

4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.1 Các dạng mạch từ

- Đối với máy biến áp ba pha, có hai loại hệ thống mạch từ: hệ thống mạch từ riêng và hệ thống mạch từ chung.
- Hệ thống mạch từ riêng là hệ thống mạch từ, trong đó từ thông của ba pha độc lập đối với nhau, giống như trường hợp ba máy biến áp một pha, thường gọi là tổ máy biến áp ba pha, (Hình 4.1).
- Nếu giả sử điện áp vào ba pha là đối xứng, nghĩa là:

$$\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0 \quad (4.1)$$

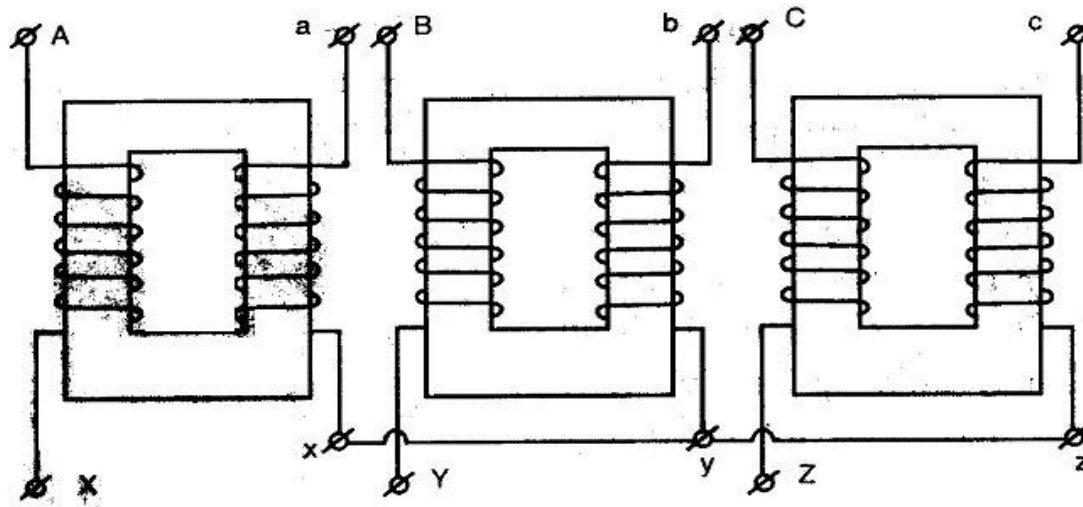
thì từ thông tương ứng sẽ là:

$$\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = \sum \Phi = 0 \quad (4.2)$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.1 Các dạng mạch từ



Hình 4.1 Tổ máy biến áp ba pha

4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.1 Các dạng mạch từ

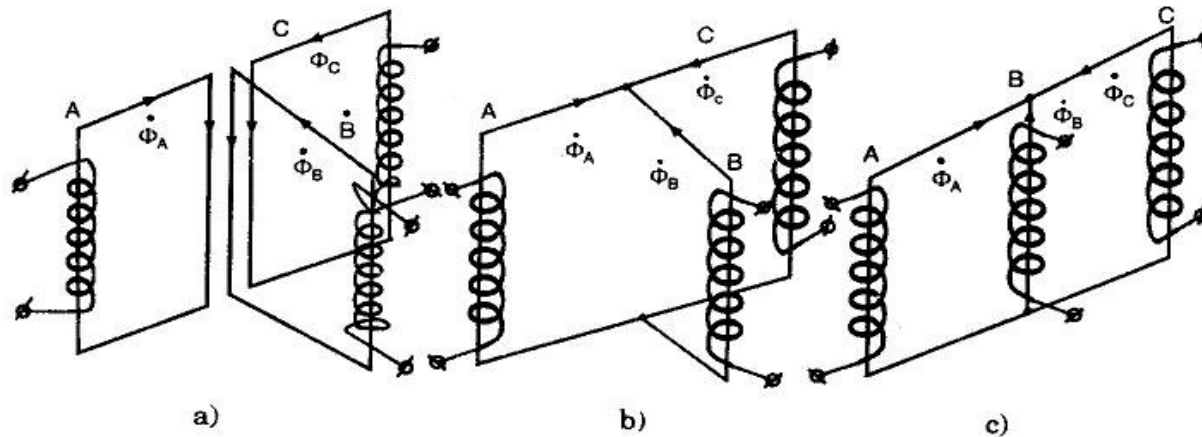
- Do đó ở trụ ghép của cả ba pha Hình 4.2a từ thông tổng $\Phi = 0$ ở mọi thời điểm, do đó có thể cắt bỏ trụ ghép chung Hình 4.2b mà không ảnh hưởng đến tình trạng làm việc của máy biến áp. Như vậy chúng ta có máy biến áp ba pha có hệ thống mạch từ chung.
- Trong thực tế, để đơn giản về cấu tạo và công nghệ chế tạo, người ta thường bố trí ba trụ còn lại nằm trong cùng một mặt phẳng Hình 4.2c.
- Tất nhiên kết cấu lõi sắt trong trường hợp này rõ ràng là không đối xứng, ở trụ giữa mạch từ ngắn hơn, do đó dòng điện từ hóa của ba pha cũng không đối xứng:

$$I_{oa} \approx I_{oc} = (1.2 \div 1.5) I_{ob}$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.1 Các dạng mạch từ



Hình 4.2 Sơ đồ mạch từ của máy biến áp ba pha ba trụ

- Vì dòng điện từ hóa rất nhỏ so với dòng điện định mức, nên sự không đối xứng này ảnh hưởng không đáng kể đối với sự làm việc bình thường của máy biến áp.

CHƯƠNG 4:

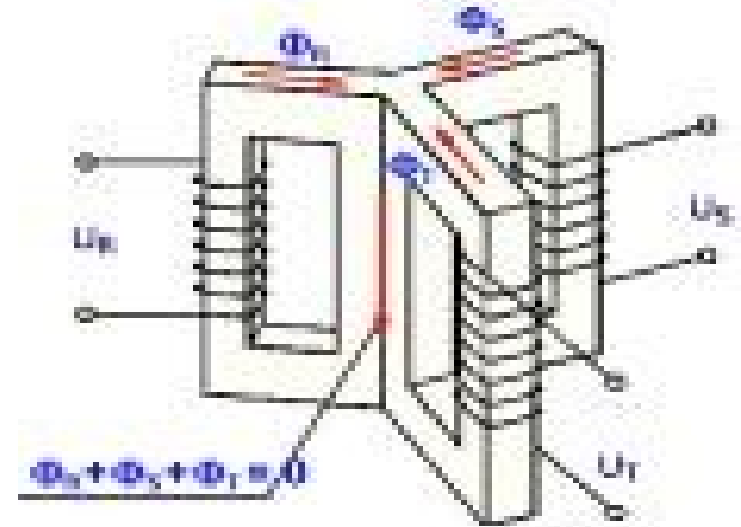
MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.1 Các dạng mạch từ

- Thực tế hiện nay, máy biến áp ba pha 3 trụ, được dùng cho các máy biến áp có dung lượng nhỏ và trung bình ($S_{\text{đm}} < 3000 \text{ kVA}$) - Tóm lại tổ máy biến áp ba pha dùng cho các máy biến áp cỡ lớn ($S_{\text{đm}} > 3600 \text{ kVA}$).

- Một số trường hợp để đảm bảo được kết cấu đối xứng của mạch từ người ta có thể chế tạo máy biến áp ba pha có ba trụ bố trí theo đỉnh của tam giác đều như Hình 4.3.



Hình 4.3 Máy biến áp ba pha ba trụ có mạch từ đối xứng

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.2 Những hiện tượng xuất hiện khi từ hóa lõi thép

Xét một máy biến áp khi hoạt động không tải, dòng điện bậc ba trong các pha:

$$i_{o3A} = I_{o3m} \sin 3\omega t \quad (4.3)$$

$$i_{o3B} = I_{o3m} \sin 3\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) = I_{o3} \sin 3\omega t \quad (4.4)$$

$$i_{o3C} = I_{o3m} \sin 3\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) = I_{o3} \sin 3\omega t \quad (4.5)$$

- Các dòng điện này trùng pha nhau về thời gian. Tuy nhiên chúng có tồn tại hay không và dạng sóng như thế nào còn tùy thuộc vào kết cấu mạch từ và cách đấu dây.

CHƯƠNG 4:

MÁY BIẾN ÁP BA PHA

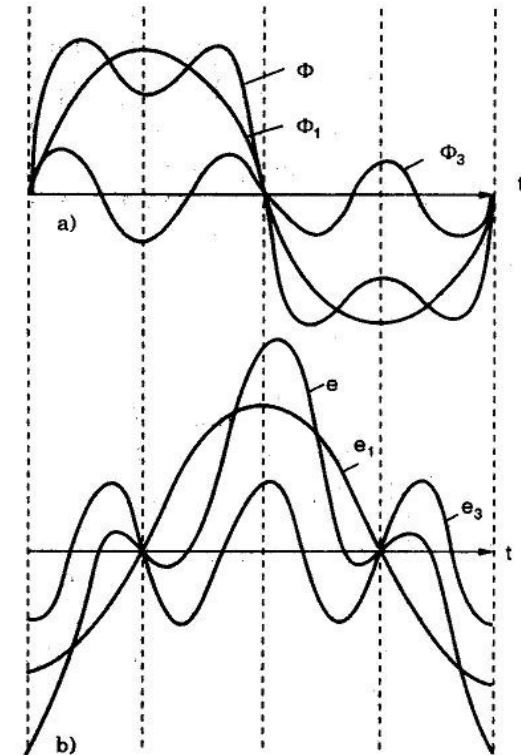
4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.2 Những hiện tượng xuất hiện khi từ hóa lõi thép

- Trường hợp máy biến áp nối Y/Y

- Vì dây quấn sơ cấp nối Y nên thành phần dòng điện bậc 3 không tồn tại, do đó dòng điện từ hóa i_0 có dạng hình sin và từ thông sinh ra nó có dạng vạt đầu Hình 4.4a tuần hoàn.

- Như vậy có thể xem từ thông tổng Φ gồm sóng cơ bản Φ_1 và các sóng điều hòa bậc cao $\Phi_3, \Phi_5 \dots$



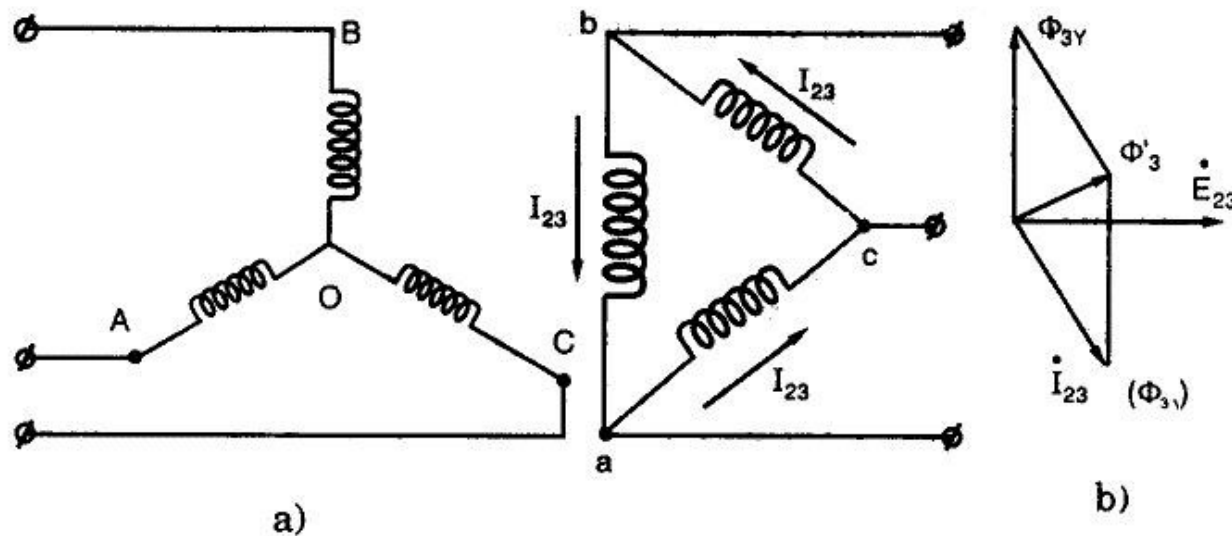
Hình 4.4: Đường biểu diễn từ thông F (a) và sức điện động (b) của cốt máy biến áp ba pha nối Y/Y

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.2 Những hiện tượng xuất hiện khi từ hóa lõi thép

- Đối với tổ máy biến áp ba pha là riêng biệt, nên từ thông Φ_3 của cả ba pha cùng chiều ở mọi thời điểm, do đó sẽ dễ dàng khép kín mạch trong từng lõi thép như từ thông Φ_1 (Hình 4.5).



Hình 4.5: Sơ đồ nối dây của máy biến áp ba pha khi nối Y/Δ

4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.2 Những hiện tượng xuất hiện khi từ hóa lõi thép

- Do từ trở của lõi thép rất bé, nên Φ_3 có trị số khá lớn, có thể đạt tới 20% Φ_1 . Kết quả trong dây quấn sơ cấp và thứ cấp, ngoài sức điện động e_1 do từ thông Φ_1 tạo ra, còn có các sức điện động bậc ba e_3 khá lớn do từ thông Φ_3 sinh ra.
- Do đó sức điện động tổng trong pha $e = e_1 + e_3$ sẽ có dạng nhọn đầu Hình 4.4b, nghĩa là biên độ của sức điện động pha tăng lên rõ rệt.
- Sự tăng vọt này hoàn toàn bất lợi, và có thể gây nguy hiểm như chọc thủng cách điện của dây quấn, làm hư hỏng thiết bị cách điện đo lường và nếu trung tính nối đất, dòng điện bậc 3 sẽ gây ảnh hưởng đến đường dây thông tin nữa.

4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.2 Những hiện tượng xuất hiện khi từ hóa lõi thép

- Do các lý do trên, người ta ta không dùng kiểu đấu Y/Y cho tổ máy biến áp ba pha. Tương tự như vậy cho máy biến áp ba pha 5 trụ.
- Đối với máy biến áp ba pha ba trụ, từ thông Φ_3 bằng nhau và cùng chiều trong ba trụ thép tại mọi thời điểm, nên không thể khép mạch từ trụ này sang trụ khác được, mà chỉ có thể khép mạch qua không khí hoặc dầu làm mát, có từ trở lớn.
- Do vậy Φ_3 không lớn lắm và có thể xem như ảnh hưởng không đáng kể đến dạng sóng cơ bản, nên từ thông trong mạch từ là hình sin, nghĩa là sức điện động pha cũng là hình sin.
- Tuy nhiên, từ thông bậc 3 sẽ gây nên những tổn hao phụ làm hiệu suất của máy biến áp giảm.

4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.2 Những hiện tượng xuất hiện khi từ hóa lõi thép

- Do đó, phương pháp đấu Y/Y đối với máy biến áp ba pha ba trụ cũng chỉ áp dụng cho các máy biến áp với dung lượng hạn chế từ 5600 kVA trở xuống.

- Trường hợp máy biến áp ba pha đấu D/Y

- Dây quấn sơ cấp nối Δ , nên dòng điện i_{03} sẽ khép kín trong tam giác đó, như vậy dòng điện từ hóa vì có thành phần bậc 3 nên sẽ có dạng nhọn đầu, do đó từ thông tổng và các sức điện động của dây quấn sơ cấp, thứ cấp đều có dạng hình sin. Do đó sẽ không có các hiện tượng bất lợi xảy ra.

4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.2 Những hiện tượng xuất hiện khi từ hóa lõi thép

- Trường hợp máy biến áp ba pha đấu Y/D

- Dây quấn sơ cấp nối Y, dòng điện từ hóa trong dây quấn sơ cấp không có thành phần bậc 3, như vậy từ thông sẽ có dạng vạt đầu, nghĩa là có thành phần điều hòa bậc 3 của từ thông Φ_{3Y} .
- Từ thông Φ_{3Y} sẽ cảm ứng trong dây quấn thứ cấp sức điện động bậc 3 là e_{23} chậm pha so với I_{3Y} góc 90° .
- Sức điện động e_{23} tạo ra dòng điện thứ cấp i_{23} chạy trong mạch thứ cấp nối Δ .
- Vì điện kháng của dây thường lớn, nên có thể xem i_{23} chậm sau e_{23} góc 90° (Hình 4.5b).

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1 MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.1.2 Những hiện tượng xuất hiện khi từ hóa lõi thép

- Dòng điện i_{23} sẽ sinh ra từ thông thứ cấp $\Phi_{3\Delta}$ (gần như trùng pha với i_{23}) gần như ngược pha với Φ_{3Y} .
- Do đó từ thông tổng bậc 3 trong lõi thép $\Phi_3 = \Phi_{3Y} + \Phi_{3\Delta}$ gần như triệt tiêu.
- Do đó ảnh hưởng của sóng bậc 3 trong mạch từ không đáng kể và sức điện động pha gần như hình sin.
- Tóm lại khi máy biến áp ba pha vận hành không tải, các cách nối dây Δ/Y hay Y/Δ đều tránh được tác hại của từ thông và sức điện động điều hòa bậc 3.

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

- Để đơn giản hóa trong tính toán hệ thống điện, ngoài máy biến áp còn có các thiết bị khác như máy phát điện, khí cụ điện, đường dây,..., người ta thay các mạch điện và mạch từ của máy biến áp bằng một mạch điện tương đương gồm các điện trở và điện kháng đặc trưng cho máy biến áp gọi là mạch điện thay thế của máy biến áp.
- Để có thể nối trực tiếp mạch sơ cấp và thứ cấp với nhau thành một mạch điện, các dây quấn sơ cấp và thứ cấp phải có **cùng điện áp**.
- Do đó, thông thường trong máy biến áp người ta quy đổi dây quấn thứ cấp về dây quấn sơ cấp, nghĩa là xem dây quấn thứ cấp có vòng dây bằng dây quấn sơ cấp ($N_2 = N_1$). Muốn vậy chúng ta phải tính đến hệ số quy đổi.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.2.1 Quy đổi máy biến áp

- Việc quy đổi máy biến áp chỉ với mục đích thuận tiện cho việc tính toán, chứ tuyệt nhiên không làm thay đổi các quá trình vật lý và năng lượng xảy ra trong máy biến áp như công suất truyền tải, tổn hao, năng lượng tích lũy trong từ trường của máy biến áp.

- Khi quy đổi ký hiệu của tất cả các đại lượng quy đổi từ thứ cấp về sơ cấp thêm một dấu phẩy trên đầu, ví dụ như sức điện động thứ cấp quy đổi E'_2 , dòng điện thứ cấp quy đổi I'_2, \dots

- *Sức điện động và điện áp thứ cấp quy đổi E'_2 và U'_2 :*

Khi quy đổi dây quấn thứ cấp về sơ cấp $N_2 = N_1$ nên:

$$E'_2 = E_1$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.2.1 Quy đổi máy biến áp

mà:
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

nên:
$$E_1 = \frac{N_1}{N_2} \cdot E_2$$

do đó:
$$E_2' = \frac{N_1}{N_2} \cdot E_2 \quad (4.6)$$

với:
$$k = \frac{N_1}{N_2} - \text{gọi là hệ số quy đổi thứ cấp về sơ cấp.}$$

Tương tự, điện áp thứ cấp quy đổi:

$$U_2' = k \cdot U_2 \quad (4.7)$$

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.2.1 Quy đổi máy biến áp

- Dòng điện thứ cấp quy đổi:

Việc quy đổi phải đảm bảo sao cho công suất thứ cấp của máy biến áp trước và sau khi quy đổi không thay đổi, nghĩa là:

$$E_2 \cdot I_2 = E'_2 \cdot I'_2$$

do vậy dòng điện thứ cấp quy đổi:

$$I'_2 = \frac{E_2}{E'_2} \cdot I_2 = \frac{1}{k} \cdot I_2 \quad (4.8)$$

- Điện trở, điện kháng và tổng trở thứ cấp quy đổi r'_2 , x'_2 và z'_2 :

Khi quy đổi vì công suất không thay đổi nên tổn hao dòng ở dây quấn thứ cấp trước và sau khi quy đổi phải bằng nhau:

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.2.1 Quy đổi máy biến áp

$$I_2^2 \cdot r_2 = I_2'^2 \cdot r_2'$$

Do đó, điện trở thứ cấp quy đổi:

$$r_2' = \left(\frac{I_2}{I_2'}\right)^2 \cdot r_2 = k^2 \cdot r_2 \quad (4.9)$$

Tương tự, điện kháng thứ cấp quy đổi:

$$x_2' = k^2 \cdot x_2 \quad (4.10)$$

Tổng trở thứ cấp quy đổi:

$$z_2' = r_2' + jx_2' = k^2 \cdot (r_2 + jx_2)$$

$$z_2' = k^2 \cdot z_2 \quad 18 \quad (4.11)$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.2.1 Quy đổi máy biến áp

Đối với tải ở mạch thứ cấp, nếu có:

$$Z'_t = k^2 \cdot Z_t$$

4.2.2 Sơ đồ mạch điện thay thế của máy biến áp

- Máy biến áp ba pha lúc làm việc với tải đối xứng thì mọi vấn đề liên quan đều có thể xét trên một pha của máy biến áp ba pha hay tương tự trên máy biến áp một pha.
- Do đó các phương trình cân bằng sức điện động và sức từ động đã khảo sát ở chương máy biến áp một pha đều có thể áp dụng cho máy biến áp ba pha.

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.2.2 Sơ đồ mạch điện thay thế của máy biến áp

- Do đó khi thay các đại lượng đã quy đổi của dây quấn thứ cấp về dây quấn sơ cấp vào các phương trình (3.36), (3.37) và (3.42), ta được hệ thống phương trình:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \cdot \dot{Z}_1 \quad (4.13)$$

$$\dot{U}_2' = \dot{E}_2' - \dot{I}_2' \cdot \dot{Z}_2' \quad (4.14)$$

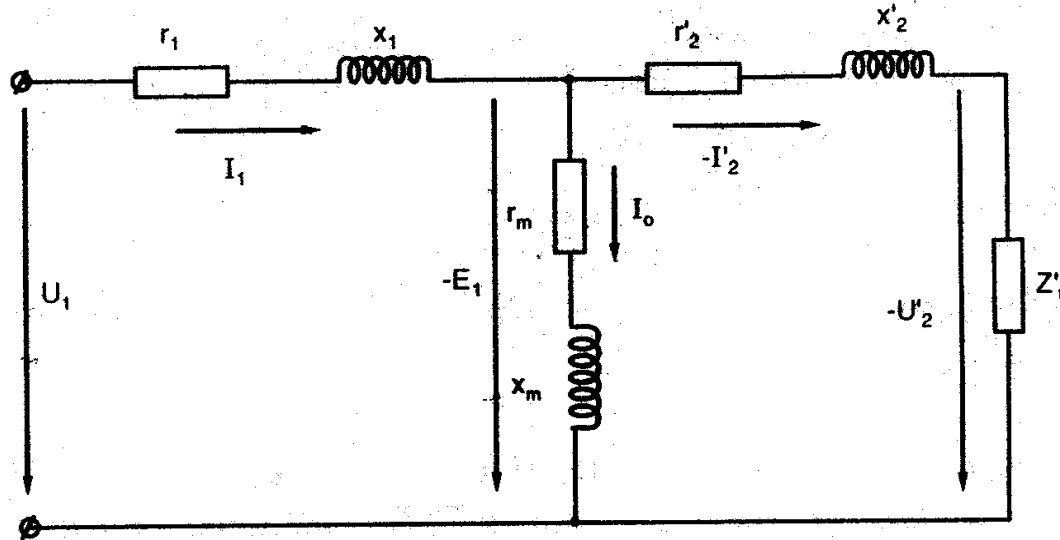
$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}_2') \quad (4.15)$$

- Dựa vào hệ thống phương trình trên chúng ta có thể suy ra một mạch điện tương ứng gọi là mạch điện thay thế của máy biến áp (hình 4.6).

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.2.2 Sơ đồ mạch điện thay thế của máy biến áp



Hình 4.6 Mạch điện thay thế của máy biến áp

- Trong mạch điện thay thế của máy biến áp, tổng trở Z_m được xác định như sau:

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.2.2 Sơ đồ mạch điện thay thế của máy biến áp

Từ thông móc vòng:

$$\psi_2 = N_2 \cdot \Phi = M \cdot i_0 \quad (4.16)$$

$$\psi_1 = N_1 \cdot \Phi = k \cdot M \cdot i_0 \quad (4.17)$$

do đó:
$$e_1 = -k \cdot M \cdot \frac{di_0}{dt} \quad (4.18)$$

$$e_2 = -M \cdot \frac{di_0}{dt} \quad (4.19)$$

Nếu dòng điện không tải i_0 biến thiên hình sin theo thời gian, ta có thể viết:

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.2.2 Sơ đồ mạch điện thay thế của máy biến áp

$$\dot{E}_1 = \dot{E}_2' = -j\omega k.M.\dot{I}_0 = -jx_m.\dot{I}_0 \quad (4.20)$$

với: x_m - biểu thị cho sự hỗ cảm giữa mạch sơ cấp và thứ cấp ứng với từ thông chính Φ .

- Tổn hao sắt từ trong lõi thép có thể biểu thị bằng tổn hao trên điện trở r_m đặt nối tiếp x_m và có trị số:

$$r_m = \frac{P_{Fe}}{I_0^2} \quad (4.21)$$

Do đó cuối cùng:

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.2.2 Sơ đồ mạch điện thay thế của máy biến áp

$$\dot{E}_1 = \dot{E}_2' = \dot{I}_0 (r_m + jx_m) = \dot{I}_0 \cdot z_m \quad (4.22)$$

Như vậy máy biến áp xem như một mạch bốn cực hình T có ba nhánh:

- Nhánh sơ cấp: tổng trở $z_1 = r_1 + jx_1$.
- Nhánh thứ cấp: tổng trở $z_2 = r_2 + jx_2$.
- Nhánh từ hóa: tổng trở $z_m = r_m + jx_m$. Với dòng điện từ hóa

$$\dot{I}_\mu = \dot{I}_0$$

CHƯƠNG 4:

MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.2.2 Sơ đồ mạch điện thay thế của máy biến áp

- Mạch bốn cực này biểu thị đầy đủ các hiện tượng trong lõi thép và liên hệ giữa các dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

- Trong thực tế, thường $Z_m \gg Z_1$ và Z'_2 nên trong nhiều trường hợp có thể xem như $Z_m = \infty$, nghĩa là $\dot{I}_0 \approx 0$, do đó $\dot{I}_1 = -\dot{I}'_2$

- Như vậy máy biến áp có thể thay bằng một mạch điện đơn giản với tổng trở đẳng trị của mạch sơ cấp và thứ cấp gọi là tổng trở ngắn mạch của máy biến áp (hình 4.7).

$$Z_n = r_n + jX_n \quad (4.23)$$

với:

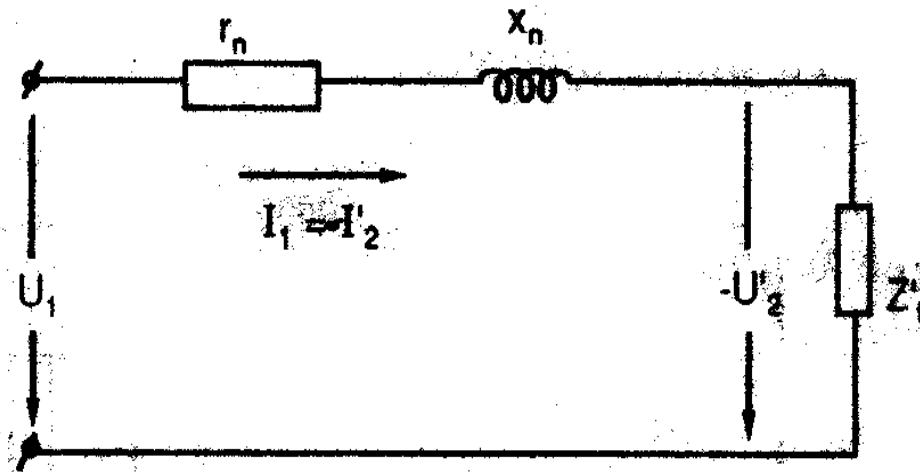
$$r_n = r_1 + r'_2 \quad (4.24)$$

$$X_n = X_1 + X'_2 \quad (4.25)$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.2 MẠCH ĐIỆN THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.2.2 Sơ đồ mạch điện thay thế của máy biến áp



Hình 4.7 Mạch điện thay thế đơn giản của máy biến áp

4.3 GIẢN ĐỒ VECTƠ CỦA MÁY BIẾN ÁP

- Để thấy rõ được các mối quan hệ về trị số và góc lệch pha giữa các đại lượng vật lý trong máy biến áp như từ thông, sức điện động, dòng điện, cũng như thấy được sự biến thiên của các đại lượng vật lý ở các chế độ làm việc khác nhau chúng ta xây dựng giản đồ vectơ của máy biến áp.

- Hình 4.8a là giản đồ vectơ của máy biến áp trong trường hợp tải có tính chất điện cảm. Giản đồ vectơ được vẽ dựa trên các phương trình cân bằng sức điện động và sức từ động.

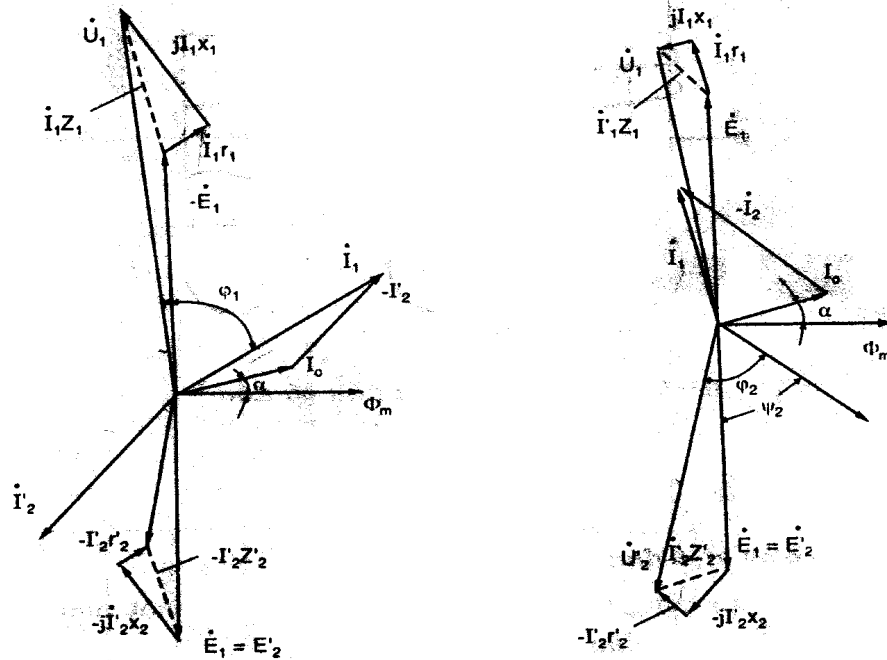
$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \cdot \dot{Z}_1$$

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

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

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.3 GIẢI ĐỒ VECTO CỦA MÁY BIẾN ÁP



Hình 4.8 Giải đồ vectơ của máy biến áp. a) tải điện cảm; b) tải dung

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.3 GIẢI ĐỒ VECTO CỦA MÁY BIẾN ÁP

- Từ thông Φ_m theo chiều dương trục hoành, dòng điện không tải \dot{I}_0 sinh ra Φ_m vượt trước một góc α .
- Các sức điện động \dot{E}_1 và $\dot{E}_2' = \dot{E}_1$ do Φ_m sinh ra chậm sau nó một góc 90° .
- Vì tải có tính chất điện cảm, dòng điện \dot{I}_2' chậm sau sức điện động \dot{E}_2' một góc φ_2 , với:

$$\varphi_2 = \arctg \frac{x_t' + x_2'}{r_t' + r_2'}$$

với: r_t' và x_t' – là điện trở và điện kháng của tải.

4.3 GIẢN ĐỒ VECTƠ CỦA MÁY BIẾN ÁP

- Giản đồ vectơ của máy biến áp lúc tải có tính chất điện dung được vẽ ở hình 4.9b.
- Kết quả \dot{I}'_2 vượt trước \dot{U}'_2 một góc φ_2 và $\dot{U}'_2 > \dot{E}'_2$

4.4 TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.4.1 Cách ký hiệu đầu dây

- Các đầu tận cùng của dây quấn máy biến áp, một đầu gọi là đầu đầu và đầu kia gọi là đầu cuối.
- Đối với máy biến áp một pha, dây quấn một pha có thể tùy ý chọn đầu đầu hay đầu cuối. Vì độ lệch pha giữa dây quấn sơ cấp và thứ cấp chỉ có hai giá trị 0° và 180° .
- Đối với máy biến áp ba pha, dây quấn phải ký hiệu đầu đầu và đầu cuối một cách rõ ràng và thống nhất. Bởi vì nếu một pha dây quấn ký hiệu ngược thì điện áp dây lấy ra sẽ mất đối xứng.
- Do đó nếu pha A, đã chọn đầu đầu và đầu cuối quấn theo chiều kim đồng hồ, thì dây quấn pha B và pha C cũng phải được chọn như vậy.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.4 TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.4.1 Cách ký hiệu đầu dây

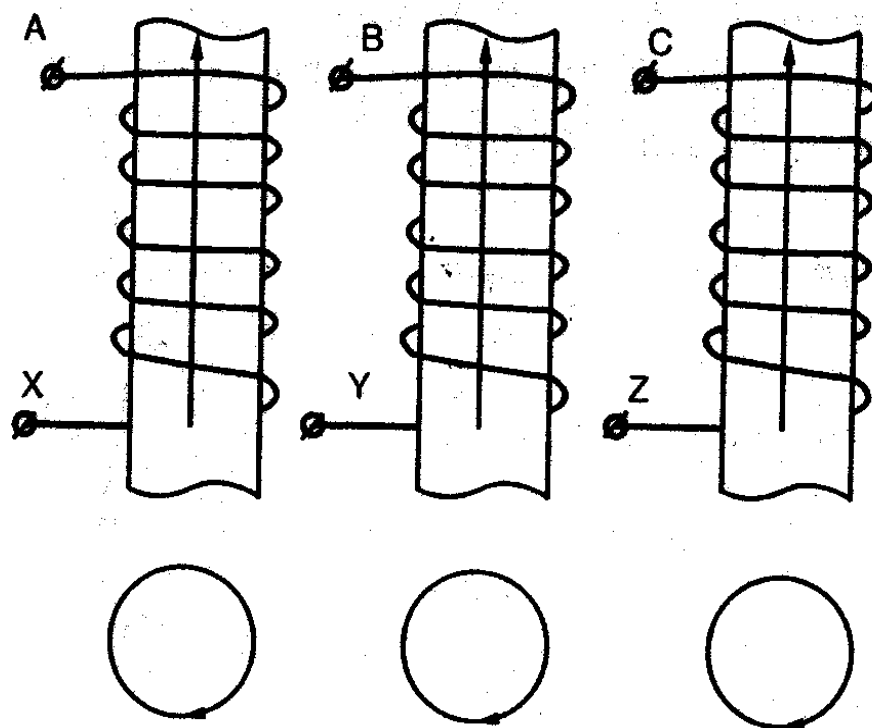
Ngoài ra để đơn giản và thuận tiện cho việc nghiên cứu, thường người ta quy ước ký hiệu các đầu tận cùng của máy biến áp như sau:

Đầu tận cùng	Dây quấn cao áp	Dây quấn hạ áp
Đầu đầu	A, B, C	a, b, c
Đầu cuối	X, Y, Z	x, y, z
Đầu trung tính	0	0

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.4 TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.4.1 Cách ký hiệu đầu dây



Hình 4.9 Qui ước đầu đầu và đầu cuối của máy biến áp ba pha

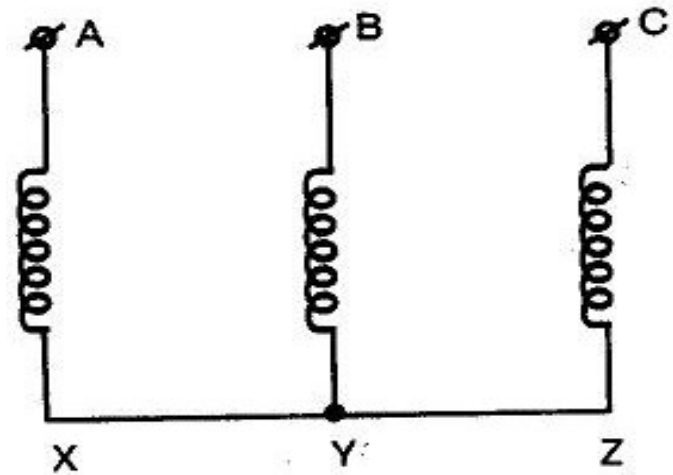
CHƯƠNG 4:

MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.4 TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.4.2 Các kiểu đấu dây

Dây quấn của máy biến áp ba pha có thể đấu hình sao (ký hiệu Y) hay đấu hình tam giác (ký hiệu Δ). Nếu đấu sao có dây trung tính (ký hiệu Y_0). Đấu sao thì ba đầu X, Y, Z nối lại vào nhau, các đầu A, B, C để tự do Hình 4.10.



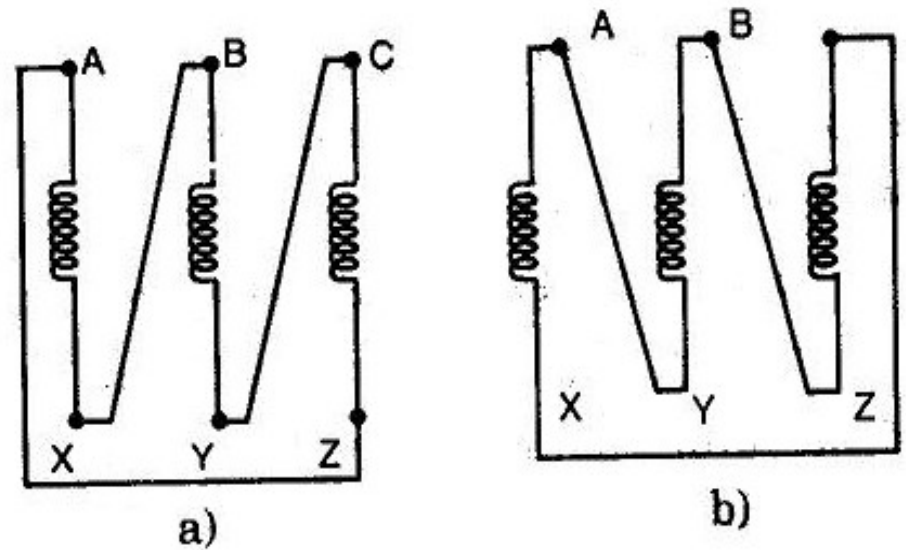
Hình 4.10 Dây quấn ba pha đấu hình sao

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.4 TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.4.2 Các kiểu đấu dây

Đấu tam giác thì đầu cuối của pha này nối với đầu đầu của pha kia, nghĩa là theo thứ tự: AX - BY - CZ - A hay thứ tự AX - CZ - BY - A Hình 4.11a và Hình 4.11b.



Hình 4.11 Dây quấn ba pha đấu hình tam giác

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.4 TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

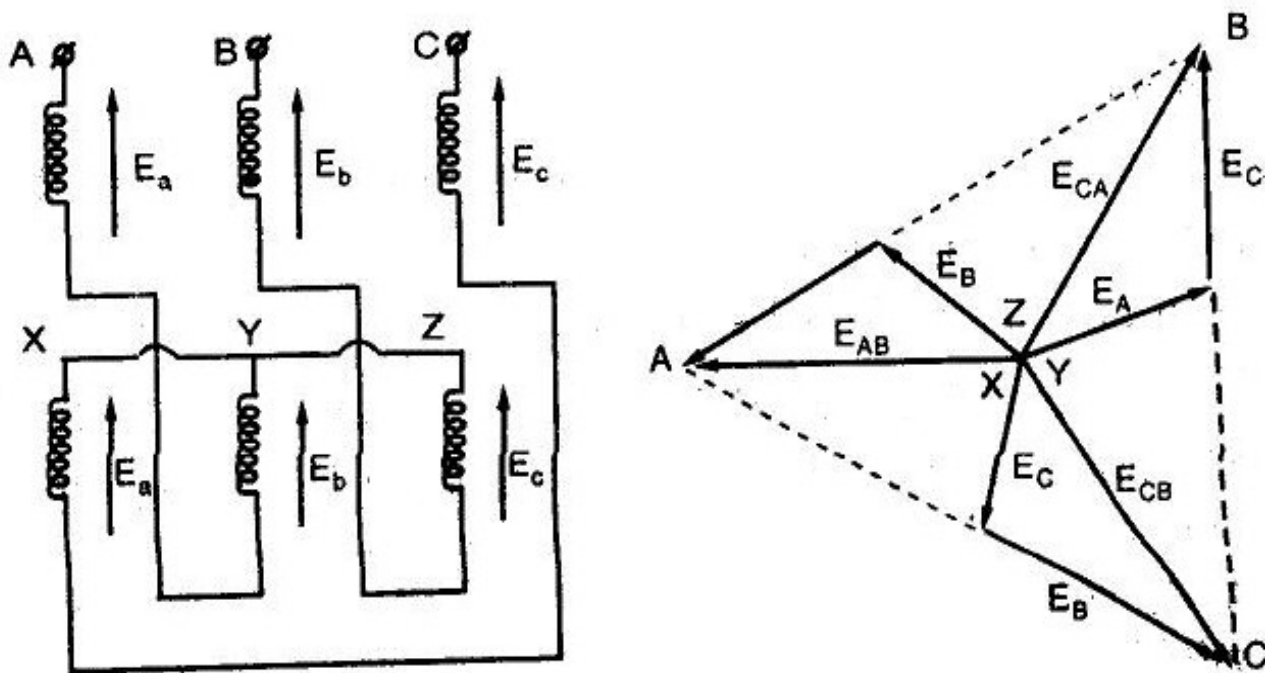
4.4.2 Các kiểu đấu dây

Ngoài hai kiểu đấu dây chủ yếu trên, dây quấn máy biến áp có thể đấu theo kiểu ZIC -ZAC (ký hiệu Z). khi đó mỗi pha dây quấn gồm hai nửa cuộn dây bố trí trên hai trụ khác nhau như nối nối tiếp và mắc ngược nhau như Hình 4.12. Kiểu đấu dây này chủ yếu dùng cho máy *biến áp đo lường*.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.4 TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.4.2 Các kiểu đấu dây



Hình 4.12 Dây quấn ba pha đấu hình
ZIC - ZAC

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.4 TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.4.3 Tổ nối dây của máy biến áp

- Tổ nối dây của máy biến áp được hình thành do sự phối hợp kiểu đấu dây sơ cấp so với kiểu đấu dây thứ cấp.
- Nó biểu thị góc lệch pha giữa các sức điện động dây quấn sơ cấp và dây quấn thứ cấp của máy biến áp.
- Góc lệch pha này phụ thuộc các yếu tố sau:
 - 1 - Chiều quấn của cuộn dây.
 - 2 - Ký hiệu đầu dây.
 - 3 - Cách nối dây quấn.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.4 TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.4.3 Tổ nối dây của máy biến áp

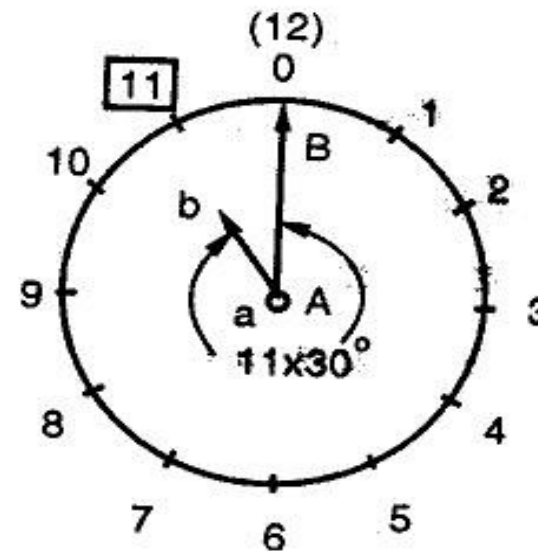
- Trong máy biến áp một pha, góc lệch giữa sức điện động của dây quấn sơ cấp và dây quấn thứ cấp là 0° hoặc 180° .
- Trong máy biến áp ba pha, góc lệch pha này sẽ là bội số của 30° .
- Bởi vì góc lệch 30° cũng chính là góc lệch giữa kim đồng hồ chỉ giờ và chỉ phút giữa 2 vạch kế cận nhau trong đồng hồ đo thời gian trong ngày, do đó để tiện lợi, người ta qui ước: *kim phút tượng trưng cho sức điện động dây của dây quấn sơ cấp, được đặt ở vị trí chỉ số 12 trên đồng hồ, kim giờ biểu thị cho sức điện động dây của dây quấn thứ cấp.*
- Do đó "giờ" chỉ thị trên đồng hồ sẽ là số ký hiệu qui định của tổ nối dây.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.4 TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.4.3 Tổ nối dây của máy biến áp

- Một ví dụ trong Hình 4.13, là quy ước cho tổ nối dây 11. Chiều dương qui định là từ A đến B và từ a đến b.



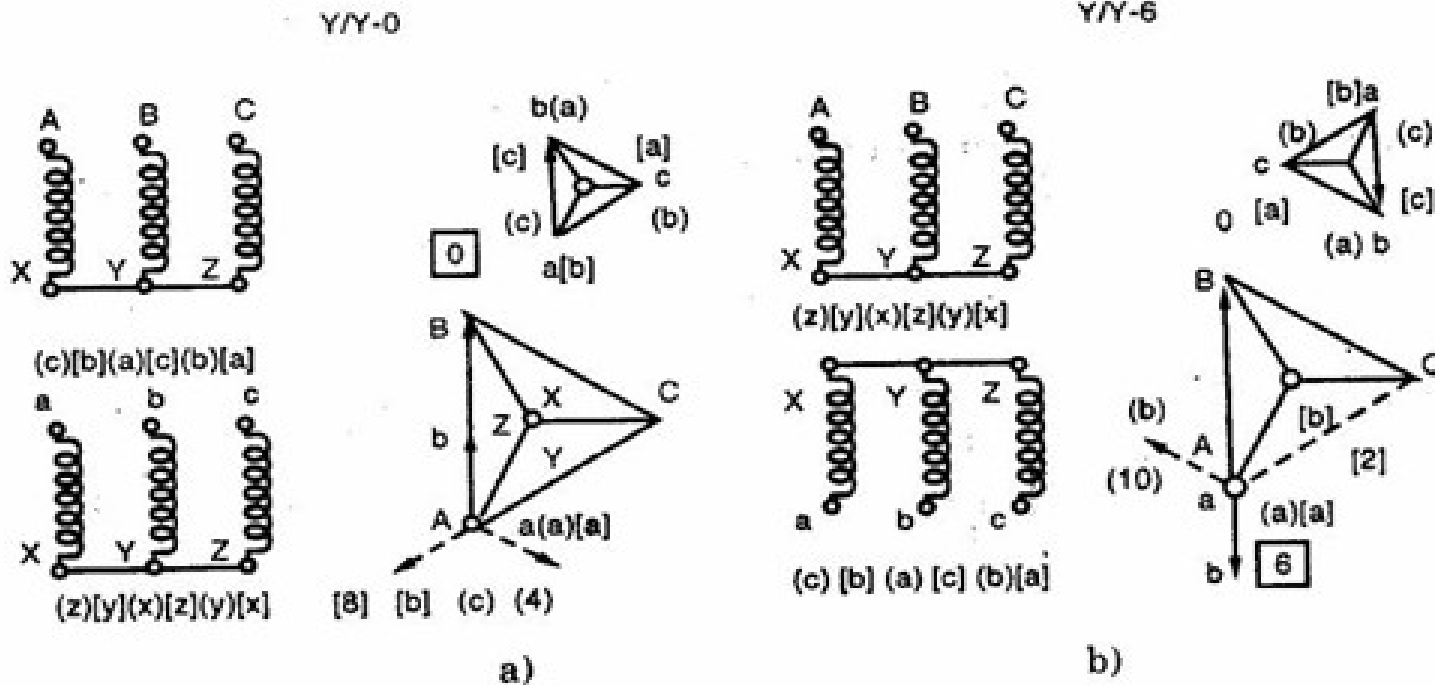
Hình 4.13 Quy ước kim đồng hồ để xác định góc lệch pha của tổ nối dây

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.4 TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.4.3 Tổ nối dây của máy biến áp

- Sau đây cho một số tổ nối dây tiêu biểu Y/Y và Y/ Δ của máy biến áp ba pha Hình 4.14.

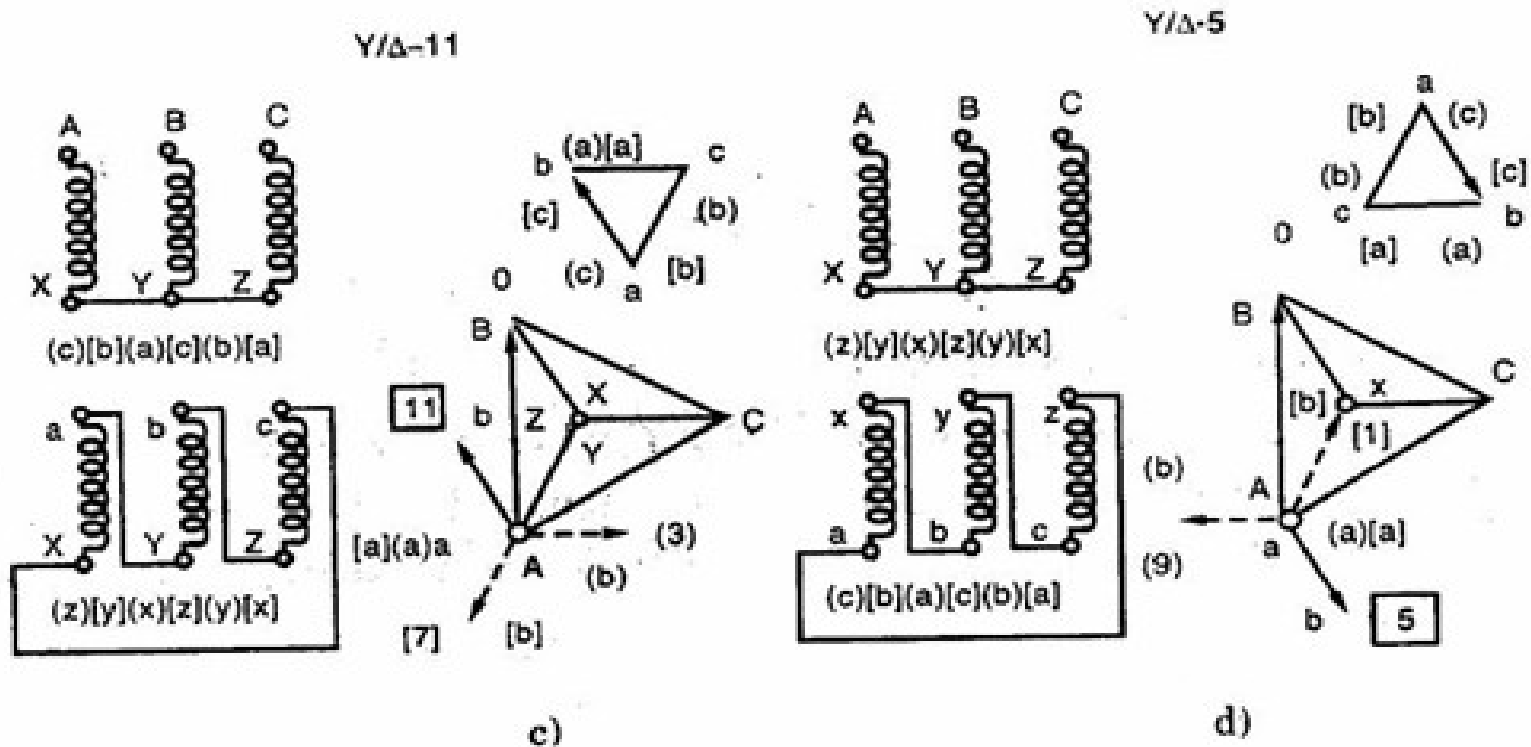


Hình 4.14

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.4 TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.4.3 Tổ nối dây của máy biến áp



Hình 4.14

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.5 XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA MÁY BIẾN ÁP

Các tham số của máy biến áp có thể xác định bằng thí nghiệm hoặc tính toán. Trong phần này sẽ trình bày phương pháp xác định các tham số của máy biến áp bằng thí nghiệm.

4.5.1 Thí nghiệm không tải

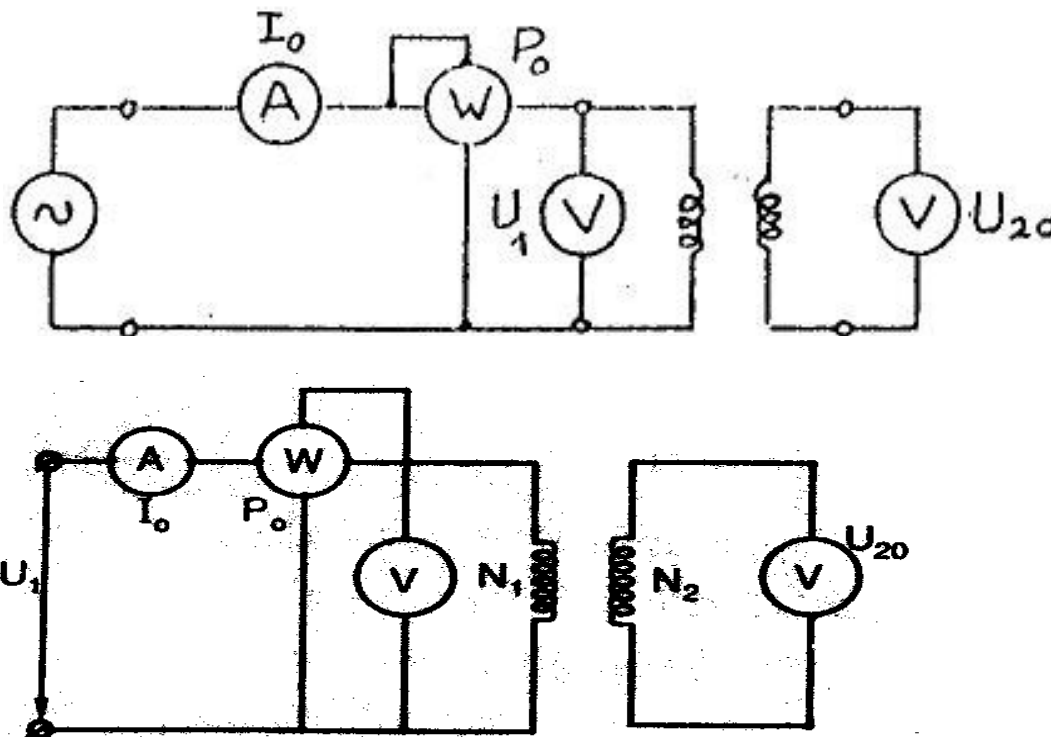
- Sơ đồ thí nghiệm như hình 4.15. Điện áp xoay chiều đặt vào dây quấn sơ cấp $U_1 = U_{1\text{đm}}$, cuộn dây thứ cấp để hở mạch.
- Với các dụng cụ đo lường, volt kế, ampere kế, watt kế, chúng ta sẽ xác định được dòng điện không tải I_0 , công suất không tải P_0 . Từ đó ta xác định được:

- Tỷ số biến áp:
$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} \quad (4.26)$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.5 XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.5.1 Thí nghiệm không tải



Hình 4.15 Sơ đồ thí nghiệm không tải của máy biến áp

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.5 XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.5.1 Thí nghiệm không tải

- Tổng trở không tải của máy biến áp:

$$\text{Tổng trở: } Z_0 = \frac{U_1}{I_0} \quad (4.27)$$

$$\text{Điện trở: } r_0 = \frac{P_0}{I_0^2} \quad (4.28)$$

$$\text{Điện kháng: } x_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2} \quad (4.29)$$

4.5.2 Thí nghiệm ngắn mạch

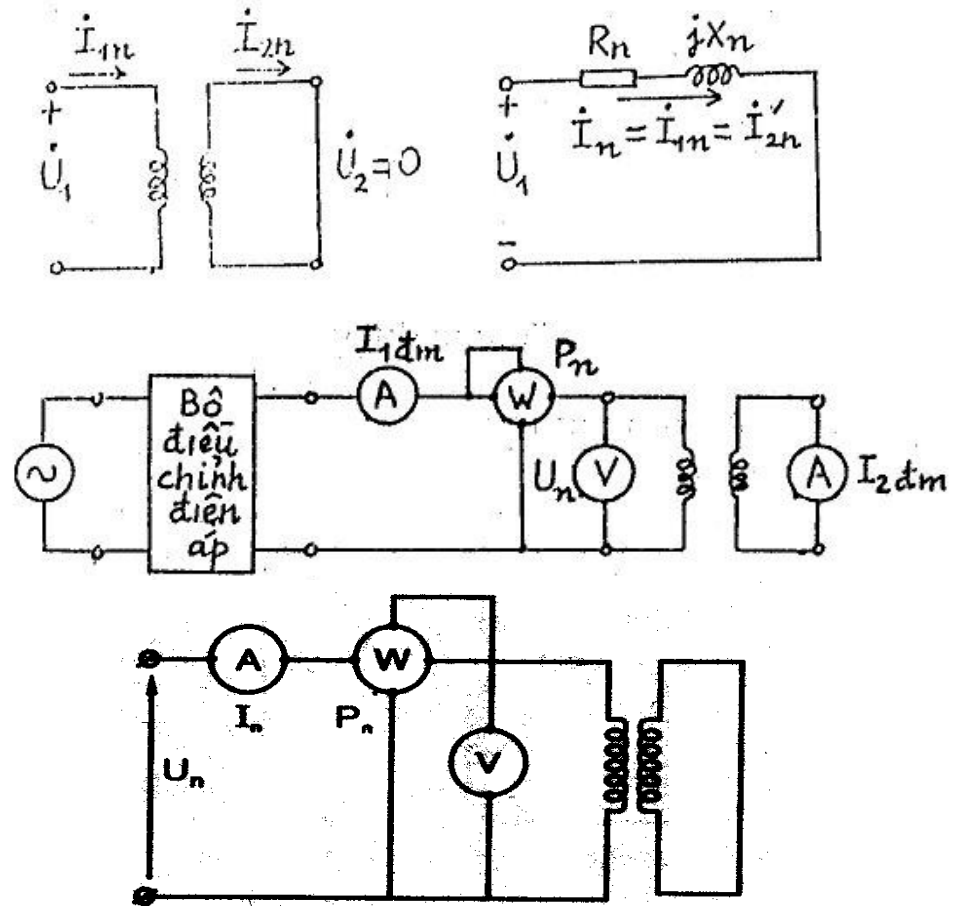
- Sơ đồ thí nghiệm của máy biến áp lúc ngắn mạch được vẽ ở hình 4.16. Dây quấn thứ cấp được ngắn mạch, điện áp U_1 đặt vào dây quấn sơ cấp được điều chỉnh sao cho dòng điện trong dây quấn sơ cấp bằng dòng điện định mức.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.5 XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.5.2 Thí nghiệm ngắn mạch

- Tương tự như thí nghiệm không tải, các số liệu đo được khi ngắn mạch như điện áp ngắn mạch U_n , dòng điện ngắn mạch I_n và công suất ngắn mạch P_n . Từ đó xác định được các tham số ngắn mạch của máy biến áp.



Hình 4.16 Sơ đồ thí nghiệm ngắn mạch của máy biến áp

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.5 XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.5.2 Thí nghiệm ngắn mạch

- Tổng trở ngắn mạch:
$$Z_n = \frac{U_n}{I_n} \quad (4.30)$$

- Điện trở ngắn mạch:
$$r_n = \frac{P_n}{I_n^2} \quad (4.31)$$

- Điện kháng ngắn mạch:
$$x_n = \sqrt{Z_n^2 - r_n^2} \quad (4.32)$$

- Vì lúc ngắn mạch, điện áp đặt vào có giá trị nhỏ nên từ thông chính lúc ngắn mạch cũng nhỏ, nghĩa là dòng điện từ hóa trong trường hợp này cũng rất nhỏ.

- Do đó mạch điện thay thế của máy biến áp trong trường hợp này có thể xem như hở mạch từ hóa, hình 4.17.

CHƯƠNG 4:

MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.5 XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA MÁY BIẾN ÁP

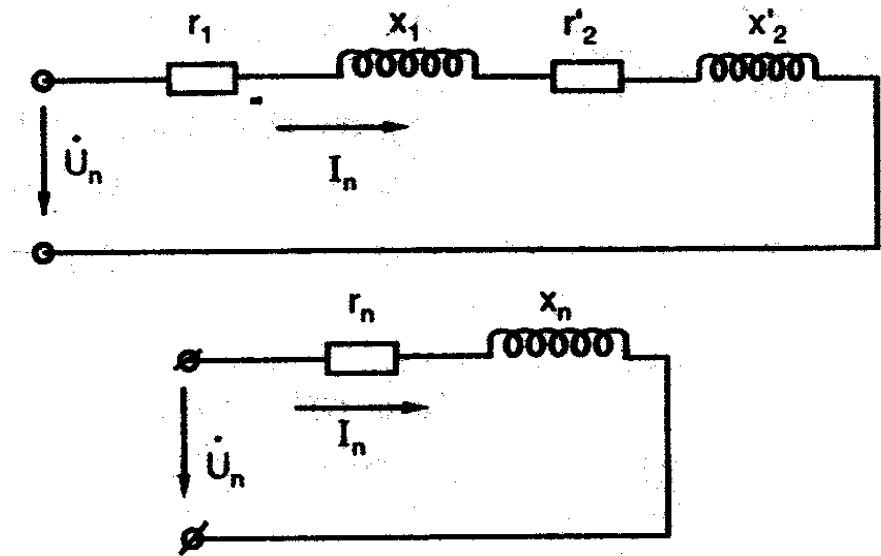
4.5.2 Thí nghiệm ngắn mạch

- Vì là một mạch nối tiếp của hai tổng trở sơ cấp và thứ cấp, do đó có thể thay bằng một tổng trở tương đương gọi là tổng trở ngắn mạch của máy biến áp.

$$Z_n = |Z_1 + Z_2|;$$

$$r_n = r_1 + r'_2;$$

$$X_n = X_1 + X'_2$$



Hình 4.17 Mạch điện thay thế của máy biến áp lúc ngắn mạch

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.5 XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.5.2 Thí nghiệm ngắn mạch

- Từ mạch điện thay thế lúc ngắn mạch, ta cũng thấy điện áp đặt vào lúc ngắn mạch hoàn toàn cân bằng với điện áp rơi trong máy biến áp.

1 - Thành phần tác dụng: $U_{nr} = I_n \cdot r_n$ - là điện áp rơi trên điện trở của máy biến áp.

2 - Thành phần phản kháng: $U_{nx} = I_n \cdot x_n$ - là điện áp rơi trên điện kháng của máy biến áp.

- Đồ thị vectơ của máy biến áp lúc ngắn mạch được vẽ ở hình 4.18. Tam giác OAB gọi là tam giác điện áp ngắn mạch.

- Như vậy, điện áp ngắn mạch được xem như một đại lượng đặc trưng cho điện trở và điện kháng tản của dây quấn máy biến áp.

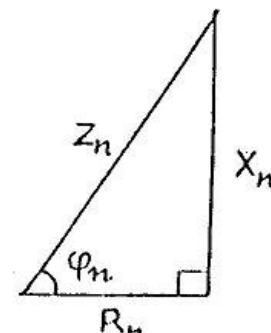
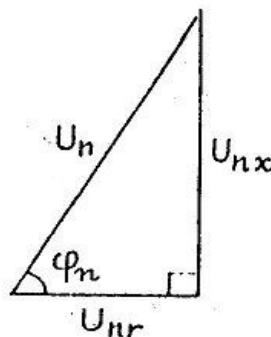
CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.5 XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.5.2 Thí nghiệm ngắn mạch

- Điện áp ngắn mạch tính theo tỷ lệ phần trăm so với điện áp định mức:

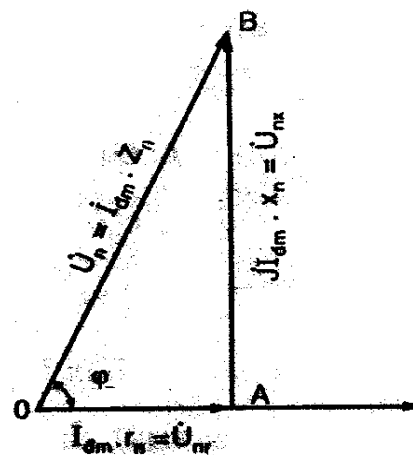
$$U_n \% = \frac{U_n}{U_{dm}} \times 100 = \frac{I_{dm} \cdot Z_n}{U_{dm}} \times 100 \quad (4.33)$$



và các thành phần điện áp ngắn mạch là:

$$U_{nr} \% = \frac{U_{nr}}{U_{dm}} \times 100 = \frac{I_{dm} \cdot r_n}{U_{dm}} \times 100 \quad (4.34)$$

$$U_{nx} \% = \frac{U_{nx}}{U_{dm}} \times 100 = \frac{I_{dm} \cdot X_n}{U_{dm}} \times 100 \quad (4.35)$$



Hình 4.18 Đồ thị vectơ của máy biến áp lúc ngắn mạch

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.5 XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA MÁY BIẾN ÁP

4.5.2 Thí nghiệm ngắn mạch

- Thành phần điện áp ngắn mạch tác dụng cũng có thể được tính với công thức sau:

$$U_{nr} \% = \frac{I_{dm} \cdot r_n}{U_{dm}} \times \frac{I_{dm}}{I_{dm}} \times 100 = \frac{I_{dm}^2 \cdot r_n}{S_{dm}} \times 100 = \frac{P_n}{S_{dm}} \times 100 \quad (4.36)$$

Thông thường: $U_n \% = 5,5\% - 10\%$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6.1 Giảm đồ năng lượng của máy biến áp

- Trong lúc truyền tải năng lượng qua máy biến áp, một phần công suất tác dụng và công suất phản kháng bị tiêu hao trong máy.
- Ta xét sự cân bằng công suất tác dụng và công suất phản kháng trong máy biến áp:
- Gọi $P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1$ - là công suất đưa vào một pha của máy biến áp.
- Một phần của công suất này bị tiêu hao trên điện trở của dây quấn sơ cấp:
 $P_{Cu1} = r_1 \cdot I_1^2$ và trong lõi thép: $P_{Fe} = r_m \cdot I_0^2$
- Phần còn lại chính là công suất điện từ truyền qua phía thứ cấp.

$$P_{dt} = P_1 - P_{Cu1} - P_{Fe} = E'_2 \cdot I'_2 \cdot \cos\varphi_2 \quad (4.37)$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6.1 Giảm đồ năng lượng của máy biến áp

- Một phần công suất điện lại bị tổn hao trên dây quấn thứ cấp:

$$P_{Cu2} = r_2 \cdot I_2^2 \quad (4.38)$$

- Do đó công suất đầu ra P_2 của máy biến áp sẽ là:

$$P_2 = P_{đt} - P_{Cu2} = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2 \quad (4.39)$$

- Tương tự như vậy đối với công suất phản kháng. Công suất phản kháng đầu vào:

$$Q_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin\varphi_1 \quad (4.40)$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6.1 Giảm đồ năng lượng của máy biến áp

- Công suất Q_1 này sẽ trừ đi công suất để thành lập từ tản của dây quấn sơ cấp: $q_1 = x_1 \cdot I_1^2$, và từ trường trong lõi thép $q_m = x_m \cdot I_0^2$, còn lại sẽ đưa sang phía thứ cấp.

$$Q_{\text{đt}} = Q_1 - q_1 - q_m = E'_2 \cdot I'_2 \cdot \sin\varphi_2 \quad (4.41)$$

- Công suất phản kháng đầu ra:

$$Q_2 = Q_{\text{đt}} - q_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \sin\varphi_2 \quad (4.42)$$

với: $q_2 = x_2 \cdot I_2^2$ công suất để thành lập từ trường tản của dây quấn thứ cấp.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

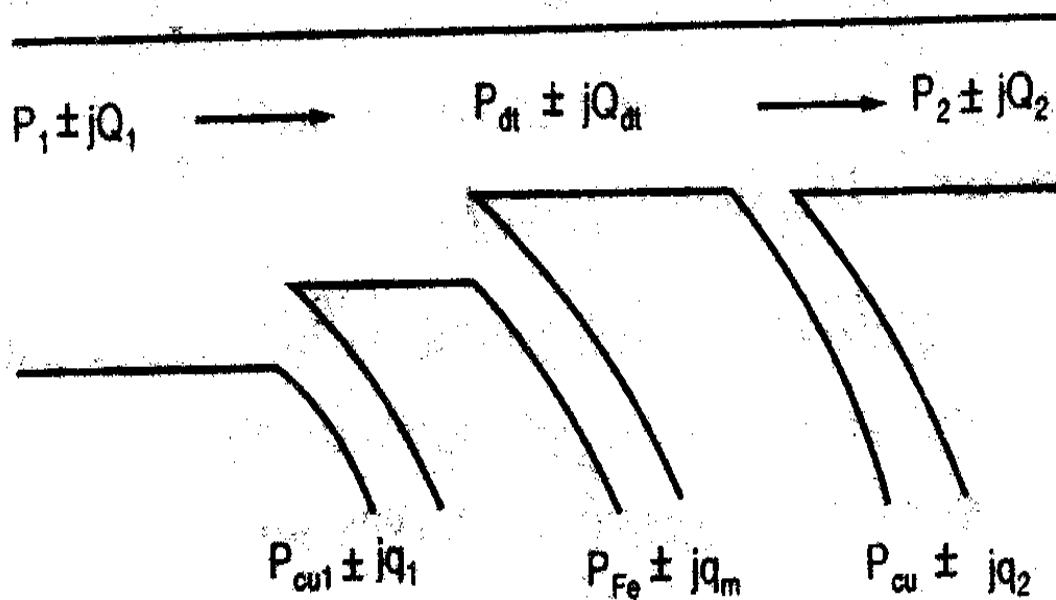
4.6.1 Giảm đồ năng lượng của máy biến áp

- Khi tải có tính chất điện cảm ($\varphi_2 > 0, Q_2 > 0$). Lúc đó $Q_1 > 0$ và công suất phản kháng được truyền từ phía sơ cấp sang phía thứ cấp.
- Khi tải có tính chất dung ($\varphi_2 < 0, Q_2 < 0$). Trong trường hợp này công suất phản kháng được truyền theo chiều ngược lại từ phía thứ cấp sang phía sơ cấp nếu $Q_1 < 0$, hoặc toàn bộ công suất phản kháng từ hai phía thứ cấp và sơ cấp đến dùng để từ hóa máy biến áp nếu $Q_1 > 0$.
- Giảm đồ năng lượng được trình bày ở hình 4.19.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6.1 Giảm đồ năng lượng của máy biến áp



Hình 4.19 Giảm đồ năng lượng của máy biến áp

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6.2 Độ thay đổi điện áp của máy biến áp

- Khi máy biến áp làm việc điện áp đầu ra U_2 thay đổi theo trị số và tính chất điện cảm hoặc điện dung của dòng điện tải I_2 , do có điện áp rơi trên các dây quấn sơ cấp và thứ cấp.
- Độ thay đổi điện áp của máy biến áp được xác định khi giữ điện áp đầu vào $U_{1đm}$ không đổi và $\Delta U = U_{20} - U_2$.
- Tính theo đơn vị tương đối là:

$$\Delta U^* = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} = \frac{U'_{20} - U'_2}{U'_{20}} = \frac{U_{1đm} - U'_2}{U_{1đm}} = 1 - U_2^* \quad (4.43)$$

- Thông thường để xác định ΔU , người ta thường dùng phương pháp giải tích sau đây: giả sử máy biến áp làm việc với một tải nào đó có hệ số tải

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2đm}} \text{ và hệ số công suất } \cos\varphi_2 \text{ đã biết.}$$

CHƯƠNG 4:

MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

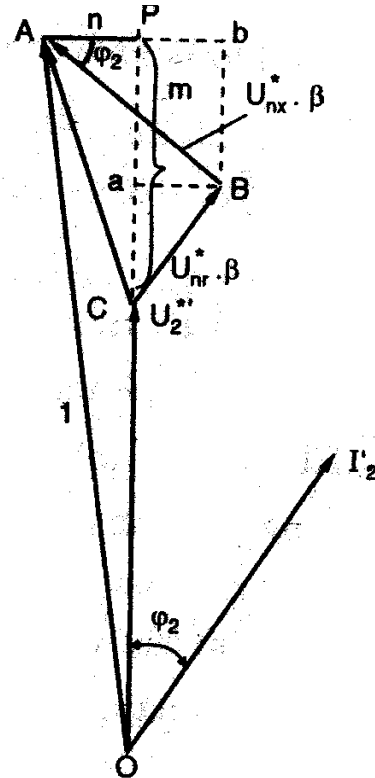
4.6.2 Độ thay đổi điện áp của máy biến áp

- Sơ đồ vectơ tương ứng được xác định ở hình 4.20.

- Tam giác điện kháng ABC có các trị số của cạnh:

$$BC = \frac{I_2' \cdot r_n}{U_{1đm}} = \frac{I_{2đm}' \cdot r_n}{U_{1đm}} \times \frac{I_2'}{I_{2đm}'} = U_{nr}^* \cdot \beta$$

$$AB = \frac{I_2' \cdot X_n}{U_{1đm}} = \frac{I_{2đm}' \cdot X_n}{U_{1đm}} \times \frac{I_2'}{I_{2đm}'} = U_{nx}^* \cdot \beta$$



Hình 4.20 Xác định ΔU của máy biến áp

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6.2 Độ thay đổi điện áp của máy biến áp

- Trên đồ thị hình 4.20, nếu hạ đường thẳng góc AP xuống vectơ biểu thị U'_2 , và gọi AP = n, CP = m, ta có:

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

do đó:
$$\Delta U^* = 1 - U_2'^* \approx m + \frac{n^2}{2}$$

mà:
$$m = Ca + aP = \beta \cdot (U_{nr}^* \cdot \cos \varphi_2 + U_{nx}^* \cdot \sin \varphi_2)$$

$$n = Ab + bP = \beta \cdot (U_{nx}^* \cdot \cos \varphi_2 - U_{nr}^* \cdot \sin \varphi_2)$$

nên:
$$\Delta U^* \approx \beta \cdot (U_{nr}^* \cdot \cos \varphi_2 + U_{nx}^* \cdot \sin \varphi_2) + \frac{\beta^2}{2} \cdot (U_{nx}^* \cdot \cos \varphi_2 + U_{nr}^* \cdot \sin \varphi_2)^2$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6.2 Độ thay đổi điện áp của máy biến áp

số hạng sau của biểu thức trên thường rất nhỏ có thể bỏ qua và ta có:

$$\Delta U^* = \beta.(U_{nr}^*.\cos\varphi_2 + U_{nx}^*.\sin\varphi_2) \quad (4.44)$$

biểu thị theo tỷ lệ phần trăm

$$\Delta U^* = \frac{\Delta U \%}{100}$$

$$\Delta U_{nr}^* = \frac{\Delta U_{nr} \%}{100}$$

$$\Delta U_{nx}^* = \frac{\Delta U_{nx} \%}{100}$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6.2 Độ thay đổi điện áp của máy biến áp

do đó biểu thức (4.44) trở thành:

$$\Delta U\% = \beta.(U_{nr}\%.\cos\varphi_2 + U_{nx}\%.\sin\varphi_2) \quad (4.45)$$

- Biểu thức (4.45) cho thấy $\Delta U\%$ phụ thuộc vào **hệ số tải** và **tính chất của tải**.
- Trong thực tế muốn giữ cho điện áp U_2 không đổi khi máy biến áp làm việc với các tải khác nhau thì phải điều chỉnh điện áp bằng cách thay đổi lại số vòng dây nghĩa là thay đổi tỷ số biến áp $k = N_1/N_2$.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6.3 Hiệu suất của máy biến áp

- Hiệu suất của máy biến áp được định nghĩa là tỷ số giữa công suất đầu ra P_2 và công suất đầu vào P_1 .

$$\eta\% = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% \quad (4.46)$$

- Biểu thức trên cũng có thể được viết:

$$\eta\% = \left(1 - \frac{\sum P}{P_1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{P_{Cu} + P_{Fe}}{P_2 + P_{Cu} + P_{Fe}}\right) \times 100\% \quad (4.47)$$

- Lúc vận hành, hiệu suất η của máy biến áp có thể được xác định bằng cách tính toán gián tiếp qua các công suất không tải P_0 và công suất ngắn mạch P_n đã cho theo *thông số kỹ thuật của máy*.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6.3 Hiệu suất của máy biến áp

- Ở tải ứng với I_2 và hệ số công suất $\cos\varphi_2$, công suất đầu ra của máy:

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2$$

- Nếu định nghĩa hệ số tải: $\beta = \frac{I_2}{I_{2\text{đm}}}$, và vì $U_{20} = U_2$

$$S_{\text{đm}} = U_{20} \cdot I_{2\text{đm}} = U_2 \cdot I_{2\text{đm}}$$

do đó: $P_2 = \beta \cdot S_{\text{đm}} \cdot \cos\varphi_2$

- Trong thực tế thì U_1 không đổi khi thay đổi tải, từ thông trong lõi thép thay đổi rất ít, như vậy tổn hao sắt từ trong lõi thép của máy biến áp P_{Fe} có thể xem như không phụ thuộc vào tải và bằng tổn hao không tải P_0 .

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6.3 Hiệu suất của máy biến áp

- Tổn hao đồng ở các dây quấn phụ thuộc vào dòng điện tải I_2 .

$$P_{Cu} = r_n \cdot I_n^2 = r_n \cdot I_{2dm}^2 \left(\frac{I_2}{I_{2dm}} \right)^2 = \beta^2 \cdot P_n \quad (4.48)$$

- Do đó công thức (4.47) trở thành:

$$\eta\% = \left(1 - \frac{P_0 + \beta^2 \cdot P_n}{\beta \cdot S_{dm} \cdot \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 \cdot P_n} \right) \times 100\% \quad (4.49)$$

- Nếu $\cos \varphi_2 = \text{constant}$ thì η chỉ phụ thuộc vào hệ số tải β . Do đó để xác định hiệu suất η ở giá trị cực đại thì điều kiện là:

$$\frac{d\eta}{d\beta} = 0 \quad (4.48)$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6 ĐẶC ĐIỂM VẬN HÀNH CỦA MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.6.3 Hiệu suất của máy biến áp

do đó:
$$\beta = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} \quad (4.50)$$

hay:
$$P_0 = \beta^2 \cdot P_n \quad (4.51)$$

- Như vậy hiệu suất của máy biến áp sẽ cực đại ở một tải nhất định khi *tổn hao sắt bằng tổn hao đồng* ($P_{Fe} = P_{Cu}$).

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

- Trong hệ thống điện, để đảm bảo các yêu cầu về kinh tế và kỹ thuật như giảm thiểu được tổn hao khi vận hành, tăng độ tin cậy của lưới điện truyền tải công suất liên tục ngay cả khi xảy ra sự cố về máy biến áp, thường người ta ghép nhiều máy biến áp làm việc song song.

- Các máy biến áp làm việc song song trong điều kiện tốt nhất nếu điện áp thứ cấp bằng nhau về trị số và trùng pha về góc pha, và tải được phân phối theo tỷ lệ công suất máy giống nhau. Muốn như vậy, các máy biến áp phải đáp ứng các điều kiện sau:

- 1 - Cùng tổ nối dây
- 2 - Cùng hệ số biến đổi điện áp K
- 3 - Điện áp ngắn mạch Un bằng nhau

CHƯƠNG 4:

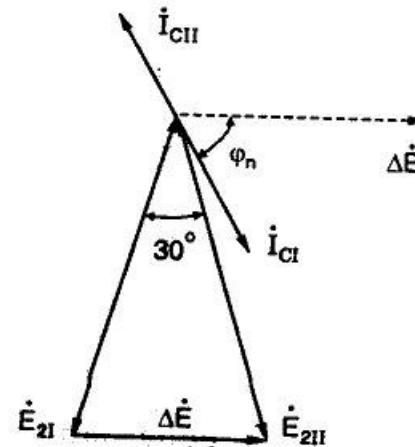
MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.1 Điều kiện cùng tổ nối dây

- Nếu máy biến áp làm việc song song có cùng tổ nối dây thì điện áp thứ cấp sẽ trùng pha nhau.
- Trái lại, nếu tổ nối dây khác nhau thì giữa các điện áp thứ cấp sẽ có góc lệch pha và góc lệch pha này do tổ nối dây quyết định.

Ví dụ nếu máy biến áp 1 có tổ nối dây Y/Δ -11, máy biến áp 2 có tổ nối dây Y/Y - 12 thì điện áp thứ cấp của hai máy biến áp lệch nhau 30° , Hình 4.21.



Hình 4.21 Sơ đồ vectơ điện áp và dòng điện của máy biến áp có tổ nối dây khác nhau làm việc song song

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.1 Điều kiện cùng tổ nối dây

- Như vậy trong mạch nối liền các dây quấn thứ cấp của hai máy biến áp sẽ xuất hiện một sức điện động: $(E = 2E_2 \sin 15^\circ = 0.518 E_2)$.
- Kết quả là ngay khi không tải, trong các dây quấn sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp có dòng điện:

$$I_{cb} = \frac{\Delta E}{Z_{n1} + Z_{n2}} \quad (4.52)$$

- Dòng điện cân bằng này, có trị số lớn hơn nhiều lần dòng điện định mức, sẽ làm cháy cuộn dây máy biến áp.

Do đó, máy biến áp làm việc song song phải có cùng tổ nối dây.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.2 Điều kiện tỉ số biến áp bằng nhau

- Nếu tỉ số bằng nhau, thì khi làm việc song song, điện áp thứ cấp lúc không tải của các máy biến áp sẽ bằng nhau. Như vậy trong mạch nối liền các dây quấn thứ của các máy biến áp sẽ không có dòng điện.
- Nếu tỉ số biến áp k khác nhau thì sức điện động thứ cấp khác nhau, và ngay cả khi không tải trong dây quấn thứ cấp của máy biến áp đã có dòng điện cân bằng I_{cb} sinh ra do độ lệch điện áp:

$$\Delta \dot{U} = \dot{U}_{2(1)} - \dot{U}_{2(2)}$$

- Điện áp đầu vào bằng nhau:

$$U_1 = U_{1n(1)} = U_{2n(2)}$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.2 Điều kiện tỉ số biến áp bằng nhau

- Nếu gọi k_1 và k_2 lần lượt là tỉ số biến áp của máy biến áp (1) và máy biến áp (2), chúng ta có điện áp thứ cấp giả sử là:

$$U_{2(1)} = \frac{U_1}{k_1} > U_{2(2)} = \frac{U_1}{k_2}$$

- Dòng điện cân bằng I_{cb} , sinh ra do độ lệch điện áp: $\Delta \dot{U} = \dot{U}_{2(1)} - \dot{U}_{2(2)}$, sẽ có chiều ngược nhau trong dây quấn thứ cấp của hai máy biến áp.

- Dòng điện I_{cb} này cũng chính là dòng ngắn mạch trong máy biến áp và biểu thị bởi 2 vectơ I_{cb1} và I_{cb2} trong máy biến áp (1) và trong biến áp (2).

- Nếu gọi $Z_n(1)$ và $Z_n(2)$ là các tổng trở ngắn mạch của máy biến áp (1) và máy biến áp (2), chúng ta có:

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.2 Điều kiện tỉ số biến áp bằng nhau

$$\dot{I}_{cb} = \frac{\Delta \dot{U}}{Z_{n(1)} + Z_{n(2)}} = \frac{\dot{U}_1 \left(\frac{1}{k_1} - \frac{1}{k_2} \right)}{Z_{n(1)} + Z_{n(2)}} = \frac{\dot{U}_1 \left(\frac{k_2 - k_1}{k_1 k_2} \right)}{Z_{n(1)} + Z_{n(2)}} \quad (4.53)$$

- Và nếu định nghĩa $k_1 k_2 = k^2$ và $U_1/k = U_{2\text{đm}}$, với k là tỷ số biến đổi trung bình của hai máy biến áp, $U_{2\text{đm}}$ là giá trị trung bình của điện áp định mức phía thứ cấp, và hai máy có cùng điện áp ngắn mạch. $U_n(1) = U_n(2)$ thì:

$$\begin{aligned} I_{cb} &= \frac{\frac{U_1}{k} \left(\frac{k_2 - k_1}{k} \right)}{Z_{n(1)} + Z_{n(2)}} = \frac{U_{2n} \left(\frac{k_2 - k_1}{k} \right) 100}{\frac{Z_{n(1)} I_{2n(1)}}{I_{2n(1)}} 100 + \frac{Z_{n(2)} I_{2n(2)}}{I_{2n(2)}}} \\ &= \frac{\Delta k}{\frac{Z_{n(1)} I_{2n(1)}}{U_{2n}} \cdot \frac{100}{I_{2n(1)}} + \frac{Z_{n(2)} I_{2n(2)}}{U_{2n}} \cdot \frac{100}{I_{2n(2)}}} = \frac{\Delta k}{\frac{U_{n(1)}}{I_{2n(1)}} + \frac{U_{n(2)}}{I_{2n(2)}}} \end{aligned} \quad (4.54)$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.2 Điều kiện tỉ số biến áp bằng nhau

- Với $\Delta k = (k_2 - k_1/k) \times 100$ là độ sai lệch của tỷ số biến đổi tính theo phần trăm của giá trị trung bình $I_{2dm}(1)$, $I_{2dm}(2)$ là giá trị của dòng điện định mức của cuộn dây thứ cấp hai máy biến áp (1) và (2).

- Thông thường, người ta thường tính dòng cân bằng I_{cb} theo giá trị phần trăm của dòng điện định mức thứ cấp của máy biến áp, lúc đó:

$$I_{cb} \% = \frac{I_{cb}}{I_{2dm}} \times 100$$

- Nếu tính theo giá trị máy biến áp (1), công thức (4.54) trở thành:

$$I_{cb} \% = \frac{I_{cb1}}{I_{2n(1)}} \times 100 = \frac{\Delta k \times 100}{U_{n(1)} + U_{n(2)} \frac{I_{2n(1)}}{I_{2n(2)}}} = \frac{\Delta k \times 100}{U_{n(1)} + U_{n(2)} \frac{P_{dm(1)}}{P_{dm(2)}}} \quad (4.55)$$

Với: $P_{dm}(1)$ và $P_{dm}(2)$ - công suất định mức của máy biến áp (1) và máy biến áp (2).

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

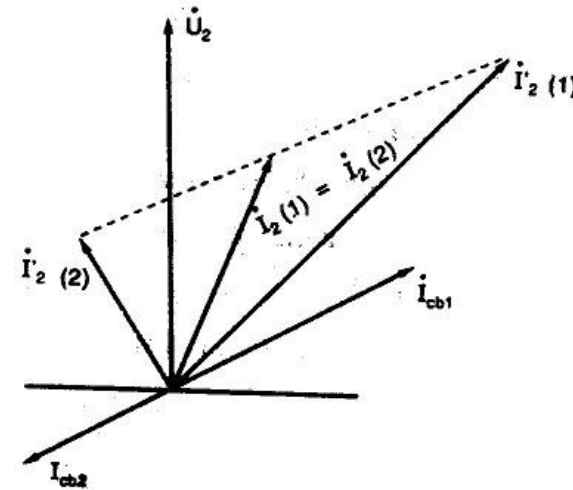
4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.2 Điều kiện tỉ số biến áp bằng nhau

- Do đó, chúng ta thấy khi máy có tải, dòng điện cân bằng I_{cb} sẽ cộng thêm vào dòng điện tải của từng máy, kết quả làm các máy biến áp phân bố tải không tương ứng với tỷ lệ công suất định mức của máy khi làm việc song song.

- Hình 4.22, cho thấy sơ đồ vectơ của dòng điện tải của hai máy biến áp làm việc song song khi $k_1 \neq k_2$.

- Để tránh dòng điện cân bằng, các máy biến áp hoạt động song song cho phép độ lệch pha của tỷ số biến đổi không vượt quá 0,005 giá trị trung bình của nó.



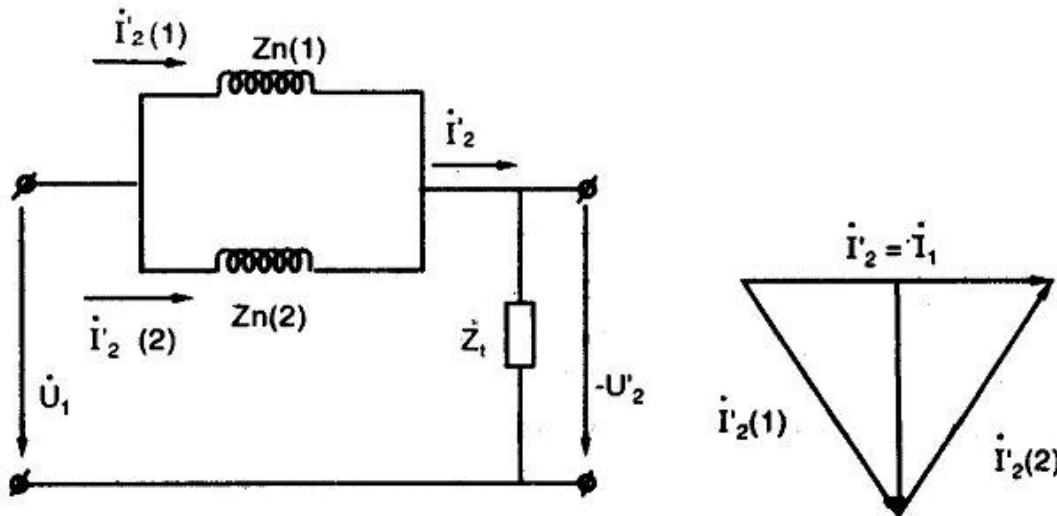
Hình 4.22: Sự phân bố tải của hai máy biến áp song song có tỷ số biến đổi khác nhau.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.3 Điều kiện trị số điện áp ngắn mạch U_n bằng nhau

- Chúng ta xét hai máy biến áp làm việc song song, có các điện áp ngắn mạch $U_n(1)$ và $U_n(2)$.
- Nếu bỏ qua dòng điện từ hóa, thì mạch điện thay thế của chúng được vẽ ở Hình 4.23a và sơ đồ vectơ tương ứng ở Hình 4.23b.



Hình 4.23: (a) Mạch điện thay thế tương đương của máy biến áp làm việc song song; (b) Sơ đồ vectơ tương ứng

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.3 Điều kiện trị số điện áp ngắn mạch Un bằng nhau

- Tổng trở tương đương của mạch điện là:

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{Z_{n(1)}} + \frac{1}{Z_{n(2)}}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n=2} \frac{1}{Z_{n(i)}}} \quad (4.56)$$

- Điện áp rơi trên mạch điện:

$$\Delta \dot{U} = \dot{U}_1 - \dot{U}_2 = Z \dot{I} \quad (4.57)$$

Trong đó $\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2$ - dòng điện tổng của mạch điện.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.3 Điều kiện trị số điện áp ngắn mạch Un bằng nhau

- Dòng điện tải của mỗi máy biến áp (mạch nhánh):

$$\dot{I}_{2(1)}' = \frac{Z \dot{I}}{Z_{n(1)}} = \frac{\dot{I}}{Z_{n(1)} \sum_{i=1}^2 \left(\frac{1}{Z_{n(i)}} \right)} \quad (4.58)$$

$$\dot{I}_{2(2)}' = \frac{Z \dot{I}}{Z_{n(2)}} = \frac{\dot{I}}{Z_{n(2)} \sum_{i=1}^2 \left(\frac{1}{Z_{n(i)}} \right)} \quad (4.59)$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.3 Điều kiện trị số điện áp ngắn mạch U_n bằng nhau

- Trong thực tế, góc lệch pha $\varphi_{n(1)}$ và $\varphi_{n(2)}$ khác nhau không nhiều, do đó xem như các dòng điện tải của các máy biến áp ghép song song cùng pha, do đó để đơn giản trong tính toán, chúng ta có thể lấy giá trị biên độ để tính.

Đối với máy biến áp 1, ta có:

$$Z_{n(1)} = U_{n(1)} \frac{U_{dm}}{I_{dm}}$$

Do đó:

$$I'_{2(1)} = \frac{I}{\frac{U_{n(1)}}{I_{dm(1)}} \sum \left(\frac{I_{dm(1)}}{U_{n(i)}} \right)} \quad (4.60)$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.3 Điều kiện trị số điện áp ngắn mạch Un bằng nhau

- Nhân hai vế của biểu thức (4.60) với $\frac{U_{1dm}}{S_{dm(1)}} = \frac{U_{1dm}}{U_{1dm} I_{dm(1)}}$

Ta có:
$$\beta_{(1)} = \frac{S_{(1)}}{S_{dm(1)}} = \frac{S}{U_{n(1)} \sum_{i=1}^2 \frac{S_{dm(i)}}{U_{n(i)}}} \quad (4.61)$$

Với: $S = U_{1dm} \cdot I$ - tổng công suất truyền tải của hai máy biến áp.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.3 Điều kiện trị số điện áp ngắn mạch Un bằng nhau

Tương tự đối với máy biến áp (2).

$$\beta_{(2)} = \frac{S_{(2)}}{S_{dm(2)}} = \frac{S}{U_{n(2)} \sum_{i=1}^2 \frac{S_{dm(i)}}{U_{n(i)}}} \quad (4.62)$$

$\beta_{(1)}$, $\beta_{(2)}$ - hệ số tải của các máy biến áp (1) và (2).

- Từ biểu thức (4.61) và (4.62), chúng ta thấy hệ số tải của các máy biến áp làm việc song song tỷ lệ ngược với điện áp ngắn mạch của chúng.

$$\beta_{(1)} : \beta_{(2)} : \beta_{(i)} = \frac{1}{U_{n(1)}} : \frac{1}{U_{n(2)}} : \frac{1}{U_{n(i)}} \quad (4.63)$$

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.3 Điều kiện trị số điện áp ngắn mạch U_n bằng nhau

- Nghĩa là, nếu điện áp ngắn mạch U_n của các máy bằng nhau, thì tải sẽ phân phối theo tỷ lệ công suất.
- Ngược lại nếu U_n khác nhau, thì máy biến áp nào có U_n nhỏ sẽ có β lớn (tải nặng) và máy biến áp có U_n lớn sẽ có β nhỏ (tải nhẹ).
- Cụ thể, nếu máy biến áp (1) có U_n nhỏ làm việc ở tải định mức ($\beta = 1$) thì máy biến áp (2) có U_n lớn sẽ làm việc non tải ($\beta < 1$). Như thế không tận dụng hết công suất thiết kế của máy biến áp.
- Thông thường máy biến áp có công suất nhỏ thì có điện áp ngắn mạch U_n nhỏ, máy có công suất lớn thì có U_n lớn. Do đó các máy biến áp có công suất khác nhau nhiều, nếu làm việc song song sẽ không kinh tế.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.7 MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

4.7.3 Điều kiện trị số điện áp ngắn mạch U_n bằng nhau

- Cho nên theo qui định, điện áp ngắn mạch U_n của các máy biến áp làm việc song song không được chênh lệch quá 10% và tỷ lệ công suất máy khoảng 3:1.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

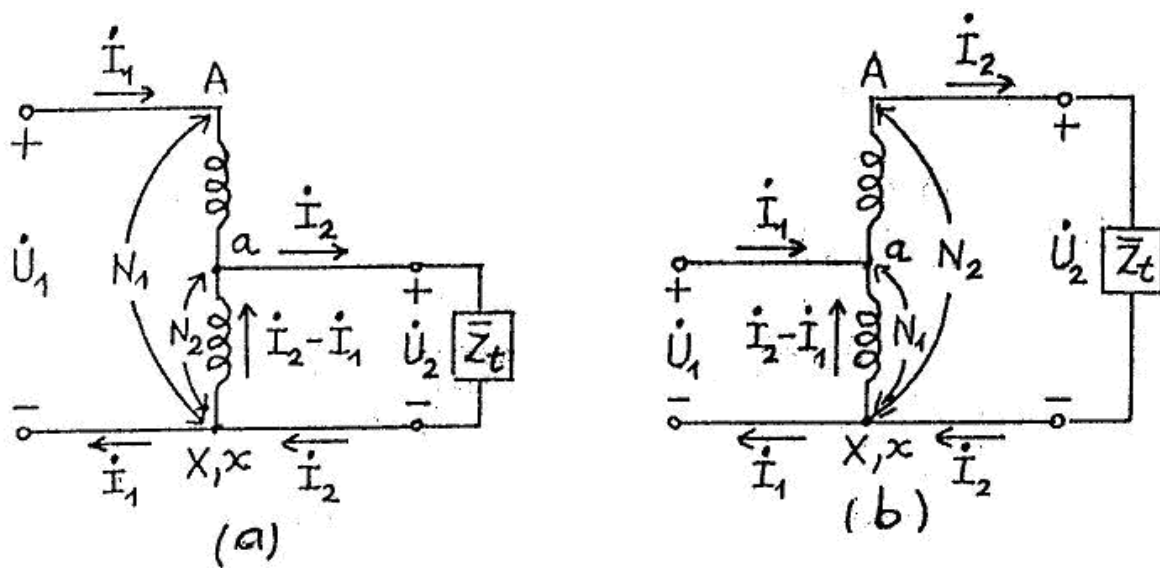
4.8.1 Máy tự biến áp

- Máy tự biến áp được dùng khi cần điện áp ra thay đổi hoặc khi tỷ số biến áp không lớn.
- Cấu tạo và nguyên lý làm việc tương tự máy biến áp thông thường, chỉ khác cách đấu dây giữa hai cuộn sơ và thứ cấp.
- Trong máy giảm áp (hình 4.24 a), cuộn thứ cấp là một phần của cuộn sơ cấp.
- Để đơn giản, ta xét máy biến áp lý tưởng (không có tổn hao và từ tản; dòng không tải bằng không).

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.1 Máy tự biến áp



Hình 4.24: Máy tự biến áp. a) giảm áp, b) tăng áp

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.1 Máy tự biến áp

- Máy tự giảm áp

Tỷ số biến áp cũng giống máy bình thường:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = k > 1 \quad \text{Vì} \quad (4.64)$$

Xét sự chuyển công suất từ nguồn qua tải.

Vì $\dot{I}_0 = 0$ nên dòng trong phần chung ax có trị hiệu dụng là hiệu số

học $(I_2 - I_1)$. Giả sử tải là điện trở. Công suất P phát cho tải là:

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.1 Máy tự biến áp

$$P = U_2 \cdot I_2 = U_2 \cdot I_1 + U_2 \cdot (I_2 - I_1) = P_d + P_{dt} \quad (4.65)$$

Với: $P_d = U_2 \cdot I_1$ là công suất điện, dẫn đến tải qua Aa

$P_{dt} = U_2 \cdot (I_2 - I_1)$ = công suất điện từ, biến đổi cho tải qua ax

Tỷ lệ giữa P_d , P_{dt} và công suất tổng P là:

$$\frac{P_d}{P} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{k}; \quad \frac{P_{dt}}{P} = \frac{I_2 - I_1}{I_2} = \frac{k-1}{k} \quad (4.66)$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.1 Máy tự biến áp

- Máy tự biến áp có thể truyền cho tải công suất lớn hơn máy biến áp thông thường cùng kích thước. Đó là nhờ máy chỉ biến đổi một phần công suất vào, phần kia được dẫn trực tiếp đến tải.

- Máy tự tăng áp

Tương tự xét hình 4.24b; với tải điện trở:

$$P = U_1 \cdot I_1 = U_1 \cdot I_2 + U_1 \cdot (I_1 - I_2) = P_{\text{đ}} + P_{\text{đt}} \quad (4.67)$$

Với: $P_{\text{đ}} = U_1 \cdot I_2$ - là công suất điện, dẫn đến tải qua Aa

$P_{\text{đt}} = U_1 \cdot (I_1 - I_2)$ - công suất điện từ, biến đổi cho tải qua ax

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.1 Máy tự biến áp

Tỷ lệ giữa P_d , P_{dt} và công suất tổng P là:

$$\frac{P_d}{P} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = k < 1 \quad (4.68)$$

$$\frac{P_{dt}}{P} = \frac{I_1 - I_2}{I_1} = 1 - k \quad (4.69)$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.2 Máy biến áp đo lường

- Hầu hết các hệ thống điện lực đều có điện áp cao và dòng điện có trị số lớn, do đó các dụng cụ đo lường thông dụng không thể đo được trực tiếp. Các máy biến áp đo lường được chế tạo đặc biệt, để thực hiện việc đo lường điện áp và cường độ dòng điện của lưới điện, phần thứ cấp của máy được nối với các dụng cụ đo thông thường để chỉ thị trị số đo. Đó là các máy biến áp **đo lường điện áp** (thường gọi tắt là PT hay TU) và máy biến áp **đo lường dòng điện** (thường gọi tắt là CT hay TI).
- Các thiết bị đo lường này còn được dùng với các dụng cụ bảo vệ và tự động điều khiển.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.2 Máy biến áp đo lường

- Máy biến điện áp

- Các máy biến điện áp thường thiết kế theo loại hạ áp. Đầu ra nối với dụng cụ đo lường (như Volt kế, Watt kế...) thường có điện áp khoảng 100 V.
- Các máy biến điện áp hoạt động với cuộn dây sơ cấp luôn ở điện áp định mức, trong khi đó cuộn dây thứ cấp được nối vào các dụng cụ đo (như Volt kế, Watt kế) có tổng trở cao. Do đó dòng điện chạy trong dây quấn thứ cấp rất nhỏ nên có thể xem như máy biến điện áp hoạt động không tải.
- Máy biến điện áp khi đo lường gặp phải hai loại sai số mà sẽ ảnh hưởng đến giá trị của đại lượng đo được, đó là: *Sai số do tỷ số biến đổi* và *sai số do gốc lệch pha*.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

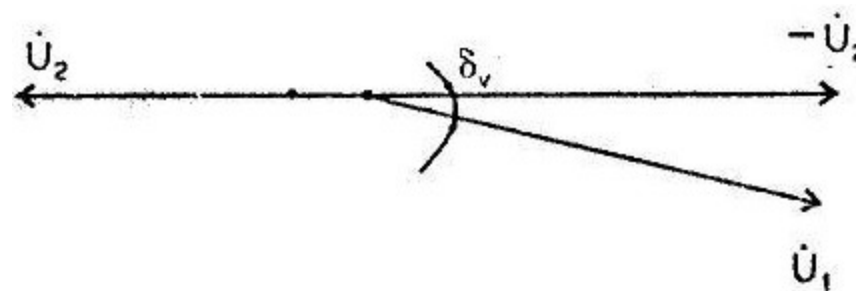
4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.2 Máy biến áp đo lường

- Sai số do tỷ số biến đổi được xác định là:

$$\Delta k_v = \frac{U_2 \frac{N_1}{N_2} - U_1}{U_1} \times 100 \quad (4.70)$$

- Sai số do góc lệch pha δ_v , giữa vectơ điện áp vào U_1 và vectơ điện áp ra U_2 (Hình 4.25).



Hình 4.25 Góc lệch pha giữa vectơ và vectơ

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.2 Máy biến áp đo lường

- Trong thực tế các sai số này sẽ tăng nếu dung lượng của dụng cụ đo nối với phía thứ cấp của máy biến điện áp có công suất tiêu thụ (kVA) lớn. Do đó, đối với máy biến điện áp người ta chia thành ba cấp chính xác sau:

Cấp chính xác 1: $\Delta k_v = \pm 0,5\%$, $\delta_v = \pm 20'$

Cấp chính xác 2: $\Delta k_v = \pm 1,0\%$, $\delta_v = \pm 40'$

Cấp chính xác 3: $\Delta k_v = \pm 3,0\%$, $\delta_v =$ không giới hạn

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.2 Máy biến áp đo lường

- Máy biến dòng

- Máy biến dòng là một thiết bị dùng để đo lường cường độ dòng điện của mạch điện. Nó thường biến đổi dòng điện xuống đến trị số 5 Ampere để đo lường.
- Về cấu tạo, máy biến dòng có cấu tạo như một máy biến áp, tuy nhiên cuộn dây sơ cấp chỉ có rất ít vòng dây (một hoặc vài vòng dây) với tiết diện lớn, và được nối nối tiếp với mạch cần đo cường độ.
- Phần cuộn dây thứ cấp được nối với Ampere kế, Watkế, hay dụng cụ điều khiển tự động.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.2 Máy biến áp đo lường

- Phần thứ cấp của máy biến dòng luôn luôn được nối với một dụng cụ đo hay một thiết bị đo lường nào đó có tổng trở rất nhỏ, do đó máy biến dòng xem như hoạt động ở trạng thái ngắn mạch.
- Tương tự như các công thức và mạch điện thay thế của máy biến áp đã khảo sát ở phần trước, chúng ta có phương trình sau:

$$\dot{I}_2' = \dot{I}_2 \frac{N_2}{N_1} = -\dot{I}_1 Z_m / (Z_m + Z_2' + Z')$$
(4.71)

Với $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_2'$ là dòng điện sơ cấp, dòng điện thứ cấp chưa qui đổi, và dòng

dòng điện thứ cấp đã qui đổi về sơ cấp. N_1, N_2 là số vòng dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.2 Máy biến áp đo lường

Z_m, Z'_2, Z' - lần lượt là tổng trở của lõi thép mạch từ, tổng trở của phần dây quấn thứ cấp đã qui đổi về phần sơ cấp và tổng trở Z' của thiết bị đo nối với biến dòng.

- Chúng ta dễ dàng nhận thấy sự sai số của tỷ số biến đổi và sai số của góc lệch pha giữa dòng điện \dot{I}_1 và \dot{I}_2 (Hình 4.26) sẽ giảm đáng kể khi

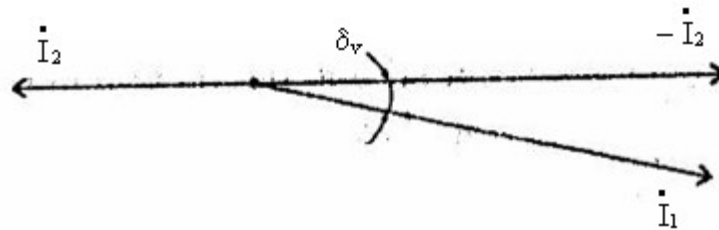
tổng trở $Z'_2 + Z'$ giảm so với tổng trở Z_m .

- Do đó, khi thiết kế máy biến dòng, người ta cố gắng tính toán thiết kế làm sao để lõi thép mạch từ có trị số Z_m lớn nhất, và dây quấn thứ cấp Z'_2 có giá trị nhỏ nhất.

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.2 Máy biến áp đo lường



Hình 4.26 Góc lệch pha giữa I_1
và I'_2

- Với tải đo lường đạt đến giá trị định mức, thì sai số do tỷ số biến đổi, được xác định là:

Cấp chính xác 0,2: $\Delta k_i = 0,2\%$, $\delta_i = 10'$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP BA PHA

4.8 CÁC MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

4.8.2 Máy biến áp đo lường

Cấp chính xác 0,5: $\Delta k_i = 0,5\%$, $\delta_i = 40'$

Cấp chính xác 1,0: $\Delta k_i = 1,0\%$, $\delta_i = 80'$

Cấp chính xác 3: $\Delta k_i = 3,0\%$, $\delta_i =$ không giới hạn

Cấp chính xác 10: $\Delta k_i = 10\%$, $\delta_i =$ không giới hạn