

Tổng hợp công thức Điện năng - Công suất - Định luật Jun-Len-xơ

Điện năng là một phần không thể thiếu trong cuộc sống hiện đại và là một chủ đề quan trọng trong chương trình Vật Lý lớp 11. Tài liệu này sẽ tổng hợp một cách đầy đủ và chi tiết các công thức liên quan đến điện năng tiêu thụ, công suất điện, định luật Jun-Len-xơ, cũng như công và hiệu suất của nguồn điện.

1. Điện năng tiêu thụ của đoạn mạch

a. Khái niệm

Điện năng tiêu thụ của một đoạn mạch là năng lượng mà dòng điện sinh ra trong đoạn mạch đó. Năng lượng này có thể chuyển hóa thành các dạng năng lượng khác như nhiệt năng (bàn ủi, bếp điện), quang năng (bóng đèn), cơ năng (động cơ điện),...

Công của lực điện thực hiện khi di chuyển một điện lượng q từ điểm M đến N trong điện trường là: $A = qU$. Vì vậy, điện năng tiêu thụ chính là công của dòng điện.

b. Công thức tính điện năng tiêu thụ (A)

Công thức cơ bản để tính điện năng tiêu thụ của một đoạn mạch khi có dòng điện cường độ I chạy qua, hiệu điện thế hai đầu là U trong khoảng thời gian t là:

$$A = U.I.t$$

Trong đó:

- **A**: Điện năng tiêu thụ (Joule - J)
- **U**: Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch (Volt - V)
- **I**: Cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch (Ampe - A)
- **t**: Thời gian dòng điện chạy qua (giây - s)

Từ định luật Ôm ($U = I.R$), ta có thể suy ra các công thức biến đổi:

- **$A = I^2.R.t$**
- **$A = (U^2/R).t$**

c. Đơn vị đo điện năng

Đơn vị chuẩn của điện năng trong hệ SI là **Joule (J)**.

Tuy nhiên, trong thực tế, đặc biệt là trong đo lường điện năng sinh hoạt, người ta thường dùng đơn vị **kilôoat giờ (kWh)**.

- 1 kWh là điện năng mà một thiết bị có công suất 1 kW (1000 W) tiêu thụ trong 1 giờ.
- Mối quan hệ chuyển đổi: **$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} * 3600 \text{ s} = 3.600.000 \text{ J} = 3,6.10^6 \text{ J}$** .

d. Ví dụ minh họa

1. **Ví dụ 1:** Một bóng đèn có ghi 220V - 100W được sử dụng ở hiệu điện thế 220V trong 2 giờ. Tính điện năng tiêu thụ của bóng đèn theo đơn vị J và kWh.

Giải:

Đổi thời gian: $t = 2 \text{ giờ} = 2 * 3600 = 7200 \text{ s}$.

Công suất của đèn là $P = 100\text{W}$.

Điện năng tiêu thụ theo đơn vị Joule là:

$$A = P.t = 100 * 7200 = 720.000 \text{ J}.$$

Điện năng tiêu thụ theo đơn vị kWh là:

$$A = P(\text{kW}) * t(\text{h}) = (100/1000) \text{ kW} * 2 \text{ h} = 0,2 \text{ kWh}.$$

2. **Ví dụ 2:** Một bếp điện có điện trở $R = 44\Omega$ được mắc vào mạng điện có hiệu điện thế $U = 220\text{V}$. Tính điện năng bếp tiêu thụ trong 30 phút.

Giải:

Đổi thời gian: $t = 30 \text{ phút} = 30 * 60 = 1800 \text{ s}$.

Áp dụng công thức $A = (U^2/R).t$, ta có:

$$A = (220^2 / 44) * 1800 = (48400 / 44) * 1800 = 1100 * 1800 = 1.980.000 \text{ J} = 1980 \text{ kJ}.$$

2. Công suất điện

a. Khái niệm

Công suất điện của một đoạn mạch là đại lượng đặc trưng cho tốc độ sinh công của dòng điện trong đoạn mạch đó. Nó được đo bằng điện năng tiêu thụ trong một đơn vị thời gian.

b. Công thức tính công suất điện (P)

Từ định nghĩa, ta có công thức:

$$P = A/t = U.I$$

Trong đó:

- **P**: Công suất điện (Watt - W)
- **A**: Điện năng tiêu thụ (J)
- **t**: Thời gian (s)
- **U**: Hiệu điện thế (V)
- **I**: Cường độ dòng điện (A)

Các công thức biến đổi tương tự điện năng:

- **$P = I^2.R$**
- **$P = U^2/R$**

c. Đơn vị đo công suất

- Đơn vị chuẩn: **Watt (W)**
- Các bội số thường dùng: Kilôwatt (1 kW = 1000 W), Mêgawatt (1 MW = 1.000.000 W).

d. Ví dụ minh họa

1. **Ví dụ 1:** Một điện trở 10Ω có dòng điện 2A chạy qua. Tính công suất tỏa nhiệt trên điện trở.

Giải:

Áp dụng công thức $P = I^2.R$, ta có:

$$P = 2^2 * 10 = 4 * 10 = 40 \text{ W.}$$

2. **Ví dụ 2:** Một motor điện được mắc vào hiệu điện thế 220V, nó tiêu thụ một công suất 1,1 kW. Tính cường độ dòng điện chạy qua motor và điện trở của nó (coi motor như một điện trở thuần).

Giải:

Đổi công suất: $P = 1,1 \text{ kW} = 1100 \text{ W}$.

Từ công thức $P = UI$, suy ra cường độ dòng điện:

$$I = P / U = 1100 / 220 = 5 \text{ A}.$$

Điện trở của motor là:

$$R = U / I = 220 / 5 = 44 \Omega.$$

3. Định luật Jun-Len-xơ (Joule-Lenz Law)

a. Phát biểu định luật

Nhiệt lượng tỏa ra trên một vật dẫn khi có dòng điện chạy qua tỉ lệ thuận với bình phương cường độ dòng điện, với điện trở của vật dẫn và với thời gian dòng điện chạy qua.

b. Công thức tính nhiệt lượng tỏa ra (Q)

Nếu toàn bộ điện năng tiêu thụ của đoạn mạch được chuyển hóa thành nhiệt năng (ví dụ: đoạn mạch chỉ có điện trở thuần), thì nhiệt lượng tỏa ra bằng công của dòng điện.

$$Q = A = I^2 \cdot R \cdot t$$

Trong đó:

- **Q**: Nhiệt lượng tỏa ra (Joule - J)
- **I**: Cường độ dòng điện (A)
- **R**: Điện trở của vật dẫn (Ohm - Ω)
- **t**: Thời gian (s)

Nếu Q tính bằng đơn vị calo (cal), ta có: $Q = 0,24 * I^2.R.t$ (Vì $1 J \approx 0,24 cal$).

c. Ví dụ minh họa

1. **Ví dụ 1:** Một dây đun nước có điện trở 80Ω được cắm vào nguồn điện 220V.

Tính nhiệt lượng tỏa ra trên dây trong 1 phút.

Giải:

Đổi thời gian: $t = 1 \text{ phút} = 60 \text{ s}$.

Cường độ dòng điện qua dây đun: $I = U/R = 220/80 = 2,75 \text{ A}$.

Nhiệt lượng tỏa ra là:

$$Q = I^2.R.t = (2,75)^2 * 80 * 60 = 7,5625 * 80 * 60 = 36.300 \text{ J}.$$

2. **Ví dụ 2:** Dùng một bếp điện có công suất 1000W để đun sôi 2 lít nước từ nhiệt độ 20°C . Biết nhiệt dung riêng của nước là 4200 J/kg.K và hiệu suất của bếp là 80%. Tính thời gian đun sôi nước.

Giải:

Khối lượng nước: $m = 2 \text{ lít} = 2 \text{ kg}$.

Nhiệt lượng cần thiết để đun sôi nước:

$$Q_{\text{thu}} = m.c.\Delta t = 2 * 4200 * (100 - 20) = 2 * 4200 * 80 = 672.000 \text{ J}.$$

Nhiệt lượng mà bếp tỏa ra là $Q_{\text{tỏa}}$. Vì hiệu suất bếp là 80% nên $Q_{\text{thu}} = 80\% * Q_{\text{tỏa}}$.

$$\Rightarrow Q_{\text{tỏa}} = Q_{\text{thu}} / 0,8 = 672.000 / 0,8 = 840.000 \text{ J}.$$

Mặt khác, $Q_{\text{tỏa}} = P.t$.

$$\Rightarrow \text{Thời gian đun nước: } t = Q_{\text{tỏa}} / P = 840.000 / 1000 = 840 \text{ s} = 14 \text{ phút}.$$

4. Công và Công suất của Nguồn điện

a. Công của nguồn điện

Công của nguồn điện là công của các lực lạ bên trong nguồn điện, dùng để di chuyển các điện tích tự do trong toàn mạch (cả mạch ngoài và bên trong nguồn).

Công thức: $A_{ng} = E.q = E.I.t$

Trong đó:

- **A_{ng}** : Công của nguồn điện (J)
- **E** : Suất điện động của nguồn (V)
- **I** : Cường độ dòng điện trong toàn mạch (A)
- **t** : Thời gian (s)

b. Công suất của nguồn điện

Công suất của nguồn điện đặc trưng cho tốc độ thực hiện công của nguồn điện.

Công thức: $P_{ng} = A_{ng} / t = E.I$

Trong đó:

- **P_{ng}** : Công suất của nguồn điện (W)
- **E** : Suất điện động của nguồn (V)
- **I** : Cường độ dòng điện (A)

c. Ví dụ minh họa

1. **Ví dụ 1:** Một acquy có suất điện động $E = 12\text{V}$, cung cấp một dòng điện $I = 4\text{A}$ cho toàn mạch trong 5 phút. Tính công của acquy sinh ra trong thời gian đó.

Giải:

Thời gian: $t = 5 \text{ phút} = 300 \text{ s}$.

Công của nguồn điện là:

$$A_{\text{ng}} = E \cdot I \cdot t = 12 \cdot 4 \cdot 300 = 14.400 \text{ J}.$$

2. **Ví dụ 2:** Một nguồn điện có $E = 6\text{V}$, $r = 1\Omega$, mạch ngoài là một điện trở $R = 5\Omega$. Tính công suất của nguồn điện.

Giải:

Cường độ dòng điện trong toàn mạch:

$$I = E / (R + r) = 6 / (5 + 1) = 1 \text{ A}.$$

Công suất của nguồn điện là:

$$P_{\text{ng}} = E \cdot I = 6 \cdot 1 = 6 \text{ W}.$$

5. Hiệu suất của Nguồn điện

a. Khái niệm

Hiệu suất của nguồn điện là tỉ số giữa công suất tiêu thụ của mạch ngoài (công suất có ích) và công suất của nguồn điện (công suất toàn phần).

b. Công thức

Hiệu suất được ký hiệu là H :

$$H = (P_{\text{ngoài}} / P_{\text{nguồn}}) \cdot 100\% = (A_{\text{ngoài}} / A_{\text{nguồn}}) \cdot 100\%$$

Ta có $P_{\text{ngoài}} = U_N \cdot I$ và $P_{\text{nguồn}} = E \cdot I$, với U_N là hiệu điện thế mạch ngoài.

Do đó:

$$H = (U_N / E) * 100\%$$

Theo định luật Ôm cho toàn mạch, $U_N = I \cdot R_N = (E / (R_N + r)) * R_N$. Suy ra:

$$H = (R_N / (R_N + r)) * 100\%$$

Trong đó:

- **H**: Hiệu suất (%)
- **U_N** : Hiệu điện thế mạch ngoài (V)
- **E**: Suất điện động của nguồn (V)
- **R_N** : Điện trở mạch ngoài (Ω)
- **r**: Điện trở trong của nguồn (Ω)

c. Ví dụ minh họa

1. **Ví dụ 1:** Một nguồn điện có suất điện động 12V và điện trở trong 2Ω . Mạch ngoài là một điện trở 10Ω . Tính hiệu suất của nguồn điện.

Giải:

Áp dụng công thức $H = (R_N / (R_N + r)) * 100\%$, ta có:

$$H = (10 / (10 + 2)) * 100\% = (10 / 12) * 100\% \approx 83,33\%.$$

6. Bảng tổng hợp các công thức

Đại lượng	Ký hiệu	Công thức	Đơn vị
Điện năng tiêu thụ	A	$A = UIt = I^2Rt = (U^2/R)t$	J, kWh
Công suất điện	P	$P = A/t = UI = I^2R = U^2/R$	W, kW
Nhiệt lượng tỏa ra	Q	$Q = I^2Rt$	J, cal
Công của nguồn điện	A_ng	$A_{ng} = EIt$	J
Công suất nguồn điện	P_ng	$P_{ng} = EI$	W
Hiệu suất nguồn điện	H	$H = (U_N / E) * 100\%$	%