

Phân phối và truyền tải điện năng là một bài toán cực kì quan trọng đối với mọi quốc gia. Trong bài toán đó, một vấn đề được đặt ra là giảm tối đa hao phí điện năng trên đường dây truyền tải.

I - BÀI TOÁN TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG ĐI XA

Điện năng phát ra từ nhà máy phát điện, được truyền đến nơi tiêu thụ trên một đường dây có điện trở tổng cộng là r . Điện áp hiệu dụng ở hai cực của máy phát là U (xác định từ nhà máy). Người ta đã chứng minh rằng công suất phát $\mathcal{P}_{\text{phát}}$ từ nhà máy được tính bởi công thức :

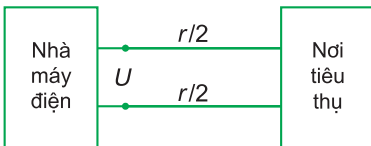
$$\mathcal{P}_{\text{phát}} = U_{\text{phát}} I$$

trong đó, I là cường độ dòng điện hiệu dụng trên đường dây.

Công suất hao phí do toả nhiệt trên đường dây được tính theo định luật Jun :

$$\mathcal{P}_{\text{hp}} = r I^2 = r \frac{\mathcal{P}_{\text{phát}}^2}{U_{\text{phát}}^2} = \mathcal{P}_{\text{phát}}^2 \frac{r}{U_{\text{phát}}^2} \quad (16.1)$$

Trong (16.1), $\mathcal{P}_{\text{phát}}$ hoàn toàn xác định : muốn tìm cách giảm \mathcal{P}_{hp} ta phải giảm r hoặc tăng $U_{\text{phát}}$. Biện pháp giảm r có những hạn chế (chẳng hạn muốn giảm r phải thay dây đồng bằng dây bạc, hoặc dây siêu dẫn,... quá tốn kém ; nếu không thì phải tăng tiết diện dây đồng, nghĩa là tăng khối lượng dây đồng và tăng số lượng cột điện vì dây nặng hơn trước...). Trái lại, biện pháp tăng $U_{\text{phát}}$ có hiệu quả rõ rệt ; chẳng hạn tăng $U_{\text{phát}}$ 10 lần thì \mathcal{P}_{hp} giảm 100 lần. **C1**



Hình 16.1

C1 Tại sao muốn giảm r , lại phải tăng tiết diện dây và tăng khối lượng đồng ?

Kết luận : Trong quá trình truyền tải điện năng từ nhà máy điện đi xa, lúc “đưa” điện năng lên đường dây truyền tải, phải tìm cách tăng điện áp. Khi tới nơi tiêu thụ, để đảm bảo an toàn cho việc sử dụng điện, phải giảm điện áp. Nói cách khác, trong quá trình truyền tải điện năng, phải sử dụng những *thiết bị biến đổi điện áp*.

II - MÁY BIẾN ÁP

Máy biến áp là những thiết bị có khả năng biến đổi điện áp (xoay chiều).

1. Cấu tạo và nguyên tắc của máy biến áp

Bộ phận chính của máy biến áp là một khung bằng sắt non có pha silic gọi là *lõi biến áp* (thường là hình chữ nhật) cùng với hai cuộn dây dẫn D_1 và D_2 có điện trở nhỏ và độ tự cảm lớn quấn trên hai cạnh đối diện của khung (H.16.2, 16.3). Cuộn thứ nhất D_1 có N_1 vòng được nối vào nguồn phát điện, gọi là *cuộn sơ cấp*. Cuộn thứ hai D_2 có N_2 vòng được nối ra các cơ sở tiêu thụ điện năng gọi là *cuộn thứ cấp*.

Nguồn phát điện tạo nên một điện áp xoay chiều tần số f ở hai đầu cuộn sơ cấp. Dòng xoay chiều trong cuộn sơ cấp gây ra biến thiên từ thông trong hai cuộn. Để thấy rõ điều này ta nhận xét rằng, do cấu tạo của máy biến áp, hầu như mọi đường sức từ do dòng điện ở cuộn sơ cấp gây ra đều đi qua cuộn thứ cấp ; nói cách khác từ thông qua mỗi vòng dây của cuộn sơ cấp và của cuộn thứ cấp là như nhau. Gọi từ thông này là $\Phi = \Phi_0 \cos \omega t$.

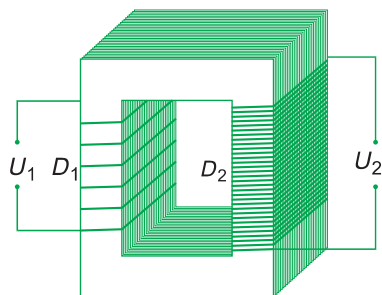
Từ thông qua cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp :

$$\Phi_1 = N_1 \Phi_0 \cos \omega t$$

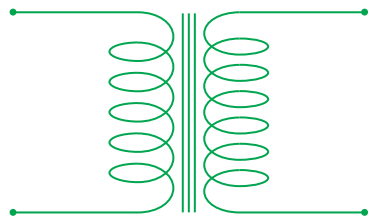
$$\Phi_2 = N_2 \Phi_0 \cos \omega t$$

Trong cuộn thứ cấp xuất hiện suất điện động cảm ứng e_2 :

$$e_2 = - \frac{d\Phi_2}{dt} = N_2 \omega \Phi_0 \sin \omega t$$



Hình 16.2



Hình 16.3

Như vậy, khi làm việc trong cuộn thứ cấp xuất hiện dòng điện xoay chiều cùng tần số với dòng điện ở cuộn sơ cấp.

☞ Tại sao các điện áp ở hai cuộn sơ cấp và thứ cấp có cùng tần số ?



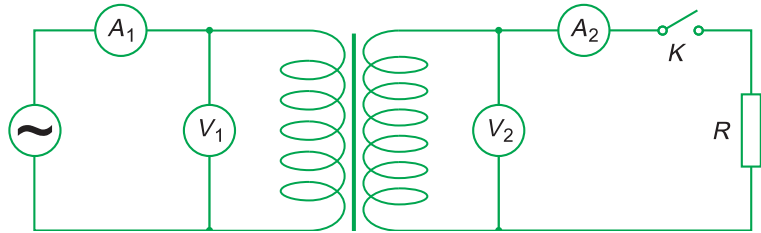
2. Khảo sát thực nghiệm một máy biến áp

Một máy biến áp có thể làm việc ở hai chế độ :

- Cuộn thứ cấp hở mạch (chế độ không tải).
- Cuộn thứ cấp nối với cơ sở tiêu thụ (chế độ có tải).

Ta có thể khảo sát bằng thực nghiệm những đặc tính của một máy biến áp⁽¹⁾ bằng một sơ đồ thực nghiệm như trên Hình 16.4. Mạch nối với cuộn sơ cấp gọi là *mạch sơ cấp* ; mạch nối với cuộn thứ cấp gọi là *mạch thứ cấp*.

☞ Hãy giải thích sơ đồ thí nghiệm Hình 16.4.



Hình 16.4

a) *Thí nghiệm 1: Khoá K ngắt (chế độ không tải) $I_2 = 0$.*

Thay đổi các số vòng N_1 , N_2 , đo các điện áp U_1 và U_2 , ta được các kết quả :

• Khảo sát đặc tính biến áp

N_1	N_2	U_1	U_2	$\frac{N_2}{N_1}$	$\frac{U_2}{U_1}$
600	600	120	120	1	1
600	600	80	80	1	1
600	200	120	40	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
600	1200	80	160	2	2
200	600	60	180	3	3

(1) Máy biến áp được chọn làm thí nghiệm thuộc loại gần lí tưởng, nghĩa là hiệu suất xấp xỉ 100%.

Ta được kết quả là hai tỉ số $\frac{N_2}{N_1}$ và $\frac{U_2}{U_1}$ luôn bằng nhau :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (16.2)$$

Tỉ số các điện áp hiệu dụng ở hai đầu cuộn thứ cấp và cuộn sơ cấp luôn luôn bằng tỉ số các số vòng dây của hai cuộn đó.

Nếu $\frac{N_2}{N_1} > 1$: Máy tăng áp.

Nếu $\frac{N_2}{N_1} < 1$: Máy hạ áp.

• **Khảo sát công suất tiêu thụ ở mạch sơ cấp và mạch thứ cấp**

Khi mạch thứ cấp ngắt $I_2 = 0$; ở mạch sơ cấp, nếu cho U_1 thay đổi, ta nhận thấy I_1 rất nhỏ (≈ 0). Vậy khi một máy biến áp ở chế độ không tải, thì nó hầu như không tiêu thụ điện năng.

b) **Thí nghiệm 2 : Khoá K đóng (chế độ có tải).**

• Thí nghiệm cho ta thấy, khi đóng K : $I_2 \neq 0$ thì I_1 cũng tự động tăng lên theo I_2 .

• Trong chế độ làm việc có tải của một máy biến áp, cường độ hiệu dụng I_2 không được vượt quá một giá trị chuẩn để cho các cuộn dây không quá nóng do toả nhiệt (thường nhiệt độ không được quá 55°C), khi đó ta nói, *máy biến áp làm việc bình thường*.

• Nếu tiến hành thí nghiệm như trên sơ đồ Hình 16.4 với máy biến áp lí tưởng⁽¹⁾, thì ta thu được kết quả :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (16.3)$$

Kết luận : Đối với máy biến áp lí tưởng :

– Tỉ số các điện áp hiệu dụng ở cuộn thứ cấp và cuộn sơ cấp bằng tỉ số $\frac{N_2}{N_1}$.

– Tỉ số các cường độ hiệu dụng ở mạch thứ cấp và mạch sơ cấp bằng nghịch đảo của tỉ số $\frac{N_2}{N_1}$.

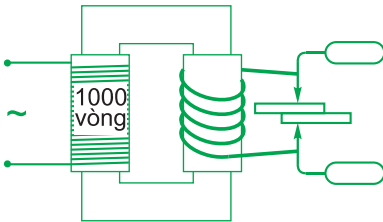
(1) Máy biến áp lí tưởng là máy hầu như không có hao tổn điện năng trong máy.

Ghi chú : Các hệ thức (16.3) chỉ là gần đúng với sai số dưới 10% trong điều kiện giảm tối đa điện năng hao tổn trong biến áp.

III - ỨNG DỤNG CỦA MÁY BIẾN ÁP

1. Truyền tải điện năng

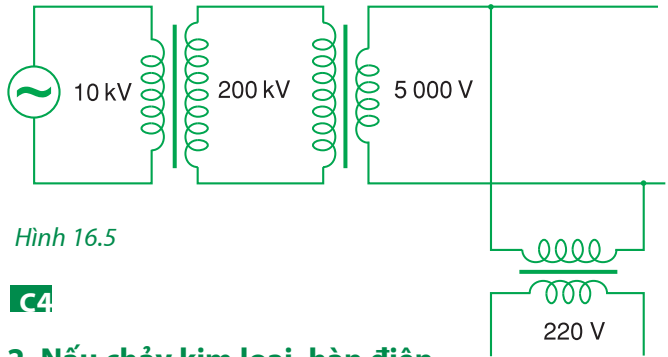
Trên Hình 16.5 có vẽ một sơ đồ truyền tải điện năng, trong đó có cả tăng áp và hạ áp.



Hình 16.6

C4 Giải thích sơ đồ truyền tải điện năng trên Hình 16.5.

C5 Giải thích máy hàn điện theo nguyên tắc biến áp trên Hình 16.6.



Hình 16.5

C4

2. Nấu chảy kim loại, hàn điện

Chú ý : Máy hàn điện nấu chảy kim loại hoạt động theo nguyên tắc biến áp, trong đó cuộn sơ cấp gồm nhiều vòng dây tiết diện nhỏ, cuộn thứ cấp gồm ít vòng dây tiết diện lớn.

C5

Trường hợp biến áp lí tưởng (hiệu suất gần 100%), công suất ở hai cuộn dây bằng nhau $U_1 I_1 = U_2 I_2$

suy ra :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Máy biến áp là gì ? Nêu cấu tạo và nguyên tắc làm việc của máy biến áp.
- ▼
2. Máy biến áp lí tưởng làm việc bình thường có tỉ số $\frac{N_2}{N_1}$ bằng 3, khi $(U_1, I_1) = (360 \text{ V}, 6 \text{ A})$, thì (U_2, I_2) bằng bao nhiêu ?
A. (1 080 V, 18 A) ; B. (120 V, 2 A) ;
C. (1 080 V, 2 A) ; D. (120 V, 18 A).
3. Máy biến áp lí tưởng có cuộn sơ cấp gồm 2 000 vòng, cuộn thứ cấp gồm 100 vòng ; điện áp và cường độ dòng điện ở mạch sơ cấp là 120 V, 0,8 A. Điện áp và công suất ở cuộn thứ cấp là bao nhiêu ?
A. 6 V, 96 W. B. 240 V, 96 W.
C. 6 V, 4,8 W. D. 120 V, 4,8 W.
4. Một máy biến áp lí tưởng có hai cuộn dây lần lượt có 10 000 vòng và 200 vòng.
a) Muốn tăng áp thì cuộn nào là cuộn sơ cấp ? Nếu đặt vào cuộn sơ cấp điện áp hiệu dụng 220 V thì điện áp hiệu dụng ở cuộn thứ cấp bằng bao nhiêu ?
b) Cuộn nào có tiết diện dây lớn hơn ?
5. Máy biến áp lí tưởng cung cấp một dòng điện 30 A dưới một điện áp hiệu dụng 220 V. Điện áp hiệu dụng ở cuộn sơ cấp là 5 kV.
a) Tính công suất tiêu thụ ở cửa vào và ở cửa ra của biến áp.
b) Tính cường độ hiệu dụng ở cuộn sơ cấp.
6. Một máy biến áp lí tưởng cung cấp một công suất 4 kW dưới một điện áp hiệu dụng 110 V. Biến áp đó nối với đường dây tải điện có điện trở tổng là 2Ω .
a) Tính cường độ hiệu dụng trên đường dây tải điện.
b) Tính độ sụt thế trên đường dây tải điện.
c) Tính điện áp hiệu dụng ở cuối đường dây tải điện.
d) Xác định công suất tổn hao trên đường dây đó.
e) Thay biến áp trên đây bằng một biến áp có cùng công suất nhưng điện áp hiệu dụng ở cửa ra là 220 V. Tính toán lại các đại lượng nêu ra ở bốn câu hỏi trên.