

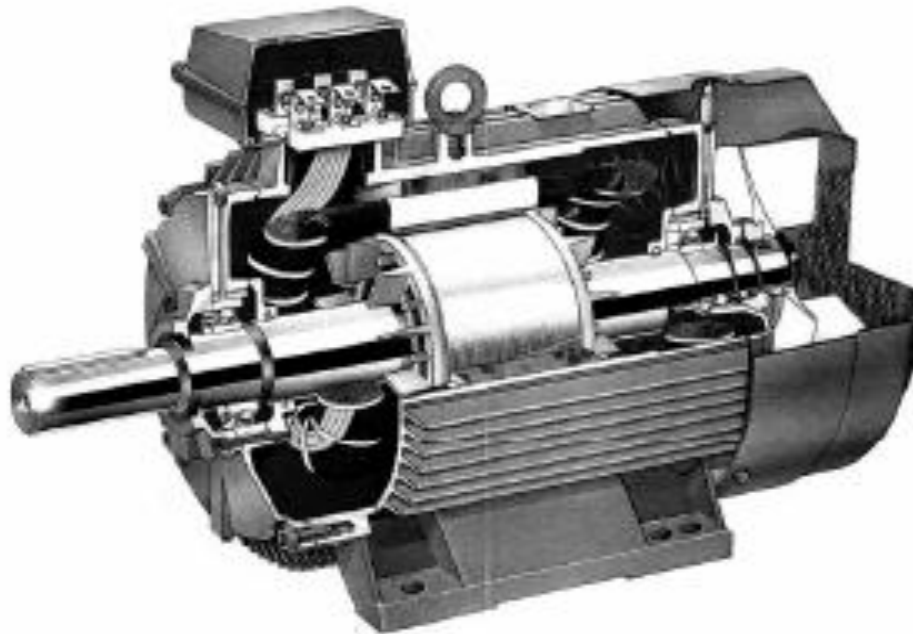
Chương 4

ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

Động cơ không đồng bộ

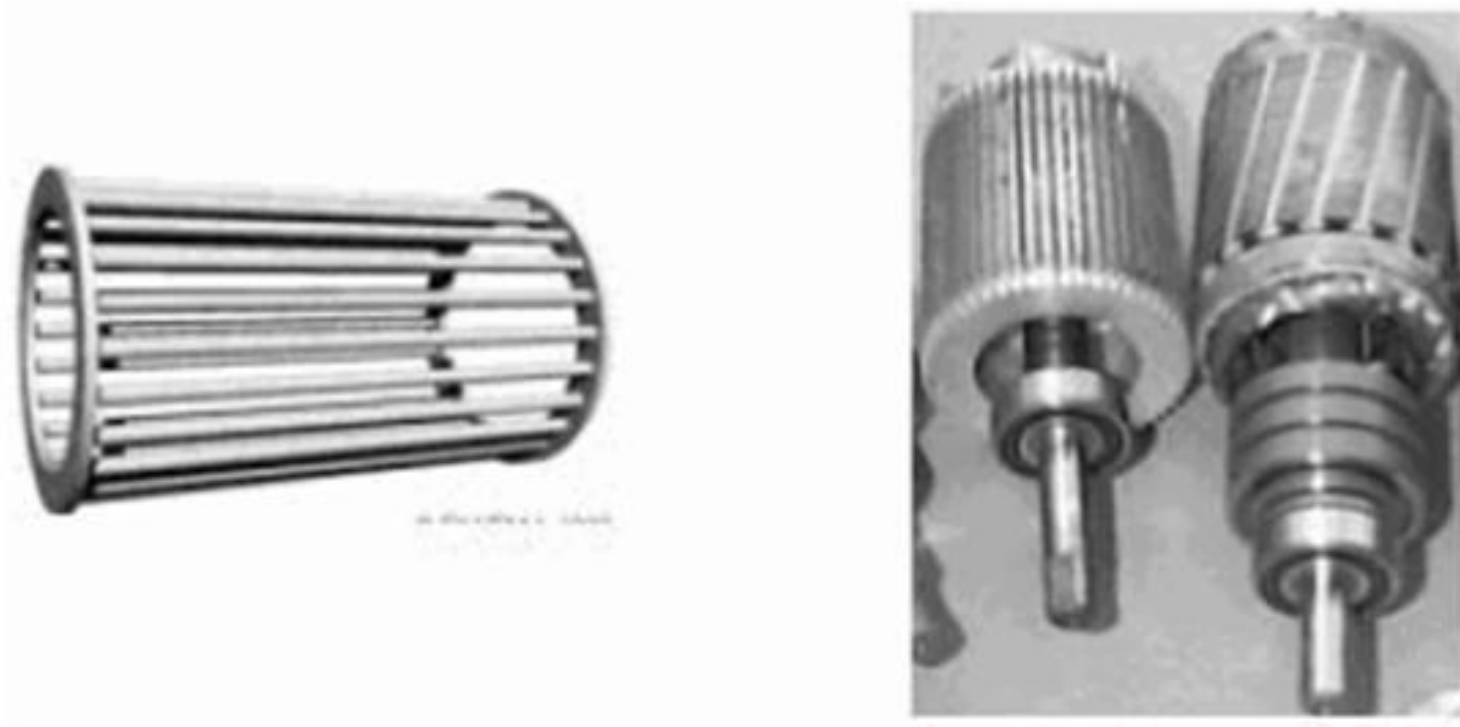
Động cơ không đồng bộ 3 pha gồm 2 loại:

- Rotor lồng sóc
- Rotor dây quấn



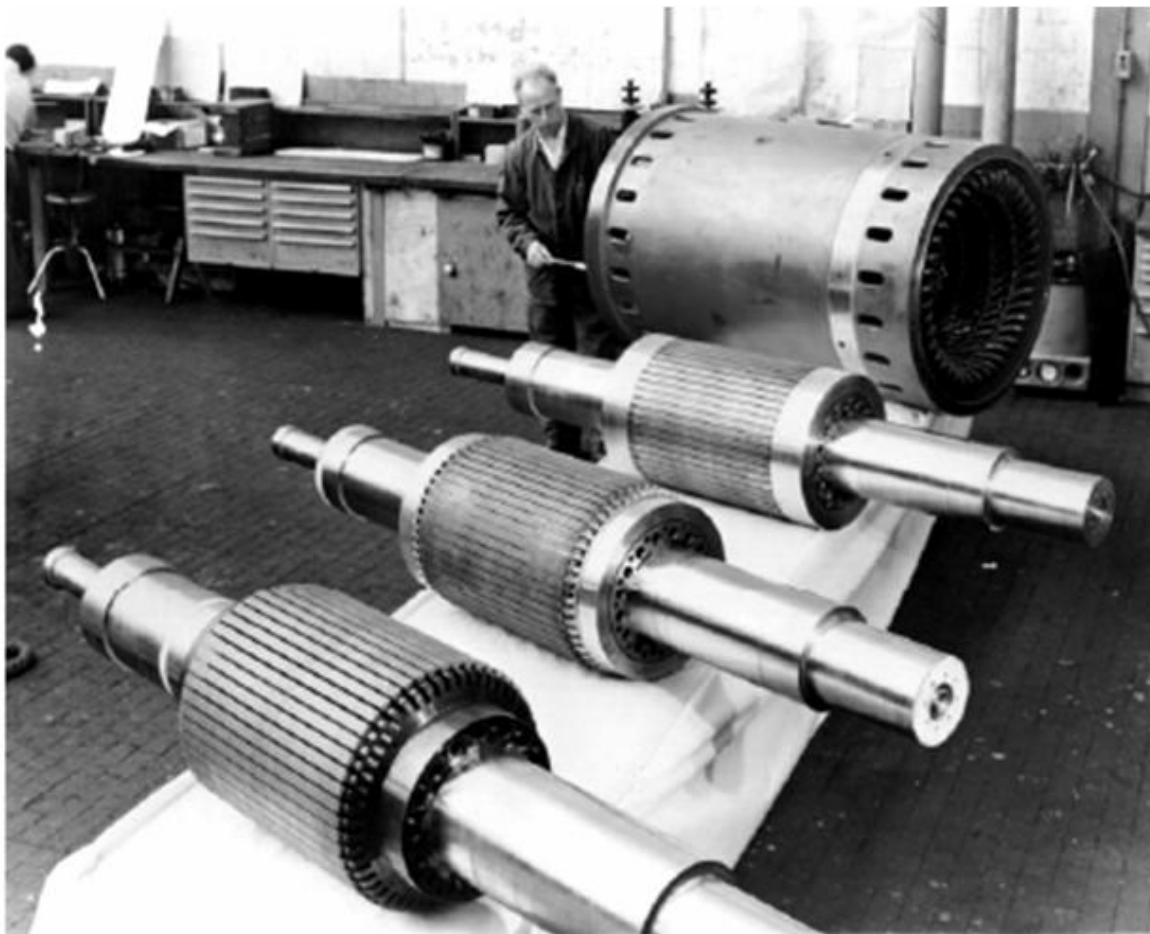
Động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc
90kW, 1484v/ph, 630kg
(Nguồn: *ABB motors*)

Động cơ không đồng bộ



Rotor lồng sóc

Động cơ không đồng bộ



Động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc
2500kW, 3kV, 24000 v/ph
(Nguồn: ABB motors)

Động cơ không đồng bộ



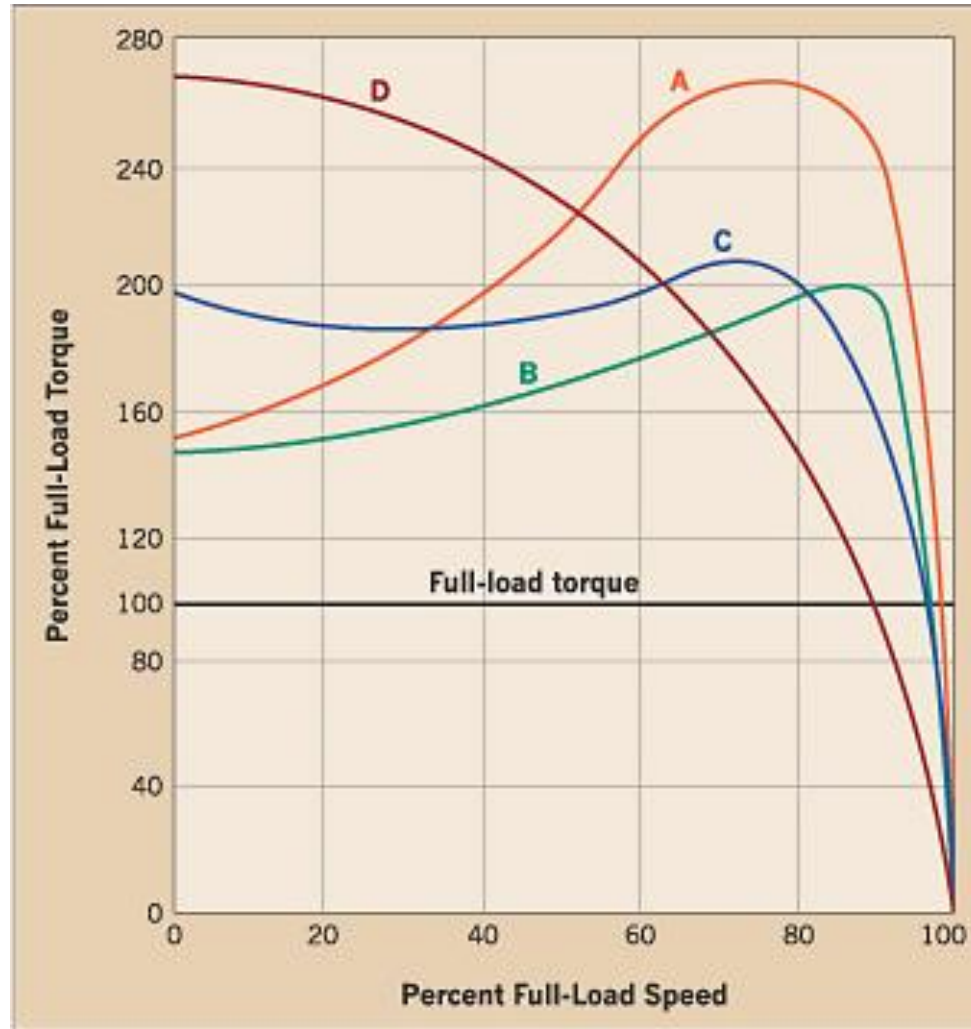
Rotor dây quấn (động cơ 2900kW, 6kV)

Động cơ không đồng bộ

Theo đặc tính cơ, tiêu chuẩn NEMA của Mỹ chia động cơ không đồng bộ thành 4 lớp A, B, C, D:

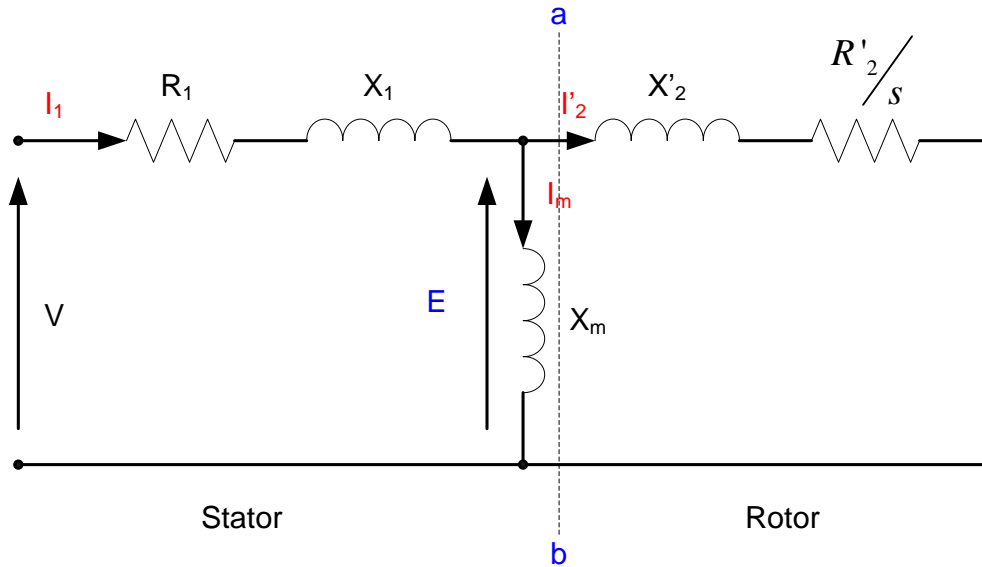
- Lớp B: loại thông dụng (general purpose)
- Lớp A: có momen tới hạn cao và độ trượt định mức thấp, dùng trong các ứng dụng có yêu cầu momen tới hạn cao như máy ép phun (injection molding machine)
- Lớp C: dùng trong các ứng dụng yêu cầu momen khởi động cao, như băng tải, thang cuốn...
- Lớp D: có độ trượt định mức cao, dùng trong cơ cấu nâng hạ hoặc các tải có chu kỳ như máy đột dập (punch press machines)

Động cơ không đồng bộ



Đặc tính cơ tiêu biểu của ĐC KĐB lớp A, B, C, D (tiêu chuẩn NEMA – Mỹ)

Mạch tương đương của ĐC KĐB

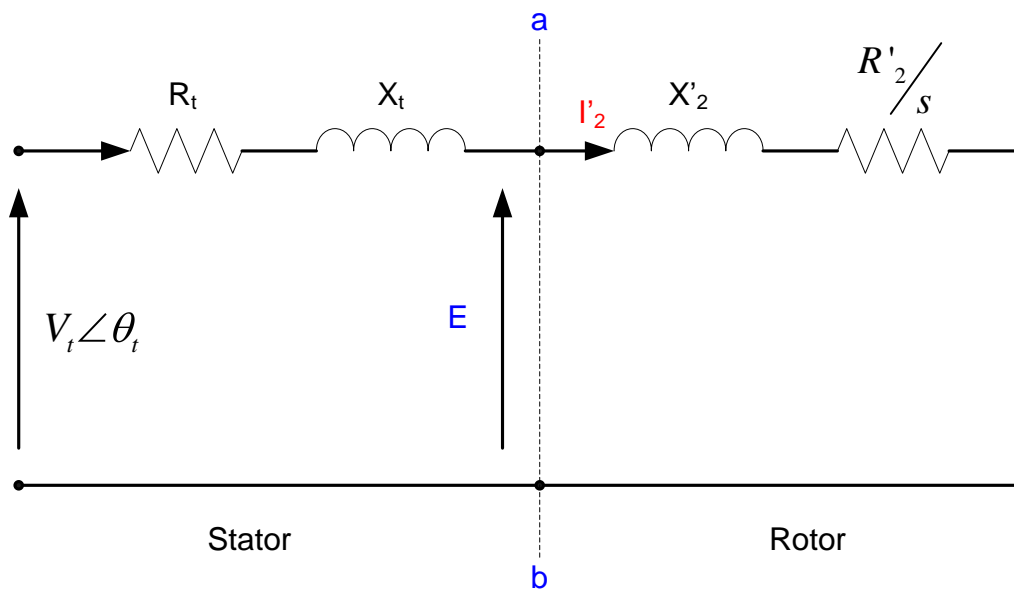


Áp dụng định lý Thevenin:

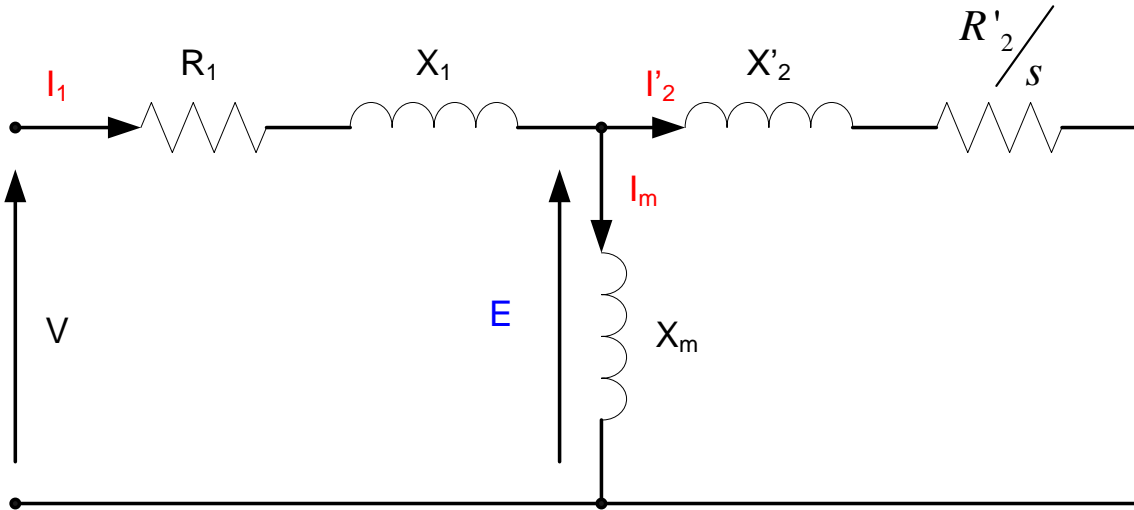
$$V_t = \frac{V X_m}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_m)^2}}$$

$$\theta_t = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \left(\frac{X_1 + X_m}{R_1} \right)$$

$$R_t + jX_t = \frac{jX_m (R_1 + jX_1)}{R_1 + j(X_1 + X_m)}$$



Giải đồ vector

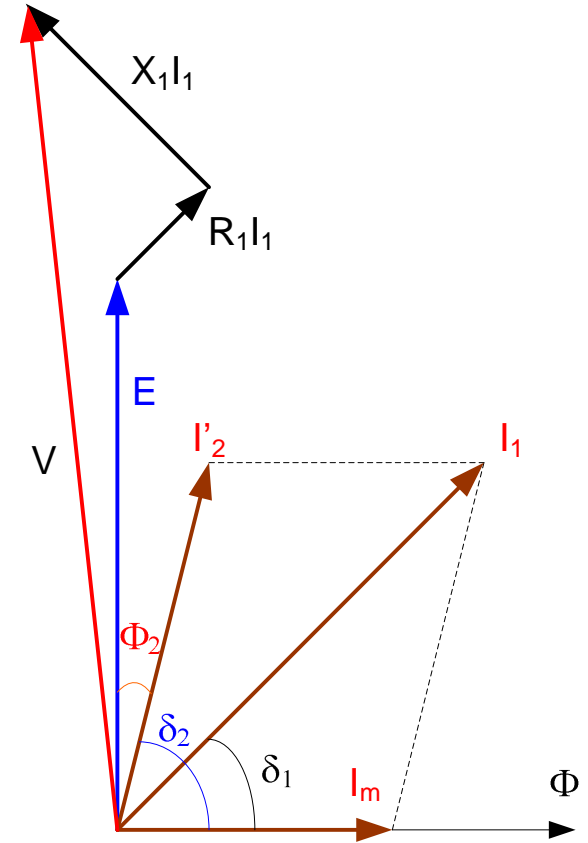


Momen động cơ:

$$M = K\Phi \cdot I_2' \cdot \sin \delta_2 = K\Phi \cdot I_1 \cdot \sin \delta_1$$

Hay:

$$M = K\Phi \cdot I_2' \cdot \cos \Phi_2$$



Các công thức tính toán cơ bản về ĐC KĐB

- Tốc độ đồng bộ:

$$\omega_{db} = \frac{2\pi f}{p} = \frac{\omega_1}{p}$$

- Độ trượt (slip):

$$s = \frac{\omega_{db} - \omega}{\omega_{db}}$$

- Tốc độ trượt:

$$\omega_{sl} = \omega_{db} - \omega = s\omega_{db}$$

- Tốc độ động cơ (tốc độ quay của rotor):

$$\omega = (1 - s)\omega_{db}$$

Các công thức tính toán cơ bản về ĐC KĐB

- Quan hệ giữa dòng stator và dòng rotor:

$$\mathbf{I}_1 = \frac{\begin{bmatrix} R_2'/s + j & X_2' + X_m \end{bmatrix} \mathbf{I}_2'}{jX_m}$$

- Công suất truyền qua khe hở không khí (công suất điện từ):

$$P_{dt} = 3I_2'^2 \left(\frac{R_2'}{s} \right)$$

- Tổn hao đồng rotor:

$$P_{Cu-r} = 3I_2'^2 R_2'$$

- Công suất cơ (công suất đưa ra trục động cơ):

$$P_c = P_{dt} - 3I_2'^2 R_2' = (1-s)P_{dt}$$

- Momen sinh ra trên trục động cơ (momen điện từ):

$$M = \frac{P_c}{\omega} = \frac{P_{dt}}{\omega_{db}} = \frac{3}{\omega_{db}} I_2'^2 \left(\frac{R_2'}{s} \right)$$

Các công thức tính toán cơ bản về ĐC KĐB

- Momen cực đại của động cơ:

$$M_{\max} = \frac{3}{2\omega_{db}} \frac{V_t^2}{R_t \pm \sqrt{R_t^2 + X_t + X_2'^2}}$$

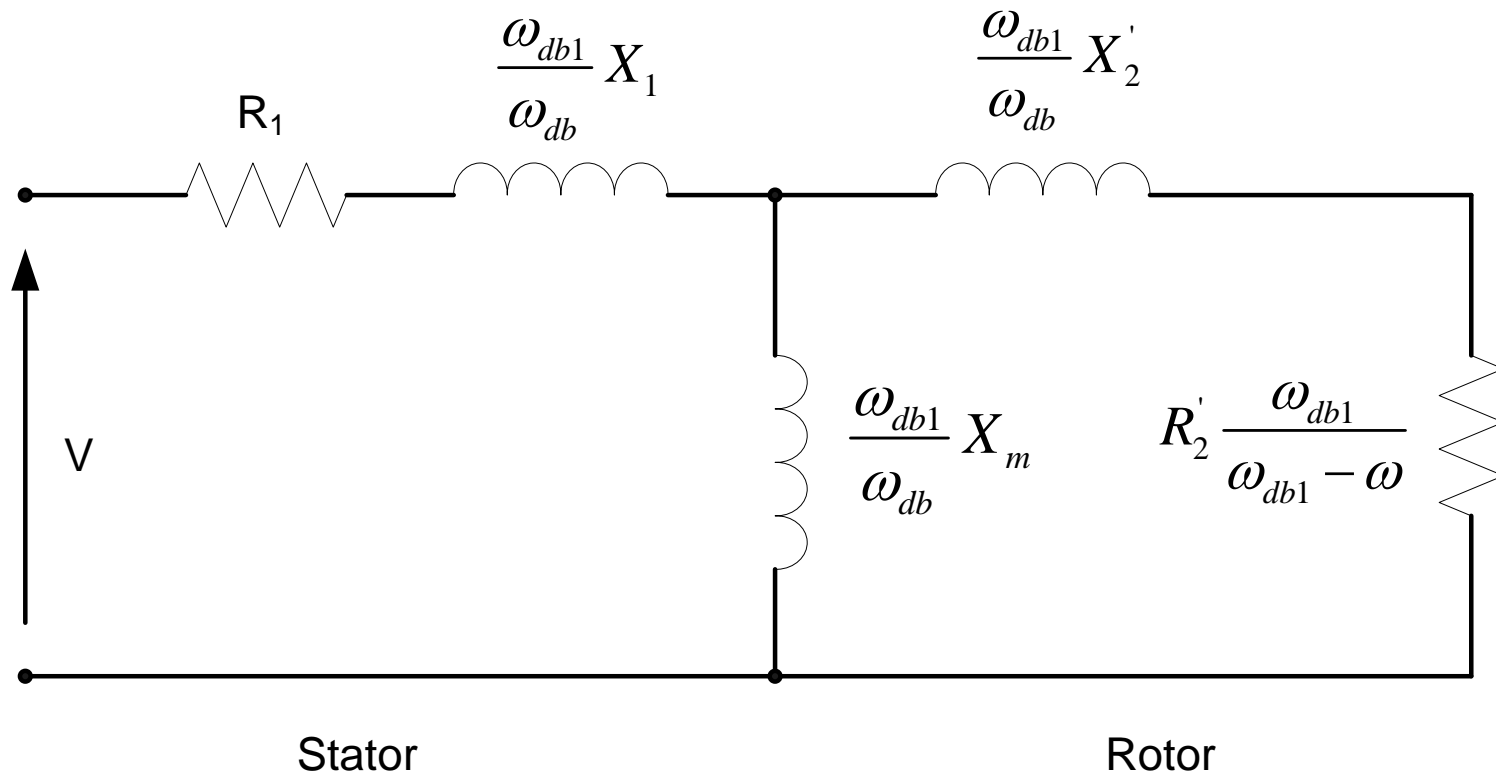
- Độ trượt tại đó momen động cơ đạt cực đại:

$$s_m = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_t^2 + X_t + X_2'^2}}$$

Khởi động và hãm ĐC KĐB

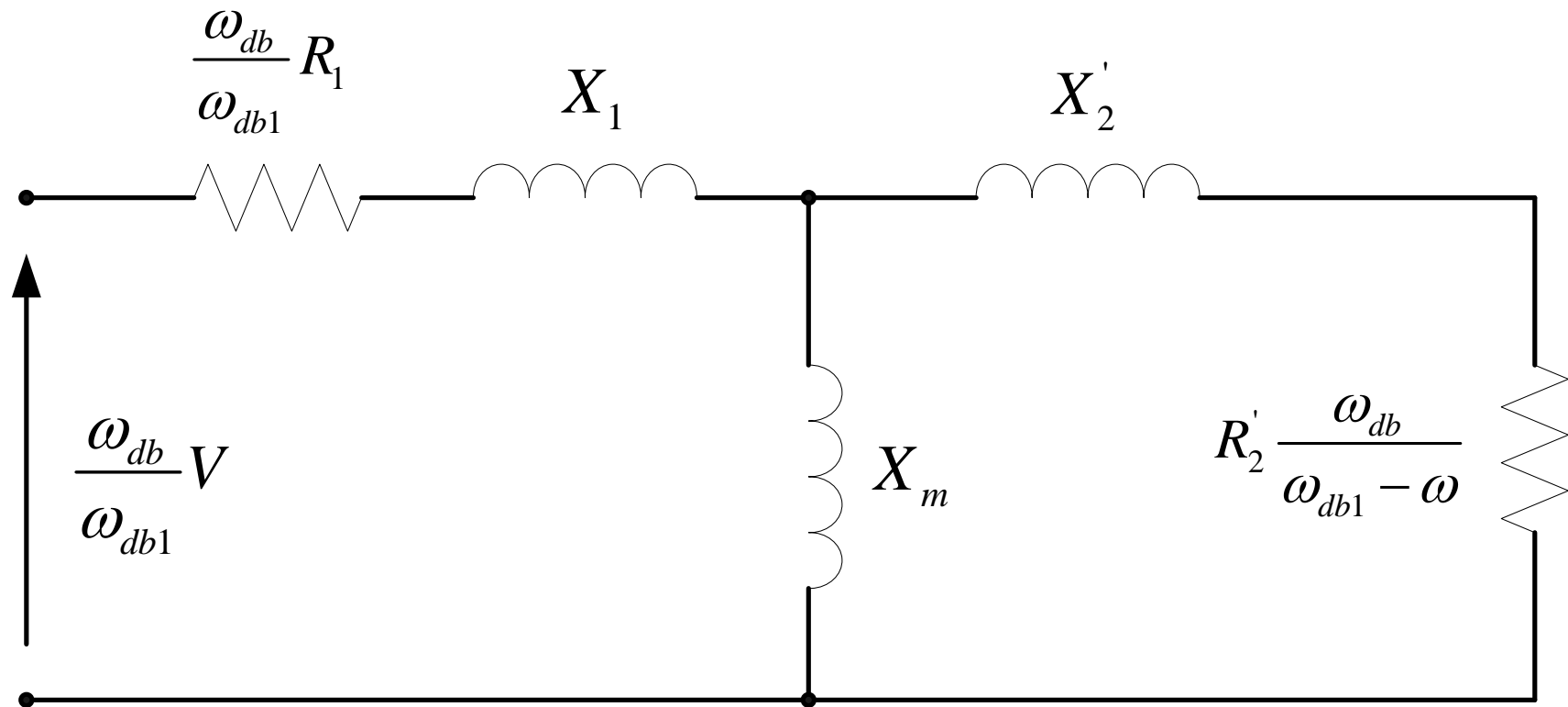
- Khởi động:
 - Động cơ KĐB rotor dây quấn: thêm điện trở vào mạch rotor
 - Động cơ KĐB rotor lồng sóc: giảm áp stator
 - Đổi nối Y- Δ
 - Dùng biến áp tự ngẫu
- Các chế độ hãm:
 - Hãm tái sinh
 - Hãm ngược
 - Hãm động năng

Hãm động năng ĐC KĐB – Mạch tương đương



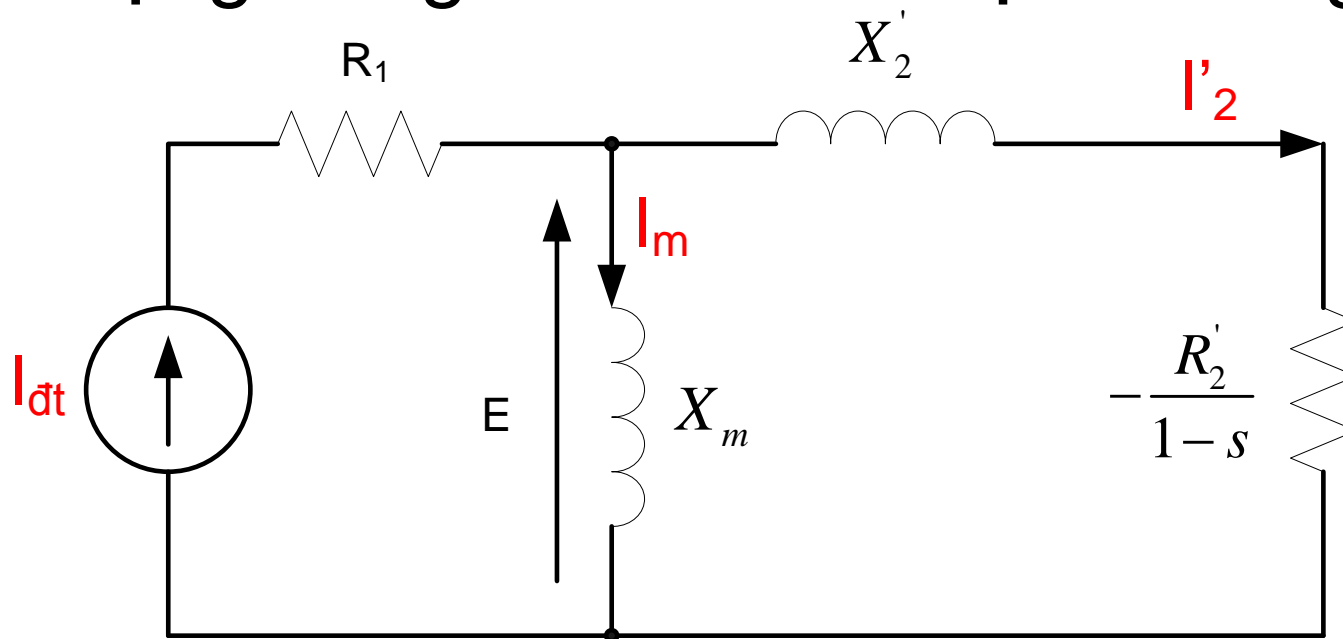
Mạch tương đương của động cơ ở tần số $\omega_{đb1}$, suy ra từ mạch tương đương ở tần số $\omega_{đb}$

Hãm động năng ĐC KĐB – Mạch tương đương



Mạch tương đương của động cơ ở tần số ω_{db1} , suy ra từ mạch tương đương ở tần số ω_{db}

Hãm động năng ĐC KĐB – Mạch tương đương



$I_{đt}$: dòng xoay chiều (tần số ω_{ab}) tạo ra sức từ động tương đương với dòng một chiều I_d chạy trong cuộn dây stator ở chế độ hãm động năng.

Dấu – trong thành phần $-\frac{R'_2}{1-s}$ chỉ ra động cơ lúc này nhận năng lượng từ tải (chế độ hãm). Khi đã lưu ý là momen lúc này có chiều ngược lại so với chế độ động cơ, sẽ không cần kể tới dấu – này trong mạch tương đương.

Hãm động năng DC KĐB – Mạch tương đương

Trình tự tính toán đặc tính cơ của động cơ ở chế độ hãm động năng khi biết đặc tính từ hóa $E(I_m)$ của động cơ:

- Lấy một giá trị I_m ,
- Suy ra giá trị E tương ứng theo đặc tính từ hóa,
- Tính X_m :
$$X_m = \frac{E}{I_m}$$
- Tính I_2' :
$$I_2'^2 = \frac{I_{dt}^2 - I_m^2}{1 + \frac{2X_2'}{X_m}}$$
- Tính độ trượt s :
$$s = 1 - \frac{R_2'}{\sqrt{E / I_2'^2 - X_2'^2}}$$
- Tính tốc độ động cơ tương ứng: $\omega = (1 - s)\omega_{db}$
- Tính momen động cơ:
$$M = \frac{3}{\omega_{db}} I_2'^2 \left(\frac{R_2'}{1 - s} \right)$$

Điều khiển tốc độ động cơ KĐB

Các phương pháp điều khiển tốc độ động cơ KĐB:

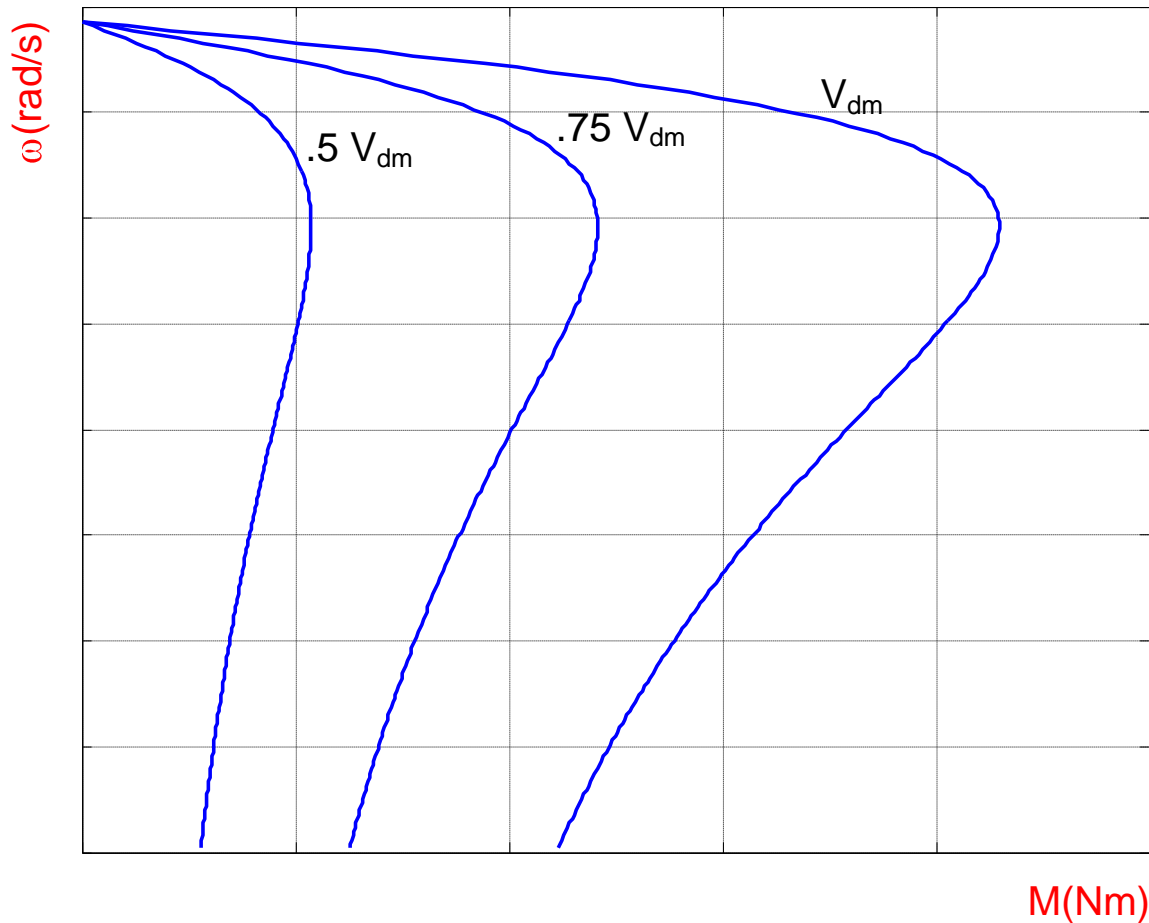
1. Điều khiển điện áp stator
2. Điều khiển tần số
3. Điều khiển điện trở stator
4. Điều khiển công suất trượt

Điều khiển điện áp stator

- Thường sử dụng với tải bơm hay quạt gió
- Phạm vi điều chỉnh tốc độ không cao
- Momen tải quạt gió:

$$M_c = C\omega^2 = (1-s)\omega_{db}^2$$

Điều khiển điện áp stator



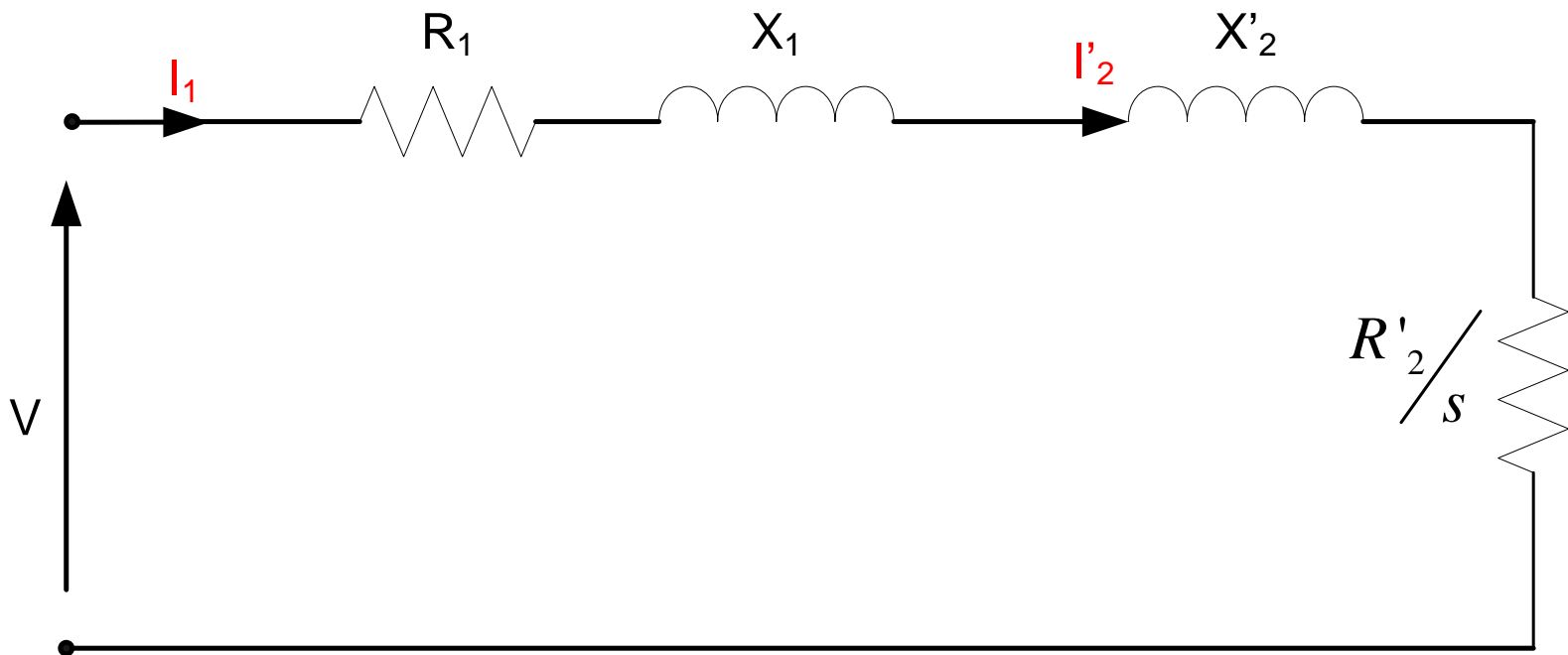
Đặc tính động cơ không đồng bộ
khi điều khiển bằng cách thay đổi điện áp stator

Điều khiển điện áp stator

Bỏ qua ma sát trên trục động cơ, tổn hao do quạt gió

Có thể chứng minh được dòng rotor tính bởi công thức:

$$I_2' = \sqrt{\frac{C\omega_{db}^3}{3}} \left[\frac{(1-s)\sqrt{s}}{\sqrt{R_2'}} \right]$$



Điều khiển điện áp stator

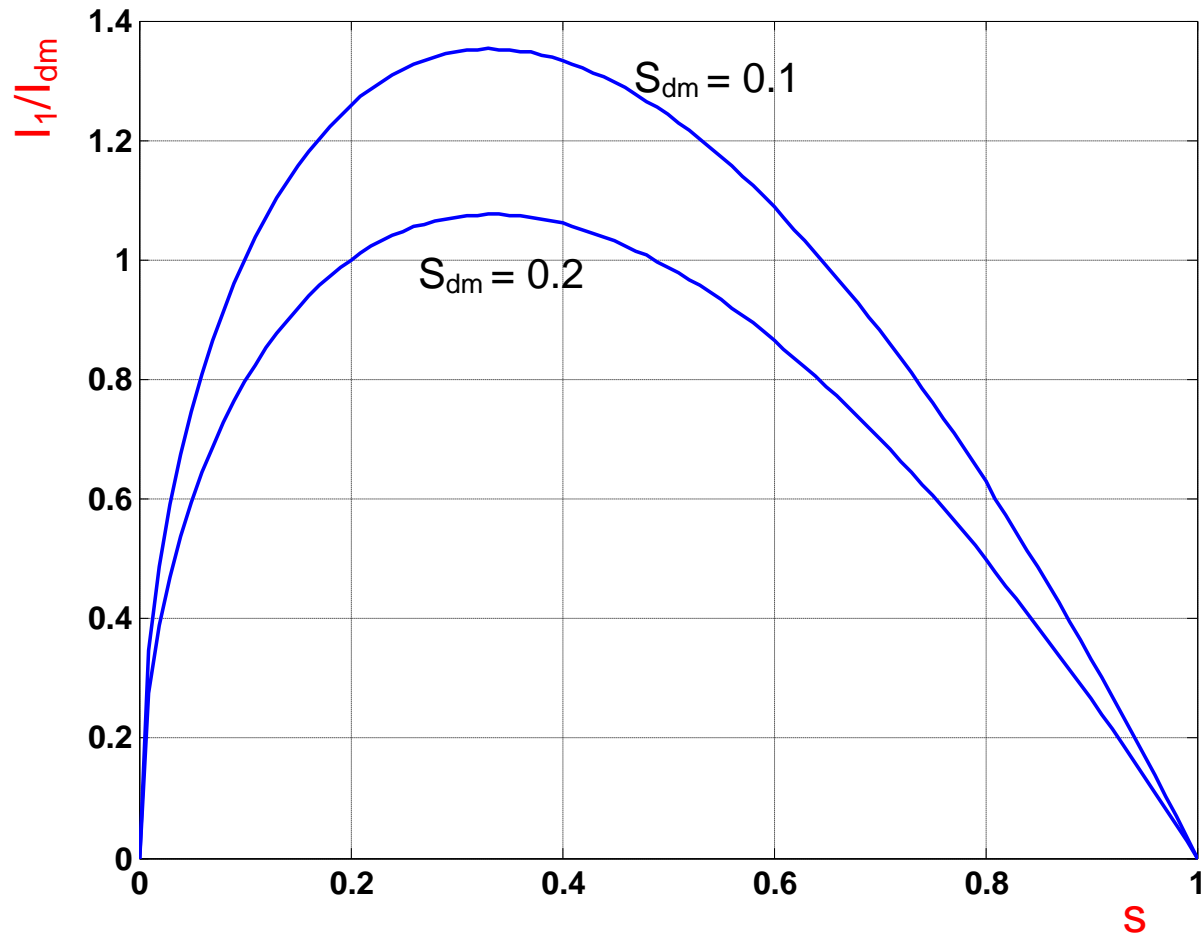
Nếu bỏ qua dòng từ hóa, xem $I_2' = I_1$, có thể chứng minh được:

$$\frac{I_1}{I_{dm}} = \frac{(1-s)\sqrt{s}}{(1-s_{dm})\sqrt{s_{dm}}}$$

Tỉ số này đạt cực đại tại $s = 1/3$, khi đó:

$$\frac{I_{\max}}{I_{dm}} = \frac{2}{3\sqrt{3}(1-s_{dm})\sqrt{s_{dm}}}$$

Điều khiển điện áp stator



Quan hệ I_1/I_{dm} với độ trượt s

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

- Gọi $a = \frac{f}{f_{dm}}$.
- Với $a < 1$ ($f < f_{dm}$): động cơ được điều khiển với từ thông = const = định mức,
- Với $a > 1$ ($f > f_{dm}$): động cơ được điều khiển với $V = \text{const} = V_{dm}$,

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

Hoạt động với $a < 1$

- Từ thông không đổi \rightarrow dòng từ hóa = định mức,
- Có thể chứng minh được:

$$\text{dòng từ hóa} = \text{định mức} \Leftrightarrow \frac{E}{f} = \text{const} = \frac{E_{dm}}{f_{dm}}$$

- Nếu bỏ qua sụt áp trên điện trở và điện kháng stator, nguyên lý $\frac{E}{f} = \text{const}$ có thể thay

$$\text{bằng } \frac{V}{f} = \text{const}$$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

Hoạt động với $a < 1$

- Hai phương pháp điều khiển tần số và điện áp động cơ KĐB:
 - Phương pháp từ thông không đổi: $\frac{E}{f} = \text{const}$
 - Phương pháp $\frac{V}{f} = \text{const}$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

Phương pháp từ thông không đổi: $\frac{E}{f} = const$

- Dòng qua động cơ:

$$I_1 = I_2' = \frac{E_{dm}}{\sqrt{\frac{R_2'^2}{(sa)^2} + X_2'^2}}$$

- Momen động cơ:

$$M = \frac{3}{\omega_{db}} \frac{\frac{E_{dm}^2 R_2'}{as}}{\frac{R_2'^2}{(sa)^2} + X_2'^2}$$

- Với cùng một giá trị của sa , momen M , dòng rotor I_2' và dòng stator I_1 là không đổi.

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

Phương pháp từ thông không đổi: $\frac{E}{f} = const$

- Lưu ý:

$$sa = \frac{a\omega_{db} - \omega}{\omega_{db}} = \frac{\omega_{sl}}{\omega_{db}} \rightarrow sa\omega_{db} = \omega_{sl} = \text{tốc độ trượt}$$

- Vậy, suy ra: với cùng một giá trị của *tốc độ trượt*, momen M, dòng rotor I_2' và dòng stator I_1 là không đổi.
- Nếu xem $R_2'/s \square X_2'$, momen động cơ có thể tính như sau:

$$M = \frac{3E_{dm}^2}{\omega_{db}^2 R_2'} (as\omega_{db}) = const \times \omega_{sl}$$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

Phương pháp từ thông không đổi: $\frac{E}{f} = const$

- Độ trượt tại đó động cơ đạt M_{\max} là:

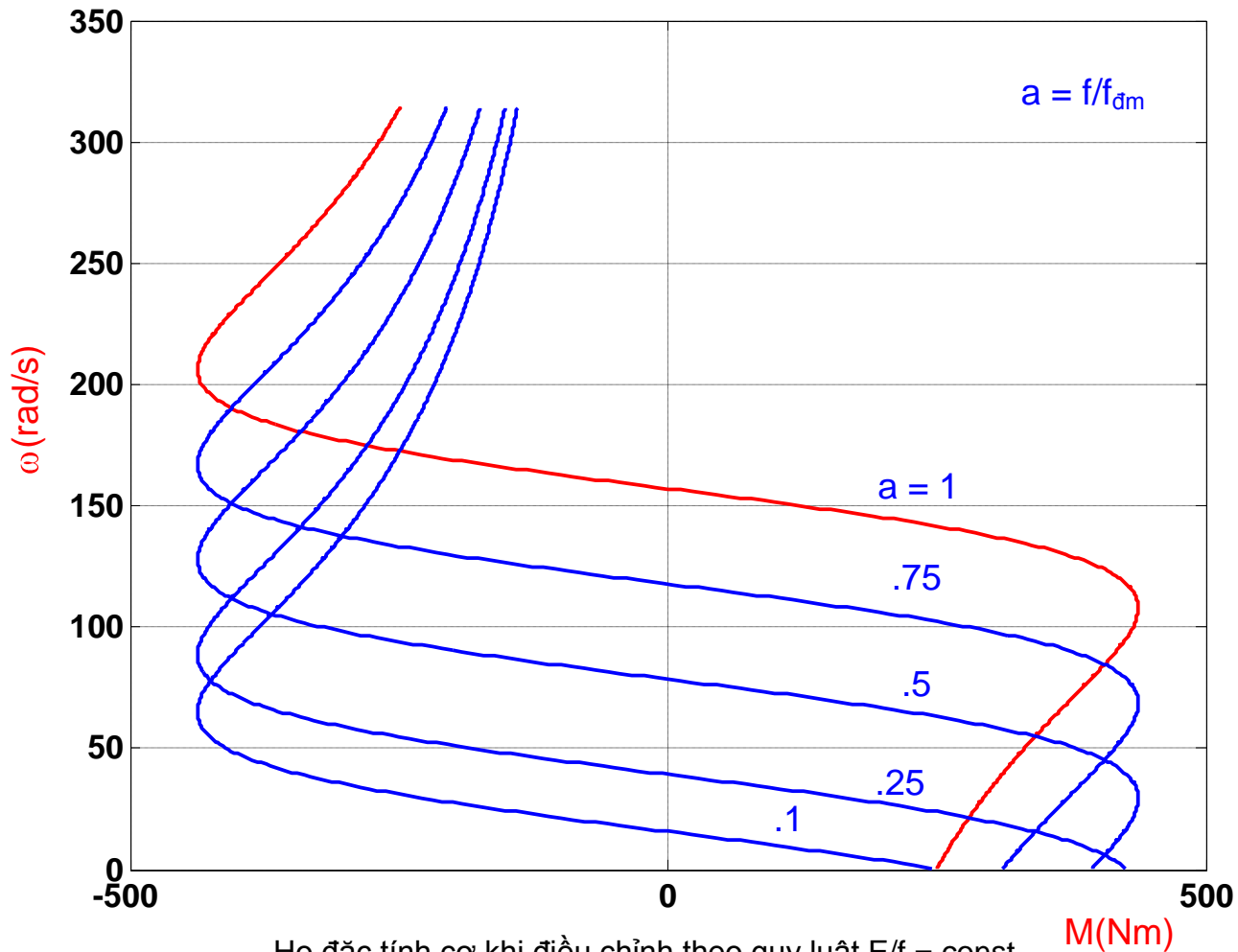
$$s_m = \pm \frac{R_2'}{aX_2'}$$

- Momen cực đại của động cơ:

$$M_{\max} = \pm \frac{3}{2\omega_{db}} \frac{E_{dm}}{X_2'}$$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

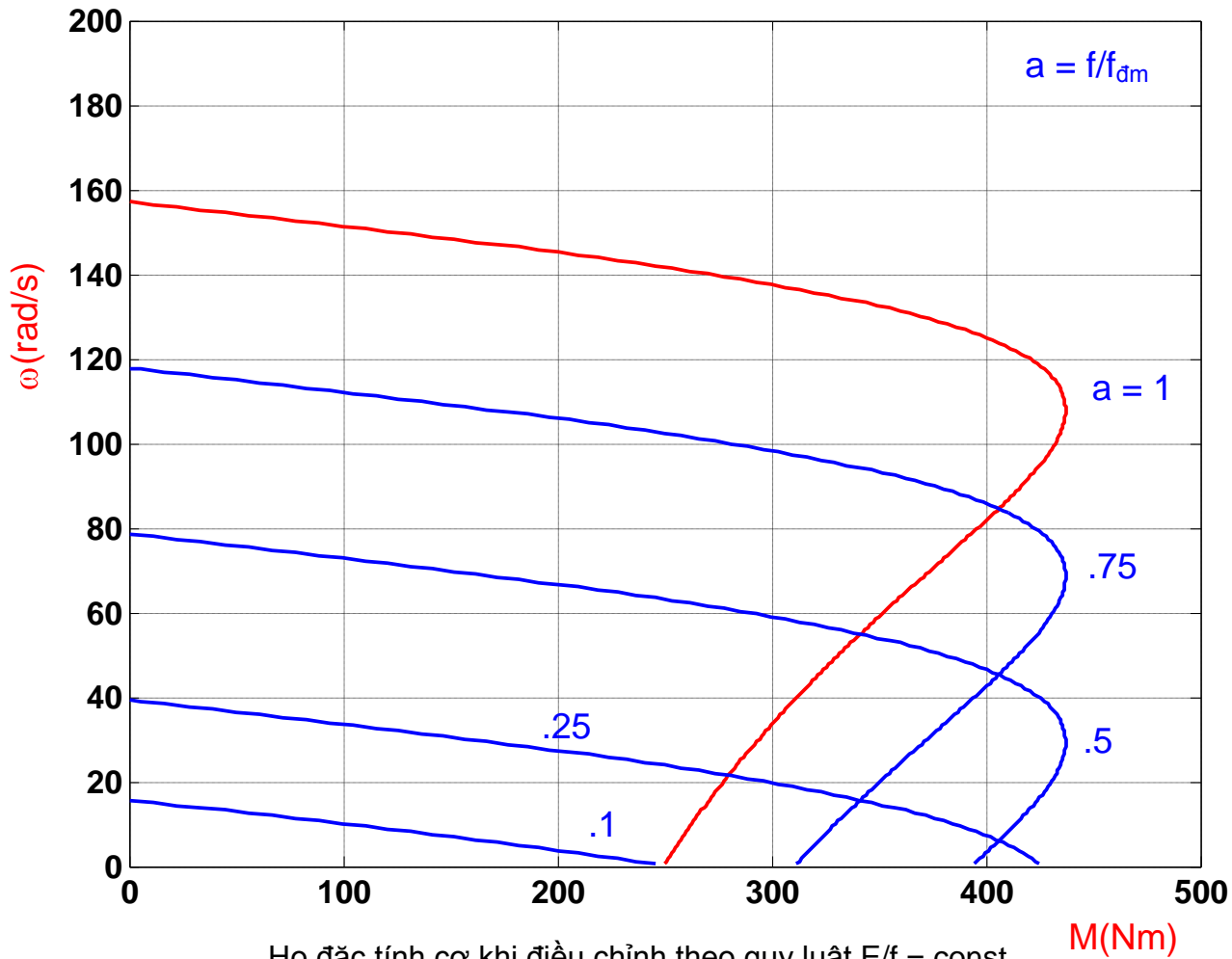
$E/f = \text{const}$ (từ thông không đổi)



Họ đặc tính cơ khi điều chỉnh theo quy luật $E/f = \text{const}$
($a = f/f_{dm} < 1$: điều chỉnh dưới tần số định mức)

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

$E/f = \text{const}$ (từ thông không đổi)

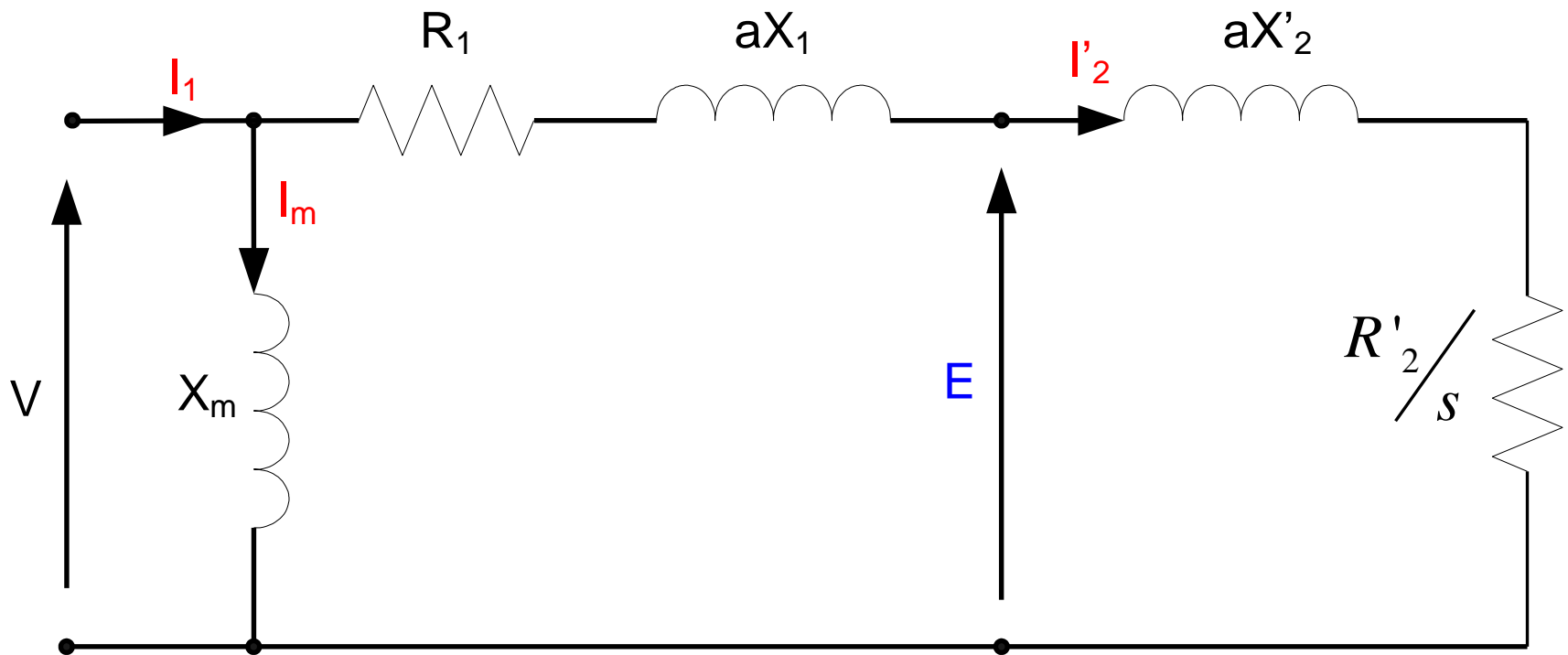


Họ đặc tính cơ khi điều chỉnh theo quy luật $E/f = \text{const}$
($a = f/f_{dm} < 1$: điều chỉnh dưới tần số định mức)

$M(\text{Nm})$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

Phương pháp $\frac{V}{f} = const$



ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

Phương pháp $\frac{V}{f} = const$

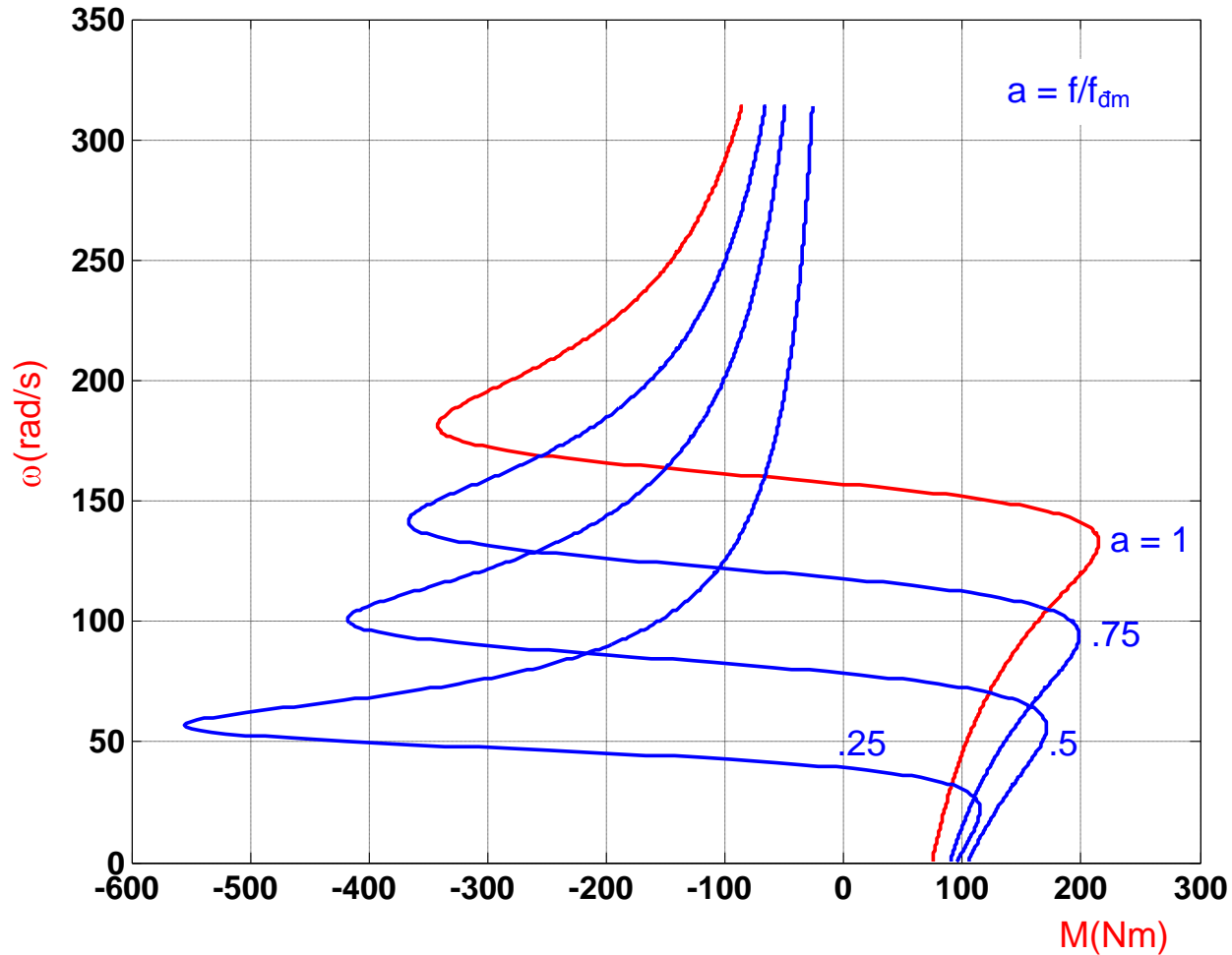
- Momen động cơ:

$$M = \frac{3}{\omega_{db}} \frac{V_{dm}^2 \frac{R_2'}{as}}{\left(\frac{R_1}{a} + \frac{R_2'}{sa}\right)^2 + X_1 + X_2'^2}$$

- Momen cực đại của động cơ:

$$M_{\max} = \frac{3}{2\omega_{db}} \frac{V_{dm}^2}{R_1/a \pm \sqrt{R_1/a^2 + X_1 + X_2'^2}}$$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp – $V/f = \text{const}$



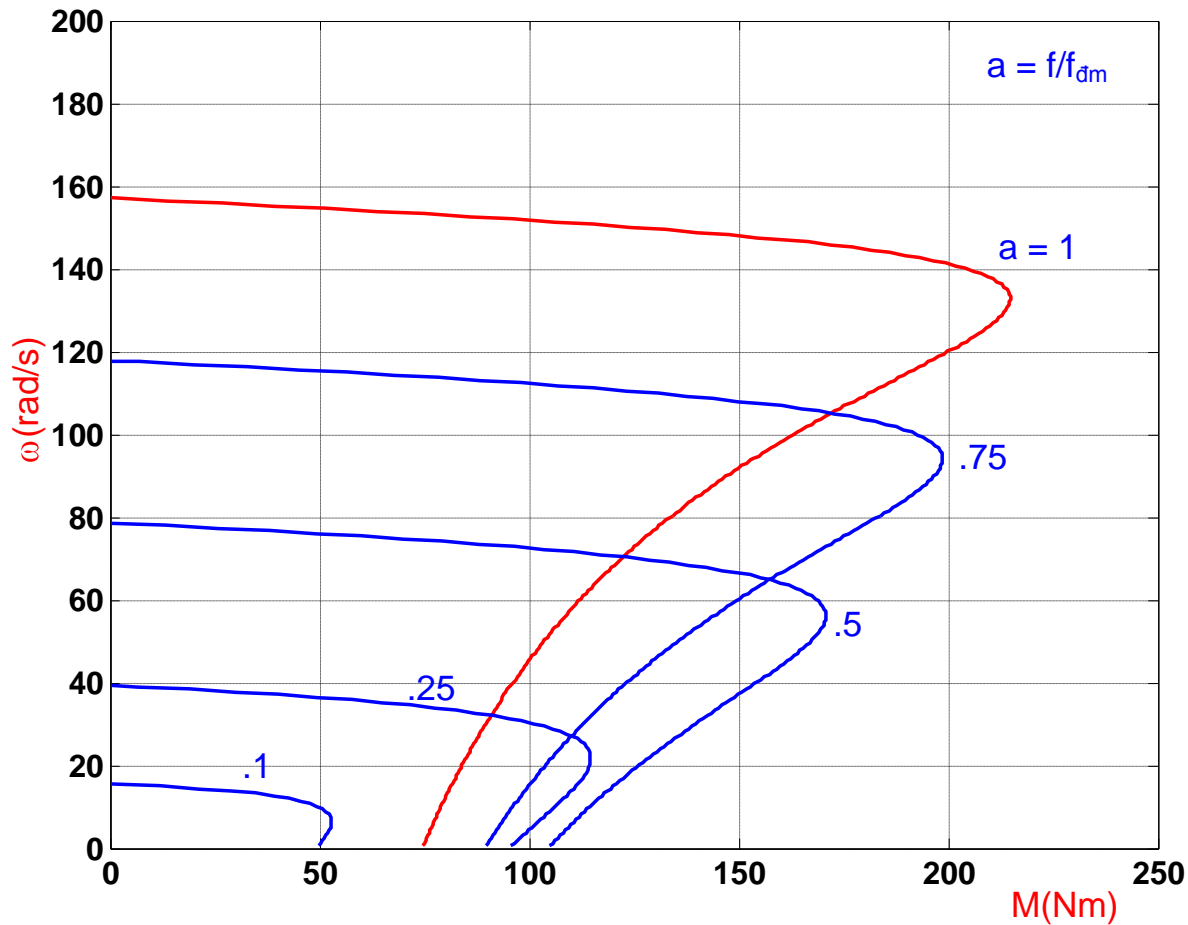
Họ đặc tính cơ khi điều chỉnh theo quy luật $V/f = \text{const}$

Thông số động cơ:

4 cực, $s_{dm} = 0.05$, $f_{dm} = 50\text{Hz}$

$R_1 = 0.4 \text{ Ohm}$, $X_1 = 0.8 \text{ Ohm}$, $R'_2 = 0.25 \text{ Ohm}$, $X'_2 = 0.8 \text{ Ohm}$, $X_m = 20 \text{ Ohm}$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp – $V/f = \text{const}$



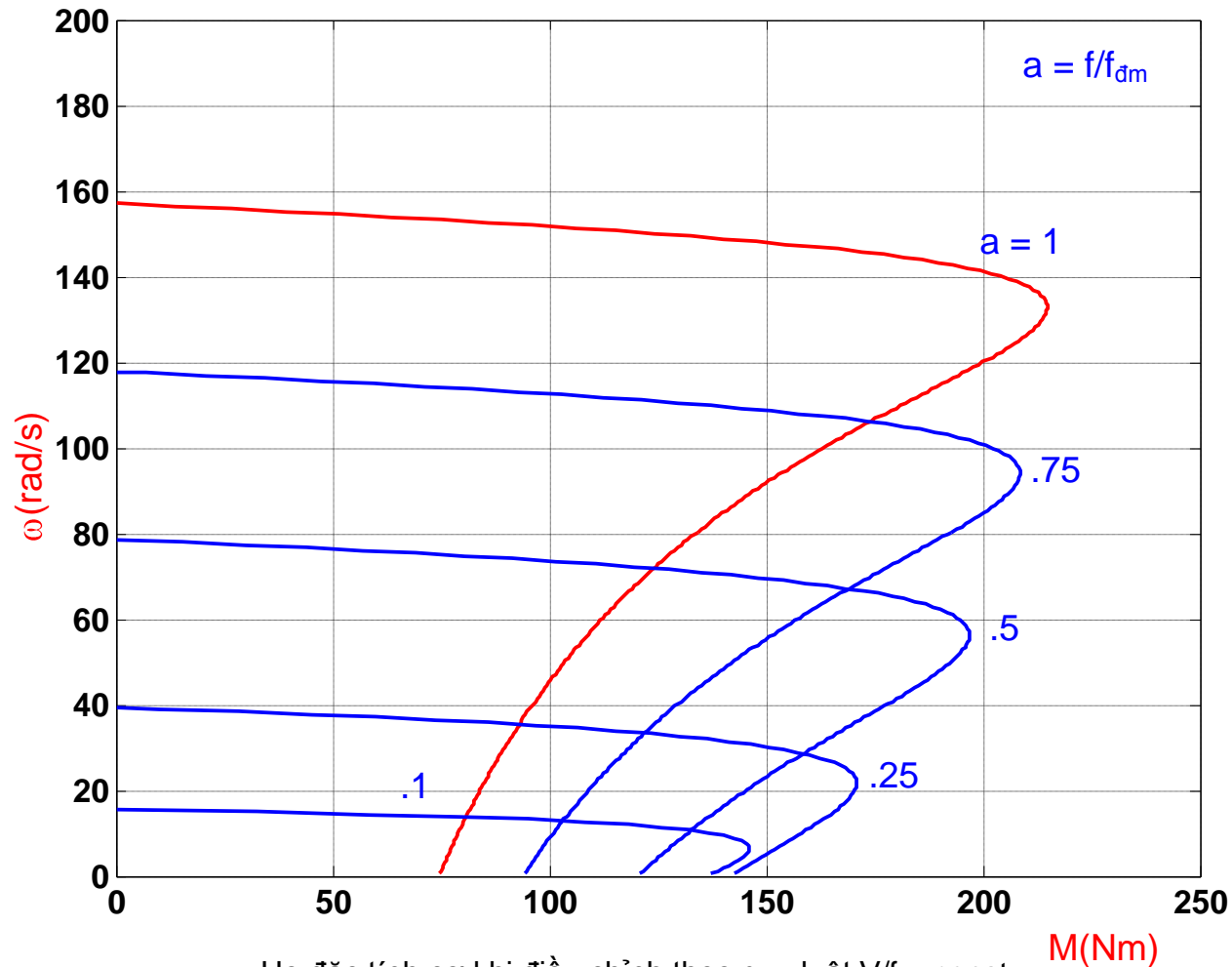
Họ đặc tính cơ khi điều chỉnh theo quy luật $V/f = \text{const}$

Thông số động cơ:

4 cực, $s_{dm} = 0.05$, $f_{dm} = 50\text{Hz}$

$R_1 = 0.4 \text{ Ohm}$, $X_1 = 0.8 \text{ Ohm}$, $R'_2 = 0.25 \text{ Ohm}$, $X'_2 = 0.8 \text{ Ohm}$, $X_m = 20 \text{ Ohm}$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp – $V/f = \text{const}$



Họ đặc tính cơ khi điều chỉnh theo quy luật $V/f = \text{const}$
& với điện áp tăng cường (boost voltage) ở tần số thấp

$$V = kf + V_0$$

(k chọn sao cho $V = V_{dm}$ tại $f = f_{dm}$)

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

Hoạt động với $a > 1$

- Momen động cơ:

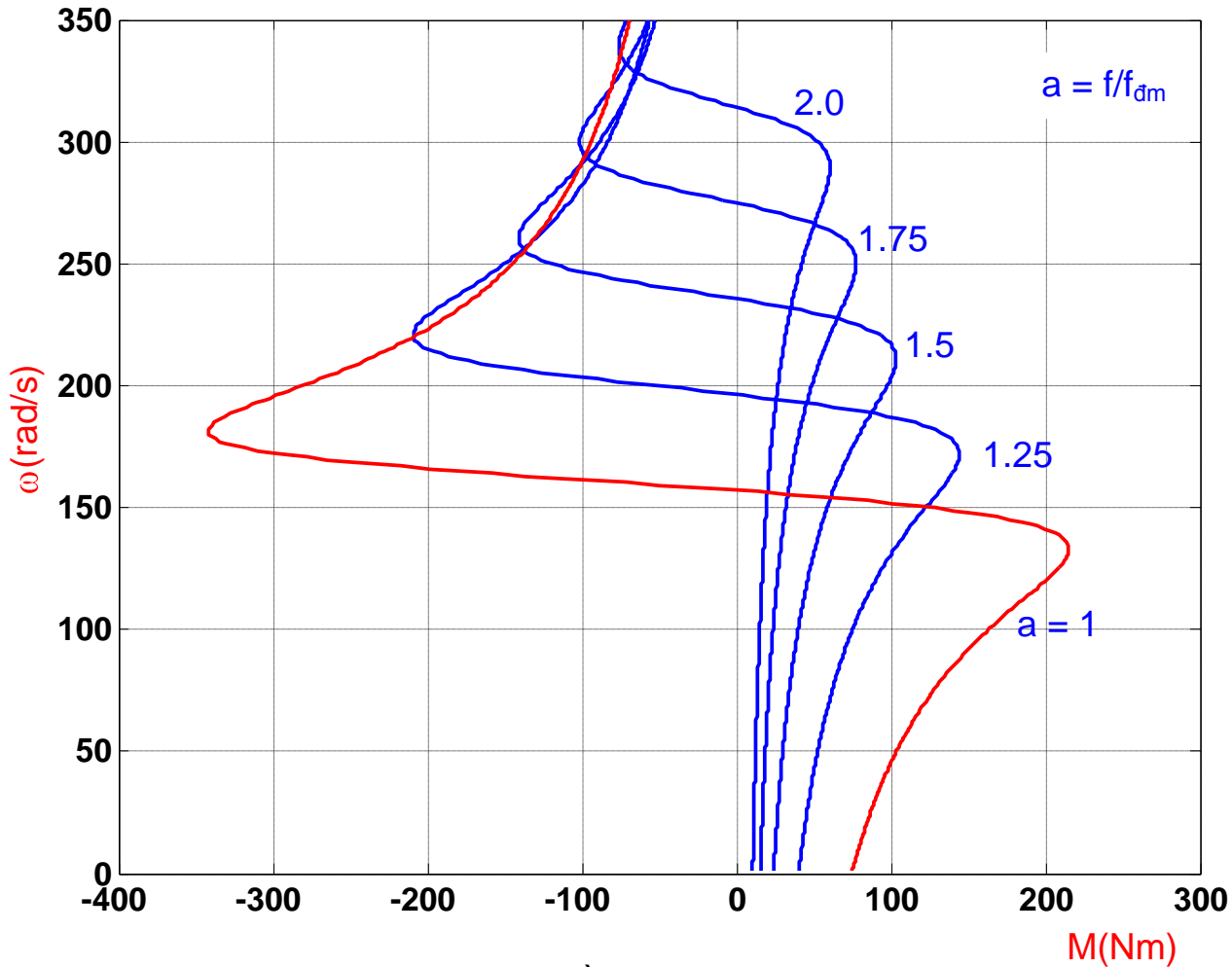
$$M = \frac{3}{\omega_{db}} \frac{V_{dm}^2 \frac{R_2'}{as}}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_1 + X_2'^2}$$

- Momen cực đại của động cơ:

$$M_{\max} = \frac{3}{2\omega_{db}} \frac{V_{dm}^2}{R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + a^2 X_1 + X_2'^2}}$$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

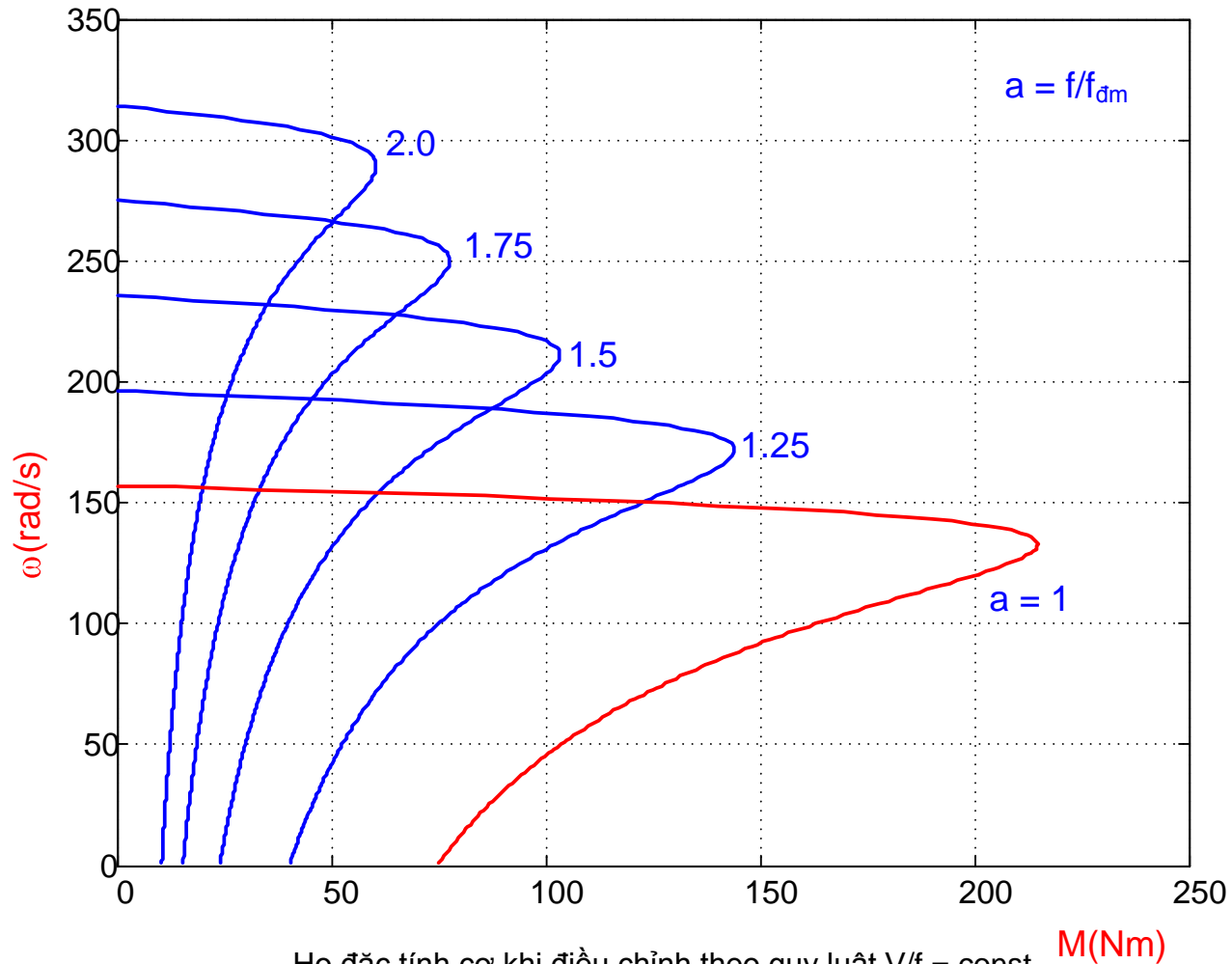
Điều chỉnh trên tần số định mức



Họ đặc tính cơ khi điều chỉnh theo quy luật $V/f = \text{const}$
($a = f/f_{dm} > 1$: điều chỉnh trên tần số định mức)

ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

Điều chỉnh trên tần số định mức

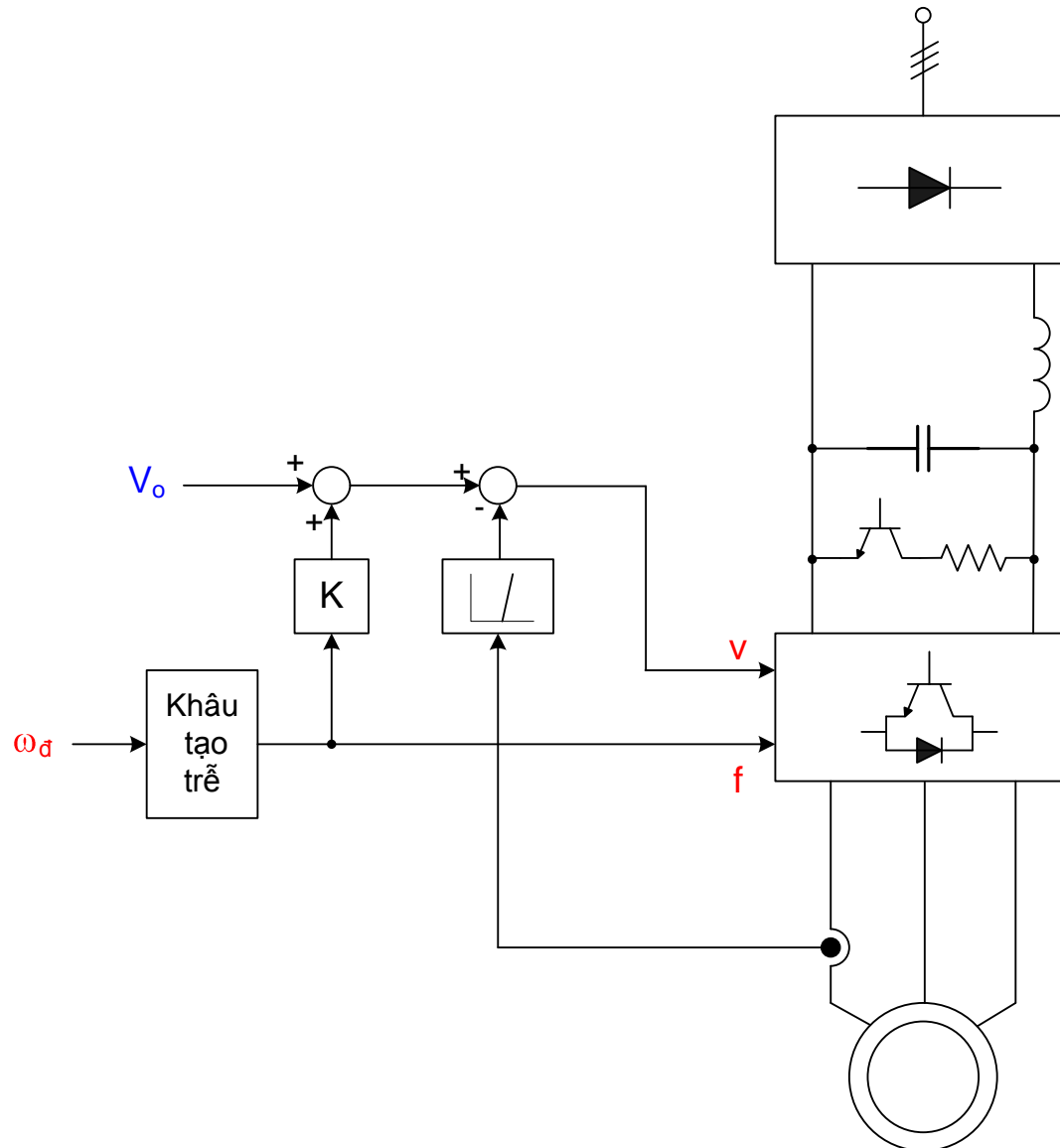


Họ đặc tính cơ khi điều chỉnh theo quy luật $V/f = \text{const}$
($a = f/f_{dm} > 1$: điều chỉnh trên tần số định mức)

$M(\text{Nm})$

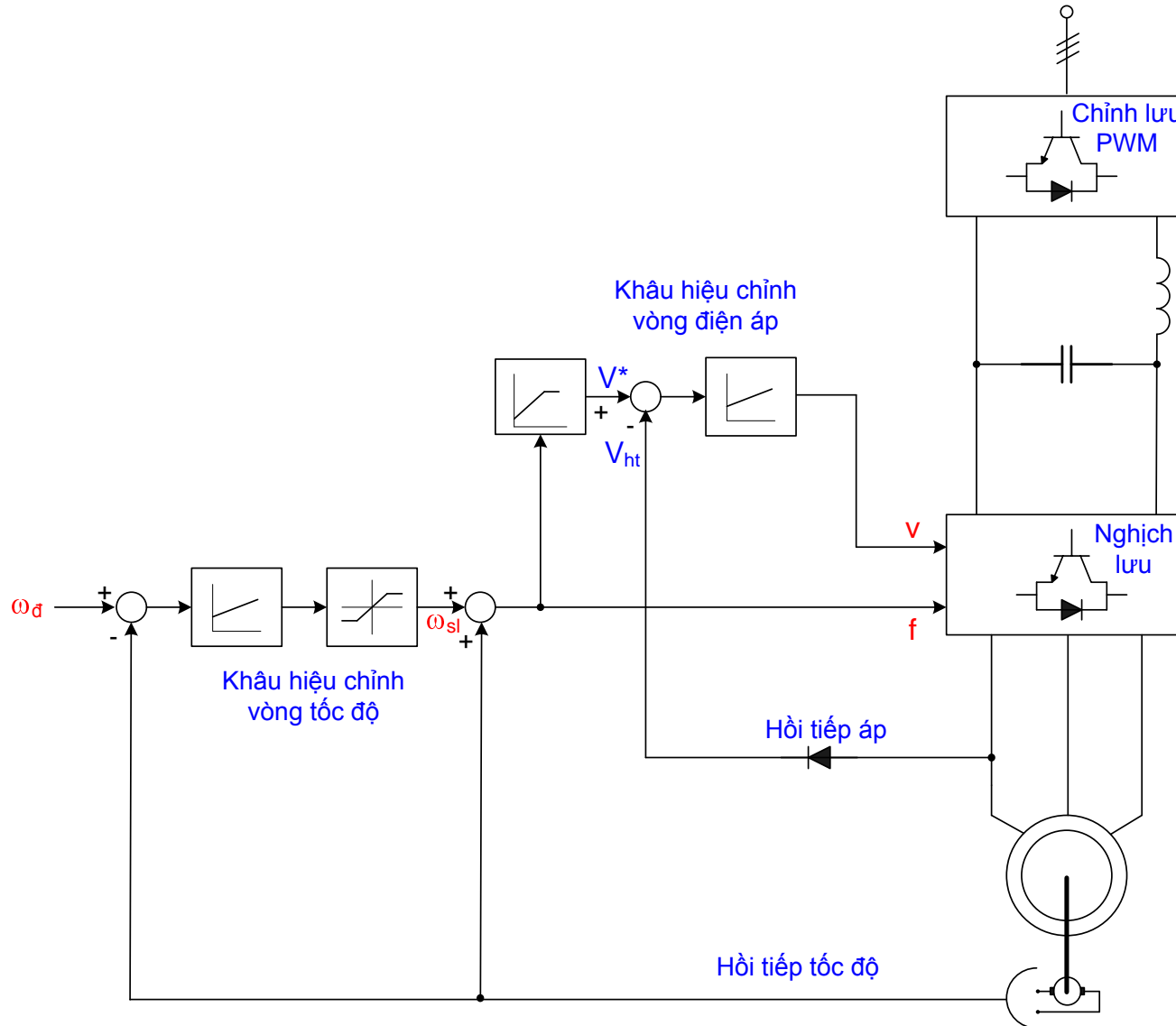
ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

Sơ đồ khối mạch điều khiển (kiểu vòng hở)



ĐC KĐB & Biến tần nguồn áp

Sơ đồ khối mạch điều khiển (kiểu vòng kín)



ĐC KĐB & Biến tần nguồn dòng

Đặc tính cơ ở tần số định mức

Do sự phi tuyến giữa E và I_m , đặc tính của động cơ ở tần số định mức tính theo các bước:

- Chọn giá trị I_m ($I_m < I_1$),
- Tính E và X_m từ đặc tính từ hóa
- Tính I'_2 :
$$I'_2 = \frac{I_1^2 - I_m^2}{1 + \frac{2X'_2}{X_m}}$$
- Tính s từ công thức:
$$s = \frac{R'_2}{\sqrt{(E/I'_2)^2 - X_2'^2}}$$
- Momen động cơ:
$$M = \frac{3}{\omega_{db}} I_2'^2 \frac{R'_2}{s}$$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn dòng

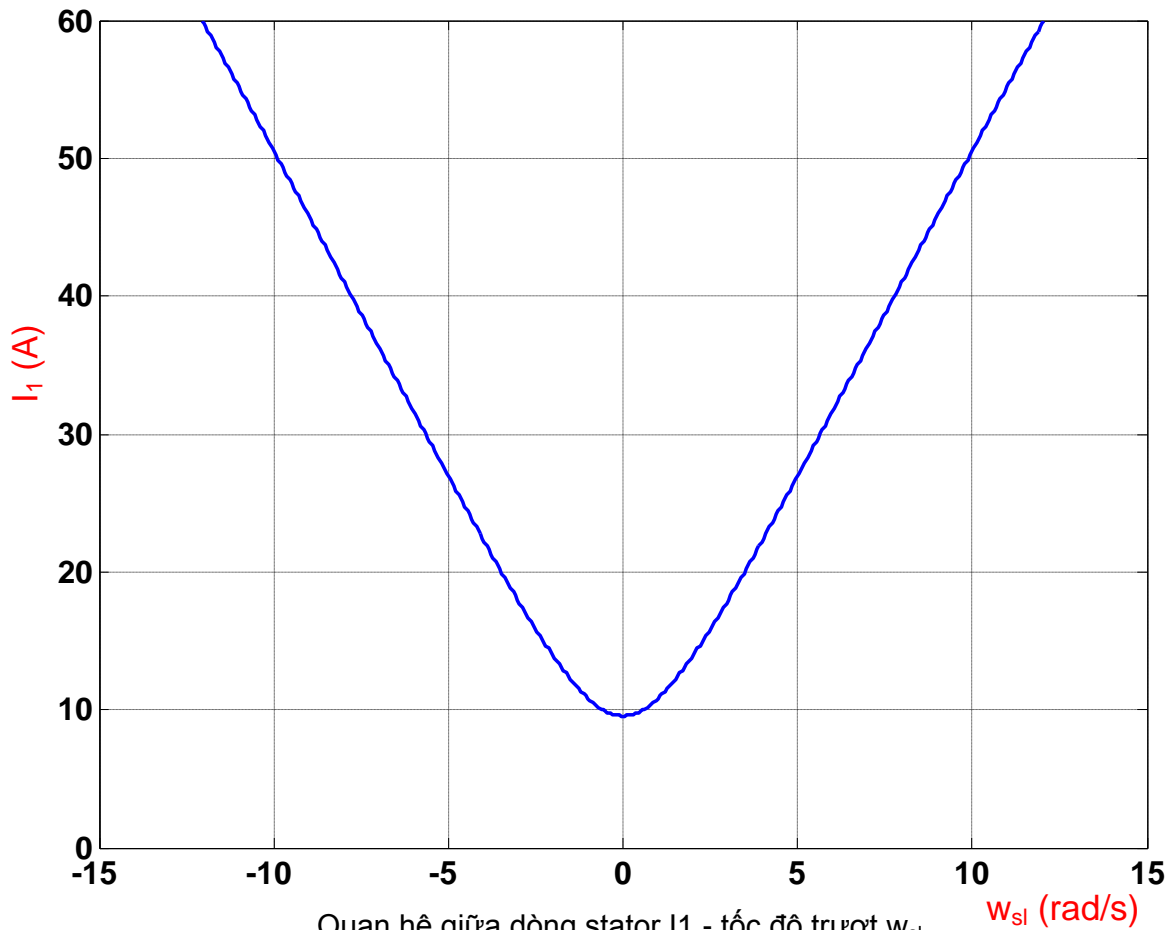
Đặc tính cơ ở tần số định mức

Đề động cơ hoạt động với từ thông không đổi:

$$I_m^2 = \left[\frac{\left(\frac{R_2'}{s} \right)^2 + X_2'^2}{\left(\frac{R_2'}{s} \right)^2 + X_m^2 + X_2'^2} \right] I_1^2$$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn dòng

Đặc tính cơ ở tần số định mức



Quan hệ giữa dòng stator I_1 - tốc độ trượt w_{sl}
để từ thông động cơ là định mức

Thông số động cơ:

4 cực, $s_{đm} = 0.05$, $f_{đm} = 50\text{Hz}$

$R_1 = 0.4 \text{ Ohm}$, $X_1 = 0.8 \text{ Ohm}$, $R'_2 = 0.25 \text{ Ohm}$, $X'_2 = 0.8 \text{ Ohm}$, $X_m = 20 \text{ Ohm}$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn dòng

Đặc tính cơ ở tần số định mức

Momen động cơ khi đó:

$$M = \frac{3}{\omega_{db}} \frac{I_1^2 X_m^2 R_2' / s}{R_2' / s^2 + X_m + X_2'^2}$$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn dòng

Đặc tính cơ ở tần số $f < f_{đm}$

Tại tần số $f = a f_{đm}$:

$$I_m^2 = \left[\frac{\left(\frac{R_2'}{as} \right)^2 + X_2'^2}{\left(\frac{R_2'}{as} \right)^2 + X_m + X_2'^2} \right] I_1^2$$

Tại tần số $f = f_{đm}$ (nghĩa là $a = 1$):

$$I_m^2 = \left[\frac{\left(\frac{R_2'}{s_1} \right)^2 + X_2'^2}{\left(\frac{R_2'}{s_1} \right)^2 + X_m + X_2'^2} \right] I_{s1}^2$$

s_1 : độ trượt tại tần số định mức

ĐC KĐB & Biến tần nguồn dòng

Đặc tính cơ ở tần số $f < f_{đm}$

Với dòng stator không đổi, nghĩa là $I_1 = I_{s1}$, để dòng từ hóa I_m không đổi với mọi giá trị của a , ta cần có:

$$\left[\frac{\left(\frac{R_2'}{as}\right)^2 + X_2'^2}{\left(\frac{R_2'}{as}\right)^2 + X_m + X_2'^2} \right] = \left[\frac{\left(\frac{R_2'}{s_1}\right)^2 + X_2'^2}{\left(\frac{R_2'}{s_1}\right)^2 + X_m + X_2'^2} \right]$$

Đẳng thức này dẫn đến:

$$sa = s_1$$

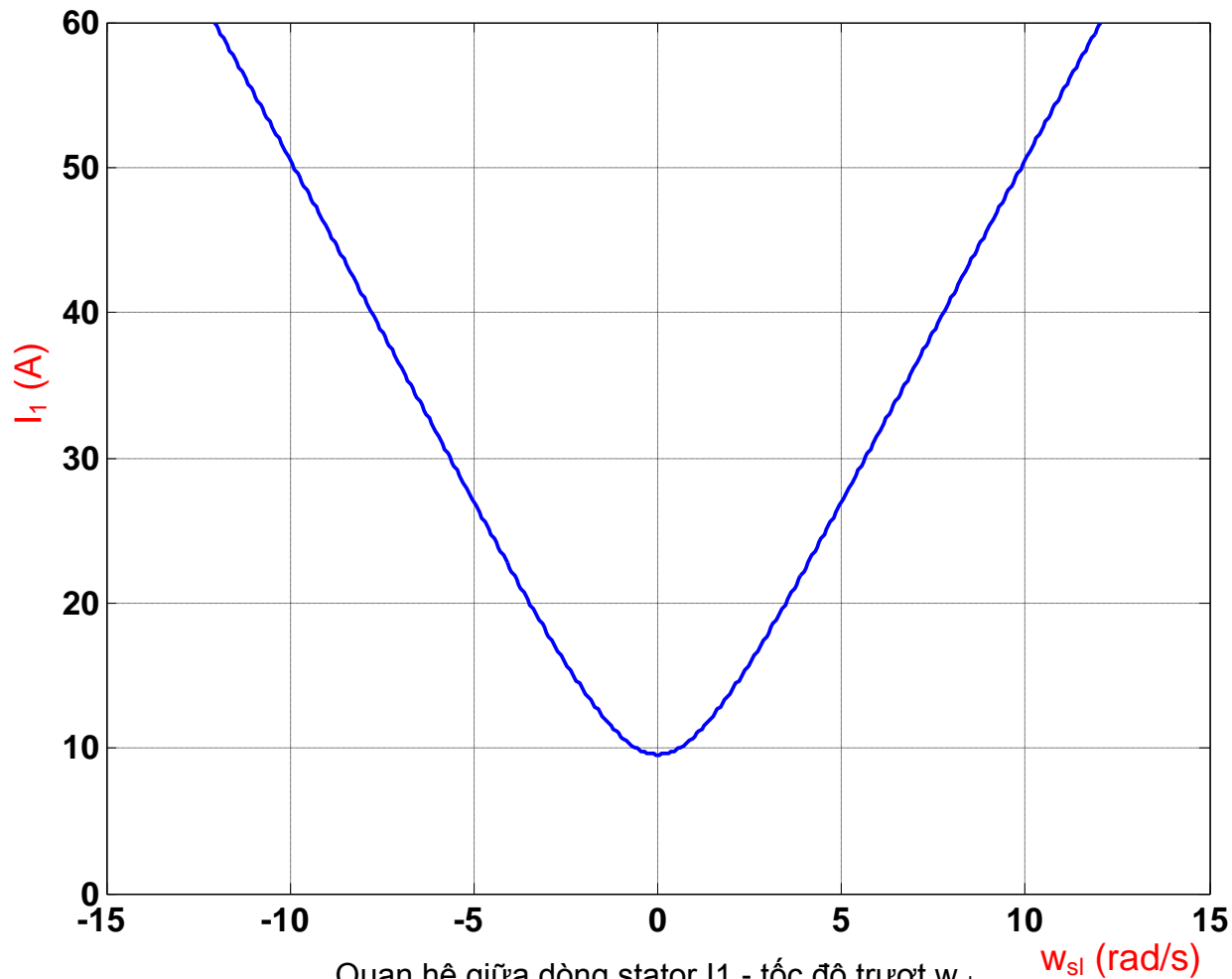
Hay:

$$as\omega_{db} = s_1\omega_{db}$$

→ Tốc độ trượt tại tần số $af_{đm} =$ Tốc độ trượt tại tần số $f_{đm} = \omega_{sl}$

Nghĩa là quan hệ $I_1(\omega_{sl})$ để động cơ làm việc với từ thông không đổi tại tần số định mức cũng đúng với mọi tần số khác.

ĐC KĐB & Biến tần nguồn dòng



Quan hệ giữa dòng stator I_1 - tốc độ trượt w_{sl}
đề từ thông động cơ là định mức

Thông số động cơ:

4 cực, $s_{đm} = 0.05$, $f_{đm} = 50\text{Hz}$

$R_1 = 0.4 \text{ Ohm}$, $X_1 = 0.8 \text{ Ohm}$, $R'_2 = 0.25 \text{ Ohm}$, $X'_2 = 0.8 \text{ Ohm}$, $X_m = 20 \text{ Ohm}$

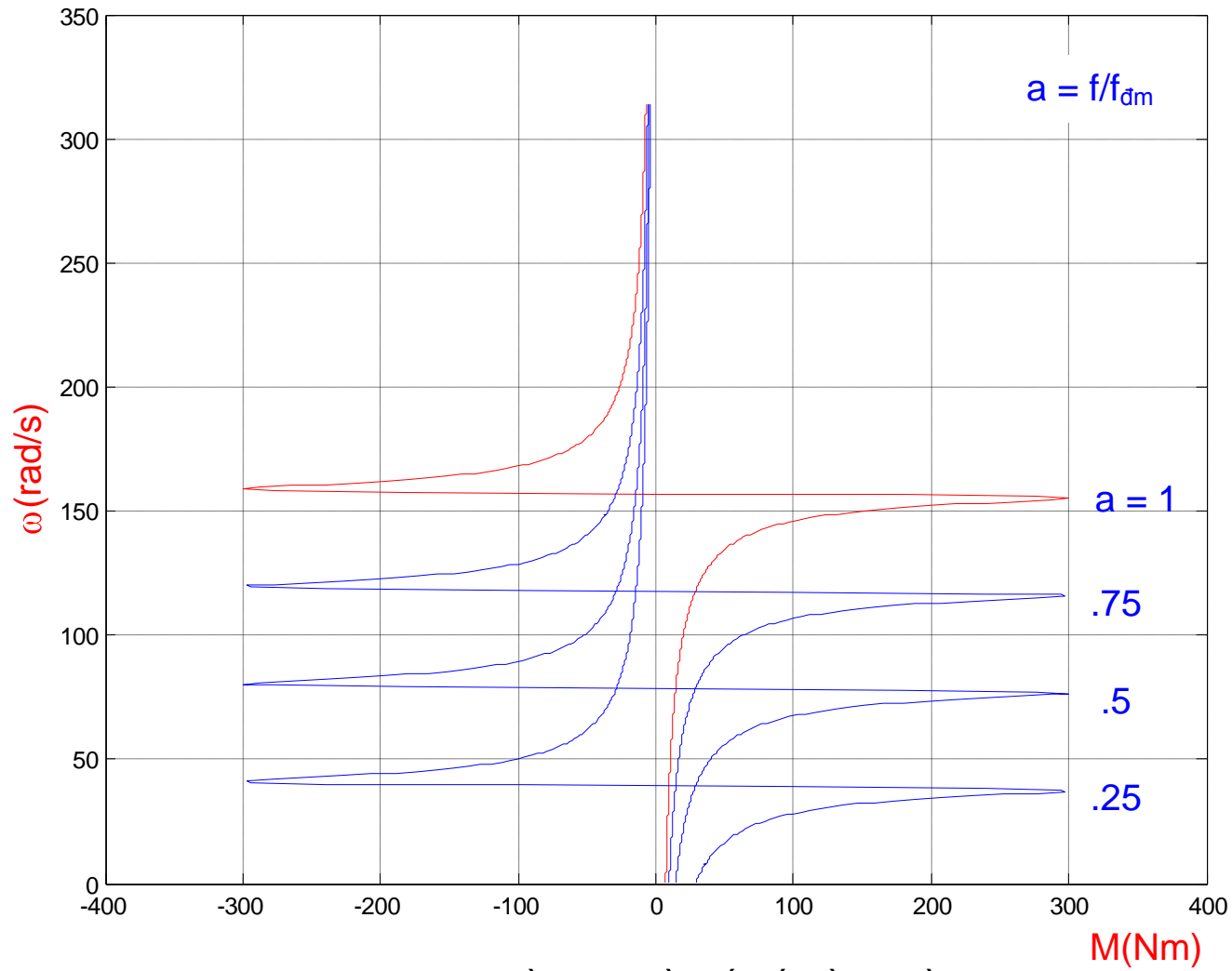
ĐC KĐB & Biến tần nguồn dòng

Momen động cơ khi hoạt động với tần số khác định mức:

$$M = \frac{3}{\omega_{db}} \frac{I_1^2 X_m^2 R_2' / sa}{R_2' / sa^2 + X_m + X_2'^2}$$

Với: $a = f/f_{đm}$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn dòng

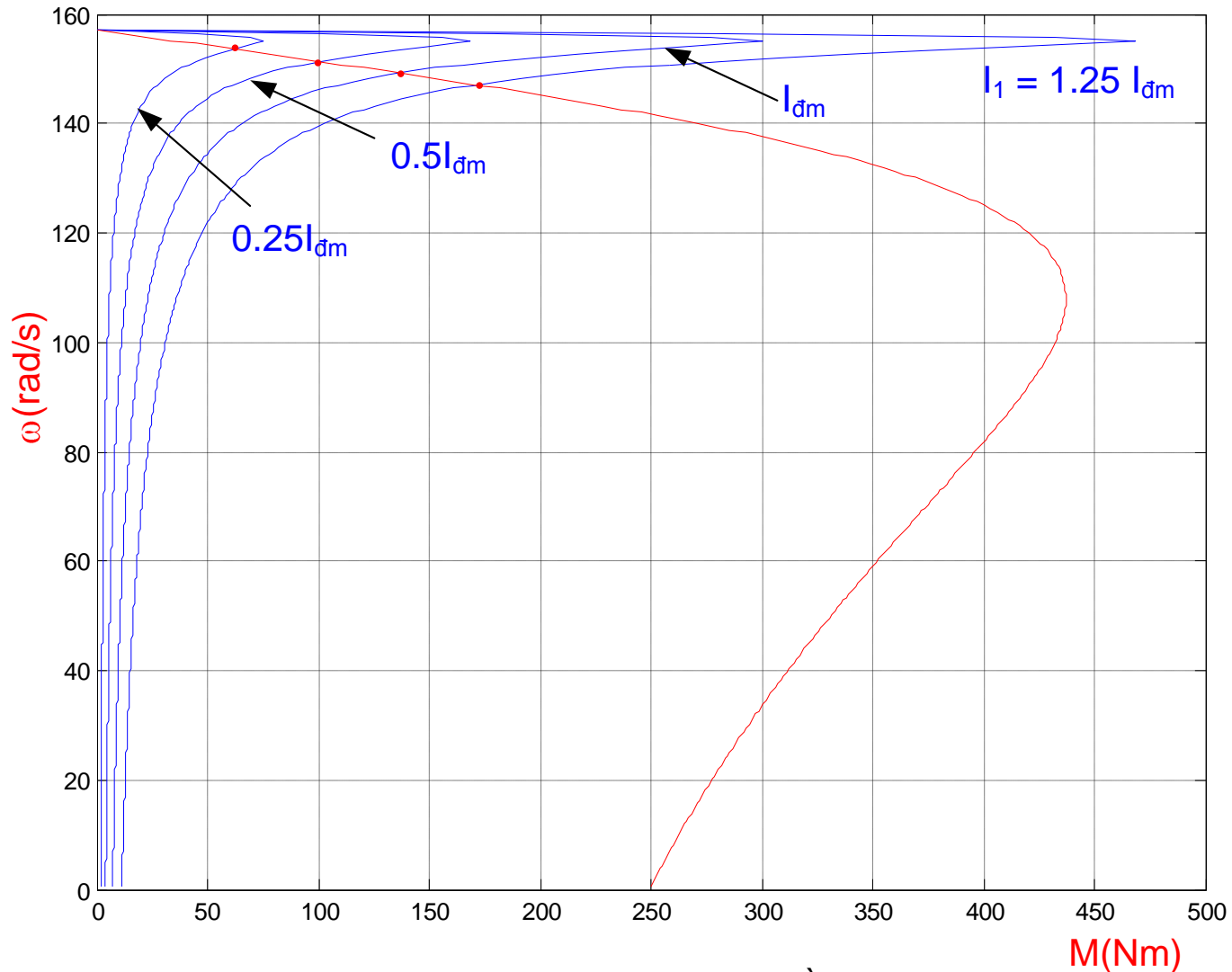


Họ đặc tính cơ khi điều chỉnh tần số biến tần nguồn dòng

($a = f/f_{dm} < 1$: điều chỉnh dưới tần số định mức)

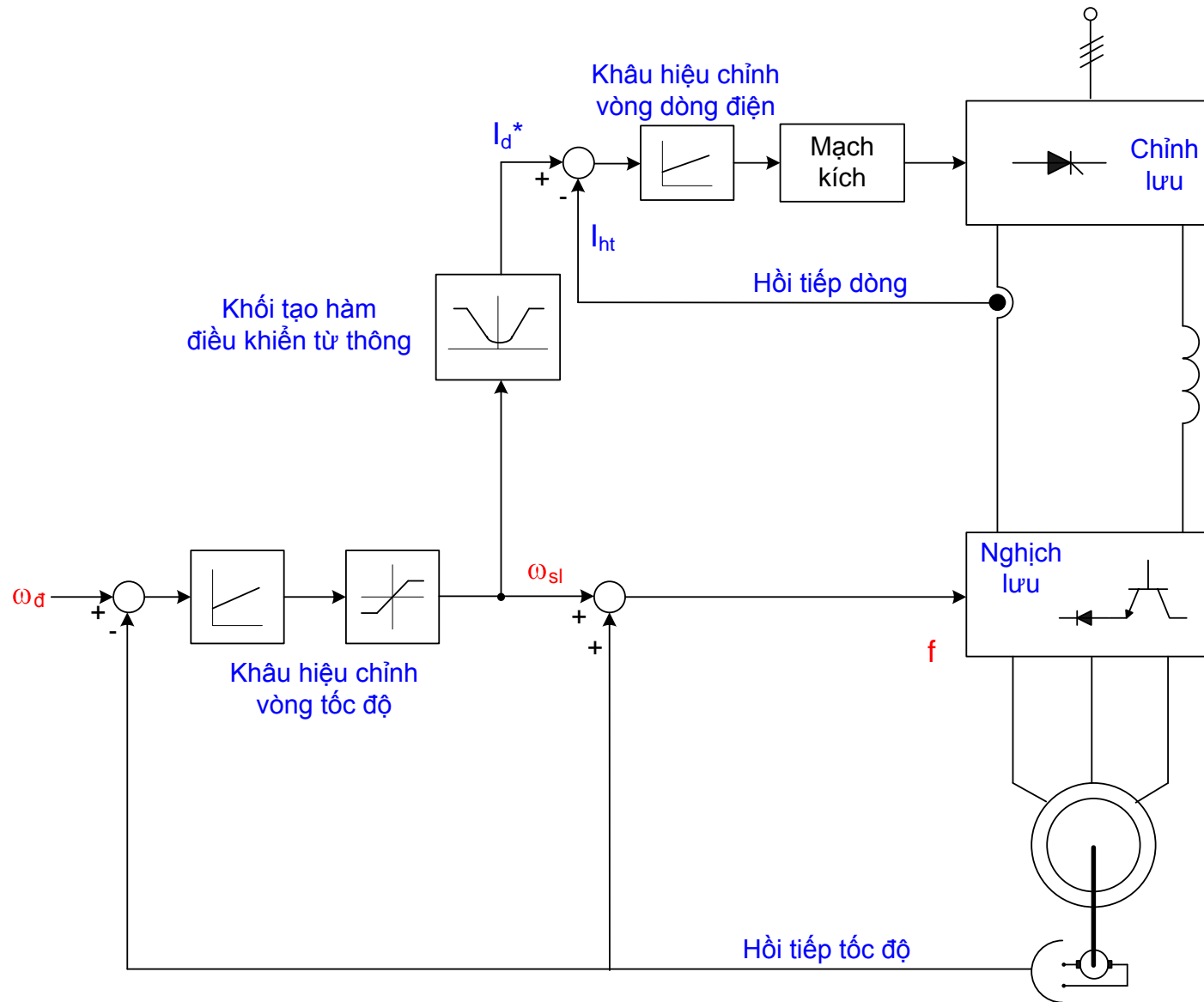
$$I_1 = I_{1dm}$$

ĐC KĐB & Biến tần nguồn dòng



Đặc tính động cơ không đồng bộ
hoạt động với biến tần nguồn dòng (vẽ tại tần số định mức)

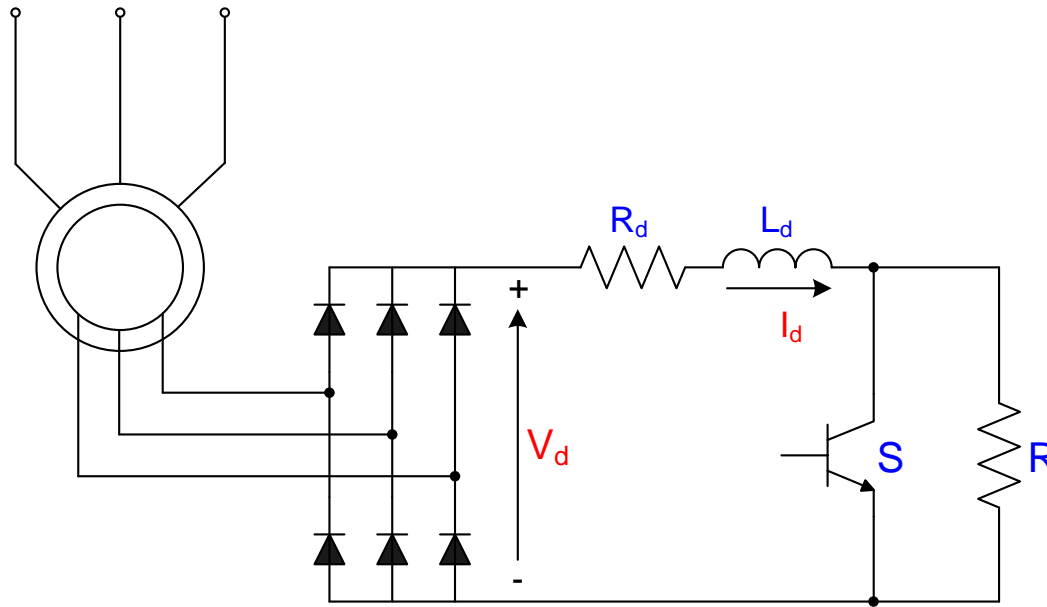
ĐC KĐB & Biến tần nguồn dòng



ĐIỀU KHIỂN CÔNG SUẤT TRƯỢT ĐỘNG CƠ ROTOR DÂY QUẤN

- Điều khiển xung điện trở rotor
- Hệ nối tầng tĩnh

ĐIỀU KHIỂN XUNG ĐIỆN TRỞ ROTOR



Các giả thiết khi giải tích hệ thống:

1. Bỏ qua hiện tượng trùng dẫn xảy ra trong cầu chỉnh lưu diode,
2. Dòng I_d xem là liên tục và phẳng
3. Momen động cơ sinh ra do sự tương tác giữa hài bậc 1 của dòng rotor và từ thông trong khe hở không khí giữa stator và rotor,
4. Tổn hao trên cầu diode và khóa bán dẫn không đáng kể

ĐIỀU KHIỂN XUNG ĐIỆN TRỞ ROTOR

Năng lượng hấp thụ bởi R trong một chu kỳ T:

$$W_R = I_d^2 R (T - t_{on})$$

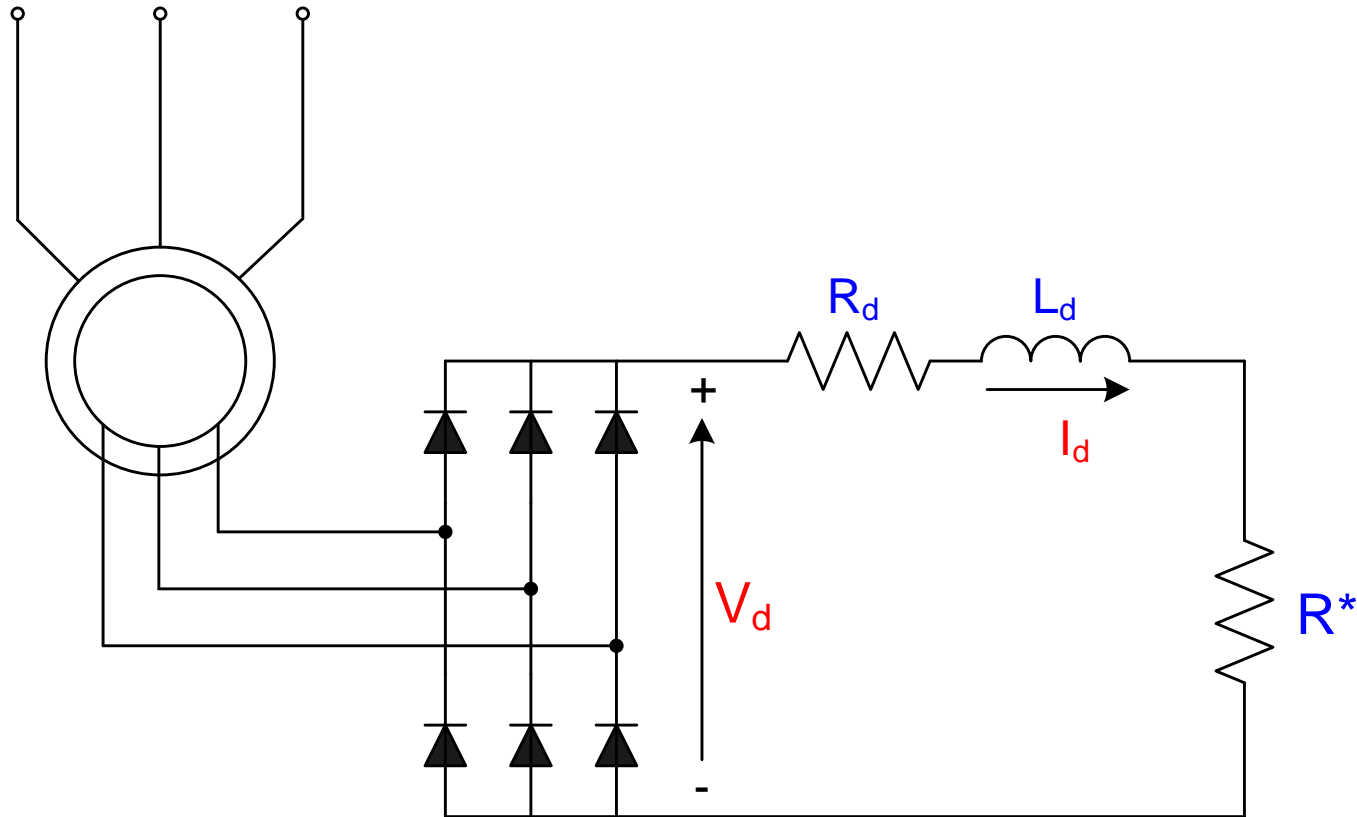
Công suất trung bình hấp thụ bởi R:

$$P_R = \frac{1}{T} I_d^2 R (T - t_{on}) = I_d^2 R (1 - \gamma) \quad \text{với } \gamma = t_{on} / T$$

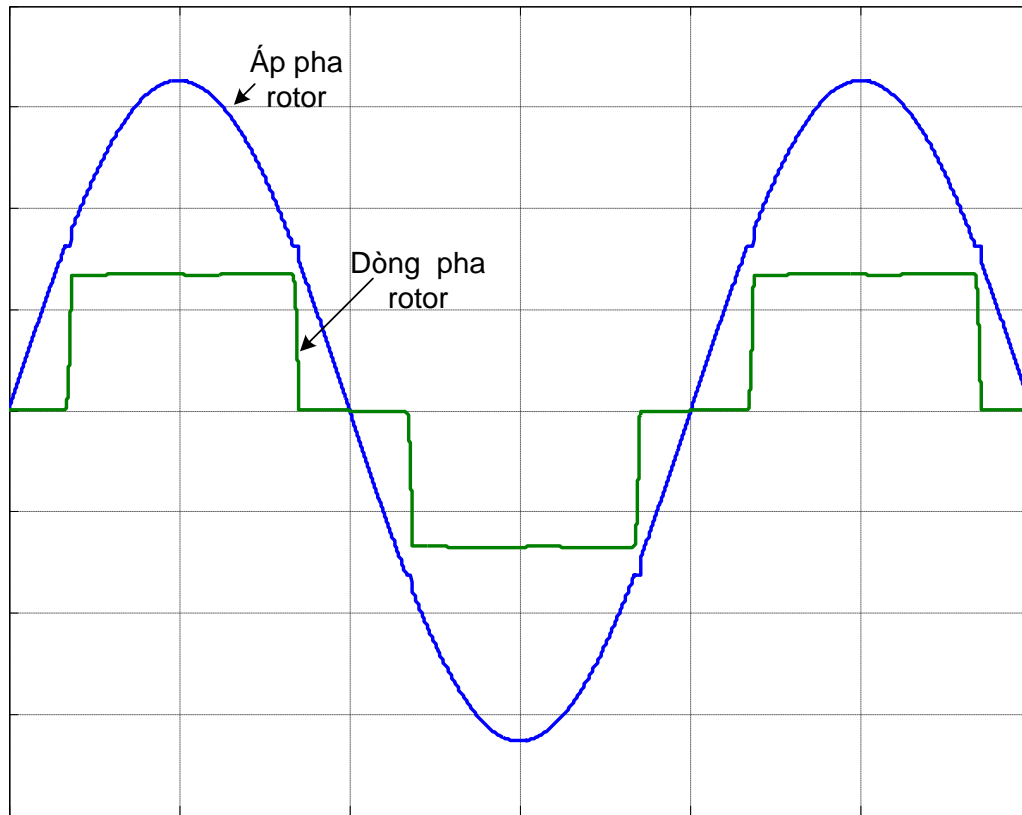
Giá trị đẳng trị của điện trở R:

$$R^* = R (1 - \gamma)$$

ĐIỀU KHIỂN XUNG ĐIỆN TRỞ' ROTOR



ĐIỀU KHIỂN XUNG ĐIỆN TRỞ' ROTOR



ĐIỀU KHIỂN XUNG ĐIỆN TRỞ ROTOR

Giá trị hiệu dụng của dòng pha rotor:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_d$$

Giá trị hiệu dụng của hài bậc 1 dòng pha rotor:

$$I_2 = \frac{\sqrt{6}}{\pi} I_d$$

Suy ra:

$$I_2 = \frac{3}{\pi} I_{rms}$$

Công suất tiêu thụ trên 1 pha rotor:

$$P_e = \frac{1}{3} R_d + R(1-\gamma) I_d^2 = 0.5 R_d + R(1-\gamma) I_{rms}^2$$

Điện trở đẳng trị trên mỗi pha rotor:

$$R_{dt}^* = 0.5 R_d + R(1-\gamma)$$

ĐIỀU KHIỂN XUNG ĐIỆN TRỞ ROTOR

Mạch tương đương của động cơ khi hoạt động với hệ xung điện trở suy ra trên nguyên tắc bảo toàn công suất, bao gồm:

1. Công suất cơ do hài bậc 1 của dòng rotor gây ra,
2. Tổn hao trên điện trở do hài bậc 1 và sóng hài gây ra.

Công suất điện từ truyền qua khe hở không khí = Công suất tiêu thụ bởi mạch rotor

$$P_{dt} = 3EI_2 \cos \theta_r = 3I_{rms}^2 (R_2 + R_{dt}^*) + P_c$$

$$\text{Mà: } I_2 = \frac{3}{\pi} I_{rms}$$

Nên:

$$3EI_2 \cos \theta_r = \frac{\pi^2}{3} I_2^2 (R_2 + R_{dt}^*) + P_c$$

$$\therefore EI_2 \cos \theta_r = \frac{\pi^2}{9} I_2^2 (R_2 + R_{dt}^*) + \frac{P_c}{3}$$

ĐIỀU KHIỂN XUNG ĐIỆN TRỞ ROTOR

Công suất trượt tương ứng với dòng hài cơ bản (bậc 1) của dòng rotor:

$$sP_{dt1} = 3I_2^2(R_2 + R_{dt}^*)$$

Trong đó:

P_{dt1} : Công suất điện từ ứng với hài cơ bản của dòng rotor,

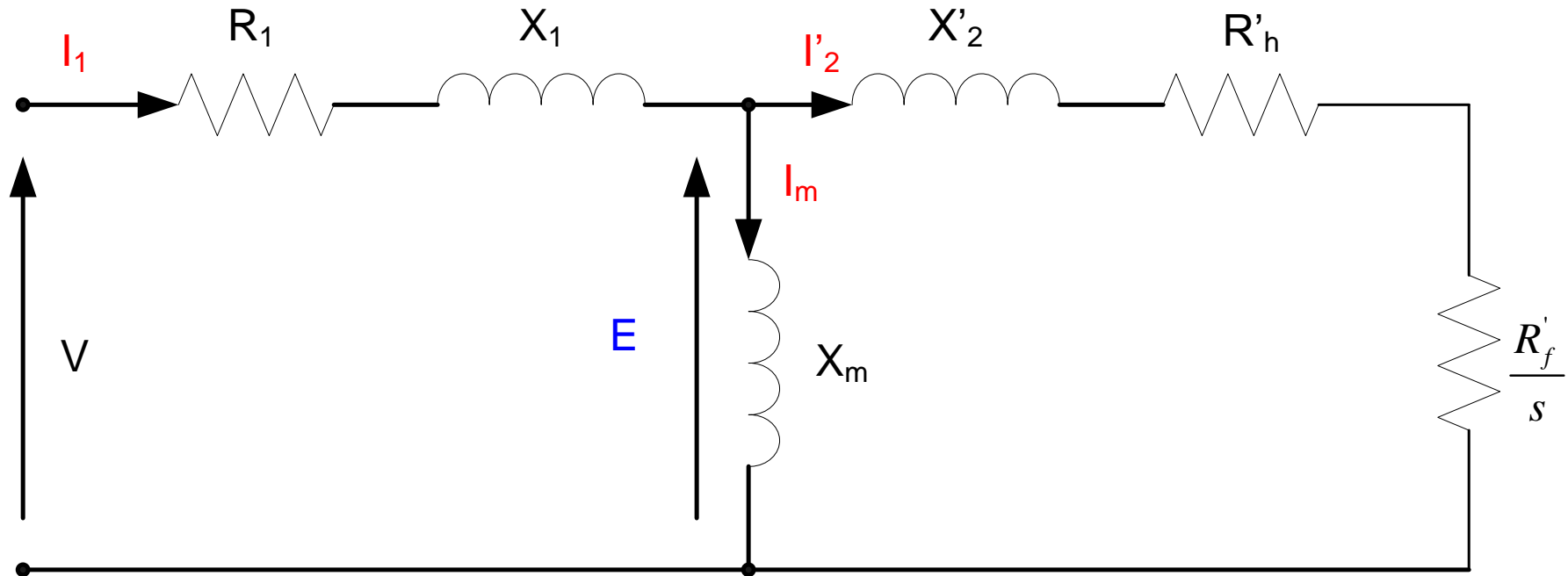
Công suất cơ sinh ra bởi hài cơ bản của dòng rotor:

$$P_c = (1-s)P_{dt} = 3I_2^2(R_2 + R_{dt}^*) \frac{(1-s)}{s}$$

Từ đó, ta có công suất điện từ truyền qua khe hở không khí là:

$$EI_2 \cos \theta_r = \left[\left(\frac{\pi^2}{9} - 1 \right) (R_2 + R_{dt}^*) + \frac{(R_2 + R_{dt}^*)}{s} \right] I_2^2 = \left(R_h + \frac{R_f}{s} \right) I_2^2$$

ĐIỀU KHIỂN XUNG ĐIỆN TRỞ ROTOR



Mạch tương đương 1 pha của ĐC KĐB
khi sử dụng mạch điều khiển xung điện trở rotor

ĐIỀU KHIỂN XUNG ĐIỆN TRỞ ROTOR

Mạch tương đương 1 pha của ĐC KĐB

khi sử dụng mạch điều khiển xung điện trở rotor

$$R_h = \left(\frac{\pi^2}{9} - 1 \right) (R_2 + R_{dt}^*)$$

$$R_f = (R_2 + R_{dt}^*)$$

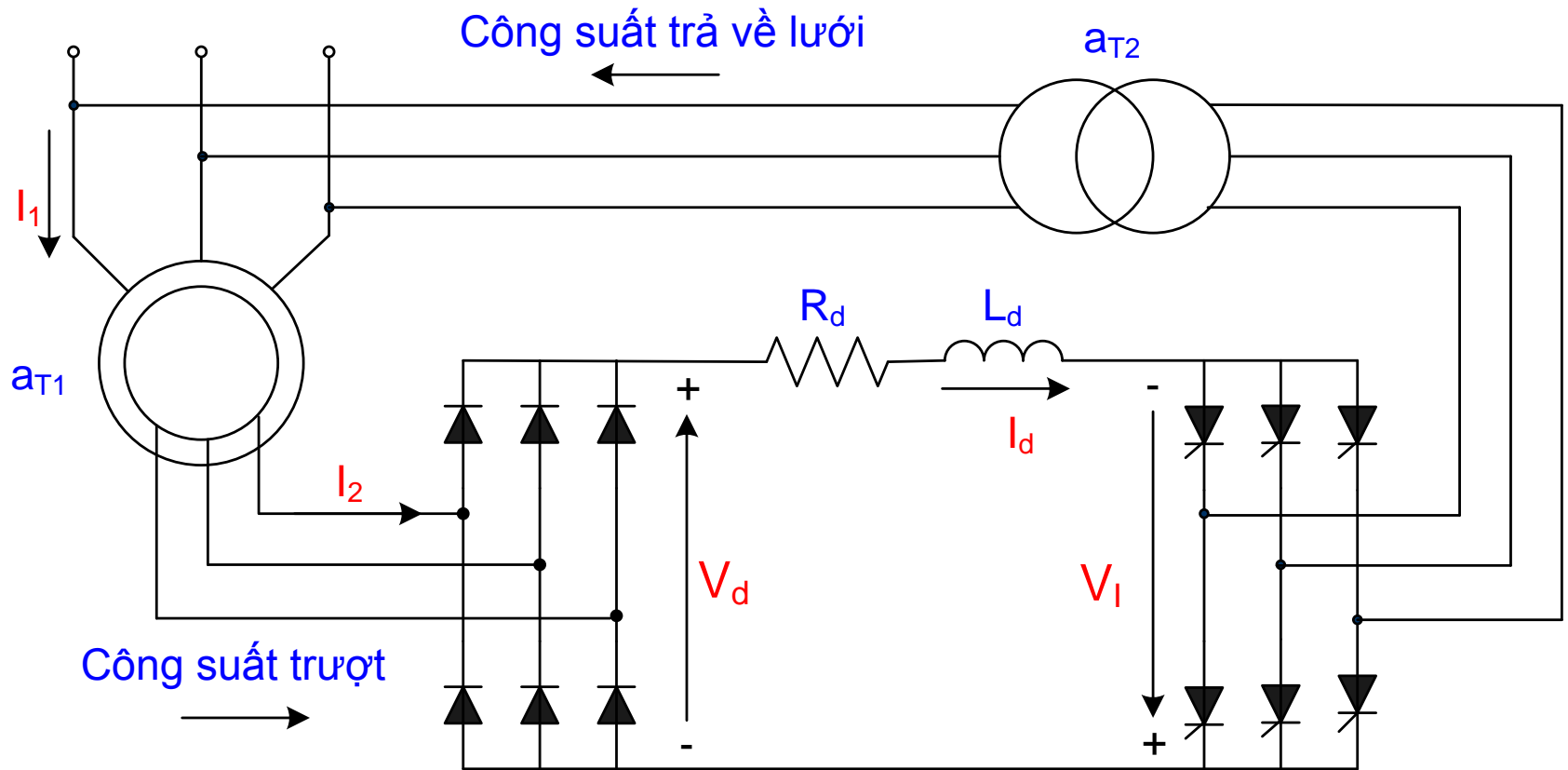
Quy đổi về stator:

$$R'_h = a_{T1}^2 R_h$$

$$R'_f = a_{T1}^2 R_f$$

Lưu ý: a_{T1} : tỉ số vòng stator/ rotor,

HỆ NỐI TÀNG TÍNH



HỆ NỔ TẦNG TĨNH

Các giả thiết khi giải tích hệ thống:

1. Bỏ qua hiện tượng trùng dẫn xảy ra trong cầu chỉnh lưu diode,
2. Dòng I_d xem là liên tục và phẳng
3. Momen động cơ sinh ra do sự tương tác giữa hài bậc 1 của dòng rotor và từ thông trong khe hở không khí giữa stator và rotor,
4. Tổn hao trên cầu diode và khóa bán dẫn không đáng kể,
5. Biến áp được giả thiết là lý tưởng (bỏ qua điện kháng tản, tổn hao)
6. Bỏ qua hiện tượng trùng dẫn trên cầu nghịch lưu

HỆ NỐI TẦNG TĨNH - Nguyên lý hoạt động

Điện áp ngõ ra bộ chỉnh lưu:

$$V_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \frac{sV}{a_{T1}}$$

- V : điện áp pha cung cấp cho stator
- a_{T1} : tỉ số vòng dây stator/rotor

Điện áp phía DC của cầu nghịch lưu:

$$V_I = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \frac{V}{a_{T2}} \cos \alpha$$

Nếu bỏ qua R_d , ta có:

$$V_d + V_I = 0$$

Suy ra độ trượt s (nghĩa là tốc độ động cơ) có thể điều chỉnh theo góc kích α :

$$s = -\frac{a_{T1}}{a_{T2}} \cos \alpha = -a_T \cos \alpha$$

Công suất điện từ do động cơ sinh ra:

$$P_{dt} = \frac{V_d I_d}{s}$$

Momen điện từ động cơ sinh ra:

$$M = \frac{P_{dt}}{\omega_{db}} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \frac{V I_d}{a_{T1} \omega_{db}}$$

HỆ NỐI TẦNG TĨNH – Mạch tương đương

Công suất điện từ truyền sang phía rotor:

$$P_{dt} = P_c + P_{cur} + P_r$$

- P_c : công suất cơ,
- P_{cur} : tổn hao đồng trên rotor,
- P_r : công suất trả về lưới,

Lưu ý là công suất cơ (và tương ứng là momen cơ) do thành phần hài cơ bản của dòng rotor sinh ra, còn tổn hao đồng rotor do dòng rotor hiệu dụng sinh ra.

HỆ NỐI TÀNG TĨNH – Mạch tương đương

Công suất điện từ P_{dt} có thể tính như sau:

$$P_{dt} = 3 \left(\frac{\pi^2}{9} - 1 \right) (R_2 + 0.5R_d) I_2^2 + \frac{3}{s} \left[(R_2 + 0.5R_d) I_2^2 - \frac{VI_2 \cos \alpha}{a_{T2}} \right]$$

Suy ra, công suất điện từ trên 1 pha rotor là:

$$EI_2 \cos \theta_r = \left(\frac{\pi^2}{9} - 1 \right) (R_2 + 0.5R_d) I_2^2 + \frac{(R_2 + 0.5R_d)}{s} I_2^2 - \frac{1}{s} \frac{V \cos \alpha}{a_{T2}} I_2$$

Hay:

$$EI_2 \cos \theta_r = R_h I_2^2 + \frac{R_f}{s} I_2^2 + \frac{V_r}{s} I_2$$

Trong đó:

$$R_h = \left(\frac{\pi^2}{9} - 1 \right) (R_2 + 0.5R_d)$$

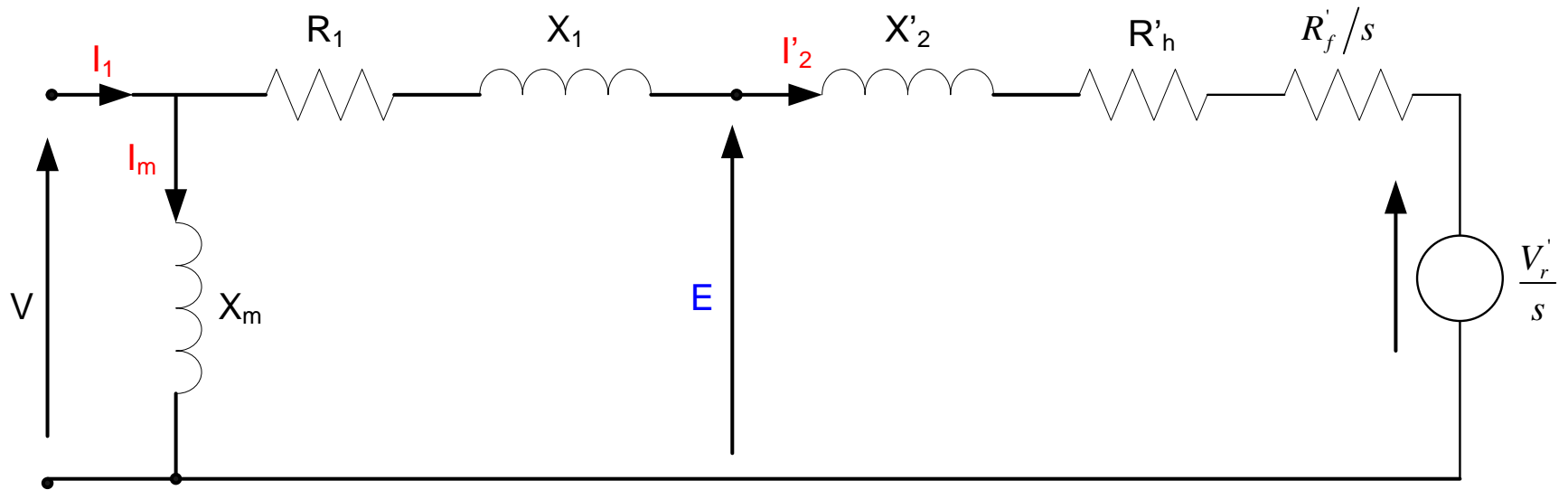
$$R_f = (R_2 + 0.5R_d)$$

$$V_r = - \frac{V \cos \alpha}{a_{T2}}$$

Quy đổi sang phía stator:

$$EI_2' \cos \theta_r = R_h' I_2'^2 + \frac{R_f'}{s} I_2'^2 + \frac{V_r'}{s} I_2'$$

HỆ NỐI TẦNG TĨNH – Mạch tương đương



HỆ NỐI TÀNG TĨNH – Mạch tương đương

Để vẽ đặc tính cơ của động cơ với góc kích α cho trước:

- Lấy giá trị của độ trượt s ,
- Tính ra giá trị dòng rotor I_2' :

$$I_2' = \frac{-V_{td}R + \sqrt{V_{td}^2R^2 + (R^2 + X^2)(V_2^2 - V_{td}^2)}}{R^2 + X^2}$$

Trong đó:

$$R = R_1 + R_h' + \frac{R_f'}{s}$$

$$V_{td} = \frac{V_r'}{s}$$

$$X = X_1 + X_2'$$

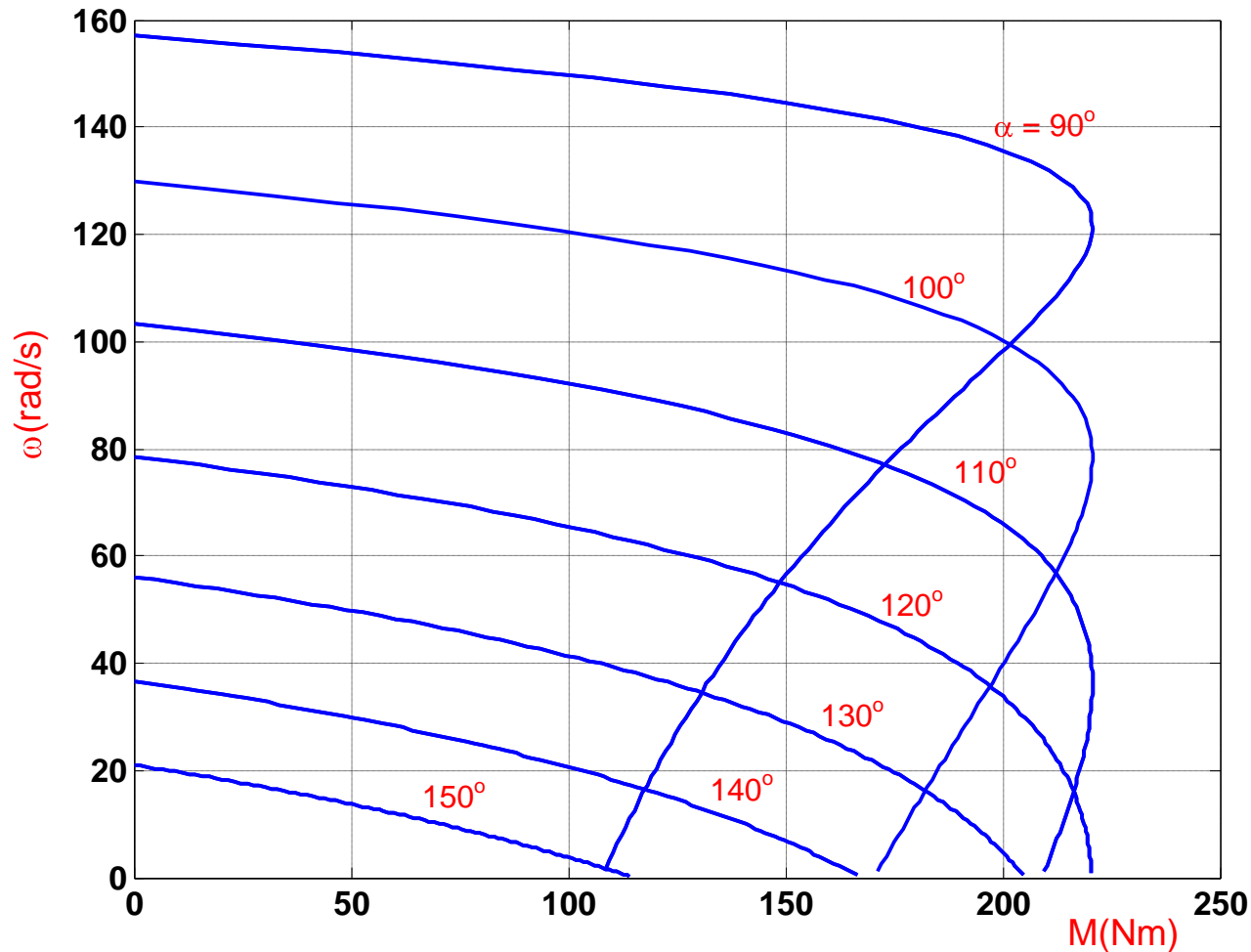
- Công suất cơ sinh ra:

$$P_c = 3 \left[I_2'^2 R_f' + V_r' I_2' \right] \frac{(1-s)}{s}$$

- Momen động cơ sinh ra:

$$M = \frac{P_c}{(1-s)\omega_{db}} = \frac{3}{s\omega_{db}} \left[I_2'^2 R_f' + V_r' I_2' \right]$$

HỆ NỐI TÀNG TĨNH – Mạch tương đương



Họ đặc tính cơ khi của hệ nối tầng tĩnh Scherbius

Thông số động cơ:

4 cực, $s_{đm} = 0.05$, $f_{đm} = 50\text{Hz}$

$R_1 = 0.4 \text{ Ohm}$, $X_1 = 0.8 \text{ Ohm}$, $R'_2 = 0.25 \text{ Ohm}$, $X'_2 = 0.8 \text{ Ohm}$, $X_m = 20 \text{ Ohm}$