

A decorative border consisting of a repeating pattern of small, stylized cake slices with pink frosting and white layers, arranged in a rectangular frame around the central text.

GIÁO TRÌNH

MÁY ĐIỆN 1

CHƯƠNG MỞ ĐẦU

NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN

I. Khái niệm; Phân loại chung về Máy điện

1. Khái niệm:

- Dựa trên 2 hiện tượng : Điện và từ.
- Phát triển từ năm 1831 đến nay đã trải qua 4 giai đoạn phát triển.
- Hiện nay đã và đang được hoàn thiện về kích thước, công nghệ chế tạo, vật liệu mới, công suất, hình dáng trên cơ sở cấu trúc cơ bản của máy điện.

⇒ Định nghĩa:

MĐ là thiết bị điện từ, làm việc dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ, được dùng để biến đổi các dạng năng lượng như cơ năng thành điện năng, điện năng thành cơ năng, hoặc biến đổi các thông số mạch điện như: điện áp, dòng điện, tần số, số pha...

2. Phân loại chung về MD:

- Theo trạng thái làm việc: Máy điện tĩnh (Máy biến áp); Máy điện quay (Máy phát, động cơ).
- Theo chức năng: Máy phát; Động cơ; máy hãm và các Máy điện đặc biệt khác.
- Theo pha số: 1 pha; 2 pha; 3 pha và nhiều pha (6,9,12).
- Theo loại dòng điện: Một chiều (DC); Xoay chiều (AC).

* Chú ý: Trong từng loại máy điện cụ thể, sẽ có cách gọi, phân loại riêng.

II. Các định luật dùng trong MD:

1. Định luật cảm ứng điện từ (Faraday):

a) Trường hợp là vòng dây (Máy điện):

Khi từ thông Φ biến thiên xuyên qua 1 vòng dây, trong vòng dây xuất hiện 1 sức điện động cảm ứng, được xác định theo công thức Maxell:

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

Nếu cuộn dây có số vòng dây là W thì sức điện động là :

$$e = -W \frac{d\phi}{dt} = -\frac{d\psi}{dt}$$

- Chiều của Sđđ cảm ứng được xác định theo qui tắc Lenz: Chiều của Sđđ cảm ứng có chiều mà dòng điện do nó sinh ra sẽ tạo là từ thông luôn chống lại sức biến thiên của từ thông sinh ra nó. Đây là sđđ truyền đạt, chiều được xác định theo qui tắc Lenz.

- ứng dụng: Máy biến áp:

b. Trường hợp là dây dẫn thẳng

(Máy phát và động cơ điện):

Sự biến thiên của từ thông có thể theo thời gian, cũng có thể theo vị trí.

⇒ Khi thanh dẫn chuyển động thẳng góc với đường sức của từ từ trường không đổi (B) thì trong thanh dẫn xuất hiện sđđ cảm ứng gọi là sđđ quay.

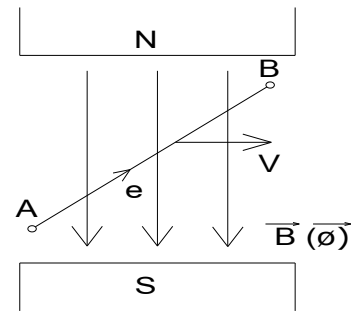
- Có giá trị là :

$$E = B.l.v$$

Tổng quát là:

$$e = B.l.v \cdot \sin \alpha$$

- Có chiều xác định bằng qui tắc bàn tay phải: (Phát biểu và giải thích quy tắc).



- Như vậy: $B = \text{const}$, $\Phi = \text{const}$ nhưng $v \neq 0$
 Thì $e \neq 0$. Với: α là góc tạo bởi chiều chuyển động

của \vec{v} và chiều của các đường sức từ \vec{B}

- Ứng dụng: Trong máy phát điện.

2. Định luật lực điện từ:

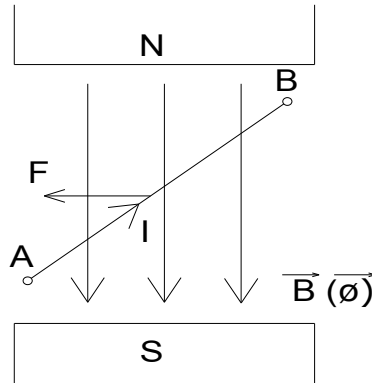
Khi thanh dẫn có dòng điện đi qua, đặt thẳng góc với đường sức của từ trường, thì thanh dẫn chịu tác động 1 lực điện từ:

- Có giá trị: $E = B.l.I$
 Tổng quát: $e = B.l.\sin\varphi$.

- Chiều: Xác định bằng qui tắc bàn tay trái. (Phát biểu và giải thích quy tắc).

- Góc φ là góc tạo bởi \vec{I} và \vec{B} Khi đặt $\varphi = 90^\circ$ Thì : $e = E_m$

- Ứng dụng: Trường hợp động cơ điện.



3) Định luật toàn dòng điện (định luật mạch từ) :

* Tích phân vòng của cường độ từ trường theo một đường khép kín bất kỳ quanh một số mạch điện bằng tổng dòng điện trong các mạch điện có trong vòng kín đó

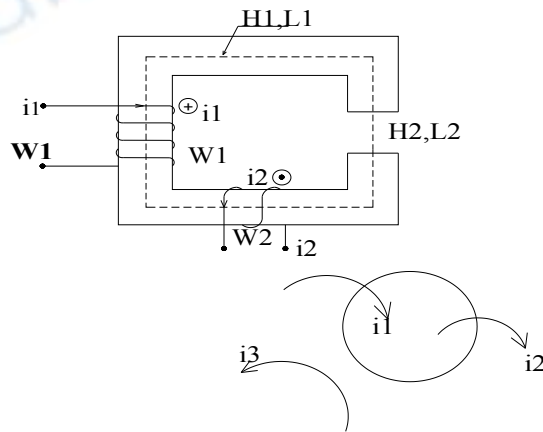
$$\oint Hdl = \sum_1^n i_k$$

Hay: $\oint Hdl = \sum_1^n w_{i_k} = \sum_1^n F_k$

Với : $F_k = W_{i_k}$ là Sức từ động.

Theo hình vẽ trên thì:

$H_1 l_1 = w_1 i_1 - w_2 i_2$, i_3 không móc vòng qua vòng kín của mạch từ.



III. Các vật liệu dùng trong Máy điện :

1. Vật liệu dẫn từ : Là mạch từ (lõi thép), được chế tạo từ các kim loại dẫn từ gọi là thép lá KTĐ (tôn Silic). Độ dày các lá thép từ (0,35 ÷ 0,5) mm có độ từ tính lớn. Ngoài Tôn silic ra còn có gang, thép đúc...

- Yêu cầu của vật liệu từ:

- +) Có độ từ thẩm cao $\mu > 1$.
- +) Tổn hao sắt từ nhỏ.

Tổn hao sắt từ :

$$\Delta P_{Fe} = KG(C_h B^2 f + C_f B^2 f^2).$$

Trong đó :

- $\Delta P_h = C_h . B^2 . f$ Tổn hao từ trễ.
- $\Delta P_f = C_f . B^2 . f^2$ Tổn hao do dòng xoáy Fuco.
- G Trọng lượng sắt của mạch từ.
- K = (1÷2): Hệ số chênh lệch giữa thực tế và lý thuyết.

2. Vật liệu dẫn điện :

Là mạch điện, thường dùng là các dây kim loại như Cu, Al và hợp kim của chúng. Dây dẫn thường bọc cách điện bằng sơn êmay (dây điện từ), bằng vải, giấy (dây công tơ).

Do $\rho_{Al} > \rho_{Cu}$ nên Cu dẫn điện tốt hơn Al, và dây đồng có độ bền cơ cao hơn do đó dây đồng được sử dụng rộng rãi hơn.

Đồng đỏ (99 % Cu) là vật liệu dẫn điện tốt nhất và thường được sử dụng nhiều nhất.

3. Vật liệu cách điện : Là phần cách điện giữa phần điện và phần không dẫn điện. Vật liệu cách điện có thể tồn tại ở thể rắn, thể lỏng, thể hữu cơ, thể vô cơ.

- Vật liệu cách điện phải thỏa mãn các yêu cầu sau : chịu được cách điện, chịu nhiệt độ, độ bền cơ học, độ bền hoá học, độ ẩm.

- Vật liệu cách điện được phân chia thành các cấp:

Y	A	E	B	F	H	C
95°	105°	120°	130°	155°	180°	>180°

Ví dụ : Cấp Y, A: Xenlulô, sợi, giấy, bìa, nhựa tổng hợp

Cấp B: tương tự cấp A nhưng có sơn tẩm cách điện, hoặc gỗ ép.

Cấp F: mica, sứ, thủy tinh.

4. Vật liệu cấu trúc : Là vật liệu cấu trúc nên máy điện như: gang, sắt, thép, nhựa vv...

PHẦN 1 MÁY BIẾN ÁP

CHƯƠNG 1: CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

I. Khái niệm chung :

1. Định nghĩa : Máy biến áp là 1 thiết bị điện - từ tĩnh, làm việc dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ, được dùng để biến đổi hệ thống điện năng xoay chiều từ cấp điện áp này sang cấp điện áp khác với cùng 1 tần số.

2. Công dụng :

- Là trung gian, biến đổi điện áp giữa nguồn và phụ tải. (Xem hình 1.1).

- Làm nhiệm vụ truyền điện năng đi xa:

$$P = U.I.\cos\varphi,$$

nếu $P = \text{const}$, $\cos\varphi = \text{const}$, thì: $U \uparrow \Rightarrow$

$I \downarrow \Rightarrow$ giảm kích thước, trọng lượng dây dẫn, tăng tính kinh tế.

- Làm các chức năng chuyên dụng đặc biệt khác: Biến đổi I, số pha, đo lường, sinh hoạt, hàn, cách ly, phối hợp trở kháng, vv...

3. Phân loại :

- Theo số pha: 1 pha, 2 pha, 3 pha, nhiều pha: 6,9,12 pha.

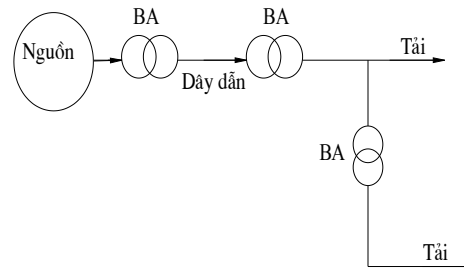
- Theo số cuộn dây: 1, 2 và nhiều cuộn dây.

- Theo hệ số biến áp: $k < 1$: Tăng áp; $k > 1$: Hạ áp.

- Theo chức năng: Biến áp điện lực, tín hiệu, đo lường...

- Theo công suất: nhỏ (cỡ w), Trung bình (kw), lớn (>kw)

- Theo cấu tạo: Kiểu trụ (lõi) và kiểu bọc.



Hình 1.1: Sơ đồ hệ thống truyền tải bằng biến áp

4. Các đại lượng định mức :

$S_{đm}$: (đưa ra ở cuộn W_2); $U_{1đm}$, $U_{2đm}$ (Điện áp dây ở W_1, W_2), $I_{1đm}$, $I_{2đm}$, $\cos\varphi_{đm}$, số pha : m, tổ nối dây, $U_{ng\%}$ nước sản xuất, năm sản xuất, kích thước, trọng lượng, hướng dẫn cách nối dây, và điện áp ngắn mạch

5. Khái niệm và tên gọi các cuộn dây

- Cuộn dây nối với nguồn: Sơ cấp (Kí hiệu W_1): chỉ số là 1
- Cuộn dây nối với tải: Thứ cấp (Kí hiệu W_2): chỉ số là 2
- Cuộn có điện áp cao là cuộn dây cao áp; cuộn có điện áp thấp là cuộn thấp áp
- * Khái niệm cuộn cao áp, cuộn thấp áp là tuyệt đối, còn khái niệm cuộn sơ cấp và thứ cấp với 1 máy biến áp là tương đối.

II. Cấu tạo máy biến áp :

Gồm: Lõi thép, dây quấn, vỏ và các bộ phận khác.

1) Lõi thép :

* Nhiệm vụ: Là mạch từ và làm khung đỡ quấn dây, có cấu tạo từ các lá thép KTD có độ dày (0,35 ÷ 0,5) mm ghép cách điện với nhau để tránh dòng xoáy Fucô.

* Lõi thép gồm hai phần:

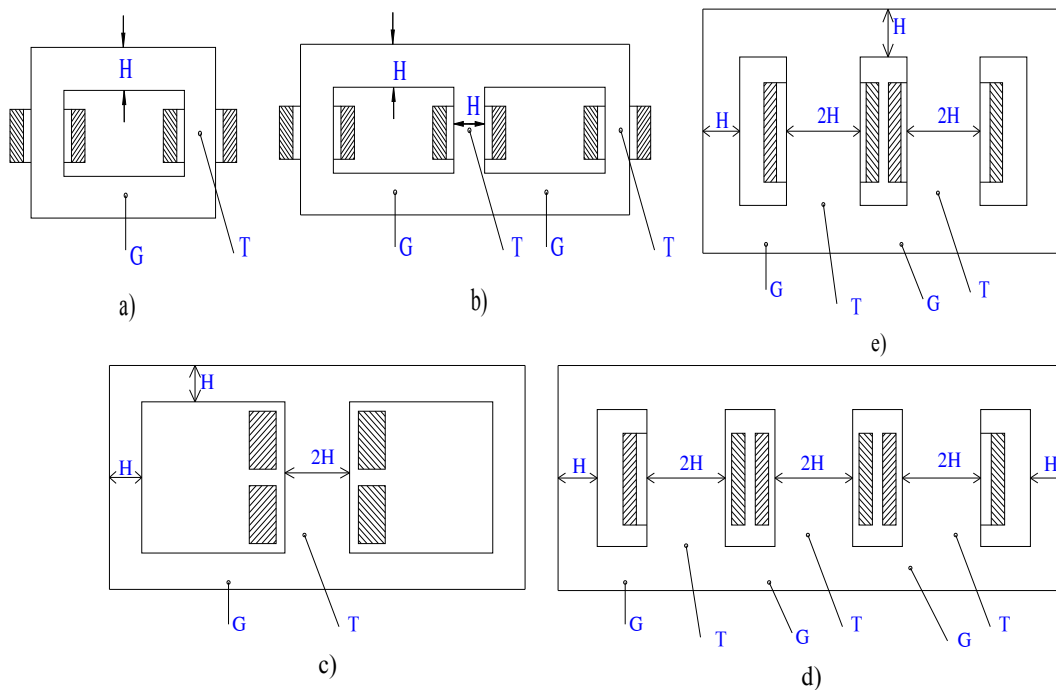
- Trụ từ (T) : Là phần lõi thép có quấn dây .
- Gông từ (G) : Là phần lõi thép không quấn dây mà chỉ để khép kín mạch từ

* Kiểu lõi thép có hai kiểu :

- + Kiểu trụ hay còn gọi là kiểu lõi được dùng cho cả 1 pha và 3 pha.
- + Kiểu bọc được dùng cho cả 1 pha và 3 pha.
- + Đôi khi có kiểu trụ - bọc .

Riêng kiểu bọc 3 pha, người ta còn gọi là máy biến áp 5 trụ, tuy nhiên 2 trụ ngoài cùng nhỏ hơn, không quấn dây nên vẫn thuộc phần gông.

Trên hình 1.2 : Biểu diễn các dạng lõi thép, trong đó : a) Kiểu trụ (lõi) một pha ; b) Kiểu trụ (lõi) ba pha ; c) Kiểu bọc một pha ; d) Kiểu bọc ba pha ; e) Kiểu trụ bọc 3 pha



Hình 1.2 :Các dạng lõi thép : a)Kiểu trụ (lõi) một pha ;
 b) Kiểu trụ (lõi) ba pha ;c)Kiểu bọc một pha ;
 d) Kiểu bọc ba pha ; e) Kiểu trụ bọc 3 pha.

* Hình dạng các lá thép có các dạng sau:

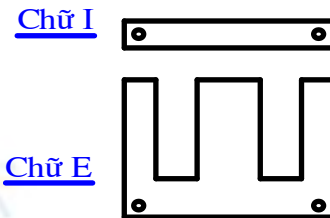
hình chữ: E, I, L, U hoặc 1 tấm tôn dài cuốn lại thành lõi thép hình xuyên.

* Cách ghép các lá thép: có các kiểu như ghép xen kẽ các lá, ghép nổi, hoặc cuộn tròn lại thành hình xuyên.

* Các lá thép sau khi ghép sẽ được đai chặt bằng xà ép và bắt chặt bằng bu- lông.

Loại ghép xen kẽ chữ I, E có tổn hao nhỏ hơn nhưng kết cấu sẽ phức tạp hơn loại ghép nổi 2 khối chữ I và chữ E

* Thiết diện của trụ từ có hình dạng là hình chữ nhật, hình vuông hoặc hình tròn bậc thang; hình chữ nhật cho kết cấu đơn giản hơn, nhưng khi quấn dây sẽ không chặt gây tiếng kêu khi làm việc.



Hình 1.3: Hình dạng lá thép

Xét về mặt cấu tạo thì diện tích thiết diện của

trụ từ quyết định đến công suất, và số vòng dây quấn trên 1 vôn .

2) Dây quấn: (Tham khảo thêm trang 20- MĐ1)

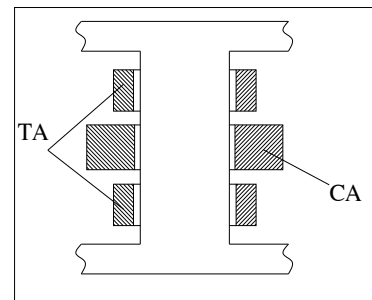
- Chức năng là mạch điện và làm nhiệm vụ dẫn điện.
 - Là dây đồng bọc cách điện, ê may, đôi khi máy công suất nhỏ có thể là dây nhôm bọc cách điện.

- Có dây quấn cao áp, dây quấn thấp áp.

- Thiết diện dây có thể hình tròn, hình chữ nhật và xét về mặt cấu tạo thì diện tích thiết diện dây dẫn cũng quyết định đến công suất của máy biến áp.

- Kiểu quấn: đồng tâm, nhiều lớp.

- Tùy theo quan điểm cách điện hay phát nhiệt mà cuộn dây cao áp, hay thấp áp được quấn gần hoặc xa lõi thép vì cuộn cao áp thì cần cách điện, cuộn thấp áp thì cần phát nhiệt hoặc đôi khi người ta quấn xen kẽ 2 cuộn cao áp và thấp áp với nhau như hình 1.4, cuộn thấp áp nằm ngoài, gần lõi thép.



Hình 1.4 : Bố trí dây quấn máy biến áp : CA(cao áp); TA(thấp áp)

3) Vỏ máy và các bộ phận khác :

Gồm: Thùng, nắp thùng, bộ phận làm mát, trụ đầu dây:

- Thùng làm bằng thép: chứa dầu biến áp.

- Nắp thùng: đặt các trụ sứ để đầu dây.

- Bộ phận làm mát: Cường bức, đối lưu dầu

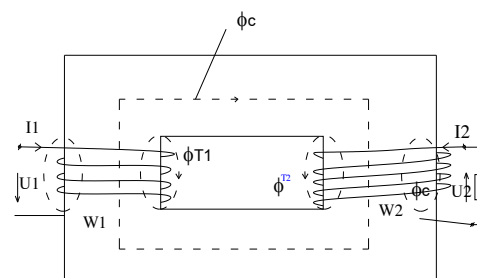
- Các bộ phận khác: Bình giãn dầu, các thiết bị bảo vệ, và các thiết bị khác.

III. Nguyên lý làm việc của máy biến áp 1 pha

*/ Xét cho một máy biến áp 1 pha có 2 cuộn dây riêng biệt W_1, W_2 ;

Trong đó W_1 : Cuộn sơ cấp, W_2 : Cuộn thứ cấp.

Khi đặt điện áp u_1 xoay chiều vào cuộn



dây W_1 , thì trong W_1 xuất hiện dòng điện i_1
 \Rightarrow xuất hiện Sức từ động $F_1 \Rightarrow$ xuất hiện từ
 \Rightarrow thông (từ trường) sơ cấp ϕ_1 .

Hình 1.5 : Sơ đồ máy biến áp một pha hai cuộn dây

Từ trường sơ cấp ϕ_1 được chia làm hai thành phần:

- ϕ_{c1} : Móc vòng qua W_1, W_2 , khép kín qua gông từ. Tạo ra ở W_1 và W_2 các sức điện động e_1, e_2

$$e_1 = -W_1 \frac{d\phi_c}{dt} \quad \text{và} \quad e_2 = -W_2 \frac{d\phi_c}{dt}$$

- ϕ_{t1} : Móc vòng qua W_1 , khép kín qua không khí. Tạo ra ở W_1 sức điện động tản sơ cấp e_{t1}

* Khi máy không nối với tải :

$i_2 = 0$, như vậy $\phi_c = \phi_{c1}$: Từ trường chính.

* Nếu W_2 nối với tải thì $i_2 \neq 0 \Rightarrow$ tạo ra F_2 , sức từ động F_2 tạo ra từ trường (thông) thứ cấp ϕ_2 . Từ trường thứ cấp ϕ_2 cũng chia làm hai thành phần :

- ϕ_{c2} : Móc vòng qua W_1, W_2 khép kín qua gông từ và luôn có xu thế chống lại sự biến thiên của ϕ_{c1} và từ trường chính trong máy lúc này là :

$\bar{\phi}_c = \bar{\phi}_{c1} + \bar{\phi}_{c2}$, Từ trường chính ϕ_c khi có tải sẽ tạo ra các sức điện động e_1, e_2 ở các cuộn W_1, W_2 .

- ϕ_{t2} móc vòng qua W_2 , khép kín qua không khí và sinh ra ở cuộn W_2 sức điện động e_{t2} .

* Như vậy, tổng quát khi có tải :

$$e_1 = -W_1 \frac{d\phi_c}{dt} ; e_2 = -W_2 \frac{d\phi_c}{dt} ; e_{t1} = -W_1 \frac{d\phi_{t1}}{dt} ; e_{t2} = -W_2 \frac{d\phi_{t2}}{dt}$$

* Nếu $U_1 = \text{const}$ và là hình sin thì từ thông cũng sin giả sử:

$$\phi_c = \phi_m \sin \omega t$$

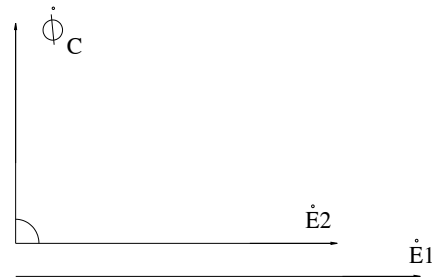
$$\text{Thì: } e_1 = -W_1 \frac{d(\phi_m \sin \omega t)}{dt} = -W_1 \cdot \omega \cdot \phi_m \cdot \cos \omega t$$

$$e_2 = -W_2 \frac{d(\phi_m \sin \omega t)}{dt} = -W_2 \cdot \omega \cdot \phi_m \cdot \cos \omega t$$

$$\text{Biến đổi: } e_1 = -W_1 \cdot 2\pi f \cdot \phi_m \cdot \cos \omega t = -W_1 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{2} \cdot \pi \cdot f \cdot \phi_m \cdot \cos \omega t = \sqrt{2} \cdot E_1 \cdot \sin(\omega t - 90^\circ)$$

$$\text{Tương tự: } e_2 = \sqrt{2} \cdot E_2 \cdot \sin(\omega t - 90^\circ)$$

Trong đó : giá trị hiệu dụng :



Hình 1.6 : Đồ thị véc tơ sức điện

$$E_1 = \sqrt{2} \cdot \pi \cdot W_1 \cdot f \cdot \phi_m = 4,44 \cdot W_1 \cdot f \cdot \phi_m$$

$$E_2 = \sqrt{2} \cdot \pi \cdot W_2 \cdot f \cdot \phi_m = 4,44 \cdot W_2 \cdot f \cdot \phi_m$$

Về pha: $\overline{E}_1, \overline{E}_2$ chậm pha

l góc so với từ thông $\overline{\phi}$ l góc là $\frac{\pi}{2}$

$$* e_{t1} = -W_1 \frac{d\phi_{t1}}{dt} = -\frac{d\psi_{t1}}{dt}; \psi_{t1} = W_1 \phi_{t1}$$

$$* e_{t2} = -W_2 \frac{d\phi_{t2}}{dt} = -\frac{d\psi_{t2}}{dt}; \psi_{t2} = W_2 \phi_{t2}$$

Vì ϕ_t khép kín qua môi trường không khí, và môi trường dầu là những môi trường có từ trở lớn nên:

$$L_{t1} = \text{const và } L_{t2} = \text{const do đó: } \psi_{t1} = L_{t1} i_1; \psi_{t2} = L_{t2} i_2$$

$$\text{Do đó: } e_{t1} = -L_{t1} \frac{di_1}{dt} = -L_1 \frac{di_1}{dt}; \quad L_1: \text{điện cảm tản cuộn dây } W_1$$

$$e_{t2} = -L_{t2} \frac{di_2}{dt} = -L_2 \frac{di_2}{dt}; \quad L_2: \text{điện cảm tản cuộn dây } W_2$$

* Nếu lập tỉ số : $k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$: Gọi là hệ số biến áp.

Bỏ qua sụt áp trên dây quấn W_1, W_2 thì: $E_1 \approx U_1; E_2 \approx U_2$

$$\text{Do đó: } \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{E_1}{E_2} \Rightarrow + k > 1 : \text{là biến áp hạ áp}$$

+ $k < 1$: là biến áp tăng áp

+ $k = 1$: là biến áp cách ly

=====

Tham khảo : $\sin(-\alpha) = -\sin(\alpha); \cos\alpha = \sin(\frac{\pi}{2} - \alpha)$

$$\Rightarrow -[\cos\alpha] = -[\sin(\frac{\pi}{2} - \alpha)] = -\sin[-(\alpha - \frac{\pi}{2})] = \sin(\alpha - \frac{\pi}{2}).$$

IV : Các phương trình đặc trưng :

1) Phương trình cân bằng sức điện động :

Khi đặt điện áp u_1 vào cuộn dây sơ cấp W_1 , trong cuộn dây xuất hiện dòng điện i_1 , dòng i_1 tạo ra sức từ động sơ cấp $F_1 (F_1 = w_1 i_1)$.

Khi thứ cấp nối với tải, $i_2 \neq 0$, dòng điện i_2 tạo ra sức từ động thứ cấp $F_2 = w_2 i_2$. Do đó, tổng quát, khi máy có tải từ trường trong máy biến áp là tổng hợp 2 từ trường : $F = F_1 + F_2$, sức từ động tổng tạo ra ϕ_c khép kín qua W_1, W_2 và qua gông từ, nên nó cảm ứng ra các sức điện động e_1, e_2 .

Các sức từ động sơ cấp, thứ cấp phần lớn sinh ra từ trường tổng, còn 1 phần nhỏ tạo ra từ thông ϕ_{t1}, ϕ_{t2} chỉ móc vòng qua cuộn W_1 , hoặc W_2 và khép kín qua không khí, các từ thông tản sơ cấp ϕ_{t1} , thứ cấp ϕ_{t2} sẽ tạo ra trong các cuộn W_1, W_2 các sức điện động e_1, e_2 .

$$e_{t1} = -W_1 \frac{d\phi_c}{dt}; e_{t2} = -W_2 \frac{d\phi_c}{dt} \text{ Nếu qui ước } \phi_c = \phi \text{ thì: } \psi_1 = w_1 \phi_c; \psi_2 = w_2 \phi_c$$

Tương tự : $e_{t1} = \frac{d\psi_1}{dt}$; $e_{t2} = \frac{d\psi_2}{dt}$

Vì các ϕ_{t1}, ϕ_{t2} móc vòng qua không khí, dầu là môi trường có $\mu = \text{const}$, do đó ta có thể xem là : $\psi_{t1} = L_{t1}i_1 = L_1i_1$; $\psi_{t2} = L_{t2}i_2 = L_2i_2$

và như vậy $e_{t1} = -L_1 \frac{di_1}{dt}$; $e_{t2} = L_2 \frac{di_2}{dt}$;

Từ sự phân tích trên, theo định luật Kirchoff 2, ta có phương trình cân bằng điện áp sơ và thứ cấp như sau:

$$u_1 + e_1 + e_{t1} = i_1 R_1$$

$$u_2 + i_2 R_2 = e_2 + e_{t2} .$$

Hay : $u_1 = -e_1 - e_{t1} + i_1 R_1$

$$u_2 = e_2 + e_{t2} - i_2 R_2$$

Thay các e_{t1}, e_{t2} vào ta có :

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

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

Chuyển sang dạng phức:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + j\omega L_1 \dot{I}_1 + R_1 \dot{I}_1 = -\dot{E}_1 + R_1 \dot{I}_1 + jX_1 \dot{I}_1 \quad \dot{U}_2 = \dot{E}_2 - R_2 \dot{I}_2 - j\omega L_2 \dot{I}_2 = -\dot{E}_2 - (R_2 + jX_2) \dot{I}_2$$

Trong đó :

$X_1 = \omega L_1$: Điện kháng tản của cuộn dây sơ cấp W_1 (Ω)

$X_2 = \omega L_2$: Điện kháng tản của cuộn dây thứ cấp W_2 (Ω)

Đặt : $Z_1 = R_1 + jX_1$: Tổng trở phức của cuộn dây sơ cấp

$Z_2 = R_2 + jX_2$: Tổng trở phức của cuộn dây thứ cấp

Thì các phương trình cân bằng điện áp mạch sơ cấp và thứ cấp được viết lại như sau :

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + (R_1 + jX_1) \dot{I}_1 = -\dot{E}_1 + Z_1 \dot{I}_1$$

$$\dot{U}_2 = -\dot{E}_2 + (R_2 + jX_2) \dot{I}_2 = \dot{E}_2 - Z_2 \dot{I}_2$$

Và máy biến áp có thể thay bằng 1 sơ đồ mạch điện gọi là sơ đồ tương đương của máy biến áp như hình vẽ trên:

2) Phương trình cân bằng sức từ động (cân bằng từ) :

* Khi biến áp không tải $i_2 = 0$, từ trường chính trong máy biến áp là do sức từ động sơ cấp sinh ra. Tức là $F_0 = W_1 i_1$, Sức từ động này sinh ra $\phi_c = \phi_{c1}$. Dòng i_0 chạy trong W_1 khi không tải được gọi là dòng không tải hay dòng từ hoá lõi thép.

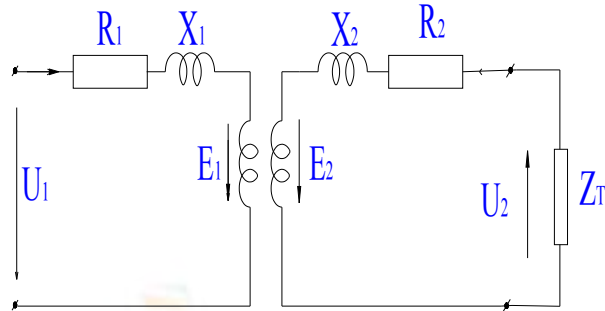
* Khi biến áp có tải $i_2 \neq 0$, do thứ cấp xuất hiện sức từ động thứ cấp

$F_2 = W_2 i_2$. Do đó từ thông chính ϕ_c lúc này là do sức từ động tổng sinh ra.

* Nếu bỏ qua điện áp rơi trong máy biến áp, ta có thể coi

$U_1 \approx E_1 = 4,44 w_1 f_1 \Phi_m$. Nếu coi $U_1 = U_{1dm} = \text{const}$ thì $E_1 = \text{const}$

$\Rightarrow \phi_m = \text{const}$. Do đó từ thông trong máy luôn có trị số không đổi. Như vậy sức từ động lúc không tải và có tải là bằng nhau nên:



Hình 1.7 : Sơ đồ tương đương máy biến áp chưa quy đổi

$$i_0 W_1 = i_1 W_1 + i_2 W_2 \Rightarrow i_0 = i_1 + \frac{W_2}{W_1} i_2 = i_1 + \frac{1}{\frac{W_1}{W_2}} i_2 = i_1 + \frac{1}{k} i_2$$

$$\text{Đặt : } \frac{1}{k} i_2 = i'_2 \Rightarrow \text{thì : } i_0 = i_1 + i'_2.$$

Nếu viết dưới dạng phức thì: $I_0 = I_1 + I'_2$

Hoặc viết dưới dạng khác:

$$i_1 = i_0 + (-i'_2) \text{ hay } I_1 = I_0 + (-I'_2).$$

Như vậy: dòng điện i_1 chạy trong cuộn dây W_1 gồm 2 thành phần :

$\Rightarrow i_0$ là thành phần tạo ra F_0 , và tức là tạo ra từ trường chính ϕ_c trong lõi thép.

$\Rightarrow (-i'_2)$ là thành phần dùng để bù lại tác dụng của dòng điện thứ cấp i_2 . Dấu trừ nói lên thành phần này luôn chống lại sự thay đổi của i_2 . Ví dụ nếu i_2 tăng lên, đồng nghĩa với $(-i'_2)$ cũng tăng lên làm cho i_1 tăng lên để giữ nguyên i_0 và có nghĩa giữ cho $\phi_c = \text{const}$, còn nếu i_2 giảm đi thì $(-i'_2)$ cũng giảm đi, kéo theo i_1 giảm và do đó cuộn sơ cấp W_1 luôn nhận năng lượng từ lưới thay đổi khi có sự thay đổi của dòng tải i_2 .

Điều đó nói lên rằng máy biến áp không chỉ biến đổi điện áp mà còn truyền điện năng từ dưới lưới sang tải.

* Gần đúng, nếu coi $S_1 = S_2$, $\eta \approx 1$ thì :

$$U_1 I_1 = U_2 I_2 \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = k = \frac{I_1}{I_2}. \text{ Vậy } k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

V. Máy biến áp quy đổi (thay thế)

1) Khái niệm về máy biến áp quy đổi

Chúng ta biết rằng: Công suất truyền từ sơ cấp sang thứ cấp trong máy biến áp được truyền theo con đường từ trường thông qua lõi thép. Cuộn dây sơ cấp và thứ cấp không liên hệ với nhau về điện, nên khi nghiên cứu các chế độ làm việc của máy biến áp gặp rất nhiều khó khăn. Do đó người ta thay thế máy biến áp thực bằng một máy biến áp mà có cuộn dây sơ cấp và thứ cấp liên hệ với nhau về điện, máy biến áp đã được thay thế bằng một mạch điện và các thông số của cuộn dây thứ cấp phải quy đổi về với cuộn dây sơ cấp, mà trong đó các quá trình vật lý và quá trình biến đổi năng lượng trong máy biến áp không thay đổi. Máy biến áp đó gọi là máy biến áp thay thế hay máy biến áp qui đổi.

Khi qui đổi các thông số của W_2 về với W_1 , thì các thông số và đại lượng biến thứ cấp sẽ thêm dấu “'”.

2) Các thông số và đại lượng qui đổi

Điều kiện:

- $W'_2 = W_1$. Để sơ cấp và thứ cấp có thể nối được với nhau thì chúng phải có cùng điện thế..

- Công suất ra bằng nhau.

- Tổn hao thứ cấp bằng nhau.

- Góc lệch pha thứ cấp bằng nhau.

Cụ thể các thông số và đại lượng quy đổi như sau :

$$* W'_2 = W_1$$

$$* E'_2 = 4,44. W'_2. f. \phi_m = 4,44. W_1. f. \phi_m = E_1$$

mà $E_1 = k E_2 = E'_2$ Vậy $\Rightarrow E'_2 = k E_2 \Leftrightarrow$ Tương tự Suy ra: $U'_2 = k U_2$

* Công suất ra: $E'_2 I'_2 = E_2 I_2$

$$\Rightarrow I'_2 = \frac{E_2}{E'_2} I_2 = \frac{1}{k} I_2 \Rightarrow \text{Suy ra } I'_2 = \frac{1}{k} I_2$$

* Tổng hao thứ cấp: $I'^2_2 R'_2 = I^2_2 R_2 \Rightarrow R'_2 = \left(\frac{I_2}{I'_2}\right)^2 R_2$

Vậy: $R'_2 = k^2 R_2$

* Góc lệch pha thứ cấp: $tg\phi'_2 = tg\phi_2 \Leftrightarrow \frac{X'_2}{R'_2} = \frac{X_2}{R_2} \Rightarrow X'_2 = \frac{R'_2}{R_2} X_2$

Vậy: $X'_2 = k^2 R_2$

* Tương tự :

$$Z'_2 = R'_2 + jX'_2 \Rightarrow Z'_2 = k^2 Z_2$$

$$Z'_T = R'_T + jX'_T \Rightarrow Z'_T = k^2 Z_T$$

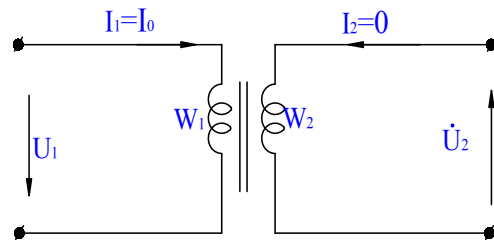
CHƯƠNG 2: CHẾ ĐỘ KHÔNG TẢI CỦA MÁY BIẾN ÁP 1 PHA

I) Khái niệm, sơ đồ tương đương, phương trình cơ bản, đồ thị vectơ.

1) Khái niệm :

- Chế độ không tải là chế độ mà cuộn dây sơ cấp được đặt vào lưới điện có $U_1 = U_{1dm}$. Còn cuộn dây thứ cấp thì để hở mạch, $I_2 = 0$; còn dòng $I_1 = I_0$.

- Ở chế độ này dòng chạy trong cuộn dây sơ cấp được gọi là dòng không tải hay dòng từ hoá lõi thép I_0 , chính dòng này sẽ tạo ra từ trường trong máy biến áp khi không tải và tạo ra các E_1, E_2, E_{t1} .



Hình 2.1: Sơ đồ máy biến áp khi không tải

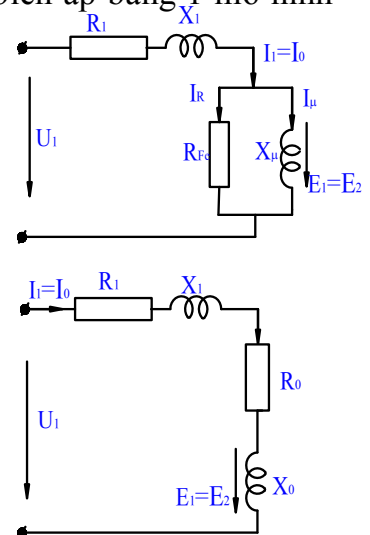
2) Sơ đồ tương đương:

Khi nghiên cứu các tính chất của máy biến áp trên mô hình vật lý (thực) của nó sẽ rất khó khăn, do đó để nghiên cứu, người ta thay máy biến áp bằng 1 mô hình toán học hay còn gọi là sơ đồ tương đương mạch điện của máy biến áp. Sơ đồ này vẫn nói lên toàn bộ tính chất và các quá trình năng lượng điện từ diễn ra trong máy biến áp thực tế. Có 2 dạng sơ đồ (hình 2.2), trong đó dạng R_{Fe}, X_{μ} mắc song song vẫn hay sử dụng.

Trong đó:

+ R_1 : điện trở thuần cuộn dây sơ cấp W_1 .

+ X_1 : điện trở kháng liên quan đến từ thông tản ϕ_{t1} .



- + R_{Fe} : Điện trở lõi thép, liên quan đến tổn hao.
- + $X_{Fe} = X_{\mu}$: Điện kháng liên quan liên quan đến từ thông chính
- + R_0, X_0 : là điện trở, điện kháng tương đương sau khi biến đổi.

Với 2 dạng sơ đồ ta có thể tính toán R_{Fe}, X_{μ} từ sơ đồ a cho sơ đồ b bằng cách thay tương đương tổng trở lõi thép $Z_{AB} = Z_0$

Thật vậy:

$$\frac{1}{Z_{AB}} = \frac{1}{R_{Fe}} + \frac{1}{jX_{\mu}} = \frac{R_{Fe} + X_{\mu}}{jR_{Fe} \cdot X_{\mu}} \Rightarrow Z_{AB} = \frac{jR_{Fe} \cdot X_{\mu}}{R_{Fe} + jX_{\mu}}$$

Trục j ở mẫu số, bằng cách nhân cả tử và mẫu với số phức liên hợp của mẫu số, biến đổi ta sẽ có:

$$Z_{AB} = \frac{R_{Fe} X_{\mu}^2}{R_{Fe}^2 + X_{\mu}^2} + j \frac{R_{Fe}^2 X_{\mu}}{R_{Fe}^2 + X_{\mu}^2} = R_0 + j X_0$$

$$\text{Vậy } R_0 = \frac{R_{Fe} X_{\mu}^2}{R_{Fe}^2 + X_{\mu}^2}; X_0 = \frac{R_{Fe}^2 X_{\mu}}{R_{Fe}^2 + X_{\mu}^2}$$

3) Phương trình cơ bản:

Kirchof 1 : $I_0 = I_{R_{Fe}} + I_{\mu}$

Kirchof 2 : $U_1 = -E_1 + R_1 I_0 + jX_1 I_0 = -E_1 + Z_1 I_0$

Dòng I_{μ} : là thành phần tạo ra từ trường ϕ_{cl}

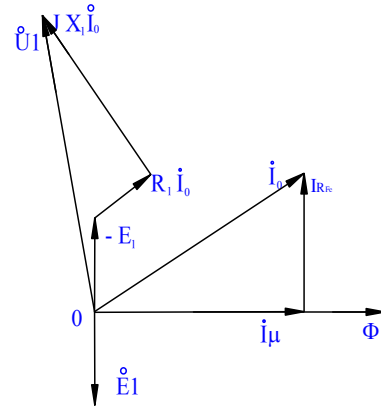
Dòng $I_{R_{Fe}}$: là thành phần tạo ra tác dụng nhiệt, đốt nóng lõi thép.

4) Đồ thị véc tơ :

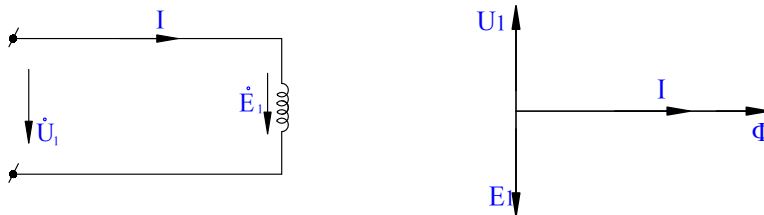
Để dễ quan sát, bỏ qua tương quan theo tỷ lệ xích, ta có dạng đồ thị véc tơ (hình 2.3). Thực tế, $I_0 \ll I_{1dm}$; $R_1 I_0 \ll U_{1dm}$ và $X_1 I_0 \ll U_{1dm}$ Nên có thể bỏ qua. Thì lúc đó : $\Delta U_1 \approx (0,1 \div 5) \% U_{1dm}$ đầy đủ ở chế độ không tải

Do đó $U_1 \approx -E_1$. Mặt khác, $\cos \varphi_0$ rất nhỏ vì $\varphi_0 \approx 90^\circ$ do đó có thể coi $I_{R_{Fe}} \approx 0$ và khuyến cáo không nên cho máy biến áp làm việc không tải hoặc non tải vì sẽ làm giảm $\cos \varphi$ của lưới điện. Sơ đồ tương đương và đồ thị véc tơ có dạng sau (Hình 2.4):

Hình 2.2: Sơ đồ tương đương máy biến áp khi không tải



Hình 2.3: Đồ thị véc tơ dạng đầy đủ



Hình 2.4: Sơ đồ tương đương và đồ thị véc tơ dạng đơn giản

II. Những đặc tính của máy biến áp 1 pha ở chế độ không tải

1/ Đặc tính dòng không tải $I_0 = f(U_1)$, khi $f = \text{const}$

Ta đã có : $E_1 = 4,44.f.w_1.\Phi_m$ do đó :

$$\Phi_m = \frac{E_1}{4,44.w_1.f}$$

Nếu bỏ qua tổn hao trên dây quấn w_1 , và nếu

$$w_1 = \text{const}, f = \text{const}; U_1 \approx E_1 \text{ thì}$$

$$\Phi_m = \frac{U_1}{4,44.w_1.f} = \text{const.}$$

Nếu bỏ qua tổn hao trong lõi thép :

$$I_0 = I_{R_{Fe}} + I_{\mu} \text{ Suy ra : } I_0 = I_{\mu} \text{ Và } I_{\mu} X_{\mu} = E_1$$

$$\text{Suy ra } I_0 = I_{\mu} = \frac{E_1}{X_{\mu}} \approx \frac{U_1}{X_{\mu}}$$

Nếu biến áp không khí : $X_{\mu} = \text{const}$ Còn máy biến áp thực tế đều có $X_{\mu} = \text{var}$. Do

đó $I_0 = I_{\mu} = \frac{U_1}{X_{\mu}}$ Và có đặc tính $I_0 = f(U_1)$ là dạng phi tuyến (h.2.5)

Như vậy khi $U_1 < U_{1dm}$ thì I_0 rất nhỏ. Nhưng khi $U_1 > U_{1dm}$ thì I_0 tăng rất nhanh; Khi $U_1 = 2U_{1dm}$ thì $I_0 = I_{1dm}$.

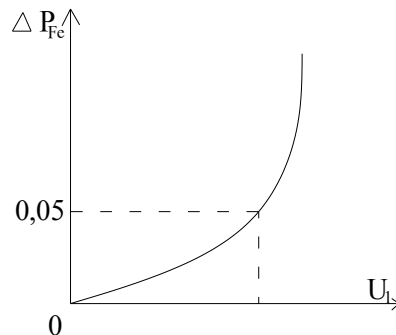
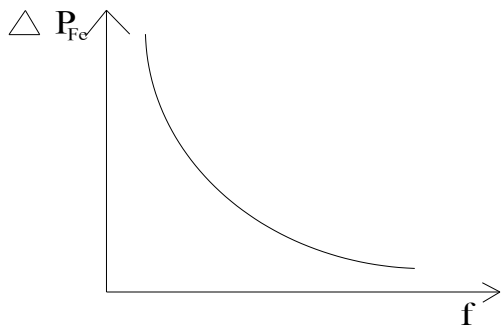
2) Đặc tính tổn hao không tải: $\Delta P_{Fe} = f(U_1)$ khi $f = \text{const}$.

Ở chế độ không tải, do $I_1 = I_0$ rất nhỏ, nên tổn hao trong dây quấn w_1 nhỏ. Do đó công suất nhận từ lưới vào chủ yếu biến thành nhiệt trên lõi thép. Tổn hao trong lõi thép là : $\Delta P_{Fe} = KG(C_h B^2 f + C_f B^2 f^2)$

$$\Delta P_{Fe} = A.B^2 \text{ (A: là hệ số)}$$

Như vậy : Nếu $f = \text{const}$, $A = \text{const}$ thì $\Delta P_{Fe} = A.B^2$

Mà $B = C.\phi_m = C \frac{E_1}{4,44.W_1.f} \approx D.U_1$ với D là 1 hệ số không đổi.

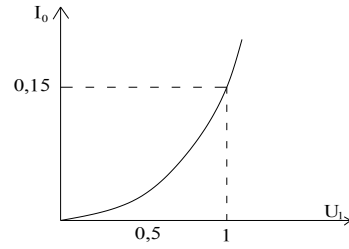


Hình 2.6 Quan hệ khi $U = \text{Const}$ và khi $f = \text{const}$.

Như vậy: nếu $U_1 < U_{1dm}$, $f = \text{const}$ thì ΔP_{Fe} nhỏ.

nếu $U_1 > U_{1dm}$ thì ΔP_{Fe} tăng rất lớn.

* Chú ý: Nếu $U_1 = \text{const}$, thì $\Delta P_{Fe} = f(f)$ theo quan hệ sau:



Hình 2.5: Quan hệ $I_0 = f(U_1)$ khi $f = \text{const}$

Vì: $B = C \cdot \phi_m \approx C_1 \cdot \frac{1}{f}$ do đó $\Delta P_{Fe} = \frac{C_1}{f} + C_2$

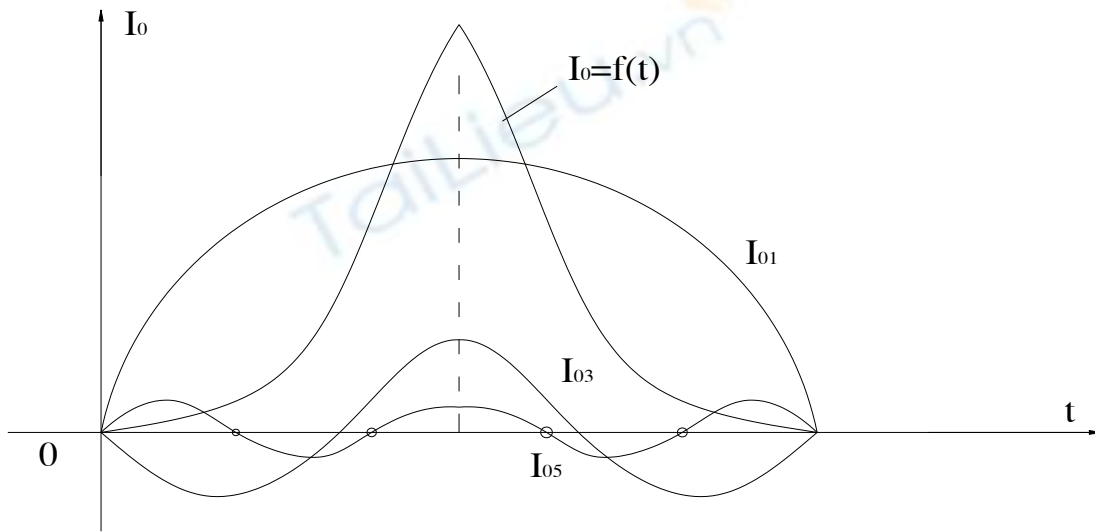
Như vậy khi $f \uparrow$ thì tổn hao sẽ giảm đi. Điều đó chứng tỏ máy biến áp thiết kế với tần số $f_{dm} = 50\text{Hz}$. Ta có thể dùng cho mạch có $f > 50\text{ Hz}$. Còn nếu $f < 50\text{ Hz}$, thì ta phải giảm điện áp đặt vào. Khi $f = 0$ thì tổn hao trong dây quấn tăng nhanh vì $I_0 = \frac{U_1}{R_1}$ do $X_1=0, X_\mu=0$

3) Đặc tính dòng không tải và đặc tính từ thông theo thời gian

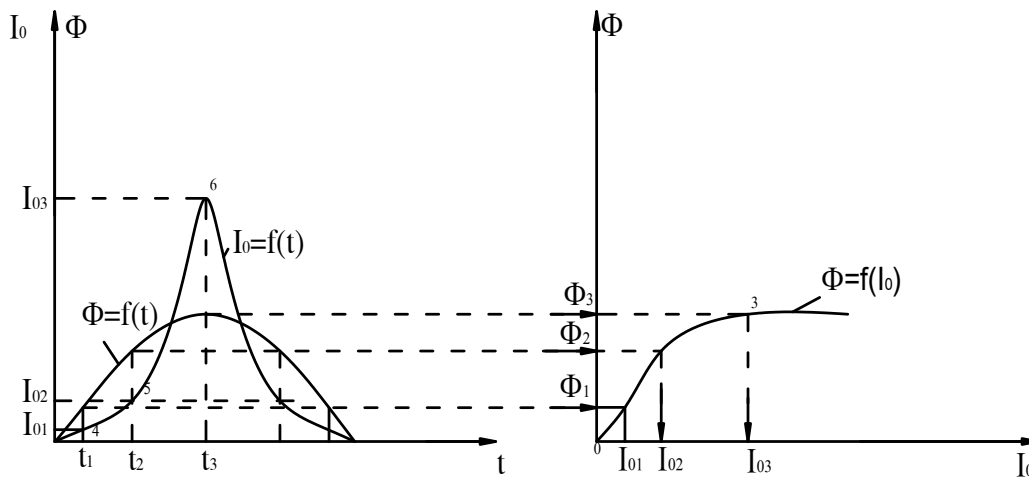
Nếu bỏ qua tổn hao trên dây quấn w_1 và tổn hao trên lõi thép thì ta đã có:

$$U_1 \approx E_1 \text{ và } I_0 \approx I_\mu$$

$$\text{Do đó : } I_0 \approx I_\mu = \frac{E_1}{X_\mu} \approx \frac{U_1}{X_\mu} = CU_1$$



Hình 2.8 : phân tích $I_0=f(t)$ thành các sóng bậc cao.



Hình 2.9: Quan hệ $I_1 = f(t)$ và $\Phi = f(t)$ và $\Phi = f(I_0)$

Như vậy: Nếu $U_1 = \text{const}$ và có dạng sin thì E_1, Φ cũng có dạng sin. Do đó nếu biết đặc tính của $\Phi = f(t)$ và đặc tính từ hoá lõi thép $\Phi = f(I_\mu) = f(I_0)$ thì ta có thể tìm được đặc tính $I_0 = f(t)$

Cách dựng: $I_0 = f(t)$ từ $\Phi = f(t)$ và $\Phi_0 = f(I_0)$

- Tại t_1, t_2, t_3 ta có các giá trị $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \dots$ trên đặc tính $\Phi(I_0)$ và có các $I_{01}, I_{02}, I_{03}, \dots$ (Từ các điểm 1, 2, 3)

- Đặt các I_{01}, I_{02}, I_{03} lên các đường thẳng $t_1, t_2, t_3 // I_0$ ở đặc tính $I_0 = f(t)$ ta được các điểm 4, 5, 6.

- Nối các điểm 4, 5, 6 ta có đặc tính $I_0 = f(t)$

Như vậy: Cứ 1 giá trị Φ ta có 1 giá trị t ở $\Phi = f(t)$ và tương tự có 1 giá trị I_0 ở $\Phi_0 = f(I_0)$.

Kết hợp các điểm I_0, t ta có $I_0 = f(t)$

Kết luận:

- Khi Φ có dạng hình sin thì I_0 là có dạng không sin và là dạng nhọn đầu (phi tuyến).

- Ngược lại khi dòng từ hoá I_0 là sin thì từ thông là không sin có dạng vọt đầu (Tự chứng minh).

* Khi dòng điện không tải là phi tuyến (không sin) thì phân tích theo chuỗi Fourier ta được các thành phần sin bậc 1 và bậc cao : 3, 5, 7, 9, 11..(bậc lẻ).

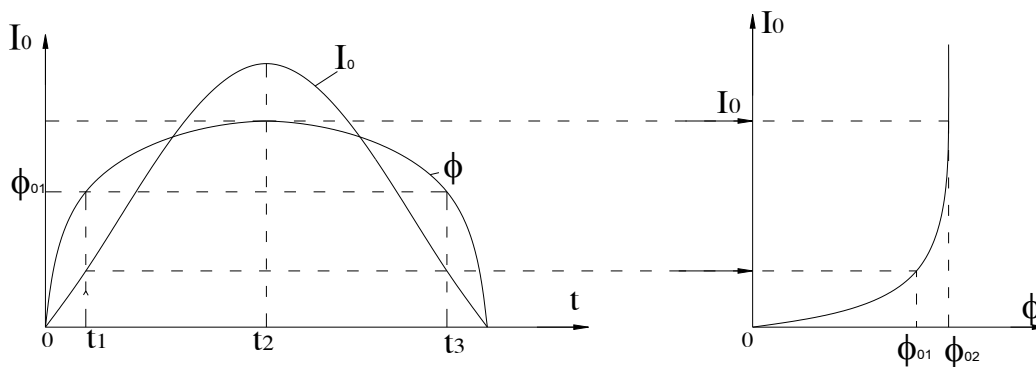
$$I_0 = I_{01m} \cdot \sin \omega t - I_{03m} \sin 3\omega t + I_{05m} \sin 5\omega t - \dots +$$

Trong các sóng điều hoà trên, thì sóng cơ bản bậc 1 có biên độ lớn, các sóng bậc lớn hơn 5 có biên độ nhỏ và có thể bỏ qua, và do đó sóng bậc cao thường quan tâm là sóng bậc 3.

Nếu $B = 1,4 \text{ T}$ thì $I_{03m} = 30\%$ bậc 1; $I_{05m} = 15\%$ bậc 1

Giá trị hiệu dụng: $I_0 = \sqrt{I_{01}^2 + I_{03}^2 + I_{05}^2 + \dots}$

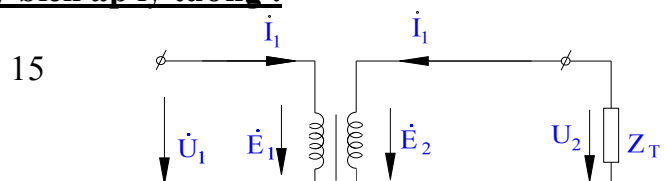
Chứng minh: khi I_0 là sin thì Φ có dạng vọt đầu (không sin):



Hình 2.10: Quan hệ $\Phi = f(t)$

CHƯƠNG 3: CHẾ ĐỘ CÓ TẢI CỦA MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

I- Khái niệm chế độ không tải và máy biến áp lý tưởng :



1. Khái niệm về chế độ có tải :

Chế độ có tải là chế độ mà ở cuộn sơ cấp có $U_1 = U_{1dm}$ còn ở cuộn thứ cấp w_2 được nối với tải Do đó $I_2 \neq 0$.

2. Máy biến áp lí tưởng:

Máy biến áp lí tưởng là máy biến áp không có tổn hao công suất tức $R_1 = 0$; $X_1 = 0$; $R_2 = 0$; $X_2 = 0$; $R_{fe} = 0$; $X_\mu = \infty$; $I_0 = 0$.

Như vậy : $\vec{U}_1 = -\vec{E}_1$ và $\phi_1 = \phi_2$; $\vec{U}_2 = \vec{E}_2$ và $I_0 = 0$

Vì vậy $I_0 w_1 = I_1 w_1 + I_2 w_2 = 0$ Suy ra : $I_1 w_1 = - I_2 w_2$.

Do đó nếu I_2 tăng tức ($- I_2$) tăng dần đến I_1 tăng để giữ cho $\Phi = \text{const}$ khi $U_1 = \text{const}$ Và $S_1 = U_1 I_1 = S_2 = U_2 I_2 = S$

Do đó: $\cos \phi_1 = \frac{P_1}{U_1 I_1} = \frac{P_1}{S_1} \Rightarrow \cos \phi_2 = \frac{P_2}{U_2 I_2} = \frac{P_2}{S_2}$

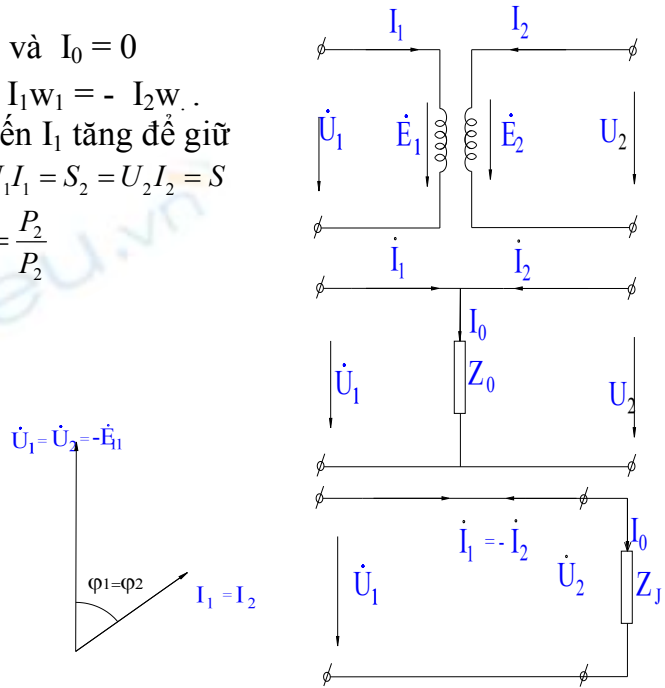
Suy ra: $\cos \phi_1 = \cos \phi_2 \Rightarrow \phi_1 = \phi_2$ Nếu chọn $w_1 = w_2$ thì $U_1 = U_2 = E_1 = E_2$ lúc đó ta có thể nối cuộn w_1 với cuộn w_2 và thay 2 cuộn dây bằng một cuộn dây Z_0 .

Với : $Z_0 = R_0 + jX_0$ hoặc

$$\frac{1}{Z_0} = \frac{1}{R_{Fe}} + \frac{1}{jX_\mu} \text{ nếu } I_0 = 0$$

thì $I_1 = - I_2$

Hình 3.1: Sơ đồ biến áp chế độ không tải

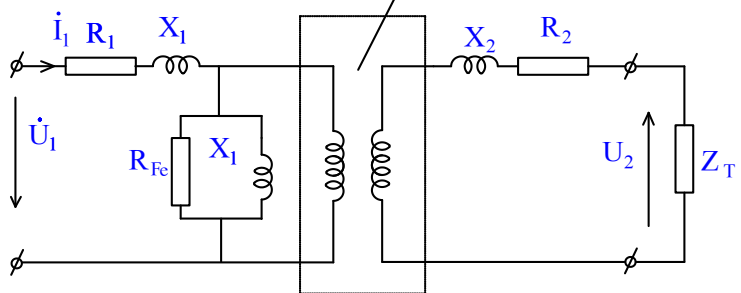


Hình 3.2: Sơ đồ tương đương và đồ thị véc tơ dạng rút gọn

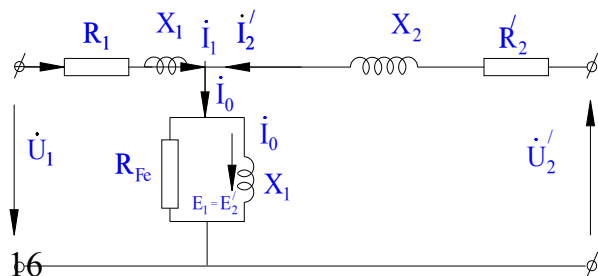
II- Sơ đồ tương đương:

1) Dạng đầy đủ:

Từ khái niệm của máy biến áp lí tưởng, nếu ta không bỏ qua các tổn hao tức $R_1 \neq 0$, $X_1 \neq 0$, $R_2 \neq 0$, $X_2 \neq 0$, $I_0 \neq 0$ thì ta có 1 máy biến áp thực. Và ta có thể thay máy biến áp thực bằng một sơ đồ mạch điện, hay còn gọi là sơ đồ tương, trong đó các thông số thứ cấp được qui đổi về sơ cấp, và thêm kí hiệu dấu “phẩy”.



Hình 3.3: Sơ đồ tương đương biến áp chưa qui đổi

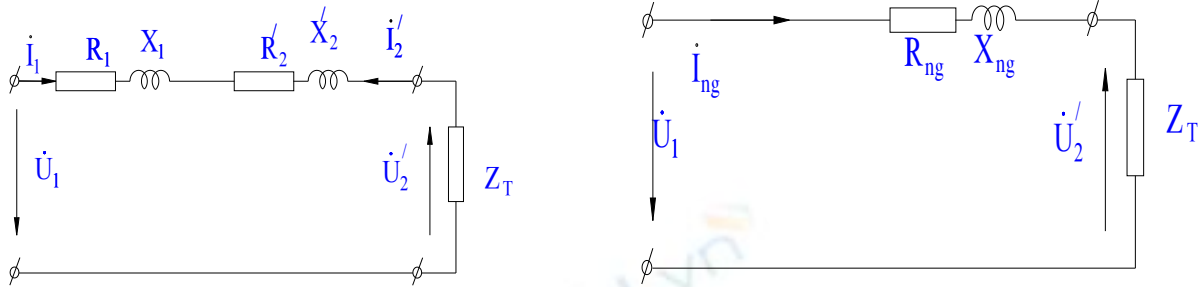


Chú ý: Mạch lõi thép có
thể tương đương bằng
 $Z_0 = R_0 + jX_0$

Hình 3.4 Sơ đồ tương đương của MBA
có tải đã quy đổi

2) Dạng rút gọn:

vì $I_0 = (0,01 \div 0,1) \cdot I_{1\text{đm}}$ nên khi có tải, có thể bỏ qua I_0 , coi $I_0 \approx 0$ lúc đó sơ đồ tương đương dạng rút gọn (hình vẽ).



Hình 3.5: Sơ đồ tương đương máy biến áp dạng rút gọn

III. Phương trình cơ bản:

1) Dạng đầy đủ:

Từ sơ đồ tương đương đầy đủ, viết định luật Kirchoff II ta có:

$$\dot{U}_1 = -E_1 + R_1 \dot{I}_1 + jX_1 \dot{I}_1$$

$$\dot{U}_2' = E_2 - R_2 \dot{I}_2' + jX_2 \dot{I}_2'$$

$$I_0 = I_1 + I_2' = I_{R\mu} + I_{\mu}$$

2) Dạng rút gọn:

Từ sơ đồ dạng rút gọn:

$$R_{ng} = R_1 + R_2'$$

$$X_{ng} = X_1 + X_2'$$

Ta có: $I_0 = 0$

$$I_1 = -I'_2 = I_{ng}$$

$$\dot{U}_1 = R_{ng} I_{ng} + jX_{ng} I_{ng} + \dot{U}'_2$$

IV) Đồ thị véctơ

1) Dạng đầy đủ:

Để dễ quan sát, ta không xét đến tương quan tỉ lệ xích và vẽ cho trường hợp tải mang tính chất cảm $0 < \varphi_2 < 90^\circ$

Mạch thứ cấp, có thể viết lại phương trình:

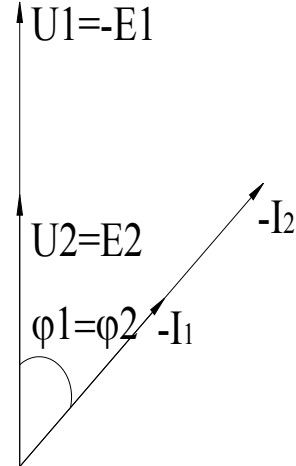
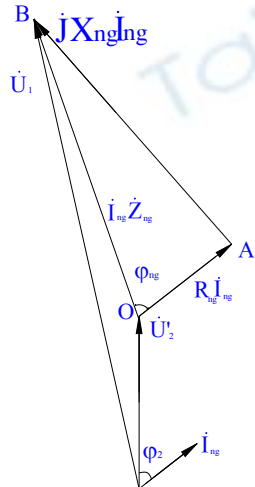
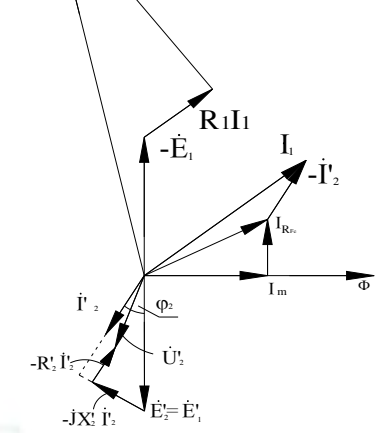
$$\dot{U}'_2 = E_2 + (-R'_2 I'_2) + (-jX'_2 I'_2)$$

2. Dạng rút gọn:

$$\text{tg}\varphi = \frac{R_{ng}}{X_{ng}}; Z_{ng} = \sqrt{R_{ng}^2 + X_{ng}^2}$$

OBA là tam giác ngắn mạch.

Hình 3.6: Đồ thị véctơ đầy đủ khi có tải



Hình 3.7: Đồ thị véctơ dạng rút gọn

Chương 4: CHẾ ĐỘ NGẮN MẠCH CỦA BIẾN ÁP MỘT PHA

I) Khái niệm, phân loại

1) Khái niệm:

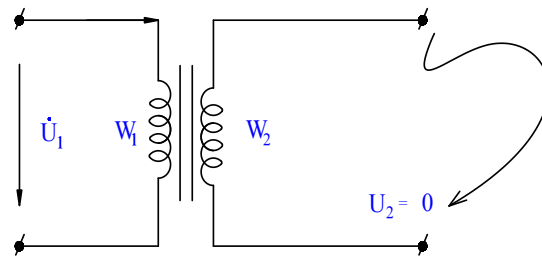
Khi thứ cấp được nối ngắn mạch

$$U_2 = 0; \text{ còn } U_1 \neq 0$$

2) Phân loại:

Có hai loại ngắn mạch:

- Ngắn mạch sự cố: xảy ra khi máy biến áp đang làm việc, $U_1 = U_{1dm}$, cuộn thứ cấp bị ngắn mạch do sự cố, $U_2 = 0$ lúc này dòng I_1, I_2 rất lớn, có thể đạt $(10 \div 20) I_{dm}$ gây nguy hiểm



Hình 4.: Sơ đồ biến áp khi ngắn mạch

cho biến áp, do đó các máy biến áp phải có thiết bị bảo vệ ngắn mạch bằng cầu chì, Áptômát.

- Ngắn mạch thí nghiệm: Được thực hiện khi nghiên cứu biến áp, tức là xảy ra khi cuộn thứ cấp bị ngắn mạch $U_2 = 0$, trong khi đó, điện áp đặt vào cuộn dây sơ cấp U_1 tăng dần từ 0 đến U_{1ng} , sao cho dòng $I = (1,1 \div 1,2)I_{dm}$

II. Sơ đồ tương đương, phương trình cơ bản, đồ thị véc tơ

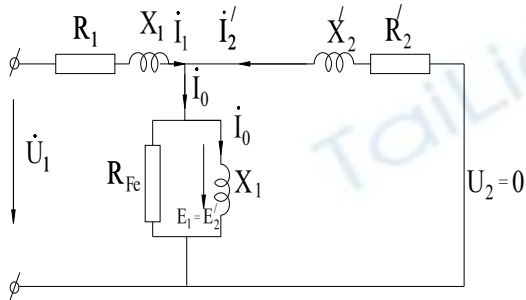
1) Sơ đồ tương đương

* Dạng đầy đủ

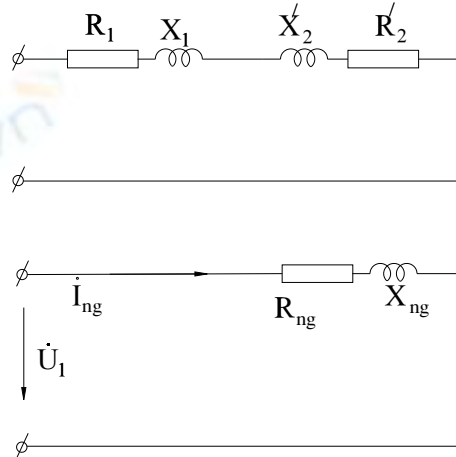
* Dạng rút gọn

Vì $I_0 \ll I_{1ng}$
nên bỏ qua $I_0 = 0$

Lúc đó $I_1 = -I'_2 = I_{ng}$



a)



b)

Hình 4.2: Sơ đồ tương đương máy biến áp:

a) Dạng đầy đủ; b) Dạng rút gọn

2) Phương trình cơ bản:

* Dạng đầy đủ:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + R_1 \dot{I}_1 + jX_1 \dot{I}_1$$

$$0 = \dot{E}_2 - R_2 \dot{I}_2 - jX_2 \dot{I}_2$$

$$\text{hay } \dot{E}_2 = R_2 \dot{I}_2 + jX_2 \dot{I}_2$$

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = I_{R_{fe}} + I_{\mu}$$

* Dạng rút gọn:

$$R_{ng} = R_1 + R_2'; \quad X_{ng} = X_1 + X_2'$$

$$I_{ng} = \dot{I}_1 = -\dot{I}_2'$$

Do đó $\dot{U}_1 = R_1 \dot{I}_{ng} + R_2 \dot{I}_{ng} + jX_1 \dot{I}_{ng} + jX_2' \dot{I}_{ng}$

Hay $\dot{U}_1 = R_{ng} \dot{I}_{ng} + jX_{ng} \dot{I}_{ng}$

$\dot{U}_1 = Z_{ng} \dot{I}_{ng}$

với $Z_{ng} = R_{ng} + jX_{ng}$

3) Đồ thị véc tơ:

* Dạng đầy đủ và dạng rút gọn khi

$R_1 \neq R_2,$

$X_1 \neq X_2,$

Dạng rút gọn khi: $R_1 \neq R_2,$
 $X_1 \neq X_2,$

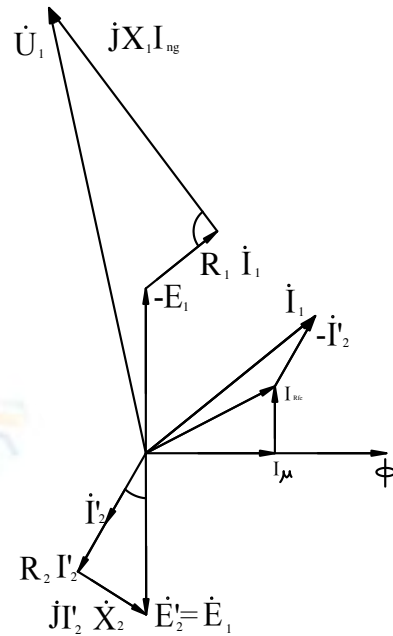
$U_1 = z_{ng} I_{ng} = U_{ng}$

$U_X = X_{ng} I_{ng}$

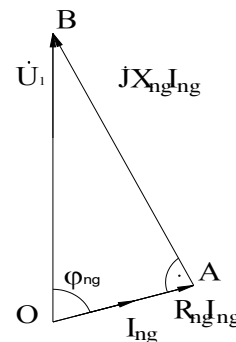
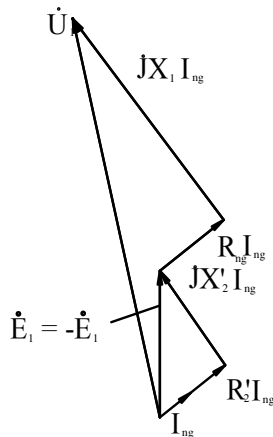
$U_R = R_{ng} I_{ng}$

OAB là tam giác đặc tính, Δ điện áp, Δ ngắn mạch $\cos\phi_{ng} = 0,15 \div 0,7$.

Máy có công suất càng lớn thì $\cos\phi_{ng}$ càng bé. Trong Δ ngắn mạch, nếu biết 2 trong 4 thông số, ta có tìm được 2 thông số còn lại.



Hình 4.3: Đồ thị véc tơ dạng đầy đủ



Hình 4.4: Đồ thị véc tơ dạng rút gọn

III. Điện áp (Thế hiệu) ngắn mạch, dòng điện ngắn mạch

1) Điện áp ngắn mạch:

* Là điện áp cần thiết đặt vào 1 cuộn dây, cuộn còn lại ngắn mạch, sao cho dòng chạy trong các cuộn dây là dòng định mức.

Ví dụ: $U_2 = 0; U_1 = U_{1ng}$ thì $I_1 = I_{1dm}, I_2 = I_{2dm}$

* Việc ngắn mạch có thể thực hiện ở một cuộn bất kỳ, nếu một đại lượng viết chung không để ý đến khái niệm cuộn cao áp hay thấp áp và các chỉ số 1, 2.

- Đại lượng U_{ng} thường cho dưới dạng % và là đại lượng quan trọng cho trên biển máy hay trong lí lịch máy.

- $u_{ng}\%$ đo ở hai phía là như nhau