

Tổng hợp kiến thức và bài tập về Định luật Ôm cho đoạn mạch chứa nguồn điện đang nạp

I. Lý thuyết trọng tâm

1. Khái niệm Máy thu điện

Máy thu điện là những thiết bị tiêu thụ điện năng và chuyển hóa nó thành các dạng năng lượng khác không phải là nhiệt năng (ví dụ: hóa năng trong ắc quy khi nạp, cơ năng trong động cơ điện). Đặc điểm quan trọng của máy thu là nó có **suất phản điện E_p** chống lại chiều dòng điện chạy qua nó.

- **Ký hiệu:** Máy thu điện có suất phản điện E_p và điện trở trong r_p .
- **Đặc điểm dòng điện:** Dòng điện đi vào cực dương (+) và đi ra từ cực âm (-) của máy thu. Điều này ngược lại so với nguồn điện.
- **Suất phản điện (E_p):** Là đại lượng đặc trưng cho sự chuyển hóa năng lượng từ điện năng sang dạng năng lượng khác (không phải nhiệt) của máy thu. Đơn vị là Vôn (V).

2. Định luật Ôm cho đoạn mạch chứa máy thu điện

Xét đoạn mạch AB chứa máy thu điện có suất phản điện E_p , điện trở trong r_p và có thể có điện trở ngoài R , dòng điện I chạy từ A đến B (A nối với cực dương, B nối với cực âm của máy thu).

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch được tính bằng công thức:

$$U_{AB} = E_p + I(R + r_p)$$

Trong đó:

- U_{AB} : Hiệu điện thế giữa hai điểm A và B (V).
- E_p : Suất phản điện của máy thu (V).
- I : Cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch (A).
- R : Điện trở mạch ngoài trên đoạn AB (Ω).
- r_p : Điện trở trong của máy thu (Ω).

Giải thích: Hiệu điện thế U_{AB} phải cung cấp đủ năng lượng để thắng suất phản điện E_p và bù lại độ sụt áp trên các điện trở R và r_p .

Ví dụ minh họa:

Ví dụ 1: Một ắc quy có suất phản điện $E_p = 6V$ và điện trở trong $r_p = 1\Omega$ đang được nạp điện. Hiệu điện thế đặt vào hai cực của ắc quy là $U = 12V$. Tính cường độ dòng điện nạp cho ắc quy.

Giải:

Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch chứa máy thu (ắc quy):

$$\begin{aligned}U &= E_p + I.r_p \\ \Rightarrow 12 &= 6 + I * 1 \\ \Rightarrow I &= 12 - 6 = 6A.\end{aligned}$$

Vậy cường độ dòng điện nạp là 6A.

Ví dụ 2: Một động cơ điện có điện trở trong $r_p = 2\Omega$ được mắc vào hai điểm có hiệu điện thế $U = 24V$. Khi động cơ hoạt động, dòng điện qua nó là $I = 2A$. Tính suất phản điện của động cơ.

Giải:

Động cơ điện là một máy thu điện.

Áp dụng công thức: $U = E_p + I \cdot r_p$

$$\Rightarrow 24 = E_p + 2 \cdot 2$$

$$\Rightarrow E_p = 24 - 4 = 20V.$$

Vậy suất phản điện của động cơ là 20V.

3. Công và công suất của máy thu điện

Khi dòng điện I chạy qua máy thu trong thời gian t , các đại lượng công và công suất được tính như sau:

a. Công suất tiêu thụ của máy thu

Là toàn bộ công suất mà máy thu nhận được từ mạch ngoài.

$$P_{\text{thu}} = U_{AB} \cdot I = E_p \cdot I + I^2 \cdot r_p$$

Giải thích: Công suất tiêu thụ toàn phần bằng tổng của công suất có ích (chuyển thành dạng năng lượng khác) và công suất hao phí (tỏa nhiệt).

b. Công suất có ích của máy thu

Là công suất được chuyển hóa thành dạng năng lượng khác không phải nhiệt (hóa năng, cơ năng...).

$$P_{\text{có ích}} = E_p \cdot I$$

c. Công suất tỏa nhiệt (hao phí) của máy thu

Là công suất tỏa nhiệt trên điện trở trong r_p của máy thu.

$$P_{\text{hao phí}} = I^2 \cdot r_p$$

d. Hiệu suất của máy thu

Là tỉ số giữa công suất có ích và công suất tiêu thụ toàn phần.

$$H = (P_{\text{có ích}} / P_{\text{thu}}) * 100\% = (E_p \cdot I / U_{AB} \cdot I) * 100\% = (E_p / U_{AB}) * 100\%$$

Ví dụ minh họa:

Ví dụ 3: Tiếp tục Ví dụ 1, nạp ắc quy ($E_p = 6V$, $r_p = 1\Omega$) với $U = 12V$, dòng điện nạp $I = 6A$. Hãy tính:

- a) Công suất tiêu thụ của ắc quy.
- b) Công suất có ích để nạp điện.
- c) Công suất tỏa nhiệt bên trong ắc quy.
- d) Hiệu suất nạp điện.

Giải:

a) Công suất tiêu thụ: $P_{\text{thu}} = U \cdot I = 12 \cdot 6 = 72W$.

b) Công suất có ích: $P_{\text{có ích}} = E_p \cdot I = 6 \cdot 6 = 36W$.

c) Công suất tỏa nhiệt: $P_{\text{hao phí}} = I^2 \cdot r_p = 6^2 \cdot 1 = 36W$.

(Kiểm tra: $P_{\text{thu}} = P_{\text{có ích}} + P_{\text{hao phí}} \Rightarrow 72W = 36W + 36W$, đúng).

d) Hiệu suất nạp: $H = (P_{\text{có ích}} / P_{\text{thu}}) * 100\% = (36 / 72) * 100\% = 50\%$.

II. Các dạng bài tập vận dụng

Dạng 1: Bài toán cơ bản - Tính các đại lượng của máy thu

Phương pháp: Xác định rõ các đại lượng đã cho (U , I , E_p , r_p , P , H) và đại lượng cần tìm. Áp dụng trực tiếp các công thức ở phần I để giải.

Ví dụ 4: Một máy thu điện có điện trở trong $r_p = 4\Omega$. Khi mắc vào hiệu điện thế $U = 48V$ thì nó tiêu thụ công suất $288W$.

a) Tính cường độ dòng điện qua máy thu.

b) Tính suất phản điện E_p và hiệu suất H của máy thu.

Giải:

a) Ta có công suất tiêu thụ: $P_{\text{thu}} = U \cdot I$

$$\Rightarrow I = P_{\text{thu}} / U = 288 / 48 = 6A.$$

b) Áp dụng định luật Ôm: $U = E_p + I \cdot r_p$

$$\Rightarrow 48 = E_p + 6 \cdot 4$$

$$\Rightarrow E_p = 48 - 24 = 24V.$$

Hiệu suất của máy thu:

$$H = (E_p / U) \cdot 100\% = (24 / 48) \cdot 100\% = 50\%.$$

Dạng 2: Mạch điện gồm nguồn điện và máy thu

Phương pháp: Áp dụng định luật Ôm cho toàn mạch. Dòng điện trong mạch sẽ do nguồn điện tạo ra và máy thu tiêu thụ.

Công thức định luật Ôm cho toàn mạch chứa cả nguồn và máy thu mắc nối tiếp:

$$I = (E - E_p) / (R_N + r + r_p)$$

Trong đó:

- E, r : Suất điện động và điện trở trong của nguồn điện.
- E_p, r_p : Suất phản điện và điện trở trong của máy thu.
- R_N : Tổng điện trở mạch ngoài.

- Điều kiện để có dòng điện nạp: $E > E_p$ và hai nguồn phải mắc "xung đối" (cực dương nguồn này nối với cực dương nguồn kia).

Ví dụ 5: Cho mạch điện gồm một nguồn $E = 24V$, $r = 1\Omega$, dùng để nạp cho một ắc quy có $E_p = 12V$, $r_p = 1\Omega$. Mạch ngoài có điện trở $R = 8\Omega$. Nguồn và ắc quy mắc nối tiếp. Tính:

- Cường độ dòng điện trong mạch.
- Hiệu điện thế giữa hai cực của ắc quy.
- Hiệu suất của quá trình nạp điện.

Giải:

- Cường độ dòng điện trong mạch:

$$I = (E - E_p) / (R + r + r_p) = (24 - 12) / (8 + 1 + 1) = 12 / 10 = 1.2A.$$

- Hiệu điện thế giữa hai cực của ắc quy (máy thu):

$$U_p = E_p + I \cdot r_p = 12 + 1.2 \cdot 1 = 13.2V.$$

- Hiệu suất nạp điện:

$$H = (E_p / U_p) \cdot 100\% = (12 / 13.2) \cdot 100\% \approx 90.9\%.$$

Dạng 3: Bài toán biện luận, cực trị liên quan đến máy thu

Phương pháp: Thiết lập biểu thức của đại lượng cần tìm cực trị (ví dụ: công suất, hiệu suất) theo một biến số (ví dụ: điện trở R). Sau đó dùng các công cụ toán học như bất đẳng thức Cauchy (AM-GM) hoặc khảo sát hàm số để tìm cực trị.

Ví dụ 6: Một động cơ điện (E_p , r_p) được nối với nguồn điện (E , r) qua một biến trở R . Tìm giá trị của R để công suất cơ học (công suất có ích) của động cơ đạt giá trị cực đại.

Giải:

Dòng điện trong mạch: $I = (E - E_p) / (R + r + r_p)$.

Công suất cơ học của động cơ: $P_{\text{có ích}} = E_p \cdot I = E_p \cdot (E - E_p) / (R + r + r_p)$.

Vì E, E_p, r, r_p là các hằng số, để $P_{\text{có ích}}$ đạt giá trị cực đại thì mẫu số $(R + r + r_p)$ phải đạt giá trị cực tiểu.

Vì $R \geq 0$, nên mẫu số nhỏ nhất khi $R = 0$.

Vậy, để công suất cơ học của động cơ đạt cực đại, ta cần điều chỉnh biến trở về giá trị $R = 0$.

III. Bài tập tự luyện

- Bài 1:** Một bình điện phân dung dịch CuSO_4 có anot bằng đồng, điện trở của bình là $R_p = 2\Omega$, được coi như một máy thu có suất phản điện $E_p = 5\text{V}$. Mắc bình điện phân vào hai cực của một nguồn điện có suất điện động $E = 12\text{V}$, điện trở trong $r = 1\Omega$. Tính cường độ dòng điện trong mạch và lượng đồng bám vào catot sau 32 phút 10 giây. (Cho $A_{\text{Cu}} = 64, n = 2$).
- Bài 2:** Người ta dùng một nguồn điện ($E = 30\text{V}, r = 2\Omega$) để nạp cho một bộ 10 ắc quy giống nhau mắc nối tiếp. Mỗi ắc quy có suất điện động $E' = 2\text{V}$ và điện trở trong $r' = 0.2\Omega$. Để dòng điện nạp là 2A , phải mắc thêm vào mạch một điện trở R bằng bao nhiêu và mắc như thế nào?
- Bài 3:** Một động cơ điện nhỏ (máy thu) có suất phản điện $E_p = 20\text{V}$ và điện trở trong $r_p = 2\Omega$. Khi động cơ hoạt động, hiệu suất của nó là 80%. Hãy tính:
 - Hiệu điện thế U đặt vào hai đầu động cơ.
 - Cường độ dòng điện I chạy qua động cơ.
 - Công suất tiêu thụ của động cơ.

Đáp án gợi ý

Bài 1: $I = (E - E_p) / (R_p + r) = (12 - 5) / (2 + 1) \approx 2.33A$. Khối lượng đồng: $m = (Alt)/(nF) \approx 1.53g$.

Bài 2: Suất phản điện bộ ắc quy: $E_{bộ} = 10 * E' = 20V$. Điện trở trong bộ ắc quy: $r_{bộ} = 10 * r' = 2\Omega$. Dòng điện $I = (E - E_{bộ}) / (R + r + r_{bộ}) \Rightarrow 2 = (30 - 20) / (R + 2 + 2) \Rightarrow R = 1\Omega$. Cần mắc nối tiếp điện trở $R = 1\Omega$.

Bài 3: a) $H = E_p/U \Rightarrow U = E_p/H = 20/0.8 = 25V$. b) $U = E_p + I.r_p \Rightarrow 25 = 20 + I*2 \Rightarrow I = 2.5A$. c) $P_{thu} = U*I = 25 * 2.5 = 62.5W$.