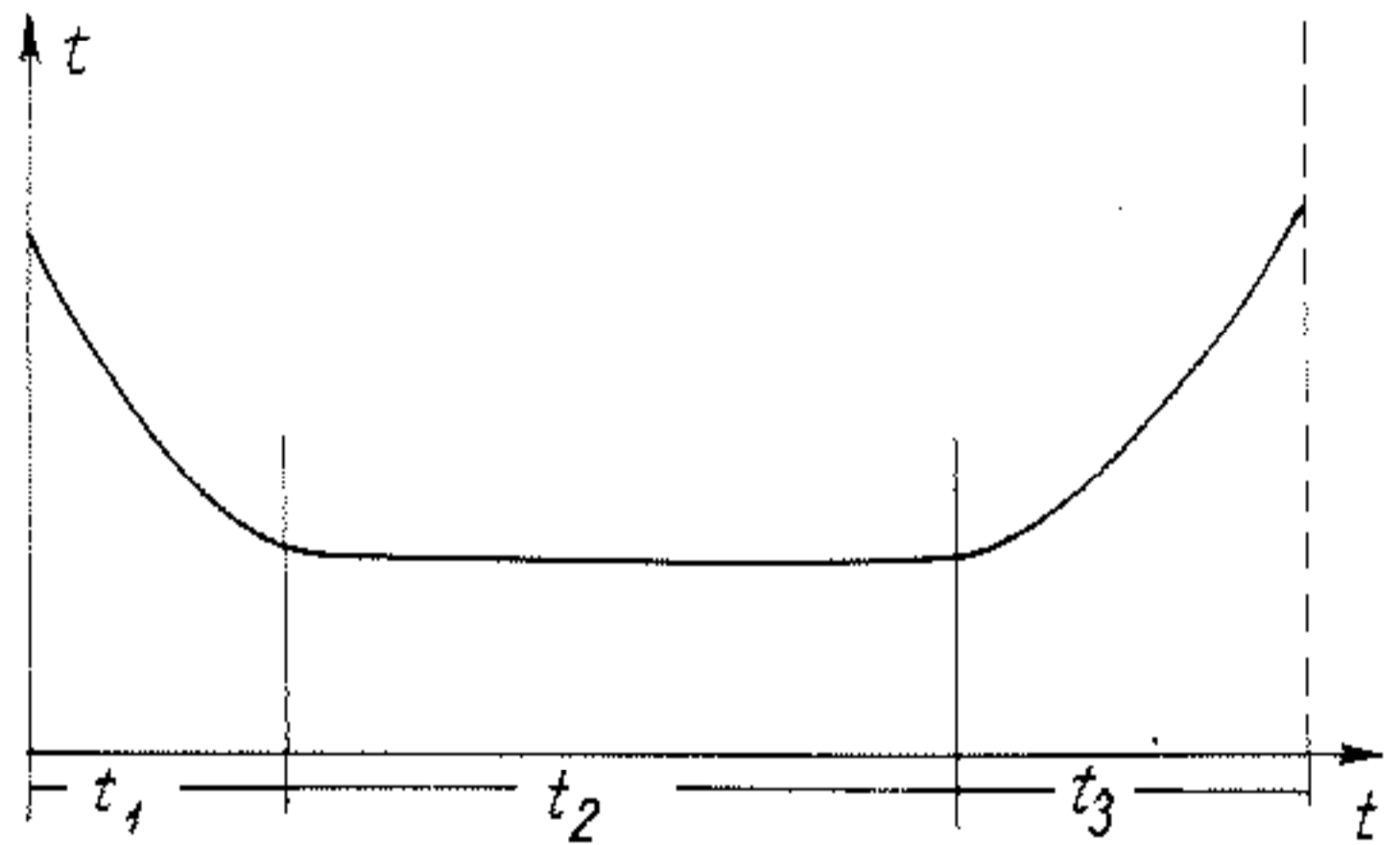
Ngày nay các sản phẩm được quan tâm rất nhiều không những đến chất lượng mà còn độ tin cậy. Có sản phẩm đạt chỉ tiêu thời gian xảy ra sự cố đầu tiên tới $(100 \div 150)10^3$ giờ.

7-11.2. Phương pháp đảm bảo độ tin cậy của thiết bị khi vận hành

Vì độ tin cậy sản phẩm phụ thuộc vào cả người vận hành thiết bị. Cho nên cần có kế hoạch và phương pháp để đảm bảo độ tin cậy của máy theo nhà sản xuất ra sản phẩm đã tính toán, cụ thể :

- Lắp đặt máy và đưa vào vận hành : Phải tuân theo đúng yêu cầu của nhà sản xuất khi vận chuyển và đưa máy vào vị trí. Môi trường lắp đặt đảm bảo. Lần chạy thử đầu tiên phải có quy trình kiểm tra chặt chẽ như : Phần nguồn cung cấp, phần phụ tải tránh nguyên nhân sơ suất gây sự cố, kiểm tra toàn bộ mạch điều khiển bảo vệ. Thông thường các hệ truyền động ngày nay đều trang bị chương trình thử máy, cần tuân thủ đúng các yêu cầu của nhà sản xuất.

- Trong quá trình vận hành : Người vận hành phải thực hiện công việc bảo trì máy sau mỗi ca vận hành hoặc sau định kỳ. Người quản lý cần lên kế hoạch khai thác máy. Khi có sự cố cần đánh giá nguyên nhân sự cố khắc phục kịp thời đặt thiết bị dự phòng thay thế để chủ động sản xuất. Sau một thời gian vận hành, hoặc



Hình 7-30. Đặc tính cường độ hỏng hóc thiết bị.

t_1 - giai đoạn đầu đi vào sản xuất nhiều sự cố

t_2 - giai đoạn giữa ít sự cố

t_3 - giai đoạn cuối

sau một lần sửa chữa phải thử nghiệm, chỉnh định tham số của máy.

- Phần cuối của tuổi thọ máy : Đánh giá từng phần trong hệ và có kế hoạch thay thế nhằm kéo dài tuổi thọ của máy.

Đối với cơ sở sản xuất cần tổ chức đào tạo cho công nhân vận hành, quy trình vận hành và phương pháp bảo trì máy định kỳ. Tổ chức một đội ngũ có chuyên môn cao bảo trì và sửa chữa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

- /1/ L.Kule a Kolektiv. Technika elektrických pohonu SNTL—Praha 1983.
- /2/ Bùi Đình Tiểu – Phạm Duy Nhi. Cơ sở truyền động điện tự động Hà nội 1983
- /3/ Nguyễn Bình. Điện tử công suất. Hà nội 1993
- /4/ П.Ц. Сарбатов. Тиристорные преобразователи частоты в электроприводе. Москва, 1980
- /5/ М.Г. Чиликин. Вентильный электропривод с синхронным двигателем зависимым инвертором. Москва, 1977.
- /6/ Albert Wiart and Jean Hamel. Railway Traction Powered by Synchrons motors Supplied Through Natural Commutation Inverters .
(Proceedings Second European Conference on Power Electronics and Applications) No = 3-1987
- /7/ Zdzislawa Grunwalda. Naped electriczny. Warszawa – 1987
- /8/ S.B. Dewan , A. Straughen. Power Semiconductor Circuits. Toronto 1975.
- /9/ F. Csáki, K. Ganszky, I. Ipsits , S.Marti. Power Electronics. Budapest 197.5.
- /10/ K. Oknishi, K. Miyachi. Principle of Constant Magnitude Regulation of Secondary Flux Based on Slip Frequency Control in I.M. Drive. IEEE No2 .1985
- /11/ Kalas V.a Kolektiv. Technická Kybernetika Elektrických Pohonov. Bratislava 1978
- /12/ Автоматизированный электропривод, силовые полупроводниковые, проборы преобразовательная Техника. (Актуальные проблемы и задачи. Энергоатомиздат – 1982

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời nói đầu	3
Chương 1. Những khái niệm cơ bản về hệ truyền động điện	
1-1. Cấu trúc chung và phân loại	5
1-2. Khái niệm chung về đặc tính cơ động cơ điện	6
1-3. Đặc tính cơ máy sản xuất	7
1-4. Trạng thái làm việc của truyền động điện	9
1-5. Quy đổi mômen cản, lực cản và mô men quán tính, khối lượng quán tính	12
1-6. Phương trình động học của truyền động điện	14
1-7. Điều kiện ổn định tĩnh của truyền động điện	15
1-8. Động học của khớp nối mềm	17
Chương 2. Đặc tính cơ của động cơ điện	
2-1. Khái niệm chung	19
2-2. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập	21
2-2.1. Phương trình đặc tính cơ	21
2-2.2. Xét ảnh hưởng các tham số đến đặc tính cơ	25
2-2.3. Cách vẽ các đặc tính cơ	28
2-2.4. Khởi động và tính toán điện trở khởi động	32
2-2.5. Đặc tính cơ trong các trạng thái hãm	38
2-3. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều nối tiếp	46
2-3.1. Phương trình đặc tính cơ	47
2-3.2. Cách vẽ đặc tính cơ	50
2-3.3. Khởi động và xác định điện trở khởi động	52
2-3.4. Trạng thái hãm của động cơ kích từ nối tiếp	55
2-4. Đặc tính cơ động không đồng bộ	58
2-4.1. Phương trình đặc tính cơ	58

2-4.2. Ảnh hưởng của các thông số đến đặc tính cơ	65
2-4.3. cách vẽ đặc tính cơ tự nhiên và đặc tính cơ biến trở	70
2-4.4. Khởi động và cách xác định điện trở khởi động	72
2-4.5. Đặc tính cơ trong các trạng thái hãm.	73
2-5. Đặc tính cơ động cơ đồng bộ	82
2-5.1. Các đặc tính của động cơ đồng bộ	83
2-5.2. Khởi động và hãm động cơ đồng bộ	86

Chương 3. Điều chỉnh tốc độ truyền động điện

3-1. Sai số tốc độ	89
3-2. Độ trơn của điều chỉnh tốc độ	90
3-3. Dải điều chỉnh tốc độ	90
3-4. Sự phù hợp giữa đặc tính điều chỉnh và đặc tính tải	92
3-5. Chỉ tiêu kinh tế	92
3-6. Các chỉ tiêu khác	92
3-7. Tổn thất năng lượng khi điều chỉnh	93

Chương 4: Điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều

4-1. Khái niệm chung	95
4-2. Nguyên lý điều chỉnh điện áp phần ứng	96
4-3. Nguyên lý điều chỉnh từ thông động cơ	101
4-4. Hệ thống truyền động máy phát-động cơ một chiều (F-Đ).	103
4-4.1. Cấu trúc hệ F-Đ và các đặc tính cơ bản	103
4-4.2. Các chế độ làm việc của hệ F-Đ	105
4-4.3. Đặc điểm của hệ F-Đ	110
4-5. Hệ thống chỉnh lưu - động cơ một chiều.	110
4-5.1. Chỉnh lưu bán dẫn làm việc với động cơ điện	110
4-5.2. Đặc tính cơ của hệ truyền động chỉnh lưu tiristo-động cơ một chiều	124
4-5.3. Truyền động tiristo - động cơ một chiều (T-Đ) có đảo chiều quay	128
4-5.4. Nhận xét chung	137

4-6. Các hệ truyền động điều chỉnh xung áp – động cơ một chiều	138
4-6.1. Điều chỉnh xung áp mạch đơn	138
4-6.2. Đặc tính cơ	142
4-6.3. Điều chỉnh xung áp đảo chiều	144
4-7. Ổn định tốc độ làm việc của truyền động điện một chiều.	147
4-7.1. Điều chỉnh E_b theo dòng điện tải.	148
4-7.2. Điều chỉnh E_b theo điện áp phản ứng.	150
4-7.3. Điều chỉnh E_b theo tốc độ động cơ.	152
4-8. Hạn chế điện trong truyền động điện một chiều.	154
4-8.1. Hạn chế dòng điện bằng các mạch ngắt dòng	154
4-8.2 Tự động điều chỉnh dòng điện	156

Chương 5. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ.

5-1. Điều chỉnh điện áp động cơ	160
5-2. Điều chỉnh điện trở mạch rôto	170
5-3. Điều chỉnh công suất trượt	173
5-4. Điều chỉnh tần số nguồn cấp cho động cơ không đồng bộ	178
5-4-1. Mô tả động cơ không đồng bộ dưới dạng của đại lượng véctơ	178
5-4.2. Điều chỉnh tần số nguồn điện áp	190
5-4.3. Điều chỉnh tần số nguồn dòng điện	190

Chương 6. Điều chỉnh tốc độ động cơ đồng bộ

6-1. Khái quát chung	211
6-2. Mô tả toán học động cơ đồng bộ	211
6-3. Động cơ đồng bộ trong chế độ xác lập	214
6-4. Sự tương đồng giữa truyền động cơ đồng bộ và động cơ một chiều	216
6-5. Phân loại hệ truyền động điều chỉnh tốc độ động cơ đồng bộ	218

6-6. Truyền động điều chỉnh tốc độ động cơ đồng bộ dùng biến tần nguồn áp	219
6-7. Hệ truyền động động cơ đồng bộ với bộ biến đổi tần số nguồn dòng chuyển mạch tự nhiên	222
6-7.1. Quá trình chuyển mạch	224
6-7.2. Mômen của động cơ	228
6-7.3. Giới hạn của chuyển mạch tự nhiên và vấn đề khởi động	229
6-7.4. Quy luật điều khiển	231
6-8. Cấu trúc mạch điều chỉnh tốc độ truyền động động cơ đồng bộ dùng biến tần nguồn dòng	233

Chương 7. Chọn công suất động cơ điện cho truyền động

7-1. Những vấn đề chung	241
7-2. Phát nóng và nguội lạnh máy điện	245
7-3. Các chế độ làm việc của truyền động điện	247
7-4. Chọn công suất động cơ cho những truyền động không điều chỉnh tốc độ	248
7-4.1. Chọn công suất động cơ làm việc dài hạn	249
7-4.2. Chọn công suất động cơ làm việc ngắn hạn	249
7-4.3. Chọn công suất động cơ cho phụ tải ngắn hạn lặp lại	253
7-5. Tính chọn công suất động cơ cho truyền động có điều chỉnh tốc độ	256
7-6. Kiểm nghiệm công suất động cơ	258
7-7. Chọn phương án truyền động	264
7-8. Những vấn đề cơ bản để tính chọn bộ biến đổi	264
7-9. Tính chọn bộ biến đổi chỉnh lưu tiristor	270

7-9.1. Xác định điện áp không tải chính lưu và điện áp ra của máy biến áp	270
7-9.2. Máy biến áp nguồn	272
7-9.3. Tính chọn cuộn kháng lọc mạch một chiều	273
7-9.4. Ảnh hưởng sóng điều hoà bậc cao và tiêu thụ công suất phản kháng của bộ biến đổi tới lưới điện	281
7-9.5. Chống nhiễu ở mạch điều khiển	
7-10. Mạch bảo vệ hệ truyền động điện	287
7-10.1. Mục đích và yêu cầu mạch bảo vệ truyền động điện	287
7-10.2. Các sự cố ngắn mạch	289
7-10.3. Các thiết bị bảo vệ	294
7-10.4. Phương pháp tổ chức bảo vệ hệ truyền động điện	297
7-11. Độ tin cậy hệ truyền động điện	303
7-11.1. Chỉ tiêu độ tin cậy	303
7-11.2. Phương pháp đảm bảo độ tin cậy của thiết bị khi vận hành	304
Tài liệu tham khảo	306

BÙI QUỐC KHÁNH, NGUYỄN VĂN LIỄN
NGUYỄN THỊ HIỀN

TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS, PTS TÔ ĐĂNG HẢI
Biên tập : NGUYỄN THỊ NGỌC KHUÊ,
NGUYỄN ĐĂNG
Vẽ bìa : NGUYỄN LONG

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 TRẦN HUNG ĐẠO - HÀ NỘI

In 1000 cuốn khổ 14.5 x 20.5 cm, tại Công ty In Hàng không
Giấy phép xuất bản số : 123 - 186 - 9/3/2001
In xong và nộp lưu chiểu tháng 3 năm 2001

BÙI QUỐC KHÁNH
NGUYỄN VĂN LIÊN
NGUYỄN THỊ HIỀN

TRUYỀN ĐỘC

THƯ VIỆN ĐHDLHP

DW1811

Thư viện - ĐHDH Hải Phòng



2002DVV1811

Giá : 19.000đ