

I. Tổng quan về máy biến áp

1. Định nghĩa

Máy biến áp (còn gọi là máy biến thế) là một thiết bị điện từ tĩnh, hoạt động dựa trên nguyên tắc cảm ứng điện từ, dùng để biến đổi điện áp của dòng điện xoay chiều nhưng vẫn giữ nguyên tần số.

2. Công dụng

Công dụng chính của máy biến áp là thay đổi điện áp cho phù hợp với yêu cầu sử dụng:

- **Tăng áp:** Tăng điện áp từ máy phát điện lên cao để truyền tải đi xa, giảm hao phí điện năng trên đường dây.
- **Hạ áp:** Giảm điện áp xuống mức phù hợp với các thiết bị điện tiêu thụ trong gia đình (220V, 110V) hoặc trong công nghiệp.

II. Máy biến áp một pha

1. Cấu tạo

Máy biến áp một pha có cấu tạo gồm hai bộ phận chính:

- **Lõi thép (Mạch từ):** Gồm nhiều lá thép kỹ thuật điện mỏng (dày từ 0,35 - 0,5 mm) có tính thấm từ cao, được phủ lớp sơn cách điện và ghép lại với nhau thành một khối. Việc ghép các lá thép mỏng giúp giảm tổn hao năng lượng do dòng điện Foucault gây ra. Lõi thép có nhiệm vụ dẫn từ thông.

- **Dây quấn (Mạch điện):** Gồm hai cuộn dây bằng đồng hoặc nhôm, được bọc cách điện và quấn quanh lõi thép.
 - **Cuộn sơ cấp (N_1):** Nối với nguồn điện xoay chiều, có N_1 vòng dây.
 - **Cuộn thứ cấp (N_2):** Nối với tải tiêu thụ, có N_2 vòng dây.

2. Nguyên tắc hoạt động

Nguyên tắc hoạt động của máy biến áp dựa trên **hiện tượng cảm ứng điện từ**.

1. Khi đặt một điện áp xoay chiều U_1 vào cuộn sơ cấp (N_1), nó sẽ tạo ra một dòng điện xoay chiều I_1 trong cuộn dây này.
2. Dòng điện I_1 sinh ra một từ thông biến thiên tuần hoàn trong lõi thép.
3. Từ thông biến thiên này xuyên qua cuộn thứ cấp (N_2), gây ra một suất điện động cảm ứng xoay chiều E_2 , từ đó tạo ra điện áp xoay chiều U_2 ở hai đầu cuộn thứ cấp.

Như vậy, năng lượng điện đã được truyền từ cuộn sơ cấp sang cuộn thứ cấp thông qua từ trường.

3. Các công thức cơ bản

a. Tỉ số biến áp (Máy biến áp lý tưởng)

Đối với máy biến áp lý tưởng (bỏ qua mọi hao phí), ta có mối quan hệ giữa điện áp, số vòng dây và cường độ dòng điện:

$$U_1/U_2 = N_1/N_2 = I_2/I_1 = k$$

Trong đó:

- **U_1, U_2 :** Điện áp hiệu dụng ở cuộn sơ cấp và thứ cấp (V).
- **N_1, N_2 :** Số vòng dây của cuộn sơ cấp và thứ cấp.
- **I_1, I_2 :** Cường độ dòng điện hiệu dụng ở cuộn sơ cấp và thứ cấp (A).
- **k :** Tỷ số biến áp.

Phân loại:

- Nếu **$k > 1$ ($N_1 > N_2$)**: Máy hạ áp ($U_1 > U_2$).
- Nếu **$k < 1$ ($N_1 < N_2$)**: Máy tăng áp ($U_1 < U_2$).

Ví dụ 1: Một máy biến áp lý tưởng có cuộn sơ cấp 1000 vòng, cuộn thứ cấp 50 vòng. Đặt vào hai đầu cuộn sơ cấp một điện áp xoay chiều 220V. Tính điện áp ở hai đầu cuộn thứ cấp.

Giải: Áp dụng công thức: $U_1/U_2 = N_1/N_2 \rightarrow U_2 = U_1 * (N_2/N_1) = 220 * (50/1000) = 11V$. Đây là máy hạ áp.

Ví dụ 2: Một máy biến áp lý tưởng được nối vào nguồn điện 110V để tạo ra điện áp 220V cho thiết bị. Biết cuộn thứ cấp có 2000 vòng. Dòng điện qua tải là 2A. Tính số vòng cuộn sơ cấp và dòng điện qua cuộn sơ cấp.

Giải:

- Số vòng sơ cấp: $N_1 = N_2 * (U_1/U_2) = 2000 * (110/220) = 1000$ vòng.
- Dòng điện sơ cấp: $I_1 = I_2 * (N_2/N_1) = 2 * (2000/1000) = 4A$.

b. Hiệu suất máy biến áp

Trong thực tế, máy biến áp luôn có hao phí năng lượng (do tỏa nhiệt trên dây quấn, do dòng Foucault...). Hiệu suất (H) cho biết tỉ lệ giữa công suất đầu ra và công suất đầu vào.

$$H = P_2/P_1 = (U_2 I_2 \cos \varphi_2)/(U_1 I_1 \cos \varphi_1) * 100\%$$

Trong đó:

- **P_1, P_2** : Công suất đầu vào và đầu ra (W).
- **$\cos \varphi_1, \cos \varphi_2$** : Hệ số công suất ở mạch sơ cấp và thứ cấp.

Công suất hao phí: **$\Delta P = P_1 - P_2$**

Ví dụ: Một máy biến áp có công suất đầu vào là 10kW. Công suất cung cấp cho tải là 9.5kW. Tính hiệu suất của máy.

Giải: $H = (P_2/P_1) * 100\% = (9.5 / 10) * 100\% = 95\%$.

III. Máy biến áp ba pha

1. Khái niệm

Máy biến áp ba pha là thiết bị điện từ tĩnh dùng để biến đổi điện áp của hệ thống dòng điện xoay chiều ba pha nhưng giữ nguyên tần số. Nó được sử dụng rộng rãi trong hệ thống truyền tải và phân phối điện năng.

2. Cấu tạo

Cấu tạo của máy biến áp ba pha tương tự như ba máy biến áp một pha ghép lại:

- **Lõi thép:** Gồm 3 trụ từ để quấn dây và gông từ để khép kín mạch từ.

- **Dây quấn:** Có 6 cuộn dây (3 cuộn sơ cấp và 3 cuộn thứ cấp) được quấn quanh 3 trụ từ. Dây quấn của mỗi pha được nối với nhau theo kiểu hình sao (Y) hoặc hình tam giác (Δ).

3. Nguyên tắc hoạt động

Nguyên tắc hoạt động cũng dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ. Khi đặt hệ thống điện áp ba pha vào ba cuộn dây sơ cấp, trong lõi thép sẽ sinh ra một hệ thống từ thông biến thiên ba pha. Hệ thống từ thông này cảm ứng ra trong ba cuộn dây thứ cấp một hệ thống suất điện động ba pha, từ đó cung cấp điện áp ba pha cho tải.

4. Các cách mắc mạch dây quấn

Có hai cách nối dây quấn chính cho mỗi phía sơ cấp và thứ cấp: nối hình sao (Y) và nối hình tam giác (Δ). Việc kết hợp chúng tạo ra các tổ đấu dây khác nhau.

a. Nối hình sao (Y)

Ba điểm cuối của ba cuộn dây được nối chung lại tạo thành điểm trung tính.

- Quan hệ điện áp: **$U_{\text{dây}} = \sqrt{3} * U_{\text{pha}}$**
- Quan hệ dòng điện: **$I_{\text{dây}} = I_{\text{pha}}$**

b. Nối hình tam giác (Δ)

Đầu cuộn pha này nối với cuối cuộn pha kia.

- Quan hệ điện áp: **$U_{\text{dây}} = U_{\text{pha}}$**
- Quan hệ dòng điện: **$I_{\text{dây}} = \sqrt{3} * I_{\text{pha}}$**

Ví dụ: Một máy biến áp ba pha có phía sơ cấp nối hình tam giác (Δ) và phía thứ cấp nối hình sao (Y). Điện áp dây sơ cấp là 22kV. Tỷ số biến áp pha là $k = N_1/N_2 = 100$. Tính điện áp dây và điện áp pha ở phía thứ cấp.

Giải:

- Phía sơ cấp (Δ): $U_{pha1} = U_{dây1} = 22kV$.
 - Tỷ số biến áp pha: $U_{pha1} / U_{pha2} = k \rightarrow U_{pha2} = U_{pha1} / k = 22kV / 100 = 0.22kV = 220V$.
 - Phía thứ cấp (Y): $U_{dây2} = \sqrt{3} * U_{pha2} = \sqrt{3} * 220 \approx 380V$.
- Vậy điện áp pha thứ cấp là 220V, điện áp dây thứ cấp là 380V.

IV. So sánh máy biến áp một pha và ba pha

Tiêu chí	Máy biến áp một pha	Máy biến áp ba pha
Cấu tạo	1 lõi thép, 2 cuộn dây (sơ cấp, thứ cấp).	3 trụ từ, 6 cuộn dây (3 sơ cấp, 3 thứ cấp).
Nguồn điện	Sử dụng với nguồn điện xoay chiều một pha.	Sử dụng với nguồn điện xoay chiều ba pha.
Công suất	Thường có công suất nhỏ.	Công suất lớn, dùng trong công nghiệp và truyền tải.
Ứng dụng	Thiết bị gia đình, ổn áp, các thiết bị điện tử.	Hệ thống truyền tải và phân phối điện, các động cơ ba pha, nhà máy, xí nghiệp.

V. Ứng dụng của máy biến áp

- **Trong truyền tải điện năng:** Tăng áp ở đầu nhà máy điện và hạ áp ở nơi tiêu thụ để giảm hao phí.
- **Trong các nhà máy, xí nghiệp:** Cung cấp điện áp phù hợp cho các động cơ, lò nung...
- **Trong các thiết bị điện tử:** Cung cấp các mức điện áp khác nhau cho các mạch điện tử (adapter, sạc điện thoại...).
- **Trong kỹ thuật hàn:** Máy biến áp hàn dùng để tạo ra dòng điện lớn và điện áp thấp để hàn kim loại.
- **Trong các thiết bị đo lường:** Máy biến dòng, máy biến điện áp dùng để đo lường các giá trị dòng và áp lớn một cách an toàn.