

**Đại Học Đà Nẵng - Trường Đại học Bách Khoa**  
**Khoa Điện - Nhóm Chuyên môn Điện Công Nghiệp**  
**Giáo trình MÁY ĐIỆN 1**  
**Biên soạn: Bùi Tấn Lợi**

---

## Chương 2

# TỔ NỐI DÂY VÀ MẠCH TỪ M.B.A

### 2.1. KHÁI NIỆM CHUNG

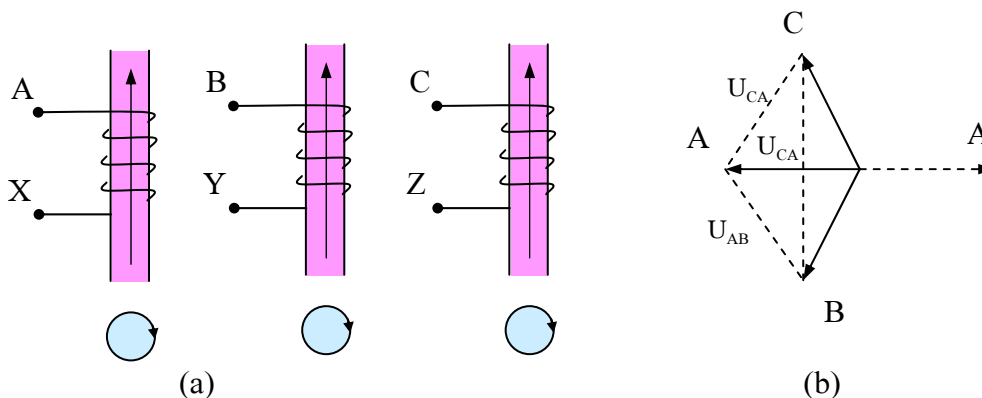
Để MBA ba pha có thể làm việc được, các dây quấn sơ cấp và thứ cấp phải nối với nhau theo một qui luật nhất định. Ngoài ra, việc phối hợp kiểu nối dây quấn sơ cấp với kiểu nối dây quấn thứ cấp cũng hình thành các tổ nối dây quấn khác nhau. Hơn nữa, khi thiết kế MBA, việc quyết định tổ nối dây quấn cũng phải thích ứng với kiểu kết cấu của mạch từ để tránh những hiện tượng không tốt như sđđ không sin, tổn hao phụ tăng ...

Trong chương này ta sẽ lần lượt xét các loại tổ nối dây và mạch từ, đồng thời xét các hiện tượng xảy ra khi từ hoá lõi thép và nêu lên cách tính toán mạch từ của MBA.

### 2.2. TỔ NỐI DÂY MÁY BIẾN ÁP

Để nghiên cứu tổ nối dây MBA, trước hết ta hãy xét ký hiệu các đầu dây và cách đấu dây quấn pha với nhau.

#### 2.2.1. Cách ký hiệu các đầu dây



**Hình 2.1** Đánh dấu đầu dây MBA

Một cuộn dây có hai đầu tận cùng: một đầu gọi là **đầu đầu**; còn đầu kia gọi là **đầu cuối**. Đối với dây quấn mba một pha : đầu đầu hoặc đầu cuối chọn tùy ý. Đối với dây quấn mba ba pha : các đầu đầu và đầu cuối chọn một cách thống nhất theo một chiều nhất định (hình 2.1a), nếu không điện áp ra của ba pha sẽ không đối xứng (hình 2.1b).

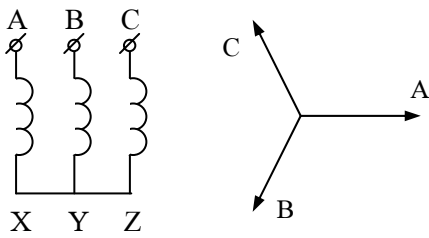
Để đơn giản và thuận tiện cho việc nghiên cứu, người ta thường đánh dấu các đầu tận cùng lên sơ đồ dây quấn của mba với qui ước sau đây :

Đánh dấu các đầu dây tận cùng:

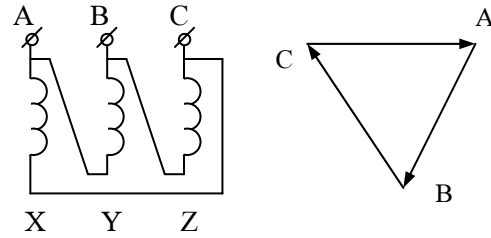
	Cao áp	Hạ áp	Trung áp
Đầu đầu	A,B,C	A,b,c	$A_m, B_m, C_m$
Đầu cuối	X,Y,Z	x,y,z	$X_m, Y_m, Z_m$
Trung tính	0	o	$O_m$

### 2.2.2. Các kiểu đấu dây quấn

1. *Đấu hình sao (Y)* : Đấu ba điểm cuối X,Y,Z lại với nhau.



Hình 2.2 Đấu sao

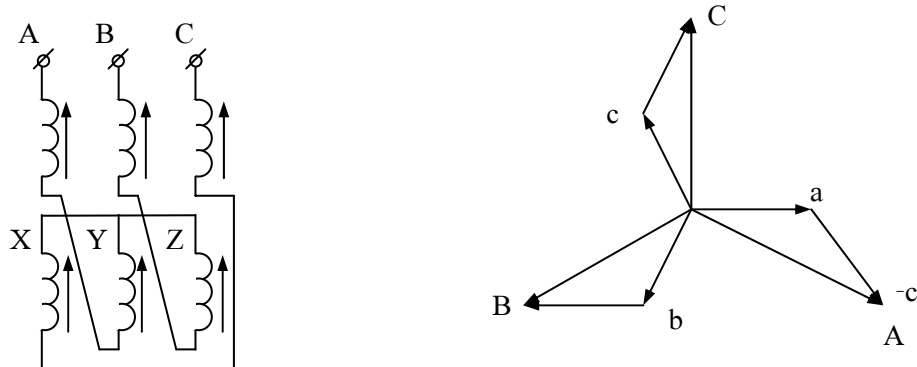


Hình 2.3 Đấu tam giác

2. *Đấu hình tam giác (Δ)* :

Đấu điểm đầu của pha này với điểm cuối của pha kia (hình 2.3)

3. *Đấu zíc-zắc (Z)* : Mỗi pha dây quấn mba gồm hai nửa cuộn dây trên hai trụ khác nhau mắc nối tiếp và đấu ngược chiều nhau (hình 2.4). Kiểu dây quấn này ít dùng vì tổn đồng nhiều hơn, loại này chủ yếu gặp trong mba dùng cho thiết chỉnh lưu.



Hình 2.4 Đấu Zíc- Zắc

### 2.2.3. Tổ nối dây của mba.

Tổ nối dây mba được hình thành do sự phối hợp kiểu dây quấn sơ cấp so với kiểu dây quấn thứ cấp. Nó biểu thị góc lệch pha giữa **sđđ dây** của dây quấn sơ cấp và **sđđ dây** của dây quấn thứ cấp và góc lệch pha này phụ thuộc vào các yếu tố sau :

- + Chiều quấn dây,
- + Cách ký hiệu các đầu dây ra,
- + Kiểu dấu dây quấn sơ cấp và thứ cấp

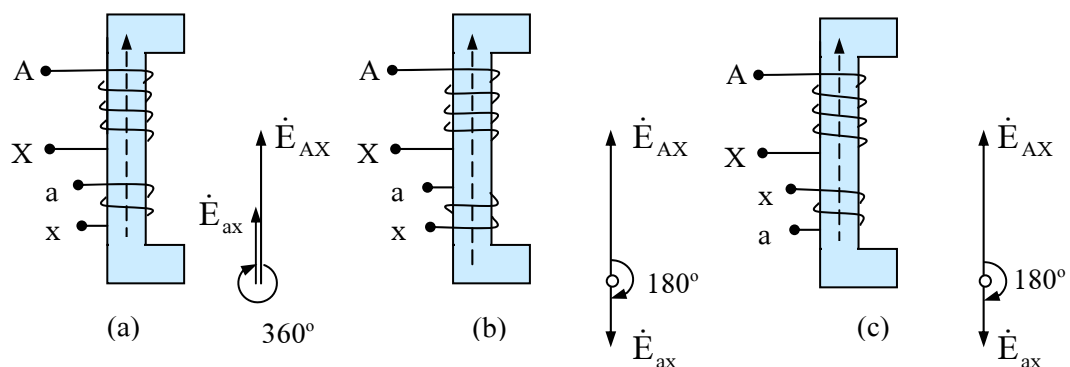
Xét mba một pha có hai dây quấn (hình 2-5) : sơ cấp : AX ; thứ cấp : ax.

Các trường hợp xảy ra như sau :

- a) Hai dây quấn cùng chiều và kí hiệu tương ứng (hình 2-5a).
- b) Hai dây quấn ngược chiều (hình 2-5b).
- c) Đối chiều kí hiệu một trong hai dây quấn (hình 2-5c).

Tổ nối dây của mba một pha : kể từ vector sđđ sơ cấp đến vector sđđ thứ cấp theo chiều kim đồng hồ :

- + Trường hợp a : lệch pha  $360^\circ$
- + Trường hợp b, c : lệch pha  $180^\circ$ .

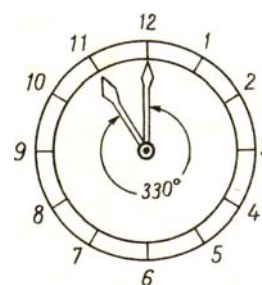


Hình 2.5 Sự lệch pha của mba một pha

**Tổ nối dây của mba ba pha :** Ở mba ba pha, do nối Y &  $\Delta$  với những thứ tự khác nhau mà góc lệch pha giữa sđđ dây sơ cấp và sđđ dây thứ cấp là  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ , ...,  $360^\circ$ .

Thực tế không dùng độ để chỉ góc lệch pha mà dùng kim đồng hồ (hình 2.6) để biểu thị và gọi tên tổ nối dây mba, cách biểu thị như sau:

- + Kim dài cố định ở con số 12, chỉ sđđ sơ cấp.
- + Kim ngắn chỉ 1,2,..., 12 ứng  $30^\circ, 60^\circ, \dots, 360^\circ$  chỉ sđđ thứ cấp.



Hình 2.6 Biểu thị góc lệch pha

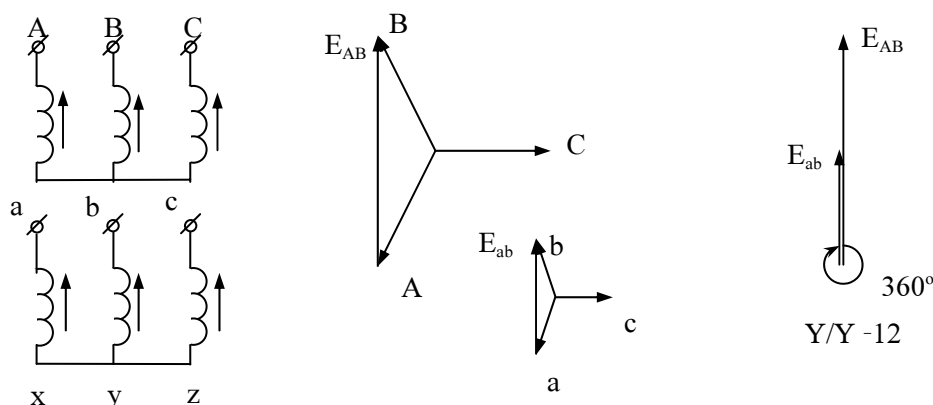
**Trường hợp mba một pha :**

- + Trường hợp a : I/I-12.
- + Trường hợp b,c : I/I-6.

**Trường hợp mba ba pha :**

- + Mba ba pha nối Y/Y:

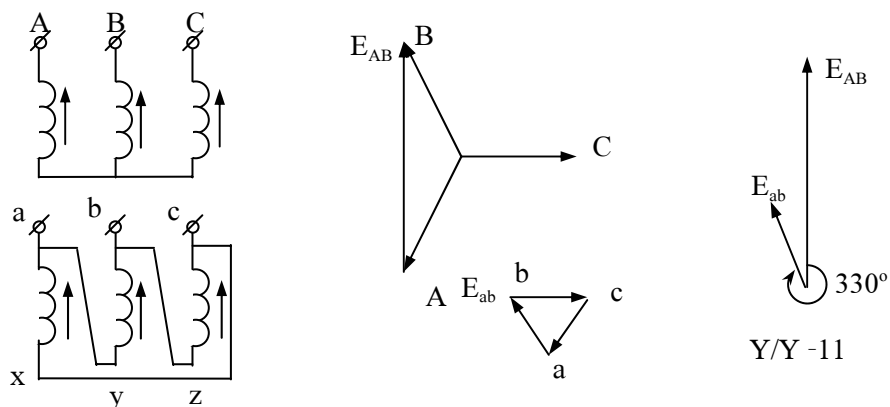
Ví dụ một mba ba pha có dây quấn sơ và dây quấn thứ nối hình sao, cùng chiều quấn dây và cùng ký hiệu các đầu dây (hình 2.7) thì vector sđđ pha giữa hai dây quấn hoàn toàn trùng nhau và góc lệch pha giữa hai điện áp dây sẽ bằng  $360^\circ$  hay  $0^\circ$ . Ta nói mba thuộc tổ nối dây 12 và ký hiệu là Y/Y-12 hay Y/Y-0. Để nguyên dây quấn sơ, dịch ký hiệu dây quấn thứ  $a \rightarrow b, b \rightarrow c, c \rightarrow a$  ta có tổ đấu dây Y/Y-4, dịch tiếp một lần nữa ta có tổ đấu dây Y/Y-8. Nếu đổi chiều dây quấn thứ ta có tổ đấu dây Y/Y-6,10,2. Như vậy mba khi nối Y/Y, ta có tổ nối dây là số chẵn.



Hình 2.7 Tìm tổ nối dây

- + Mba ba pha nối Y/ $\Delta$  :

Ví dụ cũng mba ba pha có dây quấn sơ nối hình sao và dây quấn thứ nối hình tam giác, cùng chiều quấn dây và cùng ký hiệu các đầu dây (hình 2.8) thì vector sđđ pha giữa hai dây quấn hoàn toàn trùng nhau và góc lệch pha giữa hai điện áp dây sẽ bằng  $330^\circ$ . Ta nói mba thuộc tổ nối dây 11 và ký hiệu là Y/ $\Delta$ -11. Để nguyên dây quấn sơ, dịch ký hiệu dây quấn thứ  $a \rightarrow b, b \rightarrow c, c \rightarrow a$  thì ta có tổ đấu dây Y/ $\Delta$ -3, dịch tiếp một lần nữa ta có tổ đấu dây Y/ $\Delta$ -7. Nếu đổi chiều dây quấn thứ ta có tổ đấu dây Y/ $\Delta$ -5,9,1. Như vậy mba khi nối Y/ $\Delta$ , ta có tổ nối dây là số lẻ.



Hình 2-8. Tìm tổ nối dây mba nối Y/ $\Delta$

## 2.3. MẠCH TỪ MÁY BIẾN ÁP

### 2.3.1. Các dạng mạch từ máy biến áp

#### 1. Máy biến áp một pha

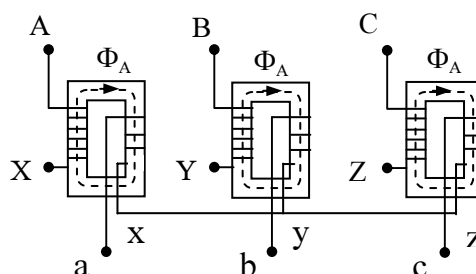
+ Mạch từ kiểu lõi (hình 1.3a)

+ Mạch từ kiểu bọc

#### 2. Máy biến áp ba pha

+ Hệ thống mạch từ riêng :

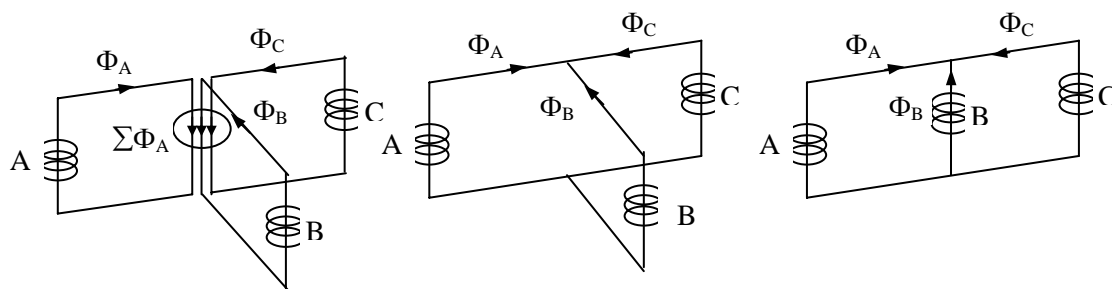
Từ thông ba pha độc lập (hình 2.9).



Hình 2.9 Tổ mba ba

Ta có tổ mba ba pha.

+ Hệ thống mạch từ chung (hình 1.3b) : Từ thông ba pha liên quan nhau. Ta có mba ba pha ba trụ.



Hình 2.10 Ghép ba trụ mba một pha

Nếu :

$$\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0 \rightarrow \dot{\Phi}_A + \dot{\Phi}_B + \dot{\Phi}_C = 0$$

Như vậy các trụ ghép chung có từ thông tổng  $\sum \dot{\Phi} = 0$ , nên ta bỏ trụ ghép chung. Sau khi bỏ trụ ghép chung, ta thấy lõi thép không gian nên chế tạo khó khăn. Vì vậy phải rút ngắn trụ giữa để ba trụ mba cùng nằm trong mặt phẳng, lúc

này ta thấy kết cấu lõi thép mba không đối xứng, trụ giữa ngắn hơn hai trụ hai bên nên dòng từ hóa của ba pha cũng không đối xứng :

$$I_{oA} = I_{oC} \approx (1,2 \div 1,45)I_{oB}$$

### 2.3.2. Những hiện tượng xuất hiện khi từ hóa lõi thép MBA

Xét trường hợp :

- + MBA không tải (hình 2.11).
- + Sơ cấp đặt vào điện áp  $u$  hình sin.

#### 1. Mba một pha

Điện áp  $u$  có dạng :

$$u = U_m \sin \omega t$$

Bỏ qua điện áp rơi trên dây quấn, ta có :

$$u = -e = W \frac{d\Phi}{dt}$$

Từ thông trong lõi thép có dạng :

$$\Phi = \Phi_m \sin(\omega t - \pi/2)$$

#### • Không xét tổn hao trong lõi thép :

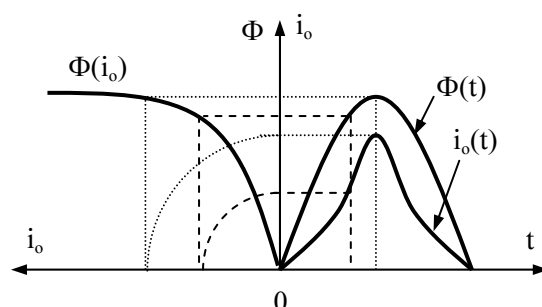
Khi không xét đến tổn hao trong lõi thép thì dòng  $i_o \approx i_{ox}$ , nghĩa là dòng từ hóa gần bằng dòng điện phản kháng. Ta có quan hệ  $\Phi = f(i_o)$  cũng chính là quan hệ  $B = f(H)$ . Từ quan hệ  $\Phi = f(i_o)$  và  $\Phi = f(t)$  ta vẽ được  $i_o = f(t)$ .

Từ hình 2.12, ta thấy :

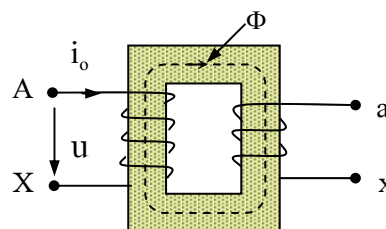
- + Từ thông  $\Phi(t)$  có dạng hình sin
- + Dòng điện  $i_o(t)$  có dạng nhọn đầu ( $k^0 \sin$ )
- +  $\Phi(t)$  và  $i_o(t)$  trùng pha nhau

Dòng  $i_o(t)$  không sin, ta phân tích thành tổng sóng hình sin :

$$i_o(t) = i_{o1} + i_{o3} + i_{o5} + i_{o7} + ..$$



Hình 2.12 Dòng từ hóa



Hình 2.11 Sơ đồ nguyên lý của mba một pha

+  $i_{o1}$  là sóng cơ bản (sóng bậc 1)  
 +  $i_{o3,5,7..}$  là các sóng bậc cao. Sóng bậc 5 trở lên có biên độ nhỏ, ta bỏ qua.  
 Như vậy chính dòng điện bậc ba  $i_{o3}$  làm dòng  $i_o$  có dạng nhọn đầu. Thực chất dòng  $i_o$  có dạng nhọn đầu là do hiện tượng bão hòa trong lõi thép.

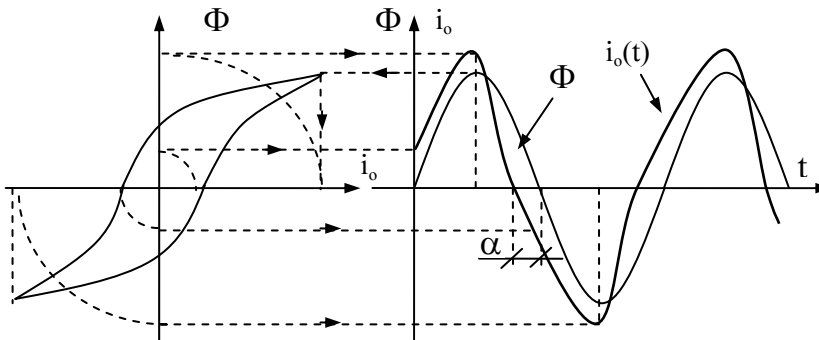
• **Có kể đến tổn hao trong lõi thép :**

Khi có xét đến tổn hao trong lõi thép, quan hệ  $\Phi = f(i_o)$  cũng chính là quan hệ đường cong từ trễ  $B = f(H)$ . Từ quan hệ  $\Phi = f(i_o)$  và  $\Phi = f(t)$  ta dùng phương pháp vẽ để tìm được quan hệ  $i_o = f(t)$  như trên hình 2.13.

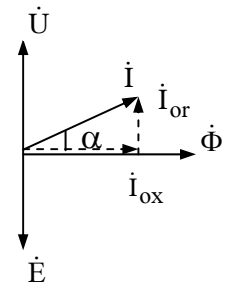
Từ hình 2.13, ta thấy :

- + Từ thông  $\Phi(t)$  có dạng hình sin
- + Dòng điện  $i_o(t)$  có dạng nhọn đầu ( $k^0 \sin$ )
- +  $i_o(t)$  vượt trước  $\Phi(t)$  một góc  $\alpha$ .

Góc  $\alpha$  nhỏ hay lớn phụ thuộc vào mức độ trễ của  $B = f(H)$ , nghĩa là phụ thuộc vào đường cong từ trễ vì thế góc  $\alpha$  gọi là góc tổn hao từ trễ.



Hình 2.13 Dòng từ hóa khi có tổn hao



Hình 2.14 Đồ thị vectơ dòng  $i_o$

Hình 2.14 biểu diễn vectơ dòng điện  $I_o$  và từ thông  $\Phi_m$  khi có kể đến tổn hao trong lõi thép. Vì dòng điện  $i_o$  không sin nên ta chỉ vẽ gần đúng với thành phần bậc 1. Ta thấy dòng điện không tải  $I_o$  gồm hai thành phần :

- +  $I_{ox}$  : thành phần dòng điện phản kháng để từ hóa lõi thép.
- +  $I_{or}$  : thành phần dòng điện tác dụng, vuông góc với  $\Phi$ , nên :

$$I_o = \sqrt{I_{or}^2 + I_{ox}^2} \quad (2.1)$$

Thực tế  $I_{or} < 10\%I_o$  , nghĩa là góc  $\alpha$  thường rất bé, nên dòng điện  $I_{or}$  không ảnh hưởng mấy đến dòng điện từ hoá và ta coi như  $I_{ox} \approx I_o$  .

## 2. Mba ba pha

Khi mba không tải và xét từng pha thì dòng điện bậc ba trong các pha :

$$i_{o3A} = I_{o3m} \sin 3\omega t \quad (2.2a)$$

$$i_{o3B} = I_{o3m} \sin 3(\omega t - 120^\circ) = I_{o3m} \sin 3\omega t \quad (2.2b)$$

$$i_{o3C} = I_{o3m} \sin 3(\omega t - 240^\circ) = I_{o3m} \sin 3\omega t \quad (2.2c)$$

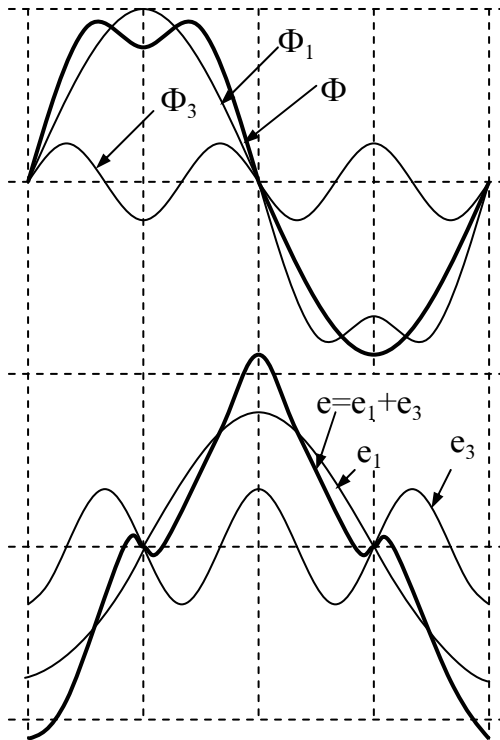
Từ các phương trình trên ta thấy, ba pha trùng nhau về thời gian, nghĩa là ở mọi thời điểm chiều dòng điện bậc ba trong các pha hoặc hướng từ đầu đến cuối hoặc hướng từ cuối đến đầu, tức là luôn luôn tồn tại.

### α) Trường hợp mba nối Y/Y

Sơ cấp đấu Y nên dòng  $i_{o3}$  không tồn tại, dòng  $i_o$  sẽ có dạng sin và từ thông  $\Phi$  do nó sinh ra sẽ có dạng vọt đầu. Ta phân tích từ thông  $\Phi$  trong lõi thép thành sóng cơ bản và sóng bậc cao :

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_3 + \Phi_5 + \Phi_7 + ..$$

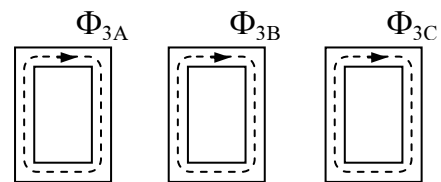
Các sóng  $\Phi_{5,7,..}$  nhỏ, ta bỏ qua, chỉ xét  $\Phi_1$  và  $\Phi_3$ .



**Hình 2.15** Từ thông và sđđ trong tổ mba ba pha nối Y/Y

### Trường hợp tổ mba ba pha : (Mba ba pha 5 trụ)

Loại này mạch từ riêng, nên  $\Phi_3$  tồn tại và khép mạch qua lõi thép, do vậy  $\Phi_3$  tương đối lớn, sđđ  $e_3$  do nó sinh ra cũng lớn theo ( $E_{3f} = (45-60)\% E_{1f}$ ) làm cho sđđ pha tăng lên. Còn sđđ  $U_d$  không có thành phần  $e_3$ .

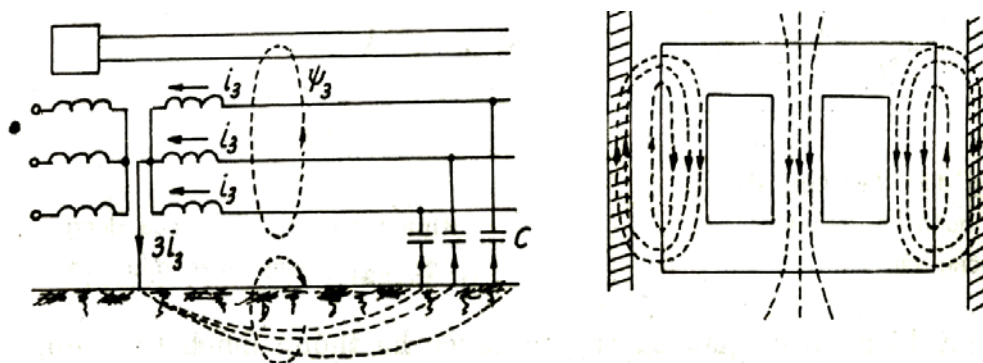


Hại:

- + Chọc thủng cách điện dây quấn
- + Hư thiết bị đo lường.
- + Ảnh hưởng đường dây thông tin



Mba ba pha ba trụ :



Hình 2.16 Từ thông bậc ba trong lõi thép mba nối Y/Y

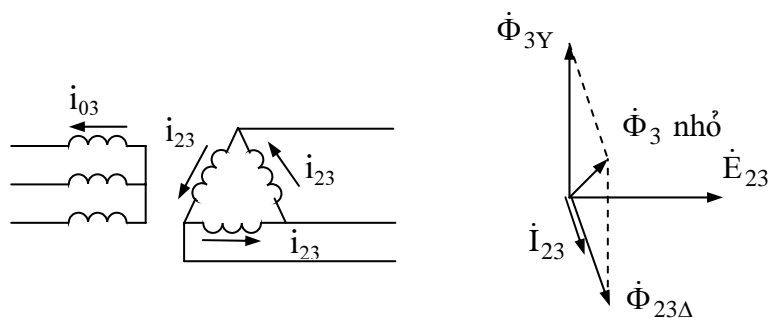
Hệ thống mạch từ chung, nên  $\Phi_3$  cùng chiều (hình 2.16). Ở mọi thời điểm từ thông  $\Phi_3$  không khép mạch qua mạch từ trụ mà bị đẩy ra ngoài, và khép mạch qua môi trường có từ trở lớn, nên  $\Phi_3$  không lớn lắm, như vậy xem từ thông trong mạch từ là sin, và sđd cảm ứng ra  $E_f$  sẽ sin.

Chú ý :  $\Phi_3$  khép mạch qua gông và vách thùng làm tăng tổn hao nên hiệu suất của máy giảm.

β) Trường hợp mba nối  $\Delta/Y$

Dây quấn sơ cấp nối  $\Delta$  nên dòng  $i_{03}$  sẽ khép kín trong tam giác, vì vậy dòng  $i_0$  sẽ có dạng nhọn đầu. Giống mba một pha.

γ) Trường hợp mba nối Y/ $\Delta$



Hình 2.17 Mba nối Y/ $\Delta$

Dây quấn sơ cấp đấu Y nên dòng  $i_{03}$  không tồn tại, dòng  $i_0$  sẽ có dạng sin và từ thông  $\Phi$  do nó sinh ra sẽ có dạng vạt đầu. Kết luận giống trường hợp  $\alpha$ . Thành phần từ thông bậc ba  $\Phi_3$  cảm ứng trong dây quấn thứ cấp sđd  $e_{23}$ , do dây quấn thứ

nối  $\Delta$  nên sinh ra dòng  $i_{23}$  chạy trong dây quấn, dòng điện này sinh ra trong lõi thép từ thông  $\Phi_{23}$  và ta có từ thông tổng bậc ba  $\dot{\Phi}_{3Y} + \dot{\Phi}_{23\Delta} \approx 0$ , nên ảnh hưởng này không đáng kể (hình 2.17).

