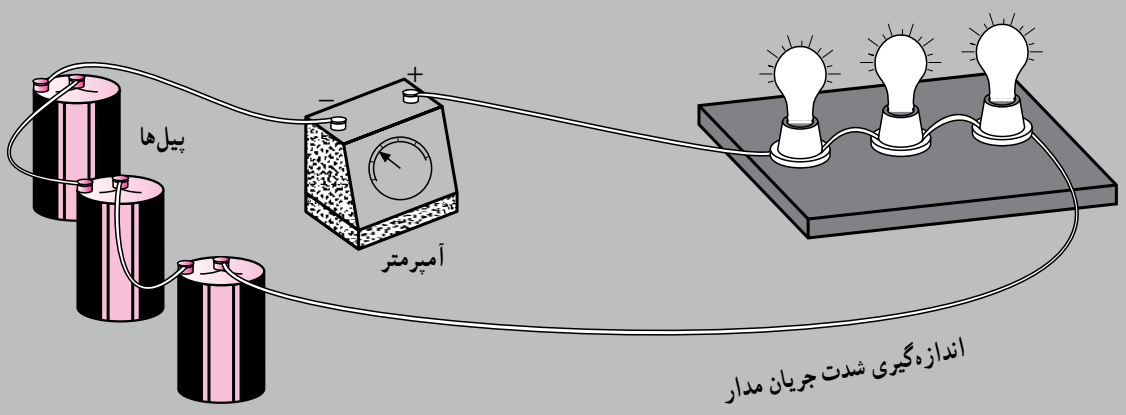
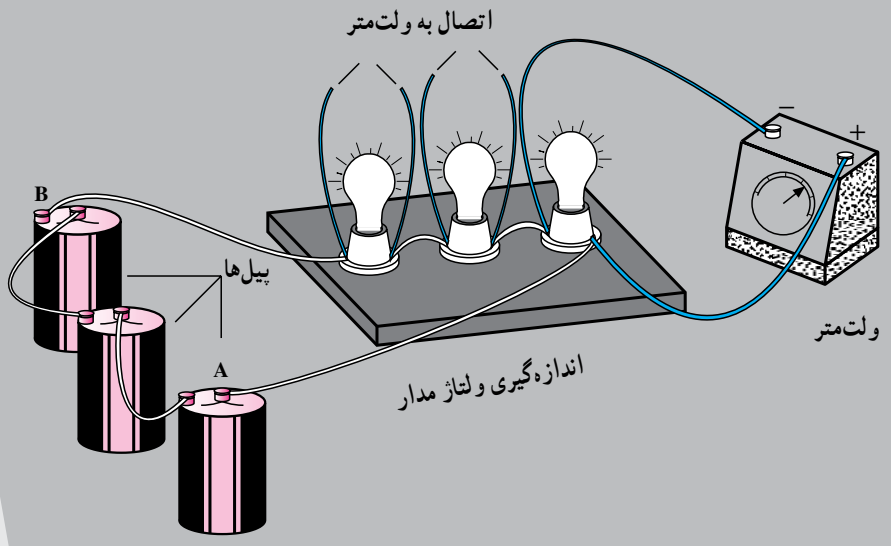


اندازه‌گیری شدت جریان مدار



اندازه‌گیری ولتاژ مدار

فصل دهم

اتّصال سری مقاومت‌های اهمی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، از دانش‌آموز انتظار می‌رود :

۱ــ اتّصال سری را تعریف کند.

۲ــ مقاومت معادل را تعریف کند.

۳ــ از قانون اهم برای محاسبه‌ی جریان و ولتاژ استفاده کند.

۴ــ چگونگی توزیع ولتاژ را در مدار سری توضیح دهد.

۵ــ کاربرد اتّصال سری را بیان کند.

۶ــ نسبی بودن پتانسیل الکتریکی را توضیح دهد.

۷ــ مقاومت معادل را محاسبه کند.

۸ــ قانون ولتاژهای کیرشهف را در مدار سری به‌کار گیرد.

۹ــ توان را در مدار سری توضیح دهد.

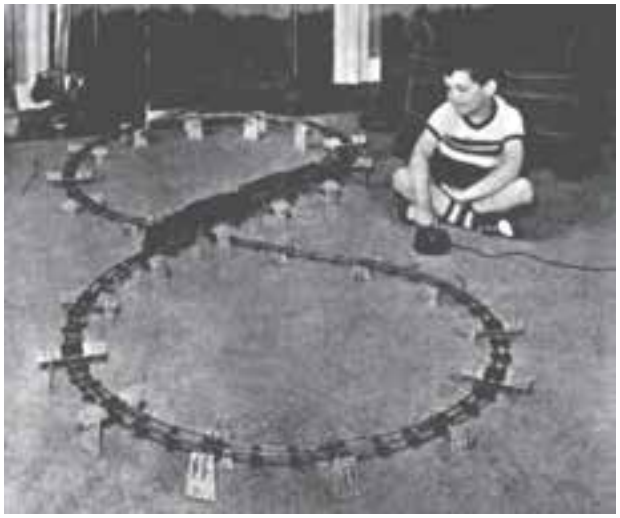
۱۰ــ قوانین و مشخصات مدار سری را نام ببرد.

۱۱ــ جریان و توان را در مدار سری محاسبه کند.

۱ــ۱۰ــ اتّصال سری مقاومت‌های اهمی[1]

قبلاً با کمیت فیزیکی مقاومت و خصوصیّات آن آشنا شده‌اید این مقاومت‌ها را با استفاده از روش‌های خاص می‌توان به‌هم اتصال داد. یکی از این روش‌ها اتصال سری مقاومت‌هاست که در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اگر با قطار مسافرت کرده باشید، دیده‌اید که قطار از تعدادی واگن و یک لکوموتیو تشکیل می‌شود. واگن‌ها می‌توانند مشابه یا بزرگ و کوچک باشند. در صورت نامساوی بودن، هر واگن گنجایش حمل بار یا مسافر خاص خود را دارد. اتصال واگن‌ها به یک‌دیگر به‌صورت پشت سرهم (سری) است ؛ یعنی، ابتدای یک واگن به انتهای واگن دیگر وصل است. هنگام حرکت، سرعت در همه‌ی واگن‌ها یکسان است (شکل ۱ــ۱۰).



شکل ۱ــ۱۰ــ در قطار، واگن‌ها به طور سری بسته می‌شوند.

۱ــ سری واژه‌ای است در زبان انگلیسی به معنای اشیا یا وقایع پشت سرهم وپی در پی است.

با توجه به مطالب گفته شده این خصوصیات را در مورد قطار می‌توان ذکر کرد :

۱ــ واگن‌ها به‌صورت سری به‌یک‌دیگر اتصال دارند.

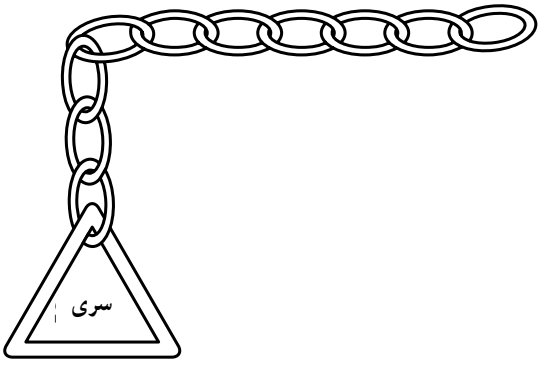
۲ــ بزرگی یا کوچکی قطار به تعداد واگن‌های آن بستگی دارد.

۳ــ سرعت همه‌ی واگن‌ها یکسان است.

۴ــ واگن بزرگ‌تر مسافر یا بار بیش‌تری حمل می‌کند.

۵ــ واگن سنگین‌تر در مقابل کشش لکوموتیو مقاومت بیش‌تری نشان می‌دهد.

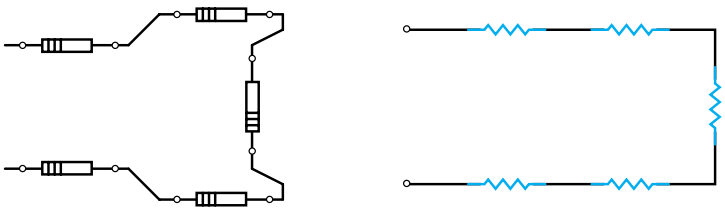
زنجیر نیز نمونه‌ی دیگری از حالت سری است و از حلقه‌های زیادی تشکیل می‌شود. حلقه‌های زنجیر مانند واگن‌های قطار به‌صورت سری به یک‌دیگر اتّصال دارند. چنان‌چه نیرویی در جهت طولی به‌زنجیر وارد شود، به‌طور یکسان به همه‌ی حلقه‌های آن منتقل می‌شود (شکل ۲ــ۱۰).



شکل ۲ــ۱۰ــ نمایش سری بودن حلقه‌های زنجیر

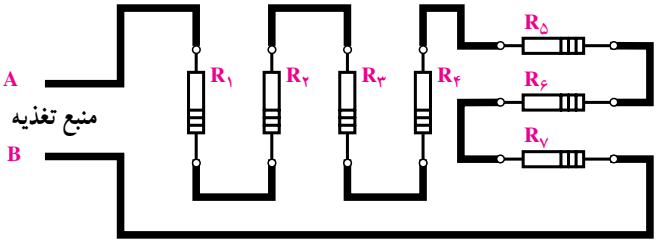
برای سری بستن مقاومت‌ها نیز همین روش دنبال می‌شود. بدین ترتیب که اگر چند مقاومت پشت سرهم طوری به‌یک‌دیگر متصل شوند که راهی را برای عبور جریان تشکیل دهند، یک مدار مقاومتی سری درست می‌شود. اتصال مقاومت‌ها با یک‌دیگر همانند اتصال دانه‌های زنجیر یا واگن‌های قطار است.

در یک مدار مقاومتی نیز همانند یک قطار یا زنجیر، هر مقاومت مشابه یک واگن یا یک حلقه‌ی زنجیر است که می‌تواند مقدار و اندازه‌های متفاوت داشته باشد. در هر لحظه از زمان، سرعت قطار در همه‌ی واگن‌ها یکسان است. در مدار سری نیز شدّت جریان در هر لحظه از زمان در همه‌ی نقاط مدار یکسان می‌باشد. لکوموتیو قطار را به‌حرکت درمی‌آورد و ایجاد سرعت می‌کند. در مدار سری نیز منبع تغذیه سبب جاری شدن جریان در مدار می‌شود. در قطار هر واگن ظرفیت یا گنجایش حجم معیّنی از مسافر یا بار را دارد. در مدار سری نیز ولتاژ متناسب با مقدار مقاومت در دوسر آن افت می‌کند. شکل ۳ــ۱۰ نمای مداری و تصویر ظاهری چند مقاومت سری شده را نشان می‌دهد.

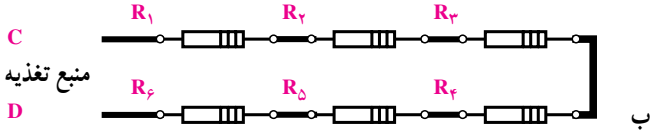


شکل ۳ــ۱۰ــ نمای مداری و ظاهری چند مقاومت سری

مقاومت را با حرف R نمایش می‌دهند که از کلمه‌ی Resistor گرفته شده است. برای نمایش چند مقاومت با مقادیر اهمیِ متفاوت، آن‌ها را با اندیس‌های ۱ تا n مشخص می‌کنند. برای مثال، مقاومت‌های شکل ۴ــ۱۰ به‌طور سری به‌هم بسته شده و با علامت مشخصه‌ی R و اندیس مربوط نام‌گذاری گردیده‌اند.



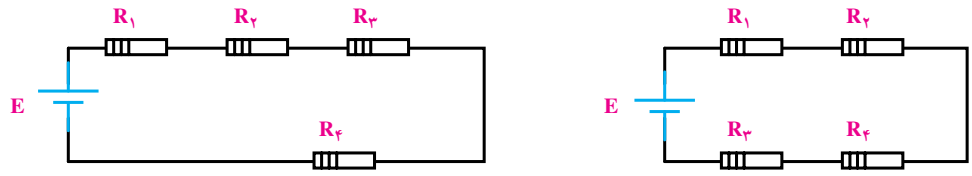
الف



ب

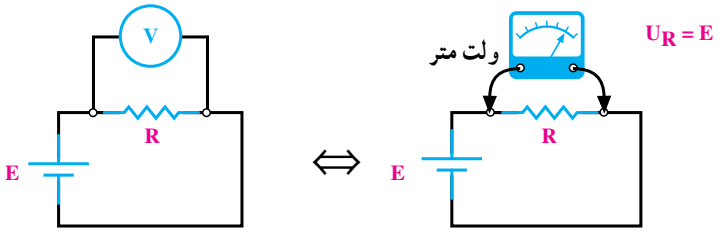
شکل ۴ــ۱۰ــ الف ــ بین نقاط A و B مقاومت‌های R_1 تا R_7 سری شده‌اند.
ب ــ بین نقاط C و D مقاومت‌های R_1 تا R_6 سری شده‌اند.

ترتیب قرار گرفتن مقاومت‌ها در مدار سری، در کل مدار تأثیری ندارد. به‌علاوه، چون دو سر هر مقاومت از لحاظ قرارگرفتن در مدار با یک دیگر تفاوتی ندارد، برای آن‌ها ابتدا یا انتهایی درنظر نمی‌گیرند (شکل ۵ــ۱۰).



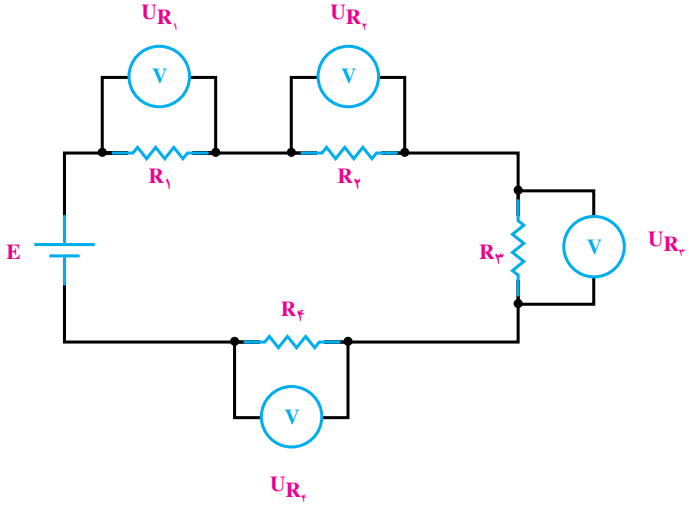
شکل ۵ــ۱۰ــ جابه‌جایی مقاومت‌ها در اتصال سری

اگر به دو سر یک مقاومت، ولتاژ مشخصی داده شود تمام آن ولتاژ در دوسر مقاومت افت می‌کند. مطابق شکل ۶ــ۱۰ مقدار ولتاژ دو سر مقاومت را به کمک ولت‌متر می‌توان اندازه گرفت ؛ در واقع، ولتاژ منبع با ولتاژ دوسر مقاومت برابر است.



شکل ۶ــ۱۰ــ اندازه‌گیری ولتاژ دو سر مقاومت

چنان‌چه تعداد مقاومت‌ها زیاد باشد، ولتاژ منبع روی همه‌ی آن‌ها تقسیم می‌شود ؛ به‌طوری که اگر با ولت‌متر افت ولتاژهای دوسر مقاومت‌ها را اندازه بگیریم و باهم جمع کنیم، ولتاژ منبع به‌دست می‌آید. در شکل ۷ــ۱۰ این واقعیت را مشاهده می‌کنید.

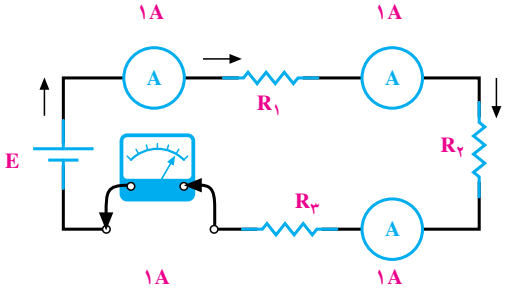


$$E = U_{R_1} + U_{R_2} + U_{R_3} + U_{R_4}$$

شکل ۷ــ۱۰ــ اندازه‌گیری ولتاژ در مدار

از ولتاژهای اندازه‌گیری شده توسط ولت‌متر می‌توان فهمید که اگر مقاومت‌ها مساوی نباشند، هر مقاومتی که مقدار مقاومت آن بیش‌تر باشد، افت ولتاژ دوسر آن نیز بزرگ‌تر است. برعکس، مقاومتی که مقدار مقاومت کم‌تری دارد، افت ولتاژ دوسر آن نیز کم‌تر است. پس می‌توان چنین نتیجه گرفت که ولتاژ منبع در مدار سری به نسبت مستقیم مقدار مقاومت‌های آن مدار تقسیم می‌شود.

در یک مدار سری شدّت جریان ــ همانند سرعت در قطار ــ در همه‌ی نقاط مدار یکسان است ؛ یعنی، جریان وارد شده در هر نقطه از مدار سری با جریان خارج شده از همان نقطه برابر است. بنابراین، اگر ــ مطابق شکل (۸ــ۱۰) ــ در نقاط مختلف یک مدار سری آمپرمترهایی قرار دهیم، همه یک جریان را نشان می‌دهند.



شکل ۸ــ۱۰ــ یکسان بودن شدّت جریان در همه‌ی نقاط مدار

به‌جای چند مقاومت سری می‌توان یک مقاومت را انتخاب کرد که مقدار مقاومت آن با مقدار مقاومت چند مقاومت دیگر برابر باشد. مقاومتی که به‌جای چند مقاومت سری قرار می‌گیرد، مقاومت کل یا مقاومت معادل آن چند مقاومت نامیده می‌شود و آن را با R_T نمایش می‌دهند. چنان‌چه مقاومت R_T جایگزین مقاومت‌های مدار شود، جریان مدار تغییری نخواهد کرد.

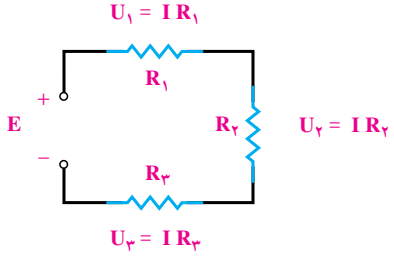
۲ــ۱۰ــ محاسبه‌ی مقاومت معادل در مدار سری

همان‌گونه که در قطار با اضافه کردن واگن‌ها سرعت قطار کم می‌شود و برای ثابت نگه‌داشتن سرعت باید به نیروی لکوموتیو

افزود، در مدار سری نیز اگر یک یا چند مقاومت به مدار افزوده گردد، شدّت جریان مدار کم می‌شود. لذا برای ثابت نگه‌داشتن شدّت جریان ــ در حد قبلی ــ باید به نیروی محرکه‌ی مدار افزود. بنابراین، در مدار سری با اضافه کردن تعداد مقاومت‌ها و ثابت بودن ولتاژ منبع، شدّت جریان کم می‌شود و این نشان می‌دهد که مقاومت معادل یا مقاومت کلِ مدار افزایش یافته است. برای محاسبه‌ی مقاومت معادل ــ یعنی مقاومتی که می‌توان آن را جایگزین مجموعه‌ای از مقاومت‌ها کرد، به‌شرطی که در شدّت جریان مدار تغییری ندهد ــ به‌صورت زیر عمل می‌کنیم.

مدار شکل ۹ــ۱۰ را با سه مقاومت R_1 ، R_2 و R_3 درنظر می‌گیریم.

در مدار سری شدّت جریان در تمام نقاط مدار یکسان است.



شکل ۹ــ۱۰

در مدار فوق ولتاژ منبع با جمع افت ولتاژها برابر است. رابطه‌ی آن به این صورت است :

$$E = U_1 + U_2 + U_3 \qquad (1)$$

با توجه به قانون اهم، داریم :

$$E = I.R_T \ , \ U_1 = IR_1 \ , \ U_2 = IR_2 \ , \ U_3 = IR_3 \qquad (2)$$

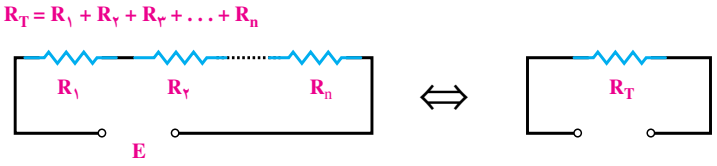
مقادیر روابط ۲ را در رابطه‌ی ۱ قرار می‌دهیم.

$$IR_T = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

با حذف جریان‌ها از طرفین تساوی به رابطه‌ی مقاومت معادل می‌رسیم.

$$\not{I}(R_T) = \not{I}(R_1 + R_2 + R_3) \qquad \boxed{R_T = R_1 + R_2 + R_3}$$

با توجه به اثبات رابطه‌ی ذکرشده، مقاومت معادل در یک مدار سری از جمع مقاومت‌های تشکیل دهنده‌ی آن مدار به‌دست می‌آید. شکل ۱۰ــ۱۰ درحالت کلی رابطه‌ی فوق را برای n مقاومت نشان می‌دهد.



شکل ۱۰ــ۱۰

۳ــ۱۰ــ حالت خاص

در صورتی که n مقاومت در مدار سری باهم مساوی باشند، مقاومت معادل از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید. چرا؟

$$R_T = n.R$$

۴ــ۱۰ــ کاربرد قانون اهم[1]

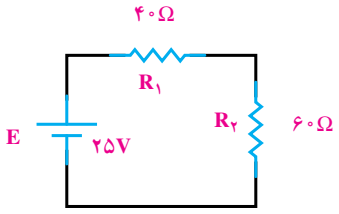
تاکنون متوجه شده‌اید که جریان و ولتاژ در مدار سری چگونه است امّا برای این که بدانید مقدار آن‌ها چگونه تغییر می‌کند و چه‌قدر است، باید از قانون اهم کمک بگیرید.

قانون اهم به‌ما می‌گوید که روابط زیر بین ولتاژ، جریان و مقاومت برقرار است.

$$E = IR \ , \ I = \frac{E}{R} \ , \ R = \frac{E}{I}$$

در این‌جا با ذکرچند مثال، با نحوه‌ی کاربرد قانون اهم درمدارهای سری آشنا می شویم.

مثال ۱: در مدار شکل ۱۱ــ۱۰ شدّت جریان را حساب کنید.



شکل ۱۱ــ۱۰

راه حل : ابتدا مقدار مقاومت کل (R_T) را برابر مدار سری به‌دست می‌آوریم.

$$R_T = R_1 + R_2$$

۱ــ علامت Ω (امگا) به معنای اهم و علامت kΩ به معنای کیلواهم یا هزار اهم است.

$= ۴۰\Omega + ۶۰\Omega$

$= ۱۰۰\Omega$

با استفاده از قانون اهم می‌توان نوشت :

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{۲۵V}{۱۰۰\Omega} = ۰/۲۵A$$

این جریان کل در همه‌جای مدار یکسان باقی می‌ماند.

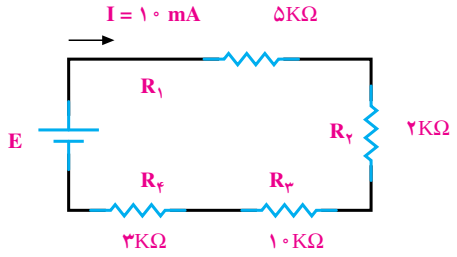
مثال ۲: در مدار شکل ۱۲ــ۱۰ جریان ۱۰ میلی‌آمپر از مدار عبور می‌کند. ولتاژ منبع تغذیه چه‌قدر است؟

راه حل: ابتدا مقاومت معادل (R_T) را به‌دست می‌آوریم.

$$R_T = R_۱ + R_۲ + R_۳ + R_۴$$

$= ۵k\Omega + ۲k\Omega + ۱۰k\Omega + ۳k\Omega$

$= ۲۰k\Omega$



شکل ۱۲ــ۱۰

با استفاده از قانون اهم داریم :

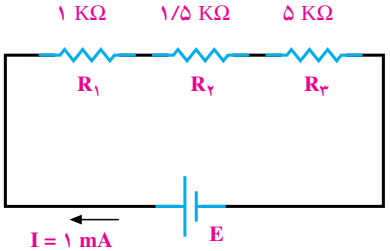
$E = I.R_T$

$E = ۱۰mA \times ۲۰k\Omega$

$E = ۱۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۲۰ \times ۱۰^{۳}$

$= ۲۰۰V$

مثال ۳: در مدار شکل ۱۳ــ۱۰ ولتاژ منبع تغذیه(E) و افت ولتاژ دوسر مقاومت‌ها را به‌دست آورید.



شکل ۱۳ــ۱۰

راه حل: به کمک قانون اهم در مورد هر مقاومت می‌توان نوشت :

$U_۱ = IR_۱ = (۱ \times ۱۰^{-۳} \times ۱ \times ۱۰^{۳}) = ۱V$

$U_۲ = IR_۲ = (۱ \times ۱۰^{-۳} \times ۱/۵ \times ۱۰^{۳}) = ۱/۵V$

$U_۳ = IR_۳ = (۱ \times ۱۰^{-۳} \times ۵ \times ۱۰^{۳}) = ۵V$

اکنون مقدار مقاومت معادل را حساب می‌کنیم.

$R_T = ۱k\Omega + ۱/۵k\Omega + ۵k\Omega$

$= ۷/۵k\Omega$

بنابراین، با استفاده از قانون اهم می‌توان نوشت :

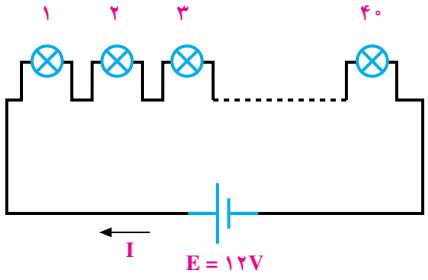
$E = I.R_T$

$= ۱ \times ۱۰^{-۳} \times ۷/۵ \times ۱۰^{۳}$

$= ۷/۵V$

نتیجه‌ی حاصل این است که مجموع افت ولتاژهای دوسر مقاومت‌ها با ولتاژ منبع تغذیه برابر است.

مثال ۴: تعداد ۴۰ لامپ مشابه ۶ ولت ۰/۳ آمپری را مطابق شکل ۱۴ــ۱۰ به‌طور سری به منبع ولتاژ ۱۲ ولتی اتّصال داده‌ایم. لامپ‌ها روشن نمی‌شوند. با توجه به این که همه‌ی آن‌ها سالم و اتّصالات نیز سالم هستند، علت را شرح دهید.



شکل ۱۴ــ۱۰

راه حل:

برای حل کردن مثال فوق می‌توانید از قانون اهم استفاده کنید.

مقاومت هر لامپ = R

قانون اهم $R = \frac{U}{I}$

$= \frac{۶V}{۰/۳} = ۲۰\Omega$

مقاومت هر لامپ در شرایط معمولی ۶V/۰/۳A

چون لامپ‌ها مشابه یک‌دیگرند، پس ولتاژ منبع به‌طور مساوی روی آن‌ها تقسیم می‌شود ؛ یعنی :

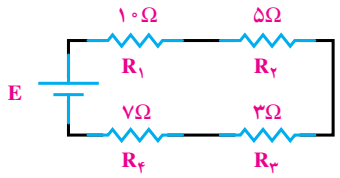
افت ولتاژی که به‌دوسر هر لامپ می‌افتد.

$$U = \frac{E}{۴۰} = \frac{۱۲V}{۴۰} = ۰/۳V$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{۰/۳}{۲۰} = ۰/۰۱۵A = ۱۵mA$$

شدّت جریان عبوری از لامپ‌ها ۱۵ میلی‌آمپر و افت ولت دوسر هر لامپ ۰/۳ ولت است که از افت ولت و شدّت جریان در شرایط معمولی برای هر لامپ خیلی کم‌تر است. بنابراین، روشنایی لامپ‌ها درحدی نیست که بتوان آن را دید. پس به نظر می‌رسد که لامپ‌ها روشن نیستند.

مثال ۵: مقاومت معادل مدار شکل ۱۵ــ۱۰ را به‌دست آورید.



شکل ۱۵ــ۱۰

راه حل:

$$R_T = R_۱ + R_۲ + R_۳ + R_۴$$

$$R_T = ۱۰ + ۵ + ۳ + ۷ = ۲۵\Omega$$

مثال ۶: مقاومت معادل کدام مدار بیش‌تر است؟ (شکل ۱۶ــ۱۰)

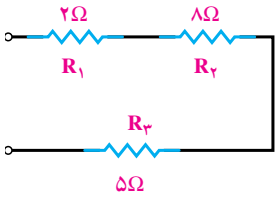
راه حل:

مقاومت معادل شکل (الف) $R_T = ۲ + ۸ + ۵ = ۱۵\Omega$ ــ الف

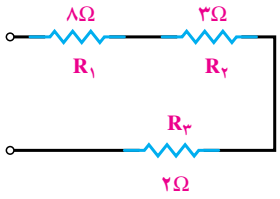
مقاومت معادل شکل(ب) $R_T = ۸ + ۳ + ۲ = ۱۳\Omega$ ــ ب

مقاومت معادل شکل (پ) $R_T = ۸ + ۱۰ = ۱۸\Omega$ ــ پ

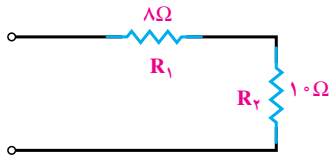
مدار شکل پ دارای مقاومت معادل بزرگ‌تری است.



(الف)



(ب)

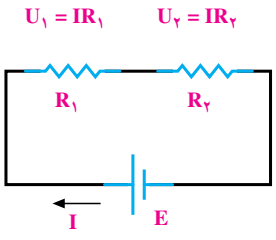


(پ)

شکل ۱۶ــ۱۰

۵ــ۱۰ــ تقسیم ولتاژ در مدار سری

می‌دانیم که در یک مدار سری، ولتاژ کل به نسبت مستقیم بین مقاومت‌های مدار تقسیم می‌شود ؛ یعنی، هرچه مقدار مقاومت کم‌تر باشد، افت ولتاژ دوسر آن کوچک‌تر و هرچه مقدار مقاومت زیادتر باشد، افت ولتاژ دوسر آن بزرگ‌تر است. برای محاسبه‌ی افت ولتاژ در یک مدار سری، مدار شکل ۱۷ــ۱۰ را درنظر می‌گیریم.



شکل ۱۷ــ۱۰

ولتاژ دوسر $R_۱$ برابر است با جریان در مقاومت $R_۱$

$$U_۱ = IR_۱ \qquad (۱)$$

جریان کل مدار برابر است با :

$$I = \frac{E}{R_۱ + R_۲} \qquad (۲)$$

رابطه‌ی ۲ را در رابطه‌ی ۱ قرار می‌دهیم :

$$U_۱ = \frac{E}{R_۱ + R_۲} \times R_۱$$

اکنون $U_۱$ را می‌توان به‌صورت رابطه‌ی ۳ نوشت :

$$\boxed{U_۱ = E\frac{R_۱}{R_۱ + R_۲}} \qquad (۳)$$

رابطه‌ی ۳ ولتاژ جزء دوسر مقاومت $R_۲$ را نسبت به ولتاژ کل در مدار سری مشخص می‌کند.

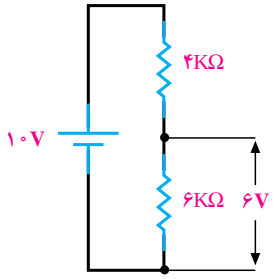
هم‌چنین، مقدار ولتاژ دوسر $R_۲$ برابر است با :

$$U_۲ = E\frac{R_۲}{R_۱ + R_۲} \qquad (۴)$$

از مشاهده‌ی روابط ۳ و ۴ معلوم می‌شود که تقسیم ولتاژ روی مقاومت‌ها با مقادیر آن‌ها نسبت مستقیم دارد.

۶ــ۱۰ــ کاربرد

اگر بخواهیم از یک ولتاژ مشخص ولتاژ کم‌تری داشته باشیم، راه عملی آن است که با استفاده از دو مقاومت، افت ولتاژ لازم را تهیه کنیم و مورد استفاده قرار دهیم ؛ مثلاً از ولتاژ ۱۰ولت، ۶ ولت آن مورد نیاز است. برای تأمین این ولتاژ، منبع ۱۰ولتی را با دو مقاومت ۴ و ۶ کیلو اهمی سری می‌کنیم (شکل ۱۸ــ۱۰). سپس از افت ولتاژ روی مقاومت ۶ کیلواهمی می‌توانیم برای منظور خاص استفاده نماییم. البته با قرار دادن یک مصرف‌کننده به‌صورت موازی با مقاومت ۶ کیلواهم، افت ولتاژ دوسر مقاومت‌ها تغییر می‌کند. به همین دلیل، معمولاً برای تأمین ولتاژهای مورد نیاز از مقاومت‌های متغیر استفاده می‌شود که در ادامه درباره‌ی انواع آن‌ها توضیح خواهیم داد.

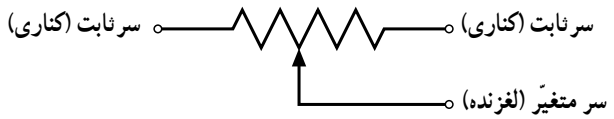


شکل ۱۸ــ۱۰

۷ــ۱۰ــ رئوستا و پتانسیومتر

قبلاً برای تقسیم ولتاژ، از مقاومت‌های ثابت استفاده کردیم. درنتیجه، ولتاژهای ثابتی نیز می‌توانستیم تهیه کنیم امّا در عمل بیش‌تر از مقاومت‌های متغیر استفاده می‌شود و ولتاژهای متغیری از حداقل تا حداکثر ولتاژ منبع وجود دارد که از جمله‌ی آن‌ها مقاومت‌های متغیر رئوستا و پتانسیومتر را می‌توان نام برد. شکل ۱۹ــ۱۰ نمای الکتریکی یک مقاومت متغیّر را نشان می‌دهد.

سر لغزنده یا متغیّر سری است که می‌تواند روی سطح



شکل ۱۹ــ۱۰ــ نمای الکتریکی مقاومت متغیّر

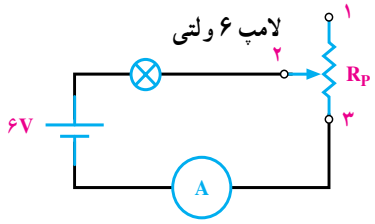
خارجی مقاومت حرکت کند و مقدار مقاومت را نسبت به سرهای ثابت تغییر دهد.

اگر از دوسر مقاومت متغیّر (یک سر ثابت و یک سر لغزنده) در مدار استفاده شود، مقاومت متغیّر به‌صورت رئوستا در مدار قرار می‌گیرد. با حرکت سرلغزنده، مقدار مقاومت رئوستا و در نتیجه، مقاومت مدار تغییر می‌کند. با تغییر مقاومت مدار، شدت جریان مدار نیز تغییر می‌کند.

اگر از هر سه سر مقاومت متغیّر (دوسر ثابت و یک سر لغزنده) در مدار استفاده شود، مقاومت متغیّر به‌صورت پتانسیومتر در مدار قرار می‌گیرد. با حرکت سرلغزنده، مقدار مقاومت آن نسبت به سرهای ثابت تغییر می‌کند. با وارد کردن ولتاژی به دوسر ثابت می‌توان از سر لغزنده و یکی از سرهای کناری، ولتاژهای متغیّری را دریافت کرد.

رئوستا برای کنترل شدّت جریان مدار به‌کار می‌رود و در مدار به‌صورت سری بسته می‌شود. شکل ۲۰ــ۱۰ اتصال رئوستا را در مدار نشان می‌دهد.

با تغییر سر لغزنده از نقطه‌ی ۱ به ۲ و ۳ مقاومت مدار

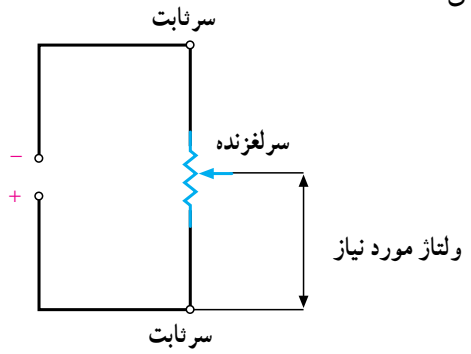


شکل ۲۰ــ۱۰ــ اتّصال رئوستا در مدار

کاهش می‌یابد. با کاهش مقاومت مدار جریان آن افزایش می‌یابد و روشنایی لامپ بیش‌تر می‌شود. در نقطه‌ی ۳ مقاومت مدار حداقل و شدّت جریان حداکثر مقدار خود را دارد ؛ درنتیجه روشنایی لامپ نیز حداکثر است. عکس این مطلب نیز صادق است. با حرکت سر لغزنده از نقطه‌ی ۳ به ۲ و ۱ مقاومت مدار افزایش و

جریان کاهش می‌یابد. با کاهش شدّت جریان از روشنایی لامپ کاسته می‌شود.

پتانسیومتر را برای دریافت ولتاژی کم‌تر از ولتاژ منبع به‌کار می‌برند. شکل ۲۱ــ۱۰ اتّصال پتانسیومتر را به مدار نشان می‌دهد.



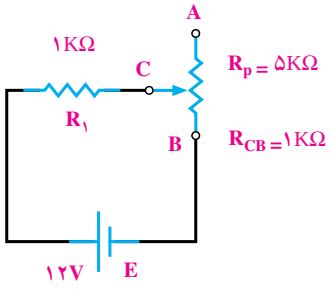
شکل ۲۱ــ۱۰ــ اتّصال پتانسیومتر در مدار

با وصل کردن ولتاژ منبع به دوسر مقاومت متغیر (پتانسیومتر)، و تنظیم سر لغزنده ولتاژ مورد نیاز را از سر ثابت و سر لغزنده دریافت می‌کنیم.

مثال ۷: شدّت جریان مدار شکل ۲۲ــ۱۰ را در حالت‌های زیر به‌دست آورید.

۱ــ سر لغزنده در نقطه‌ی A قرار دارد.

۲ــ سر لغزنده در نقطه‌ی C قرار دارد.



شکل ۲۲ــ۱۰

راه حل:

حالت ۱ $R_T = R_۱ + R_P = ۱kΩ + ۵kΩ = ۶kΩ$

$$I = \frac{۱۲V}{۶\times ۱۰^{۳}} = ۲mA$$

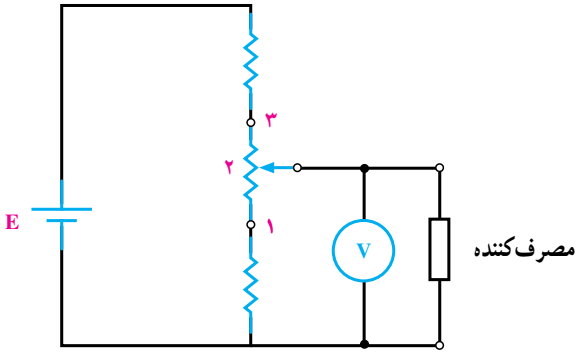
حالت ۲ $R_T = R_۱ + R_{CB} = ۱kΩ + ۱kΩ = ۲kΩ$

$$I = \frac{۱۲V}{۲\times ۱۰^{۳}} = ۶mA$$

از مثال فوق مشخص می‌شود که مقاومت مدار درحالت ۱ برابر ۶kΩ و شدّت جریان ۲ mA است. در حالت ۲ مقاومت مدار کاهش یافته و به ۲kΩ رسیده است ؛ در نتیجه، شدّت جریان افزایش می‌یابد و به ۶ mA می‌رسد. بنابراین، با قرار گرفتن یک رئوستا به‌طور سری در مدار، شدّت جریان کنترل می‌شود.

پتانسیومتر در مدار به‌صورت موازی بسته می‌شود و کنترل‌کننده‌ی ولتاژ داده شده به‌مصرف‌کننده است.

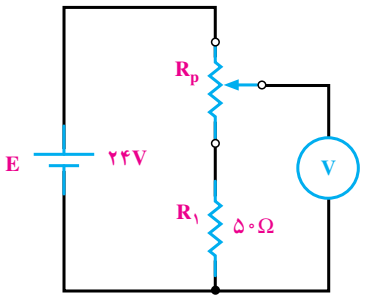
طبق شکل ۲۳ــ۱۰ با تغییر سر لغزنده از نقطه‌ی ۱ به ۲ و ۳ ولت‌متر ولتاژ بیش‌تری را نشان می‌دهد.



شکل۲۳ــ۱۰ــ دریافت ولتاژ متغیّر

متناسب با ولتاژ مورد نیاز مصرف‌کننده، می‌توان سر لغزنده را در جهت مناسب حرکت داد.

مثال ۸ : در شکل ۲۴ــ۱۰ برای دریافت ولتاژ از ۶ تا ۲۴ ولت چه پتانسیومتری را در مدار قرار می‌دهید؟



شکل ۲۴ــ۱۰

راه حل:

$$U_۱ = E\frac{R_۱}{R_۱ + R_P}$$

$$U_۱ = (R_۱ + R_P)ER_۱ \Rightarrow U_۱R_۱ + U_۱R_P = ER_۱$$

$$U_۱R_P = ER_۱ - U_۱R_۱$$

$$R_P = \frac{R_1(E - U_1)}{U_1}$$

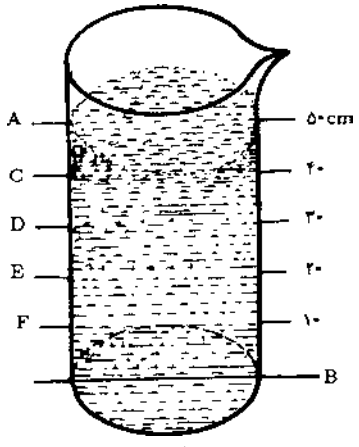
$$R_P = ۵۰\frac{(۲۴-۶)}{۶} = \frac{۵۰\times۱۸}{۶} = ۱۵۰\Omega$$

۸ــ۱۰ــ کاربرد

شدت صدای رادیو و فرستنده‌ها و گیرنده‌های دیگر و نیز روشنایی تصویر تلویزیون به کمک ولوم‌هایی که در جلوی دستگاه تعبیه شده است، کم و زیاد می‌شود. این ولوم‌ها چیزی جز مقاومت‌های متغیّر نیستند که به‌صورت رئوستا و پتانسیومتر در مدار قرارگرفته‌اند.

۹ــ۱۰ــ نسبی بودن ولتاژ الکتریکی

استوانه‌ی مدرّج پر از آب شکل ۲۵ــ۱۰ را درنظر بگیرید. ارتفاع سطح آب را می‌توان نسبت به هر نقطه‌ای از ستون آب در لوله‌ی مدرّج به‌دست آورد. فرض کنید می‌خواهیم ارتفاع سطح آب را از نقطه‌ی A تا نقطه‌یE به‌دست آوریم. برای این کار می‌توانیم درجات بین دو نقطه‌ی A و E را ببینیم یا آن که ارتفاع آب را از نقطه‌ی A تا B (ته ظرف) و ارتفاع نقطه‌ی E تا ته ظرف



شکل ۲۵ــ۱۰ــ نسبی بودن ارتفاع آب

بخوانیم و از یک‌دیگر کم کنیم ؛ در هر دو صورت به یک جواب می‌رسیم. بنابراین، اگر علامت ارتفاع را h درنظر بگیریم و نقاطی را که می‌خواهیم ارتفاع بین آن‌ها مشخص شود به‌صورت اندیس برای ارتفاع (h) بنویسیم، برای به‌دست آوردن فاصله‌ی بین AE چنین عمل می‌کنیم :

$h_{AE} = h_{AB} - h_{EB}$

ارتفاع آب از نقطه‌ی A تا ته ظرف $h_{AB} = ۵۰cm$

ارتفاع آب از نقطه‌ی E تا ته ظرف $h_{EB} = ۲۰cm$

$h_{AE} = ۵۰cm - ۲۰cm$

$h_{AE} = ۳۰cm$ ارتفاع آب بین AB

مثلاً ارتفاع نقطه‌ی D تا ته ظرف چه‌قدر است؟

$h_{DB} = h_{DB} - h_{BB}$

$h_{DB} = ۳۰cm - ۰$

$h_{DB} = ۳۰cm$

برای خلاصه کردن رابطه‌ی تعیین ارتفاع، معمولاً حرف مبنا را نمی‌نویسند امّا در محاسبه، آن را درنظر می‌گیرند ؛ مثلاً h_{AD} برابر است با :

$h_{AD} = h_A - h_D$

که h_A یعنی ارتفاع سطح نقطه‌ی A تا ته ظرف (مبنا) و h_D نیز به‌همین صورت ارتفاع سطح نقطه‌ی D تا ته ظرف است. اکنون با توجه به این توضیحات داریم :

$h_A = h_{AB} = ۵۰cm$ ارتفاع آب تا نقطه‌ی A

$h_D = h_{DB} = ۳۰cm$ ارتفاع آب تا نقطه‌ی D

$h_{AD} = ۵۰cm - ۳۰cm$

$h_{AD} = ۲۰cm$

در مورد تعیین ارتفاع آب در پشت سدها نیز همین روش به‌کار می‌رود ؛ مثلاً وقتی می‌گویند ارتفاع سطح آب تا تاج[1] سد ۵متر است، یعنی تفاوت بین ارتفاع سطح آب تا کف سد و ارتفاع بالاترین نقطه‌ی سد تا کف دریاچه‌ی سد ۵ متر است.

در شکل ۲۶ــ۱۰ ارتفاع آب تا تاج سد به‌خوبی نشان داده شده است.

از مطالب گفته شده چنین برمی‌آید که کمیّت ارتفاع نسبی است ؛ یعنی، باید آن را نسبت به یک مبنا سنجید. کمیّت ولتاژ را نیز معمولاً نسبت به یک مبنا می‌سنجند ؛ مثلاً وقتی گفته می‌شود

۱ــ بالاترین نقطه‌ی سد را از نظر ارتفاع، تاج سدّ گویند.

شکل ۲۶ــ۱۰ــ سدّ کرج

ولتاژ نقطه‌ی A مقداری را داراست، این گفته ناقص است. در واقع، شنونده وقتی مقدار ولتاژ نقطه‌ی A را می‌شنود، منتظر است که گفته شود نسبت به کجا این مقدار را دارد امّا وقتی گفته می‌شود «ولتاژ دوسر مقاومت» جمله کاملاً درست و بجاست ؛ زیرا ولتاژ یک سر مقاومت نسبت به سر دیگر آن مورد نظر است یا این که اگر گفته شود «ولتاژ منبع» بیان درستی است ؛ زیرا ولتاژ یک طرف منبع نسبت به سر دیگر منبع موردنظر بوده است. بنابراین، درحالت کلی همان گونه که ارتفاع آب داخل لوله یا پشت سد را نسبت به ته ظرف یا سطح زمین می‌سنجند، کمیّت ولتاژ را هم نسبت به یک مبنا ــ که می‌تواند در هر نقطه‌ای از مدار انتخاب شود ــ بیان می‌کنند.

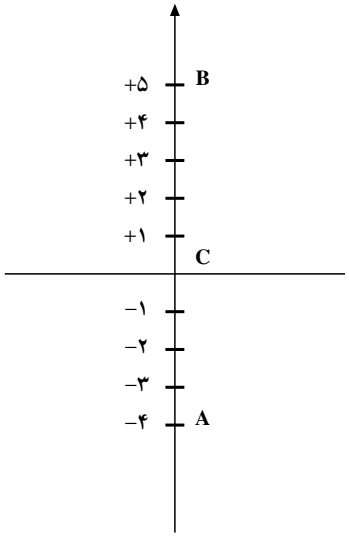
مثلاً اگر ولتاژ نقطه‌ی A مطابق شکل ۲۷ــ۱۰ نسبت به‌مبنای C برابر۴ــ ولت و ولتاژ نقطه‌ی B نسبت به همان مبنا (نقطه‌ی C) دارای ولتاژ ۵+ ولت باشد، اختلاف ولتاژ نقطه‌ی A نسبت به نقطه‌ی B ــ که با U_{AB} نمایش داده می‌شود ــ برابر است با $U_{AC} - U_{BC}$. در نتیجه :

ولتاژ A نسبت به C $\quad U_{AC} = -۴V$

ولتاژ B نسبت به C $\quad U_{BC} = +۵V$

ولتاژ A نسبت به B $\quad U_{AB} = U_A - U_B$

$$U_{AB} = -۴V - (+۵V)$$



شکل ۲۷ــ۱۰ــ نسبی بودن ولتاژ

$$U_{AB} = -۹V$$

هم‌چنین ولتاژ نقطه‌ی B نسبت به A برابر است با :

$$U_{BA} = U_B - U_A$$

$$U_{BA} = +۵V - (-۴V)$$

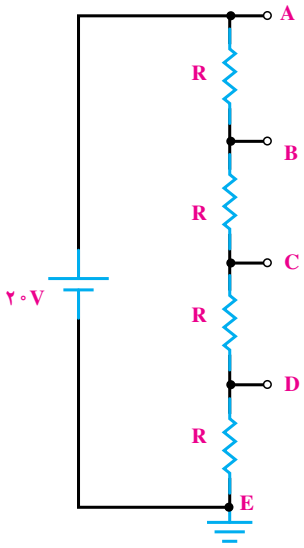
$$U_{BA} = +۹V$$

نتیجه : $\quad U_{AB} = -U_{BA}$

یا

$$U_{BA} = -U_{AB}$$

مثال ۹: در مدار شکل ۲۸ــ۱۰ با تساوی مقاومت‌ها اختلاف ولتاژ نقاط A ، B ، C و D را نسبت به مبنای E به‌دست آورید. به کمک این ولتاژها U_{AB} و U_{AC} و U_{AD} را نیز به‌دست آورید.



شکل ۲۸ــ۱۰ــ ولتاژ نقاط مختلف، نسبت به اتّصال شاسی (بدنه)[1]

راه حل: ولتاژ نقطه‌ی A نسبت به E برابر است با ولتاژ نقطه‌ی A منهای ولتاژ نقطه‌ی E ؛ یعنی :

$$U_{AE} = U_A - U_E$$

$$U_{AE} = +۲۰V - ۰ = +۲۰V$$

با توجه به این که مقاومت‌های موجود در مدار با یک‌دیگر برابرند و جریان آن‌ها نیز برابر است، پس اختلاف پتانسیل دوسر آن‌ها نیز باهم برابر است و می‌توان گفت ولتاژ منبع به‌طور مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود و ولتاژ دوسر هر مقاومت برابر $U_R = \frac{۲۰V}{۴} = 5V$ خواهد شد.

اکنون می‌توان پتانسیل نقطه‌ی D را نسبت به نقطه‌ی E ــ که نقطه‌ی مبناست ــ به‌صورت زیر به‌دست آورد.

$$U_{BE} = U_B - U_E = ۱۵ - ۰ = ۱۵V$$

$$U_{CE} = U_C - U_E = ۱۰ - ۰ = ۱۰V$$

$$U_{DE} = U_D - U_E = ۵ - ۰ = +۵V$$

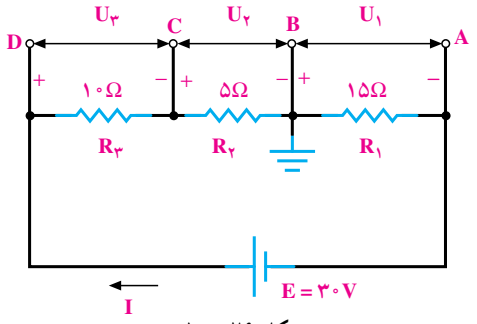
اختلاف پتانسیل نقاط دیگر را نیز می‌توان از روابط زیر به‌دست آورد.

$$U_{AD} = U_A - U_D = +۲۰ - ۵ = +۱۵V$$

$$U_{AC} = U_A - U_C = ۲۰ - ۱۰ = +۱۰V$$

$$U_{AB} = U_A - U_B = ۲۰ - ۱۵ = +۵V$$

مثال ۱۰: در مدار شکل ۲۹ــ۱۰ پتانسیل نقاط A ، C و D را نسبت به نقطه‌ی اتّصال مشترک (B) به‌دست آورید.



شکل ۲۹ــ۱۰

راه حل: مقاومت معادل برابر است با :

$$R_T = ۱۰ + ۵ + ۱۵ = ۳۰\Omega$$

شدّت جریان کل با استفاده از قانون اهم :

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{۳۰}{۳۰} = ۱A$$

افت ولتاژ روی $R_۱$ $\quad U_۱ = IR_۱ = (۱)(۱۵) = ۱۵V$

افت ولتاژ روی $R_۲$ $\quad U_۲ = IR_۲ = (۱)(۵) = ۵V$

افت ولتاژ روی $R_۳$ $\quad U_۳ = IR_۳ = (۱)(۱۰) = ۱۰V$

با توجه به جهت جریان در شکل داریم : $U_۱ = U_B - U_A = U_{BA} = ۱۵V$ و چون $U_۱$ مثبت است، نتیجه می‌گیریم که $U_B > U_A$ است. از طرف دیگر، چون نقطه‌ی B مبناست، پس $U_B = ۰$ می‌باشد. حال اگر مقادیر U_B و $U_۱$ را در رابطه‌ی بالا قرار دهیم، خواهیم داشت $۱۵ = ۰ - U_A$ یا به‌عبارت دیگر : $U_A = -۱۵V$. منفی شدن U_A بدین معناست که پتانسیل نقطه‌ی A به اندازه‌ی ۱۵ ولت از پتانسیل نقطه‌ی مبنا ــ یعنی B ــ کم‌تر است.

$$U_{AB} = U_A - U_B = -۱۵ - ۰ = -۱۵V$$

۱ــ ⏚ یا ⏚ علامت اتصال شاسی است که در اغلب مدارهای الکترونیکی دیده می‌شود و نمایشگر اتصال مشترک یا بدنه است.

$$U_{CB} = U_C - U_B = +۵ - ۰ = +۵V$$

$$U_D = U_۳ + U_۲ = ۱۰ + ۵ = ۱۵V$$

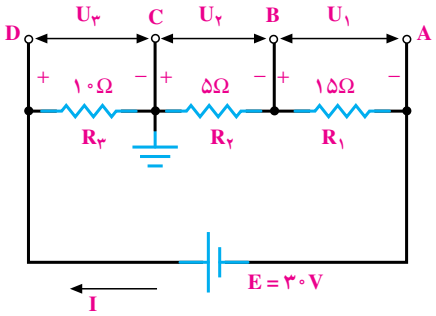
$$U_{DB} = U_D - U_B = +۱۵ - ۰ = +۱۵V$$

مثال ۱۱: با تغییر نقطه‌ی مبنا از نقطه‌ی B به نقطه‌ی C ولتاژ نقاط A ، B و D نسبت به نقطه‌ی C در شکل ۱۰ــ۳۰ کدام است؟

راه حل: $U_{AC} = -U_۱ - U_۲ = -۱۵ - ۵ = -۲۰V$

$$U_{BC} = -U_۲ = -۵V$$

$$U_{DC} = U_۳ = ۱۰V$$



شکل ۱۰ــ۳۰

۱۰ــ۱۰ــ قانون ولتاژهای کیرشهف (KVL) [۱]

رابطه‌ی بین ولتاژهای جزء (افت ولتاژها) و ولتاژ کل را در مدار سری متذکر شدیم. اکنون تقسیم ولتاژ در مدار سری را به‌گونه‌ای دیگر بیان می‌کنیم.

هر مدار سری شامل تعدادی مصرف‌کننده (مقاومت) و یک منبع تغذیه است که به‌صورت یک حلقه [۲] باهم سری شده‌اند. بنابراین، در هر حلقه جمع جبری افت ولتاژهای دوسر مقاومت‌ها و ولتاژ منبع تغذیه برابر صفر است ؛ یعنی : $E - \sum^{۳} U = ۰$

این تعریف بیان‌کننده‌ی قانون ولتاژهای کیرشهف است.

قانون ولتاژها را به‌گونه‌ی دیگری نیز می‌توان بیان کرد و آن این که در هر مدار بسته، ولتاژ وارد شده به مدار برابر مجموع افت ولتاژهای موجود در مدار حلقه است $(E = \sum U)$ ؛ یعنی،

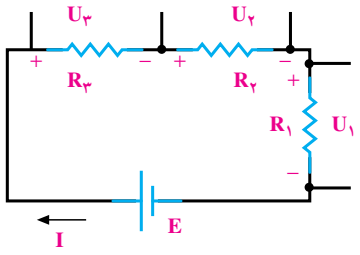
با توجه به شکل ۱۰ــ۳۱ می‌توان نوشت :

$$E - \sum U = ۰$$

$$E - (U_۱ + U_۲ + U_۳) = ۰$$

یا

$$E = U_۱ + U_۲ + U_۳$$



شکل ۱۰ــ۳۱

مثال ۱۲: قانون ولتاژهای کیرشهف را در مدار شکل ۱۰ــ۳۲ بررسی کنید.

راه حل: جریان کل در مدار فوق (حلقه‌ی بسته) برابر است با : $I = \frac{E}{R_T}$

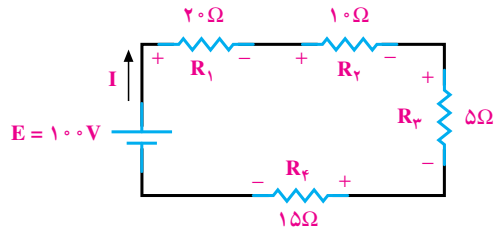
مقاومت معادل برابر است با :

$$R_T = R_۱ + R_۲ + R_۳ + R_۴$$

$$= ۲۰ + ۱۰ + ۵ + ۱۵$$

$$= ۵۰$$

$$I = \frac{۱۰۰}{۵۰} = ۲A$$



شکل ۱۰ــ۳۲

افت ولتاژ دوسر $R_۱$ با استفاده از قانون اهم :

$$U_{R_۱} = (۲)(۲۰) = ۴۰V$$

۱ــ K.V. L = Kirchhoff's Voltage Law

۲ــ اگر از یک نقطه از مداری در جهت دلخواه گردش کنیم و در یک چرخش کامل به همان نقطه‌ی شروع برسیم، به آن یک **حلقه** گویند.

۳ــ Σ یعنی جمع جبری، پس ΣU به معنای جمع جبری ولتاژهاست.

ولتاژهای دوسر $R_۲$ و $R_۳$ و $R_۴$ نیز با همین روش محاسبه می‌شود :

$$U_{R_۲} = (۲)(۱۰) = ۲۰V$$

$$U_{R_۳} = (۲)(۵) = ۱۰V$$

$$U_{R_۴} = (۲)(۱۵) = ۳۰V$$

قانون ولتاژهای کیرشهف در این‌باره می‌گوید که $\sum U = E$ است ؛ یعنی :

$$E = U_{R_۱} + U_{R_۲} + U_{R_۳} + U_{R_۴}$$

$$۱۰۰ = ۴۰ + ۲۰ + ۱۰ + ۳۰$$

$$۱۰۰ = ۱۰۰$$

یا

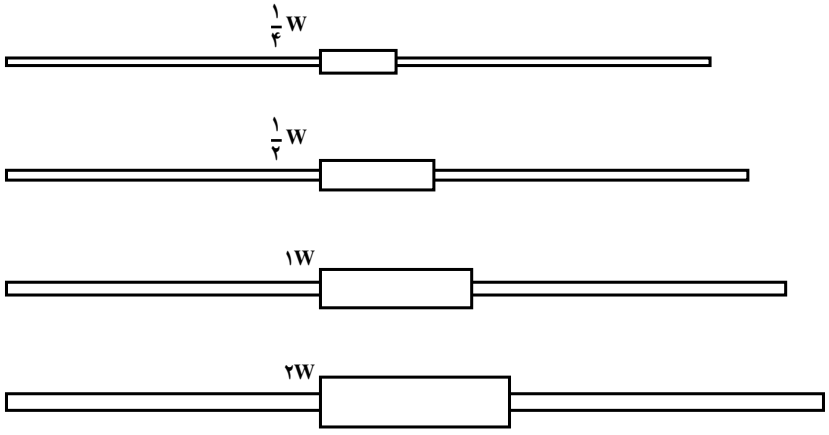
$$E - U_{R_۱} - U_{R_۲} - U_{R_۳} - U_{R_۴} = ۰$$

$$۱۰۰ - ۴۰ - ۲۰ - ۱۰ - ۳۰ = ۰$$

$$۱۰۰ - ۱۰۰ = ۰$$

۱۱ــ۱۰ــ توان مجاز در مدار سری

عبور جریان از مقاومت، آن را گرم می‌کند. یک مقاومت باید بتواند حرارت حاصل از عبور جریان را به صورت تشعشع از خود بیرون دهد. اگر این حرارت زیاد باشد، مقاومت خواهد سوخت. هرچه تبادل حرارتی بهتر انجام گیرد، دمای مقاومت دیرتر به دمای سوختن می‌رسد. مقدار توانی را که یک مقاومت می‌تواند به گرما تبدیل کند و نسوزد، به اندازه‌ی فیزیکی، شکل و جنس مقاومت بستگی دارد. برای مثال، شکل ۳۳ــ۱۰ ابعاد واقعی چند مقاومت لایه‌ی کربنی را نشان می‌دهد که همگی دارای مقاومت یکسان هستند ولی از نظر توانِ قابل تحمل متفاوت‌اند.



شکل ۳۳ــ۱۰ــ ابعاد مقاومت با توان مجاز آن، رابطه‌ی مستقیم دارد.

هنگام استفاده از مقاومت، توان مجاز عامل بسیار مهمی است ؛ زیرا در اثر انتخاب نادرست توان مجاز، مقاومت می‌سوزد و ممکن است به دیگر قطعات حساس مدار صدمه برسد. به همین علّت، هنگام طراحی مدار با توجه به جریان عبوری از مقاومت و ولتاژ مدار و استفاده از یکی از روابط توان ($P = UI$ ، $P = \frac{U^۲}{R}$ ، $P = RI^۲$) مقاومت با توانِ مناسب را انتخاب می‌کنند.

معمولاً پس از محاسبه‌ی توان مصرفی مقاومت، توان مجاز مقاومت را کمی بیش‌تر انتخاب می‌کنند تا درصد اطمینان از کار مدار، بالا رود. توجه داشته باشید که وسایلی مانند بخاری برقی نیز مقاومت و توان مشخصی دارند و اگر جریان آن‌ها از حد مجاز بیش‌تر شود، سیم آن‌ها می‌سوزد.

۱۲ــ۱۰ــ توان مصرفی در مدار سری

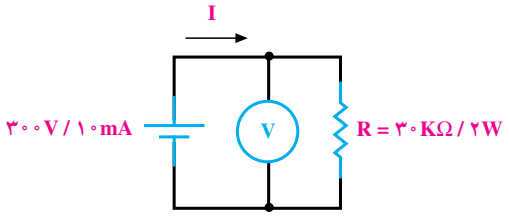
توان کل در یک مدار سری یا توانی که توسط مقاومت‌های مدار مصرف می‌شود، از مجموع توان‌های مصرف شده‌ی هریک از مقاومت‌ها به‌دست می‌آید.

اگر مداری شامل n مقاومت سری باشد، توان کل برابر است با :

$$P_t = P_1 + P_2 + \cdots + P_n$$

برای محاسبه‌ی توان تک‌تک مقاومت‌ها (توان‌های جزء) و توان کل (P_T) باید از یکی از روابط توان ــ که قبلاً نیز به آن‌ها اشاره شد ــ کمک بگیریم.

مثال ۱۳: توانی که یک منبع تغذیه با مشخصات ۳۰۰V/۱۰mA می‌تواند تولید کند، چه‌قدر است؟ اگر این منبع را مطابق شکل ۱۰ــ۳۴ به یک مقاومت ۳۰kΩ/۲W متصل کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟



شکل ۱۰ــ۳۴

راه حل:

$$P_t = ۳۰۰ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳}$$

$$P_t = ۳W$$ توانی که منبع می‌تواند تولید کند

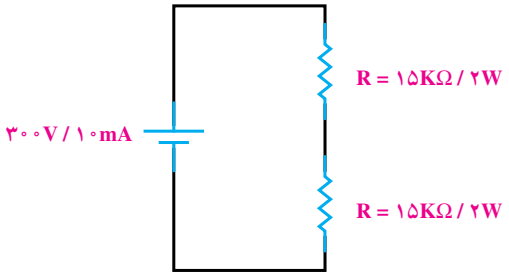
$$I = \frac{۳۰۰V}{۳۰K\Omega} = ۱۰mA$$

$$P_R = U_R . I = ۳۰۰ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳}$$

$$P_R = ۳W$$ توان مصرف شده در مقاومت

چون تحمل توان مجاز مقاومت بیش از ۲ وات نیست و اکنون ۳ وات مصرف می‌کند، مقاومت گرم می‌شود و می‌سوزد.

اگر دو مقاومت ۱۵kΩ/۲W را با همان منبع تغذیه سری کنیم، توان مصرفی هر مقاومت ۱/۵ وات می‌شود که از توان مجاز آن کم‌تر است. در نتیجه، برای مقاومت‌ها مسئله‌ای پیش نمی‌آید.



$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{۳۰۰V}{۱۵k + ۱۵k} = ۱۰mA \ ,$$

$$U_{R_1} = U_{R_2} = \frac{۳۰۰}{۲} = ۱۵۰V$$

$$P_{R_1} = ۱۵۰ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۱/۵W$$

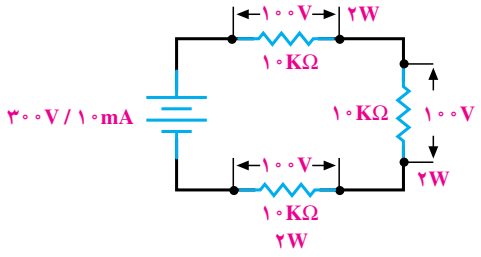
$$P_{R_2} = ۱۵۰ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۱/۵W$$

از طرفی، توان تولید شده توسط منبع، برابر مجموع توان‌های مصرف شده در مقاومت‌هاست ؛ یعنی :

$$P_t = P_{R_1} + P_{R_2}$$

$$P_t = ۱/۵ \times ۱/۵ = ۳W$$

برای کسب اطمینان از گرم نشدن مقاومت‌ها، سه مقاومت ۱۰kΩ/۲W را به‌صورت سری به همان منبع تغذیه اتصال می‌دهیم. توان مصرفی هر مقاومت یک وات می‌شود که از توان مجاز آن بسیار کم‌تر است (شکل۳۵ ــ۱۰) در این‌جا نیز توان منبع، با مجموع توان‌های جزء برابر خواهد بود.



شکل ۱۰ــ۳۵

$$P_t = ۳۰۰ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۳W$$ توان کل

$$P_1 = ۱۰۰ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۱W$$ توان مصرفی R_1

$$P_2 = ۱۰۰ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۱W$$ توان مصرفی R_2

$$P_3 = ۱۰۰ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۱W$$ توان مصرفی R_3

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 = ۱ + ۱ + ۱ = ۳W$$ نتیجه :

مثال ۱۴: در مقاومت ۳۰kΩ/۲W را به صورت سری به منبع تغذیه‌ی ۳۰۰V/۱۰mA وصل می‌کنیم. توان مصرفی هر مقاومت و توان تولید شده توسط منبع تغذیه را حساب کنید.

راه حل:

$$R_t = R_1 + R_2 = ۳۰ + ۳۰ = ۶۰k\Omega$$

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{۳۰۰}{۶۰k} = ۵mA$$

$$U_{R_1} = U_{R_2} = \frac{۳۰۰}{۲} = ۱۵۰V$$

$$P_{R_1} = P_{R_2} = U_{R_1}.I = U_{R_2}.I$$

توان مصرفی هر مقاومت $= ۱۵۰v \times ۵mA = ۷۵۰mW$

$$P_t = P_{R_1} + P_{R_2} = ۷۵۰ + ۷۵۰$$

توان تولیدشده توسط منبع $= ۱۵۰۰mW = ۱/۵W$

۱۳ــ۱۰ــ مشخصات مدار سری

۱ــ شدّت جریان در تمام نقاط مدار یکسان و برابر $\frac{U_t}{R_t}$ است.

۲ــ مقاومت کل (معادل) از جمع مقاومت‌های جزء مدار حاصل می‌شود و برابر است با

$$R_T = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

۳ــ ولتاژ کل از جمع افت ولتاژهای جزء مدار به دست می‌آید. $E = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$

۴ــ افت ولتاژ دوسر مقاومت‌های جزء با مقدار مقاومت‌های مدار نسبت مستقیم دارد.

$$U_1 = E\frac{R_1}{R_t}\ ,\ U_2 = E\frac{R_2}{R_t}\ ,\ U_n = E\frac{R_n}{R_t}$$

۵ــ توان کل با جمع توان‌های جزء مدار برابر است.

$$P_t = P_1 + P_2 + \cdots + P_n$$

خلاصه‌ی مطالب

* برای افزایش مقاومت کل مدار، مقاومت‌ها را باهم به‌صورت سری می‌بندند.
* در مدار سری، جریان یک مسیر دارد و مقدار آن در تمام نقاط مسیر یکسان است.
* ولتاژ در مدار سری، متناسب با مقدار مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.
* رئوستا کنترل کننده‌ی جریان و پتانسیومتر کنترل‌کننده‌ی ولتاژ در مدار است.
* توان‌های مصرفی کل مقاومت‌ها در یک مدار سری با توان تولید شده توسط مولد برابر است.

پرسش

۱ــ یک مدار سری مقاومتی چگونه تشکیل می‌شود؟

۲ــ خصوصیات مدار سری را توضیح دهید.

۳ــ ولتاژ کل در مدار سری بین مقدار مقاومت‌ها به چه نسبتی تقسیم می‌شود؟

۴ــ چگونگی استفاده از رئوستا و پتانسیومتر را در مدار شرح دهید.

۵ــ نسبی بودن پتانسیل را توضیح دهید.

۶ــ در مدار سری کدام قانون کیرشهف بیش‌تر کاربرد دارد؟

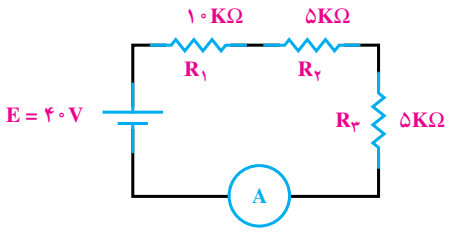
۷ــ توان مصرفی و توان مجاز را تعریف کنید.

۸ــ آیا توانی که یک مولد قادر به تولید آن است، می‌تواند از توانی که یک یا چند مصرف‌کننده مصرف می‌کنند، بیش‌تر یا کم‌تر باشد؟ در این صورت چه اتفاقی می‌افتد؟ (مثال بزنید).

مسائل

۱ــ در مدار شکل ۳۶ــ۱۰ مقدار مقاومت کل و جریان مدار چه‌قدر است؟

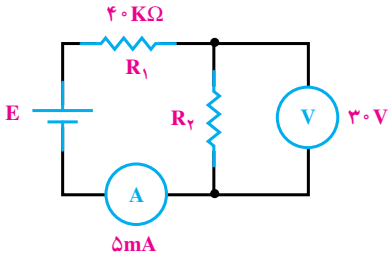
(جواب : ۲mA – ۲۰kΩ)



شکل ۳۶ــ۱۰

۲ــ در مدار شکل ۳۷ــ۱۰ مقدار R_2 و E چه‌قدر است؟

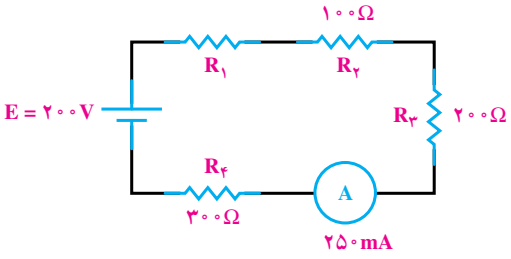
(جواب : ۶kΩ و ۲۳۰V)



شکل ۳۷ــ۱۰

۳ــ در مدار شکل ۳۸ــ۱۰ مقدار R_1 چه‌قدر است؟

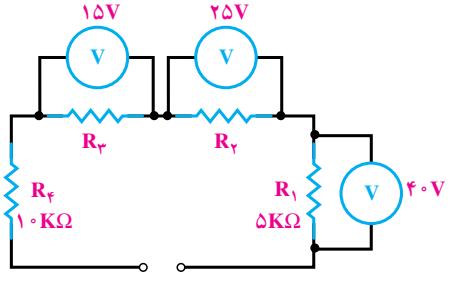
(جواب : ۲۰۰Ω)



شکل ۳۸ــ۱۰

۴ــ در مدار شکل ۳۹ــ۱۰ مقدار E چه‌قدر است؟

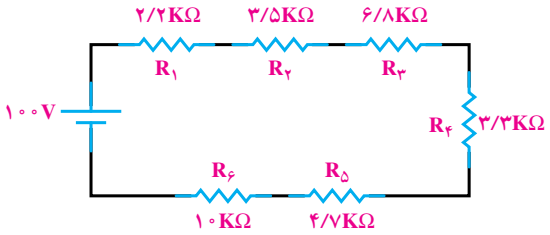
(جواب : ۱۶۰V)



شکل ۳۹ــ۱۰

۵ــ درمدار شکل ۴۰ــ۱۰ مقاومت معادل چه‌قدر است؟

(جواب : ۳۰/۵kΩ)



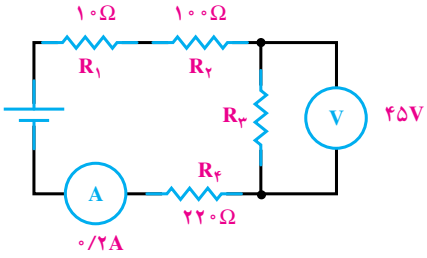
شکل ۴۰ــ۱۰

۶ــ در مدار شکل ۴۰ــ۱۰ شدّت جریان چه‌قدر است؟

(جواب : ۳/۲۷ mA)

۷ــ مقاومت معادل مدار شکل ۴۱ــ۱۰ چه‌قدر است؟

(جواب : ۵۵۵Ω)



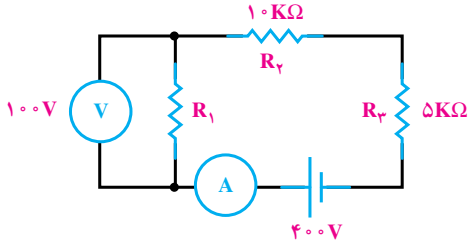
شکل ۴۱ــ۱۰

۸ــ در مدار شکل ۴۱ــ۱۰ افت ولتاژ کل چه‌قدر است؟

(جواب : ۱۱۱ V)

۹ــ در مدار شکل ۴۲ــ ۱۰، شدت جریان کل چه‌قدر است؟

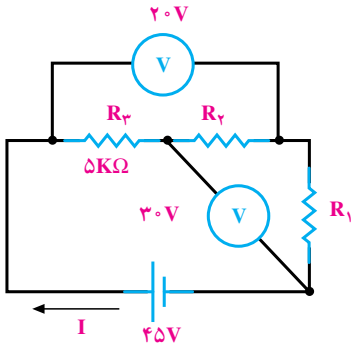
(جواب : ۲۰ mA)



شکل ۴۲ــ۱۰

۱۰ــ در مدار شکل ۴۳ــ۱۰ شدّت جریان کل چه‌قدر است؟

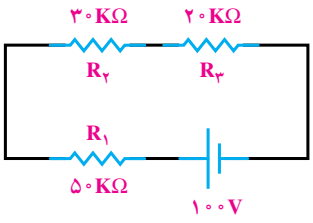
(جواب : ۳ mA)



شکل ۴۳ــ۱۰

۱۱ــ در شکل ۴۴ــ۱۰ مقدار U_1 (افت ولتاژ دوسر مقاومت R_1) چه‌قدر است؟

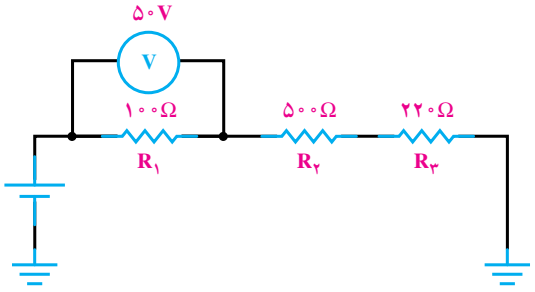
(جواب : ۵۰ V)



شکل۴۴ــ۱۰

۱۲ــ در شکل ۴۵ــ۱۰ مقدار مقاومت معادل چه‌قدر است؟

(جواب : ۸۲۰Ω)



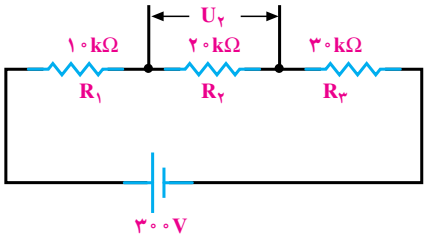
شکل ۴۵ــ۱۰

۱۳ــ در مدار شکل ۴۵ــ۱۰ ولتاژ منبع چه‌قدر است؟

(جواب : ۴۱۰ V)

۱۴ــ مقدار U_2 در شکل ۴۶ــ۱۰ چه‌قدر است؟

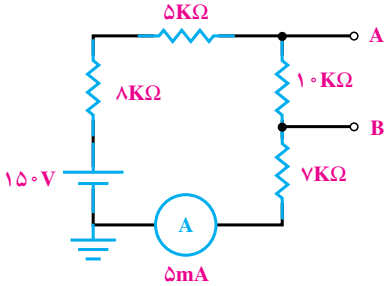
(جواب : ۱۰۰ V)



شکل ۴۶ــ۱۰

۱۵ــ در مدار شکل ۴۷ــ۱۰ ولتاژ نقطه‌ی A نسبت به زمین چه‌قدر است؟

(جواب : ۸۵ V+)



شکل ۴۷ــ۱۰

۱۶ــ با توجه به شکل ۴۷ــ۱۰ ولتاژ نقطه‌ی B نسبت به زمین چه‌قدر است؟

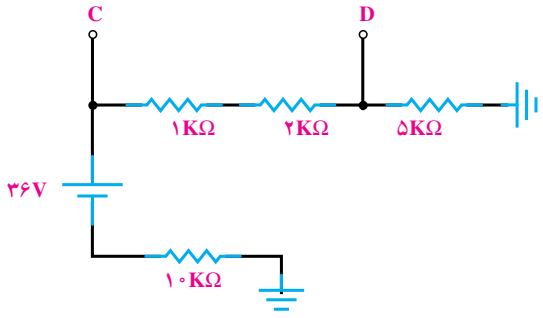
(جواب +۳۵ V)

۱۷ــ در مدار شکل ۴۷ــ۱۰ U_{BA} چه‌قدر است؟

(جواب : ۵۰V−)

۱۸ــ در مدار شکل ۴۸ــ۱۰ ولتاژ نقطه‌ی C نسبت به زمین چه‌قدر است؟

(جواب : ۱۶V+)



شکل ۴۸ــ۱۰

۱۹ــ در مدار شکل ۴۸ــ۱۰ ولتاژ نقطه‌ی D نسبت به زمین چه‌قدر است؟

(جواب : ۱۰V+)

۲۰ــ در مدار شکل ۴۸ــ۱۰ U_{DC} چه‌قدر است؟

(جواب : ۶ V−)

۲۱ــ در مدارهای شکل ۴۹ــ۱۰ توان مصرفی کل و R_t را به‌دست آورید. در صورتی که توان مجاز مقاومت‌ها در شکل الف و ب ۰/۵ W باشد، آیا مقاومت‌ها خواهند سوخت؟

(جواب الف ــ $\frac{۱}{۲}$W و ۲Ω)

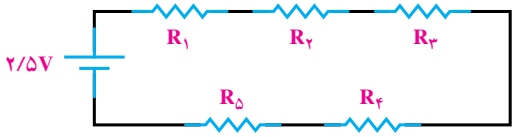
(جواب ب ــ ۱/۲۵ W و ۵Ω)

الف)

$R_۱ = R_۲ = ۱Ω$

$I = \frac{۱}{۲}A$

ب)



$R_۱ = R_۲ = R_۳ = R_۴ = R_۵ = ۱Ω$

شکل ۴۹ــ۱۰