

PHẦN THỨ BA
LÝ LUẬN CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU

CHƯƠNG 13
DÂY QUẤN PHẦN ỨNG MỘT XOAY CHIỀU

Dây quấn phần ứng của máy điện xoay chiều có nhiệm vụ sinh ra được một s.đ.đ. cảm ứng nhất định, đồng thời cũng tham gia vào việc tạo nên được từ trường cần thiết cho sự biến đổi năng lượng cơ điện trong máy. Kết cấu của dây quấn phải đảm bảo được những yêu cầu như tiết kiệm dây đồng (chủ yếu là phần đầu nối), bền về cơ, điện, nhiệt đồng thời chế tạo đơn giản, lắp ráp sửa chữa dễ dàng.

Dây quấn có thể chế tạo với số pha $m = 1, 2, 3$, trong đó chủ yếu là dây quấn ba pha, sau đó là dây quấn một pha. Dây quấn lồng sóc của máy điện không đồng bộ được xem như dây quấn có số pha m bằng số rãnh Z_2 của rôto. Thường thì số rãnh của một pha dưới một cực q là số nguyên nhưng trong một số trường hợp cần thiết q có thể là phân số. Dây quấn của máy điện xoay chiều có thể đặt trong rãnh thành một lớp hoặc hai lớp và tương ứng là dây quấn một lớp và dây quấn hai lớp.

Trong thực tế có rất nhiều kiểu dây quấn máy điện xoay chiều nhưng trong chương này ta chỉ đề cập đến một số kiểu dây quấn và đối với mỗi loại chủ yếu chỉ nêu lên phương pháp phân tích và sơ đồ nối dây.

13-1. DÂY QUẤN CÓ Q LÀ SỐ NGUYÊN

13.1.1. Dây quấn một lớp

Dây quấn một lớp là loại dây quấn mà trong mỗi rãnh chỉ đặt một cạnh tác dụng của một phân tử (hay còn gọi là bối dây). Dây quấn một lớp thường được dùng trong các động cơ điện công suất dưới 7 kW và trong các máy phát điện tuabin nước.

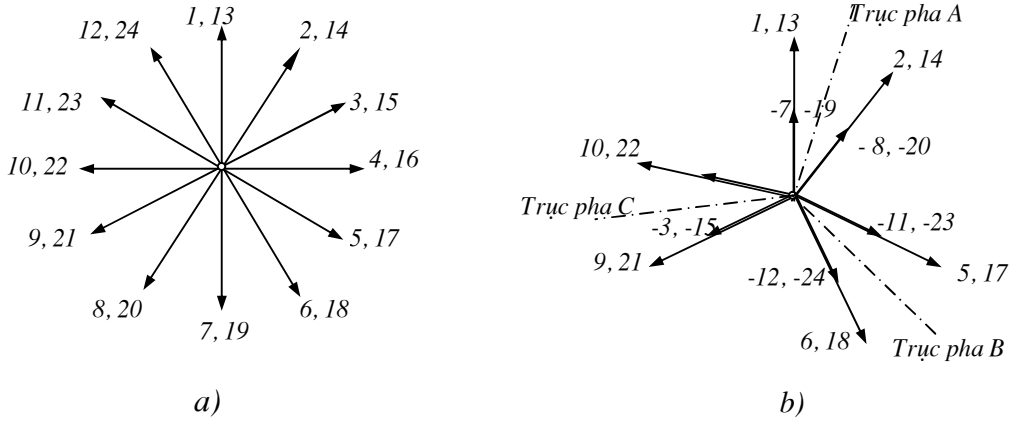
Vì mỗi phân tử chỉ có hai cạnh tác dụng nên đối với dây quấn một lớp số phân tử S bằng một nửa số rãnh: $S = Z/2$. Trên thực tế ta thường gặp dây quấn một lớp ba pha nhưng cũng có những trường hợp dây quấn một lớp một pha.

Ta hãy xét thí dụ dây quấn một lớp với số pha $m = 3$; $Z = 24$; $2p = 4$. Để có thể thiết lập sơ đồ nối dây, trước hết ta hãy vẽ hình sao s.đ.đ của dây quấn đó.

Vì góc lệch pha giữa hai rãnh liên tiếp là:

$$a = \frac{p \cdot 360^\circ}{Z} = 30^\circ$$

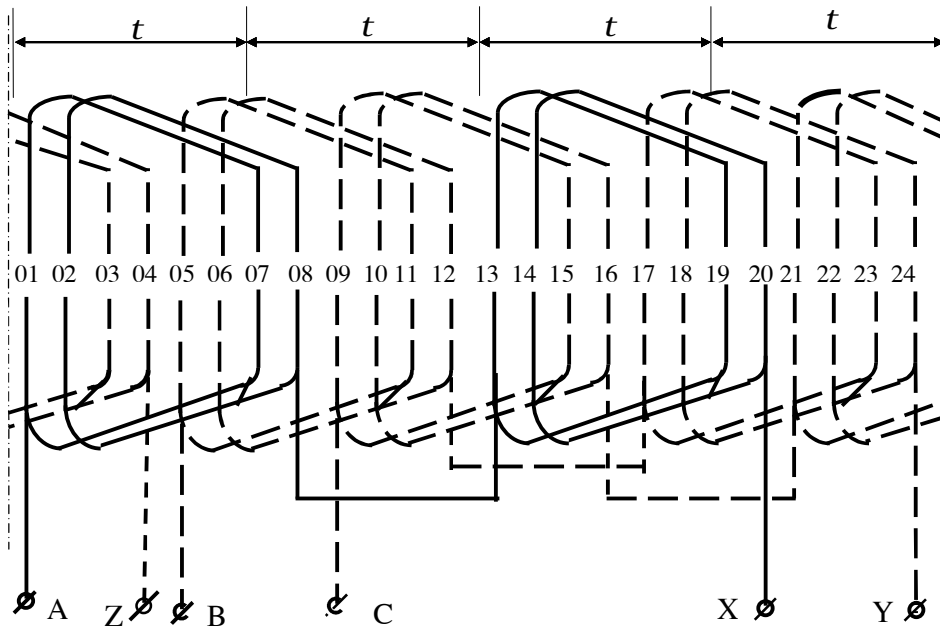
nên s.đ.đ. của các cạnh tác dụng từ 1 đến 12 dưới đôi cực thứ nhất làm thành hình sao s.đ.đ. có 12 tia như hình 13-1a. Do vị trí của các cạnh $13 \div 24$ dưới đôi cực thứ hai hoàn toàn giống vị trí các cạnh $1 \div 12$ dưới đôi cực thứ nhất nên s.đ.đ. của chúng có thể biểu thị bằng hình sao s.đ.đ. trùng với hình sao s.đ.đ. thứ nhất.



Hình 13-1. Hình sao s.đ.đ. rãnh (a) và hình sao s.đ.đ. phần tử (b) của dây quấn có $Z = 24$, $m = 3$, $2p = 4$, $q = 2$.

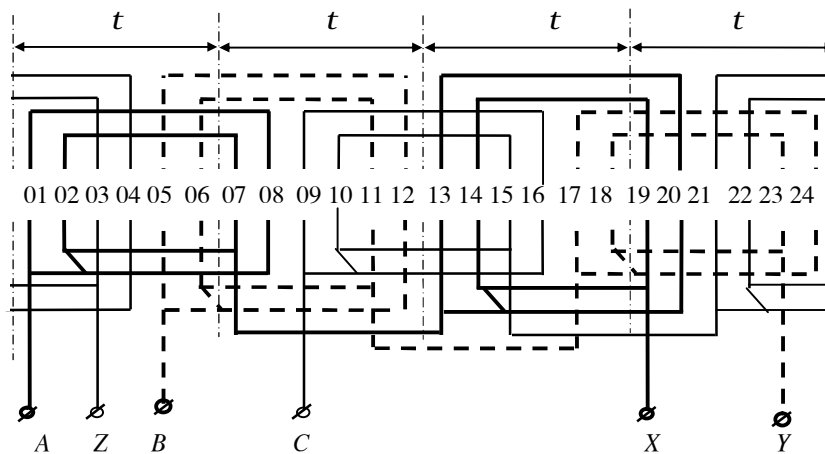
Vì số rãnh của một pha dưới một cực $q = \frac{Z}{2mp} = 2$ (ta có vùng pha $\gamma = q\alpha = 2 \times 30 =$

60°), hơn nữa hai cạnh của mỗi phần tử cách nhau $y = \tau = mq = 6$ rãnh, nên pha A gồm hai phần tử tạo thành bởi các cạnh tác dụng (1-7), (2-8) dưới đôi cực thứ nhất và hai phần tử tạo bởi các cạnh (13-19), (14-20) dưới đôi cực thứ hai. Do các pha lệch nhau 120° nên pha B gồm các phần tử (5-11), (6-12), (17-23) và (18-24). Pha C gồm các phần tử (9-15), (10-16), (21-3) và (22-4). Hình sao s.đ.đ. của các phần tử trình bày trên hình 13-1b. Cộng tất cả các véc tơ s.đ.đ. của các phần tử thuộc cùng một pha ta sẽ được các s.đ.đ. E_A , E_B và E_C . Dem nối các phần tử thuộc cùng một pha với nhau ta được dây quấn ba pha (hình 13-2).



Hình 13 - 2
Sơ đồ khai triển của dây quấn ba pha
đồng khuôn với $Z = 24$; $2p = 4$; $q = 2$

Hình 13-2 trình bày một kiểu dây quấn với các phần tử có kích thước hoàn toàn giống nhau và có tên là dây quấn đồng khuôn. Vì mỗi pha có hai nhóm phần tử có vị trí hoàn toàn giống nhau dưới hai đôi cực nên có thể tạo thành hoặc một mạch nhánh - nếu nối cuối của nhóm phần tử trước với đầu của nhóm phần tử sau, hoặc thành hai mạch nhánh ghép song song - nếu nối đầu của hai nhóm phần tử với nhau và cuối của chúng với nhau. Để tiện cho việc đấu nối mạch nhánh song song, đầu của nhóm phần tử có ghi thêm ký hiệu “*”. Cách nối dây như trên hình 13-2 ứng với trường hợp mỗi pha có một mạch nhánh. Khi nối thành hai mạch nhánh, s.đ.đ. của mỗi pha sẽ giảm đi một nửa nhưng dòng điện của mỗi pha sẽ tăng gấp đôi. Trong trường hợp tổng quát, nếu máy có p đôi cực thì số mạch nhánh song song của mỗi pha sẽ là k với điều kiện k chia hết cho p. Từ hình 13-1b ta nhận thấy rằng, trị số s.đ.đ. của mỗi pha không phụ thuộc vào thứ tự nối các rãnh tác dụng. Thí dụ, đối với pha A ta có thể nối cạnh tác dụng theo thứ tự 1-8-2-7 ở dưới đôi cực thứ nhất và 13-20-14-19 dưới đôi cực thứ hai và được hai nhóm có hai phần tử kích thước không giống nhau (hình 13-3). Loại dây quấn như vậy gọi là dây quấn đồng tâm. Khi thực hiện dây quấn đồng tâm, để cho các đầu nối không chồng chéo lên nhau cần bố trí chúng trên các mặt khác nhau. Rõ ràng là ở dây quấn đồng tâm khó thực hiện được các nhánh song song hoàn toàn giống nhau, vì chiều dài của các nhóm phần tử trong từng pha không bằng nhau.



Hình 13 - 3
Sơ đồ khai triển của dây quấn ba pha
đồng tâm với $Z = 24$; $2p = 4$; $q = 2$

13.1.2. Dây quấn hai lớp

Dây quấn hai lớp là loại dây quấn mà trong mỗi rãnh có đặt hai cạnh tác dụng của phần tử. Như vậy số phần tử S bằng số rãnh Z. Cũng giống như dây quấn của máy điện một chiều, khi quấn dây, cạnh thứ nhất của mỗi phần tử được đặt ở lớp trên của rãnh, còn cạnh thứ hai được đặt ở lớp dưới của rãnh khác.

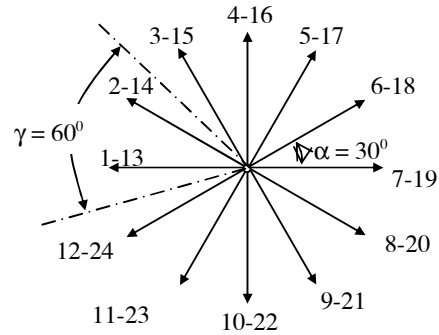
So với dây quấn một lớp, dây quấn hai lớp có ưu điểm là thực hiện được bước ngắn, làm yếu được s.đ.đ. bậc cao, do đó cải thiện được dạng sóng s.đ.đ. Tuy nhiên nó cũng có nhược điểm là việc lồng dây quấn vào rãnh cũng như việc sửa chữa dây quấn gặp khó khăn hơn.

Cũng như dây quấn của máy điện một chiều, dây quấn hai lớp của máy điện xoay chiều có thể chế tạo thành kiểu dây quấn xếp hoặc quấn sóng, trong đó dây quấn xếp là

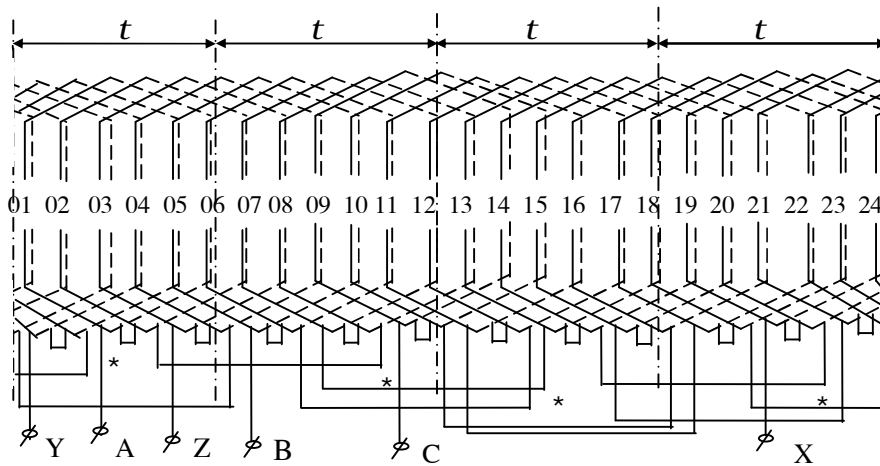
chủ yếu còn dây quấn sóng chỉ dùng với rôto dây quấn của động cơ điện không đồng bộ và đối với máy phát điện tuabin nước công suất lớn.

Dây quấn ba pha hai lớp có thể quấn với vùng pha γ bằng 60° hoặc 120° nhưng thường sử dụng vùng pha 60° (khi vùng pha $\gamma = 60^\circ$ s.đ.đ. sẽ lớn hơn khi $\gamma = 120^\circ$). Hình 13-4 trình bày hình sao s.đ.đ. của các phân tử của dây quấn có $Z = 24$, $2p = 4$, $m = 3$, trong đó góc lệch pha giữa các vectơ s.đ.đ. của hai phân tử kề nhau là $\alpha = 30^\circ$.

Trên hình 13-5 trình bày sơ đồ khai triển của dây quấn xếp đó thực hiện với vùng pha $\gamma = 60^\circ$ và bước ngắn $y = \beta\tau = 5$ rãnh ($\beta = 5/6$). Ta thấy rằng ở dây quấn hai lớp, dưới mỗi cực từ hình thành một nhóm $q = 2$ phân tử của một pha. Vì các nhóm phân tử của một pha liên tiếp được đặt dưới các cực từ khác nhau nên s.đ.đ. của chúng có chiều ngược nhau (đầu đầu của nhóm phân tử, thí dụ pha A có ghi ký hiệu "*"). Để mỗi pha hình thành một mạch nhánh phải nối cuối của nhóm phân tử trước với đầu của nhóm phân tử tiếp theo như trên hình 13-5.



Hình 13-4. Hình sao s.đ.đ. của các phân tử của dây quấn có $Z = 24$; $2p = 4$; $m = 3$



Hình 13-5. Dây quấn xếp ba pha hai lớp với $Z = 24$, $2p = 4$, $q = 2$, $y = 5$, $\beta = 5/6$

Thứ tự nối các bố dây của các pha như sau:

Pha A: A - 1 - 2 - 8 - 7 - 13 - 14 - 20 - 19 - X.

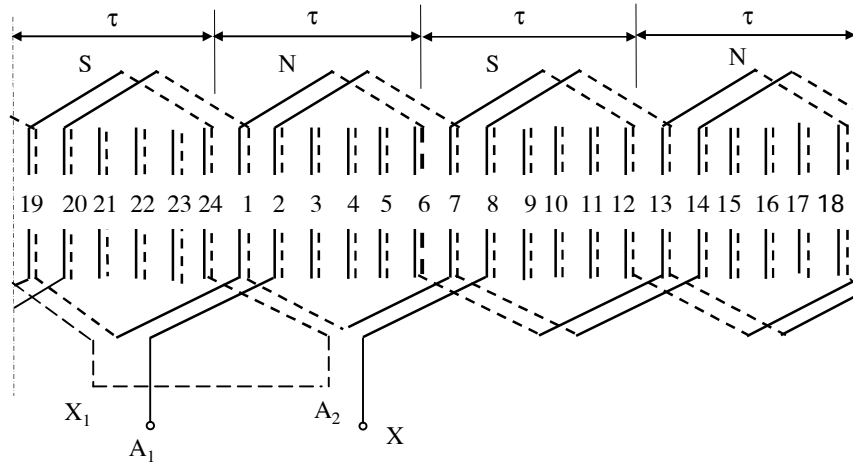
Pha B: B - 5 - 6 - 12 - 11 - 17 - 18 - 24 - 23 - Y.

Pha C: C - 9 - 10 - 16 - 15 - 21 - 22 - 4 - 3 - Z.

Nếu muốn mỗi pha có nhiều mạch nhánh song song phải nối đầu của các nhóm phân tử của pha đó với nhau và cuối các nhóm phân tử đó với nhau. Nói chung số nhánh song song của một pha có thể là k với điều kiện k chia hết cho $2p$.

Hình 13-6 trình bày dây quấn sóng có số liệu giống như của dây quấn xếp trên hình 13-5 (Để đơn giản, trên hình chỉ trình bày cách nối dây của một pha). Vì mỗi pha chiếm số rãnh như ở dây quấn xếp nên s.đ.đ. cảm ứng của hai loại dây quấn đó hoàn toàn bằng nhau mặc dù cách quấn dây của chúng khác nhau.

Dùng số thứ tự của rãnh trong đó đặt cạnh tác dụng thứ nhất của phân tử để đánh số phần tử đó. Ta thấy, trong dây quấn sóng nếu bắt đầu đi từ A_1 đến X_1 thì sau khi đi quanh phân ứng q vòng (ở đây $q = 2$) ta đặt được các bố dây 2, 14, 1, 13 nằm dưới cực bắc N. Cũng như vậy, nếu bắt đầu từ X_2 đến A_2 thì sau khi đi quanh phân ứng 2 vòng ta có các bố dây 8, 20, 7, 19 nằm dưới các cực nam S. S.đ.đ. của các phần tử nằm dưới các cực khác tên có chiều ngược nhau, vì vậy nếu muốn mỗi pha có một mạch nhánh thì phải nối cuối của bố thứ 13 (X_1) với đầu của bố thứ 19 (A_2).

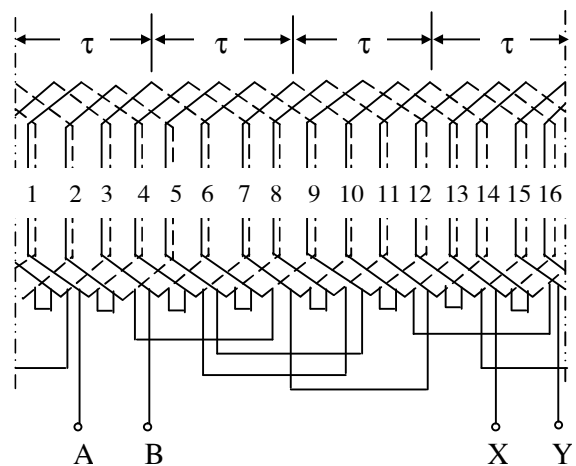


Hình 13 - 6
Dây quấn sóng ba pha hai lớp
 $Z = 24; 2p = 4; q = 1; y = 5/6t$

Trên đây đã trình bày về dây quấn ba pha một lớp và hai lớp. Trong các máy điện nhỏ dùng trong tự động còn thường gặp dây quấn một pha hoặc hai pha. Các dây quấn một pha và hai pha cũng có thể quấn thành một lớp hoặc hai lớp.

Dây quấn một pha thường chế tạo với vùng pha $\gamma = 120^\circ$, nghĩa là được đặt vào $2/3$ số rãnh. Khi dây quấn một pha được quấn thành hai lớp bước ngắn thì sẽ có một số rãnh chỉ có một cạnh của phân tử và rãnh phải được lấp đầy bằng vật liệu không dẫn điện. Trong trường hợp muốn chuyển dây quấn ba pha có vùng pha $\gamma = 60^\circ$ (thí dụ dây quấn trên hình 13-5) thành dây quấn một pha ta có thể nối các đầu X và Z với nhau là chuyển hai pha A và C thành dây quấn một pha có vùng pha $\gamma = 120^\circ$, còn pha B thì bỏ không sử dụng.

Dây quấn hai pha khác với dây



Hình 13-7. Dây quấn hai pha hai lớp
với $Z = 16; 2p = 2; q = 2; b = 3/4$

quấn ba pha ở chỗ chỉ có hai dây quấn đặt lệch nhau góc 90° điện. Hình 13-7 trình bày một thí dụ về dây quấn hai pha hai lớp với $Z = 16$; $2p = 4$; $q = 2$; $y = 3$; $\beta = 3/4$. Ở đây vì góc điện giữa hai rãnh cạnh nhau $\alpha = 45^\circ$ nên hai dây quấn phải đặt cách hai bước rãnh (đầu pha A đi vào rãnh 1 thì đầu pha B phải đi vào rãnh 3). Cách nối các nhóm phần tử của các pha dưới các cực khác nhau hoàn toàn giống như dây quấn ba pha đã xét ở trên.

13-2. DÂY QUẤN CÓ Q LÀ PHÂN SỐ VÀ DÂY QUẤN NGẮN MẠCH KIỂU LỒNG SÓC

13.2.1. Dây quấn có q là phân số

Trong các máy điện tốc độ thấp, nhiều cực, thí dụ như trong các máy điện tuabin nước, số rãnh của mỗi pha dưới một cực q không thể lớn, vì nếu q lớn thì số số rãnh Z sẽ rất nhiều khiến lượng chất cách điện của dây quấn tăng, làm cho kích thước và trọng lượng của máy tăng. Nhưng nếu q nhỏ thì từ trường sóng bậc cao, nhất là sóng răng sẽ mạnh hơn, kết quả là dạng sóng s.đ.đ. không được cải thiện để có dạng gần hình sin.

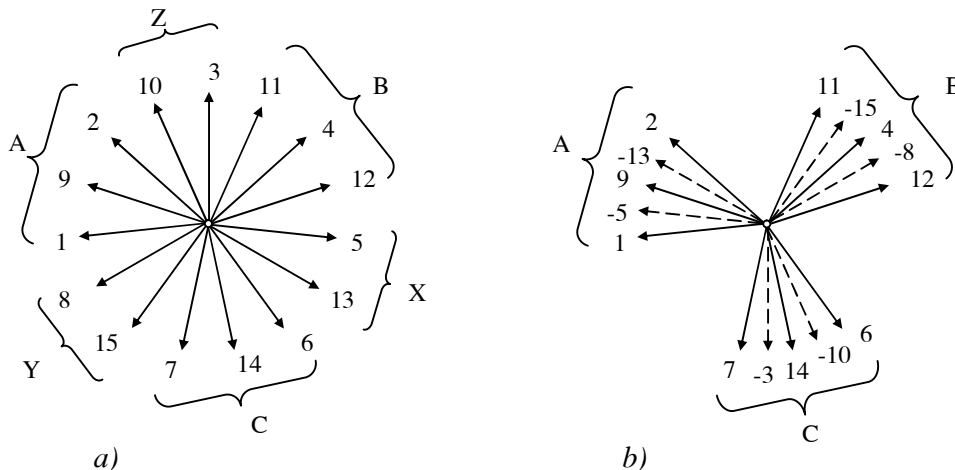
Để tránh tình trạng đó người ta dùng dây quấn có q là phân số: $q = b + \frac{c}{d}$. Dây quấn có q là phân số có thể quấn thành một lớp hoặc hai lớp và cũng có thể theo kiểu quấn xếp hoặc quấn sóng. Ở đây dây quấn sóng được dùng nhiều hơn do tiết kiệm được dây đồng ở phần đầu nối.

Ta hãy xét dây quấn hai lớp có các số liệu: $Z = 15$; $2p = 4$; $m = 3$.

Số rãnh của một pha dưới một cực:

$$q = \frac{Z}{2mp} = \frac{15}{2 \times 3 \times 2} = \frac{5}{4} = 1\frac{1}{4}$$

Góc giữa hai rãnh liên tiếp: $a = \frac{p \times 360}{Z} = 48^\circ$



Hình 13-8. Hình sao s.đ.đ. phần tử (a) và các vectơ s.đ.đ. phần tử đẳng trị của các pha (b) của dây quấn ba pha hai lớp với $Z = 15$; $2p = 4$; $q = 1\frac{1}{4}$

Để có thể hiểu và thiết lập sơ đồ nối dây ta bắt đầu nghiên cứu từ hình sao s.đ.đ. Với $\alpha = 48^\circ$ ta có hình sao s.đ.đ. ứng với 15 phần tử như trên hình 13-8a. Phân khu vực theo vùng pha $\gamma = 60^\circ$ ta thấy mỗi pha có năm vectơ ứng với năm phần tử, thí dụ pha A có các vectơ 1, 2, 5, 9, 13. Vì có năm phần tử phân bố dưới bốn cực nên sẽ có ba phần tử nằm dưới ba cực và hai phần tử còn lại nằm dưới cực thứ tư.

Sơ đồ khai triển (đối với một pha) của dây quấn có q là phân số trên được trình bày như ở hình 13-9. Ở đây dây quấn được quấn với bước ngắn là:

$$b = \frac{y}{t} = \frac{3}{15/4} = 0,8.$$

Từ hình sao s.đ.đ. trên hình 13-8a ta có thể xem như 15 phần tử của dây quấn đều nằm dưới một đôi cực (vì một hình sao s.đ.đ. ứng với một đôi cực).

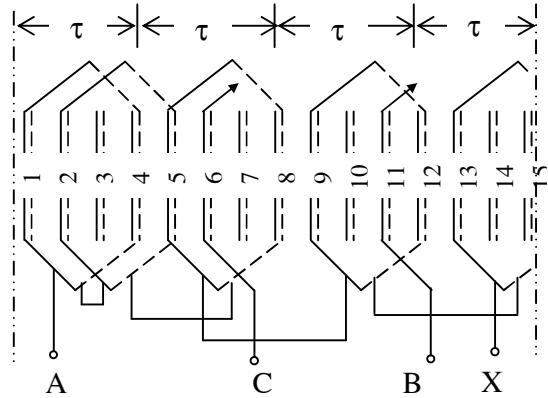
Như vậy số phần tử hoặc rãnh đẳng trị của một pha dưới một cực là $q = 5$ (hình 13-8b). Vì vùng pha $\gamma = 60^\circ$ nên góc lệch pha đẳng trị giữa hai phần tử cách nhau là $a' = \frac{60^\circ}{q} = 12^\circ$ và hệ số quấn rải k_{rv} của

các sóng điều hoà sẽ nhỏ đi rất nhiều, kết quả là có thể cải thiện được dạng sóng s.đ.đ.

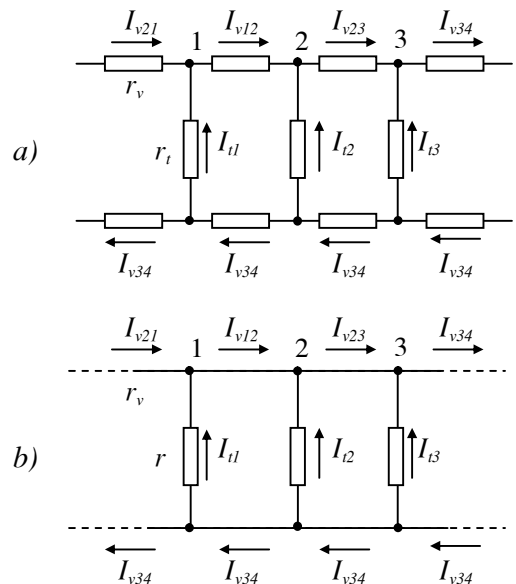
13.2.2. Dây quấn ngắn mạch kiểu lồng sóc

Dây quấn ngắn mạch kiểu lồng sóc được tạo thành bởi các thanh dẫn bằng đồng hoặc bằng nhôm đặt trong rãnh, hai đầu hàn với hai vòng ngắn mạch cũng bằng đồng hoặc bằng nhôm.

S.đ.đ. của các thanh dẫn kế tiếp lệch pha một góc $a = \frac{2pp}{Z}$ và có thể biểu thị bằng hình sao s.đ.đ. có Z/t vectơ, trong đó t là ước số chung lớn nhất của Z và p . Ở trường hợp dây quấn lồng sóc mỗi vectơ s.đ.đ. ứng với một pha và như vậy số pha $m = \frac{Z}{t}$ và nếu có t hình sao s.đ.đ. trùng nhau thì mỗi pha có t thanh dẫn ghép song song. Trên thực tế, lúc tính toán để đơn giản thường xem như mỗi thanh dẫn ứng với một pha và như vậy $m = Z$, số vòng dây của mỗi pha $w = 1/2$ và các hệ số bước ngắn, hệ số quấn rải đối với tất cả các sóng điều hoà $k_{nv} = k_{rv} = 1$. Sơ đồ mạch điện của dây quấn lồng sóc như trên hình 13-10a, trong đó r_t là điện trở thanh dẫn và r_v là điện trở của từng đoạn nối giữa hai thanh dẫn của vòng ngắn mạch.



Hình 13-9. Dây quấn xếp ba pha hai lớp với $Z = 15$; $2p = 4$; $q = 1 \frac{1}{4}$



Hình 13-10. Sơ đồ mạch điện thực (a) và tương đương (b) của lồng sóc

Để xem dây quấn m pha đầu hình sao và bị nối ngắn mạch, ta thay thế mạch điện thực nối trên bằng mạch điện tương đương như hình 13-10b dựa trên cơ sở tổn hao trên điện trở của hai mạch điện đó phải bằng nhau.

Đối với một nút bất kỳ, thí dụ nút 2, ta có: $i_{12} = i_{v23} - i_{v12}$

Do dòng điện trong các đoạn của vòng ngắn mạch cũng lệch pha nhau góc α như trên hình 13-11, nên:

$$I_t = 2I_v \sin \frac{\alpha}{2} = 2I_v \sin \frac{PP}{Z} \quad (13-1)$$

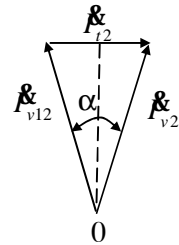
và
$$I_v = \frac{I_t}{2 \sin \frac{PP}{Z}} \quad (13-2)$$

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

$$Z.I_t^2.r_t + 2ZI_v^2.r_v = ZI_t^2.r$$

nên kết hợp với (13-2) suy ra được điện trở mỗi pha của dây quấn:

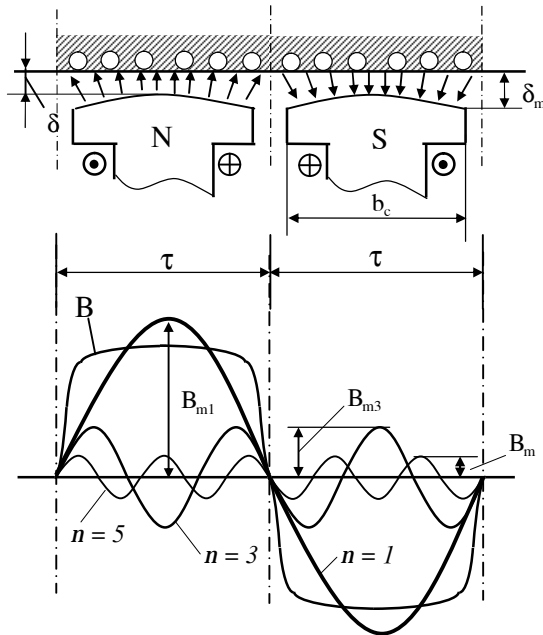
$$r = r_t + \frac{r_v}{2 \sin^2 \frac{PP}{Z}} \quad (13-3)$$



Hình 13-11. Quan hệ giữa dòng điện trong thanh dẫn và dòng điện trong đoạn vòng ngắn mạch

13-3. S.Đ.Đ. CỦA DÂY QUẤN MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU

Để máy điện xoay chiều làm việc được tốt, s.đ.đ. cảm ứng trong các dây quấn phải có dạng hình sin. Muốn vậy từ trường dọc khe hở của máy cũng phải phân bố hình sin. Nhưng trong thực tế do những nguyên nhân về cấu tạo nên từ trường của các cực từ hoặc của các dây quấn đều khác hình sin và có thể phân tích thành sóng cơ bản và các sóng bậc cao. Đường phân bố từ cảm không hình sin của cực từ (hình 13-12) có thể phân tích thành sóng điều hoà $B_1, B_3, B_5, \dots, B_n$, trong đó B_1 có bước cực t còn B_n có bước cực $t_n = \frac{t}{n}$. Khi có chuyển động tương đối giữa từ trường của cực từ và dây quấn thì tương ứng với các từ cảm $B_1, B_3, B_5, \dots, B_n$, trong dây quấn phân ứng sẽ cảm ứng nên các s.đ.đ. e_1, e_3, \dots, e_n . Do tần số của các s.đ.đ. này khác nhau nên s.đ.đ. tổng có dạng không hình sin. Cần có



Hình 13 - 12

Sự phân bố từ cảm của cực từ dọc bề mặt Stato của máy điện đồng bộ cực lồi

các phương pháp làm triệt tiêu hoặc giảm các s.đ.đ. bậc cao để cải thiện dạng sóng s.đ.đ. tổng, khiến nó gần giống dạng hình sin. Để có được trị số của s.đ.đ. của dây quấn máy điện xoay chiều ta lần lượt xét s.đ.đ. do từ trường cơ bản (bậc 1) và các s.đ.đ. do từ trường bậc cao, sau đó suy ra trị số của s.đ.đ. tổng của dây quấn.

13.3.1. Sức điện động của dây quấn do từ trường cơ bản.

1. S.đ.đ. của một thanh dẫn

Khi thanh dẫn có chiều dài l chuyển động tương đối với vận tốc v đối với từ trường cơ bản phân bố hình sin dọc khe hở

$B_x = B_m \cdot \sin \frac{p}{t} \cdot x$ như trên hình 13-13 thì trong thanh dẫn cảm ứng nên s.đ.đ.:

$$e_{td} = B_x \cdot l \cdot v = B_m \cdot l \cdot v \cdot \sin \frac{p}{t} \cdot x$$

trong đó: $v = \frac{x}{t} = \frac{2t}{T} = 2t \cdot f$

Vì tốc độ góc $\omega = 2p \cdot f$ và từ thông ứng với một bước cực bằng:

$$f = \frac{2}{p} B_m l t$$

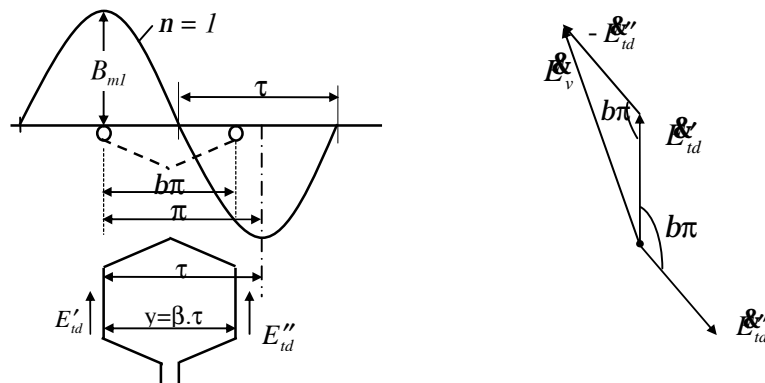
nên $e_{td} = f p \cdot f \sin \omega t$

và trị số hiệu dụng của s.đ.đ. đó bằng:

$$E_{td} = \frac{p}{\sqrt{2}} f \Phi = 2,22 \Phi f \quad (13-4)$$

2. S.đ.đ. của một vòng dây và của một bố dây (phân tử).

S.đ.đ. của vòng dây gồm hai thanh dẫn đặt trong hai rãnh cách nhau một khoảng y bằng hiệu số hình học của các s.đ.đ. E'_{td} và E''_{td} lệch nhau góc $\frac{y}{t} p$ của hai thanh dẫn đó.



Hình 13 - 14. S.đ.đ. của một vòng dây

Từ hình vẽ 13-14 ta có:

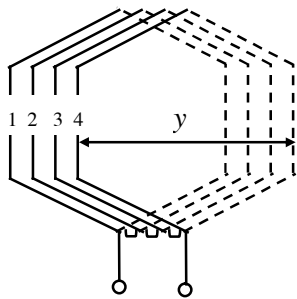
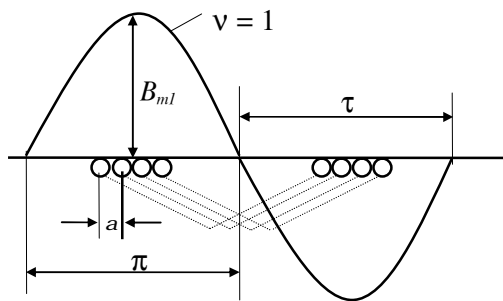
$$E_v = |\underline{E}_{td} - \underline{E}'_{td}| = 2E_{td} \sin \frac{y}{t} \cdot \frac{p}{2} = 4,44f \cdot f \cdot k_n \quad (13-5)$$

trong đó: $k_n = \sin \frac{y}{t} \cdot \frac{p}{2} = \sin b \frac{p}{2} \quad (13-6)$

Thông thường $b = \frac{y}{t} < 1$ nên k_n được gọi là hệ số bước ngắn.

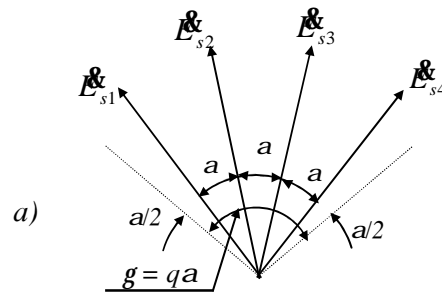
Nếu trong hai rãnh nối trên đặt một bố dây gồm w_s vòng dây thì s.d.đ. của bố dây đó bằng:

$$E_s = 4,44k_n \cdot w_s \cdot f \cdot f \quad (13-7)$$

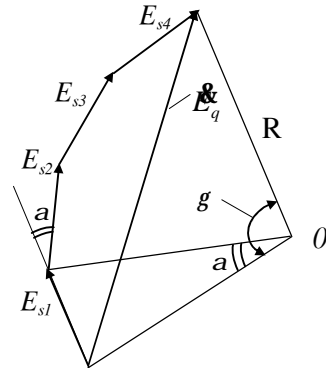


Hình 13 - 15

Nhóm $q = 4$ bố dây trong từ trường.



a)



b)

Hình 13 - 16

Sức điện động của nhóm $q = 4$ bố dây

3. S.d.đ. của một nhóm bố dây

Giả sử có q bố dây nối tiếp và đặt rải trong các rãnh liên tiếp nhau như trên hình 13-15. Vì góc lệch pha trong từ trường giữa hai rãnh kề nhau là:

$$a = \frac{2p}{Z/p} = \frac{2pp}{Z} \quad (13-8)$$

với $\frac{Z}{p}$ là số rãnh dưới một đôi cực, nên s.d.đ. của q bố dây có thể biểu thị bằng q véc tơ \underline{E}_s cùng lệch nhau một góc a (hình 13-16a). S.d.đ. tổng của nhóm bố dây \underline{E}_q là tổng hình học của q véc tơ \underline{E}_s như trình bày ở hình 13-16b, do đó:

$$E_q = qE_s k_r \quad (13-9)$$

trong đó:

$$K_r = \frac{\text{tổng hình học các s.đ.đ.}}{\text{tổng số học các s.đ.đ.}} = \frac{\sin \frac{qa}{2}}{q \sin \frac{a}{2}}$$

là hệ số quán rã của dây quấn .

Thay (13-7) vào (13-9) ta được:

$$E_q = 4,44 k_{dq} \cdot q \cdot w_s \cdot f \cdot f \quad (13-10)$$

trong đó: $k_{dq} = k_n \cdot k_r$ là hệ số dây quấn.

4. S.đ.đ. của dây quấn một pha

Dây quấn một pha có thể gồm một hoặc nhiều nhánh đồng nhất ghép song song, do đó s.đ.đ. của một pha là s.đ.đ. của một nhánh song song. Vì mỗi nhánh thường gồm n nhóm bố dây có vị trí giống nhau trong từ trường của các cực từ nên s.đ.đ. của chúng có thể cộng số học với nhau và ta có:

$$E_f = 4,44 k_{dq} \cdot n \cdot q \cdot w_s \cdot f \cdot f = 4,44 k_{dq} \cdot w \cdot f \cdot f \quad (13-11)$$

trong đó: $w = n \cdot q \cdot w_s$ là số vòng dây của một nhánh song song .

13.3.2. Sức điện động của dây quấn do từ trường bậc cao.

Biểu thức s.đ.đ. của dây quấn do từ trường bậc cao cũng có dạng giống như biểu thức s.đ.đ. do từ trường cơ bản. Tuy nhiên do bước cực của từ trường bậc n nhỏ đi n lần so với bước cực của từ trường cơ bản (hình 13-12) nên góc điện $2p$ của từ trường cơ bản tương ứng với góc $2np$ của từ trường bậc n , vì vậy:

$$k_{nn} = \sin n b \frac{p}{2}; \quad k_{rn} = \frac{\sin n \frac{qa}{2}}{q \sin n \frac{a}{2}} \quad (13-12)$$

và hệ số dây quấn đối với từ trường bậc cao sẽ là:

$$k_{dqn} = k_{nn} \cdot k_{rn}$$

Ngoài ra khi dây quấn chuyển động với tốc độ v trong từ trường bậc n thì s.đ.đ. trong dây quấn sẽ có tần số $f_n = nf$. Do đó s.đ.đ. do từ trường bậc cao sinh ra sẽ là:

$$E_n = 4,44 k_{dqn} w f_n f_n \quad (13-13)$$

trong đó:

$$f_n = \frac{2}{p} B_{mn} l t_n = \frac{2}{np} B_{mn} l t$$

Từ kết quả phân tích trên ta thấy rằng, khi từ trường của cực từ phân bố không hình sin, s.đ.đ. cảm ứng trong dây quấn một pha là tổng của một dãy các s.đ.đ. điều hoà có tần số khác nhau. Trị số hiệu dụng của s.đ.đ. tổng là:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_3^2 + \dots + E_n^2 + \dots} \quad (13-14)$$

13-4. CẢI THIỆN DẠNG SÓNG SỨC ĐIỆN ĐỘNG

Như đã trình bày ở trên, nguyên nhân khiến cho dạng sóng s.đ.đ. không hình sin là do sự phân bố của từ trường khác hình sin. Vì vậy để cải thiện dạng sóng s.đ.đ. trước hết phải tạo ra được từ trường hình sin. Muốn vậy, mặt cực từ phải có một độ cong nhất định khiến cho khe hở nhỏ nhất ở giữa mặt cực từ và tăng dần khi ra tới các mòm cực như trên hình 13-12. Nếu gọi δ là khe hở nhỏ nhất ở giữa mặt cực thì khe hở ở vị trí cách giữa mặt cực khoảng cách x có thể tính gần đúng theo biểu thức sau:

$$d_x = \frac{d}{\cos\left(\frac{p}{t}x\right)} \quad (13-15)$$

Thông thường bề rộng của mặt cực $b = (0,65 \div 0,75)\tau$ nên từ biểu thức (13-15) có thể suy ra được khe hở ở mòm cực từ $\delta_{\max} = (1,5 \div 2,6)\delta$.

Tuy nhiên biện pháp này vẫn chưa đạt hiệu quả mong muốn, vì vậy cần phải làm giảm hoặc triệt tiêu các s.đ.đ. bậc cao bằng cách dựa vào cấu tạo thích đáng của dây quấn như thực hiện dây quấn bước ngắn, quấn rải dây quấn sao cho một nhóm bố dây có $q > 1$ và đặt dây quấn trong rãnh chéo. Dưới đây ta sẽ phân tích tỉ mỉ các biện pháp đó.

13.4.1. Rút ngắn bước dây quấn.

Khi bước dây quấn $y = \tau$ thì tất cả các s.đ.đ. bậc cao đều tồn tại, vì:

$$k_{nn} = \sin n \frac{y}{t} \cdot \frac{p}{2} = \pm 1.$$

Nếu rút ngắn thích đáng bước dây quấn thì có thể khiến cho một s.đ.đ. bậc cao tuy ý triệt tiêu. Muốn vậy phải làm cho hệ số bước ngắn k_{nv} ứng với s.đ.đ. bậc cao đó bằng không. Thí dụ khi $b = \frac{y}{t} = \frac{4}{5}$, nghĩa là bước dây quấn bị rút ngắn $\tau/5$ thì:

$$k_{n5} = \sin 5 \frac{4}{5} \cdot \frac{p}{2} = 0 \text{ và } E_5 = 0.$$

Cũng như vậy nếu muốn $E_7 = 0$ thì phải rút ngắn bước dây quấn một khoảng $\tau/7$ nghĩa là chọn $\beta = 6/7$.

Rõ ràng là biện pháp rút ngắn bước dây quấn không thể đồng thời triệt tiêu tất cả các s.đ.đ. bậc cao, vì vậy người ta thường chọn các bước dây quấn sao cho có thể làm giảm s.đ.đ. ứng với các từ trường bậc cao mạnh nhất, thí dụ như các từ trường bậc 5 và bậc 7. Trong trường hợp đó bước dây quấn được rút ngắn $\frac{1}{6}t$ và $\beta = 5/6$. Như vậy:

$$k_{n5} = \sin 5 \frac{5}{6} \frac{p}{2} = \sin 375^\circ = \sin 15^\circ = 0,259$$

$$k_{n7} = \sin 7 \frac{5}{6} \frac{p}{2} = \sin 525^\circ = \sin 165^\circ = 0,259$$

nghĩa là các s.đ.đ. bậc 5 và bậc 7 bị giảm đi khoảng 4 lần so với khi dây quấn bước đủ ($\beta = 1$). Cần chú ý rằng khi rút ngắn bước dây quấn, s.đ.đ. bậc 1 cũng bị giảm nhưng

không đáng kể vì khi đó $k_{n1} = 0,966$. Bước dây quấn chỉ có thể rút ngắn được theo số rãnh nên tùy từng máy mà $\beta = 0,8 \div 0,86$.

13.4.2. Quấn rải.

Khi quấn tập trung $q = 1$ thì theo biểu thức (13-12) $k_{rv} = \pm 1$, nghĩa là tất cả các s.đ.đ. điều hoà bậc cao đều không bị giảm yếu.

Nếu quấn rải ($q > 1$) thì một số s.đ.đ. điều hoà bậc cao bị giảm do k_{rv} của chúng nhỏ hơn k_{r1} và nếu q càng lớn thì k_{rv} càng nhỏ so với k_{r1} .

Tuy nhiên một số s.đ.đ. bậc cao không bị giảm yếu và có $k_{rv} = k_{r1}$. Bậc của các s.đ.đ. đó có thể biểu thị theo biểu thức:

$$n_z = 2mkq \pm 1 \quad (13-16)$$

trong đó $k = 1, 2, 3, \dots, m$ là số pha; q là số rãnh của một pha dưới một cực.

Vì $2mq = Z/p$ nên (13-16) trở thành:

$$n_z = k \frac{Z}{p} \pm 1 \quad (13-17)$$

Các sóng điều hoà bậc n_z được gọi là các sóng điều hoà răng. Sở dĩ các sóng điều hoà răng có $k_{rn} = k_{r1}$ là do góc lệch pha α_{nz} giữa các s.đ.đ. của các bố dây trong các rãnh liên tiếp do từ trường bậc n_z hoàn toàn bằng góc lệch α ứng với từ trường cơ bản.

Thật vậy:

$$a_{n_z} = n_z \cdot a = \left(k \frac{Z}{p} \pm 1\right) \cdot \frac{2pp}{Z} = 2kp \pm \frac{2pp}{Z} = 2pk \pm a. \quad (13-18)$$

Như vậy $k_{rvz} = k_{r1}$ và do đó quấn rải không triệt tiêu được các s.đ.đ. điều hoà đó. Tuy nhiên khi q tăng, bậc của n_z cũng tăng theo và từ cảm B_{mnz} nhỏ hơn nên s.đ.đ. điều hoà răng cũng bị giảm đi tương ứng và dạng sóng s.đ.đ. được cải thiện phần nào.

13.4.3. Rãnh chéo.

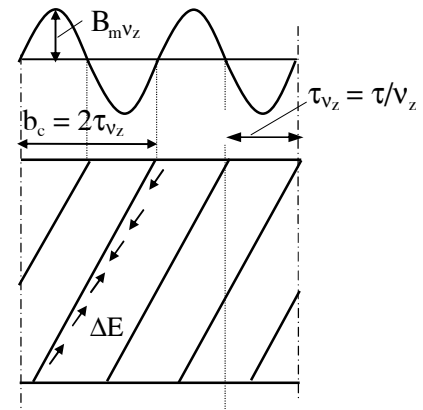
Thực hiện rãnh chéo là một biện pháp có hiệu lực để triệt tiêu các s.đ.đ. điều hoà răng (hình 13-17). Từ hình 13-17 ta thấy từ cảm dọc từng thanh dẫn có trị số khác nhau, do đó tổng s.đ.đ. điều hoà răng cảm ứng trong thanh dẫn bằng không. Từ trường sóng điều hoà răng bậc 1 ứng với $k = 1$ trong biểu thức (13-16) là mạnh nhất, nên để triệt tiêu ảnh hưởng của nó cần chọn bước rãnh chéo:

$$b_c = 2t_{n_z} = \frac{2t}{n_z} = \frac{2tp}{Z \pm p}.$$

Trên thực tế người ta thường chọn:

$$b_c = \frac{2pt}{Z} = \frac{pD}{Z} \quad (13-19)$$

và tất cả các s.đ.đ. điều hoà đều bị giảm.



Hình 13-17. Trường hợp rãnh chéo một bước răng $E_{n_z} = 0$

Câu hỏi

1. Trình bày cách xác định s.đ.đ. trong dây quấn phân ứng.
2. Các biện pháp cải thiện dạng sóng s.đ.đ. trong dây quấn phân ứng.
3. Nguyên tắc quấn dây của dây quấn ba pha một lớp và hai lớp với q là số nguyên. Khi ghép song song các nhánh của một pha thì phải đảm bảo những điều kiện gì?
4. Nguyên tắc quấn dây của dây quấn ba pha hai lớp với q là phân số? Ý nghĩa của dây quấn này đối với việc cải thiện dạng sóng s.đ.đ. của dây quấn stato. Phạm vi ứng dụng của nó?
5. Vì sao dây quấn một pha chỉ đặt trong $\frac{2}{3}$ số rãnh của các cực?

Bài tập

1. Dây quấn ba pha của máy điện xoay chiều có các số liệu sau: $Z = 24$; $2p = 2$; $q = 4$. Vẽ giản đồ khai triển khi:
 - a) Dây quấn đồng tâm ba mặt;
 - b) Dây quấn đồng khuôn đơn giản;
 - c) Dây quấn đồng tâm phân tán.
2. Vẽ giản đồ khai triển của dây quấn xếp ba pha hai lớp với các số liệu sau:
 $Z = 36$; $2p = 4$; $\beta = 7/9$
3. Vẽ giản đồ khai triển của dây quấn sóng ba pha hai lớp với các số liệu sau:
 $Z = 36$; $2p = 4$.
4. Vẽ giản đồ khai triển của dây quấn xếp ba pha hai lớp với các số liệu sau:
 $Z = 15$; $2p = 2$.