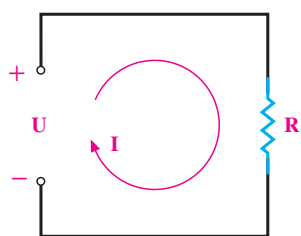


## قانون اهم

### هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود:

- ۱- قانون اهم را تعریف کند و شکل‌های مختلف فرمول آن را بنویسد.
- ۲- با حل کردن مسائل مختلف، مفهوم هر سه شکل قانون اهم را توجیه کند.
- ۳- هر یک از مقادیر شدت جریان، ولتاژ و مقاومت را به شرط معلوم بودن دو کمیت دیگر محاسبه کند.



شکل ۸-۱ مدار الکتریکی

### ۸-۱-۸- شکل‌های مختلف قانون اهم

قانون اهم را به دو صورت دیگر نیز می‌توان نوشت:

$$R = \frac{U}{I}$$

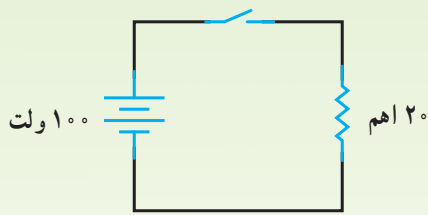
در این رابطه مقاومت مساوی است با  $U$  (ولتاژ)

تقسیم بر  $I$  (جریان) یا  $U = I \cdot R$  که  $U$  (ولتاژ) مساوی است با  $I$  (شدت جریان) ضرب در  $R$  (مقاومت). بدین ترتیب، هرگاه دو کمیت از سه کمیت جریان، ولتاژ و مقاومت را بدانید می‌توانید کمیت سوم را به آسانی به دست آورید.

شکل ۸-۲ برای یادآوری سه شکل قانون اهم قابل استفاده است. در این شکل هر کدام از علامت‌ها را با انگشت بیوشانید، علایم دیگر رابطه‌ی کمیت اشاره شده را نشان می‌دهد و مقدار مجهول به راحتی به دست می‌آید.

همان‌طور که در فصل‌های پیش گفتیم، ولتاژ باعث جاری شدن جریان الکتریکی در مدار بسته می‌شود و مقاومت، با عبور جریان مخالفت می‌کند. بین ولتاژ، جریان و مقاومت رابطه وجود دارد. این رابطه را نخستین بار **گئورگ سیمون اهم** کشف کرد. به همین دلیل، این رابطه را قانون اهم و واحد مقاومت را نیز اهم نام نهادند. اهم به این نتیجه رسید که اگر مقاومت مداری ثابت نگه داشته شود و مقدار ولتاژ منبع افزایش یابد، شدت جریان زیاد می‌شود. هم‌چنین کاهش ولتاژ، شدت جریان را کم می‌کند. به عبارت دیگر، اهم دریافت کرد که در یک مدار DC، شدت جریان با ولتاژ نسبت مستقیم دارد. کشف دیگر او این بود که اگر ولتاژ منبع ثابت نگاه داشته شود و مقدار مقاومت مدار افزایش یابد، شدت جریان کم می‌شود. به همین ترتیب با کم کردن مقاومت، شدت جریان افزایش می‌یابد. بنابراین، بین سه کمیت ولتاژ، مقاومت و شدت جریان رابطه‌ای وجود دارد که آن را **قانون اهم** می‌نامیم. به‌طور خلاصه، در یک مدار DC، شدت جریان با ولتاژ نسبت مستقیم و با مقاومت نسبت معکوس دارد. رابطه‌ی ریاضی قانون اهم به شکل  $I = \frac{U}{R}$  است که در آن  $U$  (ولتاژ) برحسب ولت و  $R$  (مقاومت) برحسب اهم و  $I$  (شدت جریان) برحسب آمپر است.

مثال ۲: اگر در مدار شکل ۸-۴ جریان مجاز مقاومت ۸ آمپر باشد، آیا در صورت بسته شدن کلید، مقاومت خواهد سوخت؟



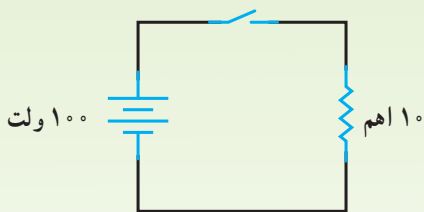
شکل ۸-۴

ابتدا شدت جریان مدار را با استفاده از قانون اهم محاسبه می‌کنیم.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{100}{20} \quad \boxed{I = 5A}$$

چون شدت جریان مدار ۵ آمپر بوده و از جریان مجاز مقاومت (۸ آمپر) کوچک‌تر است، بنابراین برای مقاومت مشکلی به وجود نمی‌آید و مقاومت نمی‌سوزد.

مثال ۳: اگر در مدار شکل ۸-۵ جریان مجاز مقاومت ۱۱ اهمی ۸ آمپر باشد، آیا در صورت بسته شدن کلید، مقاومت خواهد سوخت؟



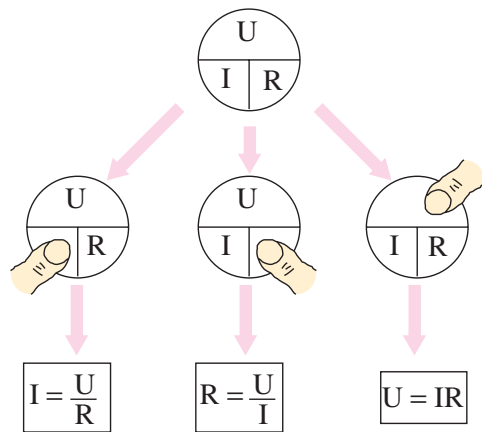
شکل ۸-۵

ابتدا شدت جریان مدار را با استفاده از قانون اهم به دست می‌آوریم.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{100}{11} \quad \boxed{I = 10A}$$

چون شدت جریان عبوری از مقاومت ۱۰ آمپر شده و از جریان مجاز آن (۸ آمپر) بیش‌تر است، بنابراین مقاومت خواهد سوخت.

نمودار پی

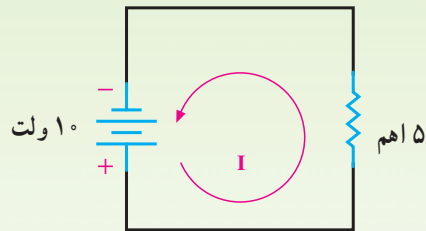


شکل ۸-۲ سه شکل قانون اهم (نمودار پی)

## ۸-۲- محاسبه‌ی جریان

در مواردی لازم است مقدار شدت جریانی که از مدار عبور می‌کند، محاسبه شود. با داشتن کمیت‌های ولتاژ و مقاومت و با استفاده از قانون اهم شدت جریان را به راحتی می‌توان محاسبه کرد. روش خوبی که در این مورد می‌توان به کار بست، این است که معلوم‌ها و مجهول‌ها را تشخیص دهیم. مجهول کمیتی است که می‌خواهیم آن را پیدا کنیم و معمولاً در طرف چپ معادله قرار می‌گیرد. معلوم‌ها کمیت‌هایی هستند که مقدار آن‌ها را داریم و معمولاً در طرف راست معادله قرار می‌گیرند.

مثال ۱: اگر در مدار شکل ۸-۳ ولتاژی برابر با ۱۰ ولت به دو سر مقاومتی برابر ۵ اهم اعمال شود، شدت جریان مدار چه قدر است؟



شکل ۸-۳

وقتی که شدت جریان (I) مجهول است، باید از معادله‌ی

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow I = \frac{10}{5}$$

$$\boxed{I = 2A}$$

### ۸-۳- محاسبه‌ی مقاومت

مقاومت را به وسیله‌ی قانون اهم و با استفاده از رابطه‌ی

$$R = \frac{U}{I}$$

می‌توان محاسبه کرد.

برای انتخاب مقاومت مناسب در مدار یا محاسبه‌ی مقاومت

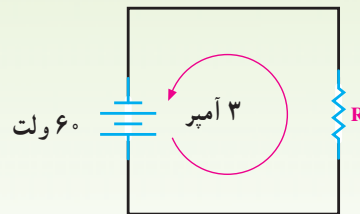
بار به راحتی می‌توان از قانون اهم استفاده کرد.

مثال ۴: اگر در مدار شکل ۸-۶ شدت جریان ۳ آمپر از

مقاومت عبور کند، مقاومت مدار چه قدر است؟

$$R = \frac{U}{I} = \frac{60}{3} \quad R = 20 \Omega$$

مقاومت مدار  $20 \Omega$  است

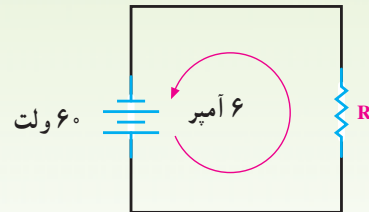


شکل ۸-۶

مثال ۵: اگر در مثال ۴ بخواهیم شدت جریان مدار ۶ آمپر

شود، چه مقاومتی باید در مدار قرار گیرد؟ (شکل ۸-۷)

$$R = \frac{U}{I} = \frac{60}{6} \quad R = 10 \Omega$$



شکل ۸-۷

### ۸-۴- محاسبه‌ی ولتاژ

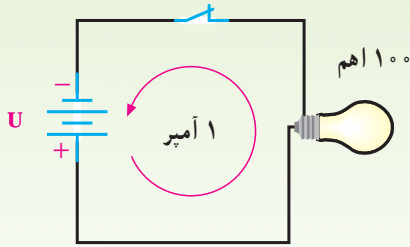
ولتاژ را بر اساس قانون اهم با استفاده از رابطه‌ی

$$U = I.R$$

می‌توان محاسبه کرد.

مثال ۶: اگر از لامپی به مقاومت  $100 \Omega$  اهم جریانی به شدت

۱ آمپر عبور کند، با توجه به شکل ۸-۸ ولتاژ منبع چند ولت است؟



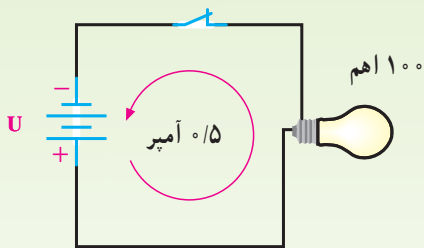
شکل ۸-۸

$$U = I.R = 1 \times 100$$

$$U = 100V$$

مثال ۷: چنانچه باتری مثال ۶ در مدار شکل ۸-۹ بر

اثر فرسودگی، جریان  $0.5$  آمپر را در مدار جاری کند، ولتاژ منبع به چه میزان کاهش یافته است؟



شکل ۸-۹

$$U = I.R = 0.5 \times 100$$

$$U = 50V \quad \text{ولتاژ منبع در حالت فرسودگی}$$

$$100 - 50 = 50V \quad \text{افت ولتاژ*}$$

\* کاهش ولتاژ منبع به علت فرسودگی، بر اثر افزایش مقاومت داخلی باتری است.



- ۱- قانون اهم و سه تساوی آن را بیان کنید.
- ۲- مداری رسم کنید که در آن یک باتری ۱۵ ولت، باری به مقاومت ۱۵ اهم را تغذیه کند. شدت جریان را در مدار به دست آورید.
- ۳- دو صورتی را که در آن‌ها جریان الکتریکی گفته شده در سؤال ۲، دوبرابر می‌شود، بیان کنید.
- ۴- اگر مقاومت مدار ۴ برابر شود، ولتاژ مدار چه قدر باید باشد که جریان الکتریکی ثابت بماند؟
- ۵- شدت جریان در یک مقاومت ۱۰۰ اهم ۲ آمپر است. حداکثر ولتاژ به کار رفته در مدار چه قدر است؟  
ج)  $U = 200V$
- ۶- چنانچه ولتاژ ثابت باشد و مقاومت مدار  $\frac{1}{4}$  شود، جریان چه تغییری خواهد کرد؟
- ۷- اگر مقاومت مدار  $\frac{1}{4}$  شود، چه تغییری باید در مدار داد تا جریان به صورت اول باقی بماند؟
- ۸- دو برابر کردن مقاومت یک مدار - چنانچه ولتاژ را ثابت نگه داریم - چه اثری در جریان الکتریکی خواهد داشت؟ اگر ولتاژ را نصف کنیم و مقاومت را ثابت نگه داریم، چه تغییری در جریان ایجاد خواهد شد؟ حال اگر ولتاژ و مقاومت را دو برابر کنیم، چه تغییری در جریان حاصل خواهد شد؟

- ۱- به دو سر یک مقاومت ۶۰ اهمی ولتاژی برابر ۳۶ ولت داده شده است. چه جریانی از این مقاومت عبور می‌کند؟  
ج)  $I = 0.6A$
- ۲- ولتاژ لازم برای عبور جریانی برابر ۱/۲ آمپر از یک مقاومت ۵ اهمی چه قدر است؟  
ج)  $U = 6V$
- ۳- یک لامپ برابر ۱۵۰ اهم مقاومت دارد و ولتاژی برابر ۱۲۰ ولت به آن داده می‌شود. مقدار جریان عبوری را حساب کنید.  
ج)  $I = 0.8A$
- ۴- از یک لامپ و یک منبع ولتاژ و یک آمپر متر مداری تشکیل داده‌ایم. اگر منبع ولتاژ را ۲۴ ولت اختیار کنیم، آمپر متر مقدار ۱/۵ آمپر را نشان خواهد داد. مقدار مقاومت مدار را تعیین کنید. اگر به جای منبع ۲۴ ولتی، منبع ولتاژ ۳۶ ولتی قرار دهیم، آمپر متر چه مقداری را نشان خواهد داد؟  
ج)  $R = 16\Omega$  و  $I = 2/25A$
- ۵- چه ولتاژی در مقاومت ۴۰ اهمی، جریانی برابر با ۱۰۰ میلی آمپر ایجاد می‌کند؟  
ج)  $U = 4V$
- ۶- حداکثر ولتاژی که یک مقاومت ۲۲/۵ اهمی می‌تواند تحمل کند ۱۲۰ ولت است. اگر جریانی به شدت ۱۰ آمپر از آن بگذرد آیا این مقاومت تحمل این جریان را خواهد داشت؟ چرا؟

## کار و توان الکتریکی

### هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود:

- ۱- مفهوم کار و توان را توضیح دهد.
- ۲- واحدهای کار و توان الکتریکی را تعریف کند.
- ۳- واحدهای رایج انرژی و توان الکتریکی را نام ببرد.
- ۴- مفهوم تلفات توان را توضیح دهد.
- ۵- راندمان (بازده) را تعریف کند.
- ۶- مقدار حرارت تولید شده در مقاومت‌ها را محاسبه کند.
- ۷- مسائل مربوط به توان و انرژی و حرارت و راندمان را محاسبه کند.

### ۹-۱- تعاریف کار و توان

کنیم. توان عبارت است از مقدار کار انجام شده در واحد زمان. نکته‌ی مهمی که باید همواره در نظر داشت، این است که کار انجام شده در یک مدار ممکن است مفید یا غیرمفید باشد. در هر دو حالت، سرعت انجام کار را بر مبنای توان اندازه می‌گیرند. گردش موتور الکتریکی و هم‌چنین گرمای حاصل از اجاق برقی کار مفید است. از طرف دیگر، گرمای ایجاد شده در سیم‌های رابط و مقاومت‌ها نمونه‌هایی از کار غیرمفیدند؛ زیرا به‌وسیله‌ی این گرما هیچ عمل مفیدی انجام نمی‌شود. هنگامی که توان برای کار غیرمفید مصرف می‌شود، آن را **توان تلف شده** می‌گویند. شکل ۹-۱ نشان می‌دهد که برای چرخاندن موتور یک ساعت الکتریکی، توان بسیار کمی لازم است؛ در صورتی که برای تولید گرما به‌وسیله‌ی بخاری برقی باید توان زیادی مصرف شود.

همان‌طور که در فصل‌های پیش گفته شد، منبع تغذیه در یک مدار الکتریکی انرژی الکتریکی را برای مصرف‌کننده تأمین می‌کند و مصرف‌کننده (بار) از انرژی منبع برای انجام کار استفاده می‌کند. در هنگام انجام کار، مصرف‌کننده انرژی را مصرف می‌کند. به همین علت است که باتری‌ها خالی می‌شوند و به شارژ مجدد نیاز دارند و یا باید آن‌ها را عوض کرد. مقدار کار انجام شده به‌وسیله‌ی مصرف‌کننده به انرژی‌ای که در اختیار دارد و سرعت استفاده از این انرژی بستگی دارد. به عبارت دیگر، بارهای مختلف با در اختیار داشتن مقدار معین انرژی برای انجام یک کار مساوی، انرژی را در زمان‌های متفاوتی مصرف می‌کنند؛ بنابراین، بعضی از بارها تندتر از سایرین کار می‌کنند. برای این که بدانیم بار با چه سرعتی کار انجام می‌دهد، باید کمیت توان الکتریکی را تعریف

توان مکانیکی معمولاً برحسب اسب بخار hp نیز سنجیده می‌شود. هر اسب بخار معادل ۷۳۶ وات است.



شکل ۹-۱- میزان توان لازم برای ساعت الکتریکی و بخاری برقی

## ۹-۴- معادلات توان

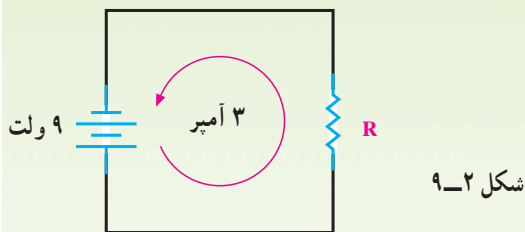
رابطه‌ی توان الکتریکی ( $P = U \cdot I$ ) را پس از ترکیب با روابط قانون اهم به شکل‌های دیگر نیز می‌توان نوشت:

$$P = U \cdot I$$

$$U = RI \Rightarrow P = RI \cdot I \Rightarrow \boxed{P = RI^2}$$

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow P = U \cdot \frac{U}{R} \Rightarrow \boxed{P = \frac{U^2}{R}}$$

مثال ۱: در مدار شکل ۹-۲ مقدار مقاومت الکتریکی و توان مصرفی آن را محاسبه کنید.



شکل ۹-۲

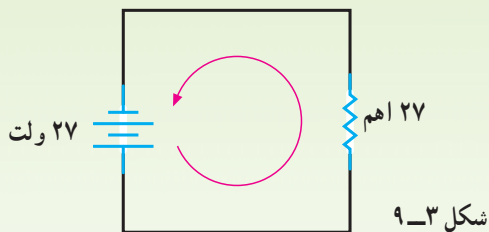
$$R = \frac{U}{I} = \frac{9}{3}$$

$$\boxed{R = 3\Omega}$$

$$P = U \cdot I = 9 \times 3$$

$$\boxed{P = 27W}$$

مثال ۲: در مدار شکل ۹-۳ مقدار شدت جریان و توان مصرفی مقاومت را محاسبه کنید.



شکل ۹-۳

$$I = \frac{U}{R} = \frac{27}{27}$$

$$\boxed{I = 1A}$$

$$P = RI^2 = 27 \times 1^2$$

$$\boxed{P = 27W}$$

## ۹-۲- واحد کار الکتریکی

واحد کار الکتریکی ژول است و آن مقدار کاری است که اختلاف پتانسیل یک ولت برای جابه‌جایی یک کولن الکتریسیته انجام می‌دهد. اگر اختلاف پتانسیل ۱ ولت باعث عبور ۵ کولن الکتریسیته شود، می‌گوییم ۵ ژول کار انجام شده است. این مطلب را می‌توان از طریق رابطه‌ی  $W = q \cdot U$  نشان داد. در این رابطه،  $W$  انرژی برحسب ژول،  $q$  بار عبوری برحسب کولن و  $U$  اختلاف پتانسیل برحسب ولت است. به خاطر دارید که یک آمپر برابر است با عبور یک کولن الکتریسیته از یک نقطه‌ی مدار در یک ثانیه  $I = \frac{q}{t}$ . پس، از ترکیب دو رابطه‌ی ذکر شده می‌توان

نوشت:

$$\boxed{W = I \cdot t \cdot U}$$

## ۹-۳- واحد توان الکتریکی

توان الکتریکی را قبلاً تعریف کردیم و آن عبارت بود از میزان کار انجام شده در واحد زمان. پس، با توجه به روابط گفته‌شده خواهیم داشت:

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{I \cdot t \cdot U}{t} \Rightarrow \boxed{P = U \cdot I}$$

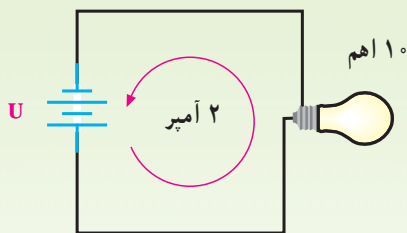
بنابراین، واحد توان الکتریکی را بدین صورت نیز می‌توان تعریف کرد: اگر با اختلاف پتانسیل ۱ ولت، شدت جریانی معادل ۱ آمپر از مداری عبور کند، توان مصرف‌شده‌ی مدار یک وات است (واحد توان را با  $W$  نمایش می‌دهند).

تلفات توان را می‌توان از رابطه‌ی  $\Delta P = RI^2$  محاسبه کرد. در این رابطه،  $\Delta P$  تلفات توان بر حسب وات و  $R$  مقاومت الکتریکی سیم‌های رابط و مقاومت داخلی منابع (و در مورد الکتروموتورها مقاومت سیم‌پیچ‌ها بر حسب اهم) و  $I$  شدت جریان عبوری بر حسب آمپر است. کاهش توان تلف‌شده از دو طریق امکان‌پذیر است: ۱- کم کردن شدت جریان، ۲- کاهش مقاومت سیم‌های رابط.

**۹-۵-۱- کم کردن شدت جریان:** چون شدت جریان عبوری به توان مصرف‌کننده بستگی دارد، پس با اعمال ولتاژ کم‌تر می‌توان اتلاف توان را کاهش داد ولی مصرف‌کننده دارای توان نامی نیست و کار مورد نظر را انجام نخواهد داد؛ بنابراین، کاهش ولتاژ روش مناسبی نیست.

**۹-۵-۲- کاهش مقاومت سیم‌های رابط:** با انتخاب سطح مقطع و جنس مناسب سیم می‌توان مقاومت الکتریکی سیم‌های رابط را کاهش داد. در این صورت، تلفات توان  $I^2 \cdot R$  به کم‌ترین مقدار کاهش می‌یابد. در بعضی از دستگاه‌های الکتریکی مانند اتو و بخاری برقی، گرمای ایجاد شده به وسیله‌ی مقاومت توان مفید است و نمی‌توان آن را توان تلف‌شده در نظر گرفت.

**مثال ۵:** در شکل ۹-۶ توان مفید لامپ را محاسبه کنید.

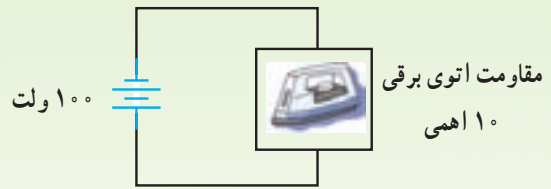


شکل ۹-۶

$$P = RI^2 \quad P = 10 \times 2^2 \quad \boxed{P = 40 \text{ W}}$$

**مثال ۳:** شدت جریان و توان مصرفی اتوی برقی شکل

۹-۴ را محاسبه کنید.



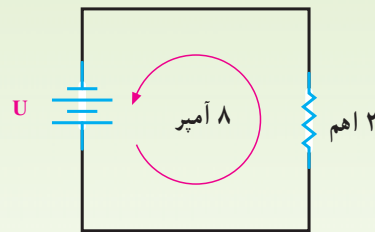
شکل ۹-۴

$$I = \frac{U}{R} = \frac{100}{10} \quad \boxed{I = 10 \text{ A}}$$

$$P = RI^2 = 10 \times 10^2 \quad \boxed{P = 1000 \text{ W}}$$

**مثال ۴:** ولتاژ منبع و توان مصرفی مقاومت ۲ اهمی مدار

شکل ۹-۵ را محاسبه کنید.



شکل ۹-۵

$$U = R \cdot I = 2 \times 8 \quad U = 16 \text{ V}$$

$$P = RI^2 = 2 \times 8^2 \quad \boxed{P = 128 \text{ W}}$$

## ۹-۵- تلفات توان

توان مصرف‌شده در یک مدار، نشان‌دهنده‌ی کار انجام‌شده در واحد زمان در آن مدار است ولی باید در نظر داشت که همه‌ی توان مصرفی صرف انجام کار مفید نمی‌شود بلکه به علت وجود مقاومت الکتریکی در سیم‌های رابط، منبع ولتاژ و بار، توان اتلاف خواهد شد. باید تلاش کرد که در هر مدار الکتریکی مقدار توان تلف‌شده به حداقل برسد.



شکل ۸-۹- چند مقاومت تولیدی کارخانه‌های مختلف

مثال ۷: شدت جریان مجاز (قابل تحمل) برای مقاومت

۱ اهم با توان مجاز ۴ وات چه قدر است؟

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{4}{1}} = 2A \quad \boxed{I = 2A}$$

در صورتی که جریان عبوری از مقاومت از ۲ آمپر تجاوز

کند، مقاومت صدمه می‌بیند و به اصطلاح می‌سوزد.

### ۷-۹- میزان توان لامپ رشته‌ای (معمولی)

لامپ معمولی از یک فیلامان از جنس تنگستن - که در

حباب شیشه‌ای قرار دارد - تشکیل شده است. وقتی به لامپ

ولتاژی اعمال شود، جریانی از رشته‌ی داخل عبور می‌کند و سبب

مصرف توان  $I^2 \cdot R$  در آن می‌شود. گرمای حاصل از مصرف این

توان به حدی است که فیلامان لامپ داغ می‌شود، به رنگ سفید

درمی‌آید و از خود نور می‌تاباند. هرچه رشته بیشتر گرم شود،

نوری که از آن می‌تابد بیشتر است. به این ترتیب، برای تقسیم‌بندی

لامپ‌های الکتریکی از توان مصرفی آن‌ها - که باعث گرما و نهایتاً

نور می‌شود - استفاده می‌کنند. کارخانه‌های تولیدکننده‌ی لامپ

نیز مقدار توان گرمایی  $I^2 \cdot R$  را برحسب وات و ولتاژ نامی روی

لامپ ثبت می‌کنند. هر چه میزان توان مصرفی لامپ‌ها بیشتر

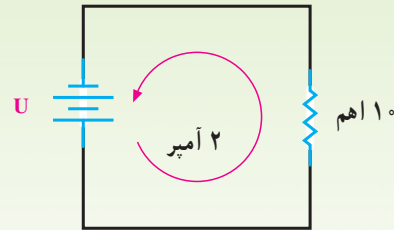
باشد، مقدار نوری که از خود می‌تاباند زیادتر خواهد بود.

در شکل ۹-۹ میزان توان مصرفی چند لامپ رشته‌ای

را که همگی با ولتاژ ۲۲۰ ولت تغذیه می‌شوند، مشاهده می‌کنید.

مثال ۶: در شکل ۷-۹ تلفات توان در مقاومت ۱۰ اهمی

را محاسبه کنید.



شکل ۷-۹

$$\Delta P = RI^2 \quad \Delta P = 10 \times 2^2 \quad \boxed{\Delta P = 40W}$$

با توجه به مثال‌های ۵ و ۶ درمی‌یابیم که  $I^2 \cdot R$  گاهی

توان مفید است (در لامپ) و در بیشتر مواقع به صورت حرارت

و غیرمفید (در سیم‌های رابط) به هدر می‌رود.

### ۶-۹- توان مجاز مقاومت‌ها

می‌دانیم که در یک مقاومت اگر شدت جریان از حد معینی

بالاتر رود، با خرابی یا از بین رفتن مقاومت و به اصطلاح سوختن

آن مواجه خواهیم شد. این حرارت را توان  $I^2 \cdot R$  ایجاد می‌کند

که آن را توان تلف شده برحسب وات می‌دانیم. بنابراین، هر مقاومت

دارای یک حداکثر توان یا توان مجاز است که نشان دهنده حرارت

ایجاد شده به وسیله‌ی  $I^2 \cdot R$  قبل از سوختن و از بین رفتن است.

این به آن معناست که یک مقاومت با توان مجاز برابر ۱ وات اگر

در مداری قرار گیرد که توان مصرفی در آن  $(P = I^2 \cdot R)$  بیشتر

از ۱ وات باشد، خواهد سوخت. اگر توان مجاز یک مقاومت را

بدانیم و بخواهیم حداکثر شدت جریانی را که به وسیله‌ی مقاومت

قابل تحمل است پیدا کنیم، می‌توانیم از رابطه‌ی زیر استفاده کنیم.

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

معمولاً اندازه‌ی قدرت روی مقاومت‌ها نوشته نمی‌شود اما

از روی اندازه‌ی فیزیکی آن‌ها قابل تشخیص است. اندازه‌های

فیزیکی استفاده شده برای مقاومت ۱ وات نه فقط بسته به نوع آن

متفاوت است بلکه تولیدات کارخانه‌های مختلف نیز فرق می‌کند.

پس ممکن است تشخیص آن دشوار باشد؛ بنابراین، باید فهرست

مشخصات مقاومت‌های تولیدی کارخانه‌های مختلف را کنترل کرد.



از این خاصیت (تنظیم ولتاژ)، می‌توان نور لامپ‌ها را تغییر داد.

**مثال ۹:** روی لامپی مقادیر  $220V$  و  $200W$  به چشم

می‌خورد. شدت جریان و مقاومت آن را محاسبه کنید.

در صورت کاهش ولتاژ به میزان  $180V$ ، شدت جریان

و توان جذب‌شده توسط لامپ چه قدر می‌شود؟

$$P = U \cdot I \Rightarrow 200 = 220 \times I \Rightarrow I = \frac{200}{220} \Rightarrow \boxed{I = 0.91A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.91} \Rightarrow \boxed{R = 242\Omega}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{180}{242} \Rightarrow \boxed{I = 0.73A}$$

$$P = RI^2 = 242 \times 0.73^2 \Rightarrow \boxed{P = 130W}$$

پس، در اثر کاهش ولتاژ از  $220V$  به  $180V$  ولت جریان

و توان به ترتیب به میزان  $0.73A$  آمپر و  $130W$  وات تقلیل می‌یابد و

روشنایی لامپ از روشنایی عادی کم‌تر می‌شود.

## ۸-۹- توان مفید و راندمان (بازده) الکتروموتور

در الکتروموتورها میزان توان مفید - که به صورت مکانیکی

ارائه می‌شود - به مقدار توان تلف‌شده در سیم‌پیچ‌ها ( $I^2 \cdot R$ )

بستگی دارد ( $R$  مقاومت سیم‌پیچ‌ها و  $I$  شدت جریان عبوری

است). بدین معنا که هر قدر  $I^2 \cdot R$  بیش‌تر باشد، توان مفید

کاهش می‌یابد؛ بنابراین، در الکتروموتورها سعی بر این است که

مقدار توان تلف‌شده کم باشد. البته به غیر از  $I^2 \cdot R$  تلفات دیگری

در الکتروموتورها وجود دارد. معمولاً در روی پلاک مشخصات

الکتروموتورها، توان مفید برحسب اسب بخار و راندمان به درصد

نوشته می‌شود. از این طریق، توان الکتریکی الکتروموتور و تلفات

داخلی آن را به راحتی محاسبه می‌کنند. با ذکر تمرین مطلب

روشن‌تر می‌شود (راندمان، نسبت توان مفید ( $P_2$ ) به توان ورودی

الکتروموتور ( $P_1$ ) است که آن را با حرف یونانی  $\eta$  (اتا) نمایش

می‌دهند).

**مثال ۸:** شدت جریان و مقاومت فیلامان هر یک از

لامپ‌های شکل ۹-۹ را در صورتی که ولتاژ نامی همه‌ی آن‌ها

$220V$  ولت باشد، محاسبه کنید.

۴۰ وات      ۶۰ وات      ۱۰۰ وات



شکل ۹-۹- توان مصرفی چند لامپ

لامپ  $100W$   $P = U \cdot I \Rightarrow 100 = 220 \times I$

$$\boxed{I = 0.45A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.45}$$

$$\boxed{R = 488.8\Omega}$$

لامپ  $60W$   $P = U \cdot I \Rightarrow 60 = 220 \times I$

$$\boxed{I = 0.27A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.27}$$

$$\boxed{R = 814.8\Omega}$$

لامپ  $40W$   $P = U \cdot I \Rightarrow 40 = 220 \times I$

$$\boxed{I = 0.18A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.18}$$

$$\boxed{R = 1222.2\Omega}$$

**نتیجه:** با ولتاژ ثابت، لامپ با توان بیش‌تر دارای

شدت جریان بیش‌تر و مقاومت کم‌تر است و برعکس.

پس در صورت افزایش ولتاژ هر لامپی، شدت جریان آن

بیش‌تر می‌شود و لامپ می‌سوزد. هم‌چنین، بر اثر کاهش ولتاژ، شدت

جریان عبوری کم می‌شود و روشنایی آن نیز کاهش می‌یابد. با استفاده

کیلووات - ساعت استفاده می‌کنیم بر این اساس، انرژی مصرفی لامپ مورد مثال، برابر  $1 \text{ kWh} (= 1 \times 10^3 \text{ Wh})$  است.

### ۹-۱۰ - محاسبه‌ی قیمت برق مصرفی

برای محاسبه‌ی قیمت انرژی مصرفی کل، کافی است ابتدا مقدار انرژی مصرفی هر وسیله‌ی الکتریکی را محاسبه و سپس با هم جمع کنیم. به این ترتیب، انرژی مصرفی کل به دست می‌آید. آن‌گاه انرژی مصرفی کل را در قیمت هر kWh ضرب می‌کنیم تا بهای انرژی مصرفی محاسبه شود. با نحوه‌ی محاسبه‌ی قیمت برق مصرفی در درس فیزیک ۱ آشنا شده‌اید.

مثال ۱۰: توان مفید الکتروموتوری ۱ اسب بخار و راندمان آن ۸۵ درصد است. توان ورودی و تلفات داخلی آن را محاسبه کنید. در صورتی که ولتاژ این الکتروموتور ۲۲۰ ولت باشد، شدت جریان چه قدر است؟

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{1 \times 736}{0.85}$$

$$P_1 = 866 \text{ W} \quad \text{قدرت ورودی}$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 866 - 736$$

$$\Delta P = 130 \text{ W} \quad \text{تلفات داخلی}$$

$$P_1 = U \cdot I \rightarrow I = \frac{P_1}{U} = \frac{866}{220} \quad I = 3.9 \text{ A}$$

### ۹-۱۱ - محاسبه‌ی انرژی حرارتی

همان‌گونه که در درس فیزیک ۱ خواندید، انرژی حرارتی در وسایل گرمازا مانند آب گرم کن و کتری برقی را برحسب کالری محاسبه می‌کنند. برای تولید یک کالری گرما  $4/18$  ژول انرژی الکتریکی نیاز است. پس برای تولید  $Q$  کالری حرارت،  $4/18 Q$  ژول مورد نیاز خواهد بود؛ بنابراین، خواهیم داشت:  $W = 4/18 Q$ . این رابطه را به شکل  $Q = 0.24 W$  نیز می‌توان نوشت.

$$W = P \cdot t = RI^2 t$$

$$Q = 0.24 RI^2 t$$

### ۹-۹ - اندازه‌گیری انرژی الکتریکی

اندازه‌گیری انرژی مصرفی منازل، فروشگاه‌ها و کارخانه‌ها به وسیله‌ی دستگاهی به نام کنتور برق انجام می‌شود. هر مشترک براساس مقدار کاری که به وسیله‌ی انرژی الکتریکی انجام داده است، باید مبلغی پول پرداخت کند. می‌دانیم که سرعت کار انجام شده را برحسب وات اندازه می‌گیرند. بنابراین، برای محاسبه‌ی کل کار انجام شده باید زمان مورد مصرف را در توان ضرب کرد؛ مثلاً اگر یک لامپ ۱۰۰ واتی مدت یک ساعت روشن باشد، انرژی مصرفی لامپ  $100 \times 1 = 100$  وات - ساعت می‌شود. وات - ساعت واحد کوچکی است؛ به همین دلیل، به جای آن از



۱- واحدهای ژول و وات را تعریف کنید.

۲- یک کیلووات - ساعت چند ژول است؟

۳- یک موتور ۱۴۹۲ وات توان مصرف می‌کند. توان آن را بر حسب hp و kW بیان کنید.

۱/۴۹۲ kW و ۲/۰۲ hp (ج)

۴- اگر بخواهیم برای روشن کردن اتاق نور بیش‌تری تولید کنیم، توان لامپ به کار رفته باید کم‌تر باشد یا

بیش‌تر؟ چرا؟

۵-  $I^2 R$  تلف شده چه مفهومی دارد؟

۱- لامپی با ولتاژ ۲۲۰ ولت کار می‌کند و توان مصرفی آن ۱۵۰ وات است. مقاومت فیلامان آن را حساب کنید.

ج)  $322/6\Omega$

۲- ماکزیمم ولتاژی را که می‌توان به دو سر یک مقاومت ۱۰۰۰ اهمی با توان ۱۰ وات وصل کرد، چه قدر است؟

ج)  $100V$

۳- توان مجاز مقاومت ۱ کیلو اهمی ۱۰ وات است. جریان قابل تحمل آن چه قدر است؟ ۱/۸ (ج)  
 ۴- یک لامپ ۱۰۰ وات و ۲۲۰ ولتی را به ولتاژ ۱۰۰ ولت وصل می‌کنیم. شدت جریان و توان لامپ را در این حالت حساب کنید.

ج)  $20W$  و  $2A$

۵- یک اتوی برقی ۲۲۰ ولتی، ۵۵۰ وات توان مصرف می‌کند. مقاومت سیم‌های داخل آن چند اهم است؟ اگر ولتاژ ۱۵ درصد کاهش یابد، توان اتو چند درصد کاهش می‌یابد؟

ج)  $88\Omega$  و  $27/8\%$

۶- یک موتور الکتریکی، در مدت یک دقیقه و ۱۰ ثانیه؛ ۳۵۰۰۰ ژول انرژی مصرف کرده است. توان دریافتی آن چه قدر است؟ در صورتی که راندمان این موتور ۸۰٪ باشد، قدرت مفید آن چند اسب بخار است؟

ج)  $P_1 = 500W$  و  $P_2 = 54hp$

۷- یک جرثقیل الکتریکی در مدت ۳ دقیقه ۱۰ تن بار را جابه‌جا کرده است. اگر توان این جرثقیل ۸۰۰۰ وات باشد، برای جابه‌جایی یک تن بار چه مقدار انرژی الکتریکی را به مصرف می‌رساند؟

ج)  $144000$  ژول

۸- از یک اتوی برقی به مقاومت ۶۵ اهم، جریانی به شدت ۳ آمپر به مدت ۵ دقیقه عبور می‌کند. مقدار گرمای ایجاد شده در اتو را برحسب کیلوکالری محاسبه کنید.

ج)  $42/12kcal$

۹- یک آب‌گرم‌کن الکتریکی در مدت ۲ ساعت ۴۰ لیتر آب ۱۰ درجه را به ۶۰ درجه سانتی‌گراد می‌رساند. در صورتی که توان این آب‌گرم‌کن ۱۵۰۰ وات باشد برای گرم کردن این مقدار آب، چه مقدار انرژی الکتریکی مصرف کرده است؟ برای گرم کردن هر لیتر آب چه مقدار انرژی صرف شده است؟ مقدار انرژی مصرفی ۴۰ لیتر آب به‌ازای یک درجه سانتی‌گراد چه قدر بوده است؟

ج)  $3kWh$  و  $0/075kWh$  و  $0/06kWh$