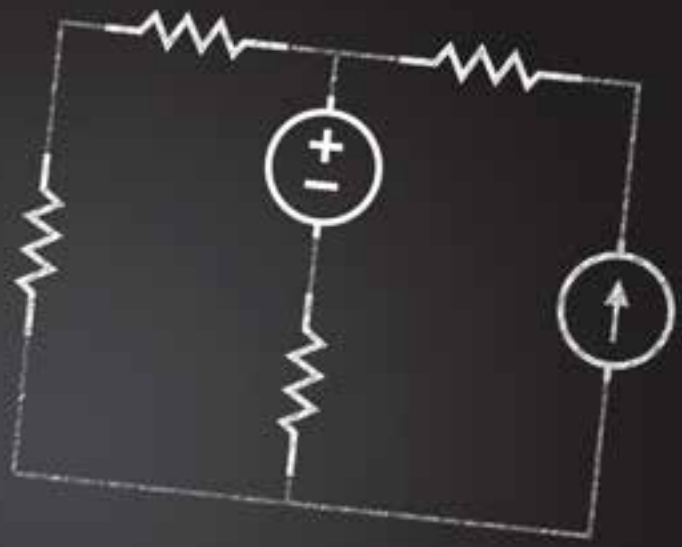


فصل اول

مدارهای الکتریکی جریان مستقیم

نورتن
multisim
اهم $I_1=+I_2-I_3$
عناصر مدار
قانون اهم جریان مستقیم
روش پتانسیل گره
حالت پایدار **سلف**
$16=4I_2+6I_1$ (KVL1)
توان مجذور جریان
جریان حلقه **KCL A**
روش جمع آثار **تونن**
قانون کیرشهف
$R_{eq}=\frac{12\times 24}{12+24}=8[\Omega]$
شدت جریان
میدان منبع ولتاژ = توان منبع
تحلیل مدار
منبع جریان
$I=\sqrt{4}=2[A]$
مقاومت
$I_2=-9A$
پلاریته
ولتاژ
12Ω

خلاصه درس

۱-۱ – عناصر مدار

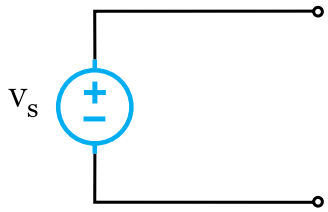
– عناصر غیرفعال عناصری هستند که انرژی الکتریکی را مصرف می‌کنند یا آن را در خود ذخیره می‌سازند.

– مقاومت‌های اهمی، سلف‌ها و خازن‌ها عناصر غیرفعال هستند.

– مقاومت اهمی عنصری است که انرژی الکتریکی را به حرارت تبدیل می کند و جریان آن با ولتاژ دو سر آن متناسب است.

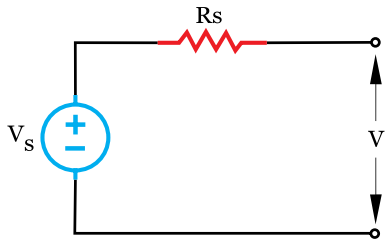
– عناصر فعال عناصری هستند که انرژی الکتریکی مدار را تامین می‌کنند. منابع ولتاژ و جریان، عنصر فعال در مدارهای الکتریکی هستند.

– منبع ولتاژ ایده آل، منبعی است که در بارهای مختلف ولتاژ ثابتی به مدار می‌دهد. شکل (۱-۱).



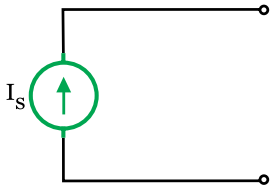
شکل (۱-۱)

– منبع ولتاژ واقعی، منبعی است که با افزایش جریان بار ولتاژ خروجی آن کاهش می‌یابد. شکل (۲-۱)



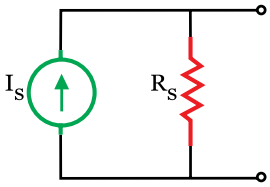
شکل (۲-۱)

– منبع جریان ایده آل، منبعی است که در بارهای مختلف جریان ثابتی به مدار می‌دهد. شکل (۳-۱)



شکل (۳-۱)

– منبع جریان واقعی، منبعی است که با یک مقاومت اهمی به صورت موازی قرار می‌گیرد و در صورت تغییر بار جریان مصرف کننده قدری تغییر می‌کند. شکل (۴-۱).

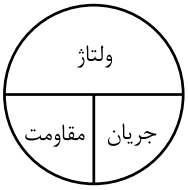


شکل (۴-۱)

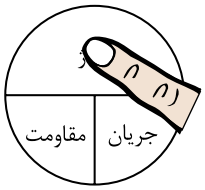
۲-۱- تحلیل مدارهای الکتریکی با قانون اهم

قانون اهم

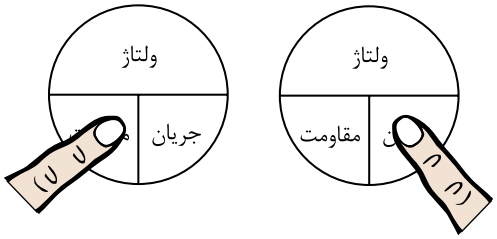
در حل بسیاری از مدارهای الکتریکی قانون اهمی کاربرد دارد. قانون اهم رابطه ی بین جریان، ولتاژ و مقاومت را بین می‌کند . در یک مدار DC ، رابطه ریاضی قانون اهم به شکل $I=\frac{V}{R}$ است که در آن V (ولتاژ) برحسب ولت و R (مقاومت) بر حسب اهم و I (شدت جریان) بر حسب آمپر است. برای یادآوری قانون اهم شکل (۵-۱) بسیار مفید است.



شکل (۵-۱)



جریان × مقاومت = ولتاژ



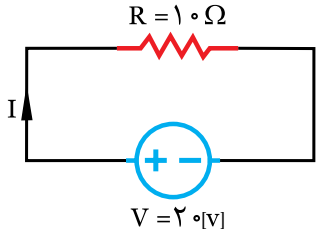
$\frac{\text{ولتاژ}}{\text{جریان}}$ = مقاومت $\frac{\text{ولتاژ}}{\text{مقاومت}}$ = جریان

شکل (۶-۱)

در شکل (۵-۱) هر کدام از کمیت‌ها را با انگشت بپوشانید رابطه آن با دو کمیت دیگر مشخص می‌شود. به شکل‌های (۶-۱) توجه کنید.

مثال ۱

در مدار شکل (۷-۱) مطلوبست جریان مقاومت۱۰Ω به کمک قانون اهم.



شکل (۷-۱)

حل

- با توجه به شکل (۵-۱) رابطه شدت جریان برابر است با:

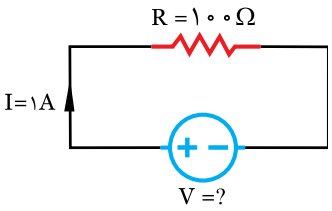
$$\text{جریان} = \frac{\text{ولتاژ}}{\text{مقاومت}}$$

و رابطه ریاضی آن می‌شود:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{۲۰}{۱} = ۲[A]$$

فعالیت ۱

در مدار شکل (۸-۱) ولتاژ منبع را به کمک قانون اهم بدست آورید.



شکل (۸-۱)

حل

- با توجه به شکل (۵-۱) رابطه ولتاژ را بدست آورید.

ولتاژ = ... × .....

- رابطه ریاضی آن را بنویسید.

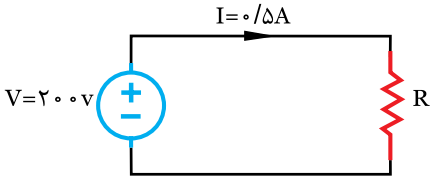
..... = ... × I

- مقادیر کمیت‌های مقاومت و جریان را جایگزین کنید.

V = ... × ..... = ۱۰۰[V]

تمرین

۱- در مدار شکل (۹-۱) مقدار مقاومت R را به کمک قانون اهم بدست آورید.



شکل (۹-۱)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

خلاصه درس

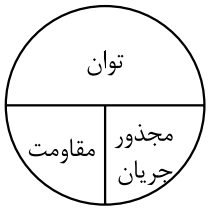
توان

انرژی الکتریکی در مقاومت اهمی (R) به حرارت تبدیل می‌شود. این حرارت ناشی از جاری شدن جریان در مقاومت اهمی است.

توان

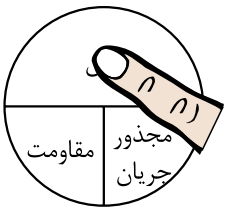
در یک مدار DC رابطه‌ی ریاضی بین توان، جریان و مقاومت اهمی به شکل $P = RI^2$ است که در آن R (مقاومت اهمی) برحسب اهم و I (شدت جریان) برحسب آمپر و P (توان) برحسب وات است.

برای یادآوری رابطه توان شکل (۱-۱۰) بسیار مفید است.

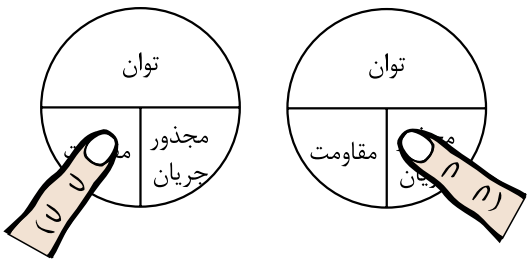


شکل (۱-۱۰)

در شکل (۱-۱۰) هر کدام از کمیت‌ها را با انگشت بپوشانید رابطه آن با دو کمیت دیگر مشخص می‌شود. به شکل‌های (۱-۱۱) توجه کنید.



مجذورجریان × مقاومت = توان

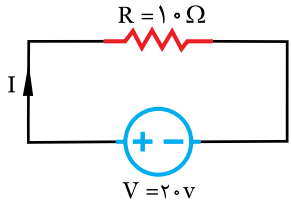


$\frac{\text{توان}}{\text{مقاومت}} = \text{مجذورجریان}$ $\qquad$ $\frac{\text{توان}}{\text{مجذورجریان}} = \text{مقاومت}$

شکل (۱-۱۱)

مثال ۲

در مدار شکل (۱-۱۲) توان در مقاومت ۱۰ اهم چند وات است؟



شکل (۱-۱۲)

حل

- با توجه به شکل (۱-۵) رابطه جریان بدست می‌آید:

$$\text{جریان} = \frac{\text{ولتاژ}}{\text{مقاومت}}$$

- رابطه ریاضی جریان نوشته می‌شود:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{۲۰}{۱۰} = ۲[A]$$

- با توجه به شکل (۱-۱۰) رابطه توان بدست می‌آید:

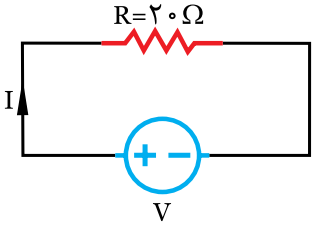
مجذور جریان × مقاومت = توان

- رابطه ریاضی توان نوشته می‌شود:

$$P = R.I^۲ = ۱۰ \times ۲^۲ = ۴۰[W]$$

فعالیت ۲

در مدار شکل (۱-۱۳) توان مقاومت ۲۰Ω برابر با ۸۰ وات است. ولتاژ منبع چند ولت می‌باشد.



شکل (۱-۱۳)

حل

با توجه به شکل (۱-۱۰) رابطه جریان را بدست آورید:

$$\text{مجذور جریان} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}}$$

رابطه ریاضی جریان را بنویسید:

$$I^{۲} = \frac{P}{R} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} = ۴$$

مقدار جریان را محاسبه کنید.

$$I = \sqrt{۴} = ۲[A]$$

با توجه به شکل (۵-۱) رابطه ولتاژ را بدست آورید.

ولتاژ = ... × جریان

رابطه ریاضی ولتاژ را بنویسید.

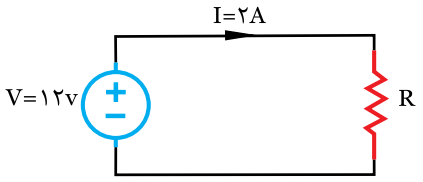
..... = R × .....

مقدار ولتاژ را محاسبه کنید.

V = ... × ..... = ۴۰ [V]

تمرین

۱- در مدار شکل (۱۴-۱) توان مقاومت چند وات است.



شکل (۱۴-۱)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۲- ولتاژ دو سر یک مقاومت از حاصل ضرب جریان در مقاومت بدست می‌آید.

صحیح ☐ غلط ☐

۳- عناصری که انرژی الکتریکی را مصرف می‌کنند، عناصر فعال نام دارند.

صحیح ☐ غلط ☐

۴- منابعی که در بارهای مختلف جریان ثابتی به مدار می‌دهند، منابع ولتاژ نام دارند.

صحیح ☐ غلط ☐

خلاصه درس

۳-۱- تحلیل مدارهای الکتریکی به روش جریان حلقه

تحلیل مدارهای الکتریکی با روش جریان حلقه بر قانون ولتاژهای کیرشهف[1] KVL استوار است. طبق این قانون:

قانون ولتاژهای کیرشهف

در هر حلقه جمع جبری افت ولتاژهای دو سر مقاومت‌ها و ولتاژ منبع تغذیه برابر صفر است.

تحلیل مدار به روش جریان حلقه برای محاسبه جریان عناصر مدار مناسب است و برای اجرای آن مراحل زیر طی می‌شود.مدار را تا حد ممکن ساده کنید.

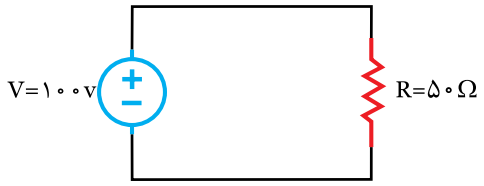
- برای هر حلقه، یک جریان در جهت دلخواه منظور کنید. بهتر است جریان همه‌ی حلقه‌ها در یک جهت فرض شوند.
- با حرکت در جهت حلقه با استفاده از قانون ولتاژهای کیرشهف KVL معادله‌ی ولتاژها را برای حلقه نوشته می‌شود.
- برای مدار با n حلقه، n معادله با n مجهول بدست می‌آید.
- روابط KVL را در یک دستگاه قرار دهید و با حل آن‌ها جریان حلقه‌ها را بدست آورید.
- با معلوم بودن جریان حلقه‌ها، جریان عناصر مدار بدست می‌آید.

به خاطر داشته باشید

بهتر است جریان حلقه‌ها در جهت حرکت عقربه ساعت فرض شوند.

مثال ۳

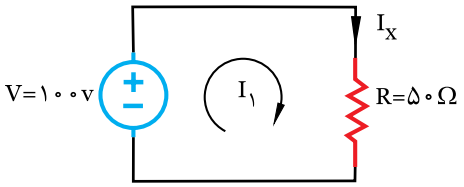
با روش حلقه جریان مقاومت شکل (۱-۱۵) چند آمپر است.



شکل (۱-۱۵)

حل

جریان مقاومت با I_x در جهت دلخواه نشان داده می‌شود. شکل (۱-۱۶). حلقه I_1 در جهت حرکت عقربه ساعت مشخص می‌شود.با حرکت در جهت حلقه، KVL برای آن نوشته می‌شود. نقطه شروع حرکت مهم نیست.



شکل (۱-۱۶)

در هنگام حرکت در صورت رسیدن به پلاریته‌ی منفی منبع ولتاژ مقدار آن با علامت منفی، و در صورت رسیدن به پلاریته مثبت مقدار آن با علامت مثبت منظور می‌شود. و با رسیدن به مقاومت مقدار آن در I_1 ضرب می شود و با علامت مثبت در معادله KVL منظور می‌شود. و معادله مساوی صفر قرار داده می‌شود.

KVL۱ $\Rightarrow -۱۰۰ + ۵۰\, I_1 = ۰$

معادله KVL۱ حل می‌شود تا مقدار I_1 بدست آید.

$$۵۰\, I_1 = ۱۰۰ \qquad I_1 = \frac{۱۰۰}{۵۰} = ۲[A]$$

از محل I_x حلقه I_1 می‌گذرد که با آن هم جهت است لذا:

$$I_X = +I_1 = +۲A$$

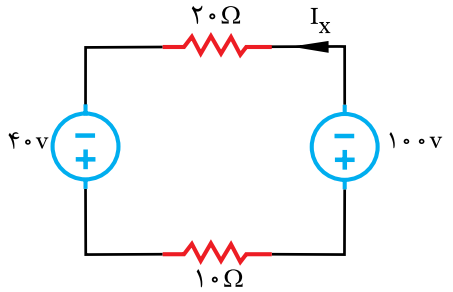
علامت مثبت در رابطه اخیر نشان می‌دهد، جهت I_x موافق جهت حلقه I_1 است.

به خاطر داشته باشید

در صورتیکه جهت جریان حلقه موافق جهت جریان I_x باشد علامت + برای آن منظور می‌شود.

فعالیت ۳

با روش حلقه جریان I_x شکل(۱-۱۷) را بدست آورید.



شکل (۱-۱۷)

۱. Kirchhoff's Voltage Law

حل

حلقه را در جهت حرکت عقربه ساعت مشخص کنید آن را I_1 بنامید.

به حلقه KVL اعمال کنید:

KVL۱ ⇒ + ۴۰ + ... − ..... + ... = ۰

معادله KVL را حل کنید:

..... I_1 = ...

جریان حلقه I_1 را بدست آورید:

$$I_1 = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} = ۲[A]$$

حلقه I_1 در خلاف جهت I_x است لذا:

$$I_x = -I_1 = -۲A$$

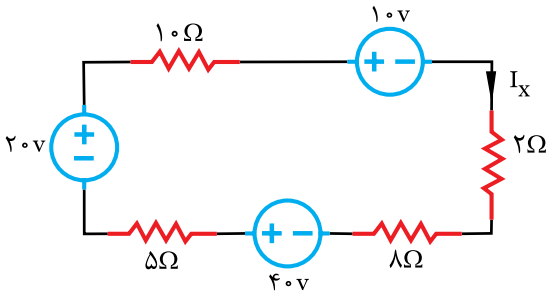
علامت منفی در رابطه اخیر نشان می‌دهد جهت I_x مخالف جهت حلقه I_1 است.

به خاطر داشته باشید

در صورتیکه جهت جریان حلقه مخالف جهت جریان I_x باشد، علامت − برای آن منظور می‌شود.

تمرین

۱- با روش حلقه جریان I_x شکل (۱-۱۸) را بدست آورید و ولتاژ دو سر مقاومت ۲ Ω را محاسبه کنید.



شکل (۱-۱۸)

.....

.....

.....

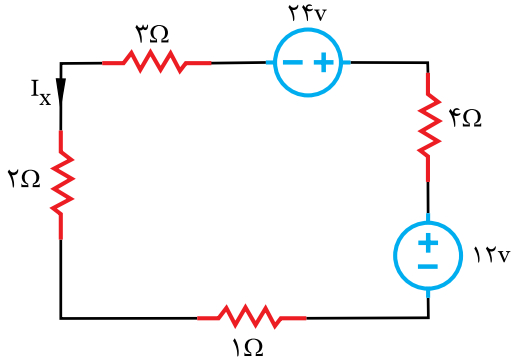
.....

.....

.....

۲- با استفاده از نرم افزار multisim مدار شکل (۱-۱۸) را اجرا نمایید.

۳- با روش حلقه جریان I_x شکل (۱-۱۹) را بدست آورید و توان در مقاومت ۲ Ω را محاسبه کنید.



شکل (۱-۱۹)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

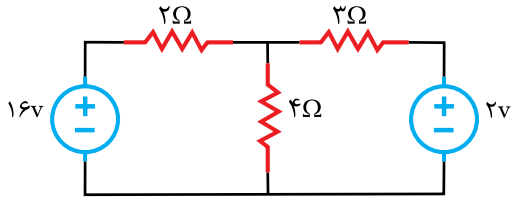
.....

.....

۴- با استفاده از نرم افزار Multisim مدار شکل (۱-۱۹) را اجرا کنید.

مثال ۴

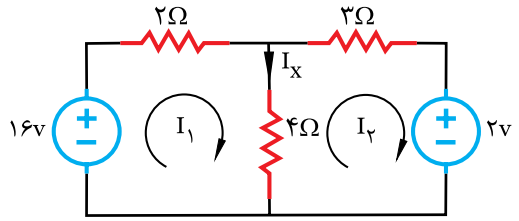
با روش جریان حلقه مطلوبست جریان مقاومت ۴ اهمی شکل (۱-۲۰).



شکل (۱-۲۰)

حل

جریان مقاومت ۴ اهمی در جهت دلخواه نشان داده می‌شود. آن را I_x می‌نامیم و حلقه‌های I_1 و I_2 را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت مشخص می‌شود. شکل (۲۱-۱)



شکل (۲۱-۱)

با حرکت در جهت حلقه I_1 معادله KVL۱ با توجه به نکات زیر نوشته می‌شود.

- حلقه I_1 از پلاریته منفی منبع ۱۶ ولتی وارد می‌شود لذا مقدار آن با علامت منفی لحاظ می‌شود.

KVL۱ -16

- از مقاومت ۲ اهمی فقط حلقه I_1 می‌گذرد لذا افت ولتاژ آن به صورت $+2I_1$ منظور می‌شود.

KVL۱ $-16+2I_1$

- از مقاومت ۴ اهمی حلقه‌های I_1 و I_2 در جهت مخالف می‌گذرند. چون KVL۱ نوشته می‌شود. با رعایت حق تقدم برای I_1، افت ولتاژ آن بصورت $4(I_1-I_2)$ منظور می‌شود.

KVL۱ $-16+2I_1+4(I_1-I_2)=0$

با حرکت در جهت حلقه I_2 معادله KVL۲ با توجه به نکات زیر نوشته می‌شود:

- حلقه I_2 از پلاریته مثبت منبع ۲ ولتی وارد می‌شود لذا مقدار آن با علامت مثبت لحاظ می‌شود.

KVL۲ $+2$

- از مقاومت ۴ اهمی حلقه های I_2 و I_1 در جهت مخالف می‌گذرند. چون KVL۲ نوشته می‌شود. با رعایت حق تقدم برای I_2 افت ولتاژ آن بصورت $4(I_2-I_1)$ منظور می‌شود.

KVL۲ $+2+4(I_2-I_1)$

- از مقاومت ۳ اهمی فقط حلقه I_2 می‌گذرد افت ولتاژ آن بصورت $+3I_2$ منظور می‌شود.

KVL۲ $+2+4(I_2-I_1)+3I_2=0$

- معادلات KVL۱ و ۲ ساده می‌شود.

KVL۱ $-16+2I_1+4I_1-4I_2=0$

KVL۲ $+2+4I_2-4I_1+3I_2=0$

- معادلات KVL۱ و ۲ برحسب I_1 و I_2 مرتب می‌شود.

KVL۱ $6I_1-4I_2=16$

KVL۲ $-4I_1+VI_2=-2$

- معادلات KVL۱ و ۲ را در یک دستگاه با روش حذف حل می‌شود تا مقادیر جریان حلقه‌های I_1 و I_2 بدست آید.

$$\begin{cases} 6I_1-4I_2=16 & \times 2 \\ -4I_1+IV_2=-2 & \times 3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 12I_1-8I_2=32 \\ -12I_1+21I_2=-6 \end{cases}$$

$$0+13I_2=26$$

$$I_2=\frac{26}{13}=2[A]$$

- با قراردادن I_2 در رابطه ۱ جریان حلقه I_1 بدست می‌آید.

$$6I_1-4(2)=16$$

$$6I_1-8=16$$

$$6I_1=24$$

$$I_1=\frac{24}{6}=4A$$

- از I_x جریان حلقه‌های I_1 و I_2 می‌گذرند. جریان حلقه I_1 هم جهت با I_x است لذا آن را با علامت مثبت و جریان حلقه I_2 که مخالف جهت I_x است را با علامت منفی در نظر می‌گیرند و نوشته می‌شود.

$$I_x=+I_1-I_2$$

$$I_x=+4-2=+2[A]$$

$$I_x=+2A$$

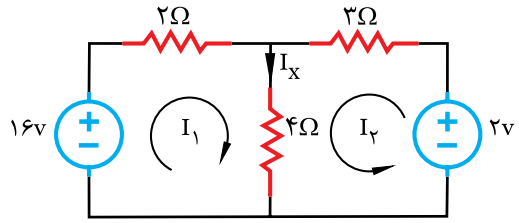
به خاطر داشته باشید

برای سادگی کار و جلوگیری از اشتباه توصیه شده است، جریان همه‌ی حلقه‌ها در یک جهت فرض شود. در صورتیکه این موضوع رعایت نشود نیز مساله حل می‌شود و در مقدار جریان حلقه‌ها تاثیری نخواهد داشت.

برای درک این مطلب به مثال ۵ دقت کنید و آن را با مثال ۴ مقایسه نمایید.

مثال ۵

مدار مثال ۴ با این شرط که حلقه‌های I_1 و I_2 در یک جهت نباشند، مجددا حل می‌شود. شکل (۲۲-۱).



شکل (۲۲-۱)

حل

- حلقه I_1 در جهت حرکت عقربه ساعت و حلقه I_2 در خلاف جهت حرکت عقربه ساعت انتخاب شده است.
- با حرکت در جهت حلقه I_1 معادله KVL۱ با توجه به نکات زیر نوشته می‌شود.
- حلقه I_1 به پلاریته منفی منبع ۱۶ ولتی وارد می‌شود لذا مقدار آن با علامت منفی لحاظ می‌شود.

KVL۱ -16

- از مقاومت ۲ اهمی فقط حلقه I_1 می‌گذرد لذا افت ولتاژ آن بصورت $+2I_1$ منظور می‌شود.

KVL۱ $-16+2I_1$

- از مقاومت ۴ اهمی حلقه‌های I_1 و I_2 در یک جهت می‌گذرند لذا افت ولتاژ آن بصورت $4(I_2+I_1)$ نوشته می‌شود.

KVL۱ $-16+2I_1+4(I_1+I_2)=0$

- با حرکت در جهت حلقه I_2 معادله KVL۲ با توجه به نکات زیر نوشته می‌شود:
- حلقه I_2 به پلاریته منفی منبع ۲ ولتی وارد می‌شود لذا مقدار آن با علامت منفی لحاظ می‌شود.

KVL۲ -2

- از مقاومت ۳ اهمی حلقه I_2 می‌گذرد لذا افت ولتاژ آن بصورت $+3I_2$ منظور می‌شود.

KVL۲ $-2+3I_2$

- از مقاومت ۴ اهمی حلقه‌های I_1 و I_2 در یک جهت می‌گذرند لذا افت ولتاژ آن بصورت $4(I_1+I_2)$ نوشته می‌شود.

KVL۲ $-2+4(I_2+I_1)+3I_2=0$

- معادلات ۲ و KVL۱ ساده می‌شود.

KVL۱ $-16+2I_1+4I_1+4I_2=0$

KVL۲ $+2+4I_2+4I_1+3I_2=0$

- معادلات ۲ و KVL۱ برحسب I_1 و I_2 مرتب می‌شود.

KVL۱ $6I_1+4I_2=16$

KVL۲ $4I_1+7I_2=2$

- معادلات ۲ و KVL۱ را در یک دستگاه با روش حذف حل می‌شود تا مقادیر جریان حلقه‌های I_1 و I_2 بدست آید.

$$\begin{cases} 6I_1+4I_1=16 & \times(2) \\ 4I_1+7I_2=2 & \times(3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -12I_1-8I_2=-32 \\ 12I_1+21I_2=6 \end{cases}$$

$$0+13I_2=-26$$

$$I_2=\frac{-26}{13}=-2A$$

- با قرار دادن I_2 در رابطه ۱ جریان حلقه I_1 بدست می‌آید.

$$6I_1+4(-2)=16$$

$$6I_1-8=16$$

$$6I_1=24$$

$$I_1=\frac{24}{6}=4A$$

- از I_x حلقه‌های I_1 و I_2 می‌گذرند که هر دو هم جهت با I_x هستند لذا هر دو با علامت مثبت در نظر گرفته می‌شود.

$$I_x=+I_1+I_1$$

$$I_x=+(4)+(-2)=+2[A]$$

$$I_x=4-2=2A$$

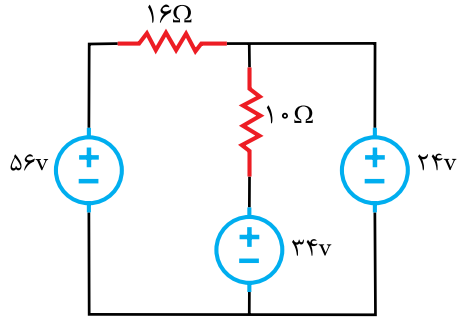
به خاطر داشته باشید

با مقایسه مثال‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود تغییر در انتخاب جهت حلقه I_2، فقط بر روی علامت I_2 اثر می‌گذارد و بر مقدار I_2 تاثیر ندارد و مقدار I_x نیز تغییر نمی‌کند.

لذا از این پس به منظور ایجاد وحدت رویه جهت حلقه‌ها در جهت حرکت عقربه‌های ساعت اختیار می‌شود.

فعالیت ۴

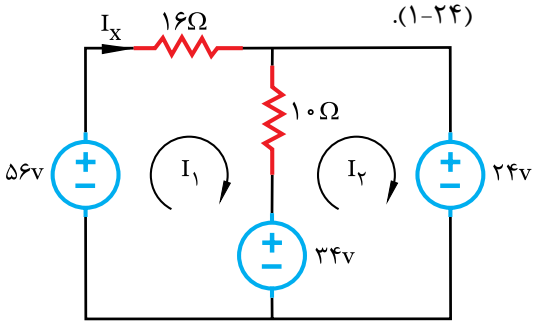
در مدار شکل (۲۳-۱) توان در مقاومت ۱۶ اهمی را با روش جریان حلقه بدست آورید.



شکل (۲۳-۱)

حل

➢ حلقه‌ها را در جهت حرکت عقربه ساعت مشخص کنید و جریان مقاومت ۱۶ اهمی را I_X بنامید. شکل (۲۴-۱).



شکل (۲۴-۱)

➢ KVL را به حلقه های I_1 و I_2 اعمال کنید.

KVL۱ ⇒ $-۵۶+\quad+\quad(I_1-\quad)+\quad=۰$

KVL۲ ⇒ $-۳۴+\quad(\quad-I_1)+\quad=۰$

➢ معادلات KVL۱ و KVL۲ را ساده کنید.

$-۵۶+\quad+\quad-\quad+۳۴=۰$

$+۱۰I_2-۱۰I_1+\quad=۰$

➢ معادلات را در یک دستگاه قرار دهید و با روش حذف حل کنید.

$$\begin{cases} ۲۶I_1-۱۰I_2=۲۲ \\ ۱۰I_1+۱۰I_2=۱۰ \end{cases}$$

➢ جریان حلقه I_1 را بدست آورید.

..... I_1= ..... ⟹ I_1= _____ =۲A

➢ I_1 را در معادله قرار دهید و I_2 را بدست آورید.

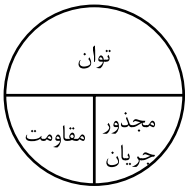
$-۱۰(۲)+۱۰I_2=۱۰$

➢ از محل I_X حلقه I_1 می گذرد لذا:

..... I_2= ..... ⟹ I_2= _____ =۳A

I_X = ... = +۲A

➢ توان در مقاومت ۱۶Ω را محاسبه کنید.

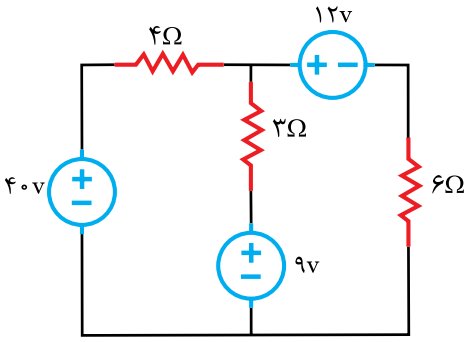


توان = ... × .....

$P_{۱۶\Omega}=RI_X^2$= ..... ( )^2 = ۶۴W

تمرین

۱- در مدار شکل (۲۵-۱) با استفاده از روش حلقه جریان مقاومت ۴Ω را بدست آورید.



شکل (۲۵-۱)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

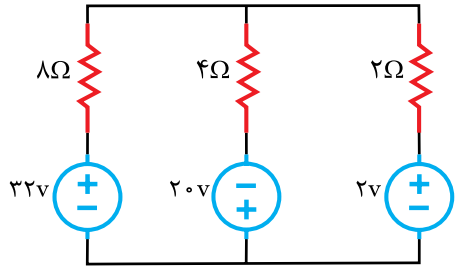
.....

.....

.....

.....

۲- در مدار شکل (۲۶-۱) جریان مقاومت ۸Ω را با روش جریان حلقه بدست آورید.



شکل (۲۶-۱)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

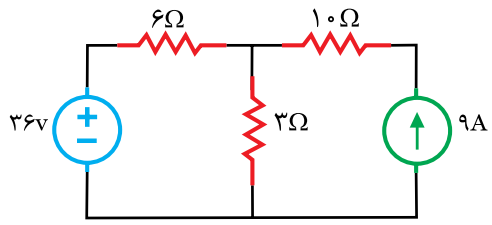
.....

.....

.....

مثال ۶

در شکل (۲۷-۱) مطلوبست توان منبع ۳۶ ولتی.

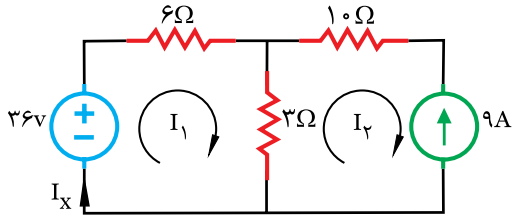


شکل (۲۷-۱)

حل

- برای محاسبه توان منبع ۳۶ ولتی نیاز به جریان داریم. لذا جریان منبع ۳۶ ولتی با I_x مشخص می‌شود.

- حلقه های مدار در جهت حرکت عقربه‌های ساعت تعیین می شود. شکل (۲۸-۱).



شکل (۲۸-۱)

به خاطر داشته باشید

هرگاه از منبع جریان فقط یک حلقه عبور نماید مقدار جریان حلقه با مقدار منبع جریان برابر است.

- حلقه I_2 از منبع جریان ۹ آمپری می‌گذرد پس مقدار آن برابر ۹ آمپر است و چون در خلاف جهت منبع جریان است علامت منفی برای آن لحاظ می‌شود

بنابراین: $I_2 = -9A$

- KVL را به حلقه I_1 اعمال می‌شود.

$$\text{KVL}1 \Rightarrow -36+6I_1+3(I_1-I_2)=0$$

- معادله KVL۱ ساده می‌شود.

$$-36+6I_1+3I_1-3I_2=0$$

- مقدار $I_2=-9A$ جایگزین می‌شود.

$$-36+9I_1-3(-9)=0$$

- معادله ساده می‌شود تا مقدار I_1 بدست آید.

$$9I_1=9 \Longrightarrow I_1=\frac{9}{9}=1A$$

- از محل I_x حلقه I_1 می‌گذرد لذا:

$$I_x=I_1=1A$$

- توان منبع ولتاژ برابر است با:

جریان منبع × ولتاژ = توان منبع

- جریان I_x به پلاریته منفی منبع ولتاژ وارد می‌شود لذا علامت منفی برای آن منظور می‌شود.

$P_{۳۶V} = ۳۶ \times [-(۱)] = -۳۶W$

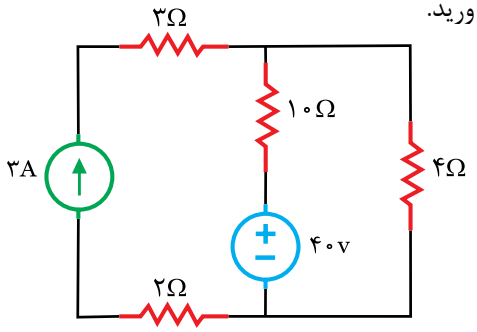
- علامت منفی توان منبع، نشان دهنده این است که این منبع توان تولید می‌کند و دشارژ می‌شود.

به خاطر داشته باشید

هرگاه توان منبع منفی شد یعنی منبع انرژی الکتریکی به مدار تحویل می‌دهد و دشارژ می‌شود. همچنین هرگاه توان منبع مثبت شد یعنی منبع انرژی الکتریکی از مدار تحویل می‌گیرد و شارژ می‌شود.

فعالیت ۵

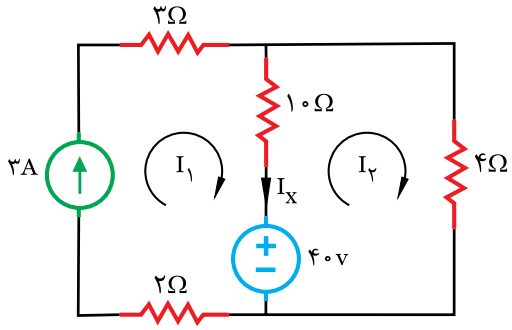
در مدار شکل (۲۹-۱) با روش حلقه توان منبع ولتاژ را بدست آورید.



شکل (۲۹-۱)

حل

- حلقه‌ها را مشخص کنید. شکل (۳۰-۱).



شکل (۳۰-۱)

- برای محاسبه توان منبع ولتاژ به جریان آن نیاز است. لذا جریان منبع را با I_x نشان دهید.
- حلقه I_1 در جهت منبع جریان از آن می‌گذرد لذا علامت مثبت برای آن در نظر بگیرید.

$I_1 = + \ldots\ldots\ldots A$

- KVL را به حلقه I_2 اعمال کنید.

KVL۲ $- \ldots\ldots\ldots + ۱۰(\ldots\ldots\ldots) + \ldots\ldots\ldots = ۰$

- معادله KVL را ساده کنید.

$\ldots\ldots\ldots + ۱۰\ldots\ldots - ۱۰\ldots\ldots + ۴\ldots\ldots = ۰$

- مقدار $I_1 = +۳A$ را جایگزین کنید.

$\ldots\ldots\ldots + \ldots\ldots I_2 - \ldots\ldots (۳) = ۰$

- جریان حلقه I_2 را بدست آورید.

$\ldots\ldots\ldots = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \Longrightarrow I_2 = \frac{۷۰}{۱۴} = ۵A$

- حلقه I_1 در جهت I_x و حلقه I_2 در خلاف جهت I_x است لذا:

$I_x = +I_1 - I_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots = -۲A$

- جریان I_x به پلاریته مثبت منبع ولتاژ وارد می‌شود لذا علامت مثبت برای آن منظور کنید.

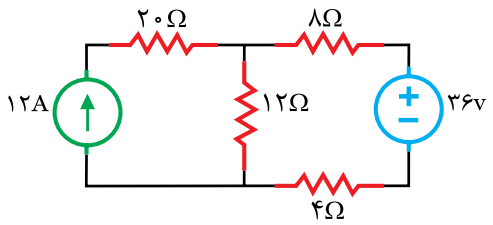
توان منبع $= \ldots\ldots\ldots\ldots \times \ldots\ldots\ldots\ldots$

$P_{۴۰V} = ۴۰ [\ldots\ldots(\ldots\ldots)\ldots\ldots] = +۸۰W$

- علامت مثبت توان منبع، نشان دهنده این است که این منبع توان مصرف می‌کند و شارژ می‌شود.

تمرین

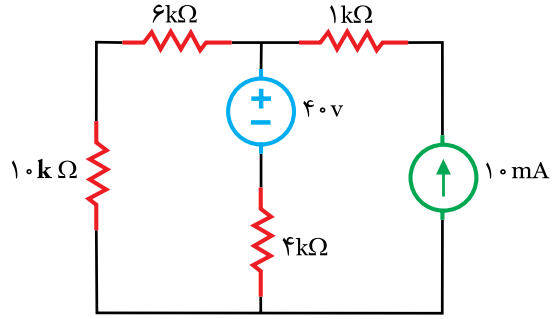
۱- در مدار شکل (۳۱-۱) توان منبع ۳۶V را با روش جریان حلقه بدست آورید.



شکل (۳۱-۱)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

۲- در مدار شکل (۳۲-۱) توان منبع ۴۰V را با روش جریان حلقه بدست آورید.



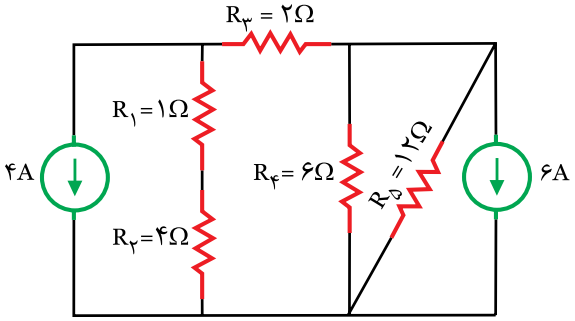
شکل (۳۲-۱)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

۳- مدار شکل (۳۲-۱) را با نرم‌افزار Multisim اجرا نمایید. و با آمپرمتر نرم‌افزار جریان منبع ۴۰V را بدست آورید.

مثال ۷

با روش جریان حلقه، ولتاژ دو سر مقاومت R_3 در شکل (۳۳-۱) چند ولت است.



شکل (۳۳-۱)

حل

- در این مدار با سری کردن مقاومت‌های R_1 و R_2 و موازی کردن مقاومت‌های R_4 و R_5 مدار ساده‌تر می‌شود.

به خاطر داشته باشید

ساده سازی عنصری که هدف محاسبه کمیت‌های الکتریکی آن است، صحیح نیست.

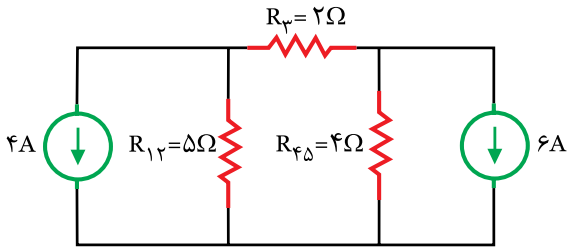
- مقاومت معادل بین مقاومت‌های R_1 و R_2 که سری هستند با R_{12} نشان داده شده است.

$$R_{12}=R_1+R_2=1+4=5\Omega$$

- مقاومت معادل بین مقاومت‌های R_4 و R_5 که موازی هستند با R_{45} نشان داده شده است.

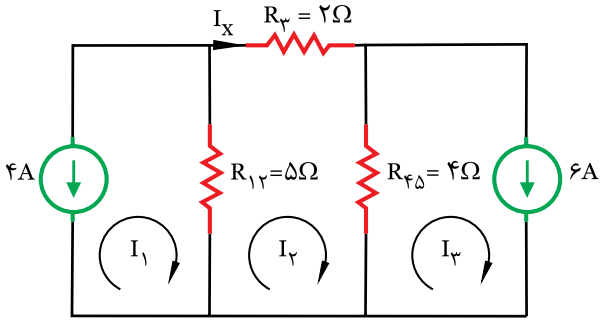
$$R_{45}=\frac{R_4\times R_5}{R_4+R_5}=\frac{6\times 12}{6+12}=4\ \Omega$$

- با جایگزینی مقاومت‌های معادل R_{12} و R_{45} مدار ساده شده بدست می‌آید. شکل (۳۴-۱).



شکل (۳۴-۱)

- برای محاسبه ولتاژ دو سر R_3 نیاز به جریان آن است، لذا جریان آن با I_X نشان داده شده است. شکل (۳۵-۱).



شکل (۳۵-۱)

- حلقه‌های مدار با I_1، I_2 و I_3 مشخص شده است. شکل (۳۵-۱)

- حلقه I_1 در خلاف جهت منبع ۴A است لذا:

$I_1 = -4A$

- حلقه I_3 در جهت منبع ۶A است لذا:

$I_3 = +6A$

- برای محاسبه جریان حلقه I_2 به آن KVL اعمال شده است.

KVL۲ $5(I_2-I_1) + 2I_2+4(I_2-I_3) = 0$

- معادله KVL۲ ساده می‌شود.

$5I_2-5I_1+2I_2+4I_2-4I_3=0$

$-5I_1+11I_2-4I_3=0$

- مقادیر I_1 و I_3 جایگزین می‌شود.

$-5(-4)+11I_2-4(+6)=0$

$20+11I_2-24=0$

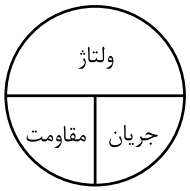
- پس از ساده سازی مقدار I_2 بدست می‌آید:

$11I_2=4 \Rightarrow I_2=\frac{4}{11}=0/36A$

- از محل I_X فقط حلقه I_2 می‌گذرد لذا:

$I_X=I_2=+0/36A$

- ولتاژ دو سر مقاومت R_3 بدست می‌آید.

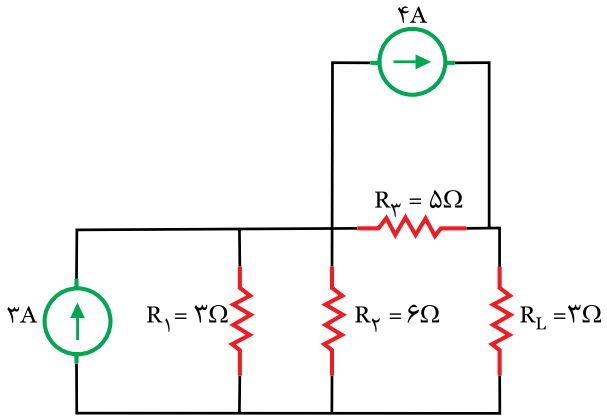


جریان × مقاومت = ولتاژ

$V_{R3}=R_3\times I_X= 2 \times 0/36=0/72\ V$

فعالیت ۶

جریان مقاومت R_L را با روش حلقه در شکل (۳۶-۱) بدست آورید.



شکل (۳۶-۱)

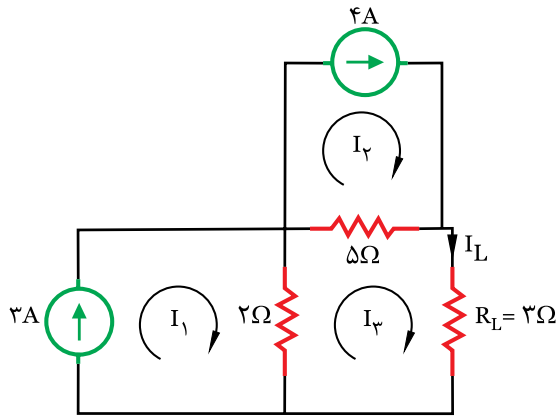
حل

- مقاومت‌های R_1 و R_2 را با هم موازی کنید:

$$R_{12}=\frac{R1 \times .....}{..... + R2}=\frac{..... \times .....}{..... + ...}=2\Omega$$

- مقاومت معادل R_{12} را جایگزین R_1 و R_2 کنید و جریان مقاومت R_L را با I_L نشان دهید.

- حلقه‌های مدار را مشخص کنید. شکل (۳۷-۱).



شکل (۳۷-۱)

- حلقه I_1 در جهت منبع ۳A است لذا مقدار آن:

$I_1=.....$

- حلقه I_2 در جهت منبع ۴A است لذا مقدار آن:

$I_2=.....$

- برای محاسبه جریان حلقه I_3 به آن KVL اعمال کنید:

KVL۳ ۲(.....) + (.....)(I_3 - I_2) +..... =۰

- معادله KVL۱ را ساده کنید:

..... - ..... + ... - ..... + ... =۰

- ..... I_2 - ..... I_2 + ... I_3=۰

- مقادیر I_1 و I_2 را جایگزین کنید:

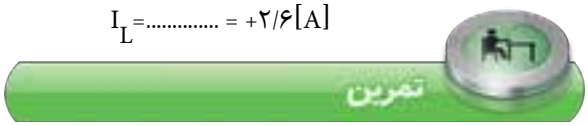
-۲(.....) -۵(.....) +۱۰..... =۰

- I_3 را بدست آورید:

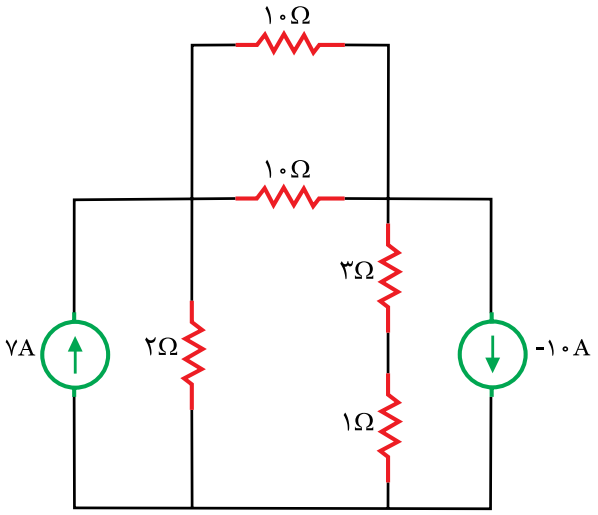
I_3= ..... / ..... = ... =>..... =۲/۶[A]

- از محل I_L حلقه I_3 می‌گذرد لذا:

I_L=..... = +۲/۶[A]



۱- در مدار شکل (۳۸-۱) جریان در مقاومت۲ اهمی را با روش حلقه بدست آورید.



شکل (۳۸-۱)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۲- هرگاه از منبع جریان یک حلقه عبور کند مقدارجریان حلقه برابر جریان منبع است.

صحیح ☐ غلط ☐

۳- توان منفی در منابع بیانگر آن است که منبع شارژ می‌شود و توان الکتریکی مصرف می‌کند.

صحیح ☐ غلط ☐

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

آزمون

۱- عناصر فعال و غیرفعال را تعریف کنید؟

۲- منابع ولتاژ و جریان واقعی را تعریف کنید؟

۳- منابع جریان و ولتاژ ایده‌آل را تعریف کنید؟

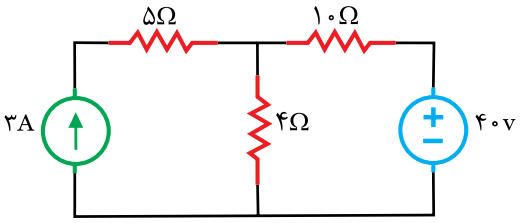
۴- قانون ولتاژهای کیرشهف را تعریف کنید؟

۵- در مدار شکل (۳۹-۱) و به کمک روش جریان حلقه مطلوبست:

الف- توان منبع ولتاژ

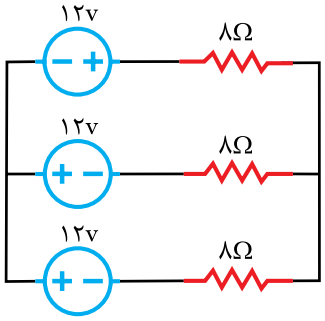
ب- نوع توان منبع ولتاژ

(نهایی خرداد ۸۷)



شکل (۳۹-۱)

۶- با استفاده از روش جریان حلقه، توان منبع ۲۴ولتی را در شکل (۴۰-۱) محاسبه کنید. (نهایی دیماه ۱۳۸۸)



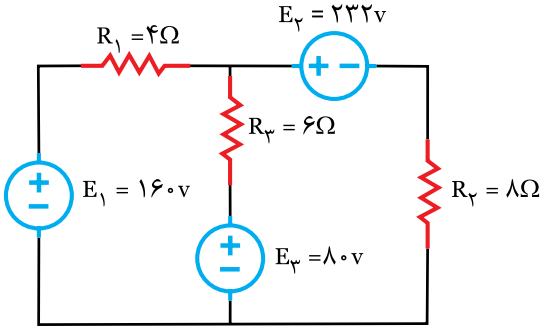
شکل (۴۰-۱)

۷- در مدار شکل (۴۱-۱) با استفاده از روش جریان حلقه مطلوبست:

الف- جریان در مقاومت $R_۱$

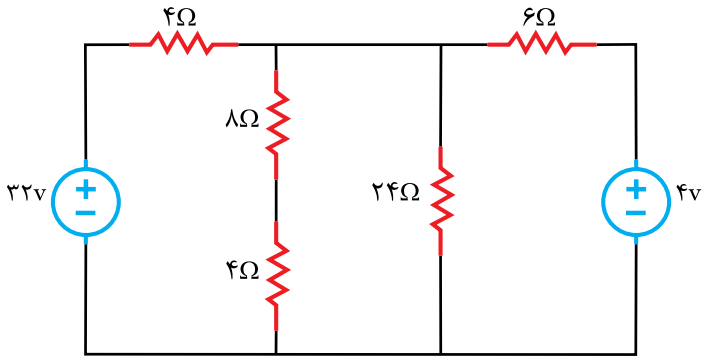
ب- توان در منبع $E_۳$

(نهایی خرداد ۸۳)



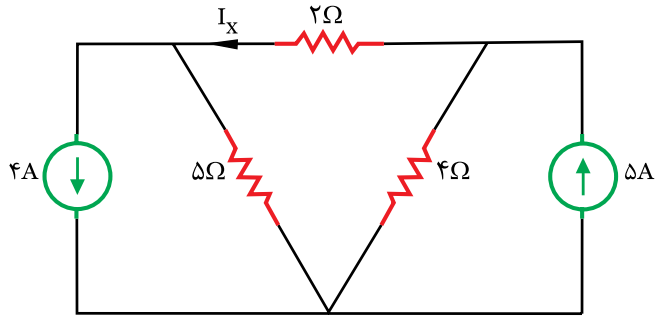
شکل (۴۱-۱)

۸- توان در هر یک از منابع ولتاژ شکل (۴۲-۱) را به روش حلقه بدست آورید.
(نهایی دیماه ۱۳۸۴)



شکل (۴۲-۱)

۹- جریان I_X شکل (۴۳-۱) را با روش حلقه بدست آورید.



شکل (۴۳-۱)

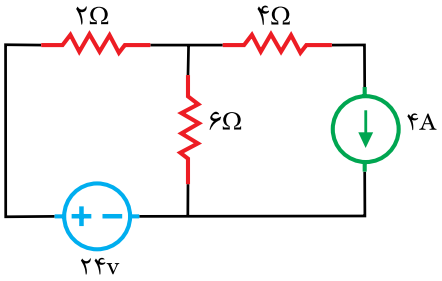
۱۰- در مدار الکتریکی شکل (۴۴-۱) توان مقاومت ۲ اهمی چند وات است؟

الف) ۲

ب) ۱۸

ج) ۳۲

د) ۷۲



شکل (۴۴-۱)

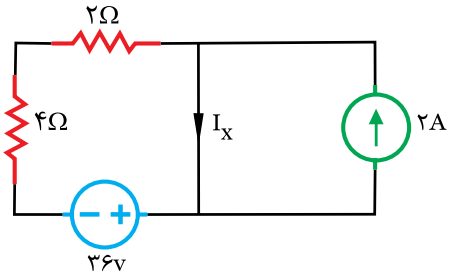
۱۱- در مدار شکل (۴۵-۱) I_x چند آمپر است؟

الف) ۲

ب) ۴-

ج) ۶-

د) ۸



شکل (۴۵-۱)

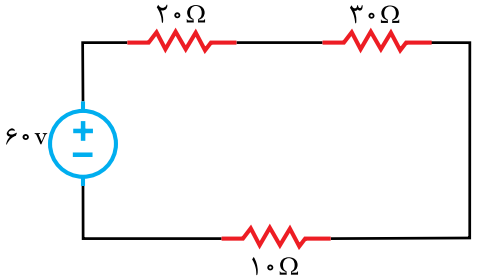
۱۲- در مدار الکتریکی شکل (۴۶-۱) توان مصرفی در مقاومت ۱۰ Ω چند وات است؟

الف) ۱۰

ب) ۶۰

ج) ۱۰۰

د) ۶۰۰



شکل (۴۶-۱)

خلاصه درس

۴-۱- تحلیل مدارهای الکتریکی به روش پتانسیل گره

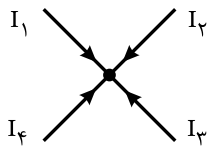
تحلیل مدارهای الکتریکی با روش پتانسیل گره[۱] بر قانون جریان‌های کیرشهف[۲] KCL استوار است.

قانون جریان کیرشهف:

جمع جبری جریان‌ها در یک گره برابر صفر است.

گره A با چهار شاخه حامل جریان در شکل (۴۷-۱) نشان داده شده است. با اعمال قانون KCL جریان‌های کیرشهف به گره A رابطه KCL نوشته می‌شود. در این رابطه، جریان‌هایی که به گره وارد می‌شوند مثبت و جریان‌های خارج شده از گره منفی در نظر گرفته شده‌اند.

KCLA $+I_1-I_2+I_3-I_4=0$

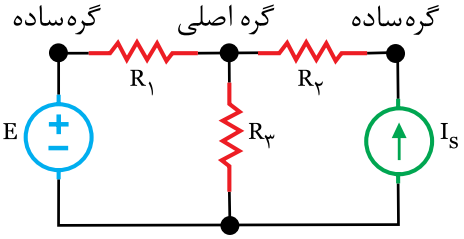


شکل (۴۷-۱)

اگر چنانچه در نوشتن رابطه KCL جریان‌هایی که به گره وارد می‌شوند منفی اختیار شد باید جریان‌هایی که از گره خارج می‌شوند مثبت در نظر گرفته شوند. لذا در این صورت رابطه KCL برای شکل (۴۷-۱) خواهد شد:

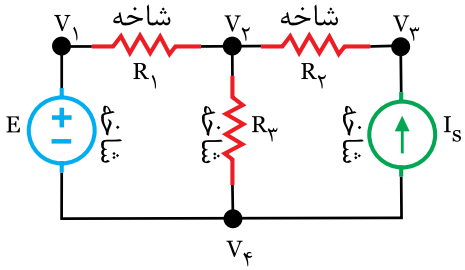
KCLA $-I_1+I_2-I_3+I_4=0$

در هر شبکه الکتریکی محل اتصال بیش از دو شاخه از مدار را «گره اصلی[۳]» یا «نقطه انشعاب» می‌نامند و محل اتصال دو شاخه از مدار را «گره ساده[۴]» تعریف می‌کنند. در مدار شکل (۴۸-۱) گره‌های اصلی و ساده نشان داده شده است.



شکل (۴۸-۱)

فاصله بین دو گره که عناصر فعال یا غیرفعال قرار دارد را «شاخه[۵]» گویند. در مدار شکل (۴۹-۱) شاخه‌های مدار مشخص شده است.

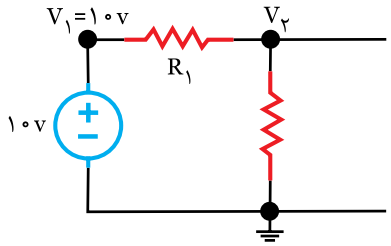


شکل (۴۹-۱)

از بین گره‌های مدار یکی بعنوان گره مبنا انتخاب می‌شود. با زمین کردن گره مبنا پتانسیل آن صفر می‌شود.

مراحل حل مدار به روش پتانسیل گره عبارت است از:

- مدار را تا حد ممکن ساده کنید مشروط بر اینکه مجهول مدار حذف نشود.
- گره‌های اصلی و ساده را مشخص کنید و آن‌ها را نام‌گذاری نمایید.
- یکی از گره‌های اصلی را به عنوان گره مبنا انتخاب کنید و با زمین کردن آن، پتانسیل گره مبنا را صفر فرض نمایید.
- برای شاخه‌های متصل به هر گره اصلی جهت جریان انتخاب کنید و آن‌ها را نام‌گذاری نمایید.
- پتانسیل گره‌هایی که نسبت به گره مبنا معلوم است را در کنار آن‌ها بنویسید. شکل (۵۰-۱).



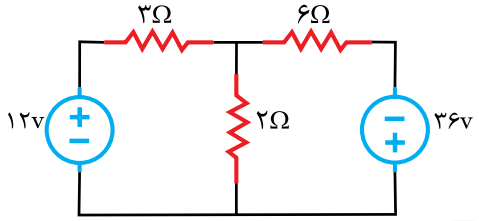
شکل (۵۰-۱)

- برای گره‌هایی با پتانسیل مجهول رابطه KCL بنویسید.
- برای مدار با n گره اصلی، n-۱ رابطه KCL بنویسید.
- روابط KCL را در یک دستگاه قرار دهید و با حل آن‌ها پتانسیل گره‌ها را بدست آورید.
- با معلوم بودن پتانسیل گره‌ها جریان هر شاخه را به کمک قانون اهم محاسبه نمایید.

۱. Node
۲. Kirchhoff's Current Law
۳. Principle Node
۴. Simple Node
۵. Branch

مثال ۸

با روش پتانسیل گره جریان مقاومت ۲ Ω در شکل (۱-۵۱) چند آمپر است.

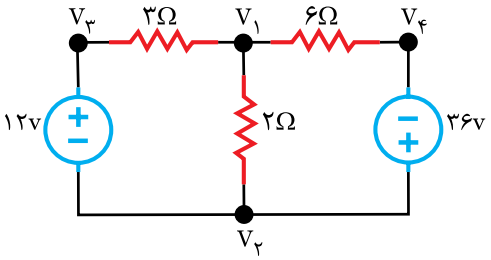


شکل (۱-۵۱)

حل

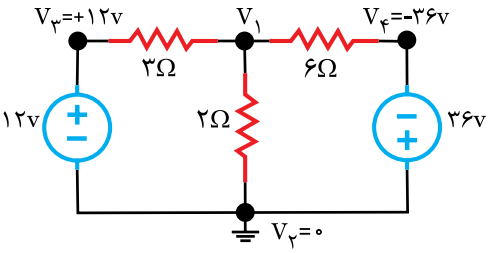
- در مدار مقاومت سری یا موازی وجود ندارد لذا مدار تا حد ممکن ساده است.

- گره‌های اصلی مدار با V_1 ، V_2 و گره‌های ساده با V_3 و V_4 نشان داده شده است.شکل (۱-۵۲).



شکل (۱-۵۲)

- گره V_2 به عنوان گره مبنا انتخاب شده است لذا پتانسیل آن صفر می‌شود. پتانسیل گره‌های ساده نسبت به گره مبنا تعیین می‌شود. شکل (۱-۵۳).



شکل (۱-۵۳)

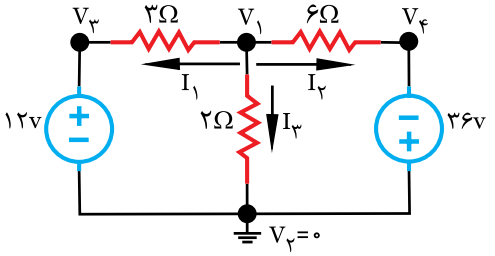
- گره V_3 به پلاریته مثبت منبع ۱۲ ولتی متصل است لذا پتانسیل آن نسبت به گره مبنا برابر است با:

$V_3 = +12[V]$

- گره V_4 به پلاریته منفی منبع ۳۶ ولتی متصل است لذا پتانسیل آن نسبت به گره مبنا برابر است با:

$V_4 = -36[V]$

- پتانسیل گره V_1 مجهول است فرض می‌شود جریان شاخه‌های متصل به گره V_1 از آن خارج می‌شوند. شکل (۱-۵۴).



شکل (۱-۵۴)

- برای گره V_1 رابطه KCL نوشته می‌شود. در رابطه KCL جریان‌هایی که از گره V_1 خارج می‌شوند با علامت مثبت اختیار شده‌اند.

- مقادیر جریان‌های I_1، I_2 و I_3 با قانون اهم بدست می‌آید.

KCL۱ $+I_1+I_2+I_3=0$

- جریان I_1 از گره V_1 به گره V_3 می‌رود لذا:

$$I_1=\frac{V_1-V_3}{3}$$

- جریان I_2 از گره V_1 به گره V_4 می‌رود لذا:

$$I_2=\frac{V_1-V_4}{6}$$

- جریان I_3 از گره V_1 به گره V_2 می‌رود لذا:

$$I_3=\frac{V_1-V_2}{2}$$

- مقادیر جریان‌های I_1، I_2 و I_3 در رابطه KCL قرار داده می‌شوند.

KCL۱ $+\frac{V_1-V_3}{3}+\frac{V_1-V_4}{6}+\frac{V_1-V_2}{2}=0$

- مقادیر V_2، V_3 و V_4 جایگزین می‌شود.

KCL۱ $+\frac{V_1-12}{3}+\frac{V_1-(-36)}{6}+\frac{V_1-0}{2}=0$

- با گرفتن مخرج مشترک معادله KCL۱ حل می‌شود.

KCL۱ $\frac{-2V_1+24-36-V_1-3V_1}{6}=0$

- هرکسری که مساوی صفر باشد صورت آن مساوی صفر است.

$-2V_1+24-36-V_1-3V_1=0$

- معادله ساده می‌شود و سپس حل خواهد شد تا پتانسیل V_1 بدست آید.

$$-6V_1-12=0$$

$$-6V_1=12$$

$$V_1=\frac{12}{-6}=-2\ [V]$$

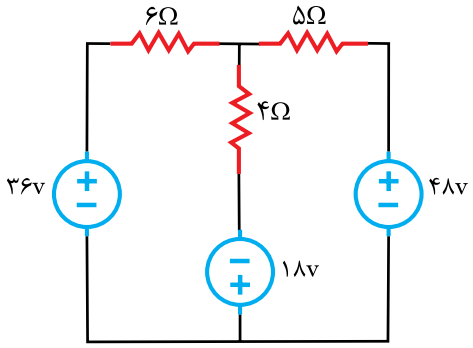
- جریان مقاومت۲Ωبا I_3 نشان داده شده است با معلوم شدن پتانسیل‌های دو سر آن V_1 و V_2 به کمک قانون اهم I_3 بدست می‌آید.

$$I_3=\frac{V_1-V_2}{2}=\frac{12}{-6}=-1[A]$$

- علامت منفی جریان بیانگر این است که جهت جریان در مقاومت ۲ Ω برخلاف جهت I_3 است.

فعالیت ۷

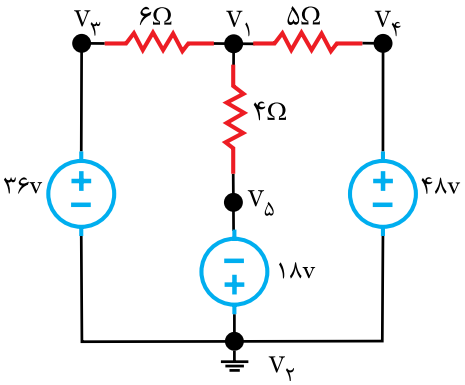
در مدار شکل (۱-۵۵) با روش پتانسیل گره توان مقاومت ۵ Ω چند وات است.



شکل (۱-۵۵)

- در مدار مقاومت سری یا موازی وجود ندارد لذا مدار تا حد ممکن ساده است.

- گره‌های اصلی مدار را با V_1 و V_2 و گره‌های ساده را با V_3، V_4 و V_5 نشان دهید. شکل (۱-۵۶).



شکل (۱-۵۶)

- گره V_2 را به عنوان گره مبنا انتخاب کنید و پتانسیل گره‌های ساده را نسبت به آن تعیین کنید.

V_2=.....

- گره V_3 به پلاریته مثبت منبع ۳۶ ولتی متصل است بن ابراین:

$V_3=+36\ v$

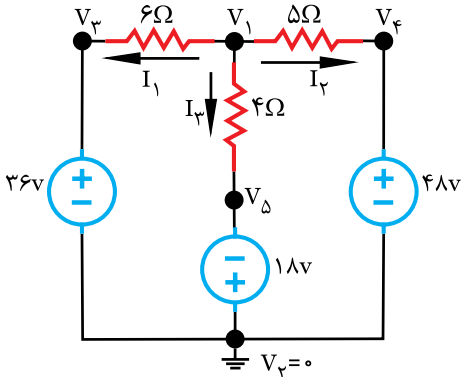
- گره V_4 به پلاریته مثبت منبع ۴۸ ولتی متصل است بنا براین:

V_4=.....

- گره V_5 به پلاریته مثبت منبع ۱۸ ولتی متصل است بنا براین:

V_5=.....

- پتانسیل گره V_1 مجهول است. جهت جریان شاخه‌های آن را انتخاب کنید. شکل (۱-۵۷). برای آن KCL بنویسید.



شکل (۱-۵۷)

$$\boxed{KCL1}\ +I_1+I_2+I_3=0$$

- مقادیر جریان‌های I_1، I_2 و I_3 را با قانون اهم بدست آورید.

$$I_1=\frac{V_1-\ldots}{\ldots}$$

$$I_2=\frac{\ldots-V_4}{\ldots}$$

$$I_3=\frac{\ldots-\ldots}{4}$$

- مقادیر جریان‌های I_1، I_2 و I_3 را در رابطه KCL قرار دهید.

$$\boxed{KCL1}\ +\frac{V_1-V_3}{6}+\frac{V_1-V_4}{5}+\frac{V_1-V_5}{4}=0$$

- مقادیر V_3، V_4 و V_5 را در رابطه KCL۱ جایگزین کنید و با حل آن پتانسیل V_1 را بدست آورید.

$$\boxed{KCL1}\ +\frac{V_1-36}{6}+\frac{V_1-\ldots}{5}+\frac{\ldots-(-18)}{4}=0$$

- مخرج مشترک بگیرید تا معادله KCL۱ حل شود.

$$\text{KCL۱} \Rightarrow \frac{۱۰V_۱ - ۳۶۰ + ۱۲\ldots\ldots - ۵۷۶ + ۱۵V_۱ + \ldots\ldots}{۶۰} = ۰$$

- صورت کسر را مساوی صفر قرار دهید.

$$۱۰V_۱ - ۳۶۰ + ۱۲V_۱ - ۵۷۶ + ۱۵V_۱ + ۲۷۰ = ۰$$

- معادله را ساده کنید و با حل آن $V_۱$ را بدست آورید.

$$۳۷\,V_۱ - ۶۶۶ = ۰$$

$$۳۷\,V_۱ = ۶۶۶$$

$$V_۱ = \frac{۶۶۶}{۳۷} = ۱۸\ [v]$$

- از مقاومت ۵ Ω جریان $I_۲$ عبور می‌کند آن را با قانون اهم محاسبه کنید.

$$I_۲ = \frac{\ldots\ldots - V_۴}{\ldots\ldots}$$

$$I_۲ = \frac{\ldots\ldots - \ldots\ldots}{۵} = -۶[A]$$

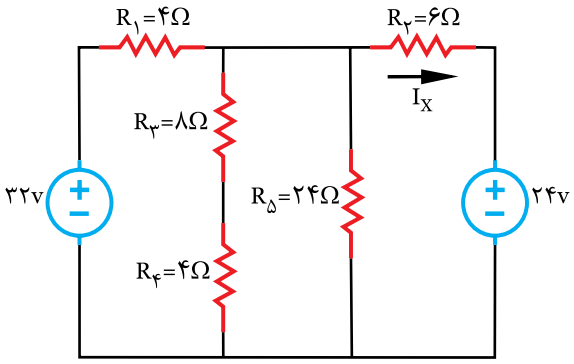
- توان مقاومت ۵ Ω را محاسبه کنید.

$$P = RI^۲$$

$$P_{۵\Omega} = \ldots\ldots \times (\ldots\ldots)^۲ = ۱۸۰\ [w]$$

فعالیت ۸

در مدار شکل (۵۸-۱) با روش پتانسیل گره جریان I_X را بدست آورید.



شکل (۵۸-۱)

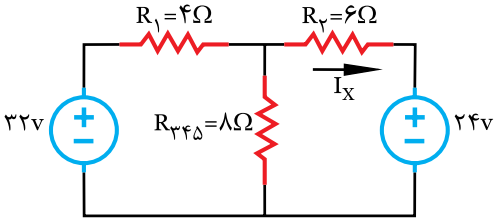
حل

- مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ با یکدیگر سری و معادل آن‌ها $R_{۳۴}$ با $R_۵$ موازی است. لذا مدار ساده می‌شود.

$$R_{۳۴} = R_۳ + R_۴ = \ldots\ldots + \ldots\ldots = ۱۲\Omega$$

$$R_{۳۴۵} = \frac{R_{۳۴} \times R_۵}{R_{۳۴} + R_۵} = \frac{\ldots\ldots \times \ldots\ldots}{\ldots\ldots + \ldots\ldots} = ۸\Omega$$

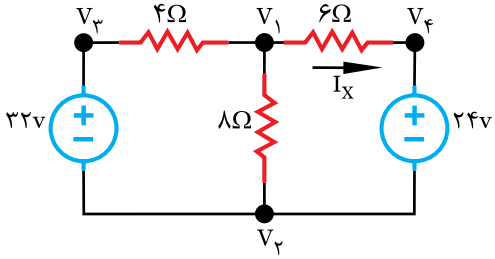
- مدار ساده شده را رسم کنید. شکل (۵۹-۱).



شکل (۵۹-۱)

- گره‌های اصلی و ساده مدار را تعیین کنید.

شکل (۶۰-۱)



شکل (۶۰-۱).

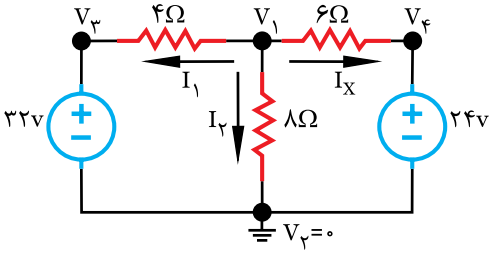
- I_x جریان شاخه میان گره‌های ۱ و ۴ می‌باشد.
- گره $V_۲$ را به عنوان گره مبنا انتخاب کنید و پتانسیل گره‌های ساده را نسبت به آن پیدا کنید.

$V_۲$=.....

$V_۳$=.....

$V_۴$=.....

- پتانسیل گره $V_۱$ مجهول است. جهت جریان شاخه‌های آن را انتخاب کنید. شکل (۶۱-۱) برای آن KCL بنویسید.



شکل (۶۱-۱)

- جریان‌های I_1، I_2 و I_x از گره V_1 خارج می‌شوند لذا برای آن‌ها علامت مثبت در نظر بگیرید.

KCL۱ $\Rightarrow +I_1+I_2+I_x=0$

- مقادیر جریان‌های I_1، I_2 و I_x را با قانون اهم بدست آورید.

$$I_1=\frac{V_1-\dots}{4}$$

$$I_2=\frac{V_1-\dots}{\dots}$$

$$I_x=\frac{\dots-\dots}{\dots}$$

- مقادیر جریان‌های I_1، I_2 و I_x را در رابطه KCL۱ قرار دهید.

KCL۱ $\Rightarrow +\frac{V_1-V_3}{4}+\frac{V_1-V_2}{8}+\frac{V_1-V_4}{6}=0$

- مقادیر V_2، V_3 و V_4 را جایگزین کنید.

KCL۱ $\Rightarrow +\frac{V_1-32}{6}+\frac{\dots-\dots}{\dots}+\frac{\dots-\dots}{\dots}=0$

- مخرج مشترک بگیرید.

$$\frac{\dots}{24}=0$$

- صورت کسر را مساوی صفر قرار دهید.

$$6V_1-192+3V_1+4V_1+96=0$$

- پتانسیل V_1 را محاسبه کنید.

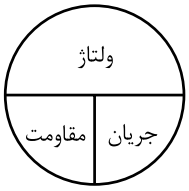
$$-\dots V_1+\dots=0$$

$$V_1=\frac{+288}{+13}=22/15\ [v]$$

- جریان I_x از گره V_1 به گره V_4 می‌رسد آن را با قانون اهم محاسبه کنید.

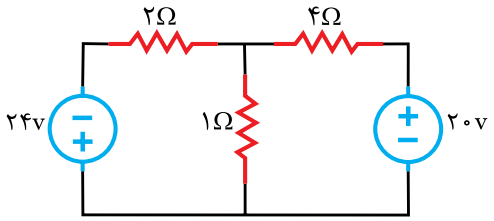
$$I_x=\frac{\dots-\dots}{\dots}$$

$$I_x=\frac{22/15-24}{6}=-0/3\ [A]$$



تمرین

۱- با روش پتانسیل گره توان مقاومت ۴Ω را مدار شکل (۱-۶۲) حساب کنید.



شکل (۱-۶۲)

.....

.....

.....

.....

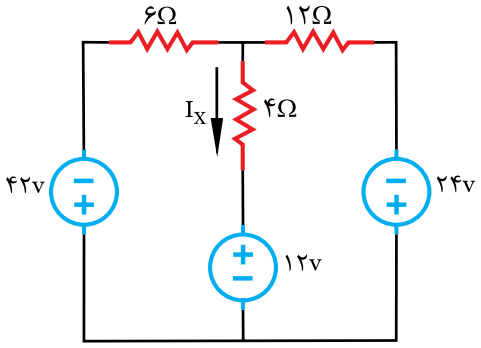
.....

.....

.....

.....

۲- با استفاده از روش پتانسیل گره جریان I_X را در شکل (۱-۶۳) حساب کنید.



شکل (۱-۶۳)

.....

.....

.....

.....

.....

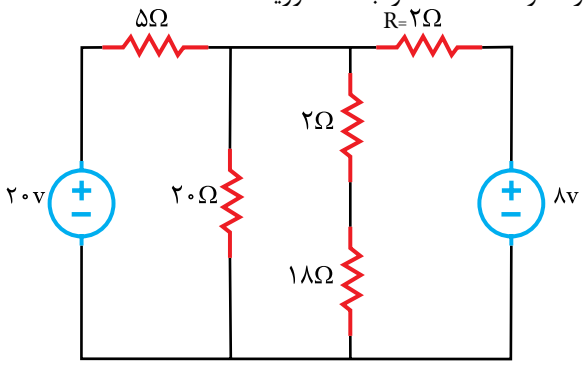
.....

.....

.....

.....

۳- در مدار شکل (۶۴-۱) با روش پتانسیل گره ولتاژ دو سر مقاومت R=۲Ω را بدست آورید.



شکل (۶۴-۱)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

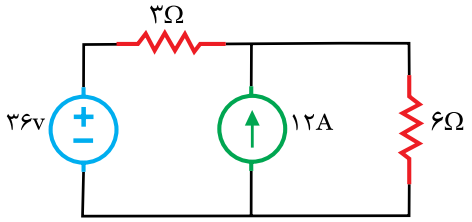
.....

.....

۴- مدار شکل (۶۴-۱) را با نرم افزار Multisim اجرا نمایید.

مثال ۹

در مدار شکل (۶۵-۱) توان منبع ۳۶V را با روش پتانسیل گره بدست آورید.



شکل (۶۵-۱)

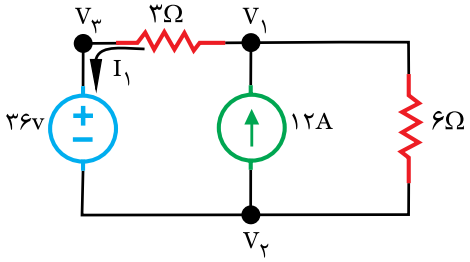
حل

- برای محاسبه توان منبع به جریان آن نیاز است زیرا:

جریان منبع × ولتاژ منبع = توان منبع

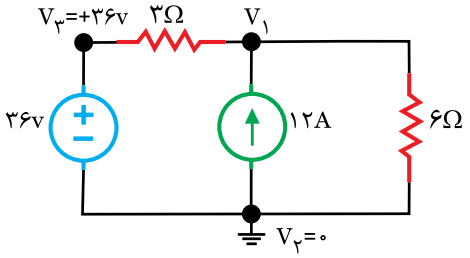
- لذا جریان منبع را با I_1 نشان می‌دهیم و به محاسبه آن می‌پردازیم.

- گره‌های اصلی مدار با V_1 و V_2 و گره ساده با V_3 نشان داده شده است. شکل (۶۶-۱).



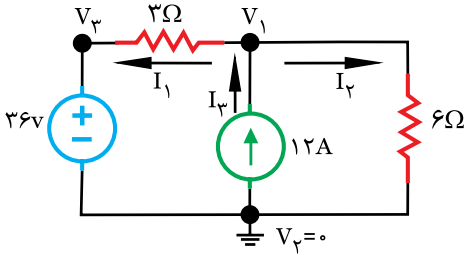
شکل (۶۶-۱)

- گره V_2 به عنوان گره مبنا انتخاب می‌شود لذا پتانسیل آن صفر خواهد بود و پتانسیل گره ساده V_3 نسبت به آن تعیین خواهد شد. شکل (۶۷-۱).



شکل (۶۷-۱)

- پتانسیل گره V_1 مجهول است. I_3 در جهت منبع جریان نشان داده شده است و جریان‌های I_2 و I_1 از گره V_1 به سمت خارج مشخص می‌شوند. شکل (۶۸-۱).



شکل (۶۸-۱)

به خاطر داشته باشید

بهتر است جهت جریان شاخه‌هایی که منبع جریان دارند در جهت منبع جریان انتخاب شوند.

- پتانسیل گره V_1 مجهول است برای آن رابطه KCL نوشته می‌شود. در رابطه KCL جریان‌هایی که به گره وارد می‌شوند با علامت منفی و آن‌هایی که از گره خارج می‌شوند با علامت مثبت اختیار می‌شود.

$$KCL1 \Rightarrow +I_1+I_2-I_3=0$$

- مقادیر جریان‌های I_1 و I_2 با قانون اهم بدست می‌آید.

$$I_1=\frac{V_1-V_3}{3}$$

$$I_2=\frac{V_1-V_2}{6}$$

- مقدار جریان I_3 که در جهت منبع جریان از آن عبور می‌کند برابر مقدار جریان منبع است.

$$I_3=+12\ [A]$$

- مقادیر جریان‌های I_1،I_2 و I_3 در رابطه KCL1 قرار داده می‌شود.

$$KCL1 \Rightarrow +\frac{V_1-V_3}{3}+\frac{V_1-V_2}{6}-12=0$$

- مقادیر V_2 و V_3 جایگزین می‌شود.

$$KCL1 \Rightarrow \frac{V_1-36}{3}+\frac{V_1-0}{6}-12=0$$

- مخرج مشترک گرفته می‌شود.

$$\frac{2V_1-72+V_1-72}{6}=0$$

- کسری که مساوی صفر است یعنی صورت آن مساوی صفر خواهد بود.

$$-72+2V_1+V_1-72=0$$

- معادله ساده می‌شود تا با حل آن پتانسیل V_1 بدست آید.

$$+3V_1-144=0$$

$$+3V_1=144$$

$$V_1=\frac{+144}{+3}=48[V]$$

- برای محاسبه توان منبع ۳۶ ولتی نیاز به جریان I_1 است لذا I_1محاسبه می‌شود. I_1 میان دو گره V_3 و V_1 جاری است رابطه آن از قانون اهم بدست می‌آید.

$$I_1=\frac{V_1-V_3}{3}$$

- مقادیر V_1 و V_3 جایگزین می‌شود تا مقدار I_1 بدست آید.

$$I_1=\frac{48-36}{3}=4[A]$$

- توان منبع برابر است با:

توان منبع = ولتاژ × جریان منبع

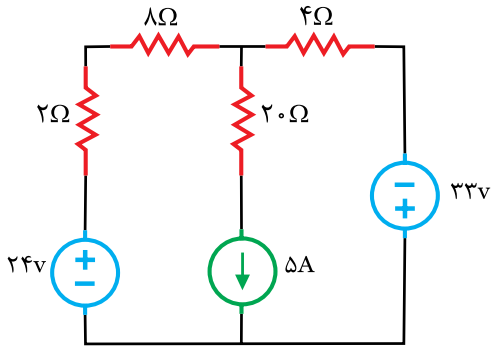
- جریان I_1 از پلاریته مثبت وارد منبع ۳۶ ولتی می‌شود لذا علامت مثبت در محاسبه توان منبع برای آن منظور می‌شود.

$$P_{36V}=36\times[+(4)]=144\ [w]$$

- توان منبع ۳۶V مثبت شده است. این منبع مصرف کننده است.

فعالیت ۹

در مدار شکل (۶۹-۱) با روش پتانسیل گره ولتاژ دو سر مقاومت ۴ Ω را بدست آورید.



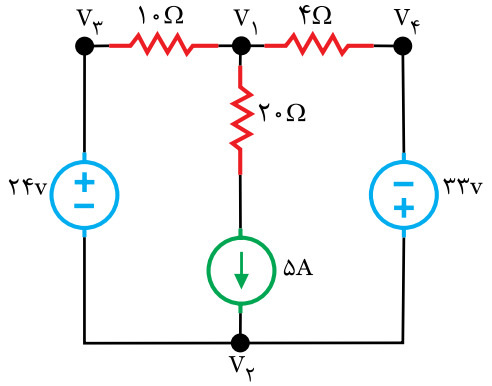
شکل (۶۹-۱)

حل

- مقاومت ۸ و ۲ اهمی با هم سری هستند. معادل آن‌ها را قرار دهید.

$$R_t=8+2=10\ \Omega$$

- گره‌های اصلی مدار را با V_1 و V_2 و گره‌های ساده را با V_3 و V_4 نشان دهید. شکل (۷۰-۱).



شکل (۷۰-۱)

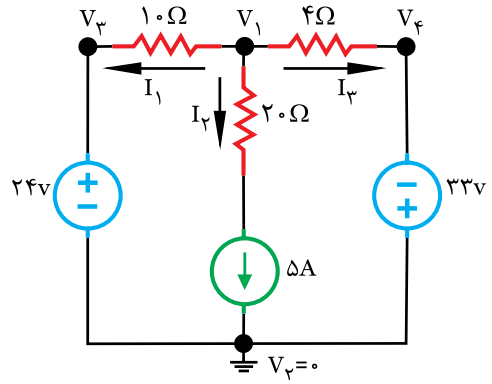
- گره V_2 را به عنوان گره مبنا انتخاب کنید و پتانسیل گره‌های ساده V_4 و V_3 را نسبت به آن تعیین کنید.

$V_2=$ .....

$V_3=$ .....

$V_4=$ .....

- پتانسیل گره V_1 مجهول است جهت جـریان شاخه‌های آن را انتخاب کنید. شکل (۷۱-۱).



شکل (۷۱-۱)

- برای گره V_1 رابطه KCL بنویسید.

KCL۱ ⇒ +.....+.....+.....=۰

- مقادیر جریان‌های I_1 و I_3 را با قانون اهم بدست آورید.

$I_1=\dfrac{V_1-\text{.....}}{\text{.....}}$

$I_3=\dfrac{\text{.....}-V_4}{\text{.....}}$

- I_2 در جهت منبع جریان از آن عبور می‌کند، مقدار I_2 برابر است با:

$I_2=+5\ [A]$

- مقادیر جریان‌های I_1، I_2 و I_3 را در رابطه KCL۱ قرار دهید.

KCL۱ ⇒ $+\dfrac{V_1-V_3}{10}+5+\dfrac{V_1-V_4}{4}=0$

- مقادیر V_3 و V_4 را جایگزین کنید.

KCL۱ ⇒ $+\dfrac{\text{.....}-\text{.....}}{10}-5+\dfrac{\text{.....}-\text{.....}}{4}=0$

- مخرج مشترک بگیرید.

$\dfrac{\text{.....}-\text{.....}+\text{.....}+\text{.....}+\text{.....}}{20}=0$

- صورت کسر را مساوی صفر قرار دهید.

$\text{.....}-\text{.....}-\text{.....}+\text{.....}-\text{.....}=0$

- ساده کنید.

$+7V_1+217=0$

- مقدار V_1 را بدست آورید.

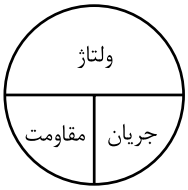
$V_1=\dfrac{\text{.....}}{\text{.....}}=-31\ [V]$

- از مقاومت ۴ Ω جریان I_3 می‌گذرد آن را با قانون اهم بدست آورید.

$I_3=\dfrac{V_1-\text{.....}}{\text{.....}}$

$I_3=\dfrac{\text{.....}-(-33)}{\text{.....}}=+0/5\ [A]$

- ولتاژ دو سر مقاومت ۴ Ω را با قانون اهم بدست آورید.

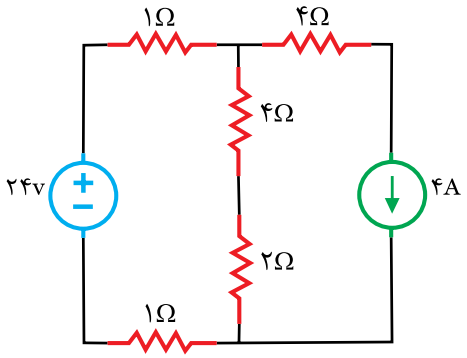


ولتاژ = ... × .....

$V_{4\Omega}=$ ..... × ..... = ۲ [V]

تمرین

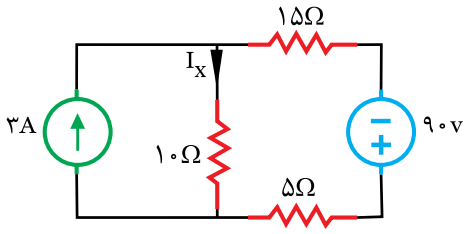
۱- در مدار شکل (۷۲-۱) توان منبع ۲۴V را با روش پتانسیل گره بدست آورید.



شکل (۷۲-۱)

حل

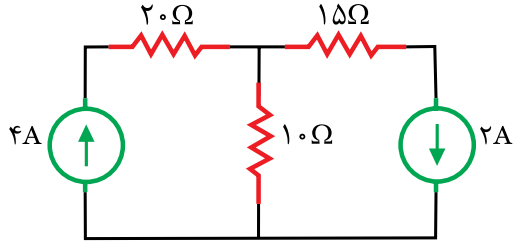
۲- در مدار شکل (۷۳-۱) جریان I_X را با روش پتانسیل گره بدست آورید.



شکل (۷۳-۱)

حل

۳- در مدار شکل(۷۴-۱) توان مقاومت ۱۰Ω را با روش پتانسیل گره بدست آورید.



شکل (۷۴-۱)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

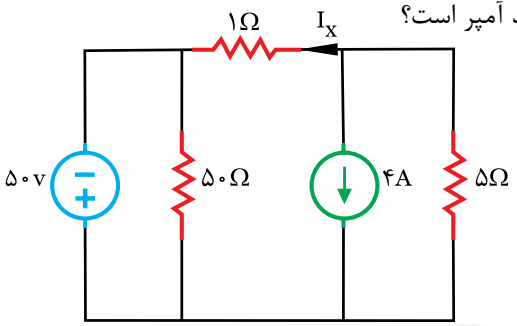
.....

.....

.....

مثال ۱۰

با روش پتانسیل گره، جریان I_x در مدار شکل (۷۵-۱) چند آمپر است؟

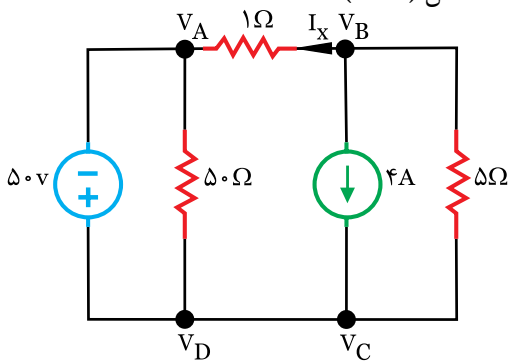


شکل (۷۵-۱)

حل

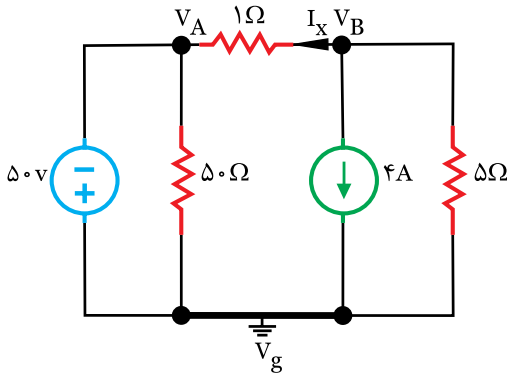
- در مدار مقاومت‌های سری یا موازی وجود ندارد لذا مدار تا حد ممکن ساده است.

-گره‌های اصلی مدار با V_C، V_B، V_A و V_D نشان داده شده است. شکل (۷۶-۱).



شکل (۷۶-۱)

- در شاخه میان گره‌های V_CوV_D عنصر مقاومتی وجود ندارد لذا این دو گره با یکدیگر اختلاف پتانسیل ندارد و این دو گره در واقع یک گره محسوب می‌شوند. آن‌ها V_g نام‌گذاری شده‌اند. شکل (۷۷-۱).



شکل (۷۷-۱)

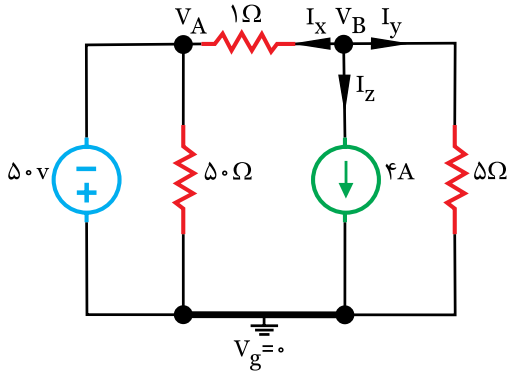
- گره V_g به عنوان گره مبنا انتخاب می‌شود لـذا پتانسیل آن صفر خواهد بود.

$V_g = ۰$

- پتانسیل گره V_A که به پلاریته منفی منبع ولتاژ متصل است نسبت به گره مبنا برابر است با:

$V_A = -۵۰[V]$

- پتانسیل گره V_B مجهول است جریان شاخه‌های آن در جهت دلخواه انتخاب می‌شود. شکل (۱-۷۸)



شکل (۱-۷۸)

- بـرای گـره V_B رابـطـه KCL نـوشـته می‌شـود. جـریان‌ها از گره خارج می‌شوند برای آن‌ها علامت مثبت منظور شده است.

KCLB $\Rightarrow +I_x+I_y+I_z=۰$

- مقدار جـریان‌های I_x و I_y با قـانون اهم بـدست می‌آید.

$$I_x = \frac{V_B-V_A}{۱}$$

$$I_y = \frac{V_B-V_g}{۵}$$

- مقدار جریان I_z که در جهت منبع جریان از آن می‌گذرد برابر است با:

$I_z = +۴\ [A]$

- مقادیر جریان‌های I_x، I_y و I_z در رابطه KCLB قرار داده می‌شود.

KCLB $\Rightarrow +\frac{V_B-V_A}{۱}+\frac{V_B-V_g}{۵}+۴=۰$

- مقادیر V_A و V_g جایگزین می‌شود.

KCLB $\Rightarrow \frac{V_B-(-۵۰)}{۱}+\frac{V_B-۰}{۵}+۴=۰$

- مخرج مشترک گرفته می‌شود.

$$\frac{۵V_g+۲۵۰+V_B-۲۰}{۵}=۰$$

- کـسری که مساوی صـفر باشد یعنی صـورت آن مساوی صفر می‌باشد.

$۵V_g+۲۵۰+V_B-۲۰=۰$

- معـادله سـاده می‌شود و با حـل آن پتانسیل V_B بدست می‌آید.

$۶V_B+۲۷۰=۰$

$۶V_B=-۲۷۰$

$$V_B=\frac{-۲۷۰}{۶}=-۴۵[V]$$

- I_x بین دو گره V_B و V_A جاری است با قانون اهم رابطه آن بدست می‌آید.

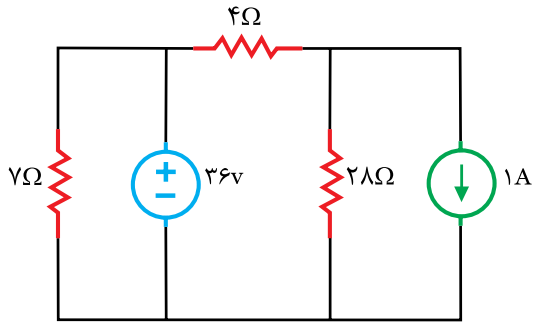
$$I_x=\frac{V_B-V_A}{۱}$$

$$I_x=\frac{-۴۵-(-۵۰)}{۱}$$

$$I_x=\frac{-۴۵-(-۵۰)}{۱}=۵[A]$$

فعالیت ۱۰

با روش پتانسیل گره توان مقاومت ۲۸Ω را در شکل (۱-۷۹) بدست آورید.

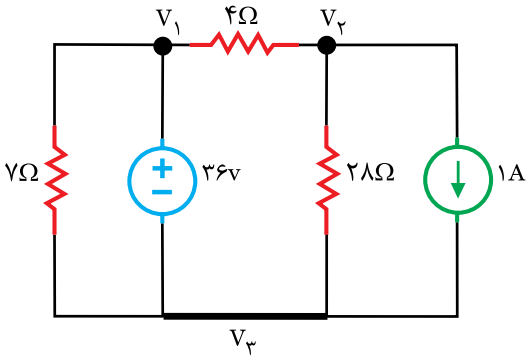


شکل (۱-۷۹)

حل

- برای محاسبه توان در مقاومت ۲۸Ω به جریـان آن نیاز است.

- گره‌های اصلی مدار را مشخص کنید. شکل(۱-۸۰)



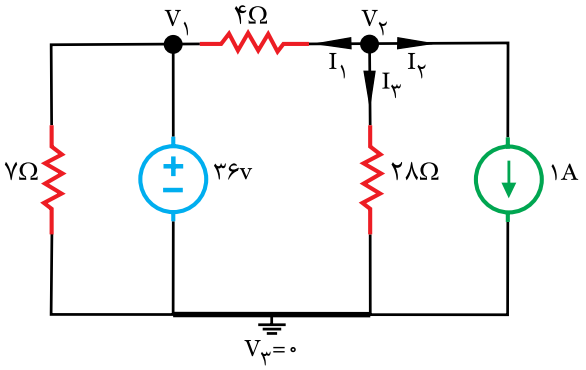
شکل (۱-۸۰)

- گره V_3 را به عنوان گره مبنا انتخاب کنید لذا پتانسیل آن برابر است با: $V_3 =$ .....

- پتانسیل گره V_1 که به پلاریته مثبت منبع ولتاژ متصل است نسبت به گره مبنا خواهد شد:

$V_1 =$ ..... + ...

- پتانسیل گره V_2 مجهول است جریان شاخه‌های آن را انتخاب کنید. شکل (۸۱-۱).



شکل (۸۱-۱)

- برای گره V_2 رابطه KCL بنویسید:

KCL۱ + ... + ... + ... = ۰

- مقادیر I_1، I_2 و I_3 را بدست آورید.

$I_1 = \frac{\text{.....} - \text{.....}}{۴}$

$I_2 =$ .....

$I_3 = \frac{V_2 - \text{.....}}{\text{.....}}$

- مقادیر جریان‌های I_1، I_2 و I_3 را در رابطه KCL۲ قرار دهید.

KCL۲ $+ \frac{V_2 - V_1}{۴} + ۱ + \frac{V_2 - V_3}{۲۸} = ۰$

- مقادیر V_1 و V_3 را جایگزین کنید.

KCL۲ $+ \frac{V_2 - \text{.....}}{۴} + ۱ + \frac{V_2 - \text{.....}}{۲۸} = ۰$

- مخرج مشترک بگیرید.

$\frac{\text{.....} - ۲۵۲ + \text{.....} + \text{.....} - ۰}{۲۸} = ۰$

- صورت کسری را مساوی صفر قرار دهید.

$۷V_2 - ۲۵۲ + ۲۸ + V_2 = ۰$

- معادله را ساده کنید و V_2 را محاسبه نمایید.

$\text{.....} V_2 - \text{.....} = ۰$

$V_2 = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} = -۲۸[v]$

- برای محاسبه توان در مقاومت ۲۸Ω به جریان آن نیاز است. با قانون اهم رابطه I_3 را بنویسید.

$I_3 = \frac{V_{\text{...}} - V_{\text{...}}}{۲۸۰}$

$I_3 = \frac{\text{.....} - \text{.....}}{\text{.....}} = ۱[A]$

- رابطه توان در مقاومت را بنویسید.

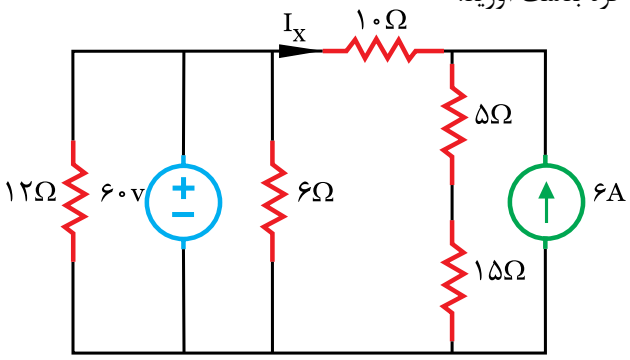
توان = ... × .....

- توان در مقاومت ۲۸Ω را محاسبه کنید.

$P_{۲\Omega} =$ ..... × ( )^2 = ۲۸ [w]

تمرین

۱- در مدار شکل (۸۲-۱) جریان I_X را با روش پتانسیل گره بدست آورید.



شکل (۸۲-۱)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

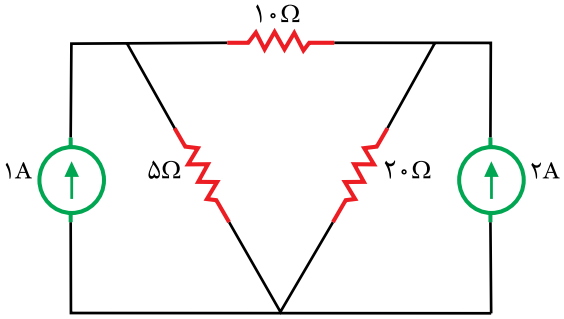
.....

.....

.....

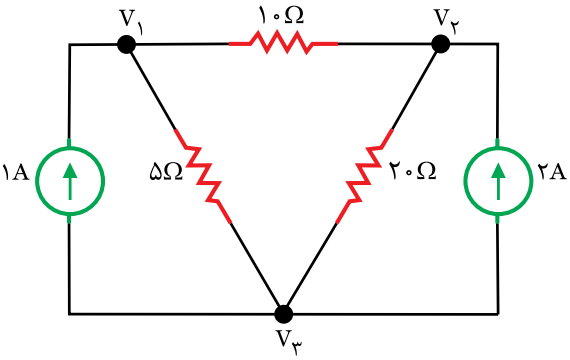
مثال ۱۱

با روش پتانسیل گره جریان مقاومت ۲۰ Ω در مدار شکل (۸۳-۱) چند آمپر است.



شکل (۸۳-۱)

- گره‌های اصلی مدار با V_1، V_2 و V_3 نشان داده شده است. شکل (۸۴-۱).

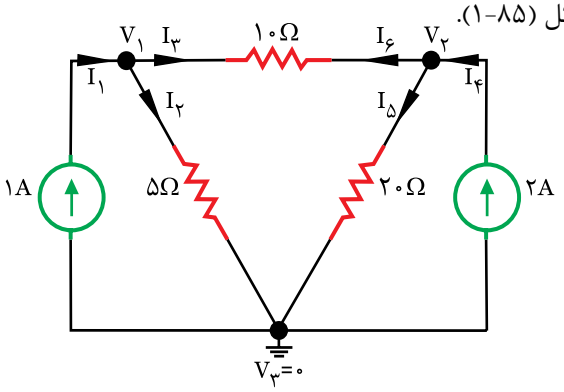


شکل (۸۴-۱)

- گره V_3 به عنوان گره مبنا انتخاب می‌شود لذا پتانسیل آن صفر خواهد بود.

$V_3=0$

- پتانسیل گره‌های V_1 و V_2 نسبت به گره مبنا مجهول است لذا جریان شاخه‌های آن‌ها مشخص می‌شود. شکل (۸۵-۱).



شکل (۸۵-۱)

- برای گره‌های V_1 و V_2 KCL نوشته می‌شود. در رابطه KCL جریان‌هایی که به گره وارد می‌شوند با علامت منفی و جریان‌هایی که از گره خارج می‌شود با علامت مثبت در نظر گرفته می‌شود.

KCL۱ $-I_1+I_2+I_3=0$

KCL۲ $-I_4+I_5+I_6=0$

- مقادیر جریان‌های I_1 و I_4 در جهت منبع جریان از آن‌ها عبور می‌کنند لذا:

$I_1=+1[A]$

$I_4=+2[A]$

- مقادیر جریان‌های I_2، I_3، I_5 و I_6 با قانون اهم بدست می‌آیند.

$$I_2=\frac{V_1-V_3}{5}$$

$$I_3=\frac{V_1-V_2}{10}$$

$$I_5=\frac{V_2-V_3}{20}$$

$$I_6=\frac{V_2-V_1}{10}$$

- مقادیر جریان‌ها در روابط KCL قرار داده می‌شود.

KCL۱ $-1+\frac{V_1-V_3}{5}+\frac{V_1-V_2}{10}=0$

KCL۲ $-2+\frac{V_2-V_3}{20}+\frac{V_2-V_1}{10}=0$

- مقدار V_3 جایگزین می‌شود.

KCL۱ $-1+\frac{V_1-0}{5}+\frac{V_1-V_2}{10}=0$

KCL۲ $-2+\frac{V_2-0}{20}+\frac{V_2-V_1}{10}=0$

- مخرج مشترک گرفته می‌شود.

KCL۱ $\frac{-10+2V_1-0+V_1-V_2}{10}=0$

KCL۲ $\frac{-40+V_2-0+2V_2-2V_1}{20}=0$

- صورت کسرها مساوی صفر قرار داده می‌شود.

KCL۱ $-10+2V_1-0+V_1-V_2=0$

KCL۲ $-40+V_2-0+2V_2-2V_1=0$

- معادلات ساده می‌شوند.

KCL۱ $+3V_1-V_2=+10$

KCL۲ $-2V_1+3V_2=+40$

- معادلات KCL۲ و KCL۱ را در یک دستگاه با روش حذف حل می‌شود تا مقادیر پتانسیل گره‌های V_1 و V_2 بدست آید.

$$\begin{cases} \times 2 & +3V_1-V_2=+10 \\ \times 3 & -2V_1+3V_2=+40 \end{cases}$$

$$\begin{cases} +6V_1-2V_2=+20 \\ -6V_1+9V_2=+120 \end{cases}$$

$$0+7V_2=+140$$

$$V_2=\frac{+140}{+7}=+20\ V$$

- با قراردادن V_2 در KCL۱ پتانسیل گره V_1 بدست می‌آید.

$$+3V_1-(+20)=+10$$

$$+3V_1-20=+10$$

$$+3V_1=+30$$

$$V_1=\frac{30}{3}=10[V$$

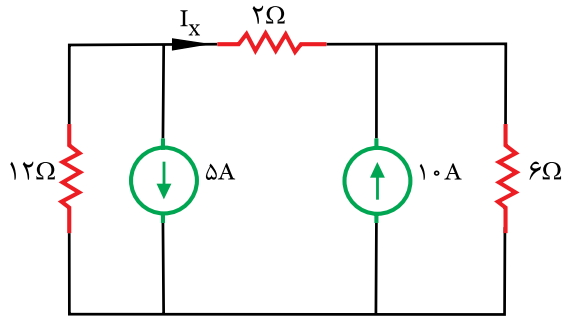
- از مقاومت ۲۰ Ω جریان I_5 عبور می‌کند با قانون اهم رابطه آن نوشته می‌شود.

$$I_5=\frac{V_2-V_3}{20}$$

$$I_5=\frac{20-0}{20}=1[A]$$

فعالیت ۱۱

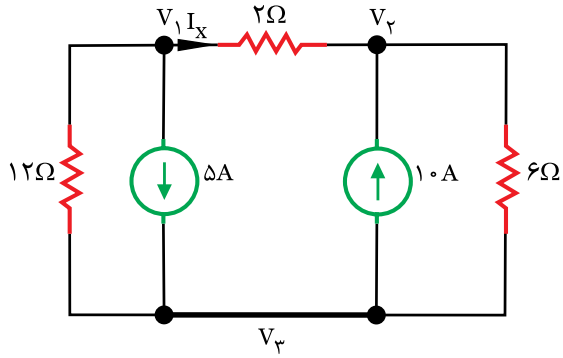
با استفاده از روش پتانسیل گره جریان I_X را در مدار شکل (۸۶-۱) حساب کنید.



شکل (۸۶-۱)

حل

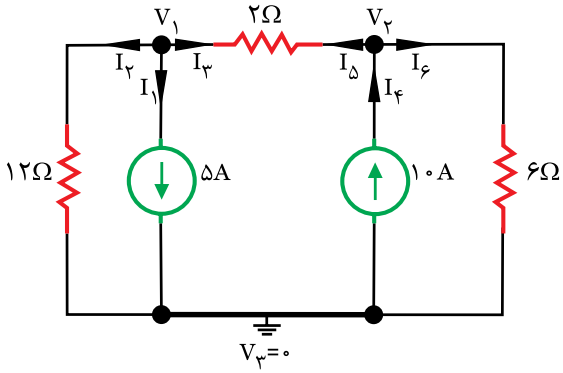
- گره‌های اصلی مدار رامشخص کنید. شکل(۸۷-۱)



شکل (۸۷-۱)

- گره V_3 را بعنوان گره مبنا انتخاب کنید لذا پتانسیل آن برابر است با: $V_3=0$

- پتانسیل گره‌های V_1 و V_2 مجهول هستند جریان شاخه‌های آن را انتخاب کنید. شکل (۸۸-۱).



شکل (۸۸-۱)

- برای گره‌های V_1 و V_2 رابطه KCL بنویسید.

KCL۱ $+I_1 + \dots\dots + \dots\dots = 0$

KCL۲ $-I_4 - \dots\dots + \dots\dots = 0$

- مقادیر جریان‌های I_1 تا I_6 را بدست آورید.

$I_1 = +5[A]$

$I_2 = \dfrac{\dots - \dots}{12}$

$I_3 = \dfrac{V_1 - \dots}{\dots}$

$I_4 = \dots\dots$

$I_5 = \dfrac{\dots - V_1}{\dots}$

$I_6 = \dfrac{\dots - \dots}{\dots}$

- مقادیر جریان‌ها را در رابطه KCL۲ و KCL۱ قرار دهید.

KCL۱ $+5 + \dfrac{V_1 - V_3}{12} + \dfrac{V_1 - V_2}{2} = 0$

KCL۲ $-10 + \dfrac{V_2 - V_1}{2} + \dfrac{V_2 - V_3}{6} = 0$

- معادلات KCL۲ و KCL۱ را با مخرج مشترک گرفتن ساده کنید.

$$\frac{+60 + \dots - \dots + \dots - \dots}{12} = 0$$

$$\frac{-\dots + \dots + \dots + \dots + \dots}{6} = 0$$

- مقدار V_3 را جایگزین کنید.

$$\frac{+60 + V_1 - 0 + 6V_1 - 6V_2}{6} = 0$$

$$\frac{-60 + 3V_2 - 3V_1 + V_2 - 0}{12} = 0$$

- صورت کسرها را مساوی صفر قرار دهید.

KCL۱ $+ \dots + \dots + \dots - \dots = 0$

KCL۳ $+ \dots - \dots + \dots - \dots = 0$

- معادلات را ساده کنید.

KCL۱ $7V_1 - 6V_2 = -60$

KCL۲ $-3V_1 + 4V_2 = +60$

حل

- معادلات KCL۲ و KCL۱ را در یک دستگاه حل کنید و پتانسیل‌های V_1 و V_2 را محاسبه نمایید.

$$\begin{cases} ۷V_1 - ۶V_2 = -۶۰ & ۲ \\ -۳V_1 + ۴V_2 = +۶۰ & ۳ \end{cases}$$

$$\begin{cases} ___V_1 - ___V_2 = -۱۲۰ \\ ___V_1 + ___V_2 = +۱۸۰ \end{cases}$$

$$۵V_1 + ۰ = +۶۰$$

$$V_1 = \frac{___}{___} = ۱۲[v]$$

- با قراردادن V_1 در رابطه KCL۱ مقدار V_2 را بدست آورید. V_2 را محاسبه کنید.

$$\text{KCL۱} \Rightarrow ۷(۱۲) - ۶V_2 = -۶۰$$

$$___ - ___ = ___$$

$$-۶V_2 = -۶۰ - ۸۴$$

$$- ___ = - ___$$

$$V_2 = \frac{-۱۴۴}{-۴} = ۲۴[v]$$

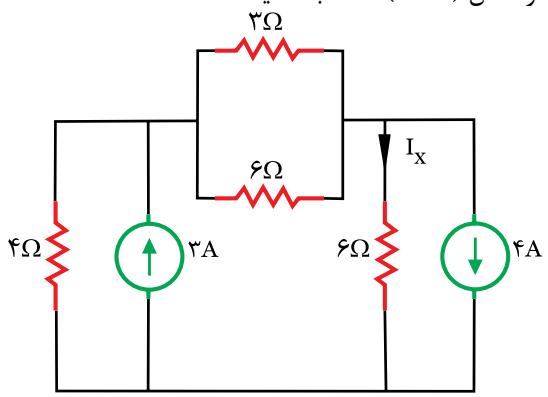
- I_x همان جریان I_3 می‌باشد با قانون اهم مقدار آن را بدست آورید.

$$I_x = I_3 = \frac{V_1 - V_2}{۲}$$

$$I_x = \frac{___ - ___}{۲} = -۶[A]$$

تمرین

۱- با استفاده از روش پتانسیل گره جریان I_x را در مدار شکل (۸۹-۱) محاسبه کنید.

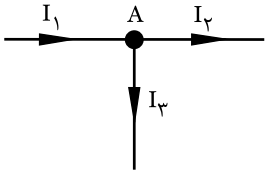


شکل (۸۹-۱)

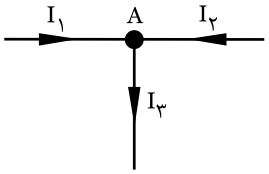
۱- مفاهیم زیر را تعریف کنید.

الف) گره اصلی　　ب) گره ساده　　ج) شاخه

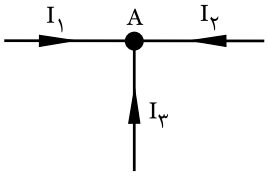
۲- برای جریان شاخه‌های گره‌های شکل (۹۰-۱) رابطه KCL بنویسید.



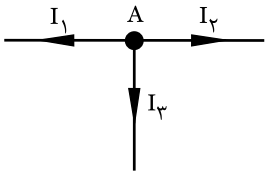
KCL A).....



KCL A).....



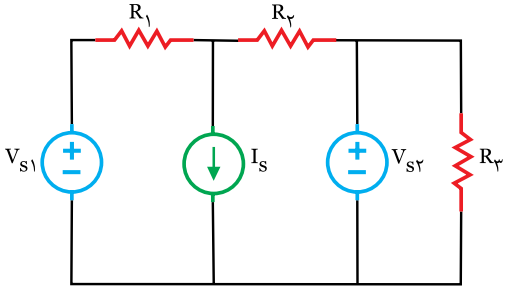
KCL A).....



KCL A).....

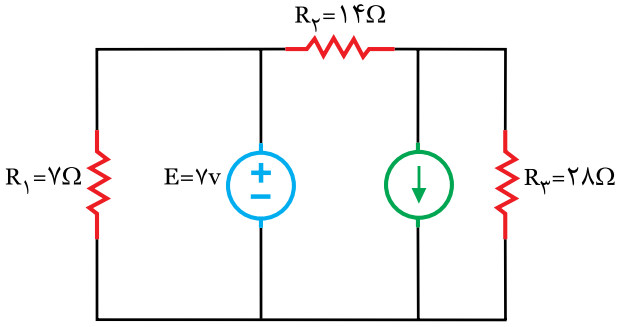
شکل (۹۰-۱)

۳- گره‌های اصلی و ساده مدار شکل (۹۱-۱) را مشخص کنید.



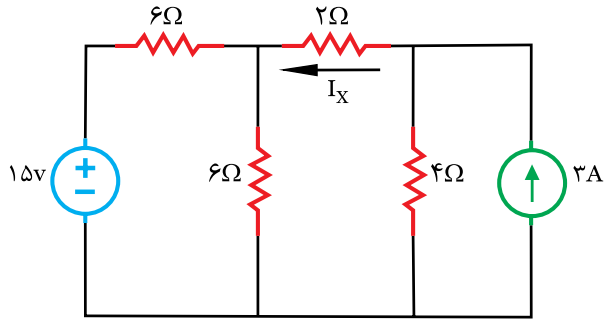
شکل (۹۱-۱)

۴- در مدار شکل (۹۲-۱) مطلوبست جریان مقاومت $R_۲$ از روش پتانسیل گره (سوال امتحان نهایی خرداد ۸۳)



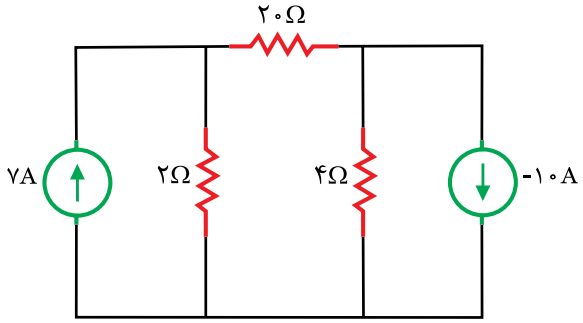
شکل (۹۲-۱)

۵- در مدار شکل (۹۳-۱) با استفاده از روش پتانسیل گره جریان I_X را بدست آورید. (سوال امتحان نهایی خرداد ۸۴)



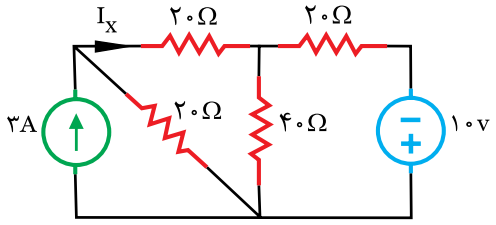
شکل (۹۳-۱)

۶- در مدار شکل (۹۴-۱) از روش پتانسیل گره جریان در مقاومت‌های ۲ و ۴ اهمی را بدست آورید.
(سوال امتحان نهایی شهریور ۸۴)



شکل (۹۴-۱)

۷- در مدار شکل (۹۵-۱) با استفاده ار روش پتانسیل گره جریان I_X را بدست آورید. (سوال امتحان نهایی خرداد ۸۵)



شکل (۹۵-۱)

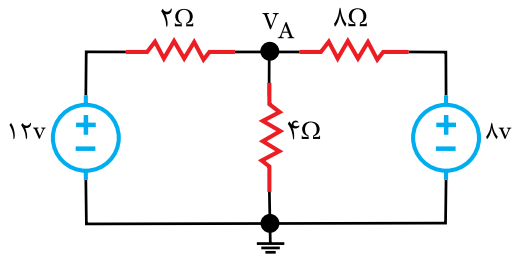
۸- پتانسیل گره V_A شکل (۹۶-۱) چند ولت است؟

الف) ۰/۵

ب) ۱

ج) ۲

د) ۴



شکل (۹۶-۱)

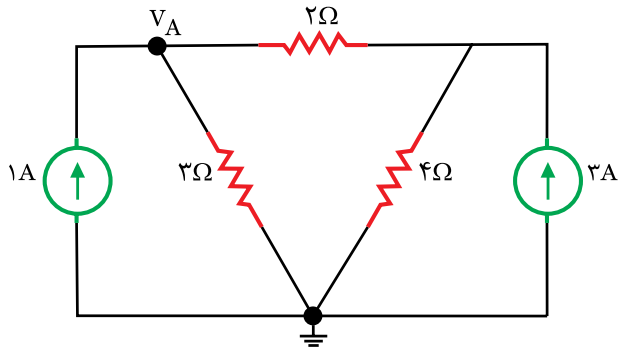
۹- پتانسیل گره V_A شکل (۹۷-۱) چند ولت است؟

الف) ۳

ب) ۶

ج) ۱۲

د) ۱۵



شکل (۹۷-۱)

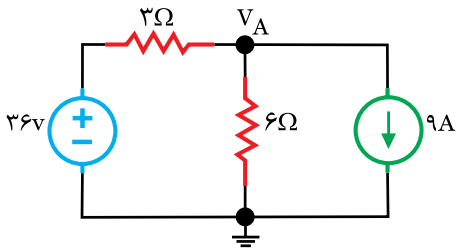
۱۰- پتانسیل گره V_A شکل (۹۸-۱) چند ولت است؟

الف) ۶

ب) ۱۸

ج) ۳۶

د) ۵۴



شکل (۹۸-۱)

خلاصه درس

۵-۱- تحلیل مدارهای الکتریکی به روش جمع آثار

روش جمع آثار در تحلیل مدارهای الکتریکی که بیش از یک منبع دارند بکار می‌رود. براساس این روش جریان هر عنصر مدار از جمع جبری جریان‌هایی که هر یک از منابع در آن عنصر ایجاد می‌کنند، بدست می‌آید. برای تعیین اثر هر منبع بر جریان عنصر مورد نظر باید دیگر منابع مدار را بی‌اثر کرد و مدار را به ازای هر منبع یک‌بار تحلیل کرد.

به خاطر داشته باشید

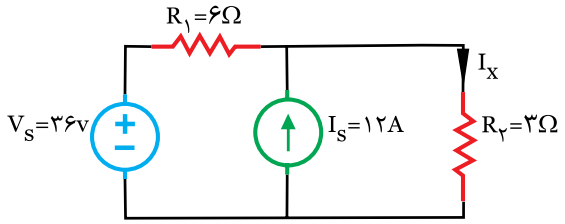
برای بی‌اثر کردن منابع ولتاژ آن‌ها را اتصال کوتاه و منابع جریان را باز می‌کنند.

پس از تعیین جریان عنصر مورد نظر کمیت‌هایی نظیر ولتاژ یا توان آن عنصر نیز قابل محاسبه می‌باشد.

روش جمع آثار در مورد محاسبه ولتاژ دو سر هر عنصر نیز صادق است ولی در مورد کمیت‌هایی که با مجذور جریان یا ولتاژ متناسب هستند، صدق نمی‌کند. بطور مثال توان در یک مقاومت اهمی را نمی‌توان از مجموع توان‌هایی بدست آورد که هر منبع به تنهایی در آن عنصر ایجاد می‌کند.

مثال ۱۲

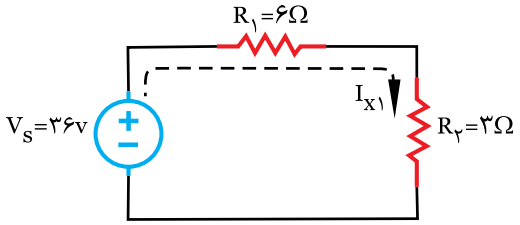
با استفاده از روش جمع آثار جریان I_x در مدار شکل (۱-۹۹) را بدست آورید.



شکل (۱-۹۹)

حل

- ابتدا منبع جریان باز می‌شود تا بی‌اثر شود. شکل (۱-۱۰۰). تا اثر منبع ولتاژ بر I_x محاسبه شود.



شکل (۱-۱۰۰)

- با توجه به پلاریته منبع ولتاژ، جهت جریان ناشی از این منبع در مقاومت R_2 تعیین می‌شود. این جریان I_{x1} نامیده شده است.

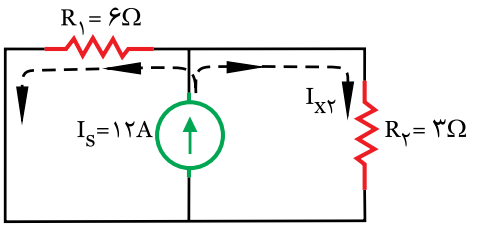
- به کمک قانون اهم I_{x1} بدست می‌آید. شکل (۱-۱۰۰)

$$I_{x1}=\frac{V_s}{R_1+R_2}$$

$$I_{x1}=\frac{۳۶}{۶+۳}=۴[A]$$

- اکنون منبع ولتاژ اتصال کوتاه می‌شود تا بی‌اثر شود. شکل (۱-۱۰۱) تا اثر منبع جریان بر I_x محاسبه شود.

- با توجه به جهت منبع جریان، جهت جریان ناشی از این منبع در مقاومت R_2 تعیین می‌شود. این جریان I_{x2} نامیده شده است.



شکل (۱-۱۰۱)

- به کمک رابطه تقسیم جریان میان دو مقاومت موازی I_{x2} بدست می‌آید.

$$I_{x2}=I_s\times\frac{R_1}{R_1+R_2}$$

$$I_{x2}=۱۲\times\frac{۶}{۶+۳}=۸[A]$$

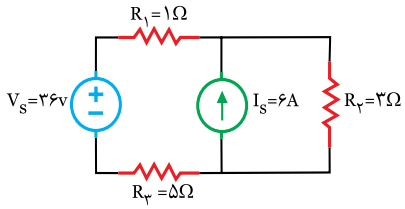
- $I_{x۱}$ اثر منبع ولتاژ و $I_{x۲}$ اثر منبع جریان بر جریان مقاومت $R_۲$ یعنی I_x است. اینک با جمع این آثار مقدار I_x بدست می‌آید.
- جریان $I_{x۱}$ و $I_{x۲}$ هر دو هم جهت با I_x می‌باشند لذا در جمع آثار بر آن‌ها علامت مثبت اختیار می‌شود.

$I_x = +I_{x۱} + I_{x۲}$

$I_x = +۴ + ۸ = ۱۲[A]$

فعالیت ۱۲

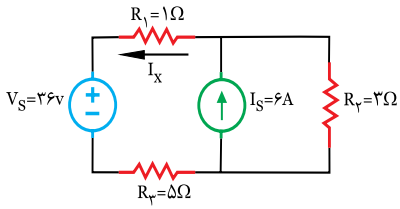
در مدار شکل (۱-۱۰۲) توان مقاومت $R_۱$ را با روش جمع آثار بدست آورید.



شکل (۱-۱۰۲)

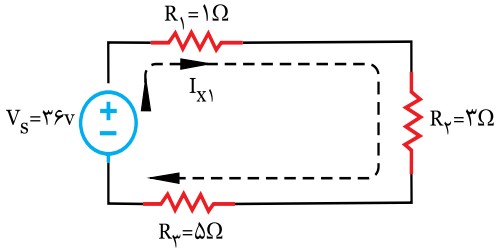
حل

- برای محاسبه توان مقاومت $R_۱$ نیاز به جریان آن می‌باشد لذا جریان $R_۱$ را در جهت دلخواه با I_x نشان می‌دهیم. شکل (۱-۱۰۳).



شکل (۱-۱۰۳)

- منبع جریان را بی‌اثر کنید. شکل (۱-۱۰۴)
- اثر منبع ولتاژ بر I_x را مشخص کنید و مقدار آن را محاسبه نمایید، این اثر را $I_{x۱}$ بنامید.

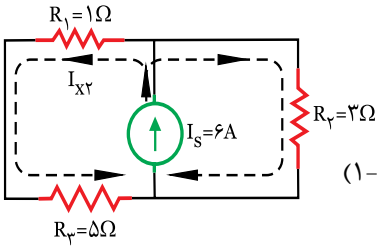


شکل (۱-۱۰۴)

$$I_{x۱} = \frac{V_s}{R_۱ + R_۲ + R_۳}$$

$$I_{x۱} = \frac{۳۶}{۱+۳+۵} = ۴\ [A]$$

- منبع ولتاژ را بی‌اثر کنید. شکل (۱-۱۰۵)
- اثر منبع جریان بر I_x را مشخص کنید و مقدار آن را محاسبه نمایید. این اثر را $I_{x۲}$ بنامید.

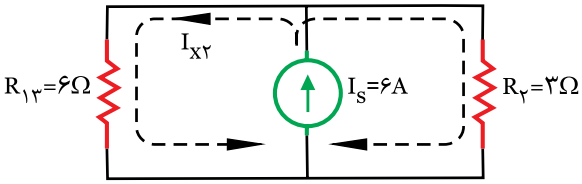


شکل (۱-۱۰۵)

- در شاخه سمت چپ مدار شکل (۱-۱۰۵)مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۳$ با یکدیگر سری هستند، معادل آن‌ها را بدست آورید.

$R_{۱۳} = R_۱ + R_۳ = ____ + ____ = ۶\Omega$

- شکل مدار را ساده کنید. شکل (۱-۱۰۶)
- جهت $I_{x۲}$ را با توجه به جهت منبع جریان بدست آورید.



شکل (۱-۱۰۶)

- به کمک رابطه تقسیم جریان میان دو مقاومت موازی $I_{x۲}$ را بدست آورید.

$$I_{x۲} = I_s \times \frac{R_{__}}{R_{__} + R_{__}}$$

$$I_{x۲} = ____ \times \frac{۳}{۳+۶} = ۲[A]$$

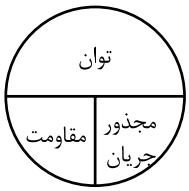
- $I_{x۱}$ اثر منبع ولتاژ و $I_{x۲}$ اثر منبع جریان بر جریان مقاومت $R_۱$ یعنی I_x است. اینک این آثار را با یکدیگر جمع کنید تا I_x بدست آید.
- $I_{x۱}$ در خلاف جهت I_x می‌باشد لذا علامت آن را منفی و $I_{x۲}$ که در جهت I_x است را با علامت مثبت اختیار کنید.

$I_x = -I_{x۱} + I_{x۲}$

$I_x = - _____ + _____ = -۲[A]$

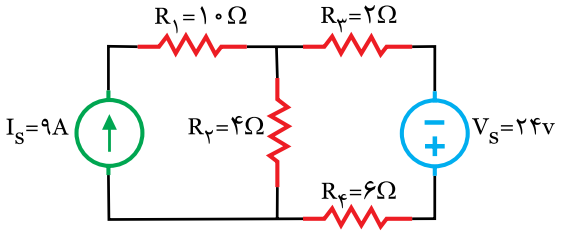
- I_x جریان مقاومت $R_۱$ می‌باشد لذا توان آن قابل محاسبه است.

$P_{R۱} = R_۱ . I^۲ = ۱ \times (-۲)^۲ = ۴W$



فعالیت ۱۳

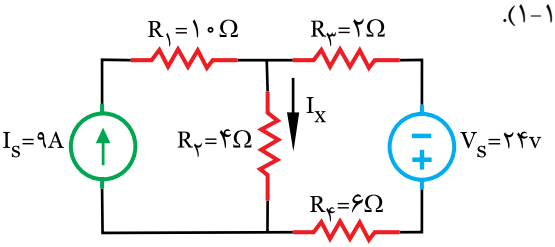
در مدار شکل (۱-۱۰۷) با استفاده از روش جمع آثار ولتاژ دو سر مقاومت $R_۲$ را محاسبه کنید.



شکل (۱-۱۰۷)

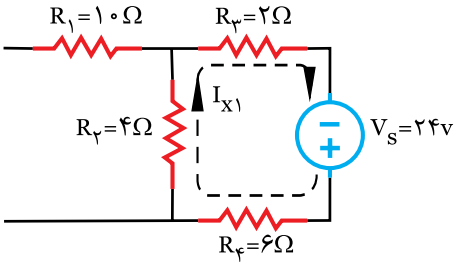
حل

- برای محاسبه ولتاژ دو سر $R_۲$ نیاز به جریان آن می‌باشد لذا جریان $R_۲$ را در جهت دلخواه با I_x نشان می‌دهیم. شکل (۱-۱۰۸).



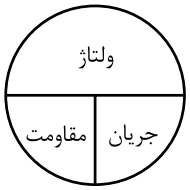
شکل (۱-۱۰۸)

- منبع جریان را بی‌اثر کنید. شکل (۱-۱۰۹)
- اثر منبع ولتاژ بر I_x را مشخص کنید. آن را $I_{x۱}$ بنامید.
- جهت $I_{x۱}$ را با توجه به پلاریته منبع ولتاژ تعیین کنید.
- با بازشدن منبع جریان از مقاومت $R_۱$ جریان نمی‌گذرد لذا آن بی‌اثر می‌شود.



شکل (۱-۱۰۹)

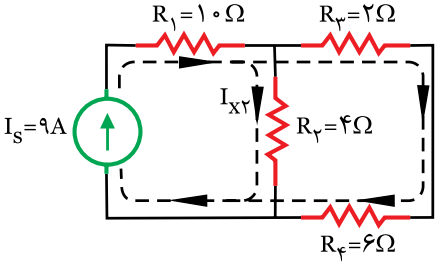
- به کمک قانون اهم $I_{x۱}$ را بدست آورید.



$$I_{X۱} = \frac{V_S}{\ldots\ldots + \ldots\ldots + \ldots\ldots}$$

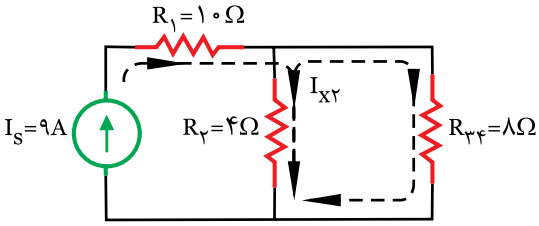
$$I_{X۱} = \frac{\ldots\ldots}{۴+۲+۶}$$

- منبع ولتاژ را بی‌اثر کنید. شکل (۱-۱۱۰)
- اثر منبع جریان بر I_x را مشخص کنید. آن را $I_{x۲}$ بنامید.
- جهت $I_{x۲}$ را با توجه به جهت منبع جریان مشخص کنید.



شکل (۱-۱۱۰)

- مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ با یکدیگر سری هستند معادل آن‌ها را جایگزین کنید. $R_{۳۴}=R_۳+R_۴= \ldots\ldots\ldots\ldots+\ldots\ldots\ldots\ldots =۸\Omega$
- جریان منبع پس از عبور از مقاومت $R_۱$ بین مقاومت‌های $R_۲$ و $R_{۳۴}$ تقسیم می‌شود. شکل (۱-۱۱۱)



شکل (۱-۱۱۱)

- با استفاده از قانون تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی $I_{x۲}$ را بدست آورید.

$$I_{x۲} = I_s \times \frac{R_{\ldots}}{R_{\ldots}+R_{\ldots}}$$

$$I_{x۲} = ۹ \times \frac{\ldots}{\ldots+\ldots} = ۶[A]$$

- اثرهای $I_{x۱}$ و $I_{x۲}$ را جمع کنید تا I_x بدست آید.
- $I_{x۱}$ در خلاف جهت I_x می‌باشد لذا با علامت منفی و $I_{x۲}$ که در جهت I_x می‌باشد با علامت مثبت منظور می‌شود.

$$I_x = -I_{x۱} + I_{x۲}$$

$$I_x = -\ldots\ldots + \ldots\ldots = ۶A$$

- به کمک قانون اهم ولتاژ دو سر مقاومت $R_۲$ را بدست آورید.

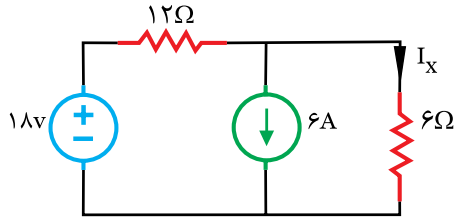
$V_{R۲}$= ..... × .....

$V_{R۲}$= ۴ × ..... = ۲۴V

شکل (۱-۱۸۸)

تمرین

۱- در مدار شکل (۱-۱۱۲) با روش جمع آثار I_x را بدست آورید.



شکل (۱-۱۱۲)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

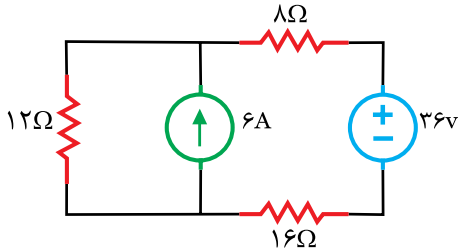
.....

.....

.....

.....

۲- در مدار شکل (۱-۳۴) توان در مقاومت ۱۲ Ω را با روش جمع آثار بدست آورید.



شکل (۱-۱۱۳)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

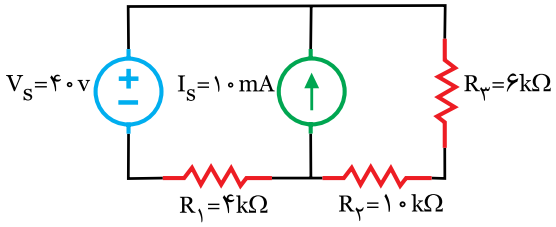
.....

.....

.....

.....

۳- در مدار شکل (۱-۱۱۴) ولتاژ دو سر مقاومت R_3 را با روش جمع آثار بدست آورید.



شکل (۱-۱۱۴)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

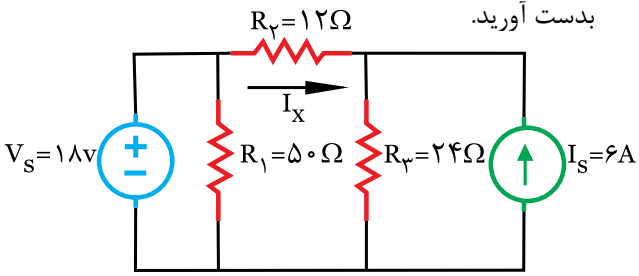
.....

.....

.....

مثال ۱۳

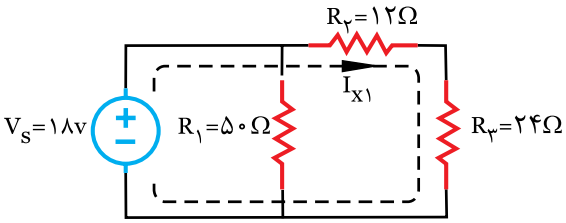
در مدار شکل (۱-۱۱۵) با روش جمع آثار جریان I_x را بدست آورید.



شکل (۱-۱۱۵)

حل

- منبع جریان باز می‌شود تا بی‌اثر شود. شکل (۱-۱۱۶). سپس اثر منبع ولتاژ بر I_x محاسبه خواهد شد.



شکل (۱-۱۱۶)

- با توجه به پلاریته منبع ولتاژ، جهت جریان ناشی از این منبع تعیین می‌شود. این جریان I_{X1} نامیده شده است.

- به کمک قانون اهم I_{x1} بدست می‌آید. مقاومت R_1 موازی با منبع V_S است و در مقدار I_{x1} بی تاثیر می‌باشد. شکل (۱-۱۱۶)

$$I_{x1}=\frac{V_s}{R_2+R_3}$$

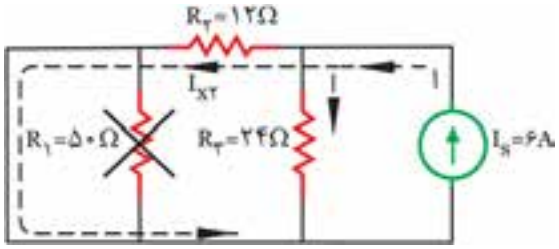
$$I_{x1}=\frac{18}{12+24}=0/5[A]$$

- اکنون منبع ولتاژ اتصال کوتاه می‌شود تا بی‌اثر شود. شکل (۱-۱۱۷). تا اثر منبع جریان بر I_x محاسبه شود.

به خاطر داشته باشید

با اتصال کوتاه شدن منبع ولتاژ مقاومت R_1 نیز اتصال کوتاه می‌شود و حذف خواهد شد.

- با توجه به جهت منبع جریان، جهت جریان ناشی از این منبع در مقاومت $R_۲$ تعیین می‌شود. این جریان $I_{x۲}$ نامیده می‌شود. شکل (۱-۱۱۷).



شکل (۱-۱۱۷)

- جریان منبع جریان بین دو مقاومت $R_۲$ و $R_۳$ تقسیم می‌شود. به کمک رابطه تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی $I_{x۲}$ بدست می‌آید.

$$I_{x۲} = I_s \times \frac{R_۳}{R_۲+R_۳}$$

$$I_{x۲} = ۶ \times \frac{۲۴}{۱۲+۲۴} = ۴[A]$$

- $I_{x۱}$ اثر منبع ولتاژ و $I_{x۲}$ اثر منبع جریان بر جریان مقاومت $R_۲$ یعنی I_x است. اینک با جمع آثار مقدار I_x بدست می‌آید.

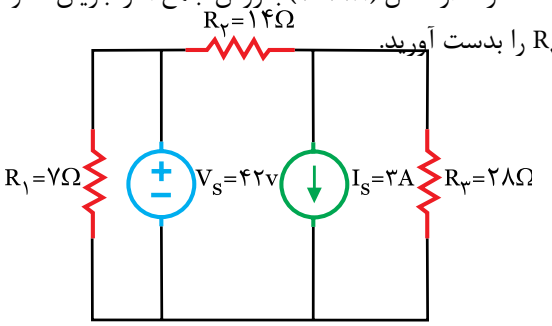
- جریان $I_{x۱}$ هم جهت با I_x لذا با علامت مثبت و $I_{x۲}$ در خلاف جهت I_x می‌باشد و با علامت منفی اختیار می‌شوند.

$$I_x = +I_{x۱} - I_{x۲}$$

$$I_x = +۰/۵ - ۴ = -۳/۵ \ [A]$$

فعالیت ۱۴

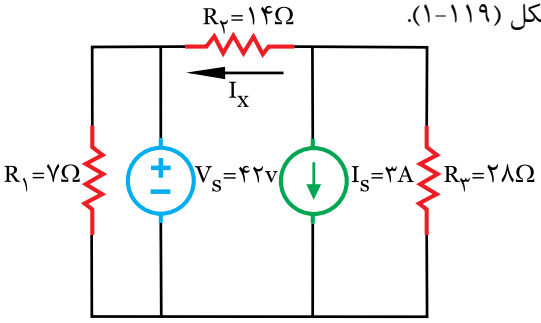
در مدار شکل (۱-۱۱۸) با روش جمع آثار جریان مقاومت $R_۲$ را بدست آورید.



شکل (۱-۱۱۸)

حل

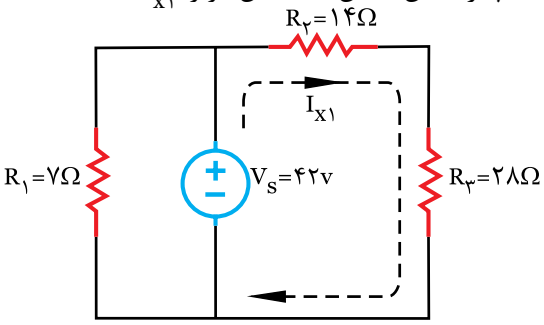
- جریان مقاومت $R_۲$ را با I_x در جهت دلخواه نشان دهید. شکل (۱-۱۱۹).



شکل (۱-۱۱۹)

- منبع جریان را بی‌اثر کنید. شکل (۱-۱۲۰)

- اثر منبع ولتاژ بر جریان مقاومت $R_۲$ را با توجه به پلاریته آن تعیین کنید. این اثر را $I_{x۱}$ بنامید.



شکل (۱-۱۲۰)

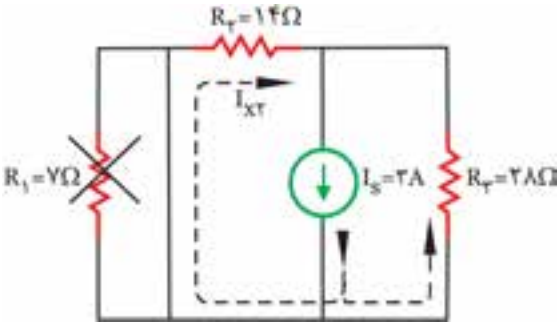
- مقاومت $R_۱$ موازی با منبع V_S است و در مقدار $I_{X۱}$ بی‌تاثیر می‌باشد.

$$I_{x۱} = \frac{V_s}{\ldots\ldots + \ldots\ldots}$$

$$I_{x۱} = \frac{\ldots\ldots}{۱۴+۲۸} = ۱[A]$$

- منبع ولتاژ را بی‌اثر کنید. شکل (۱-۱۲۱)

- اثر منبع جریان بر جریان مقاومت $R_۲$ را با توجه به جهت آن تعیین کنید. این اثر را $I_{x۲}$ بنامید.



شکل (۱-۱۲۱)

- با اتصال کوتاه شدن منبع ولتاژ مقاومت R_1 نیز اتصال کوتاه می‌شود و حذف خواهد شد.

- به کمک رابطه تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی I_{x2} را بدست آورید.

$$I_{x2} = I_s \times \frac{\dots}{\dots + \dots}$$

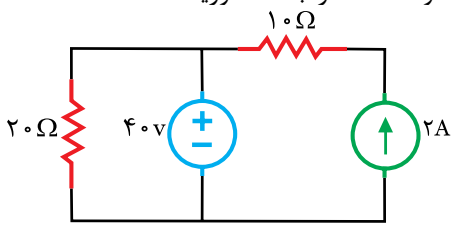
$$I_{x2} = \dots \times \frac{28}{14+28} = 2[A]$$

- با جمع اثرهای I_{x1} و I_{x2} جریان I_x را بدست آورید

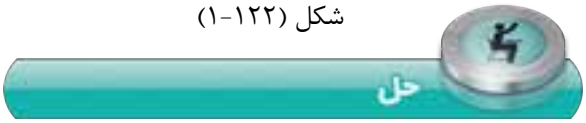
$$I_x = \dots I_{x1} \dots I_{x2}$$

$$I_x = \dots = -3[A]$$

۱- در مدار شکل (۱-۱۲۲) با استفاده از روش جمع آثار جریان مقاومت ۱۰Ω را بدست آورید.



شکل (۱-۱۲۲)



.....

.....

.....

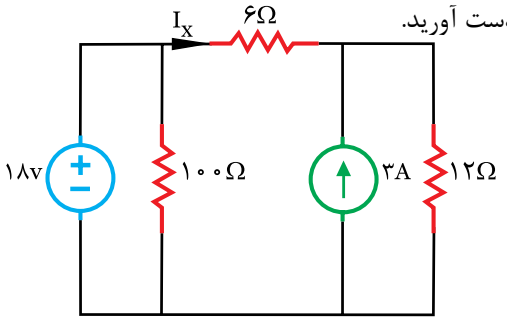
.....

.....

.....

.....

۲- در مدار شکل (۱-۱۲۳) با روش جمع آثار جریان I_x را بدست آورید.



شکل (۱-۱۲۳)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

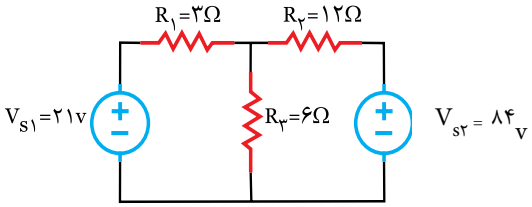
.....

.....

.....

مثال ۱۴

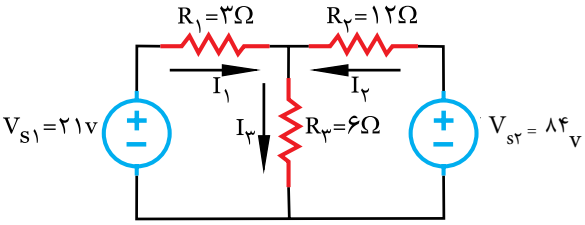
در مدار شکل (۱-۱۲۴) جریان مقاومت‌های R_1، R_2 و R_3 را با روش جمع آثار بدست آورید.



شکل (۱-۱۲۴)

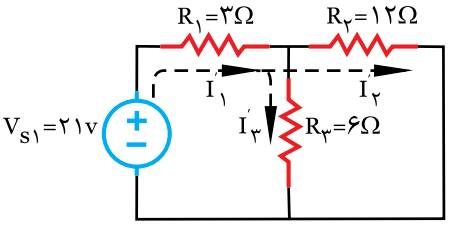
حل

- ابتدا جـریان مقاومت‌های R_1، R_2 و R_3 را در جهت دلخواه نشان داده می‌شود. شکل (۱-۱۲۵).



شکل (۱-۱۲۵)

- منبع ولتاژ V_{S2} اتصال کوتاه می‌شود تا بی‌اثر شود. شکل (۱-۱۲۶). تا اثر منبع ولتاژ V_{S1} بر جریان مقاومت‌ها محاسبه شود.



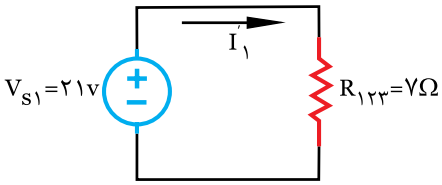
شکل (۱-۱۲۶)

- با توجه به پلاریته منبع V_{S1}، جهت جریان در مقاومـت‌ها تعیین می‌شود.

- مقاومت R_2 موازی با مقاومت R_3 است و با مقاومت R_1 سری هستند. معادل آن‌ها بدست می‌آید. شکل (۱-۱۲۷).

$$R_{23}=\frac{R_2 . R_3}{R_2+R_3}=\frac{6\times 12}{6+12}=4[\Omega]$$

$$R_{123}=R_{23}+R_1=3+4=7[\Omega]$$



شکل (۱-۱۲۷)

- با توجه به شکل (۱-۱۲۷) جریان I_1 بدست می‌آید.

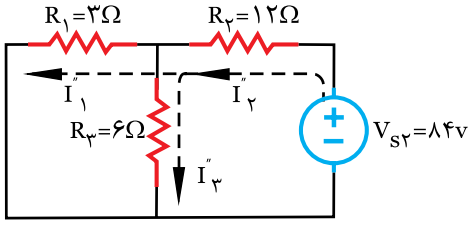
$$I_1'=\frac{V_{S1}}{R_{123}}=\frac{21}{7}=3[A]$$

- جریان I_1 بین دو مقاومت R_2 و R_3 تقسیم می‌شود. به کمک رابطه تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی I_2 و I_3 با توجه به شکل (۱-۱۲۷) بدست می‌آید.

$$I_2'=I_1'\frac{R_3}{R_2+R_3}=3\times\frac{6}{6+12}=1[A]$$

$$I_3'=I_1'\frac{R_2}{R_2+R_3}=3\times\frac{12}{6+12}=2[A]$$

- اکنون منبع ولتاژ V_{S1} اتصال کوتاه می‌شود تا بی‌اثر شود. شکل (۱-۱۲۸). تا اثر منبع ولتـاژ V_{S2} بر جـریـان مقاومـت محاسبه شود.



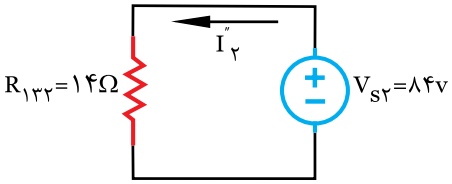
شکل (۱-۱۲۸)

- با توجه به پلاریته منبع ولتاژ V_{S2} جهت جریان در مقاومت‌ها تعیین می‌شود.

- مقاومت R_1 موازی با مقاومت R_3 است و با مقاومت R_2 سری هستند. معادل آن‌ها بدست می‌آید. شکل (۱-۱۲۹).

$$R_{13}=\frac{R_1 . R_3}{R_2+R_3}=\frac{3\times 6}{3+6}=2[\Omega]$$

$$R_{132}=R_{13}+R_2=2+12=14[\Omega]$$



شکل (۱-۱۲۹)

$$I_2''=\frac{V_{S2}}{R_{123}}=\frac{84}{14}=6[A]$$

- جریان I_2'' بین دو مقاومت R_1 و R_3 تقسیم می‌شود.به کمک رابطه تقسیم جریـان بین دو مقاومـت موازی I_2'' و I_3'' بدست می‌آید.

$$I_1'' = I_2''\frac{R_3}{R_1+R_3} = 6\times\frac{6}{3+6} = 4[A]$$

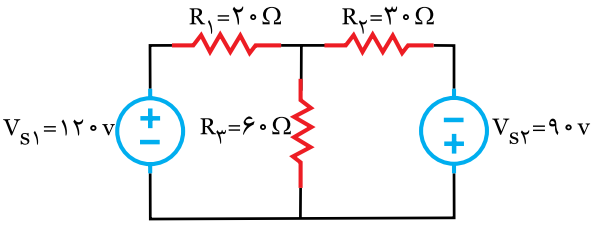
$$I_3'' = I_2''\frac{R_1}{R_1+R_3} = 6\times\frac{3}{3+6} = 2[A]$$

- اکنون اگر جریان هر مقاومت ناشی از اثر هر یک از منابع با توجه به جهت آن‌ها با یکدیگر جمع شود، جریان هر مقاومت در حالتی که هر دو منبع حضور دارند، بدست می‌آید.

$$I_1 = +I_1' - I_1'' = +3-4 = -1[A]$$
$$I_2 = +I_2' - I_2'' = -1+6 = +5[A]$$
$$I_3 = +I_3' - I_3'' = +2+2 = +4[A]$$

فعالیت ۱۵

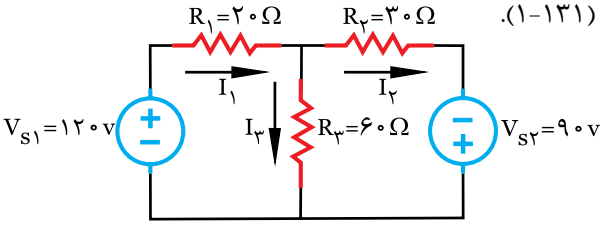
در مدار شکل (۱-۱۳۰) با روش جمع آثار توان منبع ولتاژ V_{S2} و مقاومت R_3 را بدست آورید.



شکل (۱-۱۳۰)

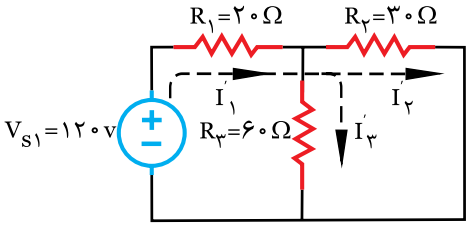
حل

- برای محاسبـه توان منبع V_{S2} به جریان آن نیاز است لذا جریان شاخه‌ها را در جهت دلخواه نشان دهید. شکل (۱-۱۳۱).



شکل (۱-۱۳۱)

- منبع ولتاژ V_{S1} را اتصال کوتاه کنید و اثر منبع V_{S1} را بر جریان شاخه‌ها محاسبه کنید. شکل (۱-۱۳۲). با توجه به پلاریته منبع V_{S1} جهت جریان ناشی از اثر این منبع را مشخص کنید.

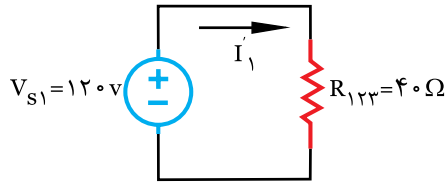


شکل (۱-۱۳۲)

- مقاومت R_2 موازی با مقاومت ..... است و با مقاومت ..... سری هستند. معادل آن را بدست آوریـد. شکل (۱-۱۳۳).

$$R_{23} = \frac{R_2\times\ ___}{___ + R_3} = \frac{___}{___} = 20[\Omega]$$

$$R_{132} = R_{23} + ___ = ___ + 20 = 40[\Omega]$$



شکل (۱-۱۳۳)

- با توجه به شکل (۱-۱۳۳) جریان I_1' را بدست آورید.

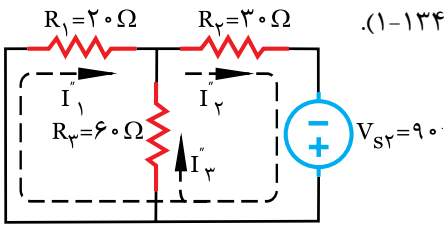
$$I_1' = \frac{V_{S1}}{___} = \frac{___}{40} = 3[A]$$

- جریان I_1 بین دو مقاومت ..... و ..... تقسیم می‌شود لذا مقدار هر یک را با رابطه تقسیم جریان با توجه به شکل (۱-۱۳۲) تعیین کنید.

$$I_2' = ___ \times \frac{R_3}{R_2 + ___} = 3\times\frac{___}{___ + 60} = 2[A]$$

$$I_3' = I_1\times\frac{___}{___ + R_3} = ___\times\frac{30}{___ + ___} = 1[A]$$

- اکنون منبع ولتاژ V_{S1} را اتصال کوتاه کنید. و اثر منبع V_{S1} را بر جریان شاخه‌ها محاسبه کنید. با توجه به پلاریته منبع V_{S1} جهت جریان ناشی از اثر این منبع را مشخص کنید. شکل (۱-۱۳۴).

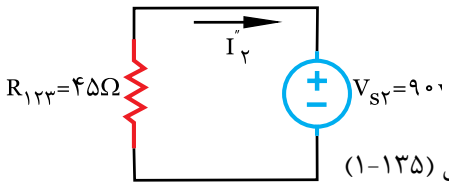


شکل (۱-۱۳۴)

- مقاومت‌های R_1 و R_3 با یکدیگر ..... هستند و با مقاومت R_2 ..... شده‌اند. معادل آن‌ها را بدست آورید. شکل (۱-۱۳۵).

$$R_{12}=\frac{R_1\times ___}{___+R_3}=\frac{___\times 60}{20+___}=15[\Omega]$$

$$R_{123}=R_{12}+___=___+30=45[\Omega]$$



شکل (۱-۱۳۵)

- با توجه به شکل (۱-۱۳۵) جریان I''_2 را بدست آورید.

$$I''_2=\frac{___}{R_{123}}=\frac{90}{___}=2[A]$$

- جریان I_2 بین مقاومت‌های ..... و ..... تقسیم می‌شود. لذا مقدار هر یک را با رابطه تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی و توجه به شکل (۱-۱۳۴) بدست آورید.

$$I''_3=I''_2\times\frac{___}{___+___}=___\times\frac{20}{20+30}=0/5[A]$$

$$I''_3=I''_2\frac{R_1}{R_1+R_3}=6\times\frac{3}{3+6}=1/5[A]$$

-اکنون جمع آثار کنید و جریان‌های I_1، I_2 و I_3 را بدست آورید.

$$I_1=+I'_1-I''_1=+3+1/5=4/5[A]$$

$$I_2=+I'_2+I''_2=+2+2=+4[A]$$

$$I_3=+I'_3-I''_3=+1-0/5=0/5[A]$$

- با تعیین جریان هر شاخه توان عناصر این شاخه‌ها را بدست آورید:

جریان منبع × ولتاژ منبع = توان منبع ولتاژ

$$P_{vs2}=V_{s2}\times I_2$$

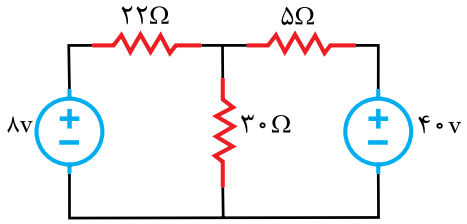
- جریان I_2 از طرف پلاریته منفی منبع V_{S1} وارد می‌شود لذا علامت منفی برای آن لحاظ کنید.

$$P_{vs2}=___\times(___)=-360W$$

$$P_{R3}=R_3I_3^2=___\times___=15W$$

تمرین

در مدار شکل (۱-۱۳۶) با روش جمع آثار توان هر یک از عناصر مدار را بدست آورید



شکل (۱-۱۳۶)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

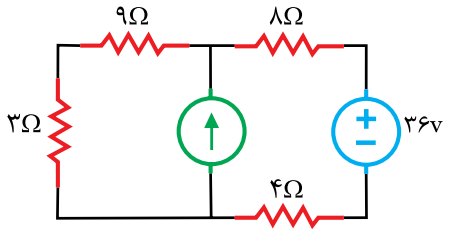
.....

.....

.....

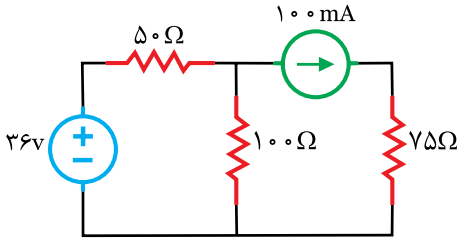
.....

۱- در مدار شکل (۱-۱۳۷) افت ولتاژ دو سر مقاومت ۹ Ω را به روش جمع آثار بدست آورید. (امتحان نهایی دیماه ۸۴)



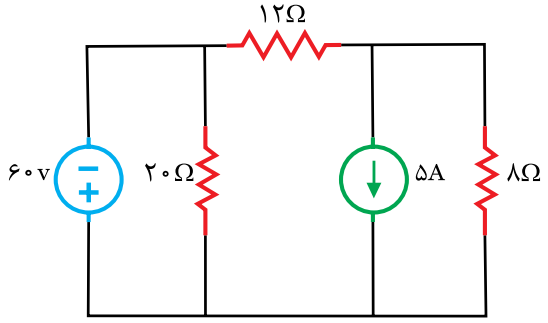
شکل (۱-۱۳۷)

۲- در مدار شکل (۱-۱۳۸) جریان مقاومت ۱۰۰ Ω را با روش جمع آثاربدست آورید. (امتحان نهایی دیماه ۸۳)



شکل (۱-۱۳۸)

۳- در مدار شکل (۱-۱۳۹) جریان مقاومت ۱۲ Ω را با روش جمع آثار بدست آورید.

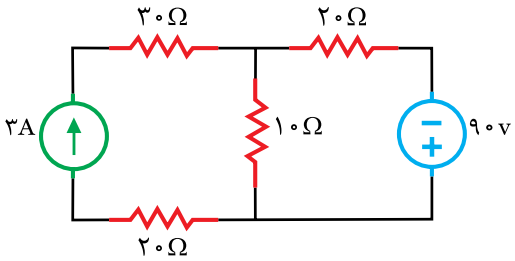


شکل (۱-۱۳۹)

۴- در مدار شکل (۱-۱۴۰) با کمک روش جمع آثار مطلوبست:

الف) توان در مقاومت ۱۰ Ω

ب) توان منبع ولتاژ



شکل (۱-۱۴۰)

۵- برای بی‌اثر کردن منابع ولتاژ آن‌ها را اتصال کوتاه می‌کنند.

☐ صحیح ☐ غلط

۶- روش جمع آثار در تحلیل مدارهایی که یک منبع دارند، نیز بکار می‌رود.

☐ صحیح ☐ غلط

۷- برای بی‌اثر کردن منابع جریان آن‌ها را باز می‌کنند.

☐ صحیح ☐ غلط

۸- روش جمع آثار در مورد محاسبه کمیت هایی که مجذور جریان با ولتاژ متناسب هستند، صدق نمی‌کند.

☐ صحیح ☐ غلط

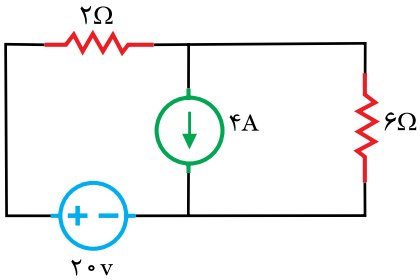
۹- در مدار شکل (۱-۱۴۱) جریان مقاومت ۶ Ω چند آمپر است.

الف) ۱

ب) ۱/۵

ج) ۲

د) ۲/۵



شکل (۱-۱۴۱)

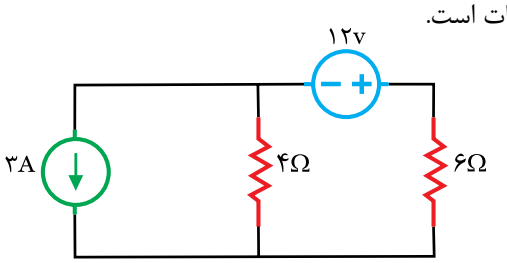
۱۰- در مدار شکل (۱-۱۴۲) توان مصرفی در مقاومت ۴ اهمی چند وات است.

الف) ۴

ب) ۸

ج) ۱۲

د) ۳۶



شکل (۱-۱۴۲)

خلاصه درس

۶-۱- تبدیل منابع ولتاژ و جریان به یکدیگر

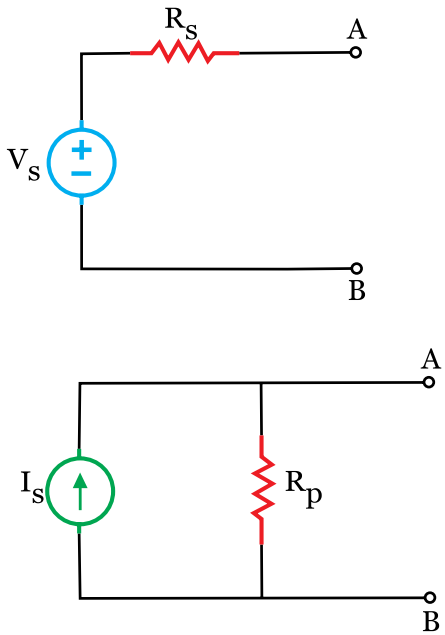
در تحلیل مدارهای الکتریکی مواردی پیش می‌آید که با تبدیل منبع ولتاژ و جریان به یکدیگر، تحلیل مدار ساده‌تر انجام می‌شود. باید توجه داشت با جایگزینی منابع، کمیت الکتریکی مورد بررسی در مدار حذف نشود. منابع ولتاژ و جریان شکل (۱-۱۴۳) را در نظر بگیرید.

برای تبدیل این منابع به یکدیگر کافی است:

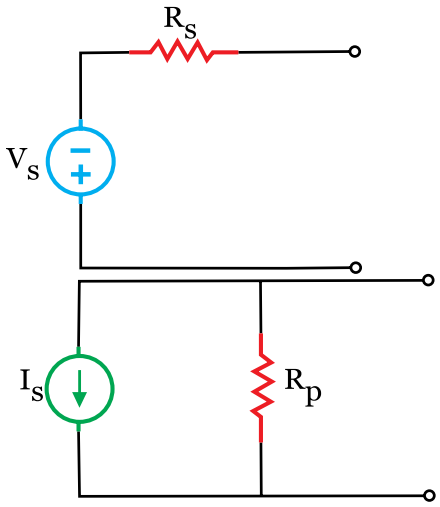
$R_s = R_p$ و $V_s = R_p I_s$ باشد.

به خاطر داشته باشید

جهت منبع جریان I_s بسمت پلاریته مثبت منبع V_s است. به شکل (۱-۱۴۳) توجه کنید و آن را با شکل (۱-۱۴۴) مقایسه نمایید.



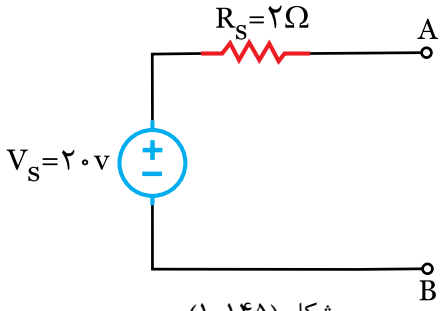
شکل (۱-۱۴۳)



شکل (۱-۱۴۴)

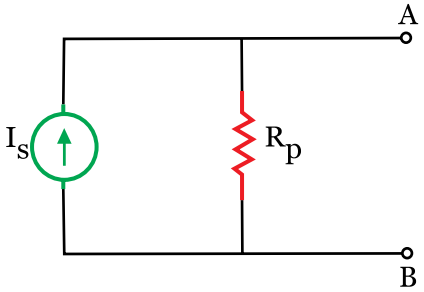
مثال ۱۵

منبع جریان معادل منبع ولتاژ شکل (۱-۱۴۵) را بدست آورید.



شکل (۱-۱۴۵)

- معادل منبع جریان در شکل (۱-۱۴۶) نشان داده شده است.



شکل (۱-۱۴۶)

حل

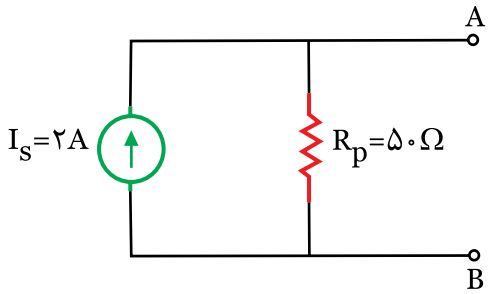
- در صورتی منبع جریان شکل (۱-۱۴۶) معادل منبع ولتاژ شکل (۱-۱۴۷) خواهد بود که: $R_s = R_p = ۲[\Omega]$

- و $V_s = R_p I_s$

- لذا $I_s = \frac{V_s}{R_p} = \frac{۲۰}{۲} = ۱۰[A]$

تمرین

۱- منبع ولتاژ معادل منبع جریان شکل (۱-۱۴۷) را بدست آورید.



شکل (۱-۱۴۷)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

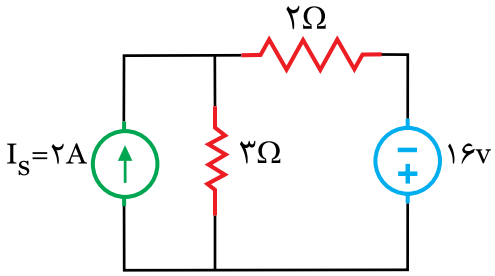
.....

.....

.....

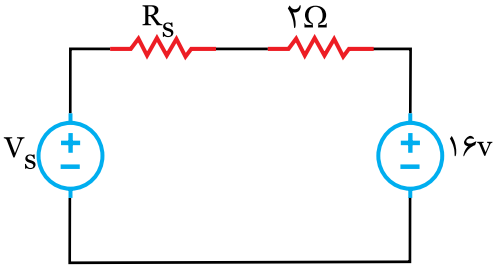
مثال ۱۵

در مدار شکل (۱-۱۴۸) ابتدا منبع جریان را به منبع ولتاژ تبدیل کنید وسپس با روش جریان حلقه، جریان در مقاومت ۲ Ω را حساب کنید.



حل

- منبع جریان ۲A موازی با مقاومت ۳ Ω می‌باشد. معادل منبع ولتاژ آن جایگزین می‌شود. شکل (۱-۱۴۹).



شکل (۱-۱۴۹)

به خاطر داشته باشید

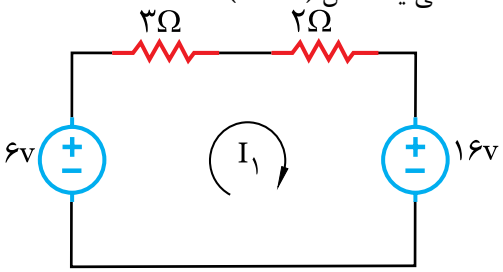
پلاریته مثبت منبع ولتاژ V_S در جهت منبع جریان I_S قرار داده می‌شود.

- در Ω کل (۱-۱۴۹)

$R_S=R_P=۳\Omega$

$V_S=R_P I_S = ۲\times ۳=۶[V]$

- با بکارگیری روش جریان حلقه جریان مقاومت ۲ Ω بدست می‌آید. شکل (۱-۱۵۰).



شکل (۱-۱۵۰)

KVL ⇒ $-۶+۳I_۱+۲I_۱+۱۶=۰$

$۵I۱=-۱۰$

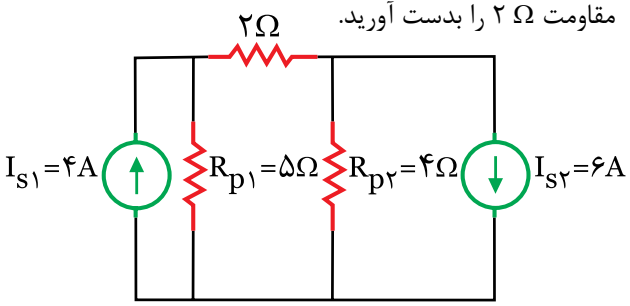
$I_۱=\frac{-۱۰}{۵}=-۲[A]$

- حلقه $I_۱$ از مقاومت ۲ Ω می‌گذرد لذا جریان آن با جریان حلقه $I_۱$ برابر است.

$I_{۳\Omega}=I_۳=۲[A]$

فعالیت ۱۶

در مدار شکل (۱-۱۵۱) ابتدا منابع جریان را به منبع ولتاژ تبدیل کنید و سپس با روش جریان حلقه، جریان در مقاومت ۲ Ω را بدست آورید.



شکل (۱-۱۵۱)

حل

- منبع جریان ۴A موازی با مقاومت ..... و منبع جریان ..... موازی با مقاومت ۴ Ω است. معادل منبع ولتاژ آن‌ها را جایگزین کنید. شکل(۱-۱۵۱).

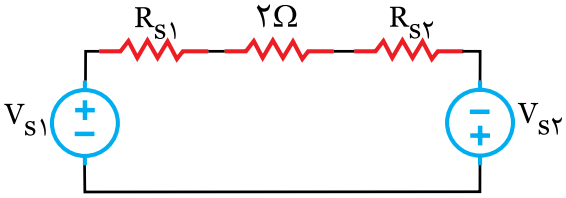
- در شکل (۱-۱۵۲)

R_{S1} = ... = ... [Ω]

R_{S2}= ..... = ... [Ω]

V_{S2}= ..... = ۶ × ۴ = ...[V]

$V_{S1}=R_{P1}.I_{S1}$ =..... × ..... =۲۰[V]



شکل (۱-۱۵۲)

- روش جریان حلقه را بکار ببرید و جریان مقاومت ۲ Ω را بدست آورید. شکل (۱-۱۵۳).

KVL۱ ⇒ - ..... + ... I_1 + ۲..... + ... - ..... =۰

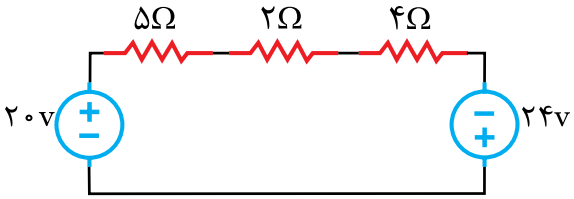
$۱۱I_1-۴۴=۰$

$۱۱I_1=۴۴$

$I_1=\frac{.....}{.....}=۴[A]$

- حلقه I_1 از مقاومت ۲ Ω می‌گذرد لذا:

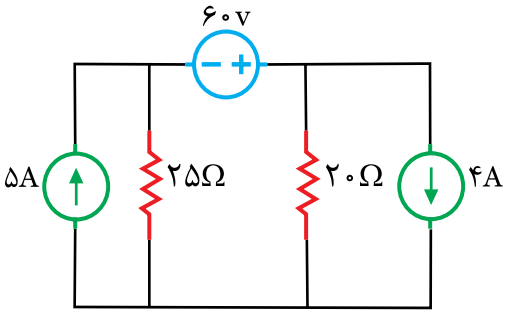
$I_{2\Omega}=I_1=۴A$



شکل (۱-۱۵۳)

تمرین

۱- در مدار شکل (۱-۱۵۴) ابتدا منابع جریان را به منبع ولتاژ تبدیل کنید سپس توان منبع ۶۰V را محاسبه نمایید.



شکل (۱-۱۵۴)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

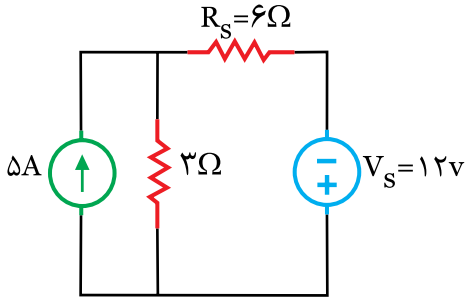
.....

.....

.....

مثال ۱۶

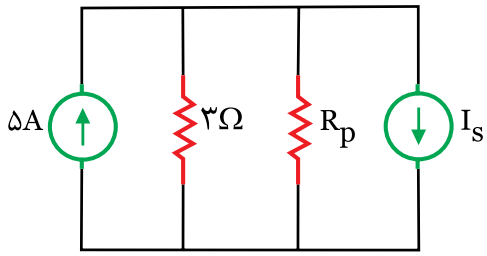
در مدار شکل (۱-۱۵۵) ابتدا منبع ولتاژ را به منبع جریان تبدیل کنید و سپس با روش پتانسیل گره جریان مقاومت ۳ Ω را بدست آورید.



شکل (۱-۱۵۵)

حل

- منبع ولتاژ ۱۲V سری با مقاومت ۶ Ω می‌باشد. معادل منبع جریان آن جایگزین می‌شود.



شکل (۱-۱۵۶)

به خاطر داشته باشید

جهت منبع جریان I_s بسمت پلاریته مثبت منبع ولتاژ V_s در نظر گرفته می‌شود.

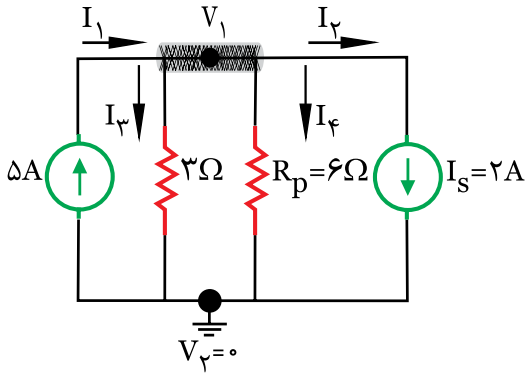
- در شکل (۱-۱۵۶)

$R_P = R_s = ۶[\Omega]$

$V_s = R_P . I_s$

$$I_s = \frac{V_S}{R_P} = \frac{۱۲}{۶} = ۲[A]$$

- با بکارگیری روش پتانسیل گره جریان مقاومت ۳ Ω بدست می‌آید. شکل (۱-۱۵۷).



شکل (۱-۱۵۷)

- جریان شاخه‌ها مشخص می‌شود.
- رابطه KCL نوشته می‌شود.

KCL۱ $+I_۱ - I_۲ - I_۳ - I_۴ = ۰$

- مقادیر جریان‌ها را بدست می‌آید.

$I_۱ = ۵[A]$

$I_۲ = ۲[A]$

$$I_۳ = \frac{V_۱ - V_۲}{۳} = \frac{V_۱ - ۰}{۳} = \frac{V_۱}{۳}$$

$$I_۴ = \frac{V_۱ - V_۲}{۶} = \frac{V_۱ - ۰}{۶} = \frac{V_۱}{۶}$$

- مقادیر جریان‌ها در رابطه KCL قرار داده می‌شود.

KCL۱ $+۵ - ۲ - \frac{V_۱}{۳} - \frac{V_۱}{۶} = ۰$

- مخرج مشترک گرفته می شود.

$$\frac{۳۰ - ۱۲ - ۲V_۱ - V_۱}{۶} = ۰$$

$۳V_۱ = ۱۸$

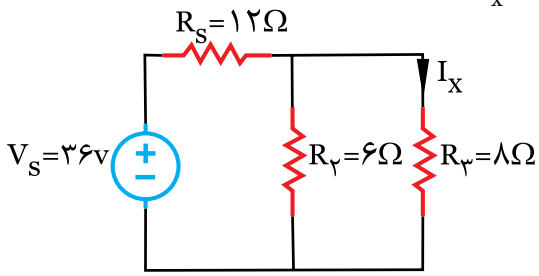
$$V_۱ = \frac{۱۸}{۳} = ۶[V]$$

- جریان مقاومت ۳ Ω با $I_۳$ نشان داده شده است لذا:

$$I_۳ = I_۳ = \frac{V_۱ - V_۲}{۳} = \frac{۶ - ۰}{۳} = ۲[A]$$

فعالیت ۱۷

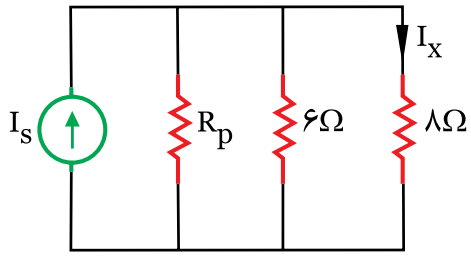
در مدار شکل (۱-۱۵۸) با تبدیل منبع ولتاژ به جریان مقدار I_x را بدست آورید.



شکل (۱-۱۵۸)

حل

- منبع ۳۶_V با مقاومت ۱۲ Ω سری است. معادل منبع جریان آن را جایگزین کنید. شکل (۱-۱۵۹).

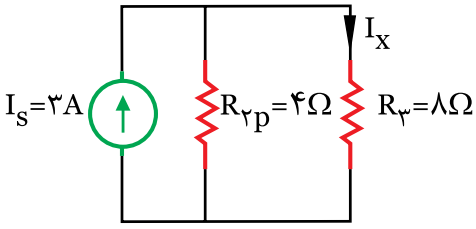


شکل (۱-۱۵۹)

- در شکل (۱-۱۵۹) $R_p = R_s =$ .....

$$I_s = \frac{V_s}{.....} = \frac{.....}{۱۲} = ۳[A]$$

- مقاومت R_p با مقاومت ۶ Ω موازی است. آن‌ها را با یکدیگر موازی کنید تا مدار ساده شود. این معادل را $R_{۲P}$ بنامید. شکل (۱-۱۶۰).



شکل (۱-۱۶۰)

$$R_{۲P} = \frac{R_۲ \times .....}{..... + R_p} = \frac{.....\times ۱۲}{۶ + ...} = ۴[\Omega]$$

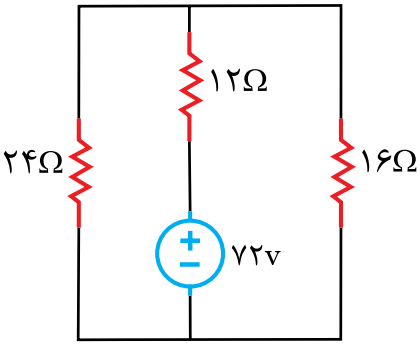
- رابطه تقسیم جریان میان مقاومت‌های موازی $R_۳$ و $R_{۲P}$ را بنویسید و جریان I_x را بدست آورید.

$$I_x = I_s \times \frac{.....}{.....+.....} =$$

$$I_x = ... \times \frac{۴}{..... + ۸} = ...$$

تمرین

- در مدار شکل (۱-۱۶۱) ابتدا منبع ولتاژ را به جریان تبدیل کنید و سپس جریان مقاومت ۱۶ Ω را بدست آورید.



شکل (۱-۱۶۱)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

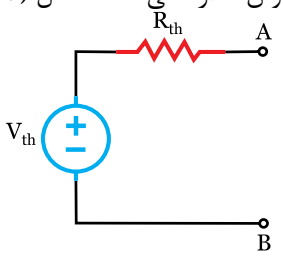
.....

خلاصه درس

۷-۱- تبدیلات تونن و نورتن مدارهای الکتریکی

الف- تحلیل مدارهای الکتریکی به روش تونن

روش تونن در تحلیل مدارهای الکتریکی که دارای تعداد زیاد عناصر هستند اما هدف فقط بررسی کمیت‌های الکتریکی یک عنصر در مدار است، بکار می‌رود.در روش تونن عنصر مورد نظر «بار» نامیده می‌شود و تمام عناصر مدار از دو سر بار بصورت یک منبع ولتاژ واقعی معادل سازی خواهد شد و آن را «معادل تونن مدار» می‌نامند. شکل (۱۶۲-۱).

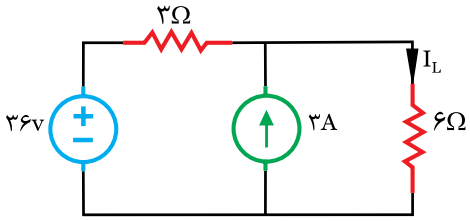


شکل (۱۶۲-۱)

در معادل تونن مدار «ولتاژ تونن V_{th}» اختلاف پتانسیل بین دو نقطه‌ای است که بار از آن جا باز شده است لذا آن را «ولتاژ مدار باز» نیز می‌نامند. «مقاومت معادل مدار R_{th}» مقاومت معادل کل مدار از دو نقطه‌ای است که بار از آن جا باز شده است و تمام منابع مدار بی‌اثر شده‌اند. (منابع جریان باز و منابع ولتاژ اتصال کوتاه).

مثال ۱۷

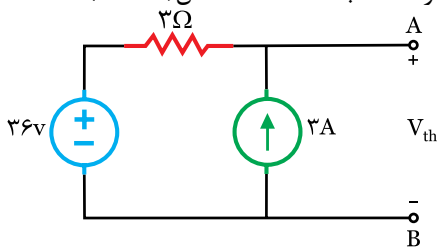
در مدار شکل (۱۶۳-۱) جریان I_L را با استفاده از معادل تونن مدار بدست آورید.



شکل (۱۶۳-۱)

حل

- I_L جریان مقاومت ۶ Ω است لذا آن «بار» نامیده می‌شود و با R_L نشان داده خواهد شد.
- مقاومت بار R_L از مدار جدا می‌شود و سرهای آن با پایانه‌های A و B نشان داده خواهد شد.
- اختلاف پتانسیل میان پایانه‌های A و B با V_{th} نشان داده می‌شود و به دلخواه پلاریته یکی از پایانه با مثبت و پایانه دیگر با منفی نشان داده می‌شود.
- با یکی از روش‌های حلقه، پتانسیل گره یا جمع آثار، ولتاژ معادل توتن V_{th} محاسبه می‌شود. در این مثال روش پتانسیل گره انتخاب شده است. شکل(۱۶۴-۱)

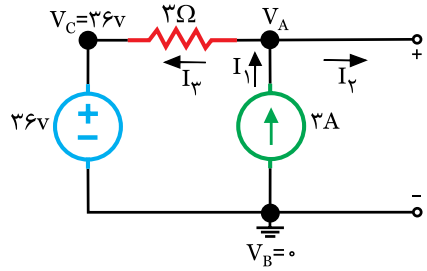


شکل (۱۶۴-۱).

- پایانه B زمین می‌شود لذا پتانسیل آن صفر خواهد شد

$V_B=0$.

- جریان شاخه‌های مدار تعیین می‌شود. شکل(۱۶۵-۱).



شکل(۱۶۵-۱)

- برای گره A رابطه KCL نوشته می‌شود.

KCLA $-I_1+I_2+I_3=0$

- مقادیر جریان‌های I_1، I_2 و I_3 بدست می‌آید.

$I_1=+3[A]$

به خاطر داشته باشید

جریان I_2 صفر است زیرا انتهای شاخه آن باز است.

$I_۲=۰$

$$I_۳=\frac{V_A-V_C}{۳}=\frac{V_A-۳۶}{۳}$$

- مقادیر جریان‌ها در رابطه KCL قرار داده می‌شود و V_A محاسبه خواهد شد.

$$\text{KCLA} \Rightarrow -۳+۰+\frac{V_A-۳۶}{۳}=۰$$

$$\frac{-۹+۰+V_A-۳۶}{۳}=۰$$

$$-۹+۰+V_A-۳۶=۰$$

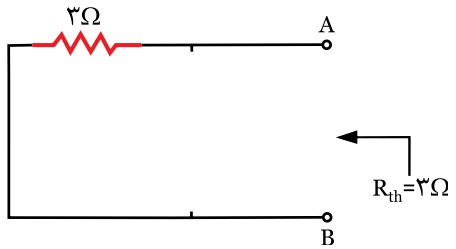
$$V_A=۴۵[V]$$

- V_{th} اختلاف پتانسیل میان دو پایانه یا گره‌های ساده A و B می‌باشد با تعیین پتانسیل A و B ولتاژ تونن V_{th} برابر خواهد بود با:

$$V_{th}=+V_A-V_B$$

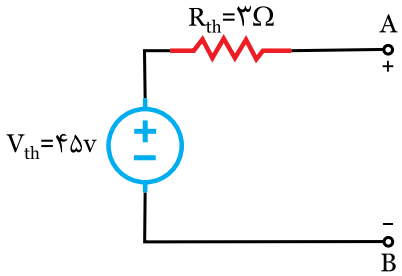
$$V_{th}=+۴۵-۰=۴۵[V]$$

- برای محاسبه مقاومت معادل مدار R_{th}، منابع مدار شکل(۱-۱۶۴) بی‌اثر می‌شود و مقاومت کل مدار از پایانه‌های A و B بدست می‌آید. شکل(۱-۱۶۶).



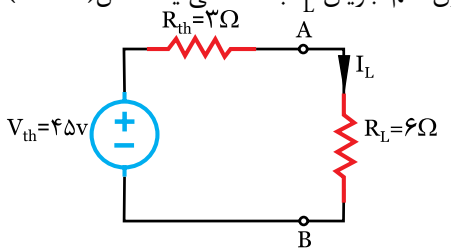
شکل(۱-۱۶۶)

- معادل تونن مدار به صورت شکل(۱-۱۶۷) رسم می‌شود و پلاریته پایانه‌های A و B مطابق شکل (۱-۱۶۴) مشخص می شود.



شکل(۱-۱۶۷)

- مقاومت بار R_L به معادل تونن مدار وصل می‌شود و با قانون اهم جریان I_L بدست می‌آید. شکل(۱-۱۶۸).

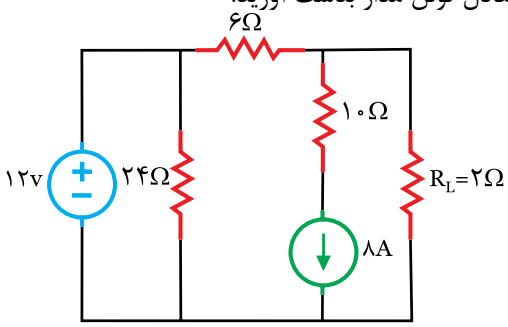


شکل(۱-۱۶۸)

$$I_L=\frac{V_{th}}{R_{th}+R_L}=\frac{۴۵}{۳+۶}=۵[A]$$

فعالیت ۱۸

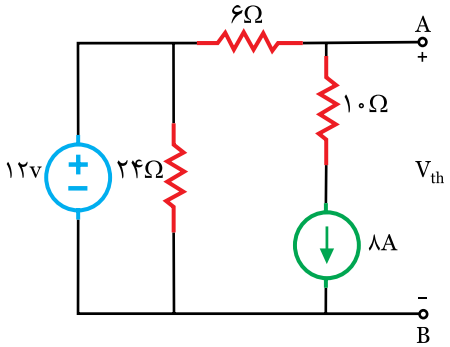
در مدار شکل(۱-۱۶۹) توان در مقاومت R_L را با استفاده از معادل تونن مدار بدست آورید.



شکل(۱-۱۶۹)

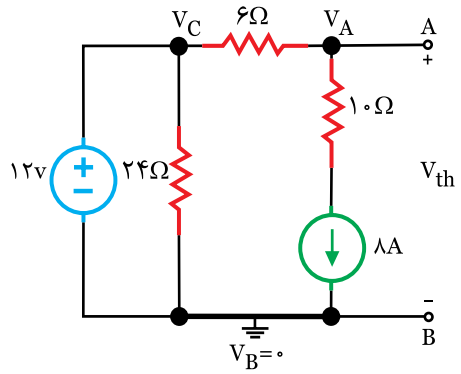
حل

- مقاومت R_L را از مدار جدا کنید و سرهای آن را با پایانه‌های A و B نشان دهید. شکل(۱-۱۷۰). اختلاف پتانسیل میان آن‌ها را V_{th} بنامید و برای آن‌ها پلاریته انتخاب کنید.



شکل(۱-۱۷۰)

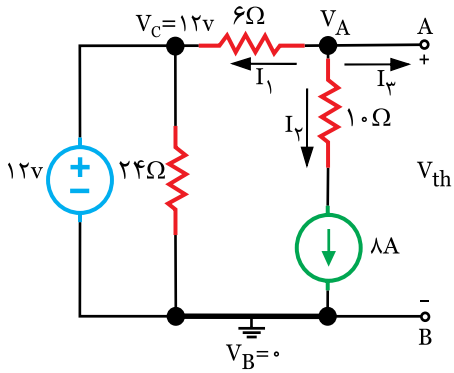
- با روش پتانسیل گره V_{th} را بدست آورید. گره‌های مدار را مشخص کنید. یکی از آن‌ها را زمین نمایید. شکل(۱-۱۷۱).



شکل(۱-۱۷۱)

- پتانسیل V_B و V_C معلوم و V_A مجهول است. لذا برای شاخه‌های گره A جهت جریان مشخص کنید و رابطه KCL بنویسید. شکل(۱-۱۷۲).

KCLA $+I_۱+I_۲+I_۳=۰$



شکل(۱-۱۷۲)

- مقادیر جریان‌های $I_۱$، $I_۲$ و $I_۳$ را بدست آورید.

$I_۱=\frac{\ldots\ldots-\ldots\ldots}{\ldots\ldots}$

$I_۲=\ldots\ldots\ldots$

$I_۳=\ldots\ldots\ldots$

- مقادیر جریان‌های $I_۱$، $I_۲$ و $I_۳$ را در رابطه KCLA قرار دهید.

KCLA $+\frac{V_A-۱۲}{۶}+۸+۰=۰$

- معادله KCLA را حل کنید و V_A را بدست آورید.

$\frac{\ldots\ldots-\ldots\ldots+\ldots\ldots+\ldots\ldots}{۶}=۰$

$V_A+۳۶=۰$

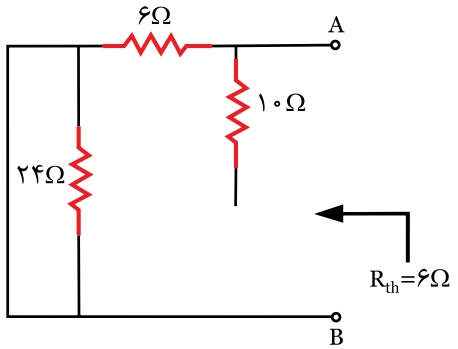
$V_A=-۳۶$ [v]

- V_{th} اختلاف پتانسیل میان پایانه‌های A و B است.

$V_{th}=+\ldots\ldots-\ldots\ldots$

$V_{th}=+(-۳۶)-۰=\ldots\ldots$

- منابع را در شکل(۱-۱۷۲) بی‌اثر کنید و مقاومت کل مدار را از پایانه‌های A و B بدست آورید. شکل(۱-۱۷۳).

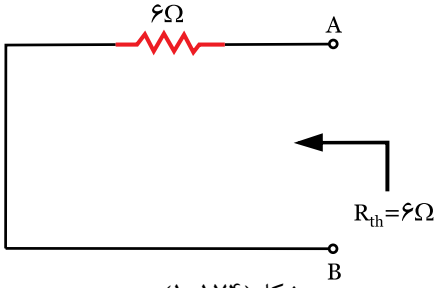


شکل (۱-۱۷۳)

به خاطر داشته باشید

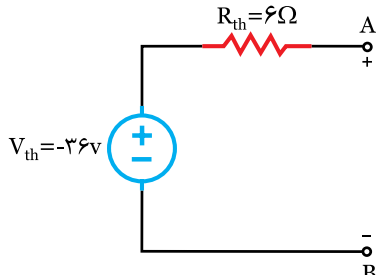
با بی‌اثر شدن منابع، مقاومت ۲۴ Ω دراثر اتصال کوتاه شده منبع ۱۲V و مقاومت ۱۰ Ω در اثر باز شدن منبع ۸A حذف می‌شوند. شکل(۱-۱۷۴)

مقاومت ۲۴Ω و مقاومت ۱۰Ω حذف می شوند



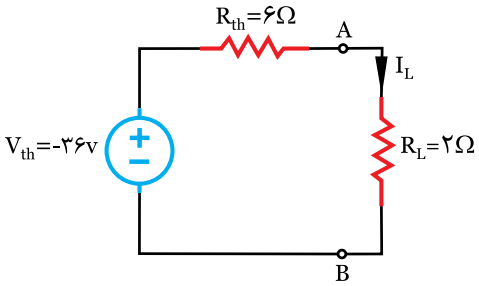
شکل(۱-۱۷۴)

- معادل تونن مدار را رسم کنید. شکل(۱۷۵-۱). وپلاریته پایانه‌های A و B را مطابق شکل(۱۳-۵) مشخص کنید.



شکل(۱۷۵-۱)

- مقاومت R_L را به معادل تونن مدار وصل کنید و با محاسبه جریان R_L توان در آن را بدست آورید. شکل(۱۷۶-۱).



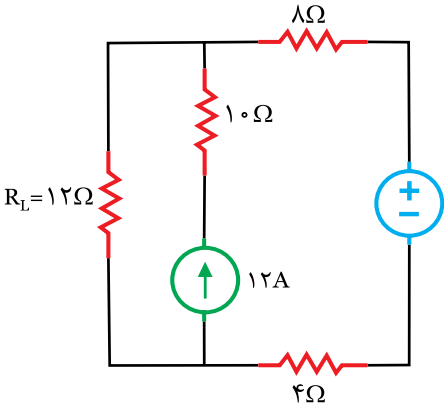
شکل(۱۷۶-۱)

$$I_L = \frac{V_{th}}{\dots + \dots} = \frac{\dots}{۶ + ۲} = -۴/۵[A]$$

$$P_L = \dots \times I_L^{۲} = ۲ \times (\dots)^{۲} = ۴۰/۵[W]$$

تمرین

۱- ولتاژ دو سر مقاومت R_L را با استفاده از معادل تونن مدار شکل(۱۷۷-۱) بدست آورید.



شکل(۱۷۷-۱)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

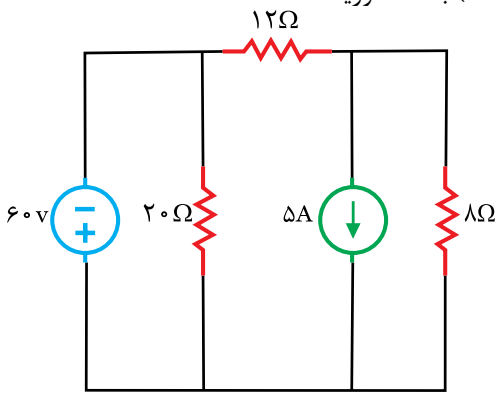
.....

.....

.....

.....

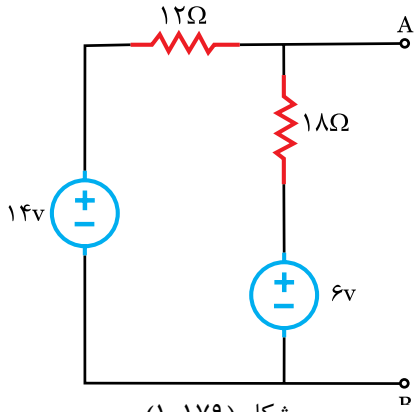
۲- جریان مقاومت ۸ Ω را با استفاده از معادل تونن مدار شکل(۱۷۸-۱) بدست آورید.



شکل(۱۷۸-۱)

حل

۳- معادل تونن مدار شکل (۱۷۹-۱) را بدست آورید.

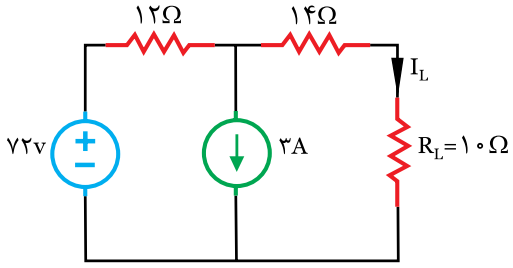


شکل (۱۷۹-۱)

حل

مثال ۱۸

در مدار شکل (۱-۱۸۰) جریان I_L را با استفاده از معادل تونن مدار بدست آورید.

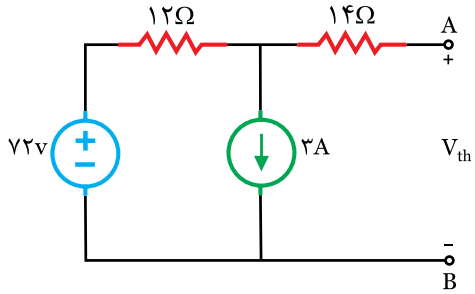


شکل (۱-۱۸۰)

حل

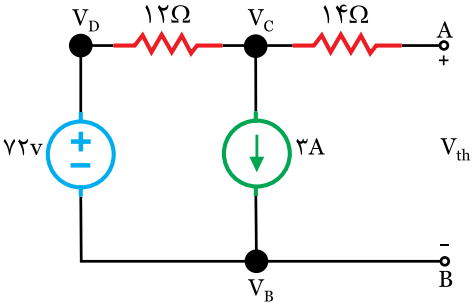
- مقاومت R_L از مدار جدا می‌شود و سرهای آن با پایانه‌های A و B نشان داده خواهد شد.

- اختلاف پتانسیل میان پایانه‌های A و B با V_{th} نشان داده می‌شود و به دلخواه پلاریته برای پایانه‌های A و B مشخص خواهد شد. شکل (۱-۱۸۱).



شکل (۱-۱۸۱)

- با انتخاب روش پتانسیل گره، V_{th} محاسبه خواهد شد لذا گره‌های مدار مشخص می‌شود. شکل (۱-۱۸۲).



شکل (۱-۱۸۲)

- گره B زمین می شود لذا پتانسیل آن صفر می‌شود.

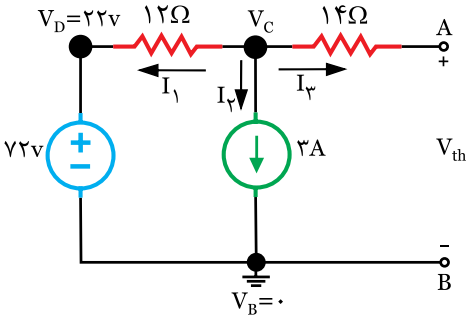
V_B= ۰

- در این صورت پتانسیل گره D نیز مشخص می‌شود.

V_D= ۷۲ [v]

- پتانسیل گره C مجهول است. جریان شاخه‌های آن مشخص می‌شود و برای آن‌ها رابطه KCL نوشته خواهد شد.

شکل (۱-۱۸۳)



شکل (۱-۱۸۳).

KCLC) $+I_1+I_2+I_3=0$

$$I_3=\frac{V_C-V_D}{12}=\frac{V_C-72}{12}$$

I_2= ۳A

I_3=۰

به خاطر داشته باشید

جریان I_3 صفر است زیرا انتهای شاخه آن باز است.

- مقادیر جریان‌ها در رابطه KCL قرار داده مس‌شود تا V_C بدست آید.

$$\text{KCL} \Rightarrow +\frac{V_C-72}{12}+3+0=0$$

- مخرج مشترک گرفته می‌شود.

$$\frac{V_C-72+36+0}{12}=0$$

- کسری که مساوی صفر است صورت آن مساوی صفر می‌باشد.

$V_C-72+36+0=0$

- پتانسیل گره C بدست می‌آید.

V_C= ۳۶[V

- برای بدست آوردن پتانسیل گره ساده A رابطه $I_۳$ نوشته می‌شود.

$$I_۳=\frac{V_C-V_A}{۱۴}$$

- مقادیر $I_۳$ و V_C جایگزین می‌شود تا V_A بدست آید.

$$۰=\frac{۳۶-V_A}{۱۴}$$

$$۳۶-V_A=۰$$

$$V_A=۳۶[V]$$

به خاطر داشته باشید

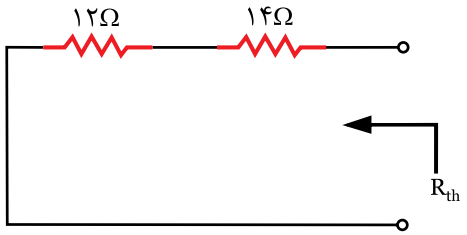
در شاخه‌های شامل مقاومت که جریان آن‌ها صفر است، پتانسیل دو سر شاخه برابر خواهد شد.

- V_{th} اختلاف پتانسیل میان دو پایانه یا گره‌های ساده A و B است با تعیین پتانسیل گره A و B، ولتاژ تونن V_{th} بدست می‌آید.

$$V_{th}=+V_A-V_B$$

$$V_{th}=+۳۶-۰=۳۶[V]$$

- منابع مدار شکل (۱-۱۸۱) بی‌اثر می‌شوند و مقاومت معادل مدار R_{th} بدست می‌آید. شکل (۱-۱۸۴).

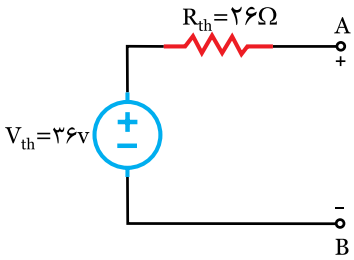


شکل (۱-۱۸۴)

- مقاومت‌های ۱۴ Ω و ۱۲ Ω با یکدیگر سری قرار می‌گیرند.

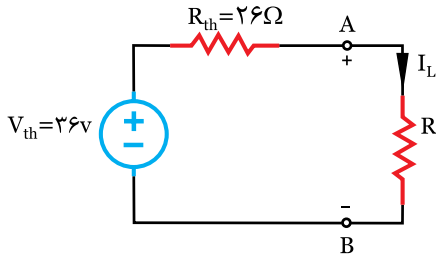
$$R_{th}=۱۲+۱۴=۲۶\Omega$$

- معادل تونن مدار به صورت شکل (۱-۱۸۵) رسم می‌شود.



شکل (۱-۱۸۵)

- مقاومت R_L به معادل تونن مدار وصل می‌شود و به کمک قانون اهم جریان I_L بدست می‌آید. شکل (۱-۱۸۶).

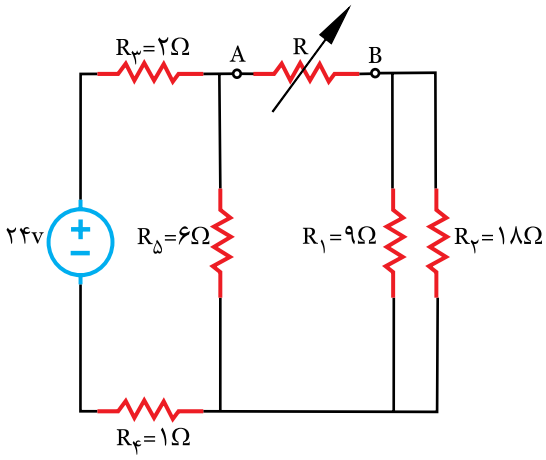


شکل (۱-۱۸۶)

$$I_L=\frac{V_{th}}{R_{th}+R_L}=\frac{۳۶}{۲۶+۱۰}=۱[A]$$

فعالیت ۱۹

معادل تونن مدار شکل (۱-۱۸۷) را از دو پایانه A و B بدست آورید و به کمک آن R_L را چنان تعیین کنید تا ماکزیمم توان را جذب کند. مقدار این توان چند وات است.



شکل (۱-۱۸۷)

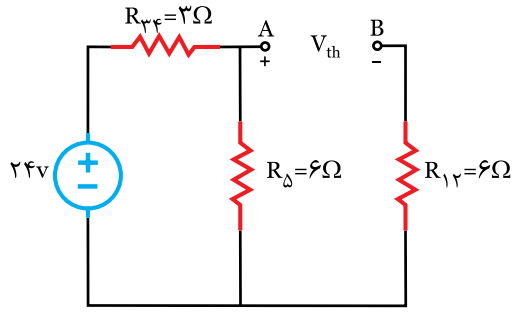
حل

- مقاومت R_L را از مدار جدا کنید. اختلاف پتانسیل پایانه‌های A و B را V_{th} بنامید.

- مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ با یکدیگر موازی و مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ با یکدیگر سری هستند. معادل آن‌ها را بدست آورید و مدار را ساده کنید. شکل (۱-۱۸۸).

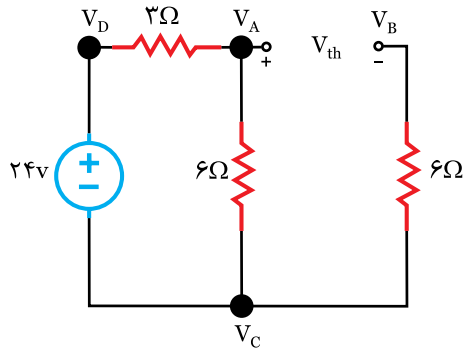
$$R_{۱۲} = \frac{\dots\dots}{R_۱ + R_۲} = \frac{۹ \times ۱۸}{\dots\dots} = ۶[\Omega]$$

$$R_{۳۴} = \dots\dots + \dots\dots = ۲ + ۱ = ۳[\Omega]$$



شکل (۱-۱۸۸)

- گره‌های مدار را مشخص کنید و با روش پتانسیل گره، پتانسیل آن‌ها را بدست آورید. شکل (۱-۱۸۹).



شکل (۱-۱۸۹)

- از شاخه میان گره‌های V_B و V_C جریان عبور نمی‌کند

$V_{\dots} = V_{\dots}$.

- گره V_C را زمین کنید لذا پتانسیل آن صفر می‌شود.

$V_C = \dots\dots$

- با زمین شدن گره V_C پتانسیل گره V_D مشخص می‌شود.

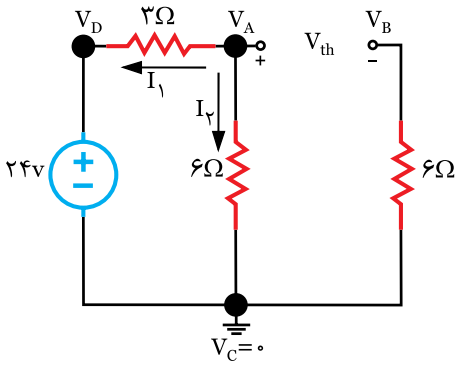
$V_D = \dots\dots$

- پتانسیل V_A مجهول است جریان شاخه‌های آن را مشخص کنید و رابطه KCL برای آن بنویسید. شکل (۱-۱۹۰).

KCLA $+I_۱ + \dots\dots = \dots\dots$

$$I_۱ = \frac{V_A - \dots\dots}{\dots\dots} = \frac{\dots\dots - ۲۴}{\dots\dots}$$

$$I_۲ = \frac{\dots\dots - V_C}{\dots\dots} = \frac{V_A - \dots\dots}{\dots\dots}$$



شکل (۱-۱۹۰)

- مقادیر جریان‌ها را در رابطه KCLA قرار دهید.

KCLA $+ \frac{V_A - ۲۴}{۳} + \frac{V_A - ۰}{۶} = ۰$

- مخرج مشترک بگیرید و V_A را بدست آورید.

$$\frac{\dots\dots - \dots\dots + \dots\dots - \dots\dots}{۶} = ۰$$

- صورت کسر را مساوی صفر قرار دهید.

$+۲V_A - ۴۸ + V_A - ۰ = ۰$

- ساده کنید و مقدار V_A را محاسبه نمایید.

$\dots\dots - \dots\dots = ۰$

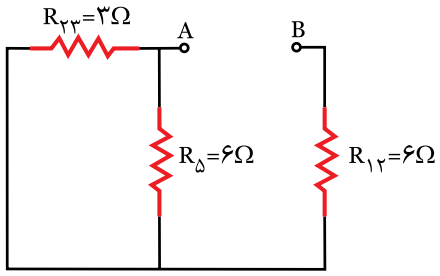
$$V_A = \frac{\dots\dots}{\dots\dots} = ۱۶[A]$$

- پتانسیل گره‌های مدار مشخص می‌باشد اکنون V_{th} اختلاف پتانسیل میان پایانه‌های A و B را بدست آورید.

$V_{th} = + \dots\dots - \dots\dots$

$V_{th} = +۱۶ - ۰ = ۱۶[v]$

- منابع را در شکل (۱-۱۸۸) بی‌اثر کنید و مقاومت کل مدار را از پایانه‌های A و B بدست آورید. شکل (۱-۱۹۱).



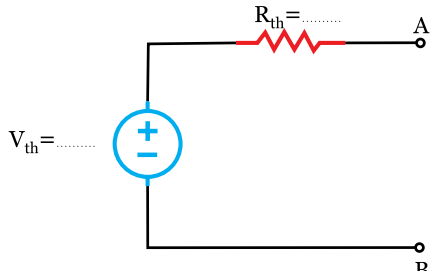
شکل (۱-۱۹۱)

- مقاومت‌های $R_{۲۳}$ و $R_۵$ با یکدیگر ..... و با مقاومت $R_{۱۲}$ اتصال ..... دارند لذا :

$$R_{۲۳۵}=\frac{R_{۲۳}\times .....}{.....+R_۵}=\frac{.....\times .....}{.....+.....}=۲[\Omega]$$

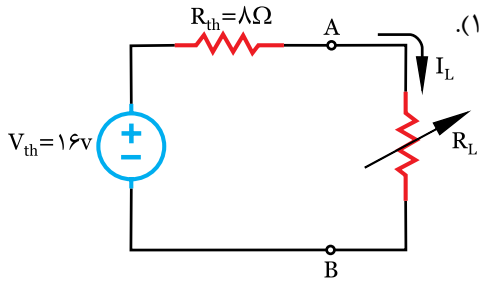
$$R_{th}=.....+R_{۱۲}=۲+.....=۸[\Omega]$$

- معادل تونن مدار را رسم کنید. شکل (۱-۱۹۲).



شکل (۱-۱۹۲)

- مقاومت R_L را به معادل تونن مدار وصل کنید. شکل (۱-۱۹۳).



شکل (۱-۱۹۳)

به خاطر داشته باشید

انتقال ماکزیمم توان به بار را تطابق گویند. زمانی ماکزیمم توان به بار منتقل می‌شود که مقاومت بار با مقاومت معادل مدار برابر باشد یعنی $R_L=R_{th}$

- برای محاسبه ماکزیمم توان $R_L=R_{th}$ قرار دهید و با محاسبه جریان بار توان را محاسبه کنید.

$$R_L=R_{th}=.....$$

$$I_L=\frac{V_{th}}{.....+.....}=\frac{.....}{۸+۸}=۱[A]$$

$$P_L=R_L.I_L^۲=.....\times(.....)^۲=۸[W]$$

به خاطر داشته باشید

برای محاسبه ماکزیمم توان انتقالی به بار پس از آنکه $R_L=R_{th}$ قرار داده شده می‌توان از رابطه مقابل استفاده کرد.

$$P_{max}=\frac{(V_{th})^۲}{۴R_L}$$

در این صورت:

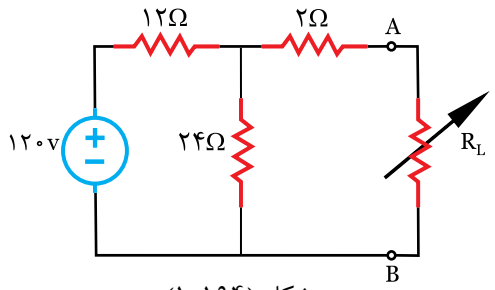
$$P_{max}=\frac{(۱۶)^۲}{۴\times ۸}=۸[w]$$

تمرین

۱- در مدار شکل (۱-۱۹۴) مطلوبست:

الف) معادل تونن مدار از دو پایانه A و B

ب) محاسبه ماکزیمم توان انتقالی به بار R_L



شکل (۱-۱۹۴)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

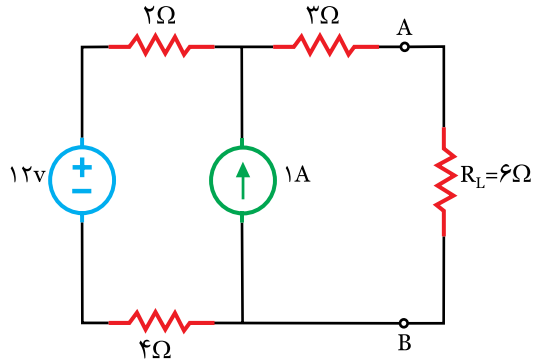
.....

.....

۲- در مدار شکل (۱-۱۹۵) با استفاده از معادل تونن مدار مطلوبست:

الف) جریان R_L در شرایط فعلی

ب) ماکزیمم توان انتقالی به بار



شکل (۱-۱۹۵)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

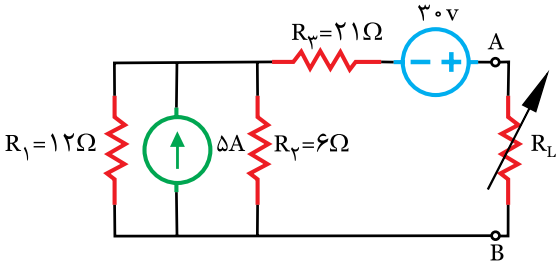
.....

مثال ۱۹

در مدار شکل (۱-۱۹۶) مطلوبست:

الف) معادل تونن مدار از پایانه‌های A و B

ب) ماکزیمم توان انتقالی به بار R_L چند وات است؟



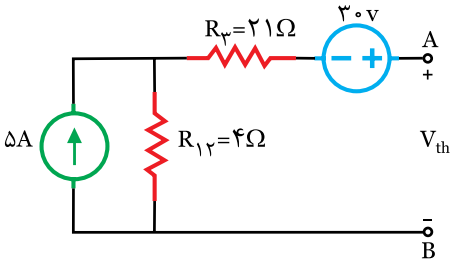
شکل (۱-۱۹۶)

حل

- مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ با یکدیگر موازی هستند معادل آن‌ها جایگزین می‌شود تا مدار ساده شود.

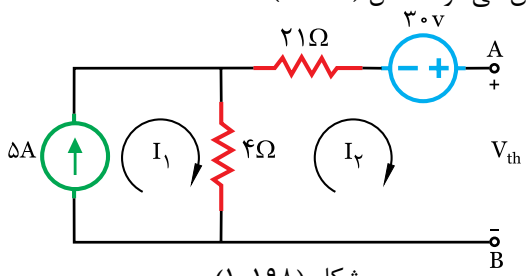
$$R_{۱۲}=\frac{R_۱ \cdot R_۲}{R_۱+R_۲}=\frac{۱۲\times ۶}{۱۲+۶}=۴[\Omega]$$

- مقاومت R_L از مدار جدا می‌شود و اختلاف پتانسیل پایانه‌های A و B با V_{th} نشان داده می شود. شکل (۱-۱۹۷).



شکل (۱-۱۹۷)

- با روش حلقه V_{th} بدست می‌آید. لذا حلقه‌های مدار مشخص می‌شود. شکل (۱-۱۹۸).



شکل (۱-۱۹۸)

- حلقه I_1 از منبع جریان ۵A می گذرد پس

$I_1 = 5[A]$

- حلقه I_2 در محل V_{th} قطع شده است پس

$I_2 = 0$

- برای حلقه I_2 رابطه KVL نوشته خواهد شد و V_{th} بدست می‌آید.

KVL۲ $4(I_2 - I_1) + 21I_2 - 30 + V_{th} = 0$

- معادله KVL۲ ساده می‌شود

$4I_2 - 4I_1 + 21I_2 - 30 + V_{th} = 0$

$-4I_1 + 25I_2 - 30 + V_{th} = 0$

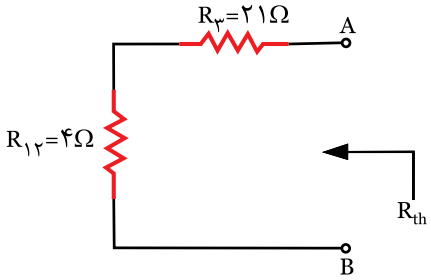
- مقادیر I_1 و I_2 جایگزین می‌شود و V_{th} محاسبه می‌شود.

$-4(5) + 25(0) - 30 + V_{th} = 0$

$-50 + V_{th} = 0$

$V_{th} = 50[v]$

- منابع مدار شکل (۱-۱۹۷) بی‌اثر می‌شوند و مقاومت معادل مدار R_{th} بدست می‌آید. شکل (۱-۱۹۹).

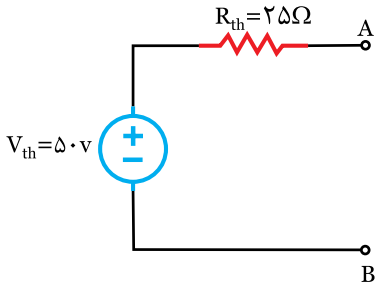


شکل (۱-۱۹۹)

- مقاومت‌های R_{12} و R_3 با یکدیگر سری می‌شوند.

$R_{th} = R_{12} + R_3 = 4 + 21 = 25[\Omega]$

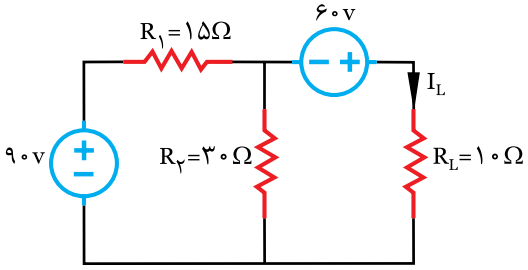
- معادل تونن مدار به صورت شکل (۱-۲۰۰) رسم می‌شود.



شکل (۱-۲۰۰)

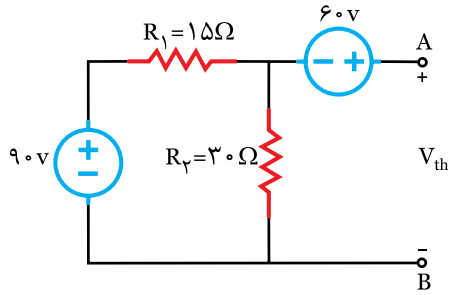
فعالیت ۲۰

در مدار شکل (۱-۲۰۱) جریان I_L را با معادل تونن مدار بدست آورید.



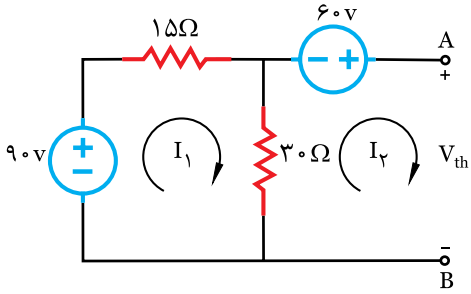
شکل (۱-۲۰۱)

- مقاومت R_L را از مدار جدا کنید. سرهای آن را پایانه‌های A و B نشان دهید. ولتاژ این پایانه‌ها را با V_{th} مشخص کنید. شکل (۲۰۲-۱).



شکل (۲۰۲-۱)

- با روش حلقه V_{th} را بدست آورید. ابتدا حلقه‌های مدار را مشخص کنید. شکل (۲۰۳-۱).



شکل (۲۰۳-۱)

- حلقه $I_۲$ در محل V_{th} قطع است لذا $I_۲=$ .....

- برای حلقه $I_۱$ رابطه KVL بنویسید و مقدار $I_۱$ را بدست آورید.

KVL۱ $-۹۰+\ldots\ldots+\ldots\ldots(I_۱-\ldots\ldots)=۰$

- معادله KVL۱ را ساده کنید.

$-۹۰+۴۵\ldots\ldots-\ldots\ldots I_۲=۰$

- مقدار $I_۲$ را جایگزین و مقدار $I_۱$ را بدست آورید.

$-۹۰+۴۵I_۱-۳۰(\ldots\ldots)=۰$

$I_۱=\frac{\ldots\ldots}{\ldots\ldots}۲[A]$

- اکنون KVL۲ را بنویسید تا V_{th} بدست آید.

KVL۲ $۳۰(\ldots\ldots-\ldots\ldots)-\ldots\ldots+V_{th}=۰$

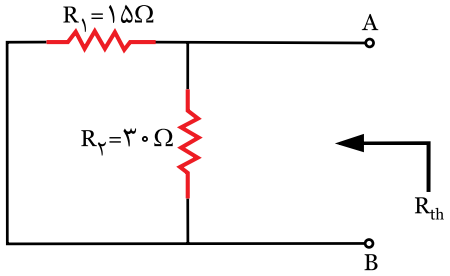
- مقادیر $I_۱$ و $I_۲$ را جایگزین کنید و Vth را بدست آورید.

$\ldots\ldots(۰-۲)-۶۰+V_{th}=۰$

$-\ldots\ldots+V_{th}=۰$

$Vth=۱۲۰[A]$

- منابع مدار شکل (۲۰۲-۱) را بی‌اثر کنید و مقاوم معادل مدار R_{th} را بدست آورید. شکل (۲۰۴-۱).

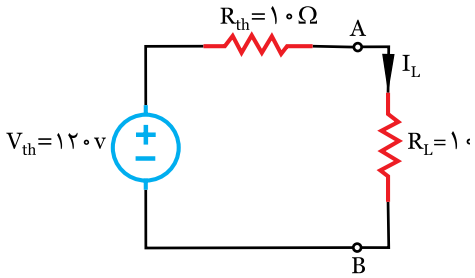


شکل (۲۰۴-۱)

- مقاومت‌های ..... و ..... با یکدیگر ..... می‌شوند.

$R_{th}=\frac{R_۱\times\ldots\ldots}{\ldots\ldots+R_۲}=\frac{\ldots\ldots\times\ldots\ldots}{\ldots\ldots+\ldots\ldots}=۱۰[\Omega]$

- معادل تونن مدار را رسم کنید و مقاومت R_L را به آن متصل نمایید. شکل (۲۰۵-۱).



شکل (۲۰۵-۱)

- به کمک قانون اهم I_L را بدست آورید.

$I_{th}=\frac{V_{th}}{\ldots\ldots+\ldots\ldots}=\frac{\ldots\ldots}{\ldots\ldots+\ldots\ldots}=۶[\Omega]$

تمرین

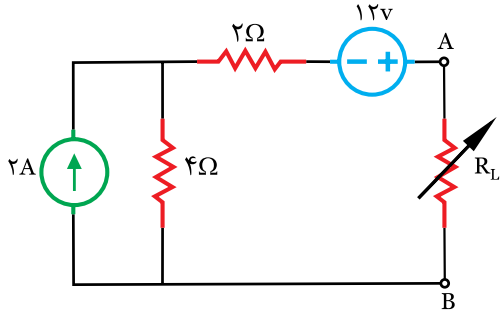
۱- در مدار شکل (۲۰۶-۱) مطلوبست:

الف) تعیین V_{th} و R_{th} بین پایانه‌های A و B

ب) رسم مدار معادل تونن

ج) مقدار R_L چقدر باشد تا توان آن مکزیمم شود. توان ماکزیمم R_L چند وات است؟

(امتحان نهایی خرداد ۱۳۸۵)



شکل (۲۰۶-۱)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

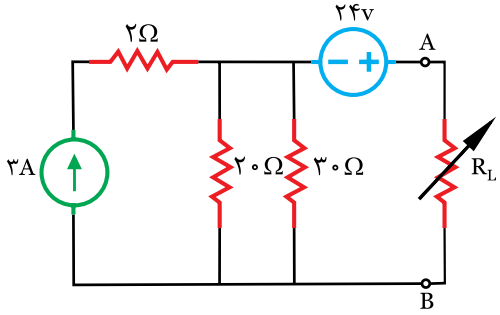
.....

.....

۲- در مدار شکل (۲۰۷-۱) مطلوبست:

الف) مقادیر V_{th} و R_{th} در بین دو پایانه A و B

ب) ماکزیمم توان انتقالی به بار R_L



شکل (۲۰۷-۱)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

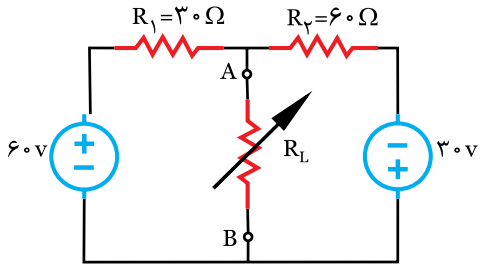
.....

مثال ۲۰

در مدار شکل (۲۰۸-۱) مطلوبست:

الف) V_{th} و R_{th} از دو پایانه A و B

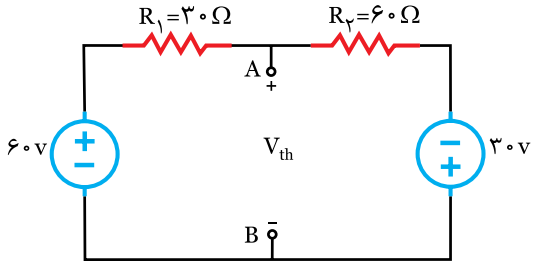
ب) ماکزیمم توان انتقالی به بار R_L



شکل (۲۰۸-۱)

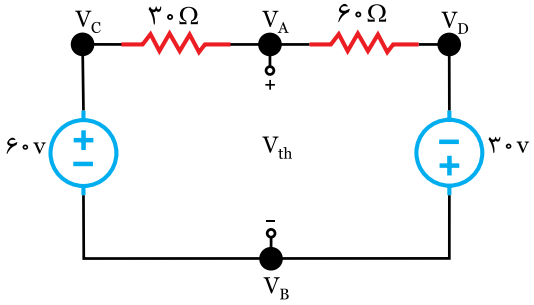
حل

- مقاومت R_L از مدار باز می‌شود و اختلاف پتانسیل پایانه‌های A و B با V_{th} نشان داده می‌شود. شکل (۲۰۹-۱).



شکل (۲۰۹-۱)

- گره‌های مدار مشخص می‌شود و با روش پتانسیل گره V_{th} بدست می‌آید. شکل (۲۱۰-۱).



شکل (۲۱۰-۱)

- گره B زمین می‌شود لذا پتانسیل آن صفر می‌شود.

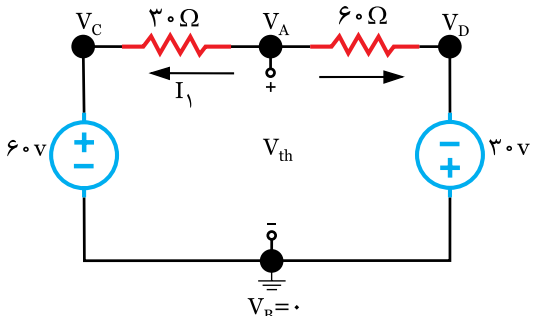
$V_B=۰$

- در این صورت پتانسیل گره‌های ساده C و D مشخص می‌شود.

$V_C=+۶۰[V]$

$V_D=-۳۰\ V$

- پتانسیل گره A مجهول است. جریان شاخه‌های آن مشخص می‌شود و برای آن رابطه KCL نوشته خواهد شد. شکل (۲۱۱-۱).



شکل (۲۱۱-۱)

KCLA $+I_۱+I_۲=۰$

- مقادیر جریان‌های $I_۱$ و $I_۲$ بدست می‌آید.

$$I_۱=\frac{V_A-V_C}{۳۰}=\frac{V_A-۶۰}{۳۰}$$

$$I_۲=\frac{V_A-V_D}{۶۰}=\frac{V_A-(۳۰)}{۶۰}=\frac{V_A+۳۰}{۶۰}$$

- مقادیر جریان‌های $I_۱$ و $I_۲$ در رابطه KCLA قرار داده می‌شود و V_A بدست می‌آید.

KCLA $+\frac{V_A-۶۰}{۳۰}+\frac{V_A+۳۰}{۶۰}=۰$

- مخرج مشترک گرفته می‌شود.

$$\frac{۲V_A-۱۲۰+V_A+۳۰}{۶۰}=۰$$

- کسری که مساوی صفر است صورت آن مساوی صفر می‌باشد.

$۲V_A-۱۲۰+V_A+۳۰=۰$

- پتانسیل گره A بدست می‌آید.

$۳V_A-۹۰=۰$

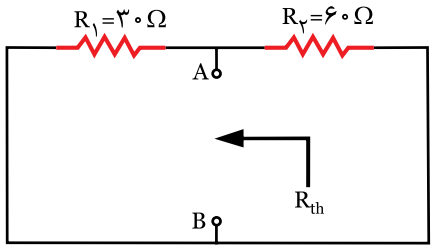
$۳V_A=۹۰$

- V_{th} اختلاف پتانسیل دو پایانه A و B است با تعیین پتانسیل گره‌های A و B، ولتاژ تونن V_{th} بدست می‌آید.

$V_{th}=+V_A-V_B$

$V_{th}=+۳۰-۰=۳۰[v]$

- منابع مدار شکل (۲۰۹-۱) بی‌اثر می‌شوند و مقاومت معادل مدار R_{th} بدست می‌آید. شکل (۲۱۲-۱).

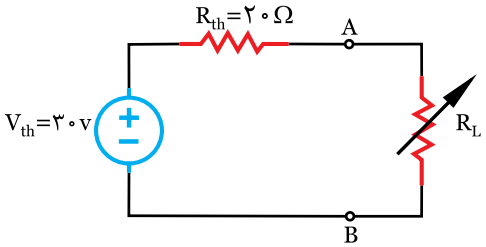


شکل (۲۱۲-۱)

- مقاومت‌های R_1 و R_2 با یکدیگر موازی می‌شوند.

$$R_{th}=\frac{R_1 . R_2}{R_1+R_2}=\frac{۳۰\times۶۰}{۳۰+۶۰}=۲۰[\Omega]$$

- معادل تونن مدار به صورت شکل (۲۱۳-۱) رسم می‌شود و R_L به آن متصل می‌شود.



شکل (۲۱۳-۱)

- برای انتقال ماکزیمم توان به بار R_L باید:

$$R_L= R_{th}= ۲۰\Omega$$

- ماکزیمم توان انتقالی به بار بدست می‌آید.

$$P_{max}=\frac{(V_{th})^۲}{۴R_L}=\frac{(۳۰)^۲}{۴\times۲۰}=۱۱/۲۵[W]$$

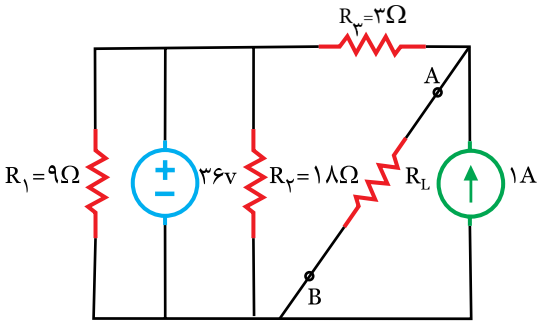
فعالیت ۲۱

در مدار شکل (۲۱۴-۱) مطلوبست:

الف) مقادیر V_{th} و R_{th}

ب) رسم مدار معادل تونن

ج) ماکزیمم توان انتقالی به بار



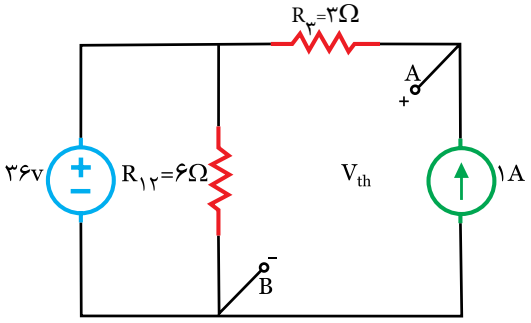
شکل (۲۱۴-۱)

حل

- مقاومت‌های R_1 و R_2 با یکدیگر موازی هستند معادل آن‌ها را جایگزین کنید.

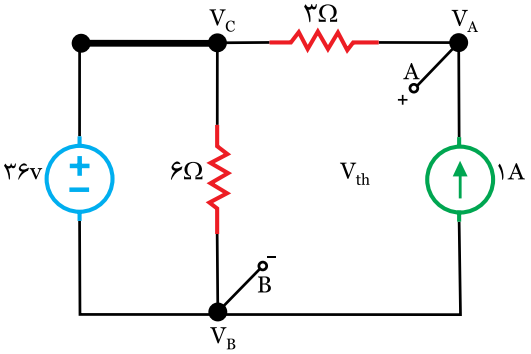
$$R_{۱۲}=\frac{R_۱\times___}{___+R_۲}=\frac{___\times___}{___+___}=۶[\Omega]$$

- مقاومت R_L را باز کنید. اختلاف پتانسیل پایانه‌های A و B را V_{th} بنامید. شکل (۲۱۵-۱).



شکل (۲۱۵-۱)

- گره‌های مدار را مشخص کنید و با روش پتانسیل گره V_{th} را بدست آورید. شکل (۲۱۶-۱).

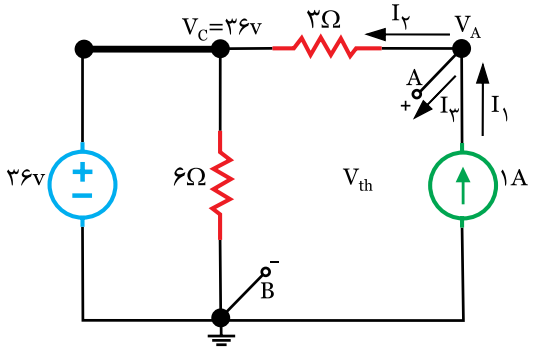


شکل (۲۱۶-۱)

- گره B را زمین کنید در این صورت: V_B=.....

- و پتانسیل گره C را مشخص کنید. V_C=.....

- پتانسیل گره A مجهول است. جریان شاخه‌های آن را مشخص کنید و برای آن رابطه KCL بنویسید. شکل (۱-۲۱۷).



شکل (۱-۲۱۷)

KCLA $-I_۱$ _.....+.....=۰

- مقادیر جریان‌های $I_۱$، $I_۲$ و $I_۳$ را بدست آورید.

$I_۱$=.....

$I_۲=\frac{V_A-\ldots}{\ldots}=\frac{\ldots-۳۶}{\ldots}$

$I_۳$=.....

- مقادیر جریان‌های $I_۱$، $I_۲$ و $I_۳$ را در رابطه KCL قرار دهید.

KCLA) $-\ldots+\frac{V_A-۳۶}{۳}+۰=۰$

- مخرج مشترک بگیرید.

$\frac{-۳+\ldots-\ldots+۰}{۳}=۰$

- صورت کسر را مساوی صفر قرار دهید و V_A را بدست آورید.

$-۳+V_A-۳۶+۰=۰$

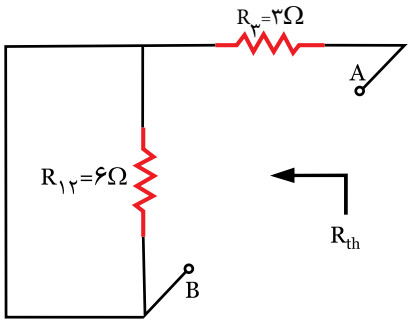
V_A=۳۹[V]

- V_{th} اختلاف پتانسیل دو پایانه A و B است با تعیین پتانسیل گره‌های A و B، ولتاژ تونن V_{th} بدست می‌آید.

V_{th}=+.....−.....

V_{th}=+۳۹−۰=۳۹[V]

- منابع مدار شکل (۱-۲۱۵) را بی‌اثر کنید و مقاومت معادل مدار R_{th} را بدست آورید. شکل (۱-۲۱۸).

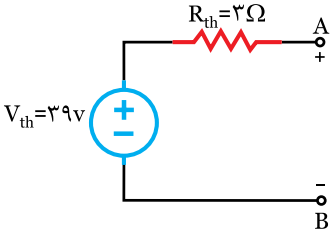


شکل (۱-۲۱۸)

-با بی‌اثر شدن منبع ولتاژ مقاومت $R_۱$ ۲ اتصال کوتاه شده و حذف می‌شود.

R_{th}=۳ Ω

- مدار معادل تونن را رسم کنید. شکل (۱-۲۱۹).

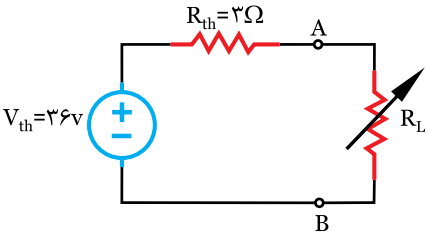


شکل (۱-۲۱۹)

- برای انتقال ماکزیمم توان به بار R_L باید:

R_L=.....

- ماکزیمم توان انتقالی به بار را بدست آورید. شکل (۱-۲۲۰).



شکل (۱-۲۲۰)

$P_{max}=\frac{\ldots\ldots}{۴\ldots}$

$P_{max}=\frac{۳۶}{\ldots\ldots}=\ldots\ldots[W]$

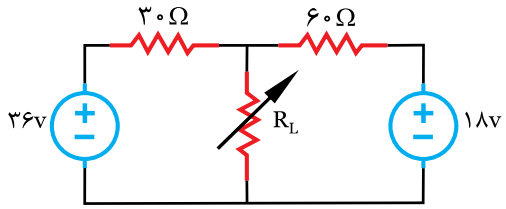
تمرین

۱- در مدار شکل (۲۲۱-۱) مطلوبست:

الف) مقادیر V_{th} و R_{th}

ب) ماکزیمم توان انتقالی به بار

(امتحان نهایی دیماه ۱۳۸۳)

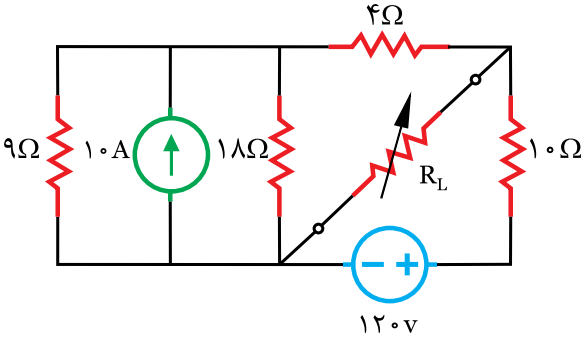


شکل (۲۲۱-۱)

حل

۲- در مدار شکل (۲۲۲-۱) مقادیر R_{th} و V_{th} را محاسبه کرده و مدار معادل تونن را رسم کنید. ماکزیمم توان انتقالی به بار چند وات است؟

(امتحان نهایی خرداد ۱۳۸۴)



شکل (۲۲۲-۱)

حل

آزمون

۱- معادل تونن مدار بصورت یک منبع ولتاژ سری با یک مقاومت است.

صحیح ☐ غلط ☐

۲- جریان شاخه‌ای که انتهای آن باز است، صفر نمی‌باشد.

صحیح ☐ غلط ☐

۳- برای محاسبه مقاومت معادل مدار منابعبی‌اثر می‌شوند.

صحیح ☐ غلط ☐

۴- انتقال ماکزیمم توان به بار را ..... گویند.

۵- برای انتقال ماکزیمم توان به بار مقاومت بار باید با مقاومت ..... برابر باشد.

۶- برای محاسبه ماکزیمم توان انتقالی به بار رابطه استفاده می‌شود.

صحیح ☐ غلط ☐

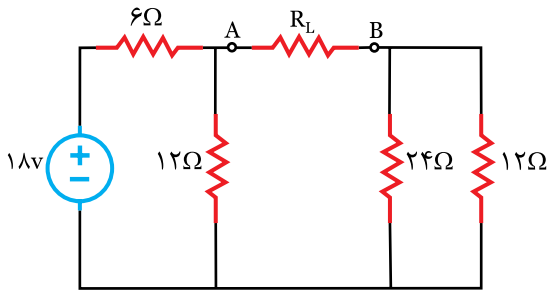
۷- در مدار شکل (۲۲۳-۱) مطلوبست:

الف) محاسبه V_{th} و R_{th} از دو پایانه A و B

ب) رسم مدار ممعادل تونن

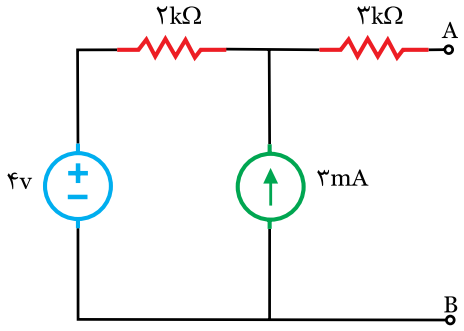
ج) تعیین R_L برای انتقال ماکزیمم توان

(امتحان نهایی دیماه ۱۳۸۴)



شکل (۲۲۳-۱)

۸- در مدار شکل (۲۲۴-۱) مطلوبست مدار معادل تونن از دو پایانه A و B (امتحان نهایی شهریور ۱۳۸۳)

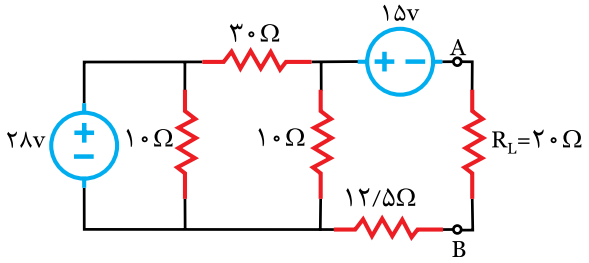


شکل (۲۲۴-۱)

۹- در مدار شکل (۲۲۵-۱) مطلوبست:

الف) V_{th} و R_{th} بین نقاط A و B

ب) با کمک مدار معادل تونن توان مصرفی R_L را محاسبه کنید. (امتحان نهایی دیماه ۱۳۸۶)



شکل (۲۲۵-۱)

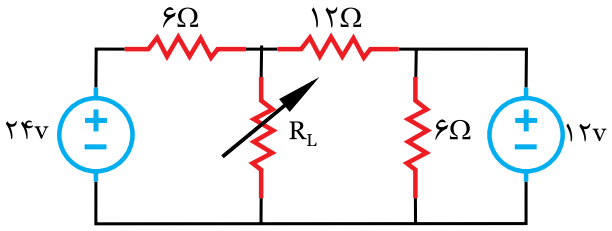
۱۰- در مدار شکل (۲۲۶-۱) مطلوبست:

الف) مقادیر V_{th} و R_{th} و رسم مدار معادل تونن

ب) R_L چقدر باشد تا ماکزیمم توان به آن انتقال یابد.

ج) محاسبه توان ماکزیمم بار

(امتحان نهایی خرداد ۸۷)



شکل (۲۲۶-۱)

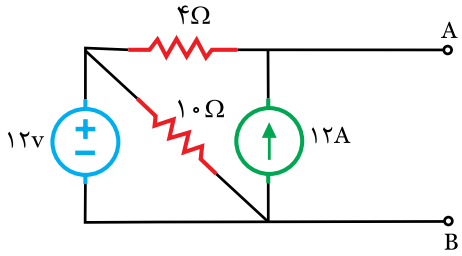
۱۱- مقاومت معادل تونن از دو پایانه A و B در مدار شکل (۲۲۷-۱) چند اهم است؟

الف) ۴

ب) ۱۰

ج) ۱۴

د) ۲/۸۵



شکل (۲۲۷-۱)

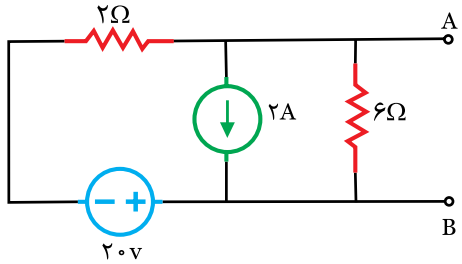
۱۲- مقاومت معادل R_{th} در شکل (۲۲۸-۱) چند اهم است؟

الف) ۱/۵

ب) ۳

ج) ۴

د) ۸



شکل (۲۲۸-۱)

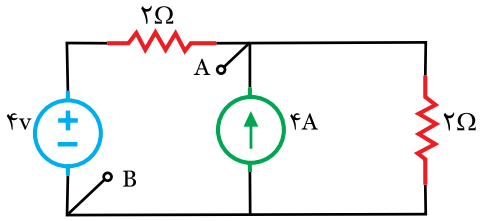
۱۳- ولتاژ تونن دو پایانه A و B مدار شکل (۲۲۹-۱) چند ولت است؟

الف) ۴

ب) ۶

ج) ۸

د) ۱۰



شکل (۲۲۹-۱)

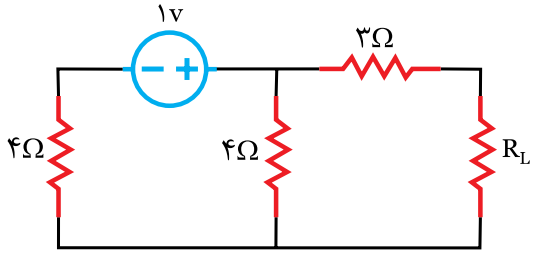
۱۴- ماکزیمم توانی که در مدار شکل (۲۳۰-۱) به بار R_L منتقل می‌شود به ازای R_L چند اهمی است؟

الف) ۱/۲

ب) ۲/۵

ج) ۵

د) ۷



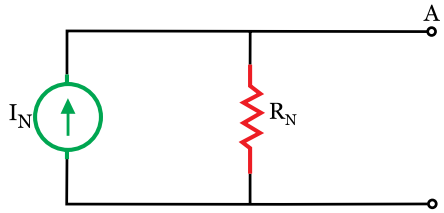
شکل (۲۳۰-۱)

خلاصه درس

ب- تحلیل مدارهای الکتریکی به روش نورتن

در تحلیل مدارهای الکتریکی که دارای تعداد زیاد عناصر هستند اما هدف فقط بررسی کمیت‌های الکتریکی یک عنصر در مدار است، به کار می‌رود.

در روش نورتن عنصر مورد نظر «بار»[1] نامیده می‌شود و تمام عناصر مدار از دو سر بار بصورت یک منبع جریان واقعی معادل‌سازی خواهد شد و آن را «معادل نورتن مدار» می‌نامند. شکل (۱-۲۳۱).

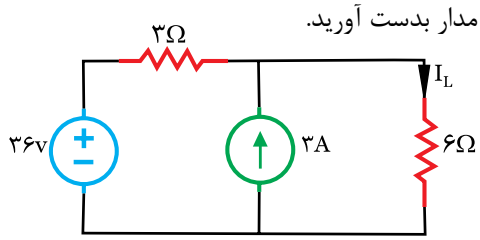


شکل (۱-۲۳۱)

در معادل نورتن مدار «جریان نورتن I_N»[2] جریان اتصال کوتاه دو نقطه‌ای است که بار از آنجا باز شده است. لذا آن را «جریان اتصال کوتاه مدار» نیز می‌نامند. «مقاومت معادل مدار R_N»[3] مقاومت معادل کل مدار از دو نقطه‌ای است که بار از آنجا باز شده است و تمام منابع بی‌اثر شده‌اند. در واقع مقاومت‌های معادل تونن و نوتن یکی هستند ($R_N = R_{th}$).

مثال ۲۱

در مدار شکل (۱-۲۳۲) جریان I_L را با استفاده از معادل نورتن مدار بدست آورید.

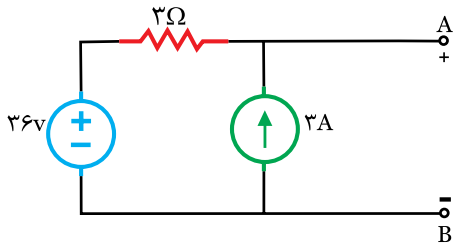


شکل (۱-۲۳۲)

حل

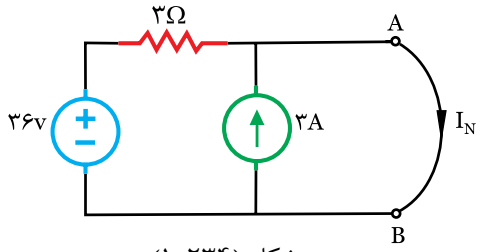
- I_L جریان مقاومت ۶Ω است لذا آن «بار» نامیده می‌شود و با R_L نشان داده خواهد شد.

- مقاومت بار R_L از مدار جدا می‌شود و سرهای آن با پایانه‌های A و B با پلاریته دلخواه نشان داده خواهد شد. شکل (۱-۲۳۳).



شکل (۱-۲۳۳)

- دو پایانه‌ای که بار از آنجا باز شده است، اتصال کوتاه می‌شود و پس جریان عبوری از این اتصال کوتاه محاسبه می‌شود. این جریان که به جریان مدار اتصال کوتاه I_{SC} معروف است همان جریان معادل نورتن مدار I_N می‌باشد.

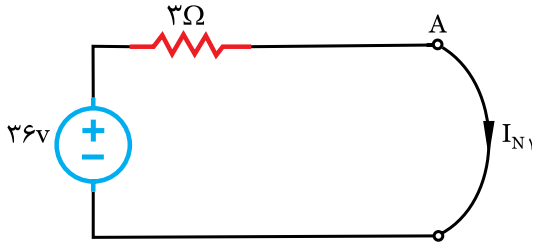


شکل (۱-۲۳۴).

- از آنجاییکه برای پایانه A پلاریته مثبت و برای پایانه B پلاریته منفی اختیار شده است لذا جهت جریان I_N از پایانه A به سمت پایانه B نشان داده می‌شود. شکل (۱-۲۳۴)

- با یکی از روش‌های حلقه، پتانسیل گره یا جمع آثار جریان نورتن مدار I_N محاسبه می‌شود. در این مثال روش جمع آثار انتخاب شده است.

- منبع جریان بی‌اثر می‌شود و اثر منبع ولتاژ بر جریان I_N محاسبه می شود. شکل (۱-۲۳۵) این اثر I_{N1} نامیده شده است.



شکل (۱-۲۳۵)

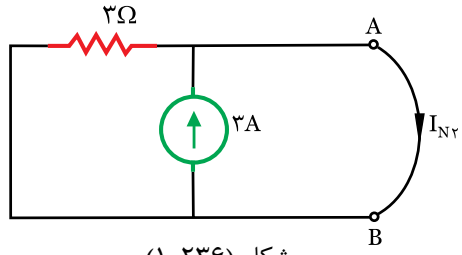
$$I_{N1} = \frac{۳۶}{۳} = ۱۲[A]$$

۱. Load

۲. I_N – Current Norton

۳. R_N – Resistance Norton

- منبع ولتاژ بی‌اثر می‌شود و اثر منبع جریان بر جریان I_N محاسبه می‌شود. شکل (۲۳۶-۱). این اثر $I_{N۲}$ نامیده شده است.



شکل (۲۳۶-۱)

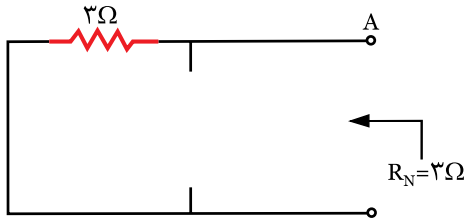
- با اتصال کوتاه شدن پایانه‌های A و B مقاومت ۳ Ω حذف می‌شود و تمام جریان منبع جریان از محل اتصال کوتاه می‌گذرد لذا: $I_{N۲}=۳[A]$

- با جمع آثار $I_{N۱}$ و $I_{N۲}$ جریان I_N بدست می‌آید.

$$I_N=+I_{N۱}+I_{N۲}$$

$$I_N=۱۲+۳=۱۵[A]$$

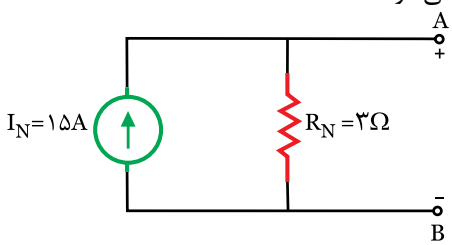
- برای محاسبه مقاومت معادل مدار R_N منابع مدار شکل (۲۳۳-۱) بی‌اثر می‌شوند و مقاومت کل مدار از پایانه‌های A و B بدست می‌آید. شکل (۲۳۷-۱).



شکل (۲۳۷-۱)

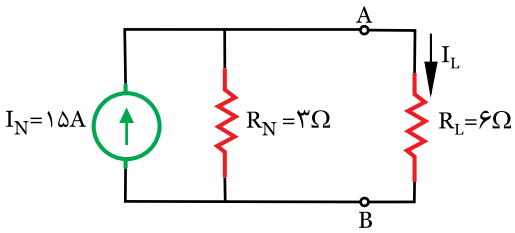
- معادل نورتن مدار به صورت شکل (۲۳۸-۱) رسم می شود.

- جهت منبع جریان بسمت پایانه با پلاریته مثبت انتخاب می‌شود.



شکل (۲۳۸-۱)

- مقاومت بار R_L به معادل تونن مدار وصل می‌شود و با رابطه تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی، جریان I_L بدست می‌آید. شکل (۲۳۹-۱).



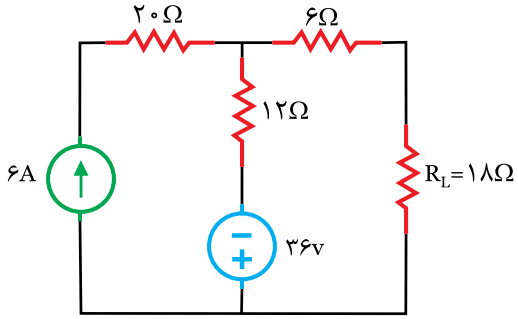
شکل (۲۳۹-۱)

$$I_L=I_N\times\frac{R_N}{R_N+R_L}$$

$$I_L=۱۵\times\frac{۳}{۳+۶}=۵[A]$$

فعالیت ۲۲

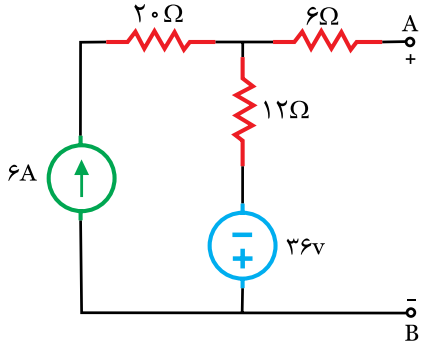
در مدار شکل (۲۴۰-۱) توان در مقاومت R_L را با استفاده از معادل نورتن مدار بدست آورید.



شکل (۲۴۰-۱)

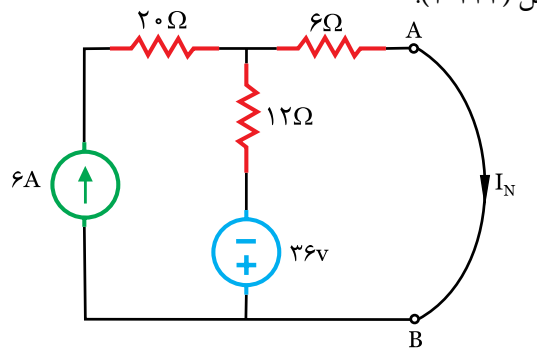
حل

- مقاومت R_L را از مدار جدا کنید و سرهای آن را با پایانه‌های Aو B نشان دهید. شکل (۲۴۱-۱).



شکل (۲۴۱-۱)

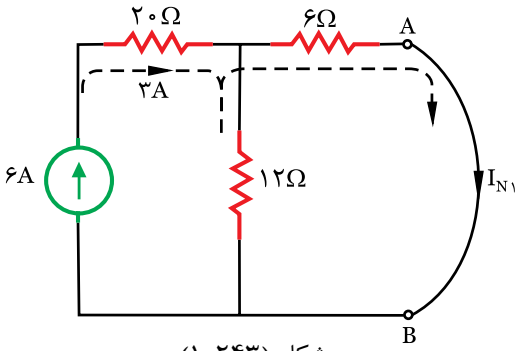
- پایانه‌های A و B را اتصال کوتاه کنید. جریان این اتصال کوتاه را I_N بنامید و با روش جمع آثار آن را محاسبه کنید. شکل (۱-۲۴۲).



شکل (۱-۲۴۲)

- چون پلاریته پایانه A مثبت و پایانه B منفی اختیار شده است جهت جریان I_N را از پایانه A بسمت پایانه B نشان دهید.

- منبع ولتاژ را بی‌اثر کنید و اثر منبع جریان بر جریان I_N را محاسبه کنید. این اثر را I_{N1} بنامید. شکل (۱-۲۴۳).

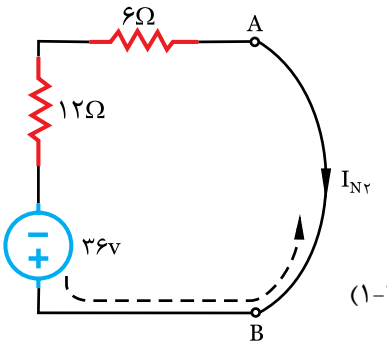


شکل (۱-۲۴۳)

- جریان منبع جریان بین مقاومت ۶ Ω و ۱۲ Ω تقسیم می‌شود. رابطه تقسیم جریان بنویسید و I_{N1} را بدست آورید.

$$I_{N1} = ۶\times\frac{\dots\dots}{۱۲+\dots\dots} = \frac{۷۲}{۱۸} = ۴[A]$$

- منبع جریان را بی اثر کنید و اثر منبع ولتاژ بر جریان I_N را محاسبه کنید. این اثر را I_{N2} بنامید. شکل (۱-۲۴۴).

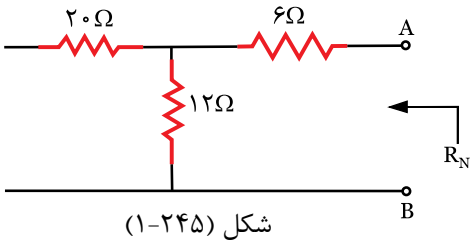


شکل (۱-۲۴۴)

- با جمع آثار I_{N1} و I_{N2} جریان I_N را بدست آورید.

I_N=+.....-.....=۲[A]

- منابع مدار را بی‌اثر کنید و مقاومت معادل مدار R_N را بدست آورید. شکل (۱-۲۴۵).



شکل (۱-۲۴۵)

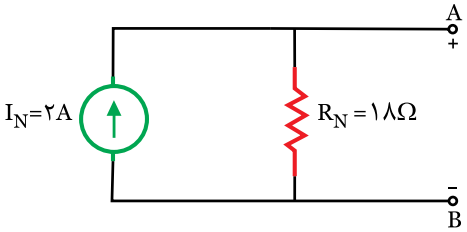
$$R_n = ۱۲ + ۶ = ۱۸\ \Omega$$

به خاطر داشته باشید

با باز شدن منبع جریان مقاومت ۲۰ Ω قطع می‌شود.

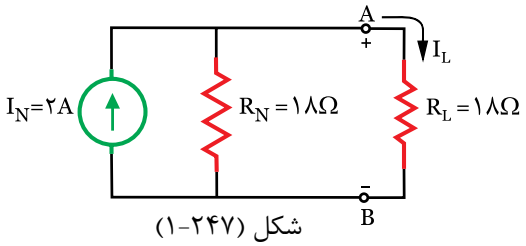
- معادل نورتن مدار را رسم کنید. شکل (۱-۲۴۶).

- جهت جریان منبع را بسمت پایانه A که پلاریته مثبت برای آن اختیار کرده‌اید، نشان دهید.



شکل (۱-۲۴۶)

- مقاومت بار R_L را به معادل نورتن مدار وصل کنید و پس از محاسبه جریان توان مقاومت R_L را بدست آورید. شکل (۱-۲۴۷).



شکل (۱-۲۴۷)

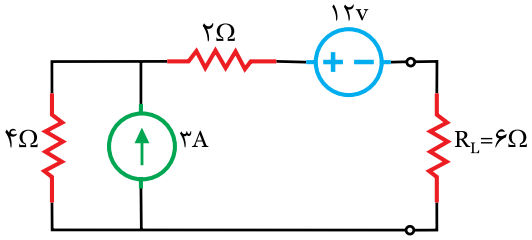
$$I_L = I_N \frac{R_N}{R_L+R_N} = \dots\dots\dots$$

۱- در مدار شکل شکل (۱-۲۴۸) مطلوبست:

الف) تعیین I_N و R_N بین پایانه‌های A و B

ب) رسم معادل نورتن مدار

ج) محاسبه جریان I_L با معادل نورتن مدار



شکل (۱-۲۴۸)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

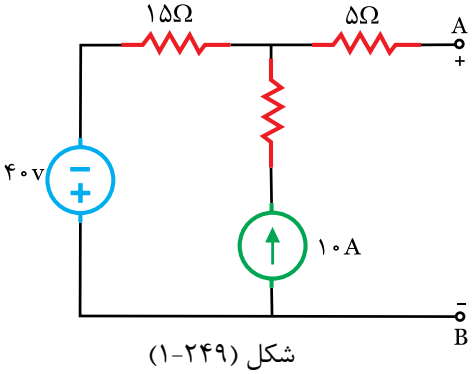
.....

.....

.....

.....

۲- معادل نورتن مدار شکل (۱-۲۴۹) را بدست آورید.v



شکل (۱-۲۴۹)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

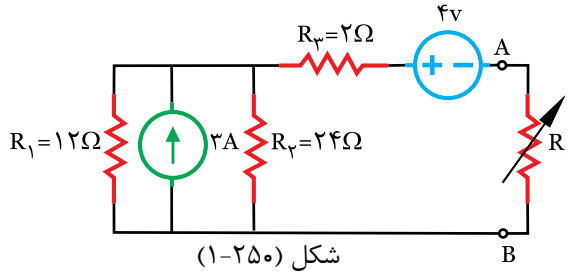
مثال ۲۲

در مدار شکل (۲۵۰-۱) مطلوبست:

الف) تعیین I_N و R_N

ب) رسم مدار معادل نورتن

ج) حداکثر توان که مقاومت R_L جذب می‌کند.



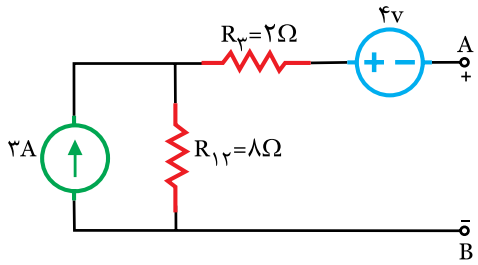
شکل (۲۵۰-۱)

حل

- مقاومت‌های R_1 و R_2 موازی هستند. معادل آن‌ها محاسبه و سپس جایگزین می‌شود تا شکل مدار ساده‌تر شود.

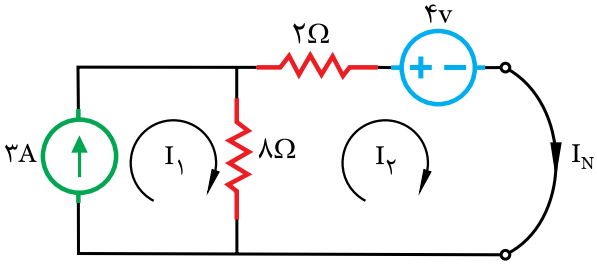
$$R_{12}=\frac{R_1 . R_2}{R_1+R_2}=\frac{12\times 24}{12+24}=8[\Omega]$$

- مقاومت R_L از مدار جدا می‌شود. شکل (۲۵۱-۱).



شکل (۲۵۱-۱)

- پایانه‌های A و B اتصال کوتاه می‌شود. جریان اتصال کوتاه با I_N نشان داده می‌شود و با روش حلقه محاسبه می‌شود. شکل (۲۵۲-۱).



شکل (۲۵۲-۱)

- حلقه I_1 از منبع جریان ۳A می‌گذرد لذا

$I_1=+3[A]$

- با برای حلقه I_2 رابطه KVL نوشته می‌شود تا I_2 محاسبه شود.

$KLV2)8(I_1-I_1)+2I_2-4=0$

$KLV2)+8I_2-8I_1+2I_2-4=0$

- معادله KVL۲ ساده می‌شود.

$-8I_1+10I_2+4=0$

- مقدار $I_1=3A$ جایگزین می‌شود و جریان حلقه I_2 بدست می‌آید.

$-8(3)+10I_2+4=0$

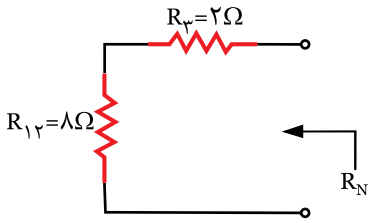
$10I_2=20$

$I_2=\frac{20}{10}=2[A]$

- از جریان I_N حلقه I_2 عبور می‌کند لذا:

$I_N=I_2=2[A]$

- برای محاسبه مقاومت معادل مدار R_N منابع مدار شکل (۲۵۱-۱) بی‌اثر می‌شود و مقاومت کل مدار از پایانه‌های A و B بدست می‌آید. شکل (۲۵۳-۱).



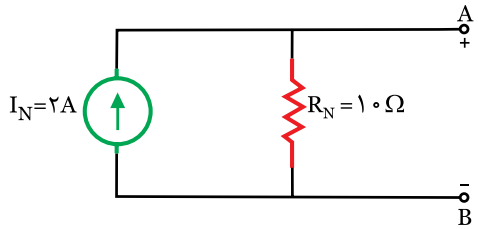
شکل (۲۵۳-۱)

-مقاومت کل مدار R_N از سری شدن R_3 و R_{12} بدست می‌آید.

$R_N=R_{12}+R_3$

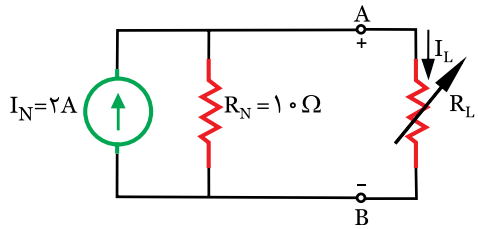
$R_N=8+2=10[\Omega]$

- معادل نورتن مدار بصورت شکل (۱-۲۵۴) رسم می‌شود.



شکل (۱-۲۵۴)

- مقاومت R_L به معادل نورتن مدار وصل می‌شود. شکل (۱-۲۵۵).



شکل (۱-۲۵۵)

به خاطر داشته باشید

زمانی ماکزیمم توان به بار منتقل می‌شود که مقاومت بار با مقاومت معادل مدار برابر باشد یعنی: $R_L = R_N$

- برای محاسبه ماکزیمم توان بار $R_L = R_N$ قرار داده می‌شود با محاسبه جریان بار I_L، توان محاسبه خواهد شد.

$R_N=R_L=۱۰[\Omega]$

- با رابطه تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی I_L بدست می‌آید.

$$I_L=I_N\times\frac{R_N}{R_N+R_L}$$

$$I_L=۲\times\frac{۱۰}{۱۰+۱۰}=۱/۵[A]$$

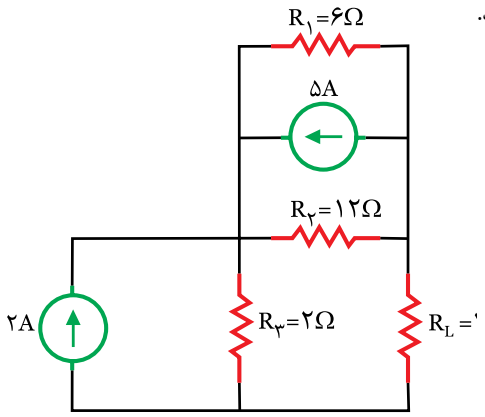
- توان ماکزیمم بار محاسبه می شود.

$$P=R_L\times(I_L)^۲$$

$$P=۱۰\times(۱)^۲=۱۰W$$

فعالیت ۲۳

با معادل نورتن مدار شکل (۱-۲۵۶) جریان I_L را بدست آورید.



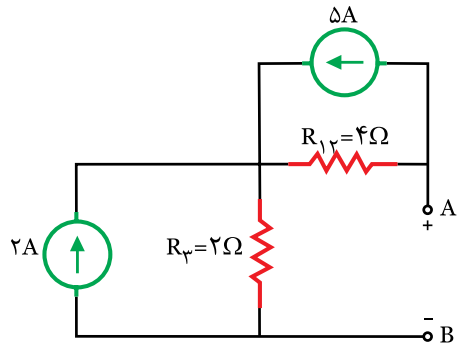
شکل (۱-۲۵۶)

حل

- مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ موازی هستند، معادل آن‌ها را محاسبه کنید و سپس جایگزین نمایید تا مدار ساده‌تر شود.

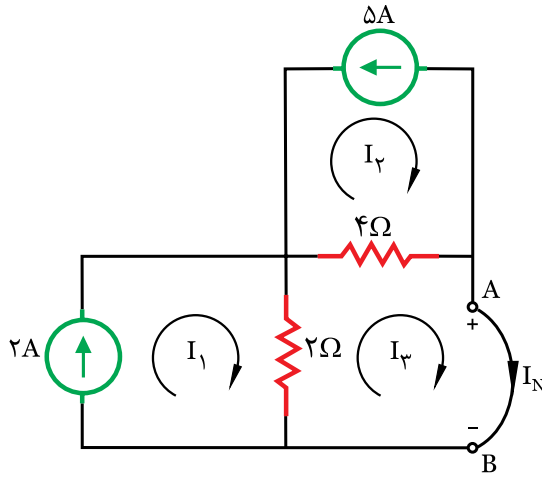
$$R_{۱۲}=\frac{\ldots\times R_۲}{R_۱+\ldots}=\frac{\ldots\times\ldots}{\ldots+\ldots}=۴[\Omega]$$

- مقاومت R_L را از مدار جدا کنید دو سر آن را با پایانه‌های A و B نشان دهید. شکل (۱-۲۵۷).



شکل (۱-۲۵۴)

- پایانه‌های A و B را اتصال کوتاه کنید. جریان اتصال کوتاه را با I_N نشان دهید و با روش حلقه آن را محاسبه کنید. شکل (۱-۲۵۸).



شکل (۱-۲۵۸)

- حلقه $I_۱$ از منبع جریان ۲A و حلقه $I_۲$ از منبع جریان ۵A می گذرند لذا:

$I_۱$=+.....

$I_۲$=-.....

- جریان حلقه $I_۳$ مجهول است برای آن رابطه KVL بنویسید.

KVL۳ ۲ (I۳--.....)+۴(.....I۲)=۰

- معادله KVL۳ را ساده کنید.

-.....$I_۱$-.....$I_۲$+.....$I_۳$=۰

- مقادیر $I_۱$ و $I_۲$ را جایگزین کنید و جریان حلقه $I_۳$ را بدست آورید.

-.....+.....+۶$I_۳$=۰

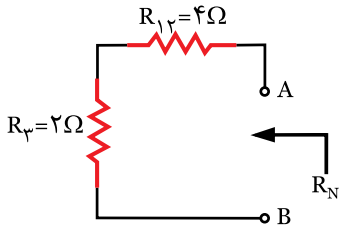
۶$I_۳$=-۱۶

$I_۳$= ---- = - ۸/۳ [A]

- از جریان I_N حلقه $I_۳$ عبور می‌کند لذا:

I_N= ..... = - ۸/۳

- منابع مدار شکل (۱-۲۵۷) را بی‌اثر کنید و مقاومت کل مدار را از پایانه‌های A و B بدست آورید. شکل (۱-۲۵۹).

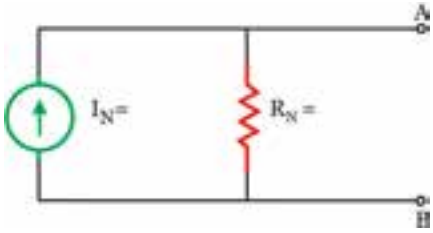


شکل (۱-۲۵۹)

- مقاومت‌های $R_۳$ و $R_{۱۲}$ با یکدیگر ..... هستند لذا:

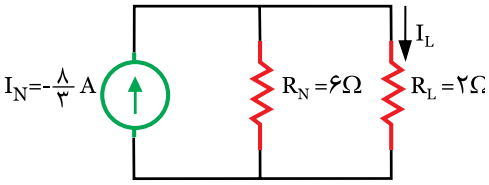
R_N=.....+.....=۶[Ω]

- معادل نورتن مدار را رسم کنید. شکل (۱-۲۶۰).



شکل (۱-۲۶۰)

- مقاومت R_L را به معادل نورتن مدار متصل کنید و I_L را بدست آورید. شکل (۱-۲۶۱).



شکل (۱-۲۶۱)

- رابطه تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی را بنویسید.

I_L= ..... × ----- / (R_L+ R_N)

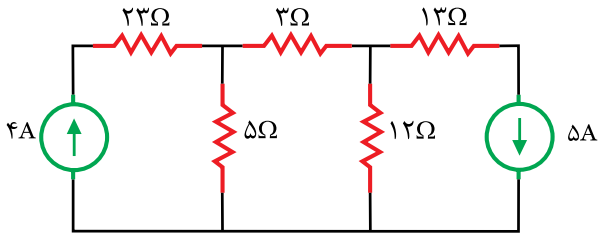
I_L= (-۸/۳) × ۶ / (.....+.....) = -۲[A]

به خاطر داشته باشید

علامت منفی نشان می‌دهد جریان در مقاومت R_L بر خلاف جهت I_L است.

تمرین

۱- با استفاده از معادل تونن مدار شکل (۲۶۲-۱) جریان مقاومت ۳ را بدست آورید.



شکل (۲۶۲-۱)

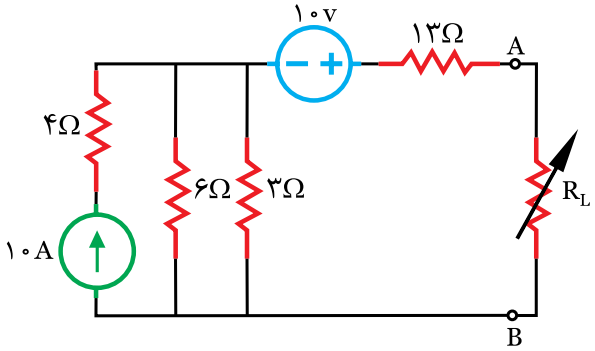
حل

۲- در مدار شکل (۲۶۳-۱) مطلوبست:

الف) I_N و R_N از دو پایانه A و B

ب) رسم مدار معادل نورتن

ج) ماکزیمم توانی که R_L جذب می‌کند.

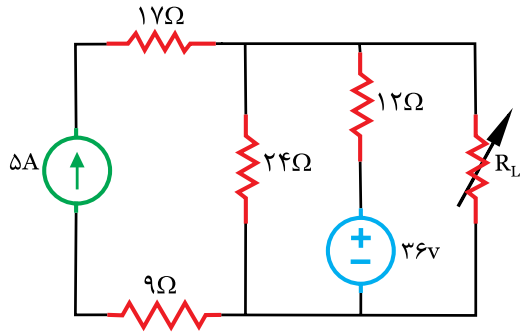


شکل (۲۶۳-۱)

حل

مثال ۲۳

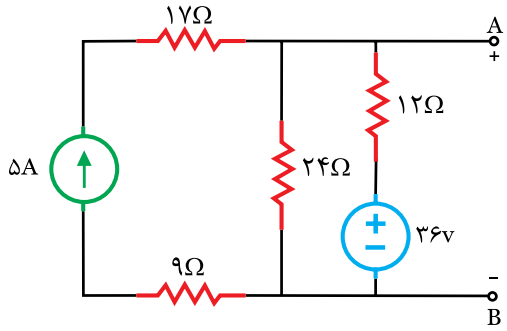
با استفاده از معادل نورتن مدار شکل (۲۶۴-۱) ماکزیمم توانی که مقاومت R_L مصرف می‌کند را بدست آورید.



شکل (۲۶۴-۱)

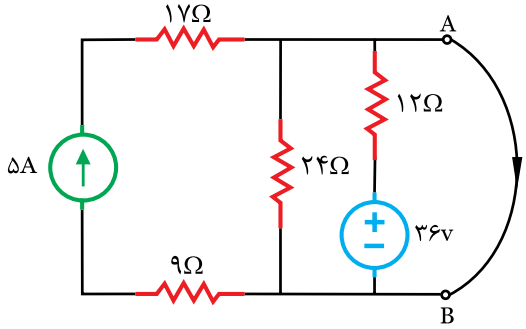
حل

- حل مقاومت R_L از مدار جدا می‌شود و سرهای آن با پایانه‌های A و B نشان داده می‌شود. شکل (۲۶۵-۱).



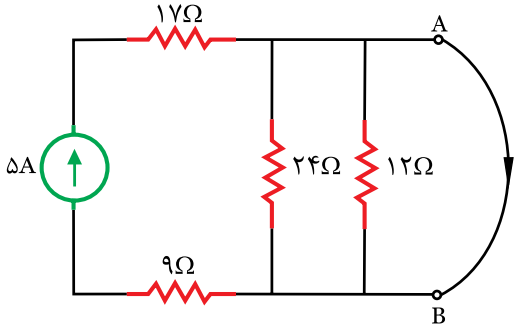
شکل (۲۶۵-۱)

- پایانه‌های A و B اتصال کوتاه می‌شود. جریان اتصال کوتاه با I_N نشان داده خواهد شد و با روش جمع آثار محاسبه می‌شود. شکل (۲۶۶-۱).



شکل (۲۶۶-۱)

- منبع ولتاژ بی‌اثر می‌شود و اثر منبع جریان بر I_N محاسبه می‌شود این اثر I_{N1} نامیده شده است. شکل (۲۶۷-۱).

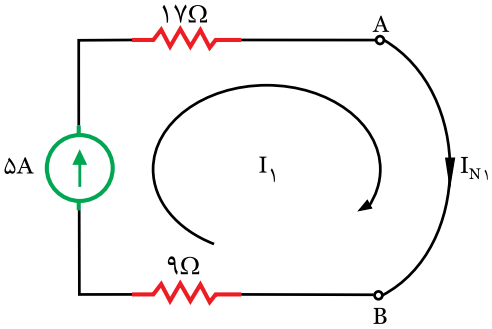


شکل (۲۶۷-۱)

به خاطر داشته باشید

با اتصال کوتاه شدن پایانه‌های A و B مقاومت‌هایی که به این دو پایانه متصل شده‌اند، اتصال کوتاه می‌شوند و حذف خواهند شد.

- مقاومت‌های ۱۲ Ω و ۲۴ Ω در اثر اتصال کوتاه شده پایانه‌های A و B حذف می‌شوند.



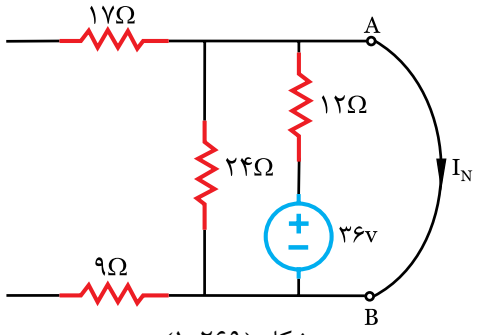
شکل (۲۶۸-۱)

- مدار دارای یک حلقه می‌شود که دارای منبع جریان است.

$I_۱=۵[A]$

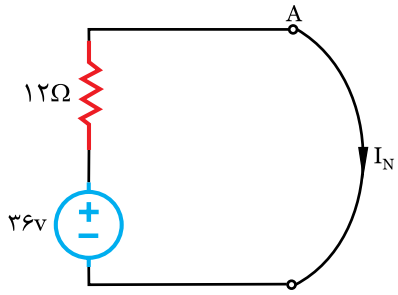
$I_{N۱}=I_۱=۵[A]$

- منبع جریان بی‌اثر می‌شود و اثر منبع ولتاژ بر جریان I_N محاسبه می‌شود این اثر $I_{N۲}$ نامیده می‌شود. شکل (۲۶۹-۱).



شکل (۲۶۹-۱)

- با باز شدن منبع جریان مقاومت‌های Ω ۱۷ و Ω ۹ قطع می‌شوند و مقاومت Ω ۲۴ نیز در اثر اتصال کوتاه شدن پایانه‌های A و B حذف می‌شود. شکل (۲۷۰-۱).



شکل (۲۷۰-۱)

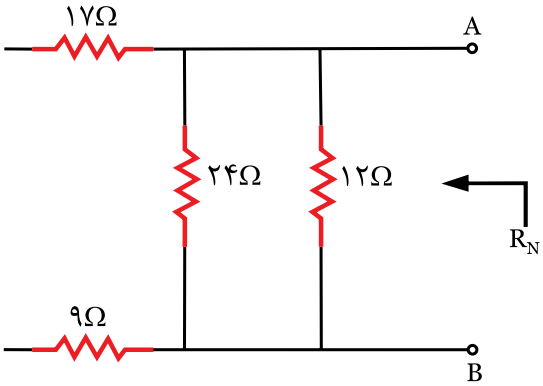
$$I_{N۲}=\frac{۳۶}{۱۲}=۳[A]$$

- با جمع آثار $I_{N۱}$ و $I_{N۲}$ جریان I_N بدست می‌آید.

$I_N=+I_{N۱}+I_{N۲}$

$I_N=+۵+۳=۸[A]$

- برای محاسبه مقاومت معادل مدار R_N منابع مدار شکل (۲۶۵-۱) بی‌اثر می‌شوند و مقاوم کل مدار از پایانه‌های A و B بدست می‌آید. شکل (۲۷۱-۱).

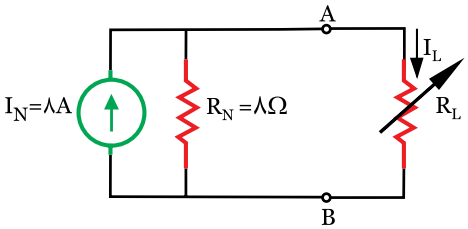


شکل (۲۷۱-۱)

- مقاومت‌های Ω ۱۷ و Ω ۹ در اثر باز شدن منبع جریان قطع می‌شوند لذا R_N از موازی شدن مقاومت‌های Ω ۱۲ و Ω ۲۴ بدست می‌آید.

$$R_N=\frac{۱۲\times۲۴}{۱۲+۲۴}=۸[\Omega]$$

- معادل نورتن مدار به صورت شکل (۲۷۲-۱) رسم می‌شود و مقاومت بار R_L به آن متصل می‌شود.



شکل (۲۷۲-۱)

- شرط انتقال ماکزیمم توان به بار R_L این است که:

$R_N=R_L=۸[\Omega]$

- با رابطه تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی I_L بدست می‌آید.

$$I_L=I_N\times\frac{R_N}{R_N+R_L}$$

$$I_L=۸\times\frac{۸}{۸+۸}=۴[A]$$

- توان مقاومت بار R_L محاسبه می‌شود.

$P=R_L I_L^۲$

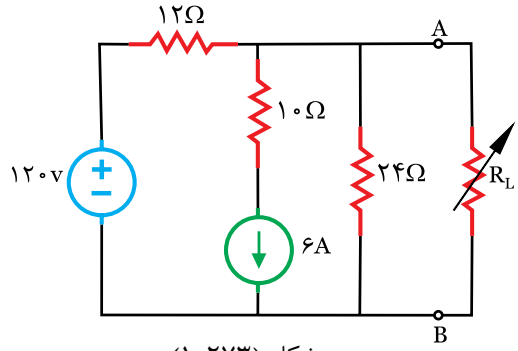
$I_L=۸\times(۴)^۲=۱۲۸[\Omega]$

فعالیت ۲۴

در مدار شکل (۲۷۳-۱) با استفاده از روش نورتن:

الف) مقدار R_L را طوری بدست آورید که ماکزیمم توان به بار منتقل شود.

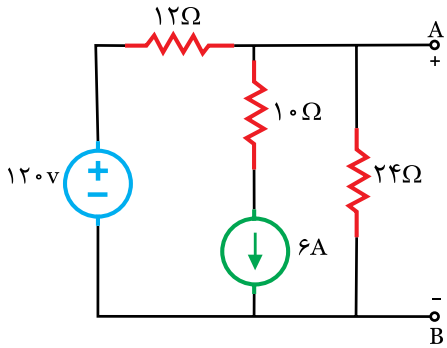
ب) در این حالت توان بار را بدست آورید.



شکل (۲۷۳-۱)

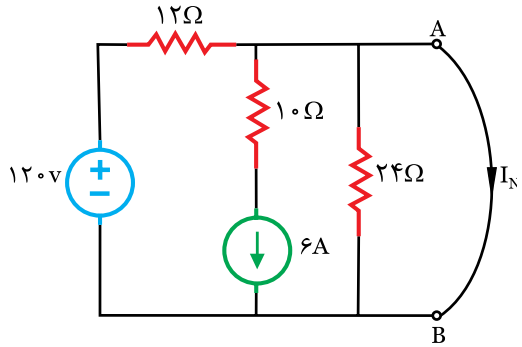
حل

- مقاومت R_L را از مدار جدا کنید. شکل (۲۷۴-۱).



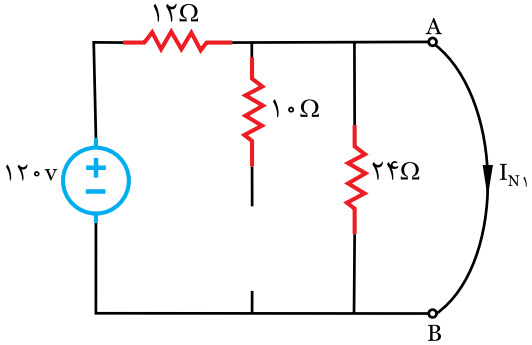
شکل (۲۷۴-۱)

- پایانه‌های A و B را اتصال کوتاه کنید. جریان اتصال کوتاه را با I_N نشان دهید و با روش جمع آثار آن را محاسبه کنید. شکل (۲۷۵-۱).



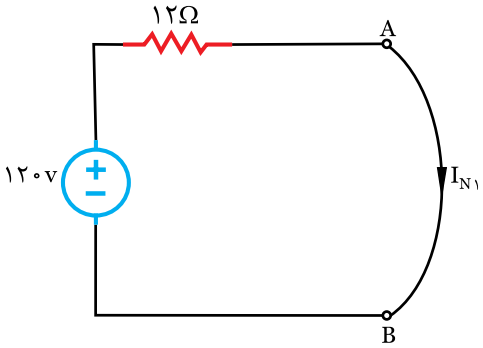
شکل (۲۷۵-۱)

- منبع جریان را بی‌اثر کنید و اثر منبع ولتاژ بر جریان I_N را بیابید این اثر را I_{N1} بنامید. شکل (۲۷۶-۱).



شکل (۲۷۶-۱)

- با اتصال کوتاه شدن پایانه‌های A و B مقاومت ۲۴ Ω و ..... و با باز شدن منبع جریان مقاومت ۱۰ Ω ..... می‌شود لذا مدار به شکل (۲۷۷-۱) در می‌آید.



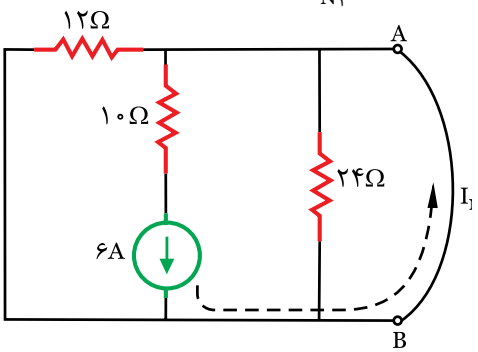
شکل (۲۷۷-۱)

- با قانون اهم جریان I_{N1} را بدست آورید.

$$\text{جریان} = \frac{\text{ولتاژ}}{\text{مقاومت}}$$

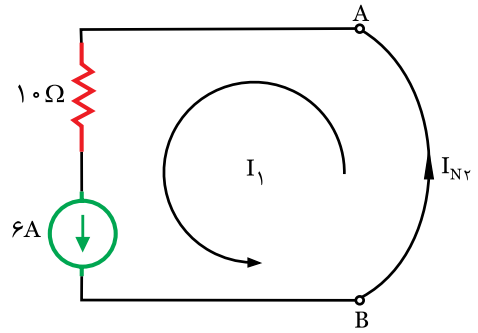
$$I_{N1} = \frac{۱۲۰}{۱۲} = ۱۰[A]$$

- منبع ولتاژ را بی‌اثر کنید و اثر منبع جریان بر جریان I_N را بیابید. این اثر را I_{N2} بنامید. شکل (۲۷۸-۱).



شکل (۲۷۸-۱)

- مقاومت‌های ۱۲ Ω و ۲۴ Ω به دو پایانه A و B اتصال پیدا کرده‌اند لذا در اثر اتصال کوتاه پایانه‌های A و B این دو مقاومت ..... می‌شوند. و مدار به شکل (۲۷۹-۱) درمی‌آید.



شکل (۲۷۹-۱)

- مدار دارای یک حلقه می‌شود.

I_1=.....

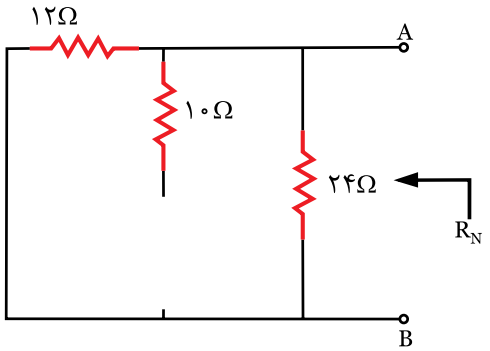
I_{N2}=.....=۶[A]

- با جمع آثار I_{N1} و I_{N2} جریان I_N را بدست آورید.

I_N=+.....-.....

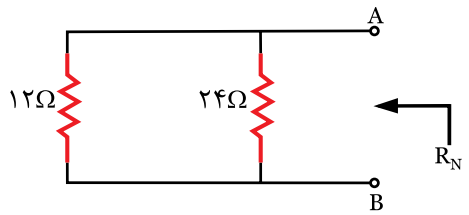
I_N=+۱۰-۶=۴[A]

- منابع مدار شکل (۲۷۴-۱) را بی‌اثر کنید و مقاومت معادل مدار R_N را بدست آورید. شکل (۲۸۰-۱).



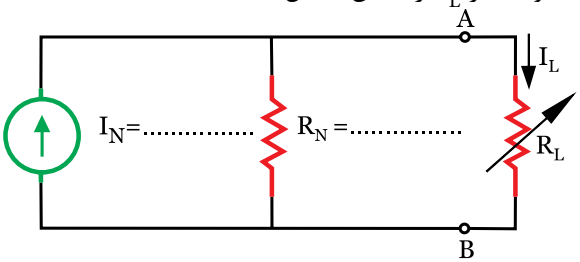
شکل (۲۸۰-۱)

- با بی‌اثر شدن منابع مقاومت ۱۰ اهمی ..... و مقاومت‌های ۲۴ Ω و ۱۲ Ω با یکدیگر ..... می‌شود. شکل (۲۸۱-۱).



شکل (۲۸۱-۱)

- معادل نورتن مدار را رسم کنید. شکل (۲۸۲-۱) و مقاومت بار R_L را به آن متصل نمایید.



شکل (۲۸۲-۱)

- شرط انتقال ماکزیمم توان به بار این است که:

R_L =.....=.....[Ω]

- با رابطه تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی I_L را بدست آورید.

$$I_L = \frac{R_N}{\ldots + \ldots}$$

$$I_L = ۴ \times \frac{\ldots}{\ldots + \ldots} = ۲[A]$$

- توان مقاومت بار R_L را بدست آورید.

توان = ... × .....

$P=R_L I_L^{۲}$

P= ۴ × (۲)۲=۱۶[W]

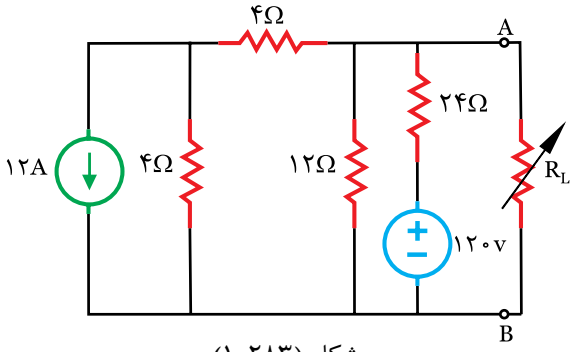
۱- در مدار شکل (۲۸۳-۱) مطلوبست:

الف) مقادیر I_N و R_N

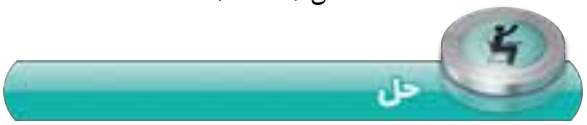
ب) رسم مدار معادل نورتن

ج) ماکزیمم توان انتقالی به بار R_L

(امتحان نهایی خرداد ۸۳)



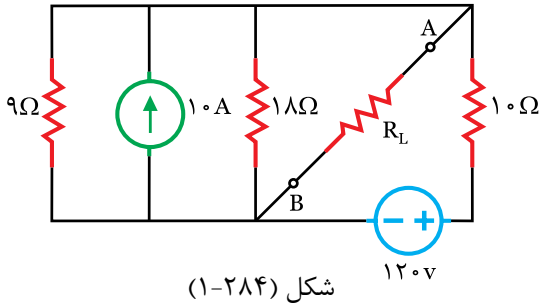
شکل (۲۸۳-۱)



۲- در مدار شکل (۲۸۴-۱) مطلوبست:

الف) مقادیر I_N و R_N

ب) ماکزیمم توان انتقالی به بار R_L



شکل (۲۸۴-۱)

۱- معادل نورتن مدار بصورت یک منبع جریان موازی با یک مقاومت است.

صحیح ☐ غلط ☐

۲- جریان شاخه‌ای که انتهای آن باز است، صفر می‌باشد.

صحیح ☐ غلط ☐

۳- برای محاسبه مقاومت معادل مدار منابع ولتاژ بی‌اثر می‌شوند.

صحیح ☐ غلط ☐

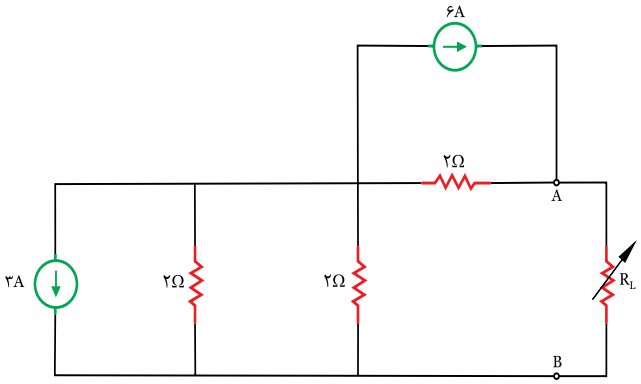
۴- برای انتقال ماکزیمم توان به بار مقاومت ..... باید با مقاومت ..... برابر باشد.

۵- در مدار شکل (۲۸۵-۱) مطلوبست:

الف) محاسبه مقاومت و جریان نورتن (R_N و I_N)

ب) رسم مدار معادل نورتن

(امتحان نهایی شهریور ۸۴)

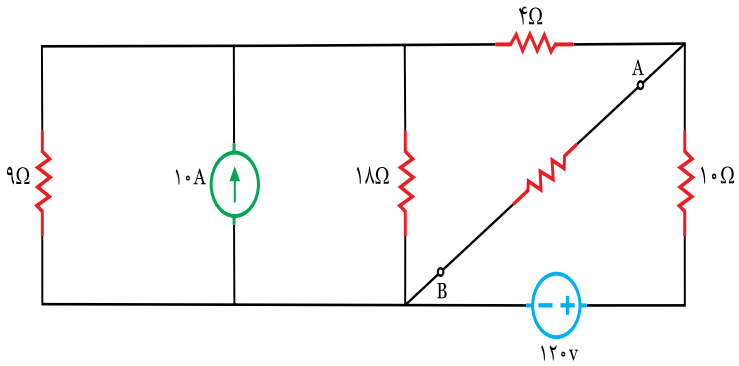


شکل (۲۸۵-۱)

۶- در مدار شکل (۲۸۶-۱) مطلوبست:

الف) مقادیر R_N و I_N

ب) ماکزیمم توان انتقالی به بار R_L

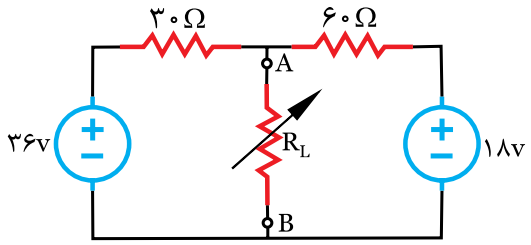


شکل (۲۸۶-۱)

۷- در مدار شکل (۲۸۷-۱) مطلوبست:

الف) مقادیر R_N و I_N

ب) ماکزیمم توان انتقالی به بار

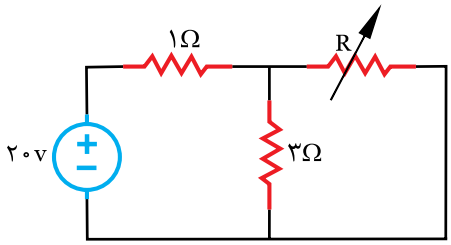


شکل (۲۸۷-۱)

۸- در مدار شکل (۲۸۸-۱) حداکثر توانی که مقاومت R دریافت کند، چند وات است؟

الف) ۲۰۰ ب) ۱۲۰

ج) ۱۰۰ د) ۵۰

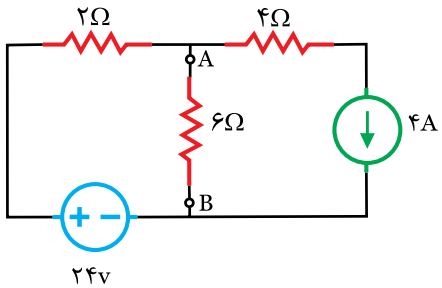


شکل (۲۸۸-۱)

۹- در مدار شکل (۲۸۹-۱) I_N و R_N به ترتیب کدام است؟

الف) $\frac{۶}{۸}\Omega$, ۴A ب) $\frac{۸}{۶}\Omega$, ۸A

ج) $\frac{۸}{۶}\Omega$, ۱۲A د) $\frac{۶}{۸}\Omega$, ۱۶A

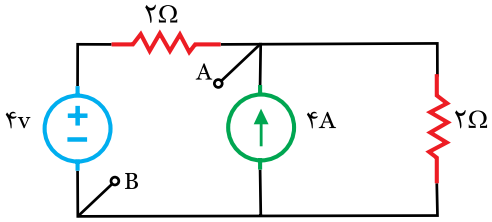


شکل (۲۸۹-۱)

۱۰- در مدار شکل (۲۹۰-۱) جریان معادل نورتن دو پایانه A و B چند آمپر است؟

الف) ۱ ب) ۲

ج) ۴ د) ۶

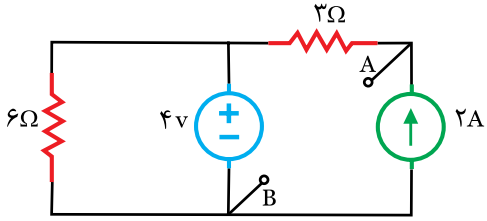


شکل (۲۹۰-۱)

۱۱- مقاومت معادل R_N شکل (۲۹۱-۱) چند اهم است؟

الف) ۲ ب) ۹

ج) ۶ د) ۳

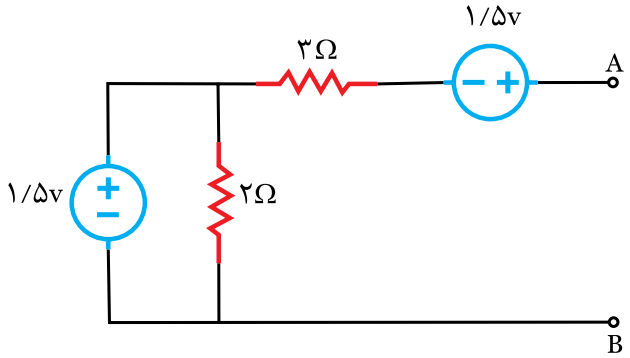


شکل (۲۹۱-۱)

۱۲- جریان نورتن مدار شکل (۲۹۲-۱) چند آمپر است؟

الف) ۱ ب) ۱/۵

ج) ۳ د) ۰/۵

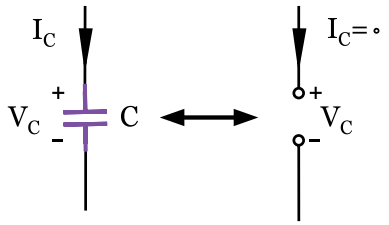


شکل (۲۹۲-۱)

خلاصه درس

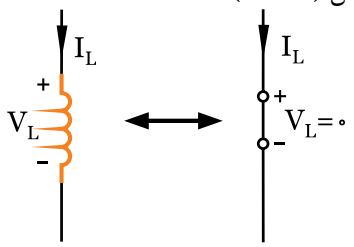
۸-۱- مدارهای شامل سلف و خازن در حالت ماندگار

مدارهای الکتریکی شامل سلف و خازن پس از اتصال به منابع جریان مستقیم بعد از گذشت ۵ ثابت زمانی به حالت پایدار یا ماندگار می رسند. در حالت پایدار یا ماندگار خازن قطع می‌شود و همانند یک کلید باز عمل می‌نماید و جریان عبوری از آن صفر می‌شود. شکل (۲۹۳-۱).



شکل (۲۹۳-۱)

در حالت پایدار یا ماندگار سلف اتصال کوتاه می شود و همانند یک کلید بسته عمل می‌نماید و ولتاژ دو سر آن صفر می‌شود. شکل (۲۹۴-۱).



شکل (۲۹۴-۱)

پس از اینکه سلف و خازن به حالت پایدار یا ماندگار رسیدند بیشترین انرژی الکتریکی در آن‌ها ذخیره می‌شود. بیشترین انرژی ذخیره شده در خازن از رابطه:

$$W_C=\frac{1}{2}CV_C^2$$

و در سلف از رابطه:

$$W_L=\frac{1}{2}LI_L^2$$

بدست می آید. در این روابط:

W_C بیشترین انرژی ذخیره شده در خازن بر حسب ژول [j]

C ظرفیت خازن برحسب فاراد [F]

V_C ولتاژ دو سر خازن در حالت پایدار برحسب [V]

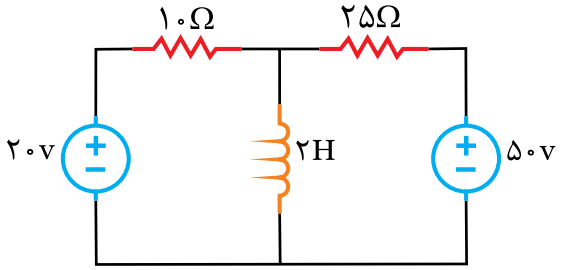
W_L بیشترین انرژی ذخیره شده در سلف بر حسب ژول [j]

L ضریب خودالقایی سلف برحسب هانری [H]

I_L جریان سلف در حالت پایدار بر حسب آمپر [A]

مثال ۲۴

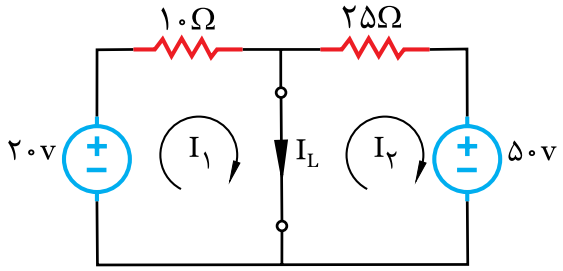
مدار شکل (۲۹۵-۱) در حالت پایدار است. انرژی ذخیره شده در سلف چند ژول است.



شکل (۲۹۵-۱)

حل

- در حالت پایدار سلف بصورت اتصال کوتاه عمل می‌کند. با محاسبه جریان آن، انرژی ذخیره شده در سلف محاسبه می‌شود. برای محاسبه جریان سلف روش حلقه انتخاب شده است. شکل (۲۹۶-۱).



شکل (۲۹۶-۱)

- روابط KVL برای حلقه‌های I۱ و I۲ نوشته می‌شود.

KVL۱ $\Rightarrow -20+10I_1=0$

$10I_1=20$

$I_1=\frac{20}{10}=2[A]$

KVL۲ $\Rightarrow +50+25I_2=0$

$25I_2=-50$

$I_2=\frac{-50}{25}=-2[A]$

- از I_L حلقه‌های I۱ و I۲ می‌گذرند.

$I_L=+I_۱-I_۲$

$I_L=+۲-(-۲)=۴[A]$

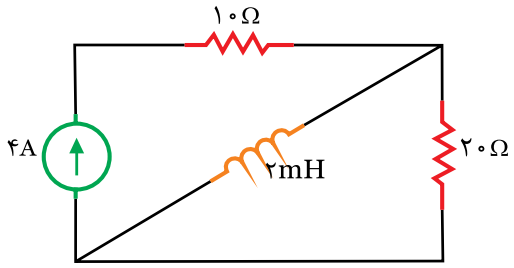
- انرژی ذخیره شده در سلف بدست می‌آید.

$W_L=\frac{۱}{۲}LI_L^۲$

$W_L=\frac{۱}{۲}(۲)(۴)^۲=۱۶[j]$

فعالیت ۲۵

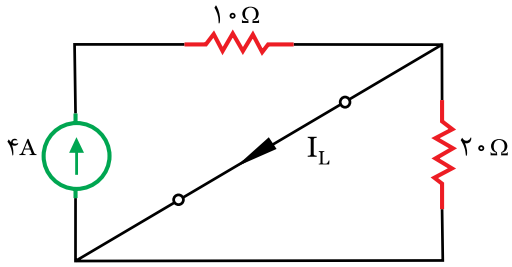
مدار شکل (۲۹۷-۱) در حالت ماندگار است انرژی ذخیره شده در سلف را بدست آورید.



شکل (۲۹۷-۱)

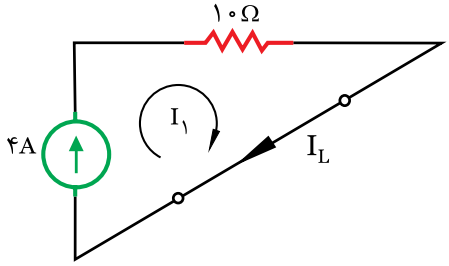
حل

- در حالت ماندگار سلف به صورت اتصال کوتاه عمل می‌کند. شکل (۲۹۸-۱).



شکل (۲۹۸-۱)

- با اتصال کوتاه شدن سلف مقاومت ۲۰ اهمی ..... می‌شود لذا مدار به شکل (۲۹۹-۱) در می‌آید.



شکل (۲۹۹-۱)

- با روش حلقه I_L را بدست آورید.

$I_۱=.....[A]$

$I_L=I_۱=.....$

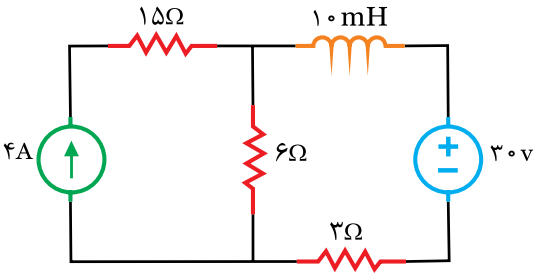
- انرژی سلف را بدست آورید.

$W_L=\frac{۱}{۲}.....$

$W_L=\frac{۱}{۲}(۲)(۴)^۲=۱۶[mj]$

تمرین

۱- مدار شکل (۳۰۰-۱) در حالت پایدار است، انرژی ذخیره شده در سلف را بدست آورید.



شکل (۳۰۰-۱)

.....

.....

.....

.....

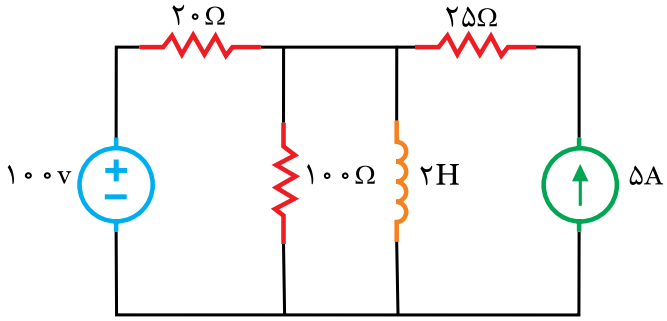
.....

.....

.....

.....

۲- مدار شکل (۳۰۱-۱) در حالت ماندگار است. انرژی ذخیره شده در سلف را بدست آورید.



شکل (۳۰۱-۱)

حل

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

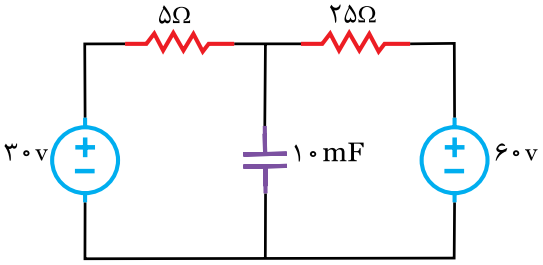
.....

.....

.....

مثال ۲۵

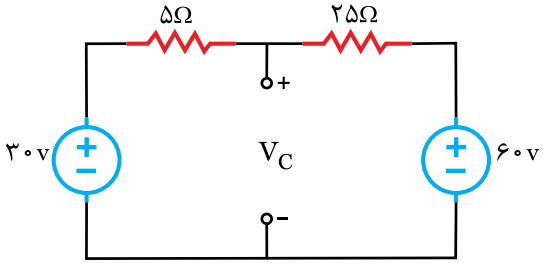
مدار شکل (۳۰۲-۱) در حالت پایدار است انرژی ذخیره شده در خازن چند ژول است.



شکل (۳۰۲-۱)

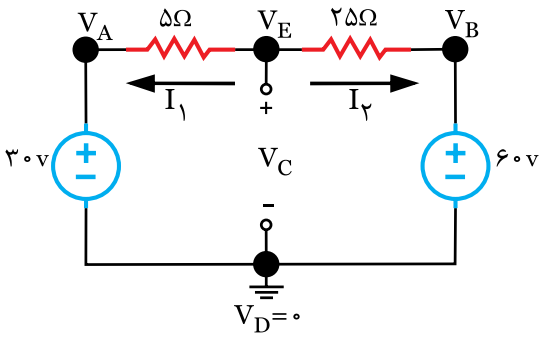
حل

- در حالت پایدار خازن بصورت قطع عمل می‌کند. با محاسبه ولتاژ آن، انرژی ذخیره شده در خازن محاسبه می‌شود. شکل (۳۰۳-۱).



شکل (۳۰۳-۱)

- برای محاسبه VC روش پتانسیل گره انتخاب شده است. لذا گره‌های مدار مشخص می‌شود و جریان شاخه‌ها تعیین خواهد شد. شکل (۳۰۴-۱).



شکل (۱-۳۰۴)

- با تعیین گره D به عنوان گره مبنا خواهیم داشت:

V_D=۰

V_A =۳۰V

V_B =۶۰v

- پتانسیل گره C مجموع است لذا برای آن رابطه KCL نوشته می‌شود.

KCLC $+I_۱+I_۲=۰$

- مقادیر $I_۱$ و $I_۲$ بدست آورده می‌شود.

$$I_۱=\frac{V_E-V_A}{۵}=\frac{V_E-۳۰}{۵}$$

$$I_۲=\frac{V_E-V_B}{۲۵}=\frac{V_E-۶۰}{۲۵}$$

- مقادیر $I_۱$ و $I_۲$ در رابطه KCL قرار داده می‌شود.

KCLC $+\frac{V_E-۳۰}{۵}+\frac{V_E-۶۰}{۲۵}=۰$

$$\frac{۵V_E-۱۵۰+V_E-۶۰}{۲۵}=۰$$

$$۵V_E-۱۵۰+V_E-۶۰=۰$$

$$۶V_E-۲۱۰=۰$$

- پتانسیل V_C بین دو گره E و D قرار دارد لذا:

$$V_C=+V_E=V_D$$

$$V_C=+۳۵-۰=۳۵[V]$$

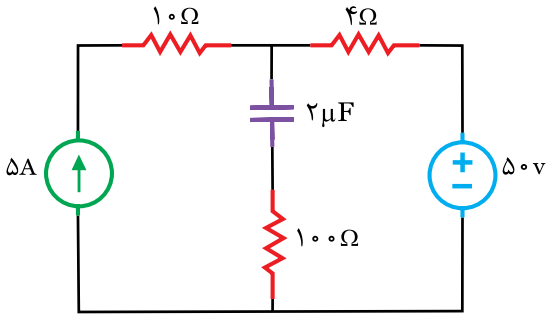
- انرژی ذخیره شده در خازن بدست می‌آید.

$$W_C=\frac{۱}{۲}CV_C^۲$$

$$W_C=\frac{۱}{۲}(۱۰\times۱۰^{-۳})(۳۵)^۲=۶/۱۲۵[j]$$

فعالیت ۲۶

مدار شکل (۱-۳۰۵) در حالت ماندگار است. انرژی ذخیره شده در خازن را بدست آورید.



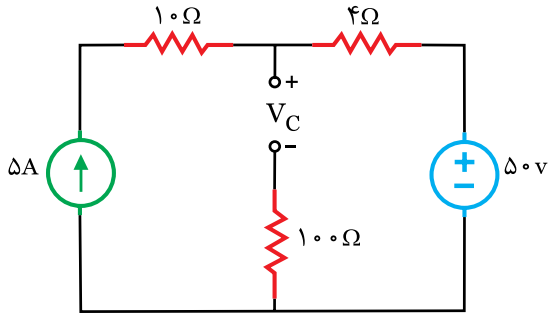
شکل (۱-۳۰۵)

حل

- در حالت ماندگار خازن بصورت ..... عمل می‌کند.

با محاسبه ..... آن، انرژی ذخیره شده قابل محاسبه است.

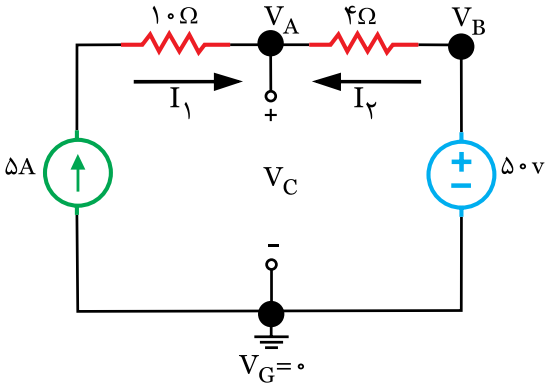
شکل (۱-۳۰۶).



شکل (۱-۳۰۶)

- برای محاسبه V_C روش پتانسیل گره را انتخاب کنید.
- مقاومت ۱۰۰ Ω قطع شده است لذا حذف می‌گردد.

شکل (۱-۳۰۷).



شکل (۱-۳۰۷)

- با انتخاب گره G به عنوان گره مبنا خواهیم داشت:

V_G=.....

V_B=.....

- پتانسیل گره A مجهول است برای آن رابطه KCL بنویسید.

KCL A) +.....+.....=۰

- مقادیر جریان‌های $I_۱$ و $I_۲$ را بدست آورید.

$I_۱$=+.....

$$I_۲=\frac{V_B-\ldots}{\ldots}=\frac{\ldots-V_A}{\ldots}$$

- مقادیر $I_۱$ و $I_۲$ را در رابطه KCL قرار دهید.

KCL A)+.....+.....=۰

- مخرج مشترک بگیرید.

$$\frac{+\ldots+\ldots-\ldots}{۴}=۰$$

- صورت کسر را مساوی صفر قرار دهید.

-.....+.....+.....=۰

V_A=۷۰[V]

- V_C اختلاف پتانسیل میان دو گره A و G است لذا:

V_C=+.....-.....=۵۰[V]

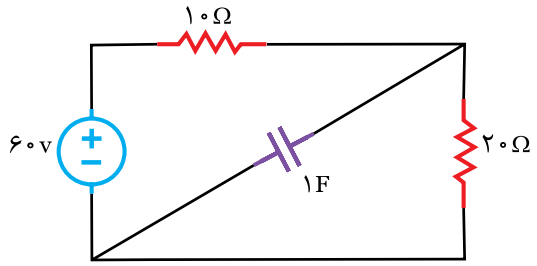
- انرژی ذخیره شده در خازن را بدست آورید.

$$W_C=\frac{۱}{۲}CV_C^۲$$

W_C=.....=۴/۹[j]

تمرین

۱- مدار شکل (۳۰۸-۱) در حالت پایدار است انرژی ذخیره شده در خازن را بدست آورید.



شکل (۳۰۸-۱)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

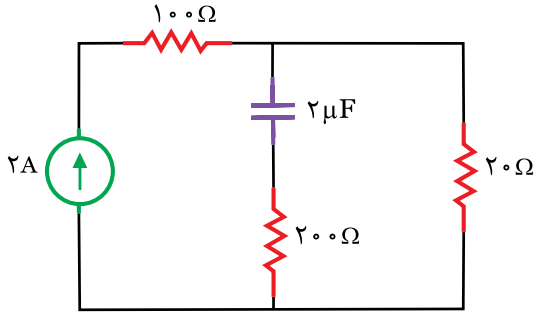
.....

.....

.....

.....

۲- مدار شکل (۳۰۹-۱) در حالت ماندگار است انرژی ذخیره شده در خازن را بدست آورید.



شکل (۳۰۹-۱)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

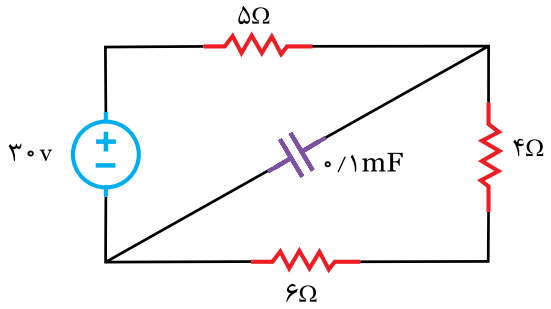
.....

.....

۱- در مدارهای جریان مستقیم در حالت پایدار سلف بصورت ..... و خازن بصورت ..... است.

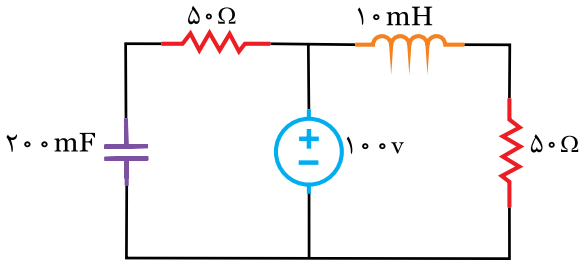
۲- رابطه انرژی خازن و سلف را در مدارهای جریان مستقیم در حالت ماندگار بنویسید.

۳- در حالت ماندگار انرژی ذخیره شده در خازن مدار شکل (۳۱۰-۱) را بدست آورید. (امتحان نهایی شهریور ۸۶)



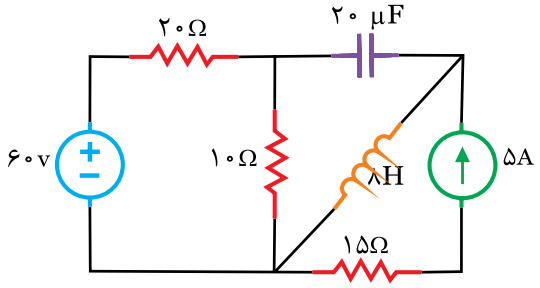
شکل (۳۱۰-۱)

۴- مدار شکل (۳۱۱-۱) در حالت پایدار می‌باشد انرژی ذخیره شده در خازن را بدست آورید.
(امتحان نهایی دیماه ۸۸)



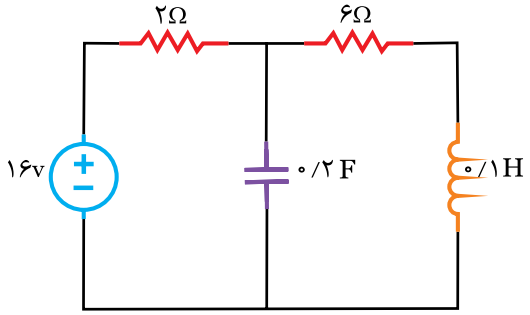
شکل (۳۱۱-۱)

۵- انرژی ذخیره شده در سلف مدار شکل (۳۱۲-۱) را در حالت ماندگار بدست آورید.
(امتحان نهایی خرداد ۸۷)



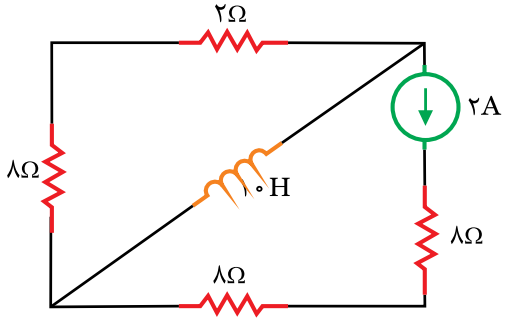
شکل (۳۱۲-۱)

۶- انرژی ذخیره شده در خازن مدار شکل (۳۱۳-۱) در حالت ماندگار را بدست آورید.



شکل (۳۱۳-۱)

۷- پس از سپری شدن ۵ ثابت زمانی انرژی ذخیره شده در سلف مدار شکل (۳۱۴-۱) را بدست آورید.
(امتحان نهایی دیماه ۸۳)

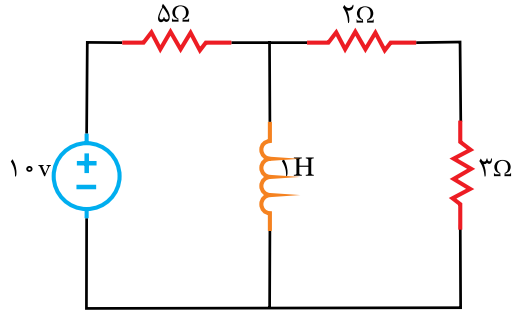


شکل (۳۱۴-۱)

۸- مدار شکل (۳۱۵-۱) در حالت پایدار است انرژی ذخیره شده در سلف چند ژول است؟

الف) ۱ ب) ۲

ج) ۴ د) ۸

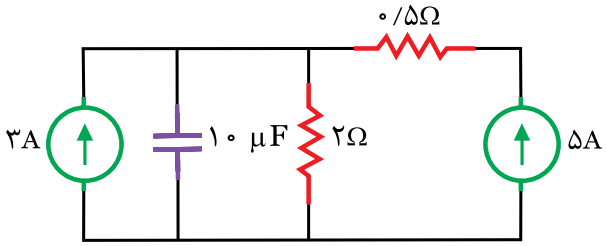


شکل (۳۱۵-۱)

۹- مدار شکل (۳۱۶-۱) در حالت پایدار است انرژی ذخیره شده در خازن چند میکرو ژول است؟

الف) ۱۲۸۰ ب) ۳۲۰

ج) ۷۲۰ د) ۹۸۰



شکل (۳۱۶-۱)