

## کمیت‌های الکتریکی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

- ۱- ولتاژ، جریان، مقاومت، توان و انرژی را تعریف کند.
- ۲- جریان مستقیم را تعریف کند.
- ۳- جریان متناوب را تعریف کند.
- ۴- قانون اهم را تعریف کند و فرمول آن را بنویسد.
- ۵- چگونگی تولید انرژی الکتریکی، انتقال و توزیع آن را بیان کند.
- ۶- بیک مصرف برق را توضیح دهد.
- ۷- برحسب انرژی را معرفی کند.

W- کار انجام شده (ژول)

q- مقدار الکتریسیته (کولن)

### ۱-۲- جریان الکتریکی

حرکت جهت‌دار الکترون‌های تحت تأثیر نیروی محرکه را جریان می‌گویند. مقدار جریانی که از سیم عبور می‌کند به وسیله تعداد الکترون‌هایی که از یک نقطه معین در ثانیه می‌گذرند تعیین می‌شود. بنا بر تعریف اگر در یک ثانیه از یک نقطه سیم یک کولن الکتریسیته بگذرد، جریانی معادل یک آمپر عبور کرده است.

$$I = \frac{q}{t}$$

I - جریان (آمپر)

q - مقدار الکتریسیته (کولن)

t - زمان (ثانیه)

### ۱-۱- نیروی محرکه الکتریکی (ولتاژ)

نیروی که باعث حرکت الکترون‌های آزاد موجود در یک مدار بسته می‌شود را نیروی محرکه می‌نامند و مقدار آن را برحسب ولت اندازه‌گیری می‌کنند.

یک ولت مقدار نیروی محرکه‌ای است که توسط یک منبع الکتریکی تولید می‌شود تا الکتریسیته معادل یک کولن<sup>۱</sup> جابه‌جا شود و کاری برابر یک ژول<sup>۲</sup> را انجام دهد. به عنوان مثال باتری خشک ۱/۵، باتری اتومبیل ۱۲، برق مصرفی منازل ۲۲۰ و بالاخره برق صنعتی ۳۸۰/۲۲۰ ولت استاندارد شده و موجودند.

$$E = \frac{W \text{ (ژول)}}{q \text{ (کولن)}}$$

E - نیروی محرکه (ولت)

۱- کولن معادل  $6.28 \times 10^{18}$  الکترون است (واحد بار الکتریکی)

۲- ژول (واحد کار الکتریکی) = یک کولن در یک ولت

### ۳-۱- مقاومت الکتریکی

مفید یا غیرمفید باشد. در هر دو حالت سرعت کار انجام شده را به وسیله توان اندازه گیری می کنند. گردش یک موتور الکتریکی و ایجاد گرما توسط یک بخاری برقی کار مفید است، درحالی که گرمای ناشی از عبور جریان در داخل سیم های الکتریکی را کار تلف شده می خوانند، زیرا هیچ کار مفیدی انجام نمی دهد و آن را توان تلف شده می نامند. واحد توان مقدار کار انجام شده در واحد زمان است. شما واحد زمان را برحسب ثانیه می شناسید اما ممکن است واحد کار را ندانید. در اینجا، فقط به تعریف واحد کار می پردازیم. واحد کار الکتریکی ژول است و آن مقدار کاری است که توسط یک کولن در اختلاف پتانسیل<sup>۱</sup> یک ولت انجام می شود. یعنی

$$W = q \cdot E$$

W- انرژی برحسب ژول

q- بار عبوری برحسب کولن

E- اختلاف پتانسیل برحسب ولت

بهرتر است در مورد کار در مدارها بیشتر به آمپر توجه شود تا به کولن و اهم. همان طور که می دانید یک آمپر برابر است با عبور یک کولن از یک نقطه در یک ثانیه، بنابراین یک ژول کار در ثانیه توسط جریانی معادل یک آمپر با ولتاژ یک ولت حاصل می شود. پس یک ژول کار در ثانیه را واحد توان در نظر می گیرند و آن را وات می نامند. پس یک وات عبارت است از توان مصرف شده برای عبور یک آمپر جریان که توسط ولتاژی معادل یک ولت جاری می شود. بنابراین

$$q = I \times t$$

$$W = E \times I \times t$$

$$p = \frac{W}{t}$$

$$p = E \times I$$

q- مقدار بار برحسب آمپرثانیه

E- اختلاف پتانسیل برحسب ولت

I- جریان برحسب آمپر

مقاومت الکتریکی عبارتست از ایستادگی ذرات تشکیل دهنده ی هادی در مقابل عبور جریان و واحد اندازه گیری آن اهم است. به طوری که اگر به دو سر یک مصرف کننده نیروی محرکه ای برابر یک ولت اعمال شود و جریانی برابر یک آمپر از آن بگذرد در این حالت می گویند که مقاومت مدار برابر یک اهم است. برای محاسبه مقاومت یک سیم از رابطه زیر استفاده می شود:

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

R- مقاومت سیم برحسب اهم که با علامت  $\Omega$  نشان

داده می شود.

$\rho$ - مقاومت مخصوص سیم که به جنس آن بستگی دارد

برحسب  $\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$  بیان می شود.

l- طول سیم برحسب متر (m)

A- سطح مقطع سیم برحسب میلی مترمربع ( $\text{mm}^2$ )

تذکر- در بعضی موارد به جای  $\rho$  عکس آن داده می شود،

و با  $\kappa$  (کاپا) نمایش داده می شود.

$$\kappa = \frac{1}{\rho}$$

به عنوان مثال مقدار مقاومت مخصوص و هدایت مخصوص مربوط به مس در صورتی که مقدار  $l = 1 \text{ m}$  و  $A = 1 \text{ mm}^2$  باشد برابر است با

$$\rho_{\text{Cu}} = 0.0178 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\kappa_{\text{Cu}} = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}$$

### ۴-۱- توان الکتریکی

مقدار کار انجام شده به وسیله بار الکتریکی در زمان یک ثانیه را توان الکتریکی می نامند. نکته مهمی که باید به خاطر داشت این است که کار انجام شده در یک مدار ممکن است کار

۱- نام دیگر ولتاژ اختلاف پتانسیل است.

t - زمان برحسب ثانیه

W - کار انجام شده

P - توان برحسب وات

توان مکانیکی را معمولاً برحسب اسب بخار (HP) اندازه

می گیرند. برای تبدیل وات به اسب بخار آن را بر ۷۳۶ تقسیم

می کنند.  $1\text{HP} = 736\text{W}$

کالری به دست آید.

$$Q = 0.24RI^2t$$

Q - انرژی حرارتی برحسب کالری

I - جریان برحسب آمپر

R - مقاومت برحسب اهم

t - زمان برحسب ثانیه

## ۱-۵- انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی عبارت از توان الکتریکی مصرف شده

در یک زمان معین، که معمولاً این نوع انرژی مصرف شده را در

لوازم خانگی برحسب کیلووات ساعت محاسبه می کنند.

$$1\text{kWh} = 1000\text{Wh} = 1000 \times 3600\text{Ws} = 36 \times 10^5$$

انرژی مصرفی در وسایل حرارتی مانند آبگرمکن و یا

کتری برقی را برحسب ژول محاسبه می کنند. به طوری که هر

ژول تقریباً  $1/18$  کالری و یا هر کالری معادل  $0.24$  ژول است.

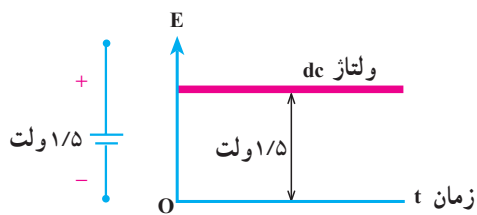
پس می توانیم انرژی مصرفی را برحسب ژول حساب کنیم، سپس

عدد حاصل را در  $0.24$  ضرب کنیم تا انرژی حرارتی برحسب

## ۱-۶- جریان مستقیم (DC)

جریانی که مقادیر لحظه‌ای آن نسبت به زمان ثابت باشد

جریان مستقیم نام دارد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- نمایش ولتاژ dc یک باتری با ولتاژ ثابت ۱/۵ ولت

### نتیجه

در جریان مستقیم همیشه جهت (پلاریته) منبع ثابت باقی می ماند. مانند باتری اتومبیل و باتری رادیو.

## ۱-۷- جریان متناوب (AC)

جریانی که مقادیر لحظه‌ای آن نسبت به زمان تغییر کند و

جهت آن به صورت قرینه تغییر جهت دهد جریان متناوب نامیده

می شود. یکی از معمولترین آن‌ها جریان متناوب سینوسی است.

به عنوان مثال برق شهر جریان متناوب سینوسی است (شکل ۱-۲).

از آنجا که ولتاژ باعث جاری شدن جریان الکتریکی در

مدار بسته می شود و مقاومت با عبور جریان مخالفت می کند،

رابطه‌ای بین ولتاژ، جریان و مقاومت وجود دارد. این رابطه

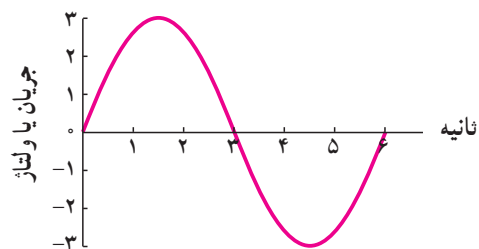
برای نخستین بار طی آزمایش‌های متعددی توسط گئورگ سیمون

اهم پیدا شد.

$$E = IR$$

$$\frac{E}{R} = I \quad | \quad R = \frac{E}{I}$$

شکل ۱-۳- نمودار قانون اهم



شکل ۱-۲- نمایش یک موج متناوب (سینوسی)



شکل ۴-۱- توزیع انرژی الکتریکی تولید شده به وسیله سد



شکل ۵-۱- تولید انرژی الکتریکی به وسیله انرژی آب

مختلف یکی از شیوه‌های معمول در تولید انرژی الکتریکی است و به دو طریق انجام می‌شود:

الف - انرژی حاصل شده از سوخت مازوت، گازوئیل، بنزین و زغال‌سنگ و ... در ماشین‌های احتراقی مستقیماً به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود. این انرژی از طریق اتصال به محور مولد برق انتقال می‌یابد و انرژی الکتریکی در خروجی

**تعریف قانون اهم:** در یک مدار جریان مستقیم مقدار جریان با ولتاژ نسبت مستقیم و با مقاومت نسبت عکس دارد. با توجه به رابطه فوق نتیجه‌گیری می‌شود که:

- اختلاف پتانسیل (E) با جریان (I) و مقاومت (R) نسبت مستقیم دارد.
- مقاومت (R) با اختلاف پتانسیل (E) نسبت مستقیم و با جریان (I) نسبت معکوس دارد.

## ۹-۱- چگونگی تولید، انتقال و توزیع

گفته می‌شود نقش انرژی الکتریکی در صنعت مانند جریان یافتن خون در رگ‌های موجود زنده است. این توصیف اهمیت نقش تولید، انتقال و توزیع نیروی برق را بیان می‌کند.

برای تولید انرژی الکتریکی به یک انرژی مکانیکی نیاز است تا بتوان مولد الکتریکی را به حرکت درآورد. این انرژی مکانیکی می‌تواند نیروی آب، نیروی بخار آب، نیروی یک موتور احتراقی و غیر آن‌ها باشد. انرژی الکتریکی بعد از تولید، به وسیله کابل‌های زمینی و یا هادی‌ها (سیم‌های هوایی)، به کمک پایه‌ها به محل توزیع می‌رسد و از آنجا به بعد در مکان‌های مصرف مانند کارخانه‌های مختلف، فروشگاه‌ها، خیابان‌ها، پل‌های عبور و به خصوص واحدهای مسکونی، به مصرف می‌رسد. شکل ۴-۱-۴ دیگرام ساده‌ای از تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی را نشان می‌دهد که در زیر به شرح مختصر آن می‌پردازیم.

### ۹-۱-۱- تولید انرژی الکتریکی: تولید انرژی

الکتریکی به روش‌های زیر امکان‌پذیر است:

اول - با استفاده از انرژی آب: یکی از ساده‌ترین

روش‌های تولید انرژی الکتریکی استفاده از انرژی آب است که از طریق احداث سد و انباشته کردن آب در پشت آن به دست می‌آید. چون سد در محلی احداث می‌شود که معمولاً دور از مناطق مسکونی است، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی تولید شده به محل مصرف هزینه‌ی زیادی دارد. با وجود این، هنوز تولید انرژی الکتریکی به وسیله‌ی آب مقرون به صرفه است (شکل ۵-۱).

دوم - با استفاده از سوخت: استفاده از سوخت‌های



مولد ظاهر می شود.

ب- انرژی حرارتی حاصل شده از سوخت در دیگ های بخار باعث تبخیر آب می شود. ابتدا به وسیله ی دستگاهی ذرات معلق آب را می گیرند، سپس برای جلوگیری از زنگ زدگی قطعات داخلی توربین، «بخار خشک» تولید می کنند. بخار خشک با فشار به پره های توربین برخورد می کند و توربین را به حرکت درمی آورد. این حرکت به محور مولد منتقل می شود و انرژی الکتریکی تولید می کند (شکل ۱-۶).

شکل ۱-۶- تولید انرژی الکتریکی به کمک انرژی حرارتی حاصل از احتراق

### آیا می دانید؟

جایگزینی ۱۰ میلیون لامپ کم مصرف در کشور حدوداً معادل ظرفیت یک نیروگاه ۲ هزار مگاواتی یا تقریباً برابر ظرفیت نیروگاه شهید رجایی است.

معرفی پایگاه اینترنتی: در پایگاه اینترنتی سازمان انرژی های نو (سانا) به نشانی [www.suna.org](http://www.suna.org) می توانید به اطلاعات بیشتر در مورد انرژی های نو دسترسی پیدا کنید.

سوم- با استفاده از انرژی های نو: در این روش از انرژی های خورشیدی، باد، گرمای زمین که بسیار پاکیزه و بدون آسیب به محیط زیست هستند، استفاده می شود. منبع این انرژی های خدادادی از بین نمی رود و همیشه وجود دارد.



شکل ۱-۷



برای روشن شدن یک لامپ به حدود ۹۰ هزار تومان سرمایه‌گذاری نیاز است.

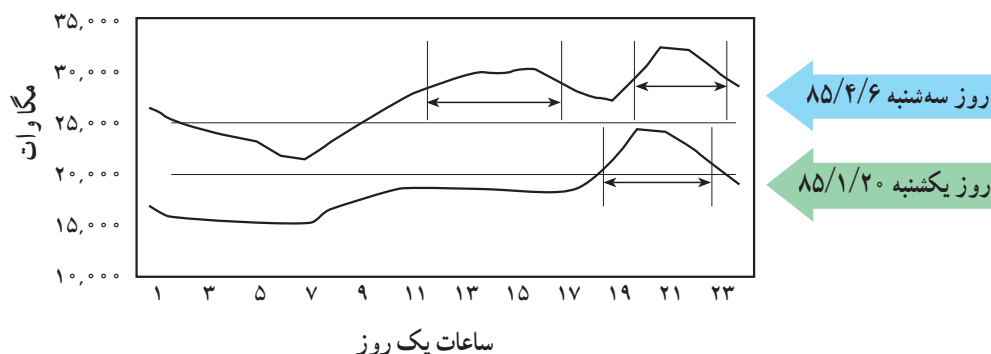


شکل ۱۰-۱- منظره‌ای از توزیع انرژی الکتریکی داخل شهر

### ۱۰-۱- بهینه‌سازی مصرف برق

۱-۱۰-۱- پیک مصرف برق: به ساعات و فصولی که مصرف انرژی الکتریکی در کل کشور زیاد است، ساعت اوج مصرف (پیک) انرژی الکتریکی می‌گویند. با توجه به مصارف روشنایی، اوج مصرف روزانه شبکه سراسری انرژی الکتریکی به زمان غروب آفتاب و تاریک شدن هوا بستگی دارد. در این زمان است که وسایل مصرف‌کننده دیگری مانند وسایل روشنایی در بخش تجاری و خانگی همزمان با سایر وسایل

مصرف‌کننده ثابت نظیر یخچال و فریزر و تلویزیون مورد استفاده قرار می‌گیرند. ساعات اوج مصرف روزانه انرژی الکتریکی در کشور ما در تابستان بین ساعات ۱۹ تا ۲۳ و در زمستان بین ساعات ۱۸ تا ۲۲ است. همچنین در بعضی از فصل‌های سال (تابستان) مصرف انرژی الکتریکی نسبت به سایر فصول سال به دلیل اضافه شدن وسایل سرمایشی نظیر کولر و ... بیش‌تر است که به آن اوج مصرف فصلی می‌گویند.



شکل ۱۱-۱ در این شکل دو منحنی وجود دارد که مصرف انرژی الکتریکی را در یک روز از فصل تابستان و یک روز از فصل بهار نشان می‌دهند. همان‌گونه که ملاحظه می‌کنید بیک مصرف انرژی الکتریکی در فصل بهار بین ساعات ۱۸ تا ۲۲ می‌باشد. نکته قابل توجه مربوط به فصل تابستان می‌باشد. در این فصل بیک در دو زمان مختلف یعنی یکی در ساعت ۱۹ تا ۲۳ و دیگری در ساعات ۱۳ تا ۱۶ بعد از ظهر رخ می‌دهد.

### آیا می‌دانید؟

ساعات اوج مصرف در ایران حدوداً نیم ساعت قبل از اذان مغرب و ۳/۵ ساعت بعد از آن است.

مصرف کنندگان دارای اهمیت و ضرورت بسیاری است، که ایجاد این اطمینان از طریق تست لوازم انرژی بر و تعیین رتبه کارایی آن‌ها در آزمایشگاه ملی صرفه‌جویی انرژی و نیز الصاق برچسب انرژی اعمال می‌شود.

**الف - نکات قابل توجه در انتخاب و تهیه وسایل برقی**

۱- شکل ظاهری دستگاه

۲- مدل دستگاه

۳- کارخانه سازنده دستگاه

۴- تکنولوژی ساخت دستگاه

۵- نشان استاندارد دستگاه

۶- برچسب انرژی دستگاه

تمام موارد اشاره شده جزء شرط‌های مهم در انتخاب یک کالا محسوب می‌شوند. اما همان‌گونه که می‌دانید توجه به نشان استاندارد و برچسب انرژی از شرط‌های ضروری در انتخاب و تهیه وسایل برقی خانگی محسوب می‌شوند. زیرا این علائم اطلاعات بسیار مفیدی در زمینه ایمنی و بازدهی وسایل برقی در اختیار مصرف کنندگان قرار می‌دهند.

**ب - معرفی برچسب انرژی:** برچسب انرژی امروزه در اغلب کشورهای جهان وجود دارد و مصرف کنندگان را با

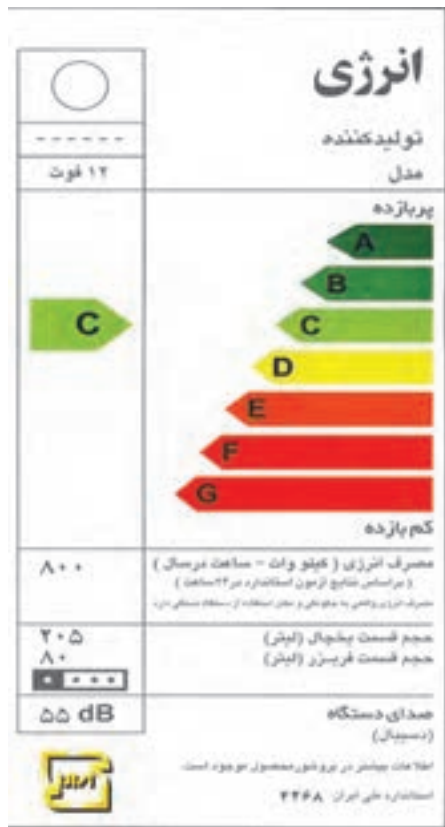
برای تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز در ساعات بیک مصرف به دو صورت می‌توان عمل کرد:

**الف - ساخت نیروگاه‌های جدید:** که این نیروگاه‌ها فقط چندساعت در شبانه‌روز انرژی الکتریکی تولید کنند و در سایر ساعات مورد استفاده قرار نگیرند. بالطبع انرژی الکتریکی تولیدی آن‌ها گران‌تر است.

**ب - مشارکت مردم در بهینه‌سازی مصرف انرژی:** که بهترین و کم‌هزینه‌ترین راه برای تأمین انرژی الکتریکی در این ساعات می‌باشد. مشارکت مصرف کنندگان می‌تواند به شکل استفاده بهینه از وسایل انرژی در ساعت بیک باشد، به‌طور مثال خاموش کردن لامپ‌های اضافی و استفاده از وسایل برقی خانگی در ساعات غیر اوج مصرف انرژی الکتریکی.

**۱-۱۰-۱- آشنایی با برچسب انرژی:** از آن‌جا که همه مردم به دنبال تهیه بهترین وسیله جهت استفاده در زندگی روزمره‌شان هستند و تهیه بهترین وسیله خصوصاً در مورد وسایل برقی که در عصر تکنولوژی دارای تنوع بسیاری است و هر روز با تعداد قابل ملاحظه‌ای از آن‌ها سروکار دارند از اهمیت بیشتری برخوردار است. لذا در انتخاب و خرید وسایل برقی، اطمینان از بازدهی و میزان مصرف انرژی دستگاه‌های مورد نظر برای





شکل ۱۲-۱ یک نمونه برچسب انرژی

میزان مصرف انرژی هریک از وسایل خانگی انرژی بر آشنا می‌کند. همچنین اطلاعات مشترک در همه وسایل و اطلاعات اختصاصی مرتبط به هر وسیله انرژی بر را در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهد. مصرف‌کننده می‌تواند با توجه به این اطلاعات در هنگام خرید، دستگاهی را انتخاب کند که در مقایسه با سایر مدل‌های مشابه دارای مصرف انرژی کم‌تر و بازدهی بیشتری باشد. برچسب انرژی از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده است که هر قسمت نمایانگر اطلاعاتی است که یک نمونه برچسب انرژی در شکل ۱۲-۱ نشان داده شده است.

سه بخش اولیه برچسب که در تمامی وسایل انرژی بر خانگی مشترک است به ترتیب نمایانگر علامت تجاری، نام کارخانه سازنده و مدل دستگاه می‌باشد. بخش چهارم برچسب انرژی به وسیله هفت حرف لاتین از A تا G در هفت طیف رنگی درجه‌بندی شده است که هریک از حروف و یا رنگ‌ها معرف درجه‌ای از مصرف انرژی و کارایی دستگاه می‌باشد. حرف A نشانگر کم‌ترین مصرف انرژی و بیش‌ترین بازدهی دستگاه و حرف G نشانگر بیش‌ترین مصرف انرژی و کمترین بازدهی دستگاه است. بنابراین هر چه رتبه برچسب دستگاه بیش‌تر باشد کارایی آن نسبت به میزان انرژی که مصرف می‌کند بیش‌تر است. بخش پنجم، نمایانگر مصرف انرژی دستگاه می‌باشد و سایر بخش‌ها بیانگر اطلاعات اختصاصی در مورد هریک از وسایل می‌باشد. به‌طور مثال این بخش‌ها در ماشین لباسشویی نشانگر میزان قدرت پاک‌کنندگی، قدرت خشک‌کن، ظرفیت و میزان مصرف آب و در یخچال نیز نشانگر حجم قسمت یخچال و فریزر دستگاه می‌باشد و آخرین بخش برچسب انرژی در تمامی وسایل آرم مؤسسه استاندارد را نشان می‌دهد.

ج - فواید استفاده از برچسب انرژی: استفاده از

برچسب انرژی مزایای گوناگونی برای مصرف‌کنندگان این‌گونه وسایل دارد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- انتخاب درست و آگاهانه مردم در هنگام خرید وسایل برقی خانگی
- ۲- آشنا ساختن مصرف‌کنندگان یا میزان کارایی و بازدهی وسایل برقی خانگی
- ۳- بهینه‌سازی و کاهش مصرف انرژی
- ۴- کاهش هزینه انرژی مصرفی در خانواده‌ها
- ۵- کاهش آلودگی محیط زیست
- ۶- ارائه اطلاعات اختصاصی ویژه هر وسیله برقی

### آیا می‌دانید؟

می‌توانید کلیه وسایل خانگی خود را از طریق فهرست واری‌های از پیش تعیین شده مورد ارزیابی قرار دهید و با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده وضعیت انتخاب و کاربرد وسیله موردنظر را مشخص و تهیه کنید. برای دریافت و پرکردن فهرست‌های واری به سایت [www.saba.org.ir](http://www.saba.org.ir) یا سایر مراجع مرتبط دیگر مراجعه کنید.

## یک نمونه فهرست و ارسی جهت بررسی مصرف بهینه کولر آبی یا گازی

ردیف	پرسش‌ها	بلی	خیر
۱	آیا نوع کولر شما مناسب شرایط آب و هوایی منطقه‌ای که در آن زندگی می‌کنید، می‌باشد؟		
۲	آیا ظرفیت کولر مورد استفاده متناسب با مقدار سرمایش مورد نیاز شماست؟		
۳	آیا کانال‌های کولر عایق کاری شده‌اند؟		
۴	آیا کولر نصب شده یا خریداری شده دارای بالاترین بازدهی و کارایی می‌باشد؟		
۵	آیا مسیر انتخابی کانال‌های کولر کوتاه‌ترین و کم‌پیچ و خم‌ترین مسیر است؟		
۶	آیا قبل از شروع به استفاده از کولر آن را سرویس کرده‌اید؟		
۷	آیا هر سال پوشال‌های کولر خود را تعویض می‌کنید؟		
۸	آیا از سرمایش موضعی در محل سکونت یا کارتان استفاده می‌کنید؟		
۹	آیا از کولر آبی یا گازی خود فقط هنگامی که به آن نیاز دارید استفاده می‌کنید؟		
۱۰	آیا امکان استفاده از تهویه طبیعی در محل سکونت خود را بررسی کرده‌اید؟		
۱۱	آیا ترموستات کولر گازی خود را روی درجه مناسب تنظیم کرده‌اید؟		
۱۲	آیا امکان استفاده از ترموستات را در کولر آبی محل کار و یا سکونت خود بررسی نموده‌اید؟		

اگر پاسخ شما به تمام پرسش‌های بالا مثبت باشد، علاوه بر افزایش بازدهی و عمر دستگاه می‌توانید تا ۱۵ درصد در مصرف انرژی الکتریکی کولر آبی و گازی خود صرفه‌جویی کنید.



### سوالات

- ۱- واحدهای ژول، وات، وات‌ساعت و کیلووات‌ساعت را تعریف کنید.
- ۲- یک کیلووات ساعت چند ژول است؟
- ۳- نیروی محرکه را تعریف کنید و آن را برحسب بار الکتریکی بیان نمایید.
- ۴- یک نمودار برای  $P$ ،  $E$  و  $I$  ترسیم کنید.
- ۵- جریان AC را تعریف کنید و منحنی آن را ترسیم نمایید.
- ۶- رابطه مقاومت در یک سیم را بنویسید و واحد مقاومت مخصوص  $(\rho)$  را تعیین کنید.
- ۷- رابطه مقدار انرژی را برحسب ژول بنویسید.
- ۸- انرژی الکتریکی چگونه تولید می‌شود؟ شرح دهید.
- ۹- به چه ساعتی از شبانه‌روز، ساعات پیک مصرف برق می‌گویند؟
- ۱۰- برحسب انرژی چیست؟
- ۱۱- فواید استفاده از برحسب انرژی را نام ببرید.

### حفاظت و ایمنی در برق

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

- ۱- انواع خطاهای ناشی از جریان برق را توضیح دهد.
- ۲- انواع فیوز را نام برده و ساختمان هریک را شرح دهد.
- ۳- حفاظت الکتریکی را تعریف کند.
- ۴- هریک از انواع حفاظت را توضیح دهد.
- ۵- برق گرفتگی را تعریف کند.
- ۶- اقدامات لازم برای نجات شخص برق گرفته را شرح دهد.
- ۷- هریک از انواع حفاظت شخص را توضیح دهد.
- ۸- نحوه عملکرد کلید حفاظت جان را شرح دهد.
- ۹- سیستم اتصال زمین را توضیح دهد.

#### مقدمه

به دلیل اقتصادی بودن تولید انرژی الکتریکی و همچنین تبدیل ساده آن به انرژی‌های دیگر استفاده از این انرژی تا سال‌ها برقرار خواهد بود ولی خطرات این انرژی بر روی بدن انسان هرگز تغییر نخواهد کرد و استفاده از آن همیشه و در همه جا با خطراتی روبه‌رو بوده است. مهم‌ترین این خطرات به شرح زیر است:

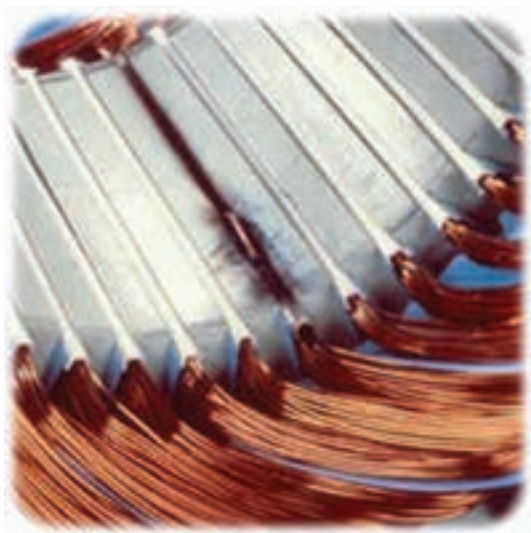
**الف - خطر برق گرفتگی:** خطر برق گرفتگی موجب از دست دادن جان انسان و ... می‌گردد.

**ب - خطر آتش‌سوزی:** اتصال کوتاهی که در مسیر جریان برق رخ می‌دهد باعث ایجاد جرقه و سوختن لوازم الکتریکی و همچنین آتش‌سوزی می‌شود که با خسارات زیادی همراه است (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱

الکتریکی به وسیله عایق از بدنه مجزا باشند، ممکن است بر اثر گذشت زمان و کهنگی دستگاه و یا گرمای ناشی از عبور جریان در سیم‌ها قسمتی از عایق ضعیف شود و یا به مرور زمان از بین برود و در نتیجه خطر ساز باشد. اثرات ناشی از این خطا در دستگاه‌ها به صورت لرزش و یا سوزش در موقع تماس با آن انسان را خیر می‌کند. هرچه سوزش یا لرزش بیش‌تر باشد نشانه ضعیف‌تر بودن عایق‌هاست که در این حالت باید سریعاً وسیله را از برق جدا کرده و در صدد تعمیر آن برآمد. شکل ۲-۲ اتصال سیم‌های حامل جریان برق را به بدنه یک موتور الکتریکی نشان می‌دهد.



بنابراین پیش‌گیری از حوادث برق و رعایت اصول حفاظت و ایمنی می‌تواند حوادث ناشی از آن را به نحو قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد.

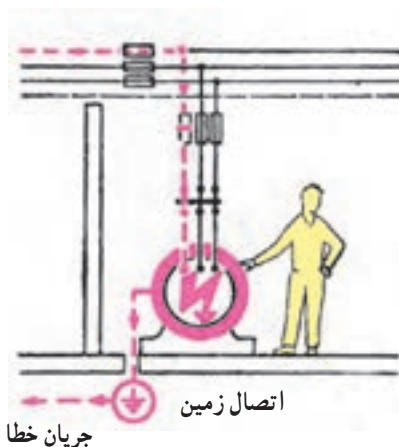
## ۱-۲ خطاهای ناشی از جریان برق

خطاهای ناشی از جریان برق عمدتاً به سه دسته تقسیم می‌شوند:

**الف - اتصال بدنه:** اتصال سیم حامل جریان برق به بدنه دستگاه را اتصال بدنه می‌گویند. با توجه به این که اکثر دستگاه‌های الکتریکی طوری طراحی می‌شوند که قسمت‌های



شکل ۲-۲ - اتصال سیم‌های حامل جریان با بدنه فلزی یک موتور الکتریکی



شکل ۲-۳ - خطای اتصال بدنه، اتصال کوتاه و اتصال زمین

**ب - اتصال کوتاه:** اتصال دو سیم لخت (بدون روکش) که نسبت به هم دارای اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌باشند را اتصال کوتاه می‌گویند. در این حالت مقاومت محل تماس به صفر کاهش یافته و با توجه به ولتاژ نقطه تماس جریان به سمت بی‌نهایت میل می‌کند.

**ج - اتصال زمین:** اتصال یکی از سیم‌های حامل جریان برق به زمین را اتصال زمین می‌گویند. شکل ۲-۳ انواع خطاها را در یک سیستم الکتریکی نشان می‌دهد.

## ۲-۲- فیوز

فیوز کندکار: این فیوز زمان قطع بیش تری نسبت به فیوز

تندکار دارد و برای راه اندازی موتورهای الکتریکی به کار می رود. (زیرا موتورها در ابتدای راه اندازی جریان زیادی می کشند و پس از آن جریان به حالت عادی خود برمی گردد.)

۱-۲-۲- انواع فیوز: فیوز در انواع مختلف ذوب

شونده (فشنگی)، اتوماتیک (آلفا) و مینیاتوری ساخته می شود.

الف) فیوز ذوب شونده (فشنگی): این فیوز از یک سیم

حرارتی ساخته شده که به ازای یک جریان خاص در مدت زمان

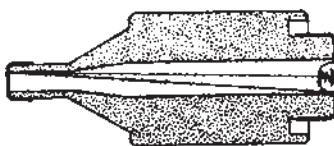
معین، ذوب و باعث قطع مدار می شود. فیوزهای قطع سریع با

علامت F و فیوزهای تأخیری با علامت  $\odot$  مشخص می شوند.

شکل ۲-۴ نمای ظاهری و داخلی این نوع فیوز را نشان می دهد.

فیوز یک وسیله حفاظتی است که در تأسیسات الکتریکی برای جلوگیری از صدمه دیدن و معیوب شدن وسایل و نیز برای قطع کردن دستگاه های معیوب از شبکه برق به کار می رود. این وسیله باید طوری انتخاب شود که هنگام اتصال کوتاه، در کوتاه ترین زمان ممکن و قبل از این که صدمه ای به سیم ها و تأسیسات الکتریکی برسد، مدار را قطع کنند. فیوزها از نظر زمان قطع بر حسب ذوب سیم حرارتی داخل آن ها به دو نوع کندکار و تندکار تقسیم می شوند.

فیوز تندکار: این فیوز در کوتاه ترین زمان مصرف کننده را از برق قطع می کند. به همین دلیل در مصارف روشنایی استفاده می شود.



پیچ اتصال خروجی



شکل ۲-۴- نمای ظاهری و داخلی فیوز

### توجه

مقررات بین المللی، ترمیم فیوز فشنگی را منع کرده است و در صورت خراب شدن این فیوز باید فشننگ جدیدی را جایگزین کرد.

فیوزهای اتوماتیک دو عنصر مغناطیسی و حرارتی وجود دارد که قسمت مغناطیسی آن اتصال کوتاه یا جریان زیاد و قسمت حرارتی آن (بیمتال) بار زیاد (افزایش تدریجی جریان) را قطع می کند (شکل ۲-۵).

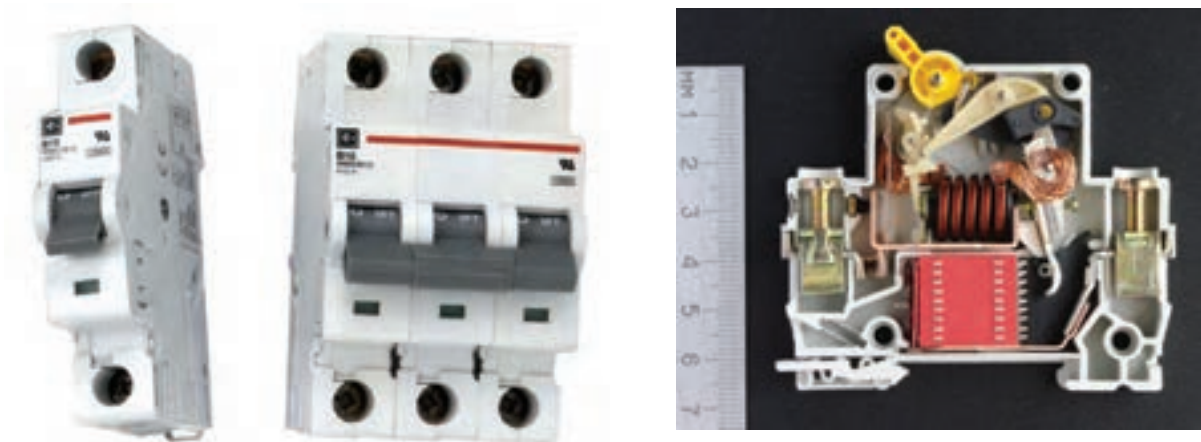
ب) فیوز اتوماتیک: فیوز اتوماتیک یا آلفا نوعی فیوز خودکار است که عبور جریان بیش از حد مجاز از آن باعث قطع مدار می شود؛ اما دوباره می توان شستی آن را به داخل فشار داد تا ارتباط برقرار شود و دیگر نیازی به تعویض آن نیست. در



شکل ۲-۵- فیوز اتوماتیک

L در مصارف روشنایی به کار می‌رود و تندکار است و نوع G در راه‌اندازی وسایل موتوری مورد استفاده قرار می‌گیرد و کندکار است. فیوز باید با توجه به نوع مصرف‌کننده و جریان عبوری از آن انتخاب شود (شکل ۲-۶).

ج) فیوز مینیاتوری: فیوز مینیاتوری نوعی فیوز اتوماتیک است که از نظر ساختمان داخلی به آن شباهت دارد و از سه قسمت رله مغناطیسی (رله جریان زیاد زمان سریع)، رله حرارتی یا رله بیمتال (رله جریان زیاد تأخیری) و کلید تشکیل شده است. این کلیدها در دو نوع L و G ساخته شده است. نوع



شکل ۲-۶- فیوز مینیاتوری و ساختمان داخلی آن

زمانی از سیم‌ها جریان بیش از حد نرمال (جریان اضافی) و یا در مدت زمان بسیار کمی جریان بسیار شدیدی (جریان اتصال کوتاه) عبور کند، سیم‌ها گرم می‌شوند و این گرمای بیش از حد باعث صدمه دیدن عایق آن‌ها شده و می‌تواند باعث آتش‌سوزی و خسارت‌های زیادی به تأسیسات الکتریکی شود. برای حفاظت سیم‌ها می‌توان از رله و فیوزها استفاده نمود. این وسایل بایستی طوری انتخاب شوند که در صورت بروز اضافه جریان یا اتصال

### ۲-۳- حفاظت الکتریکی

تعریف: به اقداماتی که باید در تأسیسات الکتریکی انجام داد تا این که خطرات ناشی از جریان برق باعث صدمه زدن به اشخاص و دستگاه‌های الکتریکی نگردد، حفاظت الکتریکی می‌گویند.

### ۲-۴- انواع حفاظت

۲-۴-۱- حفاظت سیم‌ها و کابل‌ها: وقتی برای مدت

### ۳-۴-۲- حفاظت اشخاص: تحقیقات نشان می دهد که

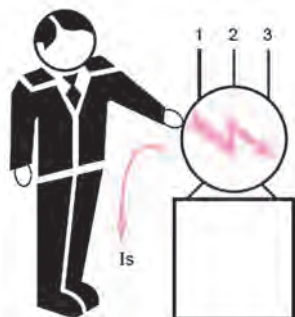
پنجاه درصد از برق گرفتگی ها در اثر تماس مستقیم با سیم حامل برق در حمام، استخر، حیاط، زیرزمین، پارک ها و یا مکان های مرطوب بوده که جریان برق مستقیماً از بدن افراد عبور کرده است و بقیه به علت فرسودگی سیم ها و یا عایق نبودن صحیح دستگاه های برقی صنعتی و خانگی و یا سیم کشی های غلط اتفاق افتاده است. در صورت اتصال یک سیم به بدنه فلزی دستگاه، ولتاژ بین بدنه دستگاه و زمین به وجود می آید حال اگر شخصی بدنه ی دستگاه را لمس نماید، بین محل تماس بدن و زمین ولتاژی به وجود می آید (ولتاژ تماس) که چنانچه مقدار آن از ۶۵ ولت بیش تر باشد برای او خطرناک خواهد بود. هم چنین جریان خطرناک برای انسان ۰/۰۵ آمپر می باشد. مقاومت بدن انسان حدود ۱۳۰۰ تا ۳۰۰۰ اهم است.

### ۵-۲- برق گرفتگی

برق گرفتگی یک تحریک ناگهانی و اتفاقی سیستم عصبی بدن بر اثر عبور جریان الکتریکی است. به عبارت دیگر عبور جریان برق از بدن را برق گرفتگی می گویند. برق گرفتگی در شخص زمانی به وجود می آید که شخص در مسیر عبور جریان برق قرار گیرد (شکل ۸-۲).



الف) تماس مستقیم با سیم برق



ب) تماس با بدنه فلزی دستگاه که اتصال بدنه پیدا کرده

شکل ۸-۲

کوتاه در کوتاه ترین زمان ممکن و قبل از این که صدمه ای به سیم ها و تجهیزات الکتریکی برسد مصرف کننده را از برق قطع کند.

### ۲-۴-۲- حفاظت مصرف کننده ها و دستگاه های

الکتریکی: مصرف کننده ها و دستگاه های الکتریکی بایستی در مقابل خطاهای احتمالی از قبیل اتصال کوتاه و اضافه جریان حفاظت شوند. برای حفاظت این دستگاه ها معمولاً قبل از مصرف کننده، از فیوزها و رله های حرارتی طوری استفاده می شود، که در صورت بروز خطا، مصرف کننده به طور کلی از برق جدا شود. بخش عمده مصرف کننده ها در تأسیسات الکتریکی را موتورها تشکیل می دهند. از این رو در مورد نحوه حفاظت آن ها بیش تر توضیح می دهیم. معمولاً جهت حفاظت موتورهای الکتریکی از کلید محافظ موتور استفاده می شود.

### کلید محافظ موتور: این کلید، موتور را در مقابل بار

اضافی که روی آن قرار می گیرد و هم چنین اتصال کوتاه حفاظت می کند. به این صورت که چنانچه در اثر اضافه باری که روی موتور قرار می گیرد و یا قطع یکی از فازهای شبکه برق (که به آن اصطلاحاً دو فاز شدن موتور می گویند) جریان کمی بیش تر از جریان نامی موتور شود، حرارت بی متال بالا رفته و در اثر تغییر فرم به اهرم فشار آورده و کلید موتور را قطع می کند. اگر خطایی مانند اتصال کوتاه در موتور پیش آید در اثر عبور جریان زیاد از سیم پیچ این کلید، اهرم آهنی به سرعت به سمت هسته جذب شده و کلید را قطع می نماید (شکل ۷-۲).



شکل ۷-۲- شکل ظاهری کلید محافظ موتور

## ۲-۶- اقدامات لازم برای نجات شخص برق گرفته

مرحله اول: شخص برق گرفته را باید از منبع برق جدا کرد این عمل با قطع کردن کلید مدار یا قطع فیوز صورت می‌گیرد اگر نتوان برق را قطع کرد باید شخص را توسط یک عایق از منبع برق جدا کرد. برای این کار باید با استفاده از ماده نارسانا منبع برق را از مصدوم دور کرد. هرگز نباید مستقیماً به مصدوم دست زد (شکل ۲-۹).



شکل ۲-۹- طریقه جدا کردن شخص برق گرفته

پزشک مراجعه شود شکل ۲-۱۰ نحوه گرفتن نبض و تشخیص تنفس را نشان می‌دهد.

مرحله دوم: باید علایم حیاتی شخص برق گرفته را بررسی کرد مثلاً نبض دارد یا نه اگر نبض داشت و نفس نمی‌کشید باید تنفس مصنوعی را شروع کرد. در صورت احیای تنفس باید به



شکل ۲-۱۰



## ۲-۷-۲- انواع حفاظت اشخاص

برای کاهش امکان برق گرفتگی افراد از سیستم‌های ایمنی استفاده می‌شود. سیستم‌های ایمنی بسیار متنوع هستند. متداول‌ترین آن‌ها عبارتند از:

۲-۷-۱- حفاظت توسط سیم زمین

۲-۷-۲- حفاظت توسط عایق کاری

۲-۷-۳- حفاظت توسط ولتاژ کم

۲-۷-۴- حفاظت توسط کلید محافظ جان FI

هر کدام از انواع حفاظت اشخاص دارای خصوصیتی

می‌باشد که به شرح آن‌ها می‌پردازیم:

۲-۷-۱- حفاظت توسط سیم زمین: قسمت‌های

فلزی بدنه‌ی دستگاه‌های برقی که شخص آن‌ها را لمس می‌کند.

توسط یک سیم به زمین وصل می‌شوند. در این صورت اگر

دستگاهی اتصال بدنه پیدا کند. جریان برق به جای عبور از بدن شخص از طریق سیم بدنه به زمین متصل می‌شود. زیرا مقاومت

سیم زمین (سیم ارت) بسیار کم‌تر از مقاومت بدن شخص می‌باشد.

سیستم اتصال زمین (چاه ارت): برای این که سیم

اتصال بدنه دستگاه را به زمین متصل کنند، چاهی حفر می‌کنند

عمق چاه در مناطق مختلف به دلیل خصوصیات خاک منطقه

متفاوت است، ولی بهترین چاه آن است که به قسمت نمناک و

مرطوب زمین رسیده باشد. زیرا چنین خاکی دارای مقاومت

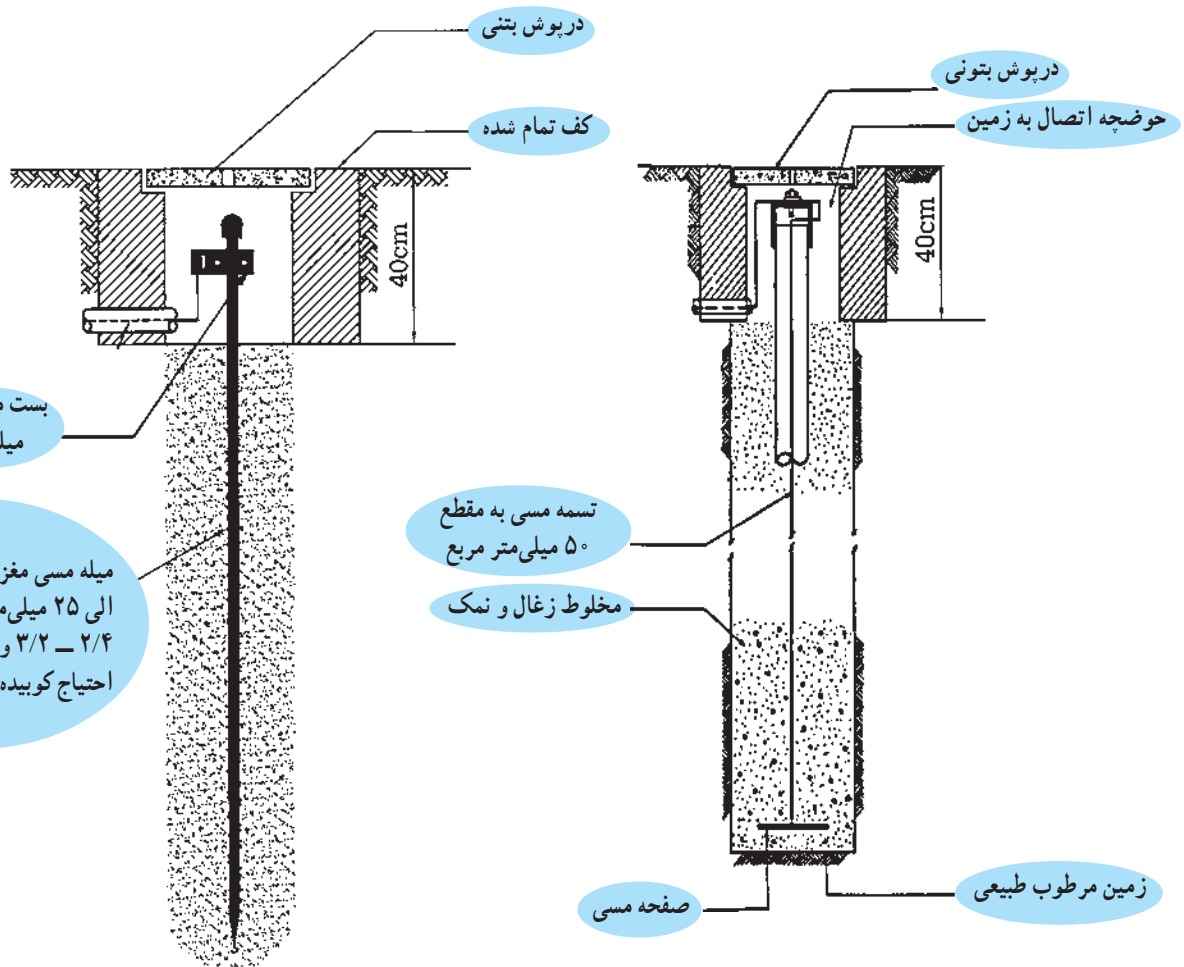
الکتریکی کمی می‌باشد. سپس صفحه یا تسمه‌ی موسوم به الکترو

را به انتهای چاه قرار داده و با یک سیم مسی با مقاومت الکتریکی

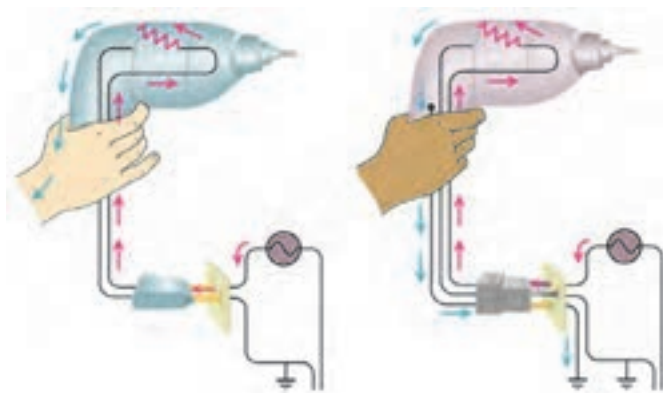
کم به بیرون چاه هدایت می‌کنند. اطراف صفحه را با مواد کاهنده

مقاومت مانند زغال و نمک یا بنتونیت پرمی‌کنند. سیم خروجی

از این چاه به بدنه فلزی دستگاه‌ها متصل می‌شود.



شکل ۱۱-۲



الف) پریز بدون سیم ارت

ب) پریز با سیم ارت

در شکل ۱۲-۲ الف دستگاه اتصال بدنه پیدا کرده و به محض تماس شخص با دستگاه جریان از بدن او گذشته و دچار برق‌گرفتگی می‌شود. در شکل ۱۲-۲ ب به دلیل وجود سیم ارت تمامی جریان از سیم ارت عبور کرده و به شخص آسیبی نمی‌رسانند.

شکل ۱۲-۲

ب: نوارهای تاییده شده مسی

ج: میله‌ها یا لوله‌های مسی یا فولادی قلع‌اندود شده به

شکل‌های شبکه‌ای، حلقه‌ای یا شعاعی.

الکتروود زمین: عبارت است از یک قطعه هادی که در

زمین قرار داده می‌شود و سیم زمین به آن متصل می‌شود.

الکتروودها در انواع مختلف ساخته می‌شوند:

الف: صفحات فلزی قلع‌اندود

نواری			لوله‌ای	صفحه‌ای

شکل ۱۳-۲ انواع الکتروود زمین

– چراغ و پایه چراغ‌های حیاط و روشنایی پارک‌ها وسایل

فلزی از قبیل پل و نرده و غیره در معابر عمومی. وسایل تفریحی

وسایلی که اتصال سیم ارت به آن‌ها الزامی است عبارتند

از:

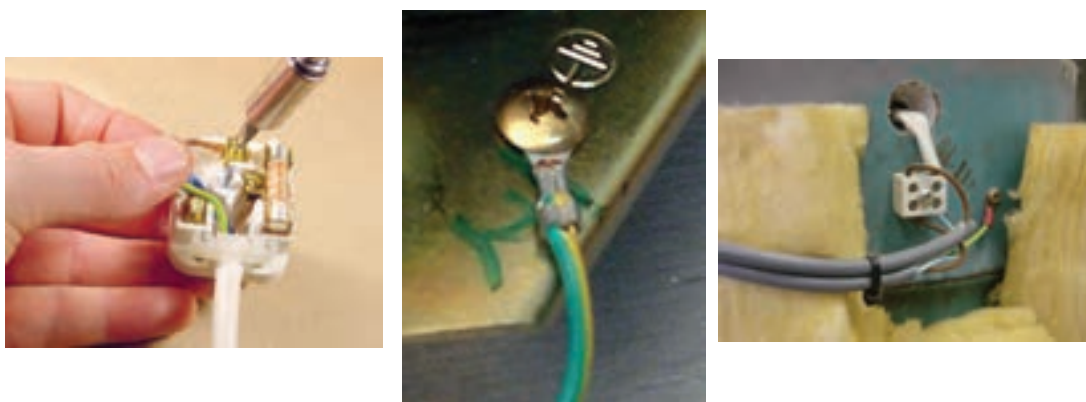
### تحقیق کنید

از سیستم اتصال زمین هنرستان خود یا یک مرکز صنعتی بازدید کرده و گزارش آن را به کلاس ارائه دهید.

در پارک‌ها.

- لوازم خانگی برقی مانند سماور، پلوپز، بخاری برقی، ماشین لباسشویی، کولر و سایر لوازم فلزی آشپزخانه.
- پریزهای منازل و کارگاه‌ها.
- ماشین آلات در صنایع و وسایل دیگر الکتریکی.

رنگ استاندارد روکش سیم ارت سبز و زرد است و در (۲-۱۴).  
وسایل الکتریکی این سیم به بدنه دستگاه‌ها پیچ می‌شود (شکل



شکل ۲-۱۴- اتصال سیم ارت به بدنه دستگاه‌ها و دو شاخه



شکل ۲-۱۵- تست اتصال بدنه

هم‌چنین کلیه وسایل الکتریکی پس از تولید تست عایقی می‌شوند تا هیچ‌گونه ارتباط الکتریکی بین سیم‌های هادی آن با بدنه فلزی دستگاه وجود نداشته باشد (شکل ۲-۱۵).

#### ۲-۷-۴- حفاظت توسط کلید محافظ جان FI :

اساس کار این کلید بر پایه‌ی اختلاف جریان بین سیم‌های رفت و برگشت یک دستگاه الکتریکی می‌باشد. طبق شکل ۲-۱۹ در صورت کار عادی دستگاه اختلاف جریانی بین سیم‌های رفت و برگشت وجود ندارد. اما در صورتی که دستگاه اتصال بدنه پیدا کند، اختلاف جریانی بین سیم‌های رفت و برگشت به وجود می‌آید که باعث ایجاد میدان مغناطیسی شده و به رله فرمان می‌دهد تا مدار را قطع نماید.

این وسیله به اندازه‌ای حساس است که می‌تواند جریان‌های نشتی کوچک را که باعث عملکرد فیوز نمی‌شود ولی می‌تواند برای شروع یک آتش‌سوزی یا برق‌گرفتگی کافی باشد حس کرده و منبع تغذیه را در چند دهم یا صدم ثانیه قطع کند.

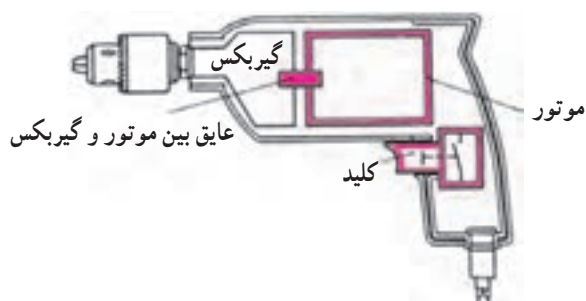


تابلو و میز کار شما باید مجهز به کلید محافظ جان باشد.

شکل ۲-۱۸- کلید مظهری کلید محافظ جان

#### ۲-۷-۲- حفاظت توسط عایق‌کاری : در این روش

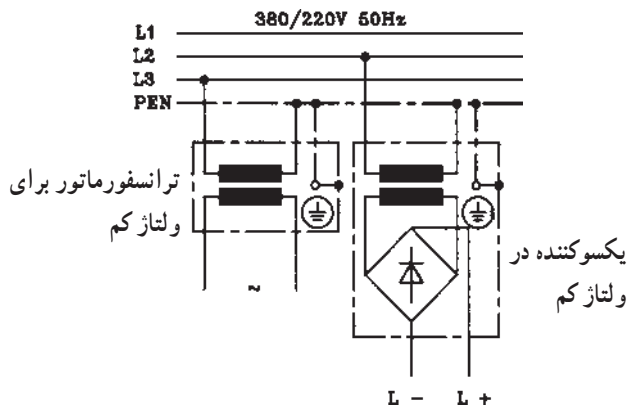
تمام قسمت‌هایی که امکان اتصال برق با بدن انسان را دارد عایق می‌کنند. در مورد دستگاه‌هایی که ساکن هستند می‌توان کف زمین را عایق کاری نمود. ولی در دستگاه‌های قابل حمل یا متحرک مانند دریل برقی، جاروبرقی و ... برای جلوگیری از برق‌دار شدن بدنه فلزی آن‌ها، کارخانه سازنده، آن دستگاه را با یک لایه اضافی دیگر عایق می‌کند. در این روش نیازی به اتصال زمین وجود ندارد. شکل ۲-۱۶ این نوع حفاظت دارای علامت مشخصه □ روی وسایل الکتریکی است.



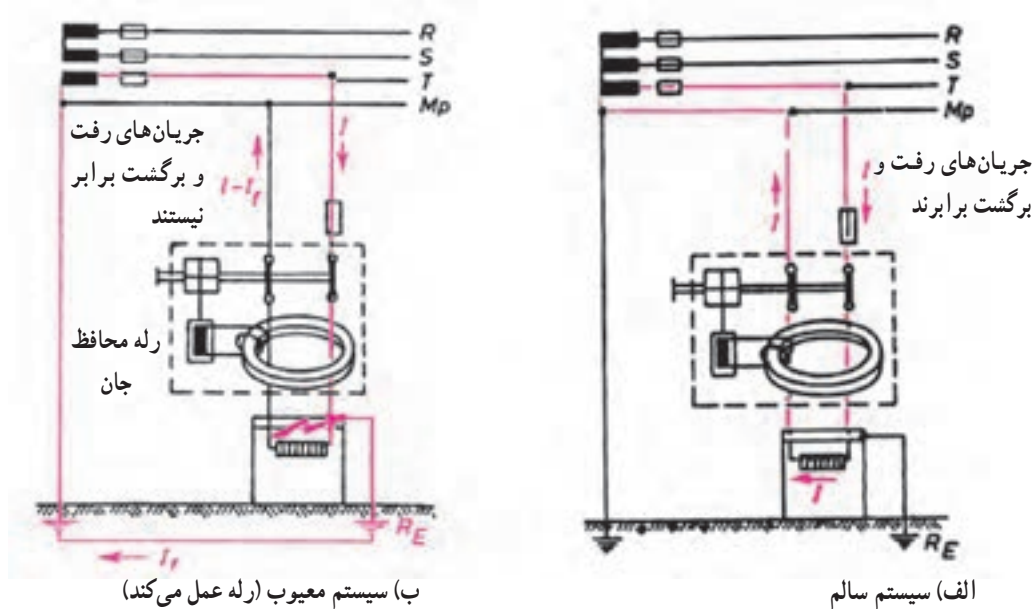
شکل ۲-۱۶- عایق مضاعف در دستگاه‌های متحرک

#### ۲-۷-۳- حفاظت توسط ولتاژ کم و ولتاژ کم:

ولتاژهای کمتر از ۵۰ ولت که برای انسان خطرناک نیست برای حفاظت استفاده می‌شود. این ولتاژ توسط یک ترانسفورماتور کاهنده با دو سیم پیچ جداگانه استفاده می‌شود. کاربرد این روش در دستگاه‌های پزشکی، اسباب‌بازی‌های الکتروموتوری و ... است (شکل ۲-۱۷).




شکل ۲-۱۷- ترانس کاهنده ولتاژ



شکل ۱۹-۲- مدار الکتریکی کلید محافظ جان

## ۸-۲- توصیه‌های ایمنی

- ۱- چراغ را خاموش کنید و با استفاده از فازمتر از قطع جریان برق مطمئن شوید.
- ۲- هنگام شست‌وشوی کف آشپزخانه وسایل برقی را از برق جدا کنید و سعی کنید آب روی کلیدها و پریزها و همچنین وسایل برقی پاشیده نشود.
- ۳- سیم‌های برق باید دارای روپوش عایق بوده و از پیچیده شدن آن‌ها به دور اشیای تیز و برنده جلوگیری کنید (شکل ۲۰-۲).

- ۱- هرگاه بر روی تابلو برق علامت  را مشاهده کردید از باز کردن درب تابلو و دست زدن به قسمت‌های داخلی آن خودداری کنید.
- ۲- از کشیدن سیم از کف منزل یا زیرفرش که احتمال برخورد پای افراد با آن و یا پوسیدن سیم وجود دارد خودداری کنید.
- ۳- هنگام تعویض لامپ سوخته یا شکسته حتماً کلید



شکل ۲۰-۲

۸- سیم‌های پوسیده و زخمی وسایل الکتریکی را تعویض کنید (شکل ۲-۲۲).



شکل ۲-۲۲

۶- در هنگام طوفان و رعد و برق لوازم برقی حساس مثل تلویزیون، یخچال، کامپیوتر را خاموش و از پریز جدا نمایید.  
۷- از یک پریز برق برای چند وسیله برقی استفاده نکنید (شکل ۲-۲۱).



شکل ۲-۲۱

### سوالات



- ۱- روش‌های حفاظت الکتریکی را نام ببرید.
- ۲- برق‌گرفتگی را تعریف کنید.
- ۳- انواع حفاظت شخص را نام ببرید.
- ۴- سیستم اتصال زمین را شرح دهید.
- ۵- انواع زمین کردن را نام برده و یک مورد را توضیح دهید.
- ۶- نحوه کار رله محافظ جان در حفاظت شخص را بیان کنید.
- ۷- چرا تماس شخصی با بدنه دستگاهی که دارای سیم ارت می‌باشد، خطر آفرین نیست؟