



## CHƯƠNG 4: MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### NỘI DUNG

- 4.1. Khái niệm chung về máy điện đồng bộ**
- 4.2. Từ trường trong MĐĐB
- 4.3. Quan hệ điện từ trong MĐĐB
- 4.4. Máy phát điện đồng bộ làm việc với tải đối xứng
- 4.5. Máy phát điện đồng bộ làm việc song song
- 4.6. Động cơ đồng bộ và máy bù đồng bộ

## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### NỘI DUNG

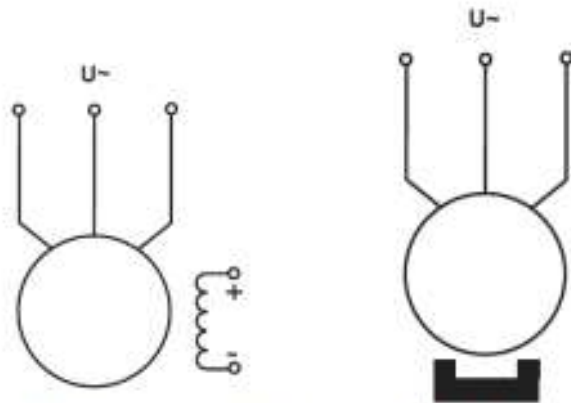
- Định nghĩa và ký hiệu
- Cấu tạo và phân loại
- Nguyên lý làm việc
- Các đại lượng định mức

## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

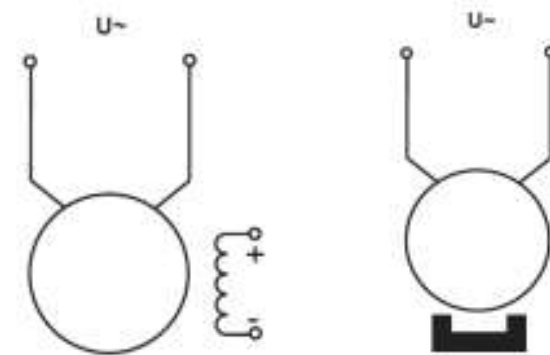
### ĐỊNH NGHĨA

Máy điện đồng bộ (MĐDB) là máy điện quay, làm việc trên nguyên lý cảm ứng điện từ, dùng để biến đổi cơ năng thành điện năng (Máy phát điện) hoặc điện năng thành cơ năng (Động cơ điện) mà có tốc độ quay của rotor bằng với tốc độ quay của từ trường quay trong máy.

### KÝ HIỆU



**Máy điện đồng bộ 3 pha**  
**Kích từ một chiều và NCVC**



**Máy điện đồng bộ 1 pha**  
**Kích từ một chiều và NCVC**

## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### CẤU TẠO



Một số hình ảnh máy điện đồng bộ



## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### CẤU TẠO



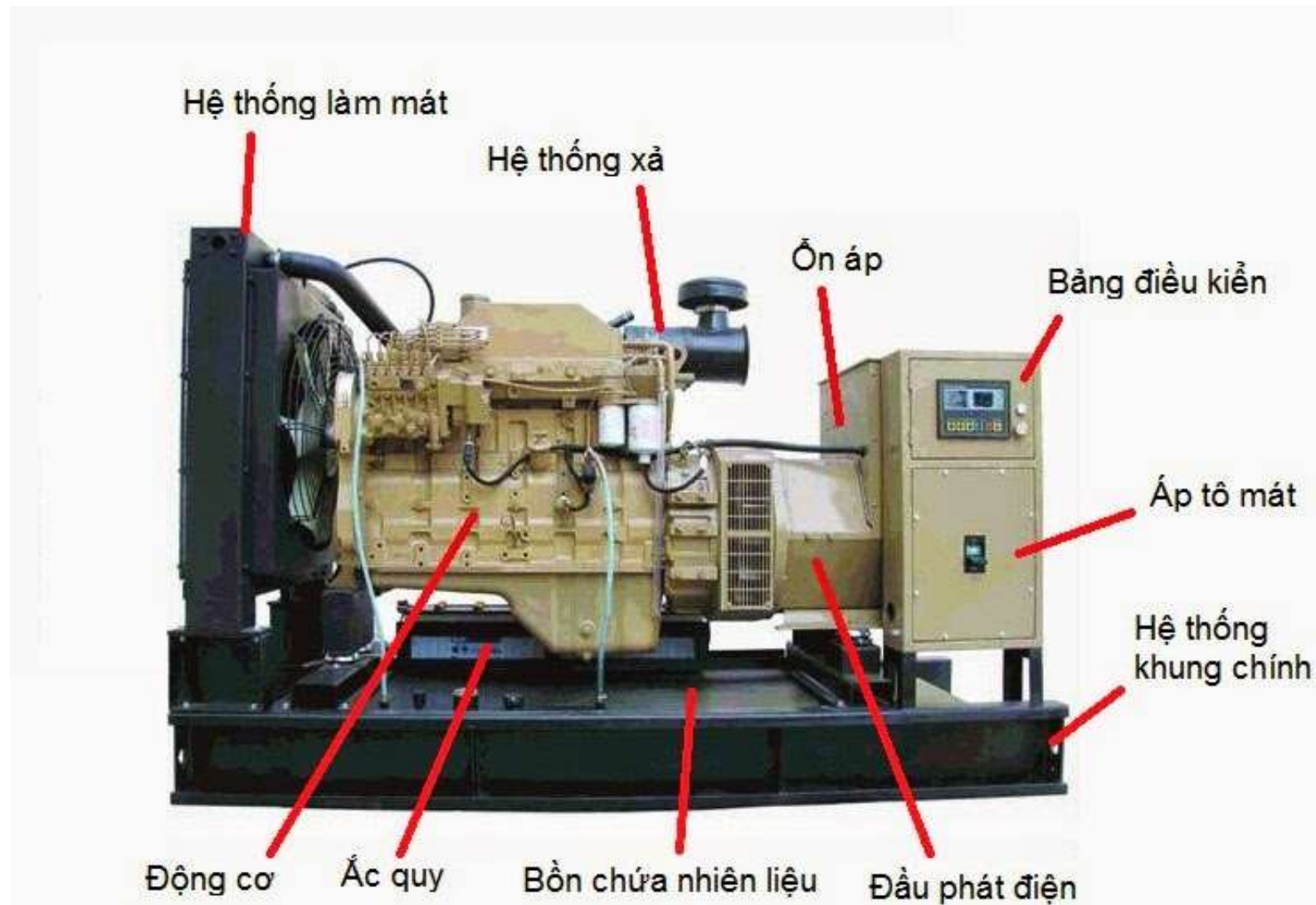
*Tổ máy số 1 nhà máy Nhiệt điện Cẩm Phả*



Một số hình ảnh máy điện đồng bộ

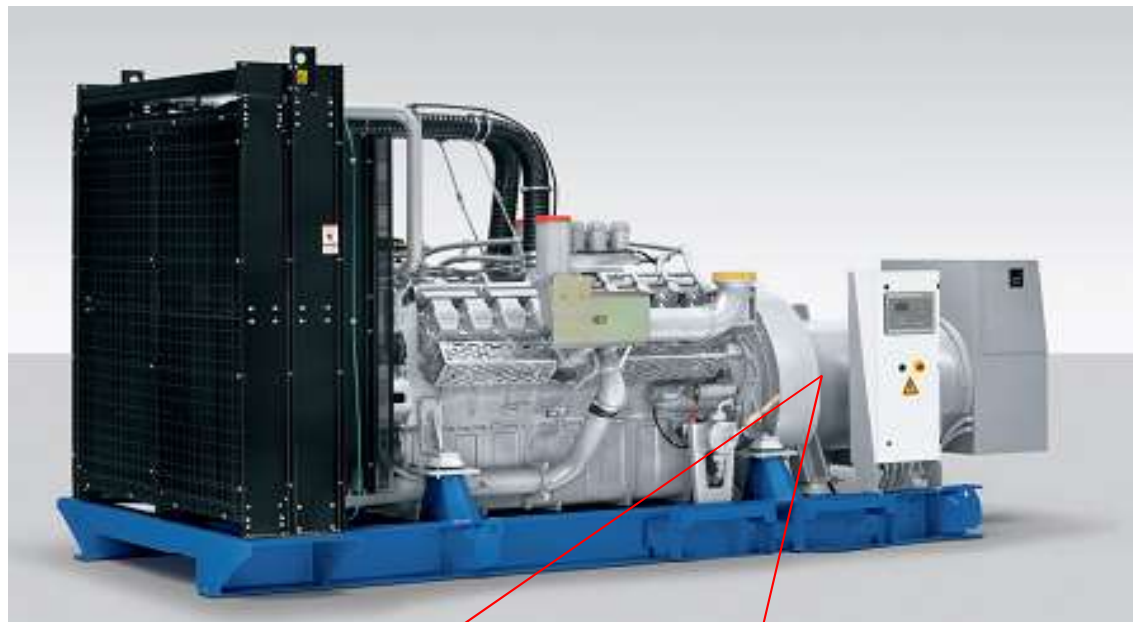
## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### CẤU TẠO



## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### CẤU TẠO

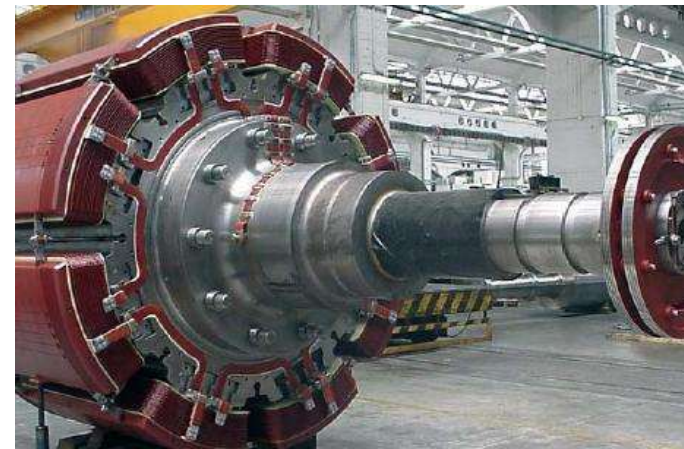
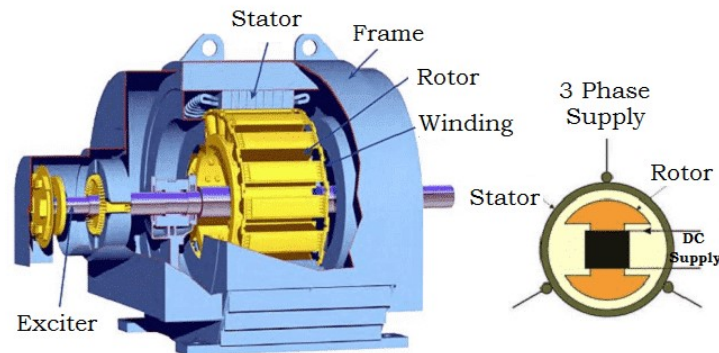




# 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

## CẤU TẠO

- ✓ Giải thích tên gọi?
- ✓ Cấu tạo stator
- ✓ Cấu tạo rotor





## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

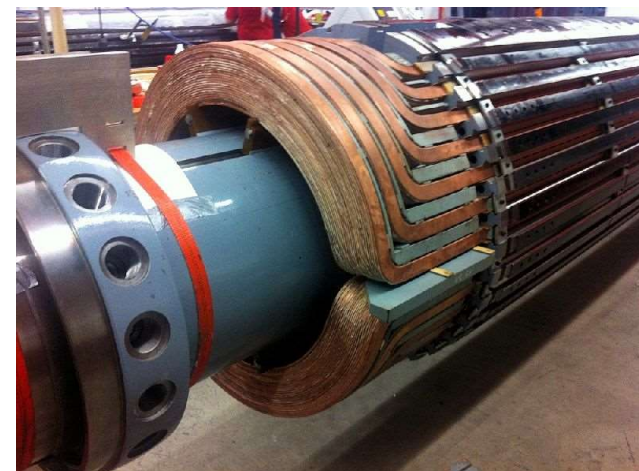
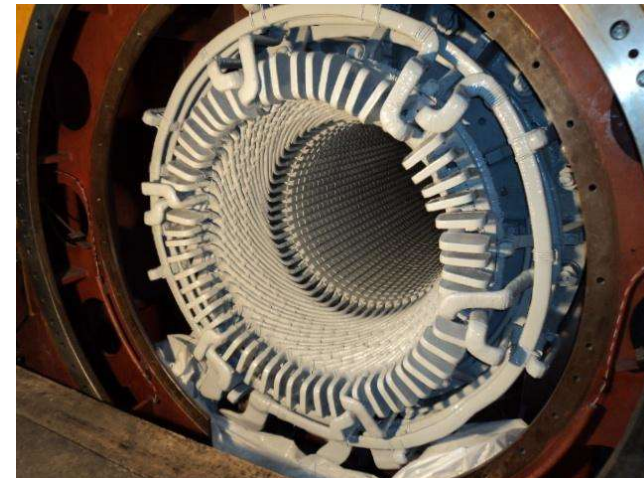
### CẤU TẠO

**Dây quấn:** gồm có 2 cuộn dây có mối liên quan cảm ứng đặt trên 2 lõi thép khác nhau.

Cuộn thứ nhất có dòng điện xoay chiều gọi là **cuộn ứng** đặt trên stator.

Cuộn thứ hai có dòng điện 1 chiều: tạo từ trường gọi là **cuộn kích từ** đặt trên rotor, có số cực 2p.

**Mục đích?**



## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### CẤU TẠO

Dây quấn:

Từ trường kích từ có thể tạo ra bởi **Cuộn kích từ** hoặc dùng nam châm gắn trên rotor



Nam châm bề mặt



Nam châm chìm

## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### CẤU TẠO

**Lõi thép stator:** ghép bằng các lá thép KTD? trên bề mặt stator xẻ rãnh, đặt dây quấn phần ứng quấn rải lệch pha nhau theo thời gian và trong không gian.

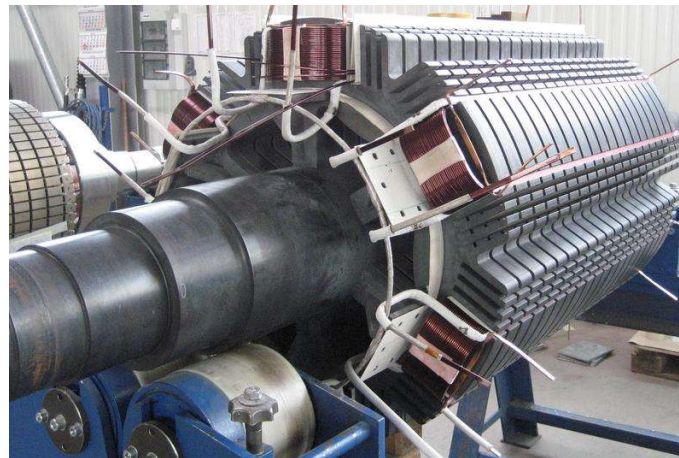
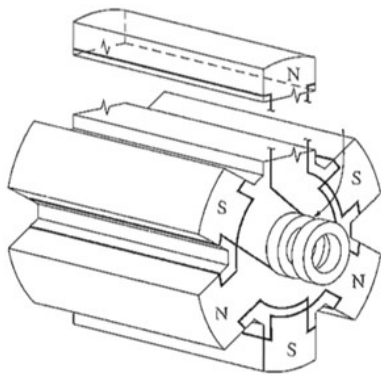




## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### CẤU TẠO

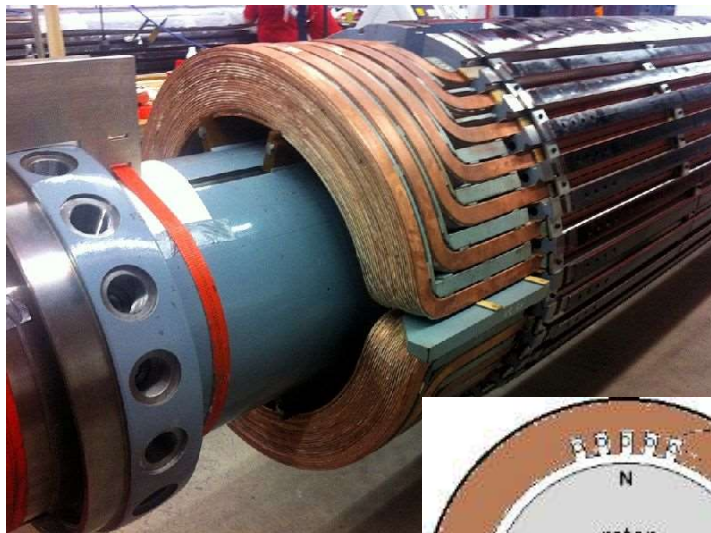
**Lõi thép rotor:** có  $n = n_{đb} \rightarrow$  rotor không có từ trường biến thiên qua nó  
 $\rightarrow \Phi_{\text{rotor}} = \text{const} \rightarrow$  trong lõi sắt và dây quấn rotor không có sức điện động cảm ứng  $E_{\text{rotor}} = 0 \rightarrow$  lõi sắt rotor có thể làm bằng thép tấm, thép khối...được phay rãnh để đặt dây quấn kích từ.



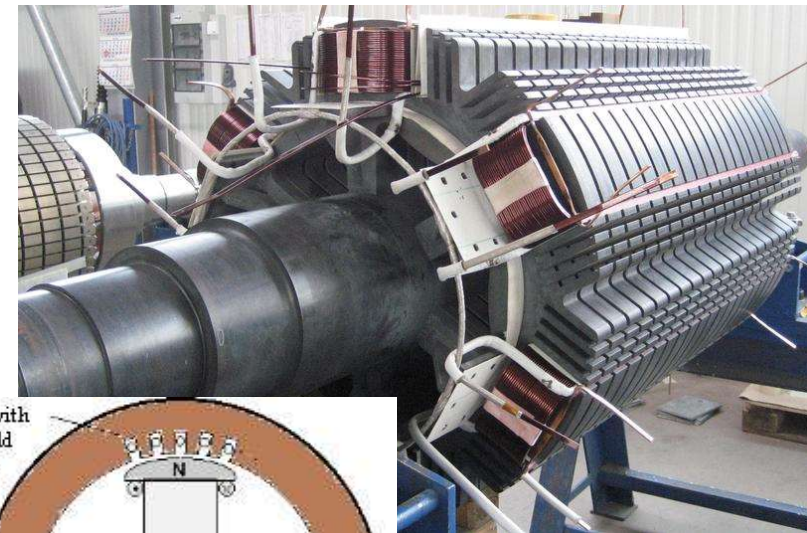
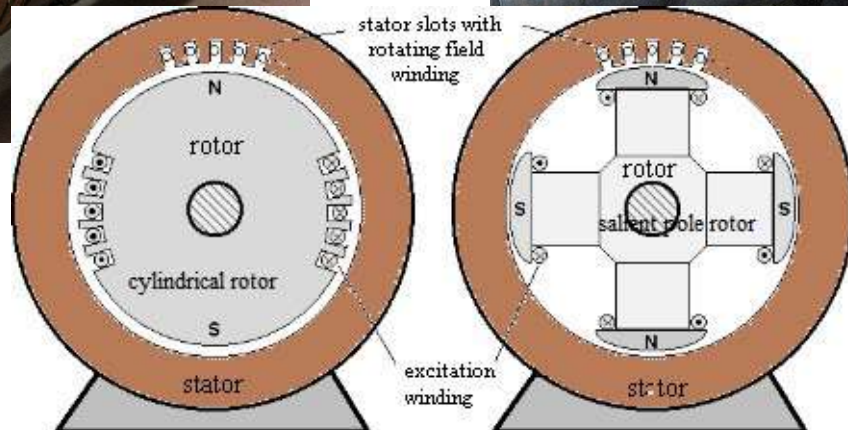
## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### CẤU TẠO

Tùy theo kết cấu của rotor ta có hai loại  
Máy điện đồng bộ cực ẩn - Máy điện đồng bộ cực lồi



Số cực  $2p = 2$



Số cực  $2p \geq 4$

Với máy có  $n$  lớn  $\rightarrow$  dùng cực ẩn hay cực lồi?

## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### CẤU TẠO

#### Máy đồng bộ cực ẩn:

- ✓ Rotor làm bằng thép hợp kim chất lượng cao.
- ✓ Rotor được rèn, phay rãnh đặt dây quấn kích từ.
- ✓  $2p = 2$ ,  $n = 3000$  (v/ph).
- ✓  $D = 1,1 \div 1,15$  m (nhỏ)  $\Rightarrow$  hạn chế lực ly tâm.
- ✓  $L \leq 6,5$  m (dài)  $\Rightarrow$  tăng công suất của máy.
- ✓ Dây quấn: Cu, tiết diện chữ nhật, bọc cách điện, quấn đồng tâm.
- ✓ Rãnh nêm kín bằng gỗ hoặc thép không từ tính.
- ✓ Máy kích từ nối trực, hoặc đồng trực.



## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### CẤU TẠO

#### Máy đồng bộ cực lồi:

- ✓ Tốc độ quay thấp, đường kính lớn  $D \sim 15\text{m}$ , l ngắn:  $l/D = 0,15 \div 0,2$ .
- ✓ Máy nhỏ và TB: rotor được chế tạo từ thép đúc, gia công lại.
- ✓ Máy lớn: rotor được ghép từ lá thép KTĐ dày  $1 \div 6 \text{ mm}$ , cực từ được ghép từ những lá thép dày  $1 \div 1.5 \text{ mm}$ .
- ✓ Bề mặt cực từ đặt dây quấn cản (MF) hay dây quấn mở máy (ĐC).

## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### PHÂN LOẠI

➤ Theo kết cấu cực từ:

- ✓ Máy cực ẩn: thích hợp với tốc độ quay cao ( $2p = 2$ )
- ✓ Máy cực lồi: thích hợp với tốc độ quay thấp ( $2p \geq 4$ )

➤ Dựa theo chức năng:

✓ Máy phát điện đồng bộ:

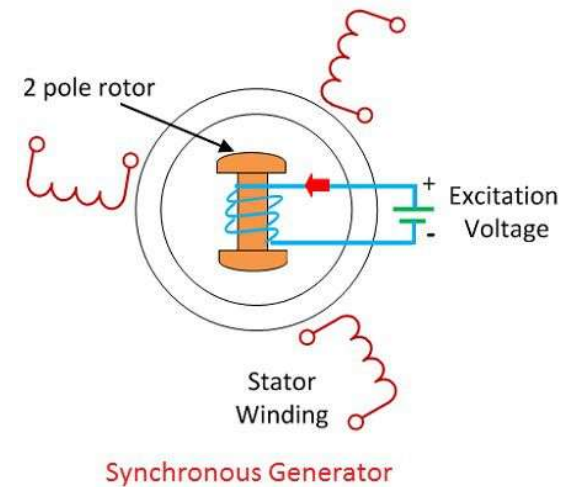
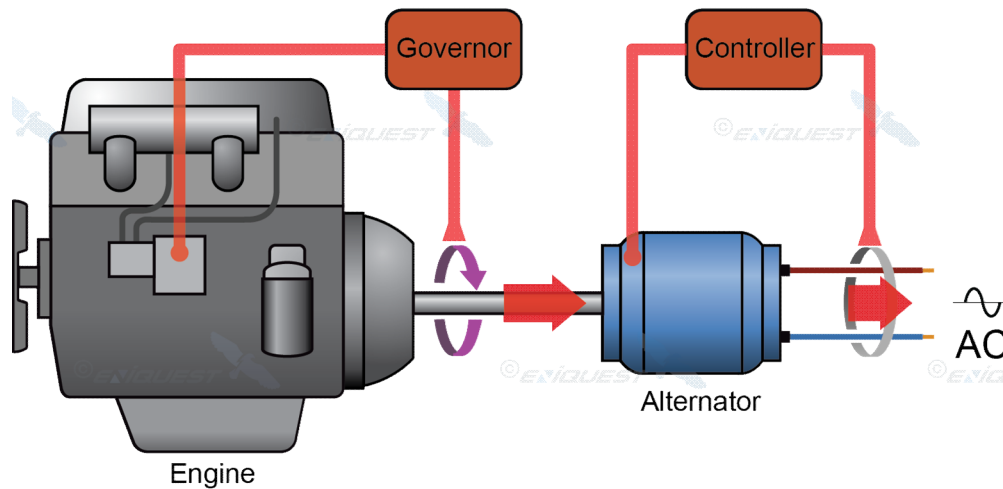
- MF thủy điện:  $n$  thấp  $\rightarrow$  kết cấu kiểu cực lồi
- MF nhiệt điện:  $n$  cao  $\rightarrow$  kiểu cực ẩn, số cực nhỏ
- MF Diezen: thường có cấu tạo cực lồi.

✓ Động cơ điện đồng bộ

✓ Máy bù đồng bộ

## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC



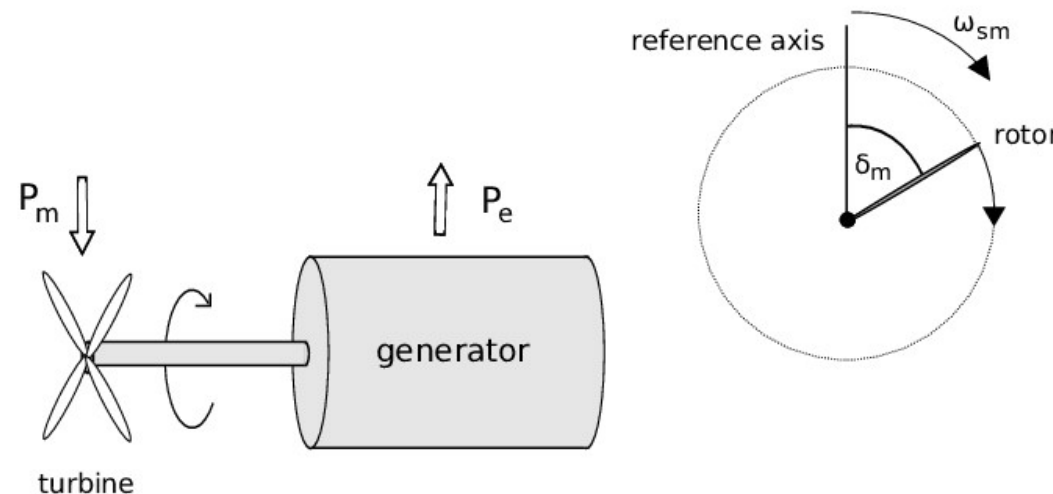
MĐĐB chủ yếu làm việc ở chế độ máy phát. Khi rotor quay → từ trường quay cắt các thanh dẫn stator → cảm ứng sđđ biến thiên với tần số  $f = p.n$ . Khi nối tải → có dòng điện  $i_A, i_B, i_C$  → từ trường quay  $\Phi_s$  của stator với vận tốc

$$n_{đb} = \frac{f}{p} = n_{roto}$$



## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC



Sự tương tác từ trường  $\rightarrow$  lực điện từ ngược chiều với chiều quay của rotor:  $F_{dt} > < n$ , cân bằng với lực cơ tác động bên ngoài làm rotor quay với tốc độ  $n = \text{const}$ :  $M_{dt} = M_{co}$ .

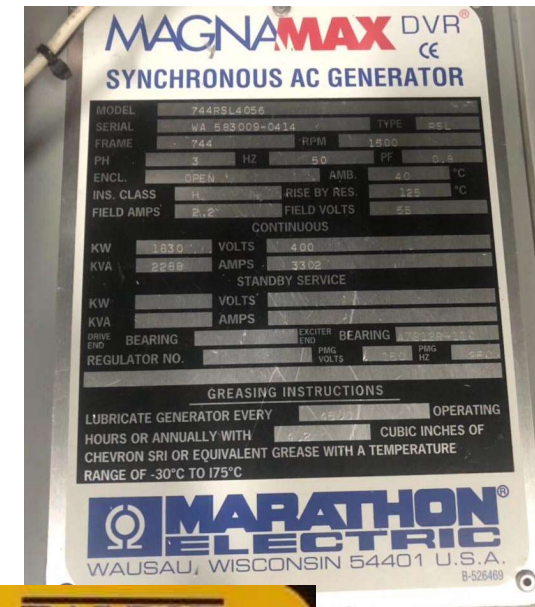
## 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐỊNH MỨC

Trên nhãn máy có các số liệu sau:

1. Kiểu máy
2. Số pha.
3. Tần số (Hz).
4. Công suất định mức (kW hay kVA).
5. Điện áp dây.
6. Sơ đồ nối các pha của phần tĩnh.
7. Dòng điện stator, rotor.
8. Hệ số công suất.
9. Tốc độ quay (vg/ph)

...





## CHƯƠNG 4: MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### NỘI DUNG

- 4.1. Khái niệm chung về máy điện đồng bộ
- 4.2. Từ trường trong MĐĐB**
- 4.3. Quan hệ điện từ trong MĐĐB
- 4.4. Máy phát điện đồng bộ làm việc với tải đối xứng
- 4.5. Máy phát điện đồng bộ làm việc song song
- 4.6. Động cơ đồng bộ và máy bù đồng bộ



## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

21

*Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN*

### NỘI DUNG

- Khái niệm chung
- Từ trường phần ứng và phản ứng phần ứng
- Hệ thống kích từ
- Quy đổi các sức từ động trong máy điện đồng bộ.

## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

22

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### KHÁI NIỆM CHUNG

Từ trường trong máy điện KĐB? 
$$\left. \begin{array}{l} U_1 \approx \text{const}; E_1 \approx U_1 \\ E_1 = 4,44fwk_{dq} \Phi \end{array} \right\} \rightarrow \Phi = \text{const}$$

Ở MĐĐB:  $\Phi = \Phi_t + \Phi_v$   $\Phi_t \approx I_t = \frac{U_t}{r_t} = \text{const} \rightarrow \Phi$  thay đổi  
 $\Phi_v \sim I$  ( thay đổi)

TT trong MĐĐB

- TT cực từ  $F_t$  do dòng điện kích từ  $i_t$
- TT phản ứng  $F_v$  do dòng điện phản ứng  $i_v$

Tác dụng của TT  $F_v$  lên  $F_t$  gọi là **phản ứng phản ứng**.

Khi mạch từ không bão hòa ta xét riêng  $F_t$  và  $F_v$  rồi xếp chồng được  $F_\delta$

## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### TỪ TRƯỜNG CỰC TỪ

Dòng kích từ  $I_t$  sinh ra stđ trên mỗi cực từ:

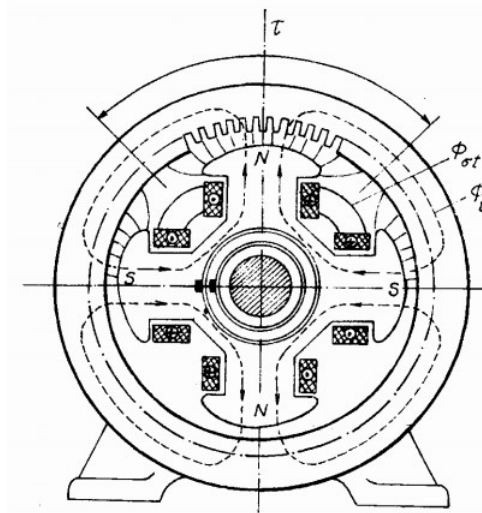
$$F_t = \frac{I_t \cdot w_t}{2p}$$

$w_t$ : số vòng dây cuộn kích từ

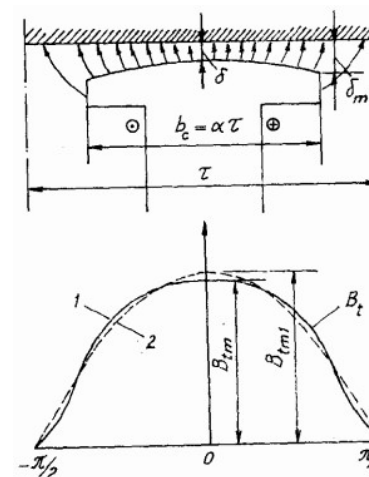
$p$ : số đôi cực từ

$F_t$  tạo ra:

- Từ trường chính  $\Phi_t$
- Từ trường tản  $\Phi_{\sigma t}$  chỉ móc vòng trong các dây quấn kích từ



Phân bố của từ trường kích từ



Phân bố từ cảm trong khe hở

## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### TỪ TRƯỜNG PHẦN ỨNG VÀ PHẦN ỨNG PHẦN ỨNG

Từ trường phần ứng?

- Khi không tải?

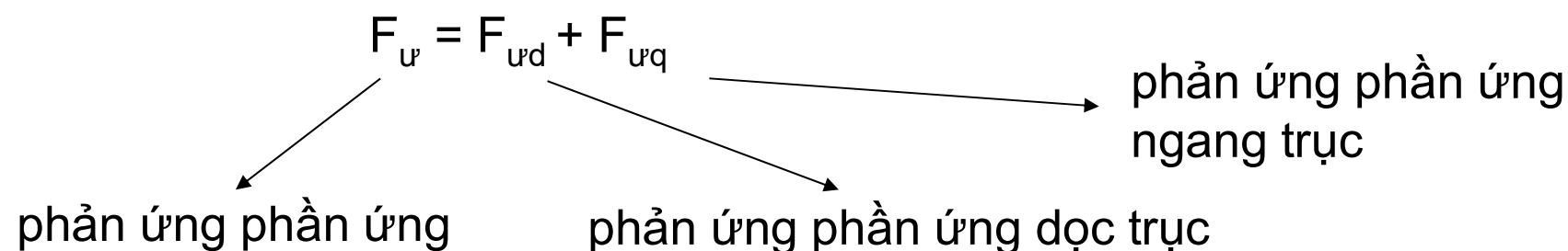
→ Có từ trường phần ứng?

- Khi có tải?

- Khi có tải, dòng điện trong dq stator sẽ sinh ra từ trường của dq stator gọi là từ trường phần ứng  $F_u$ .

- Tác dụng của  $F_u$  lên  $F_t$  gọi là phản ứng phần ứng.

Trong máy điện đồng bộ cực lỗi dùng phương pháp xếp chồng:





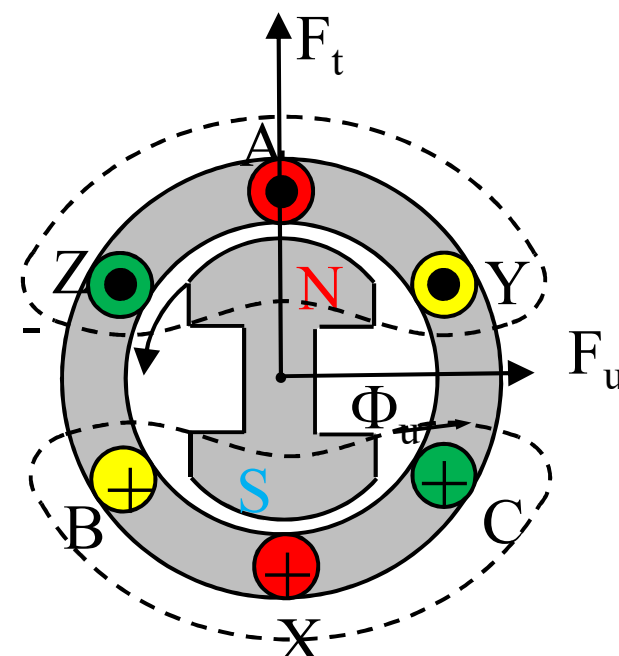
## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### TỪ TRƯỜNG PHẦN ỨNG VÀ PHẦN ỨNG PHẦN ỨNG

#### a. Tải thuần trở:

- Cho 1 MFĐĐB rotor cực lõi có  $2p = 2$ , xét mỗi pha 1 vòng dây, rotor quay ngược chiều kim đồng hồ.
- Xét tại thời điểm  $i_A = I_{\max} \rightarrow i_B = i_C = -I_{\max}/2$ ; dòng điện có chiều ra tại A, vào tại X  $\rightarrow$  vào tại B và C
- Vì từ thông xuyên qua pha A cực đại trước  $E_A$   $1/4$  chu kỳ, nên khi  $E_A$  max thì cực từ quay được góc  $\pi/2$  so với vị trí trục cực từ trùng trục pha A



Vị trí tương đối giữa stator và rotor

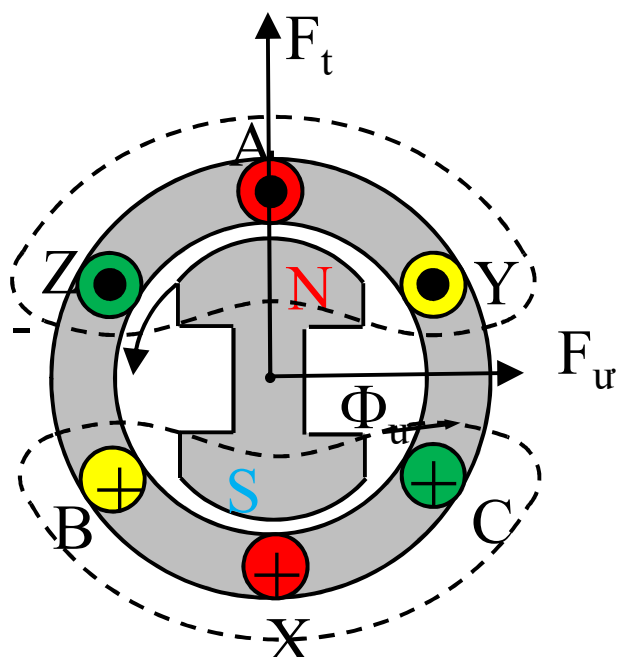
## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

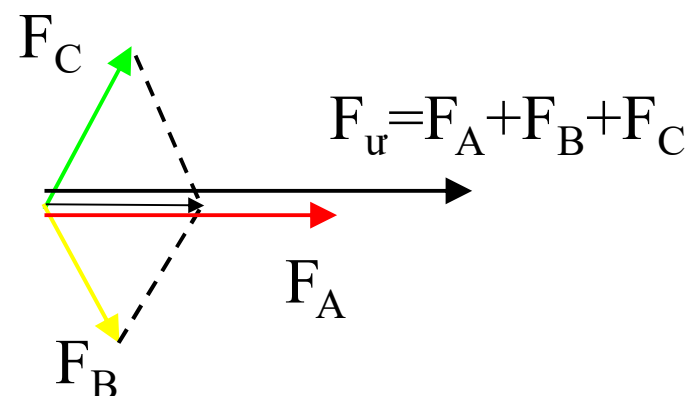
### TỪ TRƯỜNG PHẦN ỨNG VÀ PHẦN ỨNG PHẦN ỨNG

#### a. Tải thuần trở:

- Vị trí không gian của  $F_u$  (theo quy tắc vận nút chai) là tổng hợp của cả ba pha A, B, C  $\rightarrow$  trùng trục dây quấn pha A (vuông góc với cuộn AX)



Vị trí tương đối giữa  
stator và rotor



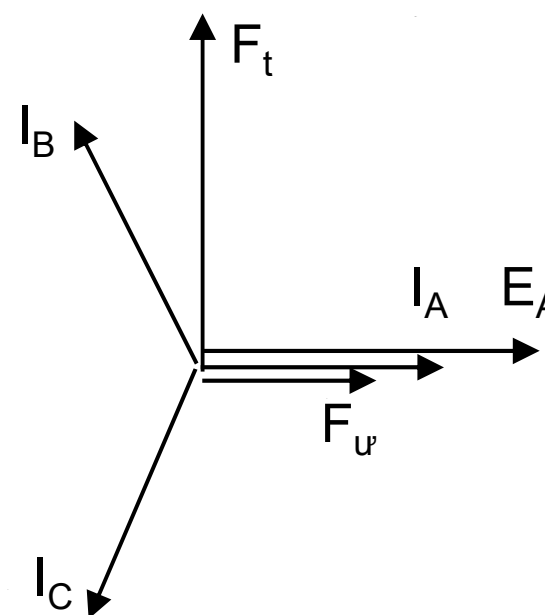
## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### TỪ TRƯỜNG PHẦN ỨNG VÀ PHẢN ỨNG PHẦN ỨNG

#### a. Tải thuần trở:

- $I$  và  $E$  trùng pha nhau:  $\Psi = 0^\circ$
- $F_{ur} \equiv I_A$
- $F_{ur} \perp F_t$
- $F_{ud} = 0$
- $F_{uq} = F_{ur}$



Đồ thị vectơ

KL: Phản ứng phần ứng ngang trục.

## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### TỪ TRƯỜNG PHẦN ỨNG VÀ PHẢN ỨNG PHẦN ỨNG

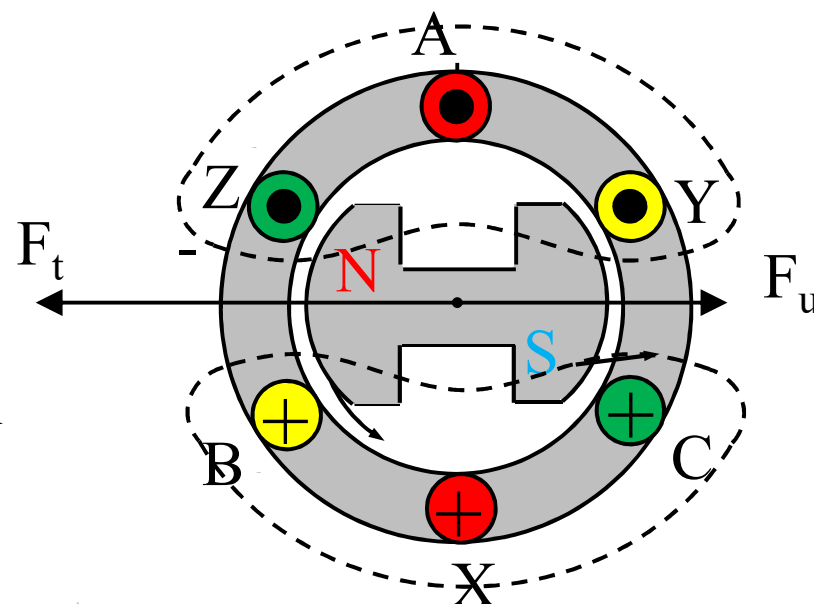
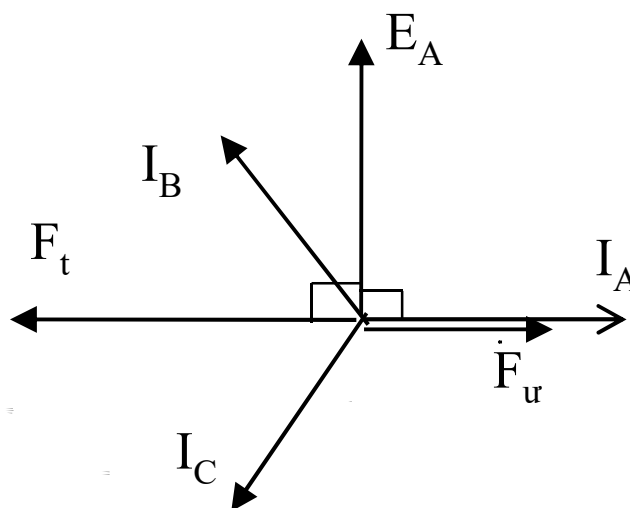
#### b. Tải thuần cảm:

- E vượt trước I góc:  $\Psi = +90^\circ$  nên ở thời điểm  $i_A = I_{\max}$  cực từ quay thêm 1 góc  $\pi/2$  so với vị trí trục cực từ ở trường hợp tải thuần trở.

- $F_u$  và  $F_t$  cùng phương ngược chiều

- $F_{ud} = F_u$

- $F_{uq} = 0$



KL: Phản ứng phần ứng dọc trục khử từ.



## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### TỪ TRƯỜNG PHẦN ỨNG VÀ PHẢN ỨNG PHẦN ỨNG

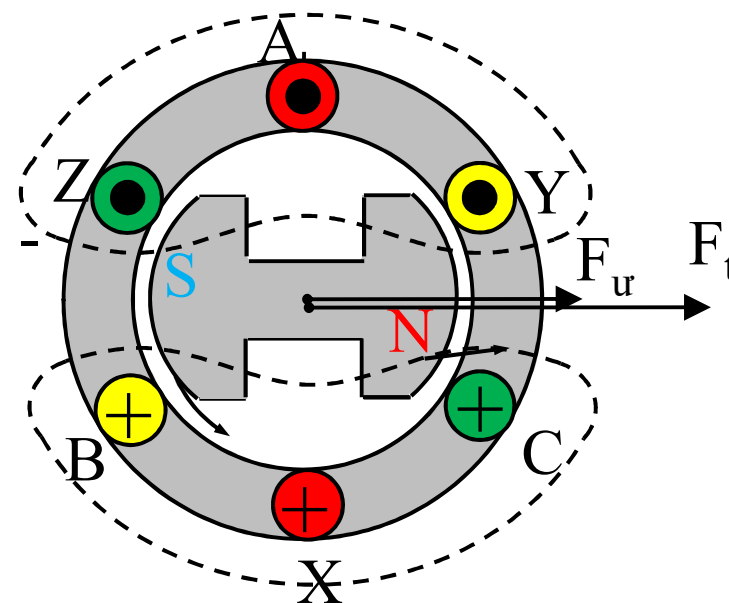
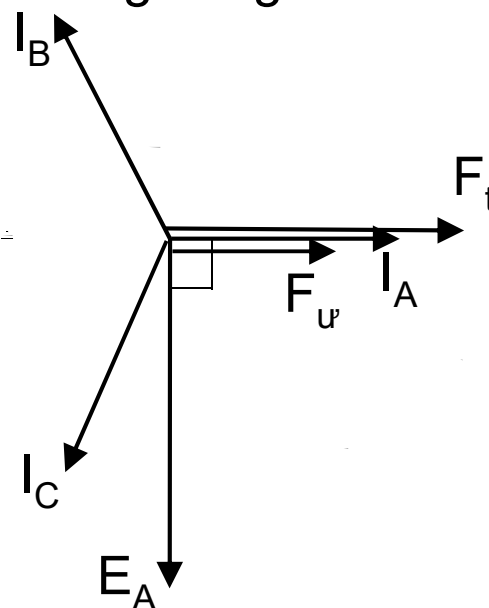
#### c. Tải thuần dung:

- E chậm sau I:  $\Psi = -90^\circ$  nên ở thời điểm  $i_A = I_{\max}$  cực từ quay ngược lại 1 góc  $\pi/2$  so với vị trí trục cực từ ở trường hợp tải thuần trở.

- $F_u$  và  $F_t$  cùng phương cùng chiều

- $F_{ud} = F_u$

- $F_{uq} = 0$



KL: Phản ứng phần ứng dọc trục từ.

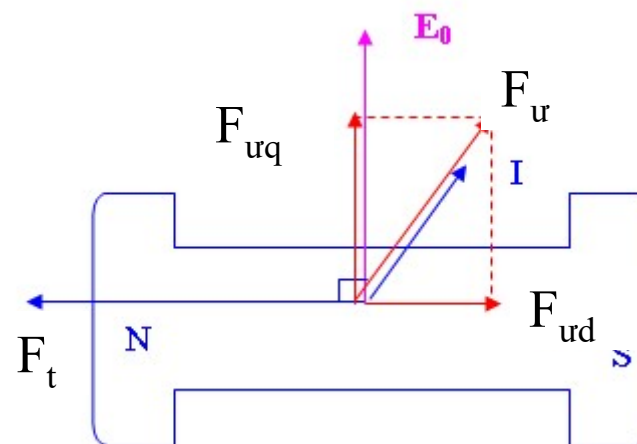
## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### TỪ TRƯỜNG PHẦN ỨNG VÀ PHẢN ỨNG PHẦN ỨNG

#### d. Trường hợp chung:

- Góc giữa  $E$  và  $I$ :  $-90^\circ < \psi < 90^\circ$
- Chiếu  $F_u$  lên 2 trục d-q được:
- $F_{uq} \perp F_t$
- $F_{ud}$  cùng phương  $F_t$



- ✓ **Khi tải có tính cảm:**  $0^\circ < \psi < 90^\circ$

Phản ứng phần ứng vừa ngang trục vừa dọc trục khử từ.

- ✓ **Khi tải có tính dung:**  $-90^\circ < \psi < 0^\circ$

Phản ứng phần ứng vừa ngang trục vừa dọc trục trợ từ.

## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐDB

*Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN*

### HỆ THỐNG KÍCH TỪ

Là hệ thống cung cấp dòng điện kích từ cho máy:

- Có thể độc lập
- Có thể tự kích ( phần lớn dùng hệ tự kích thích)
- Với máy công suất lớn thường dùng hệ thống máy phát phụ để kích từ.

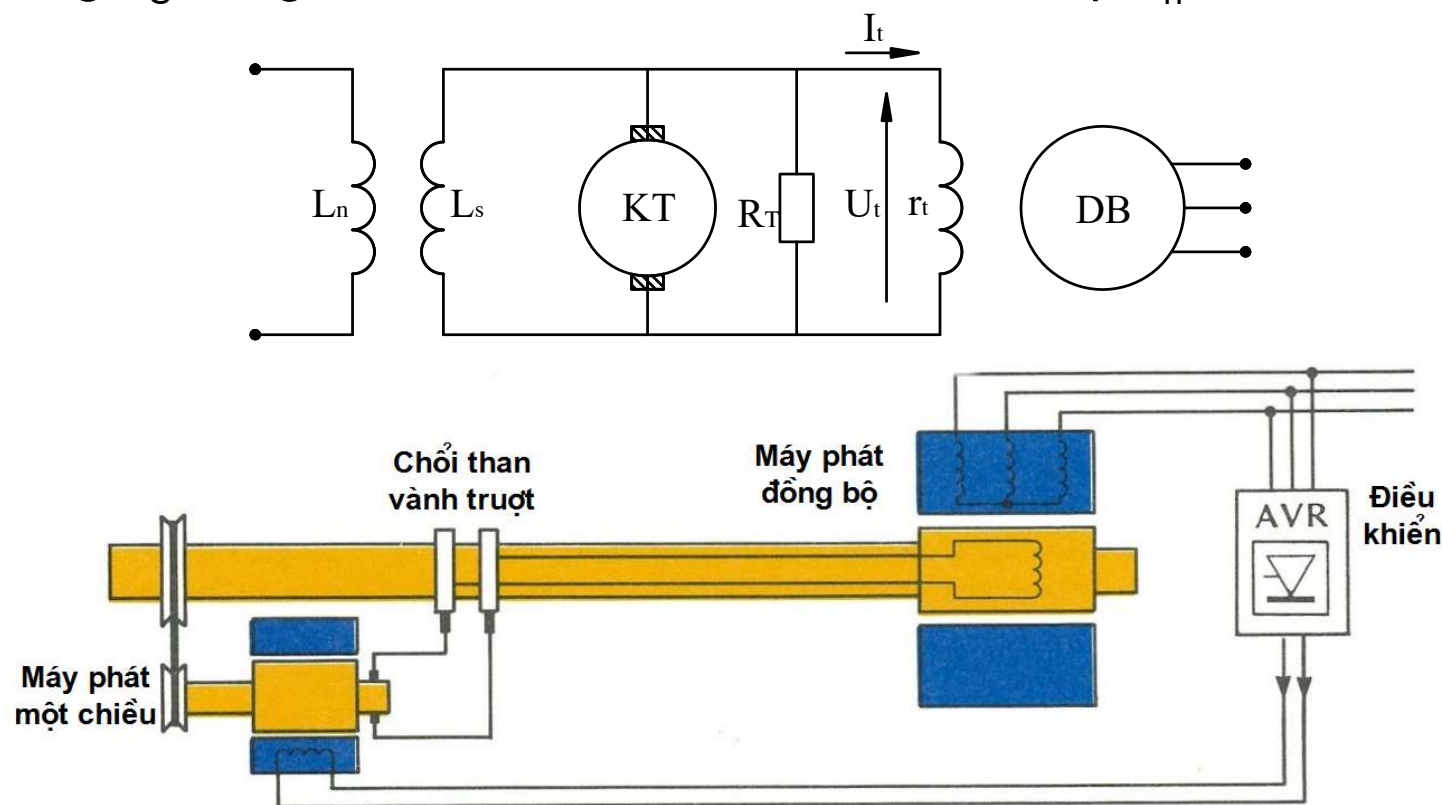
## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### HỆ THỐNG KÍCH TỪ

#### Kích từ bằng MF1C gắn cùng với MFĐB

Máy phát điện 1 chiều kích thích thường có 2 cuộn dây kích thích: 1 cuộn song song  $L_s$  dùng để tự kích thích và 1 cuộn độc lập  $L_n$





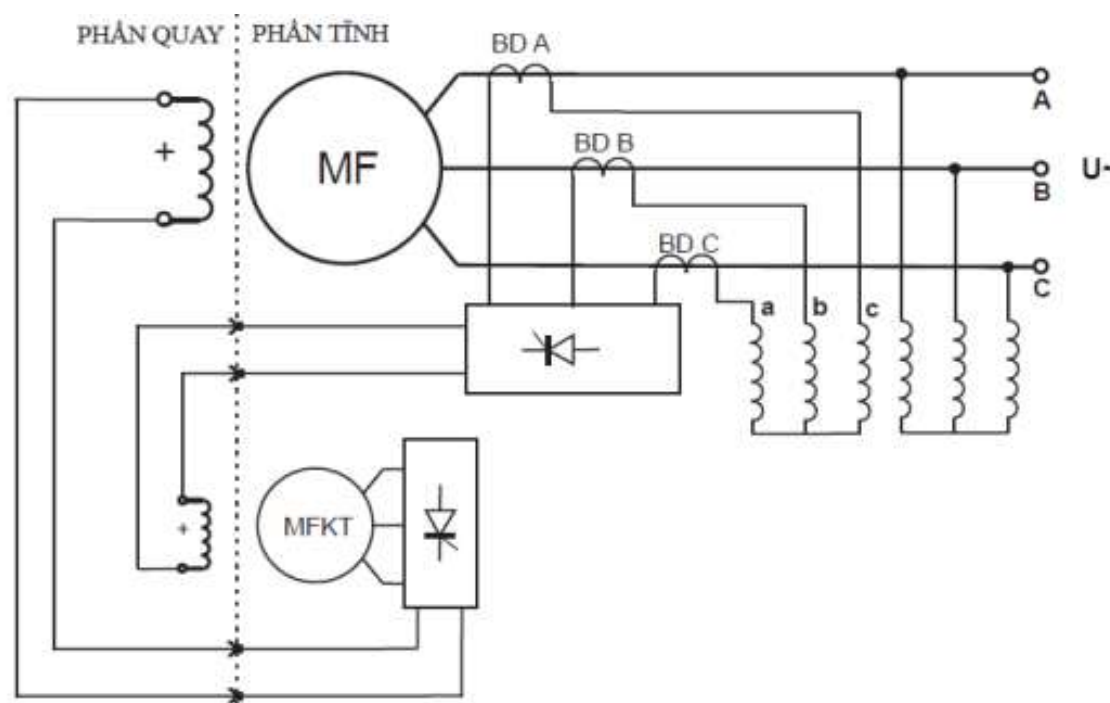
## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### HỆ THỐNG KÍCH TỪ

**Kích từ bằng máy phát kích từ xoay chiều có chỉnh lưu:**

Có hai cách là máy kích từ có phần cảm quay, phần ứng tĩnh và máy phát kích từ có phần cảm tĩnh và phần ứng quay

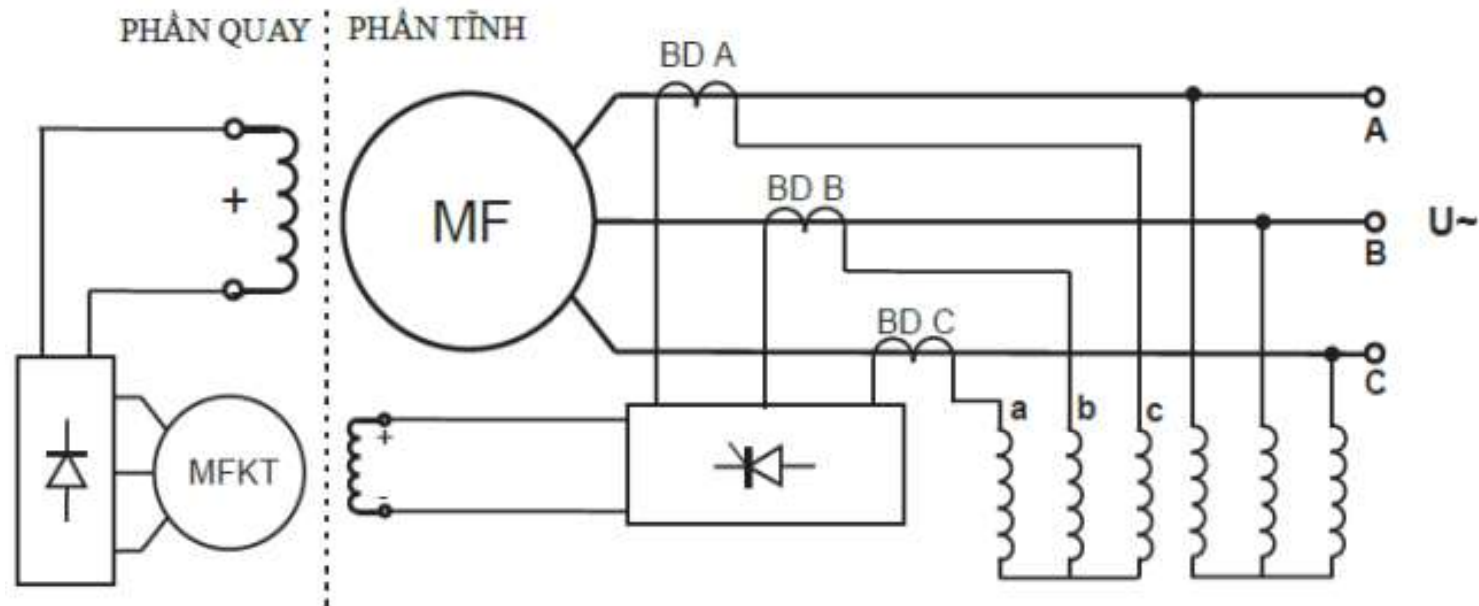


Sơ đồ kích từ dùng máy phát kích từ có phần ứng và chỉnh lưu lắp ở stator

## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

### HỆ THỐNG KÍCH TỪ

Kích từ bằng máy phát kích từ xoay chiều có chỉnh lưu:



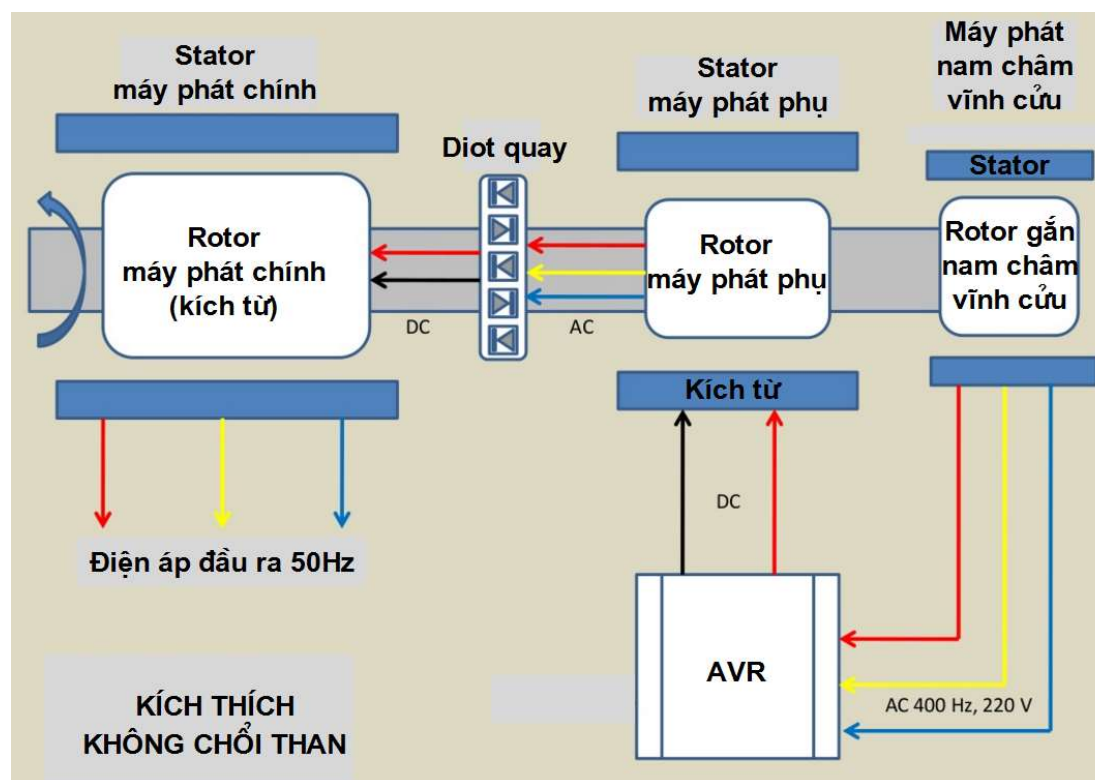
Sơ đồ kích từ dùng máy phát kích từ có phần ứng và chỉnh lưu lắp ở rotor  
( Máy phát kích từ không tiếp xúc)

## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### HỆ THỐNG KÍCH TỪ

Kích từ bằng máy phát kích từ xoay chiều có chỉnh lưu:



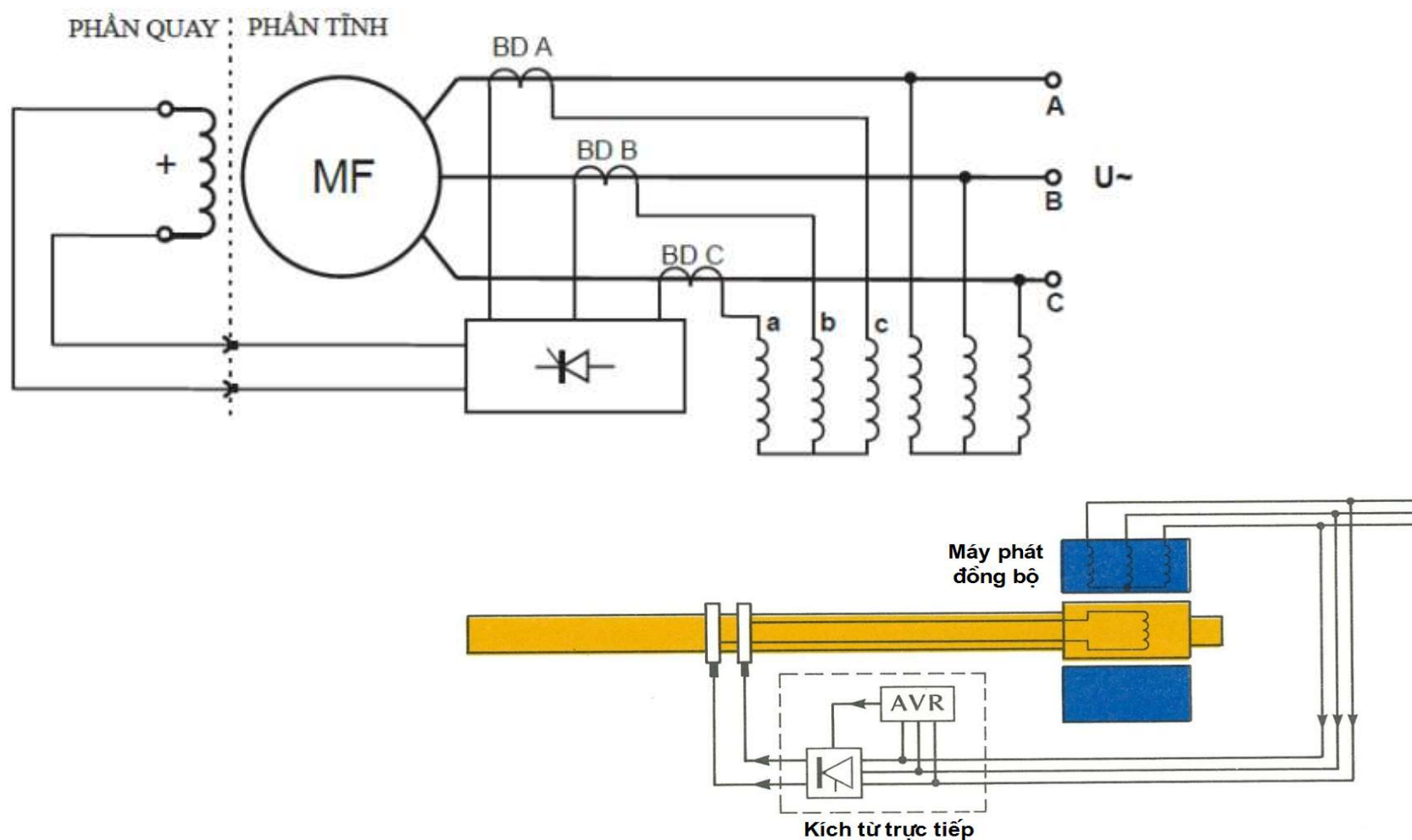
Sơ đồ kích từ dùng máy phát kích từ có phần ứng và chỉnh lưu lắp ở rotor, kích từ máy phụ cấp bởi máy phát NCVC

## 4.2. TỪ TRƯỜNG TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### HỆ THỐNG KÍCH TỪ

#### Hệ thống tự kích từ cho máy phát điện đồng bộ







## CHƯƠNG 4: MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### NỘI DUNG

- 4.1. Khái niệm chung về máy điện đồng bộ
- 4.2. Từ trường trong MĐĐB
- 4.3. Quan hệ điện từ trong MĐĐB**
- 4.4. Máy phát điện đồng bộ làm việc với tải đối xứng
- 4.5. Máy phát điện đồng bộ làm việc song song
- 4.6. Động cơ đồng bộ và máy bù đồng bộ

## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MĐĐB

38

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### NỘI DUNG

- Khái niệm chung
- Phương trình cân bằng điện áp và đồ thị vector của máy điện đồng bộ.
- Cân bằng năng lượng trong máy điện đồng bộ.
- Các đặc tính góc của máy điện đồng bộ

## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MĐĐB

39

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### KHÁI NIỆM CHUNG

Các quan hệ điện từ chính gồm có

- Các phương trình cân bằng điện áp
- Đồ thị vector
- Giải đồ cân bằng năng lượng, công suất điện từ của máy điện đồng bộ

Do tính chất thuận nghịch của máy điện đồng bộ nên xét các quan hệ điện từ nói trên trong các trường hợp máy làm việc như máy phát điện và động cơ điện.

## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MĐĐB

40

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG ĐIỆN ÁP VÀ ĐỒ THỊ VECTOR

✓ **Máy phát điện đồng bộ cực ẩn:**

- Cấu trúc dây quấn và mạch từ đối xứng, tải đối xứng  
→ Xét trên một pha dây quấn phản ứng
- Mạch từ không bão hòa: → Thực hiện nguyên lý xếp chồng có sức điện động cảm ứng bởi từ trường khe hở:

$$E_{\delta} = E_0 + E_u$$

- Trường hợp mạch từ bão hòa: →  $F_{\delta} = F_0 + F_u \rightarrow$  sđđ  $E_{\delta}$

Phương trình cân bằng điện áp:

$$\dot{U} = \dot{E}_{\delta} - \dot{I} \cdot (r_u + j \cdot x_{\sigma u})$$

Trong đó:  $r_u$ : điện trở dây quấn phản ứng

$x_{\sigma u}$ : điện kháng tản dây quấn phản ứng

## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MĐĐB

41

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG ĐIỆN ÁP VÀ ĐỒ THỊ VECTOR

✓ Máy phát điện đồng bộ cực ẩn:

$$\dot{U} = \dot{E}_\delta - \dot{I} \cdot (r_u + j \cdot x_{\sigma u})$$

$$= \dot{E}_0 + \boxed{\dot{E}_u} - j\dot{I} \cdot x_{\sigma u} - \dot{I} \cdot r_u$$

$$= \dot{E}_0 - j\dot{I} \cdot x_u - j\dot{I} \cdot x_{\sigma u} - \dot{I} \cdot r_u$$

$$= \dot{E}_0 - j\dot{I} \cdot x_{db} - \dot{I} \cdot r_u$$

$x_{db}$  : điện kháng đồng bộ



## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MĐĐB

42

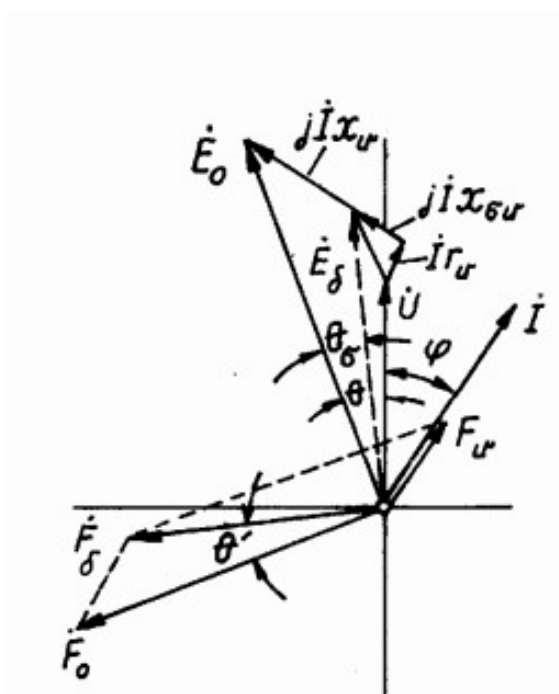
Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG ĐIỆN ÁP VÀ ĐỒ THỊ VECTOR

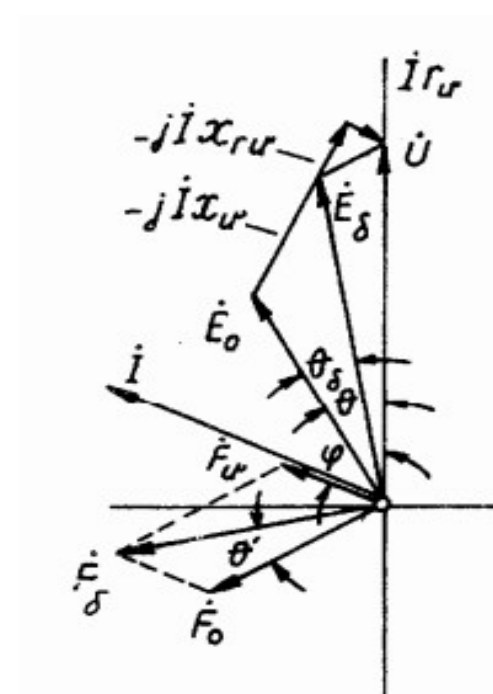
- ✓ Máy phát điện đồng bộ cực ẩn:

*Đồ thị vector ứng với từng loại tải:*

Với tải có tính cảm  $0^\circ < \psi < 90^\circ$



Với tải có tính dung  $-90^\circ < \psi < 0^\circ$



## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MĐĐB

43

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN


### PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG ĐIỆN ÁP VÀ ĐỒ THỊ VECTOR

✓ Máy phát điện đồng bộ cực lồi:

Do khe hở giữa stator và rotor không đều  $\rightarrow$  từ trường dọc trục và ngang trục có giá trị khác nhau, phụ thuộc vào tính chất của tải.

$\rightarrow$  cần phân tích  $F_u$  thành  $F_{ud}$  và  $F_{uq}$

$$\vec{F}_u = \vec{F}_{ud} + \vec{F}_{uq}$$


$$\dot{E}_{ud} = -j\dot{I}_d \cdot x_{ud}$$

$$\dot{E}_{uq} = -j\dot{I}_q \cdot x_{uq}$$

## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MĐĐB

44

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG ĐIỆN ÁP VÀ ĐỒ THỊ VECTOR

✓ Máy phát điện đồng bộ cực lồi:

$$\begin{aligned}
 \dot{U} &= \dot{E}_\delta - \dot{I} \cdot (r_u + j \cdot x_{\sigma u}) \\
 &= \dot{E}_0 + \boxed{\dot{E}_u} - \dot{I} \cdot r_u \boxed{-j\dot{I} \cdot x_{\sigma u}} \\
 &\quad \swarrow \quad \searrow \\
 &\quad \quad \boxed{-j\dot{I}_d \cdot x_{ud} - j\dot{I}_q \cdot x_{uq}} \quad \boxed{-j\dot{I}_d \cdot x_{\sigma u} - j\dot{I}_q \cdot x_{\sigma u}} \\
 &= \dot{E}_0 - j\dot{I}_d \cdot x_{ud} - j\dot{I}_q \cdot x_{uq} - j\dot{I}_d \cdot x_{\sigma u} - j\dot{I}_q \cdot x_{\sigma u} - \dot{I} \cdot r_u \\
 &= \dot{E}_0 - j\dot{I}_d \cdot x_d - j\dot{I}_q \cdot x_q - \dot{I} \cdot r_u
 \end{aligned}$$

$x_d, x_q$ : điện kháng đồng bộ dọc trục và ngang trục

## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MĐĐB

45

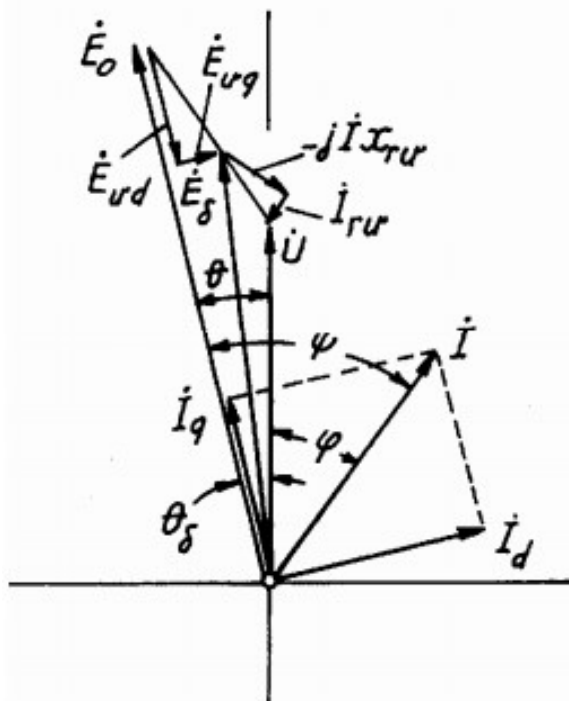
Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG ĐIỆN ÁP VÀ ĐỒ THỊ VECTOR

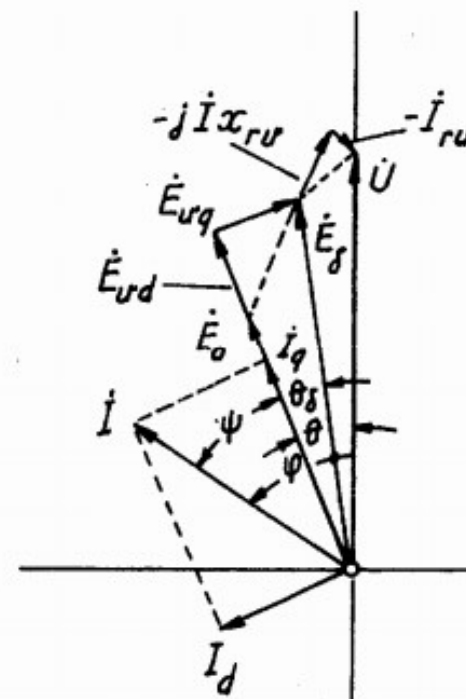
✓ Máy phát điện đồng bộ cực lồi:

*Đồ thị vector ứng với từng loại tải:*

Với tải có tính cảm  $0^\circ < \Psi < 90^\circ$



Với tải có tính dung  $-90^\circ < \Psi < 0^\circ$



## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MĐĐB

46

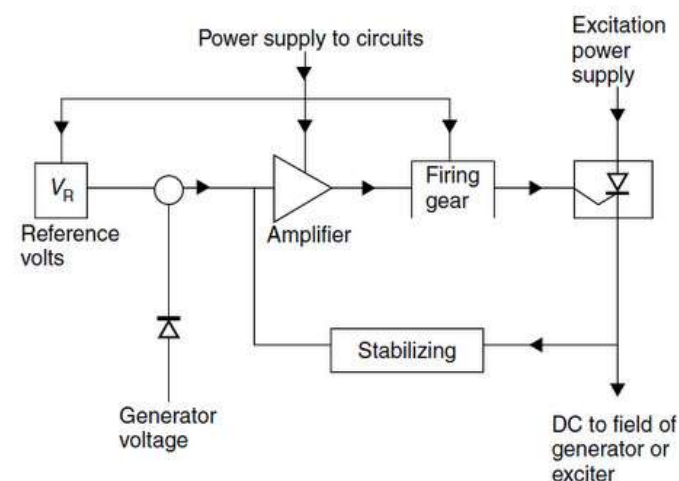
Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG ĐIỆN ÁP VÀ ĐỒ THỊ VECTOR

**Nhận xét:** Điện áp đầu máy khi tải có tính dung lớn hơn khi tải có tính cảm:  $U_{(RL)} < U_{(RC)}$

Tải tính cảm	Tải tính dung
$\Phi_{ud} < \Phi_t$ $\Phi_\delta \downarrow < \Phi_t$	$\Phi_{ud} \equiv \Phi_t$ $\Phi_\delta \uparrow > \Phi_t$
$E_{\delta(RL)} < E_{\delta(RC)}$	
$U < E_0$	$U > E_0$

→ Cần điều chỉnh  $U = \text{const}$



## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

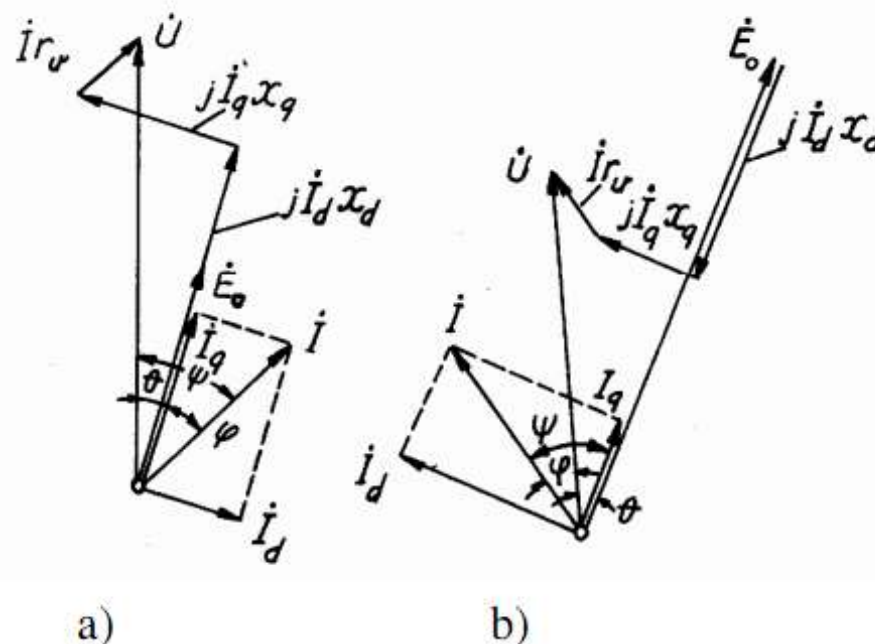
### PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG ĐIỆN ÁP VÀ ĐỒ THỊ VECTOR

#### ✓ Động cơ điện đồng bộ:

ĐCĐĐB tiêu thụ công suất điện lấy từ lưới, thường có cấu tạo cực lõi.

Phương trình cân bằng điện áp:

$$\begin{aligned}\dot{U} &= \dot{E}_\delta + \dot{I} \cdot (r_u + j \cdot x_{\sigma u}) \\ &= \dot{E}_0 + \dot{E}_{ud} + \dot{E}_{uq} + \dot{I} \cdot (r_u + j \cdot x_{\sigma u}) \\ &= \dot{E}_0 + j \dot{I}_d \cdot x_d + j \dot{I}_q \cdot x_q + \dot{I} \cdot r_u\end{aligned}$$



Đồ thị vector ĐCĐĐB

-a- Thiếu kích thích    -b- Quá kích thích

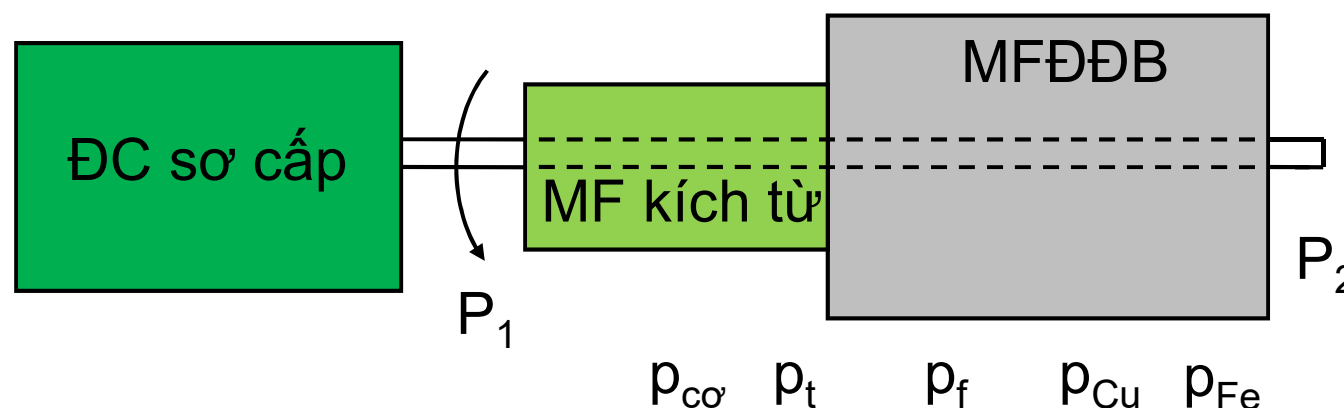


## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG TRONG MĐĐB

- Chế độ máy phát điện ( có máy phát kích từ cùng trục rotor):



- Công suất điện từ  $P_{đt}$  chuyển từ rotor sang stator

$$P_{đt} = P_1 - (p_{co} + p_t + p_f)$$

- Công suất điện  $P_2$  ở đầu ra:

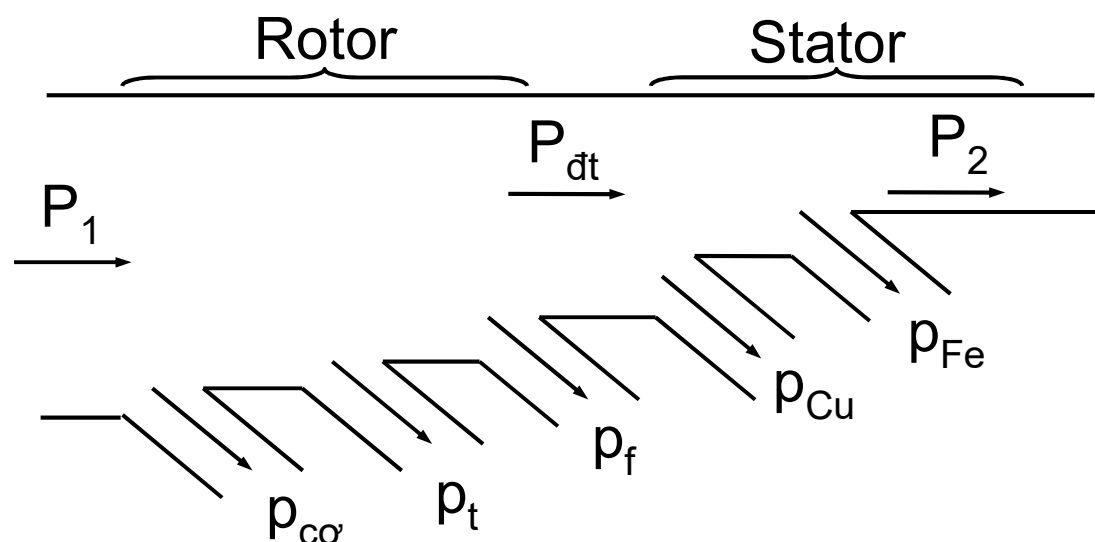
$$P_2 = P_{đt} - (p_{cu} + p_{Fe})$$

## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG TRONG MĐĐB

- Chế độ máy phát điện ( có máy phát kích từ cùng trục rotor):



- $p_{co}$ : tổn hao cơ do ma sát và quạt gió.  
 $p_t$ : tổn hao kích từ.  
 $p_f$ : tổn hao phụ do các thành phần sóng bậc cao.  
 $p_{Cu}$ : tổn hao đồng dây quấn stator.  
 $p_{Fe}$ : tổn hao sắt từ do dòng xoáy và từ trễ.

## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

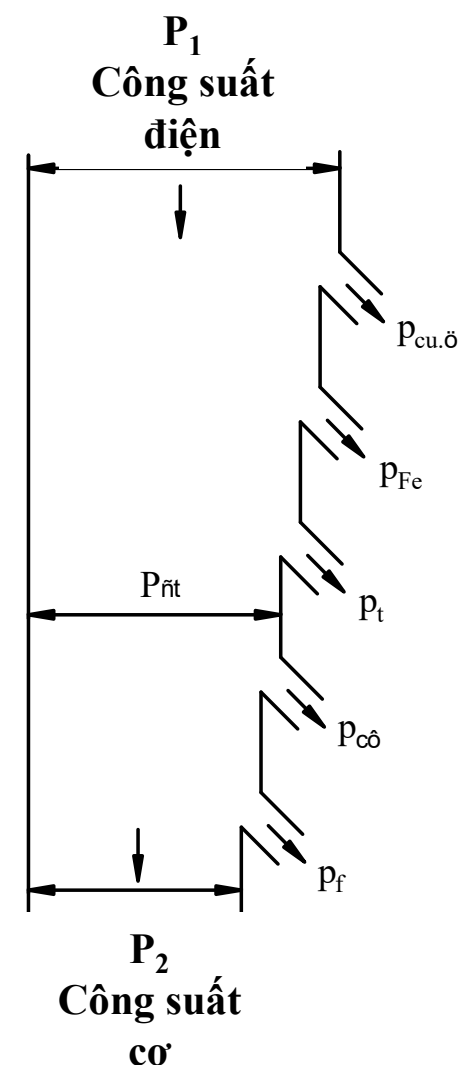
### CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG TRONG MĐĐB

- Chế độ động cơ điện:

Đối với ĐCĐ thì ngược lại, công suất điện từ truyền qua từ trường từ stator sang rotor.

$P_1$ : công suất điện

$P_2$ : công suất cơ



## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC ĐẶC TÍNH GÓC CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

#### 1. Đặc tính góc công suất tác dụng:

Là quan hệ  $P = f(\theta)$  khi  $E_0 = \text{const}$ ,  $U = \text{const}$ , với  $\theta$  là góc tải giữa vector  $E_0$  và  $U$ .

➤ Với máy điện đồng bộ cực lồi:

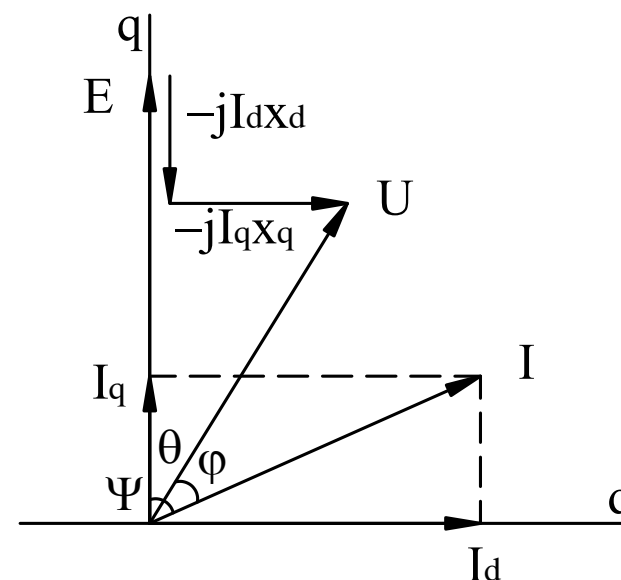
$r_u \ll x_d, x_q \rightarrow$  để đơn giản ta bỏ qua  $r_u$ .

Phương trình cân bằng điện áp:

$$\dot{U} = \dot{E}_0 - j\dot{I}_d \cdot x_d - j\dot{I}_q \cdot x_q$$

Từ đồ thị vector ta có:

$$I_d = \frac{E_0 - U \cdot \cos \theta}{x_d}; \quad I_q = \frac{U \cdot \sin \theta}{x_q}$$



## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC ĐẶC TÍNH GÓC CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

#### 1. Đặc tính góc công suất tác dụng:

Công suất đầu cực của máy đồng bộ:

$$\begin{aligned} P &= m.U.I.\cos\varphi = m.U.I.\cos(\psi - \theta) \\ &= m.U.(I.\cos\psi.\cos\theta + I.\sin\psi.\sin\theta = m.U.(I_q.\cos\theta + I_d.\sin\theta) \end{aligned}$$

$$\rightarrow P = m.U.(I_q \cos \theta + I_d \sin \theta)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{m.U^2}{x_q}.\sin \theta.\cos \theta + \frac{m.E_0.U}{x_d}.\sin \theta - \frac{m.U^2}{x_d}.\sin \theta.\cos \theta \\ &= \frac{m.E_0.U}{x_d}.\sin \theta + \frac{m.U^2}{2}\left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d}\right).\sin 2\theta = P_e + P_{ur} \end{aligned}$$

## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MĐĐB

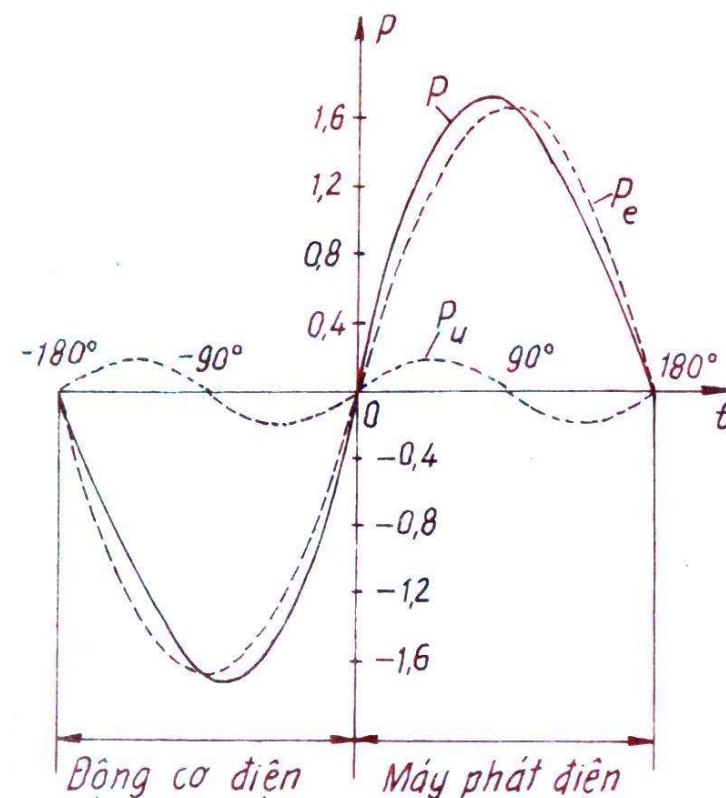
Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC ĐẶC TÍNH GÓC CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

#### 1. Đặc tính góc công suất tác dụng:

Công suất tác dụng của máy đồng bộ cực lồi có hai phần:

- Một phần  $P_e$  tỷ lệ với  $\sin\theta$  và phụ thuộc vào  $E_0$  (hay kích từ  $i_t$ )
- Một phần  $P_u$  tỷ lệ với  $\sin 2\theta$  không phụ thuộc vào kích từ.





## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MĐĐB

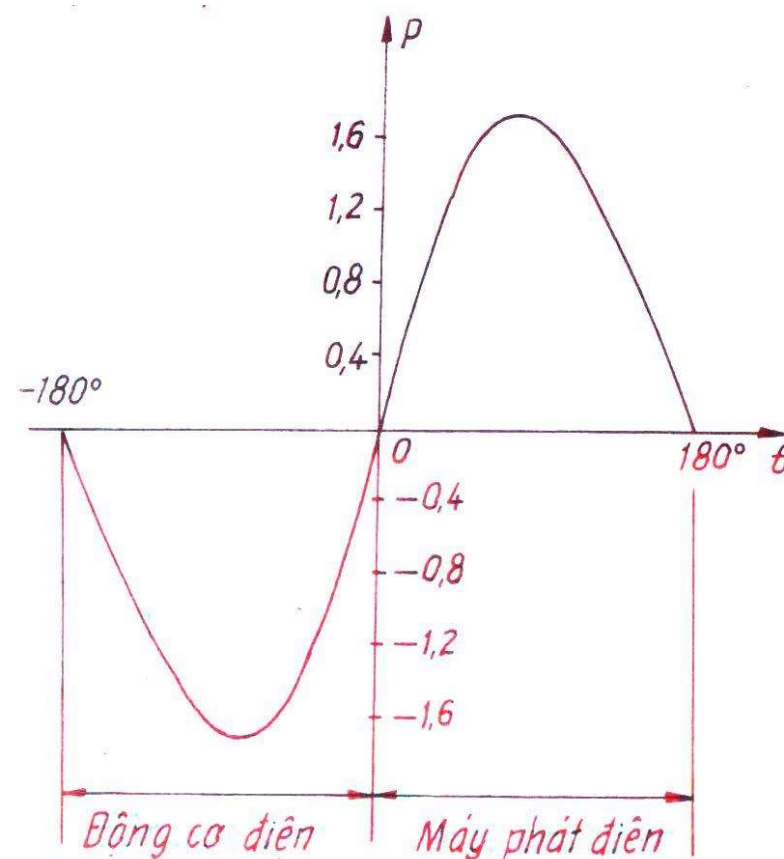
Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC ĐẶC TÍNH GÓC CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

#### 1. Đặc tính góc công suất tác dụng:

➤ Với máy điện đồng bộ cực ẩn:

$$x_d = x_q \rightarrow P = \frac{m.E_0.U}{x_d} \cdot \sin \theta$$



## 4.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MĐĐB

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

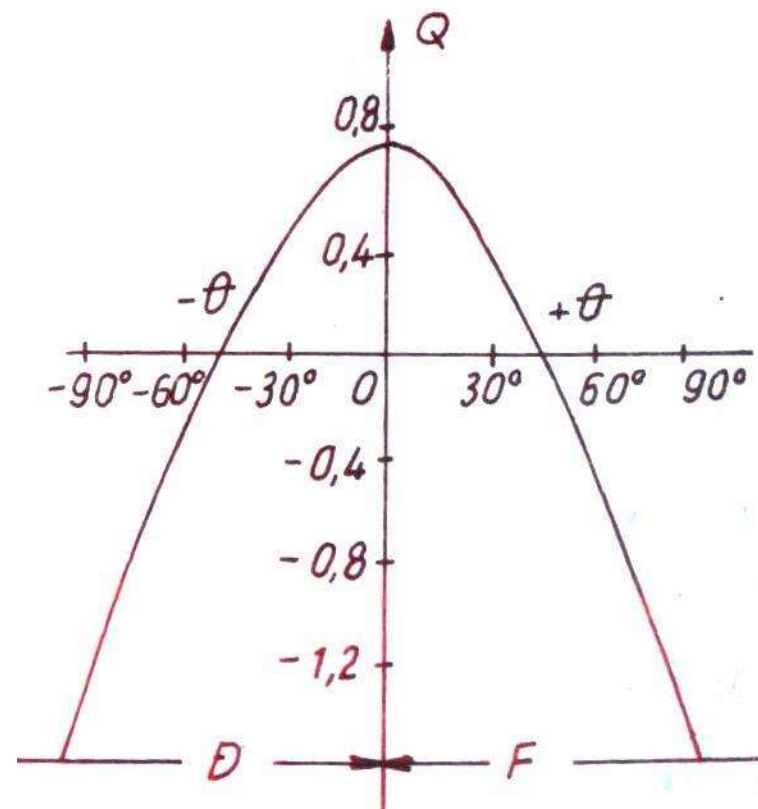
### CÁC ĐẶC TÍNH GÓC CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

#### 2. Đặc tính góc công suất phản kháng :

Là quan hệ  $Q = f(\theta)$  khi  $U, n(f) = \text{const}$

$$\begin{aligned} Q &= m.U.I.\sin\varphi = m.U.I.\sin(\psi - \theta) \\ &= m.U.(I.\sin\psi.\cos\theta - I.\cos\psi.\sin\theta) \\ &= m.U.(I_d.\cos\theta - I_q.\sin\theta) \end{aligned}$$

$$Q = \frac{m.E_0.U}{x_d}.\cos\theta + \frac{m.U^2}{2}\left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d}\right).\cos 2\theta - \frac{m.U^2}{2}.\left(\frac{1}{x_q} + \frac{1}{x_d}\right)$$





## CHƯƠNG 4: MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### NỘI DUNG

- 4.1. Khái niệm chung về máy điện đồng bộ
- 4.2. Từ trường trong MĐĐB
- 4.3. Quan hệ điện từ trong MĐĐB
- 4.4. Máy phát điện đồng bộ làm việc với tải đối xứng**
- 4.5. Máy phát điện đồng bộ làm việc song song
- 4.6. Động cơ đồng bộ và máy bù đồng bộ

## 4.4. MFĐĐB LÀM VIỆC VỚI TẢI ĐỐI XỨNG

57

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### NỘI DUNG

- Các đặc tính của máy phát điện đồng bộ
- Tổn hao và hiệu suất của máy phát điện đồng bộ

## 4.4. MFĐĐB LÀM VIỆC VỚI TẢI ĐỐI XỨNG

58

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC ĐẶC TÍNH CỦA MFĐĐB

Chế độ làm việc của MFĐĐB ở tải đối xứng được đặc trưng bởi các đại lượng:  $U$ ,  $I$ ,  $I_t$ ,  $\cos\varphi$  và  $f$  hoặc  $n$ .

Trong đó  $f = f_{đm}$ ,  $\cos\varphi \in \text{tải}$ , còn lại 3 đại lượng  $U$ ,  $I$ ,  $I_t$  có thể thành lập được các đặc tính sau:

1. Đặc tính không tải  $U_0 = E_0 = f(I_t)$  khi  $I = 0$ ,  $f = f_{đm}$
2. Đặc tính ngắn mạch  $I_n = f(I_t)$  khi  $U = 0$ ,  $f = f_{đm}$
3. Đặc tính ngoài  $U = f(I)$  khi  $I_t = \text{const}$ ,  $f = f_{đm}$ ,  $\cos\varphi = \text{const}$
4. Đặc tính điều chỉnh  $I_t = f(I)$  khi  $U = \text{const}$ ,  $f = f_{đm}$ ,  $\cos\varphi = \text{const}$
5. Đặc tính tải  $U = f(I_t)$  khi  $I = \text{const}$ ,  $f = f_{đm}$ ,  $\cos\varphi = \text{const}$

Các đặc tính được xác định bằng tính toán hoặc thí nghiệm.

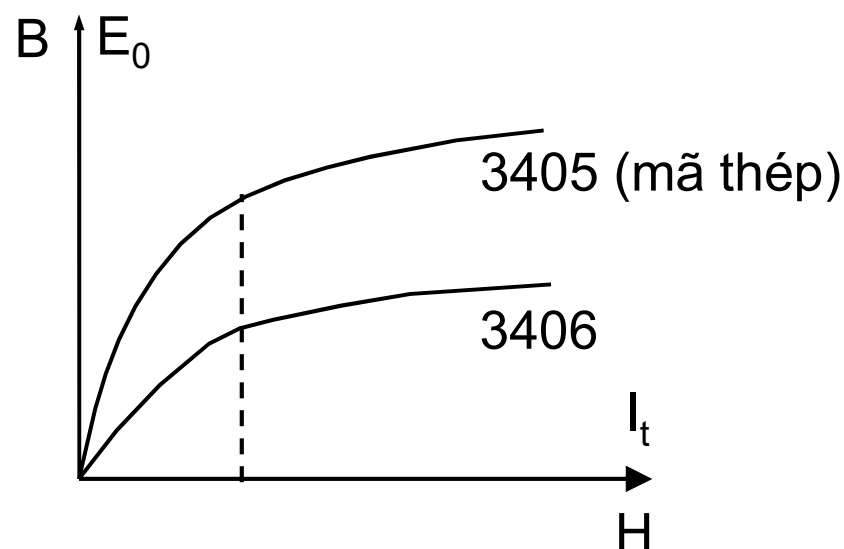
## 4.4. MFĐĐB LÀM VIỆC VỚI TẢI ĐỐI XỨNG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC ĐẶC TÍNH CỦA MFĐĐB

1. Đặc tính không tải: là quan hệ  $U_0 = E_0 = f(I_t)$  khi  $I = 0$ ,  $f = f_{dm}$

$$\left. \begin{array}{l} E = \pi \sqrt{2} f \cdot w \cdot \Phi_{max} \cdot k_{dq} \\ \Phi = B \cdot S \\ F = \frac{w \cdot I_t}{2p} = Hl \end{array} \right\} \begin{array}{l} E \sim \Phi \sim B \\ I_t \sim F \sim H \end{array} \rightarrow \left. \begin{array}{l} E_0 = f(I_t) \text{ theo dạng} \\ \text{đường cong từ hoá} \\ B = f(H) \end{array} \right\}$$





## 4.4. MFĐĐB LÀM VIỆC VỚI TẢI ĐỐI XỨNG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC ĐẶC TÍNH CỦA MFĐĐB

2. Đặc tính ngắn mạch ( 3 pha): là quan hệ:  $I_n = f(I_t)$  khi  $U = 0$ ,  $f = f_{dm}$ .

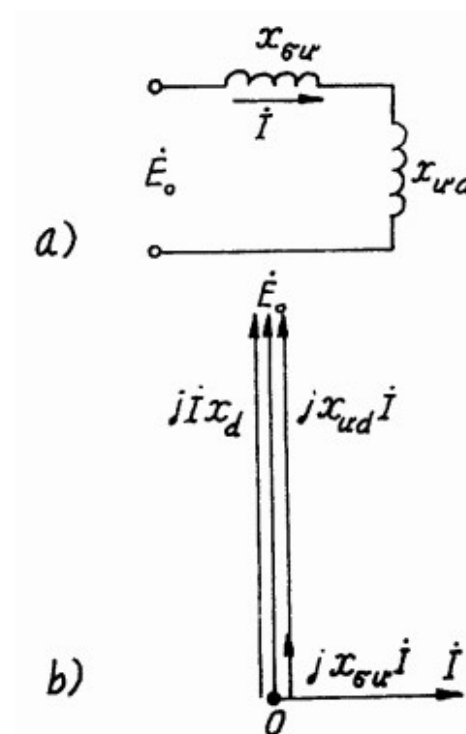
Bỏ qua  $r_u \Rightarrow$  mạch điện d/q p/u là thuần cảm ( $\Psi = 90^\circ$ )

$$E_0 = U + R_u \cdot I + jX_d I_d + jX_q I_q$$

$$I_d = I \cdot \sin \psi = I$$

$$I_q = I \cdot \cos \psi = 0$$

$$\rightarrow \dot{E}_0 = j \dot{I}_d x_d = j \dot{I}_d (x_{\sigma u} + x_{ud})$$



## 4.4. MFĐĐB LÀM VIỆC VỚI TẢI ĐỐI XỨNG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC ĐẶC TÍNH CỦA MFĐĐB

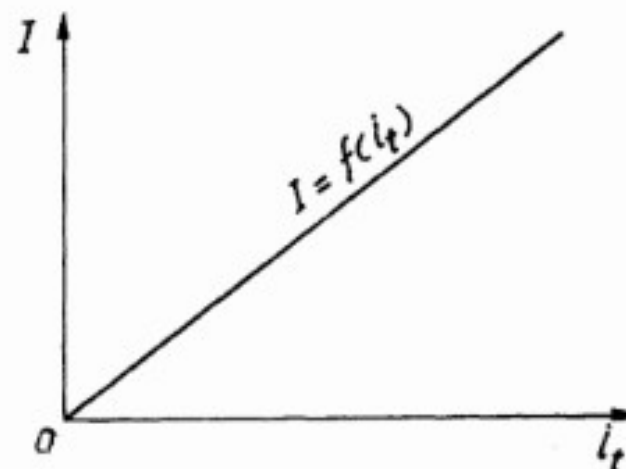
2. Đặc tính ngắn mạch ( 3 pha): là quan hệ:  $I_n = f(I_t)$  khi  $U = 0$ ,  $f = f_{dm}$ .

**Nhận xét:**

Lúc ngắn mạch, phản ứng phần ứng là khử từ, mạch từ không bão hòa, vì từ thông khe hở  $\Phi_\delta$  cần thiết để sinh ra  $E_\delta = E_0 - jI \cdot x_{ud} = I \cdot x_{\sigma u} = E_\sigma$  rất nhỏ

→ Quan hệ  $I = f(i_t)$  tuyến tính.

Do tác dụng khử từ của phản ứng phần ứng, dòng điện ngắn mạch xác lập của MFĐĐB không lớn.



## 4.4. MFĐĐB LÀM VIỆC VỚI TẢI ĐỐI XỨNG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

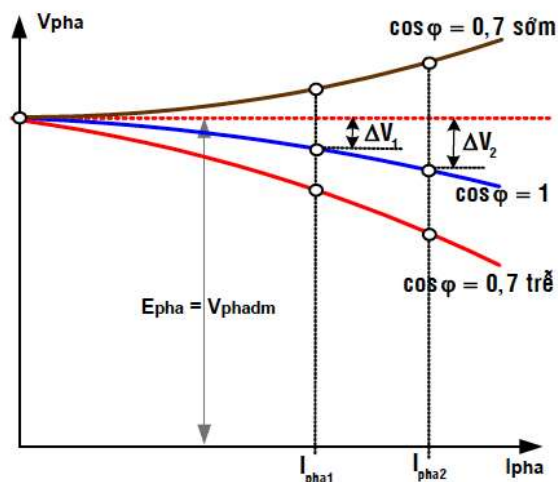
### CÁC ĐẶC TÍNH CỦA MFĐĐB

#### 3. Đặc tính ngoài: $U = f(I)$ khi $I_t, f, \cos\varphi = \text{const}$

Khi tải tăng:  $I \uparrow \rightarrow I.R_u \uparrow, I.X_{đb} \uparrow$

Mặt khác do p/u p/u: khi  $I \uparrow \rightarrow U$  thay đổi theo tính chất của tải:

- + Tải thuần L  $\rightarrow$  p/u p/u dọc trục khử từ,  $E_\delta \downarrow \rightarrow U \downarrow$
- + Tải thuần C  $\rightarrow$  p/u p/u dọc trục trợ từ,  $E_\delta \uparrow \rightarrow U \uparrow$
- + Tải thuần R  $\rightarrow$  p/u p/u khử từ nhẹ do L dây quấn  $\rightarrow U \downarrow$



Độ thay đổi điện áp:

$$\Delta U_{đm} \% = \left| \frac{E_0 - U_{đm}}{U_{đm}} \right| \cdot 100$$

## 4.4. MFĐĐB LÀM VIỆC VỚI TẢI ĐỐI XỨNG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC ĐẶC TÍNH CỦA MFĐĐB

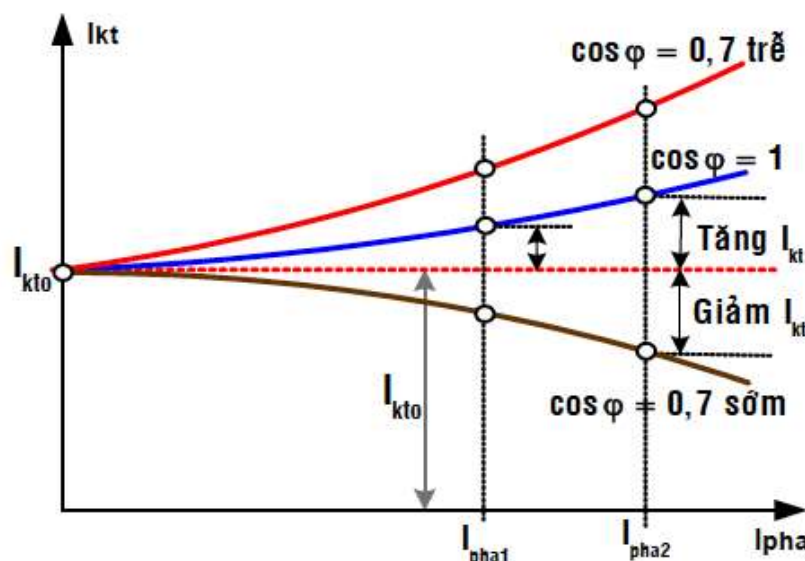
#### 4. Đặc tính điều chỉnh: $I_t = f(I)$ khi $U, f, \cos\varphi = \text{const}$

Khi tải thay đổi  $\rightarrow I$  thay đổi  $\rightarrow U$  thay đổi

Muốn giữ  $U = \text{const}$  cần điều chỉnh  $I_t$

Phân tích:

Tải RL, khi  $I \uparrow \rightarrow p/u \text{ p/u} \uparrow \rightarrow U \downarrow$ ; Để  $U = \text{const}$ , cần phải tăng  $I_t$



#### 4.4. MFĐĐB LÀM VIỆC VỚI TÀI ĐỐI XỨNG

## CÁC ĐẶC TÍNH CỦA MFĐĐB

### 5. Đặc tính tải: $U = f(I_t)$ khi $I, f, \cos\varphi = \text{const}$

Tùy theo giá trị  $I$  và  $\cos\varphi$  sẽ có các đường đặc tính tải khác nhau. Xét tải thuần cảm:  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\cos\varphi = 0$  và  $I = I_{dm}$

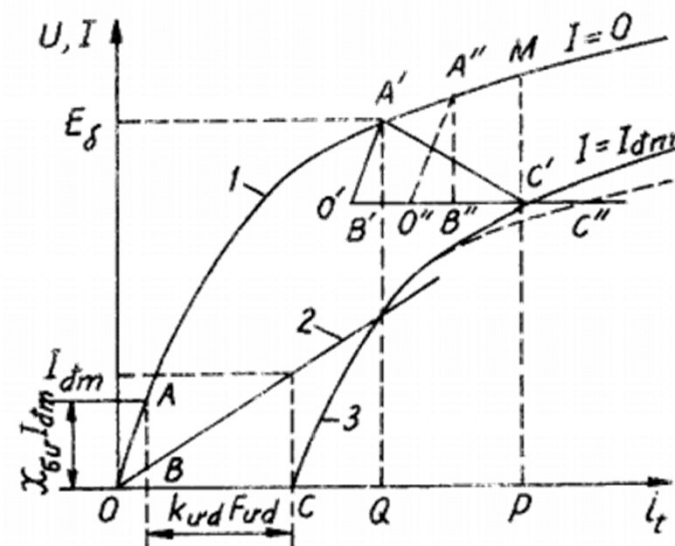
**Dựng  $\Delta ABC$ :** Lấy  $I_n = I_{dm}$  chiếu lên (2), chiếu xuống được điểm  $C \rightarrow OC = I_{tn}$

$I_{tn}$  gồm 2 phần:

- Một phần BC =  $k_{ud} \cdot F_{ud}$  sinh ra  $E_{ud}$ , vậy  
BC  $\sim I_{dm}$ .

- Một phần  $OB = OC - BC$  sinh ra  $E_{\sigma U} = I_{đm} \cdot x_{\sigma U} = AB$

Dịch chuyển  $\triangle ABC$  sao cho điểm A chạy trên đường 1, cạnh BC // trục  $I_t$ ; điểm C sẽ vạch nên đặc tính tại



## 4.4. MFĐĐB LÀM VIỆC VỚI TẢI ĐỐI XỨNG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### TỒN HAO VÀ HIỆU SUẤT CỦA MFĐĐB

- Tổn hao đồng: trên dây quấn phần ứng
- Tổn hao sắt từ: do dòng điện xoáy và từ trễ.
- Tổn hao kích từ: trên dây quấn kích từ và tiếp xúc chổi than.
- Tổn hao phụ: do từ trường tản & sự đập mạch của từ trường bậc cao.
- Tổn hao cơ: tổn hao do ma sát ổ bị, ổ đỡ, làm mát...

**Hiệu suất của máy phát điện đồng bộ:**

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \sum p}$$



## CHƯƠNG 4: MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### NỘI DUNG

- 4.1. Khái niệm chung về máy điện đồng bộ
- 4.2. Từ trường trong MĐĐB
- 4.3. Quan hệ điện từ trong MĐĐB
- 4.4. Máy phát điện đồng bộ làm việc với tải đối xứng
- 4.5. Máy phát điện đồng bộ làm việc song song**
- 4.6. Động cơ đồng bộ và máy bù đồng bộ



## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

67

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### NỘI DUNG

- Các phương pháp hòa đồng bộ
- Điều chỉnh công suất tác dụng và phản kháng của các máy làm việc song song

## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

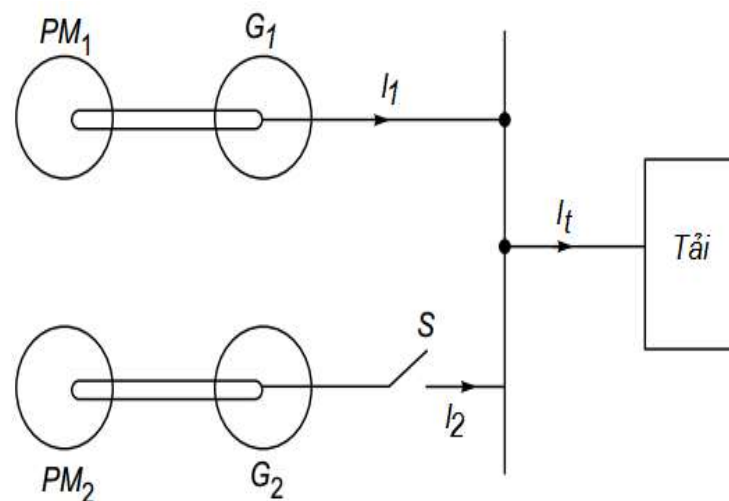
68

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ



- Tại sao lại cần hòa đồng bộ các máy phát điện
- Điều kiện gì để đóng khóa S



## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

69

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

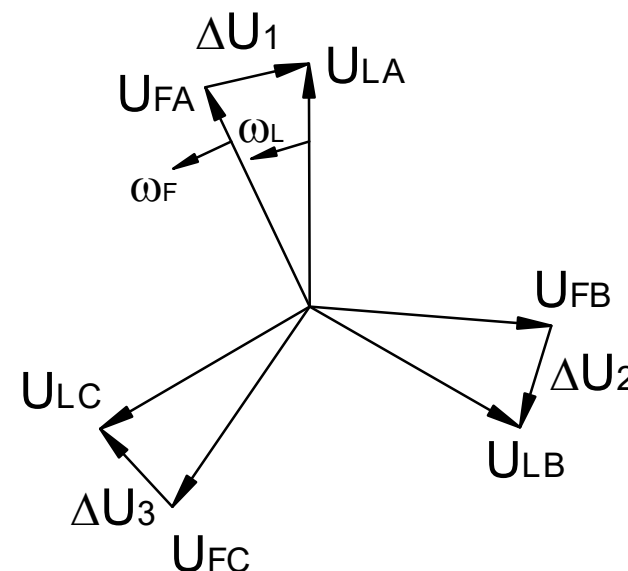
### CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ

Trong hệ thống điện lực, tần số lưới điện  $f_L = \text{const}$ . Khi ghép 1 MFĐ làm việc //  $\rightarrow$  điều chỉnh  $f_F = f_L$ :

$$n_i = \frac{f_L}{p_i} (v / s)$$

Khi ghép MFĐ làm việc // cần  $\dot{I}_{cb} = \frac{\dot{U}_F - \dot{U}_L}{Z_F + Z_L} \rightarrow 0$

Dòng điện  $I_{cb} \uparrow \uparrow$  mà lực và momen điện từ  $\sim I^2 \rightarrow$  phá hỏng dây quấn, kết cấu thép, lõi thép, trục... của MF.



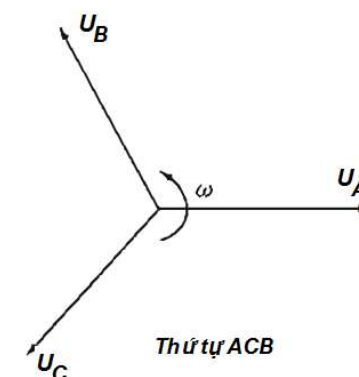
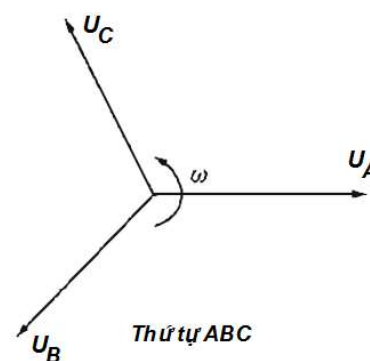
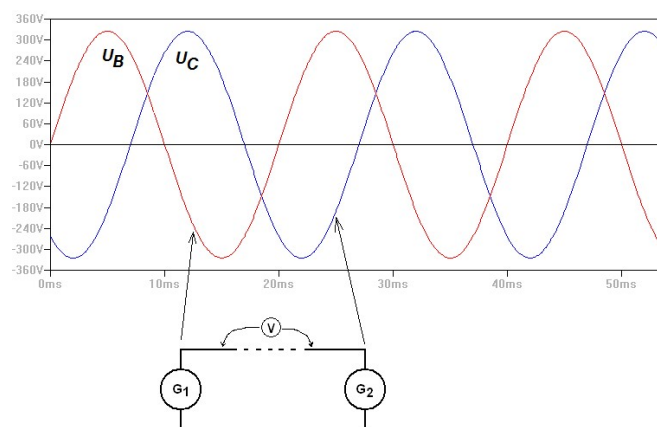
## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ

Để triệt tiêu  $I_{cb} \rightarrow$  trị số điện áp tức thời của MFĐ và lưới điện phải bằng nhau, tức là phải đảm bảo các điều kiện sau:

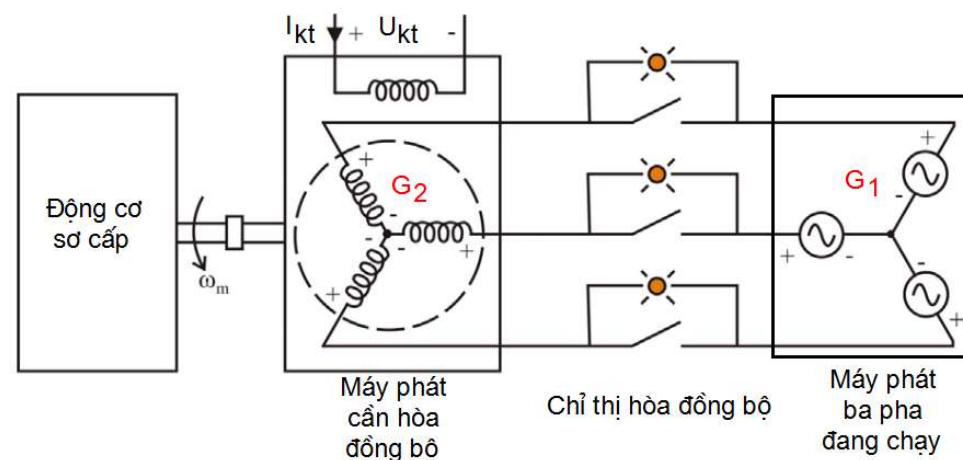
- Chúng có biên độ bằng nhau:  $U_F = U_L$
- Chúng cùng pha theo thời gian.
- Thứ tự pha của MFĐ trùng thứ tự pha của lưới.



## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ



Khi ghép song song các máy phát cần điều chỉnh thế nào?

- Điều chỉnh  $U_F$  được thực hiện bằng cách thay đổi  $I_t$
- Điều chỉnh  $f_F \rightarrow$  thay đổi tốc độ động cơ sơ cấp.
- Sự trùng pha  $\rightarrow$  có thể kiểm tra bằng đèn
- Thứ tự pha thường chỉ kiểm tra lần đầu khi hòa đồng bộ với lưới.

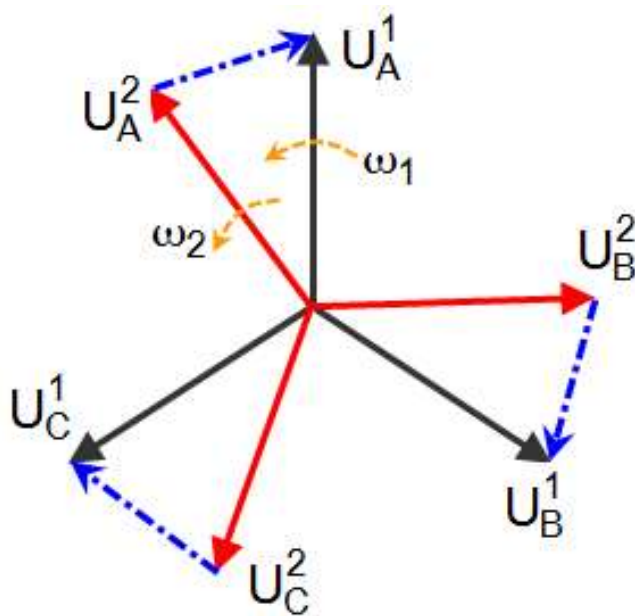
## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

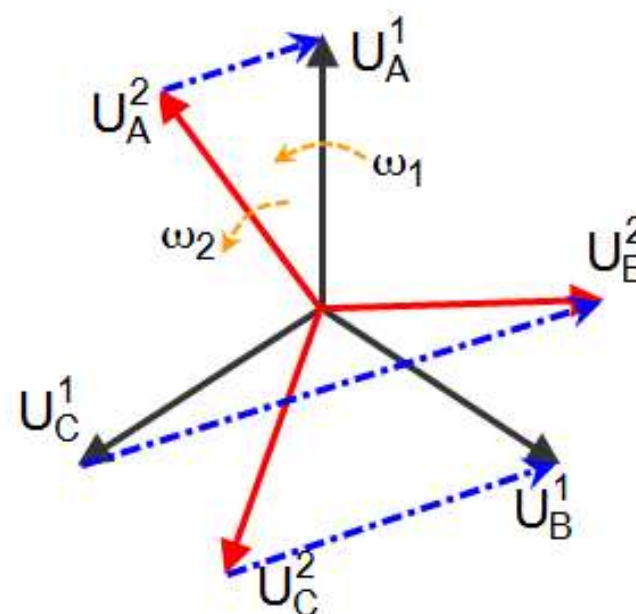
### CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ

- Hòa đồng bộ bằng bộ đồng bộ kiểu ánh sáng đèn

Phương pháp này áp dụng cho MFĐĐB công suất nhỏ, thực hiện bằng kiểu nối “tối” hoặc kiểu ánh sáng đèn “quay”



Kiểu nối “tối”



Ánh sáng đèn “quay”

## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ

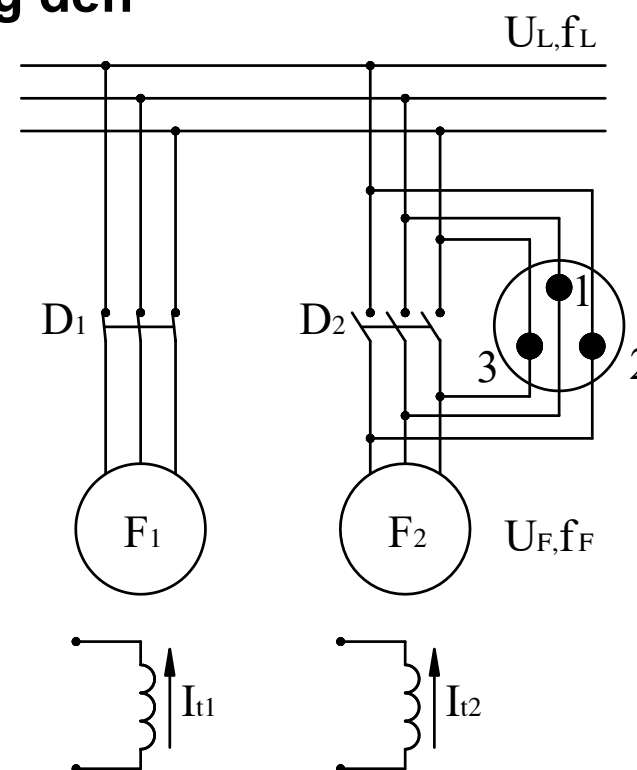
- Hòa đồng bộ bằng bộ đồng bộ kiểu ánh sáng đèn

Hòa đồng bộ kiểu nối tối:

Cần điều chỉnh đồng thời  $U_F$ ,  $f_F$  của máy phát  $F_2$ .

$U_F \rightarrow$  kiểm tra bằng volmet:  $U_F = U_L$

Tần số và thứ tự pha  $\rightarrow$  kiểm tra bằng bộ đồng bộ với 3 đèn 1,2,3



Sơ đồ hòa đồng bộ



## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

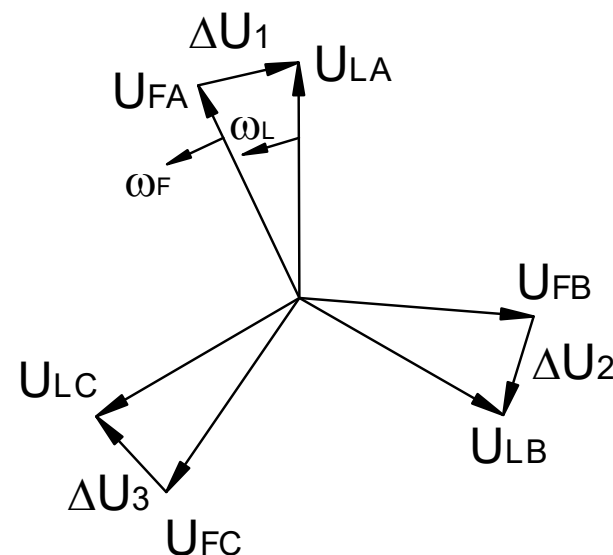
Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ

- Hòa đồng bộ bằng bộ đồng bộ kiểu ánh sáng đèn

Hòa đồng bộ kiểu nối tối:

Nếu thứ tự pha MF  $\equiv$  lưới, khi  $f_F \neq f_L \rightarrow$  điện áp đặt vào các đèn đều là  $\Delta U$  ( $0 < \Delta U < 2U_F$ )  $\rightarrow$  3 đèn cùng sáng hoặc tối với tần số  $f_F - f_L$ . Điều chỉnh  $f_F$  khi chu kỳ sáng( tối) bằng  $3 \div 5s$ , lúc đó  $f_F \approx f_L$ , khi đèn tắt hẳn thì ghép MF vào lưới.



*Hình sao điện áp khi nối tối*

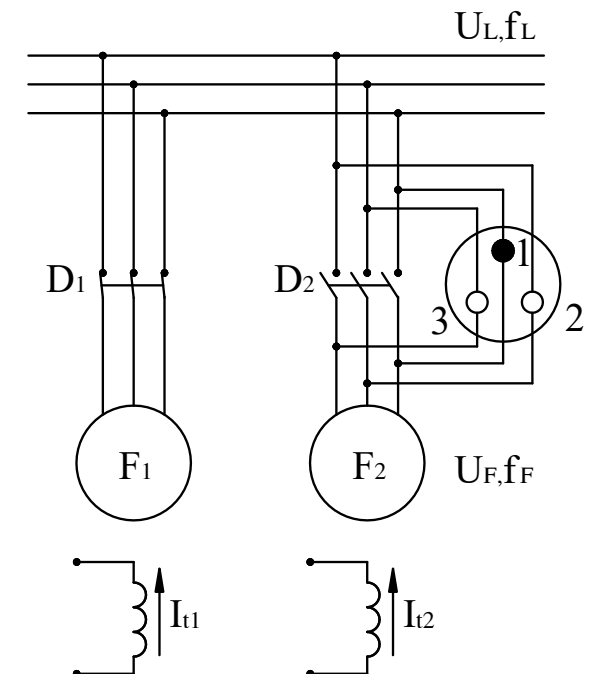
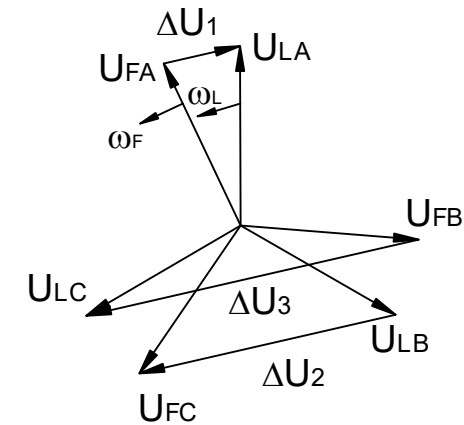
## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

### CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ

- Hòa đồng bộ bằng bộ đồng bộ kiểu ánh sáng đèn

#### Hòa đồng bộ kiểu ánh sáng đèn “quay”:

- Nếu các đèn cùng sáng (tối)  $\rightarrow$  thứ tự pha của chúng khác nhau  $\rightarrow$  đổi 2 trong 3 đầu dây.
- khi  $f_F \neq f_L$  điện áp đặt vào các đèn  $\neq$  nhau:  $0 \leq \Delta U \leq 2U_F \rightarrow$  các đèn lần lượt sáng và tối tạo thành ánh sáng đèn “quay”. Điều chỉnh  $f_F$  để ánh sáng quay chậm  $\rightarrow f_F \approx f_L$ . Khi đèn 1 tắt và các đèn nối chéo 2,3 sáng bằng nhau  $\rightarrow$  điện áp  $U_F$  và  $U_L$  trùng pha  $\rightarrow$  đóng cầu dao  $D_2$ .



## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ

- Hòa đồng bộ bằng bộ đồng bộ kiểu điện từ:

Để ghép // các MFĐ công suất lớn trong nhà máy điện → dùng cột đồng bộ ( bộ đồng bộ kiểu điện từ)

Cột đồng bộ gồm 3 dụng cụ:

- 1 volmet có 2 kim: 1 kim chỉ  $U_F$ , 1 kim chỉ  $U_L$
- 1 tần số kế có 2 dây phiến rung chỉ đồng thời  $f_F$  và  $f_L$
- 1 dụng cụ đo làm việc theo nguyên lý từ trường quay có kim

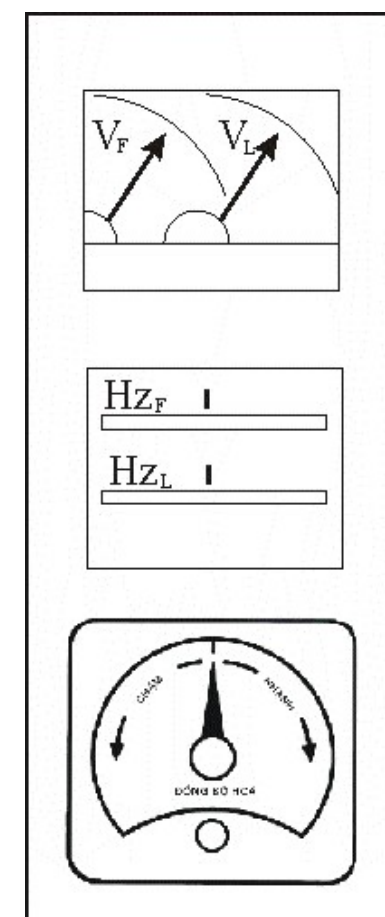
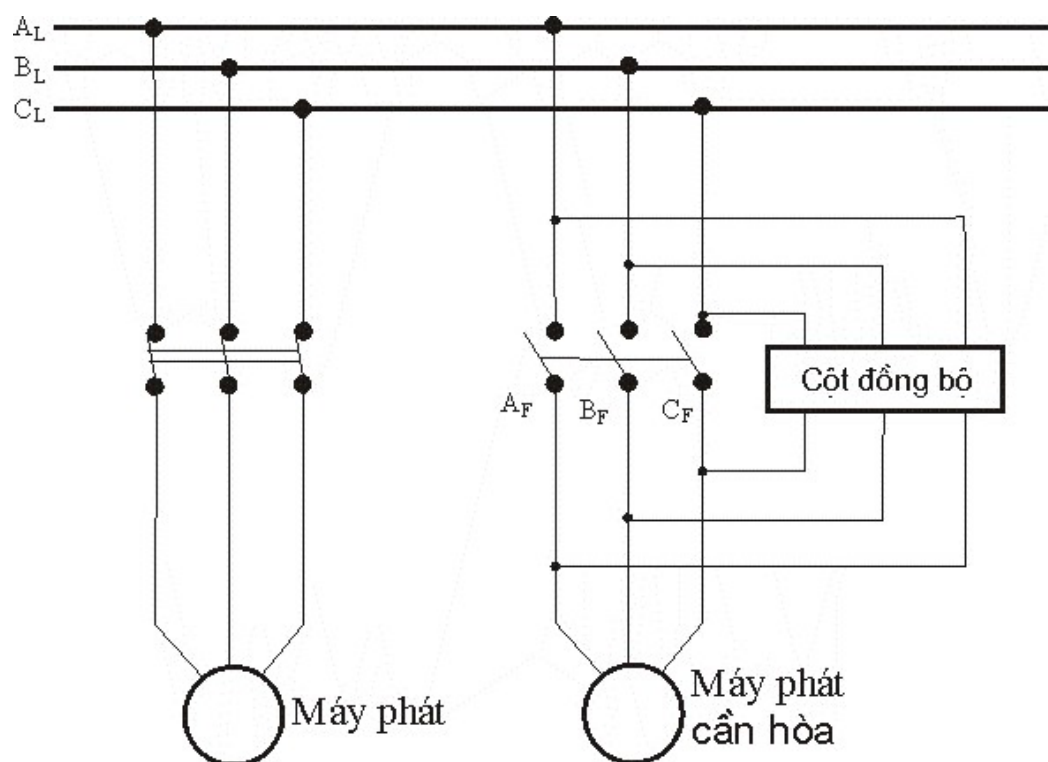
quay với tần số  $f_F - f_L$ . tốc độ quay của kim phụ thuộc vào trị số  $f_F - f_L$ , khi  $f_F \approx f_L$  thì kim quay thật chậm, lúc kim trùng đường thẳng đứng và hướng lên trên thì đóng cầu dao.

## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ

- Hòa đồng bộ bằng bộ đồng bộ kiểu điện từ:



## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ

- **Phương pháp tự đồng bộ:**

Hay còn gọi là hòa đồng bộ không chính xác, khi thiếu từ 1 điều kiện trở lên mà vẫn hòa máy phát vào lưới. Thường làm theo 2 cách sau đây:

**Cách 1:**

- Quay máy phát không được kích từ ( $U_F = 0$ ) với dq kích từ nối tắt qua điện trở triệt từ đến tốc độ xấp xỉ tốc độ đồng bộ.
- Ghép MFĐ vào lưới mà không cần kiểm tra tần số, trị số và góc pha của điện áp.
- Sau đó cho kích từ MFĐ, do tác dụng của momen đồng bộ, MFĐ được kéo vào tốc độ đồng bộ  $f_F = f_L$  sau vài chu kỳ.

## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

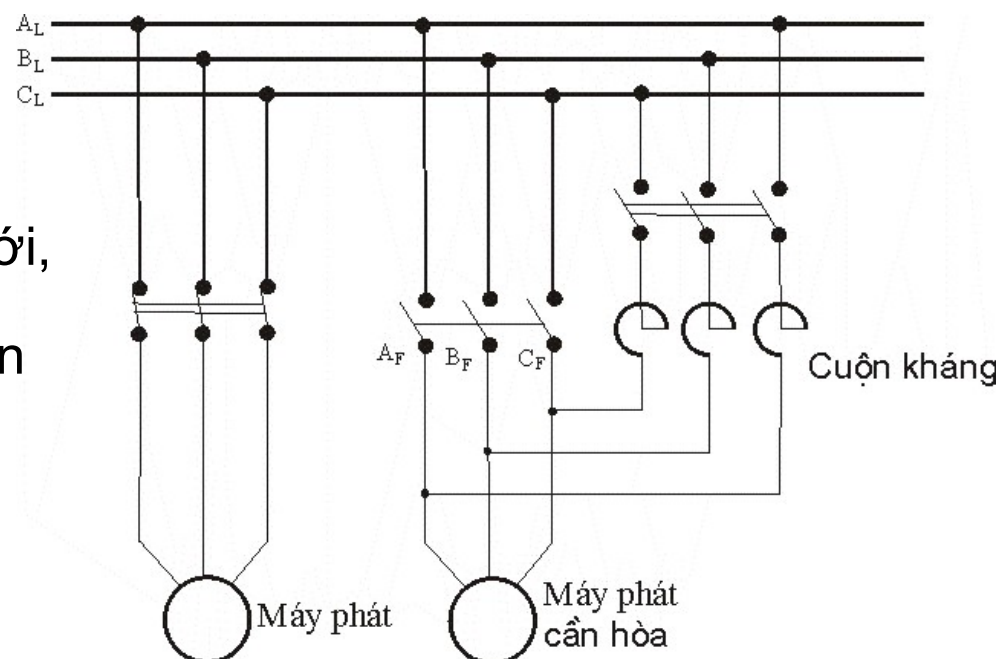
### CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ

- Phương pháp tự đồng bộ:

**Cách 2:**

→ Đảm bảo đủ 3 điều kiện: thứ tự pha, điện áp, tần số. không cần chú ý đến góc pha.

→ Nối cuộn kháng hạn chế dòng điện xung giữa máy phát và lưới, sau khi hòa thì ngắt mạch cuộn kháng.



## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

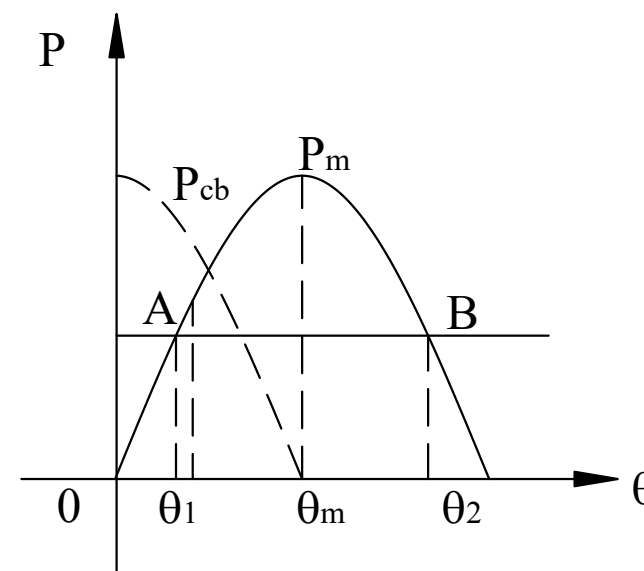
### ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT TÁC DỤNG CỦA MFĐĐB

#### 1. MF làm việc với lưới điện công suất vô cùng lớn ( $U = \text{const}$ , $f = \text{const}$ )

Xét MFĐĐB cực ẩn:

$$P = \frac{m.E_0.U}{X_d} \cdot \sin \theta = P_{\max} \cdot \sin \theta$$

Ở chế độ làm việc xác lập, công suất tác dụng  $P$  ứng với  $\theta$  nhất định cân bằng công suất cơ trên trục làm quay MFĐ. Muốn điều chỉnh công suất tác dụng phải điều chỉnh công suất cơ.



$$P_{co} = \text{const}$$

$$M_{co} = \frac{P_{co}}{\Omega} = \text{const}$$

$$M_{dt} = \frac{P}{\Omega} = f(\theta) = M_{\max} \cdot \sin \theta$$

Phương trình cân bằng momen:

$$M_{co} - M_{dt} = J \frac{dn}{dt}$$



## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT TÁC DỤNG CỦA MFĐĐB

#### 1. MF làm việc với lưới điện công suất vô cùng lớn ( $U = \text{const}$ , $f = \text{const}$ )

Điều làm việc của máy khi  $P_{\text{điện}} = P_{\text{cơ}}$  (điểm A, B)

##### +/- Điểm A:

Nếu  $P_{\text{cơ}}$  tăng trong một thời gian ngắn

$\rightarrow n \uparrow > n_{\text{đb}} \rightarrow \theta \uparrow \text{ thêm } \Delta\theta \rightarrow M \uparrow \text{ thêm } \Delta M$

$\rightarrow M(\theta_A + \Delta\theta) > M_{\text{cơ}} (M_{\text{quay}}) \rightarrow M_{\text{cản}} > M_{\text{quay}}$

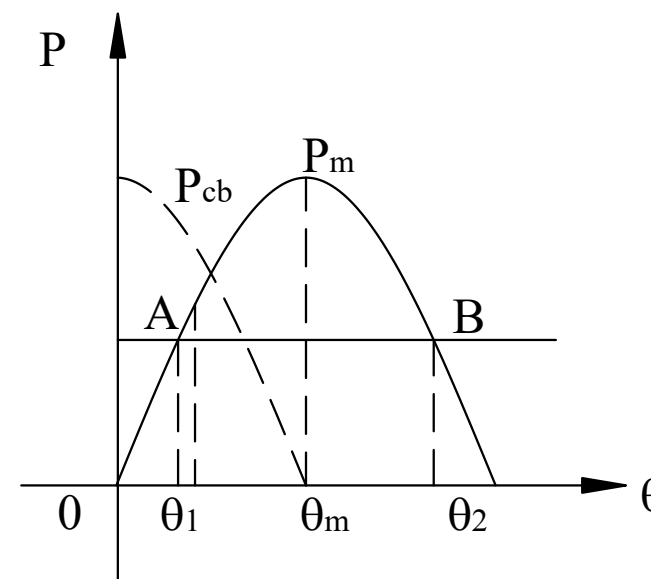
$\rightarrow$  rotor quay chậm lại:  $n \downarrow$

$\rightarrow \theta \downarrow$  về giá trị ban đầu  $\theta = \theta_A$ ,  $M_{\text{đt}} \downarrow = M_A$ ,

$P_{\text{đt}} \downarrow = P_A$

Giả sử  $n \downarrow < n_{\text{đb}} \rightarrow \theta \downarrow \rightarrow M_{\text{cản}} < M_{\text{quay}} \rightarrow$

rotor quay nhanh hơn:  $n \uparrow \rightarrow \theta \uparrow = \theta_A$



## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT TÁC DỤNG CỦA MFĐĐB

#### 1. MF làm việc với lưới điện công suất vô cùng lớn ( $U = \text{const}$ , $f = \text{const}$ )

##### +/- Điểm B:

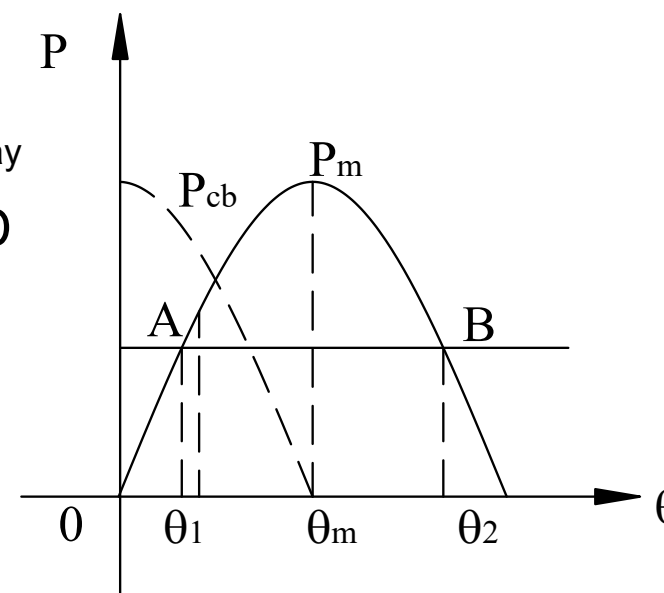
Giả sử khi  $n \uparrow > n_{đb} \rightarrow \theta \uparrow \rightarrow M \downarrow \rightarrow M_{cản} < M_{quay}$   
 $\rightarrow$  rotor quay nhanh hơn:  $n \uparrow \rightarrow \theta \uparrow$  mãi  $\rightarrow$  MFĐ  
 sẽ mất đồng bộ với lưới điện.

$\rightarrow$  Điều kiện làm việc ổn định của MFĐĐB:

$$\frac{dP}{d\theta} > 0$$

$= P_{cb}$  : gọi là công suất chỉnh bộ

$$P_{cb} = \frac{m \cdot E_0 \cdot U}{X_d} \cdot \cos \theta = P_{\max} \cdot \cos \theta$$



$P_{cb}$  đặc trưng cho khả năng giữ cho máy làm việc đồng bộ trong lưới điện.

## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT TÁC DỤNG CỦA MFĐĐB

#### 2. MF làm việc với lưới có công suất hữu hạn: $P = P_{\text{tải}} = \text{const}$

Giả sử có 2 MF công suất bằng nhau làm việc //.

Khi công suất máy I:  $P_I \downarrow \rightarrow$  cần tăng  $P_{II} \uparrow$  để:  $P_I + P_{II} = P_{\text{tải}} = \text{const}$

nếu không  $P_{\Sigma \text{Fát}} > P_{\text{tải}} \rightarrow f \uparrow$

$P_{\Sigma \text{Fát}} < P_{\text{tải}} \rightarrow f \downarrow$

Công suất phản kháng Q cũng như vậy:  $Q_I \uparrow + Q_{II} \downarrow = \text{const}$

nếu không  $Q_{\Sigma \text{Fát}} > Q_{\text{tải}} \rightarrow U \uparrow$

$Q_{\Sigma \text{Fát}} < Q_{\text{tải}} \rightarrow U \downarrow$

## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG CỦA MFĐĐB

#### 1. MF làm việc với lưới điện công suất vô cùng lớn ( $U = \text{const}$ , $f = \text{const}$ )

Xét MFĐĐB cực ẩn:  $x_d = x_q = x_{\delta b}$ ,  $r_u \rightarrow 0$

$$P = \frac{m \cdot E_0 \cdot U}{x_d} \cdot \sin \theta = \text{const}$$

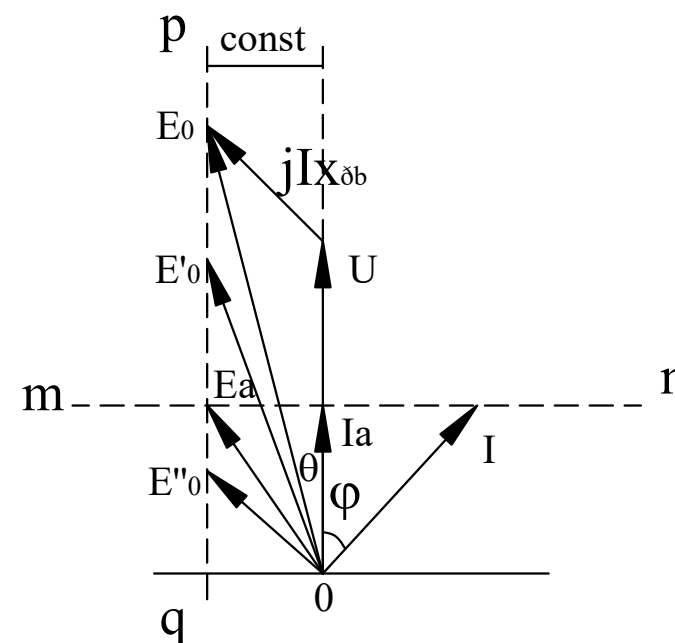
$$\text{khi } I_t = \text{var} \begin{cases} U, m, x_d = \text{const} \\ E, \theta = \text{var} \end{cases} \rightarrow E_0 \cdot \sin \theta = \text{const}$$

→ Khi điều chỉnh cspk điểm cuối  $\dot{E}_0$   
luôn nằm trên đường pq song song  $\dot{U}$

Lại có  $P = m \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \text{const}$

$$\text{khi } I_t = \text{var} \begin{cases} U, m = \text{const} \\ I, \cos \varphi = \text{var} \end{cases} \rightarrow I \cdot \cos \varphi = \text{const}$$

→ khi điều chỉnh cspk điểm cuối vectơ  $\dot{I}$  luôn dựa trên mn thẳng góc  $\dot{U}$



## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG CỦA MFĐĐB

#### 1. MF làm việc với lưới điện công suất vô cùng lớn ( $U = \text{const}$ , $f = \text{const}$ )

Muốn điều chỉnh CSPK  $\rightarrow$  Điều chỉnh dòng  $I_t$  của MFĐĐB.

- Gọi dd kích từ ứng với  $\cos\varphi = 1$ :  $I_{ta} \rightarrow E_0 = E_a$ ,  $I = I_a = I_{\min}$ ,  $Q = 0$

khi  $I_t > I_{ta} \rightarrow \left. \begin{array}{l} I' > I_a \\ E'_0 > E_a \end{array} \right\} I \text{ chậm pha so với } U \rightarrow \text{tải có tính cảm} \rightarrow Q > 0:$

MFĐĐB cấp công suất phản kháng vào lưới  $\rightarrow$  trường hợp bù thừa.

khi  $I_t < I_{ta} \rightarrow \left. \begin{array}{l} I'' > I_a \\ E''_0 < E_a \end{array} \right\} I \text{ vượt pha so với } U \rightarrow \text{tải có tính dung} \rightarrow Q < 0:$

MFĐĐB nhận công suất phản kháng từ lưới (do không đủ kích từ)  $\rightarrow$  trường hợp bù thiếu.

## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

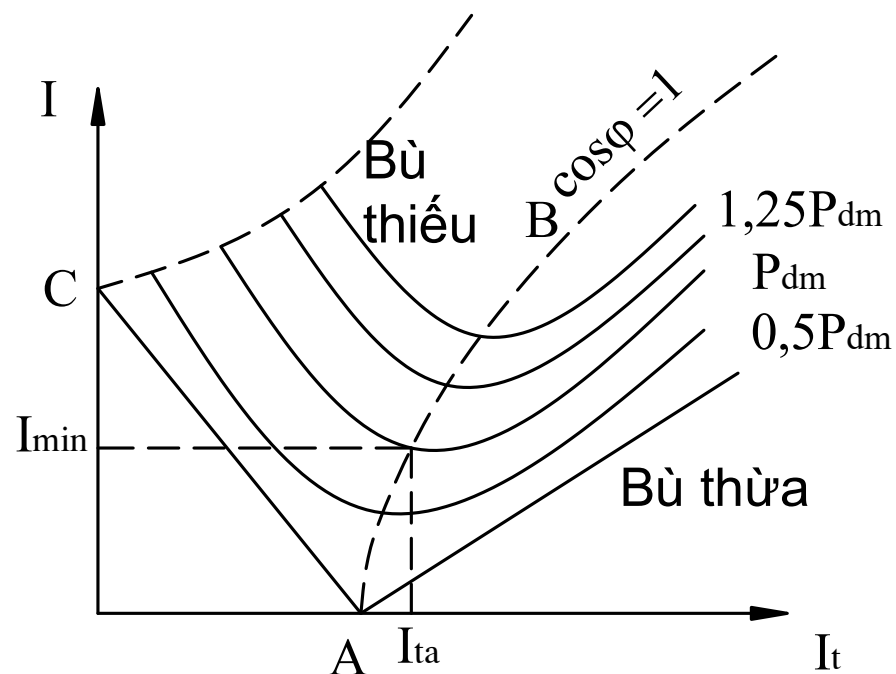
### ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG CỦA MFĐĐB

#### 1. MF làm việc với lưới điện công suất vô cùng lớn ( $U = \text{const}$ , $f = \text{const}$ )

Với mỗi giá trị  $P = \text{const}$ , thay đổi  $Q$  ta xác định được quan hệ  $I = f(I_t)$  gọi là đặc tính chữ V của MFĐĐB:

Đường AB có  $\cos\varphi = 1$

- Bên trái AB: bù thiếu
- Bên phải AB: bù thừa
- Trên đường AB: bù đủ



## 4.5. MFĐĐB LÀM VIỆC SONG SONG

Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Viện Điện, BKHN

### ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG CỦA MFĐĐB

#### 2. MF làm việc với lưới điện công suất hữu hạn: $Q = Q_{\text{tải}} = \text{const}$

Giả sử có 2 MF công suất bằng nhau làm việc //

Khi công suất máy I:  $Q_I \downarrow \rightarrow$  cần tăng  $Q_{II} \uparrow$  để:  $Q_I + Q_{II} = Q_{\text{tải}} = \text{const}$

nếu không  $Q_{\Sigma \text{Fát}} > Q_{\text{tải}} \rightarrow U \uparrow$

$Q_{\Sigma \text{Fát}} < Q_{\text{tải}} \rightarrow U \downarrow$

*Như vậy, để ổn định điện áp thì khi điều chỉnh tăng  $Q$  của 1 máy thì phải đồng thời giảm  $Q$  của máy còn lại.*



## CHƯƠNG 4: MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### NỘI DUNG

- 4.1. Khái niệm chung về máy điện đồng bộ
- 4.2. Từ trường trong MĐĐB
- 4.3. Quan hệ điện từ trong MĐĐB
- 4.4. Máy phát điện đồng bộ làm việc với tải đối xứng
- 4.5. Máy phát điện đồng bộ làm việc song song
- 4.6. Động cơ đồng bộ và máy bù đồng bộ**



## 4.6. ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ VÀ MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

### NỘI DUNG

- Tổng quan
- Khởi động động cơ đồng bộ
- Máy bù đồng bộ

## 4.6. ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ VÀ MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

### TỔNG QUAN

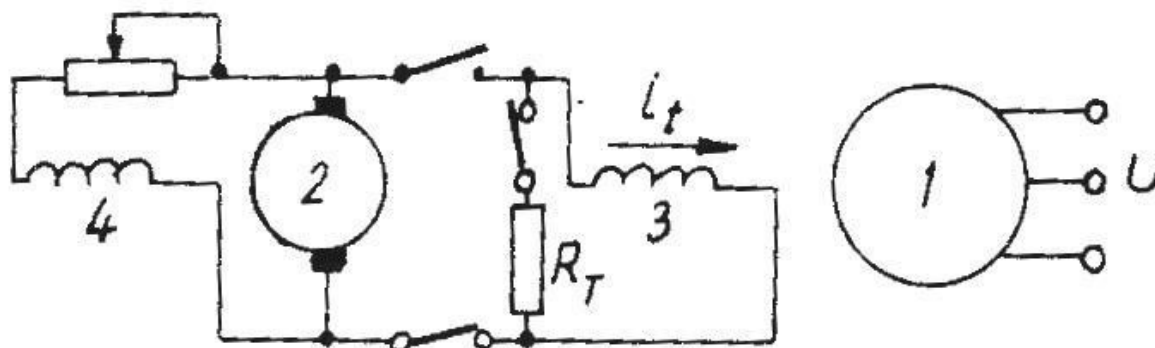
**So sánh động cơ không đồng bộ và động cơ đồng bộ.**

	Động cơ KĐB	Động cơ ĐB
Cấu tạo	Đơn giản, giá thành hạ	Phức tạp, giá thành đắt, cần nguồn một chiều
$\cos\varphi$	Thấp ( $<1$ ) Lấy Q từ nguồn	Cao (có thể $=1$ ) Không cần Q từ nguồn Có thể bù Q cho lưới
Mômen	$\sim U^2$ (khả năng kéo tải kém hơn)	$\sim U$
$\eta$	Thấp	Cao
Mở máy	Đơn giản	Phức tạp
Điều chỉnh tốc độ	f, p, U	f

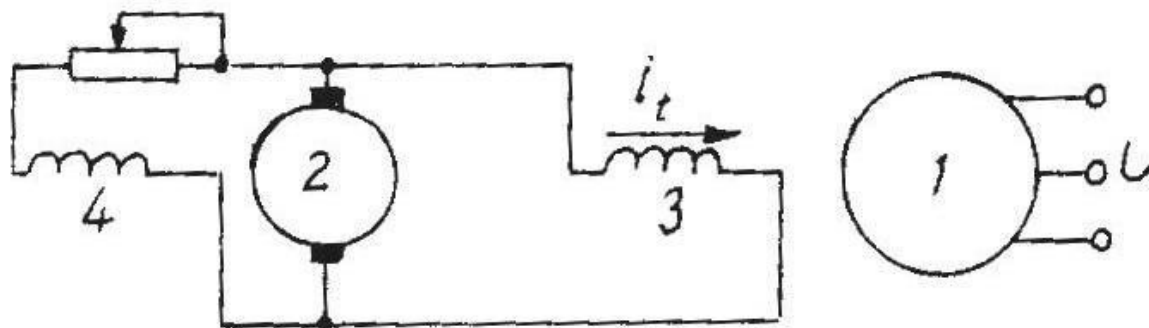
## 4.6. ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ VÀ MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

### KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ

#### 1. Khởi động theo phương pháp không đồng bộ



Sơ đồ khởi động động cơ điện đồng bộ theo phương pháp không đồng bộ



Sơ đồ khởi động động cơ điện đồng bộ theo phương pháp không đồng bộ với tải nhẹ

## 4.6. ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ VÀ MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

### KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ

#### 1. Khởi động theo phương pháp không đồng bộ

Rotor của động cơ đặt các thanh dẫn dạng lồng sóc trên các rãnh ở bề mặt cực từ như rotor lồng sóc của động cơ không đồng bộ.

***Quá trình khởi động như sau:***

- Ngắt cuộn kích từ ra khỏi nguồn kích thích và nối tắt qua một điện trở để chống quá áp dây quấn.
- Đóng điện vào dây quấn stator, động cơ khởi động như động cơ không đồng bộ.
- Khi rotor quay gần tốc độ đồng bộ, ngắt điện trở và cấp nguồn cho dây quấn kích từ.

## 4.6. ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ VÀ MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

### KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ

#### 2. Khởi động theo phương pháp hòa đồng bộ

- Dùng động cơ sơ cấp công suất nhỏ kéo động cơ đồng bộ quay như một máy phát. Cấp kích từ để nó trở thành máy phát điện.
- Dùng các phương pháp hòa đồng bộ đã biết, hòa máy phát vào lưới.
- Ngắt động cơ sơ cấp ra, máy phát sẽ tự chuyển thành động cơ, quá trình khởi động kết thúc.

## 4.6. ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ VÀ MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

### KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ

#### 3. Khởi động *bằng nguồn có tần số thay đổi*

- Dùng nguồn có tần số thay đổi cấp cho động cơ
- Thay đổi tần số nguồn với điện áp tương ứng để rotor có thể quay đồng bộ với từ trường ngay từ ban đầu.
- Khi tăng tần số và điện áp tới định mức thì quá trình khởi động kết thúc.

## 4.6. ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ VÀ MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

### MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

- Máy bù đồng bộ (MBĐB) thực chất là ĐCĐB làm việc không tải để:
  - Điều chỉnh kích từ (quá kích thích hoặc thiếu kích thích) để phát hoặc tiêu thụ công suất phản kháng
  - Điều chỉnh điện áp của lưới điện
- Chế độ làm việc bình thường của MBĐB trung, hạ áp là chế độ quá kích thích phát công suất phản kháng vào lưới điện, trường hợp này, máy bù đồng bộ có tác dụng như một bộ tụ điện.