

Công suất của Nguồn điện, Máy thu điện

A. Phương pháp & Ví dụ

1. Công, công suất và hiệu suất của nguồn điện

– Công của nguồn điện: $A = EIt$.

$$P = \frac{A}{t} = EI.$$

– Công suất của nguồn điện:

– Hiệu suất của nguồn điện:

$$H\% = \frac{U}{E} \cdot 100\% = \frac{R}{R + r} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{rI}{E}\right) \cdot 100\%.$$

(E, r là suất điện động và điện trở trong của nguồn; R là điện trở mạch ngoài).

2. Công, công suất và hiệu suất của máy thu điện

– Công tiêu thụ của máy thu điện: $A' = UIt = E'It + r'I^2t$.

– Công suất tiêu thụ của máy thu điện:

$$P' = \frac{A'}{t} = UI = E'I + r'I^2.$$

– Hiệu suất của máy thu điện:

$$H'\% = \frac{E'}{U} \cdot 100\% = \frac{E'}{E' + r'I} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{r'I}{U}\right) \cdot 100\%$$

(E', r' là suất phản điện và điện trở trong của máy thu; R là điện trở mạch ngoài).

Ví dụ 1: Acquy có $r = 0,08\Omega$. Khi dòng điện qua acquy là $4A$, nó cung cấp cho mạch ngoài một công suất bằng $8W$. Hỏi khi dòng điện qua acquy là $6A$, nó cung cấp cho mạch ngoài công suất bao nhiêu?

Hướng dẫn:

Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E - rI$.

Công suất cung cấp cho mạch ngoài: $P = UI = (E - rI)I$.

+ Với $I = 4A \Rightarrow P = (E - 0,08 \cdot 4) \cdot 4 = 8 \Rightarrow E = 2,32V$.

+ Với $I' = 6A \Rightarrow P' = (2,32 - 0,08 \cdot 6) \cdot 6 = 11,04W$.

Vậy: Khi dòng điện qua acquy là $6A$, nó cung cấp cho mạch ngoài công suất là $P' = 11,04W$.

Ví dụ 2: Điện trở $R = 8\Omega$ mắc vào 2 cực một acquy có điện trở trong $r = 1\Omega$. Sau đó người ta mắc thêm điện trở R song song với điện trở cũ.

Hỏi công suất mạch ngoài tăng hay giảm bao nhiêu lần?

Hướng dẫn:

$$I_1 = \frac{E}{R+r}$$

Cường độ dòng điện ban đầu trong mạch:

$$P_1 = RI_1^2 = \frac{RE^2}{(R+r)^2}$$

Công suất mạch ngoài:

$$I_2 = \frac{E}{\frac{R}{2} + r} = \frac{2E}{R+2r}$$

Cường độ dòng điện sau khi mắc thêm R:

$$P_2 = \frac{R}{2} I_2^2 = \frac{R}{2} \cdot \frac{4E^2}{(R+2r)^2}$$

Công suất mạch ngoài:

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{2RE^2}{(R+2r)^2} \cdot \frac{(R+r)^2}{RE^2} = \frac{2(R+r)^2}{(R+2r)^2} = \frac{2 \cdot (8+1)^2}{(8+2)^2} = 1,62$$

Vậy công suất mạch ngoài tăng lên 1,62 lần

Ví dụ 3: Một động cơ điện mắc vào nguồn điện hiệu điện thế U không đổi. Cuộn dây của động cơ có điện trở R. Khi động cơ hoạt động, cường độ dòng điện chạy qua động cơ là I.

a) Lập biểu thức tính công suất hữu ích của động cơ và suất phản điện xuất hiện trong động cơ.

b) Tính I để công suất hữu ích đạt cực đại. Khi này, hiệu suất của động cơ là bao nhiêu?

Hướng dẫn:

a) Biểu thức tính công suất hữu ích của động cơ và suất phản điện xuất hiện trong động cơ

Công suất có ích của động cơ: $P = UI - RI^2$.

Suất phản điện của động cơ: $U = E + RI \Rightarrow E = U - RI$.

b) Tính I để công suất hữu ích đạt cực đại

Công suất có ích:

$$P = RI^2 = R \cdot \frac{U^2}{(R+r)^2} = \frac{U^2 R}{(R+r)^2}$$

Theo bất đẳng thức Cô-si:

$$(R+r)^2 \geq 4Rr \Rightarrow P \leq \frac{U^2 R}{4Rr} = \frac{U^2}{4r}$$

Khi $R = r$ thì công suất mạch ngoài cực đại:

$$P_{\max} = \frac{U^2}{4r} \Rightarrow I = \frac{U}{R+r} = \frac{U}{2R}$$

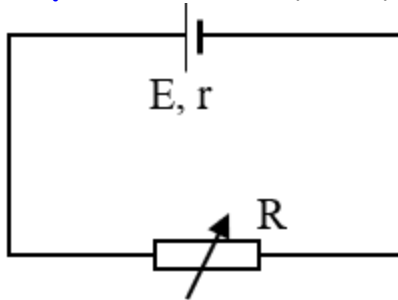
Hiệu suất của động cơ:

$$H = \frac{R}{R+r} = \frac{R}{2R} = 0,5 = 50\%.$$

$$I = \frac{U}{2R},$$

Vậy: Để công suất hữu ích đạt cực đại thì , lúc đó hiệu suất của động cơ là $H = 50\%$.

Ví dụ 4: Cho sơ đồ mạch điện như hình vẽ $E = 12V$, $r = 2\Omega$



- Cho $R = 10\Omega$. Tính công suất tỏa nhiệt trên R , công suất của nguồn; hiệu suất của nguồn.
- Tìm R để công suất trên R là lớn nhất? Tính công suất đó ?
- Tính R để công suất tỏa nhiệt trên R là 16 W .

Hướng dẫn:

$$I = \frac{E}{R+r} = 1(A)$$

a) Ta có:

$$P_R = I^2 R = \left(\frac{E}{R+r} \right)^2 R = 10W$$

+ Công suất tỏa nhiệt trên R :

+ Công suất của nguồn: $P_{\text{nguồn}} = E.I = 12W$

$$H = \frac{U}{E} = \frac{R}{R+r} = 83,33\%$$

+ Hiệu suất của nguồn:

b) Ta có:

$$I = \frac{E}{R+r} \Rightarrow P = I^2 R = \left(\frac{E}{R+r} \right)^2 R = \left(\frac{E}{\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}}} \right)^2$$

+ Theo cô-si ta có:

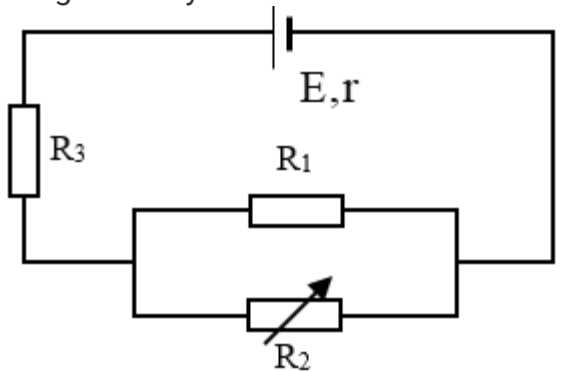
$$\left(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}} \right) \geq 2\sqrt{r} \Rightarrow \left(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}} \right)_{\min} = 2\sqrt{r}$$

$$\Rightarrow P_{R_{\max}} = \frac{E^2}{4r} = 18W \Rightarrow R = r = 2\Omega$$

c) Ta có:

$$I = \frac{E}{R+r} \Rightarrow P = I^2 R = \left(\frac{E}{R+r} \right)^2 R \Leftrightarrow 16 = \left(\frac{12}{R+2} \right)^2 R \Rightarrow \begin{cases} R = 4\Omega \\ R = 1\Omega \end{cases}$$

Ví dụ 5: Có mạch điện như hình vẽ. Nguồn điện có suất điện động $E = 12V$, điện trở trong $r = 1\Omega$. Điện trở $R_1 = 6\Omega$, $R_3 = 4\Omega$. Hỏi R_2 bằng bao nhiêu để công suất trên R_2 lớn nhất. Tính công suất này.



Hướng dẫn:

+ Ta có: $U_{R_2} = U_{12} = IR_{12}$

$$= \frac{E}{R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + r} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow U_{R_2} = \frac{12}{4 + \frac{6R_2}{6 + R_2} + 1} \frac{6R_2}{6 + R_2} = \frac{12.6R_2}{11R_2 + 30}$$

+ Lại có:

$$P_{R_2} = I_2^2 R_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \left(\frac{12.6R_2}{11R_2 + 30} \right)^2 \frac{1}{R_2} = \frac{(12.6)^2 R_2}{(11R_2 + 30)^2}$$

$$\Rightarrow P_{R_2} = \frac{(12.6)^2}{\left(11\sqrt{R_2} + \frac{30}{\sqrt{R_2}} \right)^2}$$

+ Theo cô-si:

$$\left(11\sqrt{R_2} + \frac{30}{\sqrt{R_2}} \right) \geq 2\sqrt{11.30}$$

$$\Rightarrow \left(11\sqrt{R_2} + \frac{30}{\sqrt{R_2}} \right)_{\min} = 2\sqrt{11.30}$$

$$\Rightarrow P_{R_2} = \frac{12^2.6^2}{\left(2\sqrt{30.11} \right)^2}$$

$$11\sqrt{R_2} = \frac{30}{\sqrt{R_2}} \Rightarrow R_2 = \frac{30}{11}$$

+ Dấu "=" xảy ra khi:

B. Bài tập

Bài 1. Acquy (E,r) khi có dòng $I_1 = 15A$ đi qua, công suất mạch ngoài là $P_1 = 135W$, khi $I_2 = 6A$, $P_2 = 64,8W$. Tìm E, r.

Lời giải:

Bài 1.

Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E - rI$.

Công suất mạch ngoài: $P = UI = (E - rI).I = EI - rI^2$.

$$\begin{cases} 135 = E \cdot 15 - r \cdot 15^2 \\ 64,8 = E \cdot 6 - r \cdot 6^2 \end{cases}$$

Ta có:

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 15E - 25r = 135 \\ 6E - 36r = 64,8 \end{cases} \Rightarrow E = 12V; r = 0,2\Omega.$$

Vậy: $E = 12V$; $r = 0,2\Omega$.

Bài 2.

a) Mạch kín gồm acquy $E = 2,2V$ cung cấp điện năng cho điện trở mạch ngoài $R = 0,5\Omega$. Hiệu suất của acquy $H = 65\%$. Tính cường độ dòng điện trong mạch.

b) Khi điện trở mạch ngoài thay đổi từ $R_1 = 3\Omega$ đến $R_2 = 10,5\Omega$ thì hiệu suất của acquy tăng gấp đôi. Tính điện trở trong của acquy.

Lời giải:

Bài 2.

a) Cường độ dòng điện trong mạch

$$H = \frac{RI^2}{EI} = \frac{RI}{E} = 0,65$$

Ta có: Hiệu suất của ac quy là:

$$\Rightarrow I = \frac{0,65E}{R} = \frac{0,65 \cdot 2,2}{0,5} = 2,86A$$

Vậy: Cường độ dòng điện trong mạch là $I = 2,86A$.

b) Điện trở trong của acquy

$$H_1 = \frac{R_1 I_1}{E} = \frac{R_1 E}{E(R_1 + r)} = \frac{R_1}{R_1 + r}$$

Khi $R = R_1$ thì

$$H_2 = \frac{R_2}{R_2 + r} \Rightarrow \frac{H_2}{H_1} = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{R_1 + r}{R_2 + r} = 2$$

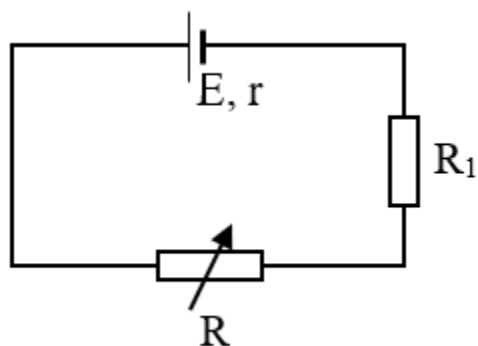
Khi $R = R_2$ thì

$$\Leftrightarrow \frac{10,5}{3} \cdot \frac{3 + r}{10,5 + r} = 2 \Leftrightarrow \frac{3 + r}{10,5 + r} = \frac{4}{7}$$

$$\Leftrightarrow 21 + 7r = 42 + 4r \Rightarrow r = 7$$

Vậy: Điện trở trong của acquy là $r = 7$.

Bài 3. Có mạch điện như hình vẽ. Nguồn điện có suất điện động $E = 24V$, điện trở trong $r = 6\Omega$. Điện trở $R_1 = 4\Omega$. Hỏi giá trị của biến trở R có giá trị bằng bao nhiêu để:



- a) Công suất mạch ngoài lớn nhất. Tính công suất của nguồn khi đó.
 b) Công suất trên R lớn nhất. Tính công suất này.

Lời giải:

Bài 3.

- a) Gọi R_N là tổng trở mạch ngoài

$$I = \frac{E}{R_N + r} \Rightarrow P_N = I^2 R_N$$

+ Ta có:

$$\left(\frac{E}{R_N + r} \right)^2 R_N = \left(\frac{E}{\sqrt{R_N} + \frac{r}{\sqrt{R_N}}} \right)^2$$

$$\left(\sqrt{R_N} + \frac{r}{\sqrt{R_N}} \right) \geq 2\sqrt{r} \Rightarrow \left(\sqrt{R_N} + \frac{r}{\sqrt{R_N}} \right)_{\min} = 2\sqrt{r}$$

+ Theo cô-si ta có:

$$\Rightarrow P_{N_{\max}} = \frac{E^2}{4r} = 24W$$

+ Dấu "=" xảy ra khi $R_N = r = 6\Omega \Leftrightarrow R_1 + R = 6\Omega \Rightarrow R = 2\Omega$

$$I = \frac{E}{R + R_1 + r} \Rightarrow P_R = I^2 R$$

- b) Ta có:

$$= \left(\frac{E}{R + R_1 + r} \right)^2 R = \left(\frac{E}{\sqrt{R} + \frac{R_1 + r}{\sqrt{R}}} \right)^2$$

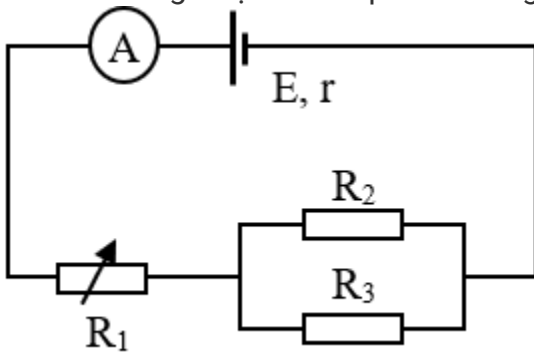
$$\left(\sqrt{R} + \frac{R_1 + r}{\sqrt{R}} \right) \geq 2\sqrt{R_1 + r}$$

+ Theo cô-si ta có:

$$\Rightarrow \left(\sqrt{R} + \frac{R_1 + r}{\sqrt{R}} \right)_{\min} = 2\sqrt{R_1 + r} \Rightarrow P_{R_{\max}} = \frac{E^2}{4(R_1 + r)} = 14,4W$$

+ Dấu "=" xảy ra khi $R = R_1 + r = 10\Omega$

Bài 4. Có mạch điện như hình vẽ. Nguồn điện có suất điện động $E = 12V$ và có điện trở trong $r = 0,5 \Omega$. Các điện trở mạch ngoài $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 12\Omega$. Điện trở R_1 có giá trị thay đổi từ 0 đến vô cùng. Điện trở ampe kế không đáng kể.



Điều chỉnh $R_1 = 1,5\Omega$. Tìm số chỉ của ampe kế và cường độ dòng điện qua các điện trở. Tính công suất tỏa nhiệt của mạch ngoài, hiệu suất của nguồn điện.

Điều chỉnh R_1 có giá trị bằng bao nhiêu thì công suất trên R_1 đạt giá trị cực đại, tính giá trị cực đại đó.

Lời giải:

Bài 4.

a) Khi $R = 1,5\Omega$.

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{6 \cdot 12}{6 + 12} = 4\Omega$$

+ Ta có:

+ Điện trở tương đương của mạch: $R = R_1 + R_{23} = 1,5 + 4 = 5,5\Omega$

+ Dòng điện trong mạch chính:

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{12}{5,5 + 0,5} = 2A \Rightarrow I_A = I = I_1 = 2A$$

+ Hiệu điện thế U_{23} : $U_{23} = I_{23}R_{23} = 2 \cdot 4 = 8V \Rightarrow U_2 = U_3 = U_{23} = 8V$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}A$$

+ Dòng điện qua R_2 :

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{8}{12} = \frac{2}{3}A$$

+ Dòng điện qua R_3 :

+ Công suất tỏa nhiệt mạch ngoài: $P = I^2 R = 2^2 \cdot 5,5 = 22W$

$$H = \frac{U}{E} = \frac{I \cdot R}{E} = \frac{2 \cdot 5,5}{12} = 91,67\%$$

+ Hiệu suất của nguồn:

$$P_{R1} = I^2 R_1 = \left(\frac{E}{R + r} \right)^2 R_1$$

b) Ta có:

$$\left(\frac{12}{R_1 + 4 + 0,5} \right)^2 R_1 = \left(\frac{12}{\sqrt{R_1} + \frac{4,5}{\sqrt{R_1}}} \right)^2$$

$$\left(\sqrt{R_1} + \frac{4,5}{\sqrt{R_1}} \right) \geq 2\sqrt{4,5}$$

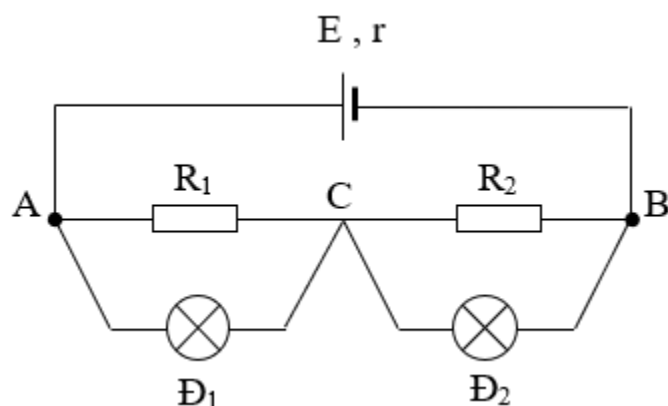
+ Theo cô-si:

$$\Rightarrow \left(\sqrt{R_1} + \frac{4,5}{\sqrt{R_1}} \right)_{\min} = 2\sqrt{4,5} \Rightarrow P_{R1-\max} = \left(\frac{12}{2\sqrt{4,5}} \right)^2 = 8W$$

$$\sqrt{R_1} = \frac{4,5}{\sqrt{R_1}} \Rightarrow R_1 = 4,5\Omega$$

Dấu "=" xảy ra khi và chỉ khi:

Bài 5. Cho mạch điện như hình: $E = 12V$, $r = 1 \Omega$; Đèn Đ_1 có ghi $6V - 3W$, đèn Đ_2 có ghi $3V - 6W$.



- a) Tính R_1 và R_2 , biết rằng hai đèn đều sáng bình thường.
b) Tính công suất tiêu thụ trên R_1 và trên R_2 .

Lời giải:

Bài 5.

+ Vì các đèn đều sáng bình thường nên:

$$\begin{cases} U_1 = U_{d1} = 6V; I_{d1} = \frac{P_{d1}}{U_{d1}} = 0,5(A) \\ U_2 = U_{d2} = 3V; I_{d2} = \frac{P_{d2}}{U_{d2}} = 2(A) \end{cases}$$

+ Ta có: $U_{AB} = U_1 + U_2 = 9V$

$$I = \frac{E}{R_N + r} \Rightarrow I R_N + I r = E$$

+ Định luật ôm cho mạch kín:

$$\Leftrightarrow U_{AB} + I r = E \Rightarrow I = \frac{E - U_{AB}}{r} = 3(A)$$

+ Dòng điện qua R_1 là: $I_1 = I - I_{d1} = 2,5A$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 2,4\Omega$$

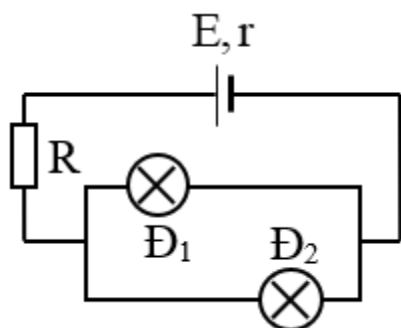
+ Dòng điện qua R_2 là: $I_2 = I - I_{d2} = 1A$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{U_2}{I_2} = 3\Omega$$

b) Công suất tỏa nhiệt trên R_1 : $P_1 = I_1^2 R_1 = 15W$

+ Công suất tỏa nhiệt trên R_2 : $P_2 = I_2^2 R_2 = 3W$

Bài 6. Có mạch điện như hình vẽ. Nguồn điện có suất điện động $E = 24V$, điện trở trong $r = 1\Omega$. Trên các bóng đèn có ghi: $\text{Đ}_1 (12V - 6W)$, $\text{Đ}_2 (12V - 12W)$, điện trở $R = 3\Omega$.



Các bóng đèn sáng như thế nào? Tính cường độ dòng điện qua các bóng đèn.
 Tính công suất tiêu thụ của mạch điện và hiệu suất của nguồn điện.

Lời giải:

Bài 6.

$$\begin{cases} R_1 = \frac{U_1^2}{P_1} = 24\Omega \\ R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = 12\Omega \end{cases}$$

Điện trở của các bóng đèn:

$$R_{td} = R + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 11\Omega$$

+ Tổng trở mạch ngoài:

$$I = \frac{E}{R_{td} + r} = 2(A)$$

+ Dòng điện trong mạch chính:

$$= I \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right) = 16(V)$$

+ Ta có: $U_1 = U_2 = U_{12} = I \cdot R_{12}$

+ Cường độ dòng điện qua các bóng đèn:

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{2}{3}(A) \equiv 0,67(A) \Rightarrow I_2 = I - I_1 = \frac{4}{3}(A) \approx 1,33(A)$$

+ Cường độ dòng điện định mức của mỗi bóng đèn:

$$\begin{cases} I_{d1} = \frac{P_1}{U_1} = 0,5(A) < I_1 \\ I_{d2} = \frac{P_2}{U_2} = 1(A) < I_2 \end{cases}$$

Vậy các đèn sáng hơn mức bình thường \Rightarrow đèn dễ cháy

b) Công suất tiêu thụ của mạch điện là công suất tiêu thụ ở mạch ngoài nên ta có:

$$P_{\text{ngoài}} = I^2 R_{\text{td}} = 2^2 \cdot 11 = 44\text{W}$$

+ Hiệu điện thế hai đầu cực của nguồn: $U = E - Ir = 24 - 2 = 22\text{V}$

$$H = \frac{U}{E} = \frac{22}{24} \cdot 100\% = 91,67\%$$

+ Hiệu suất của nguồn:

Bài 7. Nguồn $E = 6\text{V}$, $r = 2\Omega$ cung cấp cho điện trở mạch ngoài công suất $P = 4\text{W}$.

a) Tìm R .

b) Giả sử lúc đầu mạch ngoài là điện trở $R_1 = 0,5\Omega$. Mặc thêm vào mạch ngoài điện trở R_2 thì công suất tiêu thụ mạch ngoài không đổi. Hỏi R_2 nối tiếp hay song song R_1 và có giá trị bao nhiêu?

Lời giải:

a) Tìm R

Công suất mạch ngoài: $P = UI = (E - rI)I = EI - rI^2$

$$\Rightarrow \begin{cases} I = 2\text{A} \\ I = 1\text{A} \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow 4 = 6I - 2I^2 \Leftrightarrow I^2 - 3I + 2 = 0$$

Mặt khác: $P = RI^2$

$$P = RI^2 \Rightarrow R = \frac{P}{I^2}$$

+ Với $I = 2\text{A}$

$$\Rightarrow R = \frac{4}{2^2} = 1\Omega$$

+ Với $I = 1\text{A}$

Vậy: $R = 4\Omega$ hoặc $R = 1\Omega$.

b) Cách mắc R_2 với R_1

Công suất tiêu thụ mạch ngoài:

$$\Rightarrow R = \frac{4}{1^2} = 4\Omega$$

Gọi R_3 là điện trở tương đương của R_1 và R_2 , ta có: $P_1 = P_3$.

$$P = RI^2 = R\left(\frac{E}{R+r}\right)^2 = \frac{E^2}{\left(\frac{R}{\sqrt{R}} + \frac{r}{\sqrt{R}}\right)^2} = \frac{E^2}{\left(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}}\right)^2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{E^2}{\left(\sqrt{R_1} + \frac{r}{\sqrt{R_1}}\right)^2} = \frac{E^2}{\left(\sqrt{R_3} + \frac{r}{\sqrt{R_3}}\right)^2} \Leftrightarrow R_1 + 2r + \frac{r^2}{R_1} = R_3 + 2r + \frac{r^2}{R_3}$$

$$\Leftrightarrow R_1 - R_3 = r^2 \cdot \frac{R_1 - R_3}{R_1 R_3}$$

Vậy: Phải mắc R_2 nối tiếp R_1 và $R_2 = R_3 - R_1 = 8 - 0,5 = 7,5\Omega$.