

【高二物理 典题训练 11】

闭合电路的功率和效率 答案详解

【题型 1】闭合电路外电路功率图象 ($P_{\text{出}}-R$) 的应用

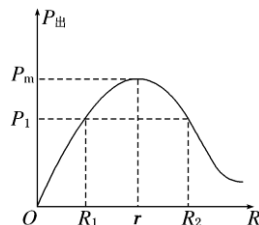
1. $P_{\text{出}}$ 与 R 的关系图

2. 重要结论

(1) 当 $R=r$ 时，电源的输出功率最大 $P_m = \frac{E^2}{4r}$ ，此时效率 $\eta = \frac{R}{R+r} \times 100\% = 50\%$ 。

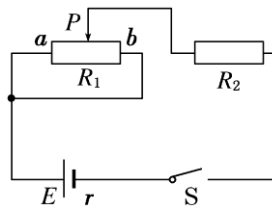
(2) 当 $P_{\text{出}} < P_m$ 时，每个输出功率对应两个可能的外电阻 R_1 、 R_2 ，且 $R_1 \cdot R_2 = r^2$ 。

(3) 当研究对象为外电路中的滑动变阻器时，可将外电路的定值电阻与电源内阻当作等效内阻，则此时滑动变阻器阻值即为外电阻。



[典例 1] 如图所示电路中，电源电动势为 E ，内阻为 r ，串联的固定电阻为 R_2 ，滑动变阻器的总阻值是 R_1 ，电阻大小关系为 $R_1 + R_2 = r$ ，则在滑动触头从 a 端滑到 b 端过程中，下列描述正确的是 ()

- A. 电路的总电流先减小后增大
- B. 电路的路端电压先增大后减小
- C. 电源的输出功率先增大后减小
- D. 滑动变阻器 R_1 上消耗的功率先减小后增大



【答案】AB

【解析】A、当滑动变阻器从 $a \rightarrow b$ 移动时， R_1 作为并联电路总电阻先增大后减小，具体变化情况为由 0 增大到 $R_1/4$ 再减小为 0。根据闭合电路欧姆定律可知：电流是先减小后增大，A 正确；

B、路端电压 $U = E - Ir$ ，因为电流先减小后增大，所以路端电压先增大后减小，B 正确；

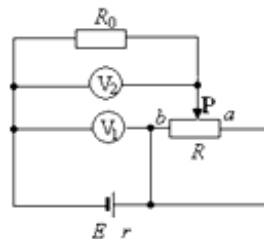
C、当电源内电阻等于外电阻时，电源的输出功率最大，滑动变阻器在两端时，外电阻恰好等于内电阻，此时输出功率最大，因此电源的输出功率先减小后增大，C 错误；

D、 R_1 电阻变化范围为 0 增大到 $R_1/4$ 再减小为 0，即由 0 增加到 $1/4r$ 再减小为 0，将内阻 r 与 R_2 等效为一个内阻后，新内阻为 $2r$ ，根据闭合电路外电路功率图象，可知功率先增后减，D 错误；

【考点】闭合电路外电路功率图象，动态电路，闭合电路欧姆定律。

[典例 2] 如图所示，电源的电动势和内阻分别为 E 、 r ， $R_0 = r$ ，滑动变阻器的滑片 P 由 a 向 b 缓慢移动，则在此过程中 ()

- A. 伏特表 V_1 的示数一直增大
- B. 伏特表 V_2 的示数先增大后减小
- C. 电源的总功率先减少后增加
- D. 电源的输出功率先减小后增大



【答案】CD

【解析】A、当变阻器滑片滑到中点时，变阻器两部分并联电阻最大。所以外电路总电阻先增大后减小，

即为由 R_0 增加到 $R_0+1/4R$ 再减小为 R_0 。故路端电压先增大后减小，即电压表 V_1 的示数先增大后减小，A 错误。

B、电流先减小后增大，所以电阻 R_0 两端的电压先减小后增大，故伏特表 V_2 的示数先减小后增大，B 错误。

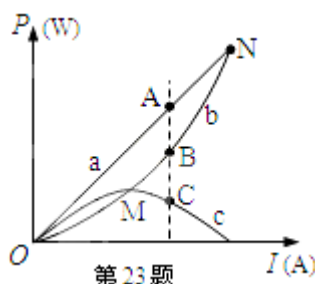
C、根据公式 $P=EI$ 可得电源总功率先减小后增大，C 正确。

D、外电路总电阻由 r 增加到 $r+1/4R$ 再减小为 r 。根据闭合电路外电路功率图象，电源的输出功率先减小后增大，D 正确。

【考点】闭合电路外电路功率图象，动态电路，闭合电路欧姆定律。

【题型 2】闭合电路功率图象 ($P-I$) 的应用

[典例 3] 某同学将一直流电源的总功率 P_E 、输出功率 P_R 和电源内部的发热功率 P_r 随电流 I 变化的图线画在同一坐标系中，如图中的 a、b、c 所示。则下列说法中正确的是 ()



- A. 图线 b 表示输出功率 P_R 随电流 I 变化的关系
- B. 图中 a 线最高点对应的功率为最大输出功率
- C. 在图线上 A、B、C 三点的纵坐标一定满足关系 $P_A = P_B + P_C$
- D. 两个图线交点 M 与 N 的横坐标之比一定为 1:2，纵坐标之比一定为 1:4

【答案】CD

【解析】A、由电源消耗功率和电源内部消耗功率表达式 $P_E = EI$ ， $P_r = I^2 r$ ，可知，a 是直线，表示的是电源消耗的总电功率，b 是抛物线，表示的是电源内电阻上消耗的功率，c 表示外电阻的功率即为电源的输出功率 P_R ，所以 AB 错误；

C、在 a、b、c 三条图线上分别取横坐标相同的 A、B、C 三点，因为直流电源的总功率 P_E 等于输出功率 P_R 和电源内部的发热功率 P_r 的和，所以这三点的纵坐标一定满足关系 $P_A = P_B + P_C$ ，所以 C 正确；

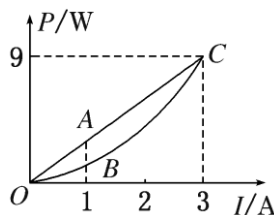
D、当内电阻和外电阻相等时，电源输出的功率最大，此时即为 b、c 线的交点 M 时的电流，此时电流的大小为 $\frac{E}{R+r} = \frac{E}{2r}$ ，功率的大小为 $\frac{E^2}{4r}$ ，a、b 线的交点 N 表示电源的总功率 P_E 和电源内

部的发热功率 P_r 随相等，此时只有电源的内电阻，所以此时的电流的大小为 $\frac{E}{r}$ ，功率的大小为 $\frac{E^2}{r}$ ，

所以横坐标之比为 1:2，纵坐标之比为 1:4，所以 D 正确。故选 CD。

【考点】闭合电路功率图象，闭合电路欧姆定律。

[典例 4] 如图所示，直线 OAC 为某一直流电源的总功率随电流 I 变化的图线，曲线 OBC 表示同一直流电源内部的热功率随电流 I 变化的图线。若 A、B 点的横坐标均为 1 A，那么 AB 线段表示的功率为 ()



- A. 1 W
- B. 6 W
- C. 2 W
- D. 2.5 W

【答案】C

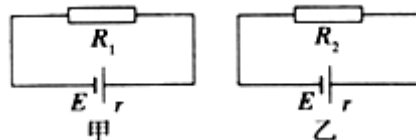
【解析】电源的总功率 $P=EI$ ，C 点表示 $I=3A$ ， $P=9W$ ，则电源的电动势 $E=3V$ 。由图看出，C 点表示外电路短路，电源内部热功率等于电源的总功率，则有 $P=I^2r$ ，代入解得， $r=1\Omega$ ，所以 AB 段表示的功率为 $P_{AB}=EI'-I'^2r=3\times 1-1^2\times 1(W)=2W$ 。故选：C。

【考点】闭合电路功率图象，闭合电路欧姆定律。

【题型 3】闭合电路功率的综合应用

【典例 5】如图所示，甲、乙两电路中电源完全相同，外电阻 $R_1>R_2$ ，两电路中分别通过相同的电荷量 q 的过程中，下列判断正确的是（ ）

- A. 电源内部产生电热较多的是甲电路
- B. R_1 上产生的电热比 R_2 上产生的电热多
- C. 电源做功较多的是甲电路
- D. 电源效率较高的是甲电路



【答案】BD

【解析】A、由题：电源的电动势 E 和内阻 r 相同，电阻 $R_1>R_2$ ，由闭合电路欧姆定律可知电流 $I_1<I_2$ ，电源内部产生电热 $Q_{内}=I^2rt=qIr$ ，可见，电源内部产生电热较多的是乙电路中的电源。故 A 错误。

B、两个电阻的电热 $Q=I^2Rt=qIR=q(E-Ir)$ ，电阻 $R_1>R_2$ ， $I_1<I_2$ ，则 R_1 上产生的电热比 R_2 上产生的电热多。故 B 正确。

C、电源做功： $W=EIt=Eq$ ，由于电动势和电量都相等，故电源做功相等，故 C 错误。

D、电源的效率 $\eta=\frac{UI}{EI}=\frac{U}{E}$ ，而路端电压随外电阻的增大而增大，则甲图路端电压大，效率高。故 D 正确。故选：BD。

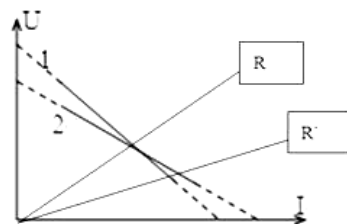
【考点】闭合电路欧姆定律，闭合电路的功、功率与效率，焦耳定律。

【典例 6】两电源电动势分别为 E_1 、 E_2 ($E_1>E_2$)，内阻分别为 r_1 、 r_2 。当这两个电源分别和一阻值为 R 的电阻连接时，电源输出功率相等。若将 R 减少为 R' ，电源输出功率分别为 P_1 、 P_2 ，则（ ）

- A. $r_1<r_2$ ， $P_1<P_2$
- B. $r_1>r_2$ ， $P_1>P_2$
- C. $r_1<r_2$ ， $P_1>P_2$
- D. $r_1>r_2$ ， $P_1<P_2$

【答案】D

【解析】将一电动势为 E 、内电阻为 r 的电源与一阻值为 R 的电阻组成一闭合回路，路端电压 U 和干路电流 I 的关系为 $U=E-Ir$ 。在 $U-I$ 直角坐标系中作 $U-I$ 图线，则该图线为一条在纵轴上截距为 E 、斜率为 $-r$ 的直线。这条线可被称为电源的伏安特性曲线。如果再在此坐标系中作出外电阻 R 的伏安特性曲线为过原点的直线，斜率为 R ，则两条线的交点就表示了该闭合电路所工作的状态，此交点的横、纵坐标的乘积即为外电阻所消耗的功率。依题意作电

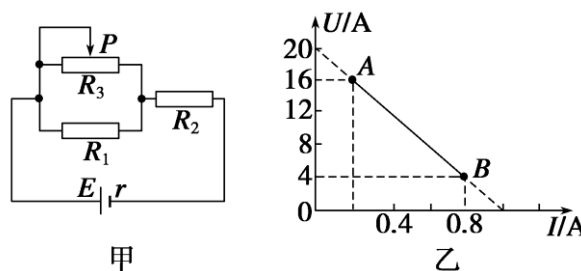


池甲和乙及电阻 R 的伏安特性曲线。由于两电池分别接 R 时， R 消耗的电功率相等，故这三条线必相交于一点，如图所示，由于 $\alpha_1 > \alpha_2$ ，所以 $r_1 > r_2$ 。作 R 的伏安特性曲线，由图可知：当甲电池接 R 时， $P_1 = U_1 I_1$ ；当乙电池接 R 时， $P_2 = U_2 I_2$ 。由于 $U_1 < U_2$ ， $I_1 < I_2$ ，所以 $P_1 < P_2$ ，D 正确。

【考点】闭合电路欧姆定律与其图象，闭合电路的功、功率与效率。

【典例 7】如图甲所示的电路中， R_1 、 R_2 均为定值电阻，且 $R_1 = 100 \Omega$ ， R_2 阻值未知， R_3 为一滑动变阻器。当其滑片 P 从左端滑至右端时，测得电源的路端电压随电源中流过的电流变化图线如图乙所示，其中 A、B 两点是滑片 P 在变阻器的两个不同端点得到的。求：

- (1) 电源的电动势和内阻；
- (2) 定值电阻 R_2 的阻值；
- (3) 滑动变阻器的最大阻值；
- (4) 电源的最大输出功率；
- (5) 变阻器 R_3 上消耗的最大功率。



【答案】(1) 20 V、20 Ω ；(2) 5 Ω ；(3) 300 Ω ；(4) 5W；(5) 3.2W；

【解析】(1) 将乙图中 AB 线延长，交 U 轴于 20 V 处，交 I 轴于 1.0 A 处，所以电源的电动势为 $E = 20$ V，

$$\text{内阻 } r = \frac{E}{I_0} = 20 \Omega。$$

(2) 当 P 滑到 R_3 的右端时，电路对应乙图中的 B 点，即 $U_2 = 4$ V、 $I_2 = 0.8$ A，得 $R_2 = \frac{U_2}{I_2} = 5 \Omega$ 。

(3) 当 P 滑到 R_3 的左端时，由乙图知此时 $U_{\text{外}} = 16$ V， $I_{\text{总}} = 0.2$ A，所以 $R_{\text{外}} = \frac{U}{I} = 80 \Omega$ 。因为 $R_{\text{外}} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_2$ ，所以滑动变阻器的最大阻值为： $R_3 = 300 \Omega$ 。

(4) 当 $R_{\text{外}} = r$ 时，电源的输出功率最大，即 $\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_2 = r = 20 \Omega$ ，可以取到，电源的最大输出功率为：

$$P_m = \frac{E^2}{4r} = \frac{20^2}{4 \times 20} \text{ W} = 5 \text{ W}。$$

(5) 将 R_3 当作唯一外电阻，此时电源内阻等效为 r 与 R_2 串联后与 R_1 并联，得到 $r' = 20 \Omega$ ，故当 $R_3 = 20 \Omega$ 时，

$$P_{3m} = \left(\frac{E}{r + R_2 + R_3 // R_1} \cdot \frac{R_1}{R_3 + R_1} \right)^2 R_3 = \left(\frac{20}{25 + 20 // 100} \cdot \frac{100}{100 + 20} \right)^2 \times 20 \text{ W} = 3.2 \text{ W}。$$

【考点】闭合电路欧姆定律与其图象，闭合电路的功、功率与效率。