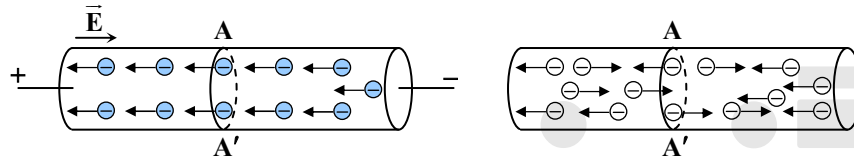


فصل سوم

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

جریان الکتریکی

اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی به دو سر رسانا اعمال نشده باشد، تعداد الکترون‌های آزادی که در بازه‌ی زمانی Δt از مقطع AA' مطابق شکل زیر، از راست به چپ در حرکت‌اند، با الکترون‌های آزادی که در همان بازه‌ی زمانی، از همان مقطع از چپ به راست حرکت می‌کنند، برابرند. یعنی به‌طور متوسط بار خالصی که از مقطع AA' یا هر مقطع عرضی دیگر رسانا می‌گذرد، در یک بازه‌ی زمانی صفر است. هنگامی که دو سر رسانا را به باتری وصل کرده و به این وسیله به دو سر آن اختلاف پتانسیل اعمال کنیم، یک میدان الکتریکی در داخل رسانا ایجاد می‌شود. این میدان به الکترون‌های آزاد درون رسانا نیرو وارد می‌کند و آن‌ها را در خلاف جهت میدان سوق می‌دهد که موجب برقراری جریان می‌شود.



شدت جریان الکتریکی متوسط

بار شارش شده در واحد زمان را شدت جریان متوسط می‌گویند. اگر در بازه‌ی زمانی Δt بار Δq در رسانا شارش کرده باشد، شدت جریان متوسط از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow \begin{matrix} \text{بار الکتریکی (کولن)} \\ \text{مدت زمان (ثانیه)} \end{matrix}$$

شدت جریان متوسط (آمپر)

شدت جریان الکتریکی لحظه‌ای

هنگامی که در رابطه‌ی شدت جریان الکتریکی متوسط Δt به سمت صفر میل کند (یعنی در بازه‌ی زمانی بسیار کوتاه) شدت جریان لحظه‌ای به‌دست می‌آید:

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$

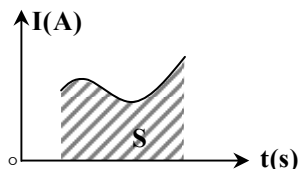
نکته: اگر در تمام بازه‌های زمانی، شدت جریان متوسط ثابت بماند، جریان را مستقیم می‌نامند. در این صورت، شدت جریان لحظه‌ای با شدت جریان متوسط برابر است. در این حالت داریم:

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = It$$

$$q = ne \Rightarrow It = ne$$

• اگر واحد زمان، ساعت (h) و جریان آمپر (A) باشد، واحد فرعی دیگری برای بار الکتریکی به‌نام $A.h$ (آمپر ساعت) خواهیم داشت.

نکته: سطح محصور بین نمودار شدت جریان الکتریکی - زمان ($I-t$) و محور زمان در یک بازه‌ی زمانی برابر بار شارش شده در مدار در آن بازه‌ی زمانی است:



$$S = \Delta q = It$$

مثال: از سیمی شدت جریان 0.8 آمپر عبور می‌کند، در یک دقیقه چند الکترون از مقطع سیم عبور می‌کند؟ (اندازه‌ی بار الکتریکی هر الکترون

$$1.6 \times 10^{-19} \text{ کولن است.})$$

$$3 \times 10^{19} \quad (4)$$

$$5 \times 10^{18} \quad (3)$$

$$5 \times 10^{19} \quad (2)$$

$$3 \times 10^{20} \quad (1)$$

پاسخ: گزینه ۴

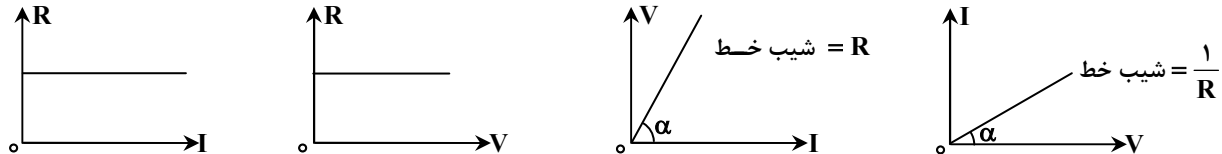
$$\left\{ \begin{matrix} q = ne \\ I = \frac{q}{t} \end{matrix} \right\} \Rightarrow I = \frac{ne}{t} \Rightarrow 0.8 \times 60 = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 3 \times 10^{19}$$

قانون اهم و مقاومت الکتریکی

هرگاه دمای یک رسانای فلزی را ثابت نگه داریم، شدت جریان الکتریکی‌ای که از آن می‌گذرد، با اختلاف پتانسیل دو سر رسانا متناسب است، در این صورت نسبت $\frac{V}{I}$ همواره ثابت می‌ماند که این مقدار ثابت را مقاومت الکتریکی رسانا می‌نامند.

اختلاف پتانسیل (ولت) $V \rightarrow$
 $R = \frac{V}{I}$
 جریان الکتریکی (آمپر) $\rightarrow I$
 مقاومت الکتریکی (اهم)

نمودارهای $(R-I)$ ، $(R-V)$ ، $(I-V)$ ، $(V-I)$ برای یک رسانا در دمای ثابت به شکل‌های زیر رسم می‌شود:



نکته: برای مقایسه‌ی مقاومت الکتریکی در رسانا با استفاده از قانون اهم داریم:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{V_2}{V_1} \times \frac{I_1}{I_2}$$

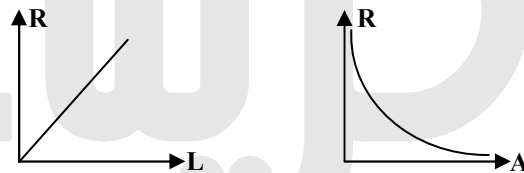
عوامل مؤثر در مقاومت رساناهای فلزی

مقاومت یک رسانا در دمای ثابت به طول (L) و مساحت مقطع (A) و یک خاصیت ذاتی ماده‌ی رسانا به نام مقاومت ویژه‌ی رسانا (ρ) بستگی دارد. به‌طوری که داریم:

مقاومت ویژه‌ی رسانا (اهم متر)

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

طول رسانا $(m) \rightarrow L$
 سطح مقطع رسانا $(m^2) \rightarrow A$
 مقاومت الکتریکی (اهم)



نکته: برای مقایسه‌ی مقاومت الکتریکی هر رسانا با استفاده از مشخصات ساختمانی آن داریم:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2}$$

نکته: اگر سیمی را بکشیم تا بدون تغییر جرم و حجم، طول آن افزایش یابد، مساحت سطح مقطع آن به همان نسبت کاهش می‌یابد. در این صورت می‌توان نوشت:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 L_1 = A_2 L_2 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2$$

مثال: طول سیم B دو برابر طول سیم A و مقاومت ویژه‌ی سیم B سه برابر مقاومت ویژه‌ی A است. اگر مقاومت الکتریکی سیم A، $\frac{3}{4}$ برابر مقاومت

الکتریکی سیم B باشد، قطر مقطع سیم B چند برابر قطر مقطع سیم A است؟

۹ (۴)

۶ (۳)

$2\sqrt{3}$ (۲)

۳ (۱)

پاسخ: گزینه ۱

$$L_B = 2L_A, \rho_B = 3\rho_A, R_A = \frac{3}{4}R_B$$

$$R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \frac{L_B}{L_A} \times \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{4}{3} = 3 \times 2 \times \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{A_A}{A_B} = \frac{1}{9}$$

$$A = \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{d_A}{d_B}\right)^2 = \frac{1}{9} \Rightarrow \frac{d_B}{d_A} = 3$$

مثال: طول سیمی ۱۲۰ سانتی متر و سطح مقطع آن ۰/۴۲ میلی متر مربع و مقاومت ویژه آن $10^{-8} \times 1/68 \Omega m$ است، مقاومت الکتریکی این سیم

چند اهم است؟

۱ (۴)

۴/۸ (۳)

۰/۴۸ (۲)

۰/۰۴۸ (۱)

پاسخ: گزینه ۱

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{1/68 \times 10^{-8} \times 12 \times 10^{-1}}{0.42 \times 10^{-6}} = 48 \times 10^{-3} = 0.048 \Omega$$

مثال: سیمی را ذوب کرده و تبدیل به سیم دیگری می کنیم که قطر مقطع آن $\sqrt{3}$ برابر حالت اول باشد. اگر حجم سیم ثابت بماند، مقاومت الکتریکی آن چند برابر می شود؟

$\frac{1}{9}$ (۴)

$\frac{1}{3\sqrt{3}}$ (۳)

$\frac{1}{3}$ (۲)

$\frac{1}{\sqrt{3}}$ (۱)

پاسخ: گزینه ۴

$$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 L_1 = A_2 L_2 \Rightarrow \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 L_1 = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 L_2 \Rightarrow d_1^2 L_1 = d_2^2 L_2 \Rightarrow d_1^2 L_1 = 3 d_1^2 L_2 \Rightarrow L_2 = \frac{L_1}{3}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} = \frac{L_2}{L_1} \times \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{9}$$

مثال: ابعاد یک مکعب مستطیل فلزی ۱، ۲ و ۴ سانتی متر است. این مکعب مستطیل را می توان از هریک از دو وجه مقابل آن در مدار قرار داد. نسبت بزرگ ترین مقاومت آن به کوچک ترین مقاومت آن چند است؟

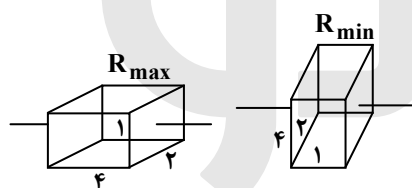
۲۴ (۴)

۱۶ (۳)

۸ (۲)

۴ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

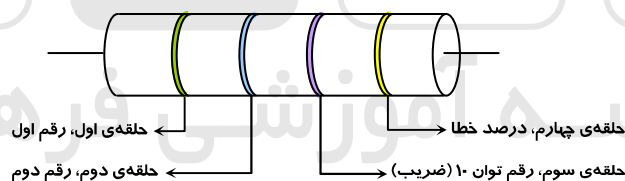


$$R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow \frac{R_{\max}}{R_{\min}} = \frac{\frac{\rho L_{\max}}{A_{\min}}}{\frac{\rho L_{\min}}{A_{\max}}} = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \times \frac{A_{\max}}{A_{\min}} \Rightarrow \frac{R_{\max}}{R_{\min}} = \frac{4}{1} \times \frac{8}{2} = 16$$

کدگذاری مقاومت ها

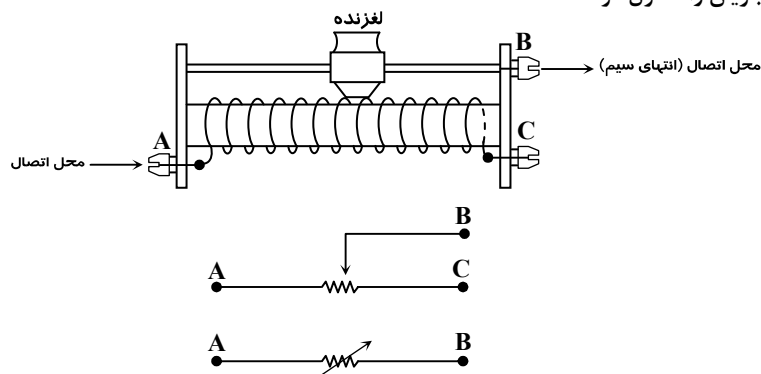
روی هر مقاومت چهار حلقه رنگی موجود است که مقدار آن را با استفاده از آن ها می توان مشخص کرد. حلقه های طلایی یا نقره ای را در سمت راست قرار می دهند که بیان کننده درصد خطا هستند. حلقه ها از سمت چپ به ترتیب رقم اول و رقم دوم را مشخص می کند. رقم سوم ضریب مقاومت به صورت 10^n است.

$$\Rightarrow R = ab \times 10^n$$



رنوستا (مقاومت متغیر)

وسیله ای برای تنظیم و کنترل جریان که از یک سیم دراز و از جنس تنگستن ساخته شده که روی یک استوانه ای نارسا پیچیده شده است. با استفاده از یک دکمه به نام لغزنده که روی ریلی که بالای استوانه قرار دارد و انتهای آن با سیم در تماس است، می توان طول هایی دلخواه از سیم را در مدار قرار داد و مقاومت را به دلخواه تغییر داد و جریان را کنترل کرد.



اثر دما بر مقاومت رساناهای فلزی

مقاومت ویژه رساناهای فلزی تابعی از دمای آن‌ها است. در رساناهای فلزی افزایش دما، موجب افزایش مقاومت ویژه و در نتیجه‌ی آن افزایش مقاومت رسانا می‌شود.

اگر در دمای θ_1 درجه‌ی سلسیوس، مقاومت ویژه‌ی یک رسانا ρ_1 و مقاومت الکتریکی آن R_1 و در دمای θ_2 درجه‌ی سلسیوس، مقاومت ویژه‌ی آن ρ_2 و مقاومت الکتریکی آن R_2 باشد، می‌توان نوشت:

$$\rho_2 = \rho_1(1 + \alpha\Delta\theta) \Rightarrow R_2 = R_1(1 + \alpha\Delta\theta)$$

$$\text{درصد تغییرات مقاومت} : \frac{\Delta R}{R_1} \times 100 = \alpha\Delta\theta \times 100 \Rightarrow \Delta R = R_1\alpha\Delta\theta$$

α : ضریب دمایی مقاومت ویژه نام دارد و واحد آن در SI $(\frac{1}{^\circ\text{C}})$ یا $(\frac{1}{\text{K}})$ است و برای اکثر فلزها مقداری مثبت است، لذا در اثر افزایش دما مقاومت رساناهای فلزی افزایش می‌یابد. در حالی که ضریب دمایی مقاومت ویژه‌ی اکثر غیر فلزها منفی است. بنابراین در اثر افزایش دما مقاومت آن‌ها کاهش می‌یابد.

مثال: در دمای 200°C مقاومت عنصری به اندازه‌ی $9/10$ مقاومت آن در دمای صفر است. ضریب تغییر مقاومت با دما (α) برای این عنصر چند $^\circ\text{C}^{-1}$ است؟

$$5 \times 10^{-4} \quad (4)$$

$$1/8 \times 10^{-3} \quad (3)$$

$$-5 \times 10^{-4} \quad (2)$$

$$-1/8 \times 10^{-3} \quad (1)$$

پاسخ: گزینه ۲

$$R_2 = R_1(1 + \alpha\Delta\theta) \Rightarrow \Delta R = R_1\alpha\Delta\theta \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta R}{R_1\Delta\theta} = \frac{-0.1R_1}{R_1 \times 200} = -0.5 \times 10^{-3} = -5 \times 10^{-4} \left(\frac{1}{^\circ\text{C}}\right)$$

انرژی الکتریکی

اگر جریان ثابت I در مدت t ثانیه از سیمی به مقاومت R عبور کند، انرژی پتانسیل الکتریکی که به انرژی درونی رسانا تبدیل می‌شود از روابط زیر به دست می‌آید:

$$U = qV = (It)(RI) = RI^2t \Rightarrow U = RI^2t = \frac{V^2}{R}t = qV$$

$$U = R\left(\frac{V}{R}\right)^2t = \frac{V^2}{R}t$$

مثال: اگر از یک مقاومت 20 اهمی در مدت 5 ثانیه 10 کولن الکتریسیته به طور یکنواخت عبور کرده باشد، انرژی الکتریکی مصرف شده در مقاومت

چند ژول است؟

$$2000 \quad (4)$$

$$1600 \quad (3)$$

$$400 \quad (2)$$

$$80 \quad (1)$$

پاسخ: گزینه ۲

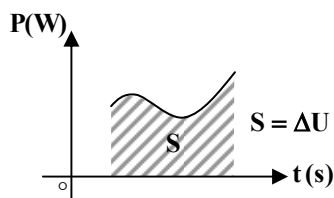
$$U = RI^2t, I = \frac{q}{t} = \frac{10}{5} = 2 \Rightarrow U = 20 \times 4 \times 5 = 400 \text{ J}$$

توان الکتریکی

انرژی الکتریکی مصرف شده در واحد زمان را توان مصرفی مدار می‌گوییم و آن را با P نشان می‌دهیم و محاسبه‌ی آن به صورت زیر است:

$$P = \frac{U}{t} = RI^2 = \frac{V^2}{R} = VI$$

نکته: سطح محصور بین نمودار $P-t$ و محور زمان برابر انرژی مصرفی در مدار است:



مثال: اگر یک لامپ 220 ولت 200 وات به مدت 90 دقیقه به اختلاف پتانسیل الکتریکی 220 ولت وصل باشد، چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی

مصرف می‌کند؟

$$200 \quad (4)$$

$$20 \quad (3)$$

$$3 \quad (2)$$

$$0.3 \quad (1)$$

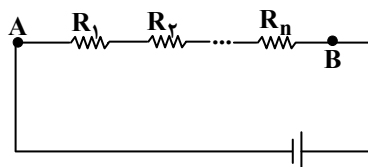
پاسخ: گزینه ۱

$$P = \frac{U}{t} \Rightarrow U = Pt = 200 \times 90 \times 60 = 10^6 \times 10^8 \text{ J} \xrightarrow{+36 \times 10^5} \frac{10^8 \times 10^{-1}}{36} = 0.3 \text{ kWh}$$

به هم بستن مقاومت‌ها

I) به هم بستن متوالی مقاومت‌ها

در این اتصال، هر مقاومت، با مقاومت بعدی در یک سر، مشترک است و از هیچ نقطه‌ای اشتراک انشعابی انجام نشده است. بنابراین شدت جریان گذرنده از هریک از مقاومت‌ها و شدت جریان گذرنده از شاخه‌های آن‌ها یکسان است. بنابراین برای اتصال متوالی می‌توان نوشت:



$$I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

• اگر n مقاومت مشابه R را به‌طور سری به هم متصل کنیم، مقاومت معادل آن برابر است با:

$$R_T = nR$$

• در حالت سری مقاومت معادل بیش‌ترین مقدار را در بین کلیه مقاومت‌ها دارد.

• در حالت سری توان حرارتی با مقاومت الکتریکی رابطه‌ی مستقیم دارد:

$$\begin{cases} I_1 = I_2 \\ P = RI^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

• اگر n لامپ مشابه که توان اسمی هر کدام P و ولتاژ هر کدام V است را به‌طور متوالی به هم بسته و به ولتاژ V وصل کنیم، توان مجموعه‌ی لامپ‌ها برابر است با:

توان اسمی هر لامپ $\rightarrow P$
توان مجموعه‌ی سری لامپ‌ها $\rightarrow P_T = \frac{P}{n}$
تعداد لامپ‌ها $\rightarrow n$

• بر روی تعدادی لامپ نوشته شده $(P_1 \text{ و } V_1)$ و $(P_2 \text{ و } V_2)$ و $(P_n \text{ و } V_n)$ اگر این لامپ‌ها را با هم به‌صورت متوالی بسته و به همان ولتاژ V وصل کنیم، توان حرارتی مجموعه‌ی لامپ‌ها از کوچک‌ترین توان اسمی نوشته شده بر روی هر لامپ کم‌تر است و داریم:

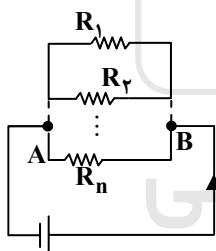
$$\frac{1}{P_T} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + \dots + \frac{1}{P_n}$$

• در حالت سری ولتاژ به نسبت مستقیم مقاومت‌ها در مدار تقسیم می‌شود:

$$I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

II) اتصال موازی مقاومت‌ها

در این اتصال، یک سر همه‌ی مقاومت‌ها به یک نقطه و سر دیگر همه‌ی آن‌ها نیز به یک نقطه‌ی دیگر متصل است. به همین خاطر اختلاف پتانسیل دو سر همه‌ی مقاومت‌ها یکسان است و داریم:



$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$V = V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

$$R = \frac{V}{I}, V = cte \Rightarrow \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

• اگر n مقاومت مشابه R را به‌طور موازی به هم وصل کنیم، مقاومت معادل برابر است با:

$$R_T = \frac{R}{n}$$

• در حالت موازی مقاومت معادل کم‌ترین مقدار را در بین کلیه مقاومت‌ها داراست.

• در حالت موازی جریان به نسبت عکس مقاومت شاخه‌ها تقسیم می‌شود:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

• در حالت موازی در شاخه‌ای که مقاومت آن کم‌تر است گرمای بیش‌تری به‌وجود می‌آید:

$$\begin{cases} V_1 = V_2 \\ P = \frac{V^2}{R} \end{cases} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

- سیمی به طول L و مقاومت R مفروض است اگر آن را به n قسمت مساوی تقسیم کنیم و تکه‌های به دست آمده را به صورت موازی به هم ببندیم، مقاومت معادل مجموعه‌ی موازی به وجود آمده برابر است با:

$$R_T = \frac{R}{n^2}$$

مقاومت سیم
تعداد تقسیم‌ها

- اگر n لامپ مشابه کوچک که بر روی هر کدام نوشته شده (P, V) را با هم به صورت موازی به ولتاژ V وصل کنیم توان حرارتی مجموعه‌ی لامپ‌ها برابر خواهد بود با:

$$P_T = nP$$

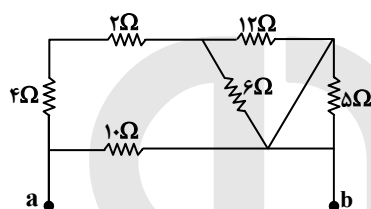
توان حرارتی مجموعه لامپ‌ها

- اگر دو مقاومت R_1 و R_2 به صورت موازی به هم متصل شوند، برای مقاومت معادل آن داریم:

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

تذکره: اگر دستگاه به ولتاژ اسمی آن (مناسب‌ترین اختلاف پتانسیل) وصل شود، توان مصرفی برابر توان اسمی می‌شود و در صورتی که ولتاژ بیش‌تر از اسمی باشد، دستگاه می‌سوزد.

مثال: مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی a و b چند اهم است؟



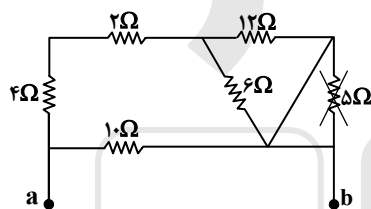
(۱) ۵

(۲) ۱۰

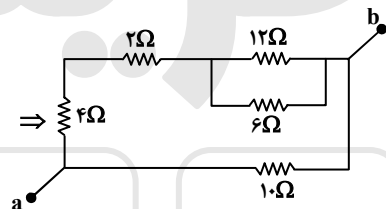
(۳) ۱۵

(۴) ۲۰

پاسخ: گزینه ۱

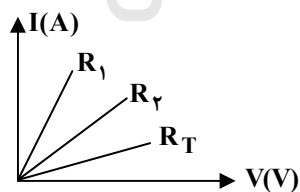


اتصال کوتاه و از مدار خارج می‌شود



$$\Rightarrow R_T = 5\Omega$$

مثال: نمودار تغییرات جریان الکتریکی نسبت به ولتاژ دو مقاومت R_1 و R_2 و مقاومت معادل حاصل از به هم بسته شدن آن‌ها (R_T) به صورت مقابل است. با توجه به این نمودار کدام گزینه درست است؟



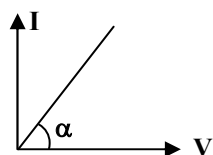
(۱) $R_1 > R_2$ و به صورت متوالی به هم بسته شده‌اند.

(۲) $R_1 > R_2$ و به صورت موازی به هم بسته شده‌اند.

(۳) $R_2 > R_1$ و به صورت متوالی به هم بسته شده‌اند.

(۴) $R_2 > R_1$ و به صورت موازی به هم بسته شده‌اند.

پاسخ: گزینه ۳



$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow \frac{I}{V} = \frac{1}{R}$$

$$\Rightarrow \text{شیب خط} = \frac{1}{R} \Rightarrow \text{اگر } \alpha \uparrow \Rightarrow \tan \alpha \uparrow \Rightarrow R \downarrow$$

$$R_T > R_2 > R_1$$

اتصال دو مقاومت R_1 و R_2 به صورت متوالی بوده، زیرا که مقاومت معادل آن‌ها از تک تک شان بیش‌تر است.

مثال: با در اختیار داشتن n مقاومت مشابه R ، نسبت بیش ترین مقاومت معادلی که می توان ساخت به کم ترین مقاومت معادل ممکن کدام است؟

(۴) n

(۳) $\frac{1}{n}$

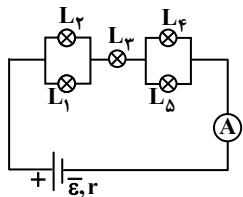
(۲) n^2

(۱) $\frac{1}{n^2}$

پاسخ: گزینه ۲

$$\left. \begin{array}{l} R_T = R + R + \dots + R = nR \\ \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \dots + \frac{1}{R} \Rightarrow R_T = \frac{R}{n} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{nR}{\frac{R}{n}} = n^2$$

مثال: در مدار شکل زیر تمامی لامپ ها مشابه هستند. اگر توان مصرفی کل مدار برابر با $50W$ باشد، توان مصرفی لامپ L_3 چند وات است؟



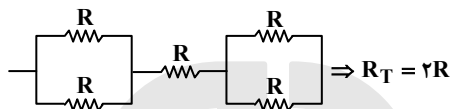
(۱) ۱۵

(۲) ۲۵

(۳) ۳۵

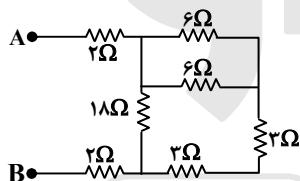
(۴) ۴۵

پاسخ: گزینه ۲



$$P = RI^2 \xrightarrow{I=cte} \frac{P_3}{P_T} = \frac{R_3}{R_T} \Rightarrow \frac{P_3}{50} = \frac{R}{2R} \Rightarrow P_3 = 25W$$

مثال: در شکل روبه رو مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و B چند اهم است؟



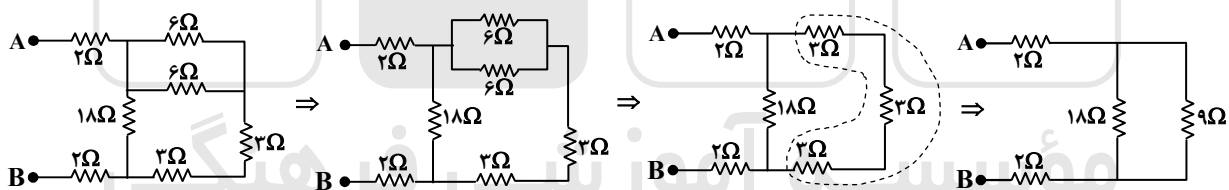
(۱) ۸

(۲) ۱۰

(۳) ۱۲

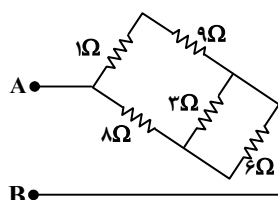
(۴) ۱۶

پاسخ: گزینه ۲



$$\Rightarrow R_T = 6 + 2 + 2 = 10\Omega$$

مثال: در شکل روبه رو مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و B چند اهم است؟



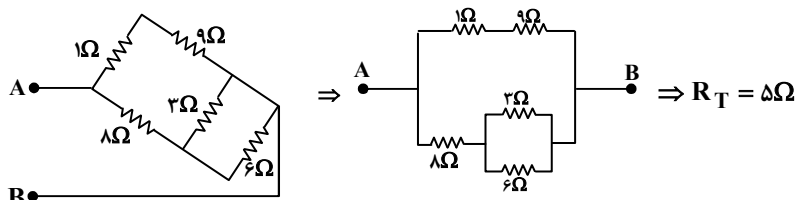
(۱) ۵

(۲) ۶

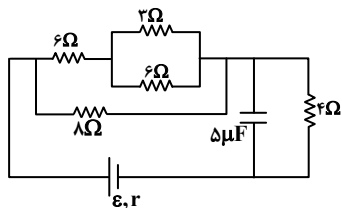
(۳) ۱۰

(۴) ۱۲

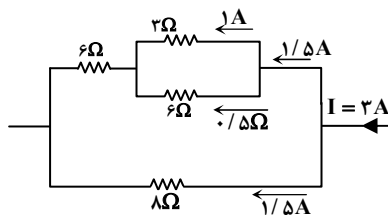
پاسخ: گزینه ۱



مثال: اگر در شکل مقابل بار الکتریکی ذخیره شده در خازن، 60 میکروکولن باشد، شدت جریانی که از مقاومت 3 اهمی می‌گذرد چند آمپر است؟

(۱) 0.5 (۲) 1 (۳) $1/25$ (۴) $\frac{3}{2}$

پاسخ: گزینه ۲



$$q = CV \Rightarrow V = \frac{60}{5} = 12(V)$$

$$V = IR \Rightarrow 12 = 4I \Rightarrow I = 3A$$

با توجه به این که جریان به نسبت عکس مقاومت تقسیم می‌شود، داریم:

$$\left. \begin{aligned} 3I_1 &= 6I_2 \\ I_1 + I_2 &= 1/5 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_2 = 0.5A, \quad I_1 = 1A$$

مثال: روی لامپی اعداد 220 ولت و 100 وات نوشته شده است. اگر آن را به مدت نیم ساعت به برق 110 ولت وصل کنیم. انرژی الکتریکی مصرف شده در آن چند کیلوژول می‌شود؟ (مقاومت الکتریکی لامپ ثابت فرض شده است.)

(۴) 54 (۳) 260 (۲) 45 (۱) 180

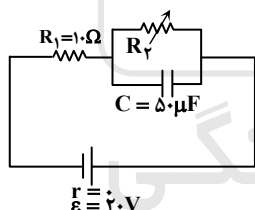
پاسخ: گزینه ۲

$$\left\{ \begin{aligned} V_1 &= 220 \Rightarrow P_1 = 100 \\ V_2 &= 110 \Rightarrow P_2 = ? \end{aligned} \right\}, R = \text{cte}$$

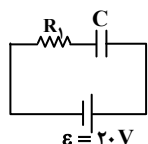
$$\Rightarrow P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{P_2}{100} = \left(\frac{110}{220}\right)^2 \Rightarrow P_2 = 25W$$

$$P = \frac{U}{t} \Rightarrow U = Pt = 25 \times \frac{3600}{2} = 45kJ$$

مثال: اگر در مدار شکل مقابل R_2 را از صفر تا بی‌نهایت افزایش دهیم، انرژی خازن C چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) از صفر تا $0.01J$ (۲) از صفر تا $0.02J$ (۳) از $0.01J$ تا $0.02J$ (۴) از $0.015J$ تا صفر

پاسخ: گزینه ۱

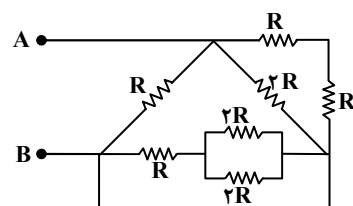


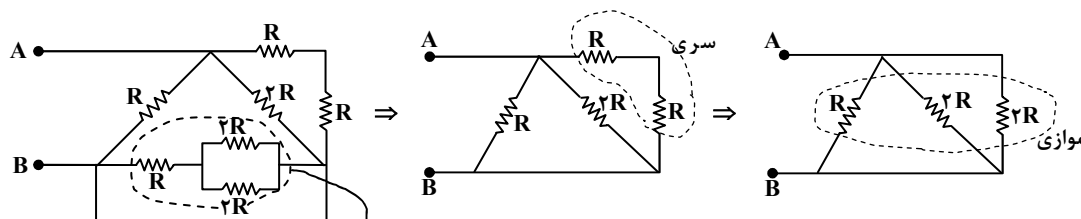
(۱) $R_2 = 0 \Rightarrow U_1 = 0$ اختلاف پتانسیل دو سر خازن صفر می‌شود.

(۲) $R_2 = \infty \Rightarrow$ مدار به صورت مقابل در می‌آید.

$$U_2 = \frac{1}{2} CV^2, V = \varepsilon \Rightarrow U_2 = \frac{1}{2} \times 50 \times 10^{-6} \times 400 = 10^{-2} J$$

مثال: مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B در مدار شکل مقابل چند است؟

(۱) $\frac{3}{4}$ (۲) 2 (۳) $\frac{1}{2}$ (۴) $\frac{4}{3}$ 

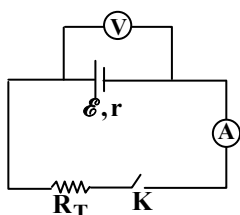


اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می شوند.

$$\Rightarrow \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} = \frac{4}{2R} \Rightarrow R_T = \frac{R}{2}$$

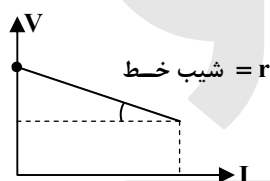
مدار ساده‌ی الکتریکی

اگر برای تأمین اختلاف پتانسیل الکتریکی به منظور برقراری جریان در چند رسانا از یک باتری استفاده کنیم، آن را مدار ساده‌ی الکتریکی می نامند.



نیروی محرکه‌ی پیل

مقدار انرژی است که توسط پیل به واحد بار الکتریکی (۱C) داده می شود تا در مدار شارش کند. در واقع نیروی محرکه‌ی پیل اختلاف پتانسیل الکتریکی است که توسط پیل ایجاد می شود و در مدار مطابق شکل فوق در حالتی که کلید بسته است، نیروی محرکه از اختلاف پتانسیل دو سر باتری بیش تر است. تفاوت بین اختلاف پتانسیل دو سر باتری و نیروی محرکه‌ی آن افت پتانسیل در باتری نامیده می شود و آن اختلاف پتانسیل الکتریکی است که برای برقراری جریان در پیل لازم است.

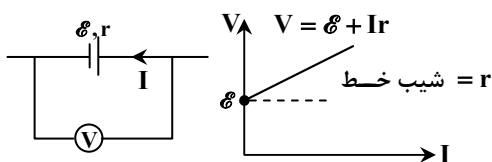


کلید K باز: $\epsilon = \text{عدد آمپرسنج}$
 $\epsilon = \text{عدد ولتسنج}$
 کلید K بسته: $I = \text{عدد آمپرسنج}$ → جریان شاخه‌ی اصلی مدار
 افت پتانسیل در مولد: $V_T = \epsilon - V_r$ → عدد ولتسنج

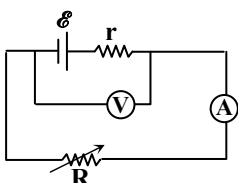
$$\left. \begin{aligned} \epsilon &= V_T + V_r \\ V_T &= IR_T \end{aligned} \right\} \Rightarrow \epsilon = I(R_T + r) \Rightarrow I = \frac{\epsilon}{R_T + r}$$

تذکره: در صورتی در مدار ساده‌ی الکتریکی اختلاف پتانسیل دو سر باتری با نیروی محرکه‌ی آن برابر می شود که مقاومت درونی باتری ناچیز باشد و یا مقاومت مدار بسیار بزرگ باشد (جریان نداشته باشیم).

نکته: در صورتی که جریان خارجی مدار در خلاف جهت جریان تولیدی مولد باشد می گوییم مولد (باتری) در حال شارژ شدن است و نقش مصرف کننده (نه تولیدکننده) را بازی می کند، در این صورت برای اختلاف پتانسیل دو سر آن می توان نوشت:



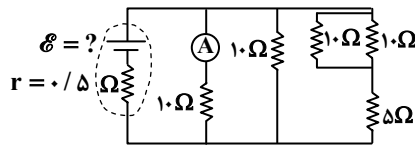
مثال: در مدار مطابق شکل زیر مقاومت رئوستا را کاهش می دهیم، اعدادی که ولتسنج و آمپرسنج نشان می دهند، چگونه تغییر می کند؟



- (۱) افزایش می یابد، کاهش می یابد.
- (۲) کاهش می یابد، افزایش می یابد.
- (۳) افزایش می یابد، ثابت می ماند.
- (۴) ثابت می ماند، ثابت می ماند.

$$\left\{ \begin{aligned} V &= \epsilon - Ir \\ \text{جریان را نشان می دهد: آمپرسنج} \end{aligned} \right\} I = \frac{\epsilon}{R + r} \Rightarrow R \downarrow \Rightarrow I \uparrow \Rightarrow V \downarrow$$

مثال: در مدار شکل زیر آمپرسنج ۶A را نشان می‌دهد. نیروی محرکه‌ی مولد چند ولت است؟



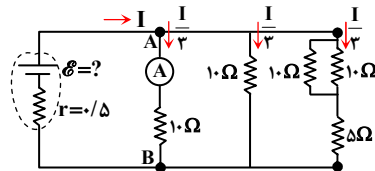
(۱) ۹۲

(۲) ۸۱

(۳) ۵۱

(۴) ۶۹

پاسخ: گزینه ۴

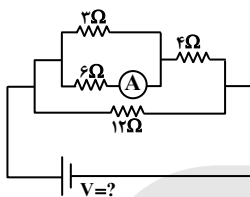


$$\frac{I}{3} = 6 \Rightarrow I = 18A$$

$$V = V_{AB}, V_{AB} = 10 \times \frac{I}{3} = 10 \times 6 = 60V$$

$$V = E - Ir \Rightarrow 60 = E - 18 \times \frac{1}{2} \Rightarrow E = 69V$$

مثال: در شکل روبه‌رو آمپرسنج عبور یک آمپر را نشان می‌دهد. ولتاژ دو سر مدار (V) چند ولت است؟



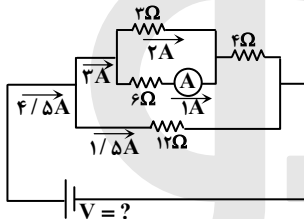
(۱) ۱۴

(۲) ۱۶

(۳) ۱۸

(۴) ۲۱

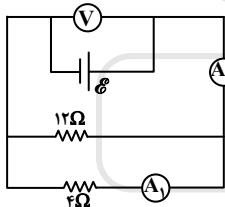
پاسخ: گزینه ۳



با توجه به این که جریان به نسبت عکس مقاومت در شاخه‌ها توزیع می‌شود، داریم:

$$V = IR_T, I = 4/5, R_T = 4\Omega \Rightarrow V = 18V$$

مثال: در مدار شکل روبه‌رو اگر ولت‌سنج ۱۲ ولت را نشان دهد، آمپرسنج‌های A_1 و A_2 به ترتیب از راست به چپ چند آمپر را نشان می‌دهند؟



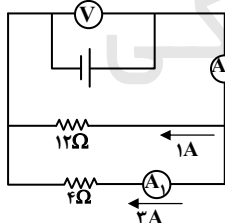
(۱) ۲ و ۱

(۲) ۱ و ۲

(۳) ۴ و ۳

(۴) ۳ و ۴

پاسخ: گزینه ۳



برای جریان نشان داده شده توسط A_2 داریم:

$$V = IR_T \Rightarrow 12 = I \times 3 \Rightarrow I = 4A$$

حال با توجه به این که جریان در شاخه‌های موازی به نسبت عکس مقاومت تقسیم می‌شود، جریان عبوری از A_1 ، ۳A می‌شود.

مثال: مولدی به نیروی محرکه‌ی ۶ ولت را که مقاومت داخلی آن r است، به مقاومت R می‌بندیم و جریان ۰/۲ آمپر از آن عبور می‌کند، افت پتانسیل

در مقاومت داخلی $\frac{1}{9}$ افت پتانسیل در مقاومت خارجی است. مقاومت R چند اهم است؟

(۴) ۳۰

(۳) ۲۴

(۲) ۲۷

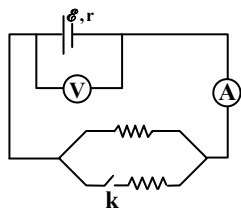
(۱) ۳

پاسخ: گزینه ۲

$$\frac{V_r}{V_T} = \frac{Ir}{IR_T} = \frac{r}{R_T} = \frac{1}{9} \Rightarrow R_T = 9r$$

$$I = \frac{E}{R+r} \Rightarrow 0.2 = \frac{6}{10r} \Rightarrow r = 3\Omega, R_T = 27\Omega$$

مثال: اگر در شکل مقابل کلید را قطع کنیم، در مقادیری که ولتسنج و آمپرسنج نشان می‌دهند، به ترتیب چه تغییری حاصل می‌شود؟



(۱) کاهش - کاهش

(۲) افزایش - افزایش

(۳) کاهش - افزایش

(۴) افزایش - کاهش

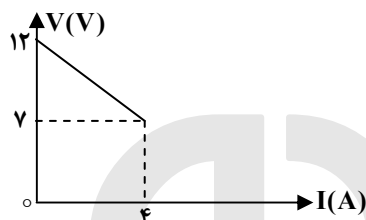
پاسخ: گزینه ۴

هنگامی که کلید باز شود، مقاومت در آن شاخه از مدار حذف شده و بنابراین مقاومت معادل مدار افزایش می‌یابد.

$$R_T \uparrow \Rightarrow I \downarrow = \frac{\mathcal{E}}{R_T + r}, V \uparrow = \mathcal{E} - Ir$$

بنابراین آمپرسنج عدد کم‌تر و ولتسنج عدد بیش‌تری را نشان می‌دهد.

مثال: نمودار تغییرات ولتاژ دو سر مولد برحسب جریانی که از آن می‌گذرد مطابق شکل است. نیروی محرکه‌ی مولد و مقاومت درونی آن به ترتیب



برابر است با:

(۱) ۰/۵۷Ω, ۷V

(۲) ۱/۳Ω, ۷V

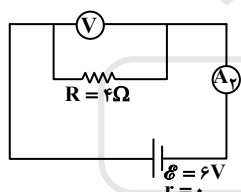
(۳) ۰/۲۵Ω, ۱۲V

(۴) ۱/۲۵Ω, ۱۲V

پاسخ: گزینه ۴

$$\begin{cases} V = \mathcal{E} - Ir \\ \mathcal{E} = 12V \end{cases} \Rightarrow 7 = 12 - 4r \Rightarrow 4r = 5 \Rightarrow r = \frac{5}{4} = 1/25\Omega$$

مثال: در شکل روبه‌رو اگر به‌جای مقاومت ۴Ω یک مقاومت ۸Ω قرار دهیم، مقادیری که به ترتیب ولتسنج و آمپرسنج با مقاومت ناچیز نشان



خواهند داد، نسبت به حالت اول چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) تغییر نمی‌کند، نصف می‌شود.

(۲) تغییر نمی‌کند، دو برابر می‌شود.

(۳) کم‌تر می‌شود، بیش‌تر می‌شود.

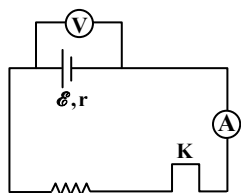
(۴) بیش‌تر می‌شود، کم‌تر می‌شود.

پاسخ: گزینه ۱

$$(1): I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{6}{4} = 1/5A, V = IR = 1/5 \times 4 = 6V$$

$$(2): I = \frac{\mathcal{E}}{R' + r} = \frac{6}{8}, V = IR' = \frac{6}{8} \times 8 = 6V$$

مثال: در مدار شکل مقابل مقاومت درونی باتری ۲Ω و نسبت $\frac{V}{\mathcal{E}}$ برابر ۰/۸ است و آمپرسنج جریان ۰/۸ آمپر را نشان می‌دهد. اگر کلید را قطع



کنیم، ولتسنج چند ولت را نشان می‌دهد؟

(۱) ۴

(۲) ۶

(۳) ۸

(۴) ۱۲

پاسخ: گزینه ۳

$$I = 0/8A, r = 2\Omega, V = \mathcal{E} - Ir$$

$$\frac{V}{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E} - Ir}{\mathcal{E}} = 0/8 \Rightarrow \mathcal{E} - 1/6 = 0/8\mathcal{E} \Rightarrow 0/2\mathcal{E} = 1/6 \Rightarrow \mathcal{E} = 8V$$

$$I = 0 \Rightarrow V = \mathcal{E} = 8V$$

مثال: دو مقاومت مشابه R اهمی را یک بار به طور موازی و بار دیگر به طور متوالی به دو سر یک باتری می‌بندیم. شدت جریان الکتریکی که از هر کدام از این مقاومت‌ها می‌گذرد در هر دو حالت یکسان است. مقاومت درونی این باتری چقدر است؟

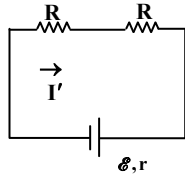
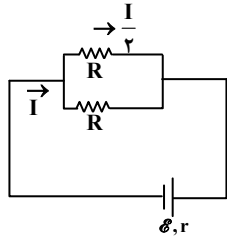
$$\frac{R}{2} \quad (۴)$$

$$2R \quad (۳)$$

$$R \quad (۲)$$

$$\text{صفر} \quad (۱)$$

پاسخ: گزینه ۲

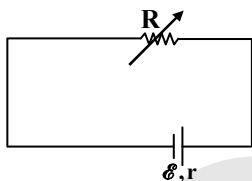


$$\frac{I}{2} = I' \Rightarrow \frac{\frac{\varepsilon}{\frac{R}{2} + r}}{2} = \frac{\varepsilon}{2R + r}$$

$$\Rightarrow R + 2r = 2R + r \Rightarrow R = r$$

توان مولد

توان تولیدی مولد برابر $P = \varepsilon I$ است که بر اثر عبور جریان از مقاومت درونی مولد، بخشی از آن به شکل گرما تلف می‌شود ($P' = rI^2$) و بقیه توان خروجی مولد (مفید مولد) می‌شود که همان توان مصرفی مقاومت خارجی است.

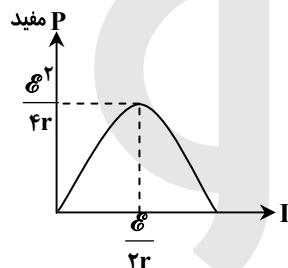


توان مولد $P = \varepsilon I$

توان تلف شده در مولد $P' = rI^2$

$$P'' = \varepsilon I - rI^2 = I(\varepsilon - Ir) = V_T I$$

نکته: با توجه به رابطه‌ی توان مفید ($P = \varepsilon I - rI^2$) نمودار توان مفید بر حسب I برای یک مولد به صورت مقابل است:



$$P = \varepsilon I - rI^2 \Rightarrow \frac{dP}{dI} = \varepsilon - 2rI = 0$$

$$(۱) \varepsilon = 2rI$$

$$(۲) \varepsilon = I(R_T + r)$$

R_T : مقاومت خارجی مولد

r : مقاومت داخلی مولد

با مقایسه‌ی رابطه‌ی (۱) و (۲) درمی‌یابیم که حداکثر توان مفید در حالتی است که $(R_T = r)$ باشد.

مثال: دو سر یک باتری با نیروی محرکه‌ی ε و مقاومت درونی r را به دو سر مقاومت R وصل می‌کنیم، در این حالت جریان I از آن می‌گذرد، توان مفید مدار در حالتی پیشینه است که نسبت $\frac{R}{r}$ برابر شود.

$$\text{بی نهایت} \quad (۴)$$

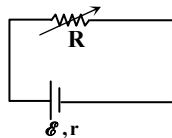
$$\frac{1}{2} \quad (۳)$$

$$2 \quad (۲)$$

$$1 \quad (۱)$$

پاسخ: گزینه ۱

مثال: مقاومت رئوستای مدار مقابل را پیوسته افزایش می‌دهیم. توان مفید مولد چگونه تغییر می‌کند؟ (R_0 مقاومت رئوستا در ابتدا)



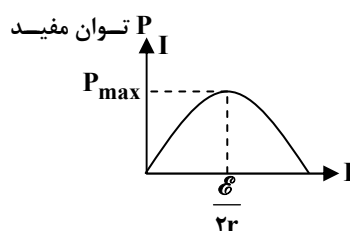
(۱) در صورتی که $R_0 < r$ ، پیوسته افزایش می‌یابد.

(۲) در صورتی که $R_0 > r$ ، پیوسته کاهش می‌یابد.

(۳) در صورتی که $R_0 < r$ ، ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد.

(۴) گزینه ۲ و ۳

پاسخ: گزینه ۴



ماکزیم توان مفید مولد در حالتی اتفاق می‌افتد که مقاومت مدار در این‌جا رئوستا برابر

مقاومت داخلی مولد باشد و با توجه به رابطه‌ی $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ درمی‌یابیم با افزایش R ، جریان

کاهش می‌یابد و با توجه به نمودار مقابل درمی‌یابیم که تا $(I = \frac{\varepsilon}{2r})$ توان مفید افزایش و با

جریان‌های کم‌تر از این مقدار (در واقع با افزایش مقاومت رئوستا، جریان تغییر می‌کند)،

توان مفید کاهش می‌یابد.

بنابراین می‌توان نتیجه‌گرفت در صورتی که $R_0 < r$ است با افزایش آن جریان کاهش می‌یابد تا در $R = r$ توان مفید بیشینه و پس از آن کاهش می‌یابد.

مثال: دو سر یک مقاومت ۱۴ اهمی را به یک باتری با نیروی محرکه‌ی $\mathcal{E}$ و مقاومت درونی 1Ω می‌بندیم، شدت جریان در مدار 0.5 آمپر می‌شود.

اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی مولد و توان تلف شده در مولد به ترتیب چند ولت و چند وات است؟

۳/۵۰ و ۷/۵ (۴)

۰/۲۵ و ۷/۵ (۳)

۲/۷۵ و ۳/۵ (۲)

۰/۲۵ و ۳/۵ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

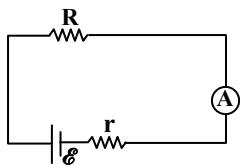
$$\mathcal{E} = I(R + r) = 0.5(14 + 1) = 7.5 \text{ (V)}$$

$$P = rI^2 = 1 \times \frac{1}{4} = 0.25 \text{ W}$$

نکته: برای محاسبه‌ی بازدهی یک مولد داریم:

$$R_a = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}} = \frac{\mathcal{E}I - rI^2}{\mathcal{E}I} = \frac{I(\mathcal{E} - rI)}{\mathcal{E}I} = \frac{IV_T}{\mathcal{E}I} = \frac{V_T}{\mathcal{E}} = \frac{IR_T}{I(R_T + r)} = \frac{R_T}{R_T + r}$$

مثال: در مداری مطابق شکل زیر بازده باتری ۶۰٪ است. نسبت توان تلف شده در باتری به توان مفید آن کدام است؟



۱ (۱)

$\frac{3}{2}$ (۲)

$\frac{2}{3}$ (۳)

(۴) بسته به $\mathcal{E}$ و r متفاوت است.

پاسخ: گزینه ۳

توان تلف شده + توان مفید = توان کل و $R_a = \frac{\text{توان مفید}}{\text{توان کل}}$ (بازده)

$$\Rightarrow \frac{6}{10} = \frac{\text{توان مفید}}{\text{توان مفید} + \text{توان تلف شده}} \Rightarrow \text{توان تلف شده} = \frac{4}{6} \text{ توان مفید} \Rightarrow \frac{\text{توان تلف شده}}{\text{توان مفید}} = \frac{2}{3}$$

حلقه

حلقه مجموعه‌ای زنجیروار از پیل‌ها و مقاومت‌های الکتریکی است که مدار بسته‌ای را به وجود آورده باشند.

طرز تعیین اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه از مدار الکتریکی

(I) جهت دلخواهی را برای جریان انتخاب می‌کنیم.

(II) پتانسیل نقطه‌ی شروع را مثبت در نظر می‌گیریم.

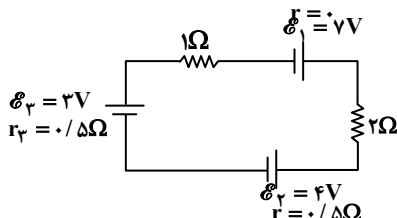
(III) در جهت جریان قرارداد شده اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت را با $-Ir, -IR$ نشان می‌دهیم و در صورتی که از یک مقاومت جریانی در

خلاف جهت جریان قرارداد شده عبور کند، اختلاف پتانسیل دو سر آن را با $+Ir, +IR$ نشان می‌دهیم.

(IV) در جهت جریان قرارداد شده از هر قطب پیل که خارج شویم، علامت نیروی محرکه را هم‌علامت با آن قطب در نظر می‌گیریم.

(V) مجموع بندهای II, III و IV را برابر اختلاف پتانسیل نقطه‌ی پایانی قرار می‌دهیم.

مثال: اختلاف پتانسیل دو سر مولد $\mathcal{E}_2$ در مدار شکل مقابل چند ولت است؟



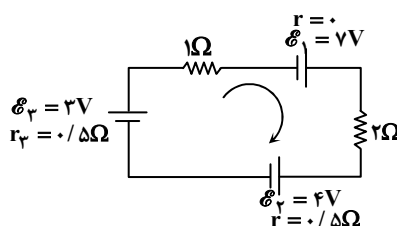
۳ (۱)

۲/۲۵ (۲)

۳/۵ (۳)

۴/۷۵ (۴)

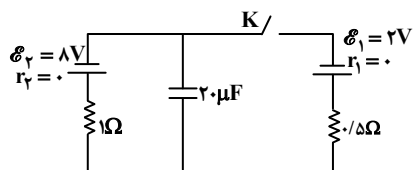
پاسخ: گزینه ۴



$$I = \frac{\mathcal{E}_T}{R_T + r_T} = \frac{+7 + 3 - 4}{4} = \frac{3}{2} \text{ A}$$

$$V_2 = \mathcal{E}_2 + Ir_2 \Rightarrow V_2 = 4 + \frac{3}{2} \times \frac{1}{2} = 4.75 \text{ V}$$

مثال: در مدار شکل مقابل ابتدا کلید باز است. اگر کلید بسته شود، بار روی خازن میکروکولن می‌یابد.



(۱) ۸۰. کاهش

(۲) ۸۰. افزایش

(۳) ۲۴۰. کاهش

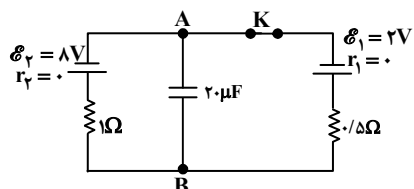
(۴) ۲۴۰. افزایش

پاسخ: گزینه ۱

حالت اول:

$$q = CV = 20 \times 8 = 160 \mu C$$

حالت دوم: مدار مطابق شکل خواهد شد و داریم:

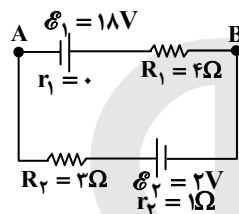


$$V' = V_{AB} \Rightarrow I = \frac{E_2 - E_1}{R_T + r_T} = \frac{8 - 2}{1 + 0.5} = 4(A)$$

$$\Rightarrow V_A + E_2 - I r_2 - I = V_B \Rightarrow V_A + 8 - 4 = V_B \Rightarrow V_B - V_A = 4V$$

$$\Rightarrow q' = CV' = CV_{AB} = 20 \times 4 = 80 \mu C \Rightarrow \Delta q = -80 \mu C$$

مثال: در مدار زیر انرژی پتانسیل الکتریکی بار $q = -2 \mu C$ هنگام عبور از نقطه‌ی A تا B چند میکروژول تغییر می‌کند؟



(۱) -۱۶

(۲) +۱۶

(۳) +۲۰

(۴) -۲۰

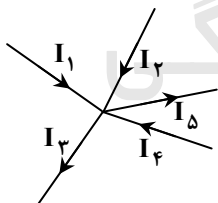
پاسخ: گزینه ۱

$$\left\{ \begin{array}{l} V_A + E_1 - I R_1 = V_B \\ I = \frac{E_1 + E_2}{R_T + r} = \frac{20}{8} \end{array} \right\} \Rightarrow V_A + 18 - \frac{20}{8} \times 4 = V_B \Rightarrow V_B - V_A = 18V$$

$$\Delta U = \Delta V q = 18 \times (-2 \mu C) = -36 \mu J$$

قوانین تحلیل مدار (کیرشهف)

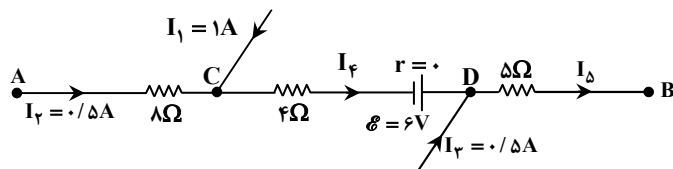
(۱) قانون شدت جریان‌ها: در هر گره از مدار، مجموع شدت جریان‌های الکتریکی عبوری از گره برابر صفر است. (قانون بایستگی بار الکتریکی) به‌طور مثال در شکل مقابل داریم:



$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

$$\sum I = 0$$

مثال: در شکل زیر $V_A - V_B$ برابر چند ولت است؟



(۱) ۱۴

(۲) ۱۲

(۳) ۹

(۴) ۱۸

پاسخ: گزینه ۱

$$\text{گره C} \quad I_1 + I_2 = I_3 \Rightarrow I_3 = 1/5 A$$

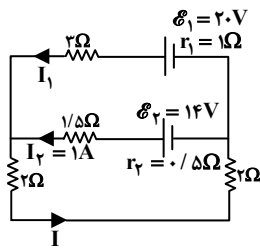
$$\text{گره D} \quad I_4 + I_3 = I_5 \Rightarrow I_5 = 1/5 + 0/5 = 2A$$

$$V_A - 8 \times 0/5 - 4 \times 1/5 + 6 - 5 \times 2 = V_B \Rightarrow V_A - V_B = 14V$$

(II) قانون اختلاف پتانسیل‌ها: در هر حلقه مجموع اختلاف پتانسیل‌های الکتریکی برابر صفر است. (بنابر قانون پایستگی انرژی)

$$\sum V = 0$$

مثال: در مدار شکل داده شده I_1 چند آمپر است؟



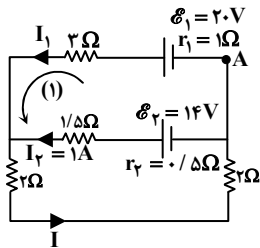
(۱) ۲

(۲) ۳

(۳) ۱/۵

(۴) ۲/۵

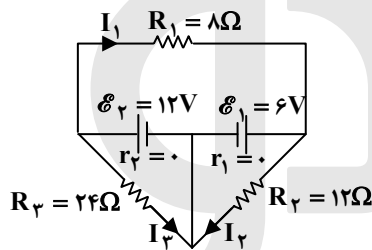
پاسخ: گزینه ۱



$$(1) \text{ برای حلقه } (1): V_A - I_1 r_1 + E_1 - 3I_1 + 1/5 I_2 - E_2 + I_2 r_2 = V_A$$

$$-I_1 + 20 - 3I_1 + 1/5 \times 1 - 14 + 0.5 \times 1 = 0 \Rightarrow I_1 = 2A$$

مثال: در مدار روبه‌رو جریانی که از هر شاخه برحسب آمپر می‌گذرد به ترتیب برابر است با:



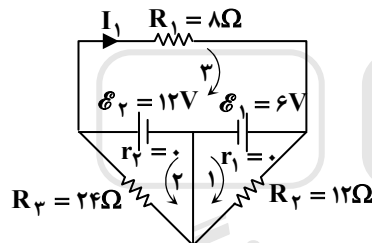
$$(1) I_2 = 0.5, I_3 = 0.5, I_1 = 0.75$$

$$(2) I_3 = 6.5, I_2 = 0.5, I_1 = 2.25$$

$$(3) I_2 = 1.25, I_3 = 0.5, I_1 = 2.25$$

$$(4) I_2 = 1.5, I_3 = 0.75, I_1 = 0.75$$

پاسخ: گزینه ۱



$$(1) \text{ برای حلقه } (1): E_1 - I_2 R_2 = 0 \Rightarrow 6 - I_2 \times 12 = 0 \Rightarrow I_2 = 0.5A$$

$$(2) \text{ برای حلقه } (2): E_2 - I_3 R_3 = 0 \Rightarrow 12 - I_3 \times 24 = 0 \Rightarrow I_3 = 0.5A$$

$$(3) \text{ برای حلقه } (3): -I_1 R_1 - E_1 + E_2 = 0 \Rightarrow -8I_1 - 6 + 12 = 0 \Rightarrow I_1 = 0.75A$$

آمپرسنج (A)

برای اندازه‌گیری شدت جریان الکتریکی در مدار استفاده می‌شود. به‌صورت متوالی در مدار قرار می‌گیرد و مقاومت الکتریکی آن ناچیز است.

• مقاومت الکتریکی آمپرسنج ایده‌آل صفر است.

ولتسنج (V)

برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه از مدار استفاده می‌شود. به‌صورت موازی در مدار قرار می‌گیرد و مقاومت الکتریکی آن

بسیار زیاد است.

• مقاومت الکتریکی ولتسنج ایده‌آل بی‌نهایت است.