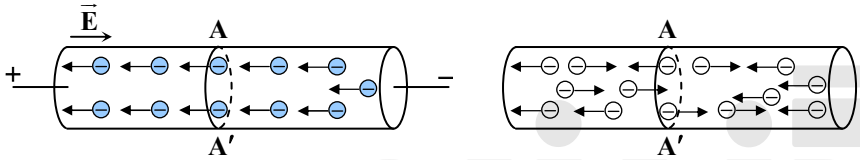
فصل دوم

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 اعمال‌کنیم، 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:

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Δq: بار الکتریکی (کولن)، Δt: مدت زمان (ثانیه)، $\bar{I}$: شدت جریان متوسط (آمپر)

شدت جریان الکتریکی لحظه‌ای

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

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

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:

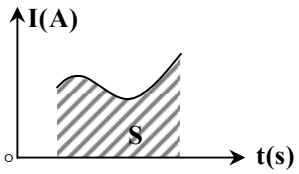
$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = It$$

و با توجه به کوانتومی بودن کمیت بار داریم:

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

- 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 ۰/۰۸ آمپر عبور می‌کند، در یک دقیقه چند الکترون از مقطع سیم عبور می‌کند؟ (اندازه‌ی بار الکتریکی هر الکترون $1/6\times10^{-19}$ کولن است.)

۱) 3×10^{20} ۲) 5×10^{19} ۳) 5×10^{18} ۴) 3×10^{19}

پاسخ: گزینه ۴

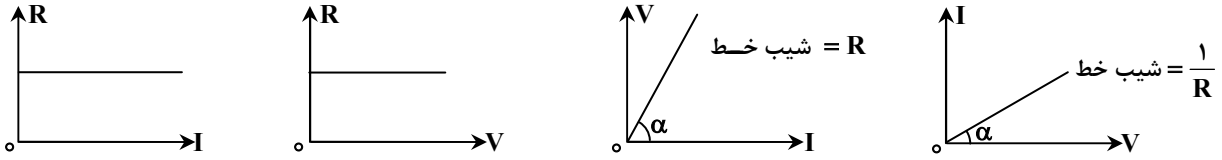
$$\left.\begin{matrix} q = ne \\ I = \frac{q}{t} \end{matrix}\right\} \Rightarrow I = \frac{ne}{t} \Rightarrow 0/08\times60 = n\times1/6\times10^{-19} \Rightarrow n = 3\times10^{19}$$

قانون اهم و مقاومت الکتریکی

هرگاه دمای یک رسانای فلزی را ثابت نگه‌داریم، 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.

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

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



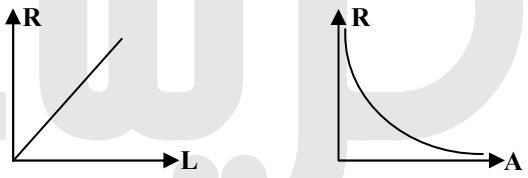
نکته: برای مقایسه‌ی مقاومت الکتریکی در رسانا با استفاده از قانون اهم داریم:

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

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:

$R = \frac{\rho L}{A}$
ρ ← مقاومت ویژه رسانا (اهم متر)
L ← طول رسانا (m)
A ← سطح مقطع رسانا (m^2)
R ← 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:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1L_1 = A_2L_2 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

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

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، $\frac{3}{2}$ برابر مقاومت الکتریکی سیم B باشد، قطر مقطع سیم B چند برابر قطر مقطع سیم A است؟

۱) ۳ ۲) $2\sqrt{3}$ ۳) ۶ ۴) ۹

پاسخ: گزینه ۱

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

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

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

مثال: طول سیمی ۱۲۰ سانتی‌متر و سطح مقطع آن ۰/۴۲ میلی‌متر مربع و مقاومت ویژه‌ی آن $۱/۶۸\times۱۰^{-۸}\Omega m$است، مقاومت الکتریکی این سیم چند اهم است؟

۱) ۰/۰۴۸ ۲) ۰/۴۸ ۳) ۴/۸ ۴) ۱

پاسخ: گزینه ۱

$$R=\frac{\rho L}{A}=\frac{۱/۶۸\times۱۰^{-۸}\times۱۲\times۱۰^{-۱}}{۰/۴۲\times۱۰^{-۶}}=۴۸\times۱۰^{-۳}=۰/۰۴۸\Omega$$

مثال: سیمی را ذوب کرده و تبدیل به سیم دیگری می‌کنیم که قطر مقطع آن $\sqrt{۳}$ برابر حالت اول باشد. اگر حجم سیم ثابت بماند، مقاومت الکتریکی آن چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۱}{\sqrt{۳}}$ ۲) $\frac{۱}{۳}$ ۳) $\frac{۱}{۳\sqrt{۳}}$ ۴) $\frac{۱}{۹}$

پاسخ: گزینه ۴

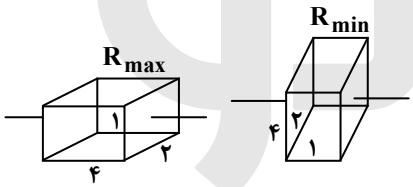
$$V_۱=V_۲\Rightarrow A_۱L_۱=A_۲L_۲\Rightarrow(\frac{d_۱}{۲})^۲L_۱=(\frac{d_۲}{۲})^۲L_۲\Rightarrow d_۱^۲L_۱=d_۲^۲L_۲\Rightarrow d_۱^۲L_۱=۳d_۱^۲L_۲\Rightarrow L_۲=\frac{L_۱}{۳}$$

$$\frac{R_۲}{R_۱}=\frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times\frac{L_۲}{L_۱}\times\frac{A_۱}{A_۲}=\frac{L_۲}{L_۱}\times(\frac{d_۱}{d_۲})^۲=\frac{۱}{۳}\times\frac{۱}{۳}=\frac{۱}{۹}$$

مثال: ابعاد یک مکعب‌مستطیل فلزی ۱، ۲ و ۴ سانتی‌متر است. این مکعب‌مستطیل را می‌توان از هریک از دو وجه مقابل آن در مدار قرار داد. نسبت بزرگ‌ترین مقاومت آن به کوچک‌ترین مقاومت آن چند است؟

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۶ ۴) ۲۴

پاسخ: گزینه ۳

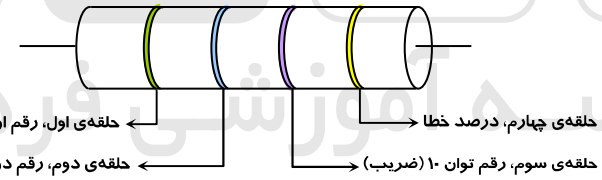


$$R=\frac{\rho L}{A}\Rightarrow\frac{R_{max}}{R_{min}}=\frac{\frac{\rho L_{max}}{A_{min}}}{\frac{\rho L_{min}}{A_{max}}}=\frac{L_{max}}{L_{min}}\times\frac{A_{max}}{A_{min}}\Rightarrow\frac{R_{max}}{R_{min}}=\frac{۴}{۱}\times\frac{۸}{۲}=۱۶$$

کدگذاری مقاومت‌ها

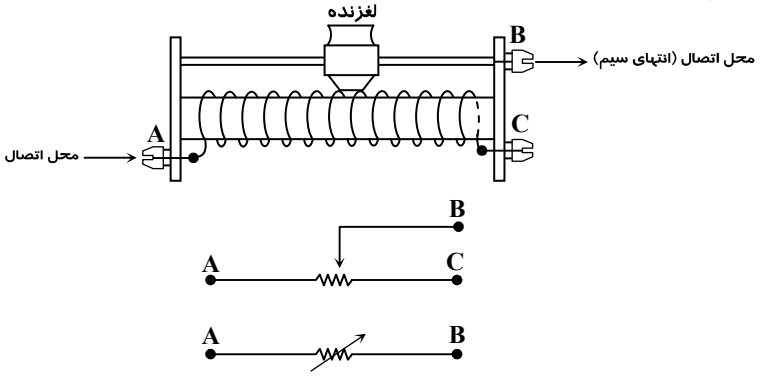
روی هر مقاومت چهار حلقه‌ی رنگی موجود است که مقدار آن را با استفاده از آن‌ها می‌توان مشخص کرد. حلقه‌های طلایی یا نقره‌ای را در سمت راست قرار می‌دهند که بیان‌کننده‌ی درصد خطا هستند. حلقه‌ها از سمت چپ به‌ترتیب رقم اول و رقم دوم را مشخص می‌کند. رقم سوم ضریب مقاومت به‌صورت ۱۰^n است.

$$\Rightarrow R=\overline{ab}\times۱۰^n$$



رئوستا (مقاومت متغیر)

وسیله‌ای برای تنظیم و کنترل جریان که از یک سیم دراز و از جنس تنگستن ساخته شده که روی یک استوانه‌ی نارسانا 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، می‌توان طول‌هایی 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 ویژه‌ی 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:

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

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

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

مثال: در دمای $200^\circ C$ مقاومت عنصری به اندازه‌ی ۰/۹ مقاومت آن در دمای صفر است. ضریب تغییر مقاومت با دما (α) برای این عنصر چند $^\circ C^{-1}$ است؟

۱) $-1/8\times 10^{-3}$ ۲) -5×10^{-4} ۳) $1/8\times 10^{-3}$ ۴) 5×10^{-4}

پاسخ: گزینه ۲

$$R_2 = R_1(1+\alpha\Delta\theta) \Rightarrow \Delta R = R_1\alpha\Delta\theta \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta R}{R_1\Delta\theta} = \frac{-0/1R_1}{R_1\times 200} = -0/5\times 10^{-3} = -5\times 10^{-4}\,(\frac{1}{^\circ C})$$

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 به‌دست می‌آید:

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

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

مثال: اگر از یک مقاومت ۲۰ اهمی در مدت ۵ ثانیه ۱۰ کولن الکتریسیته به‌طور یکنواخت عبور کرده باشد، انرژی الکتریکی مصرف شده در مقاومت چند ژول است؟

۱) ۸۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۱۶۰۰ ۴) ۲۰۰۰

پاسخ: گزینه ۲

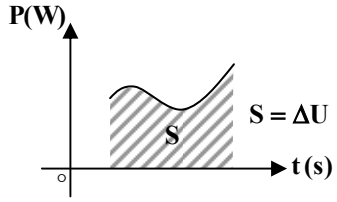
$$U = RI^2t, I = \frac{q}{t} = \frac{10}{5} = 2 \Rightarrow U = 20\times 4\times 5 = 400J$$

توان الکتریکی

انرژی الکتریکی مصرف شده در واحد زمان را توان مصرفی مدار می‌گوییم و آن را با P نشان می‌دهیم و محاسبه‌ی آن به‌صورت 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 ۲۲۰ ولت ۲۰۰ واتی به‌مدت ۹۰ دقیقه به اختلاف پتانسیل الکتریکی ۲۲۰ ولت وصل باشد، چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی مصرف می‌کند؟

۱) ۰/۳ ۲) ۳ ۳) ۲۰ ۴) ۲۰۰

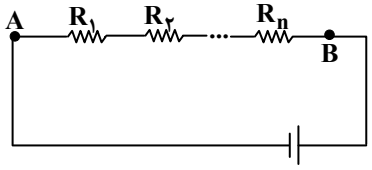
پاسخ: گزینه ۱

$$P = \frac{U}{t} \Rightarrow U = Pt = 200\times 90\times 60 = 10^4\times 108J \xrightarrow{\div 36\times 10^5} \frac{108\times 10^{-1}}{36} = 0/3kWh$$

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:



$$I_1 = I_2 = ... = I_n$$

$$V = V_1 + V_2 + ... + V_n$$

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

- 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 کلیه‌ی 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:

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

- بر روی تعدادی لامپ نوشته شده (V_1 و P_1) و (V_2 و P_2) و ...(V_n و P_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:

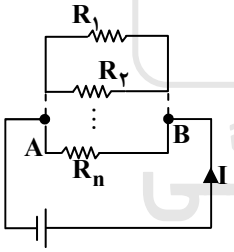
$$\frac{1}{P_T} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + ... + \frac{1}{P_n}$$

- 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:



$$I = I_1 + I_2 + ... + I_n$$

$$V = V_1 = V_2 = ... = V_n$$

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

- 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 کلیه‌ی مقاومت‌ها داراست.
- در حالت موازی جریان به نسبت عکس مقاومت شاخه‌ها تقسیم می‌شود:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow I_1R_1 = I_2R_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

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

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

مؤسسه آموزشی فرهنگی

• سیمی به‌طول L و مقاومت R مفروض است اگر آن را به n قسمت مساوی تقسیم کنیم و تکه‌های به‌دست آمده را به‌صورت موازی به هم ببندیم، مقاومت معادل مجموعه‌ی موازی به‌وجود آمده برابر است با:

$$R_T = \frac{\text{مقاومت سیم } R}{\text{تعداد تقسیم ها } n^2}$$

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

$$P_T = nP$$

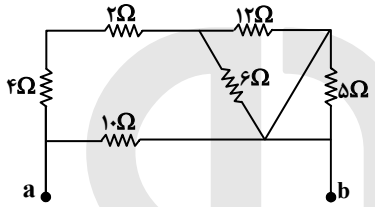
P_T: توان حرارتی مجموعه لامپ‌ها

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

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

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

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



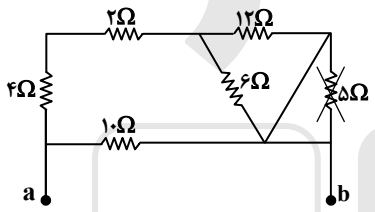
۱) ۵

۲) ۱۰

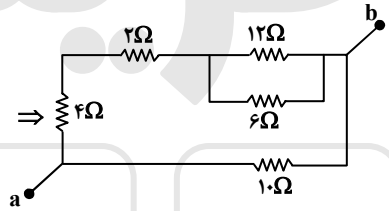
۳) ۱۵

۴) ۲۰

پاسخ: گزینه ۱

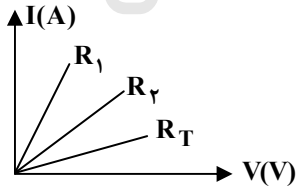


اتصال کوتاه و از مدار خارج می‌شود



$$\Rightarrow R_T = 5\Omega$$

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



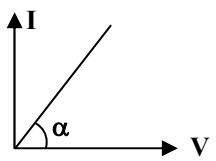
۱) $R_1 > R_2$ و به‌صورت متوالی به هم بسته شده‌اند.

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

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

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

پاسخ: گزینه ۳



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

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

$$R_T > R_2 > R_1$$

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

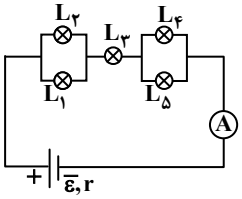
مثال: با در اختیار داشتن n مقاومت مشابه R، نسبت بیش‌ترین مقاومت معادلی که می‌توان ساخت به کم‌ترین مقاومت معادل ممکن کدام است؟

۱) $\frac{۱}{n^۲}$ ۲) $n^۲$ ۳) $\frac{۱}{n}$ ۴) n

پاسخ: گزینه ۲

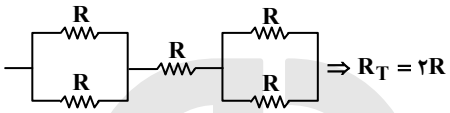
$$\left.\begin{array}{l} \text{اگر سری بسته شوند}: R_T = R + R + ... + R = nR \\ \text{اگر موازی بسته شوند}: \frac{۱}{R_T} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + ... + \frac{۱}{R} \Rightarrow R_T = \frac{R}{n} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{nR}{\frac{R}{n}} = n^۲$$

مثال: در مدار شکل زیر تمامی لامپ‌ها مشابه هستند. اگر توان مصرفی کل مدار برابر با ۵۰W باشد، توان مصرفی لامپ $L_۳$ چند وات است؟



۱) ۱۵
۲) ۲۵
۳) ۳۵
۴) ۴۵

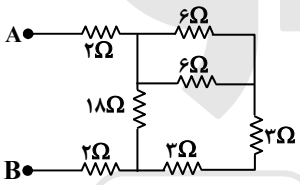
پاسخ: گزینه ۲



$$\Rightarrow R_T = ۲R$$

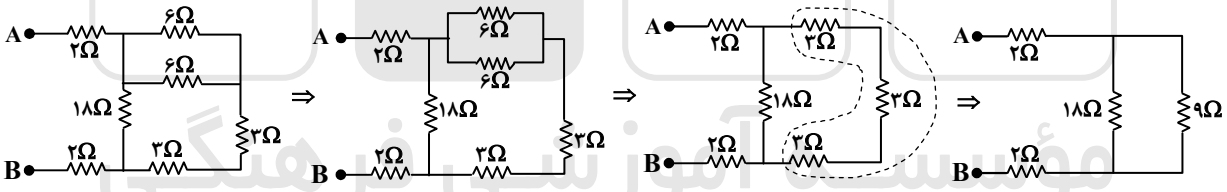
$$P = RI^۲ \xrightarrow{I=cte} \frac{P_۳}{P_T} = \frac{R_۳}{R_T} \Rightarrow \frac{P_۳}{۵۰} = \frac{R}{۲R} \Rightarrow P_۳ = ۲۵W$$

مثال: در شکل روبه‌رو مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B چند اهم است؟



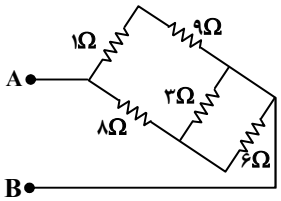
۱) ۸
۲) ۱۰
۳) ۱۲
۴) ۱۶

پاسخ: گزینه ۲



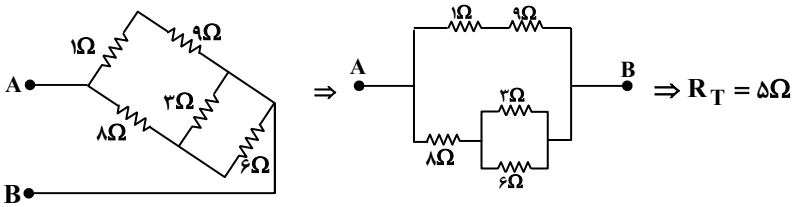
$$\Rightarrow R_T = ۶ + ۲ + ۲ = ۱۰\Omega$$

مثال: در شکل روبه‌رو مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B چند اهم است؟



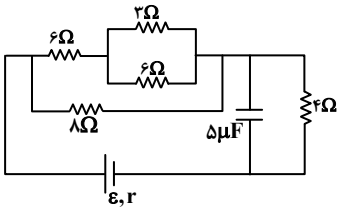
۱) ۵
۲) ۶
۳) ۱۰
۴) ۱۲

پاسخ: گزینه ۱



$$\Rightarrow R_T = ۵\Omega$$

مثال: اگر در شکل مقابل بار الکتریکی ذخیره شده در خازن، ۶۰ میکروکولن باشد، شدت جریانی که از مقاومت ۳ اهمی می‌گذرد چند آمپر است؟



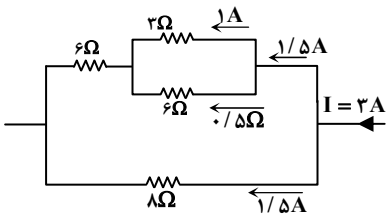
۱) ۰/۵

۲) ۱

۳) ۱/۲۵

۴) $\frac{۳}{۲}$

پاسخ: گزینه ۲



$$q = CV \Rightarrow V = \frac{۶۰}{۵} = ۱۲(V)$$

$$V = IR \Rightarrow ۱۲ = ۴I \Rightarrow I = ۳A$$

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

$$\left.\begin{matrix} ۳I_۱ = ۶I_۲ \\ I_۱ + I_۲ = ۱/۵ \end{matrix}\right\} \Rightarrow I_۲ = ۰/۵\,A \quad , \quad I_۱ = ۱\,A$$

مثال: روی لامپی اعداد ۲۲۰ ولت و ۱۰۰ وات نوشته شده است. اگر آن را به مدت نیم ساعت به برق ۱۱۰ ولت وصل کنیم. انرژی الکتریکی مصرف شده در آن چند کیلوژول می‌شود؟ (مقاومت الکتریکی لامپ ثابت فرض شده است.)

۱) ۱۸۰ ۲) ۴۵ ۳) ۲۶۰ ۴) ۵۴

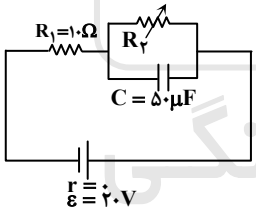
پاسخ: گزینه ۲

$$\left.\begin{matrix} V_۱ = ۲۲۰ \Rightarrow P_۱ = ۱۰۰ \\ V_۲ = ۱۱۰ \Rightarrow P_۲ = ? \end{matrix}\right\}, R = cte$$

$$\Rightarrow P = \frac{V^۲}{R} \Rightarrow \frac{P_۲}{P_۱} = (\frac{V_۲}{V_۱})^۲ \Rightarrow \frac{P_۲}{۱۰۰} = (\frac{۱۱۰}{۲۲۰})^۲ \Rightarrow P_۲ = ۲۵W$$

$$P = \frac{U}{t} \Rightarrow U = Pt = ۲۵ \times \frac{۳۶۰۰}{۲} = ۴۵kJ$$

مثال: اگر در مدار شکل مقابل $R_۲$ را از صفر تا بی‌نهایت افزایش دهیم، انرژی خازن C چگونه تغییر می‌کند؟



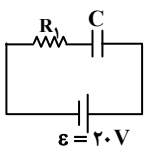
۱) از صفر تا ۰/۰۱J

۲) از صفر تا ۰/۰۲J

۳) از ۰/۰۱J تا ۰/۰۲J

۴) از ۰/۰۱۵J تا صفر

پاسخ: گزینه ۱

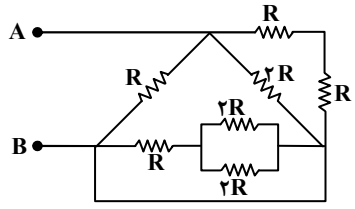


(۱) $R_۲ = ۰ \Rightarrow$ اختلاف پتانسیل دو سر خازن صفر می‌شود. $\Rightarrow U_۱ = ۰$

(۲) $R_۲ = \infty \Rightarrow$ مدار به‌صورت مقابل در می‌آید.

$$U_۲ = \frac{۱}{۲}CV^۲, V = \varepsilon \Rightarrow U_۲ = \frac{۱}{۲} \times ۵۰ \times ۱۰^{-۶} \times ۴۰۰ = ۱۰^{-۲}J$$

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



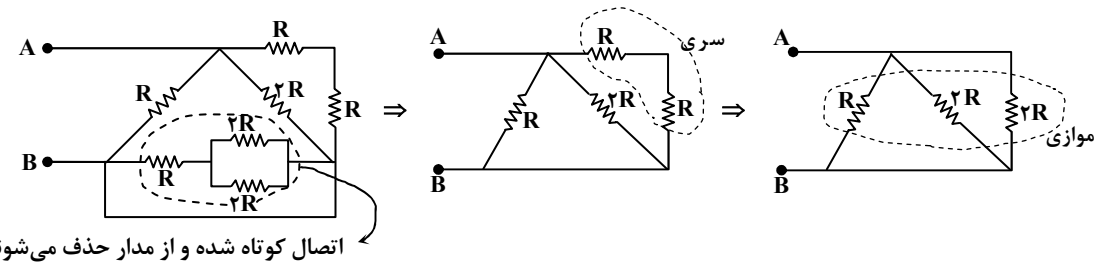
۱) $\frac{۳}{۴}$

۲) ۲

۳) $\frac{۱}{۲}$

۴) $\frac{۴}{۳}$

پاسخ: گزینه ۳

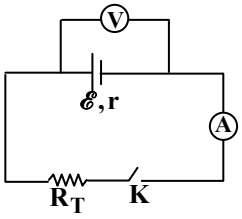


اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شوند.

$$\Rightarrow \frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{۲R}+\frac{۱}{۲R}+\frac{۱}{R}=\frac{۴}{۲R}\Rightarrow R_T=\frac{R}{۲}$$

مدار ساده‌ی الکتریکی

اگر برای تأمین اختلاف پتانسیل الکتریکی به‌منظور برقراری جریان در چند رسانا از یک باطری استفاده کنیم، آن را مدار ساده‌ی الکتریکی می‌نامند.

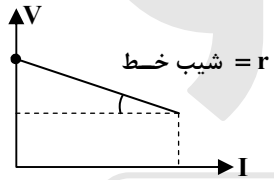


ℰ نیروی محرکه‌ی پیل

مقدار انرژی است که توسط پیل به واحد بار الکتریکی $(1C)$ داده می‌شود تا در مدار شارش کند.

در واقع نیروی محرکه‌ی پیل اختلاف پتانسیل الکتریکی است که توسط پیل ایجاد می‌شود و در مداری مطابق شکل فوق در حالتی که کلید بسته است، نیرومحرکه از اختلاف پتانسیل دو سر باتری بیش‌تر است.

تفاوت بین اختلاف پتانسیل دو سر باتری و نیروی محرکه‌ی آن افت پتانسیل در باتری نامیده می‌شود و آن اختلاف پتانسیل الکتریکی است که برای برقراری جریان در پیل لازم است.



کلید K باز : عدد آمپرسنج $= ۰$

عدد ولت‌سنج $= \mathscr{E}$

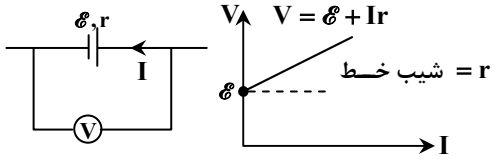
کلید K بسته : عدد آمپرسنج $= I \longrightarrow$ جریان شاخه‌ی اصلی مدار

عدد ولت‌سنج $= V_T = \mathscr{E} - V_r$ ← افت پتانسیل در مولد

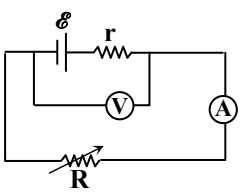
$$\Rightarrow \left.\begin{matrix}\mathscr{E}=V_T+V_r\\ V_T=IR_T\end{matrix}\right\}\Rightarrow \mathscr{E}=I(R_T+r)\Rightarrow I=\frac{\mathscr{E}}{R_T+r}$$

تذکر: در صورتی در مدار ساده‌ی الکتریکی اختلاف پتانسیل دو سر باتری با نیروی محرکه‌ی آن برابر می‌شود 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 می‌گوییم مولد (باتری) در حال شارژ شدن است و نقش مصرف‌کننده (نه تولیدکننده) را بازی می‌کند، در این صورت برای اختلاف پتانسیل دو سر آن می‌توان نوشت:



مثال: در مداری مطابق شکل زیر مقاومت رئوستا را کاهش می‌دهیم، اعدادی که ولت‌سنج و آمپرسنج نشان می‌دهند، چگونه تغییر می‌کند؟



۱) افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد.

۲) کاهش می‌یابد، افزایش می‌یابد.

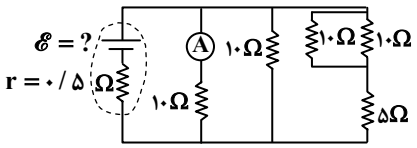
۳) افزایش می‌یابد، ثابت می‌ماند.

۴) ثابت می‌ماند، ثابت می‌ماند.

پاسخ: گزینه ۲

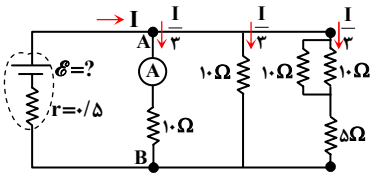
$$\left.\begin{matrix}V=\mathscr{E}-Ir : \text{ولت سنج}\\ \text{جریان را نشان می‌دهد :آمپرسنج}\end{matrix}\right\}\ I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}\Rightarrow R\downarrow\Rightarrow\uparrow I\ \Rightarrow\ \downarrow V$$

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

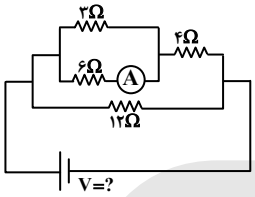


$$\frac{I}{۳}=۶\Rightarrow I=۱۸A$$

$$V=V_{AB},V_{AB}=۱۰\frac{I}{۳}=۱۰\times۶=۶۰V \quad \text{دو سر مولد}$$

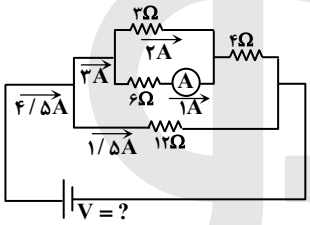
$$V=\mathscr{E}-Ir\Rightarrow ۶۰=\mathscr{E}-۱۸\times\frac{۱}{۲}\Rightarrow\mathscr{E}=۶۹V$$

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

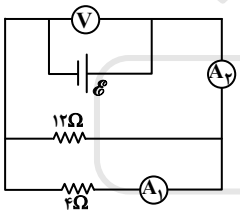
پاسخ: گزینه ۳



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

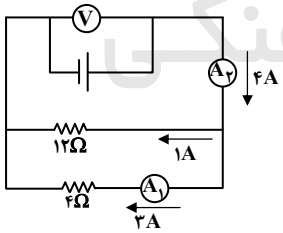
$$V=IR_T, I=۴/۵, R_T=۴\Omega\Rightarrow V=۱۸V$$

مثال: در مدار شکل روبه‌رو اگر ولت‌سنج ۱۲ ولت را نشان دهد، آمپرسنج‌های $A_۱$ و $A_۲$ به‌ترتیب از راست به چپ چند آمپر را نشان می‌دهند؟



۱) ۱ و ۲
۲) ۲ و ۱
۳) ۳ و ۴
۴) ۴ و ۳

پاسخ: گزینه ۳



برای جریان نشان داده شده توسط $A_۲$ داریم:

$$V=IR_T\Rightarrow ۱۲=I\times۳\Rightarrow I=۴A$$

حال با توجه به این‌که جریان در شاخه‌های موازی به نسبت عکس مقاومت تقسیم می‌شود، جریان عبوری از $A_۱$، 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 $\frac{۱}{۹}$ افت پتانسیل در مقاومت خارجی است. مقاومت R چند اهم است؟

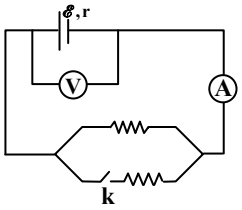
۱) ۳ ۲) ۲۷ ۳) ۲۴ ۴) ۳۰

پاسخ: گزینه ۲

$$\frac{V_r}{V_T}=\frac{Ir}{IR_T}=\frac{r}{R_T}=\frac{۱}{۹}\Rightarrow R_T=۹r$$

$$I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}\Rightarrow ۰/۲=\frac{۶}{۱۰r}\Rightarrow r=۳\Omega, R_T=۲۷\Omega$$

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



۱) کاهش - کاهش

۲) افزایش - افزایش

۳) کاهش - افزایش

۴) افزایش - کاهش

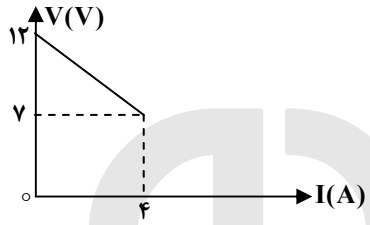
پاسخ: گزینه ۴

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

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

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 به‌ترتیب برابر است با:



۱) $۰/۵۷\Omega, ۷V$

۲) $\frac{۱}{۳}\Omega, ۷V$

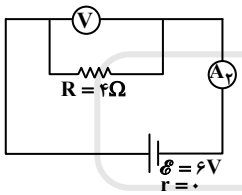
۳) $۰/۳\Omega, ۱۲V$

۴) $۱/۲۵\Omega, ۱۲V$

پاسخ: گزینه ۴

$$\left.\begin{matrix} V = \mathscr{E} - Ir \\ \mathscr{E} = ۱۲V \end{matrix}\right\} \Rightarrow ۷ = ۱۲ - ۴r \Rightarrow ۴r = ۵ \Rightarrow r = \frac{۵}{۴} = ۱/۲۵\Omega$$

مثال: در شکل روبه‌رو اگر به‌جای مقاومت ۴Ω یک مقاومت ۸Ω قرار دهیم، مقادیری که به‌ترتیب 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.

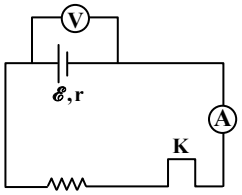
۴) بیش‌تر می‌شود، کم‌تر می‌شود.

پاسخ: گزینه ۱

$$(۱): I = \frac{\mathscr{E}}{R + r} = \frac{۶}{۴} = ۱/۵A, V = IR = ۱/۵ \times ۴ = ۶V$$

$$(۲): I = \frac{\mathscr{E}}{R' + r} = \frac{۶}{۸}, V = IR' = \frac{۶}{۸} \times ۸ = ۶V$$

مثال: در مدار شکل مقابل مقاومت درونی باتری ۲Ω و نسبت $\frac{V}{\mathscr{E}}$ 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

$$I = ۰/۸A, r = ۲\Omega, V = \mathscr{E} - Ir$$

$$\frac{V}{\mathscr{E}} = \frac{\mathscr{E} - Ir}{\mathscr{E}} = ۰/۸ \Rightarrow \mathscr{E} - ۱/۶ = ۰/۸\mathscr{E} \Rightarrow ۰/۲\mathscr{E} = ۱/۶ \Rightarrow \mathscr{E} = ۸\ V$$

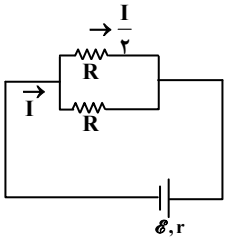
کلید را قطع کنیم: $I = ۰ \Rightarrow V = \mathscr{E} = ۸V$

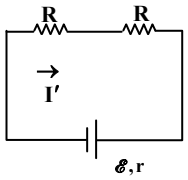
مؤسسه آموزشی فرهنگی

مثال: دو مقاومت مشابه R اهمی را یک بار به‌طور موازی و بار دیگر به‌طور 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؟

۱) صفر ۲) R ۳) ۲R ۴) $\frac{R}{۲}$

پاسخ: گزینه ۲



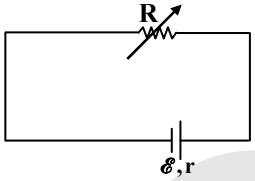


$$\frac{I}{۲} = I' \Rightarrow \frac{\mathscr{E}}{\frac{R}{۲}+r} = \frac{۲\mathscr{E}}{۲R+r}$$

$$\Rightarrow R + ۲r = ۲R + r \Rightarrow R = r$$

توان مولد

توان تولیدی مولد برابر $P = \varepsilon I$ است که بر اثر عبور جریان از مقاومت درونی مولد، بخشی از آن به‌شکل گرما تلف می‌شود $(P' = rI^۲)$ و بقیه توان خروجی مولد (مفید مولد) می‌شود که همان توان مصرفی مقاومت خارجی است.

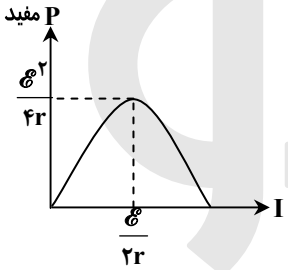


توان مولد $P = \mathscr{E}I$

توان تلف شده در مولد $P' = rI^۲$

توان مفید مولد $P'' = \mathscr{E}I - rI^۲ = I(\mathscr{E} - Ir) = V_T I$

نکته: با توجه به رابطه‌ی توان مفید $(P = \mathscr{E}I - rI^۲)$ نمودار توان مفید برحسب I برای یک مولد به‌صورت مقابل است:



$$P = \mathscr{E}I - rI^۲ \Rightarrow \frac{dP}{dI} = \mathscr{E} - ۲rI = ۰$$

$$(۱)\ \mathscr{E} = ۲rI$$

$$(۲)\ \mathscr{E} = I(R_T + r)$$

R_T : مقاومت خارجی مولد

r : مقاومت داخلی مولد

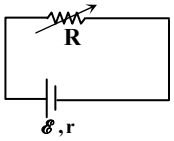
با مقایسه‌ی رابطه‌ی (۱) و (۲) درمی‌یابیم که حداکثر توان مفید در حالتی است که $(R_T = r)$ باشد.

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 بیشینه است که نسبت $\frac{R}{r}$ برابر ..... شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) بی‌نهایت

پاسخ: گزینه ۱

مثال: مقاومت رئوستای مدار مقابل را پیوسته افزایش می‌دهیم. توان مفید مولد چگونه تغییر می‌کند؟ ($R_۰$ مقاومت رئوستا در ابتدا)



۱) در صورتی که $R_۰ < r$، پیوسته افزایش می‌یابد.

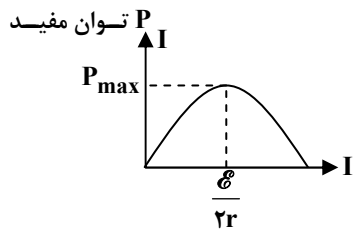
۲) در صورتی‌که $R_۰ > r$ پیوسته کاهش می‌یابد.

۳) در صورتی‌که $R_۰ < r$ ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد.

۴) گزینه ۲ و ۳

پاسخ: گزینه ۴

ماکزیمم توان مفید مولد در حالتی اتفاق می‌افتد که مقاومت مدار در این‌جا رئوستا برابر مقاومت داخلی مولد باشد و با توجه به رابطه‌ی $I = \frac{\mathscr{E}}{R+r}$ درمی‌یابیم با افزایش R، جریان کاهش می‌یابد و با توجه به نمودار مقابل درمی‌یابیم که تا $(I = \frac{\mathscr{E}}{۲r})$ 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 درصورتی که $R_۰ < r$ 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 $\mathscr{E}$ و مقاومت درونی 1Ω می‌بندیم، شدت جریان در مدار ۰/۵ آمپر می‌شود. اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی مولد و توان تلف شده در مولد به‌ترتیب چند ولت و چند وات است؟

۱) ۳/۵ و ۰/۲۵ ۲) ۳/۵ و ۲/۷۵ ۳) ۷/۵ و ۰/۲۵ ۴) ۷/۵ و ۳/۵۰

پاسخ: گزینه ۳

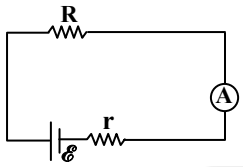
$$\mathscr{E} = I(R+r) = ۰/۵(۱۴+۱) = ۷/۵(V)$$

توان تلف شده در مولد $P = rI^۲ = ۱\times\frac{۱}{۴} = ۰/۲۵\,W$

نکته: برای محاسبه‌ی بازدهی یک مولد داریم:

$$Ra = \frac{\text{مفید } P}{\text{کل } P} = \frac{\mathscr{E}I - rI^۲}{\mathscr{E}I} = \frac{I(\mathscr{E}-rI)}{\mathscr{E}I} = \frac{IV_T}{\mathscr{E}I} = \frac{V_T}{\mathscr{E}} = \frac{IR_T}{I(R_T+r)} = \frac{R_T}{R+r}$$

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



۱) ۱

۲) $\frac{۳}{۲}$

۳) $\frac{۲}{۳}$

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

پاسخ: گزینه ۳

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

$$\frac{\text{توان تلف شده}}{\text{توان مفید}} = \frac{۲}{۳} \Rightarrow \text{توان مفید} = \frac{۴}{۶}\,\text{توان تلف شده} \Rightarrow \frac{\text{توان مفید}}{\text{توان مفید} + \text{توان تلف شده}} = \frac{۶}{۱۰} \Rightarrow$$

حلقه

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

طرز تعیین اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه از مدار الکتریکی

I) جهت دلخواهی را برای جریان انتخاب می‌کنیم.

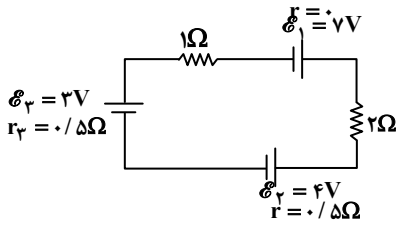
II) پتانسیل نقطه‌ی شروع را مثبت در نظر می‌گیریم.

III) در جهت جریان قرارداد شده اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت را با $-Ir, -IR$ نشان می‌دهیم و در صورتی‌که 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 $\mathscr{E}_۲$ در مدار شکل مقابل چند ولت است؟



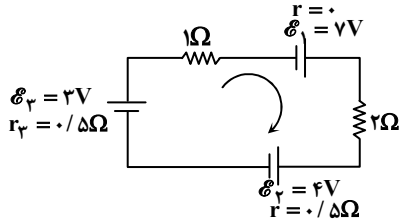
۱) ۳

۲) ۲/۲۵

۳) ۳/۵

۴) ۴/۷۵

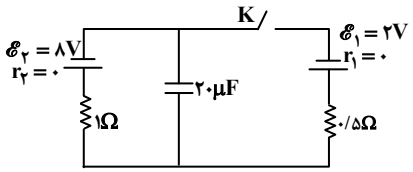
پاسخ: گزینه ۴



$$I = \frac{\mathscr{E}_T}{R_T + r_T} = \frac{+۷+۳-۴}{۴} = \frac{۳}{۲}A$$

$$V_۲ = \mathscr{E}_۲ + Ir_۲ \Rightarrow V_۲ = ۴ + \frac{۳}{۲}\times\frac{۱}{۲} = ۴/۷۵ \text{ ولت}$$

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



۱) ۸۰، کاهش

۲) ۸۰، افزایش

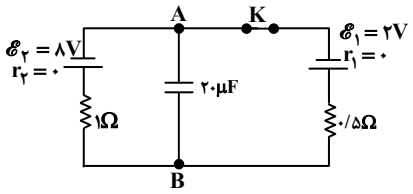
۳) ۲۴۰، کاهش

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:

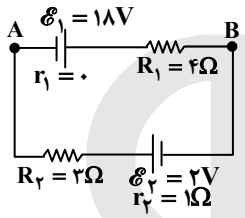


$V' = V_{AB} \Rightarrow I = \dfrac{\mathscr{E}_2 - \mathscr{E}_1}{R_T + r_T} = \dfrac{8-2}{1/5+0} = 4(A)$ دو سر خازن

$\Rightarrow V_A + \mathscr{E}_2 - Ir_2 - I = V_B \Rightarrow V_A + 8 - 4 = V_B \Rightarrow V_B - V_A = 4V$

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

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

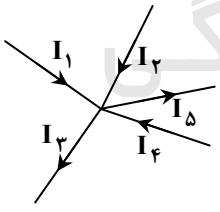
$$\left.\begin{matrix} V_A + \mathscr{E}_1 - IR_1 = V_B \\ I = \dfrac{\mathscr{E}_1 + \mathscr{E}_2}{R_T + r} = \dfrac{20}{8} \end{matrix}\right\} \Rightarrow V_A + 18 - \frac{20}{8} \times 4 = V_B \Rightarrow V_B - V_A = 8V$$

$\Delta U = \Delta Vq = 8 \times (-2\mu C) = -16\mu J$

قوانین تحلیل مدار (کیرشهف)

I) قانون شدت جریان‌ها: در هر گره از مدار، مجموع شدت جریان‌های الکتریکی عبوری از گره برابر صفر است. (قانون پایستگی بار الکتریکی)

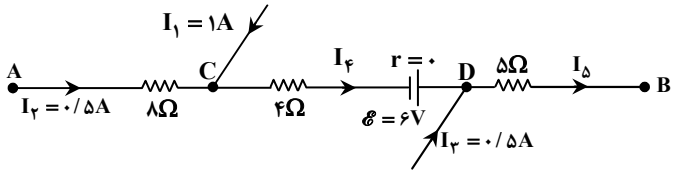
به‌طور مثال در شکل مقابل داریم:



$I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5$

$\sum I = 0$

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



۱) ۱۴

۲) ۱۲

۳) ۹

۴) ۱۸

پاسخ: گزینه ۱

گره C $I_1 + I_2 = I_4 \Rightarrow I_4 = 1/5A$

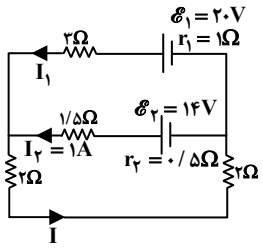
گره D $I_4 + I_3 = I_5 \Rightarrow I_5 = 1/5 + 0/5 = 2A$

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

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

$$\sum V = ۰$$

مثال: در مدار شکل داده شده $I_۱$ چند آمپر است؟



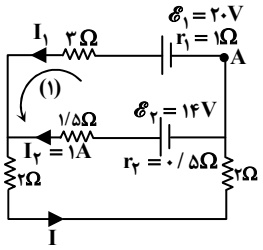
۱) ۲

۲) ۳

۳) ۱/۵

۴) ۲/۵

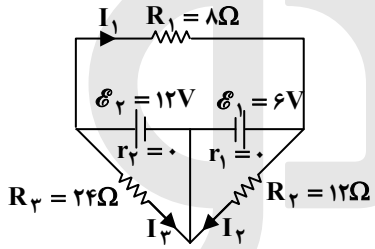
پاسخ: گزینه ۱



برای حلقه (۱): $V_A - I_۱r_۱ + \mathscr{E}_۱ - ۳I_۱ + ۱/۵I_۲ - \mathscr{E}_۲ + I_۲r_۲ = V_A$

$$-I_۱ + ۲۰ - ۳I_۱ + ۱/۵ \times ۱ - ۱۴ + ۰/۵ \times ۱ = ۰ \Rightarrow I_۱ = ۲A$$

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



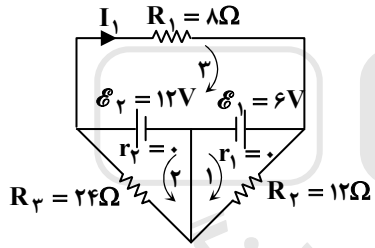
۱) $I_۳ = ۰/۵ \, , \, I_۲ = ۰/۵ \, , \, I_۱ = ۰/۷۵$

۲) $I_۳ = ۶۵ \, , \, I_۲ = ۰/۵ \, , \, I_۱ = ۲/۲۵$

۳) $I_۳ = ۱/۲۵ \, , I_۲ = ۰/۵ \, , \, I_۱ = ۲/۲۵$

۴) $I_۳ = ۱/۵ \, , \, I_۲ = ۰/۷۵ \, , \, I_۱ = ۰/۷۵$

پاسخ: گزینه ۱



برای حلقه (۱): $\mathscr{E}_۱ - I_۲R_۲ = ۰ \Rightarrow ۶ - I_۲ \times ۱۲ = ۰ \Rightarrow I_۲ = ۰/۵A$

برای حلقه (۲): $\mathscr{E}_۲ - I_۳R_۳ = ۰ \Rightarrow ۱۲ - I_۳ \times ۲۴ = ۰ \Rightarrow I_۳ = ۰/۵A$

برای حلقه (۳): $-I_۱R_۱ - \mathscr{E}_۱ + \mathscr{E}_۲ = ۰ \Rightarrow -۸I_۱ - ۶ + ۱۲ = ۰ \Rightarrow I_۱ = ۰/۷۵A$

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.

مؤسسه آموزشی فرهنگی