

Chương 4

CÁC HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH THÔNG DỤNG

4.1 Hệ thống máy phát - động cơ một chiều (F-Đ)

4.2 Hệ chỉnh lưu điều khiển-động cơ một chiều (CL-Đ)

4.3 Hệ điều chỉnh xung áp - động cơ một chiều (ĐAX-Đ)

4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng điện trở xung trong mạch rôto

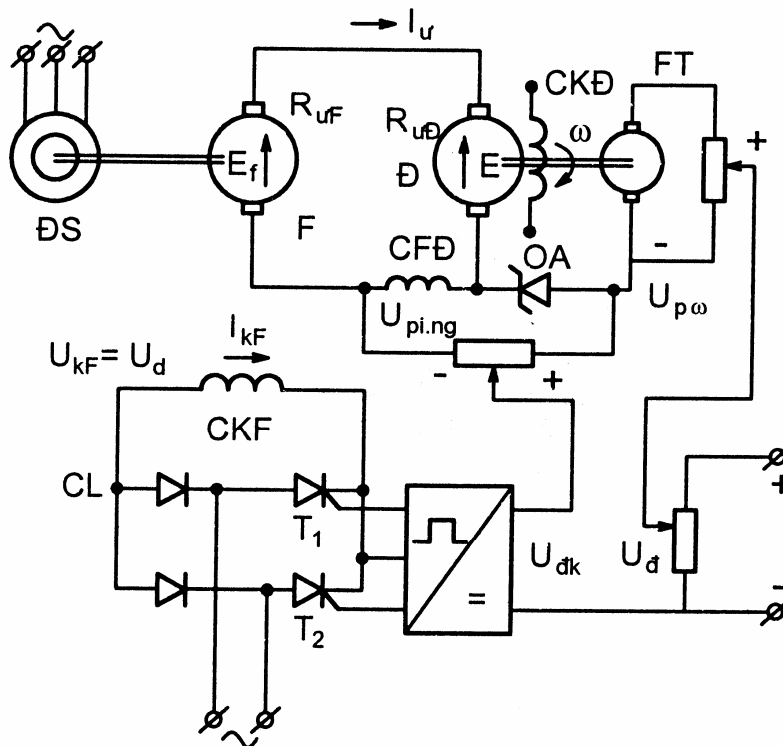
4.5 Hệ điều chỉnh pha Tiristo-động cơ không đồng bộ

4.6 Hệ biến tần - động cơ không đồng bộ, điều khiển vectơ

4.7 Các sơ đồ nối tăng của động cơ không đồng bộ rôto dây quấn

4.1 Hệ thống máy phát - động cơ một chiều (F-Đ)

4.1.1 Sơ đồ nguyên lý



CFĐ: cuộn dây cực từ phụ.

4.1.2 Các chức năng chủ yếu của hệ

a) Điều chỉnh tốc độ động cơ

Thay đổi $U_{dk} = \text{var} \Rightarrow U_{kf} = U_d = \text{var} \Rightarrow I_{kf} \text{ var, } \phi_F \text{ var} \Rightarrow E_f = \text{var} \Rightarrow U_{uđ} = \text{var} \Rightarrow \omega \text{ var.}$

Môn học: Điều khiển động cơ điện (Truyền động điện)

b) Hạn chế dòng điện và mômen động cơ

Nhờ khâu phản hồi có ngắt \Rightarrow dòng điện, mômen được hạn chế dưới giá trị cho phép trong các trường hợp khởi động, hãm, đảo chiều, quá tải lớn và ngắn mạch.

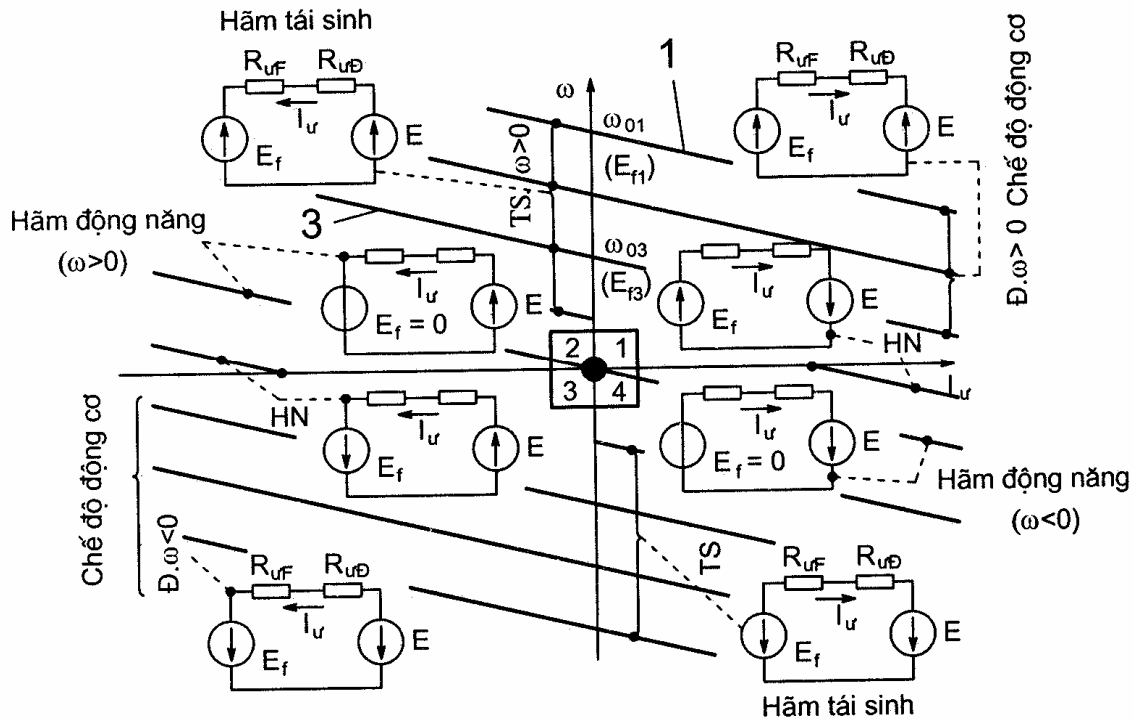
c) Cường bức quá trình quá độ

“khởi động cường bức”

d) Đảo chiều quay động cơ

\Rightarrow đảo chiều điện áp kích từ $U_{kf} \Rightarrow i_{kt}$ đảo chiều $\Rightarrow \phi$ đảo chiều \Rightarrow đảo chiều quay động cơ.

Hệ F-D cho phép làm việc trên cả 4 góc phần tư của mặt phẳng tọa độ $[M, \omega]$:



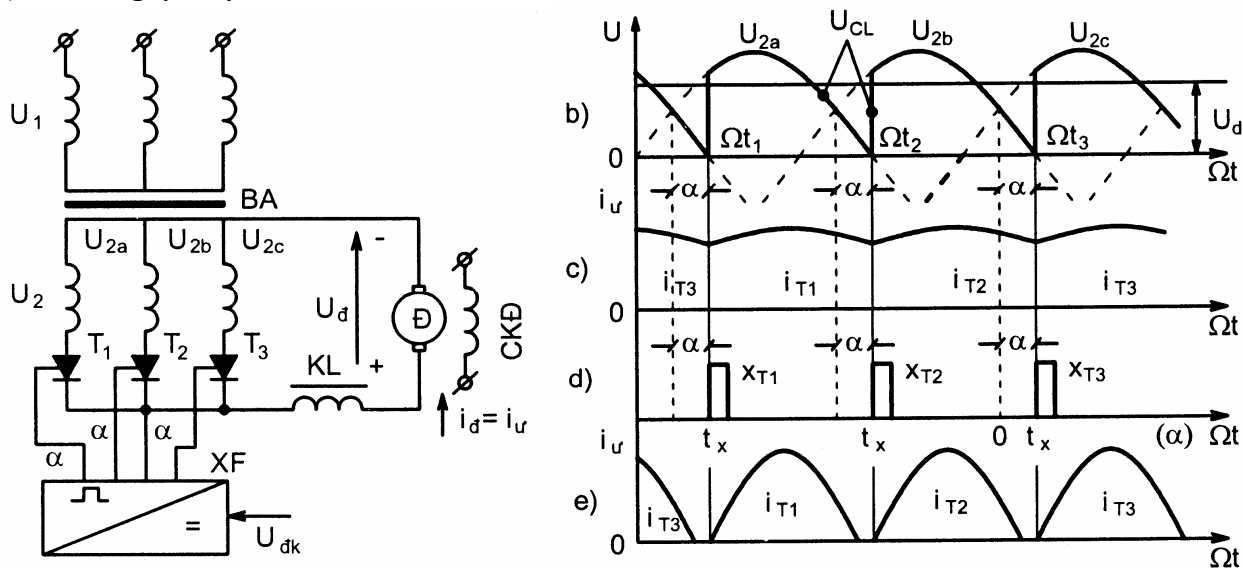
Nếu cho kt máy phát theo chiều thuận để có $E_{f1} > 0 \Rightarrow$ đường 1, trạng thái động cơ, góc 1.
 Nếu giảm U_{kf} để sđd F giảm xuống $E_{f3} \Rightarrow$ đường 3 (góc 2) \Rightarrow hãm tái sinh.

[return](#)

4.2 Hệ chỉnh lưu điều khiển-động cơ một chiều (CL-Đ)

4.2.1 Hệ chỉnh lưu điều khiển-Động cơ không đảo chiều

a) Sơ đồ nguyên lý



Nếu i_u liên tục:

$$U_d = U_{do} \cdot \cos \alpha$$

Nếu số lần đập mạch trong một chu kỳ điện áp lưới $m \geq 2$:

$$U_{do} = \frac{m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} \sqrt{2} \cdot U_2 = K_u \cdot U_2$$

với K_u là hệ số phụ thuộc sơ đồ chỉnh lưu.

Ví dụ: Sơ đồ CL 1 pha 2 nửa chu kỳ, và CL cầu một pha $m = 2$, $K_u = 0,9$; Sơ đồ CL tia 3 pha $m = 3$, $K_u = 1,17$; cầu 3 pha $m = 6$, $K_u = 2,34$.

Như vậy khi $U_{dk} = \text{var} \Rightarrow \alpha = \text{var} \Rightarrow U_d = \text{var} \Rightarrow \omega = \text{var}$.

- Để hạn chế sự đập mạch của dòng điện \Rightarrow thiết kế cuộn kháng lọc các thành phần sóng hài có trong điện áp chỉnh lưu. Trị số điện cảm cần thiết để lọc được tính:

$$L_L = \frac{U_{dn.max} \cdot 100}{\sqrt{2} K \cdot m \cdot \omega \cdot I_1^* \% \cdot I_{d.dm}}, \text{ H}$$

$I_{d.dm}$: dòng điện định mức của bộ chỉnh lưu

K : bội số sóng hài, $K = 1, 2, 3 \dots$

m : số lần đập mạch trong một chu kỳ.

$I_1^* \%$: trị hiệu dụng của dòng điện sóng cơ bản lấy tỷ số theo dòng điện định mức của chỉnh lưu.

Cho phép $I_1^* \% < 10\%$.

$U_{dn.max}$: biên độ của thành phần sóng hài của điện áp chỉnh lưu:

$$U_{dn.max} = U_{do} \cdot \frac{2 \cdot \cos \alpha}{K^2 \cdot m^2 - 1} \sqrt{1 + K^2 \cdot m^2 \cdot \text{tg}^2 \alpha}, \text{ V}$$

U_{do} : điện áp chỉnh lưu cực đại.

Môn học: Điều khiển động cơ điện (Truyền động điện)

Trị số điện cảm của cuộn kháng lọc:

$$L_{CKL} = L_L - L_r - L_{BA}$$

trong đó: L_r : điện cảm phản ứng động cơ được tính gần đúng:

$$L_r = K_d \cdot \frac{30U_{dm}}{\pi I_{dm} \cdot n_{dm} \cdot p}$$

$K_d=0,5-0,6$: đối với động cơ không có cuộn bù

$K_d = 0,1-0,25$: đối với động cơ có cuộn bù.

L_{BA} : điện cảm của máy biến áp, tính gần đúng:

$$L_{BA} = 2 \frac{u_n \% \cdot U_{2f}}{\omega \cdot I_{2f} \cdot 100}, H, \omega = 2\pi f, \text{ tần số góc nguồn}$$

- Để hạn chế dòng điện gián đoạn \Rightarrow thiết kế cuộn kháng hạn chế dòng điện gián đoạn:

Trị số điện cảm cần thiết để hạn chế dòng điện gián đoạn:

$$L_{gd} = \frac{1}{\omega} \left[\frac{U_{do}}{I_{dgh}} \cdot k_{gh} - x_{BA} \right], \omega = 2\pi f.m: \text{ tần số góc dòng điện chỉnh lưu}$$

$$k_{gh} = \left(1 - \frac{\pi}{m} \cot g \frac{\pi}{m} \right) \cdot \sin \alpha$$

I_{dgh} : dòng điện giới hạn nhỏ nhất, chọn $I_{dgh} \leq 0,05I_{dm}$.

b) Sơ đồ thay thế của hệ CI-Đ không đảo chiều

$$E_d = U_{do} \cdot \cos \alpha = K_{CL} \cdot U_{dk}$$

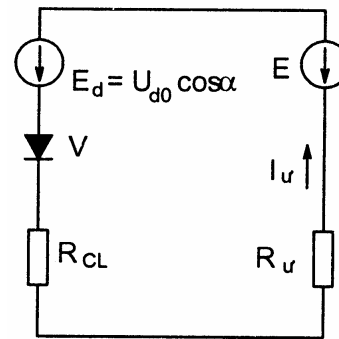
trong đó:

$K_{CL} = U_{do}/U_{dk}$ - hệ số khuếch đại bộ chỉnh lưu

$$R_{CL} = R_{BA} + R_{KL} + R_{cm}$$

$$R_{BA} = R_2 + R_1' = R_2 + R_1/K_{BA}^2$$

$R_{KL} \approx 0$ điện trở cuộn kháng lọc



$R_{cm} = (m/2\pi) \cdot X_{BA}$ điện trở đẳng trị xét đến phần sụt áp do hiện tượng chuyển mạch giữa các tiristo.

$$X_{BA} = X_2 + X_1' = X_2 + X_1/K_{BA}^2$$

hoặc xác định theo catalog:

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_d \%}{100} \cdot \frac{U_{2dm}}{I_{2dm}} = \frac{\Delta P_d \%}{100} \cdot \frac{U_{1dm}}{K_{BA}^2 I_{1dm}}$$

$$X_{BA} = \frac{U_{nm} \%}{100} \cdot \frac{U_{2dm}}{I_{2dm}} = \frac{U_{nm} \%}{100} \cdot \frac{U_{1dm}}{K_{BA}^2 I_{1dm}}$$

$$K_{BA} \approx \frac{U_{1dm}}{E_{2dm}} \approx \frac{U_{1dm}}{U_{2dm}} \quad \text{hệ số biến áp}$$

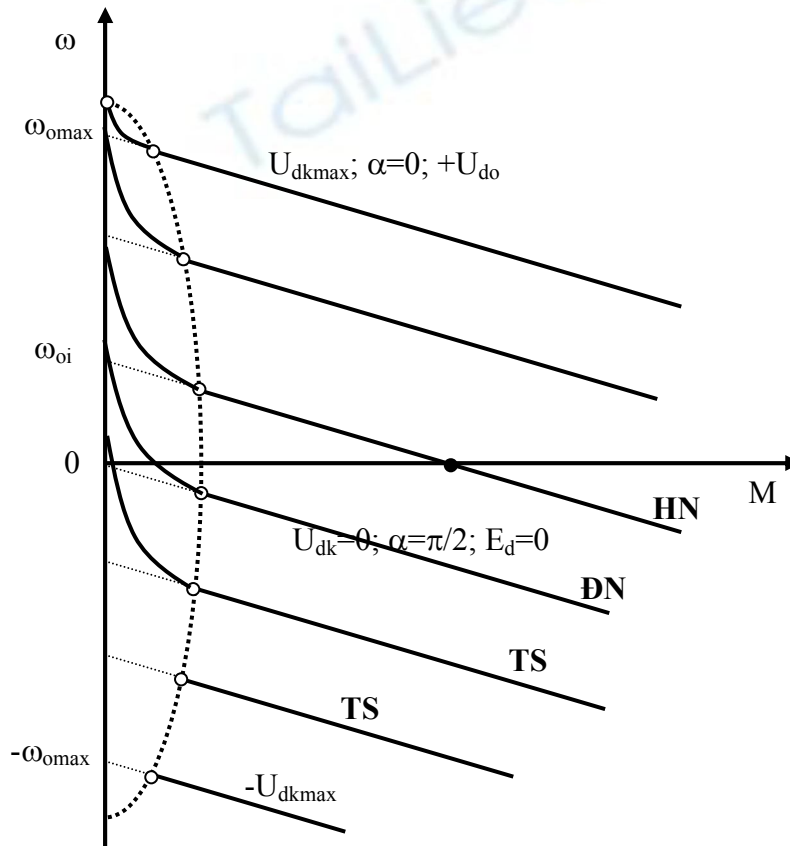
c) Đặc tính cơ của hệ ở trạng thái dòng điện liên tục
 "dòng điện liên tục"

$$\omega = \frac{E_d}{k\phi} - \frac{R_{ut}}{k\phi} \cdot I_u = \frac{E_d}{k\phi} - \frac{R_{ut}}{(k\phi)^2} \cdot M$$

$R_{ut} = R_u + R_{CL}$: tổng điện trở mạch điện phản ứng

$$\omega = \frac{U_{do}}{k\phi} \cos \alpha - \frac{R_{ut}}{k\phi} \cdot I_u = \frac{U_{do}}{k\phi} \cos \alpha - \frac{R_{ut}}{(k\phi)^2} \cdot M$$

$$\omega = \frac{K_{CL}}{k\phi} U_{dk} - \frac{R_{ut}}{k\phi} \cdot I_u = \frac{K_{CL}}{k\phi} U_{dk} - \frac{R_{ut}}{(k\phi)^2} \cdot M$$



Nhận xét:

- Tốc độ không tải lí tưởng:

$$\omega_0 = \frac{U_{do}}{k\phi} \cos \alpha = \frac{K_{CL}}{k\phi} \cdot U_{dk}$$

Môn học: Điều khiển động cơ điện (Truyền động điện)

$$U_{dk} = +U_{dkmax} \div 0 \div -U_{dkmax} \Rightarrow \alpha = 0 \div \pi/2 \div \pi$$

$$\Rightarrow E_d = +U_{do} \div 0 \div -U_{do}$$

$$\Rightarrow \omega_o = +\omega_{0max} \div 0 \div -\omega_{0max}$$

- Độ cứng ĐTC

$$\beta_{CL-D} = \frac{(k\phi)^2}{R_u + R_{CL}} = \text{const} \quad \text{thường } R_{CL} \approx 3R_u.$$

- Trong vùng I_c, M_c nhỏ \Rightarrow "trạng thái dòng điện gián đoạn"

d) Các trạng thái hãm, trạng thái tái sinh của động cơ và trạng thái nghịch lưu của bộ chỉnh lưu

Xem hình trên.

"trạng thái động cơ" \Leftrightarrow "trạng thái chỉnh lưu"

"trạng thái hãm tái sinh" \Leftrightarrow "trạng thái nghịch lưu"

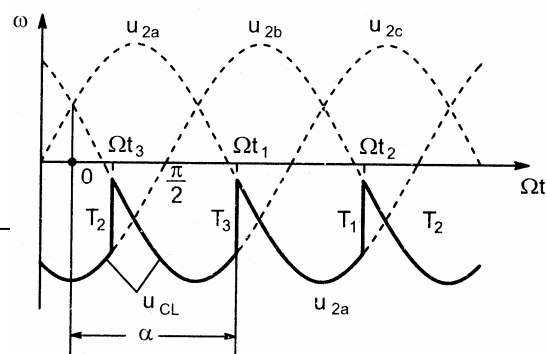
tùy trị số U_{dk} mà có thể xảy ra hãm

- Hãm ngược.
- Hãm động năng.
- Hãm tái sinh.

| Trạng thái | Chỉnh lưu | | | Động cơ | | | I_u | Sơ đồ thay thế |
|---------------|------------------|-----------|------------------|--------------|---------|---------------|----------------------|----------------|
| | α | E_d | Tr.thái | ω | E | Tr.Thái | | |
| Động cơ | $\alpha < \pi/2$ | $E_d > 0$ | Ch.lưu | $\omega > 0$ | $E > 0$ | Động cơ | $(E_d - E) / R_{ut}$ | |
| Hãm ngược | $\alpha < \pi/2$ | $E_d > 0$ | Ch.lưu | $\omega < 0$ | $E < 0$ | Hãm ngược | $(E_d + E) / R_{ut}$ | |
| Hãm động năng | $\alpha = \pi/2$ | $E_d = 0$ | Vai trò điện trở | $\omega < 0$ | $E < 0$ | Hãm động năng | E / R_{ut} | |
| Hãm tái sinh | $\alpha > \pi/2$ | $E_d < 0$ | Nghịch lưu | $\omega < 0$ | $E < 0$ | Hãm tái sinh | $(E - E_d) / R_{ut}$ | |

Để có $E_d < 0 \Rightarrow \alpha > \pi/2, \cos\alpha < 0$

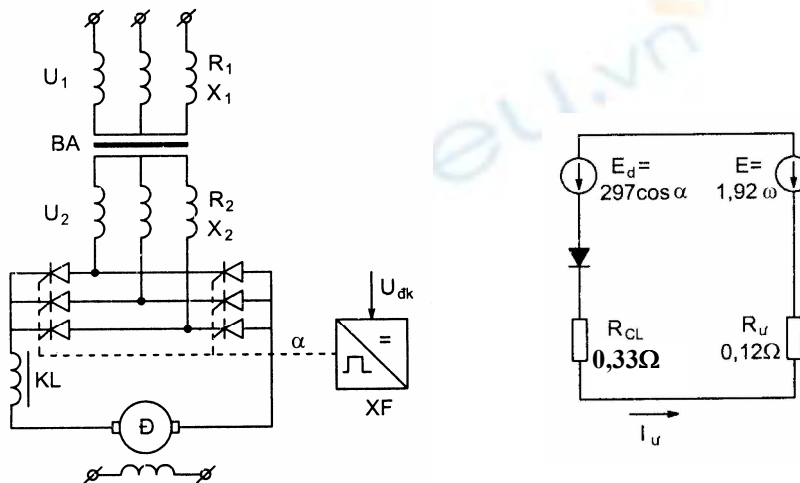
Hay $E_d = U_{do} \cos\alpha < 0$



Môn học: Điều khiển động cơ điện (Truyền động điện)

Vi dụ: Lập sơ đồ thay thế cho hệ CL-Đ và xác định phạm vi điều chỉnh góc mở van α để điều chỉnh tốc độ động cơ trong dải $D=10:1$. Động cơ 13,5kW; 220V; 1050vg/ph; 73A; $R_u = 0,12\Omega$. Chỉnh lưu Tiristo cầu 3 pha, có máy biến áp chuyên dùng 20kVA, nối Y/Y, $U_1=380/220V$; $U_2=220/127V$; điện trở ngắn mạch $R_{nm}=0,15\Omega$; điện kháng ngắn mạch $X_{nm}=0,87\Omega$ (khi ngắn mạch thứ cấp).

Giải



- Điện áp chỉnh lưu lớn nhất:

$$U_{do} = \frac{m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} \sqrt{2} \cdot U_2 = \frac{6}{\pi} \sin \frac{\pi}{6} \cdot \sqrt{2} \cdot 127 = 297V$$

- Sức điện động của chỉnh lưu: $E_d = U_{do} \cdot \cos \alpha = 297 \cdot \cos \alpha$

- Hệ số biến áp $K_{BA} = \frac{U_{1f}}{U_{2F}} = \frac{220}{127} = 1,73$

- Điện trở máy biến áp:

$$R_{BA} = R_2 + R'_1 = \frac{R_{nm}}{K_{BA}^2} = \frac{0,15}{1,73^2} = 0,05\Omega$$

- Điện kháng máy biến áp:

$$X_{BA} = X_2 + X'_1 = \frac{X_{nm}}{K_{BA}^2} = \frac{0,87}{1,73^2} = 0,29\Omega$$

- Điện trở trong mạch chỉnh lưu (bỏ qua điện trở trong cuộn kháng và sụt áp trên Tiristo):

$$R_{CL} = R_{BA} + R_{cm} = R_{BA} + \frac{m}{2\pi} X_{BA} = 0,05 + \frac{6}{2\pi} \cdot 0,29 = 0,33\Omega$$

- Tốc độ lớn nhất trong dải điều chỉnh

Môn học: Điều khiển động cơ điện (Truyền động điện)

$$\omega_{\max} = \omega_{\text{dm}} = \frac{n_{\text{dm}}}{9,55} = \frac{1050}{9,55} = 110 \text{ rad/s}$$

- Tốc độ nhỏ nhất trong dải điều chỉnh

$$\omega_{\min} = \frac{\omega_{\max}}{D} = \frac{110}{10} = 11 \text{ rad/s}$$

- Sdd của bộ chỉnh lưu tương ứng với tốc độ lớn nhất

$$E_{\text{d,max}} = U_{\text{do}} \cos \alpha_{\min} = k\phi_{\text{dm}} \cdot \omega_{\max} + (R_{\text{CL}} + R_{\text{u}}) I_{\text{dm}}$$

$$k\phi_{\text{dm}} = \frac{U_{\text{dm}} - I_{\text{dm}} R_{\text{u}}}{\omega_{\text{dm}}} = \frac{220 - 73 \cdot 0,12}{110} = 1,92 \text{ Wb}$$

$$\cos \alpha_{\min} = \frac{E_{\text{d,max}}}{U_{\text{do}}} = \frac{247,7}{297} = 0,837; \quad \alpha_{\min} = 33,5^\circ$$

$$\Rightarrow E_{\text{d,max}} = 247 \text{ V}$$

- Sdd của bộ chỉnh lưu tương ứng với tốc độ nhỏ nhất

$$E_{\text{d,min}} = U_{\text{do}} \cos \alpha_{\max} = k\phi_{\text{dm}} \cdot \omega_{\min} + (R_{\text{CL}} + R_{\text{u}}) I_{\text{dm}} = 56,7 \text{ V}$$

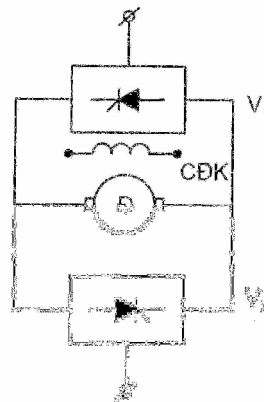
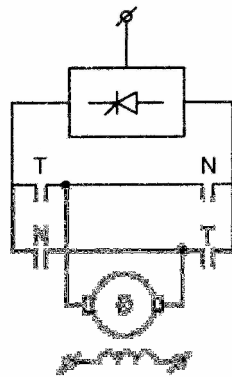
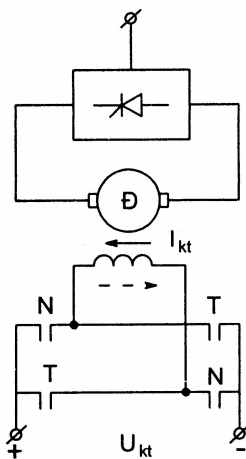
$$\cos \alpha_{\max} = \frac{E_{\text{d,min}}}{U_{\text{do}}} = \frac{56,7}{297} = 0,194; \quad \alpha_{\max} = 78,8^\circ$$

4.2.2 Hệ chỉnh lưu điều khiển-Động cơ đảo chiều

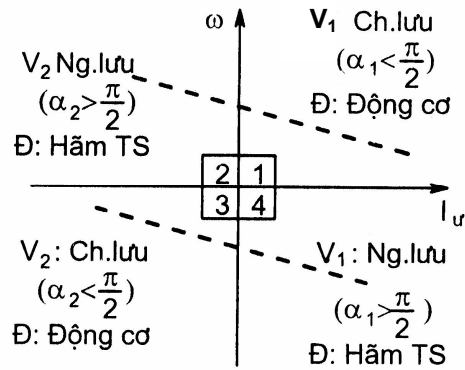
Để động cơ có thể làm việc được ở cả 4 góc $\frac{1}{4}$ của mặt phẳng $[M, \omega]$ thì ta phải sử dụng hệ CL-Đ đảo chiều.

a) Các phương pháp đảo chiều quay động cơ trong hệ CL-Đ

- Đảo chiều dòng kích từ
- Đảo chiều dòng điện phần ứng bằng tiếp điểm
- Đảo chiều dòng điện phần ứng bằng bộ chỉnh lưu thuận nghịch

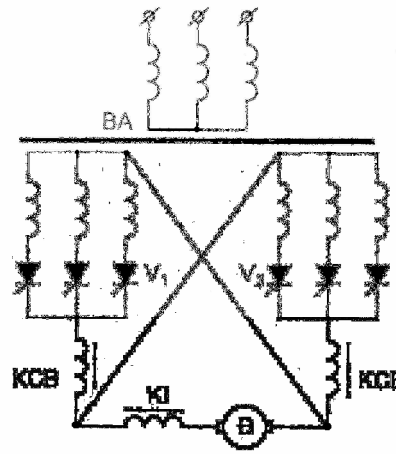
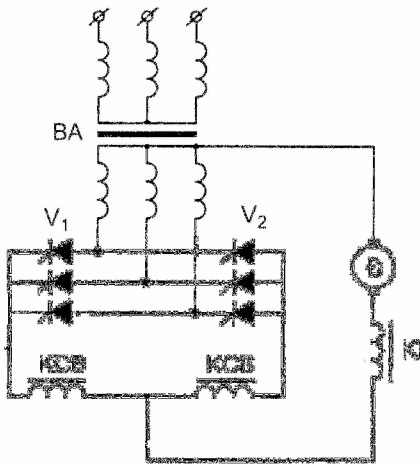


Môn học: Điều khiển động cơ điện (Truyền động điện)



b) Sơ đồ nguyên lý hệ CL-Đ đảo chiều dùng cho bộ chỉnh lưu thuận nghịch

- Sơ đồ nối song song-ngược
- Sơ đồ hình chữ thập

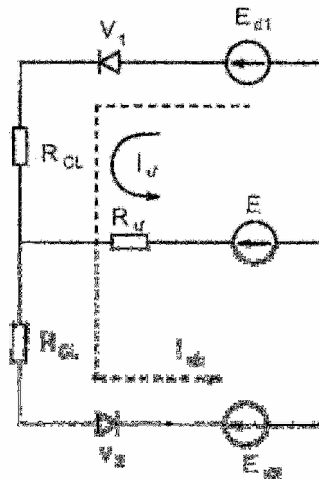


c) Các nguyên tắc điều khiển bộ chỉnh lưu thuận nghịch trong hệ CL-Đ đảo chiều

- Điều khiển riêng hai nhóm.
- Điều khiển chung: “trạng thái đợi”

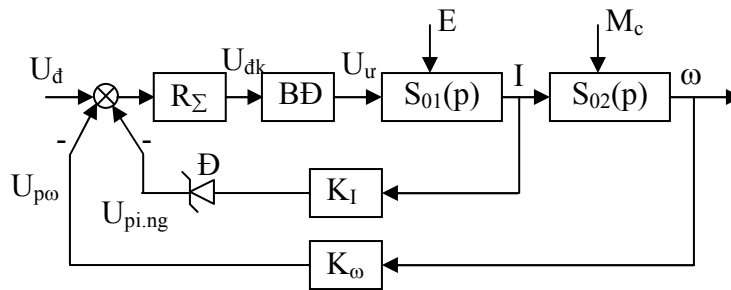
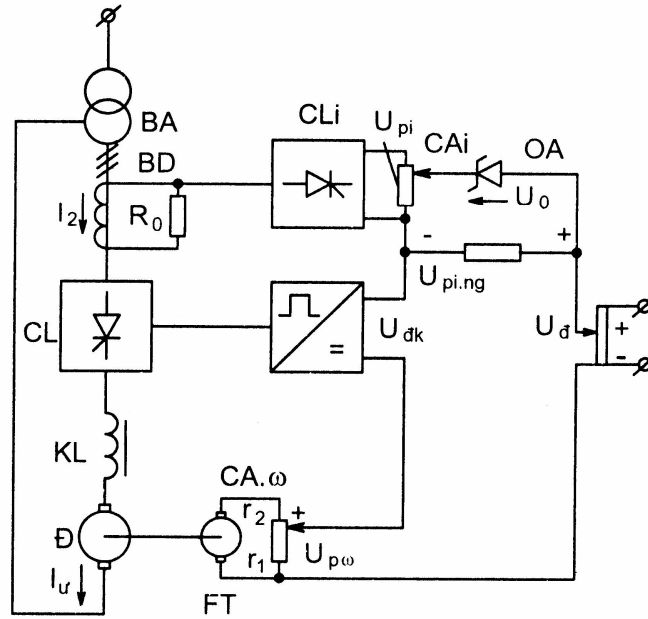
$$\alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ.$$

“vấn đề dòng điện cân bằng”



4.2.3 Hệ chỉnh lưu điều khiển-động cơ tự động

a) Hệ dùng bộ khuếch đại tổng



trong đó:

$$S_{01} = \frac{1}{R_u} \cdot \frac{1}{1 + T_u p}; \quad T_u = L_u / R_u$$

$$S_{02} = \frac{k\phi}{J} \cdot \frac{1}{p}$$

$$S_D = S_{01} \cdot S_{02} = \frac{K_D}{T_c p \cdot (1 + T_u p)}; \quad K_D = 1/k\phi; \quad T_c = J/\beta.$$

khi tính đến E động cơ:

$$S_D = \frac{K_D}{T_c \cdot T_u p^2 + T_c p + 1}$$

