

PHẦN 1 – MÁY BIẾN ÁP

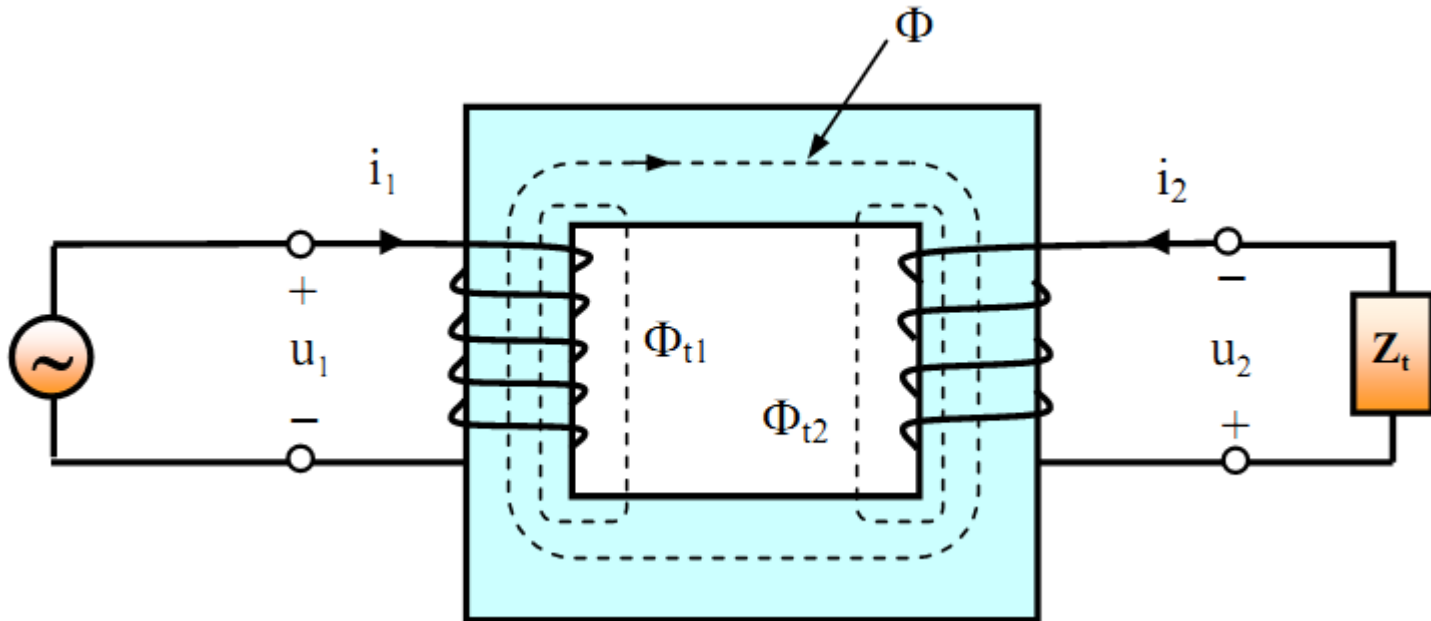
CHƯƠNG 2

QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

1. CÁC PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG CỦA M.B.A

1.1. Phương trình cân bằng điện áp (sdd)



CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Xét mba một pha hai dây quấn, trong đó sơ cấp nối với nguồn, có số vòng N_1 , thứ cấp nối với tải có tổng trở Z_t , có số vòng N_2 .

Đặt điện áp u_1 vào sơ cấp, trong dây quấn có dòng điện i_1 . Nếu phía thứ cấp có tải thì trong dây quấn sẽ có dòng điện i_2 .

Các dòng điện i_1 và i_2 tạo nên các stđ sơ cấp $i_1 N_1$ và thứ cấp $i_2 N_2$. Phần lớn từ thông do hai stđ sinh ra được khép mạch qua lõi thép móc vòng với cả dây quấn sơ cấp và thứ cấp \rightarrow từ thông chính Φ , gây nên trong các dây quấn sđđ e_1 và e_2 như sau :

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi_1}{dt}$$

$$e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi_2}{dt}$$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Ngoài từ thông chính Φ trong lõi thép, các sđđ còn sinh ra từ thông tản Φ_{t1} và Φ_{t2} , không chạy trong lõi thép mà móc vòng với không gian không phải vật liệu sắt từ như dầu biến áp, vật liệu cách điện...

Vật liệu có độ từ thẩm nhỏ, do đó từ thông tản nhỏ hơn rất nhiều so với từ thông chính và từ thông tản móc vòng với dây quấn sinh ra nó. Từ thông tản Φ_{t1} do dòng điện sơ cấp i_1 gây ra và từ thông tản Φ_{t2} do dòng điện thứ cấp i_2 gây ra.

Các từ thông tản Φ_{t1} và Φ_{t2} biến thiên theo thời gian nên cũng cảm ứng trong dây quấn sơ cấp sđđ tản e_{t1} và thứ cấp sđđ tản e_{t2} :

$$e_{t1} = -N_1 \frac{d\Phi_{t1}}{dt} = -\frac{d\Psi_{t1}}{dt}$$
$$e_{t2} = -N_2 \frac{d\Phi_{t2}}{dt} = -\frac{d\Psi_{t2}}{dt}$$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Do từ thông tản móc vòng với không gian không phải vật liệu sắt từ nên tỉ lệ với dòng điện sinh ra:

$$\Psi_{t1} = L_{t1} \cdot i_1$$

$$\Psi_{t2} = L_{t2} \cdot i_2$$

Trong đó: L_{t1} và L_{t2} – điện cảm tản của dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

Do đó các sđđ sơ cấp và thứ cấp:

$$e_{t1} = -L_{t1} \frac{di_1}{dt}$$

$$e_{t2} = -L_{t2} \frac{di_2}{dt}$$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Dạng phức: $\dot{E}_{t1} = -j\omega L_{t1} \dot{I}_1$

$$\dot{E}_{t2} = -j\omega L_{t2} \dot{I}_2$$

trong đó: $x_1 = \omega L_{t1}$, $x_2 = \omega L_{t2}$ – điện kháng tản của dây quấn sơ cấp, thứ cấp.

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

a. Phương trình cân bằng điện áp dây quấn sơ cấp

Xét mạch điện sơ cấp gồm nguồn điện áp u_1 , sức điện động e_1 , sđđ tản của dây quấn sơ cấp e_{t1} , điện trở dây quấn sơ cấp r_1 . Áp dụng định luật Kirchhoff 2 ta có phương trình điện áp sơ cấp viết dưới dạng trị số tức thời:

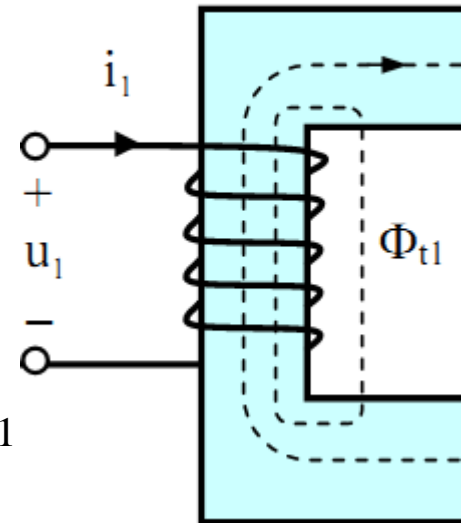
$$u_1 = -e_1 - e_{t1} + r_1 i_1$$

Dạng phức:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_{t1} + r_1 \dot{I}_1$$

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + r_1 \dot{I}_1 + jx_1 \dot{I}_1 = -\dot{E}_1 + (r_1 + jx_1) \dot{I}_1$$

trong đó: $Z_1 = r_1 + jx_1$ – tổng trở phức của dây quấn sơ cấp.



CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

b. Phương trình cân bằng điện áp dây quấn thứ cấp

Mạch điện thứ cấp gồm sức điện động e_2 , sức điện động tản dây quấn thứ cấp e_{t2} , điện trở dây quấn thứ cấp r_2 , điện áp ở hai đầu của dây quấn thứ cấp là u_2 . Áp dụng định luật Kirchhoff 2 ta có phương trình điện áp thứ cấp viết dưới dạng trị số tức thời:

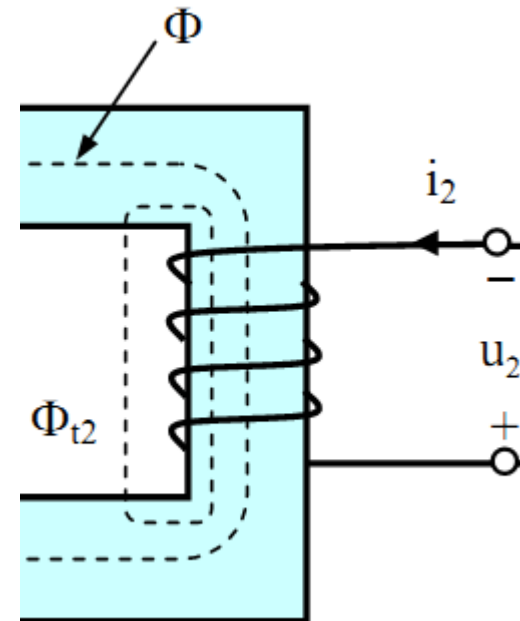
$$u_2 = e_2 + e_{t2} - r_2 i_2$$

Dạng phức:

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 + \dot{E}_{t2} - r_2 \dot{I}_2$$

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 - jx_2 \dot{I}_2 - r_2 \dot{I}_2 = \dot{E}_2 - (r_2 + jx_2) \dot{I}_2$$

trong đó: $Z_2 = r_2 + jx_2$ – tổng trở phức của dây quấn thứ cấp.



CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

1.2. Phương trình cân bằng dòng điện (std)

Áp dụng định luật Ohm cho mạch từ của mba:

$$i_1 N_1 + i_2 N_2 = R_\mu \Phi$$

Trong biểu thức điện áp sơ cấp, $Z_{11} I_1 \ll E_1$, nên $E_1 \approx U_1$, do đó biểu thức biên độ từ thông lõi thép:

$$\Phi_m = \frac{U_1}{4,44.f.N_1}$$

Với điện áp đặt vào sơ cấp bằng định mức và không đổi nên biên độ từ thông Φ_m cũng không đổi (không phụ thuộc vào dòng điện i_1 và i_2) hoặc chế độ làm việc. Xét hai chế độ có tải và không tải.

$$i_1 N_1 + i_2 N_2 = N_1 i_0$$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ MÁY BIẾN ÁP

Dạng phức: $N_1 \dot{I}_1 + N_2 \dot{I}_2 = N_1 \dot{I}_0$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 - \left(\frac{N_2}{N_1}\right) \dot{I}_2 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}_2')$$

Dòng điện sơ cấp I_1 gồm hai thành phần: Thành phần không đổi I_0 tạo ra từ thông chính Φ trong lõi thép, thành phần I_2' dùng để bù lại dòng điện thứ cấp, tức là cung cấp cho tải.

Khi tải tăng thì dòng điện I_2 tăng, nên I_2' tăng và dòng điện I_1 cũng tăng lên.

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ MÁY BIẾN ÁP

Mô hình toán của mba:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + Z_1 \dot{I}_1$$

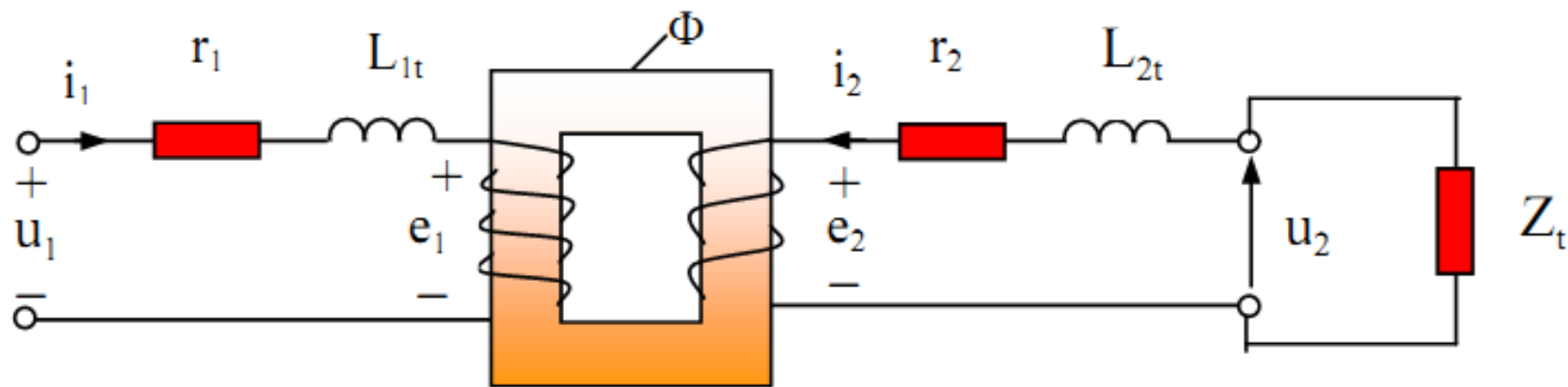
$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 - Z_2 \dot{I}_2$$

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

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

2. MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

Để tính toán các quá trình năng lượng xảy ra trong mba, người ta thay mạch điện và mạch từ của mba bằng một mạch điện tương đương gồm các điện trở và điện kháng đặc trưng cho mba gọi là mạch điện thay thế mba.



CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Mạch điện cho mba mà tổn hao trong dây quấn và từ thông tản được đặc trưng bằng điện trở R và điện cảm L mắc nối tiếp với dây quấn sơ và thứ cấp.

Để nối trực tiếp mạch sơ cấp và thứ cấp, các dây quấn phải có cùng một cấp điện áp. Thực tế, điện áp của các dây quấn khác nhau. Do đó phải qui đổi một trong hai dây quấn về dây quấn kia để cho chúng có cùng một cấp điện áp (số vòng dây như nhau).

Thường qui đổi dây quấn thứ cấp về sơ cấp, nghĩa là coi dây quấn thứ cấp có số vòng dây bằng số vòng của dây quấn sơ cấp. Việc qui đổi chỉ để thuận tiện cho việc nghiên cứu và tính toán mba, vì vậy yêu cầu của việc qui đổi là quá trình vật lý và năng lượng xảy ra trong máy mba trước và sau khi qui đổi là không đổi.

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ MÁY BIẾN ÁP

2.1. Qui đổi các đại lượng thứ cấp về sơ cấp

Nhân phương trình điện áp thứ cấp với k:

$$k \dot{U}_2 = k \dot{E}_2 - k^2 Z_2 \frac{1}{k} \dot{I}_2$$

Đặt: $\dot{U}'_2 = k \dot{U}_2; \dot{E}'_2 = k \dot{E}_2; \dot{I}'_2 = (1/k) \dot{I}_2$

$$Z'_2 = k^2 Z_2; r'_2 = k^2 r_2; x'_2 = k^2 x_2$$

$$Z'_t = k^2 Z_t; r'_t = k^2 r_t; x'_t = k^2 x_t$$

Phương trình điện áp thứ cấp (qui đổi):

$$\dot{U}'_2 = \dot{E}'_2 - Z'_2 \dot{I}'_2$$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ MÁY BIẾN ÁP

Mô hình toán mba sau khi qui đổi

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + Z_1 \dot{I}_1$$

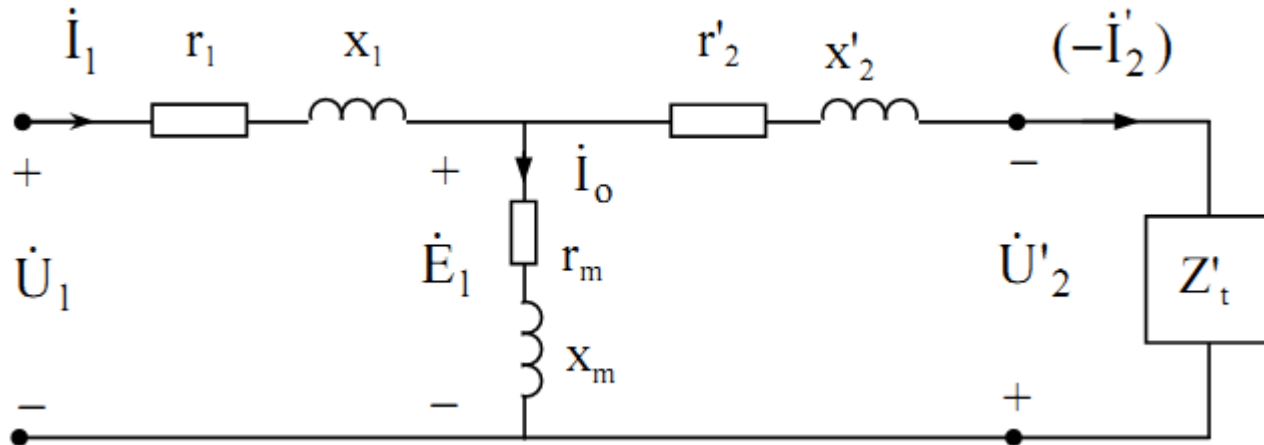
$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 - Z_2' \dot{I}_2$$

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

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

2.2. Mạch điện thay thế chính xác của mba

Dựa vào hệ phương trình qui đổi ta suy ra một mạch điện tương ứng gọi là mạch điện thay thế của MBA.



Xét phương trình sơ cấp, về phải có $Z_1 I_1$ là điện áp rơi trên tổng trở dây quấn sơ cấp Z_1 và $-E_1$ là điện áp rơi trên tổng trở Z_m , đặc trưng cho từ thông chính và tổn hao sắt từ

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Từ thông chính do dòng điện không tải sinh ra, do đó ta có thể viết :

$$\dot{E}_1 = (r_m + jx_m) \dot{I}_0 = Z_m \dot{I}_0$$

trong đó: $Z_m = r_m + jx_m$ – tổng trở từ hóa đặc trưng cho mạch từ.

r_m – điện trở từ hóa đặc trưng cho tổn hao sắt từ.

$$p_{Fe} = r_m^2 I_0$$

x_m – điện kháng từ hóa đặc trưng cho từ thông chính Φ

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

2.3. Mạch điện thay thế gần đúng của mba

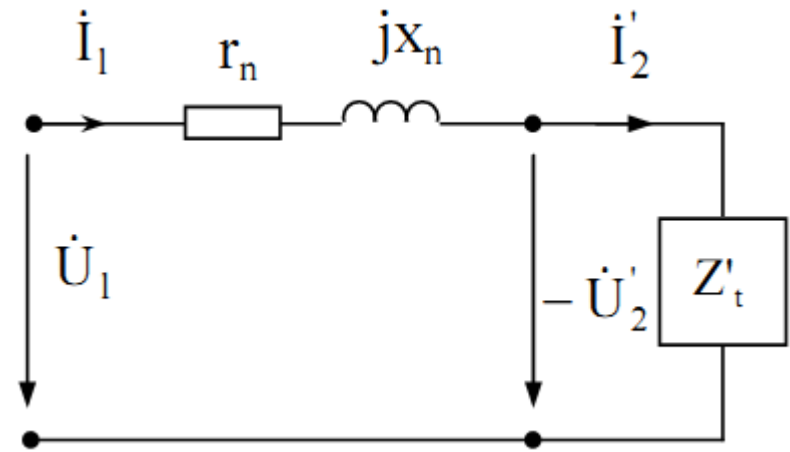
Thực tế, tổng trở nhánh từ hóa rất lớn ($Z_m \gg Z_1$ và Z'_2), do đó trong nhiều trường hợp có thể bỏ qua nhánh từ hóa ($Z_m = \infty$) và thành lập lại sơ đồ thay thế gần đúng

$$Z_n = Z_1 + Z'_2 = r_n + jX_n$$

Trong đó: $Z_n = r_n + jx_n$ – tổng trở ngắn mạch của mba;

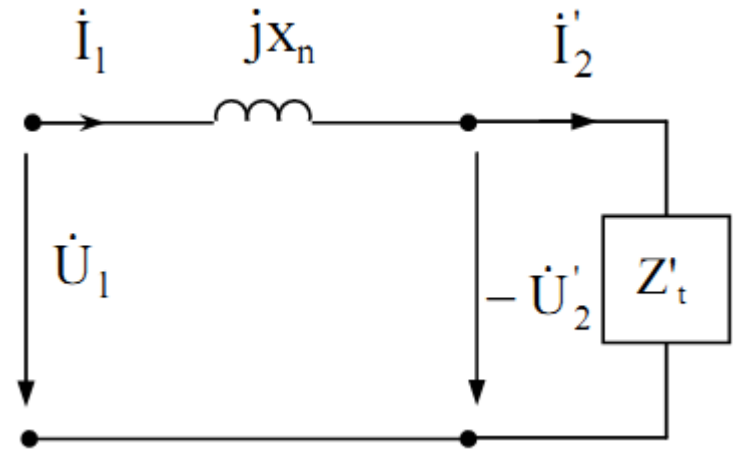
$r_n = r_1 + r'_2$ là điện trở ngắn mạch của mba;

$x_n = x_1 + x'_2$ là điện kháng ngắn mạch của mba



CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ MÁY BIẾN ÁP

Các mba thường có $r_n \ll x_n$, nên có thể bỏ qua điện trở ngắn mạch ($r_n = 0$). Trong trường hợp này mạch điện thay thế



CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

3. ĐỒ THỊ VECTOR CỦA MÁY BIẾN ÁP

Xây dựng đồ thị vector của mba nhằm mục đích thấy rõ quan hệ về trị số và góc lệch pha giữa các đại lượng vật lý Φ , U , I , ... BA, đồng thời để thấy rõ được sự thay đổi các đại lượng vật lý đó ở các chế độ làm việc khác nhau.

Cách xây dựng:

- + Đặt vector từ thông Φ theo chiều dương trục hoành trục hoành.
- + Vẽ vector dòng điện không tải I_0 , vượt trước Φ một góc α .
- + Vẽ các vector sđđ E_1 và $E'_2 = -E_1$ do Φ sinh ra, chậm sau nó một góc 90° .

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

+ Tùy theo tính chất của tải dụng véc tơ dòng điện I'_2 (nếu tải có tính điện cảm nên dòng điện I'_2 chậm sau E'_2 một góc ψ_2)

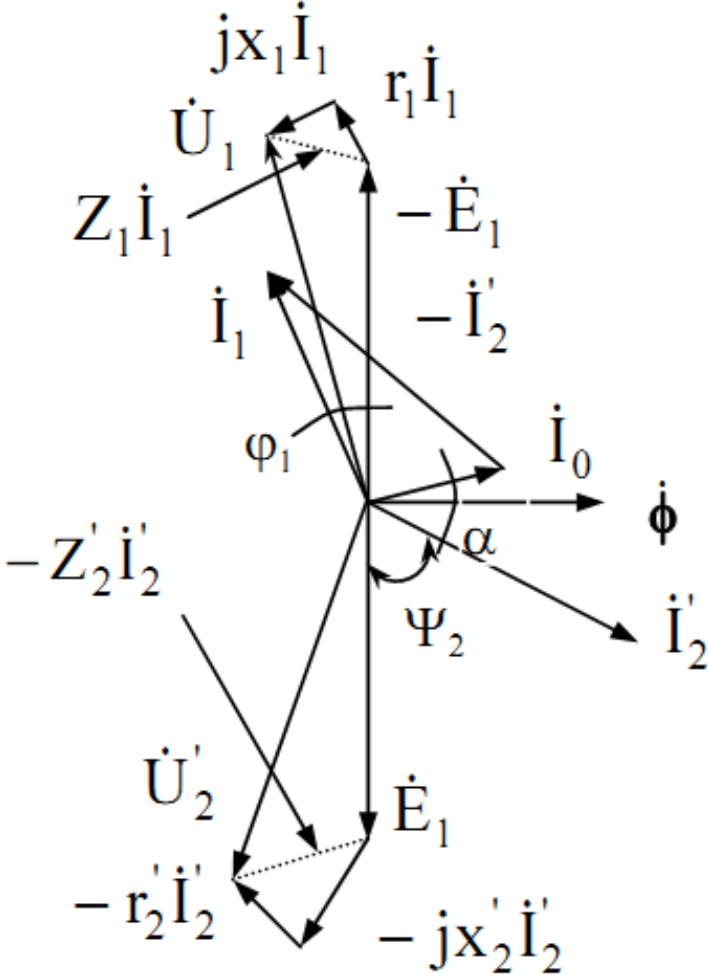
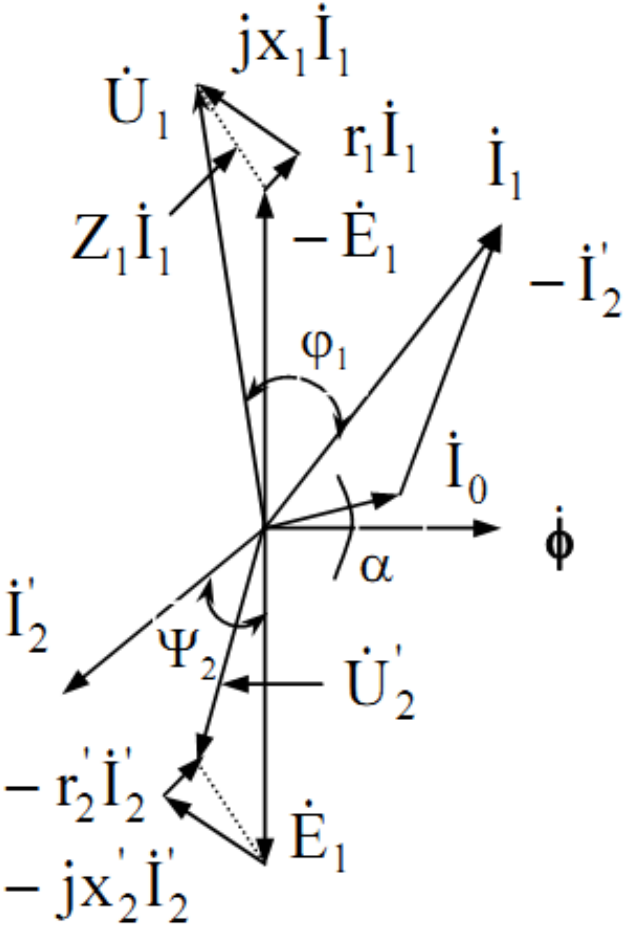
$$\psi_2 = \arctg \frac{\overset{\cdot}{X}_2 + \overset{\cdot}{X}_t}{\overset{\cdot}{r}_2 + \overset{\cdot}{r}_t}$$

+ Theo phương trình dòng điện, ta vẽ vectơ dòng điện I_1 bằng vectơ dòng điện I_0 cộng với vectơ dòng điện I'_2 .

+ Các vectơ khác dựa vào các phương trình cân bằng

+ Đồ thị vectơ mba khi phụ tải có tính dung vẽ tương tự, nhưng dòng điện I'_2 vượt trước một góc ψ_2 .

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP



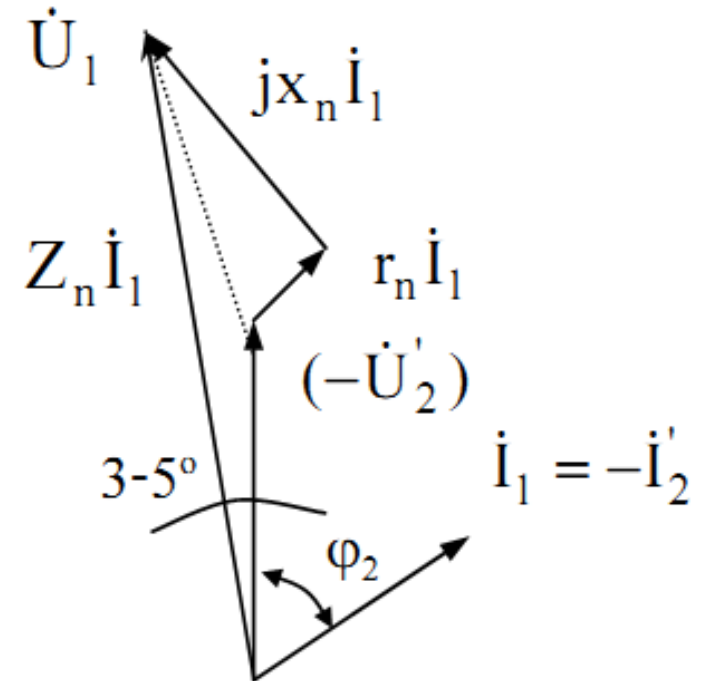
CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Đồ thị vectơ đơn giản mba

Trong sơ đồ thay thế gần đúng, ta cho là dòng điện $I_0 = 0$, nên $I_1 = -I'_2$.

Phương trình cân bằng điện áp :

$$\dot{U}_1 = -\dot{U}_2 + \dot{I}_1 Z_n$$



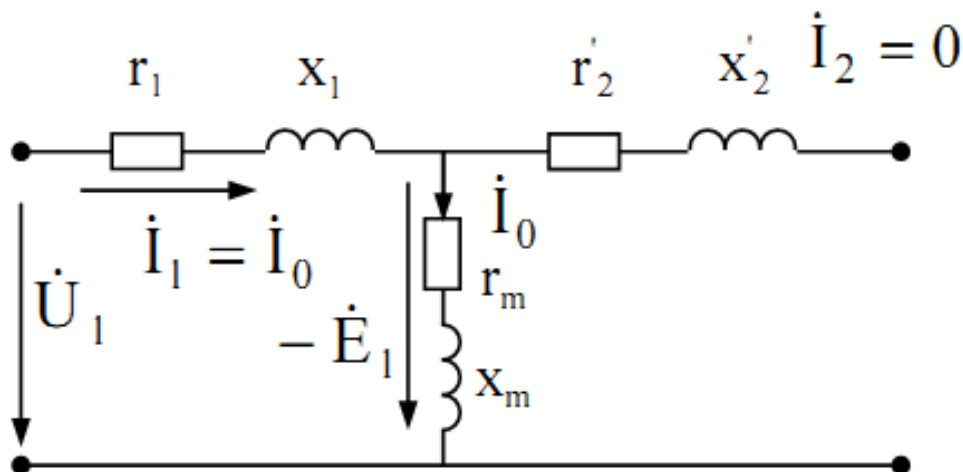
CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

4. XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.1. Xác định các tham số bằng thí nghiệm

a. Thí nghiệm không tải

Chế độ không tải mba: thứ cấp hở mạch ($I_2 = 0$); sơ cấp được cấp điện áp U_1 . Mạch điện thay thế máy biến áp khi không tải.



CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Phương trình không tải:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_0 Z_1$$

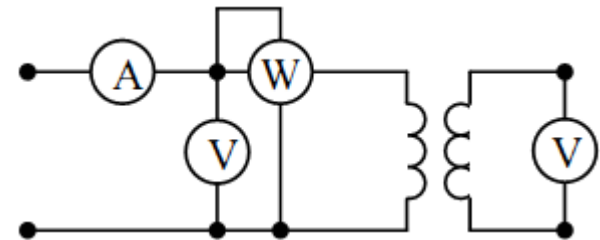
$$\dot{U}_1 = \dot{I}_0 (Z_1 + Z_m) = \dot{I}_0 Z_0$$

Trong đó: $Z_0 = Z_1 + Z_m = r_o + jx_o$ - tổng trở không của tải mba;

$r_o = r_1 + r_m$ - điện trở không của tải mba;

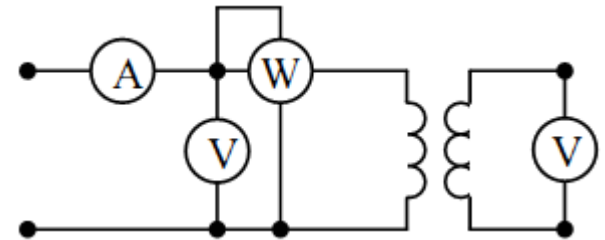
$x_o = x_1 + x_m$ - điện kháng không của tải mba;

Sơ đồ thí nghiệm không tải:



CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Sơ đồ thí nghiệm không tải



Xác định hệ số biến áp k , tổn hao sắt từ trong lõi thép p_{Fe} , và các thông số của mba ở chế độ không tải.

Đặt điện áp $U_1 = U_{1đm}$ vào dây quấn sơ cấp, thứ cấp hở mạch, các dụng cụ đo cho ta các số liệu sau:

Oát kế W đo được P_0 là công suất không tải;

Ampe kế đo I_0 là dòng điện không tải;

Vôn kế nối phía sơ cấp và thứ cấp lần lượt đo $U_{1đm}$ và U_{20} là điện áp sơ cấp và thứ cấp.

Từ các số liệu đo được, ta tính :

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ MÁY BIẾN ÁP

Từ các số liệu đo được:

+ Tỷ số biến áp: $k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_{1đm}}{U_{20}}$

+ Dòng điện không tải phần trăm: $i_0 \% = \frac{I_0}{I_{1đm}} 100 = (1 \div 10) \%$

+ Tổng trở nhánh từ hoá

Điện trở không tải: $r_0 = r_1 + r_m = \frac{P_0}{I_0^2}$

Do $r_m \gg r_1$ nên $r_m = r_0$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

+ Tổng trở nhánh từ hoá:

$$\text{Tổng trở không tải} \quad Z_0 = \frac{U_{1đm}}{I_0}$$

$$\text{Điện kháng không tải} \quad X_0 = X_1 + X_m = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}$$

Điện kháng từ hóa $X_m \gg X_1$ nên $X_m = X_0$

+ Tổn hao không tải

Từ mạch điện thay thế, tổn hao không tải là tổn hao đồng trên dây quấn sơ và tổn hao sắt trong lõi thép:

$$P_0 = r_m I_0^2 + r_1 I_0^2 \approx p_{Fe}$$

Điện trở dây quấn sơ và dòng điện không tải nhỏ nên bỏ qua tổn hao đồng trên dây quấn sơ cấp. Tổn hao không tải P_0 thực tế có thể xem là tổn hao sắt p_{Fe} do từ trễ và dòng điện xoáy trong lõi thép gây nên.

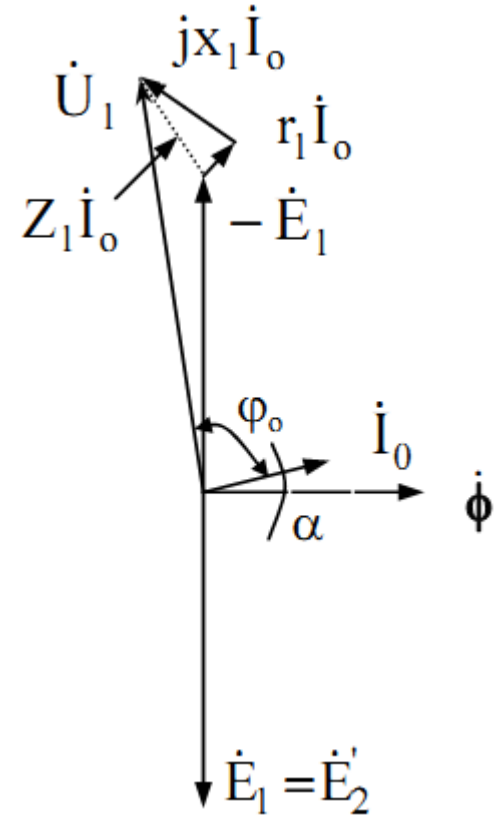
CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

+ Hệ số công suất không tải:

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{U_{1đm}I_0} (\leq 0,1)$$

Từ đồ thị vectơ MBA không tải, góc lệch pha giữa U_1 và I_0 là $\varphi_0 \approx 90^\circ$, nghĩa là hệ số công suất lúc không tải rất thấp, thường $\cos\varphi_0 = 0,1$.

Điều này có ý nghĩa thực tế rất lớn là không nên để MBA làm việc không tải hoặc non tải, vì lúc đó sẽ làm xấu hệ số công suất của lưới điện.



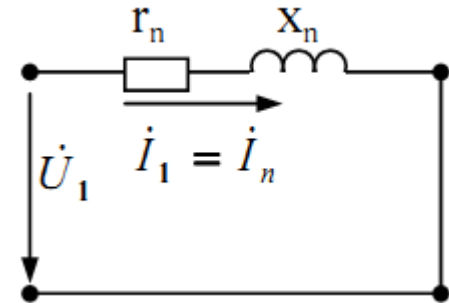
CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

b. Thí nghiệm ngắn mạch

Chế độ ngắn mạch mba: phía thứ cấp bị nối tắt, sơ cấp đặt vào một điện áp U_1 .

Trong vận hành, nhiều nguyên nhân làm máy biến áp bị ngắn mạch như hai dây dẫn phía thứ cấp chạm vào nhau, rơi xuống đất hoặc nối với nhau bằng tổng trở rất nhỏ. Đây là tình trạng ngắn mạch sự cố, cần tránh.

Mạch điện thay thế ngắn mạch:



CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ MÁY BIẾN ÁP

Phương trình điện áp mba khi ngắn mạch

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_n (r_n + jx_n) = \dot{I}_n Z_n$$

Dòng điện ngắn mạch khi $U_1 = U_{1đm}$:

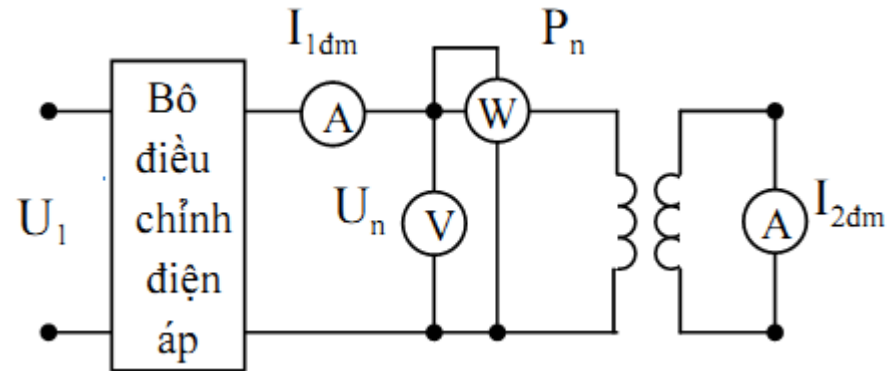
$$I_n = \frac{U_{đm}}{Z_n} = \frac{U_{đm}}{z_n \frac{I_{đm}}{100}} 100 = \frac{I_{đm}}{\frac{z_n I_{đm}}{U_{đm}} 100} 100 = \frac{I_{đm}}{u_n \%} 100$$

Tổng trở ngắn mạch rất nhỏ, dòng ngắn mạch rất lớn $(10 \div 25)I_{đm}$.
Đây là trường hợp sự cố, rất nguy hiểm cho máy biến áp.

Khi sử dụng mba cần tránh tình trạng ngắn mạch

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Sơ đồ thí nghiệm ngắn mạch



Tiến hành thí nghiệm:

Dây quấn thứ cấp nối ngắn mạch, dây quấn sơ cấp nối với nguồn qua bộ điều chỉnh điện áp.

Điều chỉnh điện áp vào dây quấn sơ cấp (U_n) sao cho dòng điện trong các dây quấn bằng định mức. Các dụng cụ đo cho số liệu sau:

Vôn kế chỉ U_n là điện áp ngắn mạch;

Oát kế chỉ P_n là tổn hao ngắn mạch;

Ampe kế chỉ I_{1dm} và I_{2dm} là dòng điện sơ cấp và thứ cấp định mức.

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

+ Tổn hao ngắn mạch

Thí nghiệm ngắn mạch, điện áp U_n nhỏ ($U_n = 4 - 15\%U_{đm}$) nên từ thông Φ nhỏ, có thể bỏ qua tổn hao sắt từ. Công suất đo được trong thí nghiệm ngắn mạch P_n là :

$$P_n = r_n I_n^2 = r_1 I_{1đm}^2 + r_2 I_{2đm}^2$$

Như vậy tổn hao ngắn mạch chính là tổn hao đồng trên hai dây quấn sơ cấp và dây quấn thứ cấp khi tải định mức.

+ Tổng trở, điện trở và điện kháng ngắn mạch.

$$\text{Tổng trở: } Z_n = \frac{U_n}{I_{1đm}}$$

$$\text{Điện trở: } r_n = r_1 + r_2 = \frac{P_n}{I_{1đm}^2}$$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

+ Tổng trở, điện trở và điện kháng ngắn mạch.

Điện kháng ngắn mạch:

$$X_n = X_1 + X_2' = \sqrt{Z_n^2 - r_n^2}$$

Trong m.b.a thường $r_1 = r_2'$ và $x_1 = x_2'$. Vậy điện trở và điện kháng tản của dây quấn sơ cấp:

$$r_1 + r_2' = \frac{r_n}{2}; X_1 + X_2' = \frac{X_n}{2}$$

Điện trở và điện kháng tản của dây quấn thứ cấp:

$$r_2 = \frac{r_2'}{k^2}; X_2 = \frac{X_2'}{k^2}$$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ MÁY BIẾN ÁP

+ Hệ số công suất ngắn mạch: $\cos \varphi_n = \frac{P_n}{U_{đm} I_{đm}} = \frac{r_n}{Z_n}$

+ Điện áp ngắn mạch: $U_n \% = \frac{Z_n I_{đm}}{U_{đm}} 100\% = \frac{U_n}{U_{đm}} 100$

Điện áp U_n gồm hai thành phần: Trên điện trở r_n - điện áp ngắn mạch tác dụng U_{nr} ; thành phần trên điện kháng x_n - điện áp ngắn mạch phản kháng U_{nx} .

Điện áp ngắn mạch phản kháng:

$$u_{nx} \% = \frac{x_n I_{đm}}{U_{đm}} 100 = \frac{U_{nx}}{U_{đm}} 100 = u_n \% \sin \varphi_n$$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

+ Điện áp ngắn mạch tác dụng:

$$u_{nr} \% = \frac{r_n I_{1đm}}{U_{1đm}} 100 = \frac{U_{nr}}{U_{1đm}} 100 = u_n \% \cos \varphi_n$$

Ngoài ra $u_{nr} \%$ còn tính theo:

$$u_{nr} \% = \frac{r_n I_{1đm}}{U_{1đm}} \frac{I_{1đm}}{I_{1đm}} 100 = \frac{P_n (W)}{10S_{đm} (kVA)}$$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

4.2. Xác định các tham số bằng tính toán

a. Tổng trở nhánh từ hóa

+ Điện trở nhánh từ hóa:

$$r_m = \frac{P_{Fe}}{I_0^2}$$

$$\text{Với: } p_{Fe} = p_{1/50} (B_t^2 G_t + B_g^2 G_g) \left(\frac{f}{50} \right)^{1,3}$$

$$I_0 = \sqrt{I_{0r}^2 + I_{0x}^2}$$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

+ Điện kháng nhánh từ hóa:

$$X_m = \frac{E_1}{I_{0x}}$$

$$\text{Với: } I_{0x} = \frac{Q_0}{mU_1} = \frac{q_{t.t}G_t + q_{t.g}G_g + nq_\delta S}{mU_1}$$

b. Tổng trở ngắn mạch

+ Điện trở ngắn mạch

$$r_1 = k_r \rho_{75^\circ} \frac{N_1 l_{tb.1}}{S_1} \quad \rightarrow r_n = r_1 + r_2' = r_1 + r_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$
$$r_2 = k_r \rho_{75^\circ} \frac{N_2 l_{tb.2}}{S_2}$$

Với k_r - hệ số làm tăng tổn hao do từ trường tản

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

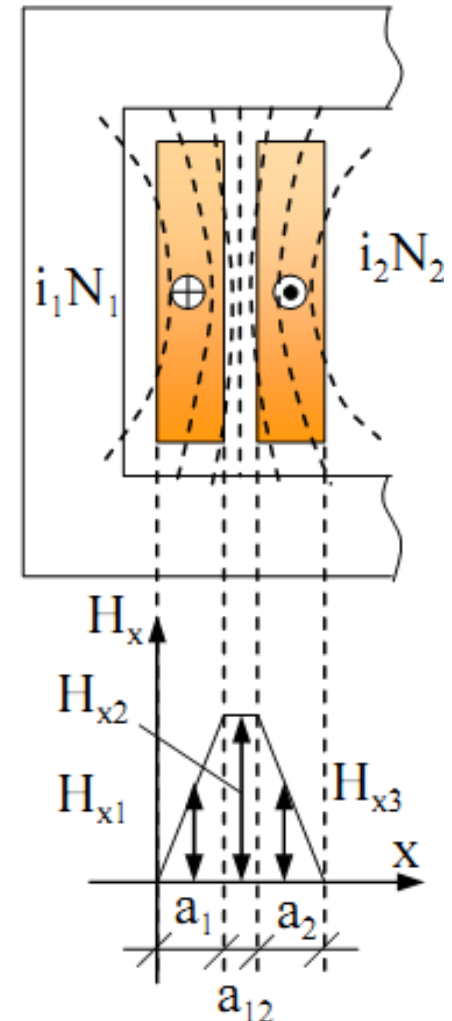
+ Điện kháng ngắn mạch

Việc xác định x_1 và x_2 liên quan đến việc xác định sự phân bố từ trường tản của từng dây quấn. Ở đây ta xác định x_1 và x_2 gần đúng với giả thiết đơn giản.

Xét cho trường hợp dây quấn hình trụ, chiều dài tính toán của dây quấn l_σ lớn hơn chiều dài thực l của dây quấn một chút

$$l_\sigma = \frac{l}{k_r}$$

$k_r = 0,93 - 0,98$: hệ số qui đổi từ trường tản lý tưởng về từ trường tản thực tế (hệ số Rogovski)



CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Theo định luật toàn dòng điện :

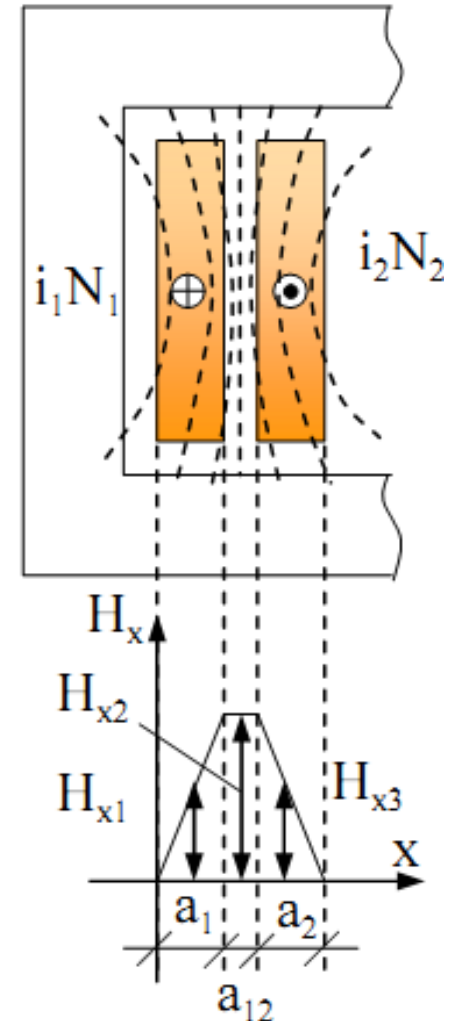
$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \Sigma i$$

Đối với thép $\mu_{Fe} = \infty$, nên $H_{Fe} = 0$,

Trong phạm vi a_1 ($0 \leq x \leq a_1$)

$$H_{x1} l_{\sigma} = \Sigma i = N_1 i_1 \frac{x}{a_1}$$

$$H_{x1} = \frac{N_1 i_1}{l_{\sigma}} \frac{x}{a_1}$$



CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Trong phạm vi a_{12} ($a_1 \leq x \leq a_1+a_{12}$)

$$H_{x2}l_\sigma = \sum i = N_1 i_1$$

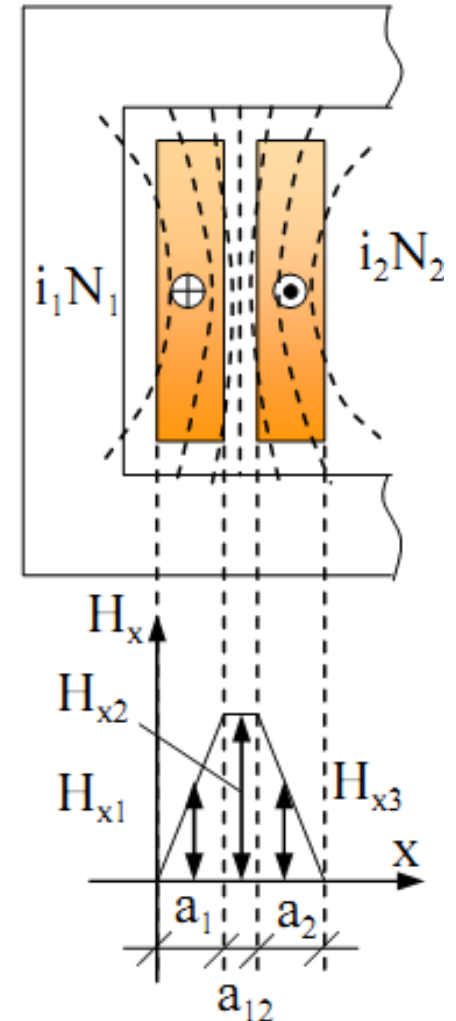
$$H_{x2} = \frac{N_1 i_1}{l_\sigma}$$

Trong phạm vi a_2 ($a_1+a_{12} \leq x \leq a_1+a_{12}+a_2$)

$$H_{x3}l_\sigma = \sum i = N_1 i_1 + N_2 i_2 \frac{x - (a_1 + a_{12})}{a_2}$$

$$= N_1 i_1 - \frac{x - a_1 - a_{12}}{a_2} N_1 i_1$$

$$H_{x3} = \frac{N_1 i_1}{l_\sigma} \frac{a_1 + a_{12} + a_2 - x}{a_2}$$



CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Xác định biên giới từ thông tản của hai dây quấn rất khó khăn, do đó tính toán riêng các tham số x_1 và x_2 không thực hiện được. Có thể xác định $x_1 + x_2$ với qui ước biên giới phân chia từ trường tản của hai dây sơ cấp và thứ cấp là đường ở giữa khe hở a_{12} .

Gọi D_{tb} là đường kính trung bình của cả hai dây quấn và bỏ qua sự thay đổi đường kính theo chiều x thì vi phân từ thông cách x một khoảng trong phạm vi a_1 :

$$d\Phi_1 = \mu_0 H_{x1} \pi D_{tb} dx$$

móc vòng với số vòng dây : $N_x = \frac{x}{a_1} N_1$

Vậy trong phạm vi a_{12} từ thông móc vòng với một số vòng dây là N_1 :

$$d\Phi_2 = \mu_0 H_{x2} \pi D_{tb} dx$$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Từ thông móc vòng với toàn bộ dây quấn 1:

$$\Psi_1 = \int_0^{a_1} \frac{x}{a_1} N_1 \mu_0 \frac{N_1 i_1}{l_\sigma} \pi D_{tb} dx + \int_{a_1}^{a_1 + \frac{a_{12}}{2}} N_1 \mu_0 \frac{N_1 i_1}{l_\sigma} \pi D_{tb} dx$$

$$\Psi_1 = \frac{\mu_0 N_1^2 i_1 \pi D_{tb}}{l_\sigma} \left(\frac{a_1}{3} + \frac{a_{12}}{2} \right)$$

Tính tương tự từ thông móc vòng với dây quấn 2:

$$\Psi_2' = \frac{\mu_0 N_1^2 i_1 \pi D_{tb}}{l_\sigma} \left(\frac{a_2}{3} + \frac{a_{12}}{2} \right)$$

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

Điện kháng ngắn mạch:

$$X_n = X_1 + X_2' = 2\pi f \frac{\Psi_1 + \Psi_2'}{i_1}$$

$$X_n = 2\pi f \frac{\mu_0 N_1^2 i_1 \pi D_{tb} k_R}{l_\sigma} \left(a_{12} + \frac{a_1 + a_2}{3} \right)$$

Ta thấy x_n phụ thuộc vào kích thước hình học của các dây quấn a_1 , a_2 , a_{12} và l_σ . Kích thước này được chọn sao cho giá thành của máy là thấp nhất.

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP

CHƯƠNG 2: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ MÁY BIẾN ÁP
