

Chương 7. Các loại máy biến áp đặc biệt

7.1. Máy biến áp 3 dây quấn

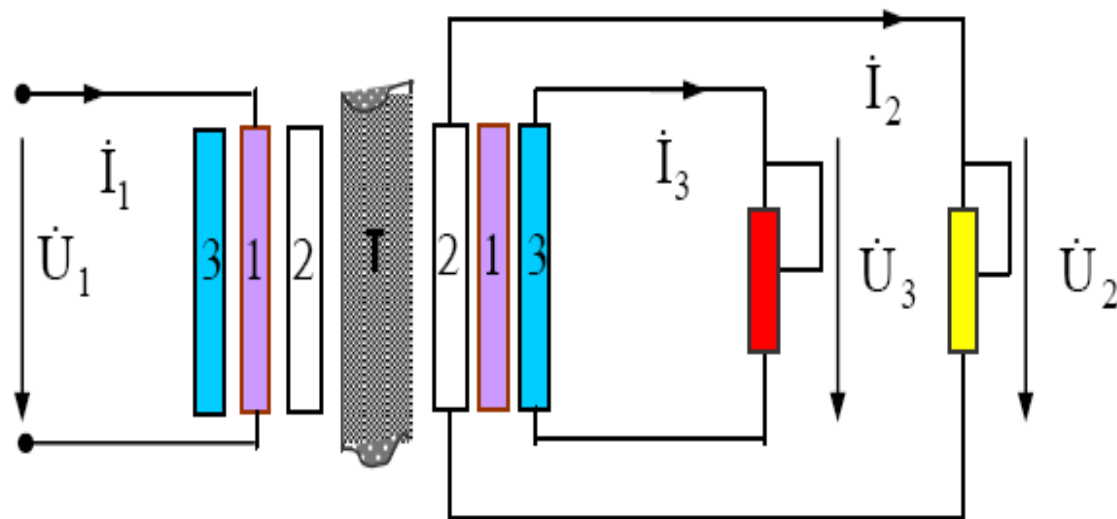
7.2. Máy biến áp tự ngẫu

7.3. Máy biến áp đặc biệt

7.1. MBA BA DÂY QUẤN

Mba ba dây quấn là mba có một dây quấn sơ và hai dây quấn thứ, dùng để cung cấp điện cho các lưới điện có điện áp khác nhau, ứng với các tỉ số biến đổi :

$$k_{12} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad ; \quad k_{13} = \frac{U_1}{U_3} = \frac{W_1}{W_3} \quad (7.1)$$



Hình 7.1 Mba ba dây quấn

Ưu điểm của mba ba dây quấn so với mba hai dây quấn :

1. Giá thành sản xuất rẻ hơn mba hai dây quấn.
2. Mặt bằng chiếm chỗ bé hơn.
3. Liên tục truyền tải năng lượng từ dây quấn sơ sang hai dây quấn thứ hoặc truyền từ dây quấn thứ này sang dây quấn thứ khác.
4. Tổn thất năng lượng bé hơn mba 2 dây quấn khoảng chừng hai lần.

Khuyết điểm của mba ba dây quấn so với mba hai dây quấn :

1. Độ tin cậy của mba 3 dây quấn bé hơn mba 2 dây quấn vì ...
2. Việc bố trí đầu ra của mba 3 dây quấn phức tạp hơn mba 2 dây quấn.

Cũng như máy biến áp hia dây quấn, người ta chế tạo máy biến áp ba dây quấn theo kiểu tổ máy biến áp ba pha hoặc máy biến áp ba pha ba trụ, ở mỗi pha đặt ba dây quấn như hình 7.1. Tiêu chuẩn tổ nối dây mba 3 dây quấn $Y_0/Y_0/\Delta$ -12-11 và tổ mba 3pha hay mba 3pha ba trụ $Y_0/\Delta/\Delta$ -11-11.

Theo qui định tiêu chuẩn về công suất chế tạo mba 3 dây quấn:

$S_{1đm}/S_{1đm}$	$S_{2đm}/S_{1đm}$	$S_{3đm}/S_{1đm}$.
1	1	1	
1	1	2/3	
1	2/3	2/3	
(1	2/3	1)	

7.1.1. Phương trình cơ bản, sơ đồ thay thế, đồ thị vectơ của mba 3 dây quấn.

Quá trình điện từ trong mba 3 dây quấn được mô tả như mba 2 dây quấn, tất cả các đại lượng của hai dây quấn thứ 2, 3 quy đổi về số vòng của dây quấn sơ:

$$I'_2 = I_2 \frac{W_2}{W_1}; \quad I'_3 = I_3 \frac{W_3}{W_1}; \quad U'_2 = U_2 \frac{W_1}{W_2}; \quad U'_3 = U_3 \frac{W_1}{W_3}$$

Cũng như mba 2 dây quấn, dòng từ hóa mba 3 dây quấn rất nhỏ được xác định :

$$\dot{I}_1 + \dot{I}'_2 + \dot{I}'_3 = \dot{I}_0 \approx 0 \quad (7.2)$$

Sđđ hổ cảm : $-\dot{E}_1 = -\dot{E}'_2 = Z_m \dot{I}_0$ với $Z_m = r_m + jx_m$.

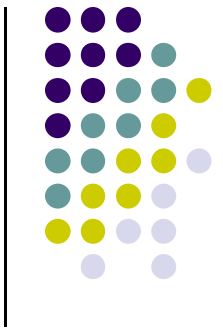
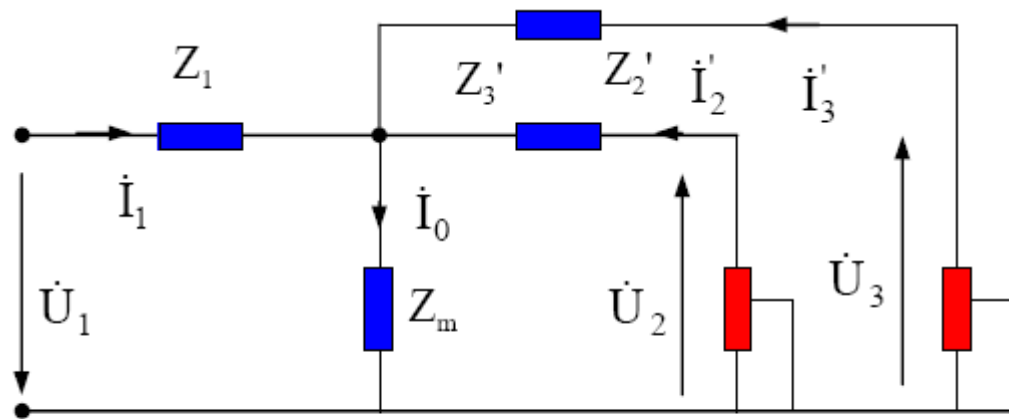
Sđđ tản trong mỗi dây quấn: $\dot{E}_{\sigma 1} = -jx_1 \dot{I}'_1$; $\dot{E}'_{\sigma 2} = -jx'_2 \dot{I}'_2$; $\dot{E}'_{\sigma 3} = -jx'_3 \dot{I}'_3$.

Với dòng cân bằng hổ cảm : $\dot{I}'_1 = \dot{I}_1 - \dot{I}_0 \approx \dot{I}_1$

Điện kháng : x_1, x'_2, x'_3 là điện kháng tản tương đương của dây quấn, được tìm thấy khi có tính đến ảnh hưởng của các dây quấn khác. (Ngẫu hợp từ thông tản).

Phương trình cân bằng điện áp của mba ba dây quấn :

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\dot{E}_1 - \dot{E}_{\sigma 1} + r_1 \dot{I}_1 = -\dot{E}_1 + Z_1 \dot{I}_1 \\ \dot{U}'_2 &= \dot{E}'_2 + \dot{E}'_{\sigma 2} - r'_2 \dot{I}'_2 = \dot{E}'_2 - Z'_2 \dot{I}'_2 \\ \dot{U}'_3 &= \dot{E}'_3 + \dot{E}'_{\sigma 3} - r'_3 \dot{I}'_3 = \dot{E}'_3 - Z'_3 \dot{I}'_3 \end{aligned} \right\} \quad (7.3)$$



Hình 7.2 Sơ đồ thay thế mba 3 dây quấn

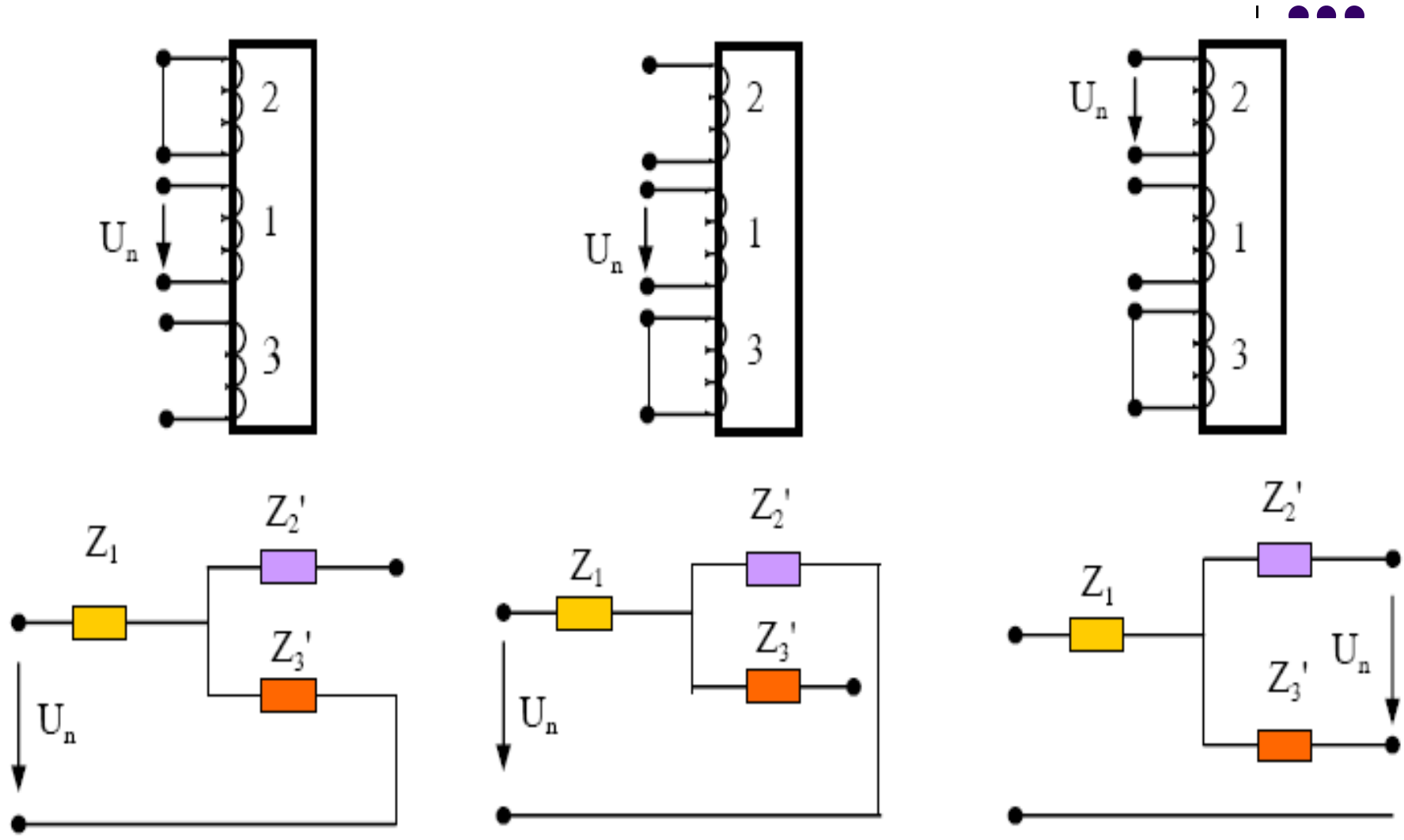
Tổng trở nhánh từ hoá Z_m tìm được bằng tính toán hoặc thí nghiệm.

Các tổng trở Z_1, Z_2', Z_3' , được xác định từ thí nghiệm ngắn mạch (hình 7.3) như:

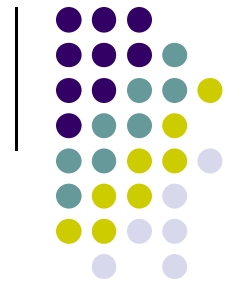
$$\left. \begin{aligned} Z_{n12} &= Z_1 + Z_2' = r_{n12} + jx_{n12} \\ Z_{n13} &= Z_1 + Z_3' = r_{n13} + jx_{n13} \\ Z_{n23} &= Z_2' + Z_3' = r_{n23} + jx_{n23} \end{aligned} \right\} \quad (7.4)$$

Giải hệ phương trình ta tìm được Z_1, Z_2', Z_3' .

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= \frac{1}{2}(Z_{n12} + Z_{n13} - Z_{n23}); \\ Z_2' &= \frac{1}{2}(Z_{n12} + Z_{n23} - Z_{n13}); \\ Z_3' &= \frac{1}{2}(Z_{n13} + Z_{n23} - Z_{n12}). \end{aligned} \right\} \quad (7.5)$$

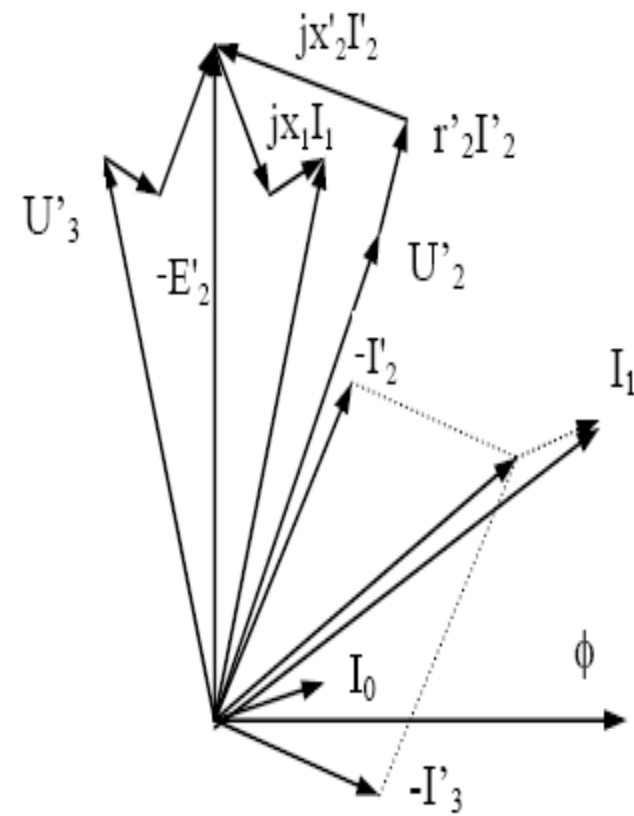


Hình 7.3 Sơ đồ và mạch điện thay thế khi thí nghiệm ngắn mạch mba ba dây quấn



Từ đồ thị vectơ của mba ba dây quấn (hình 7.4), ta thấy U'_2 không những phụ thuộc vào I'_2 mà còn phụ thuộc vào I'_3 . Và U'_3 không những phụ thuộc vào I'_3 mà còn phụ thuộc vào I'_2 .

Để giảm ảnh hưởng này ta cần giảm tổng trở Z_1 bằng cách đặt cuộn dây 1 vào giữa 2 dây quấn 2 và 3, lúc đó x_1 có thể có giá trị âm.



Hình 7-4 Đồ thị vectơ mba 3 dây quấn

7.1.2. Độ thay đổi điện áp thứ cấp mba ba dây quấn.

Dây quấn 1 và 2 :

$$\begin{aligned}\Delta U_{*12} &= \frac{U_{1dm} - U'_2}{U_{1dm}} \\ &= u_{nr*12} \cos\varphi_2 + u_{nx*12} \sin\varphi_2 + u_{nr*(3)} \cos\varphi_3 + u_{nx*(3)} \sin\varphi_3 \quad (7.6)\end{aligned}$$

Trong đó:

$$u_{nr*12} = \frac{r_{n12} I'_2}{U_{1dm}} ; \quad u_{nx*12} = \frac{X_{n12} I'_2}{U_{1dm}} ; \quad u_{nr*(3)} = \frac{r_1 I'_3}{U_{1dm}} ; \quad u_{nx*(3)} = \frac{X_1 I'_3}{U_{1dm}} ;$$

Dây quấn 1 và 3

$$\begin{aligned}\Delta U_{*13} &= \frac{U_{1dm} - U'_3}{U_{1dm}} \\ &= u_{nr*13} \cos\varphi_3 + u_{nx*13} \sin\varphi_3 + u_{nr*(2)} \cos\varphi_2 + u_{nx*(2)} \sin\varphi_2 \quad (7.7)\end{aligned}$$

Trong đó:

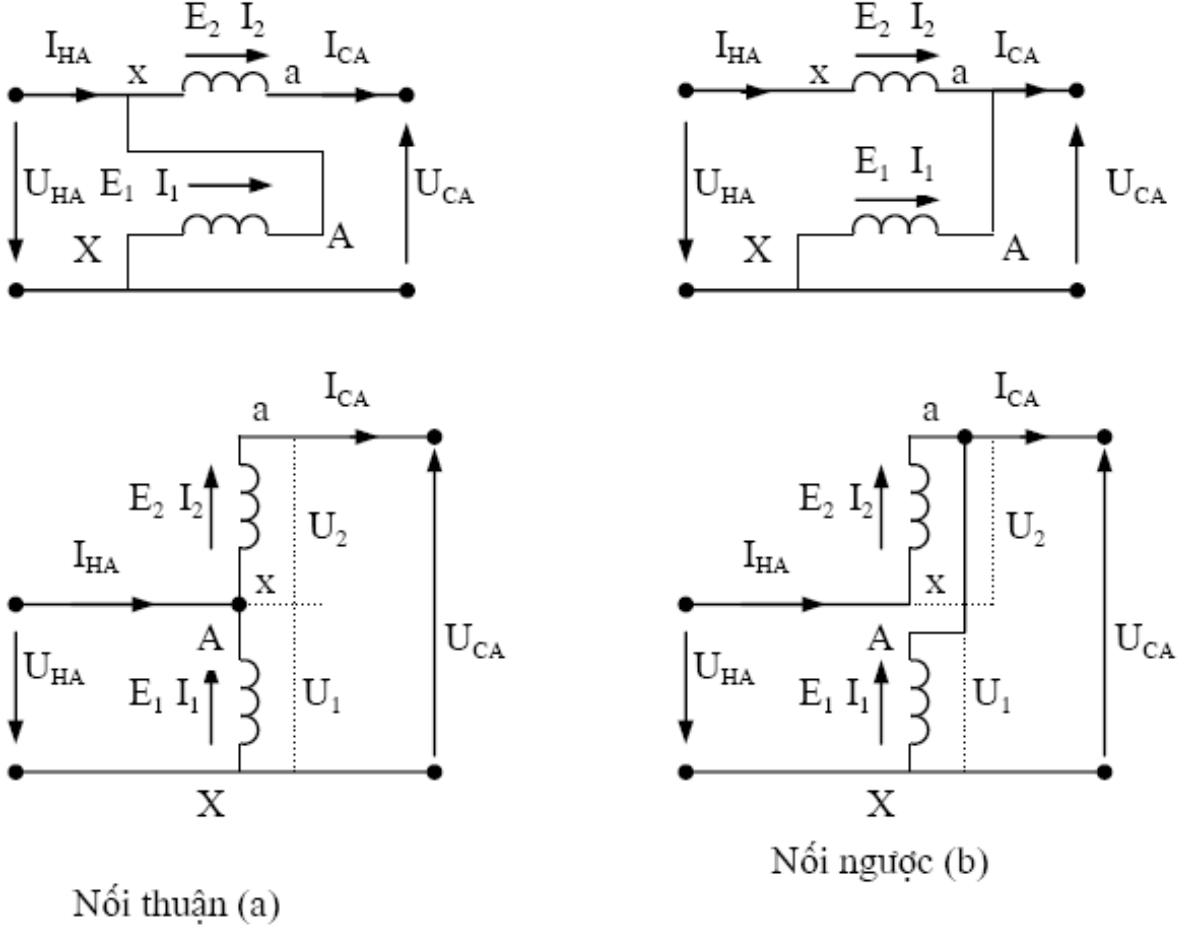
$$u_{nr*13} = \frac{r_{n13} I'_3}{U_{1dm}} ; \quad u_{nx*13} = \frac{X_{n13} I'_3}{U_{1dm}} ; \quad u_{nr*(2)} = \frac{r_1 I'_2}{U_{1dm}} ; \quad u_{nx*(2)} = \frac{X_1 I'_2}{U_{1dm}} ;$$





7.2. MÁY BIẾN ÁP TỰ NGẪU.

Mba tự ngẫu là loại mba mà ở đó ngoài sự liên hệ về từ còn có sự liên hệ trực tiếp với nhau về điện giữa dây quấn sơ cấp và dây quấn thứ cấp .



Hình 7.5 Sơ đồ của mba tự ngẫu một pha

Hình 7.4 trình bày hai kiểu nối dây của mba tự ngẫu : Nối thuận hình 7.5a và ngược 7.5b

Ta thấy công suất truyền tải của mba tự ngẫu gồm hai thành phần :

1. Truyền qua nhờ từ trường trong lõi thép.
2. Truyền dẫn trực tiếp.

Dung lượng thiết kế mba tự ngẫu là dung lượng truyền dẫn nhờ từ trường:

$$S_{\text{tké}} = E_1 I_1 = E_2 I_2 \quad (7.8)$$

Dung lượng mba tự ngẫu truyền qua lúc vận hành thực tế :

$$S_{\text{ttải}} = U_{CA} I_{CA} = U_{HA} I_{HA} \quad (7.9)$$

Tỉ số biến đổi điện áp của mba TN:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} = K \quad (7.10)$$

Tỉ số biến đổi điện áp của lưới điện :

$$\frac{U_{CA}}{U_{HA}} = \frac{I_{HA}}{I_{CA}} = K \quad \text{thường } K < 2.5. \quad (7.11)$$

Xét trường hợp nối thuận (hình a):

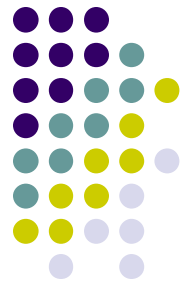
$$\frac{S_{\text{tké}}}{S_{\text{ttải}}} = \frac{E_2 I_2}{U_{CA} I_{CA}} = \frac{(U_{CA} - U_{HA}) I_{CA}}{U_{CA} I_{CA}} = 1 - \frac{1}{K} \quad (7.12)$$

Xét trường hợp nối ngược (hình b):

$$\frac{S_{\text{tké}}}{S_{\text{ttải}}} = \frac{E_2 I_2}{U_{CA} I_{CA}} = \frac{(U_{CA} - U_{HA}) I_{HA}}{U_{CA} I_{CA}} = \left(1 - \frac{1}{K}\right) K = K - 1 \quad (7.13)$$

Như vậy kiểu nối thuận có lợi hơn nên được dùng trong thực tế.

Công dụng của mba TN :



1. Mba tự ngẫu dùng để liên lạc giữa các hệ thống điện có các cấp điện áp khác nhau trong hệ thống điện như : 110-220; 220-500; 330-750 kV.
2. Mba tự ngẫu dùng để mở máy các động cơ không đồng bộ công suất lớn.
3. Mba tự ngẫu dùng rộng rãi làm nguồn cho các thiết bị điện sinh hoạt.
4. Mba tự ngẫu dùng ở các phòng thí nghiệm để thay đổi điện áp liên tục.

Ưu nhược điểm của mba tự ngẫu :

- **Ưu điểm :**

1. Mba tự ngẫu chế tạo dễ hơn mba 2 dây quấn cùng công suất.
2. Lúc vận hành tổn hao trong mba tự ngẫu cũng nhỏ hơn:

$$\frac{\sum P}{S_{\text{ttai}}} = \frac{\sum P}{S_{\text{tke}}} \left(1 - \frac{1}{k}\right) \text{ nghĩa là tổn hao chỉ còn } \left(1 - \frac{1}{k}\right) \text{ so với mba 2 dây}$$

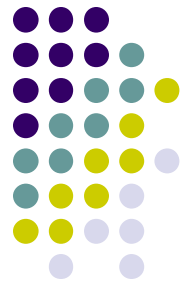
quấn.

3. Điện áp u_n của mba tn nhỏ còn $\left(1 - \frac{1}{k}\right)$ so với mba 2 dây quấn cùng công suất.

4. Sụt áp trong mba tự ngẫu nhỏ vì u_n nhỏ.

- **Nhược điểm :**

1. Vì u_n nhỏ nên dòng điện I_n tương đối lớn.
2. Khi vận hành với lưới điện trung tính mba tự ngẫu phải nối đất nếu không sẽ không an toàn.
3. Mba tự ngẫu yêu cầu cách điện cao hơn mba thường.



7.3. MÁY BIẾN ÁP ĐO LƯỜNG

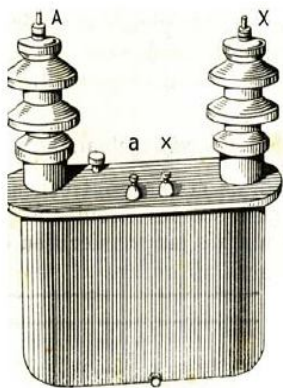
7.3.1. Máy biến điện áp

Máy biến điện áp (hình 7.6a) dùng để biến điện áp cao thành điện áp nhỏ để đo lường và điều khiển. Công suất máy biến điện áp $25 \div 1000 \text{VA}$.

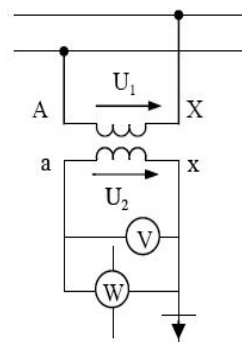
Máy biến điện áp có dây quấn sơ nối với lưới điện và dây quấn thứ nối với Vôn mét, cuộn dây áp của Watt kế, cuộn dây của các rơle bảo vệ, hoặc các thiết bị điều khiển khác (hình 7.6b). Các loại dụng cụ này có tổng trở Z rất lớn nên máy biến điện áp xem như làm việc ở chế độ không tải, do đó sai số về trị số nhỏ và bằng :

$$\Delta U\% = \frac{U_2 \frac{W_1}{W_2} - U_1}{U_1} 100 \quad (7.14)$$

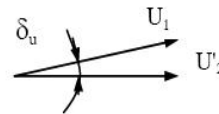
Góc δ_u giữa U_1 và U_2 (hình 7.6c) cũng nhỏ.



(a)



(b)



(c)

Cấp chính xác và sai số của mbđa :

Cấp chính xác	0.5	1	3
Sai số ΔU	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 3\%$
Sai số δ_u	$\pm 20'$	$\pm 40'$	K° qui định

Chú ý : Khi sử dụng mbđa không được nối tắt mạch thứ cấp vì nối tắt mạch thứ cấp tương đương nối tắt mạch sơ cấp nghĩa là gây sự có ngắn mạch ở lưới điện.

Hình 7.6 Máy biến điện áp

7.3.2. Máy biến dòng điện :

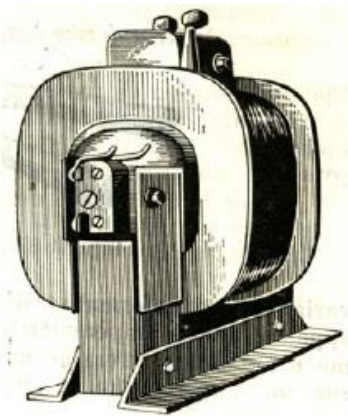
Máy biến dòng điện dùng để biến dòng điện lớn thành dòng điện nhỏ để đo lường bằng các dụng cụ đo tiêu chuẩn và điều khiển.

Công suất Máy biến dòng điện : 5÷100VA.

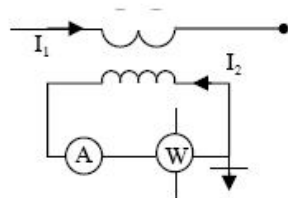
Máy biến dòng điện (hình 7.7a) có dây quấn sơ gồm ít vòng dây mắc nối tiếp với mạch cần đo dòng và dây quấn thứ gồm nhiều vòng dây nối với ampe mét, cuộn dây dòng của Watt mét, cuộn dây của các rơle bảo vệ, hoặc các thiết bị điều khiển khác (hình 7.7b). Các loại dụng cụ này có tổng trở Z rất bé nên máy biến dòng điện làm việc ở trạng thái ngắn mạch, khi đó lõi thép máy biến dòng điện không bão hòa và $\Phi = (0.8\div 1)Wb$, do đó sai số đo lường về trị số nhỏ và bằng :

$$\Delta i\% = \frac{I_2 \frac{W_2}{W_1} - I_1}{I_1} 100 \quad (7.15)$$

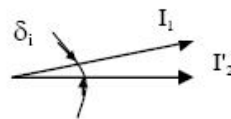
Góc δ_i giữa I_1 và I_2 (hình 7.7c) cũng nhỏ.



(a)



(b)

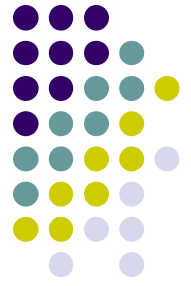


(c)

Cấp chính xác và sai số của máy biến dòng điện :

Cc xác	0.2	0.5	1	3	10
S.số ΔI	$\pm 0.2\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 3\%$	$\pm 10\%$
S.số δ_i	$\pm 10'$	$\pm 40'$	$\pm 80'$	K qui định	

Chú ý: Khi sử dụng máy biến dòng điện không được để dây quấn thứ hở mạch vì như vậy dòng từ hóa $I_0 = I_1$ rất lớn và lõi thép bão hòa nghiêm trọng sẽ nóng lên làm cháy dây quấn, hơn nữa từ thông bằng đầu sẽ sinh ra sđđ nhọn đầu ở dây quấn thứ có thể xuất hiện điện áp cao hàng nghìn vôn làm cho dây quấn thứ và người sử dụng không an toàn.



Hình 7.7 Máy biến dòng điện



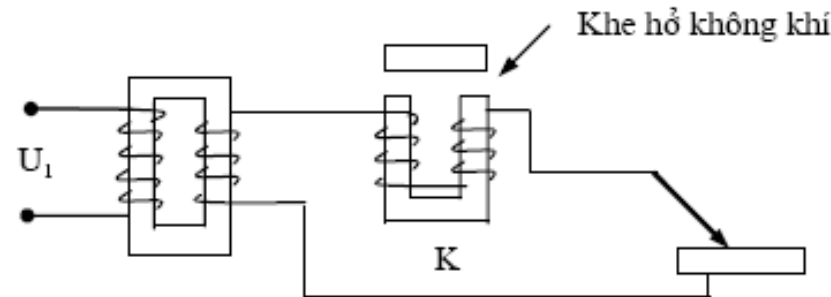
7.4. MÁY BIẾN ÁP HÀN HỒ QUANG

Là loại máy biến áp đặc biệt dùng để hàn bằng phương pháp hồ quang điện. Máy được chế tạo có điện kháng tản lớn và cuộn dây thứ cấp nối với điện kháng ngoài K để hạn chế dòng điện hàn. Vì thế đường đặc tính hàn rất dốc, phù hợp với yêu cầu hàn điện (hình 7.8).

Cuộn dây sơ cấp nối với nguồn điện, cuộn dây thứ cấp một đầu nối với cuộn điện kháng K rồi nối tới que hàn, còn đầu kia nối với tấm kim loại cần hàn.

Máy biến áp làm việc ở chế độ ngắn mạch ngắn hạn dây quấn thứ cấp. Điện áp thứ cấp định mức của máy biến áp hàn thường là $60 \div 70V$. Khi dí que hàn vào tấm kim loại, sẽ có dòng điện lớn chạy qua làm nóng chỗ tiếp xúc. Khi nhấc que hàn cách tấm kim loại một khoảng nhỏ, vì cường độ điện trường lớn làm ion hóa chất khí, sinh hồ quang và tỏa nhiệt lượng lớn làm nóng chảy chỗ hàn.

Để điều chỉnh dòng điện hàn, có thể thay đổi số vòng dây của dây quấn thứ cấp máy biến áp hàn hoặc thay đổi điện kháng ngoài bằng cách thay đổi khe hở không khí của lõi thép K.



Hình 7.8 Sơ đồ máy biến áp hàn hồ quang