

Chương 3.

QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

3.1 Đại cương.

Quan hệ điện từ trong m.đ.đ.b bao gồm các phương trình điện áp, đồ thị véc tơ, giản đồ năng lượng và công suất điện từ của máy điện đồng bộ.

3.2 Phương trình điện áp và đồ thị véc tơ.

Chế độ tải đối xứng ta chỉ cần xét cho một pha.

Đối với máy phát điện:

$$\dot{U} = \dot{E}_\delta - I(r_u + jx_{\sigma u}) \quad 3-1$$

Đối với động cơ và máy bù đồng bộ:

$$\dot{U} = \dot{E}_\delta + I(r_u + jx_{\sigma u}) \quad 3-2$$

Trong đó: U là điện áp đầu cực của máy, r_u và $x_{\sigma u}$ là điện trở và điện kháng tản của dây quấn phân ứng;

E_δ là s.đ.đ cảm ứng trong dây quấn do từ trường khe hở.

Khi mạch từ không bão hoà, áp dụng nguyên lý xếp chồng ta có:

$$\dot{E}_\delta = \dot{E}_0 + \dot{E}_u \quad 3-3$$

Khi mạch từ bão hoà ta phải xác định $\dot{F}_\delta = \dot{F}_0 + \dot{F}_u$ rồi suy ra \dot{E}_δ

1. Trường hợp máy phát điện.

a/ Khi mạch từ không bão hoà.

Giả sử tải đối xứng và có tính cảm

$$(0 < \psi < 90^\circ)$$

-/ Máy cực ẩn:

Phương trình cân bằng điện áp là:

$$\dot{U} = \dot{E} + \dot{E}_u - I(r_u + jx_{\sigma u}) \quad 3-4$$

Chương 2 ta đã xác định được

$$\dot{E}_u = -jI x_u \text{ nên}$$

$$\dot{U} = \dot{E} - jI(x_u + jx_{\sigma u}) - I.r_u = \dot{E} - jI.x_{db} - I.r_u$$

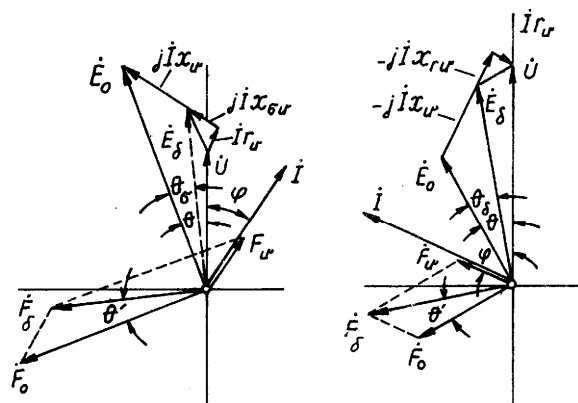
3.5

trong đó $x_{db} = x_u + x_{\sigma u}$ là điện kháng đồng bộ, thường $x_{db} = 0,7 - 1,6$

Đồ thị véc tơ như hình 3.1

- / Máy cực lồi.

Ta phân s.t.đ phản ứng F_u thành F_{ud} và F_{uq} , từ thông tương ứng với các s.t.đ đó sẽ cảm nên các s.đ.đ: $\dot{E}_{ud} = -jI_d x_{ud}$ và $\dot{E}_{uq} = -jI_q x_{uq}$ Phương trình cân bằng điện áp có dạng.



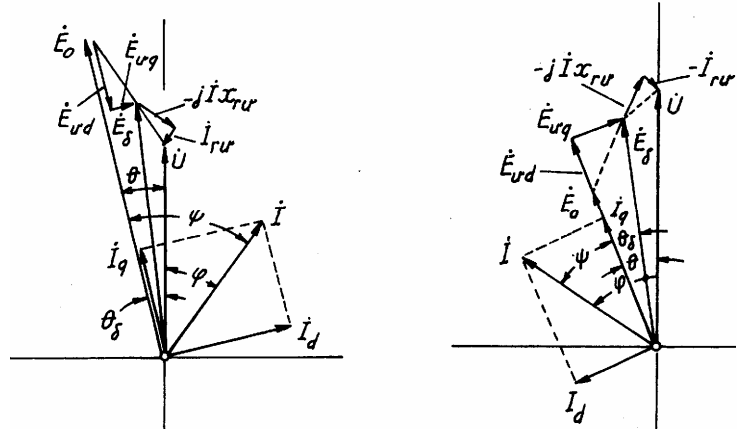
Hình 3.1 Đồ thị s.đ.đ máy phát đồng bộ cực ẩn

$$\dot{U} = \dot{E} + \dot{E}_{ud} + \dot{E}_{uq} - \dot{I}(r_u + x_{ou}) = \dot{E} - j\dot{I}x_{ud} - j\dot{I}x_{uq} - j\dot{I}x_{ou} - \dot{I}r_u \quad 3.6$$

Đồ thị véc tơ như hình 3.2 có tên gọi là đồ thị Blondel

Véc tơ $-j\dot{I}x_{ou}$ do từ thông tản của từ trường phản ứng sinh ra không phụ thuộc vào từ dẫn hướng dọc và ngang trục, tuy nhiên ta cũng có thể phân tích chúng theo 2 hướng dọc và ngang trục:

$$\begin{aligned} -j\dot{I}x_{ou} &= -j(\dot{I}x_{ou} \cos\psi - \dot{I}x_{ou} \sin\psi) = \\ &= -j\dot{I}_q x_{ou} - j\dot{I}_d x_{ou} \end{aligned}$$



Hình 3.2 Đồ thị s.d.đ máy phát điện đồng bộ cực lồi

và phương trình điện áp được viết lại:

$$\dot{U} = \dot{E} - j\dot{I}_d(x_{ud} + x_{ou}) - j\dot{I}_q(x_{uq} + x_{ou}) - \dot{I}r_u = \dot{E} - j\dot{I}_d x_d - j\dot{I}_q x_q - \dot{I}r_u \quad 3.7$$

Trong đó:

$x_d = x_{ud} + x_{ou}$ gọi là điện kháng đồng bộ dọc trục, thường $x_d = 0,7 - 1,2$

$x_q = x_{uq} + x_{ou}$ gọi là điện kháng đồng bộ ngang trục, thường $x_q = 0,46 - 0,76$

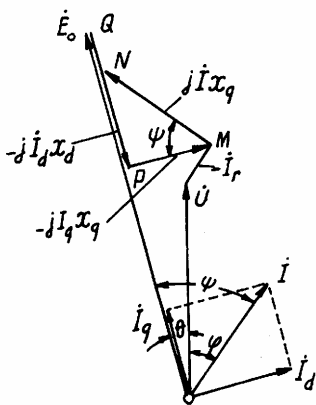
Đồ thị véc tơ ứng với phương trình 3.7 như hình 3.3

b/ Khi mạch từ bão hoà.

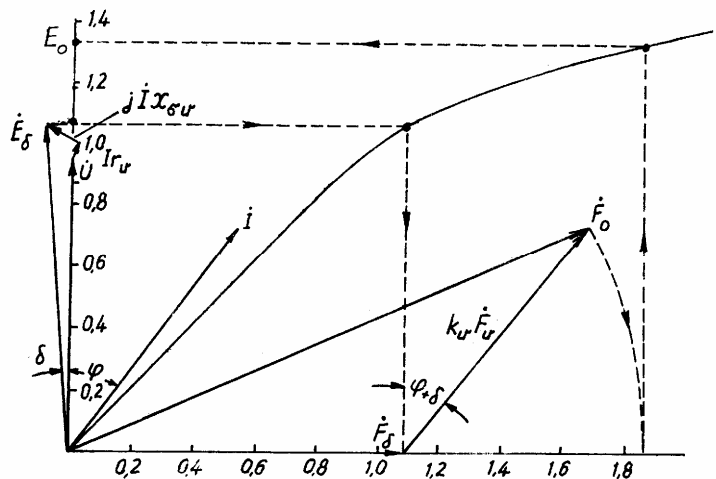
Khi mạch từ bão hoà vì các hệ số $k_{\mu d}$ và $k_{\mu q}$ rất khó tính chính xác nên ta phải vẽ kết hợp đồ thị s.t.đ và s.d.đ với đường cong không tải. Đồ thị này được gọi là đồ thị s.t.đ.đ, có tên là đồ thị Pôchiê.

- Máy cực ẩn:

Giả sử $U, I, \cos\varphi, r_u, x_{ou}$ và đặc tính không tải đã biết, để thành lập đồ thị s.t.đ.đ trên trục tung của đặc tính không tải, ta đặt véc tơ U và véc tơ I chậm sau U một góc φ .



Hình 3.3 Đồ thị s.d.đ máy phát điện đồng bộ cực lồi đã biến đổi



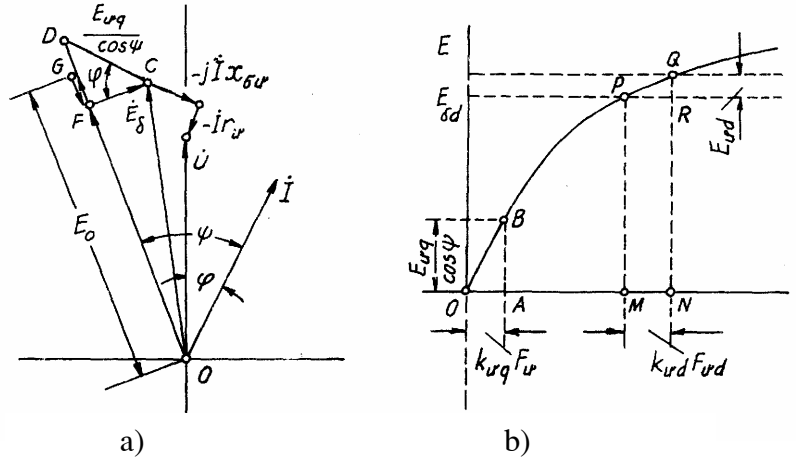
Hình 3.4 Đồ thị S.T.Đ.Đ máy phát điện đồng bộ cực ẩn

Cộng U với $I r_u$ và $j I x_u$ được \dot{E}_δ . Trên trục hoành đặt \dot{F}_δ rồi cộng \dot{F}_δ với $K_u \dot{F}_u$ hợp với trục hoành một góc $90^\circ + (\varphi + \delta)$, tìm được \dot{F}_0 . Từ đồ thị này xác định được $\Delta U = E - U_{dm}$, thường = (5 - 10)%

- Với máy phát đồng bộ cực lồi, việc thành lập chính xác đồ thị véc tơ là rất khó, vì ϕ_d và ϕ_q hỗ cảm với nhau, hơn nữa mức độ bảo hoà theo 2 hướng lại khác nhau. Như vậy x_{ud} và x_{uq} phụ thuộc cả vào ϕ_d và ϕ_q . Để đơn giản ta coi x_{ud} chỉ phụ thuộc vào ϕ_d và x_{uq} chỉ phụ thuộc vào ϕ_q và $k_{\mu q}$ đã biết. Khi đó sau khi đã vẽ các véc tơ $U, I r_u$ và $j I x_{\sigma u}$ được \dot{E}_δ , hình 3.5a, theo hướng $j I x_{\sigma u}$ vẽ đoạn

$$CD = I x_{uq} = \frac{E_{uq}}{\cos \psi} \text{ và xác}$$

định được phương của E . Trị số x_{uq} có thể tính hoặc lấy bằng 1,1 - 1,15. Từ hình 3.5b ta cũng xác định được CD qua $OA = F'_{uq} = k_q F_{uq}$, sau đó xác định được $E_{\delta d} = OF = MP$, lấy $MN = F'_{ud} = k_d F_{ud}$ chiếu lên ta được E

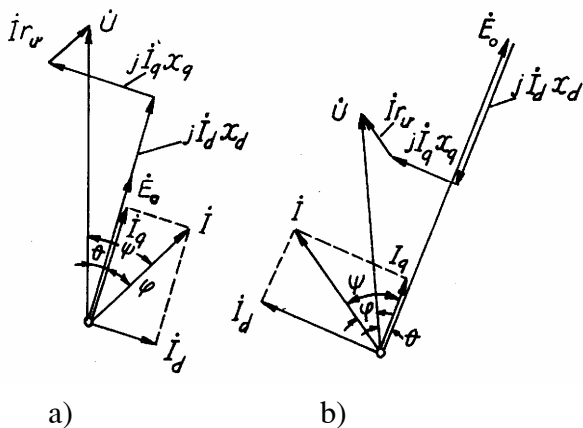


Hình 3-6 Cách xây dựng đồ thị véc tơ s.t.d.đ của máy đồng bộ cực lồi

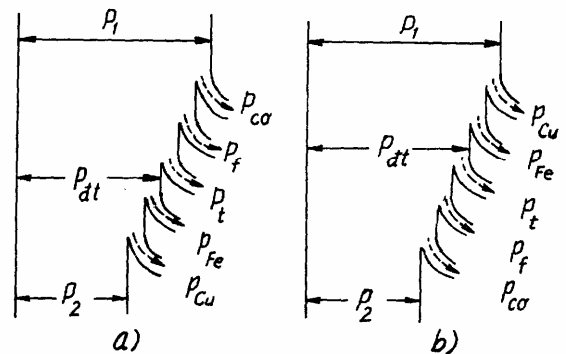
2. Trường hợp động cơ điện.

Động cơ điện đồng bộ có cấu tạo cực lồi vì vậy phương trình điện áp sẽ là:

$$\dot{U} = \dot{E}_\delta + \dot{I}(r_u + jx_{cu}) = \dot{E} + \dot{E}_{ud} + \dot{E}_{uq} + \dot{I}(r_u + jx_{cu}) = \dot{E} + j\dot{I}_d x_d + j\dot{I}_q x_q + \dot{I} r_u \quad 3.8$$



Hình 3-6 Đồ thị véc tơ Động cơ đồng bộ
a) Thiếu kích thích; b) Quá kích thích



Hình 3-7 Giải đồ năng lượng
a) máy phát; b) động cơ

3.3 Giải đồ năng lượng của máy điện đồng bộ

Máy phát: $P_{dt} = P_1 - (p_{c\sigma} + p_t + p_f)$ và $P_2 = P_{dt} - p_{cu} - p_{fe}$

Động cơ: $P_{dt} = P_1 - p_{cu} - p_{fe}$ và $P_2 = P_{dt} - (p_{c\sigma} + p_t + p_f)$

3.4 Các đặc tính góc của máy điện đồng bộ

1. Đặc tính góc công suất tác dụng.

$P = f(\theta)$ khi $E = const, U = const$, với θ là góc tải giữa véc tơ E và U .

Để đơn giản ta bỏ qua r_u vì nó rất bé so với (x_{db}, x_d, x_q) . Công suất đầu cực của máy đồng bộ bằng: $P = mUI \cos \varphi$

Theo đồ thị véc tơ hình 3.3 ta có:

$$I_d = \frac{E - U \cos \theta}{x_d}, \quad I_q = \frac{U \sin \theta}{x_q} \quad \text{và} \quad \varphi = \psi - \theta \quad 3.9$$

$$\begin{aligned} \text{Do đó: } P &= mUI \cos \varphi = mUI \cos(\psi - \theta) \\ &= mU(I \cos \psi \cos \theta + I \sin \psi \sin \theta) \end{aligned}$$

$P = mU(I_q \cos \theta + I_d \sin \theta)$, thay I_d và I_q vào ta có:

$$P = \frac{mU^2}{x_q} \sin \theta \cos \theta + \frac{mEU}{x_d} \sin \theta - \frac{mU^2}{x_d} \sin \theta \cos \theta$$

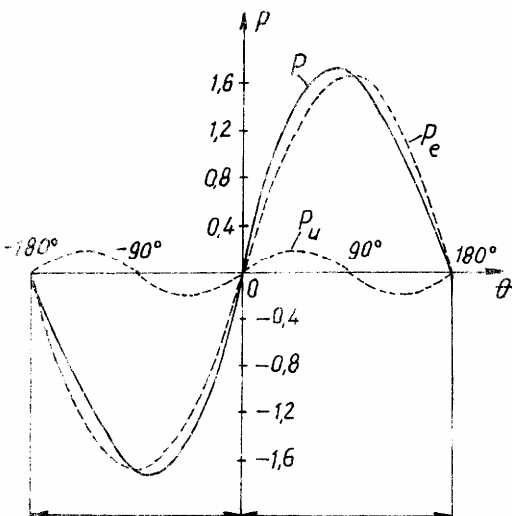
Hay

$$P = \frac{mUE}{x_d} \sin \theta + \frac{mU^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta = P_e + P_u \quad 3.10$$

Từ biểu thức 3.10 ta thấy công suất tác dụng của máy đồng bộ cực ắc có hai phần. Một phần P_e tỷ lệ với $\sin \theta$ và phụ thuộc vào kích từ; một phần P_u tỷ lệ với $\sin 2\theta$ không phụ thuộc vào kích từ. Như vậy đối với máy phát đồng bộ cực lồi khi mất kích từ công suất tác dụng vẫn có một lượng nhỏ là P_u . Người ta ứng dụng điều này để chế ra các động cơ điện phản kháng có công suất cơ vài chục oát.

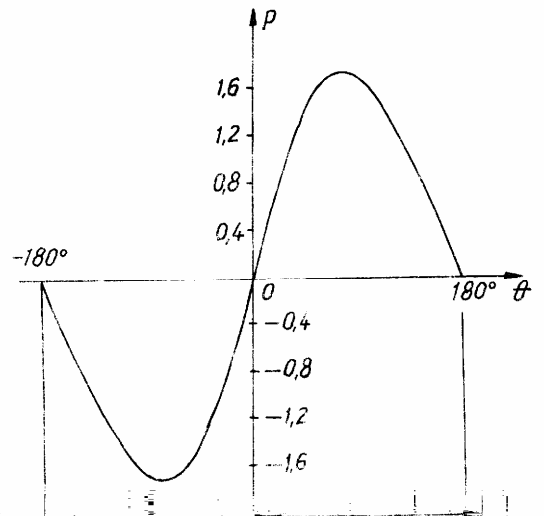
- Với máy đồng bộ cực ắc vì $x_d = x_q$ nên $P = m \frac{UE}{x_{db}} \sin \theta \quad 3.11$

Đặc tính góc công suất tác dụng máy điện đồng bộ như hình 3.9



Động cơ Máy phát

Hình 3-9 Đặc tính góc công suất tác dụng. a) máy cực lồi;



Động cơ Máy phát

b) máy cực ắc

2. Đặc tính góc công suất phản kháng.

Công suất phản kháng của máy điện đồng bộ được tính:

$$Q = mU I \sin \varphi = mU I \sin(\psi - \theta) = mU(I \sin \psi \cdot \cos \theta + I \cos \psi \cdot \sin \theta)$$

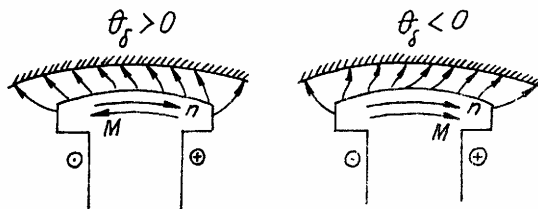
$$Q = mU(I_d \cdot \cos \theta - I_q \cdot \sin \theta)$$

Thay I_d và I_q vào ta có:

$$Q = \frac{mUE}{x_d} \cos \theta + \frac{mU^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \cos 2\theta - \frac{mU^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} + \frac{1}{x_d} \right)$$

Đặc tính góc công suất phản kháng của máy điện đồng bộ như hình 3.11.

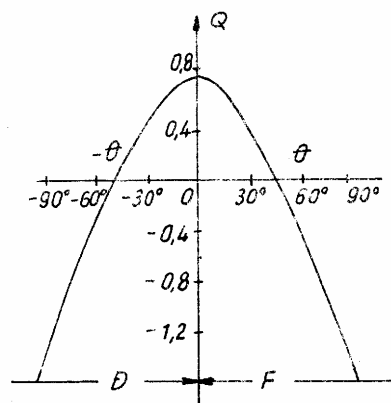
Khi $-\theta' < \theta < +\theta'$ máy phát công suất phản kháng vào lưới, ngoài phạm vi trên máy tiêu thụ công suất phản kháng.



Hình 3-10 Từ trường khe hở

a) máy phát,

b) động cơ



Hình 3-11 Đặc tính góc công suất phản kháng máy cực lồi