

Chương 10

SỨC ĐIỆN ĐỘNG CỦA DÂY QUẤN MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU

10.1. NHẬN XÉT BAN ĐẦU

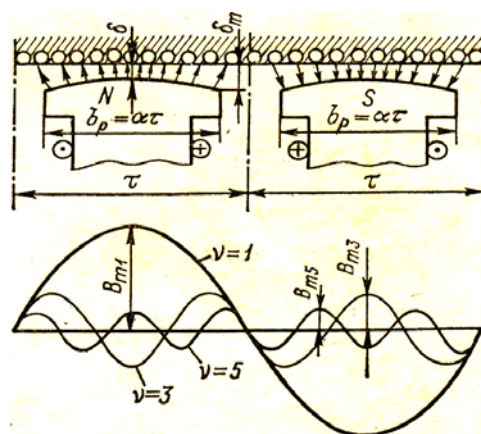
Khi từ thông của phần cảm xuyên qua dây quấn phần ứng biến thiên thì trong dây quấn phần ứng sẽ sinh ra sức điện động (sđđ). Trong máy điện quay có hai cách để tạo ra sự biến thiên của từ thông xuyên qua dây quấn phần ứng. Cách thứ nhất là cho dây quấn phần ứng chuyển động tương đối trong từ trường phần cảm. Cách thứ hai là 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.

Để máy làm việc được tốt, *yêu cầu* từ trường phân bố dọc khe hở của máy hình sin để sđđ cảm ứng trong dây quấn có dạng hình sin.

Thực tế: không thể có, vì cấu tạo máy, từ trường của cực từ và của dây quấn đều khác sin. Ta phân tích chúng thành sóng cơ bản (bậc 1) và sóng bậc cao ν (bậc 3,5,...).

Ta phân từ cảm B thành các sóng hình sin $B_1, B_3, B_5, B_7, ..$ Với từ trường B_1 có bước cực τ còn B_ν có bước cực $\tau_\nu = \tau / \nu$.

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



Hình 10.1 Sự phân bố từ cảm của từ trường cực từ của máy điện đồng bộ cực lồi dọc bề mặt stato

10.2. SỨC ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG TRONG DÂY QUẤN

Xét sđđ cảm ứng trong dây quấn do $B_1, B_3, B_5, B_7, \dots$ tìm sđđ tổng.

10.2.1. Sđđ của dây quấn do từ trường sóng cơ bản.

1. Sđđ của một thanh dẫn:

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

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

Trong thanh dẫn cảm ứng sđđ:

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

trong đó:

$$v = \frac{x}{t} = \frac{2\tau}{T} = 2\tau f$$

do $\omega = 2\pi f$: tốc độ góc

và $\Phi = \frac{2}{\pi} B_m l \tau$: từ thông ứng với một bước cực từ.

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

Trị số hiệu dụng sđđ đó bằng:

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

2. Sđđ của một vòng dây. Sđđ của một bó 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 10.3, ta có:

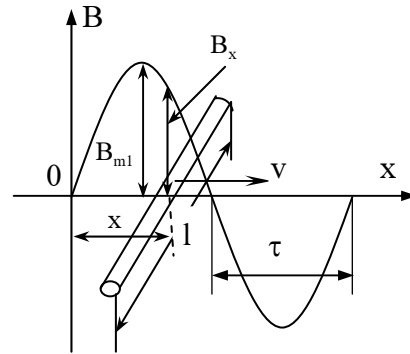
$$E_v = |E'_{td} - E''_{td}| = 2E_{td} \sin \frac{y}{\tau} \frac{\pi}{2} = \pi \sqrt{2} f \Phi k_n \quad (10.5)$$

trong đó: $k_n = \sin \frac{y}{\tau} \frac{\pi}{2} = \sin \beta \frac{\pi}{2} \quad (10.6)$

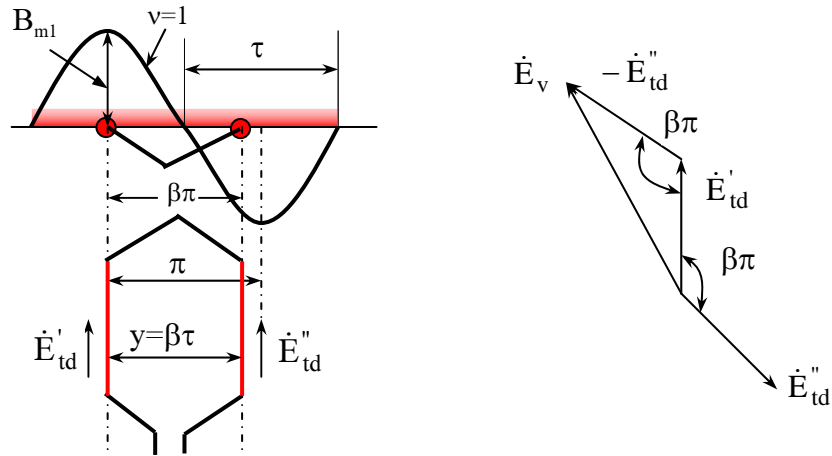
Thường hệ số $\beta = \frac{y}{\tau} < 1$, nên k_n được gọi là hệ số bước ngắn.

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

$$E_{p1} = \pi \sqrt{2} k_n f N_{pt} \Phi \quad (10.7)$$



Hình 10.2 Chuyển động tương đối của thanh dẫn trong từ trường hình sin



Hình 10.3 Sđđ của một vòng dây

3. Sđđ của một nhóm bố trí dây :

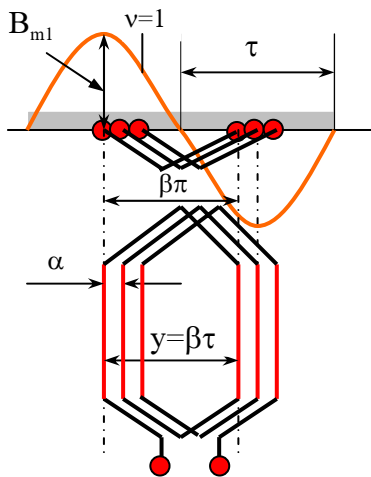
Giả thiết ta có q bố trí dây mắc nối tiếp và được đặt rải trong các rãnh liên tiếp nhau. Góc lệch pha trong từ trường giữa hai rãnh cạnh nhau:

$$\alpha = \frac{2\pi}{Z/p} = \frac{2\pi p}{Z} \tag{10.8}$$

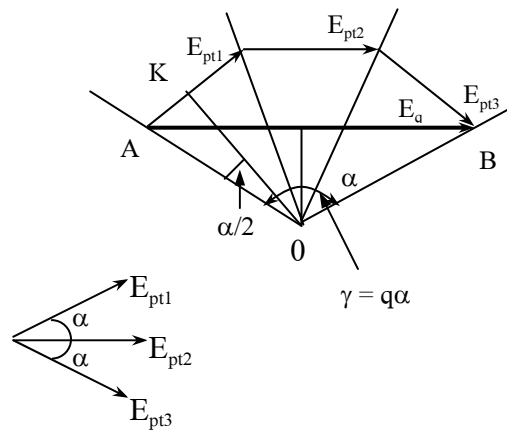
trong đó: Z/p số rãnh dưới một đôi cực từ.

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

Góc $\gamma = q\alpha$ vùng pha.



Hình 10.4 Nhóm có q=3 bố trí dây trong từ trường



Hình 10.5 Sđđ nhóm có q=3 bố

Sđđ tổng của một nhóm bố dây E_q là tổng hình học của q vectơ như hình 10.5:

$$E_q = AB = 2OA \sin \frac{q\alpha}{2} = 2AK \frac{\sin \frac{q\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} = 2 \frac{E_{pt1}}{2} \frac{\sin \frac{q\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$E_q = qE_{pt} \frac{\sin \frac{q\alpha}{2}}{q \sin \frac{\alpha}{2}} = qE_{pt} k_{r1} \quad (10.9)$$

Trong đó: $k_{r1} = \frac{\text{Tổng hình học các sđđ}}{\text{Tổng số học các sđđ}} = \frac{\sin \frac{q\alpha}{2}}{q \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (10.10)$

Vậy:

$$E_q = \pi \sqrt{2} f k_n k_r q W_{pt} \Phi = \pi \sqrt{2} f k_{dq} q W_{pt} \Phi \quad (10.11)$$

Với: k_{dq} : gọi là hệ số dây quấn và bằng:

$$k_{dq} = k_n k_r \quad (10.12)$$

4. 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 bố dây có vị trí giống nhau trong từ trường của các cực từ nên sđđ của chúng cộng số học với nhau:

$$E_f = \pi \sqrt{2} k_{dq} n q W_{pt} f \Phi = \pi \sqrt{2} k_{dq} W f \Phi \quad (10.13)$$

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

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

Nhận xét: Biểu thức sđđ từ trường sóng bậc cao giống từ trường bậc một. Ở đây ta chú ý rằng bước cực của từ trường bậc v nhỏ v lần từ trường sóng cơ bản (hình 10.1) vì vậy góc điện 2π của từ trường sóng cơ bản ứng với góc $2v\pi$ đối với từ trường bậc v , như vậy:

$$\left. \begin{aligned} \tau_v &= \frac{\tau}{v} \\ k_{nv} &= \sin v\beta \frac{\pi}{2} \\ k_{rv} &= \frac{\sin v \frac{q\alpha}{2}}{q \sin v \frac{\alpha}{2}} \end{aligned} \right\} \quad (10.14)$$

Và

Hệ số dây quấn của sóng bậc v :

$$k_{dqv} = k_{nv} k_{rv} \quad (10.15)$$

Tần số của sóng bậc v :

$$f_v = \nu f$$

Sđđ cảm ứng của sóng bậc ν :

$$E_\nu = \pi\sqrt{2}k_{dq\nu} W f_\nu \Phi_\nu \quad (10.16)$$

Với: $\Phi_\nu = \frac{2}{\pi} B_{m\nu} l \tau_\nu = \frac{2}{\nu\pi} B_{m\nu} l \tau$

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:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_3^2 + E_5^2 + \dots + E_\nu^2} \dots \quad (10.17)$$

10.3. CẢI THIÊN DẠNG SÓNG SĐĐ.

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.

10.3.1. 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:

$$\delta_x \approx \frac{\delta}{\cos \frac{\pi}{\tau} x} \quad (10.18)$$

Nếu gọi b là bề rộng mặt cực thì $b = (0,65-0,76)\tau$ và $\delta_{\max} = (1,5-2,5)\delta$.

10.3.2. Rút ngắn bước dây quấn

Khi $y = \tau$ thì tất cả các sđđ bậc cao đều tồn tại vì: $k_{n\nu} = \sin \nu\beta \frac{\pi}{2} = \pm 1$

Khi $y < \tau$ thì sđđ bậc cao tùy ý sẽ bị triệt tiêu, như:

- $\beta = \frac{y}{\tau} = \frac{4}{5}$ vậy rút ngắn dây quấn $\frac{1}{5}\tau$

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

- Tương tự muốn $E_7 = 0$ thì rút ngắn $\frac{1}{7}\tau$

Chú ý:

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

10.3.3. Thực hiện dây quấn rải

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

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

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

$$v_Z = 2mqk \pm 1 \quad (10.19)$$

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 (10.19) trở thành:

$$v_Z = \frac{Z}{p}k \pm 1 \quad (10.20)$$

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

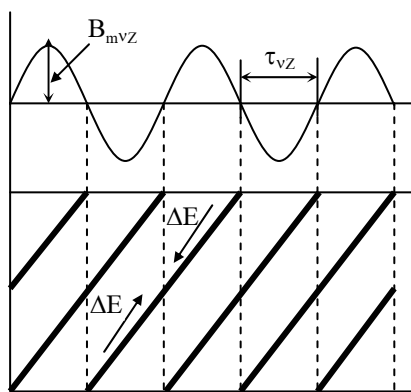
Sở dĩ có $k_{rv} = k_{rl}$ là do góc lệch α_{v_Z} giữa các sđđ của các bồi dây đặt trong các rãnh liên tiếp do từ trường bậc v_Z hoàn toàn bằng góc lệch α ứng với từ trường sóng cơ bản:

$$\alpha_{v_Z} = \alpha \cdot v_Z = \frac{2\pi p}{Z} \left(k \frac{Z}{p} \pm 1 \right) = 2\pi k \pm \frac{2\pi p}{Z} = 2\pi k \pm \alpha \quad (10.21)$$

Kết luận : Quấn rải 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 quấn có q là phân số.

10.3.4. Thực hiện rãnh chéo.



Hình 10.7 Trường hợp rãnh chéo một bước răng

Ta có:

$v_Z = (Z/p) \cdot k \pm 1$, trường hợp $k = 1$ là lớn nhất, để triệt tiêu được sđđ này ta chọn bước rãnh chéo là:

$$b_c = 2 \tau_{v_Z} = 2\tau / v_Z = 2\tau \cdot p / (Z \pm p)$$

Thực tế thường chọn:

$$b_c = 2 \cdot \tau \cdot p / Z = \pi D / Z \quad (10.22)$$

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