

مدار الکتریکی و اجزای آن

هدف‌های رفتاری

- در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود:
- ۱- یک مدار کامل الکتریکی را رسم کند.
 - ۲- اجزای اصلی مدار الکتریکی را نام ببرد و وظیفه‌ی هر یک را توضیح دهد.
 - ۳- منابع جریان مستقیم و متناوب را توضیح دهد.



دینام دو چرخه



چراغ قوه ۳ ولت



باتری خودرو

۱-۶- مدار الکتریکی

انرژی الکتریکی هنگامی کارآمد است که بتوان آن را عملاً مورد استفاده قرار داد. برای استفاده‌ی عملی از این انرژی، باید آن را مهار کرد یا به انواع دیگر انرژی‌ها تبدیل نمود. اصطلاحاً مسیر بسته (مسیر کامل) جریان الکتریکی **مدار الکتریکی** نام دارد.

۲-۶- اجزای مدار الکتریکی

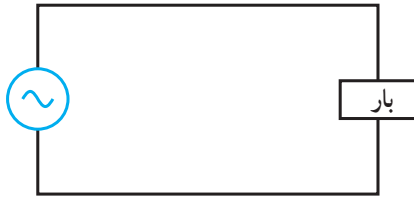
اجزای اصلی هر مدار الکتریکی به طور کلی عبارت‌اند

از:

الف- منبع تغذیه (مولد): منبع ولتاژ از راه‌های مختلف از جمله واکنش‌های شیمیایی و مغناطیسی انرژی الکتریکی تولید می‌کند. برای مصرف این انرژی باید بین قطب‌های مولد اختلاف پتانسیل (ولتاژ) به وجود آید. ولتاژ را با واحدی به نام ولت اندازه‌گیری می‌کنند. قطب‌های یک منبع ولتاژ جهت جریان الکتریکی را تعیین می‌کنند و مقدار ولتاژ، میزان شدت جریان عبوری از مدار را مشخص می‌کند. در شکل ۱-۶ انواع منابع ولتاژ DC را مشاهده می‌کنید.

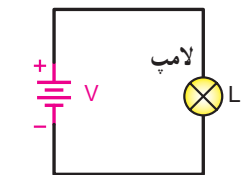
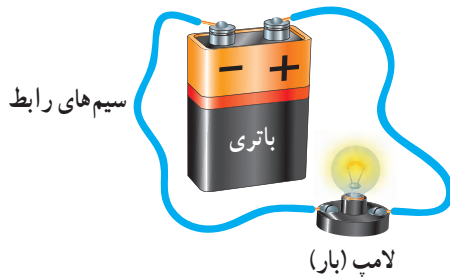
شکل ۱-۶- انواع منابع ولتاژ DC

AC نمایش می‌دهند. ولتاژی که در منازل برای تغذیه‌ی وسایل خانگی و روشنایی از آن استفاده می‌شود، ولتاژ متناوب است. شکل ۳-۶ منبع AC و مدار AC را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۶- مدار جریان متناوب

ب- سیم‌های رابط: برای این که جریان الکتریکی در یک مدار برقرار شود، لازم است مدار کاملی برای عبور جریان از قطب مثبت مولد به قطب منفی وجود داشته باشد. تشکیل این مدار با اتصال سیم‌های رابط قطب مثبت به بار الکتریکی مورد نظر و از آن جا به قطب منفی منبع ولتاژ، عملی می‌شود. شکل ۴-۶ یک مدار کامل و بسته را نشان می‌دهد.

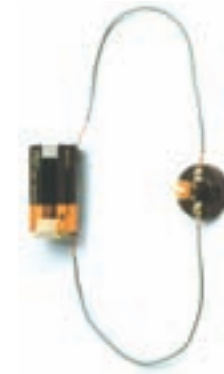
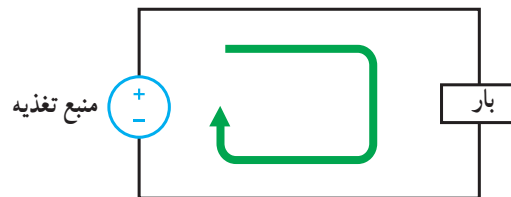


شکل ۴-۶- مدار بسته

در صورتی که مدار در نقطه‌ای قطع شود، جریان الکتریکی برقرار نمی‌گردد. چنین مداری را در اصطلاح مدار باز می‌گویند. شکل ۵-۶ مدار باز را نشان می‌دهد.

I- منابع و مدار جریان مستقیم (DC)^۱
به منابع ولتاژی که جهت جریان الکتریکی در مدار خارجی آن‌ها از قطب مثبت به طرف قطب منفی است، منابع ولتاژ مستقیم می‌گویند و مدار آن‌ها را مدار جریان مستقیم می‌نامند. برای سادگی، جریان مستقیم را با علامت اختصاری DC نشان می‌دهند. از این پس از مولدهای DC، جریان DC، ولتاژ DC و مدار DC صحبت خواهیم کرد.

منابع تغذیه که اغلب در مدارهای جریان مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارت‌اند از: ژنراتورهای DC، منبع تغذیه‌ی الکترونیکی و باتری. صرف نظر از ساختمان داخلی مولدهای جریان مستقیم، عمل مدارهای جریان مستقیم یکسان است. شکل ۲-۶ منبع DC و مدار جریان مستقیم را به همراه بار نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۶- مدار جریان مستقیم

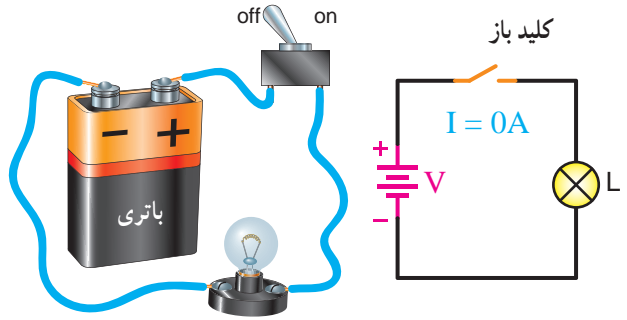
II- منابع و مدار جریان متناوب (AC)^۲
هنگامی که جهت (پلاریته‌ی) قطب‌های یک مولد به طور متناوب تغییر کند، جهت جریان نیز به طور متناوب تغییر خواهد کرد. این نوع جریان را جریان متناوب می‌گویند و به اختصار، به صورت

۱ - DC=Direct Current

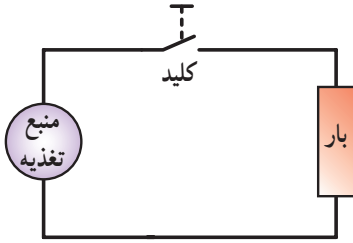
۲ - AC=Alternative Current

۳-۶- کلید

در صورتی که قصد قطع و وصل مدار (کنترل مصرف کننده) الکتریکی را داشته باشیم، لازم است تا مسیر عبور جریان الکتریکی را قطع یا وصل کنیم که معمولاً این کار توسط کلید انجام می‌گیرد. کلید از اجزای اصلی مدار به حساب نمی‌آید (شکل ۶-۶).



شکل ۶-۵- مدار باز



شکل ۶-۶- مدار شامل کلید

ج- مصرف کننده الکتریکی: در یک مدار ساده، مصرف کننده وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به انرژی‌های دیگر تبدیل می‌کند. مصرف کننده‌ی (بار) الکتریکی ممکن است انرژی الکتریکی را به انرژی‌های نورانی، گرمایی یا صوتی تبدیل کند یا فقط برای مهار مقدار انرژی حاصل از مولد به کار رود.



پرسش

- ۱- سه جزء اصلی یک مدار الکتریکی را نام ببرید.
- ۲- منظور از مدار باز و بسته چیست؟
- ۳- آیا می‌توان در یک مدار شامل باتری، اتصالات و مصرف کننده، باتری را بار الکتریکی دانست؟ توضیح دهید.
- ۴- بین باتری، ژنراتور جریان مستقیم و یک منبع تغذیه‌ی الکترونیکی چه وجه مشترکی وجود دارد؟
- ۵- منظور از بار الکتریکی در یک مدار چیست؟

هدایت و مقاومت الکتریکی

هدف‌های رفتاری

- در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود:
- ۱- مفهوم مقاومت الکتریکی را با مقاومت ذرات گاز در حین حرکت در لوله مقایسه کند.
 - ۲- واحد مقاومت الکتریکی را براساس مشخصات فیزیکی آن تعریف کند.
 - ۳- مفهوم مقاومت مخصوص و هدایت مخصوص هادی را تعریف کند.
 - ۴- رابطه‌ی پیدا کردن مقاومت الکتریکی هادی‌ها را بر حسب مشخصات فیزیکی $R = \rho \frac{l}{A}$ بنویسد.
 - ۵- واحدهای مربوط به هر یک از پارامترهای موجود در فرمول $R = \rho \frac{l}{A}$ را بیان کند.
 - ۶- با استفاده از فرمول $R = \rho \frac{l}{A}$ مقاومت فلزاتی را که مشخصات آن‌ها داده می‌شود، حساب کند.
 - ۷- مقاومت چند عنصر رایج، در صنعت برق را محاسبه کند.
 - ۸- چگونگی تأثیر تغییرات دما بر مقاومت را توضیح دهد.
 - ۹- ضریب حرارتی را تعریف کند.
 - ۱۰- رابطه‌ی تأثیر حرارت بر مقاومت الکتریکی $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ را به کار ببرد.
 - ۱۱- با استفاده از فرمول $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ مقاومت چند هادی رایج را بر حسب تغییرات دما محاسبه کند.
 - ۱۲- ابرسانا را شرح دهد و کاربرد آن را بیان کند.

۱-۷- هدایت الکتریکی مخصوص

به یک اندازه الکترون آزاد ندارند؛ به همین دلیل، عملکرد هادی‌ها نیز در مدارها مختلف است. اگر با یک منبع ولتاژ که ولتاژش ثابت باشد، میزان هدایت الکتریکی فلزات مختلف (همه با طول یک متر و سطح مقطع یک میلی‌متر مربع) را آزمایش کنیم، می‌بینیم فلزی که الکترون‌های آزاد بیشتری دارد، شدت جریان بیشتری را از خود عبور می‌دهد. نسبت

همه‌ی اجسام، جریان الکتریکی را به یک اندازه هدایت نمی‌کنند. هادی‌ها اجسامی هستند که جریان را به راحتی عبور می‌دهند و عایق‌ها برعکس، از عبور جریان جلوگیری می‌کنند. علت این امر آن است که هادی‌ها مقدار زیادی الکترون آزاد دارند. اکثر فلزات هادی‌های خوبی هستند. البته همه‌ی فلزات

مثال ۱: اگر هدایت مخصوص مس $\frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$ ۵۶ باشد، هدایت مخصوص آلومینیم چه قدر است؟

$$\frac{\kappa \text{Al}}{\kappa \text{Cu}} = \frac{0/625}{1} \Rightarrow \frac{\kappa \text{Al}}{56} = \frac{0/625}{1}$$

$$\Rightarrow \text{Al} = 56 \times 0/625 \quad \boxed{\kappa \text{Al} = 35}$$

۷-۳- مقاومت الکتریکی مخصوص

هدایت مخصوص نشانگر سهولت عبور جریان الکتریکی از یک جسم است. هرچه هدایت مخصوص بیشتر باشد، جسم جریان الکتریکی بیشتری را عبور می‌دهد. با همین استدلال، هدایت مخصوص کوچک‌تر نمایان‌گر آن است که جریان الکتریکی به سختی از جسم عبور می‌کند. به عبارت دیگر، اجسام با هدایت مخصوص کم در مقابل عبور جریان، مقاومت یا مخالفت زیادتری می‌کنند. هر جسمی که هدایت مخصوص آن زیاد باشد، مقاومت مخصوص اش کم است و برعکس، جسمی که مقاومت مخصوص اش زیاد باشد، دارای هدایت مخصوص کمی است. مقاومت مخصوص را با حرف یونانی ρ (رو) نمایش می‌دهند و رابطه‌ی آن با هدایت مخصوص چنین است: $\rho = \frac{1}{\kappa}$. بنا به تعریف، مقاومت سیمی به طول یک متر و سطح مقطع یک میلی‌متر مربع را **مقاومت الکتریکی مخصوص** می‌نامند.

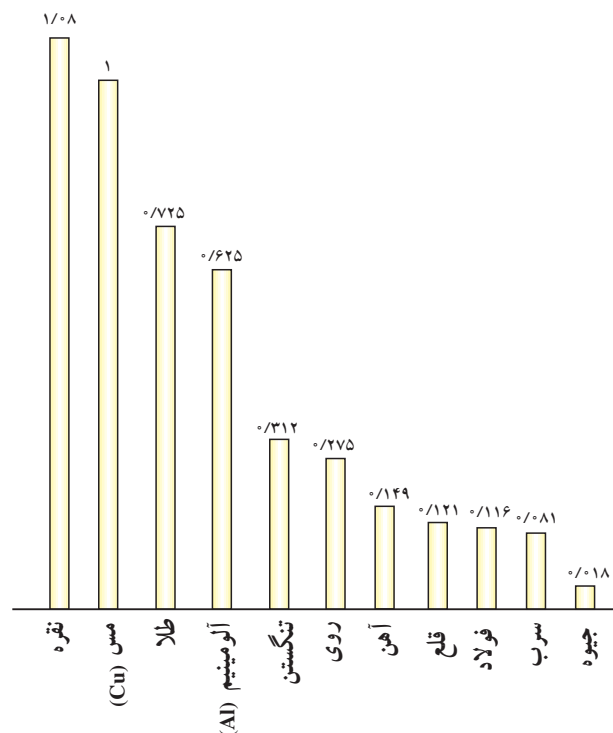
۷-۴- مقایسه‌ی مقاومت مخصوص فلزات

دیدیم که هدایت مخصوص فلزات مختلف طبق نمودار ۷-۱ نسبت به مس سنجیده می‌شود. همین کار را در مورد مقاومت مخصوص نیز می‌توان انجام داد. نمودار ۷-۲ مقاومت مخصوص نسبی سایر فلزات را نسبت به فلز مس نمایش می‌دهد.

شدت جریان عبوری از یک فلز به ولتاژ منبع را هدایت الکتریکی مخصوص آن فلز می‌گویند. به عبارتی دیگر و براساس مشخصات فیزیکی یک سیم می‌توان گفت قابلیت هدایت سیمی به طول یک متر و سطح مقطع یک میلی‌متر مربع را **هدایت الکتریکی مخصوص** می‌نامند و آن را با حرف یونانی κ (کاپا) نمایش می‌دهند.

۷-۲- مقایسه‌ی هدایت مخصوص فلزات

فلز نقره الکترون‌های آزاد زیادی دارد؛ بنابراین، در مقایسه با سایر فلزات از هدایت مخصوص بیش‌تری برخوردار است. مس بعد از نقره هادی خوبی است، نسبت به آن ارزان‌تر است و کاربرد بیش‌تری دارد. بدین جهت، هدایت مخصوص سایر فلزات را نسبت به فلز مس می‌سنجند. در نمودار ۷-۱ هدایت مخصوص نسبی سایر فلزات را در مقایسه با فلز مس مشاهده می‌کنید.



نمودار ۷-۱- هدایت مخصوص فلزات مختلف نسبت به مس

۶-۷- عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی یک سیم

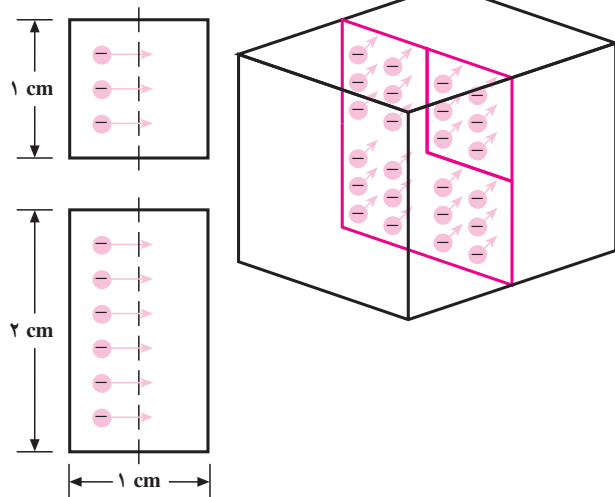
عبور جریان الکتریکی از هادی‌ها از بسیاری جهات شبیه عبور گاز از یک لوله است. اگر این لوله پر از پشم فلزی یا ماده‌ی متخلخلی باشد، این شباهت بیش‌تر می‌شود. اتم‌های تشکیل‌دهنده‌ی سیم هادی از عبور الکترون‌ها جلوگیری می‌کنند؛ همان‌طور که الیاف پشم فلزی مانع عبور مولکول‌های گاز می‌شوند. حال می‌خواهیم ببینیم که مقاومت هادی‌ها به غیر از جنس فلز به چه عوامل دیگری بستگی دارد.

تأثیر سطح مقطع هادی بر مقاومت الکتریکی: مقدار

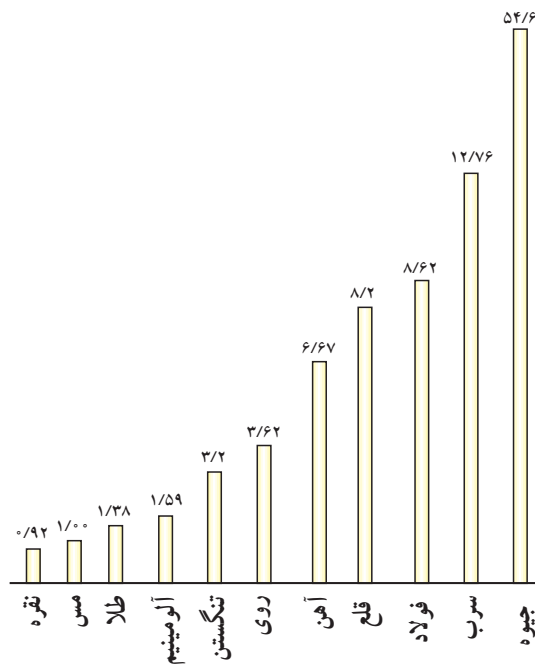
جریان الکتریکی به تعداد الکترون‌های آزاد موجود در سیم بستگی دارد؛ بنابراین، با ضخیم کردن سیم می‌توانیم تعداد الکترون‌های آزاد را بیش‌تر کنیم تا مقدار بیش‌تری جریان الکتریکی بتواند از آن عبور کند.

یک قطعه مس به ارتفاع ۲ و عرض ۱ سانتی‌متر در محل اندازه‌گیری جریان الکتریکی دو برابر قطعه مسی به ارتفاع ۱ و عرض ۱ سانتی‌متر الکترون‌های آزاد قابل دسترسی دارد. پس مس به ارتفاع دو برابر، دوبرابر بیش‌تر جریان را هدایت می‌کند. چنان‌چه پهنای قطعه مسی که به کار می‌برید دو برابر باشد، قابلیت هدایت آن دو برابر و مقاومت آن نصف می‌شود (شکل ۲-۷).

نقطه‌ی اندازه‌گیری جریان



شکل ۲-۷- تأثیر سطح مقطع در مقاومت

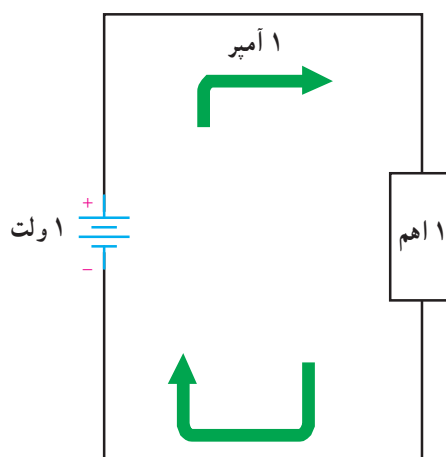


نمودار ۲-۷- مقاومت مخصوص فلزات مختلف نسبت به مس

۵-۷- واحد مقاومت

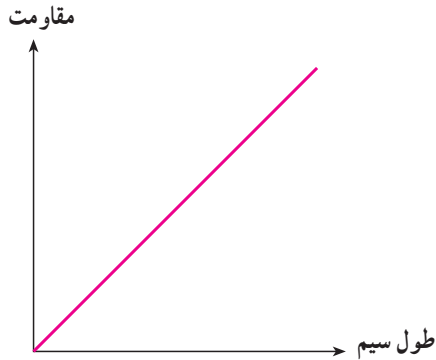
در حدود سال‌های ۱۸۰۰ یک دانشمند آلمانی به نام گئورگ سیمون اهم آزمایش‌هایی در مورد مدارها و هادی‌ها انجام داد و نکات مهمی را در مورد ماهیت مقاومت الکتریکی کشف کرد. برای قدردانی از این شخص، واحد مقاومت به نام او **اهم** نامیده شده است.

یک اهم مقاومت هادی‌ای است که تحت اختلاف پتانسیل یک ولت، شدت جریانی معادل یک آمپر از آن عبور کند. واحد مقاومت را با علامت (Ω) نمایش می‌دهند.



شکل ۱-۷- تعریف اهم

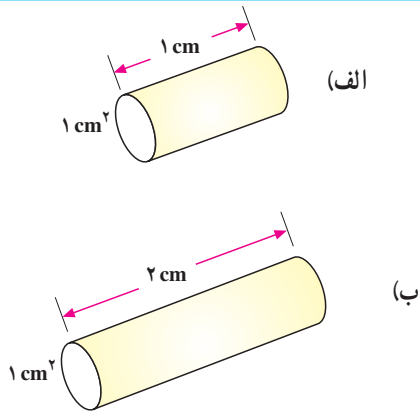
شکل ۷-۵ تغییرات مقاومت برحسب طول هادی را نشان می‌دهد. طبق این نمودار هر قدر طول هادی زیاد شود، مقاومت افزایش می‌یابد.



شکل ۷-۵- نمودار تغییرات مقاومت به طول سیم

رابطه‌ی کلی مقاومت الکتریکی هادی: همان‌طور که قبلاً گفتیم، اگر طول یک سیم (L) را زیاد کنیم، مقاومت آن زیاد می‌شود و برعکس، اگر طول سیم را کم کنیم، مقاومت آن کم می‌شود.

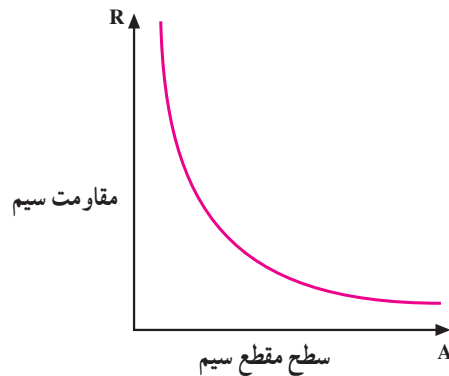
اگر طول سیم را مثلاً دو برابر کنیم، مقاومت آن را دو برابر کرده‌ایم. پس مقاومت یک سیم با طول آن نسبت مستقیم دارد (شکل ۷-۶).



شکل ۷-۶- اثر افزایش طول بر مقاومت سیم

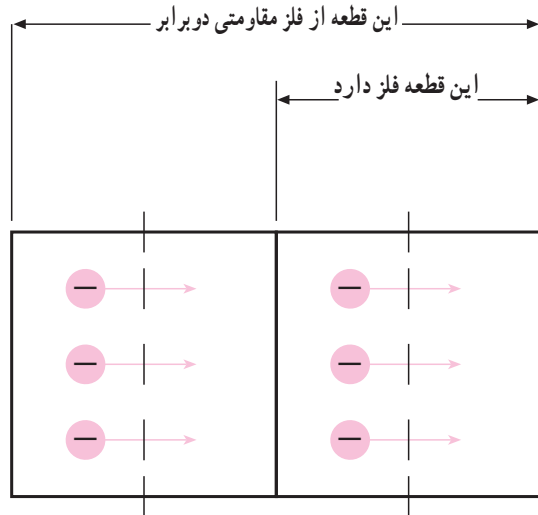
هم‌چنین می‌توان با اضافه کردن سطح مقطع (A) مقاومت را کم کرد و با کم کردن سطح مقطع بر مقاومت افزود.

شکل ۷-۳ تغییرات مقاومت نسبت به سطح مقطع هادی را نمایش می‌دهد. طبق این نمودار هر قدر سطح مقطع افزایش پیدا می‌کند، مقاومت الکتریکی کم‌تر می‌شود.



شکل ۷-۳- نمودار تغییرات مقاومت برحسب سطح مقطع هادی

تأثیر طول هادی بر مقاومت الکتریکی: شاید تصور کنید که با افزایش طول هادی عبور جریان راحت‌تر می‌شود ولی چنین نیست. اگر چه در یک قطعه مس بلندتر تعداد بیش‌تری الکترون آزاد وجود دارد ولی الکترون‌های آزاد اضافی در طول سیم، در اندازه‌گیری جریان الکتریکی داخل نمی‌شوند. در واقع هر طول معین از هادی، مقدار معینی مقاومت دارد و هر چه سیم طویل‌تر باشد، مقاومت آن نیز بیش‌تر است.



شکل ۷-۴- تأثیر طول هادی در مقاومت

$$\rho \text{ مقاومت مخصوص بر حسب } \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\kappa \text{ هدایت مخصوص بر حسب } \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2} \text{ است.}$$

مثال ۲: سیم مسی به طول ۱۱۲ متر با سطح مقطع

$$4 \text{mm}^2 \text{ و هدایت مخصوص } \left(\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}\right) \kappa = 56 \text{ مفروض}$$

است. مقاومت الکتریکی سیم چند اهم است؟

$$R = \frac{L}{\kappa \cdot A} = \frac{112}{56 \times 4} = 0.5 \Omega \Rightarrow R = 0.5 \Omega$$

مثال ۳: برای ساختن یک مقاومت الکتریکی ۱۰ اهمی،

چند متر سیم آلومینیمی با سطح مقطع $1/5 \text{mm}^2$ مورد نیاز

است، در صورتی که $\kappa_{Al} = 35 \left(\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}\right)$ باشد.

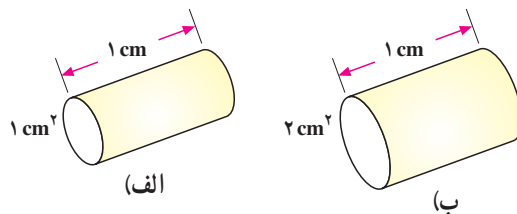
$$R = \frac{L}{\kappa \cdot A} \Rightarrow 10 = \frac{L}{35 \times 1/5} \Rightarrow L = 10 \times 35 \times 1/5$$

$$L = 525 \text{m}$$

اثر حرارت بر مقاومت الکتریکی: در واقع، آنچه

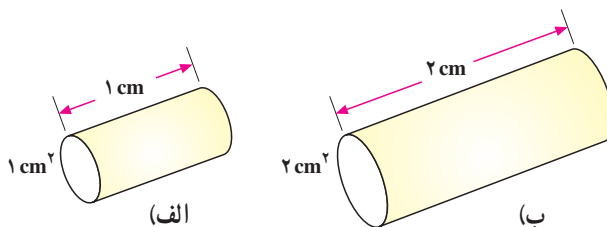
در مورد مقاومت گفته شد، همه در دمای اتاق صادق است. اما در دماهای کم تر یا بیش تر، مقدار مقاومت کلیه فلزات تغییر می کند. تغییر مقاومت بر اثر حرارت در فلزات مختلف متفاوت است؛ بنابراین، باید برای هر فلز ضریبی را تعریف کرد که آن را **ضریب حرارتی** می نامند. تغییرات مقاومت به ازای یک درجه ی سانتی گراد را، ضریب حرارتی می گویند و آن را با (α) نمایش می دهند؛ برای مثال اگر $\alpha = 0.004$ باشد، یعنی این که مقاومت آن جسم به ازای یک درجه ی سانتی گراد 0.004 اهم افزایش یا کاهش می یابد. اگر مقاومت الکتریکی جسمی بر اثر حرارت افزایش یابد، ضریب حرارتی (α) مثبت و در صورت کاهش مقاومت، ضریب حرارتی (α) منفی خواهد بود. در مورد اول، فلز را PTC^۱ و در مورد دوم NTC^۲ می نامند.

اگر سطح مقطع سیم را دو برابر کنیم، مقاومت آن نصف می شود. در نتیجه، می گوئیم مقاومت با سطح مقطع نسبت عکس دارد (شکل ۷-۷).



شکل ۷-۷- اثر افزایش سطح مقطع بر مقاومت سیم

اگر طول سیم دو برابر و سطح مقطع آن دو برابر شود، مقاومت الکتریکی نسبت به وضعیت قبلی تغییر نخواهد کرد (شکل ۷-۸).



شکل ۷-۸- اثر افزایش طول و سطح مقطع بر مقاومت سیم

پیش از این در تعریف مقاومت مخصوص و هدایت مخصوص گفتیم که این پارامترها به جنس هادی بستگی دارند؛ بنابراین، رابطه ی کلی مقاومت با سطح مقطع، طول و جنس سیم را با فرمول های زیر نشان می دهند.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

یا

$$R = \frac{L}{\kappa \cdot A}$$

در این رابطه:

R مقاومت سیم بر حسب Ω ،

L طول سیم بر حسب متر،

A سطح مقطع سیم بر حسب میلی متر مربع

۱- PTC = Positive Temperature Coefficient

۲- NTC = Negative Temperature Coefficient

$$\alpha = \frac{1}{0.004 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) = 100(1 + 0.004 \times 250)$$

$$R_t = 200 \Omega$$

۷-۷- مقاومت‌های الکتریکی یک مدار

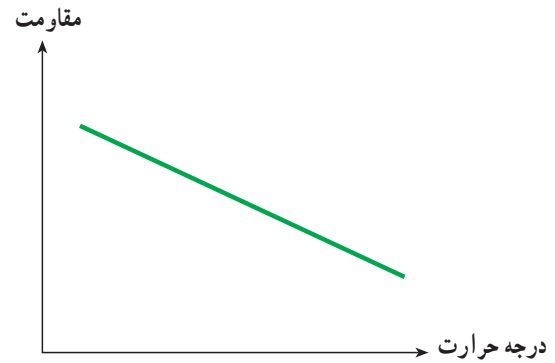
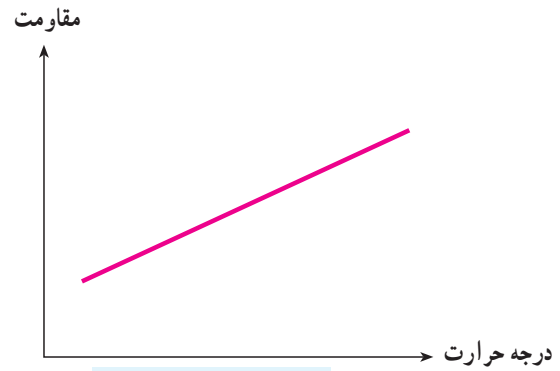
فرض کنید که یک بار الکتریکی را به یک منبع ولتاژ وصل کرده‌ایم. گاهی ممکن است جریانی بیش از حد در مدار جاری شود. زمانی این اتفاق می‌افتد که مقاومت بار الکتریکی خیلی کم یا ولتاژ خروجی منبع خیلی زیاد باشد. شدت جریان را با کم کردن ولتاژ منبع می‌توان کم کرد اما معمولاً این کار ممکن نیست. بنابراین تنها راه این است که مقاومتی به مدار اضافه کنیم تا جریان را کم کند.



شکل ۷-۱۰- مقاومت‌های مدار

این کار را می‌توان با اضافه کردن مقاومت به بار الکتریکی یا سیم‌های رابط انجام داد اما از طرفی، مقاومت بار الکتریکی برحسب شرایطی تنظیم شده و نمی‌توان آن را تغییر داد. پس تنها راه، تغییر مقاومت سیم‌های رابط است ولی مقاومت این سیم‌ها آن قدر کم است که شاید حدود چندین کیلومتر سیم لازم باشد تا مقاومت چند صد اهم به مدار اضافه شود.

بنابراین، برای رفع این مشکل باید روشی را به کار بگیریم که به آسانی بتوانیم هر مقدار مقاومت دلخواه را به مدار اضافه کنیم؛ بدون این که در اندازه‌های مدارمان تغییرات عمده‌ای بدهیم یا مولدمان را عوض کنیم. مقاومت‌ها، عناصر مداری الکتریکی کوچکی هستند که برای دستیابی به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۷-۹- نمودار اجسام با ضرایب حرارتی مثبت و منفی

بنابراین، مقاومت یک جسم در اثر افزایش حرارت چنین

خواهد شد:

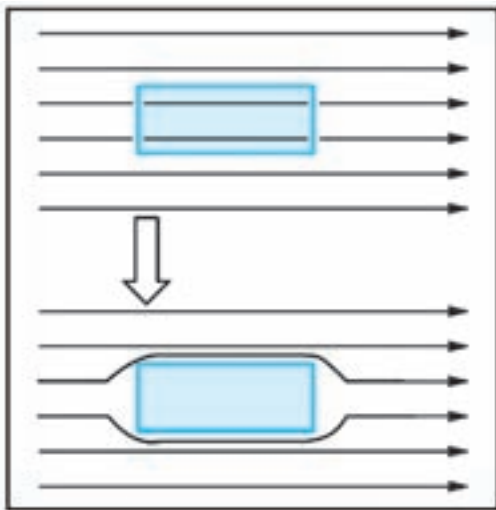
$$R_t = R_0 \mp R_0 \alpha t$$

که در آن R_0 مقاومت در صفر درجه و $R_0 \alpha t$ مقدار تغییر مقاومت است. چون در رابطه‌ی R_0 ، $R_0 \alpha t$ بر حسب (Ω) و t افزایش دما بر حسب $(^\circ\text{C})$ است، لزوماً ضریب حرارتی (α) برحسب $\frac{1}{^\circ\text{C}}$ خواهد بود. اگر در رابطه‌ی ذکر شده قبل از R_0

فاکتور بگیریم، خواهیم داشت:

$$R_t = R_0(1 \mp \alpha t)$$

مثال ۴: مقاومت الکتریکی سیمی در صفر درجه‌ی سانتی‌گراد 100 اهم است. اگر دمای سیم به 250 درجه‌ی سانتی‌گراد برسد، مقاومت الکتریکی آن چند اهم می‌شود؟

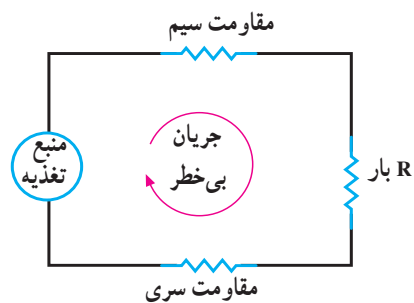


شکل ۷-۱۲

کاربرد جالب این مطلب در ساخت قطارهای سریع‌السیر یا قطارهای شناور است. نمونه‌هایی از این‌گونه قطارها که در سال ۲۰۰۰ میلادی در ژاپن ساخته شد، با سرعت ۵۸۱ km/h حرکت می‌کند. در این قطارها به‌جای استفاده از چرخ از میدان مغناطیسی استفاده شده است. در این حالت قطارهای سریع‌السیر در حال حرکت معمولاً چند سانتی‌متر با ریل فاصله دارد و تماسی با ریل پیدا نمی‌کنند (شکل ۷-۱۳).



شکل ۷-۱۳



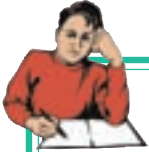
شکل ۷-۱۱- افزودن مقاومت به مدار

۷-۸- ابررسانا

اگر دمای فلزات مختلف را تا دمای معینی (دمای بحرانی) پایین آوریم پدیده‌ی شگرفی در آنها اتفاق می‌افتد که طی آن مقدار مقاومت فلزات در برابر عبور جریان برق به‌طور ناگهانی تا حد صفر کاهش می‌یابد. در این شرایط است که فلزها تبدیل به ابررسانا خواهند شد. تبدیل به حالت ابررسانایی، فقط مربوط به فلزات نمی‌شود بلکه این حالت در جیوه ناخالص نیز اتفاق می‌افتد. تاکنون مشخص شده است که تقریباً نیمی از عناصر فلزی و همچنین برخی آلیاژها و سرامیک‌ها در درجه حرارت‌های پایین ابررسانا می‌شوند.

۷-۹- کاربرد ابررسانا

هر ماده اگر قبل از ابررسانا شدن در میدان مغناطیسی قرار گیرد از آن خطوط میدان مغناطیسی عبور می‌کند؛ چنانچه در حضور میدان مغناطیسی به دمای بحرانی برسد و ابررسانا شود دیگر هیچ‌گونه خطوط میدان مغناطیسی از آن عبور نمی‌کند. در شکل ۷-۱۲ یک قطعه آهن‌ربا روی یک قطعه ابررسانا شناور است طبق خاصیتی که در بالا گفتیم ابررساناها می‌توانند خطوط میدان مغناطیس را به خارج پرتاب کنند و همان‌طور که می‌بینیم قرص مغناطیسی را شناور نگه داشته است.



- ۱- فلزی با ضریب هدایت نسبی 0.99 یک عایق خوب است یا بد؟
- ۲- یک عنصر مشخص 15 اهم مقاومت دارد. اگر سطح مقطع آن را سه برابر کنیم، مقاومت آن چه قدر می شود؟
- ۳- ضریب حرارتی را تعریف کنید.
- ۴- آیا طول سیم در ضریب حرارتی آن تأثیر دارد؟ توضیح دهید.
- ۵- برای کنترل جریان مدار از چه روشی استفاده می شود؟
- ۶- ضریب حرارتی مس مثبت است یا منفی؟
- ۷- برای محاسبه‌ی مقاومت مدار چه پارامترهایی در نظر گرفته می شود؟
- ۸- اگر یک سیم مسی گرم شود، مقاومت آن چه تغییری می کند؟

- ۱- اگر $\rho_{Cu} = 0.0178 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ باشد، مطلوب است محاسبه‌ی $\kappa_{Cu} = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$ (ج)
- ۲- یک سیم مسی به طول 1 را به چهار قسمت مساوی تقسیم می کنیم. آن گاه این چهار قسمت را کنار هم می گذاریم و به صورت سیم واحدی (مثل کابل چهارتایی) از آن‌ها استفاده می کنیم. آیا مقاومت الکتریکی این سیم نسبت به حالت اولیه کم می شود یا زیاد؟ (از کاهش طول به خاطر پیچش صرف نظر می کنیم.)
- ۳- روی استوانه‌ای به قطر 5 سانتی متر 100 دور سیم مسی به سطح مقطع $1/5 \text{mm}^2$ می پیچیم. مقاومت الکتریکی این سیم پیچ چه قدر است؟

$$\kappa_{Cu} = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \quad \rho = 0.0178 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m} \quad \text{ج}$$

- ۴- قطر یک سیم کروم نیکل به طول یک متر، 0.6 میلی متر و مقاومت آن 3 اهم است. مقاومت مخصوص و هدایت مخصوص آن را پیدا کنید.
- ۵- برای این که مقاومت سیمی را 40 درصد اضافه کنیم، دما چه قدر باید افزایش یابد؟

$$\alpha = 0.004 \frac{1}{^\circ\text{C}} \quad \text{(دمای اولیه‌ی سیم صفر درجه‌ی سانتی گراد.)}$$

$$\text{ج } t = 100^\circ\text{C}$$

- ۶- مقاومت یک اتوی برقی در صفر درجه‌ی سانتی گراد 50Ω است. اگر درجه حرارت این اتو ضمن

$$\text{کار کردن به } 75^\circ\text{C} \text{ برسد، مقاومت آن چه قدر می شود؟} \quad \alpha = 0.0002 \frac{1}{^\circ\text{C}} \quad R = 50.75 \Omega \quad \text{ج}$$