

# **PHẦN 1 – MÁY BIẾN ÁP**

## **CHƯƠNG 3**

# **MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ**

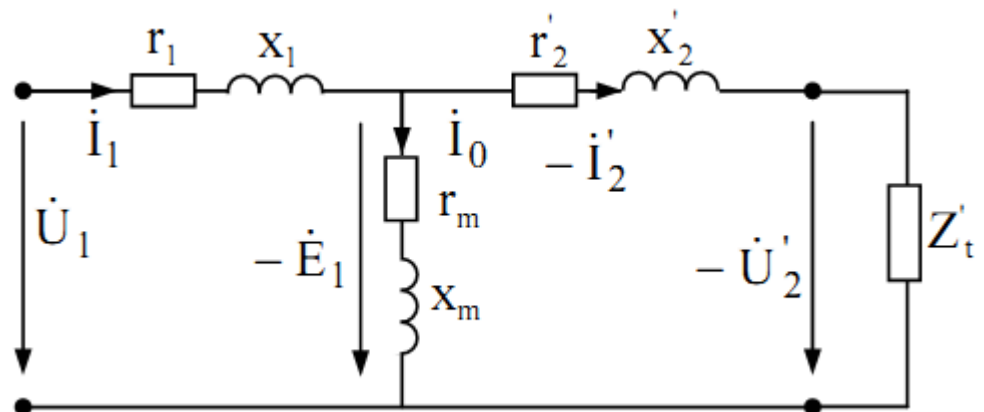
# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

## 1. MBA LÀM VIỆC VỚI TẢI ĐỐI XỨNG

### 1.1. Giảm đồ năng lượng

Cân bằng năng lượng và sự làm việc của mba trong điều kiện điện áp sơ cấp  $U_1 = \text{const}$ , và tần số  $f = \text{const}$ .

Cân bằng năng lượng trong máy dựa trên sơ đồ thay thế



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Công suất  $P_1$  là công suất tác dụng đưa vào dây quấn sơ cấp mba:

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$$

Một phần công suất này bù vào :

+ Tổn hao đồng trên điện trở của dây quấn:  $p_{Cu1} = m_1 r_1 I_1^2$

+ Tổn hao sắt trong lõi thép:  $p_{Fe} = m_1 r_m I_0^2$

Công suất còn lại  $P_{đt}$  (công suất điện từ) chuyển sang thứ cấp:

$$P_{đt} = P_1 - (p_{Cu1} + p_{Fe}) = m_2 E_2 I_2 \cos \psi_2$$

Công suất ở đầu ra  $P_2$  nhỏ hơn  $P_{đt}$  một lượng bằng tổn hao đồng trên điện trở của dây quấn thứ cấp :  $p_{Cu2} = m_2 r_2 I_2^2 = m_1 r_2' I_2'^2$

$$P_2 = P_{đt} - p_{Cu2} = m_2 U_2 I_2 \cos \varphi_2$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

Tương tự, công suất phản kháng  $Q_1$  nhận vào dây quấn sơ cấp :

$$Q_1 = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi_1$$

Công suất này trừ đi công suất để tạo ra từ trường tản ở dây quấn sơ cấp  $q_1 = m_1 x_1 I_1^2$  và từ trường trong lõi thép  $q_m = m_1 x_m I_0^2$ , phần còn lại là công suất phản kháng chuyển sang dây quấn thứ cấp:

$$Q_{đt} = Q_1 - (q_1 + p_m) = m_2 E_2 I_2 \sin \psi_2$$

Công suất phản kháng đưa đến phụ tải:

$$Q_2 = Q_{đt} - q_2 = m_2 U_2 I_2 \sin \varphi_2$$

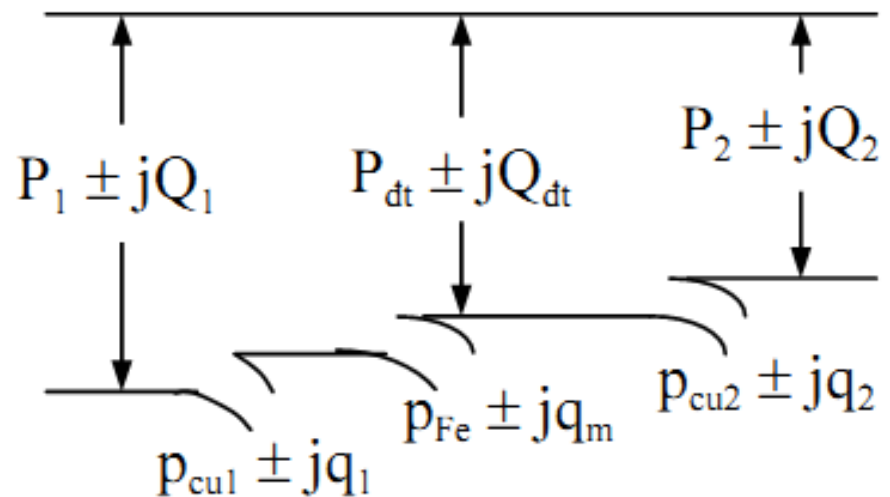
Trong đó:  $q_2 = m_2 x_2 I_2^2$  để tạo ra từ trường tản ở dây quấn thứ cấp.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Tải có tính chất điện cảm ( $\varphi_2 > 0$ ) thì  $Q_2 > 0$ , lúc đó  $Q_1 > 0$  và công suất phản kháng truyền từ dây quấn sơ cấp sang dây quấn thứ cấp.

Tải có tính chất điện dung ( $\varphi_2 < 0$ ) thì  $Q_2 < 0$ , nếu  $Q_1 < 0$ , công suất phản kháng truyền từ dây quấn thứ cấp sang dây quấn sơ cấp hoặc  $Q_1 > 0$ , toàn bộ công suất phản kháng từ phía thứ cấp và sơ cấp đều dùng để từ hoá MBA.

Giải đồ năng lượng (sự cân bằng công suất tác dụng và phản kháng)



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

## 1.2. Độ thay đổi điện áp thứ cấp

Hiệu số số học giữa trị số điện áp thứ cấp lúc không tải  $U_{20}$  (điều kiện  $U_1 = U_{1đm}$ ) và lúc có tải  $U_2$ .

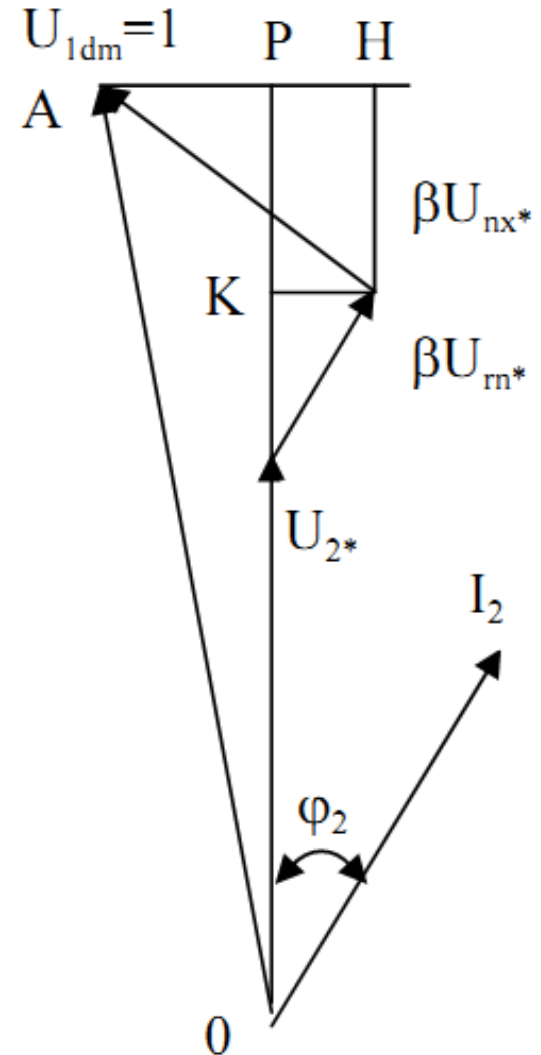
$$\Delta U = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} = \frac{U'_{20} - U'_2}{U'_{20}}$$

$$\Delta U = \frac{U_{1đm} - U'_2}{U_{1đm}} = 1 - \frac{U'_2}{U_{1đm}} = 1 - U_2^*$$

Xác định  $\Delta U$  bằng phương pháp giải tích.

Gọi  $\beta$  - hệ số mang tải;  $\cos\varphi_2$  - hệ số công suất của mba:

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2đm}} = \frac{I'_2}{I'_{2đm}}$$



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Ta có: 
$$BC = \frac{r_n I_2'}{U_{1đm}} = \frac{r_n I_{2đm}'}{U_{1đm}} \frac{I_2'}{I_{2đm}'} = \beta U_{nr*}$$

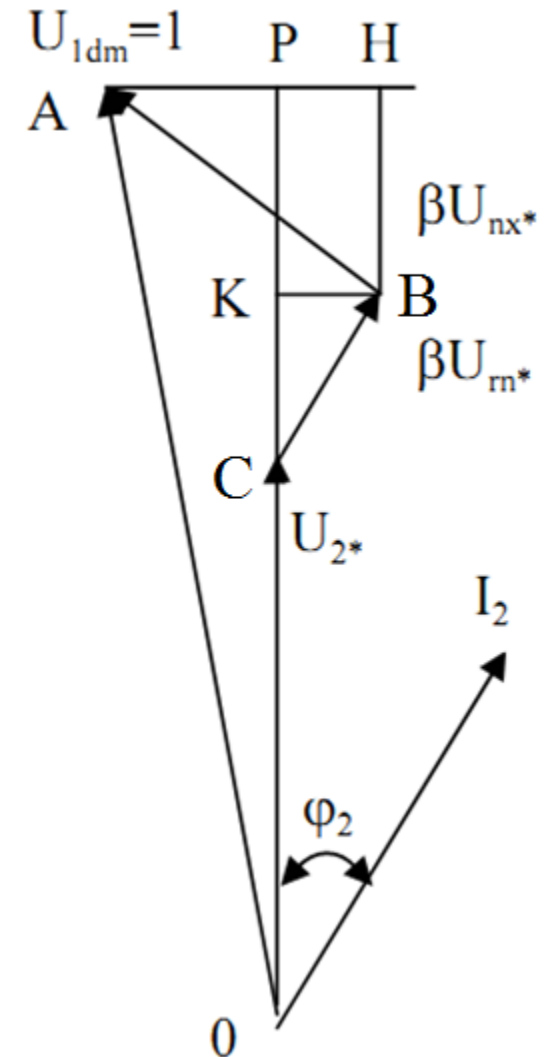
$$AB = \frac{x_n I_2'}{U_{1đm}} = \frac{x_n I_{2đm}'}{U_{1đm}} \frac{I_2'}{I_{2đm}'} = \beta U_{nx*}$$

Từ A hạ đường thẳng góc AP xuống  $OU_2^*$  và gọi  $AP = n$  và  $CP = m$ , ta có:

$$U_2^* = \sqrt{1 - n^2} - m$$

$$U_2^* \approx 1 - \frac{n^2}{2} - m$$

$$\Delta U_* = 1 - U_2^* = m + \frac{n^2}{2}$$



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Tính n và m:

$$m = CK + KB = \beta(U_{nr*} \cos \varphi_2 + U_{nx*} \sin \varphi_2)$$

$$n = AH - HP = \beta(U_{nx*} \cos \varphi_2 - U_{nr*} \sin \varphi_2)$$

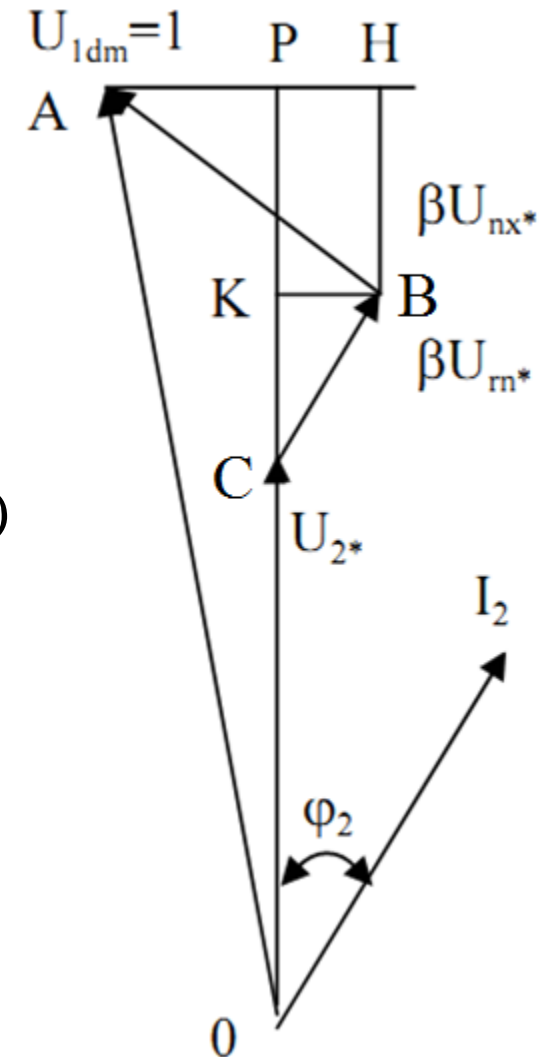
Như vậy:

$$\Delta U_* = m + \frac{n^2}{2} = \beta(U_{nr*} \cos \varphi_2 + U_{nx*} \sin \varphi_2)$$

$$+ \frac{1}{2} \beta^2 (U_{nx*} \cos \varphi_2 - U_{nr*} \sin \varphi_2)^2$$

Số hạng sau rất nhỏ, có thể bỏ qua

$$\Delta U_* = \beta(U_{nr*} \cos \varphi_2 + U_{nx*} \sin \varphi_2)$$



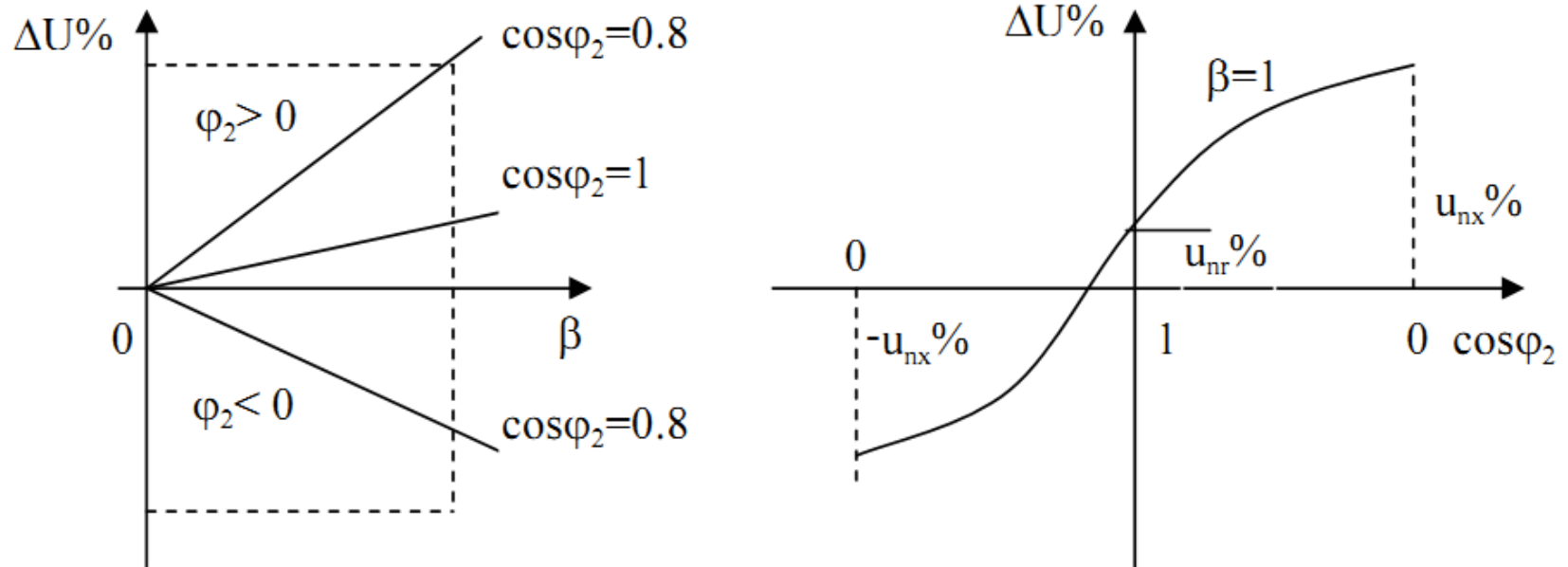


# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Tính  $\Delta U_*$  theo  $\Delta U\%$ , ta viết lại biểu thức trên:

$$\Delta U\% = \beta(u_{nr}\% \cos\varphi_2 + u_{nx}\% \sin\varphi_2)$$

$$\Delta U\% = \beta u_n\% (\cos\varphi_n \cos\varphi_2 + \sin\varphi_n \sin\varphi_2)$$



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

## 1.3. Phương pháp điều chỉnh điện áp thứ cấp

Do  $\Delta U = f(\beta, \cos\varphi_2)$  như vậy  $U_2$  phụ thuộc vào  $\beta$  và  $\cos\varphi_2$ , để giữ cho  $U_2 = \text{const}$  khi tăng tải thì tỉ số biến áp  $k$  phải thay đổi, nghĩa là ta phải thay đổi số vòng dây  $N$ .

Mỗi dây quấn có hai đầu ra, ở giữa hoặc cuối cuộn dây ta đưa ra một số đầu dây ứng với các vòng dây khác nhau để thay đổi điện áp.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

## 1.3. Phương pháp điều chỉnh điện áp thứ cấp

### *a. Thay đổi số vòng dây khi máy ngừng làm việc*

Dùng cho các máy biến áp hạ áp khi điện áp thứ cấp thay đổi hoặc khi điều chỉnh điện áp theo đồ thị phụ tải hàng năm.

Đối với mba công suất nhỏ : một pha có 3 đầu phân nhánh :  $\pm 5\%U_{đm}$ .

Đối với mba công suất lớn : một pha có 5 đầu phân nhánh:  $\pm 2 \times 2.5\%U_{đm}$ .

Việc thực hiện đổi nối khi máy ngừng làm việc, nên thiết bị đổi nối đơn giản, rẻ tiền, đặt trong thùng dầu và tay quay đặt trên nắp thùng.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

Dùng cho các máy biến áp hạ áp khi điện áp thứ cấp thay đổi hoặc khi điều chỉnh điện áp theo đồ thị phụ tải hàng năm.

Mba công suất nhỏ : một pha có 3 đầu phân nhánh :  $\pm 5\%U_{đm}$ .

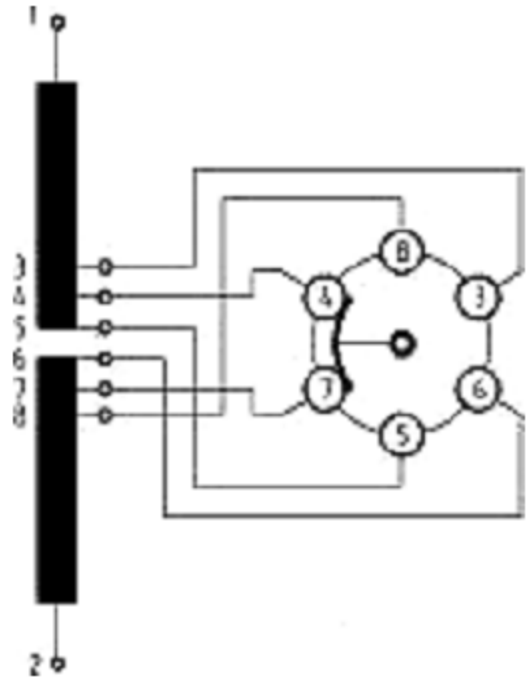
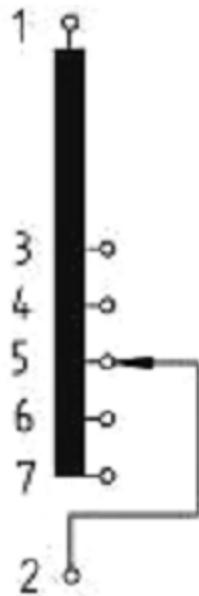
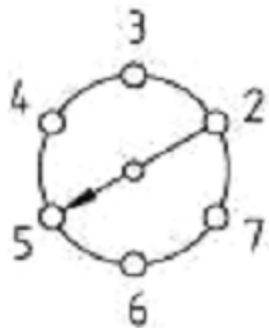
Mba công suất lớn : một pha có 5 đầu phân nhánh:  $\pm 2 \times 2.5\%U_{đm}$ .

Việc thực hiện đổi nối khi máy ngừng làm việc, nên thiết bị đổi nối đơn giản, rẻ tiền, đặt trong thùng dầu và tay quay đặt trên nắp thùng.

Các đầu phân áp đưa ra cuối cuộn dây thì việc cách điện chúng dễ dàng hơn.

Các đầu phân áp đưa ra giữa cuộn dây thì lực điện từ đối xứng và từ trường tản phân bố sẽ đều

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

## ***b. Thay đổi số vòng dây khi máy đang làm việc (điều áp dưới tải)***

Trong hệ thống điện nhiều khi cần phải điều chỉnh điện áp khi máy biến áp đang làm việc để phân phối lại công suất tác dụng và phản kháng giữa các phân đoạn của hệ thống.

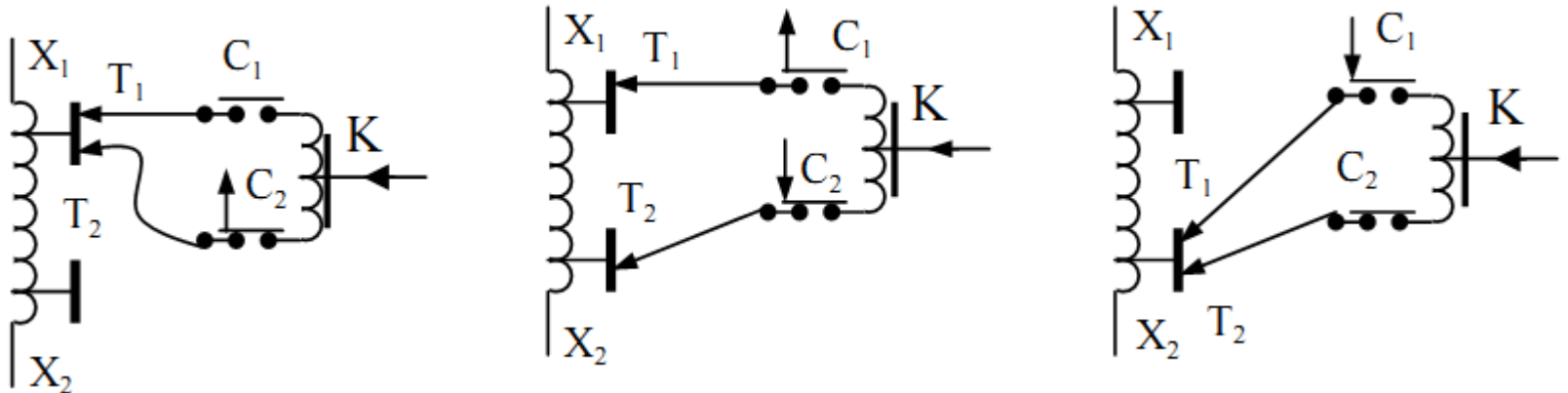
Các máy có khả năng này được gọi là MBA điều chỉnh dưới tải.

Điện áp thường được điều chỉnh từng 1% trong phạm vi  $\pm 10\%U_{dm}$ .

Việc đổi nối các đầu phân áp trong MBA điều chỉnh dưới tải phức tạp hơn và phải có cuộn điện kháng để hạn chế dòng điện ngắn mạch của bộ phận dây quấn bị nối ngắn mạch khi thao tác đổi nối.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Quá trình thao tác đổi nối từ đầu nhánh  $X_1$  sang đầu nhánh  $X_2$ , trong đó  $T_1, T_2$  là các tiếp xúc trượt;  $C_1, C_2$  là công-tắc-tơ. Ở các vị trí đầu và cuối dòng qua cuộn kháng  $K$  theo hai chiều ngược nhau, nên từ thông trong lõi thép gần bằng không, điện kháng  $X$  của cuộn kháng rất bé. Trong vị trí trung gian (b) dòng ngắn mạch chạy qua  $K$  cùng chiều nên có từ thông  $\phi$  và  $X$  lớn, làm giảm dòng ngắn mạch  $I_n$ .



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

## 1.4. Hiệu suất máy biến áp

Hiệu suất của mba là tỉ số giữa công suất đầu ra  $P_2$  và công suất đầu vào  $P_1$ :

$$\eta\% = \frac{P_2}{P_1} 100$$

Hiệu suất mba nhỏ hơn 100% vì quá trình truyền tải qua mba có tổn hao đồng và tổn hao sắt, ngoài ra còn kể đến tổn hao do dòng điện xoáy trên vách thùng dầu và bu lông lắp ghép.

Như vậy biểu thức hiệu suất:

$$\eta\% = \left(1 - \frac{\sum p}{P_2 + \sum p}\right) 100$$

$$\text{Với: } \sum p = p_{Cu1} + p_{Cu2} + p_{Fe}$$



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Các tổn thất:

$$P_{Fe} = P_0$$

$$P_{Cu1} + P_{Cu2} = r_1 i_1^2 + r_2' i_2'^2 = r_n I_{2đm}^2 \left( \frac{I_2'}{I_{2đm}'} \right)^2 = P_n \beta^2$$

$$P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2 \approx U_{2đm} I_{2đm} \frac{I_2}{I_{2đm}} \cos \varphi_2 = \beta S_{đm} \cos \varphi_2$$

Như vậy biểu thức hiệu suất:

$$\eta\% = \left( 1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_n}{\beta S_{đm} \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_n} \right) 100$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

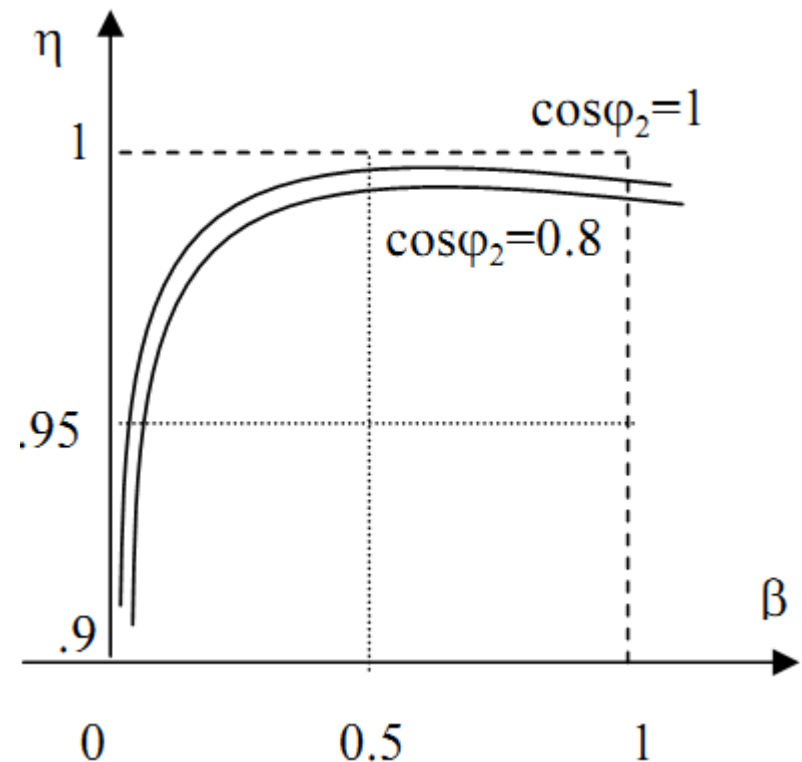
Các tổn hao rất nhỏ so với công suất truyền tải nên hiệu suất của mba rất cao. Đối với mba dung lượng lớn, hiệu suất đạt tới trên 99%.

Ta thấy  $\eta = f(\beta, \cos\varphi_2)$ , cho  $\cos\varphi_2 = \text{const}$ , tìm hiệu suất cực đại  $\eta_{\max}$ :

$$\frac{d\eta}{d\beta} = 0 \rightarrow \beta_{\max}^2 P_n = P_0$$

$$\beta_{\max} = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}}$$

Hiệu suất m.b.a đạt giá trị cực đại khi tổn hao không đổi bằng tổn hao biến đổi hay tổn hao sắt bằng tổn hao đồng.



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

## 1.5. Máy biến áp làm việc song song

Lý do nối mba làm việc song song:

- + Cung cấp điện liên tục cho các phụ tải
- + Vận hành các mba một cách kinh tế nhất.
- + Máy quá lớn thì việc chế tạo và vận chuyển sẽ khó khăn.

Thế nào là làm việc song song: Dây quấn sơ cấp các mba nối chung vào một lưới điện và dây quấn thứ cấp cùng cung cấp cho một phụ tải.

Điều kiện để nối mba làm việc song song:

- + Cùng tỉ số biến áp.
- + Cùng tổ nối dây.
- + Cùng điện áp ngắn mạch.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

## a. Điều kiện cùng tổ nối dây

Cùng tổ nối dây điện áp thứ cấp sẽ trùng pha nhau. Khác tổ nối dây điện áp thứ cấp sẽ lệch pha nhau, và sự lệch pha này phụ thuộc vào tổ nối dây.

Ví dụ: Hai mba: máy I nối Y/ $\Delta$ -11 và máy II nối Y/Y-12 làm việc song song  $\rightarrow$  điện áp thứ cấp hai máy sẽ lệch pha nhau một góc  $30^\circ$ , trong mạch nối liền dây quấn thứ cấp sẽ xuất hiện một sđđ:

$$\Delta E = 2E \sin 15^\circ = 0,518E$$

Khi máy không tải, trong dây quấn thứ cấp có dòng điện cân bằng :

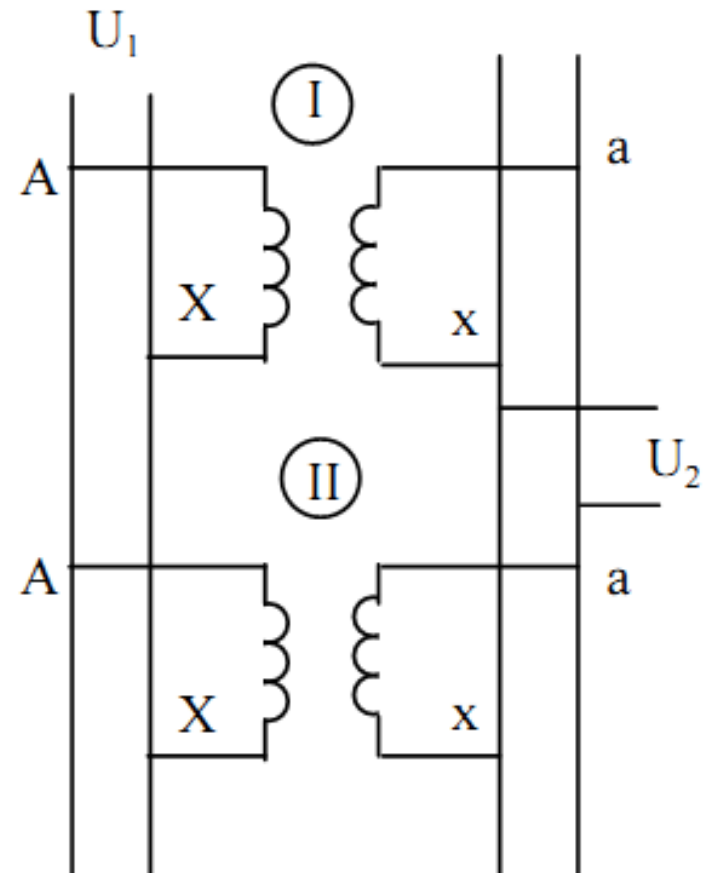
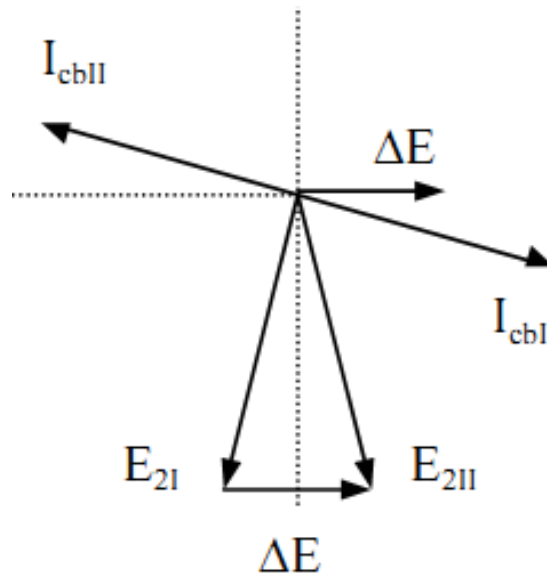
$$I_{cb} = \frac{\Delta E}{Z_{nI} + Z_{nII}}$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Nếu giả sử  $Z_{nI} = Z_{nII} = 0,05$

Dòng cân bằng:

$$I_{cb} = \frac{0,518}{0,05 + 0,05} = 5,18 I_{đm}$$



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

## *b. Điều kiện cùng tỉ số biến đổi điện áp*

Nếu tỉ số biến đổi điện áp của hai máy khác nhau mà hai điều kiện còn lại thỏa mãn thì khi mba làm việc song song, điện áp thứ cấp không tải sẽ bằng nhau ( $E_{2.I} = E_{2.II}$ ), trong mạch nối liền dây quấn thứ của mba sẽ không có dòng điện chạy qua.

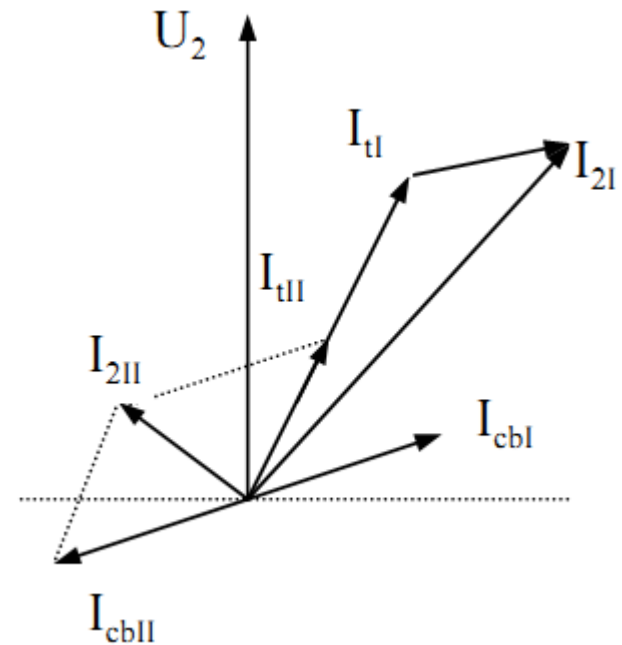
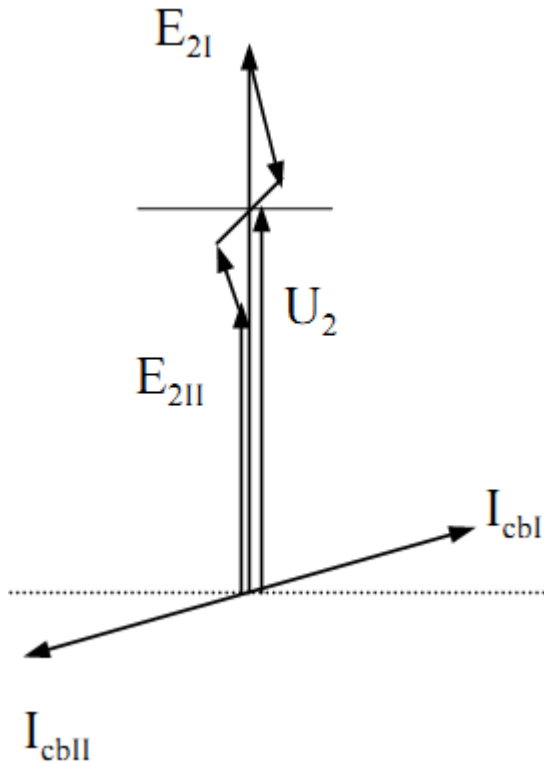
Giả sử  $k_I \neq k_{II}$  thì  $E_{2.I} \neq E_{2.II}$  và khi không tải, trong mạch nối liền quấn thứ của mba sẽ có dòng điện  $I_{cb}$  chạy qua do điện áp:

$$\Delta E = E_{2.I} - E_{2.II}$$

$$I_{cb} = \frac{\Delta E}{Z_{nI} + Z_{nII}}$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Dòng điện cân bằng chạy trong dây quấn mba theo hai chiều ngược nhau và chậm pha một góc  $90^\circ$  vì  $r \ll x$ . Lúc này điện áp rơi trên dây quấn sẽ bù trừ với sđđ, kết quả trên mạch thứ có điện áp thống nhất  $U_2$ .



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

Kết quả khi mba mang tải, dòng điện tải  $I_t$  sẽ cộng với dòng cân bằng làm cho điều kiện làm việc của máy sẽ xấu đi, nghĩa là dòng trong máy không tỉ lệ với công suất của chúng, ảnh hưởng tới sự lợi dụng công suất của chúng.

Chú ý : Cho phép  $K =$  khác nhau 0.5% so với trị số trung bình.



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

## c. Điều kiện điện áp ngắn mạch bằng nhau

Xét ba mba làm việc song song có điện áp ngắn mạch  $u_{nI}$ ,  $u_{nII}$ ,  $u_{nIII}$ .

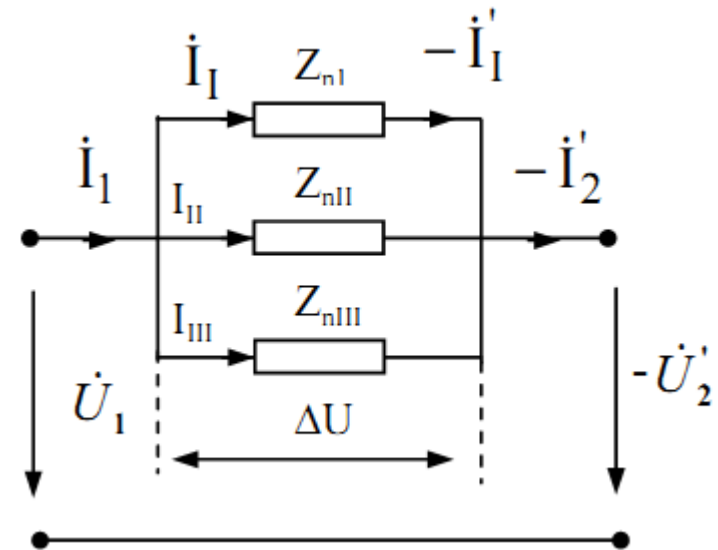
Nếu bỏ qua dòng điện từ hoá thì mạch điện có dạng như hình bên.

Tổng trở tương đương của mạch:

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{Z_{nI}} + \frac{1}{Z_{nII}} + \frac{1}{Z_{nIII}}} = \frac{1}{\sum \frac{1}{Z_{ni}}}$$

Điện áp rơi trên mạch tương đương

$$\Delta \dot{U} = \dot{U}_1 - \dot{U}'_2 = Z \cdot \dot{I}$$



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Dòng điện tải của mỗi mba:

$$\dot{I}_{2I} = \frac{Z \cdot \dot{I}}{Z_{nI}} = \frac{\dot{I}}{Z_{nI} \sum \frac{1}{Z_{ni}}} \quad \dot{I}_{2II} = \frac{Z \cdot \dot{I}}{Z_{nII}} = \frac{\dot{I}}{Z_{nII} \sum \frac{1}{Z_{ni}}}$$

$$\dot{I}_{2III} = \frac{Z \cdot \dot{I}}{Z_{nIII}} = \frac{\dot{I}}{Z_{nIII} \sum \frac{1}{Z_{ni}}}$$

Thường thì  $\varphi_{nI} \approx \varphi_{nII} \approx \varphi_{nIII}$  nên chuyển tính từ số phức sang môđun:

$$Z_n = u_n \frac{U_{đm}}{I_{đm}}$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Từ công thức dòng điện mba I, thay biểu thức  $z_n$ :

$$I_{2I} = \frac{I}{\frac{u_{nI}}{I_{đmI}} \sum \frac{I_{đm.i}}{u_{ni}}}$$

Nhân hai vế với  $\frac{S_{đm}}{U_{đm}} = \frac{U_{đm} I_{đm}}{U_{đm}}$  ta được biểu thức hệ số tải các máy:

$$\beta_I = \frac{S}{u_{nI} \sum \frac{S_{đm.i}}{u_{ni}}} \quad \beta_{II} = \frac{S}{u_{nII} \sum \frac{S_{đm.i}}{u_{ni}}} \quad \beta_{III} = \frac{S}{u_{nIII} \sum \frac{S_{đm.i}}{u_{ni}}}$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

Như vậy, từ các biểu thức trên ta thấy hệ số tải của các MBA làm việc song song tỉ lệ nghịch với điện áp ngắn mạch của chúng :

$$\beta_I : \beta_{II} : \beta_{III} = \frac{1}{u_{nI}} : \frac{1}{u_{nII}} : \frac{1}{u_{nIII}}$$

Như vậy, các mba làm việc song song, có điện áp ngắn mạch  $u_n$  bằng nhau, tải sẽ phân bố tỉ lệ với công suất của máy.

Nếu  $u_n$  khác nhau MBA nào có  $u_n$  lớn,  $\beta$  nhỏ còn  $u_n$  nhỏ,  $\beta$  lớn.

Khi máy có  $u_n$  nhỏ làm việc ở định mức thì MBA có  $u_n$  lớn sẽ hụt tải, kết quả là không tận dụng hết công suất thiết kế của mỗi máy.

Chú ý : Cho phép  $u_n$  khác nhau 10% và công suất MBA có tỉ lệ: 3:1

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

Ví dụ: Cho ba MBA có cùng tổ nối dây quấn và tỉ số biến đổi với các số liệu sau :  $S_{đmI} = 180\text{kVA}$ ,  $S_{đmII} = 240\text{kVA}$ ,  $S_{đmIII} = 320\text{kVA}$ ;  $u_{nI}\% = 5,4$ ,  $u_{nII}\% = 6,0$ ,  $u_{nIII}\% = 6,6$ .

Hãy xác định tải của mỗi MBA khi tải chung của các MBA bằng tổng công suất của chúng và tính xem tải tối đa của các MBA để không MBA nào bị quá tải ?

Giải

Tổng công suất của ba máy :

$$S = 180 + 240 + 320 = 740(\text{kVA})$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Hệ số tải các máy:

$$\beta_I = \frac{S}{u_{nI} \sum \frac{S_{đm.i}}{u_{ni}}} = \frac{740}{5,4 \sum \left( \frac{180}{5,4} + \frac{240}{6} + \frac{320}{6,6} \right)} = 1,125$$

$$\beta_{II} = \frac{S}{u_{nII} \sum \frac{S_{đm.i}}{u_{ni}}} = \frac{740}{6 \sum \left( \frac{180}{5,4} + \frac{240}{6} + \frac{320}{6,6} \right)} = 1,01$$

$$\beta_{III} = \frac{S}{u_{nIII} \sum \frac{S_{đm.i}}{u_{ni}}} = \frac{740}{6,6 \sum \left( \frac{180}{5,4} + \frac{240}{6} + \frac{320}{6,6} \right)} = 0,92$$

$$S = 180 + 240 + 320 = 740(\text{kVA})$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Công suất tải các máy:

$$S_I = \beta_I S_{\text{đmI}} = 1,125 \cdot 180 = 202,5 \text{ kVA}$$

$$S_{II} = \beta_{II} S_{\text{đmII}} = 1,01 \cdot 240 = 243 \text{ kVA}$$

$$S_{III} = \beta_{III} S_{\text{đmIII}} = 0,92 \cdot 320 = 294,5 \text{ kVA}$$

Ta thấy máy I có  $u_n$  nhỏ nhất bị quá tải nhiều, trong khi đó máy III có  $u_n$  lớn bị hụt tải.

Tải tổng tối đa để không máy nào quá tải ứng  $\beta_I = 1$ :

$$\beta_I = \frac{S}{5,4 \sum \left( \frac{180}{5,4} + \frac{240}{6} + \frac{320}{6,6} \right)} = 1,0 \rightarrow S = 657,72 \text{ kVA}$$

Rõ ràng là phần công suất đặt của các MBA không được lợi dụng sẽ bằng :  $740 - 658 = 82 \text{ kVA}$ .

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

## 2. MBA LÀM VIỆC VỚI TẢI KHÔNG ĐỐI XỨNG

### 2.1. Vấn đề chung

Tải không đối xứng của mba là tải không phân phối đều cho cả ba pha, làm cho dòng điện trong ba pha không bằng nhau, gây ảnh hưởng xấu đến tình trạng làm việc bình thường trong mba như:

- + Điện áp dây và pha sẽ không đối xứng.
- + Tổn hao phụ trong dây quấn và lõi thép tăng lên.
- + Độ chênh nhiệt của mba vượt quá qui định.

Để nghiên cứu tình trạng làm việc không đối xứng của mba dùng phương pháp **pháp phân lượng đối xứng**.



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Hệ thống dòng điện không đối xứng của mba  $\dot{I}_a; \dot{I}_b; \dot{I}_c$  được phân tích thành ba hệ thống dòng điện đối xứng:

+ Thứ tự thuận:  $\dot{I}_{a1}; \dot{I}_{b1}; \dot{I}_{c1}$

+ Thứ tự ngược:  $\dot{I}_{a2}; \dot{I}_{b2}; \dot{I}_{c2}$

+ Thứ tự không:  $\dot{I}_{a0}; \dot{I}_{b0}; \dot{I}_{c0}$

Theo quan hệ:

$$\dot{I}_a = \dot{I}_{a1} + \dot{I}_{a2} + \dot{I}_{a0}$$

$$\dot{I}_b = \dot{I}_{b1} + \dot{I}_{b2} + \dot{I}_{b0} = a^2 \dot{I}_{a1} + a \dot{I}_{a2} + \dot{I}_{a0}$$

$$\dot{I}_c = \dot{I}_{c1} + \dot{I}_{c2} + \dot{I}_{c0} = a \dot{I}_{a1} + a^2 \dot{I}_{a2} + \dot{I}_{a0}$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_a \\ \dot{I}_b \\ \dot{I}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_{a0} \\ \dot{I}_{a1} \\ \dot{I}_{a2} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_{a0} \\ \dot{I}_{a1} \\ \dot{I}_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_a \\ \dot{I}_b \\ \dot{I}_c \end{bmatrix}$$

Trong đó:

$$a = e^{j120^\circ}; a^2 = e^{j240^\circ}; 1 + a + a^2 = 0$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

Chú ý :

- Khi tải mba không đối xứng, bao giờ cũng phân tích thành các thành phần: TT thuận, TT ngược và TT không. Riêng thành phần TT không trong mba do có trị số bằng nhau và trùng pha về thời gian nên chỉ tồn tại khi mba nối  $Y_0$  và  $\Delta$ .
- Phương pháp phân lượng đối xứng dựa trên cơ sở nguyên lý xếp chồng, nên khi áp dụng nguyên lý đó ta giả thiết mạch từ mba không bão hòa.
- Khi phân tích ta xem như đã qui đổi từ phía thứ cấp về phía sơ cấp và để đơn giản ta bỏ qua dấu phẩy.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

## 2.2. Mạch điện hay thế và tổng trở mba với các thành phần

### *a. Đối với hệ thống dòng điện thứ tự thuận*

Hệ thống dòng điện này đối xứng nên mạch điện thay thế và các tham số của mba như đã xét ở phần tải đối xứng.

### *b. Đối với hệ thống dòng điện thứ tự ngược*

Hệ thống dòng điện này có tác dụng hoàn toàn giống dòng điện thứ tự thuận vì nếu đổi 2 trong ba pha phía sơ cấp và phía thứ cấp thì hiện tượng trong mba không có gì thay đổi nên mạch điện thay thế và các tham số của mba không khác gì so với dòng điện thứ tự thuận.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

## 2.2. Mạch điện hay thế và tổng trở mba với các thành phần

### *c. Đối với hệ thống dòng điện thứ tự không*

Hệ thống dòng điện thứ tự không 3 pha sinh ra trong mba từ thông thứ tự không  $\Phi_{t0}$  trùng pha về thời gian.

- Tổ mba 3 pha: Từ thông  $\Phi_{t0}$  khép mạch qua lõi thép nên dòng  $I_{a0} = I_{b0} = I_{c0}$  dù nhỏ cũng đủ sinh ra  $\Phi_{t0}$  lớn vì từ trở thép nhỏ.
- Mba 3 pha ba trụ:  $\Phi_{t0}$  khép mạch qua vật liệu không phải sắt từ nên  $\Phi_{t0}$  nhỏ hơn trên.

Từ thông  $\Phi_{t0}$  sinh ra trong dây quấn sơ cấp và thứ cấp các sđđ tự cảm và hẫ cảm và ta thành lập sơ đồ thay thế hình T tương tự như đối với trường hợp dòng điện thứ tự thuận.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

Hệ thống dòng điện thứ tự không 3 pha sinh ra trong mba từ thông thứ tự không  $\Phi_{t0}$  trùng pha về thời gian.

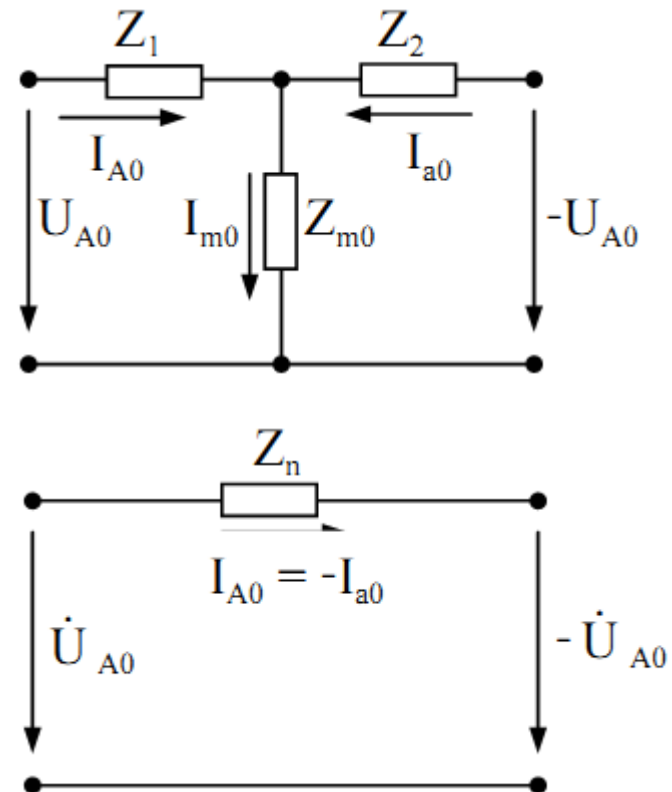
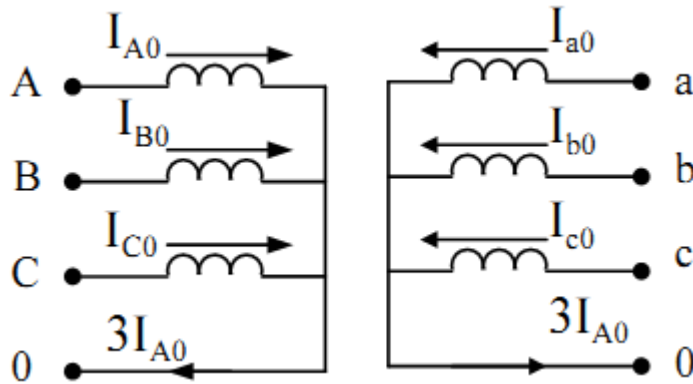
- Tổ mba 3 pha: Từ thông  $\Phi_{t0}$  khép mạch qua lõi thép nên dòng  $I_{a0} = I_{b0} = I_{c0}$  dù nhỏ cũng đủ sinh ra  $\Phi_{t0}$  lớn vì từ trở thép nhỏ.
- Mba 3 pha ba trụ:  $\Phi_{t0}$  khép mạch qua vật liệu không phải sắt từ nên  $\Phi_{t0}$  nhỏ hơn trên.

Từ thông  $\Phi_{t0}$  sinh ra trong dây quấn sơ cấp và thứ cấp các sđđ tự cảm và hồ cảm và ta thành lập sơ đồ thay thế hình T tương tự như đối với trường hợp dòng điện thứ tự thuận.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Khi mba nối  $Y_0/Y_0$  hoặc  $Y_0/\Delta$ :

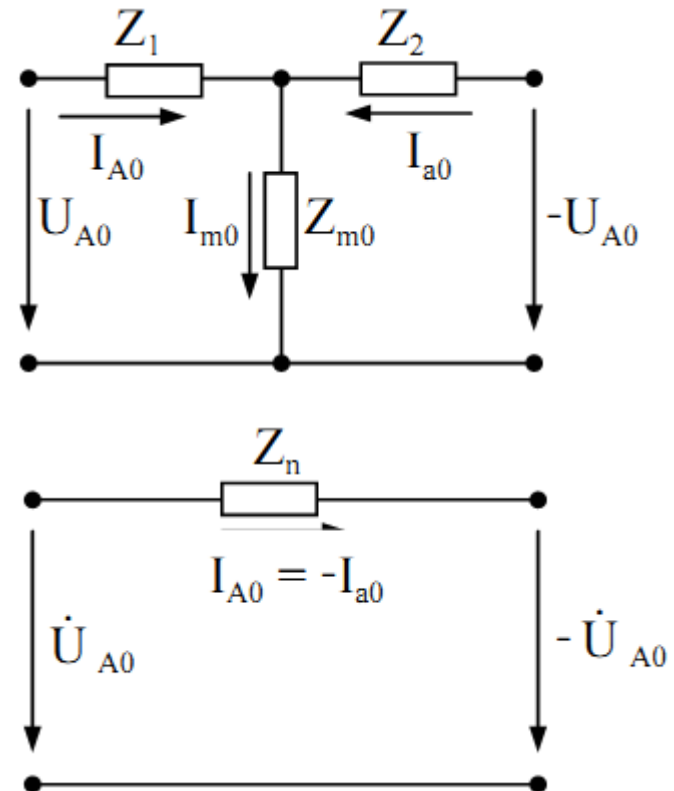
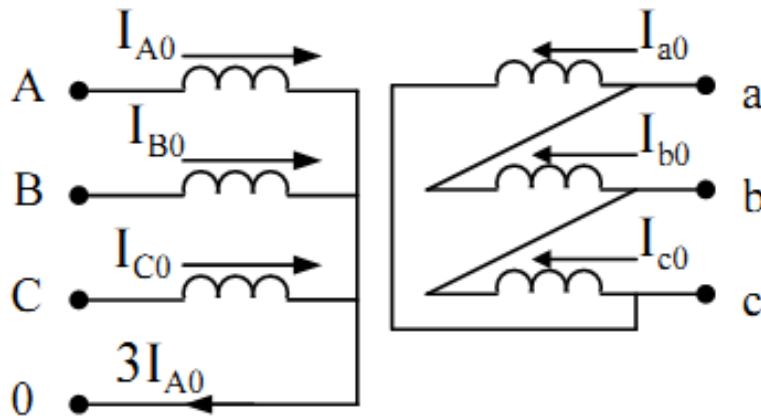
Dòng thứ tự không tồn tại ở cả dây quấn sơ cấp và thứ cấp nên mạch điện thay thế đối với phân lượng thứ tự không không có gì khác dạng mạch điện thay thế của phân lượng thứ tự thuận.



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Khi mba nối  $Y_0/Y_0$  hoặc  $Y_0/\Delta$ :

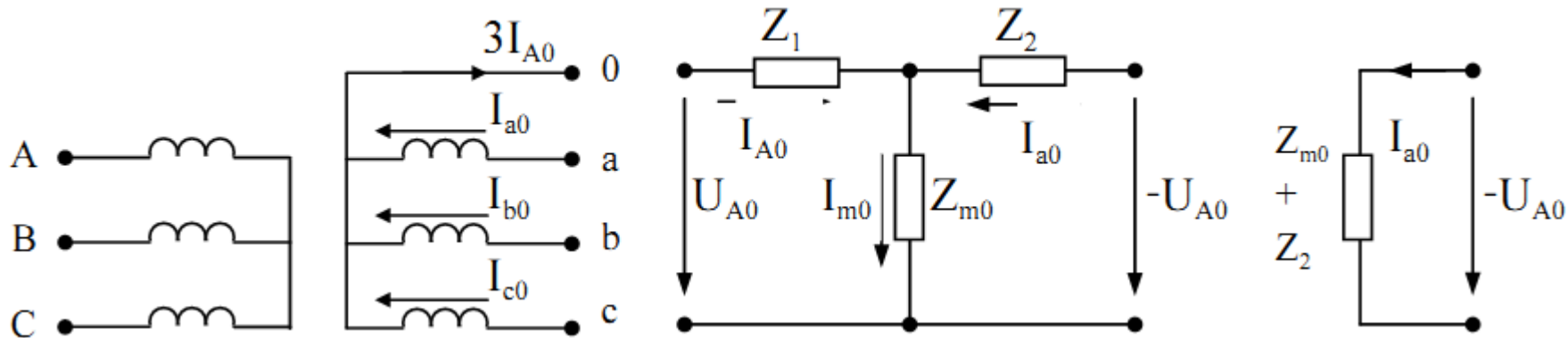
Dòng thứ tự không tồn tại ở cả dây quấn sơ cấp và thứ cấp nên mạch điện thay thế đối với phân lượng thứ tự không không có gì khác dạng mạch điện thay thế của phân lượng thứ tự thuận.





# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Khi mba nối  $Y/Y_0$  :



Sơ cấp không có dây trung tính  $I_{A0} = 0$  và xem như hở mạch.

+  $Z_1 = r_1 + jx_1$  và  $Z_2 = r_2 + jx_2$  : như tổng trở thứ tự thuận và ngược.

+  $Z_{m0}$  : tổng trở từ hóa thứ tự không phụ thuộc vào cấu tạo mạch từ:

Mạch từ tổ mba 3 pha:  $Z_{m0} = Z_m$  ; Mạch từ mba 3 pha ba trụ:  $Z_{m0}$  nhỏ  
(thường  $Z_{m0} = (7 - 15)Z_n$ )

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

*Khi mba nối Y/Y<sub>0</sub> :*

+ Sđđ thứ tự không do từ thông  $\Phi_{t0}$  sinh ra như sau :

$$\dot{E}_{t0} = -Z_{m0}\dot{I}_{m0}$$

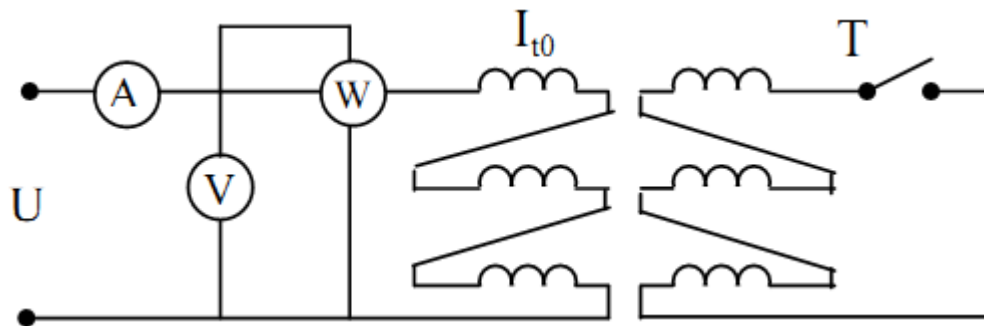
+ Khi mba nối Y<sub>0</sub>/Y<sub>0</sub> hoặc Y<sub>0</sub>/Δ : cả sơ cấp và thứ cấp đều có dòng thứ tự không  $\dot{I}_{A0} = -\dot{I}_{a0}$  nên dòng  $I_m$  để sinh ra  $\Phi_{t0}$  rất nhỏ. Trong trường hợp này  $Z_{m0} = 0$  và  $Z_n = Z_1 + Z_2$ .

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Xác định tổng trở thứ tự không  $Z_{t0}$  bằng thí nghiệm:

T: mở, nếu phía thứ cấp không có dòng thứ tự không.

T: đóng, nếu phía thứ cấp có dòng thứ tự không.



Theo số liệu đo được ta tính:

$$Z_{t0} = \frac{U}{3I}; r_{t0} = \frac{P}{3I^2}; x_{t0} = \sqrt{Z_{t0}^2 - r_{t0}^2}$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

## 2.3. Tải không đối xứng của máy biến áp

### a. Khi có dòng điện thứ tự không

Trường hợp dây quấn nối  $Y/Y_0$ :

Phương trình dòng điện sơ cấp, thứ cấp:

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$$

$$\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = \dot{I}_d$$

+ Các dòng điện từ hóa thứ tự thuận và ngược  $I_{m1}, I_{m2}$  của các pha sẽ sinh ra các sđđ  $E_A, E_B, E_C$ .

+ Còn dòng điện từ hóa thứ tự không  $I_{a0} = I_{b0} = I_{c0} = I_d/3$  tồn tại ở phía thứ cấp không được cân bằng vì  $I_{a0} = I_{b0} = I_{c0} \neq 0$  sẽ sinh ra  $\Phi_{t0}$  và sđđ  $E_{m0}$  tương đối lớn.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Phương trình cân bằng điện áp sơ cấp:

$$\dot{U}_A = \dot{I}_A Z_1 - \dot{E}_A - \dot{E}_{m0}$$

$$\dot{U}_B = \dot{I}_B Z_1 - \dot{E}_B - \dot{E}_{m0}$$

$$\dot{U}_C = \dot{I}_C Z_1 - \dot{E}_C - \dot{E}_{m0}$$

Do  $\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$  và  $\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$  nên:

$$\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 3\dot{E}_{m0} = 3\dot{I}_{m0} Z_{m0}$$

Khi dây quấn nối Y:

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B$$

$$\dot{U}_B = \dot{U}_B - \dot{U}_C$$

$$\dot{U}_C = \dot{U}_C - \dot{U}_A$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Tính: 
$$\begin{aligned}\dot{U}_{CA} - \dot{U}_{AB} &= (\dot{U}_C - \dot{U}_A) - (\dot{U}_A - \dot{U}_B) \\ &= \dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C - 3\dot{U}_A \\ &= 3\dot{E}_{m0} - \dot{U}_A = 3(\dot{I}_{A0}Z_{m0} - \dot{U}_A)\end{aligned}$$

Do đó:

$$\dot{U}_A = \frac{\dot{U}_{AB} - \dot{U}_{CA}}{3} + \dot{I}_{a0}Z_{m0} = \dot{U}'_A + \dot{I}_{a0}Z_{m0}$$

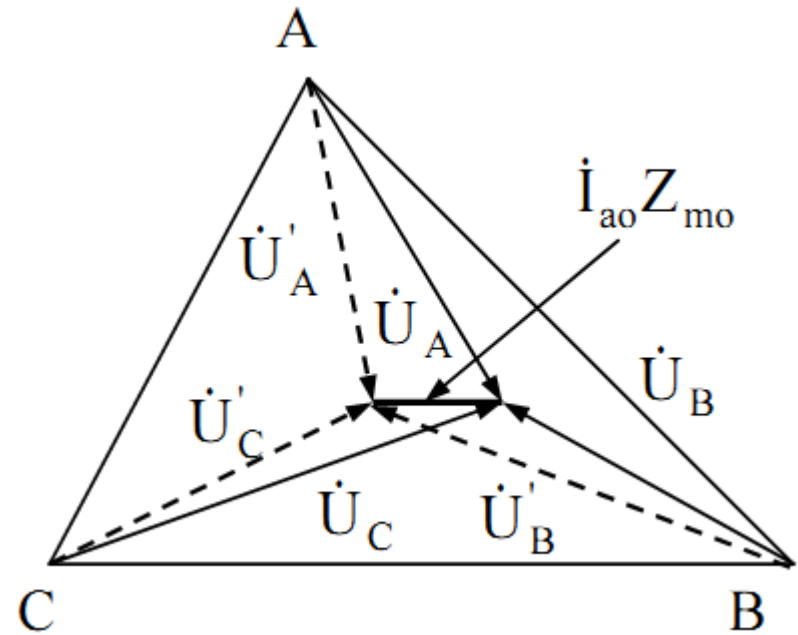
$$\dot{U}_B = \frac{\dot{U}_{BC} - \dot{U}_{AB}}{3} + \dot{I}_{b0}Z_{m0} = \dot{U}'_B + \dot{I}_{b0}Z_{m0}$$

$$\dot{U}_C = \frac{\dot{U}_{CA} - \dot{U}_{BC}}{3} + \dot{I}_{c0}Z_{m0} = \dot{U}'_C + \dot{I}_{c0}Z_{m0}$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Đồ thị véc tơ:

Từ đồ thị vectơ ta thấy : Ảnh hưởng của dòng điện thứ tự không làm cho điểm trung tính của điện áp sơ cấp bị lệch đi một khoảng bằng  $I_{a0}Z_{m0}$ .



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Phương trình cân bằng điện áp thứ cấp:

$$\begin{aligned} -\dot{U}_a &= \dot{U}_A - \dot{I}_A Z_1 + \dot{I}_a Z_2 \\ &= \dot{U}'_A + Z_{m0} \dot{I}_{a0} - (\dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2}) Z_1 + (\dot{I}_{a1} + \dot{I}_{a2} + \dot{I}_{a0}) Z_2 \end{aligned}$$

Do dòng điện thứ tự thuận, ngược và không của sơ cấp và thứ cấp có quan hệ

$$\dot{I}_{A1} = -\dot{I}_{a1}; \dot{I}_{A2} = -\dot{I}_{a2} \quad \text{và} \quad Z_{m0} + Z_0 = Z_{t0} \quad \text{nên:}$$

$$-\dot{U}_a = \dot{U}'_A - \dot{I}_A Z_n + \dot{I}_{a0} Z_{t0}$$

$$-\dot{U}_b = \dot{U}'_B - \dot{I}_B Z_n + \dot{I}_{b0} Z_{t0}$$

$$-\dot{U}_c = \dot{U}'_C - \dot{I}_C Z_n + \dot{I}_{c0} Z_{t0}$$



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Phương trình cân bằng điện áp thứ cấp:

$$\begin{aligned} -\dot{U}_a &= \dot{U}_A - \dot{I}_A Z_1 + \dot{I}_a Z_2 \\ &= \dot{U}'_A + Z_{m0} \dot{I}_{a0} - (\dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2}) Z_1 + (\dot{I}_{a1} + \dot{I}_{a2} + \dot{I}_{a0}) Z_2 \end{aligned}$$

Do dòng điện thứ tự thuận, ngược và không của sơ cấp và thứ cấp có quan hệ  $\dot{I}_{A1} = -\dot{I}_{a1}$ ;  $\dot{I}_{A2} = -\dot{I}_{a2}$  và  $Z_{m0} + Z_0 = Z_{t0}$  nên:

$$\begin{aligned} -\dot{U}_a &= \dot{U}'_A - \dot{I}_A Z_n + \dot{I}_{a0} Z_{t0} \\ -\dot{U}_b &= \dot{U}'_B - \dot{I}_B Z_n + \dot{I}_{b0} Z_{t0} \\ -\dot{U}_c &= \dot{U}'_C - \dot{I}_C Z_n + \dot{I}_{c0} Z_{t0} \end{aligned}$$

Từ các phương trình chứng tỏ rằng, do có dòng điện thứ tự không nên điểm trung tính thứ cấp mba bị lệch một khoảng  $I_{a0} Z_{t0}$  lớn hơn khoảng lệch sơ cấp. Thực tế, sự khác nhau không đáng kể.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

Như vậy, sự xô dịch điểm trung tính gây nên:

- Điện áp pha không đối xứng → bất lợi cho tải dùng điện áp pha.

Để hạn chế xô dịch điểm trung tính, qui định :

- Dòng trong dây trung tính  $I_d < 0,25I_{đm}$ .
- Với tổ mba ba pha không nối Y/Y<sub>0</sub> vì  $Z_{m0}$  quá lớn.
- Còn mba ba pha ba trụ nối Y/Y với  $S_{đm} < 6000\text{kVA}$ .

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Trường hợp dây quấn nối  $Y_d/Y_o$  và  $Y_d/\Delta$ :

Trong trường hợp này dòng điện thứ tự không tồn tại cả hai phía sơ cấp, thứ cấp và cân bằng nhau nên không sinh ra từ thông  $\Phi_{t0}$  và  $E_{t0}$  như vậy phương trình điện áp thứ cấp sẽ như sau:

$$-\dot{U}_a = \dot{U}'_A - \dot{I}_A Z_n$$

$$-\dot{U}_b = \dot{U}'_B - \dot{I}_B Z_n$$

$$-\dot{U}_c = \dot{U}'_C - \dot{I}_C Z_n$$

Và do  $\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = \dot{I}_d$  nên  $\dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = Z_n \dot{I}_d$

Điểm trung tính sẽ bị lệch một khoảng  $\dot{I}_{a0} Z_n = \frac{1}{3} \dot{I}_d Z_n$

Sự xô dịch này là không đáng kể vì  $Z_n$  rất nhỏ

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

## ***b. Khi không có dòng điện thứ tự không:***

Trường hợp này ứng với các tổ nối dây : Y/Y ;  $\Delta/Y$  ; Y/ $\Delta$  ;  $\Delta/\Delta$ .

Vì không có dòng điện thứ tự không, hơn nữa các dòng điện thứ tự thuận và ngược phía sơ cấp và thứ cấp cân bằng nhau nên không cần thiết phải phân tích thành phân lượng đối xứng mà chỉ cần dùng phương pháp thông thường để phân tích điện áp từng pha.

Chú ý : Khi tải không đối xứng, điện áp  $\Delta U$  ở pha không bằng nhau, nhưng vì  $Z_n$  nhỏ nên sự không cân bằng về điện áp pha và dây là không nghiêm trọng. Trên thực tế, nếu tải không đối xứng với mức phân lượng thứ tự ngược và thứ tự thuận không quá 5% thì điện áp được xem như đối xứng.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

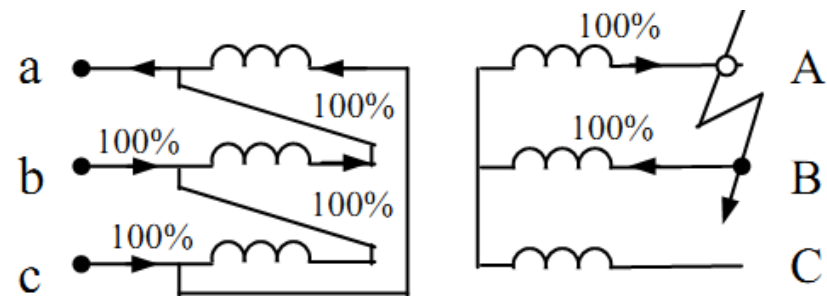
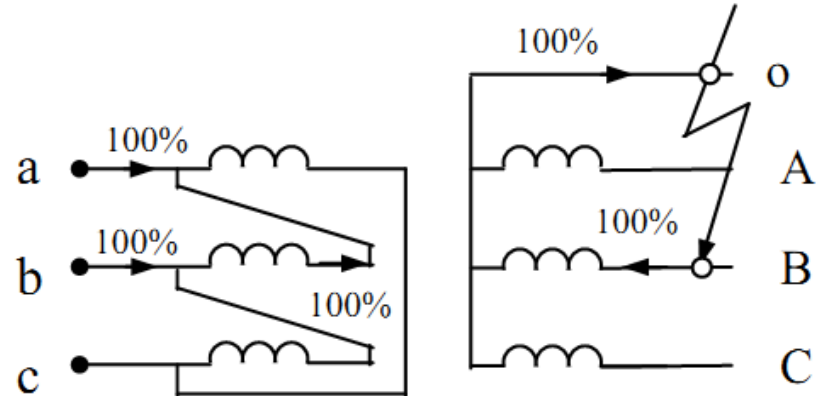
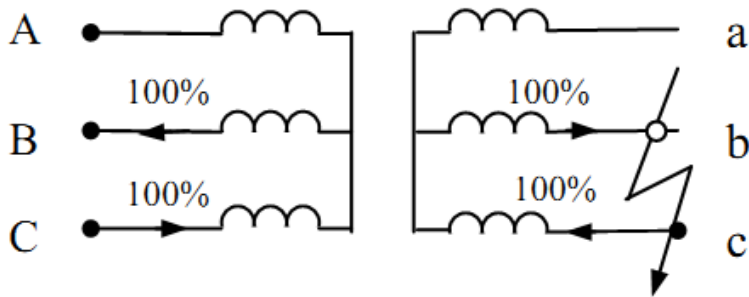
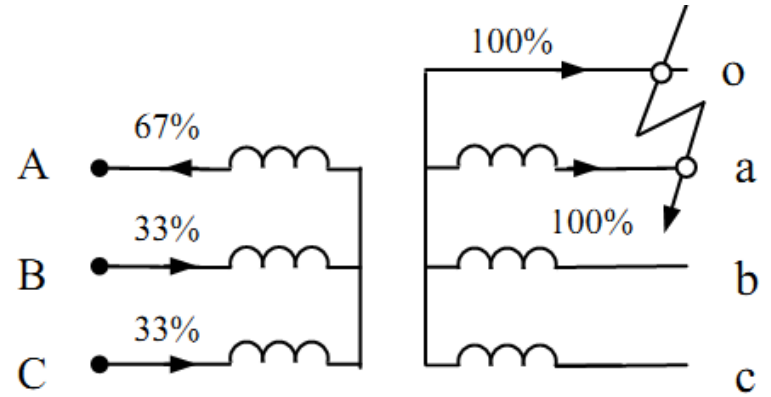
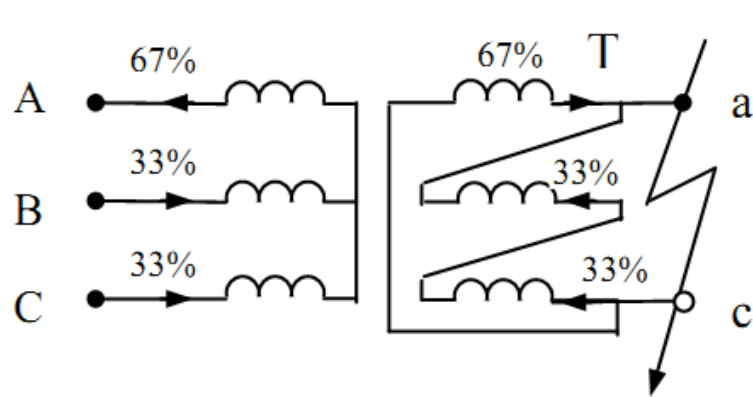
---

## 2.4. Ngắn mạch không đối xứng của máy biến áp

Ngắn mạch không đối xứng xảy ra khi do sự cố ở phía thứ cấp một pha bị nối tắt với dây trung tính, hai pha nối tắt nhau hoặc hai pha nối với dây trung tính. Những trường hợp kể trên có thể xem như là những trường hợp giới hạn của tải không đối xứng. Để phân tích các trường hợp ngắn mạch không đối xứng, ta cũng áp dụng phương pháp phân lượng đối xứng nói ở trên.

Kết quả phân tích về sự phân phối dòng điện giữa các pha của một số trường hợp ngắn mạch

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

## 3. QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ TRONG MBA

Quá độ trong mba là quá trình chuyển từ chế độ xác lập này sang chế độ xác lập khác khi có sự thay đổi một trong các đại lượng xác định chế độ làm việc của mba như: tần số, điện áp, phụ tải..

Quá độ bao gồm: Quá dòng điện và quá điện áp

### 3.1. Quá dòng điện

Xét quá dòng điện xảy ra trong hai trường hợp :

- + Đóng mba vào lưới khi không tải.
- + Ngắn mạch đột nhiên.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

## 3.1. Quá dòng điện

### a. Đóng mba vào lưới khi không tải:

Khi làm việc bình thường  $I_0 = 10 \% I_{đm}$ ;

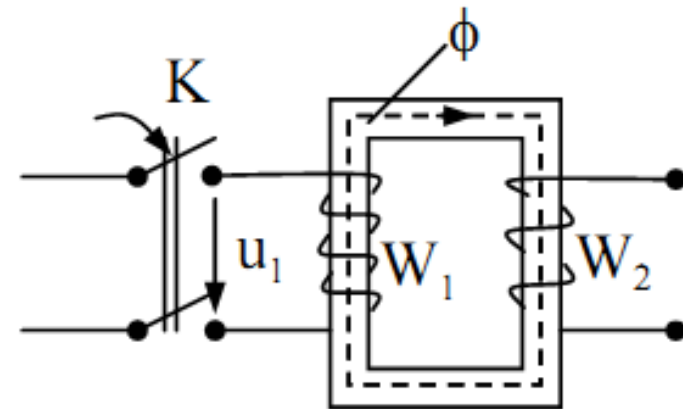
Khi đóng mba vào lưới  $I_0 \gg I_{đm}$ .

Giả sử điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp lúc

$$u_1 = U_{1m} \sin(\omega t + \psi_0)$$

Phương trình điện áp dây quấn sơ cấp:

$$u_1 = U_{1m} \sin(\omega t + \psi_0) = r_1 i_0 + N_1 \frac{d\phi}{dt}$$





# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

quan hệ  $\phi = f(i_0)$  là quan hệ phi tuyến. Để tính toán đơn giản, ta giả thiết  $\phi$  tỉ lệ với  $i_0$ , nghĩa là :

$$i_0 = \frac{N_1 \phi}{L_1}$$

Với  $L_1$ : hệ số tự cảm của dây quấn sơ cấp.

Phương trình điện áp dây quấn sơ cấp được viết lại:

$$u_1 = \frac{U_{1m}}{N_1} \sin(\omega t + \psi_0) = \frac{r_1}{L_1} \phi + \frac{d\phi}{dt}$$

Giải phương trình trên, ta có nghiệm là:  $\phi = \phi' + \phi''$  gồm thành phần xác lập và thành phần tự do.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Thành phần từ thông xác lập:

$$\phi' = \phi_m \sin(\omega t + \psi_0 - \pi/2) = -\phi_m \cos(\omega t + \psi_0)$$

Với:

$$\phi_m = \frac{L_1 U_{1m}}{N_1 \sqrt{r_1^2 + (\omega L_1)^2}}$$

Thành phần từ thông tự do:  $\phi'' = C e^{-\frac{r_1}{L_1} t}$

Hằng số C với điều kiện  $t = 0$  trong lõi thép có từ thông dư  $\pm \phi_{du}$ , nên:

$$\phi|_{t=0} = \phi' + \phi''|_{t=0} = -\phi_m \cos \psi_0 + C = \pm \phi_{du}$$

$$\rightarrow C = \phi_m \cos \psi_0 \pm \phi_{du}$$

$$\phi'' = (\phi_m \cos \psi_0 \pm \phi_{du}) e^{-\frac{r_1}{L_1} t}$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Nghiệm của phương trình quá độ:

$$\phi = \phi' + \phi'' = -\phi_m \cos(\omega t + \psi_0) + (\phi_m \cos \psi_0 \pm \phi_{du}) e^{-\frac{r_1}{L_1} t}$$

Từ biểu thức của từ thông ta thấy:

1. Điều kiện thuận lợi nhất khi đóng mba vào lưới điện:

$$\psi_0 = \pi/2 \rightarrow u_1 = U_{1m} \text{ và từ thông } \phi_{du} = 0$$

$$\text{Từ thông máy biến áp } \phi = -\phi_m \cos(\omega t + \pi/2) = \phi_m \sin \omega t$$

Đạt xác lập ngay khi đóng mba vào lưới, không có quá trình quá độ.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

2. Điều kiện bất lợi nhất khi đóng mba vào lưới điện:

$$\psi_0 = 0 \rightarrow u_1 = 0 \quad \text{và từ thông } \phi_{du} > 0$$

Từ thông máy biến áp

$$\phi = -\phi_m \cos \omega t + (\phi_m + \phi_{du}) e^{-\frac{r_1}{L_1} t}$$

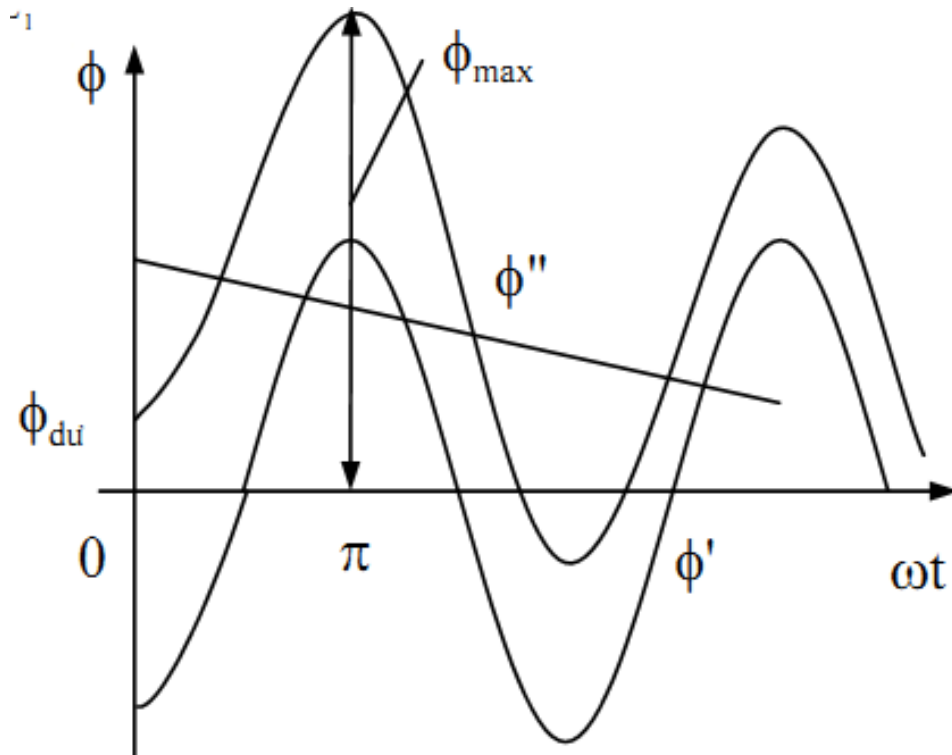
Khi  $\omega t = \pi \rightarrow \phi = \phi_{\max}$

Do  $r_1 \ll \omega L_1$  nên:

$$e^{-\frac{\pi r_1}{L_1}} \approx 1$$

Từ thông cực đại

$$\phi_{\max} \approx 2\phi_m + \phi_{du}$$



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

2. Điều kiện bất lợi nhất khi đóng mba vào lưới điện:

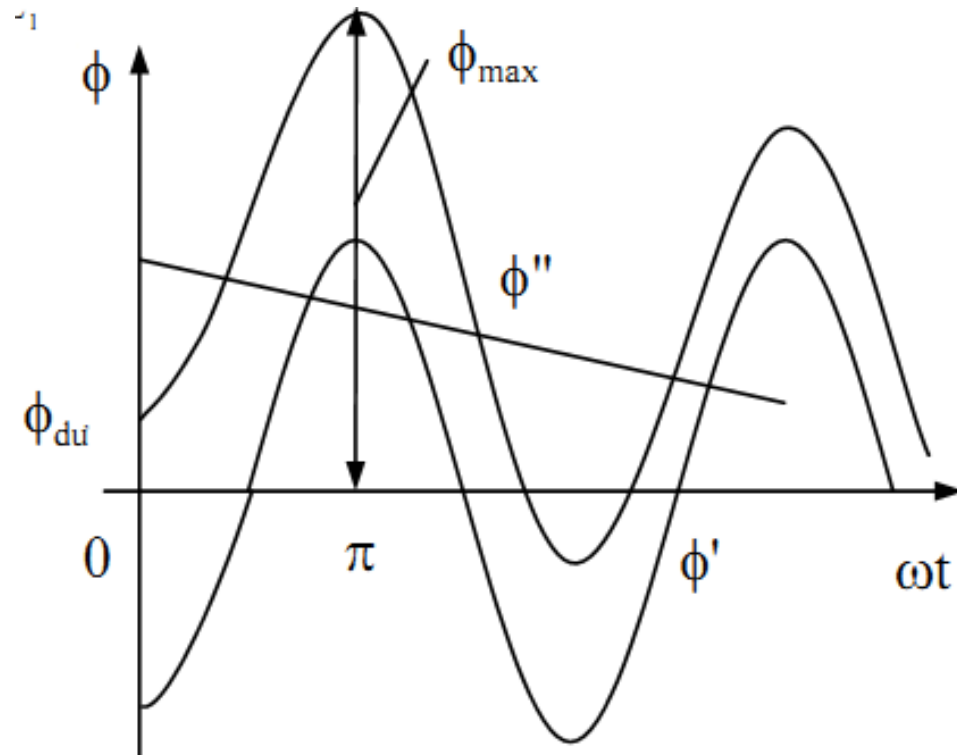
Từ thông  $\phi_{\max}$  lớn hơn 2 lần biên độ  $\phi_m$  lúc làm việc bình thường, nên lõi thép m.b.a rất bão hòa và dòng từ hóa  $I_0$  trong quá trình quá độ sẽ rất lớn, cỡ 100 lần dòng  $I_0$  thông thường

Ví dụ:

Bình thường:  $I_0 = 5\% I_{\text{đm}}$ .

Quá độ :  $I_0 = 5 I_{\text{đm}}$ .

Mba bị cắt khỏi lưới khi đóng không tải.



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

## 3.1. Quá dòng điện

### *b. Khi ngắn mạch:*

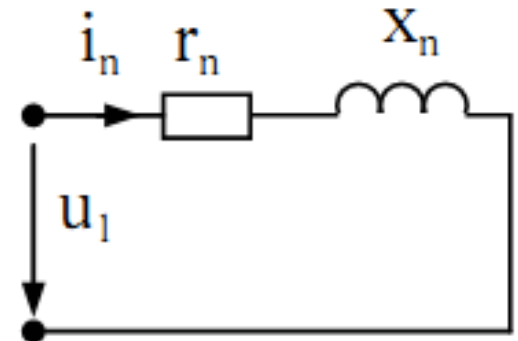
Chỉ xét quá trình quá độ từ lúc bắt đầu xảy ra ngắn mạch đến khi thành lập chế độ ngắn mạch xác lập.

Tính dòng điện  $I_n$  trong quá độ.

Phương trình cân bằng điện áp khi quá độ

$$u_1 = U_{1m} \sin(\omega t + \psi_n) = r_n i_n + L_n \frac{di_n}{dt}$$

Với  $\psi_n$  – góc pha điện áp lúc xảy ra ngắn mạch



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Giải phương trình trên với điều kiện ban đầu  $t = 0$  thì  $i_n = 0$ , ta được :

$$i_n = i' + i''$$
$$i_n = -\sqrt{2}I_n \cos(\omega t + \psi_n) + \sqrt{2}I_n \cos \psi_n e^{-\frac{r_n}{L_n}t}$$

$$\text{Với: } I_n = \frac{U_1}{\sqrt{r_n^2 + (\omega L_n)^2}}$$

Điều kiện bất lợi nhất khi:  $\psi_n = 0$  và  $r_n \ll \omega L_n$ .

$$i_n = -\sqrt{2}I_n \cos \omega t + \sqrt{2}I_n e^{-\frac{r_n}{L_n}t}$$

Dòng điện ngắn mạch đạt cực đại khi  $\omega t = \pi$

$$i_{xg} = \sqrt{2}I_n (1 + e^{-\frac{\pi r_n}{L_n}}) = \sqrt{2}I_n k_{xg}$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Hệ số xung kích  $k_{xg}$  phụ thuộc vào dung lượng mba,  $k_{xg}$  lớn khi dung lượng máy lớn. Thông thường  $k_{xg} = 1,2 - 1,8$ .

Ví dụ: Mba công suất 1000kVA,  $u_n\% = 6,5$ ;  $u_{nr}\% = 1,5$ ;  $u_{nx}\% = 6,32$ .

$$k_{xg} = 1 + e^{-\frac{\pi r_n}{L_n}} = 1 + e^{-\frac{\pi u_{nr}\%}{u_{nx}\%}} = 1,475$$

Dòng điện xung kích:

$$i_{xg} = \sqrt{2}I_n k_{xg} = \sqrt{2}I_{đm} \frac{100}{u_n\%} 1,475 = 22,7I_{đm}$$



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

Ảnh hưởng của hiện tượng quá dòng điện và biện pháp hạn chế:

- Gây hại mba :
  - + Dây quấn nóng và bị cháy cách điện.
  - + Gây lực cơ học phá kết cấu dây quấn.
- Bảo vệ mba :
  - + Dùng rơ le tác động nhanh cắt chỗ sự cố ra khỏi mba.
  - + Mba bị ngắn mạch các vòng dây bên trong, người ta thường dùng rơ le hơi, rơ le so lệch để bảo vệ cắt mba ra khỏi lưới.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

## 3.2. Quá điện áp

### *a. Nguyên nhân gây quá điện áp:*

Khi mba làm việc trong lưới điện thường chịu những điện áp xung kích, còn gọi là quá điện áp, có trị số gấp nhiều lần trị số điện áp định mức.

Nguyên nhân gây quá điện áp :

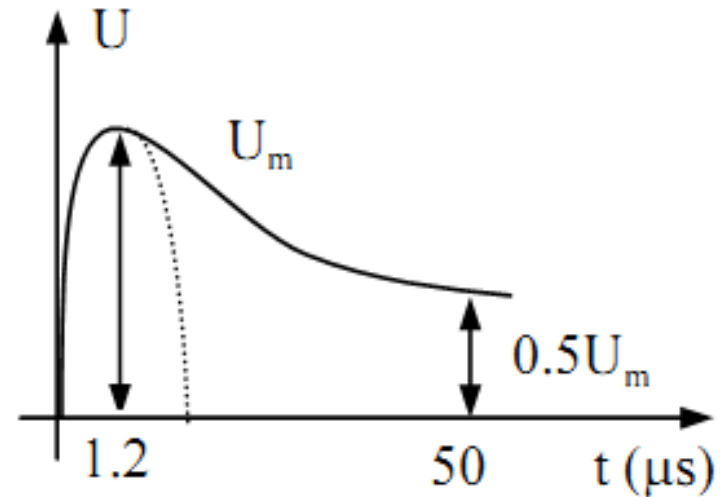
- + Thao tác đóng cắt đường dây hoặc các máy điện.
- + Ngắn mạch chạm đất kèm theo hồ quang.
- + Sét đánh vào đường dây tải điện trên không và sóng sét truyền đến mba.

Đây là sóng nguy hiểm nhất đối với mba, vì sóng sét có trị số điện áp hàng triệu vôn

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

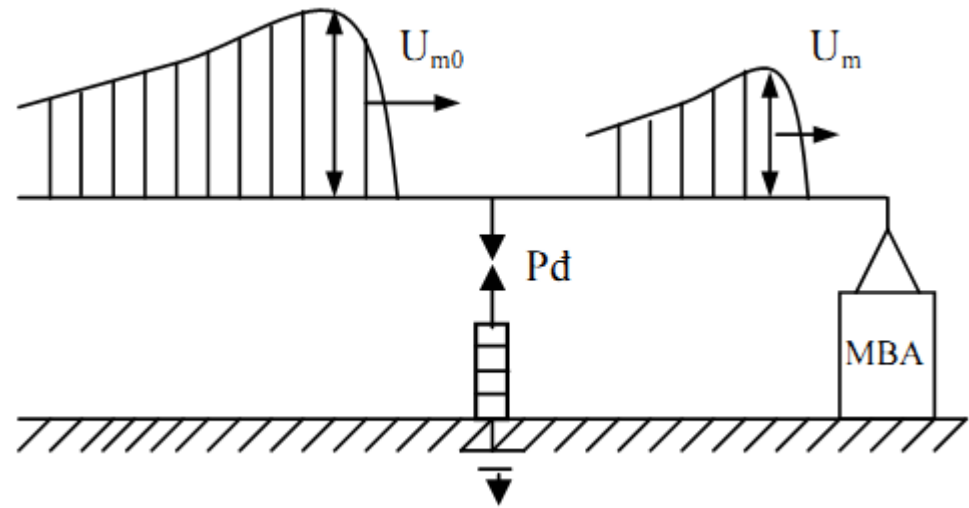
Từ sóng quá điện áp, ta thấy:

- + Từ nơi xuất hiện lan truyền về hai phía với tốc độ gần bằng  $C$ .
- + Dạng xung không chu kỳ với đầu sóng rất dốc, còn đuôi bằng phẳng hơn.
- + Thời gian tăng từ  $0 \div U_m$  khoảng vài  $\mu s$



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Để giảm biên độ  $U_{m0}$  của sóng quá điện áp



Sử dụng bộ chống sét phóng điện  $P_{đ}$ , để dẫn điện tích của sóng xung kích xuống đất.

$U_{m0}$  - biên độ trước chống sét rất lớn.

Sau tác động của bộ chống sét, điện áp của sóng xung kích giảm đi nhiều  $U_m$ . Biên độ sau bộ chống sét  $U_m$  nhỏ hơn trị số thử độ bền cách điện của mba.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

## *b. Mạch điện thay thế và phương trình vi phân*

Tần số sóng quá điện áp (xung kích):

$$f_x = \frac{\omega_x}{2\pi} = \frac{1}{T_x} = \frac{1}{4t_d} = \frac{1}{4 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6}} = 2,08 \cdot 10^5 \text{ Hz}$$

Thành lập sơ đồ thay thế:

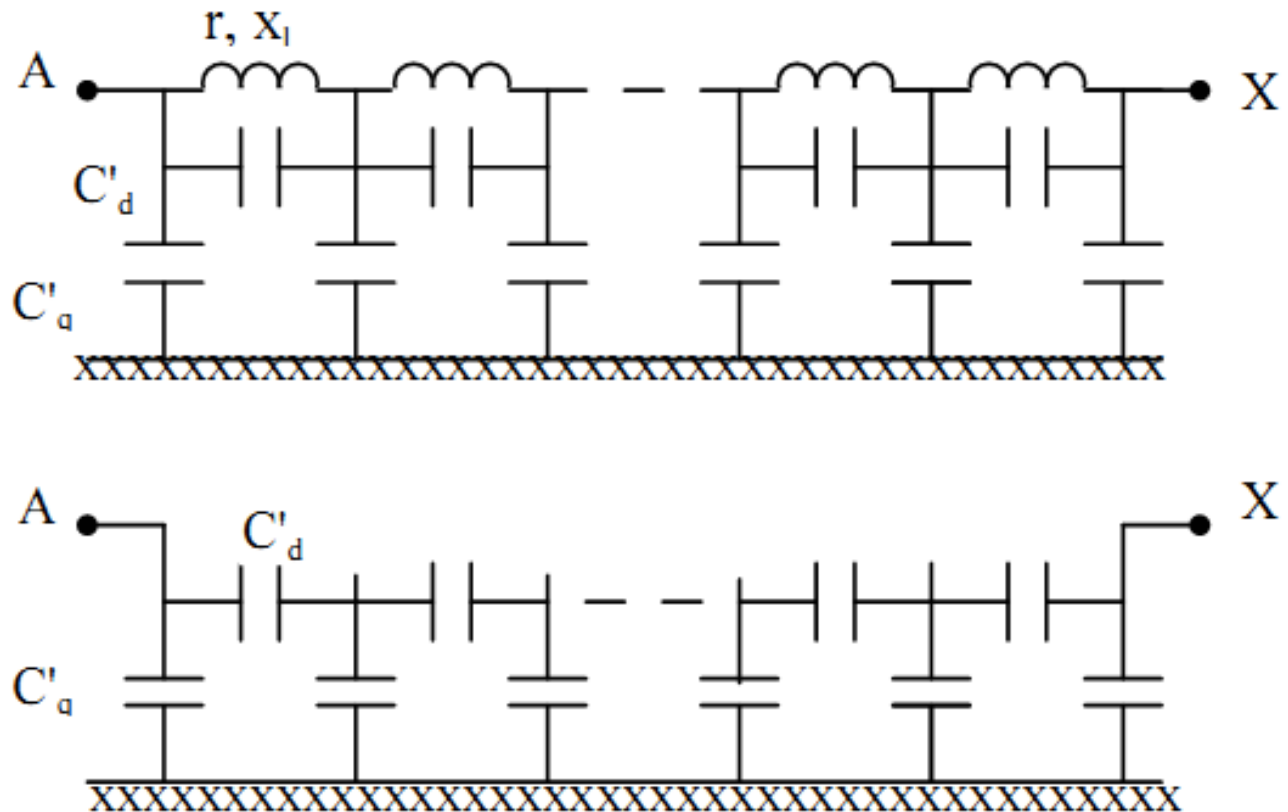
Gọi :  $C'_d$  là điện dung giữa các phần tử của dây quấn với nhau.

$C'_q$  là điện dung giữa các phần tử của dây quấn với đất.

Khi quá điện áp dung kháng  $x_c \ll r, x_L$  nên bỏ qua  $r, x_L$  vì  $f_x$  rất lớn.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Khi quá điện áp dung kháng  $x_c \ll r, x_L$  nên bỏ qua  $r, x_L$  vì  $f_x$  rất lớn.



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Điện dung có thông số rải gồm n vòng dây:

$$C_d = \frac{1}{\sum 1/C_d} = \frac{C'_d}{n} \quad C_q = \sum C_q = nC'_q$$

$C_d$  – điện dung dọc toàn phần;  $C_q$  – điện dung ngang toàn phần

Khi lấy dq là điện dung một đơn vị chiều dài dx có thể tìm được vi phân điện dung ngang  $C_q dx$  và tham số vi phân ngang (qui đổi điện dung dọc thành điện dung ngang)  $Kdx$ , trong đó  $K = 1/C_d$ .

Điện tích ngang:  $Q_x = \frac{du_x}{Kdx}$

Điện áp trên điện dung:  $u_x = \frac{dQ_x}{C_q dx}$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

Phương trình điện áp:

$$\frac{d^2 u_x}{dx^2} - \frac{C_q}{C_d} u_x = 0$$

Giải phương trình được nghiệm có dạng:

$$u_x = D_1 e^{\alpha x} + D_2 e^{-\alpha x}$$

Với  $\alpha$  là nghiệm của pt đặc trưng :  $\alpha^2 - \frac{C_q}{C_d} = 0 \rightarrow \alpha = \pm \sqrt{\frac{C_q}{C_d}}$

Dùng điều kiện biên với dây quấn nối đất :

$$\text{khi } x = 1 \quad u_x = D_1 e^{\alpha x} + D_2 e^{-\alpha x} = U_m$$

$$\text{khi } x = 0 \quad u_x = D_1 e^{\alpha x} + D_2 e^{-\alpha x} = 0$$



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

Ta tìm được:

$$u_x = U_m \frac{sh\alpha x}{sh\alpha}$$

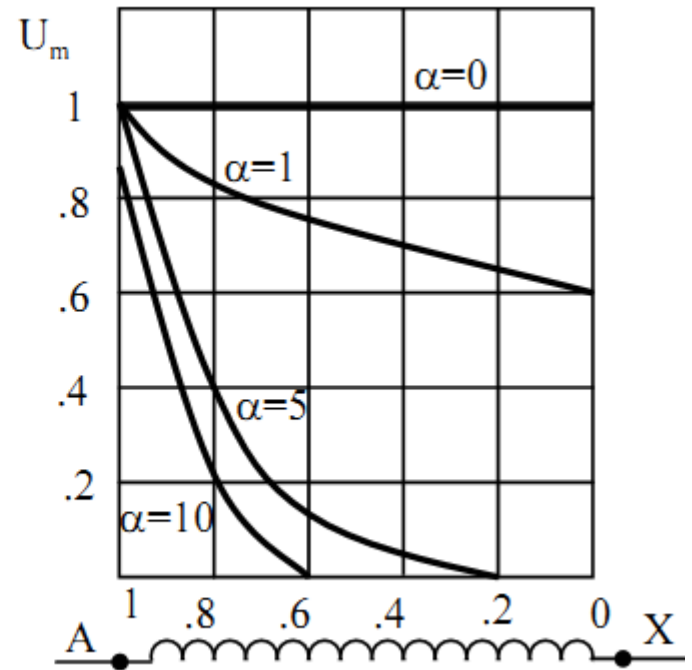
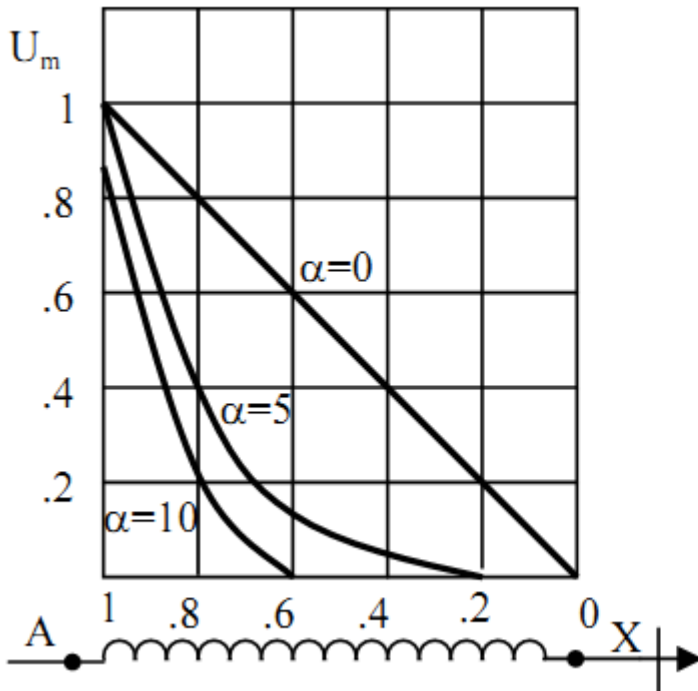
Trường hợp dây quấn không nối đất:

$$u_x = U_m \frac{ch\alpha x}{ch\alpha}$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

## c. Sự phân bố điện áp ban đầu dọc dây quấn:

Vẽ các quan hệ  $u_x = f(x)$  theo hai trường hợp, ta được sự phân bố điện áp ban đầu khi có sóng quá áp :



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

Nhận xét :

$\alpha = 0$ : sự phân bố điện áp ban đầu dọc theo dây quấn đều:  $u_x = xU_m$ .

$\alpha$  càng lớn sự phân bố điện áp ban đầu dọc theo dây quấn không đều, mà tập trung chủ yếu vào đầu dây quấn.

$a > 5$ : sự phân bố điện áp không phụ thuộc vào sự nối đất hay không.

Vì rằng giản đồ thay thế mba gồm  $r$ ,  $L$ ,  $C$  hình thành, nên một loạt những mạch vòng dao động và quá trình quá độ từ điện áp ban đầu đến điện áp cuối cùng ở mỗi điểm của dây quấn đều mang đặc tính dao động. Do tổn hao trên điện trở các dao động sẽ tắt dần. Biên độ dao động và quá điện áp xuất hiện khi đó tăng lên với sự tăng về độ khác nhau giữa phân bố điện áp đầu và cuối.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC VỚI TẢI

---

Để giảm nguy hiểm do dao động đó cần giảm  $\alpha$  đến mức có thể.

Tuy nhiên giảm  $\alpha$  đồng nghĩa với tăng kích thước mba như vậy sẽ tăng giá thành  $\rightarrow$  không thực hiện được.

Bảo vệ mba khỏi quá điện áp :

- + Tăng cường cách điện ở đầu và cuối dây quấn.
- + Tạo ra điện dung màn chắn tĩnh điện, dưới dạng những vòng kim loại hở có bọc cách điện.