



LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP

ĐỀ TÀI: “Thiết kế máy điều chỉnh cảm ứng ba pha Roto dây quấn.”



MỤC LỤC

	Trang
Lời mở đầu 1	
A/- Giới thiệu về động cơ không đồng bộ Roto dây quấn.	2
I/- Máy điều chỉnh cảm ứng.	2
II/- Các phương pháp điều chỉnh điện áp ba pha.	11
B/- Thiết kế máy điều chỉnh điện áp ba pha.	15
I/- Dây quấn rãnh Stator và khe hở không khí.	15
II/- Tính toán mạch từ.	22
III/- Tính toán tham số.	26
IV/- Tính toán tổn hao.	33
V/- Đặc tính làm việc.	33
VI/- Tính toán tham số ΔU.	34
1/- Máy điều chỉnh cảm ứng kép.	34
2/- Độ thay đổi điện áp.	36
VII/- Tính toán nhiệt.	42
VIII/- Trọng lượng vật liệu tác dụng và chỉ tiêu sử dụng.	46
IX/- Phương pháp tính toán nhiệt đơn giản.	47

LỜI NÓI ĐẦU

Trên thực tế sản xuất (trong công nghiệp cũng như trong nông nghiệp) các nhà máy điện xoay chiều, đặc biệt là các nhà máy điện xoay chiều ba pha, được sử dụng. Đối với loại máy điện không đồng bộ có quá trình chế tạo sản xuất đơn giản, tính năng làm việc rất hiệu quả và chính xác lại thêm giá thành hạ khiến loại máy này luôn là đề tài nghiên cứu để phát huy.

Máy điều chỉnh cảm ứng ba pha là một ứng dụng phổ biến của máy điện không đồng bộ. Với điện áp đưa vào là một giá trị nhất định thì ở đầu ra cho điện áp có thể thay đổi được trong một khoảng tương đối rộng từ $0(V) \div$ giá trị nào đó theo thiết kế. Tất nhiên có nhiều phương pháp làm thay đổi điện áp như phương pháp dùng Tiristor, dùng biến áp tự ngẫu nhưng những phương pháp đó không cho phép điều chỉnh ngay trong khi máy mang tải, không đưa ra điện áp hình sin (dùng Tiristor) hay phương pháp sinh ra nhiệt và tia lửa điện (máy biến áp tự ngẫu dùng chổi than).

Trong khoá luận thiết kế máy điều chỉnh cảm ứng ba pha này, chắc rằng có các số liệu tính toán và các phương pháp chọn không thể không tránh khỏi những sai sót, vì đây là lần đầu tiên em được tiếp xúc với một đề tài khoa học tuy nhỏ nhưng cũng đòi hỏi phải có sự tổng kết về kiến thức. Do vậy em kính mong các thầy cô hết lòng chỉ dẫn để bài khoá luận của em mang tính chính xác, xác thực cao phù hợp với tiêu chuẩn đã đặt ra.

Bài khoá luận được hoàn thành mà không thể thiếu sự hướng dẫn hết lòng của thầy giáo Vũ Gia Hanh – Người thầy ưu tú của nhiều thế hệ và các thầy cô trong khoa TBĐ - ĐT những người đã truyền cho em những kiến thức quý báu trong suốt hơn ba năm qua.

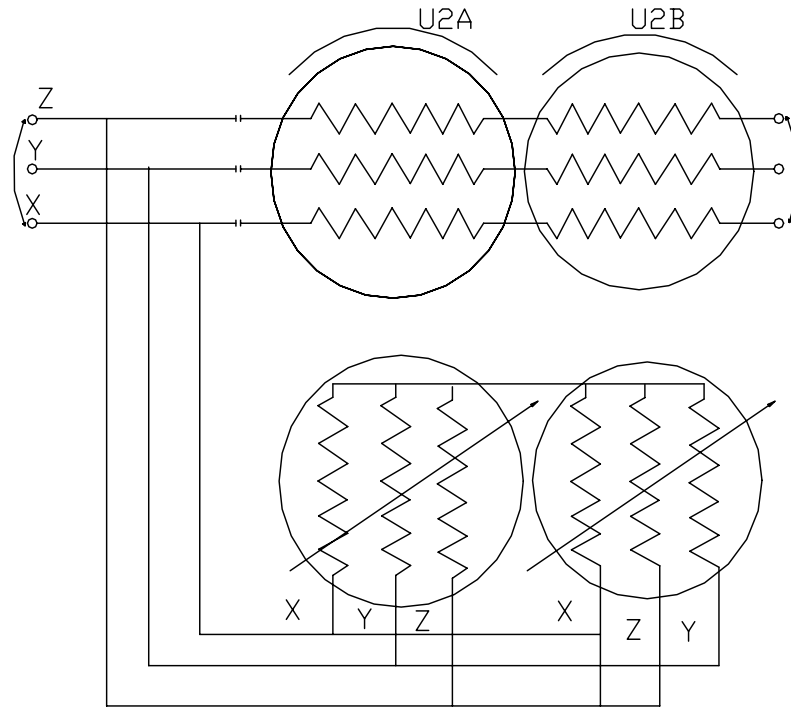
A/- GIỚI THIỆU VỀ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ ROTO DÂY QUẤN

I/- Máy điều chỉnh cảm ứng :

Máy điều chỉnh cảm ứng là một máy biến áp có hai dây quấn được đặt trên hai phần riêng biệt của lõi thép, hai phần này có thể quay hoặc dịch chuyển vị trí tương đối với nhau. Máy điều chỉnh cảm ứng thường được cấu tạo như động cơ không đồng bộ một dây quấn được đặt ở phần Stato, phần Roto được đặt dây quấn thứ hai, chuyển động tương đối của Rôto và Stato thực hiện qua bộ truyền trục vít. Máy điều chỉnh cảm ứng ba pha có dây quấn ba pha tương tự như dây quấn Stato và dây quấn Roto của động cơ điện không đồng bộ ba pha Roto dây quấn.

Dây quấn này cũng tạo nên từ trường quay, sức điện động cảm ứng từ ở Roto không thay đổi ứng với mọi vị trí của Roto. Sức điện động sơ cấp và thứ cấp lệch pha nhau như mô tả ở hình (22-19) (Sách thiết kế MBA). Vì điện áp thứ cấp là tổng điện áp Stato U_1 và điện áp Roto U_2 , nó sẽ biến đổi từ trị số cực đại $U_1 + U_2$ đến giá trị cực tiểu $U_1 - U_2$; đồng thời cũng biến đổi góc pha.

Để điện áp không thay đổi pha, người ta ghép hai máy điều chỉnh pha ngược nhau ở hình (22-20) (Sách thiết kế MBA), ở hai máy có từ trường quay ngược chiều nhau (Một vượt pha, một chậm pha), vì vậy điện áp thứ cấp chỉ thay đổi trị số mà không thay đổi về pha.



H22-20 : ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP CỦA MÁY ĐIỀU CHỈNH CẢM ỨNG KÉP

Điều chỉnh cảm ứng kép có hình dáng như hình (22-22) (Sách thiết kế MBA). Các vật liệu kết cấu đều đúc bằng gang hoặc gia công bằng cách hàn các tấm gang, cấu tạo theo kiểu trục đứng. Phía Stato có 36 rãnh mỗi rãnh có 4 thanh dẫn. Dây quấn có dạng thanh và ghép thành hai nhánh nối song song. Roto có 48 rãnh đặt thanh dẫn có kích thước 3×10 mm (Trong khi thanh dẫn Stato có kích thước 2.6×8 mm). Mỗi phần đều có đầu nối của Stato và Roto, phần dây quấn Stato nối ra ngoài ở đầu cuối phần nối ra ngoài của dây quấn Roto được nối bằng cáp mềm và nối qua các thanh dẫn P, giữa các thanh dẫn có tường cách điện M.

Trục quay Roto có hai ổ theo hướng kính và một ổ bi hướng trục. Phía trên có gắn bánh vít, trục vít với ổ trượt bằng đồng. Trục vít quay bằng tay hoặc nhờ một động cơ phụ trợ, có quạt hút gió để thông gió.

Bình thường khi làm việc, dây quấn Roto của máy điện không đồng bộ được nối ngắn mạch và máy quay với một tốc độ nào đó ($n \neq 0$). Nhưng có một

số quan hệ mà khi Roto đứng yên ($n = 0$) vẫn tồn tại và qua trạng thái đó có thể hiểu một cách dễ dàng hơn nguyên lý làm việc của máy điện không đồng bộ. Vì thế trước hết ta sẽ nghiên cứu trường hợp Roto đứng yên. Thực ra có thể coi động cơ điện lúc mở máy nằm trong trường hợp này.

Đặt một điện áp U_1 có tần số f_1 vào dây quấn Stato, trong dây quấn Stato sẽ có dòng điện I_1 , tần số f_1 ; trong dây quấn Roto có dòng điện I_2 , tần số cũng là f_1 . I_1 và I_2 sinh ra s.t.đ. quay F_1 và F_2 có trị số (như đã biết trong phần thứ nhất, Chương 3, sách Máy Điện I) :

$$F_1 = \frac{m_1 \sqrt{2}}{\pi} \frac{w_1 k_{dq1}}{p} I_1$$

$$F_2 = \frac{m_2 \sqrt{2}}{\pi} \frac{w_2 k_{dq2}}{p} I_2$$

Trong đó :

m_1, m_2 - Số pha của dây quấn Stato và Roto;

p - Số đôi cực;

$w_2, w_1, k_{dq1}, k_{dq2}$ - Số vòng dây nối tiếp trên một pha và hệ số dây quấn Stato, Roto.

Hai s.t.đ. này cũng quay với tốc độ đồng bộ $n_1 = 60 f_1/p$ và tác dụng với nhau để sinh ra s.t.đ. tổng trong khe hở F_0 . Vì vậy phương trình cân bằng về s.t.đ. có thể viết :

$$\dot{F}_1 + \dot{F}_2 = \dot{F}_0$$

hay
$$\dot{F}_1 = \dot{F}_0 + (-\dot{F}_2)$$

Giống như cách phân tích MBA, ở đây có thể coi như dòng điện Stato I_1 gồm hai thành phần : Một thành phần là I_0 tạo nên s.t.đ.

$$\dot{F}_0 = \frac{m_1 \sqrt{2}}{\pi} \frac{w_1 k_{dq1}}{p} \dot{I}_0$$

Và Một thành phần là $(- \dot{I}'_2)$ tạo nên s.t.đ

$$(- \dot{F}'_2) = - \frac{m_1 \sqrt{2}}{\pi} \frac{w_1 k_{dq1}}{p} \dot{I}'_2$$

Bù lại s.t.đ. F_2 của dòng điện thứ cấp \dot{I}_2 . Như vậy ta có :

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_o + (- \dot{I}'_2)$$

hay $\dot{I}_1 + \dot{I}'_2 = \dot{I}_o$

So sánh s.t.đ. F_2 do dòng điện I_2 của Roto và thành phần I_2' của dòng điện Stato sinh ra, ta có :

$$\frac{m_2 \times \sqrt{2}}{\pi} \times \frac{w_2 \times k_{dq2}}{p} \times I_2 = \frac{m_1 \times \sqrt{2}}{\pi} \times \frac{w_1 \times k_{dq1}}{p} \times I'_2$$

Từ đó tìm ra được tỷ số biến đổi dòng điện :

$$k_i = \frac{I_1}{I_2} = \frac{m_1 \times w_1 \times k_{dq1}}{m_2 \times w_2 \times k_{dq2}}$$

Dòng điện quy đổi của Roto sang Stato bằng :

$$I'_2 = \frac{I_2}{k'_i}$$

Từ thông chính ϕ do s.t.đ. F_o sinh ra trong khe hở quét qua hai dây quấn Stato và Roto và cảm ứng ở đó những s.đ.đ. mà trị số bằng :

$$E_1 = 4.44 \times f_1 \times w_1 \times k_{dq1} \phi$$

$$E_2 = 4.44 \times f_2 \times w_2 \times k_{dq2} \phi$$

Khi Roto đứng yên, $f_1 = f_2$ nên tỷ số biến đổi điện áp của máy điện không đồng bộ bằng :

$$K_e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1 \times k_{dq1}}{w_2 \times k_{dq2}}$$

Quy đổi E_2 sang bên sơ cấp ta được:

$$E'_2 = E_1 = k_e \times E_2$$

Do từ thông tản của Stato $\phi_{\sigma 1}$ nên trong dây quấn Stato sẽ cảm ứng nên s.đ.đ. tản $E_{\sigma 1} = -j \times I_1 \times x_1$, trong đó x_1 là điện kháng tản của dây quấn Stato. Nếu xét cả điện áp rơi trên điện trở r_1 của dây quấn Stato $I_1 r_1$ thì phương trình cân bằng về s.đ.đ. trong mạch điện Stato bằng :

$$\dot{U}_1 = -(\dot{E}_1 + \dot{E}_{\sigma 1}) + \dot{I}_1 \times r_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \times (r_1 + j x_1)$$

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \times z_1$$

Trong đó $z_1 = r_1 + j x_1$ là tổng trở của dây quấn Stato.

Trên dây quấn Roto cũng vậy. Do dây quấn Roto ngắn mạch nên phương trình cân bằng về s.đ.đ. trong mạch điện Roto như sau :

$$0 = -\dot{E}_2 + \dot{I}_2 (r_2 + j x_2) = -\dot{E}_2 + \dot{I}_2 \times z_2'$$

Trong đó :

r_2 = - Điện trở Roto bao gồm cả điện trở phụ mắc vào nếu có;

x_2 = - Điện kháng tản trên dây quấn Roto;

$z_2 = r_2 + j \times x_2$ – Tổng trở của dây quấn Roto.

Cũng giống như ở m.b.a. ta có thể viết :

$$\dot{E}_1 = \dot{I}_o \times z_m = \dot{I}_o \times (r_m + j x_m)$$

Trong đó :

I_o - Dòng điện từ hoá sinh ra sức từ động F_o ;

r_m - Điện trở từ hoá đặc trưng cho tổn hao sắt;

x_m - Điện kháng từ hoá biểu thị sự hỗ cảm giữa Stato và Roto.

Muốn quy đổi điện trở và điện kháng Roto sang bên Stato phải áp dụng nguyên tắc tổn hao không đổi và góc pha giữa E_q và I_2 không đổi. Khi quy đổi r_2 ta có :

$$m_u \times I_2^2 \times r_2 = m_1 \times I_2'^2 \times r_2$$

Từ đó ta được :

$$r_2' = \frac{m_2}{m_1} \times \left(\frac{I_2}{I_2'} \right)^2 \times r_2 = \frac{m_2}{m_1} \times \left(\frac{m_1 \times \omega_1 \times k_{dq1}}{m_2 \times \omega_2 \times k_{dq2}} \right)^2 \times r_2$$

$$r_2' = k_e \times k_i \times r_2 = k \times r_2$$

Trong đó $k = k_e \times k_i$ là hệ số quy đổi của tổng trở.

Khi quy đổi x_2 ta có :

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{x_2}{r_2} = \frac{x_2'}{r_2'}$$

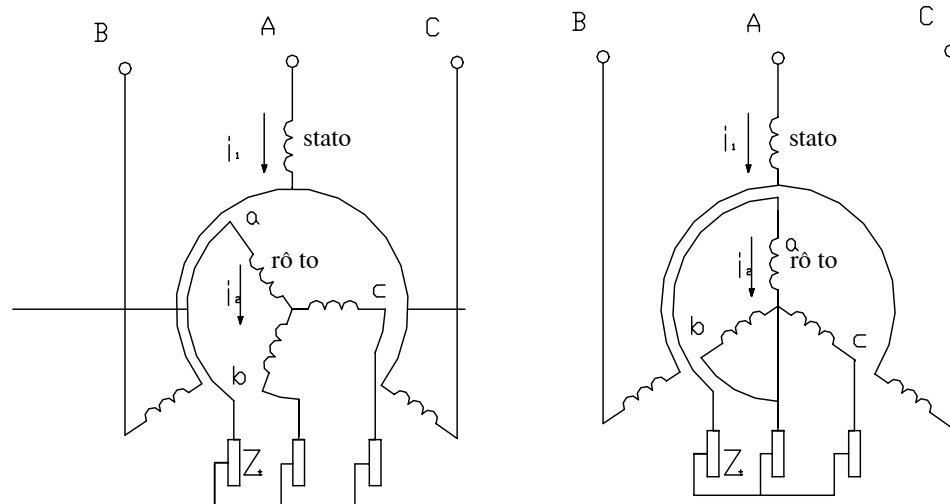
và được
$$x_2' = \frac{r_2'}{r_2} \times x_2 = k \times x_2$$

Khi viết phương trình trên ta coi như trục dây quấn Stato và Roto cùng pha trùng nhau (hình 16-1a).

Trong trường hợp chung, giả sử dây quấn Roto lệch với dây quấn Stato một góc không gian β theo chiều của từ trường quay (hình 16-1b), thì khi từ trường quay quét qua các dây quấn ta có :

$$\dot{E}_2 = \frac{1}{k_e} \times \dot{E}_1 \times e^{-j\beta}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_2}{z_2} = \frac{1}{k_e} \times \frac{\dot{E}_1}{z_2} \times e^{-j\beta}$$



H16-1 : SƠ ĐỒ MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ CÓ TRỤC DÂY QUẤN STATO VÀ ROTO

Ta thấy khi dây quấn Roto dịch phía trước dây quấn Stato một góc không gian β thì s.đ.đ. và dòng điện của nó chậm sau một góc pha β về thời gian so với khi hai dây quấn cùng pha có trục trùng nhau. Trong trường hợp đó, biên độ của s.t.đ. quay F_2 do dòng điện của Roto (thí dụ pha α) chậm một khoảng thời gian ứng với thời gian cần thiết để F_2 quay đi một góc β . Vì ở đây (hình 16-1b) trục pha a của Roto đã có vị trí vượt trước trục pha A của Stato một góc β nên s.t.đ F_2 có vị trí tương đối so với s.t.đ F_1 hoàn toàn như khi trục hai dây quấn Stato và Roto trùng nhau như đã xét ở trường hợp của hình 16-1a. Kết quả là s.t.đ. tổng F_0 và từ thông tổng tương ứng sẽ không đổi, do đó trị số của s.đ.đ. điện áp, dòng điện đều không thay đổi.

Từ phân tích trên ta rút ra kết luận là ở một thời điểm nhất định, trục s.t.đ. của Roto so với vị trí của dây quấn Stato vẫn không vì vị trí dây quấn của Roto mà thay đổi. Do đó phương trình cân bằng về s.t.đ. vẫn đúng. Khi trục dây quấn Roto lệch với trục dây quấn Stato cùng pha thì chỉ có s.đ.đ. và dòng điện lệch đi một góc pha thôi. Nhưng vì chúng ta chỉ cần dải ra dòng điện và s.đ.đ. của Stato

còn Roto chỉ tác dụng lên Stato thông qua s.t.đ. của nó, cho nên khi $\beta = 0$ hay $\beta \neq 0$ ta coi như ở bên Stato không có gì thay đổi, vì vậy là dùng trường hợp $\beta = 0$ để lập quan hệ giữa Stato và Roto. Như vậy có thể tránh sự phức tạp khi xét thêm góc β .

Tóm lại các phương trình cơ bản đặc trưng cho tình trạng làm việc ngắn mạch của máy điện không đồng bộ khi quy đổi sang Stato bao gồm :

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \times z_1 \\ 0 &= -\dot{E}'_2 + \dot{I}'_2 \times z'_2 \\ \dot{E}'_2 &= \dot{E}_1 & (A) \\ \dot{I}_1 + \dot{I}'_2 &= \dot{I}_0 \\ -\dot{E}_1 &= \dot{I}_0 \times z_m \end{aligned}$$

Khi Roto đứng yên mà dây quấn Roto ngắn mạch, nếu muốn giới hạn các dòng điện I_1 và I_2 trong dây quấn Stato và Roto đến các trị số định mức của chúng thì cũng như ở máy biến áp lúc ngắn mạch cần phải giảm thấp điện áp đặt vào. Điện áp ấy (gọi là điện áp ngắn mạch) vào khoảng $15 \div 25\% U_{dm}$. Cũng do đó mà s.đ.đ. E_1 trong máy nhỏ đi rất nhiều và từ công thức :

$$\begin{aligned} E_1 &= 4.44 \times f_1 \times w_1 \times k_{dq1} \times \phi \\ E_2 &= 4.44 \times f_2 \times w_2 \times k_{dq2} \times \phi \end{aligned}$$

Ta thấy từ thông chính trong máy rất ít, nghĩa là s.t.đ từ hoá F_0 rất nhỏ so với F_1 và F_2 do đó trong phương trình :

$$\dot{F}_1 + \dot{F}_2 = \dot{F}_0$$

hay $\dot{F}_1 = \dot{F}_0 + (-\dot{F}_2)$

Có thể bỏ qua F_0 . Lúc đó ta có :

$$\dot{F}_1 + \dot{F}_2 = \dot{F}_0 \approx 0$$

hay $\dot{I}_1 + \dot{I}'_2 \approx 0$

Thay phương trình này vào phương trình thứ tư của (A) ta có thể tính được dòng điện Stato I_1 :

$$\dot{I}_1 \approx \frac{\dot{U}_1}{z_1 + z'_2} = \frac{\dot{U}_1}{z_n}$$

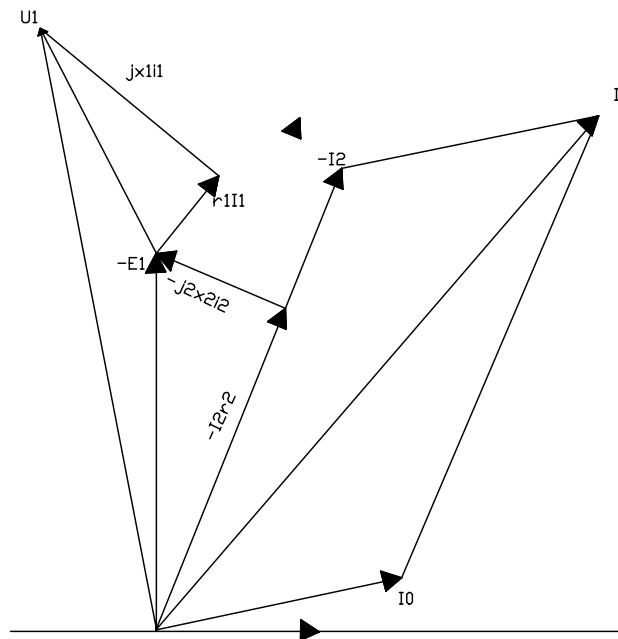
Trong đó :

$$z_n = z_1 + z'_2 = (r_1 + r'_2) + j(x_1 + x'_2)$$

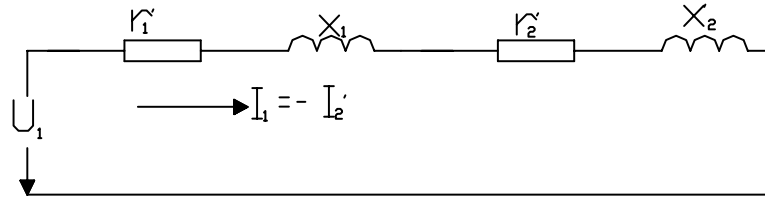
$z_n = r_n + j x_n$ - là tổng trở ngắn mạch của máy điện không đồng bộ.

Khi $U_1 = U_{dm}$ thì I_1 đó chính là dòng điện mở máy.

Đồ thị véctơ và mạch điện thay thế như hình 16-2 và 16-3 :



H16-2 : ĐỒ THỊ VÉC TƠ CỦA MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ KHI ROTO ĐỨNG YÊN



H16-3 : MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ KHI NGẮN MẠCH

II/-Các phương pháp điều chỉnh điện áp ba pha:

Có nhiều phương pháp điều chỉnh điện áp ba pha như phương pháp dùng Tiristor, dùng biến áp tự ngẫu hay là bằng máy điều chỉnh cảm ứng.

1/- Bộ điều chỉnh xoay chiều ba pha bằng Tiristor.

Phương pháp này sử dụng các Tiristor mắc song song ngược để điều chỉnh được điện áp, (hoặc dùng Triac).

Vì Anôt của Tiristor này nối với Catôt của Tiristor kia và ngược lại. Nên trong mạch điều khiển cho cặp Tiristor nhất thiết phải dùng một biến áp xung có hai cuộn dây thứ cấp cách ly với nhau. Các Diốt được dùng để khoá chặn các xung âm.

Nói tóm lại, phương pháp điều chỉnh dòng ba pha bằng Tiristor cho thiết bị nhỏ gọn, việc thay đổi góc mở α có thể được điều khiển tự động một cách chính xác. Với loại tải nhỏ phương pháp này có thể đạt được hiệu suất cao.

Nhược điểm là điện áp và dòng điện ra không liên tục, không hình sin. Điều này không có lợi cho máy điện quay với yêu cầu từ trường trong máy điện quay phải là hình sin. Hơn nữa điện áp ra luôn luôn nhỏ hơn điện áp vào. Có nghĩa là không chế tạo bộ tăng áp được.

2/- Điều chỉnh dòng xoay chiều ba pha dùng biến áp tự ngẫu :

Trong trường hợp điện áp của các lưới điện sơ và thứ cấp khác nhau không nhiều nghĩa là tỷ số biến đổi điện áp nhỏ, để được kinh tế hơn về chế tạo và vận hành người ta dùng máy biến áp tự ngẫu.

Máy biến áp tự ngẫu và máy biến áp hai dây quấn hoạt động theo nguyên tắc cảm ứng điện từ. Đặt điện áp U_1 vào cuộn W_1 phía sơ cấp xuất hiện dòng I_1 chạy qua. Dòng điện này tạo nên từ thông đi trong máy. từ thông biến thiên theo định luật cảm ứng điện từ. Ở các cuộn dây W_1 và W_2 xuất hiện các s.đ.đ cảm ứng e_1 và e_2 .

Với loại máy biến áp này cho điện áp ra có tính chất giống như điện áp vào. Tuy nhiên loại máy này có dung lượng không lớn và hệ số biến áp nhỏ nên chỉ được dùng trong phòng thí nghiệm, chẳng hạn như kiểm tra không tải và ngắn mạch của máy điện.

3/- Một vài cách điều chỉnh điện áp ba pha khác :

Người ta có thể điều chỉnh điện áp (điều thế) phía dây quấn cao áp hoặc hạ áp, điều chỉnh có thể nhảy cấp hay liên tục, có thể điều thế dưới tải (dòng điện và điện áp) hoặc điều thế không điện, trường hợp này điều chỉnh lúc ngắt điện cả phía sơ cấp và phía thứ cấp.

Điều chỉnh nhảy cấp bằng cách thay đổi số vòng dây, mức điện áp điều chỉnh nhỏ nhất là điện áp trên một vòng dây. Thường điều chỉnh số vòng dây, giữ từ thông trong lõi thép không đổi. Người ta cũng điều chỉnh bằng cách giữ vòng dây không đổi và thay đổi từ thông trong lõi thép. Trong thực tế, việc thay đổi vòng dây bao giờ cũng kèm theo thay đổi từ thông.

Điều chỉnh liên tục bằng cách thay đổi từ thông móc vòng giữa dây quấn sơ cấp và dây quấn thứ cấp, liên quan đến máy biến áp có phần tĩnh tiến hoặc chuyển động quay. Trường hợp riêng, nối tiếp cuộn kháng bão hoà phía đầu ra

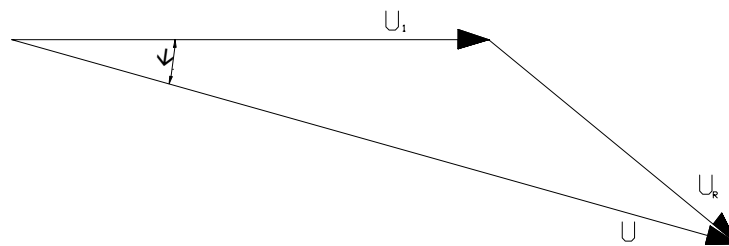
của máy biến áp. Thay đổi điện áp bằng cách thay đổi điện kháng bão hoà (thay đổi kích từ).

Điều chỉnh điện áp nhảy cấp không điện đòi hỏi máy biến áp ngắt điện cả hai phía cao áp và hạ áp. Máy biến áp ba pha còn phải luôn giữ số vòng dây ở các pha bằng nhau. Chuyên mạch phải chắc chắn để dòng điện không phá hỏng mặt tiếp xúc. Cấu tạo phần dây quấn điều chỉnh sao cho ở mọi vị trí của đầu phân áp hai dây quấn đối xứng nhau, để không có từ trường tản không đối xứng, nguyên nhân sinh ra lực điện động lớn ở dây quấn.

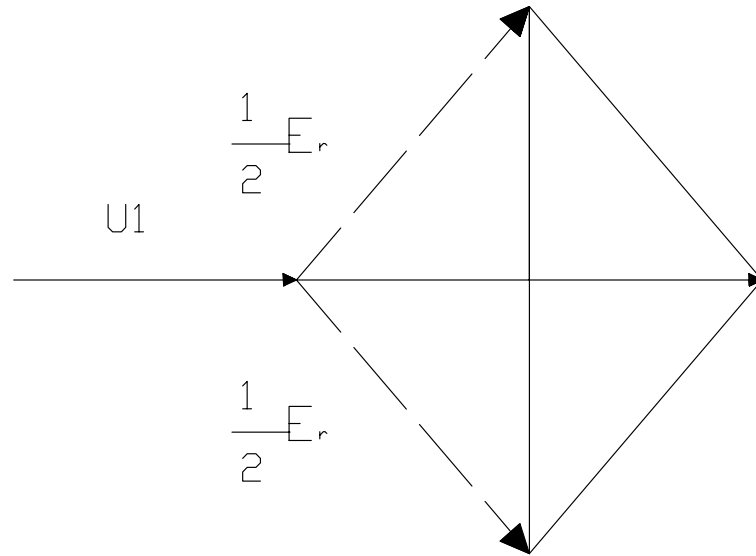
Điều chỉnh liên tục:

Điều chỉnh điện áp liên tục có thể dùng điều chỉnh cảm ứng (hình 17-10 – Sách thiết kế MBA). Bản chất máy điều chỉnh là động cơ không đồng bộ Roto dây quấn, Roto không quay mà được chỉnh quay tới vị trí lệch đi góc α . Dây quấn Roto nối bằng dây cáp ngoài. Nhược điểm là làm lệch góc pha với lưới.

Để khắc phục người ta có thể dùng hai máy cảm ứng, mỗi máy cảm ứng sẽ chịu điện áp bằng một nửa (hình 17-11- Sách thiết kế MBA), tiện lợi là Mômen quay của hai phần cân bằng và lực căng mạch không có tác dụng làm quay Roto vì cũng bị triệt tiêu. Máy được chế tạo hai trục.



H17-10 : NGUYÊN LÝ ĐIỀU CHỈNH LIÊN TỤC NHỜ MÁY ĐIỀU CHỈNH CẢM ỨNG



H17-11 : PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH KÉP

B/- THIẾT KẾ MÁY ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP BA PHA

1/- Các số liệu ban đầu :

$$S_{dm} = 30 \text{ (KVA)} \quad U_1 = 380 \text{ (V)} \quad U_2 = 0 \div 500 \text{ (V)}$$

Cho trước lõi thép Stato và Roto của động cơ không đồng bộ ba pha Roto dây quấn được cải tạo.

Kiểu bảo vệ, cách điện cấp E, làm việc liên tục.

2/- Nội dung phần thuyết minh và tính toán.

Các phương pháp điều chỉnh điện áp ba pha.

Tính điện từ : Dây quấn Stato, Roto, mạch từ tham số ΔU và η . Tính nhiệt ?

3/- Các bản vẽ và đồ thị : 3 bản A0

Đối với Stato đã cho theo số liệu động cơ không đồng bộ Roto dây quấn :

$$D_n = 368 \text{ (mm)}$$

$$D = 230 \text{ (mm)}$$

$$Z_1 = 36 \text{ (rãnh)}$$

$$Z_2 = 48 \text{ (rãnh)}$$

Chiều dài lõi thép Stato = 135 ÷ 140 (mm).

Chiều cao tâm trục = 22.5 (cm).

$$\text{Ta có dòng điện pha định mức : } I_1 = \frac{S_{dm} \times 10^3}{\sqrt{3} \times U_1} = \frac{30 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380} = 45.63 \text{ (A)}.$$

I/- Dây quấn, rãnh Stato và khe hở không khí :

1/- Số rãnh Stato : lấy $q_1 = 3$

$$Z_1 = m \times 2p \times q_1 = 3 \times 4 \times 3 = 36 \text{ (rãnh)}$$

2/- Bước rãnh Stato :

$$t_1 = \frac{\pi \times D}{Z_1} = \frac{3.14 \times 230}{36} = 2.006 \text{ (cm)}$$

3/- Số thanh dẫn tác dụng trong một rãnh :

Chọn số mạch nhánh // $a_1 = 3$.

$$U_{r1} = \frac{A \times t_1 \times a_1}{I_{1dm}} = \frac{510 \times 2.006 \times 4}{45.63} = 67 \text{ (vòng)}.$$

Lấy $U_{r1} = 68$ (vòng).

Chọn theo bảng 10.3 (Sách Thiết kế máy điện), ta có :

$$A = 510 \text{ (A/cm)}, B_\delta = 0.84 \text{ (T)}.$$

4/- Số vòng dây nối tiếp một pha :

$$W_1 = \frac{U_{r1} \times Z_1}{2 a_1 \times m_1} = \frac{36 \times 68}{2 \times 3 \times 3} = 136 \text{ (vòng)}.$$

5/- Kiểu dây quấn :

Chọn dây hai lớp bước ngắn : $y = 5$.

$$\beta = \frac{y}{\tau} = \frac{5}{12} = 0.42$$

6/- Hệ số dây quấn được chọn theo số rãnh của một pha dưới một cực :

$$k_{dq1} = 0.934$$

$$k_{dq2} = 0.945$$

7/- Từ thông khe hở không khí :

$$\phi = \frac{K_E \times U_1}{4 k_s \times f_1 \times W_1 \times k_{d1}} = \frac{0.97 \times 380}{4 \times 1.1 \times 50 \times 136 \times 0.95} = 0.012967 \text{ (Wb)}.$$

8/- Mật độ từ thông trong khe hở không khí :

$$B_\delta = \frac{\phi \times 10^4}{\alpha_\delta \times \tau \times l_1} = \frac{0.0130 \times 10^4}{0.64 \times 18.05 \times 14} = 0.8 \text{ (T)}$$

9/- Chiều rộng răng nơi nhỏ nhất :

$$b_{Z1 \min} = \frac{B_\delta \times t_1 \times l_\delta}{B_{Z \max} \times l_1 \times k_c} = \frac{0.8 \times 2.006 \times 14}{1.8 \times 14 \times 0.95} = 0.938 \text{ (cm)}$$

Trong đó theo bảng 10.5c (Sách Thiết kế máy điện) lấy $B_{Z1 \max} = 1.8$ (T).

Chọn tôn Silic 2312, hệ số ép chặt $k_c = 0.95$.

10/- Chiều rộng rãnh hình chữ nhật : (Sơ bộ)

$$b_{r1} = t_1 - b_{Z1 \min} = 2.006 - 0.938 = 1.068 \text{ (cm)}.$$

11/- Tiết diện dây (Sơ bộ) :

Theo hình 10.4d (Sách thiết kế máy điện) ta có : $AJ = 280 \text{ A}^2/\text{mm}^2$.

$$\text{Tính ra : } J_1 = \frac{AJ}{A} = \frac{280}{510} = 5.49 \text{ (A/ mm}^2\text{)}$$

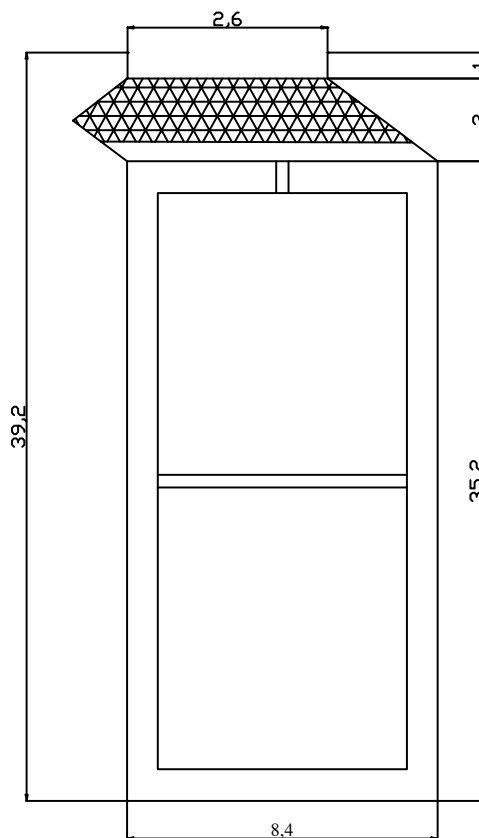
Chọn hai sợi ghép song song $n=2$. Tiết diện mỗi sợi dây.

$$S'_1 = \frac{I_1}{n_1 \times a_1 \times J_1} = \frac{45.63}{2 \times 3 \times 5.49} = 1.385 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Tra phụ lục IV – Sách thiết kế máy điện ta chọn $S_1 = 1.32 \text{ (mm}^2\text{)}$

$$\Rightarrow d/d_{cd} = 1.3/ 1.41 \text{ (mm)}$$

12/- Kích thước rãnh Stator và sự điền đầy rãnh :

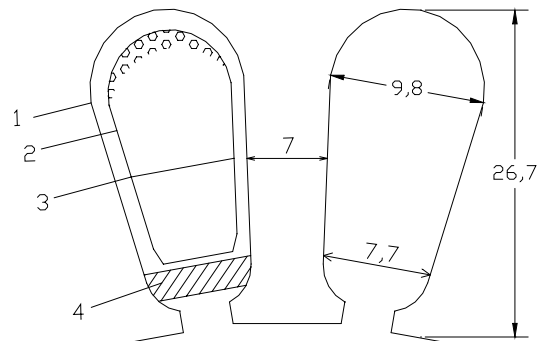


Rãnh stato

Các mục	Kích thước rãnh (mm)	
	Chiều rộng	Chiều cao
- Dây dẫn PETP 115 cỡ $\frac{1.4 \times 3.55}{1.52 \times 2.6} \times 4.755 \text{ (mm}^2\text{)}$ (xem phụ lục VI —2 và VII —b)	$2.6 \times 2 = 5.2$	$1.52 \times 20 = 30.4$
- Cách điện rãnh (phụ lục VIII —5) không kể dung sai.	2.2	4.5
- Kích thước rãnh trừ nêm.	7.4	34.9

13/- Tổng chiều dày cách cách điện rãnh :

$$C = 0.2 + 0.2 = 0.4 \text{ (mm)}$$



Hình 11

14/- Diện tích thực của rãnh trừ nêm :

$$S_2' = 35.2 - 3.3 \times 8.5 = 271.15 \text{ (mm}^2\text{)}$$

15/- Diện tích lớp cách điện :

$$S_{cd} = 8.5 \times 0.5 + 2[(35.2 - 3.3) + 8.5] = 80.05 \text{ (mm}^2\text{)}$$

16/- Diện tích có ích của rãnh :

$$S_2 = S_2' - S_{cd} = 271.15 - 80.05 = 191.11 \text{ (mm}^2\text{)}$$

17/- Hệ số lấp đầy rãnh :

$$k_d = \frac{n \times U_{r1} \times d^2}{S_r} = \frac{2 \times 68 \times 1.41^2}{191.11} = 1$$

18/- Mật độ dòng điện dây quấn Stato :

$$J_1 = \frac{I_1}{n_1 \times a_1 \times S_1} = \frac{45.63}{2 \times 3 \times 1.385} = 5.5 \times 10^6 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

19/- khe hở không khí :

$$\delta = \frac{D}{1200} \left(1 + \frac{9}{2p} \right) = \frac{230}{1200} \left(1 + \frac{9}{4} \right) = 0.479 \text{ (cm)}$$

Lấy $\delta = 0.5 \text{ (cm)}$.

20/- Đường kính ngoài Roto :

$$D' = D - 2\delta = 230 - 2 \times 0.5 = 229 \text{ (cm)}$$

21/- Chiều dài lõi sắt Roto :

$$l_2 = l_1 + 0.5 = 14 + 0.5 = 14.5 \text{ (cm)}$$

22/- Số rãnh Roto bằng 48 rãnh :

$$Z_2 = 2p \times m_2 \times q_2 = 4 \times 3 \times 4 = 48 \text{ (rãnh)}$$

Lấy $q_2 = 4$.

23/- Bước răng Roto :

$$t_2 = \frac{\pi \times 22.9}{48} = 1.5 \text{ (cm)}$$

24/- Điện áp E_2 :

Theo yêu cầu của đồ án thiết kế điện áp ra $U_{20} = 0$ ứng với góc $\alpha = 0$ độ. Chiều theo đồ thị véctor ta có:

$$\dot{U}_{20} = \dot{U}_1 + \sum E = 0$$

$$\Leftrightarrow \dot{U}_1 = -\sum E = -(\dot{E}'_2 + \dot{E}''_2)$$

Do $\dot{U}_1, \dot{E}'_2, \dot{E}''_2$ cùng phương trong đó $q \dot{E}'_2, \dot{E}''_2$ bằng nhau do đó ta có thể viết :

$$\dot{U}_1 = 2 \dot{E}'_2 \Rightarrow 220 = 2 E'_2 \Rightarrow E'_2 = 110 \text{ (V)}$$

Ta có số vòng dây nối tiếp một pha dựa vào sự quan hệ biến áp

$$E_2 = \frac{w_2 \times k_{dq2}}{k_E \times U_1 \times w_1 \times k_{dq1}}$$

$$\Rightarrow W_2 = \frac{E_2 \times w_1 \times k_{dq1}}{k_E \times U_1 \times k_{dq2}} = \frac{110 \times 136 \times 0.934}{0.97 \times 220 \times 0.945} = 69.51 \text{ (vòng)}$$

Lấy $W_2 = 70$ (vòng).

25/- Số thanh dẫn tác dụng của một rãnh :

$$U_{r2} = \frac{w_2 \times a_2}{p \times q_2} = \frac{70 \times 2}{2 \times 4} = 17.5$$

Do dãnh dây quấn hai lớp nên số thanh dẫn tác dụng trong một rãnh phải là số chẵn nên lấy $U_{r2} = 18$.

26/- Dòng điện Stato :

$$I_2 = K_1 \times I_1 \times V_1 = 0.91 \times 45.63 \times 1.93 = 80.13 \text{ (A)}.$$

Trong đó theo hình 10.5c (Sách Thiết kế máy điện) ta có : $K_1 = 0.91$.

$$V_1 = \frac{m_1 \times w_1 \times k_{d1}}{m_2 \times w_2 \times k_{d2}} = \frac{3 \times 136 \times 0.934}{3 \times 70 \times 0.945} = 1.93$$

$$\Rightarrow U_2 = \sqrt{3} \times U_1 \times \frac{W_1}{W_2} = \sqrt{3} \times 380 \times \frac{70}{136} = 338.37 \text{ (V)}$$

27/- Tiết diện thanh dẫn Roto :

$$S_2 = \frac{I_2}{J_2 \times a_2 \times n_2} = \frac{80}{5.7 \times 2 \times 4} = 1.75 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Theo phụ lục IV chọn $S_2 = 1.22$

$$\Rightarrow d / d_{cd} = 1.25 / 1.33$$

28/- Kích thước rãnh Roto :

Sơ bộ lấy chiều rộng rãnh :

$$B_{r2} = 0.4 \times 15 = 6 \text{ (mm)}.$$

Chọn thanh dẫn $a = 36$, $b = 10$ (mm).

Tiết diện dây $S'_2 = 23.45$ (mm²).

29/- Mật độ dòng điện Roto :

$$J_2 = \frac{I_2}{S'_2} = \frac{80}{14.08} = 5.68 \text{ (A/ mm}^2\text{)}$$

30/- Diện tích của rãnh trừ nêm :

$$S'_r = \frac{d_1 + b_1}{2} = \left(h_r - \frac{d_1}{2} - h_n \right) + \frac{3.14 \times \left(\frac{d_1}{2} \right)^2}{2}$$

$$S'_r = \frac{9.8 + 7.7}{2} \times \left(26.7 - \frac{9.8}{2} - 3.3 \right) + \frac{3.14 \times \left(\frac{9.8}{2} \right)^2}{2} = 199.5 \text{ (mm}^2\text{)}$$

31/- Diện tích cách điện rãnh với dây quấn hai lớp :

$$S_{cd} = C \times (2h_1 + \pi r_1) + (2r_1 + b_1)C'$$

$$S_{cd} = 0.54 \times \left[2 \left(26.7 - \frac{9.8}{2} \right) + 3.14 \frac{9.8}{2} \right] + (9.8 + 7.7) = 40.6 \text{ (mm}^2\text{)}$$

32/- Diện tích có ích của rãnh :

$$S_r = S_r' - S_{cd} = 199.5 - 40.6 = 158.9 \text{ (mm}^2\text{)}$$

33/- Hệ số lấp đầy rãnh:

$$k_d = \frac{n_2 \times U_{r2} \times d_{cd}^2}{S_r} = \frac{4 \times 18 \times 1.33^2}{158.9} = 0.6$$

Theo đồ án thiết kế phải tận dụng lõi thép Roto và Stato của máy điện không đồng bộ Roto dây quấn, do đó khi thứ cấp.

34/- Đường kính trong Roto :

$$D_2 = 0.3 D = 0.3 \times 23 = 6.9 \text{ (cm)}.$$

Lấy $D_2 = 7 \text{ (cm)}$.

(Trong gông Roto có một dây lỗ thông gió dọc trục có đường kính lỗ $d_{g2} = 15 \text{ (mm)}$).

II/-Tính toán mạch từ

35/- Mật độ từ thông trên răng Stato :

$$B_{Z1 \max} = \frac{B_\delta \times t_1 \times l_\delta}{b_{Z1 \min} \times l_1 \times k_C} = \frac{0.81 \times 2.006 \times 14}{0.94 \times 14 \times 0.95} = 1.8 \text{ (T)}$$

Trong đó :

$$b_{Z1 \min} = t_1 - b_{r1} = 2.006 - 1.068 = 0.938 \text{ (cm)}.$$

$$b_{Z1 \max} = t_1 \times \left(1 + \frac{2h_{r1}}{D} \right) - b_{r1}$$

$$b_{Z1 \max} = 2.006 \times \left(1 + \frac{2 \times 3.92}{23} \right) - 1.068 = 1.6 \text{ (cm)}$$

$$B_{Z1 \min} = \frac{B_\delta \times t_1 \times l_\delta}{b_{Z1 \max} \times l_1 \times k_C} = \frac{0.8 \times 2.006 \times 14}{1.622 \times 14 \times 0.95} = 1.0 \text{ (T)}$$

$$B_{Z1\text{tb}} = \frac{B_{Z1\text{max}} + B_{Z1\text{min}}}{2} = \frac{1.8 + 1.0}{2} = 1.4 \text{ (T)}$$

36/- Mật độ từ thông trên răng Roto :

$$B_{Z2\text{max}} = \frac{B_{\delta} \times t_2 \times l_{\delta}}{b_{Z2\text{min}} \times l_2 \times k_C} =$$

Trong đó :

$$b_{Z2\text{min}} = \frac{\pi \times (D' - 2h_{r2})}{Z_2} - b_{r2}$$

$$b_{Z2\text{min}} = \frac{3.14 \times (22.9 - 2.67)}{48} - 0.6 = 0.7 \text{ (cm)}$$

$$b_{Z2\text{max}} = \frac{\pi \times (D' - 2 \times (h_{42} + h_n))}{Z_2} - b_{r2} = \frac{3.14 \times (22.9 - 2(0.1 + 0.250))}{48} - 0.6$$

$$b_{Z2\text{max}} = 0.852 \text{ (cm)}$$

$$\text{Vậy : } B_{Z2\text{max}} = \frac{0.8 \times 1.5 \times 14}{0.7 \times 14.5 \times 0.95} = 1.74 \text{ (T)}$$

$$B_{Z2\text{min}} = \frac{B_{\delta} \times t_2 \times l_{\delta}}{b_{Z2\text{max}} \times l_2 \times k_C} = \frac{0.8 \times 1.5 \times 14}{0.852 \times 14.5 \times 0.95} = 1.43 \text{ (T)}$$

$$B_{Z2\text{tb}} = \frac{B_{Z2\text{max}} + B_{Z2\text{min}}}{2} = \frac{1.74 + 1.43}{2} = 1.58 \text{ (T)}$$

37/- Mật độ từ thông trên gông Stato :

$$B_{g1} = \frac{\phi \times 10^4}{2h'_{g1} \times l_1 \times k_C} = \frac{0.01296 \times 10^4}{2 \times 2.98 \times 14 \times 0.95} = 1.63 \text{ (T)}$$

Trong đó :

$$h'_{g1} = \frac{D_n - D}{2} - h_{r1} - \frac{2}{3} d_{g1} \times m_{g1}$$

$$h'_{g1} = \frac{36.8 - 23}{2} - 3.92 = 2.98 \text{ (cm)}$$

38/- Mật độ từ thông gông Roto :

$$B_{g2} = \frac{\phi \times 10^4}{2 \times h'_{g2} \times l_2 \times k_c} = \frac{0.1296 \times 10^4}{2 \times 5.44 \times 14.5 \times 0.95} = 0.86 \text{ (T)}$$

Trong đó :

$$h'_{g2} = \frac{D' - D}{2} - h_{r2} + \frac{1}{6} d_2 = \frac{22.9 - 7}{2} - 2.67 + \frac{1}{6} \times 0.98 = 5.44 \text{ (cm)}$$

39/- Sức từ động khe hở không khí :

$$F_{\delta} = 1.6 B_{\delta} \times K_{\delta} \times \delta = 1.6 \times 0.81 \times 1.326 \times 0.05 = 859 \text{ (A)}.$$

Trong đó : $K_{\delta} = K_{\delta 1} \times K_{\delta 2} = 1.02 \times 1.3 = 1.326$

$$K_{\delta 1} = \frac{t_1}{t_1 - \gamma_1 \times \delta} = \frac{20.06}{20.06 - 0.5 \times 9.52} = 1.3$$

$$\gamma_1 = \left(\frac{b_{41}}{\delta}\right)^2 = \frac{(5/0.5)^2}{\delta + (3/0.5)} = 9.52$$

$$K_{\delta 2} = \frac{15}{15 - 1.125 \times 0.5} = 1.038$$

$$\gamma_2 = \frac{(3.7/0.5)^2}{\delta + (3.7/0.5)} = \frac{(3.7/0.5)^2}{5 + (3.7/0.5)} = 0.6$$

40/- Sức từ động trên răng Stato :

$$F_{Z1} = 2h_{Z1} \times H_{Z1}$$

Trong đó :

$$H_{Z1} = \frac{1}{6} (H_{Z1 \max} + H_{Z1 \min} + 4H_{Z1tb})$$

Với $B_{Z1 \max} = 1.8 \text{ (T)}$, $B_{Z1tb} = 1.4 \text{ (T)}$, $B_{Z1 \min} = 1 \text{ (T)}$

Theo phụ lục V.6 (Sách thiết kế Máy Điện) Ta có :

$$H_{Z1 \max} = 27 \text{ (A/cm)} ; \quad H_{Z1tb} = 8.97 \text{ (A/cm)} ; \quad H_{Z1 \min} = 4.03 \text{ (T)}$$

$$\Rightarrow H_{Z1} = \frac{1}{6} (27 + 4.03 + 4 \times 8.97) = 11.15 \text{ (A/cm)}$$

$$\Rightarrow F_{Z1} = 2 \times 3.92 \times 11.15 = 87.4 \text{ (A)}$$

41/- Sức từ động trên răng Roto :

$$F_{Z2} = 2h_{Z2} \times H_{Z2}$$

Trong đó :

$$H_{Z2} = \frac{1}{6} (H_{Z2 \max} + H_{Z2 \min} + 4H_{Z2tb})$$

Với: $B_{Z2 \max} = 1.74 \text{ (T)}$; $B_{Z2tb} = 1.58 \text{ (T)}$; $B_{Z2 \min} = 1.43 \text{ (T)}$

Theo phụ lục ta có :

$$H_{Z2 \max} = 21.4 \text{ (T)} ; \quad H_{Z2tb} = 13.7 \text{ (T)} ; \quad H_{Z2 \min} = 9.55 \text{ (T)}$$

$$H_{Z2} = \frac{1}{6} (21.4 + 9.55 + 4 \times 13.7) = 14.29 \text{ (A/cm)}$$

$$F_{Z2} = 2 \times 2.67 \times 14.29 = 76.3 \text{ (A)}$$

42/- Hệ số bão hoà răng :

$$k_Z = \frac{F_{\delta} + F_{Z1} + F_{Z2}}{F_{\delta}} = \frac{859 + 87.4 + 76.3}{859} = 1.2$$

43/- Sức từ động trên gông Stato :

$$F_{g1} = L_{g1} \times H_{g1}$$

Trong đó :

$$L_{g1} = \frac{\pi \times (D_n - h_{g1})}{2p} = \frac{3.14 \times (36.8 - 2.98)}{4} = 8.46 \text{ (cm)}$$

Theo phụ lục V.9 (Sách thiết kế máy điện)

Với $B_{g1} = 1.63 \text{ (T)}$ ta có $H_{g1} = 15.9 \text{ (A/cm)}$

Với $B_{g2} = 0.86 \text{ (T)}$ ta có $H_{g2} = 2.16 \text{ (A/cm)}$

$$F_{g1} = 8.46 \times 15.9 = 134.5 \text{ (A)}$$

44/- Sức từ động gông Roto :

$$F_{g2} = L_{g2} \times H_{g2}$$

Trong đó :

$$L_{g2} = \frac{\pi \times (D_2 + h_{g2})}{2p} = \frac{3.14 \times (7 + 5.44)}{4} = 9.76 \text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow F_{g2} = 9.76 \times 5.44 = 21 \text{ (A)}$$

45/- Tổng sức từ động toàn mạch :

$$F = F_{\delta} + F_{Z1} + F_{Z2} + F_{g1} + F_{g2}$$

$$F = 859 + 87.4 + 76.3 + 134.5 + 21 = 1178.2 \text{ (A)}$$

46/- Hệ số bão hoà toàn mạch :

$$K_{\mu} = \frac{F}{F_{\delta}} = \frac{1178.2}{859} = 1.37$$

47/- Dòng điện từ hoá :

$$I_{\mu} = \frac{p \times F}{0.9 \times m_1 \times w_1 \times k_{d1}} = \frac{2 \times 1178.2}{0.9 \times 3 \times 136 \times 0.934} = 6.9 \text{ (A)}$$

$$I_{\mu}^* = \frac{I_{\mu}}{I_1} = \frac{6.9}{45.63} = 0.15$$

III/- Tính toán tham số :

48/- Chiều dài trung bình nửa vòng dây quấn Stato :

$$l_{tb1} = l_1 + l_{d1}$$

Trong đó : $l_{d1} = A + 1.57H + 2M + N$

$$A = \frac{\tau_y - R - 0.5H}{\sqrt{1 - (f_{c1}/t_{c1})^2}} = \frac{26.8 - 1.2 - 0.5 \times 1.52}{\sqrt{1 - 0.49^2}} = 28.5$$

Theo 3.31 (Sách thiết kế Máy Điện) :

$$\tau_y = \frac{\pi \times (D + 2H + a_3) \times \beta}{2p} = \frac{3.14 \times (36.8 + 2 \times 1.52 + 1.2) \times 0.833}{4}$$

$$\tau_y = 26.8$$

Theo 3.31 (Sách thiết kế Máy Điện) :

$$f_{C1} = B_C + C_{C1} = B_C + (x_1 + x_2)$$

Trong đó :

$$x_1 = 0; \quad x_2 = 0.3 \text{ (cm)}$$

$$f_{C1} = 0.734 + 0.3 = 1.034 \text{ (cm)}$$

Trong đó : $a_2 = a_3 - 2h_2 = 1.2 - (2 \times 0.2) = 0.8 \text{ (cm)}$

$$\frac{f_{c1}}{t_{c1}} = 0.49$$

Theo bảng 3.7 và 3.8 (Sách thiết kế Máy Điện):

$$R = 1.2 \text{ (cm)}, \quad H = 2.5 \text{ (cm)}, \quad \text{lấy } N = 6.$$

$$\Rightarrow l_{d1} = 28.5 + (1.57 \times 1.52) + (2 \times 2.5) + 6 = 41.8 \text{ (cm)}$$

$$l_{tb1} = 14 + 41.88 = 55.8 \text{ (cm)}$$

49/- Chiều dài dây quấn một pha của Stato :

$$L_1 = 2l_{tb} \times w_1 \times 10^{-2} = 2 \times 55.88 \times 136 \times 10^{-2} = 152 \text{ (m)}$$

50/- Chiều dài theo chiều trục của dây quấn Stato :

$$f_1 = 0.5 \times A \frac{f_c}{t_c} + M + N = 0.5 \times 28.5 \times 0.49 + 2.5 + 6$$

$$f_1 = 15.48 \text{ (cm)}.$$

51/- Điện trở Stato :

$$r_1 = \rho_{115} \times \frac{L_1}{S_1 \times c_1} = \frac{1}{41} \times \frac{152}{9.51 \times 3} = 0.13 \text{ (\Omega)}$$

$$r_1^* = r_1 \times \frac{I_1}{U_1} = 0.13 \times \frac{45.63}{380} = 0.0156$$

52/- Chiều dài trung bình nửa vòng dây Roto:

$$l_{2tb} = l_2 + l_{d2} = 14.5 + 38.39 = 52.89 \text{ (cm)}$$

Trong đó :

$$l_{d2} = A + (10 \div 15) = 28.39 + 10 = 38.39 \text{ (cm)}$$

$$A = \frac{\tau_y}{\sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{t_c}\right)^2}} = \frac{15.9}{\sqrt{1 - 0.84^2}} = 28.39 \text{ (cm)}$$

$$\tau_y = \frac{\pi \times (D' - 2h_{r2})}{2p} = \frac{3.14 \times (22.9 - 2.6)}{4} = 15.9 \text{ (cm)}$$

$$t_c = \frac{\pi \times (D' - 2h_{r2})}{Z_2} = 11.9 \text{ (cm)}$$

$$\frac{f_c}{t_c} = \frac{10}{11.9} = 0.84$$

53/- Điện trở Roto :

$$r_2 = \rho_{115} = \frac{L_2}{S_2 \times a_2} = \frac{1}{41} \times \frac{33.85}{31.77} = 0.032 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Trong đó :

$$L_2 = 2 \times l_{2tb} \times w_2 \times 10^{-2} = 2 \times 52.89 \times 40 \times 10^{-2} = 42.31 \text{ (m)}$$

54/- Điện trở Roto đã quy đổi :

$$r_2' = \gamma \times r_2 = 17.76 \times 0.032 = 0.56 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Trong đó hệ số quy đổi :

$$\gamma = \frac{m_1 \times (w_1 \times k_{d1})^2}{m_2 \times (w_2 \times k_{d2})^2} = \frac{3 \times (136 \times 0.947)^2}{3 \times (32 \times 0.955)^2} = 17.76$$

$$r_2'^* = r_2' \times \frac{I_1}{U_1} = 0.56 \times \frac{45.63}{380} = 0.67$$

55/- Từ tản rãnh Stato :

$$\lambda_{r1} = \frac{h_1 - h_5}{3b_r} \times k_\beta + \left(\frac{h_2}{h_2} + \frac{3h_3}{b_r + 2b_4} + \frac{h_4}{b_4} \right) \times k'_\beta + \frac{h_5}{4b_r}$$

Trong đó theo phụ lục VIII.5 (Sách thiết kế Máy Điện) về cách điện rãnh :

$$h_5 = 1 + \frac{0.6 + 0.2}{2} = 1.4 \text{ (mm)}$$

$$h_1 = 3 \text{ (mm)}$$

$$h_2 = 0.5 + \frac{0.2 + 0.6}{4} = 0.7 \text{ (mm)}$$

$$h_1 = 35.2 - (2 \times 0.4) = 33.8 \text{ (mm)}$$

$$h_{41} = 1 \text{ (m)}$$

$$b_{41} = 5 \text{ (mm)}$$

$$k'_\beta = \frac{1 + 3\beta}{4} = \frac{1 + 3 \times 0.833}{4} = 0.875$$

$$k_{\beta} = \frac{1}{4} \times (1 + 3k'_{\beta}) = \frac{1}{4} \times (1 + 3 \times 0.875)$$

$$k_{\beta} = \frac{1}{4} \times (1 + 3k'_{\beta}) = \frac{1}{4} \times (1 + 3 \times 0.875) = 0.906$$

$$\Rightarrow \lambda_{r1} = \frac{33.8 - 1.4}{3 \times 10.68} \times 0.906 + \left(\frac{0.7}{10.68} + \frac{3 \times 3}{10.68 + 2 \times 3} + \frac{1}{5} \right) \times 0.875$$

$$\lambda_{r1} = 1.6$$

56/- Từ tản phân đầu nối Stato :

$$\lambda_{d1} = 0.34 \times \frac{q_1}{l_1} \times (l_d - 0.64 \times \beta \times \tau)$$

$$\lambda_{d1} = 0.34 \times \frac{3}{14} \times (55.88 - 0.64 \times 0.833 \times 18.05) = 3.37$$

57/- Từ tản tập Stato :

$$\lambda_{d1} = \frac{0.9 t_1 (q_1 \times k_{d1})^2 \varphi_1 \times k_{t1}}{\delta \times k_{\delta}} \times \sigma_{t1}$$

Trong đó :

$$k_{t1} = 1 - 0.033 \times \frac{b_{41}^2}{t_1 \times \delta} = 1 - 0.033 \times \frac{5^2}{20.06 \times 0.5} = 0.918$$

$$\lambda_{d1} = \frac{0.9 \times 20.06 \times (3 \times 0.947)^2 \times 1 \times 0.918}{0.5 \times 1.48} = 1.12$$

58/- Điện kháng Stato :

$$x_1 = 0.158 \times \frac{f_1}{100} \times \left(\frac{w_1}{100} \right)^2 \times \frac{l_1}{p \times q} \times \Sigma \lambda_1$$

$$x_1 = 0.158 \times \frac{50}{100} \times \left(\frac{136}{100} \right)^2 \times \frac{14}{3 \times 2} \times \frac{6.08}{3.37 + 1.59 + 1.12} = 1.2$$

$$x'_1 = x_1 \times \frac{I_1}{U_1} = 1.2 \times \frac{45.63}{380} = 0.144$$

59/- Từ tản rãnh Roto :

$$\lambda_{r2} = \frac{h_1 - h_5}{3b_r} \times k_\beta \times \left(\frac{h_2}{b_r} + \frac{3h_3}{b_r + 2b_4} + \frac{h_3}{b_4} \right) \times k'_\beta + \frac{h_5}{4b_r}.$$

Trong đó :

$$h_5 = 0.5 + \frac{2.2}{2} = 0.6 \text{ (mm)}$$

Theo cách điện ở phụ lục VIII.10 (Sách thiết kế Máy Điện)

$$h_2 = 0.5 + \frac{2.2}{4} + 0.15 = 1.2 \text{ (mm)}$$

$$h_3 = 2.5 \text{ (mm)}$$

$$h_1 = 37.9 - 2 \times 1.2 = 35.5 \text{ (mm)}$$

$$h_4 = 1 \text{ (mm)}$$

$$b_4 = 1.5 \text{ (mm)}$$

$$b_r = 6 \text{ (mm)}$$

$$\Rightarrow \lambda_{r2} = \frac{35.5 - 1.6}{3 \times 6} + \frac{1.2}{6} + \frac{3 \times 2.5}{6 + 2 \times 1.5} + \frac{1}{1.5}$$

$$\lambda_{r2} = 1.88 + 0.2 + 0.83 + 0.67 = 3.58$$

60/- Từ tản đầu nối Roto :

$$\lambda_{d2} = 0.34 \times \frac{q_2}{l_2} \times (l_d - 0.64 \times \beta \times \tau)$$

$$\lambda_{d2} = 0.34 \times \frac{4}{14.5} \times (35.5 - 0.64 \times 18.05)$$

$$\lambda_{d2} = 2.246$$

61/- Từ tản tạp Roto :

$$\lambda_{t2} = \frac{0.9 \times t_2 \times (q_2 \times k_{d2})^2 \times \rho \times k_{t2}}{\delta \times k_{\delta}} \times \sigma_{12}$$

Trong đó :

$$k_{t2} = 1 - 0.033 \times \frac{b_{42}^2}{t_2 \times 6} = 1 - 0.033 \times \frac{1.5^2}{1 \times 0.5} \approx 1$$

$$\lambda_{t2} = \frac{0.9 \times 15 \times (4 \times 0.955)^2 \times 1 \times 1}{0.5 \times 1.48} \times 0.0076 = 2.02$$

62/- Điện kháng tản Roto :

$$x_2 = 0.158 \times \frac{f_1}{100} \times \left(\frac{w_2}{100}\right)^2 \times \frac{l_2}{p_2 \times q_2} \times \Sigma \lambda_2$$

$$x_2 = 0.158 \times \frac{50}{100} \times \left(\frac{40}{100}\right)^2 \times \frac{14.5}{2 \times 4} \times \frac{7.8}{3.58 + 2.246 + 2.02}$$

$$x_2 = 0.17 (\Omega)$$

63/- Điện kháng tản Roto đã thay đổi :

$$x'_2 = \gamma \times x_2 = 8.24 \times 0.179 = 1.47$$

$$x'^*_2 = x'_2 \times \frac{I_1}{U_1} = 1.47 \times \frac{45.63}{380} = 0.176$$

64/- Điện kháng từ hoá :

$$x_{12} = \frac{U_1}{I_1} - x_1 = \frac{380}{45.63} - 2.07 \approx 44.27$$

$$x^*_{12} = x_{12} \times \frac{I_1}{U_1} = 44.27 \times \frac{45.63}{380} = 5.3$$

65/- Điện trở từ hoá :

$$\lambda_{12} = \frac{P_{Fe}}{m \times I_{\mu}^2} = \frac{337.5}{3 \times 8.2^2} = 1.67 (\Omega)$$

$$\lambda_{12}^* = \lambda_{12} \times \frac{I_1}{U_1} = 1.67 \times \frac{45.63}{380} = 0.2$$

IV/- Tính toán tổn hao :

66/- Tổn hao sắt chính :

$$P_{Fe} = P_{1/50} \times \left(\frac{f}{50}\right)^2 \times (k_g \times B_{g1}^2 \times G_{g1} + k_Z \times B_{Z1}^2 \times G_{Z1}) \times 10^{-3}$$

Trong đó :

$$P_{1/50} = 1.75 \text{ (w/kg)}, \quad \beta = 1.4, \quad k_g = 1.6, \quad k_Z = 1.8.$$

$$G_{g1} = \pi \times (D_n - h_{g1}) \times h_{g1} \times l_1 \times k_C \times \gamma_{fe} \times 10^{-3}$$

$$G_{g1} = \pi \times (36.8 - 2.98) \times 2.98 \times 14 \times 0.95 \times 7.8 \times 10^{-3}$$

$$G_{g1} = 32.83$$

$$G_{Z1} = h_{Z1} \times b_{Z1tb} \times Z_1 \times l_1 \times k_C \times \gamma_{Fe} \times 10^{-3}$$

Trong đó :

$$B_{Z1tb} = \frac{b_{Z1min} + b_{Z1max}}{2} = \frac{0.938 + 1.068}{2} = 1.003 \text{ (cm)}$$

$$G_{Z1} = 3.92 \times 1.003 \times 36 \times 14 \times 0.95 \times 7.8 \times 10^{-3} = 14.68 \text{ (kg)}$$

$$P_{Fe} = 1.75 \times \left(\frac{50}{50}\right)^{1.4} \times (1.6 \times 1.63^2 \times 32.83 + 1.8 \times 1.42^2 \times 14.68) \times 10^{-3}$$

$$P_{Fe} = 337.5 \text{ (W)}$$

67/- Tổn hao phụ :

$$P_f = 0.5\% \times P_1 = 0.5\% \times 27000 = 0.135 \text{ (kW)}$$

Trong đó $P_1 = s_1 \cos \varphi_1 = 30000 \times 0.9 = 27000$ (kW).

68/- Tổn hao đồng trong dây quấn sơ cấp :

$$P_{Cu1} = m_1 \times I_1^2 \times r_1 \times 10^{-3} = 3 \times 45.63^2 \times 0.13 \times 10^{-3} = 0.812 \text{ (kW)}$$

69/- Tổn hao đồng trong dây quấn thứ cấp :

$$P_{Cu2} = m_2 \times I_2^2 \times r_2 \times 10^{-3} = 3 \times 80^2 \times 0.032 \times 10^{-3} = 0.614 \text{ (kW)}$$

70/- Tổn hao của máy :

$$\Sigma P = P_{Fe} + P_{Cu1} + P_{Cu2} + P_f = 0.337 + 0.812 + 0.614 + 0.135 = 1.9 \text{ (kW)}$$

71/- Hiệu suất của máy :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\Sigma P}{P_1} = 1 - \frac{1.9}{27000} = 0.93$$

VI/-Tính toán tham số ΔU :

1/-Máy điều chỉnh cảm ứng kép:

Máy điều chỉnh cảm ứng kép là một loại máy biến điện áp dựa trên nguyên lý làm việc của máy điện không đồng bộ ba pha Roto dây quấn với Roto đứng yên.

Kết cấu của máy điều chỉnh cảm ứng giống như máy điện không đồng bộ Roto, dây quấn chỉ khác là dây quấn Stato và Roto ngoài sự liên hệ về từ còn có sự liên hệ về điện trong biến áp tự ngẫu hai dây quấn. Máy điều chỉnh cảm ứng có hai loại:

Loại đơn và loại kép. Ở đây ta xét về máy điều chỉnh cảm ứng kép.

Sơ đồ nguyên lý và đồ thị vectơ của máy điều chỉnh cảm ứng kép (hình 20-6: Sách Máy Điện I).

Máy này gồm hai máy điều chỉnh cảm ứng đơn 1 và 2 ghép lại và Roto của hai máy được nối chặt với nhau về cơ khí.

Theo hình vẽ 20-6 (Sách Máy Điện I) ta thấy ở máy 2 thứ tự pha ngược với máy 1 nên giữa hai máy từ trường quay ngược chiều nhau. Do đó góc pha giữa E_2 và E_1 trong hai máy bao giờ cũng ngược chiều nhau bất kể Roto quay theo chiều nào.

Theo đồ thị véctơ hình (20-6b - Sách Máy Điện I):

Ta có điện áp đầu ra bằng :

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 + \dot{E}_2 + \dot{E}_2 = \dot{U}_1 \times [1 - \frac{1}{k_{12}}(e^{j\alpha} + e^{-j\alpha})]$$

Khi $\alpha = 0$ ta có :

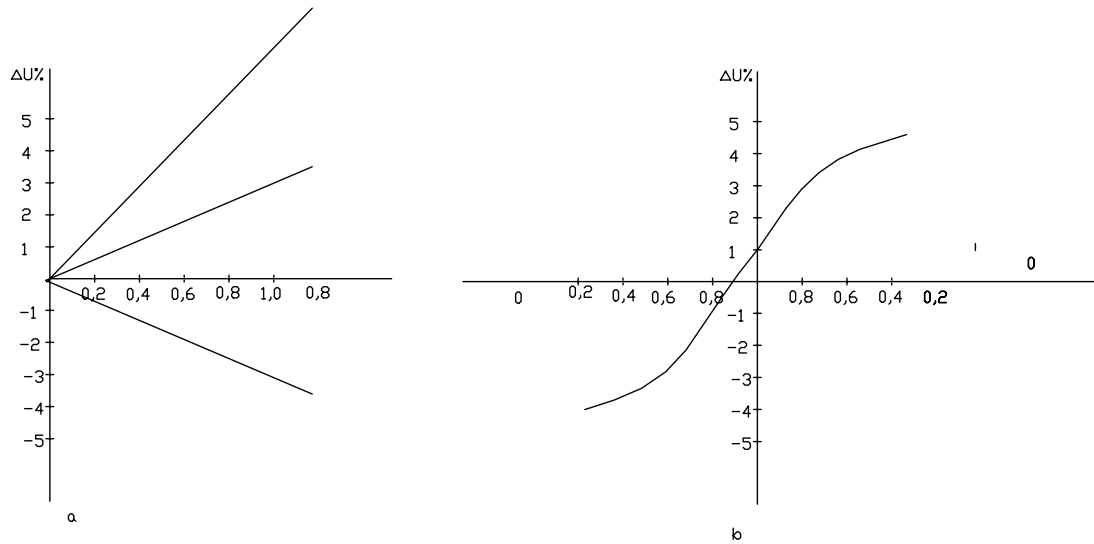
$$U_{2\min} = U_1 \times (1 - \frac{2}{k_{12}}) = 380 \times (1 - \frac{2}{3.35}) = 153.14 \text{ (V)}$$

Khi $\alpha = 180^\circ$ ta có :

$$U_{2\max} = U_1 \times (1 + \frac{2}{k_{12}}) = 380 \times (1 + \frac{2}{3.35}) = 606 \text{ (V)}$$

Công suất chuyển đổi trong máy điều chỉnh cảm ứng giống như ở biến áp tự ngẫu. Máy điều chỉnh cảm ứng không có chổi than nên công suất máy có thể lớn, làm việc chắc chắn, điều chỉnh được điện áp bằng phẳng và có thể điều chỉnh được lúc có tải.

Góc pha U_2 luôn luôn trùng với U_1 , còn Mômen điện từ sinh ra ở hai máy điều chỉnh cảm ứng đơn bằng nhau và ngược chiều nhau nên trên trục máy không chịu Mômen nào cả.



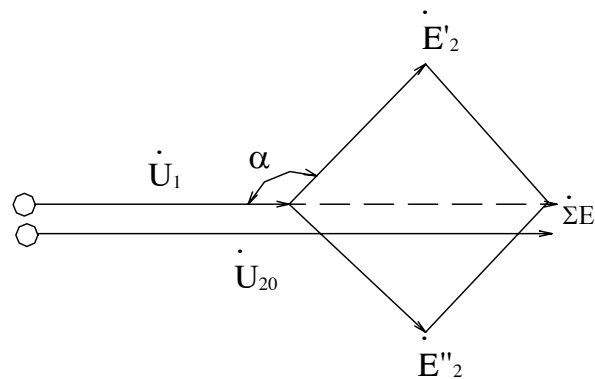
h4-3

a . Quan hệ $\Delta U = f(\beta)$ khi $\cos\varphi_2 = C^{te}$

b . Quan hệ $\Delta U = f(\cos\varphi_2)$ khi $\beta = C^{te}$

2/- Tính điện áp rơi ΔU :

72/- Sự thay đổi điện áp ra không tải U_{20} theo góc quay α của sơ cấp.



Phương trình U_{20} theo sơ đồ trên :

$$\dot{U}_{20} = \dot{U}_1 + \dot{E}'_2 + \dot{E}''_2$$

Giả sử góc quay $\alpha = 20^\circ$

$$\dot{U}_{20} = 220\angle 0^\circ + 110\angle 160^\circ + 110\angle 160^\circ$$

$$\dot{U}_{20} = 220 - 206.7 = 13.3\angle 0^\circ$$

Bằng cách tính tương tự ta thiết lập được bảng sau :

α	0	20	40	60	80	100	120
U_{20f}	0	13.3	51.5	110	181.8	258	330

Bảng đó cho thấy rằng khi góc quay lớn lên thì điện áp đã tăng dần theo.

73/- Do dải điện áp rộng nên trong quá trình khảo sát sự thay đổi ΔU ta chỉ cần khảo sát tại một vài giá trị điện áp hay sử dụng tới trong trường hợp non tải và định mức.

* Tại giá trị : $U_{20} = 380$ (V), $\beta = 1$ (hệ số tải), $\text{tg}\varphi_2 = 0.78$

Theo phương trình :

$$\dot{U}_{20} = \dot{U}_1 + \dot{E}'_2 + \dot{E}''_2$$

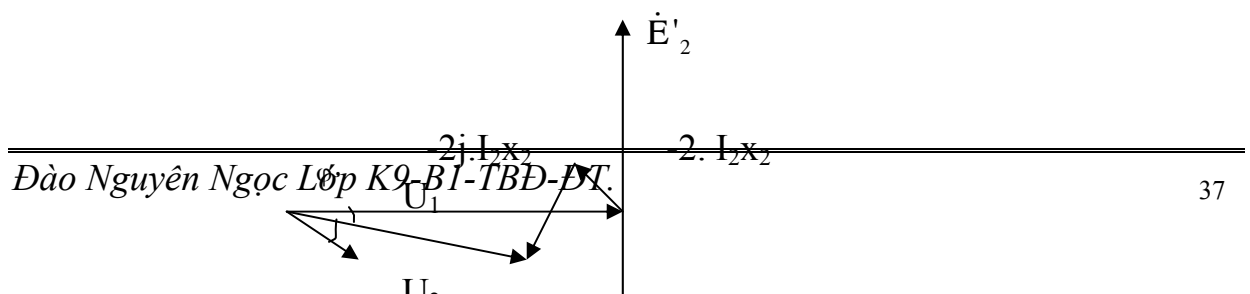
Hoặc có thể viết đơn giản :

$$\dot{U}_{20} - U_1 = 2E_2 \cos(180^\circ - \alpha)$$

$$220 - 220 = 2 \times 110 \times \cos(180^\circ - \alpha) \Rightarrow \alpha = 90^\circ$$

$$U_{20f} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ (V)}$$

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2dm}} = 1 \Rightarrow I_2 = I_{2dm} = 23.1 \text{ (A)}$$



Theo đồ thị vectơ trên có phương trình điện áp tải.

$$\dot{U}_{2f} = \dot{U}_1 + \dot{E}'_2 + \dot{E}''_2 - 2i(r_1 + jx_2)$$

$$\dot{U}_{sf} = 220\angle 0^\circ + 110\angle 90^\circ + 110\angle -90^\circ + 2 \times 23.1\angle -36.8(0.12 + j0.14)$$

$$\dot{U}_{sf} = 211\angle -0.5^\circ$$

$$\Delta U = U_{20} - U_{2f} = 220 - 211 = 9 \text{ (V)}$$

bằng cách tính tương tự với các giá trị β khác nhau và góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp tải thay đổi ta có bảng sau :

$\beta \backslash \text{tg}\varphi_2$	0.2	0.4	0.6	0.8	1
-0.75	0.09	0.18	0.25	0.32	0.41
0	1.19	2.2	3.3	4.4	5.5
0.75	1.7	3.39	5	6.6	8.29

Cách tra bảng :

Đóng β theo chiều dọc, $\text{tg}\varphi_2$ theo chiều ngang gặp tại ô chứa giá trị ΔU .

Từ bảng giá trị ΔU ta vẽ được đặc tính ΔU .

* Tại các giá trị : $U_{20} = 500 \text{ (V)} \Rightarrow U_{20f} = 289 \text{ (V)}$

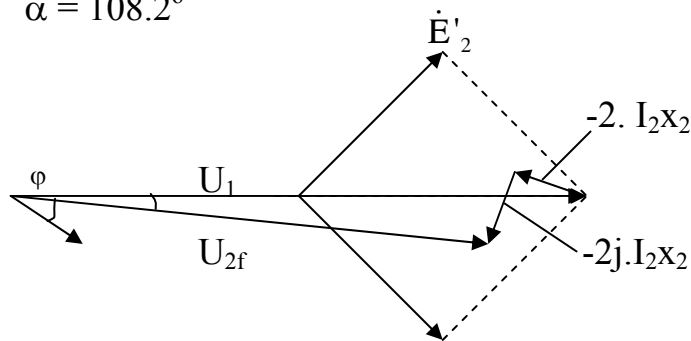
Xét ở $\text{tg}\varphi_2 = 0.75$ tải cảm $\beta = 1$

Từ công thức :

$$U_{20f} - U_1 = 2 E \cos(180^\circ - \alpha)$$

$$289 - 220 = 2 \times 110 \cos(180^\circ - \alpha)$$

$$\alpha = 108.2^\circ$$



Theo sơ đồ trên ta có thể suy ra phương trình điện áp tải.

$$\dot{U}_{2f} = \dot{U}_1 + \dot{E}'_2 + \dot{E}''_2 - 2\dot{I}_2(r_1 + jx_2)$$

$$\dot{U}_{2f} = 220 \angle 0^\circ + 110 \angle 71.7^\circ + 110 \angle -71.7^\circ - 2 \times 23.1 \angle -36.8^\circ (0.12 + j 0.14)$$

$$\dot{U}_{2f} = 284.5 - j 5.1 = 284 \angle -1^\circ$$

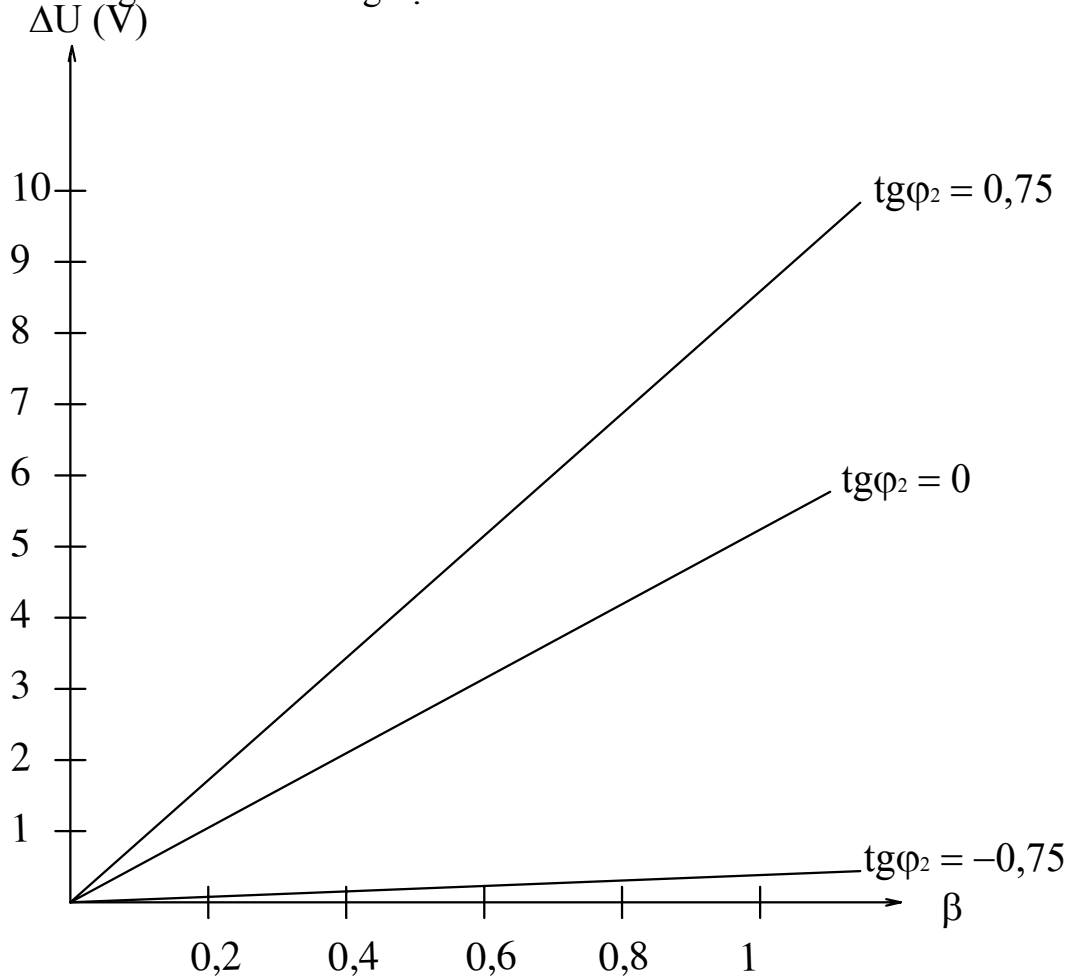
$$\Delta U = U_{20} - U_{2f} = 289 - 284 = 5 \text{ (V)}$$

Bằng cách tính tương tự nhưng với β và $\text{tg}\varphi_2$ thay đổi ta lập được bảng tra ΔU .

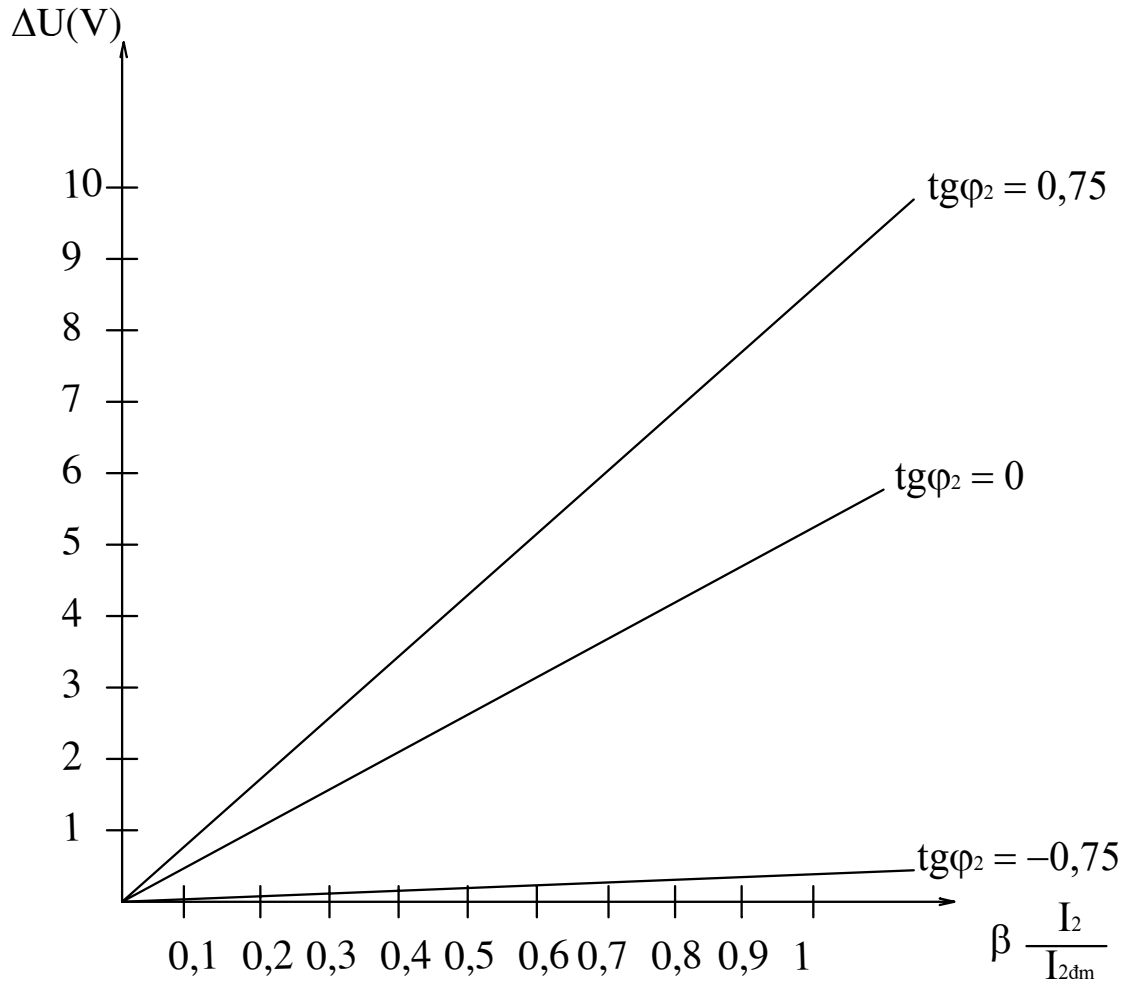
$\text{tg}\varphi_2 \backslash \beta$	0.2	0.4	0.6	0.8	1
- 0.75	0.16	0.22	0.28	0.36	0.42
0	1.0	2.1	3.2	4.3	5.4

0.75	2.4	4	5.6	7.2	8.8
------	-----	---	-----	-----	-----

Dựa vào bảng ta vẽ các đường đặc tính ΔU .



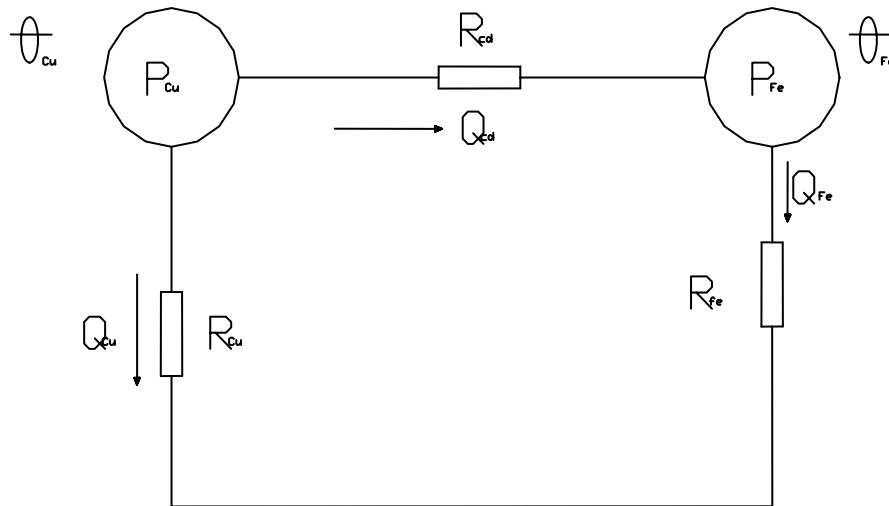
Đường đặc tính trong trường hợp $U_{20} = 380\text{V}$



Đường đặc tính trong trường hợp $U_{20} = 500V$

VII/-Tính toán nhiệt :

Động cơ điện không đồng bộ kiểu bảo vệ IP23 được tính toán nhiệt theo sơ đồ thay thế nhiệt ở hình 86 (Sách thiết kế Máy Điện). Máy có gió thổi trực tiếp trên bề mặt lõi sắt và phần đầu nối của dây quấn.



H8-6 : SƠ ĐỒ THAY THẾ NHIỆT CỦA STATO MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU KIỂU BẢO VỆ IP23

Máy có hai nguồn nhiệt là tổn hao trong đồng của dây quấn và tổn hao sắt của lõi sắt Stato :

$$Q_{Cu} = P_{Cu}$$

$$Q_{Fe} = P_{Fe}$$

Để đơn giản hoá, coi dây quấn và lõi sắt là những khối đồng nhất thì dòng nhiệt của dây quấn đi ra môi trường xung quanh theo hai đường :

- Qua cách điện rãnh vào lõi sắt rồi tản ra bề mặt lõi sắt R_{Fe}.
- Từ đầu nối dây quấn với nhiệt trở bề mặt phần đầu nối R_{Cu} vào môi trường.

74/- Tổn hao đồng trên Stato :

$$Q_{Cu1} = P_{Cu1} + 0.5 P_f = 0.812 + 0.5 \times 0.135 = 0.88 \text{ (kW)}$$

75/- Tổn hao sắt trên Stato :

$$Q_{Fe} = P_{Fe} = 0.337 \text{ (kW)}$$

76/- Tổng hao trên Roto :

$$Q_R = P_{Cu2} + 0.5P_f = 0.614 + 0.5 \times 0.135 = 0.681 \text{ (kW)}$$

70/- Nhiệt trở trên mặt lõi sắt Stato :

$$R_{Fe} = R_{Feg} + R_{\delta} = \frac{1}{S_{D1}} \times \left(\frac{1}{\alpha_g} + \frac{1}{\alpha_{\delta g}} \right)$$

Trong đó:

$$S_{Dn} = \pi \times D_n \times l = \pi \times 36.8 \times 14 = 1617.7 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\alpha_g = \frac{\lambda_{Fe}}{h_{g1}} = \frac{30 \times 10^{-2}}{2.98} = 0.1 \text{ (W/cm}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$\alpha_{\delta g} = 0.09 \text{ (W/cm}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$R_{Fe} = \frac{1}{1617.7} \times \left(\frac{1}{0.1} + \frac{1}{0.09} \right) = 2.93 \times 10^{-5} \text{ (°C/W)}$$

77/- Nhiệt trở phần đầu nối dây quấn Stato :

$$R_d = \frac{\delta_c}{\lambda_c \times S_d} + \frac{1}{\lambda_d \times S_d}$$

Trong đó : $\delta_c = 0.02 \text{ (cm)}$ (Cách điện đầu nối bằng băng vải)

$\lambda_c = 0.16 \times 10^{-2} \text{ (W/°C)}$ đối với cách điện cấp B, F (Tra bảng 8.1- Sách thiết kế Máy Điện)

$$\begin{aligned} \lambda_d &= (1 + 0.54 V_R^2) \times 10^{-3} = (1 + 0.54 \times 18.055^2) \times 10^{-3} \\ &= 0.177 \text{ (W/cm}^2 \cdot \text{°C)} \end{aligned}$$

$$V_R = \frac{\pi \times D \times n}{6000} = \frac{\pi \times 23 \times 1500}{6000} = 18.055 \text{ (m/s)}$$

$$S_d = 2Z_1 \times C_b \times I_d = 2 \times 36 \times 5.4 \times 41 = 15940.8 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Ở đây chu vi bôi dây $C_b = 5.4$ (cm), $l_d = 41$ (cm).

78/- Nhiệt trở đặc trưng cho độ chênh lệch giữa không khí nóng bên trong máy và vỏ máy :

$$R_{\alpha}' = \frac{1}{\alpha \times S'_{\alpha}} = \frac{1}{0.02 \times 4000} = 0.0125 \text{ (}^{\circ}\text{C/W)}$$

Trong đó :

$$\alpha = \alpha_0 \times (1 + K_o \times V_R^2) \times 10^{-3} = 1.42 \times (1 + 0.06 \times 18.055^2) \times 10^{-3}$$

$$\alpha = 0.02 \text{ (W/cm}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)}$$

$$S_{\alpha}' = 4000 \text{ (cm}^2\text{) xác định theo kết cấu máy.}$$

79/- Nhiệt trở bề mặt ngoài vỏ máy :

$$R_{\alpha} = \frac{1}{\lambda_v \times S_v + \alpha'_n \times S'_n + \alpha''_n \times S''_n \times S''_n}$$

Trong đó :

$$K_g = \frac{C}{b+c} + \frac{\alpha_g}{\alpha'_v} \times \frac{b}{b+c} = \frac{1.3}{0.3+1.5} + \frac{3.85 \times 10^{-2}}{6.38 \times 10^{-3}} \times \frac{0.3}{0.3+1.5}$$

$$K_g = 1.72$$

Trong đó :

$$\alpha'_v = 3.6 \times d^{-0.2} \times V^{0.8} \times 10^{-4} = 3.6 \times 0.024^{-0.2} \times 14.4^{0.8} \times 10^{-4}$$

$$\alpha'_v = 6.38 \times 10^{-3} \text{ (W/cm}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)}.$$

Với đường kính tương đương $d = 2.4$ cm = 0.024 (m)

V_v – Tốc độ gió thổi mặt ngoài vỏ máy đã tính đến sự suy giảm 50% theo chiều dài gân tản nhiệt. Đường kính ngoài cánh quạt lấy bằng D_n .

$$V_v = 0.5 \times \frac{\pi \times D_n \times n}{6000} = 0.5 \times \frac{3.14 \times 36.8 \times 1500}{6000} = 14.4 \text{ (m/s)}$$

$$\alpha_g = \beta \times \lambda_{th} \times (\beta \times h) = 1 \times 4 \times 10^{-2} \text{th} (1 \times 2.5)$$

$$\alpha_g = 3.95 \times 10^{-2} \text{ (W/cm}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$\text{ở dây } \beta = \sqrt{\frac{2\alpha'_v}{\lambda_b}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.38 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-2} \times 0.3}} = 1$$

$$\alpha_v = k_g \times \alpha'_v = 1.72 \times 6.38 \times 10^{-3} = 10.97 \times 10^{-3} \text{ (W/cm}^2 \text{ °C)}$$

Ở nắp sau, tốc độ gió của cánh quạt không bị suy giảm nên hệ số tản nhiệt trên nắp có gió thổi bằng :

$$\alpha'_n = 3.6 \times d^{-0.2} \times v^{-0.8} \times 10^{-4} = 3.6 \times 0.024^{-0.2} \times 269^{0.8} \times 10^{-4}$$

$$\alpha'_n = 10.5 \times 10^{-3} \text{ (W/cm}^2 \text{ °C)}$$

Hệ số tản nhiệt trên nắp không có gió thổi :

$$\alpha''_n = 1.42 \times 10^{-3} \text{ (W/cm}^2 \text{ °C)}$$

Các diện tích tản nhiệt của vỏ máy (kể cả gân)

$$S_v = 6000 \text{ (cm}^2\text{) của nắp } S_n = S'_n = 1000 \text{ (cm}^2\text{)}.$$

Chiều cao cánh $h = 2.5$ (cm), khoảng cách trung bình giữa các gân $c = 1.5$ (cm), chiều dày gân $b = 0.3$ (cm) được xác định khi thiết kế kết cấu máy.

$$\Rightarrow R_\alpha = \frac{1}{10.97 \times 10^{-3} \times 6000 + 10.5 \times 10^{-3} \times 1000 + 1.42 \times 10^{-3} \times 1000}$$

$$R_\alpha = 0.01286 \text{ (°C/W)}$$

80/- Nhiệt trở trên lớp cách điện rãnh :

$$R_c = q \frac{\delta_c}{\lambda_c \times S_c} = \frac{0.03}{0.16 \times 10^{-2} \times 3628.8} = 5.17 \times 10^{-3} \text{ (°C/W)}$$

Trong đó :

$$S_c = Z_1 \times c_b \times l_1 = 36 \times 5.4 \times 14 = 3628.8 \text{ (cm}^2\text{)}$$

81/- Độ chênh lệch của vỏ máy với môi trường :

$$\theta_0 = (Q_{Cu1} + P_{Fe} + P_R) \times R_\alpha = (0.88 + 0.337 + 0.681) \times 0.01286$$

$$\theta_0 = 24.4 \text{ }^\circ\text{C}$$

82/- Độ tăng nhiệt của dây quấn Stato :

$$\theta_1 = \frac{Q_{Cu1} \times (R_{Fe} + R_C) + P_{Fe} \times R_{Fe} + P_R \times R'_\alpha \times \frac{R_{Fe} + R_C}{R_d + R'_\alpha}}{1 + \frac{R_{Fe} + R_C}{R_d + R'_\alpha}} + \theta_0$$

$$\theta_1 =$$

$$\frac{0.88 \times (2.93 \times 10^{-5} + 0.36 \times 10^{-2}) + 0.337 \times 2.93 \times 10^{-5} + 0.681 \times 0.0125 \times \frac{2.93 \times 10^{-5} + 0.36 \times 10^{-2}}{1 + 0.0125}}{1 + \frac{2.93 \times 10^{-5} + 0.36 \times 10^{-2}}{1 + 0.0125}}$$

$$+ 24.4 \text{ }^\circ\text{C} = 3.23 + 24.44 = 27.67 \text{ }^\circ\text{C}$$

VIII/- Trọng lượng vật liệu tác dụng và chỉ tiêu sử dụng :

83/- Trọng lượng thép Silic cần chuẩn bị :

$$G_{Fe} = (D_n + \Delta)^2 \times l_1 \times k_C \times \gamma_{Fe} \times 10^{-3}$$

$$G_{Fe} = (36.8 + 0.7)^2 \times 14 \times 0.95 \times 7.8 \times 10^{-3} = 145.9 \text{ (kg)}$$

84/- Trọng lượng đồng của dây quấn Stato :

$$G'_{Cu} = Z_1 \times U_{r1} \times n \times S_1 \times l_{tb} \times \gamma_{Cu} \times 10^{-5}$$

$$G'_{Cu} = 36 \times 68 \times 2 \times 1.385 \times 55 \times 8.9 \times 10^{-5} = 33.19 \text{ (kg)}$$

85/- Chỉ tiêu kinh tế về vật liệu tác dụng :

Thép kỹ thuật điện :

$$g_{Fe} = \frac{G_{Fe}}{P} = \frac{145.9}{30} = 4.6 \text{ (kg/kW)}$$

Đồng :

$$g_{Cu} = \frac{G_{Cu}}{P} = \frac{33.19}{30} = 1.106 \text{ (kg/kW)}$$

IX/- Phương pháp tính toán nhiệt đơn giản :

Như đã tính toán ở trên, tính nhiệt có thể cho một kết quả khá chênh lệch so với thực tế. Đó là vì những sai khác so với thực tế do quá trình công nghệ sự khác nhau giữa tốc độ gió thực so với tốc độ gió thiết kế, do những giả thiết gần đúng .v.v.. Nhưng dù là gần đúng thì chúng ta cũng biết được sự phân bố nhiệt độ ở các bộ phận riêng rẽ của máy điện và các số liệu ấy vẫn có giá trị nhất định đối với việc tính nhiệt. Vì vậy trong thực tế vẫn luôn luôn phải tính nhiệt nhưng bao giờ cũng có khuynh hướng đơn giản hoá phương pháp tính toán trong chừng mực có thể.

Sau đây là phương pháp và những công thức tính toán nhiệt đã đơn giản hoá dùng trong các nhà máy. Các công thức này được xây dựng trên giả thuyết cho rằng tất cả các tổn hao sinh ra trong vùng giới hạn bởi chiều dài tác dụng của lõi sắt (Stato hay Roto) đều tản ra trên mặt trụ của lõi sắt, còn tổn hao trên phần đầu nối dây quấn thì toả ra trên bề mặt tản nhiệt của phần đầu nối. Nếu gọi θ_1 là độ tăng nhiệt của dây quấn trong phạm vi chiều dài tác dụng l_1 của lõi sắt và θ_d là độ tăng nhiệt của phần đầu nối dây quấn trên chiều dài l_d thì độ tăng nhiệt trung bình của dây quấn (đối với không khí thổi trên bề mặt lõi sắt và phần đầu nối của máy kiểu bảo vệ IP23) được xác định theo công thức :

$$\theta_{Cu} = \frac{\theta_1 \times l_1 + \theta_d \times l_d}{l_1 + l_d}$$

Độ tăng nhiệt của dây quấn stato (tính toán với Roto tương tự)

- Độ tăng nhiệt theo chiều dày lớp cách điện rãnh :

$$\theta_C = \frac{\rho_\theta \times AJ \times t_2 \times \sigma_C}{\lambda_c \times c_2} = \frac{1/4020 \times 280 \times 1.5 \times 0.02}{0.16 \times 10^{-2} \times 21.2} = 0.062$$

Trong đó :

δ - Chiều dày lớp cách điện rãnh của một phía

A - Tải đường (A/cm)

J – Mật độ dòng điện (A/mm²)

t₂ – Bước răng phần ứng (cm)

C₂ – Chu vi rãnh phần ứng (cm)

ρ_θ - Điện trở suất của dây dẫn ở nhiệt độ cho phép (với cách điện cấp B :

$$\rho_\theta = 1/4020 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{cm})$$

λ_c – Hệ số dẫn nhiệt của cách điện

- Độ tăng nhiệt của mặt ngoài lõi sắt phần ứng so với nhiệt độ không khí làm nguội :

Dòng điện qua đơn vị bề mặt ngoài của lõi sắt phần ứng :

$$q_\alpha = \frac{\rho_\theta \times AJ}{\left(1 + \frac{n_g \times d_g}{D}\right)} + \frac{P_{Fe}}{\pi \times D l_1 \left(1 + \frac{n_g + d_g}{D}\right)}$$

$$q_\alpha = \frac{1/4020 \times 280}{1 + \frac{3}{23}} + \frac{337.5}{3.14 \times 23 \times 14 \left(1 + \frac{3}{23}\right)}$$

$$q_\alpha = 0.357$$

Ở đây:

D - Đường kính phần ứng.

n_g, d_g – Số lỗ và đường kính lỗ thông gió dọc trục.

l_1 – Chiều dài phần ứng.

- Độ tăng nhiệt của mặt ngoài lõi sắt phần ứng so với nhiệt độ không khí làm nguội :

$$\theta_\alpha = \frac{q_\alpha}{\alpha_V}$$

Ở đây :

α_V – Hệ số tản nhiệt bề mặt.

- Ở hệ thống thông gió hướng kính :

$$\alpha_V = 6.6 \times 10^{-3} \times (1 + 0.1 \times V_R)$$

$$V_R = \frac{\pi \times D_n}{6000} = \frac{3.14 \times 36.8 \times 1500}{6000} = 28.9 \text{ (m/s)} - \text{Tốc độ đường phần ứng.}$$

$$\Rightarrow \alpha_V = 6.6 \times 10^{-3} \times (1 + 0.1 \times 28.9) = 0.026$$

$$\Rightarrow \theta_\alpha = \frac{q_\alpha}{\alpha_V} = \frac{0.357}{6.61 \times 10^{-3}} = 13.73$$

- Ở hệ thống thông gió hướng trục :

$$\alpha_V = 2.2 \times 10^{-3} \times (1 + 0.1 \times V_q)$$

Trong đó :

$$V_q = \frac{\pi \times D_q \times n}{6000} = \frac{3.14 \times 16 \times 1500}{6000} = 12.56 \text{ (m/s)}$$

$$\Rightarrow \alpha_V = 2.2 \times 10^{-3} \times (1 + 0.1 \times 12.56) = 4.96 \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow \theta_d = \frac{q_\alpha}{\alpha_V} = \frac{0.357}{4.96 \times 10^{-3}} = 71.98$$

- Độ tăng nhiệt của phần đầu nối dây quấn phần ứng so với nhiệt độ không khí làm nguội :

Dòng nhiệt qua đơn vị diện tích bề mặt của phần đầu nối dây quấn :

$$q_d = 1.4 \times \rho_\theta \times AJ$$

$$q_d = 1.4 \times 1/4020 \times 280 = 0.098$$

Độ tăng nhiệt của phần đầu nối dây quấn :

$$\theta_d = \frac{q_d}{\alpha_v}$$

Trong đó :

$$\alpha_v = 3 \times 10^{-3} \times (1 + 0.1v)$$

v – Tốc độ của bề mặt phần ứng ở hệ thống thông gió hướng kính hay tốc độ vòng ngoài cánh quạt ở hệ thống quạt dọc trục (m/s).

$$v = 12.56$$

$$\alpha_v = 3 \times 10^{-3} \times (1 + 0.1 \times 12.56) = 6.77 \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow \theta_d = \frac{0.098}{6.77 \times 10^{-3}}$$

$$= 14.47$$

- Độ tăng nhiệt của dây quấn phần ứng :

$$\theta_{Cu} = \frac{(\theta_c + \theta_a) \times l_1 + \theta_d \times l_d}{l_1 + l_d} = \frac{(0.062 + 85.71) \times 14 + 14.47 \times 41}{55}$$

$$\theta_{Cu} = 32.62$$

- Độ tăng nhiệt của mặt ngoài lõi sắt Stato θ so với môi trường :

Dòng nhiệt qua đơn vị diện tích bề mặt bằng :

Trong hệ thống thông gió hướng kính :

$$q_{\alpha} = \rho_{\theta} \times AJ + \frac{P_{Fe1} + 0.5 \times P_f}{\pi \times D \times l_1}$$

$$q_{\alpha} = \frac{1}{4020} \times 280 + \frac{337.5 + 81.5}{3.14 \times 23 \times 14} = 0.484$$

Trong hệ thống thông gió hướng trục :

$$q_{\alpha} = \rho_{\theta} \times AJ \times \frac{D}{D_n} + \frac{P_{Fe1} + 0.5 \times P_f}{\pi \times D_n \times l_1}$$

$$q_{\alpha} = \frac{1}{4020} \times 280 \times \frac{23}{36.8} + \frac{337.5 + 81.5}{3.14 \times 36.8 \times 14} = 0.3$$

Hệ số tản nhiệt bề mặt được xác định theo công thức :

$$\alpha_v = \alpha_0 \times (1 + 0.1v)$$

Khi thông gió hướng kính :

$$\alpha_v = 6.6 \times 10^{-3} \times (1 + 0.1 \times 12.56) = 0.015$$

Khi thông gió hướng trục :

$$\alpha_v = 3.3 \times 10^{-3} \times (1 + 0.1 \times 12.56) = 7.44 \times 10^{-3}$$

- Độ tăng nhiệt của mặt ngoài lõi sắt Stato :

$$\theta_{\alpha 1} = \frac{q_{\alpha}}{\alpha_b}$$

Khi thông gió hướng kính :

$$\theta_{\alpha 1} = \frac{0.484}{0.015} = 32.27 (^{\circ}\text{C})$$

Khi thông gió hướng trục :

$$\theta_{\alpha 1} = \frac{0.3}{7.44 \times 10^{-3}} = 40.32 (^{\circ}\text{C})$$

- Độ tăng nhiệt độ θ_d của mặt ngoài phần đầu nối dây quấn Stato so với nhiệt độ môi trường :

$$\theta_d = \frac{q_d}{1.33 \times 10^{-3} \times (1 + 0.05 \times v)} = \frac{6.59 \times 10^{-3}}{1.33 \times 10^{-3} \times (1 + 0.05 \times 12.56)}$$

$$\theta_d = 3.044$$

Trong đó :

$$q_d = \rho_\theta \times AJ \times \frac{t_1}{c_1} = \frac{1}{4020} \times 280 \times \frac{2.006}{21.2}$$

$$q_d = 6.59 \times 10^{-3}$$

- Độ tăng nhiệt của dây quấn Stato :

$$\theta_{Cu} = \frac{(\theta_c + \theta_{al}) \times l_1 + (\theta_c + \theta_d) \times l_d}{l_1 + l_d}$$

Khi thông gió hướng kính :

$$\theta_{Cu} = \frac{(0.062 + 32.27) \times 14 + (0.062 + 3.044) \times 41}{14 + 41} = 10.54 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Khi thông gió hướng trục :

$$\theta_{Cu} = \frac{(0.062 + 40.32) \times 14 + (0.062 + 3.044) \times 41}{14 + 41} = 12.59 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

THIẾT KẾ KẾT CẤU

Thiết kế kết cấu gồm 6 phần chính

- 1/- Vỏ máy.
- 2/- Nắp máy.
- 3/- Vành ép lõi sắt thứ cấp sơ cấp. Giá đỡ sơ cấp.
- 4/- Ổ trục và cơ cấu hộp trục.
- 5/- Trục máy.
- 6/- Hệ thống thông gió và quạt gió.

Như đã nêu ở trên máy điều chỉnh cảm ứng vì không làm việc ở chế độ động cơ nên một số chi tiết như trục máy, ổ trục máy, vỏ máy có thể giảm nhỏ vừa tăng tính kinh tế của máy vừa tăng tuổi thọ của máy.

Đây là loại máy điều chỉnh cảm ứng kép nên vỏ máy được thiết kế cho phép ghép được hai lõi sắt thứ cấp, giữa lõi sắt và vỏ có khe hở thông gió.

Máy gồm có hai nắp trên và nắp dưới. Nắp dưới được lắp ổ trục để đỡ Roto đồng thời gắn liền với chân đế đỡ máy, do đó nắp dưới có đủ độ dày, đứng vững. Nắp bên trên chủ yếu định tâm cho sơ cấp cho nên nắp được chế tạo đơn giản và được khoét lỗ thông gió. Bên trên của nắp có gắn thêm bộ phận tay quay để quay Roto và cánh trượt.

Lõi sắt sơ cấp và thứ cấp được tận dụng của máy điện quay.

Ổ trục và cơ cấu hộp trục có thể lấy từ máy điện cỡ nhỏ.

Máy được đặt đứng nên trục máy không chịu lực uốn cho nên trục máy có thể giảm nhỏ.

Quạt gió làm mát được đặt dưới chân đế của máy thổi hất từ dưới lên.

Kết cấu của máy được vẽ chi tiết trên bản vẽ A₀.

KẾT LUẬN

Máy điện không đồng bộ là loại máy điện xoay chiều chủ yếu làm động cơ điện. Do kết cấu đơn giản, làm việc chắc chắn, hiệu suất cao giá thành hạ nên động cơ không đồng bộ là một loại máy được dùng rộng rãi nhất trong ngành kinh tế quốc dân với công suất từ vài chục đến hàng nghìn kW. Trong công nghiệp thường dùng máy điện không đồng bộ làm nguồn động lực cho máy cán thép loại vừa và nhỏ, động lực cho các máy công cụ ở các nhà máy công nghiệp nhẹ .v.v.. Trong hầm mỏ dùng làm máy tời hay quạt gió. Trong nông nghiệp dùng để làm máy bơm hay máy gia công nông sản phẩm. Trong đời sống hàng ngày, máy điện không đồng bộ cũng dần dần chiếm một vị trí quan trọng: quạt gió, máy quay đĩa, động cơ trong tủ lạnh .v.v.. Theo sự phát triển của nền sản xuất điện khí hoá, tự động hoá và sinh hoạt hàng ngày, phạm vi ứng dụng của máy điện không đồng bộ ngày càng rộng rãi.

Thiết kế máy điện là một môn học chuyên ngành. Học môn này có thể căn cứ vào yêu cầu của sản xuất thiết kế ra sản phẩm, vì vậy khi học phải có sự liên hệ giữa lý luận và thực tế.

Có những tham số thiết kế không thể dựa vào kết quả tính toán tốt nhất từ sự suy diễn lý luận vì bị công nghệ sản xuất hạn chế. Những kiến thức thực tế đó phải được tích lũy trong quá trình tham gia sản xuất. Ngoài ra cần phải hiểu, nắm vững và vận dụng được những quy luật liên quan giữa các đại lượng.

Tóm lại, thiết kế máy điện là phân tích ảnh hưởng của vật liệu tác dụng, kích thước máy đến quy luật nội tại và quan hệ hàm số của các tham số và tính năng.

Hà Nội, ngày 30 tháng 4 năm 2003.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Sách thiết kế Máy Điện – PGS. Trần Khánh Hà

TS. Nguyễn Hồng Thanh

2. Sách thiết kế MBA – PGS. Phạm Văn Bình

PGS. Lê Văn Doanh

3. Sách Máy Điện I , II – PGS. Vũ Gia Hanh

Trần Khánh Hà

Phan Tử Thụ

Nguyễn Văn Sáu