

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.1 Định nghĩa máy biến áp

*Máy biến áp là một thiết bị điện từ loại tĩnh, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, biến đổi một hệ thống dòng điện xoay chiều ở điện áp này thành một hệ thống dòng điện xoay chiều ở điện áp khác với tần số không thay đổi.*

- Do đó máy biến áp chỉ làm nhiệm vụ truyền tải hoặc phân phối năng lượng chứ không biến đổi năng lượng.
- Thực tế một máy biến áp gồm có hai hoặc nhiều cuộn dây liên hệ nhau bởi từ thông móc vòng.
- Nếu một cuộn dây được đặt vào một nguồn điện áp xoay chiều (gọi là cuộn dây sơ cấp), thì sẽ có một từ thông sinh ra với biên độ phụ thuộc vào điện áp sơ cấp và số vòng dây quấn sơ cấp.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.1 Định nghĩa máy biến áp

- Từ thông này sẽ móc vòng các cuộn dây quấn khác (dây quấn thứ cấp) và cảm ứng trong dây quấn thứ cấp có một sức điện động mới, có giá trị phụ thuộc vào số vòng dây quấn thứ cấp.
- Với tỷ số tương ứng giữa số vòng dây quấn sơ cấp và thứ cấp chúng ta sẽ có tỷ lệ tương ứng giữa điện áp sơ cấp và thứ cấp.

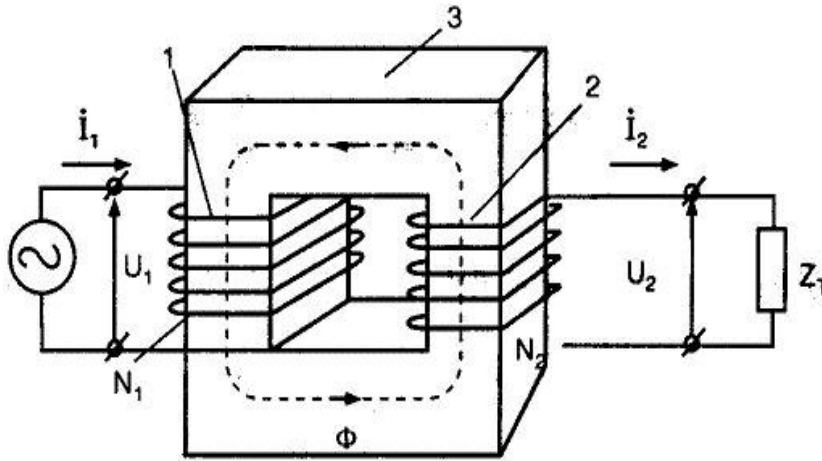
### 3.1.2 Nguyên lý hoạt động của máy biến áp

- Nguyên lý hoạt động của máy biến áp dựa trên ý niệm về cảm ứng điện từ.
- Để tăng hiệu quả, mạch từ được cấu tạo bởi vật liệu dẫn từ tốt (vật liệu tole silic) thay vì dùng mạch từ là không khí.
- Ta hãy xét sơ đồ nguyên lý của một máy biến áp như hình 3.1.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.2 Nguyên lý hoạt động của máy biến áp



Hình 3.1 Sơ đồ máy biến áp một pha hai dây quấn.

- Dây quấn 1 có  $N_1$  vòng dây và dây quấn 2 có  $N_2$  vòng dây được quấn trên lõi thép 3.
- Khi đặt một điện áp xoay chiều  $U_1$  vào dây quấn 1 (dây quấn sơ cấp), sẽ có dòng điện  $i_1$  chạy trong dây quấn 1.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.2 Nguyên lý hoạt động của máy biến áp

- Trong lõi sinh ra từ thông  $\Phi$  móc vòng với cả hai dây quấn 1 và 2, cảm ứng ra các sức điện động  $e_1$  và  $e_2$ .
- Dây quấn 2 (dây quấn thứ cấp) có sức điện động  $e_2$ , sẽ sinh ra dòng điện  $i_2$  đưa ra tải với điện áp xoay chiều  $u_2$ .
- Như vậy năng lượng của dòng điện xoay chiều đã được truyền từ dây quấn 1 sang dây quấn 2.
- Giả sử điện áp xoay chiều đặt vào là một hàm số hình sin, thì từ thông do nó sinh ra cũng là một hàm số hình sin:

$$\Phi = \Phi_m \sin \omega.t \quad (3.1)$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.2 Nguyên lý hoạt động của máy biến áp

- Theo định luật cảm ứng điện từ các sức điện động cảm ứng  $e_1$ ,  $e_2$  sinh ra trong cuộn sơ cấp và thứ cấp là:

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} = N_1 \Phi_m \omega \sin(\omega t - 90^\circ) = E_1 \sqrt{2} \sin(\omega t - 90^\circ) \quad (3.2)$$

$$e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = N_2 \Phi_m \omega \sin(\omega t - 90^\circ) = E_2 \sqrt{2} \sin(\omega t - 90^\circ) \quad (3.3)$$

Với:

$$E_1 = \frac{N_1 \phi_m \omega}{\sqrt{2}} = \pi \sqrt{2} N_1 f \phi_m = 4,44 N_1 f \phi_m \quad (3.4)$$

$$E_2 = \frac{N_2 \phi_m \omega}{\sqrt{2}} = \pi \sqrt{2} N_2 f \phi_m = 4,44 N_2 f \phi_m \quad (3.5)$$

là các trị số hiệu dụng của các sức điện động  $e_1$  và  $e_2$ .

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.2 Nguyên lý hoạt động của máy biến áp

- Các biểu thức (3.2) và (3.3) cho thấy sức điện động cảm ứng trong dây quấn luôn chậm pha với từ thông sinh ra nó một góc  $90^\circ$ .
- Tỷ số biến đổi của máy biến áp được định nghĩa như sau:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (3.6)$$

- Nếu bỏ qua điện áp rơi trên các dây quấn, thì có thể xem  $E_1 \approx U_1$  và  $E_2 \approx U_2$ , do đó k được xem như là tỷ số biến áp giữa dây quấn 1 và dây quấn 2:

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = k \quad (3.7)$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.2 Nguyên lý hoạt động của máy biến áp

- Nếu bỏ qua tổn hao trong máy biến áp thì  $U_1 I_1 = U_2 I_2$ . Vậy:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = k \quad (3.8)$$

- Nếu  $N_2 > N_1$  thì  $U_2 > U_1$ ,  $I_2 < I_1$ : máy tăng áp

- Nếu  $N_2 < N_1$  thì  $U_2 < U_1$ ,  $I_2 > I_1$ : máy giảm áp

### 3.1.3 Các đại lượng định mức

- Các đại lượng định mức của máy biến áp do nhà chế tạo qui định sao cho máy làm việc lâu dài, gồm có: điện áp định mức, dòng điện định mức và công suất định mức.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.3 Các đại lượng định mức

1- Điện áp định mức dây quấn sơ cấp  $U_{1đm}$ : là điện áp đã qui định cho dây quấn sơ cấp.

2- Điện áp định mức dây quấn thứ cấp  $U_{2đm}$ : là điện áp hai đầu dây quấn thứ cấp (hở mạch) khi điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp là định mức.

Với máy ba pha, điện áp định mức là điện áp dây. Đơn vị tính V, kV.

3- Dòng điện định mức sơ cấp  $I_{1đm}$  và thứ cấp  $I_{2đm}$ : là dòng điện đã qui định cho mỗi dây quấn, ứng với công suất định mức và điện áp định mức.

Với máy ba pha, dòng điện định mức là dòng điện dây. Đơn vị tính A, kA.



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.3 Các đại lượng định mức

4- Công suất định mức  $S_{đm}$  của máy: là công suất toàn phần (hay biểu kiến) thứ cấp ở chế độ định mức. Đơn vị tính VA, kVA, MVA. Ta có:

$$\text{Máy một pha: } S_{đm} = U_{2đm} I_{2đm} = U_{1đm} I_{1đm} \quad (3.9)$$

$$\text{Máy ba pha: } S_{đm} = \sqrt{3} U_{2đm} I_{2đm} = \sqrt{3} U_{1đm} I_{1đm} \quad (3.10)$$

5- Tần số định mức  $f_{đm}$  có đơn vị Hz.

6- Các đại lượng định mức khác: số pha  $m$ , sơ đồ và tổ nối dây quấn. Điện áp ngắn mạch  $U_n\%$ . Chế độ làm việc: ngắn hạn hay dài hạn.

# **CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA**

## **3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP**

### **3.1.4 Cấu tạo máy biến áp**

- Máy biến áp có các bộ phận chính như sau: lõi thép (mạch từ), dây quấn và vỏ máy.

#### **3.1.4.1 Lõi thép máy biến áp**

- Lõi thép dùng làm mạch từ, để dẫn từ thông, đồng thời làm khung để đặt dây quấn.

- Thông thường để giảm tổn hao do dòng điện xoáy sinh ra, lõi thép cấu tạo gồm các lá thép kỹ thuật điện (tole silic) dày 0,35 mm ghép lại đối với máy biến áp hoạt động ở tần số đến vài trăm Hertz.

- Đối với các máy biến áp dùng trong lĩnh vực thông tin, tần số cao, thường cấu tạo bởi các lá thép permalloy ghép lại.

- Theo hình dạng lõi thép, có hai loại mạch từ:

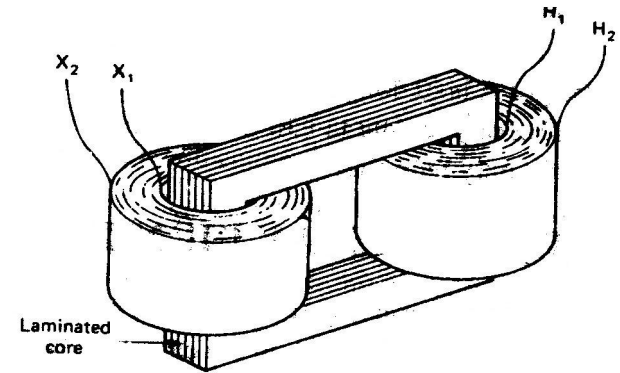
# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

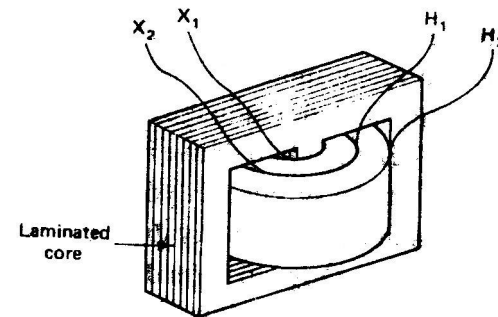
### 3.1.4 Cấu tạo máy biến áp

- Kiểu trụ (hình 3.2a): gồm hai cuộn dây nằm trên hai trụ của lõi thép chữ nhật. Loại này có khuyết điểm là từ tản giữa hai cuộn quá lớn nên máy bị sụt áp nhiều.

- Kiểu bọc (hình 3.2b): gồm hai cuộn dây đồng tâm, cuộn hạ áp nằm trong (sát lõi thép), cuộn cao áp nằm ngoài để dễ cách điện.



(a)



(b)

Hình 3.2 Mạch từ của máy biến áp

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.4 Cấu tạo máy biến áp

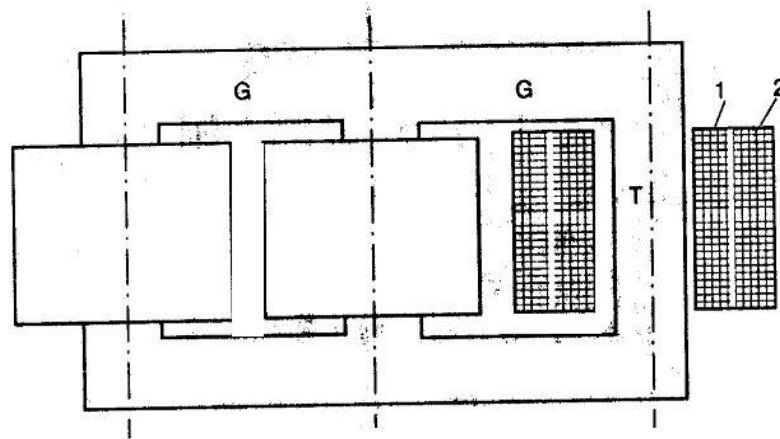
#### 3.1.4.2 Dây quấn máy biến áp

- Dây quấn máy biến áp làm nhiệm vụ truyền dẫn năng lượng, thường bằng đồng hoặc nhôm.
- Theo cách sắp xếp và bố trí của dây quấn cao áp và hạ áp người ta chia thành hai loại dây quấn chính: *dây quấn đồng tâm* và *dây quấn xen kẽ*.
  - + *Dây quấn đồng tâm*: tiết diện ngang là những vòng tròn đồng tâm. Dây quấn hạ áp thường quấn phía trong gần trụ thép, còn dây quấn cao áp quấn phía ngoài bọc lấy dây quấn hạ áp (Hình 3.3).
  - + *Dây quấn xen kẽ*: các bánh dây của dây quấn cao áp và hạ áp quấn xen kẽ nhau dọc theo trụ thép (Hình 3.4).

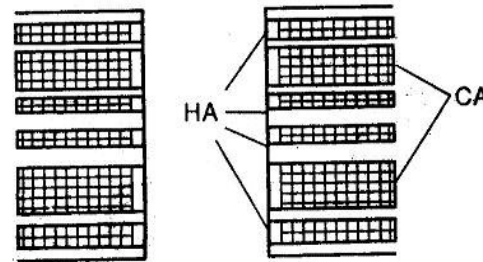
# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.4 Cấu tạo máy biến áp



Hình 3.3



Hình 3.4

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.4 Cấu tạo máy biến áp

#### 3.1.4.3 Vỏ máy

Gồm hai bộ phận: *thùng* và *nắp thùng*

*a - Thùng máy biến áp*: thường cấu tạo bằng thép, có dạng tròn hay bầu dục.

- Để đảm bảo tuổi thọ vận hành của máy biến áp, phải tăng cường làm mát máy, bằng cách ngâm máy biến áp trong thùng đựng đầy dầu.

- Nhờ sự đối lưu trong dầu, nhiệt truyền từ các bộ phận bên trong máy biến áp sang dầu, rồi từ dầu qua vách thùng ra môi trường xung quanh.

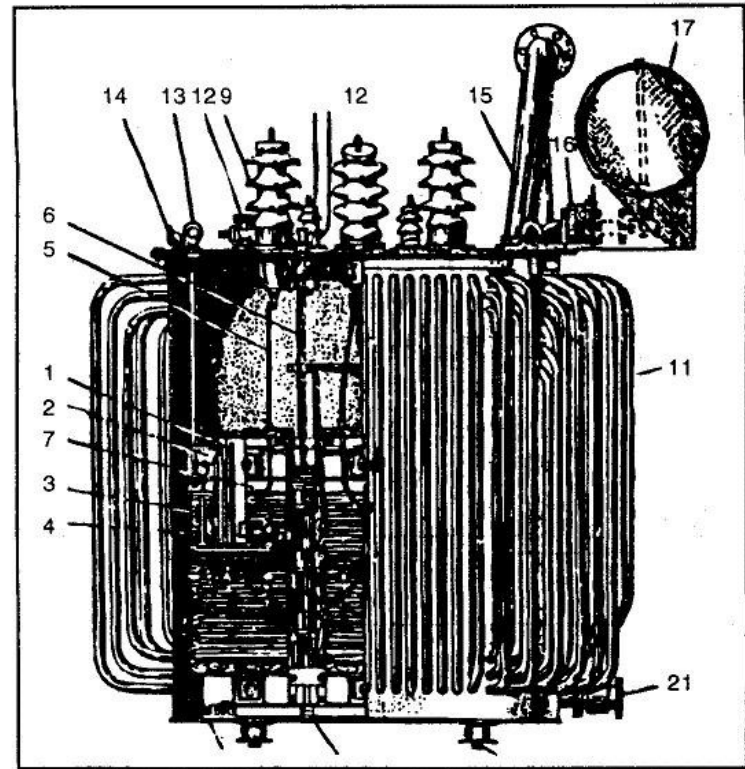
- Tùy theo dung lượng của máy biến áp, chúng ta có hình dáng và kết cấu của thùng dầu khác nhau.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.4 Cấu tạo máy biến áp

- Đối với máy biến áp dung lượng từ 30 kVA trở xuống, thường dùng loại thùng dầu đơn giản vỏ ngoài phẳng.
- Đối với máy biến áp cỡ trung bình và lớn, người ta thường dùng loại thùng có cánh tản nhiệt (Hình 3.5).



Hình 3.5 Thùng máy biến áp có cánh tản nhiệt

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.4 Cấu tạo máy biến áp

*b - Nắp thùng:* dùng để đậy kín thùng dầu, và trên đó có các chi tiết khác như:

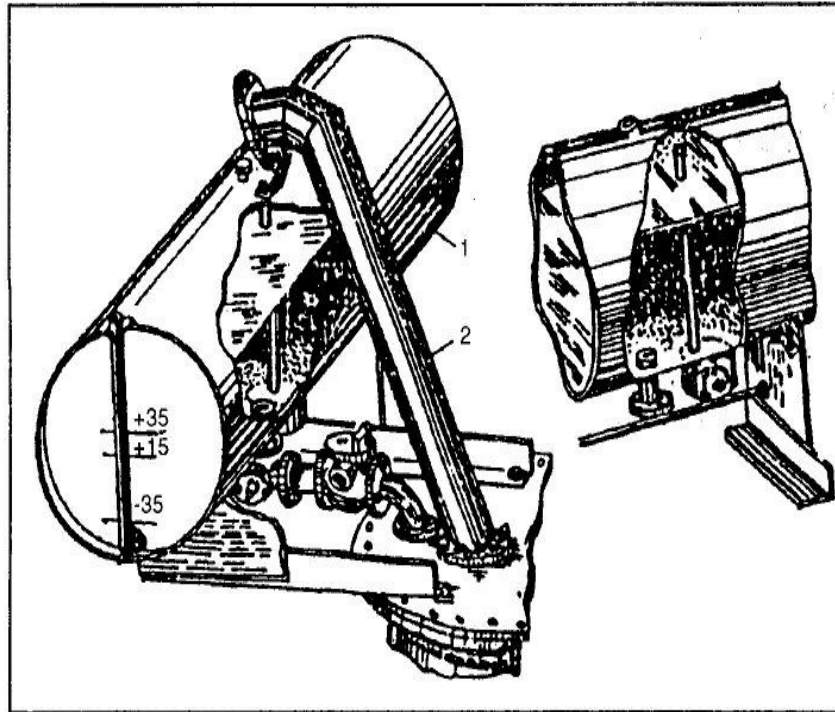
- Sứ cách điện đầu ra của dây quấn hạ và cao thế.
- Bình giãn dầu: dầu trong thùng máy biến áp thông qua bình giãn dầu giãn nở tự do.
- Ống bảo hiểm: làm bằng thép, thường là hình trụ nghiêng. Một đầu nối với thùng, một đầu bịt bằng một đĩa thủy tinh. Nếu vì một lý do nào đó, áp suất trong thùng dầu tăng lên đột ngột, dầu thủy tinh sẽ vỡ, dầu theo đó phụt ra ngoài để giảm áp suất nén trong thùng (*Hình 3.6*).
- Bộ điều chỉnh điện áp của dây quấn cao áp.



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

### 3.1.4 Cấu tạo máy biến áp



Hình 3.6 Bình giãn dầu và Ống bảo hiểm

# **CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA**

## **3.1 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP**

### **3.1.5 Công dụng của máy biến áp**

- Máy biến áp dùng để tăng điện áp từ máy phát điện lên đường dây tải điện đi xa, và giảm điện áp ở cuối đường dây để cung cấp cho tải.
- Ngoài ra, chúng còn được dùng trong các lò nung, hàn điện, đo lường hoặc làm nguồn điện cho các thiết bị điện, điện tử.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

- Nghiên cứu chế độ hoạt động không tải của máy biến áp là rất cần thiết.
- Qua đó, chúng ta có thể xác định được các đại lượng chính của máy biến áp, bằng phương pháp tính toán và phương pháp thực nghiệm như: tỷ số biến áp, dòng điện không tải và tổn hao không tải.
- Hơn nữa, phối hợp giữa đặc tính không tải và đặc tính có tải, chúng ta có thể xác định được hiệu suất của máy biến áp.

### 3.2.1 Phương trình điện áp

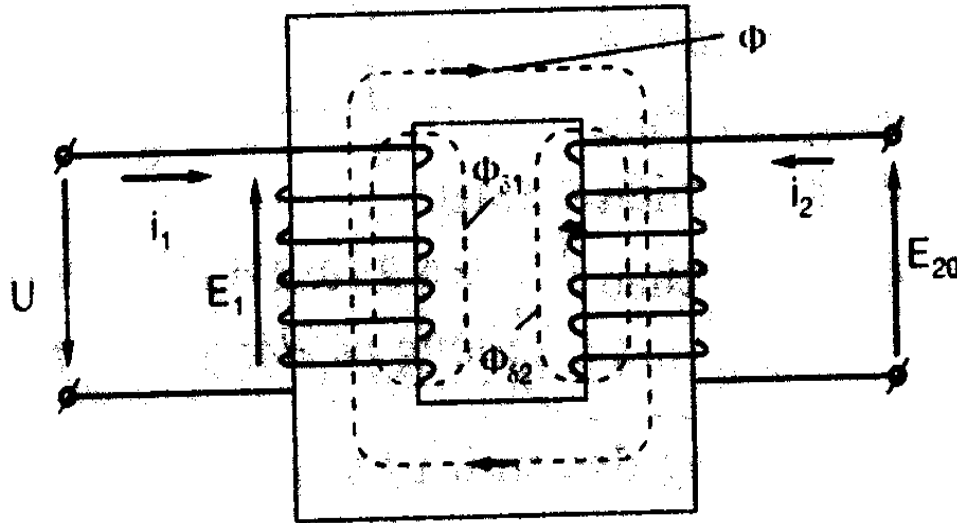
Xét một máy biến áp một pha với sơ đồ nối dây như hình 3.7

$$U_1 = U_{1m} \cdot \cos \omega.t = \sqrt{2} \cdot U_1 \cdot \cos 2.\pi. f .t \quad (3.11)$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.1 Phương trình điện áp



Hình 3.7 Sơ đồ nối dây của máy biến áp một pha với dây quấn thứ cấp hở mạch, dây quấn sơ cấp đặt vào một điện áp xoay chiều hình sin

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.1 Phương trình điện áp

Nếu bỏ qua điện trở của dây quấn, nghĩa là  $r_1 = 0$ , thì điện áp sẽ là:

$$U_1 = -e_1 = +N_1 \cdot \frac{d\Phi}{dt} \quad (3.12)$$

Và từ thông: 
$$\Phi = -\frac{1}{N_1} \int_0^t e_1 \cdot dt = \frac{E_{1m}}{N_1} \int_0^t \cos \omega t \cdot dt = \Phi_m \sin \omega t \quad (3.13)$$

với: 
$$\Phi_m = \frac{E_{1m}}{N_1 \cdot \omega} = \frac{\sqrt{2} \cdot E_1}{N_1 \cdot 2\pi \cdot f} \quad (3.14)$$

Giá trị hiệu dụng của sức điện động  $e_1$  sẽ là:

$$E_1 = \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f \cdot N_1 \cdot \Phi_m = 4,44 \cdot f \cdot N_1 \cdot \Phi_m \quad (3.15)$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.1 Phương trình điện áp

Tương ứng, giá trị hiệu dụng của sức điện động  $e_2$  ở dây quấn thứ cấp sẽ là:

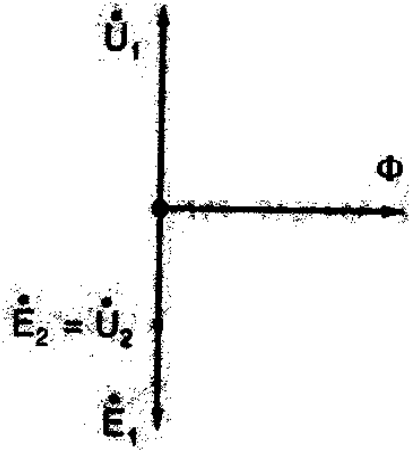
$$E_2 = \frac{E_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f \cdot N_2 \cdot \Phi_m = 4,44 \cdot f \cdot N_2 \cdot \Phi_m \quad (3.15)$$

- Theo đồ thị ở hình 3.8, chúng ta thấy từ thông  $\Phi$  chậm pha so với điện áp  $U_1$  một góc  $90^\circ$  và sớm pha hơn sức điện động  $e_1$  và  $e_2$  một góc  $90^\circ$ .

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.1 Phương trình điện áp



Hình 3.8 Giải đồ vectơ của máy biến áp 1 pha

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.2 Dòng điện không tải

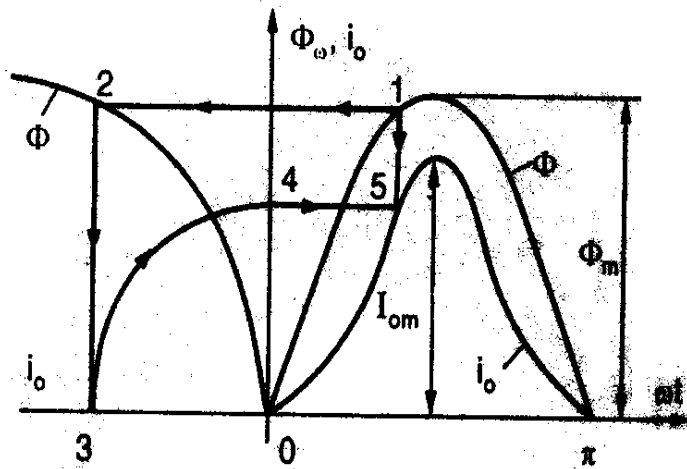
- Dòng điện  $i_0$  chạy trong dây quấn sơ cấp khi dây quấn thứ cấp hở mạch được gọi là dòng điện không tải.
- Nếu không kể đến tổn hao trong lõi thép thì dòng điện  $i_0$  thuần túy chỉ là dòng điện phản kháng  $i_0 = i_{0x}$ , dùng để từ hóa lõi thép.
- Do đó quan hệ giữa  $\Phi = f(i_0)$  cũng chính là quan hệ từ hóa  $B = f(H)$  của lõi thép mạch từ.
- Vì từ thông biến thiên theo thời gian theo hàm hình sin, biểu thức (3.14) chúng ta có thể sử dụng đường cong từ hóa  $B = f(H)$  để xác định sự biến thiên của dòng điện  $i_0$  theo thời gian (Hình 3.9).



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.2 Dòng điện không tải



Hình 3.9 Đồ thị biến thiên của từ thông và dòng điện theo thời gian

- Trước hết chúng ta dựng đặc tính từ thông  $\Phi = \Phi_m \cdot \sin \omega t$  và qua đó xác định các giá trị tức thời của  $i_0$  tương ứng với giá trị của các từ thông  $\Phi$ .

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.2 Dòng điện không tải

- *Ví dụ*: lấy giá trị  $\Phi$  tại điểm 1 và tương ứng tại điểm 2 sẽ xác định giá trị của  $i_0$  tương ứng tại điểm 5 (qua các điểm 3 và 4), giao nhau giữa đường nằm ngang và kéo dài từ điểm 4 và đường thẳng đứng kéo từ điểm 1.
- Chúng ta thấy với từ thông hình sin thì dòng điện không tải  $i_0$  sẽ không là hình sin mà có dạng nhọn đầu và trùng pha với  $\Phi$ .
- Hàm tuần hoàn  $i_0$  ngoài thành phần sóng cơ bản  $i_{01}$ , còn có các thành phần sóng điều hòa bậc cao: bậc 3 ( $i_{03}$ ), bậc 5 ( $i_{05}$ ), bậc 7 ( $i_{07}$ ), ..., trong đó thành phần  $i_{03}$  là đáng kể nhất.
- Chính thành phần  $i_{03}$  này có tác dụng làm cho dòng điện từ hóa có dạng nhọn đầu.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.2 Dòng điện không tải

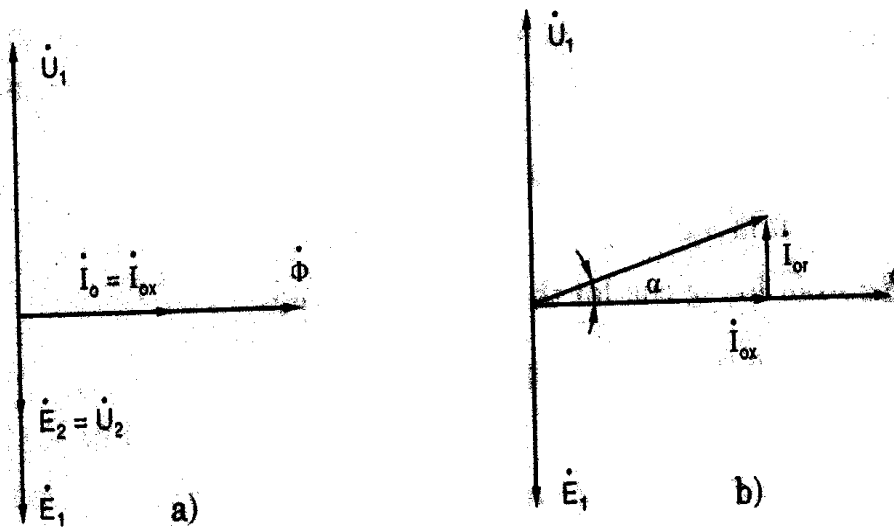
- Nếu mạch từ càng bão hòa từ thì  $i_0$  càng nhọn đầu, nghĩa là  $i_{03}$  càng lớn.
- Khi kể đến tổn hao trong lõi thép, thì quan hệ giữa  $\Phi$  và  $i_0$  được suy từ quan hệ từ hóa  $B = f(H)$  khi đó tương tự như phương pháp trên, cho thấy dòng điện không tải  $i_0$  có dạng nhọn đầu, nhưng vượt pha so với từ thông  $\Phi$  một góc  $\alpha$ .
- Góc  $\alpha$  này lớn hay nhỏ là tùy theo mức độ trễ của  $B$  đối với  $H$  nhiều hay ít.
- Vì thế  $\alpha$  được gọi là góc tổn hao từ trễ.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.2 Dòng điện không tải

- Hình 3.10 biểu diễn sơ đồ vectơ của máy biến áp khi không kể đến tổn hao trên lõi thép mạch từ (hình 3.10a) và khi có kể đến tổn hao trên lõi thép mạch từ (hình 3.10b).



Hình 3.10

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.2 Dòng điện không tải

- Dòng điện không tải  $i_0$  gồm hai thành phần:

+ *Thành phần phản kháng*  $I_{0x}$ : là dòng điện từ hóa lõi thép tạo nên từ thông và cùng chiều với từ thông.

+ *Thành phần tác dụng*  $I_{0r}$ : là dòng điện gây nên tổn hao sắt từ trong lõi thép. Giá trị hiệu dụng:

$$I_0 = \sqrt{I_{0r}^2 + I_{0x}^2} \quad (3.16)$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.2 Dòng điện không tải

trên thực tế  $I_{0r} < 10\%.I_0$ , nghĩa là góc  $\alpha$  thường rất nhỏ, do đó có thể xem:

$$I_{0x} = I_0$$

- Dòng điện không tải  $I_0$  thông thường nằm trong phạm vi từ 0,05 đến 0,1 dòng điện định mức của cuộn dây sơ cấp.

### 3.2.3 Tổn hao không tải

- Tổn hao không tải  $P_0$  của máy biến áp bao gồm các tổn hao lõi thép  $P_{Fe}$  và tổn hao phần đồng trong dây quấn sơ cấp  $P_{Cu1}$ .

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.3 Tổn hao không tải

- **Tổn hao thép**  $P_{Fe}$ : thông thường khoảng 0,1% đến 0,2% của tổng công suất máy biến áp bao gồm: tổn hao do từ trễ  $P_h$ , tỷ lệ với tần số từ hóa  $f$  và tỷ lệ bình phương với cảm ứng từ  $B^2$  và tổn hao do dòng xoáy  $P_x$ , tỷ lệ với bình phương tần số  $f^2$  và bình phương cảm ứng từ  $B^2$ .

Thực tế tính toán có thể sử dụng biểu thức sau:

$$P_{Fe} = P_h + P_x = \sum_k P_{1,0/50} \cdot B_k^2 \left(\frac{f}{50}\right)^{1,3} \cdot m_k \quad (3.17)$$

với:  $P_{1,0/50}$  – suất tổn hao của lõi thép ở tần số từ hóa  $f = 50\text{Hz}$  với cảm ứng từ là 1,0 Tesla (W/kg).

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.2 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG KHÔNG TẢI

### 3.2.3 Tổn hao không tải

$m_k$  – khối lượng của lõi thép ở đoạn k  
(kg).

B – cảm ứng từ của lõi thép ở đoạn k

(Tesla).

- **Tổn hao phần đồng  $P_{Cu1}$ :**

$$P_{Cu1} = r_1 \cdot I_0^2 \quad (3.18)$$

thường rất nhỏ (do dòng điện  $I_0$  nhỏ) và có thể bỏ qua được, do đó tổn hao không tải  $P_0$  của máy biến áp được tính là:

$$P_0 = P_{Fe} \quad (3.19)$$



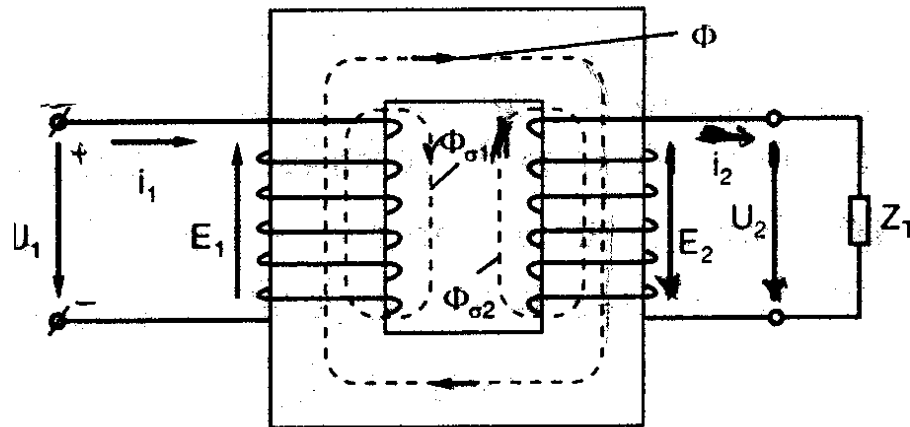
# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.3 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG CÓ TẢI

- Dây quấn thứ cấp của máy biến áp được nối với tải, do đó xuất hiện dòng điện  $i_2$  chạy trong dây quấn thứ cấp.
- Để thấy rõ quá trình năng lượng trong máy biến áp, chúng ta sẽ khảo sát các quan hệ điện từ trong trường hợp này.

### 3.3.1 Phương trình cân bằng sức điện động

Một máy biến áp một pha được vẽ ở hình 3.11.



Hình 3.11 Máy biến áp một pha

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.3 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG CÓ TẢI

### 3.3.1 Phương trình cân bằng sức điện động

- Khi đặt vào dây quấn sơ cấp một điện áp xoay chiều  $U_1$  sẽ có dòng điện  $i_1$  chạy trong nó. Nếu phía thứ cấp nối vào tải nghĩa là sẽ có một dòng điện  $i_2$  chạy trong dây quấn.
- Các dòng điện  $i_1$  và  $i_2$  sẽ tạo nên các sức từ động  $i_1.N_1$  và  $i_2.N_2$ .
- Phần lớn từ thông do  $i_1.N_1$  và  $i_2.N_2$  sinh ra khép mạch qua lõi thép và móc vòng với cả hai dây quấn sơ cấp và thứ cấp gọi là từ thông chính  $\Phi$ .
- Từ thông chính sinh ra trong các dây quấn sơ cấp và thứ cấp các sức điện động chính:

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi_1}{dt} \quad (3.20)$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.3 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG CÓ TẢI

### 3.3.1 Phương trình cân bằng sức điện động

$$e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi_2}{dt} \quad (3.21)$$

trong đó:  $\psi_1 = \Phi_1 \cdot N_1$  và  $\psi_2 = \Phi_2 \cdot N_2$  – từ thông móc vòng với dây quấn sơ cấp và thứ cấp ứng với từ thông chính  $\Phi$ .

- Một phần nhỏ từ thông do các sức từ động  $i_1 \cdot N_1$  và  $i_2 \cdot N_2$  sinh ra bị tản ra ngoài lõi thép và khép mạch qua không khí hay môi trường làm việc gọi là từ thông tản sơ cấp  $\Phi_{\sigma 1}$  và từ thông tản thứ cấp  $\Phi_{\sigma 2}$ .
- Các từ thông tản này sinh ra các sức điện động tản tương ứng:

$$e_{\sigma 1} = -N_1 \frac{d\Phi_{\sigma 1}}{dt} = -\frac{d\Psi_{\sigma 1}}{dt} \quad (3.22)$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.3 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG CÓ TẢI

### 3.3.1 Phương trình cân bằng sức điện động

$$e_{\sigma_2} = -N_2 \frac{d\Phi_{\sigma_2}}{dt} = -\frac{d\Psi_{\sigma_2}}{dt} \quad (3.23)$$

trong đó:  $\psi_{\sigma_1} = \Phi_{\sigma_1} \cdot N_1$  và  $\psi_{\sigma_2} = \Phi_{\sigma_2} \cdot N_2$  – từ thông tản móc vòng với dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

- Vì các từ thông tản chủ yếu đi qua môi trường không từ tính có độ từ thẩm  $\mu = \text{constant}$  nên có thể xem  $\psi_{\sigma_1}$  và  $\psi_{\sigma_2}$  tỷ lệ với các dòng điện tương ứng sinh ra chúng qua các hệ số điện cảm tản  $L_{\sigma_1}$  và  $L_{\sigma_2}$  là các hằng số:

$$\psi_{\sigma_1} = L_{\sigma_1} \cdot i_1 \quad (3.24)$$

$$\psi_{\sigma_2} = L_{\sigma_2} \cdot i_2 \quad (3.25)$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.3 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG CÓ TẢI

### 3.3.1 Phương trình cân bằng sức điện động

Do đó các sức điện động tần số cấp và thứ cấp:

$$e_{\sigma 1} = -L_{\sigma 1} \frac{di_1}{dt} \quad (3.26)$$

$$e_{\sigma 2} = -L_{\sigma 2} \frac{di_2}{dt} \quad (3.27)$$

- Theo định luật Kirchhoff chúng ta có phương trình cân bằng sức điện động của dây quấn sơ cấp:

$$U_1 + e_1 + e_{\sigma 1} = i_1 \cdot r_1 \quad (3.28)$$

với  $r_1$  – là điện trở của dây quấn sơ cấp. Hay

$$U_1 = -e_1 - e_{\sigma 1} + i_1 \cdot r_1 \quad (3.29)$$

## CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

### 3.3 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG CÓ TẢI

#### 3.3.1 Phương trình cân bằng sức điện động

tương tự đối với dây quấn thứ cấp:

$$e_2 + e_{\sigma 2} = U_2 + i_2 \cdot r_2 \quad (3.30)$$

hay 
$$U_2 = e_2 + e_{\sigma 2} - i_2 \cdot r_2 \quad (3.31)$$

với  $r_2$  – là điện trở của dây quấn thứ cấp.

- Nếu điện áp, sức điện động, dòng điện đều là những đại lượng xoay chiều biến thiên theo hàm hình sin với thời gian thì các phương trình (3.29) và (3.31) có thể biểu diễn ở dạng số phức:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_{\sigma 1} + \dot{I}_1 \cdot r_1 \quad (3.32)$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.3 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG CÓ TẢI

### 3.3.1 Phương trình cân bằng sức điện động

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 + \dot{E}_{\sigma 2} - \dot{I}_2 \cdot r_2 \quad (3.33)$$

và sức điện động tản sơ cấp:

$$\begin{aligned} e_{\sigma 1} &= -L_{\sigma 1} \frac{di_1}{dt} = -L_{\sigma 1} \frac{dI_m \cdot \sin \omega t}{dt} = -I_m \cdot \omega \cdot L_{\sigma 1} \cdot \cos \omega t \\ &= \sqrt{2} \cdot I_1 \cdot x_1 \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = \sqrt{2} \cdot E_{\sigma 1} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned} \quad (3.34)$$

Biểu diễn dưới dạng số phức:

$$\dot{E}_{\sigma 1} = -j \cdot \dot{I}_1 \cdot x_1 \quad (3.35)$$

trong đó:  $x_1 = \omega \cdot L_{\sigma 1}$  – là điện kháng tản của dây quấn thứ cấp.

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.3 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG CÓ TẢI

### 3.3.1 Phương trình cân bằng sức điện động

- Như vậy, nếu thay các giá trị của  $E_{\sigma_1}$  và  $E_{\sigma_2}$  vào các phương trình (3.32) và (3.33), chúng ta sẽ có các phương trình cân bằng sức điện động của dây quấn sơ cấp và thứ cấp viết dưới dạng số phức:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + j \cdot \dot{I}_1 \cdot x_1 + \dot{I}_1 \cdot r_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \cdot (r_1 + j \cdot x_1) = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \cdot \dot{Z}_1 \quad (3.36)$$

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 - j \cdot \dot{I}_2 \cdot x_2 - \dot{I}_2 \cdot r_2 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 \cdot (r_2 + j \cdot x_2) = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 \cdot \dot{Z}_2 \quad (3.37)$$

trong đó:  $Z_1 = r_1 + j \cdot x_1$  và  $Z_2 = r_2 + j \cdot x_2$  – tổng trở của dây quấn sơ cấp và thứ cấp tương ứng.



# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.3 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG CÓ TẢI

### 3.3.2 Phương trình cân bằng sức từ động

- Lúc máy biến áp làm việc có tải, từ thông chính trong máy là do sức từ động tổng sơ cấp và thứ cấp ( $i_1 \cdot N_1 - i_2 \cdot N_2$ ) tạo nên.
- Nếu hở mạch thứ cấp, lúc này máy biến áp làm việc ở tình trạng không tải với dòng điện trong dây quấn sơ cấp là  $i_0$ , thì từ thông chính trong lõi thép chỉ do sức từ động  $i_0 \cdot N_1$  sinh ra.
- Nếu bỏ qua điện áp rơi  $I_1 \cdot Z_1$  trong máy biến áp, thì điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp bằng sức điện động cảm ứng trong nó do từ thông chính sinh ra.

$$U_1 = E_1 = 4,44f \cdot N_1 \cdot \Phi_m$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.3 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG CÓ TẢI

### 3.3.2 Phương trình cân bằng sức từ động

- Nhưng điện áp  $U_1$  đặt vào thường được giữ là điện áp định mức và luôn luôn không đổi dù máy biến áp làm việc không tải hay có tải, do đó sức điện động  $E_1$  và từ thông  $\Phi_m$  trong máy biến áp luôn luôn có giá trị không đổi.
- Như vậy, sức từ động  $(i_1.N_1 - i_2.N_2)$  sinh ra từ thông chính  $\Phi_m$  lúc có tải phải bằng sức từ động  $i_0.N_1$  lúc không tải, để đảm bảo sinh ra một từ thông chính không đổi  $\Phi_m$ .

$$i_1.N_1 - i_2.N_2 = i_0.N_1 \quad (3.38)$$

hay viết dưới dạng số phức

$$\dot{I}_1.N_1 - \dot{I}_2.N_2 = \dot{I}_0.N_1 \quad (3.39)$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.3 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG CÓ TẢI

### 3.3.2 Phương trình cân bằng sức từ động

hay: 
$$\dot{I}_1 - \dot{I}_2 \cdot \frac{N_2}{N_1} = \dot{I}_0 \quad (3.40)$$

hoặc: 
$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}_2 \cdot \frac{N_2}{N_1} \quad (3.41)$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}_2' \quad (3.42)$$

với: 
$$\dot{I}_2' = \frac{N_2}{N_1} \cdot \dot{I}_2$$

# CHƯƠNG 3: MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA

## 3.3 MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA HOẠT ĐỘNG CÓ TẢI

### 3.3.2 Phương trình cân bằng sức từ động

Từ biểu thức (3.42), chúng ta thấy, lúc máy biến áp có tải, dòng điện trong dây quấn sơ cấp  $I_1$  gồm có hai thành phần:

- *Một thành phần là  $I_0$* : dùng để tạo nên từ thông chính trong lõi thép.
- *Một thành phần là  $I'_2$* : dùng để bù lại tác dụng của dòng điện thứ cấp.
- Do đó khi tải tăng lên, tức dòng điện thứ cấp  $I_2$  tăng lên thì thành phần  $I'_2$  cũng tăng lên, nghĩa là dòng điện sơ cấp  $I_1$  tăng lên để đảm bảo dòng điện  $I_0$  không đổi.
- Chính vì vậy dây quấn sơ cấp nhận thêm năng lượng từ lưới truyền sang dây quấn thứ cấp cung cấp cho tải.