

فصل چهارم

قوانین تونن و نورتن

هدف کلی: آشنایی با منبع ولتاژ و منبع جریان و قوانین تونن و نورتن و به کارگیری آنها در مدارها

هدف های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:



- ۱- منبع جریان را تعریف کند.
- ۲- انواع منبع جریان را نام ببرد.
- ۳- منبع ولتاژ را تعریف کند.
- ۴- انواع منابع ولتاژ را نام ببرد.
- ۵- منابع ولتاژ و منابع جریان را به یکدیگر تبدیل کند.
- ۶- مدار معادل تونن مدارهای الکتریکی جریان مستقیم را به دست آورد.
- ۷- مدار معادل نورتن مدارهای الکتریکی جریان مستقیم را به دست آورد.
- ۸- کلیه هدف های رفتاری در حیطه ی عاطفی که در فصل اول بخش اول به آنها اشاره شده است را اجرا کند.

 ساعت آموزش			توانایی شماره ۴
جمع	عملی	نظری	
۸	۴	۴	



پیش آزمون فصل (۴)

۱- عناصر فعال به عناصری گفته می شود که انرژی مدار را می کنند.

الف) مصرف ب) تامین

۲- منبع ولتاژ حقیقی را می توان منبع ولتاژ ایده آلی دانست که یک مقاومت اهمی، با آن شده باشد.

الف) کوچک - سری ب) کوچک - موازی

ج) بزرگ - سری د) بزرگ - موازی

۳- منابع جریان واقعی، منابع جریان ایده آلی هستند که با یک مقاومت اهمی بزرگ به صورت موازی قرار گرفته اند.

☐ غلط ☐ صحیح

۴- کدامیک از جملات زیر صحیح نیست؟

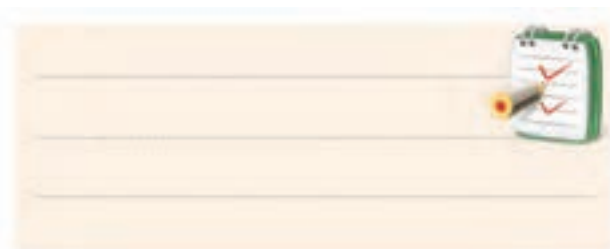
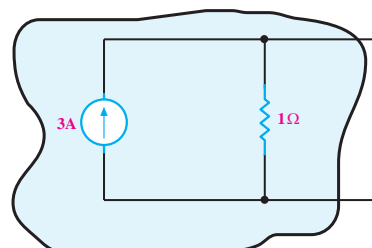
الف) منابع جریان ایده آل، در بارهای مختلف، جریان ثابتی به مدار می دهند.

ب) منبع ولتاژ حقیقی منبعی است که با افزایش بار، ولتاژ خروجی آن کاهش می یابد.

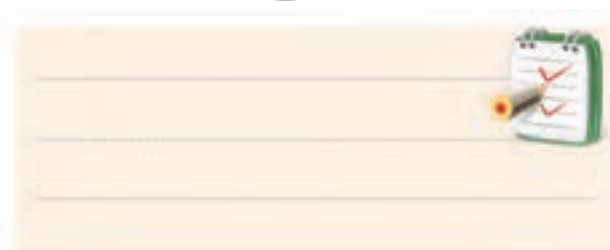
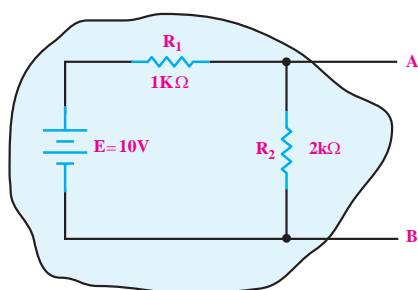
ج) منابع ایده آل را می توان به یکدیگر تبدیل کرد و توان آن را افزایش داد.

د) برای تبدیل یک منبع ولتاژ به منبع جریان، مقاومت داخلی منبع ولتاژ با مقاومت داخلی منبع جریان برابر است.

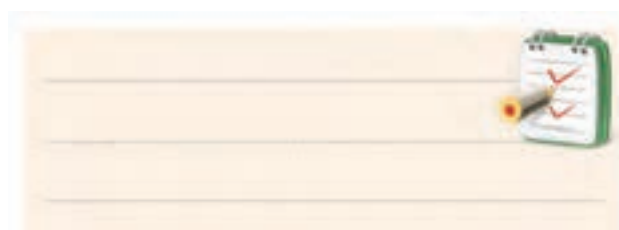
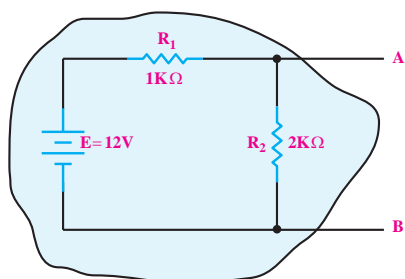
۵- منبع ولتاژ معادل منبع جریان شکل زیر را به دست آورید.



۶- مدار معادل نورتن شکل زیر را از دو نقطه A و B به دست آورید.



۷- مدار معادل تونن مدار زیر را از دو نقطه A و B به دست آورید.



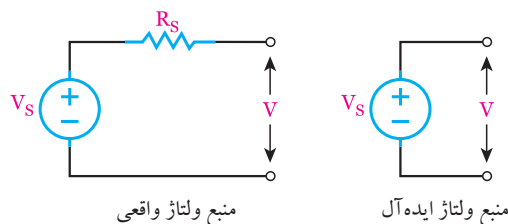
۴-۱ عناصر فعال مدارهای الکتریکی

عناصر فعال به عناصری گفته می‌شود که انرژی مدار را تأمین می‌کنند. این عناصر منابع ولتاژ و منابع جریان هستند. هر یک از این دو منبع به دو گروه منابع ایده‌آل و منابع حقیقی تقسیم می‌شوند.

۴-۱-۱ منابع ولتاژ

منبع ولتاژ ایده‌آل منبعی است که بتواند در بارهای مختلف، ولتاژ ثابتی را به مدار بدهد. منبع ولتاژ حقیقی، منبعی است که با افزایش بار (کاهش مقاومت مدار)، ولتاژ خروجی آن کاهش می‌یابد.

منبع ولتاژ حقیقی را می‌توان منبع ولتاژ ایده‌آلی دانست که یک مقاومت اهمی کوچک با آن سری شده است. منابع تغذیه در صنعت، منابع ولتاژ حقیقی هستند و منابع ولتاژ ایده‌آل وجود خارجی ندارند ولی با تقریب می‌توان منابع ولتاژ با انرژی بسیار بزرگ را ایده‌آل فرض کرد. شکل ۴-۱ یک نمونه منبع ولتاژ ایده‌آل و یک نمونه منبع ولتاژ واقعی را نشان می‌دهد.

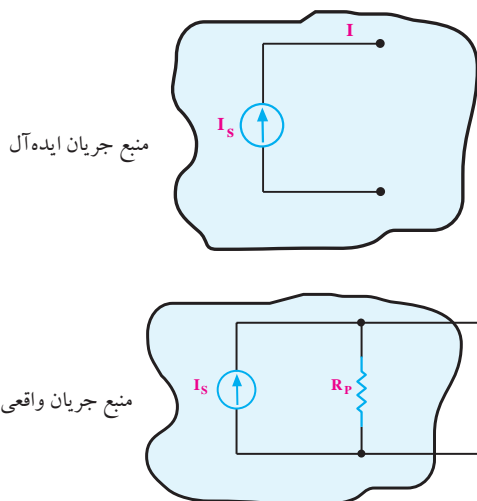


شکل ۴-۱ دو نمونه منبع ولتاژ

۴-۱-۲ منابع جریان

منابع جریان ایده‌آل منابعی هستند که در بارهای مختلف، جریان ثابتی به مدار می‌دهند. به عبارت دیگر، اگر مقاومت بار در مدار تغییر کند، ولتاژ آن تغییر می‌کند ولی جریان آن ثابت است. منابع جریان بیش‌تر در مدارهای الکترونیکی دیده می‌شوند و به صورت ایده‌آل وجود ندارند. منابع جریان واقعی، منابع جریان ایده‌آلی هستند که با یک مقاومت بزرگ اهمی به صورت موازی قرار گرفته‌اند.

در این منابع به دلیل ثابت بودن جریان منبع، در صورت تغییر بار، جریان عبوری در مصرف‌کننده قدری تغییر می‌کند. در شکل ۴-۲ دو نمونه منبع جریان ایده‌آل و واقعی را مشاهده می‌کنید.



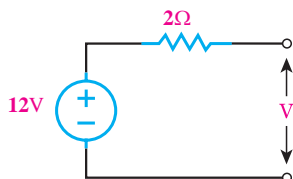
شکل ۴-۲ دو نمونه منبع جریان

۴-۱-۳ تبدیل منابع ولتاژ و جریان به یکدیگر

در تحلیل مدارهای الکتریکی مواردی پیش می‌آید که اگر به جای منبع ولتاژ، یک منبع جریان در مدار قرار گیرد، تحلیل مدار ساده‌تر می‌شود. برای تبدیل یک منبع ولتاژ به منبع جریان کافی است، ولتاژ منبع را بر مقاومت داخلی آن تقسیم کنیم تا مقدار جریان منبع جریان معادل به دست آید. مقاومت داخلی منبع ولتاژ با مقاومت داخلی منبع جریان برابر است.

مثال ۱: منبع جریان معادل منبع ولتاژ شکل ۴-۳ را به دست

آورید.



شکل ۴-۳

حل:

مقدار ولتاژ معادل منبع ولتاژ از حاصل ضرب جریان کل

مقاومت داخلی منبع جریان و منبع ولتاژ با هم برابر است: در R_p به دست می آید:

$$R_s = R_p = 2\Omega$$

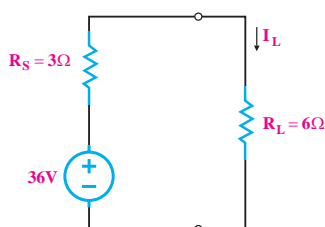
مقدار جریان منبع جریان را از تقسیم ولتاژ منبع ولتاژ بر

مقاومت سری با آن به دست می آوریم:

$$I_s = \frac{V_s}{R_s} = \frac{12(V)}{2(\Omega)} = 6A$$

منبع ولتاژ معادل منبع جریان این مثال را در شکل ۴-۶

مشاهده می کنید.



$$I_L = \frac{36(V)}{3 + 6} = 4(A)$$

شکل ۴-۶ مدار معادل منبع جریان

همان طور که ملاحظه می کنید جریان مصرف کننده در

حالتی که منبع جریان در مدار است برابر با زمانی است که

در مدار منبع ولتاژ معادل قرار دارد. بدیهی است که ولتاژ دو

سر مقاومت بار و توان مصرفی آن نیز در هر دو حالت، ثابت

است.

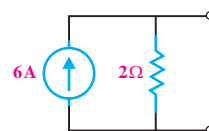
تذکره: منابع ایده آل را نمی توان به یکدیگر تبدیل

کرد.

به طور خلاصه برای تبدیل منبع جریان به منبع ولتاژ باید به

طریق صفحه بعد عمل کنید:

پس منبع جریان معادل به صورت شکل ۴-۴ در می آید.



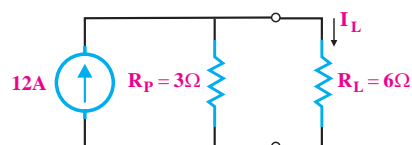
شکل ۴-۴ منبع جریان معادل

مثال ۲: در شکل ۴-۵ منبع ولتاژ معادل منبع جریان مدار

را محاسبه کنید و شکل مدار را رسم کنید. جریان مصرف

کننده R_L را در مدار منبع جریان و در مدار منبع ولتاژ

محاسبه کنید.



شکل ۴-۵

حل:

از قانون تقسیم جریان بین دو مقاومت برای به دست

آوردن I_L استفاده می کنیم:

$$I_L = I \times \frac{3\Omega}{3 + 6} = 12 \times \frac{3}{9} = 4(A)$$



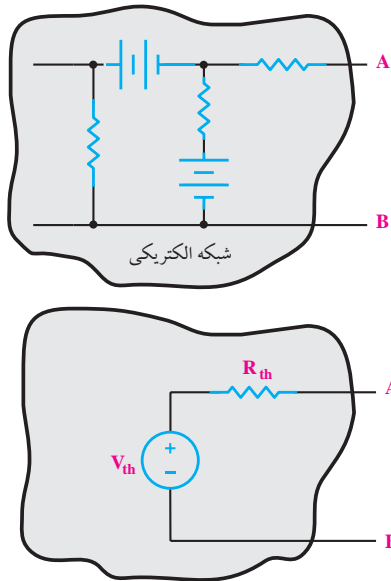
آیا می دانید:

یک لامپ کم مصرف ۲۰ وات با بازدهی انرژی A در طول عمر خود معادل یک بشکه نفت خام صرفه جویی می کند.

۴-۲ قضایای تونن و نورتن

۴-۲-۱ قضیه ی تونن

طبق قضیه ی تونن، هر شبکه ی الکتریکی از دو نقطه ی مشخص را می توان به صورت یک منبع ولتاژ و یک مقاومت سری شده با آن معادل نمود، شکل ۴-۸.



شکل ۴-۸ مدار معادل یک شبکه از دو نقطه ی A و B

ولتاژ مدار معادل شده از دو نقطه ی A و B با ولتاژ شبکه ی اصلی دقیقاً برابر است. هم چنین مقاومت اهمی شبکه ی اصلی با شبکه ی معادل شده نیز یکی است.

برای به دست آوردن مقاومت معادل تونن می توانیم مقاومت معادل از دو نقطه ی A و B را به کمک روابط محاسبه کنیم یا به کمک اهم متر مستقیماً اندازه بگیریم، شکل ۴-۹.

- همیشه مقاومت داخلی منبع ولتاژ با مقاومت داخلی منبع جریان برابر است.

$$R_s = R_p$$

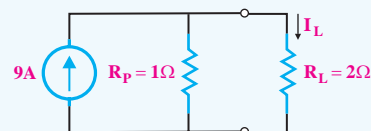
- ولتاژ منبع ولتاژ از حاصل ضرب جریان در مقاومت

داخلی منبع جریان به دست می آید.

$$V_s = R_p \times I_s$$

تمرین کلاسی ۱: در مدار شکل ۴-۷، منبع

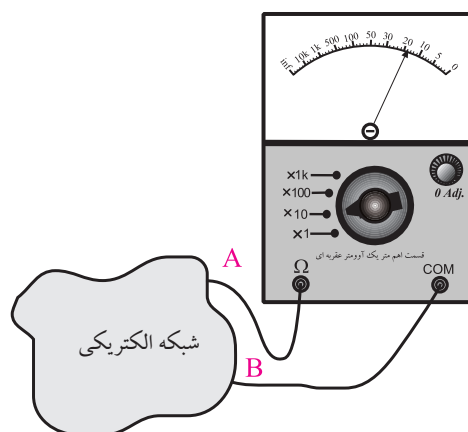
ولتاژ معادل منبع جریان مدار را محاسبه کنید و مدار جدید را رسم کنید. هم چنین جریان مصرف کننده ی R_L را در مدار منبع جریان و در مدار منبع ولتاژ محاسبه کنید.



شکل ۴-۷

توجه

هنگام اندازه‌گیری مقاومت معادل تونن با مولتی‌متر، باید منبع ولتاژ را از مدار خارج کنیم و به جای آن مقاومت معادل داخلی آن را قرار دهیم.



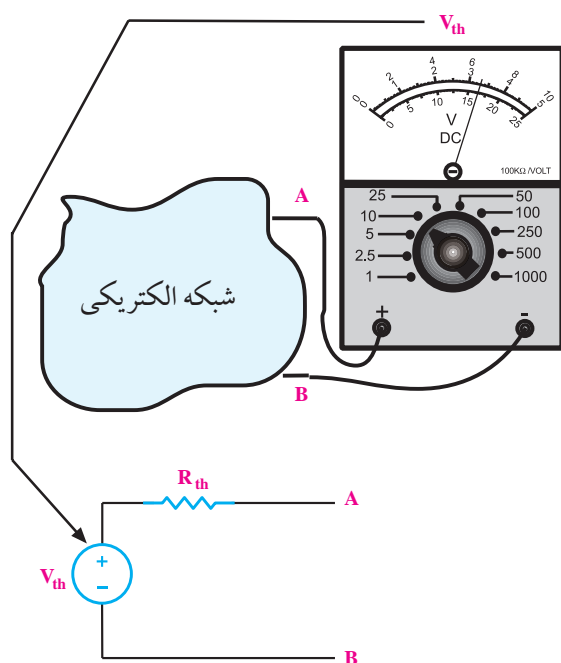
شکل ۴-۹- اهم‌تر مقاومت R_{th} را نشان می‌دهد.

برای به‌دست آوردن R_{th} به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

الف- بار را بر می‌داریم.

ب- منابع ولتاژ را بی‌اثر می‌کنیم. برای این منظور منابع ولتاژ ایده‌آل را اتصال کوتاه می‌کنیم. در شکل ۴-۱۰ به جای منابع ولتاژ واقعی، مقاومت داخلی آن را در مدار قرار داده‌ایم.

پ- از دو نقطه‌ای که بار قرار می‌گیرد (A و B) مقاومت معادل مدار را به‌دست می‌آوریم.



شکل ۴-۱۱- نحوه‌ی به‌دست آوردن ولتاژ معادل تونن

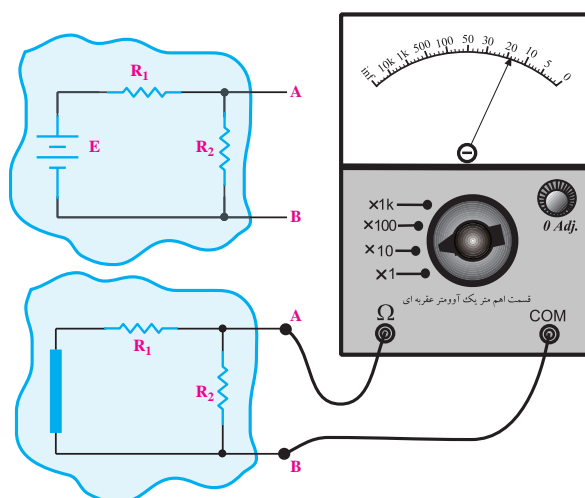
مثال ۳: مدار معادل تونن شکل ۴-۱۲ را از دو نقطه‌ای A

و B به دست آورید.

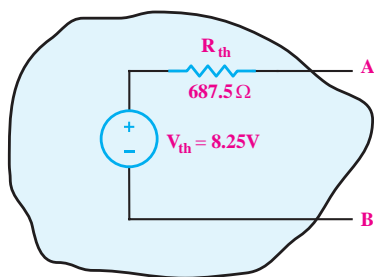
حل:

ولتاژ معادل تونن یا ولتاژ بین نقاط A و B در مدار شکل

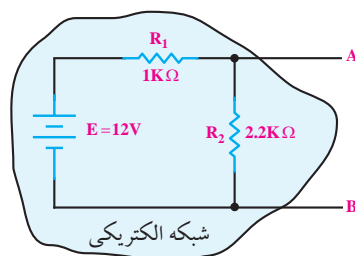
۴-۱۲، همان ولتاژ دو سر مقاومت R_p است.



شکل ۴-۱۰ اندازه‌گیری مقاومت معادل تونن با مولتی‌متر



شکل ۴-۱۴ مدار معادل تونن



شکل ۴-۱۲

$$V_{AB} = V_{th} = R_p \cdot I$$

با داشتن آرامش می توانید از تمام توانایی های خود استفاده کنید. پس سعی کنید در هنگام بروز اضطراب از تکنیک های کسب آرامش استفاده کنید.

$$I = \frac{E}{R_1 + R_p} = \frac{12}{1000 + 2200} = \frac{12}{3200} = 0.00375A$$

$$V_{th} = 2200 \times 0.00375 = 8.25V$$

۴-۲-۲ قضیه ی نورتن

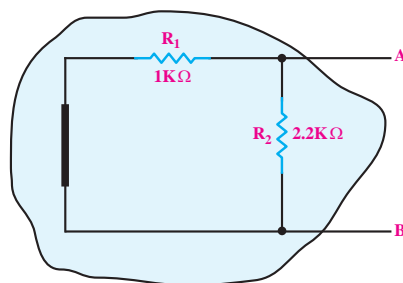
بر اساس قضیه ی نورتن، می توانیم هر شبکه ی الکتریکی را از دو نقطه ی مشخص به صورت یک منبع جریان و یک مقاومت موازی با آن معادل کنیم.

منبع جریان عنصری است که می تواند جریان ثابتی را به مدار تزریق کند. این جریان کاملاً ثابت بوده و به ولتاژ دو سر آن، یعنی به منبع بستگی ندارد. منبع جریان را با عناصر الکترونیکی و با استفاده از منبع ولتاژ می سازند و با علامت قرار دادی شکل ۴-۱۵ نشان می دهند.



شکل ۴-۱۵ علامت قرار دادی منبع جریان

برای به دست آوردن مقاومت معادل تونن ابتدا منبع ولتاژ (E) را از مدار جدا کنید، سپس به جای آن اتصال کوتاه بگذارید، سپس از دو نقطه ی A و B، مقاومت معادل مدار را محاسبه کنید، شکل ۴-۱۳.



شکل ۴-۱۳ محاسبه ی مقاومت معادل تونن

همان طور که مشاهده می شود از دو نقطه ی A و B مقاومت های R_1 و R_p با یکدیگر موازی هستند. لذا داریم:

$$R_{AB} = R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_p}{R_1 + R_p}$$

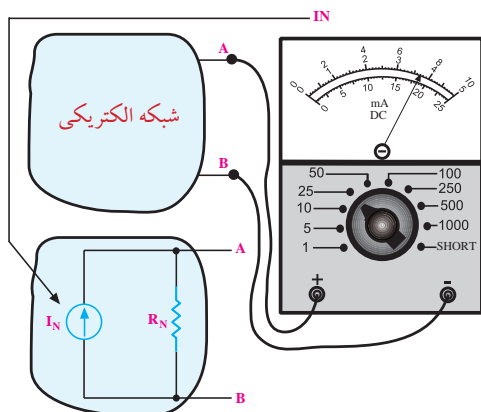
$$R_{th} = \frac{1000 \times 2200}{1000 + 2200} = 687.5\Omega$$

شکل ۴-۱۶ مدار معادل نورتن یک شبکه ی الکتریکی را

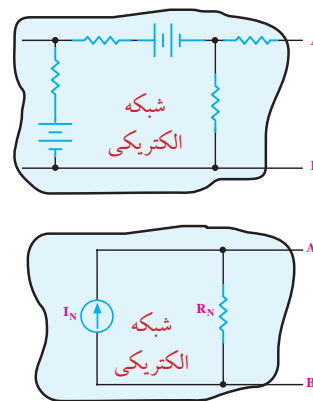
نشان می دهد.

مدار معادل تونن مدار شکل ۴-۱۱ به صورت شکل ۴-۱۴

در می آید.



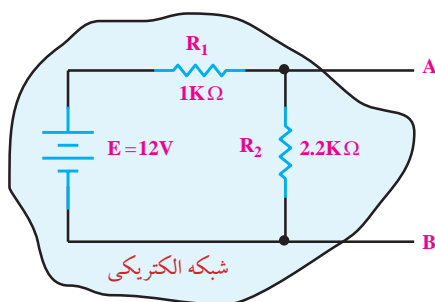
شکل ۴-۱۸ چگونگی به دست آوردن جریان معادل نورتن



شکل ۴-۱۶ مدار معادل نورتن یک شبکه‌ی الکتریکی

مثال ۴: مدار معادل نورتن شکل ۴-۱۹ را از دو نقطه‌ی A

و B به دست آورید.



شکل ۴-۱۹

حل:

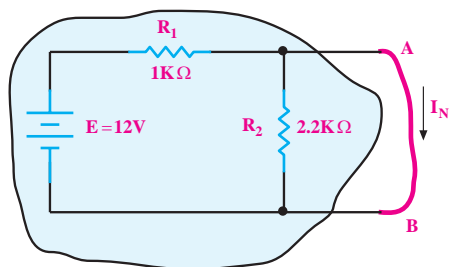
برای به دست آوردن جریان نورتن، نقطه‌ی A و B را

اتصال کوتاه می‌کنیم و جریان گذرنده از آن را از طریق

محاسبه به دست می‌آوریم. در شکل ۴-۲۰ بین نقاط A و

B اتصال کوتاه شده است، لذا از مقاومت R_2 جریانی عبور

نمی‌کند.



شکل ۴-۲۰ - محاسبه‌ی جریان معادل نورتن

برای به دست آوردن مقاومت معادل نورتن می‌توانیم

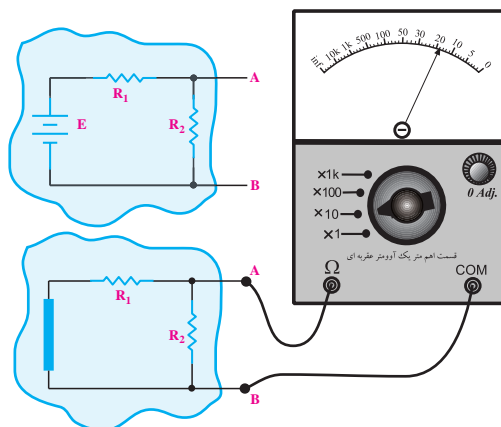
مقاومت معادل از دو نقطه‌ی A و B را به کمک روابط

محاسبه کنیم یا به کمک اهم‌متر مستقیم اندازه بگیریم. در هر

دو حالت، اگر در مدار منبع ولتاژ وجود داشته باشد باید منبع

را از مدار جدا کنید و در محل اتصال منبع به مدار یک اتصال

کوتاه قرار دهید، شکل ۴-۱۷.



شکل ۴-۱۷ - نحوه‌ی به دست آوردن مقاومت معادل نورتن

برای به دست آوردن جریان معادل نورتن مدار، باید بین دو

نقطه‌ی A و B در شکل ۴-۱۸ را اتصال کوتاه کنید. این جریان

اتصال کوتاه، که همان جریان نورتن است را می‌توانید به کمک

روابط محاسبه کنید یا با یک آمپر متر که بین دو نقطه‌ی A و B قرار

می‌دهید، جریان را اندازه بگیرید، شکل ۴-۱۸. توجه داشته باشید

که آمپر متر بین دو نقطه‌ی A و B را اتصال کوتاه می‌کند.

از طرفی، چون دو سر مقاومت R_p اتصال کوتاه شده است، جریان I_N از رابطی زیر به دست می آید.

$$I_N = \frac{E}{R_1} = \frac{12}{1K} = 0.012A = 12mA$$

است:

$$V_{th} = I_N \cdot R_N$$

یا:

$$I_N = \frac{V_{th}}{R_{th}}$$

بنابراین مدار معادل تونن و نورتن می توانند به هم تبدیل شوند.

۴-۳ آزمایش شماره ۱ (۱):

مدار تونن زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

۴-۳-۱ هدف آزمایش:

به دست آوردن ولتاژ و مقاومت معادل تونن در یک مدار الکتریکی

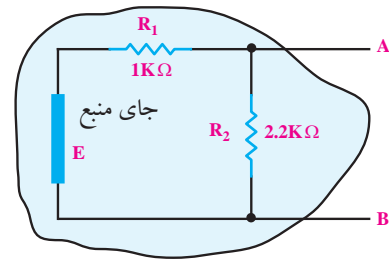
۴-۳-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات دستگاه و قطعات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۰-۱۵V	یک دستگاه
۲	مولتی متر عقربه ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۳	بردبرد	یک قطعه
۴	مقاومت $2/2K\Omega$	یک عدد
۵	مقاومت $1K\Omega$	دو عدد
۶	سیم دو سرگیره دار	چهار رشته
۷	سیم یک سرگیره دار	چهار رشته
۸	سیم رابط	به مقدار کافی

۴-۳-۳ مراحل اجرای آزمایش:

■ مدار شکل ۴-۲۳ را روی بردبرد ببندید.

برای به دست آوردن مقاومت معادل نورتن، منبع ولتاژ (E) را از مدار جدا می کنیم و به جای آن، اتصال کوتاه قرار می دهیم، شکل ۴-۲۱. سپس از دو نقطه A و B مقاومت معادل را محاسبه می کنیم.

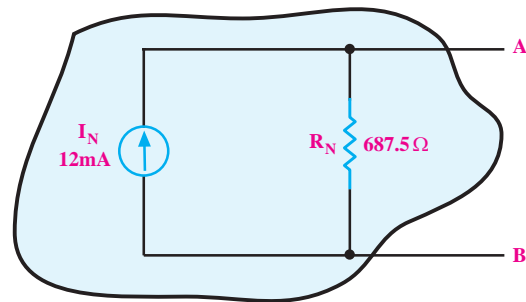


شکل ۴-۲۱ اتصال کوتاه منبع

با نگاه از دو نقطه A و B، مقاومت های R_1 و R_p با هم موازی هستند لذا داریم:

$$R_N = R_{AB} = \frac{R_1 \cdot R_p}{R_1 + R_p} = \frac{1000 \times 2200}{1000 + 2200} = 687.5 \Omega$$

مدار معادل نورتن شکل ۴-۱۹ به صورت شکل ۴-۲۲ در می آید.

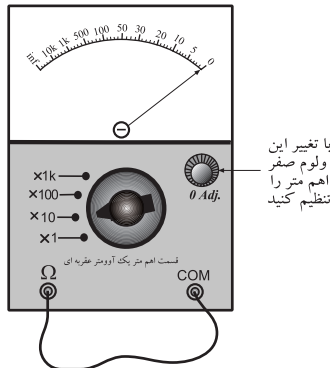


شکل ۴-۲۲ مدار معادل نورتن

توجه: همیشه R_N و R_{th} با یکدیگر برابرند و نحوه ی

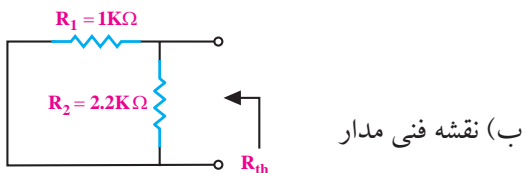
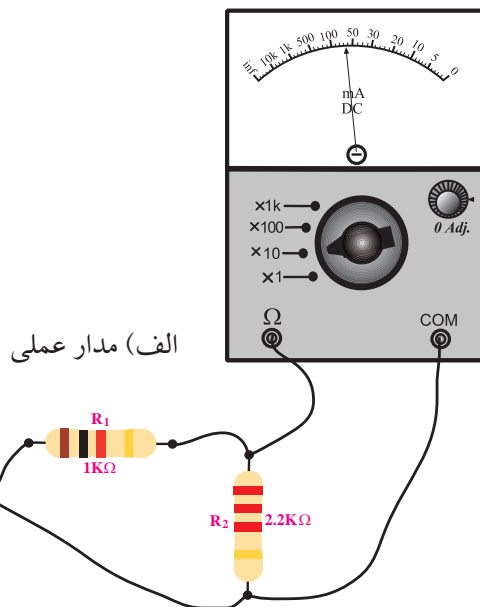
دهید.

■ اگر اهم متر شما عقربه‌ای است، حتماً صفر آن را تنظیم کنید. برای این کار دو ترمینال اهم متر که مقاومت به آن‌ها وصل می‌شود را اتصال کوتاه و با ولوم روی آن صفر را تنظیم کنید. اهم متر دیجیتالی نیاز به تنظیم صفر ندارد، شکل ۴-۲۴.



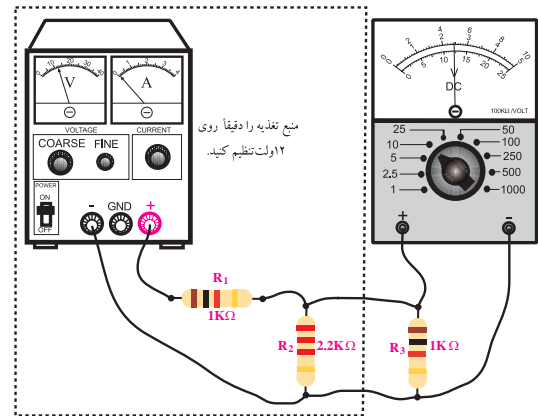
شکل ۴-۲۴- نحوه‌ی تنظیم صفر اهم متر عقربه‌ای

■ مدار شکل ۴-۲۵ را روی بردبرد ببندید.

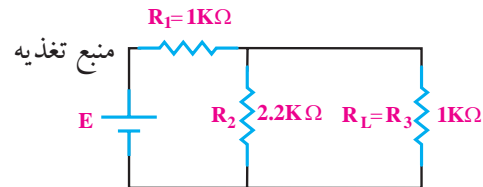


شکل ۴-۲۵

■ مقاومتی را که اهم متر اندازه می‌گیرد، مقاومت معادل



الف) مدار عملی



ب) نقشه فنی مدار

شکل ۴-۲۳

■ ابتدا در حالی که مدار به صورت کامل روی بردبرد بسته شده است، ولتاژ دو سر مقاومت بار را اندازه می‌گیریم.

■ ولت متر DC را به دو سر مقاومت بار $1K\Omega$ وصل کنید و ولتاژ دو سر مقاومت بار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{O_1} = V_{R_p} = \dots\dots\dots (V)$$

■ برای به دست آوردن مقاومت تونن مدار، ابتدا منبع تغذیه را از مدار جدا کنید.

■ به جای منبع ولتاژ، یک سیم اتصال کوتاه قرار

دهید.

■ مقاومت بار R_p را از مدار جدا کنید.

■ مولتی متر را روی رنج اهم متر تنظیم کنید.

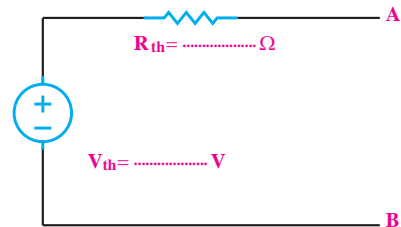
■ ولت متر را از مدار جدا کنید و به جای آن اهم متر قرار

تونن مدار شکل ۴-۲۵ است. مقدار آن را بخوانید و یادداشت کنید.

$$R_{th} = \dots\dots\dots \Omega$$

معادل تونن مدار شکل ۴-۲۳ به صورت شکل ۴-۲۶

درمی آید.



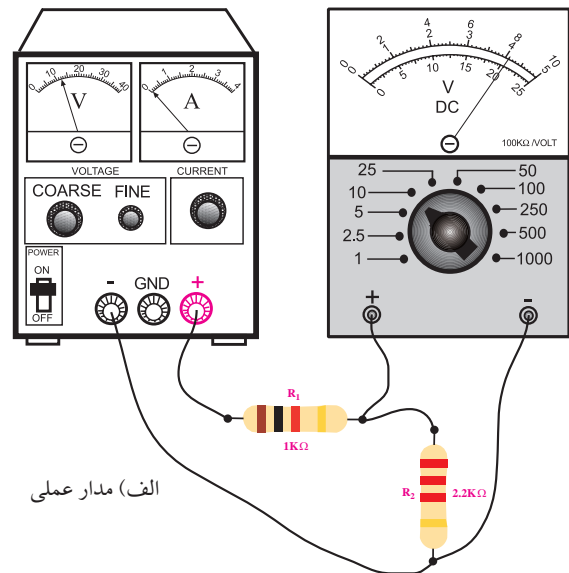
شکل ۴-۲۶ مدار معادل تونن شکل ۴-۲۳

■ برای به دست آوردن ولتاژ تونن، باید مجدداً منبع

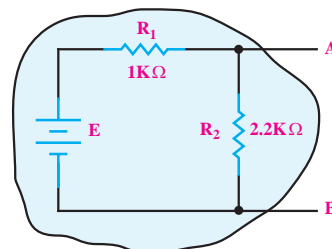
تغذیه را به دو سر مقاومت‌های R_1 و R_p وصل کنید.

■ هم‌چنان مقاومت بار R_p را در مدار قرار ندهید.

■ مدار شکل ۴-۲۷ را روی بردبرد ببندید.



الف) مدار عملی



ب) نقشه فنی مدار

شکل ۴-۲۷

■ رنج کلید ولت‌متر را روی ۱۰ ولت قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد بخوانید و

یادداشت کنید. این همان ولتاژ معادل تونن مدار مورد نظر است.

$$V_{th} = \dots\dots\dots V$$

■ منبع تغذیه را دقیقاً روی مقدار V_{th} که در مرحله‌ی

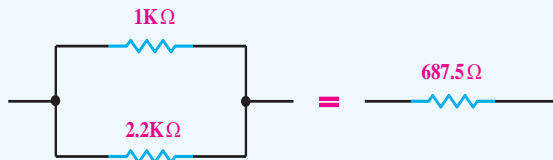
قبل به دست آورده‌اید، تنظیم کنید.

■ به جای مقاومت‌های R_1 و R_p مقاومت معادل تونن

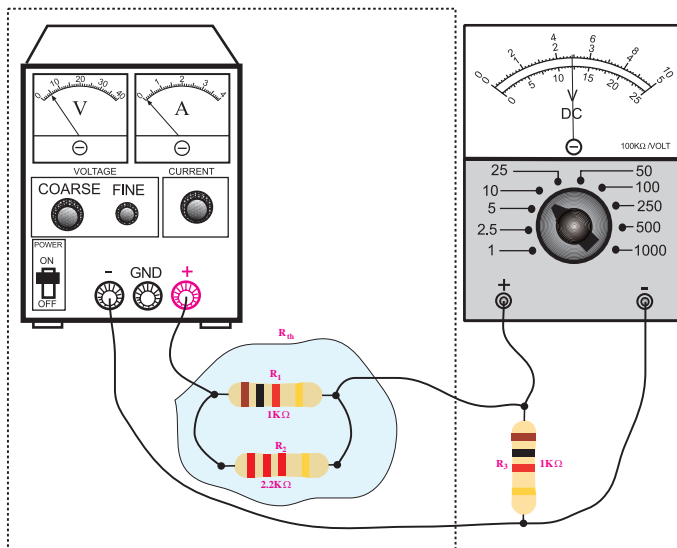
(R_{th}) را در مدار شکل ۴-۲۶ قرار دهید.

■ به جای $R_{th} = 687.5 \Omega$ می‌توانید از دو مقاومت

$1K\Omega$ و $2/2K\Omega$ که با یکدیگر موازی شده‌اند استفاده کنید.



■ مدار شکل ۴-۲۸ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۴-۲۸

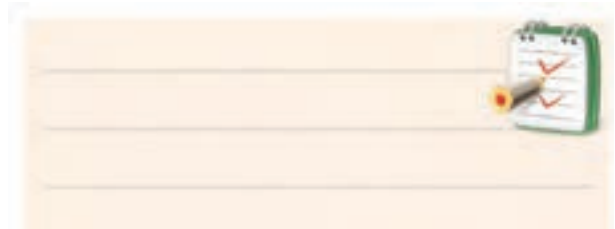
■ ولتاژ دو سر مقاومت R_p ($1\text{K}\Omega$) را اندازه بگیرید و

یادداشت کنید.

$$V_{O_p} = V_{R_p} = \dots\dots\dots (V)$$

سوال ۱: آیا مقدار V_{O_p} (خروجی مدار واقعی) با V_{O_p}

(خروجی معادل تونن) دقیقا برابرند؟ چرا؟ توضیح دهید.



۴-۳-۴ نتایج آزمایش:

آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح

دهید.

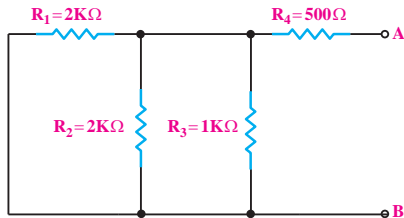


حل:

برای به دست آوردن مقاومت معادل تونن، ابتدا منبع

ولتاژ (E) را از مدار جدا می‌کنیم و جای آن را اتصال کوتاه

می‌گذاریم.



شکل ۴-۳۰

همان‌طور که در شکل ۴-۳۰ مشاهده می‌شود، از دو

نقطه‌ی A و B، مقاومت‌های R_1 و R_p و R_2 موازی هستند،

لذا داریم:

$$R_1 \parallel R_p = \frac{R_1 \times R_p}{R_1 + R_p}$$

$$R_1 \parallel R_p = \frac{2 \times 2}{2 + 2} = \frac{4}{4} = 1\text{K}\Omega$$

$$R_p \parallel (R_1 \parallel R_p) = \frac{R_p \times (R_1 \parallel R_p)}{R_p + (R_1 \parallel R_p)} = \frac{1 \times 1}{1 + 1} = \frac{1}{2}\text{K}\Omega$$

مقاومت معادل تونن از دو نقطه‌ی A و B، از سری شدن

R_p با معادل موازی R_1 و R_p و R_2 به دست می‌آید:

$$R_{th} = R_{p_{eq}} + R_f$$

$$R_{th} = 0.5\text{K}\Omega + 500\Omega$$

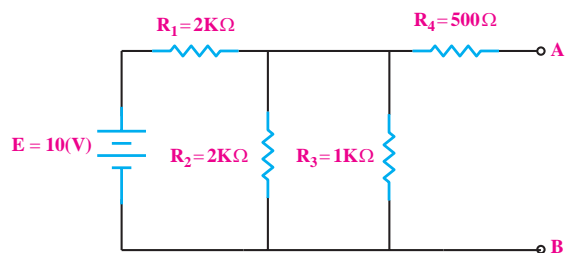
$$R_{th} = (0.5 \times 10^{-3})\Omega + 500\Omega$$

$$R_{th} = 500\Omega + 500\Omega = 1000\Omega$$

$$R_{th} = 1000\Omega = 1000 \times 10^{-3} = 1\text{K}\Omega$$

مثال ۵: مقاومت معادل تونن در شکل ۴-۲۹ از دو نقطه‌ی

A و B را به دست آورید.



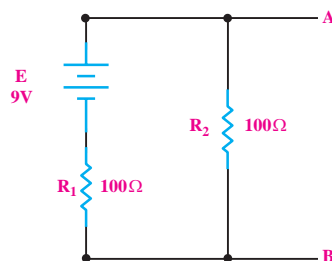
شکل ۴-۲۹

آزمون پایانی فصل (۴)



۱- مدار معادل تونن از دو نقطه‌ی A و B مدار شکل

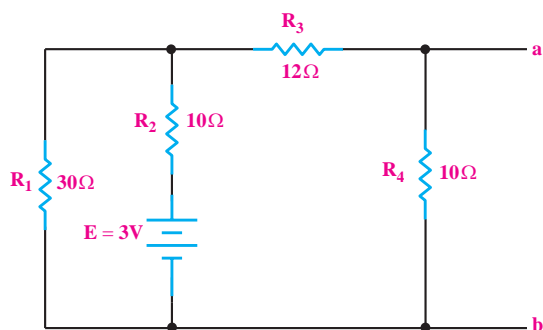
۴-۳۱ را به دست آورید.



شکل ۴-۳۱

۳- مدار معادل نورتن از دو نقطه‌ی a و b مدار شکل

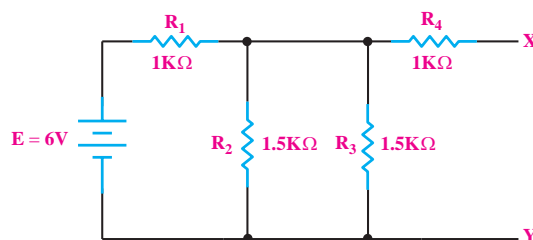
۴-۳۳ را به دست آورید.



شکل ۴-۳۳

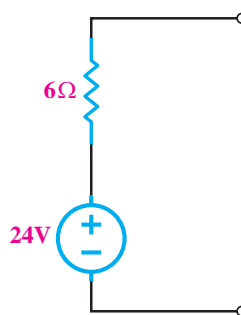
۲- مقاومت معادل تونن در شکل ۴-۳۲ از دو نقطه‌ی X و

Y را به دست آورید.



شکل ۴-۳۲

۴- منبع جریان معادل منبع ولتاژ شکل ۴-۳۴ را به دست آورید.



شکل ۴-۳۴

۵- منبع ولتاژ ایده آل منبعی است که در بارهای مختلف ثابتی به مدار می دهد.

۶- برای تبدیل یک منبع ولتاژ به منبع جریان، مقاومت داخلی منبع ولتاژ با مقاومت داخلی منبع جریان برابر است.

☐ غلط ☐ صحیح

۷- منابع ولتاژ و منابع جریان ایده آل را می توان به یکدیگر تبدیل کرد.

☐ غلط ☐ صحیح

۸- منابع جریان ایده آل با یک مقاومت اهمی به صورت قرار گرفته اند.

(الف) کوچک- سری

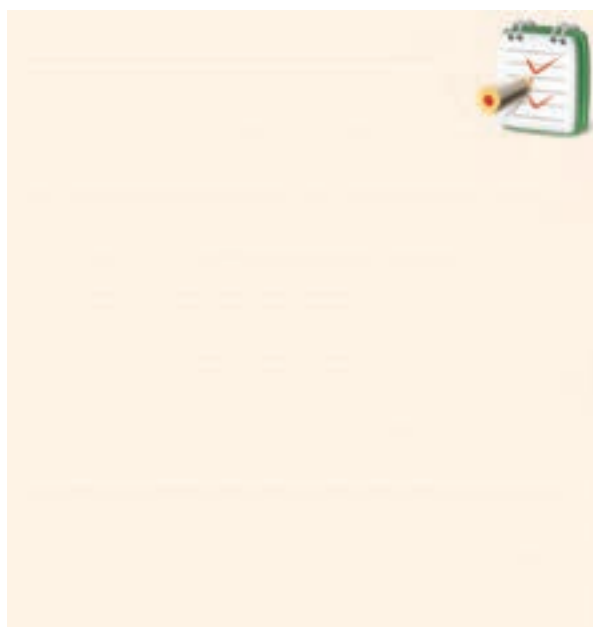
(ب) کوچک- موازی

(ج) بزرگ- سری

(د) بزرگ- موازی

۹- طبق قضیه ی نورتن، هر شبکه ی الکتریکی را می توان به صورت یک منبع جریان و یک مقاومت موازی با آن معادل نمود.

☐ غلط ☐ صحیح



این کتاب برای استاندارد الکترونیک کار صنعتی تنظیم شده است . برای آموزش سایر استانداردها نیز می توانید از این کتاب استفاده کنید . برای این منظور لازم است محتوای استاندارد مورد آموزش را دقیقاً مطالعه نمایید و موارد اضافی را آموزش ندهید. همچنین موارد اضافی مربوط به سایر استانداردها در این کتاب مشخص شده است .