

**PHẦN 2 – VẤN ĐỀ CHUNG
VỀ MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU**

CHƯƠNG 6

SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Từ thông của phần cảm xuyên qua dây quấn phần ứng biến thiên thì trong dây quấn phần ứng sẽ sinh ra sức điện động (sđđ). Có hai cách để tạo ra sự biến thiên của từ thông xuyên qua dây quấn phần ứng.

+ Cho dây quấn phần ứng chuyển động tương đối trong từ trường phần cảm.

+ Cho xuyên qua dây quấn phần ứng đứng yên, một từ trường phần cảm đập mạch hoặc một từ trường không đổi nhưng từ dẫn mạch từ hay đổi

Yêu cầu từ trường phân bố dọc khe hở của máy hình sin để sđđ cảm ứng trong dây quấn có dạng hình sin

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

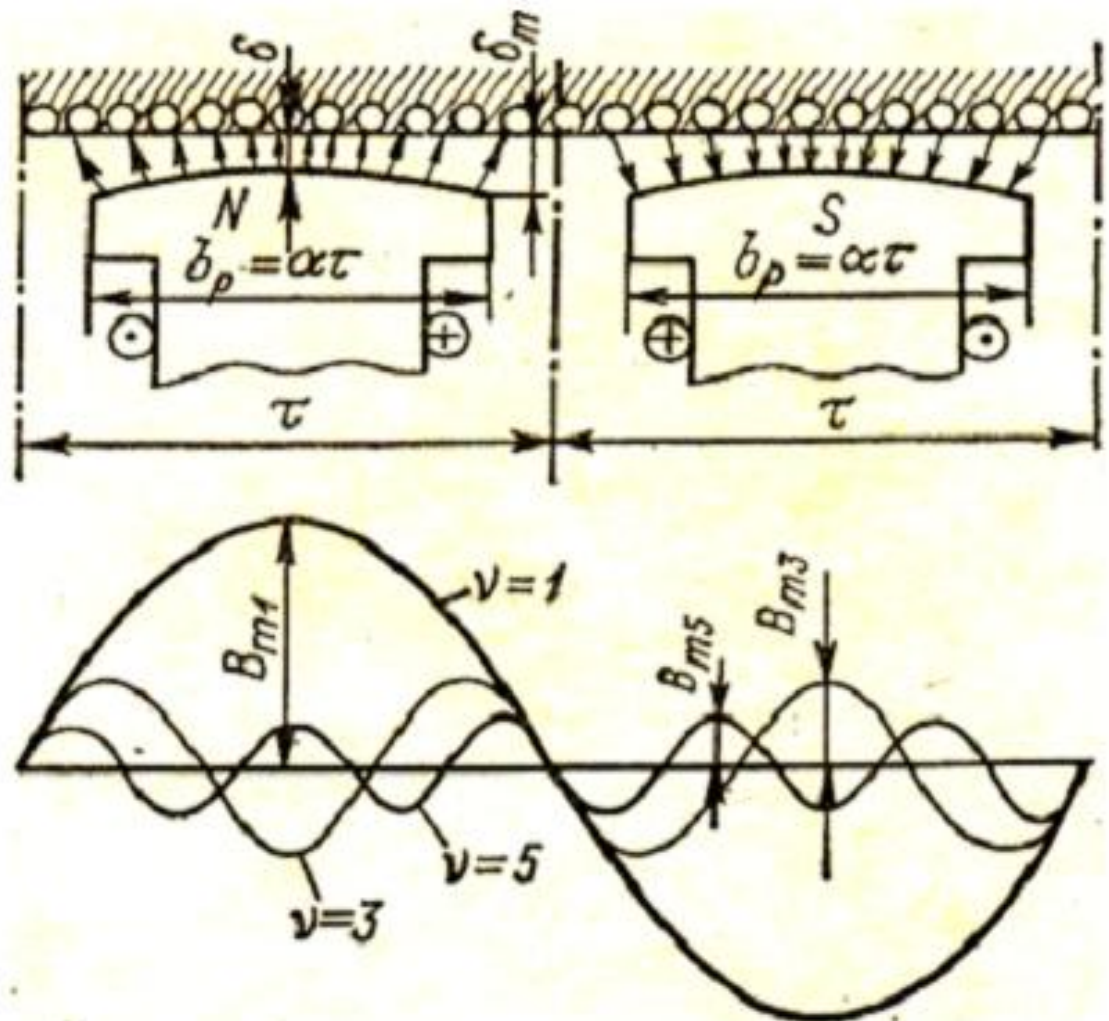
Thực tế: do cấu tạo máy, từ trường của cực từ và của dây quấn đều khác sin \rightarrow phân tích thành sóng cơ bản (bậc 1) và sóng bậc cao v (bậc 3,5,...)

Phân tích từ cảm B thành các sóng hình sin $B_1, B_3, B_5, B_7, ..$

Từ trường B_1 có bước cực τ , B_v có bước cực $\tau_v = \tau / v$.

Khi rôto chuyển động, từ trường $B_1, B_3, B_5, B_7, ..$ cảm ứng trong dây quấn sẽ $e_1, e_3, e_5, e_7, ..$ Do tần số f khác nhau nên sẽ tổng trong dây quấn sẽ có dạng không sin

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

1. SỨC ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG TRONG DÂY QUẤN

1.1. Sđđ của dây quấn do từ trường sóng cơ bản (bậc 1)

a. Sđđ thanh dẫn

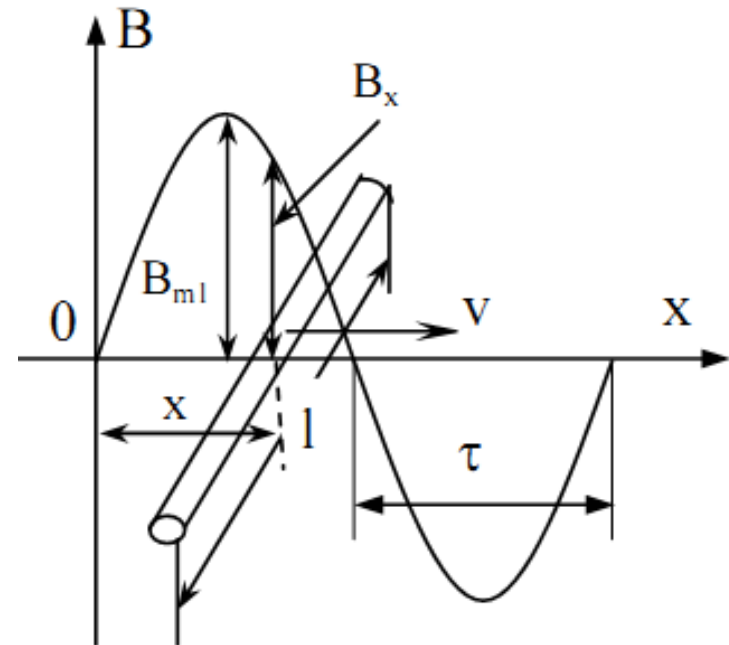
Thanh dẫn chiều dài l chuyển động với vận tốc v trong từ trường cơ bản phân bố hình sin dọc khe hở:

$$B_x = B_m \sin \frac{x}{\tau} \pi$$

Sđđ thanh dẫn:

$$e_{td} = B_x v.l = B_m v.l \sin \frac{\pi}{\tau} x$$

$$\text{Với: } v = \frac{x}{t} = \frac{2\tau}{T} = 2\tau.f$$



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Tốc độ góc:

$$\omega = 2\pi.f$$

Từ thông ứng với một bước cực từ:

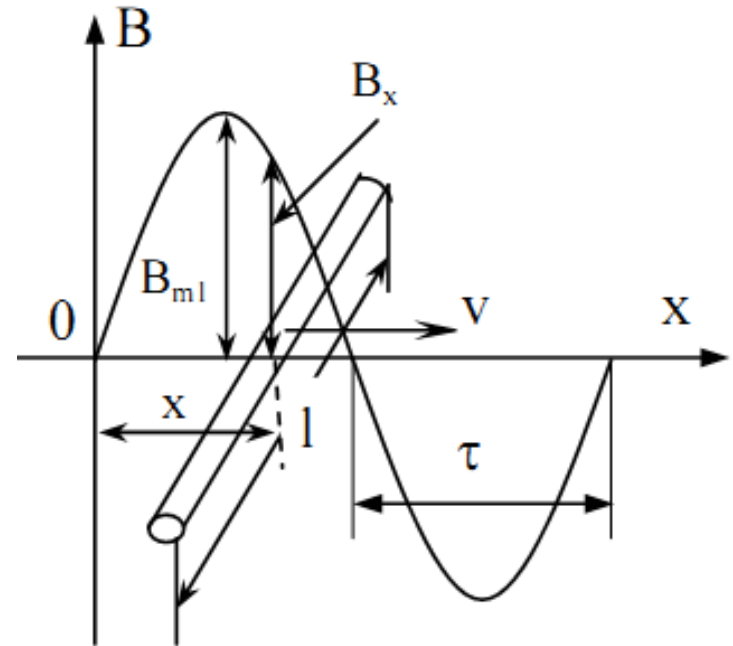
$$\Phi = \frac{2}{\pi} B_m l \cdot \tau$$

Sức điện động:

$$e_{td} = \pi.f.\Phi \sin \omega t$$

Trị hiệu dụng của sđđ:

$$E_{td} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} f.\Phi = \pi \frac{\sqrt{2}}{2} f.\Phi$$



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

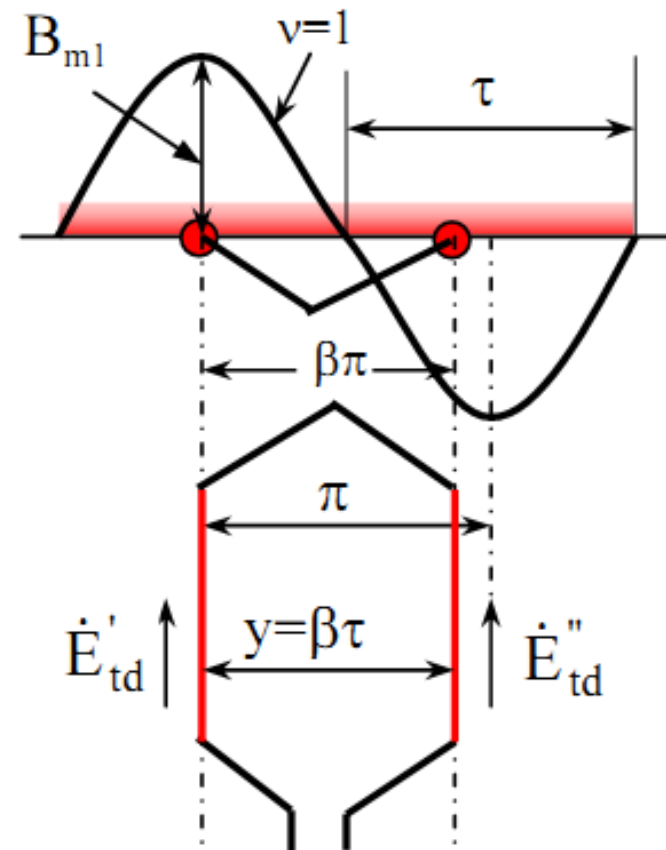
b. Sđđ của một vòng dây. Sđđ của một bồi dây (phần tử)

Sđđ của một vòng dây gồm hai thanh dẫn đặt trong hai rãnh cách nhau một khoảng y là hiệu số hình học các sđđ lệch nhau một góc $(y/\tau)\pi$ của hai thanh dẫn đó. Từ hình vẽ:

$$E_v = |E'_{td} - E''_{td}| =$$

$$E_v = 2E_{td} \sin \frac{y}{\tau} \frac{\pi}{2} = \pi \sqrt{2} f \cdot \Phi \cdot k_n$$

Với: $k_n = \sin \frac{y}{\tau} \frac{\pi}{2} = \sin \beta \frac{\pi}{2}$



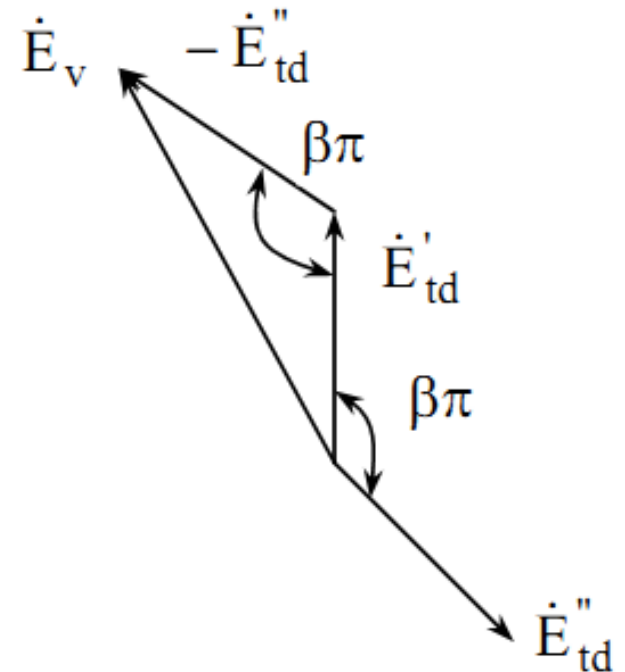
CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Thông thường: $\beta = \frac{y}{\tau} < 1$

nên k_n – hệ số bước ngắn

Nếu trong hai rãnh nói trên có đặt một
bôi dây (phần tử) gồm N_{pt} vòng dây thì
sđđ của bôi dây:

$$E_{pt} = \pi\sqrt{2}k_n f \cdot N_{pt} \Phi$$



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

c. Sđđ của một nhóm bố dây

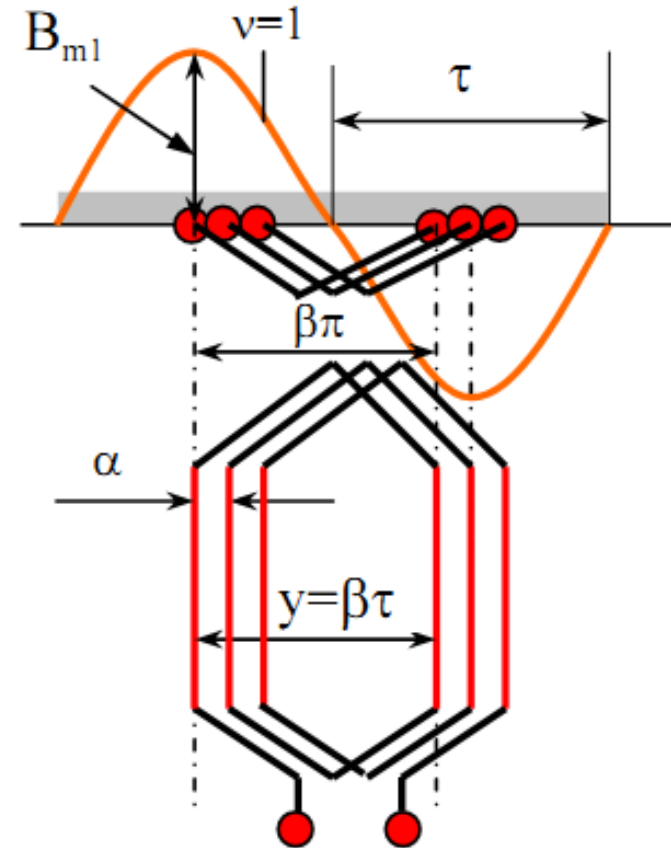
Giả thiết ta có q bố dây mắc nối tiếp và được đặt rải trong các rãnh liên tiếp nhau. Góc lệch pha trong từ trường giữa hai rãnh cạnh nhau:

$$\alpha = \frac{2\pi \cdot p}{Z}$$

Với: Z/p – số rãnh dưới một đôi cực từ.

Các vectơ E_{pt} lệch pha nhau một góc α

Góc $\gamma = q\alpha$ vùng pha.



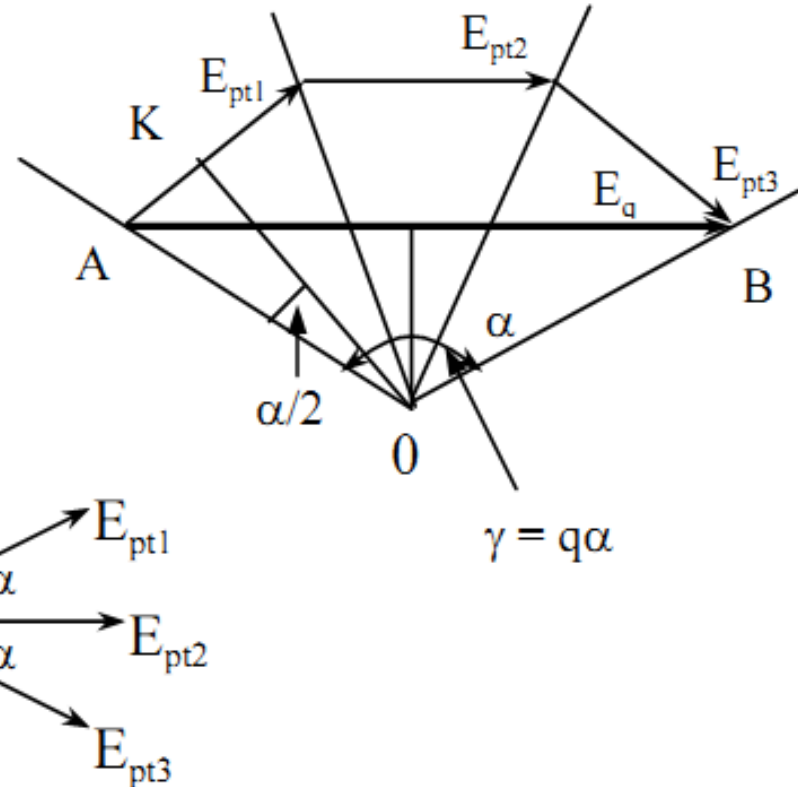
CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Sđđ tổng của một nhóm bối dây E_q là tổng hình học của q vector:

$$E_q = AB = 2OA \sin \frac{q\alpha}{2}$$

$$E_q = 2AK \frac{\sin \frac{q\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} = 2 \frac{E_{pt}}{2} \frac{\sin \frac{q\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$E_q = qE_{pt} \frac{\sin \frac{q\alpha}{2}}{q \sin \frac{\alpha}{2}} = qE_{pt} k_{r1}$$



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

k_r = tổng hình học các sđđ / tổng số học các sđđ. Gọi là hệ số rải

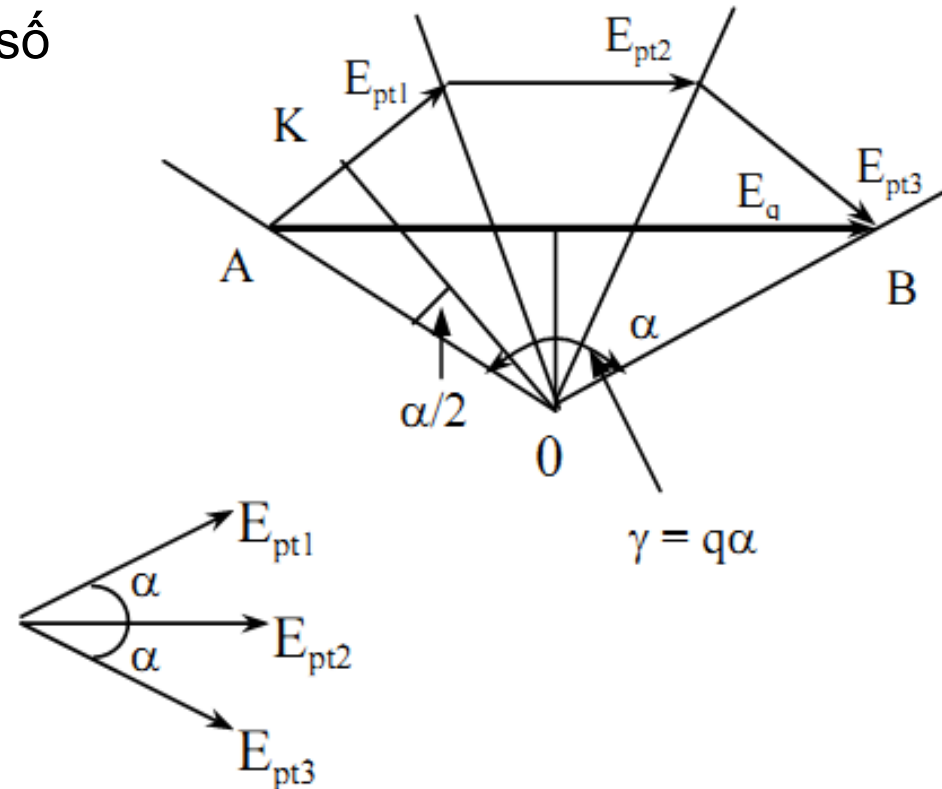
Sđ đ của một bồi dây:

$$E_q = \pi \sqrt{2} f \cdot k_n k_r q N_{pt}$$

$$E_q = \pi \sqrt{2} f \cdot k_{dq} q \cdot N_{pt} \Phi$$

Với: k_{dq} – hệ số dây quấn.

$$k_{dq} = k_n k_r$$



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

d. Sđđ của dây quấn một pha

Dây quấn một pha gồm một hoặc nhiều nhánh đồng nhất ghép song song do đó sđđ của một pha là sđđ của một nhánh song song.

Mỗi nhánh gồm n nhóm bồi dây có vị trí giống nhau trong từ trường của các cực từ nên sđđ của chúng cộng số học với nhau:

$$E_f = \pi\sqrt{2}k_{dq}n.q.N_{pt}f.\Phi = \pi\sqrt{2}k_{dq}W.f.\Phi$$

trong đó: $W = n.q.N_{pt}$ – số vòng dây của một nhánh song song hay của một pha.

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

1.2. Sđđ của dây quấn do từ trường sóng bậc cao

Biểu thức sđđ từ trường sóng bậc cao giống trường hợp bậc cơ bản, chú ý rằng bước cực của từ trường bậc ν nhỏ hơn ν lần do đó góc điện 2π của từ trường sóng cơ bản ứng với góc $2\nu\pi$ đối với từ trường bậc ν , như vậy:

$$\tau_{\nu} = \frac{\tau}{\nu} \quad k_{n\nu} = \sin \nu\beta \frac{\pi}{2} \quad k_{r\nu} = \frac{\sin \nu \frac{q\alpha}{2}}{q \cdot \sin \nu \frac{\alpha}{2}}$$

Hệ số dây quấn của sóng bậc ν :

$$k_{dq,\nu} = k_{n\nu} k_{r\nu}$$

Tần số của sóng bậc ν :

$$f_{\nu} = \nu \cdot f$$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Sđđ cảm ứng của sóng bậc v :

$$E_v = \pi \sqrt{2} k_{dq.v} W \cdot f_v \cdot \Phi_v$$

Với:

$$\Phi_v = \frac{2}{\pi} B_{m.v} l \cdot \tau_v$$

Từ những phân tích trên ta thấy rằng, khi từ trường cực từ phân bố không hình sin, sđđ cảm ứng trong dây quấn một pha là tổng của một dãy các sđđ điều hòa có tần số khác nhau. Trị hiệu dụng sđđ đó có trị số:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_3^2 + E_5^2 + \dots + E_v^2 + \dots}$$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

2. CẢI THIỆN DẠNG SÓNG SỨC ĐIỆN ĐỘNG

Nguyên nhân làm cho sđđ cảm ứng không sin là từ cảm B không sin. Sau đây là các biện pháp để làm cho sđđ cảm ứng có dạng sin.

2.1. Tạo độ cong mặt cực để B sin

Với δ là khe hở nhỏ nhất giữa mặt cực, δ tăng dần về 2 phía mồm cực từ, để B hình sin thì δ_x cách giữa mặt cực bằng:

$$\delta_x \approx \frac{\delta}{\cos \frac{\pi}{\tau} x}$$

Nếu gọi b là bề rộng mặt cực thì:

$$b = (0,65 - 0,76)\tau \quad \text{và} \quad \delta_{\max} = (1,5-2,5)\delta.$$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

2.2. Rút ngắn bước dây quấn

Khi dây quấn bước đủ $y = \tau$ thì tất cả các số bậc cao đều tồn tại vì:

$$k_{nv} = \sin v\beta \frac{\pi}{2} = \pm 1$$

Khi dây quấn bước ngắn $y < \tau$ thì số bậc cao tùy ý sẽ bị triệt tiêu, như:

$$\beta = \frac{y}{\tau} = \frac{4}{5} \quad \text{rút ngắn bước dây quấn} \quad \frac{1}{5} \tau$$

$$k_{n5} = \sin 5 \frac{4}{5} \frac{\pi}{2} = 0 \rightarrow E_5 = 0$$

$$\frac{1}{5} \tau$$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Muốn triệt tiêu số bậc cao ν ($E_\nu = 0$) \rightarrow rút ngắn bước dây quấn $\frac{1}{\nu} \tau$

Chú ý:

- Bước ngắn không đồng thời triệt tiêu tất cả số bậc cao vì vậy phải chọn bước ngắn thích hợp.
- Rút ngắn bước dây quấn số bậc một cũng giảm đi một ít nhưng không đáng kể.

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

2.3. Thực hiện dây quấn rải

Khi $q = 1$ thì $k_{rv} = \pm 1$ nghĩa là các số bậc cao không giảm.

Khi $q > 1$ thì các số bậc cao đều giảm nhỏ.

Xem bảng, ta thấy rằng có một số bậc cao không bị giảm yếu đi mà có $k_{rv} = k_{r1}$ bậc của số đó có thể biểu thị như sau:

$$v_Z = 2mqk \pm 1$$

trong đó: $k = 1, 2, 3, \dots$; m : số pha;

q : số rãnh của một pha dưới một cực từ.

Vì: $2mq = Z/p$ nên ta có:
$$v_Z = \frac{Z}{p}k \pm 1$$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Các sóng điều hòa v_z gọi là sóng điều hòa răng.

Sở dĩ có $k_{rv} = k_{r1}$ là do góc lệch α_{vz} giữa các sđđ của các bồi dây đặt trong các rãnh liên tiếp do từ trường bậc v_z hoàn toàn bằng góc lệch α ứng với từ trường sóng cơ bản:

$$\alpha_{v_z} = \alpha \cdot v_z = \frac{2\pi \cdot p}{Z} \left(k \frac{Z}{p} \pm 1 \right) = 2k\pi \pm \frac{2\pi \cdot p}{Z} = 2\pi k \pm \alpha$$

Kết luận : Quán rãnh không triệt tiêu được sóng điều hòa răng, tuy nhiên q tăng v_z tăng theo và B_{mvz} nhỏ đi, kết quả là sóng điều hòa răng cũng nhỏ đi tương ứng và dạng sóng sđđ cũng cải thiện được một phần.

Có thể giảm sóng điều hòa răng nhiều bằng cách dùng dây quán có q là phân số

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

2.4. Thực hiện rãnh chéo

$$v_Z = (Z/p).k \pm 1$$

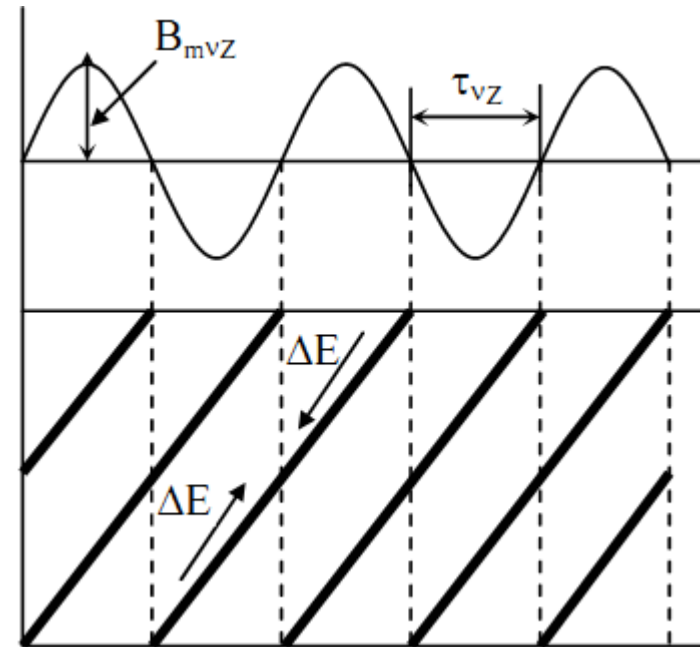
Trường hợp $k = 1$ là lớn nhất, để triệt tiêu được số này ta chọn bước rãnh chéo là:

$$b_c = 2\tau v_Z = 2\tau / v_Z = 2\tau.p / (Z \pm p)$$

Thực tế thường chọn:

$$b_c = 2.\tau.p / Z = \pi D / Z$$

Tất cả các sóng điều hòa đều bị giảm đi rất nhiều.



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

3. SỨC TỪ ĐỘNG ĐẬP MẠCH VÀ SỨC TỪ ĐỘNG QUAY

Để việc khảo sát được đơn giản, giả thiết:

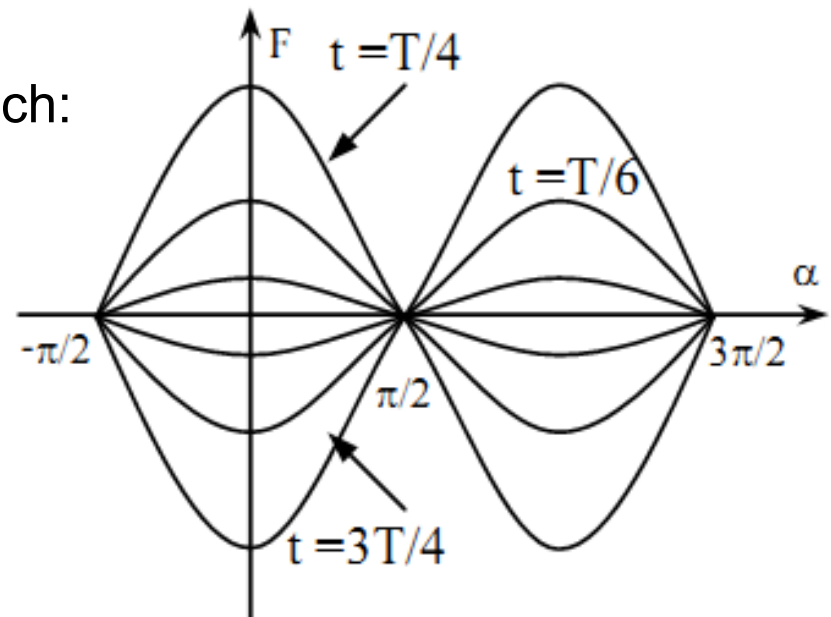
- Khe hở δ đều.
- Từ trở thép rất nhỏ $R_{\mu \text{ thép}} \approx 0$, nghĩa là $\mu_{Fe} = \infty$.

3.1. Stđ đập mạch.

Biểu thức toán học của stđ đập mạch:

$$F = F_m \sin \omega t \cdot \cos \alpha$$

Trong đó: α – góc không gian



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Trong biểu thức trên, nếu $t = \text{const}$

$$F = F_{m1} \cos \alpha = f(\alpha)$$

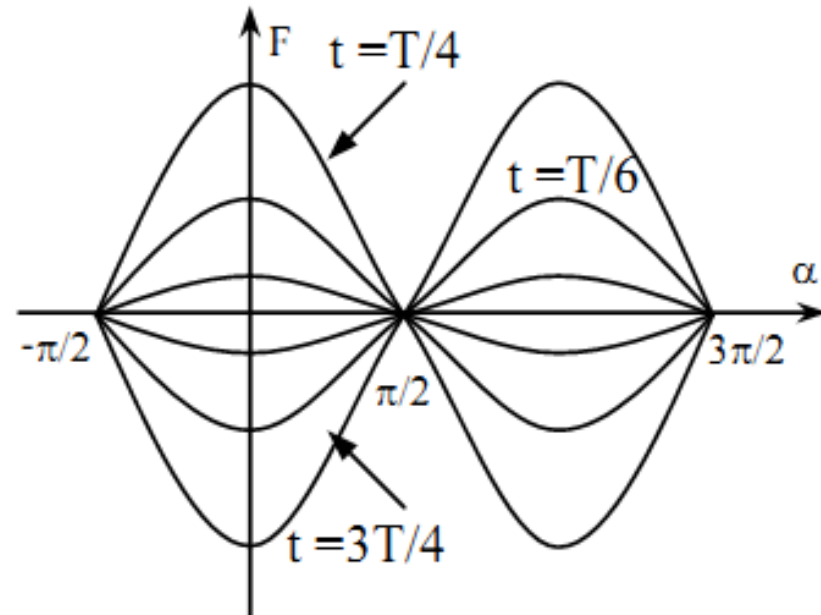
Với $F_{m1} = F \sin \omega t$ – là biên độ tức thời
stđ đập mạch và lúc đó sự phân bố
của F là hình sin trong không gian.

Khi $\alpha = \text{const}$ (ở vị trí cố định bất kỳ)

$$F = F_{m2} \sin \omega t$$

Với $F_{m2} = F \cos \alpha$ và F ở vị trí đó biến đổi tuần hoàn theo thời gian.

Như vậy: Stđ đập mạch là một sóng đứng, nó phân bố hình sin trong không gian và biến đổi hình sin theo thời gian



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

3.2. Sđ quay tròn

Biểu thức toán học sđ quay tròn:

$$F = F_m \sin(\omega t \mp \alpha)$$

Giả sử ta xét một điểm bất kỳ của sóng sđ có trị số không đổi

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

Lấy đạo hàm theo thời gian:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \pm\omega$$

Ta thấy, đạo hàm α theo t chính là tốc độ góc quay:

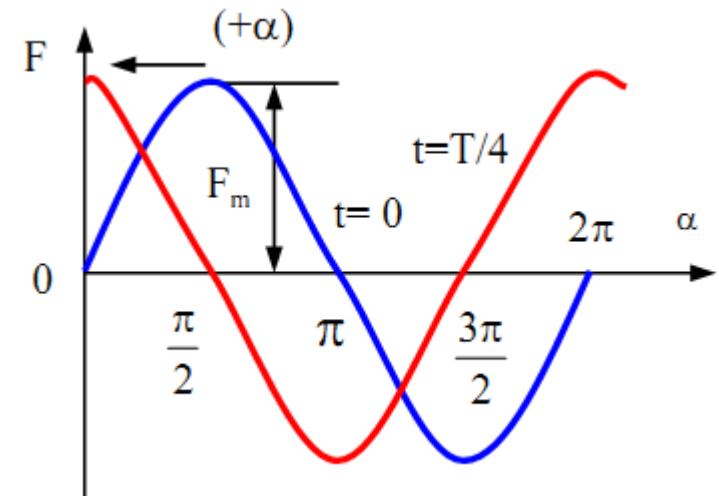
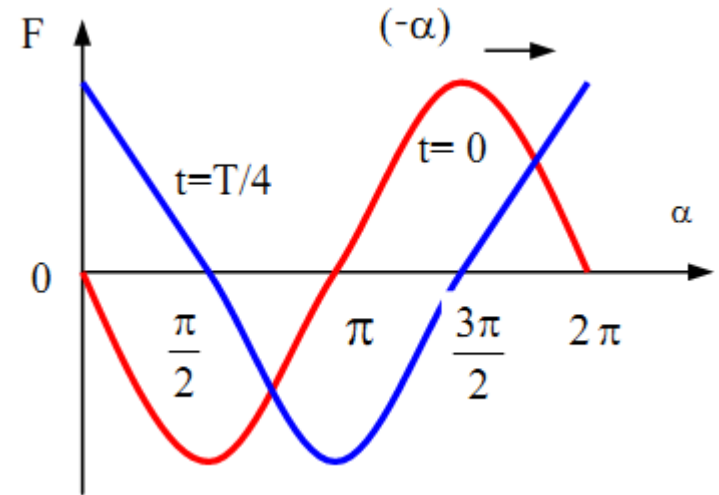
CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

$$\frac{d\alpha}{dt} > 0$$

Tương ứng với sóng quay thuận, tức là dấu (-) trong biểu thức stđ

$$\frac{d\alpha}{dt} < 0$$

Tương ứng với sóng quay ngược, tức là dấu (+) trong biểu thức stđ



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

3.3. Quan hệ giữa stđ đập mạch và stđ quay

Từ biểu thức stđ đập mạch \rightarrow quan hệ giữa stđ đập mạch và stđ quay

$$F_m \sin \omega t \cdot \cos \alpha = \frac{1}{2} F_m \sin(\omega t - \alpha) + \frac{1}{2} F_m \sin(\omega t + \alpha)$$

$$F = F_1 + F_2$$

Stđ đập mạch là tổng của hai stđ quay :

F_1 – quay thuận với tốc độ góc $+\omega$

F_2 – quay ngược cùng tốc độ góc $-\omega$

Biên độ của các stđ quay bằng một nửa biên độ stđ đập mạch

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Từ biểu thức stđ quay \rightarrow quan hệ giữa stđ quay và stđ đập mạch

$$F_m \sin(\omega t \mp \alpha) = F_m \sin \omega t \cdot \cos \alpha \pm F_m \cos \omega t \cdot \sin \alpha$$

$$F_m \sin(\omega t \mp \alpha) = F_m \sin \omega t \cdot \cos \alpha \pm F_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \cdot \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)$$

Stđ quay là tổng hợp của hai stđ đập mạch:

Lệch pha nhau trong không gian một góc $\pi/2$

Khác pha nhau về thời gian một góc là $\pi/2$

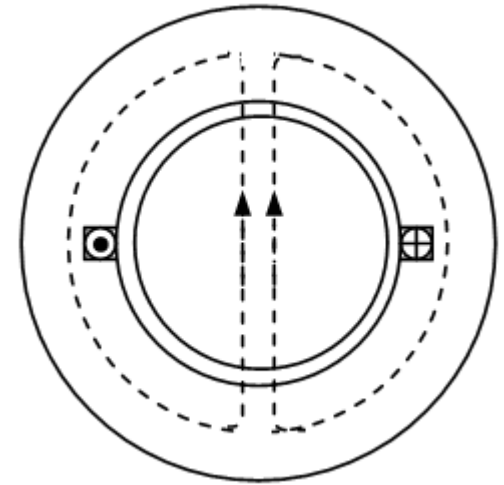
CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

4. STĐ CỦA DÂY QUẤN MỘT PHA

4.1. Stđ của một phần tử

Các giả thiết:

- Dây quấn đặt ở stato
- Phần tử có N_{pt} vòng dây
- Dây quấn bước đủ ($y = t$).
- Phần tử dây quấn có dòng điện $i = I\sqrt{2} \sin \omega t$
- Ta có đường sức từ sinh ra như hình bên



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Theo định luật toàn dòng điện, dọc theo đường sức từ khép kín

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = i \cdot N_{pt}$$

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

Nếu giả thiết R_{μ} rất nhỏ ($\mu_{Fe} = \infty$) nên $H_{Fe} = 0$, ta có:

$$H2\delta = i \cdot N_{pt}$$

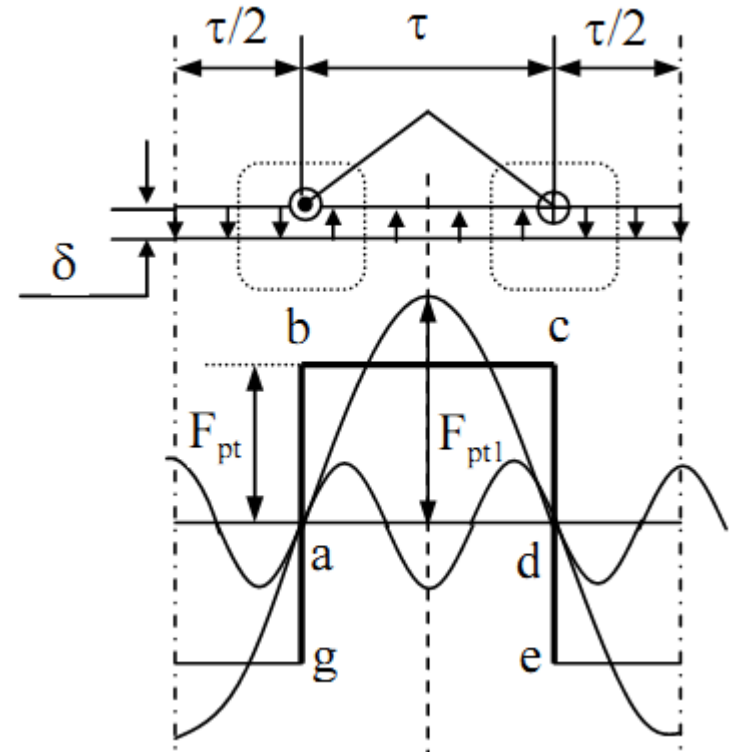
Stđ ứng với một khe hở:

$$F_{pt} = \frac{1}{2} i \cdot N_{pt}$$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

1) Đường biểu diễn stđ khe hở dưới một bước cực có thể biểu thị bằng hình chữ nhật abcd có độ cao bằng $i \cdot N_{pt} / 2$ và ở bước cực tiếp theo bằng hình chữ nhật dega với qui ước nếu đường sức từ hướng lên F_{pt} được biểu thị bằng tung độ dương

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



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Stđ phân bố hình chữ nhật trong không gian và biến đổi hình sin theo thời gian đó có thể phân tích thành dãy Fourier có các sóng điều hòa 1, 3, 5, 7... ,

$$F_{pt} = F_{pt1} \cos \alpha + F_{pt3} \cos 3\alpha + \dots + F_{ptv} \cos v\alpha + \dots$$

$$F_{pt} = \sum_{v=1,3,5\dots} F_{pt.v} \cos v\alpha$$

Trong đó:

$$F_{ptv} = \frac{2}{\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} F_{pt} \cos v\alpha . d\alpha = \frac{4}{v\pi} F_{pt} \sin v \frac{\pi}{2}$$

$$F_{pt} = \frac{1}{2} i . N_{pt} = \frac{\sqrt{2}}{2} I . N_{pt} \sin \omega t$$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Biểu thức của stđ phần tử:

$$F_{pt} = \sum_{v=1,3,5\dots} F_{pt.mv} \cos v\alpha \cdot \sin \omega t$$

Trong đó: $F_{pt.mv} = \frac{2\sqrt{2}}{v\pi} I \cdot N_{pt} \sin v \frac{\pi}{2} = \pm \frac{2\sqrt{2}}{v\pi} I \cdot N_{pt} = \pm 0,9 \frac{I \cdot N_{pt}}{v}$

Stđ của một phần tử có dòng điện xoay chiều là tổng của v sóng đập mạch phân bố hình sin trong không gian và biến đổi hình sin theo thời gian

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

4.2. Stđ của dây quấn một lớp bước đủ

Xét stđ dây quấn một lớp bước đủ với $q = 3$

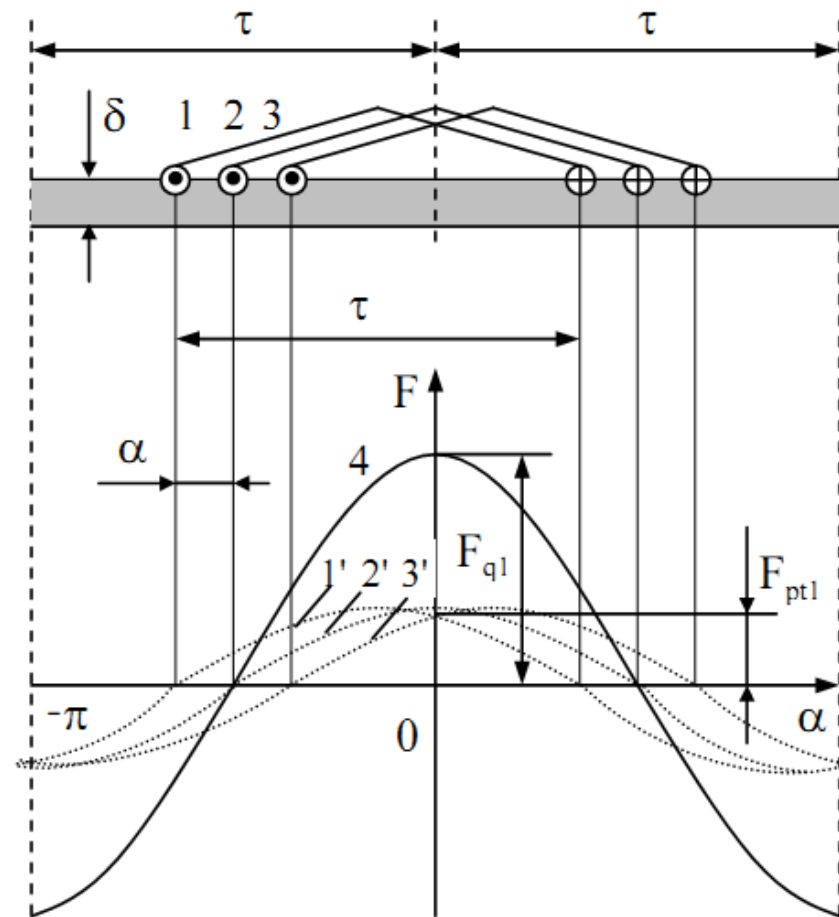
+ Dây quấn một lớp.

+ Có $q = 3$ phần tử.

+ Phần tử có N_{pt} vòng dây.

+ Góc lệch pha của hai phần tử

cạnh nhau: $\alpha = \frac{2\pi.p}{Z}$



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Stđ tổng = Tổng 3 stđ của 3 phần tử.

Stđ bậc một của một nhóm có q phần tử :

$$F_{q1} = q \cdot k_{r1} F_{pt1}$$

với k_{r1} : hệ số quán rải

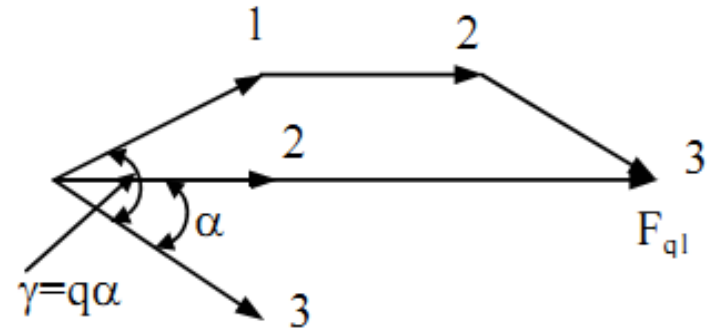
Sóng bậc v của một nhóm có q phần tử :

$$F_{qv} = q \cdot k_{rv} F_{ptv}$$

với k_{rv} : hệ số quán rải bậc v.

Stđ của dây quấn một lớp bước đủ :

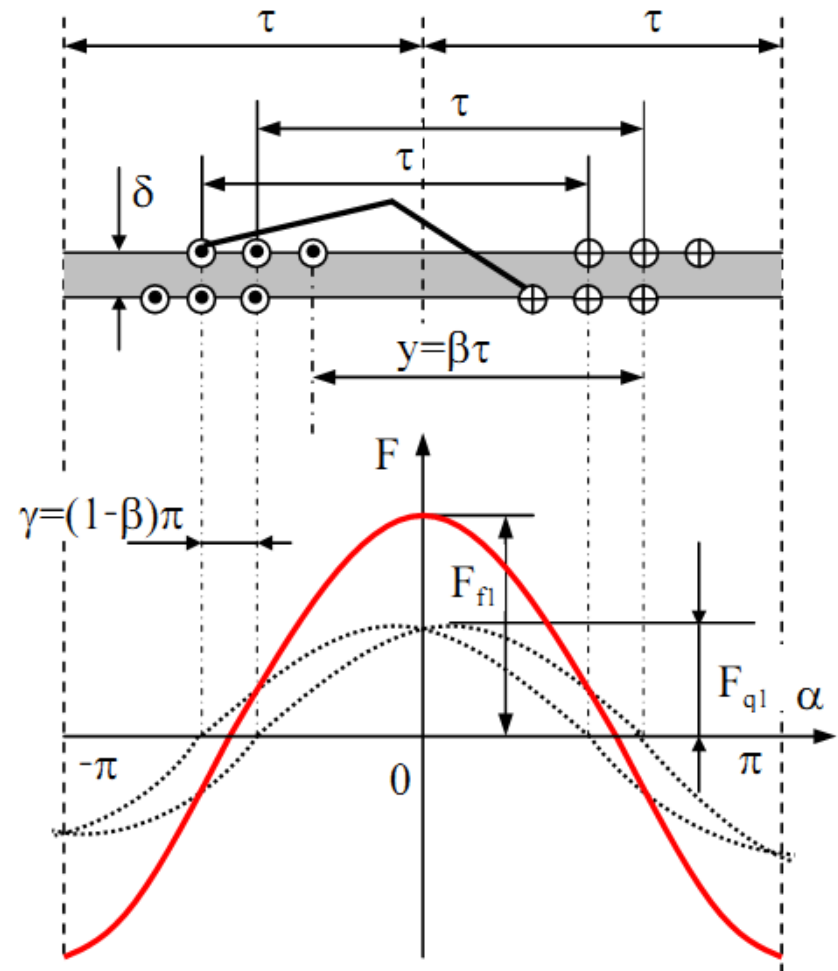
$$F_q = \sum_{v=1,3,5,..} q \cdot F_{pt.mv} k_{rv} \cos v\alpha \cdot \sin \omega t$$



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

4.3 Stđ của dây quấn một pha hai lớp bước ngắn

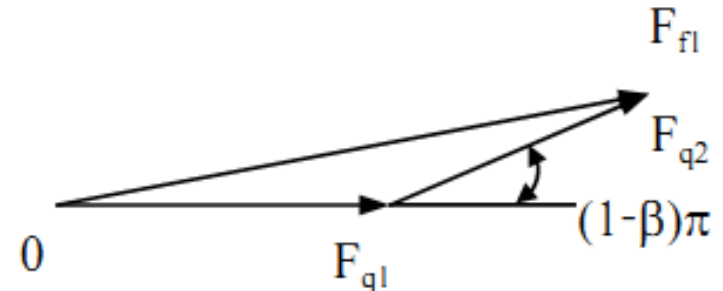
Stđ của dây quấn một pha hai lớp bước ngắn có thể được xem như tổng stđ của hai dây quấn một lớp bước đủ, một đặt ở lớp trên và một đặt ở lớp dưới nhưng lệch pha nhau một góc γ độ điện



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Đối với sóng cơ bản:

góc lệch: $\gamma = (1 - \beta)\pi$ với $\beta = y / \tau$



$$F_f = 2F_{q1} \cos(1 - \beta) \frac{\pi}{2} = 2F_{q1} k_{n1}$$

Đối với sóng bậc v:

$$F_{f.v} = 2F_{qv} \cos v(1 - \beta) \frac{\pi}{2} = 2F_{qv} k_{nv}$$

với :

$$k_{nv} = \cos v(1 - \beta) \frac{\pi}{2} = \sin v\beta \frac{\pi}{2}$$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Std của dq một pha hai lớp bước ngắn

$$F_f = \sum_{v=1,3,5..} 2qk_{rv}k_{nv}F_{pt.mv} \cos v\alpha \cdot \sin \omega t$$

$$F_f = \sum_{v=1,3,5..} F_{fv} \cos v\alpha \cdot \sin \omega t$$

Trong đó:

$$F_{fv} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \frac{W \cdot k_{dqv}}{v \cdot p} I = 0,9 \frac{W \cdot k_{dqv}}{v \cdot p} I$$

với $W = 2 \cdot p \cdot q \cdot N_{pt}$ – số vòng dây của một pha

Std của một pha là tổng hợp của một dãy std đập mạch phân bố hình sin trong không gian biến đổi hình sin theo thời gian

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

5. STĐ CỦA DÂY QUẮN NHIỀU PHA

5.1. Stđ của dây quấn ba pha

Giả thiết dây quấn ba pha đặt lệch nhau một góc 120° điện hay $2\pi/3$ và có dòng điện chạy qua:

$$i_A = \sqrt{2}I \sin \omega t$$

$$i_B = \sqrt{2}I \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$i_C = \sqrt{2}I \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Stđ của từng pha: $F_A = \sum_{v=1,3,5..} F_{fv} \sin \omega t \cos v\alpha$

$$F_B = \sum_{v=1,3,5..} F_{fv} \sin(\omega t - 2\pi/3) \cos v(\alpha - 2\pi/3)$$

$$i_C = \sum_{v=1,3,5..} F_{fv} \sin(\omega t - 4\pi/3) \cos v(\alpha - 4\pi/3)$$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Để có stđ của dây quấn ba pha ta lấy tổng ba stđ đập mạch đó. Muốn cho sự phân tích được dễ dàng, ta phân stđ bậc v của mỗi pha thành hai stđ quay thuận và quay ngược như vậy stđ tổng của dây quấn ba pha sẽ là tổng của tất cả stđ quay thuận và quay ngược đó:

$$F_{Av} = F_{fv} \sin \omega t \cos v\alpha = \frac{F_{fv}}{2} \sin(\omega t - v\alpha) + \frac{F_{fv}}{2} \sin(\omega t + v\alpha)$$

$$\begin{aligned} F_{Bv} &= F_{fv} \sin(\omega t - 2\pi/3) \cos v(\alpha - 2\pi/3) \\ &= \frac{F_{fv}}{2} \sin[(\omega t - 2\pi/3) - v(\alpha - 2\pi/3)] + \\ &\quad + \frac{F_{fv}}{2} \sin[(\omega t - 2\pi/3) + v(\alpha - 2\pi/3)] \end{aligned}$$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

$$\begin{aligned} F_{Cv} &= F_{fv} \sin(\omega t - 4\pi/3) \cos v(\alpha - 4\pi/3) \\ &= \frac{F_{fv}}{2} \sin[(\omega t - 4\pi/3) - v(\alpha - 4\pi/3)] + \\ &\quad + \frac{F_{fv}}{2} \sin[(\omega t - 4\pi/3) + v(\alpha - 4\pi/3)] \end{aligned}$$

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

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

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

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

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Xét stđ quay thuận:

$$F_{Av.t} = \frac{F_{fv}}{2} \sin(\omega t - v\alpha) = \frac{F_{fv}}{2} \sin[(\omega t - v\alpha) + 0(v-1)2\pi/3]$$

$$\begin{aligned} F_{Bv.t} &= \frac{F_{fv}}{2} \sin[(\omega t - 2\pi/3) - v(\alpha - 2\pi/3)] \\ &= \frac{F_{fv}}{2} \sin[(\omega t - v\alpha) + 1(v-1)2\pi/3] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{Cv.t} &= \frac{F_{fv}}{2} \sin[(\omega t - 4\pi/3) - v(\alpha - 4\pi/3)] \\ &= \frac{F_{fv}}{2} \sin[(\omega t - v\alpha) + 2(v-1)2\pi/3] \end{aligned}$$

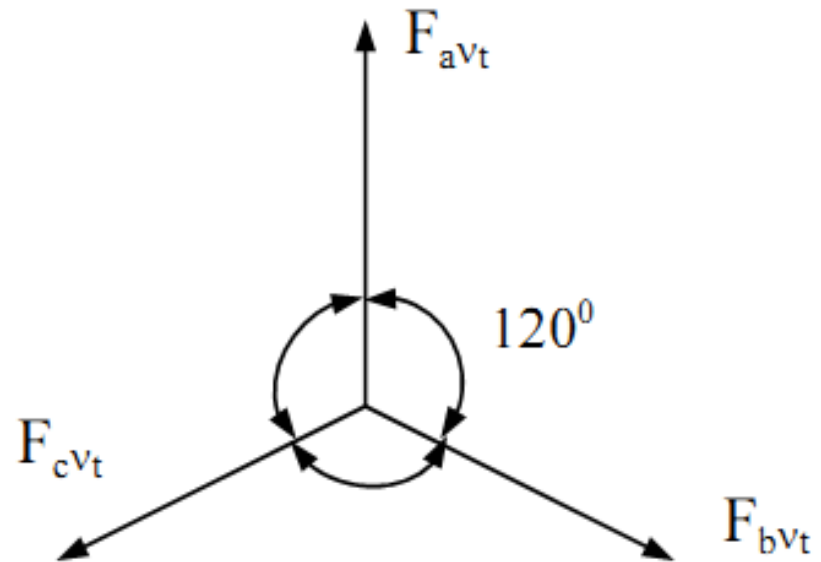
Tổng của chúng là tổng các sóng quay hình sin lệch pha nhau một góc $(v-1)2\pi/3$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Xét với nhóm $v = 3k$

$$\begin{aligned} (v - 1)2\pi/3 &= (3k - 1)2\pi/3 \\ &= 2k\pi - 2\pi/3 \end{aligned}$$

Nhóm có 3 stđ lệch pha nhau 1 góc $2\pi/3$ và quay cùng tốc độ nên tổng của chúng bằng không



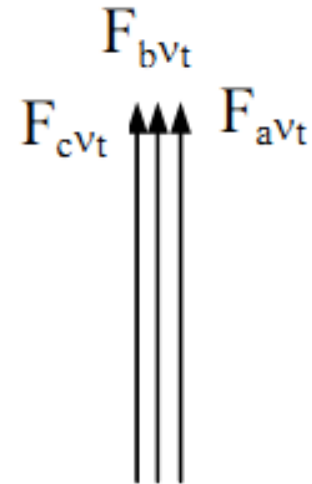
CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Xét với nhóm $v = 6k + 1$

$$\begin{aligned} (v - 1)2\pi/3 &= [(6k + 1) - 1]2\pi/3 \\ &= 4k\pi \end{aligned}$$

Nhóm có 3 stđ trùng pha, nên tổng của chúng:

$$F_{th} = \sum_{v=6k+1} \frac{3}{2} F_{fv} \sin(\omega t - v\alpha)$$

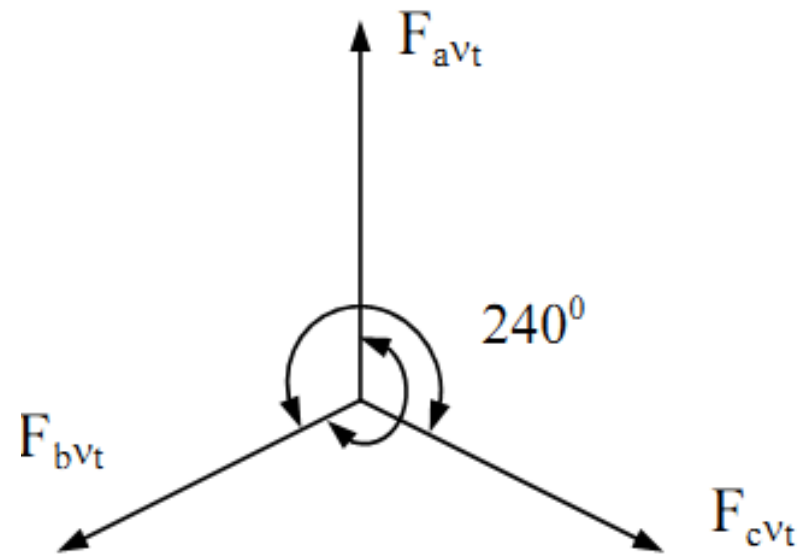


CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Xét với nhóm $6k - 1$

$$\begin{aligned}(\nu - 1)2\pi/3 &= [(6k - 1) - 1]2\pi/3 \\ &= 4k\pi - 4\pi/3\end{aligned}$$

Nhóm có 3 stđ lệch pha nhau một góc $4\pi/3$ và stđ tổng của chúng bằng không.



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Tương tự, ta xét stđ quay ngược, các stđ ba pha lệch nhau góc với nhóm $v = 3k$ và $v = 6k + 1$ có stđ tổng bằng không.

Nhóm $v = 3k$:

$$(v + 1)2\pi/3 = (3k + 1)2\pi/3 = 2k\pi + 2\pi/3$$

Nhóm $v = 6k + 1$:

$$(v + 1)2\pi/3 = [(6k + 1) + 1]2\pi/3 = 4k\pi + 4\pi/3$$

Riêng nhóm $v = 6k - 1$:

$$(v + 1)2\pi/3 = [(6k - 1) + 1]2\pi/3 = 4k\pi$$

Các stđ trùng pha nhau nên tổng của các pha:

$$F_{ng} = \sum_{v=6k-1}^3 \frac{3}{2} F_{fv} \sin(\omega t + v\alpha)$$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Std của dây quấn ba pha

$$F_3 = F_{th} + F_{ng} = \sum_{v=6k+1} \frac{3}{2} F_{fv} \sin(\omega t - v\alpha) + \sum_{v=6k-1} \frac{3}{2} F_{fv} \sin(\omega t + v\alpha)$$

$$F_3 = \sum_{v=6k\pm 1} \frac{3}{2} F_{fv} \sin(\omega t \mp v\alpha)$$

Trong đó :

$$\frac{3}{2} F_{fv} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \frac{W \cdot k_{dqv}}{v \cdot p} I = 1,35 \frac{W \cdot k_{dqv}}{v \cdot p} I$$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Stđ của dây quấn ba pha là tổng các stđ bậc $v = 6k + 1$ quay thuận và các stđ bậc $v = 6k - 1$ quay ngược:

Biên độ: $\frac{3}{2} F_{fv}$

Tốc độ: $\omega_v = \frac{\omega}{v}$ hay $n_v = \frac{n}{v}$ với $n = \frac{60.f}{p}$

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

5.2. Stđ của dây quấn hai pha

Dây quấn 2 pha đặt lệch pha nhau trong không gian một góc 90° điện và dòng điện hai pha lệch pha nhau một góc 90° .

Phân tích như trường hợp dây quấn 3 pha:

$$F_2 = \sum_{v=4k\pm 1} F_{fv} \sin(\omega t \mp v\alpha)$$

Trong đó:

$$F_{fv} = 0,9 \frac{W \cdot k_{dqv}}{v \cdot p} I$$

Stđ của dq hai pha là tổng của các stđ bậc $v = 2mk + 1 = 4k + 1$ quay thuận và các stđ bậc $v = 2mk - 1 = 4k - 1$ quay ngược.

Biên độ bằng biên độ của stđ một pha bậc v , và tốc độ quay của stđ bậc v là $n_v = n/v$.

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

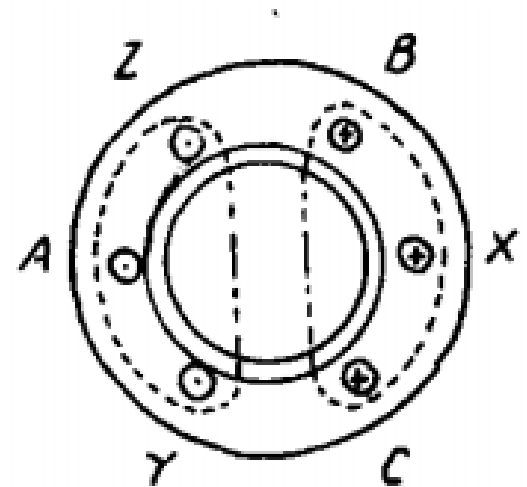
5. PHÂN TÍCH STĐ DÂY QUẤN BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ

Xét stđ sinh ra bởi dòng điện ba pha i_A, i_B, i_C chạy trong dây quấn ba pha AX, BY, CZ đặt lệch pha nhau trong không gian một góc là 120° ; máy điện có $q = 1$ và $p = 1$.

Tại thời điểm $t = 0$, cho dòng điện pha A đạt cực đại

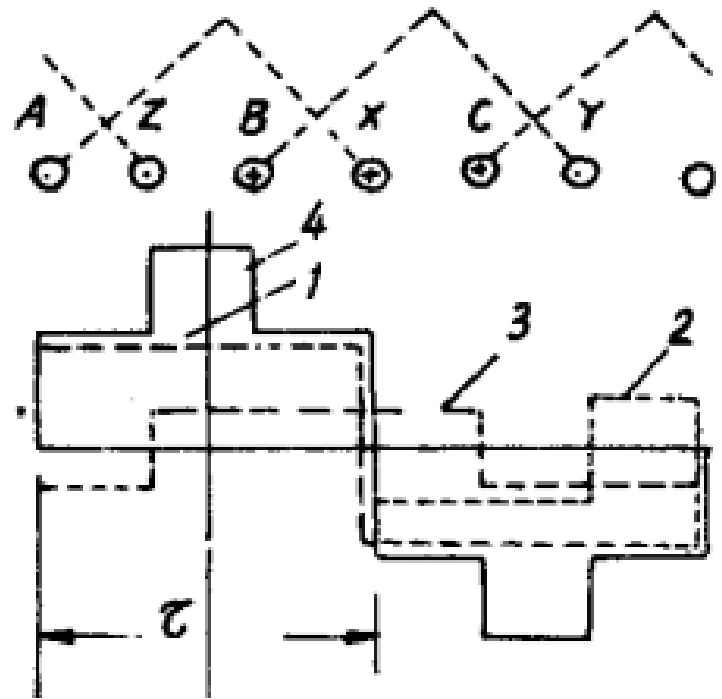
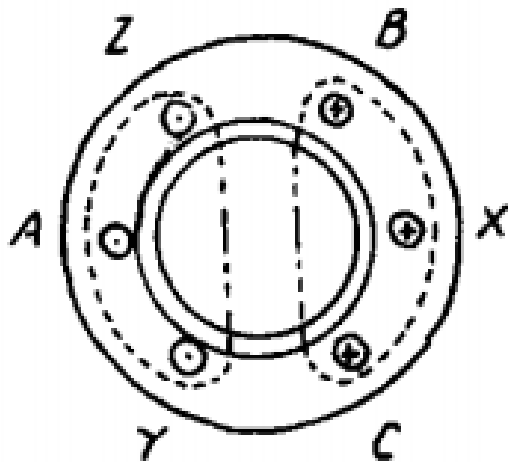
$$i_A = I_m; i_B = i_C = -I_m/2$$

Giả thiết chiều dòng điện pha A chạy từ $X \rightarrow A$ ta suy ra chiều dòng trong pha B, C như hình bên.



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Vẽ được các stđ F_A , F_B , F_C tìm được stđ F tổng

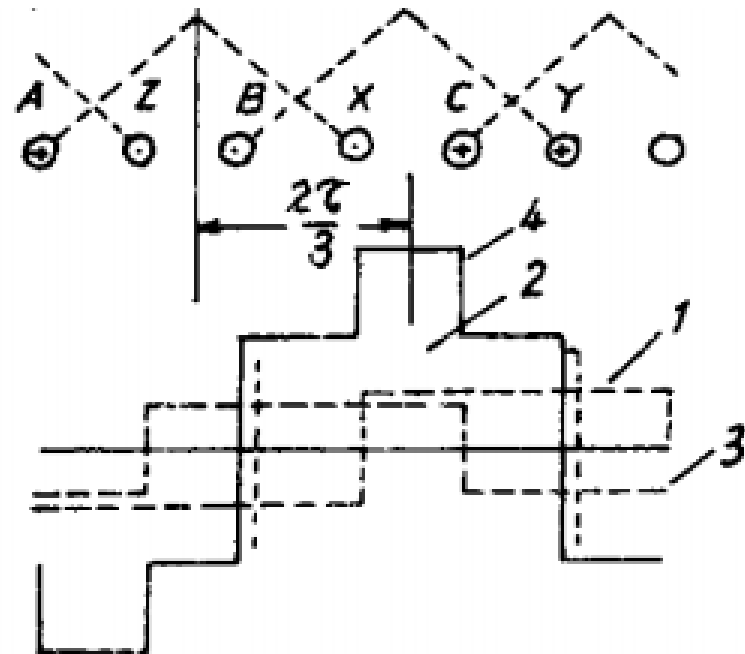
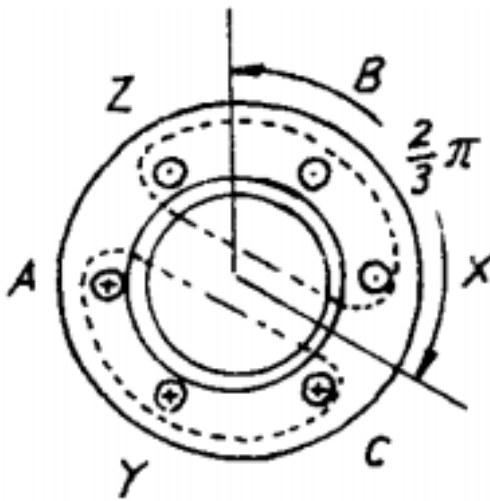


CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Tại thời điểm $t = T/3$, dòng điện pha B đạt cực đại

$$i_B = I_m; i_C = i_A = -I_m/2$$

Chiều dòng điện pha B chạy từ Y \rightarrow B ta suy ra chiều dòng trong pha A, C và vẽ được stđ F_A, F_B, F_C tìm được stđ F tổng



CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG

Stđ do dòng điện ba pha chạy trong dây quấn ba pha là stđ quay có chiều quay trong không gian và có tốc độ :

$$n = \frac{60.f}{p} (\text{vg/ph}); n = \frac{f}{p} (\text{vg/s})$$

Trục stđ tổng trùng với trục pha có dòng điện cực đại.

CHƯƠNG 6: SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ SỨC TỪ ĐỘNG
