

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

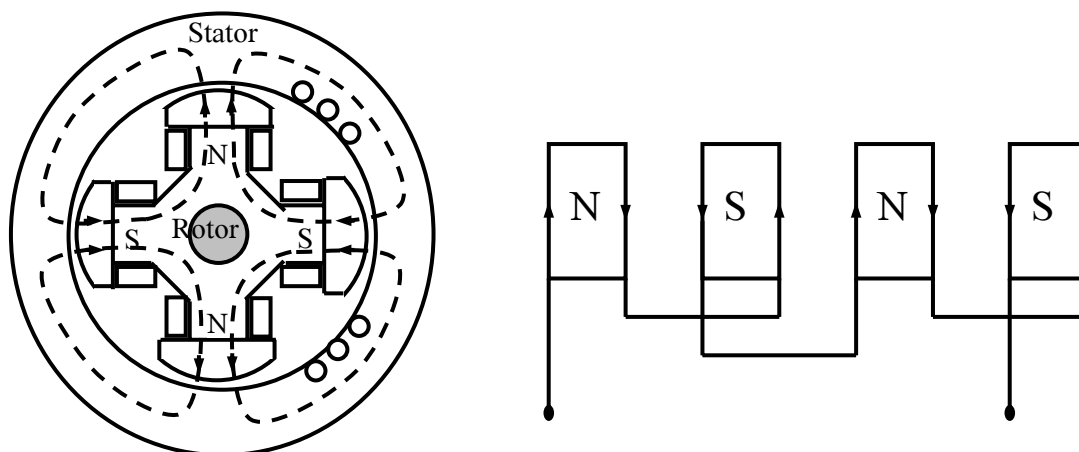
Chương 9

DÂY QUẤN MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU

9.1. KHÁI NIỆM CHUNG

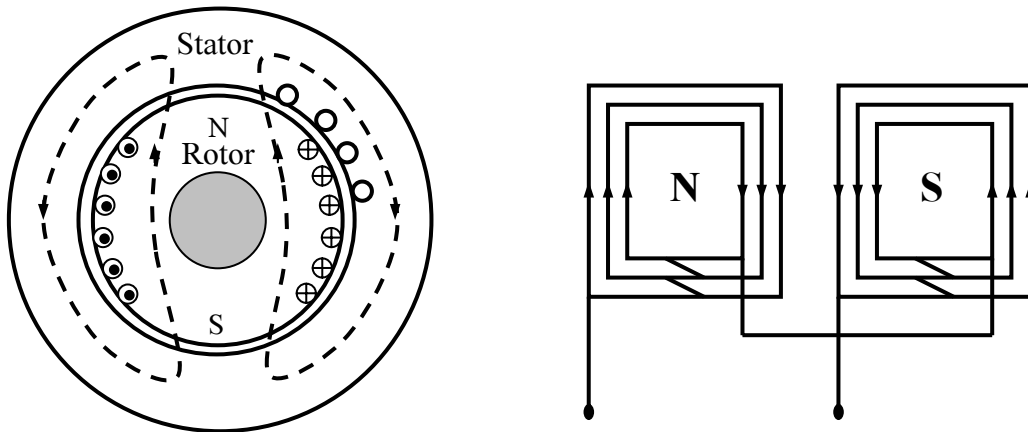
Dây quấn của máy điện quay được bố trí ở hai bên khe hở trên lõi thép của phần tĩnh hoặc của phần quay. Nó là bộ phận chính để thực hiện sự biến đổi năng lượng cơ điện trong máy. Một cách tổng quát có thể chia dây quấn máy điện quay ra làm hai loại : dây quấn phần cảm (dây quấn kích từ); dây quấn phần ứng.

Dây quấn phần cảm có nhiệm vụ sinh ra từ trường ở khe hở lúc không tải. Từ trường này trong các máy điện quay thường có cực tính thay đổi (hình 9.1 và 9.2), nghĩa là bố trí cực N và S xen kẽ nhau.



Hình 9.1 Dây quấn kích từ quấn tập trung của máy điện đồng bộ

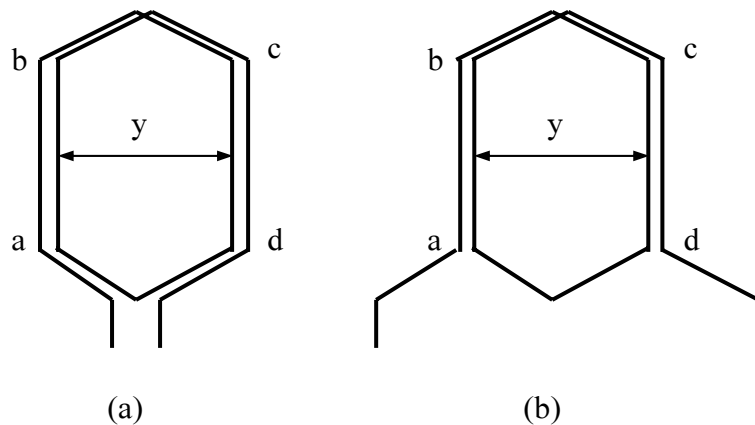
Dây quấn phần ứng có nhiệm vụ cảm ứng được một sđđ nhất định khi có chuyển động tương đối trong từ trường khe hở và tạo ra sđđ cần thiết cho sự biến đổi năng lượng cơ điện. Rõ ràng rằng nếu từ trường khe hở có cực tính thay đổi thì sđđ cảm ứng là sđđ xoay chiều.



Hình 9.2 Dây quấn kích từ từ quấn rời của máy điện đồng bộ

Nếu các cực từ N và S xen kẽ nhau quanh khe hở, dây quấn phần ứng được hình thành từ tổ hợp các

bó dây (phần tử) với nhau. Mỗi bó dây của dây quấn xếp (hình 9.3a) hoặc dây quấn sóng (hình 9.3b) gồm có N vòng dây. Các phần ab , cd được đặt trong rãnh của lõi thép gọi là các cạnh tác dụng, còn ad , bc nằm ngoài rãnh gọi là phần đầu nối.



Hình 9.3. Bối dây. a) Dây quấn xếp; b) Dây quấn sóng

Yêu cầu của dây quấn:

- Đối với dây kích từ thì tạo ra từ trường hình sin ở khe hở, còn dây quấn phần ứng đảm bảo có sđđ và dòng điện tương ứng với công suất điện từ của máy.
- Kết cấu dây quấn phải đơn giản.
- Ít tốn nguyên vật liệu.
- Bè về cơ, điện, nhiệt, hóa.
- Lắp ráp và sửa chữa dễ dàng.

9.1.1. Các đại lượng đặc trưng của dây quấn máy điện xoay chiều

1. Bước cực:

Bước cực là khoảng cách giữa hai cực từ liên tiếp nhau.

$$\tau = \frac{Z}{2p} \text{ /số rãnh/}.$$

Trong đó, Z là số rãnh, 2p số cực từ.

2. Bước dây quấn y :

Bước dây quấn y_1 là khoảng cách giữa hai cạnh tác dụng của một phần tử.

$$y = \frac{Z}{2p} \pm \varepsilon \text{ /số rãnh/}.$$

Vậy y_1 phải là số nguyên. Có các trường hợp:

- $\varepsilon = 0 \rightarrow y = \tau$ dây quấn bước đủ.
- $\varepsilon > 0 \rightarrow y > \tau$ dây quấn bước dài.
- $\varepsilon < 0 \rightarrow y < \tau$ dây quấn bước ngắn.

Muốn có sđđ cảm ứng trong phần tử dây quấn lớn nhất $e_{pt,max}$ thì $y = \tau$

3. Bước tương đối β :

Bước tương đối β là tỉ số giữa y và τ .

$$\beta = \frac{y}{\tau}$$

Trong đó, $\beta = 1$ dây quấn bước đủ.

$\beta > 1$ dây quấn bước dài.

$\beta < 1$ dây quấn bước ngắn.

4. Số rãnh của một pha dưới một cực từ :

$$q = \frac{Z}{m2p} \text{ /số rãnh/}.$$

Trong đó, m là số pha; còn q có thể là số nguyên, cũng có thể là phân số.

5. Góc độ điện giữa hai rãnh cạnh nhau :

$$\alpha = \frac{360}{Z/p} = \frac{p \cdot 360}{Z} \text{ /độ điện/}$$

6. Vùng pha của dây quấn:

$$\gamma = q\alpha \text{ /độ điện/}.$$

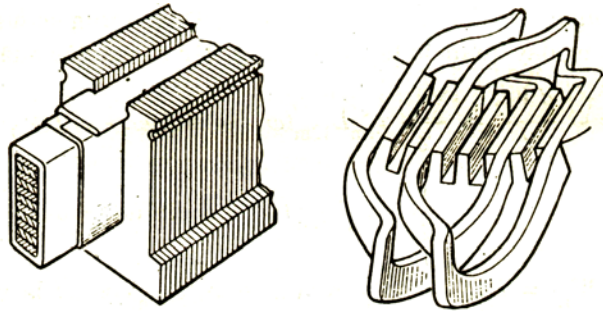
9.1.2. Phân loại dây quấn máy điện xoay chiều:

1. Phân theo số lớp trong rãnh:

+ Dây quấn một lớp : Hình 9.4 là dây quấn một lớp, trong một rãnh chỉ đặt một cạnh tác dụng. Như vậy số phần tử của dây quấn :

$$S = \frac{Z}{2}$$

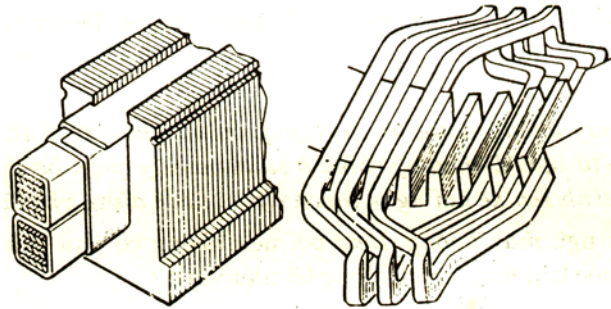
trong đó S là số phần tử; Z là số rãnh.



Hình 9.4 Dây quấn một lớp

+ Dây quấn hai lớp: Hình 9.5 là dây quấn hai lớp, một rãnh đặt hai cạnh tác dụng của hai phần tử khác nhau. Như vậy số phần tử :

$$S = Z$$



Hình 9.5 Dây quấn hai lớp

2. Phân theo số pha.

- Dây quấn một pha.
- Dây quấn hai pha.
- Dây quấn ba pha.

3. Phân theo bước dây quấn.

- Dây quấn bước đủ.
- Dây quấn bước dài.
- Dây quấn bước ngắn.

4. Phân theo cách nối các phần tử.

- Dây quấn xếp.
- Dây quấn sóng.

5. Phân theo hình dạng phần tử dây quấn.

- Dây quấn đồng khuôn.
- Dây quấn đồng tâm.
- Dây quấn phân tán ...

Để hiểu rõ cách nối các phần tử dây quấn ta dùng sơ đồ khai triển. Sơ đồ khai triển là sơ đồ nhận được bằng cách cắt phần ứng bằng một đường thẳng song song với trục máy rồi trải nó ra trên một mặt phẳng.

9.2. DÂY QUẤN BA PHA CÓ q LÀ SỐ NGUYÊN.

9.2.1. Dây quấn một lớp:

Xét sơ đồ khai triển dây quấn một lớp của máy điện xoay chiều có số liệu sau: $Z = 24$; $2p = 4$; $m = 3$.

- **Vẽ hình sao sđđ của các rãnh và phần tử:**

+ Tính các đại lượng đặc trưng của dây quấn:

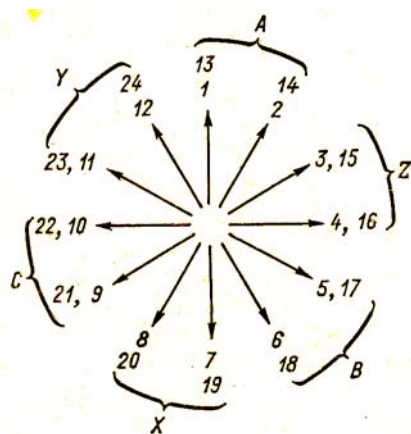
$$\alpha = \frac{p360^\circ}{Z} = \frac{2 \cdot 360^\circ}{24} = 30^\circ \text{ (độ điện)}$$

$$q = \frac{Z}{2mp} = \frac{24}{2 \cdot 3 \cdot 2} = 2$$

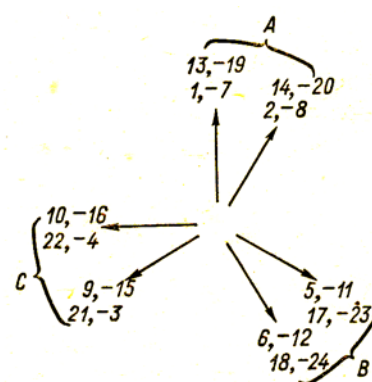
$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6$$

$$y = \tau = 6$$

$$\gamma = \alpha \cdot q = 30^\circ \cdot 2 = 60^\circ \text{ (độ điện)}$$



(a)



(b)

Hình 9.6 Hình sao sđđ rãnh (a) và phần tử (b)

+ Ta thấy:

Cạnh tác dụng thứ 1÷12 hình thành hình sao sđđ, các tia lệch pha nhau 30° , ở đôi cực từ thứ nhất (hình 9.6a).

Cạnh tác dụng thứ 13÷24 hình thành hình sao sđđ, ở đôi cực từ thứ hai, do có vị trí giống nhau trong từ trường, nên hoàn toàn trùng với hình sao của đôi cực từ thứ nhất.

Đặc một cung $\gamma = 60^\circ$ xác định được vùng pha, từ đó ta biết được cạnh tác dụng của từng pha.

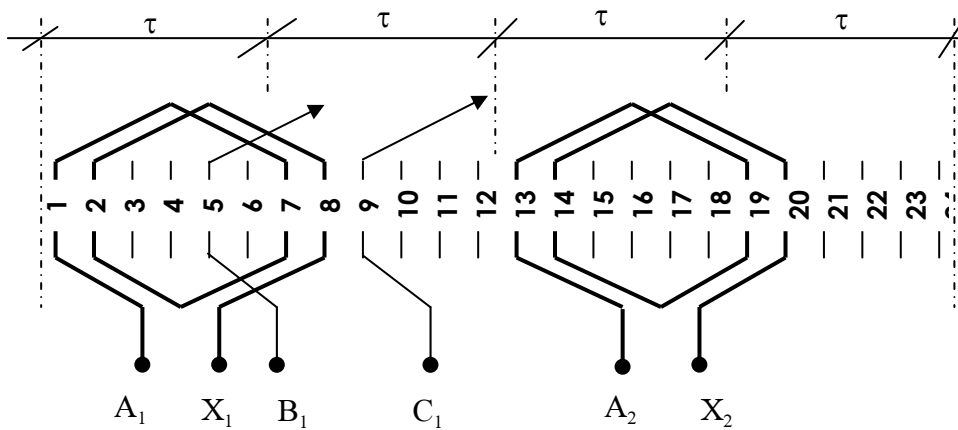
+ *Cách nối dây quấn:* $y = 6$, và nối như sau:

Pha A: (1-7), (2-8); (13-19), (14-20).

Pha B: (5-11), (6-12); (17-23), (18-24).

Pha C: (9-15), (10-16); (21-3), (22-4).

• **Sơ đồ khai triển dây quấn:**



Hình 9.7 Dây quấn đồng khuôn

Từ sơ đồ khai triển ta thấy:

- + Mỗi pha có hai nhóm phần tử dây quấn.
- + Mỗi nhóm có q phần tử dây quấn.
- + Các phần tử của một nhóm phải mắc nối tiếp nhau. (Không song song ?)
- + Các nhóm có thể mắc nối tiếp hoặc mắc song song phụ thuộc vào điện áp.
- + Dây quấn gồm các phần tử có kích thước giống nhau gọi là dây quấn đồng khuôn (hình 8.6).

• **Xác định sđđ của một pha:**

Cộng các vectơ thuộc pha đó lại.

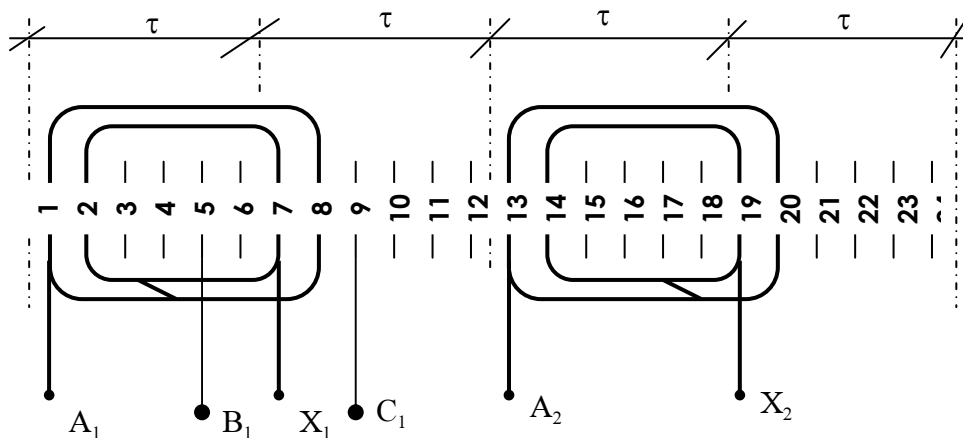
Ta nhận thấy rằng trị số sđđ của một pha không phụ thuộc thứ tự nối các cạnh tác dụng thuộc pha đó. Ví dụ pha A có thể nối các cạnh tác dụng theo thứ tự (1-8), (2-7) ở dưới đôi cực từ thứ nhất và (13-20), (14-19) ở dưới đôi cực từ thứ hai. Như vậy ta có thể nối các cạnh tác dụng của các phần tử ở các pha theo thứ tự sau:

Pha A: (1-8), (2-7); (13-20), (14-19).

Pha B: (5-12), (6-11); (17-24), (18-23).

Pha C: (9-16), (10-15); (21-4), (22-3).

Với cách nối dây quấn như trên, ta có sơ đồ khai triển dây quấn hình 9.8

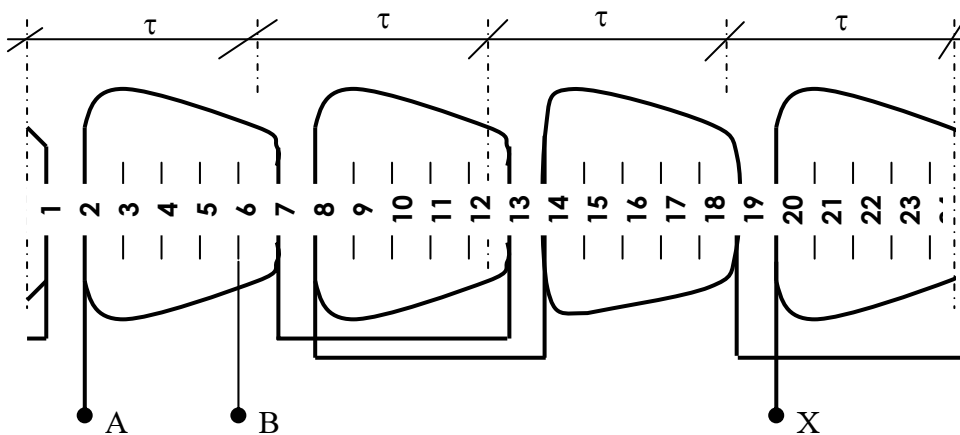


Hình 9.8 Dây quấn đồng tâm

Từ hình 9.8, ta thấy:

- Các bó dây giống như những vòng tròn đồng tâm gọi là dây quấn đồng tâm.
- Đây là dây quấn dễ tự động hóa trong quá trình đặt dây quấn vào rãnh.
- Khi thực hiện dây quấn đồng tâm phải bẻ phần đầu nối mỗi nhóm lên để chúng không chồng chéo nhau.

Các kiểu dây quấn đồng tâm, đồng khuôn gọi là dây quấn tập trung vì các nhóm phần tử tập trung dưới các cực từ nhất định.



Hình 9.9 Dây quấn phân tán

Có thể nối các cạnh tác dụng của các phần tử theo thứ tự khác là (2-7), (8-13) và (14-19), (20-1). Như vậy ta có thể nối các cạnh tác dụng của các phần tử ở các pha theo thứ tự sau :

Pha A: (2-7), (8-13); (14-19), (20-1).

Pha B: (6-11), (12-17); (18-23), (24-5).

Pha C: (10-15), (16-21); (22-3), (4-9).

Với cách nối trên ta được sơ đồ khai triển hình 9.9 gọi là dây quấn phân tán.

9.2.2. Dây quấn hai lớp

Có hai loại : dây quấn xếp và dây quấn sóng.

Ưu điểm : Làm bước ngắn để cải thiện dạng sóng sđđ.

Nhược điểm: Lòng dây và sửa chữa khó khăn.

a/ Dây quấn xếp:

Xét dq xếp hai lớp có: $Z=24$; $2p=4$; $m=3$.

+ Tính các đại lượng đặc trưng của dây quấn:

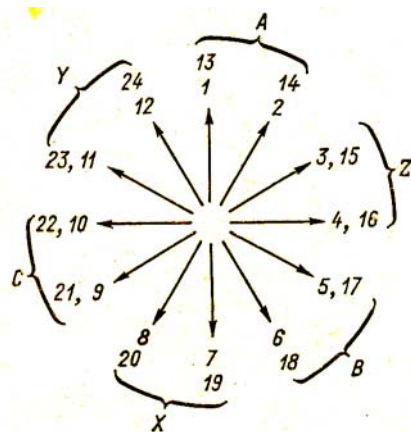
$$\alpha = \frac{p360^0}{Z} = \frac{2.360^0}{24} = 30^0 \text{ điện}$$

$$q = \frac{Z}{2mp} = \frac{24}{2.3.2} = 2$$

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6$$

$$y_1 = 5; \beta = \frac{y_1}{\tau} = \frac{5}{6}$$

$$\gamma = \alpha.q = 30^0.2 = 60^0 \text{ điện}$$



Hình 9.10 Hình sao sđđ rãnh

+ Vẽ hình sao sđđ các phần tử.

Từ hình sao sđđ, ta thấy:

Các phần tử lệch pha nhau một góc 30^0 . Từ hình 9.10, ta thấy :

+ Pha a có các phần tử: 1,2,7,8; 13,14,19,20.

+ Pha a có các phần tử: 5,6,11,12; 17,18,23,24.

+ Pha a có các phần tử: 9,10,15,16; 21,22,3,4.

Cách nối các pha: $y_1 = 5$

Pha A: lớp trên: 1 2 7 8 13 14 19 20

Lớp dưới: 6 7 12 13 18 19 24 1

Pha B: lớp trên: 5 6 11 12 17 18 23 24

Lớp dưới: 10 11 15 17 22 23 4 5

Pha C: lớp trên: 9 10 15 16 21 22 3 4

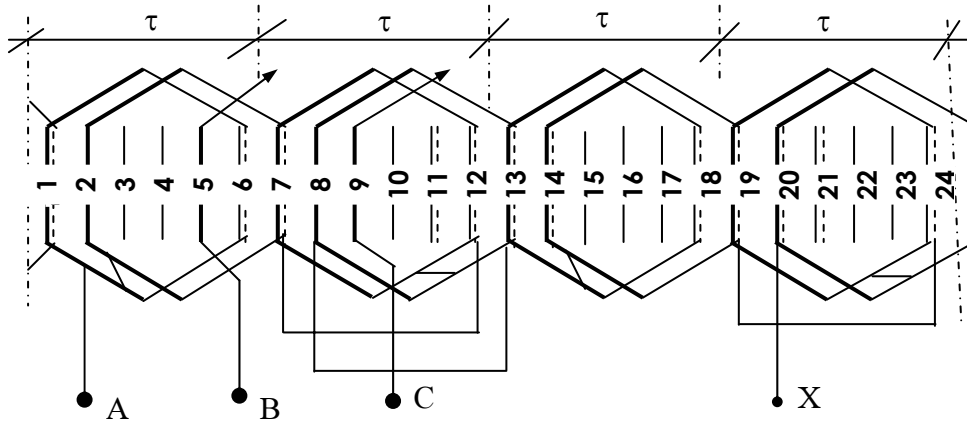
Lớp dưới: 14 15 20 21 2 3 8 9

Vẽ sơ đồ khai triển: Vẽ cho pha a còn pha b và c vẽ tương tự

Ta thấy:

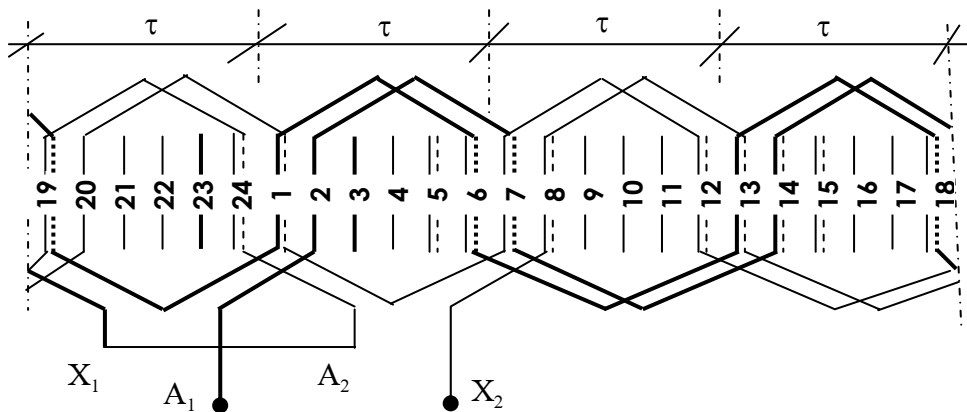
+ Do $q = 2$ nên mỗi cực từ có hai phần tử.

- + Các phần tử trong mỗi nhóm phải mắc nối tiếp nhau.
- + Các nhóm có thể mắc song song hoặc nối tiếp phụ thuộc điện áp.
- + Số nhánh song song nhiều nhất bằng số cực từ ($n \leq 2p$).



Hình 9.11 Dây quấn xếp hai lớp bước ngắn

b/ Dây quấn sóng : với $Z = 18$, $2p = 4$, $m = 3$. Hình 9.12.



Hình 9.12 Dây quấn sóng hai lớp bước ngắn

9.3. DÂY QUẤN CÓ q LÀ PHÂN SỐ

Số phần tử của một pha dưới một cực từ:

$$q = \frac{Z}{2mp} = \frac{a}{d} = b + \frac{c}{d}$$

Ta thấy:

- + Số phần tử của một pha dưới các cực từ không đều nhau.
- + Nhóm có nhiều phần tử gọi là nhóm lớn: **(b+1)** phần tử.

- + Nhóm có ít phần tử gọi là nhóm nhỏ: **b** phần tử.
- + Dưới d cực từ có **c** nhóm lớn và **(d-c)** nhóm nhỏ.

Xét ví dụ : Vẽ giản đồ khai triển dây quấn có $Z = 18$; $2p = 4$; $m = 3$.

+ Tính các đại lượng đặc trưng của dây quấn:

$$\alpha = \frac{p360^0}{Z} = \frac{2.360^0}{18} = 40^0 \text{ điện}$$

$$q = \frac{Z}{2mp} = \frac{18}{2.3.2} = \frac{3}{2} = 1 + \frac{1}{2}$$

$$\gamma = \alpha.q = 40^0 . \frac{3}{2} = 60^0 \text{ điện}$$

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{18}{4} = 4.5; \quad y = 4$$

Vậy $a = 3$; $d = 2$; $b = c = 1$.

Nhóm lớn có $b+1 = 2$ phần tử .

Nhóm nhỏ có $b = 1$ phần tử.

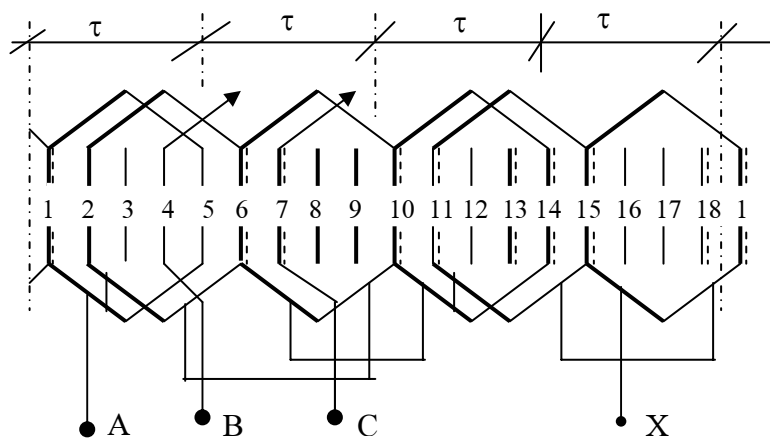
Phân vùng pha:

Pha a: 1,2,6, 10,11,15; Pha b: 4,5,9, 13,14,18; Pha c: 7,8,3, 16,17,12.

Sơ đồ nối dây các pha: $y = 4$.

Pha a: lớp trên:	1	2	6	10	11	15
lớp dưới:	5	6	10	14	15	1
Pha b: lớp trên:	4	5	9	13	14	18
lớp dưới:	8	9	13	17	18	4
Pha c: lớp trên:	7	8	3	16	17	12
lớp dưới:	11	12	7	2	3	16

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn: (hình 9.13)



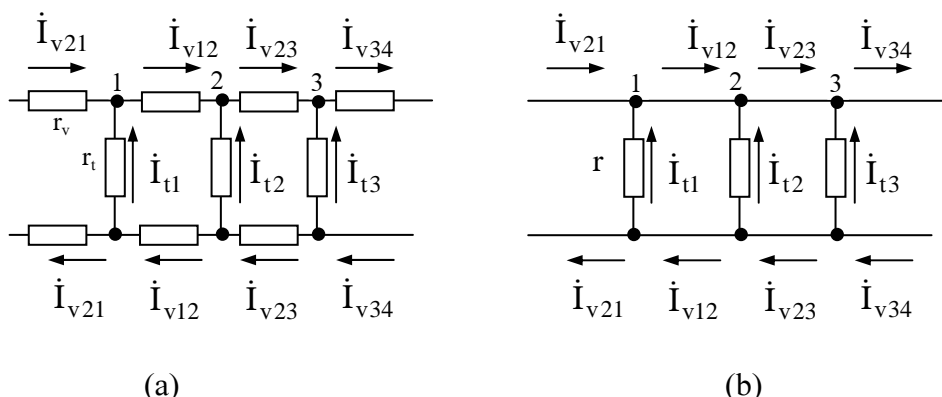
Hình 9.13 Dây quấn xếp hai lớp với q là phân số

9.4 DÂY QUẤN NGẮN MẠCH KIỂU LỒNG SÓC:

Đây quấn ngắn mạch kiểu lồng sóc được tạo thành bởi các thanh dẫn bằng đồng đặt trong các rãnh của rôto, hai đầu của chúng hàn với hai vành ngắn mạch cũng bằng đồng. Các thanh dẫn và vành ngắn mạch nói trên cũng có thể đúc bằng nhôm.

Sđđ của các thanh dẫn lệch pha nhau một góc: $\alpha = 2\pi p/Z$. Trong tính toán thực tế, thường xem mỗi thanh dẫn là một pha: $m_2 = Z_2$, và số vòng dây của một pha: $N = 1/2$, các hệ số $k_{nv} = k_{rv} = 1$.

Sơ đồ mạch điện của dây quấn lồng sóc:



Hình 9.15 Sơ đồ mạch điện thực (a) và tương đương (b) của dây quấn kiểu lồng sóc

Sơ đồ mạch điện của dây quấn lồng sóc như trên hình 8.14a, trong đó: r_t - điện trở thanh dẫn; r_v - điện trở của từng đoạn giữa hai thanh dẫn của vành ngắn mạch; Ta thay thế mạch điện thực nói trên bằng mạch điện tương đương dựa trên cơ sở tổn hao của hai mạch điện đó bằng nhau (hình 8.14b).

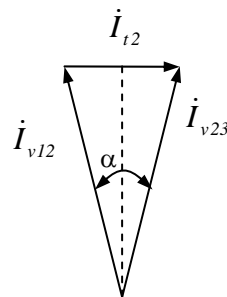
Đối với một nút bất kỳ, thí dụ nút hai ta có:

$$i_{t2} = i_{v23} - i_{v12}$$

Do dòng điện trong các đoạn của vòng ngắn mạch cũng lệch pha nhau một góc α , ta có:

$$I_t = 2I_v \sin \frac{\alpha}{2} = 2I_v \sin \frac{\pi p}{Z}$$

và
$$I_v = \frac{I_t}{2 \sin \frac{p\pi}{Z}}$$



Vì tổn hao trên điện trở của mạch điện thực và mạch điện thay thế phải bằng nhau, nghĩa là:

$$ZI_t^2 r_t + 2ZI_v^2 r_v = ZI_t^2 r$$

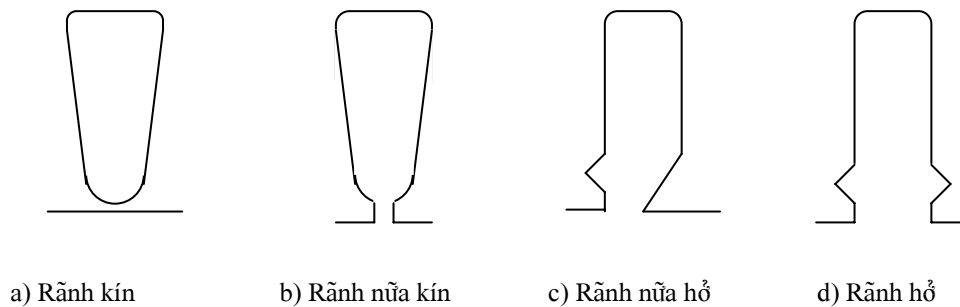
Hình 9.15 Quan hệ giữa dòng điện trong thanh dẫn và dòng trong vành ngắn mạch

Kết hợp với phương trình trên, ta tìm được điện trở pha của dây quấn kiểu lồng sóc:

$$r = r_t + \frac{r_v}{2 \sin^2 \frac{p\pi}{Z}}$$

9.5. CÁCH THỰC HIỆN DÂY QUẤN MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU:

Dây quấn máy điện xoay chiều được đặt trong các rãnh trên stato hay roto. Các rãnh này có các dạng như sau:



Hình 9.16 Các dạng rãnh của dây quấn máy điện

Rãnh nửa kín dùng cho dây quấn stato máy điện công suất $P < 100$ kW, điện áp $U < 1000$ V. Loại rãnh này chỉ dùng dây dẫn tiết diện tròn đường kính $< 2,5$ mm.

Rãnh nửa hở dùng cho dây quấn stato của các máy điện có công suất lớn $P = 300-400$ kW, điện áp $U < 1000$ V

Rãnh hở dùng cho dây quấn stato máy điện công suất lớn, điện áp cao. Dây quấn loại này thường dùng tiết diện chữ nhật, làm thành những bó dây trước rồi sau đó đặt vào rãnh.

Ở những máy điện công suất lớn, để tránh lực điện từ rất mạnh lúc xảy ra ngắn mạch tác dụng lên phần đầu nối, làm hỏng phần đầu nối dây quấn stato, bộ phận này buộc chặt vào các vòng thép có Boulông bắt vào thân máy./.

