

CHƯƠNG 14  
SỨC TỪ ĐỘNG CỦA DÂY QUẤN MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU

**14.1. ĐẠI CƯƠNG**

Dòng điện chạy trong dây quấn của máy điện xoay chiều sẽ sinh ra từ trường dọc khe hở giữa stato và rôto. Tùy theo tính chất của dòng điện và loại dây quấn mà từ trường đó có thể là từ trường đập mạch hoặc từ trường quay. Muốn nghiên cứu các từ trường cần phải phân tích sự phân bố và tính chất của các sức từ động (s.t.đ) do dòng điện trong dây quấn sinh ra. Để đơn giản cho việc phân tích, ta giả thiết khe hở giữa stato và rôto là đều và từ trở của thép không đáng kể, nghĩa là  $m_{Fe} = \infty$ .

Trong chương này ta sẽ nghiên cứu s.t.đ. của dây quấn máy điện xoay chiều bằng phương pháp giải tích và phương pháp đồ thị. Trước khi phân tích sự phân bố và tính chất của các s.t.đ. do dòng điện chạy trong dây dẫn sinh ra, cần nhắc lại các khái niệm về s.t.đ. đập mạch, s.t.đ. quay và quan hệ giữa hai từ trường đó.

**14.1.1. Biểu thức của s.t.đ. đập mạch.**

Biểu thức của s.t.đ. đập mạch có thể viết như sau:

$$F = F_m \cdot \sin \omega t \cdot \cos a \tag{14-1}$$

trong đó:  $a$  là góc trong không gian.

Trong biểu thức trên nếu cho  $t = const$  thì:

$$F = F_{m1} \cdot \cos a = f(a) \tag{14-2}$$

trong đó:  $F_{m1} = F_m \sin \omega t$  là biên độ tức thời của s.t.đ. đập mạch.

Như vậy  $F$  phân bố hình sin trong không gian (hình 14-1).

Khi  $a = const$ , nghĩa là ở một vị trí cố định bất kỳ, thì:

$$F = F_{m2} \cdot \sin \omega t \tag{14-3}$$

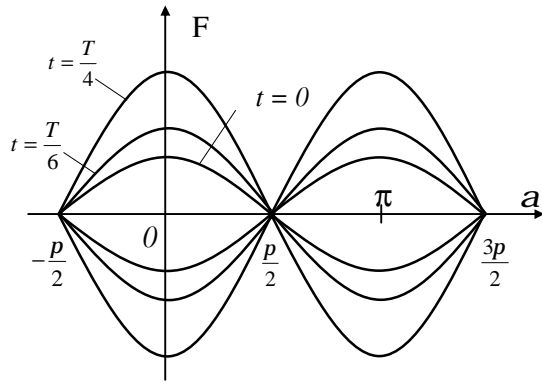
trong đó:  $F_{m2} = F_m \cos a$ , và ở vị trí đó trị số của  $F$  biến thiên hình sin theo thời gian.

Từ những nhận xét trên ta thấy rằng s.t.đ. đập mạch là một sóng đứng và trong trường hợp đơn giản này, s.t.đ. phân bố hình sin trong không gian và biến đổi hình sin theo thời gian.

**14.1.2. Biểu thức của s.t.đ. quay tròn với biên độ không đổi**

Biểu thức của s.t.đ. quay tròn với biên độ không đổi có dạng:

$$F = F_m \cdot \sin(\omega t \mathbf{m} \mathbf{a}) \tag{14-4}$$



Hình 14-1. S.t.đ. đập mạch ở các thời điểm khác nhau

Thật vậy, giả sử ta xét một điểm bất kỳ tùy ý của sóng s.t.đ. có trị số không đổi thì:

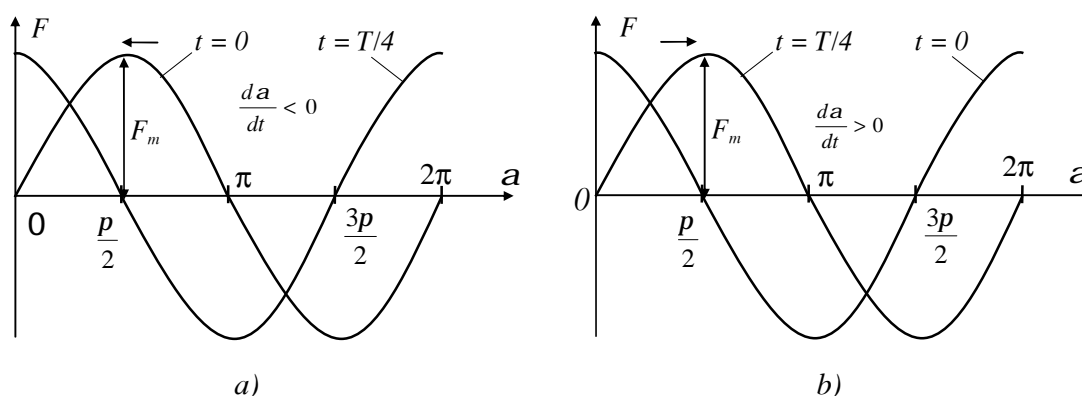
$$\sin(\omega t \mp \alpha) = \text{const}$$

hay:  $\omega t \mp \alpha = \text{const}$

Lấy vi phân biểu thức đó theo thời gian, ta có:

$$\frac{da}{dt} = \pm w \quad (14-5)$$

Đạo hàm của  $\alpha$  theo  $t$  ở biểu thức (14-5) chính là tốc độ góc quay biểu thị bằng rad/s. Khi  $\frac{da}{dt} > 0$  ứng với sóng quay thuận [dấu "-" trong biểu thức (14-4)], và  $\frac{da}{dt} < 0$  ứng với sóng quay ngược [dấu "+" trong biểu thức (14-4)]. Hình 14-2a và b cho thấy vị trí của các sóng quay thuận và ngược ở các thời điểm khác nhau.



Hình 14-2. Vị trí của sóng quay ngược (a) và quay thuận (b) ở thời điểm  $t = 0$  và  $t = T/4$

### 14.1.3. Quan hệ giữa các s.t.đ. đập mạch và s.t.đ. quay

Biểu thức của s.t.đ. đập mạch có thể viết:

$$F = F_m \cdot \sin \omega t \cos a = \frac{1}{2} F_m \sin(\omega t - a) + \frac{1}{2} F_m \sin(\omega t + a) \quad (14-6a)$$

Nghĩa là s.t.đ. đập mạch là tổng của hai s.t.đ. quay thuận và quay ngược với cùng một tốc độ góc  $\omega$  và có biên độ bằng một nửa biên độ của s.t.đ. đập mạch đó.

Mặt khác, từ biểu thức lượng giác:

$$\begin{aligned} F_m \cdot \sin(\omega t \pm a) &= F_m \cdot \sin \omega t \cos a \pm F_m \cos \omega t \sin a \\ &= F_m \cdot \sin \omega t \cos a \pm F_m \cdot \sin\left(\omega t - \frac{p}{2}\right) \cos\left(a - \frac{p}{2}\right) \end{aligned} \quad (14-6b)$$

ta thấy s.t.đ. quay là tổng của hai s.t.đ. đập mạch lệch nhau trong không gian là  $\pi/2$  và khác pha nhau về thời gian là  $\pi/2$ .

## 14-2. SỨC TỪ ĐỘNG CỦA DÂY QUẤN MỘT PHA

Để nghiên cứu s.t.đ. của dây quấn một pha, trước hết ta xét s.t.đ. của một phần tử, sau đó xét s.t.đ. của dây quấn một pha một lớp gồm có  $q$  phần tử và cuối cùng là s.t.đ. của dây quấn một pha hai lớp bước ngắn.

### 14.2.1. S.t.đ. của một phần tử

Giả sử ta có một phần tử dây quấn gồm  $w_s$  vòng dây, bước đủ ( $y = \tau$ ) đặt ở stato của một máy điện như trên hình 14-3a. Khi trong phần tử có dòng điện  $i = \sqrt{2}I \sin \omega t$  thì các đường sức của từ trường do dòng điện sinh ra sẽ phân bố như các đường nét đứt. Theo định luật toàn phần dòng điện, dọc theo một đường sức từ khép kín bất kỳ ta đều có thể viết:

$$\oint H dl = iw_s$$

trong đó  $H$  là cường độ từ trường dọc theo đường sức từ.

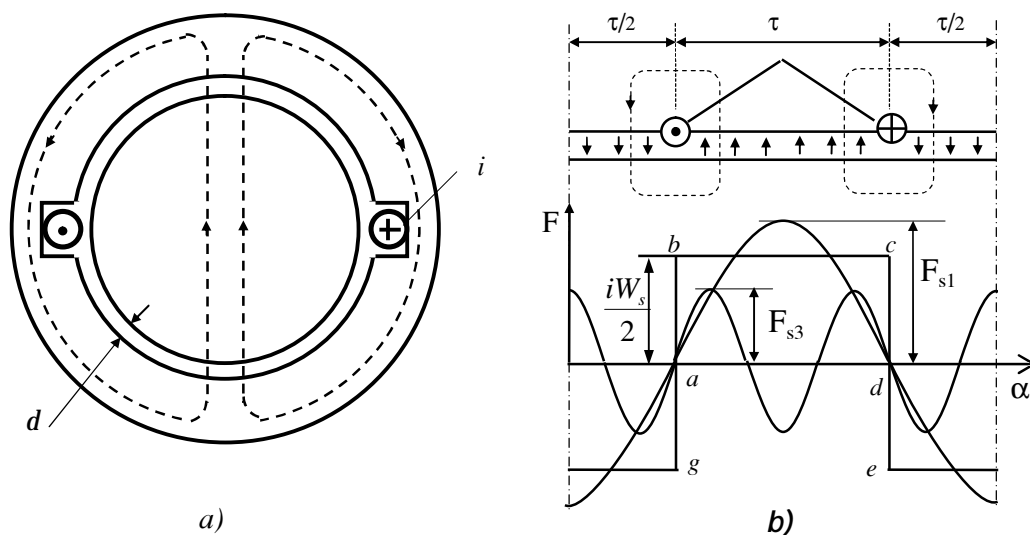
Do từ trở của thép rất bé ( $\mu_{Fe} = \infty$ ) nên  $H_{Fe} = 0$  và có thể xem s.t.đ.  $iw_s$  chỉ cần thiết để sinh ra từ thông đi qua hai lần khe hở không khí  $\delta$ :  $H.2\delta = w_s i$ .

Như vậy s.t.đ. ứng với một khe hở không khí bằng:

$$F_s = \frac{1}{2} iw_s \quad (14-7)$$

và đường biểu diễn s.t.đ. khe hở dưới một bước cực có dạng hình chữ nhật  $abcd$  có độ cao  $\frac{1}{2} iw_s$  và ở bước cực tiếp theo là hình chữ nhật  $dega$ . Quy ước ở khoảng có đường sức từ hướng lên thì  $F_s$  được biểu thị bằng tung độ dương (xem hình 14-3b).

Vì  $i = \sqrt{2}I \sin \omega t$  (\*) nên s.t.đ.  $F_s$  phân bố dọc theo khe hở theo dạng hình chữ nhật có độ cao thay đổi về trị số và dấu theo dòng điện xoay chiều  $i$ .



Hình 14-3. Đường sức từ do dòng điện trong bố trí dây bước đủ sinh ra (a) và đường biểu thị s.t.đ dọc theo khe hở (b) của máy điện xoay chiều.

S.t.đ. phân bố hình chữ nhật trong không gian và biến đổi hình sin theo thời gian có thể phân tích theo dãy Furiê thành các sóng điều hoà 1, 3, 5, 7,..., với gốc tọa độ chọn như trên hình 14-3b, ta có:

$$F_s = F_{S1} \cos a + F_{S3} \cos 3a + \dots + F_{Sg} \cos ga + \dots$$

$$= \sum_{g=1,3,5,\dots} F_{Sg} \cos ga \quad (14-8)$$

trong đó: 
$$F_{Sg} = \frac{2}{p} \int_{-\frac{p}{2}}^{\frac{p}{2}} F_s \cos n a d a = \frac{4}{gp} F_s \sin g \frac{p}{2} \quad (14-9)$$

và 
$$F_s = \frac{1}{2} i w_s = \frac{\sqrt{2}}{2} I w_s \sin w t$$

Thay giá trị của  $F_{Sg}$  ở (14-9) vào (14-8) và kết hợp với biểu thức (\*) ta được:

$$F_s = \sum_{g=1,3,5,\dots} F_{Sng} \cos n a \sin w t \quad (14-10)$$

với : 
$$F_{Sng} = \frac{2\sqrt{2}}{np} I w_s \sin n \frac{p}{2} = \pm \frac{2\sqrt{2}}{np} I w_s = \pm 0,9 \frac{I w_s}{n} \quad (14-11)$$

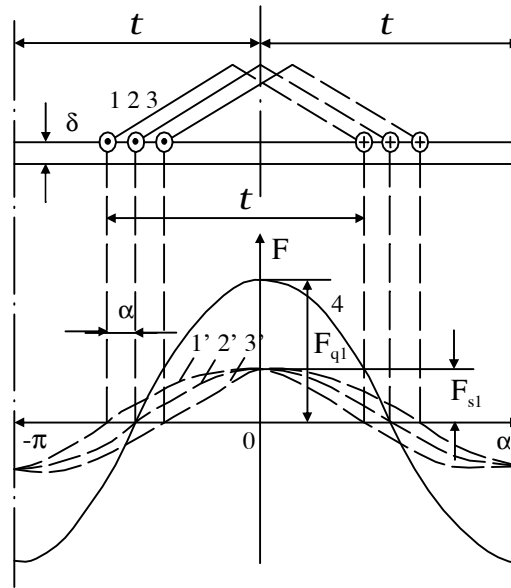
Căn cứ vào (14-10) ta thấy s.t.đ. của một phân tử bước đủ có dòng điện xoay chiều chạy qua là tổng hợp của n sóng đập mạch phân bố hình sin trong không gian và biến đổi hình sin theo thời gian.

#### 14.2.2. S.t.đ. của dây quấn một lớp bước đủ

Ta hãy xét s.t.đ. của dây quấn một lớp có q = 3 phân tử, mỗi phân tử có  $w_s$  vòng dây như ở hình 14-4. S.t.đ. của dây quấn đó là tổng s.t.đ. của ba phân tử phân bố hình chữ nhật và lệch nhau góc không gian  $a = \frac{2pp}{Z}$ . Nếu đem phân tích ba sóng chữ nhật đó theo cấp số Furiê thì tổng của ba sóng chữ nhật đó cũng chính là tổng tất cả các sóng điều hoà của chúng.

Dưới đây ta sẽ cộng các sóng điều hoà cùng bậc của các s.t.đ. của ba phân tử, sau đó lấy tổng của các s.t.đ. của ba phân tử, cuối cùng lấy tổng của các s.t.đ. hợp thành ứng với tất cả các bậc v để có s.t.đ. tổng của dây quấn đó.

Với  $v = 1$ , ta có ba s.t.đ. hình sin cơ bản 1', 2', 3' lệch nhau về không gian góc  $\alpha$  và có thể biểu thị được bằng ba vectơ lệch nhau góc  $\alpha$  như trên hình 14-5. Tổng của ba sóng s.t.đ. hình sin cũng là một sóng hình sin (đường 4) và là sóng s.t.đ. cơ bản của nhóm ba phân tử đó. Biên độ của nó có trị số bằng độ dài vectơ tổng của các véc tơ 1, 2 và 3 trên hình 14-5. Ta có s.t.đ. cơ bản của nhóm phân tử:



Hình 14-4. S.t.đ của dây quấn một lớp bước đủ có q = 3

$$F_{q1} = q.k_{r1}F_{s1} \quad (14-12)$$

trong đó  $k_{r1}$  là hệ số quán rã.

$$k_{r1} = \frac{\sin \frac{qa}{2}}{q \sin \frac{a}{2}}$$

Với sóng bậc  $v$  thì góc lệch giữa các sóng s.t.đ. bậc  $v$  là  $v\alpha$  và vectơ s.t.đ. tổng bậc  $v$  có biên độ:

$$F_{qn} = q.k_{rn}F_{sn} \quad (14-13)$$

trong đó  $k_{rn}$  là hệ số quán rã đối với điều hoà bậc  $v$ .

$$k_{rn} = \frac{\sin n \frac{qa}{2}}{q \sin \frac{na}{2}}$$

Như vậy s.t.đ. của dây quán một lớp bước đủ có thể biểu thị như sau:

$$F_q = \sum_{g=1,3,5,\dots} F_{Sng} q k_{rn} \cos g\alpha \sin \omega t \quad (14-14)$$

### 14.2.3. S.t.đ. của dây quán một pha hai lớp bước ngắn

S.t.đ. của dây quán hai lớp bước ngắn có thể được xem như tổng s.t.đ. của hai dây quán một lớp bước đủ, một đặt ở lớp trên và một đặt ở lớp dưới nhưng lệch nhau góc điện  $\gamma$  như trên hình 14-6.

Đối với sóng cơ bản ( $n = 1$ ) góc lệch  $\gamma = (1 - \beta)\pi$ , trong đó  $\beta = \frac{y}{t}$  và theo hình 14-7 thì:

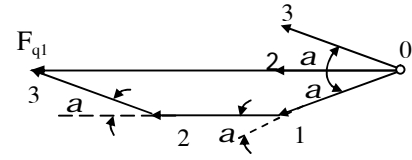
$$F_{f1} = 2F_{q1} \cos(1 - \beta) \cdot \frac{P}{2} = 2F_{q1}k_{n1} \quad (14-15)$$

trong đó:

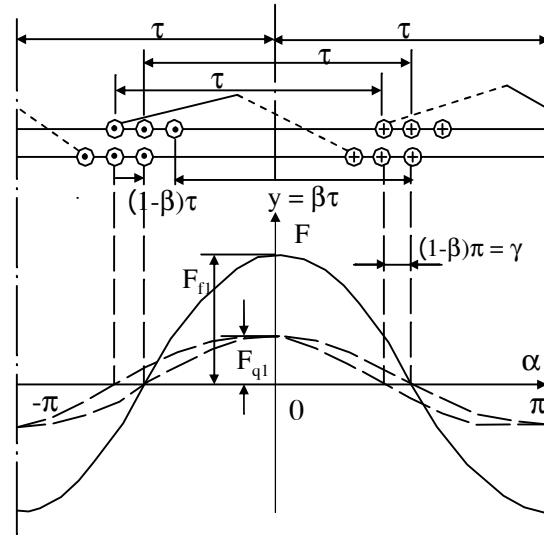
$$k_{n1} = \cos(1 - \beta) \cdot \frac{P}{2} = \sin b \cdot \frac{P}{2}$$

Cũng như vậy đối với sóng bậc  $v$ , ta có:

$$F_{fv} = 2F_{qv} \cos v(1 - \beta) \frac{P}{2} = 2F_{qv}k_{nv} \quad (14-16)$$



Hình 14-5  
Cộng s.t.đ. của 3 phần tử



Hình 14-6. S.t.đ. cơ bản ( $n = 1$ ) của dây quán một pha hai lớp bước ngắn

với: 
$$k_{nv} = \cos v(1-b) \frac{p}{2} = \sin vb \frac{p}{2}$$

Kết quả là s.t.đ. của dây quấn một pha hai lớp bước ngắn có thể biểu thị dưới dạng:

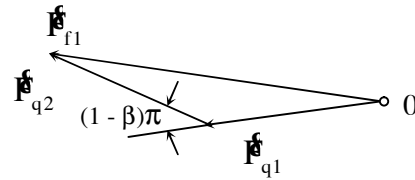
$$F_f = \sum_{n=1,3,5,\dots} 2qk_{rn}k_{nn}F_{Snn} \cos na \sin wt \quad (14-17)$$

Thay giá trị của  $F_{Snn}$  ở (14-11) vào (14-17) và chú ý rằng trong dây quấn hai lớp bước ngắn số vòng của một pha  $W = 2pqW_s$ , ta có s.t.đ. của một pha:

$$F_f = \sum_{n=1,3,5,\dots} F_{fn} \cos na \sin wt \quad (14-18)$$

trong đó: 
$$F_{fn} = \frac{2\sqrt{2}}{p} \cdot \frac{Wk_{dq n}}{n \cdot p} I = 0,9 \frac{Wk_{dq n}}{n \cdot p} I \quad (14-19)$$

Từ những biểu thức (14-14) và (14-18) ta thấy rằng, s.t.đ. của dây quấn một pha (một lớp hay hai lớp) là tổng hợp của một dãy các sóng đập mạch, nghĩa là phân bố hình sin trong không gian và biến đổi hình sin theo thời gian với tần số bằng tần số dòng điện chạy trong dây quấn đó.



Hình 14-7. Cộng s.đ.đ cơ bản ( $n = 1$ ) của hai lớp dây quấn một pha.

### 14-3. S.T.Đ. CỦA DÂY QUẤN BA PHA

Giả sử có dây quấn ba pha đặt lệch nhau về không gian góc độ điện là  $2\pi/3$  trong đó có dòng điện ba pha đối xứng:

$$\begin{aligned} i_A &= \sqrt{2}I \sin wt \\ i_B &= \sqrt{2}I \sin\left(wt - \frac{2p}{3}\right) \\ i_C &= \sqrt{2}I \sin\left(wt - \frac{4p}{3}\right) \end{aligned} \quad (14-20)$$

Ta hãy nghiên cứu tính chất và biểu thức của s.t.đ. của dây quấn đó.

Như đã biết, theo biểu thức (14-18), s.t.đ. trong mỗi pha là một s.t.đ. đập mạch và có thể biểu thị như sau:

$$\begin{aligned} F_A &= \sum_{n=1,3,5,\dots} F_{fn} \sin wt \cos na \\ F_B &= \sum_{n=1,3,5,\dots} F_{fn} \sin\left(wt - \frac{2p}{3}\right) \cos n\left(a - \frac{2p}{3}\right) \\ F_C &= \sum_{n=1,3,5,\dots} F_{fn} \sin\left(wt - \frac{4p}{3}\right) \cos n\left(a - \frac{4p}{3}\right) \end{aligned} \quad (14-21)$$

Để có s.t.đ. của dây quấn ba pha ta lấy tổng của ba s.t.đ. đập mạch đó. Muốn cho việc nghiên cứu được dễ dàng, ta phân tích s.t.đ. bậc v của mỗi pha thành hai s.t.đ. quay thuận và quay ngược. Như vậy s.t.đ. tổng của dây quấn ba pha là tổng của tất cả các s.t.đ. quay thuận và quay ngược đó. Ta có:

$$\begin{aligned} F_{An} &= F_{fn} \sin wt \cos na = \frac{1}{2} F_{fn} \sin(wt - na) + \frac{1}{2} F_{fn} \sin(wt + na) \\ F_{bn} &= F_{fn} \sin\left(wt - \frac{2p}{3}\right) \cos n\left(a - \frac{2p}{3}\right) = \frac{1}{2} F_{fn} \sin\left[\left(wt - \frac{2p}{3}\right) - n\left(a - \frac{2p}{3}\right)\right] + \frac{1}{2} F_{fn} \sin\left[\left(wt - \frac{2p}{3}\right) + n\left(a - \frac{2p}{3}\right)\right] \\ F_{cn} &= F_{fn} \sin\left(wt - \frac{4p}{3}\right) \cos n\left(a - \frac{4p}{3}\right) = \frac{1}{2} F_{fn} \sin\left[\left(wt - \frac{4p}{3}\right) - n\left(a - \frac{4p}{3}\right)\right] + \frac{1}{2} F_{fn} \sin\left[\left(wt - \frac{4p}{3}\right) + n\left(a - \frac{4p}{3}\right)\right] \end{aligned} \quad (14-22)$$

trong đó  $v = 1, 3, 5, \dots$  có thể chia thành ba nhóm:

Nhóm 1:  $v = mk = 3k$  (với  $k = 1, 3, 5, \dots$  thì  $v = 3, 9, 15, \dots$ )

Nhóm 2:  $v = 2mk + 1 = 6k + 1$  (với  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$  thì  $v = 1, 7, 13, \dots$ ) (14-23)

Nhóm 3:  $v = 2mk - 1 = 6k - 1$  (với  $k = 1, 2, 3, \dots$  thì  $v = 5, 11, 17, \dots$ )

Trước hết xét tổng của các s.t.đ. quay thuận, tức là tổng của các số hạng thứ nhất ở vế phải của các biểu thức (14-22).

Các s.t.đ. quay thuận có thể viết như sau:

$$\begin{aligned} F_{Anv} &= \frac{F_{fn}}{2} \sin(wt - na) = \frac{F_{fn}}{2} \sin\left[(wt - na) + 0(n-1)\frac{2p}{3}\right] \\ F_{Bnv} &= \frac{F_{fn}}{2} \sin\left[\left(wt - \frac{2p}{3}\right) - n\left(a - \frac{2p}{3}\right)\right] = \frac{F_{fn}}{2} \sin\left[(wt - na) + 1(n-1)\frac{2p}{3}\right] \\ F_{Cnv} &= \frac{F_{fn}}{2} \sin\left[\left(wt - \frac{4p}{3}\right) - n\left(a - \frac{4p}{3}\right)\right] = \frac{F_{fn}}{2} \sin\left[(wt - na) + 2(n-1)\frac{2p}{3}\right] \end{aligned} \quad (14-24)$$

Tổng của chúng là tổng của những sóng quay hình sin lệch nhau góc  $(n-1)\frac{2p}{3}$ , trong đó v có trị số xác định theo các biểu thức (14-23).

Với nhóm  $v = 3k$  ta có:  $(n-1)\frac{2p}{3} = (3k-1)\frac{2p}{3} = 2kp - \frac{2p}{3}$ . Thay vào các biểu thức (14-24) ta thấy, với mỗi trị số của k, ba s.t.đ. đó là những sóng hình sin quay cùng tốc độ và lệch nhau góc  $\frac{2p}{3}$  (hình 14-8a), do đó tổng của chúng bằng không.

Với nhóm  $v = 6k - 1$  ta có:  $(n-1)\frac{2p}{3} = [(6k-1)-1]\frac{2p}{3} = 4kp - \frac{4p}{3}$ .

Thay vào (14-24) ta thấy, với mỗi trị số của k, ba s.t.đ. đó quay cùng tốc độ và lệch nhau góc  $\frac{4p}{3}$  (hình 14-8c), do đó tổng của chúng bằng không.

Với nhóm  $n = 6k + 1$  ta có:  $(n-1)\frac{2p}{3} = [(6k+1)-1]\frac{2p}{3} = 4kp$ , thay vào (14-24) ta thấy ứng với mỗi trị số của k, ba s.t.đ. đó là những sóng quay thuận cùng tốc độ, trùng pha nhau (hình 14-8b), do đó tổng của chúng bằng:

$$F_{th} = \sum_{n=6k+1} \frac{3}{2} F_{fn} \sin(\omega t - na) \quad (14-25)$$

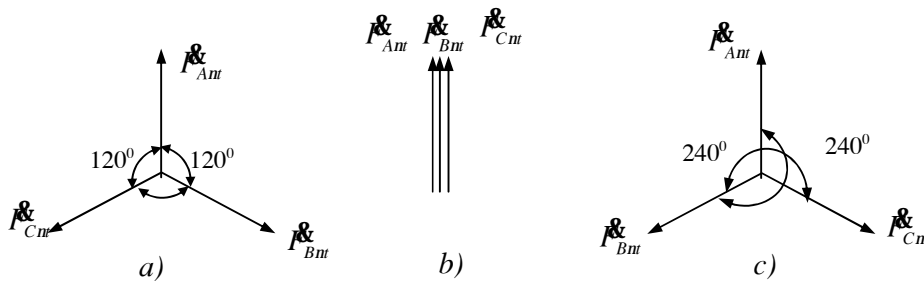
Tương tự như vậy, ta xét tổng các s.t.đ. quay ngược, tức là tổng của các số hạng thứ hai ở vế phải của các biểu thức (14-22), ta sẽ thấy tổng của các s.t.đ. có  $v = 3k$  và  $v = 6k + 1$  bằng không. Riêng nhóm s.t.đ. ứng với  $v = 6k - 1$  là trùng pha nhau nên tổng của chúng là:

$$F_{ng} = \sum_{n=6k-1} \frac{3}{2} F_{fn} \sin(\omega t + na) \quad (14-26)$$

Như vậy s.t.đ. của dây quấn ba pha là tổng của các sóng quay thuận bậc  $v = 6k + 1$  và các sóng quay ngược bậc  $v = 6k - 1$ . Biên độ của s.t.đ. quay bậc  $v$  bằng  $3/2$  lần biên độ của s.t.đ. một pha bậc  $v$ . Tốc độ góc của s.t.đ. quay bậc  $v$  là  $\omega_n = \frac{\omega}{n}$  hay  $n_n = \frac{n}{60f}$  trong đó:  $n = \frac{60f}{p}$ .

Tổng quát ta có: 
$$F_{(3)} = \sum_{g=6k\pm 1} \frac{3}{2} F_{fg} \sin(\omega t \mp n_g a) \quad (14-27)$$

trong đó: 
$$\frac{3}{2} F_{fn} = \frac{3\sqrt{2}}{p} \cdot \frac{Wk_{dq n}}{n \cdot p} I = 1,35 \frac{Wk_{dq n}}{n \cdot p} I \quad (14-28)$$



Hình 14-8. Các s.t.đ. quay thuận bậc  $n$  của các pha.

#### 14-4. SỨC TỪ ĐỘNG CỦA DÂY QUẤN HAI PHA

Nếu trong dây quấn hai pha ( $m = 2$ ) đặt lệch nhau trong không gian góc điện  $\pi/2$  có dòng điện hai pha lệch nhau về thời gian góc  $\pi/2$  thì cũng phân tích như đối với trường hợp dây quấn ba pha, kết quả ta được:

$$F_{(2)} = \sum_{n=4k\pm 1} F_{fn} \sin(\omega t \pm na) \quad (14-29)$$

trong đó: 
$$F_{fn} = 0,9 \frac{\omega k_{dq n}}{n p} I \quad (14-30)$$



nghĩa là s.t.đ. của dây quấn hai pha là tổng của các s.t.đ. bậc  $v = 2mk + 1 = 4k + 1$  quay thuận và các s.t.đ. bậc  $v = 2mk - 1 = 4k - 1$  quay ngược. Biên độ của s.t.đ. quay bậc  $v$  bằng biên độ của s.t.đ. một pha bậc  $v$ , tốc độ của s.t.đ. quay bậc  $v$  là  $n_v = \frac{n}{v}$ .

### 14-5. PHÂN TÍCH S.T.Đ. CỦA DÂY QUẤN BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ

Ở trên ta đã nghiên cứu s.t.đ. của dây quấn bằng phương pháp giải tích và đi đến kết luận rằng dòng điện ba pha (hoặc hai pha) chạy trong dây quấn ba pha (hoặc hai pha) sẽ tạo ra s.t.đ. quay. Sau đây ta sẽ dùng phương pháp đồ thị để chứng minh điều đó. Để đơn giản trước hết ta hãy xét s.t.đ. sinh ra bởi dòng điện ba pha  $i_A, i_B, i_C$  chạy trong dây quấn ba pha A - X, B - Y, C - Z có  $q = 1, p = 1$  như trên hình 14-9 ở những thời điểm khác nhau.

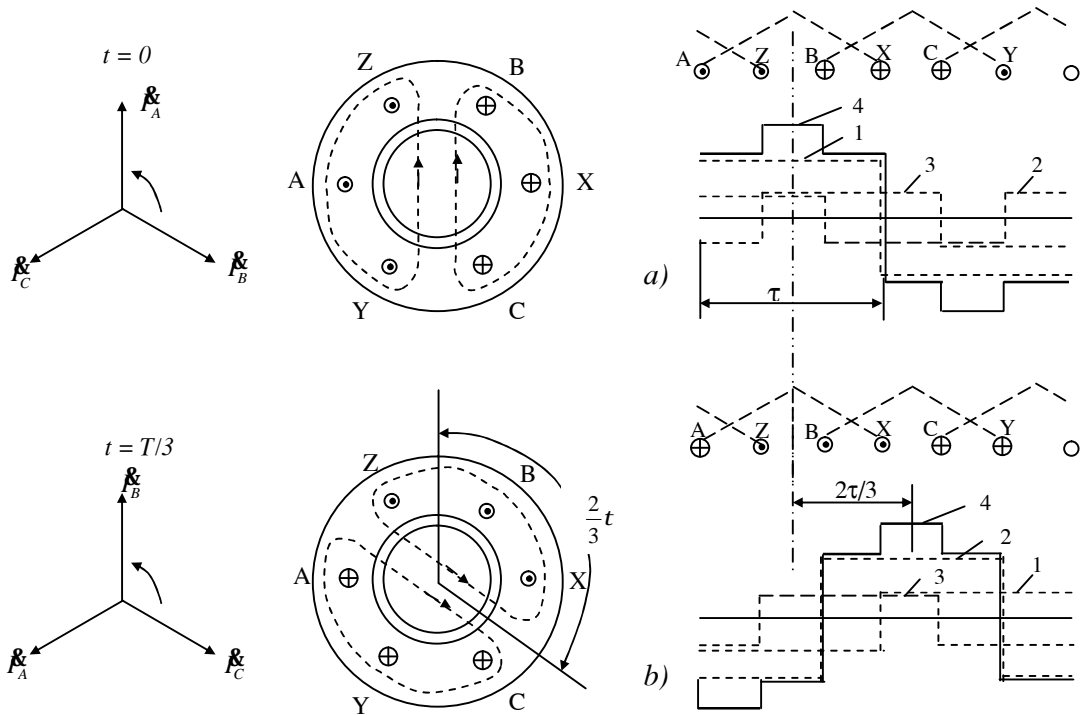
Giả sử ở thời điểm  $t = 0$ , dòng điện pha A là cực đại:

$$i_A = +I_m$$

còn

$$i_B = i_C = -\frac{I_m}{2}$$

và giả sử dòng điện ở pha A có chiều từ X đến A, còn dòng điện ở các pha B và C có chiều từ B đến Y và C đến Z như ký hiệu trên hình 14-9.



Hình 14-9. S.t.đ. của dây quấn ba pha có  $q = 1$ ;  $2p = 2$  ở các thời điểm  $t = 0$  và  $t = T/3$

Các s.t.đ.  $F_A$ ,  $F_B$  và  $F_C$  có trị số tỷ lệ với dòng điện chạy trong các pha đó phân bố dọc hai cực biểu diễn bằng các đường 1, 2, 3 trên hình 14-9a. Cộng tung độ của ba đường biểu diễn đó ở từng điểm ta sẽ được s.t.đ. tổng của dây quấn ba pha như đường số 4. Ta thấy rằng trị số cực đại của s.t.đ. tổng trùng với trục của pha A là pha có dòng điện cực đại ở thời điểm  $t = 0$ .

Ở thời điểm  $t = T/3$  thì:

$$i_B = + I_m$$

còn

$$i_A = i_C = -\frac{I_m}{2}$$

Lập lại cách vẽ trên ta có các đường biểu diễn s.t.đ. của từng pha và s.t.đ. tổng như trên hình 14-9b. Ta thấy rằng khi dòng điện biến đổi một phần ba chu kỳ  $T/3$  thì s.t.đ. tổng của dây quấn ba pha cũng xê dịch trong không gian khoảng cách  $2\pi/3$  và trị số cực đại của s.t.đ. tổng đó trùng với trục của pha B là pha có dòng điện cực đại ở thời điểm  $t = T/3$ .

Từ những kết quả phân tích trên ta có thể đi đến những kết luận sau đây:

1. *S.t.đ. của dây quấn ba pha là s.t.đ. quay.* Khi dòng điện biến đổi được một chu kỳ  $T$  thì s.t.đ. đó quay được  $2\pi$  trong không gian. Nếu máy có  $p$  đôi cực thì s.t.đ. đó quay được  $1/p$  vòng. Vậy tốc độ quay của s.t.đ. là:

$$n = \frac{f}{p} \text{ [vg/s]} = \frac{60f}{p} \text{ [vg/ph]}$$

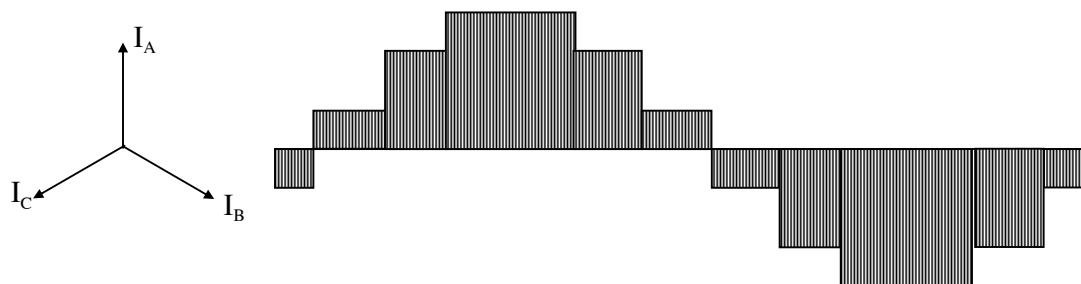
2. *Trục của s.t.đ. tổng luôn trùng với trục của pha có dòng điện cực đại.*

Để có phương pháp tổng quát vẽ đường phân bố s.t.đ. tổng của dây quấn khi  $q \neq 1$  ta nhận xét rằng, trị số của s.t.đ. tăng tỷ lệ với phụ tải đường A dọc chu vi khe hở. Do dây quấn chỉ đặt tập trung trong các rãnh nên s.t.đ. không thay đổi ở khoảng giữa các rãnh (trong khoảng đó đường phân bố s.t.đ. song song với trục ngang) mà chỉ thay đổi ở vị trí của rãnh, tỷ lệ với tổng đại số các dòng điện trong rãnh đó (tung độ của đường phân bố s.t.đ. sẽ tăng (hoặc giảm) một đoạn tỷ lệ với tổng đại số các dòng điện đó).

Lớp trên

A	A	C	C	B	B	A	A	C	C	B	B
+1	+1	+1/2	+1/2	-1/2	-1/2	-1	-1	-1/2	-1/2	+1/2	+1/2
A	C	C	B	B	A	A	C	C	B	B	A
+1	+1/2	+1/2	-1/2	-1/2	-1	-1	-1/2	-1/2	+1/2	+1/2	+1

Lớp dưới



Hình 14-10. Thiết lập đường phân bố s.t.đ. của dây quấn ba pha bằng phương pháp đồ thị

Trục ngang của đường biểu diễn được vẽ ở vị trí sao cho hình thành với đường biểu diễn s.t.đ. đó các diện tích trên và dưới trục ngang bằng nhau, thể hiện rằng từ thông của cực N và cực S phải cùng một trị số.

Hình 14-10 nêu lên thí dụ ứng dụng phương pháp tổng quát vẽ đường phân bố s.t.đ. tổng ở thời điểm ứng với  $i_A = I_m$  của dây quấn ba pha có  $Z = 24$ ;  $2p = 4$ ;  $y = 5\pi/6$  có sơ đồ quấn dây trên hình 13-5. Ở đây chỉ vẽ đường biểu diễn s.t.đ. ứng với một đôi cực của dây quấn. Trình tự tiến hành như sau:

1. Vẽ giản đồ khai triển của dây quấn (hình 13-5) và xác định các vùng pha ở lớp trên và lớp dưới của dây quấn.
2. Xác định trị số dòng điện ở các pha ở thời điểm cho biết, sau đó xác định trị số và chiều của dòng điện ở lớp trên và lớp dưới của rãnh và tổng đại số của dòng điện trong các rãnh.
3. Vẽ đường phân bố s.t.đ. tỷ lệ với tổng đại số các dòng điện trong rãnh.
4. Xác định vị trí của trục ngang.

### Câu hỏi

1. Phân biệt s.t.đ. đập mạch và s.t.đ. quay. S.t.đ. trong m.b.a khác các s.t.đ. đó như thế nào?
2. Phân tích các s.t.đ. của dây quấn một pha quấn rải, bước ngắn. Biểu thức và tính chất của s.t.đ. đó?
3. Phân tích s.t.đ. của dây quấn ba pha quấn rải, bước ngắn. Biểu thức và tính chất của s.t.đ. đó?
4. Tác dụng của bước ngắn, quấn rải đối với các s.t.đ.
5. Đặt điện áp xoay chiều ba pha vào dây quấn ba pha. Giả sử một pha bị đứt thì s.t.đ. của dây quấn thuộc loại s.t.đ. nào?

### Bài tập

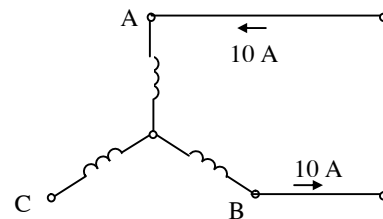
1. Cho một máy phát điện ba pha có tốc độ quay  $n = 75$  vg/ph, dây quấn một lớp, dòng điện đi qua mỗi phần tử  $I = 230$  A (trị số hiệu dụng), số rãnh phân tính  $Z = 480$ , trong mỗi rãnh có 8 thanh dẫn, tần số  $f = 50$  Hz. Tính:

- a) Biên độ của các sóng điều hoà s.t.đ. bậc 1, 3, 5 của mỗi phần tử khi  $i = I_m$ .
- b) Biên độ của các s.t.đ. bậc 1, 3, 5 của dây quấn mỗi pha

Đáp số: a)  $F_{s1,3,5} = 1656, 552, 331,2$  A;

b)  $F_{q1,3,5} = 3200, 1066,4; 640$  A.

2. Cho máy phát điện ba pha mỗi cực có 12 rãnh, dây quấn hai lớp, bước dây quấn là 10 rãnh, mỗi phần tử có 4 vòng dây. Hãy tính biên độ s.t.đ. cơ bản khi có dòng điện xoay chiều 10 A chạy qua như trên hình vẽ (pha C hở mạch). Biết rằng máy có  $p = 1$ .



Đáp số:  $F = 23$  A