

Chuyên đề: Công suất hao phí trên đường dây tải điện và cách giảm hao phí

Khi truyền tải điện năng đi xa từ nhà máy điện đến nơi tiêu thụ, một phần điện năng bị hao phí do tỏa nhiệt trên đường dây. Việc hiểu rõ nguyên nhân, công thức tính và các biện pháp giảm hao phí là vô cùng quan trọng trong ngành điện và trong đời sống.

1. Nguyên nhân gây hao phí điện năng trên đường dây tải điện

Bất kỳ dây dẫn điện nào cũng có điện trở. Khi có dòng điện chạy qua, dây dẫn sẽ nóng lên và tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh. Hiện tượng này được gọi là hiệu ứng Jun-Lenxơ.

- **Bản chất:** Năng lượng của dòng điện (điện năng) đã chuyển hóa thành nhiệt năng và tiêu tán ra môi trường.
- **Kết quả:** Một phần điện năng bị mất đi trên đường đi, không đến được nơi tiêu thụ. Phần năng lượng mất đi này chính là năng lượng hao phí.

Công suất tỏa nhiệt trên dây dẫn chính là công suất hao phí.

2. Công thức tính công suất hao phí (P_{hp})

a. Xây dựng công thức

Để xây dựng công thức tính công suất hao phí, chúng ta xuất phát từ các công thức cơ bản đã học:

1. Công suất tỏa nhiệt trên một điện trở R khi có dòng điện I chạy qua là:

$$P_{hp} = I^2 * R$$

2. Công suất điện cần truyền đi (tại nhà máy) là P , được truyền đi với hiệu điện thế U . Ta có:

$$P = U * I \Rightarrow I = P / U$$

3. Thay thế biểu thức của I từ (2) vào (1), ta được công thức tính công suất hao phí phụ thuộc vào P , U , và R :

$$P_{hp} = (P^2 * R) / U^2$$

Trong đó:

- **P_{hp}** : Công suất hao phí do tỏa nhiệt trên đường dây (đơn vị: Watt - W).
- **P** : Công suất điện cần truyền đi từ nhà máy (đơn vị: Watt - W).
- **R** : Điện trở tổng cộng của đường dây tải điện (đơn vị: Ohm - Ω).
- **U** : Hiệu điện thế giữa hai đầu đường dây tải điện (đơn vị: Volt - V).

b. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Người ta cần truyền tải một công suất điện 1.000.000 W (1 MW) bằng một đường dây có điện trở tổng cộng là 20 Ω. Hiệu điện thế đặt vào hai đầu đường dây là 20.000 V (20 kV). Tính công suất hao phí trên đường dây.

Giải:

Áp dụng công thức tính công suất hao phí:

$$P_{hp} = (P^2 * R) / U^2 = (1.000.000^2 * 20) / 20.000^2 = 50.000 \text{ W} = 50 \text{ kW}.$$

Vậy công suất hao phí là 50 kW.

Ví dụ 2: Cùng với các thông số ở Ví dụ 1, nếu người ta tăng hiệu điện thế truyền tải lên 200.000 V (200 kV), công suất hao phí lúc này là bao nhiêu?

Giải:

Áp dụng công thức:

$$P_{hp} = (P^2 * R) / U^2 = (1.000.000^2 * 20) / 200.000^2 = 500 \text{ W} = 0,5 \text{ kW}.$$

Nhận xét: Khi tăng hiệu điện thế lên 10 lần (từ 20 kV lên 200 kV), công suất hao phí đã giảm đi $10^2 = 100$ lần (từ 50 kW xuống 0,5 kW).

3. Các biện pháp làm giảm công suất hao phí

Từ công thức $P_{hp} = (P^2 * R) / U^2$, ta thấy công suất hao phí phụ thuộc vào 3 yếu tố: công suất truyền đi P, điện trở dây dẫn R, và hiệu điện thế U. Vì công suất P tại nơi phát là không đổi (do nhu cầu tiêu thụ xác định), để giảm hao phí, ta chỉ có thể tác động vào R hoặc U.

a. Biện pháp 1: Giảm điện trở (R) của dây dẫn

Điện trở của dây dẫn được tính bằng công thức: $R = \rho * (l / S)$

Để giảm R, ta có thể:

- **Giảm chiều dài dây (l):** Điều này không khả thi vì khoảng cách từ nhà máy điện đến nơi tiêu thụ là cố định.
- **Dùng vật liệu có điện trở suất (ρ) nhỏ:** Các vật liệu như bạc, đồng, nhôm có điện trở suất rất nhỏ. Bạc thì quá đắt. Đồng và nhôm là hai vật liệu được sử dụng phổ biến nhất để làm dây tải điện. Do đó, phương án này đã được tối ưu hóa.
- **Tăng tiết diện dây (S):** Đây là cách khả thi về mặt lý thuyết. Nếu tăng tiết diện dây lên 2 lần, điện trở sẽ giảm 2 lần và công suất hao phí cũng giảm 2 lần.

Hạn chế của biện pháp này:

- **Chi phí lớn:** Tăng tiết diện dây đồng nghĩa với việc phải dùng nhiều kim loại hơn, làm chi phí vật liệu tăng vọt.
- **Trọng lượng dây tăng:** Dây to hơn sẽ nặng hơn, đòi hỏi hệ thống cột điện, móng cột phải lớn hơn, chắc chắn hơn, gây tốn kém chi phí xây dựng và lắp đặt.
- **Không hiệu quả cao:** Để giảm hao phí 100 lần, ta phải tăng tiết diện dây lên 100 lần, điều này là không thực tế.

b. Biện pháp 2: Tăng hiệu điện thế (U) ở hai đầu đường dây

Đây là biện pháp hiệu quả nhất và được áp dụng rộng rãi trong thực tế.

- **Cơ sở lý thuyết:** Công suất hao phí P_{hp} tỉ lệ nghịch với bình phương hiệu điện thế (U^2). Điều này có nghĩa là nếu tăng U lên n lần, thì P_{hp} sẽ giảm đi n^2 lần.
- **Hiệu quả:** Như trong Ví dụ 2, chỉ cần tăng U lên 10 lần, hao phí đã giảm đến 100 lần. Đây là một mức giảm rất ấn tượng.
- **Cách thực hiện:** Để tăng và giảm hiệu điện thế, người ta sử dụng máy biến thế (máy biến áp).
 1. **Tại nhà máy điện (đầu đường dây):** Dùng máy tăng thế để tăng hiệu điện thế lên rất cao (ví dụ 110 kV, 220 kV, 500 kV) trước khi truyền đi.
 2. **Tại nơi tiêu thụ (cuối đường dây):** Dùng các máy hạ thế để giảm hiệu điện thế xuống mức an toàn và phù hợp với các thiết bị sử dụng (ví dụ 220 V cho sinh hoạt).

c. Bảng so sánh hai biện pháp

Tiêu chí	Biện pháp 1: Giảm điện trở (R)	Biện pháp 2: Tăng hiệu điện thế (U)
Hiệu quả giảm hao phí	Thấp. Giảm R đi n lần thì P_{hp} giảm n lần.	Rất cao. Tăng U lên n lần thì P_{hp} giảm n^2 lần.
Chi phí	Rất tốn kém về vật liệu (dây dẫn) và chi phí xây dựng (cột điện).	Tốn kém chi phí cho các trạm biến thế, nhưng hiệu quả kinh tế tổng thể cao hơn nhiều.
Tính khả thi và ứng dụng	Không khả thi trên quy mô lớn và cho các đường dây dài.	Là phương pháp chủ đạo, hiệu quả và được áp dụng trên toàn thế giới.

4. Bài tập vận dụng

Bài 1: Một đường dây tải điện dài 100 km, có điện trở tổng cộng 40 Ω. Người ta truyền đi một công suất 500 kW với hiệu điện thế 110 kV.

- a) Tính công suất hao phí trên đường dây.
- b) Tính hiệu suất truyền tải điện.

Hướng dẫn giải:

- a) Công suất hao phí:

$$P_{hp} = (P^2 * R) / U^2 = (500.000^2 * 40) / 110.000^2 \approx 826,4 \text{ W.}$$

b) Hiệu suất truyền tải (H):

Công suất nơi tiêu thụ: $P_{tt} = P - P_{hp} = 500.000 - 826,4 = 499.173,6 \text{ W}$.

Hiệu suất: $H = (P_{tt} / P) * 100\% = (499.173,6 / 500.000) * 100\% \approx 99,83\%$.

Bài 2: Để truyền tải một công suất điện P đi xa, người ta dùng hiệu điện thế 50 kV thì công suất hao phí là 200 kW. Nếu tăng hiệu điện thế lên 250 kV thì công suất hao phí là bao nhiêu? (Coi công suất truyền đi P và điện trở R không đổi).

Hướng dẫn giải:

Ta có P_{hp} tỉ lệ nghịch với U^2 .

Gọi P_{hp1} , U_1 là công suất hao phí và hiệu điện thế ban đầu.

Gọi P_{hp2} , U_2 là công suất hao phí và hiệu điện thế lúc sau.

Ta có tỉ lệ: $P_{hp2} / P_{hp1} = (U_1 / U_2)^2$

$\Rightarrow P_{hp2} = P_{hp1} * (U_1 / U_2)^2 = 200 * (50.000 / 250.000)^2 = 200 * (1/5)^2 = 200 / 25 = 8 \text{ kW}$.

Vậy công suất hao phí lúc sau là 8 kW.