



Máy điện

cuu duong than cong. com
Máy điện không đồng bộ

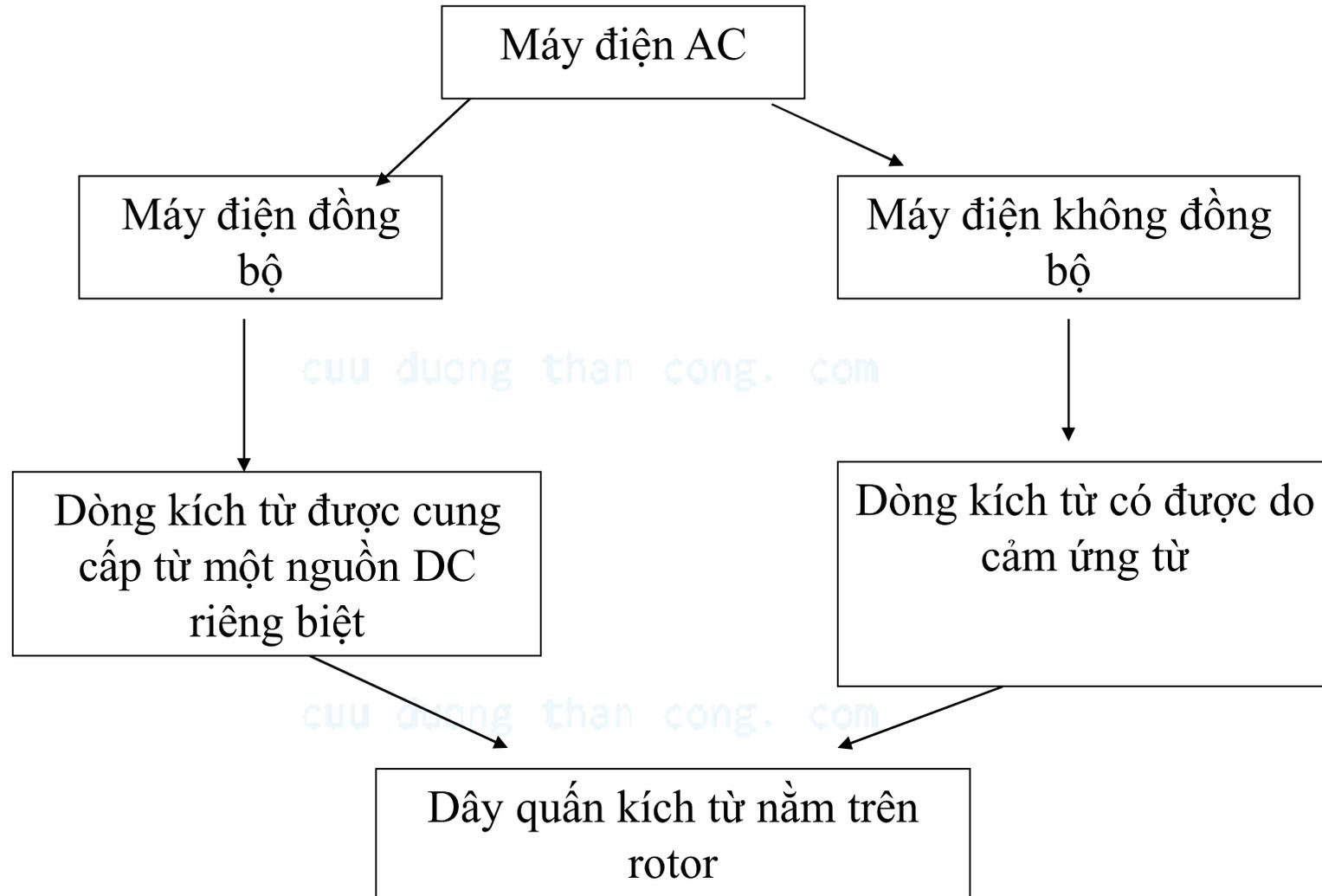
cuu duong than cong. com

Máy điện

Bộ môn Thiết bị điện



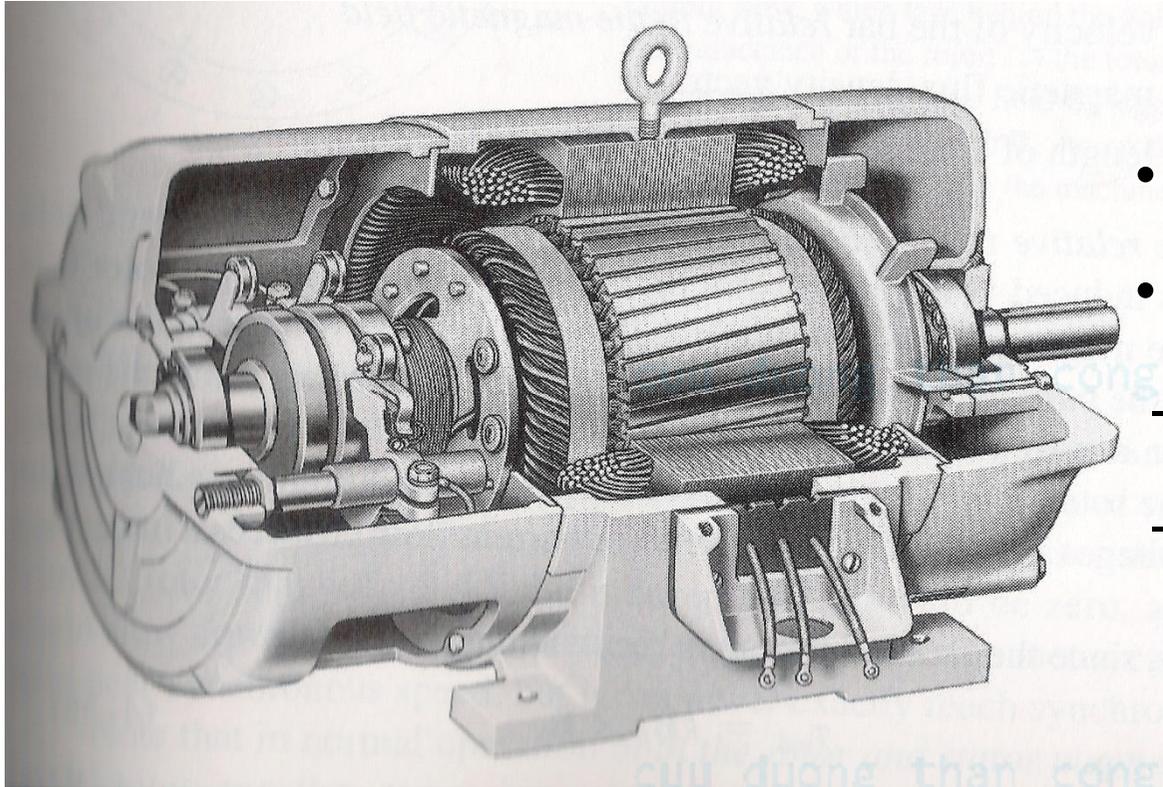
Máy điện AC



Máy điện

Bộ môn Thiết bị điện

Cấu tạo

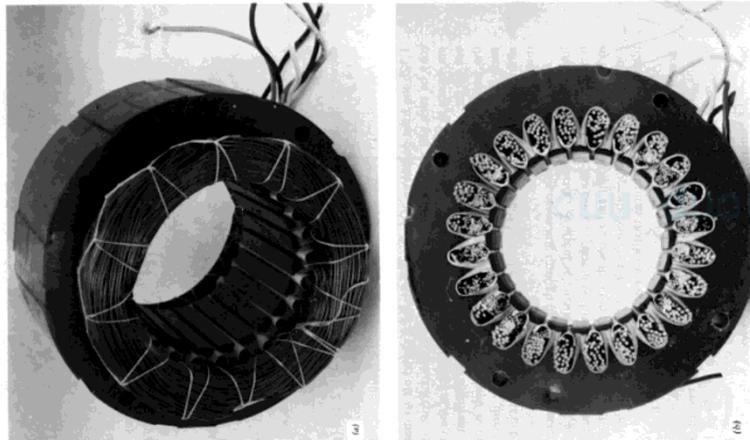


- **Stator:** dây quấn phần ứng
- **Rotor:** dây quấn kích từ
 - Rotor lồng sóc
 - Rotor dây quấn

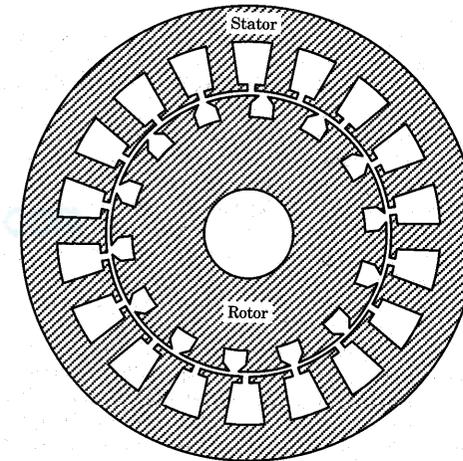


Cấu tạo

Stator

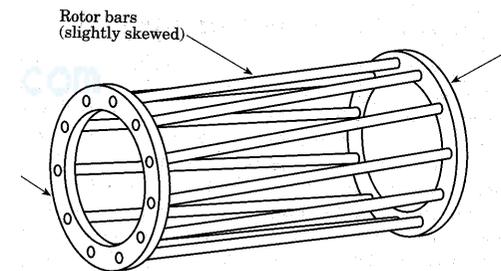


Stator



(a)

Rotor



(b)

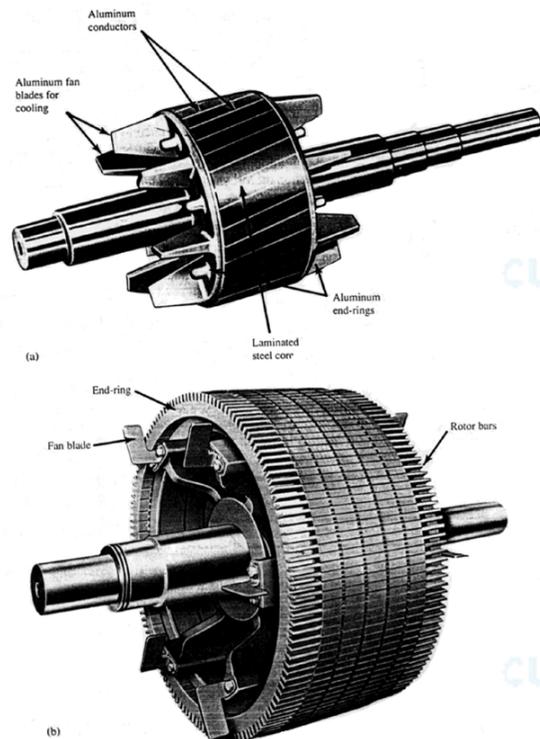
Máy điện

Bộ môn Thiết bị điện



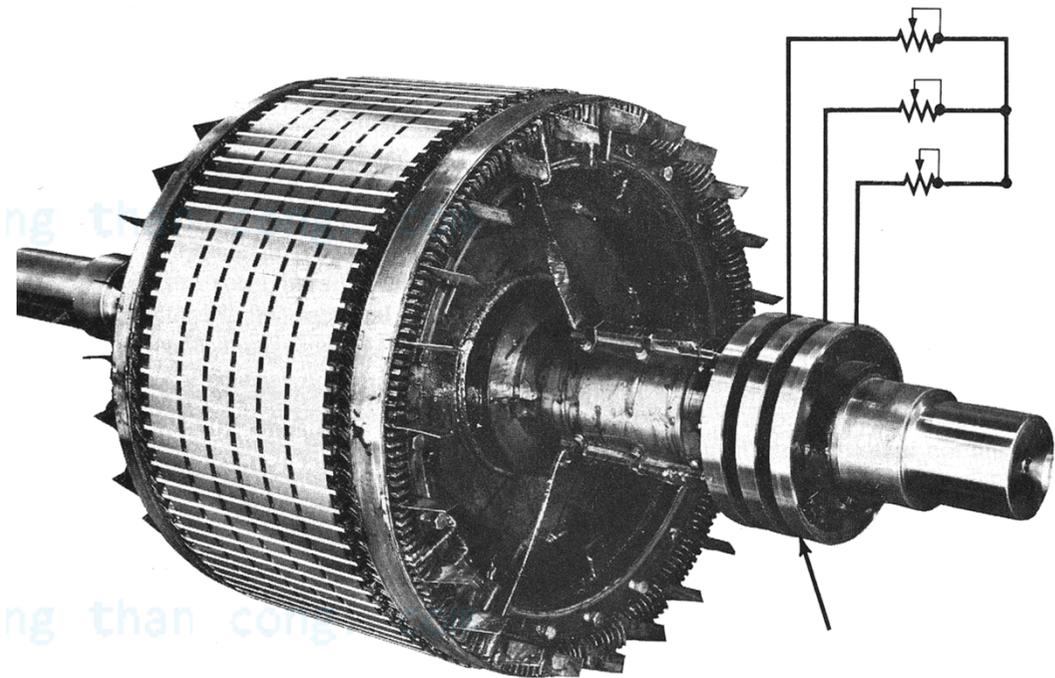
Cấu tạo

Rotor lồng sóc



Squirrel-cage rotor: (a) cast-aluminum conductors; (b) brazen conductors and end-rings.
(Courtesy Siemens Energy and Automation)

Rotor dây quấn





Nguyên lý hoạt động

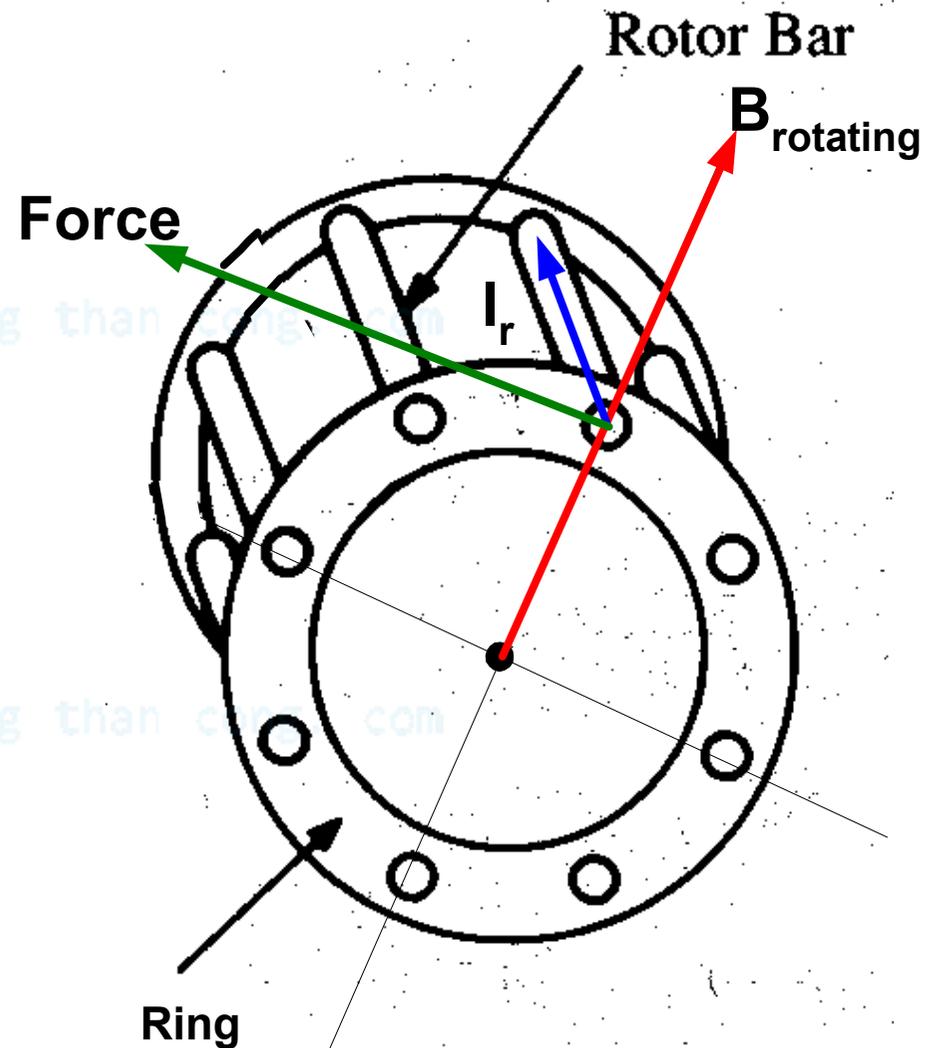
- Tương tác giữa dòng rotor và từ trường stator tạo ra lực làm quay rotor: $F = BIl\sin\theta$
- Biên độ điện áp cảm ứng phụ thuộc vào sự chênh lệch tốc độ giữa rotor và từ trường quay stator.
- Chênh lệch tốc độ lớn nhất khi khởi động, khi đó động cơ tiêu thụ dòng lớn. Tần số dòng rotor bằng tần số dòng stator khi rotor đứng yên.
- Khi động cơ bắt đầu chạy, độ lệch tốc độ giảm:
 - Tần số điện áp cảm ứng trong rotor giảm.
 - Dòng rotor và điện áp cảm ứng giảm.



Nguyên lý hoạt động

- Từ trường quay cảm ứng ra dòng rotor.
- Dòng rotor và từ trường quay tương tác tạo thành lực quay rotor

$$F = B_{quay} l I_r$$





Nguyên lý hoạt động

Nguyên lý hoạt động của động cơ KĐB ba pha:

- Nếu tốc độ rotor bằng tốc độ từ trường stator, thì điện áp, dòng cảm ứng và moment sẽ bằng không. Vì thế tốc độ rotor phải thấp hơn tốc độ đồng bộ.
- Sự chênh lệch giữa tốc độ rotor và tốc độ từ trường stator (tốc độ đồng bộ) gọi là tốc độ trượt. Độ trượt s được định nghĩa như sau:

$$s = (n_s - n_r) / n_s \text{ hay } s = (w_e - w_r) / w_e$$

trong đó $n_s = 60 f / p$

- Tần số dòng điện rotor: $f_r = s f$
- Độ trượt có giá trị thông thường từ 1 tới 5 %



Mạch tương đương

Xây dựng mạch tương đương ở tần số $f_e \rightarrow$ cần qui đổi các đại lượng ở tần số f_2 về f_e

PT cân bằng điện áp xét trên một pha dây quấn (tương đồng với MBA)

$$\text{Stator} \quad \dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + (R_1 + jX_1)\dot{I}_1 = -\dot{E}_1 + Z_1 \dot{I}_1$$

$$\text{Rotor} \quad \dot{U}_2 = \dot{E}_{2s} - (R_2 + jX_{2s})\dot{I}_2 = \dot{E}_2 - Z_2 \dot{I}_2 = 0$$

$$\text{Với} \quad X_{2s} = 2\pi f_2 L_2 = s(2\pi f_e L_2) = sX_2$$

$$\Rightarrow \dot{E}_2 - \left(\frac{R_2}{s} + jX_2 \right) \dot{I}_2 = 0$$



Mạch tương đương

PT cân bằng sức từ động:

$$k_{dq1} N_1 \dot{I}_1 + k_{dq2} N_2 \dot{I}_2 = k_{dq1} N_1 \dot{I}_0$$

Đặt $k = \frac{k_{dq1} N_1}{k_{dq2} N_2} \Rightarrow \dot{I}'_2 = \frac{\dot{I}_2}{k}$
 $\Rightarrow \dot{I}_1 = \dot{I}_0 - \dot{I}'_2$

Qui đổi

- Dòng điện $\dot{I}'_2 = \dot{I}_2 / k$
- Sđđ $E'_2 = k E_2$
- Điện trở, điện kháng $R'_2 = k^2 R_2$ $X'_2 = k^2 X_2$

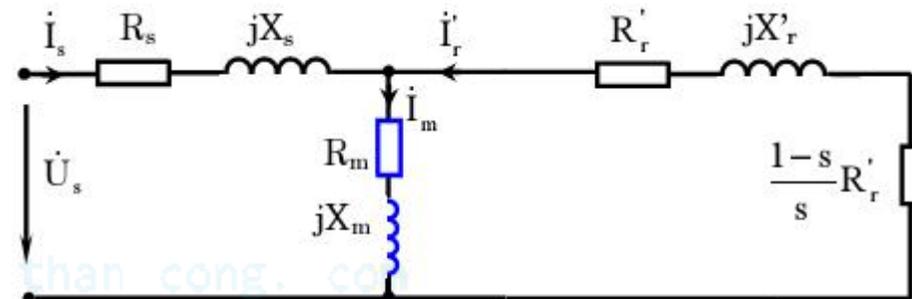


Mạch tương đương

PT cân bằng điện áp xét trên một pha dây quấn sau qui đổi

$$\text{Stator} \quad \dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + Z_1 \dot{I}_1$$

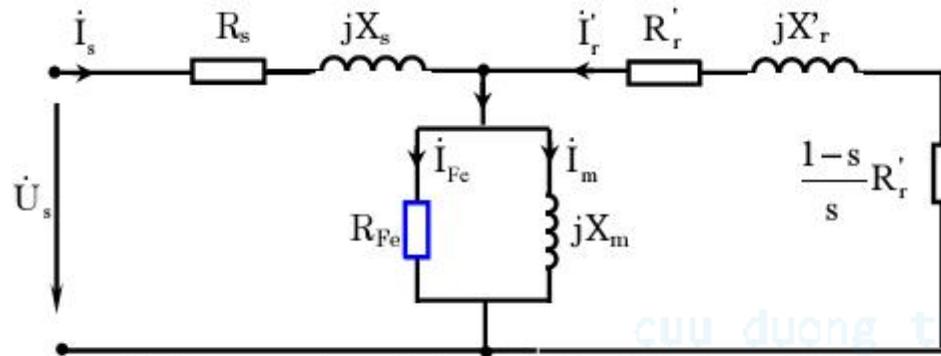
$$\text{Rotor} \quad 0 = \dot{E}'_2 - \left(\frac{R'_2}{s} + jX'_2 \right) \dot{I}'_2$$



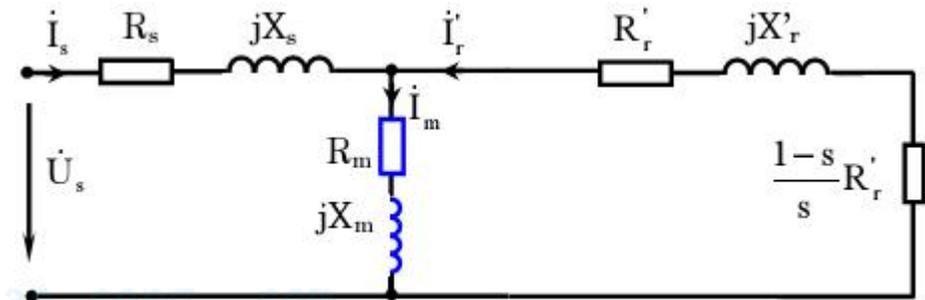
Mạch tương đương của động cơ KĐB



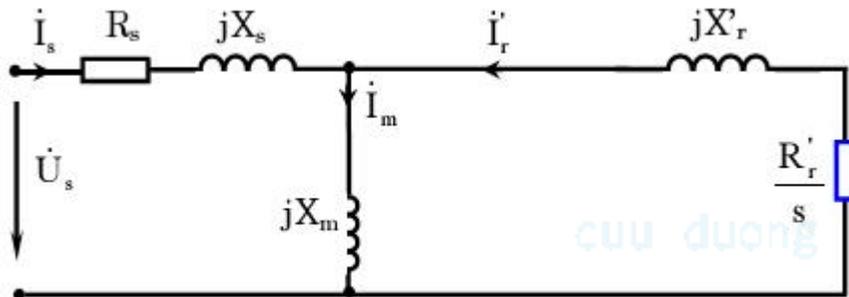
Mạch tương đương



Mạch tương đương động cơ KĐB với tổn hao sắt từ



Mạch tương đương của động cơ KĐB



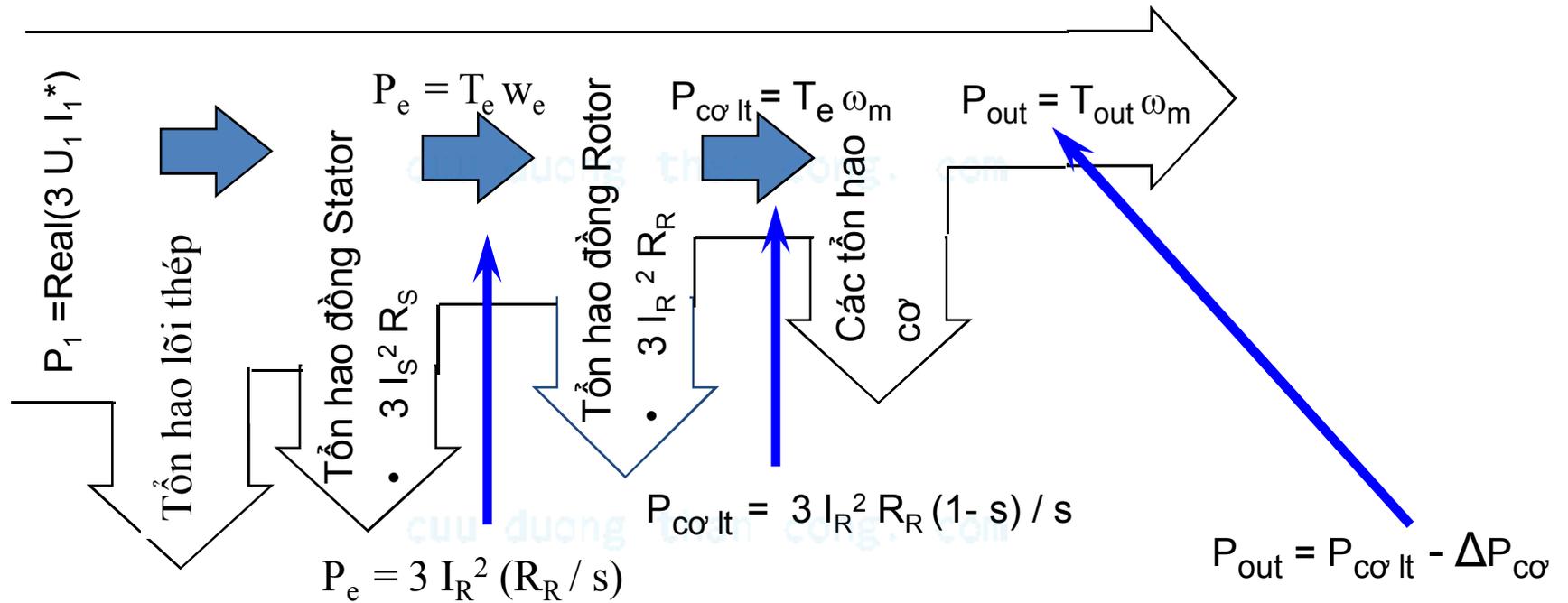
Mạch tương đương động cơ KĐB với dòng từ hoá

Mạch tương đương của động cơ không đồng bộ



Phân bố công suất

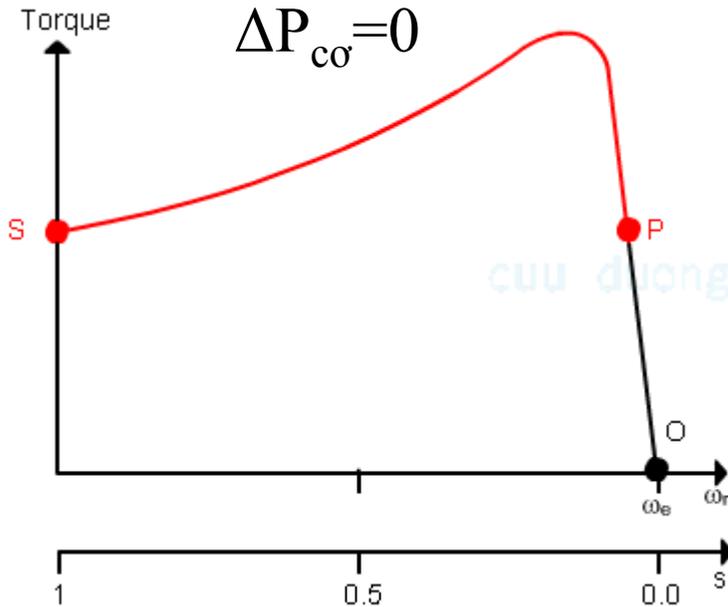
Giải đồ năng lượng.





Đặc tính cơ (moment-tốc độ)

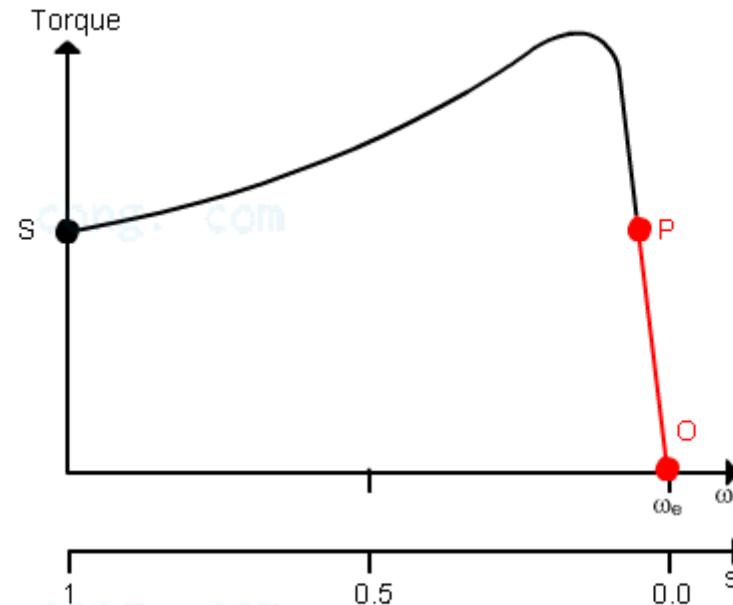
Nếu coi
 $\Delta P_{cơ} = 0$



$$T = 3 \frac{P}{2} \frac{U_1^2 R_2'}{s \omega_e \left(\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right)}$$

Do $Z_m \gg Z_2$

Máy điện



$$T = 3 \frac{P}{2} \frac{U_1^2}{\omega_e R_2'} s$$

Bộ môn Thiết bị điện

- Điểm **P** ứng với động cơ có tốc độ định mức (có trên nhãn của động cơ)
- Đoạn **OP** được gọi là vùng hoạt động bình thường của động cơ



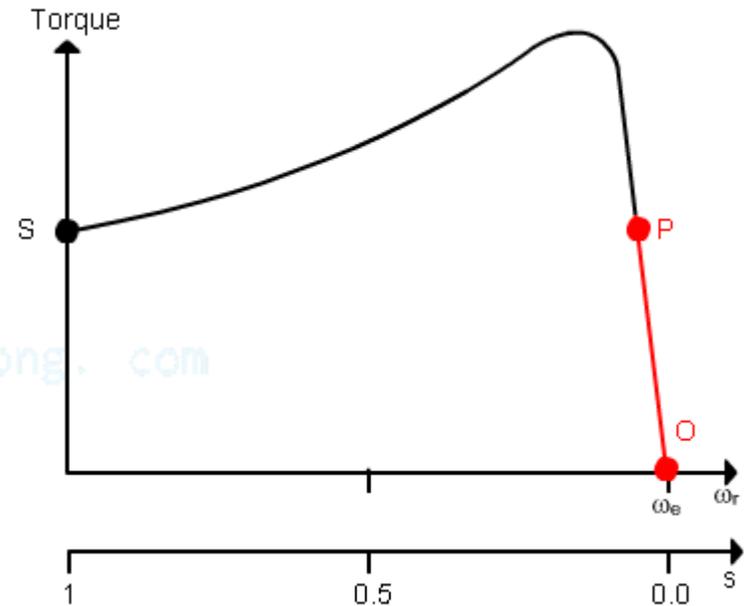
Đặc tính cơ (moment-tốc độ)

$$s_m = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

$$T_{max} = \frac{3 P}{2 \omega_e} \frac{U_1^2}{\left(R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2} \right)}$$

$$T_{mm} = \frac{3 P}{2 \omega_e} \frac{U_1^2 R_2'}{\left((R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2 \right)}$$

$$I_{mm} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$



$$\frac{T}{T_{max}} = \frac{2}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}}$$

Máy điện

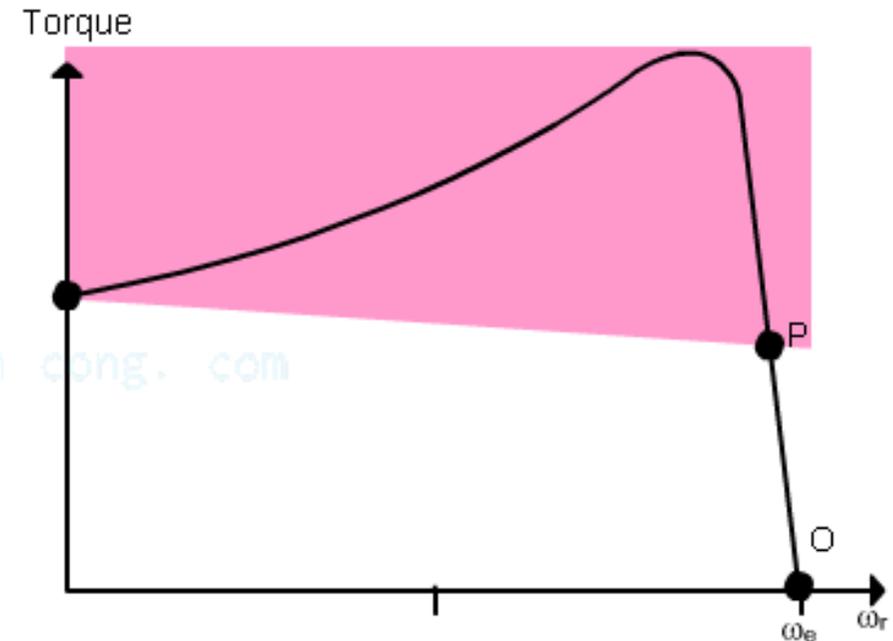
Bộ môn Thiết bị điện



Đặc tính cơ moment-tốc độ

Trường hợp này xảy ra khi:

- Moment lớn hơn định mức hoặc
- Động cơ quá tải





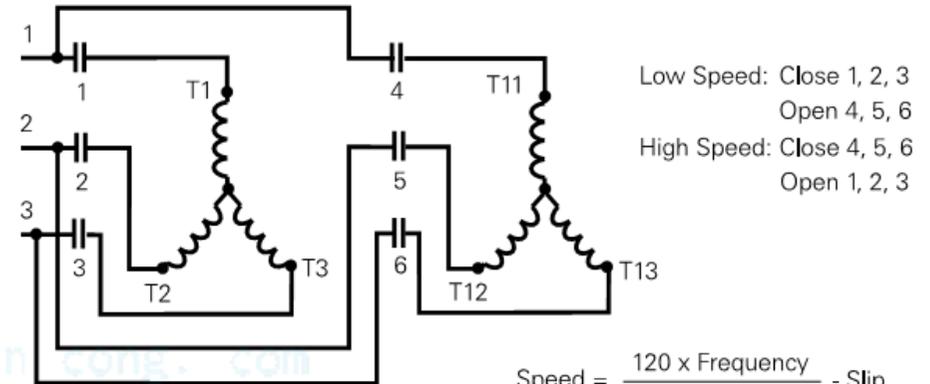
Mở máy

Khi mở máy:

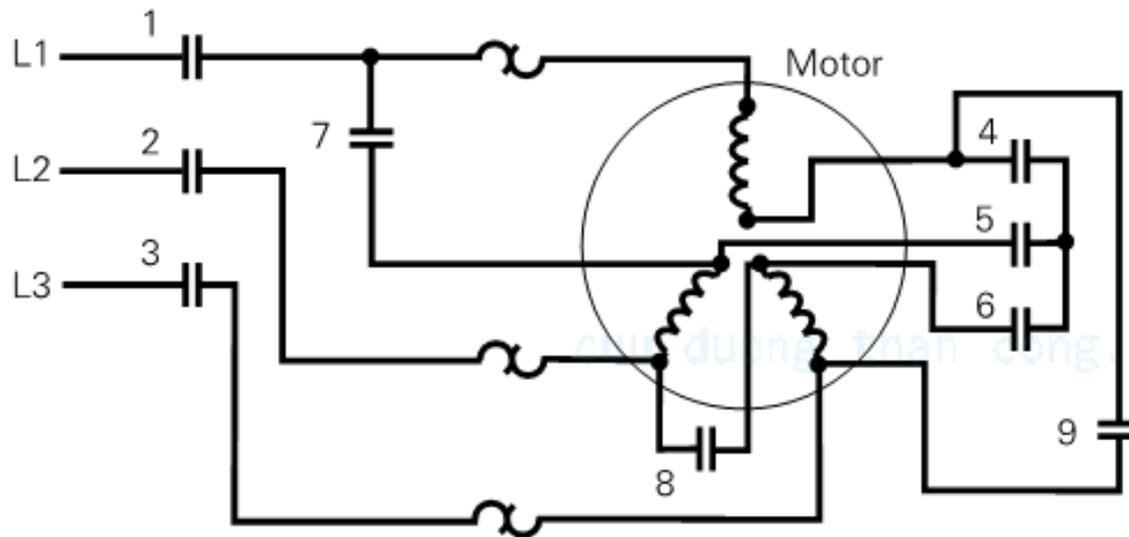
- $T_{mm} > T_{tải}$
- T đủ lớn để thời gian mở máy nhỏ
- Mở máy trực tiếp: dùng cho động cơ công suất nhỏ
- Động cơ rotor dây quấn: thay đổi điện trở phụ ở mạch rotor
- Động cơ rotor lồng sóc:
 - giảm điện áp
 - dùng cuộn kháng (hoặc điện trở)
 - dùng biến áp tự ngẫu
 - nối Y/ Δ



Mở máy: nối Y/ Δ



$$\text{Speed} = \frac{120 \times \text{Frequency}}{\text{Number of Poles}} - \text{Slip}$$



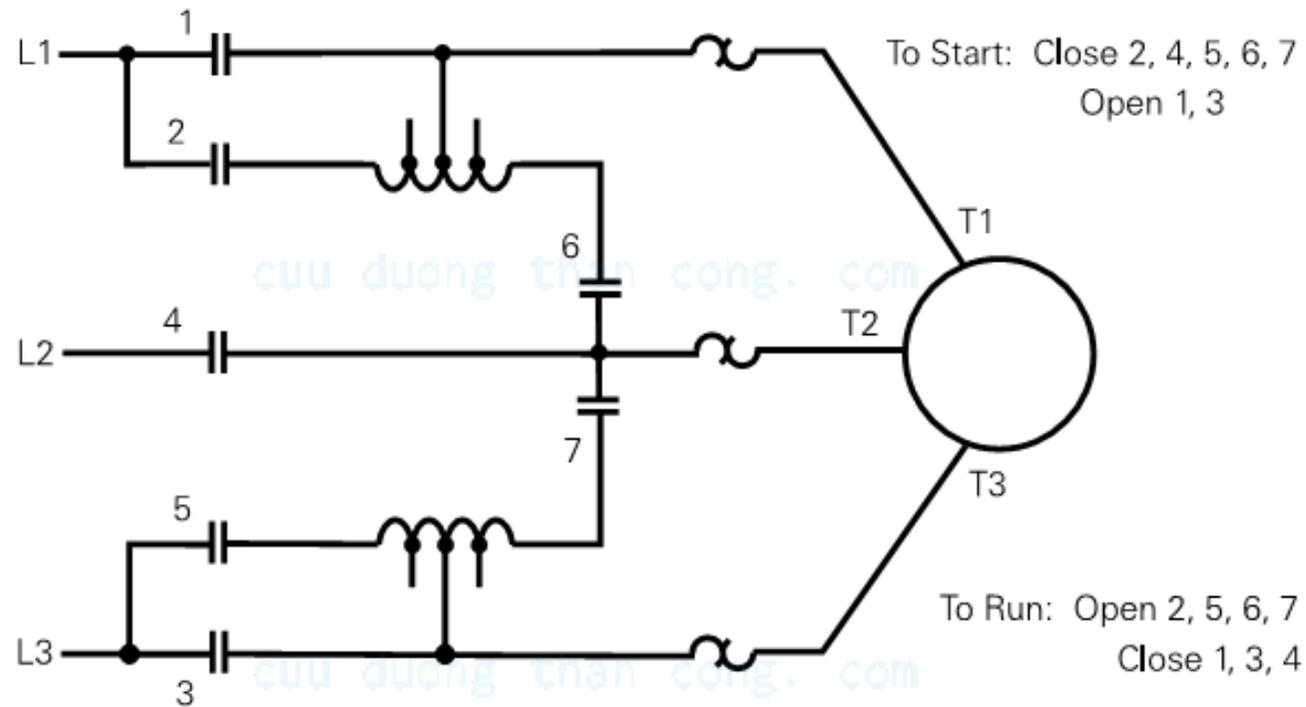
To Start: Close 1, 2, 3, 4, 5, 6
Open 7, 8, 9

To Run: Open 4, 5, 6
Close 7, 8, 9

Bộ môn Thiết bị điện

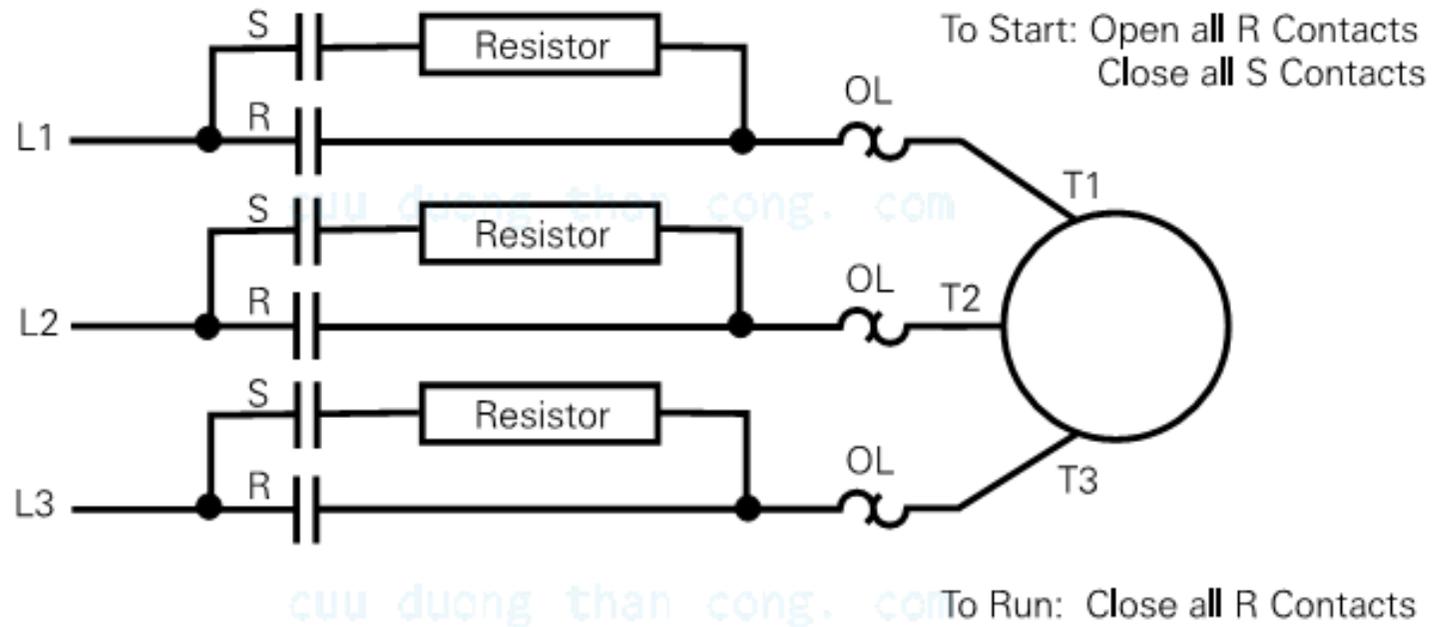


Mở máy: dùng biến áp



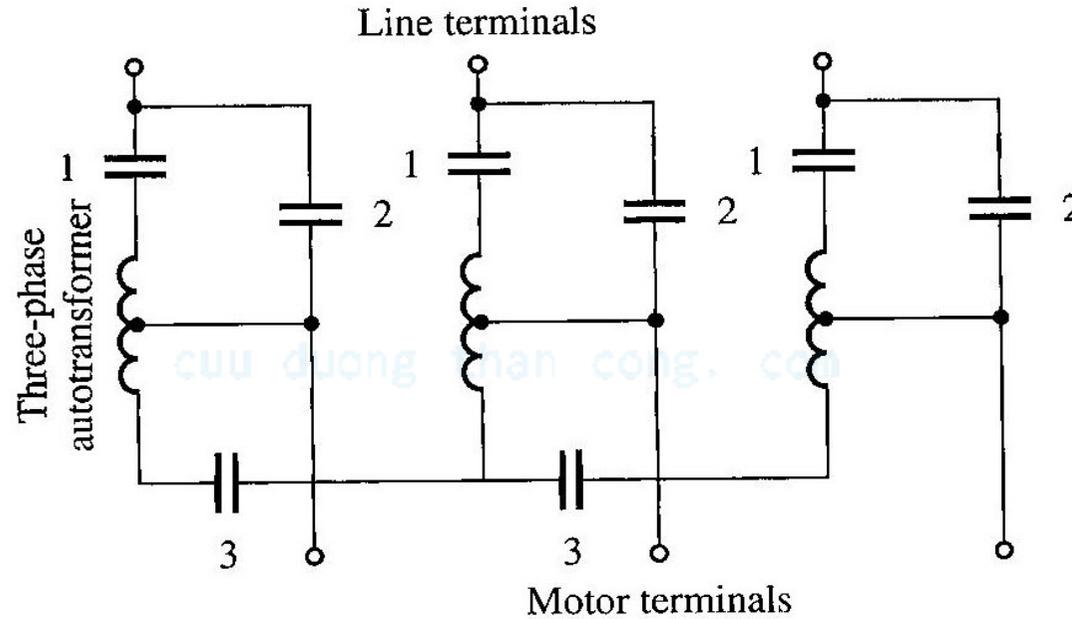


Mở máy: dùng điện trở





Mở máy



Starting sequence:

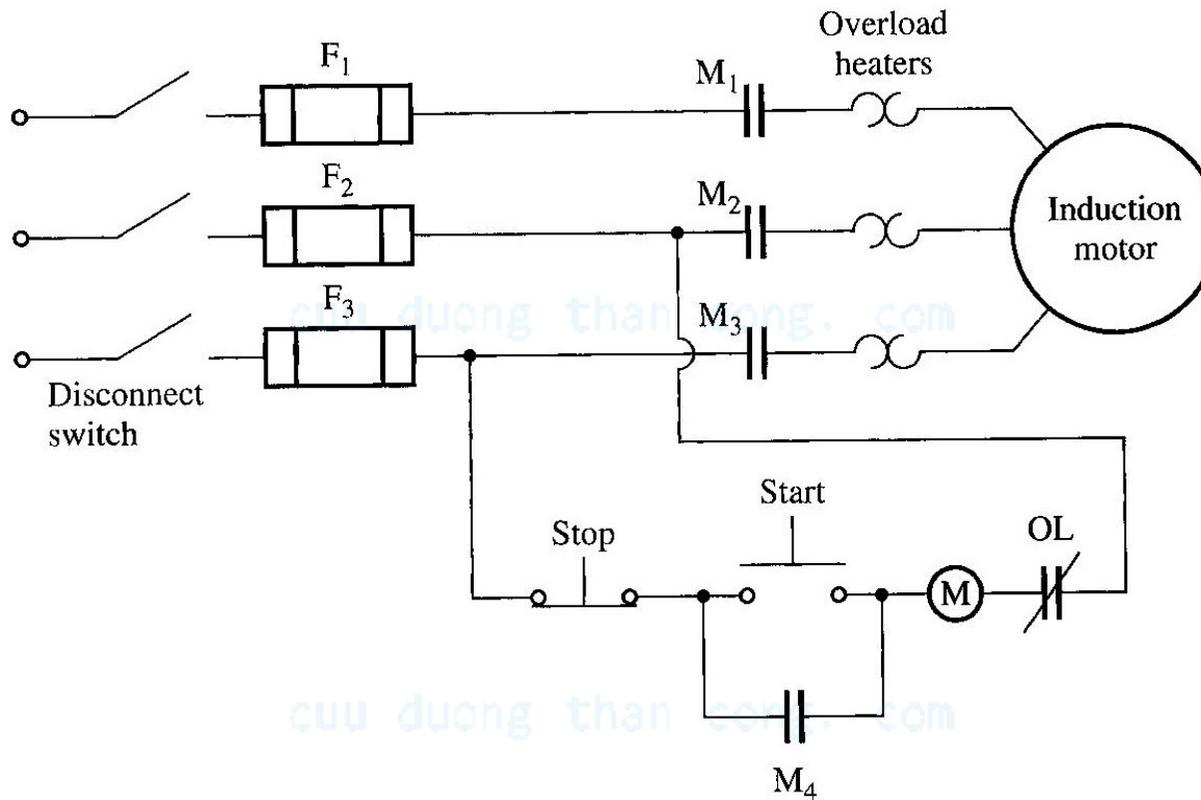
(a) Close 1 and 3

(b) Open 1 and 3

(c) Close 2

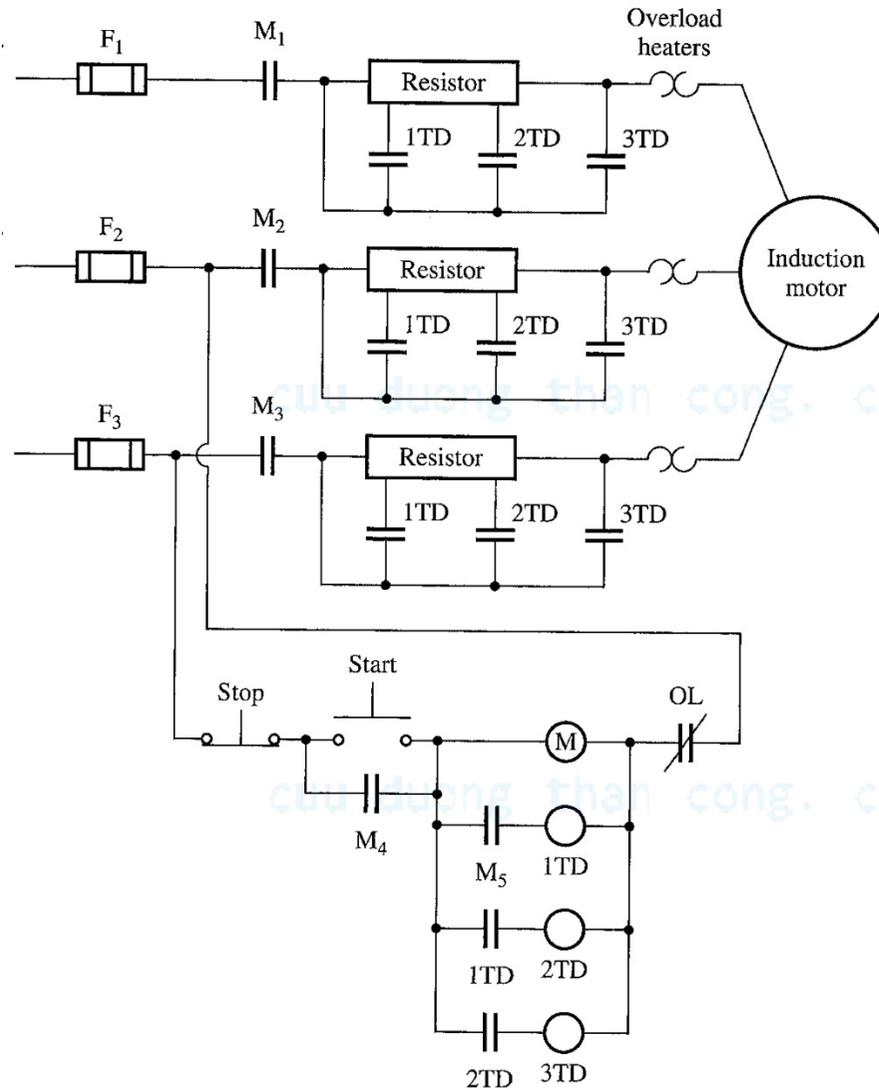


Mở máy





Mở máy

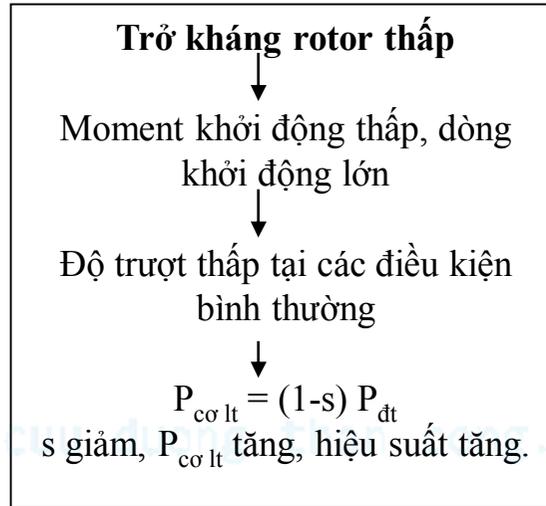
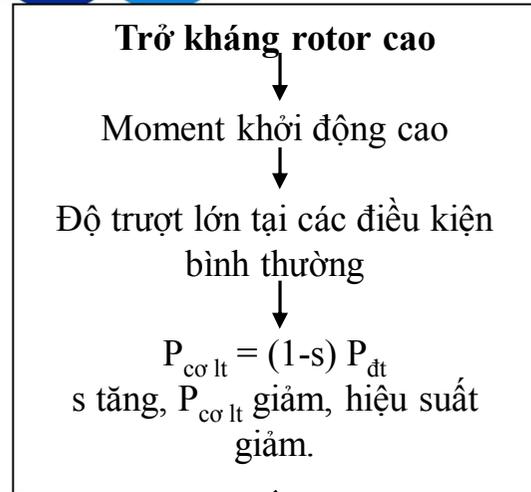


Máy điện

Thiết bị điện



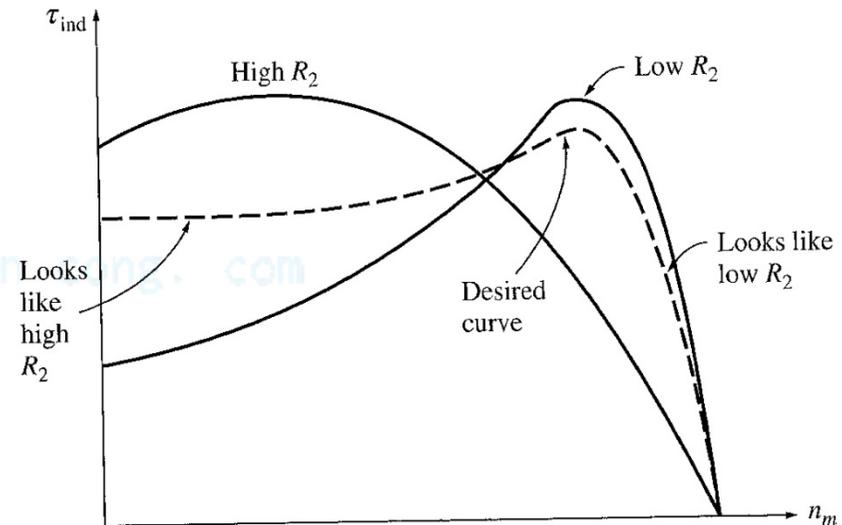
Điều chỉnh với rotor dây quấn



Kết hợp trở kháng cao lúc tốc độ thấp và trở kháng thấp lúc tốc độ cao

Dùng động cơ rotor dây quấn và thêm điện trở phụ vào rotor lúc khởi động và bỏ điện trở khi động cơ đã ổn định để giảm tổn hao

Động cơ rotor dây quấn đắt hơn, cần nhiều bảo trì etc.





Điều chỉnh bởi thiết kế rotor lồng sóc

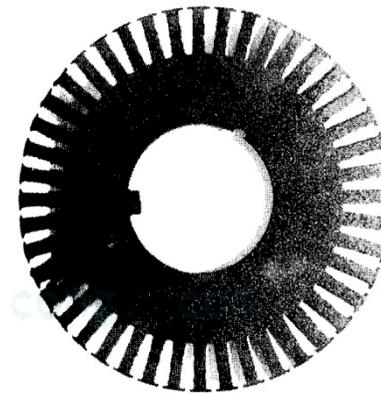
Tiết diện ngang của rotor và dạng thanh dẫn rotor

NEMA class A – rãnh lớn, gần bề mặt (a)

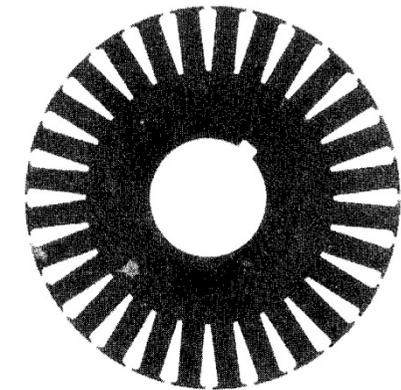
NEMA class B – rãnh lớn và sâu (b)

NEMA class C – double-cage rotor (c) lồng sóc kép

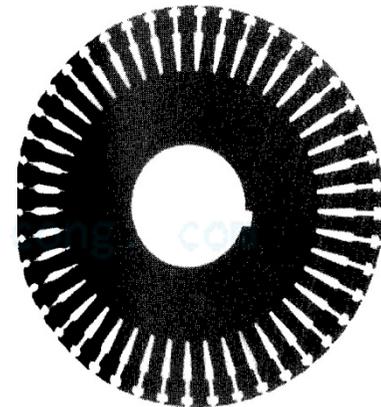
NEMA class D – rãnh nhỏ gần bề mặt (d)



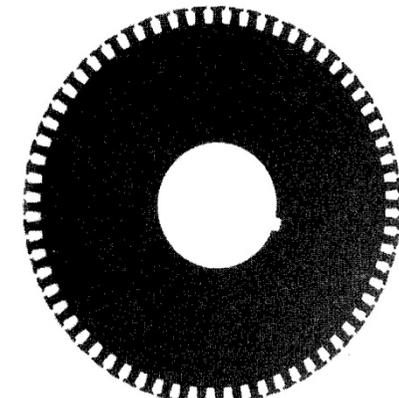
(a)



(b)



(c)



(d)

NEMA (National Electrical Manufacturers Association)

Máy điện

Bộ môn Thiết bị điện



Điều chỉnh bởi thiết kế rotor lồng sóc

NEMA class A

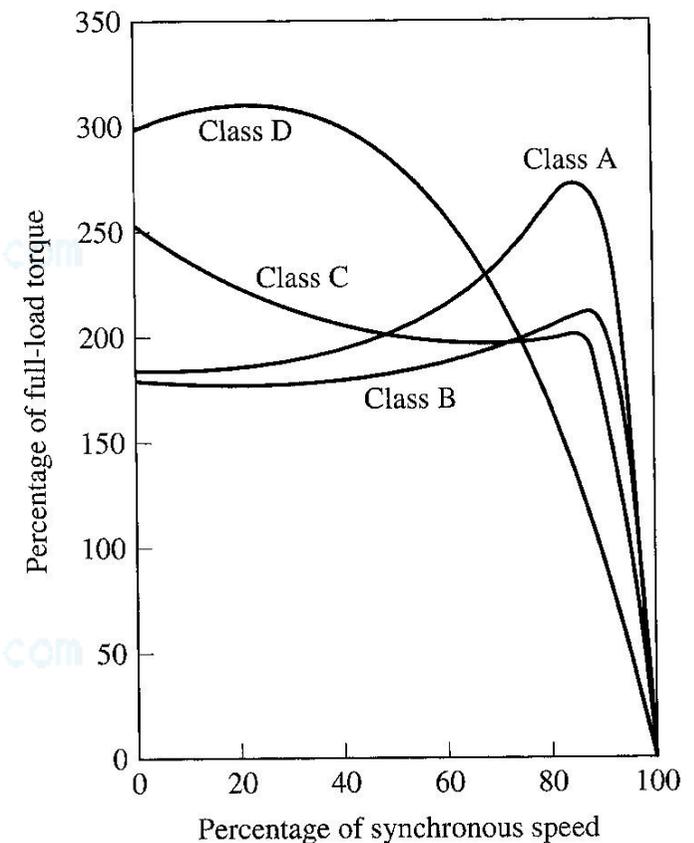
- R2 nhỏ (do tiết diện lớn) và X2 nhỏ (do vị trí gần stator)
- Moment mở máy nhỏ, dòng mở máy lớn
- Hiệu suất ở tải định mức cao

NEMA class D

- R2 lớn (do tiết diện nhỏ) và X2 nhỏ (do vị trí gần stator)
- Moment mở máy cao, dòng mở máy nhỏ
- Ứng dụng với các tải có moment quán tính quá lớn

Máy điện

Đặc tính moment – tốc độ.



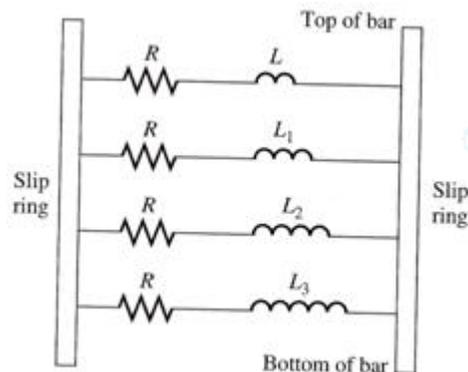
Bộ môn Thiết bị điện



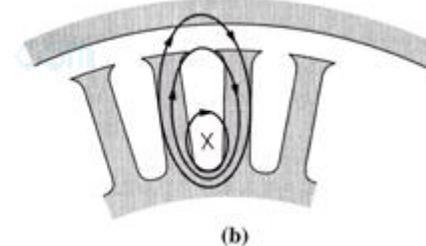
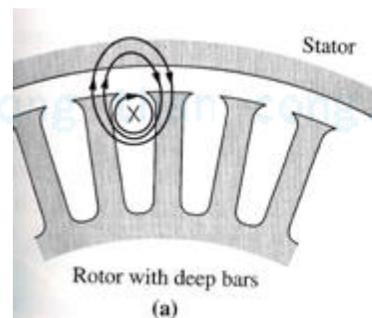
Điều chỉnh bởi thiết kế rotor lồng sóc

NEMA class B

- Phần trên rãnh có X_2 nhỏ và lớn hơn ở phần sâu
- Khi **mở máy**, s lớn, điện kháng lớn so với điện trở \rightarrow dòng rotor chủ yếu chạy ở phần có điện kháng nhỏ (phần trên rãnh) \rightarrow tiết diện thanh nhỏ $\rightarrow R_2$ lớn \rightarrow moment mở máy lớn hơn và dòng mở máy nhỏ hơn so với **class A**
- Khi s nhỏ, f_2 thấp, điện kháng nhỏ so với điện trở \rightarrow trở kháng của tất cả các phần trong rãnh tương đương nhau nên dòng điện sẽ chạy đều trong thanh dẫn \rightarrow tiết diện thanh lớn $\rightarrow R_2$ nhỏ \rightarrow hiệu suất cao hơn tại s thấp



Máy điện



Bộ môn Thiết bị điện

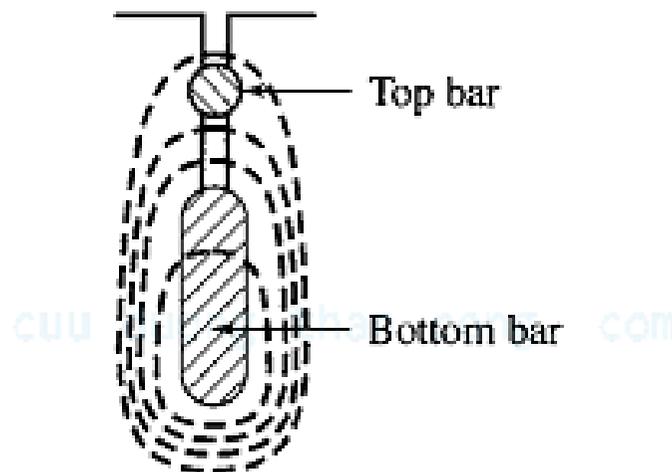


Điều chỉnh bởi thiết kế rotor lồng sóc

NEMA class C

- Phần rãnh trên có X_2 nhỏ và lớn hơn ở rãnh dưới
- Tương tự với class B nhưng chênh lệch giữa khi s thấp và s cao lớn hơn, phần trên là lồng sóc mở máy, phần dưới là lồng sóc làm việc
- Sử dụng với tải có moment khởi động lớn, như bơm, máy nén, dây chuyền tải...

cuuduongthancong.com





Điều khiển tốc độ động cơ KĐB

- Thay đổi số cực P
- Thay đổi tần số vào f_e
- Thay đổi điện áp

$$U_1' < U_1 \rightarrow s' > s \rightarrow n' < n$$

- Thêm điện trở phụ vào dây quấn rotor

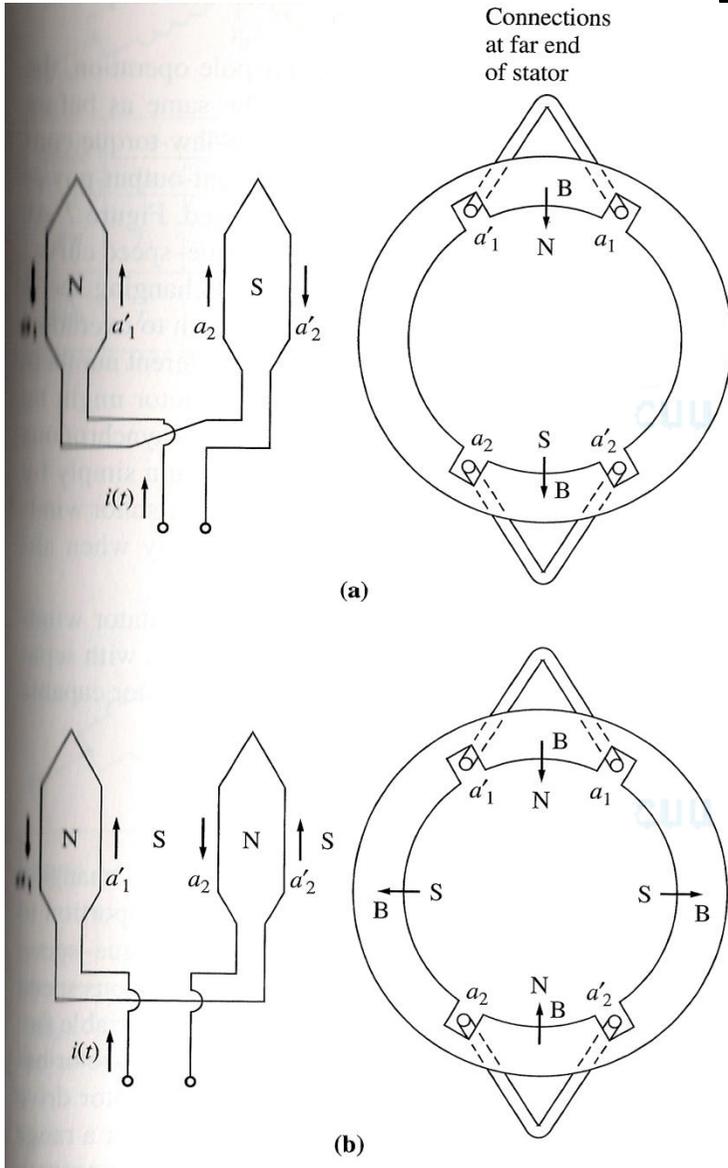
$$R_2' + R_f' > R_2' \rightarrow s' > s \rightarrow n' < n$$



Điều khiển tốc độ động cơ KĐB: thay đổi số cực

Xét dây quấn stator trên 1 pha. Bằng cách thay đổi chiều dòng điện trong một khung dây stator.

- a. 2 cực
- b. 4 cực





Điều khiển động cơ KĐB ở chế độ xác lập

Khi động cơ nối trực tiếp với nguồn:

- Dòng khởi động cao \rightarrow tác động xấu tới nguồn
- Tần số w_e và điện áp vào V_s không thay đổi
- Tốc độ trong khoảng từ $w_{r\text{đm}}$ tới w_e và phụ thuộc tải

Để khắc phục thì có thể sử dụng các bộ biến đổi công suất:

- Điều khiển V/f (thay đổi điện áp và tần số)
- Thay đổi điện áp, tần số không đổi

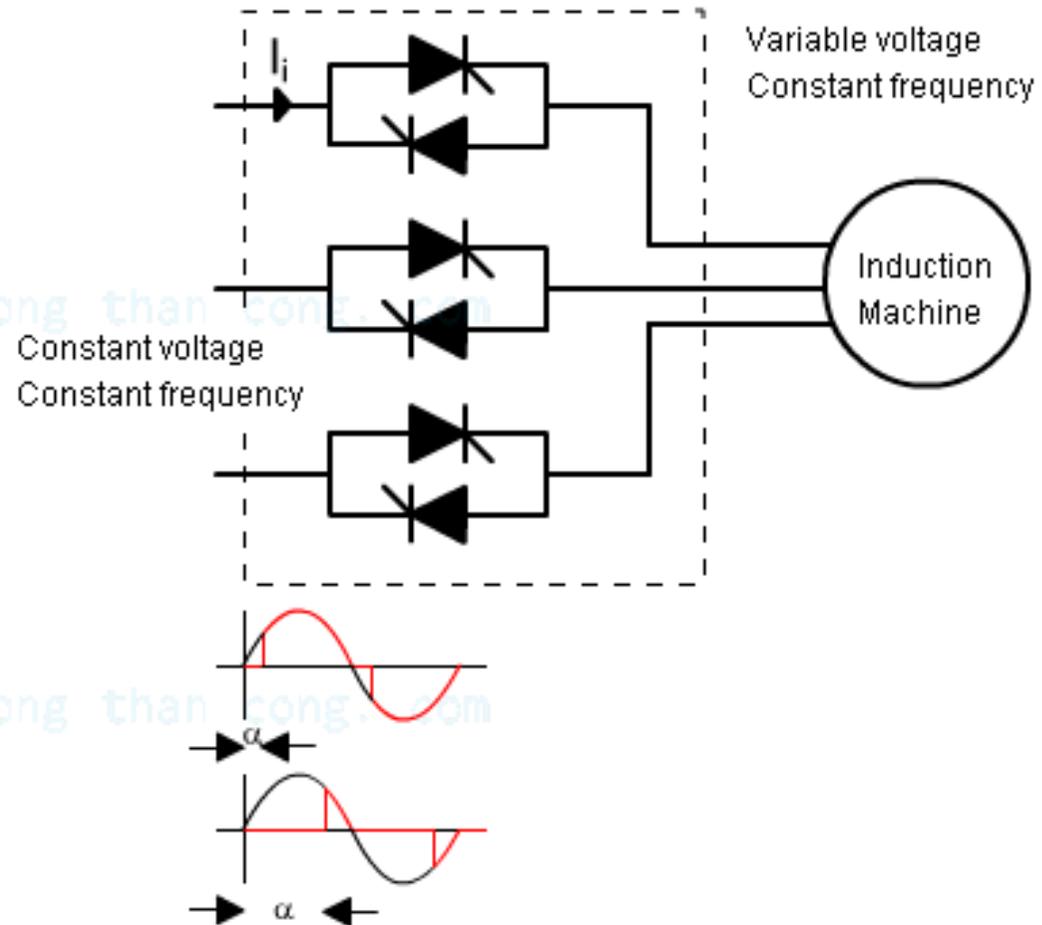


Điều khiển động cơ KĐB ở chế độ xác lập

Bộ khởi động mềm dùng triac (2 SCR mắc đối song)

Thay đổi góc kích SCR để thay đổi điện áp cung cấp

Khi α tăng thì dòng và áp càng bị méo dạng \rightarrow chỉ nên được dùng khi khởi động





Điều khiển động cơ KĐB ở chế độ xác lập

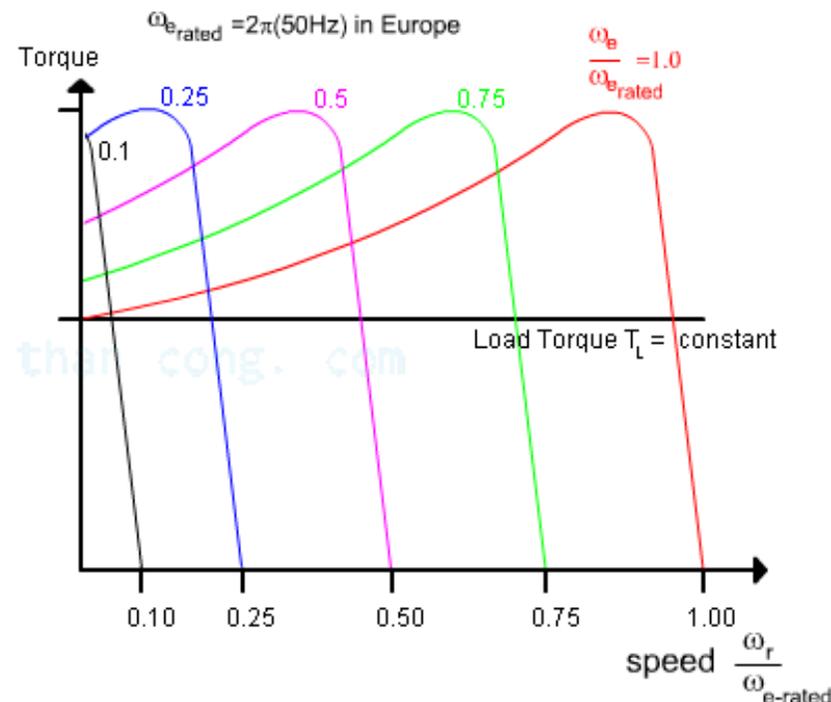
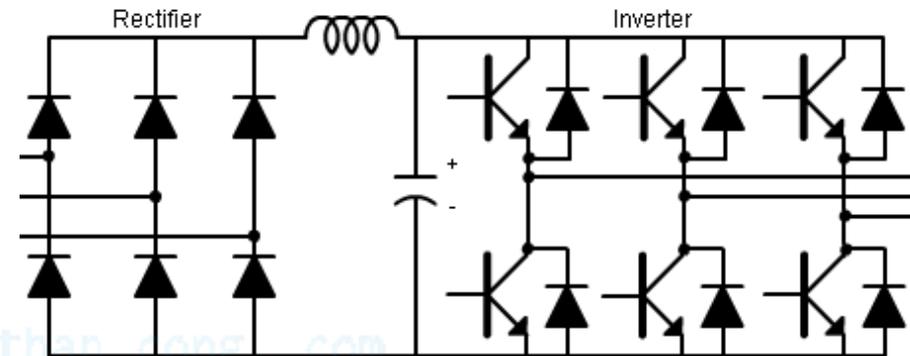
Điều khiển V/f

Tốc độ của động cơ có thể được thay đổi do tần số cung cấp thay đổi.

Khi ω_e thay đổi thì đường đặc tính moment-tốc độ cũng thay đổi

Để hình dạng đặc tính không đổi thì điện áp phải thay đổi tỉ lệ với tần số $V_s = k \cdot \omega_e$

Máy điện





Luật điều khiển V/f

Mục đích duy trì từ thông không đổi khi thay đổi tần số

$$\Phi = L.I$$

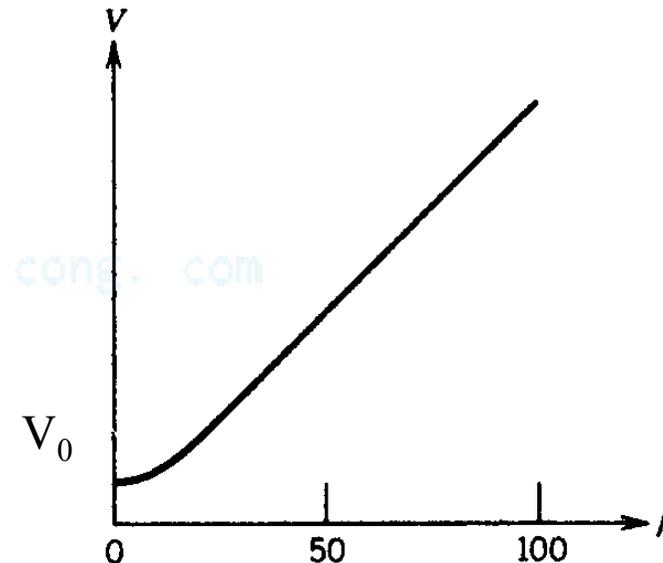
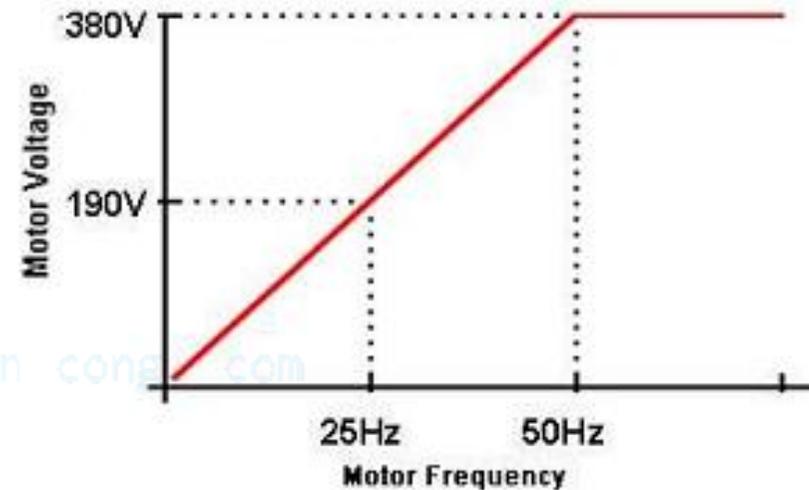
$$V = Z.I = (\omega L).I + R_s.I$$

$$V \sim 2\pi f.\Phi \text{ (bỏ qua } R_s.I)$$

$$\rightarrow \Phi \sim (1/4,44).(V/f)$$

Ở vùng tốc độ thấp, không thể bỏ qua thành phần $R_s.I$ (f nhỏ nên điện áp rơi trên $R_s.I$ trở nên đáng kể so với rơi trên điện kháng). Do đó đặc tính V/f thường bắt đầu tại $V_0 > 0$ để bù lại sụt áp do $R_s.I$

Máy điện



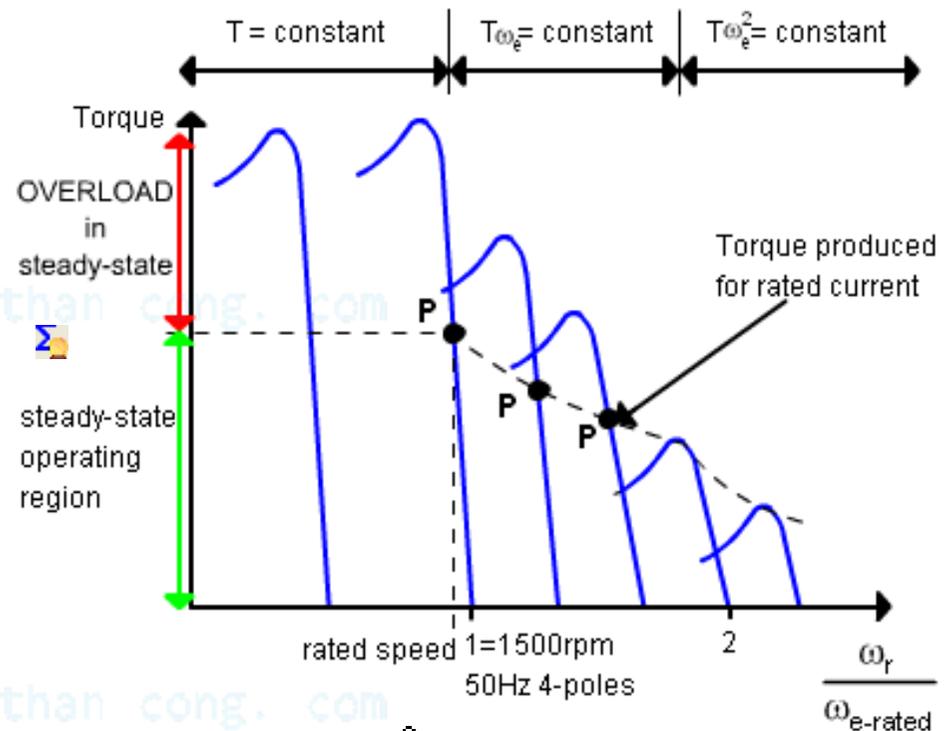


Field Weakening (suy yếu từ trường)

Nếu V_s được giữ nguyên ở giá trị V_{max} , ω_e có thể tăng lên nếu giảm dòng từ hoá I_0 (làm suy yếu từ trường)

Để làm yếu từ trường, ta chỉ cần tăng ω_e và giữ V_s không đổi.

Nếu $V_s = V_{max}$, moment sẽ giảm khi ω_e tăng lên



$$T = 3 \frac{P}{2} \frac{V_s^2}{\omega_e R_R} S$$

$$= 3 \frac{P}{2} \frac{1}{R_R} \left(\frac{V_s^2}{\omega_e^2} \right) \omega_{sl}$$



Minh họa (2/4)

Động cơ được lái bởi bộ biến đổi V/f (415V, 50Hz). Nếu động cơ hoạt động ở 25 Hz, và moment tải là hằng số 10 Nm, dòng điện I_s sẽ là

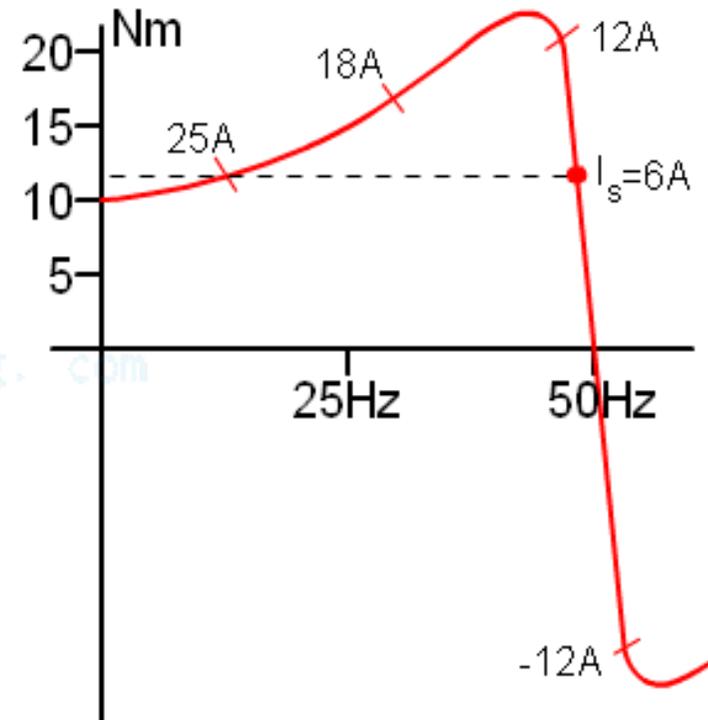
- a/ 5A b/ 6A c/ 25 A

Nếu tần số đột nhiên tăng lên 50Hz (từ 25Hz), dòng điện I_s sẽ là

- a/ 5 A b/ 20 A c/ 30 A

Nếu tần số đột nhiên giảm xuống 40Hz (từ 50Hz), dòng điện I_s sẽ là

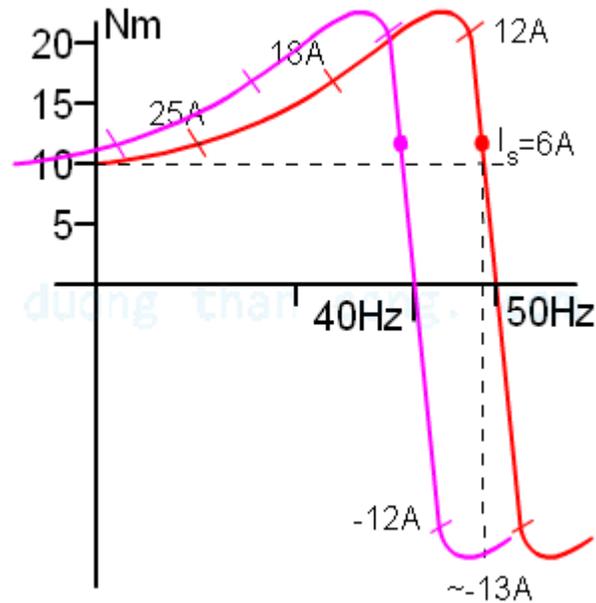
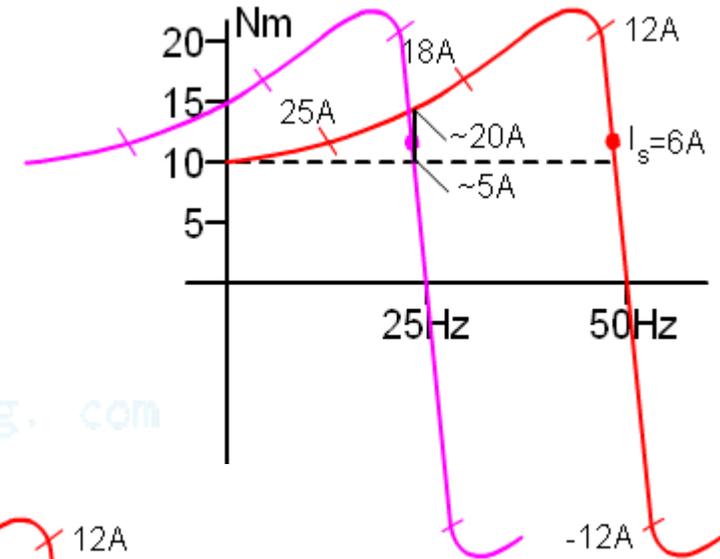
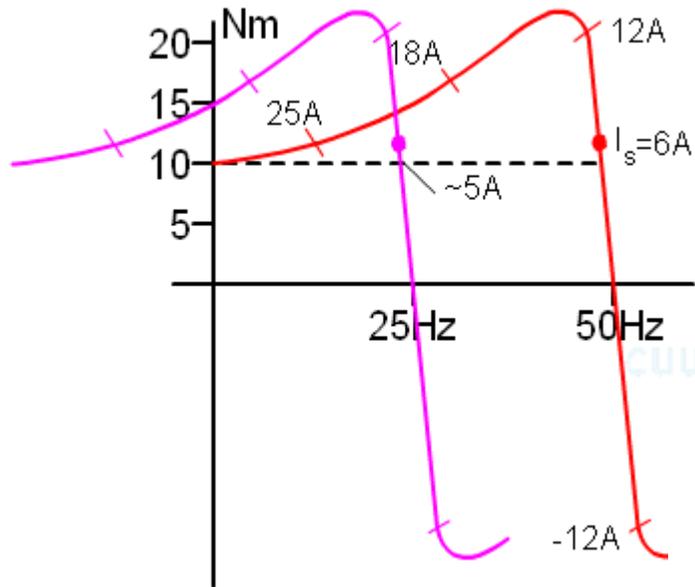
- a/ -6 A b/ -12 A c/ -13 A
d/ -16 A



Đặc tính moment – tốc độ của một động cơ 415V



Minh họa (2*/4)



Máy điện

điện bị điện



Bài tập

ĐC KĐB 4 cực, 50hp, 60Hz, Y, 460V, có độ trượt định mức 3.8%. Các thông số mạch tương đương pha: $R_1=0.33\Omega$, $X_1=0.42\Omega$, $X_2'=0.42\Omega$, $X_m=30\Omega$. Bỏ qua các tổn hao. Động cơ nối với nguồn điện áp 460V.

- Tìm giá trị R_2'
- Tính T_{\max} , s_m
- Tính T_{mm}
- Tính dòng khởi động từ mạch tương đương
- Nếu đường dây cấp nguồn cho động cơ có tổng trở pha $0.35+j0.25 \Omega$, tính dòng khởi động mới và điện áp đặt vào động cơ
- Nếu một máy biến áp giảm áp lý tưởng có tỉ số dây quấn 1.4:1 được đặt giữa đường dây và động cơ, tính dòng lưới khi khởi động



Bài tập

ĐCKĐB 208V, 6 cực, Y, 25hp, class B, có các thí nghiệm sau:

No load:	208 V, 22.0 A, 1200 W, 60 Hz
Locked rotor:	24.6 V, 64.5 A, 2200 W, 15 Hz
DC test:	13.5 V, 64 A

Xác định các thông số của mạch tương đương.

Cho bảng

Motor class	Description	Fraction of $X_1 + X_2$	
		X_1	X_2
A	Normal starting torque, normal starting current	0.5	0.5
B	Normal starting torque, low starting current	0.4	0.6
C	High starting torque, low starting current	0.3	0.7
D	High starting torque, high slip	0.5	0.5
Wound rotor	Performance varies with rotor resistance	0.5	0.5

Source: IEEE Standard 112.



Bài tập

Bài 1: ĐC KĐB 4 cực, 50hp, 50Hz, Y, 380V, có tốc độ định mức 1440 vòng/phút. Các thông số mạch tương đương pha: $R_1=0.33\Omega$, $R_2'=0.172\Omega$, $X_1=0.42\Omega$, $X_2'=0.42\Omega$, $X_m=30\Omega$. Động cơ nối với nguồn điện áp 380V. Động cơ được thắng bằng cách đảo chiều từ trường quay (đảo 2 dây pha), khi tốc độ động cơ về 0 thì cắt nguồn. Xét tại điều kiện định mức, tính

- Độ trượt trước và ngay tại thời điểm đảo 2 dây pha stator
- Moment điện từ tại trước và ngay sau khi đảo 2 dây pha stator

Bài 2: Bài 4.5/198. Biết đặc tính cơ của động cơ khi này $T = 3 \frac{P}{2} \frac{U_1^2}{\omega_e R_2'} s$



Bài tập

- **Bài 3.15** tổn hao đồng rotor ở moment cực đại bằng 9 lần tổn hao đồng ở moment định mức

cuu duong than cong. com

cuu duong than cong. com