ساده‌ای از آن بیانگر طبیعت متفاوت تغییراتش نسبت به زمان است. گرچه ولتاژ و جریان در طول زمان معینی منفی هستند توان جذب‌شده هرگز منفی نیست!

مقاومت می‌تواند مبنای تعریف دو عبارت رایج **اتصال کوتاه** و **مدار باز** باشد. ما اتصال کوتاه را به‌عنوان مقاومت صفر اهمی تعریف می‌کنیم، آنگاه چون $v = iR$ است، علی‌رغم وجود جریان در درون آن ولتاژ دو سر یک مدار اتصال کوتاه باید صفر باشد. به طریقی مشابه یک مدار باز را به‌صورت مقاومت بی‌نهایت تعریف می‌کنیم. از قانون اهم نتیجه می‌شود که جریان، جدا از ولتاژ دو سر یک مدار باز، صفر است. گرچه سیم‌های حقیقی دارای مقاومت کوچکی هستند ما همواره آن‌ها را دارای مقاومت صفر فرض خواهیم کرد مگر آن‌که بیان شود. بنابراین در همه نمودارهای مدار، سیم‌ها به‌صورت ایده‌آل اتصال کوتاه فرض خواهند شد.

۲-۵ خلاصه فصل و مرور

- سیستم آحاد رایجی که باید در مهندسی برق به‌کاررود SI است.
- جهتی که بارهای مثبت حرکت می‌کنند جهت مثبت جریان است. جریان مثبت در جهت مخالف حرکت الکترون‌ها است.
- در تعریف جریان، مقدار و جهت آن باید مشخص باشد. جریان‌های ثابت (dc) را معمولاً با حرف بزرگ "I" و جریان‌های دیگر را با $i(t)$ و یا ساده‌تر بگوییم i نشان می‌دهیم.

توجه کنید که جریان نشان‌داده‌شده با i یا $i(t)$ می‌تواند dc یا ac باشد. ولی سمبل I مربوط به جریان بی‌تغییر با زمان است.

- برای تعریف ولتاژ دو سر یک عنصر لازم است پایانه‌ها را با + و - علامت بزنیم و نیز مقداری را به آن نسبت دهیم (یک نماد جبری یا یک مقدار عددی).
- عنصری توان مثبت تولید می‌کند که جریان مثبت از پایانه + آن خارج شود. هر عنصری که انرژی مثبت جذب کند جریان مثبت وارد پایانهٔ ولتاژ + آن خواهد شد.
- شش نوع منبع وجود دارد: منبع ولتاژ مستقل، منبع جریان مستقل، منبع جریان وابسته کنترل‌شده با جریان، منبع جریان وابسته کنترل‌شده با ولتاژ، منبع ولتاژ وابسته کنترل‌شده با ولتاژ و منبع ولتاژ وابسته کنترل‌شده با جریان.
- قانون اهم بیان می‌دارد که ولتاژ دو سر یک مقاومت خطی مستقیماً متناسب با جریان عبوری از آن است، یعنی $v = iR$.
- توان تلف‌شده به وسیله یک مقاومت که منجر به تولید گرما می‌شود با رابطهٔ $p = vi = i^2R = v^2/R$ داده می‌شود.
- معمولاً مقاومت سیم‌های به‌کاررفته در تحلیل مدار صفر فرض می‌شوند. هنگام انتخاب سیم برای کاربردی خاص با اداره برق محلی خود مشورت کنید.

۲-۶ خواندنی‌های کمکی

A good book that discusses the properties and manufacture of resistors in considerable depth:

Felix Zandman, Paul-René Simon, and Joseph Szwarc, *Resistor Theory and Technology.* Raleigh, N.C.: SciTech Publishing, 2002.

A good all-purpose electrical engineering handbook:

Donald G. Fink and H. Wayne Beaty, *Standard Handbook for Electrical Engineers,* 13th ed., New York: McGraw-Hill, 1993.

In particular, pp. 1-1 to 1-51, 2-8 to 2-10, and 4-2 to 4-207 provide an in-depth treatment of topics related to those discussed in this chapter.

A detailed reference for the SI is available on the Web from the National Institute of Standards:

Barry N. Taylor, *Guide for the Use of the International System of Units (SI),* NIST Special Publication 811, 1995 Edition, www.nist.gov.

مسائل

۲-۱ واحدها و مقیاس‌ها

۱. کمیت‌های زیر را به نمادهای مهندسی تبدیل کنید:

الف. 1.2×10^{-5}s	ب. 750mJ
ج. 1130 Ω	د. 3,500,000,000 bits
هـ. 0.0065 μm	و. 13,560,000 Hz
ز. 0.039 nA	ح. 49,000 Ω
ط. $1.173 \times 10^{-5}\mu$m	

۲. کمیت‌های زیر را با نماد مهندسی نمایش دهید:

الف. 1,000,000 W	ب. 12.35 mm
ج. 47,000 W	د. 0.00546 A
هـ. 0.033 mJ	و. 5.33×10^{-6}mW
ز. 0.000000001 s	ح. 5555 kW
ط. 32,000,000,000 pm	

۳. واحدهای SI زیر را تبدیل کنید. از علائم مهندسی استفاده نمایید و چهار رقم باارزش را نگه دارید:

الف. 400 hp	ب. 12 ft	ج. 2.54 cm
د. 67 Btu	هـ. 285.4×10^{-15}s	

۴. یک باتری خشک 15 V تخلیه‌شده، یک جریان 100 mA لازم دارد تا در مدت 3 hr کاملاً شارژ گردد. ظرفیت ذخیره انرژی باتری چقدر است، با این فرض که ولتاژ به وضعیت شارژ بستگی ندارد.

۵. یک اتومبیل برقی کوچک با یک موتور 175 hp مجهز شده است. (الف) اگر فرض کنیم راندمان در تبدیل نیروی الکتریکی به مکانیکی صددرصد است برای راندن موتور چند کیلووات انرژی لازم است؟ (ب) اگر موتور 3 ساعت کار کند چقدر انرژی برحسب ژول لازم دارد. (ج) اگر یک باطری اسیدی دارای 430 کیلووات ساعت ظرفیت ذخیره‌سازی باشد چند باطری لازم است؟

۶. یک مولد نیروی 400mJ پالس لیزری را با دوره 20ms تولید می‌کند. (الف) توان اوج لحظه‌ای لیزر چقدر است؟ (ب) اگر در هر ثانیه فقط 20 پالس تولید شود توان متوسط خروجی لیزر چقدر است؟

۷. یک مولد لیزری تقویت‌شده پالس‌های لیزری 1 mJ را در طول 75 fs تولید می‌کند. (الف) توان لحظه‌ای اوج لیزر چقدر است؟ (ب) اگر در هر ثانیه فقط 100 پالس تولید شود توان متوسط خروجی لیزر چقدر می‌باشد؟

۸. توان تولیدی یک باطری در 6 دقیقه اول 6 وات و در 2 دقیقه بعدی صفر است آن‌گاه در طول 10 دقیقه بعد به‌طور خطی از صفر به 10 وات می‌رسد و در هر دقیقه بعد از آن به‌طور خطی از 10 وات به صفر بازمی‌گردد. (الف) انرژی کل تولیدشده در طول فاصله زمانی 24 دقیقه چقدر است؟ (ب) متوسط توان برحسب Btu/h در این مدت چقدر است؟

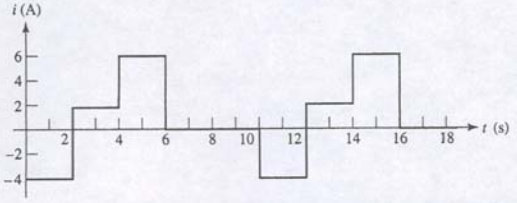
۹. نوع جدیدی از باتری می‌تواند 10 W انرژی را برای مدت 8 hr بدون تغییر جریان یا ولتاژ تحویل نماید. با این وجود پس از 8 hr توان خروجی به‌طور خطی از 10 W به 0 در مدت 5 دقیقه افت می‌کند. (الف) ظرفیت ذخیره انرژی باتری چقدر است؟ (ب) چقدر انرژی در 5 دقیقه آخر سیکل دشارژ حمل شده است؟

۲-۲ بار الکتریکی، جریان، ولتاژ و توان

۱۰. بار کل ذخیره‌شده به وسیله دستگاه خاصی به‌صورت تابعی از زمان با رابطهٔ $q = 18t^2 - 2t^4$ (در سیستم SI) داده شده است. (الف) بار کل ذخیره‌شده در $t = 2s$ چقدر است؟ (ب) حداکثر بار ذخیره‌شده در فاصله زمانی $0 < t \leq 3s$ چقدر است و چه موقعی رخ می‌دهد؟ (ج) در $t = 0.8s$ سرعت ذخیره بار چه میزان است؟ (د) منحنی‌های q در برابر t و i در برابر t در فاصله زمانی $0 \leq t \leq 3s$ را رسم کنید.

۱۱. جریان $i_1(t)$ شکل ۲.۶ (ج) به‌صورت $3e^{-5t}$A - 2- برای $t < 0$ و $3e^{3t}$ - 2- برای $t > 0$ داده شده است. پیدا کنید (الف) $i_1(-0.2)$، (ب) $i_1(0.2)$ و (ج) لحظاتی که در آن $i = 0$ است. (د) بار کلی که از چپ به راست در فاصله زمانی $-0.8s < t < 0.1s$ از هادی گذشته است.

۱۲. شکل موج ۲.۲۸ دارای پریود 10 ثانیه است. (الف) مقدار متوسط جریان در این فاصله چقدر است؟ (ب) در فاصله $1s < t < 12s$ چه مقدار بار عبور کرده است؟ (ج) اگر $q(0) = 0$ باشد، $q(t)$ را در فاصله زمانی $0 < t < 16s$ رسم کنید.



شکل ۲۸-۲

۱۳. مسیری با نقاط جدا از هم A، B، C، D و E را درنظربگیرید. برای انتقال یک الکترون از A به B یا از B به C، 2 pJ لازم است. برای انتقال از C به D، 3 pJ لازم است. برای انتقال از D به E، انرژی لازم نیست.

الف. اختلاف پتانسیل (به ولت) بین A و B چقدر است (مرجع + در B است).

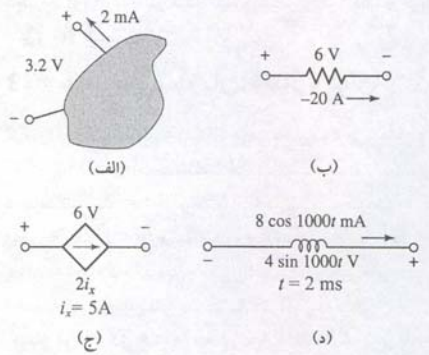
ب. اختلاف پتانسیل (به ولت) بین D و E چقدر است (مرجع + در E است).

ج. اختلاف پتانسیل (به ولت) بین C و D چقدر است (مرجع + در D است).

د. اختلاف پتانسیل (به ولت) بین D و B چقدر است (مرجع + در D است).

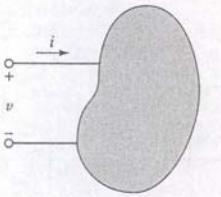
۱۴. یک جعبه بدون علامت در گوشه‌ای از آزمایشگاه پیدا شده است. جعبه دارای دو سیم است که با رنگ‌های نارنجی و ارغوانی مشخص شده است. یک ولت‌متر به دو سیم وصل است و مرجع + آن به سیم ارغوانی متصل شده است. در این حالت ولتاژ 2.86 V- اندازه‌گیری شده است. اگر جهت اتصال باتری معکوس گردد، چه مقدار خوانده خواهد شد.

۱۵. توان جذب‌شده به وسیله هر عنصر مدار شکل ۲.۲۹ را معین نمایید.



شکل ۲.۲۹

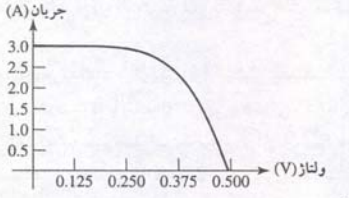
۱۶. فرض کنید برای عنصر مداری شکل ۲.۳۰، $i = 3te^{-100t}$mA و $v = (0.006 - 0.6t)e^{-100t}$ V باشد. (الف) این عنصر مداری چه توانی را در $t = 5ms$ جذب می‌کند؟ (ب) چه مقدار انرژی در فاصله زمانی $0 < t < \infty$ به این عنصر تحویل شده است؟



شکل ۲.۳۰

۱۷. فرض کنید در شکل ۲.۳۰، $i = 3e^{-100t}$A باشد. توان جذب‌شده به وسیله عنصر مداری را در $t = 8ms$ پیدا کنید، به شرطی که v برابر باشد با: (الف) $40i$، (ب) $0.2\,di/dt$ و (ج) $20V + \int_0^t i\,dt$. 30

۱۸. مشخصه جریان ـ ولتاژ یک سلول خورشیدی در ساعت 12 ظهر که در جهت خورشید قرار گرفته است در شکل ۲.۳۱ دیده می‌شود. برای به‌دست‌آوردن این مشخصه، مقاومت‌های مختلف در دو سر پایانه‌های این وسیله قرار گرفته و ولتاژها و جریان‌ها اندازه‌گیری شده‌اند. (الف) جریان اتصال کوتاه چقدر است؟ (ب) مقدار ولتاژ مدار باز چقدر است؟ (ج) توان ماکزیممی که از این وسیله به‌دست‌می‌آید را تخمین بزنید.



شکل ۲.۳۱

۱۹. جریانی که در یک مدار خاص جاری است در طول زمان به دقت ردیابی می‌شود. همه ولتاژهای بیان‌شده فرض می‌کنند که پایانه مرجع پایانه بالایی مدار است. دیده شده است که در دو ساعت اول، جریان 1 mA وارد پایانه بالایی می‌شود و ولتاژ 5 V+ است. در 30 دقیقه بعد، جریانی وارد یا خارج نمی‌شود. سپس برای 2 ساعت، یک جریان 1 mA از پایانه بالایی بیرون می‌آید، و ولتاژ اندازه‌گیری‌شده 2 V+ است. پس از آن دوباره جریان وارد و خارج نمی‌شود. فرض کنید که مدار از ابتدا هیچ انرژی را ذخیره نکرده است. به سوالات زیر پاسخ دهید:

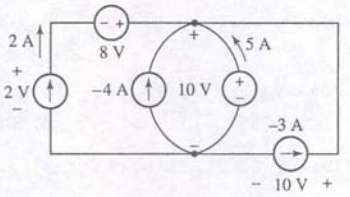
الف. در هر یک از سه دوره چقدر توان به مدار حمل شده است.

ب. چقدر انرژی در حین دو ساعت اول جذب به مدار حمل شده است.

ج. اکنون چقدر انرژی در مدار نگهداری می‌شود.

۲.۳ منابع ولتاژ و جریان

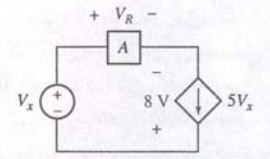
۲۰. معین کنید کدام‌یک از پنج منبع شکل ۲.۳۲ انرژی مثبت جذب می‌کنند و نشان دهید که جمع جبری پنج توان جذب‌شده برابر با صفر است.



شکل ۲.۳۲

۲۱. به شکل ۲.۳۲ مراجعه نمایید. هر جریان و ولتاژ را در 4 ضرب کنید و مشخص کنید که کدام یک از پنج منبع به عنوان مولد انرژی (تهیه‌کننده انرژی مثبت به دیگر عناصر) عمل می‌کند.

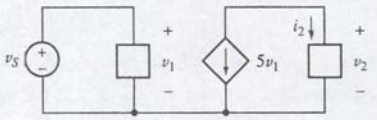
۲۲. در مدار ساده شکل ۲.۳۳ جریان در هر عنصر با دیگری برابر است. اگر $v_x = 1V$ و $v_R = 9V$ باشد مطلوب است محاسبه: (الف) توان جذب‌شده توسط عنصر A. (ب) توان تولیدشده به وسیله هر یک از دو منبع. (ج) آیا کل توان تولیدشده مساوی با کل توان جذب‌شده می‌باشد؟ آیا یافته‌های شما منطقی است؟ چرا (چرا نه)؟



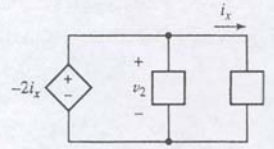
شکل ۲.۳۳

۲۳. برای مدار شکل ۲.۳۴، اگر $v_2 = 1000i_2$ و $i_2 = 5mA$ باشد v_s چقدر است؟

۲۴. برای مدار شکل ۲.۳۵، اگر $i_2 = -1$ mA باشد، ولتاژ v_2 را حساب کنید.



شکل ۲.۳۴



شکل ۲.۳۵

۲۵. یک مدار ساده با استفاده از باطری اسیدی 12V و یک چراغ اتومبیل تشکیل شده است. اگر باطری انرژی کل 460.8 وات ساعت را در پریود 8 ساعت تولید کند: (الف) چقدر توان به چراغ انتقال یافته است؟ (ب) جریان عبوری از لامپ چقدر است؟ (فرض کنید ولتاژ باطری در حین تخلیه ثابت باقی می‌ماند).

۲۶. برای کاربرد خاصی باید فیوزی را انتخاب کنید، شما می‌توانید فیوزهایی را که در جریان‌هایی بیش از 1.5A، 3A، 4.5A و یا 5A می‌سوزند انتخاب نمایید. اگر ولتاژ تولیدی 110 ولت و حداکثر توان مجاز 500 وات باشد کدام فیوز را باید انتخاب کرد و چرا؟

۲.۴ قانون اهم

۲۷. خطای 10% در مقاومت 1 kΩ ممکن‌است هر مقداری از مقاومت‌های بین 900 تا 1100 اهم را داشته باشد. اگر ولتاژ دو سر آن 5.0 V فرض شود (الف) محدوده جریان‌های ممکن اندازه‌گیری‌شده چقدر است؟ (ب) محدوده توان اندازه‌گیری‌شده چقدر است؟

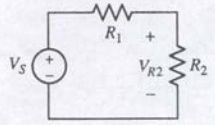
۲۸. یک جریان 2 mA وادار به عبور از یک مقاومت 470 Ω با خطای 5% شده است. مقاومت باید چه میزان توان داشته باشد و چرا؟ (توجه کنید که 5% خطا به معنی این‌است‌که مقاومت دارای مقادیر 446.5 Ω و 493.5 Ω است).

۲۹. مقاومت $R = 1200\Omega$ برای شکل ۲.۲۴ (د) مفروض است. توان جذب‌شده به‌وسیله R در $t = 0.1s$ را به‌شرط (الف) $i = 20e^{-12t}$mA، (ب) $v = 40\cos 20t$ V و (ج) $vi = 8t^{1.5}$VA را بیابید.

۳۰. ولتاژی برای 20 ms در 10+ ولت و در 20 ms بعدی در 10- به‌طور پیوسته نوسان می‌کند. ولتاژ به مقاومتی 50 اهمی اعمال شده است. در فاصله 40 میلی‌ثانیه (الف) حداکثر مقدار ولتاژ را بیابید، (ب) متوسط مقدار ولتاژ را پیدا کنید، (ج) متوسط مقدار جریان مقاومت چقدر است، (د) حداکثر مقدار توان جذب‌شده چقدر است و (ه) متوسط توان جذب‌شده را مشخص کنید.

۳۱. بر اساس اصل بقاء انرژی در شکل ۲.۳۶، از هر سه عنصر بایت جریان بگذرد. با توجه به این‌که کل انرژی تولیدی برابر با کل انرژی جذب‌شده می‌باشد نشان دهید که ولتاژ دو سر مقاومت R_2 از رابطه زیر به‌دست‌می‌آید:

$$V_{R_2} = V_s \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



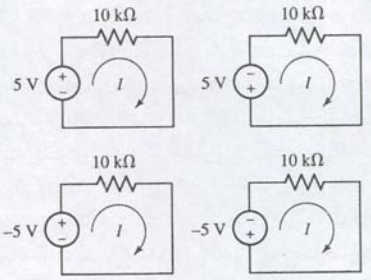
شکل ۲.۳۶

۳۲. نتایج تجربی زیر روی یک وسیله دو پایانه با تنظیم مقادیر حاصل از یک منبع تغذیه به‌دست‌آمده است. جریان‌های وارده به یک پایانه نیز اندازه‌گیری شده است.

ولتاژ (V)	جریان (mA)
-1.5	-3.19
-0.3	-0.638
0.0	1.01×10^{-8}
1.2	2.55
2.5	5.32

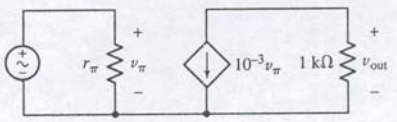
(الف) مشخصه جریان ـ ولتاژ را ترسیم کنید. (ب) ضریب هدایت موثر و مقاومت وسیله را به‌دست‌آورید. (ج) روی کاغذ جداگانه مشخصه جریان در مقابل ولتاژ را رسم کنید به‌شرطی‌که مقاومت وسیله سه برابر شده باشد.

۳۳. برای هر یک از مدارهای شکل ۲.۳۷ جریان I را پیدا کنید و توان جذب‌شده در مقاومت را محاسبه نمایید.



شکل ۲.۳۷

۳۴. مشاهده زیرنویس روی ولتاژها و جریان‌ها در نمودارهای مدار چیز ناآشنایی نیست. در مدار شکل ۲.۳۸ ولتاژ v_π در دو سر مقاومت R_π ایجاد شده است. v_{out} را اگر v_s برابر با $0.01\cos 1000t$ V باشد، پیدا کنید.



شکل ۲.۳۸

۳۵. مدار شکل ۲.۳۸ طوری ساخته شده که $v_S = 2 \sin 5t$ V و $r\pi = 80\ \Omega$. v_{out} را در $t = 0$ و $t = 314$ ms محاسبه کنید.

۳۶. یک مفتول مسی به نمره AWG 18 در طول مسیری برای اتصال یک سنسور به سیستم کامپیوتر مرکزی کشیده شده است. اگر مقاومت سیم 53Ω باشد طول کل سیم چقدر است؟ (دما را 20 درجه سانتیگراد فرض کنید).

۳۷. فرض کنید که در کنار یک ساحل متروک قرار دارید و دمای هوا 108 درجه فارنهایت است. ناگهان ملاحظه می‌کنید که فرستنده شما کار نمی‌کند، آن‌گاه مشکل را دنبال می‌کنید تا به یک مقاومت 470 اهمی برسید. خوشبختانه قرقره‌ای از سیم AWG 28 را در آن‌جا پیدا می‌کنید. چند فوت از سیم برای جایگزینی مقاومت 470 اهمی لازم است؟ توجه کنید که چون جزیره در منطقه گرمسیر است دما کمی بیشتر از 20 درجه سانتی‌گراد است و نمی‌توان مقادیر مقاومت جدول ۲.۴ را به‌کاربرد. شما می‌توانید از رابطه زیر برای اصلاح مقادیر جدول ۲.۴ استفاده کنید:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{234.5 + T_2}{234.5 + T_1}$$

که در آن T_1 مساوی با دمای مرجع (20 درجه در این حالت)، R_1 مقاومت در دمای مرجع، T_2 دمای جدید (درجه سانتی‌گراد) و R_2 مقاومت در دمای جدید است.

۳۸. مقاومت یک هادی به‌طول l و سطح مقطع یکنواخت A با رابطه $R = \frac{l}{\sigma A}$ داده می‌شود. σ ضریب هدایت الکتریکی است. اگر برای مس $\sigma = 5.8 \times 10^7$ باشد: (الف) مقاومت یک سیم مسی نمره 18 (با قطر 1.024 میلی‌متر) که 50 فوت طول داشته باشد چقدر است؟ (ب) روی مدار چاپی، یک فویل مسی نواری با 33μm ضخامت و 0.5mm عرض را داریم که می‌تواند 3A جریان را در 50C° به راحتی حمل کند، مقاومت 15 سانتی‌متر از این نوار مسی و توان انتقال‌یافته به وسیلهٔ 3A جریان چقدر است؟

۳۹. جدول ۲.۳ چندین نوع استاندارد سیم مسی را لیست کرده است، که ضریب مقاومت تقریباً $1.7\ \mu\Omega.cm$ است. از اطلاعات جدول ۲.۴ برای سیم AWG 28 استفاده کنید و مقاومت سیم مسی نرم را به دست آورید. آیا مقدار شما با جدول ۲.۳ هم‌خوانی دارد؟

۴۰. (الف) سه مثال برای مقاومت‌های غیرخطی بزنید. (ب) تصور کنید که یک باتری به یک مقاومت وصل است. انرژی از باتری به مقاومت منتقل می‌شود تا باتری کلاً تخلیه شود. با توجه به اصل بقای انرژی، انرژی باتری به کجا رفته است؟

۴۱. اگر مس B33 برای ساختن سیم‌گرد با قطر 1 mm به کار رود، چقدر توان در 100 m سیمی که جریان 1.5 A را حمل می‌کند، تلف خواهد شد؟

۴۲. بر اساس جدول ۲.۴، یک وسیله مکانیکی بسازید که به عنوان مقاومت متغیر می‌کند (یک سیم‌پیچ می‌تواند به این کار کمک نماید).

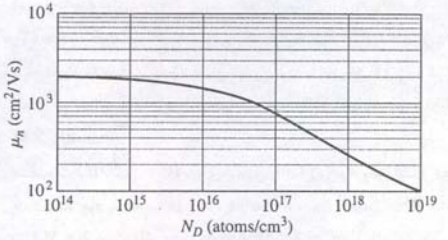
۴۳. دیود یک قطعه رایج دو پایانه غیرخطی است، می‌توان آن را با استفاده از رابطهٔ جریان ـ ولتاژ زیر مدل‌سازی کرد:

$$I = 10^{-9}(e^{39V} - 1)$$

(الف) مشخصه جریان ـ ولتاژ آن را برای $+0.7$V تا -0.7V = v رسم کنید. (ب) مقاومت موثر دیود در $v = 0.55$V چقدر است؟ (ج) در چه جریانی مقاومت دیود 1Ω است؟

۴۴. یک مقاومت 10Ω برای تعمیر مدار رگولاتور ولتاژ لازم است. تنها مواد اولیه موجود قرقره‌هایی به‌طول ده‌هزار فوت از هر نوع سیم در جدول ۲.۴ است. مقاومت مناسب را طراحی کنید.

۴۵. مقاومت مخصوص کریستال سیلیکان نوع n با رابطه $\rho = \frac{1}{q N_D \mu_n}$ داده شده است، که q بار هر الکترون و برابر با 1.602×10^{-19} کولن، N_D مساوی با تعداد اتم‌های ناخالص فسفر در هر سانتی‌متر مکعب μ_n قابلیت تحرک الکترون (برحسب $Cm^2V^{-1}S^{-1}$) می‌باشد. قابلیت تحرک و چگالی ناخالصی با شکل ۲.۳۹ به هم مرتبطاند. با این فرض که ویفر سیلیکانی 6 اینچ قطر و $250\ \mu$m ضخامت داشته باشد، با تزریق ماده فسفری در محدودهٔ $10^{15} \le N_D \le 10^{18}\ atoms/cm^3$ و ابعاد هندسی مناسب یک مقاومت 100 اهمی طراحی کنید.



شکل ۲.۳۹

فصل سوم

قوانین ولتاژ و جریان

مقدمه

در فصل ۲ مقاومت و چند نوع منبع معرفی شدند. پس از تعریف چند واژه جدید مدار، آماده‌ایم تا مدارهای ساده ساخته‌شده از این قطعات را تحلیل کنیم. تکنیک‌هایی که خواهیم آموخت بر اساس دو قانون ساده است: قانون جریان کیرشهف (KCL) و قانون ولتاژ کیرشهف (KVL). KCL بر اصل بقای بار و KVL بر اصل بقای انرژی مبتنی است که هر دو از قوانین اساسی فیزیک است. پس از آشنایی با این تحلیل ساده، از KCL و KVL استفاده بیشتری کرده و از آن‌ها برای ساده‌کردن ترکیبات سری و موازی مقاومت‌ها، منابع ولتاژ، یا منابع جریان استفاده می‌کنیم و مفاهیم مهم تقسیم جریان و ولتاژ را توسعه می‌دهیم. در فصل‌های بعد، تکنیک اضافه‌تری را خواهیم آموخت که به ما اجازه می‌دهند به‌طور موثر شبکه‌های پیچیده‌تر را تحلیل کنیم.

مفاهیم کلیدی

واژه‌های جدید مدار: گره، مسیر، حلقه، و انشعاب

قانون جریان کیرشهف (KCL)

قانون ولتاژ کیرشهف (KVL)

تحلیل مدارهای ساده سری و موازی

ترکیب منابع سری و موازی

تقلیل ترکیب مقاومت سری و موازی

تقسیم ولتاژ و جریان

اتصالات زمین

در مدارهای واقعی سیم‌ها دارای مقاومت محدودی هستند. ولی این مقاومت‌ها در مقایسه با دیگر مقاومت‌های مدار آن‌قدر کوچکند که می‌شود از آن‌ها چشم‌پوشی کرد بدون این‌که خطای زیادی ایجاد شود. پس در مدارهای ایده‌آل سیم‌ها را با مقاومت صفر درنظر می‌گیریم.

۳ـ۱ گره‌ها، حلقه‌ها، مسیرها و شاخه‌ها

اینک آماده‌ایم روابط جریان ـ ولتاژ را در مدارهای سادهٔ تشکیل‌شده از دو یا چند عنصر معین کنیم. عناصر به‌وسیلهٔ سیم‌ها به هم متصلند و فرض می‌کنیم مقاومتشان صفر باشد. چون در این حال شبکه به‌صورت تعدادی عنصر ساده و مجموعه‌ای از سیم‌های اتصال درمی‌آید، به آن **شبکهٔ با پارامترهای فشرده** یا **یکپارچه** می‌گوییم. تحلیل شبکه‌هایی که در آن‌ها پارامترها توزیع شده‌اند و در واقع حاوی عناصر بی‌نهایت کوچک هستند مشکل‌تر است. ما در این کتاب بر نوع یکپارچه تأکید داریم.

نقطه‌ای که در آن دو یا چند عنصر اتصال مشترکی دارند **گره** نامیده می‌شود. مثلاً شکل ۱ـ۳(الف) مدار یک شبکه سه‌گرهی را نشان می‌دهد. گاهی مدارها طوری رسم می‌شوند که تعداد گره‌ها بیش از آن‌چه که واقعیت دارد به‌نظر می‌رسند. مثلاً گره شماره 1 در شکل ۱ـ۳ (الف) به‌صورت دو اتصال جدا از هم که با هادی صفر اهمی به هم وصلند، طبق شکل ۱ـ۳ (ب)، نشان داده می‌شود. با این وجود تنها کاری که صورت گرفته، جداسازی نقاط مشترک به‌صورت یک خط مشترک با مقاومت صفر است. بنابراین ما باید لزوماً همه سیم‌های هادی یا بخشی از آن را که متصل به گره است، جزئی از آن گره بدانیم. توجه کنید که هر عنصر باید در هر سمت خود یک گره داشته باشد.

فرض کنید که از یک گره در یک شبکه شروع کنیم و از یک عنصر ساده عبور نماییم تا به یک گره در انتهای دیگر آن برسیم. آن‌گاه از این گره وارد عنصر دیگری شده به گره بعدی برویم و این حرکت را آن‌قدر ادامه دهیم تا از هر تعداد عنصر عبور کنیم. اگر با هیچ گره‌ای بیش از یک بار مواجه نشویم، آن‌گاه مجموعه گره‌ها و عناصری که ما از آن‌ها عبور کرده‌ایم یک