بسم الله الرحمن الرحیم

ماشین‌های ثابت کشاورزی (برق)
(جلد دوم)

رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی

زمینهٔ کشاورزی

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس ۴۸۱۱

۶۳۱ اسلامی، محمدحسن
/۳ ماشین‌های ثابت کشاورزی (برق) (جلد دوم)/ مؤلف : محمدحسن اسلامی . ــ تهران :
م ۵۲۸ الف/ شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
۱۳۹۴ ۱۶۱ ص. : مصور.ــ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۴۸۱۱)
متون درسی رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی، زمینهٔ کشاورزی.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
۱. ماشین‌های کشاورزی. الف. اسلامی، محمدحسن. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۹۴

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) tvoccd@roshd.ir

وب‌گاه (وب‌سایت) www.tvoccd.medu.ir

محتوای این کتاب در چهل و یکمین جلسهٔ مورخ ۹۲/۱۱/۱۸ کمیسیون تخصصی رشتهٔ ماشین‌های کشاورزی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش با عضویت حمید احدی، سیداسماعیل امیدخدا، مجید داودی، مجید بیرجندی، هوشنگ سردار بنده، فرشید مریخ، نبی‌الله مقیمی تأیید شده است.

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

نام کتاب : **ماشین‌های ثابت کشاورزی(برق) (جلد دوم) ـ ۳۵۸/۷۲**

مؤلف : **محمدحسن اسلامی**

ویراستار ادبی : **حسین داودی**

اعضای کمیسیون تخصصی : **حمید احدی، سیداسماعیل امیدخدا، مجید داودی، هوشنگ سردار بنده، فرشید مریخ و نبی‌الله مقیمی**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

رسام : **محمدسیاحی، علیرضاحجرگشت**

صفحه‌آرا : **خدیجه محمدی**

طراح جلد : **سید همایون موسوی**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**

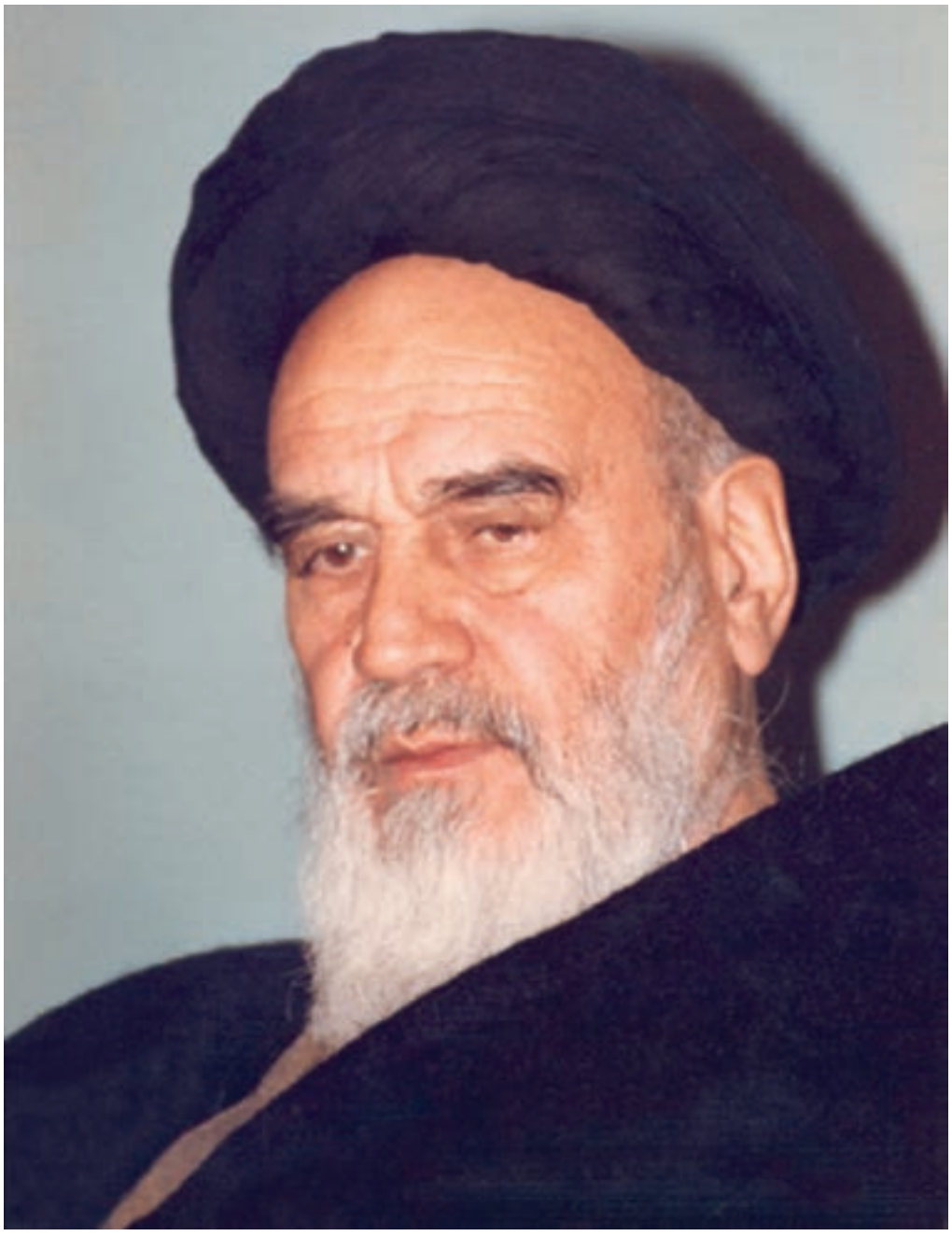
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ دوم ۱۳۹۴**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۰ـ۱۸۹۶ـ۰۵ـ۹۶۴ **ISBN 964 ـ 05 ـ 1896 ـ 0**



از شماست که مردان و زنان بزرگ تربیت می شود. شما ها در تحصیل کوشش کنید که برای فضایل اخلاقی، فضایل اعمالی مجهز شوید. شما برای آتیه مملکت ما جوانان نیرومند تربیت کنید. دامان شما یک مدرسه ای است که در آن جوانان بزرگ تربیت بشود. شما فضایل تحصیل کنید تا کودکان شما در دامان شما به فضیلت برسند.

امام خمینی (ره)

فهرست

مقدمه

فصل اول : مفاهیم و کمیّت‌های الکتریکی ۱

تولید انرژی الکتریکی ۱

با استفاده از انرژی آب ۲

با استفاده از سوخت‌های فسیلی ۲

با استفاده از انرژی‌های هسته‌ای و خورشیدی ۳

انتقال انرژی الکتریکی ۴

توزیع انرژی الکتریکی ۵

کمیّت‌های الکتریکی ۶

شدّت جریان ۶

اختلاف پتانسیل الکتریکی ۷

مقاومت الکتریکی ۸

مدار الکتریکی ۱۰

اتصال مقاومت‌ها ۱۱

اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی ۱۶

مولتی‌متر ۱۶

نکات ایمنی در کاربرد دستگاه‌های اندازه‌گیری ۱۷

قانون اُهم ۱۹

توان الکتریکی ۲۳

ضریب بهره (راندمان) الکتریکی ۲۴

جریان متناوب ۲۵

جریان مستقیم ۲۷

خازن ۲۸

ساختمان خازن ۲۸

ویژگی‌های خازن ۲۹

بوبین(سیم پیچ) ۳۳

فصل دوم : حفاظت و ایمنی در برق ۳۵
آسیب‌های ناشی از جریان برق ۳۶
اتصال بدنه ۳۶
اتصال کوتاه ۳۶
اتصال زمین ۳۷
فیوز ۳۷
از نظر زمان قطع ۳۷
از نظر ساختمان ۳۷
حفاظت الکتریکی ۴۰
انواع حفاظت ۴۰
برق گرفتگی ۴۱
انواع برق گرفتگی ۴۱
اقدامات لازم برای نجات شخص برق گرفته ۴۲
انواع حفاظت اشخاص در مقابل برق گرفتگی ۴۲
حفاظت توسط سیم زمین ۴۳
حفاظت با عایق کاری ۴۵
حفاظت با ولتاژ کم ۴۶
حفاظت با کلید محافظ جان(FI) ۴۶
توصیه‌های ایمنی ۴۷
فصل سوم : مدارات روشنایی ۵۰
ابزار و وسایل سیم کشی ۵۱
پیچ‌گوشتی ۵۱
فازمتر ۵۱
سیم چین ۵۲
سیم لخت کن ۵۲
انبردست ۵۳
دم باریک ۵۳
ابزار پرس سرسیم و فیش‌ها ۵۳
سیم‌ها و اتصالات آنها ۵۴
ساختمان سیم‌ها ۵۴
انواع سیم‌ها ۵۴
اتصال سیم‌ها ۵۶
بست کمربندی سیم‌ها ۵۸
کابل ۶۰
تعریف کابل ۶۰

ساختمان کابل‌ها ۶۰
لوازم و تجهیزات کابل‌کشی ۶۳
وسیله روکش برداری کابل ۶۳
مراحل اتصال کابل شو به وسیلهٔ لحیم‌کاری ۶۵
روش اتصال کابل شوی پیچی به کابل ۶۶
کلیدها ۶۸
لامپ‌ها ۷۱
نقشه‌های الکتریکی **۷۵**
رسم نقشه‌های الکتریکی ۷۵
علائم الکتریکی ۷۵
سیم‌کشی **۷۶**
انواع سیم‌کشی ۷۶
روش‌های سیم‌کشی توکار ۷۷
مدار الکتریکی **۷۸**
فصل چهارم : ماشین‌های الکتریکی **۸۸**
مغناطیس **۸۹**
خطوط نیروی مغناطیس و میدان مغناطیسی ۸۹
ترانسفورماتور تک فاز **۹۰**
ساختمان ترانسفورماتور ۹۰
سیم‌پیچ ترانسفورماتور ۹۱
هسته ترانسفورماتور ۹۱
اساس کار ترانسفورماتور ۹۱
انواع ترانسفورماتور ۹۲
موتورهای الکتریکی **۹۴**
انواع موتورهای الکتریکی ۹۴
اصول کار موتورهای آسنکرون سه‌فاز ۹۷
پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه‌فاز ۹۸
انتخاب موتورهای الکتریکی ۱۰۱
اتصال موتور برای تأمین قدرت مکانیکی ۱۰۳
الکتروموتورهای تک فاز ۱۰۶

فصل پنجم : راه‌اندازی موتورهای الکتریکی **۱۱۱**
پلاک اتصالات موتور(تخته کلم) **۱۱۲**
آزمایش اتصال بدنه ۱۱۴

اتصال سیم‌پیچ‌های موتور ۱۱۴
اتصال ستاره ۱۱۴
اتصال مثلث ۱۱۵
راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی ۱۱۶
کلیدهای دستی ۱۱۶
کاربرد کلید دستی ۱۱۷
برق رسانی به موتورهای الکتریکی ۱۱۷
تغییر جهت گردش موتورهای سه فاز ۱۲۰
راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون ۱۲۳
پلاک اتصال موتورهای تک‌فاز(تخته کلم) ۱۲۶
راه‌اندازی موتورهای الکتریکی تک فاز ۱۲۶
تغییر جهت گردش در موتورهای تک‌فاز ۱۲۹
راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای مغناطیسی ۱۳۱
اجزای تشکیل دهندهٔ مدارهای کنترل ۱۳۱
کلید مغناطیسی یا کنتاکتور ۱۳۱
شستی استاپ استارت ۱۳۴
رلهٔ حرارتی(بی متال) ۱۳۴
کلید محافظ موتور ۱۳۶
لامپ‌های سیگنال ۱۳۶
کلیدهای تابع فشار(کلیدهای گازی) ۱۳۷
کلیدهای شناور(فلوتر سوییچ) ۱۳۷
رلهٔ زمانی(تایمر) ۱۳۸
کلید تابع حرارت(ترموستات) ۱۳۹
حروف و اعداد پلاستیکی ۱۳۹
کمربند کابل ۱۳۹
نقشه خوانی مدارهای الکتریکی ۱۴۰
نقشهٔ مدار قدرت ۱۴۱
نقشهٔ خارجی ۱۴۱
نقشهٔ مونتاژ ۱۴۲
تغییر جهت گردش در موتورهای سه‌فاز ۱۵۶
راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون در شبکهٔ تک‌فاز ۱۵۹
منابع ۱۶۱

مقدمه

امروزه با پیشرفت سریع تکنولوژی در صنایع مختلف و در زمینه‌های گوناگون از جمله کشاورزی کمتر دستگاهی را می‌توان یافت که با جریان برق کار نکند. به همین دلیل کاربران دستگاه‌ها و ماشین‌ها علاوه بر راه‌اندازی ماشین‌آلات می‌بایست بتوانند عیوب جزئی آنها را نیز تشخیص داده و رفع نمایند. این موضوع در رشتهٔ کشاورزی و کار با ماشین‌های کشاورزی و در مناطقی که به متخصصین و تعمیرکاران برق دسترسی وجود ندارد، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. بنابراین در این کتاب برآن شدیم تا هنرجویان این رشته را با موضوعات مورد نیاز در حوزه برق آشنا کنیم.

در فصل اول کتاب به تبیین مفاهیم و کمیت‌های الکتریکی در رشته برق پرداخته شده است که مباحث پایه‌ای برق را که الفبای آشنایی هنرجویان با برق شناخته می‌شود، دنبال می‌کند. فراگرفتن دقیق این فصل از اهمیت زیادی برخوردار است و به یادگیری بهتر فصل‌های دیگر کتاب کمک شایانی می‌کند.

در فصل دوم به مبحث مربوط به نکات ایمنی پرداخته می‌شود و به نکات اساسی در ارتباط با حفاظت شخص در برابر برق‌گرفتگی که هنرجویان در کارهای عملی با آن مواجه می‌شوند اشاره دارد.

در فصل سوم مدارات پایه در رشته برق مورد توجه قرارگرفته و کارهای عملی مربوط به آن کار می‌شود.

در فصل چهارم و پنجم موضوع ماشین‌های الکتریکی ارائه و کارهای عملی مربوط به راه‌اندازی موتورهای الکتریکی در کارگاه انجام خواهد شد.

باور داریم که این کتاب بدون اشکال نیست، امیدواریم نکات و نظرات خود را به آدرسی که در ابتدای کتاب درج شده است ارسال بفرمایید تا در چاپ‌های بعدی چنین مواردی برطرف شوند.

مؤلف

هدف کلی

شناخت تجهیزات الکتریکی متداول در کشاورزی و

توانایی کاربرد آنها و تعویض قطعات معیوب

زمان‌بندی پیشنهادی برای تدریس کتاب

فصل	نظری	عملی	جمع
اول	۶	۴	۱۰
دوم	۴	۴	۸
سوم	۶	۲۸	۳۴
چهارم	۸	۴	۱۲
پنجم	۶	۵۰	۵۶
جمع	۳۰	۹۰	۱۲۰

فصل اول

مفاهیم و کمیّت‌های الکتریکی

هدف‌های رفتاری ــ با یادگیری این فصل هنرجو می‌تواند :

- تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی را توضیح دهد.
- شبکه‌های فشار قوی، فشار متوسط و فشار ضعیف را با هم مقایسه کند.
- نحوهٔ توزیع برق به مناطق شهری و روستایی را از نظر سطح ولتاژ توضیح دهد.
- موارد استفاده از برق در کشاورزی را توضیح دهد.
- کمیّت‌های الکتریکی (جریان، اختلاف پتانسیل، مقاومت، توان، راندمان، فرکانس و اختلاف فاز) را توضیح دهد.
- مدار الکتریکی را توضیح دهد.
- عناصر مدار الکتریکی و مشخصات آنها را توضیح دهد.
- قانون اُهم را به‌کار بندد.
- اتصالات مقاومت‌ها را توضیح دهد.
- انواع مولتی‌متر و موارد کاربرد آن را بیان کند.
- روش استفاده از مولتی‌متر را توضیح دهد.
- جریان متناوب را تشریح کند.
- خازن را تعریف کند.
- مشخصات فنی خازن را توضیح دهد.
- سیم‌پیچ را توضیح دهد.
- مولتی‌متر را برای اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی به کار برد.

	نظری	عملی
ساعت	۶	۴

کاربرد انرژی الکتریکی در بخش کشاورزی رو به رشد است. از روشنایی اتاق‌ها، کارگاه‌ها، سالن‌های مرغداری و گاوداری تا راه‌اندازی الکتروپمپ‌های موجود در یک مزرعه، سیستم‌های آبیاری نوین، نقاله‌ها، فن‌های تهویه، شیر دوش‌ها، آسیاب‌ها و میکسرها و تجهیزاتی مانند آن همگی مواردی هستند که در آنها انرژی الکتریکی به کار گرفته می‌شود. بنابراین یکی از نیازهای هنرجویان رشتهٔ کشاورزی، داشتن اطلاعات مربوط به برق می‌باشد. در این فصل دربارهٔ تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی توضیحاتی داده می‌شود و برخی مفاهیم پایه برق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تولید انرژی الکتریکی

به محلی که در آن انرژی الکتریکی تولید می‌شود نیروگاه برق گفته می‌شود. در نیروگاه برق برای تولید انرژی الکتریکی از طریق مولّدهای الکتریکی، به یک انرژی مکانیکی نیاز است تا بتوان محور مولّدها را به حرکت در آورد. انرژی مکانیکی می‌تواند نیروی آب، نیروی بخار آب، نیروی یک موتور احتراقی و غیر آنها باشد. تولید انرژی الکتریکی به روش‌های زیر امکان پذیر است :

با استفاده از انرژی آب

یکی از ساده‌ترین روش‌های تولید انرژی الکتریکی استفاده از انرژی آب است. در این روش پس از احداث سد و انباشته کردن آب در پشت آن، از نیروی آب برای چرخاندن توربین و مولّد برق استفاده‌می‌کنند. مولّد برق پس از چرخش، انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند (شکل۱ــ۱).

شکل۱ــ۱ــ تولید انرژی الکتریکی با استفاده از انرژی آب

با استفاده از انرژی سوخت‌های فسیلی

استفاده از سوخت‌های مختلف یکی از شیوه‌های تولید انرژی الکتریکی است. انرژی حرارتی حاصل شده از سوخت (گاز)در زیر دیگ‌های بخار باعث تبخیر آب می‌شود. بخارآب با فشار به پره‌های توربین برخورد می‌کند و توربین را به حرکت در می‌آورد. این حرکت به محور مولّد منتقل می‌شود و مولّد، انرژی الکتریکی تولید می‌کند (شکل۲ــ۱).

شکل۲ــ۱ــ تولید انرژی الکتریکی با انرژی حاصل از سوخت

با استفاده از انرژی هسته‌ای

نیروگاه‌های هسته‌ای نیز اساس کاری شبیه نیروگاه‌های حرارتی دارند تنها تفاوت این نیروگاه‌ها در سوخت آنها است. در نیروگاه هسته‌ای برای تهیه سوخت از اورانیوم استفاده می‌کنند. برای این منظور هستهٔ اتم اورانیوم را می‌شکافند. فرایند **شکافت هسته‌ای** در رآکتور هسته‌ای انجام می‌شود. انرژی گرمایی حاصل از شکافت هستهٔ اورانیوم بسیار زیاد است، لذا از آن برای تولید بخارآب استفاده می‌کنند (در اثر شکافت نیم کیلوگرم **اورانیوم** انرژی معادل بیش از ۱۵۰۰ تن زغال سنگ به دست می‌آید). بخار آب تولیدشده وارد توربین می‌شود و آن را به حرکت در می‌آورد در نتیجه مولّد برق به کار می‌افتد و برق تولید می‌کند. ایران در زمینهٔ تکنولوژی هسته‌ای، چه از لحاظ تأمین انرژی الکتریکی و چه از نظر بهره‌برداری‌های صلح آمیز آن در زمینه‌های صنعت، کشاورزی، پزشکی و خدمات، به موفقیت‌های بسیار چشمگیری دست یافته است (شکل۳ــ۱).

شکل۳ــ۱ــ تولید انرژی الکتریکی با استفاده از انرژی هسته‌ای

با استفاده از انرژی خورشیدی

در این روش انرژی تابشی خورشیدی بدون بهره‌گیری از دستگاه‌های متحرک، مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. دستگاهی که این عمل را انجام می‌دهد «**سلول خورشیدی**» یا «**باتری خورشیدی**» نام دارد. نمونه‌ای از باتری‌های خورشیدی را در ماشین حساب‌ها یا روشنایی چراغ‌های خیابان‌ها دیده‌اید. خورشید به‌عنوان منبع این انرژی، از بین نمی‌رود و به محیط زیست آسیب نمی‌رساند (شکل۴ــ۱). ایران در منطقه‌ای قرار گرفته است که در ایام سال آفتاب زیادی دارد. اگر از این انرژی به روش علمی در بخش کشاورزی و روستایی به کار گرفته شود، می‌تواند بخش زیادی از نیاز برق کشور در بخش کشاورزی را تأمین کند.

شکل۴ــ۱ــ تولید انرژی الکتریکی با از انرژی خورشید

انرژی باد

در این روش انرژی باد برای چرخاندن پره‌های توربین به کار برده می‌شود. محور توربین به محور مولّد برق متصل است و حرکت را به آن انتقال می‌دهد، با حرکت مولّد، انرژی الکتریکی تولید می‌شود. به این نیروگاه، «**نیروگاه بادی**» می‌گویند. این نیروگاه، در محل‌هایی ساخته می‌شود که باد در آن نقاط، در بیشتر روزهای سال می‌وزد. نمونه‌ای از این نیروگاه در شهر منجیل از استان گیلان احداث شده است (شکل۵ــ ۱).

شکل۵ــ۱ــ تولید انرژی الکتریکی با انرژی باد

پژوهش

در مورد تولید انرژی الکتریکی توسط انواع انرژی‌های نو، مانند انرژی خورشیدی و انرژی باد پژوهش کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید (در پایگاه اینترنتی سازمان انرژی‌های نو(سانا) به نشانی www.suna.org می‌توانید راجع به انرژی‌های نو به اطلاعات بیشتری دسترسی پیدا کنید).

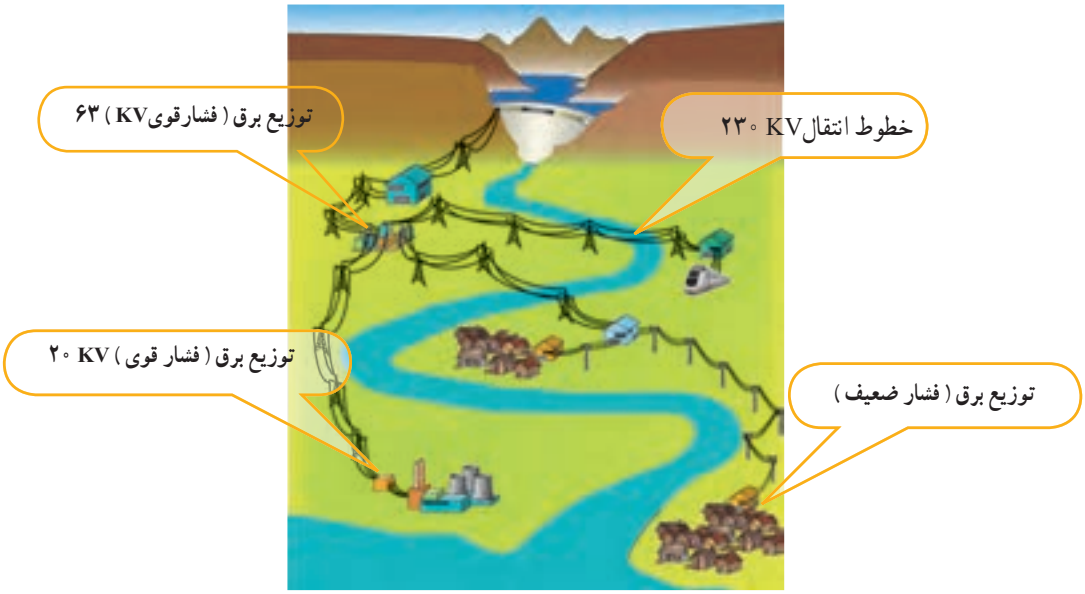
انتقال انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی پس از تولید، با کمک سیم‌های هوایی و دکل‌ها (پایه‌های فلزی)از محل نیروگاه برق به سمت شهرها و روستاها انتقال می‌یابد. مقدار ولتاژ خطوط انتقال برق در ایران ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلو ولت است (شکل۶ــ۱). برای کاهش هزینه‌های انتقال، در ابتدای خطوط انتقال، ولتاژ برق افزایش داده می‌شود و پس از انتقال در مقصد، ولتاژ در چند مرحله کاهش می‌یابد.

شکل۶ــ۱ــ انتقال انرژی الکتریکی با دکل‌ها

توزیع انرژی الکتریکی

گفتیم که انرژی الکتریکی تولید شده در نیروگاه، توسط خطوط انتقال به مراکز مصرف می‌رسد. در مدخل مراکز مصرف، که عمدتاً شهرها و روستاها و مناطق مسکونی هستند، ابتدا ولتاژ خیلی زیاد انتقالی تا حدی (۱۳۲ و ۶۳ کیلو ولت) کاهش می‌یابد. با این حال هنوز ولتاژ زیاد است. این ولتاژ در مرحله‌ای دیگر به مقدار ۲۰ کیلو ولت کاهش می‌یابد و پس از آن در مزارع کشاورزی و محلات که مرحلهٔ آخر هستند به ولتاژهای ۴۰۰ ولت سه فاز و ۲۳۰ ولت یک فاز (قابل استفاده برای مصرف کننده‌ها) تبدیل و توزیع می‌شود. شکل ساده‌ای از تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی در شکل ۷ــ۱ نشان داده شده است. توزیع انرژی الکتریکی نیز توسط کابل‌های زمینی یا سیم‌های هوایی انجام می‌گیرد (شکل۸ ــ۱).



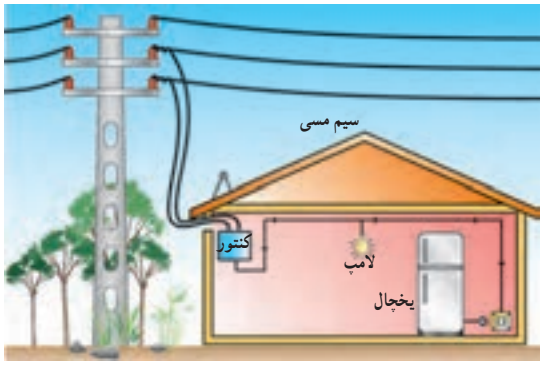
شکل ۷ــ ۱ ــ تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی

شکل ۸ ــ۱ــ تبدیل ولتاژ ۲۰ کیلو ولت به ۴۰۰ و ۲۳۰ ولت

توزیع برق در شبکهٔ برق ایران، در محلات و خیابان‌ها به‌صورت پنج سیمه و توسط تیرهای برق صورت می‌گیرد. در شکل ۹ــ۱ هر کدام از این سیم‌ها نام‌گذاری شده‌اند.

شکل ۹ــ۱ــ نام‌گذاری سیم‌های تیر چراغ برق

برای مشترکانی مانند منازل مسکونی و واحدهای تجاری، که مصرف کننده‌های تک فاز دارند، باید کابلی دو سیمه با یک فاز و یک نول اختصاص داده شود.



شکل ۱۰ــ۱ــ نحوهٔ اتصال برق منازل مسکونی

در صنایع و کشاورزی که مصرف کننده‌های سه فاز (مانند الکتروموتورهای سه فاز) به‌همراه مصرف‌کننده‌های تک‌فاز داریم. باید کابل چهار سیمه با سه فاز و یک نول اختصاص داده شود.

در این بخش به تشریح مفاهیم پایه در برق می‌پردازیم. هنرجویان با درک این مفاهیم می‌توانند موضوعات مرتبط با برق را در فصل‌های بعدی کتاب که جنبهٔ عملی دارد، به سادگی فرا گیرند.

کمیّت‌های الکتریکی

شدّت جریان

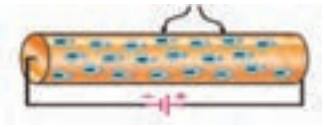
هرگاه بخواهیم از انرژی الکتریکی برای انجام کاری استفاده کنیم، لازم است الکتریسیته تولید شده را در مدار جاری کنیم. به عبارت دیگر اگر بتوانیم با دادن انرژی به یک اتم، الکترون‌های آن را آزاد و آن را در یک مسیر حرکت دهیم «**جریان الکتریکی**» به وجود می‌آید.

حرکت الکترون‌های آزاد در درون سیم به صورت «ضربه‌ای» صورت می‌گیرد. یعنی الکترون‌ها با یکدیگر برخورد می‌کنند و از اتمی‌به اتم دیگر منتقل می‌شوند. سرعت این ضربه‌ها در حدود سرعت سیر نور (۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه) است. ضربه‌های انرژی را که از یک الکترون به الکترون دیگر برخورد می‌کند و باعث جا به‌جایی آن می‌شود، را در اصطلاح جریان الکتریکی می‌نامند. در شکل (۱۱ــ۱) ضربه‌های انرژی وارد شده به الکترون‌ها را مشاهده می‌کنید. این ضربه مانند وارد کردن ضربهٔ یک گوی به چند گوی در تماس با هم است.

الف) ضربه‌های انرژی وارد شده به الکترون‌ها در یک سیم

شکل۱۱ــ۱

تعداد الکترون‌هایی که انرژی هم جهت دارند میزان شدّت جریان الکتریکی را تعیین می‌کنند (شکل۱۲ــ۱).



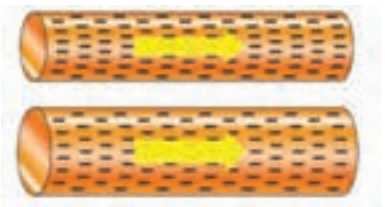
شکل ۱۲ــ ۱ــ حرکت الکترون‌ها در یک سیم

شدّت جریان الکتریکی را با حرف (I)نشان می‌دهند. بنا بر تعریف، مقدار بار الکتریکی (الکترون‌های آزاد)که از یک نقطهٔ سیم طی مدت زمانی معین عبور می‌کند «شدّت جریان الکتریکی» می‌نامند و واحد آن آمپر (A) می‌باشد.

در مدارهای الکتریکی برای اندازه‌گیری شدّت جریان وسیله‌ای به نام آمپرمتر که علامت اختصاری آن Ⓐ است، به‌کار می‌رود (شکل۱۳ــ۱).

شکل۱۳ــ ۱ــ تصاویر دو نمونه آمپرمتر

شدت جریان با تراکم الکترون‌های در حال حرکت در سیم معرفی می‌شود. برای نمونه اگر بخواهیم شدّت جریانی معادل ۵ آمپر را از دو سیم مانند شکل۱۴ــ۱ عبور دهیم، دیده می‌شود که تراکم و فشردگی الکترون‌های جاری در سیم شکل(ب) از سیم (الف) بیشتر است. زیرا سطح مقطع سیم (ب) از سیم (الف) کوچک‌تر است.



شکل۱۴ــ۱ــ تراکم جریان در سیم‌ها

اختلاف پتانسیل الکتریکی

نیرویی را که باعث به وجود آمدن جریان الکتریکی در مدار می‌شود «نیروی محرکهٔ الکتریکی» می‌نامند. بنا به تعریف هر بار الکتریکی که بتواند بار الکتریکی دیگری را با عملِ جذب یا دفع به حرکت در آورد کاری انجام می‌شود. لذا به نیروی محرکه ای که بتواند بار الکتریکی را به حرکت در آورد «**پتانسیل الکتریکی**» می‌گویند.

«پتانسیل الکتریکی» یا به اختصار «ولتاژ»، «توانایی انجام کار» نیز نامیده می‌شود.

پتانسیل الکتریکی از رابطهٔ زیر محاسبه می‌گردد :

$$V = \frac{W}{q}$$

هرگاه کار الکتریکی (W) بر حسب ژول و مقدار بار الکتریکی (Q) بر حسب کولن باشد، پتانسیل الکتریکی (V) برحسب ولت

به دست می‌آید. ولتاژهایی که در کارهای روزمره با آن سر و کار داریم عبارت‌اند از :

- ۱/۵ ولت ــ ولتاژ پیل‌های خشک (قلمی)
- ۹ ولت ــ ولتاژ پیل‌های کتابی
- ۱۲ ولت ــ ولتاژ باتری‌های ماشین
- ۲۲۰ ولت ــ ولتاژ منازل مسکونی (برق تک فاز)
- ۳۸۰ ولت ــ ولتاژ مراکز صنعتی (برق سه فاز)

در رسم مدارها پیل (باتری)را با علامت ⊣⊢ نشان می‌دهیم (شکل۱۵ــ۱).

شکل۱۵ــ۱ــ باتری موتورسیکلت

برای اندازه‌گیری ولتاژ از وسیله‌ای به نام ولت‌متر که علامت اختصاری آن به صورت –Ⓥ– است، استفاده می‌شود.

شکل۱۶ــ۱ــ تصاویر ولت متر

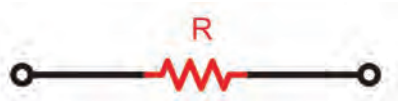
مقاومت الکتریکی

«مقاومت الکتریکی» خاصیتی از ماده است که در برابر عبور جریان الکتریکی از خود مخالفت نشان می‌دهد. مقاومت الکتریکی سیم‌های رابط به صورت ناخواسته در مدارهای الکتریکی وجود دارد. این مقاومت در مدار تلفات الکتریکی ایجاد می‌کند که به صورت گرما خود را نشان می‌دهند.

مقاومت می‌تواند عاملی از پیش تعیین شده باشد که به‌صورت یک مصرف‌کننده در مدارهای الکتریکی قرار گیرد. رشته سیم حرارتی (المنت) دستگاه جوجه‌کشی مقاومتی است که، نه تنها مزاحم نیست بلکه می‌تواند حرارت مورد نیاز دستگاه را تولید کند.

مقدار مقاومت الکتریکی را بر حسب اُهم (Ω) می‌سنجند.

علامت اختصاری مقاومت و عنصر واقعی آن در شکل۱۷ــ۱ نشان داده شده است.



الف) علامت اختصاری مقاومت الکتریکی

ب) مقاومت الکتریکی

شکل۱۷ــ۱

دستگاهی که مقدار مقاومت را می‌سنجد «**اُهم متر**» نام دارد. در شکل۱۸ــ ۱ روش اتصال مقاومت به اهم متر و سنجش اندازه مقاومت نشان داده شده است.

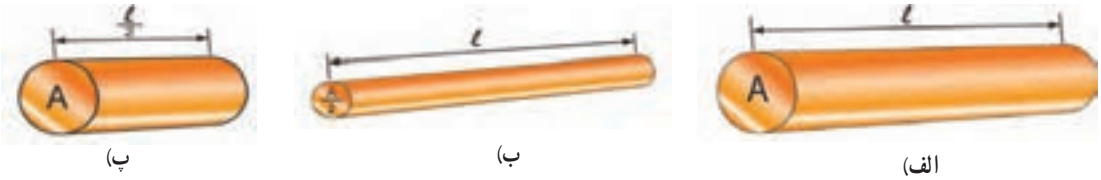
مقدار مقاومت الکتریکی به عوامل فیزیکی و الکتریکی گوناگونی بستگی دارد.

شکل۱۸ــ۱ــ چگونگی اندازه‌گیری مقاومت با اُهم متر

عوامل فیزیکی مؤثر در مقدار مقاومت الکتریکی

هرگاه سه قطعه سیم با مشخصات داده شده در شکل ۱۹ــ۱ را داشته باشیم و مقدار مقاومت‌های هر یک از آنها را جداگانه اندازه بگیریم به نتایجی می‌رسیم که نشان دهندهٔ ارتباط بین عوامل فیزیکی مؤثر در مقاومت الکتریکی یک‌هادی است. برای بررسی عوامل، به موارد زیر توجه می‌کنیم :

- مقاومت سیم (الف) را اندازه می‌گیریم و آن را به‌عنوان مقاومت مبنا یادداشت می‌کنیم.
- مقاومت سیم (ب) را که سطح مقطع آن نصف سطح مقطع سیم الف است اندازه می‌گیریم. مشاهده می‌شود مقدار مقاومت این سیم به دو برابر مقدار مقاومت مبنا افزایش یافته است.
- در مرحله سوم مقاومت سیم (پ) را که طول آن نصف طول سیم (الف) است، اندازه می‌گیریم، مشاهده می‌شود مقدار مقاومت این سیم به نصف مقدار مقاومت سیم الف (مقاومت مبنا) کاهش یافته است.
- با مقایسهٔ مقاومت سیم‌های الف، ب و پ در می‌یابیم که مقاومت یک سیم با طول آن رابطهٔ مستقیم و با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد.



پ) ب) الف)

شکل۱۹ــ ۱ــ سیم‌ها در طول‌ها و سطح مقطع‌های متفاوت

مقدار مقاومت سیم را می‌توان از رابطهٔ زیر به دست آورد : $R = \rho \frac{l}{A}$

R ــ مقاومت سیم برحسب اُهم

L ــ طول سیم برحسب متر

A ــ سطح مقطع سیم برحسب میلی‌مترمربع

ρ ــ مقاومت مخصوص سیم برحسب $\frac{\Omega.mm^2}{m}$

پیش از توضیح قوانین اساسی برق لازم است به بررسی برخی از تعاریف پایه‌ای بپردازیم و با تعدادی از اجزای مدارهای الکتریکی آشنا شویم.

مدار الکتریکی

مسیری را که شامل منبع تغذیه، مصرف کننده و سیم‌های رابط باشد «**مدار الکتریکی ساده**» گویند.

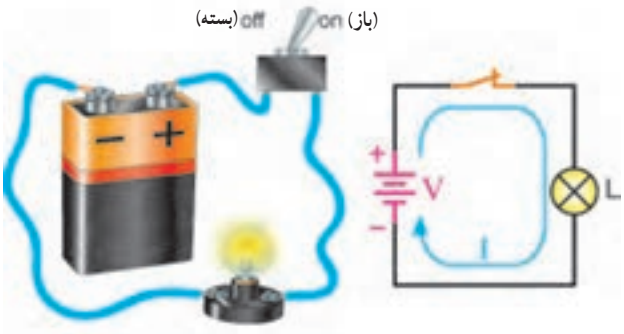
در یک مدار الکتریکی، **منبع تغذیه** (مولّد)، تأمین کننده انرژی است و می‌تواند باتری یا ژنراتور باشد. **مصرف‌کننده** (بار)، انرژی الکتریکی را به انرژی مورد نیاز تبدیل و مصرف می‌کند. وظیفهٔ **سیم‌های رابط**، انتقال انرژی الکتریکی از منبع تغذیه به مصرف‌کننده است. در شکل ۲۰ــ۱ تصویر یک مدار الکتریکی ساده را مشاهده می‌کنید.

شکل۲۰ــ۱ مدار الکتریکی ساده

در مدارهای الکتریکی، علاوه بر سه عامل اصلی فوق، از اجزای دیگری نیز استفاده می‌شود. از جملهٔ این اجزا می‌توان کلید، فیوز و وسایل اندازه‌گیری را نام برد. اگر اجزای فوق در مدار الکتریکی وجود نداشته باشند، ایرادی در کار پیش نمی‌آید، ولی مدار بدون کنترل و حفاظت خواهد بود.

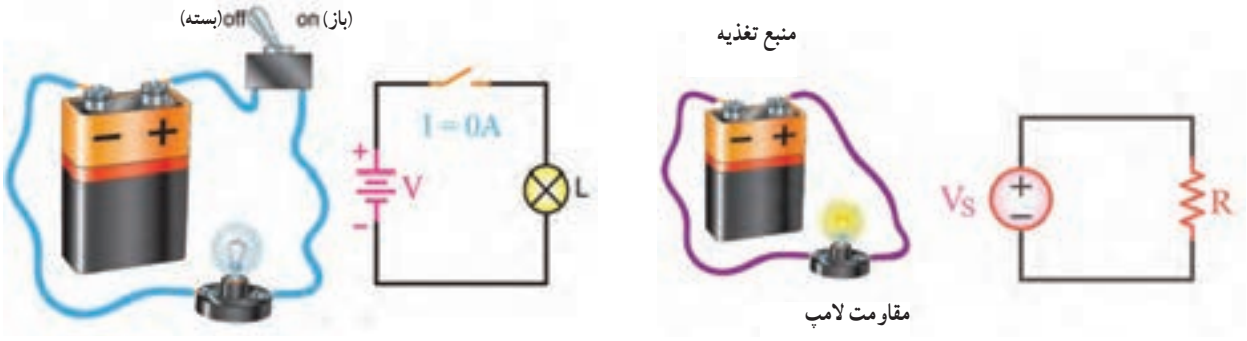
کلید جریان را در مدارهای الکتریکی قطع و وصل می‌کند.

اگر برای عبور جریان الکتریکی، مسیر کاملی از قطب مثبت باتری، سیم‌های رابط و مصرف کننده به قطب منفی وجود داشته باشد آن مدار را «**مدار بسته**» یا «**مدار کامل**» می‌گویند. در شکل ۲۱ــ۱ نمونه‌ای از یک مدار الکتریکی بسته را مشاهده می‌کنید.



شکل۲۱ــ ۱ مدار الکتریکی بسته (کامل)

اگر مسیر عبور جریان به دلایلی مانند قطع شدن سیم‌های رابط، سوختن فیوز، قطع مصرف کننده یا قطع شدن کلید کامل نباشد مدار را «**مدار باز**» یا «**مدار ناقص**» می‌گویند(شکل۲۲ــ۱).

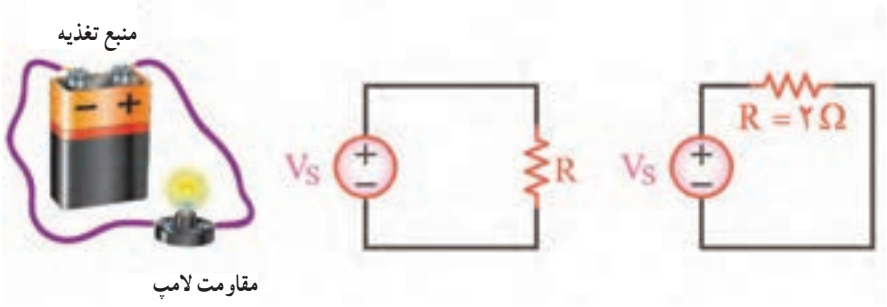


ب)

الف)

شکل۲۲ــ۱ مدار الکتریکی باز

در یک مدار الکتریکی، مصرف کننده در برابر عبور جریان از خود مقاومت نشان می‌دهد و شدت جریان را تنظیم می‌کند بنابراین در مدار مصرف‌کننده را با علامت اختصاری مقاومت نشان داده می‌شود (شکل۲۳ــ ۱).

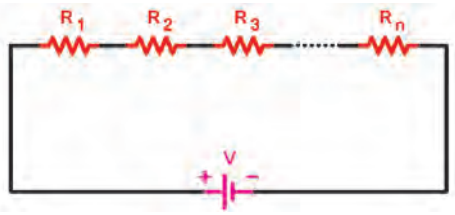


شکل۲۳ــ۱ــ مدار الکتریکی بسته

روش‌های اتصال(هم‌بندی) مقاومت‌ها

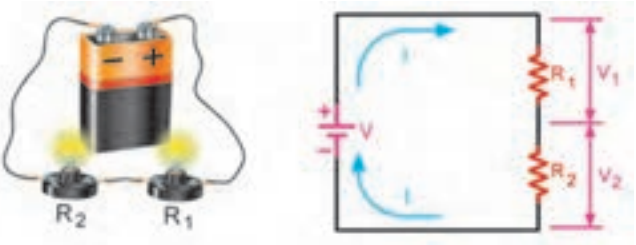
اتصال سری

هرگاه دو یا چند مقاومت به صورت متوالی (دنبال‌هم ــ پشت سرهم)به یکدیگر اتصال داده شوند، اتصال مقاومت‌ها را «**سری**» گویند. در این مدار مقاومت‌ها چنان به هم بسته می‌شوند که انتهای مقاومت اول به ابتدای مقاومت دوم و انتهای مقاومت دوم به ابتدای مقاومت سوم وصل شده باشد، اگر به همین ترتیب تا آخرین مقاومت ادامه یابد می‌گوییم مقاومت‌ها به روش سری بسته شده است (شکل۲۴ــ۱).



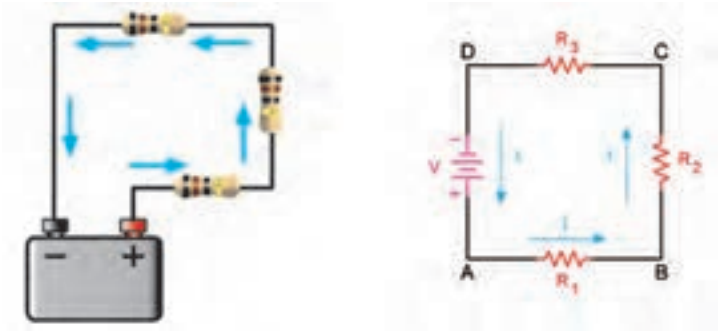
شکل۲۴ــ۱ــ اتصال سری مقاومت‌ها

شکل۲۵ــ۱ یک نمونه واقعی و نقشه فنی مدار اتصال سری مقاومت‌ها را که در آن دو لامپ با مقاومت‌ها شبیه‌سازی شده‌اند، نشان می‌دهد.



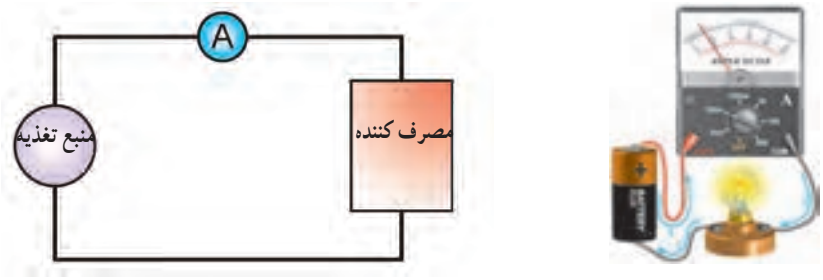
شکل۲۵ــ۱ــ اتصال سری دو لامپ

در مدار سری برای عبور جریان الکتریکی همواره فقط یک مسیر وجود دارد (شکل۲۶ــ۱).



شکل۲۶ــ۱ــ شدت جریان یکسان در همه عناصر مدار سری

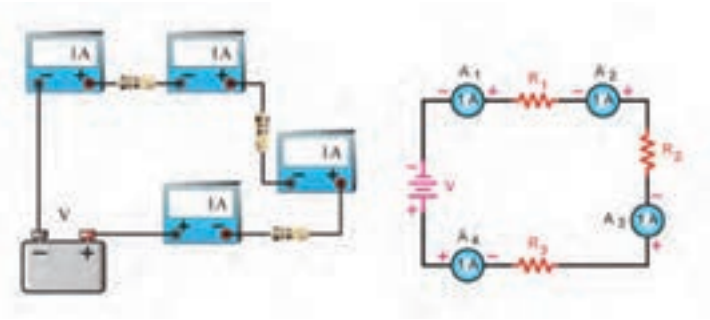
دستگاه اندازه‌گیری آمپرمتر در مدار به صورت سری بسته می‌شود.



الف) تصویر واقعی ب) مدل مداری

شکل۲۷ــ۱ــ نحوهٔ اتصال آمپرمتر در مدار الکتریکی

عامل مشترک در مدار سری : چنانچه مداری را مانند شکل ۲۸ــ۱ می‌بینید که هر یک از آمپرمترها، جریان‌های یکسان (یک آمپر) را نشان می‌دهند.



شکل۲۸ــ۱ــ آمپرمترها در یک مدار سری جریان یکسانی نشان می‌دهند.

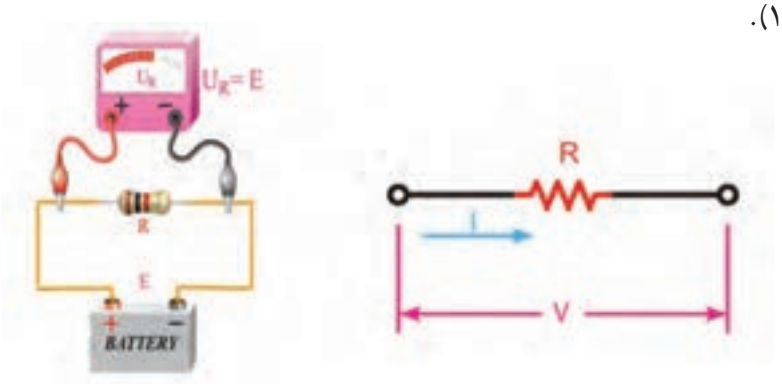
در مدار الکتریکی با مقاومت‌های سری، فقط یک مسیر وجود دارد، در نتیجه شدت جریان در تمام مقاومت‌ها مساوی و ثابت است. به همین دلیل، در مدارهای سری، شدت جریان را می‌توان به عنوان یک عامل مشترکی برای تمام عناصر موجود در مدار دانست. در این مدار، برای شدت جریان رابطهٔ روبه‌رو برقرار است : $I_T=I_1=I_2=I_3=I_4$

نکته

در مدار سری، اگر یکی از مصرف کننده‌ها از مدار خارج شوند به دلیل اینکه فقط یک مسیر برای عبور جریان وجود دارد، مدار باز شده و همهٔ مصرف‌کننده‌ها از مدار خارج می‌شوند. برای نمونه در شکل۲۹ــ۱ اگر یکی از لامپ‌ها باز (قطع) شود یا بسوزد بقیهٔ لامپ‌ها نیز خاموش می‌شوند.

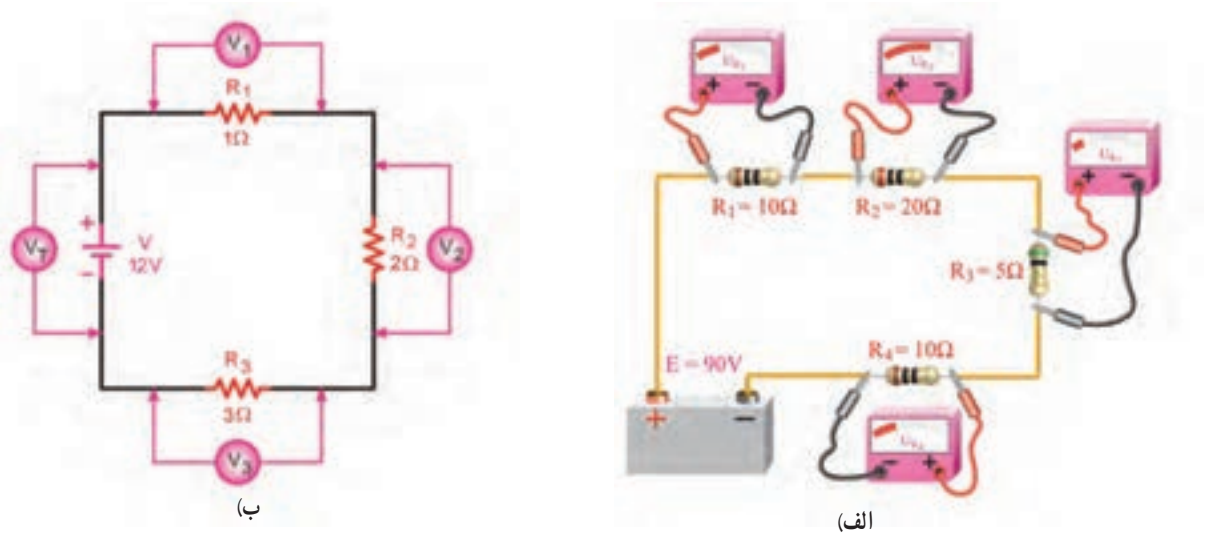
شکل۲۹ــ۱

عامل غیر مشترک در مدار سری : بر اثر عبور جریان الکتریکی از هر مقاومت الکتریکی، در دو سر آن افت ولتاژی به وجود می‌آید. مقدار این افت ولتاژ با ولت‌متر اندازه‌گیری می‌شود. برای این کار کافی است دو سر ولت‌متر را به دو سر مقاومت الکتریکی متصل کنیم (شکل ۳۰ــ ۱).



شکل ۳۰ــ۱ــ افت ولتاژ در دو سر یک مقاومت

اگر مداری را مانند شکل۳۱ــ۱ الف ببندیم، ولت مترها مقادیر ولتاژ متفاوتی را در دو سر مقاومت‌ها نشان می‌دهند. ولت‌مترهای ۱، ۲ ، ۳ و۴ اندازه ولتاژهای دو سر مقاومت‌های R_1، R_2 ، R_3 و R_4را نشان می‌دهند.



شکل۳۱ــ۱ــ مجموع افت ولتاژها در مدار سری با ولتاژ منبع تغذیه برابر است.

در مدار بستهٔ شکل۳۱ــ۱ب، ولت‌متر V_T ولتاژ کل مدار را نشان می‌دهد که برابر مجموع ولتاژهای نشان‌داده شده در ولت‌مترهای V_1،V_2،V_3 است به زبان ساده‌تر بررسی کنید : با بررسی شکل ۳۱ــ۱ ب اندازه‌ای را که ولت‌متر V_1،V_2و V_3 نشان می‌دهد، تعیین کنید. ولتاژ کل منبع تغذیه به نسبت مقدار مقاومت‌ها بین مقاومت‌های مدار تقسیم می‌شود و می‌توانیم بنویسیم :

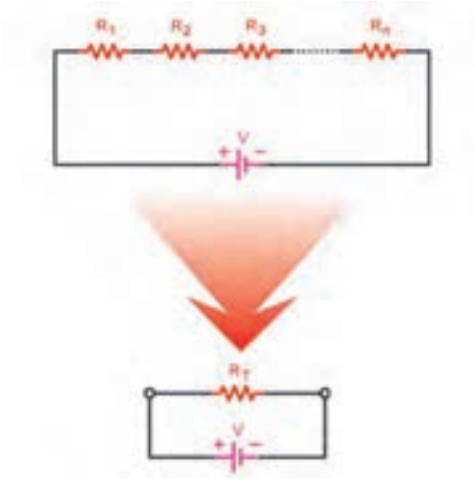
$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

مقاومت معادل در مدار سری : مقاومت کل یا «**مقاومت معادل**» به مقاومتی گفته می‌شود که بتواند به تنهایی اثر همه مقاومت‌های موجود در مدار را داشته باشد و جایگزین همه آنها شود و شدّت جریان مدار تغییری نکند.

با توضیح‌های داده شده درباره مدارهای سری، رابطهٔ نهایی مقاومت معادل R_T به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.

$$R_T=R_1+R_2+R_3+\ldots+R_n$$

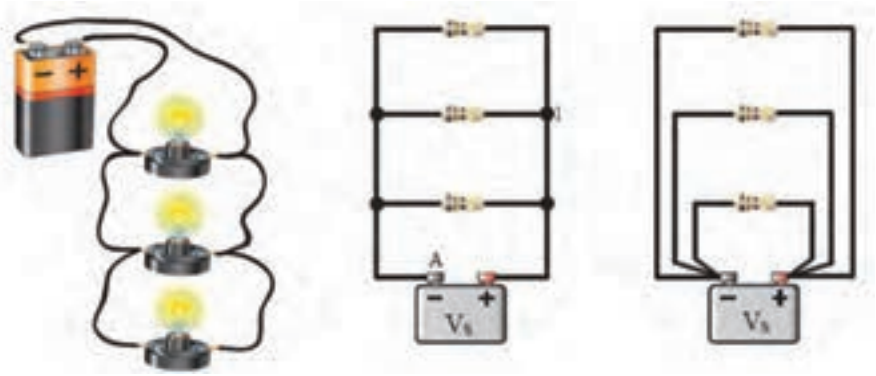
مقاومت معادل مدار شکل ۳۱ــ۱ب را به دست آورید.



شکل ۳۲ــ۱ــ مقاومت معادل

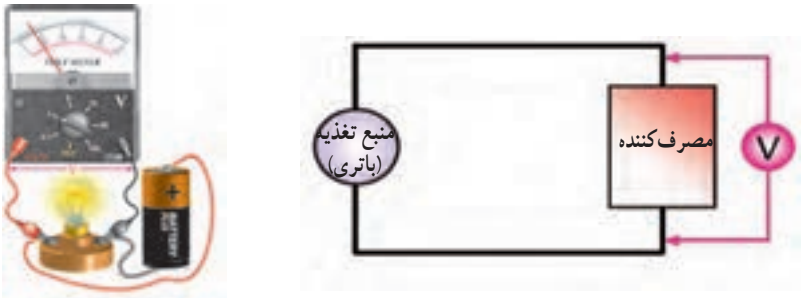
▪ اتصال موازی مقاومت‌ها

اگر دو یا (n) مقاومت، به ترتیبی بسته شوند که یک طرف هر یک از آنها به یکدیگر و طرف دیگر آنها نیز به یکدیگر متصل شوند، این اتصال را «**اتصال موازی**» می‌گویند. شکل ۳۳ــ۱ تصویر سه مقاومت و سه لامپ را، که به‌صورت موازی اتصال دارند، نشان می‌دهد.



شکل ۳۳ــ۱ــ اتصال موازی مقاومت‌ها و لامپ‌ها

در این مدارها یک طرف مقاومت‌ها در نقطهٔ A و طرف دیگر مقاومت‌ها در نقطهٔ B به هم وصل شده‌اند. بین دو نقطهٔ A و B قطب‌های (+) و (–) باتری اتصال داده شده است. برای اندازه‌گیری ولتاژ، ولت‌متر در مدار موازی بسته می‌شود (شکل ۳۴ــ ۱).

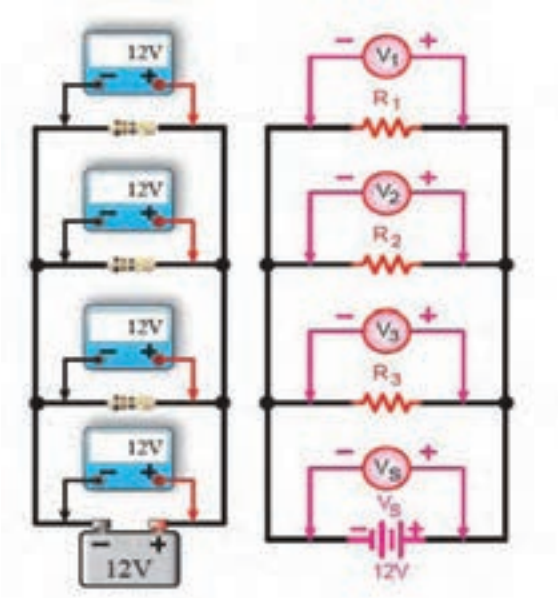


الف) تصویر واقعی ب) مدل مداری

شکل ۳۴ــ۱ اتصال ولت‌متر در مدار

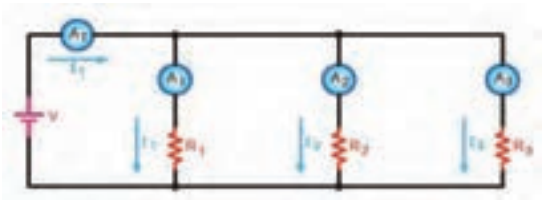
عامل مشترک در مدار موازی : در مدارهای موازی چون دو سر هر مقاومت مستقیماً به دو سر باتری متصل است، بنابراین ولتاژ دو سر همهٔ مقاومت‌ها با هم برابرند. مساوی بودن ولتاژ در مدار موازی عامل مشترک مدار در نظر گرفته می‌شود. با اتصال مداری مانند شکل ۳۵ــ۱ مطلب گفته شده تأیید می‌شود (شکل۳۵ــ۱).

پس برای مدارهای موازی می‌توان رابطهٔ زیر را نوشت : $V_T=V_1=V_2=V_3=V_4$



شکل ۳۵ــ۱ــ برابر بودن ولتاژ عناصر مدار موازی با ولتاژ منبع تغذیه

عامل غیر مشترک در مدار موازی : در مدارهای موازی عاملی را که برای تمام عناصر مقدار ثابتی ندارد «**عامل غیرمشترک**» می‌نامیم. جریان در هر شاخهٔ یک مدار موازی به نسبت عکس مقدار مقاومت‌های هر شاخه، تقسیم می‌شود. یعنی شاخه‌ای که مقدار مقاومت کمتری دارد جریان بیشتری از خود عبور می‌دهد.



شکل۳۶ــ۱ــ در مدار موازی شاخه‌ای که اندازه مقاومت کمتری دارد، جریان بیشتری از خود عبور می‌دهد.

رابطهٔ جریان کل را می‌توان بر اساس این قانون به صورت مقابل نوشت : $I_T=I_1+I_2+I_3$

مقاومت معادل در مدار موازی : برای محاسبه مقاومت معادل در مدار موازی می‌توانید رابطهٔ زیر را به کار ببرید.

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

نکته

ــ اندازه مقاومت معادل هر مدار موازی، از کوچکترین مقاومت موجود در مدار نیز کمتراست.
ــ بین دو مقاومت موازی شده با منبع تغذیه، مقاومتی که مقدار کمتری دارد، جریان بیشتری را از خود عبور می‌دهد.

اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی

برای اندازه‌گیری ولتاژ از ولت متر، اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی از اُهم متر و اندازه‌گیری جریان الکتریکی از آمپرمتر، استفاده می‌شود. به طور کلی وقتی کلمهٔ متر به صورت پسوند با واحد کمیّت‌های اندازه‌گیری می‌آید، نام دستگاهی می‌شود که آن کمیّت را اندازه می‌گیرد، مثل آمپرمتر، ولت متر، اُهم متر و... . از آنجایی که در هر کار فنی برقی، به هر سه دستگاه اندازه‌گیری ولت‌متر، اُهم متر و آمپرمتر، نیاز است برای کار از یک دستگاه اندازه‌گیری به نام «**مولتی‌متر**» که هر سه کمیّت ولتاژ، جریان و مقاومت الکتریکی را می‌تواند اندازه‌گیری کند، استفاده می‌شود.

مولتی‌متر

مولتی‌متر به یک دستگاه اندازه‌گیر چند منظوره است، به عبارت دیگر دستگاهی که بتواند چند کمیّت را اندازه بگیرد، مولتی‌متر نامیده می‌شود. مولتی‌مترها از نظر ساختمان در دو نوع آنالوگ (عقربه‌ای)و دیجیتال ساخته می‌شوند. سیمای ظاهری هر مولتی‌متر از سه قسمت تشکیل شده است.

۱ــ صفحه نشان دهنده ۲ــ سلکتور یا کلید گردان انتخاب کننده ۳ــ ترمینال‌های ورودی و کلیدهای تنظیم‌کننده (شکل۳۷ــ۱).

شکل۳۷ــ۱ــ مولتی‌متر آنالوگ و دیجیتال

گام‌های اندازه‌گیری یک کمیّت الکتریکی با مولتی‌متر :

۱ــ مولتی‌متر را روشن کنید.
۲ــ یکی از پراب‌ها (سیم‌های مولتی‌متر)را در محل یکی از ترمینال‌های ورودی یعنی (COM)قرار دهید.
۳ــ نوع کمیّت مورد اندازه‌گیری را تعیین کنید و پراب دیگر را متناسب با نوع کمیّت مورد نظر، در محل ترمینال ورودی دیگر،

مثلاً V یا A قرار دهید.

۴ــ با توجه به نوع جریان برق (DC یا AC) و همچنین کمیّت مورد اندازه‌گیری، سلکتور را روی همان نوع جریان و کمیّت قرار دهید. محدودهٔ مقدار اندازه‌گیری (رِنج)را تعیین و سلکتور را روی آن رِنج قرار دهید. برای اینکه دستگاه اندازه‌گیری آسیب نبیند، دقت کنید که رِنج انتخابی روی دستگاه از رِنج کمیّت اندازه‌گیری بیشتر باشد. مثلاً اگر می‌خواهید مقدار ولتاژ برق شهر (۲۲۰ ولت) را اندازه‌گیری کنید رِنج انتخابی سلکتور باید بیشتر از ۲۲۰ باشد.

۵ــ دو سر دو پراپ را به محل مورد نظر اتصال دهید. به نوع اتصال سری یا موازی دقت کنید.

۶ــ مقدار اندازه‌گیری شده را قرائت کنید.

نکات ایمنی در کاربرد دستگاه‌های اندازه‌گیری

۱ــ در برخی از مواقع که در اندازه‌گیری با مولتی‌متر دچار اشتباه می‌شوید، فیوز داخل آن عمل می‌کند و داخل فیوز ذوب و قطع می‌شود. در این حالت باید فیوز را عوض کنید. شکل۳۸ــ ۱ یک نمونه فیوز را نشان می‌دهد. در هنگام تعویض فیوز، به مقدار جریانی که روی قسمت فلزی آن حک شده است، دقت کنید.

شکل۳۸ــ۱ــ فیوز مولتی‌متر

۲ــ در آغاز هر اندازه‌گیری با مولتی‌متر آنالوگ با یک پیچ‌گوشتی پیچ تنظیم صفر را طوری تنظیم کنید که عقربه دقیقاً روی عدد صفر قرار گیرد.

۳ــ برای اندازه‌گیری کمیّتی که مقدار آن را نمی‌دانید، نخست از بالاترین سطح (رِنج)اندازه‌گیری شروع کنید.

۴ــ هنگامی که سلکتور را روی آمپر می‌گذارید، مولتی‌متر را باید به صورت سری و هنگام اندازه‌گیری ولتاژ، آن را موازی در مدار موازی ببندید.

۵ــ هنگام اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی باید جریان برق را قطع کنید.

۶ــ اگر هنگام جابه‌جا کردن مولتی‌متر به آن ضربه وارد شود، حساسیت خود را از دست می‌دهد.

کار عملی ۱ــ ۱

هدف : اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی

وسایل مورد نیاز : باتری، سیم رابط، کلید، سرپیچ، لامپ، مولتی‌متر و پیچ گوشتی

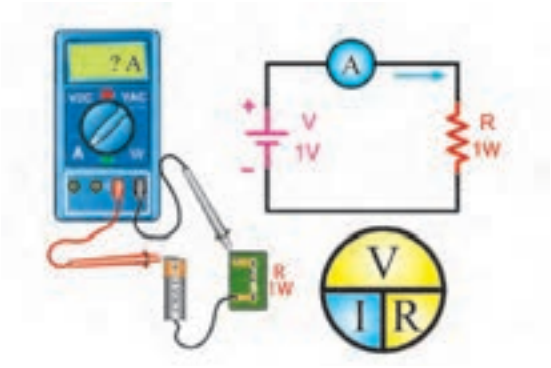
مراحل انجام کار :

۱ــ یک مدار الکتریکی شامل منبع تغذیه (باتری)، لامپ و سیم رابط را ببندید.

۲ــ مولتی‌متر را روشن کنید. پراب‌ها را به ترمینال‌های ورودی COM و V وصل کنید. سلکتور را روی کمیّت ولتاژ از نوع «DC» و رِنج آن را روی بیشترین اندازه قرار دهید. سر دو پراب را به دو سر لامپ اتصال دهید و مقدار ولتاژ اندازه‌گیری شده را بخوانید (شکل۳۹ــ ۱).

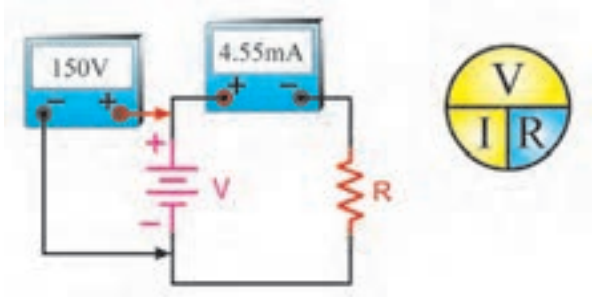
شکل۳۹ــ۱ــ اندازه‌گیری ولتاژ

۳ــ پراب‌ها را به ترمینال‌های ورودی «COM» و «A» وصل کنید. سلکتور را روی کمیّت جریان از نوع «DC» و کلید گردان را روی بیشترین اندازه قرار دهید. سیم رابط را از یک محل قطع کنید و سر دو پراب را به دو سر آن اتصال دهید. با این کار مولتی‌متر به‌صورت سری در مدار قرار می‌گیرد. حال شدت جریان اندازه‌گیری شده را بخوانید (شکل۴۰ــ۱).



شکل۴۰ــ ۱ــ اندازه‌گیری جریان

۴ــ مدار الکتریکی را باز کنید. پراب‌ها را به ترمینال‌های ورودی «COM» و «Ω» وصل کنید. سلکتور را روی کمیّت اُهم و رِنج آن را روی بیشترین اندازه قرار دهید. سرِ دو پراب را به دو سرِ مقاومت اتصال دهید و اندازه مقاومت الکتریکی اندازه‌گیری شده را بخوانید (شکل۴۱ــ۱).

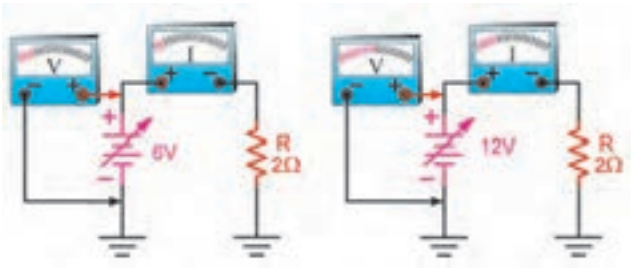


شکل۴۱ــ ۱ــ اندازه‌گیری مقاومت

۵ــ شرح کار و نتایج به‌دست آمده را در دفتر گزارش کار یادداشت نمایید.

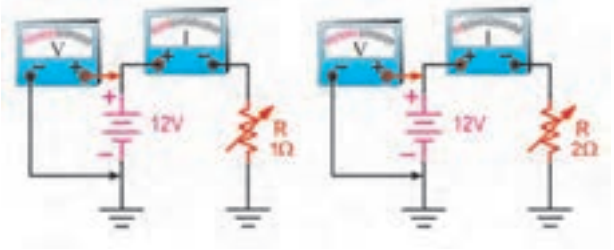
قانون اُهم

اگر مقاومت یک مدار را ثابت نگه داریم و ولتاژ منبع تغذیه را افزایش دهیم، شدّت جریان افزایش می‌یابد (شکل۴۲ــ۱).



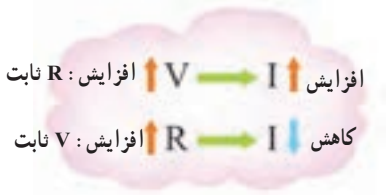
شکل۴۲ــ۱ــ مقاومت ثابت، ولتاژ متغیّر

همچنین اگر ولتاژ منبع تغذیه را ثابت نگه داریم و مقدار مقاومت مدار را افزایش دهیم، جریان مدار کاهش می‌یابد (شکل۴۳ــ۱).

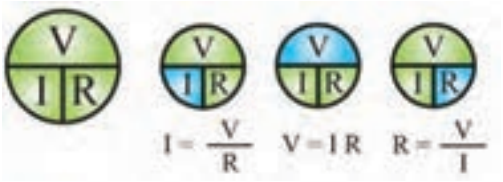


شکل۴۳ــ۱ــ ولتاژ ثابت، مقاومت متغیر

یعنی می‌توانیم بنویسیم :



نتایج آزمایش‌های اُهم به نام قانون اُهم شناخته می‌شود، رابطهٔ قانون اُهم را می‌توانیم به سه صورت بنویسیم.



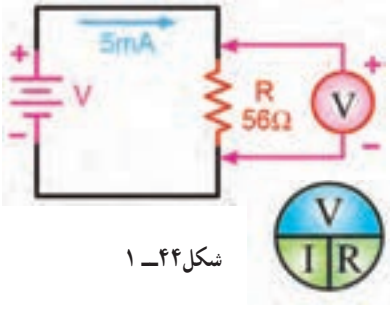
همان گونه که دیده می‌شود اگر دو جزء از معادله معلوم باشد، می‌توان به آسانی جزء سوم را به دست آورد.

مثال : در مدار شکل ۴۴ــ۱، ولت متر چه ولتاژی را نشان می‌دهد؟

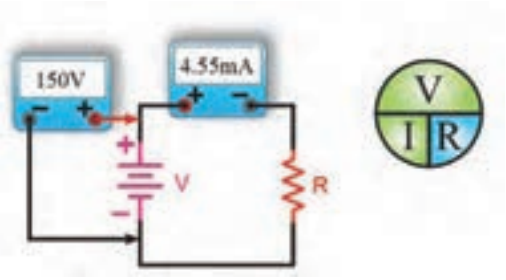
حل :

$$V=R\times I$$

$$V=۵۶\times۵\times۱۰^{-۳}=۰/۲۸\ v$$



شکل۴۴ــ ۱



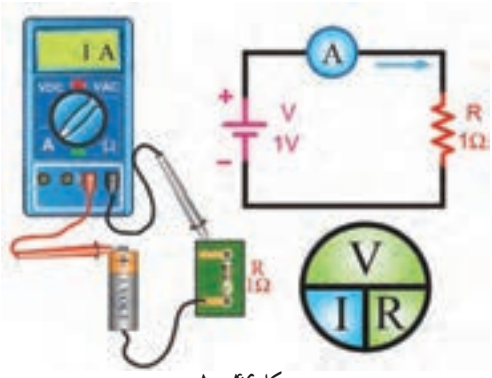
شکل۴۵ــ ۱

مثال : در مدار شکل ۴۵ــ۱ اندازه مقاومت چند کیلواُهم است؟

حل :

$$R=\frac{V}{I}=\frac{۱۵۰}{۴/۵۵\times۱۰^{-۳}}=\frac{۱۵۰\times۱۰^{۳}}{۴/۵۵}=$$

$$=۳۳\times۱۰^{۳}=۳۳K\Omega$$



شکل۴۶ــ ۱

مثال : جریان عبوری از مقاومت مدار شکل ۴۶ــ۱ چند میلی‌آمپر است؟

حل :

$$I=\frac{V}{R}=\frac{۱}{۱}=۱A$$

$$۱\ A=۱۰۰۰\ mA$$

کار عملی ۲ــ ۱

هدف : بررسی قانون اُهم

وسایل مورد نیاز : باتری، سیم رابط، کلید، سرپیچ، لامپ، آمپرمتر، ولت‌متر و اُهم متر

مراحل انجام کار :

۱ــ مطابق شکل۴۷ــ۱ مداری را ببندید (مقادیر عناصر با توجه به امکانات کارگاه انتخاب شود).

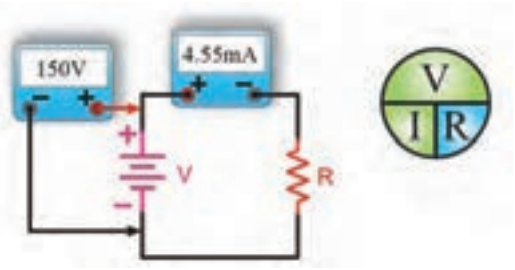
۲ــ آمپرمتر را به صورت سری در مدار قرار دهید و مقدار اندازه‌گیری شده را توسط آن یادداشت نمایید.

۳ــ ولت‌متر را به دو سر مصرف کننده متصل نمایید. مقدار اندازه‌گیری شده را یادداشت نمایید.

آیا مقدار اندازه‌گیری شده توسط ولت‌متر با مقدار محاسبه شده از طریق رابطه یکسان است؟

شکل۴۷ــ ۱

۴ــ مقادیر عناصر را تغییر دهید و مداری با مقدار مقاومت نامعلوم مطابق شکل ۴۸ــ۱ ببندید.



شکل ۴۸ــ۱

۵ــ آمپرمتر و ولت‌متر را در مدار قرار داده و مقادیر ولتاژ منبع تغذیه و جریان مدار را اندازه‌گیری کرده و یادداشت نمایید.

۶ــ اندازه مقاومت را محاسبه کنید.

۷ــ پس از باز کردن مقاومت از مدار، اندازه مقاومت را با اُهم متر اندازه‌گیری کنید.

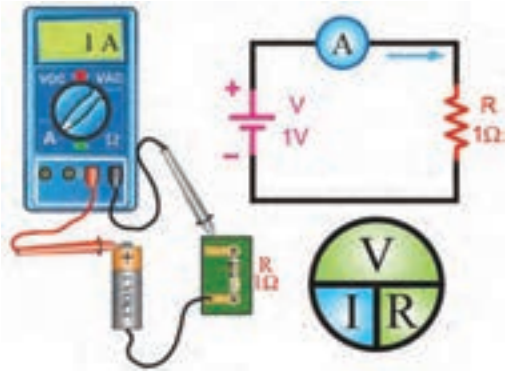
۸ــ اندازه اندازه‌گیری شده مقاومت با اُهم متر را با اندازه محاسبه شده با رابطه، مقایسه نمایید.

۹ــ مقاومت یک اهمی را به یک منبع تغذیهٔ یک ولتی شکل۴۹ــ۱ ببندید.

۱۰ــ اندازه جریان مدار را با رابطه محاسبه نمایید.

۱۱ــ آمپرمتر را در مدارسری ببندید و شدت جریان مدار را اندازه‌گیری نمایید.

۱۲ــ مقدار اندازه‌گیری شدهٔ جریان را با اندازه محاسبه شده، مقایسه کنید.



شکل۴۹ــ۱

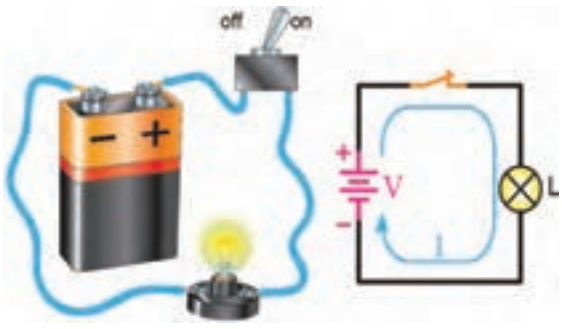
۱۳ــ گزارش کار خود را در دفتر گزارش کار یادداشت کنید.

نکته

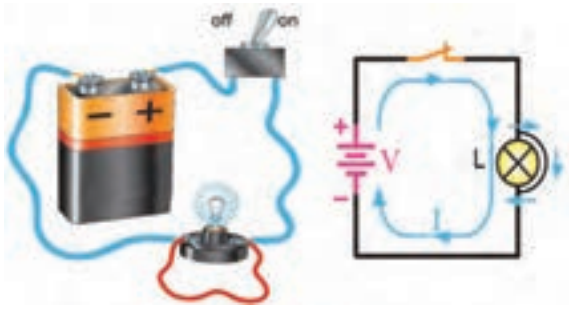
یکی از حالاتی که ممکن است در مدارهای الکتریکی به وجود آید، حالت «اتصال کوتاه» است. این حالت می‌تواند موجب عمل کردن فیوز مدار یا حتی سوختن برخی از قطعات آن شود.

اتصال کوتاه در مدار به شرایطی گفته می‌شود که مقاومت مصرف کننده (بار)به صفر برسد، یعنی دو سر مصرف کننده با سیمی که مقاومتی ندارد به یکدیگر متصل شوند. با ایجاد چنین حالتی جریان بسیار زیادی از مدار خواهد گذشت، زیرا با قرار دادن مقدار صفر در مخرج رابطهٔ زیر، جریان بسیار زیاد شده و وسایل الکتریکی که در مسیر این جریان زیاد قرار بگیرند، خواهند سوخت (شکل۵۰ــ۱)و (شکل۵۱ــ۱).

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{0} = \infty$$



شکل۵۰ــ۱ــ مدار الکتریکی در حالت عادی



شکل۵۱ــ۱ــ دو سر لامپ اتصال کوتاه شده

توان الکتریکی

اندازه کار انجام شده در واحد زمان را «**توان**» یا «**قدرت**» گویند و می‌توان آن را از رابطهٔ زیر به دست آورد.

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

W ــ اندازه کار انجام شده بر حسب ژول (J)،

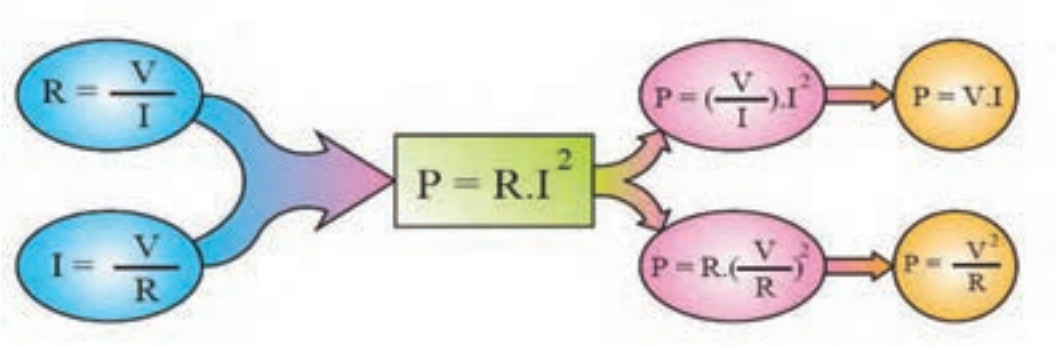
t ــ مدت زمان انجام کار بر حسب ثانیه (S)،

P ــ توان (قدرت)بر حسب ژول بر ثانیه (J/S) یا وات (w).

یک وات توان را می‌توان چنین تعریف کرد :

هرگاه برای انجام کاری در مدت زمان یک ثانیه یک ژول انرژی استفاده شود، می‌گوییم توان یک وات است. از آنجایی که با رابطهٔ الکتریکی آشنا هستیم پس می‌توان رابطهٔ توان را بر پایه آن برای یک مقاومت معلوم به این گونه نیز محاسبه کرد : $P=R\times I^2$

اگر در رابطه فوق به کمک قانون اُهم یک بار به جای R و بار دیگر به جای I معادل پارامتری هر یک را قرار دهیم دو رابطهٔ دیگر برای توان به دست می‌آید. نمودار ۱ــ۱ چگونگی مراحل به دست آوردن روابط را نشان می‌دهد.



نمودار ۱ــ ۱

توان الکتریکی را با واحد دیگری به نام «اسب بخار» نیز بیان می‌کنند. هر اسب بخار ۷۳۶ وات است.

مقدار توان مصرفی در مدارهای الکتریکی را با وسیله‌ای به‌نام «وات متر» اندازه‌گیری می‌کنند. علامت اختصاری این وسیله W است. یک نمونهٔ وات متر را در شکل (۵۲ــ۱) می‌بینید.

شکل۵۲ــ۱ــ روش بستن وات متر در مدار

توان مصرفی کل یک مدار الکتریکی که از چند جزء تشکیل شده است از حاصل جمع توان‌های تک تک عناصر مدار به دست می‌آید. برای محاسبهٔ توان هر یک از عناصر لازم است دو کمیّت از سه کمیّت V و I و R معلوم باشد تا بتوان یکی از روابط P را به کار برد.

حاصل‌ضرب توان در زمان را «**انرژی**» می‌گویند. برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی از کنتور استفاده می‌کنند. امروزه کنتورها تک فاز و سه فاز دیجیتالی ساخته می‌شوند. برای پرهیز از مصرف برق در زمان‌های پرمصرف و تشویق مردم به مصرف برق در زمان‌های کم مصرف این کنتورها می‌توانند مقدار انرژی الکتریکی مصرفی را در سه فاصلهٔ زمانی در شبانه روز ثبت کنند. این سه فاصله زمانی شامل زمان‌های کم مصرف، مصرف متوسط و اوج مصرف است. اوج مصرف در کشور ما در تابستان بین ساعات ۱۹ تا ۲۳ و در زمستان بین ساعات ۱۸ تا ۲۲ است.

شکل۵۳ــ۱ــ کنتورهای تک فاز و سه فاز دیجیتالی

ضریب بهره (راندمان) الکتریکی

در هنگام تبدیل انرژی‌ها به یکدیگر، مقداری از انرژی به نوع دیگری از انرژی غیرمفید تبدیل می‌شود. این انرژی را «**انرژی تلف شده**» می‌نامند. برای نمونه در یک موتور الکتریکی، که انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود بخشی از انرژی الکتریکی که موتور دریافت کرده است به صورت‌های زیر تلف می‌شود :

الف) اصطکاک قسمت‌های مکانیکی گردنده

ب) گرما در سیم‌های حامل جریان

ج) گرما در سیم پیچی و هسته

چون مقدار توان تلف شده در همه دستگاه‌ها یکسان نیست. میزان کارآیی هر وسیله با اصطلاح «**کارآیی**» یا «**راندمان**» یا بازده بیان می‌شود. نمودار **۲ــ۱**وضعیت مصرف کننده‌ها را از نظر ورودی و خروجی نشان می‌دهد.

به طور کلی نسبت توان گرفته شده (خروجی) به توان داده شده (ورودی) را «**بازده یا راندمان**» گویند. ضریب بهره، که معرف مقدار عددی راندمان است همیشه بر حسب درصد بیان می‌شود. هر قدر عدد راندمان بیشتر باشد نشان دهنده آن است که کیفیت و کارایی دستگاه بهتر است. اگر توان ورودی را با (P_1) و توان خروجی را با (P_2) و ضریب بهره را با «η» نشان دهیم، رابطهٔ آن به‌صورت زیر خواهد شد :

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

در محاسبهٔ میزان راندمان یک وسیلهٔ الکتریکی باید به نوع توان یا انرژی ورودی و خروجی آن توجه کرد و در محاسبه مقدار راندمان یا کارآیی، آن را در نظر داشت. در یک موتور الکتریکی توان ورودی آن (P_1) از نوع انرژی الکتریکی، ولی توان خروجی آن (P_2) از نوع انرژی مکانیکی است (شکل ۵۴ــ۱).

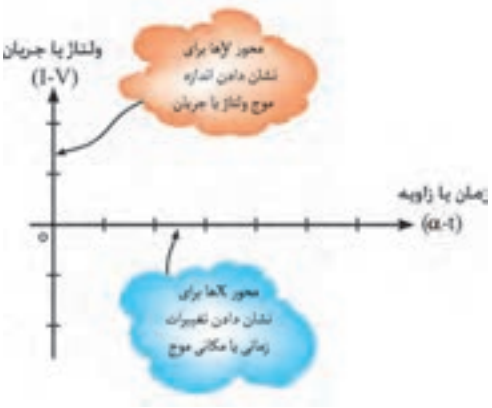
شکل۵۴ــ۱ــ توان و تلفات در موتور الکتریکی

همچنین در یک لامپ، توان ورودی (P_1) انرژی الکتریکی است و توان خروجی (P_2) مفید از نوع انرژی نورانی و توان غیرمفید(ΔP) گرما است.

شکل ۵۵ــ۱ــ توان و تلفات در لامپ معمولی

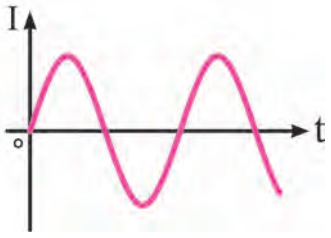
جریان متناوب

جریان متناوب به جریانی گفته می‌شود که در طی مدت زمان مشخص، اندازه و جهت آن تغییر می‌کند و این تغییر به تناوب ادامه می‌یابد. در مدارهای الکتریکی، تغییرات ولتاژ یا جریان نسبت به زمان را به شکل موج، نشان می‌دهند. برای رسم شکل‌موج، در محور مختصات، محور عمودی نشانگر ولتاژ یا جریان و محور افقی معرف زمان یا زاویه است. بالای محور افقی را بخش مثبت موج و پایین آن را بخش منفی موج می‌گویند.



شکل۵۶ــ۱ــ محورهای مختصاتی برای رسم شکل‌موج

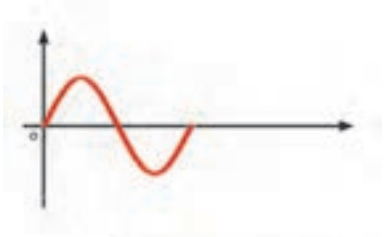
جریان الکتریکی متناوب نخست در یک جهت جریان می‌یابد، سپس جهت خود را عوض می‌کند و در خلاف جهت قبل جاری‌می‌شود (شکل ۵۷ــ۱).

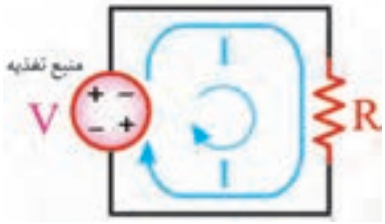


شکل ۵۷ــ۱ــ جریان متناوب در مدار الکتریکی

مشخصات جریان متناوب :

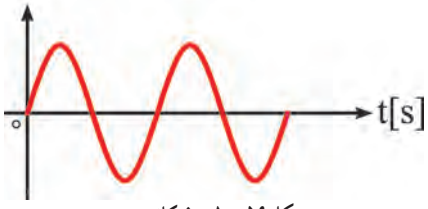
چرخه (سیکل) : در یک کار یا فرایند که به‌طور متناوب تکرار می‌شود به هر تکرار یک چرخه گفته می‌شود برای نمونه در یک جریان سینوسی متناوب یک نیم موج مثبت و منفی با هم یک سیکل یا چرخه را تشکیل می‌دهند.





شکل ۵۸ــ۱

بسامد (فرکانس) : به تعداد سیکل‌ها (نوسانات) در مدت زمان یک ثانیه «فرکانس» می‌گویند. واحد فرکانس هرتز[1] (Hz) است. فرکانس برق ایران ۵۰ هرتز است. در شکل ۵۹ــ۱ مقدار فرکانس ۲ هرتز است.

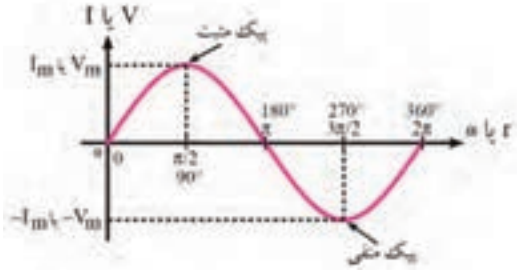


شکل۵۹ــ۱ــ فرکانس

فرکانس‌متر برای اندازه‌گیری فرکانس به کار برده می‌شود (شکل ۶۰ــ ۱). فرکانس متر در مدار موازی بسته می‌شود.

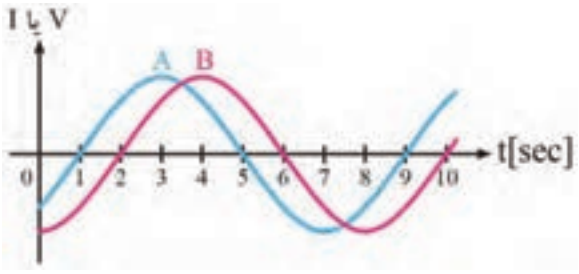
شکل ۶۰ــ۱ــ فرکانس متر

مقدار ماکزیمم (پیک) : به حداکثرِ مقداری که ولتاژ و جریان سینوسی در هر سیکل می‌توانند به آن دست یابند، مقدار ماکزیمم گویند. (شکل ۶۱ــ۱).



شکل۶۱ــ۱ــ مقدار ماکزیمم موج

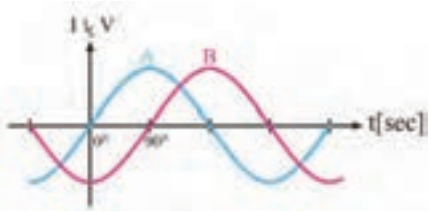
اختلاف فاز : فاز اصطلاحی است که وضعیت زمانی یا مکانی دو یا چند یک موج را نسبت به یک مبدأ مشخص بیان می‌کند. برای تعیین میزان اختلاف بین دو یا چند موج از اصطلاح اختلاف فاز استفاده می‌کنند. در شکل۶۲ــ۱ موج A و B به اندازهٔ یک ثانیه با هم اختلاف فاز (اختلاف زمانی) دارند. موج A یک ثانیه نسبت به موج B جلوتر است. یعنی موج A یک ثانیه زودتر از موج B به مقدار ماکزیمم و صفر می‌رسد.



شکل۶۲ــ۱ــ اختلاف فاز یک ثانیه

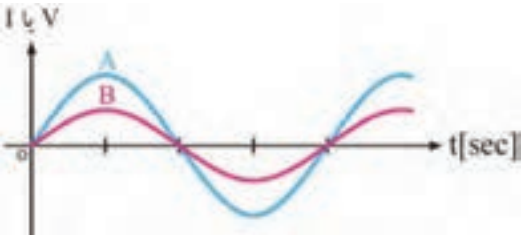
۱ــ $Hz=\frac{1}{s}$

در شکل ۶۳ــ۱ موج A به اندازهٔ ۹۰ درجه از موج B جلوتر است یا به عبارتی دیگر، دو موج A و B به اندازهٔ ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند.



شکل۶۳ــ۱ــ اختلاف فاز ۹۰ درجه

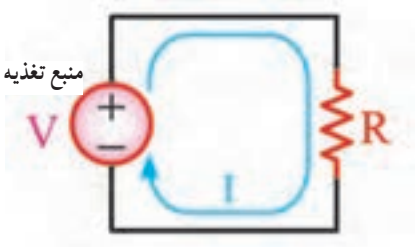
در شکل (۶۴ــ۱) دو موج با هم، هم‌فازند و هیچ اختلاف فازی ندارند. چون نقطهٔ شروع هر دو موج یکسان است و این دو موج در مقادیر ماکزیمم(پیک) اختلاف دارد.



شکل۶۴ــ۱ــ دو موج هم فاز

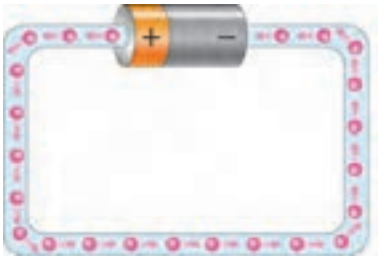
جریان مستقیم

اگر قطب‌های منبع ولتاژ مدار هرگز تغییر نکند، جهت جریان ثابت می‌ماند و به آن «جریان مستقیم یا DC» می‌گویند (شکل۶۵ــ۱).



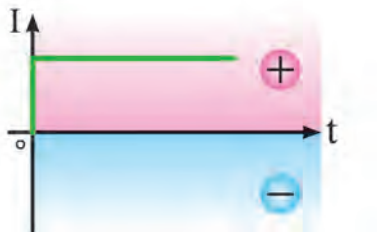
شکل۶۵ــ۱ــ مدار با جریان مستقیم

اگر جریان مستقیم (DC) از قطعه سیمی‌عبور کند، طبق قرارداد سوی جریان از قطب مثبت به قطب منفی است. در این حالت فرض می‌شود الکترون‌ها از قطب مثبت به قطب منفی منتقل می‌شوند (شکل۶۶ــ۱).



شکل۶۶ــ ۱

موج‌هایی که دارای قسمت منفی نیستند، موج مستقیم نامیده می‌شوند. برق باتری‌ها دارای موج مستقیم است (شکل۶۷ــ۱).



شکل۶۷ــ۱ــ موج جریان مستقیم

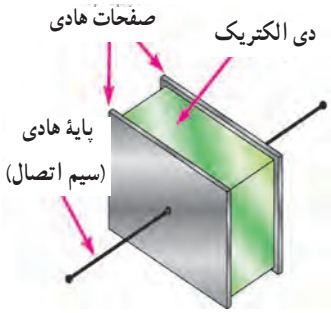
خازن

خازن وسیله‌ای است که می‌تواند الکتریسیته را در خود ذخیره کند، همان گونه که یک مخزن آب برای ذخیره کردن آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۶۸ــ۱، تعدادی از انواع خازن‌ها، که در موتورهای الکتریکی کاربرد زیادی دارند، نشان داده شده است.

شکل ۶۸ــ۱ــ نمونه‌های مختلف خازن

ساختمان خازن

خازن از دو صفحهٔ هادی، که بین آنها عایق (دی الکتریک) شده است، تشکیل می‌شود. شکل ۶۹ــ ۱ طرح ساده یک خازن مسطح و نشانه اختصاری آن را نشان می‌دهد.



شکل ۶۹ــ۱ــ ساختمان داخلی و نشانه اختصاری خازن

خازن دارای دو بخش اصلی است.

الف) صفحات خازن : صفحات خازن‌هادی هستند و بیشتر از ورقه‌های نازک از جنس آلومینیوم، روی یا نقره ساخته می‌شوند.

شکل ۷۰ــ۱ــ صفحات خازن

ب) مادهٔ عایق (دی‌الکتریک) : مادهٔ عایق به کار رفته بین صفحات خازن را دی الکتریک گویند. این مادهٔ عایق می‌تواند هوا، خلأ، کاغذ، شیشه، میکا، روغن و... باشد.

ویژگی‌های خازن

برخی از ویژگی‌های فنی خازن عبارت‌اند از :

الف) ظرفیت : مقدار توانایی یک خازن در ذخیره کردن الکتریسیته را «**ظرفیت خازن**» می‌گویند. به عبارت دیگر ظرفیت خازن برابر است با مقدار باری که باید روی یکی از صفحات خازن ذخیره شود تا پتانسیل آن نسبت به صفحهٔ دیگر به اندازهٔ یک ولت افزایش یابد. ظرفیت خازن را با حرف C نمایش می‌دهند و آن را با واحد فاراد می‌سنجند. مقدار ظرفیت خازن را روی بدنهٔ آن یا در برگهٔ مشخصات (کالانما) آن مشخص می‌کنند. ظرفیت خازن را می‌توان از رابطهٔ زیر به دست آورد :

$$C = \frac{q}{V}$$

که در آن :

C ــ ظرفیت خازن (بر حسب فاراد)

qــ بار الکتریکی ذخیره شده در صفحات (بر حسب کولن)

Vــ ولتاژ دو سر خازن (بر حسب ولت)است.

چون فاراد واحد بسیار بزرگی است. لذا از واحدهای کوچک‌تر مانند میکروفاراد یا $\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰}$ فاراد استفاده می‌شود. که آن را با μF نشان می‌دهند. $۱F=۱۰^{۶}\mu F$ یا $۱\mu F=۱۰^{-۶}F$

شکل ۷۱ــ۱

اولین موضوعی که در انتخاب یک خازن باید به آن توجه کرد، ظرفیت آن است. در شکل ۷۱ــ۱ مقدار ظرفیت خازن ۱۰μF است. شاید مقدار ظرفیت خازن مورد نیاز ما در حوزه خازن‌های استاندارد موجود در بازار نباشد. ولی شاید بتوانیم به کمک چند خازن، مقدار ظرفیت خازن معادل را بسازیم.

شکل ۷۲ــ۱

ب) ولتاژ کار : به بیشینه ولتاژی که می‌توان به خازن اعمال کرد، به گونه‌ای که عایق دی الکتریک 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. مقدار ولتاژ کار را روی خازن می‌نویسند یا توسط کارخانه سازنده در برگهٔ مشخصات (کاتالوگ) آن آورده می‌شود.

ج) تُلِرانس : به بیشینه انحراف مجاز ظرفیت خازن نسبت به ظرفیت اسمی آن، تلرانس گویند. در شکل ۷۳ــ۱ تُلِرانس ظرفیت خازن ده درصد است. یعنی ظرفیت خازن می‌تواند ده درصد بیشتر یا ده در صد کمتر از مقدار ظرفیت نوشته شده روی آن باشد.

شکل ۷۳ــ ۱

د) ضریب حرارتی : به بیشینه میزان تغییر ظرفیت خازن به ازای یک درجهٔ تغییر دما ضریب حرارتی می‌گویند.

بررسی :

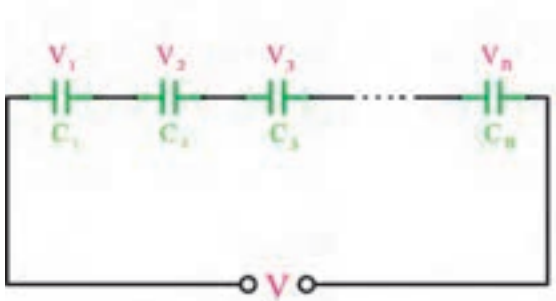
در روی تصاویر خازن مشخصات فنی نوشته شده را در جدول بنویسید. این کار را روی خازن واقعی که از هنرآموز دریافت می‌کنید، تکرار کنید.

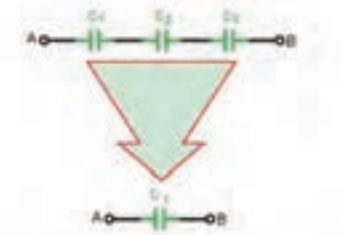
خازن	ظرفیت	ولتاژکار	تلرانس
شکل ۷۱ــ۱			
شکل ۷۲ــ۱			
شکل ۷۳ــ۱			
بررسی شده در کلاس			

مطالعه آزاد ــ اتصال خازن‌ها

اگر خازنی مورد نیاز باشد که در محدودهٔ ظرفیت‌های استاندارد نباشد، می‌توان با متصل کردن چند خازن به‌صورت سری، موازی یا ترکیبی، ظرفیت خازن دلخواه را به‌دست آورد. اصطلاحاً به خازنی که می‌تواند جایگزین تمام خازن‌های مدار شود، **خازن معادل** گویند.

الف) اتصال سری خازن‌ها : اتصال دو (یا n) خازن مانند شکل ۷۴ــ ۱ اتصال سری است. ظرفیت خازن معادل در مدار سری را می‌توان از رابطهٔ زیر به دست آورد :





$$\frac{۱}{C_T}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}+\frac{۱}{C_۳}\cdots+\frac{۱}{C_n}$$

شکل ۷۴ــ۱ــ اتصال سری خازن‌ها

همان‌گونه که از رابطه دیده می‌شود ظرفیت خازن معادل در مدارهای سری مانند رابطهٔ مقاومت‌های موازی است.

مثال : ظرفیت خازن معادل از دو نقطهٔ A و B در شکل ۷۵ــ۱چند میکروفاراد است؟

شکل ۷۵ــ ۱

پاسخ :

$$\frac{۱}{C_T}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}+\frac{۱}{C_۳}$$

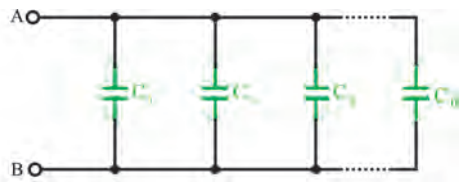
$$\frac{۱}{C_T}=\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۴}=\frac{۱+۲+۳}{۱۲}=\frac{۶}{۱۲}$$

$$C_T=\frac{۲}{۱}=۲\mu F$$

نکته

خازن‌ها را پیش از اتصال در مدار، نخست باید دِشارژ (تخلیه)کنید. برای دِشارژ خازن می‌توانید دو سر آن را با یک مقاومت به یکدیگر ببندید.

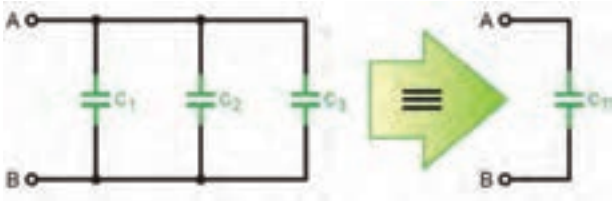
ب) اتصال موازی خازن‌ها : هرگاه دو یا n خازن مانند شکل ۷۶ــ۱ به یکدیگر وصل شوند، این اتصال را «موازی» گویند.



شکل ۷۶ــ۱ــ اتصال موازی خازن‌ها

مطالعه آزاد ــ اتصال خازن‌ها

ظرفیت خازن معادل در مدار موازی را می‌توان از رابطهٔ زیر به دست آورد :

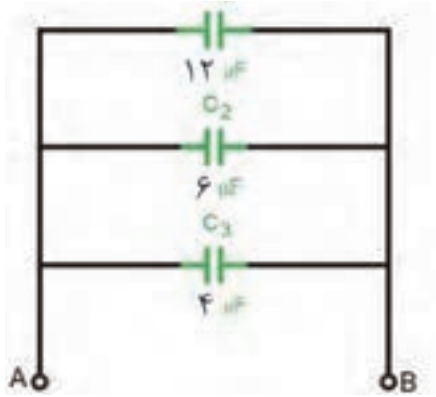


شکل۷۷ــ۱ــ خازن معادل

$$C_T=C_1+C_2+C_3+\ldots C_n$$

همان گونه که در رابطه مشخص است، ظرفیت خازن معادل در مدارهای موازی مانند رابطه مربوط به مقاومت‌های سری است.

مثال : ظرفیت خازن معادل از دو نقطهٔ A و B در شکل ۷۸ــ۱چند میکروفاراد است؟



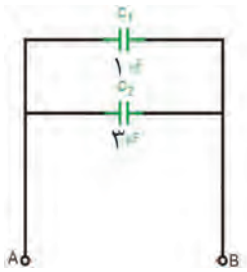
شکل ۷۸ــ۱

پاسخ :

$$C_T=C_1+C_2+C_3=12+6+4=22\mu F$$

مثال : خازن‌های ۱، ۳، ۶ و ۱۲ میکرو فارادی موجود است، اما خازن مورد نظر ما با ظرفیت چهار میکروفاراد در دسترس نیست، چگونه از میان این خازن‌ها، خازن معادل را می سازید؟

روش اول : می‌توانیم مانند شکل ۷۹ــ۱ دو خازن ۱ و ۳ میکروفارادی را با هم موازی کنیم، در نتیجه داریم :



شکل ۷۹ــ۱

پاسخ : $C_T=C_1+C_2=1+3=4\mu F$

روش دوم : می‌توانیم طبق شکل ۸۰ ــ۱ دو خازن ۱۲ و ۶ میکروفارادی را با هم سری کنیم، در نتیجه داریم :

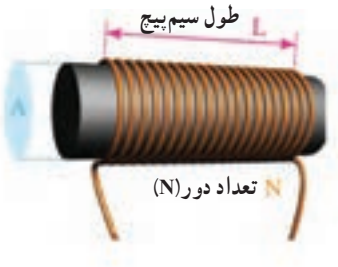
شکل ۸۰ــ۱

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

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

همان‌گونه که در پاسخ دو روش می‌بینید، نتیجه دو روش یکسان است.

بوبین (سیم پیچ)

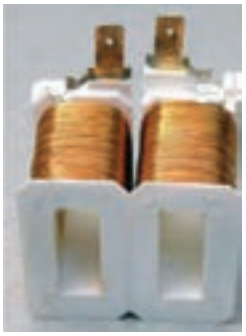


اگر به دور محور یا هسته‌ای، چند حلقه سیم پیچیده شود، بوبین یا سیم‌پیچ به‌وجود می‌آید. این سیم‌پیچ می‌تواند انرژی الکتریکی را به صورت میدان مغناطیسی در خود ذخیره کند. به سیم‌پیچ، «سلف» نیز می‌گویند. در شکل ۸۱ــ۱ یک نمونه بوبین به همراه علامت اختصاری آن نشان داده شده است. از سیم‌پیچ‌ها یا سلف‌ها در ساخت انواع رله‌های مغناطیسی و موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود.

شکل ۸۱ــ۱ سیم‌پیچ

ساختمان بوبین :

یک بوبین دارای دو بخش اصلی است.



شکل ۸۲ــ۱ــ سیم‌پیچ روی قرقره پیچیده شده

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

شکل ۸۳ــ۱ــ هستهٔ آهنی

ب) هسته : جنس هسته از مواد مغناطیسی مانند آهن، ساخته می‌شود که تمام خطوط میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط سیم پیچ را به آسانی از خود عبور می‌دهد. نقش هسته هدایت شار مغناطیسی تولید شده سیم‌پیچ است. در شکل۸۳ــ۱ یک نمونه هسته نشان داده شده است.

خودآزمایی

۱ــ چگونگی توزیع برق به مناطق شهری و روستایی را از نظر سطح ولتاژ توضیح دهید.

۲ــ کمیّت‌های الکتریکی جریان، اختلاف پتانسیل، مقاومت، توان، راندمان، فرکانس، اختلاف فاز را تعریف کنید.

۳ــ یک مدار الکتریکی را به همراه تمام اجزای آن ترسیم کنید.

۴ــ عناصر مدار الکتریکی و مشخصات آنها را توضیح دهید.

۵ــ قانون اُهم را شرح دهید.

۶ــ انواع اتصالات مقاومت‌ها را نام ببرید و ویژگی‌های هر یک را توضیح دهید.

۷ــ انواع مولتی‌متر را از نظر ساختمان نام ببرید و روش اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی را با آنها توضیح دهید.

۸ــ نکاتی را که در اندازه‌گیری کمیّت‌های الکتریکی با مولتی‌متر باید مورد توجه قرار داد، بنویسید.

۹ــ جریان متناوب و جریان مستقیم را با رسم شکل‌موج‌های هر یک توضیح دهید.

۱۰ــ خازن را تعریف کنید و ساختمان و ویژگی‌های خازن‌ها را توضیح دهید.

۱۱ــ سیم پیچ و ساختمان آن را توضیح دهید.

فصل دوم

حفاظت و ایمنی در برق

هدف‌های رفتاری ــ با یادگیری این فصل هنرجو می‌تواند :

- انواع خطاهای ناشی از جریان برق را توضیح دهد.
- انواع فیوز را نام ببرد و کاربرد هر یک را توضیح دهد.
- ساختمان و طرز کار هر یک از فیوزها را شرح دهد.
- موارد ایمنی هنگام فعال کردن فیوز عمل کرده را توضیح دهد.
- حفاظت الکتریکی را تعریف کند و هر یک از انواع حفاظت را توضیح دهد.
- برق گرفتگی را توضیح دهد.
- اقدامات لازم را برای نجات شخص برق گرفته شرح دهد.
- هر یک از انواع حفاظت شخصی را توضیح دهد.
- کلید حفاظت جان را توضیح دهد.
- سیستم اتصال زمین را توضیح دهد.
- فیوز را در مدار الکتریکی ببندد.

	نظری	عملی
ساعت	۴	۴

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

الف) خطر برق گرفتگی : برق گرفتگی می‌تواند به فرد آسیب بزند یا خطر جانی ایجاد کند.

ب) خطر آتش سوزی : اتصال کوتاهی که در مسیر جریان برق رخ می دهد، باعث ایجاد جرقه و سوختن سیم‌های برق و وسایل الکتریکی و همچنین آتش‌سوزی می‌شود که با خسارات زیادی همراه است (شکل ۱ــ۲) .

شکل ۱ــ ۲ــ آتش سوزی حاصل از عبور جریان زیاد از سیم و ذوب‌شدن سیم‌های برق

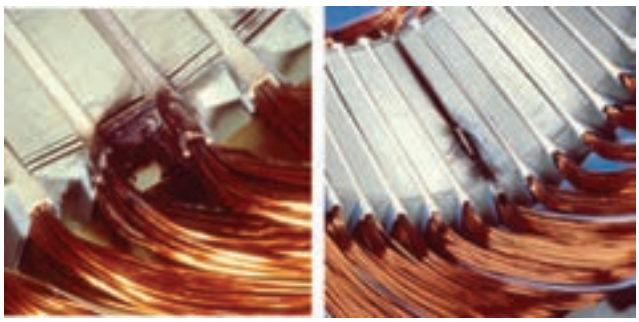
بنابراین، پیشگیری از پیشامدهای ناگوار برق و رعایت اصول حفاظت و ایمنی می‌تواند به اندازهٔ زیادی خطرات برق را کاهش دهد.

آسیب‌های ناشی از جریان برق

آسیب‌های ناشی از جریان برق بیشتر به سه دسته تقسیم می‌شوند :

اتصال بدنه

اتصال سیم حامل جریان برق به بدنه دستگاه را «**اتصال بدنه**» می‌گویند. با توجه به اینکه بیشتر دستگاه‌های الکتریکی چنان طراحی می‌شوند که بخش‌های الکتریکی به وسیله عایق از بدنه مجزا باشند، ممکن است بر اثر گذشت زمان و کهنگی دستگاه یا گرمای ناشی از عبور جریان در سیم‌ها قسمتی از عایق از بین رفته و سیم با بدنه تماس پیدا کند که در نتیجه بدنه برق‌دار شده و موجب برق گرفتگی می‌شود. در این حالت باید سریعاً وسیله را از برق جدا کرد و در صدد تعمیر آن برآمد (شکل ۲ــ ۲) .



شکل ۲ــ۲ــ اتصال سیم‌های حامل جریان با بدنه فلزی یک موتور الکتریکی

اتصال کوتاه

اتصال دو سیم لخت (بدون روکش) را، که نسبت به هم دارای اختلاف پتانسیل الکتریکی هستند، «اتصال کوتاه» می‌گویند.

اتصال زمین

اتصال یکی از سیم‌های حامل جریان برق به زمین را «**اتصال زمین**» می‌گویند.

فیوز

فیوز یک وسیلهٔ حفاظتی است که در تأسیسات الکتریکی برای جلوگیری از آسیب دیدن و معیوب شدن وسایل در مقابل اتصال و نیز برای قطع کردن دستگاه‌های معیوب از شبکه برق، به کار می‌رود. گزینش این وسیله باید چنان باشد که هنگام اتصال کوتاه، در کوتاه‌ترین زمان ممکن و قبل از اینکه صدمه‌ای به سیم‌ها و تأسیسات الکتریکی برسد، مدار را قطع کند. فیوزها در مدار سری بسته می‌شوند و همیشه در مسیر سیم فاز قرار می‌گیرند. فیوزها دسته‌بندی گوناگونی دارند.

از نظر زمان قطع :

فیوز تندکار : فیوز تندکار در کوتاه‌ترین زمان،پس از رخداد اتصال کوتاه ارتباط مصرف‌کننده را از برق قطع می‌کند. به همین دلیل از این نوع فیوز در مصارف روشنایی استفاده می‌شود.

فیوز کُندکار : این فیوز، نسبت به فیوز تندکار، زمان قطع بیشتری دارد در مدت زمان بیشتری نسبت به فیوز کندکار پس از رخداد اتصال، مصرف‌کننده را از برق قطع می‌کند و برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به کار می‌رود (زیرا موتورها در آغاز راه اندازی جریان زیادی از شبکهٔ برق می‌کشند و پس از آن، شدت جریان به سطح جریان نامی کاهش می‌یابد).

از نظر ساختمان :

فیوز از نظر ساختمان در انواع مختلف ذوب شونده (فشنگی)، اتوماتیک (آلفا) و مینیاتوری ساخته می‌شود.

فیوز فشنگی (ذوب شونده)

این فیوز از یک اِلمان حرارتی ساخته شده که در شدت جریان ویژه و در مدت زمان معین، ذوب و مدار را قطع می‌کند. فیوزهای قطع سریع(تندکار) با علامتF و فیوزهای تأخیری(کُندکار) با علامت ⏀ مشخص می‌شوند. شکل ۳ــ ۲ نمای ظاهری و داخلی این نوع فیوز را نشان می‌دهد.

الف) نمای ظاهری

ب) نمای برش خورده

شکل۳ــ ۲ــ فیوز فشنگی

توجه : مقررات بین‌المللی، ترمیم فیوز فشنگی را منع کرده است و در صورت خراب شدن یا عمل کردن فیوز، باید فشنگ آن را تعویض کرد.

رنگ پولک فشنگ این فیوزها نشان دهنده شدت جریان مجاز فیوز است. در شکل۴ــ ۲ دو فیوز با دورنگ مختلف نشان داده شده است. فیوز با پولک سبز رنگ، ۶ آمپر و فیوز با پولک قرمز رنگ ۱۰ آمپر است.

شکل۴ــ ۲ــ شدت جریان فیوز مطابق با رنگ پولک

■ فیوز اتوماتیک

فیوز اتوماتیک یا آلفا نوعی فیوز خودکار است که عبور جریان بیش از حد مجاز از آن باعث قطع مدار می‌شود. در فیوزهای اتوماتیک دو عنصر مغناطیسی و حرارتی وجود دارد که بخش مغناطیسی آن اتصال کوتاه یا جریان‌های بسیار زیاد و بخش حرارتی آن افزایش تدریجی جریان را قطع می‌کند. این فیوز از نوع پیچی است و روی پایهٔ فیوز پیچ می‌شود. وقتی این فیوز عمل می‌کند، دکمه سیاه رنگ از محل خود به سمت بیرون می‌آید، که پس از رفع عیب مدار باید آن را به سمت داخل فشار داد. هر گاه بخواهیم فیوز را از مدار خارج کنیم باید دکمه قرمز رنگ روی آن را فشار دهیم تا دکمه سیاه رنگ از محل خود بیرون بیاید (شکل ۵ ــ ۲) .

شکل ۵ ــ ۲ــ نمای ظاهری فیوز اتوماتیک

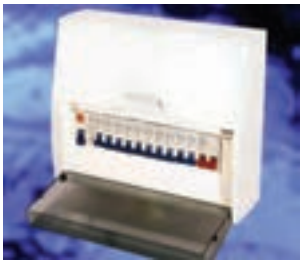
■ فیوز مینیاتوری

فیوز مینیاتوری نوعی فیوز اتوماتیک است که از بخش عمل‌کننده مغناطیسی (قطع مدار هنگام جریان زیاد در مدت زمان‌کم یا اتصال کوتاه)، حرارتی (قطع مدار هنگام افزایش تدریجی جریان) و زبانه قطع و وصل تشکیل شده است. این فیوزها در دو نوع B و C ساخته شده‌اند. نوع B در مصارف روشنایی به کار می‌رود و تند کار است. و نوع C در راه اندازی الکتروموتورها کاربرد دارد و کندکار است. فیوز باید با توجه به نوع مصرف‌کننده و شدت جریان عبوری از مدار انتخاب شود (شکل‌های۶ــ ۲ و ۷ــ۲) .

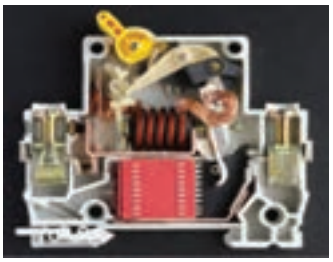
الف) فیوز تندکار (نوع B)

ب) فیوز کندکار (نوع C)

شکل ۶ ــ۲ــ فیوز مینیاتوری



ج) تابلو فیوز مینیاتوری



د) ساختمان داخلی

شکل ۷ــ۲ــ فیوز مینیاتوری

فیوز مینیاتوری دارای زبانه‌ای است که اگر به سمت بالا باشد، فیوز وصل می‌شود و هنگامی که عمل می‌کند این زبانه به سمت پایین افتاده و تا سرد نشدن بخش حساس به گرما فیوز، دوباره وصل نمی‌شود. فیوزهای مینیاتوری روی یک ریل فلزی نصب می‌شوند (شکل ۸ــ۲) .

شکل ۸ــ۲ــ طرز قرارگیری فیوز مینیاتوری روی ریل

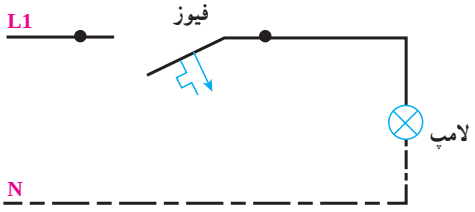
مقادیر فیوزها : مقادیر استاندارد فیوزها بر حسب آمپر ۱۰، ۱۶، ۲۰، ۲۵، ۳۵، ۵۰، ۶۳، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۵ و... آمپر است.

کار عملی ۱ــ ۲

هدف : بستن فیوز در یک مدار الکتریکی ساده و آزمایش آن

وسایل مورد نیاز : سیم نمره ۱/۵میلی‌متر مربع ، فیوز مینیاتوری، لامپ ۲۲۰ ولت، سرپیچ

مراحل انجام کار :



۱ــ مانند نقشهٔ سیم فاز را به یکی از پیچ‌های فیوز متصل کنید.

۲ــ از پیچ دیگر فیوز سیمی به یک سر لامپ ببندید.

۳ــ سیم نول را به سر دیگر لامپ ببندید.

۴ــ فیوز مدار را برقدار کنید تا جریان جاری شده و لامپ روشن شود.

۵ ــ با راهنمایی استادکار در مدار اتصال کوتاهی ایجاد کنید (مثلاً دو سر لامپ را به یکدیگر متصل کنید) تا فیوز عمل کند.

۶ــ اتصال کوتاه را رفع کرده و دوباره فیوز را وصل کنید.

حفاظت الکتریکی

تعریف : به اقداماتی که باید در تأسیسات الکتریکی انجام داد، تا اینکه خطرات ناشی از جریان برق (صدمه زدن به اشخاص و دستگاه‌های الکتریکی) در حد استاندارد باشد، «**حفاظت الکتریکی**» می‌گویند.

انواع حفاظت :

■ حفاظت سیم‌ها و کابل‌ها

اگر برای مدت زمانی نسبتاً طولانی، جریان بیش از حد نرمال (جریان اضافی) یا در مدت بسیار کمی جریان بسیار شدیدی (جریان اتصال کوتاه) از سیم‌ها عبور کند، سیم‌ها گرم می‌شوند. این گرمای بیش از اندازه باعث آسیب دیدن عایق آنها شده و به آتش‌سوزی و خسارت‌های زیاد به تأسیسات الکتریکی منجر می‌گردد. برای حفاظت سیم‌ها می‌توان از رله و فیوزها استفاده نمود. این وسایل باید چنان انتخاب شوند که با اضافه جریان یا اتصال کوتاه، در کوتاه‌ترین زمان ممکن و پیش از اینکه آسیبی به سیم‌ها و تجهیزات الکتریکی برسد، مصرف‌کننده را از برق قطع کند. معمولاً در محل‌های مسکونی برای حفاظت سیم‌های روشنایی، فیوز ۱۰ آمپر و برای سیم‌های پریزهای تک‌فاز فیوز ۱۶ آمپر به‌کار می‌رود.

■ حفاظت مصرف کننده‌ها و دستگاه های الکتریکی

مصرف‌کننده‌ها و دستگاه‌های الکتریکی باید در برابر خطاهای احتمالی مانند اتصال کوتاه و اضافه جریان حفاظت شوند. برای حفاظت این دستگاه‌ها معمولاً در مدار مصرف‌کننده، فیوزها و رله‌های حرارتی نصب می‌شود که با ایجاد خطا، مصرف‌کننده از برق جدا شود. بخش عمدهٔ مصرف‌کننده‌ها در تأسیسات الکتریکی را موتورها تشکیل می‌دهند. از این رو در مورد چگونگی حفاظت آنها بیشتر توضیح می‌دهیم. معمولاً برای حفاظت موتورهای الکتریکی از کلید محافظ موتور استفاده می‌شود. با این کلید در فصل پنجم آشنا می‌شوید.

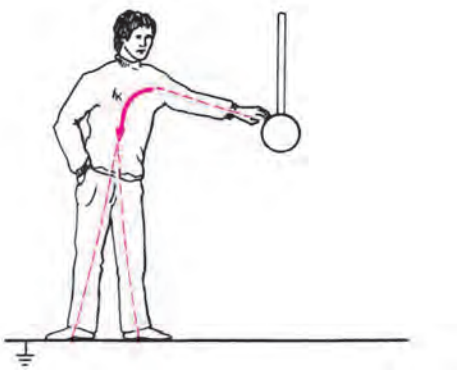
■ حفاظت اشخاص

تحقیقات نشان می‌دهد که پنجاه درصد از برق گرفتگی‌ها در اثر تماس مستقیم با سیم حامل برق در حمام، استخر، حیاط، زیر زمین، پارک‌ها یا مکان‌های مرطوب است، به طوری که جریان برق مستقیماً از بدن افراد عبور می‌کند و بقیه به علت فرسودگی سیم‌ها یا عایق نبودن درست دستگاه های برقی صنعتی و خانگی یا سیم‌کشی‌های نادرست، اتفاق می‌افتد.

در صورت اتصال یک سیم فاز به بدنهٔ فلزی دستگاه، ولتاژی بین بدنهٔ دستگاه و زمین به وجود می‌آید، حال اگر شخصی بدنهٔ دستگاه را لمس کند، بین محل تماس بدن و زمین ولتاژی به وجود می‌آید (ولتاژ تماس) که چنانچه این ولتاژ از ۶۵ ولت بیشتر باشد برای او خطرناک خواهد بود. کمترین جریان خطرناک برای انسان ۰/۰۵آمپر و مقاومت بدن انسان حدود ۱۳۰۰ تا ۳۰۰۰ اهم است.

برق گرفتگی

عبور جریان برق از بدن را «**برق‌گرفتگی**» می‌گویند. برق‌گرفتگی در شخص هنگامی که شخص در مسیر عبور جریان برق قرارگیرد به‌وجود می‌آید. در این صورت جریان برق از پوست وارد بافت‌های بدن می‌شود و باعث، انقباض شدید ماهیچه‌ها، عضلات و همچنین نامیزان شدن ضربان قلب و دستگاه تنفس می‌شود. ایست قلبی، خفگی و سوختگی نیز از عوارض دیگر برق گرفتگی است. اگر شدت برق‌گرفتگی بالا باشد، باعث مرگ حتمی خواهد شد. برق گرفتگی به میزان شدت جریان، ولتاژ، سطح تماس و مدت زمان عبور برق از بدن شخص بستگی دارد (شکل ۹ــ۲) .



شکل ۹ــ ۲ ــ شخص در مسیر عبور جریان برق قرار گرفته است.

انواع برق گرفتگی

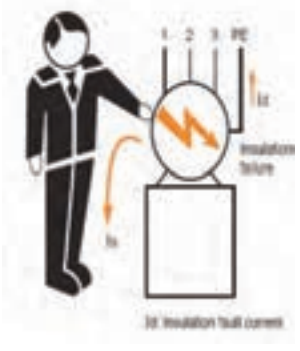
- **تماس مستقیم**

در این نوع برق‌گرفتگی شخص مستقیماً با یکی از سیم‌های برق تماس پیدا می‌کند و دچار برق گرفتگی می‌شود (شکل ۱۰ــ ۲ــ الف).

- **تماس غیر مستقیم**

در این روش برق‌گرفتگی به‌دلیل تماس شخص با قسمت‌های فلزی دستگاه‌های برقی، که اتصال بدنه پیدا کرده‌اند،یا به هر دلیلی برق‌دار شده‌اند، اتفاق می‌افتد (شکل ۱۰ــ۲ــ ب).

الف) تماس مستقیم با سیم برق



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

شکل ۱۰ــ ۲

اقدامات لازم برای نجات شخص برق گرفته :

۱ــ شخص برق گرفته را باید از منبع برق جدا کرد. این عمل با قطع کردن کلید مدار یا قطع فیوز صورت می‌گیرد. اگر قطع کردن برق امکان نداشت، باید شخص را توسط یک عایق از منبع برق جدا کرد. برای این کار باید با استفاده از مادهٔ نارسانا منبع برق را از مصدوم دور نمود. هرگز نباید مستقیماً به مصدوم دست زد (شکل ۱۱ــ ۲).

شکل ۱۱ــ۲ــ طریقهٔ جدا کردن سیم برق از شخص برق گرفته

۲ــ باید علایم حیاتی شخص برق گرفته را بررسی کرد، مثلاً نبض دارد یا نه؟ اگر نبض داشت ونفس نمی‌کشید، باید تنفس مصنوعی را شروع کرد. پس از احیای تنفس باید به پزشک مراجعه شود (شکل ۱۲ــ ۲).

شکل ۱۲ــ۲ــ چگونگی گرفتن نبض و تشخیص تنفس

انواع حفاظت اشخاص در مقابل برق گرفتگی

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

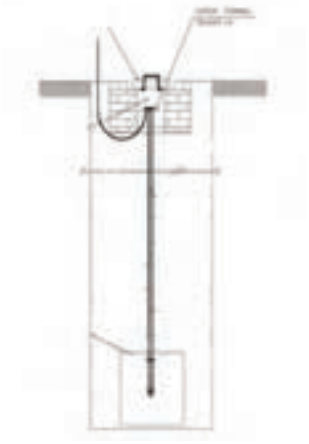
- حفاظت توسط سیم اتصال زمین
- حفاظت توسط عایق کاری
- حفاظت توسط ولتاژ کم

■ حفاظت توسط کلید محافظ جان FI.

هر کدام از انواع حفاظت شخصی دارای خصوصیاتی هستند که به شرح آنها می‌پردازیم :

حفاظت با سیم زمین

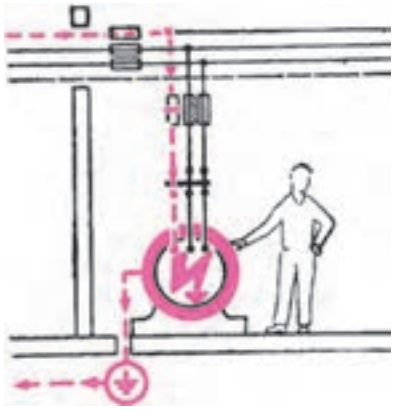
در این نوع حفاظت قسمت‌های فلزی بدنهٔ دستگاه های برقی که شخص آنها را لمس می کند، توسط یک سیم به زمین وصل می‌شوند. در این صورت اگر دستگاهی اتصال بدنه پیدا کند، جریان برق به جای عبور از بدن شخص از طریق سیم بدنه به زمین متصل می‌شود. زیرا مقاومت سیم زمین (سیم ارت) بسیار کمتر از مقاومت بدن شخص است.



شکل ۱۳ــ۲ــ چاه ارت

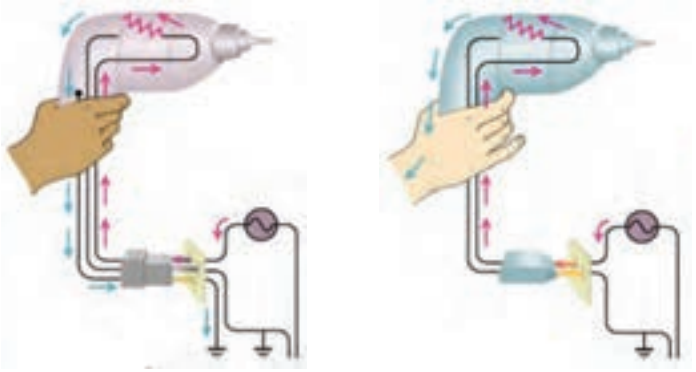
■ **سیستم اتصال زمین (چاه ارت) :**

برای اینکه سیم اتصال بدنه دستگاه را به زمین متصل کنند، چاهی حفر می‌کنند. عمق چاه در مناطق مختلف به دلیل خصوصیات خاک منطقه متفاوت است. ولی بهترین عمق چاه ارت آن است که عمق آن به بخش نمناک و مرطوب زمین رسیده باشد. زیرا مقاومت الکتریکی خاک مرطوب کم است. پس از آماده کردن چاه، صفحه یا تسمه‌ای را در انتهای آن قرار می‌دهند و با یک سیم مسی به بیرون چاه هدایت می کنند. اطراف صفحه را با مواد کاهندهٔ مقاومت، مانند زغال و نمک یا بنتونیت پر می‌کنند. سیم خروجی از این چاه ابتدا وارد تابلوی برق می‌شود. سپس از آنجا منشعب شده و به بدنهٔ فلزی دستگاه‌ها اتصال می‌یابد.



شکل ۱۴ــ ۲ــ خطای اتصال بدنه، اتصال کوتاه و اتصال زمین

در شکل ۱۵ــ ۲ (الف) دستگاه اتصال بدنه پیدا می‌کند و به محض تماس شخص با دستگاه جریان از بدن او می‌گذرد و دچار برق گرفتگی می‌شود. ولی در شکل۱۵ــ ۲ (ب) بدن شخصی که با دستگاه تماس پیدا کرده به عنوان یک هادی و سیم ارت به‌صورت هادی دیگر، با یکدیگر اتصال موازی تشکیل می‌دهند. اگر قسمت‌های الکتریکی دستگاه به بدنه اتصالی پیدا کند به‌دلیل اینکه جریان برق همیشه از مسیری عبور می‌کند که کمترین مقاومت را دارد، تمامی جریان از سیم با مقاومت کم (سیم ارت) عبور می‌کند و به انسان آسیبی نمی‌رساند.

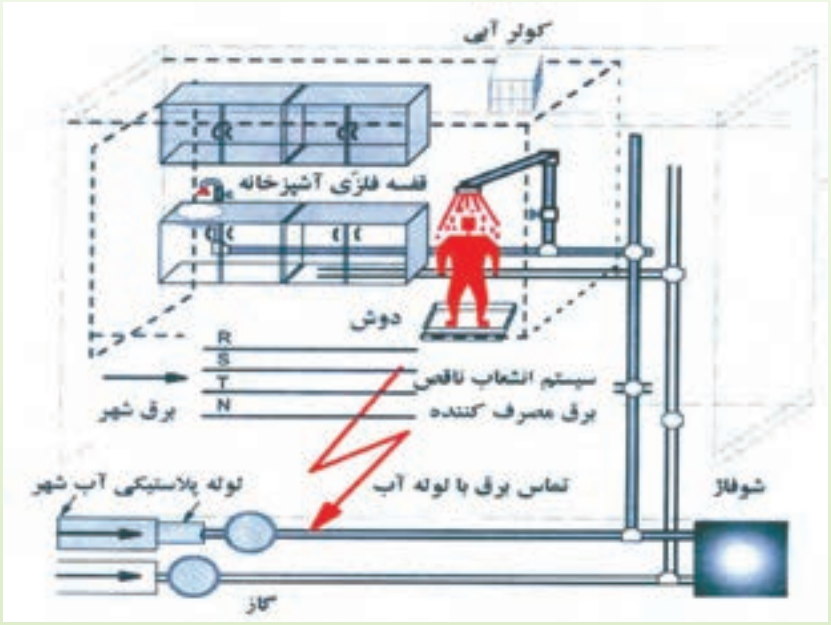


الف) پریز بدون سیم ارت　　ب) پریز با سیم ارت

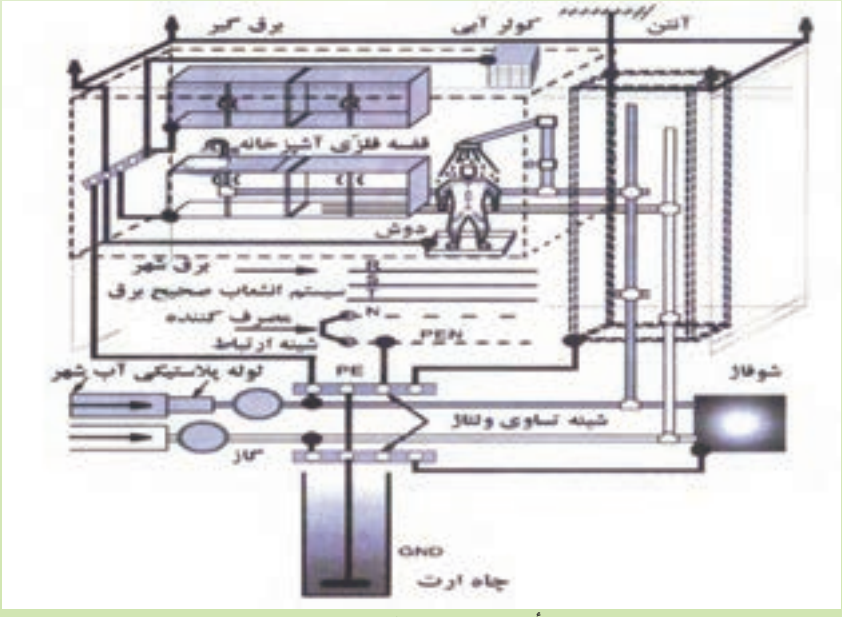
شکل ۱۵ــ۲ــ پریز

نکته

استفاده از لوله‌های فلزی آب شهری برای اتصال سیم زمین به آن، در گذشته بسیار رایج بوده است ولی امروزه، که بیشتر از لوله‌های پلاستیکی استفاده می شود، این روش قابل استفاده نیست. در ساختمان‌ها باید مشترکین، با آماده کردن سیستم اتصال زمین، کلیهٔ قطعات اسکلت فلزی، لوله های آب، گاز، شوفاژ، وان حمام، دوش، نرده و درهای فلزی و غیر آن را به سیم اتصال زمین متصل‌نمایند. در شکل ۱۶ــ ۲ (الف) سیستم اتصال زمین برای ساختمان وجود ندارد و به همین دلیل با اتصال سیم حامل جریان به قسمت فلزیِ تأسیسات، شخص دچار برق‌گرفتگی می شود، اما در شکل ۱۶ــ ۲ (ب) این عیب رفع شده است.



الف) تأسیسات بدون سیستم اتصال زمین



ب) تأسیسات با سیستم اتصال زمین

شکل ۱۶ــ۲

برخی از وسایلی که اتصال سیم زمین به آنها الزامی است عبارت اند از :

۱ــ چراغ و پایهٔ چراغ های حیاط و روشنائی پارک ها، وسایل فلزی مانند پل، نرده و غیره در معابر عمومی. وسایل تفریحی در پارک‌ها.

۲ــ لوازم خانگی برقی مانند سماور، پلویز، بخاری برقی، ماشین لباسشویی، کولر و سایر لوازم فلزی آشپزخانه.

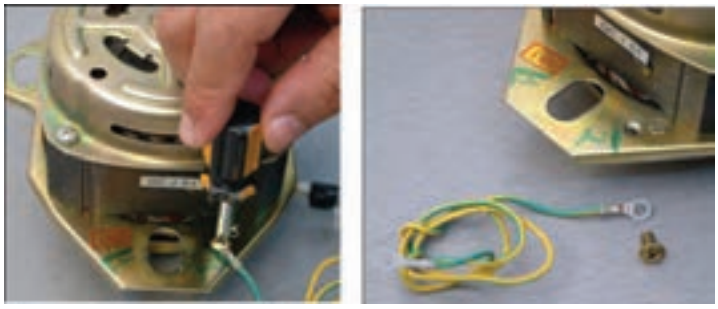
۳ــ پریزهای منازل و کارگاه‌ها.

۴ــ ماشین آلات ثابت در کشاورزی و صنایع و وسایل دیگر الکتریکی.

بازدید

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

رنگ استاندارد روکش سیم زمین سبز و زرد است، این سیم در وسایل الکتریکی به بدنهٔ دستگاه‌ها پیچ می‌شود (شکل۱۷ــ۲).



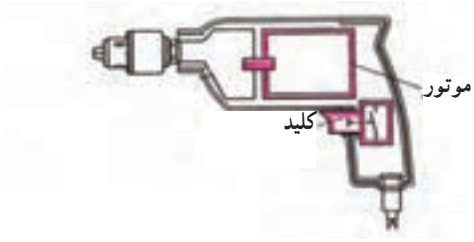
شکل ۱۷ــ۲ــ اتصال سیم ارت به بدنه دستگاه‌ها

شکل ۱۸ــ۲ــ آزمایش اتصال بدنه

وسایل الکتریکی پس از تولید برای اطمینان از عایق بودنشان آزمایش می‌شوند تا هیچ‌گونه ارتباط الکتریکی بین سیم‌های هادی آن با بدنه فلزی دستگاه وجود نداشته باشد (شکل ۱۸ــ۲) .

حفاظت با عایق کاری

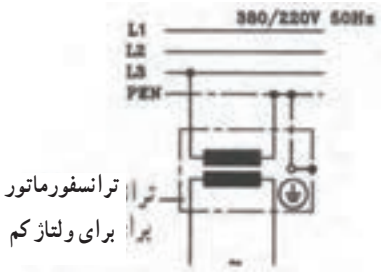
در این روش تمام قسمت‌هایی که امکان اتصال برق با بدن انسان را دارد عایق می‌کنند. در مورد دستگاه‌هایی که ساکن هستند می‌توان کف زمین را عایق کاری نمود. ولی در دستگاه‌های قابل حمل یا متحرک مانند دریل برقی، جاروبرقی و... برای جلوگیری از برق دار شدن بدنه فلزی آنها، کارخانه سازنده، آن دستگاه را با یک لایهٔ اضافی دیگر عایق می‌کند. در این روش نیازی به اتصال زمین وجود ندارد (شکل۱۹ــ ۲) . این نوع حفاظت دارای علامت مشخصه □ روی وسایل الکتریکی است.



شکل ۱۹ــ۲ــ عایق مضاعف در دستگاه‌های متحرک

حفاظت با ولتاژ کم

در این روش برای حفاظت از ولتاژهای کمتر از ۵۰ ولت، که برای انسان خطرناک نیست، استفاده می‌شود. این ولتاژ به یک ترانسفورماتور کاهنده با دو سیم پیچ جداگانه مجهز می‌شود. این روش در دستگاه‌های پزشکی، اسباب بازی‌های الکتروموتوری و... کاربرد دارد (شکل ۲۰ــ ۲).



شکل ۲۰ــ۲ــ ترانس کاهنده ولتاژ

حفاظت با کلید محافظ جان (FI)

اساس کار این کلید بر پایهٔ اختلاف جریان بین سیم‌های رفت و برگشت یک دستگاه الکتریکی است. در حالت کار عادی دستگاه، اختلاف جریانی بین سیم‌های رفت و برگشت وجود ندارد. اما اگر دستگاه دچار اتصال بدنه شود مقداری از جریان به زمین نشت می‌کند و بین سیم‌های رفت (فاز) و برگشت (نول) اختلاف جریان به وجود می آید و این کلید مصرف کننده را از شبکهٔ برق قطع می‌کند.

این وسیله به اندازه‌ای حساس است که می‌تواند جریان‌های نشتی کوچک را (که باعث عملکرد فیوز نمی‌شود ولی می‌تواند برای شروع یک آتش‌سوزی یا برق‌گرفتگی کافی باشد) حس کند و منبع تغذیه را در چند دهم یا صدم ثانیه قطع نماید. شکل ۲۱ــ۲ تصویر ظاهری کلید محافظ جان تک‌فاز را نشان می‌دهد. روی این کلیدها جریان و ولتاژ قابل تحمل آنها نوشته می‌شود. این کلیدها در نوع یک فاز و سه فاز ساخته می‌شوند.

شکل ۲۱ــ۲ــ کلید محافظ جان سه فاز و تک فاز

نکته

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

توصیه‌های ایمنی

۱ــ هرگاه بر روی تابلوی برق، علامت مقابل را مشاهده کردید بدون دانش و مهارت کافی از باز کردن درِ تابلو و دست زدن به قسمت‌های داخلی آن خودداری کنید.

۲ــ هنگام تعویض لامپ سوخته یا شکسته باید کلید چراغ را خاموش‌کنید و با فازمتر از قطع بودن جریان برق مطمئن شوید.

شکل ۲۲ــ ۲ــ کابلی که روکش عایق آن با شیء بُرنده بریده شده است.

۳ــ سیم‌های برق باید دارای روپوش عایق باشد و از پیچیده شدن آنها به دور اشیاء تیز و برنده جلوگیری کنید. شکل ۲۲ــ ۲ کابلی را نشان می‌دهد که با شیء بُرنده عایق خود را از دست داده و استفاده از آن بسیار خطرناک است و باعث برق‌گرفتگی خواهد شد.

شکل ۲۳ــ۲ــ انشعاب غیر استاندارد از پریز برق

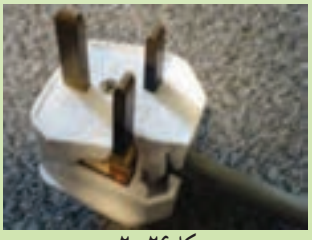
۴ــ از یک پریز برق برای چند وسیله برقی استفاده نکنید. زیرا پریز و سیم‌های آن برای شدت جریان خاصی طراحی شده است اگر چندین مصرف کننده از این پریز تغذیه کنند جریان بالا می‌رود و سیم‌های پریز گرم می‌شوند. در نتیجه، عایق سیم‌ها می‌سوزند و ممکن است برق گرفتگی و آتش‌سوزی ایجاد شود (شکل۲۳ــ ۲).

شکل ۲۴ــ۲ــ سیم‌های پوسیده

۵ــ سیم‌های پوسیده و زخمی وسایل الکتریکی را تعویض کنید (شکل ۲۴ــ ۲).

شکل ۲۵ــ۲ــ کف‌پوش عایق

۶ــ هنگام کار با برق دقت کنید که زیر پایتان مرطوب نباشد و چوب خشک یا مواد پلاستیکی، که عایق خوبی هستند در زیر پا قرار دهید و پیش از روشن‌کردن هر وسیلهٔ برقی یا وصل کلید از خشک بودن کامل دست هایتان اطمینان حاصل کنید.



شکل۲۶ــ۲

۷ــ اگر دو شاخهٔ یک وسیلهٔ برقی شکسته است هر چه سریع‌تر آن را با دو شاخهٔ سالم تعویض کنید (شکل۲۶ــ ۲).

نکته

در محیط کارگاه و برای انجام کارهای عملی از لباس کار، کلاه ایمنی و کفش ایمنی استفاده کنید (شکل۲۷ــ ۲) .

شکل۲۷ــ۲

هنگام کار با دستگاه‌های پرسر و صدا و خطرآفرین، از گوشی و عینک ایمنی استفاده کنید (شکل۲۸ــ۲).

شکل ۲۸ــ۲ــ استفاده از عینک و گوشی ایمنی

خودآزمایی

۱ــ روش‌های حفاظت الکتریکی را نام ببرید.

۲ــ برق‌گرفتگی را تعریف کنید.

۳ــ انواع حفاظت شخصی را نام ببرید.

۴ــ سیستم اتصال زمین را شرح دهید.

۵ــ چگونگی کار رلهٔ محافظ جان در حفاظت شخصی را بیان کنید.

۶ــ چرا تماس شخص با بدنهٔ دستگاهی که دارای سیم ارت است، خطر کمتری دارد؟

فصل سوم

مدارات روشنایی

هدف‌های رفتاری ــ با یادگیری این فصل هنرجو می‌تواند :

- کاربرد ابزارهای مورد نیاز در سیم‌کشی را بیان کند.
- سیم‌ها و انواع اتصالات آنها را توضیح دهد.
- موارد کاربرد انواع سیم و کابل را توضیح دهد.
- با توجه به علائم روی کابل و سیم، مشخصات فنی و موارد استفاده آنها را شرح دهد.
- ساختمان و قسمت‌های مختلف کابل‌ها را شرح دهد.
- روکش کابل‌ها را برای بستن کابل شو از روی سیم‌ها جدا کند.
- کابل‌شوی مناسب را انتخاب، و روی سیم پرس، پیچ یا لحیم کند.
- ساختمان و طرز کار وسایل الکتریکی مورد نیاز در سیم‌کشی را توضیح دهد.
- انواع سیم‌کشی را توضیح دهد.
- مدار الکتریکی یک‌پل، دوپل، تبدیل و مدار الکتریکی لامپ فلورسنت را توضیح دهد و کاربرد هر یک را بیان کند.
- مدار الکتریکی یک‌پل، دوپل، تبدیل و مدار الکتریکی لامپ فلورسنت را ببندد.

	نظری	عملی
ساعت	۶	۲۸

در تأسیسات الکتریکی، وسایل برقی گوناگونی به کار می‌رود و با پیشرفت تکنولوژی هر روز متنوع‌تر و با قابلیت بیشتری وارد بازار می‌شوند. در این فصل، ابتدا با وسایل الکتریکی و سپس، مدارات روشنایی و نقشه‌های الکتریکی آنها آشنا می‌شوید.

ابزار و وسایل سیم‌کشی

ابزارها و دستگاه‌هایی که در کارهای برقی به کار می‌روند، بسیار زیاد هستند. در این بخش به شرح مهم‌ترین و متداول‌ترین آنها می‌پردازیم.

پیچ‌گوشتی

یکی از پر مصرف‌ترین ابزارها در سیم‌کشی تأسیسات الکتریکی و کارهای برقی، پیچ‌گوشتی است. پیچ‌گوشتی انواع بسیار دارد. هر چه قطر دستهٔ پیچ‌گوشتی بزرگ‌تر باشد، آسان‌تر می‌توان با آن پیچ را باز و بسته کرد. نکتهٔ مهم در کاربرد پیچ‌گوشتی در کارهای برقی عایق بودن دستهٔ آن است که موجب برق گرفتگی نشود. پیچ‌گوشتی‌هایی برای کارهای برقی مناسبند که بخشی از میله پیچ‌گوشتی نیز دارای عایق باشد. (شکل ۱ــ ۳).

شکل ۱ــ۳ــ پیچ‌گوشتی

چون پیچ‌ها در انواع یک شیاره، دو شیاره و غیره ساخته می‌شوند، انواع پیچ‌گوشتی ساده، چهارسو و... مورد نیاز خواهد بود (شکل ۲ــ ۳).

شکل ۲ــ۳ــ انواع پیچ و پیچ‌گوشتی

فازمتر

فازمتر وسیله‌ای شبیه پیچ‌گوشتی است، که علاوه بر باز و بسته کردن پیچ‌های کوچک، برای تشخیص سیم فاز از نول، نیز به کار می‌رود(شکل ۳ــ ۳). یادآوری می‌شود نام فازمتر در حقیقت یک اصطلاح رایج عامیانه است و در اصل باید به آن فازنما گفته می‌شد، زیرا این وسیله فقط فاز را از نول مشخص می‌کند.

شکل ۳ــ۳ــ فازمتر

اگر نُک فازمتر به سیم فاز اتصال داده شود و یکی از انگشتان دست روی قسمت فلزی انتهایی فازمتر باشد، لامپ فازمتر روشن می‌شود، اما اگر نُک فازمتر به سیم نول تماس داده شود، لامپ روشن نخواهد شد. هنگام کار با سیم‌های برق، برای اطمینان از برق‌دار نبودن سیم‌ها، آنها را با فازمتر بررسی کنید (شکل۴ــ ۳).

شکل۴ــ۳

سیم چین

سیم‌چین دارای دو لبهٔ تیز است که برای بریدن سیم‌ها به کار می‌رود (شکل۵ــ۳). سیم‌چین دسته‌ای عایق برای جلوگیری از برق گرفتگی دارد. روی دستهٔ عایق سیم‌چین اندازه ولتاژ قابل تحمل نوشته شده است، هنگام کار باید به سالم بودن عایق دستهٔ سیم‌چین و تناسب ولتاژ قابل تحمل آن با ولتاژ شبکه‌ای که در حال کار با آن هستید، دقت کنید.

شکل۵ــ۳ــ سیم چین

نکته

هرگز از سیم چین برای لخت کردن سیم استفاده نکنید، زیرا معمولاً در این حالت هادی سیم آسیب می‌بیند و اتصال از نظر الکتریکی و مکانیکی ضعیف می‌شود.

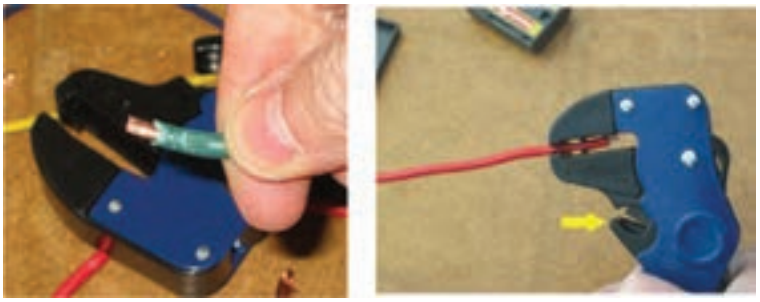
سیم لخت کن

از سیم‌لخت‌کن برای برداشتن روکش عایق سیم استفاده می‌شود. سیم لخت کن نیز مانند سیم‌چین دستهٔ عایق دارد. سیم لخت کن بر دو نوع ساده و خودکار(اتوماتیک) است :

الف) سیم‌لخت‌کن ساده : این سیم لخت کن از دولبه تشکیل شده است. به وسیلهٔ پیچ و مهره‌ای می‌توان فاصلهٔ بین لبه‌ها را کم و زیاد کرد تا شکاف دایره‌شکل در بین دو لبه ایجاد شود. چون لبهٔ داخلی شیارها تیز است، اگر در داخل این شیارها سیم روپوش داری قرار داده شود که قطر داخلی آن به اندازهٔ قطر دایره باشد، با کمی فشار و سپس کشیدن سیم‌لخت‌کن، روکش سیم جدا می‌شود (شکل۶ــ ۳).

شکل۶ــ۳ــ سیم لخت کن دستی

ب) سیم‌لخت‌کن خودکار (اتوماتیک) : این سیم‌لخت‌کن نیاز به تنظیم ندارد و ساده‌ترین آنها دارای دو لبهٔ متحرک است. روی این لبه‌ها شیارهایی تعبیه شده است که با روی هم قرار گرفتن آنها، سوراخ‌هایی با قطرهای مختلف تشکیل می‌شود. آنگاه سیم را داخل این شیارها قرار می‌دهند. وقتی می‌خواهیم سیم را لخت کنیم، ابتدا شیار مناسب قطر مغزی سیم را انتخاب می‌کنیم. آنگاه سیم را داخل آن قرار می‌دهیم، سپس دستهٔ سیم لخت کن را فشار می‌دهیم. لبه‌های صاف پایین می‌آید و سیم را نگه می‌دارد. حال اگر کمی بیشتر فشار دهیم، لبه‌های تیز روکش قسمت انتهایی سیم را درمی‌آورد. (شکل۷ــ ۳).



شکل۷ــ۳ــ سیم لخت کن اتوماتیک

انبردست

انبردست برای نگاه داشتن قطعه‌کار و لخت کردن یا بریدن سیم (در نبود سیم‌چین و سیم‌لخت‌کن) استفاده می‌شود. انبردست‌های ویژه کارهای برقی دارای دستهٔ عایق هستند. از نظر فنی نباید انبردست را به جز در مواقع ضروری، به جای سیم‌چین یا سیم‌لخت‌کن به کار برد.

دم باریک

دم باریک وسیله‌ای شبیه انبردست است، با این تفاوت که نُک آن از انبردست بلندتر و باریک‌تر است. دم باریک برای فرم دادن و گرفتن سیم یا قطعه، به‌کار می‌رود. دم باریک نیز مانند انبردست دستهٔ عایق دارد و در مواقعی که جا تنگ است و امکان کاربرد انبردست وجود ندارد، به جای آن از دم باریک استفاده می‌شود (شکل ۸ــ ۳).

شکل ۸ــ۳ــ دم باریک

ابزار پرس سرسیم و فیش‌ها

برای اتصال سیم برق به دستگاه یا وسیله الکتریکی از سرسیم یا فیش استفاده می‌کنند. این اتصال باید قابل جداشدن باشد. اغلب اتصالاتی که در سیم‌کشی دستگاه‌های الکتریکی وجود دارد، از نوع جداشدنی هستند. در این نوع سیم‌کشی‌ها، تعمیرات آسان است (شکل۹ــ ۳).

شکل۹ــ۳ــ سر سیم و فیش

برای اتصال فیش به سر سیم‌ها از دستگاه پرس استفاده می‌کنند. در شکل ۱۰ـ ۳، دستگاه پرس سر سیم نشان داده شده است.

شکل ۱۰ــ۳ــ دستگاه پرس سر سیم و قطع سیم

سیم‌ها و اتصالات آنها

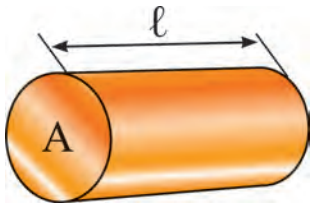
ساختمان سیم‌ها

سیم‌ها از دو قسمت هادی و عایق تشکیل شده‌اند. جنس هادی سیم‌ها بیشتر مسی یا آلومینیومی است. ولی کاربرد مس، به دلیل هدایت بهتر رایج‌تر است. عایق سیم‌ها از مواد پلاستیکی است که آن را به صورت لایه‌ای روی هادی روکش می‌کنند (شکل ۱۱ــ۳).

شکل ۱۱ــ۳ــ ساختمان سیم

قطر رایج سیم‌ها در سیم‌کشی

در مدارهای الکتریکی انواع مختلف سیم به‌کار می‌رود. برای تعیین اندازه سطح مقطع سیم واحد میلی‌متر مربع و برای طول آن، واحد متر، استفاده می‌شود. برای نمونه سیم شمارهٔ یک و نیم به معنی آن است که سطح مقطع سیم ۱/۵ میلی‌مترمربع است. اندازهٔ استاندارد سطح مقطع سیم‌ها ۰/۷۵، ۱، ۱/۵، ۲/۵، ۴، ۶، ۱۰، ۱۶، ۲۵، ۳۵، ۵۰ و ... میلی‌متر مربع است. شکل ۱۲ــ۳ سطح مقطع سیم (A) و طول (l) را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲ــ۳ــ سطح مقطع سیم

انواع سیم‌ها

معمولاً جنس هادی، عایق و نوع کاربرد سیم‌ها با حروف مشخص و استاندارد، روی روکش خارجی آنها نوشته می‌شوند، در جدول ۱ــ۳ تعدادی از این حروف آمده است.

جدول ۱ــ ۳

نوع سیم	کاربرد	تصویر	حروف مشخصه
سیم مفتولی (تک لا)	در تابلوهای برق و تأسیسات نصب ثابت در محیط‌های خشک و داخل لوله (روی دیوار یا داخل دیوار).		NYA
سیم افشان	برای مواردی که سیم نیاز به حرکت و انعطاف زیاد دارد.		NYAF

در جدول (۱ــ۳) هر یک از حروف مفهوم ویژه‌ای دارند. مثلاً N علامت سیم مسی است که با استاندارد VDE آلمان ساخته شده باشد. Y به معنی روکش پلاستیک(P. V. C) است.

سیم‌های عایق دار مورد استفاده در تأسیسات برقی را می‌توان به سه دستهٔ کلی زیر تقسیم نمود. در زیر با نمونه‌هایی از این تقسیم‌ها آشنا می‌شوید.

سیم‌های مفتولی : هادی این نوع سیم‌ها از مس استاندارد شده و پوشش آن، از مادهٔ پی. وی. سی است و در سطح مقطع‌های ۱/۵ تا ۲۴۰ میلی‌متر مربع، ساخته می‌شود (شکل۱۳ــ۳).

شکل۱۳ــ۳ــ سیم مفتولی

سیم‌های نیمه افشان : ساختمان این سیم مانند سیم‌های مفتولی است، ولی به جای یک رشته سیم از چند رشته سیم مفتولی به هم تابیده شده استفاده می‌شود. این عمل باعث می‌شود که سیم کمترگرم شود. در مواردی که نیاز به انعطاف بیشتری نسبت به سیم‌های مفتولی است، از این سیم استفاده می‌شود.

شکل۱۴ــ۳ــ سیم نیمه افشان

سیم‌های افشان : ساختمان این نوع سیم‌ها از چند رشته سیم نازک به هم تابیده تشکیل شده است. رشته‌ای کردن سیم سبب

کاهش تلفات در سیم شده و گرمای حاصل از عبور جریان در آن کمتر می‌شود. قابلیت انعطاف این سیم نسبت به سیم‌های نیمه افشان بیشتر است (شکل۱۵ــ ۳).

شکل۱۵ــ۳ــ سیم‌های افشان

در جدول ۲ــ ۳ شدت جریان مجاز و همچنین فیوز مربوطه برای سیم با عایق پلاستیکی نشان داده شده است.

جدول ۲ــ ۳

سطح مقطع سیم (میلی‌متر مربع)	شدت جریان مجاز سیم(آمپر)	شدت جریان فیوز (آمپر)
۱	۱۲	۱۰
۱/۵	۱۶	۱۶
۲/۵	۲۱	۲۰
۴	۲۷	۲۵
۶	۳۵	۳۵
۱۰	۴۸	۵۰
۱۶	۶۵	۶۳
۲۵	۸۸	۸۰
۳۵	۱۱۰	۱۰۰
۵۰	۱۴۰	۱۲۵

اتصال سیم‌ها (سیم‌بندی)

اتصال سیم‌ها، به هم بستن هادی‌ها یا اتصال آنها به وسایل الکتریکی است. یک مدار الکتریکی هنگامی درست کار می‌کند که اتصال از نظر مکانیکی محکم و از نظر الکتریکی هادی خوب باشد. نمونه‌ای از تقسیم‌بندی این اتصالات عبارت‌اند از :

اتصال غیر لحیمی :

به اتصالی گفته می‌شود که قابل باز شدن باشد. در این اتصال‌ها و بست‌های انتهایی، لحیم به کار برده نمی‌شود، ولی هادی‌ها با فشار، محکم به هم بسته می‌شوند، این نوع اتصال‌ها تماس الکتریکی کافی برقرار می‌کنند. استحکام مکانیکی این اتصالات نیز مناسب است. اتصال غیر لحیمی سه دسته است :

۱ــ اتصال پیچی : اتصال پیچی با پیچ و مهره انجام می‌شود و واشرها از آسیب رساندن مهره یا سر پیچ به قطعه در هنگام کشش جلوگیری می‌کنند (شکل۱۶ــ۳). برای اتصال سیم‌های نول یا سیم اتصال زمین (ارت) در تابلوهای برق، اتصال پیچی روی یک تسمهٔ مسی(شین) به‌کار می‌رود.

شکل۱۶ــ۳ــ اتصال پیچی

۲ــ اتصال فیشی (سرسیمی) : برای بستن سیم‌های رشته‌ای در زیر پیچ باید از سر سیم‌های فیشی استفاده کرد. این فیش‌ها (سرسیم‌ها) دارای انواع مختلف حلقه‌ای، تیغه‌ای، کشویی و میله ای هستند که هر یک از آنها کاربرد ویژه‌ای دارند (شکل ۱۷ــ۳).

شکل۱۷ــ۳ــ سرسیم

شکل ۱۸ــ۳ تصویر چند نمونه سرسیم‌های فیشی را، که به سیم‌ها متصل شده‌اند، نشان می‌دهد.

شکل ۱۸ــ۳

۳ــ اتصال ترمینالی : در این اتصال منبع تغذیه با مصرف‌کننده با یک ارتباط دهنده به نام ترمینال متصل می‌شود که دارای دوسری پیچ اتصال است. در شکل ۱۹ــ۳ یک نمونه ترمینال نشان داده شده است.

شکل۱۹ــ ۳ــ ترمینال

۴ــ اتصال لحیمی

لحیم کاری عبارت از اتصال دو یا چند فلز به وسیلهٔ یک فلز یا آلیاژ سوم است. در این فرایند آلیاژ یا فلز لحیم‌کننده به نقطهٔ ذوب خود می‌رسد ولی فلزات مورد اتصال ذوب نمی‌شوند، در نتیجه فلزات لحیم شونده به یکدیگر متصل می‌شوند.

لحیم : لحیم معمولاً آلیاژی مرکب از سرب و قلع است. قلع با آب و هوا ترکیب نمی‌شود و پوشش بسیار خوبی برای فلزاتی مانند مس است و از اکسید شدن آن جلوگیری می‌کند.

وسایل لحیم‌کاری : برای لحیم‌کاری چند قطعه به یکدیگر، نخست باید آنها را گرم نمود و سپس لحیم کرد. برای تأمین گرمای لازم از هویه استفاده می‌شود. نُک هویه، که گرما را به نقطه اتصال می‌رساند بیشتر از جنس مس است.
هویه‌ها به وسیلهٔ جریان الکتریکی گرم می‌شوند و آنها را در دو نوع مقاومتی و ترانسفورماتوری می‌سازند.

شکل۲۰ــ۳ــ هویه‌های قلمی (مقاومتی) و هفت تیری (ترانسفورماتوری)

شکل۲۱ــ۳ــ بست کمربندی

بست کمربندی سیم‌ها

بست کمربندی، برای دسته‌بندی و نظم دادن به سیم‌هایی که مربوط به یک مسیر یا بخش ویژه‌ای هستند به‌کار می‌رود (شکل ۲۱ــ۳). در تابلوهای برق و دستگاه‌ها کمربندهای پلاستیکی برای بستن و محکم کردن سیم‌ها به‌کار می‌رود.

کار عملی ۱ــ ۳

هدف : اتصال سیم‌ها به روش پرسی و ترمینالی

وسایل مورد نیاز : سیم نمرهٔ ۱/۵ میلی‌مترمربع، سیم‌چین، سیم‌لخت‌کن، پرس سرسیم ترمینال پلاستیکی و پیچ‌گوشتی.

مراحل انجام کار :

۱ــ سه رشته سیم نمرهٔ ۱/۵ میلی‌متر مربع را در اندازه‌های ۱۵ سانتی‌متری با سیم‌چین ببرید.

۲ــ با سیم لخت‌کن روکش هر کدام از سیم‌ها را به اندازهٔ پنج میلی‌متر بردارید.

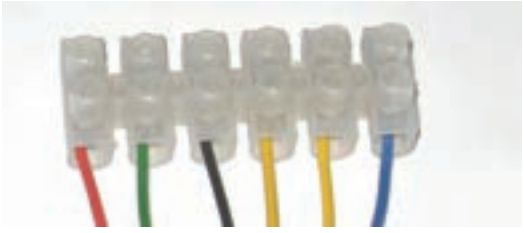
۳ــ قسمت لخت شدهٔ سیم‌ها را داخل سر سیم‌ها بگذارید و به کمک انبر پرس، مانند شکل ۲۲ــ۳ سر سیم را روی سیم، پرس کنید.

شکل۲۲ــ۳ــ پرس کردن سرسیم

۴ــ مرحله ۱ و ۲ را دوباره انجام دهید.

۵ــ قسمت لخت شدهٔ سیم‌ها را مانند شکل۲۴ــ۳ داخل ترمینال قرار دهید و به کمک پیچ‌گوشتی، پیچ ترمینال را ببندید. دقت کنید تا همهٔ قسمت لخت شدهٔ سیم زیر پیچ ترمینال قرار گیرد و از بیرون دیده نشود.

شکل۲۳ــ۳ــ یک نمونه ترمینال پلاستیکی



شکل۲۴ــ۳ــ قرار گرفتن سیم‌ها زیر پیچ‌های ترمینال

۶ــ گزارش کار عملی خود را در دفتر گزارش کار بنویسید.

کابل

امروزه در صنعت و کشاورزی، بیشتر برق‌رسانی‌ها به انواع ماشین‌ها و تجهیزات الکتریکی، با کابل‌انجام می‌شود. کاربرد کابل‌ها در این زمینه بسیار وسیع و دارای اهمیت زیادی است. کارخانجات کابل‌سازی، کابل‌ها را در اندازه‌ها و کاربردهای گوناگون و با ساختمان‌های داخلی متفاوت تولید می‌کنند (شکل۲۵ــ۳).

شکل۲۵ــ۳ــ چند نمونه کابل

تعریف کابل

کابل یک یا چند هادی (تک رشته یا چند رشته‌ای) است، که هر هادی آن به وسیلهٔ پوششی عایق‌کاری شده و مجموعهٔ هادی‌های عایق دار نیز در داخل یک پوشش دیگر عایق‌کاری شده است. هر نوع هادی، که بتواند جریان برق را از داخل خود عبور دهد و توسط موادی از محیط اطراف خود عایق شده باشد، به طوری که ولتاژ روی سطح عایق نسبت به زمین برابر صفر و در روی سطح سیم نسبت به زمین دارای ولتاژ باشد، «**کابل**» نامیده می‌شود.

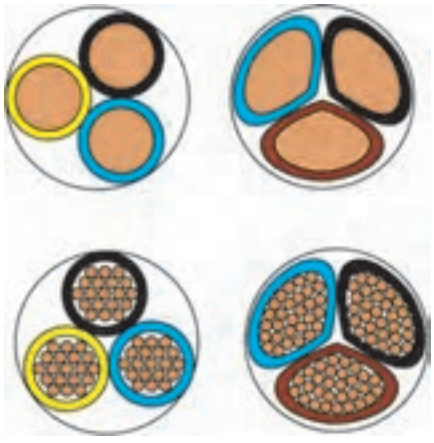
ساختمان کابل‌ها

کابل‌ها همواره از دو قسمت اصلی هادی و عایق تشکیل شده‌اند. تفاوت کابل‌ها ناشی از کاربرد آنهاست. یعنی نوع کارشان موجب می‌شود که جنس، شکل، سطح مقطع و تعداد هادی‌ها و عایق‌ها با یکدیگر تفاوت داشته باشند. این تفاوت‌ها موجب تقسیم‌بندی کابل‌ها می‌گردند. قسمت‌های اصلی کابل‌ها عبارت‌اند از :

هادی کابل‌ها

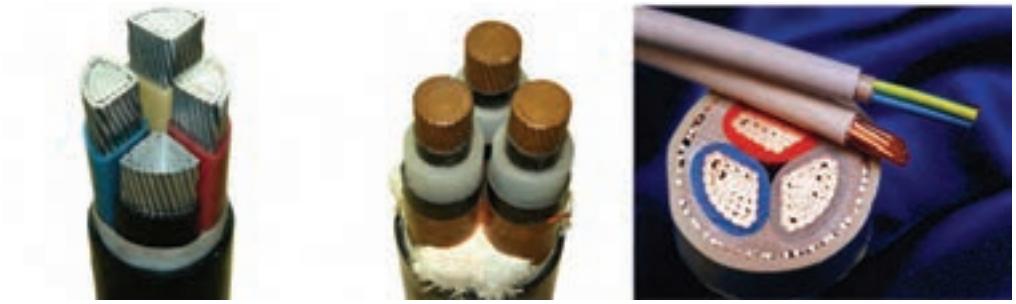
هادی‌ها از سیم مسی و دارای انعطاف قابل قبول یا از آلومینیوم یا آلیاژهای مخصوص ساخته می‌شوند. سطح مقطع هادی‌ها، با توجه به مقدار جریان عبوری و نوع کاربرد، در اندازه‌های گوناگون و شکل‌های متفاوت درست می‌شود. در اینجا کابل‌ها را از نظر سطح مقطع هادی، تعداد رشته و همچنین از نظر کاربرد، به صورت زیر، مورد بررسی قرار می‌دهیم.

ــ هادی‌ها از نظر تعداد رشته به دو شکل تک رشته (مفتولی) و چند رشته (افشان) وجود دارند (شکل ۲۶ــ۳). برای مشخص کردن هادی‌های تک رشته‌ای از حرف اختصاری (e) و کابل‌های چند رشته‌ای از حرف اختصاری (m) استفاده می‌شود.



شکل۲۶ــ۳ــ کابل‌های تک‌رشته و چند رشته

ــ هادی‌ها از نظر شکل‌سطح مقطع نیز به دو شکل گرد و مثلثی (شکل۲۷ــ۳) وجود دارند. برای مشخص کردن هادی‌های گرد از حرف اختصاری (r) و کابل‌های مثلثی از حرف اختصاری (s) استفاده می‌شود.



شکل۲۷ــ۳ــ مقطع کابل‌ها

■ عایق کابل‌ها

با توجه به اینکه کابل‌ها در زیرزمین یا روی تجهیزات فلزی نصب می‌شوند، نباید هیچ گونه اتصال الکتریکی بین هادی و زمین برقرار گردد. به عبارت دیگر، باید ولتاژ روی بدنهٔ عایق نسبت به زمین صفر باشد. برای عایق کردن کابل‌های الکتریکی، بسته به نوع مصرف و ولتاژ روی هادی کابل، نوع عایق کابل از مواد مختلفی انتخاب می‌شود، که مهم‌ترین آنها به شرح زیر هستند :

ــ پی وی سی(PVC)، که به نام پروتودور معروف است.

ــ مواد لاستیکی

ــ پلی اتیلن، که به نام «XLPE» معروف است.

ــ کاغذهای آغشته به روغن مخصوص

برای تشخیص آسان‌تر سیم‌های مختلف کابل‌ها و جلوگیری از اشتباه، عایق سیم‌های داخل کابل‌ها را با رنگ‌های گوناگون تولید می‌کنند.

شکل ۲۸ــ۳ــ کابل پی وی سی

■ غلاف کابل

ــ کابل‌ها را از نظر کاربرد به دو دستهٔ کابل‌های مسلّح و کابل‌های غیر مسلّح می‌توان تقسیم نمود. کابل‌های مسلّح برای تحمل ضربه ها، فشار، نفوذ رطوبت و سایر عوامل دارای محافظ‌اند و کابل‌های غیر مسلّح فاقد محافظ‌اند.

عایق برخی کابل‌ها از یک یا چند لایه تشکیل شده است. این لایه (یا لایه‌ها) کابل را در برابر انواع نیروهای مکانیکی محافظت می‌کند. این لایه همچنین می‌تواند از نفوذ رطوبت به داخل کابل جلوگیری کند. به این اصطلاحاً «غلاف کابل» یا «زره» می‌گویند. در ساده‌ترین حالت، مطابق شکل (۲۹ــ ۳) کابل دارای یک غلاف از مواد پی وی سی است که آن را در برابر عوامل بیرونی، از جمله نفوذ رطوبت محافظت می‌کند.

شکل۲۹ــ۳ــ کابل دارای غلاف

حال اگر کابل در جاهایی مورد استفاده قرار گیرد که نیروهای دیگری، مانند نیروی مکانیکی به آن وارد شود باید با استفاده از زره فولادی یا زره آلومینیومی، که در تمام طول کابل به صورت مفتول یا ورق تعبیه می‌گردد، محافظت مکانیکی شود. برای مثال می‌توان از کابل‌هایی که برای توزیع انرژی الکتریکی در شهرها، که به صورت دفنی در خاک و در زیر معابر و خیابان‌ها اجرا می‌شوند نام برد که به غلاف (زره) آلومینیومی یا فولاد گالوانیزه مجهز هستند.

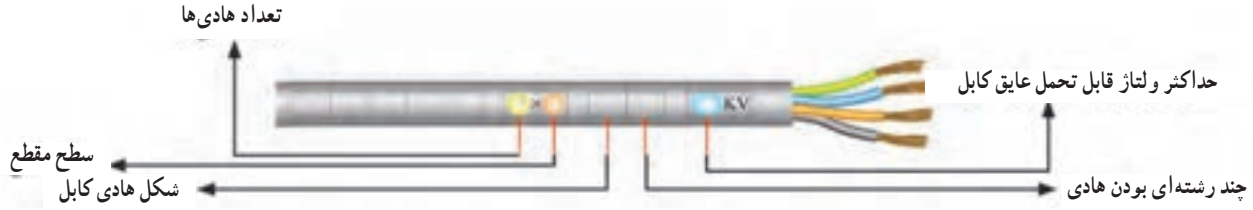
انتخاب کابل

عوامل مؤثر در انتخاب نوع کابل‌ها : به طور کلی برای انتخاب کابل باید به موارد زیر توجه کرد.

- ولتاژ نامی
- جریان مورد نیاز بار و میزان تحمل کابل در برابر جریان عبوری
- شرایط محیطی(دمای محیط، میزان فشار و کشش وارد بر کابل، رطوبت محیط و اثرات خوردگی محل نصب کابل)

از بین عوامل فوق برای تعیین سطح مقطع کابل باید به جریان مورد نیاز مصرف کننده، میزان تحمل کابل در برابر عبور جریان و افت ولتاژ مجاز، توجه خاص داشته باشیم.

چگونگی استخراج اطلاعات از روی کابل‌ها : روی بدنهٔ کابل‌ها یک سری حروف، که نشان‌دهندهٔ نوع عایق به کار رفته در کابل است و یک سری اعداد، که نشان‌دهندهٔ تعداد رشته و سطح مقطع هر رشته است (به همراه حروف اختصاری تعداد رشته و سطح مقطع، در کنار ولتاژ قابل تحمل عایق کابل)، درج شده است. از این اطلاعات برای تشخیص زمینهٔ کاربرد کابل‌ها می‌توان استفاده کرد (شکل ۳۰ــ۳).



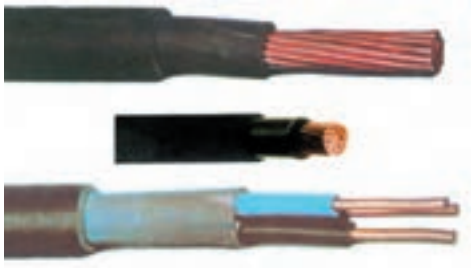
شکل ۳۰ــ۳ــ ساختار کلی اطلاعات روی کابل

جدول ۲ــ۳ــ مفهوم برخی حروف روی کابل‌ها

حروف اختصاری	توضیحات
N	کابل‌های نُرم شده بر اساس استاندارد وی، دی، ای (VDE) آلمان
Y(اولین حرف)	عایق پروتودور
Y(دومین حرف)	روپوش پروتوردور
A(اولین حرف)	نوع هادی از جنس آلومینیوم
A(دومین حرف)	غلاف خارجی دوبل
B	کابل مسلّح با نوار فلزی
K	غلاف سربی

مثال : کابل (NYY)

این نوع کابل برق، برای کابل‌کشی در محل‌هایی که احتمال ضربهٔ مکانیکی نباشد، به‌کار می‌رود. ساختمان این نوع کابل‌ها از رشته‌های هادی مسی نُرم شده (N) هستند، که با مواد پی. وی. سی عایق (Y) می‌شوند. مقطع هادی این نوع کابل‌ها گرد یا سه گوش است (شکل ۳۱ــ۳).



شکل ۳۱ــ۳

پژوهش

اطلاعات مربوط به کابل یکی از دستگاه‌های برقی کشاورزی را از روی آن استخراج کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

لوازم و تجهیزات کابل‌کشی

برای اجرای عملیات مختلف روی کابل‌ها، به لوازم و تجهیزاتی نیاز است که در زیر به شرح آنها می‌پردازیم :

- **قیچی کابل‌بری**

برای بریدن کابل‌ها و هادی‌های مسی و آلومینیومی از قیچی کابل‌بری دستی، استفاده می‌شود. در شکل۳۲ــ۳ یک نمونه از قیچی کابل بری دستی نشان داده شده است.

شکل۳۲ــ۳ــ قیچی کابل بری

- **وسیلهٔ روکش برداری کابل**

این وسیله دارای دستگیره‌ای است که یک تیغ برش و یک غلتک روی آن قرار دارد. برای جدا کردن عایق کابل باید دو برش طولی و عرضی روی عایق داده شود. هنگام روکش برداری کابل، غلتک در پشت کابل قرار می‌گیرد، و با حرکت تیغه دور کابل، عایق کابل بریده شده و سپس روکش بردار را در امتداد کابل حرکت داده تا شیار طولی روی عایق کابل ایجاد شود، حالا می‌توان عایق را از روی کابل جدا کرد. فاصلهٔ بین غلتک و تیغه قابل تنظیم است. بنابراین، می‌توان روکش‌برداری کابل‌هایی را که ضخامت عایق آنها مختلف است با آن انجام داد. (شکل۳۳ــ۳).

شکل۳۳ــ۳ــ روکش بردار کابل

■ بست کابل

بست کابل برای مهار کابل‌کشی‌های روی دیوار به کار می‌رود. برای انتخاب بست، باید به اندازهٔ قطر خارجی کابل و نوع کابل‌کشی دقت کرد. بست‌ها را با میخ‌های فولادی یا پیچ و رول پلاک به روی دیوار محکم می‌کنند و سپس کابل روی آنها بسته می‌شود.

■ کابل شوها (سرکابل‌ها)

برای اتصالات جدا شدنی کابل‌ها، از سر سیم‌های مخصوص(کابل شو) استفاده می‌کنند. کابل شوها، با توجه به سطح مقطع سیم، در اندازه‌های مختلف ساخته می‌شود. کابل شوها را در انواع مختلف پرسی، لحیمی و پیچی می‌سازند. برای به دست آوردن اتصال صددرصد و قابل اطمینان، اغلب کابل شوها را به هادی‌های کابل، لحیم یا پرس می‌کنند (شکل۳۴ــ۳).

شکل۳۴ــ۳ــ سر کابل

برای اتصال کابل‌های افشان(از مقطع یک میلی‌مترمربع به بالا و کابل‌های مفتولی از ۱۰ میلی‌متر مربع به بالا)، باید از کابل شو استفاده شود. کابل‌های مفتولی با مقطع ۶ میلی‌مترمربع و کمتر را می‌توان بدون استفاده از کابل‌شو به دستگاه مربوطه متصل نمود.

شکل ۳۵ــ۳ــ کابل‌شوی پرس شده

■ پرس کابل شو

برای پرس کابل شوهای فلزی به سر هادی‌ها از پرس دستی استفاده می‌شود.

کار عملی ۲ــ۳

هدف : اتصال کابل شو به کابل‌ها به روش پرسی

وسایل مورد نیاز : قیچی کابل‌بری، چاقوی روکش برداری کابل، کابل‌شو،کابل، پرس کابل‌شو

مراحل انجام کار :

۱ــ سیم روکش‌دار نمرهٔ ۱۶ را با چاقوی کابل‌بری (یا سیم‌لخت‌کن) لخت کنید، به طوری که قسمت لخت شده به اندازهٔ سوراخ کابل شو به اضافهٔ ۵ میلی‌متر باشد.

۲ــ سر سیم‌لخت شده را در سوراخ کابل شو داخل نمایید، به‌گونه‌ای که سر سیم ۱ تا ۳ میلی‌متر از سوراخ کابل شو بیرون آید و با عایق سیم نیز، حدود سه میلی‌متر (از انتهای کابل شو) فاصله داشته باشد.

۳ــ با پرس دستی، کابل شو را به سیم پرس کنید (شکل۳۶ــ ۳).

شکل۳۶ــ۳

مراحل اتصال کابل شو به روش لحیم‌کاری

۱ــ عایق سر کابل را به اندازهٔ لازم (به اندازهٔ طول حلقهٔ کابل شو + حدود پنج میلی‌متر) جدا کنید و سر کابل را تمیز کنید.

۲ــ سر کابل را، که عایق آن برداشته شده است، در کابل شو داخل نمایید.

۳ــ دنبالهٔ عایق سر کابل را با پیچاندن نخ نسوز از خطر سوختن محافظت کنید.

۴ــ کابل را با کابل‌شو به طور عمودی نگه دارید. محل لحیم‌کاری را روغن لحیم بزنید. برای لحیم‌کاری، دنبالهٔ کابل شو را که بالای محل لحیم‌کاری قرار دارد، به وسیلهٔ چراغ کوره‌ای یا سر پیک گازی، گرم کنید. با گذاشتن لحیم روی آن سعی کنید که لحیم به داخل کابل شو نفوذ کند.

۵ــ نخ نسوز را باز کنید و روی محل لحیم‌کاری را با نوار عایق بپوشانید و کابل شو را با سر تخت آن و بدون هیچ واسطه‌ای روی محل اتصال زیر پیچ محکم کنید.

کار عملی ۳ــ۳

هدف : اتصال کابل شو به روش لحیم‌کاری

وسایل مورد نیاز : قیچی کابل‌بری، چاقوی روکش برداری کابل، لحیم، کابل‌شو، کابل.

مراحل انجام کار :

۱ــ یک کابل «NYCY» به طول لازم (حدود ۶۰ سانتی‌متر) انتخاب کنید.

۲ــ روکش اصلی کابل را به طول لازم (حدود ۲۵ سانتی‌متر) با چاقوی کابل‌بری بردارید. مواظب باشید که روکش سیم‌ها زخمی نشود.

۳ــ عایق سر سیم‌ها را به طول لازم جدا کنید (طول سوراخ کابل شو حدود پنج میلی‌متر).

۴ــ سر سیم‌هایی را که عایق آنها برداشته شده است، در کابل شو داخل نمایید. به طوری که حدود دو میلی‌متر از قسمت انتهایی سوراخ کابل شو پایین‌تر قرار گیرد.

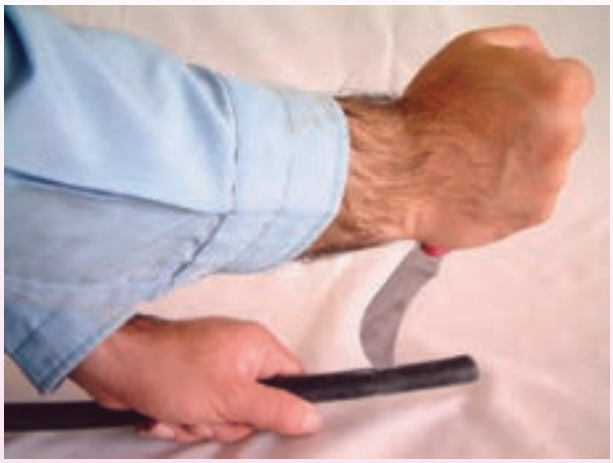
۵ــ دنبالهٔ عایق سر سیم‌ها را با پیچاندن نخ نسوز، از خطر سوختن روکش سیم محافظت کنید.

۶ــ کابل را همراه با کابل شوهای مربوط به طور عمودی نگه دارید.

۷ــ بالای محل لحیم کاری کابل شو را با چراغ کوره‌ای یا سر پیک گازی گرم کنید و لحیم را جلوی سوراخ کابل‌شو قرار دهید تا لحیم به داخل کابل شو نفوذ کند.

نکته ایمنی

مواظب باشید که افراد در مسیر نُک چاقوی شما قرار نگیرند (شکل۳۷ــ۳).



شکل۳۷ــ ۳

هنگام استفاده از شعله برای لحیم کاری مواظب باشید تا افراد و تجهیزات از آسیب مصون باشند.

روش اتصال کابل‌شوی پیچی به کابل

موارد کاربرد کابل‌شوهای پیچی برای مقاطع بزرگ یک لایه تا ۱۲۰ میلی‌متر مربع، و سیم‌های چند لایه تا ۱۵۰ میلی‌متر مربع است. مراحل اتصال کابل‌شوی پیچی به کابل عبارت است از :

۱ــ کابل‌شو انتخابی باید با قطر سیم هادی متناسب باشد و درست انتخاب شود.

۲ــ پیچ‌ها یکنواخت و چنان محکم شود که سیم تغییر شکل ندهد. فاصلهٔ بین بست‌های بالا و پایین باید در هر دو طرف یکسان باشد. پس از اتصال، باید فشار اتصال کافی (حداقل یک کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) بین دو قسمت بست به وجود آید (شکل ۳۸ــ۳).

شکل ۳۸ــ۳ــ کابل شوی پیچی

اصول کلی نصب کابل‌ها

- حداقل فاصلهٔ بین کابل‌های موازی هم ولتاژ، به اندازهٔ قطر کابل ضخیم‌تر مجاور در نظر گرفته شود.
- در مواردی که کابل از داخل تجهیزات فلزی و لبه‌دار و تیز عبور می‌کند و ممکن است کابل دچار خراشیدگی شود، باید با به‌کارگیری بوشن یا وسایل دیگر، کابل را حفاظت نمود.
- در مواردی که کابل در معرض تغییرات درجهٔ حرارت قرار دارد، باید پیش‌بینی‌های لازم برای عایق‌بندی حرارتی آن انجام شود.
- کابل‌هایی که به تجهیزات متحرک نصب می‌شوند، باید در نقطهٔ اتصال به دستگاه کاملاً محکم شود، به طوری که نیروی کششی به ترمینال‌های برق متصل به کابل وارد نشود.
- هنگام نصب کابل، باید شعاع خمش را، متناسب با تعداد رشته، سیم و عایق به کار رفته در آن، در نظر گرفت.
- در مواردی که یک کابل با کابلی دیگر یا با لوله‌ها تقاطع دارد، باید از یک لولهٔ محافظ، با قطر متناسب با قطر کابل و طول حداقل یک متر، استفاده نمود و کابل را از داخل آن عبور داد.
- کلیهٔ کابل‌ها باید یک تکه باشند و از کاربرد مفصل دو راهی در وسط خط خودداری شود.

در سیم‌کشی، وسایل مختلفی به کار برده می‌شود که شناخت آنها، موجب توانایی انتخاب و کاربرد درست آنها می‌شود. در این قسمت اجزای ضروری مدار برای سیم‌کشی تشریح می‌شود.

کلیدها

کلید در مدار، وظیفهٔ قطع و وصل جریان الکتریکی را به عهده دارد. برای متوقف کردن جریان، باید حداقل یکی از سیم‌های حامل جریان الکتریکی قطع شود، یعنی مدار الکتریکی باز شود. برای به کار انداختن مجدد دستگاه باید مسیر قطع شده به حالت اول برگردد، یعنی مدار بسته شود. وسیله‌ای که عمل قطع و وصل را در مدار انجام می‌دهد، کلید نام دارد. کلیدها متناسب با نوع عملکرد در مدار به انواع مختلف تقسیم بندی می‌شوند.

توصیه‌های ایمنی

کلیدهای کنترل مدارها (از جمله چراغ‌ها) به دلیل رعایت نکات ایمنی باید هادی فاز را قطع و وصل کنند. قطع و وصل هادی نول برای کنترل مدار ممنوع است.

کلید یک پل

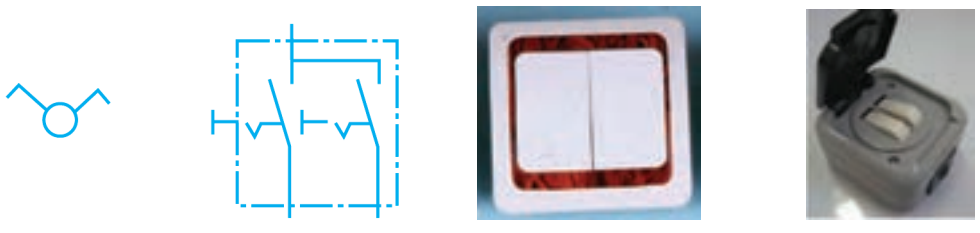
این کلید دارای یک پل، به عبارت دیگر، دارای یک دگمه برای قطع و وصل و یک مسیر برای عبور جریان است. دگمهٔ قطع و وصل ممکن است به صورت فشاری، بالا و پایین یا دوار باشد. محفظه و سایر قسمت‌های عایق این کلید از جنس پلاستیک است، به طوری که می‌تواند ولتاژ معینی را تحمل کند. کلید یک پل در دو نوع توکار و روکار ساخته می‌شود. تصویر ظاهری و علائم اختصاری این کلید در شکل ۳۹ــ۳ نشان داده شده است.

الف) روکار　　ب) توکار　　ج) شمای حقیقی و فنی

شکل ۳۹ــ۳ــ کلید یک پل

کلید دو پل

این کلید از دو کلید یک پل تشکیل شده است که در کنار هم قرار گرفته و در یک محفظهٔ کائوچویی گذاشته شده‌اند و به جای داشتن چهار پیچ، که محل قرار گرفتن سیم‌هاست، از سه پیچ که یکی از آنها مشترک است، استفاده می‌شود. با کلید دو پل می‌توان دو دسته لامپ را به دلخواه روشن و خاموش کرد. تصویر ظاهری و علائم اختصاری این کلید در شکل ۴۰ــ۳، نشان داده شده است.



الف) روکار　　ب) توکار　　ج) شمای حقیقی و فنی

شکل ۴۰ــ۳ــ کلید دو پل

■ کلید تبدیل (تعویض)

این کلید از یک محفظه و سه پیچ، که محل اتصال سیم‌هاست و دگمه‌ای اهرمی و یک پلاتین تشکیل شده است، که پلاتین، پیچ مشترک را به دلخواه به پیچ‌های دیگر اتصال می‌دهد. کلید تبدیل معمولاً در سالن‌هایی که دارای درب‌های ورودی و خروجی هستند، به‌کار برده می‌شود تا بتوان از دو نقطهٔ ورودی و خروجی، روشنایی را کنترل کرد. تصویر ظاهری و علائم اختصاری این کلید در شکل ۴۱ــ۳، نشان داده شده است.

الف) روکار

ب) توکار

ج) شمای حقیقی و فنی

شکل ۴۱ــ۳ــ کلید تبدیل

■ پریزها

هرگاه بخواهیم انرژی الکتریکی را مستقیماً مورد استفاده قرار دهیم، نیاز به وسیله‌ای داریم که بتوانیم انرژی الکتریکی را به دستگاه مورد نظر برسانیم. این اتصال توسط پریز انجام می‌شود. پریزها به دو دستهٔ «توکار» و «روکار» تقسیم می‌شوند.

همان طور که در فصل گذشته آموختیم، برای حفاظت اشخاص و کاهش خطرات برق گرفتگی، از سیستم حفاظت اتصال زمین استفاده می‌شود. در سیستم حفاظت اتصال زمین، بدنهٔ دستگاه‌ها به وسیلهٔ سیمی به زمین وصل می‌شوند و خطر برق گرفتگی در اثر تماس با بدنهٔ‌دستگاه را از بین می‌برند. پریزهای برق مجهز به اتصال زمین، دارای سه پیچ هستند که یکی از آنها مربوط به اتصال سیم زمین است (شکل ۴۲ــ۳).

الف) تصویر ظاهری

ب) شمای حقیقی و فنی

شکل ۴۲ــ ۳ ــ پریز برق

نکته

کلیهٔ پریزها باید مجهز به هادی حفاظتی باشند.

یادآوری : به‌کارگیری پریزهای دو کنتاکت یا انواع پریزهای مخصوص (بر حسب مورد)، فقط در صورتی مجاز خواهند بود که از روش‌های ایمنی مخصوص استفاده شده باشد.

■ جعبهٔ تقسیم

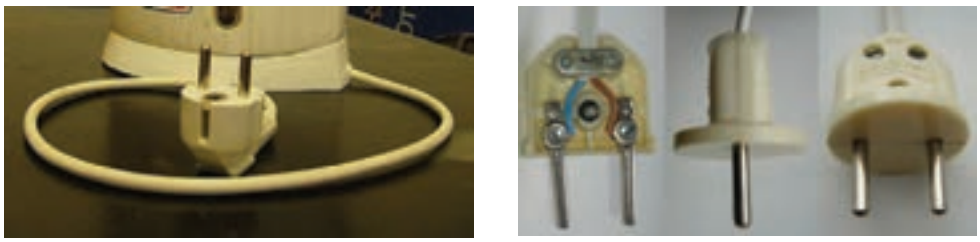
در سیم‌کشی، اغلب لازم است که از سیم‌ها انشعاب گرفته شود. به همین دلیل در مسیر سیم‌ها جعبه‌ای به نام جعبهٔ تقسیم گذاشته می‌شود. جعبهٔ تقسیم در دو نوع روکار و توکار ساخته می‌شود. جعبهٔ تقسیم در نقشه‌های الکتریکی مطابق شکل۴۳ــ۳ (ب) نشان داده می‌شود.

الف) تصویر ظاهری ب) شمای حقیقی و فنی

شکل۴۳ــ۳ــ جعبه تقسیم

■ دوشاخه

برای اتصال مصرف‌کننده‌های الکتریکی به پریز برق از وسیله‌ای به نام دو شاخه استفاده می‌کنند. دوشاخه دارای دو میلهٔ فلزی است که روی پایه ای پلاستیکی نصب می‌شود و دو سر سیم را به آن وصل می‌کنند. همچنین کارخانه‌های سازنده وسایل الکتریکی، بدنهٔ فلزی دستگاه‌ها را با سیم اتصال بدنه دستگاه به دوشاخه آن وسائل متصل می‌کنند. به همین دلیل برخی دوشاخه‌ها دارای زائدهٔ فلزی هستند که از طریق پریز، سیم زمین را به دستگاه مرتبط می‌کنند.



الف) دو شاخه معمولی بدون اتصال زمین ب) دوشاخه با اتصال زمین

شکل۴۴ــ۳ــ دوشاخه

شکل ۴۵ــ۳ــ چند شاخه با اتصال زمین

هنگام بیرون کشیدن دو شاخه از پریز، اول دستگاه را خاموش کنید، سپس دست چپ را دو طرف پریز قرار داده و با دست دیگر قسمت سخت دو شاخه را بگیرید و از پریز برق جدا کنید (از کشیدن سیم جداً خودداری کنید).

کار عملی ۴ــ۳

هدف : ساختن سیم سیار

وسایل مورد نیاز : ۴ سیم رشته‌ای با سطح مقطع یک‌ونیم میلی‌متر یا کابل ۴ رشته، پریز، دوشاخه یا سه شاخه، سیم‌چین، انبردست، پیچ‌گوشتی و فازمتر

مراحل انجام کار :

۱ــ دو متر از یک کابل ۴ رشته‌ای با سطح مقطع ۲/۵ میلی‌متر مربع را جداً ببرید.

۲ــ روکش کابل را با چاقوی کابل بری از دو سر کابل به اندازه‌ای که داخل سه شاخه قرار گیرد، جدا کنید.

۳ــ سرهای ۴ رشته سیم را به اندازه نیم سانتی‌متر لخت کنید.

۴ــ سر سیم‌های لخت شده را زیر پیچ‌های نری و مادگی قرار داده و محکم کنید و درب نری و مادگی را ببندید.

شکل ۴۶ــ۳

■ سرپیچ

سرپیچ وسیله‌ای است که لامپ به آن پیچ شده و روشن می‌شود. سرپیچ‌ها در دو نوع آویز و دیواری ساخته می‌شوند. سرپیچ دیواری را روی سطح کار نصب می‌کنند. سرپیچ آویز را به سطح کار می‌آویزند. در شکل۴۷ــ۳ چند نمونه سر پیچ آویز و دیواری را مشاهده می‌کنید. جنس سرپیچ ، پلاستیکی ،کائوچویی یا چینی است. برخی از سرپیچ‌ها مانند پیچ و مهره ساخته شده‌اند که به هم اتصال پیدا می‌کنند. در موقع بستن لامپ به سرپیچ باید دقت کرد که دو کنتاکت سرپیچ به هم اتصال نداشته باشد.

الف) آویز ب) دیواری حباب دار

شکل۴۷ــ۳ــ انواع سر پیچ

لامپ‌ها

لامپ وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به انرژی نورانی تبدیل کرده و برای روشنایی به‌کار می‌رود. نخستین لامپ روشنایی(رشته‌ای) در سال ۱۸۷۹ توسط توماس ادیسون اختراع شد و بعدها راه تکامل را پیمود. تاکنون پس از گذشت بیش از ۱۳۰ سال، لامپ‌ها در انواع مختلف ؛ از قبیل لامپ‌های رشته‌ای، لامپ فلورسنت و لامپ جیوه‌ای یا سدیمی (سدیمی فشار قوی ــ سدیمی فشار ضعیف) لامپ‌های نئون ساخته شده‌اند. (شکل۴۸ــ ۳).

فلورسنت(کم مصرف)

جیوه‌ای

سدیمی

رشته‌ای

هالوژن

(LED)

فلورسنت(مهتابی)

شکل ۴۸ــ۳ــ نمونه‌هایی از انواع لامپ‌ها

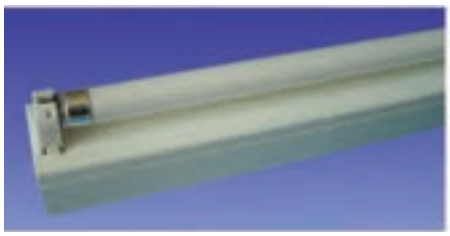
برای تعویض لامپ‌ها، نخست کلید را روی حالت خاموش قرار دهید و به کمک فازمتر، از قطع جریان برق مطمئن شوید، سپس با یک دست قسمت عایق سرپیچ را نگه داشته و با دست دیگر لامپ را باز کنید.

آیا می‌دانید :

لامپ‌های رشته‌ای حدود ۹۵ درصد انرژی الکتریکی را مستقیماً به گرما تبدیل می‌کنند و تنها ۵ درصد آن به نور تبدیل می‌شود.

■ **لامپ‌های فلورسنت معمولی :**

لامپ‌های فلورسنت معمولی با ولتاژ ۲۲۰ ولت روشن می‌شوند. شکل ۴۹ــ۳ شکل‌ظاهری لامپ فلورسنت را نشان می‌دهد.



شکل ۴۹ــ۳ــ لامپ فلورسنت

وسایل اصلی مورد نیاز برای روشن کردن لامپ فلورسنت به شرح زیرند :

الف) ترانس مهتابی : در لامپ‌های فلورسنت، نخست ولتاژ زیادی مورد احتیاج است. ترانس مهتابی این اضافه ولتاژ را تأمین می‌کند.

الف) شکل ظاهری

ب) علامت اختصاری

شکل ۵۱ ــ۳ــ ترانس لامپ فلورسنت

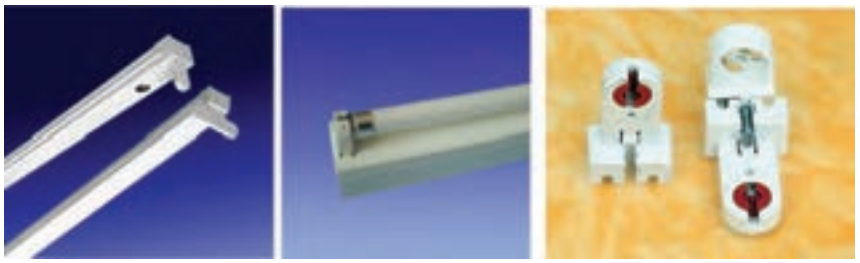
ب) استارتر (راه انداز خودکار) : استارتر وظیفهٔ راه‌اندازی اولیهٔ لامپ مهتابی را بر عهده دارد و پس از روشن شدن لامپ، از مدار خارج می‌شود. شکل ۵۲ ــ۳ شکل ظاهری استارتر را نشان می‌دهد.

شکل ۵۲ ــ۳ــ استارتر لامپ فلورسنت

اجزای مورد نیاز برای اتصال لامپ فلورسنت : وسایل کمکی دیگری از قبیل پایهٔ لامپ(سوکت لامپ)، پایهٔ استارتر و . . . نیز مورد نیاز است.

پایهٔ لامپ فلورسنت : پایهٔ لامپ فلورسنت از جنس پلاستیک مخصوص ساخته می‌شود. در دو سر لامپ زائده‌هایی فلزی وجود دارد که این زائده‌ها به فیلامان لامپ متصل می‌باشند و در داخل سوکت‌های لامپ فلورسنت جای می‌گیرند.

پایه استارتر : برای استارتر نیز پایهٔ جداگانه‌ای در نظر گرفته شده است یا روی یکی از پایه‌های لامپ فلورسنت محل مخصوصی برای آن تعبیه شده است (شکل ۵۳ــ۳).



شکل ۵۳ــ۳ــ پایه

■ لامپ کم‌مصرف

لامپ کم‌مصرف خود نوعی لامپ فلورسنت است. در سال‌های اخیر، به دلیل توجه بیشتر به مصرف بهینهٔ انرژی الکتریکی و نیز از آنجایی که روشنایی بخش عمده‌ای از مصرف برق را شامل می‌شود، و همچنین تلفات نود درصدی لامپ‌های رشته‌ای استفاده

از لامپ‌های کم مصرف بسیار توسعه یافته است. جایگزینی لامپ‌های رشته‌ای با لامپ‌های کم مصرف، به طور متوسط هزینهٔ برق را به یک سوم کاهش می‌دهد. لامپ کم مصرف، بسته به توان مصرفی و ردهٔ برچسب راندمان انرژی، از یک چهارم تا یک ششم یک لامپ رشته‌ای با نور معادل، انرژی الکتریکی مصرف می‌کند(شکل۵۴ــ ۳).

شکل ۵۴ــ۳ــ لامپ کم مصرف

انتخاب لامپ : انتخاب لامپ به عواملی مانند : شکل‌ظاهری، رنگ نور، محل نصب، مدت زمان روشن بودن لامپ و تناوب خاموش و روشن شدن آن بستگی دارد. لامپ‌های رشته‌ای برای محل‌هایی که مدت زمان روشن و خاموش بودن آنها کوتاه و تعداد دفعات قطع و وصل آنها زیاد است مناسب هستند.

- **رلهٔ زمانی**

رله‌های زمانی در انواع مختلف و با ساختمان‌های گوناگونی ساخته می‌شوند. برای اینکه تعدادی لامپ را از چند نقطه، با زمان‌بندی مشخص، روشن و خاموش کنند، از نوعی رلهٔ زمانی استفاده می‌کنند. در مدار روشنایی با رلهٔ زمانی، با فشار به یک شستی که به جای کلید به کار گرفته شده است، رله شروع به کار می‌کند و لامپ‌ها روشن می‌شوند و پس از گذشت زمان معینی که قابل تنظیم است، خاموش می‌شوند (شکل ۵۵ــ ۳).

شکل ۵۵ــ۳ــ رلهٔ زمانی

روی رله‌های زمانی معمولاً کلیدی وجود دارد که سه حالت خاموش، روشن دائم و روشن زمانی با آن انتخاب می‌شود.

- **دیمر**

دیمر وسیله‌ای است که با آن می‌توان ولتاژ را تغییر داد و شدت نور لامپ را کم یا زیاد کرد. دیمر بیشتر با مصرف کننده سری بسته می‌شود و ولتاژ ورودی را کنترل می‌کند. دیمر شبیه به یک کلید معمولی است که دارای ترمینال‌های ورودی و خروجی است (شکل ۵۶ــ۳).

شکل۵۶ ــ ۳ ــ دیمر

پژوهش

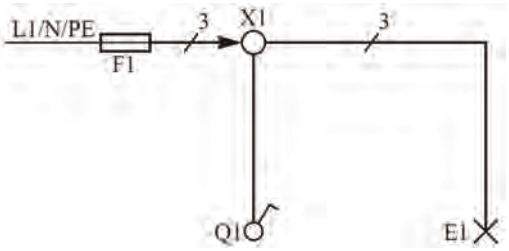
برخی از کاربردهای رله زمانی و دیمر را در حوزه کشاورزی بررسی کرده و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

رسم نقشه‌های الکتریکی

مدارهای الکتریکی را به صورت‌های مختلفی رسم می‌کنند. مهم‌ترین آنها شمای «**فنی**» و «**حقیقی**» هستند که در ادامه توضیح داده می‌شوند.

■ شمای فنی (نقشهٔ تک خطی مدار)

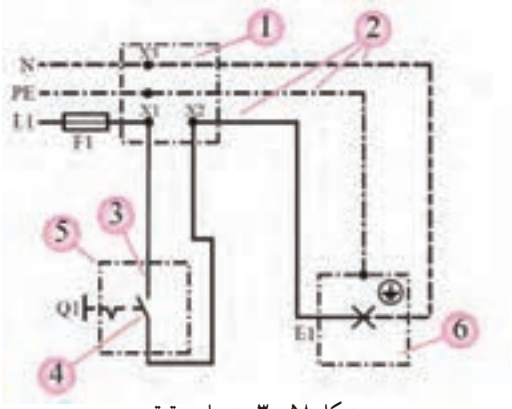
شمای فنی، نمای سادهٔ یک خطی است که علاوه بر نشان دادن تعداد و نوع تجهیزات به کار رفته، ارتباط و اتصال قسمت‌های اصلی مدار را نشان می‌دهد. می‌توان گفت شمای فنی، لوله‌های سیم‌کشی رابط بین اجزای مدار را نشان می‌دهد و تعداد سیم هایی را که از داخل لوله می‌گذرد مشخص می‌کند. تعداد سیم‌ها به وسیلهٔ رسم خطوط کوتاه مایل روی قسمت‌های مختلف مشخص می‌شود. اگر تعداد سیم‌های موازی ۳ یا بیشتر شود، می‌توان تعداد سیم‌ها را با عدد نشان داد (شکل۵۷ــ۳).



شکل۵۷ــ۳ــ شمای فنی(تک خطی)

■ شمای حقیقی :

شمای حقیقی، نقشهٔ عملی است و برای نشان دادن روش اتصال کلیهٔ سیم‌های رابط از منبع تغذیه به کلیدها و مصرف‌کننده‌ها و تا حدودی برای نشان دادن محل واقعی اجزای مدار به کار می‌رود (شکل ۵۸ــ۳).



شکل ۵۸ــ۳ــ شمای حقیقی

علائم الکتریکی

برای اینکه نقشه‌ها در تمام نقاط دنیا یکسان باشند، باید علائم الکتریکی در نقشه طبق استانداردهای مشخص رسم شوند و تمام برقکاران با آن علائم آشنا گردند تا بتوانند هنگام خواندن نقشه، دیدگاه نقشه‌کش را درک کرده و به کار ببرند. در جدول ۳ــ۳ علائم

الکتریکی منطبق بر استاندارد (IEC) آمده است. هر برقکار باید از علائم اختصاری این جداول آگاهی داشته باشد.

جدول ۳ــ۳ــ علائم اختصاری

نام	علامت اختصاری	نام	علامت اختصاری
سیم فاز		کلید دو پل	
سیم نول		کلید تبدیل	
سیم محافظ(سیم ارت)		رله زمانی	
لامپ و چراغ		اتصال به زمین	
لامپ فلورسنت		شستی زنگ	
سیم‌کشی روکار		جعبه تقسیم	
سیم‌کشی توکار		فن	
پریز		کنتور	
موتور الکتریکی		آژیر	
کلید یک پل		تابلوی تقسیم دیواری	
فیوز			

سیم‌کشی

انواع سیم کشی

سیم‌کشی به دو صورت روکار و توکار انجام می‌گیرد :

- **سیم‌کشی روکار :**

در سیم‌کشی روکار، معمولاً سیم‌ها را از روی سطح تمام شدهٔ کار به صورت آزاد یا از داخل لوله یا داکت عبور می‌دهند. در این روش، سیم‌ها و لوله‌ها در برابر دید هستند و به همین دلیل عیب‌یابی در این نوع سیم‌کشی آسان است (شکل۵۹ــ۳).

الف) سیم‌کشی داخل داکت

ب) سیم‌کشی داخل لوله

شکل۵۹ــ۳

نکته

در سیم‌کشی روکار با سیم‌های دوبل استفاده از میخ معمولی برای مهار آنها ممنوع است و باید از میخ‌های دو پایه مخصوص استفاده شود.

سیم‌کشی توکار

در این نوع سیم‌کشی، باید سیم را از داخل دیوار یا سقف یا کف عبور داد. برای این منظور لوله‌های مخصوصی را زیر گچ‌کار می‌گذارند و سیم‌ها را از داخل آنها عبور می‌دهند.

شکل ۶۰ــ۳ــ سیم کشی

روش‌های سیم‌کشی توکار

سیم‌کشی توکار، با توجه به موقعیت محلی و با در نظر گرفتن مسائل دیگری مانند زیبایی، ارزش اقتصادی، اهمیت حفاظتی در اماکن مختلف، به سه روش زیر اجرا می‌شود.

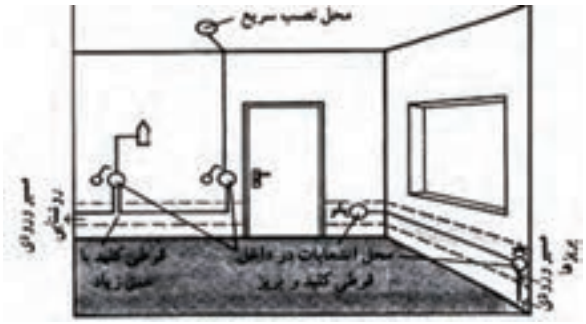
- **سیم‌کشی با جعبه تقسیم :**

در این روش، سیم‌ها را از قسمت بالای دیوار و از داخل لوله به صورت افقی عبور می‌دهند. محل جعبه تقسیم در نقاط معین(در بالای کلید یا پریز) و به فاصلهٔ حدود ۳۰ سانتی متر از سقف، در نظر گرفته می‌شود و انشعابات مورد نیاز در داخل آن انجام می‌گیرد. در گذشته از این روش بیشتر استفاده می‌شد، ولی امروزه به دلیل اینکه تجهیزات سیم‌کشی توسعه یافته و مسائل دیگری از جمله عیب یابی، در سیم‌کشی مطرح است، از این روش کمتراستفاده می‌شود. لذا این روش به نام روش کلاسیک و آموزشی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شکل ۶۱ــ۳ــ سیم‌کشی با جعبه تقسیم

- **سیم‌کشی کلید به کلید**

در این روش، انشعاب سیم ها، به جای قوطی تقسیم در قوطی کلید یا قوطی پریز(مطابق شکل ۶۲ــ ۳) انجام می‌شود. در روش کلید به کلید، لازم است قوطی‌ها فضا و عمق بیشتری داشته باشند. در این روش که امروزه بسیار پرکاربرد است، معمولاً مدار پریزها، از مدارهای روشنایی جداگانه اجرا می‌شود.



شکل۶۲ــ ۳ــ سیم‌کشی کلید به کلید

■ سیم‌کشی با تابلوی توزیع محلی

در این روش از سیم‌کشی توکار، سیم‌ها (با توجه به توزیع برق و تقسیم‌بندی محل‌های متفاوت از تمام وسایل) به‌طور مجزا به داخل تابلو توزیع آورده می‌شوند (شکل ۶۳ــ۳).

شکل ۶۳ــ۳ــ تابلوی توزیع

محل نصب این تابلو باید در جایی باشد که آوردن لوله‌ها برای سیم‌کشی به محل تابلوی مرکزی امکان پذیر باشد. معمولاً جعبهٔ تقسیم مرکزی (تابلو توزیع محلی) را در راهرو یا در محل‌های مناسب دیگری نصب می‌کنند. در مقایسه با دو روش دیگر، اقدام به هرگونه عیب‌یابی و تعمیر در این روش، راحت‌تر انجام می‌گیرد.

شکل ۶۴ــ۳ــ سیم‌کشی با تابلوی توزیع

مدار الکتریکی

برای کنترل مصرف کننده‌هایی مانند لامپ رشته ای، باید از یک کلید قطع و وصل استفاده شود. کلید در مسیر رفت، بین منبع تغذیه و مصرف کننده نصب می‌شود.

نکته ایمنی

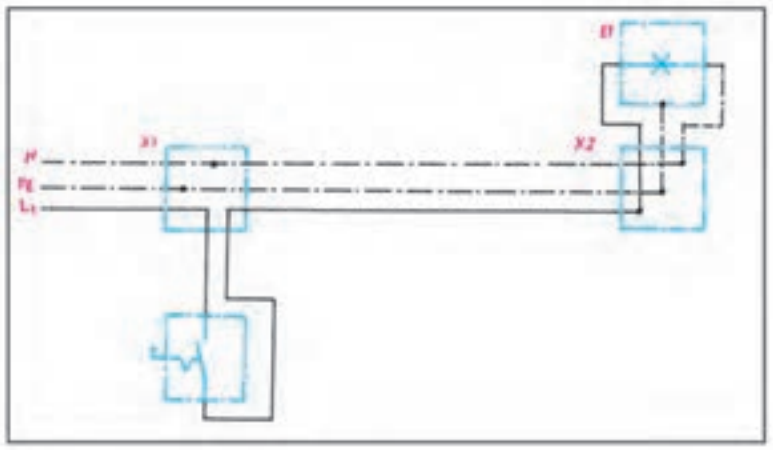
از سیم‌هایی که پوسیده شده یا از چند نقطه به هم اتصال داده شده‌اند، نباید برای سیم‌کشی استفاده‌شود، زیرا کاربرد چنین سیم‌هایی، خطر آتش‌سوزی و برق‌گرفتگی را به همراه دارد.

کار عملی ۵ــ۳

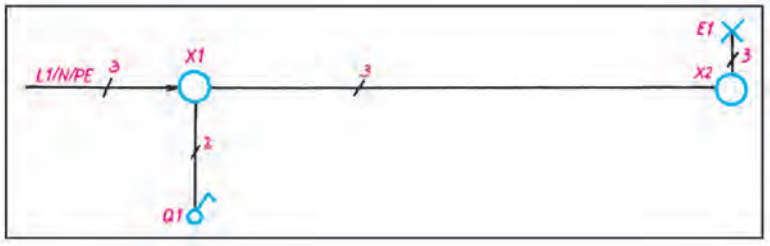
هدف : بستن مدار الکتریکی کلید یک‌پل

وسایل مورد نیاز : سیم افشان با سطح مقطع یک و نیم میلی‌متر، سرپیچ، کلید یک پل، لامپ، جعبهٔ تقسیم،سیم‌چین، انبردست، پیچ‌گوشتی و فازمتر.

طریقهٔ اتصال : در این مدار، نخست سیم فاز به کنتاکت ته فیوز وصل می‌شود. سپس از کنتاکت سر فیوز به جعبهٔ تقسیم می‌رود. سیم فاز از جعبهٔ تقسیم به یکی از ترمینال‌های کلید یک پل وصل می‌شود. از ترمینال دوم کلید یک پل، سیم برگشت به یکی از ترمینال‌های سر پیچ وصل می‌شود. آن‌گاه سیم نول به ترمینال بدنهٔ سر پیچ متصل می‌شود (شکل۶۵ــ۳).



الف) شمای حقیقی



ب) شمای فنی

ج) تصویر واقعی سیم کشی

شکل ۶۵ــ۳ــ مدار الکتریکی کلید یک پل

مراحل انجام کار :

۱ــ مدار الکتریکی کلید یک پل را، با رعایت نکات ایمنی، سیم‌کشی کنید.

۲ــ با نظارت استادکار، صحت مدار را آزمایش کنید.

۳ــ در صورت بروز عیب، با فازمتر مدار را بررسی و عیب آن را پیدا و سپس رفع کنید. یا پس از قطع فیوز مدار، مدار را با اُهم متر عیب یابی کنید.

۴ــ توسط دستگاه اندازه‌گیری، ولتاژ منبع تغذیه و همچنین ولتاژ و جریان مصرف کننده را اندازه‌گیری کنید.

۵ــ مدار را از شبکهٔ برق جدا کنید.

۶ــ طرز کار مدار را شرح دهید.

۷ــ گزارش کار خود را در دفتر گزارش کار یادداشت نمایید.

کاربرد

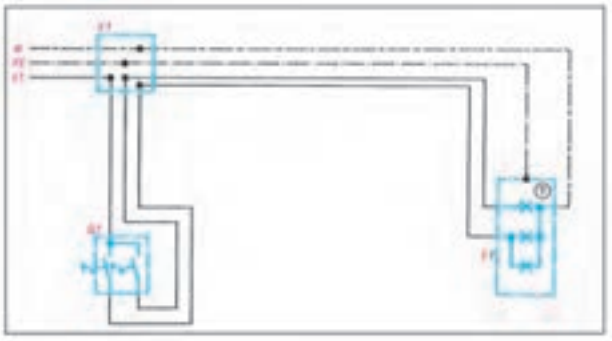
کاربرد این مدار برای قطع و وصل جریان وسایل الکتریکی و روشن و خاموش کردن لامپ‌ها در اتاق های کوچک و انباری است.

کار عملی ۶ــ۳

هدف : بستن مدار الکتریکی کلید دوپل

وسایل مورد نیاز : سیم رشته‌ای با سطح مقطع یک‌ونیم میلی‌متر، سرپیچ، کلید دو پل، لامپ، جعبه تقسیم، سیم چین، انبردست، پیچ‌گوشتی و فازمتر

طریقهٔ اتصال : سیم فاز را بعد از عبور از فیوز، به طریقی که قبلاً توضیح داده شد، به جعبه تقسیم می‌بریم و از آنجا به پیچ مشترک کلید دوپل، که معمولاً به رنگی متفاوت از پیچ‌های دیگر است، وصل می‌کنیم. از دو پیچ غیر مشترک کلید، دو سیم به نام سیم‌های برگشت فاز به کنتاکت ته دو سرپیچ می‌بریم و به آن وصل می‌کنیم. سرپیچ‌ها را از کنتاکت بدنه به طور مستقیم به نول شبکه متصل می‌نماییم. اگر تعداد لامپ‌ها بیشتر از دو تا باشند، سرپیچ‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند، به طوری که در هر دسته دو یا چند سرپیچ با هم موازی باشند. در این صورت سیم برگشت و همچنین سیم نول به نقطهٔ اتصال مشترک سر پیچ‌ها وصل می‌شوند (شکل۶۶ــ۳).



الف) شمای حقیقی

ب) شمای فنی

شکل۶۶ــ۳ــ مدار الکتریکی کلید دو پل

مراحل انجام کار :

۱ــ پیچ‌های کلید دو پل را با اُهم متر آزمایش و سپس، پیچ‌های غیر مشترک و پیچ مشترک را مشخص کنید.

۲ــ مدار الکتریکی کلید دو پل را با رعایت نکات ایمنی یک بار با دو لامپ سری و بار دیگر با دو لامپ موازی سیم‌کشی کنید.

۳ــ با نظارت استادکار درستی مدار را آزمایش کنید.

۴ــ در صورت بروز عیب در مدار، آن را پیدا کرده و سپس رفع کنید. توسط اُهم متر می‌توان، سالم بودن سرپیچ و کلید را آزمایش کرد.

۵ــ توسط دستگاه اندازه‌گیری، ولتاژ منبع تغذیه و همچنین ولتاژ و جریان مصرف کننده‌ها را اندازه‌گیری کنید.

۶ــ مدار را از شبکهٔ برق جدا کنید.

۷ــ طرز کار مدار را شرح دهید.

۸ــ گزارش کار خود را در دفتر گزارش کار یادداشت نمایید.

کاربرد

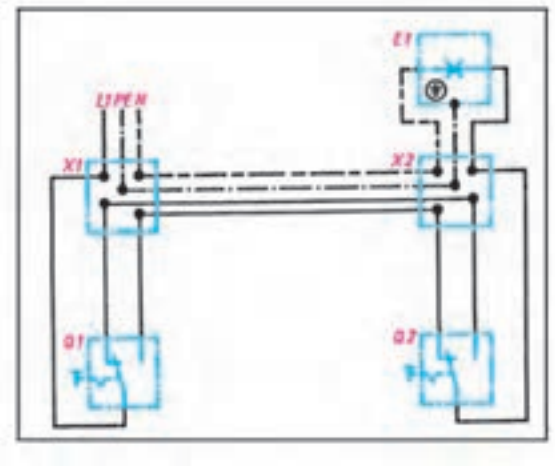
این مدار در محل هایی به کار می‌رود که دو لامپ یا دو دسته لامپ از یک نقطه کنترل می‌شوند.

کارعملی ۷ــ۳

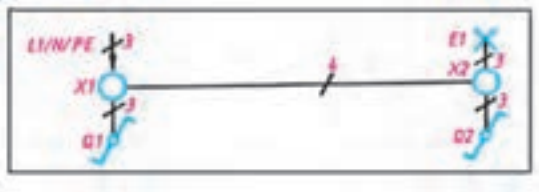
هدف : بستن مدار الکتریکی کلید تبدیل

وسایل مورد نیاز : سیم رشته‌ای با سطح مقطع یک و نیم میلی‌متر، سرپیچ، کلید تبدیل، لامپ، جعبهٔ تقسیم، سیم‌چین، انبردست، پیچ‌گوشتی و فازمتر

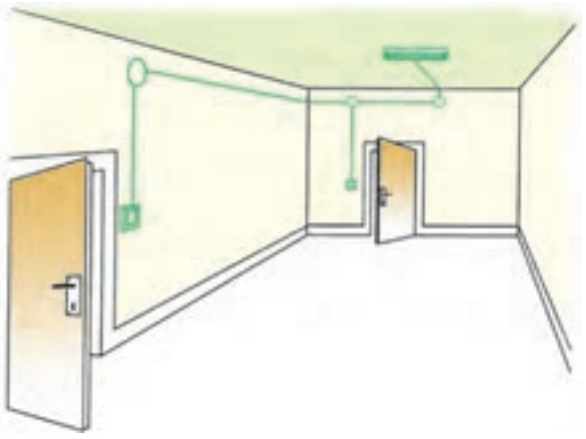
طریقهٔ اتصال : سیم فاز، پس از عبور از فیوز، به پیچ مشترک یکی از کلیدها وصل می‌شود. از دو پیچ غیر مشترک کلید تبدیل، دو سیم برگشت به دو پیچ غیر مشترک کلید تبدیل دوم می‌رود. از پیچ مشترک کلید دوم یک سیم به طرف ته سر پیچ برده می‌شود و سیم نول به طور مستقیم به طرف دوم سرپیچ لامپ متصل می‌شود. (شکل۶۷ــ۳).



الف) شمای حقیقی



ب) شمای فنی



ج) تصویر واقعی سیم‌کشی

شکل۶۷ ــ۳ــ مدار الکتریکی کلید تبدیل

مراحل انجام کار :

۱ــ پیچ‌های کلید تبدیل را با اُهم متر آزمایش و سپس، پیچ‌های غیر مشترک و پیچ مشترک را مشخص کنید.
۲ــ مدار الکتریکی کلید تبدیل را، با رعایت نکات ایمنی، سیم‌کشی کنید.
۳ــ با نظارت استادکار، صحت مدار را آزمایش کنید.
۴ــ در صورت بروز عیب، آن را در مدار پیدا و رفع کنید.
۵ــ توسط دستگاه اندازه‌گیری، ولتاژ منبع تغذیه و همچنین ولتاژ و جریان مصرف کننده را اندازه‌گیری کنید.
۶ــ مدار را از شبکهٔ برق جدا کنید.
۷ــ طرز کار مدار را شرح دهید.
۸ــ گزارش کار خود را در دفتر گزارش کار یادداشت نمایید.

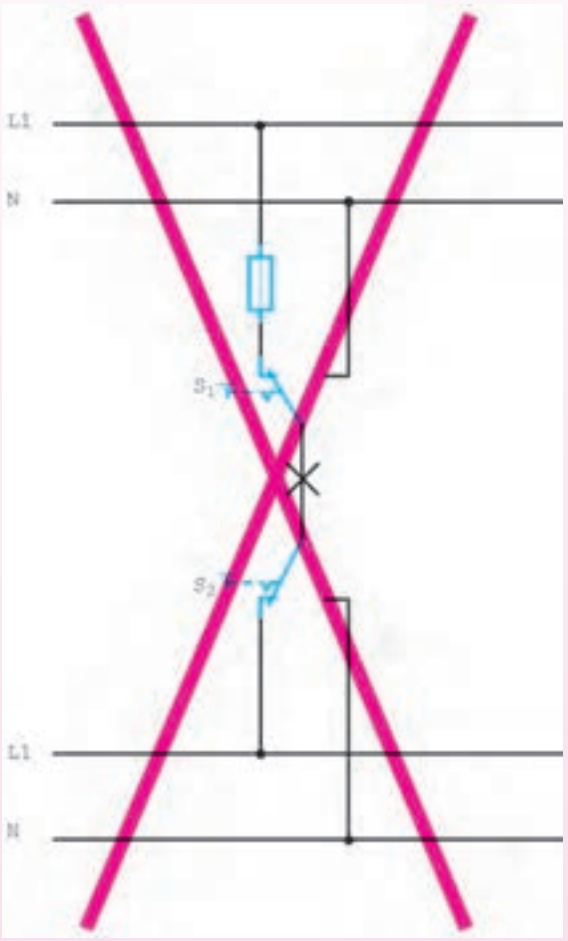
کاربرد

این مدار برای خاموش و روشن کردن یک لامپ یا یک گروه لامپ از دو نقطه مورد استفاده قرار می‌گیرد و معمولاً از آن برای سالن های بزرگی که دو خروجی دارند، استفاده می‌شود.

ایمنی

ممکن است در محیط کار با نوعی دیگر از اتصال تبدیل مواجه شوید. این روش هرچند با صرفه جویی در مصرف سیم همراه است اما به هیچ وجه ایمن، علمی و فنی نیست و مراجع ذی صلاح استفاده از این اتصال را قانونی نمی‌دانند (مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۳)

در این روش سیم فاز و نول را به ترمینال‌های غیر مشترک در کلید متصل می‌کنند و ترمینال‌های مشترک این دو کلید به دو سر لامپ اتصال داده می‌شوند (شکل ۶۸ــ۳).



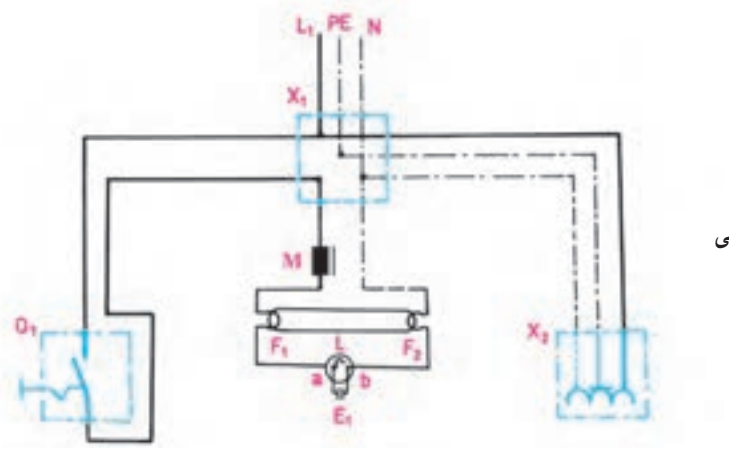
شکل ۶۸ ــ۳

کارعملی ۸ ــ ۳

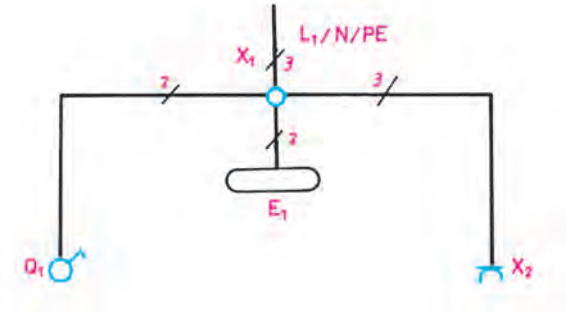
هدف : بستن مدار الکتریکی لامپ فلورسنت(مهتابی) با کلید یک پل

وسایل مورد نیاز : سیم رشته‌ای با سطح مقطع یک و نیم‌میلی‌متر، پایهٔ مهتابی، ترانس مهتابی، استارتر، کلید یک پل، لامپ مهتابی، جعبه تقسیم، سیم‌چین، انبردست، پیچ‌گوشتی و فازمتر

طریقهٔ اتصال : سیم فاز، پس از عبور از فیوز، به پیچ کلید یک پل وصل می‌شود. از پیچ دیگرکلید سیمی به ترانس مهتابی و از پیچ دیگر ترانس سیمی به یکی از سرهای لامپ متصل می‌کنیم. سیم نول نیز مستقیماً به سر دیگر لامپ وصل می‌شود. در این حالت، از هر دو طرف دیگر لامپ یک محل اتصال باقی مانده است، که آن دو را به استارتر متصل می‌کنیم (شکل۶۹ــ ۳).



الف) شمای حقیقی



ب) شمای فنی

ج) تصویر واقعی

شکل ۶۹ــ۳ــ مدار الکتریکی لامپ فلورسنت با کلید یک پل

خودآزمایی

۱ــ ساختمان سیم‌ها را توضیح دهید و انواع آن را نام ببرید.

۲ــ انواع اتصالات سیم‌ها را توضیح دهید.

۳ــ کابل را تعریف کنید و ساختمان آن را توضیح دهید.

۴ــ ساختمان کلیدهای یک پل، دو پل و تبدیل را توضیح دهید و شمای حقیقی و فنی آنها را ترسیم کنید.

۵ــ انواع لامپ‌ها را نام ببرید و توضیح دهید در انتخاب لامپ چه عواملی تأثیرگذار است؟

۶ــ وظیفهٔ رلهٔ زمانی و دیمر چیست؟

۷ــ انواع نقشه‌ها را نام ببرید.

۸ــ انواع سیم‌کشی را توضیح دهید.

۹ــ روش‌های سیم‌کشی توکار را توضیح دهید.

۱۰ــ شمای حقیقی و فنی مدارهای الکتریکی کلید یک پل، دو پل و تبدیل را ترسیم کنید.

فصل چهارم

ماشین‌های الکتریکی

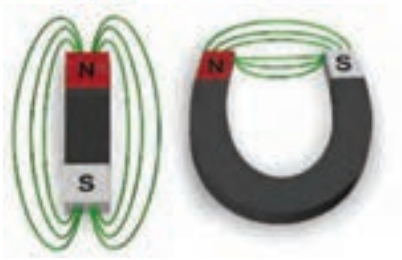
هدف‌های رفتاری ــ با یادگیری این فصل هنرجو می‌تواند :

- مغناطیس و میدان مغناطیسی را تعریف کند.
- ترانسفورماتور را تعریف کند.
- ساختمان ترانسفورماتورهای تک فاز را شرح دهد.
- اساس کار ترانسفورماتور را شرح دهد.
- ترانسفورماتور کاهنده و افزاینده را توضیح دهد.
- ماشین‌های الکتریکی را تعریف کند.
- انواع ماشین‌های الکتریکی را نام ببرد.
- انواع موتورهای الکتریکی از نظر نوع جریان الکتریکی را نام ببرد.
- انواع موتورهای سه‌فاز را نام ببرد.
- خصوصیات و انواع موتورهای آسنکرون را بیان کند.
- ساختمان داخلی و طرز کار موتورهای آسنکرون القایی را شرح دهد.
- روش‌های راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون در شبکهٔ سه‌فاز را توضیح دهد.
- اطلاعات روی پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه‌فاز را توضیح دهد.
- مفهوم حفاظت بین‌المللی و کلاس حرارتی در موتورهای الکتریکی را شرح دهد.
- انواع موتورهای تک فاز را نام ببرد.
- ساختمان داخلی و طرز کار موتورهای القایی تک فاز را شرح دهد.
- چگونگی راه‌اندازی انواع موتورهای تک فاز را شرح دهد.

	نظری	عملی
ساعت	۸	۴

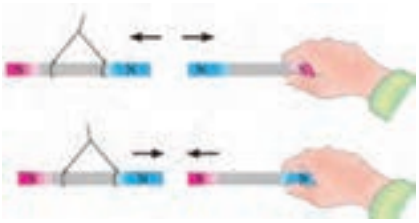
مغناطیس

مغناطیس از جمله مباحثی است که در موتورهای الکتریکی کاربرد دارد. به خاصیت مغناطیسی‌ای که در اطراف آهنربای دائمی، وجود دارد و بر اجسام مغناطیسی دیگر اثر می‌گذارد مغناطیس طبیعی می‌گویند(شکل ۱ــ۴).



شکل ۱ــ۴ــ مغناطیس طبیعی

برای تشخیص قطب‌های یک آهن‌ربا باید هر یک از آنها را به ترتیب به قطب‌های مشخص یک آهن ربای دیگر، که آویزان است، نزدیک کنید. اگر دو قطب همدیگر را دفع کردند «همنام» و اگر دو قطب یکدیگر را جذب کردند، «غیرهمنام» هستند (شکل ۲ــ۴).

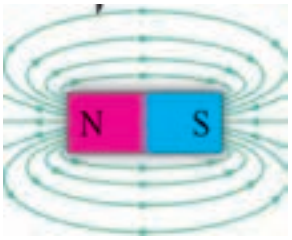


شکل۲ــ۴ــ جذب و دفع قطب‌های آهنرباها

خطوط نیروی مغناطیس و میدان مغناطیسی

یک آهن‌ربا می‌تواند بدون اینکه با یک قطعه آهن تماس داشته باشد، آن را جذب نماید یا از یک فاصلهٔ دور روی آهن‌ربای دیگر اثر کند. دلیل اینکه یک آهن‌ربا از فاصله‌های کم به آهن‌ربای دیگر نیرو وارد می‌کند، وجود «**میدان مغناطیسی**» در اطراف آن است. پس می‌توان میدان مغناطیسی را به صورت زیر تعریف کرد :

به فضایی از اطراف جسم مغناطیسی که بر اجسام مغناطیسی دیگر اثر می‌گذارد، «**میدان مغناطیسی**» می‌گویند. میدان مغناطیسی را می‌توان با خطوطی به نام «**خطوط نیروی میدان مغناطیسی**» نشان داد. میدان مغناطیسی عبارت است از کلیهٔ خطوط میدان مغناطیسی‌ای که از آهن ربا خارج می‌شود. جهت این خطوط از قطب شمال (N) به سمت قطب جنوب (S) است (شکل ۳ــ۴).

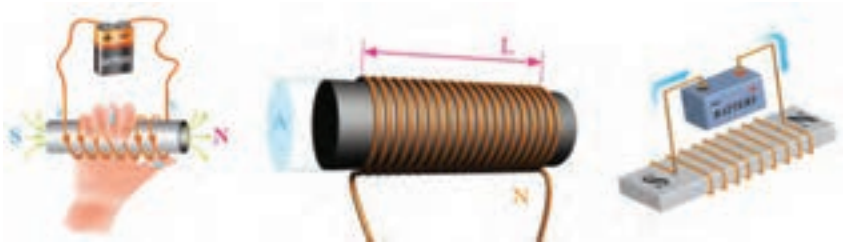


شکل۳ــ۴ــ خطوط نیروی مغناطیسی

با عبور جریان الکتریکی از داخل یک سیم، خاصیت مغناطیسی در اطراف آن سیم پدید می‌آید، که اصطلاحاً به آن خاصیت الکترومغناطیسی می‌گویند (شکل ۴ــ۴).

شکل۴ــ۴ــ خاصیت مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان

هرگاه یک سیم صاف را مطابق شکل۵ــ۴ به صورت چند حلقه (سیم‌پیچ) در آوریم، میدان مغناطیسی به وجود آمده در اطراف حلقه‌ها با هم جمع می‌شوند و میدان مغناطیسی قوی‌تری پدید می‌آید.

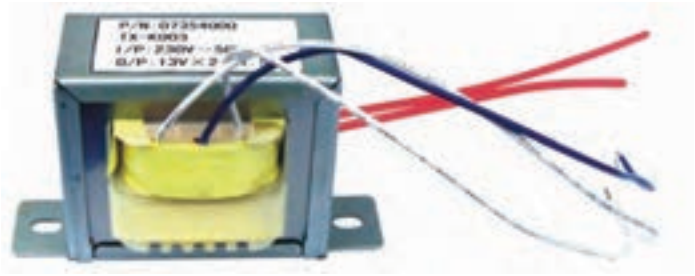


شکل۵ــ۴ــ سیم‌پیچ و میدان مغناطیسی اطراف آن

در برخی از ماشین‌های بوجاری، از میدان مغناطیسی برای جدا کردن دانه‌ها استفاده می‌شود. در این روش دانه‌ها بر اساس اختلاف خصوصیات مغناطیسی‌شان جدا می‌شوند. دانه‌ها تحت تأثیر یک میدان مغناطیسی قوی قرار می‌گیرند و دانه‌هایی که دارای خصوصیت مغناطیسی قوی‌تری هستند، از دیگر دانه‌ها جدا می‌شوند.

ترانسفورماتور تک فاز

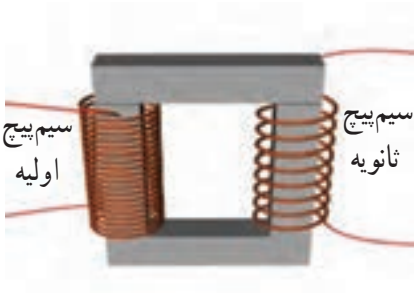
ترانسفورماتور، یک مبدّل (تبدیل‌کننده) ولتاژ است، که بر اساس میدان مغناطیسی کار می‌کند و از آن در شبکه‌ها و وسایل الکتریکی و الکترونیکی استفاده می‌شود. ترانسفورماتور در نوع انرژی الکتریکی تغییری ایجاد نمی‌کند، ولی مقادیر ولتاژ و جریانی آن را تغییر می‌دهد(شکل ۶ــ۴).



شکل ۶ ــ۴ــ ترانسفورماتور کاهنده

ساختمان ترانسفورماتور

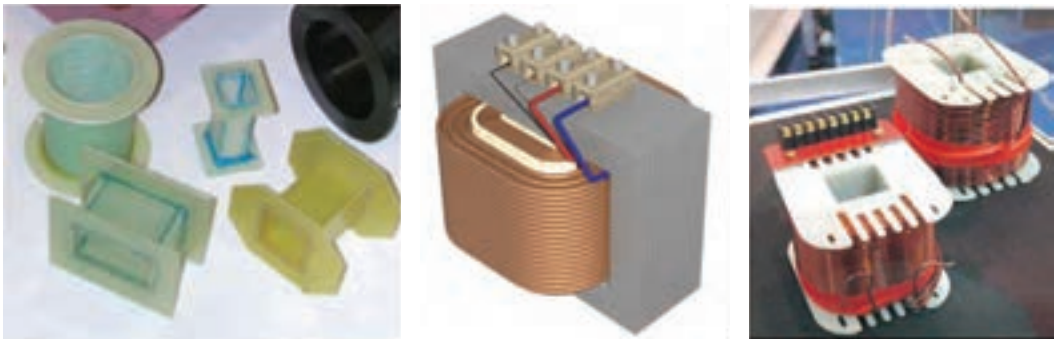
ترانسفورماتور از یک هستهٔ آهنی تشکیل شده که روی آن دو سیم‌پیچ قرار دارد. این دو سیم‌پیچ نسبت به یکدیگر و نسبت به هسته آهنی عایق هستند، یعنی هیچ ارتباط الکتریکی بین آنها برقرار نمی‌شود. سیم‌پیچ متصل به منبع ولتاژ «**سیم‌پیچ اولیه**» نام دارد. این سیم‌پیچ، انرژی الکتریکی را تحت ولتاژ V_1 و جریان I_1 دریافت می‌کند. سیم‌پیچی که به مصرف کننده متصل می‌شود «**سیم‌پیچ ثانویه**» نامیده می‌شود. این سیم‌پیچ، انرژی الکتریکی را تحت ولتاژ V_2 و جریان I_2 به مصرف کننده می‌دهد(شکل ۷ــ۴).



شکل ۷ــ۴ــ اجزای ترانسفورماتور

■ سیم‌پیچ ترانسفورماتور :

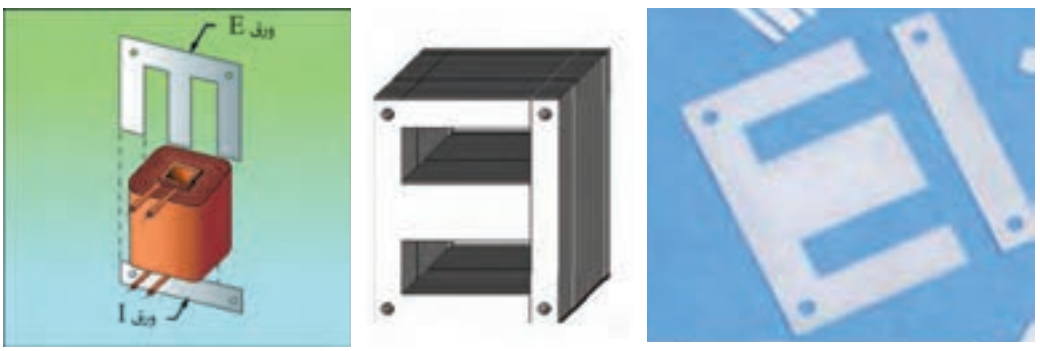
برای سیم‌پیچی ترانسفورماتور، معمولاً از سیم مسی روکش‌دار استفاده می‌شود. سطح مقطع سیم‌های ترانس متناسب با جریان مورد نیاز مصرف کننده محاسبه می‌شود. سیم‌پیچ ترانسفورماتورهای کوچک را معمولاً روی قرقره‌های پلاستیکی (ترموپلاست) می‌پیچند و از سیم‌های لاکی با مقطع گرد استفاده می‌کنند. تعداد دور سیم‌پیچ‌ها را با حرف N نشان می‌دهند (شکل ۸ــ۴).



شکل ۸ــ۴ــ سیم‌پیچی روی هسته آهنی و پلاستیکی

■ هستهٔ ترانسفورماتور

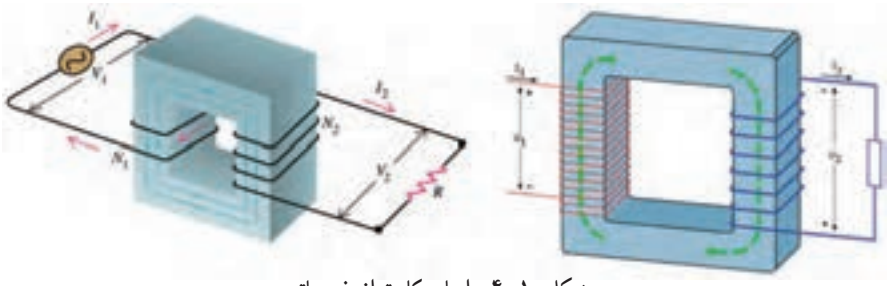
جنس هستهٔ ترانسفورماتور از آهن است و به شکل‌های مختلف ساخته می‌شود. برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورها، هستهٔ آن را ورق ورق می‌سازند. ورقه‌هایی که شکل «EI» دارند، از جمله ورق‌های پرکاربرد برای هستهٔ ترانسفورماتورها هستند. در شکل ۹ــ۴ هسته ترانس و چند نمونه از ورق‌های مختلف نشان داده شده است.



شکل ۹ــ۴ــ هسته آهنی ترانسفورماتور

◄ اساس کار ترانسفورماتور

اساس کار ترانسفورماتور بر مبنای اثر میدان‌های مغناطیسی (القای متقابل) بین سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه است. هرگاه سیم‌پیچ اولیهٔ ترانسفورماتوری را مطابق شکل ۱۰ــ۴ به یک منبع ولتاژ متناوب با ولتاژ V_1وصل کنیم، جریانی از آن عبور می‌کند و در فضای اطراف سیم پیچ اولیه میدان مغناطیسی تولید می‌شود. این میدان پس از عبور از هستهٔ ترانس، سیم‌پیچ‌های ثانویه را قطع می‌کند و باعث القای ولتاژ V_2 در آن می‌شود.



شکل ۱۰ــ۴ــ اساس کار ترانسفورماتور

در یک ترانسفورماتور ایده‌آل رابطهٔ زیر همواره صادق است، که به آن رابطهٔ اساسی ترانسفورماتور می‌گویند.

کمّیت‌های به‌کار رفته در این رابطه عبارت‌اند از :

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

V_1 = ولتاژ منبع تغذیه
V_2 = ولتاژ دو سر مصرف‌کننده
N_1 = تعداد حلقه‌های سیم‌پیچ اولیه
N_2 = تعداد سیم‌پیچ حلقه‌های ثانویه
I_1 = جریان سیم‌پیچ اولیه
I_2 = جریان سیم‌پیچ ثانویه

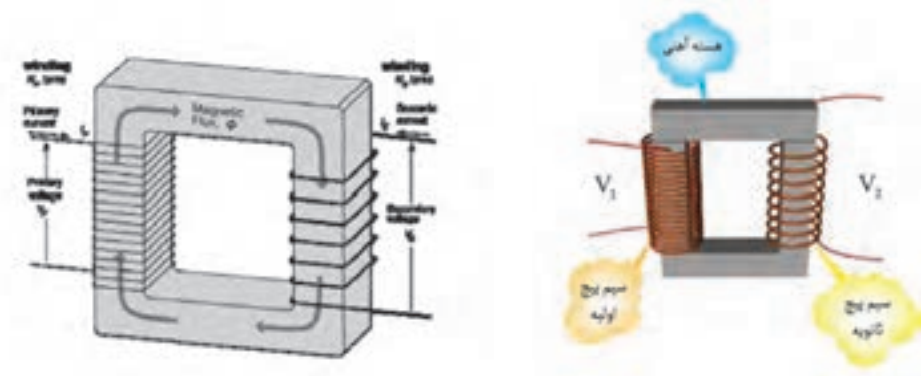
سطح مقطع سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور نشان‌دهندهٔ مقدار جریان قابل تحمل آنهاست. هرچه سطح مقطع سیم‌پیچ بزرگ‌تر باشد، جریان بیشتری می‌تواند از آن عبور کند. بدیهی است سیم‌پیچ با سطح مقطع کوچک‌تر، جریان عبوری کمتری را تحمل می‌کند.

انواع ترانسفورماتور

ترانسفورماتورها را از نظر مقدار ولتاژ خروجی نسبت به ولتاژ ورودی به دو دسته تقسیم می‌کنند :
الف) ترانسفورماتورکاهنده، ب) ترانسفورماتور افزاینده

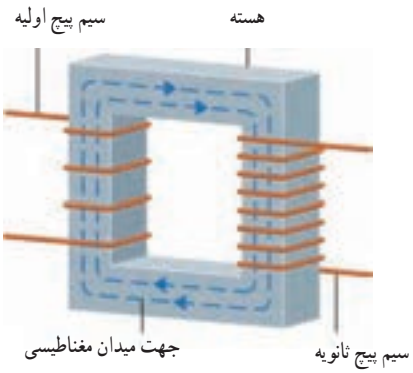
ترانسفورماتور کاهنده

در ترانسفورماتور کاهنده باید، ولتاژ ثانویه کمتر از ولتاژ اولیه باشد، یعنی :$V_2<V_1$. بنابراین تعداد دور سیم پیچ‌های ثانویه را کمتر از تعداد دور سیم پیچ‌های اولیه انتخاب می‌کنند ($N_2<N_1$). شکل ۱۱ــ۴ تصاویری از ترانسفورماتور کاهنده را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱ــ۴ــ ترانسفورماتور کاهنده

معمولاً این ترانسفورماتورها هنگامی به کار برده می‌شود که ولتاژ کار مصرف کننده کمتر از ولتاژ منبع تغذیه باشد، مانند ترانسفورماتورهایی که در لوازم خانگی (رادیو، ضبط صوت و...) به کار می‌روند. در آداپتورها نیز از این نوع ترانسفورماتور استفاده می‌شود.



شکل ۱۲ــ۴ــ ترانسفورماتور افزاینده

■ ترانسفورماتور افزاینده

ترانسفورماتور افزاینده ترانسفورماتوری است که ولتاژ ثانویهٔ آن بیشتر از اولیه است، یعنی : $V_2>V_1$. با توجه به تعریف فوق و رابطهٔ ضریب تبدیل، می‌توان نتیجه گرفت که در ترانسفورماتور افزاینده تعداد دور سیم پیچ‌های ثانویه بیشتر از سیم‌پیچ‌های اولیه است، یعنی : $N_2>N_1$. شکل ۱۲ــ۴، تصویری از این ترانسفورماتور را نشان می‌دهد.

از این ترانسفورماتورها در مواردی که مصرف کننده به ولتاژی بیشتر از ولتاژ موجود نیاز داشته باشد، استفاده می‌شود. از جملهٔ این موارد می‌توان ترانسفورماتورهای انتقال انرژی الکتریکی در شبکه‌های برق را نام برد.

ترانسفورماتور در دستگاه نُک‌چین جوجه کاربرد دارد. در این دستگاه از ترانسفورماتور کاهنده استفاده می‌شود که سیم‌پیچ اولیهٔ آن را توسط دوشاخه به برق شهر(ولتاژ ۲۲۰ ولت) و دو سر سیم پیچ ثانویه آن را با یک قطعهٔ آهنی، به یکدیگر متصل می‌کنند. در نتیجه جریان زیادی از قطعه آهنی می‌گذرد و آن را بسیار گرم می‌کند از این قطعه برای چیدن نُک جوجه استفاده می‌شود. در شکل۱۳ــ۴ یک نمونه دستگاه نُک چین جوجه را مشاهده می‌کنید.

شکل۱۳ــ۴ــ نُک چین جوجه

کاربرد دیگر میدان مغناطیسی در الکتروموتورهاست، که در ماشین‌های کشاورزی کاربرد فراوان دارند (شکل۱۴ــ۴).

شکل۱۴ــ۴ــ سیم پیچ‌های یک موتور الکتریکی

موتورهای الکتریکی

موتورهای الکتریکی می‌توانند برای به کار انداختن انواع وسایل به‌کار روند. امروزه انواع ماشین‌ها و تجهیزات کشاورزی مانند ماشین بوجاری، ماشین جوجه‌کشی، سالن پرورش طیور، نقّاله، دستگاه‌های دان‌خوری اتوماتیک، دستگاه پرکن، دستگاه کاه‌خُردکن، دستگاه توزیع دان، آسیاب، شیر سردکن و شیر دوش، برای تأمین توانش به موتورهای الکتریکی مجهز هستند و می‌توان گفت در بسیاری از ماشین‌های کشاورزی از موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود. بنابراین داشتن آگاهی کافی در زمینهٔ اصول کار، ساختمان داخلی و روش کار موتورها برای هنرجویان رشته ماشین‌های کشاورزی، تقریباً ضروری است. آشنایی با این موارد شما را در رفع عیوب ساده، تعویض قطعات یا انتخاب موتور مناسب با کار مورد نظر در ماشین‌های کشاورزی یاری می‌کند. شکل ۱۵ــ۴ دو نمونه از کاربرد موتور الکتریکی را، در کشاورزی نشان می‌دهد.

الف) هواکش دستگاه جوجه‌کشی

ب) موتور پمپ

شکل ۱۵ــ۴

برخی از مزایای کاربرد موتورهای الکتریکی نسبت به موتورهای احتراقی عبارت‌اند از :

- قیمت ارزان‌تر
- راه‌اندازی کم هزینه
- استفاده آسان
- سر و صدا و حجم کم
- تأثیر کم سرما و گرمای محیط بر آنها
- آلوده نشدن هوا، امکان قرار گرفتن در وضعیت‌های مختلف
- سرویس و نگهداری آسان

با توجه به دلایل بیان شده، یکی از سیاست‌های دولت در چند سالهٔ اخیر این است که در ایستگاه‌های پمپاژ بخش کشاورزی، به جای موتورهای احتراقی، از موتورهای الکتریکی استفاده شود.

انواع موتورهای الکتریکی

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

۱ــ موتورهای جریان متناوب (AC)

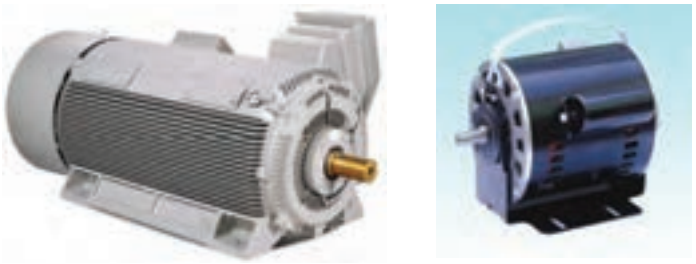
۲ــ موتورهای جریان مستقیم(DC)

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

- **موتورهای سنکرون** : موتورهایی هستند که در همهٔ شرایط سرعت ثابتی دارند.
- **موتورهای آسنکرون** : این موتورها وقتی زیر بار قرار می‌گیرند، سرعت‌شان کمی افت می‌کند.

از آنجایی که موتورهای سنکرون در ماشین‌های کشاورزی کمتر به کار می‌روند، از توضیح آن در این کتاب خودداری می‌کنیم و به موتورهای آسنکرون می‌پردازیم.

موتورهای جریان متناوب آسنکرون به دو دستهٔ کلی سه‌فاز و تک فاز تقسیم می‌شوند.



الف) موتور تک‌فاز　　ب) موتور سه فاز

شکل ۱۶ــ۴ــ موتورهای AC

ساختمان موتور آسنکرون

ساختمان این موتورها از دو قسمت اصلی استاتور و روتور تشکیل شده است (شکل ۱۷ــ۴).

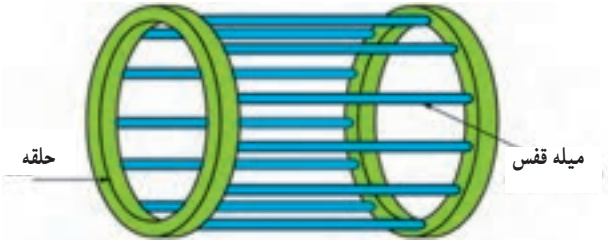
شکل ۱۷ــ۴ــ استاتور و روتور موتور آسنکرون

- **استاتور(ساکن)** : مجموعه‌ای از یک استوانه توخالی و سیم‌پیچ درون شیارهای آن است. استوانه از کنار هم قرار گرفتن ورقه‌های آهنی نازک که نسبت به هم عایق هستند ساخته شده است.

الف) سیم پیچی شده　　ب) بدون سیم پیچی

شکل ۱۸ــ۴ــ استاتور

■ **روتور(گردنده)** : یک استوانه تشکیل شده از ورقه‌های آهنی نازک (عایق شده نسبت به هم) و سیم‌پیچی شده یا دارای میله‌های متصل به هم است.



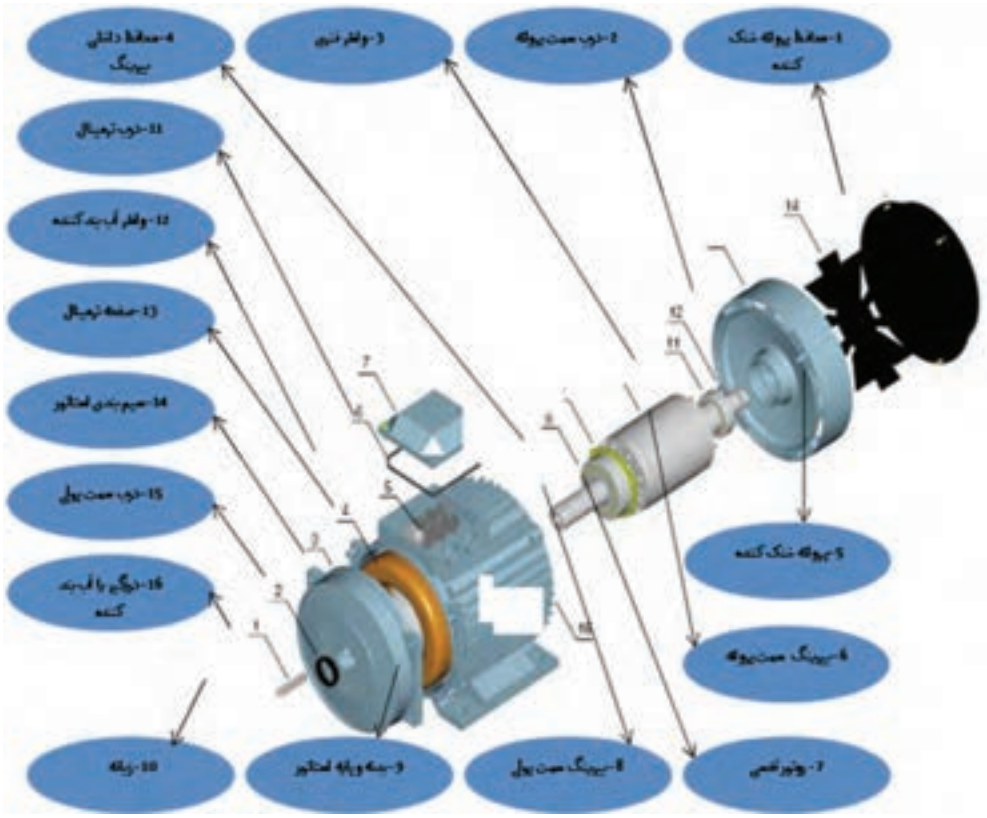
شکل ۱۹ــ۴ــ روتور

چون هادی برخی روتورها مانند شکل ۱۹ــ۴ شکل قفس است، چنین روتوری را روتور قفسی می‌گویند. نزدیک به ۹۰٪ موتورهای الکتریکی جریان متناوب دارای روتور قفسی هستند.

در شکل ۲۰ــ۴ نماهای برش خورده یک موتور سه فاز آسنکرون نشان داده شده است.

شکل ۲۰ــ۴ــ نماهای برش خورده موتور آسنکرون سه فاز

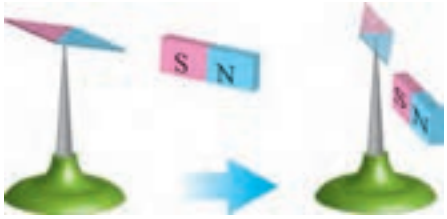
شکل ۲۱ ــ ۴ نقشهٔ تفکیکی (انفجاری) یک الکتروموتور را با ذکر نام قسمت‌های مختلف آن نشان می‌دهد.



شکل۲۱ــ۴ــ نقشهٔ انفجاری یک موتور سه فاز آسنکرون

اصول کار موتورهای آسنکرون سه‌فاز

هنگامی که آهن باریکی را روی یک پایه قرار داده و آهنربایی را به آن نزدیک می‌کنیم، مشاهده می‌کنیم قطعه آهن به طرف آهنربا حرکت می‌کند. اکنون اگر آهنربا را به صورت دایره‌ای پیرامون ورق آهنی بچرخانیم، ورق آهنی جهت حرکت آهنربا را دنبال می‌کند و در جهت حرکت میدان مغناطیسی آهنربا می‌چرخد. بنابراین در صورتی که میدان مغناطیسی حول قسمت گردنده بچرخد، قسمت گردنده نیز به صورت دَوَرانی به چرخش درخواهد آمد (شکل۲۲ــ۴). از این ویژگی برای حرکت دورانی قسمت گردنده موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود.



شکل ۲۲ــ۴ــ ورق آهنی حرکت آهنربا را دنبال می‌کند.

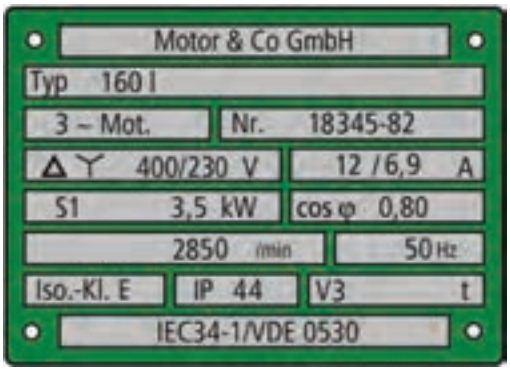
شکل ۲۳ــ۴ــ سیم‌پیچ‌های موتور الکتریکی

در موتورهای الکتریکی سه فاز به جای آهنربا از سه دسته سیم‌پیچ استفاده می‌شود. این سیم‌پیچ‌ها در شیارهای استاتور قرار می‌گیرند و با اتصال به شبکه برق میدان مغناطیسی مورد نیاز را به وجود می‌آورند. این میدان مغناطیسی به وجود آمده نیز گردان است (شکل۲۳ــ۴).

پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه‌فاز

برای انتخاب درست موتور سه‌فاز باید به توضیحات روی پلاک مشخصات موتور کاملاً توجه نمود. شکل پلاک موتور و اطلاعات نوشته شده روی آنها متفاوت است. شکلِ یک نمونه پلاک موتور سه‌فاز و توضیح برخی اطلاعات ارائه شده در آن در شکل ۲۴ــ۴ آمده است.

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانهٔ سازنده
۲	مدل(تیپ ماشین)
۳	تعداد فاز(یک‌فاز یا سه‌فاز)
۴	موتور یا مولّد
۵	شمارهٔ بدنه
۶	نوع اتصال موتور(ستاره یا مثلث)
۷	ولتاژ کار موتور(برحسب ولت)
۸	جریان موتور(برحسب آمپر)
۹	نوع کار موتور(پیوسته یا موقت)
۱۰	قدرت موتور(برحسب اسب بخار)
۱۱	ضریب قدرت موتور
۱۲	سرعت موتور(بر حسب دور در دقیقه)
۱۳	فرکانس موتور(برحسب هرتز)
۱۴	حفاظت بین المللی
۱۵	استاندارد مورد استفاده در ساخت موتور



شکل ۲۴ــ۴ــ یک نمونه پلاک موتور الکتریکی سه‌فاز

بررسی

پلاک موتور الکتریکی چند ماشین کشاورزی را بررسی و مشخصات آن را یادداشت نمایید.

در روی پلاک موتور، نوع محافظت (ایمنی) در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب، با دو حرف IP (حفاظت بین‌المللیProtection) و دو رقم کد نشان داده می‌شود. اولین رقم، درجهٔ ایمنی در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم درجه ایمنی در مقابل نفوذ آب را نشان می‌دهد. برای مثال اگر روی پلاک موتوری IP۴۴ نوشته شده باشد، بیانگر آن است که این موتور در مقابل اجسام خارجی بزرگتر از قطر ۱ mm و همچنین در مقابل پاشیده شدن آب حفاظت شده است. در جدول ۱ــ۴ حفاظت بین المللی موتورهای الکتریکی آمده است.

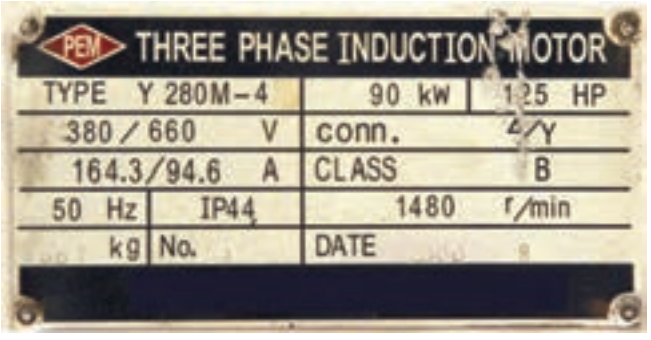
جدول ۱ــ۴ــ حفاظت بین المللی موتورهای الکتریکی

نشانه	توضیح	نوع ایمنی
ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی		
-	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	IP 0X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از @ 50 mm	IP 1X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از @ 12 mm	IP 2X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از @ 2.5 mm	IP 3X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از @ 1 mm	IP 4X
۱	ایمنی در مقابل رسوب گرد و غبار مضر به داخل	IP 5X
۲	ایمنی در مقابل نفوذ گرد و غبار	IP 6X
ایمنی آب		
-	بدون ایمنی آب	IP X0
۱	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	IP X1
۲	ایمنی در مقابل ریزش مایل قطرات آب (150 نسبت به عمود)	IP X2
۳	ایمنی در مقابل پخش آب	IP X3
۴	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	IP X4
۵	ایمنی در مقابل فوران آب، مثلاً از نازل	IP X5
۶	ایمنی در مقابل جریان آب	IP X6
۷	ایمنی در مقابل غوطه‌ور شدن	IP X7
۸	ایمنی در مقابل غوطه‌وری کامل	IP X8

نشانه انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید)

1 2 3 4 5 6 7 8 ... Pa

در شکل ۲۵ــ۴ دو نمونه پلاک موتور سه فاز و شرح هرکدام در جدول مربوط نشان داده شده است.



موتور القایی سه فاز		
قدرت خروجی موتور : ۱۲۵ اسب بخار ۹۰ کیلو وات	**تیپ :** Y۲۸۰M_۴	
نوع اتصال سیم‌پیچ‌ها : ستاره/مثلث	**ولتاژ نامی سیم‌پیچ‌های موتور در اتصال ستاره/مثلث :** ۶۶۰ ولت/۳۸۰ ولت	
کلاس : B	**جریان نامی موتور در اتصال ستاره/مثلث :** ۹۴/۶ آمپر. ۱۶۴/۳ آمپر	
سرعت موتور : ۱۴۸۰ دور در دقیقه	**حفاظت بین المللی :** IP۴۴	**فرکانس :** ۵۰ هرتز
تاریخ تولید : سال ۲۰۰۰ میلادی	**شماره :** ۲۵۷	**وزن موتور :** ۶۶۷ کیلو گرم
کشور سازنده : چین		

الف

ب

موتور القایی سه فاز					
حالت کاری : S۱	**توان :** ۴ کیلو وات	**حفاظت بین المللی :** IP۵۴	**فرکانس :** ۵۰ هرتز	**تعداد فاز :** ۳ فاز	**تیپ :** ۴۱۱۲M
ولتاژ : ۶۶۰ ولت در اتصال ستاره ۳۸۰ ولت در اتصال مثلث		**ضریب قدرت :** ۰/۸۴		**سرعت :** ۱۴۱۵ دور در دقیقه	
وزن : ۳۰/۵ کیلوگرم	**شمارهٔ استاندارد :** ۱_۳۴	**شماره سریال :** ۰۰۱۸۹	**سال تولید :** ۱۳۸۶	**CL:** F	**جریان :** ۵/۱ در اتصال ستاره ۸/۸ آمپر در اتصال مثلث

شکل ۲۵_۴_ دو نمونه پلاک موتور سه فاز

■ کلاس حرارتی

از آنجایی که افزایش بیش از حد دما روی خواص مکانیکی و عایقی ماشین‌های الکتریکی تأثیر می‌گذارد، لذا روی بدنهٔ آنها حداکثر دمای مجاز ماشین مشخص شده است. اصطلاحاً به این دما «**کلاس حرارتی**» یا «**کلاس عایقی**» گفته می‌شود و آن را روی پلاک ماشین با حروف اختصاری به صورت ISOL یا CONTCLASS، نشان می‌دهند.

انتخاب موتورهای الکتریکی

اگر بخواهیم موتوری را برای کار خاصی انتخاب کنیم، باید به نکات زیر توجه کنیم.

- **تناسب قدرت موتور با کار مورد نظر** : برای این منظور باید قدرت لازم برای کار، برحسب «**وات**» یا «**اسب‌بخار**» تعیین شده و موتوری متناسب با آن قدرت انتخاب شود.

- **میزان جریان‌دهی تابلوی برق** : ظرفیت جریان‌دهی تابلوی برق باید در حد سه برابر جریان نامی موتور باشد تا بتواند جریان راه‌اندازی موتور را تأمین کند. بهترین روش برق‌رسانی آن است که یک نقطهٔ توزیع مرکزی داشته باشیم و سپس برای هر قسمت یک تابلو فرعی جداگانه تهیه کنیم.

- **سرعت دَوَرانی مورد نیاز موتور(RPM)** : اگر نسبت به سرعت از پیش تعیین شده مورد نیاز برای انجام کار بی‌اطلاع هستید، بهتر است دنبال دستگاه مشابه باشید. یا اینکه موتوری با دُور استاندارد انتخاب کنید و سپس، با تغییر ولتاژ تغذیهٔ آن، به کمک اتوترانسفورماتور یا با استفاده از جعبه دنده، تعداد دور مناسب کار را به دست آورید.

برای اندازه‌گیری سرعت دَوَرانی موتورهای الکتریکی، از دستگاهی به نام دورسنج استفاده می‌شود(شکل۲۶ــ۴).

شکل۲۶ــ۴ــ دورسنج دیجیتالی با حس کنندهٔ نوری و مکانیکی

شکل۲۷ــ۴ نحوهٔ قرارگیری این دورسنج را روی محور موتور الکتریکی به صورت مکانیکی نشان می‌دهد. بدیهی است برای اندازه‌گیری سرعت به صورت نوری باید حسگر نوری را به سمت محور و در نزدیکی آن قرار دهیم.

شکل۲۷ــ۴ــ نحوهٔ اندازه‌گیری سرعت دَوَرانی موتور

- **شرایط کاری موتور** : منظور از شرایط کاری آن است که بررسی کنیم موتوری که برای کار مورد نظر انتخاب می‌شود، چه مدت می‌تواند در حالت خاموش یا تحت بار کامل باشد. معمولاً شرایط کاری موتورها یکی از دو حالتِ «کار مداوم» یا «کار متناوب» است. حالت کاری موتور روی پلاک با حرف S به همراه یک عدد مشخص می‌شود که در زمان انتخاب باید به آنها توجه کرد.

- **نوع (تیپ) موتور** : در انتخاب نوع موتور به عواملی همچون نوع شبکه (سه‌فاز ــ تک فاز)، هزینه خرید، شرایط و تجهیزاتِ

راه‌اندازی، گشتاور و جریان نامی موتور باید توجه کرد.

فیوز موتورهای الکتریکی حتماً باید متناسب با جریان درج شده روی پلاک مشخصات موتور (جریان کار موتور) انتخاب شود.

■ **وضعیت نصب موتور** : وضعیت نصب، یکی از عوامل فیزیکی است که در انتخاب یک موتور باید به آن توجه داشت، زیرا نوع یاتاقان‌های موتور برای وضعیت نصب ویژه‌ای طراحی شده است و اگر موتور در وضعیت نامناسبی نصب شود، عمر مفید دستگاه در آن وضعیت، کاهش می‌یابد.

در جدول ۲ــ۴ چگونگی نصب موتورهای الکتریکی بر اساس استاندارد (IEC) نشان داده شده است.

جدول ۲ــ۴

شکل ساختمانی ماشینهای الکتریکی					
شرح	شکل	علایم IEC – کد	شرح	شکل	علایم IEC – کد
ماشین برای وضعیت عمودی			ماشین با یاتاقان سپری		
مانند V3، اما سرآزاد محور در سمت پایین		V4 IM 3211	با دو یاتاقان سپری و طوق (فلانج) 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 سپری و یک سر آزاد محور، برای نصب روی دیوار		B6 IM 1051
با دو یاتاقان سپری، طوق نصب و سرآزاد 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			با دو یاتاقان سپری و طوق (فلانج) نصب		B10 IM 4001
بدون محور، بدنه دارای پایه		A2 IM 5510	با دو یاتاقان سپری و سطح نصب بر روی سمت پیشانی (جلو)		B14 IM 3601
با دو یاتاقان سپری و یک یاتاقان مجزا		C2 IM 6010	ماشین برای وضعیت عمودی		
با یک یاتاقان مجزا و محور طوق‌دار		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، الوارجوبی، حلقه چاه.		W1 IM 8015	مانند V1، اما طوق نصب و سر آزاد محور درسمت بالا		V3 IM 3031

اتصال موتور برای تأمین قدرت مکانیکی

اگر بخواهیم موتوری را برای دستگاهی انتخاب یا با موتور قبلی آن جایگزین کنیم، باید به سیستم اتصال موتور به دستگاه توجه داشته باشیم. برای اتصال موتور به دستگاه دو حالت وجود دارد : الف) اتصال مستقیم و بدون تغییر سرعت، ب) اتصال با مبدّل برای تغییر سرعت

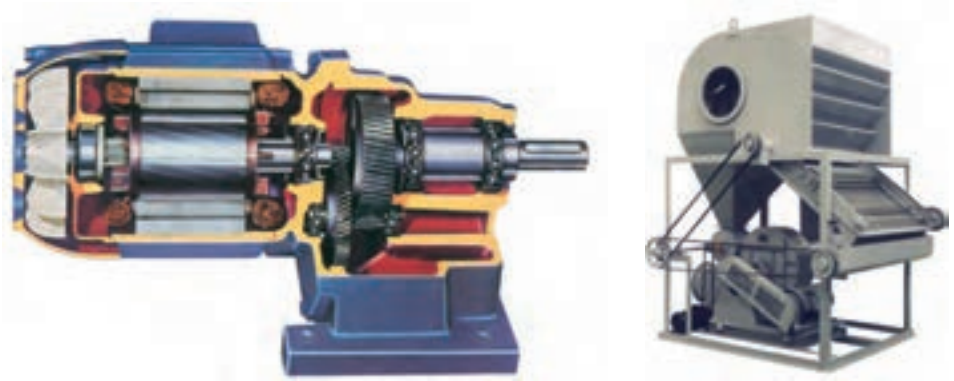
اتصال مستقیم و بدون تغییر سرعت

در صورتی که سرعت دستگاه با سرعت موتور یکی باشد، از اتصال مستقیم استفاده می‌شود. این کار با نصب مستقیم قطعهٔ گردنده ماشین روی محور موتور(کوپل کردن) امکان‌پذیراست (شکل ۲۸ــ۴). معمولاً در موتورهای الکتریکی، که برای به حرکت درآوردن پمپ‌های چاه آب، پمپ‌های گریز از مرکز و تهویهٔ هوای سالن پرورش طیور استفاده می‌شوند، انتقال قدرت مستقیم صورت می‌گیرد.

شکل ۲۸ــ۴ــ سیستم انتقال قدرت مستقیم

سیستم مبدّل سرعت

اگر سرعت لازم برای وسیلهٔ مورد نظر با سرعت موتور انتخاب شده یکی نباشد، برای تبدیل سرعت از دستگاه‌های تغییر دور مانند جعبه دنده (گیربکس)، تسمه و چرخ تسمه یا زنجیر و چرخ زنجیر، استفاده می‌شود(شکل ۲۹ــ۴).



الف) کاربرد تسمه و چرخ تسمه در ماشین بوجاری

ب) تغییر دور موتور با جعبه دنده

شکل ۲۹ــ۴ــ کاربرد دستگاه‌های تغییر دور در موتور ماشین‌های کشاورزی

کارعملی ۱ــ۴

هدف : شناسایی قطعات مکانیکی و الکتریکی الکتروموتور

وسایل مورد نیاز : پیچ‌گوشتی ضربه خور، آچار رینگی، آچار بوکس، چکش و پولی‌کش سه‌شاخه

مراحل انجام کار :

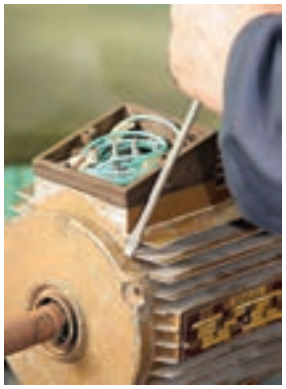
۱ــ یک موتور الکتریکی را به همراه ابزار مناسب از انبار تحویل بگیرید (شکل ۳۰ــ۴).

شکل ۳۰ــ۴

۲ــ پیچ‌های درپوش جلو و عقب موتور را مطابق شکل ۳۱ــ۴ توسط آچار مناسب، باز کنید.

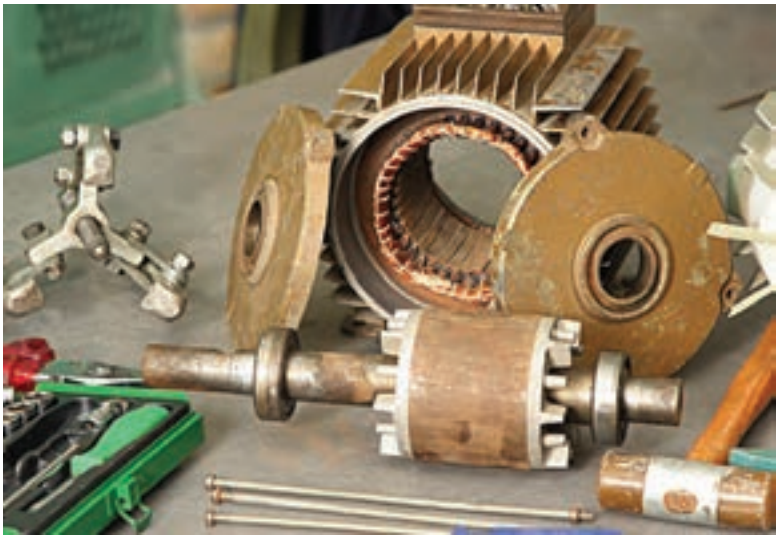
شکل ۳۱ــ۴

۳ــ نُک پیچ‌گوشتی را روی درپوش‌ها بگذارید و با چکش، ضربه آرامی به آن وارد کنید تا درپوش‌ها از محل خود خارج شوند(شکل ۳۲ــ۴).



شکل ۳۲ــ۴

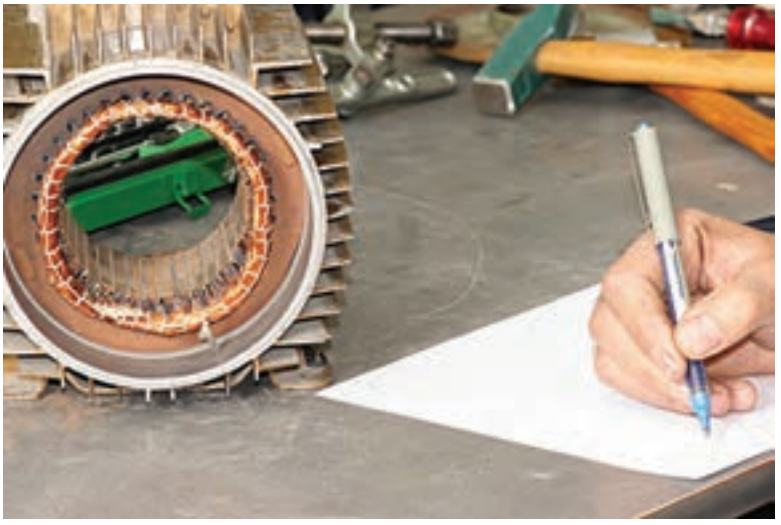
۴ــ روتور را از داخل استاتور بیرون بکشید (شکل۳۳ــ۴).



شکل۳۳ــ۴

۵ــ یاتاقان‌ها (بلبرینگ‌ها)، محور روتور (شفت)، استاتور، سیم‌پیچ‌ها، تخته‌کلم و نوع اتصال موتور را شناسایی کنید.

۶ــ مشاهدات خود را در دفتر گزارش کار ثبت کنید(شکل۳۴ــ۴).

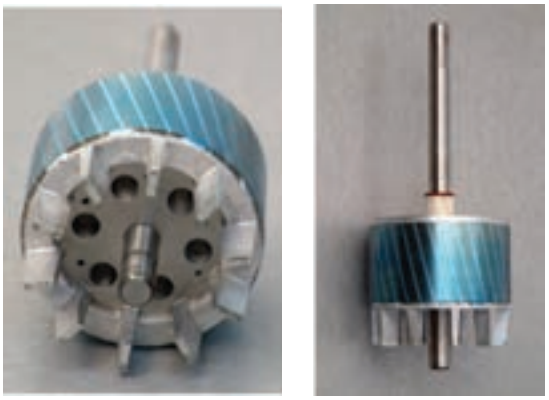


شکل۳۴ــ۴

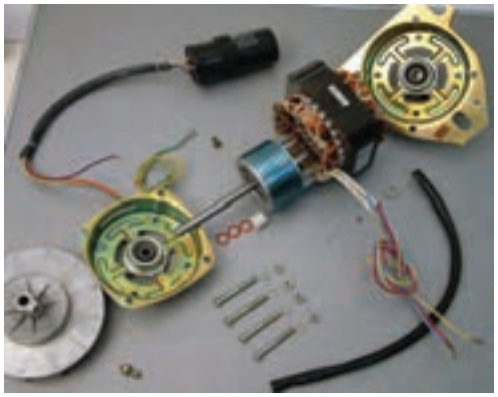
الکتروموتورهای تک فاز

ساختمان

ساختمان داخلی این موتورها از یک قسمت ساکن (استاتور) و یک قسمت گردان (روتور) تشکیل شده است. استاتور و روتور این موتورها شبیه موتورهای سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی است، با این تفاوت که در استاتور آنها دو نوع سیم‌پیچی «سیم‌پیچ‌اصلی» و «سیم‌پیچ راه‌انداز یا کمکی» وجود دارد. موتورهای تک‌فاز برای راه‌اندازی، نیاز به جریان متناوب تک فاز(N و L_1) دارند. این موتورها از اندازه‌های کوچک $\frac{1}{4}$ اسب بخار تا حدود ۵ اسب بخار ساخته می‌شوند (شکل ۳۵ــ۴).



شکل ۳۵ــ۴ــ استاتور و روتور موتور آسنکرون تک فاز



شکل ۳۶ــ۴ــ اجزای موتور آسنکرون تک فاز

اصول کار الکتروموتورهای تک فاز

اصول کار اغلب موتورهای تک فاز مانند موتورهای سه‌فاز بر خاصیت القایی استوار است. در نتیجه، برای به حرکت درآمدن به میدان دوّار نیاز دارند. این موضوع در موتورهای سه فاز، به دلیل وجود سه سیم‌پیچ و سه جریان متناوب، که با یکدیگر اختلاف فاز متقارن دارند، امکان‌پذیر بود، اما در موتورهای تک‌فاز، با یک سیم‌پیچی و یک جریان، امکان ایجاد میدان دوّار نیست. به همین دلیل، برای راه اندازی موتورهای تک‌فاز، از یک سیم‌پیچ دیگر به صورت موقت استفاده می‌شود. به این سیم‌پیچ، که در راه اندازی به کمک سیم‌پیچ اصلی می‌آید، **سیم‌پیچ کمکی** یا **راه انداز**(استارت) می‌گویند. این سیم‌پیچ، قادر است در لحظهٔ راه‌اندازی، به همراه سیم‌پیچ اصلی، گشتاور قابل توجهی به محور روتور اعمال کند و باعث چرخش آن شود. از آنجایی که وظیفه سیم‌پیچ کمکی فقط راه‌اندازی موتور است، می‌توان پس از راه‌اندازی موتور آن را از مدار خارج کرد.

انواع موتورهای تک فاز

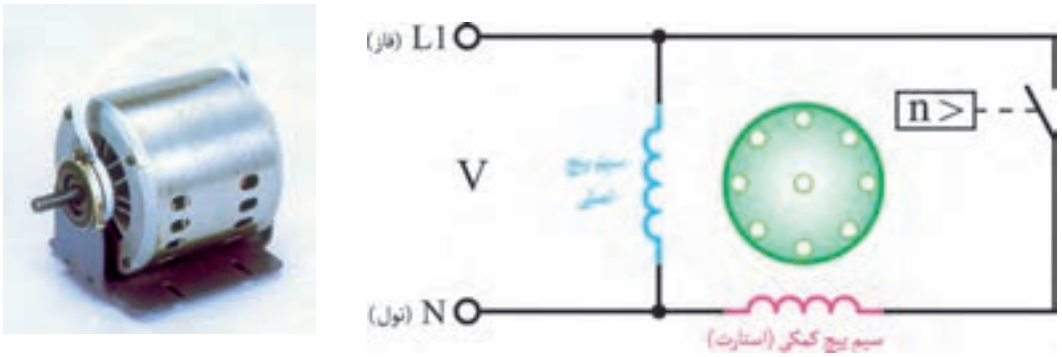
موتورهای تک فاز را بر اساس ساختمان داخلی و روش راه‌اندازی می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی کرد :

۱ــ موتورهای القایی(فاز شکسته ــ خازن‌دار)

۲ــ موتورهای اونیورسال

موتور با فاز شکسته : در موتورهای القایی تک فاز با فاز شکسته، یک سیم‌پیچ اصلی و یک سیم پیچ کمکی در موتور وجود دارد. این دو سیم پیچ با هم به صورت موازی قرار می‌گیرند. سیم‌پیچ راه‌انداز پس از راه‌اندازی و رسیدن سرعت موتور به ۷۵٪

سرعت نامی به وسیلهٔ کلید تابع دور(کلید گریز از مرکز)، از مدار خارج می‌شود : قدرت این موتورها معمولاً بین $\frac{1}{2}$ تا $\frac{1}{3}$ اسب بخار است (شکل ۳۷ــ۴).



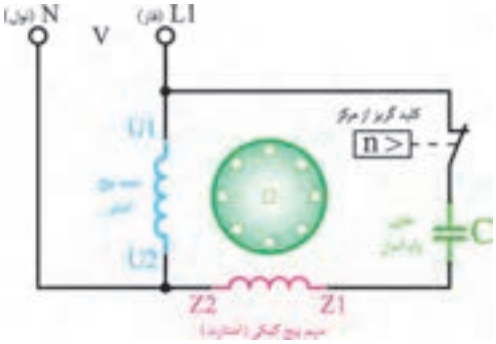
ب) شکل ظاهری

الف) مدار الکتریکی

شکل ۳۷ــ۴ــ موتور تک‌فاز با فاز شکسته

موتور با راه‌انداز خازنی : در موتورهای تک فاز با راه‌انداز خازنی، برای افزایش گشتاور موتور در لحظه راه‌اندازی، از خازن به صورت سری با سیم‌پیچ کمکی استفاده می‌شود. خازن مورد نظر از نوع الکترولیتی با ظرفیت بالاست و معمولاً به صورت جداگانه روی بدنهٔ موتور نصب می‌شود. در مدار سیم‌پیچ 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 با قدرت $\frac{1}{8}$ اسب بخار به بالا (رنج‌های استاندارد در صنعت) ساخته می‌شوند (شکل ۳۸ــ۴).

ب) شکل ظاهری



الف) مدار الکتریکی

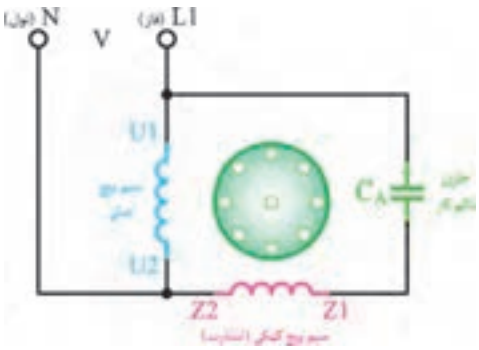
ج) کاربرد موتور تک‌فاز

د) خازن

شکل ۳۸ــ۴ــ موتور تک‌فاز با خازن راه انداز

موتور با خازن دائم‌کار : در این موتورها از یک خازن روغنی، که با سیم‌پیچ راه‌انداز سری شده است، استفاده می‌شود. این موتورها کلید تابع دور ندارند و سیم‌پیچ راه‌انداز به همراه خازن، پس از راه اندازی نیز در مدار باقی می‌مانند. شکل ۳۹ــ۴ مدار الکتریکی موتور تک‌فاز با خازن دائم کار را به همراه شکل ظاهری یک نمونه از این نوع موتورها نشان می‌دهد. قرار گرفتن خازن به صورت دائم در مدار، گشتاور درحالت کار را افزایش می‌دهد.

ب) شکل ظاهری

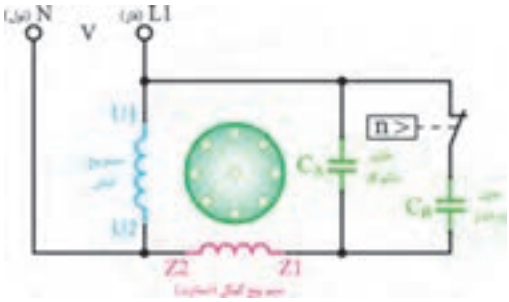


الف) مدار الکتریکی

شکل ۳۹ــ۴ــ موتور تک‌فاز با خازن دائم‌کار

موتور تک فاز دو خازنی : 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 هر دو با سیم‌پیچ راه‌انداز به صورت سری قرار گرفته‌اند. پس از راه‌اندازی و رسیدن دور موتور به ۷۵٪ دور نامی، خازن راه اندازتوسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج می‌شود، ولی خازن دائم کار به همراه سیم‌پیچ 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 خوبی هستند (شکل ۴۰ــ۴).

ب) شکل ظاهری



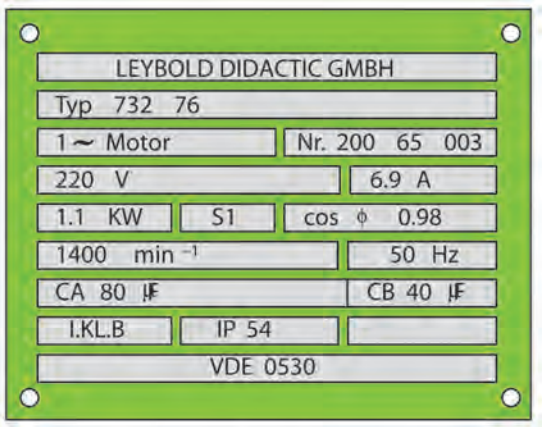
الف) مدار الکتریکی

شکل ۴۰ــ۴ــ موتور تک‌فاز دو خازنی

آشنایی با پلاک مشخصات الکتروموتورهای تک فاز

برای استفادهٔ درست از موتورها لازم است تا پلاک مشخصات آنها را مورد توجه قرار دهیم.

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانهٔ سازنده
۲	شمارهٔ نوع ماشین(تیپ ماشین)
۳	نوع جریان(مستقیم یا متناوب تک‌فاز سه‌فاز)
۴	نوع ماشین (موتور یا مولّد)
۵	شمارهٔ تولید ماشین
۶	ولتاژ نامی
۷	جریان نامی
۸	توان نامی
۹	حالت کاری (دائم یا موقت)
۱۰	ضریب توان
۱۱	سرعت نامی
۱۲	فرکانس نامی (فرکانس کار)
۱۳	ظرفیت خازن راه‌انداز (الکترولیتی ـ CA)
۱۴	ظرفیت خازن دائم‌کار (روغنی ـ CB)
۱۵	نوع محافظت موتور
۱۶	شمارهٔ استاندارد



شکل ۴۱ــ۴

در شکل ۴۱ــ۴ پلاک مشخصات یک موتور تک فاز دو خازنی را مشاهده می‌کنید.

خودآزمایی

۱ــ ترانسفورماتور را تعریف کنید.

۲ــ ساختمان ترانسفورماتورهای تک فاز را شرح دهید.

۳ــ اساس کار ترانسفورماتور و چگونگی القا را شرح دهید.

۴ــ ترانسفورماتور کاهنده و افزاینده را تعریف کنید.

۵ــ انواع موتورهای الکتریکی را از نظر نوع جریان و تعداد فاز نام ببرید.

۶ــ ساختمان موتورهای الکتریکی را توضیح دهید.

۷ــ اصول کار موتورهای الکتریکی سه‌فاز را توضیح دهید.

۸ــ اطلاعات پلاک مشخصات شکل ۴۲ــ۴ را استخراج کنید.

شکل ۴۲ــ۴

۹ــ در انتخاب موتور الکتریکی به چه نکاتی باید دقت کرد؟

۱۰ــ انواع سیستم‌های انتقال قدرت در موتورهای الکتریکی را توضیح دهید.

۱۱ــ اصول کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز را توضیح دهید.

۱۲ــ طرز کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز القایی را شرح دهید.

۱۳ــ مدار الکتریکی انواع موتورهای تک‌فاز القایی را ترسیم کنید.

۱۴ــ کاربرد هر یک از موتورهای الکتریکی تک‌فاز القایی را بیان کنید.

فصل پنجم
راه‌اندازی موتورهای الکتریکی

هدف‌های رفتاری ــ با یادگیری این فصل هنرجو می‌تواند :

- پلاک اتصالات(تخته‌کلم) موتور سه فاز را شرح دهد.
- سر و ته سیم‌پیچ‌های موتور را تشخیص دهد.
- سالم بودن سیم‌پیچ‌های موتور الکتریکی را آزمایش کند.
- پلاک اتصالات (تخته کلم) موتورتک فاز را شرح دهد.
- یک موتور تک فاز را با کلید زبانه‌ای به صورت چپ‌گرد و راست‌گرد راه‌اندازی کند.
- موتورهای سه‌فاز را به وسیلهٔ کلید زبانه‌ای(۱، ۰) راه‌اندازی کند.
- موتور سه‌فاز را به وسیلهٔ کلید زبانه‌ای (۱، ۰، ۲) چپ گرد و راست‌گرد، راه‌اندازی کند.
- موتور سه‌فاز را به وسیلهٔ کلید زبانه‌ای به‌صورت ستاره ــ مثلث راه‌اندازی کند.
- ساختمان و طرزکار و کاربرد تجهیزات جانبی مدارهای فرمان (شامل کلیدهای مغناطیسی(کنتاکتور) فیوز، بی‌متال، تایمر و لامپ سیگنال) را شرح دهد.
- نقشه‌های تک خطی، مسیر جریان، مونتاژ و ترمینالی را بخواند.
- موتور سه فاز را به صورت چپ گرد و راست گرد و به وسیلهٔ کنتاکتور راه‌اندازی نماید.

	نظری	عملی
ساعت	۸	۵۰

مقدمه :

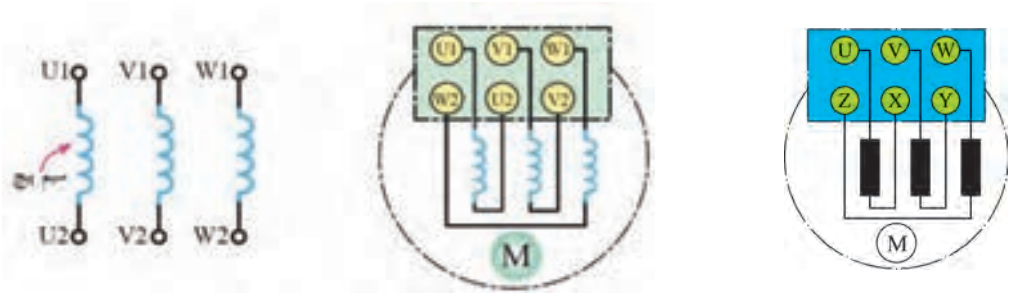
امروزه موتورهای الکتریکی در ماشین‌های کشاورزی نقش مهمی را ایفا می‌کنند به طوری که کمتر ماشینی دیده می‌شود که در آن موتور الکتریکی به کار نرفته باشد. لذا در استفاده از این ماشین‌ها باید راه‌اندازی موتورهای الکتریکی، سرویس و نگهداری و رفع عیوب سادهٔ آنها را فرا گرفت، تا در مواقع ضروری بدون حضور متخصصین برق بتوان مشکلات الکتریکی پیش آمده را رفع کرد. همچنین، آگاهی از نحوهٔ کارکرد سیستم‌های الکتریکی ماشین‌های کشاورزی، کاربر را در استفادهٔ صحیح از دستگاه کمک می‌کند و باعث طول عمر بیشتر دستگاه نیز خواهد شد. به دلیل اینکه موتورهای الکتریکی در بیشتر موارد با کلیدهای دستی یا مغناطیسی راه‌اندازی می‌شوند، ضروری است که هنرجویان با ساختمان، طرز کار، کاربرد و همچنین با نقشه‌های فنی مدارهای راه‌اندازی آشنا شوند و مهارت‌های لازم را به دست آورند.

پلاک اتصالات موتور(تخته کلم)

در فصل قبل با ساختمان و طرز کار موتورهای الکتریکی آشنا شدید. برای راه‌اندازی موتورها باید آنها را به شبکهٔ برق متصل کرد. برای اتصال سیم‌پیچ‌های درون موتور سه‌فاز به شبکهٔ برق، سرسیم‌ها از داخل به ترمینال موتور هدایت می‌شوند، که اصطلاحاً به آن جعبه اتصالات موتور یا «**تخته‌کلم**» می‌گویند (شکل ۱ــ۵).

شکل ۱ــ۵ــ پلاک اتصالات موتور الکتریکی سه فاز

موتورهای الکتریکی سه‌فاز سه دسته سیم‌پیچ دارند و سر و ته کلاف‌های سیم‌پیچی آنها، با دو حرف مشخص می‌شوند. برای نام‌گذاری سر سیم‌پیچ‌های اول تا سوم در استاندارد(VDEآلمان) به ترتیب از حروف U، V و W و برای ته کلاف‌ها به ترتیب از حروف X، Y و Z استفاده می‌شود، اما در استاندارد(IEC کُمیتهٔ بین المللی الکتروتکنیک) به ترتیب سرکلاف‌ها با حروف(U۱,V۱ و W۱) و ته کلاف‌ها با حروف(U۲,V۲ و W۲) نام‌گذاری می‌شوند. نحوهٔ قرار گرفتن سر سیم‌ها در زیر پیچ‌های تخته کلم مطابق شکل ۲ــ۵ است.



ب) استاندارد IEC

الف) استاندارد VDE

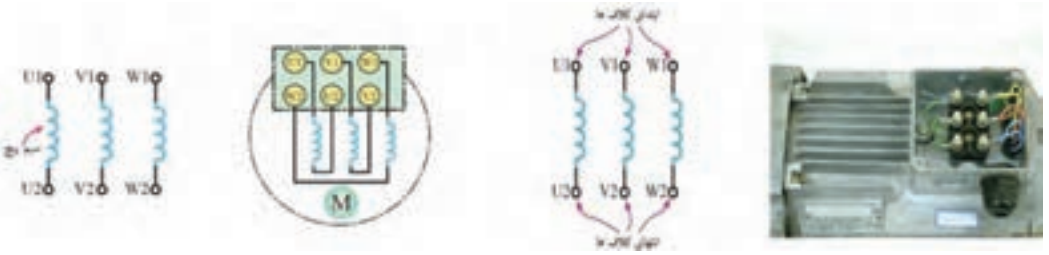
شکل ۲ــ۵ــ نحوهٔ قرار گرفتن سر سیم‌ها در زیر پیچ‌های تخته کلم

کارعملی ۱ــ۵

هدف : اطمینان از سالم بودن سیم‌پیچ‌های(کلاف‌ها) الکتروموتور

مراحل انجام کار :

۱ــ در تخته کلم موتور سه فاز را باز کنید و محل اتصال سر و ته کلاف‌ها را به همراه حروف مشخصه یادداشت کنید.



شکل۳ــ۵ــ نحوهٔ قرار گرفتن سر سیم‌ها در زیر پیچ‌های تخته کلم

شکل۴ــ۵

۲ــ آوومتر موجود در کارگاه را در حالت اهم متر قرار دهید و دو سر سیم اهم متر را، مطابق شکل۴ــ۵، به پیچ‌های تخته کلم وصل کنید. توجه داشته باشید دو پیچی که دو سر اهم متر را به آنها متصل می کنید، باید مربوط به یک کلاف باشد (مثلاً U۱ و U۲). در این صورت لازم است عقربهٔ اهم متر تا انتهای صفحه منحرف شود. انحراف عقربهٔ اهم متر تا انتها نشان‌دهندهٔ این است که کلاف هیچ‌گونه قطعی ندارد و سالم است.

شکل۵ــ۵

۳ــ محل سر سیم های اهم متر را، مطابق شکل۵ــ۵ تغییر دهید. و سالم بودن سیم‌پیچ را آزمایش کنید.

شکل۶ــ۵

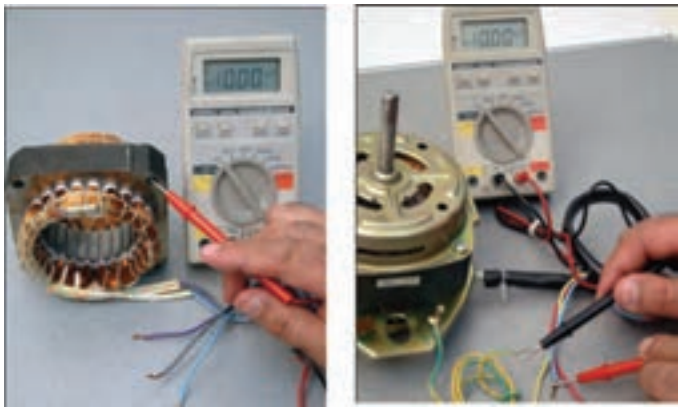
۴ــ مانند شکل۶ــ۵، محل قرار گرفتن سر سیم‌های اهم متر را تغییر دهید و سالم بودن کلاف سوم را آزمایش کنید.

نکته

در صورتی که پیچ‌های نشان داده شده در تصاویر، با یکدیگر ارتباطی غیر از حالات نشان داده شده، داشته باشند عقربهٔ اهم متر منحرف نخواهد شد و عدد صفر را نشان خواهد داد. در این صورت سیم‌پیچ‌های موتور سالم نیستند و نباید موتور را به شبکهٔ برق متصل و راه‌اندازی نمود.

آزمایش اتصال بدنه

در موتور سالم هرگاه یک سر اهم متر به بدنهٔ فلزی موتور و سر سیم دیگر آن به هر یک از سیم‌پیچ‌های تخته‌کلم وصل شود، عقربه نباید منحرف شود. به عبارت دیگر نباید هیچ ارتباط الکتریکی بین سیم‌پیچ‌های موتور و بدنه وجود داشته باشد. برای اطمینان می‌توان از لامپ آزمایش یا اهم متر در رنج‌های بالا، نداشتن اتصال بدنه را آزمایش کرد. (شکل۷ــ ۵)



شکل۷ــ۵ــ آزمایش اتصال بدنه

ایمنی

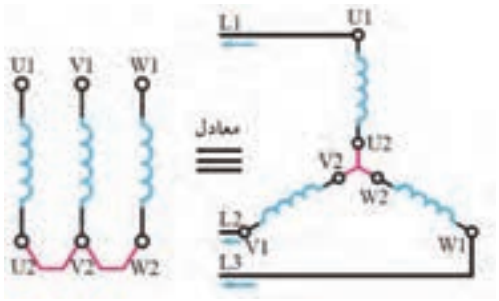
در صورتی که موتور اتصال بدنه داشته باشد هنگام اتصال آن به شبکهٔ برق ممکن است افراد دچار برق‌گرفتگی شوند.

اتصال سیم‌پیچ‌های موتور

برای راه‌اندازی موتور باید سر سیم‌پیچ‌های آن به شبکهٔ برق سه فاز متصل شوند. شبکهٔ برق سه فاز دارای سه سیم است که با حروف L۱ــL۲ــ L۳ نام‌گذاری شده‌اند. این سه سیم باید به سر سیم‌پیچ‌های موتور یعنی به U۱ ــ V۱ ــ W۱ اتصال داده شوند. بر مبنای نحوهٔ اتصال سر و ته سیم‌پیچ‌ها به همدیگر و اتصال شبکه به آنها روش‌های اتصال مختلف به شرح زیر وجود دارند :

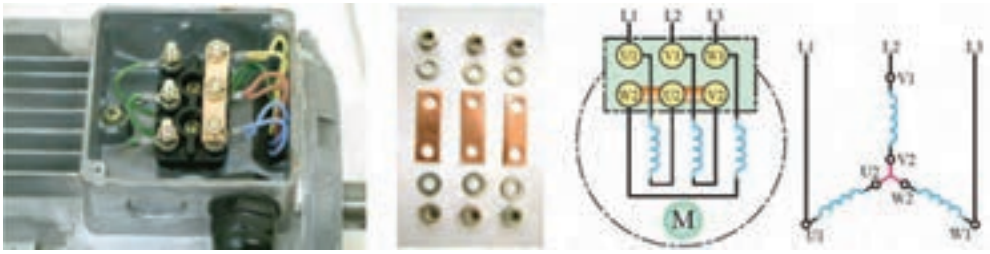
اتصال ستاره

اگر سرکلاف‌ها یعنی U۱ ــ V۱ ــ W۱ به شبکهٔ برق سه فاز L۱ــL۲ــ L۳ متصل شوند و ته سیم‌پیچ‌ها، یعنی U۲ ــ V۲ ــ W۲ به همدیگر متصل شوند، اتصال ستاره به‌وجود می‌آید. این اتصال به سبب شکل قرارگیری سیم‌پیچ‌های آن نسبت به هم، اتصال ستاره نام‌گذاری شده است(شکل۸ ــ۵).



شکل۸ــ۵ــ اتصال ستاره سیم‌پیچ‌های موتور

روی تخته کلم، برق سه فاز L۱ ــ L۲ ــ L۳ به زیر پیچ‌های U۱ ــ V۱ ــ W۱ متصل شده و پیچ‌های U۲ ــ V۲ ــ W۲ توسط دو تسمهٔ مسی به یکدیگر متصل می‌شوند. شکل۹ــ۵ چگونگی ایجاد اتصال ستاره را با استفاده از تسمه مسی روی تخته کلم با حروف اختصاری جدید نشان می‌دهد.



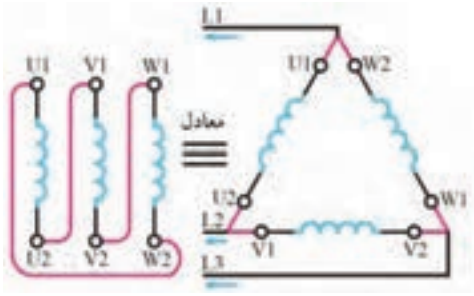
شکل ۹ــ۵ــ اتصال ستاره

برای اتصال سه پیچ به هم پس از قرار دادن ورقه‌های مسی(شکل ۱۰ــ۵)، مهره‌های مربوط به اتصالات تخته کلم را محکم کرده و به این وسیله، انتهای کلاف‌ها را به یکدیگر وصل کنید.

شکل ۱۰ــ۵

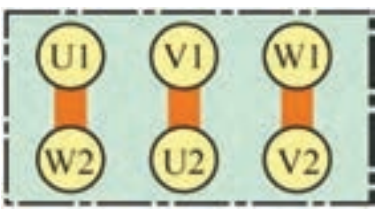
اتصال مثلث

در این اتصال ته هر کلاف به سر کلاف بعد متصل می‌شود. این اتصال به سبب شکل قرارگیری سیم‌پیچ‌های آن نسبت به هم، اتصال مثلث نام‌گذاری شده است(شکل ۱۱ ــ ۵). در این روش سیم‌های L۱ ــ L۲ ــ L۳ به ترتیب به U۱ ــ V۱ ــ W۱ وصل می‌شوند.



شکل ۱۱ــ۵ــ اتصال مثلث سیم‌پیچ‌های موتور

شکل ۱۲ــ۵ نیز چگونگی ایجاد اتصال مثلث را، با استفاده از تسمهٔ مسی روی تخته کلم، با حروف اختصاری جدید نشان می‌دهد.



شکل ۱۲ــ۵ــ اتصال مثلث در تخته کلم موتور

راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی

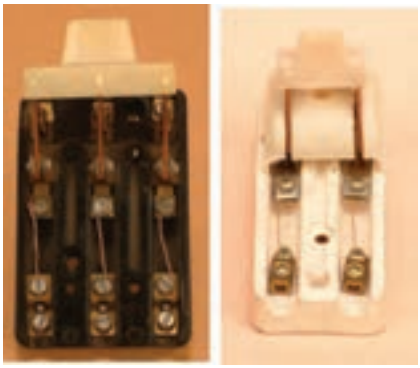
برای راه‌اندازی و کنترل الکتروموتورها از کلیدهای خاصی استفاده می‌کنند. ابتدا به معرفی انواع کلیدها می‌پردازیم.

کلیدهای دستی

کلیدهای دستی در ماشین‌های کشاورزی کاربرد فراوانی دارد و بسیاری از ماشین‌ها مانند نقّاله با این کلید روشن و خاموش می‌شوند. از نظر ساختمان، کلیدها به دو نوع اهرمی و زبانه‌ای تقسیم می‌شوند.

کلید اهرمی

این کلید(مطابق شکل۱۳ــ۵) دارای انواع مختلف یک فاز، دو فاز و سه فاز است. در این کلید، نیرو به وسیلهٔ یک اهرم به تیغه‌های متحرک کلید وارد می‌شود و آنها را به کنتاکت‌های ثابت وصل می‌کند. از این کلید بیشتر در مدارهای جریان کم استفاده می‌شود. در صنعت به آن «کلید چاقویی» یا «کلید کاردی» نیز می‌گویند.



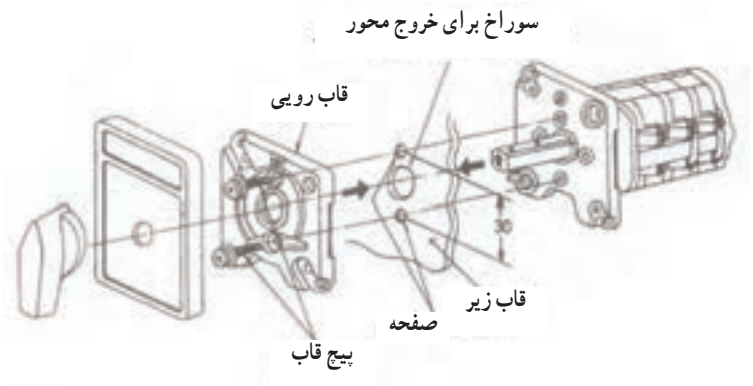
شکل۱۳ــ۵ــ کلید اهرمی(چاقویی)

کلید زبانه‌ای

امروزه در صنعت از کلید زبانه‌ای، به دلیل مزایای زیاد آن نسبت به کلیدهای دیگر، بیشتر استفاده می‌شود (چون نسبت به کلید اهرمی عمر زیادتری دارد و جریان بیشتری را از خود عبور می‌دهد).

در این کلید استوانه را طوری طراحی می‌کنند که چندین برجستگی و فرورفتگی داشته باشد و با حرکت استوانه به دور محور خود، زبانه بالا و پایین برود(شکل۱۴ــ۵).

زبانهٔ مزبور کنتاکت‌های متحرک (پلاتین) را به کنتاکت‌های ثابت، وصل یا از آنها جدا (قطع) می‌کند. کلید زبانه‌ای به صورت‌های توکار و روکار ساخته می‌شود. در صنعت به این کلیدها «**کلید سلکتور**» هم می‌گویند.



شکل۱۴ــ۵ــ نقشهٔ تفکیکی کلید زبانه‌ای تابلویی

در کلیدهای زبانه‌ای، علاوه بر اتصالات داخلی، ممکن است در خارج نیز، چند پیچ به وسیلهٔ یک قطعه فلز مسی ثابت به یکدیگر اتصال یابند (شکل۱۵ــ۵).

شکل ۱۵ــ۵ــ تصویر ظاهری کلید زبانه‌ای تابلویی

کاربرد کلید دستی

این کلید بر اساس کاربردهای زیر در انواع مختلفی تولید و به بازار عرضه می‌شود :

۱ــ قطع و وصل مدار و ماشین‌های الکتریکی؛

۲ــ تغییر جهت گردش موتورهای الکتریکی (چپ‌گرد، راست‌گرد)؛

۳ــ تغییر سرعت موتورهای الکتریکی (کند، تند)؛

۴ــ تغییر وضعیت اتصال سیم‌پیچ‌ها (ستاره، مثلث)

در بازار کلیدهای دیگری وجود دارند که برای مصارف خاص صنعتی و عمومی ساخته می‌شوند. در این فصل شما با طرز کار برخی از کلیدهای رایج آشنا می‌شوید و روش اتصال آنها به مصرف کننده‌ها را، به صورت عملی در کارگاه، فرا می‌گیرید.

به منظور به روز کردن اطلاعات هنرجویان، استانداردهای جدید همراه استانداردهای قدیم آورده شده است. هنرجویان برای هماهنگ شدن با شرایط جدید تکنولوژی و نوآوری‌های صنعتی باید استانداردهای جدید و قدیم را فرا گیرند و برای تبدیل نقشه‌های قدیمی و جدید به یکدیگر مهارت‌های لازم را کسب کنند.

برق رسانی به موتورهای الکتریکی

برق‌رسانی و راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز از اهمیت خاصی برخوردار است. در انتخاب قطعاتی مانند فیوز، کلید، نوع سیم‌و سطح مقطع آن باید توجه خاص داشت، زیرا انتخاب اشتباه هر یک از موارد یاد شده ممکن است به وقوع حالات زیر منجر شود :

- راه‌اندازی نشدن موتور به علت کم بودن جریان نامی فیوز نسبت به جریان نامی موتور؛
- سوختن فیوز به دلیل کم بودن جریان نامی فیوز، نسبت به جریان نامی موتور؛
- سوختن قطعات داخل مدار به علت زیاد بودن جریان نامی فیوز، نسبت به جریان نامی موتور؛
- گرم شدن یا ایجاد جرقه‌های شدید بین کنتاکت‌های کلید، به‌دلیل کم بودن جریان نامی کلید؛
- گرم شدن یا سوختن کابل به کار رفته در مدار به علت کم بودن سطح مقطع انتخابی، نسبت به سطح مقطع مورد نیاز.

اتصال موتورهای الکتریکی سه فاز به شبکهٔ برق با کلید قطع و وصل(۱ــ ۰)

اصول کار

کلید زبانه‌ای (۱ــ۰) دو حالت قطع و وصل دارد. این کلید برای راه‌اندازی موتور سه فاز، باید یک بار سه فاز L۱، L۲ و L۳ را به سرهای U۱، V۱ و W۱ در موتور اتصال داده و در حالت دوم باید این اتصال را قطع کند. حالت کاری این کلید به صورت زیر است :

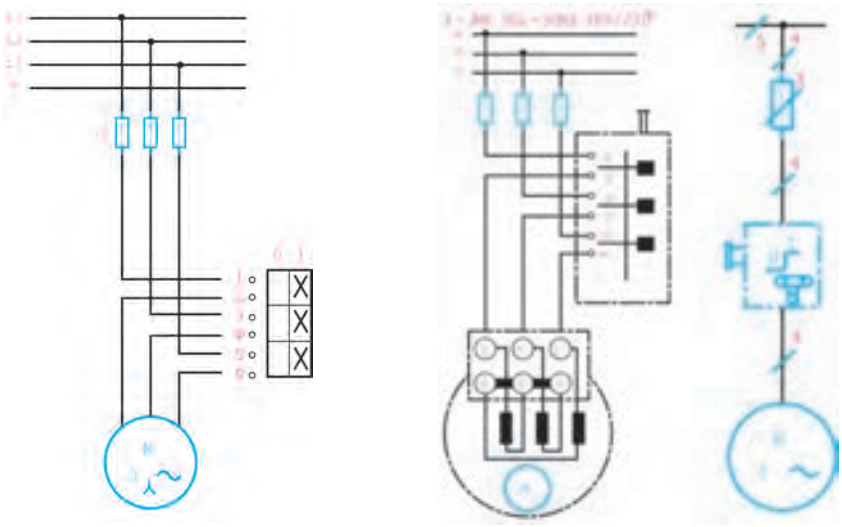
L۱ ⟶ U۱

L۲ ⟶ V۱

L۳ ⟶ W۱

شمای حقیقی و فنی

در شکل۱۶ــ ۵ ، شمای حقیقی و فنی کلید زبانه‌ای برای راه‌اندازی یک موتور سه فاز نشان داده شده است. با توجه به نقشهٔ این مدار در استاندارد IEC، سه فاز L_1، L_2 و L_3 به ترمینال‌های ۱ و ۳ و ۵ اتصال می‌یابد و ترمینال‌های خروجی ۲ و ۴ و ۶ به سرهای موتور U۱، V۱ و W۱ متصل می‌شوند.

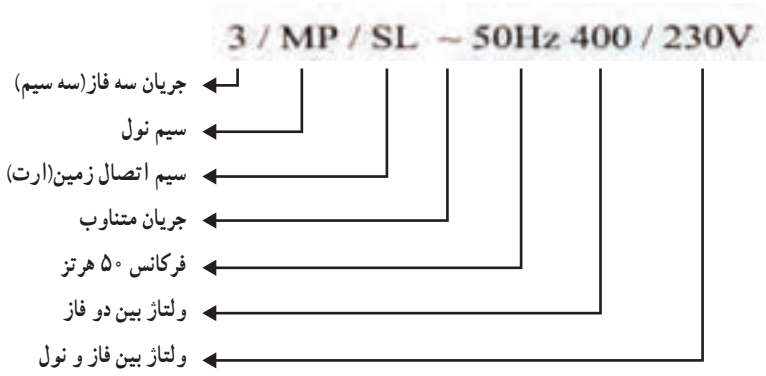


الف) استاندارد قدیم

ب) استاندارد جدید

شکل۱۶ــ۵ــ شمای حقیقی و فنی راه اندازی موتور الکتریکی سه فاز

علائم اختصاری در استاندارد قدیم به شرح زیر است.



توجه

اگر یکی از فازهای موتور الکتریکی سه فاز در حین کار قطع شود، به اصطلاح می‌گویند موتور دو فاز شده است. در این شرایط موتور با سر و صدای غیر طبیعی و زیاد کار می‌کند و جریان الکتریکی زیادی از شبکهٔ برق می‌کشد. به همین سبب موتور الکتریکی سریعاً داغ شده و پس از چند لحظه اگر توسط کاربر یا عناصر حفاظتی مدار، مانند بی‌متال(کنترل فاز) از شبکهٔ برق جدا نشود، خواهد سوخت.

کارعملی ۲ــ ۵

هدف : راه‌اندازی یک موتور (شکل۱۷ــ۵) سه فاز با کلید زبانه‌ای (۱ــ۰).

مراحل انجام کار :

۱ــ اطلاعات موتور الکتریکی را از روی پلاک مشخصات استخراج و یادداشت نمایید.

۲ــ مقدار جریان فیوز و همچنین سطح مقطع کابل را انتخاب کنید.

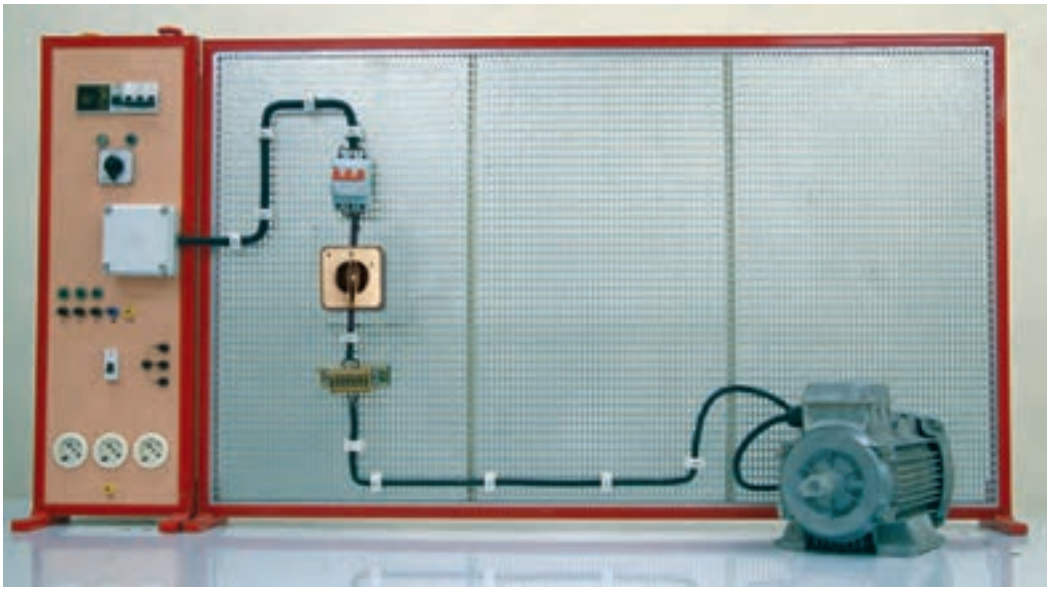
۳ــ با رعایت اندازه‌های داده شده کابل‌ها را ببرید و لخت کنید.

۴ــ کلید زبانه‌ای، فیوزها و ترمینال را نصب کنید.

۵ــ کابل‌کشی را با رعایت اندازه‌ها و اتصال صحیح انجام دهید.

۶ــ قبل از راه‌اندازی موتور، قسمت‌های مختلف مدار را از لحاظ رعایت نکات ایمنی بررسی کنید.

۷ــ فیوزها را وصل کنید و کلید را از حالت صفر به یک ببرید و موتور را پس از تأیید مربی راه‌اندازی نمایید.



شکل۱۷ــ۵ــ نحوهٔ کابل‌کشی و برق‌رسانی به یک موتور سه فاز آسنکرون با کلید زبانه‌ای (۱ــ۰)

۸ــ نتایج کار عملی را در دفتر گزارش کار خود یادداشت کنید.

پرسش

پس از انجام کار عملی به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

۱ــ اگر یکی از فازهای موتور سه‌فاز قطع باشد، هنگام وصل کلید، موتور چه واکنشی را از خود نشان می‌دهد؟

۲ــ اگر یکی از فازهای موتور سه‌فاز در حین کار قطع شود، چه اتفاقی خواهد افتاد؟

۳ــ جریان موتور را حین کار اندازه‌گیری کنید. آیا مقدار این جریان با مقدار درج شده روی پلاک مشخصات موتور مطابقت دارد؟

۴ــ کاربردهایی از راه‌اندازی موتورها در ماشین‌های کشاورزی را نام ببرید.

تغییر جهت گردش موتورهای سه فاز

در بسیاری از موارد دستگاه‌های الکتریکی، نظیر ماشین توزیع دان در قفس‌ها و . . . ، نیازمند تغییر جهت گردش از راست‌گرد به چپ‌گرد یا به عکس‌اند. یکی از روش‌های این کار استفاده از کلیدهای زبانه‌ای چپ‌گرد ــ راست‌گرد (شکل۱۸ــ۵) است.

شکل ۱۸ــ۵ــ شکل ظاهری کلید زبانه‌ای چپ‌گرد ــ راست‌گرد

اصول کار

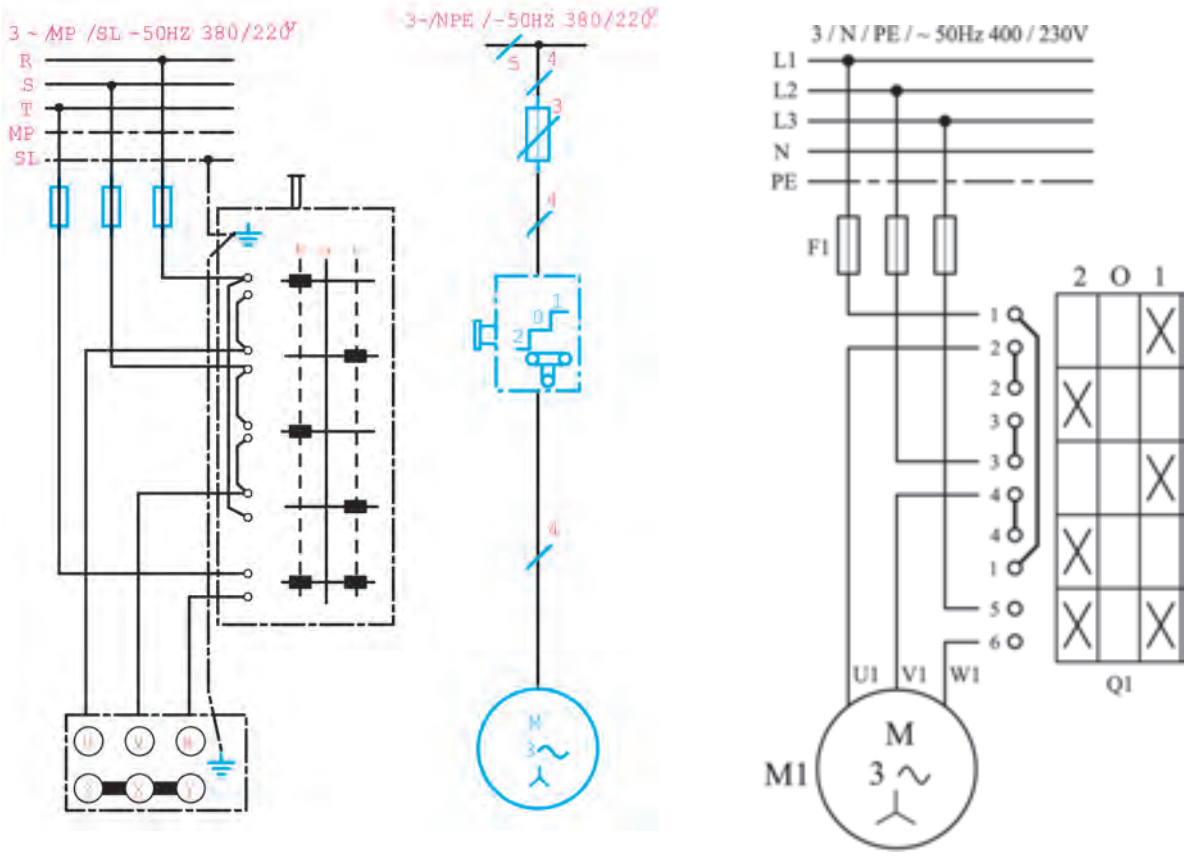
کلید زبانه ای (۱ــ۰) دارای سه حالت (۰) قطع، (۱) راست گرد و (۲) چپ گرد است. در حالت اول باید سه فاز L۱، L۲ و L۳ را به سرهای U۱، V۱ و W۱ در موتور اتصال داد و در حالت دوم باید محل اتصال دو فاز از سه فاز ورودی را برای اتصال به سرهای U۱، V۱ و W۱ به طور دلخواه عوض کرد. حالت کاری این کلید به صورت زیر است :

حالت تغییر جهت داده شده	حالت اول
L۱ ⟶ U۱	L۱ ⟶ U۱
L۲ ⟶ V۱	L۲ ⟶ V۱
L۳ ⟶ W۱	L۳ ⟶ W۱

از مقایسهٔ حالت‌های چپ‌گرد و راست‌گرد با یکدیگر مشاهده می‌شود که در این دو حالت، محل اتصال دو فاز با هم عوض می‌شود و فاز سوم در دو حالت بدون تغییر باقی می‌ماند.

■ شمای حقیقی و فنی

شکل۱۹ــ۵ شمای حقیقی و فنی راه‌اندازی موتور الکتریکی را به صورت چپ‌گرد ــ راست‌گرد با کلید زبانه‌ای نشان می‌دهد.



ب) استاندارد قدیم

الف) استاندارد جدید

شکل۱۹ــ۵ــ شمای حقیقی و فنی راه‌اندازی موتور الکتریکی به صورت چپ‌گرد ــ راست‌گرد با کلید زبانه‌ای

کارعملی ۳ــ ۵

هدف : راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت چپ‌گرد ــ راست‌گرد با کلید زبانه‌ای (۱۰ــ۲)

مراحل انجام کار :

۱ــ اطلاعات موتور الکتریکی را از روی پلاک مشخصات استخراج و یادداشت نمایید.

۲ــ مقدار جریان فیوز و همچنین سطح مقطع کابل را انتخاب کنید.

۳ــ با رعایت اندازه‌های داده شده کابل‌ها را بریده و لخت کنید.

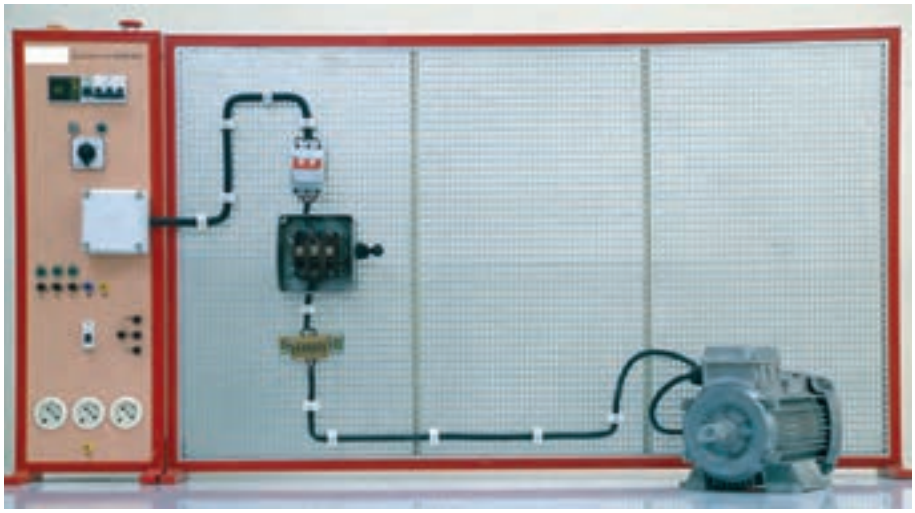
۴ــ کلید زبانه‌ای، فیوزها و ترمینال را نصب کنید.

۵ــ کابل‌کشی را با رعایت اندازه‌ها و اتصال صحیح انجام دهید.

۶ــ قبل از راه‌اندازی موتور، قسمت‌های مختلف مدار را از لحاظ رعایت نکات ایمنی بررسی کنید.

۷ــ فیوزها را وصل کنید و موتور را پس از تأیید مربی به صورت راست‌گرد و چپ‌گرد راه‌اندازی نمایید.

۸ــ گزارش کار عملی را در دفتر گزارش کار یادداشت نمایید.



شکل ۲۰ــ۵ــ نحوهٔ کابل‌کشی و برق‌رسانی به یک موتور سه فاز آسنکرون توسط کلید زبانه‌ای(۲ــ۱ــ۰)

پرسش

پس از انجام کار عملی به سؤالات زیر پاسخ دهید :

۱ــ آیا مقدار ولتاژ اعمال شده به موتور با ولتاژ درج شده روی پلاک مشخصات مطابقت دارد؟

۲ــ کاربردهایی از تغییر جهت گردش موتورها در ماشین‌های کشاورزی را بنویسید.

راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون

در شبکهٔ سه‌فاز نحوهٔ اتصال موتورهای سه‌فاز آسنکرون به شبکهٔ الکتریکی را اصطلاحاً «**راه‌اندازی**» می‌گویند. موتورهای آسنکرون اگر به صورت مستقیم به شبکهٔ سه‌فاز وصل شوند، در لحظهٔ راه‌اندازی، جریان خیلی زیادی (حدود ۴ تا ۷ برابر جریان نامی موتور) از سیم‌پیچی‌های موتور عبور می‌کند. اگر قدرت یا به عبارتی جریان نامی موتور بالا باشد، جریان زیاد راه‌اندازی می‌تواند صدماتی به موتور وارد کند. برای رفع این مشکل، راه‌اندازی موتورهای آسنکرون، با وسایلی به نام «**راه‌انداز**» انجام می‌شود تا جریان راه‌اندازی کمتری از شبکه دریافت کنند.

موتورهای سه‌فاز معمولاً با یکی از روش‌های زیر راه‌اندازی می‌شوند.

- **راه‌اندازی به صورت مستقیم** : این روش برای موتورهایی که زیر بار راه‌اندازی نمی‌شود یا توان کمی(کمتر از ۷/۵ کیلووات) دارند، استفاده می‌شود. در راه‌اندازی مستقیم، کابل خروجی موتور مستقیماً به شبکهٔ برق سه فاز متصل می‌شود.

- **راه‌اندازی به صورت ستاره ــ مثلث** : در موتورهای با توان بالا(بیش از ۷/۵ کیلووات) در لحظه راه‌اندازی، جریان خیلی زیادی(حدود ۴ تا ۷ برابر جریان نامی موتور) از سیم‌پیچی‌های موتور عبور می‌کند و می‌تواند صدماتی به موتور وارد کند. لذا، ابتدا موتور را به صورت ستاره راه‌اندازی می‌کنند (زیرا جریانی به میزان یک سوم کمتر نسبت به اتصال مثلث می‌کشد)، پس از راه اندازی اتصال موتور را به مثلث تغییر می‌دهند. این کار در مدت چند ثانیه انجام می‌شود.

- **تغییر اتصال موتورهای سه فاز**

در شکل۲۱ــ۵ تصویر یک کلید زبانه‌ای ستاره ــ مثلث نشان داده شده است.

شکل۲۱ــ۵ــ تصویر یک کلید زبانه‌ای ستاره ــ مثلث

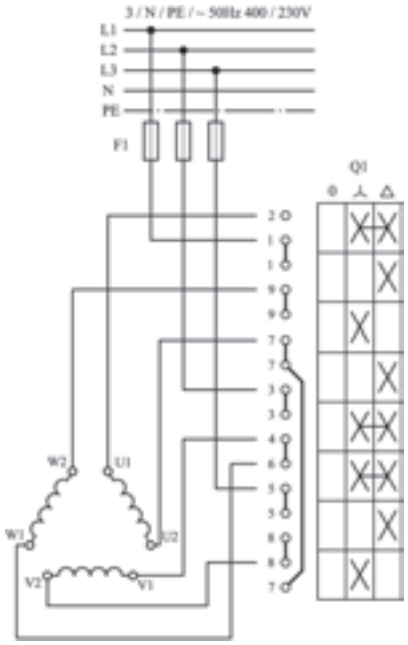
اصول کار کلید زبانه‌ای (Δ ــ ۰ ــ Y) دارای سه حالت (۰) قطع، (Y) ستاره و(Δ) مثلث است. در حالت ستاره ابتدا باید سرهای۲U، ۲V و ۲W به همدیگر متصل شوند، سپس سه فاز L۱، L۲ وL۳ را به سرهای۱U، ۱V و۱W در موتور اتصال دهند. در حالت مثلث باید ته هر کلاف به سر کلاف بعدی متصل شود و سه فاز L۱، L۲ وL۳ به سرهای۱U، ۱V و۱W متصل شوند. حالت کاری این کلید به صورت زیر است :

اتصال مثلث

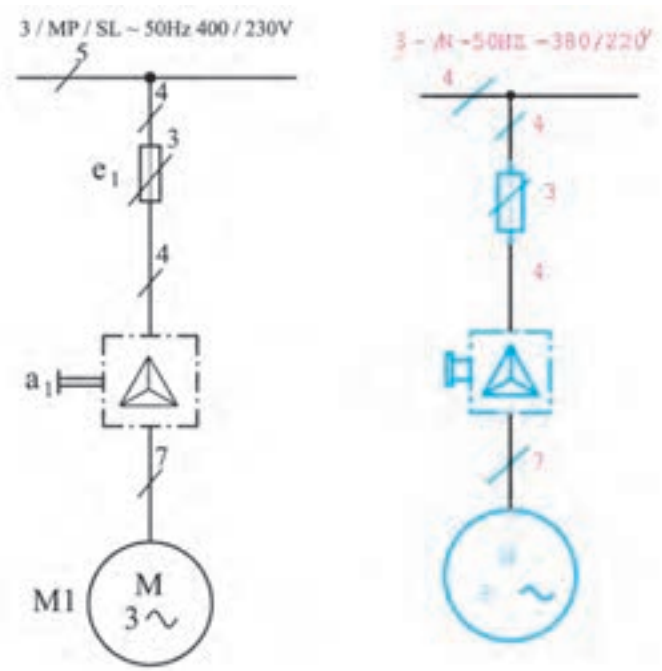
L۱ → U۱ → W۲
L۲ → V۱ → U۲
L۳ → W۱ → V۲

اتصال ستاره

L۱ → U۱ W۲
L۲ → V۱ U۲
L۳ → W۱ V۲



الف) استاندارد جدید



ب) استاندارد قدیم

شکل۲۲ــ۵ــ شمای حقیقی و فنی مدار راه‌اندازی موتور الکتریکی، به صورت ستاره ــ مثلث با کلید زبانه‌ای

کارعملی ۴ــ ۵

هدف : راه‌اندازی موتور سه فاز به صورت ستاره ــ مثلث با کلید زبانه‌ای (Δ ــ Y ــ ۰)

مراحل انجام کار :

۱ــ اطلاعات موتور الکتریکی را از روی پلاک مشخصات استخراج و یادداشت نمایید.

۲ــ مقدار جریان فیوز و همچنین سطح مقطع کابل را انتخاب کنید.

۳ــ با رعایت اندازه‌های داده شده کابل‌ها را ببرید و لخت کنید.

۴ــ کلید زبانه‌ای، فیوزها و ترمینال را نصب کنید.

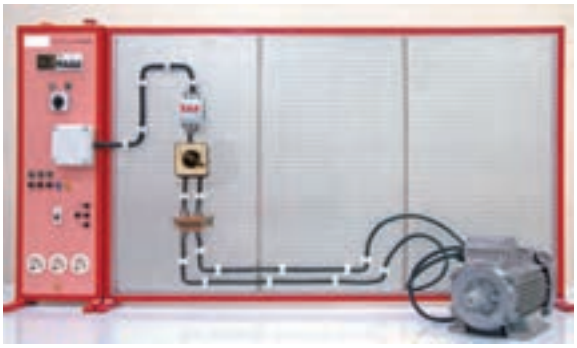
۵ــ کابل‌کشی را با رعایت اندازه‌ها و اتصال صحیح انجام دهید.

۶ــ قبل از راه‌اندازی موتور، قسمت‌های مختلف مدار را از لحاظ رعایت نکات ایمنی بررسی کنید.

۷ــ فیوزها را وصل کنید و کلید را از حالت صفر به یک ببرید و موتور را پس از تأیید مربی راه‌اندازی نمایید.

۸ــ نتایج کار عملی را در دفتر گزارش کار خود یادداشت کنید.

در شکل ۲۳ــ۵، نحوهٔ کابل‌کشی و برق‌رسانی به یک موتور سه فاز آسنکرون ستاره ــ مثلث توسط کلید زبانه‌ای (Δ ــ Y ــ ۰) را به صورت واقعی مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۳ــ ۵ ــ کابل‌کشی و برق‌رسانی به یک موتور سه فاز آسنکرون ستاره ــ مثلث با کلید زبانه‌ای (Δ ــ Y ــ ۰)

پرسش

پس از انجام کار عملی به سؤالات زیر پاسخ دهید :

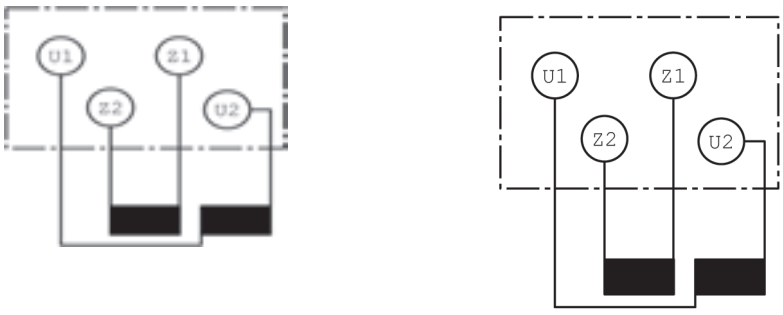
۱ــ ولتاژ اعمال شده به موتور الکتریکی چه مقدار است؟ آیا این مقدار با مقادیر مشخص شده روی پلاک مشخصات مطابقت دارد.

۲ــ با سرعت سنج سرعت دَوَرانی موتور را اندازه‌گیری کنید و با مقدار مشخص شده روی پلاک مشخصات مطابقت دهید.

۳ــ کاربردهایی از راه‌اندازی موتورها به صورت ستاره ــ مثلث در ماشین‌های کشاورزی را نام ببرید.

پلاک اتصال موتورهای تک فاز(تخته کلم)

به طورکلی روی تخته کلم موتورهای تک‌فاز در استاندارد (VDE آلمان) از حروف U و V برای مشخص کردن سر و ته سیم‌پیچ اصلی و از حروف W و Z برای سیم‌پیچ کمکی استفاده می‌شود (شکل ۲۴ــ۵). اما در استاندارد (IEC) از حروف U۱ و U۲ برای نشان دادن سرهای سیم‌پیچ اصلی و از حروف Z۱ و Z۲ برای مشخص کردن سرهای سیم‌پیچ کمکی استفاده می‌شود (شکل۲۴ــ۵).



الف) استاندارد جدید ب) استاندارد قدیم

شکل ۲۴ــ۵ــ نقشهٔ تخته کلم موتورهای تک‌فاز

راه‌اندازی موتورهای الکتریکی تک فاز

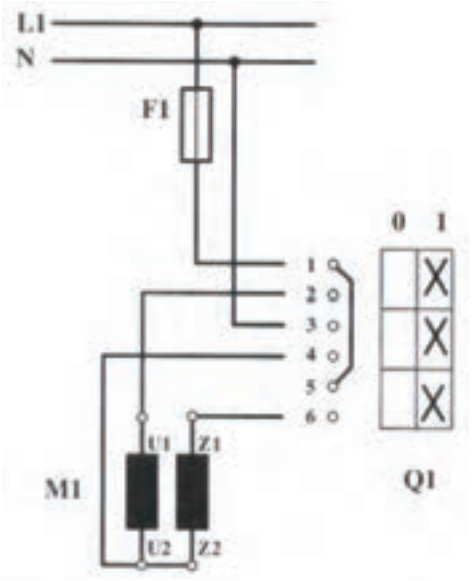
ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی تک فاز زبانه‌ای مشابه کلید سه فاز است (شکل۲۵ــ۵).

شکل۲۵ــ۵ــ تصویر کلید ۱ــ۰ زبانه‌ای تک‌فاز

نکته

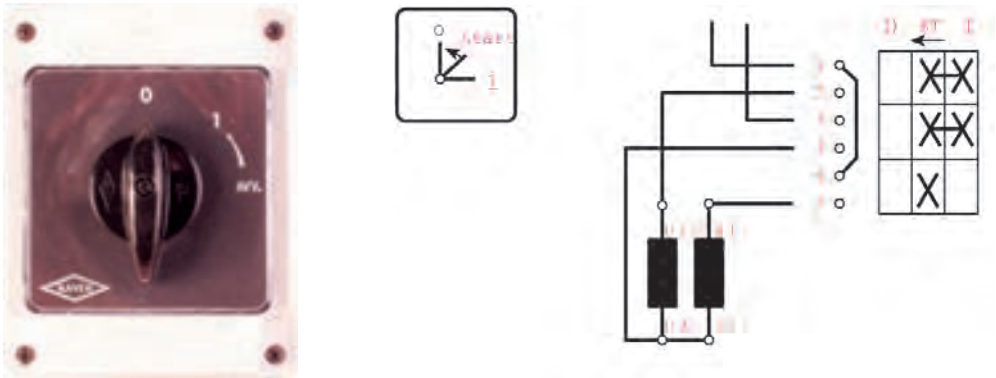
معمولاً سیم نول را نیز مانند سیم فاز از طریق کلید به سر سیم‌های موتور اتصال می‌دهند.

مدار راه‌اندازی موتور تک‌فاز با کلید زبانه‌ای را در شکل۲۶ــ۵ مشاهده می‌کنید. در این نقشه و در لحظهٔ اول راه‌اندازی، پیچ‌های ۱ با ۲، ۳ با ۴ و ۵ با ۶ اتصال دارند. بنابراین U۱با L۱ ، Z۱ با L۱، Z۲ وU۲ با N وصل می‌شوند و تا زمانی که کلید قطع نشود، موتور به کار خود ادامه می‌دهد.



شکل۲۶ــ۵ــ شمای حقیقی راه‌اندازی موتور تک فاز با کلید زبانه‌ای

یک نوع دیگر کلید دستی تک فاز زبانه‌ای با راه انداز نیز وجود دارد. این کلید به گونه‌ای طراحی شده که دارای سه حالت ۰، start و ۱ است. در حالت صفر ارتباط الکتریکی موتور با شبکهٔ برق قطع است. در حالت استارت هر دو سیم پیچی موتور تغذیه می‌شوند، و در حالت ۱، سیم‌پیچ راه انداز از مدار خارج می‌شود و موتور تنها با سیم پیچ اصلی به کار خود ادامه خواهد داد. نحوهٔ اتصال پیچ‌های این کلید به صورتی است که پیچ‌های ۱ با ۲، ۳ با ۴ و ۵ با ۶ اتصال دارند. پس از راه‌اندازی و رسیدن سرعت موتور به ۷۵ درصد سرعت نامی خود، باید کلید را از حالت استارت به حالت ۱ برد. در این حالت موتور به کار خود ادامه می‌دهد و اتصال پیچ‌های ۵ و۶ قطع می‌شود و در نتیجه سیم پیچ راه انداز از مدار خارج می‌شود (شکل۲۷ــ۵).



شکل۲۷ــ۵ــ شمای حقیقی راه‌اندازی موتور تک فاز با کلید زبانه‌ای

کارعملی ۵ ــ ۵

هدف : راه‌اندازی موتور تک فاز

مراحل انجام کار :

۱ــ اطلاعات موتور الکتریکی تک فاز را از روی پلاک مشخصات استخراج و یادداشت نمایید.

۲ــ مقدار جریان فیوز و همچنین سطح مقطع کابل را انتخاب کنید.

۳ــ با رعایت اندازه‌های داده شده کابل‌ها را ببرید و لخت کنید.

۴ــ کلید زبانه‌ای، فیوز و ترمینال‌ها را نصب کنید.

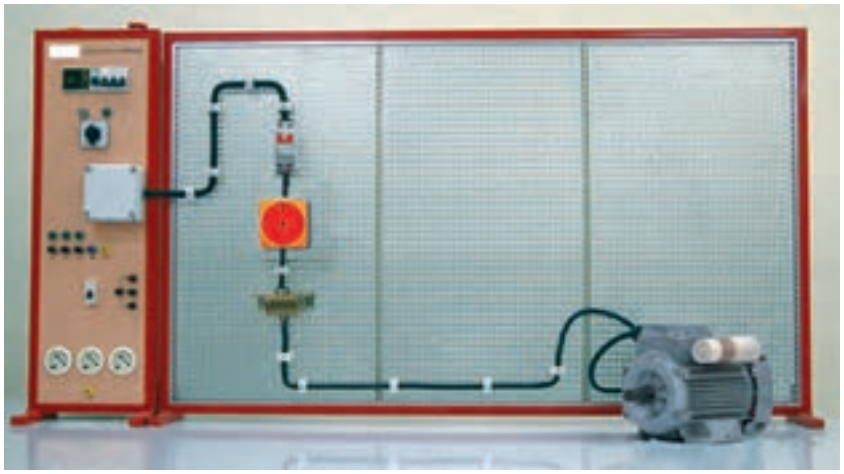
۵ــ فاز و نول را به پیچ‌های ۱ و ۳ کلید، اتصال دهید.

۶ــ از پیچ‌های ۲ و ۴ کلید، سیم‌های کابل را خارج کنید و از طریق ترمینال به حروف U۱ و U۲ و از پیچ ۶ به Z۱ اتصال دهید.

۷ــ در روی تخته کلم موتور U۲ را به Z۲ وصل کنید.

۸ــ قبل از راه‌اندازی موتور، قسمت‌های مختلف مدار را از لحاظ رعایت نکات ایمنی بررسی کنید.

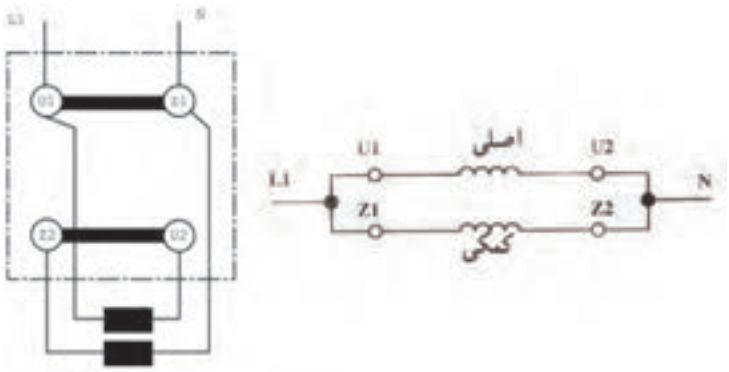
۹ــ موتور را پس از تأیید مربی راه‌اندازی نمایید. برای راه‌اندازی، فیوز را وصل کنید و کلید را از حالت صفر به یک ببرید.



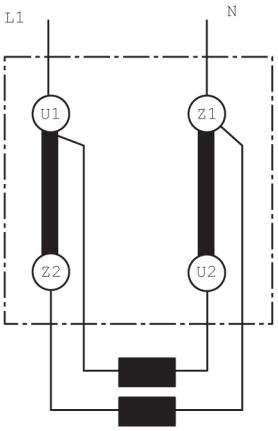
شکل ۲۸ــ۵ــ کابل‌کشی و برق‌رسانی به یک موتور تک فاز آسنکرون توسط کلید زبانه‌ای(۱ــ۰)

تغییر جهت گردش در موتورهای تک‌فاز

برای تغییر جهت گردش موتورهای الکتریکی تک‌فاز باید جهت جریان الکتریکی در سیم‌پیچی کمکی(راه انداز) را عوض کنیم، یعنی جای سر و ته سیم‌پیچ متصل شده به فاز و نول عوض شود. بر اثر این جابه‌جایی، جهت میدان مغناطیسی ایجاد شده در فضای داخلی استاتور و در نتیجه، نیروی وارد شده بر روتور عوض می‌شود. با عوض شدن نیروی وارد شده، جهت گردش موتور نیز عکس حالت اول می‌شود.



شکل۲۹ــ۵ــ نقشهٔ تخته کلم و اتصال سیم‌پیچ‌های موتور تک فاز در جهت راست‌گرد



شکل ۳۰ــ ۵ تصویرمداری و تصویر تخته کلم موتور تک‌فاز در حالت چپ‌گرد را نشان می‌دهد.

شکل۳۰ــ۵ــ نقشهٔ تخته‌کلم و اتصال سیم‌پیچ‌های موتور تک فاز در جهت چپ‌گرد

شکل۳۱ــ۵ تصویر ظاهری کلید و شمای حقیقی مدار الکتریکی راه‌اندازی موتور الکتریکی تک‌فاز را به صورت راست‌گرد و چپ‌گرد، نشان می‌دهد.

شکل۳۱ــ۵

کارعملی ۶ــ ۵

هدف : راه‌اندازی موتور تک‌فاز به صورت راست‌گرد و چپ‌گرد

مراحل انجام کار :

۱ــ اطلاعات موتور الکتریکی تک فاز را از روی پلاک مشخصات استخراج و یادداشت نمایید.

۲ــ مقدار جریان فیوز و همچنین سطح مقطع کابل را انتخاب کنید.

۳ــ با رعایت اندازه‌های داده شده، کابل‌ها را ببرید و لخت کنید.

۴ــ کلید زبانه‌ای، فیوز و ترمینال‌ها را نصب کنید.

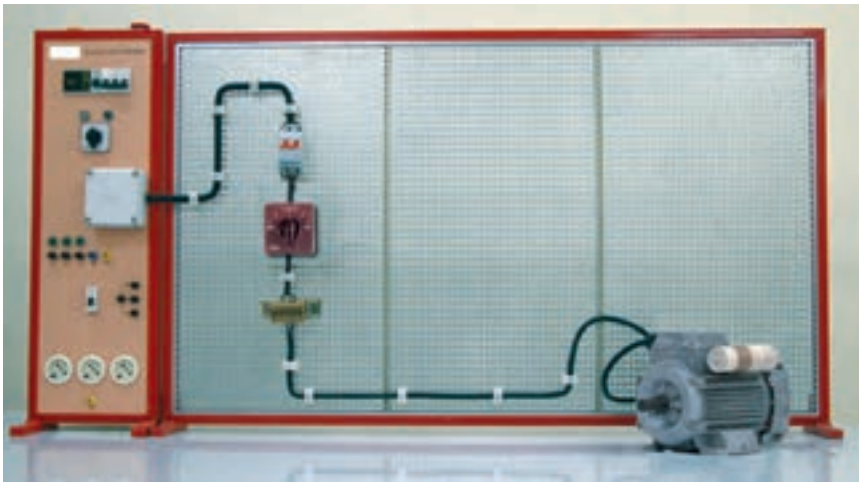
۵ــ فاز و نول را به پیچ‌های ۱ و ۴ کلید، اتصال دهید.

۶ــ از پیچ‌های ۲ و ۴ کلید، سیم‌های کابل را خارج کنید و از طریق ترمینال به حروف U۱ و U۲ اتصال دهید.

۷ــ پیچ شمارهٔ ۶ و ۹ کلید را به ترتیب به سرهای Z۱ و Z۲ موتور وصل کنید.

۸ــ قبل از راه‌اندازی موتور، قسمت‌های مختلف مدار را از لحاظ رعایت نکات ایمنی بررسی کنید.

۹ــ پس از تأیید مربی، فیوز را وصل و کلید را از حالت صفر به یک ببرید تا موتور راه‌اندازی شود.



شکل۳۲ــ۵ــ نحوهٔ کابل‌کشی و برق‌رسانی به یک موتور تک فاز آسنکرون توسط کلید زبانه‌ای (۱ــ۰)

راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای مغناطیسی

در ماشین‌های کشاورزی ممکن است، علاوه بر کلیدهای دستی از کلیدهای مغناطیسی (کنتاکتورها) نیز برای راه‌اندازی استفاده شود. این روش راه‌اندازی امکانات جدیدی را برای کنترل ماشین‌ها به وجود می‌آورد که در ادامه به آن اشاره خواهد شد.

اجزای تشکیل دهندهٔ مدارهای کنترل

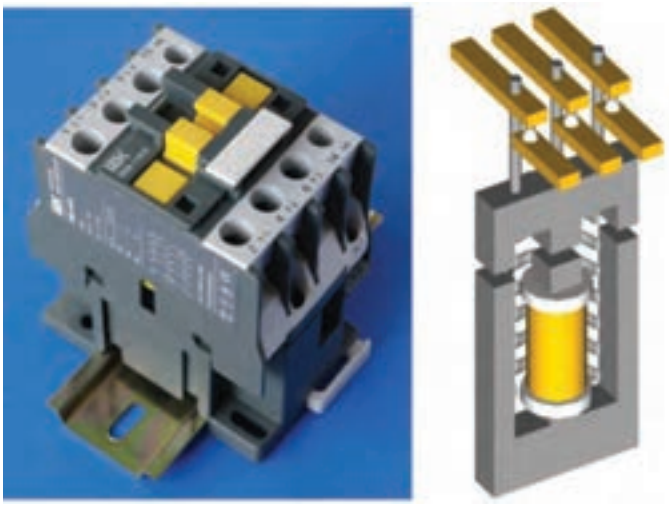
برای کار با مدارهای کنترل باید وسایل تشکیل دهندهٔ آنها را به طور کامل شناخت و با اصول ساختمان و موارد استفاده این وسایل آشنا شد. در این قسمت برخی از وسایلی که در مدارهای فرمان و کنترل ماشین‌های الکتریکی به کار می‌روند، توضیح داده می‌شود.

کلید مغناطیسی یا کنتاکتور

کنتاکتور با استفاده از خاصیت الکترومغناطیس ــ مانند رله‌ها ــ تعدادی کنتاکت را به یکدیگر وصل یا از یکدیگر جدا می‌کند. از این خاصیت برای قطع و وصل یا تغییر اتصال مدار استفاده می‌شود.

ساختمان کنتاکتور

این کلید از دو هسته به شکل E یا U، که یکی ثابت و دیگری متحرک است، تشکیل می‌شود. در میان هستهٔ ثابت یک بوبین یا سیم‌پیچ قرار دارد. وقتی بوبین به برق متصل می‌شود، با استفاده از خاصیت مغناطیسی، نیروی کششی فنر را خنثی می‌کند و هستهٔ فوقانی را به هستهٔ تحتانی اتصال می‌دهد و باعث می‌شود که تعدادی کنتاکت عایق شده از یکدیگر به ترمینال‌های ورودی و خروجی کلید متصل شود یا باعث گردد کنتاکت‌های بستهٔ کنتاکتور باز شوند. در صورتی که مدار تغذیهٔ بوبین کنتاکتور قطع شود، در اثر نیروی فنری که داخل کلید قرار دارد هستهٔ متحرک دوباره به حالت اول باز می‌گردد (شکل۳۳ــ۵).



شکل۳۳ــ۵ــ کنتاکتور و طرح ساده‌ای از آن

در شکل۳۴ــ۵ ساختمان داخلی کنتاکتور را مشاهده می‌کنید.

شکل۳۴ــ۵ ــ تصویر داخلی کنتاکتور

شکل۳۵ــ۵ــ پیچ‌های مربوط به کنتاکت‌های فرمان و قدرت

کنتاکتورها دارای تعدادی تیغه هستند. این تیغه‌ها وظیفهٔ قطع و وصل مدارها را به عهده دارند. و دو نوع هستند. یکی تیغه‌های قدرت، که ضخیم‌ترند و قابلیت عبور جریان زیادی را دارند، برای اتصال موتور به شبکهٔ برق سه فاز از این تیغه‌ها استفاده می‌شود. هر کنتاکتور دارای سه تیغهٔ قدرت است، که در حالت عادی باز هستند و پس از اینکه کنتاکتور عمل کرد، بسته می‌شوند و برق را به موتور سه فاز می‌رسانند. کنتاکتورها، علاوه بر تیغه‌های قدرت دارای تیغه‌های ظریف‌تری به نام تیغه‌های فرمان نیز هستند. تیغه‌های فرمان هم باز هستند و هم بسته، که با عمل کردن کنتاکتور، تیغه‌های باز، بسته شده و تیغه‌های بسته باز می‌شوند. تیغه‌های فرمان با اعداد دو رقمی و تیغه‌های قدرت با اعداد یک رقمی نام گذاری می‌شوند (شکل۳۵ــ۵).

■ تعداد تیغه‌های کنتاکتور

تعداد تیغه‌ها معمولاً با دو عدد که با علامت « / » از هم جدا شده‌اند، بیان می‌شوند. عدد سمت چپ، تعداد کل تیغه‌های کنتاکتور و عدد سمت راست تعداد تیغه‌های بسته و باز کنتاکتور را مطابق شکل۳۶ــ۵ نشان می‌دهد.

شکل۳۶ــ۵

■ مزایای استفاده از کنتاکتورها

کنتاکتورها نسبت به کلیدهای دستی صنعتی مزایایی به شرح زیر دارند :

- مصرف‌کننده از راه دور کنترل می‌شود.
- سرعت قطع و وصل کلید زیاد و استهلاک آن‌کم است.
- از نظر حفاظتی مطمئن‌ترند و حفاظت مناسب‌تر و کامل‌تر دارند.
- عمر مؤثرشان بیشتر است.
- هنگام قطع برق، مدار مصرف‌کننده نیز قطع می‌شود و به استارت مجدد نیاز پیدا می‌کند؛ در نتیجه از خطرات وصل ناگهانی دستگاه جلوگیری می‌گردد.

■ مشخصات فنی کنتاکتور

نوع کنتاکتور : با توجه به نوع مصرف کننده و شرایط کار، کنتاکتورها، قدرت و جریان عبوری مشخصی برای ولتاژهای مختلف دارند. بنابراین، برای انتخاب کنتاکتور متناسب با مصرف‌کننده، باید به جدول و مشخصات کنتاکتور توجه کرد، تا در هنگام اتصال به شبکه، کنتاکت‌های آن جریانی را که مصرف کننده از شبکه می‌کشد، تحمل کنند.

به این منظور، باید با مقادیر نامی مربوط به کنتاکتورها آشنا شوید. این مقادیر برای کلیدهای اهرمی و زبانه‌ای نیز، وجود دارد. در اینجا نمونه‌ای از این مقادیر، که معمولاً مهمترین آنها روی بدنهٔ کلید نوشته می‌شوند، ارائه شده است.

HL 08 / 53 VDE
Ui 500V
I_e 10 A
I_{thz} 16 A Ue 220 V

برای انتخاب کنتاکتورها در قدرت‌های مختلف می‌توان از جدول ۱ــ۵ استفاده کرد.

جدول ۱ــ۵ــ انتخاب کنتاکتور، فیوز و بی‌متال

ردیف	جریان(A)			قدرت در ولتاژ ۳۸۰V	
	فیوز	بی متال	کنتاکتور	HP	KW
۱	۲	۱ــ۱/۶	۹	۰/۵	۰/۳۷
۲	۲ــ۴	۱/۶ــ۲/۵	۹	۰/۷۵	۰/۵۵
۳	۲ــ۴	۱/۶ــ۲/۵	۹	۱	۰/۷۵
۴	۴ــ۶	۲/۵ــ۴	۹	۱/۵	۱/۱
۵	۴ــ۶	۲/۵ــ۴	۹	۲	۱/۵
۶	۶ــ۸	۴ــ۶	۹	۳	۲/۲
۷	۸ــ۱۲	۴ــ۶	۹	۴	۳
۸	۸ــ۱۲	۵/۵ــ۸	۹	ــ	ــ
۹	۱۰ــ۱۲	۷ــ۱۰	۱۶	۵/۵	۴
۱۰	۱۲ــ۱۶	۱۰ــ۱۳	۱۶	۷/۵	۵/۵
۱۱	۱۶ــ۲۰	۱۳ــ۱۵	۱۶	۱۰	۷/۵
۱۲	۱۶ــ۲۰	۱۳ــ۱۸	۱۶	ــ	ــ
۱۳	۲۰ــ۲۵	۱۸ــ۲۵	۲۵	۱۳/۵	۱۰
۱۴	۲۵	۱۸ــ۲۵	۲۵	۱۵	۱۱
۱۵	۳۲ــ۴۰	۲۳ــ۳۲	۴۰	۲۰	۱۵

■ شستی استاپ استارت

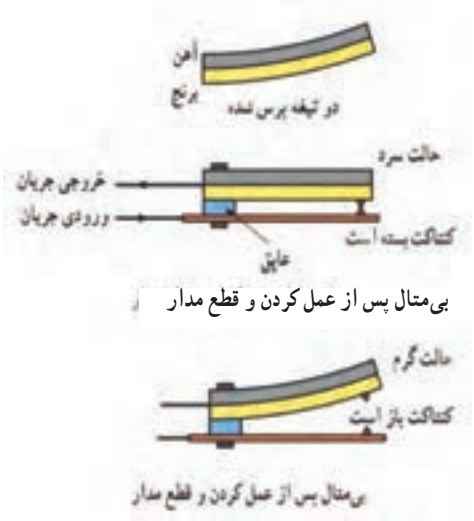
شستی‌ها از جمله وسایل فرمان هستند، که تحریک آنها به وسیلهٔ دست انجام می‌گیرد و در انواع مختلف و برای کاربردهای متفاوت طراحی می‌شوند. شستی‌هایی که پس از تحریک، دو کنتاکت وصل را قطع می‌کنند شستی «**استاپ (قطع)**» و شستی‌هایی که پس از تحریک، دو کنتاکت قطع را وصل می‌کنند شستی «**استارت (وصل)**» نامیده می‌شوند. شستی‌هایی که هر دو عمل را در یک زمان اجرا می‌کنند، به شستی «**استاپ استارت دوبل**» معروف‌اند. شستی‌هایی را که با چرخاندن کلید می‌توان در شرایط کار یا قطع به صورت پایدار نگاه داشت «**سلکتورهای سوئیچی**» می‌گویند. شکل ۳۷ــ۵ تصاویری از چند نمونه شستی و کلید سوئیچ را نشان می‌دهد.

شکل ۳۷ــ۵ــ شستی استاپ و استارت

■ رلهٔ حرارتی(بی‌متال)

دستگاه‌های الکتریکی را باید در مقابل خطرات و خطاهای احتمالی حفاظت کرد. یکی از راه‌های حفاظت موتورهای الکتریکی، استفاده از رلهٔ حرارتی و رلهٔ مغناطیسی است. رلهٔ حرارتی، موتور را در مقابل اضافه بار(بار زیاد) حفاظت می‌کند. به این ترتیب که، در اثر بار زیاد، موتور الکتریکی جریان زیادی از شبکهٔ برق دریافت می‌کند، رلهٔ حرارتی که در مدار موتور قرار گرفته است، با عبور جریان زیاد، گرم می‌شود و مدار را قطع می‌کند.

رلهٔ حرارتی از دو تیغه فلزی با ضریب انبساط طولی مختلف، ساخته شده است که به‌صورت پرسی به هم متصل شده‌اند (شکل ۳۸ــ۵). عبور جریان بیش از حد مجاز از این تیغه، هر دو فلز را گرم و موجب افزایش طول آنها می‌شود، چون ازدیاد طول یکی از فلزات بیشتر از دیگری است، تیغه خم می‌شود و انتقال حرکت آن به کنتاکت، مدار را قطع می‌کند. پس از قطع مدار، تیغه سرد شده، به حالت قبل برمی‌گردد و مدار را می‌بندد.



شکل ۳۸ــ۵ــ نحوهٔ عملکرد رلهٔ حرارتی(بی‌متال)

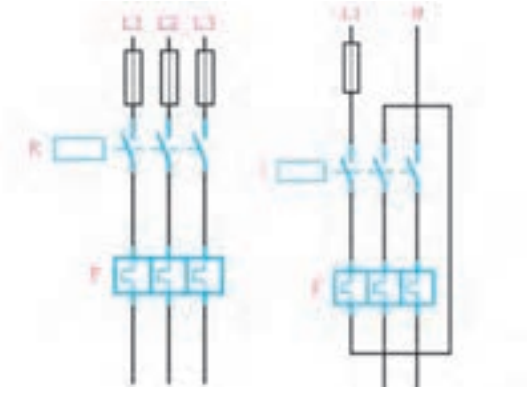
از خاصیت بی‌متال در فیوزها و رله‌های بی‌متال استفاده می‌شود. این رله‌ها قابل تنظیم بوده و در مقابل اضافه جریان(اضافه بار) از ۱/۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی، موتور را قطع می‌کنند. نمونهٔ سه فاز رلهٔ حرارتی، سه پل قدرت برای عبور جریان اصلی مصرف‌کننده، و دو کنتاکت فرمان دارد. یکی کنتاکت بسته، برای قطع مدار تغذیهٔ کنتاکتور و دیگری باز، که پس از عمل بی‌متال، بسته می‌شود و برای اطلاع دادن از خطای حاصل در مدار به کار می‌رود. بعضی از این رله‌ها کلیدی دارند که برای دو حالت دستی و اتوماتیک طراحی شده‌اند. در حالت دستی پس از عمل رله باید با دست آن را به حالت اول برگرداند. در حالت اتوماتیک، رله پس از مدت زمانی معین به حالت اول باز می‌گردد (شکل ۳۹ــ۵).

شکل۳۹ــ۵ــ تصویر ظاهری بی‌متال

شکل۴۰ــ۵ــ نحوهٔ قرارگیری بی‌متال زیر کنتاکتور

در شکل۴۰ــ۵ نحوهٔ اتصال یک نمونه رلهٔ حرارتی زیر کنتاکتور را مشاهده می‌کنید.

k



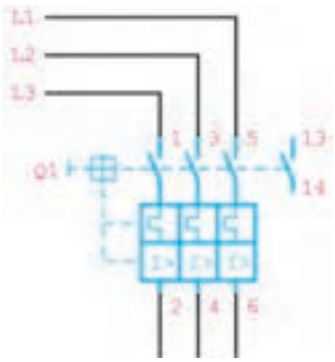
شکل۴۱ــ۵ــ شمای حقیقی مدار کنتاکتوری همراه بی‌متال

در شکل۴۱ــ۵ مدار الکتریکی نحوهٔ اتصال رلهٔ حرارتی را در شبکهٔ برق سه فاز و تک فاز را مشاهده می‌کنید.

■ کلید محافظ موتور

این کلید، موتور را در مقابل بار اضافی، که روی آن قرار می‌گیرد و همچنین اتصال کوتاه، حفاظت می‌کند. به این صورت که اگر در اثر اضافه‌باری که روی موتور قرار می‌گیرد یا قطع یکی از فازهای شبکهٔ برق(که به آن اصطلاحاً دو فازشدن موتور می‌گویند)، جریان کمی بیشتر از جریان نامی موتور شود، کلید، موتور را از شبکهٔ برق قطع می‌کند. اگر خطایی مانند اتصال کوتاه در موتور پیش آید در اثر عبور جریان زیاد نیز کلید موتور را قطع می‌نماید. کلید محافظ موتور می‌تواند جایگزین فیوز و بی متال در مدار راه‌اندازی موتور شود (شکل۴۲ــ۵).

الف) شکل ظاهری



ب) نحوهٔ اتصال به شبکه برق

شکل ۴۲ــ۵ــ کلید محافظ موتور و نحوهٔ اتصال آن به شبکهٔ برق

■ لامپ‌های سیگنال

لامپ‌های علامت دهنده یا لامپ‌های سیگنال در کلیهٔ دستگاه‌های ماشین‌های کشاورزی و تابلوهای توزیع برق و فرمان به موتورها و وسایل الکتریکی به کار می‌رود. از این لامپ به صورت لامپ خبر استفاده می‌شود و می‌تواند روشن بودن، خاموش بودن یا عیب دستگاه و... را نشان دهد. لامپ‌های سیگنال را باید قبل از هر بار کار انداختن دستگاه، به وسیلهٔ کلید مخصوص امتحان کرد و از سالم بودن مدار و هم چنین لامپ آن کاملاً مطمئن شد تا در صورت بروز خطا در مدار بتواند به خوبی عمل کند.

شکل۴۳ــ۵ــ لامپ‌های سیگنال

شکل۴۴ــ۵ــ کاربرد لامپ‌های سیگنال در دستگاه جوجه‌کشی و تابلوی برق

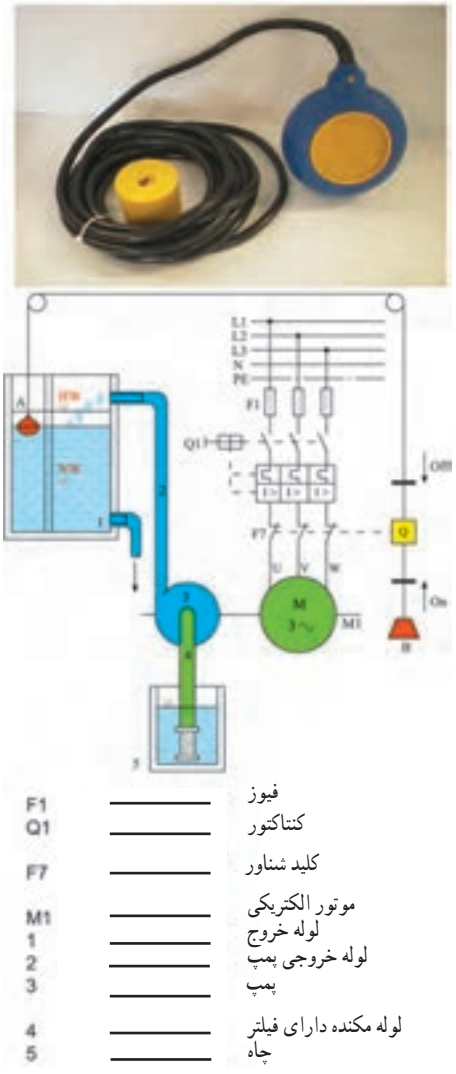
کلیدهای تابع فشار(کلیدهای گازی)

این کلیدها برای کنترل سطح گاز داخل مخازن و کمپرسورها، تنظیم فشار آب داخل لوله‌ها و روشن و خاموش کردن خودکار این دستگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. عامل فرمان این کلید، فشار گاز یا مایع داخل مخزن است. فشار گاز مؤثر بر صفحهٔ داخلی کلید نیرویی وارد می‌کند که باعث تحریک می‌شود و یک کنتاکت باز را می‌بندد یا کنتاکت بسته‌ای را باز می‌کند. حرکت برگشت را می‌توان به وسیلهٔ فنر تأمین کرد (شکل۴۵ــ۵).

شکل۴۵ــ۵ــ کلید تابع فشار

کلیدهای شناور(فلوتر سوییچ)

کلیدهای شناور برای کنترل سطح آب یا مایعات داخل منبع‌ها و مخازن مورد استفاده قرار می‌گیرند. ساختمان این کلید از وزنهٔ تعادل، یک قسمت شناور و یک میکروسویچ تشکیل شده است. هنگامی که قسمت شناور را، با توجه به شکل‌کار، تنظیم می‌کنند با تغییر سطح مایع داخل مخزن، شناور تغییر مکان می‌دهد و با فرمان دادن به میکروسویچ داخل کلید باعث قطع و وصل مدار می‌شود. این کلید در مخازن هوایی آب نیز کاربرد دارد. زمانی که مقدار آب در مخزن به یک حداقل رسید، پمپ شروع به کار می‌کند. با پمپاژ آب به داخل مخزن، زمانی که سطح آب به اندازه تنظیم شده رسید، پمپ خاموش می‌شود. خاموش و روشن شدن الکتروموتور پمپ، تابع سطح آب داخل مخزن است. در شکل۴۶ــ۵ نمونه‌ای از این کلید به همراه یک نمونه مدار کاربردی آن نشان داده شده است.



شکل۴۶ــ۵ــ مدار کلید شناور

■ رلهٔ زمانی (تایمر)

رلهٔ زمانی یکی از وسایل فرمان دهندهٔ مداراست که کنترل مدار را برای مدت زمانی معین به عهده دارد. این رله در انواع موتوری(الکترومکانیکی) و الکترونیکی ساخته می‌شود.

■ تایمر موتوری یا الکترومکانیکی

این نوع تایمر از یک موتور کوچک تشکیل شده است که از طریق چرخ‌دنده، یک دیسک را در مقابل میکروسویچ می‌چرخاند. با گردش موتور، زمان تایمر شروع می‌شود. تایمر پس از گردش، به سبب برخورد با زائده دیسک، متوقف می‌شود. آنگاه کنتاکت‌های تایمر عمل می‌کنند. زمان وصل این رله‌ها از دهم ثانیه تا به طور دائم قابل تنظیم است (شکل۴۷ــ۵).

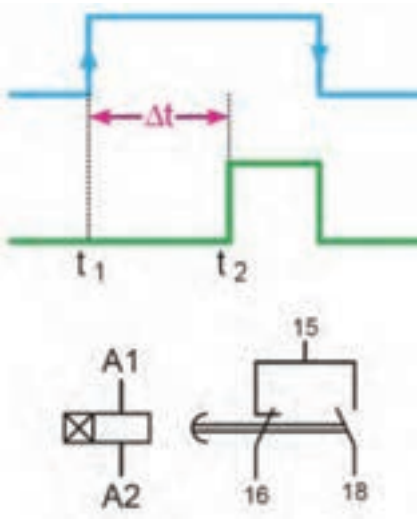
شکل۴۷ــ۵ رلهٔ زمانی(تایمر) موتوری

■ تایمر الکترونیکی

از تایمرهای الکترونیکی برای تنظیم زمان‌های کمتر از ثانیه تا چندین ثانیه استفاده می‌شود. در ساختمان این تایمرها، از مدارها و اجزای الکترونیکی استفاده شده است(شکل ۴۸ــ۵).

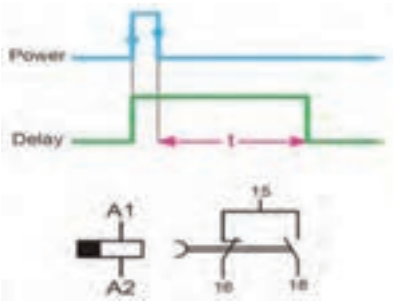
شکل ۴۸ــ۵ــ رلهٔ زمانی(تایمر) الکترونیکی

تایمرهای متداول در صنعت برق از نوع تأخیر در وصل، هستند. این نوع تایمر، با پایان زمان تنظیم شده، عمل می‌کند و مدار بسته می‌شود (شکل۴۹ــ۵).



شکل۴۹ــ۵ــ شمای فنی و نمودار زمانی عملکرد تایمر با تأخیر در وصل

تایمر تأخیر در قطع، در پایان زمان تنظیم شده، عمل می‌کند و مدار باز می‌شود (شکل ۵۰ــ۵).



شکل ۵۰ــ۵۰ــ شمای فنی و نمودار زمانی عملکرد با تأخیر در قطع

■ کلید تابع حرارت (ترموستات)

ترموستات نوعی رلهٔ حرارتی است که در مقابل تغییرات درجهٔ حرارت محیط از خود حساسیت نشان می‌دهد. این وسیله در دستگاه‌های جوجه‌کشی و سالن‌های پرورش طیور کاربرد فراوان دارد و وظیفهٔ کنترل دمای محیط را به عهده دارد. در صورتی که درجهٔ حرارت از حد تنظیمی فراتر رود، کلید عمل می‌کند. به طوری که کنتاکت باز را می‌بندد یا کنتاکت بسته‌ای را باز می‌کند. از موارد دیگر کاربرد ترموستات، استفاده در سیستم گرمایش گلخانه‌هاست(شکل ۵۱ــ۵).

شکل ۵۱ــ۵ــ ترموستات

■ حروف و اعداد پلاستیکی

در تابلوهای برق برای مشخص کردن سر و ته سیم‌های متصل شده در زیر پیچ وسایل مختلف، معمولاً از حروف و اعداد پلاستیکی روی سیم‌ها استفاده می‌شود. این حروف و اعداد محل‌های اتصال سر و ته سیم را مشخص می‌کنند (شکل ۵۲ــ۵).

شکل ۵۲ــ۵ــ حروف و اعداد پلاستیکی

■ کمربند کابل

درمواردی که تعداد زیادی سیم در مسیر کانال قرار گرفته باشد یا به دلایلی سیم‌ها در مسیر خارج از کانال واقع شوند، برای مشخص کردن و دسته‌بندی سیم‌هایی که مربوط به یک قسمت خاص هستند، از کمربند کابل برای بستن و محکم کردن سیم‌ها استفاده می‌شود. روش‌های دیگری برای دسته‌بندی سیم‌ها در تابلوهای برق (از جمله استفاده از لوله‌های خرطومی، کانال‌های شیاردار و نوارهای بانداژ پلاستیکی) وجود دارد، که در شکل ۵۳ــ۵ مشاهده می‌نمایید.

الف) نوارهای بانداژ پلاستیکی

ب) کاربرد حروف و اعداد پلاستیکی

شکل ۵۳ــ۵

نقشه خوانی مدارهای الکتریکی

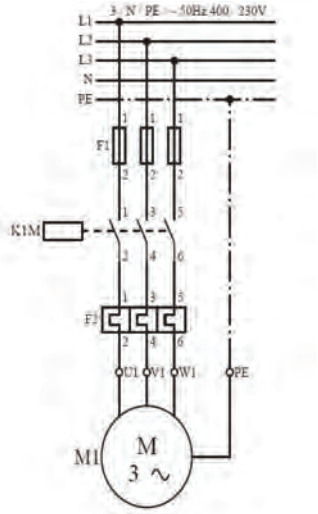
برای اتصال مدارهای الکتریکی، باید بتوانید نقشه مدارهای الکتریکی را بخوانید. این نقشه‌ها معمولاً با استفاده از نمادها و علائم استاندارد رسم می‌شوند. جدول ۲ــ۵ نمونه‌هایی از این علائم را نشان می‌دهد.

جدول ۲ــ۵

	کلید تابع فشار
	کلید شناور
	تایمر با تأخیر در قطع (رله و کنتاکت)
	تایمر با تأخیر در وصل (رله و کنتاکت)
	لامپ سیگنال
	بوبین کنتاکتور
	شستی وصل (استارت)
	شستی قطع (استاپ)
	شستی وصل و قطع (استارت استاپ دوبل)
	میکروسوییچ
	کنتاکت باز کنتاکتور
	کنتاکت بسته کنتاکتور
	کنتاکت بسته بی‌متال
	رلهٔ حرارتی

نقشهٔ مدار قدرت

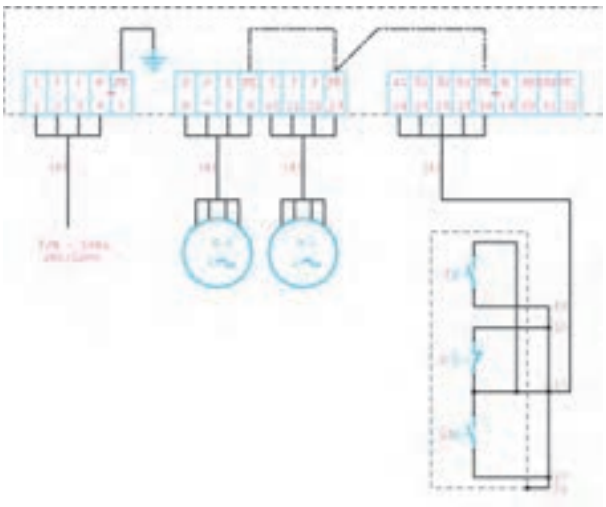
به آن قسمت از مدار حقیقی، که انرژی الکتریکی را از شبکهٔ برق دریافت و به مصرف کننده منتقل می‌کند، «**مدار قدرت**» می‌گویند. مدار قدرت الکترو موتورها، جریان جذب شده موتور را از خود عبور می‌دهد. در نقشه‌های صنعتی، مدار قدرت با لوازم و وسایل الکتریکی (برای اندازه‌گیری و کنترل مدار) همراه است (شکل۵۴ــ۵).



شکل۵۴ــ۵ــ نقشهٔ مدار قدرت

نقشهٔ خارجی

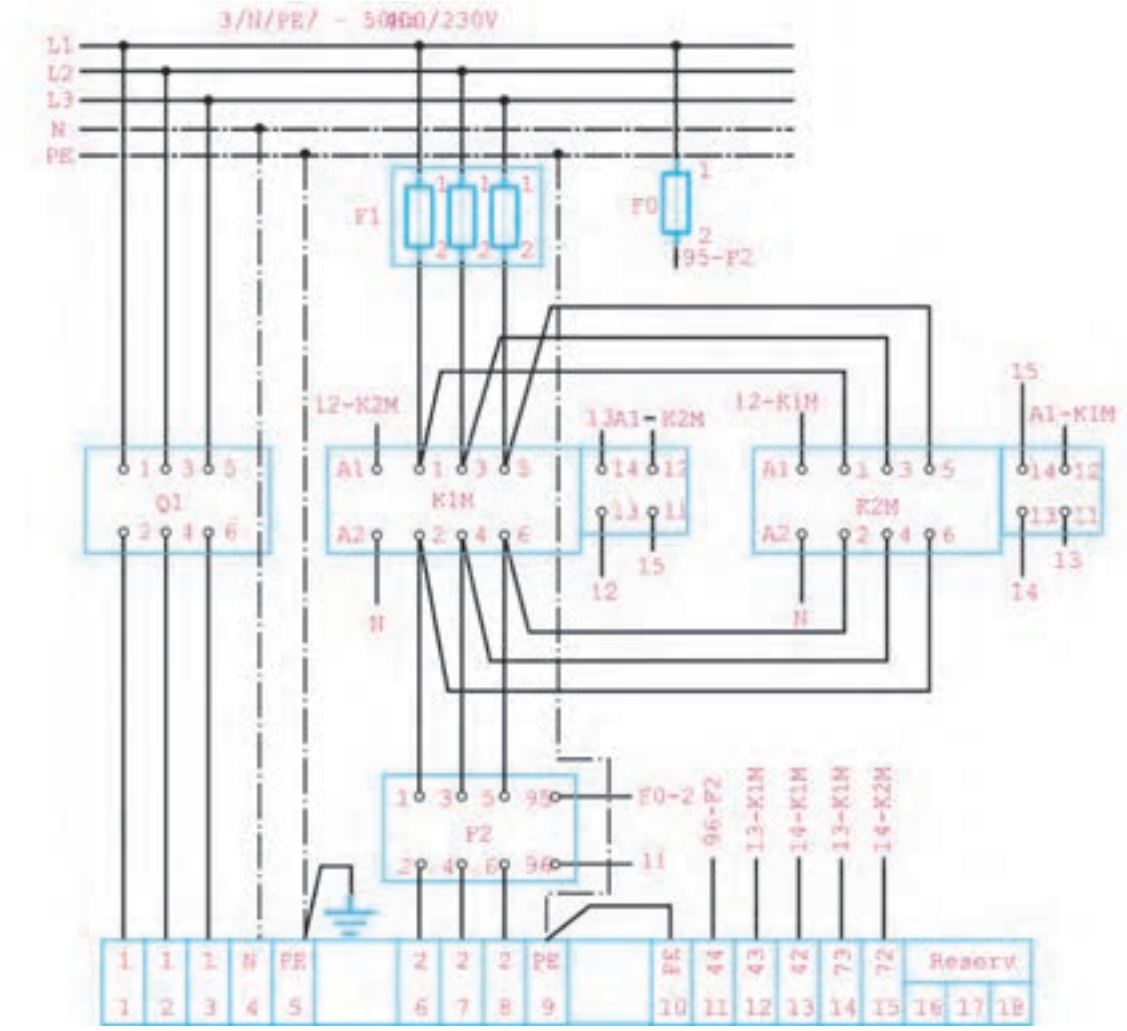
از نقشهٔ خارجی برای مشخص کردن دستگاه‌های الکتریکی، مانند موتور، میکروسوییچ، شستی و...، که خارج از تابلوی فرمان قرار می‌گیرد و نیز برای اتصال آنها به تابلوی فرمان، استفاده می‌شود. نقشه خارجی، مهم‌ترین نقشه برای مونتاژ تأسیسات الکتریکی است و در آن، وسایلی که باید به ترمینال‌های تابلو فرمان اتصال یابند و در خارج از تابلو فرمان هستند، نیز ترسیم می‌شود. معمولاً در این نقشه تک تک سیم‌های اتصال را ترسیم نمی‌کنند، بلکه مانند شکل۵۵ــ۵، آنها را به صورت یک دسته (یک خط) ترسیم می‌کنند و در روی آن، تعداد سیم‌ها را در داخل یک پرانتز می‌نویسند. همچنین، در ابتدا و انتهای آن تک تک سیم‌ها را با شمارهٔ ترمینال مشخص می‌کنند. هنگام مونتاژ نیز سیم‌های اتصال در دسته‌های جدا از هم یا به وسیلهٔ کابل کشیده می‌شود.



شکل۵۵ــ۵ــ نقشهٔ خارجی

■ نقشهٔ مونتاژ

برای اجرا و سیم‌کشی مدار قدرت و مدار فرمان، علاوه بر نقشهٔ مسیر جریان، از نقشهٔ مونتاژ نیز استفاده می‌شود. این نقشه تنها برای مونتاژ وسایل الکتریکی در تابلوی فرمان و سیم‌بندی آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای ترسیم نقشهٔ مونتاژ، شکل ظاهری هر یک از دستگاه‌ها را، با در نظر گرفتن موقعیت مکانی آنها در داخل تابلو، رسم می‌کنند (شکل ۵۶ــ۵).



شکل ۵۶ــ۵ــ نقشهٔ مونتاژ

کارعملی ۷ــ۵

هدف : راه‌اندازی موتور الکتریکی سه فاز با کنتاکتور

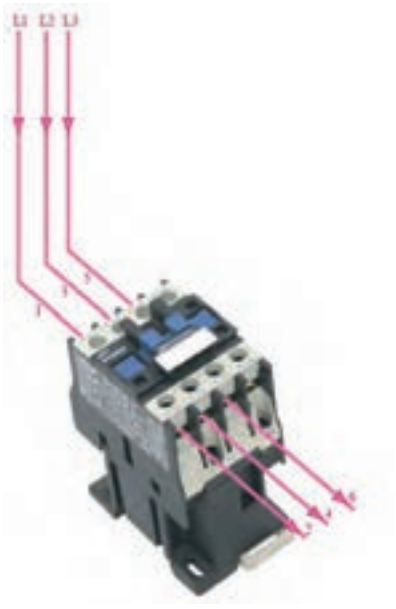
وسایل مورد نیاز :

وسیله	مشخصه در نقشه	مشخصات فنی
فیوز قدرت	F۱	مینیاتوری
فیوز فرمان	F۰	مینیاتوری ۶A
بی متال	F۲	–
کنتاکتور	K۱M	AC۳
شستی استاپ	۰	رنگ قرمز
شستی استارت	I	رنگ مشکی و سبز
کابل	–	NYY
موتور سه فاز	M۱	–

مراحل انجام کار : یک موتور سه‌فازهٔ آسنکرون روتور قفسی، باید توسط کنتاکتور به شبکهٔ برق اتصال یابد. خواستهٔ ما، فقط اتصال این موتور به شبکه و قطع آن است. مدار الکتریکی قدرت و مدار فرمان راه‌اندازی این موتور را به تفکیک بررسی می‌کنیم.

مدار قدرت :

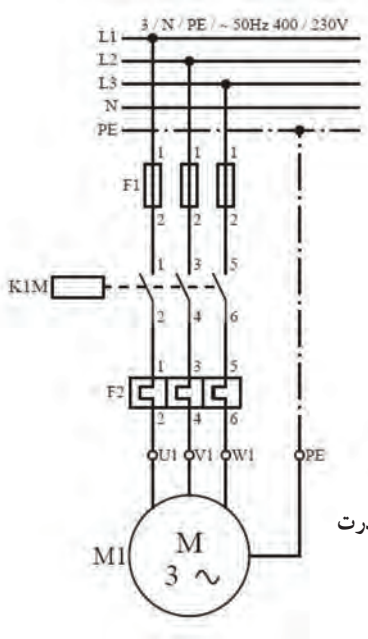
برای راه‌اندازی این موتور به یک کنتاکتور K۱M و یک شستی وصل I و یک شستی قطع ۰ نیاز است. کنتاکتور K۱M باید موتور را به شبکه اتصال دهد (شکل۵۷ــ۵).



شکل ۵۷ــ۵ــ مدار قدرت

سه سیم برق سه فاز را به پیچ‌های مربوط به تیغه‌های قدرت، که دارای تحمل جریان بیشتری هستند، متصل می‌کنیم (پیچ‌های شمارهٔ ۱، ۳، ۵) و از پیچ‌های دیگر قدرت (پیچ‌های شمارهٔ ۲، ۴، ۶) سه سیم گرفته و به موتور الکتریکی اتصال می‌دهیم. بین شبکهٔ برق

و کنتاکتور سه عدد فیوز سر راه هر کدام از سیم‌های برق سه فاز قرار می‌دهیم. همچنین، بین کنتاکتور و موتور الکتریکی رله حرارتی (بی‌متال) قرار می‌گیرد (شکل۵۸ــ۵).

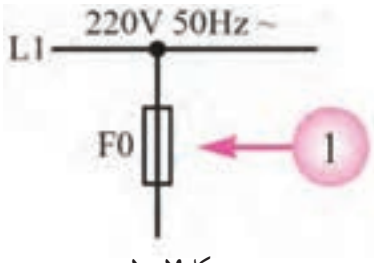


شکل ۵۸ــ۵ــ نقشهٔ مدار قدرت

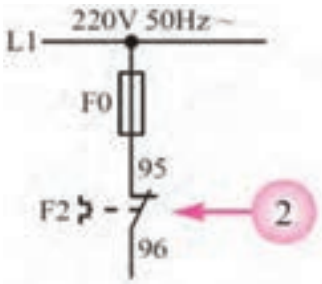
مدار فرمان

در مدار فرمان، موارد زیر را مرحله به مرحله بررسی می‌کنیم.

۱ــ نصب فیوز، به صورت سری با کل مدار، در تمام مدارهای الکتریکی لازم است، لذا وجود آن را برای حفاظت مدار در مقابل اتصال کوتاه، بررسی می‌کنیم (شکل۵۹ــ۵) .

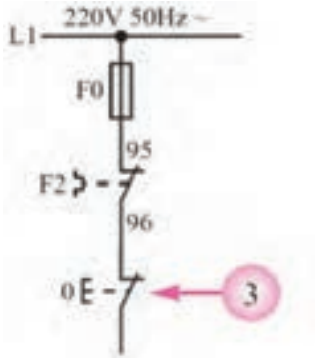


شکل۵۹ــ۵



شکل ۶۰ــ۵

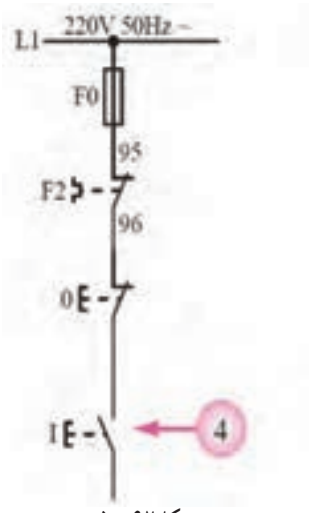
۲ــ در مدار فرمان، بعد از فیوز، کنتاکت فرمان بی‌متالی که در مدار قدرت ذکر شد، به صورت سری با فیوز قرار می‌گیرد (شکل۶۰ــ۵).



شکل۶۱ــ۵

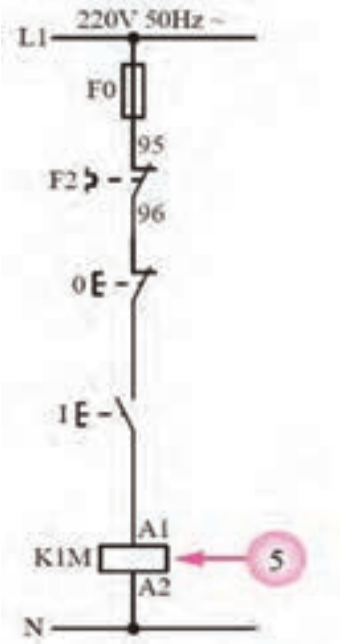
۳ــ در مرحلهٔ بعد، باید یک شستی استاپ به صورت سری با اجزای دیگری که تاکنون گفته شد، اتصال داد. وظیفهٔ استاپ قطع کل مدار است (شکل۶۱ــ۵).

۴ــ برای شروع به کار هر مدار فرمان، باید از یک وسیلهٔ وصل کننده مانند یک شستی استارت استفاده کرد که محل قرار گرفتن آن پس از شستی استاپ است(شکل۶۲ــ۵).



شکل۶۲ــ۵

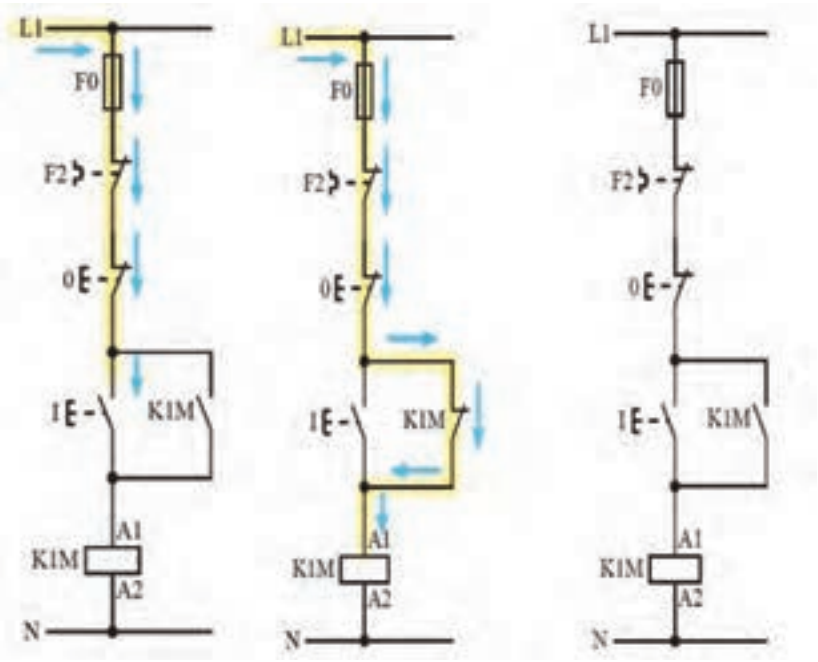
۵ــ در انتهای مسیر باید از بوبین(سیم‌پیچ) کنتاکتور استفاده کرد. بوبین کنتاکتور دو سر دارد که یک سر آن، به انتهای استاپ و سر دیگر به سیم نول متصل می‌شود(شکل۶۳ــ۵).



شکل۶۳ ــ ۵ ــ نقشهٔ مدار فرمان راه‌اندازی موتور به صورت لحظه‌ای

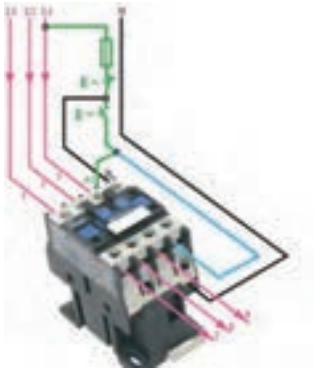
در این مدار اگر شستی استارت وصل شود، جریان الکتریکی از فیوز، بی‌متال و استاپ عبور می‌کند و پس از استارت به یکی از سرهای بوبین کنتاکتور می‌رسد، چون سر دیگر بوبین به سیم نول متصل است بوبین برق‌دار می‌شود و جذب می‌کند. در این لحظه تیغه‌های قدرت و فرمان آن تغییر وضعیت می‌دهند (تیغه‌های باز، بسته می‌شوند و بالعکس).

مشکلی که در این مدار وجود دارد این است که تا زمانی که دست ما روی شستی استارت باشد، برق به بوبین می رسد. به محض اینکه دستمان را از روی شستی برداریم مسیر جریان برق قطع شده و موتور خاموش خواهد شد. برای رفع این مشکل باید مسیر دیگری به موازات مسیر عبور جریان در استارت به وجود بیاوریم تا با قطع شدن شستی استارت، مسیر کار موتور را دائمی کند. به این منظور، یکی از تیغه‌های باز کنتاکتور را با شستی استارت موازی می‌کنیم(شکل۶۴ــ۵). به تیغه باز کنتاکتور که مدار را در حالت دائمی و پایدار نگه می‌دارد، «**تیغهٔ نگهدارنده**» می‌گویند.



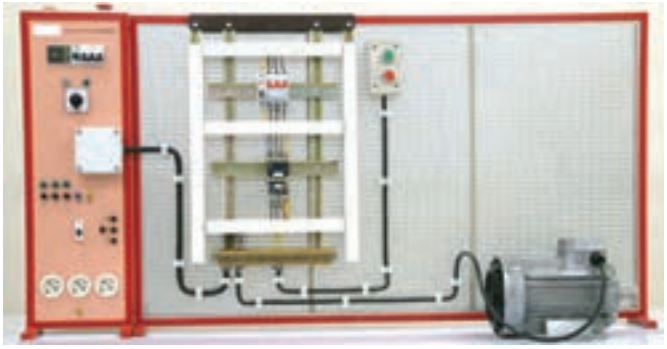
شکل۶۴ــ۵ــ مدار فرمان راه‌اندازی موتور به صورت دائم

شکل ۶۵ــ۵ تصویر شماتیک مدار فرمان و قدرت راه‌اندازی موتور سه فاز را نشان می‌دهد.



شکل ۶۵ــ۵ــ مدار فرمان و قدرت راه‌اندازی موتور سه فاز

شکل۶۶ــ۵ تصویر تابلوی برق مدار راه‌اندازی موتور الکتریکی سه فاز را با تجهیزات مورد نیاز نشان می‌دهد.



شکل۶۶ــ۵ــ تصویر تابلوی برق مدار راه‌اندازی موتور الکتریکی سه فاز با تجهیزات مورد نیاز

۶ــ به نحوهٔ قرار گرفتن سرسیم‌ها در زیر پیچ و شکل قرارگیری مناسب کابل‌ها، در کنار هم، دقت کنید.

شکل ۶۷ــ۵ــ نصب کنتاکتور و ترمینال روی ریل

برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز باید هر سه فیوز را همزمان با هم وصل کرد. برای این منظور زائده‌ای روی این ۳ فیوز قرار دارد که هر ۳ فیوز را به هم متصل می‌کند. به این ترتیب، با زدن این دکمه هر ۳ فیوز با هم وصل می‌شوند (شکل۶۸ــ۵).

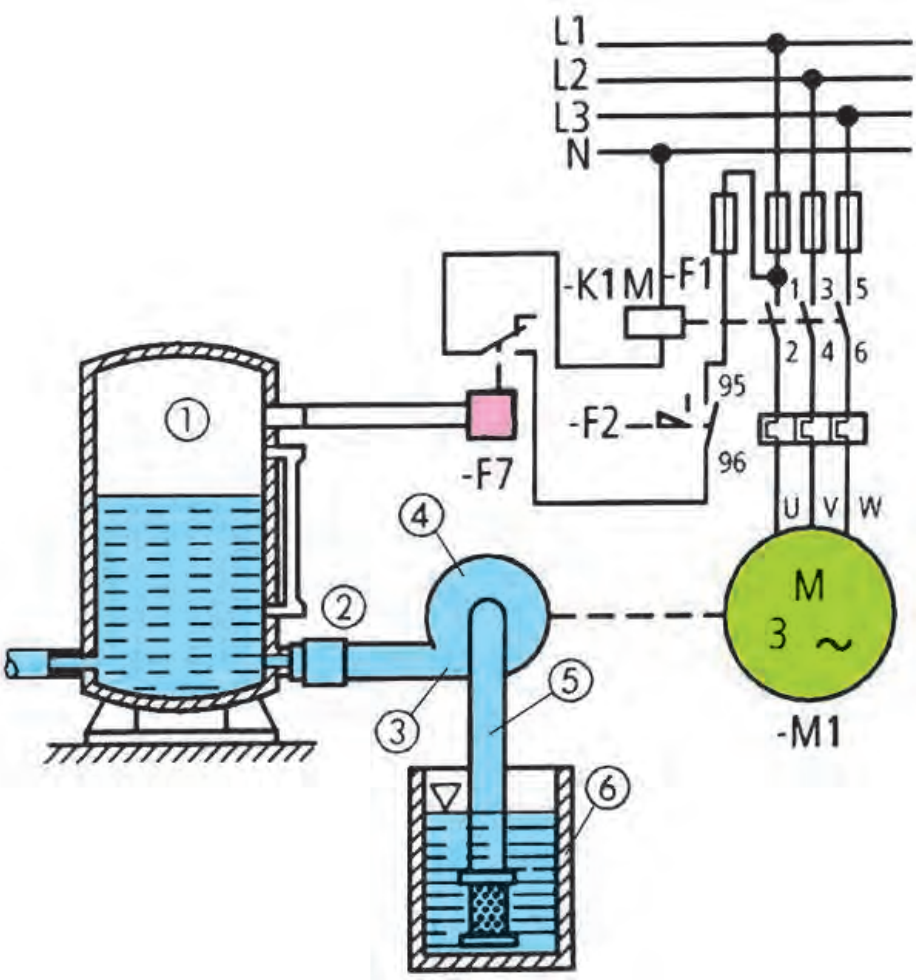
شکل ۶۸ــ۵ــ وصل همزمان سه فیوز در مدارات راه‌اندازی موتورهای سه فاز

پرسش

در صورتی که به جای یک فیوز سه فاز، از سه فیوز یک فاز استفاده شود، چه مشکلی در هنگام اتصال مدار یا فعال کردن فیوزها برای دستگاه‌های سه فاز اتفاق می‌افتد؟

بررسی

نحوهٔ عملکرد مدار شکل۶۹ـ۵ را بررسی کنید.



شکل ۶۹ـ۵

کارعملی ۸ ــ ۵

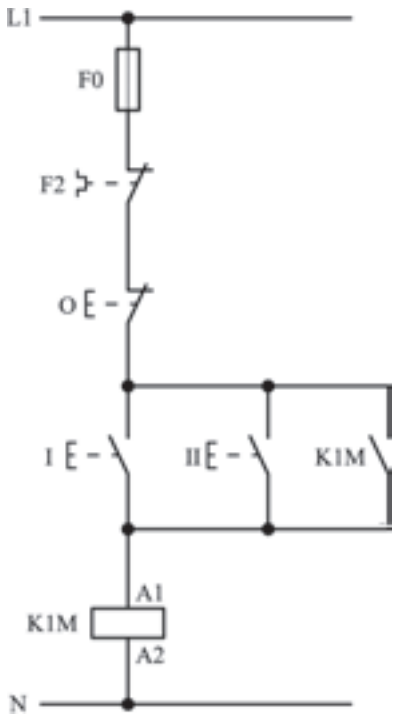
هدف : کنترل موتور سه فاز از دو محل

وسایل مورد نیاز : موتور سه فاز، کنتاکتور، فیوز، کابل، استارت ــ استاپ و بی‌متال

مراحل انجام کار :

الف) مدار قدرت : این مدار، شبیه مدار قدرت کنترل موتور از یک محل است.

ب) مدار فرمان : برای اینکه بتوانیم یک موتور سه فاز را از دو محل کنترل(روشن و خاموش) کنیم، باید دو شستی استارت و استاپ به مدار فرمان اضافه کنیم. برای این کار در مدار فرمان دو شستی استارت را با یکدیگر موازی می‌بندیم و دو شستی استاپ را نیز با هم سری می‌کنیم. هر کدام از شستی‌های استاپ که فشرده شوند، مسیر جریان برق کنتاکتور را قطع می‌کنند تا موتور خاموش شود، همچنین هر یک از شستی‌های استارت که فشرده شوند، جریان برق به کنتاکتور خواهد رسید و موتور روشن می‌شود. با برداشتن دست از روی شستی‌های استارت، مسیر جریان برق کنتاکتور با کنتاکت K1M بسته خواهد ماند (شکل ۷۰ــ۵).



شکل ۷۰ــ۵

کارعملی ۹ ــ ۵

هدف : راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت لحظه‌ای و دائم

وسایل مورد نیاز :

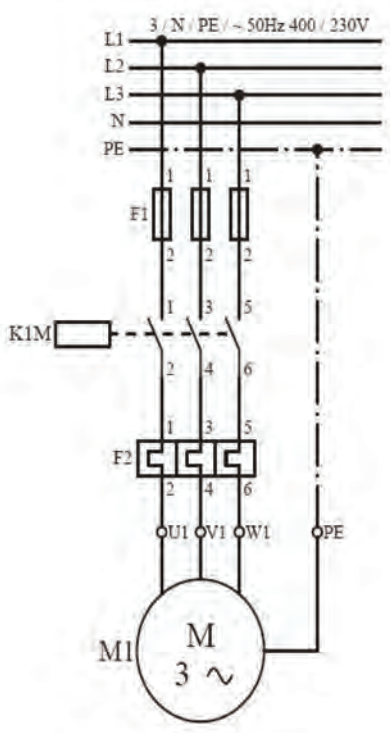
وسیـــــله	مشخصه در نقشه	مشخصات فنی
فیوز قدرت	F۱	مینیاتوری
فیوز فرمان	F۰	مینیاتوری ۶A
بی متال	F۲	
کنتاکتور	K۱M	AC۳
شستی استاپ	۰	رنگ قرمز
شستی استارت	I	رنگ سبز
پدال(یا شستی دوبل)	II	رنگ مشکی و سبز
کابل	ــ	ــ
موتور سه فاز	M۱	ــ

مراحل انجام کار : : در یک ماشین بوجاری، از یک موتور سه فاز آسنکرون روتور قفسی به قدرت ۱/۵ کیلو وات استفاده شده است. برای اتصال دائمی این موتور به شبکه برق، از یک شستی و برای قطع آن از شستی دیگری استفاده می‌شود. علاوه بر این دو شستی، باید بتوان با یک پدال (که با فشار پا به کار می‌افتد) نیز موتور را به طور موقت به شبکه متصل کرد. از این پدال، برای مواقعی که بخواهیم زمان کار موتور تحت کنترل باشد، استفاده می‌شود و باید تا زمانی که توسط پا روی آن فشار وارد می‌شود، موتور بچرخد و زمانی که پا از روی پدال برداشته شد، مدار موتور نیز قطع گردد.

شکل ۷۱ــ۵ــ راه‌اندازی ماشین بوجاری با پدال

مدار قدرت و مدار فرمان راه‌اندازی این موتور به صورت زیر است.

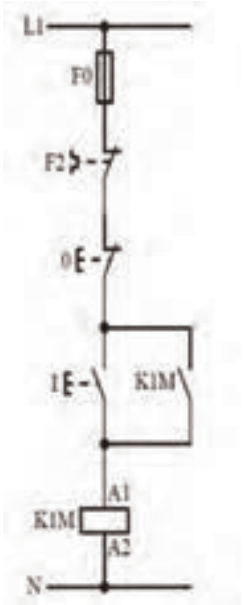
مدار قدرت موتور این ماشین باید به طریقی ساده، توسط یک کنتاکتور، به شبکهٔ برق اتصال یابد و به وسیلهٔ فیوز و بی متال، در برابر اتصال کوتاه و اضافه بار حفاظت شود(شکل ۷۲ــ۵).



شکل۷۲ــ۵ــ نقشهٔ مدار قدرت

مدار فرمان : با توجه به مطالب خواسته شده در این ماشین، برای راه‌اندازی و کار با آن، در مجموع سه شستی لازم است. از شستی I برای حالت کار دائم ماشین و از شستی II، که توسط پا فرمان می‌گیرد(پدال)، برای کار لحظه‌ای آن استفاده می‌شود. برای قطع کامل مدار نیز شستی ◦ به کار می‌رود.

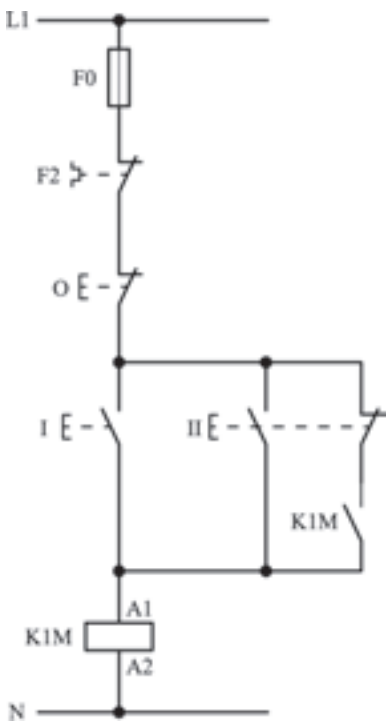
در مدار فرمان، ابتدا با در نظر گرفتن وظیفهٔ شستی I (مانند کار عملی قبل)، مدار را برای کار دائم طراحی می‌کنیم. در این صورت شکل ۷۳ــ۵ به دست می‌آید.



می‌دانیم اگر کنتاکت نگاه دارندهٔ K۱M، که با شستی استارت I موازی شده است، در مدار وجود نداشته باشد، با حذف فشار وارد شده به شستی، مدار کنتاکتور نیز قطع خواهد شد. پس برای کار موقت ماشین، باید شستی II را به طریقی در مدار کنتاکت باز مربوط به شستی I به صورت موازی قرار دهیم، در این صورت کنتاکت باز K۱M نیز با آن موازی می‌شود و با فشردن شستی II دوباره موتور به طور دائم به شبکه وصل خواهد شد. به این ترتیب، اتصال شستی‌ها از دو محل فرمان می‌گیرد. برای رفع این مشکل، باید راهی پیدا کرد که با فشار دادن به شستی II مدار کنتاکت باز K۱M قطع شود.

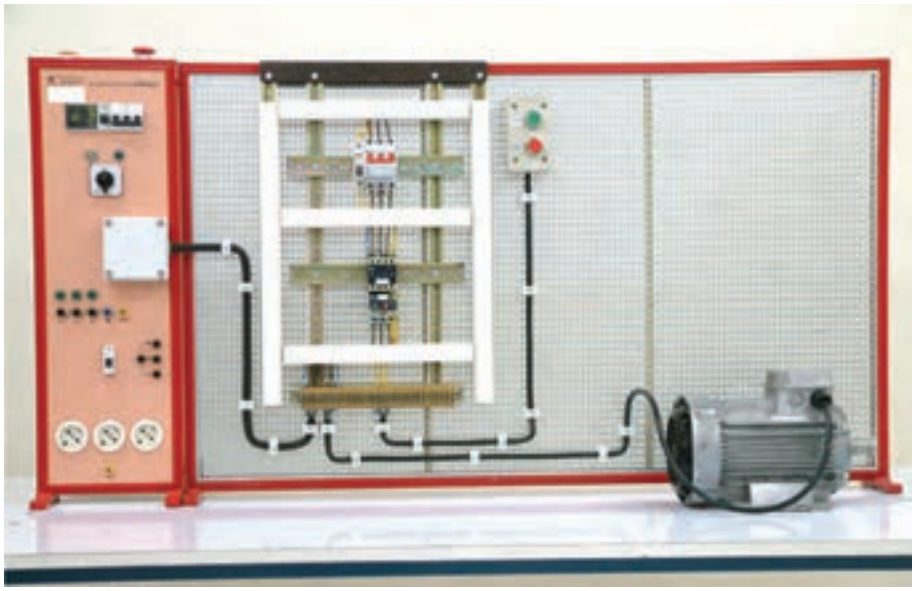
ساده‌ترین راه این است که از خود شستی II برای این منظور استفاده کنیم. بنابراین، شستیII را دوبل انتخاب می‌کنیم و کنتاکت بستهٔ آن را در مسیر شستی I و کنتاکت باز K۱M قرار می‌دهیم تا با فشار به آن، مسیر کنتاکت نگاه دارنده باز شود. در شکل ۷۴ــ۵ مدار فرمان کامل به همراه وسایل حفاظتی، ترسیم شده است.

شکل۷۳ــ۵ــ نقشهٔ مدار فرمان



شکل۷۴ــ۵ــ نقشهٔ مدار فرمان

شکل ۷۵ــ۵ تصویر تابلوی برق مدار راه‌اندازی موتور الکتریکی سه فاز را با تجهیزات مورد نیاز نشان می‌دهد.



شکل۷۵ــ۵

کارعملی ۹ ــ ۵

هدف : راه‌اندازی دو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری

وسایل مورد نیاز :

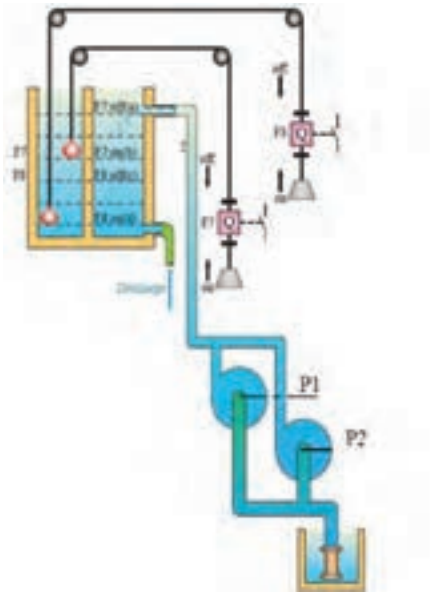
وسیله	مشخصه در نقشه	مشخصات فنی
تابلو مونتاژ	ــ	ــ
فیوز قدرت	F۱	مینیاتوری
فیوز فرمان	F۰	مینیاتوری ۶A
بی‌متال	F۳ F۲	ــ
	ــ	ــ

وسیله	مشخصه در نقشه	مشخصات فنی
کنتاکتور	K۱M و K۲M	AC۳
شستی استاپ	۰	رنگ قرمز
شستی استارت	I و II	رنگ مشکی و سبز
کابل	ــ	۴
موتور سه فاز	M۱وM۲	

مراحل انجام کار : : برای پر کردن آب یک منبع، از دو پمپ سه فاز مانند شکل۷۶ــ۵ استفاده می‌شود. مدار این دو پمپ باید شرایط زیر را داشته باشد :

در صورتی که سطح آب از محل پایین‌تر برود، پمپ شمارهٔ ۱ شروع به کار کند و پس از پر شدن منبع در محل قطع شود.

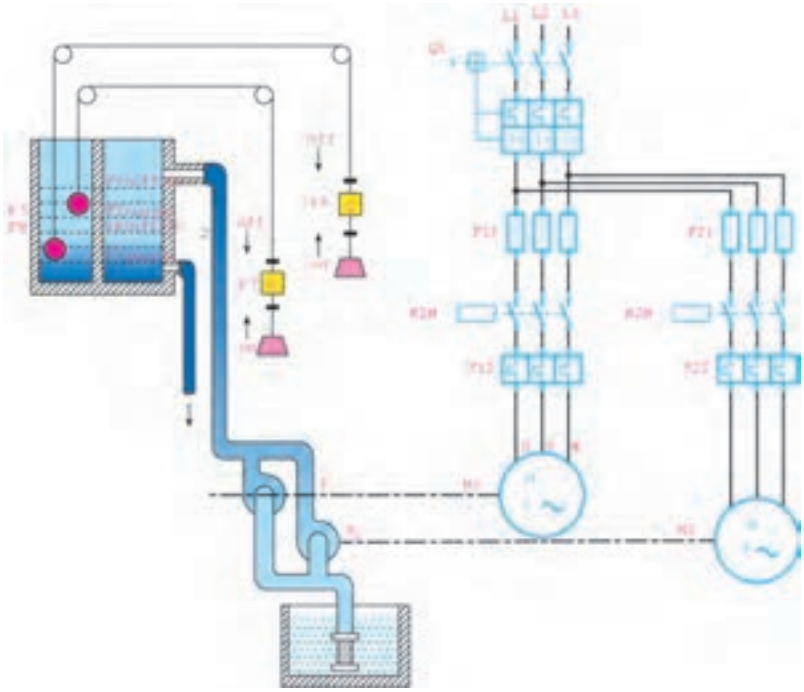
در صورتی که خروج آب از منبع بیشتر از ورود آب توسط پمپ شمارهٔ ۱ باشد و سطح آب از محل پایین‌تر برود، پمپ شمارهٔ ۲ نیز به کار بیفتد و در صورت رسیدن آب به ارتفاع قطع شود.



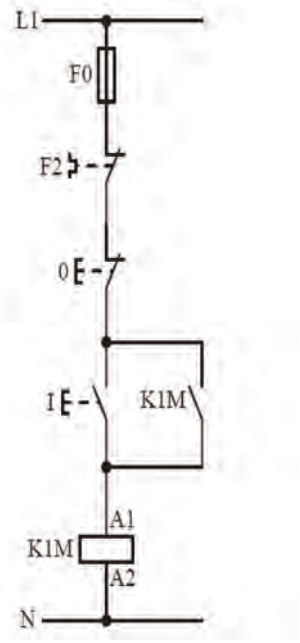
شکل۷۶ــ۵ــ شکل ظاهری عملکرد پمپ چاه آب

مدار قدرت : برای مدار قدرت به یک کنتاکتور جهت هر یک از موتورها نیاز است. بنابراین، برای موتور M۱، کنتاکتور K۱M و برای موتور M۲، کنتاکتور K۲M را در نظر می‌گیریم و مدار قدرت آن را مانند شکل۷۷ــ۵ ترسیم می‌کنیم. حفاظت برای

اتصال کوتاه و حفاظت برای بار زیاد، در مورد هر یک از موتورها به طور جداگانه در نظر گرفته می‌شود. از کلید Q۱، به صورت کلید اصلی برای قطع و وصل مدار استفاده می‌شود.



شکل۷۷ــ۵ــ شکل ظاهری عملکرد پمپ چاه آب به همراه مدار فرمان



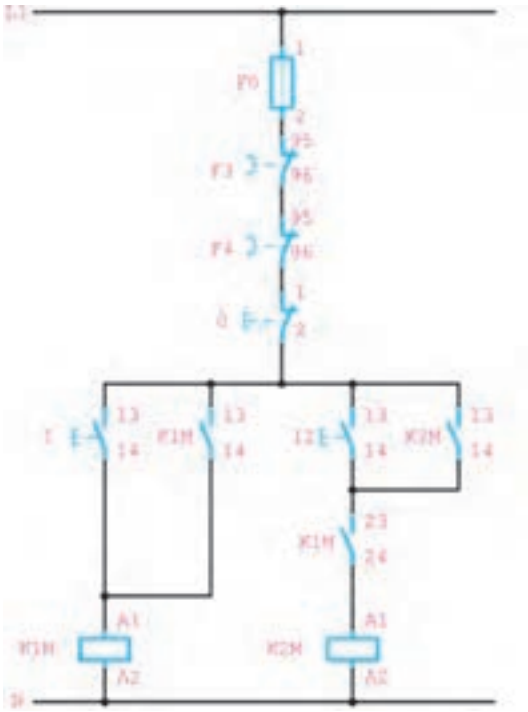
شکل ۷۸ــ۵ــ نقشهٔ مدار فرمان

مدار فرمان : برای اجرای این کار عملی در کارگاه به سه شستی احتیاج است که شستیI (به جای کلید شناورF۷) برای راه‌اندازی پمپ M۱، شستیII (به جای کلید شناورF۸) برای راه اندازی موتورM۲ و شستی ◦ برای قطع مدار به کار می‌روند.

ابتدا برای راه‌اندازی موتور M۱ از کنتاکتور K۱M استفاده می‌کنیم، به طوری که با فشار به شستی I کنتاکتور K۱M جذب و توسط کنتاکت باز خود، نگاه داشته شود (شکل۷۸ــ۵).

موتور M۲ نباید بدون موتور M۱ کار کند. این موضوع را باید در مدار فرمان پیش‌بینی کرد. از این رو باید ترتیبی اتخاذ شود که در صورت کار نکردن موتور M۱، مدار بوبین کنتاکتور K۲M نتواند وصل شود. برای این کار می‌توانیم از یک کنتاکت باز K۱M به طور سری در مدار بوبین K۲M استفاده کنیم. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که اگر کنتاکتور K۱M وصل نباشد و شستی II فشار

داده شود، به علت باز بودن مسیر بوبین K۲M، موتور M۲ کار نخواهد کرد. برای قطع کل مدار نیز از شستی ۰ به طور سری در مدار استفاده می‌کنیم. قطع‌کننده‌های حرارتی F۳ و F۴ نیز به طور سری با کل مدار قرار می‌گیرند تا در صورت اضافه بار برای هر یک از موتورها، کل مدار قطع شود. فیوز F۰ نیز برای حفاظت مدار فرمان استفاده می‌شود. مدار فرمان کامل این کار عملی، در شکل ۷۹ــ۵ نشان داده شده است.



شکل ۷۹ــ۵ــ نقشهٔ مدار فرمان راه‌اندازی دو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری

کارعملی ۱۰ ــ ۵

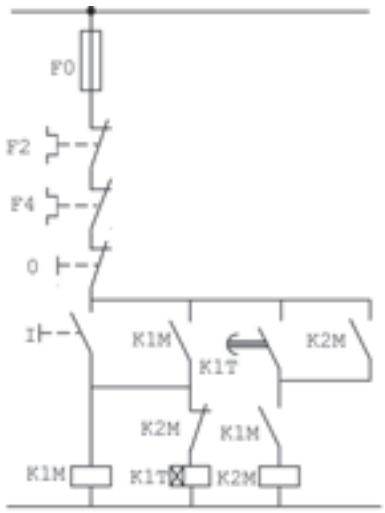
هدف : راه‌اندازی دو الکترو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری اتوماتیک

وسایل مورد نیاز : تایمر تأخیر در وصل، موتور الکتریکی سه فاز، کابل، کنتاکتور، فیوز سه فاز و استارت ــ استاپ

مراحل انجام کار :

الف) مدار قدرت : مدار قدرت این مدار مانند مدار کار عملی ۹ــ۵ است.

ب) مدار فرمان : در این مدار، الکتروموتور M۱ به‌صورت دستی و با استارت I فرمان می‌گیرد. پس از اینکه موتور سه فاز روشن شد، تایمر باید فعال شود. به همین منظور، برق تایمر را از دو سر بوبین کنتاکتور K۱M تأمین می‌کنیم. پس از گذشت زمانی که روی تایمر تنظیم شده است باید موتور M۲ نیز روشن شود، لذا تیغهٔ باز تایمر را در مسیر کنتاکتور K۲M قرار می‌دهیم تا پس از زمان تنظیمی روی تایمر این تیغه بسته شود. تیغهٔ باز K۲M را نیز با تیغهٔ باز تایمر موازی می‌کنیم تا پس از قطع تایمر روشن بماند. برای خارج کردن تایمر از مدار، می‌توان از تیغهٔ بستهٔ K۲M در مسیر آن استفاده کرد.



شکل ۸۰ــ۵

تغییر جهت گردش در موتورهای سه‌فاز

در ماشین توزیع دان در قفس‌ها یک واگن به همراه یک موتور الکتریکی با سرعت ده متر در دقیقه حرکت می‌کند و خوراک را در ناودان می‌ریزد. پس از رسیدن به انتهای مسیر، جهت حرکت موتور عکس می‌شود و واگن برمی‌گردد.

برای ایجاد تغییر جهت گردش در موتورهای سه‌فاز کافی است به طور دلخواه جای دو سیم فاز را از سر سیم ورودی به سیم‌پیچ‌های استاتور موتور عوض کرد. در اثر این جابه جایی جهت میدان مغناطیسی دوّار در استاتور تغییر می‌کند. به این ترتیب جهت نیروی القایی برعکس می‌شود و درنتیجه موتور بر خلاف جهت قبلی به حرکت در می‌آید.

هنگام انتخاب فیوز برای راه اندازی موتورها حتماً به پلاک موتور توجه کنید (شکل ۸۱ــ۵).

شکل ۸۱ــ۵ــ دقت به پلاک موتور هنگام انتخاب فیوز

کارعملی ۱۱ ــ ۵

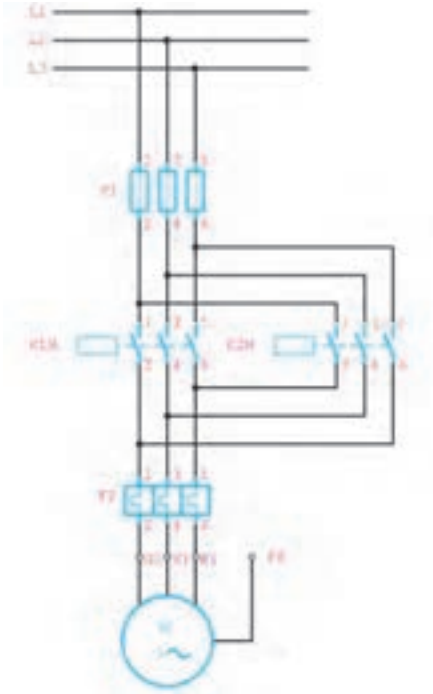
هدف : تغییر جهت گردش یک موتور سه فاز

وسایل مورد نیاز :

وسیـــــله	مشخصه در نقشه	مشخصات فنی
فیوز قدرت	F۱	مینیاتوری
فیوز فرمان	F۰	مینیاتوری ۶A
بی متال	F۲	
کنتاکتور	K۱M	AC۳
شستی استاپ	۰	رنگ قرمز
شستی استارت	I	رنگ سبز
پدال(یا شستی دوبل)	II	رنگ مشکی و سبز
کابل	–	–
موتور سه فاز	M۱	–

مراحل انجام کار : :

مدار قدرت : در این کار عملی، لازم است با دادن فرمان به یک موتور آسنکرون سه فاز، جهت چرخش آن عوض شود. برای این کار لازم است که اتصال دو فاز در روی ترمینال موتور با هم تعویض گردند. برای اجرای این عمل به وسیلهٔ کنتاکتور، باید برای حالت راست گرد، توسط کنتاکتور M۱K، L۱ ، L۲ و L۳ به ترتیب به U۱، V۱ و W۱ و برای حالت چپ‌گرد، توسط کنتاکتور M۲K، L۱ به W و L۲ به V۱ و L۳ به U۱ مانند شکل۸۲ــ۵ اتصال یابند. با کمی دقت در شکل ملاحظه می‌شود که کنتاکتورهای K۱M و K۲M نباید حتی برای یک لحظه نیز با هم اتصال یابند، زیرا بین دو فاز L۱ و L۳، توسط هر دو کنتاکتور، اتصال کوتاه ایجاد می‌شود. این مطلب را در مدار فرمان، باید در نظر داشت.

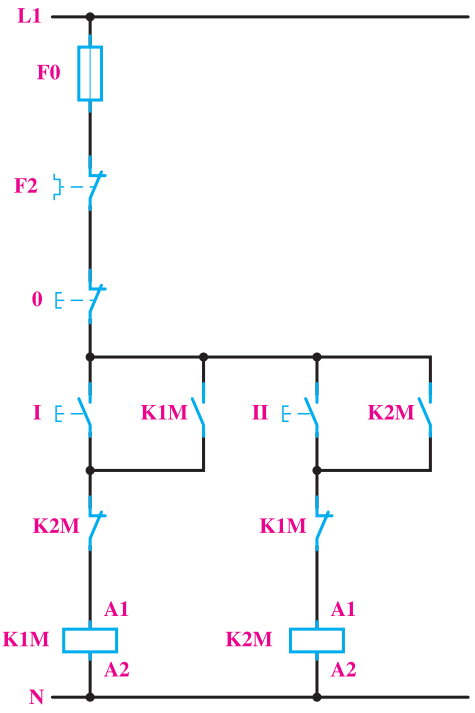


شکل۸۲ــ۵ــ نقشهٔ مدار قدرت

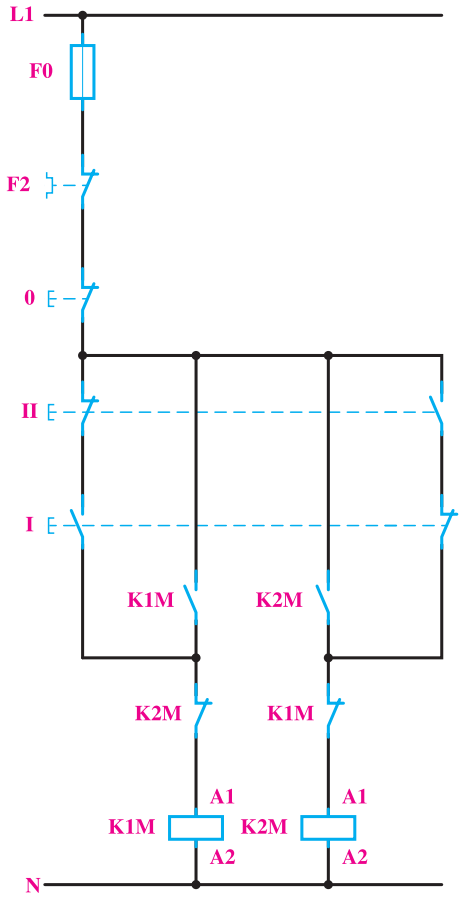
مدار فرمان : در مدار فرمان برای هر حالت راست‌گرد و چپ‌گرد باید یک شستی استارت در نظر گرفت، همچنین باید دقت کرد که تأخیرهای زمانی در قطع و وصل کنتاکتورها، اشکالی در مدار ایجاد نکند. هم‌چنین در مراحلی که وصل یک کنتاکتور باعث قطع کنتاکتور دیگر می‌شود، باید این نکته را کاملاً مراعات کرد و دقت نمود که اتصال کوتاه لحظه‌ای بین فازها واقع نشود. بنابراین،

باید مدار فرمان را طوری طراحی کرد که کنتاکت‌های بستهٔ هر کدام از کنتاکتورها بر سر راه بوبین کنتاکتور دیگر باشد تا هر وقت یک کنتاکتور عمل کرد، کنتاکتور دیگر حتماً در حالت قطع باشد(شکل۸۳ــ۵) .

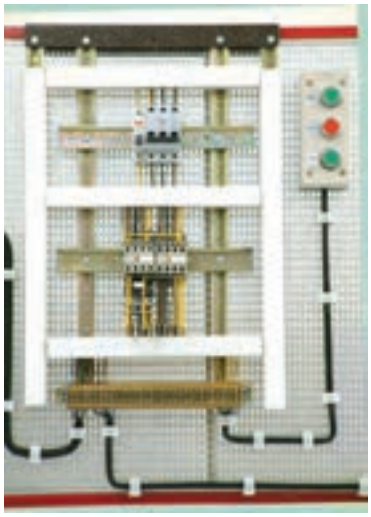
مدار شکل۸۳ــ۵ ، این ایراد را دارد، که اگر هر دو شستی استارت را همزمان با هم فشار دهیم ممکن است هر دو کنتاکتور با هم عمل کنند و بین دو فاز اتصال کوتاه به وجود می‌آید. برای رفع این مشکل می‌توان دو شستی استارت را از نوع دوبل انتخاب کرد و مداری مانند شکل۸۴ــ۵ طراحی کرد.



شکل۸۳ــ۵ــ نقشهٔ مدار فرمان



شکل ۸۴ــ۵ــ نقشهٔ مدار فرمان

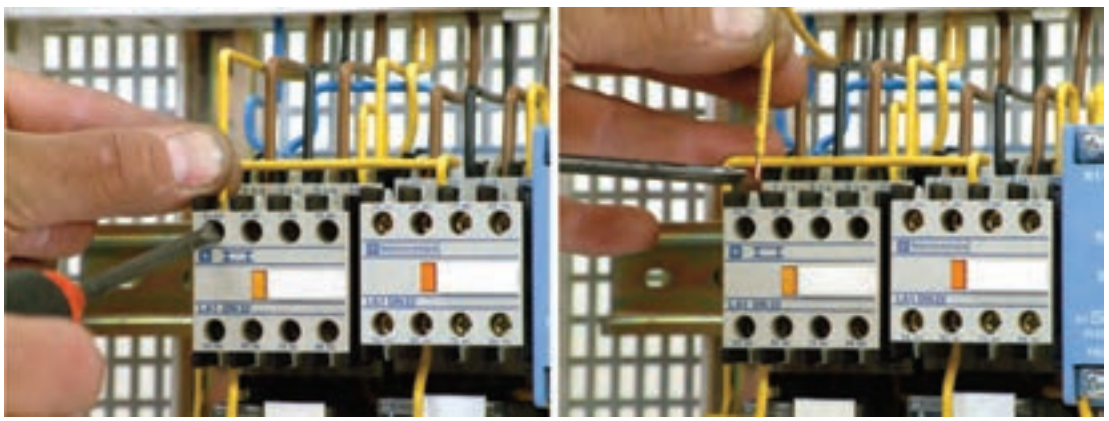


شکل ۸۵ــ۵

شکل۸۵ــ۵ تصویر تابلوی برق مدار راه‌اندازی موتور الکتریکی سه فاز را با تجهیزات مورد نیاز نشان می‌دهد.

نکته

هنگام قرار دادن سیم زیر پیچ دقت کنید سیم به اندازهٔ کافی لخت شود و تمام قسمت لخت شدهٔ هادی آن، زیر پیچ قرار گیرد.

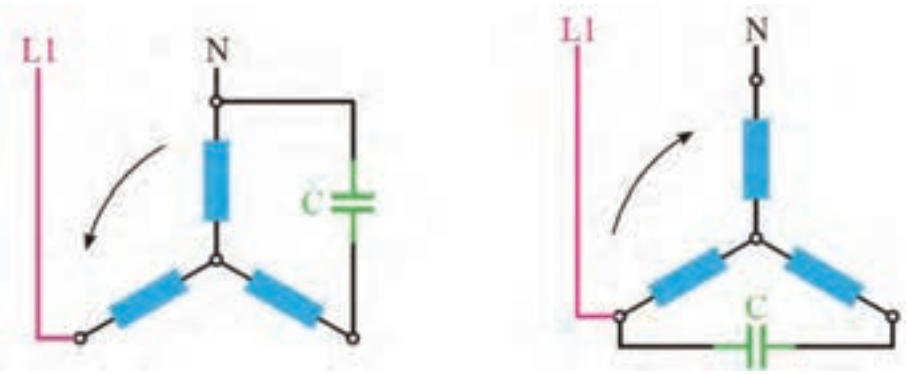


شکل ۸۶ــ۵

راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون در شبکهٔ تک‌فاز

در صورت دسترسی نداشتن به شبکهٔ سه‌فاز، می‌توان یک موتور سه فاز آسنکرون را در شبکه تک‌فاز راه‌اندازی کرد. برای اینکه شرایط موتور دارای قدرت و گشتاور راه‌اندازی مناسب باشد، معمولاً از یک خازن روغنی در مدار سیم‌پیچی استاتور استفاده می‌شود. در این نحوهٔ اتصال، قدرت الکتروموتور نسبت به حالت اتصال سه فاز حدود ۶۰٪ کاهش می‌یابد. ظرفیت خازن مناسب را می‌توان به صورت تجربی برای هر اسب بخار، ۵۰ میکرو فاراد و برای هر کیلو وات توان موتور، ۷۰ میکرو فاراد در نظر گرفت.

نحوهٔ قرار گرفتن خازن در مسیر سیم‌پیچی‌های موتور نیز می‌تواند به دو صورت راست‌گرد و چپ‌گرد باشد. شکل ۸۷ــ۵ وضعیت اتصال خازن به سیم‌پیچ‌های موتور را نشان می‌دهد.



شکل ۸۷ــ۵ــ وضعیت اتصال خازن در مدار راه‌اندازی موتور سه فاز با برق تک‌فاز برای تغییر

خودآزمایی

۱ــ چگونه اتصال بدنهٔ یک موتور الکتریکی را آزمایش می‌کنید.

۲ــ تخته کلم موتور سه‌فاز را در اتصال ستاره و مثلث ترسیم نمایید.

۳ــ انواع کلیدهای دستی را توضیح دهید و کاربرد آنها را نام ببرید.

۴ــ چگونگی تغییر جهت گردش موتورهای الکتریکی سه فاز را توضیح دهید.

۵ــ تخته کلم موتور تک فاز را ترسیم نمایید.

۶ــ چگونگی تغییر جهت گردش موتورهای الکتریکی تک فاز را توضیح دهید.

۷ــ مزایای استفاده از کنتاکتور را نسبت به کلیدهای دستی نام ببرید.

۸ــ نحوهٔ کار رلهٔ حرارتی (بی‌متال) را توضیح دهید؟ نقشه اتصال آن را به برق سه فاز و تک‌فاز ترسیم کنید.

۹ــ نحوهٔ کار کلید محافظ موتور را توضیح دهید و نقشه اتصال آن را به برق سه فاز ترسیم کنید.

۱۰ــ کلیدهای تابع فشار و شناور را توضیح دهید.

۱۱ــ انواع تایمر را توضیح دهید.

۱۲ــ انواع نقشه‌های الکتریکی را در مدارات کنترلی توضیح دهید.

۱۳ــ راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز را با برق تک فاز توضیح دهید و مدار آن را ترسیم کنید.

منابع

۱ــ رحیمیان پرور، علی؛ جاهد بزرگان، هادی. ۱۳۸۸، کارگاه سیم کشی(۱)، ادارهٔ کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی.

۲ــ اعتضادی، محمود؛ ساعتچی، ناصر؛ یوسفی، عباس؛ خدادادی، شهرام؛ اسلامی، محمد حسن؛ حجرگشت، علیرضا، ۱۳۸۸، تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی، ادارهٔ کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی.

۳ــ قیطرانی، فریدون؛ نظریان، فتح الله؛ اسلامی، محمد حسن، ۱۳۸۸، مبانی تکنولوژی برق صنعتی، ادارهٔ کل چاپ و توزیع کتاب های درسی.

۴ــ خدادادی، شهرام؛ اسلامی، محمد حسن، ۱۳۸۸، برق تأسیسات، ادارهٔ کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی.

۵ــ مبحث سیزدهم، طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان‌ها، از سری مباحث مقررات ملی ساختمان ۱۳۸۲. نشر توسعه ایران.

۶ــ خدادادی، شهرام، ۱۳۸۸، مبانی الکتریسیته، شرکت صنایع آموزشی وابسته به آموزش و پرورش.

۷ــ خدادادی، شهرام، ۱۳۸۴، راه اندازی موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز،(جلد اول تا سوم)، شرکت صنایع آموزشی وابسته به آموزش و پرورش.

۸ــ کاتالوگ‌های شرکت‌های مختلف سازنده.

۹ــ سایت‌های مرتبط.