

مبانی مهندسی برق

رشته مهندسی مواد

دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه مراغه

ترم اول 1401-1402

قسمت دوم

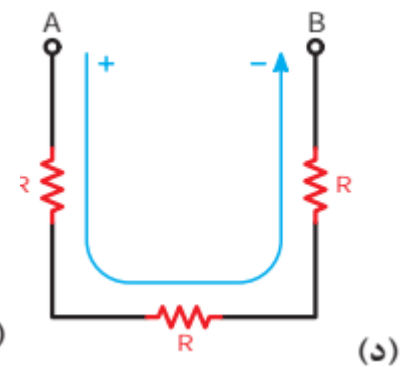
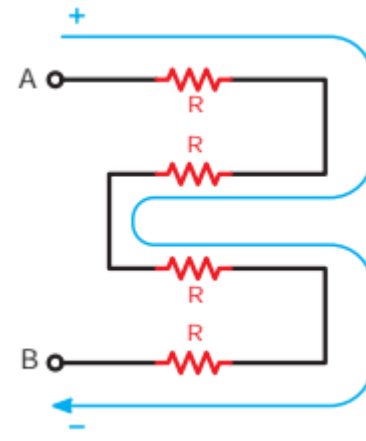
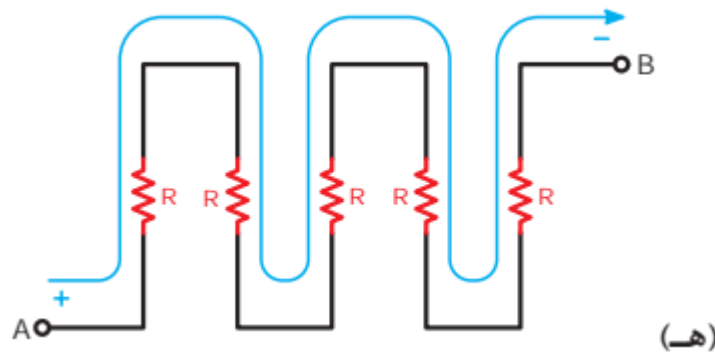
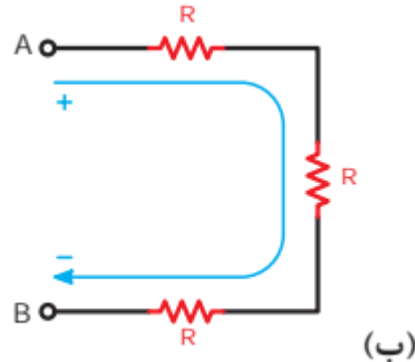
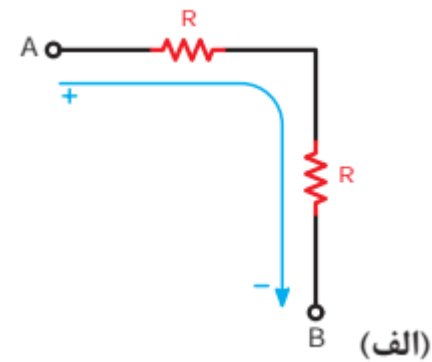
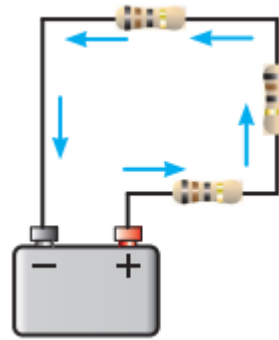
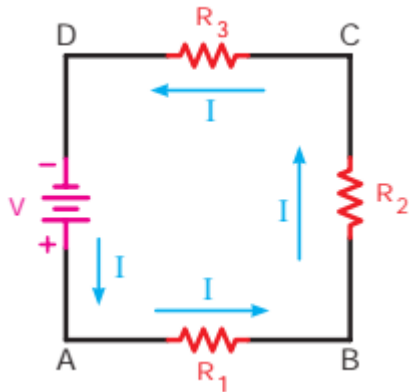
۱-۵- اتصالات مقاوت ها

اتصال سری مقاوت ها:

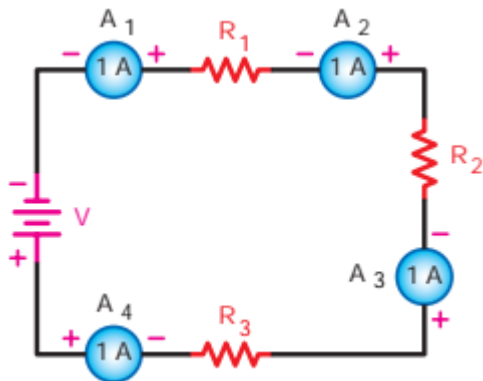
هرگاه دو یا چند مقاوت (n مقاوت) به صورت متوالی (دنبال هم - پشت سرهم) به یکدیگر اتصال داده شوند، مدار را «سری» گویند.

در مدار سری همواره فقط یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد. (شکل ۴-۵)

در مدارهای سری نحوه قرار گرفتن عناصر به صورت عمودی یا افقی و ترتیب اتصال آن از نظر اول یا آخر بودن اهمیتی ندارد و تأثیری روی رفتار مدار نمی گذارد. شکل ۵-۵ حالت های مختلف اتصال مقاوت ها را به صورت سری نشان می دهد.

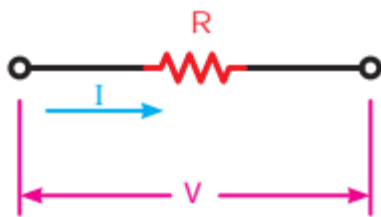


– عامل مشترک در مدار سری:

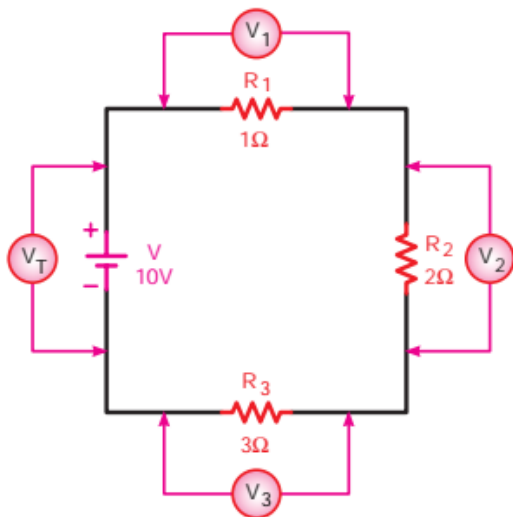


چون در مدار سری یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد در نتیجه جریان در تمام مقاومت‌ها مساوی و ثابت است. به همین دلیل در مدارهای سری جریان را می‌توان به عنوان یک عامل مشترک برای تمام عناصر موجود در مدار دانست.

– عامل غیرمشترک در مدار سری:



بر اثر عبور جریان از هر مقاومت الکتریکی در دو سر آن افت ولتاژی به وجود می‌آید. (شکل ۷-۵) مقدار آن را براساس قانون اهم از رابطه $V = I.R$ می‌توان محاسبه کرد. چون جریان در مدار سری ثابت است لذا مقدار افت ولتاژ در دو سر مقاومت با مقدار اهم آن رابطه مستقیم دارد. یعنی در صورت افزایش مقاومت (R) مقدار ولتاژ (V) نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۸-۵- بررسی ولتاژها در مدار سری
 (توجه داشته باشید که ولتاژ در دو سر هر مقاومت متناسب با
 مقدار مقاومت تغییر می کند)

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

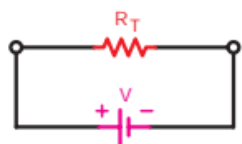
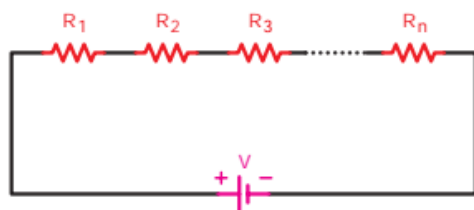
$$V_{R_T} = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3}$$

به عنوان مثال اگر مداری را مطابق شکل ۸-۵ ببندیم
 ولت مترها مقادیر ولتاژی متفاوتی را در دو سر مقاومت ها
 نشان می دهند ولت مترهای V_1 ، V_2 و V_3 مقادیر ولتاژ
 دو سر مقاومت های R_1 ، R_2 و R_3 و ولت متر V_T مقدار
 ولتاژ کل مدار را نشان می دهد.

طبق قانون KVL در حلقه بسته شکل ۸-۵ ولتاژ کل
 منبع تغذیه به نسبت مقدار مقاومت ها بین مقاومت های
 مدار تقسیم می شود بنابراین می توانیم بنویسیم:

– مقاومت معادل در مدار سری^۱:

مقاومت کل^۲ یا «مقاومت معادل» به مقاومتی گفته می‌شود که بتواند به تنهایی اثر همه مقاومت‌های موجود در مدار را داشته باشد و جایگزین آن‌ها شود.



شکل ۹-۵- مقاومت معادل در مدار سری

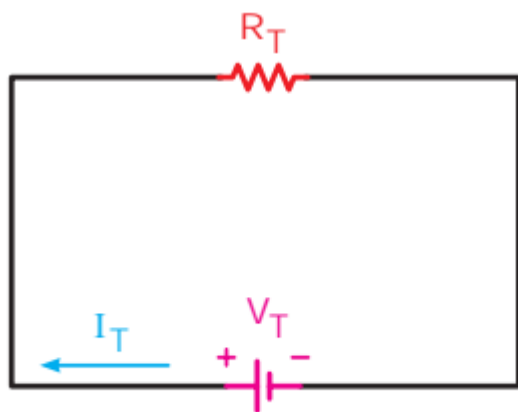
خصوصیات مدار سری

$$I_T = I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = \dots = I_{R_n} \quad (1)$$

$$V = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3} + \dots + V_{R_n} \quad (2)$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n = I_T$$

$$R_T I_T = R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 + \dots = R_n I_n$$

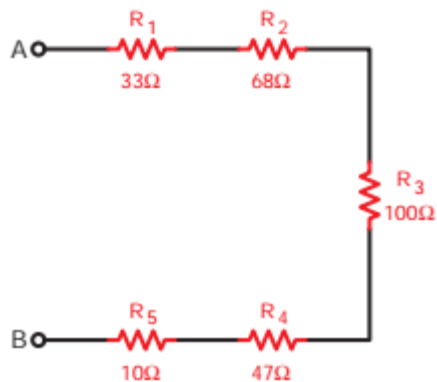


$$R_T I_T = R_1 I_T + R_2 I_T + R_3 I_T + \dots + R_n I_T$$

$$R_T \cancel{I_T} = \cancel{I_T} (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

شکل ۱۱-۵- مدار معادل شکل قبل



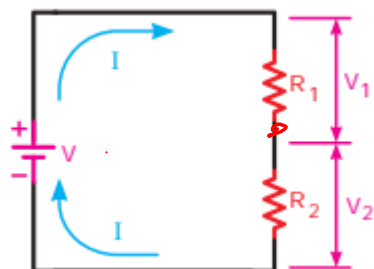
مثال: مقاومت معادل در شکل ۵-۱۲ چند اهم است؟

حل:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$R_T = 33 + 68 + 100 + 47 + 10$$

$$\boxed{R_T = 258\Omega}$$



اگر دو مقاومت طبق شکل ۵-۱۵ به صورت سری بسته شوند، مقدار ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها را از روابط زیر می توان محاسبه کرد:

$$V_1 = V \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_2 = V \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

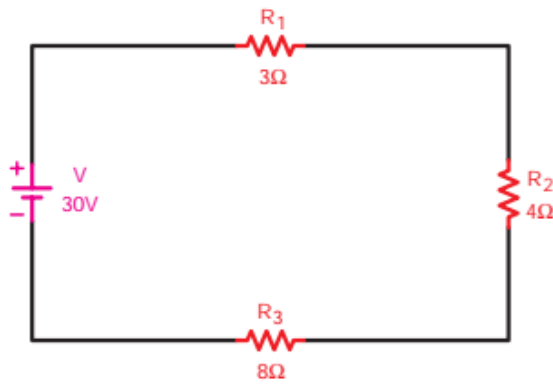
مقدار مقاومت معادل هر مدار سری از بزرگ ترین مقاومت موجود در مدار بیشتر است.

مثال: در مدار شکل ۱۸-۵ مطلوب است محاسبه:

الف - جریان مدار

ب - ولتاژ در دو سر هر مقاومت

ج - تحقیق درباره قانون KVL



شکل ۱۸-۵- محاسبه مقادیر در مدار سری و تحقیق قانون KVL

حل:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = 3 + 4 + 8 = 15\Omega$$

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{30}{15} = 2A \quad \text{الف -}$$

$$V_{R_1} = R_1 I = 3 \times 2 = 6V \quad \text{ب -}$$

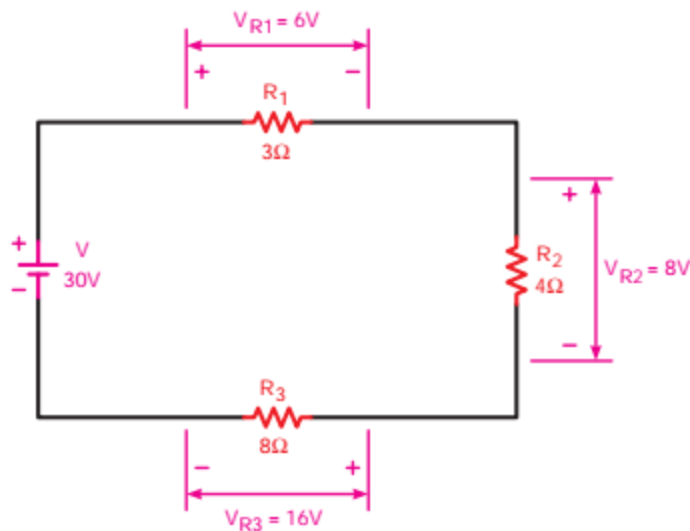
$$V_{R_2} = R_2 I = 4 \times 2 = 8V$$

$$V_{R_3} = R_3 I = 8 \times 2 = 16V$$

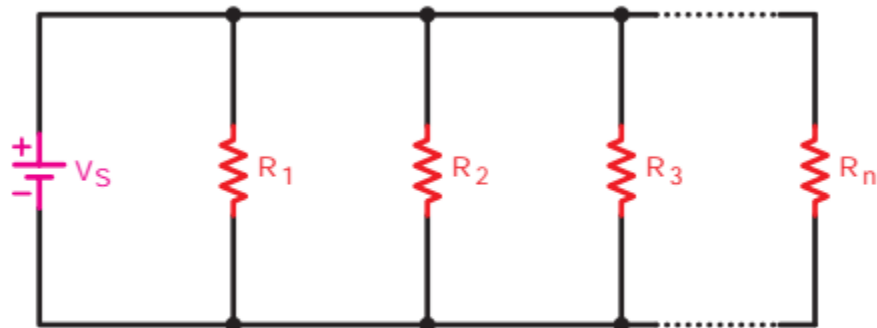
ج - براساس قانون KVL داریم:

$$\sum V = \sum R.I$$

$$30 = 6 + 8 + 16 \Rightarrow 30 = 30$$



اتصال موازی مقاومت ها:

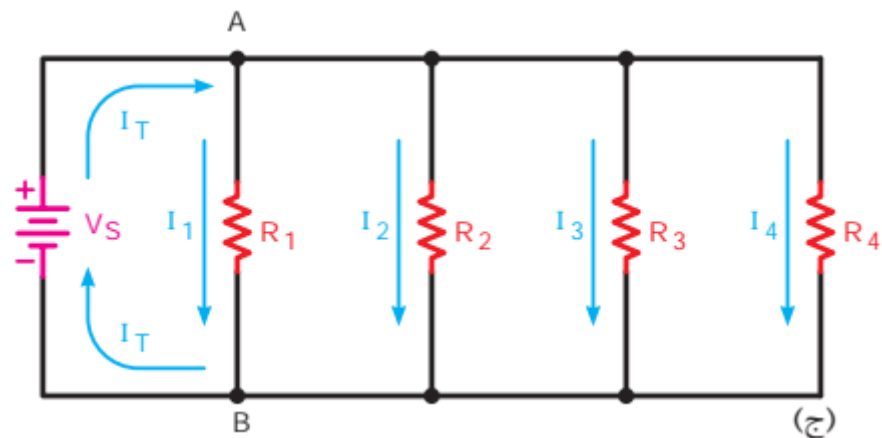
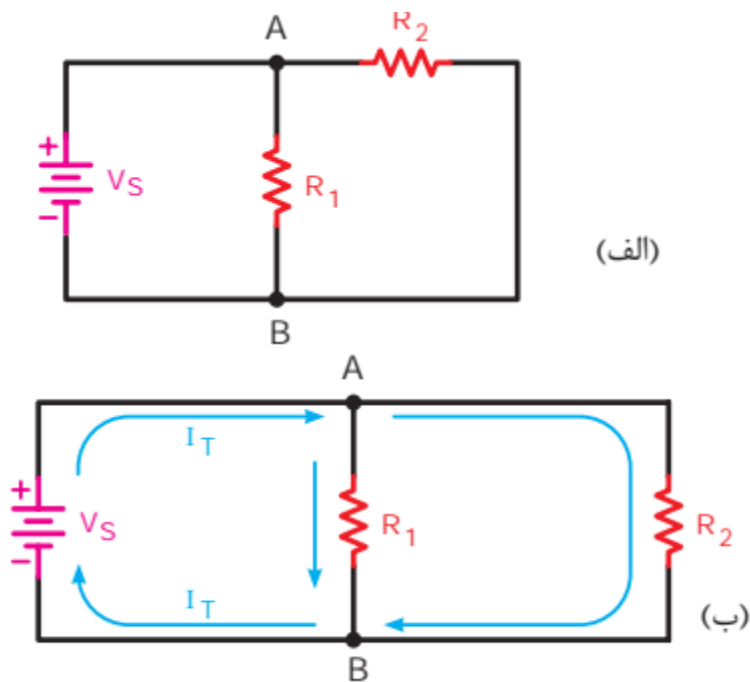


شکل ۵۲-۵- اتصال چند مقاومت موازی

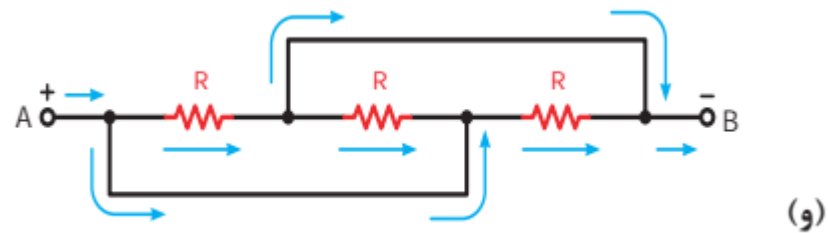
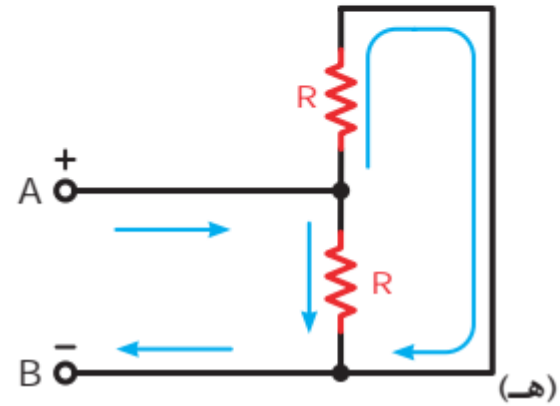
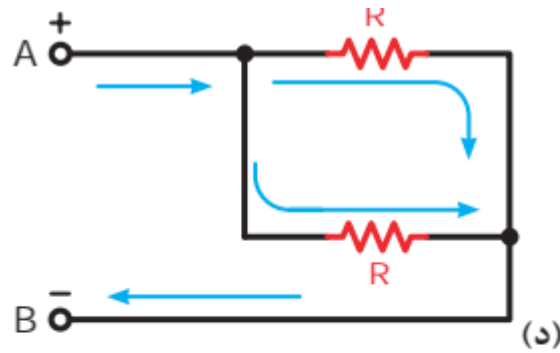
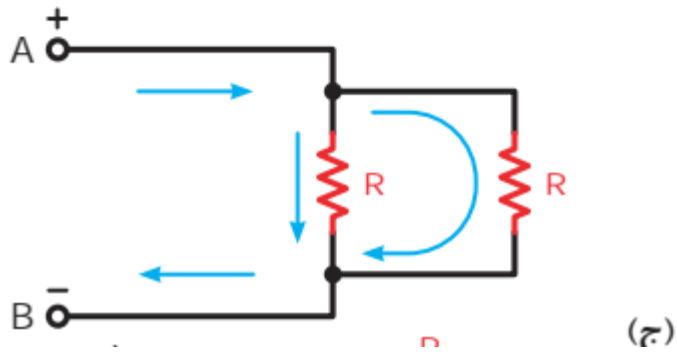
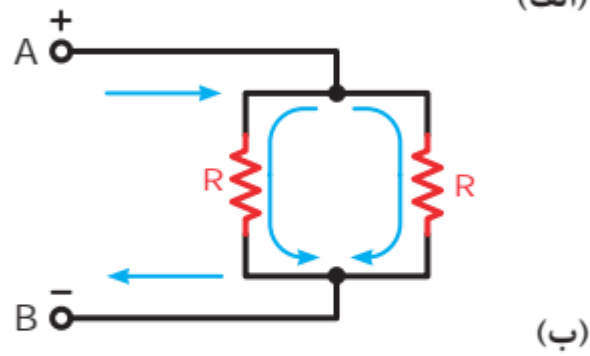
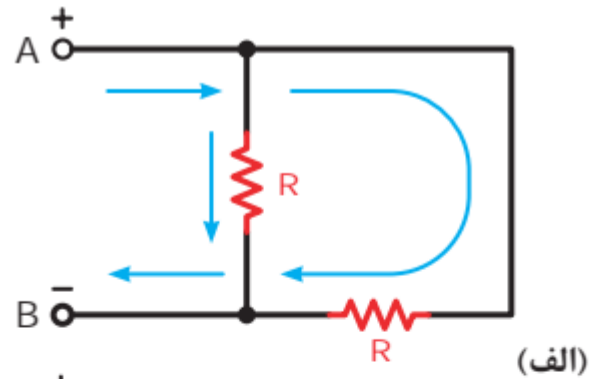
اگر دو یا چند مقاومت (n مقاومت) به ترتیبی اتصال داده شوند که یک طرف هر یک از آن ها به یکدیگر و طرف دیگر آن ها نیز به یکدیگر متصل شوند این اتصال را «اتصال موازی» می گویند.

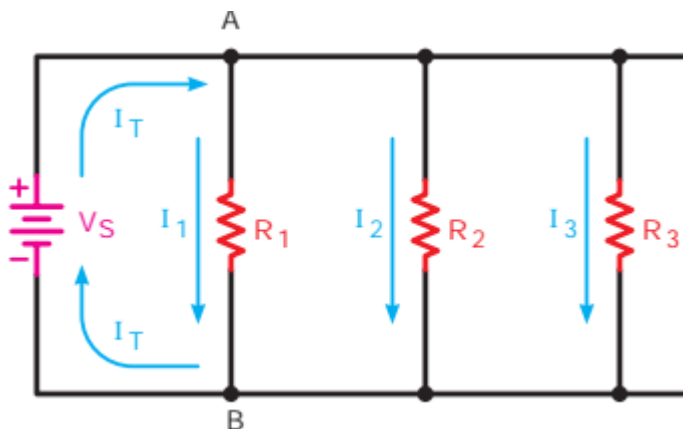
شکل ۵۲-۵ تصویر چهار مقاومت را که به صورت موازی اتصال دارند نشان می دهد.

نمونه های دیگری از مدارهای موازی یک طرف مقاومت ها در نقطه A و طرف دیگر مقاومت ها در نقطه B به هم وصل شده اند.



آرایش مقاومت‌های موازی می‌تواند به شکل‌های
 گوناگون باشد. برای تشخیص موازی بودن مقاومت‌ها باید
 به نقاط ابتدا و انتهای آن‌ها توجه کنید.





$$V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_S$$

$$V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = \dots = V_S$$

- عامل مشترک در مدار موازی

در مدارهای موازی چون دو سر هر مقاومت مستقیماً به دو سر باتری متصل است بنابراین ولتاژ دو سر همه مقاومت ها با هم مساوی است. مساوی بودن ولتاژ در مدار موازی به عنوان عامل مشترک مدار در نظر گرفته می شود. با اتصال

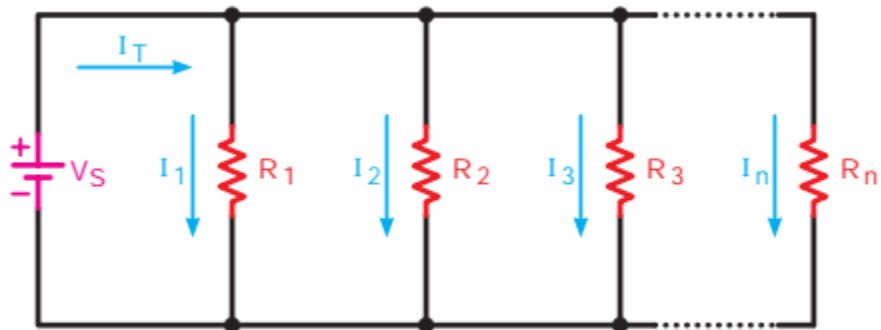
- عامل غیرمشترک در مدار موازی

جریان در هر شاخه یک مدار موازی به نسبت عکس مقدار مقاومت های هر شاخه تقسیم می شود. زیرا طبق قانون اهم $I = \frac{V}{R}$ است.

جریان کل (I_T) که توسط آمپر متر A_T نشان داده می شود از قانون KCL پیروی می کند. رابطه جریان کل را می توان براساس این قانون به صورت مقابل نوشت:

$$I_{A_T} = I_{A_1} + I_{A_2} + I_{A_3} \quad \text{یعنی:}$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$



شکل ۵۸-۵- بررسی مقاومت معادل در مدار موازی

خصوصیات مدار موازی

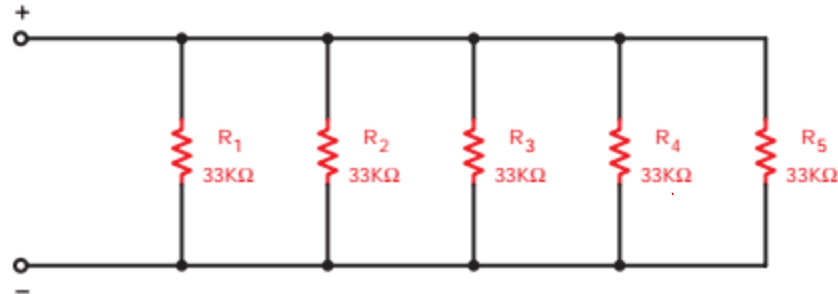
$$\left\{ \begin{array}{l} V = V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = \dots = V_{R_n} \quad (1) \\ I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (2) \end{array} \right.$$

$$\frac{V}{R_T} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \dots + \frac{V}{R_n}$$

$$\frac{V}{R_T} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

رابطه نهایی R_T



شکل ۵-۶۰

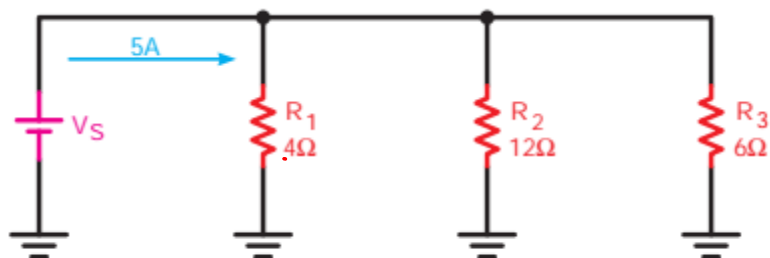
مثال: مقدار مقاومت معادل مدار شکل ۵-۶۰ چند

کیلو اهم است؟

$$R_T = \frac{33}{5} = 6.6 \text{ k}\Omega$$

مقدار مقاومت معادل هر مدار موازی از کوچک ترین مقاومت موجود در مدار نیز کمتر است.

مثال: مقاومت معادل و ولتاژ کل را در شکل ۵-۶۴ به دست آورید.



شکل ۵-۶۴

حل:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

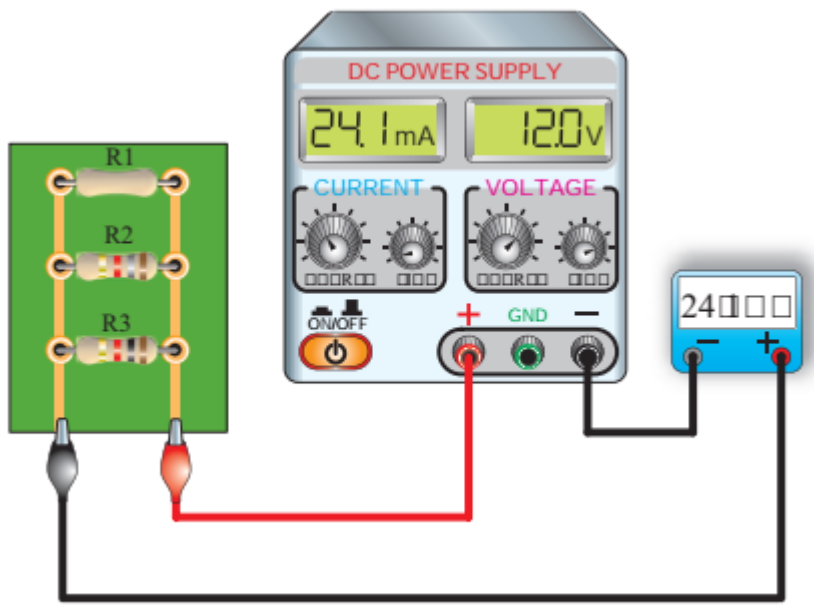
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{1}{R_T} = \frac{2+1+3}{12} = \frac{6}{12}$$

$$R_T = \frac{12}{6} = 2\Omega$$

$$V_S = R_T \cdot I_T \Rightarrow V_S = 5 \times 2$$

$$V_S = 10V$$

مثال: مقدار مقاومت R_1 شکل ۶۵-۵ را بدست آورید.



$$(R_r = 1k\Omega, R_r = 1/8K\Omega)$$

حل:

$$R_T = \frac{V}{I_T} = \frac{12V}{24/1mA} = 498\Omega$$

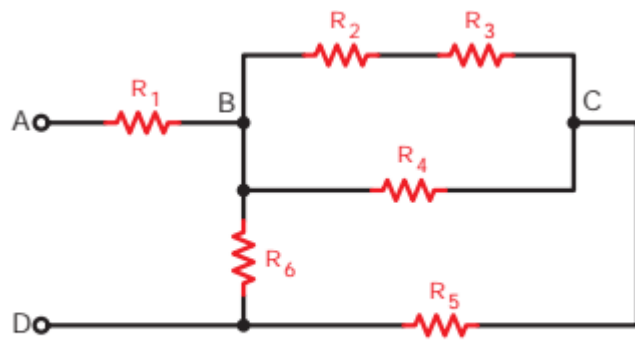
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_r} + \frac{1}{R_r} \Rightarrow \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_T} - \left(\frac{1}{R_r} + \frac{1}{R_r} \right)$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{498\Omega} - \left(\frac{1}{1/8k\Omega} + \frac{1}{1k\Omega} \right)$$

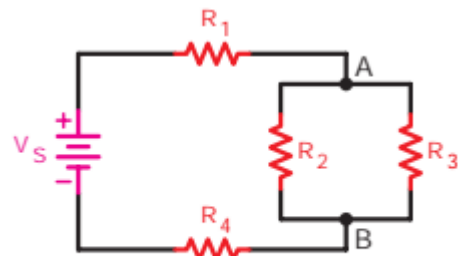
$$R_1 = 2/21k\Omega$$

اتصال ترکیبی «سری - موازی» مقاومت ها:

مدارهای «سری - موازی» به مدارهایی گفته می شود که برخی از عناصر موجود در آن به صورت سری و تعدادی دیگر به صورت موازی قرار گیرند. شکل ۵-۸۲ نمونه ای از این نوع مدارها را نشان می دهد.



شکل ۵-۸۲



شکل ۵-۸۵

مثال: رابطه کلی محاسبه R_T را برای شکل ۵-۸۵

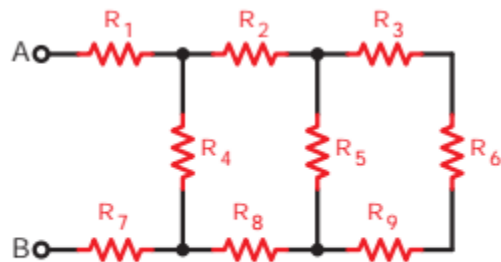
بنویسید.

حل: همان گونه که مشاهده می شود مقاومت های R_p و R_p به صورت موازی بسته شده اند. مقاومت معادل این دو مقاومت با دو مقاومت R_1 و R_4 به صورت سری قرار دارد. پس می توان نوشت:

$$R_T = R_1 + (R_p \parallel R_p) + R_4$$

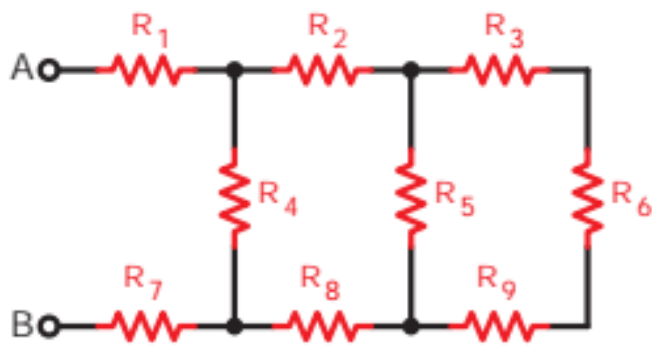
مثال: نحوه محاسبه مقاومت معادل مدار شکل ۵-۸۶ را

به ترتیب بنویسید



شکل ۵-۸۶

مرحله ۱: شکل ۵-۸۷ را به صورت ساده تر رسم می کنیم



شکل ۵-۸۶

مرحله ۲: مقاومت معادل سه مقاومت R_p , R_f و R_a را که به صورت سری قرار گرفته اند R_a می نامیم و مقدار مقاومت معادل آن را چنین به دست می آوریم. (شکل ۵-۸۸)

$$R_a = R_p + R_f + R_g$$

مرحله ۳: مقاومت معادل دو مقاومت R_a و R_d که به صورت موازی قرار گرفته اند را R_b می نامیم و معادل آن را بدست می آوریم. (شکل ۵-۸۹)

$$R_b = \frac{R_d \times R_a}{R_d + R_a}$$

مرحله ۴: در این مرحله مقاومت معادل به دست آمده در مرحله قبل را که به صورت سری با مقاومت های R_p و R_a قرار دارد را محاسبه می کنیم. (شکل ۵-۹۰)

$$R_c = R_p + R_b + R_a$$

مرحله ۵: مقاومت معادل R_c در این مرحله با مقاومت R_f به صورت موازی قرار می گیرد. مقاومت معادل آن ها را R_d می نامیم و مقدار آن را محاسبه می کنیم. (شکل ۵-۹۱)

$$R_d = \frac{R_f \times R_c}{R_f + R_c}$$

مرحله ۶: در این مرحله مقاومت R_d با دو مقاومت R_1 و R_v به صورت سری قرار می گیرد. با محاسبه مقاومت معادل این سه مقاومت مقدار مقاومت معادل کل مدار به دست می آید. شکل ۵-۹۲)

$$R_{AB} = R_t = R_1 + R_d + R_v$$

مثال: مقدار مقاومت معادل شکل ۵-۹۳ را در صورتی که $R_f = 10\Omega, R_r = 2\Omega, R_p = 4\Omega, R_1 = 12\Omega$ است را حساب کنید.

حل: معادل دو مقاومت سری R_f و R_r را محاسبه می کنیم.

$$R_a = R_r + R_f = 10 + 2 = 12\Omega$$

مقاومت معادل مقاومت های R_a و R_p را که به صورت موازی هستند و مقدار آن ها نیز مساوی است حساب

$$R_b = R_a \parallel R_p = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = 3\Omega \quad \text{می کنیم.}$$

مقاومت های معادل به دست آمده مرحله قبل (R_b)

را با مقاومت R_1 صورت سری در نظر می گیریم و مقاومت

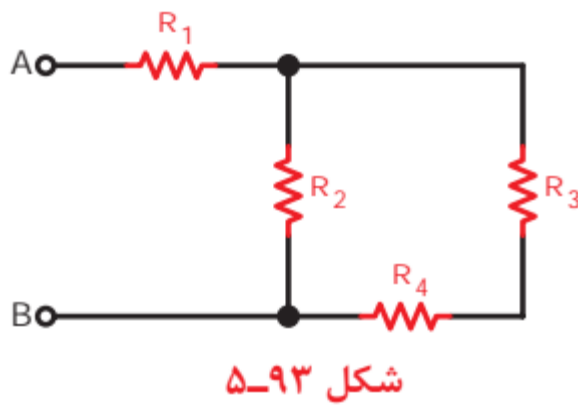
معادل آن برابر خواهد شد با:

$$R_c = R_1 + R_b = 3 + 12 = 15\Omega$$

مقاومت به دست آمده برابر با مقاومت معادل کل مدار

است، (شکل ۵-۹۴-د)

$$R_c = R_t = 15\Omega$$



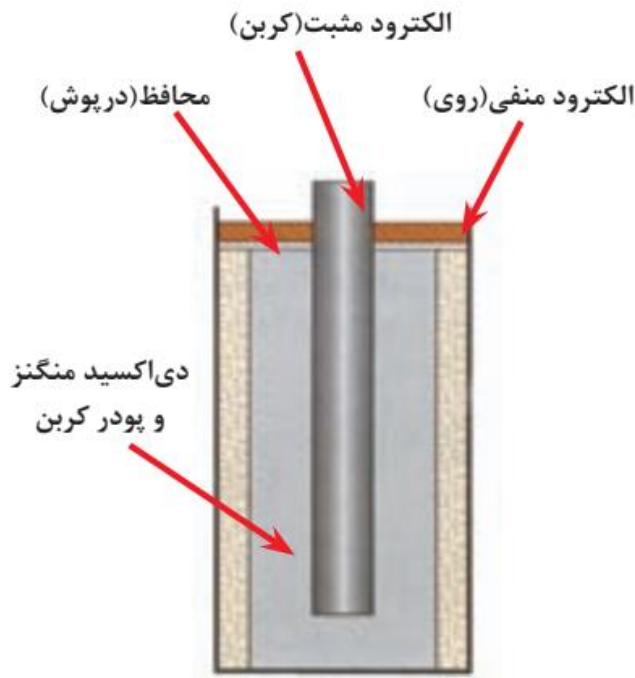
۳-۵- انواع پیل ها

۱-۳-۵- پیل های اولیه

پیل هایی هستند که پس از تخلیه نمی توان آن ها را مجدداً استفاده کرد زیرا قابل پر کردن (شارژ) نیستند. این پیل ها در صنعت اصطلاحاً تحت عنوان «پیل های خشک» معروف هستند.

مهم ترین آن ها به شرح زیر است:

- پیل روی - کربن: پایه مثبت این پیل از یک میله کربنی و پایه منفی آن از یک ظرف استوانه ای از جنس روی تشکیل می شود. پایه مثبت در درون ظرف قرار دارد و فضای بین آن ها توسط محلولی (الکتrolیت) از جنس پودر کربن و موادی دیگر که به صورت خمیر است پر می شود. ولتاژ این پیل ها در حدود $1/5$ ولت است و دارای عمر نسبتاً طولانی هستند ساختمان داخلی و شکل ظاهری یک نمونه از این پیل را در شکل ۱۰۱-۵ مشاهده می کنید.

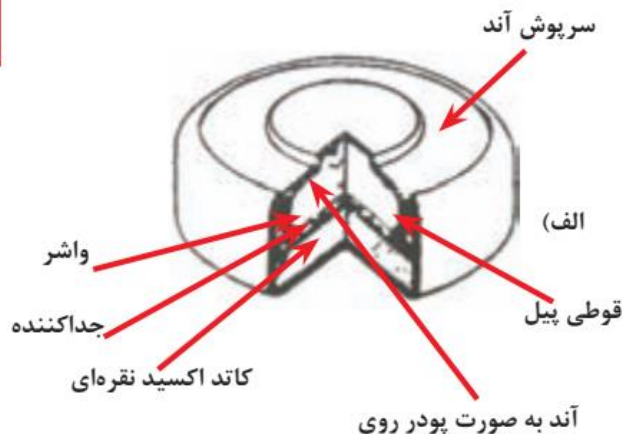


الف- ساختمان داخلی



ب- شکل ظاهری

شکل ۱۰۱-۵



شکل ۱۰۲-۵

(ب)



شکل ۱۰۳-۵



شکل ۱۰۴-۵

- پیل اکسید نقره: الکتروود مثبت این نوع پیل از جنس روی و الکتروود منفی آن از جنس اکسید نقره و محلول الکتروولیت آن هیدروکسید پتاسیم یا هیدروکسید سدیم است.

ابعاد پیل اکسید نقره کوچک است و ولتاژی در حدود ۱/۵ ولت دارد. این پیل در انواع ماشین حساب ها، ساعت های مچی و ... مورد استفاده قرار می گیرد. شکل ۱۰۲-۵ این نوع باتری ها را نشان می دهد.

Alkaline

- پیل قلیایی: این نوع پیل از نظر ساختمان و طرز کار شبیه پیل روی - کربن است. الکتروود مثبت آن از جنس دی اکسید منگنز و الکتروود منفی آن از جنس روی است. الکتروولیت پیل قلیایی از جنس هیدروکسید پتاسیم است. ولتاژ کار این نوع پیل در حدود ۱/۵ ولت می باشد. داشتن قابلیت جریان دهی بالا و عمر زیاد را می توان از خصوصیات این قبیل پیل ها ذکر کرد. این پیل را در شکل ۱۰۳-۵ مشاهده می کنید.

- پیل لیتیوم: این پیل ها دارای ولتاژی در حدود ۱/۵ ولت هستند. داشتن طول عمر زیاد و تنوع ساخت در شکل های مختلف از جمله خصوصیات آن ها است. (شکل

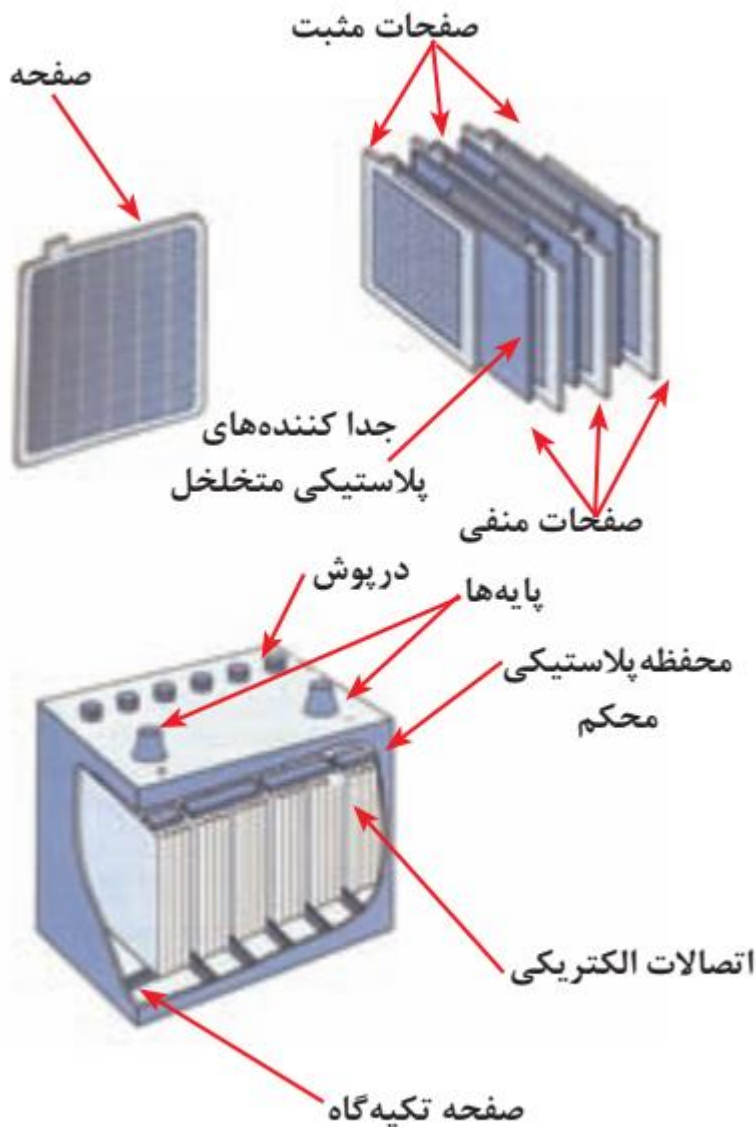
(۵-۱۰۴)

۲-۳-۵- پیل های ثانویه

پیل هایی هستند که قابلیت پر شدن (شارژ) و خالی شدن (دشارژ) مکرر را دارند.

از انواع این نوع پیل ها می توان پیل های سرب - اسید و نیکل کادمیوم را نامبرد.

- پیل سرب - اسید: از این نوع پیل ها در باتری های اتومبیل استفاده می شود. الکتروود مثبت پیل سرب - اسید از جنس سرب اسفنجی و الکتروود منفی آن از جنس سرب است. محلول آب و اسید سولفوریک به عنوان الکترولیت در این پیل به کار می رود. ولتاژ هر پیل سرب - اسید حدود ۲ ولت است. چون باتری اتومبیل معمولاً ۶ خانه دارد لذا ولتاژ این باتری ها برابر با ۱۲ ولت خواهد شد. تصویر ظاهری و اجزای تشکیل دهنده پیل سرب - اسید در شکل ۵-۱۰۵ نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۰۵- ساختمان باتری سرب - اسید

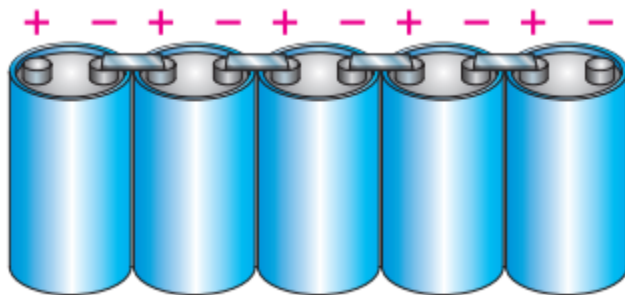


شکل ۱۰۶-۵- پیل نیکل کادمیوم

- پیل نیکل - کادمیوم: در این پیل الکتروود مثبت از جنس هیدروکسید نیکل و الکتروود منفی از جنس کادمیوم است. در پیل نیکل کادمیوم از ترکیب هیدروکسید پتاسیم به عنوان الکتروولیت استفاده می شود. ولتاژ پیل نیکل کادمیوم در حدود $1/2$ تا $1/3$ ولت است. شکل ۱۰۶-۵ این پیل ها را نشان می دهد.

۴-۵- اتصالات پیل ها

۱-۴-۵- اتصال سری پیل ها:

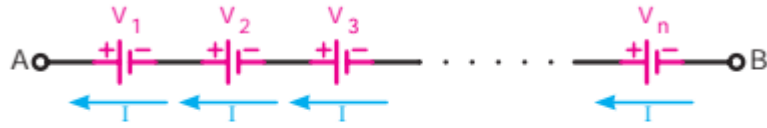


اگر (n) پیل را طوری اتصال دهیم که قطب منفی پیل اول به قطب مثبت پیل دوم اتصال داشته باشد و این کار تا آخرین پیل (پیل n ام) ادامه یابد این نوع اتصال را «سری» گویند. (شکل ۱۰۷-۵).

از این نوع اتصال پیل ها زمانی استفاده می شود که ولتاژ موردنیاز بیشتر از مقدار ولتاژ یک پیل باشد.

در اتصال سری مساوی بودن ولتاژ باتری‌ها ضرورتی ندارد و می‌توانند با هم متفاوت باشند.

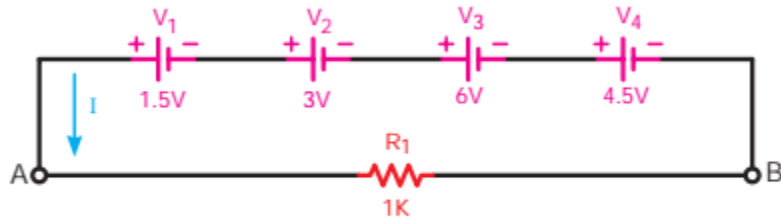
جریان عبوری از مدار چند پیل که با هم به طور سری قرار گرفته‌اند برای همه پیل‌ها یکسان است. (شکل ۵-۱۰۹)
ولتاژ کل (ولتاژ ابتدا نسبت به انتها) در این نوع اتصال به صورت زیر محاسبه می‌شود.



شکل ۵-۱۰۹- جریان عبوری از اتصال سری پیل‌ها

$$V_{AB} = V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

مثال: هرگاه چهار پیل مطابق شکل ۵-۱۱۲ به صورت سری اتصال داده شوند ولتاژ کل مدار چند ولت خواهد شد؟



شکل ۵-۱۱۲- اتصال چهار باتری به صورت سری

حل: برای محاسبه ولتاژ کل باید ولتاژ همه باتری‌ها را با یکدیگر جمع کنیم.

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_{AB} = 1/5 + 3 + 6 + 4/5$$

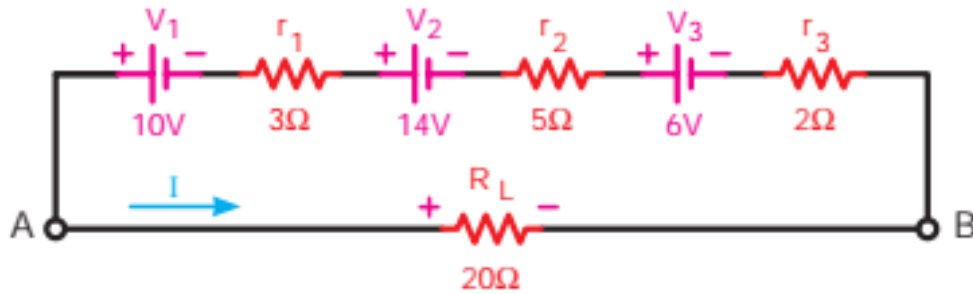
$$V_{AB} = V_T = 15V$$

مثال: در مدار شکل ۱۱۴-۵ مطلوب است:

الف - ولتاژ کل مدار

ب - مقاومت داخلی کل پیل ها

ج - جریان عبوری از مقاومت R_L



حل:

$$V_T = V_{AB} = V_1 + V_r + V_r$$

$$V_T = 10 + 14 + 6 \Rightarrow \boxed{V_T = 30V}$$

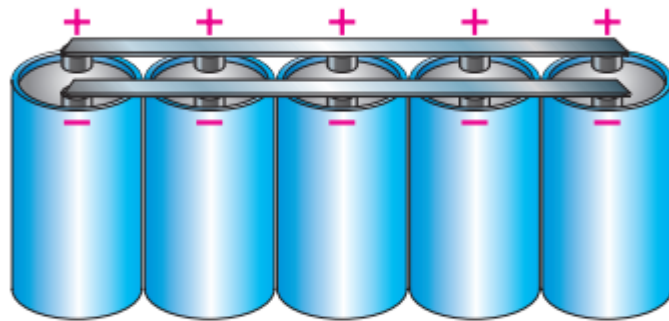
$$r_T = r_1 + r_r + r_r$$

$$r_T = 3 + 5 + 2 \Rightarrow \boxed{r_T = 10\Omega}$$

$$I_L = \frac{V_{AB}}{r_T + R_L}$$

$$I_L = \frac{30}{10 + 20} \Rightarrow \boxed{I_L = 1A}$$

۳-۴-۵ - اتصال موازی پیل ها:

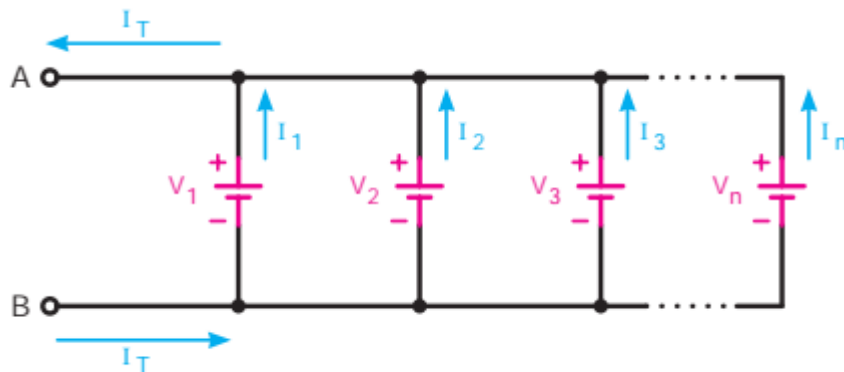


شکل ۵-۱۳۰

هرگاه n پیل را طوری اتصال دهیم که قطب مثبت همه پیل ها به یکدیگر و قطب منفی آن ها نیز به هم متصل شوند و این روش تا آخرین پیل (پیل n ام) ادامه یابد این نوع اتصال را «اتصال موازی» گویند. (شکل ۵-۱۳۰)

از اتصال موازی پیل ها زمانی استفاده می شود که جریان مورد نیاز بیشتر از میزان جریان دهی یک پیل باشد. در اتصال موازی پیل ها ولتاژ دو سر مدار همواره ثابت است.

در اتصال موازی پیل ها مساوی بودن ولتاژ برای همه پیل ها ضروری است. (شکل ۵-۱۳۲)



شکل ۵-۱۳۲

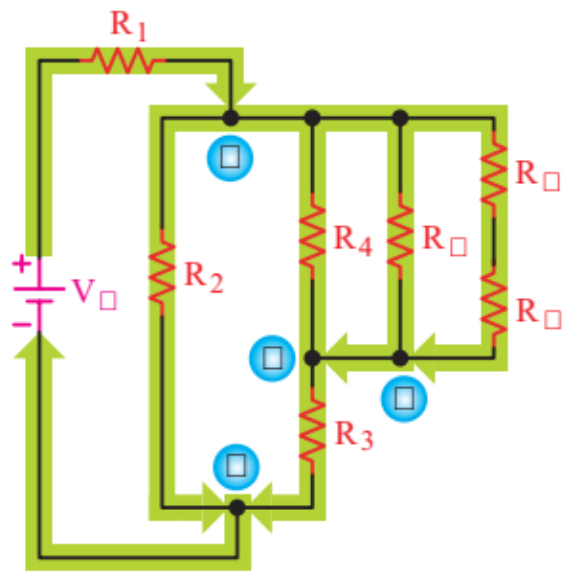
ولتاژ مدار

$$V_{AB} = V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

جریان دهی کل پیل ها

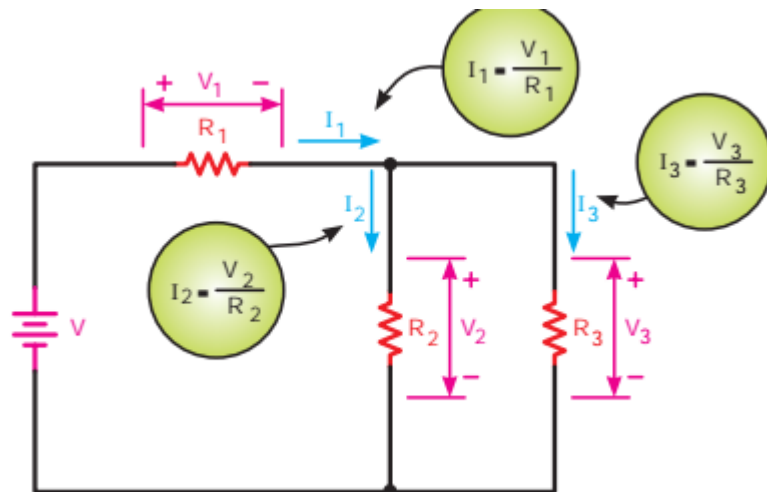
$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

۵-۵- شدت جریان در مدارهای ترکیبی «سری - موازی»



شکل ۱۵۲-۵- جریان در مدارهای ترکیبی سری - موازی

در مدارهای ترکیبی سری - موازی شدت جریان متناسب با شکل مدار و مقادیر مقاومت های هر قسمت از مدار عبور می کند. به عبارت دیگر در مسیرهایی که دارای مقاومت های موازی می باشند جریان کل در بین شاخه های موازی به نسبت مقاومت ها تقسیم می شود و در مسیرهایی که مقاومت ها سری هستند جریان عبوری از آن مقاومت ها یکسان است.



طبق شکل ۱۵۲-۵ برای محاسبه جریان در هر یک از مقاومت های ترکیبی مدار (سری - موازی) لازم است مقدار ولتاژ و مقدار اهم هر یک از مقاومت ها را بدانیم.

۶-۵- ولتاژ در مدارهای ترکیبی «سری

– موازی»

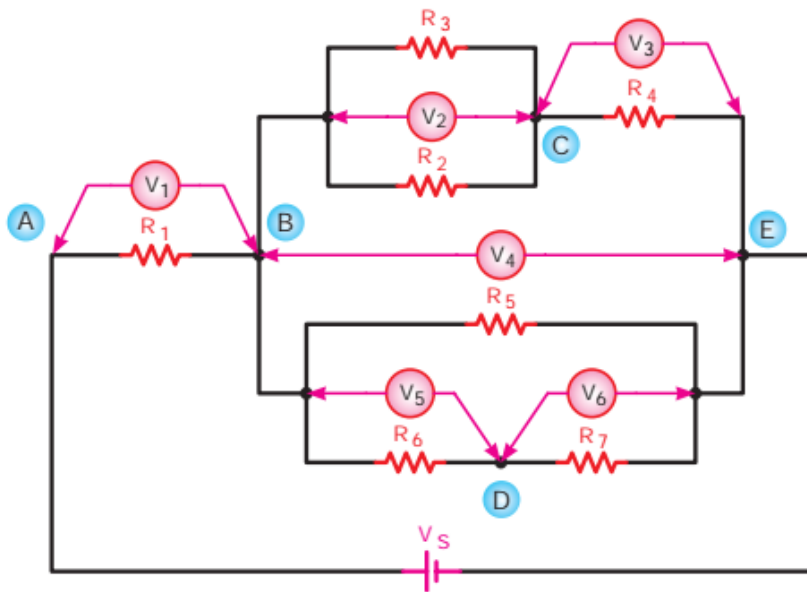
در مدارهای ترکیبی «سری – موازی» ولتاژ به نسبت مقاومت های سری تقسیم می شود و نحوه تقسیم ولتاژ بستگی به حالت مدار دارد.

زیرا در قسمت هایی که مدار موازی است ولتاژ مقاومت ها مساوی و در بخش هایی که مقاومت ها سری هستند ولتاژ ورودی به نسبت مقاومت ها بین آن ها تقسیم می شود. شکل ۵-۱۵۵ یک نمونه مدار ترکیبی سری موازی را نشان می دهد.

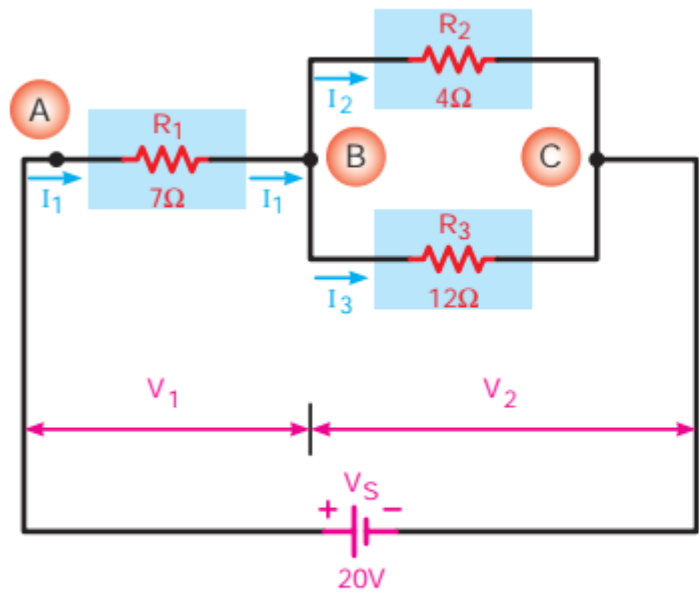
با توجه به توضیحات فوق روابط زیر را می توانیم

بنویسیم:

$$\begin{aligned} V_{BE} &= V_{BC} + V_{CE} \\ V_{BE} &= V_{BD} + V_{DE} \\ V_S &= V_{AB} + V_{BE} \end{aligned}$$



شکل ۵-۱۵۵- بررسی ولتاژها در مدار ترکیبی سری – موازی



شکل ۱۵۶-۵- تقسیم ولتاژ در مدارهای ترکیبی سری - موازی

در شکل ۱۵۶-۵ مثال دیگری از مدارهای ترکیبی سری - موازی با مقادیر مقاومت ها آمده است که با توجه به قواعد سری و موازی می توانیم روابط زیر را بنویسیم:

$$\boxed{V_S = V_1 + V_r}$$

$$V_1 = V_{AB} = V_{R_1} = I_1 \cdot R_1$$

$$V_r = V_{BC} = V_{R_r} = I_r \cdot R_r$$

$$V_r = V_{BC} = V_{R_r} = I_r \cdot R_r$$

مثال: سه لامپ با مقاومت داخلی $6\ \Omega$ مانند شکل ۵-۱۵۷ به یکدیگر اتصال یافته اند. مطلوب است جریان و ولتاژ دو سر هر یک از لامپ ها را به دست آورید.

حل: با دقت در شکل ۵-۱۵۷ مشاهده می شود که دو

لامپ L_2 و L_3 با هم به صورت سری و لامپ L_1 با مجموع آن ها به صورت موازی قرار می گیرد.

برای محاسبه مقادیر مجهول ابتدا مقاومت معادل و

جریان کل را به دست می آوریم و سپس براساس مقادیر به دست آمده جریان هر شاخه و افت ولتاژ دو سر هر مقاومت را محاسبه می کنیم.

به صورت سری

$$R_{T_1} = R_{L_2} + R_{L_3}$$

$$R_{T_1} = n.R$$

$$R_{T_1} = 2 \times 6 = 12\ \Omega$$

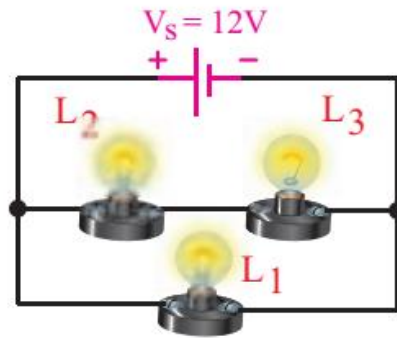
مقاومت معادل در شکل ۵-۱۵۸ نشان داده شده است.

$$R_T = \frac{R_{T_1} \cdot R_{L_1}}{R_{T_1} + R_{L_1}} = \frac{12 \times 6}{12 + 6}$$

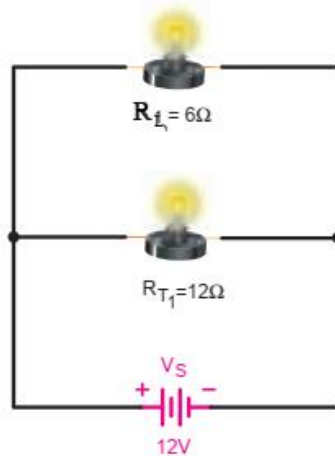
$$\boxed{R_T = 4\ \Omega}$$

مقاومت معادل در شکل ۵-۱۵۹ نشان داده شده است.

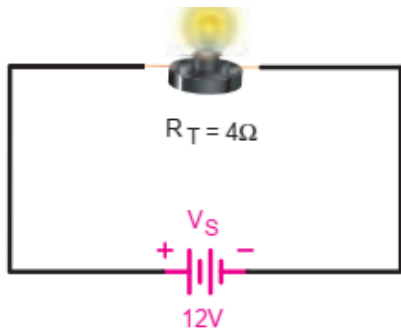
$$I_T = \frac{V_S}{R_T} \quad I_T = \frac{12}{4} \Rightarrow I_T = 3\text{A}$$



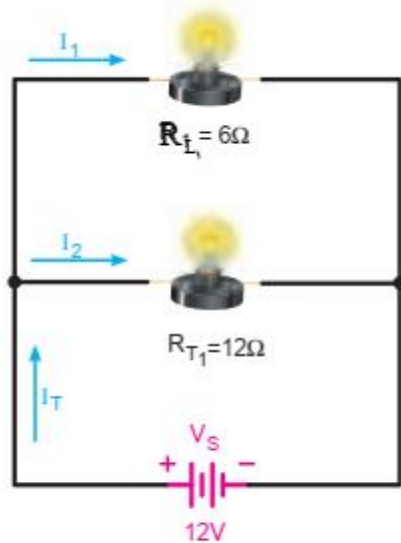
شکل ۵-۱۵۷



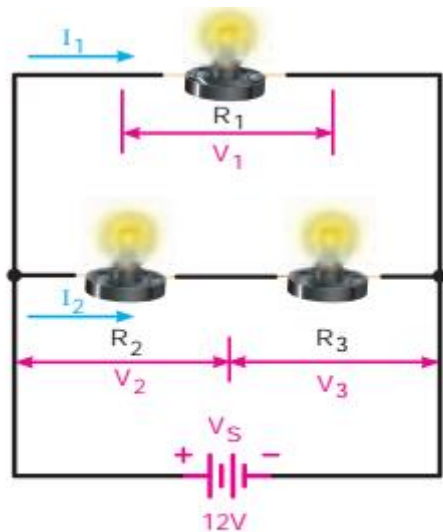
شکل ۵-۱۵۸



شکل ۵-۱۵۹



شکل ۵-۱۶۰



شکل ۵-۱۶۱

برای محاسبه جریان هر شاخه از رابطه تقسیم جریان دو مقاومت موازی و یا رابطه قانون اهم می توانیم استفاده کنیم:

$$I_1 = \frac{V_S}{R_{L_1}} = \frac{12}{6}$$

$$I_1 = \frac{V}{R_{T_1}} = \frac{12}{12}$$

$$I_1 = 2A$$

$$I_2 = 1A$$

چون دو مقاومت R_2 و R_3 با هم سری هستند لذا جریان I_T که مربوط به آن شاخه است برای هر دو یکی است. (شکل ۵-۱۶۰)

ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها را براساس جریان عبوری هر یک و به کمک رابطه $V = R_1 \cdot I_1$ (قانون اهم) چنین به دست می آوریم.

$$V_{R_1} = R_1 \cdot I_1$$

$$V_{R_1} = 6 \times 2 \Rightarrow V_{R_1} = 12V$$

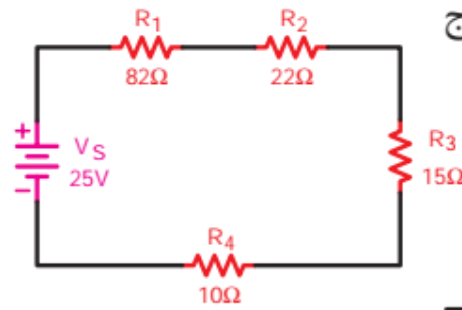
$$V_{R_2} = R_2 \cdot I_2$$

$$V_{R_2} = 6 \times 1 \Rightarrow V_{R_2} = 6V$$

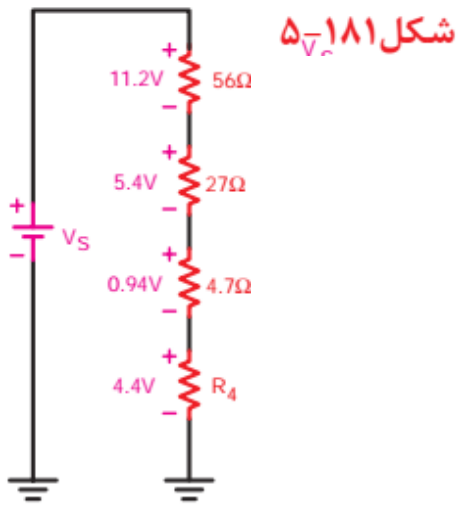
$$V_{R_3} = R_3 \cdot I_T$$

$$V_{R_3} = 6 \times 1 \Rightarrow V_{R_3} = 6V$$

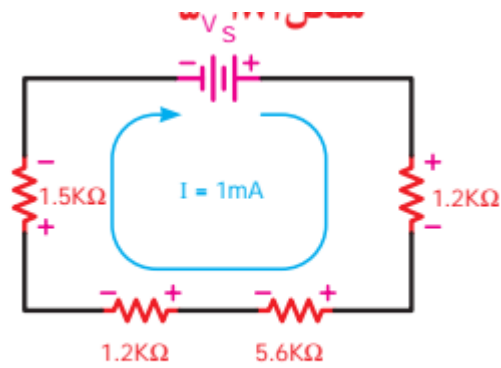
ج :



1- جریان عبوری از مدار شکل ۵-۱۸۱ چند میلی آمپر است؟



شکل ۵-۱۸۱



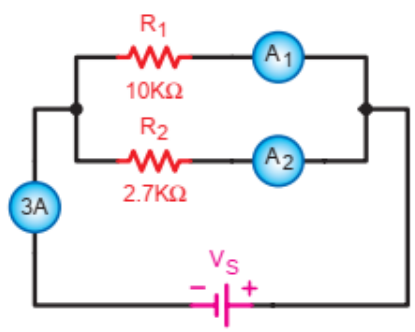
2 در مدار شکل ۵-۱۸۲ ولتاژ V_S چند ولت است؟

شکل ۵-۱۸۲

3 مقدار مقاومت R_f در شکل ۵-۱۸۴ چند اهم است؟

شکل ۵-۱۸۴

4 مقدار مقاومت معادل سه مقاومت $330\ \Omega$ ، $270\ \Omega$ و $68\ \Omega$ که به صورت موازی بسته شده اند چند اهم است؟

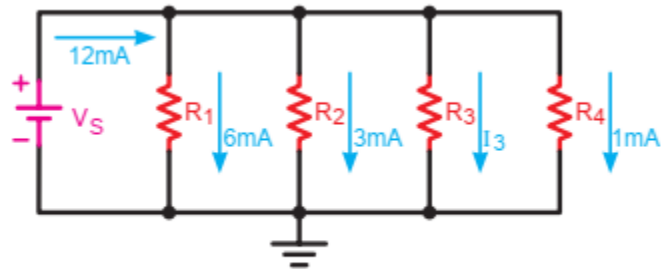


5 در شکل ۵-۱۸۵ آمپرمترهای A_1 و A_2 به ترتیب از راست به چپ چند

آمپر را نشان می دهد؟

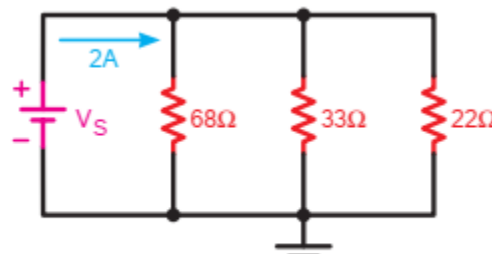
شکل ۵-۱۸۵

6 در شکل ۵-۱۸۶ و در صورتی که مقدار مقاومت $R_T = 2k\Omega$ باشد مقدار مقاومت R_T چند کیلو اهم است؟

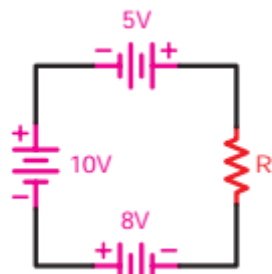


شکل ۵-۱۸۶

7 در مدار شکل ۵-۱۸۷ ولتاژ کل چند ولت است؟



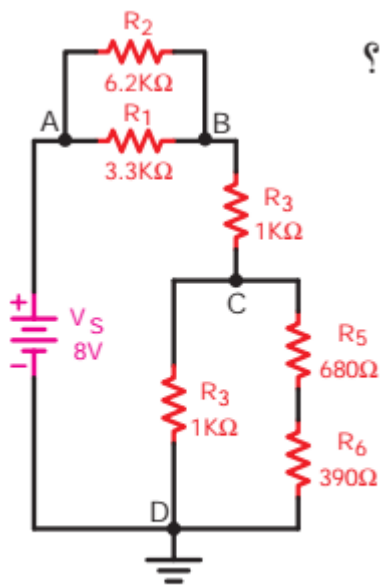
شکل ۵-۱۸۷



شکل ۵-۱۹۰

8 ولتاژ دو سر مقاومت در مدار شکل ۵-۱۹۰ چند ولت است؟

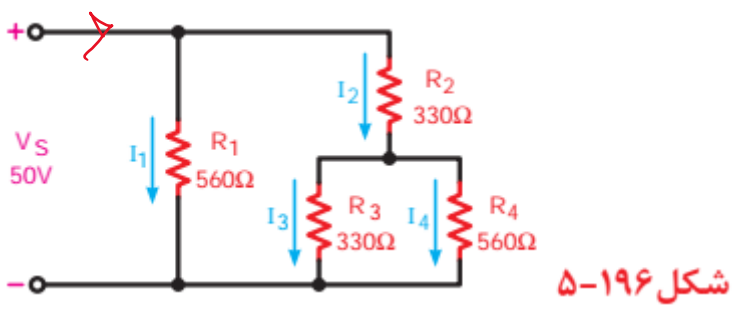
ت؟



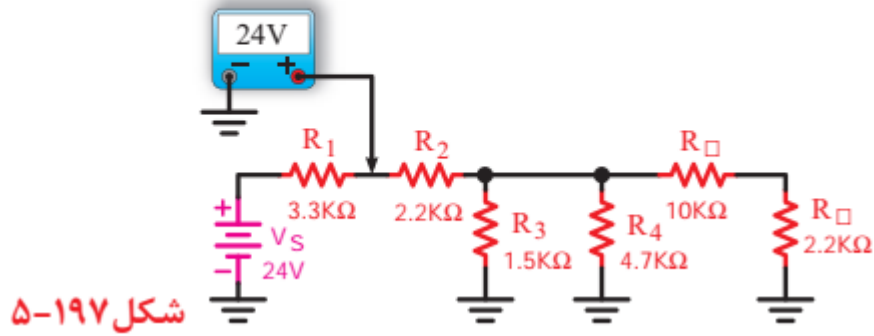
شکل ۵-۱۹۵

9 در مدار شکل ۵-۱۹۵ ولتاژ بین دو نقطه C و D (V_{CD}) چند ولت است؟

تمرینات سری دوم
 10 در شکل ۵-۱۹۶ جریان I_4 چند میلی آمپر است؟



11 عددی که ولت متر در شکل ۵-۱۹۷ نشان می دهد صحیح است یا خیر؟ چرا؟ توضیح دهید.



کار و توان الکتریکی

۱-۶- کار الکتریکی

هرگاه جسمی حرکت کند یا تغییر حالت دهد می‌گوییم کار انجام شده است.

برای محاسبه کار مکانیکی از رابطه زیر استفاده

می‌شود:

$$w = f \cdot d$$

(۱)

در الکتریسیته تعریف کار بر حسب ولتاژ الکتریکی به

صورت زیر است:

اگر اختلاف پتانسیل V ولت در دو سر یک هادی قرار

گیرد به طوری که q کولن بار از آن عبور کند، کاری معادل

w ژول انجام می‌شد (شکل ۲-۶). کار الکتریکی از رابطه

زیر قابل محاسبه است:

$$v = \frac{w}{q} \Rightarrow$$

$$w = v \cdot q$$

(۲)

V - اختلاف پتانسیل بر حسب ولت

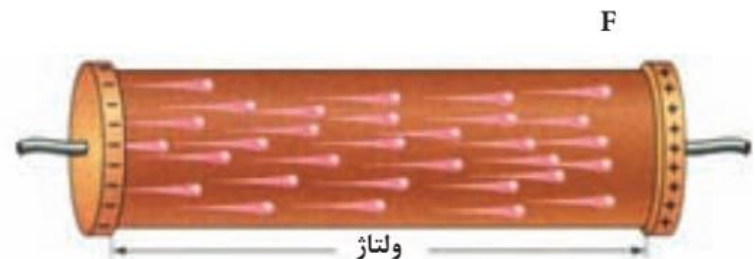
q - مقدار بار الکتریکی جابه‌جا شده بر حسب کولن

w - کار انجام شده بر حسب وات ثانیه یا ژول

F - نیروی وارد شده بر حسب نیوتن (N)

d - میزان جابجایی جسم بر حسب متر (m)

w - کار انجام شده بر حسب نیوتن متر یا ژول (j)



شکل ۲-۶

در رابطه

$$v = \frac{W}{q} \Rightarrow W = v \cdot q \quad (2)$$

یک ژول - هرگاه نیروی محرکه الکتریکی برابر یک ولت باعث جابه جایی یک کولن بار در مدار شود گوییم یک ژول کار الکتریکی انجام شده است.

برای به دست آوردن رابطه کار بر حسب I و V

یک بار به جای q و بار دیگر به جای V معادله آن ها را قرار می دهیم:

$$q = I \cdot t \Rightarrow W = V \cdot I \cdot t \quad (3)$$

$$V = R \cdot I \Rightarrow W = (R \cdot I) \cdot (I \cdot t)$$

$$W = R \cdot I^2 \cdot t \quad (4)$$

در رابطه (3) واحدها به صورت زیر بدست می آید:

$$[j] = [V][A][S]$$

ثانیه \times آمپر \times ولت = ژول

۲-۶- حرارت ایجاد شده توسط

الکتریسته

هنگام جاری شدن جریان الکتریکی در یک جسم حداکثر اصطکاک ناشی از حرکت الکترون های آزاد با اتم های جسمی که در مسیر حرکت الکترون ها قرار دارند، حرارت تولید می شود. در انتقال نیروی برق این انرژی گرمایی در طول سیم هدر می رود که آن را تلفات خط یا تلفات گرمایی می نامند. (شکل ۴-۶)

بر اساس قانون ژول، $Q = K.R.I^2.t$ یا $Q = K.W$

Q - مقدار گرمای تولیدی بر حسب کالری

R - مقاومت سیم بر حسب اهم

I - جریان عبوری از سیم بر حسب آمپر

t - زمان عبور جریان بر حسب ثانیه

K - ضریب ثابت برابر $0.24 = \frac{1}{4.18}$ بر حسب کالری



شکل ۵-۶

یک کالری - اگر جریانی برابر یک آمپر در مدت زمان یک ثانیه از سیمی به مقاومت یک اهم عبور کند گوییم حرارتی برابر یک کالری در اطراف سیم به وجود می آید.

مثال: در شکل ۶-۷ اگر R نشان دهنده مقاومت المنت $R=400\text{ Ohm}$ یک سماور برقی باشد. این مقاومت در مدت زمان ۱۰ دقیقه چند کالری گرما تولید می کند؟

حل:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200}{400} = 0.5 [A]$$

$$t = 10 \times 60 = 600 [S]$$

$$Q = K.R.I^2.t = 0.24 \times 400 \times (0.5)^2 \times 600 = 14400 [Cal]$$

۳-۶- توان الکتریکی

در شکل کلی مقدار کار انجام شده در واحد زمان را «توان» یا «قدرت» گویند و از رابطه زیر می توان به دست آورد.

$$P = \frac{W}{t}$$

W - مقدار کار انجام شده بر حسب ژول (J)

t - مدت زمان انجام کار بر حسب ثانیه (S)

P - توان (قدرت) بر حسب ژول بر ثانیه $\left(\frac{J}{S}\right)$ یا وات (W)

واحد توان به احترام جمیز وات^۱ بر حسب وات (W)

نام گذاری شده است.

توان الکتریکی را با واحد دیگری به نام «اسب بخار^۲» - hp نیز بیان می کنند. این واحد در سیستم های انگلیسی و آمریکایی به صورت متقابل تعریف شده است.

$$1\text{ hp} = 736\text{ W} \quad (\text{یک اسب بخار در سیستم انگلیسی})$$

$$1\text{ hp} = 746\text{ W} \quad (\text{یک اسب بخار در سیستم آمریکایی})$$

we had

$$W = V.I.t$$

&

$$W = R.I^2.t$$

} \Rightarrow

$$P = V.I$$

$$\& P = R.I^2$$

and now

$$P = \frac{W}{t}$$



شکل ۱۰-۶- موتور الکتریکی

مثال: مقدار جریان و انرژی مصرفی یک موتور الکتریکی شکل ۱۰-۶ با قدرت ۱ hp (انگلیسی)، که در شبکه ۲۲۰ ولتی به مدت ۲۰ دقیقه کار می کند، حساب کنید.

حل:

$$p = 1_{hp} = 1 \times 736 = 736 [w]$$

$$P = V.I \Rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{736}{220} = 3.34 [A]$$

$$t = 20 \Rightarrow t = 20 \times 60 = 1200 [s]$$

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow w = p.t = 736 \times 1200 = 883200 [j]$$

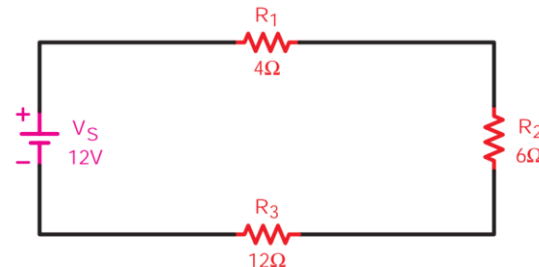
مثال: در مدار شکل ۱۳-۶ توان مصرفی مقاومت های

R_1 و R_2 و R_3 و توان کل مدار را به دست آورید.

حل: ابتدا جریان کل مدار را به دست می آوریم و سپس

با کمک آن توان های هر یک از مقاومت ها را به صورت

مقابل محاسبه می کنیم.



شکل ۱۳-۶

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow R_T = 4 + 6 + 12 = 22 \Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{12}{22} = 0.54 A$$

$$P_1 = R_1 I^2 \Rightarrow P_1 = 4 \times (0.54)^2 = 1.16 w$$

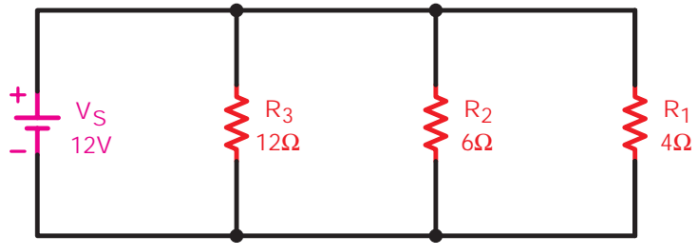
$$P_2 = R_2 I^2 \Rightarrow P_2 = 6 \times (0.54)^2 = 1.74 w$$

$$P_3 = R_3 I^2 \Rightarrow P_3 = 12 \times (0.54)^2 = 3.49 w$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_T = 1.16 + 1.74 + 3.49 = 6.39 w$$

مثال: توان مصرفی هر یک از مقاومت ها و توان کل مدار شکل ۱۴-۶ را محاسبه کنید.



شکل ۱۴-۶- مدار موازی

حل: چون مدار موازی است و ولتاژ در دو سر همه مقاومت ها مساوی می باشد لذا توان تک تک مقاومت ها را به راحتی می توان براساس روابط مقابل محاسب کرد.

$$P_1 = \frac{V^2}{R_1} = \frac{(12)^2}{4} = 36W$$

$$P_2 = \frac{V^2}{R_2} = \frac{(12)^2}{6} = 24W$$

$$P_3 = \frac{V^2}{R_3} = \frac{(12)^2}{12} = 12W$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_T = 36 + 24 + 12 = 72W$$

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

$$R_T = \frac{6 \times 12}{6 + 12} + 4 = 8\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{12}{8} = 1.5A$$

$$I_1 = I_T \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 1.5A \times \frac{12}{6 + 12} = 1A$$

$$I_2 = I_T \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 1.5A \times \frac{12}{6 + 12} = 0.5A$$

$$P_1 = R_1 \cdot I_1^2 = 4 \times (1)^2 = 4W$$

$$P_2 = R_2 \cdot I_2^2 = 6 \times (0.5)^2 = 1.5W$$

$$P_3 = R_3 \cdot I_T^2 = 12 \times (1.5)^2 = 27W$$

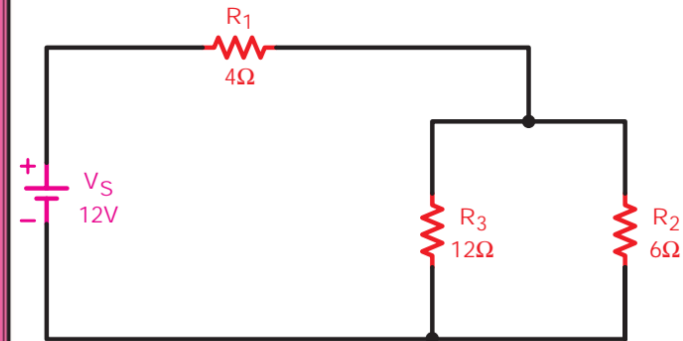
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 4 + 1.5 + 27 = 32.5W$$

ویا توان کل را به صورت زیر می توان به دست آورد:

$$P_T = R_T \cdot I_T^2 = 8 \times (1.5)^2 = 18W$$

مثال: در مدار شکل ۱۵-۶ مطلوب است:

الف - توان هر یک از مقاومت ها
ب - توان کل مدار



شکل ۱۵-۶

۴-۶- ضریب بهره (راندمان الکتریکی)

مثلاً در یک موتور الکتریکی که انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی تبدیل می شود بخشی از انرژی الکتریکی موتور به صورت های زیر تلف می شود:

الف - اصطکاک قسمت های مکانیکی گردنده

ب - حرارت در سیم های حامل جریان

ج - حرارت در سیم پیچی و هسته

اگر به جای P_1 و P_2 معادل آن ها را قرار دهیم رابطه دیگری برای راندمان به دست می آید که بر حسب انرژی های ورودی و خروجی است.

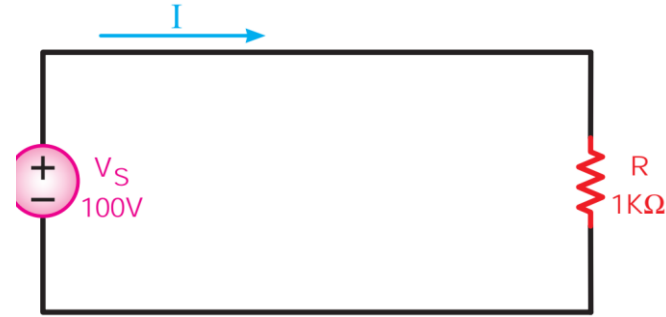
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{W_2}{t}}{\frac{W_1}{t}} \Rightarrow \eta = \frac{W_2}{W_1} \times 100$$

به طور کلی نسبت توان گرفته شده (خروجی) به توان داده شده (ورودی) را بازده می گویند. ضریب بهره که معرف مقدار عددی راندمان است همیشه بر حسب درصد بیان می شود. هر قدر عدد راندمان بیشتر باشد نشان دهنده آن است که کیفیت کاری دستگاه بهتر است. اگر توان ورودی را با (P_1) و توان خروجی را با (P_2) و ضریب بهره را با (η) - اِتا نشان دهیم رابطه آن به صورت زیر خواهد شد:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

1. علت به وجود آمدن حرارت در هنگام جاری شدن جریان در سیم چیست؟

2. مقدار جریان I و توان مقاومت R مدار شکل ۶-۲۸ به ترتیب از راست به چپ چقدر است؟



3. توان خروجی یک موتور dc با مشخصات پلاک نشان داده شده در شکل ۶-۲۹ چند وات است؟

پلاک موتور

$$U = 220 [V]$$

$$I = 5 [A]$$

$$\eta = 90\%$$

4. مشخصات چند نمونه اتو را یادداشت کنید و مقدار

گرمایی را که در مدت یک دقیقه ایجاد می کنند، برحسب کیلو کالری به دست آورید.