

Chương 3

ĐIỀU CHỈNH CÁC THÔNG SỐ ĐẦU RA CỦA TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

- 3.1 Khái niệm chung
- 3.2 Các chỉ tiêu chất lượng
- 3.3 Các phương pháp điều khiển động cơ một chiều
- 3.4 Các phương pháp điều khiển động cơ không đồng bộ
- 3.5 Điều khiển động cơ đồng bộ
- 3.6 Điều chỉnh tự động các thông số đầu ra của động cơ

3.1 Khái niệm chung

3.1.1 Các định nghĩa

a) Thông số đầu ra hay còn gọi là thông số được điều chỉnh là mômen (M) và tốc độ (ω) của động cơ.

Do M, ω là 2 trục của mặt phẳng trạng thái $[M, \omega]$, nên việc điều chỉnh chúng thường được gọi là “*điều chỉnh tọa độ*”.

b) Thông số đầu vào hay còn gọi là thông số điều chỉnh.

- Đối với động cơ một chiều: R_u (hoặc R_{fu}), $\phi(u_{kt}, i_{kt})$, và U_u .
- Đối với động cơ KĐB: R_2 (hoặc R_{f2}), R_1 , x_1 , U_1 và f .
- Đối với động cơ đồng bộ: f .

3.1 Khái niệm chung

c) *Nhiều điều khiển:*

Có rất nhiều nhiều tác động lên các thông số đầu ra như điện áp nguồn, tần số lưới điện, nhiệt độ môi trường,... Tuy nhiên ta đặc biệt quan tâm đến các *nhiều chủ yếu*:

- Khi điều chỉnh tốc độ, thông số được điều chỉnh là ω , nhiều chủ yếu là mômen cản (tải) M_c hoặc dòng điện tải I_c .
- Khi điều chỉnh mômen hoặc dòng điện, thông số được điều chỉnh là M hoặc I , thì nhiều chủ yếu là tốc độ ω .

d) *Phản tử điều khiển*

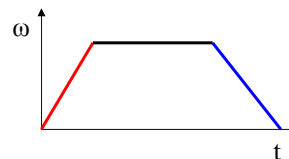
là các thiết bị hoặc dụng cụ làm thay đổi các thông số đầu vào.

3.1 Khái niệm chung

3.2.2 Mục đích điều chỉnh các thông số đầu ra của động cơ (mục đích điều khiển)

Tuỳ yêu cầu công nghệ:

- Đặt giá trị làm việc và duy trì mức đặt đó. Ví dụ duy trì tốc độ làm việc khi phụ tải thay đổi ngẫu nhiên.
- Thay đổi thông số theo quy luật yêu cầu. Ví dụ thay đổi tốc độ theo quy luật hình bên.
- Hạn chế thông số ở một mức độ cho phép. Ví dụ hạn chế dòng điện khi khởi động
- Tạo ra một quy luật chuyển động cho cơ cấu công tác (trục động cơ) theo quy luật cho trước ở đầu vào với một độ chính xác nào đó.



3.1 Khái niệm chung

3.1.3 Điều chỉnh tự động

a) Điều chỉnh không tự động tọa độ động cơ là việc thay đổi thông số đầu ra bằng cách tác động lên thông số đầu vào một cách rời rạc. Mỗi lần tác động ta có một giá trị không đổi của thông số đầu vào và tương ứng ta được một đường đặc tính cơ (nhân tạo). Khi động cơ làm việc, các nhiễu sẽ tác động vào hệ, nhưng thông số đầu vào vẫn giữ không đổi nên điểm làm việc của động cơ chỉ di chuyển trên một đường đặc tính cơ \Rightarrow hệ “*điều chỉnh vòng hở*”.

3.1 Khái niệm chung

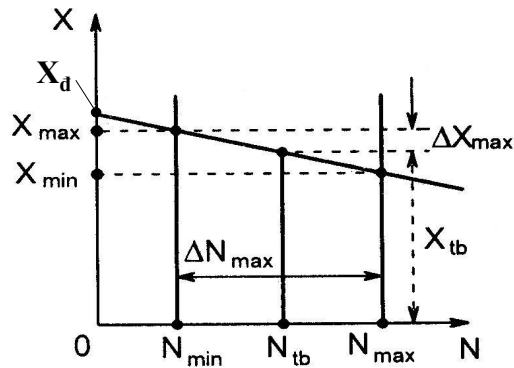
3.1.3 Điều chỉnh tự động

b) Điều chỉnh tự động tọa độ động cơ được thực hiện nhờ sự thay đổi liên tục của thông số đầu vào theo mức độ sai lệch của thông số đầu ra so với giá trị định trước, nhằm khắc phục sai lệch đó. Như vậy khi có tác động của nhiễu làm ảnh hưởng đến thông số đầu ra, thì thông số đầu vào sẽ thay đổi và động cơ sẽ có một đặc tính cơ khác, điểm làm việc của động cơ sẽ dịch chuyển từ đường đặc tính cơ này sang đường đặc tính cơ khác và vạch ra một đường đặc tính cơ của hệ điều chỉnh tự động. Như vậy : “*Đặc tính cơ của hệ điều chỉnh tự động là quỹ tích của điểm làm việc của động cơ trên vô số các đường đặc tính cơ của hệ điều chỉnh vòng hở*”.

Việc thay đổi tự động thông số đầu vào được thực hiện nhờ mạch phản hồi. Vì vậy hệ này còn được gọi là hệ “*điều chỉnh vòng kín*”.

3.2 Các chỉ tiêu chất lượng

3.2.1 Độ chính xác duy trì điểm đặt



X: thông số đầu ra, X_d giá trị đặt, X_{tb} giá trị trung bình của thông số đầu ra.

N: Nhiều; N_{tb} giá trị trung bình của nhiều.

3.2 Các chỉ tiêu chất lượng

3.2.1 Độ chính xác duy trì điểm đặt

Khi nhiều biến động trong phạm vi $N = N_{\min} \div N_{\max}$ thì thông số đầu ra thay đổi trong khoảng $X = X_{\min} \div X_{\max}$.

Độ chính xác điều chỉnh được đánh giá bởi sai số cực đại của thông số được điều chỉnh ΔX_{\max} so với giá trị trung bình X_{tb} trong phạm vi biến động cho phép của nhiều.

$$s\% = \frac{\Delta X_{\max}}{X_{tb}} \cdot 100\%$$

$$\text{trong đó } \Delta X_{\max} = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2} \text{ và } X_{tb} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2}$$

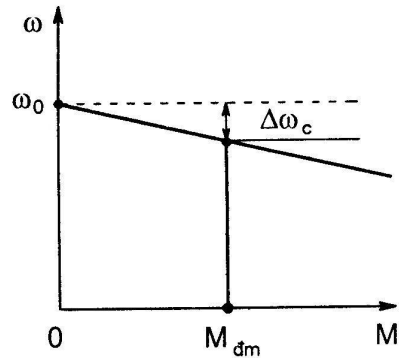
3.2 Các chỉ tiêu chất lượng

3.2.1 Độ chính xác duy trì điểm đặt

Khi điều chỉnh tốc độ, để đơn giản thay ω_0 cho X_{tb} và $\Delta\omega_c$ ứng với phạm vi thay đổi mômen từ 0 đến M_{dm} để thay cho ΔX_{max} , khi đó:

$$s\% = \frac{\Delta\omega_c}{\omega_0} \cdot 100\% = \Delta\omega_c^* \% = \frac{1}{\beta^*}$$

Thông thường, $s\% < 10\%$, tùy yêu cầu công nghệ.



3.2 Các chỉ tiêu chất lượng

3.2.2 Dải điều chỉnh (phạm vi điều chỉnh D_x)

Dải điều chỉnh của thông số X nào đó là tỷ số giữa giá trị lớn nhất X_{max} và giá trị nhỏ nhất X_{min} của thông số đó trong cùng một điều kiện làm việc (ví dụ cùng một giá trị nhiễu).

$$D_x = \frac{X_{max}}{X_{min}}$$

D_x càng lớn càng tốt. X_{max} thường bị giới hạn bởi khả năng chịu đựng về cơ hoặc điện. X_{min} bị giới hạn bởi độ chính xác điều chỉnh cho phép và khả năng làm việc ổn định của hệ thống.

Khi điều chỉnh tốc độ động cơ:

$$D = \frac{\omega_{max}}{\omega_{min}}$$

3.2 Các chỉ tiêu chất lượng

3.2.3 Độ tinh điều chỉnh

$$\varphi = \frac{X_i}{X_{i-1}} \quad (\varphi > 1)$$

Lí tưởng $\varphi \rightarrow 1$: hệ điều chỉnh vô cấp.

Công suất mạch điều chỉnh càng nhỏ thì điều chỉnh càng tinh.

3.2 Các chỉ tiêu chất lượng

3.2.4 Mức độ phù hợp giữa đặc tính tải cho phép của động cơ và đặc tính cơ của máy sản xuất (*dùng cho điều chỉnh tốc độ*)

Đ/n: Mômen tải cho phép của một động cơ ở một tốc độ làm việc nào đó là mômen do động cơ sinh ra khi cho dòng điện trong mạch chính bằng I_{dm} .

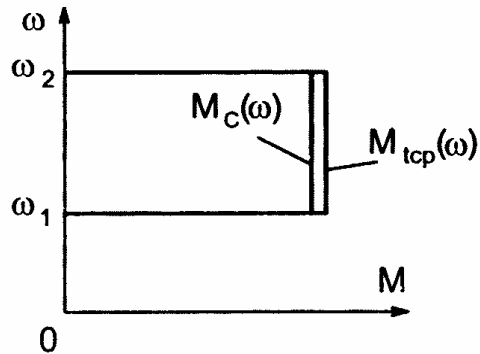
Như vậy nếu động cơ làm việc ở tốc độ định mức thì momen tải cho phép $M_{tcp} = M_{dm}$. Khi điều chỉnh, tốc độ làm việc thay đổi, do đó M_{tcp} có thể bằng hoặc khác định mức $M_{tcp} = f(\omega)$.

$M_{tcp} = f(\omega)$ gọi là đặc tính tải cho phép của động cơ.

3.2 Các chỉ tiêu chất lượng

Một hệ truyền động điều chỉnh được coi là tốt nếu đặc tính tải cho phép của động cơ $M_{tcp} = f(\omega)$ bám sát (phù hợp) với đặc tính cơ của máy sản xuất $M_c = f(\omega)$.

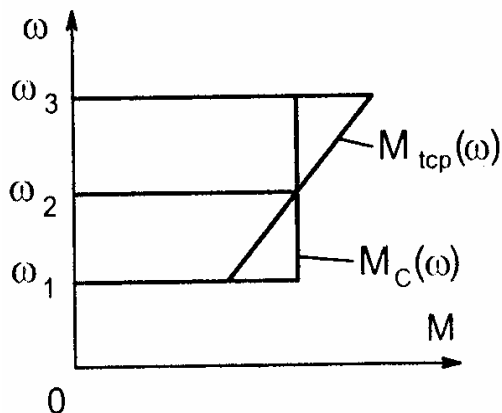
+ Khi $M_{tcp}(\omega)$ trùng với $M_c(\omega)$ (lí tưởng): Trong toàn bộ dải điều chỉnh tốc độ động cơ đều làm việc với $I = I_{dm}$.



3.2 Các chỉ tiêu chất lượng

+ Khi $M_{tcp}(\omega)$ không phù hợp với $M_c(\omega)$ như hình dưới, khi đó động cơ chỉ làm việc tốt (với $I = I_{dm}$) tại một tốc độ ($\omega = \omega_2$).

Trong vùng tốc độ $\omega_2 \div \omega_3$, $M_c < M_{tcp}$ nên động cơ làm việc non tải gây lãng phí; còn trong vùng $\omega_1 \div \omega_2$, $M_c > M_{tcp}$ nên động cơ bị quá tải, $I > I_{dm}$ và sẽ gây hư hỏng cho động cơ.



3.2 Các chỉ tiêu chất lượng

3.2.5 Các chỉ tiêu chất lượng động

- Độ ổn định.
- Độ quá điều chỉnh.
- Thời gian quá độ....

3.2.5 Tính kinh tế của hệ điều chỉnh

- Vốn đầu tư ban đầu.
 - Chi phí vận hành bảo quản và thay thế thiết bị.
 - Độ tin cậy và tuổi thọ.
 - Tổn hao năng lượng trong hệ khi điều chỉnh.
 - Năng suất của máy sản xuất do hệ điều chỉnh mang lại.
- ⇒ Hiệu quả kinh tế, thời gian hoàn vốn,...

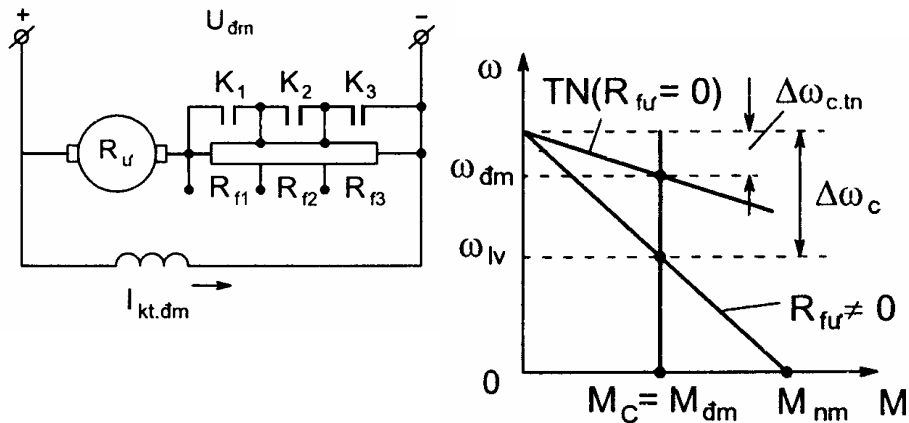
3.3 Các phương pháp điều khiển động cơ một chiều

Thực chất của việc điều chỉnh tọa độ lại chính là làm biến dạng các đặc tính cơ, nghĩa là tạo ra các đặc tính cơ nhân tạo. Vì vậy các phương pháp điều khiển động cơ cũng chính là các phương pháp tạo ra đặc tính nhân tạo.

$$U_{ur} \quad R_{fur} \quad \phi$$

3.3 Các phương pháp điều khiển động cơ một chiều

3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng



3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng

$$\omega = \frac{U_{đm}}{k\phi_{đm}} - \frac{R_{ut}}{k\phi_{đm}} \cdot I_u = \omega_0 - \frac{R_u + R_{fu}}{k\phi_{đm}} \cdot I_u = \omega_0 - \frac{1}{\beta_r} \cdot M$$

$$\beta_r = \frac{(k\phi_{đm})^2}{R_u + R_{fu}} \quad \beta_r^* = \frac{1}{R_{ut}^*}$$

Khi thay đổi \$R_{fu}\$ ta có thể thay đổi được cả tốc độ, dòng điện và momen khởi động động cơ. Tuy nhiên, phương pháp này có nhiều nhược điểm do phần tử điều khiển \$R_{fu}\$ đặt trong mạch lực và độ cứng đặc tính cơ thấp.

3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng

+ Hiệu suất hệ truyền động ở tải định mức $M_{đm}$:

$$\eta_{Rf} = \frac{P_{cơ}}{P_{điện}} = \frac{M_{đm} \cdot \omega}{U_{đm} \cdot I_{đm}} = \frac{M_{đm} \cdot (\omega_{đm} - \Delta\omega_{Rf})}{U_{đm} \cdot I_{đm}} = \eta_{đm} - \frac{M_{đm} \cdot \Delta\omega_{Rf}}{U_{đm} \cdot I_{đm}}$$

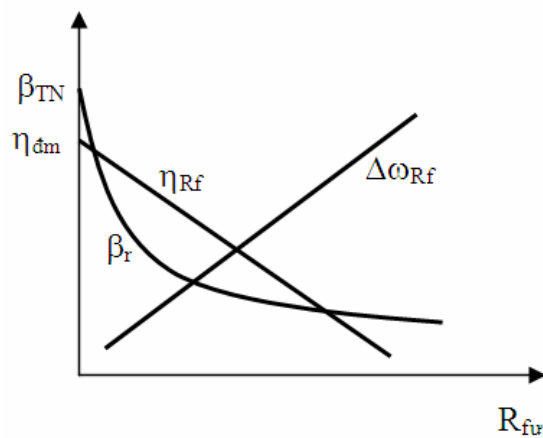
trong đó $\Delta\omega_{Rf}$ độ sụt tốc độ do $R_{fư}$ gây ra:

$$\Delta\omega_{Rf} = \frac{R_{fư} \cdot I_{đm}}{k\phi_{đm}}$$

$$\Rightarrow \frac{M_{đm} \cdot \Delta\omega_{Rf}}{U_{đm} \cdot I_{đm}} = \frac{k\phi_{đm} \cdot I_{đm}}{U_{đm} \cdot I_{đm}} \cdot \frac{R_{fư} \cdot I_{đm}}{k\phi_{đm}} = \frac{R_{fư} \cdot I_{đm}}{U_{đm}} = R_{fư}^*$$

$$\boxed{\eta_{Rf} = \eta_{đm} - R_{fư}^*}$$

3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng



3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng

a) Ứng dụng điều chỉnh tốc độ

+ Khi tăng R_{fu} , ω giảm ($< \omega_{dm}$). Nếu cho trước ω_{lv} ứng với momen phụ tải M_c nào đó, ta có thể xác định được R_{fu} cần:

$$R_{fu} = \frac{U_{dm} - k\phi_{dm} \cdot \omega_{lv}}{M_c} \cdot k\phi_{dm} - R_u$$

+ Tốc độ cực đại trong dải điều chỉnh nếu xét ở tải định mức là: $\omega_{max} = \omega_{dm} = \omega_0 - M_{dm}/\beta_{tn}$,

$$\text{hoặc } \omega_{max}^* = 1 - \frac{1}{\beta_{tn}^*}$$

+ Tốc độ nhỏ nhất, xác định theo khả năng quá tải của động cơ hoặc sai số tốc độ cho phép.

3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng

a) Ứng dụng điều chỉnh tốc độ

+ Theo khả năng quá tải

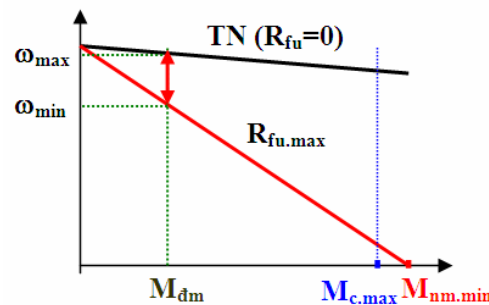
$$M_{nm.min} \geq M_{c.max}$$

trong đó:

$$M_{c.max} = K_{qt} \cdot M_{dm}$$

$M_{nm.min}$ chính là momen ngăn mạch trên đường đặc tính thấp nhất, ứng với cấp điều chỉnh ω_{min} và β_{min} :

$$\omega_{min} = \omega_0 - \frac{M_{dm}}{\beta_{min}} \quad \omega_{min}^* = 1 - \frac{1}{\beta_{min}^*}$$



3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng

a) Ứng dụng điều chỉnh tốc độ

+ Theo khả năng quá tải

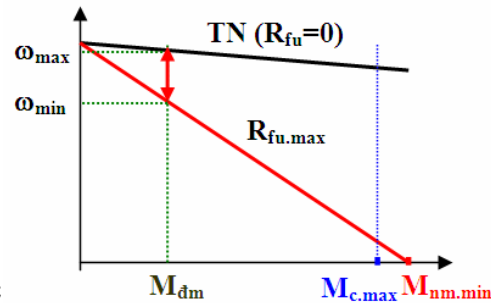
trong đó:

$$\beta_{\min} = \frac{\Delta M}{\Delta \omega} = \frac{M_{\text{nm.min}}}{\omega_0} = \frac{K_{\text{qt}} \cdot M_{\text{dm}}}{\omega_0}$$

$$\text{và } \beta_{\min}^* = K_{\text{qt}}$$

Vậy dải điều chỉnh tốc độ xác định theo hệ số quá tải yêu cầu là:

$$D = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} = \frac{(\beta_{\text{tn}}^* - 1) / \beta_{\text{tn}}^*}{(\beta_{\min}^* - 1) / \beta_{\min}^*}$$



$$\Rightarrow D = \frac{\beta_{\text{tn}}^* - 1}{K_{\text{qt}} - 1} \cdot \frac{K_{\text{qt}}}{\beta_{\text{tn}}^*}$$

3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng

a) Ứng dụng điều chỉnh tốc độ

+ Theo sai số tốc độ cho phép:

$$\text{Ta có: } s\% = \Delta \omega_c^* = R_{\text{ut}}^*$$

Nếu cho trước sai số tốc độ cho phép $s\%_{\text{cp}}$ thì ta có thể xác định được ω_{\min} :

$$\omega_{\min} = \omega_0 - \Delta \omega_{\text{c.cp}}$$

$$\text{hoặc } \omega_{\min}^* = 1 - s\%_{\text{cp}} = 1 - R_{\text{ut}}^*$$

Dải điều chỉnh được xác định:

$$D = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} = \frac{\omega_{\text{dm}}^*}{\omega_{\min}^*} = \frac{1 - R_{\text{u}}^*}{1 - R_{\text{ut}}^*} = \frac{1 - 1/\beta_{\text{tn}}^*}{1 - s\%_{\text{cp}}} = \frac{\beta_{\text{tn}}^* - 1}{\beta_{\text{tn}}^* (1 - s\%_{\text{cp}})}$$

3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng

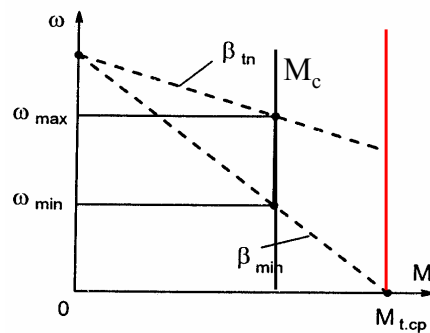
a) Ứng dụng điều chỉnh tốc độ

- Đặc tính mômen tải cho phép $M_{tcp} = f(\omega)$

Ta thay $I = I_{dm}$ vào $M = M_{tcp} = k\phi \cdot I$:

$$M_{tcp} = k\phi_{dm} \cdot I_{dm} = M_{dm} = \text{const}$$

\Rightarrow rất thích hợp với loại tải cân trục có $M_c = \text{const}$



Ví dụ 3-1

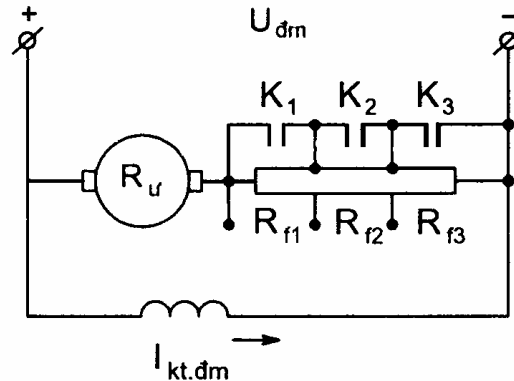
Xác định tốc độ cực tiểu và dải điều chỉnh theo khả năng quá tải yêu cầu và theo sai số tốc độ cho phép. Biết $K_{qt} = 2$, $s\%_{cp} = 10\%$; động cơ một chiều kích từ độc lập có công suất định mức 29kW, 1000vg/ph, 220V, 151A, $R_r = 0,07\Omega$.

[Đáp án](#)

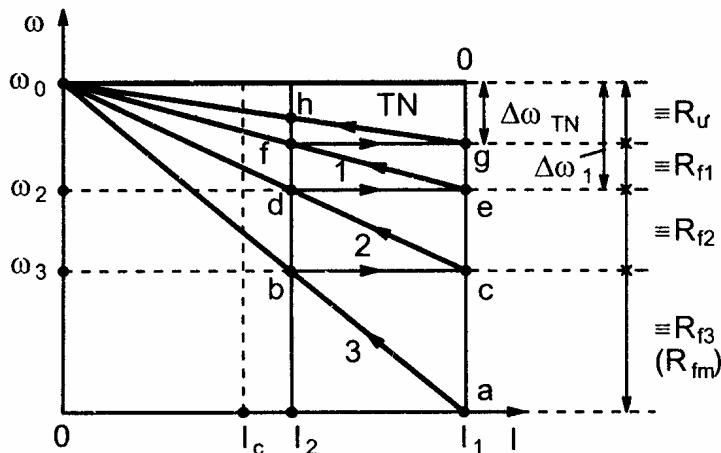
3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng

b) Ứng dụng điều chỉnh dòng điện và mômen trong quá trình khởi động và tăng tốc

$$R_{ur}^* = 0,04 \div 0,05 \Rightarrow I_{nm}^* = M_{nm}^* = 1/R_{ur}^* = 20 \div 25 \\ \Rightarrow \text{phá hỏng.}$$



3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng



Bắt đầu khởi động: $R_{ut3} = R_{ur} + R_{f1} + R_{f2} + R_{f3}$

Đảm bảo:
$$I_{kdo} = \frac{U_{dm}}{R_{ut3}} = I_1 \leq (2 \div 2,5) I_{dm}$$

3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng

Đến b: $I_2 \geq (1,1 \div 1,3)I_{dm}$:

$$R_{ut2} = R_u + R_{f1} + R_{f2}$$

.....

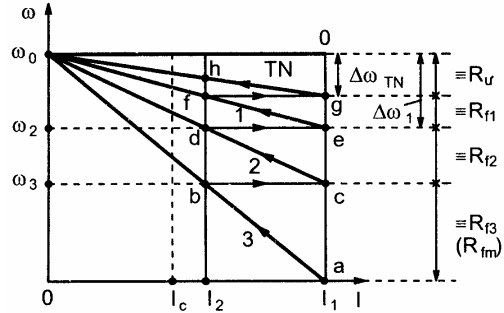
Với dòng điện I_1 ta thấy:

$$\Delta\omega_{TN} = \frac{R_u}{k\phi_{dm}} \cdot I_1 = 0g$$

$$\Delta\omega_1 = \frac{R_u + R_{f1}}{k\phi_{dm}} \cdot I_1 = 0e \Rightarrow \frac{\Delta\omega_1}{\Delta\omega_{TN}} = \frac{R_u + R_{f1}}{R_u} = \frac{0e}{0g}$$

$$\Rightarrow R_{f1} = \frac{\Delta\omega_1 - \Delta\omega_{TN}}{\Delta\omega_{TN}} \cdot R_u = \frac{0e - 0g}{0g} \cdot R_u = \frac{eg}{0g} \cdot R_u$$

$$R_{f2} = \frac{dc - 0e}{0g} \cdot R_u = \frac{ce}{0g} \cdot R_u \quad R_{f3} = \frac{ca}{0g} \cdot R_u$$



3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng

+ **Tính toán bằng giải tích:**

Giả sử điện trở phụ có m đoạn ứng với các giá trị

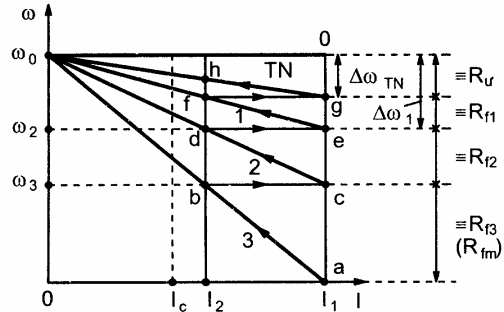
$R_{f1}, R_{f2}, \dots, R_{fm}$.

Ta đặt $\lambda = I_1/I_2$, khi đó:

$$R_{utm} = \lambda \cdot R_{ut(m-1)} = \lambda^m \cdot R_u$$

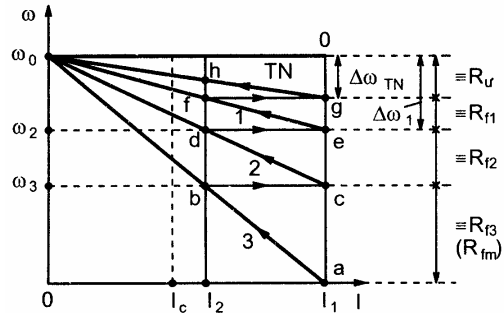
$$\lambda = \sqrt[m]{\frac{R_{utm}}{R_u}} = \sqrt[m]{\frac{U_{dm}}{R_u \cdot I_1}} = m + 1 \sqrt{\frac{U_{dm}}{R_u \cdot I_2}}$$

$$m = \frac{\log(R_{utm}/R_u)}{\log \lambda} = \frac{\log(U_{dm}/R_u \cdot I_1)}{\log \lambda}$$



3.3.1 Điều khiển bằng điện trở phụ trong mạch phản ứng

- Nếu yêu cầu khởi động nhanh, nghĩa là cần M_{nm} lớn nhất có thể thì ta chọn trước I_1 , tính ra λ rồi tính ra I_2 .



- Nếu yêu cầu khởi động bình thường, thì ta có thể chọn trước $I_2 = (1,1 \div 1,2)I_c$, tính ra λ rồi tính ra I_1 .

Từ đó xác định được các cấp điện trở phụ.

Ví dụ 3.2

Cho động cơ kích từ song song 25kW, 220V, 420vg/ph, 120A, $R_u^* = 0,08$. Khởi động bằng 2 cấp điện trở phụ với tần suất 1 lần/1ca, làm việc 3 ca, mômen cản qui đổi về trục động cơ (cả trong thời gian khởi động) $M_c = 410$ Nm. Hãy xác định các cấp điện trở phụ.

Giải:

- Điện trở định mức:

$$R_{dm} = U_{dm} / I_{dm} = 220 / 120 \text{ A} = 1,83 \text{ } \Omega$$

- Điện trở phản ứng:

$$R_u = R_u^* \cdot R_{dm} = 0,08 \cdot 1,83 = 0,146 \text{ } \Omega$$

- Tốc độ định mức:

$$\omega_{dm} = n_{dm} / 9,55 = 420 / 9,55 = 44 \text{ rad/s}$$

Ví dụ 3.2

- Từ thông:

$$k\phi_{dm} = \frac{U_{dm} - R_u I_{dm}}{\omega_{dm}} = \frac{220 - 0,146 \cdot 120}{44} = 4,6 \quad \text{Wb}$$

- Dòng điện phụ tải:

$$I_c = M_c / k\phi_{dm} = 410 / 4,6 = 89 \text{ A} \approx 0,74 \cdot I_{dm}$$

- Ta chọn $I_2 = 1,1 \cdot I_c = 1,1 \cdot 89 = 98 \text{ A}$

Với số cấp điện trở phụ $m = 2$, ta có:

$$\lambda = m+1 \sqrt{\frac{U_{dm}}{R_u \cdot I_2}} = 2+1 \sqrt{\frac{220}{0,146 \cdot 98}} = 2,5$$

$$\Rightarrow I_1 = \lambda \cdot I_2 = 2,5 \cdot 98 = 245 \text{ A} \approx 2 \cdot I_{dm}.$$

(thấp hơn giá trị cho phép, chấp nhận).

Ví dụ 3.2

- Các điện trở tổng:

$$R_{ut1} = \lambda \cdot R_u = 2,5 \cdot 0,146 = 0,365 \Omega$$

$$R_{ut2} = \lambda^2 \cdot R_u = 2,5^2 \cdot 0,146 = 0,912 \Omega$$

- Điện trở của từng đoạn:

$$R_{f1} = R_{ut1} - R_u = 0,365 - 0,146 = 0,219 \Omega$$

$$R_{f2} = R_{ut2} - R_{ut1} = 0,912 - 0,365 = 0,547 \Omega$$

Bài tập

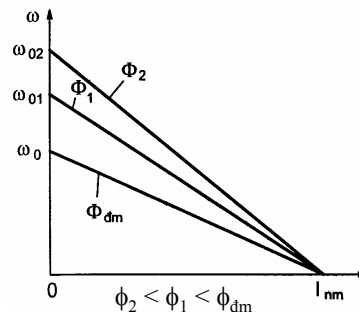
1. Quan hệ giữa số cấp điện trở m và thời gian khởi động?
 $m \rightarrow \infty$?
2. Cho động cơ kích từ song song 33,5kW; 220V, 1580vg/ph, $\eta_{dm} = 0,87$. Yêu cầu khởi động nhanh bằng 3 cấp điện trở phụ. Mômen cản qui đổi về trục động cơ (cả trong thời gian khởi động) $M_c = 200\text{Nm}$. Hãy xác định các cấp điện trở phụ.

3.3.2 Điều khiển bằng từ thông kích thích

$$\omega = \frac{U_{dm}}{k\phi} - \frac{R_u}{(k\phi)^2} \cdot M = \omega_0 - \frac{M}{\beta_\phi}$$

$$\beta_\phi = (k\phi)^2 / R_u$$

$$\Delta\omega = R_u \cdot I_u / k\phi$$



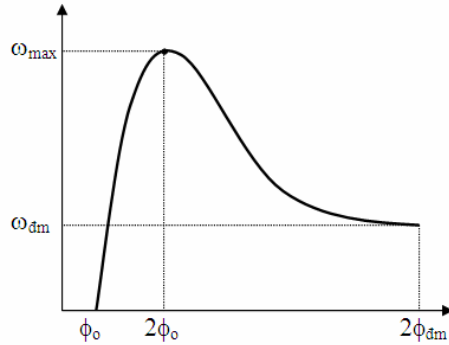
Khi ta giảm ϕ thì tốc độ động cơ tăng, nhưng $I_{nm} = \text{cst}$, nên ta chỉ ứng dụng để điều chỉnh tốc độ.

3.3.2 Điều khiển bằng từ thông kích thích

Giả sử $M=M_c$, khi điều chỉnh kộ thì $\omega(\phi)$ có dạng:

$$k\phi_o = \frac{R_u \cdot M_c}{U_{dm}}$$

$$\omega_{max} = \frac{1}{4} \cdot \frac{U_{dm}^2}{R_u \cdot M_c}$$

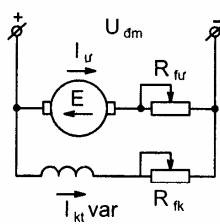


- Dải điều chỉnh:

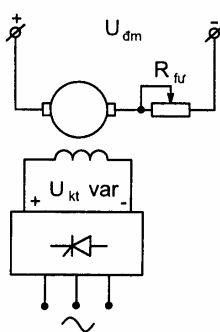
Tốc độ nhỏ nhất $\omega_{min} = \omega_{dm}$.

Thông thường $\omega_{max} \approx (1,5 \div 2)\omega_{dm}$ do đó $D \leq 2$.

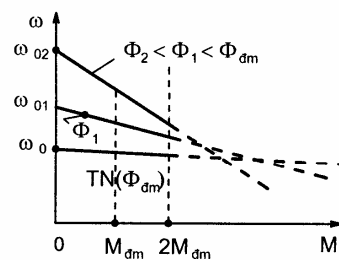
3.3.2 Điều khiển bằng từ thông kích thích



a)



b)



c)

3.3.2 Điều khiển bằng từ thông kích thích

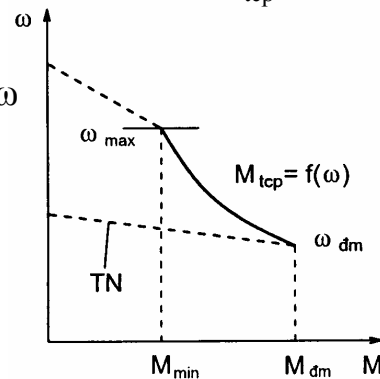
- Xác định đường đặc tính mômen tải cho phép M_{tcp} :

$$M_{tcp} = k\phi \cdot I_{dm}$$

mà: $U_{dm} = E + I_{ur} \cdot R_{ur} \approx E = k\phi \cdot \omega$
 hay $k\phi \approx U_{dm}/\omega$.

Vậy:

$$M_{tcp} = \frac{U_{dm} \cdot I_{dm}}{\omega} \equiv \frac{1}{\omega}$$

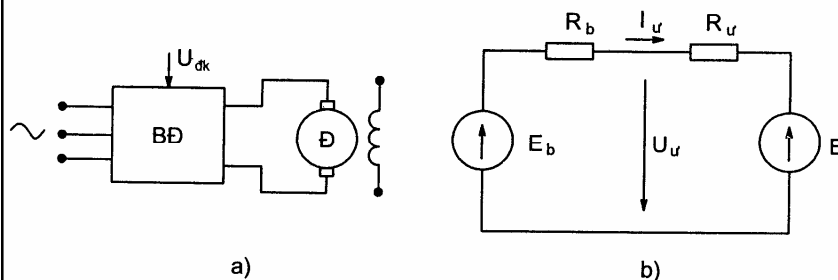


⇒ rất thích hợp với loại tải máy tiện có $M_c \approx 1/\omega$.

Công suất cho phép: $P_{tcp} = M_{tcp} \cdot \omega = U_{dm} \cdot I_{dm} = \text{const}$

3.3.3 Điều khiển bằng điện áp phản ứng

Khi $\phi = \phi_{dm}$, $R_{fur} = 0$, ta cho điều chỉnh U_{ur} ta có thể điều chỉnh được cả ω , M , I . Có nghĩa là ta có thể ứng dụng để khởi động và điều chỉnh tốc độ động cơ hiệu quả.



BĐ: bộ biến đổi Đ-F, hoặc bộ chỉnh lưu có điều khiển Tiristo, ...
 E_b : Sdd tương đương từ đầu ra của bộ BĐ: $E_b = f(U_{dk})$.
 R_b : Điện trở trong của bộ biến đổi. (thường $R_b \approx R_{ur}$)

3.3.3 Điều khiển bằng điện áp phản ứng

a) Điều khiển tốc độ

$$E_b - E = (R_b + R_u) \cdot I_u$$

Từ đây:

$$\omega = \frac{E_b}{k\phi_{dm}} - \frac{R_u + R_b}{k\phi_{dm}} \cdot I_u = \omega_0 - \Delta\omega$$

$$\omega = \frac{E_b}{k\phi_{dm}} - \frac{R_u + R_b}{(k\phi_{dm})^2} \cdot M = \omega_0 - \frac{M}{\beta_u}$$

Thông thường $R_b \approx R_u$ nên $\beta_u \approx \beta_{tn}/2$.

Ta thấy khi thay đổi U_{dk} thì $\Delta\omega = \text{cst}$, $\beta_u = \text{cst}$, $\omega_0 = \text{var}$, do đó $\omega = \text{var} \Rightarrow$ ta được họ đặc tính cơ là những đường song song nhau:

3.3.3 Điều khiển bằng điện áp phản ứng

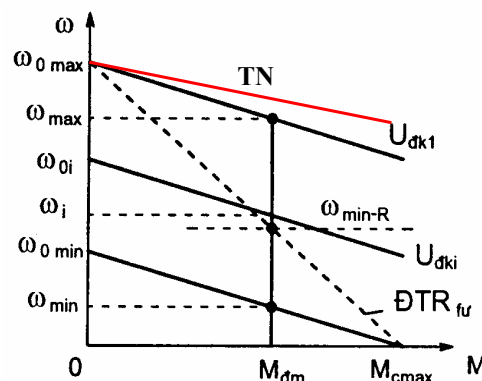
a) Điều khiển tốc độ

- Dải điều chỉnh rộng với $\omega_{\max} \approx \omega_{dm}$ và ω_{\min} rất nhỏ. Theo yêu cầu về khả năng quá tải:

$$D = \frac{\beta_u^* - 1}{K_{qt} - 1}$$

và theo yêu cầu sai số tốc độ cho phép:

$$D = \frac{(\beta_u^* - 1) \cdot s\%_{cp}}{1 - s\%_{cp}}$$



Ví dụ 3-1(tiếp)

Xác định tốc độ cực tiểu và dải điều chỉnh theo khả năng quá tải yêu cầu. Biết $K_{qt} = 2$, động cơ một chiều kích từ độc lập có công suất định mức 29kW, 1000vg/ph, 220V, 151A, $R_u = 0,07\Omega$.

Nếu $R_b^* = R_u^* = 0,048$, khi đó:
 $\beta_u^* = 1(R_u^* + R_b^*) = 10,4$
thì dải điều chỉnh sẽ là:

$$D = \frac{10,4 - 1}{2 - 1} = 9,4 \quad (\text{so với pp dùng } R_f \text{ đạt được là } 1,9)$$

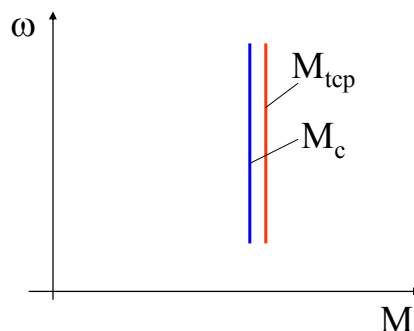
3.3.3 Điều khiển bằng điện áp phản ứng

a) Điều khiển tốc độ

- Đặc tính mômen tải cho phép $M_{tcp} = f(\omega)$:

$$M_{tcp} = k\phi_{dm} \cdot I_{dm} = M_{dm} = \text{const}$$

\Rightarrow thích hợp nhất với loại tải cần trục.



3.3.3 Điều khiển bằng điện áp phản ứng

b) Điều chỉnh dòng điện và mômen

$$I_{nm} = \frac{E_b}{R_b + R_u} \quad M_{nm} = k\phi_{dm} \cdot \frac{E_b}{R_b + R_u}$$

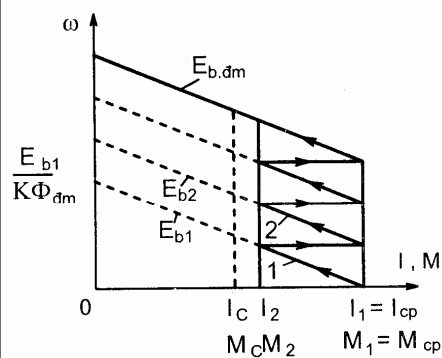
Như vậy khi thay đổi $U_{dk} \Rightarrow E_b \Rightarrow I_{nm}, M_{nm}$

Giá trị E_b nhỏ nhất lúc khởi động:

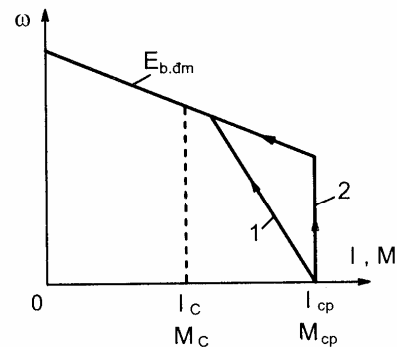
$$E_{b1} = (R_u + R_b) \cdot I_{cp} \text{ với } I_{cp} = (2 \div 2,5) \cdot I_{dm}$$

3.3.3 Điều khiển bằng điện áp phản ứng

b) Điều chỉnh dòng điện và mômen



a)



b)

Bài tập

Động cơ điện một chiều kích từ độc lập 10kW; 220V, 2000vg/ph, $\eta_{dm}=0,88$, $K_{qt}=2,5$. Phản ứng động cơ được nuôi bằng bộ BD chỉnh lưu có điều khiển có $E_b = K_{CL} \cdot U_{dk}$; $K_{CL} = 22$, $U_{dk} = 0 \div 10V$; $R_b = R_r$.

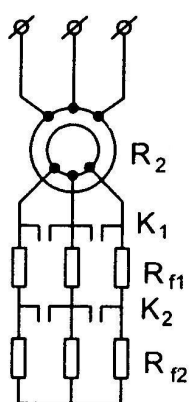
1. Tính và vẽ ĐTC của hệ, độ cứng β , β^* , $\Delta\omega$ ứng với M_{dm} , dải điều chỉnh D.
2. Hãy tính điện áp điều khiển U_{dk} , sđđ của bộ CL E_b trong các trường hợp sau đây:

p/án	1	2	3	4	5	6	7	8
n	khởi động	300 vg/ph	500 vg/ph	800 vg/ph	1000 vg/ph	1200 vg/ph	1500 vg/ph	1800 vg/ph

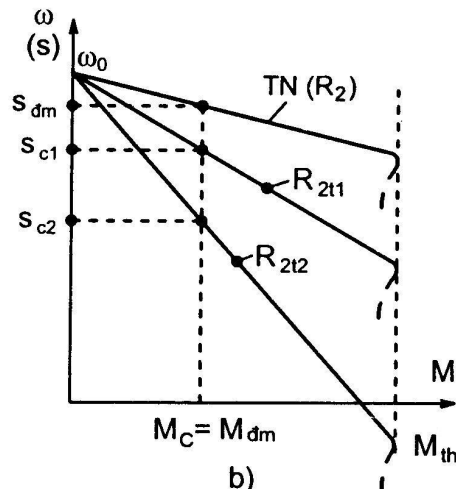
3.4 Các phương pháp điều khiển động cơ không đồng bộ

R_2 U_1 R_1 X_1 f

3.4.1 Điều khiển bằng điện trở phụ mạch rôto R_f



a)



b)

3.4.1 Điều khiển bằng điện trở phụ mạch rôto R_f

- Momen tới hạn của động cơ: $M_{th} \approx \frac{3U_1^2}{2\omega_0 \cdot X_{nm}} = \text{const}$

- Độ trượt tới hạn: $s_{th} \approx \frac{R'_{2t}}{X_{nm}} \equiv R_{2t} \quad R_{2t} = R_2 + R_f$

- Tốc độ không tải lí tưởng: $\omega_0 = \frac{2\pi f}{p} = \text{const}$

+ Tuyến tính hóa đoạn đặc tính $0 \div M_c = M_{dm}$, ta có:

$$M = (M_{dm}/s_c) \cdot s$$

s_c - độ trượt tại $M_c = M_{dm}$, và $s_c = \Delta\omega_c^*$

3.4.1 Điều khiển bằng điện trở phụ mạch rôto R_f

+ Độ cứng của đặc tính cơ nhân tạo:

$$\beta_R = \frac{M_{dm}}{\omega_0 \cdot s_c} \quad \beta_R^* = \frac{1}{s_c} = \frac{1}{R_{2t}^*}$$

a) Điều chỉnh tốc độ

+ Dải điều chỉnh thấp D không vượt quá 2:1.

+ Đặc tính mômen tải cho phép $M_{tcp} = f(\omega)$:

Ta thay $I_2 = I_{2dm}$:

$$M_{tcp} = \frac{3I_{2dm}^2 \cdot R_2}{\omega_0 s} \quad \text{ta biết } R_2/s = \text{const}$$

$$\text{do đó: } M_{tcp} = \frac{A \cdot I_{2dm}^2}{\omega_0} = M_{dm} = \text{const} \Rightarrow \text{thích hợp tải?}$$

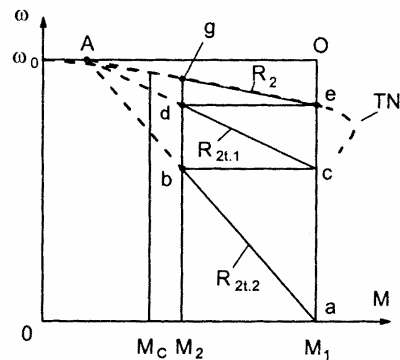
3.4.1 Điều khiển bằng điện trở phụ mạch rôto R_f

b) Khởi động

- chọn $M_1 \leq 0,85M_{th}$, $M_2 \geq (1,1 \div 1,3)M_c$

$$R_{f1} = \frac{ec}{oe} R_2$$

$$R_{f2} = \frac{ca}{oe} R_2$$

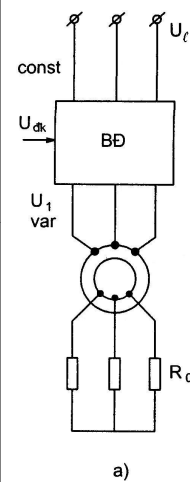
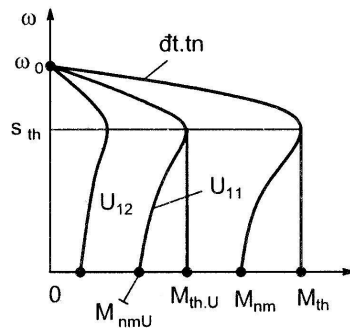


3.4.2 Điều khiển bằng điện áp stato

Khi thay đổi U_1 :

- Dòng điện ngắn mạch: $I_{nm.U} = I_{nm} \cdot U_1^*$
- Mômen ngắn mạch: $M_{nm.U} = M_{nm} \cdot U_1^{*2}$
- Mômen tới hạn: $M_{th.U} = M_{th} \cdot U_1^{*2}$
- Độ trượt tới hạn: $s_{th} = \text{const}$

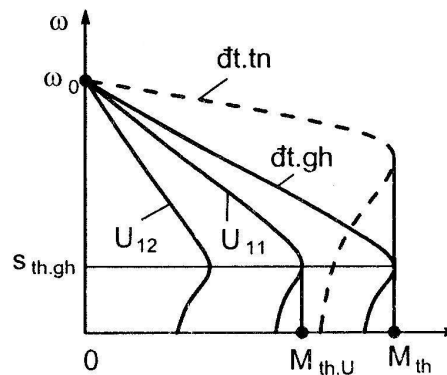
Khi thay đổi U_1 ta có thể thay đổi được ω , M , I .



3.4.2 Điều khiển bằng điện áp stato

+ Đối với động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc: Do s nhỏ nên phạm vi điều chỉnh ω nhỏ, vì vậy phương pháp này chỉ được dùng để hạn chế dòng điện và mômen khởi động.

+ Đối với động cơ rôto dây quấn: Thường đưa thêm R_0 để làm tăng s . Nhờ đó mở rộng được vùng điều chỉnh tốc độ và mômen tải. Do đó phương pháp này có thể dùng để điều khiển tốc độ và khởi động động cơ.



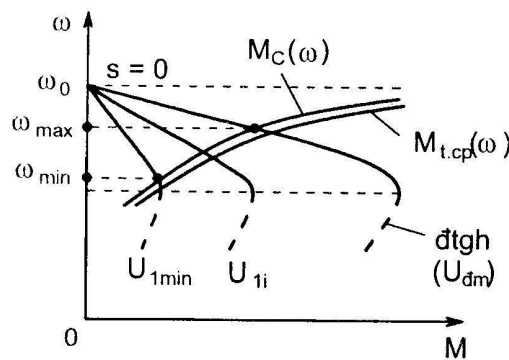
3.4.2 Điều khiển bằng điện áp stato

- Đặc tính mômen tải cho phép $M_{tcp} = f(\omega)$

ta có :

$$M_{tcp} = \frac{3I_{2dm}^2 \cdot R_2}{\omega_0} \cdot \frac{1}{s} = \frac{A}{s} \quad \text{với } A = \text{const}, s = (\omega_0 - \omega)/\omega_0$$

⇒ phương pháp này phù hợp nhất với loại tải kiểu?



Ví dụ

Cho động cơ KĐB lồng sóc 100kW, 380V, 1470v/ph, $\lambda = 2,3$; $K_M = 1,2$; kéo máy bơm nước có mômen cản tĩnh khi $\omega=0$ là $M_{co} = 312\text{Nm}$. Hãy xác định giá trị điện áp stato nhỏ nhất $U_{1\min}$ để khởi động máy êm và an toàn.

Giải:

Mômen định mức của động cơ:

$$M_{dm} = \frac{P_{dm}}{\omega_{dm}} = \frac{100.1000}{1470/9,55} = 649\text{Nm}$$

Momen cản tĩnh của máy bơm khi $\omega = 0$ tính theo đơn vị tương đối:

$$M_{co}^* = M_{co}/M_{dm} = 312/649 = 0,48$$

Ví dụ

Để khởi động được máy và khởi động êm,

ta chọn $M_{kd} = M_{nmU} \geq M_{co}$:

$$M_{nmU} = M_{kd} = 1,1M_{co} \text{ hay } M_{kd}^* = 1,1.0,48 = 0,53$$

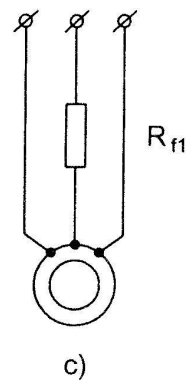
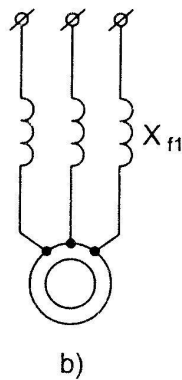
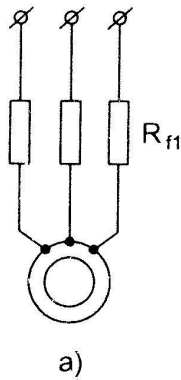
Giá trị điện áp nhỏ nhất cần để khởi động động cơ:

$$\begin{aligned} U_{1\min}^* &= \sqrt{\frac{M_{nm.U}}{M_{nm}}} = \sqrt{\frac{M_{nm.U} / M_{dm}}{M_{nm} / M_{dm}}} \\ &= \sqrt{\frac{M_{kd}^*}{M_{nm}^*}} = \sqrt{\frac{0,53}{1,2}} = 0,66 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow U_{1\min} = 0,66.380 = 252\text{V}.$$

3.4.3 Hạn chế I_{nm} và M_{nm} bằng R_{f1} và X_{f1}

R_1 và X_1 ít được sử dụng để điều chỉnh tốc độ, mà chủ yếu để hạn chế dòng điện và mômen lúc khởi động.



3.4.3 Hạn chế I_{nm} và M_{nm} bằng R_{f1} và X_{f1}

- Hệ số giảm dòng điện khởi động $a = I_{kd}/I_{nm}$.
 - Hệ số giảm mômen khởi động $\mu = M_{kd}/M_{nm}$.
- I_{kd} , M_{kd} các giá trị yêu cầu lúc khởi động.
 I_{nm} , M_{nm} các giá trị ngắn mạch tự nhiên của động cơ.

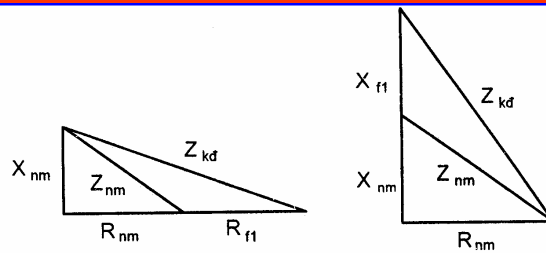
cơ.

Vì $M \sim U^2$, $I \sim U$ nên $\mu = a^2$.

Z_{nm} tổng trở ngắn mạch của động cơ

Muốn giảm dòng điện khởi động với hệ a , thì tổng trở khởi động: $Z_{kd} = Z_{nm}/a$

3.4.3 Hạn chế I_{nm} và M_{nm} bằng R_{f1} và X_{f1}



- Khi khởi động bằng điện trở R_{f1} :

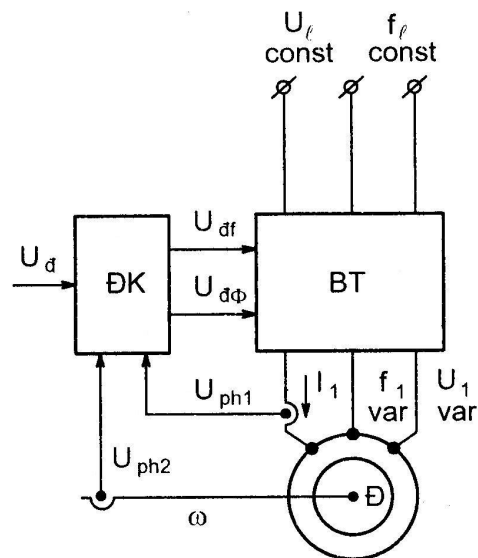
$$R_{f1} = \sqrt{\left(\frac{Z_{nm}}{a}\right)^2 - X_{nm}^2} - R_{nm}$$

- Khi khởi động bằng điện kháng X_{f1} :

$$X_{f1} = \sqrt{\left(\frac{Z_{nm}}{a}\right)^2 - R_{nm}^2} - X_{nm}$$

[Ví dụ 3-4](#)

3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

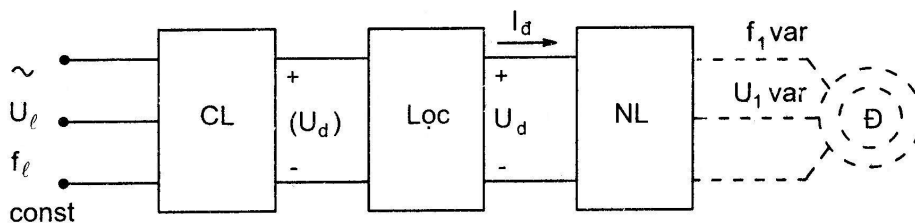


[đọc bài](#) và [bài](#)

3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

a) Bộ biến tần

(chủ yếu dùng loại BT có khâu trung gian một chiều- biến tần gián tiếp - biến tần độc lập).



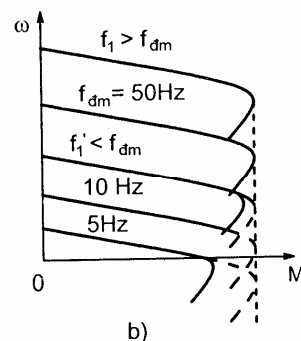
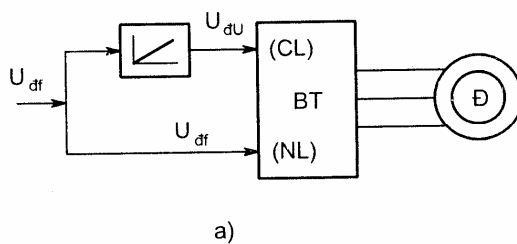
3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

b) Các luật (nguyên lý, phương pháp) điều khiển tần số:

$$\dot{E}_1 = k \dot{\Phi}_1 f_1 = \dot{U}_1 - \dot{I}_1 Z_1$$

mong muốn $\phi = \phi_{dm}$

- Luật U/f không đổi: $U_1/f_1 = \text{const}$



3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

- **Luật U/f không đổi:** $U_1/f_1 = \text{const}$

Nếu bỏ qua sụt áp trên Z_1 , ta có $E_1 \approx U_1$, do đó:

$$\phi_1 = K \frac{U_1}{f_1}$$

Để giữ $\phi = \phi_{dm}$ thì khi điều chỉnh f_1 , ta phải thay đổi U_1 một cách tỷ lệ:

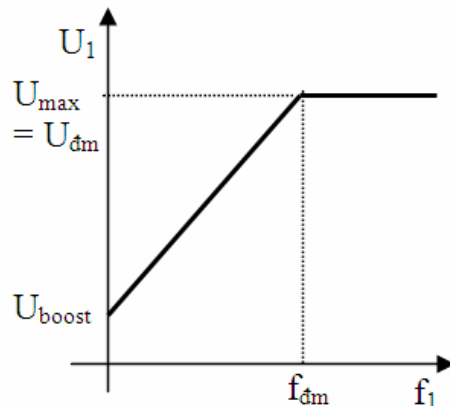
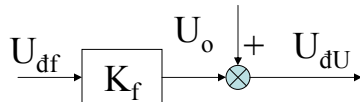
$$U_1 = \frac{U_{dm}}{f_{dm}} \cdot f_1 \quad \text{hay} \quad U_1^* = f_1^*$$

3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

- **Luật U/f không đổi:** $U_1/f_1 = \text{const}$

Ở vùng f nhỏ $X_1 \cdot I_1$ lớn đáng kể so với U_1 nên M_{th} giảm mạnh.

$$U_1 = U_{boost} + K_f f_1$$



3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

- Luật U/f không đổi: $U_1/f_1 = \text{const}$

Ta có $\omega \equiv f_1$ và $M_{th} \equiv U^2/f_1^2 = \text{const}$.

\Rightarrow Luật điều khiển này rất thích hợp với loại tải?

3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

- Luật hệ số quá tải không đổi: $\lambda = M_{th}/M_c = \text{const}$

$$M_{th} \approx A \cdot \frac{U_1^2}{f_1^2} \quad \text{và} \quad \lambda = \frac{M_{th}}{M_c} = \text{const}$$

$$\Rightarrow \frac{U_{dm}^2}{f_{dm}^2 M_{c, dm}} = \frac{U_1^2}{f_1^2 M_c} = \lambda = \text{const}$$

$$\text{Do đó: } \frac{U_1}{U_{dm}} = \frac{f_1}{f_{dm}} \sqrt{\frac{M_c}{M_{c, dm}}} \quad \text{hay} \quad U_1^* = f_1^* \cdot \sqrt{M_c^*}$$

Ta biết $M_c \equiv \omega^q \equiv f_1^q$, $q = -1, 0, 1, 2$.
hay $M_c^* = (f_1^*)^q$.

$$\Rightarrow U_1^* = (f_1^*)^{(1+q/2)}$$

3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

- Luật hệ số quá tải không đổi: $\lambda = M_{th}/M_c = \text{const}$

* Tải cân trục $q = 0$, $M_c^* = 1$:

luật điều khiển là $U_1^* = f_1^*$ hay $U/f = \text{const}$.

* Tải quạt gió $q = 2$, $M_c^* = f_1^{*2}$:

luật điều khiển là $U_1^* = f_1^{*2}$ hay $U/f^2 = \text{const}$.

* Tải máy tiện $q = -1$, $M_c^* = (f_1^*)^{-1}$:

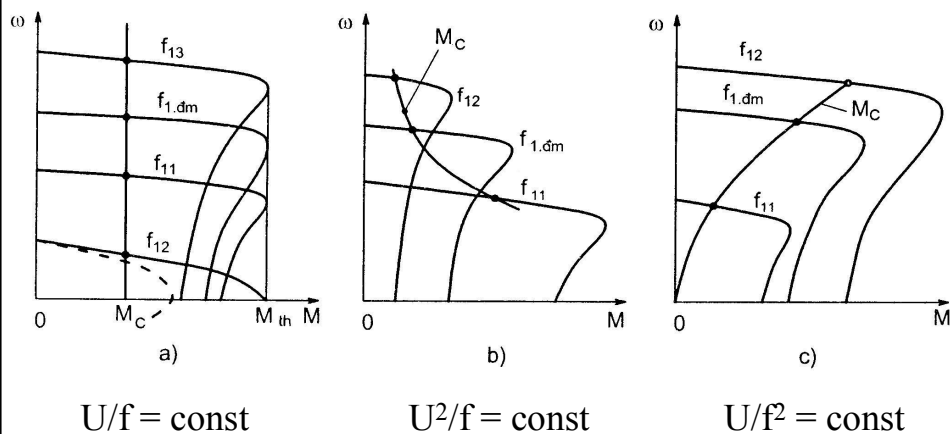
luật điều khiển là $U_1^* = (f_1^*)^{1/2}$ hay $U^2/f = \text{const}$.

* Tải ma sát nhớt $q = 1$, $M_c^* = f_1^*$:

luật điều khiển là $U_1^* = (f_1^*)^{3/2}$ hay $U^2/f^3 = \text{const}$.

3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

- Luật hệ số quá tải không đổi: $\lambda = M_{th}/M_c = \text{const}$



3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

- **Luật điều khiển dòng stato theo hàm số của độ sụt tốc :**

$$I_1 = f(\Delta\omega)$$

Theo lý thuyết máy điện KĐB:

$$I_1 = \frac{\phi_2}{L_{12}} \sqrt{1 + (T_2 \cdot \Delta\omega)^2}$$

trong đó: ϕ_2 - từ thông rôto.

L_{12} - hệ số hổ cảm giữa cuộn stato và cuộn roto.

T_2 - hằng số thời gian mạch roto.

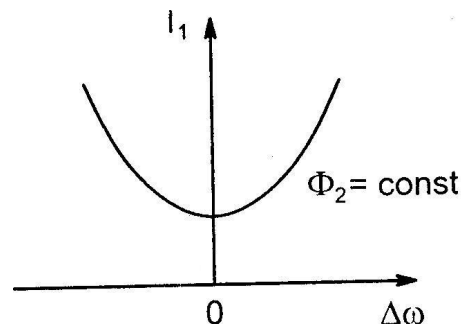
$\Delta\omega = \omega_0 - \omega$: độ sụt tốc hoặc tốc độ trượt của rôto.

3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

- **Luật điều khiển $I_1 = f(\Delta\omega)$**

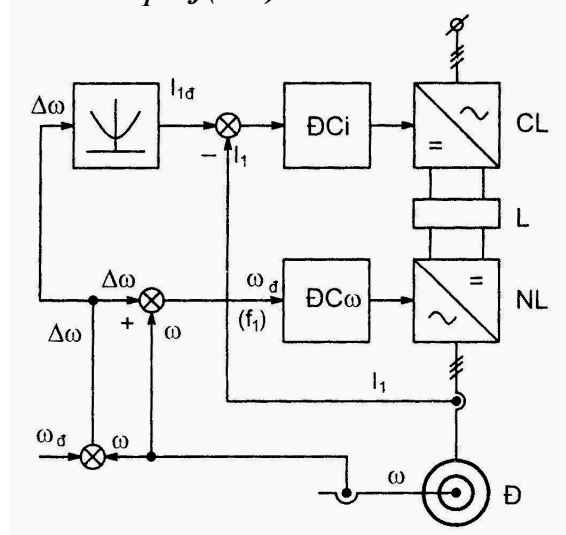
Ta thấy nếu giữ $\phi_2 = \phi_{2dm} = \text{const}$ thì I_1 phụ thuộc $\Delta\omega$ theo quan hệ:

Như vậy nếu ta lấy tín hiệu $\Delta\omega$ để tạo ra hàm $I_1(\Delta\omega)$ rồi điều khiển bộ biến tần đảm bảo dòng I_1 theo quy luật đó thì từ thông rôto ϕ_2 sẽ được giữ không đổi và bằng định mức.



3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

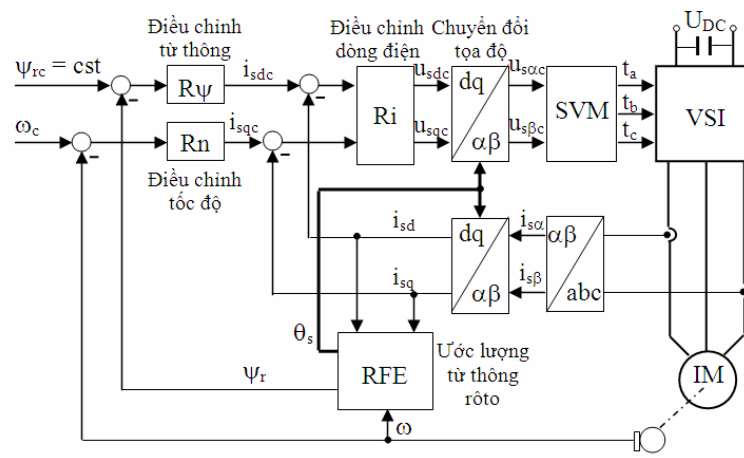
- Luật điều khiển $I_1 = f(\Delta\omega)$



3.4.4 Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng tần số

- Luật điều khiển vector

Điều khiển cả giá trị tức thời và vị trí trong không gian của vectơ từ thông rôto ϕ_2 , rồi điều khiển để giữ biên độ vectơ từ thông



Bài tập

Động cơ không đồng bộ 3 pha rôto lồng sóc có thông số $P_{dm} = 10kW$, $U_{dm} = 380V$, $f_{dm} = 50Hz$, $n_{dm} = 2930$ vòng/phút, $\lambda = 2,5$; $K_M = 1,3$. Để điều khiển động cơ này người ta dùng bộ biến tần công nghiệp và điều khiển theo luật hệ số quá tải không đổi. Tính điện áp và tần số đặt lên stato để động cơ chạy được ở các tốc độ sau: 500, 1000, 1500, 2000, 2500 vòng/phút trong các trường hợp động cơ kéo:

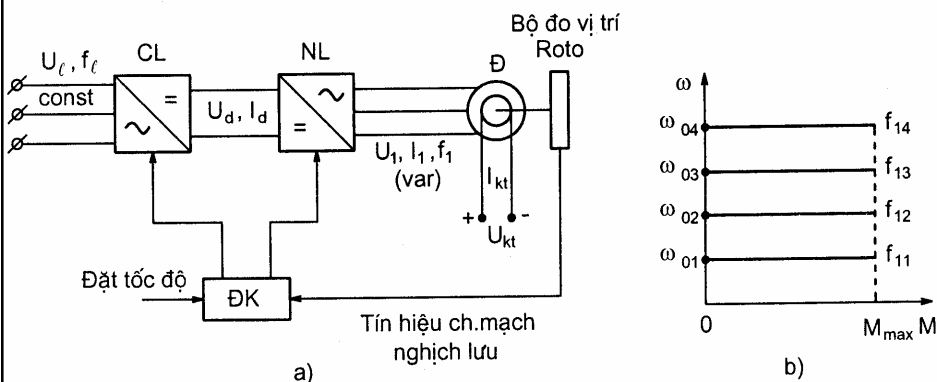
- 1) tải cân trực: $M_c = M_{dm}$ (của động cơ).
- 2) tải máy bơm nước:

$$M_c = \frac{M_{dm}}{\omega_{dm}^2} \cdot \omega^2 \quad (M_{dm}, \omega_{dm} \text{ của động cơ})$$

3.5 Điều khiển động cơ đồng bộ

3.5.1 Điều chỉnh tốc độ và mômen

Vì $\omega = \omega_0 = 2\pi f_1/p$ nên để điều chỉnh tốc độ, ta điều chỉnh $f_1 \Rightarrow \beta = \infty$.



3.5 Điều khiển động cơ đồng bộ

3.5.1 Điều chỉnh tốc độ và mômen

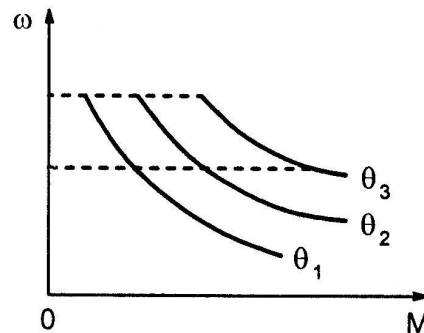
a) Giữ từ thông động cơ không đổi, nhờ duy trì tỷ số $E/x_s = \text{const}$

Ta có phương trình đặc tính góc:

$$M = \frac{3EU_1}{\omega_0 \cdot x_s} \cdot \sin \theta$$

Nếu góc lệch giữa E và U_1 là $\theta = \text{const}$ và $E/x_s = \text{const}$ thì:

$$M = \frac{3EU_1 \sin \theta}{x_s} \cdot \frac{1}{\omega_0} \equiv \frac{1}{\omega}$$



3.5 Điều khiển động cơ đồng bộ

3.5.1 Điều chỉnh tốc độ và mômen

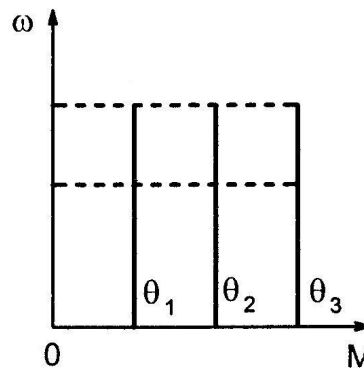
b) Giữ từ thông không đổi, đồng thời thay đổi U_1 tỷ lệ với tần số: $U_1/f_1 = \text{const}$

Khi giữ từ thông không đổi có nghĩa là $E/x_s = \text{const}$.

Và $U_1/f_1 \equiv U_1/\omega_0 = \text{const}$:

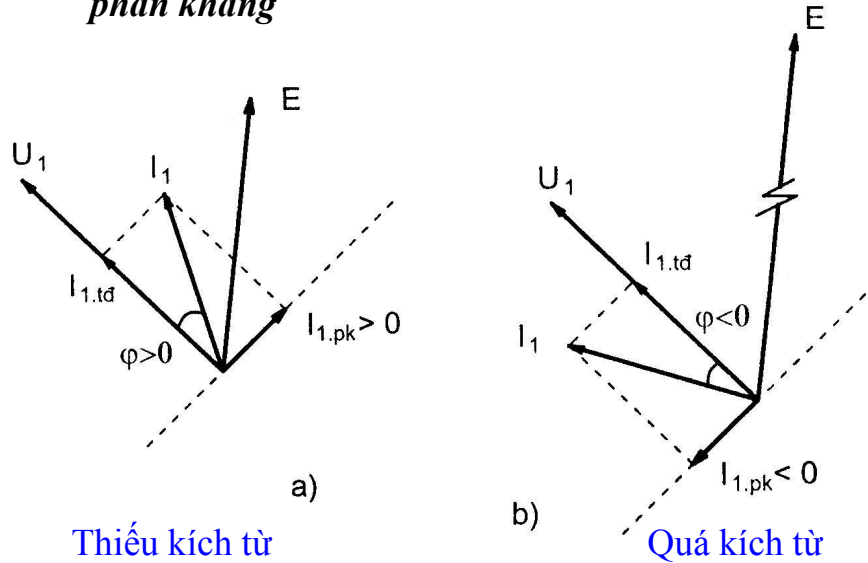
$$M = \frac{3E}{x_s} \frac{U_1}{\omega_0} \cdot \sin \theta = \text{const}$$

Nếu $\theta = \text{const}$ thì $M = \text{const}$:



3.5 Điều khiển động cơ đồng bộ

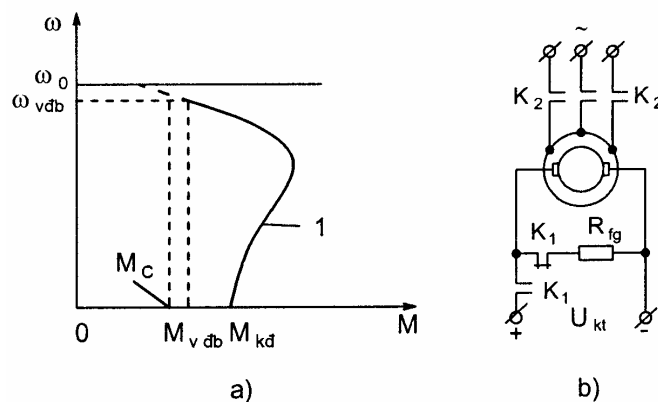
3.5.2 Điều chỉnh kích từ động cơ đồng bộ-máy bù công suất phản kháng



3.5 Điều khiển động cơ đồng bộ

3.5.3 Khởi động động cơ đồng bộ

Đa số các động cơ đồng bộ được khởi động bằng phương pháp khởi động không đồng bộ.



3.5 Điều khiển động cơ đồng bộ

3.5.3 Khởi động động cơ đồng bộ

a) Giai đoạn khởi động không đồng bộ:

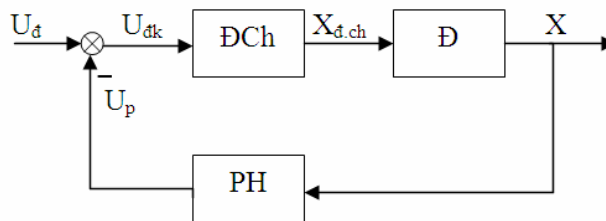
- Đóng $R_{fg} = (8 \div 10)R_{kt}$: điện trở đưa thêm vào mạch kích từ để bảo vệ cuộn dây khỏi quá điện áp lúc khởi động, nhờ tiếp điểm thường đóng K1.
- Đóng K2, động cơ sẽ được khởi động như động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc.

b) Giai đoạn đưa vào đồng bộ

- Khi tới “tốc độ vào đồng bộ” $\omega_{vdb} \approx (0,95 \div 0,98) \cdot \omega_0$ ta cho K1 hoạt động, loại điện trở R_{fg} và đóng điện áp một chiều vào cuộn kích từ rôto, tạo ra mômen đưa động cơ vào đồng bộ. Để đảm bảo vào được đồng bộ $M_{vdb} > M_c$.

3.6 Điều chỉnh tự động các thông số đầu ra của động cơ

3.6.1 Nguyên lý chung



$U_d \equiv X_d$ (t/số cần điều chỉnh, tín hiệu đặt hay mong muốn).

$U_p \equiv X$ (phản hồi, kết quả đạt được, thực): $U_p = K_p \cdot X$.

$\Delta U = U_{dk}$ - tín hiệu sai lệch.

PH: bộ cảm biến, sensor.

ĐCh: phần tử điều chỉnh, tạo ra các thông số tác động vào động cơ $X_{d.ch}$ theo quy luật yêu cầu.

$$X_{d.ch} = f(U_{dk})$$

3.6 Điều chỉnh tự động các thông số đầu ra của động cơ

3.6.1 Nguyên lý chung

a) Điều chỉnh theo sai lệch

Lấy tín hiệu “phản hồi âm” theo tọa độ được điều chỉnh, rồi cho tác động ngược dấu với tín hiệu đặt:

$$U_{dk} = \Delta U = U_d - U_p = U_d - K_p \cdot X$$

b) Điều chỉnh theo nguyên lý bù nhiễu

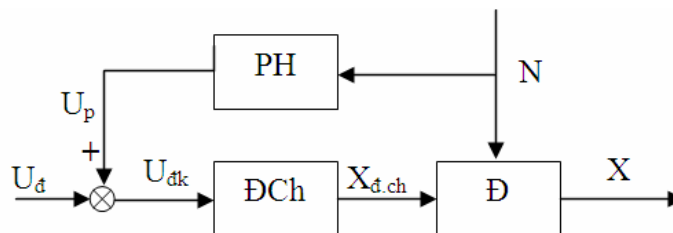
Lấy tín hiệu “phản hồi dương” theo đại lượng nhiễu loạn N là U_p tác động cùng dấu với tín hiệu đặt U_d :

$$U_{dk} = U_d + K_p \cdot N$$

3.6 Điều chỉnh tự động các thông số đầu ra của động cơ

3.6.1 Nguyên lý chung

b) Điều chỉnh theo nguyên lý bù nhiễu



Nhiều càng tăng thì thông số đầu ra càng giảm, nhưng đồng thời tín hiệu điều khiển cũng tăng, làm phục hồi thông số đầu ra X về giá trị đặt.

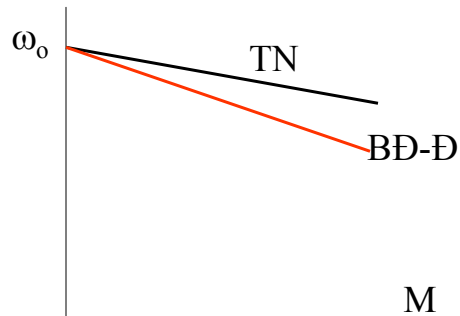
3.6.2 Điều chỉnh tự động tốc độ động cơ trong hệ Bộ biến đổi-Động cơ một chiều

$$\omega = \frac{E_b}{k\phi_{đm}} - \frac{R_{\text{ưt}}}{k\phi_{đm}} \cdot I_{\text{ư}} = \frac{E_b}{k\phi_{đm}} - \frac{R_{\text{ưt}}}{(k\phi_{đm})^2} \cdot M$$

$E_b = K_b \cdot U_{đk}$ nếu bộ biến đổi tuyến tính $K_b = \text{const}$

$$R_{\text{ưt}} = R_{\text{ư}} + R_b$$

Để cải thiện β , giảm $\Delta\omega$, tăng D?



3.6.2 Điều chỉnh tự động tốc độ động cơ trong hệ Bộ biến đổi-Động cơ một chiều

a) Dùng mạch phản hồi âm tốc độ

Hoạt động dựa trên nguyên lý điều chỉnh sai lệch:

$$U_{p\omega} = U_{FT} = K_{p\omega} \cdot \omega$$

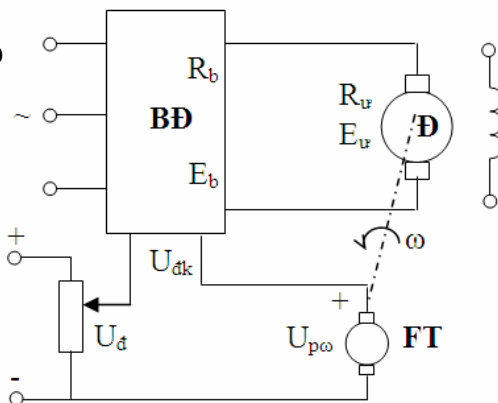
$$U_{đk} = U_d - U_{p\omega} = U_d - K_{p\omega} \cdot \omega$$

Nếu ω giảm $\Rightarrow U_{p\omega}$ giảm

$\Rightarrow U_{đk}$ tăng,

$\Rightarrow E_b = K_b \cdot U_{đk}$ tăng

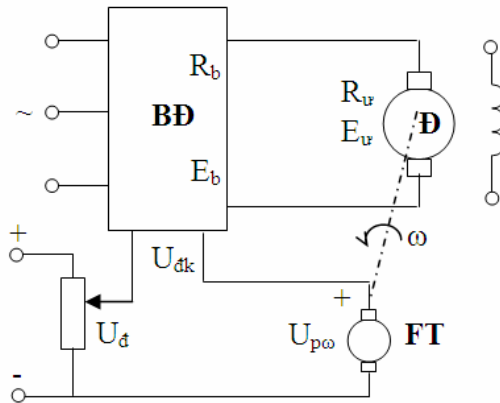
$\Rightarrow \omega$ tăng trở lại giá trị cũ



3.6.2 Điều chỉnh tự động tốc độ động cơ trong hệ Bộ biến đổi-Động cơ một chiều

a) Dùng mạch phản hồi âm tốc độ

- + Tính độ cứng ĐTC của hệ?
- + Chứng minh, nếu không có thêm bộ điều chỉnh nào khác, hệ không thể khử hết sai lệch?



3.6.2 Điều chỉnh tự động tốc độ động cơ trong hệ Bộ biến đổi-Động cơ một chiều

b) Dùng phản hồi dương dòng điện

Hoạt động dựa trên nguyên lý bù nhiễu:

Thông số đầu ra ω , nhiễu cơ bản là M_c hoặc I_c :

R_{do} : điện trở shunt, $\neq 0$.

$$U_{pi} = \Delta U = R_{do} \cdot I = K_{pi} \cdot I_u$$

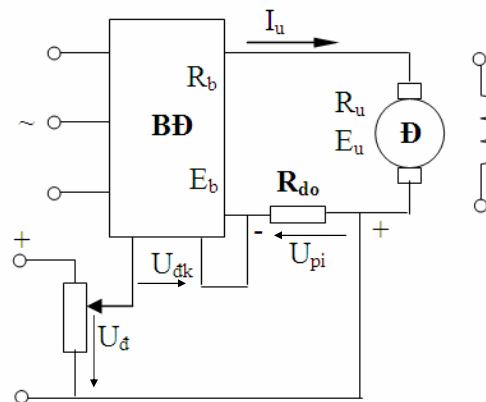
$$U_{đk} = U_d + U_{pi} = U_d + K_{pi} \cdot I_u$$

Khi M_c tăng, ω giảm:

$\Rightarrow I_u$ tăng $\Rightarrow U_{pi}$ tăng, \Rightarrow

$U_{đk}$ tăng $\Rightarrow E_b$ tăng:

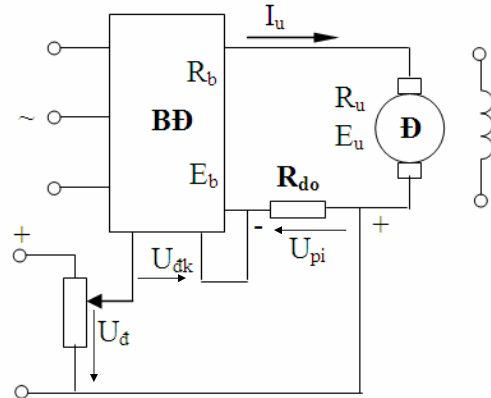
$\Rightarrow \omega$ tăng trở lại giá trị cũ.



3.6.2 Điều chỉnh tự động tốc độ động cơ trong hệ Bộ biến đổi-Động cơ một chiều

b) Dùng phản hồi dương dòng điện

- + Xác định độ cứng ĐTC của hệ?
- + Giải thích về khả năng hệ mất ổn định?
- + Giải thích về khả năng khử được hoàn toàn sai lệch?

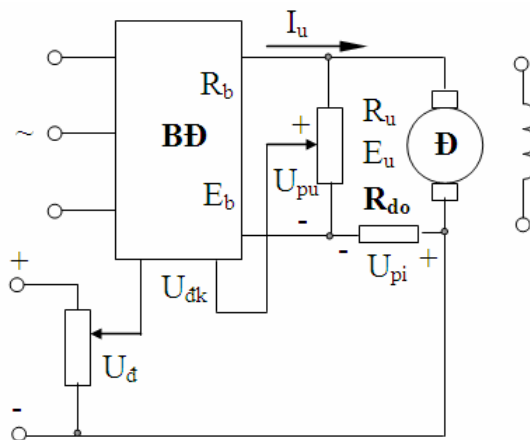


3.6.2 Điều chỉnh tự động tốc độ động cơ trong hệ Bộ biến đổi-Động cơ một chiều

c) Dùng phản hồi hỗn hợp

Kết hợp cả 2 nguyên lý điều chỉnh:

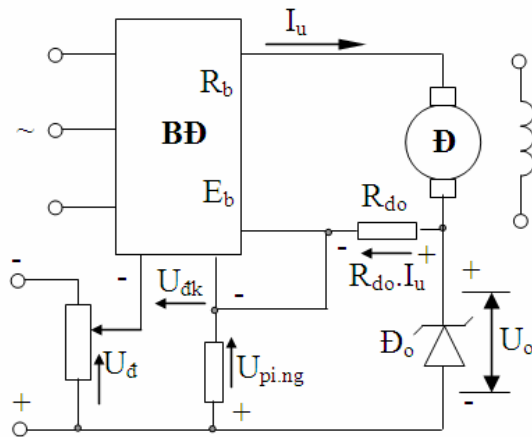
$$\begin{aligned} U_{dk} &= U_d + U_{pi} - U_{pu} \\ &= U_d + K_{pi} \cdot I_u - K_{pu} \cdot U_u \end{aligned}$$



3.6.3 Điều chỉnh tự động mômen và dòng điện trong hệ Bộ biến đổi-Động cơ một chiều

⇒ Hạn chế $I_{nm} \leq I_{cp} = (2 \div 2.5) I_{dm}$ khi khởi động, đảo chiều,...

a) Sơ đồ dùng phản hồi âm dòng điện có ngắt



Đ_o có ngưỡng thông:
 $U_o = R_{do} \cdot I_{ng}$

3.6.3 Điều chỉnh tự động mômen và dòng điện trong hệ Bộ biến đổi-Động cơ một chiều

a) Sơ đồ dùng phản hồi âm dòng điện có ngắt

+ Khi $I_u > I_{ng}$, Đ_o sẽ thông và điện áp phản hồi:

$$U_{pi.ng} = R_{do} \cdot I_u - U_o = R_{do} (I_u - I_{ng})$$

với $I_{ng} = (1,5 \div 1,7) I_{dm}$; $I_{nm} = I_{cp} = (2 \div 2,5) I_{dm}$.

Điện áp điều khiển đưa vào bộ biến đổi:

$$U_{dk} = U_d - U_{pi.ng} = (U_d + R_{do} \cdot I_{ng}) - R_{do} \cdot I_u$$

Sức điện động của bộ biến đổi:

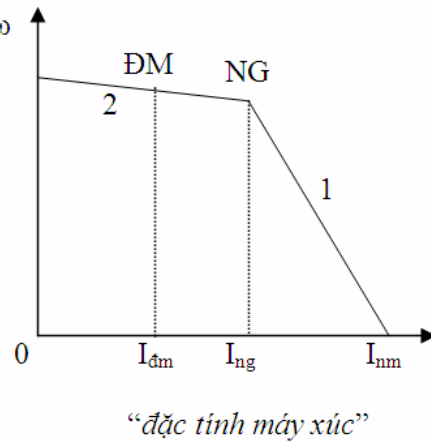
$$E_b = K_b \cdot U_{dk} = K_b (U_d + R_{do} \cdot I_{ng}) - K_b \cdot R_{do} \cdot I_u$$

3.6.3 Điều chỉnh tự động mômen và dòng điện trong hệ Bộ biến đổi-Động cơ một chiều

a) Sơ đồ dùng phản hồi âm dòng điện có ngắt

- Khi dòng điện tăng ($I_u > I_{ng}$), E_b sẽ giảm và tốc độ động cơ ω sẽ giảm mạnh sao cho khi $\omega = 0$ thì $I_{nm} = I_{cp} \Rightarrow$ đường 1.

- Khi $I_u \leq I_{ng}$, $R_{do} \cdot I_u < U_o \Rightarrow \dot{D}_o$ khóa \Rightarrow khâu phản hồi âm dòng bị loại ra và $U_{pi.ng} = 0 \Rightarrow$ động cơ sẽ làm việc trên đường 2 (không phản hồi).



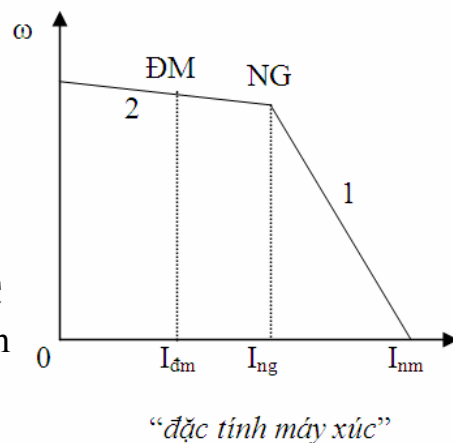
3.6.3 Điều chỉnh tự động mômen và dòng điện trong hệ Bộ biến đổi-Động cơ một chiều

a) Sơ đồ dùng phản hồi âm dòng điện có ngắt

+ Xây dựng phương trình ĐTC cho đường số 1?

+ Thông số nào quyết định giá trị của I_{ng} , I_{nm} ?

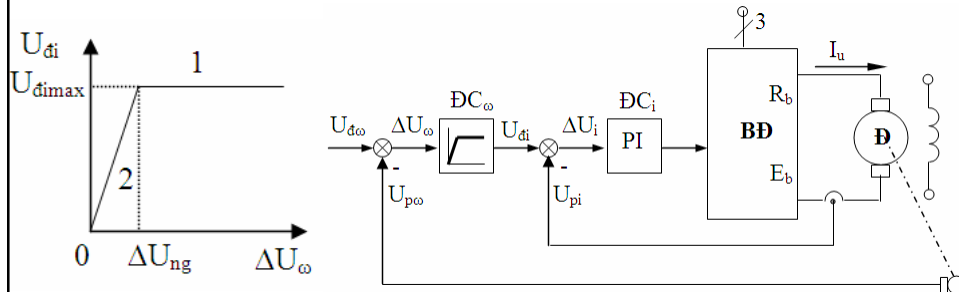
+ Làm thế nào để đoạn ĐTC số 1 có thể thẳng đứng (mềm hơn)?



3.6.3 Điều chỉnh tự động mômen và dòng điện trong hệ Bộ biến đổi-Động cơ một chiều

b) Sơ đồ dùng khâu hạn chế tín hiệu đặt

Đây là nguyên tắc được dùng trong các “hệ điều khiển tối ưu môđun”

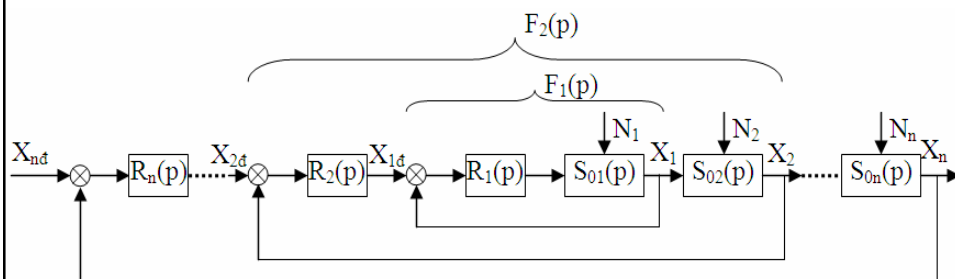


3.6.4 Hệ điều khiển tối ưu môđun

3.6.4 Hệ điều khiển tối ưu môđun

- Áp dụng các tiêu chuẩn tối ưu để xây dựng hàm truyền của bộ điều chỉnh sao cho sau khi áp dụng các tiêu chuẩn này thì hàm truyền của hệ thống kín sẽ có dạng như các hàm chuẩn tối ưu.

- Cấu trúc:



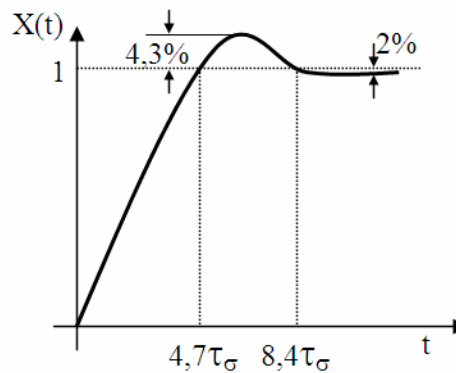
3.6.4 Hệ điều khiển tối ưu môđun

a) Áp dụng theo tiêu chuẩn môđun tối ưu

Hàm chuẩn theo tiêu chuẩn môđun tối ưu có dạng:

$$F_{MC}(p) = \frac{1}{1 + 2\tau_{\sigma}p + 2\tau_{\sigma}^2p^2}$$

- Tùy thuộc hàm truyền của đối tượng cần điều chỉnh ta sẽ có tương ứng các hàm của bộ điều chỉnh khác nhau:



3.6.4 Hệ điều khiển tối ưu môđun

a) Áp dụng theo tiêu chuẩn môđun tối ưu

+ Trường hợp 1: Nếu hệ có hàm truyền dạng:

$$S_o(p) = \frac{K_1}{(1 + T_1p)(1 + T_2p)}, \quad T_2 > T_1$$

Để hệ kín có hàm truyền $F_{MC}(p)$ thì:

$$\frac{R(p) \cdot S_o(p)}{1 + R(p) \cdot S_o(p)} = F_{MC}(p)$$

nếu chọn bộ điều chỉnh kiểu PI thì:

$$R(p) = \frac{1 + T_2p}{2K_1T_1p} \quad \text{và ta chỉ bù được hằng số thời gian lớn } T_2; \tau_{\sigma} = T_1$$

3.6.4 Hệ điều khiển tối ưu môđun

a) Áp dụng theo tiêu chuẩn môđun tối ưu

+ Trường hợp 2: Nếu hệ có hàm truyền dạng:

$$S_o(p) = \frac{K}{\prod_{s=1}^u (1 + T_s' p)} \quad , \quad T_s' \text{ là các hằng số thời gian nhỏ}$$

$$\text{thì} \quad R(p) = \frac{1}{2KT_s p} \quad \text{trong đó} \quad T_s = \sum_{s=1}^u T_s'$$

3.6.4 Hệ điều khiển tối ưu môđun

a) Áp dụng theo tiêu chuẩn môđun tối ưu

+ Trường hợp 3: Nếu hệ có hàm truyền dạng:

$$S_o(p) = \frac{K}{\prod_{k=1}^2 (1 + T_k p) \cdot \prod_{s=1}^u (1 + T_s' p)}$$

trong đó: T_k - các hằng số thời gian lớn,
 T_s' là các hằng số thời gian nhỏ

thì bộ điều chỉnh có dạng:

$$R(p) = \frac{\prod_{k=1}^2 (1 + T_k p)}{K} \cdot \frac{1}{2T_s p}$$

3.6.4 Hệ điều khiển tối ưu môđun

a) Áp dụng theo tiêu chuẩn môđun tối ưu

+ Trường hợp 4: Nếu hệ có hàm truyền dạng:

$$S_o(p) = \frac{K}{p \cdot \prod_{s=1}^u (1 + T_s' p)}$$

trong đó: T_s' là các hằng số thời gian nhỏ

thì bộ điều chỉnh khâu tỷ lệ :

$$R(p) = \frac{1}{2KT_s} \quad T_s = \sum_{s=1}^u T_s'$$

3.6.4 Hệ điều khiển tối ưu môđun

a) Áp dụng theo tiêu chuẩn môđun tối ưu

+ Trường hợp 5: Nếu hệ có hàm truyền dạng:

$$S_o(p) = \frac{K}{p(1 + Tp) \prod_{s=1}^u (1 + T_s' p)}$$

trong đó: T_s' là các hằng số thời gian nhỏ

thì bộ điều chỉnh là khâu PD :

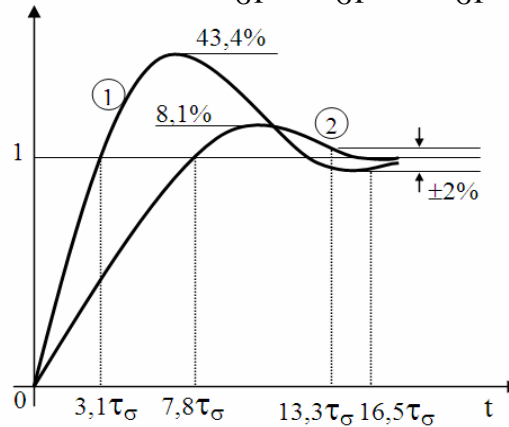
$$R(p) = \frac{1 + Tp}{2KT_s}$$

3.6.4 Hệ điều khiển tối ưu modun

b) Áp dụng tiêu chuẩn tối ưu đối xứng:

Hàm tối ưu đối xứng có dạng:

$$F_{\text{ĐX}}(p) = \frac{1 + 4\tau_{\sigma}p}{1 + 4\tau_{\sigma}p + 8\tau_{\sigma}^2p^2 + 8\tau_{\sigma}^3p^3}$$



3.6.4 Hệ điều khiển tối ưu modun

b) Áp dụng tiêu chuẩn tối ưu đối xứng:

Tương tự, nếu hệ có hàm truyền vòng hở:

$$S_o(p) = \frac{K_1}{pT_1(1 + pT_s)}$$

nếu chọn bộ điều chỉnh loại PI thì:

$$R(p) = \frac{1 + T_o p}{KT_o p}$$

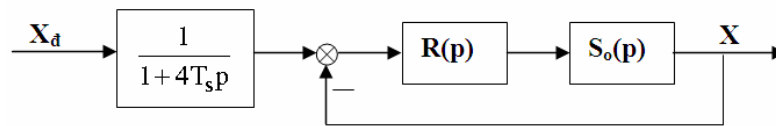
trong đó:

$$K = \frac{2K_1T_s}{T_1}; T_o = 4T_s$$

3.6.4 Hệ điều khiển tối ưu modun

b) Áp dụng tiêu chuẩn tối ưu đối xứng:

Do tử số của $F_{DX}(p)$ có thành phần đạo hàm, chính vì thế độ quá điều chỉnh lớn (43,4%). Để hạn chế độ quá điều chỉnh này -> thêm khâu quán tính có hằng số thời gian $4T_s$:



Bài tập cuối chương 3

Bài 1: Xác định thông số điều chỉnh của động cơ điện một chiều kích từ độc lập khi nối mạch theo hệ “Bộ biến đổi-động cơ” điều chỉnh điện áp phản ứng.

Số liệu động cơ: 12kW, 685vòng/phút; 220V; 64A; $R_u = 0,21\Omega$.

Số liệu bộ biến đổi: Chỉnh lưu tiristo tia 3 pha, 17kVA;

$U_{do} = 245V$; $R_b = 0,4\Omega$, $K_b = 22$; hệ làm việc ở chế độ dòng liên tục.

1. Hãy xác định giá trị sdd (hoặc điện áp) của bộ chỉnh lưu để đảm bảo các giá trị tốc độ tương ứng với mômen cản tĩnh trên trục động cơ cho trong bảng sau:

Bài tập cuối chương 3

Bài 1:

M_c Nm	33,46	83,65	167,3	251	167,3	251
ω rad/s	81,3	61,13	71,7	33,5	7,17	65,6

2. Cho hệ số quá tải của động cơ $K_{qt} = 2,5$; sai số tốc độ cho phép $s\%_{cp} = 10\%$. Tính tốc độ lớn nhất và nhỏ nhất, dải điều chỉnh của hệ thống truyền động điện.

3. Tính toán vòng điều chỉnh tốc độ để dải điều chỉnh của động cơ đạt được $D = 100:1$.

4. Tính toán vòng điều chỉnh dòng điện sử dụng phản hồi âm dòng điện có ngắt, sao cho khi khởi động dòng điện khởi động $I_{kd} \leq 2,5I_{dm}$.

Bài tập cuối chương 3

Bài 2:

Cơ cấu truyền động chính của máy tiện được trang bị hệ thống “Biến tần-động cơ KĐB rôto lồng sóc”, điều khiển theo luật hệ số quá tải không đổi $\lambda = \text{const}$.

Số liệu động cơ: 40kW, 1500vòng/phút; 380V; 50Hz.

Phụ tải: $M_c^* = 1/\omega^*$;

Hãy tính toán trị số điện áp và tần số stato để động cơ quay được ở các tốc độ: 1500, 1200, 900, 600, 300, 150 vòng/phút.