

Chương 2

CÁC TRẠNG THÁI HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN

2.1 Khái niệm chung

2.2 Động cơ điện một chiều kích từ độc lập (song song)

2.3 Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp

2.4 Động cơ điện không đồng bộ

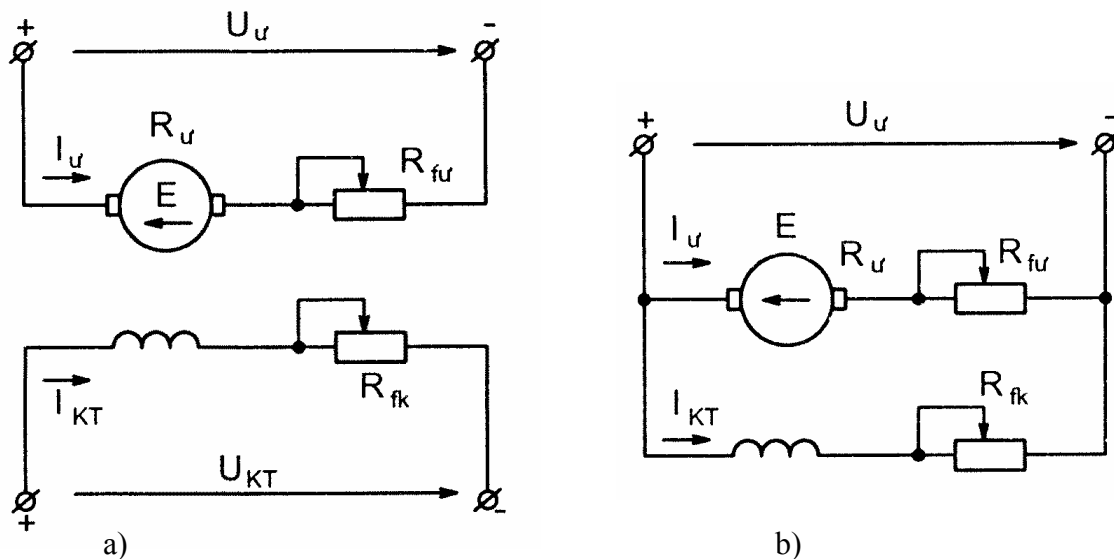
2.5 Các đặc tính công tác của động cơ đồng bộ

2.1 Khái niệm chung

- ĐTC của máy sản xuất (tải) $M_c(\omega)$: biết trước
- ĐTC của động cơ điện $M(\omega)$: Tự nhiên/ nhân tạo
- Hệ đơn vị tương đối.

2.2 Động cơ điện một chiều kích từ độc lập (kích từ song song)

2.2.1 Sơ đồ nối dây của động cơ một chiều kích từ độc lập và kích từ song song



Hình 2.1

2.2.2 Phương trình đặc tính cơ (ĐTC)

a) Các phương trình chính

- Phương trình cân bằng điện áp phần ứng và mạch kích từ:

$$u_u = e + R_{ut} \cdot i_u + L_{ut} \cdot \frac{di_u}{dt} \xrightarrow{\text{Laplace}} U_u = E_u + R_{ut}(1 + T_u \cdot p) \cdot I_u$$

$$u_{kt} = R_{kt} \cdot i_{kt} + L_{kt} \cdot \frac{di_{kt}}{dt} \xrightarrow{\text{Laplace}} U_{kt} = R_{kt}(1 + T_{kt} \cdot p) \cdot I_{kt}$$

trong đó: $R_{ut} = R_u + R_{fu}$; $L_{ut} = L_u + L_{fu}$; $T_u = L_{ut}/R_{ut}$; $T_{kt} = L_{kt}/R_{kt}$

- Theo lý thuyết máy điện:

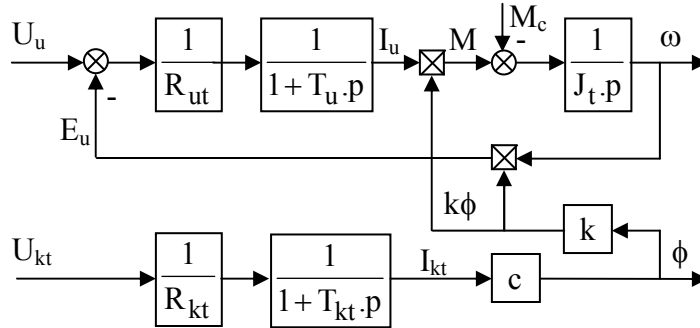
$$E_u = k\phi.\omega \quad \text{và} \quad M = k\phi.I_u \quad \text{trong đó} \quad k = \frac{pN}{2\pi.a}$$

$$\phi = c.I_{kt}$$

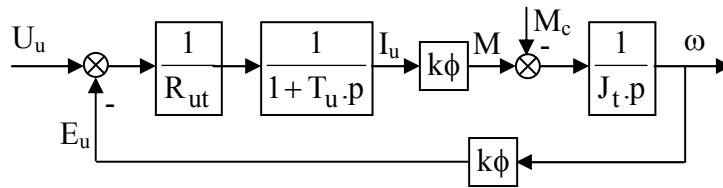
- Phương trình chuyển động:

$$M - M_c = J_t \cdot \frac{d\omega}{dt} \xrightarrow{\text{Laplace}} M - M_c = J_t \cdot p.\omega$$

- Sơ đồ cấu trúc động cơ:



- Trong trường hợp mạch kích từ đã xác lập:



- Tốc độ quay roto:

$$\omega = \frac{U_u}{k\phi} - R_{ut} \frac{1 + T_u.p}{k\phi} . I_u \quad \text{phương trình đặc tính cơ-điện có xét quá độ}$$

$$\omega = \frac{U_u}{k\phi} - R_{ut} \frac{1 + T_u.p}{(k\phi)^2} . M \quad \text{phương trình ĐTC có xét quá độ}$$

- Trạng thái xác lập $t = \infty$ hay $p = 0$:

$$\omega = \frac{U_u}{k\phi} - \frac{R_u + R_{fu}}{k\phi} I_u \quad (2-4)$$

Phương trình “*đặc tính cơ điện*” biểu thị quan hệ $\omega = f(I_u)$

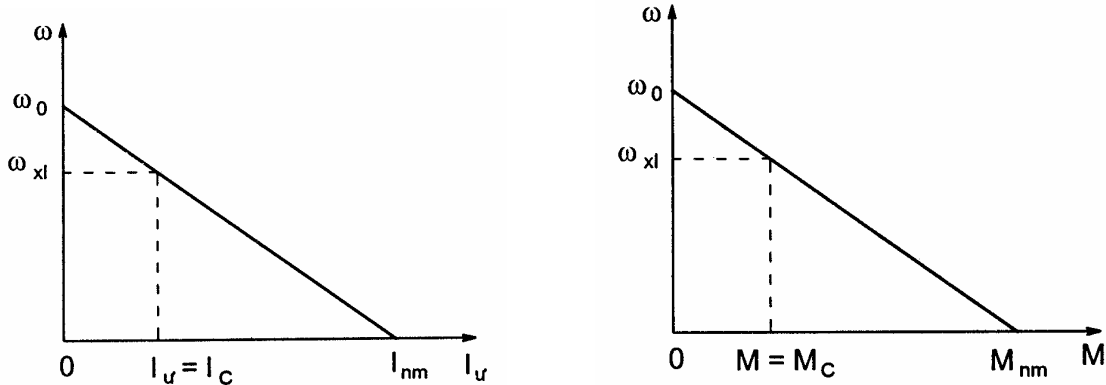
và:

$$\omega = \frac{U_u}{k\phi} - \frac{R_u + R_{fu}}{(k\phi)^2} . M \quad (2-6)$$

Phương trình “*đặc tính cơ*” biểu thị quan hệ $\omega = f(M)$

b) Đường đặc tính cơ và đặc tính cơ điện

$\phi \approx \text{const} \Rightarrow \omega = f(I_u)$ và $\omega = f(M)$ tuyến tính



Hình 2-2

- Khi $I_u = 0, M = 0$:

$$\omega = \frac{U_u}{k\phi} = \omega_0 \quad \text{“tốc độ không tải lý tưởng”} \quad (2-7)$$

- Khi $\omega = 0$:

$$I_u = \frac{U_u}{R_u + R_{fu}} = I_{nm} \quad \text{“dòng điện ngắn mạch”} \quad (2-8)$$

và
$$M = \frac{U_u}{R_u + R_{fu}} \cdot k\phi = I_{nm} \cdot k\phi = M_{nm} \quad \text{“momen ngắn mạch”} \quad (2-9)$$

Từ (2-6) ta xác định được độ cứng đặc tính cơ:

$$\beta = \frac{dM}{d\omega} = -\frac{(k\phi)^2}{R_u + R_{fu}} \quad (2-10)$$

hay
$$\beta = \left| \frac{dM}{d\omega} \right| = \frac{(k\phi)^2}{R_u + R_{fu}}$$

c) Các dạng khác của phương trình ĐTC

- Dạng 1:

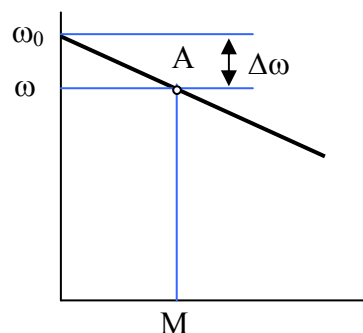
$$\omega = \omega_0 - \Delta\omega \quad (2-11)$$

trong đó:

$$\Delta\omega = \frac{R_u + R_{fu}}{k\phi} \cdot I_u \quad (2-12)$$

“độ sụt tốc độ”

- Dạng 2:



$$\omega = \omega_0 - \frac{1}{\beta} \cdot M \quad (2-13)$$

- Dạng 3:

$$M = k\phi \cdot \frac{U_u}{R_u + R_{fu}} - \frac{(k\phi)^2}{R_u + R_{fu}} \cdot \omega \quad \text{hay} \quad M = M_{nm} - \beta\omega \quad (2-14)$$

- Dạng 4 (ở đơn vị tương đối)

$$\omega^* = \frac{U_u^*}{\phi^*} - \frac{R_u^* + R_{fu}^*}{\phi^*} \cdot I_u^* \quad (2-15)$$

$$\omega^* = \frac{U_u^*}{\phi^*} - \frac{R_u^* + R_{fu}^*}{(\phi^*)^2} \cdot M^* \quad (2-16)$$

trong đó: $\omega^* = \omega/\omega_0$; $U_u^* = U_u/U_{dm}$; $\phi^* = \phi/\phi_{dm} = k\phi/k\phi_{dm}$;
 $I_u^* = I_u/I_{dm}$; $M^* = M/M_{dm}$; $R_u^* = R_u/R_{dm}$; $R_{fu}^* = R_{fu}/R_{dm}$;

với $R_{dm} = \frac{U_{dm}}{I_{dm}} \quad (2-17)$

Ứng với $M = M_c$ (xác lập) sẽ có tốc độ xác lập ω_{xl} :

$$I_u = I_c = M_c/k\phi : \text{“dòng điện tải”}$$

2.2.3 Đặc tính tự nhiên ($R_{fu} = 0$, $U_u = U_{dm}$; $\phi = \phi_{dm}$)

- Phương trình:

$$\omega = \frac{U_{dm}}{k\phi_{dm}} - \frac{R_u}{(k\phi_{dm})^2} M \quad (2-18)$$

$$\omega = \frac{U_{dm}}{k\phi_{dm}} - \frac{R_u}{k\phi_{dm}} I_u \quad (2-19)$$

- Tốc độ không tải và độ cứng ĐTC tự nhiên:

$$\omega_o = \frac{U_{dm}}{k\phi_{dm}} \quad (2-20)$$

$$\beta_{tn} = \frac{(k\phi_{dm})^2}{R_u} \quad (2-21)$$

$$\beta_{tn}^* = \frac{1}{R_u^*} \quad (2-22)$$

- Về ĐTC tự nhiên từ các số liệu catalog: P_{dm} [kW], n_{dm} [vòng/phút], U_{dm} [V], I_{dm} [A], η_{dm} , R_u [Ω],...:

1. điểm không tải $[0, \omega_o]$.
2. điểm định mức $[M_{dm}, \omega_{dm}]$ hoặc $[I_{dm}, \omega_{dm}]$.
3. điểm ngắn mạch $[M_{nm}, 0]$ hoặc $[I_{nm}, 0]$.

$$\omega_0 = \frac{U_{dm}}{k\phi_{dm}}$$

$$\text{với } k\phi_{dm} = \frac{U_{dm} - R_u I_{dm}}{\omega_{dm}}$$

$$M_{dm} = \frac{P_{dm} \cdot 1000}{\omega_{dm}}$$

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

$$I_{nm} = \frac{U_{dm}}{R_u}$$

$$M_{nm} = k\phi_{dm} \cdot \frac{U_{dm}}{R_u}$$

hoặc

$$I_{dm} = \frac{P_{dm} \cdot 1000}{\eta_{dm} \cdot U_{dm}}, \text{ A} \quad (2-23)$$

$$R_u \approx 0,5 \cdot (1 - \eta_{dm}) \frac{U_{dm}}{I_{dm}}, \Omega \quad (2-24)$$

2.2.4 Các đặc tính nhân tạo

Từ phương trình (2-6):

$$\omega = \frac{U_u}{k\phi} - \frac{R_u + R_{f\text{ur}}}{(k\phi)^2} \cdot M \quad (2-6)$$

$\Rightarrow R_{f\text{ur}}, U_u, \phi$ có thể thay đổi.

a) Đặc tính nhân tạo “biến trở”: ($U_u = U_{dm}, \phi = \phi_{dm}$)

- Phương trình:

$$\omega = \frac{U_{dm}}{k\phi_{dm}} - \frac{R_u + R_{f\text{ur}}}{(k\phi_{dm})^2} M \quad (2-25)$$

$$\omega = \frac{U_{dm}}{k\phi_{dm}} - \frac{R_u + R_{f\text{ur}}}{k\phi_{dm}} \cdot I_u \quad (2-26)$$

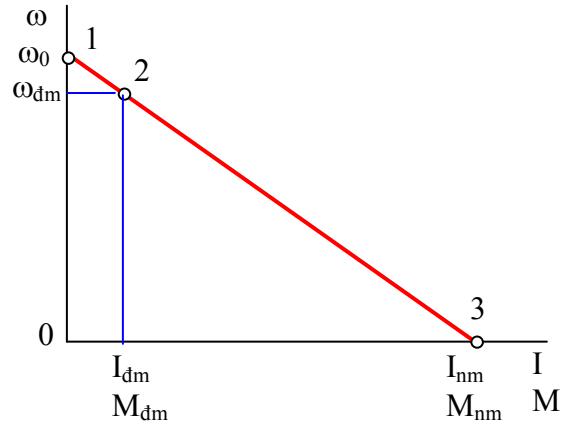
- Tốc độ không tải:

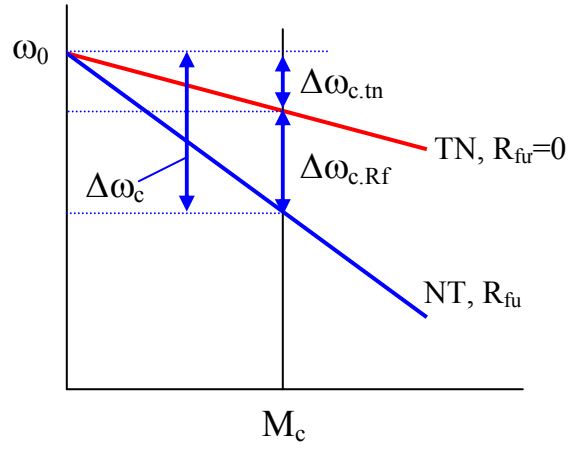
$$\omega_0 = \omega_{0.tn} = \frac{U_{dm}}{k\phi_{dm}} = \text{const} \quad (2-27)$$

- Độ sụt tốc độ ở M_c hay I_c :

$$\Delta\omega_c = \frac{R_u + R_{f\text{ur}}}{(k\phi_{dm})^2} \cdot M_c = \frac{R_u + R_{f\text{ur}}}{k\phi_{dm}} \cdot I_c \sim R_{f\text{ur}} \quad (2-28)$$

$$\Delta\omega_c = \frac{R_u}{(k\phi_{dm})^2} \cdot M_c + \frac{R_{f\text{ur}}}{(k\phi_{dm})^2} \cdot M_c = \Delta\omega_{c.tn} + \Delta\omega_{c.Rf}$$





- Độ cứng ĐTC:

$$\beta_{tn} = \frac{(k\phi_{dm})^2}{R_u + R_{fu}} \sim \frac{1}{R_{fu}} \quad (2-29)$$

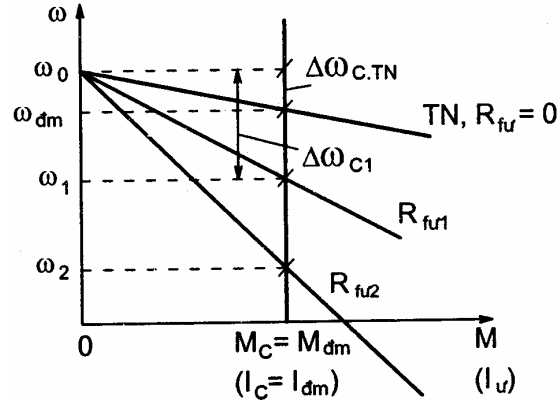
- Dòng điện ngắn mạch:

$$I_{nm} = \frac{U_{dm}}{R_u + R_{fu}} \sim \frac{1}{R_{fu}} \quad (2-30)$$

- Momen ngắn mạch:

$$M_{nm} = k\phi_{dm} \cdot I_{nm} \sim \frac{1}{R_{fu}} \quad (2-31)$$

Tăng R_{fu}



b) Đặc tính nhân tạo khi thay đổi điện áp phần ứng U_u : ($R_{fu} = 0$, $\phi = \phi_{dm}$)

- Phương trình:

$$\omega = \frac{U_u}{k\phi_{dm}} - \frac{R_u}{(k\phi_{dm})^2} M \quad (2-32)$$

$$\omega = \frac{U_u}{k\phi_{dm}} - \frac{R_u}{k\phi_{dm}} \cdot I_u \quad (2-33)$$

- Tốc độ không tải:

$$\omega_0 = \frac{U_u}{k\phi_{dm}} \sim U_u \quad (2-34)$$

- Độ sụt tốc độ ở M_c hay I_c :

$$\Delta\omega_c = \frac{R_r}{(k\phi_{dm})^2} \cdot M_c = \frac{R_r}{k\phi_{dm}} \cdot I_c = \Delta\omega_{c.tn} = \text{const} \quad (2-35)$$

- Độ cứng ĐTC:

$$\beta = \frac{(k\phi_{dm})^2}{R_r} = \beta_{tn} = \text{const} \quad (2-36)$$

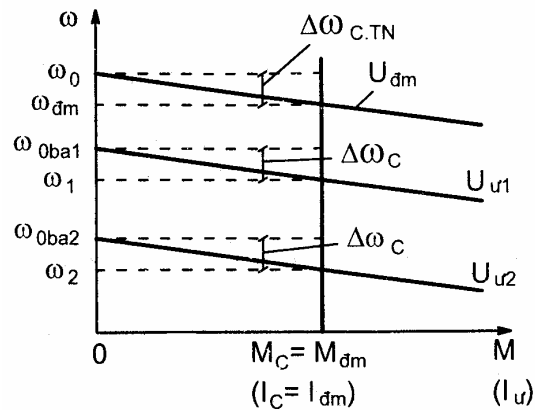
- Dòng điện ngắn mạch:

$$I_{nm} = \frac{U_r}{R_r} \sim U_r \quad (2-37)$$

- Momen ngắn mạch:

$$M_{nm} = k\phi_{dm} \cdot I_{nm} = k\phi_{dm} \frac{U_r}{R_r} \sim U_r \quad (2-38)$$

⇒ Khi giảm $U_r < U_{dm}$...



b) Đặc tính nhân tạo khi thay đổi từ thông ϕ : ($R_{fr} = 0$, $U_r = U_{dm}$)

- Phương trình:

$$\omega = \frac{U_{dm}}{k\phi} - \frac{R_r}{(k\phi)^2} M \quad (2-39)$$

$$\omega = \frac{U_{dm}}{k\phi} - \frac{R_r}{k\phi} \cdot I_r \quad (2-40)$$

- Tốc độ không tải:

$$\omega_0 = \frac{U_{dm}}{k\phi} \sim \frac{1}{\phi} \quad (2-41)$$

- Độ sụt tốc độ ở M_c hay I_c :

$$\Delta\omega_c = \frac{R_r}{(k\phi)^2} \cdot M_c \sim \frac{1}{\phi^2} \quad (2-42)$$

- Độ cứng ĐTC:

$$\beta = \frac{(k\phi)^2}{R_r} \sim \phi^2 \quad (2-34)$$

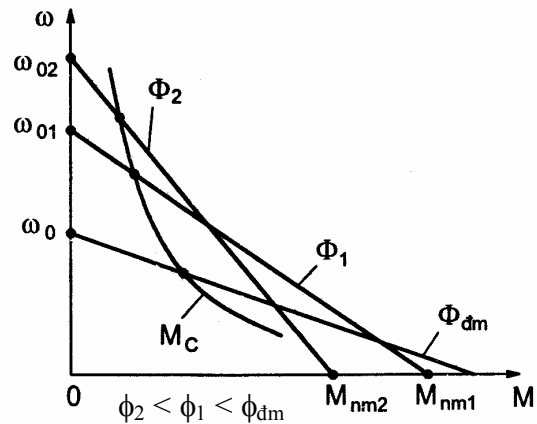
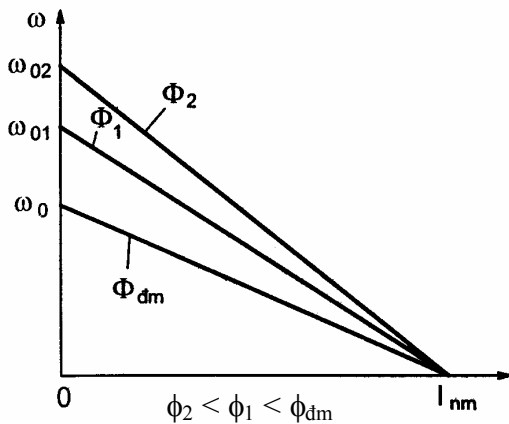
- Dòng điện ngắn mạch:

$$I_{nm} = \frac{U_{dm}}{R_r} = I_{nm.tn} = \text{const} \quad (2-30)$$

- Momen ngắn mạch:

$$M_{nm} = k\phi \cdot I_{nm} \sim \phi \quad (2-31)$$

\Rightarrow Khi giảm $\phi < \phi_{dm} \dots$



Chú ý: Vì không thể tăng i_{kt} trên giá trị định mức, nên chỉ có thể tạo $\phi < \phi_{dm}$. Do đó, các đặc tính cơ điện nhân tạo đều có vị trí cao hơn đặc tính tự nhiên; tương tự, trong vùng phụ tải M_c cho phép tốc độ trên các đặc tính nhân tạo lớn hơn tốc độ trên đặc tính cơ tự nhiên.

* Ví dụ 1: Dựng đặc tính cơ tự nhiên và nhận xét về dạng đặc tính của động cơ điện một chiều kích từ song song. Số liệu cho trước: Động cơ loại làm việc dài hạn, cấp điện áp 220V, công suất định mức 6,6kW; tốc độ định mức 2200 vòng/phút; dòng điện định mức 35A; điện trở mạch phản ứng gồm điện trở cuộn dây phản ứng và cực từ phụ: 0,26Ω.

Giải:

+ Dựng đặc tính cơ tự nhiên dựa vào 2 trong 3 điểm:

1. điểm không tải $[0, \omega_0]$.
2. điểm định mức $[M_{dm}, \omega_{dm}]$; hoặc $[I_{dm}, \omega_{dm}]$ cho đặc tính cơ điện tự nhiên.
3. điểm ngắn mạch $[M_{nm}, 0]$; hoặc $[I_{nm}, 0]$ cho đặc tính cơ điện tự nhiên.

Tốc độ định mức:

$$\omega_{dm} = \frac{n_{dm}}{9,55} = \frac{2200}{9,55} = 230,3 \text{ [rad/s]}$$

Momen định mức:

$$M_{dm} = \frac{P_{dm} \cdot 1000}{\omega_{dm}} = \frac{6,6 \cdot 1000}{230,3} = 28,6 \text{ [Nm]}$$

Như vậy ta đã xác định được điểm định mức $[28,6 ; 230,3]$.

Từ thông động cơ:

$$k\phi_{dm} = \frac{U_{dm} - I_{dm} \cdot R_u}{\omega_{dm}} = \frac{220 - 35 \cdot 0,26}{230,3} = 0,91 \text{ [Wb]}$$

Tốc độ không tải lý tưởng:

$$\omega_0 = \frac{U_{dm}}{k\phi_{dm}} = \frac{220}{0,91} = 241,7 \text{ [rad/s]}$$

Như vậy ta đã xác định được điểm không tải $[0 ; 241,7]$.

Dòng điện ngắn mạch:

$$I_{nm} = \frac{U_{dm}}{R_u} = \frac{220}{0,26} = 846 \text{ [A]}$$

Mômen ngắn mạch:

$$M_{nm} = k\phi_{dm} \cdot I_{nm} = 0,91 \cdot 846 = 770 \text{ [Nm]}$$

Như vậy ta xác định được điểm ngắn mạch $[770 ; 0]$.

Từ 2 điểm trong 3 điểm: điểm không tải và điểm định mức hoặc điểm ngắn mạch ta có thể dựng được đặc tính cơ như hình bên.

+ Đánh giá đường đặc tính cơ:

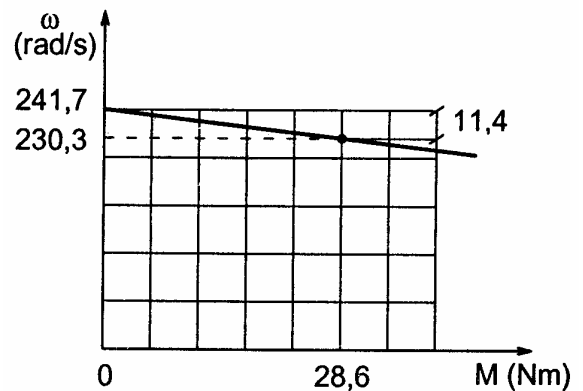
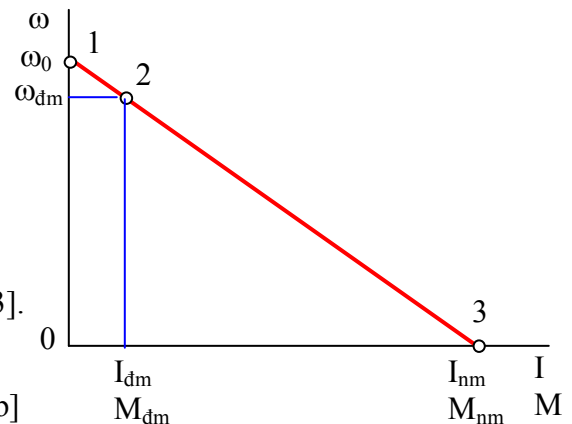
- Độ sụt tốc khi có tải định mức (so với tốc độ không tải lý tưởng):

$$\Delta\omega_c = \omega_0 - \omega_{dm} = 241,7 - 230,3 = 11,4 \text{ [rad/s]}$$

$$\Delta\omega_c \% = \frac{\Delta\omega_c}{\omega_0} \cdot 100\% = \frac{11,4}{241,7} \cdot 100\% = 4,7\% \quad (< 5\%)$$

- Độ cứng đặc tính cơ tự nhiên:

$$\beta = \frac{(k\phi_{dm})^2}{R_u} = \frac{0,91^2}{0,26} = 3,18 \text{ [Nm.s]}$$



Bài tập 2.1: Dựng đặc tính cơ tự nhiên và nhận xét về dạng đặc tính của động cơ điện một chiều kích từ song song. Số liệu cho trước: Động cơ loại làm việc dài hạn, cấp điện áp 220V, công suất định mức 4,4kW; tốc độ định mức 1500 vòng/phút; hiệu suất định mức 0,85.

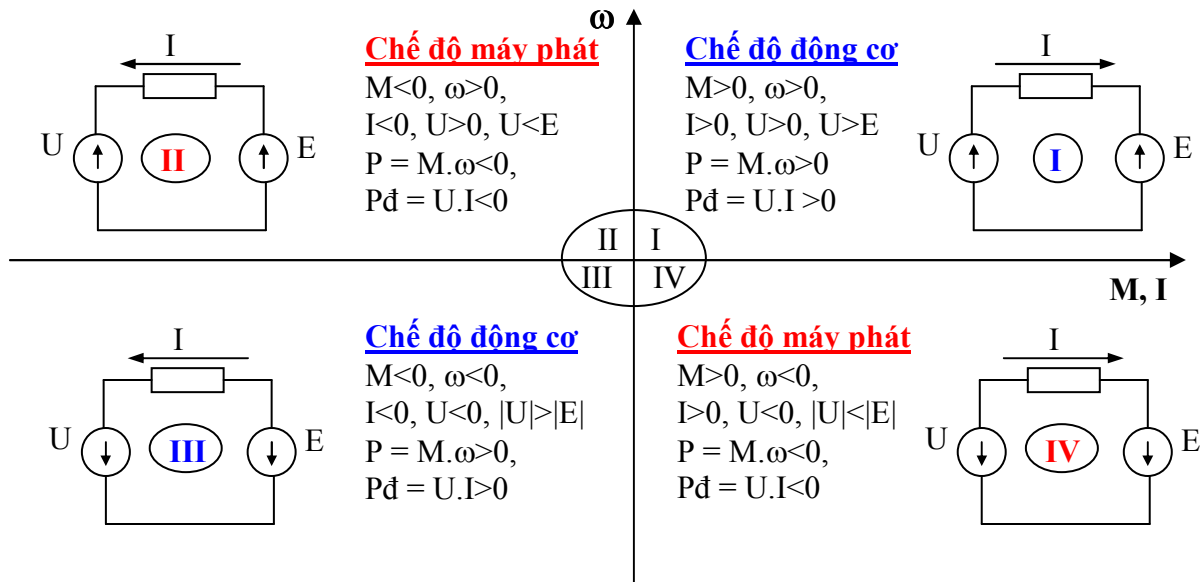
Đáp án.

2.2.5 Các trạng thái hãm của động cơ một chiều kích từ độc lập

- Trạng thái động cơ: là trạng thái mà mômen động cơ sinh ra hỗ trợ việc quay. Hay chiều của momen động cơ cùng chiều với chiều của tốc độ quay.

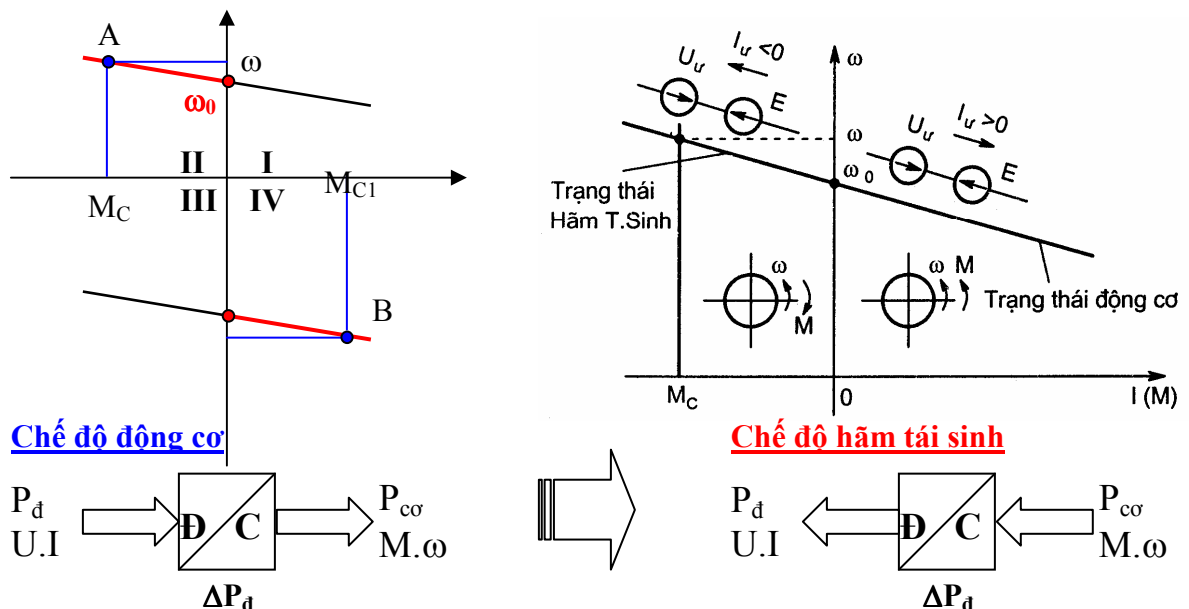
+ $M(I_u)$ và ω cùng chiều $\Rightarrow P_{cơ} = M \cdot \omega = M_c \cdot \omega > 0$

+ Động cơ làm việc ở các góc $\frac{1}{4}$ thứ I ($\omega > 0$; M và $I > 0$) và góc $\frac{1}{4}$ thứ III ($\omega < 0$; M và $I < 0$).



Trạng thái máy phát (hãm): là trạng thái mà mômen động cơ sinh ra chống lại sự quay. Hay, chiều của momen động cơ ngược chiều với chiều của tốc độ quay.

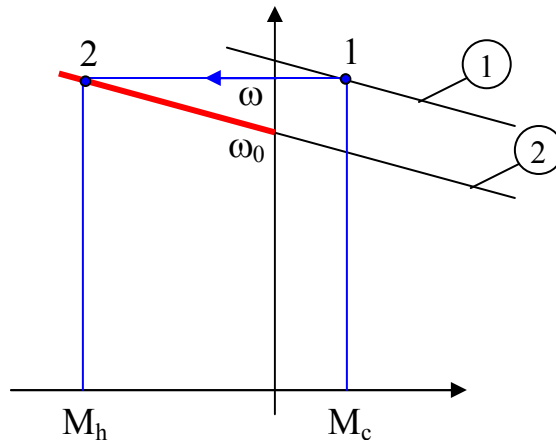
a) Hãm tái sinh ($\omega > \omega_0, |U| < |E|$)



$$\omega = \frac{U_u}{k\phi} + \frac{R_u}{k\phi} \cdot |I_u| \quad \text{phương trình đặc tính cơ điện}$$

$$\omega = \frac{U_u}{k\phi} + \frac{R_u}{(k\phi)^2} \cdot |M| \quad \text{phương trình đặc tính cơ}$$

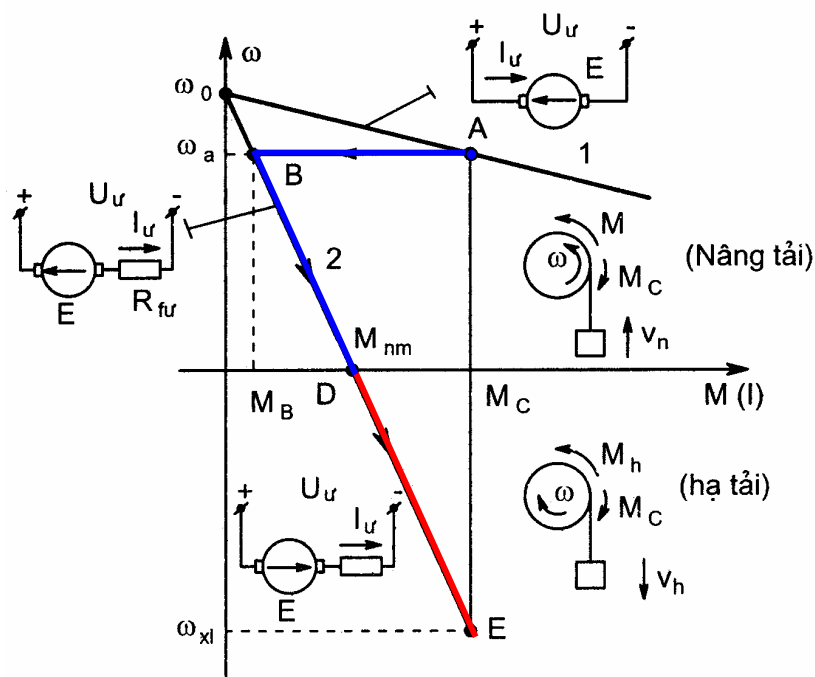
Hãm tái sinh xảy ra khi hạ tải ở cần trục, máy nâng hạ có tải trọng nặng, hoặc khi điều chỉnh điện áp phản ứng giảm đột ngột làm $\omega_0 < \omega$ và ω chưa kịp giảm.



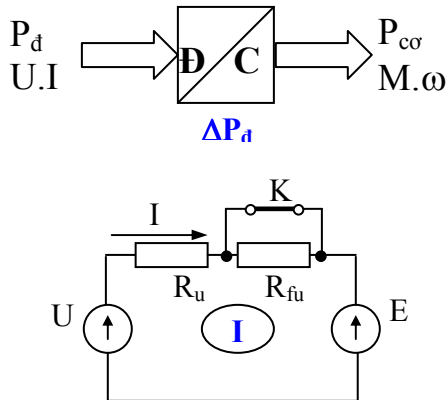
b) Hãm ngược: Hãm ngược xảy ra khi động cơ (dưới tác động của thế năng hoặc động năng tích lũy trong cơ cấu công tác) quay ngược chiều tốc độ không tải lý tưởng.

Có hai trường hợp xảy ra hãm ngược:

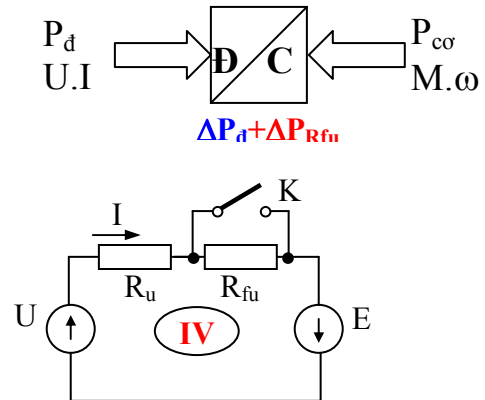
+ Thêm R_{fr} đủ lớn vào mạch phản ứng động cơ:



Chế độ động cơ



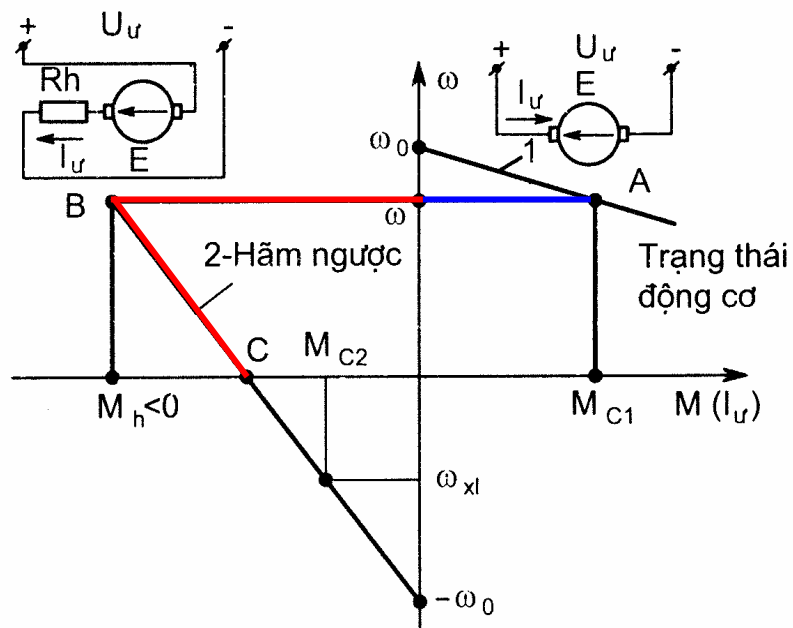
Chế độ hãm ngược



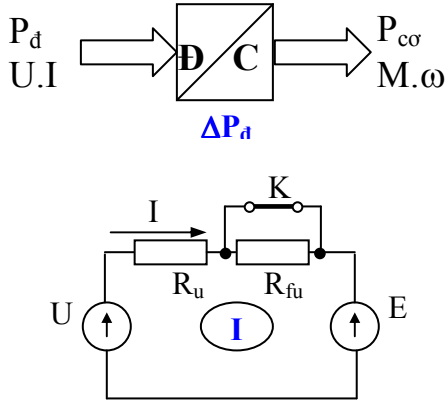
$$\omega = \frac{U_u}{k\phi} - \frac{R_u + R_{fu}}{(k\phi)^2} \cdot M,$$

trong đó $\Delta\omega = \frac{R_u + R_{fu}}{(k\phi)^2} \cdot M > \omega_0 = \frac{U_u}{k\phi}$, do đó $\omega < 0$.

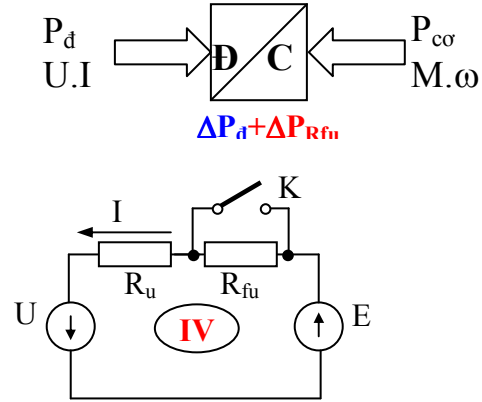
+ Đảo ngược cực tính điện áp mạch phản ứng động cơ (hay đổi chiều quay tốc độ không tải lý tưởng ω_0):



Chế độ động cơ



Chế độ hãm ngược

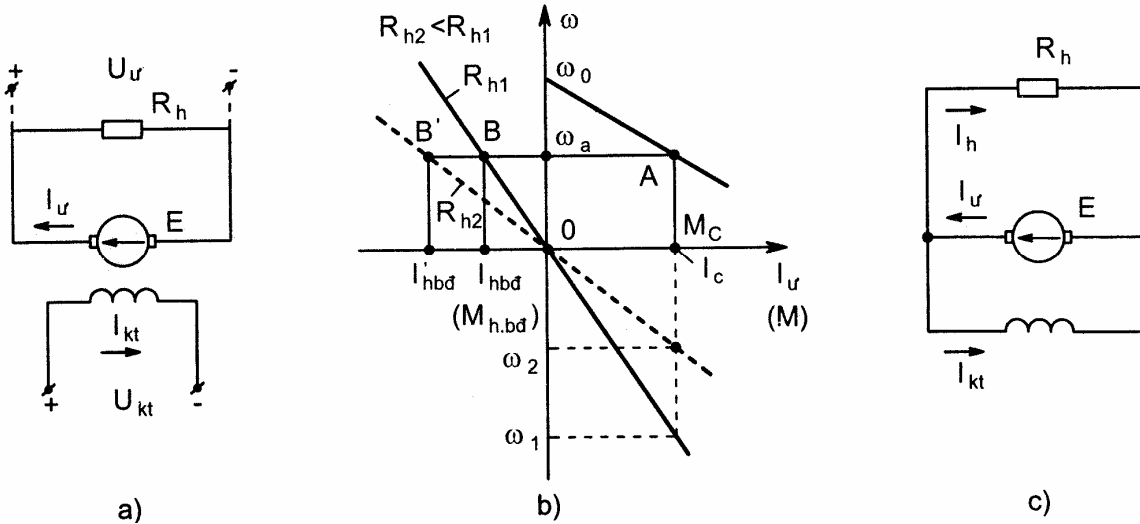


$$\omega = -\frac{|U_u|}{k\phi} + \frac{R_u + R_{fu}}{(k\phi)^2} \cdot |M|, \quad M < 0.$$

$$\text{trong đó } \Delta\omega = \frac{R_u + R_{fu}}{(k\phi)^2} \cdot M > \omega_0 = \frac{U_u}{k\phi}, \text{ do đó } \omega > 0.$$

Chú ý: Ở trạng thái hãm ngược, điện áp nguồn cùng chiều với sđđ E, nên dòng điện I_{ur} có thể rất lớn. Để hạn chế I_{ur} người ta thường nối thêm điện trở phụ R_h khá lớn vào mạch phản ứng.

c) Hãm động năng: Hãm động năng xảy ra khi tốc độ không tải $\omega_0 = 0$.



$$\omega = -\frac{R_u + R_h}{k\phi} \cdot I_u = -\frac{R_u + R_h}{(k\phi)^2} \cdot M \quad \text{chọn } R_h \text{ sao cho } I_h \leq I_{cp} = (2 \div 2,5) I_{dm}$$

$$|\beta| = \frac{(k\phi)^2}{R_u + R_h}$$

Tiếp ví dụ 1: Xác định trị số điện trở hãm đầu vào mạch phản ứng để hãm động năng động cơ điện một chiều kích từ song song với yêu cầu mômen hãm lớn nhất $M_{hmax} = 2M_{dm}$. Trước khi hãm động cơ làm việc ở điểm định mức, sử dụng sơ đồ hãm kích từ độc lập.

Giải: Ta sử dụng sơ đồ hãm động năng kích từ độc lập, trong đó đảm bảo $\phi = \phi_{dm}$. Điểm làm việc trước khi hãm là điểm định mức, ta có:

$I_c = I_u = I_{dm} = 35A$, tương ứng với momen định mức M_{dm} ;

$$\omega_a = \omega_{dm} = 230,3 \text{ [rad/s]}$$

Sơ đồ của động cơ trước khi hãm:

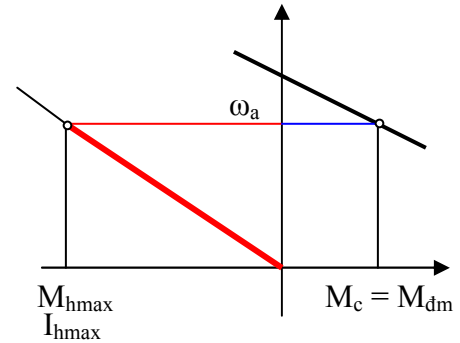
$$E_a = U_{dm} - I_u \cdot R_u = 220 - 35 \cdot 0,26 = 210,9 \text{ [V]}$$

momen (dòng điện) hãm lớn nhất sẽ tại thời điểm ban đầu của quá trình hãm, ngay khi chuyển đổi mạch điện làm việc sang mạch hãm động năng.

$$I_{hmax} = I_{hbd} \text{ hay } M_{hmax} = M_{hbd}$$

Vì $\phi = \phi_{dm} = \text{const}$ nên để đảm bảo $M_{hmax} = 2 M_{dm}$ thì

$$I_{hbd} = 2I_{dm} = 2 \cdot 35 = 70 \text{ [A]}$$



Điện trở tổng mạch phản ứng:

$$R_{ut} = \frac{|k\phi \cdot \omega|}{I_u} = \frac{|k\phi \omega_a|}{I_{hbd}} = \frac{|E_a|}{I_{hbd}} = \frac{210,9}{70} = 3,01 \Omega$$

Vậy điện trở hãm đầu vào mạch phản ứng là: $R_h = R_{ut} - R_u = 3,01 - 0,26 = 2,75 \text{ } [\Omega]$

2.3 Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp

2.3.1 Phương trình và dạng đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ nối tiếp

$$U = E + (R_u + R_f) \cdot I$$

$$R_u = r_u + r_{cf} + r_{ct} + r_{kích từ}$$

$$k\phi\omega$$

$$M = k\phi \cdot I$$

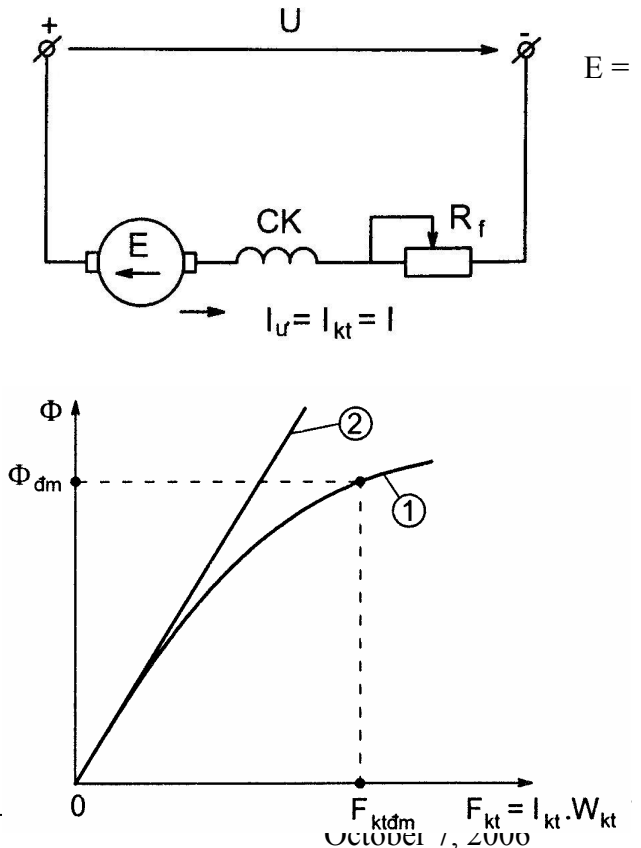
$$\omega = \frac{U_u}{k\phi} - \frac{R_u + R_f}{k\phi} \cdot I$$

$$\omega = \frac{U_u}{k\phi} - \frac{R_u + R_f}{(k\phi)^2} \cdot M$$

$$\phi \approx c \cdot I_{kt} = c \cdot I$$

$$\omega = \frac{U_u}{k \cdot c \cdot I} - \frac{R_u + R_f}{k \cdot c \cdot I} \cdot I = \frac{A_1}{I} - B$$

“phương trình đặc tính cơ -điện”



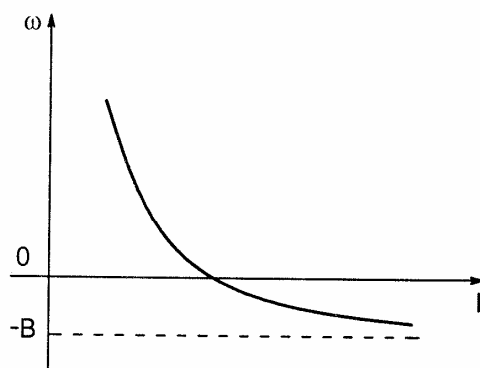
$$\omega = \frac{U_u}{\sqrt{k.c.M}} - \frac{R_u + R_f}{k.c} = \frac{A_2}{\sqrt{M}} - B$$

“phương trình đặc tính cơ”

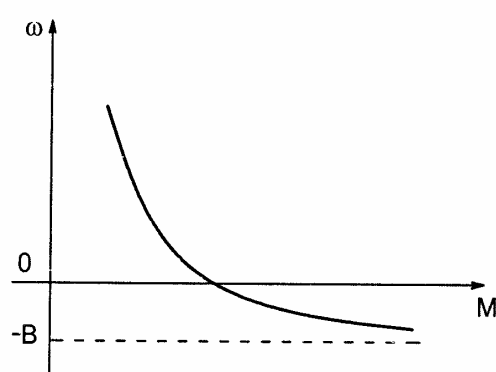
trong đó

$$A_1 = \frac{U}{k.c} \quad B = \frac{R_u + R_f}{k.c}$$

$$A_2 = A_1 \cdot \sqrt{k.c}$$

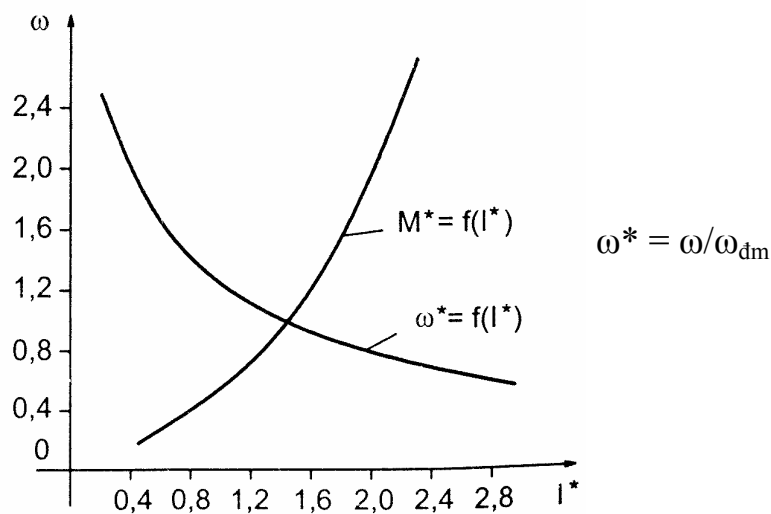


a)



b)

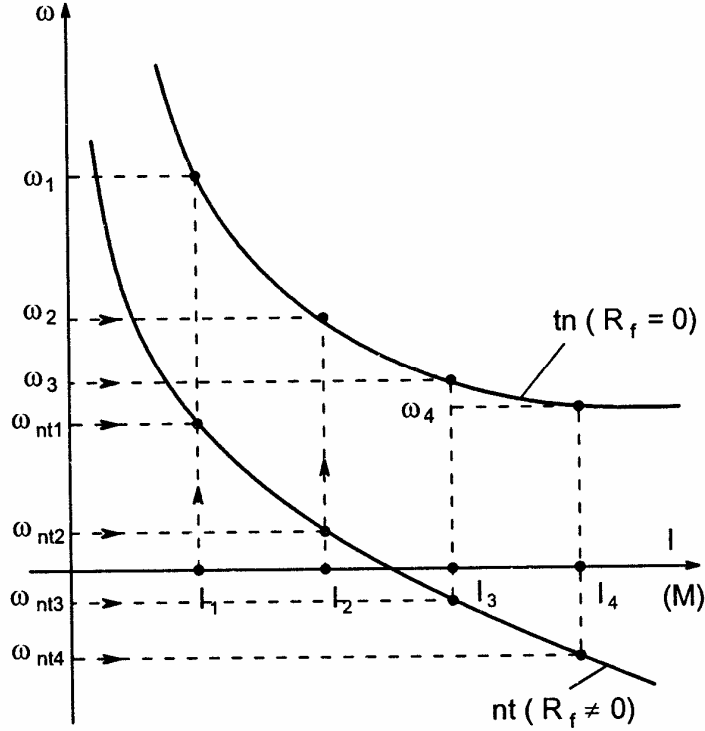
2.3.2 Đặc tính vận năng của động cơ một chiều kích từ nối tiếp



TT	I^*	M^*	ω^*	$I = I^* \cdot I_{đm}$	$M = M^* \cdot M_{đm}$	$\omega = \omega^* \cdot \omega_{đm}$
1	I^*_1					
2	I^*_2					
3...	I^*_3					

2.3.3 Các đặc tính nhân tạo của động cơ một chiều kích từ nối tiếp

“đặc tính nhân tạo biến trở” được xác định dựa trên đặc tính tự nhiên ($R_f = 0$):



Lấy một giá trị I_1 nào đó, dóng lên đặc tính này ta có tốc độ tương ứng ω_1 . Có thể biểu thị ω_1 theo công thức:

$$\omega_1 = \frac{U - I_1 \cdot R_u}{k\phi_1}$$

Trên đặc tính cơ nhân tạo điện trở phụ R_f , tốc độ động cơ ở dòng điện I_1 là:

$$\omega_{nt1} = \frac{U - I_1 \cdot (R_u + R_f)}{k\phi_1}$$

Chia 2 từng vế công thức trên ta có được:

$$\omega_{nt1} = \omega_1 \cdot \frac{U - I_1 (R_u + R_f)}{U - I_1 R_u}$$

Như vậy với I_1 đã chọn và ω_1 tra được trên đặc tính cơ tự nhiên, sẽ tính được giá trị ω_{nt1} trên đường đặc tính cơ nhân tạo cần tìm.

Làm tương tự với các giá trị I_2, I_3, \dots ta sẽ có $\omega_{nt2}, \omega_{nt3}, \dots$ và cuối cùng ta vẽ được đặc tính cơ nhân tạo có điện trở phụ R_f .

2.3.4 Các trạng thái hãm của động cơ một chiều kích từ nối tiếp

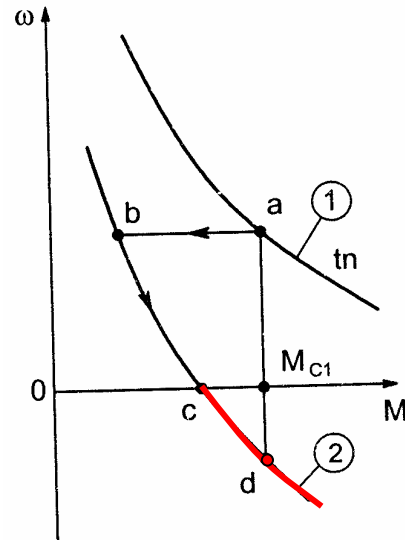
Do $\omega_0 \rightarrow \infty$ nên động cơ một chiều kích từ nối tiếp không có hãm tái sinh.

a) Trạng thái hãm ngược: xảy ra khi tốc độ quay của động cơ ngược chiều với tốc độ không tải lí tưởng ($\omega_0 = +/\infty$).

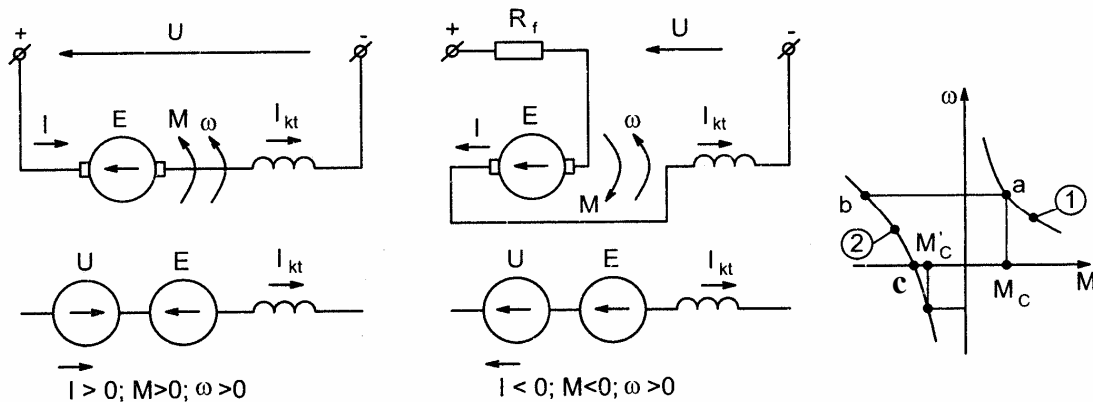
+ Đưa thêm điện trở phụ R_f đủ lớn vào mạch động cơ khi tải thế năng.

Trên đoạn đặc tính cd, có $M > 0$ và $\omega < 0$ vì vậy

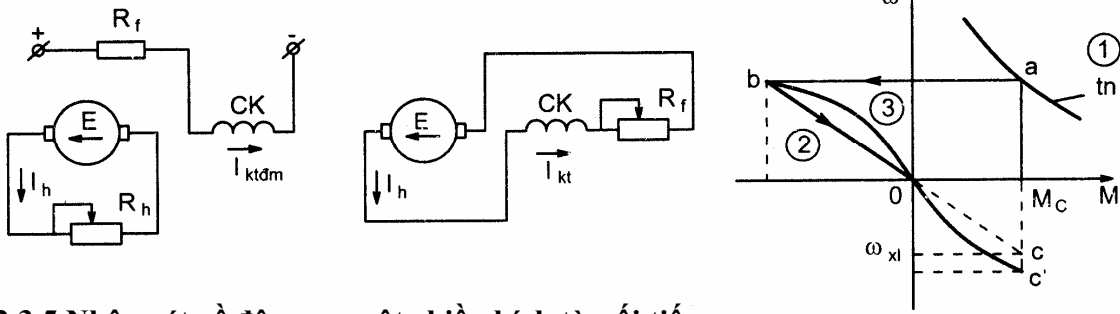
$P = M \cdot \omega < 0 \Rightarrow M$ có tác dụng hãm (hạn chế) ω .



+ Đảo cực tính điện áp đặt vào phản ứng của động cơ:



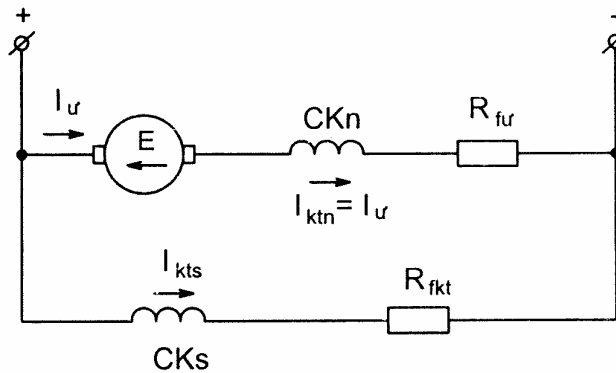
b) Trạng thái hãm động năng ($\omega_0 = 0$):



2.3.5 Nhận xét về động cơ một chiều kích từ nối tiếp

- Về cấu tạo, động cơ một chiều kích từ nối tiếp có cuộn kích từ chịu dòng lớn, nên tiết diện to và số vòng ít. Nhờ đó dễ chế tạo hơn và ít hư hỏng hơn so với động cơ một chiều kích từ song song.
- Có khả năng quá tải lớn về mômen. Khi có cùng hệ số quá tải dòng k_I thì mômen của động cơ kích từ nối tiếp lớn hơn k_I lần so với mômen động cơ kích từ song song.
- Mômen không phụ thuộc vào sụt áp trên đường dây tải điện.
- Có khả năng tự điều tiết giá trị tốc độ khi phụ tải thay đổi để giữ cho công suất động cơ gần như không đổi nhờ đặc tính cơ dạng hypebol.

2.3.6 Đặc điểm, đặc tính cơ và các trạng thái hãm của động cơ một chiều kích từ hỗn hợp

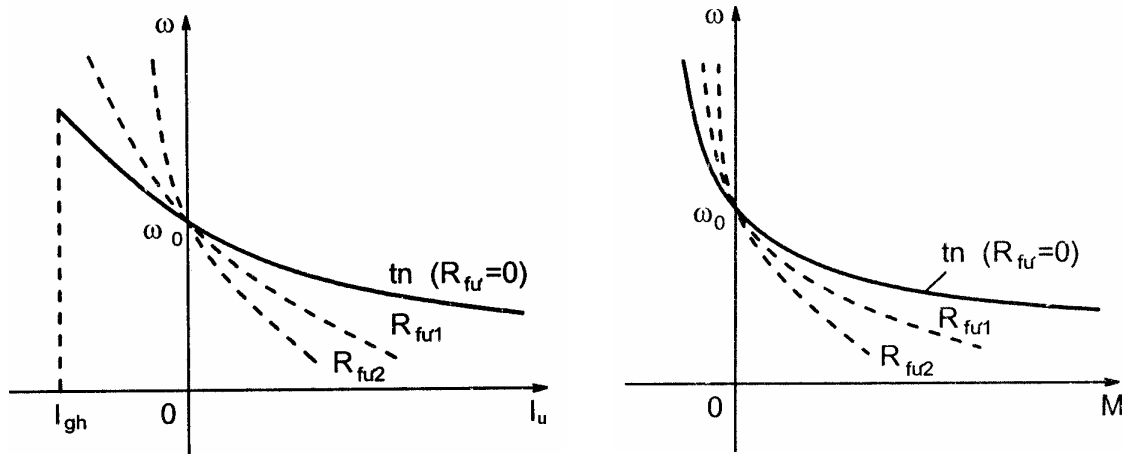


$$\phi = \phi_s + \phi_n$$

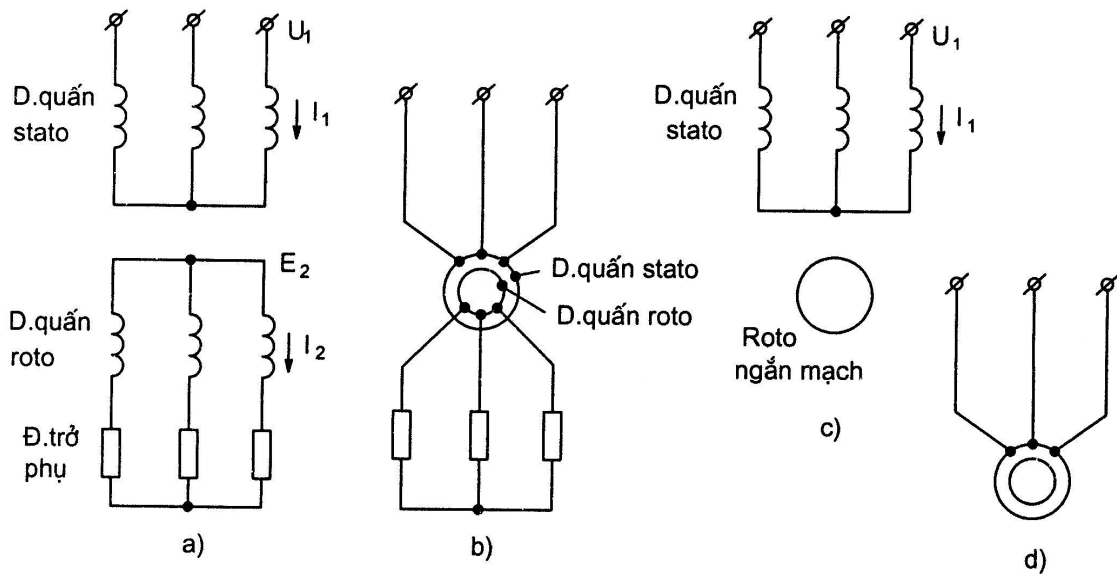
$$\text{thường } \phi_s = (0,75 \div 0,85) \phi_{dm}$$

$$\text{khi } M_c = M_{dm} \text{ thì } I_u = I_{dm}, \text{ tương ứng } \phi_n = (0,25 \div 0,15) \phi_{dm}$$

$$\omega_0 \approx (1,3 \div 1,6) \omega_{dm}$$



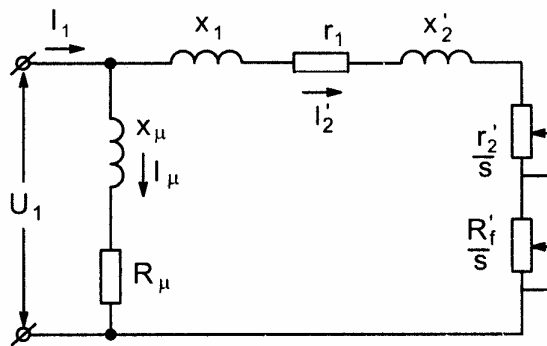
2.4 Động cơ điện không đồng bộ



2.4.1 Đặc tính cơ điện $\omega = f(I_1)$ hoặc $\omega = f(I_2)$

Ở đặc tính cơ và đặc tính cơ điện của động cơ không đồng bộ, đại lượng tốc độ được biểu thị thông qua đại lượng “hệ số trượt” s :

$$s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \quad \text{với} \quad \omega_0 = \frac{2\pi f}{p}$$



$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}} \Rightarrow I_2' = f(s)$$

trong đó $X_1 + X_2' = X_{nm}$

$$R_2' = R_2 \cdot K_e^2; \quad X_2' = X_2 \cdot K_e^2;$$

$K_e = \frac{E_1}{E_{2nm.f}}$ - hệ số biến đổi sức điện động của dây quấn stato và rôto (giá trị pha), và có thể

xác định gần đúng:

$$K_c \approx 0,95 \cdot \frac{U_1}{E_{2nm.f}}$$

$E_{2nm.f}$ - sức điện động pha roto khi hở mạch và rôto đứng yên.

Biểu thị đặc tính cơ điện theo quan hệ $I_1 = f(\omega)$:

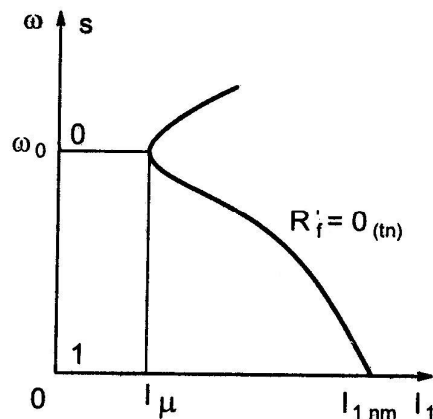
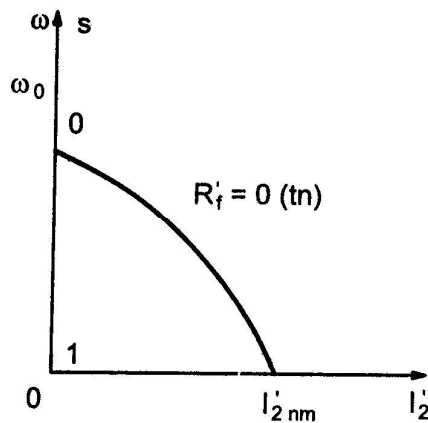
$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2' + \dot{I}_\mu$$

Viết theo modul:

$$I_1 = U_1 \left[\frac{1}{\sqrt{R_\mu^2 + X_\mu^2}} + \frac{1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{nm}^2}} \right]$$

- Khi không tải lí tưởng, $s = 0$ thì $I_1 = I_\mu = \frac{U_1}{\sqrt{R_\mu^2 + X_\mu^2}}$

- Khi ngắn mạch $s = 1$, thì $I_{1nm} = I_\mu + I_{2nm}$



2.4.2 Đặc tính cơ

Công suất điện từ chuyển từ stato sang rôto:

$$P_{12} = P_{c\sigma} + \Delta P$$

trong đó $P_{12} = M_{dt} \cdot \omega_0$

$$P_{c\sigma} = M \cdot \omega$$

$$M_{dt} \approx M$$

$$\Delta P \approx 3 \cdot I_2'^2 \cdot R_2'$$

$$\Rightarrow M\omega_0 = M\omega + 3 \cdot I_2'^2 \cdot R_2' \quad \text{hay} \quad 3 \cdot I_2'^2 \cdot R_2' = M(\omega_0 - \omega) = M\omega_0 \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} = M\omega_0 \cdot s$$

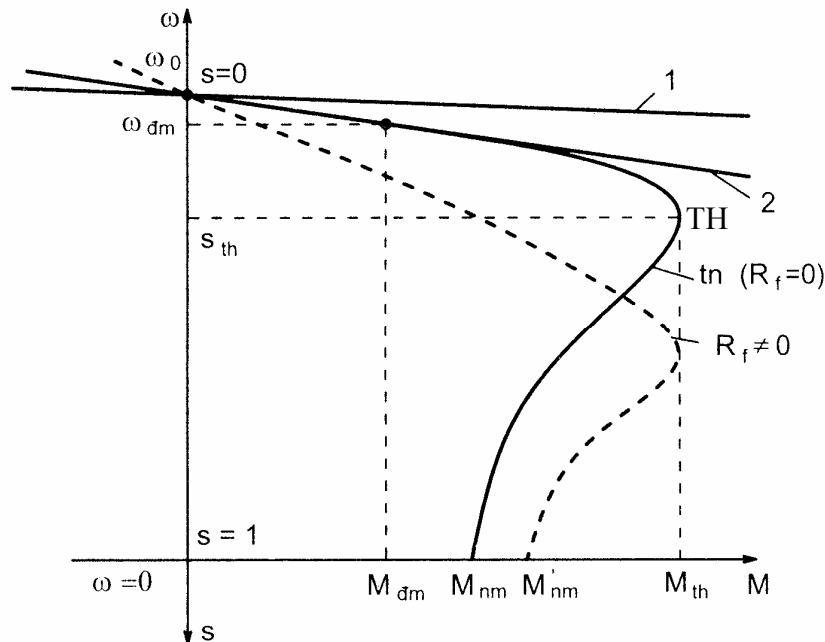
$$M = \frac{3R_2' I_2'^2}{s \cdot \omega_0}$$

$$M = \frac{3U_1^2 R_2' / s}{\omega_0 \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + X_{nm}^2 \right]} \Rightarrow \text{đây chính là phương trình "đặc tính cơ"}$$

$$\frac{\partial M}{\partial s} = 0 \Rightarrow \text{ta xác định được các điểm tới hạn:}$$

$$\text{Độ trượt tới hạn: } s_{th} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}} \text{ và}$$

$$\text{Momen tới hạn: } M_{th} = \pm \frac{3U_1^2}{2\omega_0 \left[R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2} \right]}$$



$$M = \frac{2M_{th}(1 + a.s_{th})}{\frac{s}{s_{th}} + \frac{s_{th}}{s} + a.s_{th}} \quad \text{trong đó } a = R_1/R_2'$$

khi coi $R_1 \approx 0$ ta có:

$$M = \frac{2M_{th}}{\frac{s}{s_{th}} + \frac{s_{th}}{s}} \quad \text{gọi là phương trình Kloss}$$

- Khi chỉ tính toán trong vùng làm việc với phụ tải $M_c \leq M_{dm}$, coi $s \ll s_{th}$ ta bỏ qua thành phần s/s_{th} ta được:

$$M = \frac{2M_{th}}{s_{th}} \cdot s \quad (\text{ta đã tuyến tính hoá trong vùng có } s \text{ nhỏ})$$

Ta thấy đường đặc tính cơ có 2 đoạn:

- Đoạn thứ nhất, từ điểm ω_0 đến điểm tới hạn TH ($s=s_{th}$), gọi là “*đoạn công tác*”, có $\beta < 0$. Động cơ chỉ làm việc xác lập trên đoạn này.
- Đoạn thứ hai, từ điểm TH đến điểm ngắn mạch ($s=1$) có $\beta > 0$, chỉ tồn tại trong giải đoạn khởi động hoặc quá độ.

2.4.3 Dạng đặc tính tự nhiên

Từ số liệu catalog động cơ như P_{dm} [kW], n_{dm} [vòng/phút], hệ số mômen cực đại (mômen tới hạn) $\lambda = M_{th}/M_{dm}$,... ta có:

$$\omega_{dm} = \frac{2\pi n_{dm}}{60} = \frac{n_{dm}}{9,55} \quad [\text{rad/s}]$$

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p} \quad [\text{vòng/phút}]$$

Ở lưới điện có tần số $f = 50\text{Hz}$, vì p là các số nguyên 1,2,3,... tương ứng $n_0 = 3000, 1500, 1000, \dots$. Vì vậy tốc độ không tải lí tưởng có thể được suy ra từ n_{dm} theo nguyên tắc làm tròn lên, do s_{dm} thường $< 0,1$ nên nếu $n_{dm} = 1485$ vòng/phút thì $n_0 = 1500$ vòng/phút.

$$s_{dm} = \frac{\omega_0 - \omega_{dm}}{\omega_0}$$

$$M_{dm} = \frac{1000 \cdot P_{dm}}{\omega_{dm}} \quad [\text{Nm}]$$

$$M_{th} = \lambda \cdot M_{dm}$$

Từ phương trình Kloss ta có thể xác định được độ trượt tới hạn gần đúng bằng:

$$s_{th} = s_{dm} \left[\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right]$$

Như vậy ta đã xác định được 3 điểm trên “*đoạn công tác*” của đường đặc tính cơ tự nhiên đó là:

1. Không tải ($0, \omega_0$).
2. Định mức (M_{dm}, ω_{dm}).
3. Tới hạn (M_{th}, ω_{th}).

Thay s_{th} và M_{th} vào phương trình Kloss ta thu được phương trình đặc tính cơ tự nhiên.

Nếu tuyến tính hóa đoạn đặc tính công tác qua điểm không tải lí tưởng và điểm định mức thì có thể biểu thị đặc tính cơ tự nhiên bằng phương trình:

$$\frac{M}{M_{dm}} = \frac{s}{s_{dm}} \quad \text{hoặc} \quad M = \frac{M_{dm}}{s_{dm}} \cdot s$$

Như vậy, gần đúng ta có độ cứng đặc tính cơ trong đoạn công tác:

$$|\beta| = \frac{dM}{d\omega} = \frac{1}{\omega_0} \frac{dM}{ds} = \frac{M_{dm}}{\omega_0 s_{dm}}$$

$$\text{và} \quad \beta^* = \frac{dM/dM_{dm}}{d\omega/\omega_0} = \frac{1}{s_{dm}}$$

2.4.4 Các đặc tính nhân tạo

$$M = \frac{3U_1^2 R_2' / s}{\omega_0 \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + X_{nm}^2 \right]} = \frac{3U_1^2 R_2' / s}{\frac{2\pi f}{p} \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]}$$

$\Rightarrow M = f(s) : U_1, f, p, R_2, R_1, X_1$ và X_2 .

Do $f_2 = sf_1$ nhỏ nên thay đổi X_2 ít hiệu quả \Rightarrow không dùng.

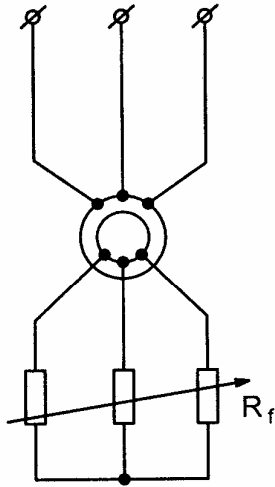
a) Họ đặc tính thay đổi R_2 (họ đặc tính biến trở)

Khi thay đổi R_f mạch rôto thì

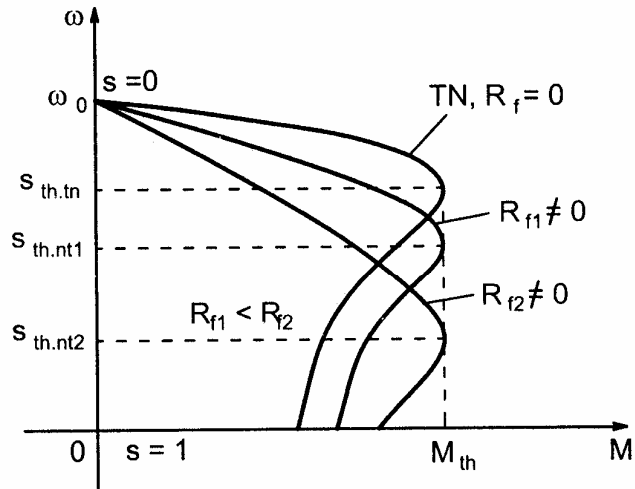
$$s_{th} = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}} = \frac{r_2' + R_f'}{\sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}} \equiv R_f$$

và
$$M_{th} = \frac{3U_1^2}{2\omega_0 \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2} \right]} = \text{const}$$

 $\omega_0 = \text{const}$



a)



b)

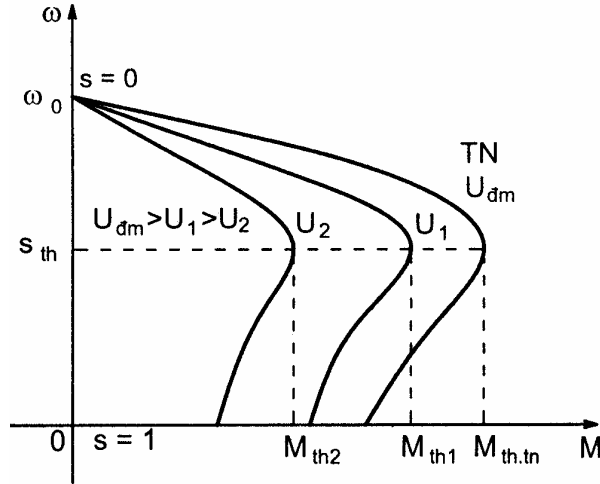
b) Họ đặc tính thay đổi điện áp stato

Khi thay đổi U_1 thì

$\omega_0 = \text{const}$

$$s_{th} = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}} = \text{const}$$

$$M_{th} = \frac{3U_1^2}{2\omega_0 \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2} \right]} = M_{th,tn} \left(\frac{U_1}{U_{dm}} \right)^2 \equiv U_1^2$$



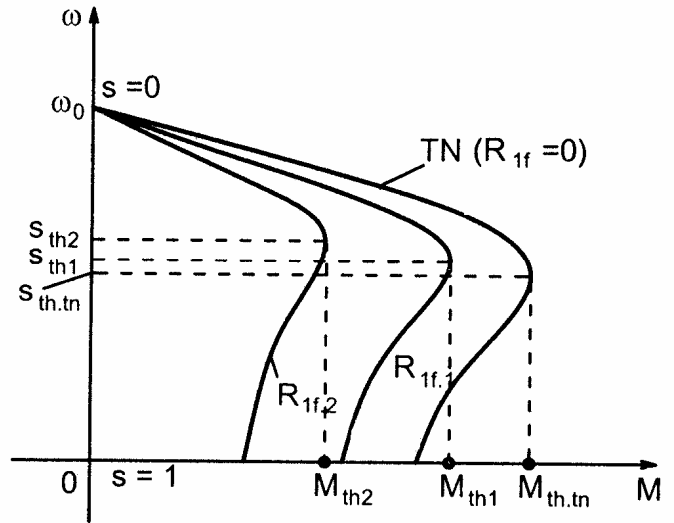
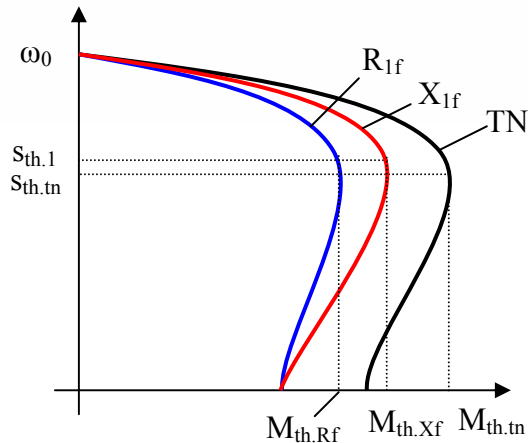
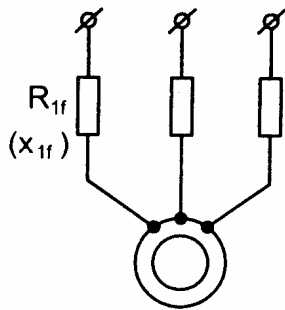
c) Họ đặc tính thay đổi điện trở và điện kháng stato

Khi thay đổi R_1 và X_1 thì

$$\omega_0 = \text{const}$$

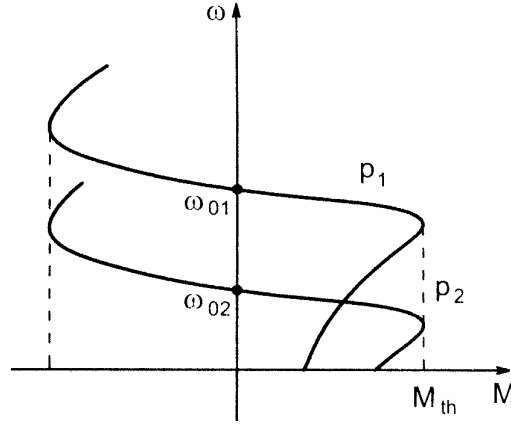
$$s_{th} = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}} \equiv \frac{1}{R_1}, \frac{1}{X_1}$$

$$M_{th} = \frac{3U_1^2}{2\omega_0 [R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}]} \equiv \frac{1}{2R_1}, \frac{1}{X_1}$$



d) Đặc tính cơ khi thay đổi số đôi cực p

$\omega_0 = 2\pi f/p$, $p = 1, 2, \dots$ nên tốc độ từ trường quay thay đổi nhảy cấp.



e) Họ đặc tính nhân tạo khi thay đổi tần số f

Khi giảm f thì $E = K\phi \cdot f$ giảm, $Z_1 = 2\pi f \cdot L_1$ giảm. Nếu U_1 vẫn giữ nguyên $= U_{dm}$ thì dòng điện trong động cơ:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1 - \dot{E}_1}{Z_1} \text{ sẽ lớn hơn } I_{dm}$$

vì vậy khi thay đổi f thì bắt buộc phải điều chỉnh cả U_1 .

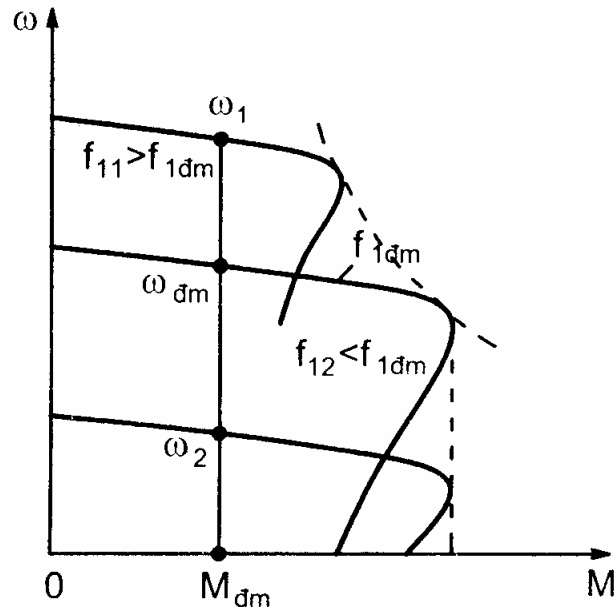
Nếu điều chỉnh $f < f_{dm}$, ta muốn giữ $M_{th} = \text{const}$ thì:

$$M_{th} = \frac{3U_1^2}{2\omega_0[R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}]} \equiv \frac{U_1^2}{f^2} = \text{const} \text{ hay } U/f = \text{const}$$

Còn khi điều chỉnh $f > f_{dm}$ ta nếu điều chỉnh theo luật $U/\sqrt{f} = \text{const}$ ta có thể giữ cho động cơ không bị quá tải về công suất.

$$M_{th} \equiv \frac{U_1^2}{f^2} = \left(\frac{U_1}{\sqrt{f}}\right)^2 \cdot \frac{1}{f} \equiv \frac{\text{const}}{\omega_0}$$

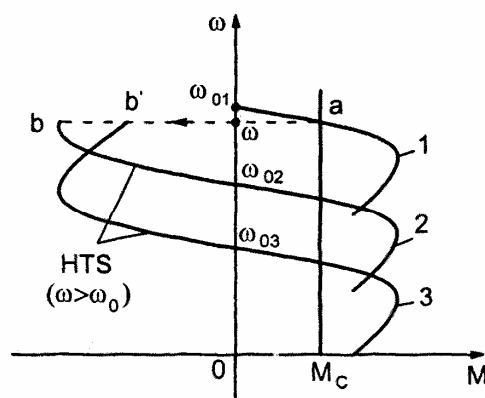
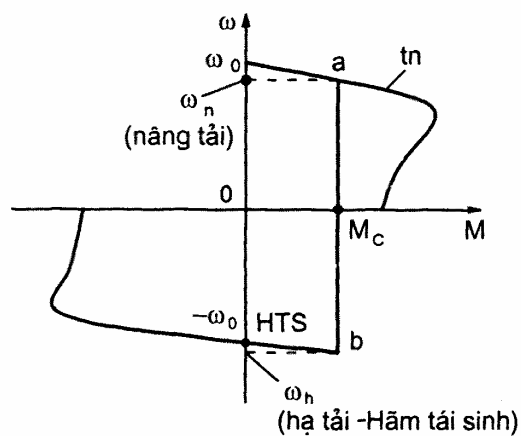
$$\Rightarrow P_{max} = M_{th} \cdot \omega_0 = \text{const}$$



2.4.5 Các trạng thái hãm của động cơ không đồng bộ

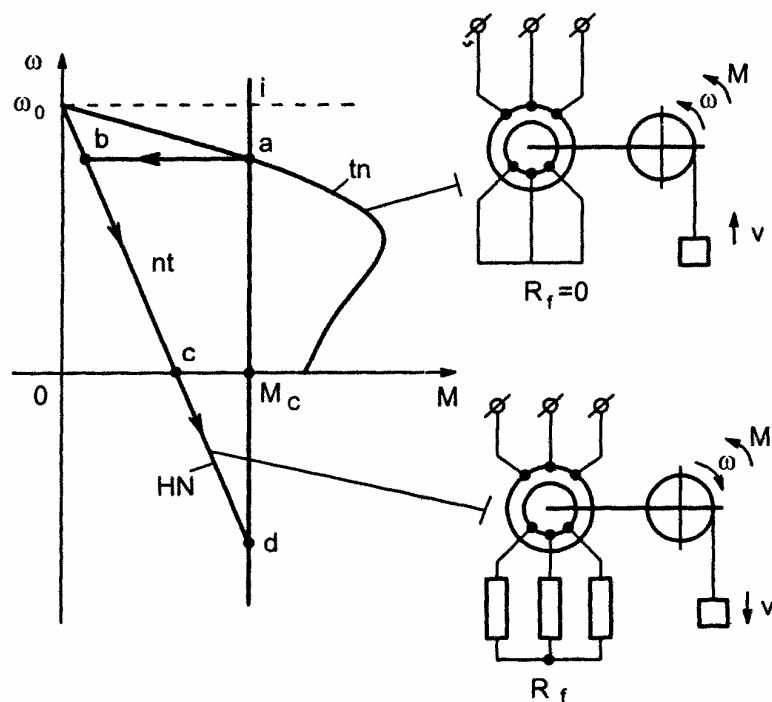
a) Hãm tái sinh

- Hạ tải ở các máy nâng hạ (cẩu tháp, vận thăng, cần trục,...).
- Giảm tần số dòng điện stato đột ngột.

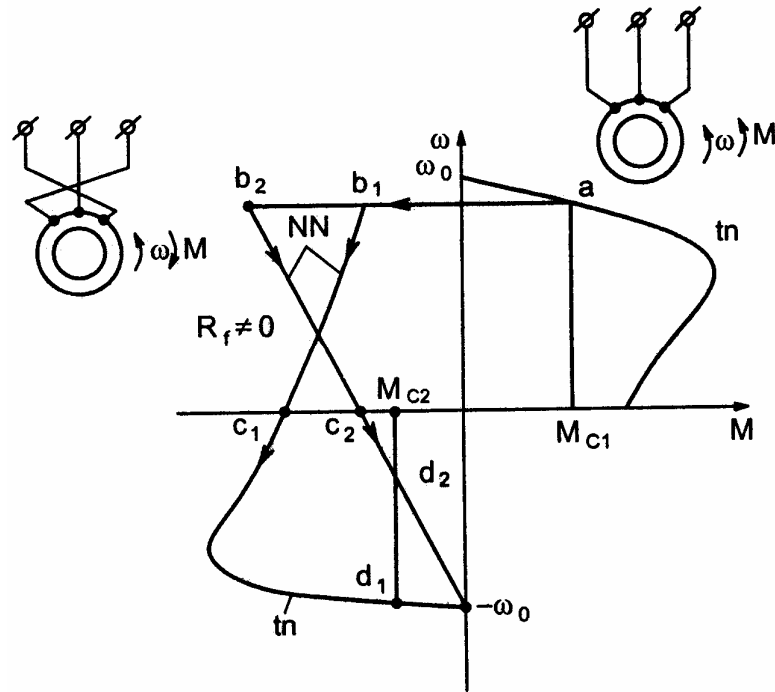


b) Hàm ngược

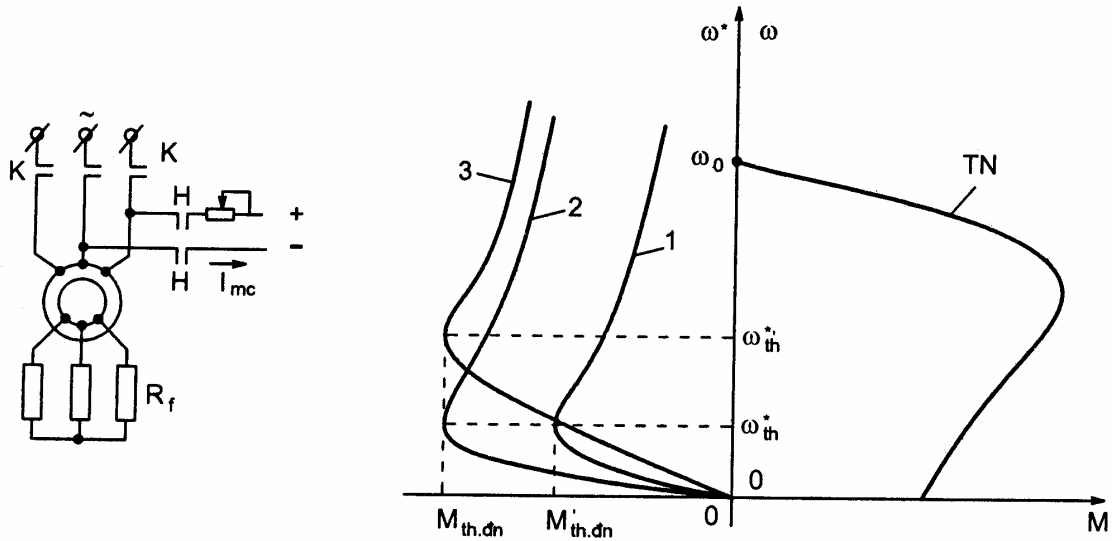
- Thêm điện trở phụ đủ lớn vào mạch rôto R_{2f} (chỉ dùng cho động cơ rôto dây quấn).



- Đảo thứ tự pha điện áp stato (đảo chiều từ trường quay ω_0):



c) Hãm động năng



Đặc tính hãm động năng, dùng đơn vị tương đối:

$$M = \frac{2M_{th,đn}}{\frac{\omega^*}{\omega_{th}^*} + \frac{\omega_{th}^*}{\omega^*}}$$

trong đó tốc độ tương đối: $\omega^* = \frac{\omega}{\omega_0}$

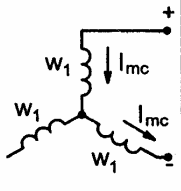
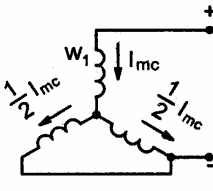
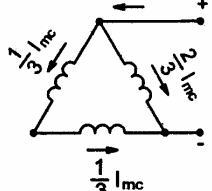
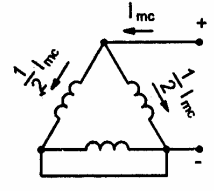
tốc độ tương đối tới hạn: $\omega_{th}^* = \frac{R_2'}{X_\mu + X_2'}$

mômen tới hạn hãm động năng $M_{th.dn} = \frac{3I_1^2 \cdot X_\mu^2}{2\omega_0(X_\mu + X_2')}$

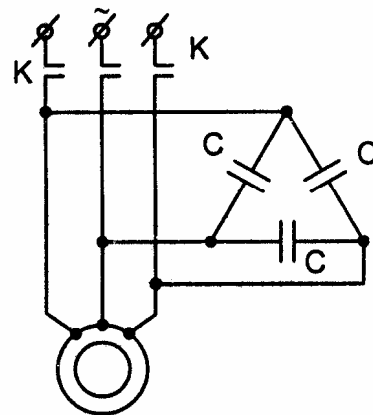
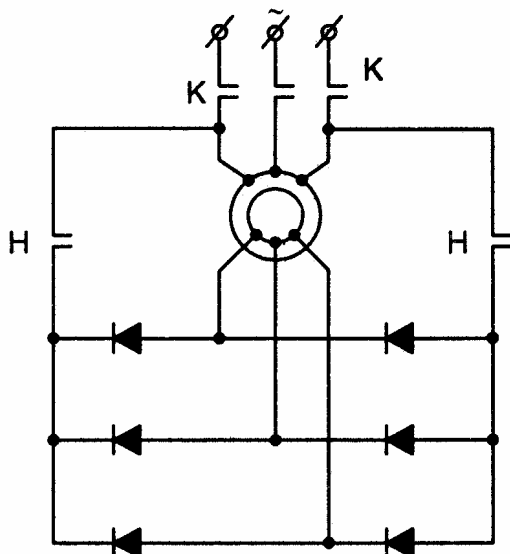
trong công thức này, I_1 là dòng điện xoay chiều (giả tưởng) thay thế cho dòng điện một chiều I_{mc} chạy trong cuộn dây stato khi thực hiện hãm động năng.

$$I_1 = A \cdot I_{mc}$$

A được xác định theo cách đấu các cuộn dây stato:

Sơ đồ đấu dây mạch stato				
Ký hiệu sơ đồ	1	2	3	4
Hệ số A	$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{3}$	$\frac{1}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}}$

Ta cũng có thể lấy I_{mc} từ nguồn do chính động cơ phát ra thông qua bộ chỉnh lưu ở mạch rôto hoặc bộ tụ điện ở mạch stato. Các sơ đồ này gọi là “hãm động năng tự kích”.



Bài tập 1: Tính và vẽ đặc tính cơ tự nhiên và đặc tính cơ nhân tạo của động cơ không đồng bộ rôto dây quấn với điện trở phụ mỗi pha $R_f = 0,175\Omega$, động cơ 850kW, 6000V, $n_0 = 600$ vg/ph, $n_{dm} = 588$ vg/ph, $\lambda = 2,15$; $E_{2nm} = 1150$ V, $I_{2dm} = 450$ V.

Phương án	1	2	3	4	5
Giá trị $R_f (\Omega)$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

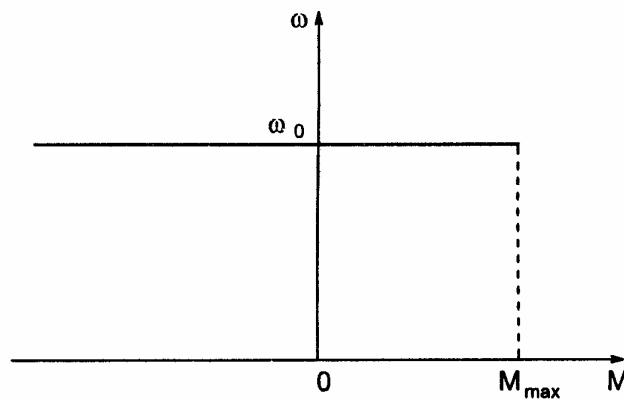
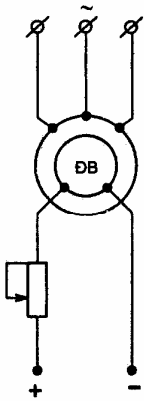
Bài tập 2: Hãy lựa chọn đặc tính cơ hãm động năng và xác định các thông số hãm, gồm dòng điện một chiều I_{mc} cấp vào cuộn dây stato và điện trở phụ R_h nối vào mạch rôto của động cơ sao cho mômen hãm cực đại đạt được $M_{hmax} = 2,5M_{dm}$ và hiệu quả hãm cao. Số liệu cho trước: Động cơ 11kW, 220V, 953vg/ph, $\lambda = 3,1$; $\cos\varphi_{dm} = 0,71$; $\cos\varphi_0 = 0,24$ (không tải); $I_{1dm} = 28,4$ A; $I_{1.0}$ (không tải) = 19,2A; $R_1 = 0,415\Omega$; $X_1 = 0,465\Omega$; $E_{2nm} = 200$ V; $I_{2dm} = 35,4$ A; $r_2 = 0,132\Omega$; $X_2 = 0,27\Omega$; $K_e = 1,84$.

Đáp án: $R_h = 1,308\Omega$, $I_{mc} = 53$ A

2.5 Các đặc tính công tác của động cơ đồng bộ

2.5.1 Đặc tính cơ của động cơ đồng bộ

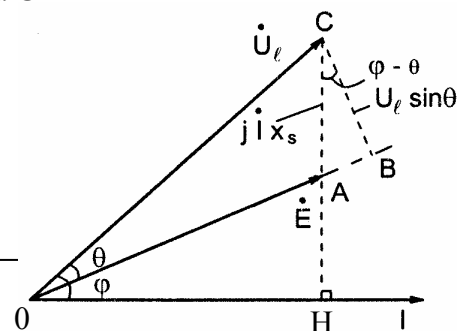
$$\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p}, \omega = \omega_0 (M \leq M_{max})$$



2.5.2 Đặc tính góc của động cơ đồng bộ

$M = f(\theta)$, θ - là góc lệch pha giữa E và U
nếu bỏ qua r_1 (≈ 0)

$$OH = U_1 \cos\varphi = E \cdot \cos(\varphi - \theta)$$



$$\text{và} \quad \cos(\varphi - \theta) = \frac{CB}{CA} = \frac{U_1 \sin \theta}{I \cdot x_s}$$

$$\Rightarrow U_1 \cdot I \cdot \cos \varphi = \frac{EU_1}{x_s} \sin \theta$$

Về trái chính là công suất của 1 pha động cơ.

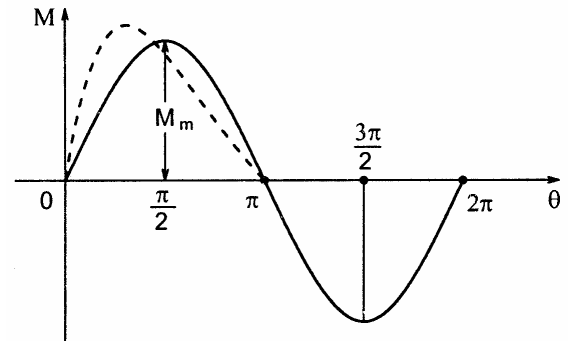
$$\Rightarrow P = 3 \frac{E \cdot U_1}{x_s} \sin \theta$$

và mômen động cơ:

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

trong đó $M_m = \frac{3EU_1}{\omega_0 x_s}$ ứng với $\theta = 90^\circ$.

thường $\theta = 20^\circ \div 25^\circ$, ứng với $\lambda_M = \frac{M_m}{M_{dm}} = 2 \div 2,5$



Bài tập cuối chương 2

Bài 1: Xác định các thông số của động cơ một chiều kích từ song song. Số liệu cho trước là các thông số catalog. Yêu cầu xác định: Từ thông định mức (hoặc $k\phi_{dm}$), I_{udm} , M_{dm} (mômen cơ), mômen điện từ định mức $M_{dt.dm}$, điện trở phản ứng R_u , điện trở định mức R_{dm} , R_u^* , độ sụt tốc ứng với tải định mức $\Delta\omega_c$ và $\Delta\omega_c^*$; tốc độ không tải lý tưởng ω_0 , dòng điện ngắn mạch I_{nm} , mômen ngắn mạch M_{nm} , độ cứng ĐTC tự nhiên β và β^* ; phương trình ĐTC và ĐT cơ-điện tự nhiên ở hệ đơn vị tuyệt đối và tương đối, vẽ ĐTC ở đơn vị tuyệt đối và đơn vị tương đối. Số liệu cho trước:

Phương án	Thông số				
	P_{dm} , kW	U_{dm} , V	n_{dm} , vg/ph	η_{dm}	J , kgm^2
1	6,6	220	2200	0,85	0,07
2	4,4	220	1500	0,85	0,07
3	2,5	220	1000	0,80	0,07
4	9	220	1500	0,85	0,16
5	10	220	2250	0,87	0,125
6	15	220	1560	0,83	0,4
7	13,5	220	1050	0,84	0,5
8	21	220	1500	0,86	0,5
9	33,5	220	1580	0,87	1,0
10	46,5	220	1500	0,88	1,2

Bài 2 Xác định thông số của động cơ xoay chiều không đồng bộ rôto dây quấn. Cho trước các số liệu catalog. Yêu cầu xác định các đại lượng: mômen (cơ) định mức M_{dm} ; độ trượt định mức s_{dm} ; hệ số biến áp K_e , hệ số quy đổi điện trở và điện kháng $R_r, R_{2dm}, R_2^*, R_2, R_2', X_{nm}, X_{nm}'$, mômen khởi động; phương trình ĐTC dạng Kloss, vẽ ĐTC tự nhiên. Số liệu cho trước:

P.án	P _{dm} kW	U _{1dm} V	n _{dm} vg/ph	λ	I _{1dm} A	cos ϕ_{dm}	E _{2nm} V	I _{2dm} A	J kgm ²
1	1,4	380	855	2,3	5,3	0,65	112	4,3	0,021
2	3,5	380	915	2,3	10,5	0,70	181	13,7	0,049
3	5	380	925	2,5	14,8	0,69	206	16,6	0,067
4	11	380	945	2,8	28,6	0,73	172	42,5	0,215
5	22	380	965	2,8	55	0,71	225	61,0	0,50
6	30	380	720	2,8	77	0,68	280	67,5	1,025
7	40	380	730	2,8	101	0,69	322	76,5	1,40
8	45	380	575	3,0	115	0,70	185	155	4,25
9	60	380	578	3,0	145	0,72	245	153	5,25
10	100	380	584	2,8	225	0,67	275	230	10,35

Bài 3 Nghiên cứu các chế độ làm việc ở trạng thái động cơ và trạng thái hãm động năng của động cơ một chiều kích từ song song. Số liệu cho trước: Động cơ 10kW, 220V, 54A, 970vòng/phút, $R_r = 0,35\Omega$; điện trở cuộn kích từ $R_{kt} = 140\Omega$.

- 1) Vẽ các ĐTC khi có điện trở phụ R_f trong mạch phản ứng và xác định tốc độ làm việc khi nâng tải với phụ tải là M_c . Giá trị R_f và M_c cho trong bảng dưới.
- 2) Khi hạ tải trọng ta cắt phản ứng động cơ ra khỏi nguồn và nối vào điện trở hãm R_h . Hãy xác định R_h sao cho mômen hãm ban đầu của động cơ $M_{hbđ} = 2M_{dm}$ ứng với các phương án làm việc khi nâng tải cho trong bảng dưới.
- 3) Xác định tốc độ xác lập khi hạ tải trọng với các giá trị M_c cho trong bảng và các giá trị R_h tương ứng đã xác định được từ câu 2.

Thông số	Phương án									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M_c Nm	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60
R_f Ω	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Bài 4 Dựng ĐTC tự nhiên của động cơ KĐB rôto lồng sóc theo các số liệu catalog bằng phương pháp chính xác và phương pháp gần đúng. So sánh kết quả của 2 phương pháp đó. Số liệu catalog cho trong bảng:

Phương án	Thông số				
	$P_{đm}$ kW	$U_{đm}$ (dây) V	$n_{đm}$ vg/ph	$\lambda=M_{th}/M_{đm}$	$K_M=M_{nm}/M_{đm}$
1	10	380	2930	2,5	1,3
2	14	380	2930	2,5	1,5
3	20	380	2940	2,9	1,2
4	28	380	1460	2,3	1,4
5	40	380	1460	2,3	1,2
6	55	380	1410	2,3	1,3
7	40	380	980	2,2	1,5
8	55	380	985	2,2	1,2
9	75	380	985	2,2	1,2
10	100	380	1470	2,3	1,2

Gợi ý:

Phương pháp chính xác:

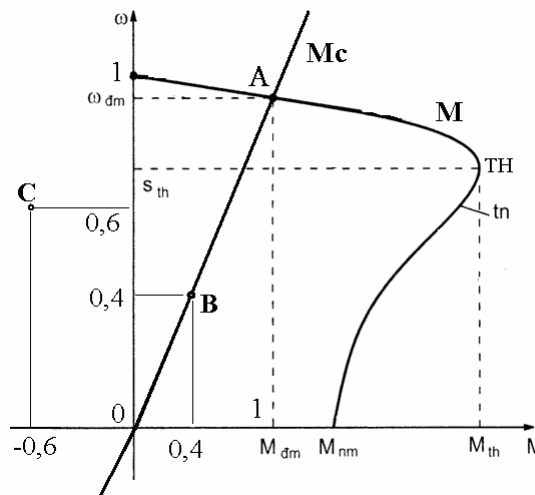
Sử dụng phương trình:

$$M = \frac{2.M_{th}(1+a.s_{th})}{\frac{s}{s_{th}} + \frac{s_{th}}{s} + a.s_{th}}$$

để xác định a và s_{th} ta thay các số liệu tại điểm định mức và điểm

ngắn mạch sẽ thu được hệ 2 phương trình và giải ra ta đạt được kết quả.

Bài tập 6 Số liệu động cơ KĐB rôto lồng sóc cho theo bài tập 5. Hãy trình bày và tính toán các cách đưa trạng thái động cơ từ điểm A (điểm định mức) đến các điểm B[0,4;0,4] và C[-0,6;0,6].



[Trở về đầu chương 2](#)