

CHƯƠNG 5 MÁY BIẾN ÁP

§5.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

5.1.1. Định nghĩa:

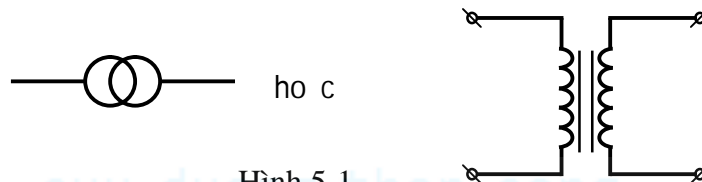
Máy biến áp là một thiết bị điện tĩnh, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, dùng biến đổi điện áp của hệ thống dòng điện xoay chiều từ điện áp cao xuống điện áp thấp hoặc ngược lại từ điện áp thấp lên điện áp cao nhằm nâng cao hiệu quả truyền tải.

– Đối với máy biến áp mức điện áp cao, các cuộn dây và thông số các cuộn dây trong ký hiệu có ghi chữ số “1”.

– Đối với máy biến áp mức điện áp thấp, các cuộn dây và thông số các cuộn dây trong ký hiệu có ghi chữ số “2”.

– Nếu điện áp thấp hơn điện áp sơ cấp thì MBA là máy hạ áp, và ngược lại là máy tăng áp.

– Ký hiệu



Hình 5-1

5.1.2. Các cuộn dây chính

Các cuộn dây chính của máy biến áp do nhà chế tạo qui định cho máy có khả năng làm việc lâu dài và hiệu quả kinh tế. Ba cuộn dây chính cơ bản là:

a) Điện áp chính

♦ Điện áp sơ cấp chính (U_{1m}): là điện áp đã qui định cho dây quấn sơ cấp, ở vị trí máy biến áp ba pha là điện áp dây.

♦ Điện áp thứ cấp chính (U_{2m}): là điện áp giữa các đầu ra của dây quấn thứ cấp, là điện áp dây (ở vị trí máy biến áp ba pha), khi dây quấn thứ cấp hở mạch (không nối với tải) và điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp là chính.

Điện áp chính quy định bởi bố trí cuộn dây cách điện giữa các lớp, các vòng dây và lựa chọn vật liệu cách điện nhằm đảm bảo an toàn. Đơn vị của điện áp chính là V hoặc kV.

b) Dòng điện chính

Dòng điện chính là dòng điện đã qui định cho mỗi dây quấn của máy biến áp, dựa trên công suất chính và điện áp chính.

Khi điện áp đặt vào cuộn dây sơ cấp là chính và nối cuộn dây thứ cấp với tải có công suất bằng công suất chính của máy biến áp thì dòng điện ở các đầu cuộn dây sơ

Chương 5. Máy biến áp

Cấp là dòng điện sơ cấp (nhóm I_{1m}) và dòng điện thứ cấp trên cuộn dây thứ cấp là dòng điện thứ cấp (nhóm I_{2m}).

Trong máy biến áp một pha, dòng điện sơ cấp là dòng điện pha. Trong máy biến áp ba pha, dòng điện sơ cấp là dòng điện dây.

Khi thiết kế máy biến áp người ta cần đưa dòng điện sơ cấp chọn đi dây quấn sơ cấp và thứ cấp, xác định các tổn hao năng lượng trong lõi dây quấn và biến đổi trong quá trình sử dụng không vượt quá giới hạn an toàn.

c) Công suất nhóm

Công suất nhóm của máy biến áp là công suất biểu kiến thứ cấp chọn làm vì nhóm. Công suất nhóm ký hiệu là S_m , đơn vị là VA hoặc kVA.

Trong máy biến áp một pha, công suất nhóm là:

$$S_m = U_{2m} \cdot I_{2m} = U_{1m} \cdot I_{1m} \quad (5-1)$$

Trong máy biến áp ba pha, công suất nhóm là:

$$S_m = \sqrt{3} U_{2m} \cdot I_{2m} = \sqrt{3} U_{1m} \cdot I_{1m} \quad (5-2)$$

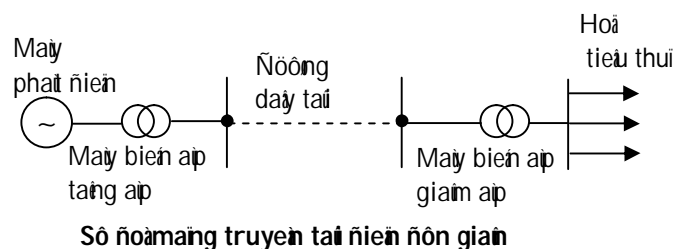
Ngoài ra trên nhãn máy còn ghi tần số, số pha, số vòng dây, điện áp ngắn mạch, làm vì c... của máy biến áp.

Trong quá trình sử dụng, nếu tải máy biến áp hoạt động quá tải các thiết bị nhóm thì sẽ gây lãng phí khi làm vì c của máy biến áp, còn nếu tải trên các thiết bị nhóm thì gây nguy hiểm, dễ gây hỏng máy biến áp.

5.1.3. Vai trò của máy biến áp:

Máy biến áp có vai trò rất quan trọng trong hệ thống điện, dùng truyền tải và phân phối điện năng.

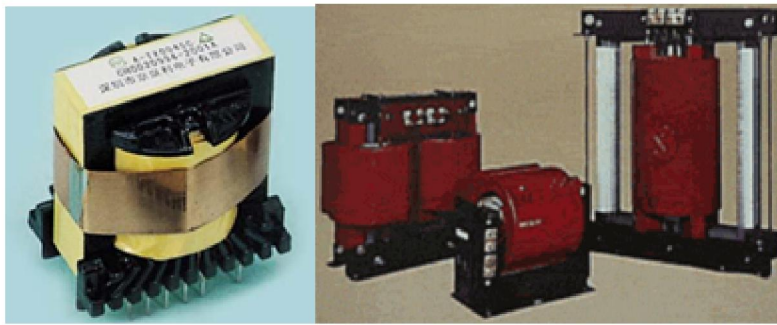
- Nâng cao khả năng truyền tải và giảm tổn hao trên đường dây, người ta nâng cao điện áp truyền tải trên dây, vì vậy cuộn dây truyền tải cần có MBA tăng áp.
- Điện áp tải thích hợp, vì vậy cuộn dây phải có MBA hạ áp.
- Ngoài ra MBA còn có sử dụng trong các lò nung, hàn điện, làm nguội cho các thiết bị điện, điện tử, điện tử.



Hình 5-2

Chương 5. Máy biến áp

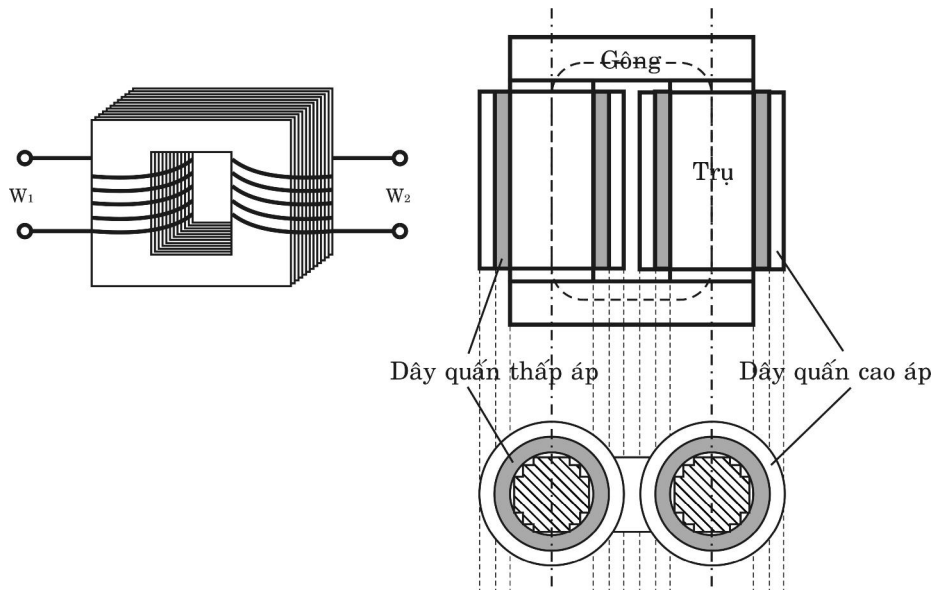
Một số hình dạng của MBA:



§5.2. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

5.2.1. Cấu tạo

Máy biến áp có hai bộ phận chính là lõi thép và dây quấn.



Hình 5-3. Sơ đồ cấu tạo máy biến áp ba pha

a) Lõi thép

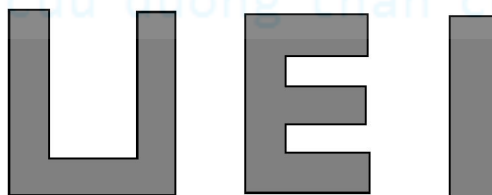
Lõi thép máy biến áp dùng để dẫn thông chính của máy biến áp, có chất tốt nhất về mặt từ tính, thường là lá thép kỹ thuật điện. Lõi thép gồm hai bộ phận:

- Trụ: là nơi đặt dây quấn.
- Gông: là phần khép kín mạch từ giữa các trụ.

Trụ và gông tạo thành mạch từ khép kín.

Để giảm dòng điện xoáy trong lõi thép, người ta dùng thép lá kỹ thuật điện (dày khoảng 0,35mm đến 0,5mm, mặt ngoài có sơn cách điện) ghép lại với nhau thành lõi thép.

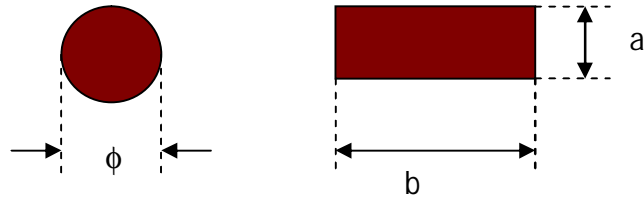
Các dạng lá thép kỹ thuật điện thường sử dụng có hình chữ U, E, I như hình vẽ:



Hình 5-4. Hình dạng lá thép kỹ thuật điện

b) Dây quấn máy biến áp.

Dây quấn máy biến áp thường có hai loại dây quấn (hỗn hợp nhôm), có tiết diện tròn hoặc hình chữ nhật, bên ngoài dây dẫn có bọc cách điện.



Hình 5-5. Mặt cắt ngang dây quấn máy biến áp

Dây quấn gồm nhiều vòng dây và cuộn vào trục lõi thép. Giữa các vòng dây, giữa các dây quấn có cách điện với nhau và dây quấn có cách điện với lõi thép. Máy biến áp thường có hai hoặc nhiều dây quấn. Khi các dây quấn đặt trên cùng một trục thì thông từ của dây quấn này áp dụng cho tất cả các dây quấn khác đặt trên trục ra bên ngoài, làm như vậy giúp giảm bớt trọng lượng cách điện.

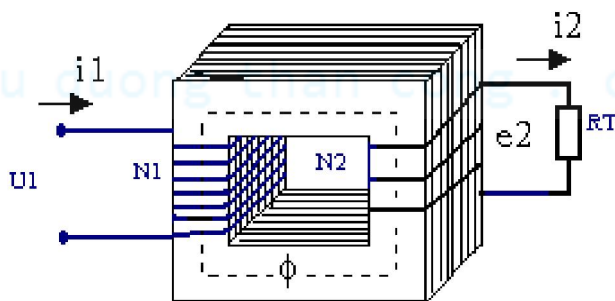
Để làm mát và tăng cường cách điện cho máy biến áp, người ta thường dùng lõi thép và dây quấn trong một thùng dầu máy biến áp. Máy biến áp công suất lớn, thùng dầu có cánh tản nhiệt, ngoài ra còn có các quạt gió và các quạt dây quấn ra ngoài, bộ phận chuyển động để làm mát và tăng cường cách điện cho máy biến áp, người ta thường dùng lõi thép và dây quấn trong một thùng dầu máy biến áp. Máy biến áp công suất lớn, thùng dầu có cánh tản nhiệt, ngoài ra còn có các quạt gió và các quạt dây quấn ra ngoài, bộ phận chuyển động để làm mát và tăng cường cách điện cho máy biến áp, người ta thường dùng lõi thép và dây quấn trong một thùng dầu máy biến áp.

5.2.2. Nguyên lý làm việc:

Nguyên lý làm việc của máy biến áp dựa trên các đặc tính của từ trường biến thiên. Nếu đưa vào cuộn dây sơ cấp của máy biến áp một dòng điện xoay chiều với điện áp U_1 , dòng điện xoay chiều qua cuộn dây sơ cấp tạo ra trong mạch từ từ thông Φ . Do mạch từ khép kín nên từ thông này móc vòng qua các cuộn dây của máy biến áp và sinh ra trong đó sức điện động.

$$\text{Với cuộn sơ cấp là: } e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (5-3)$$

$$\text{Với cuộn thứ cấp là: } e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (5-4)$$



Hình 5-6. Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy biến áp

Giả sử từ thông của máy biến áp biến thiên hình sin với thời gian:

$$\Phi = \Phi_{\max} \sin \omega t \quad (\text{Wb}) \quad (5-5)$$

Chương 5. Máy biến áp

Sau khi lấy đạo hàm và thay vào phương trình 5-3 ta có:

$$e_1 = -\omega N_1 \phi_{\max} \cos \omega t$$

Vì $\cos \omega t = -\sin(\omega t - 90^\circ)$

Nên $e_1 = \omega N_1 \phi_{\max} \sin(\omega t - 90^\circ)$ (5-6)

Biểu thức này chứng tỏ sức điện động e_1 chậm pha so với từ thông ϕ một góc 90° .

Trên cơ sở các số liệu của $E_{1\max}$:

$$E_{1\max} = \omega N_1 \phi_{\max} \quad (5-7)$$

Chia $E_{1\max}$ cho $\sqrt{2}$ và thay $\omega = 2\pi f$, ta có biểu thức của sức điện động hiệu dụng E_1 có dạng:

$$E_1 = \frac{E_{1\max}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} N_1 \phi_{\max} = 4,44fN_1\phi_{\max} \quad (5-8)$$

Thay các giá trị vào, tính toán ta được biểu thức của sức điện động hiệu dụng của cuộn thứ cấp như sau:

$$E_2 = 4,44fN_2\phi_{\max} \quad (5-9)$$

Khi máy biến áp không tải, dòng điện trong cuộn sơ cấp $I_2 = 0$, sức điện động sơ cấp $E_1 \approx U_1$ và sức điện động thứ cấp $E_2 = U_2$ (U_2 là điện áp thứ cấp không tải).

Từ các số liệu trong cuộn dây của máy biến áp một pha, ta có thể tính được điện áp của nó khi không có tải, từ đó rút ra được biểu thức 5-8 và 5-9, bằng cách vòng dây của các cuộn dây.

Từ đây ta có thể tính được hệ số biến áp:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

- Nếu $N_1 > N_2$ suy ra $k > 1$, $U_1 > U_2$, máy biến áp hạ áp.

- Nếu $N_1 < N_2$ suy ra $k < 1$, $U_1 < U_2$, máy biến áp tăng áp.

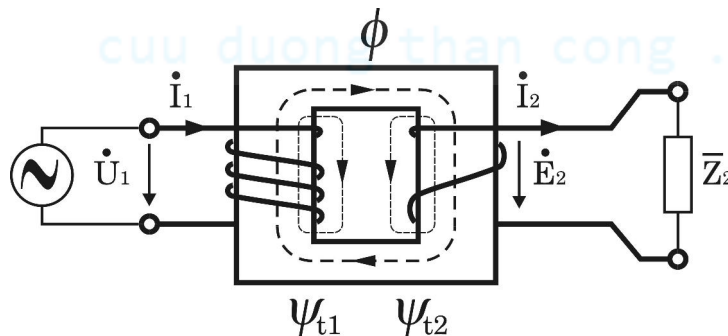
Khi nối các cuộn dây thành mạch kín, dòng điện qua tải hao trong máy biến áp, có thể coi gần đúng quan hệ giữa các dòng điện sơ cấp và thứ cấp như sau:

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

$$\text{Hay: } \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = k$$

§5.3. QUAN HỆ DÒNG ĐIỆN TRONG MÁY BIẾN ÁP

5.3.1. Quá trình dòng điện trong máy biến áp:



Hình 5.7

Chương 5. Máy biến áp

Ta xét máy biến áp magnetophoretic hai dây quấn như hình 5-8. Khi đặt vào cuộn dây sơ cấp một điện áp xoay chiều u_1 thì trong đó sẽ có dòng điện i_1 chạy qua. Nếu phía thứ cấp có tải thì sẽ có dòng điện i_2 chạy qua. Nhờ dòng điện i_1 và i_2 sẽ tạo nên các sức cảm ứng $i_1 N_1$ và $i_2 N_2$. Phần lớn từ thông do $i_1 N_1$ và $i_2 N_2$ sinh ra sẽ khép mạch qua lõi thép móc vòng và dây quấn sơ cấp và thứ cấp và cũng là từ thông chính Φ . Từ thông chính gây nên trong các dây quấn sơ cấp và thứ cấp những sức cảm ứng chính là:

$$\begin{aligned} e_1 &= -N_1 \frac{d\phi}{dt} = -\frac{d\psi_1}{dt} \\ e_2 &= -N_2 \frac{d\phi}{dt} = -\frac{d\psi_2}{dt} \end{aligned} \quad (5-10)$$

Trong đó: $\psi_1 = N_1 \phi$ và $\psi_2 = N_2 \phi$ là từ thông móc vòng và dây quấn sơ cấp và thứ cấp và từ thông chính ϕ .

Còn magnetophoretic từ thông do các sức cảm ứng $i_1 N_1$ và $i_2 N_2$ sinh ra bắt n ra ngoài lõi thép và khép mạch qua không khí hay dầu g i là từ thông tản. Từ thông tản cũng gây nên các sức cảm ứng tản từ như sau:

$$\begin{aligned} e_{\sigma 1} &= -N_1 \frac{d\phi_{\sigma 1}}{dt} = -\frac{d\psi_{\sigma 1}}{dt} \\ e_{\sigma 2} &= -N_2 \frac{d\phi_{\sigma 2}}{dt} = -\frac{d\psi_{\sigma 2}}{dt} \end{aligned} \quad (5-11)$$

cuuduongthancong.com

5.3.2. Phương trình cân bằng điện áp cuộn sơ cấp:

Xét mạch sơ cấp gồm: u_1, e_1 , điện trở dây quấn R_1, L_1

Áp dụng luật Kirchhoff 2 cho vòng mạch:

- Viết differential equation tổng quát:

$$R_1 \cdot i_1 + L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} = u_1 + e_1$$

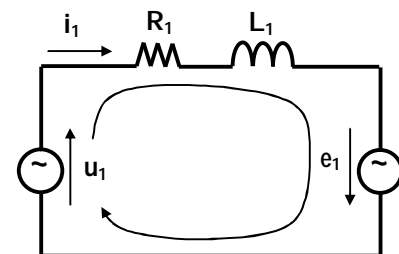
$$u_1 = R_1 \cdot i_1 + L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} - e_1$$

- Viết differential equation phức:

$$\dot{U}_1 = R_1 \cdot \dot{I}_1 + j \cdot X_{L1} \cdot \dot{I}_1 - \dot{E}_1 = \bar{Z}_1 \cdot \dot{I}_1 - \dot{E}_1 \quad (5-12)$$

Với: $\bar{Z}_1 = R_1 + j \cdot \omega \cdot L_1 = R_1 + j \cdot X_{L1}$

$X_{L1} = \omega \cdot L_1$ là in kháng từ của dây quấn sơ cấp



Hình 5-8

5.3.3. Phương trình cân bằng điện áp cuộn thứ cấp:

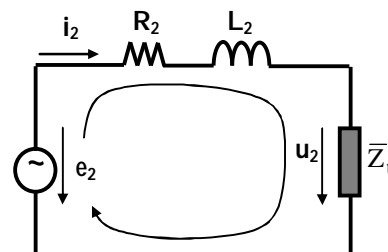
Xét mạch thứ cấp gồm: e_2 , điện trở dây quấn R_2, L_2

Áp dụng luật Kirchhoff 2 cho vòng mạch:

- Viết differential equation tổng quát:

$$R_2 \cdot i_2 + L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} + u_2 = -e_2$$

$$u_2 = -e_2 - R_2 \cdot i_2 + L_2 \cdot \frac{di_2}{dt}$$



Hình 5-9

Chương 5. Máy biến áp

- Vì từ d d ng ph c:

$$\mathcal{U}_2 = -\mathcal{E}_2 - R_2 \cdot \mathcal{I}_2 + j \cdot X_2 \cdot \mathcal{I}_2 = -\mathcal{E}_2 - \bar{Z}_2 \cdot \mathcal{I}_2 = \bar{Z}_{\text{tail}} \cdot \mathcal{I}_2 \quad (5-13)$$

V i: $\bar{Z}_2 = R_2 + j \cdot \omega \cdot L_2 = R_2 + j \cdot X_2$

$X_2 = \omega \cdot L_2$ là i n kháng t n c a dây qu n th c p

5.3.4. Ph ng trình cân b ng s c t ng:

- Vì i n tr cu n dây s c p nh nên s t áp $R_1 \cdot I_1$ nh h n nhi u E_1 nên có th xem g n úng $U_1 \approx E_1$.

- Vì $U_1 = \text{const}$ nên $E_1 = \text{const} \Rightarrow \phi_{\text{max}} = \text{const}$

- ch không t i $\phi = \phi_0 = i_0 \cdot W_1$, trong ó i_0 là dòng không t i c a s c p.
- ch có t i $\phi = i_1 \cdot W_1 - i_2 \cdot W_2$
- $\phi_{\text{max}} = \text{const}$ nên s c t ng lúc không t i b ng s c t ng lúc có t i
 $i_0 \cdot W_1 = i_1 \cdot W_1 - i_2 \cdot W_2$

Chia 2 v cho W_1

$$i_0 = i_1 - i_2 \cdot \frac{W_2}{W_1} = i_1 - \frac{i_2}{k} = i_1 - i'_2$$

Ho c $i_1 = i_0 + i'_2$

$i'_2 = \frac{i_2}{k}$ là dòng i n i_2 ã qui i v phía s c p

- Ph ng trình s c t ng vì t d i d ng ph c: $\mathcal{I}_1 = \mathcal{I}_0 + \mathcal{I}_2$ (5-14)

Ph ng trình s c t ng cho ta th y rõ quan h gi a dòng i n s c p và th c p.

H 3 ph ng trình i n áp s c p, i n áp th c p và s c t ng ta có mô hình toán h c c a MBA.

§5.4. M CH I N THAY TH MÁY BI N ÁP

T Mô hình toán

$$\begin{cases} \mathcal{U}_1 = \bar{Z}_1 \cdot \mathcal{I}_1 - \mathcal{E}_1 & (5-12) \\ \mathcal{U}_2 = -\mathcal{E}_2 - \bar{Z}_2 \cdot \mathcal{I}_2 & (5-13) \\ \mathcal{I}_1 = \mathcal{I}_0 + \mathcal{I}_2 & (5-14) \end{cases}$$

Ta xây d ng Mô hình m ch là m ch i n thay th ph n ánh y quá trình n ng l ng trong MBA, giúp thu n l i cho vi c tính toán, thí nghi m và nghi n c u MBA.

5.4.1. Qui i các i l ng th c p v s c p:

Nh n (5-13) v i k, ta c:

$$k \cdot \mathcal{U}_2 = -k \cdot \mathcal{E}_2 - k \cdot \bar{Z}_2 \cdot \mathcal{I}_2 = -k \cdot \mathcal{E}_2 - k^2 \cdot \bar{Z}_2 \cdot \frac{\mathcal{I}_2}{k} \quad (5-15)$$

$$\text{t: } \mathcal{E}'_2 = k \cdot \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_1 \quad (5-16)$$

$$\mathcal{U}'_2 = k \cdot \mathcal{U}_2 \quad (5-17)$$

$$\bar{Z}'_2 = k^2 \cdot \bar{Z}_2 \quad R'_2 = k^2 \cdot R_2 \quad X'_2 = k^2 \cdot X_2 \quad (5-18)$$

Ph ng trình (5-15) tr thành:

$$\mathcal{U}'_2 = -\mathcal{E}_1 - \bar{Z}'_2 \cdot \mathcal{I}'_2 \quad (5-19)$$

Mặt khác: $\mathcal{U}_2 = \bar{Z}_t \cdot \mathcal{I}_2$ nhân (5-13) với k , ta có

$$k \cdot \mathcal{U}_2 = k \cdot \bar{Z}_t \cdot \mathcal{I}_2 = k^2 \cdot \bar{Z}_t \cdot \frac{\mathcal{I}'_2}{k}$$

$$\Leftrightarrow \mathcal{U}_2 = \bar{Z}'_t \cdot \mathcal{I}'_2$$

Trong đó: $\bar{Z}'_t = k^2 \cdot \bar{Z}_t$; $R'_t = k^2 \cdot R_t$; $X'_t = k^2 \cdot X_t$ (5-20)

$$\mathcal{I}'_2 = \frac{\mathcal{I}_2}{k} \quad (5-21)$$

- Phương trình (5-19) là phương trình điện áp thực tại phía thứ cấp.
- (5-16), (5-17), (5-18), (5-19), (5-20) và (5-21) là các công thức quy đổi các đại lượng thực tại phía thứ cấp.

5.4.2. Mạch điện thay thế máy biến áp:

Xét MBA trong hình 5-6 không tải, ta thấy ngoài mất công suất tổn hao do sụt áp trên dây quấn phía sơ cấp, trong MBA còn tổn hao mất công suất lõi thép.

Khi không tải: phương trình điện áp sơ cấp

$$\mathcal{U}_1 = \bar{Z}_1 \cdot \mathcal{I}_1 - \mathcal{E}_1$$

- Trong đó: $\bar{Z}_1 \cdot \mathcal{I}_1$ là sụt áp trên dây quấn sơ cấp

- \mathcal{E}_1 chính là sụt áp trên tổng trở tổn hao \bar{Z}_{th} . Các trở kháng cho quá trình tổn hao lõi thép là thông số chính ϕ do I_0 sinh ra, nên:

$$-\mathcal{E}_1 = -\bar{Z}_{th} \cdot \mathcal{I}_0 = (R_{th} + j \cdot X_{th}) \cdot \mathcal{I}_0$$

Ø R_{th} : là điện trở tổn hao các trở kháng cho tổn hao sắt từ

$$\text{Ø} \text{ Tổn hao sắt từ: } \Delta P_{st} = R_{th} \cdot I_0^2$$

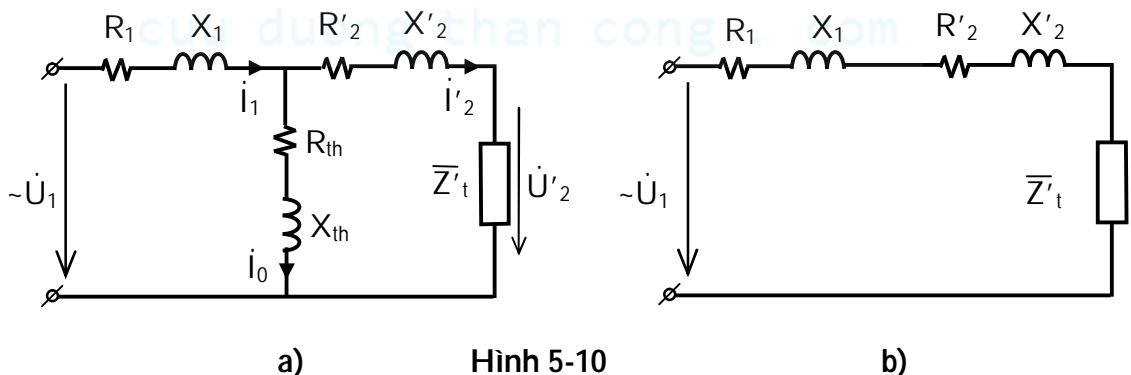
Mô hình toán học của MBA bây giờ trở thành:

$$\begin{cases} \mathcal{U}_1 = \bar{Z}_1 \cdot \mathcal{I}_1 + \bar{Z}_{th} \cdot \mathcal{I}_0 & (5-22) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mathcal{U}'_2 = \bar{Z}_{th} \cdot \mathcal{I}_0 - \bar{Z}'_2 \cdot \mathcal{I}'_2 & (5-23) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mathcal{I}_1 = \mathcal{I}_0 + \mathcal{I}'_2 & (5-24) \end{cases}$$

Hình (5-22), (5-23), (5-24) chính là hai phương trình Kirchhoff 2 và 1 phương trình Kirchhoff 1 vì thế cho mạch có dạng hình 5-6 (a)



Chương 5. Máy biến áp

- Nhánh có $Z_{th} = R_{th} + jX_{th}$ gọi là nhánh tải hóa.
- Thông thường, Z_{th} rất lớn nên I_0 rất nhỏ. Nếu bỏ qua nhánh tải hóa, ta có sơ đồ thay thế gần đúng của MBA như hình 5-6 (b).
- Trong đó:

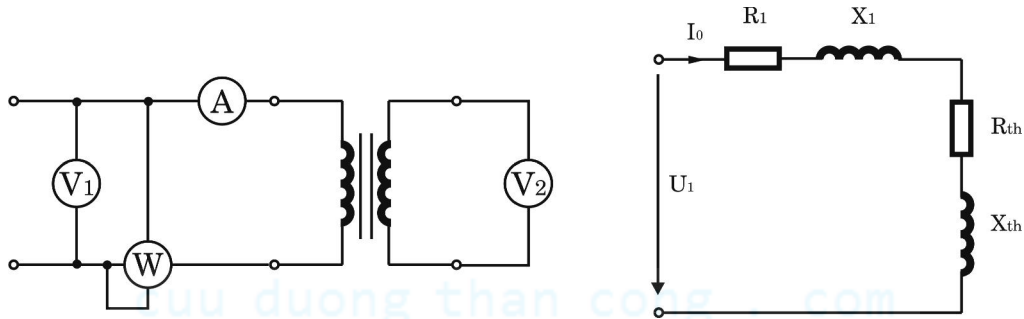
$$R_n = R_1 + R'_2$$

$$X_n = X_1 + X'_2$$

§5.5. XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ MÁY BIẾN ÁP

5.5.1. Thí nghiệm không tải:

- Xác định sơ đồ k của MBA, tổn hao sắt từ và các thông số của máy biến áp không tải.
- Sơ đồ mạch thí nghiệm như hình 5-11



Hình 5.11

- Ta có các số liệu sau:
 - Watt kế chỉ công suất không tải: $P_0 \approx \Delta P_{st}$
 - Ampe kế chỉ dòng không tải: I_0
 - Các vôn kế V_1 và V_2 chỉ các giá trị U_{10} và U_{20} .

Từ các số liệu trên ta tính được:

Ø Tỷ số biến áp k:

$$k = \frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_{20}}$$

Ø Dòng điện không tải phần trăm: $I_0\%$

$$I_0\% = \frac{I_0}{I_{\text{đm}}} \cdot 100 = 3\% \div 10\%$$

Ø Điện trở không tải: R_0

$$R_0 = \frac{P_0}{I_0^2} = R_1 + R_{th}$$

Vì $R_{th} \gg R_1$ nên lấy gần đúng $R_0 \approx R_{th}$

Ø Tổng trở không tải: Z_0

$$Z_0 = \frac{U_{1\text{đm}}}{I_0} \quad \text{Giả sử: } Z_0 = Z_{th}$$

Chương 5. Máy biến áp

Ø Điện kháng không tải: X_0

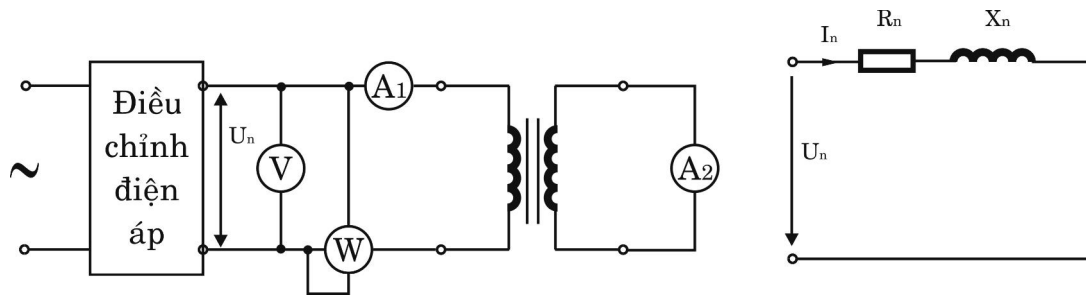
$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} \quad \text{Giống: } X_0 = X_{th}$$

Ø Hệ số công suất không tải: $\cos\varphi_0$

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{U_{1\text{rms}} \cdot I_0} = 0,1 \div 0,3$$

5.5.2. Thí nghiệm ngắn mạch:

- Xác định tổn hao trên dây quấn (tổn hao ngắn) và xác định các thông số các cuộn dây và tải.
- Sơ đồ thí nghiệm như hình 5-12



Hình 5.12

- Điều chỉnh điện áp thí nghiệm U_n tăng dần đến khi công suất ngắn mạch P_n bằng 1 lần công suất định mức.
- A_1, A_2 chỉ dòng điện ngắn mạch các cuộn dây và tải I_{1n} và I_{2n} .
- Volt kế chỉ điện áp ngắn mạch U_n .
- Watt kế chỉ công suất ngắn mạch $P_n \approx \Delta P_{cu}$
- Lúc ngắn mạch: $U_2 = 0$, do đó U_n là điện áp ngắn mạch rơi trên điện trở dây quấn. Vì $U_n \ll U_{\text{định mức}}$, có thể bỏ qua tổn hao sắt từ.

Ø Điện trở ngắn mạch: R_n

$$R_n = \frac{P_n}{I_{1\text{rms}}^2} \quad (5-25)$$

Ø Tổng trở ngắn mạch: Z_n

$$Z_n = \frac{U_n}{I_{1\text{rms}}} \quad (5-26)$$

Ø Điện kháng ngắn mạch: X_n

$$X_n = \sqrt{Z_n^2 - R_n^2} \quad (5-27)$$

tính các thông số của dây quấn MBA, ta dùng các công thức gần đúng sau:

$$R_1 \approx R'_2 = \frac{R_n}{2} \quad X_1 \approx X'_2 = \frac{X_n}{2}$$

Nếu biết tỉ số biến áp, ta tính các thông số dây quấn theo công thức sau:

$$R_2 = \frac{R'_2}{k^2} \quad X_2 = \frac{X'_2}{k^2}$$

Ø Điện áp ngắn mạch tác động %: $U_{nR\%}$

Chương 5. Máy biến áp

$$U_{nR} \% = \frac{R_n \cdot I_{I\tilde{n}m}}{U_{I\tilde{n}m}} \cdot 100 = U_n \% \cdot \cos \varphi_n \quad (5-28)$$

Ø Điện áp ngắn mạch pha ngắn kháng %: $U_{nX} \%$

$$U_{nX} \% = \frac{X_n \cdot I_{I\tilde{n}m}}{U_{I\tilde{n}m}} \cdot 100 = U_n \% \cdot \sin \varphi_n \quad (5-29)$$

5.5.3. Hiệu suất máy biến áp:

✓ Khi MBA làm việc, có các tổn hao sau:

– Tổn hao trên điện trở dây quấn sơ cấp và thứ cấp, gọi là tổn hao công suất. Tổn hao công suất phụ thuộc vào dòng tải.

$$\Delta P_{cu} = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 = I_1^2 \cdot (R_1 + R'_2)$$

$$\Delta P_{cu} = I_1^2 \cdot R_n = k_t^2 \cdot I_{I\tilde{n}m}^2 \cdot R_n$$

Trong đó: k_t gọi là hệ số tải $k_t = \frac{I_2}{I_{I\tilde{n}m}} = \frac{I_1}{I_{I\tilde{n}m}}$

$$\Rightarrow \Delta P_{cu} = k_t^2 \cdot P_n$$

– Tổn hao sắt do dòng điện xoáy và từ trễ gây ra. Tổn hao sắt phụ thuộc vào thông chính, nghĩa là phụ thuộc vào điện áp.

$$\Delta P_{st} \approx P_0$$

✓ Hiệu suất của MBA:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{st} + \Delta P_{cu}} \quad (5-30)$$

– P_2 là công suất tác dụng đưa ra (tích tiêu thụ).

$$P_2 = S_2 \cdot \cos \varphi_{tai} = k_t \cdot S_{\tilde{n}m} \cdot \cos \varphi_{tai}$$

$$\Rightarrow k_t = \frac{I_2}{I_{I\tilde{n}m}} = \frac{S_2}{S_{\tilde{n}m}}$$

Vậy: $\eta = \frac{k_t \cdot S_{\tilde{n}m} \cdot \cos \varphi_{tai}}{k_t \cdot S_{\tilde{n}m} \cdot \cos \varphi_{tai} + P_0 + k_t^2 \cdot P_n} \quad (5-31)$

– Nếu $\cos \varphi_{tai} = \text{const}$, hiệu suất cực đại khi $\Delta P_{cu} = \Delta P_{st}$

– Hiệu suất cực đại khi: $k_t^2 \cdot P_n = P_0 \Leftrightarrow k_t = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} \quad (5-33)$

– Nếu với MBA công suất trung bình và lớn, hiệu suất cực đại khi

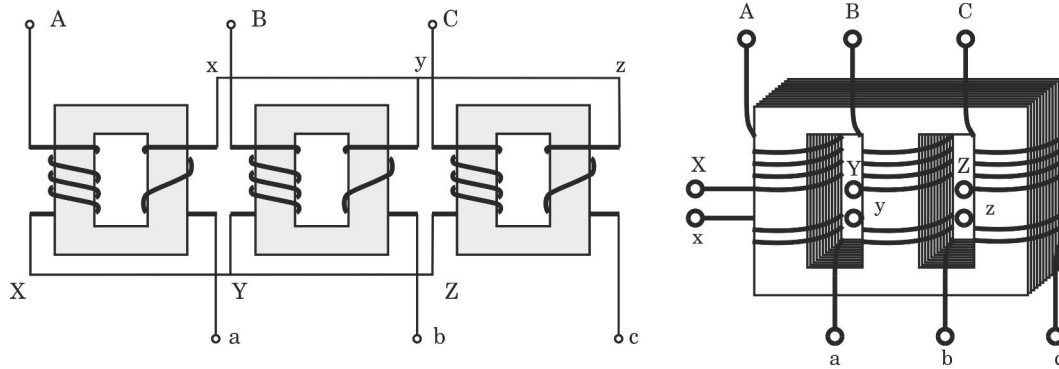
$$k_t = 0,5 \div 0,7$$

và hiệu suất thay đổi không đáng kể trong phạm vi $0,4 < k_t < 1,2$

§5.6. MÁY BIẾN ÁP BA PHA

5.6.1. Cấu tạo

thể hiện bên dưới là sơ đồ trong hệ thống dòng điện ba pha, nghĩa là có thể sử dụng ba máy biến áp một pha như hình 5-13a, hoặc dùng máy biến áp ba pha như hình 5-13b.



Hình 5-13. Sơ đồ cấu tạo máy biến áp ba pha

Vật liệu, lõi thép của máy biến áp ba pha gồm ba trụ như hình 5-13b. Dây quấn sơ cấp ký hiệu bằng chữ in hoa:

Pha A ký hiệu là A – X.

Pha B là B – Y.

Pha C là C – Z.

Dây quấn thứ cấp ký hiệu bằng các chữ in thường: pha a là a – x, pha b là b – y, pha c là c – z.

Dây quấn sơ cấp và thứ cấp có thể nối hình sao hoặc tam giác. Nếu sơ cấp nối hình sao, thứ cấp nối hình tam giác ta ký hiệu là Δ/Y . Nếu sơ cấp nối hình sao, thứ cấp nối hình sao có dây trung tính thì ta ký hiệu là Y/Y_0 .

Gọi số vòng dây một pha sơ cấp là N_1 , số vòng dây một pha thứ cấp là N_2 , tỉ số biến áp giữa sơ cấp và thứ cấp là:

$$\frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{N_2}{N_1} \quad (5-33)$$

Tỉ số biến áp dây không phụ thuộc vào tỉ số số vòng dây mà còn phụ thuộc vào cách nối hình sao hay tam giác.

Khi nối Δ/Y (hình 5-14a), bên sơ cấp nối tam giác nên ta có $U_{d1} = U_{p1}$, thứ cấp nối hình sao ta có $U_{d2} = \sqrt{3} U_{p2}$. Vậy tỉ số biến áp dây là:

$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p1}}{U_{p2} \sqrt{3}} = \frac{N_1}{N_2 \sqrt{3}} \quad (5-34)$$

Khi nối Δ/Δ (hình 5-12b), sơ cấp có $U_{d1} = U_{p1}$ và thứ cấp có $U_{d2} = U_{p2}$ cho nên:

$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{N_1}{N_2} \quad (5-35)$$

Khi nối Y/Y (hình 5-12c), sơ cấp có $U_{d1} = \sqrt{3} U_{p1}$ và thứ cấp có $U_{d2} = \sqrt{3} U_{p2}$ cho nên:

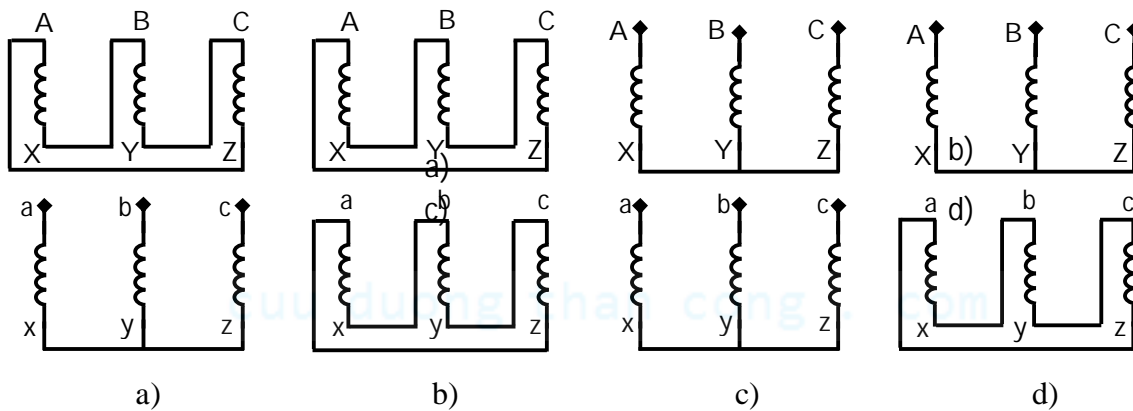
$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p2} \sqrt{3}}{U_{p1} \sqrt{3}} = \frac{N_1}{N_2} \quad (5-36)$$

Khi nối Y/Δ (hình 5-12d), sơ cấp có $U_{d1} = \sqrt{3} U_{p1}$ và thứ cấp có $U_{d2} = U_{p2}$ cho nên:

$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p2} \sqrt{3}}{U_{p1}} = \frac{\sqrt{3} N_1}{N_2} \quad (5-37)$$

trên ta mới chú ý đến sơ cấp dây, trong thực tế khi có nhiều máy biến áp làm việc song song với nhau, ta phải chú ý đến góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và điện áp dây thứ cấp. Vì thế khi ký hiệu sơ cấp dây của máy biến áp, ngoài ký hiệu sơ cấp các dây

quần (hình sao hoặc tam giác), còn ghi thêm chữ số kèm theo góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và thứ cấp.



Hình 5-14. Các sơ đồ nối dây máy biến áp ba pha.

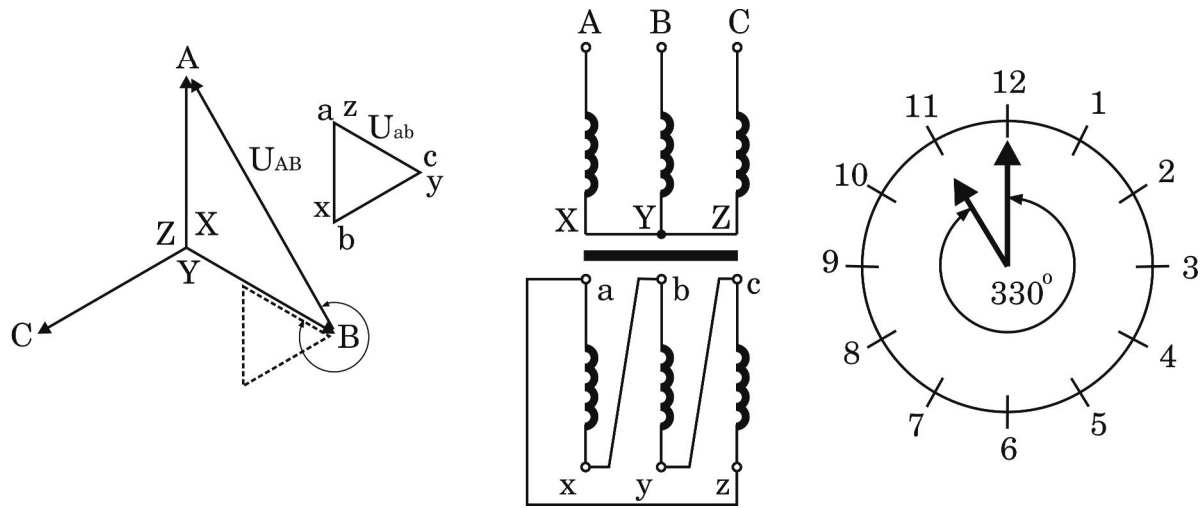
5.6.2. Tỷ lệ điện áp máy biến áp ba pha:

Khi vận hành nhiều MBA 3 pha song song với nhau, ngoài ký hiệu cách nối dây ta còn phải chú ý đến góc lệch pha giữa điện áp sơ cấp và thứ cấp. Vì vậy nên sau ký hiệu sơ cấp dây thì ta còn ghi thêm một chữ số kèm theo góc lệch pha.

Ví dụ:

○ Y/Y – 12 nghĩa là: sơ cấp nối Y, thứ cấp nối Y, góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và thứ cấp là $12 \times 30^\circ = 360^\circ$.

○ Y/Δ – 11 nghĩa là: sơ cấp nối Y, thứ cấp nối Δ, góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và thứ cấp là $11 \times 30^\circ = 330^\circ$.



Hình 5-15

§5.7. MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

Trong hệ thống điện, trong các loại điện áp, các máy biến áp thường làm việc song song với nhau. Khi làm việc song song, công suất tải chia đều cho các máy biến áp, nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế của hệ thống và an toàn cung cấp điện, khi một máy hỏng hoặc phải sửa chữa.

Điều kiện cho các máy làm việc song song là:

- a) Điện áp định mức cấp và thứ cấp của máy phải bằng nhau

$$U_{1I} = U_{1II}$$

$$U_{2I} = U_{2II}$$

Nghĩa là $k_I = k_{II}$

Trong đó k_I là hệ số biến áp của máy I.

k_{II} là hệ số biến áp của máy II.

Trong thực tế, cho phép hệ số biến áp khác nhau không quá 0,5%.

- b) Các máy phải có cùng tần số

Ví dụ: không cho phép hai máy có tần số dây Y/Δ - 11 và Y/Y - 12 làm việc song song với nhau vì điện áp thứ cấp của hai máy này không cùng pha nhau.

Điều kiện 1 và 2 nhằm bảo đảm không có dòng điện cân bằng lệch quy định trong các máy do chênh lệch điện áp thứ cấp của chúng.

- c) Điện áp ngắn mạch của các máy phải bằng nhau

$$U_{nI}\% = U_{nII}\% = \dots$$

Trong đó $U_{nI}\%$ là điện áp ngắn mạch pha pha của máy I.

$U_{nII}\%$ là điện áp ngắn mạch pha pha của máy II.

Chương 5. Máy biến áp

Cần nhớ lại từ kiến thức này, thì phân bố trên các máy biến áp công suất như sau:

Nếu không nhớ lại kiến thức 3, ví dụ $U_{nI}\% < U_{nII}\%$ thì khi máy I nhúng thì máy II còn nhúng. Khi đó, dòng điện máy I là I_{Im} , dòng điện máy II là I_{II} , thì áp suất trên máy II là $I_{II} \cdot Z_{nII}$. vì hai máy làm việc song song, thì áp suất trong hai máy phải bằng nhau, ta có:

$$I_{Im} \cdot Z_{nI} = I_{II} \cdot Z_{nII} \quad (5-38)$$

Z_{nI}, Z_{nII} là tổng trở nội của máy I và II. vì $U_{nI}\% < U_{nII}\%$ do đó:

$$I_{Im} \cdot Z_{nI} < I_{II} \cdot Z_{nII} \quad (5-39)$$

So sánh (5-38) và (5-39) ta có: $I_{II} < I_{Im}$

Dòng điện máy II nhỏ hơn máy I, vậy máy II đang nhúng, trong khi máy I đã nhúng. nếu máy II nhúng thì máy I sẽ quá tải. Trong thực tế cho phép chênh lệch nhau 10%.

Hệ số tải của máy khi làm việc song song β_i :

$$\beta_i = \frac{S_i}{S_{idm}} = \frac{S}{u_{ni}\% \cdot \sum \frac{S_{idm}}{u_{ni}\%}} \quad (5-40)$$

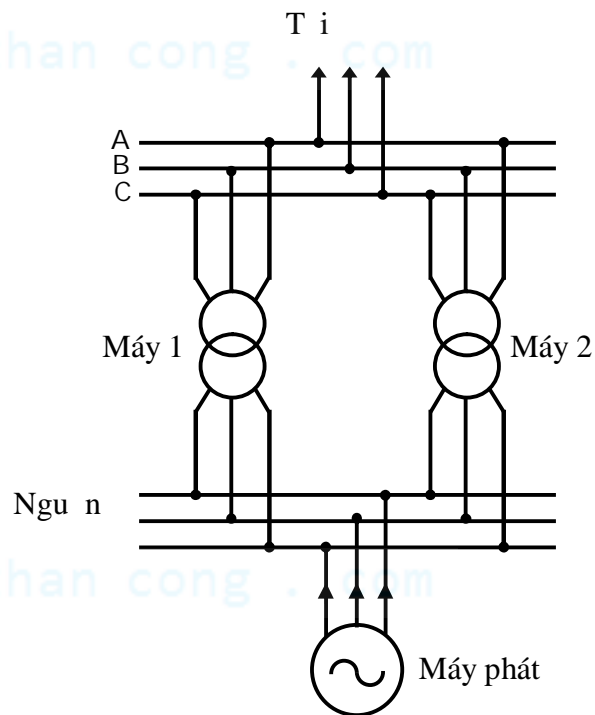
S_i là công suất của máy biến áp thứ i cung cấp cho tải.

S_{im} là công suất định mức của máy biến áp thứ i.

S là tổng công suất truyền tải của các máy.

Hình 5-16 ghi về hai máy biến

áp ba pha làm việc song song.



Hình 5-16. Sơ đồ hai máy biến áp làm việc song song

Chương 5. Máy biến áp

§5.8. CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 5

1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy biến áp
2. Mô hình toán học của máy biến áp
3. Quy đổi và sự thay thế máy biến áp
4. Thí nghiệm không tải và thí nghiệm ngắn mạch
5. Cách xác định các thông số máy biến áp bằng số liệu thí nghiệm
6. Tổn hao và hiệu suất của máy biến áp

§5.9. BÀI TẬP CHƯƠNG 5

Bài 5-1: Máy biến áp 1 pha có $S_m = 700 \text{ kVA}$, $U_{1m} = 35 \text{ kV}$, $U_{2m} = 0,4 \text{ kV}$, $P_0 = 502 \text{ W}$, $P_n = 1200 \text{ W}$.

- Tính dòng điện định mức trong dây quấn sơ cấp và thứ cấp.
- Tính hệ số tải khi hiệu suất cực đại. Tính hiệu suất cực đại ở tải $\cos \varphi = 0,8$.

Giải

$$S_m = U_{1m} \cdot I_{1m} = U_{2m} \cdot I_{2m}$$

$$\Rightarrow I_{1m} = \frac{S_m}{U_{1m}} = \frac{700}{35} = 20 \text{ A}$$

$$\Rightarrow I_{2m} = \frac{S_m}{U_{2m}} = \frac{700}{0,4} = 1750 \text{ A}$$

$$\Rightarrow \beta = k_t = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} = \sqrt{\frac{502}{1200}} = 0,647$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{k_t S_m \cos \varphi}{k_t S_m \cos \varphi + P_0 + k_t^2 P_n} = 0,997$$

Bài 5-2: Máy biến áp 1 pha có $U_{1m} = 35 \text{ kV}$, $U_{2m} = 0,4 \text{ kV}$, $I_{2m} = 150 \text{ A}$, $P_0 = 0,5 \text{ kW}$, $I_0\% = 10\%$, $P_n = 1,2 \text{ kW}$.

Tính: công suất tải định mức, công suất tải không tải và công suất tải khi hiệu suất cực đại.

Giải

$$S_m = U_{1m} \cdot I_{1m} = U_{2m} \cdot I_{2m} = 0,4 \cdot 150 = 60 \text{ KVA}$$

$$\Rightarrow I_{1m} = \frac{S_m}{U_{1m}} = \frac{60}{35} = 1,714 \text{ A}$$

$$\Rightarrow I_0 = \frac{I_0\%}{100} \cdot I_{1m} = \frac{10}{100} \cdot 1,714 = 0,171 \text{ A}$$

$$\Rightarrow S_0 = U_{1m} \cdot I_0 = 35 \cdot 0,171 = 5,985 \text{ KVA}$$

Khi hiệu suất cực đại

$$\Rightarrow \beta = k_t = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} = \sqrt{\frac{0,5}{1,2}} = 0,645$$

$$\Rightarrow k_t = \frac{I_2}{I_{2m}} = \frac{S_2}{S_m} = \frac{I_1}{I_{1m}}$$

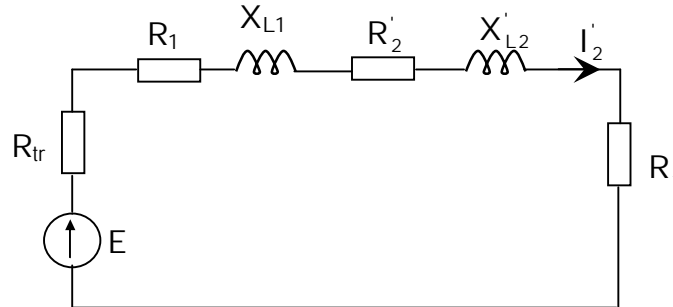
$$\Rightarrow S_2 = k_t \cdot S_m = 0,645 \cdot 60 = 38,7 \text{ KVA}$$

Chương 5. Máy biến áp

Bài 5-3: Máy biến áp 1 pha có $R_1 = 200\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, điện kháng $X_{L1} = 1570\Omega$, $X_{L2} = 15,7\Omega$; $\frac{W_1}{W_2} = 10$, sơ đồ máy biến áp nối với máy phát sin có điện trở trong $R_{tr} = 1600\Omega$, sơ đồ như sau

$E = 120V$, tham số nội tại có $R_{ti} = 18\Omega$.

1. Xác định công suất tiêu thụ.
2. Xác định điện áp tải.



Giải

Quy đổi các cuộn dây về sơ đồ

- ✓ $R'_2 = k^2 \cdot R_2 = 10^2 \cdot 2 = 200\Omega$
- ✓ $X'_{L2} = k^2 \cdot X_{L2} = 10^2 \cdot 15,7 = 1570\Omega$
- ✓ $R'_t = k^2 \cdot R_t = 10^2 \cdot 18 = 1800\Omega$

$$I'_2 = \frac{E}{\sqrt{(R_{tr} + R_1 + R'_2 + R'_t)^2 + (X_{L1} + X'_{L2})^2}}$$

$$= \frac{120}{\sqrt{(1600 + 200 + 200 + 1800)^2 + (1570 + 1570)^2}} = 0,0243 \text{ A}$$

- ✓ $I_2 = K \cdot I'_2 = 10 \cdot 0,0243 = 0,243 \text{ A}$
- ✓ $P_t = I_2^2 \cdot R_t = 0,243^2 \cdot 18 = 1,063 \text{ W}$
- ✓ $U_2 = I_2 \cdot R_t = 0,243 \cdot 18 = 4,374 \text{ (V)}$

Bài 5-4: Máy biến áp 3 pha có $S_m = 450\text{kva}$, $U_{1m} = 35\text{KV}$, $U_{2m} = 0,4\text{KV}$, $P_0 = 5020\text{W}$, $I_0\% = 5\%$, $U_n\% = 8\%$, $P_n = 12\text{KW}$.

Tính: dòng điện trong dây quấn sơ cấp và thứ cấp khi hiệu suất tải.

Lưu ý:

Khi hiệu suất tải

- ✓ $\beta = k_t = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} = \sqrt{\frac{5,02}{12}} = 0,647$
- ✓ $I_{1m} = \frac{S_{nm}}{\sqrt{3}U_{1nm}} = \frac{450}{\sqrt{3} \cdot 35} = 7,423 \text{ A}$

Ch 5. Máy biến áp

$$\checkmark I_{2m} = \frac{S_{\text{nm}}}{\sqrt{3}U_{2\text{nm}}} = \frac{450}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 649,52 \text{ A}$$

$$\checkmark k_t = \frac{I_2}{I_{2\text{nm}}} = \frac{S_2}{S_{\text{nm}}} = \frac{I_1}{I_{1\text{nm}}}$$

$$\Rightarrow I_1 = k_t \cdot I_{1m} = 0,647 \cdot 7,423 = 4,8 \text{ A}$$

$$\Rightarrow I_2 = k_t \cdot I_{2m} = 0,647 \cdot 649,52 = 420 \text{ A}$$

Bài 5-5: Máy biến áp 1 pha $S_m = 150 \text{ KVA}$; $U_{1m} = 2400 \text{ V}$; $U_{2m} = 240 \text{ V}$; $R_1 = 0,2 \Omega$; $X_1 = 0,45 \Omega$; $R_2 = 2 \text{ m}\Omega$; $X_2 = 4,5 \text{ m}\Omega$

a. Tính R_n ; X_n ; I_{1m} ; I_{2m}

b. Tính P_n ; P_0 biến trở khi $\cos\varphi = 0,85$; hệ số $K = 1$; hiệu suất $\eta = 0,98$

Giải

$$\checkmark k_{ba} = \frac{U_{1\text{nm}}}{U_{2\text{nm}}} = \frac{2400}{240} = 10$$

$$\checkmark R'_2 = K^2 \cdot R_2 = 10^2 \cdot 2 = 200 \text{ m}\Omega = 0,2 \Omega$$

$$\checkmark R_n = R_1 + R'_2 = 0,2 + 0,2 = 0,4 \Omega$$

$$\checkmark X'_2 = K^2 \cdot X_2 = 10^2 \cdot 4,5 = 450 \text{ m}\Omega = 0,45 \Omega$$

$$\checkmark X_n = X_1 + X'_2 = 0,45 + 0,45 = 0,9 \Omega$$

$$\checkmark I_{1m} = \frac{S_{\text{nm}}}{U_{1\text{nm}}} = \frac{150 \cdot 10^3}{2400} = 62,5 \text{ A}$$

$$\checkmark I_{2m} = \frac{S_{\text{nm}}}{U_{2\text{nm}}} = \frac{150 \cdot 10^3}{240} = 625 \text{ A}$$

$$\checkmark P_n = R_n \cdot I_{1\text{nm}}^2 = 0,4 \cdot 62,5^2 = 1562,5 \text{ W}$$

$$\checkmark P_0 = \frac{S_{\text{nm}} \cos\varphi}{\eta} - S_m \cdot \cos\varphi - P_n = 1039,5 \text{ W} \approx 1,04 \text{ Kw}$$

Bài 5-6: Máy biến áp 1 pha cung cấp điện cho tải có $U_t = 220 \text{ V}$, $I_t = 30 \text{ A}$, $\cos\varphi_t = 0,8$ (có R , L). Cho biết tổn hao công suất dây quấn $P_1 + P_2 = 200 \text{ W}$, tổn hao sắt $P_{st} = 45 \text{ W}$, công suất phản kháng của tải $Q_0 = 214 \text{ VAR}$. Công suất phản kháng của tải thông tin và tham số 310 VAR . Xác định công suất tác dụng và phản kháng của nguồn cung cấp cho MBA và hệ số công suất phía sơ cấp của MBA.

Giải

Công suất tác dụng của tải:

$$P_t = U_t \cdot I_t \cdot \cos\varphi_t = 220 \cdot 30 \cdot 0,8 = 5280 \text{ W}$$

Công suất phản kháng của tải:

$$Q_t = U_t \cdot I_t \cdot \sin\varphi_t = 220 \cdot 30 \cdot 0,6 = 3960 \text{ VAR}$$

Công suất tác dụng nguồn cung cấp cho MBA:

$$P_1 = P_t + P_{st} + P_{d1} + P_{d2} = 5280 + 45 + 200 = 5525 \text{ W}$$

Công suất phản kháng nguồn cung cấp cho MBA:

$$Q_1 = Q_t + Q_0 + Q_{tn} = 3960 + 214 + 310 = 4484 \text{ VAR}$$

Công suất biểu kiến sơ cấp:

$$S_1 = \sqrt{(P_1^2 + Q_1^2)} = \sqrt{(5525^2 + 4484^2)} = 4115,6 \text{ VA}$$

Hệ số công suất sơ cấp:

Chương 5. Máy biến áp

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_t}{S_t} = \frac{5525}{7115,6} = 0,776$$

Bài 5-7: Máy biến áp 1 pha có thông số dây quấn sơ cấp và thứ cấp như sau: $R_1 = 0,5835 \, \Omega$, $X_1 = 4,4 \, \Omega$, $R_2 = 0,037 \, \Omega$, $X_2 = 0,42 \, \Omega$. Thí nghiệm không tải có các kết quả như sau: $U_{10} = 20210V$, $U_{20} = 6600V$, $I_0 = 12,3A$, $P_0 = 26600W$. Hãy tính các thông số của máy thay thế.

Giải

$$H \text{ số biến áp } k = \frac{U_{10}}{U_{20}} = \frac{20210}{6600} = 3,062.$$

Thông số dây quấn thứ cấp quy đổi về phía sơ cấp:

$$\text{Điện trở } R_2' = R_2 \cdot k^2 = 0,037 \cdot (3,062)^2 = 0,347$$

$$\text{Điện kháng } X_2' = X_2 \cdot k^2 = 0,42 \cdot (3,062)^2 = 3,9$$

Điện trở tổn hao:

$$R_{th} = \frac{P_0}{I_0^2} - R_1 = \frac{26600}{(12,3)^2} - 0,037 = 175$$

Điện kháng tổn hao:

$$X_{th} = \sqrt{\left(\frac{U}{I_0}\right)^2 - (R_{th} + R_1)^2} - X_1 = 1629$$

Khi tính toán ta có thể lấy gần đúng:

$$R_{th} = \frac{P_0}{I_0^2} = 176$$

$$X_{th} = \sqrt{\left(\frac{U}{I_0}\right)^2 - (R_{th} + R_1)^2} = 1633$$

Bài 5-8: Thông số của máy biến áp 2 pha: $S_m = 25kVA$; $U_{1m} = 380V$; $U_{2m} = 127V$; điện áp ngắn mạch phấp phấp $u_n\% = 4\%$. Hãy tính:

1/- Dòng điện ngắn mạch.

2/- Dòng điện ngắn mạch khi tải ngắn mạch và 70% ngắn mạch vào cuộn sơ cấp, cuộn thứ cấp ngắn mạch.

3/- Dòng điện ngắn mạch khi tải ngắn mạch vào cuộn thứ cấp, cuộn sơ cấp ngắn mạch.

Giải

1/- Dòng điện ngắn mạch trong hai dây quấn:

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}} = \frac{25000}{380} = 65,79A.$$

Chương 5. Máy biến áp

$$I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{U_{2dm}} = \frac{25000}{127} = 196,85A.$$

2/- Khi tải biến áp nhúng 380V vào cuộn cao áp, cuộn hạ áp ngắn mạch:

Gọi I_{1n} là dòng ngắn mạch khi thí nghiệm biến dòng ngắn mạch. Dòng ngắn mạch cuộn sơ cấp khi tải biến áp nhúng vào cuộn sơ cấp là:

$$I_{1n} = I_{1dm} \frac{U_{1dm}}{U_{1n}} = \frac{I_{1dm}}{\frac{U_{1n}}{U_{1dm}}} = \frac{I_{1dm}}{u_n} \text{ trong đó } u_n = \frac{U_{1n}}{U_{1dm}} \text{ là biến áp ngắn mạch tải.}$$

Dòng ngắn mạch trong cuộn thứ cấp:

$$I_{2n} = \frac{W_1}{W_2} I_{1n} = \frac{W_1}{W_2} \frac{I_{1dm}}{u_n} = \frac{I_{2dm}}{u_n}$$

Tổng quát ta có:

$$I_n = \frac{I_{dm}}{u_n} \quad (1)$$

Thay số vào ta có:

Khi tải biến áp nhúng:

$$I_{1n} = \frac{I_{1dm}}{u_n} = \frac{65,79}{0,04} = 1644,75A.$$

$$I_{2n} = \frac{I_{2dm}}{u_n} = \frac{196,85}{0,04} = 4927A$$

Khi tải biến áp 70% nhúng:

$$I_{1n} = 1644,75 * 0,7 = 1151,32A$$

$$I_{2n} = 4927 * 0,7 = 3448,9A.$$

3/- Khi tải biến áp nhúng 127V vào cuộn hạ áp, cuộn cao áp ngắn mạch:

Áp dụng công thức tổng quát (1) ta có kết quả như trên nghĩa là dòng ngắn mạch trong mỗi dây quấn không đi đường ngược nhau.

Tổng công thức (1) $I_n = \frac{I_{dm}}{u_n}$ cho thấy rằng MBA có u_n nhỏ dòng ngắn mạch lớn. Vì $u_n = 0,04$ dòng ngắn mạch lớn hơn dòng ngắn mạch 25 lần.

Bài 5-9: Máy MBA 3 pha nối sao/tam giác có các thông số kỹ thuật như sau: $S_m = 60kVA$;

$U_{1m} = 35kV$; $U_{2dm} = 400V$; $i_0\% = 11\%$; $u_n\% = 4,55\%$; $P_0 = 520W$; $P_n = 1200W$.

Tình dòng ngắn mạch, dòng ngắn không tải, hệ số công suất không tải, biến áp ngắn mạch $u_n\%$ hệ số công suất ngắn mạch $\cos \phi_n$. Thông số thay thế.

Gọi

Dòng ngắn mạch:

Chương 5. Máy biến áp

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{1dm}} = \frac{60000}{\sqrt{3} * 35 * 1000} = 1A.$$

$$I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{2dm}} = \frac{60000}{\sqrt{3} * 400} = 8,66A.$$

Dòng điện không tải:

$$I_0 = I_{1dm} \frac{I_0 \%}{100} = 0,11A$$

Hệ số công suất khi không tải:

$$\cos \phi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}U_0 I_0} = \frac{502}{\sqrt{3} * 35000 * 0,11} = 0,075.$$

Điện áp ngắn mạch dây:

$$u_{1nd} = U_{1dm} \frac{U_n \%}{100} = 35000 \frac{4,55}{100} = 1592V.$$

Điện áp ngắn mạch pha:

$$u_{1nf} = U_{1fdm} \frac{U_n \%}{100} = \frac{35000}{\sqrt{3}} \frac{4,55}{100} = 919,5V.$$

Hệ số công suất ngắn mạch:

$$\cos \phi_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_{1n}} = \frac{1200}{\sqrt{3} * 1592} = 0,435.$$

Thông số thay thế:

* Điện trở tương đương:

$$R_{th} = \frac{P_{0f}}{I_0^2} = \frac{P_0}{3I_0^2} = \frac{502}{3 * 0,11^2} = 138,29 \Omega.$$

* Tổng trở tương đương:

$$Z_{th} = \frac{U_{1f}}{I_0} = \frac{U_{1dm}}{\sqrt{3}I_0} = \frac{35000}{\sqrt{3} * 0,11} = 183707 \Omega.$$

* Điện kháng tương đương:

$$X_{th} = \sqrt{(Z_{th}^2 - R_{th}^2)} = 183185 \Omega.$$

* Điện trở ngắn mạch:

$$R_n = \frac{P_{nf}}{I_{1fdm}^2} = \frac{P_n}{3I_{1dm}^2} = \frac{1200}{3 * 1^2} = 400 \Omega.$$

* Tổng trở ngắn mạch:

$$Z_n = \frac{U_{1nf}}{I_{1dm}} = \frac{919,5}{1} = 919,5 \Omega$$

* Điện kháng ngắn mạch:

$$X_n = \sqrt{(Z_n^2 - R_n^2)} = \sqrt{(919,5^2 - 400^2)} = 828 \Omega.$$

$$\text{Coi } R_1 = R_2' = \frac{R_n}{2} = \frac{400}{2} = 200 \Omega$$

Chương 5. Máy biến áp

$$x_1 = x_2' = \frac{828}{2} = 414$$

Nếu tính thông số theo pha qui về tính hệ số biến áp pha:

$$K_f = \frac{W_{1f}}{W_{2f}} = \frac{U_{1dm}}{\sqrt{3}U_{2dm}} = \frac{35000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 50,5.$$

Thông số dây quấn theo pha qui về:

$$R_2 = \frac{R_2'}{k_f^2} = \frac{200}{(50,5)^2} = 0,078 \text{ }.$$

$$X_2 = \frac{X_2'}{k_f^2} = \frac{414}{(50,5)^2} = 0,162$$

Bài 5-10: Máy biến áp 1 pha có $R_1 = 200\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, in cảm từ $L_1 = 50\text{mH}$, $L_2 = 0,5\text{mH}$;

$\frac{W_1}{W_2} = 10$, số pha máy biến áp nối với máy phát sin có $f = 5000\text{Hz}$, in trở trong $R_{tr} = 1600\Omega$,

số in $E = 100\text{V}$, theo pha nối với $R_{ti} = 16\Omega$.

a) Xác định công suất tiêu thụ.

b) Xác định in áp suất lên từ.

áp suất:

$$P_{ti} = 0,7\text{W}; U_2 = 3,348 \text{ V}$$

Bài 5-11: Máy biến áp 1 pha có: $S_m = 150\text{KVA}$, $U_{1m} = 2400\text{V}$, $U_{2m} = 240\text{V}$. in trở $R_1 = 0,2\Omega$, $R_2 = 2\text{m}\Omega$. Khi máy làm việc với R , L , hệ số $K_t = 0,8$ và hệ số $\cos\varphi_t = 0,80$ thì hiệu suất của máy $\eta = 0,98$.

Tính: Tổn hao ngắn mạch P_n và tổn hao không tải P_0 của máy.

Bài 5-12: Máy biến áp 3 pha có $U_{1m} = 35\text{KV}$, $U_{2m} = 0,4\text{KV}$, $I_{2m} = 150\text{A}$, $P_0 = 0,5\text{KW}$, $I_0\% = 10\%$, $P_n = 1,2\text{KW}$.

Tính: công suất tải bình thường P_n , công suất tải bình thường không tải và công suất tải bình thường khi hiệu suất cao.

Bài 5-13: Máy biến áp 3 pha có: $S_m = 7000\text{KVA}$; $U_{1m} = 35\text{KV}$; $U_{2m} = 10\text{KV}$; $P_0 = 20\text{KW}$; $P_n = 53,5\text{KW}$.

- Tính dòng in bình thường bên cuộn sơ cấp và theo pha

- Tính hệ số tải khi hiệu suất cao. Tính hiệu suất cao có $\cos\varphi = 0,9$.

áp suất: $I_{1m} = \frac{S_{nm}}{\sqrt{3}U_{1nm}} = \frac{7000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 115,47 \text{ A}$

$$I_{2m} = \frac{S_{nm}}{\sqrt{3}U_{2nm}} = \frac{7000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 404,14 \text{ A}$$

$$\beta = k_t = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} = \sqrt{\frac{20}{53,5}} = 0,611$$

$$\eta_{\max} = \frac{k_t S_{nm} \cos\varphi}{k_t S_{nm} \cos\varphi + P_0 + k_t^2 P_n} = 0,99$$

Chương 5. Máy biến áp

Bài 5-14: Máy biến áp 3 pha có : $S_m = 175\text{kVA}$; $U_{1m} = 35\text{kV}$; $U_{2m} = 400\text{V}$; $P_0 = 500\text{W}$; $P_n = 1000\text{W}$.

- Tính dòng điện nhậm c bên cuộn s c p và th c p
- Tính h s t i khi hi u su t c c i. Tính hi u su t c c i ó bi t $\cos\varphi = 0,8$
- Tính hi u su t khi h s t i $k_t = 0,5$

Bài 5-15: Máy MBA 3 pha có $S_{dm} = 6667\text{kVA}$ không t i v i i n áp nhậm c $U_{10} = 35\text{kV}$, $P_{10} = 17000\text{W}$, $i_0\% = 3\%$, $U_{20} = 10\text{kV}$. Thí nghi m ng n m ch v i dòng i n nhậm c có $u_n\% = 8\%$, $P_n = 53500\text{W}$

- 1) Xác nh dòng i n nhậm c.
- 2) Xác nh công su t bi u ki n không t i và $\cos\varphi_0$.
- 3) Cho $X_1 = X_2'$; $R_1 = R_2'$. Xác nh các thông s c a s thay th .
- 4) Xác nh h s t i hi u su t t c c i
- 5) Xác nh i n áp th c p U_2 khi h s t i $k_t = 0,7$ v i $\cos\varphi_t = 1$.

ÁP S :

$$I_{1dm} = 190,5\text{A}; I_{2dm} = 666,7\text{A}; R_1 = 0,74 \Omega; X_1 = 7,33 \Omega; \\ R_2 = 0,0605 \Omega; X_2 = 0,6 \Omega; R_{th} = 521,4 \Omega; X_{th} = 6107,4 \Omega; \\ k_t = 0,564; U_2 = 9944\text{V}; S_0 = 200\text{kVA}; \cos\varphi_0 = 0,085.$$

Bài 5-16: Máy MBA 3 pha có s vòng dây m i pha nh sau: $W_1 = 1500$ vòng; $W_2 = 400$ vòng. Tìm t s i n áp dây v i các cách u dây nh sau: Y/Y, /Y; Y/ ; / .

ÁP S :

$$\begin{array}{ll} \text{Y/Y} & k = 3,75 \\ \text{/Y} & k = 2,165 \\ \text{Y/} & k = 6,495 \\ \text{/} & k = 3,75. \end{array}$$

Bài 5-17: Máy MBA 3 pha n i Y/Y có $S_m = 560\text{kVA}$, $U_{1m} = 6\text{kV}$; $U_{2m} = 0,4\text{kV}$; $i_0\% = 4,58\%$; $u_n\% = 4,27\%$; $P_0 = 1970\text{W}$; $P_n = 7000\text{W}$.

- 1) Tính dòng i n nhậm c và dòng i n không t i, h s công su t không t i.
- 2) Thông s c a s thay th .
- 3) Xác nh h s t i hi u su t c c i.
- 4) Tính i n áp th c p và hi u su t khi $k_t = 0,5$ $\cos\varphi_t = 0,8$ (t i R, L).

ÁP S :

$$\begin{array}{l} 1/- I_{1dm} = 53,9\text{A}; I_{2dm} = 1400\text{A}; \cos\varphi_0 = 0,076; I_0 = 2,47\text{A}. \\ 2/- R_1 = 0,4 \Omega; R_2 = 1,78 \cdot 10^{-3} \Omega; X_1 = 1,31 \Omega; X_2 = 0,0058 \Omega \\ R_{th} = 107,6 \Omega; X_{th} = 1398 \Omega \\ 3/- k_t = 0,53 \\ 4/- U_2 = 393\text{V}; \eta = 0,984. \end{array}$$

Bài 5-18: Máy MBA 3 pha n i Y/ có $S_{dm} = 20\text{kVA}$, $U_{1dm} = 10\text{kV}$; $U_{2dm} = 213\text{V}$; $i_0\% = 3\%$; $u_n\% = 5,5\%$; $P_0 = 0,22\text{kW}$; $P_n = 0,5\text{kW}$.

- 1) Tính I_0 ; I_{1dm} ; I_{2dm}
- 2) Tính R_1 ; R_2 , X_1 , X_2 .
- 3) t i u hình sao, i n tr m i pha t i $R = 4 \Omega$. Tính i n áp th c p MBA

ÁP S :

$$\begin{array}{l} 1/- I_{1dm} = 1,15\text{A}; I_{2dm} = 50\text{A}; I_0 = 0,0345\text{A}. \\ 2/- R_1 = 75 \Omega; R_2 = 0,12 \Omega; X_1 = 116 \Omega; X_2 = 0,186 \Omega \\ 3/- U_2 = 226,5\text{V} \end{array}$$