

**TRƯỜNG ĐHSP KỸ THUẬT  
TP HỒ CHÍ MINH**



**KHOA ĐIỆN  
BỘ MÔN KỸ THUẬT ĐIỆN**

**KỸ THUẬT ĐIỆN**

**CHƯƠNG 7**

**MÁY KHÔNG ĐỒNG BỘ**

**Các sinh viên không chuyên điện**

# CHƯƠNG 7 : **MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ**

## **7.1 Cấu tạo :**

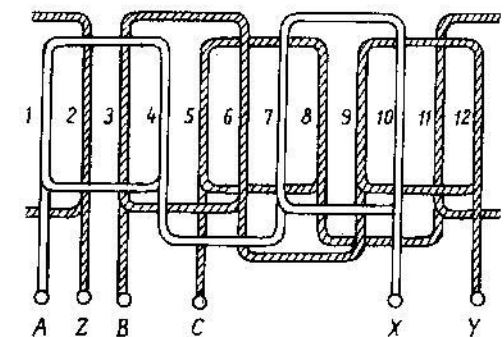
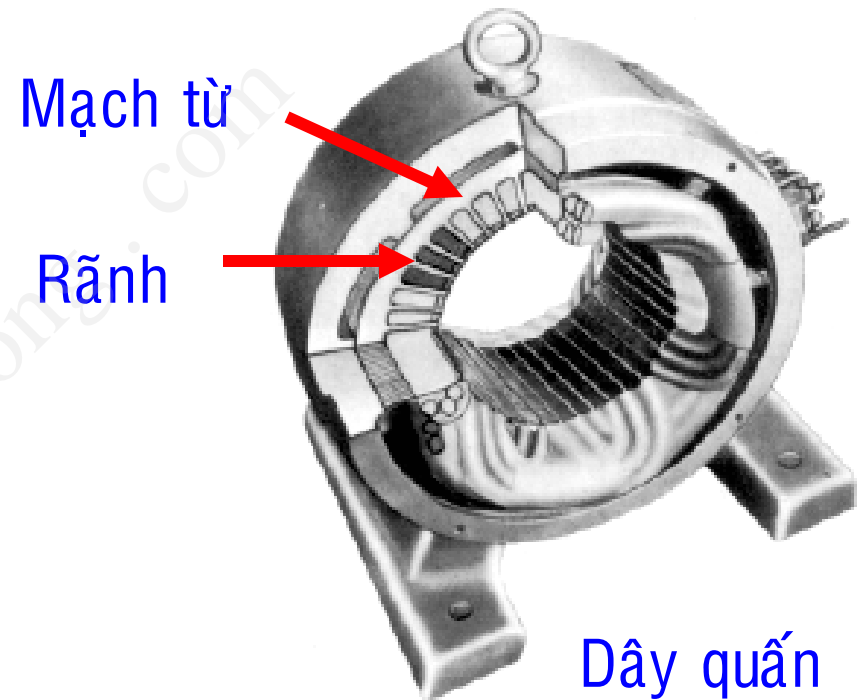
### 1. Phần tĩnh( Stator):

#### a, Mạch từ :

Mạch từ được làm bởi các lá thép kỹ thuật điện hình trụ có chiều dày từ 0,1 – 0,5 mm ghép lại. Mặt trong có phay các rãnh để đặt dây quấn.

#### b, Dây quấn :

Dây quấn được làm bằng đồng hoặc bằng nhôm , bên ngoài được phủ một lớp chất cách điện và được đặt vào các rãnh theo những quy luật nhất định. Dây quấn Stator là dây quấn ba pha.



## 2. Phần quay(Rotor) :

### a, Mạch từ :

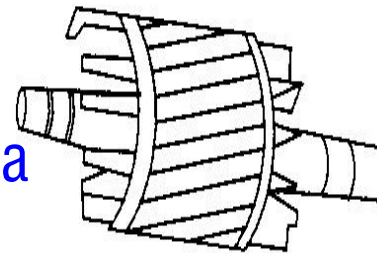
Mạch từ được làm bởi các lá thép kỹ thuật điện hình trụ có chiều dày từ 0,1 – 0,5 mm ghép lại. Mặt ngoài có phay các rãnh để đặt dây quấn.

### b, Dây quấn :

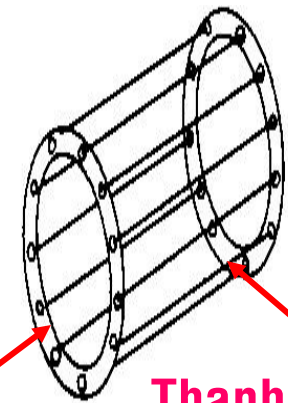
Dây quấn được làm bằng đồng hoặc bằng nhôm , bên ngoài được phủ một lớp chất cách điện và được đặt vào các rãnh theo những quy luật nhất định. Có hai loại dây quấn, ứng với hai loại rotor.

#### \_ Rotor lồng sóc (Rotor ngắn mạch)

Trong các rãnh của mạch từ người ta đặt các thanh dẫn bằng nhôm. Hai đầu được nối với nhau bởi hai vòng ngắn mạch bằng đồng hoặc nhôm.



**Rotor**



**Thanh dẫn**

**Vòng ngắn mạch**

## – Rotor dây quấn :

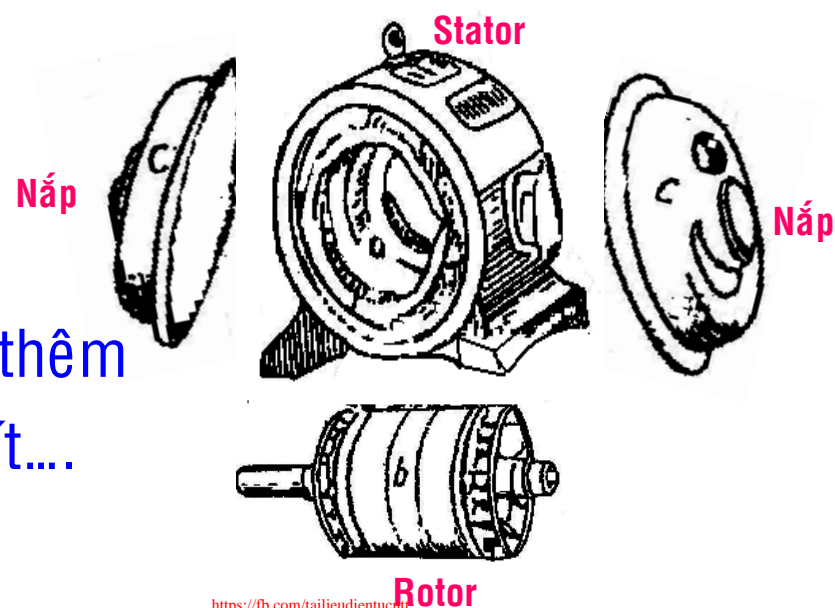
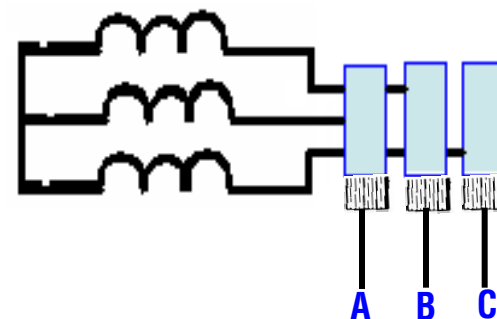
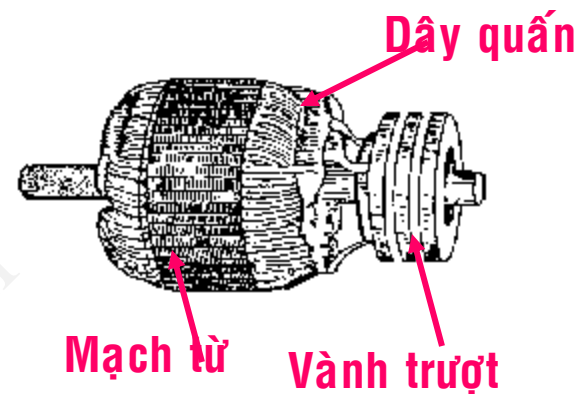
Trong các rãnh của mạch từ người ta đặt các cuộn dây. Dây quấn rotor là dây quấn ba pha nối sao. Các đầu dây được đưa ra ngoài bằng vành trượt và chổi than

Giữa Stator và Rotor có khe hở để Rotor có thể quay được

### 3. Vỏ :

Vỏ của thường được làm bằng nhôm hay bằng gang. Bên ngoài có các lá tản nhiệt

Ngoài các bộ phận chính kể trên, nó còn có thêm các bộ phận phụ như : nắp, bạc đạn, trục, ốc , vít....



## 7.2 Từ trường quay :

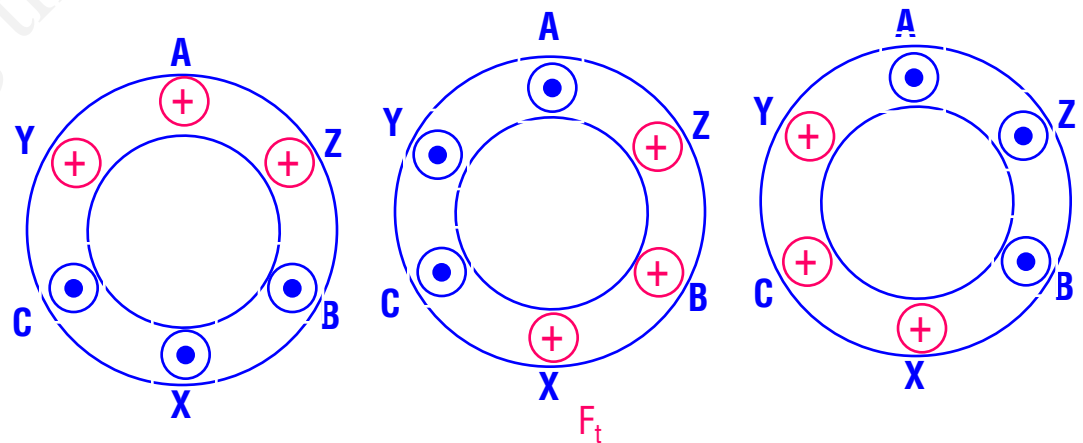
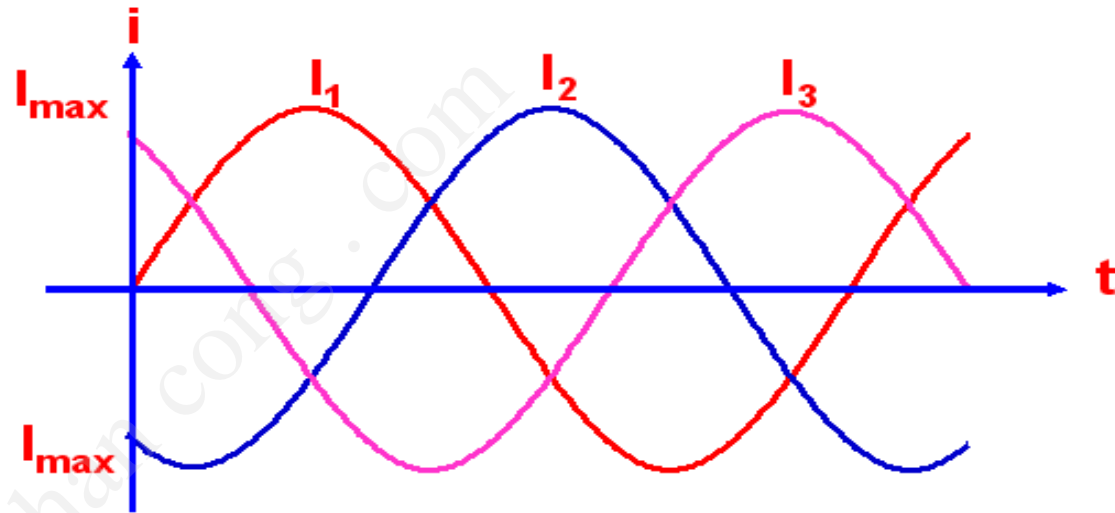
### 1.Sự hình thành từ trường quay :

Xét một dòng điện xoay chiều ba pha đi vào dây quấn ba pha

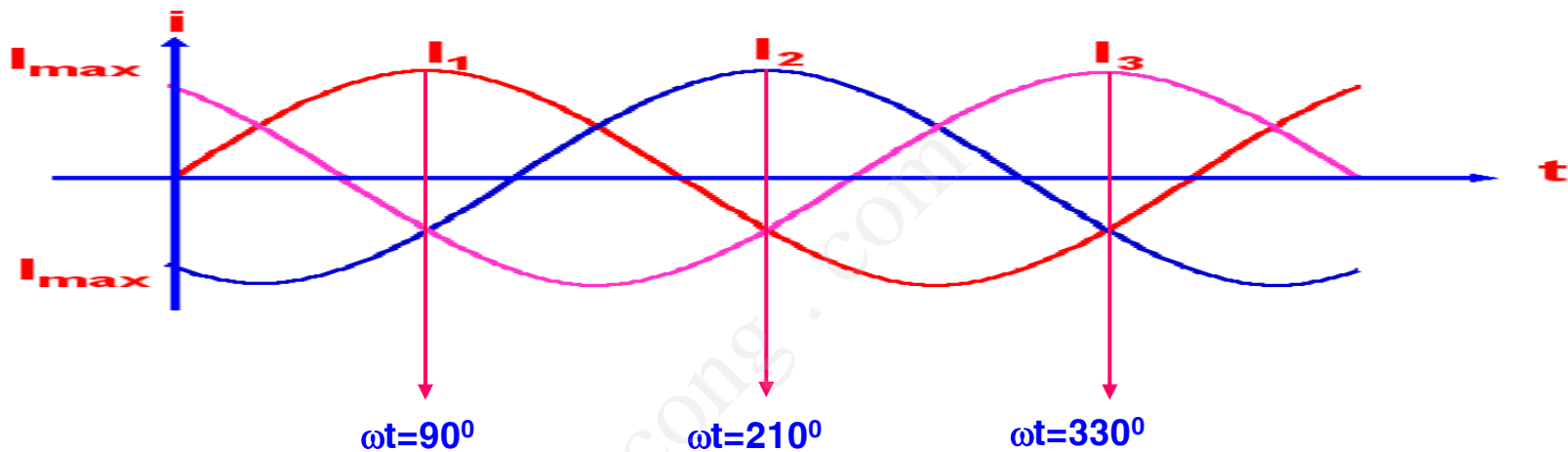
Qui ước : Tại thời điểm xét

— Dòng điện pha nào dương, chiều dòng điện đi từ điểm đầu đến điểm cuối.

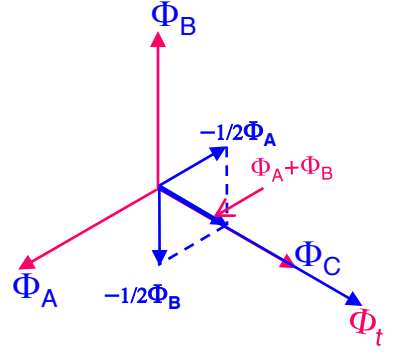
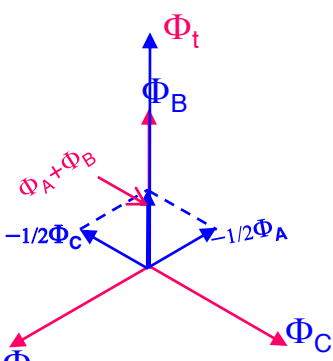
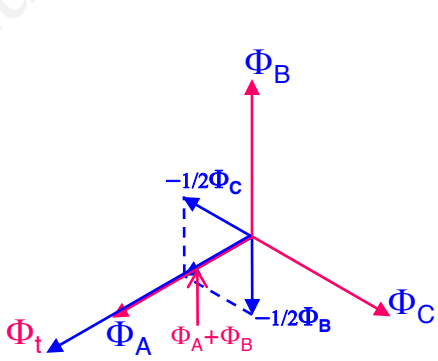
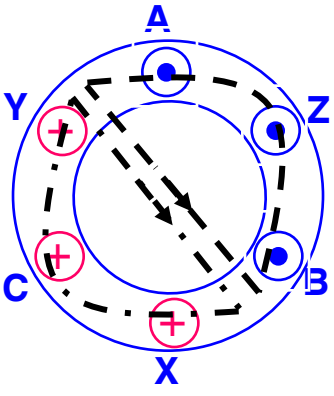
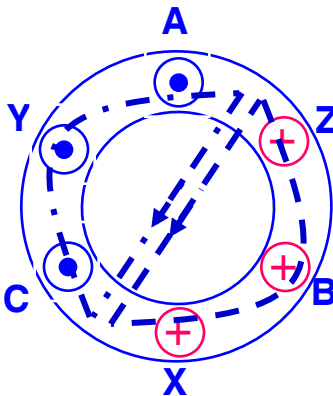
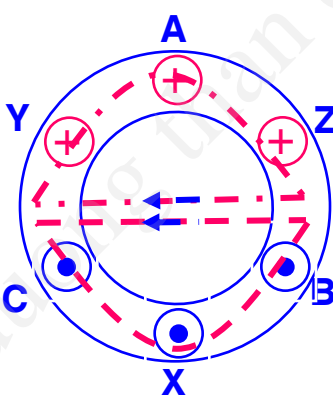
— Dòng điện pha nào âm, chiều dòng điện đi từ điểm cuối đến điểm đầu.



# Sự hình thành từ trường quay



Tại $210^{\circ}$		Chiều D.điện	
Pha B	$I_B = I_{max} > 0$	B	X
Pha A	$I_A = -1/2 \cdot I_{max} < 0$	X	B
Pha C	$I_C = -1/2 \cdot I_{max} < 0$	Z	C



Như vậy:

Khi có một dòng điện xoay chiều ba pha đi vào dây quấn ba pha thì trong dây quấn ba pha sẽ xuất hiện một từ trường tự quay

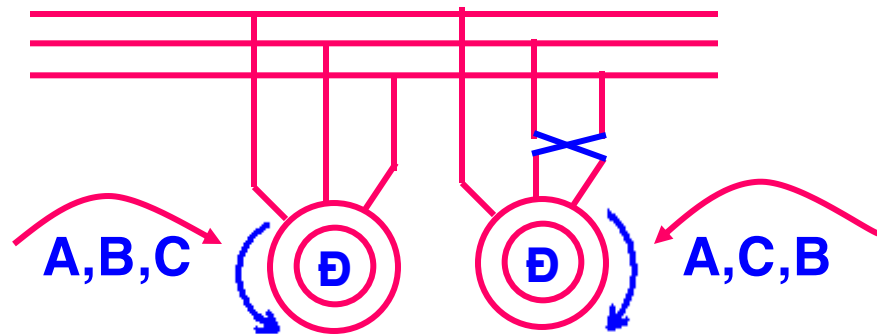
## 2. Tính chất của từ trường quay :

\_ Từ trường quay có tốc độ không đổi, với tần số dòng điện và cấu tạo cho trước, tốc độ từ trường quay được tính: (tốc độ đồng bộ)

$$n_1 = 60.f/p \quad (\text{vòng/phút})$$

\_ Từ trường quay có độ lớn không đổi :  $\Phi_t = 3.\Phi_{\max}/2$

\_ Chiều quay của từ trường phụ thuộc vào thứ tự pha, khi đổi thứ tự 2 trong 3 pha dòng điện thì chiều quay của từ trường sẽ quay ngược lại



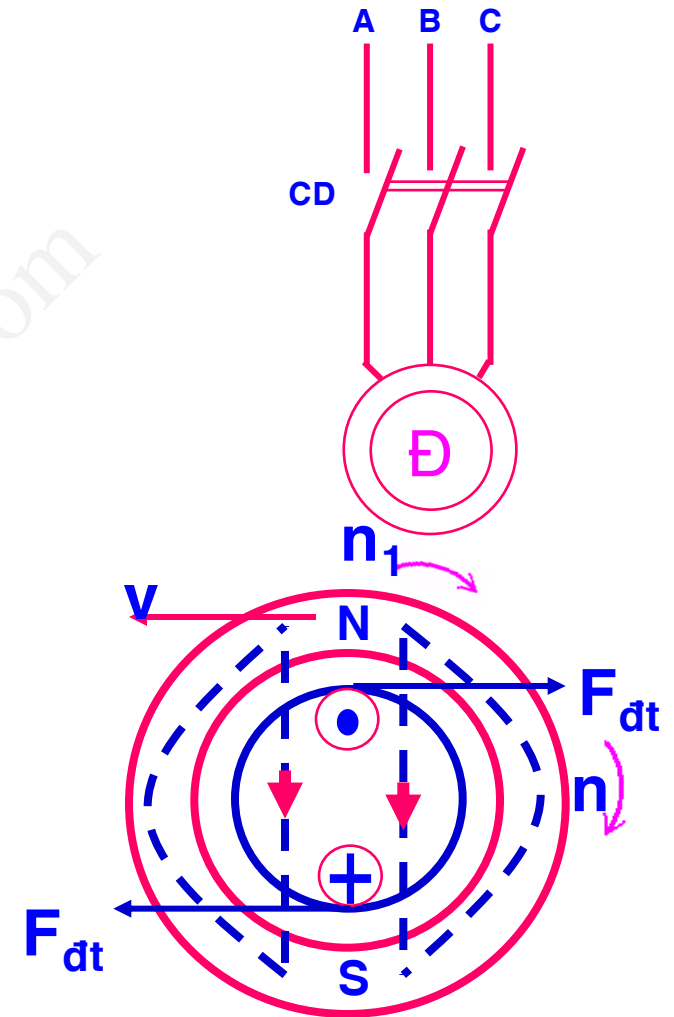
## 7.3 Nguyên lý làm việc :

### 1. Động cơ :

Khi đặt một điện áp ba pha vào dây quấn của động cơ. Dòng điện ba pha trong dây quấn Stator sẽ sinh ra một từ trường quay. Từ trường này sẽ quét lên các thanh dẫn của dây quấn rotor và làm cảm ứng trong dây quấn rotor một sức điện động.

Vì rotor là một mạch điện kín nên sinh ra một dòng điện cảm ứng chạy trong dây quấn rotor.

Dòng điện này sinh ra một từ trường tác dụng với từ trường quay tạo ra một lực điện từ tác dụng lên rotor kéo rotor quay với tốc độ  $n$  (vòng/phút)



**Chú ý :** Nếu coi từ trường đứng yên thì chiều chuyển động tương đối của thanh dẫn ngược chiều với  $n_1$



Người ta gọi :

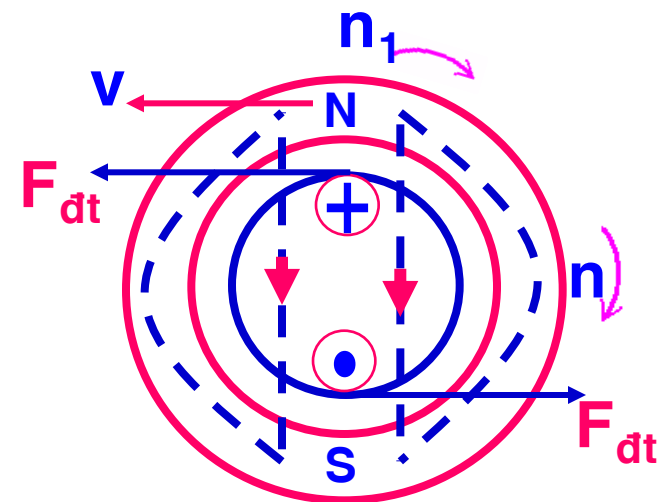
- $n_2 = n_1 - n$       tốc độ trượt
- $s = n_2/n_1 = (n_1 - n)/n_1$       hệ số trượt

$n < n_1$  vì nếu  $n = n_1$  thì không có sự chuyển động tương đối, trong dây quấn rotor không có sức điện động, không có dòng điện cảm ứng, lực  $F_{dt} = 0$ ,  $M_q = 0$ ,  $n = 0$ .

## 2. Máy phát :

Nếu dây quấn stator được nối vào lưới điện, trong dây quấn stator sinh ra  $n_1$ . Dùng động cơ sơ cấp kéo rotor cùng chiều với  $n_1$  nhưng với  $n > n_1$ . SĐĐ trong dây quấn rotor  $E_2$  và chiều của  $F_{dt}$  được xác định như hình vẽ.

Nhờ từ trường quay, cơ năng của động cơ sơ cấp được biến đổi thành điện năng ở stator .



## 7.4 Các phương trình cân bằng điện từ trong động cơ KĐB :

### 1. Phương trình cân bằng điện áp dây quấn Stator :

Khi cho dòng điện xoay chiều ba pha vào dây quấn Stator thì trong dây quấn stator sẽ sinh ra từ trường quay  $n_1$ . Từ trường này sẽ cảm ứng trong mỗi pha dây quấn stator một sức điện động  $e_1$  .

Trị hiệu dụng :

$$E_1 = 4,44.f.W_1.k_{dq1}.\Phi_{max}$$

Trong đó : -  $W_1$  : số vòng mỗi pha dây quấn stator

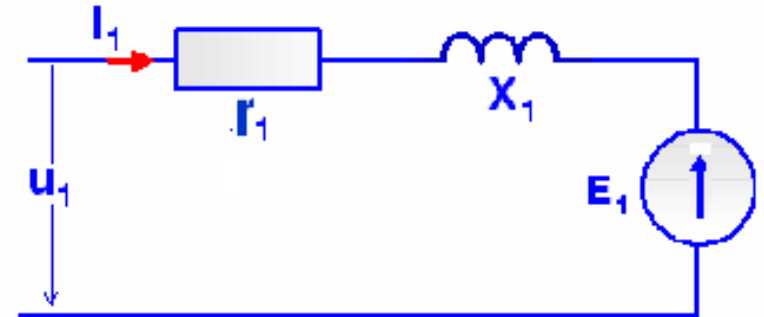
-  $k_{dq1}$  : hệ số quấn dây stator

-  $\Phi_{max}$  : Từ thông cực đại ở mỗi cực từ

Tương tự như máy biến áp. Điện áp đặt vào dây quấn stator  $u_1$  sẽ cân bằng với các thành phần mà nó sinh ra gồm :

$$E_1, I_1.R_1, E_{t1}$$

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_1 \cdot (R_1 + jX_1) - \dot{E}_1$$



**Mạch điện thay thế**

$R_1$ : Điện trở mỗi pha dây quấn stator

$X_1$ : Điện kháng mỗi pha dây quấn stator

## 2. Phương trình cân bằng dòng điện rotor :

### a, Khi rotor đứng yên :

Khi rotor đứng yên động cơ KĐBba pha giống như một máy biến áp ba pha. Từ trường quay sẽ cảm ứng trong dây quấn Rotor một sức điện động cảm ứng  $e_2$  có tần số :  $f_{20} = f_1$ .

Trị hiệu dụng :

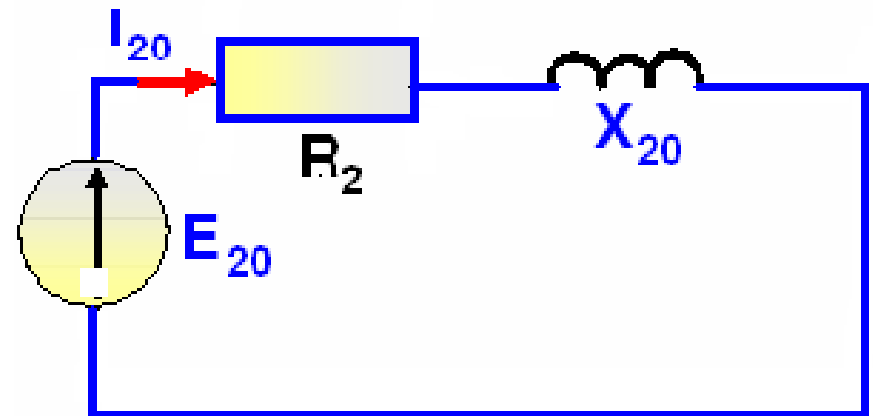
$$E_2 = 4,44.f.w_2.k_{dq2}.\Phi_{max}$$

Trong đó :

- $W_2$  : số vòng mỗi pha dây quấn rotor
- $k_{dq2}$  : hệ số quấn dây rotor
- $\phi_{max}$  : Từ thông cực đại ở mỗi cực từ

Phương trình cân bằng dòng điện khi rotor đứng yên

$$\dot{I}_{20} = \frac{\dot{E}_{20}}{R_2 + jX_{20}}$$



**Mạch điện thay thế**

$R_2$ : Điện trở mỗi pha dây quấn rotor

$X_{20}$ : Điện kháng mỗi pha dây quấn rotor lúc đứng yên

## b, Khi rotor quay :

Khi rotor quay với vận tốc  $n$  (v/p), tốc độ tương đối giữa từ trường quay và rotor là :  $n_2 = n_1 - n = s.n_1$

Như vậy sức điện động và dòng điện trong dây quấn rotor có tần số là :

$$f_{2s} = p.n_2/60 = s.p.n_1/60 = s.f_{20} = s.f_1$$

Sức điện động pha dây quấn rotor lúc quay là :

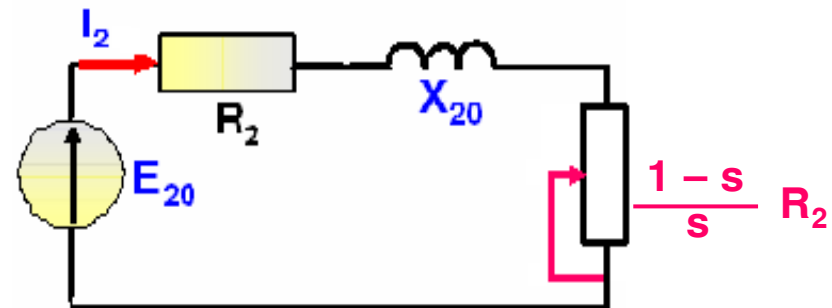
$$E_{2s} = 4,44.f_{2s}.w_2.k_{dq2}.\phi_{\max}$$

$$E_{2s} = 4,44.s.f_{20}.w_2.k_{dq2}.\phi_{\max} = s.E_{20}$$

Điện kháng :  $X_{2s} = 2.\pi.f_{2s}.L_2 = 2.\pi.s.f_{20}.L_2 = s.X_{20}$

Phương trình cân bằng dòng điện khi rotor quay :

$$\begin{aligned} i_{2s} &= \frac{\dot{E}_{2s}}{R_2 + jX_{2s}} = \frac{s.\dot{E}_{20}}{R_2 + js.X_{20}} \\ &= \frac{\dot{E}_{20}}{R_2 + \frac{1-s}{s} R_2 + jX_{20}} \end{aligned}$$



Mạch điện thay thế

$R_2$ : Điện trở mỗi pha dây quấn rotor

$X_{20}$ : Điện kháng mỗi pha dây quấn rotor

### 3. Phương trình cân bằng sức từ động :

- Khi rotor đứng yên và dây quấn rotor hở mạch :

$$F_0 = m_1 \cdot k_{dq1} \cdot W_1 \cdot I_0$$

- Khi rotor quay và dây quấn rotor kín mạch :

$$F_t = m_1 \cdot k_{dq1} \cdot W_1 \cdot I_1 + m_2 \cdot k_{dq2} \cdot W_2 \cdot I_2$$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Sinh ra } \Phi_{\max} \end{array} \right.$

Với  $m_1, m_2$  là số pha của dây quấn Stator và rotor. Thường  $m_1 = m_2$

- Tương tự như máy biến áp, vì  $u_1 = \text{cons}, e_1 = \text{cons}$  nên  $\Phi_{\max} = \text{const.}$  Do vậy  $F_0 = F_t$

Ta có :

$$m_1 \cdot k_{dq1} \cdot W_1 \cdot I_0 = m_1 \cdot k_{dq1} \cdot W_1 \cdot I_1 + m_2 \cdot k_{dq2} \cdot W_2 \cdot I_2$$

Hay :  $I_1 = I_0 + I'_2$

Với :  $I'_2 = - I_2 / k_i$

Dòng điện rotor qui đổi

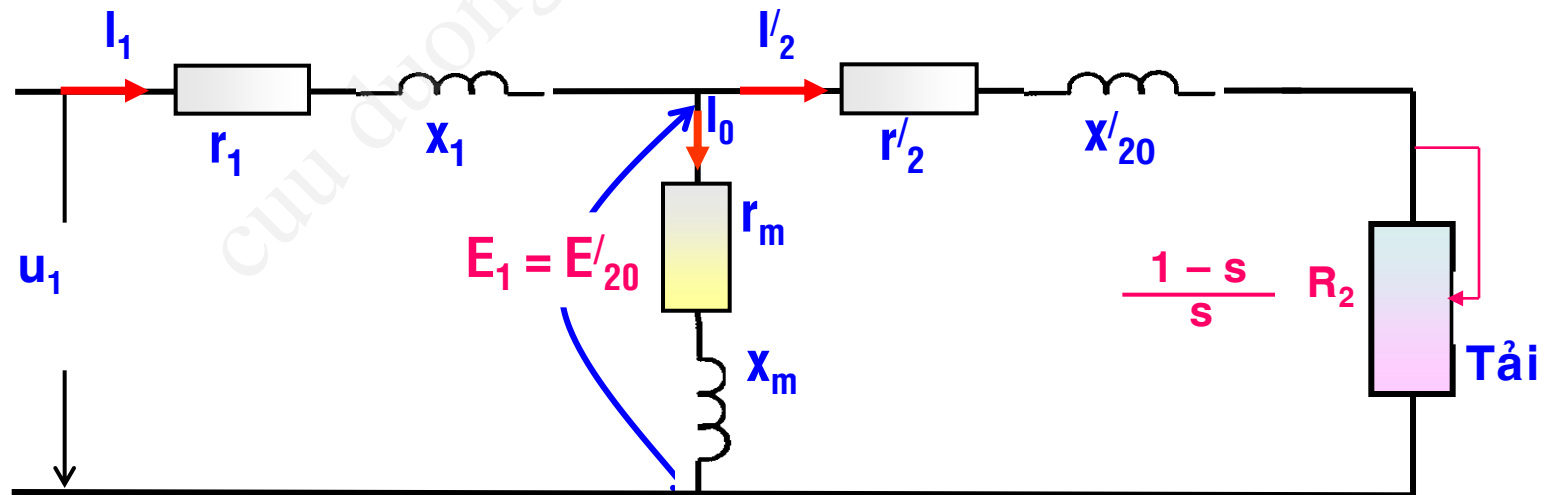
$$k_i = m_1 \cdot k_{dq1} \cdot W_1 / m_2 \cdot k_{dq2} \cdot W_2$$

Hệ số qui đổi dòng điện

### 3. Mạch điện thay thế động cơ không đồng bộ:

#### a. Qui đổi các đại lượng Rotor về Stator :

- \_ Trong thực tế  $k_{dq1} = k_{dq2}$  ,  $W_1 = W_2$  nên  $E_1 = E_2$
- \_ Tưởng tượng rằng một động cơ KĐB có  $W'_2 = W_1$  nên  $E'_2 = E_1$



## c, Hiệu suất động cơ KĐB :

Nếu gọi :

**$P_1$  : Công suất điện đặt vào stator :**

$$P_1 = 3 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi$$

Khi động cơ làm việc  
có các tổn hao sau :

\* Tổn hao đồng dây quấn stator :

$$\Delta P_{cu1} = 3 \cdot I_1^2 \cdot R_1$$

\* Tổn hao sắt từ :

$$\Delta P_{Fe} = 3 \cdot I_0^2 \cdot R_m = P_0$$

Công suất điện từ chuyển qua rotor :

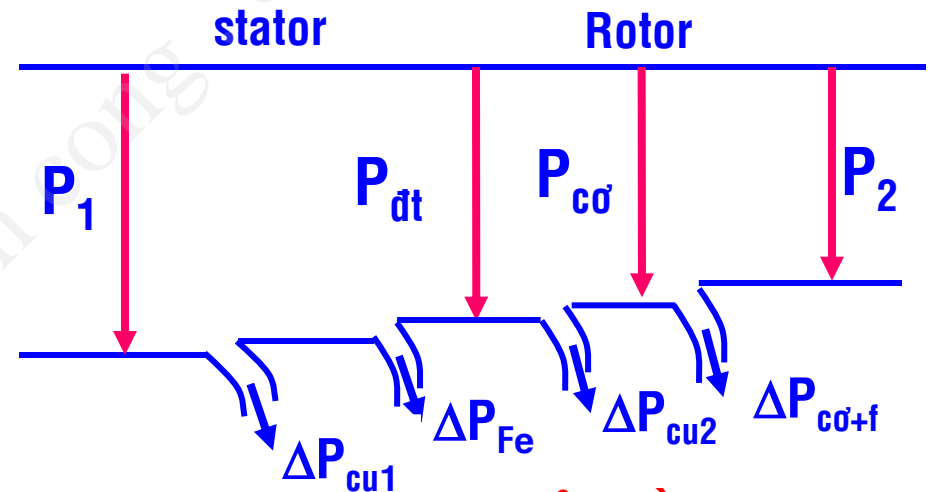
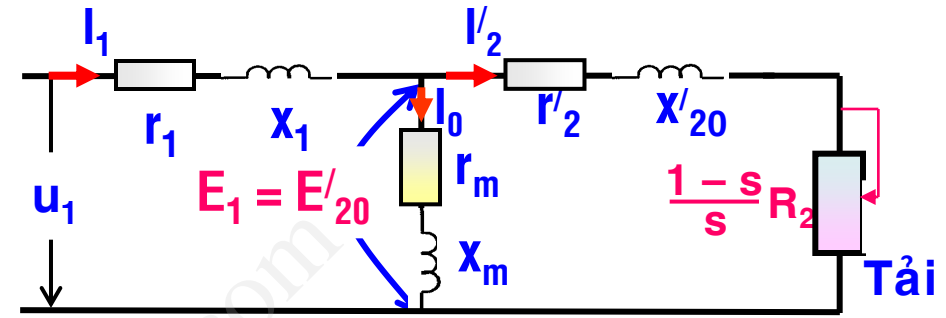
$$P_{đt} = P_1 - (\Delta P_{cu1} + \Delta P_{Fe})$$

\* Tổn hao đồng dây quấn rotor :

$$\Delta P_{cu2} = 3 \cdot I_2^2 \cdot R_2$$

\* Công suất cơ :

$$P_{cơ} = P_{đt} - \Delta P_{cu2}$$



**Giản đồ năng lượng**

\* Tổn hao cơ do ma sát ổ trục,  
quạt gió và phụ :  $\Delta P_{cơ+f}$

Công suất hữu ích trên trục :

$$P_2 = P_{đt} - (\Delta P_{cu2} + \Delta P_{cơ+f})$$

Hiệu suất :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{cu1} + \Delta P_{st} + \Delta P_{cu2} + \Delta P_{cơ}}$$

Thường xác định hiệu suất gần đúng :

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_0 + k_t^2 \cdot P_n}$$

Trong đó :

\_ hệ số tải  $k_t = I_1 / I_{1dm}$  hệ số tải

\_  $P_0 = \Delta P_{st} + \Delta P_{cơ}$  tổn hao không tải

\_  $P_n = \Delta P_{cu1} + \Delta P_{cu2}$  tổn hao đồng

Thường hiệu suất của các động cơ KĐB khoảng 0,75 \_ 0,95



## 7.5. Mô men quay :

### 1. Biểu thức :

$$M_q = \frac{P_2}{\omega_2}$$

$P_2$  : Công suất trên trục DC

$\omega_2$  : tần số góc trục DC

Từ mạch điện thay thế, công suất trên trục động cơ chính là công suất trên điện trở:

$$\frac{1-s}{s} R'_2$$

$$P_2 = 3 \cdot I_2'^2 \cdot \frac{1-s}{s} \cdot R'_2$$

$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2/s)^2 + (X_1 + X'_{20})^2}}$$

Dòng điện rotor

$$\omega_2 = (1-s) \cdot \omega_1$$

$\omega_2$  : tần số góc trục DC

$$\omega_1 = \omega / p$$

$\omega_1$  : tần số góc từ trường quay

$\omega$  : tần số góc dòng điện xoay chiều

Biểu thức :

$$M_q = \frac{3.p.R'_2.U^2_1}{s.\omega.[(R_1+R'_2/s)^2+(X_1+X'_{20})^2]}$$

Người ta gọi :

$$- M_{mở} = M_{qs=1}$$

$$- M_{đm} = M_{qs=s_{đm}} = 9550.P_{đm}/n_{đm}$$

\*  $P_{đm}$  : Kw

\*  $n_{đm}$  : vg/ph

Mô men quay đạt cực đại của động cơ khi  $dM_q/ds = 0$ .

Khi đó giá trị  $s = s_{th}$

Với:

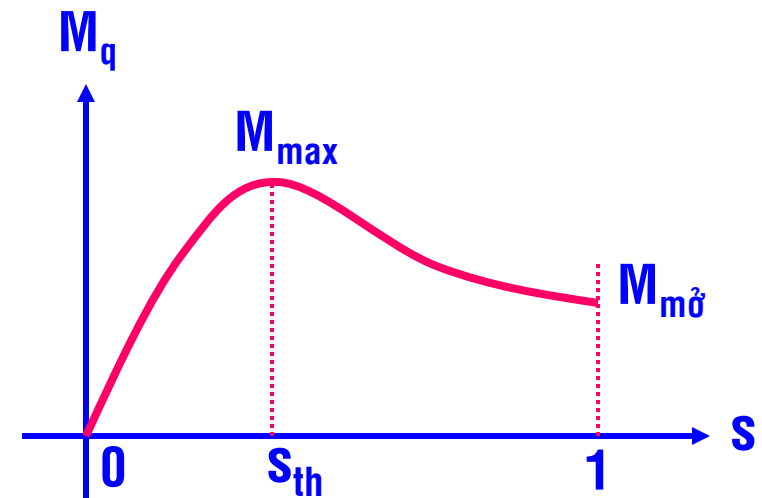
$$s_{th} = \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_{20})^2}}$$

Thường  $R_1 \ll X_1 + X_2$

$$s_{th} = \frac{R'_2}{X_1 + X'_{20}}$$

Do vậy :

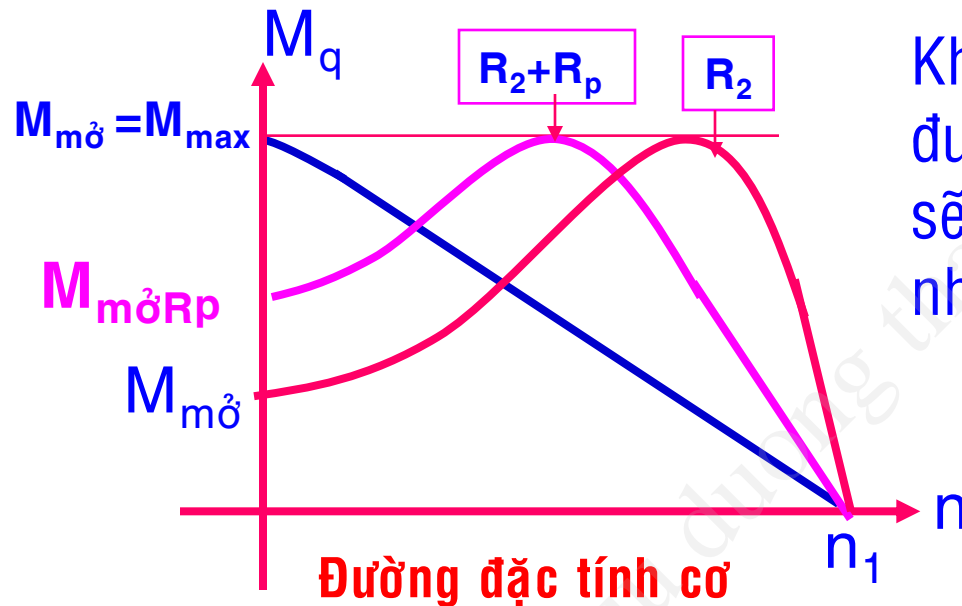
$$M_{max} = \frac{3.p.U^2_1}{2.\omega.(X_1 + X'_{20})}$$



Đồ thị  $M_q = f(s)$

## 2. Đường đặc tính cơ :

Trong biểu thức mô men quay, nếu thay  $s = (n_1 - n)/n_1$  ta có  $M_q = f(n)$  gọi là đặc tính cơ của động cơ KĐB. Khi  $u, f$  đặt vào động cơ không đổi, quan hệ  $M_q = f(n)$  có dạng



Khi thay đổi điện trở nối vào rotor, đường đặc tính cơ sẽ thay đổi với  $M_{mở}^?$  sẽ lớn hơn ( $M_{mởRp} > M_{mở}^?$ ) nhưng  $M_{max}$  không đổi

**Đặc biệt khi:**

$$s_m = \frac{R'_2 + R'_p}{X_1 + X'_{20}} = 1$$

thì  $M_{mở} = M_{max}$

$M_q = f(n, R_2)$  Đường đặc tính cơ tự nhiên

$M_q = f(n, R_2 + R_p)$  Đường đặc tính cơ nhân tạo

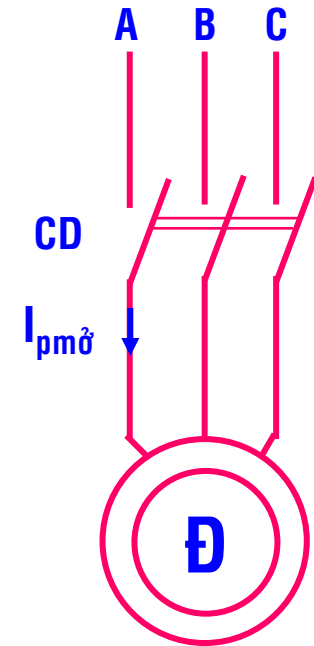
## 7.6. Mở máy động cơ KĐB :

### 1. Mở máy trực tiếp :

Dây quấn Stator được nối trực tiếp vào nguồn.

Dòng điện mở máy trực tiếp :

$$I_{mở} = I_{pmở} = \frac{U_1}{Z_{đc}}$$
$$I_{pmở} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_{2/s})^2 + (X_1 + X'_{20})^2}} = (5 \div 7) I_{đm}$$



Dòng điện mở máy tương đối lớn. Nó có thể làm ảnh hưởng đến chất lượng của điện áp nguồn cung cấp. Nếu quá trình mở máy kéo dài, sẽ làm tác động đến các thiết bị bảo vệ và điều khiển.

Vì vậy PP này chỉ áp dụng để khởi động các động cơ có công suất nhỏ và công suất nguồn lớn.

## 7.6. Mở máy động cơ KĐB :

### 2. Phương pháp hạ điện áp :

Khi hạ điện áp đặt vào động cơ, dòng điện mở máy sẽ giảm. Khi giảm điện áp mô men mở máy của động cơ giảm đi nhiều.

Vì vậy phương pháp chỉ áp dụng để mở máy các động cơ ***làm việc không tải hay non tải***.

Để giảm điện áp người ta thường sử dụng các biện pháp sau :

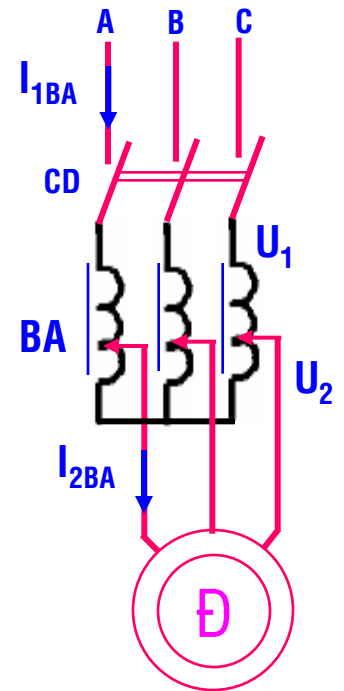
#### a. Dùng máy tự biến áp :

Điện áp mạng điện đặt vào sơ cấp.

Điều chỉnh điện áp thứ cấp đặt vào động cơ từ nhỏ đến định mức.

$$\begin{aligned} I_{mởtt} &= \frac{U_1}{Z_{đc}} \\ I_{2BA} &= \frac{U_2}{Z_{đc}} = \frac{U_1}{k \cdot Z_{đc}} \\ I_{1BA} &= \frac{I_{2BA}}{k} = \frac{U_1}{k^2 \cdot Z_{đc}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{I_{mởtt}}{I_{BA}} &= k^2 \\ \frac{M_{mởtt}}{M_{mởBA}} &= k^2 \end{aligned}$$



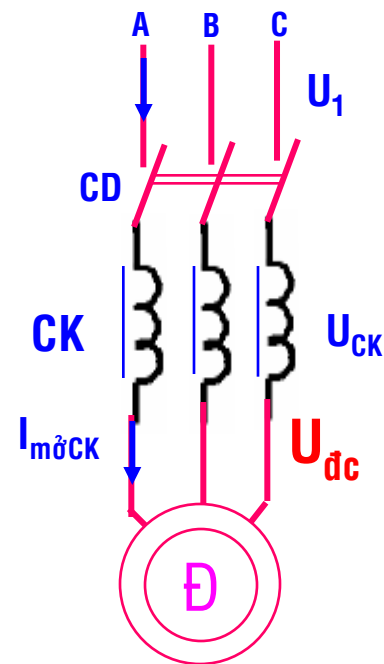
## b. Dừng cuộn kháng :

Dây quấn Stator được nối qua cuộn kháng.

Nhờ có điện áp rơi trên cuộn kháng mà điện áp đặt vào động cơ sẽ giảm, làm giảm dòng điện mở máy.

Nếu gọi :

- $U_{CK}$  là điện áp rơi trên cuộn kháng
- $U_{đc}$  : điện áp đặt lên động cơ



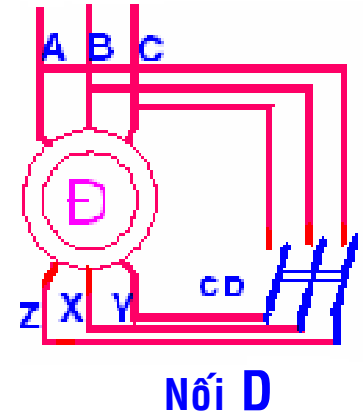
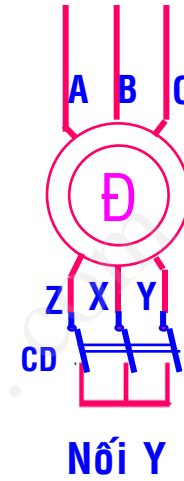
$$\text{Đặt : } k = (U_1 - U_{CK}) / U_1$$

$$I_{mởtt} = \frac{U_1}{Z_{đc}}$$
$$I_{mởCK} = \frac{U_{đc}}{Z_{đc}} = \frac{U_1 - U_{CK}}{Z_{đc}}$$

$$\frac{I_{mởCK}}{I_{mởtt}} = k$$
$$\frac{M_{mởCK}}{M_{mởtt}} = k^2$$

## C, Đổi nối sao – tam giác :

- Khi mở máy dây quấn stator nối **Y** nên điện áp đặt vào mỗi pha giảm đi  $\sqrt{3}$  lần.
- Khi làm việc, dây quấn stator nối tam giác nên động cơ làm việc định mức.



$$I_{mở\Delta} = I_{mởY} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_1}{Z_{đc}}$$

$$I_{mởY} = \frac{U_1}{\sqrt{3} \cdot Z_{đc}}$$



$$\frac{I_{mở\Delta}}{I_{mởY}} = 3$$

$$\frac{M_{mở\Delta}}{M_{mởY}} = 3$$

### 3. Phương pháp nối điện trở phụ vào phía rotor :

Khi nối thêm điện trở phụ vào phía rotor làm tổng trở của động cơ lớn thêm và dòng điện mở máy sẽ giảm.

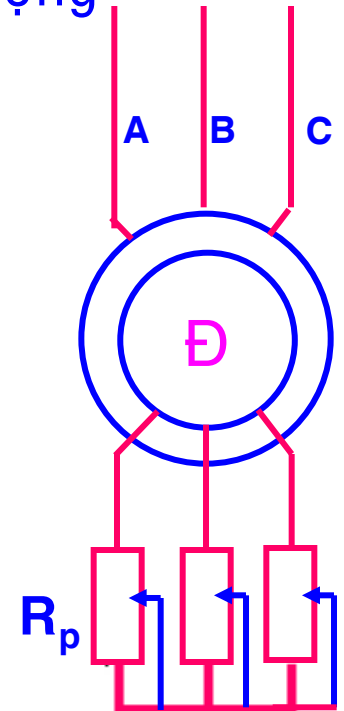
$$I_{mở\ t\ t} = \frac{U_1}{Z_{đc}} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2/s)^2 + (X_1 + X'_{20})^2}}$$
$$I_{mở\ R_p} = \frac{U_1}{Z_{đcR_p}} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2/s + R'_p)^2 + (X_1 + X'_{20})^2}}$$

$$Z_{đcR_p} > Z_{đc} \rightarrow I_{mở\ R_p} < I_{mở\ t\ t}$$

Mặt khác khi nối thêm điện trở phụ vào rotor thì mô men mở máy tăng. Nên phương pháp này thường được áp dụng. Nhưng phương pháp này chỉ áp dụng được cho các động cơ KĐB rotor dây quấn.

#### Chú ý :

- Các phương pháp mở máy chỉ áp dụng trong thời gian mở máy.
- Quá trình mở máy kết thúc, dây quấn stator được nối trực tiếp vào nguồn để động cơ làm việc định mức.





## 7.7 Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ :

Từ công thức :

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

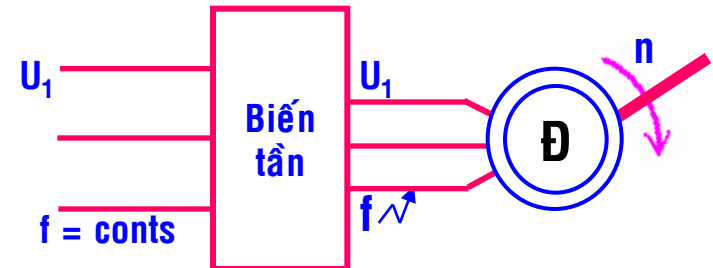
Ta có :  $n = (1 - s) \cdot n_1 = (1 - s) \cdot 60 \cdot f/p$

### 1. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi tần số :

Khi thay đổi tần số điện áp đặt vào động cơ, tốc độ động cơ sẽ thay đổi một cách bằng phẳng trong phạm vi rộng.

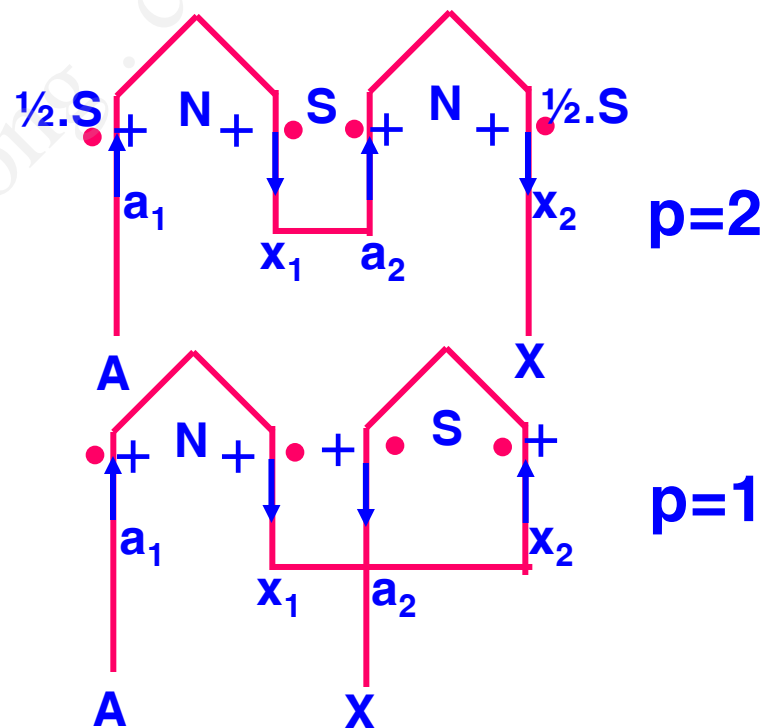
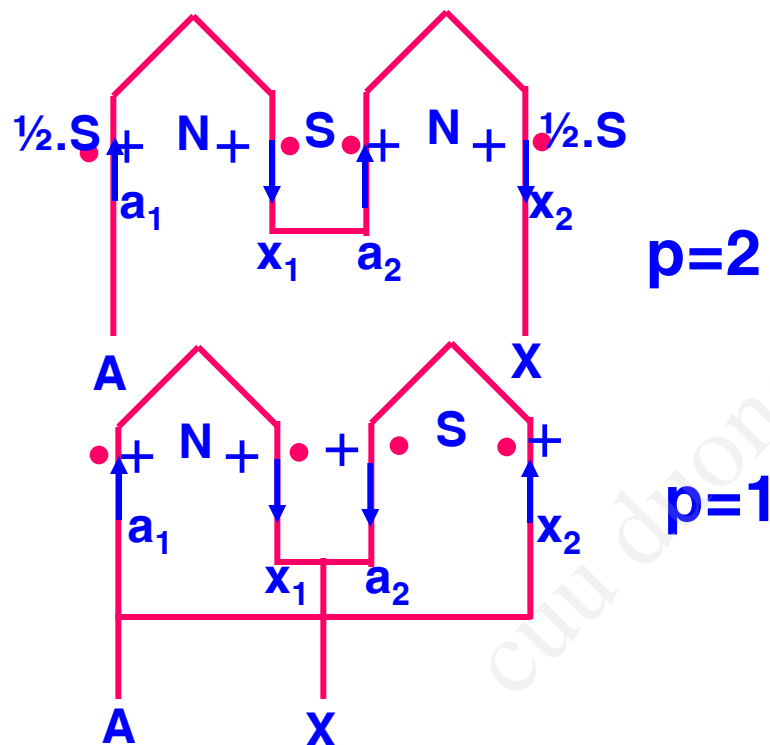
Nhưng tần số của lưới điện không đổi. Vì vậy các Đ.cơ điều chỉnh tốc độ theo PP này cần có bộ biến tần riêng để biến đổi tần số cố định của lưới thành tần số có thể điều chỉnh được cung cấp cho Đ.cơ cần điều chỉnh tốc độ.

Các bộ biến tần thường có cấu tạo phức tạp, giá thành cao nên chỉ áp dụng trong các trường hợp đặc biệt.



## 2. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi số đôi cực :

Khi thay đổi số đôi cực trên dây quấn stator của động cơ, tốc độ động cơ sẽ thay đổi một cách nhảy cấp. Thay đổi số đôi cực bằng cách thay đổi cách nối cuộn dây stator.

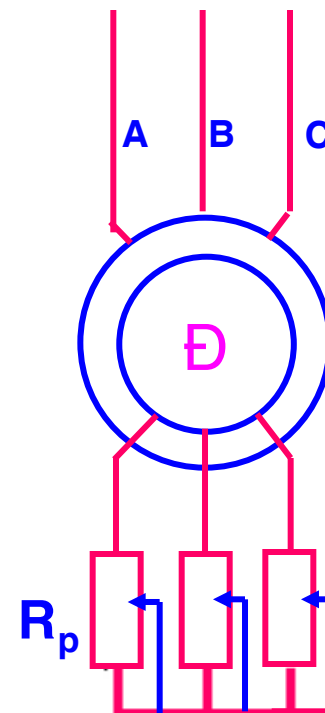


Phương pháp này thực hiện đơn giản, động cơ làm việc chắc chắn. Nó chỉ áp dụng được cho các động cơ rotor lồng sóc.

### 3. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở mạch rotor của động cơ rotor dây quấn :

Khi thay đổi điện trở trên mạch rotor của động cơ KĐB rotor dây quấn thì tốc độ của động cơ sẽ thay đổi một cách bằng phẳng trong phạm vi tương đối rộng. Mặt khác nó làm giảm dòng điện mở máy và làm tăng mô men mở máy vì vậy PP này rất hay được sử dụng.

Nhưng PP này chỉ áp dụng được cho các động cơ KĐB rotor dây quấn



Nhìn chung khả năng điều chỉnh tốc độ của động cơ không đồng bộ bị hạn chế , phạm vi điều chỉnh không rộng .

