

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# برق تأسیسات

رشته تأسیسات

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۱۸۶۵

۶۹۶	خدادادی، شهرام
ب۴۷۸/خ	برق تأسیسات / مؤلفان: شهرام خدادادی، محمدحسن اسلامی، محمد قربانی، احمد آقازاده هریس.
۱۳۹۴	— تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
	۲۱۸ ص. : مصور. — (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۱۸۶۵)
	متون درسی رشته تأسیسات، زمینه صنعت.
	برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته
	تأسیسات دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
	۱. تأسیسات. ۲. برق. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های
	درسی رشته تأسیسات. ب. عنوان. ج. فروست.

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :  
پیشنهادهای و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران- صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتابهای درسی  
فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.  
پیام‌نگار (ایمیل) [info@tvoccd.medu.ir](mailto:info@tvoccd.medu.ir)  
وب‌گاه (وب‌سایت) [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

## وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

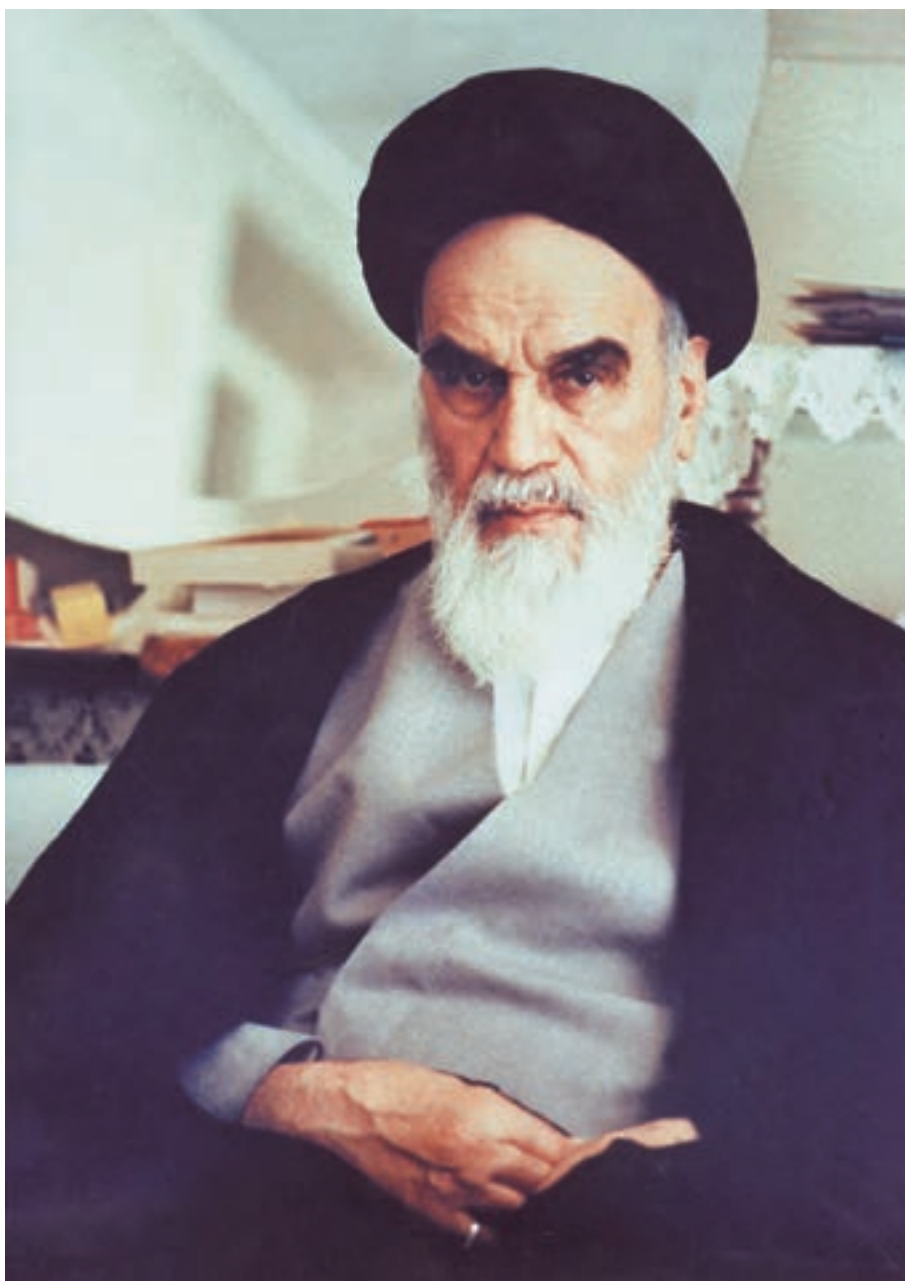
برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتابهای درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش  
نام کتاب : برق تأسیسات - ۴۹۲/۹  
مؤلفان : شهرام خدادادی، محمدحسن اسلامی، محمد قربانی و احمد آقازاده هریس  
اعضای کمیسیون تخصصی : داود بیطرفان، سیدحسن میرمنتظری، محسن جعفرآبادی، امیر لیلان مهرآبادی،  
حسن ضیغمی، محمد قربانی، رضا افشاری نژاد و احمد آقازاده هریس  
ویراستار ادبی : حسین داودی  
آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی  
تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت : [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

مدیر امور فنی و چاپ : سید احمد حسینی  
رسم فنی : محمد سیاحی، المیرا شیرین سخن و فاطمه رئیسین فیروزآباد  
طراح جلد : طاهره حسن‌زاده  
صفحه‌آرا : معصومه چهره‌آرا ضیابری  
حروفچین : فاطمه باقری مهر  
مصحح : رضا جعفری، علیرضا کاهه  
امور آماده‌سازی خبر : فاطمه پزشکی  
امور فنی رایانه‌ای : حمید ثابت کلاچاهی، سیده‌شیوا شیخ‌الاسلامی  
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروبخش)  
تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹  
چاپخانه : کارون  
سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پنجم ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۱۹۹۳-۶ ISBN 978-964-05-1993-6



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات  
کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل  
نباشید و از اتکای به اجانب پرهیزید.  
امام خمینی «قدس سرّه الشریف»

## فهرست

۱	فصل یکم – آشنایی با الکتریسیته
۳	۱-۱- ماده
۳	۱-۲- مولکول
۳	۱-۳- اتم
۴	۱-۴- مواد از نظر هدایت الکتریکی
۵	۱-۵- روش‌های تولید و مصرف الکتریسیته
۱۱	۱-۶- مصرف الکتریسیته
۱۱	۱-۷- انواع الکتریسیته جاری
۱۴	فصل دوم – کمیت‌های الکتریکی
۱۶	۲-۱- جریان الکتریکی
۱۷	۲-۲- پتانسیل الکتریکی (ولتاژ)
۱۸	۲-۳- مقاومت الکتریکی
۱۸	۲-۴- مقاومت الکتریکی سیم
۱۹	۲-۵- پیشوندهای واحدهای اندازه‌گیری
۲۰	۲-۶- مدار الکتریکی
۲۰	۲-۷- اجزای مدار الکتریکی
۲۱	۲-۸- مدار بسته و مدار باز
۲۲	۲-۹- قانون اهم
۲۳	۲-۱۰- اتصال کوتاه
۲۳	۲-۱۱- انواع مقاومت‌های اهمی
۲۸	فصل سوم – کار و توان
۳۰	۳-۱- کار الکتریکی
۳۰	۳-۲- توان الکتریکی
۳۳	۳-۳- ضریب بهره (راندمان)
۳۴	۳-۴- ارتباط انرژی الکتریکی با گرما
۳۸	فصل چهارم – مدارهای الکتریکی «مقاومتی»
۴۰	۴-۱- اتصال سری
۵۱	۴-۲- اتصال موازی
۵۹	فصل پنجم – جریان متناوب
۶۲	۵-۱- چگونگی تولید جریان متناوب در ژنراتورها
۶۳	۵-۲- آشنایی با مشخصات جریان متناوب
۶۵	۵-۳- جریان متناوب سه فاز و تک فاز



۷۰	فصل ششم — سلف
۷۲	۶-۱ — مغناطیس و الکترومغناطیس
۷۴	۶-۲ — بارهای مقاومتی و بارهای القایی
۷۴	۶-۳ — سلف (سیم پیچ)
۷۵	۶-۴ — ساختمان بوبین
۷۵	۶-۵ — عملکرد سلف
۷۷	۶-۶ — اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار سلفی

۸۰	فصل هفتم — خازن
۸۲	۷-۱ — خازن
۸۲	۷-۲ — ساختمان خازن
۸۲	۷-۳ — ظرفیت خازن
۸۳	۷-۴ — عوامل فیزیکی مؤثر در ظرفیت خازن
۸۵	۷-۵ — شارژ و دشارژ خازن
۸۶	۷-۶ — ثابت زمانی خازن
۸۷	۷-۷ — انتخاب خازن
۸۷	۷-۸ — اتصال خازن‌ها
۹۱	۷-۹ — عملکرد خازن
۹۳	۷-۱۰ — انواع خازن
۹۴	۷-۱۱ — کاربرد خازن‌ها

۹۹	فصل هشتم — ترانسفورماتور
۱۰۱	۸-۱ — ترانسفورماتور تک فاز
۱۰۱	۸-۲ — ساختمان ترانسفورماتور
۱۰۲	۸-۳ — اساس کار ترانسفورماتور
۱۰۴	۸-۴ — انواع ترانسفورماتورها

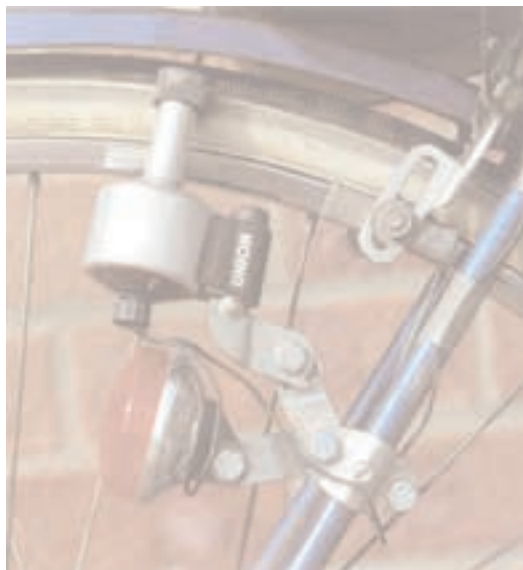
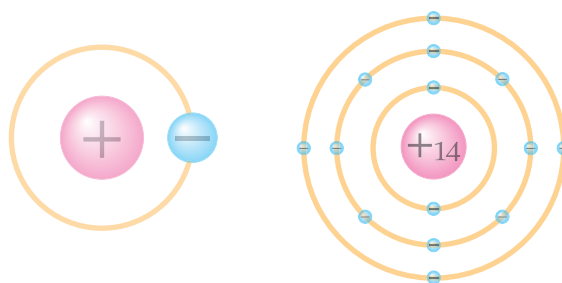
۱۰۸	فصل نهم — موتورهای الکتریکی جریان متناوب
۱۱۱	۹-۱ — موتورهای الکتریکی
۱۱۲	۹-۲ — ساختمان داخلی موتورهای آسنکرون
۱۱۵	۹-۳ — آشنایی با پلاک مشخصات موتورهای سه فاز
۱۱۶	۹-۴ — پلاک اتصالات موتور (تخته کلم)
۱۱۸	۹-۵ — راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون
۱۱۸	۹-۶ — راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون در شبکه تک فاز
۱۱۹	۹-۷ — الکتروموتورهای تک فاز
۱۲۵	۹-۸ — پلاک اتصال موتورهای تک فاز (تخته کلم)
۱۲۵	۹-۹ — پلاک مشخصات الکتروموتورهای تک فاز

۱۲۸	فصل دهم — حفاظت الکتریکی
۱۳۰	۱-۱- انواع حفاظت الکتریکی
۱۳۲	۱-۲- انواع روش‌های حفاظت اشخاص
۱۳۷	۱-۳- توصیه‌های ایمنی
۱۳۹	فصل یازدهم — الکترونیک
۱۴۱	۱۱-۱- دیود
۱۴۳	۱۱-۲- مدار یکسو کننده
۱۴۴	۱۱-۳- ترمیستورها
۱۴۶	۱۱-۴- ترانزیستور
۱۴۸	۱۱-۵- ترموستات دیجیتال
۱۴۸	۱۱-۶- ترانس دیوسر
۱۵۲	فصل دوازدهم — نقشه‌خوانی برق
۱۵۴	۱۲-۱- علائم اختصاری وسایل الکتریکی
۱۵۷	۱۲-۲- مدارهای الکتریکی
۱۵۸	۱۲-۳- علائم اختصاری مدارهای صنعتی
۱۶۲	۱۲-۴- نقشه مدارهای صنعتی
۱۶۹	فصل سیزدهم — دستگاه‌های الکتریکی تأسیسات مکانیکی ساختمان
۱۷۱	۱۳-۱- نقشه‌های الکتریکی
۱۷۲	۱۳-۲- کولر آبی
۱۷۶	۱۳-۳- فن کویل
۱۸۶	۱۳-۴- کوره هوای گرم
۱۸۸	۱۳-۵- مشعل گازوئیل سوز
۱۹۱	۱۳-۶- مشعل گازسوز (دمنده‌دار)
۱۹۴	۱۳-۷- مدار برقی یک موتورخانه حرارت مرکزی و تهویه مطبوع
۱۹۹	فصل چهاردهم — دستگاه‌های سرد کننده
۲۰۱	۱۴-۱- الکتروموتورها
۲۰۲	۱۴-۲- مدار الکتریکی الکتروموتورهای بسته
۲۰۳	۱۴-۳- کنترل محافظ بار اضافی (اورلود)
۲۰۵	۱۴-۴- تایمر دیفرست
۲۰۵	۱۴-۵- الکتروموتور فن‌ها
۲۰۵	۱۴-۶- گرم‌کن‌ها
۲۰۶	۱۴-۷- ترموستات‌ها
۲۰۷	۱۴-۸- یخچال خانگی
۲۰۹	۱۴-۹- یخچال فریزر

## آشنایی با الکتریسیته

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنجار انتظار می‌رود :

- ۱- ماده، مولکول و اتم را تعریف کند.
- ۲- اجزای اتم را نام ببرد.
- ۳- بار الکتریکی ذرات تشکیل دهنده اتم را بیان کند.
- ۴- انواع مواد از نظر هدایت الکتریکی را با ذکر مثال توضیح دهد.
- ۵- روش‌های تولید الکتریسیته را شرح دهد.
- ۶- روش‌های مصرف الکتریسیته را نام ببرد.
- ۷- انواع الکتریسیته جاری را توضیح دهد.



## سیمای فصل ۱

– آشنایی با مفاهیم اولیه

– ماده

– مولکول

– اتم

– مواد از نظر هدایت الکتریکی

هادی ها

عایق ها

نیمه هادی ها

مالش

شیمیایی

فشاری

حرارت

نور

مغناطیس

– روش های تولید الکتریسیته

– مصرف الکتریسیته

– انواع الکتریسیته جاری



آشنایی با دانشمندان



کولن

(1738–1806 /Coulomb, Charles Augustin)

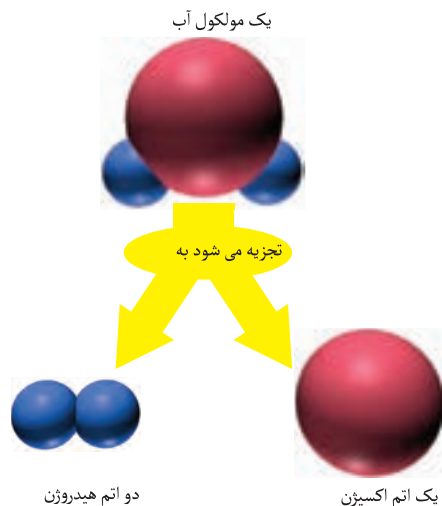
او دانشمند فرانسوی است که حرفه اش مهندسی نظامی بود. به علوم و ریاضیات علاقه داشت.

کولن با ابداع ترازوی پیچشی خاصی توانست ثابت کند که نیروی الکتریکی بین توپ های کوچک باردار از قانون عکس مجذور فاصله پیروی می کند. بررسی های او در این مورد مشابه کار کاوندیش در مورد گرانث بود. یکای مقدار الکتریسیته به احترام او کولن نامیده می شود.

# ۱- آشنایی با مفاهیم اولیه

## ۱-۲- مولکول

به کوچک ترین جزء یک ماده که خواص آن ماده را دارد «مولکول» گویند، مانند یک مولکول آب.



شکل ۱-۴

## ۱-۳- اتم

به کوچک ترین اندازه ای که یک مولکول را می توان تقسیم کرد اتم گویند، مانند اتم هیدروژن و اتم اکسیژن که مولکول آب را تشکیل می دهند.

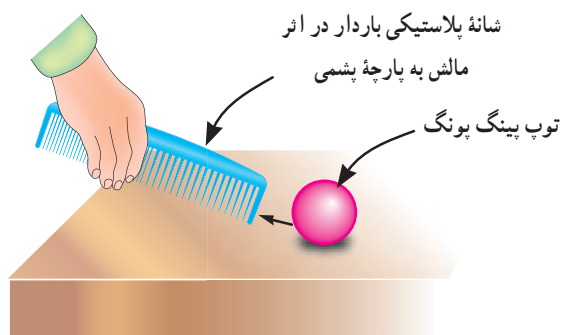
هر اتم از دو قسمت «هسته» و «مدارهای الکترونی (لایه ها)» تشکیل شده است. هسته اتم از ذرات پروتون با بار مثبت و نوترون با بار خنثا تشکیل شده است. الکترون ها با بار منفی (مشابه شکل ۱-۵) بر روی مدارهای بیضی شکل، هم به دور خود و هم به دور هسته اتم می چرخند.



شکل ۱-۵

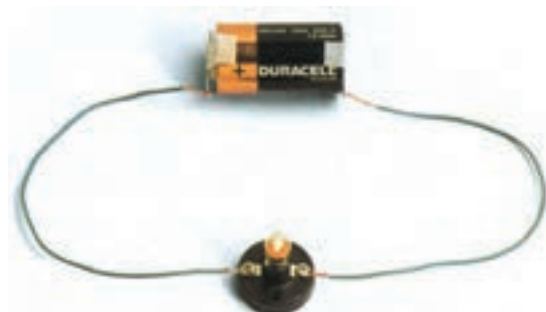
برای سهولت در بررسی، مدارهای هر اتم را به صورت دایره شکل نشان می دهند. در شکل ۱-۶ مدار اتمی مس و هیدروژن نشان داده شده است.

به طور کلی الکتریسیته در دو نوع ساکن و جاری تولید می شود و مورد استفاده قرار می گیرد. زمینه کاربرد الکتریسیته جاری از الکتریسیته ساکن بسیار بیش تر است.



شکل ۱-۱

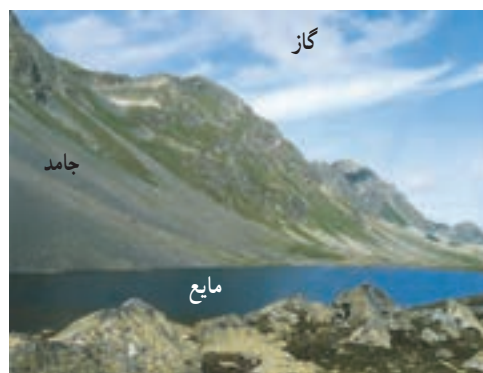
پایه و اساس تولید و کاربرد الکتریسیته الکترون است. برای آشنایی با چگونگی تولید الکتریسیته لازم است تا با مفاهیم زیر آشنا شویم.



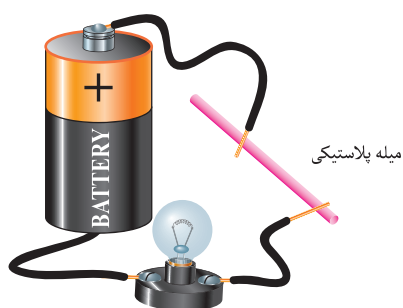
شکل ۱-۲

## ۱-۱- ماده

به هر جسمی که دارای جرم باشد و فضا را اشغال کند «ماده» گویند، مانند سنگ، آب، اکسیژن.

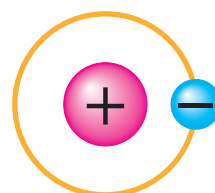


شکل ۱-۳

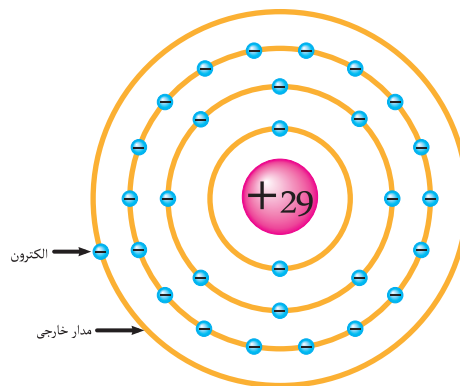


شکل ۸-۱

۱-۴-۱ هادی ها : به ماده ای که الکترون های لایه آخر خود را به راحتی آزاد کند هادی گویند. به بیانی دیگر هادی ها موادی هستند که جریان الکتریکی را به راحتی از خود عبور می دهند. تعداد الکترون های لایه آخر هادی ها ۱، ۲ یا ۳ الکترون است. از جمله هادی ها می توان به مس، نقره و طلا اشاره کرد (شکل ۹-۱).

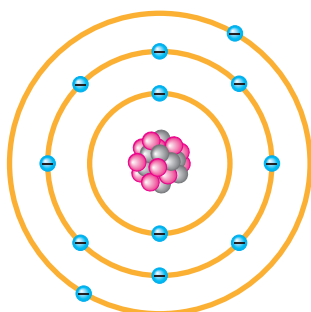


الف) مدار اتمی هیدروژن



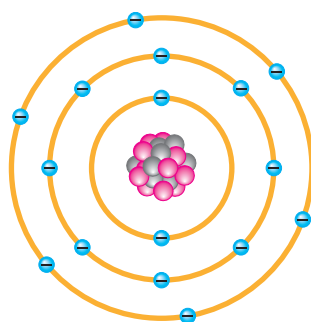
ب) مدار الکترونی اتم مس

شکل ۶-۱



شکل ۹-۱ مدار الکترونی اتم منیزیم با ۲ الکترون در لایه آخر

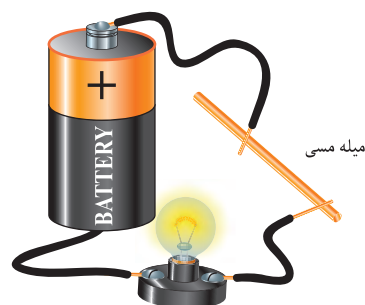
۲-۴-۱ عایق ها



شکل ۱۰-۱ مدار الکترونی اتم گوگرد با ۶ الکترون در لایه آخر

## ۱-۴ مواد از نظر هدایت الکتریکی

در شکل ۷-۱ میله مسی جریان الکتریکی را از خود عبور می دهد و لامپ روشن است می گوئیم مس هادی الکتریسیته است.



شکل ۷-۱

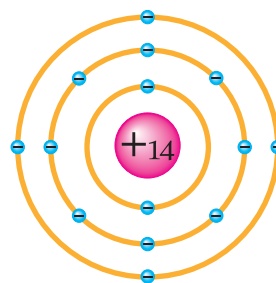
در شکل ۸-۱ میله پلاستیکی جریان الکتریکی را از خود عبور نمی دهد و لامپ خاموش است می گوئیم پلاستیک عایق الکتریسیته است.



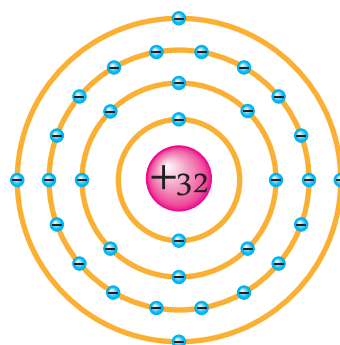
شکل ۱۲-۱ روش های تولید الکتریسیته

به ماده ای که الکترون های لایه آخر خود را به راحتی آزاد نکند عایق گویند. به بیانی دیگر عایق ها موادی هستند که جریان الکتریکی را به راحتی از خود عبور نمی دهند. عایق ها موادی هستند که لایه آخر اتم آن ها ۵ تا ۸ الکترون دارد. از جمله عایق ها می توان به شیشه، چوب، پلاستیک کائوچو؛ میکا و گازهای بی اثر اشاره کرد. شکل ۱۰-۱ مدار اتمی گوگرد را نشان می دهد.

۳-۴-۱- نیمه هادی ها: به موادی که تعداد الکترون های لایه آخر آن ها ۴ الکترون است و جریان الکتریکی را به سختی و تحت شرایطی خاص از خود عبور می دهند نیمه هادی گفته می شود. از جمله نیمه هادی ها می توان به ژرمانیم و سیلیسیم اشاره کرد. شکل ۱۱-۱ مدار الکترونی اتم ژرمانیم و سیلیسیم را نشان می دهد.



الف) مدار اتمی سیلیسیم

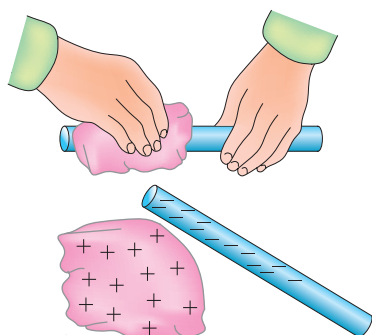


ب) مدار اتمی ژرمانیم

شکل ۱۱-۱

#### ۱-۵-۱- الکتریسیته حاصل از اصطکاک (مالش):

هرگاه میله شیشه ای را به ابریشم یا یک میله کائوچویی به پشم مالش دهیم، بار الکتریکی تولید می شود. به این بارها الکتریسیته ساکن می گویند. الکتریسیته ساکن هنگامی به وجود می آید که جسمی الکترون هایش را به جسم دیگر منتقل کند. سطح خارجی برخی از مواد الکترون آزاد دارند که می توانند به اجسام دیگر منتقل کنند و به همین دلیل عایق هایی مانند شیشه و کائوچو می توانند الکتریسیته ساکن را تولید کنند (شکل ۱۳-۱).



پس از مالش دادن یک میله کائوچویی به پشم، آن ها دارای بار الکتریکی می شوند.

شکل ۱۳-۱ الکتریسیته مالشی (تریبو الکتریک)

#### ۵-۱- روش های تولید و مصرف الکتریسیته

حرکت الکترون های آزاد را الکتریسیته گویند چون الکترون های لایه آخر بیش از سایر الکترون ها از هسته دورند و هم چنین بالاترین سطح انرژی را دارند، به آسانی آزاد می شوند. شکل ۱۲-۱ روش های تولید الکتریسیته را نشان می دهد.

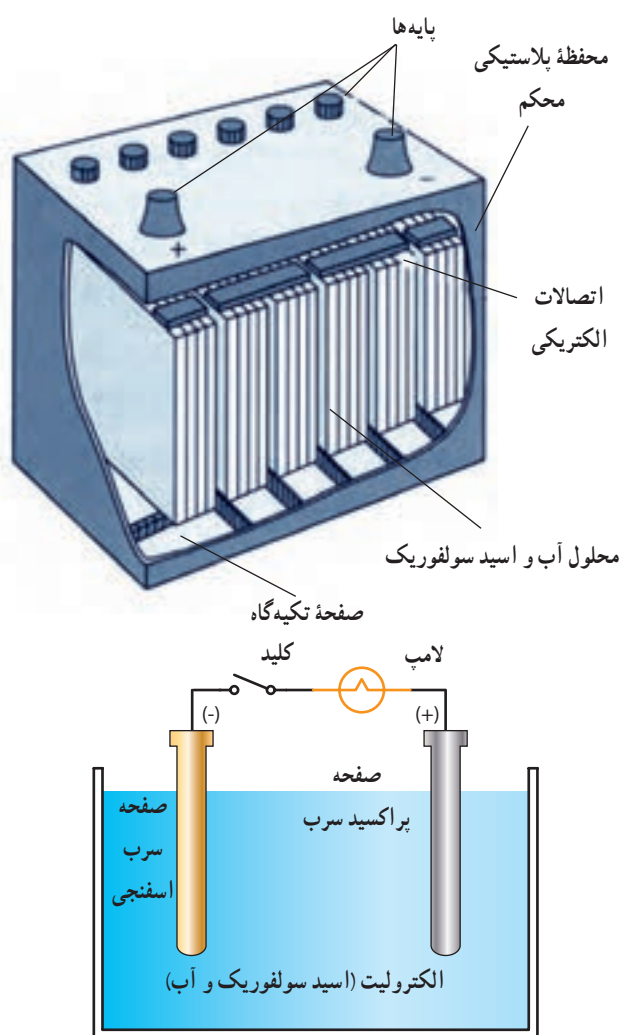
## ۲-۵-۱- الکتریسیته حاصل از فعل و انفعالات

شیمیایی: نخستین نمونه از تبدیل واکنش شیمیایی به انرژی الکتریکی باتری مورد استفاده در ماشین‌ها، رادیو، ماشین حساب و... است. باتری‌ها به دو دسته «تر» مانند باتری اتومبیل و «خشک» مانند باتری، ماشین حساب تقسیم می‌شوند.

باتری «تر» عبارت از یک ظرف پلاستیکی محتوی محلول اسید سولفوریک و آب است این محلول «الکتrolیت» نامیده می‌شود. در این محلول صفحاتی از سرب اسفنجی و پراکسید سرب به صورت آویزان قرار گرفته‌اند به این صفحات «الکتروده» می‌گویند. واکنش شیمیایی محلول اسید سولفوریک و آب موجب بیرون شدن الکترون از الکتروده پراکسید سرب می‌شود و این الکتروده با کاهش الکترون آزاد مواجه می‌شود و الکتروده مثبت را به وجود می‌آورد.

پس از آن الکترون‌های آزاد روی الکتروده سرب اسفنجی می‌نشینند. بدین ترتیب الکتروده با الکترون آزاد اضافی به وجود می‌آید که الکتروده منفی در مقایسه با الکتروده پراکسید مثبت است و اختلاف پتانسیل یا اختلاف ولتاژی بین صفحات به وجود می‌آید.

شکل ۱۴-۱ یک باتری قابل شارژ را با یک مدار الکتریکی دارای یک لامپ و یک کلید کنترل در بیرون نشان می‌دهد. هنگامی که کلید بسته می‌شود الکترون از راه مدار کامل از الکتروده منفی به طرف الکتروده مثبت جریان می‌یابد. در لامپ انرژی الکتریکی به انرژی نورانی و حرارتی تبدیل می‌شود و باعث قرمز شدن لامپ می‌گردد.



شکل ۱۴-۱ پیل شیمیایی سرب اسیدی (باتری)

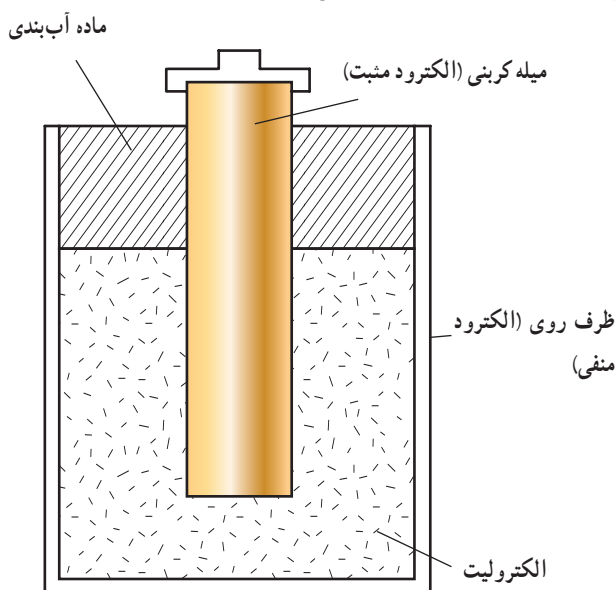
واکنش شیمیایی بین الکترودها و الکتrolیت ادامه می‌یابد. در اثر این واکنش الکترون از الکتروده مثبت گرفته شده به الکتروده منفی داده می‌شود و جریان انرژی الکتریکی در مدار برقرار است. چون جریان الکتریکی پیوسته در یک جهت از الکتروده منفی به الکتروده مثبت است. این نوع انرژی الکتریکی به عنوان جریان مستقیم<sup>۱</sup> شناخته می‌شود.

انرژی الکتریکی یک باتری تا زمانی است که در قطب مثبت الکترون آزاد تولید شود. تولید الکترون به تدریج موجب می‌شود که پراکسید سرب به سولفیت سرب تبدیل شود و وقتی تبدیل الکتروده



نماید لذا برای تولید ولتاژ بالاتر از دو یا چند پیل الکتریکی استفاده می‌شود باتری ۶ ولت موتور از چهار پیل ۱/۵ ولت و باتری ۱۲ ولت اتومبیل از ۸ پیل ۱/۵ ولت ساخته می‌شود.

شکل ۱۵-۱ ساختمان یک باتری «خشک» را نشان می‌دهد. در این نوع باتری الکترولیت خمیری شکل است و واکنش شیمیایی همان واکنش باتری «تر» است. باتری خشک به صورت قابل شارژ و غیرقابل شارژ ساخته می‌شوند.



شکل ۱۵-۱ ساختمان باتری خشک

به سولفیت سرب کامل شود واکنش متوقف می‌شود و باتری قادر به تولید انرژی الکتریکی نخواهد بود.

برای شارژ مجدد و به کار انداختن باتری می‌توان از یک منبع الکتریکی دیگر استفاده کرد. در این حالت انرژی الکتریکی در جهت عکس اعمال می‌شود به طوری که الکترون از الکتروود منفی به الکتروود مثبت برده می‌شود در نتیجه بار دیگر پراکسید سرب الکتروود مثبت و سرب اسفنجی الکتروود منفی می‌شود. هر پیل به تنهایی می‌تواند ۱/۵ ولت فشار الکتریکی تولید

بیش تر در مورد کریستال ها و بعضی سرامیک های مخصوص خود را نشان می دهد. کریستال های پیزوالکتریک در بعضی میکروفون ها مورد استفاده قرار می گیرند.

هر چه فشار اعمال شده بیش تر و زمان کوتاه تر باشد ولتاژ به وجود آمده بیش تر خواهد بود. افزایش تدریجی فشار باعث تولید اثر پیزوالکتریک نخواهد شد. فندک های مورد استفاده در وسایل گازسوز امروزی از نوع پیزوالکتریک هستند (شکل ۱۶-۱).

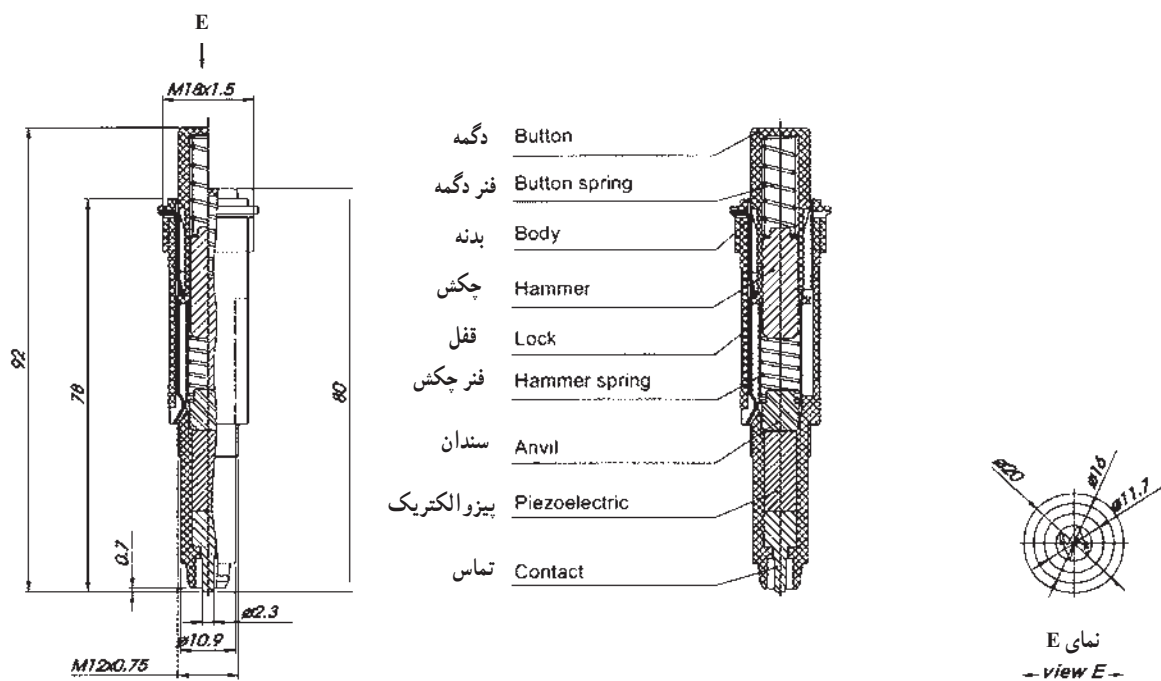
### ۳-۵-۱ الکتریسیته حاصل از فشار مکانیکی :

هنگامی که به بعضی اجسام فشار وارد می کنیم، الکترون های آنها در جهت نیرو از مدار خارج می شوند. در نتیجه، الکترون های یک طرف جسم را ترک می کنند و در طرف دیگر آن جمع می شوند. بنابراین، در دو جهت مخالف جسم بارهای مثبت و منفی به وجود می آیند. هنگامی که فشار قطع می شود، الکترون ها به مدارهای خود باز می گردند.

به اثر فشار برای تولید بارهای الکتریکی، اثر پیزوالکتریک<sup>۱</sup> می گویند. پیزو یک کلمه یونانی به معنای فشار است. این اثر



(الف)



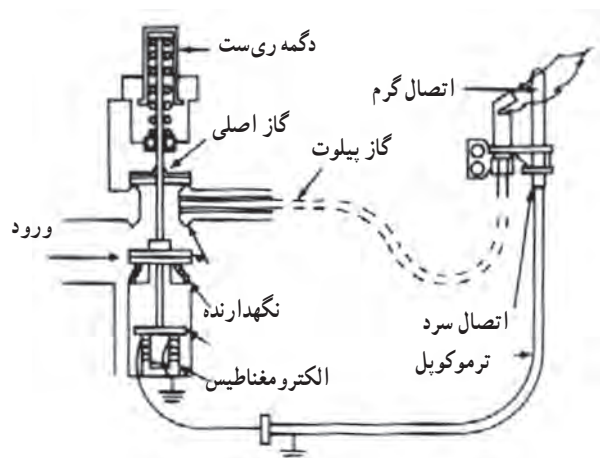
(ب)

شکل ۱۶-۱

الکترون‌ها از اتم مس خارج و به اتم روی وارد می‌شوند. در نتیجه، فلز روی الکترون‌های اضافی کسب می‌کند و به طور منفی باردار می‌شود و مس که الکترون‌های خود را از دست داده است، دارای بار مثبت می‌شود (شکل ۱۷-۱ الف و ب).

۴-۵-۱- الکتريسيته حاصل از حرارت : در دو جسم غير مشابه هنگام اتصال، انتقال الكترون صورت مي‌گيرد. فلزات در درجه حرارت معمولی اتاق نیز می‌توانند الکترون آزاد کنند. برای مثال، اگر مس و روی را به یکدیگر متصل کنیم،

در شکل ۱۹-۱ کاربرد ترموکوپل در کنترل شعله یک وسیله گازسوز نشان داده شده است. تا هنگامی که شعله پیلوت روشن است ترموکوپل و جریان حاصل از آن شیر پیلوت را باز نگه می‌دارد اگر شعله خاموش شود مسیر گاز کاملاً بسته می‌شود.



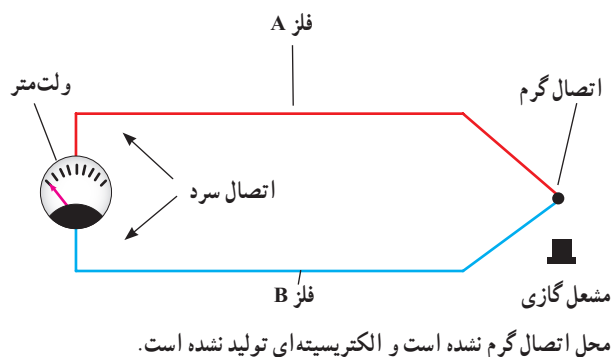
شکل ۱۹-۱ کاربرد ترموکوپل در کنترل وسایل گازسوز

### ۵-۵-۱- الکتریسیته حاصل از نور: نور نوعی

انرژی است که از ذرات حامل انرژی به نام فوتون به وجود می‌آید. هنگامی که فوتون‌های یک شعاع نوری با جسمی برخورد می‌کنند، انرژی خود را از دست می‌دهند. در بعضی اجسام، انرژی فوتون‌ها باعث آزادی الکترون‌ها می‌شود. اجسامی مانند پتاسیم، سدیم، ژرمانیم و سولفات سرب در مقابل نور الکترون از دست می‌دهند.

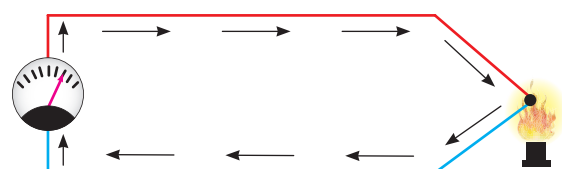
یکی از روش‌های تولید الکتریسیته حاصل از نور روش فتوولتیک است. در این روش انرژی نورانی تابیده شده به یکی از دو صفحه متصل به هم باعث تخلیه الکترون از یکی به دیگری می‌شود. در نتیجه، مانند باتری در دو صفحه بارهای مخالف ایجاد می‌شود.

امروزه با استفاده از نور تابیده شده خورشید بر روی پیل‌های خورشیدی الکتریسیته تولید می‌شود. شکل ۲۰-۱ یک نمونه از این روش را نشان می‌دهد.



محل اتصال گرم نشده است و الکتریسیته‌ای تولید نشده است.

شکل ۱۷-۱- الف



محل اتصال گرم شده است و الکتریسیته در مدار جریان یافته است.

شکل ۱۷-۱- ب- اثر ترموالکتریک

بارهایی که در درجه حرارت اتاق تولید می‌شوند، کم هستند، زیرا انرژی حرارتی کافی برای آزاد کردن الکترون‌های بیش‌تر وجود ندارد ولی اگر محل اتصال دو فلز را حرارت دهیم، انرژی بیش‌تری تولید می‌شود و الکترون‌های بیش‌تری آزاد می‌گردند. به این روش ترموالکتریسیته گفته می‌شود. هرچه حرارت داده شده بیش‌تر باشد، بار بیش‌تری تولید می‌شود. به اتصال این دو فلز ترموکوپل می‌گویند. هنگامی که چندین ترموکوپل به یک‌دیگر متصل شوند، یک ترموپیل (باتری حرارتی) به وجود می‌آید. از ترموکوپل برای اندازه‌گیری درجه حرارت در کوره‌ها استفاده می‌شود (شکل ۱۸-۱).



شکل ۱۸-۱



الف) نیروگاه بادی



ب) نیروگاه کوچک خانگی خورشیدی

شکل ۱-۲۲

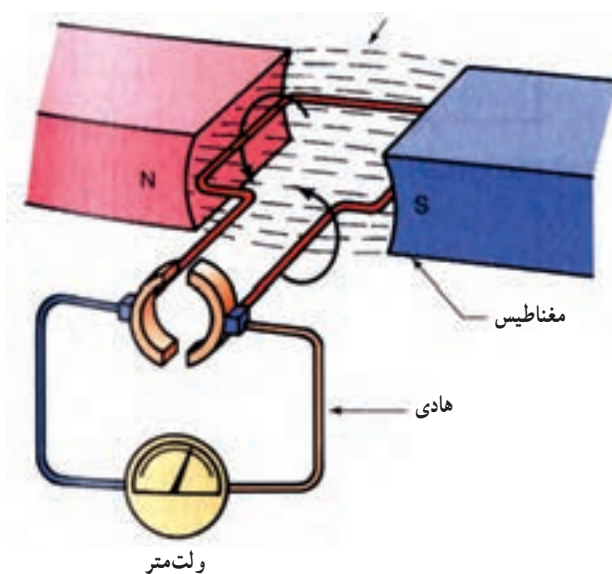
امروزه از محرک‌های مختلفی برای به حرکت درآوردن قسمت‌های متحرک مولدها یا تبدیل انرژی‌ها استفاده می‌شود که از جمله آن‌ها می‌توان به باد در نیروگاه‌های بادی؛ سوخت و گاز در نیروگاه‌های گازی؛ جزر و مد در نیروگاه‌های مجاور دریاها؛ سلول‌های نوری در نیروگاه‌های خورشیدی و انرژی نهفته در اتم در نیروگاه‌های اتمی اشاره کرد که به برخی از آن‌ها انرژی‌های نو اطلاق می‌شود (شکل ۱-۲۲). از جمله مولدهای ساده می‌توان به دینام دوچرخه اشاره کرد (شکل ۱-۲۳).



شکل ۱-۲۰- پیل خورشیدی

## ۱-۵-۶- الکتروسیسته حاصل از مغناطیس :

یک سیم مسی را در میدان مغناطیسی حرکت دهیم، الکترون‌های داخل سیم آزاد می‌شوند و در یک جهت به حرکت در می‌آیند. اساس تولید الکتروسیسته در ژنراتورها بر همین مبنا است (شکل ۱-۲۱).



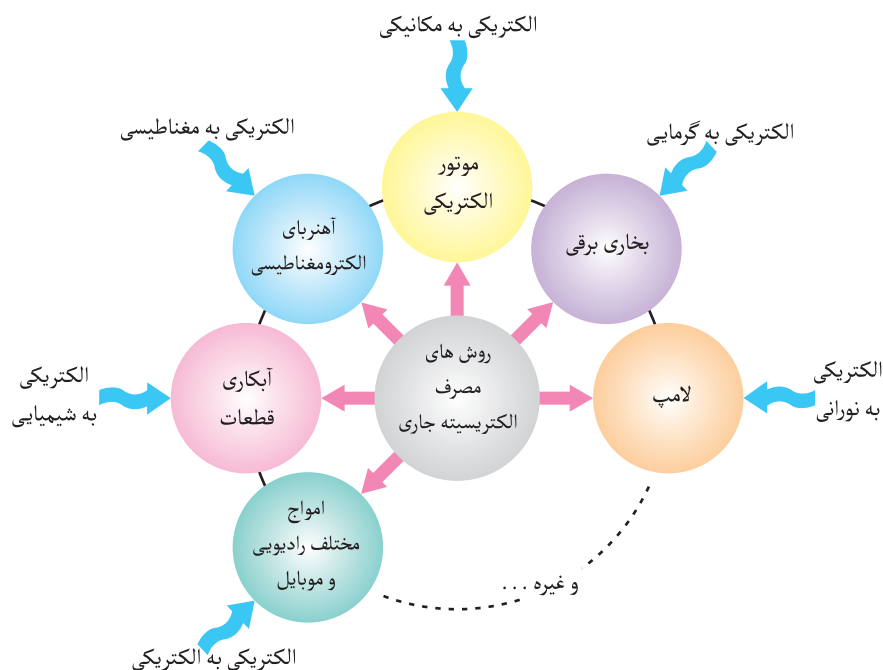
شکل ۱-۲۱- اساس تولید الکتروسیسته در ژنراتورها

## ۱-۶- مصرف الکتریسیته

زمینه‌های مصرف الکتریسیته تقریباً در تمامی علوم به نوعی وجود دارد که در شکل ۱-۲۴ به چند نمونه آن اشاره شده است.



شکل ۱-۲۳- دینام دو چرخه



شکل ۱-۲۴

## ۱-۷- انواع الکتریسیته جاری

می‌شود. در شکل ۱-۲۵ تصویر واقعی، همراه علامت اختصاری ژنراتورهای جریان مستقیم و متناوب را مشاهده می‌کنید. ژنراتور برق شهر از نوع جریان متناوب است.

الکتریسیته جاری در دو شکل کاملاً متفاوت جریان مستقیم<sup>۱</sup> و جریان متناوب<sup>۲</sup> توسط منابع خود تولید می‌شوند. در شکل کلی به منابع الکتریسیته «مولد» یا «ژنراتور»<sup>۳</sup> گفته

۱- Direct Current – DC

۲- Alternative Current – AC

۳- Generator



توضیح: امکان ذخیره کردن الکتریسیته از نوع جریان متناوب نیست اما جریان مستقیم را می‌توان در قالب باتری‌ها ذخیره نمود و در صورت نیاز از آن‌ها استفاده کرد. شکل ۱-۲۶ تصویر چند نمونه باتری را نشان می‌دهد.



باتری خودرو



الف) ژنراتور جریان مستقیم همراه علامت اختصاری



باتری قلمی



باتری کتابی



ب) ژنراتور جریان متناوب به همراه علامت اختصاری

شکل ۱-۲۶- تصویر چند نمونه باتری (مولدهای جریان مستقیم)

شکل ۱-۲۵

◀ پرسش‌های چهار گزینه‌ای

۱- کوچک‌ترین جزء یک مولکول را ..... گویند.

الف) مرکب      ب) ماده      ج) ترکیب      د) اتم

۲- کدام یک از ذرات اتم به ترتیب از راست به چپ دارای بار مثبت و منفی هستند؟

الف) پروتون - الکترون      ب) نوترون - الکترون      ج) نوترون - پروتون      د) الکترون - پروتون

◀ پرسش‌های درست و نادرست

۳- به کوچک‌ترین جزء یک ماده، مولکول گفته می‌شود. ☐ درست ☐ نادرست

۴- هسته هر اتم از دو ذره کوچک به نام‌های پروتون و الکترون تشکیل شده است. ☐ درست ☐ نادرست

۵- حرکت الکترون‌ها به دور هسته اتم بر روی مدارهای دایره‌ای است. ☐ درست ☐ نادرست

۶- در اجسام رسانا الکترون‌های لایه آخر اتم‌ها به راحتی آزاد می‌شوند. ☐ درست ☐ نادرست

◀ پرسش‌های پرکردنی

۷- ذره نوترون ..... اتم قرار دارد و از نظر بار الکتریکی ..... است.

۸- الکترون‌ها در عایق‌ها ..... از مدار خود جدا می‌شوند.

۹- تعداد الکترون‌ها لایه آخر نیمه هادی‌ها ..... الکترون است.

◀ پرسش‌های تشریحی

۱۰- انرژی الکتریکی مورد نیاز منازل شما از چه نوعی است و از چه طریقی تأمین می‌شود؟

۱۱- سه روش تولید الکتریسیته را مختصراً شرح دهید.

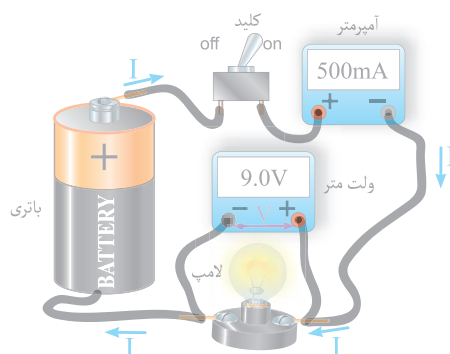
۱۲- پنج مورد از مصرف الکتریسیته (چگونگی تبدیل انرژی) را توضیح دهید.

\* در حد دو صفحه، تحقیقی از چگونگی تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه‌های بادی؛ خورشیدی و اتمی تهیه کنید و برای دوستان خود ارائه نمایید.

## کمیت‌های الکتریکی

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

- ۱- جریان الکتریکی را تعریف کند.
- ۲- پتانسیل الکتریکی (ولتاژ) را تعریف کند.
- ۳- مقاومت الکتریکی را تعریف کند.
- ۴- مقاومت الکتریکی سیم را توضیح دهد.
- ۵- پیشوندهای واحدهای اندازه‌گیری را توضیح دهد.
- ۶- مدار الکتریکی را تعریف کند.
- ۷- اجزای اصلی و فرعی مدار الکتریکی را نام ببرد.
- ۸- مفاهیم مدار بسته و مدار باز را شرح دهد.
- ۹- قانون اهم را با ذکر رابطه توضیح دهد.
- ۱۰- مفهوم حالت اتصال کوتاه در مدارهای الکتریکی را شرح دهد.
- ۱۱- انواع مقاومت‌های اهمی را توضیح دهد.





## سیمای فصل ۲

- جریان الکتریکی
- پتانسیل الکتریکی (ولتاژ)
- مقاومت الکتریکی
- مقاومت الکتریکی سیم
- پیشوندهای واحدهای اندازه‌گیری
- مدار الکتریکی
- اجزای مدار الکتریکی
- مدار بسته
- مدار باز
- قانون اهم
- اتصال کوتاه
- انواع مقاومت‌های اهمی



آشنایی با دانشمندان

اُهم

(Ohm, George Simon / ۱۸۵۴ – ۱۷۸۷)



پدر این دانشمند آلمانی قفل‌ساز بود، ولی به مطالعه کتاب‌های علمی علاقه داشت و پسر را نیز تشویق می‌کرد. اهم در ۱۸ سالگی معلم ریاضی شد و پس از گرفتن دکترای ریاضی، استاد دانشگاه شهر کلن شد. در این زمان بود که با استفاده از تشابهی که میان انتقال گرما و الکتریسیته کشف کرد به اندازه‌گیری شدت جریان الکتریکی پرداخت و قانونی را ارائه داد که امروز به نام «قانون اهم» معروف است. انجمن سلطنتی انگلستان بزرگ‌ترین نشان علمی خود را به پاس کشف این قانون به او اهدا کرد. واحد مقاومت الکتریکی نیز به احترام او اهم نامیده می‌شود.

## ۲- کمیت‌های الکتریکی

### ۲-۱- جریان الکتریکی

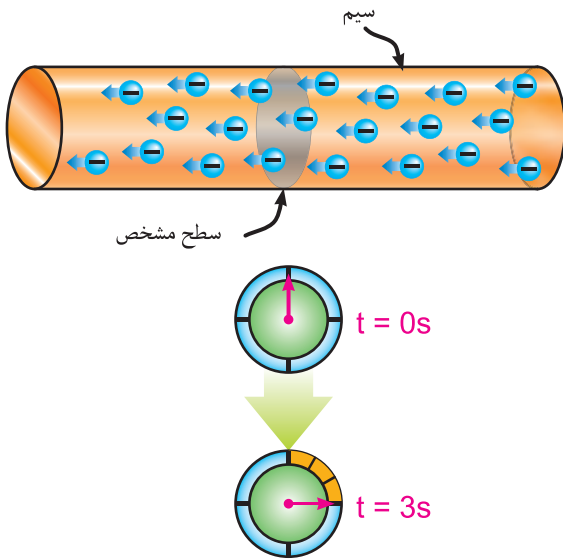
اگر بتوانیم با دادن انرژی الکترون‌های لایه آخر اتم را آزاد کنیم و در یک مسیر حرکت دهیم جریان الکتریکی به وجود می‌آید. به مقدار بار الکتریکی (الکترون‌های آزاد) که از یک سطح مشخص در طی مدت زمانی معین عبور کند، «شدت جریان الکتریکی» گفته می‌شود (شکل ۲-۱). شدت جریان الکتریکی را با حرف  $I$  نشان می‌دهند و واحد آن برحسب «آمپر - A» بیان می‌شود. بنا به تعریف اگر در یک ثانیه از یک نقطه سیم یک کولن الکتریسته عبور کند شدت جریان یک آمپر خواهد بود.

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

$I$  = شدت جریان بر حسب آمپر

$q$  = مقدار الکتریسته بر حسب کولن<sup>۱</sup>

$t$  = زمان بر حسب ثانیه



تعداد الکترون‌هایی که از سطحی مشخص در طی زمانی معین می‌گذرند.

شکل ۲-۱

وسیله‌ای که برای اندازه‌گیری شدت جریان به کار می‌رود «آمپر متر» نام دارد. آمپر متر در مدار به صورت سری بسته می‌شود. شکل ۲-۲ تصویر دو نمونه آمپر متر را به همراه علامت اختصاری آن‌ها نشان می‌دهد.

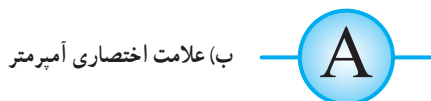


تابلویی



آزمایشگاهی

(الف) تصویر دو نمونه آمپر متر

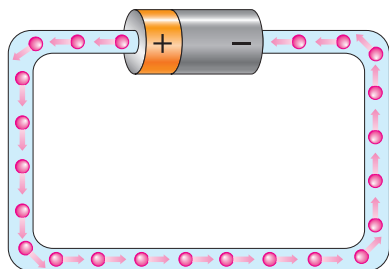


شکل ۲-۲

۱- یک کولن بار معادل  $(1.6 \times 10^{-19} \times 6.28 \times 10^{23})$  الکترون است.

## ۲-۲ پتانسیل الکتریکی (ولتاژ)

«ولت - V» بیان می‌شود. طبق قرارداد، همیشه اختلاف پتانسیل از پتانسیل بیش‌تر (مثبت) به سمت پتانسیل کم‌تر (منفی) جاری می‌شود (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵

وسیله‌ای که برای سنجش اختلاف پتانسیل به کار می‌رود «ولت‌متر» نام دارد. در شکل ۲-۶ تصویر دو نمونه ولت‌متر به همراه علامت اختصاری آن‌ها نشان داده شده است. ولت‌متر در مدار به صورت موازی بسته می‌شود.



آزمایشگاهی



تابلویی

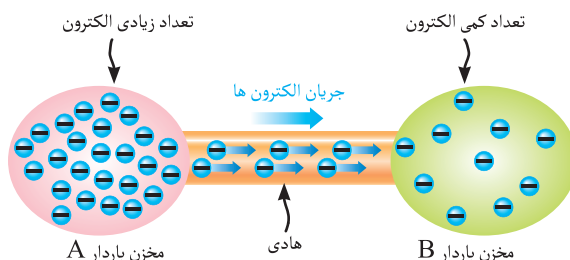
الف) دو نمونه ولت‌متر



ب) علامت اختصاری ولت‌متر

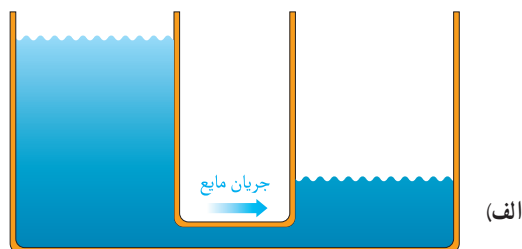
شکل ۲-۶

به اختلاف بار الکتریکی در دو نقطه «اختلاف پتانسیل» می‌گویند. اختلاف پتانسیل (ولتاژ) باعث حرکت الکترون‌های آزاد می‌شود (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳

اختلاف پتانسیل را می‌توان با اختلاف دما، که سبب انتقال گرما در یک جسم می‌شود یا اختلاف سطح مایع بین دو ظرف به هم پیوسته که سبب جاری شدن مایع بین دو ظرف می‌گردد، مقایسه کرد. همان‌طوری که اختلاف دما جهت انتقال گرما و اختلاف فشار مایع جهت حرکت مایع را مشخص می‌کند، اختلاف پتانسیل نیز جهت جریان الکتریکی را نشان می‌دهد (شکل ۲-۴). اختلاف پتانسیل یا «ولتاژ» را با حرف V نشان می‌دهند و واحد آن برحسب



اختلاف فشار مایع را جابه‌جا می‌کند



اختلاف دما سبب انتقال گرما می‌شود

شکل ۲-۴

جلوگیری از عبور جریان اضافی در مسیر وسایل الکتریکی استفاده می‌شود.

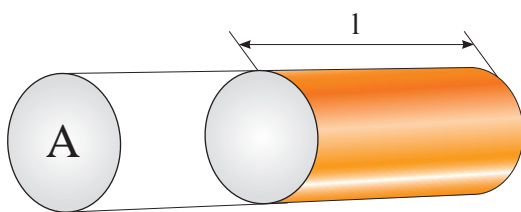
از جمله منابع ولتاژ باتری خشک قلمی دارای ولتاژ ۱/۵ ولت، باتری اتومبیل دارای ولتاژ ۱۲ ولت، برق شهر دارای ولتاژ ۲۲۰ ولت و برق‌های صنعتی دارای ولتاژ ۳۸۰ ولت را می‌توان نام برد. به اختلاف پتانسیل نیروی محرکه الکتریکی نیز می‌گویند.

## ۲-۴- مقاومت الکتریکی سیم

هرگاه بخواهیم براساس مشخصات داده شده شکل ۲-۹ مقاومت یک رشته سیم را به طول ۱ متر و سطح مقطع A میلی‌مترمربع از جنس مشخصی به دست آوریم می‌توانیم آن را از رابطه (۱) حساب کنیم.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1)$$

در این رابطه « $\rho$  - رو» نشان‌دهنده «مقاومت مخصوص» است که برحسب  $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$  بیان می‌شود. مقدار مقاومت



شکل ۲-۹

مخصوص برای جنس‌های مختلف متفاوت است.

مثال: مقاومت ۱۰۰ مترسیم مسی با سطح مقطع  $2/5 \text{ mm}^2$  چند اهم است؟

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

$$R = 0/0178 \times \frac{100}{2/5} = 0/712 \Omega \quad (\rho_{\text{cu}} = 0/0178 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}})$$

مثال: هرگاه برای برق‌رسانی به یک موتور الکتریکی که در فاصله ۱ کیلومتری از تابلوی برق قرار دارد، بخواهیم از سیم مسی با حداکثر مقاومت  $20 \Omega$  استفاده کنیم، سطح مقطع سیم را باید چند میلی‌متر مربع انتخاب کنیم؟

## ۲-۳- مقاومت الکتریکی

به ایستادگی ذرات هادی در مقابل عبور جریان الکتریکی «مقاومت الکتریکی» گفته می‌شود. مقاومت الکتریکی را با حرف R نشان می‌دهند و برحسب «اُهم -  $\Omega$ » محاسبه می‌شود. علامت اختصاری مقاومت الکتریکی یکی از تصاویر نشان داده شده در شکل ۲-۷ است. وسیله‌ای که برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی به کار می‌رود «اُهم‌تر» نام دارد، شکل ۲-۸ تصویر یک نمونه اُهم‌تر را به همراه علامت اختصاری آن نشان می‌دهد. از مقاومت‌های اهمی برای کنترل جریان الکتریکی و



شکل ۲-۷- علامت اختصاری مقاومت

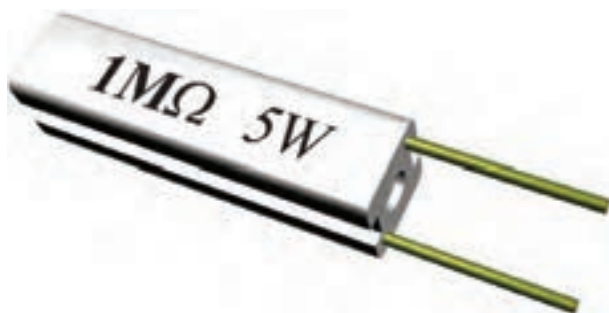


الف) یک نمونه اُهم‌تر



ب) علامت اختصاری اُهم‌تر

شکل ۲-۸



شکل ۲-۱۰

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

$$A = \rho \frac{l}{R} = 0.0178 \times \frac{1000}{2}$$

$$A = 8.9 \text{ mm}^2$$

## ۲-۵ پیشوندهای واحدهای اندازه گیری

برای نشان دادن واحدهای بزرگ تر یا کوچک تر از واحد اصلی از پیشوندهایی استفاده می شود که در جدول ۲-۱ مفاهیم و مقدار (ضریب) آن ها آمده است. برای مثال یک مگاوات معادل یک میلیون وات یا  $10^6 \text{ W}$  است. یا یک میکروآمپر معادل یک میلیونیم آمپر یا  $10^{-6} \text{ A}$  است.

جدول ۲-۱ تبدیل واحد

حرف اختصاری	نام ضریب	شکل نمایی ضریب	مقدار ضریب
T	ترا	$10^{12}$	1,000,000,000,000
G	گیگا	$10^9$	1,000,000,000
M	مگا	$10^6$	1,000,000
K	کیلو	$10^3$	1,000
H	هکتا	$10^2$	100
da	دکا	$10^1$	10
	واحد اصلی	$10^0$	1
d	دسی	$10^{-1}$	0/1
c	سانتی	$10^{-2}$	0/01
m	میلی	$10^{-3}$	0/001
$\mu$	میکرو	$10^{-6}$	0/000,001
n	نانو	$10^{-9}$	0/000,000,001
p	پیکو	$10^{-12}$	0/000,000,000,001

اضعاف

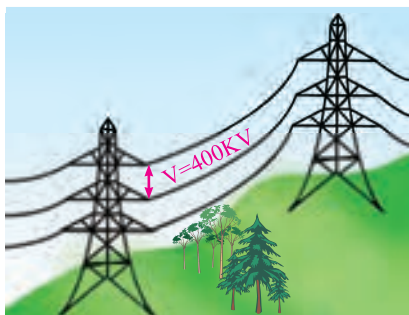
اجزاء

مثال: هرگاه ولتاژ بین سیم های دکل برق شکل ۲-۱۲ برابر  $400 \text{ kV}$  باشد این ولتاژ معادل چند ولت و چند میکرو ولت است؟

حل:

$$V = 400 \times 10^3 \text{ V}$$

$$V = 400 \times 10^3 \times 10^6 = 4 \times 10^{11} \text{ V}$$



شکل ۲-۱۲

مثال: مقاومت نشان داده شده در شکل ۲-۱۰ چند اهم است؟

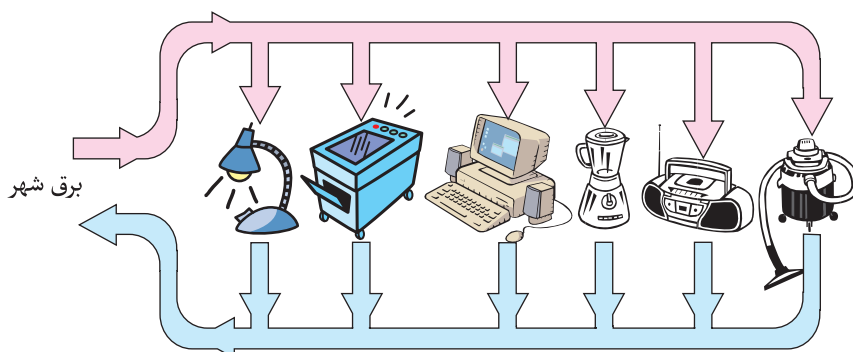


$$R = 1 \times 10^6 = 1,000,000 \Omega$$

حل:

## ۲-۶- مدار الکتریکی

گفته می‌شود. در شکل ۲-۱۳ مسیر جریان (مدار الکتریکی) چند وسیله الکتریکی را مشاهده می‌کنید.



مسیر عبور جریان الکتریکی (مدار) چند وسیله الکتریکی

شکل ۲-۱۳

## ۲-۷- اجزای مدار الکتریکی

به طور کلی اجزای مدار را به دو دسته کلی زیر می‌توان تقسیم کرد.

۱- اجزای اصلی

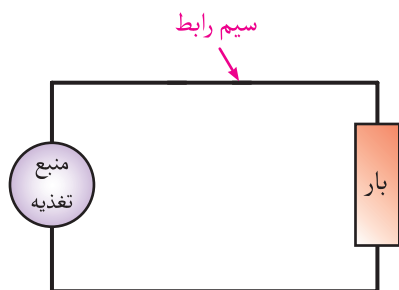
۲- اجزای فرعی

اجزای اصلی هر مدار به اجزایی گفته می‌شود که در یک مدار وجود آن‌ها جهت جاری شدن جریان ضروری است و نمی‌توان آن‌ها را نادیده گرفت و حذف کرد. اجزای اصلی مدار عبارت‌اند از:

I. منبع تغذیه<sup>۱</sup> (مولد یا باتری)

II. سیم‌های رابط (سیم یا کابل)

III. مصرف‌کننده (بار)<sup>۲</sup> (لامپ، بخاری برقی و ...)



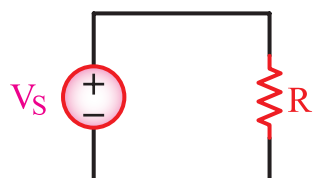
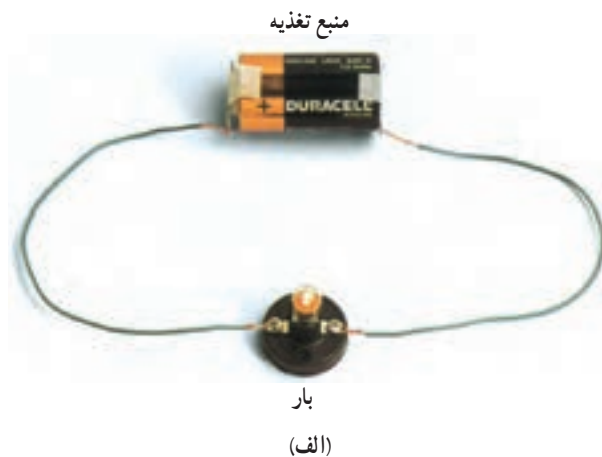
(الف)



مصرف‌کننده (بار)

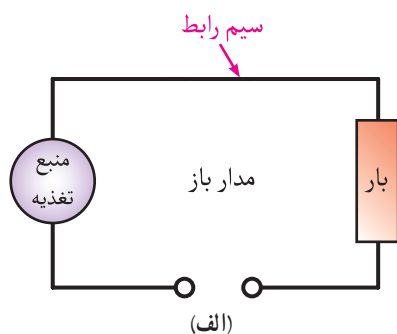
(ب)

شکل ۲-۱۴- تصویر مدار الکتریکی به همراه اجزای اصلی



(ب)

شکل ۲-۱۶



(ب) مدار باز

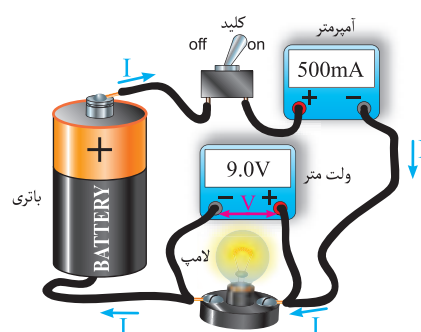
شکل ۲-۱۷

در هر مدار الکتریکی ممکن است علاوه بر اجزای اصلی از تجهیزات دیگری نیز استفاده شود که اصطلاحاً به آن‌ها «اجزای فرعی» گفته می‌شود. حضور اجزای فرعی در مدارهای الکتریکی ضرورت ندارد و در صورت نیاز نداشتن می‌توان از اتصال آن‌ها خودداری کرد. از جمله اجزای فرعی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

(الف) وسایل اندازه‌گیری (مانند: آمپر متر، ولت متر، اهم متر و ...)

(ب) وسایل حفاظتی (مانند: فیوز، رله‌های حفاظتی و ...)

(ج) وسایل کنترلی (مانند: کلیدهای دستی، کلیدهای مغناطیسی و ...)



شکل ۲-۱۵- تصویر مدار الکتریکی به همراه اجزای فرعی مدار

## ۲-۸- مدار بسته و مدار باز

مدار بسته (کامل) به مداری گفته می‌شود که جریان الکتریکی در سیم‌های آن جاری باشد. در شکل ۲-۱۶ تصویر یک مدار بسته واقعی به همراه شکل ترسیمی آن نشان داده شده است.

مدار باز به مداری اطلاق می‌شود که جریان الکتریکی در سیم‌های آن جاری نباشد. این امر در صورتی اتفاق می‌افتد که مانند شکل ۲-۱۷ مدار در نقطه‌ای قطع شده باشد یا این که مشابه شکل ۲-۱۸ توسط کلیدی مدار قطع شده باشد.



گاهی اوقات باز شدن مدار به شکل ناخواسته صورت می‌گیرد، مانند باز شدن سیم‌های داخلی مصرف‌کننده.

فرمول فوق را به صورت‌های زیر نیز می‌توان نوشت:

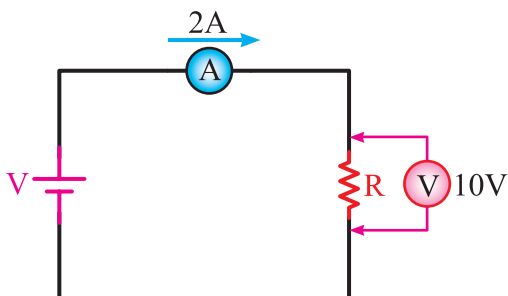
$$R = \frac{V}{I}$$

$$V = IR$$

مثال: در مدار شکل ۲-۲۰ مقدار مقاومت چند اهم



است؟

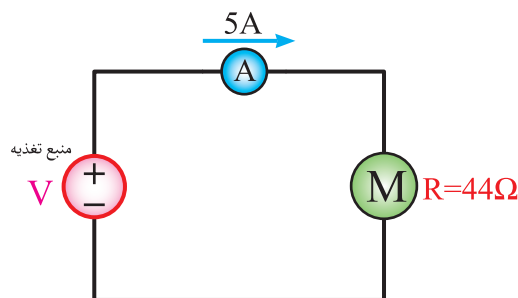


شکل ۲-۲۰

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10}{2} = 5\Omega$$

حل:

مثال: در مدار شکل ۲-۲۱ اختلاف پتانسیل منبع تغذیه باید چند ولت باشد تا جریان عبوری از مدار ۱۰ A شود؟



شکل ۲-۲۱

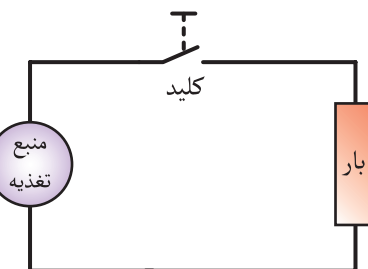
$$V = R \cdot I$$

$$V = 44 \times 5 = 220V$$

مثال: در مدار شکل ۲-۲۲ آمپر متر چند میلی‌آمپر را



نشان می‌دهد؟



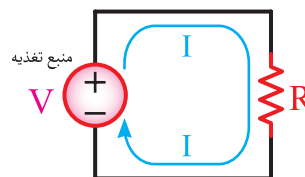
شکل ۲-۱۸

## ۲-۹- قانون اهم

جرج سیمون اهم براساس تحقیقاتی که انجام داد توانست به بررسی ارتباط بین شدت جریان الکتریکی جاری در یک مدار با ولتاژ و مقاومت الکتریکی آن بپردازد. وی نتایج خود را تحت عنوان «قانون اهم» بیان کرد.

اهم، پس از آزمایش‌های زیاد، به این نتیجه رسید که هرگاه در یک مدار مطابق شکل ۲-۱۹ ولتاژ مدار را افزایش دهیم جریان عبوری از مدار نیز افزایش می‌یابد. هم‌چنین اهم به این نتیجه رسید که هرگاه مقدار مقاومت یک مدار را افزایش دهیم جریان عبوری از مدار کاهش می‌یابد. وی نتایج آزمایش‌های خود را چنین بیان کرد. در یک مدار جریان مستقیم با ولتاژ نسبت مستقیم و با مقاومت نسبت عکس دارد.

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

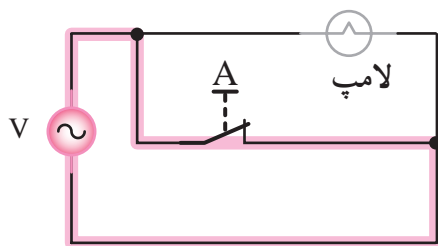


شکل ۲-۱۹

حل:







شکل ۲-۲۴

طبق قانون اهم داریم: (بی نهایت)  $I = \frac{V}{R} = \frac{V}{\infty} = 0$   
 پس می توان نتیجه گرفت در این حالت که کلید دو سر  
 لامپ را به هم متصل می کند مدار اتصال کوتاه می شود و جریان  
 شدیدی از آن می گذرد.

## ۱۱-۲ انواع مقاومت های اهمی

مقاومت های اهمی از نظر شکل استفاده به دو دسته کلی تقسیم  
 می شوند.

الف) مقاومت های ثابت

ب) مقاومت های متغیر

الف) مقاومت های اهمی ثابت

به آن گروه از مقاومت های اهمی که مقدارشان همواره ثابت  
 است مقاومت های ثابت گویند (شکل ۲-۲۵).



شکل ۲-۲۵

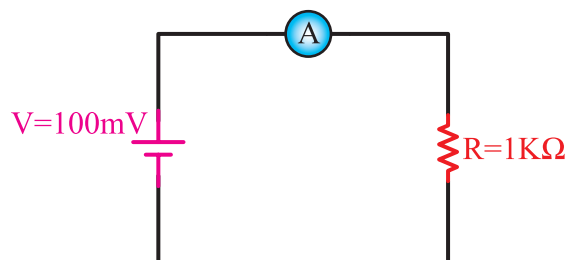
ب) مقاومت های اهمی متغیر

مقاومت های متغیر به مقاومت هایی گفته می شود که مقدارشان  
 ثابت نباشد و قابل تغییر است.  
 این مقاومت ها در دو نوع زیر ساخته می شوند.

حل:  $V = 100 \text{ mV} = \frac{100}{1000} = 0.1 \text{ V}$

$R = 1 \text{ k}\Omega = 1 \times 1000 = 1000 \Omega$

$I = \frac{V}{R} = \frac{0.1}{1000} = 0.0001 \text{ A}$   
 $= 0.1 \text{ mA}$

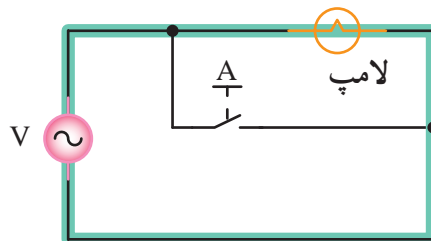


شکل ۲-۲۲

## ۱۰-۲ اتصال کوتاه

توجه: اصطلاحاً به شرایطی که مقاومت مدار به مقدار  
 صفر برسد وضعیت «اتصال کوتاه مدار» گویند. در شکل ۲-۲۳  
 اگر کلید A قطع باشد لامپ روشن است. مقدار جریان در این  
 حالت طبق قانون اهم برابر است با:

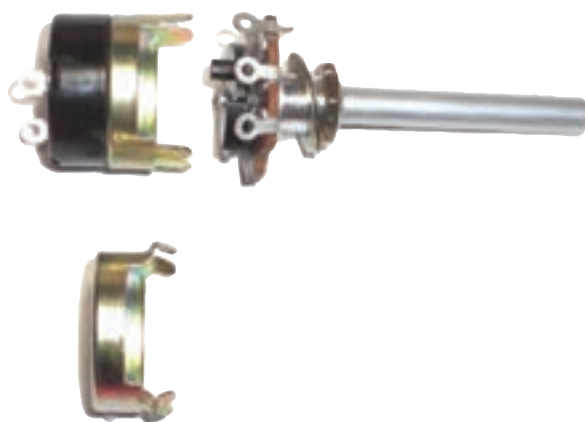
$$I = \frac{V \text{ (ولتاژ مدار)}}{R \text{ (مقاومت لامپ)}}$$



شکل ۲-۲۳

حال اگر کلید A را مطابق شکل ۲-۲۴ در حالت وصل  
 قرار دهیم جریان از مسیر جدید عبور می کند. چرا که این مسیر  
 هیچ گونه مقاومتی ندارد ( $R = 0$ ).

۱- مقاومت های متغیر قابل تنظیم دستی : مقاومت هایی هستند که با تغییر لغزنده روی آن می توان مقدار اهم مورد نیاز را تنظیم نمود و از پایانه های خروجی آن دریافت کرد. شکل ۲۶-۲ تصویر چند مدل از آن ها را نشان می دهد.



(الف)



(ب)

شکل ۲۶-۲

۲- مقاومت های متغیر وابسته : مقاومت هایی را که مقدار اهم آن ها به وسیله عوامل فیزیکی مختلف مانند حرارت، نور و ... تغییر می کند، مقاومت های متغیر وابسته گویند. در این جا فقط به معرفی دو نوع از این مقاومت ها اشاره می شود.

■ **مقاومت های متغیر تابع حرارت :** مقدار مقاومت های تابع حرارت در اثر تغییر حرارت مقاومتشان تغییر می کند. اصطلاحاً به این گروه از مقاومت ها «ترمیستور»<sup>۱</sup> گفته می شود.

به گروهی از ترمیستورها که با افزایش دما مقدار مقاومت آن ها افزایش می یابد پی تی سی (PTC)<sup>۲</sup> و نوعی که با افزایش دما مقدار مقاومت آن کاهش می یابد ان تی سی (NTC)<sup>۳</sup> گفته می شود. شکل ۲۷-۲ تصاویری از هر دو نوع ترمیستور را نشان می دهد.



الف) دو نمونه PTC

شکل ۲۷-۲

۱- Thermistor

۲- PTC – Positive Temperature Coefficient

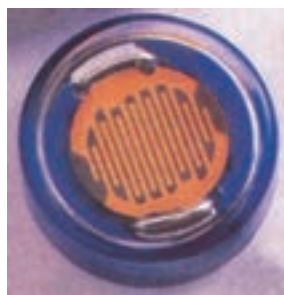
۳- NTC – Negative Temperature Coefficient

■ **مقاومت‌های متغیر تابع نور:** نوع دیگری از مقاومت‌های متغیر وابسته وجود دارند که با تغییر مقدار نور تابیده شده به آن‌ها مقدار مقاومت آن‌ها تغییر می‌کند. اصطلاحاً به این گروه از مقاومت‌های وابسته ال دی آر (LDR)<sup>۱</sup> گفته می‌شود.

شکل ۲۸-۲ تصویر دو نمونه از این نوع مقاومت‌ها را نشان می‌دهد.

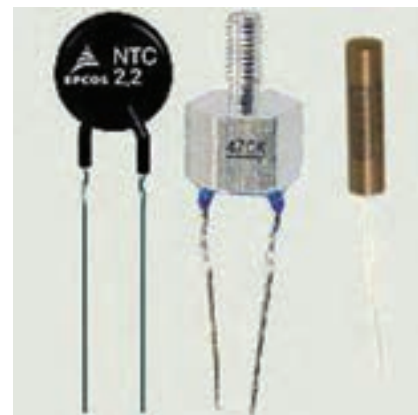


(الف)



(ب)

شکل ۲۸-۲



(ب) دو نمونه NTC

ادامه شکل ۲۷-۲

<sup>۱</sup> LDR – Light D. Pendent Rsistor

◀ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

- ۱- کدام گزینه تعریف جریان الکتریکی است؟  
 (الف) تعداد الکترون‌ها در لایهٔ خارجی یک هادی  
 (ب) مقدار انرژی که به مدار و الانس وارد می‌شود.  
 (ج) کاری که روی اتم‌ها انجام می‌شود.  
 (د) الکترون‌های آزاد که در یک مسیر حرکت می‌کنند.
- ۲- کدام یک از موارد زیر صحیح است؟  
 (الف) مقاومت با سطح مقطع رابطهٔ مستقیم دارد.  
 (ب) مقاومت مخصوص با طول رابطهٔ معکوس دارد.  
 (ج) مقاومت مخصوص با سطح مقطع رابطهٔ معکوس دارد.  
 (د) مقاومت با طول رابطهٔ مستقیم دارد.
- ۳- کدام گزینه اجزای اصلی یک مدار را بیان می‌کند؟  
 (الف) منبع تغذیه، فیوز، سیم‌های رابط  
 (ب) منبع تغذیه، کلید، فیوز  
 (ج) سیم‌های رابط، بار، منبع تغذیه  
 (د) سیم‌های رابط، کلید، بار
- ۴- با توجه به قانون اهم، جریان یک مدار با مقاومت مدار رابطه ..... دارد.  
 (الف) معکوس  
 (ب) مجذوری  
 (ج) مستقیم  
 (د) نمایی
- ۵- در حالت اتصال کوتاه جریان مدار به ..... می‌رسد.  
 (الف) بی‌نهایت  
 (ب) نصف  
 (ج) حداکثر  
 (د) صفر
- ۶- نحوهٔ اتصال آمپر متر و ولت متر در مدارهای الکتریکی به ترتیب چگونه است؟  
 (الف) موازی - موازی  
 (ب) سری - سری  
 (ج) موازی - سری  
 (د) سری - موازی

### ◀ پرسش‌های درست و نادرست

۷- مقاومت‌هایی که در اثر افزایش دما مقدار مقاومتشان کاهش می‌یابد ان‌تی‌سی (NTC) نام دارد.

☐ درست ☐ نادرست

۸- مقاومت مخصوص سیم‌های آلومینیومی و سیم‌های مسی برابر است.

☐ درست ☐ نادرست

۹- اگر مقاومت یک مدار ثابت باشد، تغییرات جریان با تغییرات ولتاژ منبع رابطه معکوس است.

☐ درست ☐ نادرست

۱۰- در حالت اتصال کوتاه مقاومت در مدار الکتریکی افزایش پیدا می‌کند.

### ◀ پرسش‌های پُرکردنی

۱۱- ترمیستوری را که مقاومت آن با افزایش دما نسبت مستقیم دارد، ..... گویند.

۱۲- در صورتی که مقدار اهم مقاومتی با تغییر مقدار نور تغییر کند مقاومت را ..... نامند.

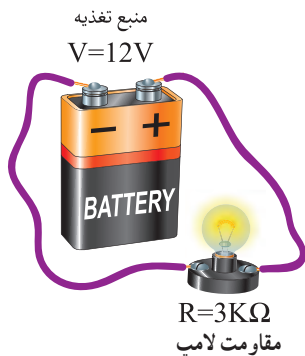
۱۳- در یک مدار با ولتاژ ۱۲ ولت و مقاومت  $4\Omega$  جریانی برابر ..... آمپر از مدار عبور می‌کند.

۱۴- ۵ میکرو ولت معادل ..... نانولت است.

### ◀ پرسش‌های تشریحی

۱۵- در مدار شکل ۲۹-۲ جریان عبوری از مدار چند میکروآمپر است؟

پاسخ:  $4000\mu A$



شکل ۲۹-۲

۱۶- سیم مسی به طول ۱۱۲ متر به سطح مقطع  $4\text{mm}^2$  مفروض است. مقاومت الکتریکی سیم چند اهم است؟

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

۱۷- دو نوع مقاومت متغیر وابسته را توضیح دهید.

۱۸- انواع مقاومت‌های اهمی را نام ببرید.

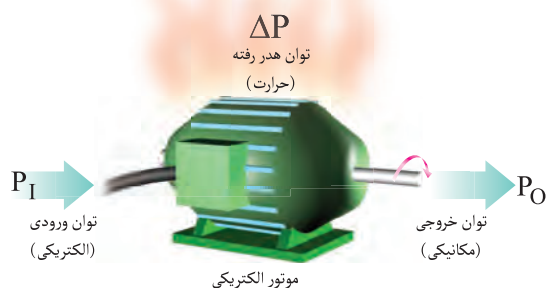
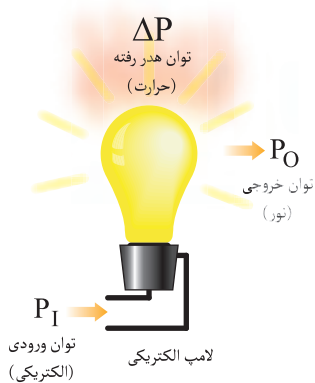
## کار و توان

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

- ۱- کار الکتریکی را با ذکر رابطه شرح دهد.
- ۲- توان الکتریکی را با ذکر روابط شرح دهد.
- ۳- ضریب بهره (راندمان) را با ذکر رابطه توضیح دهد.
- ۴- ارتباط انرژی الکتریکی با گرما را شرح دهد.

توان خروجی      توان ورودی      تلفات توان

$$\Delta P = P_1 - P_2$$



### سیمای فصل ۳

- کار الکتریکی
- توان الکتریکی
- ضریب بهره (راندمان)
- ارتباط انرژی الکتریکی با حرارت



### آشنایی با دانشمندان

#### وات

(Watt, James / ۱۸۱۹-۱۷۳۶)



*James Watt.*

وات در اسکاتلند به دنیا آمد و در بیرمنگام چشم از جهان فرو بست. او از کودکی رنجور بود و زندگی اش با فقر و تهی دستی قرین بود. او در لندن با سختی تمام یک سالی را به کارآموزی گذراند و با ابزار و اسباب مکانیکی آشنا شد. با بازگشت به اسکاتلند او در دانشگاه گلاسکو شغلی به دست آورد و همان جا بود که توانست برای اصلاح و تکمیل ماشین بخار راه حلی به دست آورد. وات ماشین بخار خود را که بازده و سرعت عمل بیشتری داشت در سال ۱۷۶۹ عرضه کرد. چند سال بعد ۵۰۰ دستگاه از ماشین های وات در سراسر انگلستان مشغول به کار بود. نتایج حاصل از ماشین بخار وات بیرون از حساب بود. با در دست داشتن ماشین های بخار که با زغال سنگ به کار می افتاد حرکت چرخ های عظیم صنایع در هر نقطه آماده بود و دیگر لزومی نداشت که کارخانه ها برای گرداندن موتور از نیروی سقوط آب استفاده کنند و در واقع انقلاب صنعتی آغاز شده بود. دستگاه گریز از مرکز تنظیم بخار نیز از اختراعات او است. واحد توان به احترام او وات نامیده می شود.

## ۳- کار و توان

### ۳-۱- کار الکتریکی

در مباحث الکتریسیته کار الکتریکی بر پایه پارامترهای الکتریکی ولتاژ، جریان و زمان به صورت زیر تعریف می شود. هرگاه ولتاژی در یک مدار بار الکتریکی را جابه جا کند گفته می شود «کار الکتریکی» انجام داده است. اصطلاحاً به کار الکتریکی «انرژی الکتریکی» نیز گفته می شود و مقدار آن از رابطه (۱) محاسبه می گردد.

$$\begin{aligned} W &= V.q \\ q &= It \\ W &= V.I.t \end{aligned} \quad (۱)$$

q - بار الکتریکی برحسب کولن [C]

V - اختلاف پتانسیل برحسب ولت [v]

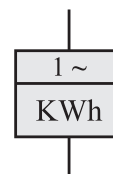
I - شدت جریان برحسب آمپر [A]

t - مدت زمان مصرف برحسب ثانیه [s]

W - کار (انرژی) الکتریکی برحسب وات. ثانیه یا ژول

[j]

وسیله ای که برای اندازه گیری انرژی الکتریکی به کار می رود «کنتور» نام دارد. شکل ۳-۱ علامت اختصاری کنتور را نشان می دهد.



شکل ۳-۱

$$P = \frac{W}{t} \quad (۲)$$

به دست آورد.

W - مقدار کار انجام شده برحسب ژول [j]

t - مدت زمان انجام کار برحسب ثانیه [s]

P - توان (قدرت) برحسب ژول بر ثانیه یا وات [W]

$$P = \frac{W}{t} = \frac{V.I.t}{t}$$

$$P = V.I \quad (۳)$$

اگر به جای کار انجام شده (W) معادل آن را قرار دهیم رابطه دیگری از توان که با کمیت های الکتریکی ارتباط دارد، به صورت رابطه (۳) به دست می آید. هرگاه با بهره گیری از قانون اهم به جای V در رابطه (۲) معادل آن را قرار دهیم شکل دیگری از رابطه توان به صورت رابطه (۴) نتیجه می شود.

$$V = R.I \quad (\text{قانون اهم})$$

$$P = (R.I).I$$

$$P = R.I^2 \quad (۴)$$

برای حل مسائل مربوط به توان لازم است به اطلاعات داده شده توجه کرد و براساس آن یکی از روابط توان را به کار برد. توان را با واحد دیگری به نام «اسب بخار - hp» نیز می سنجند که معادل ۷۳۶ وات است.

$$1 \text{ hp} = 736 \text{ w}$$

از وسیله ای به نام وات متر برای اندازه گیری توان در مدارهای الکتریکی استفاده می شود.



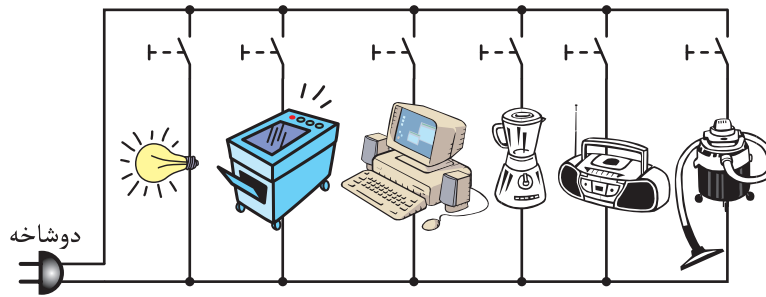
تذکر : هرگاه (مطابق شکل ۳-۲) در یک مدار الکتریکی از چند وسیله به صورت همزمان استفاده شود، برای

### ۳-۲- توان الکتریکی

طبق تعریف به مقدار کار انجام شده در واحد زمان «توان» یا «قدرت» گفته می شود که مقدار آن را مطابق رابطه (۲) می توان

۱- اصطلاحاً به حاصل ضرب کولن در ولت نیز ژول گفته می شود.





شکل ۲-۳

$$P = V.I \Rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{368}{220} = 1.67 \text{ [A]}$$

$$t = 50 \Rightarrow t = 50 \times 60 = 3000 \text{ [s]}$$

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P.t = 368 \times 3000$$

$$= 1104000 \text{ [J]} = 1104 \text{ [kJ]}$$

محاسبه توان کل مدار باید حاصل جمع توان‌های تک‌تک وسایل را براساس رابطه (۵) به دست آورد.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \quad (5)$$

در این رابطه :

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  = توان هریک از وسایل بر حسب

وات [W]

$P_T$  = توان کل بر حسب وات [W]

با کمی دقت در رابطه (۲) می‌توان نتیجه گرفت که برای

محاسبه انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه‌ها یا مدار می‌توان از

رابطه (۶) نیز استفاده کرد.

$$W = P.t \quad (6)$$

در این رابطه :

$P$  - توان دستگاه (دستگاه‌ها) بر حسب کیلووات

$t$  - زمان بر حسب ساعت

$W$  - انرژی الکتریکی بر حسب کیلووات ساعت

اگر توان بر حسب وات و زمان بر حسب ثانیه باشد انرژی

مصرفی بر حسب ژول محاسبه می‌شود.



شکل ۳-۳ - موتور الکتریکی

تذکر : اداره برق برای محاسبه انرژی الکتریکی



از واحد kwh استفاده می‌کنند، یعنی مقدار توان مصرفی را که همان حاصل ضرب ولتاژ در جریان است بر حسب کیلووات و زمان را بر حسب ساعت در نظر می‌گیرند. در نتیجه از ضرب آن‌ها واحد کیلووات ساعت برای انرژی الکتریکی در نظر گرفته می‌شود (شکل ۳-۴).

مثال : مقدار جریان و انرژی مصرفی یک موتور الکتریکی

(شکل ۳-۳) با قدرت  $\frac{1}{4}$  hp را که در شبکه ۲۲۰ ولتی به مدت ۵۰ دقیقه کار می‌کند، حساب کنید.

حل :

$$P = \frac{1}{4} \times 736 = 368 \text{ W}$$

مثال: در جدول زیر مقدار کار الکتریکی هریک از وسایل یک منزل مسکونی و هم چنین انرژی الکتریکی کل را به دست آورید.

وسيله الكتریکى	تعداد	توان هر وسیله (وات)	زمان کارکرد (ساعت)
لامپ	۱۵	۱۰۰	۵
یخچال	۱	۲۰۰	۱۰
جاروبرقی	۱	۱۲۰۰	۲
فریزر	۱	۳۰۰	۶

حل:

$$100W = \frac{100}{1000} = 0.1 \text{ kw}$$

$$200W = \frac{200}{1000} = 0.2 \text{ kw}$$

$$1200W = \frac{1200}{1000} = 1.2 \text{ kw}$$

$$300W = \frac{300}{1000} = 0.3 \text{ kw}$$

$$W = P \cdot t$$

$$W_1 = (0.1 \times 5) = 0.5 \text{ kwh}$$

$$W_2 = (0.2 \times 10) = 2 \text{ kwh}$$

$$W_3 = (1.2 \times 2) = 2.4 \text{ kwh}$$

$$W_4 = (0.3 \times 6) = 1.8 \text{ kwh}$$

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

$$W_T = 0.5 + 2 + 2.4 + 1.8$$

$$W_T = 6.7 \text{ kwh}$$

### ۳-۳- ضریب بهره (راندمان)

به طور کلی در همه دستگاه ها و در شرایط واقعی مقدار کاری که انجام می دهند با مقدار انرژی الکتریکی که از شبکه دریافت می کنند برابر نیست. به عبارت دیگر مقدار «توان خروجی  $P_2$ » به اندازه «توان ورودی  $P_1$ » نیست و همیشه مقدار  $P_2$  از  $P_1$  کم تر است. چرا که بخشی از توان به صورت های حرارت، اصطکاک

$$W = V \cdot I \cdot t$$

$$W = P \cdot t$$

$$[KWh] = [KW] \cdot [h]$$

شکل ۳-۴

مثال: مقدار انرژی الکتریکی (کار الکتریکی) یک موتور ۵ کیلوواتی که در هر روز حدود ۴ ساعت کار می کند چقدر است؟

حل:

$$W = P \cdot t = 5 \times 4 = 20 \text{ kwh}$$

مثال: یک آب گرم کن الکتریکی ۶۰ لیتری (مانند شکل ۳-۵) در مدت ۳ ساعت آب را گرم می کند. در صورتی که توان المنت آب گرم کن ۲۰۰۰ وات باشد انرژی مصرفی چند کیلووات ساعت است؟ انرژی مصرفی هر لیتر آب گرم را حساب کنید.

حل:

$$W = p \cdot t$$

$$W = 2 \text{ kw} \times 3 \text{ h} = 6 \text{ kwh}$$

انرژی الکتریکی برای هر لیتر

$$W' = \frac{W}{60} = \frac{6}{60} = 0.1 \text{ kwh}$$



شکل ۳-۵

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

راندمان  
(حرف یونانی که  
إنا خوانده می شود)

(۱۱)

در اکثر موارد مقدار راندمان وسایل الکتریکی روی بدنه آن‌ها نوشته نمی‌شود. در صورتی که بخواهیم مقدار آن‌را به دست آوریم باید توان نوشته شده روی پلاک مشخصات وسیله الکتریکی را که نشان‌دهنده توان خروجی ( $P_2$ ) است، به همراه ولتاژ کار ( $V$ ) و جریان مورد نیاز قرائت کنیم و مقدار  $P_1$  را که از حاصل ضرب  $V$  در  $I$  به دست می‌آید، محاسبه نماییم و سپس مقدار راندمان را به دست آوریم.

مرحله (I)  
قرائت مقادیر  $P_2$  و  $V$  و  $I$  از روی پلاک مشخصات

مرحله (II)  
محاسبه توان ورودی  
 $P_1 = V.I$

مرحله (III)  
محاسبه راندمان  
 $\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100$

مثال : هرگاه توان حرارتی برای تولید بخار نیروگاه (شکل ۸-۳) معادل ۲ MW و مقدار انرژی الکتریکی خروجی از نیروگاه ۸ MW باشد، ضریب بهره (راندمان) این نیروگاه چند درصد و مقدار تلفات چند مگاوات است؟

حل :

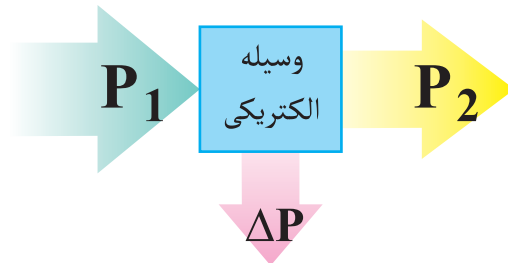
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

راندمان

$$\eta = \frac{8}{2} \times 100$$

$$\eta = 40\%$$

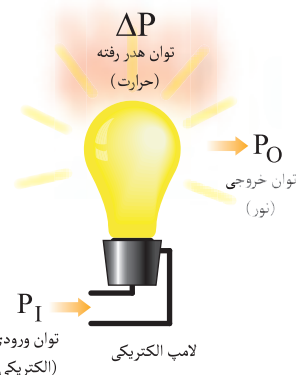
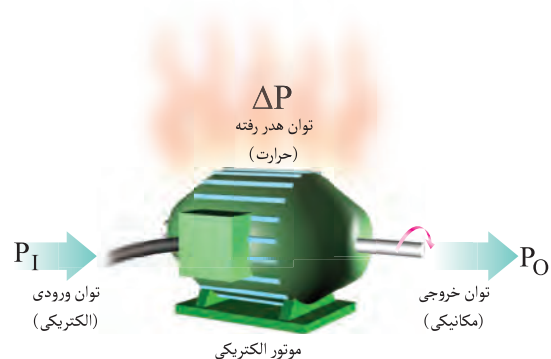
و... هدر می‌رود (شکل ۶-۳). از رابطه (۱۰) می‌توان مقدار «توان هدررفته» یا «تلفات توان» را محاسبه کرد. ضمناً شکل (۷-۳) نمونه‌هایی از زمینه‌های هدر رفتن بخشی از توان ورودی را نشان می‌دهد. اصطلاحاً به نسبت توان خروجی به توان ورودی هر وسیله «ضریب بهره» یا «راندمان» گفته می‌شود و مقدار آن مطابق رابطه (۱۱) محاسبه و معمولاً بر حسب درصد بیان می‌شود.



شکل ۶-۳

تلفات توان      توان ورودی      توان خروجی

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad (10)$$



شکل ۷-۳

استفاده می‌شده که امروزه نیز استفاده از آن متداول است. یک کالری برابر ۴/۱۸ ژول است.  $۱[cal] = ۴/۱۸[j]$

$$۱[j] = \frac{۱}{۴/۱۸} cal = ۰/۲۴ cal$$

مثال: بر روی یک بخاری برقی (شکل ۳-۹) توان به صورت  $P = ۲۰۰۰ W$  نوشته شده، مطلوب است.



شکل ۳-۹

الف) انرژی الکتریکی مصرفی بخاری طی یک ساعت کار روزانه  
 ب) محاسبه هزینه برق مصرفی در یک ماه (۳۰ روز) اگر قیمت هر کیلووات ۱۰۰۰ ریال باشد.  
 ج) مقدار حرارت ایجاد شده در اطراف بخاری طی یک ساعت کار بر حسب کالری و کیلوکالری



حل:

$$W = P.t \quad \text{الف)}$$

$$W = ۲kw \times ۱h = ۲kwh$$

$$\text{ب) ریال } ۶۰۰۰۰ = ۱۰۰۰ \times ۲ \times ۳۰ = \text{هزینه برق}$$

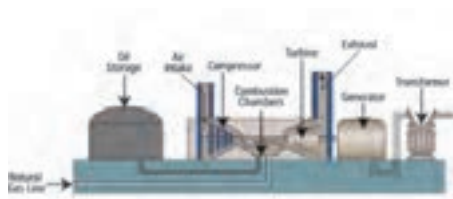
$$\text{ج) } W = P.t = ۲۰۰۰ \times ۳۶۰۰ = ۷۲۰۰۰۰۰ J$$

$$W = ۰/۲۴ \times ۷۲۰۰۰۰۰ = ۱۷۲۸۰۰۰ cal$$

$$= ۱۷۲۸ kcal$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad \text{تلفات}$$

$$\Delta P = ۲-۰/۸ = ۱/۲ MW$$



شکل ۳-۸

### ۳-۴- ارتباط انرژی الکتریکی با گرما

جیمز ژول فیزیک‌دان انگلیسی نخستین کسی بود که رابطه میان گرما و کار را مطالعه کرد. ژول در مطالعه اثر گرمایی جریان الکتریسته نیز پیش‌گام بود. او بر پایه نتایج تجربی حاصل و فرمول‌بندی این نتایج، قانون موسوم به قانون ژول را چنین بیان کرد:

گرمای حاصل از عبور جریان در یک رسانا با مقدار مقاومت رسانا، مجذور شدت جریان و زمان عبور جریان نسبت مستقیم دارد.

$$W = P.t = R.I^2.t$$

در مقاومت تمام کار انجام شده توسط جریان به گرما تبدیل می‌شود. پس انرژی الکتریکی مصرف شده با مقدار گرما برابر است؛ یعنی:

$$W = Q$$

که در آن  $W$  انرژی الکتریکی بر حسب ژول  $[J]$ ؛  $Q$  مقدار گرمای تولید شده بر حسب ژول است.

برای اندازه‌گیری گرما از واحد دیگری به نام کالری



مثال : برای این که آب در سماور برقی (شکل ۳-۱۰) در مدت نیم ساعت به جوش آید نیاز به ۴۳۲۰۰۰ کالری گرما دارد. در صورتی که گرمای لازم توسط یک گرم کن برقی با ولتاژ ۲۲۰ ولت تأمین شود توان مقاومت گرم کن و جریان مصرفی را حساب کنید.

حل :

$$1 \text{ J} = 0.24 \text{ cal} \Rightarrow \text{cal} = \frac{\text{J}}{0.24}$$

$$W = 432000 \text{ cal} = 432000 \times \frac{\text{J}}{0.24}$$

$$W = 1800000 \text{ J}$$

$$W = P.t \text{ [ژول]}$$

$$W = 0.24$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1800000}{30 \times 60} = 100 \text{ [W]}$$

$$P = V.I$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{100}{220} = 4/54 \text{ A}$$

$$V = R.I \Rightarrow R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{220}{4/54} = 48/5 \Omega$$



شکل ۳-۱۰

### ◀ پرسش‌های چهار گزینه‌ای

- ۱- کدام وسیله برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی استفاده می‌شود؟  
 (الف) وات متر      (ب) کنتور      (ج) نیروسنج      (د) ولت متر
- ۲- ژول معادل کدام یک از واحدهای زیر است:  
 (الف) وات ثانیه      (ب) کیلووات ساعت      (ج) اسب بخار      (د) کالری
- ۳- توان خروجی یک الکتروموتور دی سی (DC) با مشخصات پلاک نشان داده شده در شکل ۱۱-۳ چند وات است؟  
 پلاک موتور

$$\begin{aligned} U &= 220\text{V} \\ I &= 5\text{A} \\ \eta &= 90\% \end{aligned}$$

شکل ۱۱-۳

- (الف) ۹۹۰      (ب) ۱۱۵۰      (ج) ۴۴      (د) ۱۲۲۲/۲
- ۴- راندمان منبع تغذیه‌ای با قدرت دریافتی  $6\text{W}$  و توان خروجی معادل  $5\text{W}$  چند درصد است؟  
 (الف) ۵۰٪      (ب) ۸۳/۳٪      (ج) ۶۰/۲٪      (د) ۴۵/۱٪

### ◀ پرسش‌های پرکردنی

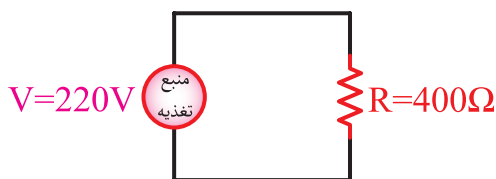
- ۵- نوعی انرژی که در اثر عبور جریان الکتریکی در سیم هدر می‌رود ..... نام دارد.
- ۶- برای اندازه‌گیری توان مصرفی در مدارهای الکتریکی از وسیله‌ای به نام ..... استفاده می‌شود.
- ۷- هرچه توان مصرف‌کننده بیش‌تر باشد مقدار جریان دریافتی آن از شبکه ..... است.

### ◀ پرسش‌های درست و نادرست

- ۸- مبنای محاسبه برق مصرفی برحسب کیلووات ساعت است. ☐ درست      ☐ نادرست
- ۹- برای بیان میزان کارایی هر وسیله از اصطلاح توان خروجی استفاده می‌شود. ☐ درست      ☐ نادرست

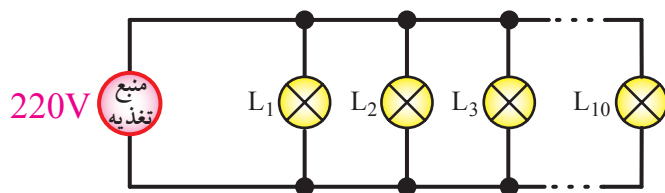
### ◀ پرسش‌های تشریحی (مسائل)

- ۱۰- در مدار شکل ۱۲-۳ اگر  $R$  نشان‌دهنده مقاومت المنت یک سماور برقی باشد، این مقاومت در مدت زمان ۱۰ دقیقه چند کالری گرما تولید می‌کند؟  
 پاسخ:  $17368/4$  کالری



شکل ۱۲-۳

۱۱- اگر ده لامپ ۱۰۰ واتی (مطابق شکل ۱۳-۳) به مدت دو ساعت روشن باشد هزینه برق مصرفی آنها چه قدر است؟ در صورتی که بهای هر کیلووات ساعت ۱۰۰۰ ریال در نظر گرفته شود.  
پاسخ: ۲۰۰۰ ریال



شکل ۱۳-۳

۱۲- مقدار انرژی مصرفی در یک لامپ ۱۰۰ وات را در مدت ۲ ساعت برحسب ژول حساب کنید. پاسخ:  
۷۲۰۰۰۰

۱۳- شدت جریان مصرفی یک لامپ ۱۰۰ وات در شبکه ۲۲۰ ولتی را به دست آورید. پاسخ: ۰/۴۵ آمپر

۱۴- توان الکتروموتور یخچال خانگی  $\frac{1}{6}$  اسب بخار است. توان آن را برحسب وات به دست آورید.

۱۵- بر روی گرم کن برقی (هیتر) یک سماور برقی عدد ۱۰۰۰ W نوشته شده است. اگر سماور گنجایش ۵ لیتر آب را داشته باشد، زمان لازم برای جوشیدن آب چند دقیقه است؟ (دمای اولیه آب را ۱۵ درجه سانتی گراد فرض نمایید).

پاسخ: ۲۹/۷۵ دقیقه

$$C = 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \quad \text{گرمای ویژه آب}$$

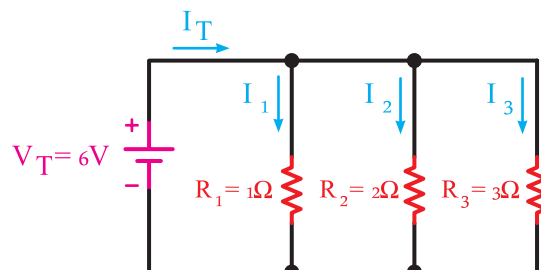
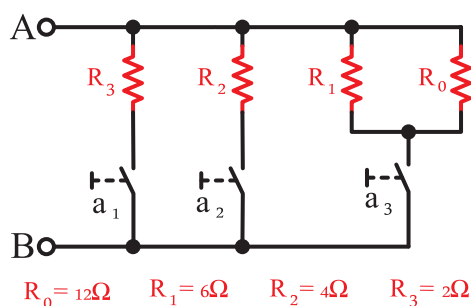
$$\rho = 1 \frac{\text{kg}}{\text{Lit}} \quad \text{جرم حجمی آب}$$

## مدارهای الکتریکی

### «مقاومتی»

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

- ۱- اتصال سری را تعریف کند.
- ۲- خصوصیات مدارهای سری را شرح دهد.
- ۳- روابط ولتاژ، جریان و توان عناصر و کل در مدارهای سری را بنویسد.
- ۴- مقاومت معادل مدارهای سری را محاسبه کند.
- ۵- حالت اتصال کوتاه در مدارهای سری را شرح دهد.
- ۶- مسایل مربوط به مدارهای سری را حل کند.
- ۷- اتصال موازی را تعریف کند.
- ۸- خصوصیات مدارهای موازی را شرح دهد.
- ۹- روابط ولتاژ، جریان و توان عناصر و کل در مدارهای موازی را بنویسد.
- ۱۰- مقاومت معادل مدارهای موازی را محاسبه کند.
- ۱۱- حالت اتصال کوتاه در مدارهای موازی را شرح دهد.
- ۱۲- مسایل مربوط به مدارهای موازی را حل کند.





## سیمای فصل ۴

### اتصال سری

- تعریف مدار سری
- خصوصیات مدارهای سری
- حالت اتصال کوتاه در مدارهای سری

### اتصال موازی

- تعریف مدار موازی
- خصوصیات مدارهای موازی
- حالت اتصال کوتاه در مدارهای موازی



## آشنایی با دانشمندان



### کِرشهف

(1824-1887 / Kirchhoff, Gustav Robert)

شهرت اصلی کِرشهف، فیزیک‌دان آلمانی، هنگامی آغاز شد که وی سمت استادی فیزیک دانشگاه هایدلبرگ را به عهده گرفت. او در پیشبرد طیف‌نمایی و طیف‌نگاری پژوهش‌های زیادی انجام داده است و در گسترش کاربردهای ریاضی در فیزیک سهم به‌سزایی دارد. این قانون که، هر جسم همان پرتوهایی را جذب می‌کند که خود می‌تواند گسیل کند، به نام او معروف است. او هم‌چنین با بررسی مدارهای الکتریکی توانست قانون‌های اول و دوم مدارها را که به قانون جریان‌ها و قانون اختلاف پتانسیل‌ها معروف است بیان کند.

## ۴- مدارهای الکتریکی (مقاومتی)

### مقدمه

هرگاه در یک مدار الکتریکی بیش از یک مقاومت وجود داشته باشد اتصال آن‌ها می‌تواند به یکی از سه حالت

زیر باشد :

۱- اتصال سری

۲- اتصال موازی

۳- اتصال سری - موازی (ترکیبی یا مختلط)<sup>۱</sup>

قبل از وارد شدن به بحث هر یک از مدارهای یاد شده، باید متذکر شد که برای دست یافتن به روابط اصلی این

مدارها ضروری است به تفکیک، آن‌ها را از نظر جریان ولتاژ مقاومت معادل و توان مورد بررسی قرار دهیم.

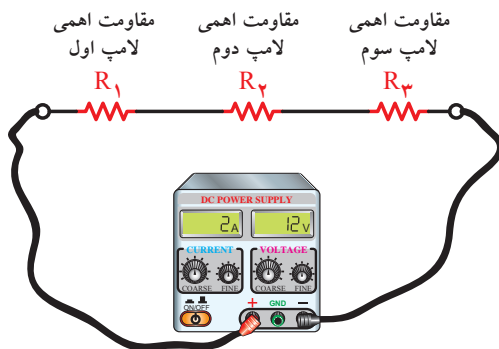
به همین دلیل هرگونه قطعی در مدار سری (قطع مصرف کننده

یا سیم‌ها) می‌تواند مسیر عبور جریان را قطع کند.

در صورتی که خاصیت مقاومتی هر یک از لامپ‌ها را برابر

R اهم فرض کنیم در این صورت می‌توان مدار الکتریکی را براساس

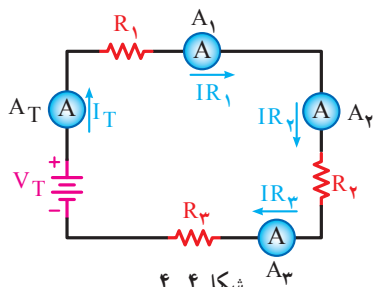
علامه اختصاری عناصر مدار مانند شکل ۴-۳ رسم کرد.



شکل ۴-۳

اگر آزمایش دیگری را مطابق شکل ۴-۴ بر روی همین

مدار با قرار دادن آمپرمترهایی در مسیر هر یک از لامپ‌ها انجام



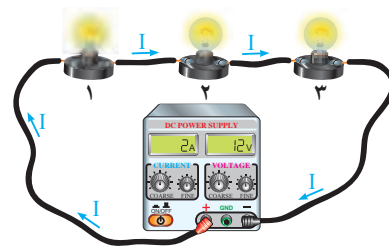
شکل ۴-۴

### ۴-۱- اتصال سری

۴-۱-۱- تعریف مدار سری : هرگاه دو یا چند لامپ

مانند شکل ۴-۱ به یک‌دیگر متصل شوند این نوع اتصال را

«اتصال سری» گویند.



شکل ۴-۱

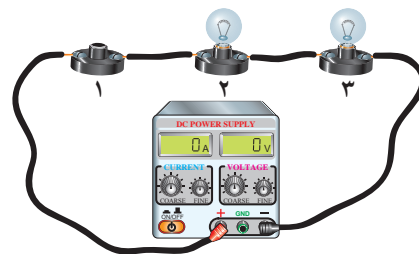
۴-۱-۲- خصوصیات مدارهای سری :

الف) جریان الکتریکی : اگر یکی از لامپ‌ها را از مدار

باز کنید مطابق شکل ۴-۲ مشاهده می‌شود سایر لامپ‌ها خاموش

می‌شوند. از این آزمایش ساده می‌توان نتیجه گرفت که مدار سری

دارای یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی است.



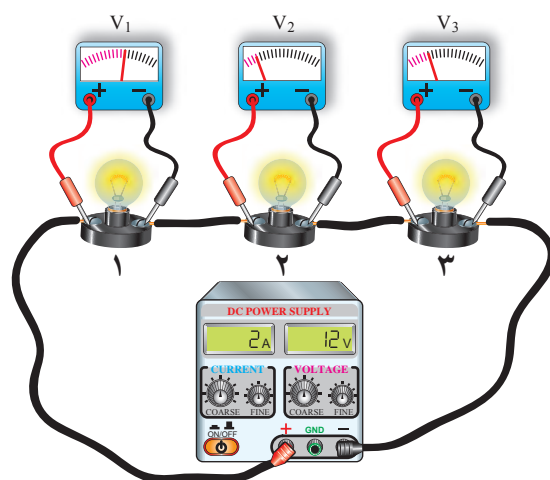
شکل ۴-۲

۱- آموزش این حالت در این کتاب ضروری نیست.

دهیم مشاهده خواهیم کرد همه آمپرمترها جریانی برابر را نشان می‌دهند، چرا که مسیر عبور جریان آن‌ها یکی است و می‌توان برای هر مدار سری چنین نوشت :

$$\begin{matrix} I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = I_{R_n} \\ I_1 = I_2 = I_3 = I_T \end{matrix} \quad (1)$$

ب) ولتاژ الکتریکی : هرگاه مطابق تصاویر شکل ۴-۵ به کمک ولت‌متر و به صورت جداگانه، ولتاژ دو سر هر یک از لامپ‌های غیرمشابه (مقاومت‌ها) را اندازه‌گیری کنیم مشاهده

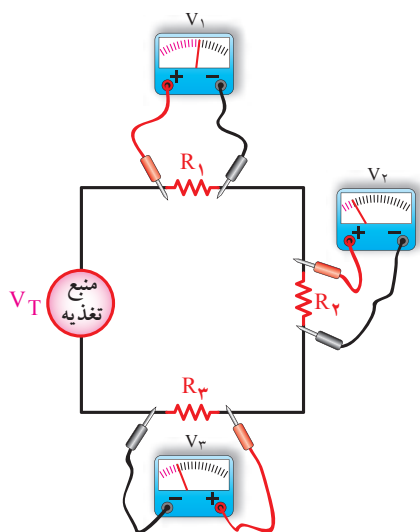


شکل ۴-۵

می‌شود که مقدار ولتاژ نشان داده شده دو سر هر یک از لامپ‌ها با ولتاژ کل برابر نیست. اما با کمی دقت می‌توان دریافت که ولتاژ کل به نسبت مقدار مقاومت اهمی عناصر مدار بین آن‌ها تقسیم می‌شود (شکل ۴-۶). بر پایه همین مطلب می‌توان ولتاژ کل مدار را از حاصل جمع ولتاژهای دو سر هر لامپ (مقاومت) مطابق رابطه (۲) به دست آورد.

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 \quad (2)$$

یادآوری می‌شود در صورتی که بخواهیم با روش محاسباتی ولتاژ هر یک از لامپ‌ها را به دست آوریم می‌توانیم از رابطه قانون

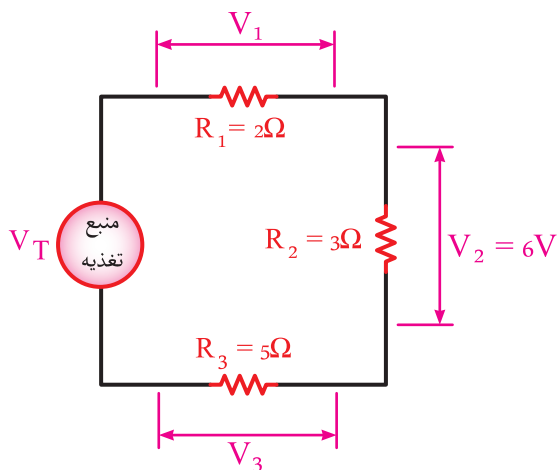


شکل ۴-۶

اهم کمک بگیریم و آن را مطابق روابط زیر محاسبه کنیم.

$$\begin{matrix} V_1 = R_1 \cdot I_1 = R_1 \cdot I_T \\ V_2 = R_2 \cdot I_2 = R_2 \cdot I_T \\ V_3 = R_3 \cdot I_3 = R_3 \cdot I_T \end{matrix} \quad (3)$$

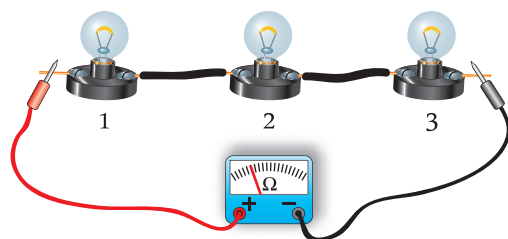
مثال : در مدار شکل ۴-۷ مقدار جریان عبوری از هر مقاومت و ولتاژ دو سر هر یک از آن‌ها چه قدر است؟



شکل ۴-۷

مقاومت معادل را اغلب به صورت  $R_1$  یا  $R_{eq}$  در مدارها نشان می‌دهند.

اندازه‌گیری مقاومت معادل به صورت عملی مشابه شکل ۴-۹ با استفاده از یک اهم‌تر، که به ابتدا و انتهای مدار وصل می‌شود، انجام می‌گیرد.

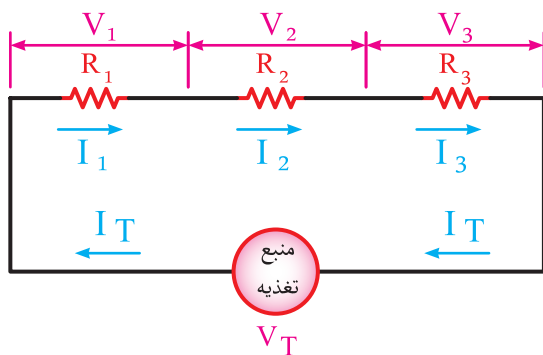


شکل ۴-۹

اما برای محاسبه مقدار مقاومت معادل باید از رابطه نهایی (۴) استفاده کرد.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \quad (۴)$$

شکل ۴-۱۰ را در نظر بگیرید.



شکل ۴-۱۰

اگر تعداد مقاومت‌های مدار بیش از سه مقاومت باشد این رابطه را برای  $n$  مقاومت نیز به صورت زیر می‌توان گسترش داد.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (۵)$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{6}{3} = 2A$$

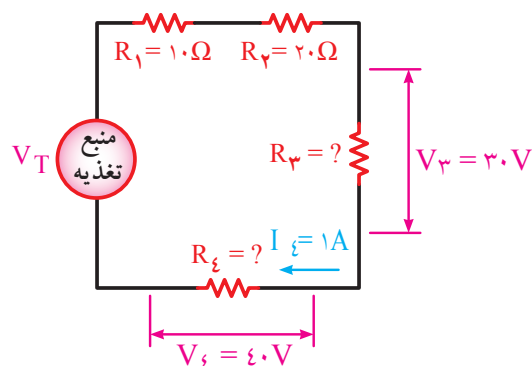
حل :

در مدارهای سری  $I_1 = I_2 = I_3 = 2A$

$$V_1 = R_1 I_1 = 2 \times 2 = 4V$$

$$V_3 = R_3 I_3 = 5 \times 2 = 10V$$

مثال : مقادیر جریان عبوری، ولتاژ دو سر هر مقاومت و ولتاژ کل مدار شکل ۴-۸ را به دست آورید.



شکل ۴-۸

حل : در مدارهای سری جریان عناصر برابر است

پس :

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 1A$$

$$V_1 = R_1 \cdot I_1 = 10 \times 1 = 10V$$

$$V_2 = R_2 \cdot I_2 = 20 \times 1 = 20V$$

$$V_3 = 30V$$

$$V_4 = 40V$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_T = 10 + 20 + 30 + 40 = 100V$$

ج) مقاومت معادل : مقاومت معادل چند مقاومت به مقاومتی گفته می‌شود که با جایگزینی آن به جای آن مقاومت‌ها، اثری مشابه و معادل با آن مقاومت‌های مدار از خود نشان می‌دهد. مقاومت معادل همه مقاومت‌های یک مدار را مقاومت کل نیز می‌گویند.

۱-  $R_T$  مخفف کلمه Total به معنای مجموع یا معادل است.

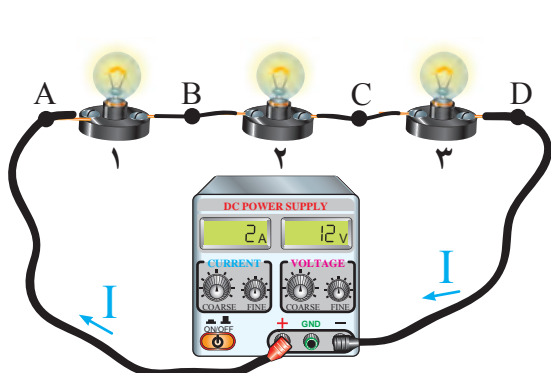
۲-  $R_{eq}$  مخفف کلمه equivalent به معنای معادل است.



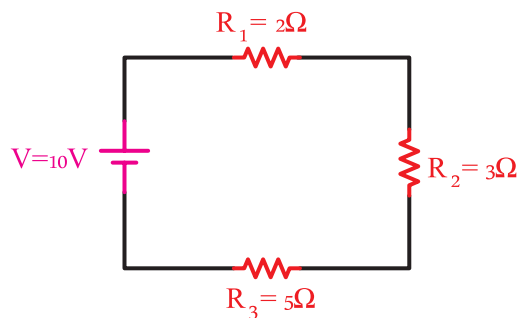
مثال : مقاومت معادل مدار شکل ۴-۱۱ چند اهم است؟

۳-۱-۴ حالت اتصال کوتاه در مدارهای سری :

مدار سری شکل ۴-۱۳ را در نظر بگیرید. هرگاه در این مدار



شکل ۴-۱۳



شکل ۴-۱۱

حل :

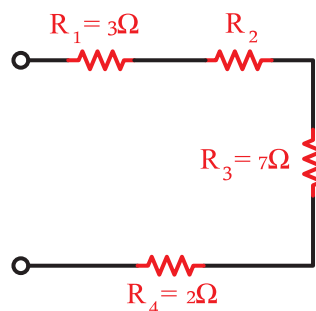
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = 2 + 3 + 5 = 10\Omega$$

مثال : اگر مقاومت معادل مدار شکل ۴-۱۲ برابر  $16\Omega$



باشد مقدار مقاومت  $R_2$  چند اهم است؟



شکل ۴-۱۲

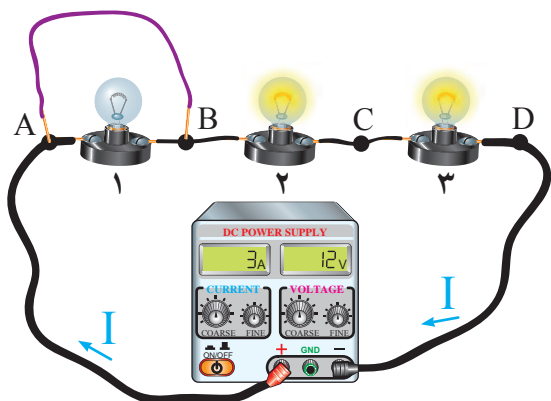
حل :

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$16 = 3 + R_2 + 7 + 2$$

$$R_2 = 16 - (3 + 7 + 2) = 4\Omega$$

توسط تکه سیمی دو نقطه A و B مطابق شکل ۴-۱۴ به یک دیگر اتصال داده شوند حالت اتصال کوتاه در لامپ ۱ پدید می آید، که در این صورت مسیر فرعی در دو سر لامپ ۱ به وجود می آید و جریان از داخل لامپ ۱ عبور نمی کند و خاموش خواهد بود. در همین حالت چون لامپ ۱ از مدار خارج می شود مقاومت کل مدار کاهش می یابد و در نتیجه جریان مدار و هم چنین شدت روشنایی دو لامپ دیگر افزایش می یابد.

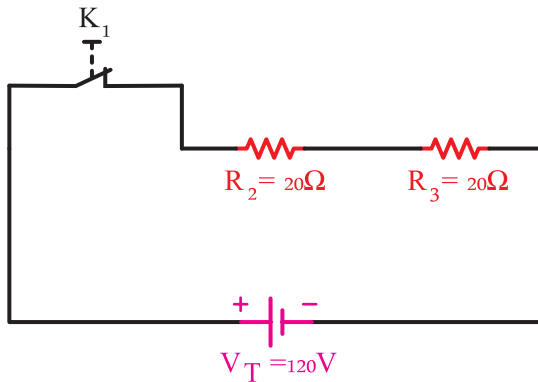


شکل ۴-۱۴

سؤال : در صورتی که اتصال کوتاه بین نقاط زیر اتفاق

بیفتد آن را بررسی کنید و شرح دهید.

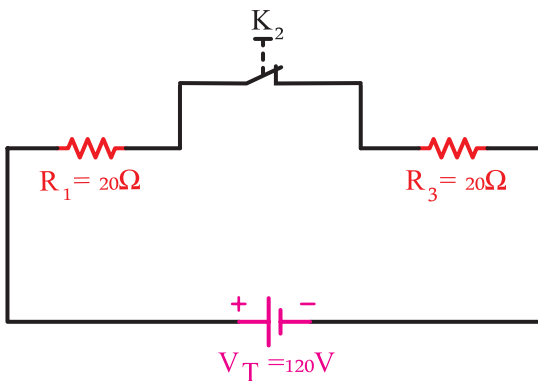
(ب) اگر کلید  $K_1$  وصل و  $K_2$  قطع باشند در این صورت دو سر مقاومت  $R_1$  دارای اتصال کوتاه شده است و جریانی از آن عبور نمی‌کند در این حالت شکل مدار به صورت زیر خواهد شد :



$$R_T = n.R = 2 \times 20 = 40\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_t} = \frac{120}{40} = 3A$$

(ج) هرگاه کلید  $K_2$  وصل و  $K_1$  قطع باشد در این شرایط دو سر مقاومت  $R_2$  دارای اتصال کوتاه شده است و جریانی از آن عبور نمی‌کند. در این حالت شکل مدار به صورت زیر (شبیه حالت ب) خواهد شد :



$$R_T = n.R = 2 \times 20 = 40\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_t} = \frac{120}{40} = 3A$$

(د) اگر هر دو کلید  $K_1$  و  $K_2$  وصل باشند در این حالت دو سر مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  دارای اتصال کوتاه شده است و فقط جریانی از داخل مقاومت  $R_3$  مطابق شکل عبور می‌کند.

الف) بین دو نقطه A و C (ب) بین دو نقطه A و D  
مثال : هرگاه سه مقاومت  $R_1$ ،  $R_2$  و  $R_3$  به همراه دو کلید  $K_1$ ،  $K_2$  مطابق شکل ۱۵-۴ متصل شده باشند مقاومت معادل و جریان کل مدار را در حالات زیر به دست آورید.

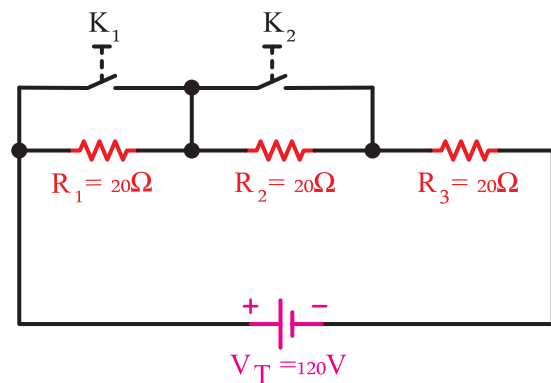


الف) کلید  $K_1$  و  $K_2$  قطع

ب) کلید  $K_1$  وصل و  $K_2$  قطع

ج) کلید  $K_1$  قطع و  $K_2$  وصل

د) کلید  $K_1$  و  $K_2$  وصل

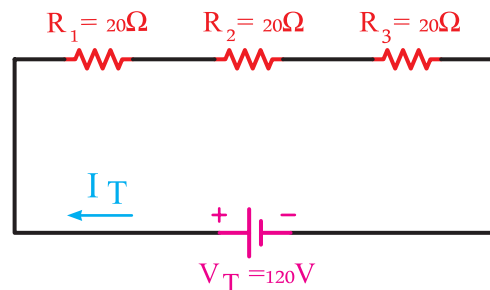


شکل ۱۵-۴



حل :

الف) در صورت قطع بودن هر دو کلید  $K_1$  و  $K_2$  شکل مدار به صورت زیر است :

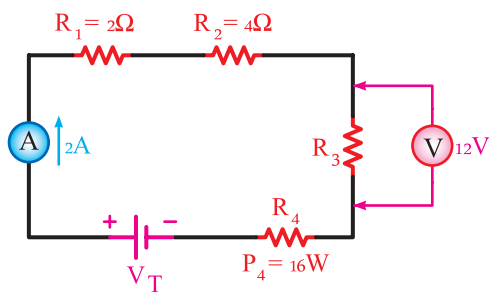


$$R_T = n.R = 3 \times 20 = 60\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_t} = \frac{120}{60} = 2A$$

$$\begin{aligned}
 V_Y &= V_{R_Y} = R_Y \cdot I_Y = 20 \times 2 = 40 \text{ V} \\
 V_Z &= V_{R_Z} = R_Z \cdot I_Z = 30 \times 2 = 60 \text{ V} \\
 P_1 &= V_1 \cdot I_1 = 20 \times 2 = 40 \text{ W} \\
 P_Y &= V_Y \cdot I_Y = 40 \times 2 = 80 \text{ W} \\
 P_Z &= V_Z \cdot I_Z = 60 \times 2 = 120 \text{ W} \\
 P_T &= P_1 + P_Y + P_Z \\
 P_T &= 40 + 80 + 120 = 240 \text{ W}
 \end{aligned}$$

مثال: در مدار شکل ۴-۱۷ اگر آمپر متر ۲A و ولت متر ۱۲V را نشان دهد و از طرفی توان مصرفی مقاومت  $R_4$  معادل ۱۶W باشد مقادیر کمیت‌های خواسته شده را محاسبه کنید.



شکل ۴-۱۷

- الف) مقدار مقاومت‌های  $R_3$  و  $R_4$
- ب) ولتاژ دو سر هر مقاومت
- ج) ولتاژ کل  $V_T$
- د) توان مصرفی کل مدار

حل: باتوجه به شکل و توضیحات سؤال داریم:

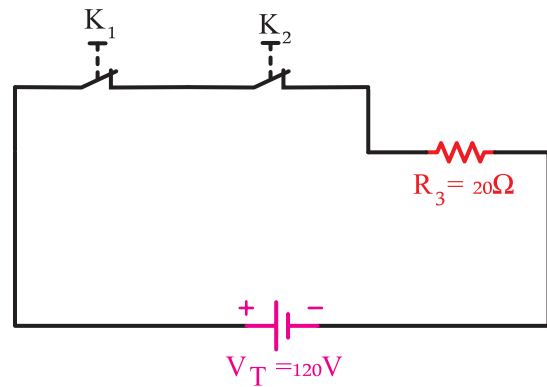
$$I_1 = I_Y = I_Z = I_4 = I_T = 2 \text{ A}$$

طبق قانون اهم می‌توان نوشت:

$$R_3 = \frac{V_3}{I_3} = \frac{12}{2} = 6 \Omega$$

برای محاسبه  $R_4$  از مقدار داده شده برای توان کمک می‌گیریم.

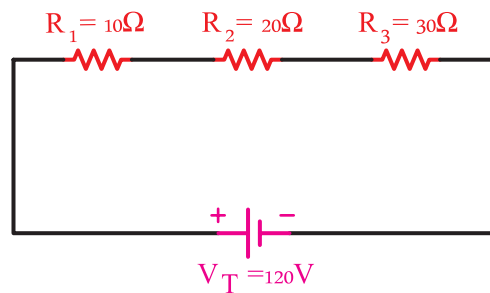
$$P_4 = R_4 \cdot I_4^2 \Rightarrow R_4 = \frac{P_4}{I_4^2}$$



$$R_T = R_3 = 20 \Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{120}{20} = 6 \text{ A}$$

مثال: مدار شکل ۴-۱۶ را در نظر بگیرید و مقادیر خواسته شده را به دست آورید.



شکل ۴-۱۶

- الف) مقاومت معادل
- ب) جریان کل
- ج) افت ولتاژ دو سر مقاومت‌های  $R_1$ ،  $R_2$  و  $R_3$
- د) توان هریک از مقاومت‌ها و توان کل مدار

حل:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \quad \text{الف)}$$

$$R_T = 10 + 20 + 30 = 60$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{120}{60} = 2 \text{ A} \quad \text{ب)}$$

چون مدار سری است پس می‌توان چنین نوشت:

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = 2 \text{ A}$$

$$V_1 = V_{R_1} = R_1 \cdot I_1 = 10 \times 2 = 20 \text{ V} \quad \text{ج)}$$

$$V_r = 12$$

$$V_r = R_r \times I = 4 \times 2 = 8$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$R_T = 2 + 4 + 6 + 4 = 16 \Omega$$

$$V_T = R_T \cdot I_T = 16 \times 2 = 32 V$$

$$\text{یا} \begin{cases} P_T = V_T \cdot I_T = 32 \times 2 = 64 W \\ P_T = R_T \cdot I_T^2 = 16 \times (2)^2 = 64 W \end{cases}$$

$$R_4 = \frac{16}{(2)^2} = 4 \Omega$$

در این سؤال چون توان مصرفی و ولتاژ هیچ یک از مقاومت‌ها مورد نظر نیست به همین جهت ولتاژ کل و توان کل مدار را از طریق پارامترهای کل به دست می‌آوریم.

$$V_1 = R_1 \cdot I = 2 \times 2 = 4 V$$

$$V_r = R_r \cdot I = 4 \times 2 = 8$$



◀ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

- ۱- کدام کمیت در بین عناصر یک مدار سری ثابت است؟  
 (الف) ولتاژ (ب) توان (ج) جریان (د) مقاومت کل
- ۲- مقاومت معادل پنج مقاومت  $10\Omega$  برابر چند اهم است؟  
 (الف)  $10$  (ب)  $2$  (ج)  $50$  (د)  $25$
- ۳- کدام یک از روابط زیر در مدارهای سری صحیح نیست؟  
 (الف)  $V_T = R_T \cdot I_T$  (ب)  $V_T = V_1 + V_2 + V_3$   
 (ج)  $I_T = \frac{P_T}{V_T}$  (د)  $I_T = I_1 + I_2 + I_3$

◀ پرسش‌های درست و نادرست

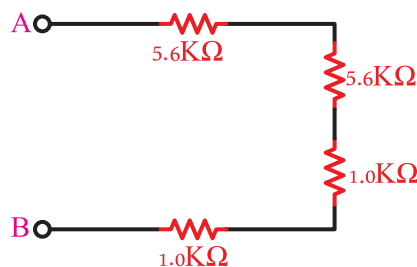
- ۴- در یک مدار سری جریان عبوری از آمپرتر اول (در ابتدای مدار) با جریان عبوری از آمپرتر آخر (در انتهای مدار) یکسان است.  
☐ درست ☐ نادرست
- ۵- مقاومت معادل چند مقاومت مساوی را، که به صورت سری بسته شده‌اند، از رابطه  $R_T = \frac{R}{n}$  می‌توان به دست آورد.  
☐ درست ☐ نادرست
- ۶- به وجود آمدن حالت اتصال کوتاه در مدارهای سری موجب افزایش جریان مدار می‌شود.  
☐ درست ☐ نادرست

◀ پرسش‌های پرکردنی

- ۷- در مدار سری از تقسیم ولتاژ کل مدار بر جریان کل مدار مقدار ..... به دست می‌آید.
- ۸- هرگاه یک لامپ در مدار سری بسوزد باعث می‌شود تا همه لامپ‌ها ..... .
- ۹- مقاومت معادل مدارهای سری از بزرگ‌ترین مقاومت موجود در مدار ..... است.

◀ پرسش‌های تشریحی (مسائل)

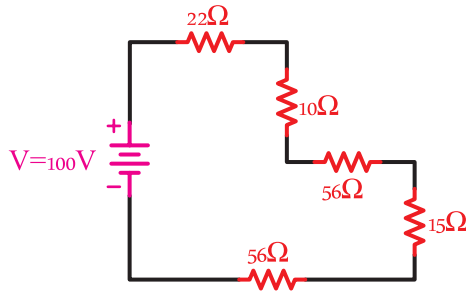
- ۱۰- مقاومت معادل مدار نشان داده شده در شکل ۱۸-۴ از دو نقطه A و B چند اهم است؟  
 پاسخ:  $13/2 K\Omega$



شکل ۱۸-۴

۱۱- مقاومت معادل مدار شکل ۴-۱۹ چند اهم است؟

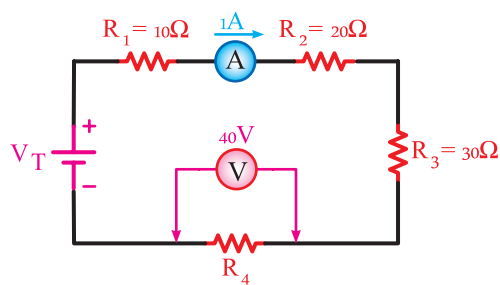
پاسخ:  $159\ \Omega$



شکل ۴-۱۹

۱۲- در مدار شکل ۴-۲۰ مقاومت معادل و ولتاژ کل مدار ( $V_T$ ) را به دست آورید.

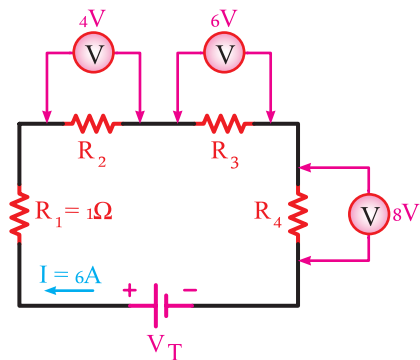
پاسخ:  $100\ \Omega$  و  $100\text{V}$



شکل ۴-۲۰

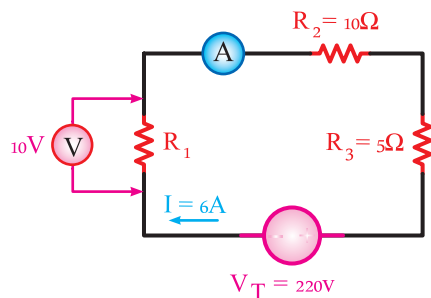
۱۳- در مدار شکل ۴-۲۱ مقدار ولتاژ باتری چند ولت است؟

پاسخ:  $24\text{V}$



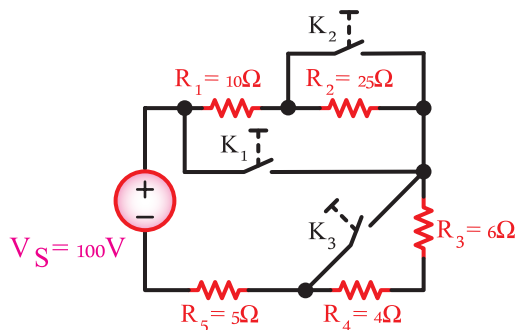
شکل ۴-۲۱

۱۴- در مدار شکل ۴-۲۲ توان هریک از مقاومت‌ها و توان کل مدار را به دست آورید.  
پاسخ:  $60^\circ$  و  $360^\circ$  و  $180^\circ$  و  $60^\circ$



شکل ۴-۲۲

۱۵- مقاومت معادل، ولتاژ هریک از مقاومت‌ها و جریان کل مدار شکل ۴-۲۳ را در شرایط زیر به دست آورید.



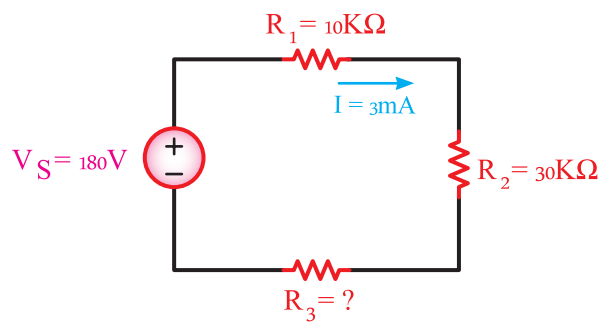
شکل ۴-۲۳

- الف) کلید  $K_1$  بسته و  $K_2$  و  $K_3$  باز  
ب) کلید  $K_2$  بسته و  $K_1$  و  $K_3$  باز  
ج) کلید  $K_3$  بسته و  $K_1$  و  $K_2$  باز  
د) همه کلیدهای  $K_1$ ،  $K_2$ ،  $K_3$  بسته  
ه) همه کلیدهای  $K_1$ ،  $K_2$ ،  $K_3$  باز

جواب‌ها	$R_T$ [Ω]	$V_{R1}$ [V]	$V_{R2}$ [V]	$V_{R3}$ [V]	$V_{R4}$ [V]	$V_{R5}$ [V]	تایید $I_{R1}$ $I_{R5}$
قسمت الف)	۱۵						۶/۶
قسمت ب)	۲۵						۳/۳
قسمت ج)	۴۰	۲۵	•	•			۲/۵
قسمت د)	۵						۲۰
قسمت ه)	۵۰						۲

۱۶- در مدار شکل ۴-۲۴ مقدار مقاومت  $R_3$  چقدر است؟

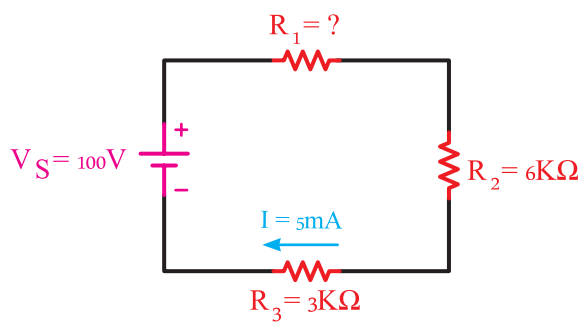
پاسخ:  $20\text{ K}\Omega$



شکل ۴-۲۴

۱۷- در مدار شکل ۴-۲۵ مقدار افت ولتاژ دوسر مقاومت  $R_1$  چقدر است؟

پاسخ:  $55\text{ V}$



شکل ۴-۲۵

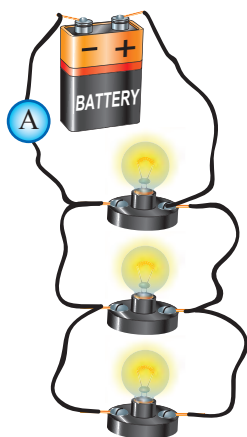
## ۴-۲- اتصال موازی

### ۴-۲-۱- تعریف مدار موازی : مدار موازی به

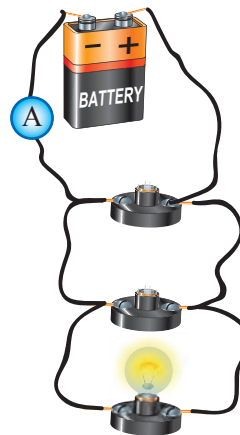
مداری گفته می‌شود که یک طرف همهٔ مصرف‌کننده‌ها مانند شکل ۴-۲۶ به یک‌دیگر یا به منبع<sup>۱</sup> تغذیه وصل شوند و طرف دیگر آن‌ها نیز به هم و یا به منبع وصل شوند.

در مدارهای موازی بیش از یک مسیر برای عبور جریان

وجود دارد.



شکل ۴-۲۸



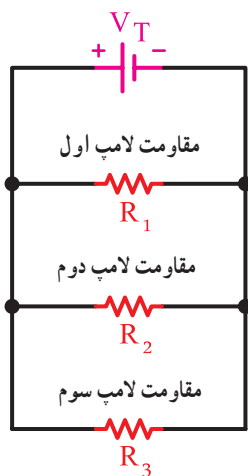
آمپر متر

شکل ۴-۲۶

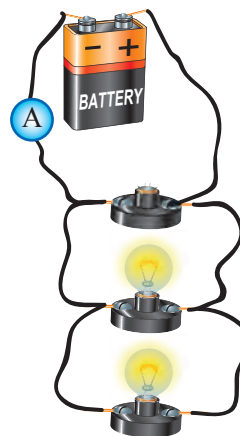
### ۴-۲-۲- خصوصیات مدارهای موازی

الف) جریان الکتریکی : هرگاه مطابق شکل ۴-۲۷

لامپ اول را از مدار باز کنیم مشاهده می‌شود تغییری در شدت روشنایی دو لامپ دیگر حاصل نمی‌شود اما آمپرمتری که در سر راه جریان کل مدار است مقدار کم‌تری را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲۹

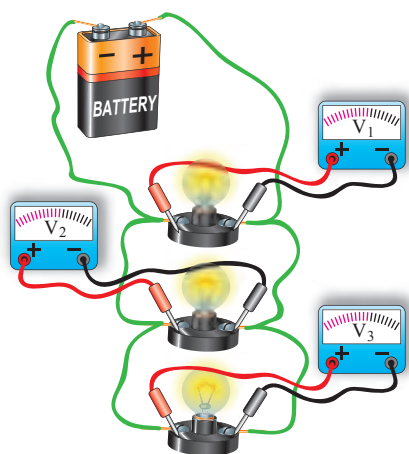


شکل ۴-۲۷

به همین ترتیب اگر مطابق شکل ۴-۲۸ لامپ دوم را نیز از سرپیچ باز کنیم مشاهده می‌کنیم شدت روشنایی لامپ سوم تغییر نمی‌کند اما جریانی که آمپر متر نشان می‌دهد کاهش می‌یابد. از آزمایش فوق نتیجه می‌گیریم که در یک مدار موازی اولاً جریان عبوری از هر مصرف‌کننده، مستقل از دیگری است. ثانیاً جریان دریافتی هر مصرف‌کننده در مقدار جریان کل دریافتی از منبع تغذیه مؤثر است.

در صورتی که بخواهیم مدار الکتریکی معادل برای مدار لامپی شکل ۴-۲۸ به صورت مقاومت اهمی نشان دهیم مداری مشابه شکل ۴-۲۹ را می‌توان رسم کرد.

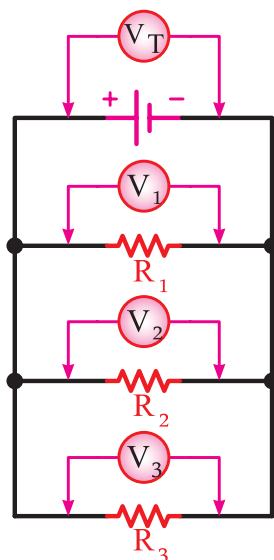
۱- منبع تغذیه به کار رفته در مدار می‌تواند ۲۲۰ ولت برق شهر یا باتری قلمی یا کتابی باشد.



شکل ۴-۳۱

با توجه به آزمایش توضیح داده شده، می توان مدار الکتریکی معادل لامپ ها را به همراه ولت مترها به صورت شکل ۴-۳۲ رسم کرد و رابطه (۸) را برای مداری با سه مقاومت نوشت.

$$V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = V_T \quad (۸)$$



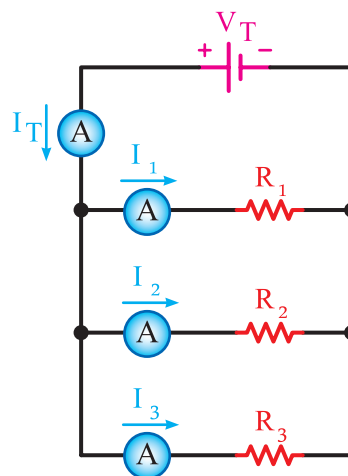
شکل ۴-۳۲

مثال : در مدار شکل ۴-۳۳ مطلوب است :

- (الف) ولتاژ دو سر هر مقاومت  
(ب) جریان هر شاخه



هرگاه جریان هریک از لامپ ها و جریان کل مدار هدف باشد و بخواهیم علاوه بر جریان کل، سهم هر مصرف کننده را تعیین کنیم در این صورت باید آمپر مترها را مانند شکل ۴-۳۰ به صورت سری در مسیر هریک از مقاومت ها و کل مدار قرار داد.



شکل ۴-۳۰

$$\begin{aligned} I_{R_1} &= I_1 = \frac{V_1}{R_1} \\ I_{R_2} &= I_2 = \frac{V_2}{R_2} \\ I_{R_3} &= I_3 = \frac{V_3}{R_3} \end{aligned} \quad (۶)$$

از رابطه (۶)، که براساس قانون اهم نوشته می شود، می توان جریان هر مقاومت را حساب کرد. در مدارهای موازی، جریان هر شاخه به نسبت عکس مقاومت اهمی هر شاخه، تقسیم می شود یعنی در شاخه ای که مقدار مقاومت کم تر است جریان بیش تری جاری می شود. بر همین اساس رابطه (۷) را برای یک مدار با سه مقاومت می توان به کار برد.

$$I_T = I_{R_1} + I_{R_2} + I_{R_3} \quad (۷)$$

(ب) ولتاژ الکتریکی : هرگاه مطابق تصاویر نشان داده شده در شکل ۴-۳۱ ولت متر را به صورت جداگانه به دو سر هریک از لامپ ها اتصال دهیم مشاهده می کنیم مقداری را که ولت مترها نشان می دهند با یک دیگر مساوی هستند.

$$V_1 = V_2 = V_3 = 220\text{V}$$

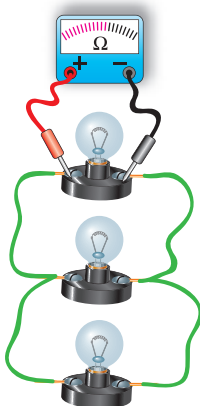
از آن جایی که هر سه لامپ مشابه هستند پس جریانی که هر لامپ می کشد برابر  $0.5$  آمپر است در این صورت جریان کل برابر

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_T = 0.5 + 0.5 + 0.5 = 1.5\text{A}$$

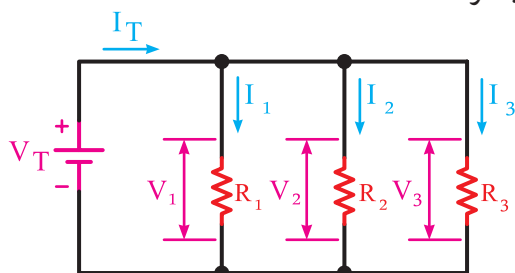
است.

ج) **مقاومت معادل**: برای به دست آوردن مقاومت معادل هر مداری به روش عملی باید منبع تغذیه را از مدار جدا نمود و سپس اهم متر را مطابق شکل ۴-۳۵ به دو سر ابتدا و انتهای مدار وصل کنیم.

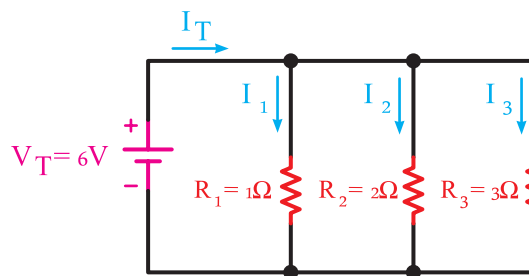


شکل ۴-۳۵

مقدار مقاومت معادل در مدارهای موازی را در حالت کلی برای مداری مانند شکل ۴-۳۶ به صورت رابطه (۹) می توان محاسبه کرد.



شکل ۴-۳۶



شکل ۴-۳۳

**حل**: چون مدار موازی است پس:

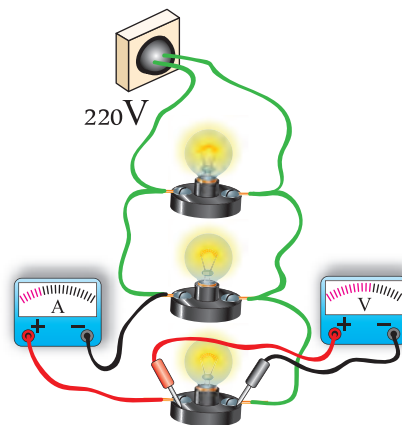
$$V_T = V_{R1} = V_{R2} = V_{R3} = 6\text{V}$$

$$I_{R1} = I_1 = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{6}{1} = 6\text{A}$$

$$I_{R2} = I_2 = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{6}{2} = 3\text{A}$$

$$I_{R3} = I_3 = \frac{V_{R3}}{R_3} = \frac{6}{3} = 2\text{A}$$

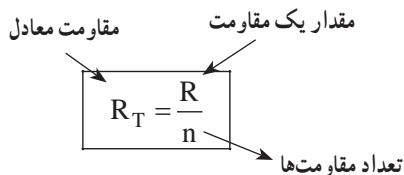
مثال: هرگاه سه لامپ مشابه مطابق شکل ۴-۳۴ متصل شده باشند و ولت متر ولتاژ دو سری لامپ سوم را  $220\text{V}$  و آمپر متر عدد  $0.5$  آمپر نشان دهد ولتاژ و جریان کل مدار چه قدر است؟



شکل ۴-۳۴

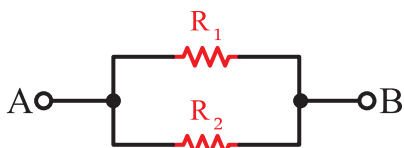
**حل**: چون لامپ ها موازی هستند پس ولتاژ دو

سر همه آنها یکسان است یعنی:



(۱۰)

II هرگاه دو مقاومت نامساوی مطابق شکل ۴-۳۸ به صورت موازی اتصال یابند مقاومت معادل آن‌ها را براساس رابطه زیر می‌توان محاسبه کرد. یعنی مقاومت معادل دو مقاومت موازی نامساوی برابر با حاصل ضرب دو مقاومت تقسیم بر مجموع آن‌ها است.



شکل ۴-۳۸

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (11)$$

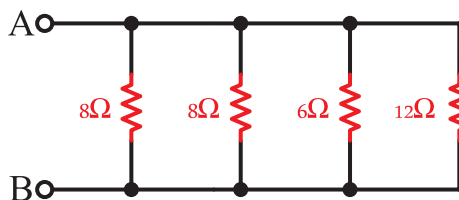
### ۴-۲-۳- حالت اتصال کوتاه در مدارهای موازی :

در مدارهای موازی چون دو سر عناصر به هم وصل و هم چنین مستقیماً به دو سر منبع تغذیه (باتری) متصل می‌شوند به همین دلیل حالت اتصال کوتاه در این مدارها خیلی خطرناک‌تر از حالت سری است؛ چرا که با اتصال کوتاه شدن دو سر هریک از مقاومت‌ها نه تنها آن مقاومت از مدار خارج می‌شود بلکه همه عناصر از مدار خارج می‌شوند. در حالت اتصال کوتاه مدارهای موازی، جریان شدیدی از مسیر اتصال کوتاه شده عبور می‌کند که می‌تواند برای وسایل و منبع تغذیه خطرناک باشد. در مدار شکل ۴-۳۹ با اتصال کوتاه شدن لامپ ۳، هم لامپ ۳ و هم لامپ‌های

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (9)$$

با کمک رابطه (۹) مقدار معکوس  $R_T$  به دست می‌آید. در صورتی که مقدار  $R_T$  مد نظر باشد باید مقدار آن را عکس کرد.

مثال : مقاومت معادل مدار شکل ۴-۳۷ چند اهم است؟



شکل ۴-۳۷

حل :

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{3+3+4+2}{24} = \frac{12}{24}$$

$$R_T = \frac{24}{12} = 2\Omega$$

$$R'_T = \frac{8}{2} = 4\Omega$$

$$R''_T = \frac{12 \times 6}{12 + 6} = \frac{72}{18} = 4\Omega$$

$$R_T = \frac{4}{2} = 2\Omega$$

روش دوم

### حالات خاص مدارهای موازی

I اگر  $n$  مقاومت مساوی به صورت موازی اتصال یابند مقاومت معادل آن‌ها را از رابطه زیر می‌توان به دست آورد.





حل :

۱ و ۲ خاموش می‌شوند؛ چرا که با به وجود آمدن مسیر فرعی اتصال کوتاه شده جریانی از لامپ‌ها عبور نکرده و از طریق سیم‌ها طی مسیر کرده است (همان طوری که در شکل نشان داده شده) و از یک طرف منبع تغذیه، نسبت به دیگر منبع، جاری می‌شود.

(الف)

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{3+2+1}{12} = \frac{6}{12}$$

$$R_T = \frac{12}{6} = 2\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{12}{2} = 6A$$

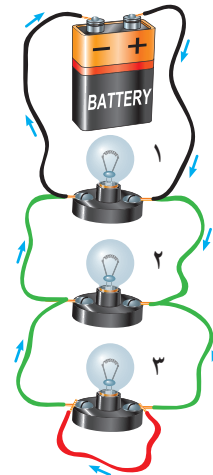
(ب)

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_T}{R_1} = \frac{12}{4} = 3A$$

(ج)

$$I_r = \frac{V_r}{R_r} = \frac{V_T}{R_r} = \frac{12}{6} = 2A$$

$$I_r = \frac{V_r}{R_r} = \frac{V_T}{R_r} = \frac{12}{12} = 1A$$



شکل ۳۹-۴

مثال : در مدار شکل ۴۰-۴ مطلوب است مقادیر خواسته



شده زیر

(الف) مقاومت معادل

(ب) جریان کل مدار

(ج) جریان عبوری از مقاومت‌ها

(د) توان هریک از مقاومت‌ها و توان کل

(د) توان هر مقاومت را از روش‌های مختلف می‌توان

محاسبه کرد.

$$P_1 = V_1 \cdot I_1 = 12 \times 3 = 36W$$

$$P_r = R_r \cdot I_r^2 = 6 \times (2)^2 = 24W$$

$$P_r = \frac{V_r^2}{R_r} = \frac{(12)^2}{12} = 12W$$

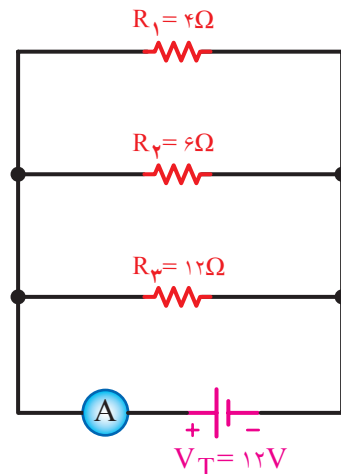
$$P_T = P_1 + P_r + P_r$$

$$P_T = 36 + 24 + 12 = 72W$$

مثال : هرگاه شدت جریان و ولتاژ در شکل ۴۱-۴



به ترتیب ۸A و ۲۴V باشد، مقادیر خواسته شده صفحه بعد را به دست آورید.



شکل ۴۰-۴

$$I_{R_3} = I_r = 1A$$

براساس قانون اهم می توان نوشت :

$$R_r = \frac{V_r}{I_r} = \frac{24}{1} = 24\Omega$$

$$I_r = \frac{V_r}{R_r} = \frac{24}{6} = 4A$$

چون در مدارهای موازی جریان کل از مجموع جریان های هر

شاخه به دست می آید پس می توان جریان  $I_1$  را چنین حساب کرد.

$$I_T = I_1 + I_r + I_3$$

$$8 = I_1 + 4 + 1$$

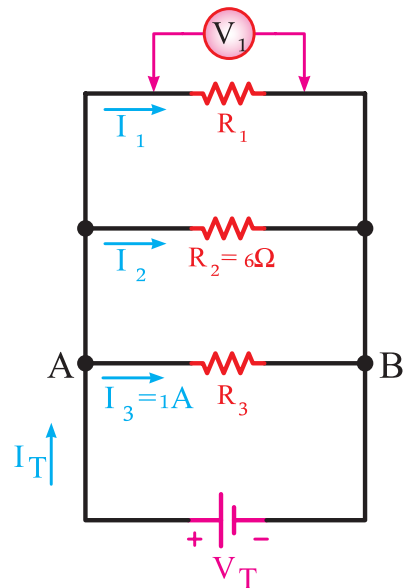
$$I_1 = 8 - (4 + 1) = 3A$$

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{24}{3} = 8\Omega$$

چون فقط توان مصرفی کل خواسته شده است پس

از طریق پارامترهای کل به صورت زیر حساب می کنیم.

$$P_T = V_T \cdot I_T = 24 \times 8 = 192W$$



شکل ۴-۴۱

الف) مقدار مقاومت های  $R_1$  و  $R_3$

ب) جریان مقاومت های  $R_2$  و  $R_3$

ج) توان مصرفی کل مدار

حل :

براساس توضیحات و شکل داریم :

$$V_{R_1} = V_1 = V_r = V_3 = V_T = 24V$$

## پرسش‌های فصل چهارم (مدارهای موازی)

### ◀ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

- ۱- کدام کمیت در بین عناصر مدار موازی ثابت است؟  
 (الف) توان (ب) جریان (ج) مقاومت معادل (د) ولتاژ
- ۲- مقاومت معادل چند مقاومت موازی مساوی از کدام رابطه محاسبه می‌شود؟

(الف)  $\frac{R}{\sqrt{n}}$  (ب)  $\frac{R}{n}$  (ج)  $n.R$  (د)  $\sqrt{n}.R$

- ۳- قطع یک عنصر در مدار موازی که دارای سه لامپ است :  
 (الف) باعث سوختن سایر عناصر می‌شود. (ب) سبب کم نور شدن دو لامپ دیگر می‌شود.  
 (ج) هیچ اثری در نور دو لامپ دیگر ندارد. (د) باعث سوختن یک لامپ و قطع لامپ دیگر می‌شود.

### ◀ پرسش‌های درست و نادرست

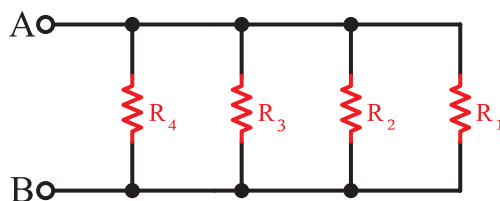
- ۴- با اضافه کردن یک مقاومت به مداری موازی مقدار مقاومت معادل مدار نسبت به حالت اول افزایش می‌یابد.  
☐ درست ☐ نادرست
- ۵- ولتاژ کل مدار در بین عناصر مدار موازی تقسیم می‌شود.  
☐ درست ☐ نادرست
- ۶- به وجود آمدن حالت اتصال کوتاه در یک مقاومت مدار موازی اثری روی کار سایر مقاومت‌ها ندارد.  
☐ درست ☐ نادرست
- ۷- مقاومت معادل دو مقاومت  $6\ \Omega$  و  $12\ \Omega$  برابر  $3\ \Omega$  است.  
☐ درست ☐ نادرست

### ◀ پرسش‌های پرکردنی

- ۸- توان کل مصرفی یک مدار موازی از ..... توان‌های عناصر مدار به دست می‌آید.
- ۹- اگر یک لامپ در مدار موازی بسوزد در کار سایر لامپ‌ها اختلالی به وجود .....  
 ۱۰- در مدار موازی جریان به نسبت ..... مقدار مقاومت‌ها در هر شاخه تقسیم می‌شود.

### ◀ پرسش‌های تشریحی (مسائل)

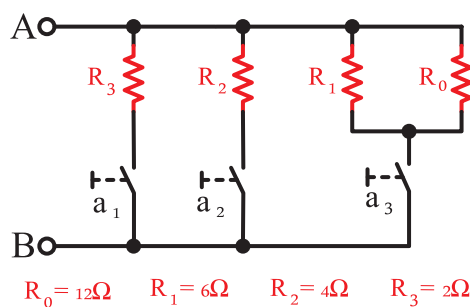
- ۱۱- مقاومت معادل چهار مقاومت  $20\ \Omega$  مطابق شکل ۴-۴۲ چند اهم است؟  
 پاسخ:  $5\ \Omega$



شکل ۴-۴۲

۱۲- اگر به ترتیب هریک از کلیدهای  $a_1$ ،  $a_2$ ،  $a_3$  را وصل کنیم مقاومت معادل مدار از دو نقطه A و B در هر مرحله را حساب کنید.

پاسخ:  $1\ \Omega$ ،  $2\ \Omega$ ،  $4\ \Omega$



شکل ۴-۴۳

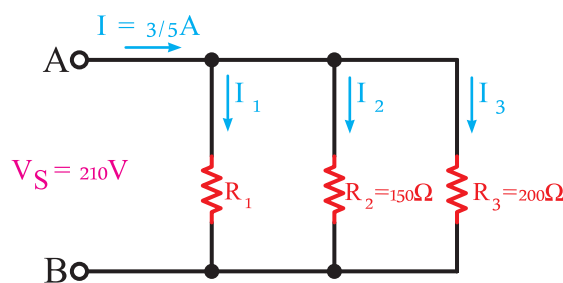
۱۳- در مدار شکل ۴-۴۴ مطلوب است:

الف) مقاومت معادل

ب) جریانهای  $I_1$ ،  $I_2$  و  $I_3$

ج) مقدار مقاومت  $R_1$

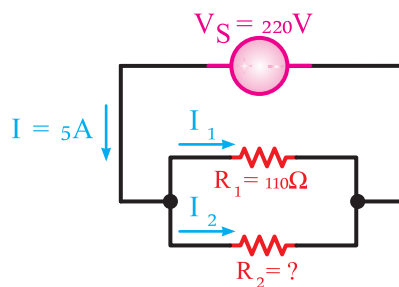
پاسخ:  $60\ \Omega$  و  $1/5\ A$  و  $1/4\ A$  و  $1/5\ \Omega$  و  $200\ \Omega$



شکل ۴-۴۴

۱۴- در مدار شکل ۴-۴۵ مقدار مقاومت  $R_2$  چند اهم است؟

پاسخ:  $73/3$

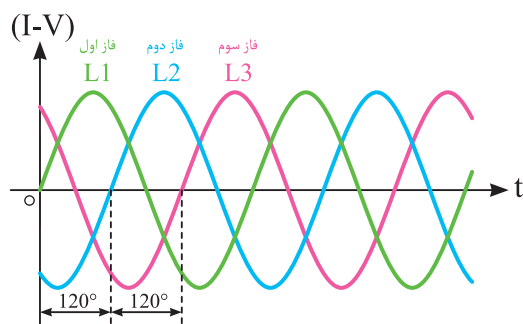
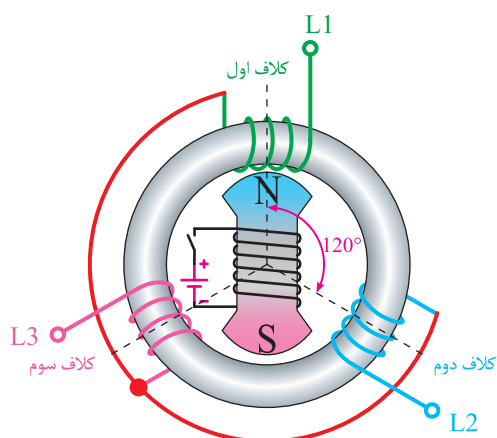


شکل ۴-۴۵

## جریان متناوب

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

- ۱- جریان متناوب را تعریف کند.
- ۲- چگونگی تولید جریان متناوب را شرح دهد.
- ۳- مشخصات جریان متناوب را توضیح دهد.
- ۴- چگونگی تولید جریان متناوب سه فاز را با رسم شکل موج مختصراً توضیح دهد.
- ۵- حروف اختصاری فازها و ترتیب قرار گرفتن سیم‌ها در شبکه برق ایران را بیان کند.



## سیمای فصل ۵

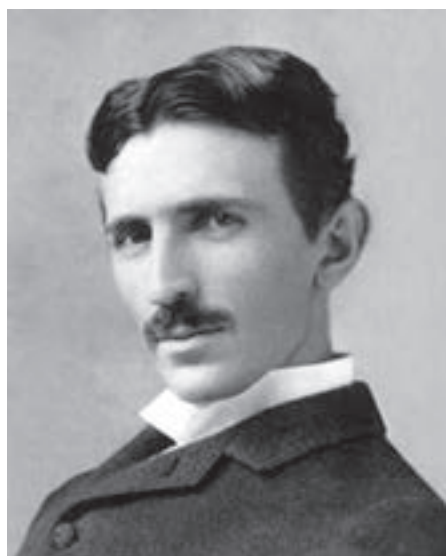
- جریان متناوب
- چگونگی تولید جریان متناوب در ژنراتورها
- آشنایی با مشخصات جریان متناوب
- جریان متناوب سه فاز و تک فاز



### آشنایی با دانشمندان

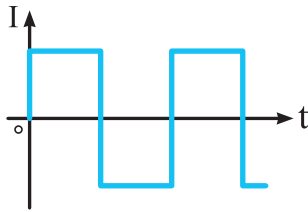
#### تسلا

(Tesla, Nikola / ۱۸۵۶-۱۹۴۳)



تسلا در کرواسی، که اکنون قسمتی از کشور یوگسلاوی را تشکیل می‌دهد و در زمان او جزء امپراتوری اتریش - هنگری بود، به دنیا آمد. بعداً او به آمریکا مهاجرت کرد و مدتی با ادیسون همکاری نمود. ادیسون همواره با جریان برق مستقیم کار می‌کرد ولی تسلا کارکردن با جریان برق متناوب و دارای ولتاژ زیاد را عملی ساخت. رابطه او با ادیسون به علت استبداد رأی ادیسون خیلی زود به هم خورد. تسلا از این که جریان برق متناوب برای اولین بار در صندلی الکتریکی برای اعدام کردن مورد استفاده قرار گرفت شدیداً ناراحت بود. او هم چنین طراح تولید نیروی برق در آبشار نیاگارا بود. به پاس خدمات او یکای شدت میدان مغناطیسی در SI را با تسلا نشان می‌دهند.

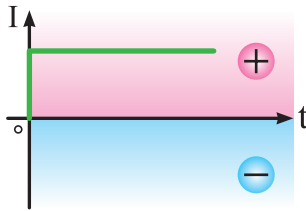
## ۵- جریان متناوب



ج) موج مربعی

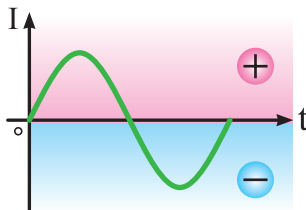
شکل ۵-۲

نمودار شکل ۵-۳ جریانی را نشان می‌دهد که اندازه و جهت آن تغییر نمی‌کند به چنین جریانی، جریان مستقیم<sup>۱</sup> می‌گویند.



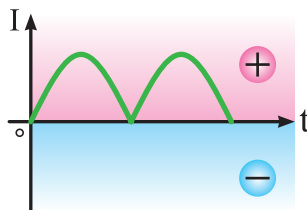
شکل ۵-۳

برهمین اساس هرگاه جریانی دارای شکل موجی به صورت شکل ۵-۴ باشد، که هم تغییر در اندازه و هم تغییر در جهت داشته باشد، به آن جریان متناوب<sup>۲</sup> گفته می‌شود.



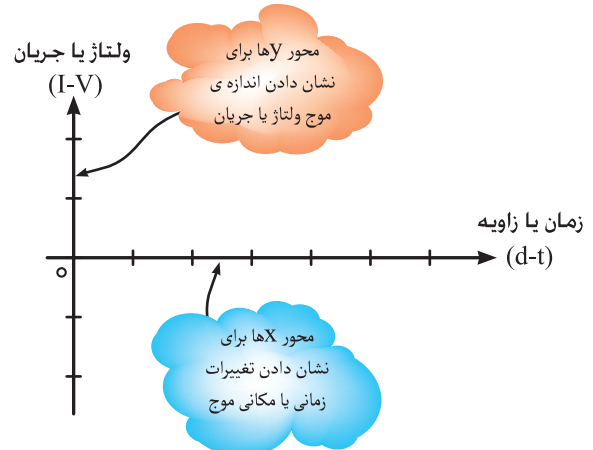
شکل ۵-۴

نکته: یک گروه از امواج هستند که مشابه شکل ۵-۵ نسبت به زمان دارای تغییرات اند اما در زیر محور افقی  $t$  (قسمت منفی موج) قرار نمی‌گیرند. اصطلاحاً به این امواج دی سی «ضربان‌دار» گفته می‌شود.



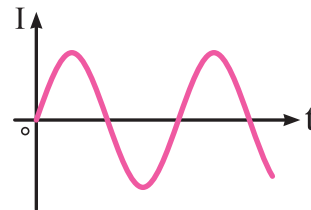
شکل ۵-۵

معمولاً برای نشان دادن چگونگی تغییرات جریان یا ولتاژ از یک نمودار که دارای دو خط عمود بر هم است استفاده می‌شود (شکل ۵-۱).

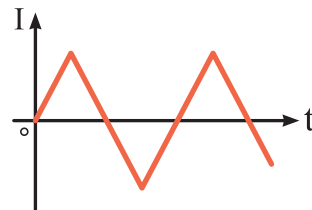


شکل ۵-۱

محور افقی برای نشان دادن تقسیمات زمانی یا مکانی و محور عمودی برای نشان دادن اندازه ولتاژ یا جریان در نظر گرفته می‌شود. موج جریان رادر شکل‌های مختلف، مانند شکل ۵-۲، می‌توان رسم کرد.



الف) موج سینوسی

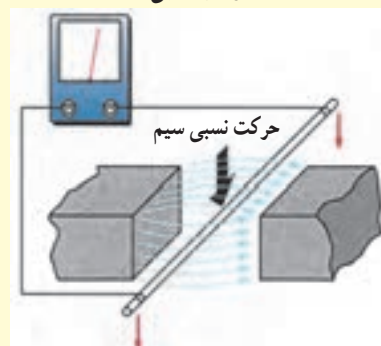


ب) موج مثلثی

## ۱-۵- چگونگی تولید جریان متناوب در ژنراتورها

طبق آزمایش‌هایی که فاراده انجام داد به این نتیجه رسید که در اثر حرکت سیم در داخل میدان مغناطیسی نیروی محرکه‌ای (مطابق شکل ۶-۵ الف) در دو سر سیم القا می‌شود.

ولتاژ القایی

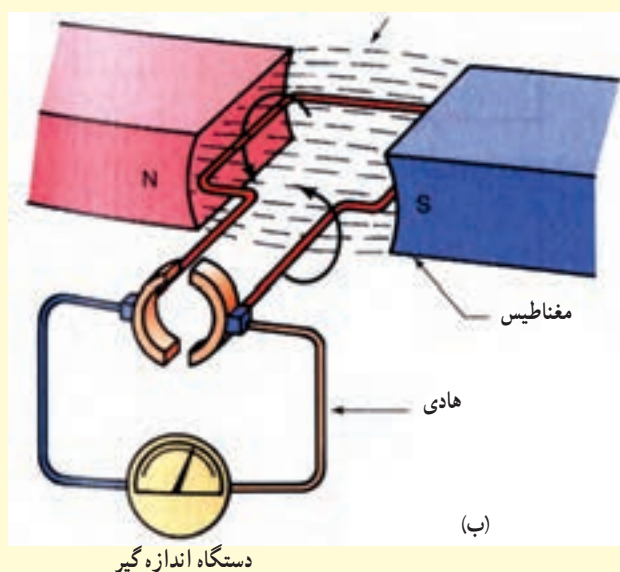


حرکت سیم به طرف پایین

(الف) نحوه تولید جریان متناوب (حرکت سیم)

بر همین اساس اگر به جای یک رشته سیم از یک کلاف با چند رشته سیم در داخل میدان مغناطیسی استفاده کنیم، به طوری که بتوانیم کلاف را مانند شکل ۶-۵ در داخل میدان مغناطیسی به صورت دایره‌ای بچرخانیم، در واقع توانسته‌ایم یک مولد ساده بسازیم. از آنجایی که نیروی محرکه القا شده در کلاف سیم به سینوس زاویه کلاف با میدان مغناطیسی بستگی دارد، شکل موج خروجی مولد را سینوسی در نظر می‌گیرند.

حرکت کلاف در داخل میدان مغناطیسی به صورت دایره‌ای است که می‌تواند از صفر تا  $360^\circ$  درجه باشد.



۶-۵- چگونگی تولید جریان متناوب

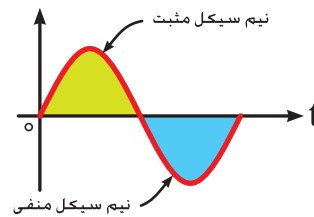


## ۵-۲-۱ آشنایی با مشخصات جریان متناوب

شکل موج جریان متناوب دارای یک سری مشخصات است که به بررسی هر یک از آن‌ها می‌پردازیم.

### ۵-۲-۱-۱ سیکل<sup>۱</sup>: به شکل موجی که در اثر چرخش

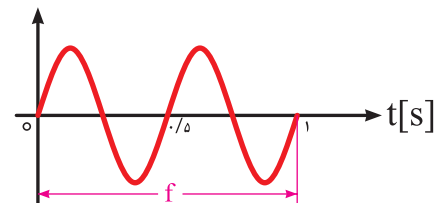
یک دور کلاف در داخل میدان مغناطیسی به وجود می‌آید «سیکل» گفته می‌شود (شکل ۵-۷). به قسمت بالای محور سیکل «نیم سیکل مثبت» و به قسمت پایین محور زمان «نیم سیکل منفی» گفته می‌شود.



شکل ۵-۷

### ۵-۲-۲-۱ فرکانس (f)<sup>۲</sup>: به تعداد سیکل‌های زده

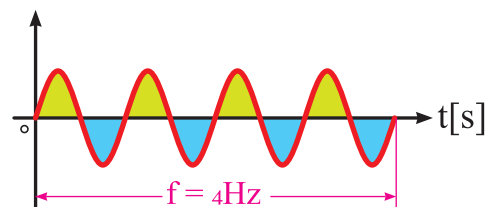
شده در طی مدت زمان یک ثانیه «فرکانس» گفته می‌شود (شکل ۵-۸).



شکل ۵-۸

واحد فرکانس «هرتز - Hz»<sup>۳</sup> است. ضمناً فرکانس شبکه

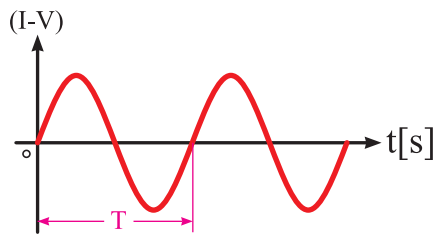
برق رسانی ایران ۵۰ هرتز است. شکل ۵-۹ امواج شبکه‌ای را نشان می‌دهد که فرکانس آن ۴ هرتز است.



شکل ۵-۹

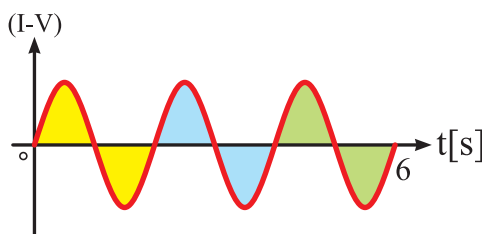
## ۵-۲-۳-۱ زمان تناوب (T): اصطلاحاً به مدت زمانی

که طول می‌کشد تا یک سیکل موج متناوبی طی شود به آن «زمان تناوب» گفته می‌شود و واحد اصلی آن ثانیه است (شکل ۵-۱۰).



شکل ۵-۱۰

مثال: زمان تناوب شکل ۵-۱۱ چند ثانیه است؟



شکل ۵-۱۱

**حل:** همان طوری که در شکل مشاهده می‌شود سه سیکل طی ۶ ثانیه به وجود آمده است پس می‌توان زمان تناوب شکل را به صورت زیر محاسبه کرد.

$$T = \frac{6}{3} = 2 \text{ S}$$

مثال: زمان تناوب برق شهر کشور ایران چند ثانیه است؟



**حل:** چون فرکانس برق شهر در کشور ایران ۵۰ Hz است، لذا زمان تناوب آن معادل خواهد شد با:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ S}$$

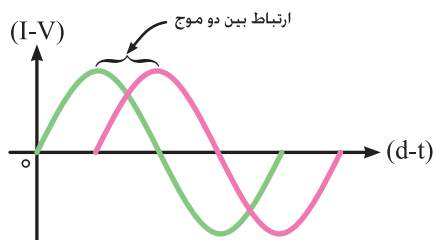
توجه: T و f عکس یک دیگر هستند.

## ۵-۲-۴ دامنه: مقدار موج در هر لحظه از زمان را

«دامنه» گویند. در شکل ۵-۱۲ مقدار موج در لحظات مختلف

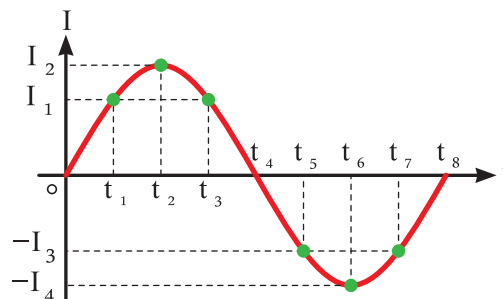
نشان داده شده است.

همان طوری که مشاهده می شود برای مثال در لحظه  $t_1$  و  $t_3$  جریان دارای مقدار  $I_1$  یا در لحظه  $t_2$  و  $t_6$  جریان دارای بیشترین مقدار نیم سیکل های مثبت و منفی موج است.



شکل ۵-۱۴

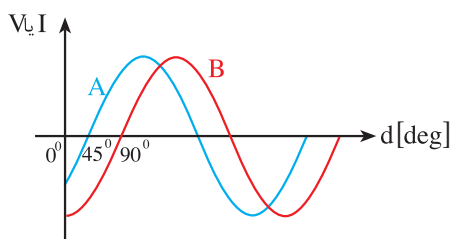
۵-۲-۷- اختلاف فاز: معمولاً برای مشخص کردن وضعیت دو موج متناوب نسبت به هم لازم است مقدار فاصله بین دو موج که اغلب برحسب زمانی یا مکانی (درجه) است، بررسی شود. اندازه این فاصله، معمولاً از مقایسه دو نقطه مشابه از روی دو موج نسبت به نقطه صفر مختصات به دست می آید.



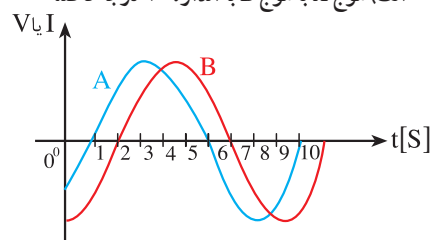
شکل ۵-۱۲

۵-۲-۵- مقدار حداکثر (m): اصطلاحاً به بیشترین

مقدار یک موج در نیم سیکل مثبت «پیک مثبت» یا «حداکثر» و به حداکثر مقدار موج در نیم سیکل منفی «پیک منفی» یا «حداقل» گفته می شود. شکل ۵-۱۳ مقادیر پیک مثبت و منفی را نشان می دهد.

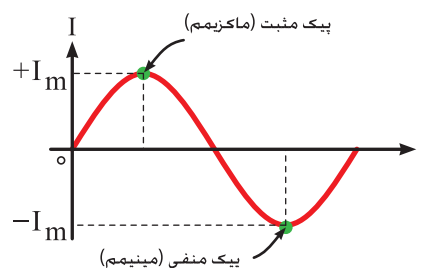


الف) موج A با موج B به اندازه ۹۰ درجه فاصله



ب) موج A با موج B به اندازه ۱ ثانیه فاصله

شکل ۵-۱۵



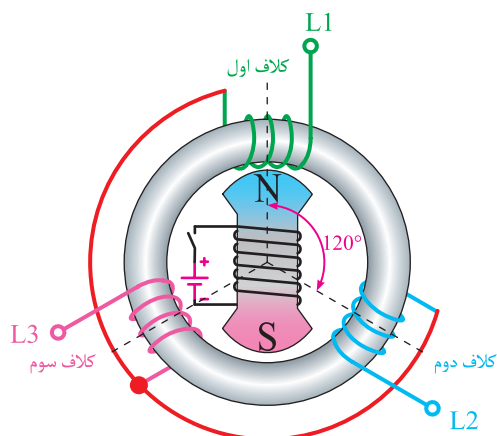
شکل ۵-۱۳

برای این منظور ابتدا باید دو نقطه مشابه را از روی هر دو موج مانند نقاط A و A' (صفر مثبت) یا B و B' (ماکزیمم مثبت) یا C و C' (صفر منفی) یا D و D' (ماکزیمم منفی) (شکل ۵-۱۶) را در نظر بگیریم. سپس مقدار اختلاف (فاصله) بین دو موج را از روی محور افقی بر حسب زمان (ثانیه) یا مکان (درجه) به دست آوریم (شکل ۵-۱۶).

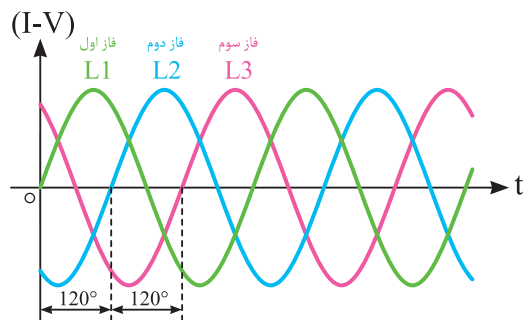
۵-۲-۶- فاز<sup>۲</sup>: کلمه فاز اصطلاحی است که برای

نشان دادن رابطه زمانی (t) یا مکانی (درجه - d) بین دو شکل موج یا یک شکل موج متناوب نسبت به نقطه مبدأ (صفر) به کار می رود (شکل ۵-۱۴).

در این مولد از سه گروه کلاف که با یکدیگر اختلاف فاز مکانی  $120^\circ$  درجه دارند در فضای داخلی و مسیردایره‌ای مطابق شکل ۵-۱۸ استفاده می‌شود. این مولد با چرخش میدان مغناطیسی تولید شده توسط سیم پیچ گردان، در هر لحظه که قطب N مقابل هر سیم پیچ ثابت قرار می‌گیرد ولتاژی در دو سر آن‌ها به وجود می‌آورد که به تولید شکل موج‌هایی به صورت شکل ۵-۱۹ در خروجی مولد می‌انجامد.

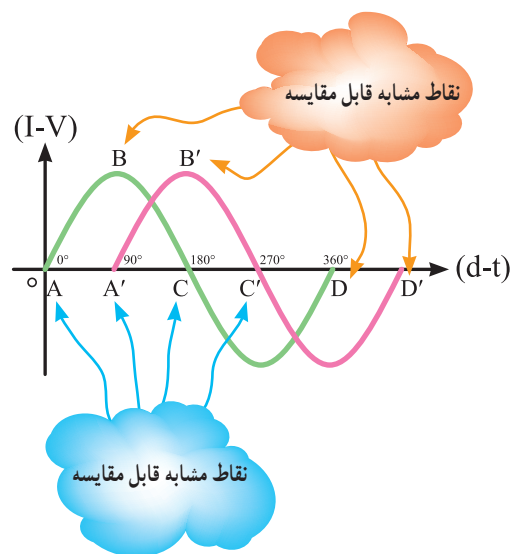


شکل ۵-۱۸



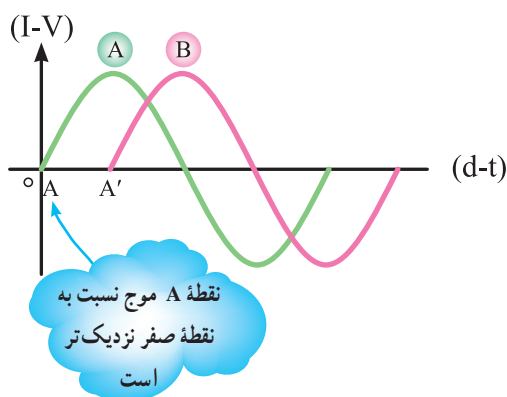
شکل ۵-۱۹

سه گروه سیم پیچی مولد از داخل به صورت شکل ۵-۲۰ به یکدیگر متصل شده‌اند و از محل اتصال آن‌ها نیز سیمی خارج می‌شود. اصطلاحاً به سر سیم پیچ‌ها «فاز» گفته می‌شود. به سیمی که از محل اشتراک سیم پیچ‌ها خارج می‌شود سیم «نول» گفته می‌شود.



شکل ۵-۱۶

در نهایت دو نقطه A و A' را نسبت به نقطه صفر محور مختصات بررسی و مشخص می‌کنیم که کدام نقطه به نقطه صفر نزدیک‌تر است. در شکل ۵-۱۷ موج A نسبت به موج B پیش فاز است. موج B نسبت به موج A پس فاز است. اگر فاصله A و A' از نقطه صفر برابر باشد دو موج را هم فاز می‌گویند.



شکل ۵-۱۷

### ۵-۳- جریان متناوب سه فاز و تک فاز

ولتاژ تولیدی جریان متناوب که برپایه اصول الکترومغناطیس در مولدها (ژنراتورها) تولید می‌شود اغلب به صورت سه فاز است.



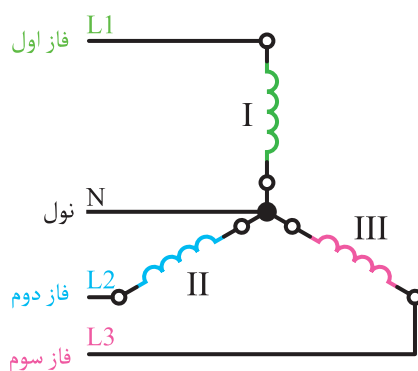
شکل ۵-۲۲

شکل ۵-۲۳ تصویر یک نمونه موتور نصب شده روی مشعل را نشان می دهد.



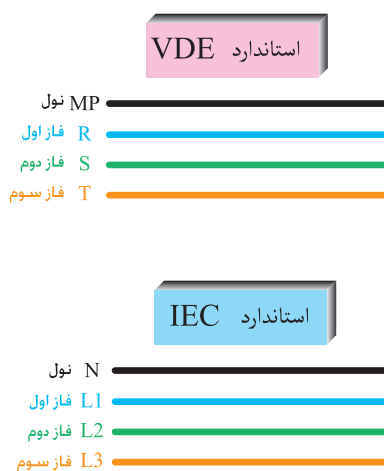
شکل ۵-۲۳

در نقشه های الکتریکی، اغلب شبکه اصلی برق رسانی به همراه مشخصات آن ها و مطابق شکل ۵-۲۴ نشان داده می شود. منظور از ولتاژ خطی ( $V_L$ ) مقدار ولتاژ بین دو سیم فاز و ولتاژ فاز ( $V_P$ ) مقدار ولتاژ بین هر فاز و سیم نول است. در شبکه برق رسانی ایران اختلاف پتانسیل یا ولتاژ خطی  $400^\circ$  ولت و ولتاژ فاز  $230^\circ$  ولت است. شکل ۵-۲۵ نحوه اندازه گیری ولتاژهای خطی و فاز را نشان می دهد.



شکل ۵-۲۰

در شکل ۵-۲۱ ترتیب قرار گرفتن سیم های یک شبکه الکتریکی و حروف اختصاری هر یک از آن ها در دو استاندارد IEC<sup>۱</sup> و VDE<sup>۲</sup> نشان داده شده است.

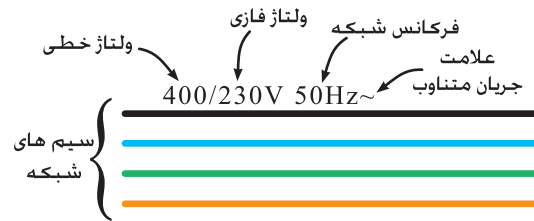


شکل ۵-۲۱

برای برق رسانی به یک مصرف کننده سه فاز مانند موتور یک سیستم موتورخانه مشابه شکل ۵-۲۲، فقط از سه سیم فازها یعنی  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  استفاده می شود. در صورتی که بخواهیم به مصرف کننده های تک فاز مانند موتور مشعل برق رسانی کنیم باید از یکی از سیم های فاز  $L_1$  یا  $L_2$  یا  $L_3$  به همراه سیم نول استفاده کنیم.

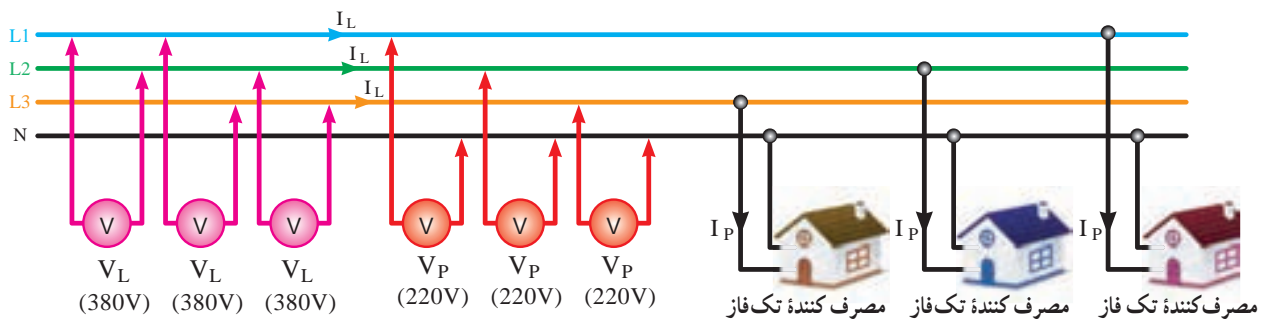
۱- IEC- International Electrotechnical commission.

۲- VDE- Verband Deutscher Electrotechniker.



شکل ۵-۲۴

همان طوری که در شکل ۵-۲۵ مشاهده می شود به جریانی که از خطوط شبکه جاری است جریان خطی ( $I_L$ ) و به مقدار جریانی که هر یک از مصرف کننده ها از شبکه دریافت می کنند و از مسیر سیم پیچ های آنها عبور می کند جریان فازی ( $I_P$ ) گفته می شود.

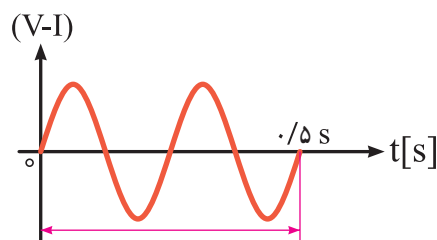


شکل ۵-۲۵

◀ پرسش‌های چهار گزینه‌ای

- ۱- در جریان مستقیم و در طی مدت زمان معین اندازه و جهت جریان چگونه تغییر می‌کند؟  
 الف) ثابت می‌ماند    ب) افزایش می‌یابد    ج) کاهش می‌یابد    د) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد
- ۲- به شکل موجی که در اثر چرخش یک دور کلاف (سیم‌پیچ) در داخل میدان مغناطیسی به وجود می‌آید ..... می‌گویند.

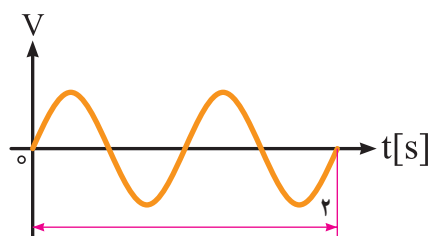
- الف) فرکانس    ب) دامنه    ج) فاز    د) سیکل
- ۳- زمان تناوب یک موجی که شش سیکل را در سه ثانیه می‌پیماید چند ثانیه است؟  
 الف) ۲    ب)  $\frac{1}{5}$     ج) ۱۸    د) ۳
- ۴- فرکانس شکل موج در شکل ۵-۲۶ چند هرتز است؟  
 الف)  $\frac{1}{25}$     ب) ۴    ج) ۲    د)  $\frac{1}{5}$



شکل ۵-۲۶

◀ پرسش‌های پُرکردنی

- ۵- جریان متناوب جریانی است که در آن ..... و ..... تغییر می‌کند.
- ۶- به تعداد سیکل‌های زده شده یک کلاف در میدان مغناطیسی در طی مدت زمان یک ثانیه، ..... می‌گویند.
- ۷- مدت زمانی را که طول می‌کشد تا در یک سیکل موج متناوب به وجود آید ..... می‌گویند.
- ۸- فرکانس شکل موج نشان داده شده در شکل ۵-۲۷ برابر ..... هرتز است.



شکل ۵-۲۷

### ◀ پرسش‌های درست و نادرست

۹- در اثر حرکت سیم در داخل میدان مغناطیسی، نیروی محرکه‌ای در دو سر سیم القا می‌شود.

درست ☐ نادرست ☐

۱۰- مفهوم «فاز» برای نشان دادن رابطه‌ی زمانی یا مکانی بین دو شکل موج به کار می‌رود.

درست ☐ نادرست ☐

۱۱- زمان تناوب برق شهر در کشور ایران  $5^\circ$  ثانیه است.

درست ☐ نادرست ☐

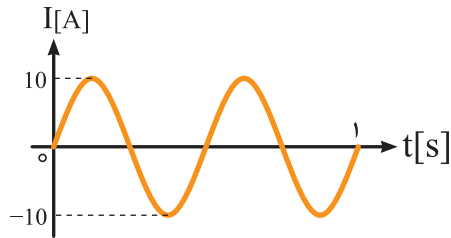
### ◀ پرسش‌های تشریحی

۱۲- بر روی شکل موج شکل ۵-۲۸ کمیت‌های فرکانس، زمان تناوب مقدار حداکثر (ماکزیمم) را نشان دهید.

پاسخ:  $2\text{ Hz}$ ،  $5\text{ s}$

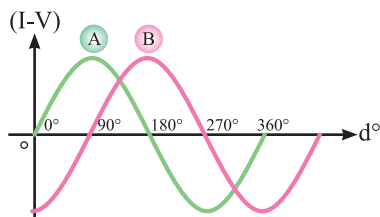
۱۳- جریان متناوب را تعریف کنید.

۱۴- مشخصات جریان متناوب را توضیح دهید.

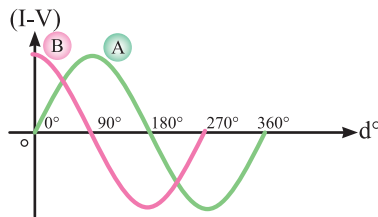


شکل ۵-۲۸

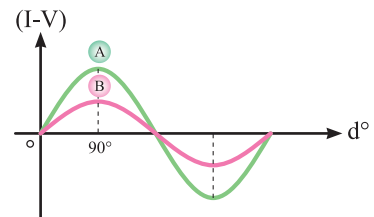
۱۵- اختلاف فاز شکل موج B نسبت به شکل موج A در تصاویر شکل ۵-۲۹ را تعیین کنید.



(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۵-۲۹

پاسخ: الف) شکل موج B نسبت به A،  $9^\circ$  درجه پس فاز است.

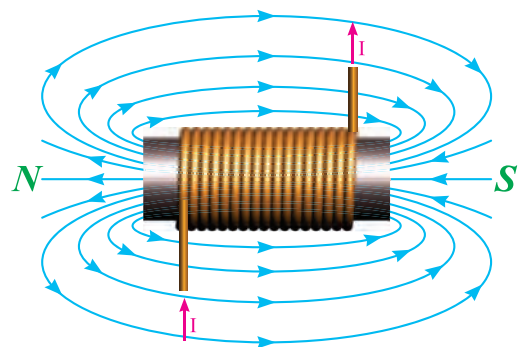
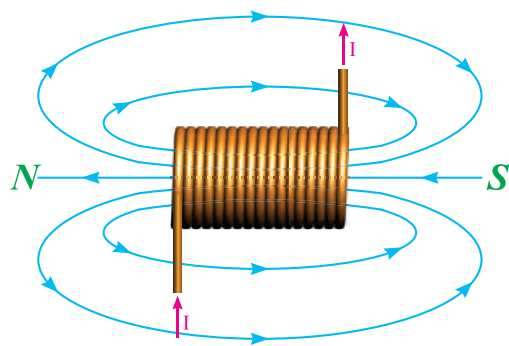
ب) شکل موج B نسبت به A،  $9^\circ$  درجه پیش فاز است.

ج) شکل موج B نسبت به A هم فاز است.

## سلف

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنجار و انتظار می‌رود :

- ۱- مغناطیس و الکترومغناطیس را توضیح دهد.
- ۲- بارهای مقاومتی و بارهای القایی را توضیح دهد.
- ۳- سلف را تعریف کند.
- ۴- ساختمان سلف را شرح دهد.
- ۵- عملکرد سلف را در جریان مستقیم و متناوب توضیح دهد.
- ۶- اختلاف فاز جریان و ولتاژ در مدار سلفی را با رسم شکل توضیح دهد.





## سیمای فصل ۶

- مغناطیس و الکترومغناطیس
- بارهای مقاومتی و بارهای القایی
- سلف (سیم پیچ)
- ساختمان بوبین
- عملکرد سلف
- سلف در جریان مستقیم
- سلف در جریان متناوب



## آشنایی با دانشمندان

### هانری

(1878–1944 / Henry, Joseph)

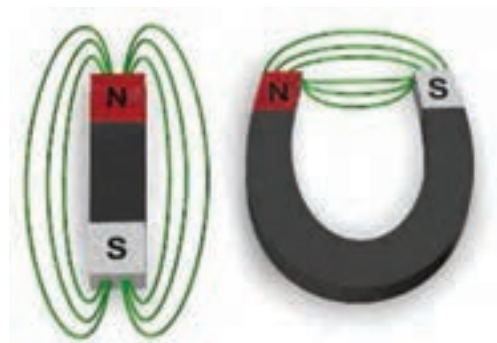
هانری در شهر آلبی در ایالت نیویورک به دنیا آمد. او در خانواده فقیری می‌زیست و از جوانی ناگزیر به کار کردن بود. در نتیجه تحصیلات خود را با وقفه و نامرتب ادامه داد. از سیزده سالگی شاگرد ساعت سازی شد ولی شبانه به تحصیل نیز روی آورد و با کوشش بسیار توانست در یکی از مدارس روستایی به شغل معلمی بپردازد. ضمن این که به تحصیل طب و مهندسی نیز علاقه‌مند بود و سرانجام به سمت استاد ریاضیات و فیزیک انتخاب گردید. او از سال ۱۸۶۸ تا پایان عمر ریاست آکادمی ملی علوم را عهده‌دار بود. او در خصوص الکترومغناطیس تجربیات زیادی کسب کرد. از جمله او با پیچیدن سیم‌های ظریف و عایق‌بندی شده به دور هسته‌های آهنی مغناطیس‌های الکتریکی پر قدرتی را به وجود آورد. سپس به کشف پدیده خودالقایی ناقل آمد. او هم‌چنین یک موتور الکتریکی ساخت که بعداً در تلگراف بسیار مورد استفاده قرار گرفت. یکای ضریب خودالقایی به احترام او هانری نامیده می‌شود.



## ۶- سلف

### ۶-۱- مغناطیس و الکترومغناطیس

به خاصیت مغناطیسی که در اطراف یک آهنربای دائمی وجود دارد و بر اجسام مغناطیسی دیگر اثر می‌گذارد «مغناطیسی طبیعی» گفته می‌شود (شکل ۶-۱). مغناطیس از جمله مباحثی است که در بخش ماشین‌های الکتریکی کاربرد دارد. استفاده از مغناطیس به صورت مغناطیس طبیعی کاربرد زیادی ندارد.



شکل ۶-۱

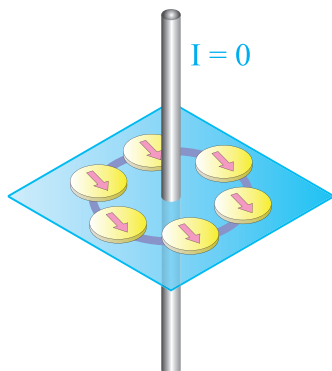
با عبور جریان الکتریکی از داخل یک سیم، خاصیت مغناطیسی در فضای اطراف آن سیم پدید می‌آید که اصطلاحاً به آن «خاصیت الکترومغناطیسی» می‌گویند (شکل ۶-۲).



شکل ۶-۲

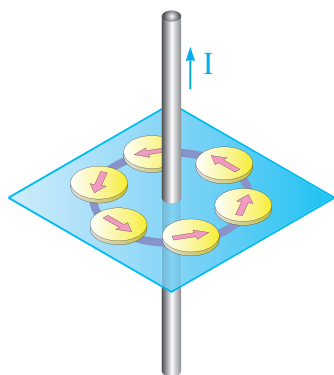
بایک آزمایش ساده می‌توان از وجود میدان الکترومغناطیسی اطراف جسم اطمینان پیدا کرد. شکل ۶-۳ سیمی را نشان می‌دهد که از داخل صفحه‌ای مقوایی عبور کرده و روی آن چند عقربه مغناطیسی (قطب نما) قرار گرفته است. در این حالت چون جریانی از سیم عبور نمی‌کند، لذا عقربه‌ها همگی در یک جهت

(قطب شمال) منحرف شده‌اند.



شکل ۶-۳

هرگاه از سیم مورد نظر مطابق شکل ۶-۴ جریانی برابر  $I$  آمپر عبور کند جهت عقربه‌های مغناطیسی که در اطراف سیم قرار دارند تغییر می‌کند و همه آن‌ها در یک راستا و به صورتی قرار می‌گیرند که در دور سیم مسیر دایره‌ای شکل را به وجود می‌آورند.

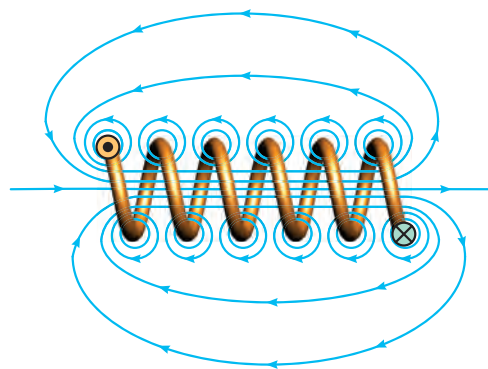


شکل ۶-۴

از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت چون عقربه‌های مغناطیسی فقط در مقابل خاصیت مغناطیسی از خود عکس العمل نشان می‌دهند لذا تغییر وضعیت آن‌ها در این شرایط به سبب وجود خاصیت مغناطیسی‌ای است که در اثر عبور جریان در اطراف سیم به وجود آمده است.

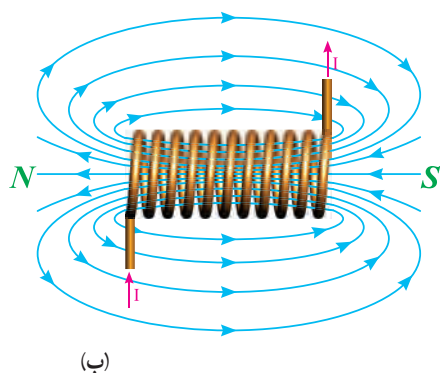
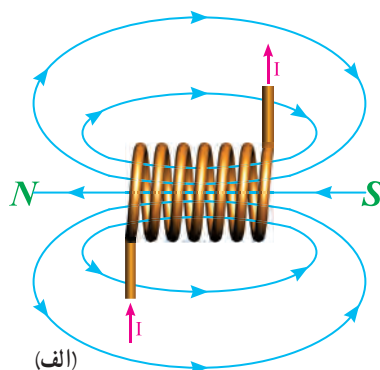
بر اساس آزمایش‌های صورت گرفته هرگاه سیم صاف را به صورت چند حلقه درآورند میدان مغناطیسی به وجود آمده در اطراف حلقه‌ها باهم جمع می‌شوند و میدان قوی‌تری پدید می‌آید (شکل ۶-۵).

۲- هر چه تعداد حلقه‌های بوبین بیش‌تر باشد میدان مغناطیسی پدید آمده در اطراف بوبین قوی‌تر است. شکل ۶-۷ میدان مغناطیسی اطراف دو سیم پیچ با تعداد دورهای متفاوت را نشان می‌دهد.

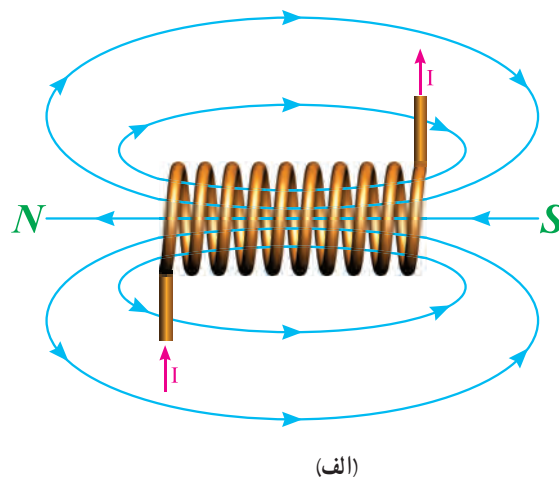


شکل ۶-۵

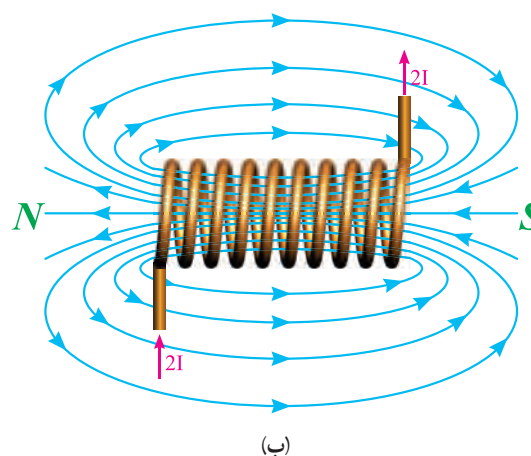
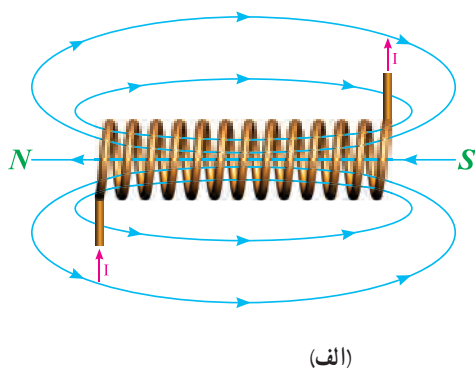
۱- هر چه شدت جریان عبوری از بوبین بیش‌تر باشد میدان قوی‌تری به وجود می‌آید. شکل ۶-۶ میدان مغناطیسی اطراف دو سیم پیچ را با دو جریان کم و زیاد نشان می‌دهد.



شکل ۶-۷



۳- اگر تعداد حلقه‌های بوبین به صورت خیلی فشرده و کنار هم پیچیده شده باشد، میدان مغناطیسی بیش‌تری در سیم پیچ پدید می‌آید. شکل ۶-۸ دو بوبین را، از نظر فشردگی و انسجام سیم پیچی (و میدان مغناطیسی به وجود آمده در اطراف آنها) نشان می‌دهد.



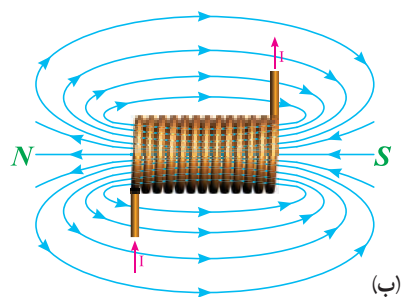
شکل ۶-۶

که وقتی در سیستم جریان متناوب (ac) قرار گیرند مانند قرار گرفتن مقاومت‌ها در سیستم جریان مستقیم (dc) عمل می‌کنند. لامپ‌ها و هیترها در این گروه‌بندی واقع می‌شوند. شما می‌توانید مقاومت آن‌ها را با یک اهم‌تر اندازه‌گیری کنید و مقدار آمپر آن را وقتی به عنوان مصرف‌کننده در یک مدار هستند محاسبه کنید این‌ها «بارهای مقاومتی» نامیده می‌شود.

بارهای دیگری هستند که متفاوت عمل می‌کنند این‌ها وسایلی هستند که تولید مغناطیس جزئی از کار آن‌هاست. شامل وسایلی است که از سیم‌پیچ استفاده می‌کند. موتورهای نمونه‌ای از این نوع بار می‌باشد، بارهایی که در آن‌ها از سیم‌پیچ استفاده شده است «بارهای القایی» نامیده می‌شوند مقاومت مؤثر آن‌ها خیلی بیشتر از مقاومتی است که با اهم‌تر اندازه‌گیری می‌شود. جریانی که از سیم‌پیچ عبور می‌کند خطوط نیروی مغناطیسی تولید می‌کند. سیم‌های جانبی به‌طور مؤثری این خطوط نیرو را قطع می‌کنند و ولتاژی در جهت مخالف ولتاژ اعمال شده به سیم‌پیچ تولید می‌کنند. تولید ولتاژ مخالف عبور جریان را سخت می‌کند. به این خاصیت مقاومتی که تنها در صورت وجود یک سیم‌پیچ در یک مدار ایجاد می‌شود اندوکتانس (خودالقایی) گفته می‌شود و مقدار آن ضریب خودالقایی است. این ضریب با  $L$  نشان داده می‌شود و واحد آن هنری است.

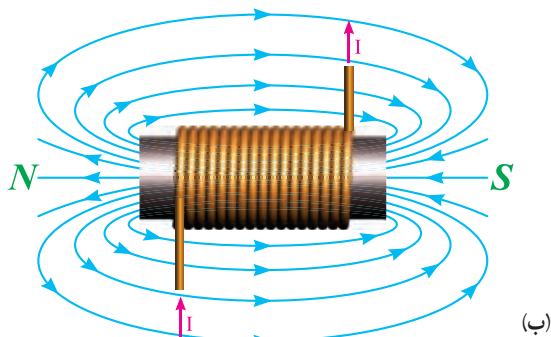
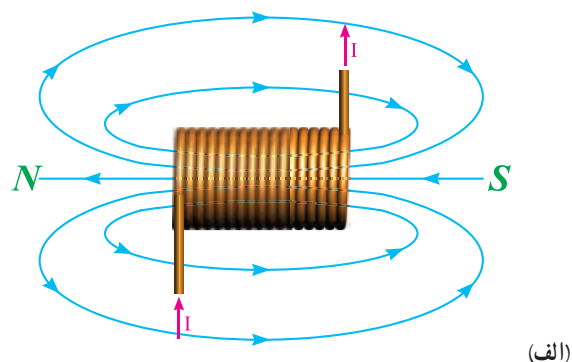
### ۶-۳- سلف (سیم‌پیچ)

اگر مقداری سیم به دور محور یا هسته‌ای پیچیده شود بوبین یا سیم‌پیچ به‌وجود می‌آید. این سیم‌پیچ می‌تواند انرژی الکتریکی را به‌صورت میدان مغناطیسی در خود ذخیره کند. در شکل ۶-۱۰ تصویر ظاهری چند نمونه بوبین به‌همراه علامت اختصاری آن نشان داده شده است از سیم‌پیچ‌ها یا سلف‌ها در ساخت انواع رله‌های مغناطیسی استفاده می‌شود.



شکل ۶-۸

۴- اگر هسته آهنی در داخل بوبین قرار گیرد میدان مغناطیسی قوی‌تری در سیم‌پیچ، نسبت به سیم‌پیچی که بدون هسته است، به‌وجود می‌آید. شکل ۶-۹ تصویر دو سیم‌پیچ با هسته و بدون هسته را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۹

### ۶-۲- بارهای مقاومتی و بارهای القایی<sup>۱</sup>

وسایل الکتریکی (بارهای الکتریکی) زیادی وجود دارند



(ب) علامت اختصاری بوبین



الف) تصویر ظاهری چند نمونه بوبین

شکل ۶-۱۰ چند نمونه سلف

## ۶-۴ ساختمان بوبین

یک بوبین از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شود.

الف) سیم پیچ : مقداری سیم با روکش عایق لاک‌ی که بر روی یک قرقره پیچیده شده است.



شکل ۶-۱۲



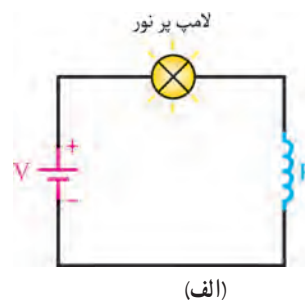
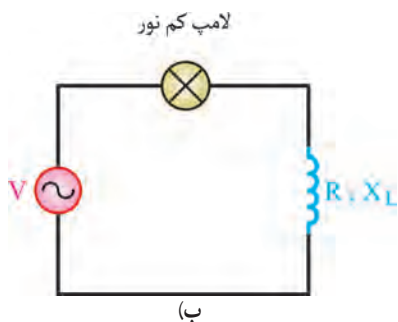
شکل ۶-۱۱

## ۶-۵ عملکرد سلف

در شکل ۶-۱۳ الف در سلفی که به ولتاژ مستقیم وصل شده است، فقط مقاومت اهمی سلف ( $R$ )، جریان را محدود می‌کند. ولی در صورتی که آن را به یک منبع ولتاژ متناوب وصل کنیم، علاوه بر مقاومت اهمی مقاومت دیگری به نام «راکتانس سلفی» نیز از خود نشان می‌دهد. در نتیجه مقاومت کل سلف افزایش می‌یابد و نور لامپی که مطابق شکل ۶-۱۳ ب در مسیر

ب) هسته : جنس هسته معمولاً از مواد مغناطیسی ساخته می‌شود. مواد مغناطیسی، مانند آهن تمام خطوط میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط سیم پیچ را به راحتی از خود عبور می‌دهد. نقش «هسته» تمرکز دادن به میدان مغناطیسی تولید شده توسط سیم پیچ است. هم چنین باعث می‌شود فوران مغناطیسی با تلفات کم تری از داخل سیم پیچ عبور کند. یک بوبین می‌تواند با هسته و بدون هسته باشد. در شکل ۶-۱۲ یک نمونه هسته نشان داده شده است.

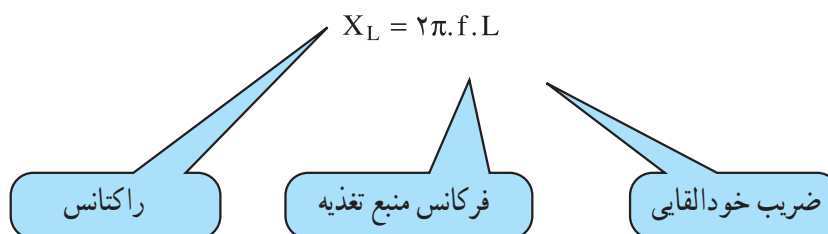
آن قرار گیرد، کاهش می‌یابد.



شکل ۶-۱۳

به مقاومتی که سلف در جریان متناوب از خود نشان می‌دهد «راکتانس سلفی» می‌گویند. این مقاومت به فرکانس وابسته است. در نتیجه فقط در اتصال سلف با منبع جریان متناوب ظاهر می‌شود و از آن جایی که فرکانس منبع جریان مستقیم صفر است مقدار این مقاومت در این مدار صفر خواهد شد.

راکتانس سلفی را با  $X_L$  نشان می‌دهند و مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید.



در این رابطه،  $X_L$  راکتانس سلفی برحسب اهم،  $f$  فرکانس ولتاژ یا جریان سینوسی برحسب هرتز و  $L$  ضریب خودالقایی سلف برحسب هانری است.



شکل ۶-۱۴

مثال: در مدار شکل ۶-۱۴ مقدار راکتانس سلفی را محاسبه کنید.

حل:

$$X_L = L \cdot 2\pi \cdot f = 100 \times 10^{-3} \times 2\pi \times 50 = 31.4 \Omega$$

جریان عبوری از مدار، با استفاده از قانون اهم به دست

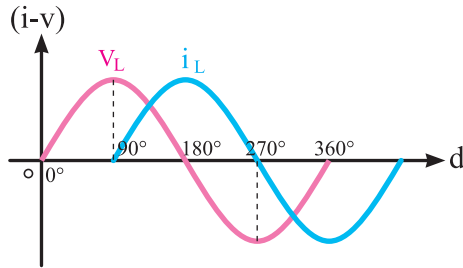
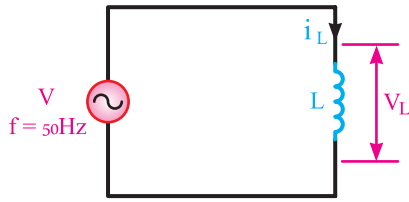
می‌آید. لذا داریم:

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{220}{31.4} = 7 \text{ A}$$

## ۶-۶ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار سلفی

اگر در یک مدار الکتریکی با منبع جریان متناوب سینوسی، فقط یک سلف بدون مقاومت اهمی وجود داشته باشد، جریان در مدار به اندازه  $90^\circ$  درجه با ولتاژ دو سر آن اختلاف فاز پیدا می‌کند. در شکل ۶-۱۵ شکل موج جریان گذرنده از سلف و شکل موج ولتاژ دو سر آن رسم شده است.

همان‌طور که از شکل ۶-۱۵ مشخص است جریان به اندازه  $90^\circ$  درجه از ولتاژ عقب‌تر است.



شکل ۶-۱۵ شکل موج ولتاژ و جریان سلف



### ◀ پرسش‌های چهار گزینه‌ای

- ۱- به میدان مغناطیسی ایجاد شده در اطراف یک سیم حامل جریان میدان ..... گویند.  
(الف) استاتیکی (ب) مغناطیسی (ج) الکتریکی (د) الکترومغناطیسی
- ۲- با تغییر شکل سیم راست به شکل سیم پیچ میدان الکترومغناطیسی چه تغییری می‌کند.  
(الف) کاهش می‌یابد (ب) افزایش می‌یابد (ج) تغییر نمی‌کند (د) هیچ وابستگی ندارد
- ۳- خاصیت مقاومتی سلف در جریان متناوب را ..... سلفی گویند.  
(الف) اندوکتانس (ب) راکتانس (ج) رزیستانس (د) کاپاسیتانس
- ۴- در صورت افزایش فرکانس در یک مدار سلفی، جریان مدار چه تغییری می‌کند؟  
(الف) زیاد می‌شود (ب) کاهش می‌یابد (ج) ثابت می‌ماند (د) هیچ کدام

### ◀ پرسش‌های پرکردنی

- ۵- با قرار دادن هسته آهنی در داخل یک سیم پیچ حامل جریان میدان مغناطیسی آن ..... می‌یابد.
- ۶- اگر به یک لامپ که به سلفی به صورت سری متصل شده است ولتاژ متناوب دهیم نور آن نسبت به موقعی که به منبع جریان مستقیم وصل شده، ..... است.

### ◀ پرسش‌های درست و نادرست

- ۷- هرچه فشردگی بین حلقه‌های بوبین بیشتر باشد میدان مغناطیسی کاهش می‌یابد.  
درست ☐ نادرست ☐
- ۸- میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم پیچ از میدان مغناطیسی حاصل از یک حلقه سیم قوی‌تر است.  
درست ☐ نادرست ☐
- ۹- مقاومت کل یک سلف در جریان مستقیم از جریان متناوب بیشتر است.  
درست ☐ نادرست ☐
- ۱۰- با افزایش  $L$  مقدار راکتانس سلفی کاهش می‌یابد.  
درست ☐ نادرست ☐

### ◀ پرسش‌های تشریحی

- ۱۱- ساختمان سلف را شرح دهید.
- ۱۲- حاصل عبور جریان مستقیم از یک سیم راست و یک سلف چیست؟
- ۱۳- ضریب خودالقا را توضیح دهید.
- ۱۴- عملکرد سلف در جریان متناوب را شرح دهید.



۱۵- اختلاف فاز بین جریان گذرنده از سلف و ولتاژ دوسر آن را رسم کنید.

۱۶- یک سلف با ضریب خودالقایی ۲ هانری و مقاومت اهمی ۵/۰ اهمی به ولتاژ ۱/۵ ولت مستقیم وصل می‌کنیم. حداکثر جریانی که از سلف می‌گذرد چند آمپر است؟

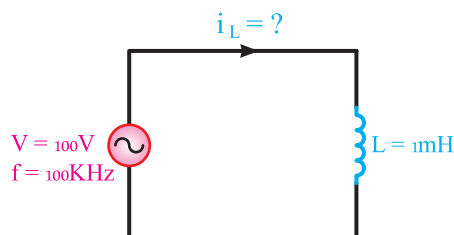
پاسخ: (۳ آمپر)

۱۷- از یک سلف با ضریب خودالقایی ۱۰ میلی هانری جریان متناوبی با فرکانس ۵۰ هرتز عبور می‌کند. مقاومت القایی سلف چند اهم است؟ اگر فرکانس به یک کیلو هرتز تغییر یابد، مقاومت القایی بوبین چند اهم می‌شود؟

پاسخ: (۳/۱۴ و ۶۲/۸)

۱۸- در شکل ۱۶-۶، جریان  $i_L$  چند میلی آمپر است؟ از مقاومت اهمی سیم پیچ صرف نظر کنید.

پاسخ: (۱۵۹ میلی آمپر)



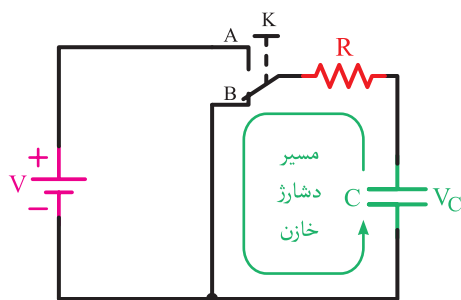
شکل ۱۶-۶

۱۹- مقاومت سیم پیچ اصلی یخچال را با اهم متر اندازه گیری کردیم عدد ۱۱ اهم را نشان می‌دهد. یخچال در حین کار شدت جریان ۱ آمپر را از شبکه دریافت می‌کند علت را توضیح دهید.

## خازن

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

- ۱- خازن را تعریف کند.
- ۲- ساختمان خازن را شرح دهد.
- ۳- ظرفیت خازن را تعریف کند.
- ۴- عوامل فیزیکی مؤثر در ظرفیت خازن را شرح دهد.
- ۵- ظرفیت خازن را محاسبه کند.
- ۶- مفهوم شارژ و دشارژ خازن را توضیح دهد.
- ۷- ثابت زمانی خازن را شرح دهد.
- ۸- مشخصات مهم در انتخاب خازن را بیان کند.
- ۹- ظرفیت خازن معادل مدارهای سری و موازی خازنی را محاسبه کند.
- ۱۰- عملکرد خازن را در جریان مستقیم و متناوب شرح دهد.
- ۱۱- راکتانس خازنی را در مدارات محاسبه کند.
- ۱۲- اختلاف فاز ولتاژ و جریان در مدار خازنی را با رسم شکل موج‌های ولتاژ و جریان و دیاگرام برداری تشریح کند.
- ۱۳- انواع خازن را نام ببرد.
- ۱۴- کاربرد خازن‌ها را در موتورهای الکتریکی شرح دهد.



## سیمای فصل ۷

- خازن
- ساختمان خازن
- ظرفیت خازن
- عوامل فیزیکی مؤثر در ظرفیت خازن
- شارژ و دشارژ خازن
- ثابت زمانی خازن
- انتخاب خازن
- اتصال خازن‌ها
- اتصال سری خازن‌ها
- اتصال موازی خازن‌ها
- عملکرد خازن
- خازن در جریان مستقیم
- خازن در جریان متناوب
- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار خازنی
- انواع خازن
- کاربرد خازن‌ها

## آشنایی با دانشمندان



### فارادی

(Faraday, Michael / ۱۸۶۷-۱۷۹۱)



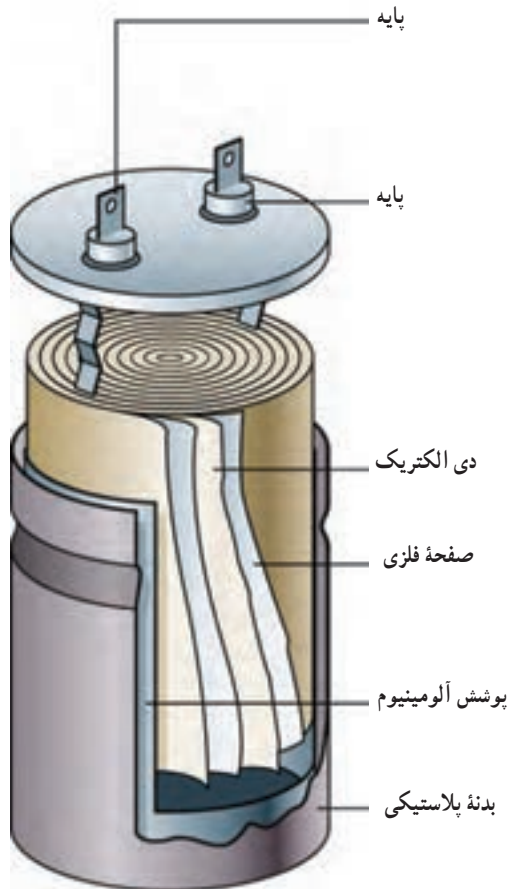
فارادی، فیزیک‌دان و شیمی‌دان انگلیسی، شاگرد یک صحاف بود و به علوم علاقه زیادی داشت. او در کلاس‌های درس همفرد دیوی، شیمی‌دان معروف آن زمان، حضور می‌یافت و با یادداشت‌هایی که آماده می‌کرد، چنان بر دیوی تأثیر گذاشت که از سوی استاد به عنوان دست‌یار در آزمایشگاه سلطنتی منصوب شد. سرانجام فارادی جانشین دیوی در مدیریت آزمایشگاه سلطنتی شد. اولین پژوهش‌های فارادی در شیمی بود. اما کمی بعد به الکتریسیته و مغناطیس روی آورد و کمک زیادی به پیش‌برد آن علوم کرد. او با انجام آزمایش‌های منظم توانست پدیده القای الکترومغناطیسی را کشف کند. با این که فارادی در اصل یک آزمایشگر بود ولی با معرفی مفهوم میدان و تشخیص این که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را می‌توان توسط این خطوط نشان داد، کمک‌های زیادی به درک بهتر مفهوم میدان کرد. به پاس خدمات او یکای ظرفیت خازن را در سیستم بین‌المللی SI با فاراد (F) نشان می‌دهند.

## ۷- خازن

### ۷-۱- خازن<sup>۱</sup>

صفحات خازن معمولاً از ورقه‌های نازک از جنس آلومینیوم،

روی یا نقره ساخته می‌شوند، عایق به کار رفته بین صفحات خازن را دی‌الکتریک گویند. این ماده عایق می‌تواند هوا، خلا، کاغذ، شیشه، میکا، روغن و ... باشد. معمولاً خازن‌ها را براساس ماده دی‌الکتریک آن نام‌گذاری می‌کنند، مانند خازن کاغذی، خازن روغنی، خازن الکترولیتی شکل ۷-۳ ساختمان ظاهری یک خازن الکترولیتی را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۳- ساختمان ظاهری خازن

### ۷-۳- ظرفیت خازن

ظرفیت یک خازن که آن را با C نمایش می‌دهند، نشان‌دهنده میزان توانایی یک خازن در ذخیره کردن بار الکتریکی است. بنا به تعریف، ظرفیت خازن برابر است با مقدار باری که باید روی یکی از صفحات خازن ذخیره شود تا پتانسیل آن نسبت به صفحه

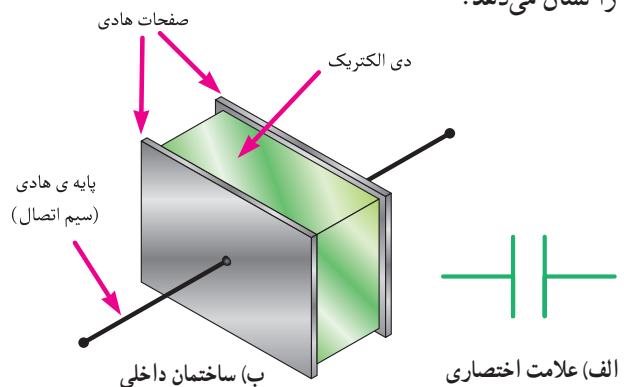
خازن وسیله‌ای است که می‌تواند مقداری الکتریسیته را به صورت بارهای الکتریکی در خود ذخیره کند، همان‌گونه که یک مخزن آب برای ذخیره کردن آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۷-۱ تصویر ظاهری تعدادی از انواع خازن‌ها، که در تأسیسات برقی کاربرد زیادی دارند، نشان داده شده است.




شکل ۷-۱- نمونه‌های مختلف خازن

### ۷-۲- ساختمان خازن

خازن‌ها به اشکال مختلف ساخته می‌شوند. متداول‌ترین آن‌ها خازن‌های مسطحی هستند که از دو صفحه هادی، که بین آن‌ها عایقی قرار دارد، تشکیل می‌شوند. صفحات هادی نسبتاً بزرگ هستند و در فاصله خیلی نزدیک از یکدیگر قرار دارند. شکل ۷-۲ طرح ساده یک خازن مسطح و علامت اختصاری آن را نشان می‌دهد.




شکل ۷-۲- ساختمان داخلی و علامت اختصاری خازن

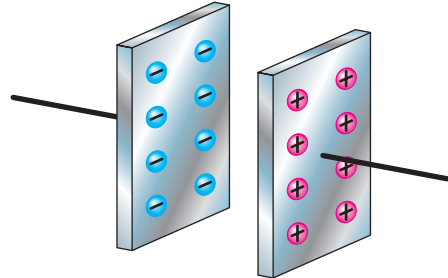
دیگر به اندازه یک ولت افزایش یابد. به عبارت دیگر خارج قسمت  مثال: خازنی با ظرفیت  $40 \mu\text{F}$  میکرو فاراد را به ولتاژ  $50 \text{ V}$  بار الکتریکی ( $Q$ ) ذخیره شده روی هر یک از صفحات خازن بر ولت اتصال می دهیم. مقدار بار ذخیره شده چند کولن است؟ اختلاف پتانسیل ( $V$ ) بین دو صفحه را «ظرفیت خازن» گویند. بنابراین:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

$$Q = C \times V = 40 (\mu\text{F}) \times 50 (\text{V}) = 2000 \mu\text{C}$$

$$2 \times 10^3 \mu\text{C} = 2 \times 10^3 \times 10^{-6} \text{C} = 2 \times 10^{-3} \text{C}$$

مثال: به دو سر یک خازن  $10 \mu\text{F}$  میکرو فاراد چه ولتاژی بدهیم تا باری معادل  $10 \mu\text{C}$  میکرو کولن در آن ذخیره شود؟ 



شکل ۴-۷

حل: 

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{10 (\mu\text{C})}{10 (\mu\text{F})} \quad \text{ولت } V = 1$$

که در آن:

$C$  - ظرفیت خازن (برحسب فاراد)؛

$Q$  - مقدار بار الکتریکی ذخیره شده بر روی هر یک از

صفحات خازن (برحسب کولن)؛

$V$  - اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن (برحسب

ولت) است.

واحد ظرفیت «فاراد» است. فاراد ظرفیت خازنی است


که اگر به ولتاژ یک ولت متصل شود یک کولن بار الکتریکی

روی صفحات آن ذخیره می شود. چون فاراد واحد بسیار بزرگی

است، در عمل از واحدهای کوچک تر مانند میکرو فاراد استفاده

می شود، که آن را با  $\mu\text{F}$  نشان می دهند.

$$1 \mu\text{F} = 1 \times 10^{-6} \text{F}$$

مثال:  اگر به دو سر یک خازن ولتاژ  $220 \text{ V}$  ولت وصل

کنیم باری معادل  $220 \mu\text{C}$  کولن را ذخیره می کند. ظرفیت این خازن

چند میکرو فاراد است؟

حل: 

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{220 (\mu\text{C})}{220 (\text{V})} = 1 \mu\text{F} \quad 1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{F}$$

## ۴-۷- عوامل فیزیکی مؤثر در ظرفیت خازن

در ظرفیت یک خازن عوامل زیر مؤثرند:

الف) مساحت صفحات خازن ( $A$ ): هر چه سطح صفحات

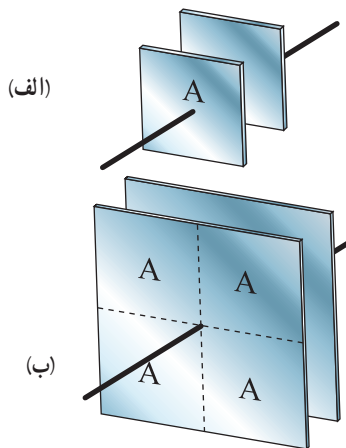
بیش تر باشد، بار الکتریکی بیشتری در خود ذخیره می کند. در

نتیجه ظرفیت آن نیز بیش تر خواهد بود. شکل ۵-۷ ظرفیت دو

خازن الف و ب را با هم مقایسه می کند. چون سطح صفحات خازن

ب، چهار برابر سطح صفحات خازن الف است، ظرفیت خازن ب

چهار برابر ظرفیت خازن الف خواهد بود.

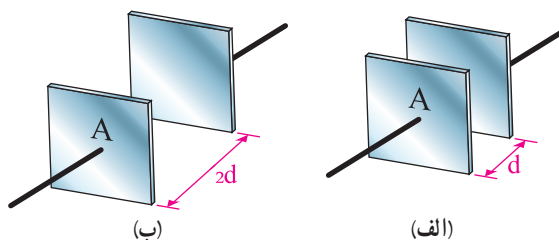


شکل ۵-۷ - سطح صفحات خازن

۱- کولن واحد بار الکتریکی است و مقدار آن برای ۱ کولن برابر با  $6.28 \times 10^{18}$  الکترون است.

۷-۶ ظرفیت دو خازن الف و ب را با هم مقایسه می‌کند. چون فاصله صفحات خازن ب دو برابر صفحات خازن الف است، بنابراین ظرفیت خازن الف دو برابر ظرفیت خازن ب است.

ب) فاصله بین صفحات خازن (d): ظرفیت خازن با فاصله صفحات آن رابطه عکس دارد. یعنی هر چه فاصله بین صفحات خازن بیش‌تر باشد، ظرفیت خازن کم‌تر است. شکل



شکل ۷-۶- فاصله بین صفحات خازن

بر ظرفیت خازن اثر دارد. هر چه ماده به کار رفته عایق‌تر باشد ظرفیت خازن بیش‌تر خواهد شد. در جدول ۷-۱ ضریب دی‌الکتریک عایق مورد استفاده در ساخت خازن آمده است.

امروزه خازن‌هایی با فاصله بسیار کوچک ساخته می‌شود که می‌توانند ولتاژهای بزرگی تا چند صد ولت را نیز تحمل کنند. ج) ضریب دی‌الکتریک (K): جنس دی‌الکتریک

جدول ۷-۱- ضریب دی‌الکتریک چند نوع عایق

نوع عایق	ضریب دی‌الکتریک K
هوا	۱
تفلون	۲
کاغذ آغشته به پارافین	۲/۵
روغن	۴
میکا	۵
اکسید آلومینیم	۷
شیشه	۷/۵
اکسید تانتالیم	۲۶
سرامیک	۱۲۰۰

که در آن :

C : ظرفیت خازن بر حسب فاراد

A : مساحت سطح صفحات بر حسب متر مربع  $m^2$

d : فاصله دو صفحه خازن بر حسب متر m

K : ضریب دی‌الکتریک بر حسب  $\frac{F.m}{m^2}$

همان‌گونه که گفته شد ظرفیت خازن با سطح صفحات خازن

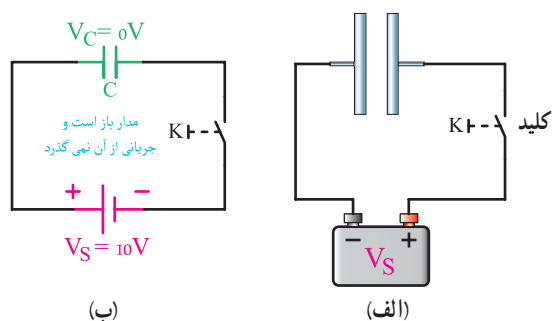
با ظرفیت رابطه مستقیم و با فاصله بین صفحات رابطه عکس دارد،

در نتیجه برای ظرفیت خازن می‌توان رابطه زیر را نوشت :

$$C = K \frac{A}{d}$$

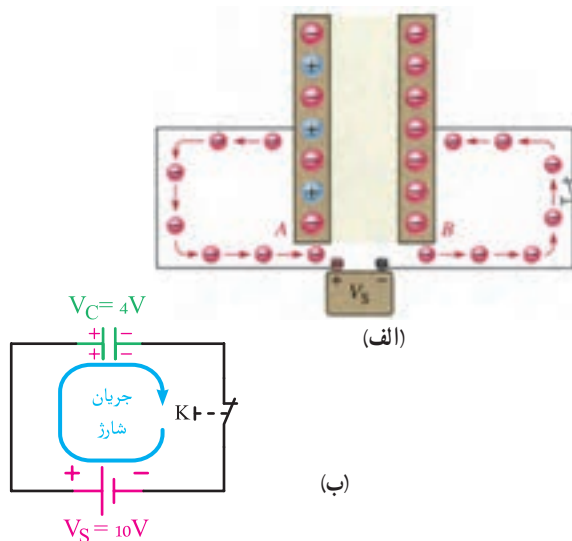
## ۷-۵ شارژ و دشارژ خازن

**الف) شارژ :** برای این که خازن شارژ شود، یعنی انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند باید آن را به یک اختلاف پتانسیل (ولتاژ) وصل کرد. این ولتاژ به وسیله یک باتری تأمین می شود. قطب مثبت باتری به یک صفحه و قطب منفی باتری به صفحه دیگر خازن وصل می شود. قبل از اتصال صفحات خازن به باتری (وصل کلید)، این صفحات خنثا هستند و هیچ انرژی ای در خازن ذخیره نخواهد شد (شکل ۷-۷).



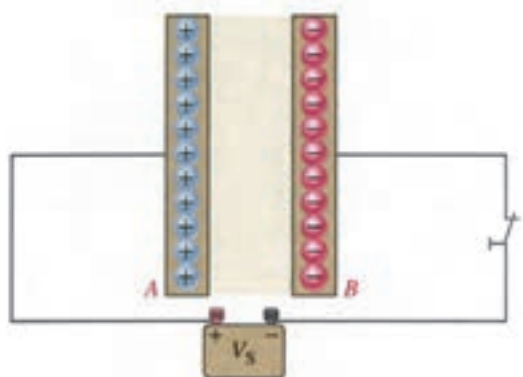
شکل ۷-۷ خازن قبل از اتصال به منبع ولتاژ خنثاست.

با بستن کلید، الکترون ها از قطب منفی باتری به طرف صفحه ای جاری می شوند که به این قطب متصل است و در آن تراکم الکترون یا بار منفی ایجاد می کنند. در همین لحظه، قطب مثبت باتری همان تعداد الکترون را از صفحه ای جذب می کند که به این قطب متصل است. این صفحه کم بود الکترون یا بار مثبت پیدا می کند (شکل ۷-۸).



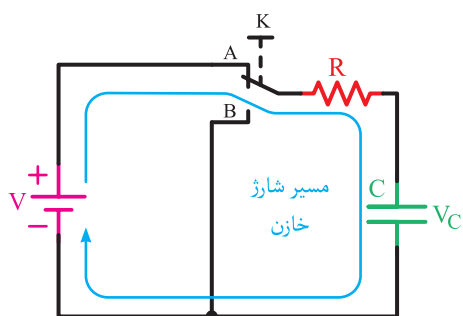
شکل ۷-۸ خازن در حال شارژ شدن

وقتی خازن در حال شارژ شدن است، الکترون ها از طریق سیم رابط به طرف قطب مثبت باتری حرکت می کنند و وارد باتری می شوند و از قطب منفی خارج می گردند. وارد و خارج شدن الکترون ها از صفحات خازن، میدان الکتریکی ساکن را بالا می برد و سبب ایجاد ولتاژی در خلاف جهت ولتاژ اعمال شده به دو سر خازن می شود. ولتاژ ایجاد شده در خازن با ولتاژ باتری مخالفت می کند. هرچه ولتاژ دو سر خازن بیش تر می شود ولتاژ مؤثر مدار کم تر می شود و در نتیجه باعث کم شدن شدت جریان مدار می گردد. هرگاه ولتاژ خازن با ولتاژ باتری برابر شود، جریان در مدار متوقف می شود. صفر شدن جریان در مدار نشانه شارژ کامل خازن است (شکل ۷-۹).



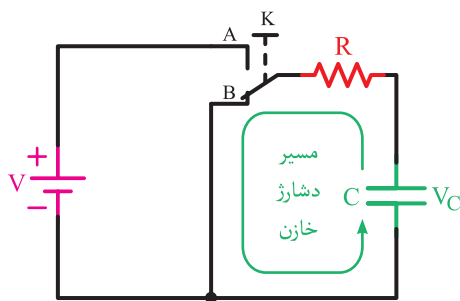
شکل ۷-۹ خازن در وضعیت شارژ کامل

**ب) دشارژ :** یک خازن شارژ شده باید شارژ خود را به مدت نامحدودی نگه دارد. در حالی که این گونه نیست و با جداسدن خازن از منبع تغذیه دیر یا زود خازن شارژ خود را از دست می دهد. عمل از دست دادن شارژ را دشارژ شدن می نامند. شکل ۷-۱۰ خازن را در وضعیت شارژ کامل نشان می دهد.

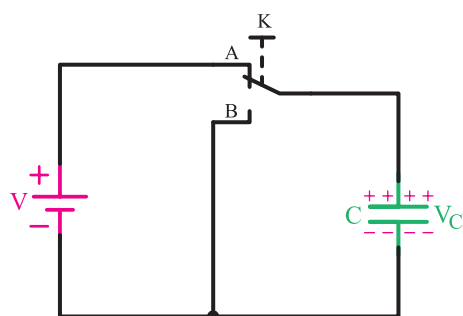


شکل ۷-۱۲- مسیر شارژ خازن دشارژ

همچنین اگر پایه‌های یک خازن شارژ شده را به وسیله یک مقاومت اهمی به یکدیگر وصل کنیم شکل ۷-۱۳. خازن به یک باره دشارژ (خالی) نمی‌شود و مدت زمانی طول می‌کشد. این زمان به مقدار مقاومت سری شده با خازن ( $R$ ) و ظرفیت خازن ( $C$ ) بستگی دارد.

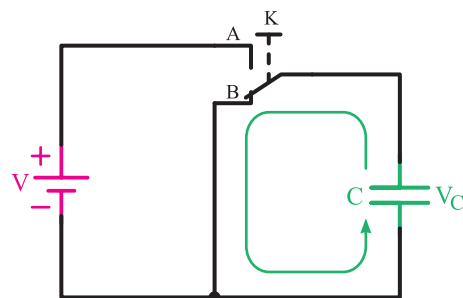


شکل ۷-۱۳- مسیر دشارژ خازن



شکل ۷-۱۰- خازن در وضعیت شارژ کامل جریان نمی‌گذرد

برای دشارژ سریع خازن لازم است که پس از جدا کردن منبع ولتاژ از خازن، یک مسیر هادی بین دو صفحه خازن ایجاد شود. با ایجاد این مسیر الکترون‌های صفحه منفی به طرف پتانسیل مثبت در صفحه مثبت جاری می‌شوند و تبادل الکترون آن قدر ادامه می‌یابد تا صفحات خنثا شوند. در شکل ۷-۱۱ با تغییر وضعیت کلید و قرارگیری آن در حالت B دو صفحه خازن با یک سیم به یکدیگر اتصال پیدا می‌کنند و عمل دشارژ انجام می‌گیرد.



شکل ۷-۱۱- خازن در حال دشارژ

کاربرد : کاربردهای شارژ و دشارژ خازن می‌توان به ایجاد شوک الکتریکی در اتاق عمل یا فلاش دوربین‌های عکاسی اشاره کرد.

## ۶-۷- ثابت زمانی خازن

اگر مداری شامل یک مقاومت اهمی و یک خازن را مطابق شکل ۷-۱۲، که به صورت سری بسته شده‌اند، به یک منبع ولتاژ DC وصل کنیم، خازن فوراً (شارژ) نمی‌شود و مدت زمانی طول می‌کشد. زمان شارژ به مقدار مقاومت ( $R$ ) سری شده با خازن و ظرفیت خازن ( $C$ ) بستگی دارد.



خازن دیگر قابل استفاده نخواهد بود، مقدار ولتاژ کار را روی خازن می‌نویسند (۴۵۰ VAs) یا توسط کارخانه سازنده در برگه مشخصات (کاتالوگ) آن درج می‌کنند.



شکل ۷-۱۵

(ج) تُلرانس : به حداکثر انحراف مجاز مقدار ظرفیت خازن نسبت به ظرفیت اسمی آن تُلرانس گویند. همان‌طور که در شکل ۷-۱۶ مشاهده می‌کنید ظرفیت این خازن ۲۵ میکرو فاراد است اما بر اثر عواملی چون دما ممکن است مقدار ظرفیت تغییر کند. برای مثال در این خازن تُلرانس ۵ درصد است؛ یعنی ممکن است ظرفیت به مقدار ۵ درصد افزایش یابد ( $25 + 1/25 = 26/25$ ) یا ۵ درصد کاهش یابد ( $25 - 1/25 = 23/25$ ).



شکل ۷-۱۶

## ۸-۷- اتصال خازن‌ها

اگر خازنی مورد نیاز باشد که در محدوده ظرفیت‌های

به مدت زمانی که طول می‌کشد تا خازن شارژ کامل یا دشارژ کامل شود «ثابت زمانی خازن» می‌گویند. که از حاصل ضرب R در C به دست می‌آید.

## ۷-۷- انتخاب خازن

در انتخاب یک خازن توجه به مشخصه‌های زیر لازم است :

**الف) ظرفیت :** اولین موردی که در انتخاب یک خازن باید به آن توجه کرد ظرفیت آن است. مقدار ظرفیت بر روی بدنه خازن نوشته می‌شود. در شکل ۷-۱۴ مقدار ظرفیت خازن (۲۵µF) توسط کارخانه سازنده بر روی بدنه آن حک شده است. بسیار اتفاق می‌افتد که مقدار ظرفیت خازن مورد نیاز ما در حوزه خازن‌های استاندارد موجود در بازار نیست. به همین دلیل باید به کمک چند خازن، مقدار ظرفیت خازن معادل را بسازیم. توجه به ظرفیت خازن در انتخاب و ساختن خازن معادل بسیار مهم است.

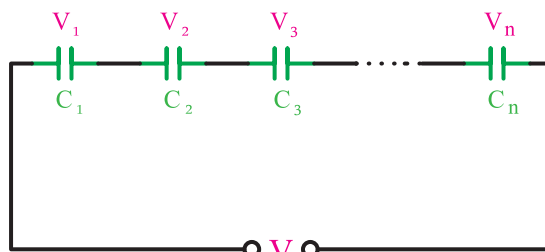


شکل ۷-۱۴

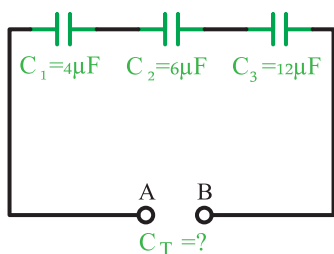
**ب) ولتاژ کار :** به حداکثر ولتاژی که می‌توان به خازن اعمال کرد، به طوری که عایق دی‌الکتریک آن آسیب نبیند، «ولتاژ کار خازن» می‌گویند. توجه به مقدار این ولتاژ بسیار مهم است. مقدار ولتاژ اعمال شده به خازن باید مساوی یا کم‌تر از مقدار ولتاژ کار خازن باشد. زیرا اعمال ولتاژ بیش‌تر از این مقدار باعث شکستن مولکول‌های عایق دی‌الکتریک می‌شود و به ایجاد قوس الکتریکی بین صفحات خازن و دی‌الکتریک منجر خواهد شد و

$$C_T = \frac{Q_T}{V_T} \quad (3)$$

۷-۸-۱ اتصال سری خازن‌ها: هرگاه دو یا  $n$  خازن مانند شکل ۷-۱۷ به صورت متوالی اتصال یابند این نوع اتصال را «سری» گویند (مانند اتصال سری مقاومت‌ها).



شکل ۷-۱۷



شکل ۷-۱۸

استاندارد نباشد، می‌توان با متصل کردن چند خازن به صورت سری، موازی یا ترکیبی، خازن موردنظر را به دست آورد. اصطلاحاً به خازنی که می‌تواند جای‌گزین تمام خازن‌های مدار شود «خازن معادل» گویند، که با استفاده از رابطه (۳) می‌توان آن را به دست آورد.

روابط حاکم بر خازن‌های سری به صورت زیر است:

الف) در خازن‌های سری بار همه خازن‌ها یک‌سان است.

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n \quad (4)$$

ب) در مدار سری ولتاژ منبع تغذیه برابر ولتاژ مجموع تک تک عناصر آن است.

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (5)$$

ج) ظرفیت خازن معادل در مدار سری را از رابطه (۶) می‌توان به دست آورد.

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (6)$$

ظرفیت خازن معادل در مدارهای سری، مانند رابطه مربوط به مقاومت‌های موازی است. پس لازم است در پایان محاسبه، مقدار  $\frac{1}{C_T}$  را معکوس نمود تا ظرفیت  $C_T$  را به دست آورد.

مثال: ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A و B در شکل (۷-۱۸) چند میکروفاراد است؟

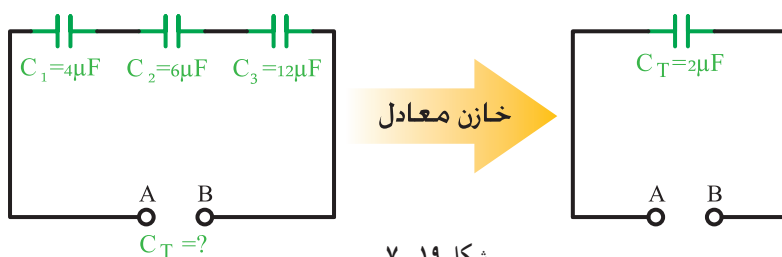


حل:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3+2+1}{12} = \frac{6}{12}$$

$$C_T = \frac{12}{6} = 2\mu F$$



شکل ۱۹-۷

## نتایج

۱- با اتصال سری سه خازن ۴، ۶ و ۱۲ میکروفارادی می‌توان خازن ۲ میکروفارادی به دست آورد.

۲- در اتصال سری خازن‌ها ظرفیت معادل از ظرفیت کوچک‌ترین خازن کم‌تر است.

**حل :** به دلیل این که ظرفیت خازن‌ها مساوی

است ظرفیت یکی از آن‌ها را به تعداد خازن‌ها تقسیم می‌کنیم.

$$C_T = \frac{C}{n} = \frac{12}{4} = 3 \mu F$$

۲- اگر دو خازن به طور سری بسته شوند می‌توانیم از

رابطه ساده شده نهایی به صورت زیر استفاده کنیم.

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow \frac{1}{C_T} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \times C_2}$$

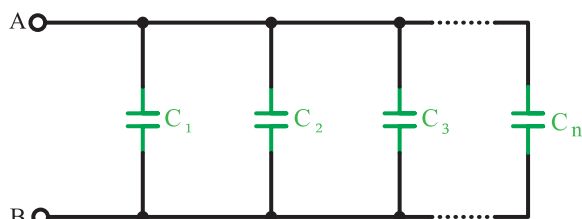
$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} \quad (A)$$

**توجه :** در صورت به کارگیری خازن‌های الکترولیتی،

در موقع اتصال آن‌ها به قطب‌های خازن توجه کنید. ضمناً این خازن‌ها را پیش از اتصال در مدار، ابتدا تخلیه (دشارژ) کنید.

۲-۸-۷- اتصال موازی خازن‌ها : هرگاه دو یا n

خازن مطابق شکل ۲۲-۷ به یکدیگر وصل شوند این اتصال را «موازی» گویند.

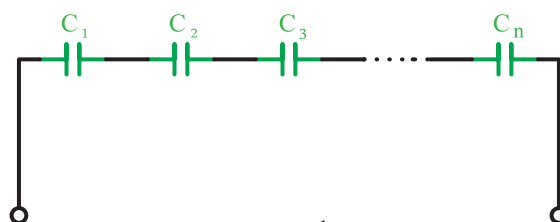


شکل ۲۲-۷

## \*حالات خاص خازن‌های سری

۱- اگر n خازن با ظرفیت‌ها مساوی به طور سری قرار

گیرند ظرفیت معادل آن به صورت زیر محاسبه می‌شود.



شکل ۲۰-۷

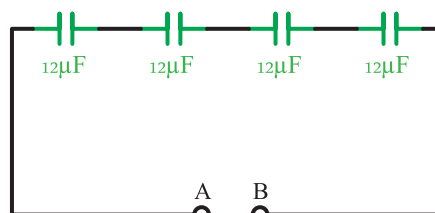
$$C_T = \frac{C}{n} \quad (V)$$

C - ظرفیت یک خازن n - تعداد خازن‌ها

CT - ظرفیت خازن معادل

**مثال :** ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A، B مدار شکل

۲۱-۷ چند میکرو فاراد است؟

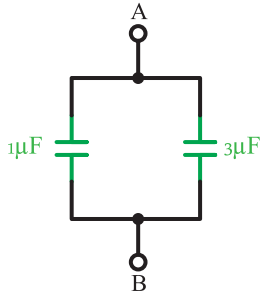


شکل ۲۱-۷



حل :

روش اول : می‌توانیم طبق شکل مقابل دو خازن ۱ و ۳ میکروفارادی را با هم موازی کنیم. در نتیجه داریم :



شکل ۲۴-۷

$$C_T = C_1 + C_3 = 1 + 3 = 4\mu F$$

روش دوم : می‌توانیم طبق شکل زیر دو خازن ۱۲ و ۶ میکروفارادی را با هم سری کنیم. در نتیجه داریم :



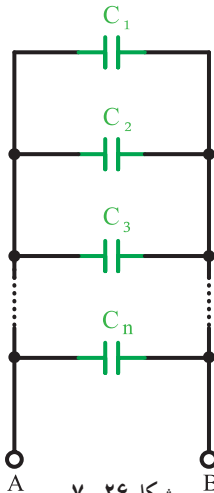
شکل ۲۵-۷

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4\mu F$$

همان‌گونه که از حل دو روش ملاحظه می‌کنید، نتیجه دو روش یک‌سان است.

### ❖ حالت خاص خازن‌های موازی

— اگر  $n$  خازن با ظرفیت‌های مساوی به‌طور موازی قرار گیرد ظرفیت معادل آن به صورت زیر محاسبه می‌شود.



شکل ۲۶-۷

روابط حاکم بر این مدارها به صورت زیر است.

الف) در خازن‌های موازی بار کل برابر مجموع بار تک‌تک خازن‌هاست.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n \quad (9)$$

ب) در مدار موازی ولتاژ همه عناصر برابر ولتاژ منبع تغذیه است.

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \quad (10)$$

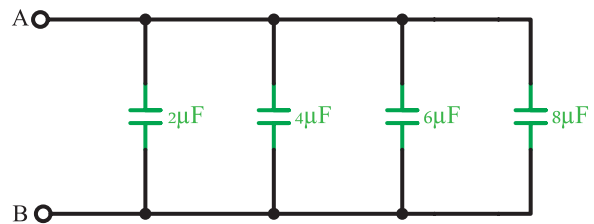
ج) ظرفیت خازن معادل در مدار موازی را از رابطه (۱۱) می‌توان به‌دست آورد.

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (11)$$

همان‌گونه که از رابطه نهایی مشخص است ظرفیت خازن معادل در مدارهای موازی مانند رابطه مربوط به مقاومت‌های سری است.



مثال : ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A و B در شکل ۲۳-۷ چند میکروفاراد است؟



شکل ۲۳-۷



حل :

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = 2 + 4 + 6 + 8 = 20\mu F$$



مثال : خازن‌های ۱ و ۱۲ و ۶ و ۳ میکروفارادی موجود است اما خازن مورد نظر ما با ظرفیت ۴ میکروفاراد در دسترس نیست. چگونه از میان این خازن‌ها، خازن معادل را می‌سازید؟

$$C_T = n.C \quad (۱۲)$$

C - ظرفیت یک خازن

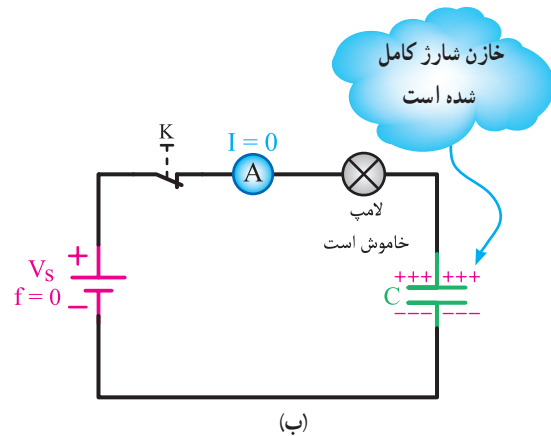
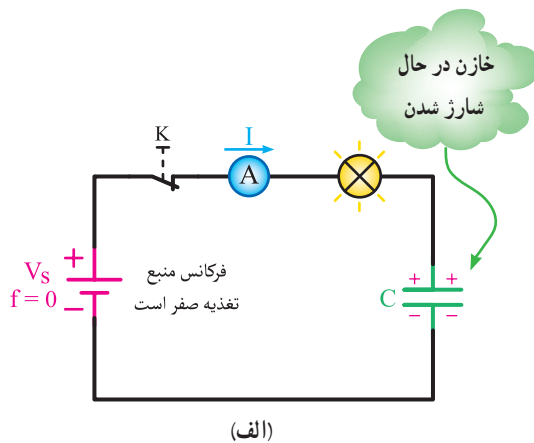
n - تعداد خازن‌ها

$C_T$  - ظرفیت خازن معادل

## ۷-۹- عملکرد خازن

### ۷-۹-۱- خازن در جریان مستقیم : همان گونه که

گفته شد، اگر یک خازن را مطابق شکل ۷-۲۷-الف به ولتاژ مستقیم وصل کنیم مشاهده می‌کنیم پس از بسته شدن کلید K، خازن بلافاصله شارژ می‌شود، یعنی ولتاژ دو سر آن برابر ولتاژ منبع تغذیه می‌گردد. در نتیجه جریان گذرنده از آن به صفر

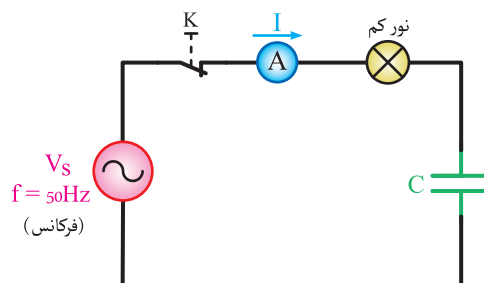


شکل ۷-۲۷

اصلی خود، روشن می‌شود. از این مطلب می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد خازن در جریان متناوب نسبت به جریان مستقیم متفاوت است و در واقع خازن در جریان متناوب می‌تواند جریان عبوری از مدار را محدود کند (شکل ۷-۲۸).

### ۷-۹-۲- خازن در جریان متناوب : اما اگر همین کار

را توسط منبع ولتاژ متناوب سینوسی در دو سر خازن انجام دهیم، مشاهده می‌کنیم پس از وصل کلید آمپرمتر مقدار صفر را نشان نمی‌دهد و لامپ نیز خاموش نیست اما با نور کم‌تری، نسبت به نور



شکل ۷-۲۸

متناوب می‌شود. راکتانس خازنی را با  $X_C$  نشان می‌دهند و مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید.

به مقدار مقاومتی که خازن در مقابل عبور جریان متناوب از خود نشان می‌دهد، «راکتانس (عکس‌العمل) خازنی» می‌گویند. این مقاومت باعث محدود شدن جریان مدارهای خازنی در جریان

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

ظرفیت خازن

فرکانس منبع تغذیه

راکتانس خازنی

حل :

**کلید در وضعیت a:** در این حالت خازن  $100 \mu F$  میکرو فاراد به منبع تغذیه  $100V$  ولتی متصل است. برای به دست آوردن جریان، ابتدا باید مقدار راکتانس خازنی را محاسبه نمود:

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 100 \times 10^{-6}} = 31.8 \Omega$$

با استفاده از قانون اهم، مقدار جریان به صورت زیر محاسبه

$$I = \frac{V}{X_C} = \frac{100}{31.8} = 3.14 A \quad \text{می‌شود:}$$

**کلید در وضعیت b:** مشابه وضعیت قبل، راکتانس خازنی و مقدار جریان را در این حالت نیز محاسبه می‌کنیم. در این حالت خازن  $1000 \mu F$  میکرو فارادی دو سر منبع تغذیه قرار می‌گیرد، لذا داریم.

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 1000 \times 10^{-6}} = 3.18 \Omega$$

با استفاده از قانون اهم، مقدار جریان به صورت زیر محاسبه

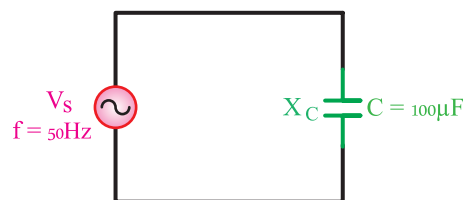
$$I = \frac{V}{X_C} = \frac{100}{3.18} = 31.4 A \quad \text{می‌شود:}$$

### ۷-۹-۳- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار

**خازنی:** اگر در یک مدار الکتریکی با منبع جریان متناوب، فقط یک خازن وجود داشته باشد جریان عبوری از مدار به اندازه  $90^\circ$  درجه از ولتاژ دو سر آن جلوتر (پیش فاز) خواهد افتاد. در شکل ۷-۳۱ منحنی جریان گذرنده از خازن و ولتاژ دو سر خازن رسم

در رابطه فوق  $X_C$  راکتانس خازن برحسب اهم،  $f$  فرکانس ولتاژ یا جریان متناوب برحسب هرتز،  $C$  ظرفیت خازن برحسب فاراد است.

**مثال:** در مدار شکل زیر مقدار مقاومت خازنی را به دست



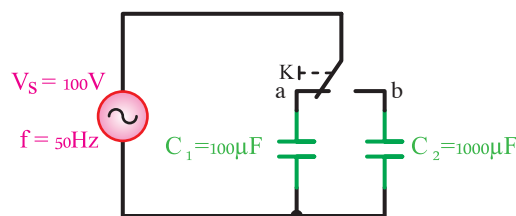
شکل ۷-۲۹

حل :

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 100 \times 10^{-6}} = 31.8 \Omega$$

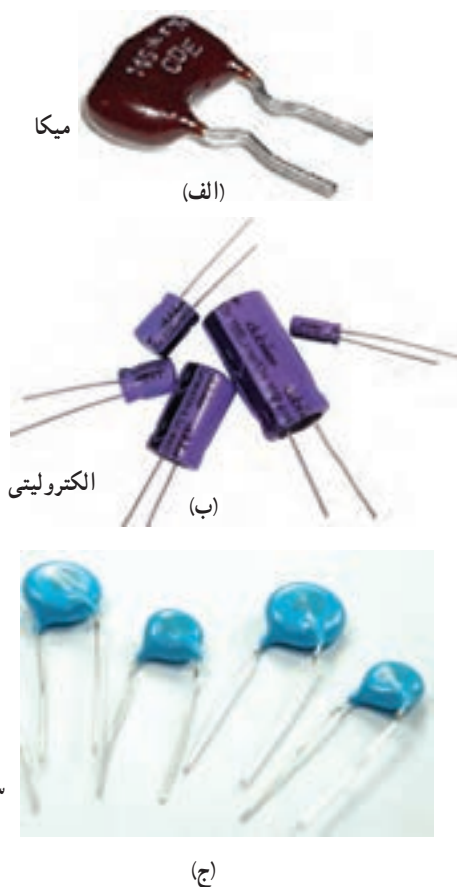
**مثال:** جریان عبوری از مدار زیر در کدام حالت کلید a)

یا b) بیش تر است؟



شکل ۷-۳۰

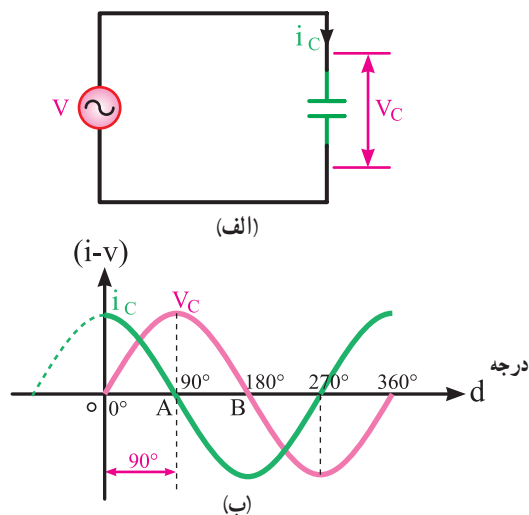
**الف) خازن ثابت :** در خازن‌های ثابت، ظرفیت ثابت است و مقدار آن را پس از ساخت نمی‌توان تغییر داد. خازن‌های ثابت را معمولاً با جنس دی‌الکتریک آن نام‌گذاری می‌کنند. شکل ۷-۳۲ چند نمونه خازن ثابت را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۳۲ چند نمونه خازن ثابت

**ب) خازن متغیر :** خازن متغیر خازنی است که ظرفیت آن را در هر لحظه می‌توان تغییر داد و ظرفیت مورد نظر را تنظیم نمود. اساس کار خازن متغیر بر مبنای تغییر سطح مشترک صفحات یا تغییر ضخامت دی‌الکتریک است. شکل ۷-۳۳ چند نمونه خازن متغیر را نشان می‌دهد.

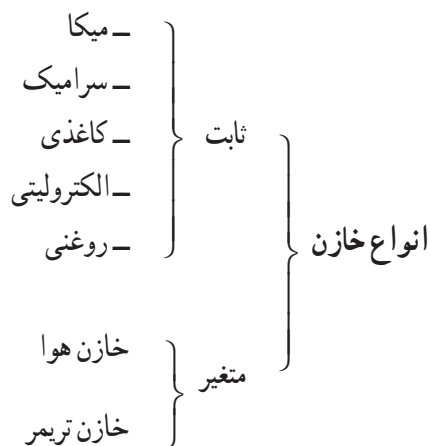
شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود برای تعیین میزان اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان خازن باید دو نقطه مشابه از روی دو موج انتخاب کنیم (مانند دو نقطه A و B) و سپس اختلاف بین این دو نقطه شروع (صفر) را در نظر گرفت.



شکل ۷-۳۱ منحنی ولتاژ و جریان خازن

## ۱-۷- انواع خازن

خازن‌ها انواع گوناگونی دارند و از لحاظ شکل و اندازه با یکدیگر متفاوت‌اند بعضی از خازن‌ها از روغن پر شده و حجیم‌اند. برخی دیگر بسیار کوچک و به اندازه دانه عدس‌اند. خازن‌ها برحسب ثابت بودن یا نبودن ظرفیت به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند :



## الف) الکتروموتور تک فاز با خازن راه انداز :

به کار رفته در این گونه موتورها برای کار به مدت فقط چند ثانیه در هر دفعه راه اندازی طراحی شده اند. پس از این زمان، کلیدی (تابع دور) که با آن سری شده است، باز می شود و خازن را از مدار خارج می کند. به این خازن ها که فقط در طول مدت راه اندازی در مدار هستند خازن راه انداز می گویند. خازن راه انداز الکترولیتی است. این خازن روی بدنه موتور نصب می شود و استوانه ای شکل است. شکل ۳۴-۷ یک الکتروموتور با خازن راه انداز را نشان می دهد.



(الف)



(ب)



شکل ۳۴-۷ الکتروموتور با خازن راه انداز

این گونه الکتروموتورها در کمپرسورها، سیستم های تهویه مطبوع، پمپ ها و سردخانه ها کاربرد دارند.

## ب) الکتروموتور تک فاز با خازن دائم :

الکتروموتورها کلیدی برای خارج کردن خازن وجود ندارد و خازن به صورت دائم در مدار باقی می ماند. دی الکتریک این خازن روغن است. ظرفیت خازن های روغنی به کار رفته در این گونه الکتروموتورها ۲ تا ۴۰ میکروفاراد بوده که نسبت به خازن الکترولیتی چند صد میکروفاراد کم تر است. قرار داشتن خازن به صورت دائم در مدار، باعث کاهش اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان موتور می شود و در نتیجه ضریب قدرت موتور را افزایش می دهد. هم چنین باعث افزایش راندمان موتور خواهد شد. شکل ۳۵-۷ یک الکتروموتور با خازن دائم کار را نشان می دهد.



(ج)

شکل ۳۳-۷ چند نمونه خازن متغیر

## ۱۱-۷ کاربرد خازن ها

از خازن ها در زمینه های مختلفی هم چون راه اندازی الکتروموتورها، کاهش زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان (اصلاح ضریب قدرت)، مدارهای الکترونیکی مانند صافی ها استفاده می شود. در زیر به دو نمونه کاربرد خازن در الکتروموتورها اشاره شده است.



از این الکتروموتور در پمپ‌ها، ماشین لباسشویی و آب‌میوه‌گیری استفاده می‌شود.



شکل ۳۵-۷ الکتروموتور با خازن دائم کار

### ◀ پرسش‌های چهار گزینه‌ای

- ۱- وضعیت جریان عبوری از مدار یک خازن در شرایط شارژ کامل چگونه است؟  
 الف) حداکثر      ب) صفر      ج) دو برابر      د) حداقل
- ۲- اگر ده خازن  $10\ \mu$  میکرو فارادی را به صورت سری ببندیم ظرفیت معادل چند میکروفاراد است؟  
 الف) ۱      ب)  $100\ \mu$       ج)  $10\ \mu$       د)  $0.1\ \mu$
- ۳- دشارژ کردن سریع خازن یعنی :  
 الف) قطع و وصل کلید موجود در مدار خازن  
 ب) اتصال کوتاه کردن دو پایه خازن  
 ج) اعمال ولتاژ به دوسر خازن  
 د) تخلیه میدان مغناطیسی صفحات خازن
- ۴- ذخیره بار الکتریکی در خازن به این معنی است که بار :  
 الف) در آن حرکت می کند.  
 ب) پس از قطع برق از بین می رود.  
 ج) در صفحات آن تخلیه می شود.  
 د) پس از قطع برق باقی می ماند.
- ۵- ظرفیت یک خازن عبارت است از :  
 الف) توانایی مقدار باری که خازن می تواند ذخیره کند؛  
 ب) میزان سطح مشترک صفحات خازن،  
 ج) توانایی عمل مقدار ولتاژی که به خازن وصل می شود،  
 د) میزان جریانی که از خازن عبور می کند.
- ۶- اگر ولتاژ دو سر خازن با ولتاژ منبع تغذیه برابر شود یعنی خازن ..... و جریان مدار ..... است.  
 الف) شارژ شده - حداکثر      ب) دشارژ شده - حداکثر  
 ج) شارژ شده - صفر      د) دشارژ شده - صفر

### ◀ پرسش‌های پرکردنی

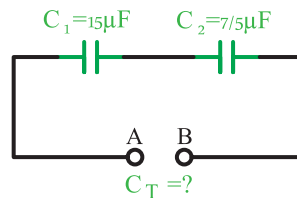
- ۷- ظرفیت خازن معادل در مدار سری از ظرفیت خازن‌های موجود در مدار ..... است.
- ۸- مقدار بار الکتریکی ذخیره شده در خازن از رابطه ..... به دست می آید.

### ◀ پرسش‌های درست و نادرست

- ۹- هر چه ضریب دی الکتریک ماده عایق به کار رفته در خازن زیادتر باشد ظرفیت خازن بیش تر است.  
 درست ☐      نادرست ☐
- ۱۰- ظرفیت یک خازن با فاصله بین صفحات آن رابطه مستقیم دارد.  
 درست ☐      نادرست ☐

### ◀ پرسش‌های تشریحی

- ۱۱- ساختمان خازن را شرح دهید.
- ۱۲- شارژ و دشارژ خازن را توضیح دهید.
- ۱۳- ظرفیت خازن به چه عوامل فیزیکی بستگی دارد؟
- ۱۴- ثابت زمانی خازن را تعریف و رابطه آن را بنویسید.
- ۱۵- مشخصات مهم در انتخاب خازن را بیان کنید.
- ۱۶- عملکرد خازن را در جریان متناوب شرح دهید.
- ۱۷- راکتانس خازنی چیست؟ رابطه آن را بنویسید.
- ۱۸- در مدار شکل ۷-۳۶ مقدار ظرفیت کل را محاسبه کنید.



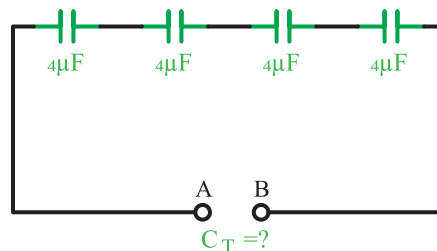
شکل ۷-۳۶

پاسخ‌ها :

الف)  $5\mu F$

- ۱۹- در مدار شکل ۷-۳۷ مقدار ظرفیت کل چند میکرو فاراد است؟

پاسخ :  $1\mu F$



شکل ۷-۳۷

- ۲۰- در یک خازن،  $34$  میکرو کولن بار الکتریکی ذخیره شده است. اگر ولتاژ دو سر خازن  $10$  ولت باشد، ظرفیت آن چند

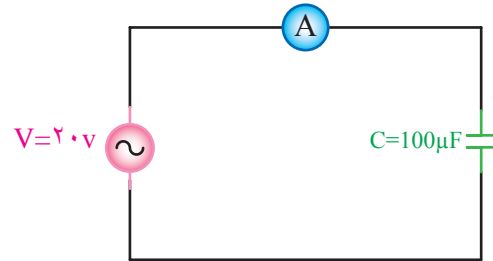
میکرو فاراد بوده است؟

پاسخ :  $3/4\mu F$

- ۲۱- اگر یکی از صفحات خازن را به اندازه  $\frac{d}{4}$  به صفحه دیگر نزدیک کنیم، ظرفیت آن چه تغییری می‌کند؟

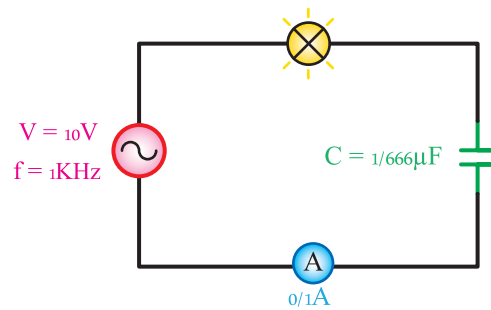
پاسخ : دو برابر می‌شود  $C_2 = 2C_1$

۲۲- در شکل ۷-۳۸ آمپر متر ۱/۲۵۶ آمپر را نشان می‌دهد. فرکانس منبع چند هرتز است؟ ( $\pi = 3/14$ )  
پاسخ:  $100\text{ Hz}$



شکل ۷-۳۸

۲۳- در شکل ۷-۳۹ اگر ظرفیت خازن دو برابر شود، جریان مدار و نور لامپ چه تغییری می‌کند؟ ( $\pi = 3$ )  
پاسخ: نور لامپ افزایش می‌یابد،  $I = 0/2 A$

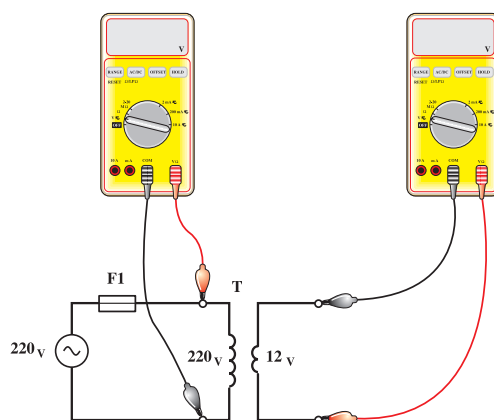
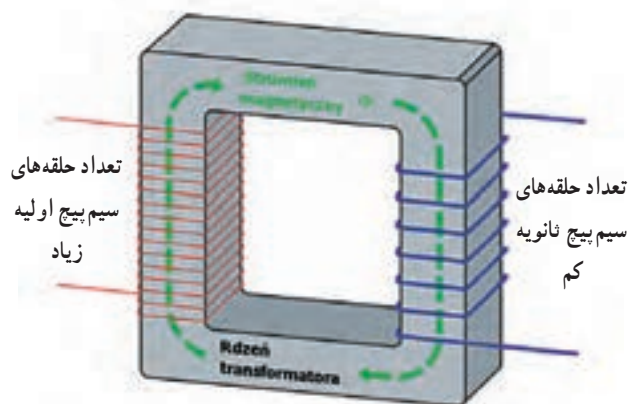


شکل ۷-۳۹

## ترانسفورماتور

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

- ۱- ترانسفورماتور را تعریف کند.
- ۲- ساختمان ترانسفورماتورهای تک فاز را شرح دهد.
- ۳- اساس کار ترانسفورماتور را شرح دهد.
- ۴- انواع ترانسفورماتورهای تک فاز را نام ببرد.



## سیمای فصل ۸

– ترانسفورماتور تک فاز

– ساختمان ترانسفورماتور

– سیم پیچ

– هسته

– اساس کار ترانسفورماتور

– انواع ترانسفورماتورها

– کاهنده

– افزاینده



## آشنایی با دانشمندان

### هنریچ لنز

(۱۸۰۴–۱۸۶۵)

هنریچ لنز در سال ۱۸۰۴ در شهر «تارکو» اسکونیا (روسیه فعلی) به دنیا آمد. او استاد دانشگاه سن پترزبورگ بود که پس از «فارادی» آزمایشات بسیاری را انجام داد. قانون الکترومغناطیسی که قطبیت ولتاژ دو سر یک سیم پیچ که به واسطه تغییر جریان به وجود می آید، به افتخار او تحت عنوان قانون لنز نامیده شده است. از دوران اولیه زندگی او اطلاعات کمی در دست است، اما تصور می شود که او در ابتدا برای کشیش شدن مطالعه می کرده است.

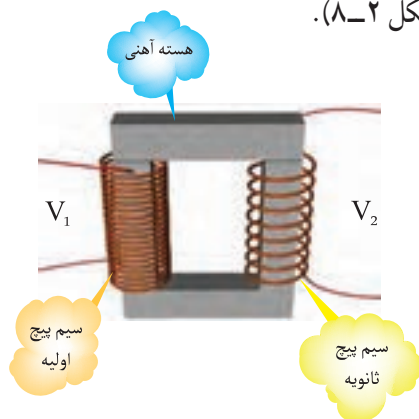
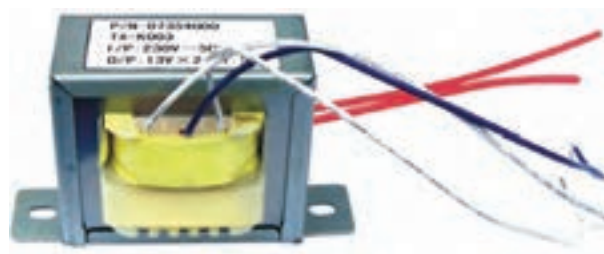


## ۸- ترانسفورماتور

### ۸-۱- ترانسفورماتور تک فاز

ترانسفورماتور، یک ماشین الکتریکی می‌دَل (تبدیل کننده) است که از آن در شبکه‌ها و وسایل الکتریکی و الکترونیکی استفاده می‌شود. ترانسفورماتور در نوع انرژی الکتریکی تغییری ایجاد نمی‌کند و فقط انرژی الکتریکی را با مقادیر ولتاژ و جریانی مشخص دریافت می‌کند و آن را با مقادیر ولتاژ و جریانی دیگر تحویل می‌دهد.

نمونه‌هایی از ترانسفورماتور را در شکل ۸-۱ مشاهده می‌کنید.



شکل ۸-۲- ساختمان ترانسفورماتور

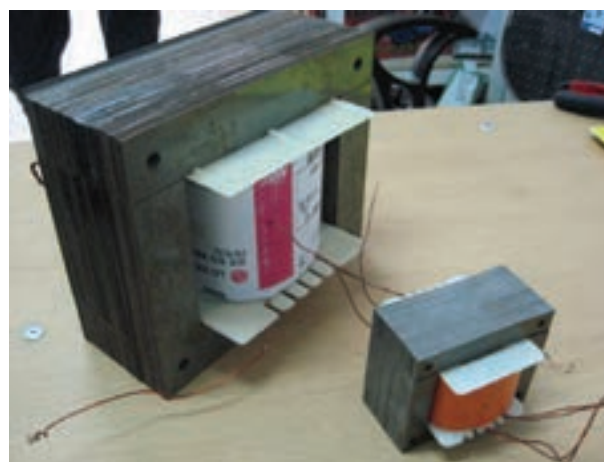
در شکل ۸-۳ علامت اختصاری ترانسفورماتور را مشاهده می‌کنید.



شکل ۸-۳- علامت اختصاری ترانسفورماتور

### ۸-۲-۱- سیم پیچ ترانسفورماتور: سیم پیچی

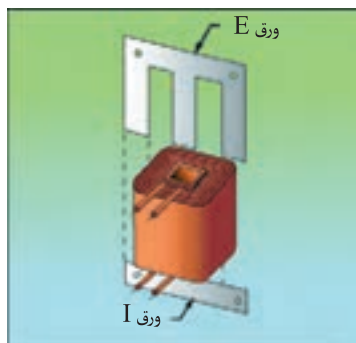
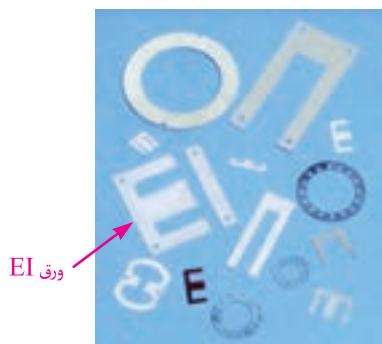
ترانسفورماتور معمولاً از جنس مس پیچیده می‌شود. سطح مقطع سیم‌های ترانس متناسب با جریان مورد نیاز مصرف کننده محاسبه می‌شود. سیم پیچ‌های ترانسفورماتورها را معمولاً با استفاده از سیم‌های لاک‌ی با مقطع گرد و بر روی قرقره‌های پلاستیکی (ترموپلاست) می‌پیچند. تعداد (دور حلقه‌های) سیم پیچ اولیه و ثانویه ترانسفورماتورها را به ترتیب با حروف  $N_1$  و  $N_2$  نشان می‌دهند. شکل ۸-۴ نمونه قرقره‌های خالی و شکل ۸-۵ نمونه قرقره سیم پیچی شده را نشان می‌دهند.



شکل ۸-۱- نمونه‌هایی از ترانسفورماتور

### ۸-۲- ساختمان ترانسفورماتور

ترانسفورماتور از یک هسته آهنی تشکیل می‌شود که بر روی آن دو سیم پیچ قرار دارد. این دو سیم پیچ نسبت به یکدیگر و نسبت به هسته آهنی عایق اند و هیچ ارتباط الکتریکی بین آن‌ها برقرار



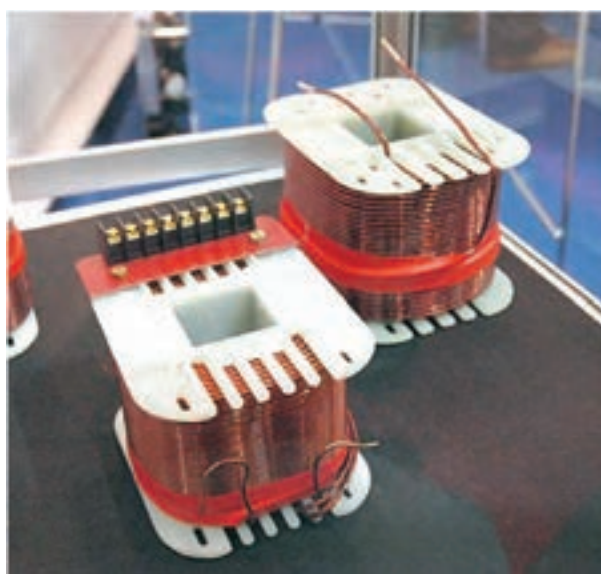
شکل ۸-۶ هسته ترانسفورماتور

### ۸-۳-۱ اساس کار ترانسفورماتور

اساس کار ترانسفورماتور بر مبنای اثر میدان‌های مغناطیسی (القای متقابل) بین سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه است. هرگاه سیم‌پیچ اولیه ترانسفورماتوری را مطابق شکل ۸-۷ به یک منبع ولتاژ متناوب با ولتاژ  $V_1$  وصل کنیم، جریانی از آن عبور می‌کند و در



شکل ۸-۴ قرقره بدون سیم‌پیچی



شکل ۸-۵ قرقره سیم‌پیچی شده

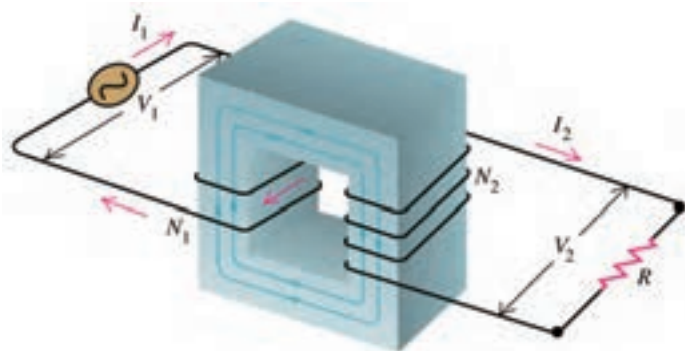
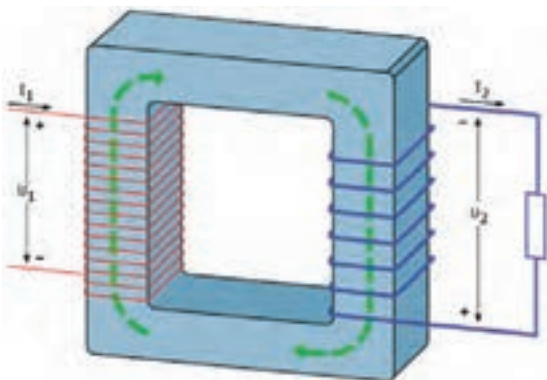
### ۸-۲-۲ هسته ترانسفورماتور: جنس هسته

ترانسفورماتور آهن نرم سیلیس دار است، که اصطلاحاً به آن «دیناموبلش» می‌گویند. برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورها باید هسته آن‌ها به صورت ورق ورق ساخته و نصب شود. ورق‌های I و E از جمله ورق‌های پرکاربرد در زمینه ساخت ترانسفورماتورها هستند. در شکل ۸-۶ هسته ترانس و چند نمونه از ورق‌های مختلف نشان داده شده است.



ترانسفورماتور مصرف کننده (بار) قرار گیرد چون مسیر آن بسته می شود جریان  $I_2$  در آن جاری می شود.  
در یک ترانسفورماتور مطلوب (ایده آل) رابطه (۱) همواره

فضای اطراف سیم پیچ اولیه تولید میدان مغناطیسی می کند. این میدان، پس از عبور از هسته ترانس، سیم پیچ های ثانویه را قطع و ولتاژ  $V_2$  را در آن ها القا می کند. اگر در سیم پیچ های ثانویه



شکل ۷-۸- اساس کار ترانسفورماتور

 **حل :** از رابطه اساسی ترانسفورماتور داریم :

صادق است، که به آن رابطه اساسی ترانسفورماتور می گویند.

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (1)$$

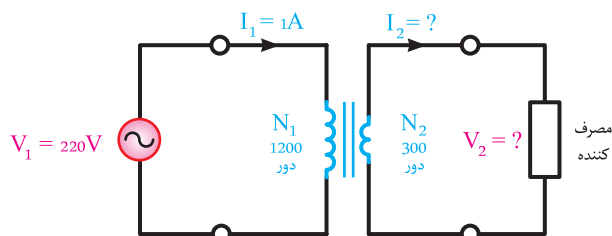
کمیت های به کار رفته در این رابطه عبارت اند از :

$V_1$  - ولتاژ منبع تغذیه  $V_2$  - ولتاژ دو سر مصرف کننده

$N_1$  - تعداد حلقه های اولیه  $N_2$  - تعداد حلقه های ثانویه

$I_1$  - جریان سیم پیچ اولیه  $I_2$  - جریان سیم پیچ ثانویه

اصطلاحاً به  $a$  ضریب تبدیل ترانسفورماتور گفته می شود  
چرا که به کمک آن می توان نسبت تبدیل ولتاژها، جریان ها و تعداد دور سیم پیچی ترانسفورماتور را حساب کرد.



شکل ۸-۸

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{I_2}{1} = \frac{220}{55}$$

$$\Rightarrow V_2 = 300 \times \frac{220}{1200} \Rightarrow \boxed{V_2 = 55V}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{I_2}{1} = \frac{220}{55}$$

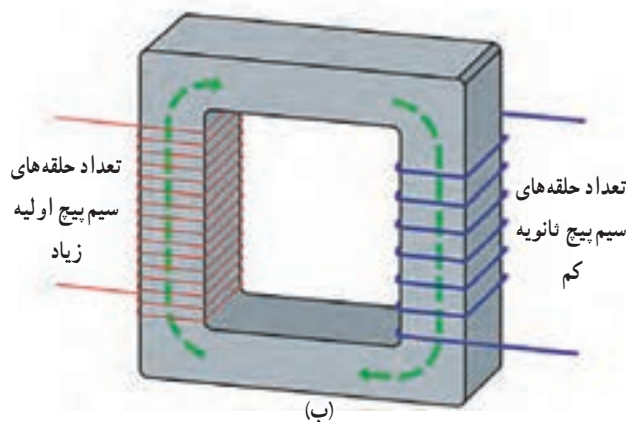
$$\Rightarrow I_2 = 1 \times \frac{220}{55} \Rightarrow \boxed{I_2 = 4A}$$

 **مثال :** در یک ترانسفورماتور مطلوب (ایده آل) سیم پیچ

اولیه دارای ۱۲۰۰ حلقه و سیم پیچ ثانویه دارای ۳۰۰ حلقه است. اگر سیم پیچ اولیه را به منبع تغذیه ۲۲۰ ولتی متصل کنیم ترانسفورماتور در خروجی خود چند ولت تحویل می دهد؟ اگر ترانسفورماتور از منبع تغذیه ۱ آمپر جریان دریافت کند، چه جریانی به مصرف کننده تحویل می دهد؟

۱- ترانسفورماتور مطلوب (ایده آل) ترانسفورماتوری است که هیچ گونه تلفاتی نداشته باشد یعنی  $P_1 = P_2$

توان خروجی توان ورودی



شکل ۸-۹- ترانسفورماتور کاهنده

ترانس‌های جوش کاری و ترانسفورماتورهایی که در دستگاه‌های جوش کاری و لوازم خانگی مانند رادیو- ضبط به کار می‌روند. در برخی آداپتورها نیز از این نوع ترانسفورماتور استفاده می‌شود.

۸-۴-۲ ترانسفورماتور افزایشنده : ترانسفورماتور افزایشنده ترانسفورماتوری است که ولتاژ ثانویه آن بیش‌تر از ولتاژ اولیه است؛ یعنی

$$V_2 > V_1$$

با توجه به تعریف فوق و رابطه ضریب تبدیل، می‌توان نتیجه گرفت که در ترانسفورماتور افزایشنده تعداد دور سیم‌پیچ‌های ثانویه از سیم‌پیچ‌های اولیه بیش‌تر است؛ یعنی

$$N_2 > N_1$$

شکل ۸-۱۰ تصویری از این ترانسفورماتورها را نشان می‌دهد. همان‌طوری که از شکل مشاهده می‌شود، سمتی که ولتاژ بیش‌تری دارد (ثانویه) دارای تعداد دور سیم‌پیچ بیش‌تری است.

از این ترانسفورماتورها در مواردی که مصرف‌کننده به ولتاژی بیش‌تر از ولتاژ منبع تغذیه (شبکه برق) نیاز داشته باشد، استفاده می‌شود. از جمله این موارد می‌توان ترانسفورماتورهای انتقال انرژی الکتریکی در شبکه‌های برق یا ترانسفورماتور جرقه‌های مشعل‌های گازوئیلی را نام برد. در مشعل گازوئیلی ترانس جرقه، ولتاژ ۲۲۰ ولت را تا حدود ۱۰۰۰۰ ولت افزایش می‌دهد در شکل ۸-۱۱ یک نمونه ترانس جرقه نشان داده شده است.

سطح مقطع سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور نشان‌دهنده مقدار جریان قابل تحمل آن‌هاست. هر چه سطح مقطع سیم‌پیچ بزرگ‌تر باشد، جریان بیش‌تری می‌توان از آن عبور داد. بدیهی است سیم‌پیچ با سطح مقطع سیم کوچک‌تر تحمل جریان عبوری کم‌تری دارد.

## ۸-۴- انواع ترانسفورماتورها

ترانسفورماتورها را از نظر مقدار ولتاژ خروجی نسبت به ولتاژ ورودی به دو دسته می‌توان تقسیم کرد.

الف) ترانسفورماتور کاهنده

ب) ترانسفورماتور افزایشنده

### ۸-۴-۱ ترانسفورماتور کاهنده : ترانسفورماتور

کاهنده به ترانسفورماتوری گفته می‌شود که ولتاژ ثانویه آن کم‌تر از ولتاژ اولیه است؛ یعنی

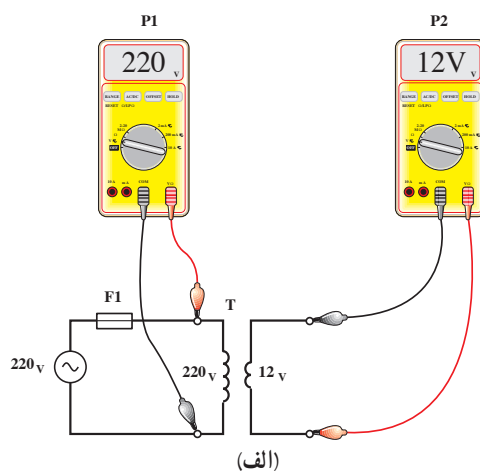
$$V_2 < V_1$$

بر پایه این تعریف و رابطه ضریب تبدیل می‌توان نتیجه گرفت که در ترانسفورماتور کاهنده تعداد دور سیم‌پیچ‌های ثانویه از سیم‌پیچ‌های اولیه کم‌تر است؛ یعنی

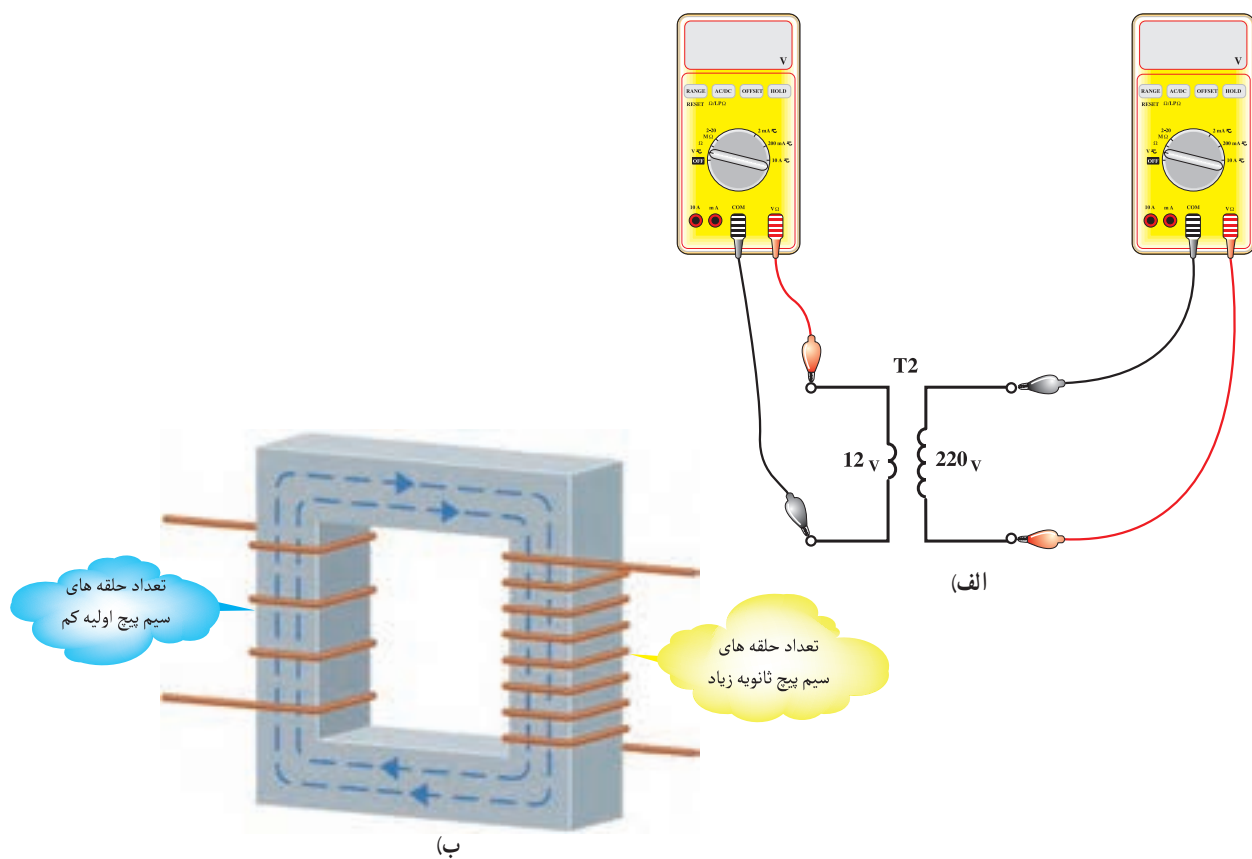
$$N_2 < N_1$$

شکل ۸-۹ الف و ب تصاویری از ترانسفورماتور کاهنده را نشان می‌دهد. همان‌طوری که از شکل مشاهده می‌شود، سمتی که ولتاژ بیش‌تری دارد (اولیه) دارای تعداد دور سیم‌پیچ بیش‌تری است.

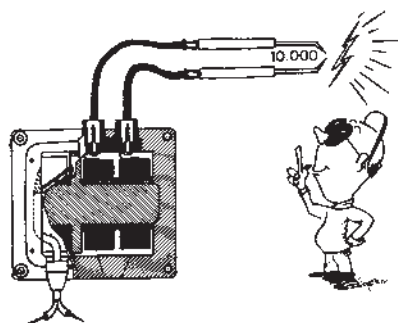
معمولاً از این ترانسفورماتورها زمانی استفاده می‌شود که ولتاژ کار مصرف‌کننده از ولتاژ منبع تغذیه کم‌تر باشد، مانند



(الف)



شکل ۸-۱۰- ترانسفورماتور افزایش دهنده



شکل ۸-۱۱- ترانس جرقه در مشعل گازوئیلی

## پرسش‌های فصل هشتم

### ◀ پرسش‌های چهار گزینه‌ای

۱- کدام یک از روابط زیر، رابطه‌ی اساسی ترانسفورماتور است؟

الف)  $a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$       ب)  $a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_1}{I_2}$

ج)  $a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_2}{I_1}$       د)  $a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$

۲- کدام یک از گزینه‌های زیر برای ترانس کاهنده صادق نیست؟

الف)  $V_2 < V_1$       ب)  $N_2 > N_1$       ج)  $I_1 < I_2$       د)  $I_1 = I_2$

۳- کدام یک از گزینه‌های زیر نمونه‌ی ترانس کاهنده نیست؟

الف) آداپتور      ب) ترانس جوش کاری  
ج) ترانس رادیو ضبط      د) ترانس جرقه‌ی مشعل گازوئیل

### ◀ پرسش‌های پرکردنی

۴- به جنس هسته‌ی ترانسفورماتور اصطلاحاً ..... می‌گویند.

۵- اساس کار ترانسفورماتور بر مبنای اثر ..... بین سیم‌پیچ همان اولیه و ثانویه است.

۶- در مشعل گازوئیلی ترانس جرقه، ولتاژ ۲۲۰ ولت را به حدود ..... می‌رساند.

### ◀ پرسش‌های درست و نادرست

۷- در ترانسفورماتور یک به یک ولتاژ خروجی از ولتاژ ورودی بیش‌تر است.

درست ☐      نادرست ☐

۸- سطح مقطع سیم‌های ترانسفورماتور متناسب با جریان مورد نیاز مصرف‌کننده محاسبه می‌شود.

درست ☐      نادرست ☐

۹- ترانسفورماتور در نوع انرژی تغییری ایجاد نمی‌کند.

درست ☐      نادرست ☐

### ◀ پرسش‌های تشریحی

۱۰- ترانسفورماتور را تعریف کنید.

۱۱- ساختمان ترانسفورماتورهای تک فاز را شرح دهید.

۱۲- انواع ترانسفورماتورهای تک فاز را نام ببرید.

۱۳- اساس کار ترانسفورماتور و چگونگی القا را شرح دهید.

۱۴- رابطه ضریب تبدیل ترانسفورماتور را بیان کنید.

۱۵- ترانسفورماتور کاهنده و افزاینده را بیان کنید.

۱۶- ارتباط بین ولتاژها، جریان‌ها و تعداد دور سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور را بیان کنید.

۱۷- یک ترانسفورماتور ایده‌آل تعداد  $120^\circ$  دور سیم‌پیچ در اولیه و  $10^\circ$  دور در ثانویه خود دارد. اگر

سیم‌پیچ اولیه آن را به شبکه برق ایران متصل کنیم، چه ولتاژی در خروجی آن ظاهر می‌شود؟

پاسخ:  $18/337$

۱۸- برای تبدیل ولتاژ  $220^\circ$  ولت به  $24^\circ$  ولت از یک ترانسفورماتور کاهنده استفاده شده است. نسبت تعداد

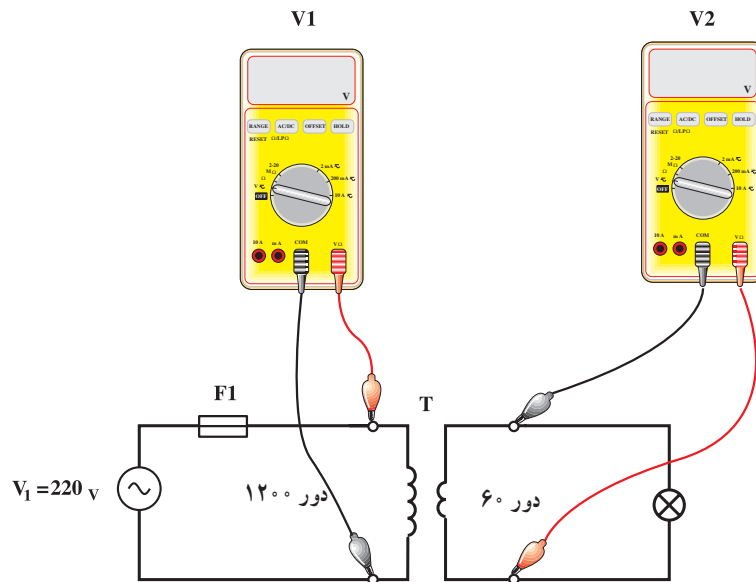
دورهای سیم‌پیچ ثانویه به اولیه این ترانسفورماتور چه قدر است؟

پاسخ:  $11/6$  یا  $55/6$

۱۹- در شکل ۸-۱۲ هر یک از ولت‌سنج‌ها چه عددی را نشان می‌دهند؟

پاسخ:  $V_1 = 220^\circ$

$V_2 = 11^\circ$

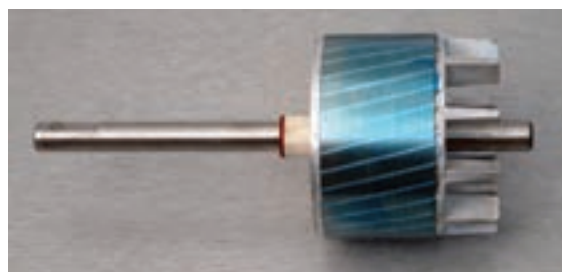


شکل ۸-۱۲

## موتورهای الکتریکی جریان متناوب

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

- ۱- انواع موتورهای الکتریکی از نظر نوع جریان الکتریکی را نام ببرد.
- ۲- انواع موتورهای جریان متناوب را از نظر نحوه عملکرد نام ببرد.
- ۳- ساختمان داخلی و اصول کار موتورهای آسنکرون (القایی) را شرح دهد.
- ۴- اطلاعات روی پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه فاز آسنکرون را توضیح دهد.
- ۵- اتصالات ستاره و مثلث را از نظر شکل اتصال، حروف اختصاری روی تخته کِلِم با هم مقایسه کند.
- ۶- روش‌های راه‌اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون در شبکه سه فاز را توضیح دهد.
- ۷- چگونگی راه‌اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون در شبکه تک‌فاز را شرح دهد.
- ۸- ساختمان داخلی و اصول کار موتورهای القایی تک‌فاز را شرح دهد.
- ۹- چگونگی راه‌اندازی و کاربرد انواع موتورهای تک‌فاز را شرح دهد.
- ۱۰- پلاک اتصالات (تخته کِلِم) موتور تک‌فاز را شرح دهد.



## سیمای فصل ۹

- موتورهای الکتریکی
- ساختمان داخلی موتورهای آسنکرون
- استاتور
- روتور
- روتور قفسی
- روتور سیم پیچی
- موتورهای آسنکرون سه فاز
- آشنایی با پلاک مشخصات موتورهای سه فاز
- نکاتی درباره انتخاب موتورهای الکتریکی
- راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون
- راه اندازی به صورت مستقیم
- راه اندازی به صورت ستاره - مثلث
- راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون در شبکه تک فاز
- آشنایی با الکتروموتورهای تک فاز
- ساختمان موتورهای تک فاز
- اصول کار موتورهای تک فاز
- انواع موتورهای تک فاز
- پلاک اتصال موتورهای تک فاز
- آشنایی با پلاک مشخصات الکتروموتورهای تک فاز



## آشنایی با دانشمندان

### ماکسول

(۱۸۳۱—۱۸۷۹ / Maxwell, James Clerk)



ماکسول در اسکاتلند به دنیا آمد. او از کودکی بسیار کنجکاو و دقیق بود و به بازی با ماشین و دستگاه‌های مکانیکی علاقه زیادی داشت. هنگامی که ۹ ساله بود مادرش در اثر ابتلا به بیماری سرطان درگذشت. همین بیماری ۳۹ سال بعد او را نیز از پای درآورد. رفته‌رفته علاقه و توجه او به ریاضیات زیادتر شد و در این زمینه استعداد فوق‌العاده‌ای از خود نشان داد. او در ۱۴ سالگی موفق به اخذ مدالی در ریاضیات شد و سال بعد مقاله‌ای در مورد ترسیم منحنی‌های بیضوی کامل به انجمن سلطنتی ادینبورو ارائه داد. او پس از مدتی تحصیل در دانشگاه ادینبورو وارد دانشگاه کیمبریج شد و سپس سمت استادی دانشگاه ابردین را به‌دست آورد. او مدتی را به تحقیق درباره حلقه‌های زحل پرداخت و سپس با نبوغ و استعداد فوق‌العاده خود در ریاضیات توانست با روش‌های آماری توزیع سرعت مولکول‌های گاز در یک دمای خاص و فاصله متوسط ذرات بین دو برخورد را به دست آورد. مهم‌ترین دستاورد ماکسول ابداع معادله‌هایی است

که پدیده‌های الکتریکی و مغناطیسی را توجیه می‌کند و آن‌ها را به طرزی غیرقابل تفکیک به هم مرتبط می‌سازد. او ثابت کرد که همه موج‌های الکترومغناطیسی با سرعت نور حرکت می‌کنند و در واقع نور دیدنی فقط جزء کوچکی از گستره وسیع موج‌های الکترومغناطیسی است.



## ۹- موتورهای الکتریکی جریان متناوب

### مقدمه

موتورهای الکتریکی می‌توانند برای به کار انداختن انواع و اقسام وسایل به کار روند، به طوری که می‌توان گفت در کم‌تر خانه یا تأسیساتی است که از موتورهای الکتریکی استفاده نشود. به همین جهت داشتن اطلاعات کافی در زمینه اصول کار، ساختمان داخلی و طرز کار موتورها برای ما تقریباً یک امر ضروری است. آشنایی با این موارد ما را در رفع عیوب ساده، تعویض قطعات یا انتخاب موتور مناسب با کار مورد نظر در تأسیسات الکتریکی یاری می‌کند. شکل ۹-۱ چند نمونه کاربرد موتور را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۱- موتور الکتریکی

### ۹-۱- موتورهای الکتریکی

موتورهای الکتریکی از نظر نوع جریان مصرفی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- موتورهای جریان متناوب (AC)

۲- موتورهای جریان مستقیم (DC)

بیش‌تر موتورهایی که در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند از نوع موتورهای با جریان متناوب (AC) هستند. موتورهای جریان متناوب خود به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند:

● موتورهای سنکرون

● موتورهای آسنکرون

برای راه‌اندازی موتورهای آسنکرون از یک منبع جریان متناوب استفاده می‌شود. ولتاژ متناوب به سیم‌پیچی استاتور اعمال می‌شود و در آن میدان مغناطیسی دوار تولید می‌کند در اثر نیروی وارد شده از طرف میدان دوار به روتور (قسمت گردان) موجب حرکت آن می‌شود.

در موتورهای سنکرون از دو منبع ولتاژ استفاده می‌شود به سیم‌پیچ‌های استاتور منبع ولتاژ متناوب و به سیم‌پیچ‌های روتور منبع ولتاژ مستقیم اعمال می‌شود.

موتورهای آسنکرون به دلیل سادگی ساختمان بیش‌تر از موتورهای سنکرون در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

موتورهای آسنکرون به دو دسته کلی زیر تقسیم می‌شوند:

● موتورهای سه فاز

● موتورهای تک‌فاز

در شکل‌های ۹-۲ نمونه‌هایی از موتورهای سه فاز و تک‌فاز را مشاهده می‌کنید.

## ۹-۲- ساختمان داخلی موتورهای آسنکرون

ساختمان این موتورها از دو قسمت اصلی تشکیل شده

است:

الف) استاتور (ساکن): استاتور عبارت از یک استوانه تو خالی است که از کنار هم قرار گرفتن ورقه‌های آهنی نازک، که نسبت به هم عایق هستند، ساخته شده است. در داخل این استوانه شیارهایی تعبیه شده است که سیم پیچ‌ها درون آن قرار می‌گیرند. معمولاً قبل از سیم‌پیچی، داخل شیارها را با کاغذ مخصوص مشابه شکل ۹-۳ ب می‌پوشانند. برای حفاظت سیم پیچ و ورق‌های استاتور، کل مجموعه در داخل یک پوسته قرار می‌گیرد. در شکل ۹-۳ الف و ج تصویر پوسته و سیم پیچ‌های درون شیار



الف) موتور تک فاز



الف)



ب)



ج)

شکل ۹-۳

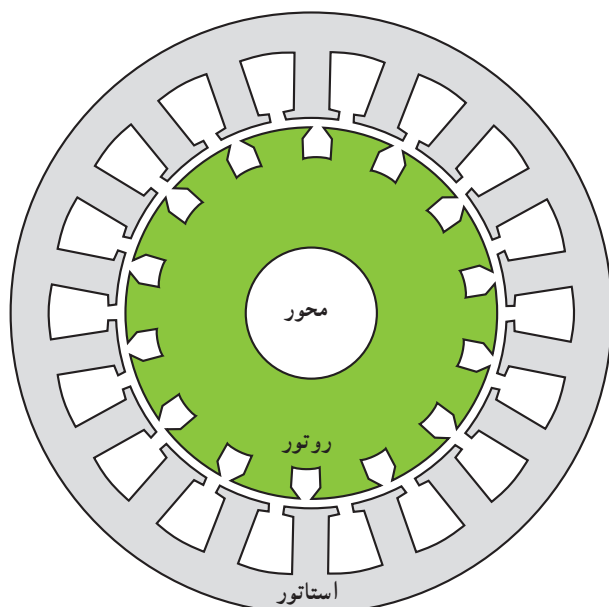


ب) موتور سه فاز

شکل ۹-۲

را مشاهده می کنید.

ب) روتور (گردنده): روتور موتورهای آسنکرون از جنس آهن و به شکل استوانه ساخته شده که بر روی محوری قرار گرفته است (شکل ۹-۴). در داخل این استوانه توپیر



شکل ۹-۵

موتور آسنکرون را مشاهده می کنید.

موتورهای سه فاز آسنکرون براساس نوع روتور به دو دسته کلی زیر تقسیم می شوند:

● روتور قفسی

● روتور سیم پیچی

۱- روتور قفسی: در نوع روتور قفسی تعدادی میله از جنس آلومینیوم یا آلیاژهای دیگر در درون شیارهای روتور قرار می گیرد. این میله ها از هر دو طرف به دو حلقه انتهایی متصل اند. چون شکل به دست آمده برای این روتور، شبیه یک قفس فلزی شکل ۹-۶ است<sup>۱</sup>، به همین دلیل این گونه موتورهای القایی را «روتور قفسی» می گویند. حدود ۹۰٪ موتورهای الکتریکی جریان متناوب از نوع روتور قفسی هستند.

۲- روتور سیم پیچی: در نوع روتور سیم پیچی به جای استفاده از میله های آلومینیومی، از سه دسته سیم پیچی که داخل شیارهای روتور قرار گرفته است استفاده می شود (شکل ۹-۷).



شکل ۹-۴

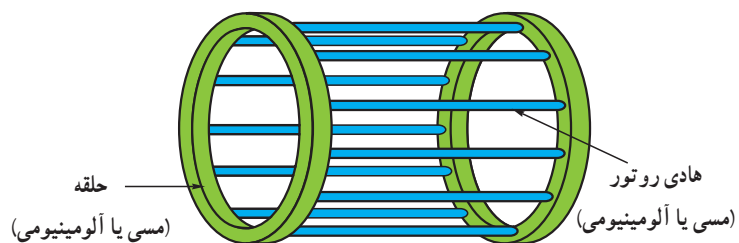
شیارهایی تعبیه شده که هادی های روتور در آن قرار می گیرد.

در شکل ۹-۵ تصویر واقعی و شماتیک استاتور و روتور

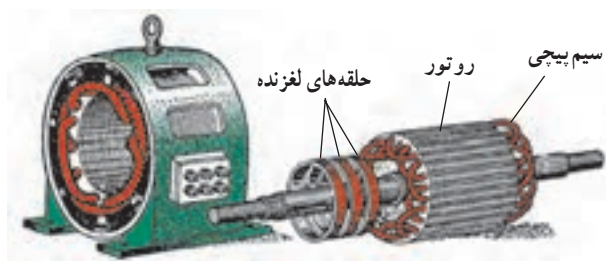


۱- از آن جایی که شکل روتور شبیه قفس سنجاب است، در برخی کتاب ها به آن روتور قفس سنجایی می گویند.





شکل ۹-۶



شکل ۹-۷

در شکل ۹-۸ نمای برش خورده دو موتور سه فاز آسنکرون نشان داده شده است.

بر روی محور این روتورها از سه حلقه (رینگ)، که نسبت به هم عایق شده‌اند، برای دادن جریان به سیم پیچی‌های روتور استفاده می‌شود.



شکل ۹-۸

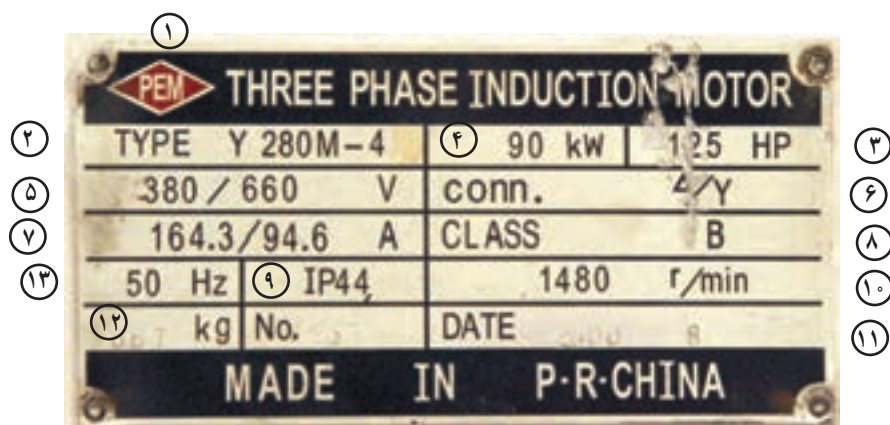
جدول ۹-۱

شماره	اطلاعات داده شده بر روی پلاک
۱	نام کارخانه سازنده
۲	مدل (تیپ ماشین)
۳	قدرت موتور (برحسب اسب بخار)
۴	قدرت موتور برحسب کیلووات
۵	ولتاژ کار موتور (مقدار ولتاژ موتور برحسب ولت)
۶	نوع اتصال
۷	جریان (مقدار جریان موتور برحسب آمپر)
۸	کلاس عایقی
۹	نوع حفاظت
۱۰	سرعت موتور (برحسب دور در دقیقه)
۱۱	تاریخ ساخت
۱۲	وزن برحسب کیلوگرم
۱۳	فرکانس کار موتور (برحسب هرتز)

در این موتورها هیچ وقت سرعت روتور نمی تواند با سرعت میدان دوار برابر باشد و همیشه کم تر (یا عقب تر) از سرعت میدان دوار است. به همین دلیل این موتورها به موتورهای «آسنکرون» معروف اند.

### ۹-۳- آشنایی با پلاک مشخصات موتورهای سه فاز

برای انتخاب صحیح و مناسب موتور سه فاز باید به توضیحات روی پلاک مشخصات موتور کاملاً توجه نمود. شکل پلاک موتورهای سه فاز، همچنین اطلاعات نوشته شده روی آنها متفاوت است. شکل ۹-۹ یک نمونه پلاک موتور سه فاز را نشان می دهد. در جدول ۹-۱ توضیحات مربوط به قسمت های مختلف پلاک آمده است.



شکل ۹-۹

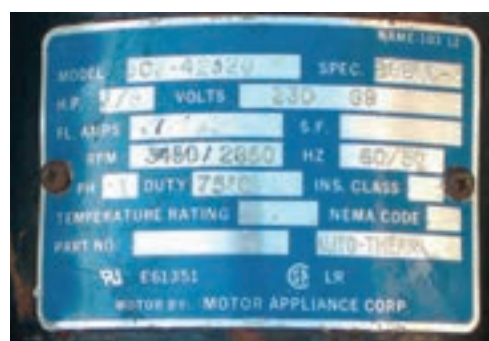
## تحقیق کنید

پلاک چند نوع موتور الکتریکی موجود در تأسیسات موتورخانه را بررسی و مشخصات آن را یادداشت کنید.



توجه: در ردیف نهم جدول ۹-۱ که نوع محافظت (ایمنی) به کار رفته در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب بیان می‌شود از دو حرف IP (حفاظت بین‌المللی - International Protection) و دورقم کد استفاده می‌شود. اولین رقم درجه ایمنی را در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم درجه ایمنی در مقابل نفوذ آب را نشان می‌دهد. برای مثال اگر بر روی پلاک موتوری IP44 نوشته شده باشد بیانگر آن است که این موتور در مقابل اجسام خارجی بزرگ‌تر از قطر 1mm و همچنین در مقابل پاشیده شدن آب، حفاظت شده است. جدول حفاظت بین‌المللی (IP) در ضمیمه کتاب آمده است.

در شکل ۹-۱۰ تصویر دو نمونه پلاک موتور نشان داده شده است.



شکل ۹-۱۰

## ۹-۴- پلاک اتصالات موتور (تخته کلم)

برای اتصال سیم‌پیچ‌های موتور سه‌فاز، سر سیم‌ها از داخل به ترمینال موتور هدایت می‌شوند، که اصطلاحاً به آن «تخته کلم» می‌گویند (شکل ۹-۱۱).

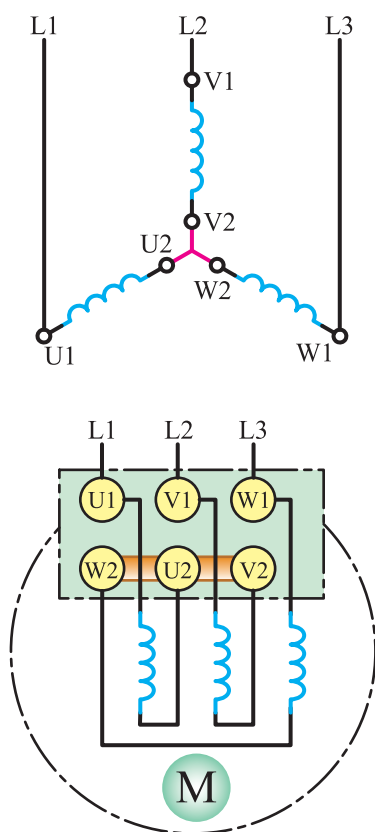


شکل ۹-۱۱

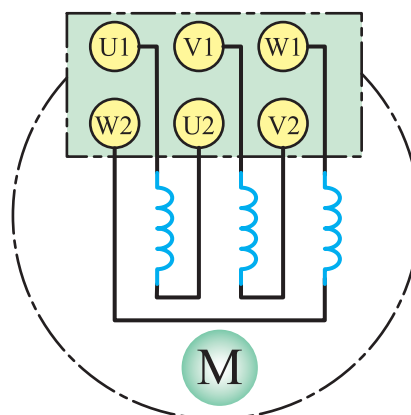
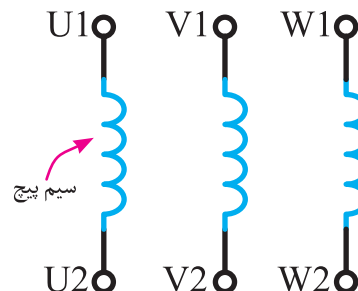
معمولاً سر و ته کلاف‌های یک موتور سه‌فاز در داخل تخته کلم با حروف و اعداد نشان داده می‌شود. در استاندارد VDE<sup>۱</sup> به ترتیب برای نشان دادن سرکلاف‌های اول تا سوم از حروف U، V، و W و برای ته کلاف‌ها به ترتیب از حروف X، Y، و Z استفاده می‌شود. اما در استاندارد IEC<sup>۲</sup> به ترتیب

۱- استاندارد اتحادیه برق کاران آلمان VDE

۲- استاندارد کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک IEC



سرکلاف‌ها با حروف (U1, V1, W1) و ته کلاف‌ها با حروف (U2, V2, W2) مشخص می‌شود. نحوه قرار گرفتن سرسیم‌ها در زیرپیچ‌های تخته کلم مطابق شکل ۹-۱۲ است.



شکل ۹-۱۲

در اغلب موارد برای راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز سه گروه، سیم‌پیچی آن را به صورت ستاره (Y)، مثلث ( $\Delta$ ) یا ترکیب ستاره-مثلث (Y/ $\Delta$ ) اتصال می‌دهند. این اتصال‌ها اغلب توسط کلیدهای دستی یا کلیدهای مغناطیسی (کنتاکتورها) صورت می‌گیرد.



شکل ۹-۱۳ اتصال ستاره سیم‌پیچ‌های موتور

شکل ۹-۱۳ تصویری از اتصال ستاره را به صورت مداری و همچنین با استفاده از تسمه‌های مسی بر روی تخته کلم در استاندارد آی‌ای‌سی (IEC) نشان می‌دهد.

شکل‌های ۹-۱۴ چگونگی ایجاد اتصال ستاره را با استفاده از تسمه مسی بر روی تخته کلم با حروف اختصاری جدید نشان می‌دهد.



## ۵-۹- راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون

در شبکه سه فاز، نحوه اتصال موتورهای سه فاز آسنکرون به شبکه الکتریکی را اصطلاحاً «راه اندازی» می گویند. موتورهای سه فاز معمولاً با یکی از روش های زیر راه اندازی می شوند:

**الف) راه اندازی به صورت مستقیم:** در این روش کابل خروجی از موتور مستقیماً به شبکه برق سه فاز متصل می شود.

**ب) راه اندازی به صورت ستاره مثلث:** در موتورهای با توان بالا در لحظه راه اندازی، جریان خیلی زیادی (حدود ۴ تا ۷ برابر جریان نامی موتور) از سیم پیچی های موتور عبور می کند و می تواند صدماتی به موتور وارد کند. لذا در آغاز موتور را به صورت ستاره راه اندازی می کنند اتصال موتور را به مثلث تغییر می دهند.

جدول ۲-۹ محدوده توان موتورهای سه فاز در ولتاژهای مختلف را برای راه اندازی به روش های یادشده نشان می دهد.

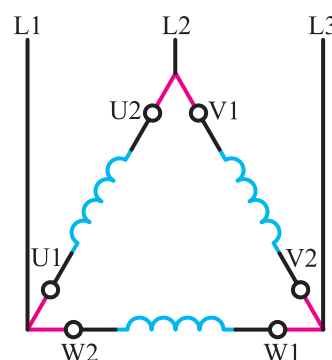
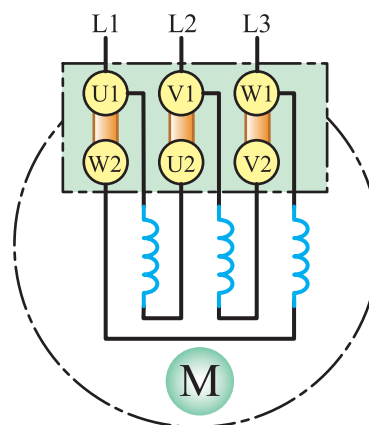
جدول ۲-۹- طرز اتصال موتورهای سه فاز به شبکه

روش های راه اندازی	قدرت نامی	
	در شبکه ۲۳۰V	در شبکه ۴۰۰V
راه اندازی به صورت مستقیم	۱/۵ kw تا ۳ kw	۲/۲ kw تا ۴ kw
راه اندازی به صورت ستاره مثلث	۵/۵ kw تا ۳ kw	۱۱ kw تا ۴ kw

امروزه برای راه اندازی موتورهای با توان زیاد، از راه اندازهای الکترونیکی معروف به راه انداز نرم استفاده می شود. در فصل الکترونیک این روش به اختصار توضیح داده شده است.

## ۶-۹- راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون در شبکه تک فاز

در صورت دسترسی نداشتن به شبکه سه فاز، می توان یک موتور سه فاز آسنکرون را در شبکه تک فاز راه اندازی کرد.



شکل ۱۴-۹- اتصال مثلث سیم پیچ های موتور

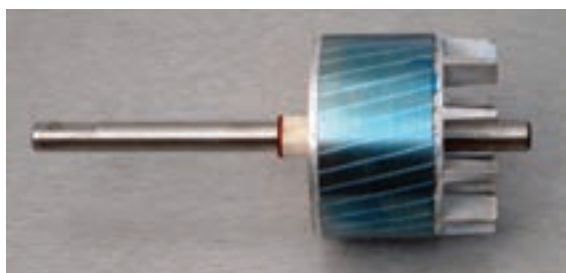
شکل های ۹-۱۴ نیز تصویری از اتصال مثلث را به صورت مداری و همچنین با استفاده از تسمه های مسی بر روی تخته کلم نشان می دهد.



## ۹-۷- الکتروموتورهای تک فاز

### ۹-۷-۱- ساختمان: ساختمان داخلی این موتورها

از یک قسمت ساکن (استاتور) و یک قسمت گردان (روتور) تشکیل شده است. قسمت‌های ساکن و گردان این موتورها شبیه موتورهای سه فاز آسنکرون گردان قفسی است. با این تفاوت که در قسمت ساکن آن‌ها دو نوع سیم پیچی، «سیم پیچ اصلی» و «سیم پیچ راه انداز یا کمکی» وجود دارد. موتورهای تک فاز برای راه اندازی به جریان متناوب تک فاز (N و L) نیاز دارند. این موتورها در اندازه‌های کوچک تا حدود ۵ اسب بخار ساخته می‌شوند. شکل ۹-۱۶ نوع موتور تک فاز را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۱۶

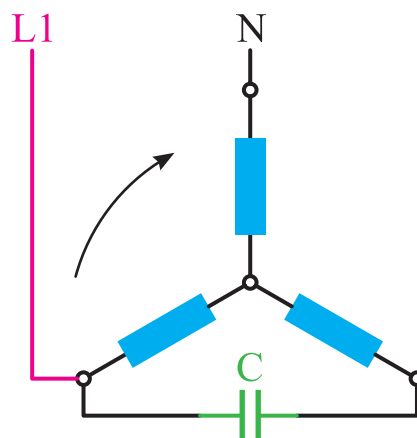
برای این که شرایط موتور دارای قدرت و گشتاور راه اندازی مناسب باشد، معمولاً از یک خازن روغنی در مدار سیم پیچی استاتور استفاده می‌شود. ظرفیت خازن مناسب را می‌توان از جدول ۹-۳ محاسبه کرد.

جدول ۹-۳- ظرفیت خازن روغنی راه انداز موتور سه فاز در

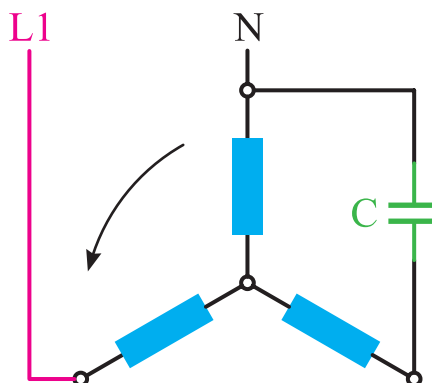
شبکه تک فاز

ظرفیت خازن به ازای هر اسب بخار توان	ظرفیت خازن به ازای هر کیلووات توان
۵۰ میکروفاراد	۷۰ میکروفاراد

نحوه قرار گرفتن خازن در مسیر سیم پیچی‌های موتور نیز به دو صورت می‌تواند باشد. شکل ۹-۱۵ وضعیت اتصال خازن به سیم پیچ‌های موتور را نشان می‌دهد.



الف) موتور راست گرد



ب) موتور چپ گرد

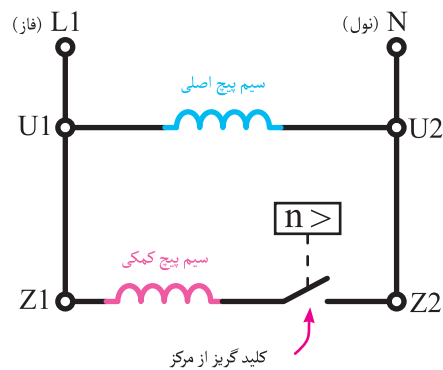
شکل ۹-۱۵

## ۲-۷-۹- اصول کار موتورهای تک فاز :

کار اغلب موتورهای تک فاز مانند موتورهای سه فاز بر خاصیت القایی استوار است. در نتیجه برای به حرکت درآمدن به میدان دوار نیاز دارند. این موضوع در موتورهای سه فاز به دلیل وجود سه سیم پیچ و سه جریان امکان پذیر بود. اما در موتورهای تک فاز با یک سیم پیچی و یک جریان میدان دوار به وجود نمی آید. به همین دلیل برای راه اندازی موتورهای تک فاز از یک سیم پیچ دیگر برای کمک به سیم پیچ اصلی و ایجاد میدان مغناطیسی دیگری استفاده می شود. به این سیم پیچ «سیم پیچ کمکی» می گویند.

در برخی از موتورهای تک فاز این سیم پیچ کمکی تا پایان کار موتور به همراه سیم پیچ اصلی در مدار باقی می ماند اما در برخی دیگر از موتورهای تک فاز این سیم پیچ پس از راه اندازی از مدار خارج می شود. هرگاه سیم پیچ کمکی در نقش راه انداز موتور به کار گرفته شود اصطلاحاً به آن «سیم پیچ راه انداز» یا «استارت» می گویند. این سیم پیچ قادر است در لحظه راه اندازی، گشتاور قابل قبولی به محور موتور اعمال کند و باعث چرخش آن شود.

معمولاً در موتورهایی که سیم پیچ کمکی نقش راه انداز را دارد از یک کلید تابع دور (گریز از مرکز)، که در مسیر آن به صورت سری مطابق شکل ۹-۱۷ است استفاده می شود. وظیفه کلید گریز از مرکز خارج کردن سیم پیچ کمکی پس از راه اندازی است.



شکل ۹-۱۷

## ۳-۷-۹- انواع موتورهای تک فاز

موتورهای تک فاز را براساس ساختمان داخلی و روش

راه اندازی به صورت زیر می توان طبقه بندی کرد :

(الف) موتورهای القایی (فاز شکسته - خازن دار - قطب چاک دار)

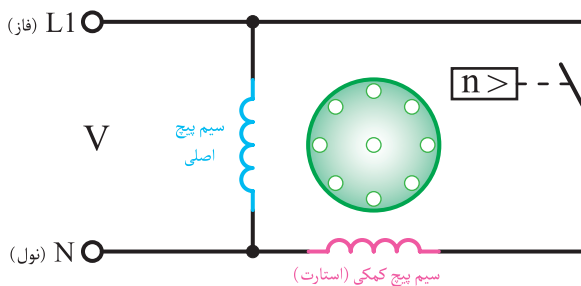
(ب) موتورهای اونیورسال

### ۱- موتور با فاز شکسته : در موتورهای القایی تک فاز

با فاز شکسته، یک سیم پیچ اصلی و یک سیم پیچ کمکی در موتور وجود دارد. این دو سیم پیچ باهم به صورت موازی قرار می گیرند. سیم پیچ راه انداز پس از راه اندازی و رسیدن سرعت موتور به ۷۵٪ سرعت نامی به وسیله کلید تابع دور (کلید گریز از مرکز)، از مدار خارج می شود. قدرت این موتورها معمولاً بین  $\frac{1}{4}$  تا  $\frac{1}{3}$  اسب بخار است. در شکل ۹-۱۸، شکل ظاهری و اتصال سیم پیچی های موتور نشان داده شده است.



(الف) شکل ظاهری موتور کولر آبی



(ب) مدار الکتریکی

شکل ۹-۱۸

استفاده می‌شود در شکل ۹-۱۹ تصویر یک موتور آب‌سردکن و پنکه را مشاهده می‌کنید.

کاربرد: از موتورهای فاز شکسته در پمپ‌ها، بادزن‌ها، کولرهای آبی هوایی، یخچال‌های خانگی و دستگاه‌های کپی



موتور الکتریکی تک فاز

(ب) آب‌سردکن



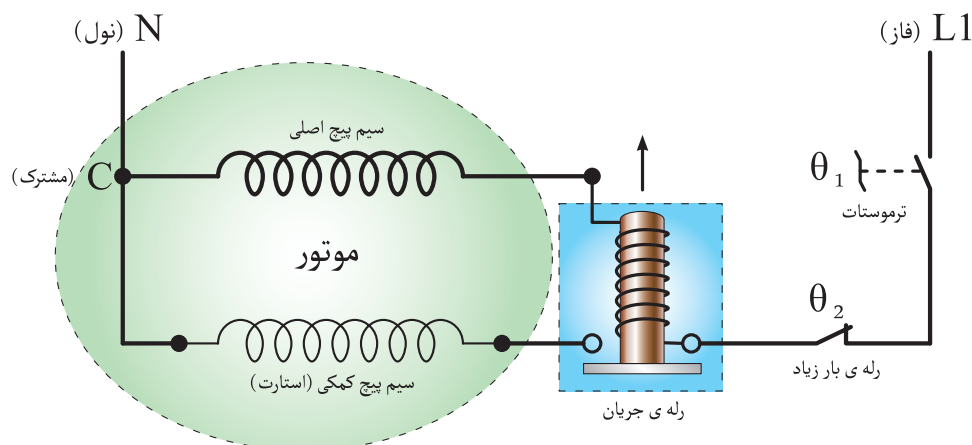
(الف) موتور پنکه



شکل ۹-۱۹

سمت داخل بکشد. در این حالت تیغه متصل به آن باعث بسته شدن مدار می‌شود. در نتیجه در ابتدای راه‌اندازی، سیم پیچ استارت در مدار قرار می‌گیرد. پس از راه‌اندازی جریان کاهش می‌یابد و در نتیجه میدان مغناطیسی ضعیف‌تر می‌شود. در این حالت تیغه‌ای که بسته شده بود به وضعیت اول خود باز می‌گردد و سیم پیچ راه‌انداز از مدار خارج می‌شود.

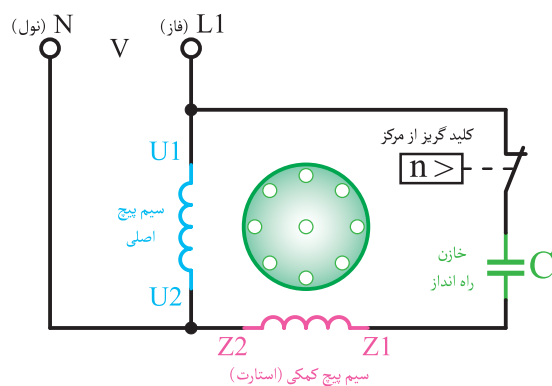
در برخی موارد مانند یخچال خانگی، برای خارج کردن سیم پیچ کمکی از مدار به جای استفاده از کلید تابع دور از یک رله به نام رله جریان استفاده می‌شود. همان‌طوری که در (شکل ۹-۲۰) مشاهده می‌کنید، در ابتدای راه‌اندازی به دلیل جریان بالای موتورهای القایی، میدان مغناطیس زیادی در اطراف سیم پیچ این رله به وجود می‌آید که باعث می‌شود هسته آهنی را به



شکل ۹-۲۰



الف) وضعیت ظاهری الکتروپمپ آب



ب) مدار الکتریکی

شکل ۹-۲۱

حروف R و S و C، بر روی سه سر سیمی که از کمپرسور یخچال بیرون می‌آید، نوشته شده است.

۲- موتور با راه‌انداز خازنی: در موتورهای تک فاز با راه‌انداز خازنی برای افزایش گشتاور موتور در لحظه راه‌اندازی، از خازن به صورت سری با سیم پیچ کمکی استفاده می‌شود. خازن مورد نظر از نوع الکترولیتی با ظرفیت بالاست و معمولاً به صورت جداگانه روی بدنه موتور نصب می‌شود. در مدار سیم پیچ راه‌انداز با خازن از یک کلید گریز از مرکز (تابع دور) نیز استفاده می‌شود، که سیم پیچ کمکی و خازن را در ۷۵٪ دور نامی موتور از مدار خارج می‌کند. این موتورها از قدرت  $\frac{1}{8}$  اسب بخار به بالا رنج‌های استاندارد در صنعت ساخته می‌شوند. شکل ۹-۲۱ وضعیت ظاهری و مدار الکتریکی موتور تک فاز را با راه‌انداز خازنی نشان می‌دهد.

کاربرد: موتورهای با خازن راه‌انداز در مشعل گازوئیلی، کمپرسورها، سیستم‌های تهویه مطبوع، پمپ‌ها و سردخانه‌ها کاربرد دارند در شکل ۹-۲۲ تصویر یک موتور تک فاز با خازن راه‌انداز کولر نشان داده شده است.



ب) تصویر گسترده موتور کولر آبی

شکل ۹-۲۲



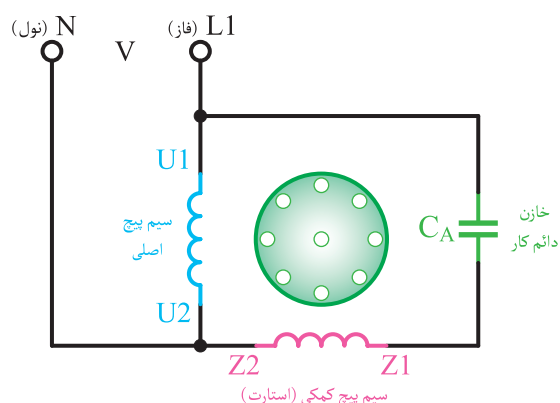
الف) کولر دستی



## تحقیق کنید

مشخصات خازن چند مشعل، گازوئیلی موجود در موتورخانه را یادداشت و به کلاس گزارش کنید.

۹-۲۳ مدار الکتریکی موتور تک فاز با خازن دائم کار را به همراه شکل ظاهری یک نمونه از این نوع موتورها نشان می دهد. قرار داشتن خازن به صورت دائم در مدار، گشتاور در حالت کار را افزایش می دهد.



ب) مدار الکتریکی

۳- موتور با خازن دائم کار : در این موتورها از یک خازن روغنی، که با سیم پیچ راه انداز سری شده است، استفاده می شود. این موتورها کلید تابع دور ندارند و سیم پیچ راه انداز به همراه خازن پس از راه اندازی نیز در مدار باقی می ماند. شکل



الف) شکل ظاهری

شکل ۹-۲۳

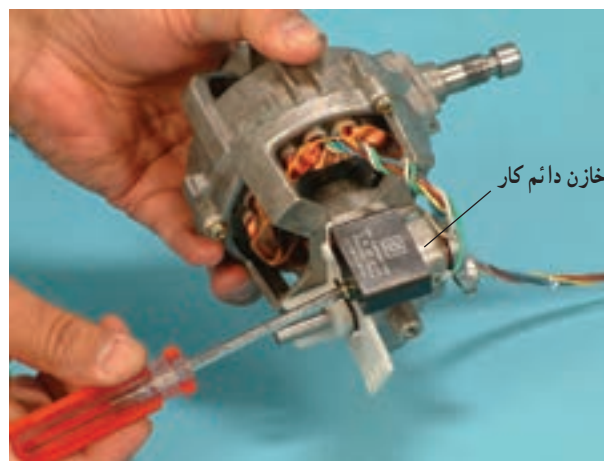


الف) موتور پنکه سقفی

کاربرد : از این موتورها در دمنده ها، پنکه های سقفی، پمپ آب ماشین لباس شویی و پنکه رومیزی، مشعل تک فاز استفاده می شود. شکل ۹-۲۴ تصویری از این موتورها را نشان می دهد.



ج) هواکش

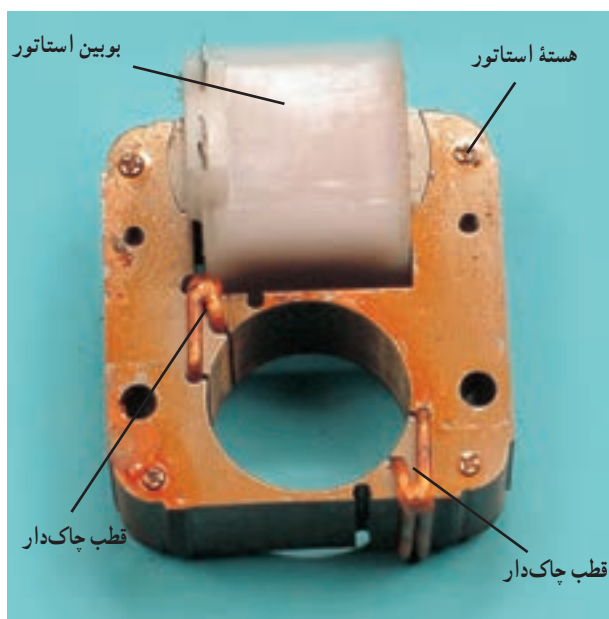


ب) پنکه رومیزی

شکل ۹-۲۴

کاربرد: از این موتورها در بالابرها، کمپرسورها، یخچال‌های صنعتی و به‌طور کلی در مواردی که بخواهیم بارهای سنگین را راه‌انداز کنیم استفاده می‌شود.

۵- موتور قطب چاک‌دار: قسمت ساکن (استاتور) این موتورها به صورت برجسته (آشکار) و قسمت گردان (روتور) آن از نوع قفسی است. برای ایجاد میدان دوار، از یک حلقه اتصال بسته (کوتاه شده) که در روی هسته جاسازی می‌شود و همان نقش سیم پیچ راه‌انداز را دارد، استفاده می‌شود. شکل ۲۶-۹ تصویر قسمت ساکن و حلقه اتصال کوتاه را نشان می‌دهد.



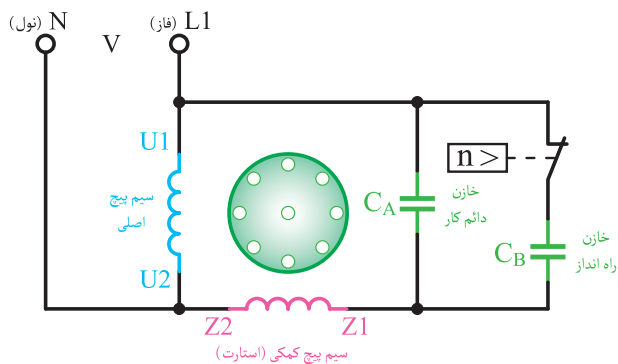
شکل ۲۶-۹

حلقه اتصال کوتاه تحت تأثیر میدان مغناطیسی سیم پیچ اصلی قرار می‌گیرد و در آن جریان القا می‌شود. در نتیجه، این جریان القایی در اطراف حلقه، میدانی ایجاد می‌کند که نتیجه اثر این دو میدان برهم باعث می‌شود میدان اصلی به یک سمت منحرف شود. در نتیجه، یک سمت دچار تضعیف میدان مغناطیسی و سمت دیگر دچار تقویت آن می‌شود. بنابراین، در سمتی که تقویت میدان به وجود آمده است گشتاوری بر روی گردان (روتور) ایجاد می‌شود که باعث چرخش آن خواهد شد.

۴- موتور تک‌فاز دوخازنی: در این موتورها از یک خازن به صورت لحظه‌ای و یک خازن به صورت دائم کار استفاده می‌شود. این دو خازن با یکدیگر به صورت موازی و هردو با سیم پیچ راه‌انداز به صورت سری قرار گرفته‌اند. پس از راه‌اندازی و رسیدن دور موتور به ۷۵٪ دور نامی خازن راه‌انداز توسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج می‌شود ولی خازن دائم کار به همراه سیم پیچ راه‌انداز در مدار باقی می‌ماند. خازن راه‌انداز از نوع الکترولیتی و خازن دائم کار از نوع روغنی است. این موتورها ترکیبی از خصوصیات دو نوع موتور قبل را دارند؛ یعنی هم دارای گشتاور راه‌اندازی و هم گشتاور کار مناسبی هستند. شکل ۲۵-۹ مدار الکتریکی چگونگی اتصال خازن‌ها با سیم پیچ اصلی و کمکی و شکل ظاهری یک نمونه را نشان می‌دهد.



الف) شکل ظاهری



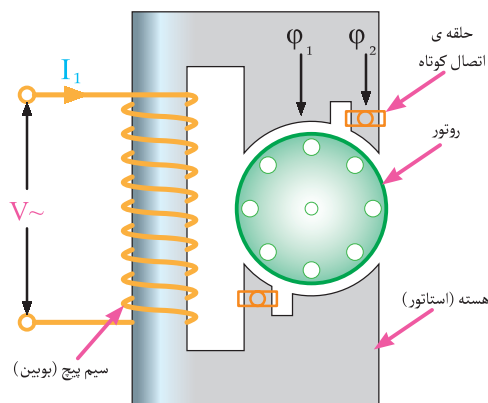
ب) مدار الکتریکی

شکل ۲۵-۹



ب) نقشه انفجاری پمپ آب کولر

شکل ۹-۲۸



شکل ۹-۲۷

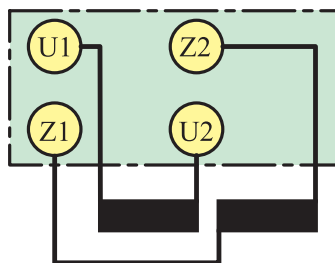
## ۹-۸- پلاک اتصال موتورهای تک فاز (تخته کلم)

به طور کلی، بر روی تخته کلم موتورهای تک فاز استاندارد وی دی ای (VDE آلمان) از حروف U و V برای مشخص کردن سروت به سیم پیچ اصلی و از حروف W و Z برای سیم پیچ کمکی استفاده می شود. اما در استاندارد آی ای سی (IEC) از حروف U1 و U2 برای نشان دادن سرهای سیم پیچ اصلی و حروف Z1 و Z2 برای مشخص کردن سرهای سیم پیچ کمکی استفاده می شود (شکل ۹-۲۹).

موتورهای با قطب چاک دار در اندازه های کوچک از  $\frac{1}{25}$  تا  $\frac{1}{6}$  اسب بخار ساخته می شوند و از نظر ساختمان، ساده و ارزان اند. گشتاور راه اندازی و اضافه بار این موتورها کم است. کاربرد: این گونه موتورها در پنکه های رومیزی، موتور اکثر فن کویل ها، پمپ آب کولر، انواع بادبزن ها، تابلوها و ویتترین های تبلیغاتی گردان و ساعت های الکتریکی کاربرد دارند. شکل ۹-۲۸ تصویر چند نمونه موتور قطب چاک دار را نشان می دهد.

## ۹-۹- پلاک مشخصات الکترو موتورهای تک فاز

برای استفاده صحیح از موتورها لازم است تا پلاک مشخصات آن ها را مورد توجه قرار دهیم. در شکل ۹-۳۰،



شکل ۹-۲۹

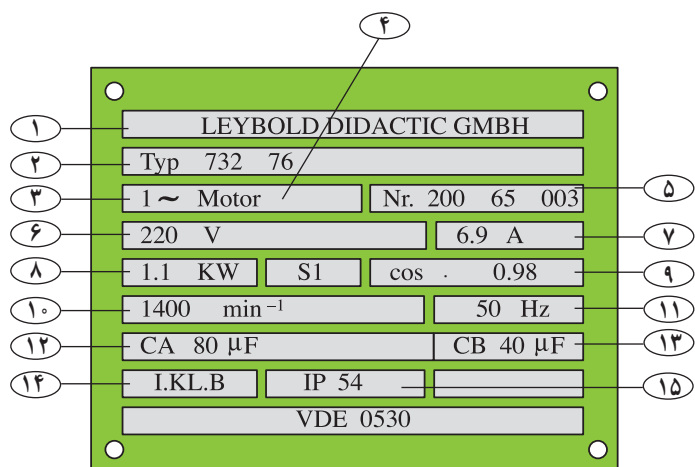
پلاک مشخصات یک موتور تک فاز را مشاهده می کنید، که توضیحات آن در جدول ۹-۴ آمده است.



الف) شکل ظاهری پمپ آب کولر

جدول ۹-۴

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانه سازنده
۲	شماره نوع ماشین (تیپ ماشین)
۳	نوع جریان
۴	نوع ماشین (موتوری یا مولدی)
۵	شماره تولید ماشین
۶	ولتاژ نامی
۷	جریان نامی
۸	توان نامی
۹	ضریب توان نامی
۱۰	سرعت نامی
۱۱	فرکانس نامی (فرکانس کار)
۱۲	ظرفیت خازن راه انداز (الکترولیتی - $C_A$ )
۱۳	ظرفیت خازن دائم کار (روغنی - $C_B$ )
۱۴	کلاس عایقی
۱۵	نوع محافظت موتور



شکل ۹-۳۰



### ◀ پرسش‌های چهار گزینه‌ای

- ۱- عدد ۴۴ در IP۴۴ بر روی پلاک یک موتور الکتریکی به چه معناست؟  
 (الف) حفاظت موتور در برابر اجسام خارجی  
 (ب) حفاظت موتور در مقابل پاشیدن آب  
 (ج) گزینه‌های الف و ب  
 (د) حفاظت موتور در برابر جریان زیاد
- ۲- از روش راه‌اندازی ستاره مثلث به چه منظور استفاده می‌شود؟  
 (الف) کاهش سرو صدا  
 (ب) کاهش جریان راه‌اندازی  
 (ج) افزایش جریان راه‌اندازی  
 (د) هیچ‌کدام
- ۳- در موتورهای تک‌فاز سیم‌پیچ کمکی با سیم‌پیچ اصلی به چه صورت اتصال می‌یابد؟  
 (الف) سری  
 (ب) سری- موازی  
 (ج) موازی  
 (د) ستاره

### ◀ پرسش‌های پرکردنی

- ۴- حدود ۹۰٪ از موتورهای الکتریکی جریان متناوب از نوع..... است.
- ۵- در حالت ستاره، توان موتور ..... توان نامی موتور است.
- ۶- موتورهای کولر آبی، یخچال خانگی و دستگاه‌های کپی از نوع ..... هستند.

### ◀ پرسش‌های درست و نادرست

- ۷- در موتورهای آسنکرون سرعت روتور با سرعت میدان دوار برابر است. ☐ درست ☐ نادرست
- ۸- در اتصال ستاره جریان راه‌اندازی موتور سه برابر می‌شود. ☐ درست ☐ نادرست
- ۹- برای راه‌اندازی یک موتور سه‌فاز در شبکه تک‌فاز از یک خازن الکترولیتی استفاده می‌شود. ☐ درست ☐ نادرست
- ۱۰- در موتورهای تک‌فاز نوع خازن راه‌انداز، از خازن روغنی استفاده می‌شود. ☐ درست ☐ نادرست
- ۱۱- موتورهای مشعل گازوئیلی، کمپرسورها، سیستم‌های تهویه مطبوع، پمپ‌ها و سردخانه‌ها از نوع موتور ☐ درست ☐ نادرست با خازن راه‌انداز است.

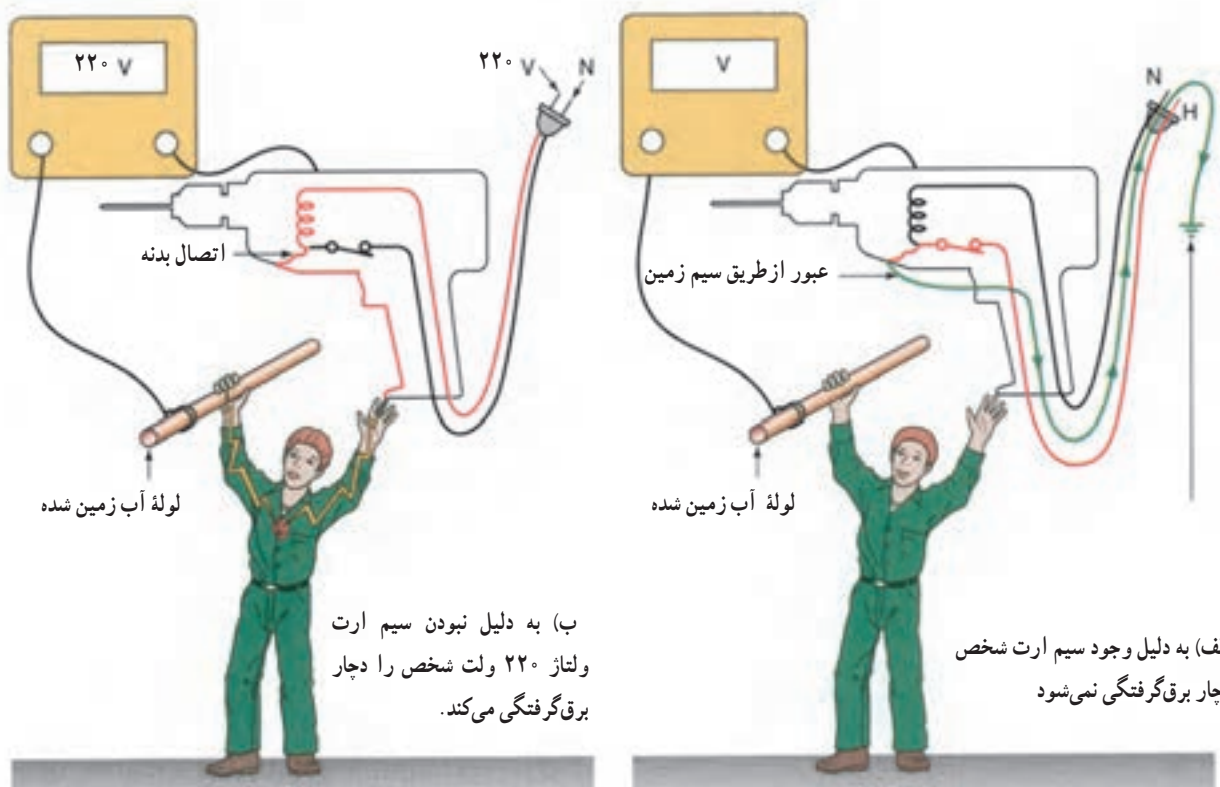
### ◀ پرسش‌های تشریحی

- ۱۲- دلیل استفاده از خازن در موتورهای الکتریکی چیست؟
- ۱۳- تفاوت انواع موتورهای تک‌فاز در چیست؟
- ۱۴- نوع خازن راه‌انداز و دائم‌کار در موتورهای الکتریکی را تعیین کنید.
- ۱۵- مقدار ظرفیت خازن راه‌انداز و دائم‌کار را در موتورهای الکتریکی با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۱۶- ساختمان موتورهای الکتریکی را تشریح کنید.
- ۱۷- موتورهای سه‌فاز آسنکرون چگونه راه‌اندازی می‌شوند؟
- ۱۸- طرز کار موتور الکتریکی تک‌فاز را شرح دهید.
- ۱۹- چگونه می‌توان یک موتور الکتریکی سه‌فاز را با برق تک‌فاز راه‌اندازی نمود؟

## حفاظت الکتریکی

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هرجو انتظار می‌رود :

- ۱- حفاظت الکتریکی را تعریف کند.
- ۲- انواع حفاظت الکتریکی را توضیح دهد.
- ۳- هریک از انواع حفاظت شخص را توضیح دهد.
- ۴- توصیه‌های ایمنی مربوط به استفاده از وسایل الکتریکی را بیان کند.



## سیمای فصل ۱۰

- حفاظت الکتریکی
- انواع حفاظت الکتریکی
- حفاظت سیم و کابل
- حفاظت مصرف‌کننده‌ها و دستگاه‌های الکتریکی
- حفاظت اشخاص
- برق گرفتگی
- انواع روش‌های حفاظت اشخاص
- حفاظت توسط سیم زمین
- حفاظت توسط عایق‌کاری
- حفاظت توسط ولتاژ کم
- حفاظت توسط کلید محافظ جان
- توصیه‌های ایمنی



## آشنایی با دانشمندان

### آمپر

(Andre Marie Amper / ۱۸۳۶ — ۱۷۷۵)

آندره ماری آمپر در سال ۱۷۷۵ در شهر لیون فرانسه به دنیا آمد. او کودک نابغه‌ای بود که تا سن ۱۲ سالگی تمام ریاضیات را آموخته بود. او در سال ۱۸۰۱ به عنوان استاد فیزیک و شیمی در دانشگاه بورگ مشغول به کار شد و در سال ۱۸۰۹ به عنوان استاد ریاضیات در دانشگاه پلی تکنیک ایکل شروع به کار کرد. آمپر در اوایل سال ۱۸۲۰، فرضیه الکتریسیته و خاصیت آهن ربایی را مطرح کرد که مبنای پیشرفت این فرضیه در قرن نوزدهم شده است. او اولین کسی بود که دستگاه اندازه‌گیری جریان الکتریکی را ساخت. واحد جریان الکتریکی به احترام او به نام «آمپر» نامیده شده است.



## ۱۰- حفاظت الکتریکی



الف) مینیاتوری



ب) فشنگی



ج) اتوماتیک

شکل ۱-۱۰

### ۱-۱-۱۰ حفاظت مصرف‌کننده‌ها و دستگاه‌های

الکتریکی : مصرف‌کننده‌ها و دستگاه‌های الکتریکی باید در مقابل خطاهای احتمالی، از قبیل اتصال کوتاه و اضافه جریان، حفاظت شوند. برای حفاظت این دستگاه‌ها معمولاً قبل از مصرف‌کننده، از فیوزها و رله‌های حرارتی طوری استفاده می‌شود که در صورت بروز خطا مصرف‌کننده به طور کلی از برق جدا شود. کلیدی که

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

## ۱-۱-۱۰ انواع حفاظت الکتریکی

### ۱-۱-۱-۱ حفاظت سیم‌ها و کابل‌ها : وقتی برای

مدت زمانی از سیم‌ها جریان بیش از حد طبیعی (جریان اضافی) و یا در مدت زمان بسیار کمی جریان بسیار شدیدی (جریان اتصال کوتاه) عبور کند، سیم‌ها گرم می‌شوند. این گرمای بیش از حد باعث صدمه دیدن عایق آن‌ها می‌شود و می‌تواند باعث آتش‌سوزی و خسارت‌های زیادی به تأسیسات الکتریکی شود برای حفاظت سیم می‌توان از رله و فیوزها استفاده نمود.

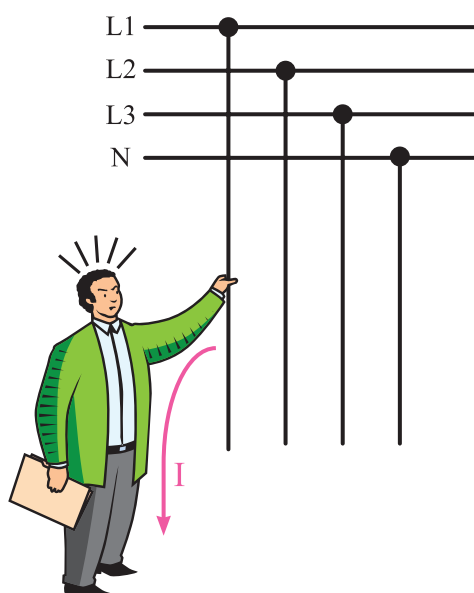
#### فیوز

در همه تأسیسات الکتریکی برای جلوگیری از صدمه دیدن و معیوب شدن وسایل و نیز برای قطع کردن دستگاه معیوب از شبکه برق، از فیوز استفاده می‌شود. این وسیله باید طوری انتخاب شود که در اثر اتصال کوتاه، در کوتاه‌ترین زمان ممکن و قبل از این که صدمه‌ای به سیم‌ها و تأسیسات الکتریکی برسد، مدار را قطع کند. در شکل ۱-۱۰ چند نمونه فیوز را مشاهده می‌کنید. فیوزها از نظر زمان قطع به دو نوع کندکار و تندکار تقسیم می‌شوند.

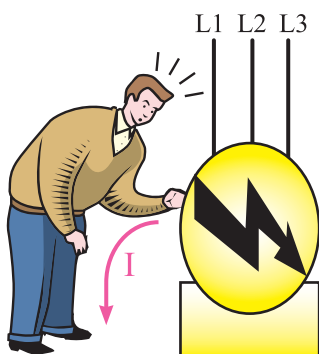
**الف) فیوز تندکار :** این فیوز در کوتاه‌ترین زمان، برق مصرف‌کننده را قطع می‌کند. به همین دلیل در مصارف روشنایی استفاده می‌شود.

### ب) فیوز کندکار : زمان قطع فیوز نسبت به فیوز

تندکار بیش‌تر است و برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود (زیرا موتورها در ابتدای راه‌اندازی جریان زیادی می‌کشند و پس از آن جریان به حالت عادی خود برمی‌گردد).



الف) تماس مستقیم با سیم برق



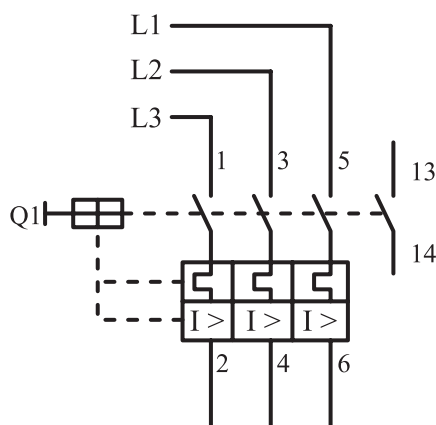
ب) تماس با بدنه فلزی دستگاه که اتصال بدنه پیدا کرده است.

شکل ۳-۱۰

تحقیقات نشان می‌دهد که پنجاه درصد از برق گرفتگی‌ها در اثر تماس مستقیم با سیم حامل برق در حمام، استخر، حیاط، زیرزمین، پارک‌ها یا مکان‌های مرطوب بوده که جریان برق مستقیماً از بدن افراد عبور کرده است. بقیه برق گرفتگی‌ها به علت فرسودگی سیم‌ها، عایق نبودن صحیح دستگاه‌های برقی صنعتی و خانگی و سیم‌کشی‌های غلط اتفاق افتاده است.

در صورت اتصال یک سیم به بدنه فلزی دستگاه، ولتاژی بین بدنه دستگاه و زمین به وجود می‌آید. حال اگر شخصی بدنه دستگاه را لمس نماید، بین محل تماس بدن و زمین ولتاژی به

می‌تواند هر دو حفاظت اتصال کوتاه و اضافه بار را انجام دهد، کلید محافظ موتور نام دارد (شکل ۲-۱۰).



به طرف مصرف کننده

شکل ۲-۱۰- شکل ظاهری کلید محافظ موتور و نحوه اتصال آن به شبکه برق

### ۳-۱-۱۰- حفاظت اشخاص: برق گرفتگی یک

تحریک ناگهانی و اتفاقی سیستم عصبی بدن بر اثر عبور جریان الکتریکی است. به عبارتی دیگر عبور جریان برق از بدن را برق گرفتگی می‌گویند. برق گرفتگی در شخص زمانی به وجود می‌آید که شخص در مسیر عبور جریان برق قرار گیرد. شکل ۳-۱۰ دو نوع برق گرفتگی را نشان می‌دهد.

وجود می‌آید (ولتاژ تماس) که اگر مقدارش از ۶۵ ولت بیش‌تر باشد برای او خطرناک خواهد بود. هم‌چنین جریان خطرناک برای انسان ۵٪ آمپر است. مقاومت بدن انسان حدود ۱۳۰۰ تا ۳۰۰۰ اهم است.

## ۱۰-۲- انواع روش‌های حفاظت اشخاص

برای کاهش امکان برق‌گرفتگی افراد از سیستم‌های ایمنی استفاده می‌شود. سیستم‌های ایمنی بسیار متنوع‌اند. متداول‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

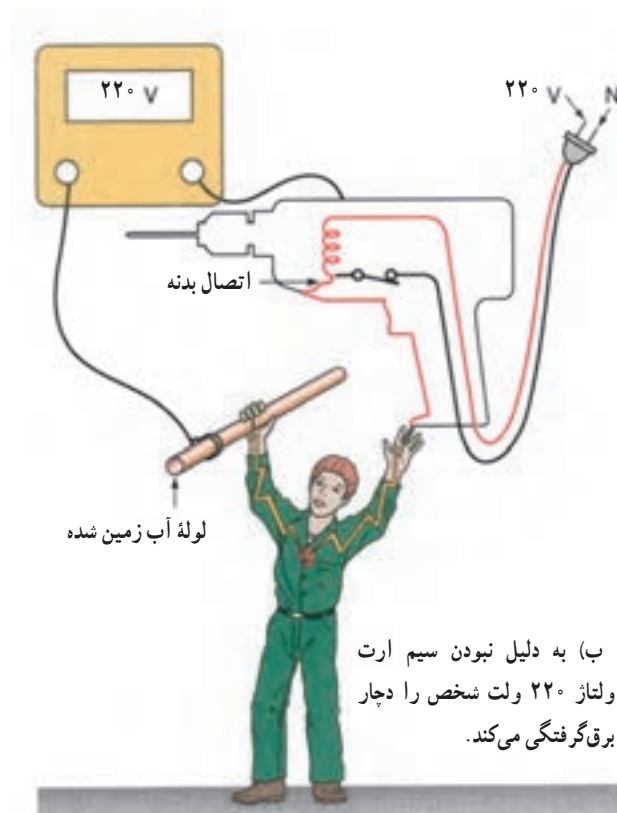
(الف) حفاظت توسط سیم زمین

(ب) حفاظت توسط عایق‌کاری

(ج) حفاظت توسط ولتاژ کم  
(د) حفاظت توسط کلید محافظ جان (FI)  
هرکدام از انواع حفاظت شخص دارای خصوصیتی هستند، که به شرح آن‌ها می‌پردازیم:

### ۱-۲-۱- حفاظت توسط سیم زمین: در این

روش قسمت‌های فلزی بدنه دستگاه‌های برقی توسط یک سیم موسوم به سیم ارت به زمین وصل می‌شود. در این صورت اگر دستگاهی اتصال بدنه پیدا کند، جریان برق به‌جای عبور از بدن شخص از طریق سیم ارت به زمین متصل می‌شود. زیرا مقاومت سیم زمین (سیم ارت) بسیار کم‌تر از مقاومت بدن شخص است (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۰

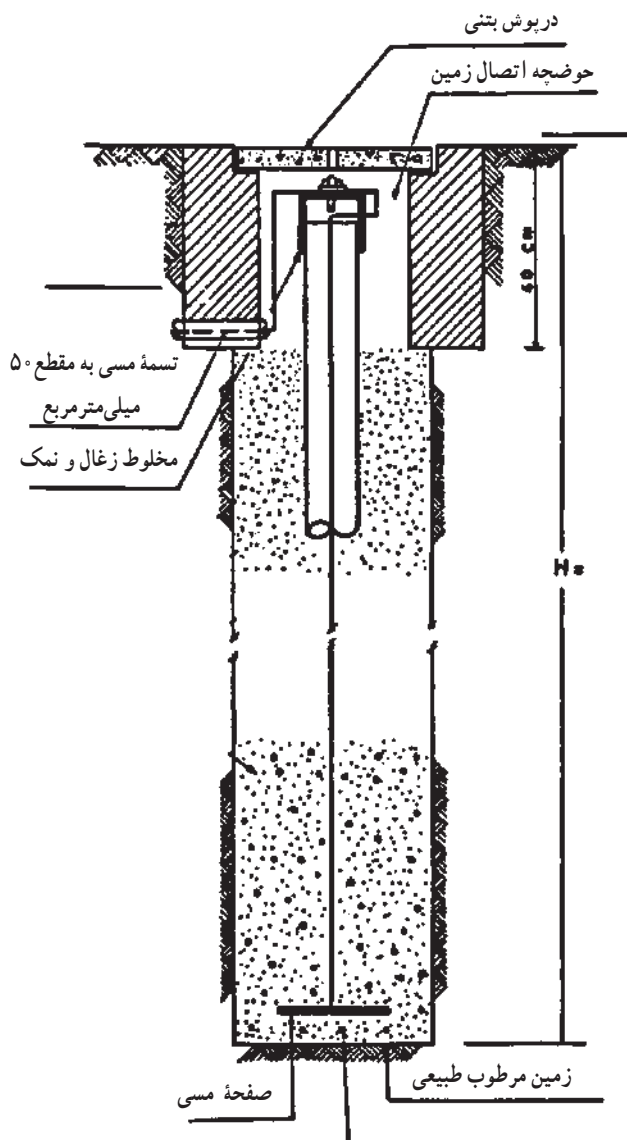
که عمق آن در مناطق مختلف به دلیل خصوصیات خاک منطقه متفاوت است. ولی بهترین چاه آن است که به قسمت نمناک و

سیستم اتصال زمین (چاه ارت): برای این که سیم اتصال بدنه دستگاه را به زمین متصل کنند، چاهی حفر می‌شود



مرطوب زمین رسیده باشد. زیرا چنین خاکی دارای مقاومت الکتریکی کم‌تری است. سپس صفحه یا تسمه موسوم به الکترود را در انتهای چاه قرار دهند و آن را با یک سیم مسی قطور با مقاومت الکتریکی کم به بیرون چاه هدایت کنند. اطراف صفحه را

با مواد کاهنده مقاومت مانند زغال و نمک و خود چاه را با ماسه پرمی‌کنند. سیم خروجی از این چاه را به بدنه فلزی دستگاه‌ها متصل می‌کنند (شکل ۵-۱۰).



شکل ۵-۱۰

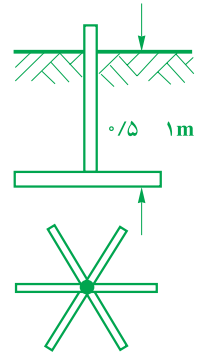
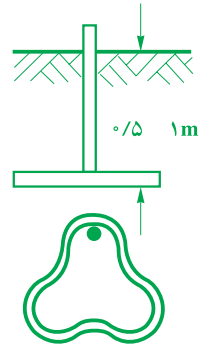
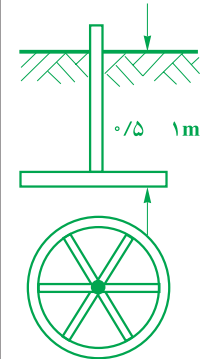
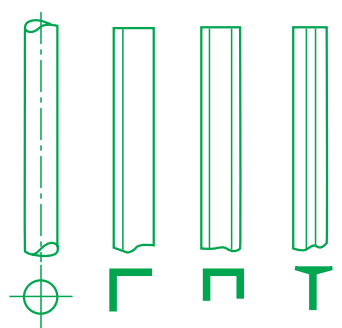
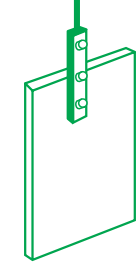
الکترودها در انواع مختلف ساخته می‌شوند.

الف) صفحات فلزی قلع‌اندود

ب) نوارهای تابیده شده مسی (در مکان‌هایی که به علت سفتی زمین دستیابی به عمق زمین غیرممکن یا سخت است).

ج) میله‌ها یا لوله‌های مسی یا فولادی قلع‌اندود شده به شکل‌های شبکه‌ای، حلقه‌ای یا شعاعی.

شکل ۶-۱۰ انواع الکترودهای زمین را نشان می‌دهد.

عامل زمین نواری			عامل زمین لوله ای	عامل زمین صفحه ای
شعاعی	حلقوی	شبکه ای		
				

شکل ۶-۱۰ انواع الکترودهای زمین

- وسایلی که اتصال سیم ارت به آن‌ها الزامی است عبارت‌اند از:
- لوازم خانگی برقی مانند سماور، پلوپز، بخاری برقی، ماشین لباس‌شویی، کولر و سایر لوازم فلزی آشپزخانه
  - پریزهای منازل و کارگاه‌ها؛
  - ماشین‌آلات در صنایع و وسایل دیگر الکتریکی؛
  - دستگاه‌های بیمارستان و اتاق عمل.
- چراغ و پایه چراغ‌های حیاط و روشنایی پارک‌ها،
- وسایل فلزی از قبیل پل و نرده و غیر آن‌ها در معابر عمومی و وسایل تفریحی در پارک‌ها.

### تحقیق کنید

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

رنگ استاندارد روکش سیم ارت سبز و زرد است و در وسایل الکتریکی این سیم به بدنه دستگاه‌ها پیچ می‌شود (شکل ۷-۱۰).



(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۷-۱۰ اتصال سیم ارت به بدنه دستگاه‌ها و دوشاخه

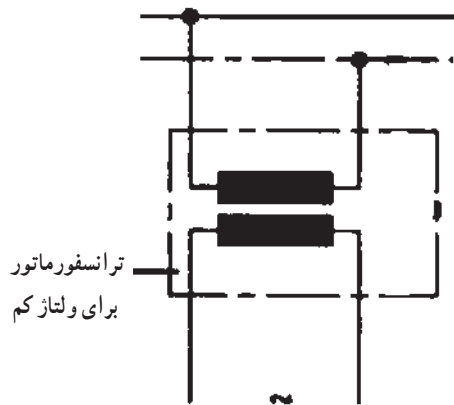


همچنین کلیه وسایل الکتریکی پس از تولید، تست عایقی می‌شوند تا هیچ‌گونه ارتباط الکتریکی بین سیم‌های هادی آن با بدنه فلزی دستگاه وجود نداشته باشد (شکل ۸-۱۰).



شکل ۸-۱۰- تست اتصال بدنه

**380/220V 50Hz**

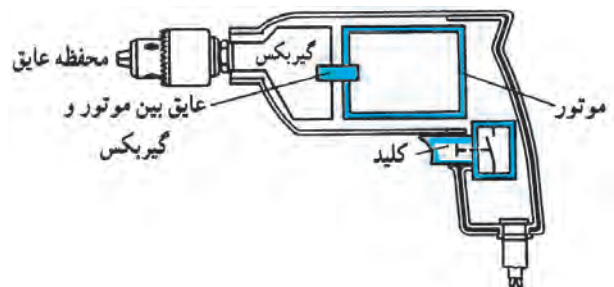


شکل ۱۰-۱۰- ترانس کاهنده ولتاژ

۳-۲-۱۰ حفاظت توسط ولتاژ کم: در این روش از ولتاژهای کم تر از ۵۰ ولت، که برای انسان خطرناک نیست، برای حفاظت استفاده می‌شود. این ولتاژ توسط یک ترانسفورماتور کاهنده با دو سیم‌پیچ جداگانه ایجاد می‌شود. کاربرد این روش در دستگاه‌های پزشکی، اسباب‌بازی‌های الکتروموتوری و ... کاربرد دارد (شکل ۱۰-۱۰).

۲-۲-۱۰ حفاظت توسط عایق کاری: در این روش

تمام قسمت‌هایی را که امکان اتصال برق با بدن انسان 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، ریش‌تراش و جاروبرقی، کارخانه‌سازنده برای جلوگیری از برق‌دار شدن بدنه فلزی آن‌ها، آن دستگاه را با یک لایه اضافی دیگر عایق می‌کند. در این روش نیازی به اتصال زمین وجود ندارد (شکل ۹-۱۰). این نوع حفاظت دارای علامت مشخصه □ روی وسایل الکتریکی است.

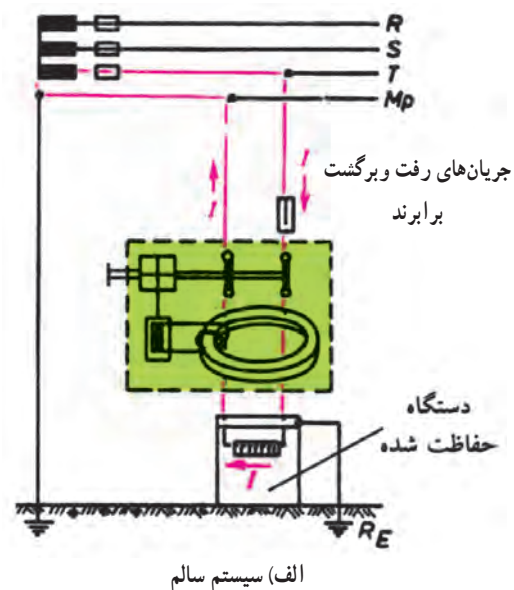
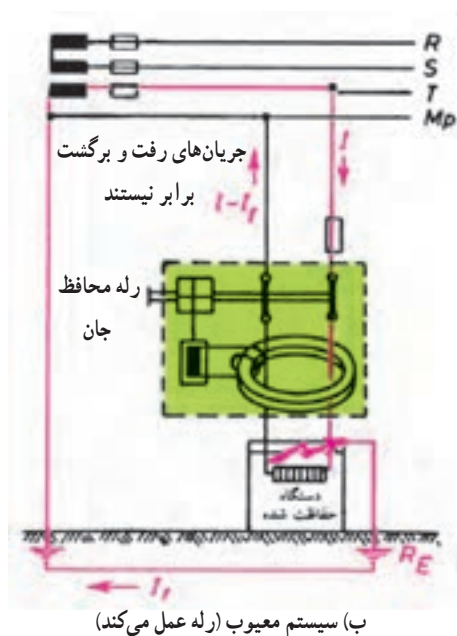


شکل ۹-۱۰- عایق مضاعف در دستگاه‌های متحرک

۴-۲-۱۰ حفاظت توسط کلید محافظ جان (FI):

اساس کار این کلید بر پایه اختلاف جریان بین سیم‌های رفت و برگشت یک دستگاه الکتریکی است. طبق شکل ۱۱-۱۰ 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 میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند و به رله فرمان می‌دهد تا مدار را قطع نماید.

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



شکل ۱۱-۱ مدار الکتریکی کلید محافظ جان

در شکل ۱۲-۱ تصویر ظاهری کلید محافظ جان نشان داده شده است.



شکل ۱۲-۱ شکل ظاهری کلید محافظ جان

### ۳-۱۰- توصیه‌های ایمنی



۱- هرگاه بر روی تابلو برق علامت را مشاهده کردید از باز کردن در تابلو و دست زدن به قسمت‌های داخلی آن خودداری کنید.

۲- در حال کار با برق دقت کنید که دست‌ها و زیرپایتان مرطوب نباشد (از چوب خشک یا مواد پلاستیکی که عایق خوبی هستند، استفاده کنید).

۳- اگر دو شاخه یک وسیله برقی شکسته است هرچه سریع‌تر سالم آن را تهیه کنید (شکل ۱۳-۱۰).



شکل ۱۳-۱۰

۴- از کشیدن سیم از کف منزل یا زیر فرش، که احتمال برخورد پای افراد با آن یا پوسیدن سیم وجود دارد، خودداری کنید.

۵- هنگام تعویض لامپ سوخته یا شکسته حتماً کلید چراغ را خاموش کنید و با استفاده از فازمتر از قطع جریان برق مطمئن شوید.

۶- در محیط‌های مرطوب مانند حمام و دستشویی از وسایلی مثل بخاری برقی، سشوار، ریش تراش یا ماشین لباسشویی استفاده نکنید.

۷- هنگام شست‌وشوی کف آشپزخانه وسایلی برقی را از برق جدا کنید و سعی کنید آب روی کلیدها و پریزها و همچنین وسایلی برقی پاشیده نشود.

۸- سیم‌های برق باید دارای روپوش عایق باشد و از پیچیده شدن آن‌ها به دور اشیای تیز و برنده جلوگیری کنید (شکل ۱۴-۱۰).



شکل ۱۴-۱۰

۹- در هنگام طوفان و رعد و برق، لوازم برقی حساس مثل تلویزیون، یخچال و کامپیوتر را خاموش و از پریز جدا کنید.  
۱۰- از یک پریز برق برای چند وسیله برقی استفاده نکنید (شکل ۱۵-۱۰).



شکل ۱۵-۱۰

۱۱- سیم‌های پوسیده و زخمی وسایلی الکتریکی را تعویض کنید (شکل ۱۶-۱۰).



شکل ۱۶-۱۰

### ◀ پرسش‌های چهار گزینه‌ای

- ۱- کدام یک از گزینه‌های زیر جزء حفاظت الکتریکی است؟  
 (الف) حفاظت سیم و کابل (ب) مصرف‌کننده  
 (ج) حفاظت شخص (د) همه موارد
- ۲- کلید محافظ موتور مصرف‌کننده را در برابر چه خطاهایی حفاظت می‌کند؟  
 (الف) اتصال کوتاه (ب) اضافه بار (ج) گزینه‌های الف و ب (د) هیچ‌کدام
- ۳- در کدام یک از انواع روش‌های حفاظت شخص، ولتاژ کم‌تر از ولتاژ خطرناک برای انسان است؟  
 (الف) حفاظت توسط سیم زمین (ب) حفاظت توسط عایق‌کاری  
 (ج) حفاظت توسط ولتاژ کم (د) حفاظت توسط کلید محافظ جان (FI)

### ◀ پرسش‌های پرکردنی

- ۴- فیوزهای کند کار برای مصارف ..... به کار می‌رود.
- ۵- مقاومت بدن انسان حدود ..... تا ..... اهم است.
- ۶- رنگ استاندارد روکش سیم ارت ..... است.
- ۷- حفاظت توسط عایق‌کاری دارای علامت مشخصه ..... روی وسایل الکتریکی است.

### ◀ پرسش‌های درست و نادرست

- ۸- فیوزهای تندکار برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به کار می‌رود. ☐ درست ☐ نادرست
- ۹- ولتاژ ۶۵ ولت و جریان ۵/۰ آمپر برای انسان خطرناک است. ☐ درست ☐ نادرست
- ۱۰- اساس کار کلید محافظ جان بر پایه اختلاف جریان بین سیم رفت و برگشت یک دستگاه الکتریکی است. ☐ درست ☐ نادرست

### ◀ پرسش‌های تشریحی

- ۱۱- روش‌های حفاظت الکتریکی را نام ببرید.
- ۱۲- برق‌گرفتگی را تعریف کنید.
- ۱۳- انواع حفاظت شخص را نام ببرید.
- ۱۴- سیستم اتصال زمین را شرح دهید.
- ۱۵- انواع اتصال زمین را نام ببرید و توضیح دهید.
- ۱۶- نحوه کار رله محافظ جان در حفاظت شخص را بیان کنید.
- ۱۷- چرا تماس شخصی با بدنه دستگاهی که دارای سیم ارت می‌باشد، خطرآفرین نیست؟

## الکترونیک

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنجار انتظار می‌رود :

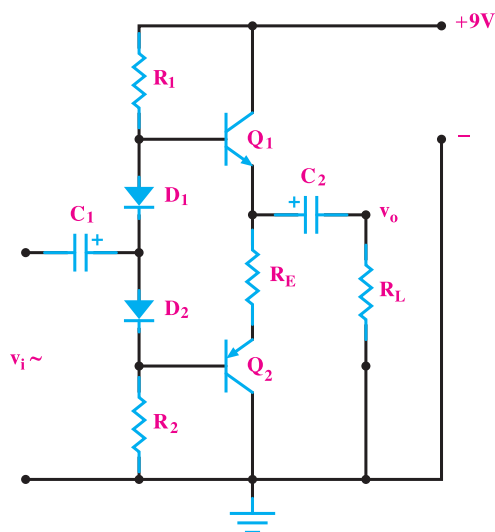
۱- نحوه عملکرد دیود را در مدار الکتریکی توضیح دهد.

۲- مدار یکسوکننده را شرح دهد.

۳- ترمیستور و کاربرد آن را توضیح دهد.

۴- ترانزیستور و کاربرد آن را توضیح دهد.

۵- ترانس دیوسر و کاربرد آن را شرح دهد.



## سیمای فصل ۱۱

- دیود
- یکسوکننده
- ترمیستوری
- محافظ بار ترمیستوری
- شیر انبساط ترمیستوری
- رله استارت ترمیستوری
- ترانزیستور
- ترانس دیوسر



## آشنایی با دانشمندان

### ولتا

(۱۷۴۵–۱۸۲۷ / Alessandro Volta)

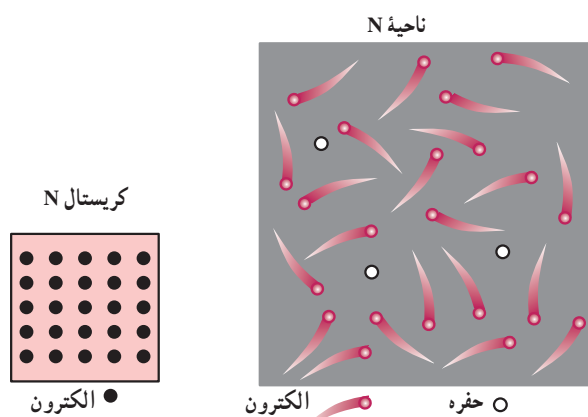
آلساندرو به سال ۱۷۴۵ در شهر کوموی ایتالیا به دنیا آمد. او فیزیک‌دانی بود که دستگاه تولیدکننده الکتریسیته ساکن را اختراع و گاز متان را کشف کرد. او به سال ۱۷۷۸ به عنوان استاد فلسفه طبیعی در «پاویا» منصوب شد. او از دوست خود «لوییجی گالوانی» الهام گرفت و در زمینه واکنش‌هایی میان فلزات ناهمگن (متفاوت) تحقیقاتی را انجام داد و در سال ۱۸۰۰ اولین باتری را اختراع کرد. امروزه نام او به عنوان واحد پتانسیل الکتریکی یعنی ولت به کار می‌رود. هم‌چنین به احترام او، پتانسیل الکتریکی بیش‌تر به نام ولتاژ شناخته می‌شود.



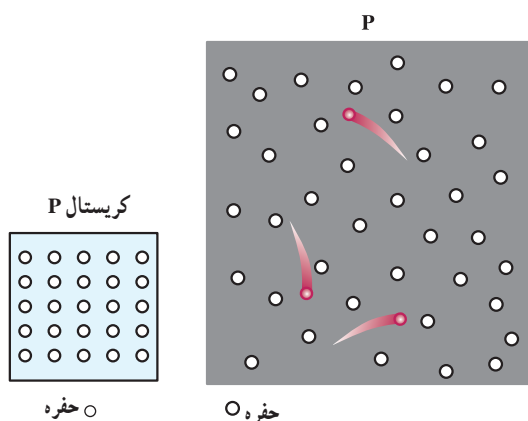


## ۱۱- الکترونیک

از این رو اغلب با ترکیب عناصری خاص با این نیمه‌هادی‌ها در شرایطی قرار می‌گیرند که در حالت ناپایدار برای گرفتن یا از دست دادن الکترون آماده هستند. اصطلاحاً به نیمه‌هادی‌های ناخالص شده نیمه‌هادی‌های نوع P (نیمه‌هادی آماده برای جذب الکترون)، نیمه‌هادی نوع N (نیمه‌هادی آماده برای از دست دادن الکترون) گفته می‌شود.



شکل ۱۱-۲



شکل ۱۱-۳

### ۱۱-۱-۱ دیود

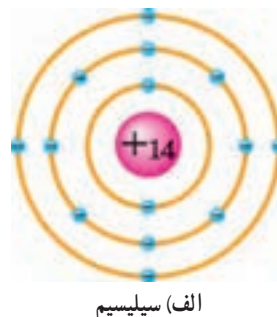
از اتصال این دو نوع نیمه‌هادی ناخالص شده (P و N) قطعه‌ای به نام «دیود» ساخته می‌شود. اصطلاحاً به پایه نیمه‌هادی نوع P «آند» و به پایه نیمه‌هادی N «کاتد» گفته می‌شود.



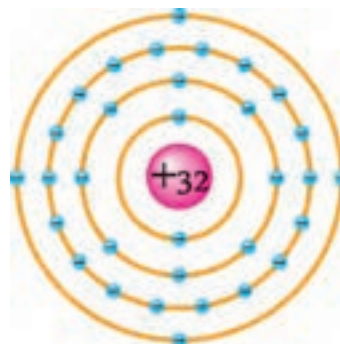
شکل ۱۱-۴

با توجه به پیشرفت سریع علوم و تکنولوژی و گستردگی سهم علم الکترونیک و تلفیق آن با اکثر رشته‌ها، مشاهده می‌شود بسیاری از دستگاه‌ها و سیستم‌های الکترومکانیکی دیگر به صورت الکترونیکی ساخته می‌شوند و به بازار عرضه می‌گردند. در این بین دستگاه‌های تأسیساتی نیز از این قاعده مستثنا نیستند و بسیاری از آن‌ها الکترونیکی شده‌اند. لذا تکنیسین‌های تأسیسات برای نصب، راه‌اندازی، عیب‌یابی و تعمیر و نگهداری این سیستم‌ها و دستگاه‌ها باید با مبانی علم الکترونیک آشنایی داشته باشند. این فصل به اختصار شما را با برخی مفاهیم و قطعات اساسی به کار رفته در این رشته آشنا می‌کند.

نیمه‌هادی‌ها پایه و اساس صنعت الکترونیک را تشکیل می‌دهند. از جمله نیمه‌هادی‌های مهم و پرکاربرد در الکترونیک می‌توان به سیلیسیم (Si) و ژرمانیم (Ge) اشاره کرد. در شرایط عادی نیمه‌هادی‌ها تمایلی به هدایت جریان الکتریکی ندارند. برای این که بتوانیم از این عناصر در ساخت قطعات الکترونیکی و هدایت جریان استفاده کنیم لازم است تا آن‌ها را ناخالص کنیم.



الف) سیلیسیم



ب) ژرمانیم

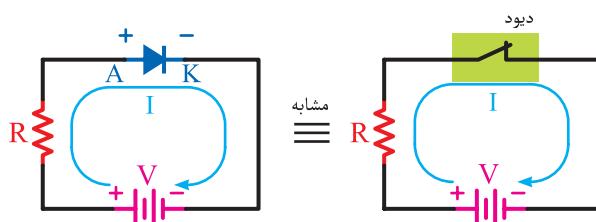
شکل ۱۱-۱

در شکل ۱۱-۵ تصویری از اتصال P-N علامت اختصاری دیود را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۱-۵

در صورتی که مشابه شکل ۱۱-۷ قطب مثبت باتری به آند و قطب منفی به کاتد دیود وصل شود دیود مشابه کلید وصل عمل می‌کند و باعث جاری شدن جریان در مدار می‌شود. به عبارت دیگر می‌توان گفت دیود وسیله‌ای است که فقط در یک جهت جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهد. از دیود در زمینه‌های مختلف استفاده می‌شود. یکی از آن‌ها مدارهای مبدل جریان متناوب به جریان مستقیم است، که آن‌ها را «یکسوکننده‌ها» یا «رکتیفایر» می‌نامند. در شکل کلی علامت اختصاری مدارهای یک‌سوساز مطابق شکل ۱۱-۸ است.



شکل ۱۱-۷



شکل ۱۱-۸

تصویر چند نمونه دیود را در شکل ۱۱-۹ مشاهده می‌کنید.

عملکرد دیود شبیه یک کلید است. شکل ۱۱-۶ مدار دیود در جریان مستقیم را نشان می‌دهد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود هرگاه قطب منفی باتری، مانند شکل ۱۱-۶-ب به آند و قطب مثبت به کاتد دیود وصل شود دیود مانند یک کلید قطع عمل کند و مدار را در حالت باز نگه می‌دارد.

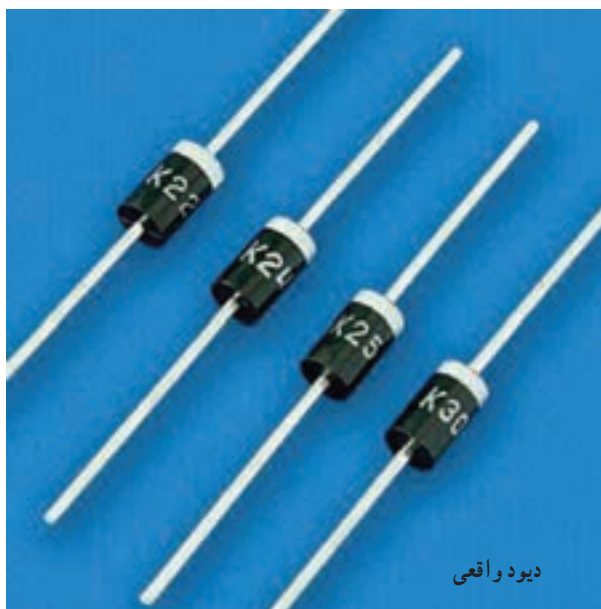


(الف)

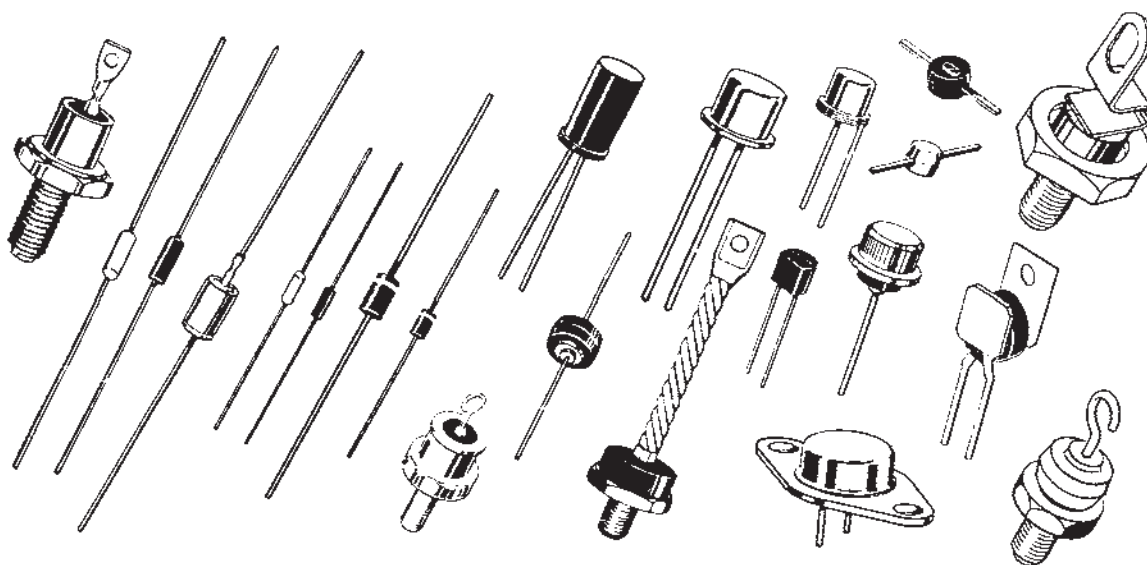
(ب)

شکل ۱۱-۶





دیود واقعی



شکل ۱۱-۹

## ۱۱-۲- مدار یکسوکننده

۱۱-۱۰). همان طوری که می دانید موج DC (جریان مستقیم)

به امواجی گفته می شود که در طول مدت زمان استفاده از آنها جهت و دامنه شان مشابه شکل ۱۱-۱۱ تغییر نمی کند.

هرگاه بتوانیم قسمت منفی یک موج متناوب را توسط مدار الکتریکی حذف کنیم، اصطلاحاً به موج به دست آمده «موج یک سوشده» و به مدار آن «مدار یکسوساز» گویند (شکل



شکل ۱۱-۱۰

### ۱۱-۳- ترمیستورها

به نوعی از مقاومت‌ها گفته می‌شود که به درجه حرارت حساس هستند. مقاومت ترمیستور با تغییر دما تغییر می‌کند. دو نوع ترمیستور وجود دارد. نوع PTC که در آن افزایش دما موجب افزایش مقاومت ترمیستور می‌شود. نوع NTC که در آن افزایش دما موجب کاهش مقاومت ترمیستور می‌گردد (شکل ۱۱-۱۴).



شکل ۱۱-۱۴- چند نمونه ترمیستور

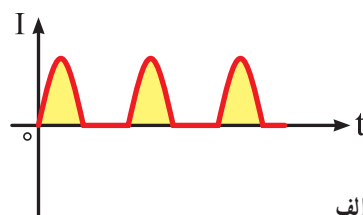
#### ۱۱-۳-۱- محافظ بار اضافی ترمیستوری: یکی

از کاربردهای ترمیستور حفاظت موتور در مقابل بار اضافی است. ترمیستور در میان سیم‌پیچی‌های موتور قرار می‌گیرد. هنگامی که دمای سیم‌پیچی از مقدار تعیین شده تجاوز می‌کند، مقاومت ترمیستور تغییر می‌کند. این تغییر مقاومت در یک مدار محافظ الکترونیک باعث باز شدن مدار موتور می‌شود. در شکل ۱۱-۱۵

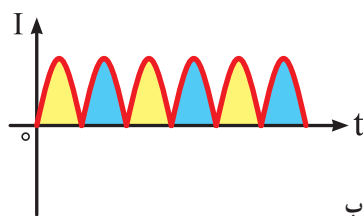


شکل ۱۱-۱۱

با کمی دقت در شکل ۱۱-۱۲ الف مشاهده می‌شود که شکل موج یک مدار یک‌سوساز گرچه دارای جهت ثابت (بالای محور افقی) است اما مقدار آن دائماً در حال تغییر است. اصطلاحاً به شکل موج‌های مشابه شکل ۱۱-۱۲ ب موج دی‌سی (DC) ضربانی گفته می‌شود.



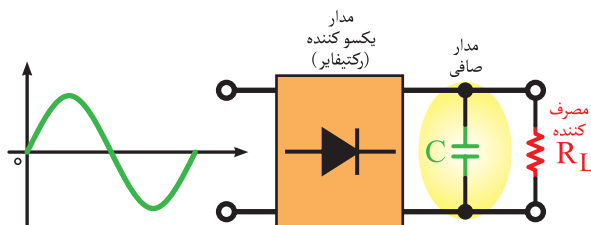
الف



ب

شکل ۱۱-۱۲- شکل موج‌های DC ضربانی

برای حذف نوسان‌های (ضربان‌ها) یک موج DC ضربانی و تبدیل آن به یک موج DC ثابت باید از مدار یا عنصر دیگری غیر از یک‌سوکننده‌ها استفاده کرد. در الکترونیک به این عناصر «مدارهای صافی» یا «فیلتر» گفته می‌شود در اغلب مدارهای یک‌سوکننده از یک خازن که به صورت موازی با مصرف‌کننده قرار می‌گیرد برای صاف کردن موج‌های ضربانی استفاده می‌شود.



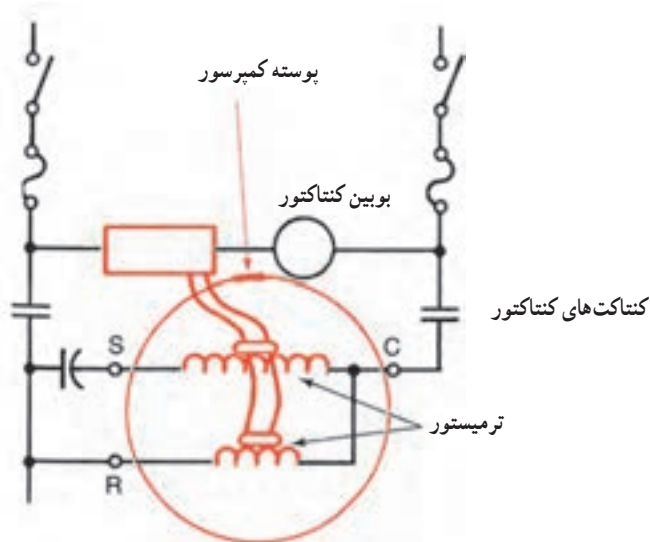
شکل ۱۱-۱۳

## ۲-۳-۱۱- شیر انبساط ترمیستوری<sup>۱</sup>: کاربرد دیگر

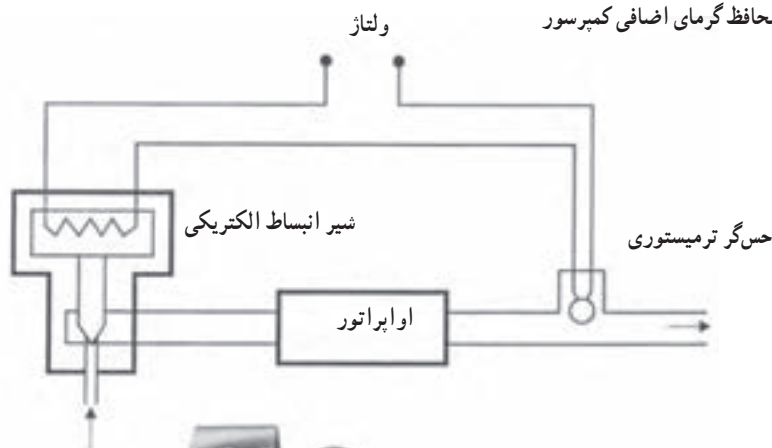
ترمیستور استفاده از آن در ساختمان شیرهای ترموستاتیک است که به جای بالب ترموستاتیک در خروجی اواپراتور، یک ترمیستور قرار گرفته است در شکل ۱۶-۱۱ از یک هیتر روی شیر انبساط استفاده شده است که در مدار الکتریکی آن یک ترمیستور سری شده است این ترمیستور در محل خروجی اواپراتور قرار گرفته است. اگر دمای گاز خروجی از اواپراتور (سوپرهیت) کم شود مقاومت ترمیستور زیاد می شود و جریان کمتری از هیتر عبور می کند و سوزن شیر در جهت بسته شدن عمل می کند و مقدار ماده سرمزای ورودی به اواپراتور کاهش می یابد. اگر دمای گاز خروجی از اواپراتور یعنی سوپرهیت زیاد شود مقاومت ترمیستور کم می شود جریان عبوری از هیتر بیش تر شده سوزن شیر در جهت باز شدن مسیر عبور ماده سرمزا عمل کرده ماده سرمزای بیش تری وارد اواپراتور می شود.

لازم به تذکر است به جای هیتر می توان از کویل مغناطیسی استفاده کرد.

یک ترمیستور در بین پیچی های الکتروموتور قرار گرفته است وقتی دمای سیم پیچی از حد معین بیش تر می شود مقاومت آن کم شده، باعث عبور جریان بیش تر از یک بوبین مغناطیسی می شود و با افزایش میدان مغناطیسی کنتاکتی را قطع می کند که باعث قطع جریان بوبین کنتاکتور می شود قطع جریان بوبین موجب باز شدن کنتاکت کنتاکتور شده و برق الکتروموتور قطع می شود.

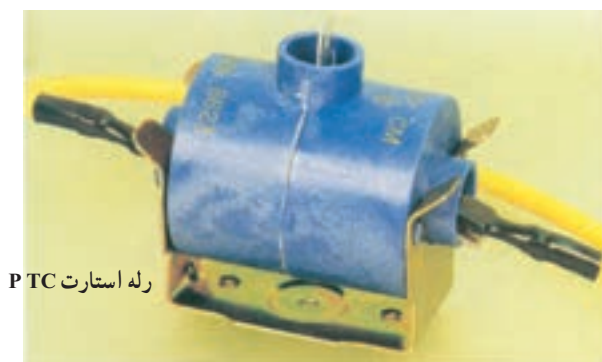


شکل ۱۵-۱۱- محافظ گرمای اضافی کمپرسور



شکل ۱۶-۱۱- شماتیک شیر انبساط الکتریکی (ترمیستوری)

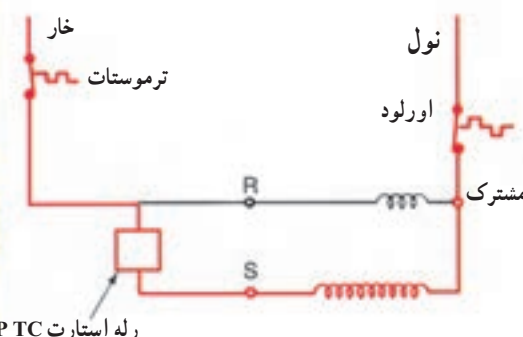
همزمان برق‌دار می‌شوند و کمپرسور راه‌اندازی می‌شود در چند ثانیه جریانی که از سیم‌پیچ استارت ورله عبور می‌کند باعث گرم شدن بیش از حد رله می‌شود در نتیجه مقاومت ترمیستور خیلی زیاد شده و مانند کلید باز عمل می‌کند و سیم‌پیچ استارت را از مدار خارج می‌کند.



رله استارت PTC

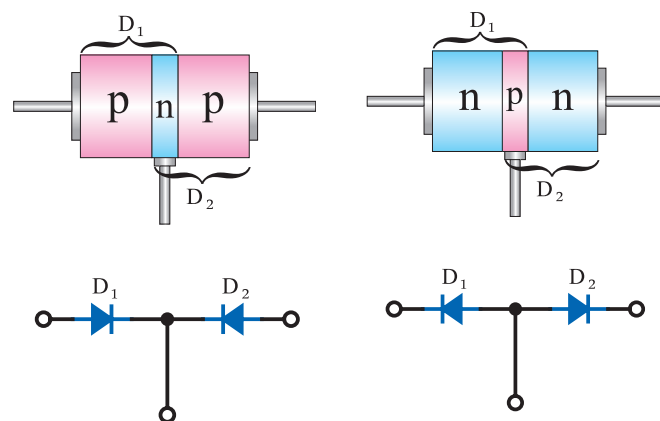
### ۳-۱۱-۱۱- رله استارت ترمیستوری<sup>۱</sup>: شکل ۱۱-۱۷

رله ترمیستوری و مدار الکتریکی آن را نشان می‌دهد. وقتی کمپرسور بیکار است رله سرد است و مقاومت بسیار کم شبیه کلید بسته (وصل) است وقتی ولتاژ اعمال می‌شود سیم‌پیچ استارت و سیم‌پیچ اصلی



رله استارت PTC

شکل ۱۱-۱۷- رله استارت ترمیستوری (رله سنگی) کمپرسور یخچال



ب) ترانزیستور نوع PNP

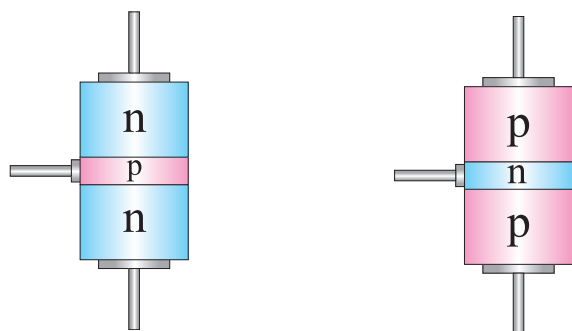
الف) ترانزیستور نوع NPN

شکل ۱۱-۱۹

همان‌طوری که قبلاً نیز اشاره شد از اتصال P و N یک دیود ساخته می‌شود. بر همین اساس می‌توان برای هر نوع ترانزیستور یک مدار معادل دیودی مطابق شکل ۱۱-۱۹ رسم کرد. ترانزیستور دارای سه پایه به نام‌های «امیتر»<sup>۳</sup> (E) یعنی منتشرکننده؛ «بیس»<sup>۴</sup> (B) یعنی پایه و «کلکتور»<sup>۵</sup> (C) یعنی جمع‌کننده است.

### ۴-۱۱- ترانزیستور<sup>۲</sup>

از اتصال سه نیمه‌هادی نوع P و N ترانزیستور ساخته می‌شود. نحوه قرار گرفتن نیمه هادی‌های P و N در کنار هم به دو صورت است. از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت دو نوع ترانزیستور PNP و NPN مطابق شکل ۱۱-۱۸ می‌توان ساخت.

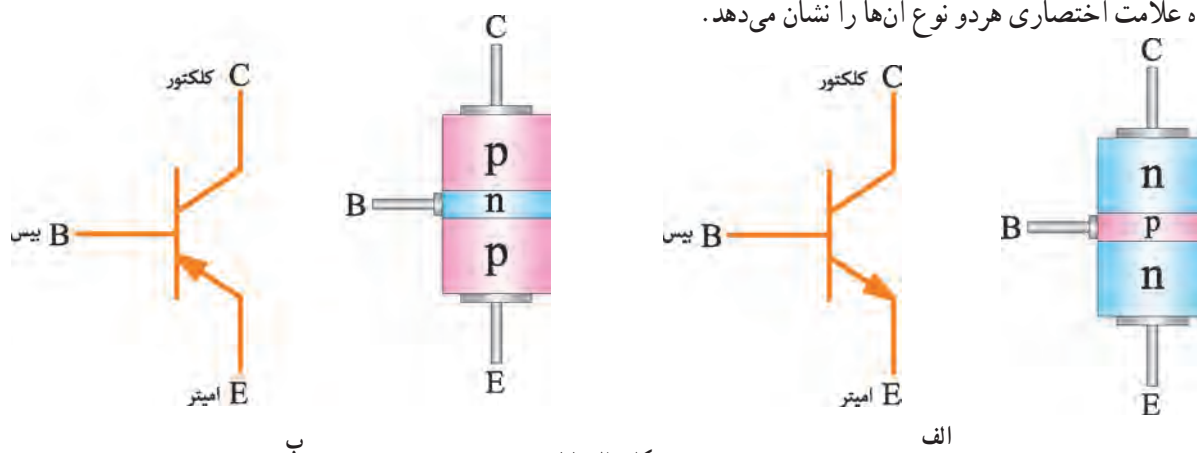


ب) ترانزیستور نوع NPN

الف) ترانزیستور نوع PNP

شکل ۱۱-۱۸

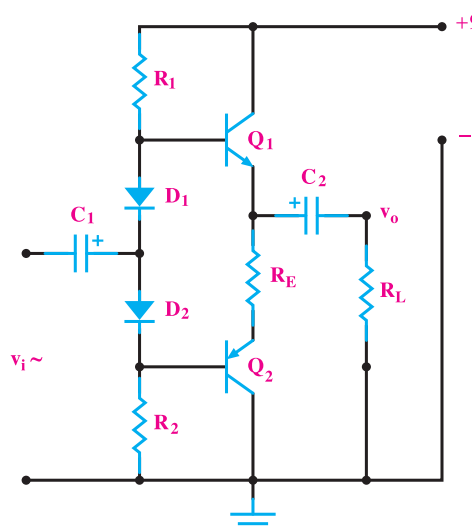
شکل ۱۱-۲۰ تصویری از وضعیت پایه‌های ترانزیستور به همراه علامت اختصاری هر دو نوع آن‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱-۲۰

شکل ۱۱-۲۲ الف یک نمونه نقشه الکترونیکی و شکل ۱۱-۲۲ ب تصویر یک نمونه برد الکترونیکی شوفازهای دیواری را نشان می‌دهد.

از ترانزیستور در مدارهای الکترونیکی به صورت تقویت کننده جریان؛ ولتاژ یا هر دو عامل و همچنین قطع و وصل مدارها استفاده می‌شود. در شکل ۱۱-۲۱ تصویری از چند نوع ترانزیستور مشاهده می‌کنید.



الف - نقشه یک مدار الکترونیکی به همراه قطعات



الف



ب - برد الکترونیکی شوفاز دیواری  
شکل ۱۱-۲۲

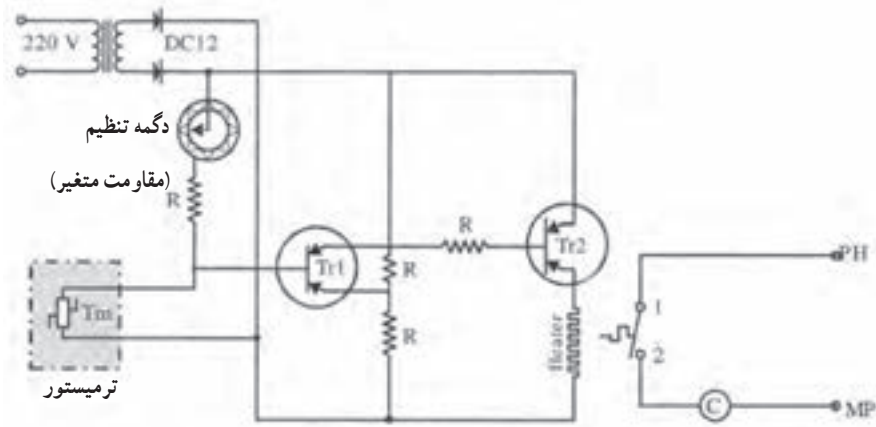


ب  
شکل ۱۱-۲۱

## ۱۱-۵- ترموستات دیجیتال (Digital Thermostat)

ترموستات‌های دیجیتالی در مدارهای فرمان سیستم‌های سرمایش و یا گرمایش اطاق و محلی که بایستی درجه حرارت آن کنترل گردد استفاده می‌شوند.

در این ترموستات سنسور درجه حرارت همان ترمیستورها (مقاومت‌های تابع حرارت) می‌باشند که در مدار یک کیت الکترونیکی قرار می‌گیرند شکل ۱۱-۲۳ نمونه‌ای از مدار آن را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱-۲۳- مدار داخلی ترموستات دیجیتالی

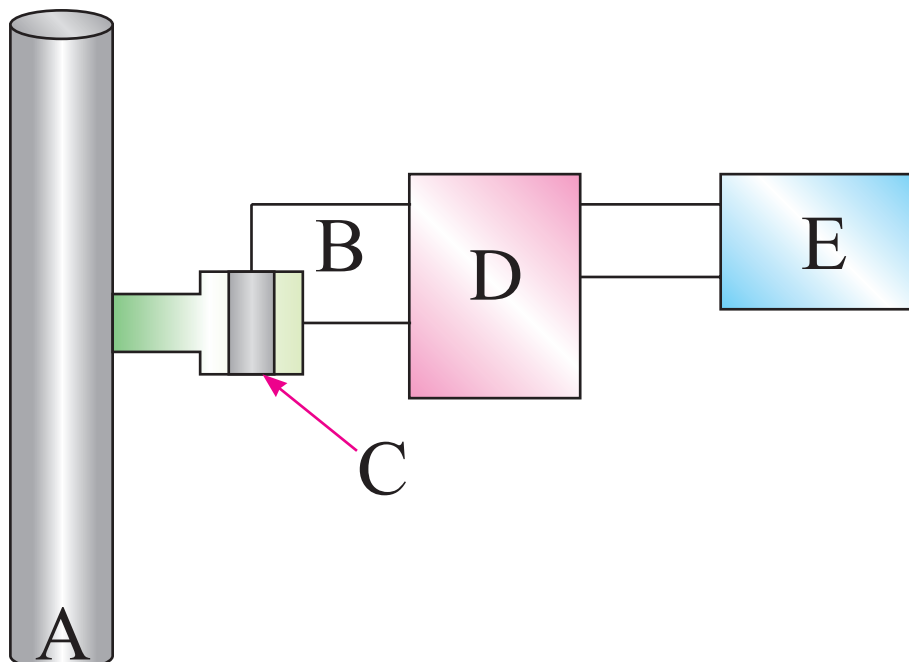
## ۱۱-۶- ترانس دیوسر

ترانس دیوسر به وسایل مختلفی اطلاق می‌شود که در مقابل تغییرات یک نوع انرژی حساس‌اند و از این حساسیت آن‌ها می‌توان برای کنترل نوع دیگری از انرژی استفاده نمود. ترانس دیوسرها ممکن است تحت تأثیر فشار، درجه حرارت، حرکت سیال‌ها، ارتعاش، ولتاژ الکتریکی و سایر انواع انرژی کار کنند.

یک جریان متغیر ضعیفی را که از ترانس دیوسر می‌گذرد می‌توان توسط یک تقویت‌کننده تقویت نمود و سپس این جریان تقویت شده را برای به کار انداختن یک نشان‌دهنده یا یک مدار کنترل‌کننده به کار برد. یک نمونه کاربرد ترانس دیوسر در شکل ۱۱-۲۴ نشان داده شده است. در این مورد یک ترانس دیوسر حساس به فشار در کنار لوله A که حامل مایع تحت فشار است کار گذاشته شده است. ترانس دیوسر B تغییرات فشار را به تغییرات جریان الکتریکی تبدیل می‌کند. در تقویت‌کننده C جریان الکتریکی تقویت می‌شود و سپس به D که یک رله است

در مدار فوق یک ترمیستور حس‌کننده درجه حرارت (TM) برای کنترل دمای اطاق به کار رفته است. کنترل‌کننده دما روی درجه حرارت دلخواه تنظیم می‌شود. هرگاه دمای اطاق بالاتر از میزان تنظیم ترموستات برسد مقاومت ترمیستور کم شده و جریان بیش‌تری از آن عبور می‌کند و این جریان به ترانزیستورهای  $Tr_1$  و  $Tr_2$  رفته و از آن‌جا تقویت می‌گردد و در نهایت به هیتر رسیده و آن را گرم می‌کند. با گرم شدن هیتر کنتاکت حرارتی ۱ به ۲ بسته شده و مدار بوبین C کامل می‌گردد که این بوبین می‌تواند به یک موتور کمپرسور یا یک موتور فن‌کویل فرمان دهد و آن را روشن نماید. و زمانی که درجه حرارت اطاق به میزان کافی پایین آمد، مقاومت ترمیستور افزایش می‌یابد و برق هیتر قطع می‌گردد و دو کنتاکت ۱ به ۲ باز شده و مدار بوبین نیز قطع می‌گردد و نهایتاً مدار کمپرسور یا فن‌کویل نیز قطع می‌شود. ترمیستور سنسوری بسیار حساس است و درجه حرارت فضای اطاق را در حد معینی ثابت نگه می‌دارد و دقت آن در حدود کسری از یک درجه حرارت می‌باشد.

- وارد می‌گردد و رله مزبور تغییرات ضعیف فشار را به یک ثبات نشان‌دهنده فشار، لامپ، اسیلوسکوپ یا نشان‌دهنده‌های دیگر منتقل می‌کند.
- A - لوله حامل مایع تحت فشار
- B - ترانس دیوسر
- C - کریستال
- D - تقویت کننده
- E - وسیله ثبت کننده یا نشان‌دهنده فشار



شکل ۲۴-۱۱- یک مورد نمونه کاربرد ترانس دیوسر

سنسور فشار در پکیج شوفاژ دیواری یکی از کاربردهای ترانس دیوسر است که از آن برای تشخیص زمان بهره‌برداری از شیر آب گرم مصرفی استفاده می‌شود. هنگام باز شدن شیر آب گرم و عبور آب سرد از محل نصب این سنسور و ایجاد اختلاف فشار در طرفین دیافراگم با ارسال پیام به برد الکترونیک، وضعیت شیر سهراده موتوری آب را تغییر داده باعث هدایت آب گرم رادیاتور به مبدل گرمایی شده و امکان استفاده از آب گرم مصرفی را فراهم می‌آورد.



### ◀ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

- ۱- برای حذف نوسان‌های موج DC شده در یک سوسازها خازن چگونه اتصال می‌یابد؟  
 (الف) سری (ب) موازی (ج) سری - موازی (د) ستاره
- ۲- در کدام یک افزایش دما موجب افزایش مقاومت می‌شود؟  
 (الف) ترانزیستور (ب) ترمیستور (ج) ترانس دیوسر (د) دیود
- ۳- کدام یک از موارد زیر زمینه کار برای ترانزیستور نیست؟  
 (الف) تقویت ولتاژ (ب) تقویت فرکانس (ج) تقویت جریان (د) قطع و وصل مدارها

### ◀ پرسش‌های پرکردنی

- ۴- در دیودها به پایه نیمه‌هادی نوع P ..... و به پایه نیمه‌هادی نوع N ..... گفته می‌شود.
- ۵- برای حذف نوسان‌های یک موج دی‌سی (DC) ضربانی از مدارهای ..... یا ..... استفاده می‌شود.
- ۶- از اتصال سه نیمه‌هادی نوع N و P به صورت pnp یک ..... ساخته می‌شود.
- ۷- از ترانزیستور در ..... شوفاژ دیواری استفاده شده است.

### ◀ پرسش‌های درست و نادرست

- ۸- نیمه‌هادی‌های نوع P آماده برای جذب الکترون و نیمه‌هادی‌های نوع N آماده برای از دست دادن الکترون هستند. ☐ درست ☐ نادرست
- ۹- هرگاه قطب منفی باتری به آند و قطب مثبت آن به کاتد دیود وصل شود، دیود مانند یک کلید وصل عمل می‌کند. ☐ درست ☐ نادرست
- ۱۰- از دیودها برای تبدیل جریان متناوب به جریان مستقیم استفاده می‌شود. ☐ درست ☐ نادرست
- ۱۱- در ترمیستور نوع PTC افزایش گرما باعث افزایش مقاومت می‌شود. ☐ درست ☐ نادرست

### ◀ پرسش‌های تشریحی

- ۱۲- دو مدار الکتریکی ترسیم کنید که در یکی از آن‌ها دیود جریان برق را هدایت کند و در مدار دیگر جریان برق را هدایت نکند.
- ۱۳- ترانزیستور چگونه ساخته می‌شود؟ انواع آن را با رسم شکل نشان دهید.
- ۱۴- ترانس دیوسر چیست؟ چند نمونه آن را نام ببرید.
- ۱۵- چگونگی استفاده از ترمیستور برای حفاظت از جریان زیاد را توضیح دهید.

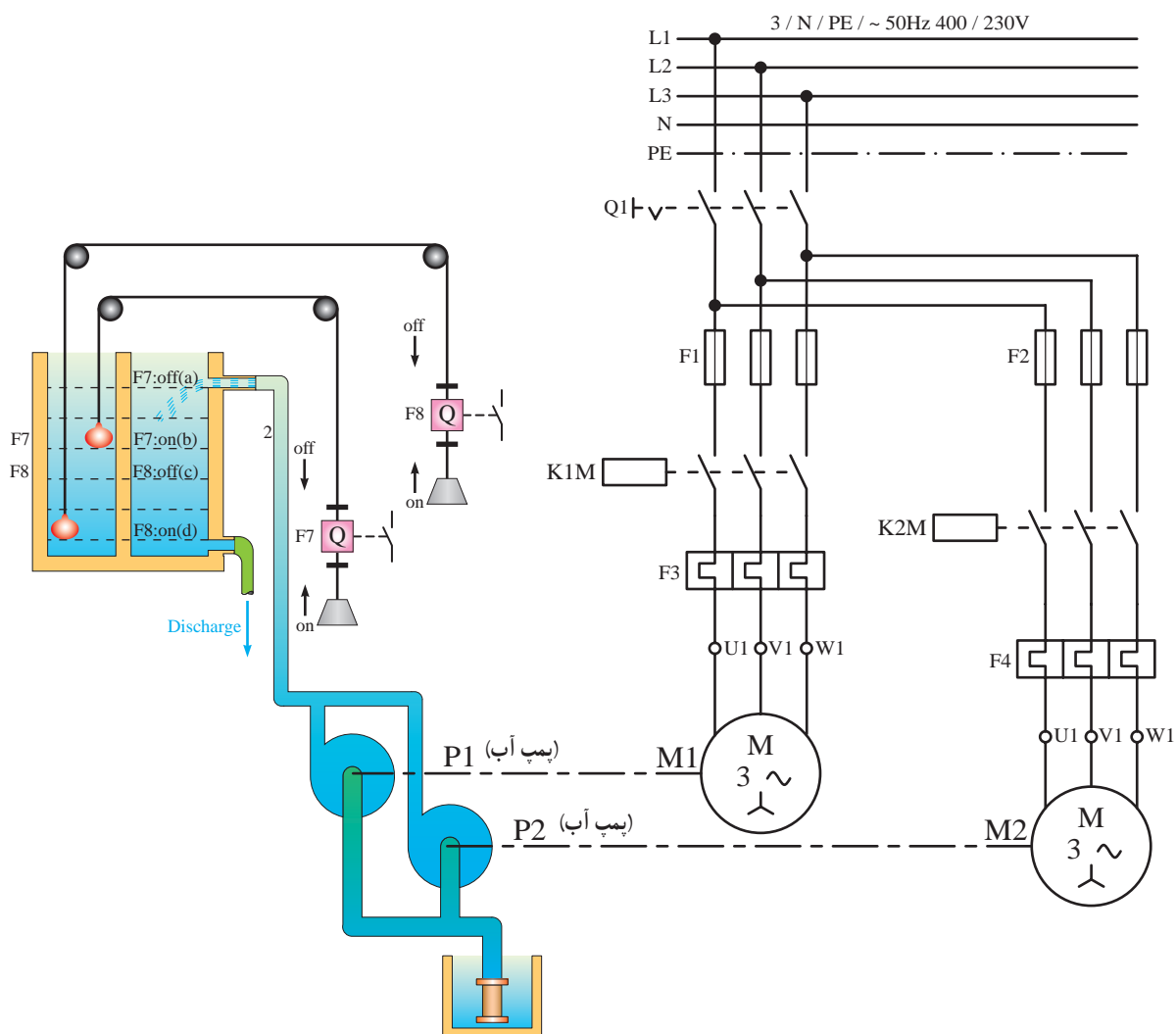


- ۱۶- ترمیستور و انواع آن را شرح دهید.
- ۱۷- شیر انبساط ترمیستوری را از روی شکل توضیح دهید.
- ۱۸- رله استارت ترمیستوری را از روی مدار توضیح دهید.
- ۱۹- کاربرد ترانس دیوسر در شوفاژ دیواری را توضیح دهید.
- ۲۰- کاربرد ترانس دیوسر را از روی شکل ۱۱-۲۴ توضیح دهید.

## نقشه خوانی برق

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

- ۱- علایم اختصاری وسایل الکتریکی را بیان کند.
- ۲- مدارهای الکتریکی را شرح دهد.
- ۳- علایم اختصاری مدارهای صنعتی را معرفی کند.
- ۴- نقشه‌های مدارهای صنعتی را شرح دهد.
- ۵- مدارهای داده شده را تشریح کند.



## سیمای فصل ۱۲

- علایم اختصاری وسایل الکتریکی
- مدارهای الکتریکی
- شمای حقیقی
- شمای فنی
- شمای مسیر جریان
- علایم اختصاری مدارهای صنعتی
- نقشه مدارهای صنعتی



آشنایی با دانشمندان

هرتز

(1857–1896 / Heinrich Rudolf Hertz)

هنریچ رودولف هرتز یک فیزیک‌دان آلمانی بود که در سال ۱۸۵۷ به دنیا آمد، او اولین شخصی بود که امواج الکترومغناطیسی (رادیویی) را دریافت و پخش کرد. بین سال‌های ۱۸۸۵ تا ۱۸۸۹ که وی استاد فیزیک بود، توانست امواج الکترومغناطیسی را در آزمایشگاه تولید و طول موج و سرعت آن‌ها را اندازه‌گیری کند. او ثابت کرد که ماهیت انعکاس و شکست امواج الکترومغناطیسی مشابه امواج نور است. واحد فرکانس به احترام او به نام «هرتز» نامیده شد.



## ۱۲- نقشه خوانی برق

۱- مدارهای روشنایی الکتریکی و لوازم خانگی :  
مدارهایی که برای اتصال آن‌ها از شبکه تک فاز ۲۲۰ ولت استفاده می‌شود؛ مانند لامپ و یخچال.

۲- مدارهای صنعتی : مدارهایی که برای اتصال آن‌ها از شبکه سه فاز ۳۸۰ ولت استفاده می‌شود؛ مانند پمپ یک موتورخانه.

### ۱۲-۱- علایم اختصاری و سایل الکتریکی

در جدول ۱۲-۱ علامت اختصاری چند وسیله الکتریکی که در مدارهای روشنایی یا لوازم خانگی به کار می‌روند، نشان داده شده است.

در جدول ۱۲-۲ علایم اختصاری چند وسیله الکتریکی که در مدارهای روشنایی کاربرد دارند در دو استاندارد VDE و IEC نشان داده شده است.

در این بخش هدف، آشنایی با نقشه خوانی مدارهای الکتریکی است. برای رسیدن به این مهم لازم است تا با علایم اختصاری و مبنای ترسیم و نقشه خوانی مدارهای الکتریکی آشنا شویم.

در مباحث الکتریکی نقشه‌ها اغلب در دو استاندارد وی. دی. ای (V.D.E)، استاندارد برقکاران آلمان و آی. ای. سی (I.E.C)، کمیته بین‌المللی الکتروتکنیک ترسیم می‌شوند. اما از آنجایی که استاندارد آ. ان. اس. آی (A.N.S.I)، مؤسسه استاندارد بین‌المللی آمریکا در گرایش تأسیسات مکانیکی کاربرد بیشتری دارد به همین جهت در تشریح مطالب و علایم این قسمت هر سه استاندارد در نظر بوده است.

نظر به این که وسایل الکتریکی با ولتاژهای کار گوناگون وجود دارند به همین دلیل نقشه مدارهای الکتریکی آن‌ها را به دو دسته کلی زیر می‌توان تقسیم کرد.

جدول ۱-۱۲- علائم اختصاری

نام وسیله	علائم الکتریکی	نام وسیله	علائم الکتریکی
زنگ از نوع چکشی		لامپ سیگنال	
بی‌زر، ویراتور		لامپ رشته‌ای	
دریازکن		زنگ اخبار	
دهنی (میکروفن)		لامپ فلورسنت	
گوشی		سیم زیرکار	
بلندگو		سیستم توکار	
آلارم (بوق)		جعبه تقسیم	
بخاری برقی		ماشین لباس‌شویی	
فتوسل		ماشین ظرف‌شویی	
مقاومت (المنت گرمکن)		اجاق برقی	
سلف (سیم بیچ)		آب گرم کن	
خازن		پریز دویل با کنتاکت محافظ	
سیم سیگنال		پریز سه فاز با کنتاکت محافظ	
سیم تلفن		بادبزن	
لامپ احتیاط		یخچال	
چراغ خطر		فریزر	
لامپ قابل قطع		باتری به طور کلی	

جدول ۲-۱۲- علائم اختصاری وسایل الکتریکی

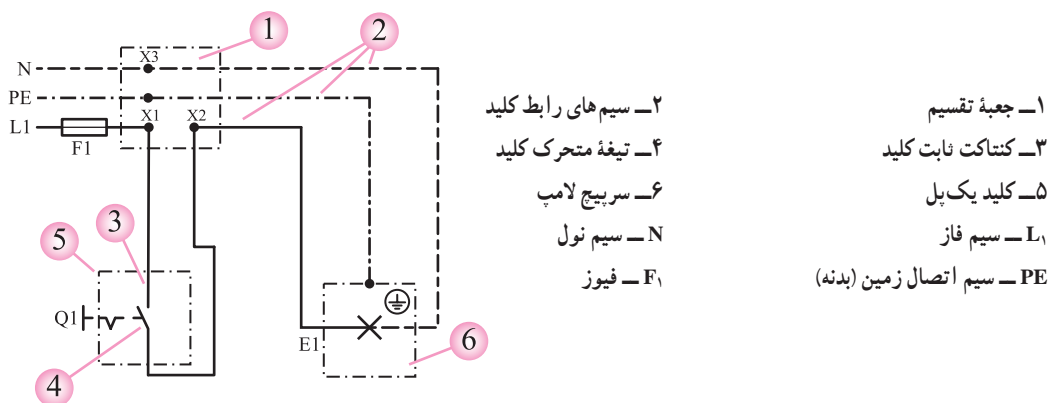
نام وسیله	شمای فنی	شمای حقیقی IEC	شمای حقیقی VDE
کلید تبدیل			
کلید صلیبی			
رله زمانی			
ترانسفورماتور			
کلید یک‌پل			
کلید گروهی			
کلید دوبل			
لامپ رشته‌ای با بدنه زمین (حفاظت شده)			
پریز با کنتاکت محافظ (پریز شوکو)			
انشعاب یا جعبه تقسیم با تغذیه از سمت چپ			

## ۱۲-۲ مدارهای الکتریکی

مدارهای روشنایی را در سه شکل (نقشه) مختلف به شرح زیر نشان می‌دهند.

### ۱۲-۲-۱ شمای حقیقی: نقشه‌ای که از آن برای

نشان دادن نحوه اتصال سیم‌های رابط به کلیدها، عیب‌یابی و تا حدودی محل قرار گرفتن اجزای مدار روی تابلوی آموزشی به کار می‌رود. شکل ۱۲-۱ تصویر شمای حقیقی مدار کلید یک پل را نشان می‌دهد.

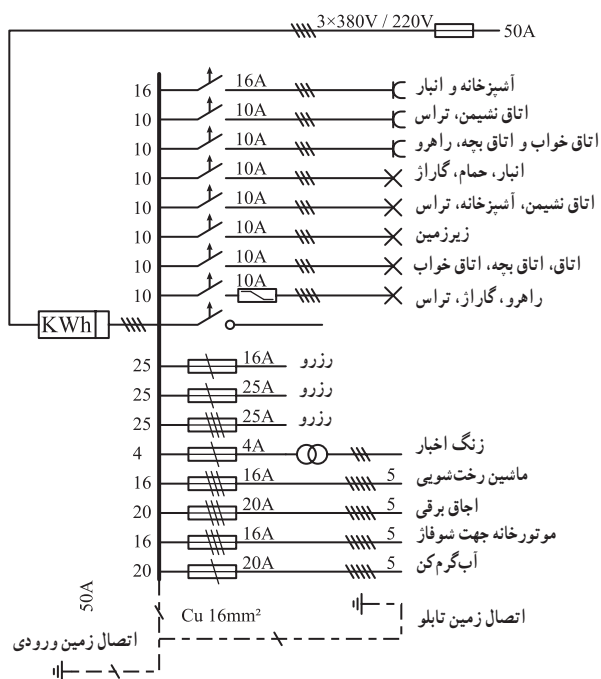


شکل ۱۲-۱ شمای حقیقی کلید یک پل

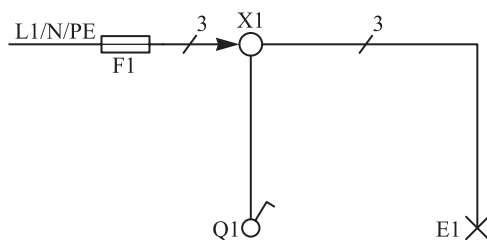
### ۱۲-۲-۲ شمای فنی (نقشه تک خطی): شمای

فنی، نقشه ساده یک خطی است که نحوه اتصال قسمت‌های اصلی مدار را بدون سیم‌های کمکی و چگونگی سیم‌کشی نشان می‌دهد. در واقع شمای فنی لوله‌های سیم‌کشی رابط بین اجزای مدار را به همراه تعداد سیم‌هایی که از داخل لوله می‌گذرد، نشان می‌دهد. تعداد سیم‌های داخل لوله اغلب با یک خط کوتاه مایل، که روی قسمت‌های مختلف گذاشته می‌شود، تعیین می‌گردد. اگر تعداد سیم‌های عبوری بیش از دو سیم باشد با عدد نشان داده می‌شود. شکل ۱۲-۲ تصویر شمای فنی مدار کلید یک پل شکل قبل را نشان می‌دهد.

تمامی نقشه‌های تابلوی برق تأسیسات مکانیکی با شمای فنی نشان داده می‌شوند. شکل ۱۲-۳ نقشه شمای فنی تابلوی برق یک منزل مسکونی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲-۳

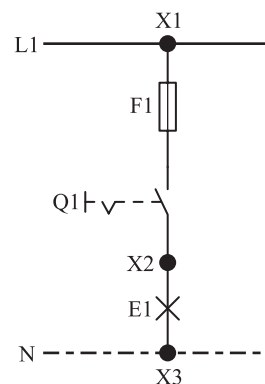


شکل ۱۲-۲ شمای فنی



### ۱۲-۲-۳- شمای مسیر جریان : نقشه‌ای که در آن

مسیرهای عبور و جریان برق‌رسانی به وسایل الکتریکی به صورت عمودی نشان داده می‌شود. در این نقشه مدار از سیم فاز شروع و پس از عبور از وسایل، به سیم نول ختم می‌شود. شکل ۱۲-۴ تصویر شمای مسیر جریان مدار کلید یک پل را نشان می‌دهد.

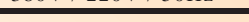

















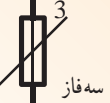








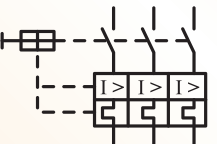
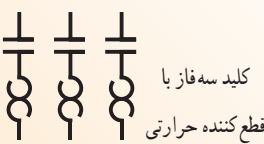



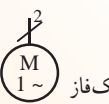


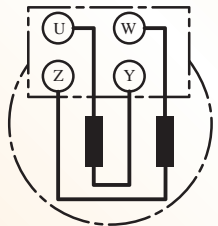
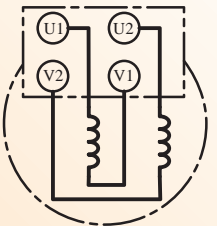
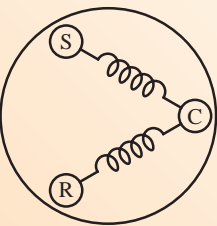
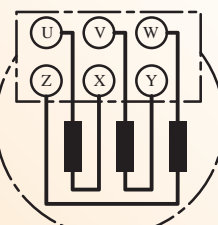
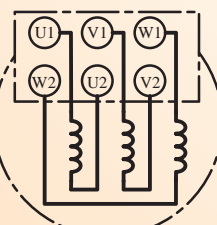








شکل ۱۲-۴- شمای مسیر جریان

### ۱۲-۳- علایم اختصاری مدارهای صنعتی

برای آشنایی با نحوه ترسیم و نقشه خوانی مدارهای صنعتی نیز لازم است تا با علایم اختصاری آن‌ها آشنایی داشته باشیم. جدول ۱۲-۳ علامت اختصاری چند نمونه قطعات صنعتی را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱۲- علایم اختصاری

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری VDE	علامت اختصاری IEC	علامت اختصاری ANSI
شبکه سه فاز	R  S  T 	400V / 230V / 50Hz~ L1  L2  L3 	L1  L2  L3 
سیم نول	MP 	N 	N 
سیم ارت	SL 	PE 	PE 
اتصال بدنه			
فیوز	 سه فاز  تک فاز	 سه فاز  تک فاز	
کلید فیوز (فیوز مینیاتوری)	 سه فاز  تک فاز	 سه فاز  تک فاز	
کلید موتوری			 کلید سه فاز با قطع کننده حرارتی
موتور الکتریکی	 سه فاز  تک فاز	 سه فاز  تک فاز	 سه فاز  تک فاز
سیم پیچی موتور تک فاز (تخته کلم)			
سیم پیچی موتور سه فاز (تخته کلم)			
آمپر متر	 سه فاز  تک فاز	 سه فاز  تک فاز	 سه فاز یا  تک فاز

ادامه جدول ۳-۱۲- علائم اختصاری

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری VDE	علامت اختصاری IEC	علامت اختصاری ANSI
ولت متر			یا
وات متر			یا
مبدل جریان			
کلید قطع و وصل			
کنتاکت بسته			
کنتاکت باز			
کنتاکت دوحالته (بسته و باز)			
کنتاکت بسته با تأخیر در باز شدن			
کنتاکت باز با تأخیر در بسته شدن			
شستی استاپ (دگمه فشاری پوش باتن)			
شستی استارت (دگمه فشاری پوش باتن)			
شستی استپ - استارت			
بی متال			
کنترل کننده محدوده حرکت (لیمیت سوئیچ - میکروسوئیچ)			

ادامه جدول ۳-۱۲- علایم اختصاری

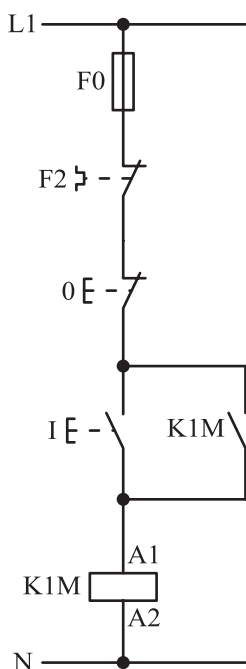
نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری VDE	علامت اختصاری IEC	علامت اختصاری ANSI
کنترل کننده ارتفاع سیال (فلوتر سوئیچ)			
کنترل کننده فشار (تابع فشار)			
کنترل کننده دما (ترموستات)			
شیر برقی			
کنتاکت تایمر با تأخیر در وصل			
کنتاکت تایمر با تأخیر در قطع			
محرك دستی			
محرك فشاری (با دست)			
محرك کششی			
محرك تغییر جهت			
محرك الكترومغناطیسی			
محرك با سطح سیال			
محرك فشاری (با پدال)			
قفل مکانیکی			
بویین کنتاکتور (عملگر)			
رله های عملگر با مشخصه های خاص			
رله زمانی (تایمر) با تأخیر در وصل			
رله زمانی (تایمر) با تأخیر در قطع			
رله یا تحریک حرارتی (بی متال)			
رله اضافه جریان (جریان زیاد)			
رله قطع کننده جریان معکوس			
لامپ			

## ۴-۱۲- نقشه مدارهای صنعتی

نقشه مدارهای صنعتی که اغلب برای راه اندازی موتورهای الکتریکی به کار می روند در چند شکل نشان داده می شوند. در این قسمت به دو نقشه پرکاربرد این گروه از مدارها اشاره شده است.

### ۱- نقشه مدار قدرت : به نقشه ای که انرژی الکتریکی

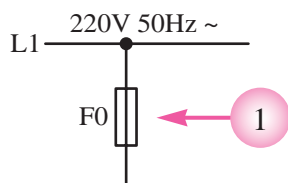
را از شبکه سه فاز دریافت و به مصرف کننده منتقل می کند، نقشه «مدار قدرت» گفته می شود. شکل ۱۲-۵ تصویر یک نمونه مدار قدرت را نشان می دهد.



شکل ۱۲-۶

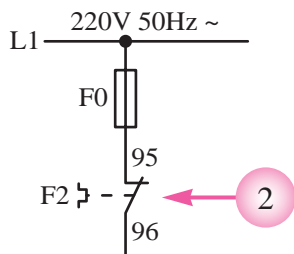
در ترسیم یا نقشه خوانی مدارهای فرمان صنعتی به نکات زیر باید توجه کرد :

۱- در تمامی مدارهای الکتریکی ضروری است از یک فیوز که به صورت سری با کل مدار قرار می گیرد، جهت حفاظت مدار در مقابل اتصال کوتاه استفاده کرد (قطعه ۱ در شکل ۱۲-۷).

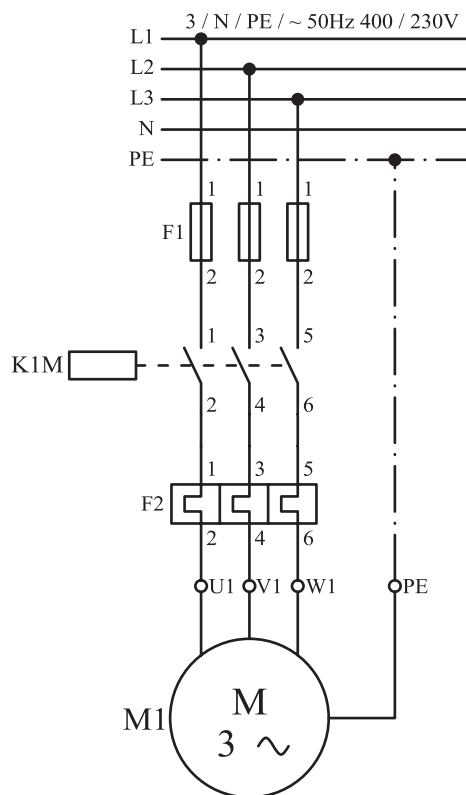


شکل ۱۲-۷

۲- در برخی مدارهای الکتریکی صنعتی روی حفاظت مدار در برابر اضافه بار احتمالی از عنصری به نام بی متال، بعد از فیوز در مدارهای فرمان، استفاده می شود (قطعه ۲ در شکل ۱۲-۸).



شکل ۱۲-۸



شکل ۱۲-۵

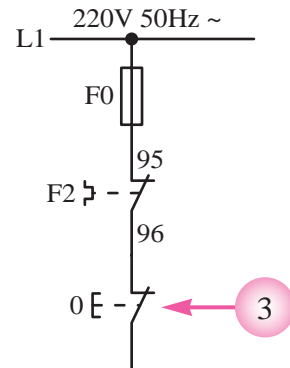
### ۲- نقشه مدار فرمان : به نقشه ای که از آن برای ارسال

نحوه عملکرد یا تعیین مدت زمان کارکرد مدار قدرت استفاده می شود، نقشه «مدار فرمان» گویند.

ولتاژ کار اغلب مدارهای فرمان شبکه تک فاز است.

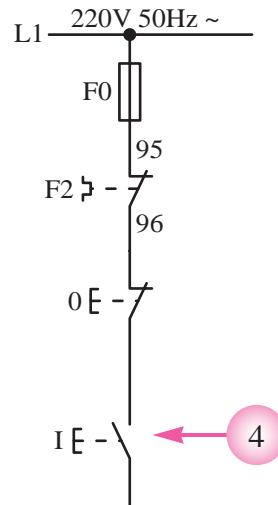
شکل ۱۲-۶ تصویر یک نمونه مدار فرمان را نشان می دهد.

۳- یکی از قطعاتی که در مدارهای صنعتی نقش قطع کننده مدار را دارد، شستی استپ است. اگر هدف استفاده از شستی استپ قطع کل مدار باشد، باید آن را همیشه به صورت سری پس از بی متال در مدار قرار داد. در صورتی که هدف قطع یک قسمت از مدار باشد شستی استپ را باید فقط در مسیر آن وسیله قرار داد (قطعه ۳ در شکل ۹-۱۲).



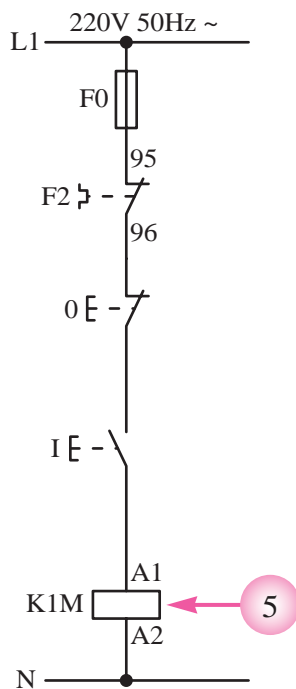
شکل ۹-۱۲

۴- برای شروع به کار هر مدار فرمانی باید از یک وسیله وصل کننده مانند یک کلید یا شستی استارت استفاده کرد، که محل قرار گرفتن آن پس از شستی استپ مدار است (قطعه ۴ در شکل ۱۰-۱۲).



شکل ۱۰-۱۲

۵- در انتهای هر مسیر ساده جریانی اگر از وسایل و تجهیزات دیگری استفاده شود باید بوبین رله های عملگر، مانند بوبین کنتاکتورها را قرار داد. برای این که راحتی کار در زمان سیم کشی و عملگر معمولاً یک طرف بوبین کنتاکتورها به سیم نول وصل می شود و در نتیجه با وصل کلیدها یا شستی های مدار، سیم فاز به سمت دیگر بوبین کنتاکتور وصل می شود و پس از مغناطیس شدن آن، کنتاکت های آن عمل می کند (قطعه ۵ در شکل ۱۱-۱۲). براساس توضیحات داده شده می توان نقشه مدار



شکل ۱۱-۱۲

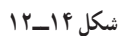
قدرت و فرمان راه اندازی یک موتور سه فاز آسنکرون روتور قفسی را با استفاده از کلید یک پل به صورت شکل ۱۲-۱۲ نشان داد.

اگر بخواهیم با فشار بر شستی، مدار فرمان به صورت لحظه ای کار کند کافی است به جای کلید یک پل از یک شستی استارت مطابق شکل ۱۳-۱۲ استفاده کرد.



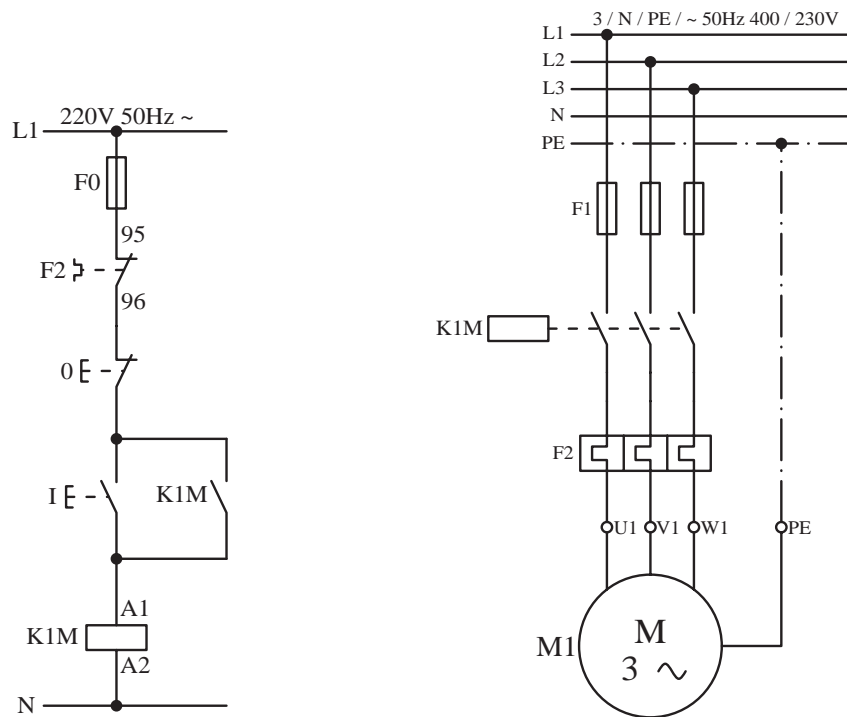
نحوه عملکرد مدار فرمان در سه وضعیت (قبل از زدن شستی، لحظه وصل شستی و پس از قطع شستی) را در شکل ۱۴-۱۲ مشاهده می‌کنید.

در صورتی که بخواهیم با استفاده از شستی‌های استارت



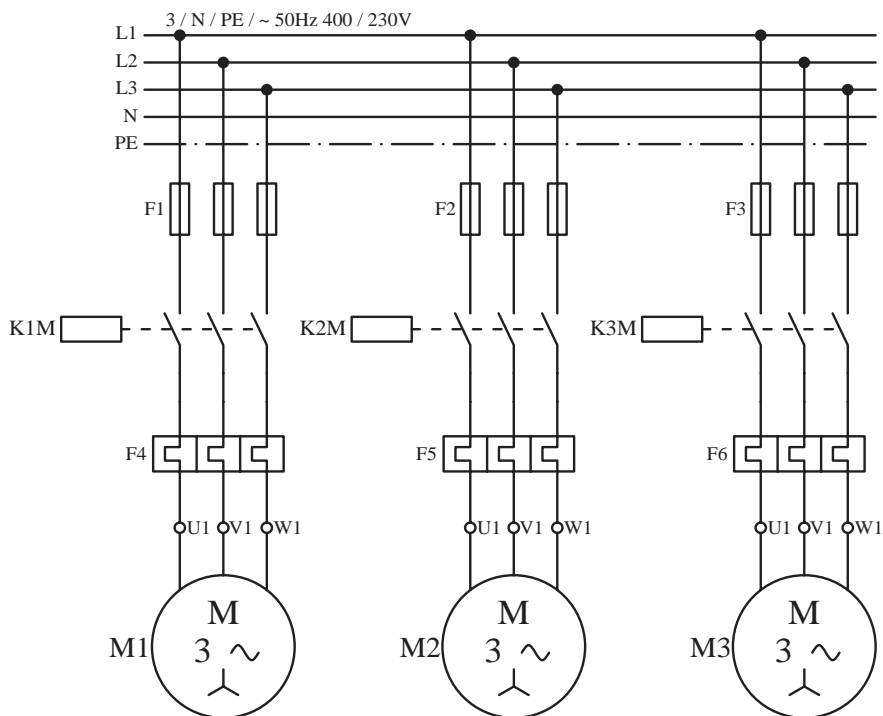
شکل ۱۴-۱۲) نقشه خوانی مدار فرمان و قدرت شکل ۱۵-۱۲



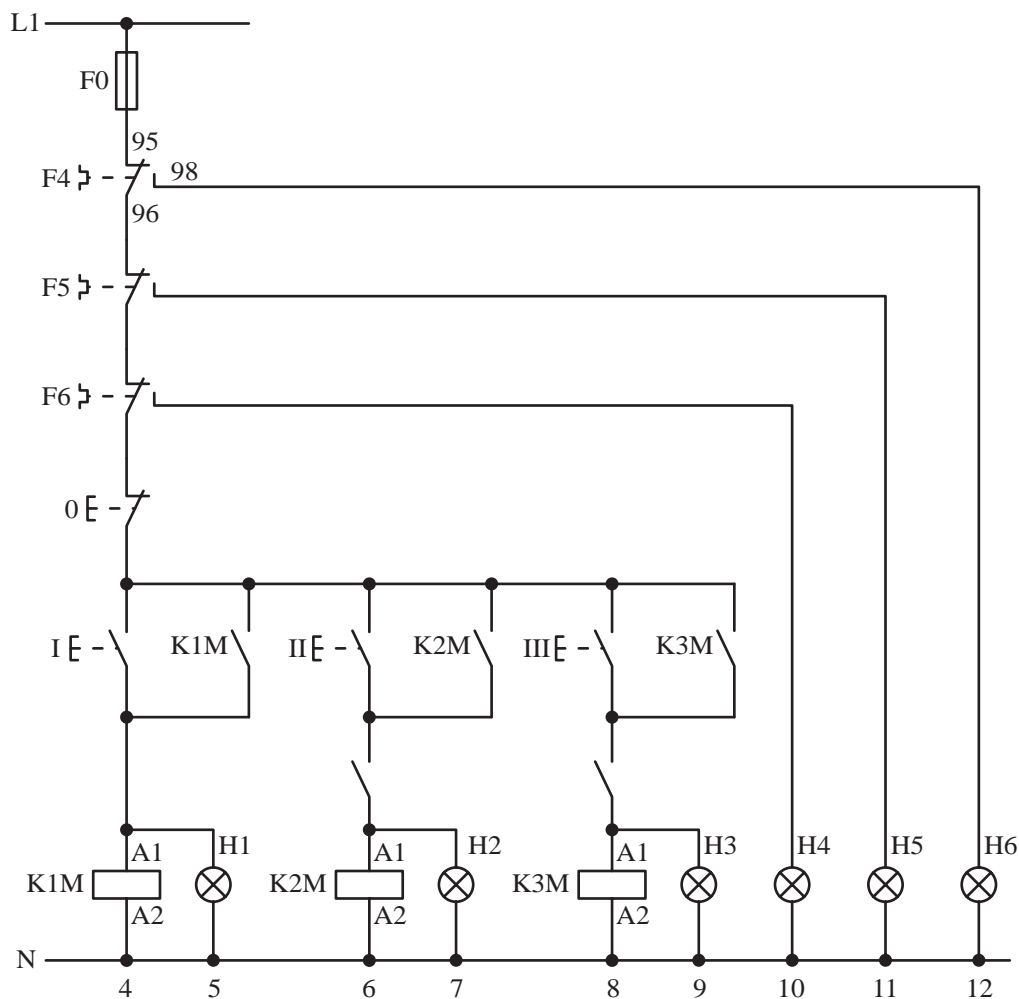


شکل ۱۵-۱۲

در شکل ۱۶-۱۲ نقشه مدار قدرت و فرمان راه اندازی سه موتور که به صورت یکی پس از دیگری راه اندازی می شوند، نشان داده شده است.



شکل ۱۶-۱۲



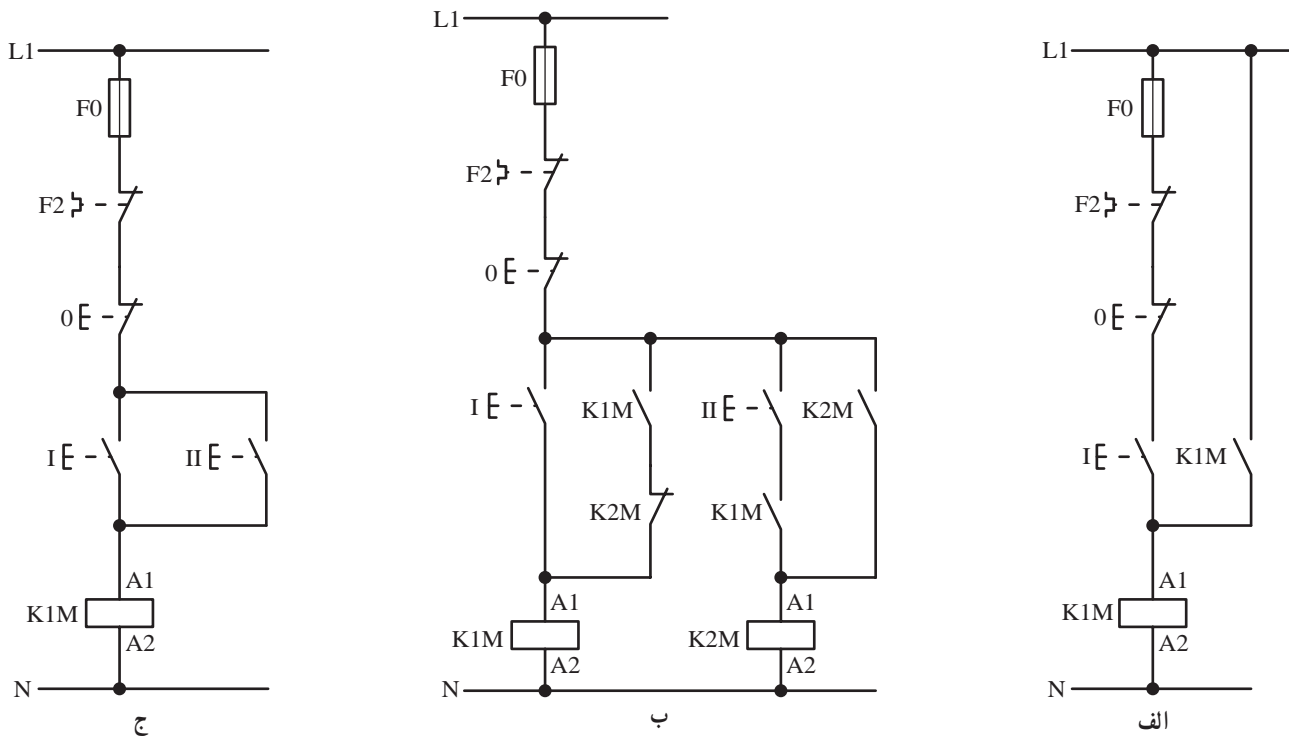
ادامه شکل ۱۶-۱۲

می‌شود و به صورت یک شرط، مسیر موتور سوم ( $M^3$ ) را آماده وصل می‌کند. با زدن شستی III جریان به بوبین کنتاکتور  $K^3M$  به لامپ  $H^3$  می‌رسد و هر دو در وضعیت روشن قرار می‌گیرند. با کمی دقت در مدار فرمان شکل ۱۶-۱۲ مشاهده می‌شود در این مدار از سه لامپ سیگنال دیگر به نام‌های  $H^4$  و  $H^5$  و  $H^6$  استفاده شده است که به ترتیب در مسیر تیغه فرمان بی‌متال‌های مربوط به موتورهای  $M^1$ ،  $M^2$  و  $M^3$  قرار گرفته‌اند. در صورت بروز اضافه بار بر روی هر یک از موتورها، که باعث قطع بی‌متال مربوطه می‌شود، لامپ سیگنال (خبردهنده) روشن می‌شود و مشخص می‌کند کدام موتور تحت بار قرار گرفته است.

همان‌گونه که در نقشه مدار فرمان مشخص است با زدن شستی استارت (I) که در مسیر جریان ۴ قرار دارد جریان به بوبین کنتاکتور می‌رسد. ضمن مغناطیس شدن کنتاکتور  $K^1M$  لامپ سیگنال  $H^1$  نیز روشن می‌شود. در این حالت مدار از طریق تیغه خود نگاه‌دار  $K^1M$  مسیر ۵ در شرایط پایدار باقی می‌ماند. هم‌چنین تیغه باز  $K^1M$  که در مسیر جریانی ۶ قرار دارد بسته می‌شود. حال اگر در این وضعیت شستی II فشار داده شود جریان به بوبین کنتاکتور  $K^2M$  می‌رسد و ضمن وصل شدن کنتاکت‌های کنتاکتور لامپ سیگنال  $H^2$  نیز مشابه  $H^1$  برای نشان دادن وضعیت موتور ( $M^1$ ) روشن می‌شود. هم‌چنین در این حالت کنتاکت باز  $K^2M$  مسیر ۸ نیز وصل

پرسش تشریحی

– مدارهای فرمان داده شده در شکل ۱۷-۱۲ را در نظر بگیرید و با بررسی نقشه‌ها (نقشه خوانی) عملکرد هر یک از آن‌ها را توضیح دهید.



شکل ۱۷-۱۲

## دستگاه‌های الکتریکی تأسیسات مکانیکی ساختمان

هدف‌های رفتاری : پس از پایان این فصل، از هنجار انتظار می‌رود :

- ۱- روش‌های ترسیم نقشه‌های الکتریکی را شرح دهد.
- ۲- وسایل الکتریکی کولر آبی را شرح دهد.
- ۳- وسایل الکتریکی فن کویل را شرح دهد.
- ۴- وسایل الکتریکی کوره هوای گرم را شرح دهد.
- ۵- وسایل الکتریکی مشعل گازوئیل سوز را شرح دهد.
- ۶- وسایل الکتریکی مشعل گازسوز را شرح دهد.
- ۷- مدار الکتریکی تابلو برق موتورخانه را توضیح دهد.



## سیمای فصل ۱۳

— دستگاه‌های الکتریکی تأسیسات مکانیکی

ساختمان

کولر آبی

— الکتروموتور بادزن

— الکتروموتور پمپ آب

— مدار برقی

فن کویل

— مشخصات فن کویل

— الکتروموتور

— ترموستات اتاقی

— مدار الکتریکی فن کویل

— شیر موتوری سه‌راهه

— مدار الکتریکی با شیر سه‌راهه موتوری

— مدار الکتریکی فن کویل سقفی

کوره هوای گرم

مشعل گاز و ئیل سوز

— الکتروموتور

— شیر برقی

— ترانسفورماتور جرقه

— چشم الکتریک

— رله مشعل

مشعل گاز سوز

— میله یونیزاسیون

— کلید کنترل فشار گاز

— کلید کنترل فشار هوا

— رله مشعل

تابلو برق موتورخانه

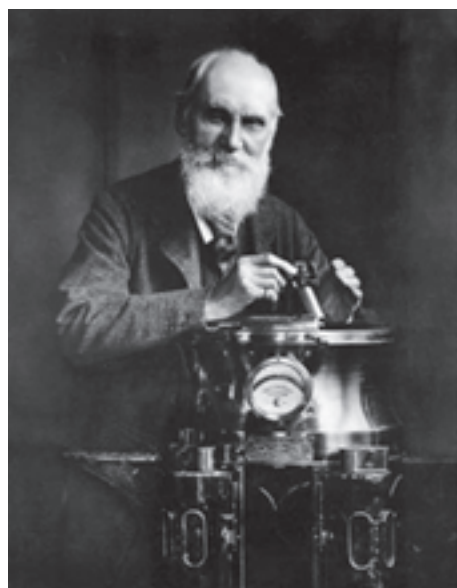


## آشنایی با دانشمندان

### لرد کلونین

ویلیام تامسون نخستین بار ون کلونین (۱۸۲۴–۱۹۰۷) که بیش‌تر با نام «لردکلونین» مشهور است، ریاضیدان، فیزیک‌دان و مهندس بریتانیایی که از پیشگامان مهم علوم طبیعی بود. او به‌خاطر پیشنهاد مقیاس «دمای مطلق» معروف است که به افتخار او «مقیاس دمای کلونین» نام گرفته است. صفر کلونین پایین‌ترین دمای ممکن است که با هیچ فرآیند فیزیکی نمی‌توان به آن رسید اما می‌توان به آن نزدیک شد.

انتقال اطلاعات به آن سوی اقیانوس اطلس از طریق کابل‌های زیردریایی، تحلیل ریاضی الکتریسیته و ترمودینامیک و وحدت بخشیدن به حوزه‌های مختلف فیزیک از دلایل شهرت اوست.



## ۱۳- دستگاه‌های الکتریکی تأسیسات مکانیکی ساختمان

دیاگرام تصویری<sup>۲</sup> ترسیم می‌شوند.

### ۱۳-۱-۱- دیاگرام نردبانی : در روش نردبانی ترسیم

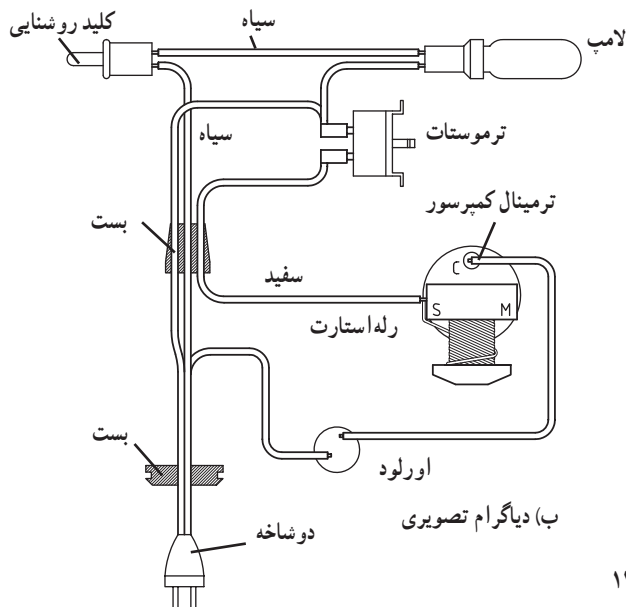
نقشه‌های الکتریکی، مدارها به صورت خطوط موازی (معمولاً افقی) ترسیم می‌شوند که به دو خط عمودی در دو طرف متصل می‌شوند. معمولاً خط عمودی سمت راست نول و خط عمودی سمت چپ فاز است. اگر خط‌های موازی به صورت عمودی ترسیم شوند به دو خط افقی متصل می‌شوند، که خط افقی بالا فاز و خط افقی پایین نول خواهد بود. در روش ترسیم نردبانی نقشه‌ها تحلیل، بررسی و تعقیب مدار آن‌ها از روش ترسیم تصویر آسان‌تر است.

### ۱۳-۱-۲- دیاگرام تصویری : در مدارهای تصویری

شکلی را که تقریباً شبیه قرار گرفتن وسایل الکتریکی است ترسیم می‌کنند. نقاط اتصال را همان‌گونه که در وسایل وجود دارد نشان می‌دهند و ارتباط بین نقاط اتصال را نقطه به نقطه ترسیم می‌کنند. در روش دیاگرام تصویری چون ارتباط نقطه به نقطه مدار نشان داده شده است اجرا و تعمیر آسان‌تر صورت می‌گیرد.

مدار راه‌اندازی یک یخچال خانگی در شکل ۱۳-۱-الف

به صورت نردبانی و شکل ۱۳-۱-ب به صورت تصویری نشان داده شده است.



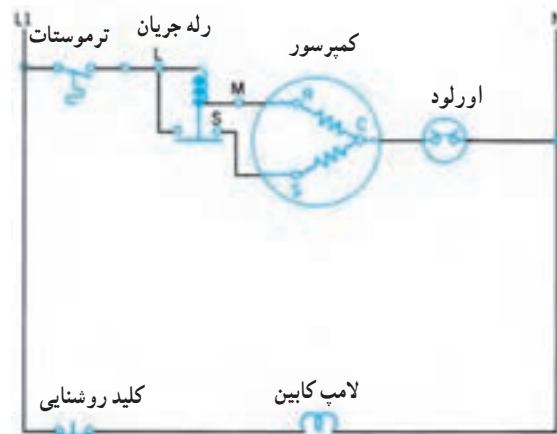
شکل ۱۳-۱

دستگاه‌های تأسیسات مکانیکی ساختمان مانند پمپ‌ها، مشعل‌ها، فن‌کویل‌ها، کولرها و... انرژی محرکه خود را از دستگاه‌های الکتریکی دریافت می‌کنند. بنابراین آشنایی با مبانی الکتریسیته و وسایل الکتریکی و آشنایی با مدارهای الکتریکی دستگاه‌های مکانیکی برای کسانی که با آن‌ها سروکار دارند و وظیفه راه‌اندازی، سرویس و نگهداری آن‌ها را بر عهده گرفته‌اند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در فصل‌های گذشته کتاب با مبانی الکتریسیته و وسایل الکتریکی، مانند مقاومت، سلف، خازن، و الکتروموتور... آشنا شدید. در این فصل دستگاه‌های الکتریکی مورد استفاده در تأسیسات مکانیکی معرفی و شرح داده می‌شود تا توانایی لازم را در راه‌اندازی، سرویس، نگهداری و احیاناً تعمیر آن‌ها، کسب نمایند. قسمتی از اشکالات که در تأسیسات مکانیکی به وجود می‌آید از نوع الکتریکی است. آشنایی و تسلط به دستگاه‌ها و مدارهای الکتریکی باعث می‌شود که اشکال موجود به آسانی شناسایی و برطرف گردد.

### ۱۳-۱-۱- نقشه‌های الکتریکی

نقشه‌های الکتریکی به دو صورت دیاگرام نردبانی<sup>۱</sup> و



الف) دیاگرام نردبانی

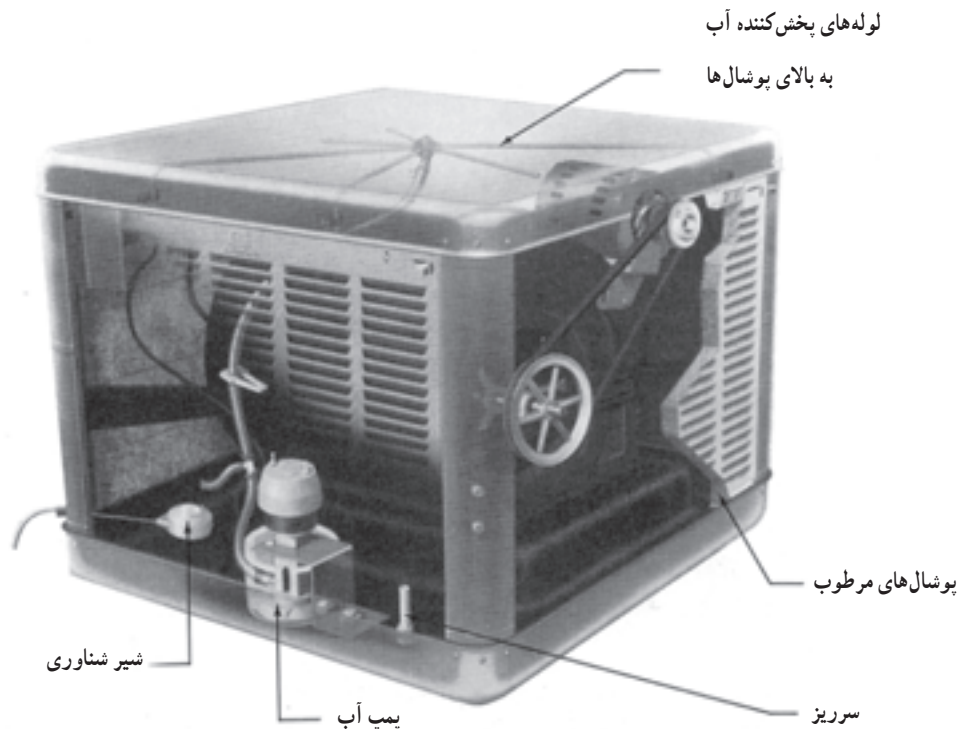
۱- Ladder diagram

۲- Pictorial diagram

## ۱۳-۲- کولر آبی

سرعت عبور هوا از روی پوشال ۵/۰ تا ۱/۵ متر در ثانیه است و آب تشتک توسط یک شیر شناور و یک لوله سرریز و تخلیه تأمین می‌شود، مقدار مصرف آب بستگی به جریان هوا دارد. مصرف آب به ازاء هر ۱۰۰۰ سی افام هوای جریانی و هر  $1^{\circ}\text{F}$  درجه کاهش دما ۱/۳ گالن در ساعت است. بادزن از نوع سانتری فوژ با پره‌های رو به جلو بوده و حرکت آن توسط یک تسمه ۷ شکل از الکتروموتور گرفته می‌شود.

این کولرها مطابق شکل ۱۳-۲ دارای پوشال‌های تبخیر و پمپ گردش آب برای بالا بردن آب از تشتک تا سیستم توزیع به پوشال‌ها است. یک بادزن، هوا را از روی پوشال‌های تبخیری مکش کرده به فضایی که باید سرد شود می‌فرستد. کولرهای آبی در اندازه‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ سی افام (فوت مکعب در دقیقه) ساخته می‌شوند.



شکل ۱۳-۲- کولر آبی

۳- کولر مدل ۴۰۰۰ دارای طول و عرض ۸۷ سانتی متر و ارتفاع یک متر است. داشتن ابعاد کولر راهنمای خوبی برای انتخاب محل نصب است.

۴- الکتروموتور بادزن کولر از نوع تک فاز، دوسرعه بوده برای مدل‌های ۳۵۰۰ و ۴۰۰۰ از موتور با توان  $\frac{1}{3}$  اسب بخار و برای مدل ۶۵۰۰ از موتور با توان  $\frac{1}{4}$  اسب بخار استفاده می‌شود.

۵- الکترو پمپ آب از نوع تک فاز و یک سرعه برای تمام مدل‌ها دارای قدرت  $\frac{1}{6}$  اسب بخار حدود ۱۲ وات است.

در جدول ۱۳-۱ مشخصات یک نمونه کولر آبی آورده شده است. این جدول نشان می‌دهد:

۱- مدل کولر نشان‌دهنده هوادهی کولر بر حسب سی افام در دور زیاد است.

۲- یک کولر ۳۵۰۰ در شرایط معمولی می‌تواند فضایی به حجم ۱۸۰ متر مکعب را خنک کند. اگر ارتفاع فضا را ۲/۸ متر در نظر بگیریم از تقسیم بر ۲/۸ عدد ۶۴/۳ به دست می‌آید و نشان می‌دهد که این کولر می‌تواند زیربنای ۶۴ متر مربعی را خنک کند.

جدول ۱۳-۱- مشخصات یک نمونه کولر آبی

مدل	مقدار هوای خنک به فوت مکعب در دقیقه		مقدار هوای خنک به متر مکعب در دقیقه		حجم مناسب برای استفاده در شرایط عادی	مقدار مصرف آب در ۳۵°c و ۲۰٪ رطوبت	طول یا عرض	ارتفاع	وزن	مشخصات الکتروموتور فن			مشخصات الکتروپمپ		
	دور کم	دور زیاد	دور کم	دور زیاد						قدرت اسب بخار	سرعت	ولتاژ	قدرت اسب بخار	سرعت	ولتاژ
۳۵۰۰	۲۳۵۰	۳۵۰۰	۶۶	۹۹	۱۸۰	۲۴	۷۳۰	۸۵۰	۴۵	۱/۳	۲	۲۲۰	۱/۶۰	۱	۲۲۰
۴۰۰۰	۲۷۰۰	۴۰۰۰	۷۶	۱۱۴	۲۷۰	۳۳	۸۷۰	۱۰۰۰	۶۵	۱/۳	۲	۲۲۰	۱/۶۰	۱	۲۲۰
۶۵۰۰	۴۳۵۰	۶۵۰۰	۱۲۴	۱۸۵	۳۸۰	۴۵	۸۷۰	۱۱۵۰	۸۳	۱/۳	۲	۲۲۰	۱/۶۰	۱	۲۲۰

۱۳-۲-۱- الکترو موتور بادزن : الکترو موتور بادزن از نوع آسنکرون قفس سنجایی فاز شکسته با سیم پیچ استارت و دو دور است و برای خارج کردن سیم پیچ استارت پس از راه اندازی از کلید تابع دور (کلید گریز از مرکز) استفاده می شود (شکل ۳-۱۳).



الف) موتور کولر

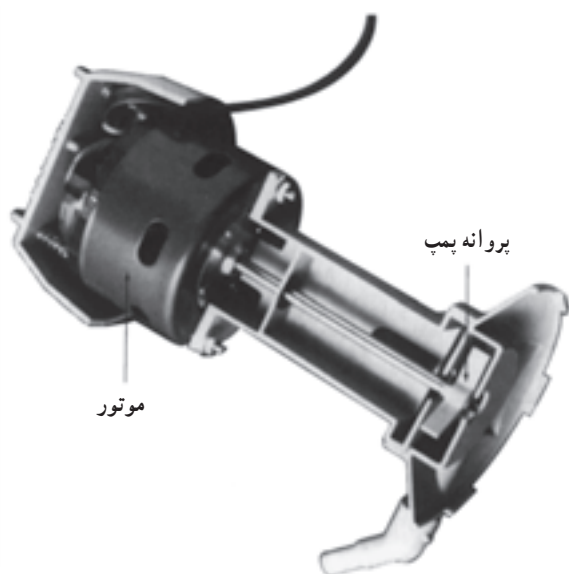


ب) کلید گریز از مرکز

شکل ۳-۱۳



۱۳-۲-۲- پمپ آب: برای گردش آب بین تشتک و پوشال‌ها از یک الکتروپمپ با قدرت کم استفاده می‌شود. الکتروموتور از نوع آسنکرون با قطب چاک‌دار است (شکل ۱۳-۴).

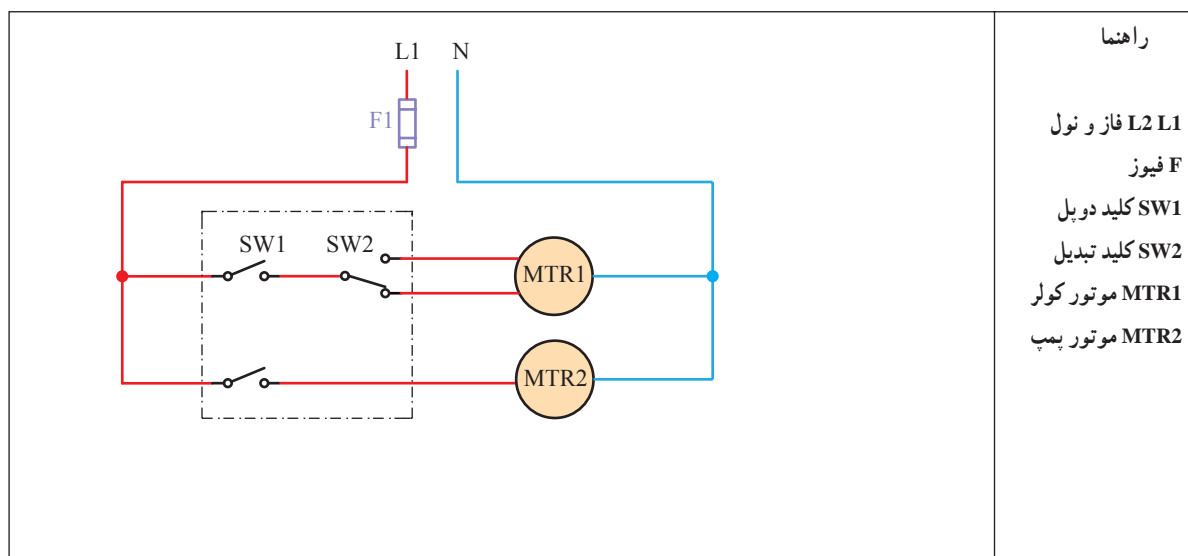


شکل ۱۳-۴- الکتروپمپ کولر

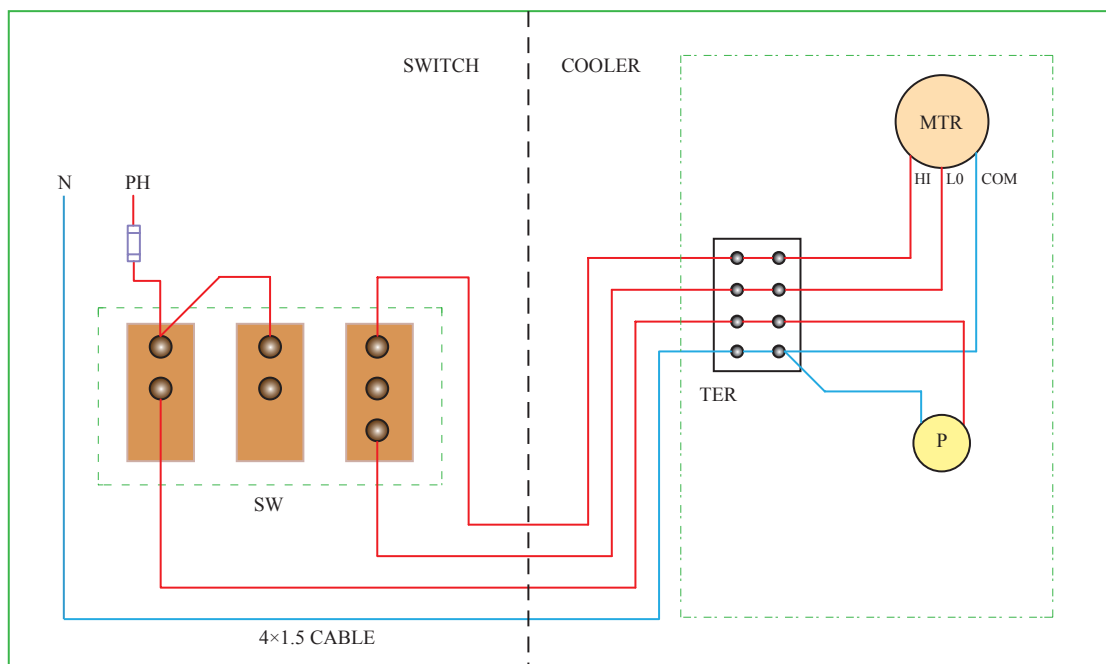
می‌گردد و با زدن پل دوم از کلید دوپل فاز L۱ به پایه مشترک کلید تبدیل SW۲ می‌رسد و الکتروموتور اصلی کولر، با توجه به وضعیت کلید تبدیل، با یکی از دورهای تند یا کند راه‌اندازی می‌شود. برای تغییر دور موتور کولر وضعیت کلید تبدیل را تغییر می‌دهیم. به‌طور کلی کلیدهای کولر شامل یک کلید دوپل و یک کلید تبدیل است. شکل ۱۳-۵- ب مدار برقی کولر را به‌روش تصویری نشان می‌دهد.

### ۱۳-۲-۳- نقشه مدار برقی کولر آبی:

نقشه برقی کولر: شکل ۱۳-۵- الف مدار برقی کولر آبی را به‌صورت شماتیک و با روش نردبانی نشان می‌دهد. مصرف‌کننده‌های الکتریکی عبارت‌اند از: الکتروموتور کولر که با MTR۱ و موتور پمپ آب که با MTR۲ نشان داده شده است. مصرف‌کننده‌ها از یک طرف مستقیماً به نول وصل شده‌اند و فاز L۱ پس از عبور از فیوز به پایه مشترک کلید دوپل می‌رسد. با زدن یک پل از کلید دوپل موتور پمپ MTR۲ راه‌اندازی



الف) مدار برقی کولر به‌طور نردبانی



راهنما:

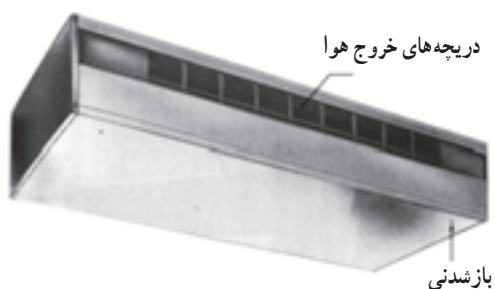
ترمینال کولر	موتور پمپ P	N,ph فاز و نول
کلید کولر SW	SWITCH قسمت کلید	F فیوز
HI,L0,COM مشترک کند، تند	COOLER قسمت کولر	MTR موتور کولر

(ب) مدار برقی کولر به صورت تصویری و اجرایی

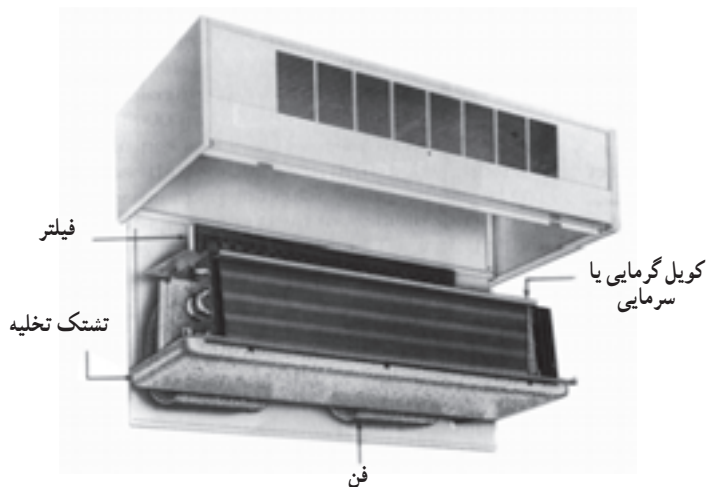
شکل ۵-۱۳

### ۱۳-۳- فن کویل

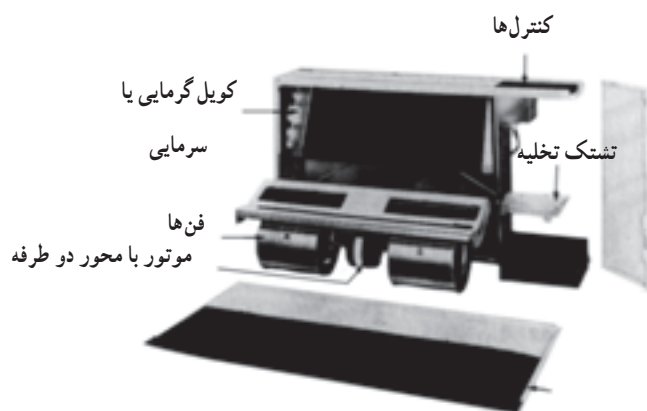
فن کویل‌ها را بر اساس مقدار هوادهی آنها بر حسب سی‌اف‌ام<sup>۱</sup> (فوت مکعب در دقیقه) درجه‌بندی می‌نمایند و در ظرفیت‌های ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ فوت مکعب در دقیقه در بازار موجود است. در جدول ۱۳-۲



الف) فن کویل سقفی



ب) فن کویل سقفی نمای داخل



ج) فن کویل زمینی

شکل ۱۳-۶- فن کویل

۱- Cubic Feet per Minute (CFM)

مدل فن کویل ها از یک شرکت تولیدی با ظرفیت گرمایی و سرمایی و مقدار آب جریانی معرفی می شود.

جدول ۱۳-۲- ظرفیت نامی گرمایی و سرمایی فن کویل

Unit Size	Air flow rate CFM	Water flow gpm		Net cooling cap. Btu/hr		Net heating cap. Btu/hr
		Cooling	Heating	Total	Sensible	
SF-02	200	1.6	2.1	7,800	5,300	20,100
SF-03	300	2.5	3.1	12,400	8,300	30,300
SF-04	400	3.2	4.1	16,100	10,800	39,500
SF-06	600	4.4	5.8	21,900	15,000	56,000
SF-08	800	6.0	7.7	30,000	20,300	74,700
SF-10	1000	7.5	9.6	37,500	25,300	93,500
SF-12	1200	9.5	11.8	47,400	31,600	114,600

در جدول ۱۳-۳ داده های مکانیکی و الکتریکی در مورد فن کویل ها آورده شده است. اطلاعاتی که در این جدول آمده است، عبارت اند از: سطح عبور هوا، تعداد فن ها، تعداد موتورها، قدرت موتورهای الکتریکی مورد استفاده، شدت جریان نامی و دور تقریبی موتورها در حالت های کم، متوسط و بالا.

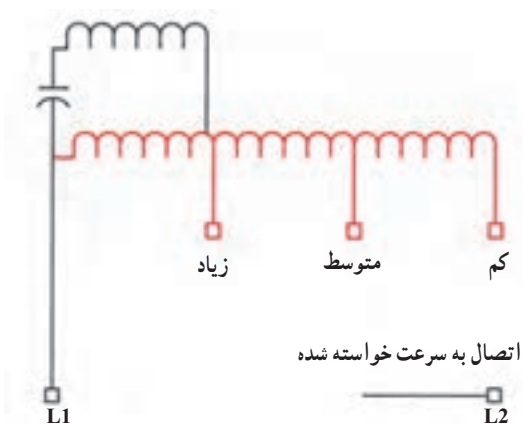
جدول ۱۳-۳- داده های فیزیکی فن کویل

Unit Size	SF-02	SF-03	SF-04	SF-06	SF-08	SF-10	SF-12
Face Area (sq.ft.)	0.9	1.4	1.6	1.9	2.4	3.1	3.8
Number of Fans	1	2	2	2	3	4	4
Number of Motors	1	1	1	1	2	2	2
Nominal Motor HP	1/30	1/25	1/25	1/20	1/20	1/20	1/20
Total Name Plate-Amps	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6
	Approximate RPM						
High	1285	1285	1285	1285	1285	1285	1285
Medium	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Low	700	700	700	700	700	700	700

Note: Motor electrical characteristics are 220 V, 1 PH 50 Cycles.

۵- سرعت موتورهای فن کویل در سه حالت کم، متوسط، زیاد چند RPM (دور در دقیقه است)؟  
پاسخ:

۱-۳-۱۳ الکتروموتور: موتورهای چند سرعتی از روی تعداد زیاد سیم‌ها در محل اتصال الکتریکی موتور مشخص می‌شوند (شکل ۷-۱۳ الف و ب).  
وقتی که مقاومت سیم‌پیچی موتور کاهش می‌یابد سرعت موتور افزایش پیدا می‌کند. سرعت کم هنگامی است که هر سه مقاومت در مدار قرار گیرند.



(ب)

شکل ۷-۱۳- موتور سه سرعتی فن کویل و نمودار سیم‌پیچی آن

۲-۳-۱۳ ترموستات<sup>۲</sup> اتاقی: ترموستات‌ها وسایلی هستند که به تغییر درجه گرما (دما) حساس هستند و دمای هوای اتاق یا آب جریانی در سیستم‌های حرارت مرکزی و تهویه مطبوع را کنترل می‌کنند. از خاصیت انبساط و انقباض جامدات، مایعات و گازها در ساختمان حس‌کننده‌های دما استفاده می‌شود.

برای آشنایی با این جدول به سؤال‌های زیر پاسخ دهید.  
۱- در کدام یک از مدل‌های فن کویل از یک عدد فن و یک عدد موتور استفاده شده است؟

پاسخ:  
۲- در کدام یک از مدل‌های فن کویل از یک عدد موتور و دو عدد فن استفاده شده است؟

پاسخ:  
۳- کمترین و بیشترین قدرت الکتریکی موتورهای فن کویل چند اسب بخار و چند وات می‌باشد؟

پاسخ:  
۴- حداکثر مصرف یک موتور فن کویل چند آمپر است؟  
پاسخ:

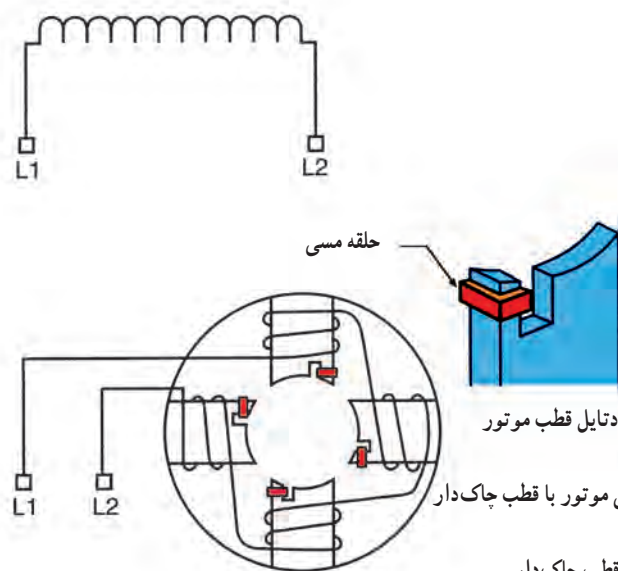


(الف)

موتور اکثر فن‌کویل‌ها از نوع قطب چاک‌دار است که در قدرت‌های کم ساخته می‌شوند. موتورهای با قطب چاک‌دار بیش‌تر برای گرداندن فن‌ها در تهویه مطبوع مانند فن کندانسر، فن فن‌کویل‌ها و فن اواپراتور به کار گرفته می‌شوند (شکل ۸-۱۳ الف و ب).

۱- Round per Minute

۲- Thermostat

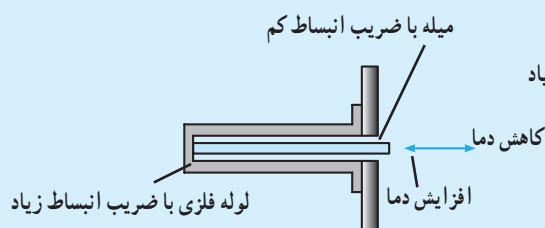


الف) موتور با قطب چاک دار

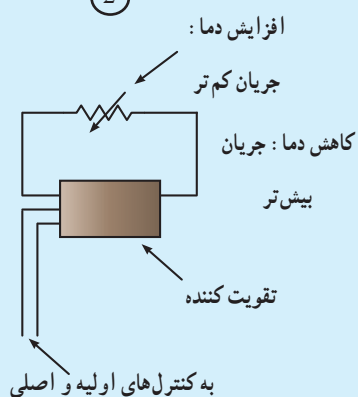
شکل ۸-۱۳- موتور با قطب چاک دار

## مطالعه آزاد

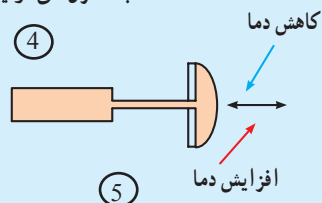
در شکل ۹-۱۳ چند نمونه از حس کننده های دما که در ساختمان ترموستات ها استفاده می شود نشان داده شده است. حرکت به وجود آمده در حس کننده موجب قطع در مدار الکتریکی دستگاه شده و آن را خاموش یا روشن می کند.



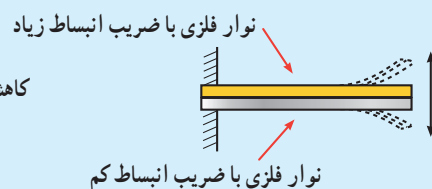
②



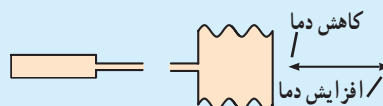
④



⑤



①




③

- ۱- بر مبنای انبساط فلز در اثر حرارت کار می کند.
- ۲- بر مبنای انبساط فلز در اثر حرارت کار می کند.
- ۳- بر اساس انبساط گاز در اثر حرارت کار می کند.
- ۴- بر اساس تغییر مقاومت یک هادی یا نیمه هادی در اثر تغییر درجه حرارت کار می کند.
- ۵- دیافراگم


شکل ۹-۱۳- حس کننده های دما

ترموستات اتاقی در سه نوع ساخته می‌شود.

### ۱- ترموستات تابستانی: ترموستاتی است که در

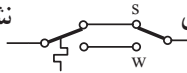
اثر پایین رفتن دما از حد تنظیم شده مدار را قطع می‌کند. این ترموستات با علامت اختصاری  در مدارها نشان داده می‌شود. ترموستاتی که بر روی دستگاه‌های سردکننده مانند یخچال، فریزر، کولرگازی و آب سردکن نصب می‌شود از این نوع است.

### ۲- ترموستات زمستانی: ترموستاتی است که در

اثر بالا رفتن دما مدار را قطع می‌کند. این ترموستات با علامت اختصاری  نشان داده می‌شود. این نوع ترموستات

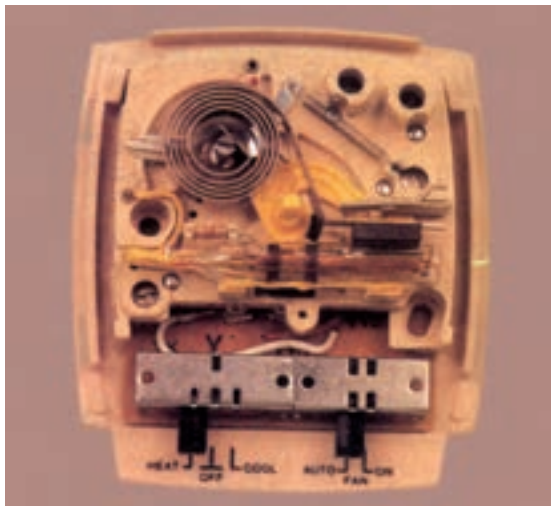
برای کنترل دستگاه‌های گرم کننده نصب می‌شود. ترموستات دیگر، ترموستات جداری و ترموستات نصب شده بر روی فن کویل در زمستان از این نوع می‌باشد.

### ۳- ترموستات دوفصلی: دارای یک کلید تبدیل

است. به طوری که می‌تواند هم در حالت تابستانی و هم در حالت زمستانی قرار گیرد چون فن کویل وسیله‌ای است که اغلب هم در تابستان و هم در زمستان از آن استفاده می‌شود، از این ترموستات برای کنترل کار فن کویل استفاده می‌شود. ترموستات دوفصلی با علامت اختصاری  نشان داده می‌شود.

ترموستات اتاقی شامل دو قسمت پایه ترموستات و ترموستات یکی از سوراخ‌های

است. پایه ترموستات از آن جدا می‌شود و روی دیوار نصب می‌گردد. پایه ترموستات شکل ۱۰-۱۳ شامل حباب جیوه‌ای - مقاومت جلوانداز و اهرم حرکت کننده برای تنظیم دما است. وقتی ترموستات در حال کار است ترمومتر روی صفحه، دمای تنظیم شده را نشان می‌دهد. در پایه ترموستات شکل ۱۰-۱۳ اهرم کلید انتخاب FAN - ON یا کلید cool - OFF - HEAT ملاحظه می‌شود و در شکل ۱۱-۱۳ دو نمونه پوشش تزئینی ترموستات را مشاهده می‌کنید.



نگهدارنده  
برخی  
از اتصال‌های  
الکتریکی به  
ترموستات

شکل ۱۰-۱۳ سه نمونه پایه ترموستات

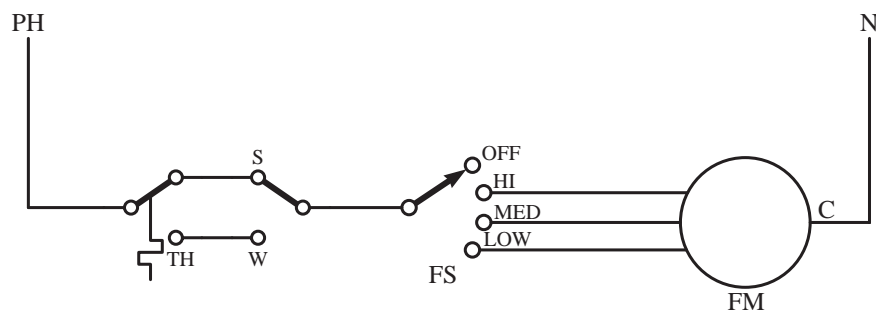




شکل ۱۱-۱۳- ترموستات دو فصلی

### ۱۳-۳-۳ مدار الکتریکی فن کویل با استفاده از

ترموستات دو فصلی قطع و وصل



راهنمای نقشه :		
۱- N : نول	۵- HI : دور زیاد	۹- S : تابستان
۲- C : مشترک	۶- MED : دور متوسط	۱۰- W : زمستان
۳- FM : موتور فن	۷- LOW : دور کم	۱۱- TH : ترموستات
۴- OFF : خاموش	۸- FS : کلید فن	۱۲- PH : فاز

شکل ۱۲-۱۳- مدار الکتریکی فن کویل با ترموستات دو فصلی

پایین تر رفت، ترموستات مدار را قطع می کند و موتور خاموش می شود. در زمستان چنانچه کلید فصل را در حالت زمستانی گذاشته باشیم، اگر درجه حرارت محیط از عدد تنظیم شده بر روی ترموستات کم تر باشد ترموستات موتور فن کویل را روشن می کند (اگر کلید فن کویل وصل باشد). هم چنین هنگامی که درجه حرارت محل از ستینگ ترموستات بالاتر رفت، ترموستات قطع می گردد و موتور فن کویل خاموش می شود (شکل ۱۲-۱۳).

شرح مدار : ترموستات دو فصلی دارای یک کلید انتخاب فصل است که در زمستان باید کلید را روی W و در تابستان آن را بر روی S قرار داد. اگر کلید فصل را صحیح قرار داده باشیم (برای مثال در تابستان بر روی S) حال اگر درجه حرارت محیط از عدد تنظیم شده بر روی ترموستات بیش تر باشد، ترموستات مدار را وصل خواهد کرد و موتور فن کویل با همان سرعتی که به وسیله کلید انتخاب می شود، شروع به کار می کند و هنگامی که درجه حرارت محل از عدد تنظیمی ترموستات

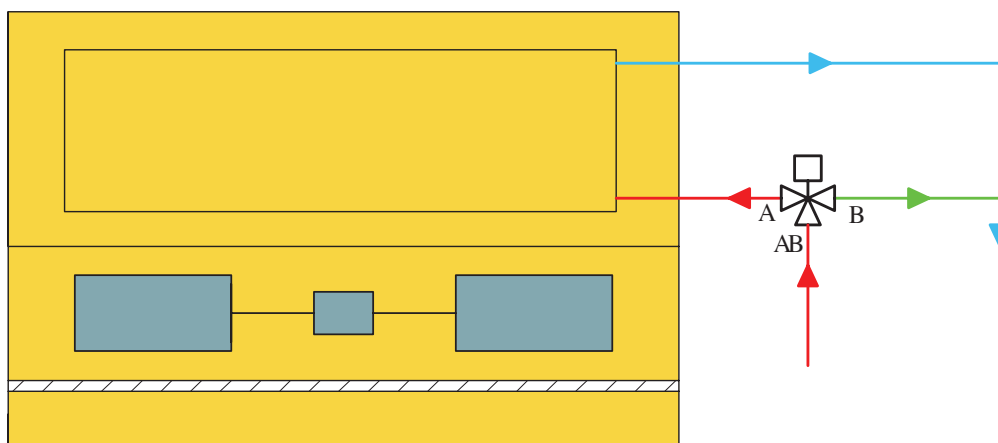


نیاز به گرما یا سرما داریم ترموستات وصل است و تویی داخلی شیر در اثر کار موتور در حالتی قرار می‌گیرد که مسیر B بسته باشد. مسیر آب از AB به A باز است، آب وارد کویل شده و از مسیر برگشت خارج می‌شود. پس از رسیدن دمای اتاق به درجه تنظیم شده ترموستات برق موتور را قطع می‌کند، تویی شیر بر اثر نیروی فنر حرکت می‌کند و مسیر AB به A را قطع می‌کند و مسیر AB به B را باز می‌کند. در این حالت آب وارد کویل نمی‌شود و از B وارد لوله برگشت می‌شود.

۴-۳-۱۳- شیر موتوری سه‌راهه: اگر از فن کویل برای گرم کردن یا خنک کردن اتاق استفاده شود برای کنترل دمای اتاق دو راه وجود دارد:

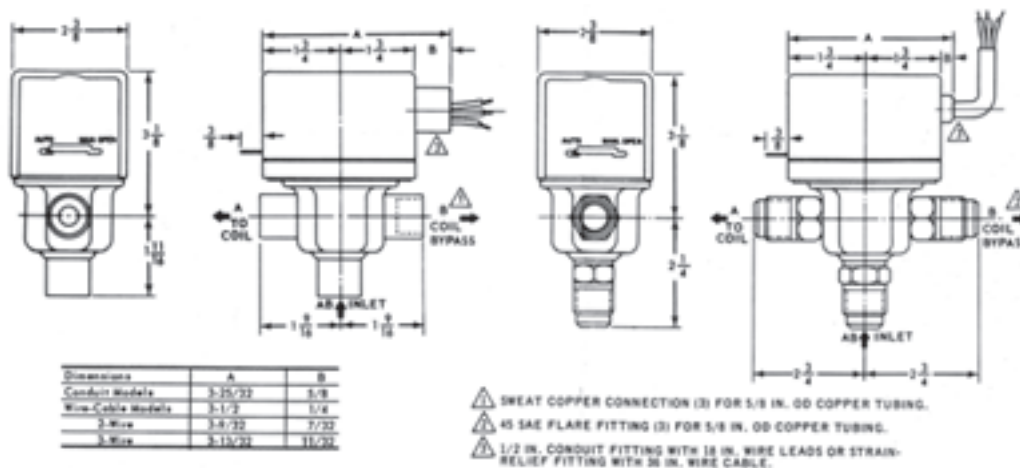
- ۱- خاموش کردن فن که اغلب به این روش عمل می‌شود.
- ۲- استفاده از شیر موتوری سه‌راهه در مسیر لوله کشی فن کویل.

در این روش فن خاموش نمی‌شود و ترموستات در مسیر مدار الکتریکی شیر موتوری قرار می‌گیرد. چگونگی لوله کشی شیر موتوری در شکل ۱۳-۱۳ نشان داده است و در حالتی که



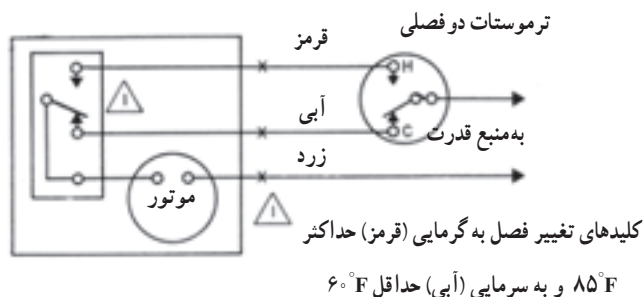
شکل ۱۳-۱۳- لوله کشی شیر موتوری سه‌راهی به فن کویل

در شکل ۱۴-۱۳ جزئیات و اندازه شیر موتوری نشان داده شده است.



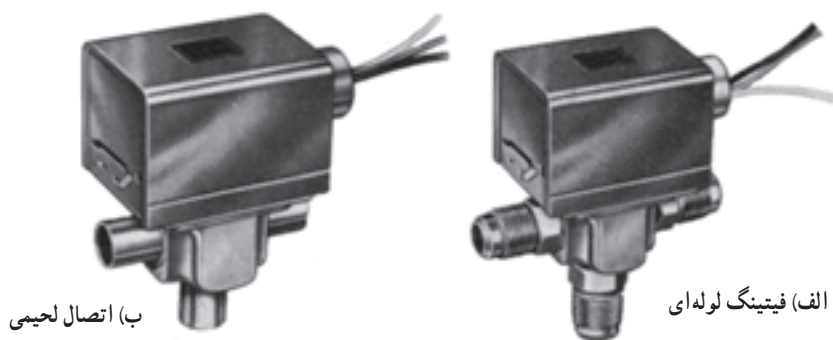
شکل ۱۴-۱۳- جزئیات شیر موتوری

در شکل ۱۵-۱۳ مدار الکتریکی و چگونگی فرمان ترموستات به موتور الکتریکی شیر موتوری نشان داده شده است. با بودن کنترل تغییر فصل<sup>۱</sup> به طور خودکار ترموستات در دمای  $85^{\circ}\text{F}$  در حالت زمستانی و در دمای  $6^{\circ}\text{F}$  در حالت تابستانی قرار می گیرد.



شکل ۱۵-۱۳- مدار فن کویل با شیر موتوری

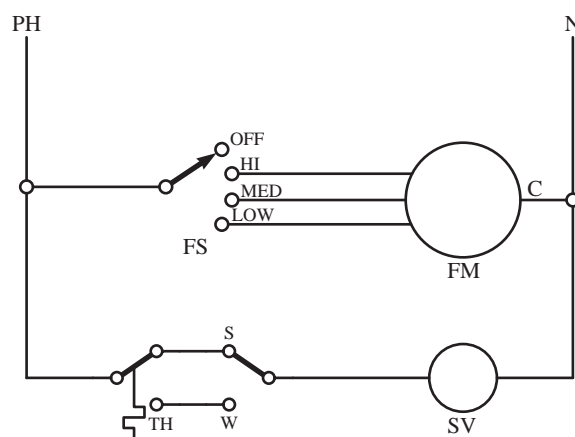
در شکل ۱۶-۱۳ الف و ب شکل ظاهری شیر موتوری به صورت فیتینگ فشاری (اتصال لاله ای) یا به صورت اتصال سه راهه نشان داده شده است. اتصال شیر سه راهه می تواند لحیم نرم باشد.



شکل ۱۶-۱۳- شیر سه راهه موتوری

### ۵-۳-۱۳- مدار الکتریکی فن کویل با ترموستات

دو فصلی و شیر سدراهه موتوری



راهنمای نقشه :

۱- N : نول	۶- MED : دور متوسط	۱۰- SV : شیر برقی
۲- C : مشترک	۷- LOW : دور کم	۱۱- S : تابستان
۳- FM : موتور فن	۸- FS : کلید فن	۱۲- W : زمستان
۴- OFF : خاموش	۹- PH : فاز	۱۳- TH : ترموستات
۵- HI : دور زیاد		

شکل ۱۷-۱۳- مدار الکتریکی یک فن کویل با ترموستات دو فصلی قطع و وصل و شیر سدراهه موتوری

کویل می گردد) و مسیر بای پاس نیز کاملاً بسته می شود. تا زمانی که درجه حرارت محل از عدد تنظیمی ترموستات بالاتر برود، ترموستات مدار را قطع می کند و شیر برقی مسیر ورود آب به داخل کویل را کاملاً می بندد و جریان آب به تمامی از طریق لوله بای پاس وارد لوله برگشت می شود (شکل ۱۷-۱۳).

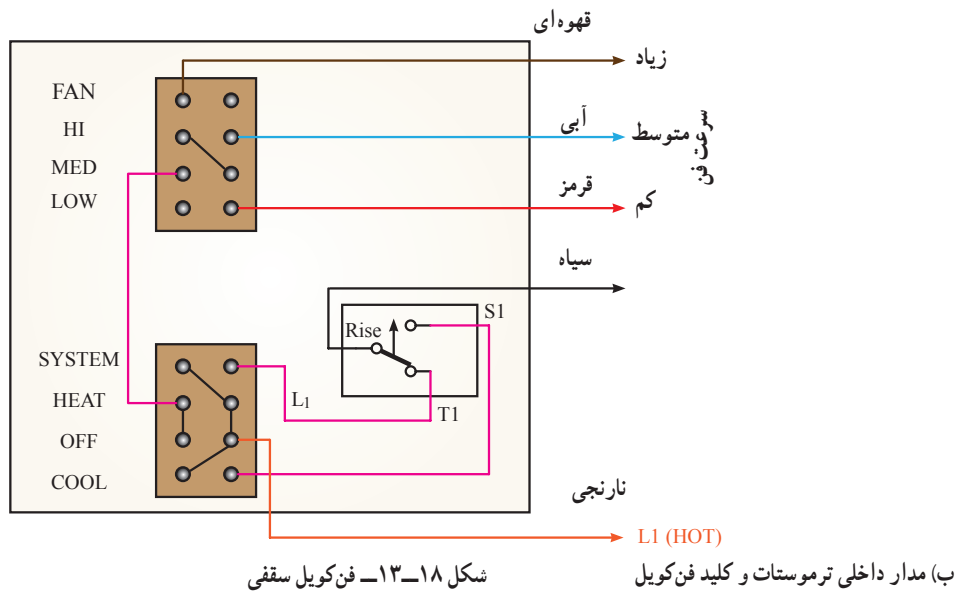
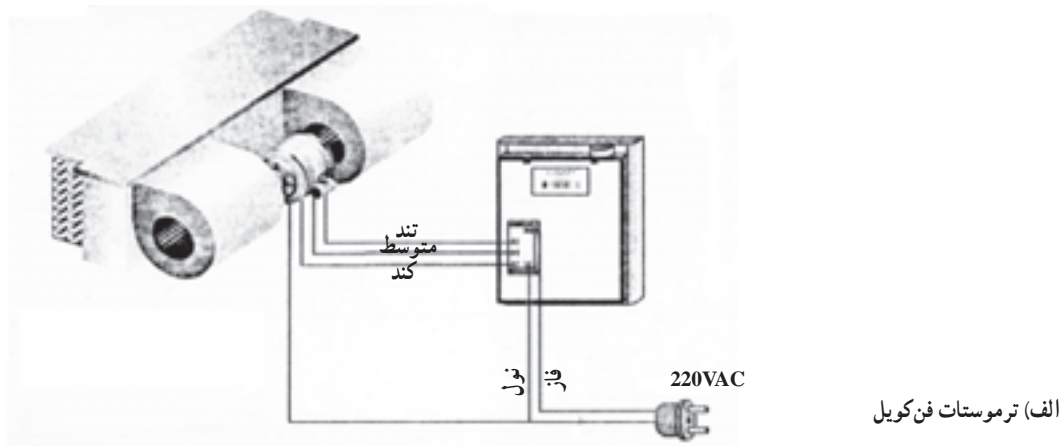
**۶-۳-۱۳- مدار ترموستات فن کویل سقفی به همراه دستگاه کنترل از راه دور (ریموت) :** ترموستات در ارتفاع حدود ۱۴۰ سانتی متری (داخل فضای تهویه شده روی بدنه دیوار، دور از برخورد مستقیم هوای فن کویل و هم چنین دور از پنجره های خارجی) به صورت روکار نصب می شود. برق ۲۲۰ ولت وارد آن می شود و از آن جا تا محل استقرار فن کویل سقفی یا دیواری چهار عدد سیم کشیده می شود که یکی از آن ها سیم نول و سه تای دیگر برای دژهای کم، متوسط و زیاد است.

هرگاه بخواهیم، می توانیم از طریق ترموستات یا از طریق ریموت به فن کویل فرمان بدهیم. به این صورت که ابتدا فصل

**شرح مدار :** در این روش موتور فن همیشه روشن است و از طریق کلید کنترل می شود. در تابستان اگر درجه حرارت محل از عدد تنظیمی ترموستات بالاتر بود و کلید زمستانی - تابستانی هم در موقعیت تابستان قرار داشت، ترموستات مدار شیر برقی وصل می کند. در نتیجه مسیر ورود آب به داخل کویل کاملاً باز می شود (آب سرد وارد کویل می گردد) و مسیر بای پاس (راه انحرافی) صد در صد بسته می شود. تا زمانی که درجه حرارت محل از عدد تنظیم شده بر روی ترموستات پایین تر برود، ترموستات مدار را قطع می کند. هم چنین شیر برقی مسیر ورود آب را به داخل کویل کاملاً می بندد و تمام مقدار جریان آب از طریق لوله بای پاس وارد لوله برگشت می شود.

در زمستان اگر درجه حرارت محل از عدد تنظیم شده بر روی ترموستات کم تر و کلید فصل هم در حالت زمستان گذاشته شده باشد، ترموستات مدار شیر برقی را وصل می کند و مسیر ورود آب به داخل کویل کاملاً باز می شود (آب گرم وارد

مورد نظر را روی ترموستات مشخص می‌کنیم. سپس دمای مورد نظر را برای تهویه تنظیم می‌کنیم. ترموستات براساس نیاز خودش دُور فن کویل را انتخاب می‌کند. این تنظیمات، هم روی ترموستات و هم روی ریموت قرار دارد. شکل ۱۸-۱۳ چگونگی سیم‌کشی و مدار الکتریکی فن کویل سقفی را نشان می‌دهد.



در مورد چگونگی کار فن کوئل سقفی و مدار الکتریکی آن تحقیق کرده و گزارش تهیه کنید.

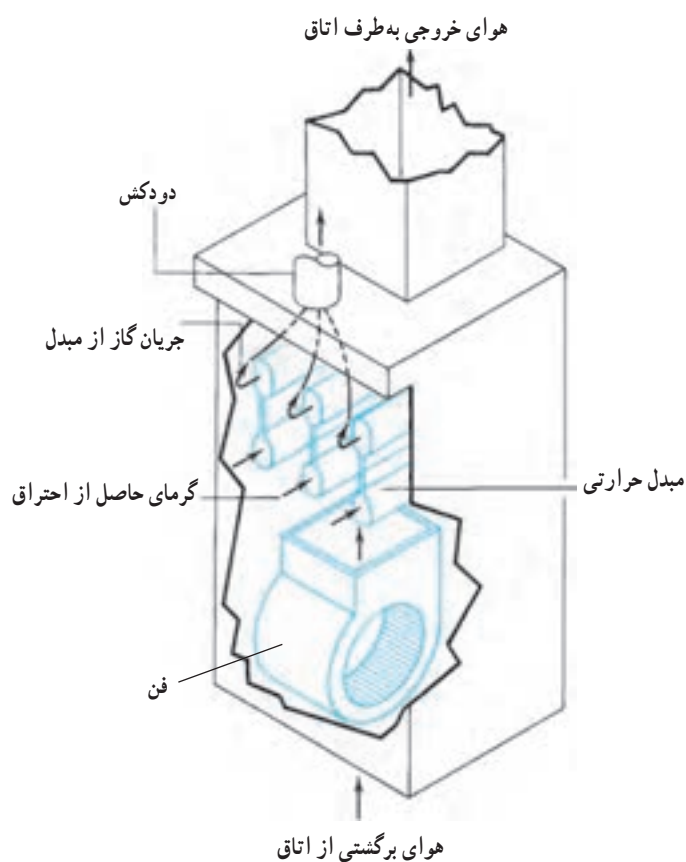
شکل ۱۹-۱۳ نمونه‌ای از این نوع ترموستات را نشان می‌دهد که در آن می‌توان دور فن کویل را عوض کرد و همچنین دمای محل نیز نشان داده می‌شود.



شکل ۱۹-۱۳- ترموستات فن کویل

#### ۴-۱۳- کوره هوای گرم

در شکل ۲۰-۱۳ نمای ساده‌ای از کوره هوای گرم نشان داده شده است. کوره هوای گرم از سه قسمت اصلی مشعل، اتاقک احتراق پس از عبور از جداره آن، به هوایی که در بیرون، مبدل حرارتی و بادزن تشکیل یافته است. گرمای تولید شده در اتاقک احتراق را احاطه کرده است منتقل می‌شود. وقتی دمای

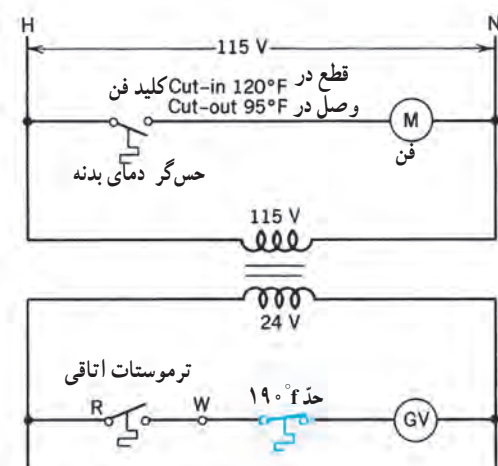


شکل ۲۰-۱۳- نمای ساده کوره هوای گرم

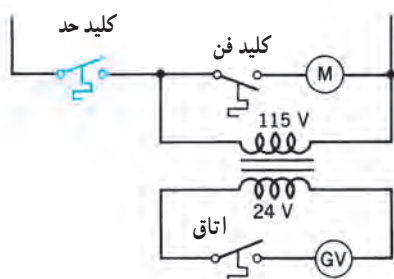
در شکل ۲۱-۱۳ ب کلید حد در مدار ۱۱۵ ولت نصب شده است. قطع شدن کلید حد موجب قطع شدن کل سیستم می شود.

شکل ۲۱-۱۳ پ سیم کشی کوره پایین زن یا افقی را نشان می دهد که دارای دو کلید حد و یک کلید کنترل استارت زمانی است. وقتی که ترموستات سیم R (قرمز) را به سیم W (سفید) وصل می کند موجب تحریک شیر گاز و گرم کن مقاومتی در کنترل فن می شود. باز شدن شیر گاز و روشن شدن مشعل با راه اندازی فن همزمان نیست. پس از گذشت یک دقیقه گرم کن مقاومتی، بی متال کلید فن را به اندازه ای گرم می کند تا بتواند کلید فن را به حالت وصل درآورد و فن را راه اندازی کند.

یکی از کلیدهای حد در سمت خروجی جریان هوای کوره قرار می گیرد تا گرم شدن بیش از حد هوا در اثر روشن ماندن مشعل را حس کند. کلید حد دوم گرم شدن بیش از حد را در زمان جریان نداشتن هوا حس می کند.



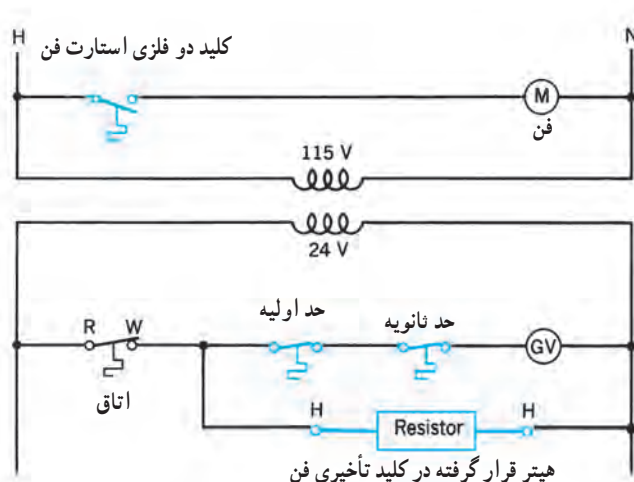
الف) کوره با ترموستات در مدار شیر گاز



ب) کوره با ترموستات حد در خط ولتاژ

هوا به دمایی معین مثلاً  $60^{\circ}\text{C}$  برسد فن شروع به کار می کند و هوا را از راه کانال کشی به اتاق می رساند.

در شکل ۲۱-۱۳ الف کوره هوای گرم توسط یک دوشاخه به پریز دیوار وصل می شود تا برق موتور فن و سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور را تأمین کند. ترانسفورماتور برق ۲۴ ولت در ثانویه را به وجود می آورد. وقتی ترموستات اتاقی وصل می شود، ولتاژ ۲۴ ولت بر مجموعه شیر گاز (GV) اعمال می شود و باعث باز شدن آن می شود (ترموکویل شعله پیلوت روشن نگه داشته است). با باز شدن شیر، مشعل اصلی روشن می شود و دمای کوره بالا می رود. بالا رفتن دما توسط کلید فن حس می شود و وقتی دمای هوا به دمای تنظیم وصل کلید فن ( $120^{\circ}\text{F}$ ) برسد، فن راه می افتد. دمای هوای کوره توسط کلید حد نیز حس می شود. اگر دمای کوره از حد تعیین شده برای کلید حد ( $190^{\circ}\text{F}$ ) بگذرد کلید حد شیر گاز را می بندد. فن به کار خود ادامه می دهد تا هوای گرم را از کوره خارج کند.



ب) کوره سقفی با دو کلید حد و کلید زمانی راه انداز فن

شکل ۲۱-۱۳ انواع مدار کوره هوای گرم

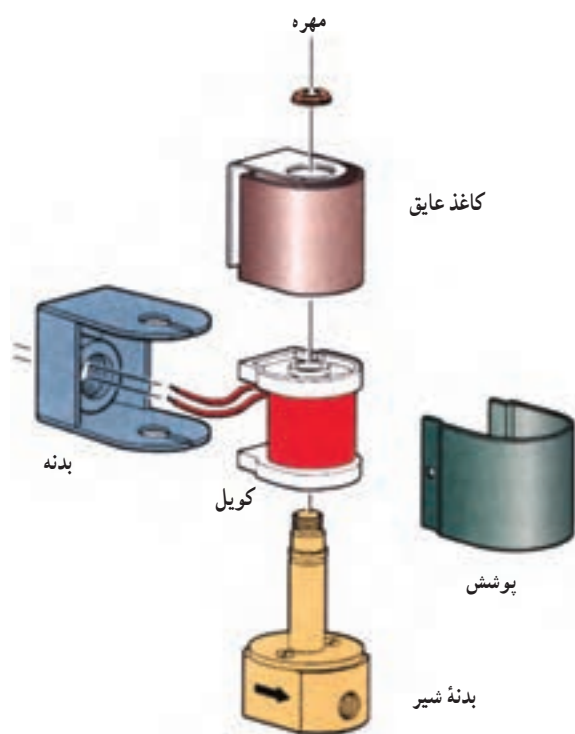
## ۱۳-۵-۱ مشعل گازوئیل سوز

قطعات الکتریکی مشعل گازوئیل سوز عبارتند از: الکتروموتور،

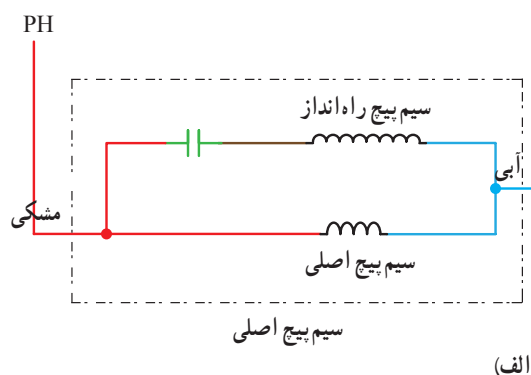
شیر برقی، ترانسفورماتور و چشم الکتریکی

### ۱۳-۵-۱-۱ الکتروموتور: الکتروموتور مشعل اعم

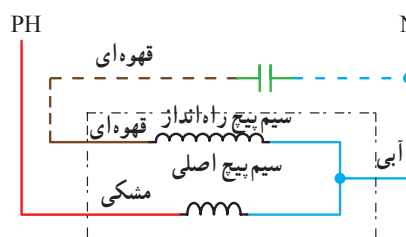
از گازی و گازوئیلی از نوع آسنکرون باروتور قفس سنجایی است. استاتور دارای یک سیم پیچ اصلی و یک سیم پیچ راه انداز است که یک خازن با سیم پیچ راه انداز سری می شود و از نوع خازن دائم کار است. اتصال خازن ممکن است در کارخانه (۱۳-۲۲-الف) یا در موقع راه اندازی توسط تکنسین مربوطه انجام شود (۱۳-۲۲-ب). وظیفه الکتروموتور گرداندن پمپ گازوئیل و پروانه بادزن است.



شکل ۱۳-۲۳- شیر برقی مشعل گازوئیلی



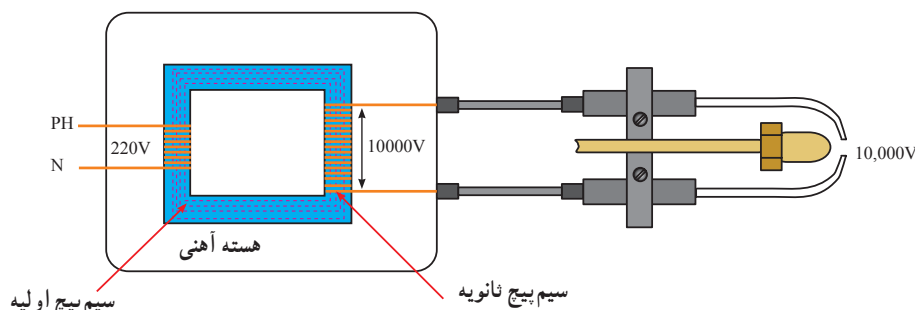
(ب)



شکل ۱۳-۲۲- مدار الکتریکی موتور مشعل با خازن دائم کار

مورد استفاده باید بتواند ولتاژ ۲۲۰ شهری را به ولتاژ ۱۰۰۰۰ ولت تبدیل کند. شکل ۱۳-۲۴ ترانس جرقه با الکترودهای جرقه را نشان می‌دهد.

بدنه ترانسفورماتور

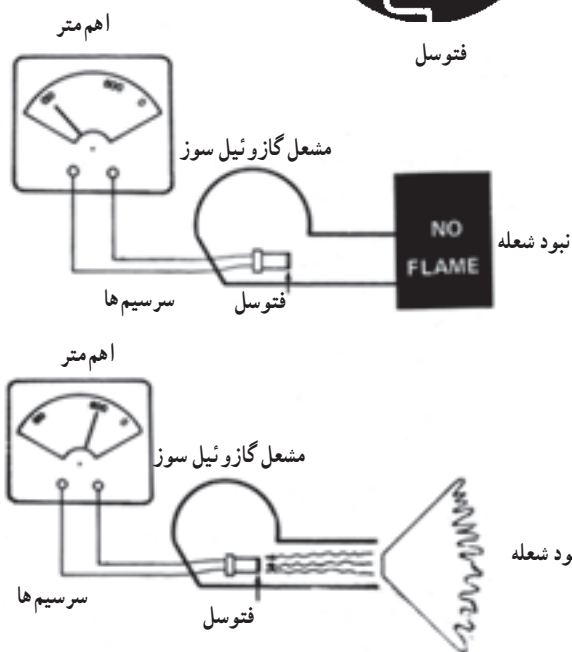
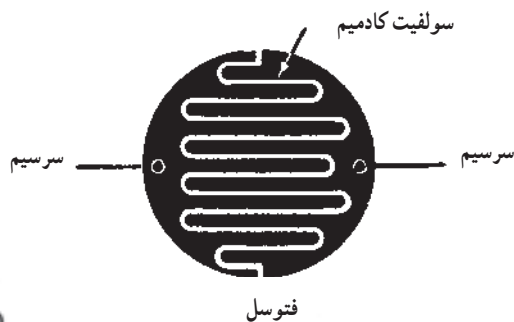


شکل ۱۳-۲۴- نمای ساده ترانسفورماتور جرقه و الکترودهای جرقه

می‌شود و به حدود ۶۰۰ اهم می‌رسد بنابراین فتوسل می‌تواند به عنوان یک کلید قطع و وصل عمل کند، در صورت نبودن شعله مدار را قطع و با دیدن شعله مدار را وصل کند. شکل ۱۳-۲۵ جزئیات فتوسل و کاربرد آن را نشان می‌دهد.



۱۳-۵-۴ چشم الکتریک: چشم الکتریک یا فتوسل از جنس سولفید کادمیم و از مقاومت نوع تابع نور است. اگر نور تنابد مقاومت زیادی حدود دو مگا اهم دارد و اهم متری نهایت را نشان می‌دهد فتوسل اگر در مقابل نور قرار گیرد مقاومتش کم

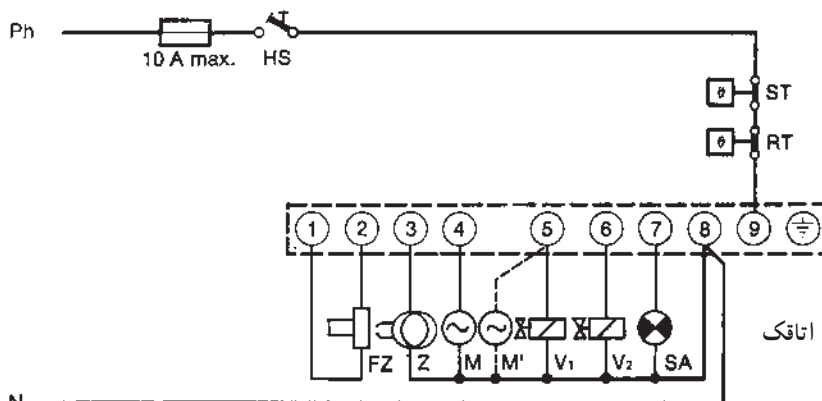


شکل ۱۳-۲۵- فتوسل و عملکرد آن



به وجود آمدن هر نوع اشکال در ایجاد و تداوم شعله، با خاموش کردن مشعل از حادثه جلوگیری می کند. در شکل ۱۳-۲۶ مدار برقی پایه رله یک مشعل گازوئیل سوز نشان داده شده است.

۵-۵-۱۳- مدار الکتریکی رله مشعل : رله مشعل یک کنترل کننده الکترونیک است که بر اساس طراحی و برنامه ریزی که دارد مشعل را با ایمنی روشن می کند و در صورت



جرقه زدن ابتدایی با و یا بدون تخلیه فضای اتاقک  
احتراق  $t_v$

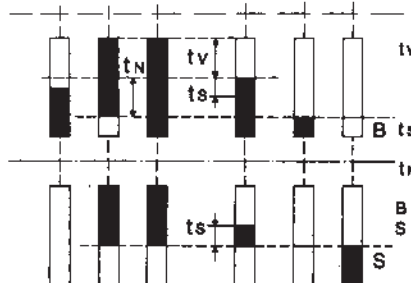
تقریباً «۱۲» ثانیه زمان ایمنی حداکثر «۱۰» ثانیه  $t_s$

ادامه زمان جرقه زدن تقریباً «۱۸» ثانیه  $t_n$

کارعادی مشعل (حرکت)  $B$

از کار افتادن مشعل (ریست)  $S$

راه اندازی منجر به تشکیل شعله



چشم الکتریکی  $Z$

ترانس جرقه  $M$

الکتروموتور (مشعل با شیر مغناطیسی)  $M$

راه اندازی منجر به عدم تشکیل شعله

کلید اصلی  $HS$

ترموستات حد (ایمنی)  $ST$

ترموستات دیگ  $FZ$

الکتروموتور (مشعل بدون شیر مغناطیسی)  $M$

شیر مغناطیسی مرحله اول  $V_1$

شیر مغناطیسی مرحله دوم  $V_2$

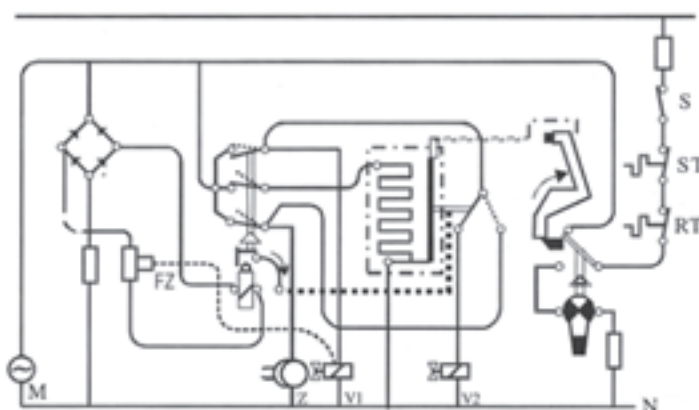
لامپ شاهد (سیگنال) خارجی  $SA$

شکل ۱۳-۲۶- مدار برقی یک مشعل گازوئیلی

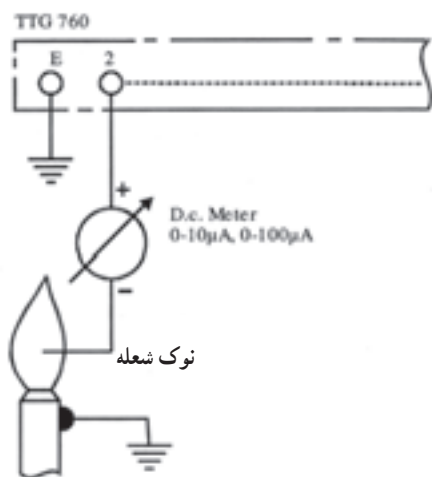
در شکل ۱۳-۲۷ مدار داخلی رله نشان داده شده است.

چگونگی کار دستگاه های الکتریکی با بررسی مدار تشریح

می شود.



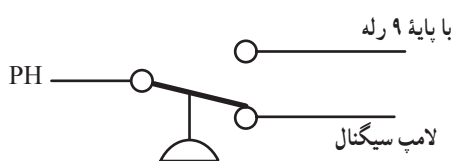
شکل ۱۳-۲۷- مدار داخلی یک رله مشعل گازوئیلی



شکل ۲۸-۱۳ عملکرد میله یونیزاسیون

## ۲-۶-۱۳- کلید کنترل فشار گاز : فشار گاز ورودی

به مشعل نباید کمتر از حد معینی شود، برای اطمینان از کافی بودن فشار گاز از این کنترل استفاده می شود. کلید کنترل فشار گاز در مسیر فاز ورودی به مشعل قرار می گیرد. در محل اتصال الکتریکی این کنترل سه تیغه اتصال وجود دارد، یکی از آن ها مشترک (C) است. اتصال تیغه C به یکی از تیغه ها به صورت معمولاً بسته (NC) و به تیغه سوم به صورت معمولاً باز (NO) است که اتصال معمولاً باز در مدار مشعل قرار می گیرد.



شکل ۲۹-۱۳- نمای ظاهری شیر کنترل فشار گاز را نشان می دهد.



شکل ۲۹-۱۳- شیر کنترل فشار گاز

✓ ابتدا الکتروموتور روشن شده و بادزن را با خود به حرکت درمی آورد. این مرحله را زمان پرچ (تخلیه گازهای داخل کوره) می نامند.

✓ هم زمان با کار الکتروموتور مدار ترانس جرقه کامل شده و جرقه زدن آغاز می شود.

✓ پس از زمان پرچ، شیر برقی شماره یک مسیر عبور سوخت را باز می کند، در این لحظه باید شعله تشکیل شود.

✓ در صورت تشکیل شعله، مقاومت الکتریکی فتوسل کم شده و عبور جریان از آن، رله مغناطیسی را تحریک کرده و موجب تغییر وضعیت تیغه ها می شود. در این لحظه جریان هیتر قطع می شود.

✓ در ادامه شیر برقی شماره دو وارد مدار می شود و هم زمان ترانس جرقه از مدار خارج می گردد.

✓ در صورت تشکیل نشدن شعله - هیتر هم چنان در مدار می ماند و به گرم کردن خود ادامه می دهد تا لامپ شاهد (آلارم) فعال می شود و یا اگر پس از تشکیل شعله به هر علتی شعله قطع شود مراحل فوق یک بار تکرار می شود و اگر شعله تشکیل نشود رله ری ست می کند.

## ۶-۱۳- مشعل گاز سوز (دمنده دار)

میله یونیزاسیون، کنترل فشار هوا، کنترل فشار گاز قطعات الکتریکی هستند که در مشعل گازوئیل سوز نیست.

۱-۶-۱۳- میله یونیزاسیون : یک میله مقاوم در برابر گرما است که در فضای شعله مشعل نصب می گردد. طرف دوم آن به پایه شماره ۲ پایه رله مشعل بسته می شود. در فاصله ۳ تا ۵ میلی متری آن میله بدنه قرار می گیرد (شکل ۲۸-۱۳).

مولکول های هوای موجود در فاصله این میله در اثر شعله یونیزه شده دارای بار الکتریکی مثبت و منفی می شود. یون مثبت جذب بدنه و یون های منفی جذب میله یونیزاسیون می شوند. به این ترتیب یک جریان مستقیم در حد ۱ تا ۱۰ میکروآمپر ایجاد می شود. در داخل کنترل الکترونیک مشعل رله ای به نام «رله ناظر بر شعله» وجود دارد که با عبور این جریان مستقیم مغناطیس شده و مدار را در رله می بندد و اجازه ادامه کار به مشعل می دهد.

### ۱۳-۶-۳- کلید کنترل فشار هوا : کافی نبودن هوا موجب

ناقص سوختن گاز یا خاموش شدن شعله می شود. برای اطمینان از وجود هوای کافی از کلید کنترل فشار هوا استفاده می شود.

ساختمان این کلید مشابه کلید کنترل فشار گاز است. تفاوت آن در مقادیر فشار لازم است. در این کلید دهانه زیر دیافراگم

را توسط یک لوله به محل خروج هوا از بادزن مشعل وصل می کنند تا فشار هوا به زیر دیافراگم اثر کند و موجب تغییر حالت کنتاکت های آن شود - فشار هوا موقعی کافی خواهد بود که سرعت موتور به دور نامی رسیده باشد شکل ۱۳-۳۰ یک شیر کنترل فشار هوا را نشان می دهد.



شکل ۱۳-۳۰- شیر کنترل فشار هوا



### ۱۳-۶-۴- مدار کنترل الکترونیک مشعل

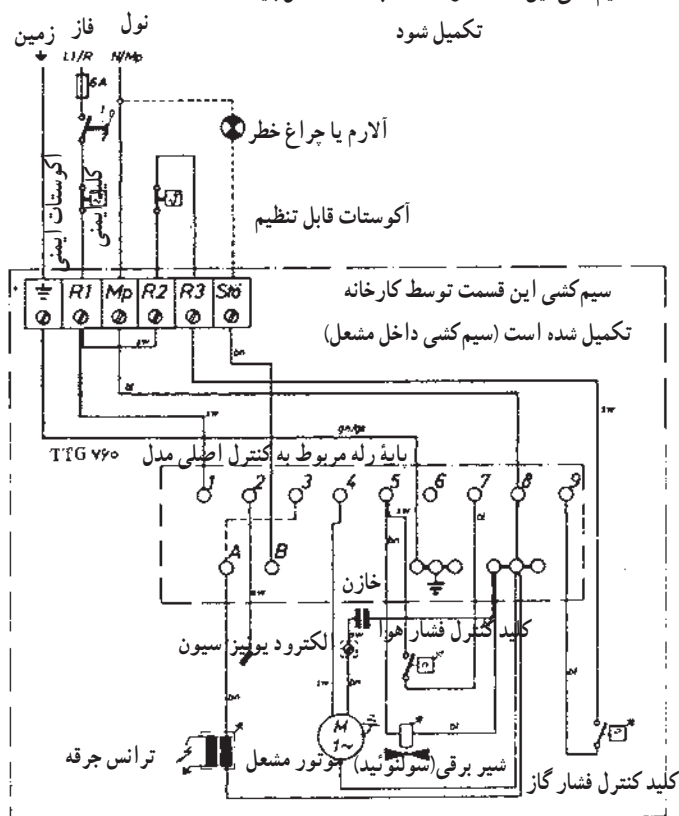
گازسوز دمنده دار : در شکل های ۱۳-۳۱ مدار برقی و مراحل مختلف کار یک رله مشعل گازی دمنده دار نشان داده شده است.

سیم فاز پس از عبور از فیوز و کلید راه انداز دو شاخه می شود. یک شاخه به ترمینال شماره «۱» و دیگری پس از عبور از کنترل فشار گاز (GW) و ترموستات حد (ST) و آکوستات اصلی به ترمینال شماره «۹» وصل گردیده است. میله یونیزاسیون

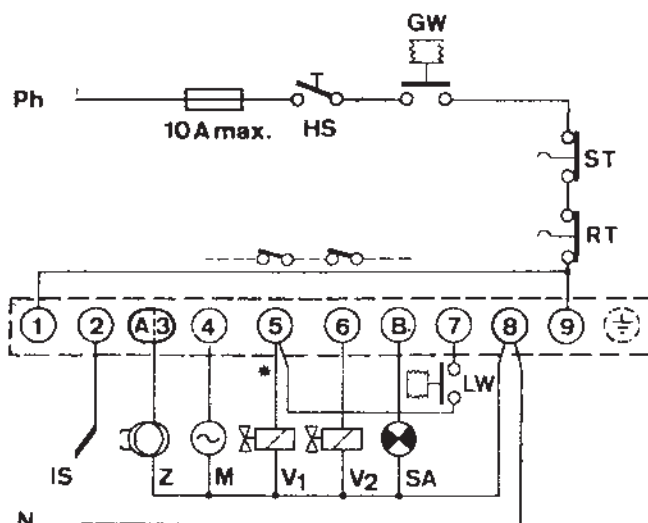
«IS» به ترمینال شماره «۲» وصل شده است. <sup>۱</sup> ترانس جرقه «Z» به پایه شماره «۳»، موتور مشعل «M» به پایه شماره «۴» شیر برقی شماره یک (V<sub>۱</sub>) و یک سیم کنترل فشار هوا به پایه شماره «۵»، شیر برقی شماره دو (V<sub>۲</sub>) به پایه شماره «۶»، و اتصال دیگر کنترل هوا به پایه شماره «۷» وصل شده است. ترمینال شماره «۸» محل اتصال نول مصرف کننده ها به کنترل رله است. ترمینال B روی پایه رله برای اتصال چراغ اخطار دهنده می باشد.

۱- اگر به جای میله یونیزاسیون از فتوسل حساس به اشعه ماوراء بنفش استفاده شود قطب مثبت فتوسلی به پایه شماره ۲ و قطب منفی به پایه شماره ۸ وصل می شود.

تکمیل شود



(الف)



راهنمای نقشه (شکل های A-6 و C-6)

$t_{V_1}$ : زمان یرج حداقل ۳۰ الی ۶۰ ثانیه

$t_s$ : زمان اطمینان حداکثر ۳ الی ۵ ثانیه

$t_{V_2}$ : زمان وارد شدن شیر برقی دوم ۲۰ الی ۳۰ ثانیه

**B : کارکرد مشعل**

S : خاموش شدن مشعل

V2: شیر اصلی گاز

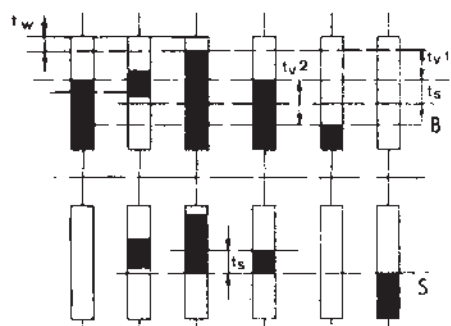
**Lw:** کلید کنترل فشار هوا

GW : کلید کنترل فشار گاز

tW: زمان اطمینان برای شروع استارت ۱۰ الی ۸۰ ثانیه

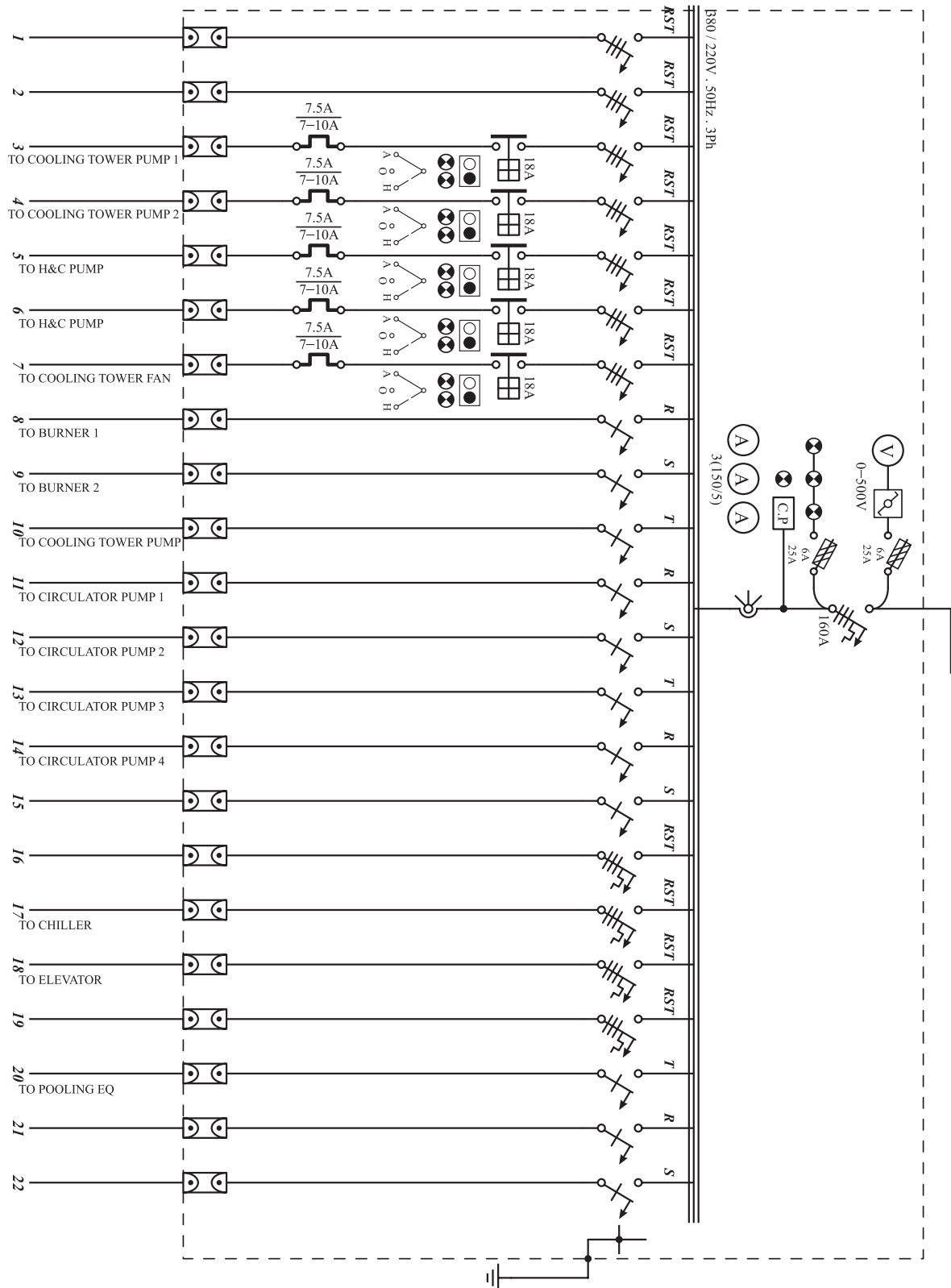
SA: الارم

**M: موتور**



(ب)

## ۱۳-۷- مدار برقی یک موتورخانه حرارت مرکزی و تهویه مطبوع



شکل ۱۳-۳۲- مدار الکتریکی یک موتورخانه حرارت مرکزی و تهویه مطبوع

شرح مدار : در ورودی این تابلو یک عدد کلید اتوماتیک  $16^{\circ}A$  نصب شده است. قبل از آن یک ولت متر به همراه کلیدگردان هفت حالت، که ولتاژ بین فازها و بین فازها با نول و حالت خاموش را نشان می دهد، قرار دارد. این ولت متر، با سه فیوز محافظت می شود. بعد از کلید اصلی سه عدد چراغ سیگنال قرار دارد که روشن بودن آن ها به معنای ورود برق به تابلو است. لامپ های سیگنال را نیز سه عدد فیوز محافظت می کنند. بعد از آن سه عدد آمپر متر وجود دارد که جریان های فازها را نشان می دهند. باید فازها را طوری تقسیم کنیم که آمپر هایی را که آمپر مترها نشان می دهند نزدیک به هم باشند، که اصطلاحاً می گویند بار متعادل باشد. خط های ۱ و ۲ دو عدد کلید مینیاتوری سه فاز  $25A$  به صورت spare یا رزرو هستند.

خط های ۳ و ۴ پمپ های آب برج خنک کننده مربوط به دستگاه چیلرند، که در سر راه آن ها کلید مینیاتوری سه فاز کنتاکتور  $18A$ ، که به  $D18$  معروف است، شستی های استارت استاپ لامپ های سیگنال کلید دو حالت  $AOH$  و هم چنین بی متال قرار دارد. روی بی متال عبارت  $\frac{7.5}{7-1}$  نوشته شده یعنی رنج یا دامنه بی متال  $7$  تا  $1^{\circ}$  آمپر قابل تنظیم است که روی  $7/5$  آمپر تنظیم شده است. خطوط ۵ و ۶ به پمپ های آب سرد و گرم فن کوئل ها مربوط اند، که بی متال آن ها روی  $5/3 A$  تنظیم شده است.

خط ۷ به فن برج خنک کننده مربوط است، که بی متال آن روی  $3A$  تنظیم شده است.

خطوط ۸ و ۹، دو دستگاه دیگ چدنی را با مشعل های

تک فاز تأمین می کنند.

خطوط  $10$  تا  $13$  به پمپ های سیرکوله آب گرم بین دیگ و منابع کوبلی و هم چنین به پمپ برگشت آب گرم مصرفی و یک دستگاه پمپ رزرو مربوط اند، که از مینیاتورهای تک فاز فرمان می گیرند. خطوط  $14$  و  $15$  رزروند.

خط  $16$ ، برق تابلو چیلر را تأمین می کند. این خط از یک کلید اتوماتیک  $10^{\circ}A$  فرمان می گیرد. خط  $17$  به تابلوی آسانسور می رود و از کلید اتوماتیک  $4^{\circ}A$  فرمان می گیرد. خط  $18$  به همراه یک عدد کلید اتوماتیک  $4^{\circ}A$  رزرو است. خط  $19$ ، به تابلوی استخر و سونا و جکوزی می رود و از کلید اتوماتیک  $63A$  فرمان می گیرد. خطوط  $20$  تا  $22$  رزروند و از آن ها برای روشنایی موتورخانه نیز استفاده می شود. کلید مینیاتورها در این تابلو به جز مینیاتور روشنایی همه از نوع کند کار یا گروه  $C$  هستند. در تابلو، شیشه های فاز و نول و ارت تعبیه شده است. هم چنین در خروجی تابلو ترمینال هایی متناسب با قطر سیم های خروجی نصب شده است. بدنه این تابلو به شیشه ارت وصل شده است.

در شکل های  $33-13$  الف، ب و پ نمونه هایی از تابلو برق موتورخانه تأسیسات مکانیکی ساختمان آورده شده است. در شکل  $33-13$  الف یک نمونه تابلو برق تک فاز و در شکل  $33-13$  ب یک تابلو سه فاز را می بینید. در شکل  $33-13$  پ نمای داخلی تابلو برق دیده می شود.



الف) تابلو برق تک فاز



ب) تابلو برق سه فاز



ب) باز شده تابلو برق

شکل ۳۳-۱۳- نمونه هایی از تابلو برق موتورخانه



◀ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

- ۱- الکتروموتور کولر آبی ۶۵۰۰ چند اسب بخار است؟  
 الف) ۱      ب)  $\frac{1}{2}$       ج)  $\frac{1}{3}$       د)  $\frac{1}{4}$
- ۲- فن‌کویل‌ها اغلب دارای الکتروموتور ... سرعت هستند.  
 الف) یک      ب) دو      ج) سه      د) چهار
- ۳- توان الکتریکی موتورهای فن‌کویل در حدود ..... وات است.  
 الف) ۳۰      ب) ۳۰۰      ج) ۸      د) ۱۲۰
- ۴- حداکثر سرعت موتور فن‌کویل .... دور در دقیقه است  
 الف) ۱۲۸۵      ب) ۱۴۵۰      ج) ۲۹۰۰      د) ۱۸۰۰
- ۵- تغییر فصل ترموستات دو فصلی به صورت ..... انجام می‌شود.  
 الف) دستی      ب) اتوماتیک با حس‌گری روی لوله آب  
 ج) مغناطیسی      د) اتوماتیک با حس‌گری روی بدنه فن‌کویل

◀ پرسش‌های درست و نادرست

- ۶- تغییر فصل ترموستات فن‌کویل با قطعه‌ای به نام Change over انجام می‌شود.  
 درست ☐      نادرست ☐
- ۷- در کوره‌ هوای گرم مشعل و فن هم‌زمان راه‌اندازی می‌شوند.  
 درست ☐      نادرست ☐
- ۸- خازن مورد استفاده در مشعل گازوئیلی تک‌فاز با سیم‌پیچ استارت موازی بسته می‌شود.  
 درست ☐      نادرست ☐
- ۹- ترانسفورماتور جرقه از نوع افزایشی است.  
 درست ☐      نادرست ☐
- ۱۰- کار میله یونیزاسیون در مشعل گازسوز مشابه کار فتوسل در مشعل گازوئیل سوز است  
 درست ☐      نادرست ☐

◀ پرسش‌های پرکردنی

- ۱۱- در موتور کولر آبی برای خارج کردن سیم‌پیچ راه‌انداز از ..... استفاده می‌شود.
- ۱۲- موتور پمپ کولر آبی و موتور فن فن‌کویل‌ها از نوع ..... است.
- ۱۳- یک کلید کولر عبارت است یک کلید دوپل و یک کلید ..... است.
- ۱۴- با مراجعه به جدول معلوم می‌شود که فن‌کویل ۱۰۰۰ دارای .... موتور به قدرت .... اسب بخار است.



- ۱۵- ترموستات تابستانی با افزایش دما مدار را ..... می کند.
- ۱۶- شیر سه راهه موتوری در زمان قطع ترموستات ورود آب به فن کویل ..... و مسیر ورود آب به ..... باز می کند.
- ۱۷- به وسیله ای که تغییر فصل ترموستات فن کویل به طور خودکار انجام می دهد ..... یا ..... گویند.
- ۱۸- فن کوره هوای گرم .... از مشعل راه اندازی می شود و ..... مشعل خاموش می شود.
- ۱۹- خروجی ترانسفورماتور جرقه ..... ولت است.
- ۲۰- وقتی به چشم الکتریک نور بتابد مقاومت آن ..... شده به حدود ..... اهم می رسد.
- ۲۱- در مشعل گازوئیل سوز ابتدا ..... و ..... به طور همزمان راه اندازی می شوند
- ۲۲- با توجه به مدار داخلی رله مشعل گازوئیل سوز اگر شعله تشکیل نشود یک ..... در مدار می ماند و فاز را قطع می کند.
- ۲۳- کنتاکت معمولاً ..... کلید کنترل فشار گاز در مسیر فاز ورودی به مشعل قرار می گیرد.
- ۲۴- کلید کنترل فشار هوا موقعی وصل می کند که موتور ..... رسیده باشد.

#### ◀ پرسش های تشریحی

- ۲۵- الکتروموتور فن و الکتروموتور پمپ کولر را توضیح دهید.
- ۲۶- نقشه مدار برقی نردبانی کولر آبی را از روی شکل تشریح کنید.
- ۲۷- نقشه مدار برقی کولر آبی را شرح دهید.
- ۲۸- مشخصات فنی فن کویل ۶۰۰ از روی جدول های داده شده توضیح دهید.
- ۲۹- مشخصات الکتروموتورهای فن کویل ها را شرح دهید.
- ۳۰- حس گرهای مورد استفاده در فن کویل را نام ببرید.
- ۳۱- ترموستات زمستانی، تابستانی و دو فصلی را شرح دهید.
- ۳۲- مدار برقی راه اندازی فن را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۳۳- کار شیر موتوری سه راهه را توضیح دهید.
- ۳۴- مدار برقی راه اندازی فن کویل با شیر سه راهه موتوری را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۳۵- راه اندازی فن کویل سقفی را شرح دهید.
- ۳۶- مدارهای راه اندازی کوره هوای گرم را از روی شکل توضیح دهید.
- ۳۷- مدار برقی الکتروموتور مشعل را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۳۸- مدار برقی رله مشعل گازوئیل سوز را توضیح دهید.
- ۳۹- مدار داخلی رله مشعل گازوئیل سوز را از روی شکل تشریح کنید.
- ۴۰- مدار برقی رله مشعل گاز سوز را از روی شکل توضیح دهید.
- ۴۱- مدار تابلو برق موتورخانه را از روی شکل توضیح دهید.

## دستگاه‌های سردکننده

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

- ۱- مشخصات و کاربرد الکتروموتور بسته را توضیح دهد.
- ۲- مدار الکتریکی الکتروموتور دستگاه سردکننده را توضیح دهد.
- ۳- کنترل محافظ بار اضافی (اورلود) را توضیح دهد.
- ۴- تایمر دیفراسست دستگاه‌های سردکننده را شرح دهد.
- ۵- الکتروموتور فن دستگاه‌های سردکننده را شرح دهد.
- ۶- گرمکن‌های مورد استفاده در بدنه یخچال فریزرها را توضیح دهد.
- ۷- ترموستات‌های مورد استفاده در یخچال و فریزر را توضیح دهد.
- ۸- مدار الکتریکی یخچال خانگی را شرح دهد.
- ۹- یخچال فریزر و مدار الکتریکی آن را شرح دهد.



## سیمای فصل ۱۴

- دستگاه‌های سردکننده
- الکتروموتورهای بسته
- مدار الکتریکی
- محافظ بار اضافی (اورلود)
- تایمر دیفراس
- الکتروموتور فن‌ها
- گرمکن‌ها
- ترموستات‌ها
- یخچال خانگی
- یخچال فریزر

## آشنایی با دانشمندان



### نیکولا سعدی کارنو (۱۷۹۶ میلادی – ۱۸۳۲)



کارنو در یک خانوادهٔ برجسته و ممتاز فرانسوی به دنیا آمد. پدرش ریاضی‌دان انقلابی و طراح نقشه‌های جنگی بود که به علت ابداع روش‌های نوین و مؤثر جنگی در مقابله با دولت‌های اروپایی «طراح پیروزی» نام گرفته بود.

پدر کارنو به فرهنگ و ادب فارسی عشق می‌ورزید و به علت علاقه زیادش به سعدی، نام میانی فرزندش را سعدی نهاد.

کارنو در شانزده سالگی وارد مدرسه پلی تکنیک شد. گیلوساک، پواسون، آراگو و امپراتور از جمله استادان او بودند. پس از اتمام تحصیلات در مدرسه پلی تکنیک وارد ارتش فرانسه شد. کارنو پس از تحقیقات زیاد به این نتیجه رسید که بیش‌ترین بازدهی که می‌توان از هر نوع ماشین گرفت به اختلاف دمای دو چشمهٔ سرد و داغ بستگی دارد. برای این کار او چرخه‌ای را معرفی کرد که اکنون به افتخار او «چرخهٔ کارنو» نامیده می‌شود. کارنو در جوانی و در اوج فعالیت علمی‌اش در سی‌وشش سالگی بر اثر ابتلا به بیماری وبا که در آن زمان همه‌گیر شده بود چشم از جهان فرو بست.

## ۱۴- دستگاه‌های سردکننده

### ۱۴-۱- الکتروموتورها

در دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری مانند یخچال، کولرگازی و... الکتروموتور و کمپرسور در داخل یک محفظه فولادی قرار می‌گیرد. محور الکتروموتور و محور کمپرسور یکی است و موتور مستقیماً کمپرسور را به حرکت درمی‌آورد. مقدار سرعت الکتروموتورها را با توجه به تعداد قطب‌های استاتور می‌توان از فرمول زیر حساب کرد.

$$N = \frac{120 \cdot f}{p}$$

$f$  = فرکانس برق شهر که در ایران  $50^\circ$  هرتز است.

$p$  = تعداد قطب‌های استاتور که می‌تواند ۲ تا ۴ باشد.

$N$  = تعداد دوران موتور در دقیقه

در موتور دو قطبی سرعت الکتروموتور برابر

$$N = \frac{120 \times 50}{2} = 3000 \text{ rpm}$$

دور در دقیقه است.

در موتورهای چهار قطبی سرعت الکتروموتور برابر

$$N = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

دور در دقیقه است.

در کمپرسورهای بسته توان الکتروموتور از  $\frac{1}{8}$  تا ۲۴

اسب بخار متغیر است (شکل‌های ۱-۱۴).

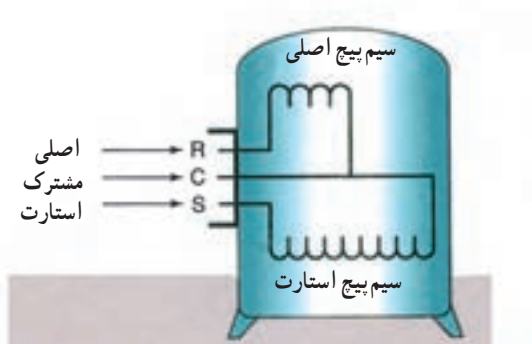
میل لنگ



(ب) برش کمپرسور بسته



(الف) کمپرسور بسته



(ج) سیم‌پیچی



(د) جعبه ترمینال موتور کمپرسور

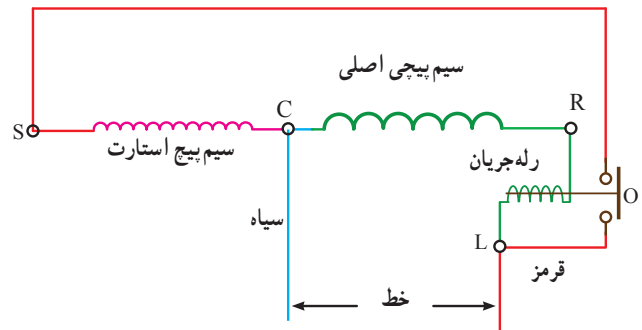
شکل ۱-۱۴- الکتروموتورهای بسته سردکننده‌ها

## ۱۴-۲ مدار الکتریکی الکتروموتورهای بسته

مدار الکتریکی الکتروموتور دستگاه سردکننده با کمپرسور بسته یکی از حالت‌های زیر را دارد.

۱- الکتروموتور دارای سیم‌پیچی اصلی و سیم‌پیچی استارت است. چون سیم‌پیچ استارت دارای سیم نازک و تعداد دور بیشتری است پس از راه‌اندازی الکتروموتور باید از مدار خارج شود.

در این حالت برای خارج کردن سیم‌پیچ استارت از مدار از یک رله جریان استفاده شده است که سیم‌پیچ آن با سیم‌پیچ اصلی به طور سری قرار گرفته و کلید قطع‌کننده آن با سیم‌پیچ استارت سری شده است. در زمان راه‌اندازی با رسیدن موتور به دور نامی، کلید رله باعث جدا شدن سیم‌پیچ استارت از مدار می‌شود (شکل ۱۴-۲).



C - پایانه اتصال مشترک

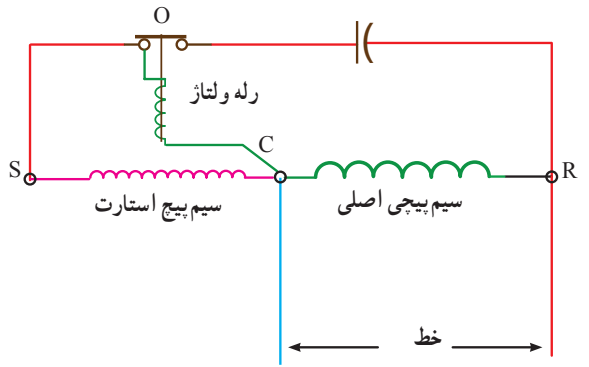
R - پایانه اتصال سیم‌پیچ اصلی

S - پایانه اتصال سیم‌پیچ و مقاومت

O - کلید رله

شکل ۱۴-۲ مدار الکتریکی با رله جریان

۲- در این حالت الکتروموتور دارای سیم‌پیچ اصلی و سیم‌پیچ استارت است. برای خارج کردن سیم‌پیچ استارت پس از راه‌اندازی از یک رله ولتاژ استفاده شده است. کلید رله ولتاژ در حالت خاموشی و عادی وصل است و سیم‌پیچ آن با سیم‌پیچ استارت موازی است. پس از راه‌اندازی در اثر افزایش ولتاژ دو سر رله کلید باز شده و سیم‌پیچ استارت را از مدار خارج می‌کند (شکل ۱۴-۳).



C - پایانه اتصال مشترک (اتصال بدنه)

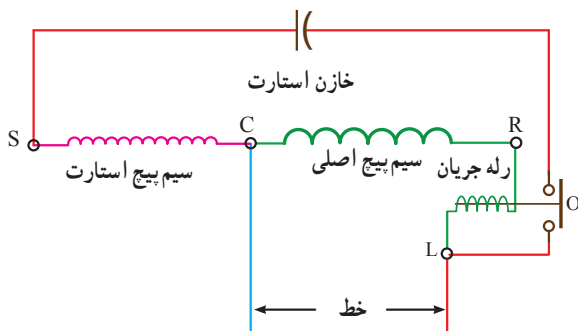
R - پایانه اتصال سیم‌پیچ رانش

S - پایانه اتصال سیم‌پیچ استارت

O - کلید کنترل‌کننده رله

شکل ۱۴-۳ مدار الکتریکی با رله پتانسیل

۳- در شکل ۱۴-۴ یک خازن با سیم‌پیچ استارت سری شده است، وجود خازن در مدار باعث اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان می‌شود. هر چه ظرفیت خازن بیشتر باشد اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان بیشتر بوده و نتیجه آن ایجاد گشتاور بیشتر برای استارت الکتروموتور می‌شود. همچنین هر چه ظرفیت خازن سری شده بیشتر باشد شدت جریان در مدار بیشتر می‌شود و ممکن است خازن آسیب ببیند. بنابراین با باز شدن کلید رله خازن و سیم‌پیچ استارت هر دو از مدار خارج می‌شوند. شکل ۱۴-۴ الف سیم‌کشی موتور استارت خازنی با رله جریان و شکل ۱۴-۴ ب سیم‌کشی موتور با استارت خازنی با رله ولتاژ را نشان می‌دهد.



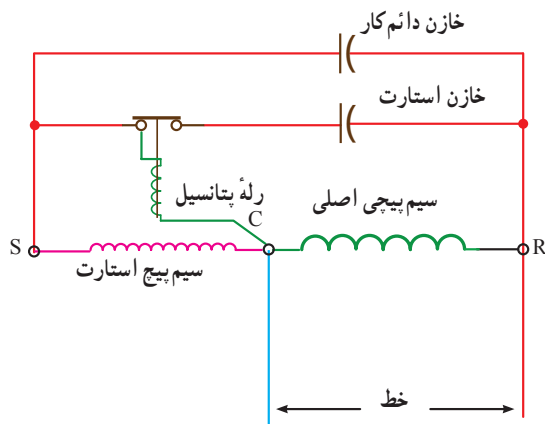
الف) دیگرام شماتیک سیم‌کشی یک موتور استارت خازنی رانش القایی که یک رله جریانی در مدار آن قرار گرفته، در این جا خازن در حالت کار نشان داده شده است.

C - پایانه اتصال مشترک (اتصال بدنه)

R - پایانه اتصال سیم‌پیچ رانش

S - پایانه اتصال سیم‌پیچ استارت

O - کلید کنترل‌رله



شکل ۵-۱۴ مدار الکتریکی یک دستگاه سردکننده با رله پتانسیل خازن

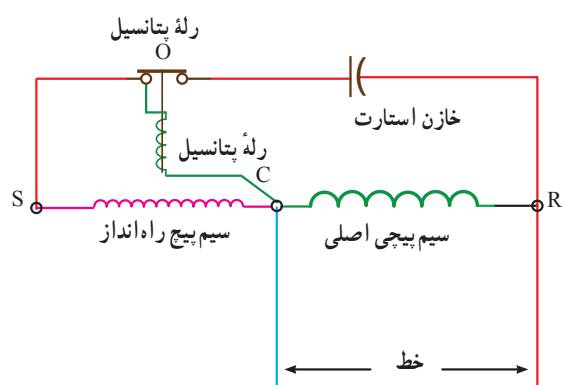
در شکل ۶-۱۴ یک نمونه رله پتانسیل (ولتاژ) (A)، خازن دائم کار (B) و خازن راه انداز (C) را می بینید.



شکل ۶-۱۴

### ۳-۱۴ کنترل محافظ بار اضافی<sup>۱</sup> (اورلود)

اگر جریانی که از سیم پیچ موتور کمپرسور عبور می کند بیش از جریان نامی الکتروموتور جدول ۷-۱۴ باشد گرمای تولید شده در سیم پیچ زیاد می شود و ادامه عبور جریان زیاد به سوختن الکتروموتور می انجامد. برای جلوگیری از آن باید جریان برق را قطع و نسبت به رفع عیب اقدام نمود. برای قطع جریان به دو صورت عمل می شود.



ب) دیاگرام شماتیک سیم کشی یک موتور استارت خازنی رانش القایی که یک رله ولتاژی روی مدار آن نصب شده، در این جا خازن در حالت استارت موتور نشان داده شده است.

- C — پایانه اتصال مشترک (اتصال بدنه)
- R — پایانه اتصال سیم پیچ رانش
- S — پایانه اتصال سیم پیچ استارت
- O — کلید کنترل رله

شکل ۴-۱۴ مدار الکتریکی با خازن استارت

۴- در این حالت از دو خازن موازی که با سیم پیچ استارت سری شده اند استفاده شده است. یکی از خازن ها خازن استارت بوده و پس از راه اندازی موتور از مدار خارج می شود. خازن دیگر خازن دائم کار بوده و دائماً به صورت سری با سیم پیچ استارت در مدار می ماند.

موتور با خازن استارت دارای گشتاور راه اندازی خوبی است ولی راندمان به اندازه موتور با خازن دائم کار نمی باشد. موتورها خازن دائمی دارای راندمان کاری خوبی است ولی دارای ظرفیت کمی است و نیروی گشتاور استارت آن کمتر است. بنابراین در این مدار موتور هم دارای گشتاور راه اندازی خوبی است و هم راندمان خوبی دارد.

شکل ۵-۱۴ مدار الکتریکی یک دستگاه سردکننده با رله پتانسیل، خازن استارت و خازن دائم کار را نشان می دهد.

<sup>۱</sup> Overload protection



جدول ۱۴-۱- جریان نامی الکتروموتورها

		Motor HP	150	125	100	75	60	50	40	30	25	20	15	10	7½	5	3	2	1½	1	¾	½
Single Phase	115 V	Full Load Current												100	80	56	34	24	20	16	13.8	9.8
		Power Factor %												89	88.5	87.5	86	84	83	80	77	73
		Starting Current												575	460	322	195	138	115	90	80	56
	230 V	Full Load Current												50	40	28	17	12	10	8	6.9	4.9
		Power Factor %												89	88.5	87.5	86	84	83	80	77	73
		Starting Current												288	230	161	98	69	56	46	40	28
Three Phase	220 V	Full Load Current	353	290	223	180	144	120	103	75	64	52	40	27	22	15	9	6.5	5	3.5	2.8	2
		Power Factor %	91.5	91.4	91.2	91	90.8	90.6	90.4	90.2	90.1	90	89.5	89	88.5	87.5	86	84	83	80	77	73
		Starting Current	2118	1758	1308	1080	864	720	618	450	384	312	240	162	132	90	54	39	30	21	16.8	12
	440 V	Full Load Current	172	144	117	90	72	60	52	38	32	26	20	14	11	7.5	4.5	3.3	2.5	1.8	1.4	1
		Power Factor %	91.5	91.4	91.2	91	90.8	90.6	90.4	90.2	90.1	90	89.5	89	88.5	87.5	86	84	83	80	77	73
		Starting Current	1032	864	702	540	432	360	312	228	192	156	120	84	66	45	27	19.8	15	10.8	8.4	6
	550 V	Full Load Current	138	117	94	72	58	48	41	30	26	21	16	11	9	6	4	2.6	2	1.4	1.1	.8
		Power Factor %	91.5	91.4	91.2	91	90.8	90.6	90.4	90.2	90.1	90	89.5	89	88.5	87.5	86	84	83	80	77	73
		Starting Current	828	702	564	432	348	288	246	180	156	126	96	66	54	36	24	15.6	12	8.4	6.6	4.8



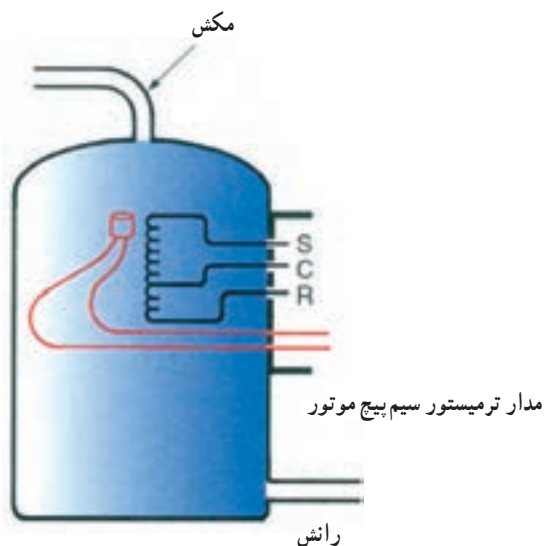
شکل ۱۴-۷- اورلود خارجی

۱- استفاده از اورلود خارجی

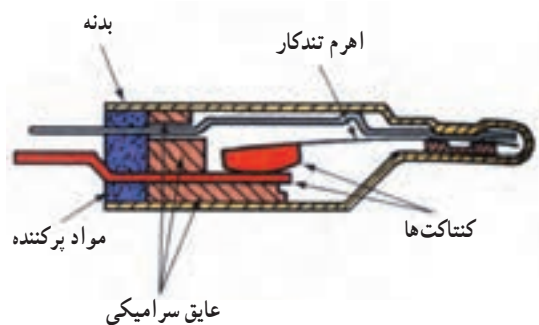
۲- استفاده از اورلود داخلی

اورلود خارجی در بیرون کمپرسور قرار می گیرد و عضو حساس آن بی متالی است که ضمن قرارگیری در مسیر جریان کمپرسور با بدنه کمپرسور نیز تماس دارد، اگر جریان زیاد شود یا گرمای بدنه کمپرسور زیاد گردد برق کمپرسور را قطع می کند (شکل ۷-۱۴).

اورلود داخلی در داخل سیم پیچی های کمپرسور قرار می گیرد. در صورت بالا رفتن شدت جریان یا گرمای موتور، برق کمپرسور را قطع می کند (شکل ۸-۱۴).



شکل ۱۴-۸- اورلود داخلی و قرارگیری آن در سیم پیچی



#### ۱۴-۴- تایمر دیفر است

برای زمان بندی برفک زدایی اواپراتور از یک تایمر دیفر است مانند شکل ۱۴-۹ استفاده می شود.



شکل ۱۴-۹- تایمر دیفر است

برای جلوگیری از گرم شدن محفظه اواپراتور در زمان دیفر است از یک ترموستات استفاده می شود که ترمودیسک نامیده می شود. حس گر این ترموستات با بدنه اواپراتور تماس دارد، در صورتی که بدنه اواپراتور گرم شود مدار هیتر را قطع می کند در شکل ۱۴-۱۰ یک نمونه ترمودیسک را می بینید. همان طور که ملاحظه می کنید ترمودیسک دارای سه سیم است. یکی از سیم ها مشترک است از دو سیم دیگر یکی مربوط به حالتی است که با گرم شدن قطع می کند و به هیتر وصل می شود. سیم سوم مربوط به حالتی است که با سرد شدن قطع می کند.



شکل ۱۴-۱۰- ترمودیسک

#### ۱۴-۵- الکتروموتور فن ها

وقتی گردش اجباری هوا مدنظر باشد، دو نوع فن یکی برای اواپراتور و دیگری برای کندانسور استفاده می شود. فن کندانسور دارای موتور از نوع قطب چاک دار است و دائماً کار می کند. فن اواپراتور در یخچال های بدون برفک کاربرد دارد و دائماً در حال کار است فقط در زمان ذوب برفک خاموش می شود (شکل ۱۴-۱۱).



الف) الکترو فن کندانسر



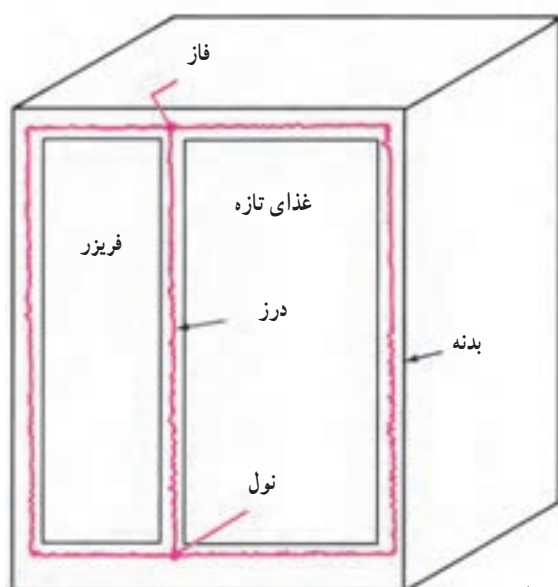
ب) الکترو فن اواپراتور

شکل ۱۴-۱۱

#### ۱۴-۶- گرم کن ها

گرم کن جلوگیری از عرق کردن، گرم کن های سیمی عایق شده کوچکی هستند که در دیواره بدنه یخچال و محل بازشو در نصب می شوند. این گرم کن ها بدنه خارجی یخچال را در دمای بالای نقطه شبنم هوای بیرون نگه می دارند تا از تشکیل عرق روی بدنه یخچال جلوگیری نمایند. واقعیت این است که این عرق کردن قدرت سرمایی یخچال را کم نمی کند، اما ریزش ۲۰۵





آن روی کف یا بودن روی بدنه یخچال نوعی اذیت و آزار است و ممکن است موجب زنگ زدگی نیز بشود، شکل ۱۲-۱۴ محل قرارگیری گرمکن ها را روی بدنه نشان می دهد. برخی از دستگاه ها دارای کلید صرفه جویی در انرژی هستند تا در جاهایی که رطوبت اتاق کم است توسط کلید مذکور اقدام به قطع مدار گرمکن ها می نماید.

شکل ۱۲-۱۴- نمایش محل نصب هیترها

تحقیق : در مورد گرمکن های مورد استفاده در یخچال و توان مصرفی و ساختمان آن ها تحقیق کنید.

## ۱۴-۷- ترموستات ها

در سردکننده های خانگی و تجاری به کار می رود نشان داده شده

در شکل ۱۳-۱۴ نمای ظاهری یک نوع ترموستات که است.



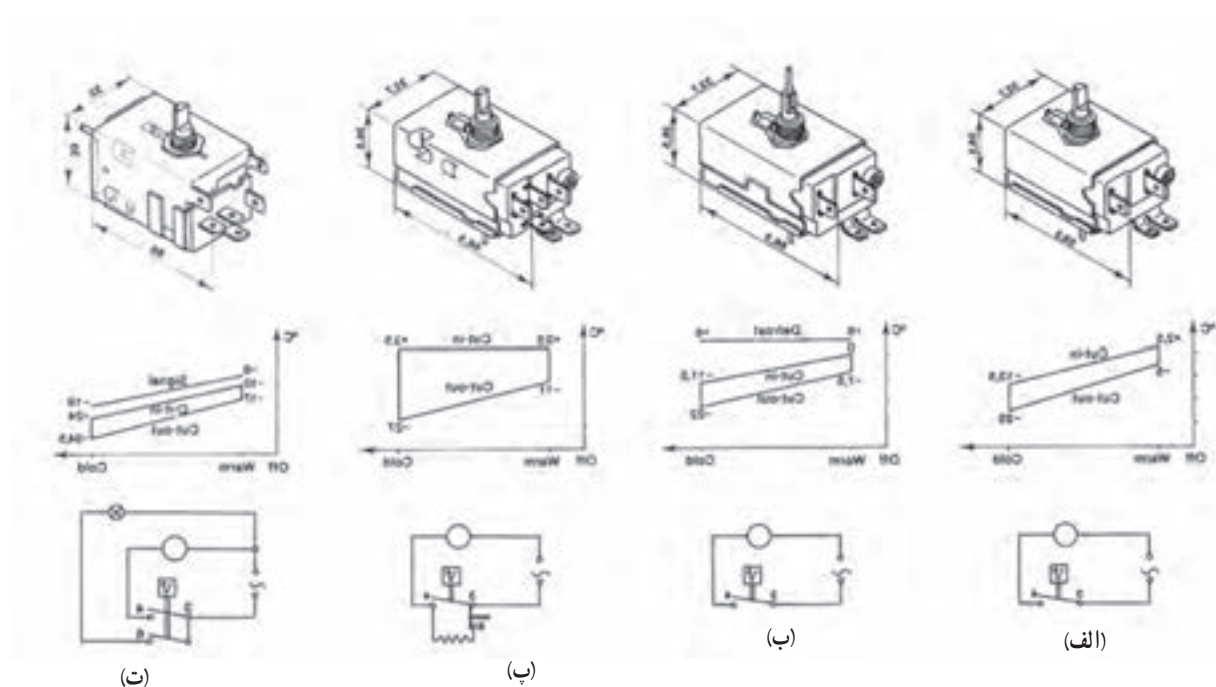
شکل ۱۳-۱۴- ترموستات سردکننده های خانگی و تجاری

شکل ۱۴-۱۴ الف ساده‌ترین نوع ترموستات است. برای انجام دیفراسست باید دو شاخه یخچال را از پریز جدا کرد. در کمترین درجه سرما، ترموستات در  $5^{\circ}\text{C}$  کمپرسور را خاموش می‌کند و در دمای  $2/5^{\circ}\text{C}$  یخچال را روشن می‌کند. در بالاترین درجه در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  قطع و در دمای  $13/5^{\circ}\text{C}$  وصل می‌کند.

شکل ۱۴-۱۴ ب ترموستاتی است که با فشار دادن دگمه عمل دیفراسست آغاز می‌شود و پس از ذوب شدن برفک و رسیدن به دمای  $6^{\circ}\text{C}$  به‌طور خودکار دیفراسست قطع می‌شود و

کمپرسور روشن می‌گردد. شکل ۱۴-۱۴ پ ترموستات یخچال با دیفراسست اتوماتیک است یعنی هر زمان که ترموستات قطع کند هیتر در مدار قرار می‌گیرد و عمل دیفراسست را انجام می‌دهد. ترموستات به کلیدی مجهز است که اگر دگمه ترموستات در وضعیت صفر قرار گیرد هیتر دیفراسست را از مدار خارج می‌کند.

شکل ۱۴-۱۴ ت یک نوع ترموستات فریزر است که اگر دما از حد معینی بالاتر رود یک لامپ را روشن می‌کند. دمای قطع آن در بالاترین حد سرما  $34/5^{\circ}\text{C}$  است.

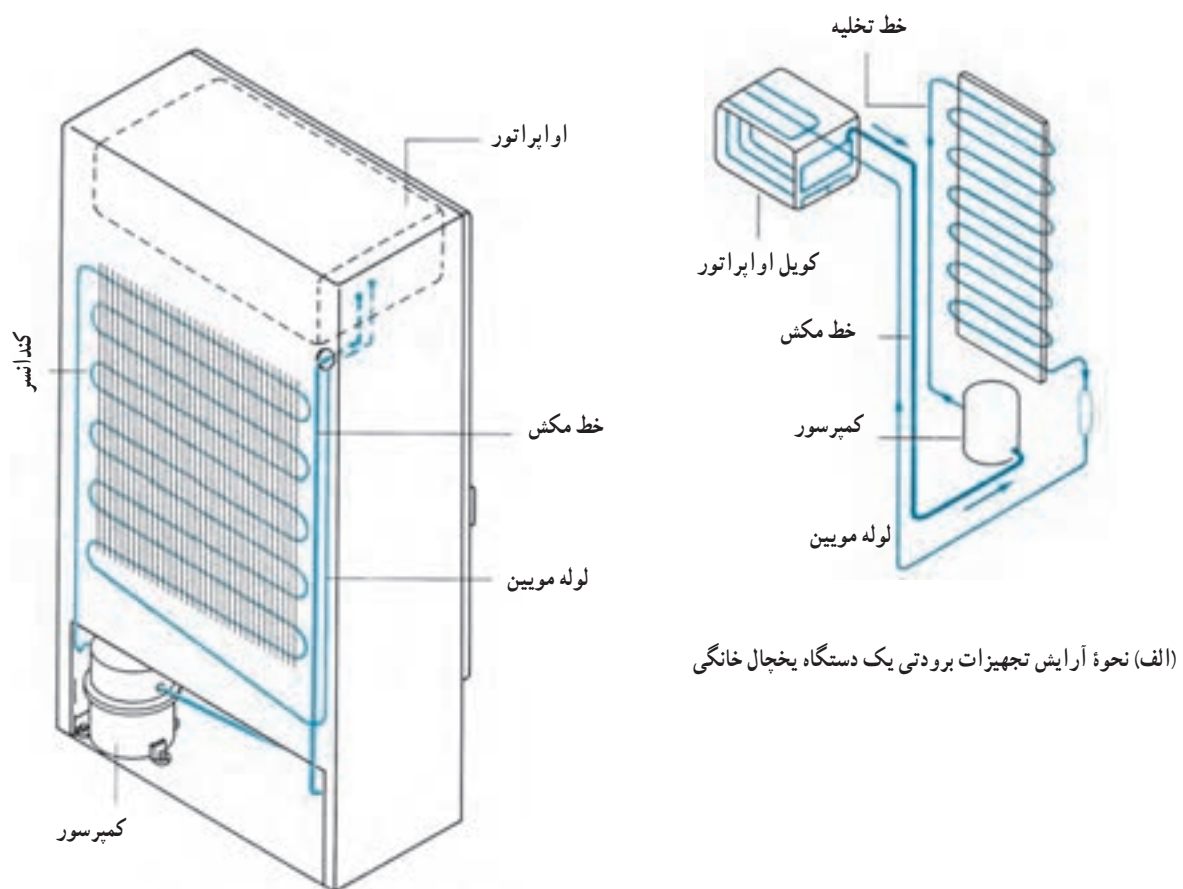


شکل ۱۴-۱۴ انواع ترموستات سردکننده‌های خانگی

## ۸-۱۴ یخچال خانگی

الکتروموتور یخچال از نوع بسته بوده و معمولاً بدون خازن است برای خارج کردن سیم پیچ استارت از مدار از رله جریان استفاده می‌شود. اورلود از نوع بی‌متالی و در بیرون

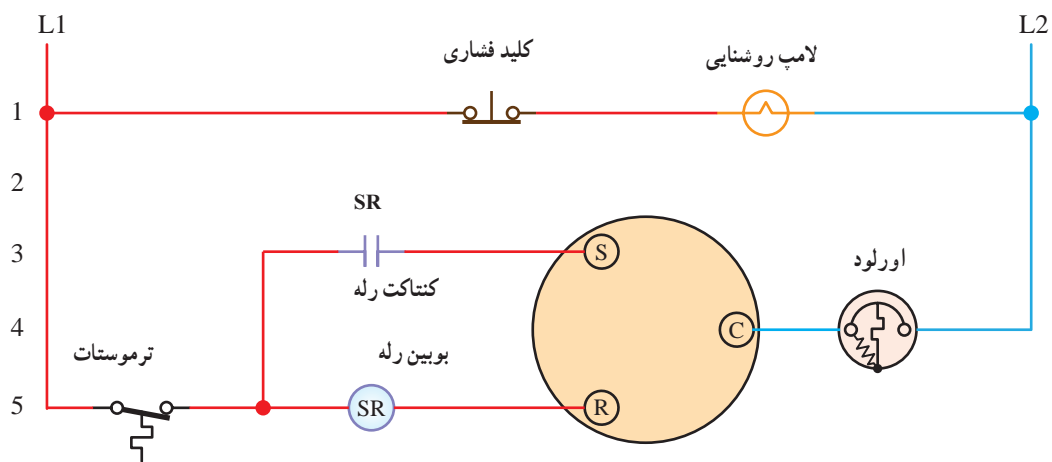
کمپرسور قرار دارد. برای کنترل دما از یک ترموستات استفاده می‌شود و ذوب برفک در آن به‌طور دستی است. کندانسر و اواپراتور از نوع جریان طبیعی است. در شکل ۱۵-۱۴ الف و ب نمای ساده یک یخچال را می‌بینید.



(ب) نمایی از پشت دستگاه یخچال خانگی

شکل ۱۵-۱۴- نمای ساده یک یخچال

## — مدار الکتریکی یخچال خانگی



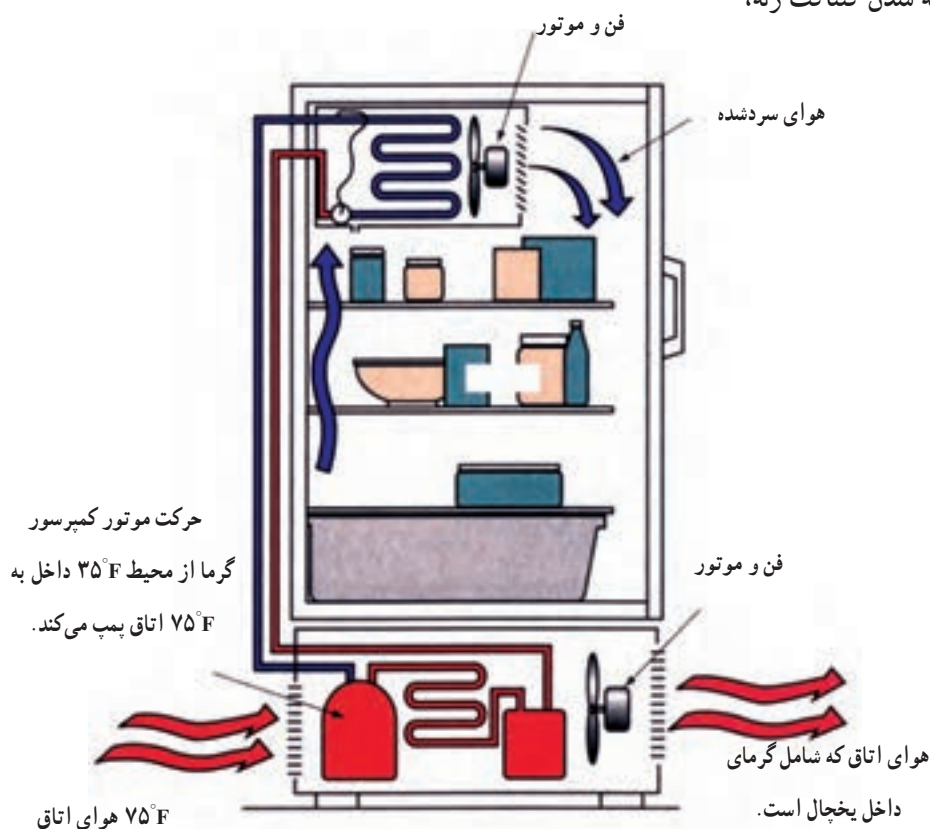
شکل ۱۶-۱۴- مدار الکتریکی یخچال خانگی

جریان برق به اتصال راه انداز (S) موتور کمپرسور می‌رسد و سیم پیچ استارت در مدار قرار می‌گیرد. موتور کمپرسور تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی سیم پیچ اصلی و راه انداز به کار می‌افتد. پس از چند لحظه که موتور درگرفت، شدت جریان کم می‌شود و شدت میدان مغناطیسی در رله نیز کاهش می‌یابد و رله باز می‌شود. باز شدن کنتاکت رله سبب خارج شدن سیم پیچ راه انداز از مدار می‌شود و موتور کمپرسور تنها با سیم پیچ اصلی به کار خود ادامه می‌دهد. کار کمپرسور باعث ایجاد سرما در اواپراتور می‌شود. ترموستات بر اثر سرد شدن و کاهش دمای یخچال مدار را قطع می‌کند و موتور کمپرسور خاموش می‌گردد. شدت جریان زیاد و گرم شدن زیاد بدنه کمپرسور باعث عمل کردن اُرلود، قطع مدار و خاموش شدن کمپرسور می‌گردد.

## ۹-۱۴- یخچال فریزر

شکل شماتیک یخچال فریزر با دیفراسست خودکار در شکل ۱۷-۱۴ آورده شده است.

شرح مدار: مطابق شکل ۱۶-۱۴ در خط ۱ فاز به کلید فشاری در یخچال می‌رسد. در صورت باز شدن در یخچال کلید وصل می‌شود، آن‌گاه جریان فاز به لامپ داخل یخچال می‌رسد. نول نیز از طرف دیگر به لامپ می‌رسد. در نتیجه لامپ روشن می‌شود. از خط ۵ فاز به ترموستات یخچال می‌رسد و در صورت وصل بودن ترموستات از آن عبور می‌کند و به رله می‌رسد. رله از نوع جریان است. جریان فاز از بوبین رله عبور می‌کند و به اتصال R کمپرسور می‌رسد. فاز در خط ۳ به کنتاکت باز رله می‌رسد اما چون این کنتاکت از نوع معمولاً باز است از آن عبور نمی‌کند. از خط ۴ نول از طریق بی‌متال به اتصال C کمپرسور راه می‌یابد. اکنون بین اتصال R و C کمپرسور اختلاف پتانسیل مورد نیاز وجود دارد. یعنی، کمپرسور با سیم پیچ اصلی برای راه اندازی تلاش می‌کند، اما قدرت لازم را ندارد. به همین علت شدت جریان زیادی از خط فاز و نول عبور می‌کند. این شدت جریان از بوبین رله جریان نیز عبور می‌کند و باعث ایجاد میدان مغناطیسی قوی‌تری در آن می‌گردد. در نتیجه کنتاکت معمولاً باز رله بسته می‌شود. با بسته شدن کنتاکت رله،



در شکل چگونگی توزیع سرما در داخل یخچال نشان داده شده است. اواپراتور و کندانسور از نوع فن دار است. برفک تشکیل شده بر روی اواپراتور در زمان دیفراست آب شده و در تشتک اواپراتور جمع می شود و به بیرون هدایت می گردد.

#### مدار الکتریکی یخچال فریزر با دیفراست خودکار

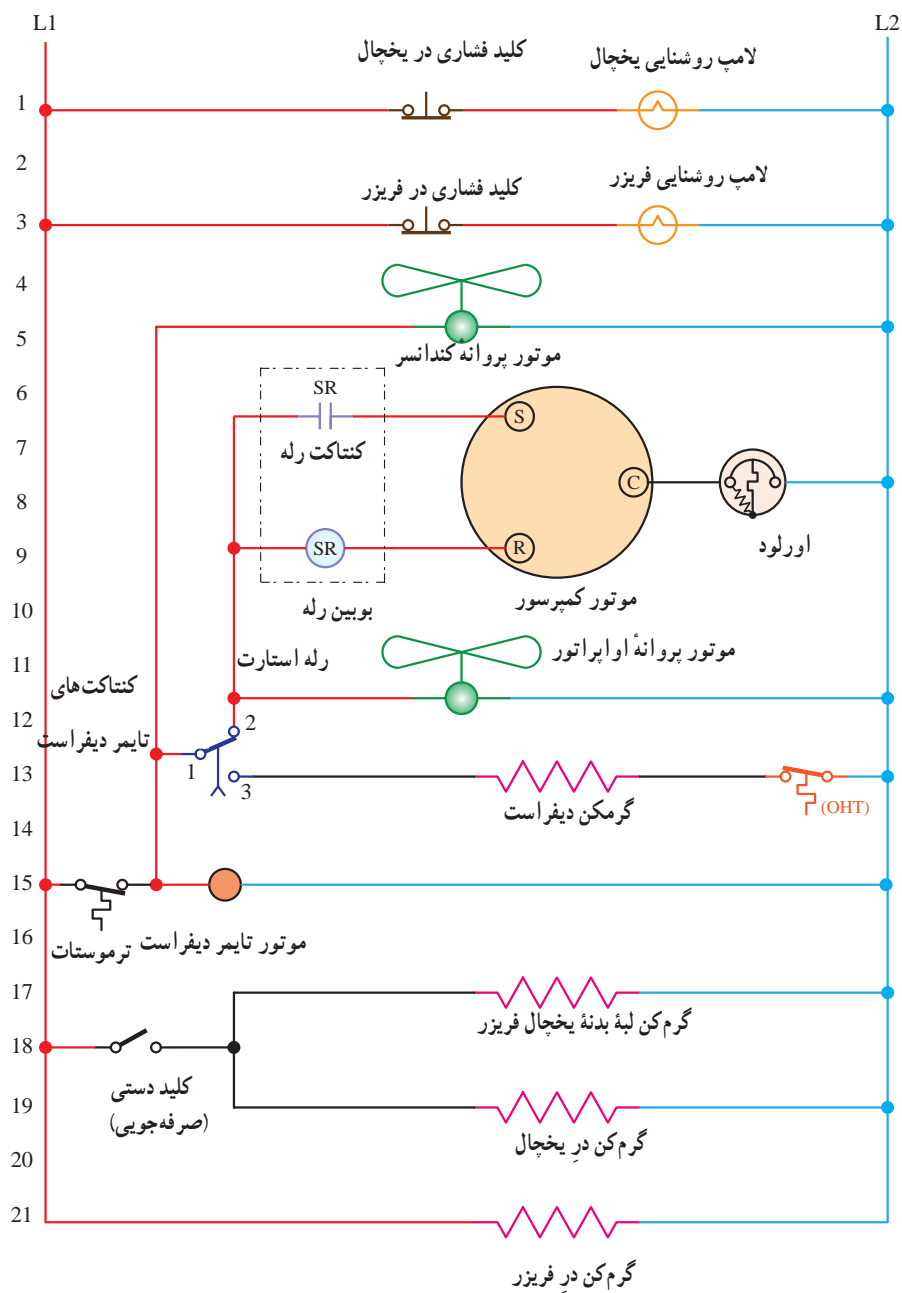
شرح مدار : به شکل ۱۸-۱۴ توجه کنید. تفاوت این مدار با مدار یخچال فریزر خانگی در مدار دیفراست آن است. در خط ۱۵ جریان فاز در صورت وصل بودن ترموستات از آن عبور می کند و در همین خط به موتور تایمر دیفراست می رسد. از طرف دیگر نول نیز به آن می رسد و شروع به کار می کند.

فاز بعد از ترموستات در خط ۱۳ به کنتاکت ۱ تایمر دیفراست می رسد و در زمان کار عادی دستگاه از طریق کنتاکت به موتور پروانه اواپراتور و موتور کمپرسور می رسد و دستگاه ایجاد سرما می کند. با کار موتور تایمر دیفراست و رسیدن زمان ذوب برفک اتصال کنتاکت ۱ از کنتاکت ۲ تایمر دیفراست قطع و به کنتاکت ۳ وصل می شود. در نتیجه موتور پروانه اواپراتور،

موتور کمپرسور خاموش می شود و گرمکن دیفراست در مدار قرار می گیرد. بر اثر گرمای حاصل از کار گرمکن دیفراست، برفک های اواپراتور ذوب می شود، این عمل تا زمانی ادامه دارد که تایمر دیفراست کنتاکت ها را از حالت دیفراست به حالت عادی برگرداند.

در صورتی که تایمر دیفراست در وضعیت دیفراست باشد و برفک ها نیز ذوب شده باشد کار کردن گرمکن دیفراست باعث افزایش دمای اواپراتور و در نتیجه سبب افزایش دمای محفظه یخچال فریزر می شود. برای جلوگیری از این وضعیت در مسیر گرمکن دیفراست در خط ۱۴ از ترموستات جلوگیری از گرمای اضافی<sup>۱</sup> OHT استفاده شده است که در صورت قطع کردن آن گرمکن دیفراست خاموش می شود.

کنترل دیفراست این یخچال فریزرها در هر ۲۴ ساعت چندین مرتبه برفک ها را ذوب می کند به طوری که عملاً برفکی بر روی اواپراتور نمی ماند.



شکل ۱۸-۱۴- نقشه الکتریکی یخچال فریزر با دیفر است خودکار

### ◀ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

- ۱- سرعت الکتروموتور چهارقطبی با برق  $50^\circ$  هرتز چند دور در دقیقه است؟  
 (الف) ۱۵۰۰ (ب) ۳۰۰۰ (ج) ۱۸۰۰ (د) ۳۶۰۰
- ۲- سیم پیچ رله راه‌انداز جریانی به‌طور ..... با سیم پیچ ..... بسته می‌شود.  
 (الف) سری - اصلی  
 (ب) سری - راه‌انداز  
 (ج) موازی - اصلی  
 (د) موازی - راه‌انداز
- ۳- در مدار یخچال خازن راه‌انداز با ..... به‌طور سری بسته می‌شود.  
 (الف) سیم پیچ اصلی  
 (ب) سیم پیچ راه‌انداز  
 (ج) سیم پیچ رله جریان  
 (د) سیم پیچ رله پتانسیل
- ۴- جریان نامی الکتروموتور تک فاز  $230^\circ$  ولت با توان یک اسب بخار چند آمپر است؟  
 (الف)  $3/5$  (ب) ۱۶ (ج)  $1/5$  (د)  $7/5$

### ◀ پرسش‌های درست و نادرست

- ۵- از ترمودیسک برای برفک زدایی استفاده می‌شود.  
 درست ☐ نادرست ☐
- ۶- الکتروموتور فن کندانسور و اواپراتور از نوعی است که دارای سیم پیچ استارت نمی‌باشد.  
 درست ☐ نادرست ☐
- ۷- هیتر بدنه یخچال فریزر دارای کلید قطع و وصل برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی است.  
 درست ☐ نادرست ☐
- ۸- در ترموستات نوع ب شکل ۱۴-۱۴ با قطع ترموستات گرم‌کن ذوب برفک به کار می‌افتد.  
 درست ☐ نادرست ☐

### ◀ پرسش‌های پرکردنی

- ۹- توان کمپرسورهای بسته از ..... تا ..... اسب بخار است.
- ۱۰- سیم پیچ رله راه‌انداز جریانی با سیم پیچ ..... سری بسته می‌شود.
- ۱۱- کنتاکت رله راه‌انداز پتانسیل از نوع معمولاً ..... است.

- ۱۲- سیم پیچ رله راه انداز پتانسیل پس از راه اندازی از مدار خارج .....  
۱۳- جدول ۱-۱۴ نشان می دهد که الکتروموتورهای تک فاز تا توان ..... اسب بخار ساخته می شوند.

#### ◀ پرسش های تشریحی


- ۱۴- روش مختلف راه اندازی کمپرسورهای بسته را از روی شکل توضیح دهید.  
۱۵- روش های مختلف جلوگیری از بار اضافی موتور کمپرسور را توضیح دهید.  
۱۶- گرمکن بدنه را توضیح دهید.  
۱۷- عملکرد ترموستات سردکننده های خانگی را توضیح دهید.  
۱۸- عملکرد ترموستات سردکننده ها را از روی مدار آن تشریح کنید.  
۱۹- مدار الکتریکی یخچال خانگی را با رسم آن توضیح دهید.  
۲۰- مدار الکتریکی یخچال فریزر با دیفراست خودکار را با رسم شکل توضیح دهید.



## ضمیمه ۱

### جدول مقاومت های رنگی چهار نواری

حلقه اول	حلقه دوم	حلقه سوم	حلقه چهارم
0	0		
1	1	0	
2	2	00	
3	3	000	
4	4	0000	
5	5	00000	
6	6	000000	
7	7		
8	8	10+ طلائی	$\pm 5\%$
9	9	100+ نقره ای	$\pm 10\%$



### نحوه خواندن مقاومت ها به کمک

نوارهای رنگی: در این روش برای تعیین مقدار اهم و تolerانس مقاومت های اهمی از چهار یا پنج حلقه (نوار) رنگی بر روی بدنه مقاومت ها استفاده می شود.

### — روش چهار نواری: در

مقاومت هایی که با چهار نوار رنگی مشخص می شوند مفهوم نوارهای رنگی مطابق جدول مقابل است.

### در این روش حلقه های رنگی اول و

دوم معرف ارقام اول و دوم مقدار مقاومت، حلقه سوم نشان دهنده ضریب مقاومت و حلقه چهارم بیان کننده تolerانس مقاومت است.

### توضیح: اگر حلقه رنگی چهارم

وجود نداشته باشد (بدون رنگ) مقدار تolerانس درصد خطا را  $20\%$  در نظر می گیریم.

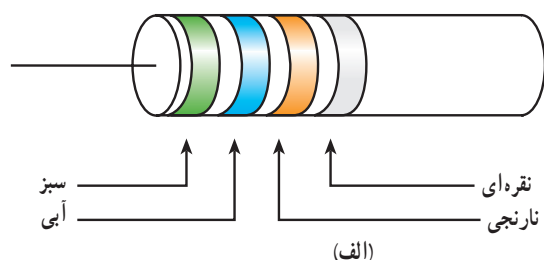
### توجه: هیچ گاه نوار رنگی سیاه

به عنوان حلقه اول و حلقه سوم به کار

نمی رود.

برای آشنایی بیشتر با این روش به ذکر چند مثال

می پردازیم:



مثال — نوارهای رنگی مقاومتی مطابق شکل (الف)

است. مقدار مقاومت و تolerانس آن چه قدر است؟



حل —

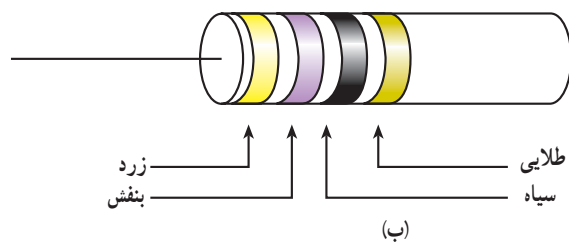
نقره ای — نارنجی — آبی — سبز

$10\% \dots 6 \quad 5$

$56000 \Omega = 56 \times 10^3 \Omega \pm 10\%$

مثال — مقدار مقاومت و تolerانس شکل (ب) را مشخص

کنید.



حل - با توجه به جدول نوارهای رنگی می توان نوشت :

طلایی - سیاه - بنفش - زرد

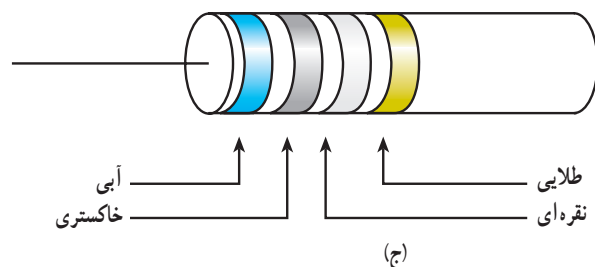
۵٪ ... ۷ ۴

$47 \Omega \pm 5\%$

مثال - مقدار اهم و میزان تolerانس مقاومت شکل (ج)



چه قدر است؟



طلایی - نقره ای - خاکستری - آبی

۵٪ ۱٪ ۸ ۶

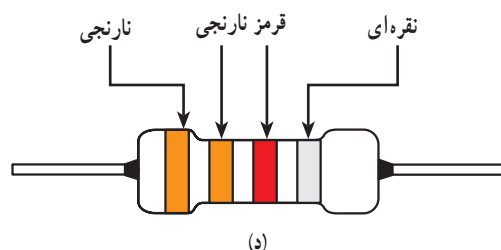
$68 \times 10^{-1} = 6.8 \pm 5\%$

مثال - نوارهای رنگی مقاومت  $3.3 k \Omega \pm 10\%$  را



تعیین کنید.

حل - با کمک جدول برای حلقه های اول تا چهارم رنگ آن ها را مطابق شکل (د) مشخص می کنیم.



شکل ساختمانی ماشینهای الکتریکی					
شرح	شکل	علامه IEC -	شرح	شکل	علامه IEC -
ماشین برای وضعیت عمودی			ماشین با یاتاقان سبزی		
مانند V3، اما سر آزاد محور در سمت پایین		V4 IM 3211	با دو یاتاقان سبزی و طوق (فلانچ) نصب		B5 IM 3001
با دو یاتاقان نمونه، پایه برای نصب روی دیوار، سر آزاد محور در سمت پایین		V5 IM 1011	با دو یاتاقان سبزی و یک سر آزاد محور، برای نصب روی دیوار		B6 IM 1051
با دو یاتاقان سبزی، طوق نصب و سر آزاد محور در سمت پایین		V10 IM 4011	مانند B6، اما سر آزاد محور در سمت چپ		B7 IM 1061
مانند V10، اما سطح نصب بر روی طرف پیشانی (جلو)		V18 IM 3611	مانند B6، اما برای نصب از سقف		B8 IM 1071
ماشین بدون یاتاقان و با یاتاقان مجزا			ماشین برای وضعیت عمودی		
بدون محور، بدنه دارای پایه		A2 IM 5510	با دو یاتاقان سبزی و طوق (فلانچ) نصب		B10 IM 4001
با دو یاتاقان سبزی و یک یاتاقان مجزا		C2 IM 6010	با دو یاتاقان سبزی و سطح نصب بر روی سمت پیشانی (جلو)		B14 IM 3601
با یک یاتاقان مجزا و محور طوق دار		D1 IM 7005	با دو یاتاقان نمونه و طوق نصب، سر آزاد محور در سمت پایین		V1 IM 3011
با دو یاتاقان مجزا، سر محور آزاد		D9 IM 7201	مانند V1، اما سر آزاد محور در سمت بالا		V2 IM 3231
یاتاقان عرضی در بالا، طوق اتصال در پایین، نصب بر روی ستون حامل، الوار چوبی، حلقه چاه		W1 IM 8015	مانند V1، اما طوق نصب و سر آزاد محور در سمت بالا		V3 IM 3031

### ضمیمه ۳

بر روی پلاک برخی موتورهای الکتریکی در یک ردیف با نوشتن حروف 'IP، که دو رقم را به دنبال خود دارند، نوع حفاظت به کار رفته در موتور، از نظر حفاظت در مقابل تماس (ضربه) و نفوذ اجسام خارجی و آب، نشان داده می شود. در جدول زیر مفهوم هر یک از اعداد به کار رفته بیان شده است.



نوع ایمنی	توضیح	نشانه
ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی		
IP0X	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	—
IP1X	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگتر از Ø 50mm	—
IP2X	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگتر از Ø 12mm	—
IP3X	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگتر از Ø 2.5 mm	—
IP4X	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگتر از Ø 1mm	—
IP5X	ایمنی در مقابل رسوب گرد و غبار مضر به داخل	1
IP6X	ایمنی در مقابل نفوذ گرد و غبار	2
ایمنی آب		
IPX0	بدون ایمنی آب	—
IPX1	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	3
IPX2	ایمنی در مقابل ریزش مایل قطرات آب ( 150 نسبت به عمود)	3
IPX3	ایمنی در مقابل پخش آب	4
IPX4	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	5
IPX5	ایمنی در مقابل فوران آب، مثلاً از نازل	6
IPX6	ایمنی در مقابل جریان آب	7
IPX7	ایمنی در مقابل غوطه ور شدن	7
IPX8	ایمنی در مقابل غوطه وری کامل	8

نشانه انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید)							
1	2	3	4	5	6	7	8 ... Pa

## منابع و مآخذ

- ۱- اندرودی، آلهتاس ترجمه پرویز زمانی و سپانوس سلیمانی، اصول سردکننده‌ها، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی ۱۳۷۷
- ۲- خدادادی، شهرام، مبانی الکتریسیته، شرکت صنایع آموزشی (وابسته به آموزش و پرورش)، ۱۳۸۵
- ۳- خدادادی، شهرام، راه اندازی موتورهای سه فاز و تک فاز، دوره سه جلدی، شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش)، ۱۳۸۴
- ۴- نظریان، فتح الله، مقاومت، سلف و خازن در جریان مستقیم، شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش)، ۱۳۸۴
- ۵- قیطرانی، فریدون؛ احمدی، عین الله؛ مظفری، حسین؛ همتایی، محمود و تجلی پور، مسعود؛ مبانی برق، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۸۶
- ۶- خدادادی، شهرام و نصیری سوادکوهی، شهرام، الکترونیک کاربردی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۸۷
- ۷- سید احمدی، پرویز و دیگران، مشخصات فنی عمومی و اجرای تأسیسات برقی کارهای ساختمانی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۲
- ۸- رحمتی زاده، حسین، علوم، فریدون و نیکزاد، مسلم، کار کارگاهی، شرکت چاپ و نشر ایران، ۱۳۷۲
- ۹- محمدرضا کریمی، نعمت الله اعرابیان، سیستم‌های کنترل تأسیسات حرارتی و برودتی، انتشارات بهمن برنا
- ۱۰- ARI Refrigeration and Airconditioning; Uirconditioning and Refrigeration Istitute
- ۱۱- Robert Chatenever; Airconditioning and Refrigeration for Professional
- ۱۲- William C. Whitman; Refrigeration & Air conditioning Technology Delmar

