



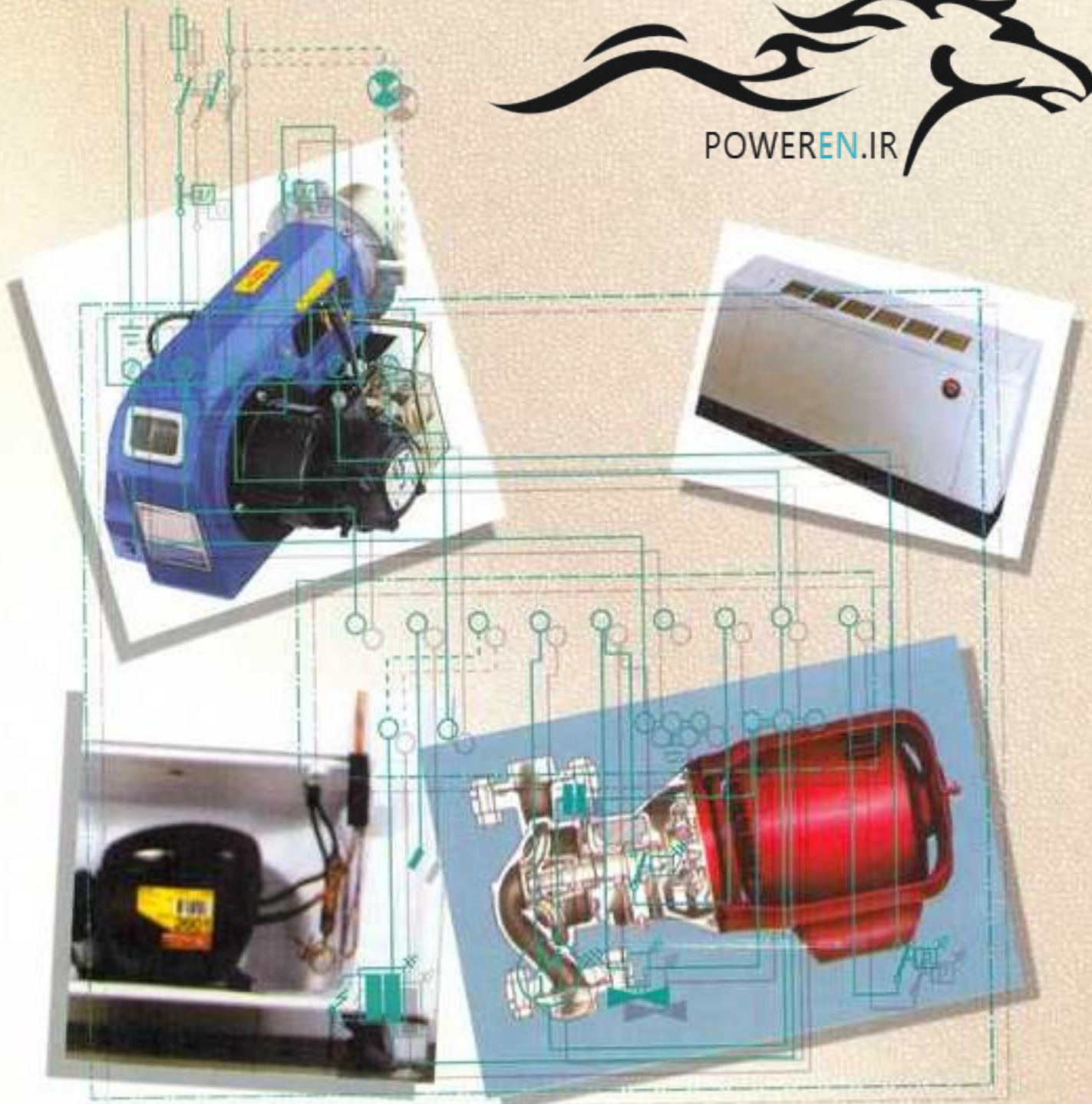
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش پرورش
تجهیزات و خدمات

برق تأسیسات

فنی و حرفه‌ای (رشته‌ی تأسیسات)



POWEREN.IR



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

برق تأسیسات

رشته‌ی تأسیسات

زمینه‌ی صنعت

شاخه‌ی آموزش فنی و حرفه‌ای

نظام جدید آموزش متوسطه

شماره‌ی درس ۱۸۶۵

| | |
|--------|---|
| ۶۹۶ | قدیری مقدم، اصغر |
| ب۳۷۸/ق | برق تأسیسات/ مؤلف: اصغر قدیری مقدم - تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی |
| ۱۳۸۳ | ایران، ۱۳۸۳. |
| ۱۸۰ص- | مضبور- (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره‌ی درس ۱۸۶۵) |
| | متون درسی رشته‌ی تأسیسات، زمینه‌ی صنعت. |
| | برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا؛ کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی |
| | رشته‌ی تأسیسات دفتر آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش. |
| | ۱. تأسیسات. ۲. برق. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و |
| | تألیف کتاب‌های درسی رشته‌ی تأسیسات. ب. عنوان. ج. فروست. |

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز:
بیشتهادات و نظرات خود را درباره‌ی محتوای این کتاب به تناسی
تهران- صندوق پستی شماره‌ی ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های
فنی و حرفه‌ای و کار دانش، ارسال فرمایند.



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کار دانش

نام کتاب: برق تأسیسات - ۴۹۲/۹

مؤلف: مهندس اصغر قدری مقدم

اعضای کمیسیون تخصصی: دکتر عباس عباسی، احمد آقازاده هریس، داود بیطرفان، امیر لیلزمهر آبادی،

حسنت الله متصف و گیتی شیروانی

آمادگی و نظارت بر چاپ: اداره‌ی کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی

صفحه‌آرا: علی نجمی

طراح جلد: محمدرحمن معماری

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده‌ی مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (دارویختن)

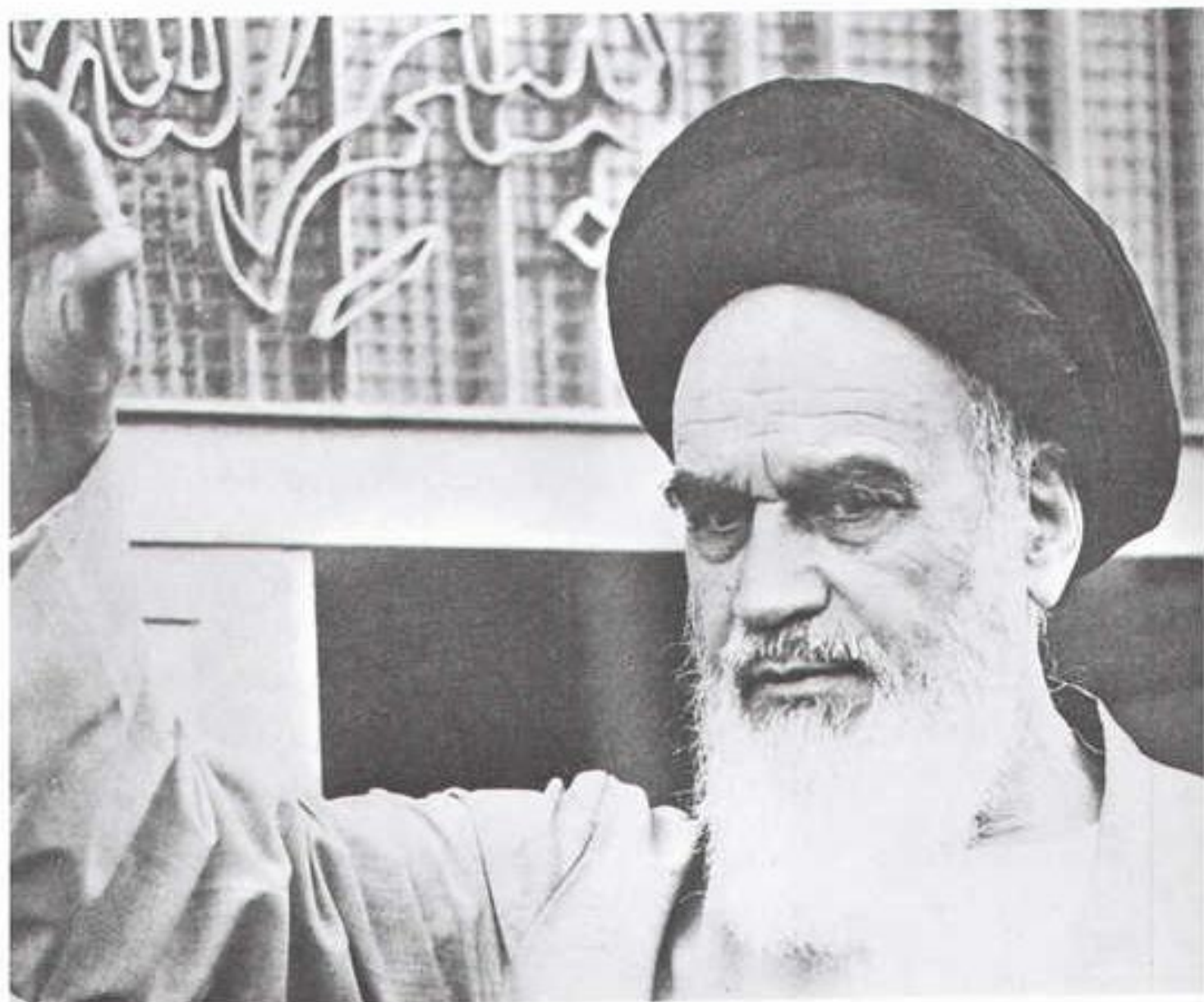
تلفن: ۴ - ۰۲۶۲۲۱، فوننگار: ۰۲۶۲۲۰، صندوق پستی: ۱۳۴۴۵/۶۸۲

چاپخانه: پایاکرج

سال انتشار و توت چاپ: چاپ چهارم ۱۳۸۳

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۱-۹۹۸-۰۵-۹۶۴-۱ ISBN 964-05-0998-1



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

امام خمینی «قدس سره الشریف»

فهرست

| شماره‌ی صفحه | عنوان |
|--------------|--|
| ۳ | فصل اول: کمیت‌های الکتریکی و واحدهای آن‌ها |
| ۳ | ۱-۱- نیروی محرکه‌ی الکتریکی (ولتاژ) |
| ۴ | ۱-۲- شدت جریان الکتریکی |
| ۴ | ۱-۳- مقاومت الکتریکی |
| ۵ | ۱-۴- انرژی (کار) الکتریکی |
| ۶ | ۱-۵- توان الکتریکی |
| ۶ | ۱-۵-۱- محاسبه‌ی توان پمپ |
| ۷ | ۱-۶- جریان مستقیم (DC) |
| ۷ | ۱-۷- جریان متناوب (AC) |
| ۸ | ۱-۸- قانون اهم |
| ۸ | خلاصه‌ی مطالب |
| ۱۰ | پرسش |
| ۱۲ | فصل دوم: مدارهای الکتریکی مقاومت اهمی |
| ۱۲ | ۲-۱- مدارهای سری |
| ۱۴ | ۲-۲- مدارهای موازی |
| ۱۶ | ۲-۳- مدارهای سری- موازی |
| ۱۷ | ۲-۴- افت ولتاژ و تلفات توان |
| ۱۹ | خلاصه‌ی مطالب |
| ۲۱ | پرسش |
| ۲۱ | مسائل |
| ۲۴ | فصل سوم: خازن در جریان مستقیم |
| ۲۴ | ۳-۱- تعریف خازن |

| | |
|----|--|
| ۲۵ | ۳-۲- ساختمان خازن |
| ۲۵ | ۳-۳- شارژ خازن با ولتاژ DC |
| ۲۷ | ۳-۴- دشارژ خازن |
| ۲۷ | ۳-۵- ظرفیت خازن |
| ۲۹ | ۳-۶- انرژی ذخیره شده در خازن |
| ۳۰ | ۳-۷- انواع مختلف خازن |
| ۳۰ | ۳-۷-۱- خازن‌های ثابت |
| ۳۲ | ۳-۷-۲- خازن‌های متغیر |
| ۳۴ | ۳-۸- خازن راه‌انداز |
| ۳۴ | ۳-۹- خازن دائمی (کار) |
| ۳۵ | ۳-۱۰- به هم بستن خازن‌ها |
| ۳۵ | ۳-۱۰-۱- اتصال سری و محاسبه‌ی ظرفیت معادل |
| ۳۸ | ۳-۱۰-۲- اتصال موازی خازن‌ها و محاسبه‌ی ظرفیت معادل |
| ۳۹ | خلاصه‌ی مطالب |
| ۴۱ | پرسش |
| ۴۱ | مسائل |

| | |
|----|--|
| ۴۴ | فصل چهارم: خازن در جریان متناوب (AC) |
| ۴۴ | ۴-۱- مدارهای جریان متناوب خازنی |
| ۴۷ | ۴-۲- اتصال خازن‌ها در مدار متناوب |
| ۴۷ | ۴-۲-۱- اتصال خازن‌ها به شکل سری و محاسبه‌ی ظرفیت معادل |
| ۴۷ | ۴-۲-۲- اتصال خازن‌ها به طور موازی و محاسبه‌ی ظرفیت معادل |
| ۴۷ | خلاصه‌ی مطالب |
| ۴۸ | پرسش |

| | |
|----|-----------------------------------|
| ۵۰ | فصل پنجم: مغناطیس و الکترومغناطیس |
| ۵۰ | ۵-۱- سنگ آهن مغناطیسی |
| ۵۱ | ۵-۲- میدان الکترومغناطیسی |

| | |
|----|---|
| ۵۲ | ۵-۳- مولکول مغناطیسی |
| ۵۳ | ۵-۴- خواص مغناطیسی اجسام |
| ۵۳ | ۵-۴-۱- اجسام مغناطیسی |
| ۵۴ | ۵-۴-۲- اجسام غیر مغناطیسی |
| ۵۵ | ۵-۵- آهن رباهای مصنوعی |
| ۵۵ | ۵-۵-۱- مالش مغناطیسی |
| ۵۶ | ۵-۵-۲- جریان الکتریکی |
| ۵۶ | ۵-۶- روش های مختلف از بین بردن خاصیت مغناطیسی آهن ربا |
| ۵۶ | ۵-۶-۱- ضربه‌ی سخت |
| ۵۷ | ۵-۶-۲- گرما |
| ۵۷ | ۵-۶-۳- جریان الکتریکی متناوب (AC) |
| ۵۷ | ۵-۷- میدان مغناطیسی زمین |
| ۵۹ | ۵-۸- قطب های مغناطیس |
| ۶۰ | ۵-۹- قطب نمای مغناطیسی |
| ۶۱ | ۵-۱۰- خاصیت جذب و دفع آهن رباها |
| ۶۲ | ۵-۱۱- میدان مغناطیسی |
| ۶۳ | ۵-۱۲- خطوط نیرو (فلو) |
| ۶۴ | ۵-۱۳- اثر متقابل میدان های مغناطیسی |
| ۶۵ | ۵-۱۴- پوشش مغناطیسی |
| ۶۶ | ۵-۱۵- الکترو مغناطیس |
| ۶۷ | ۵-۱۵-۱- اثر الکترومغناطیس در سیم |
| ۶۸ | ۵-۱۵-۲- چگالی (تراکم) خطوط نیرو |
| ۶۹ | ۵-۱۵-۳- تأثیر متقابل میدان های مغناطیسی بر یکدیگر |
| ۷۱ | ۵-۱۵-۴- تأثیر الکترومغناطیسی در یک حلقه |
| ۷۲ | ۵-۱۵-۵- تأثیر الکترومغناطیسی در بوبین |
| ۷۴ | ۵-۱۵-۶- نیروی محرکه‌ی مغناطیسی |
| ۷۴ | ۵-۱۶- کاربرد مغناطیس |
| ۷۴ | ۵-۱۶-۱- زنگ الکترو مغناطیسی DC |

| | |
|----|---|
| ۷۵ | ۲-۱۶-۵- کلید مغناطیسی قطع مدار |
| ۷۶ | ۳-۱۶-۵- موتور الکتریکی ساده |
| ۷۸ | ۴-۱۶-۵- ژنراتور ساده |
| ۷۹ | ۵-۱۶-۵- دستگاه اندازه‌گیری الکتریکی |
| ۷۹ | خلاصه‌ی مطالب |
| ۸۲ | پرسش |
| ۸۴ | فصل ششم: موتورهای الکتریکی جریان متناوب |
| ۸۵ | ۱-۶- موتوره‌ای آسنکرون یک فاز و سه فاز |
| ۸۵ | ۱-۱-۶- استاتور |
| ۸۶ | ۲-۱-۶- روتور قفس سنجابی |
| ۸۷ | ۲-۶- مزیت‌ها و عیب‌های موتور آسنکرون با رتور قفس سنجابی |
| ۸۷ | ۳-۶- موتور آسنکرون با رتور سیم‌پیچی شده |
| ۸۷ | ۴-۶- موتورهای الکتریکی تک فاز |
| ۸۸ | ۵-۶- راه‌اندازی موتور القایی تک فاز |
| ۸۸ | ۶-۶- موتور تک فاز با خازن راه‌انداز |
| ۸۹ | ۷-۶- موتور تک فاز با خازن دایمی و خازن راه‌انداز |
| ۹۰ | ۸-۶- موتور تک فاز با خازن دایمی |
| ۹۰ | ۹-۶- موتور تک فاز با قطب چاک‌دار |
| ۹۱ | ۱۰-۶- موتورهای اونیورسال |
| ۹۱ | ۱۱-۶- خارج کردن سیم‌پیچی استارت (کمکی) از مدار |
| ۹۱ | ۱-۱۱-۶- استفاده از رله‌ی جریان |
| ۹۲ | ۲-۱۱-۶- استفاده از رله‌ی پتانسیل |
| ۹۳ | ۳-۱۱-۶- استفاده از کلید گریز از مرکز |
| ۹۴ | خلاصه‌ی مطالب |
| ۹۶ | پرسش |

| | |
|-----|---|
| ۹۸ | فصل هفتم: سیم‌ها و کابل‌ها |
| ۹۸ | ۷-۱-سیم‌ها |
| ۹۸ | ۷-۱-۱-تعریف سیم |
| ۹۹ | ۷-۱-۲-ساختمان سیم |
| ۹۹ | ۷-۱-۳-انواع مختلف سیم |
| ۹۹ | ۷-۱-۴-محافظت سیم از خطر سوختن |
| ۹۹ | ۷-۲-کابل‌ها |
| ۹۹ | ۷-۲-۱-تعریف کابل |
| ۱۰۱ | ۷-۲-۲-ساختمان کابل |
| ۱۰۱ | ۷-۲-۳-انواع مختلف کابل |
| ۱۰۱ | ۷-۲-۴-انتخاب کابل |
| ۱۰۱ | ۷-۲-۵-رنگ عایق هادی |
| ۱۰۳ | ۷-۲-۶-علائم کابل‌ها |
| ۱۰۴ | خلاصه‌ی مطالب |
| ۱۰۶ | پرسش |
| ۱۰۸ | فصل هشتم: کلیدها و حفاظت‌کننده‌ها |
| ۱۰۹ | ۸-۱-کلیدها |
| ۱۰۹ | ۸-۱-۱-کلید اهرمی (تیغه‌ای) |
| ۱۰۹ | ۸-۱-۲-کلید غلتکی |
| ۱۱۰ | ۸-۱-۳-کلید زبانه‌ای |
| ۱۱۱ | ۸-۱-۴-سلکتور سویچ‌ها |
| ۱۱۲ | ۸-۱-۵-کلید فیوز |
| ۱۱۳ | ۸-۱-۶-کلید مینیاتوری |
| ۱۱۴ | ۸-۱-۷-کلیدهای اتوماتیک |
| ۱۱۵ | ۸-۱-۸-کلیدهای محدودکننده (لمیت سویچ‌ها) |
| ۱۱۶ | ۸-۱-۹-کلیدهای تابع فشار (پرشر سویچ‌ها) |
| ۱۱۶ | ۸-۱-۱۰-کلیدهای شناور (لول سویچ‌ها) |

| | |
|-----|--|
| ۱۱۷ | ۸-۱-۱۱- دگمه‌های فشاری قطع و وصل (شستی‌های استارت و استاپ) |
| ۱۱۷ | ۸-۲- لامپ‌های سیگنال |
| ۱۱۸ | ۸-۳- فیوز و انواع آن |
| ۱۲۰ | ۸-۳-۱- انتخاب فیوز |
| ۱۲۲ | ۸-۴- کنتاکتور (کلید مغناطیسی) |
| ۱۲۲ | ۸-۴-۱- ساختمان و طرز کار کنتاکتور |
| ۱۲۳ | ۸-۴-۲- مزایای استفاده از کنتاکتورها نسبت به کلیدهای دستی |
| ۱۲۵ | ۸-۴-۳- مشخصات فنی کنتاکتور |
| ۱۲۵ | ۸-۴-۴- انتخاب کنتاکتور |
| ۱۲۹ | ۸-۵- اورلود (رله‌ی حرارتی یا بی‌متال) |
| ۱۳۰ | ۸-۶- جرقه‌گیرهای جریان متناوب و مستقیم |
| ۱۳۱ | ۸-۷- چشم‌های الکتریکی |
| ۱۳۲ | ۸-۸- تایمر (رله‌ی زمانی) و انواع آن |
| ۱۳۲ | ۸-۸-۱- تایمر دیجیتالی |
| ۱۳۳ | ۸-۸-۲- تایمر موتوری یا الکترومکانیکی |
| ۱۳۳ | ۸-۸-۳- تایمر الکترونیکی |
| ۱۳۴ | ۸-۸-۴- تایمر هیدرولیکی |
| ۱۳۵ | ۸-۸-۵- تایمر نیوماتیکی |
| ۱۳۶ | ۸-۸-۶- تایمر حرارتی |
| ۱۳۶ | ۸-۹- کنترل فاز |
| ۱۳۷ | ۸-۱۰- رله‌های مدار فرمان |
| ۱۳۸ | ۸-۱۱- ترموکوپل |
| ۱۳۹ | خلاصه‌ی مطالب |
| ۱۴۴ | پرسش |
| ۱۴۷ | فصل نهم: اتصال زمین (سیم ارت) |
| ۱۴۷ | ۹-۱- مفهوم اتصال زمین |
| ۱۴۷ | ۹-۲- لزوم اجرای اتصال زمین |

| | |
|-----|--|
| ۱۴۸ | ۹-۳- روش‌های ایجاد سیستم اتصال زمین |
| ۱۴۹ | ۹-۴- مقاومت اتصال زمین |
| ۱۴۹ | خلاصه‌ی مطالب |
| ۱۵۱ | پرسش |
| ۱۵۳ | فصل دهم: مدارهای الکتریکی تأسیساتی |
| ۱۵۳ | ۱۰-۱- علایم اختصاری استاندارد موتورها و وسایل برقی |
| ۱۶۰ | ۱۰-۲- مدار فرمان |
| ۱۶۱ | ۱۰-۳- مدار قدرت |
| ۱۶۲ | ۱۰-۴- مدارهای نردبانی |
| ۱۶۲ | ۱۰-۵- مدارهای تصویری |
| ۱۶۴ | ۱۰-۶- مدارهای الکتریکی فنکوئیل |
| ۱۶۴ | ۱۰-۶-۱- مدار الکتریکی فنکوئیل بدون کنترل کننده‌ی درجه حرارت |
| | ۱۰-۶-۲- مدار الکتریکی فنکوئیل با استفاده از ترموستات دو فصلی |
| ۱۶۵ | قطع و وصل |
| | ۱۰-۶-۳- مدار الکتریکی فنکوئیل با ترموستات دو فصلی و شیر |
| ۱۶۶ | سه‌راهه برقی |
| ۱۶۹ | ۱۰-۷- راه‌اندازی موتورهای سه فاز |
| ۱۷۰ | ۱۰-۷-۱- راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت ستاره یا مثلث |
| ۱۷۱ | ۱۰-۷-۲- راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت ستاره مثلث |
| ۱۷۳ | ۱۰-۸- عیب‌یابی مدارهای کنتاکتوری |
| ۱۷۵ | خلاصه‌ی مطالب |
| ۱۷۸ | پرسش |
| ۱۸۰ | منابع و مأخذ |

مقدمه

ضمن سپاس و امتنان از الطاف خداوند متعال، همان گونه که همکاران ارجمند آگاه هستند، بیشترین اشکالاتی که به هنگام راه اندازی و راهبری دستگاه‌های تأسیساتی ایجاد می‌شود، اشکالات برقی است. به همین دلیل تکنیسین یا مهندس تأسیسات، هنگامی در کارهای راه اندازی دستگاه‌ها، راهبری و سرویس و تعمیرات دستگاه‌ها و شبکه‌های آب‌رسانی، حرارت مرکزی و تهویه مطبوع سالیانه موفق خواهد بود که شناخت کاملی از مدارهای الکتریکی و وسایل برقی داشته باشد. در این کتاب، ابتدا کمیت‌های الکتریکی، مدارهای الکتریکی اهمی و خازنی، الکترومغناطیس، موتورهای الکتریکی، سیم‌ها و کابل‌ها، انواع کلیدهای دستی، مغناطیسی و محدود کننده معرفی می‌شود؛ سپس چندین مدار الکتریکی تأسیساتی در حد ریزبرنامه و توان یادگیری هرجو فراهم آمده است. نظرها و پیشنهادهای همکاران ارجمند موجب اعتلای آموزش رشته تأسیسات خواهد گردید.

با تشکر مؤلف



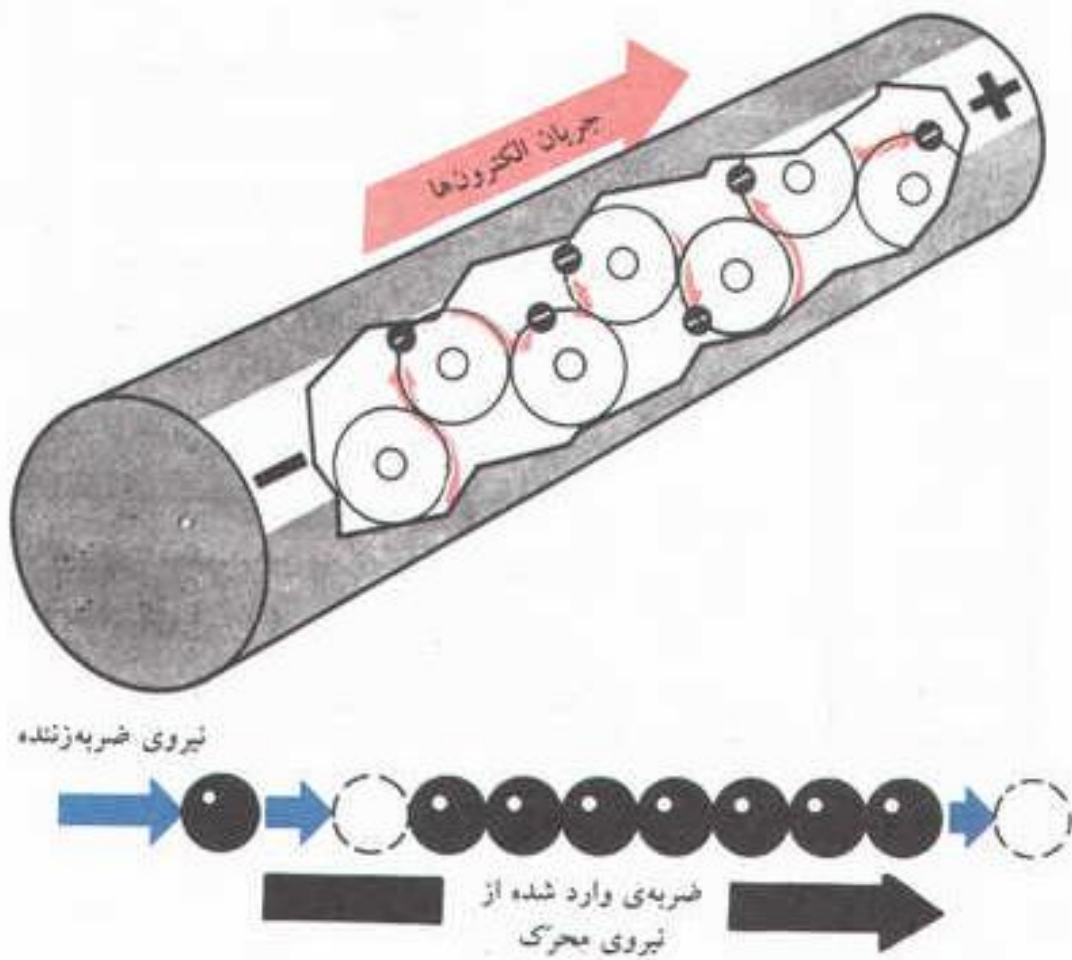
هدف کلی

هنرجو پس از پایان این درس :

اصول، مبانی، استانداردها، مقررات ملی، سرویس و تعمیر
تأسیسات الکترومکانیکی در ساختمان‌های مسکونی و اداری را شرح
می‌دهد.

جدول زمان بندی

| ساعت | موضوع |
|------|---|
| ۴ | فصل اول: کمیت های الکتریکی و واحدهای آنها |
| ۶ | فصل دوم: مدارهای الکتریکی مقاومت اهمی |
| ۴ | فصل سوم: خازن در جریان مستقیم |
| ۲ | فصل چهارم: خازن در جریان متناوب |
| ۸ | فصل پنجم: مغناطیس و الکترومغناطیس |
| ۱۰ | فصل ششم: موتورهای الکتریکی |
| ۲ | فصل هفتم: سیم ها و کابل ها |
| ۱۰ | فصل هشتم: کلیدها و حفاظت کننده ها |
| ۲ | فصل نهم: اتصال زمین (سیم ارت) |
| ۱۲ | فصل دهم: مدارهای الکتریکی تأسیساتی |



فصل اول

کمیت‌های الکتریکی و واحدهای آنها

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- ۱- نیروی محرکه‌ی الکتریکی را تعریف نماید.
- ۲- شدت جریان الکتریکی را تعریف کند.
- ۳- مقاومت الکتریکی را تعریف کند.
- ۴- انرژی (کار) الکتریکی را شرح دهد.
- ۵- توان الکتریکی را توضیح دهد.
- ۶- توان پمپ را محاسبه نماید.
- ۷- جریان مستقیم را شرح دهد.
- ۸- جریان متناوب را توضیح دهد.
- ۹- قانون اهم را بیان نماید.

۱- کمیت‌های الکتریکی و واحدهای آنها

۱-۱- نیروی محرکه‌ی الکتریکی (ولتاژ)

نیروی که باعث حرکت الکترون‌های آزاد موجود در مدار بسته می‌شود «نیروی محرکه» می‌نامند و مقدار آن را بر حسب «ولت» اندازه‌گیری می‌کنند. یک ولت، مقدار نیروی محرکه‌ای است که به وسیله‌ی منبع الکتریکی تولید می‌شود تا الکتریسیته‌ای معادل یک کولن* جابه‌جا شود و کاری برابر یک ژول** را انجام دهد؛ برخی از ولت‌های موجود و استاندارد شده عبارت‌اند از: باتری خشک ۱/۵، باتری اتومبیل

* کولن معادل $6/28 \times 10^{18}$ الکترون است (واحد بار الکتریکی).

** ژول (واحد کار الکتریکی) = یک کولن در یک ولت.

۱۲. برق مصرفی منازل ۲۲۰ و برق صنعتی ۳۸۰/۲۲۰ ولت.

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

E- نیروی محرکه (ولت)

W- کار انجام شده (ژول)

q- مقدار الکتریسیته (کولن)

۱-۲- شدت جریان الکتریکی

حرکت جهت دار الکترون‌های تحت تأثیر نیروی محرکه، «جریان» نام دارد. مقدار جریانی که از سیم عبور می‌کند به وسیله‌ی تعداد الکترون‌هایی که از یک نقطه‌ی معین در ثانیه می‌گذرند تعیین می‌شود. براساس این تعریف، اگر در یک ثانیه از یک نقطه‌ی سیم یک کولن الکتریسیته بگذرد، جریانی معادل یک آمپر عبور کرده است و:

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

I - جریان (آمپر)

q - مقدار الکتریسیته (کولن)

t - زمان (ثانیه)

۱-۳- مقاومت الکتریکی

ایستادگی ذرات تشکیل دهنده‌ی هادی در مقابل عبور جریان را مقاومت الکتریکی گویند. و واحد اندازه‌گیری آن اهم است. به طوری که اگر به دو سر یک مصرف کننده نیروی محرکه‌ای برابر یک ولت اعمال شود و جریانی برابر یک آمپر از آن بگذرد در این حالت می‌گویند که «مقاومت مدار برابر یک اهم است» برای محاسبه‌ی مقاومت یک سیم از این رابطه استفاده می‌شود.

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

R - مقاومت سیم بر حسب اهم که با علامت Ω نشان داده می‌شود.

ρ - مقاومت مخصوص سیم که به جنس آن بستگی دارد بر حسب $\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$ بیان می شود.

l - طول سیم بر حسب متر (m)

A - سطح مقطع سیم بر حسب میلی متر مربع (mm^2)

تذکر: گاه به جای ρ عکس آن داده می شود و با κ (کاپا) نمایش داده می شود.

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

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

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

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

۴-۱- انرژی (کار) الکتریکی

مصرف کننده ها، انرژی الکتریکی مورد نیاز خود را برای انجام کار، از منبع تغذیه‌ی مدار مانند باتری‌ها یا شبکه‌ی شهر دریافت می کنند.

کار انجام شده در مدار ممکن است کار مفید، مانند گردش محور موتور الکتریکی، گرمای حاصل از اجاق و سماور برقی بوده یا کار غیر مفید مانند گرمای ایجاد شده در شبکه‌ی انتقال نیرو و سیم‌ها و مقاومت‌های مدار باشد.

واحد کار الکتریکی، «ژول» است و آن مقدار کاری است که ولتاژی معادل یک ولت برای جابه‌جایی یک کولن الکتریسته انجام می دهد و رابطه‌ی آن چنین است:

$$W = q.E \text{ یا } W = q.V$$

W مقدار انرژی و یا کار الکتریکی بر حسب ژول.

q بار الکتریکی بر حسب کولن.

V یا E اختلاف پتانسیل بر حسب ولت.

مقدار انرژی الکتریکی مصرف شده در منازل بر حسب کیلووات ساعت محاسبه می‌شود که برابر است با:

$$\text{kWh} \quad \text{Wh} \quad \text{Ws} \quad \frac{\text{ژول}}{\text{ثانیه}} \times$$

$$1 \quad = 1000 \quad = 1000 \times 3600 \quad = 1000 \times 3600 = 36 \times 10^5$$

انرژی مصرفی در وسایل حرارتی مانند آب گرمکن، سماور یا کتری برقی را بر حسب ژول یا کالری محاسبه می‌کنند. یک ژول تقریباً ۴/۱۸ کالری یا یک کالری معادل ۰/۲۴ ژول است.

$$W = q.V \quad \text{و} \quad W = I \times t \times I \times R \quad \text{و} \quad W = RI^2t \quad \text{و} \quad Q = 0.24RI^2t$$

در این رابطه Q بر حسب کالری است.

۱-۵- توان الکتریکی

«توان» عبارت است از کار انجام شده در واحد زمان؛ بنابراین:

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{و} \quad P = \frac{q.V}{t} \rightarrow P = \frac{I.t.V}{t} \rightarrow P = V.I$$

با توجه به فرمول $P = VI$ توان الکتریکی را می‌توان چنین تعریف کرد: اگر با ولتاژی معادل یک ولت جریانی برابر یک آمپر از مداری عبور کند، توان آن مدار معادل یک وات است.

توان الکتروموتورها بر حسب کیلووات که معادل هزار وات است و یا بر حسب اسب بخار که برابر ۷۳۶ وات می‌باشد محاسبه و بیان می‌گردد.

۱-۵-۱- محاسبه‌ی توان پمپ: توان مکانیکی ورودی به محور پمپ که همان توان مصرفی است، و اصطلاحاً به آن توان ترمزی* (BHP) گفته می‌شود از

$$\text{رابطه‌ی} \quad BHP = \frac{GPM^{**} \times 8.33 \times H}{33000 \times \eta}$$

به دست می‌آید که در آن:

BHP توان مصرفی است بر حسب اسب بخار.
 GPM مقدار دبی حجمی پمپ است بر حسب گالن آب در هر دقیقه.
 H اختلاف فشار مکش و رانش پمپ (هد پمپ) است بر حسب فوت آب.
 η راندمان پمپ است بر حسب درصد که باید با توجه به نقطه‌ی کار پمپ از روی

منحنی مربوط به دست آورد.

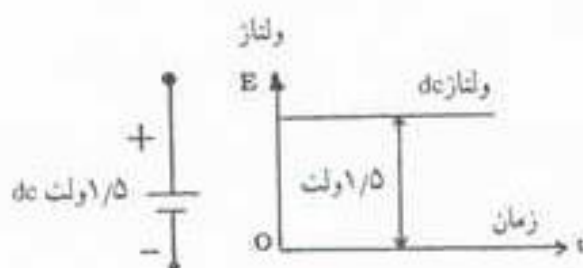
مثال: قدرت مصرفی موتور پمپی که مقدار آب دهی آن ۸۲/۵ گالن در دقیقه، هد آن برابر ۲۷ فوت آب و راندمان آن ۶۰٪ است را محاسبه نمایید.

$$BHP = \frac{GPM \times 8.33 \times H}{33000 \times \eta} \quad \text{و} \quad BHP = \frac{82.5 \times 8.33 \times 27}{33000 \times 0.6}$$

$$BHP = 0.934 = 1 \text{ اسب بخار}$$

۱-۶- جریان مستقیم (DC)

جریانی که مقادیر لحظه‌ای آن نسبت به زمان ثابت باشد «جریان مستقیم» نام دارد. (شکل ۱-۱).

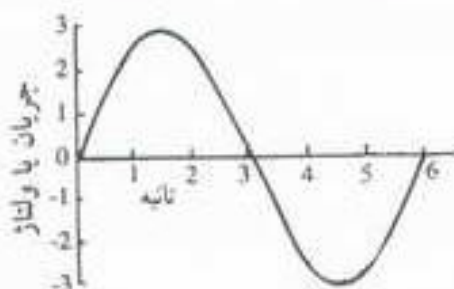


شکل ۱-۱- نمایش ولتاژ dc یک باتری با ولتاژ ثابت ۱/۵ ولت.

با توجه به شکل، نتیجه گرفته می‌شود که در جریان مستقیم همیشه جهت (پلاریته) منبع ثابت باقی می‌ماند؛ مانند باتری اتومبیل و باتری رادیو.

۱-۷- جریان متناوب (AC)

جریانی که مقادیر لحظه‌ای آن نسبت به زمان تغییر کند و جهت آن به صورت قریب تغییر یابد، «جریان متناوب» نامیده می‌شود که یکی از معمول‌ترین آن‌ها جریان متناوب سینوسی است؛ برای مثال، برق شهر جریان متناوب سینوسی است (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- نمایش یک موج متناوب (سینوسی).

۸-۱- قانون اهم

ولتاژ باعث جاری شدن جریان الکتریکی در مدار بسته می‌شود و مقاومت با عبور جریان مخالفت می‌کند؛ از این رو رابطه‌ای بین ولتاژ، جریان و مقاومت وجود دارد. این رابطه برای نخستین بار، طی آزمایش‌های متعدد به وسیله‌ی «گئورگ سیمون اهم» شناخته شد.

$$E = IR$$

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

شکل ۳-۱- نمودار قانون اهم

تعریف قانون اهم: در یک مدار جریان مستقیم مقدار جریان با ولتاژ نسبت مستقیم و با مقاومت نسبت عکس دارد. با توجه به رابطه‌ی یاد شده نتیجه‌گیری می‌شود:

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

خلاصه‌ی مطالب

- نیروی محرکه‌ی الکتریکی: نیروی الکتریکی‌ای که بتواند الکترون‌ها را به حرکت در آورد، «نیروی محرکه» یا «ولتاژ» نامیده می‌شود. واحد اندازه‌گیری نیروی محرکه‌ی الکتریکی، «ولت» است.
- جریان الکتریکی: تعداد الکترون‌هایی که در یک مدار از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر، تحت تأثیر فشار الکتریکی، در زمان یک ثانیه جابه‌جا می‌شوند، «جریان الکتریکی» نام دارد. واحد اندازه‌گیری شدت جریان الکتریکی، «آمپر» است.
- مقاومت الکتریکی: به عاملی که در مقابل عبور جریان الکتریکی در یک مدار، ایستادگی نماید، «مقاومت الکتریکی» می‌گویند. واحد اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی «اهم» است.

- * انرژی الکتریکی: عاملی که در یک مدار برقی باعث انجام کار می‌گردد «انرژی الکتریکی» نام دارد. واحد انرژی الکتریکی «ژول» است.
- * توان الکتریکی: به مقدار کار الکتریکی انجام شده در زمان یک ثانیه، «توان الکتریکی» می‌گویند. واحد توان الکتریکی، «وات» است.
- * توان موتورهای الکتریکی را بر حسب کیلووات یا اسب بخار اندازه‌گیری می‌کنند.
- * هر ۷۳۶ وات یک اسب بخار است.
- * توان پمپ: توان مصرفی موتور پمپ از طریق رابطه‌ی:

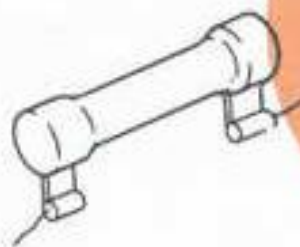
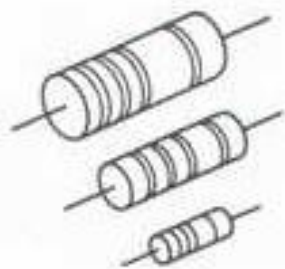
$$BHP = \frac{GPM \times 8.33 \times H}{33000 \times \eta}$$

محاسبه می‌شود که در آن:

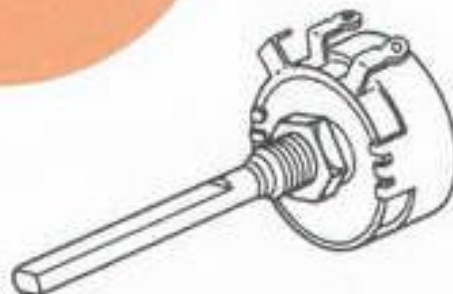
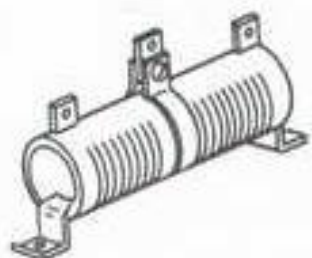
- BHP توان مصرفی است بر حسب اسب بخار.
- GPM مقدار آب دهی پمپ است بر حسب گالن در هر دقیقه.
- H هد پمپ است بر حسب فوت آب.
- η راندمان پمپ است.
- * جریان مستقیم: جریانی که مقادیر لحظه‌ای آن نسبت به زمان ثابت باشد، «جریان مستقیم» نامیده می‌شود.
- * جریان متناوب: جریانی که مقادیر لحظه‌ای آن نسبت به زمان تغییر نماید و جهت آن نیز به صورت قرینه تغییر جهت دهد، «جریان متناوب» نامیده می‌شود.

پرسش

- ۱- نیروی محرکه‌ی الکتریکی را تعریف کنید.
- ۲- واحد اندازه‌گیری نیروی محرکه‌ی الکتریکی را نام ببرید.
- ۳- شدت جریان الکتریکی را تعریف کنید.
- ۴- واحد اندازه‌گیری شدت جریان الکتریکی را نام ببرید.
- ۵- مقاومت الکتریکی را شرح دهید.
- ۶- واحد اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی را نام ببرید.
- ۷- انرژی یا کار الکتریکی را توضیح دهید.
- ۸- واحدهای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی را نام ببرید.
- ۹- توان الکتریکی را تعریف کنید.
- ۱۰- واحدهای اندازه‌گیری توان الکتریکی را نام ببرید.
- ۱۱- توان مصرفی موتور پمپی را که مقدار آب دهی آن ۱۶۵ گالن در دقیقه، هد آن ۳۰ فوت آب و راندمان آن ۶۵٪ است را محاسبه کنید.
- ۱۲- جریان مستقیم را توضیح دهید.
- ۱۳- جریان متناوب را شرح دهید.
- ۱۴- قانون اهم را بیان نمایید.



مقاومت‌ها اجزایی هستند که
مقاومت مدار را زیاد می‌کنند.
آن‌ها از موادی با هدایت کم و
در اندازه‌ها و شکل‌های متنوعی
ساخته شده‌اند.



مدارهای الکتریکی مقاومت اهمی

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- ۱- اصول کار مدارهای الکتریکی سری، موازی و سری-موازی مقاومت اهمی را شرح دهد.
- ۲- از توانایی لازم برای حل مسائل مربوط به مقاومت کل (معادل)، شدت جریان، ولتاژ و توان در قسمت‌های مختلف مدارهای سری، موازی و سری موازی مقاومت اهمی، برخوردار باشد.
- ۳- توانایی لازم را برای حل مسائل مربوط به افت ولتاژ و تلفات توان، در مدار ساده، به دست آورد.

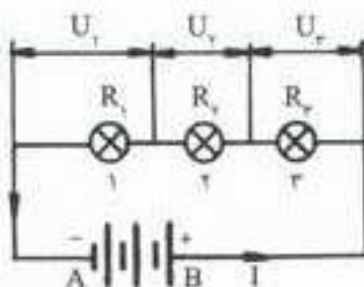
۲- مدارهای الکتریکی مقاومت اهمی

دانستن اصول و قوانین اساسی مدارهای الکتریکی برای محاسبات، عیب‌یابی از دستگاه‌ها و مدارهای برقی، بسیار حائز اهمیت است؛ به طوری که بدون درک و فهم این اصول و قوانین، محاسبات، عیب‌یابی از دستگاه‌ها و مدارها بسیار مشکل و گاهی غیر ممکن است. به همین سبب، در این فصل اصول و قوانین مربوط به مدارهای سری، موازی و سری موازی مقاومت‌های اهمی، بررسی می‌شود.

۲-۱- مدارهای سری

مدار سری، مداری است که در آن وسایل به گونه‌ای متصل شده‌اند که جریان تنها در یک مسیر جاری می‌شود. در شکل ۱-۲ سه لامپ و سه باتری را مشاهده می‌کنید که به صورت سری بسته شده‌اند.

برای جریان تنها یک مسیر وجود دارد؛ بنابراین، جریان در تمام لامپ‌ها یکسان است:



شکل ۱-۲- مدار سری

$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

I_1 جریان لامپ ۱، I_2 جریان لامپ ۲، I_3 جریان لامپ ۳ و I جریان کلی است. مقاومت کل مدار سری، مساوی است با مجموع مقاومت‌های مدار:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

R_T : مقاومت کل، R_1 و R_2 و R_3 : مقاومت هر یک از لامپ‌ها.

ولتاژ منبع در مدار سری، برابر مجموع افت ولتاژها در دو سر هر یک از لامپ‌هاست:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

مثال ۱- در شکل ۲-۲ اگر ولتاژ منبع ۱۲ ولت باشد، جریان مدار و افت ولتاژ دو سر

هر مقاومت و توان مصرفی هر یک از مقاومت‌ها و توان کل را محاسبه کنید:

$$R_T = R_1 + R_2 = 4 + 12 = 16$$

$$R_T = 16 \Omega$$

$$I = \frac{U}{R_T} = \frac{12}{16} = 0.75 A$$

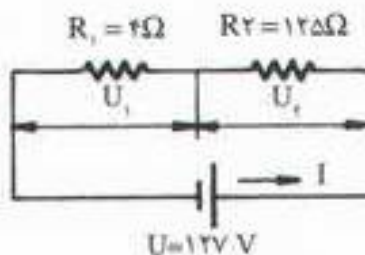
$$I = 0.75 A$$

$$U_1 = R_1 \times I = 4 \times 0.75 = 3$$

$$U_1 = 3 V$$

$$U_2 = R_2 \times I = 12 \times 0.75 = 9$$

$$U_2 = 9 V$$



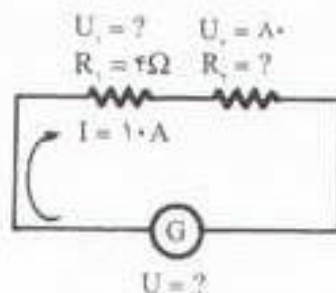
شکل ۲-۲- مدار سری.

$$P_1 = R_1 I^2 = 4 \times 0.75^2 = 2.25 \text{ W} \quad \rightarrow \quad P_1 = 2.25 \text{ W}$$

$$P_2 = R_2 I^2 = 9 \times 0.75^2 = 5.06 \text{ W} \quad \rightarrow \quad P_2 = 5.06 \text{ W}$$

$$P = P_1 + P_2 = 2.25 + 5.06 = 7.31 \text{ W} \quad \rightarrow \quad P = 7.31 \text{ W}$$

مثال ۲- در مدار شکل ۲-۳ مقادیر مجهول را به دست آورید:



شکل ۲-۳- مدار سری.

$$U_1 = R_1 \times I = 4 \times 1.0 = 4.0 \text{ V} \quad \rightarrow \quad \boxed{U_1 = 4.0 \text{ V}}$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{8.0}{1.0} = 8 \Omega \quad \rightarrow \quad \boxed{R_2 = 8 \Omega}$$

$$U = U_1 + U_2 = 4.0 + 8.0 = 12.0 \text{ V} \rightarrow \boxed{U = 12.0 \text{ V}}$$

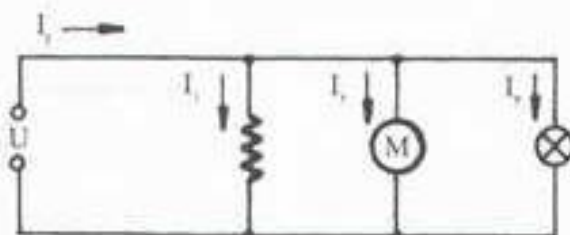
۲-۲- مدارهای موازی

مدارهای موازی به علت بعضی از خصوصیات خوب، بیش تر از مدارهای سری به

کار می روند.

در شبکه های توزیع و پخش انرژی، مصرف کننده ها به صورت موازی به شبکه

متصل می شوند. مدار شکل ۲-۴ نمونه ای از مدار ساده ی موازی است.



شکل ۲-۴- مدار موازی.

تمام مصرف کننده‌ها در اتصال موازی دارای ولتاژ یکسان هستند و به صورت معادله‌ی ریاضی $U=U_1=U_2=U_3=...$ نشان داده می‌شوند. مصرف کننده‌ها در مدار موازی نسبت به یکدیگر به طور مستقل کار می‌کنند و هر مصرف کننده، جریانی متناسب با مقاومت خود از منبع جذب می‌کند. جریان کل در مدار موازی، مساوی است با مجموع جریان‌های هریک از مصرف کننده‌ها:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

مقاومت کل مدار موازی با افزایش تعداد مصرف کننده‌ها کاهش می‌یابد. در صورت افزایش بی‌حد مقاومت‌ها مقاومت کل به صفر نزدیک می‌شود و به صورت اتصال کوتاه در می‌آید. مقاومت کل مدار موازی را می‌توان با استفاده از فرمول:

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

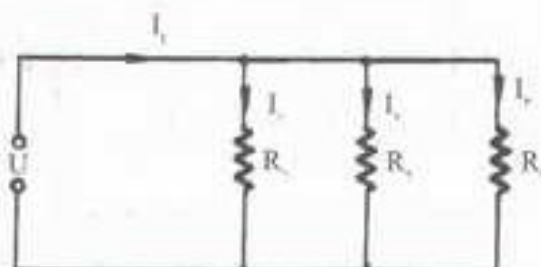
مثال ۱- چهار مقاومت ۴ اهمی، ۸ اهمی، ۱۲ اهمی و ۱۶ اهمی به صورت موازی بسته شده‌اند. مقاومت کل مدار را محاسبه کنید:

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{12} + \frac{1}{16} = \frac{24+12+8+6}{96} = \frac{50}{96}$$

$$R_1 = \frac{96}{50} = \frac{48}{25} \Rightarrow \boxed{R_1 = 1/92 \Omega}$$

مثال ۲- در مدار شکل ۲-۵ مقدار R_1 و R_2 را پیدا کنید.



$$R_1 = 20 \Omega \quad I_2 = 2 \text{ A}$$

$$R_2 = 6 \Omega \quad I_3 = 9 \text{ A}$$

شکل ۲-۵- مدار موازی

$$U = R_1 \times I_1 = 30 \times 4 = 120 \text{ V}$$

$$I_r = \frac{U}{R_r} = \frac{120}{60} = 2 \text{ A}$$

$$I_r = I - (I_1 + I_2)$$

$$I_r = 9 - (4 + 2) = 3$$

$$\rightarrow \boxed{I_r = 3 \text{ A}}$$

$$R_r = \frac{U}{I_r} = \frac{120}{3} = 40 \Omega$$

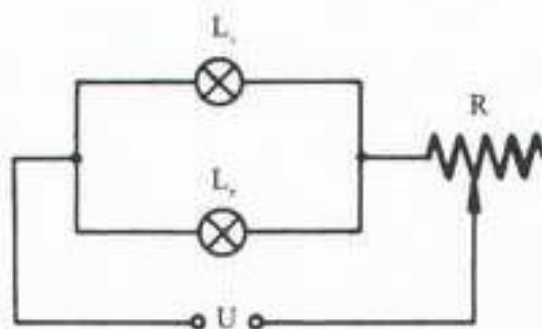
$$\rightarrow \boxed{R_r = 40 \Omega}$$

$$R_r = \frac{U}{I_r} = \frac{120}{2} = 60 \Omega$$

$$\rightarrow \boxed{R_r = 60 \Omega}$$

۲-۳- مدارهای سری - موازی

اغلب لازم است که مدارهای سری و مدارهای موازی را برای ایجاد وضعیت الکتریکی مطلوب با هم ترکیب کنیم. قوانین مربوط به توزیع جریان، ولتاژ و مقاومت در مدارهای سری و موازی، در مدارهای ترکیب شده نیز کاربرد دارد. حل مدارهای سری - موازی با تبدیل به مدارهای معادل به صورت ذهنی یا محاسبه انجام می‌شود. مدار شکل ۲-۶ نمونه‌ای از مدار سری - موازی است. در این مدار، L_1 و L_2 یک مدار موازی را ایجاد می‌کنند. مقاومت متغیر R که برای کنترل جریان در این مدار به کار می‌رود، با L_1 و L_2 به طور سری بسته شده است.



شکل ۲-۶- مدار سری و موازی.

مثال ۱- در شکل ۲-۶، L_1 و L_2 به ترتیب ۳ و ۶ اهم و ولتاژ منبع ۱۲ ولت هستند؛

حال، مقاومت R باید چه اندازه باشد تا جریان مدار ۳ آمپر شود:

$$\frac{1}{R_{1,2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{2+1}{6}$$

$$\boxed{R_{1,2} = 2\Omega}$$

$$R_1 = \frac{12}{3} = 4\Omega \quad R = R_1 - R_{1,2} = 4 - 2 = 2\Omega \Rightarrow \boxed{R = 2\Omega}$$

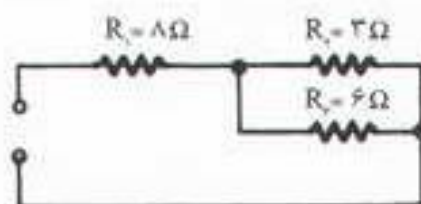
مثال ۲-۲- شدت جریان را در مدار شکل ۲-۷ تعیین کنید:

$$R_{1,2} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$$

$$R_1 = R_{1,2} + R_3 = 2 + 8 = 10\Omega$$

$$\boxed{R_1 = 10\Omega} \quad I = \frac{U}{R} = \frac{220}{10} = 22A$$

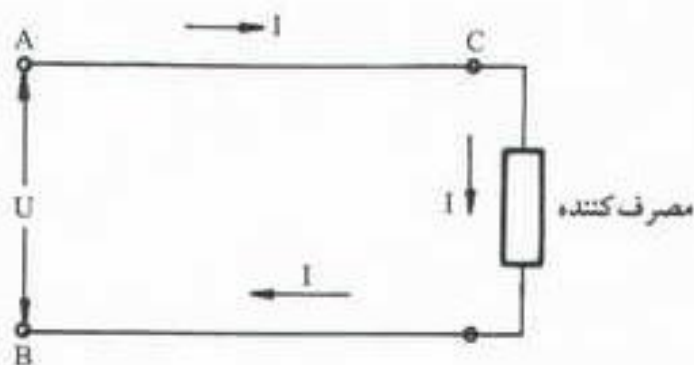
$$\boxed{I = 22A}$$



شکل ۲-۷- مدار سری و موازی

۲-۴- افت ولتاژ و تلفات توان

برای انتقال انرژی الکتریکی از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر از هادی‌های (سیم‌ها) ارتباطی یا کابل استفاده می‌شود. برای روشن کردن لامپ‌های معابر و رسانیدن برق به منازل مسکونی شهر از خطوط هوایی و کابل‌ها که همان هادی‌های برق هستند، استفاده می‌شود. تمام انرژی الکتریکی که معمولاً از پست‌های توزیع نیرو به وسیله‌ی سیم‌های هادی یا کابل‌ها به مصرف‌کننده‌ها منتقل می‌شوند، به‌صرف‌کننده‌ها نمی‌رسد؛ بلکه مقدار کمی از آن در بین راه و درون سیم‌های ارتباطی که خود دارای مقاومت هستند، مصرف می‌شود. به شکل ۲-۸ به دقت توجه کنید.



شکل ۲-۸- افت ولتاژ

خطوط AC و BD همان سیم‌های ارتباطی هستند که ولتاژ را به دو سر مصرف‌کننده می‌رسانند در صورتی که مصرف‌کننده و خطوط ارتباطی AC و BD به ترتیب دارای مقاومت‌های R_m و R_l و R_p باشند. مقاومت معادل بین دو نقطه AB چنین می‌شود:

$$R_1 = R_l + R_p + R_m$$

$$U = I.R_1 = I.(R_l + R_p + R_m) = U_d + U_m$$

بنابراین، ولتاژ U به دو ولتاژ U_m و U_d تبدیل شده است که U_d را «افت ولتاژ در خط» می‌نامند و باید در محاسبه‌ی سطح مقطع سیم‌های ارتباطی بکوشیم تا مقدار U_d از مقدار مجاز بیش‌تر نشود. معمولاً مقدار U_d به درصد بیان می‌شود. برای به دست آوردن مقدار درصد افت ولتاژ باید افت ولتاژ (U_d) را به ولتاژ ابتدای خط (U) تقسیم کنیم و در

عدد ۱۰۰ ضرب نماییم. پس رابطه‌ی ریاضی آن چنین خواهد شد. $\%U_d = \frac{U_d}{U} \times 100$ که

مقدار $\%U_d$ در شبکه‌های روشنایی منازل (تک‌فاز) نباید از ۱/۵٪ و در الکتروموتورها از ۲٪ بیش‌تر باشد.

چنانچه افت ولتاژ (U_d) را در جریان (I) ضرب کنیم تلفات توان در خط محاسبه می‌شود و برای به دست آوردن درصد به تلفات توان می‌توان تلفات توان را به توان ورودی تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب کنیم.

$$P_d = U_d \times I$$

$$\%P_d = \frac{P_d}{P_1} \times 100$$

مثال ۱- در مدار شکل ۲-۸ در صورتی که ولتاژ ابتدای خط $U = 230V$ ، مقاومت مصرف‌کننده ۲۱ اهم، مقطع سیم‌های ارتباطی ۱/۵ میلی‌متر مربع، طول رفت و برگشت آن ۲۰۰ متر و جنس آن از مس باشد، افت ولتاژ و درصد آن را محاسبه کنید:

$$R_d = \frac{l}{\kappa \cdot A} = \frac{200}{56 \times 1/5} = 2/3 \Omega$$

$$R_1 = R_d + R_m = 2/3 + 21 = 23/3 \Omega$$

$$I = \frac{U}{R_1} = \frac{230}{23/3} = 9/87 A$$

$$U_d = I \times R_d = 9/87 \times 2/3 = 22/73 V$$



$$U_m = I \times R_m = 9/87 \times 21 = 20.7/277V$$

$$\%U_d = \frac{U_d}{U} \times 100 = \frac{22/73}{230} \times 100 = 9/88\%$$

همان‌گونه که می‌بینید، افت ولتاژ و درصد افت آن از حد مجاز بیش‌تر است. این افت ولتاژ به دو علت بیش‌تر از حد مجاز است؛ یکی به علت جریان زیاد مدار و دیگری مقاومت زیاد هادی (نازک بودن سیم). در صورتی که نتوانیم از فاصله‌ی مصرف‌کننده نسبت به منبع تغذیه (ابتدای خط) بکاهیم، تنها راه کاهش افت ولتاژ، انتخاب سیم مناسب با مقطع زیادتر است. اگر بخواهیم سیم‌ها را ضخیم انتخاب کنیم، باید برای مس اضافی یا کابل ضخیم هزینه‌ی بیش‌تری بپردازیم. در واقع، با محاسبات ساده و داشتن تجربه‌ی کافی می‌توانیم همواره سیم یا کابل مناسبی را با استفاده از جداول استاندارد سیم‌ها انتخاب کنیم که با کم‌ترین افت ولتاژ و هزینه‌ی تهیه‌ی سیم یا کابل روبه‌رو شویم.

مثال ۲- یک موتور الکتریکی در انتهای خطی به طول ۴۰ متر تحت ولتاژ ۲۲۰ ولت جریانی معادل ۵۰A از شبکه دریافت می‌کند. در صورتی که افت ولتاژ مجاز ۲٪ باشد، سطح مقطع کابل مورد نیاز را محاسبه کنید:

$$U_d = \frac{\%}{100} \times 220 = 4/4V$$

$$U_d = R_d \cdot I \Rightarrow R_d = \frac{U_d}{I} = \frac{4/4}{50} = 0/088\Omega$$

$$R_d = \frac{l}{\kappa \cdot A} \Rightarrow A = \frac{40 \times 2}{56 \times 0/088} = 16/23mm^2$$

$$A = 16/23mm^2$$

نزدیک‌ترین سطح مقطع سیم استاندارد، سیم ۱۶ میلی‌متر مربع خواهد بود.

خلاصه‌ی مطالب

* در مدارهای سری، مقدار شدت جریان عبوری از تمام مصرف‌کننده‌ها برابر است.

* در مدارهای سری، مقدار مقاومت کل (معادل) برابر است با مجموع مقاومت‌های

مدار.

* در مدارهای سری، مقدار ولتاژ منبع برابر است با مجموع افت ولتاژ در دو سر هر یک از مصرف‌کننده‌ها.

* در مدارهای موازی، ولتاژ دو سر تمام مصرف‌کننده‌ها مساوی و برابر ولتاژ منبع است.

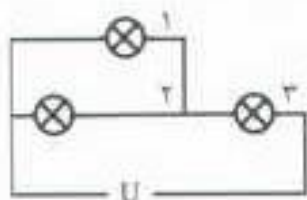
* در مدارهای موازی، مقدار جریان کل برابر است با مجموع جریان‌های هر یک از مدارها.

* در مدارهای موازی، عکس مقدار مقاومت کل (معادل) برابر است با مجموع معکوسات مقاومت‌های مدار.

* در مدارهای سری-موازی، در آن قسمت از مدار که مصرف‌کننده‌ها به شکل سری قرار گرفته‌اند، قوانین مدارهای سری و در قسمت دیگر، که مصرف‌کننده‌ها به شکل موازی نصب شده‌اند، قوانین مدارهای موازی حاکم است.

پرسش

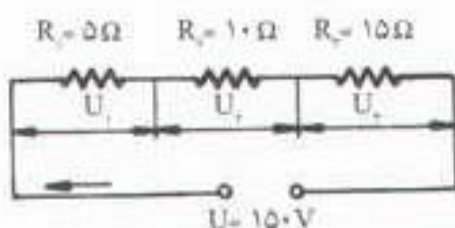
- ۱- چهار مصرف کننده‌ی مشابه به طور سری به منبع ۲۲۰ ولت جریان مستقیم متصل هستند. یکی از مصرف کننده‌ها کار نمی‌کند. ولتاژ در سه مصرف کننده‌ی دیگر هر یک حدود ۷۴ ولت است. مدار چه عیب و نقصی دارد؟
- ۲- اگر چند مصرف کننده به طور سری متصل باشند، چه عامل الکتریکی در تمام مصرف کننده‌ها مساوی است؟ چرا؟
- ۳- عیب بزرگ مدار سری چیست؟
- ۴- چرا در شبکه‌های توزیع از مدار موازی استفاده می‌شود؟
- ۵- در مدار موازی، در صورت افزایش مصرف کننده‌ها مدار به سمت اتصال کوتاه میل می‌کند. علت چیست؟
- ۶- سه لامپ کاملاً مشابه، مانند شکل زیر تحت ولتاژ U قرار دارند. نور کدام یک از لامپ‌ها بیش تر است؟



- ۷- عوامل تعیین کننده‌ی مقاومت کل یک مدار را نام ببرید.

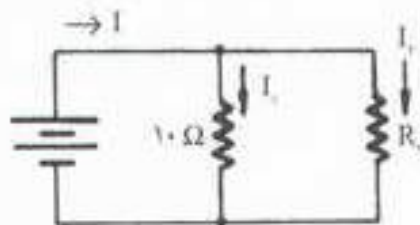
مسائل

- ۱- مقاومت لامپی را که ۳ آمپر جریان می‌کشد و به منبع ولتاژ ۲۲۰ ولتی متصل است، تعیین کنید.
- ۲- یک مقاومت ۸ اهمی به منبع ولتاژ ۲۲۰ ولتی متصل است. معلوم کنید مقاومت چه جریانی را می‌کشد؟
- ۳- یک بخاری برقی ۶۰۰ واتی که به یک منبع ولتاژ ۲۲۰ ولتی متصل است، چه جریانی را از شبکه جذب می‌کند؟
- ۴- در شکل ۲-۹ مقادیر مجهول را به دست آورید:



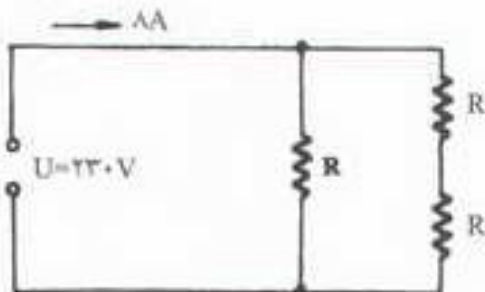
$$U_1, U_2, U_3, R_1, i = ?$$

۵- در مدار شکل ۲-۱۰ در صورتی که مقاومت کل $R_1 = 7/5 \Omega$ و ولتاژ منبع ۶۰ ولت باشد شدت جریان‌های I و I_1 و I_2 را محاسبه کنید.



شکل ۲-۱۰

۶- در مدار شکل ۲-۱۱ تمام مقاومت‌ها دارای مقادیر مساوی هستند. مقدار هر یک چه قدر است؟



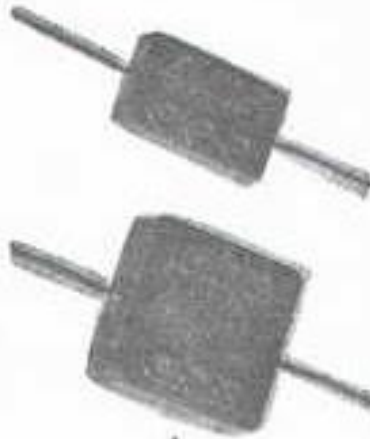
شکل ۲-۱۱

- ۷- یک هویه الکتریکی با ولتاژ ۲۲۰ ولت شدت جریانی را برابر ۵ آمپر از شبکه جذب می‌کند. توان مصرفی این هویه بر حسب کیلووات چه قدر است؟
- ۸- بخاری برقی ۱۱۰۰ وات توان را تحت ولتاژ ۲۳۰ ولت مصرف می‌کند. شدت جریان را محاسبه کنید.
- ۹- هزینه برق مصرفی ۱۰ عدد لامپ ۱۰۰ وات را به مدت ۱۰ ساعت با نرخ هر کیلووات ساعت ۱۰ ریال تعیین کنید.
- ۱۰- یک باتری ۱۰۰ آمپر ساعتی کاملاً خالی با شدت جریان ۴ آمپر، چه مدت زمانی لازم دارد که کاملاً شارژ شود؟



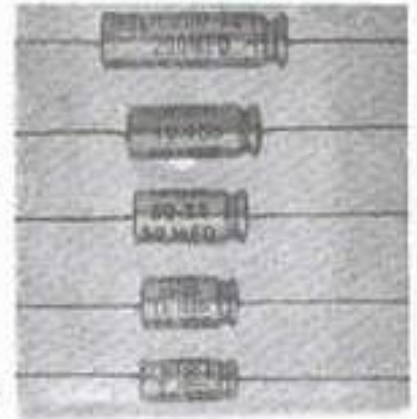
خازن‌های مورد استفاده در وسایل نقلیه و امواج رادیویی

A



خازن‌های میکایی

B



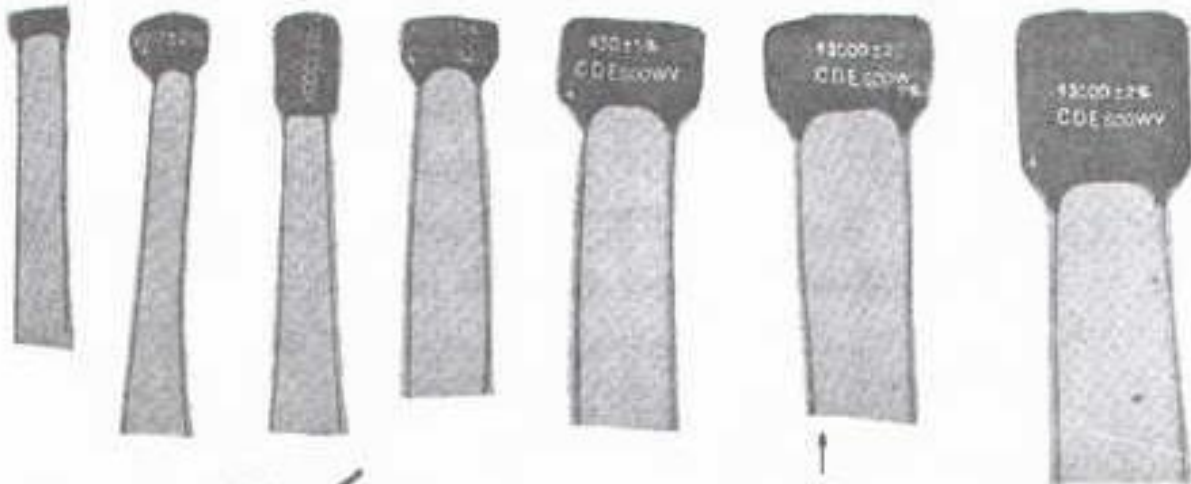
خازن‌های الکترولیتی

D



خازن‌های سرامیکی

C



خازن‌های میکایی

E



خازن کاغذی نوع میلار

۲۳

F

خازن در جریان مستقیم

- پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:
- ۱- خازن را تعریف نماید.
 - ۲- ساختمان خازن را توضیح دهد.
 - ۳- شارژ (پر) شدن خازن با ولتاژ مستقیم (DC) را شرح دهد.
 - ۴- دشارژ (خالی) شدن خازن را شرح دهد.
 - ۵- ظرفیت خازن را تعریف کرده، واحد آن را بیان نماید.
 - ۶- انرژی ذخیره شده در خازن را شرح داده، مقدار آن را محاسبه کند.
 - ۷- انواع مختلف خازن را شرح دهد.
 - ۸- خازن راه انداز را توضیح دهد.
 - ۹- خازن کار را تشریح نماید.
 - ۱۰- روش به هم بستن خازن‌ها را به شکل سری و موازی شرح داده، مقدار ظرفیت معادل را در هر دو روش محاسبه نماید.

۳- خازن در جریان مستقیم

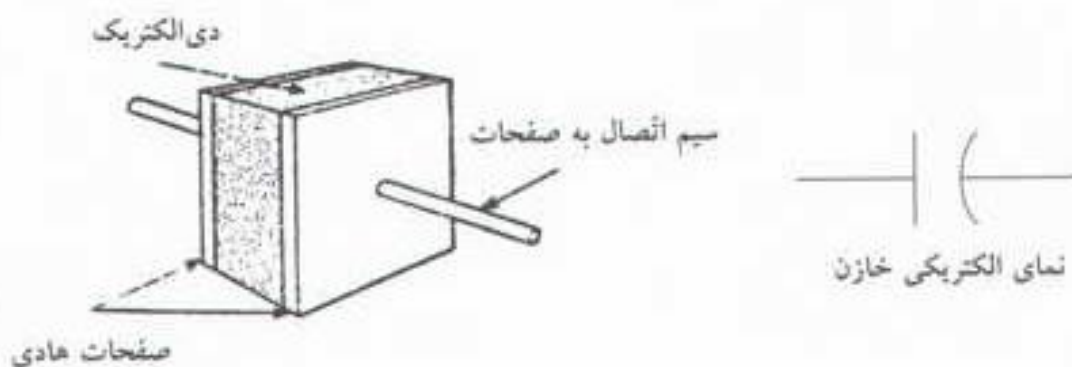
۳-۱- تعریف خازن

خازن وسیله‌ای الکتریکی است که در مدارهای الکتریکی اثر خازنی ایجاد می‌کند. اثر خازنی خاصیتی است که سبب می‌شود مقدار انرژی الکتریکی، در میدان الکترواستاتیک ذخیره شده بعد از مدتی آن انرژی آزاد شود؛ به دیگر سخن، خازن‌ها همان‌هایی هستند که می‌توانند مقداری الکتریسیته را به صورت یک میدان الکترواستاتیک در خود ذخیره نمایند؛ همان‌گونه که در مخزن آب مقداری آب ذخیره می‌کنند.

۳-۲- ساختمان خازن

خازن‌ها به اشکال گوناگون ساخته می‌شوند که متداول‌ترین آن‌ها خازن‌های مسطح هستند. این نوع خازن‌ها از دو صفحه‌ی هادی که بین آن‌ها عایقی به نام «دی الکتریک» قرار دارد، تشکیل می‌شوند.

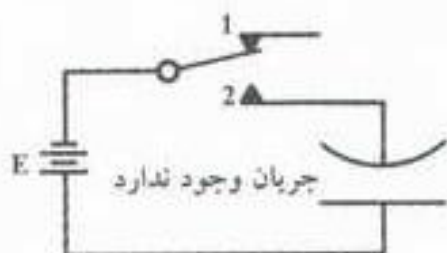
در شکل ۳-۱ طرح ساده‌ی خازن مسطح و نمای الکتریکی آن را مشاهده می‌کنید. صفحات هادی، نسبتاً بزرگ هستند و در فاصله‌ی خیلی نزدیک از یک‌دیگر قرار می‌گیرند.



شکل ۳-۱- نمای خازن ساده

۳-۳- شارژ خازن با ولتاژ DC

برای این که خازن شارژ شود؛ یعنی، انرژی الکتریکی را ذخیره کند باید آن را به یک اختلاف پتانسیل (ولتاژ) وصل کرد. این ولتاژ به وسیله‌ی یک باتری تأمین می‌شود. قطب مثبت باتری، به یک طرف و قطب منفی باتری به طرف دیگر خازن - مانند شکل ۳-۲ وصل می‌شود. قبل از بستن کلید، صفحات خازن خنثی است و هیچ انرژی‌ای ذخیره نخواهد شد.



وقتی کلید باز است، هیچ جریانی از مدار نمی‌گذرد و خازن شارژ نمی‌شود.

خازن شارژ نمی‌شود.



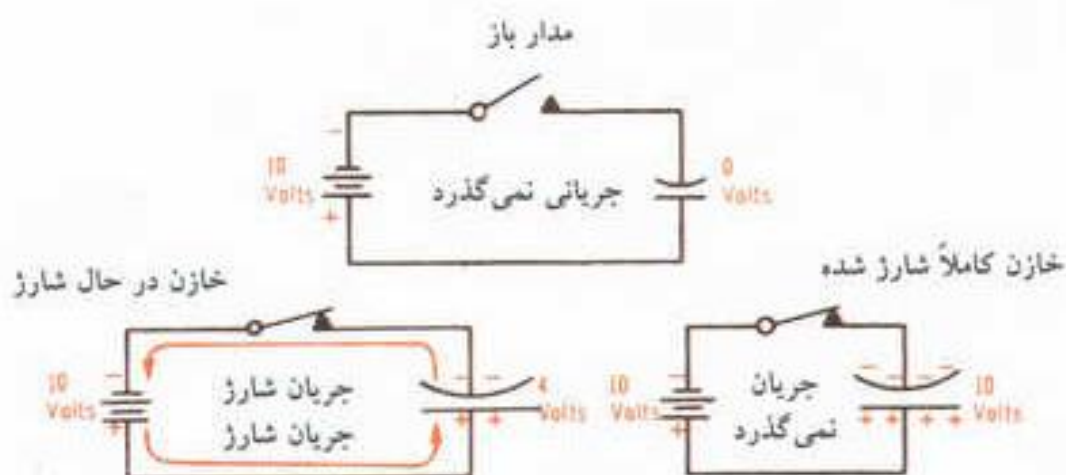
از خازن جریان نمی‌گذرد. الکترون‌ها به قطب مثبت باتری می‌روند

شکل ۲-۳- اتصال باتری و شارژ خازن.

با بستن کلید، الکترون‌ها از قطب منفی باتری به طرف صفحه‌ای جاری می‌شوند که به این قطب متصل است و در آن، تراکم الکترون یا بار منفی ایجاد می‌کنند. در همین لحظه، قطب مثبت باتری همان تعداد الکترون را از صفحه‌ای جذب می‌کند که به این قطب متصل است. این صفحه، کمبود الکترون یا بار مثبت پیدا می‌کند. در لحظاتی که خازن شارژ می‌شود الکترون‌ها از طریق سیم‌های رابط به طرف قطب مثبت باتری حرکت کرده وارد باتری می‌شوند و از قطب منفی خارج می‌گردند. حرکت الکترون‌ها را در مدار «عبور جریان در مدار» می‌گویند.^۱

وارد و خارج شدن الکترون‌ها از صفحات خازن، میدان الکتریکی ساکن را پدید می‌آورد و سبب ایجاد ولتاژی در خلاف جهت ولتاژ اعمال شده به دو سر خازن می‌شود. ولتاژ ایجاد شده در خازن، با جاری شدن جریان در مدار مخالفت می‌کند. به تعبیر دیگر، ولتاژ خازن، با ولتاژ باتری مخالفت می‌کند. هرچه ولتاژ دو سر خازن بیش‌تر می‌شود، ولتاژ مؤثر مدار که تفاوت بین ولتاژ باتری و ولتاژ خازن است، کم‌تر می‌شود و در نتیجه، باعث کم شدن شدت جریان مدار می‌گردد. هر وقت ولتاژ خازن با ولتاژ باتری برابر شود، جریان در مدار متوقف می‌شود. صفر شدن جریان در مدار نشانه‌ی شارژ شدن کامل خازن است. باید به این نکته توجه نمود که جریان شارژ و ولتاژ خازن مخالف یکدیگر عمل می‌کنند؛ یعنی، در ابتدای شارژ جریان ماکزیمم و ولتاژ خازن صفر است. هرچه به ولتاژ خازن اضافه می‌شود، شدت جریان کم می‌شود. وقتی که ولتاژ خازن به مقدار ماکزیمم خود رسید جریان صفر می‌شود. در شکل ۳-۳ این مطلب به روشنی نشان داده شده است.

۱- براساس قرارداد، جهت جریان در مدار را برخلاف جهت حرکت الکترون‌ها در نظر



خازن تا جایی که ولتاژ دو سر آن برابر ولتاژ داده شده باشد شارژ می‌شود. وقتی دو ولتاژ باهم برابر شوند، خازن کاملاً شارژ شده، جریان قطع می‌شود.

به این دلیل خازن هیچ‌گاه با ولتاژی بیش‌تر از ولتاژ منبع شارژ نمی‌شود.

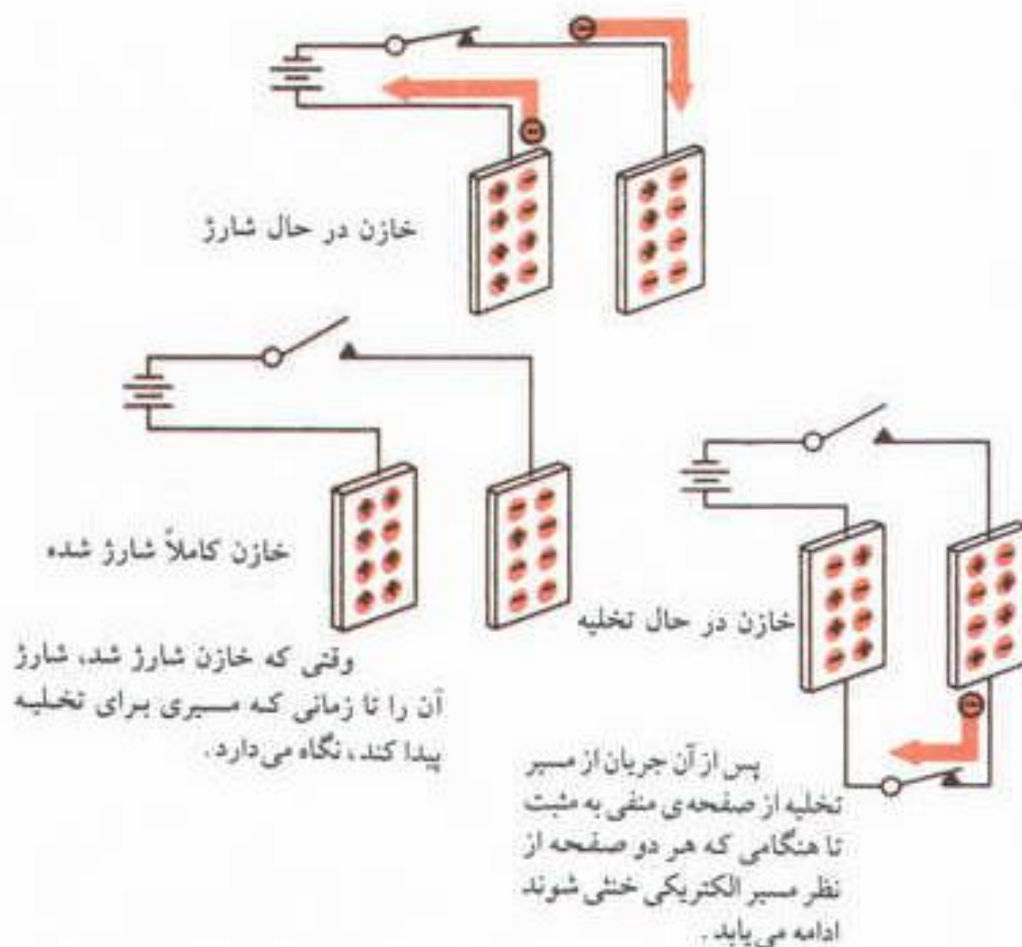
شکل ۳-۳- شارژ شدن خازن به اندازه‌ی ولتاژ باتری

۳-۴- دشارژ خازن

یک خازن شارژ شده باید شارژ خود را به مدت نامحدودی نگاه دارد. در حالی که این‌گونه نیست و با جدا شدن منبع شارژ از خازن دیر یا زود خازن، شارژ خود را از دست می‌دهد. عمل از دست دادن شارژ را دشارژ شدن می‌نامند. برای دشارژ خازن تنها لازم است یک مسیر هادی بین دو صفحه ایجاد شود. با ایجاد مسیر، الکترون‌های صفحه‌ی منفی به طرف پتانسیل مثبت در صفحه‌ی مثبت جاری می‌شوند. تبادل الکترون بین صفحات آن‌قدر ادامه پیدا می‌کند تا صفحات خنثی شوند. در این موقع خازن هیچ‌گونه ولتاژی ندارد و می‌گویند، خازن دشارژ شده است. حرکت الکترون‌ها از مسیر ایجاد شده، جریان دشارژ نامیده می‌شود. در شکل ۳-۴ شارژ و دشارژ خازن را مشاهده می‌کنید.

۳-۵- ظرفیت خازن

ظرفیت خازن - که آن را با حرف C نمایش می‌دهند - نمودار میزان توانایی ذخیره کردن شارژ (بار) الکتریکی است. بنا به تعریف، ظرفیت خازن برابر است با مقدار بار الکتریکی که باید روی یکی از صفحات خازن جمع شود تا پتانسیل آن نسبت به صفحه‌ی



شکل ۴-۳- نمایش شارژ و دشارژ خازن

دیگر به اندازه‌ی یک ولت افزایش یابد به دیگر سخن، خارج قسمت بار الکتریکی (Q) ذخیره شده روی هریک از صفحات خازن بر اختلاف پتانسیل (V) میان دو صفحه را «ظرفیت» آن خازن گویند. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که میزان ذخیره شدن شارژ الکتریکی به ظرفیت خازن‌ها بستگی دارد. خازنی که ظرفیت کم‌تر دارد، بار کم‌تر و آن که ظرفیت بیش‌تر دارد، بار بیش‌تری را در خود ذخیره می‌کند. واحد ظرفیت «فاراد» است که از نام «مایکل فاراده» گرفته شده و آن عبارت است از نسبت یک کولن^۱ بار ذخیره شده در هریک از صفحات خازنی که به اختلاف پتانسیل یک ولت اتصال داده شده باشد. یا توجه به همین تعریف، رابطه‌ی ظرفیت خازن به این صورت است:

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

C ظرفیت خازن به فاراد (F)، Q بار یک صفحه بر حسب کولن (C) و V ولتاژ دو

۱- کولن (Coulomb) واحد بار الکتریکی است و مقدار آن 6.24×10^{18} الکترون است.

سر خازن است. فاراد واحد بزرگی است و در کارهای عملی، استفاده می‌شود. در عمل از واحدهای کوچک‌تری به این صورت استفاده می‌شود.

میکرو فاراد (μF) برابر 10^{-6} فاراد

ناتوفاراد (nF) برابر 10^{-9} فاراد

پیکوفاراد (pF) برابر 10^{-12} فاراد

مثال ۱- یک خازن در اثر اعمال ۲۰ ولت به دو سر آن، باری معادل ۸۰ کولن ذخیره

می‌کند. ظرفیت خازن چه قدر است؟

حل:

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

$$C = \frac{80(C)}{20(V)} = 4(F)$$

مثال ۲- خازنی با ظرفیت $40 \mu F$ را به ولتاژ ۵۰ ولت اتصال می‌دهیم. مقدار بار

ذخیره شده چه قدر است؟

حل:

$$Q = CV$$

$$Q = 40 \times 10^{-6} \times 50 = 2000 \mu C$$

مثال ۳- به دو سر خازن $10 \mu F$ چه ولتاژی بدهیم تا باری معادل $10 \mu C$ در آن

ذخیره شود؟

حل:

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

$$V = \frac{10 \times 10^{-6}(C)}{10 \times 10^{-6}(F)} = 1V$$

۳-۶- انرژی ذخیره شده در خازن

میدان الکترواستاتیکی ذخیره شده در خازن، دارای انرژی خواهد بود. این انرژی به

وسیله‌ی ولتاژ منبع که خازن را شارژ نموده است تأمین می‌شود. این انرژی در دی‌الکتریک

به صورت ذخیره باقی می ماند. اگر چنانچه متبع ولتاژ را از خازن قطع کنیم، خازن در مرحله‌ی دشارژ قادر به باز پس دادن این انرژی به وسیله‌ی جریان دشارژ است. مقدار انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن از این رابطه به دست می آید:

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

بر این اساس، C ظرفیت خازنی بر حسب فاراد و V ولتاژ دو سر خازن و W مقدار انرژی ذخیره شده بر حسب ژول است.

مثال ۴- مقدار انرژی یک خازن $1 \mu F$ که با ولتاژ 400 ولت شارژ شده، چه قدر است؟

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

$$W = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-6} \times (400)^2$$

$$W = 0.08 \text{ ژول}$$

انرژی ذخیره شده در خازن شارژ شده - حتی اگر به مداری بسته نشده باشد - می تواند تولید شوک الکتریکی کند. اگر دو سر خازن شارژ شده را لمس کنید ولتاژ دو سر آن یک جریان تخلیه در بدن ایجاد می نماید. انرژی ذخیره شده‌ی بیش تر از یک ژول، در خازن شارژ شده با ولتاژهای زیاد، می تواند سبب شوک الکتریکی خطرناکی شود.

۳-۷- انواع مختلف خازن

خازن‌ها انواع گوناگونی دارند که از لحاظ شکل و اندازه با یکدیگر متفاوتند؛ برای مثال، بعضی از خازن‌ها از روغن پر شده بسیار حجیم بوده برخی دیگر بسیار کوچک و به اندازه‌ی دانه‌ی عدس هستند.

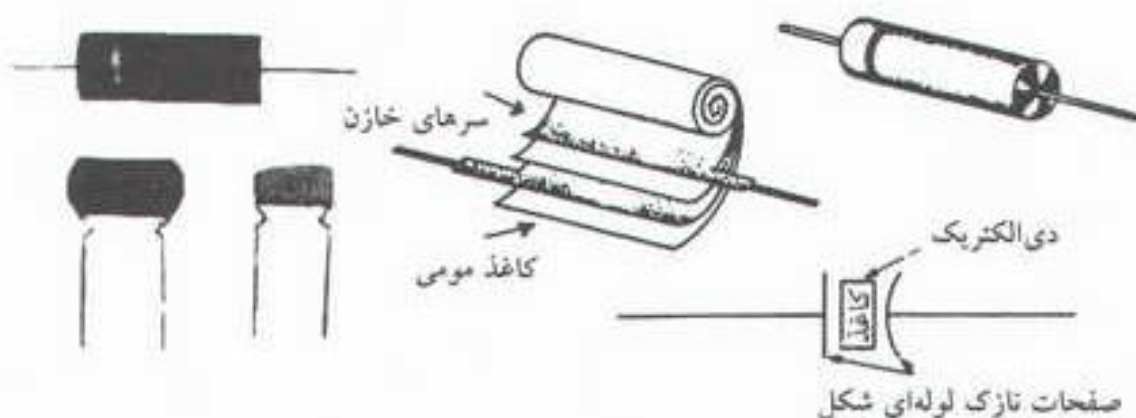
خازن‌ها بر حسب ثابت بودن یا نبودن ظرفیت به دو گروه تقسیم می شوند:

۱- خازن‌های ثابت

۲- خازن‌های متغیر

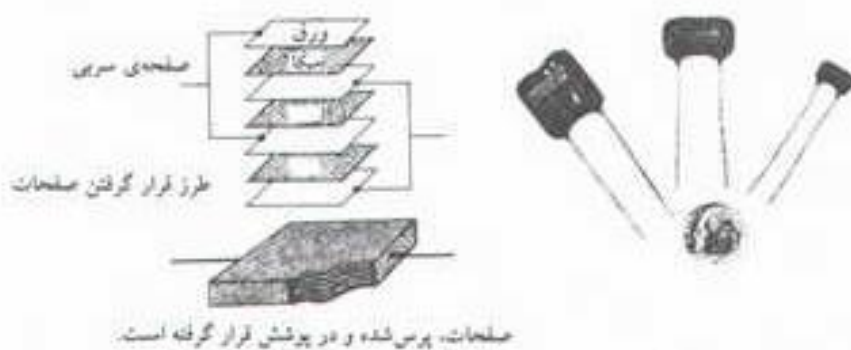
۳-۷-۱- خازن‌های ثابت: در خازن‌های ثابت، ظرفیت از پیش تعیین شده و ثابت است و مقدار آن را بعد از ساخت نمی توان تغییر داد. خازن‌های ثابت را معمولاً با جنس دی الکتریک به کار رفته در آنها می شناسند. نمونه‌هایی از خازن‌های ثابت رایج را به اختصار شرح می دهیم.

الف - خازن کاغذی: از خازن‌های کاغذی به دلیل قیمت کم و اندازه‌ی کوچک بسیار استفاده می‌شود. جنس دی‌الکتریک آن‌ها کاغذ آغشته به پارافین است و در ولتاژ بیش از ۶۰۰ ولت استفاده می‌شوند. صفحات این خازن‌ها به صورت نوارهای صاف و طویل از جنس ورقه‌های قلع است که کاغذ آغشته به پارافین بین دو صفحه، به عنوان دی‌الکتریک بوده که هر سه به صورت لوله پیچیده شده، داخل یک استوانه قرار می‌گیرند. در شکل ۳-۵ ساختمان خازن کاغذی و چند نمونه‌ی دیگر نشان داده شده است.



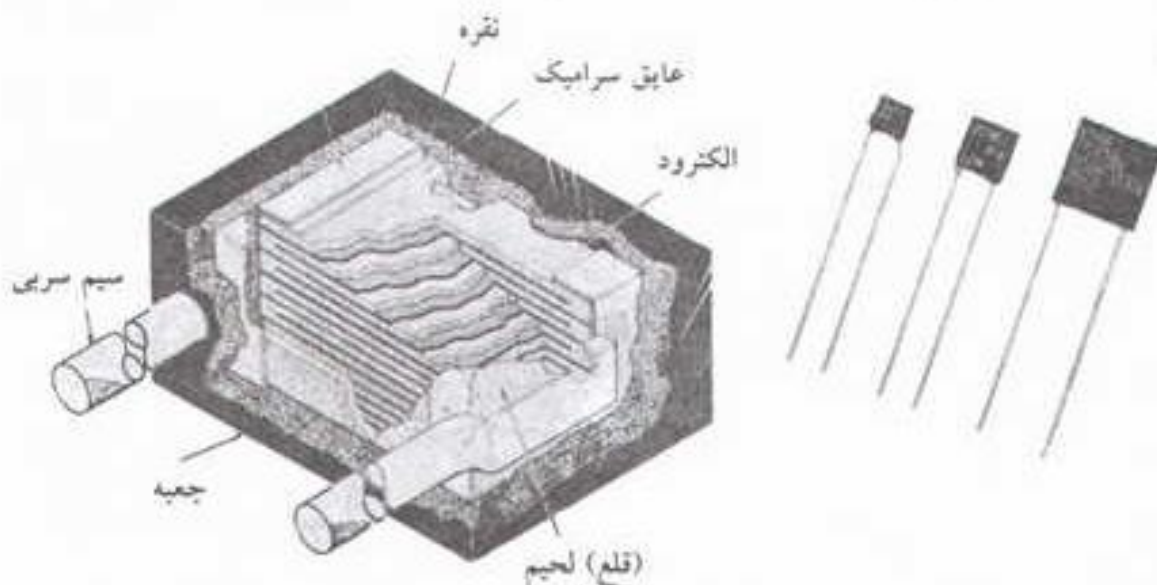
شکل ۳-۵- ساختمان و نمونه‌هایی از خازن‌های کاغذی

ب - خازن میکا: خازن‌های میکا، از تعدادی ورقه‌ی نازک میکا، یعنی دی‌الکتریک و تعدادی ورقه نازک فلزی تشکیل می‌شوند. این ورقه‌ها به صورت یک در میان روی هم قرار می‌گیرند. ورقه‌های فلزی در دو دسته به یک‌دیگر وصل شده‌اند تا سطح مؤثر هر صفحه خازن را، بزرگتر نمایند و ظرفیت خازن بالا رود. هرچه تعداد صفحات فلزی بیش‌تر و اندازه‌ی هر یک بزرگتر باشد، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد. مجموعه‌ی ورق‌های میکا و فلز در یک کپسول قرار می‌گیرد. در شکل ۳-۶ ساختمان خازن میکا و چند نمونه‌ی دیگر آن را مشاهده می‌کنید. ظرفیت خازن‌های میکا، کم و از حدود چند پیکو تا چند صد پیکو فاراد است.



شکل ۳-۶- ساختمان خازن میکا

ج - خازن سرامیک: خازن‌های سرامیک دارای دی الکتریک با توان بالا و اندازه‌ی کوچک هستند. این خازن‌ها در فرکانس‌های بالا استفاده می‌شوند. صفحات خازن سرامیکی از جنس نقره و به صورت صفحات بسیار نازک هستند که ماده‌ی دی الکتریک بین صفحات آن را سرامیک تشکیل می‌دهد. این خازن‌ها از لحاظ فیزیکی بسیار کوچک هستند. ظرفیت خازن‌های سرامیکی از چند میکروفاراد تا چند میکروفاراد متغیر است. ولتاژ شکست این



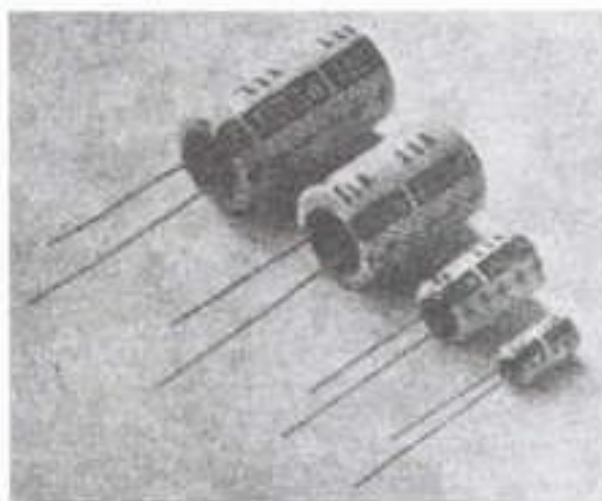
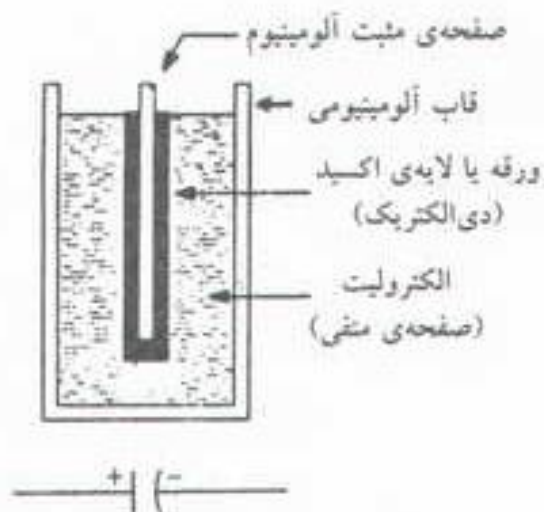
شکل ۳-۷- ساختمان خازن سرامیک و نمونه‌های دیگری از این نوع

خازن‌ها زیاد بوده می‌توانند در ولتاژهای بالا (چندین هزار ولت) کار کنند. در شکل ۳-۷ ساختمان خازن سرامیکی و چند نمونه دیگر، نشان داده شده است.

د - خازن الکترولیتی: خازن الکترولیتی دارای قطبیت معینی است و در مدارهای DC استفاده می‌شود. یک صفحه از خازن الکترولیتی، مثبت که به سر مثبت منبع و صفحه‌ی دیگر آن منفی است که به سر منفی منبع متصل می‌شود. ظرفیت این خازن‌ها بالا است و از چند میکروفاراد تا چند هزار میکروفاراد. ولتاژ شکست این خازن‌ها معمولاً کم و جریان نشستی آن‌ها نسبت به سایر خازن‌ها زیاد است.

خازن‌های الکترولیتی را هم با الکترولیت مایع و هم با الکترولیت خشک می‌سازند. شکل ۳-۸ ساختمان خازن الکترولیتی را با الکترولیت مایع و خشک نشان می‌دهد.

۲-۷-۳- خازن‌های متغیر: خازن متغیر خازنی است که ظرفیت آن را در هر لحظه می‌توان از حداقل تا حداکثر تغییر داد. با خازن‌های متغیر می‌توان ظرفیت مورد نیاز را

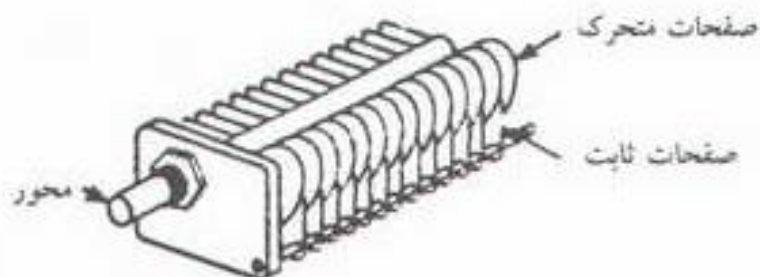


شکل ۸-۳- چند نمونه خازن الکترولیتی

تنظیم کرد. از خازن‌های متغیر در فرکانس‌های پایین، متوسط و بالا استفاده می‌شود. محدوده‌ی فرکانس‌های پایین از ۲۵۰ پیکو تا ۵۰۰ پیکو و برای فرکانس‌های بالا حدود چند پیکوفاراد است. از انواع خازن‌های متغیر، «خازن هوا» و «خازن تریمر» را می‌توان نام برد.

الف) خازن هوا: خازن‌هایی هستند که دی الکتریک آن‌ها هوا است و اکثراً برای انتخاب فرکانس مناسب در گیرنده‌ها با یک سلف به طور موازی بسته می‌شوند. این خازن‌ها از چندین صفحه‌ی فلزی تشکیل شده که تعدادی از آن‌ها ثابت و تعدادی متحرک است. صفحات به صورت یک در میان به فاصله‌ی منظم از یکدیگر قرار دارند. با چرخش

محور که به صفحات متحرک متصل است، صفحات متحرک بین صفحات ثابت حرکت کرده سطح مؤثر صفحات تغییر می‌کند و در نتیجه، ظرفیت خازن نیز متناسب با گردش محور تغییر می‌کند. در شکل ۳-۹ یک خازن متغیر هوا نشان داده شده است.



شکل ۳-۹- خازن هوایی متغیر

ب) خازن تریمر: این خازن‌ها بسیار کوچک هستند و در مدارات به وسیله‌ی پیچ‌گوشتی می‌توان آن‌ها را تنظیم کرد. با تغییر فاصله بین صفحات آن، ظرفیت خازن تغییر می‌کند. ماده‌ی عایق این خازن‌ها معمولاً میکا یا سرامیک است و در فرکانس‌های بالا به طور فراوان استفاده می‌شوند. در شکل ۳-۱۰ دو نوع خازن تریمر نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۰- خازن تریمر

۳-۸- خازن راه‌انداز

خازن راه‌انداز خازنی است که برای راه‌اندازی بعضی از موتورهای تک‌فاز از آن استفاده می‌شود و پس از آن که محور موتور به حدود ۷۵٪ دور نامی خود رسید، خازن به طور خودکار از مدار خارج می‌گردد. چگونگی در مدار قرار گرفتن و طریق خارج شدن آن از مدار در فصل ۶ خواهد آمد.

۳-۹- خازن دایمی (کار)

خازن دایمی یا خازن کار، خازنی است که در تمام مدت زمان کار موتور برای

ایجاد گشتاور مناسب در مدار باقی می ماند.

(طرز در مدار قرار گرفتن این خازن نیز در فصل ۶ بیان خواهد شد.)

۳-۱۰- به هم بستن خازن‌ها

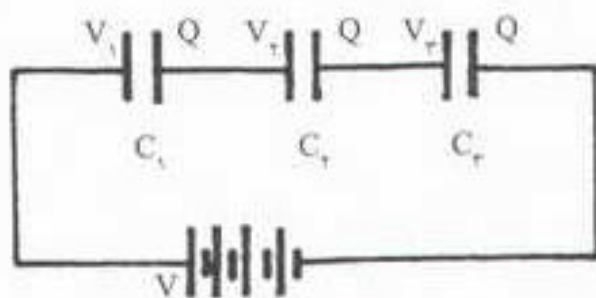
خازن‌ها را بسته به نوع استفاده از آن‌ها می توان به سه طریق «سری»، «موازی» و «مختلط» به هم متصل کرد. روش سری و موازی بستن آن‌ها در این قسمت بررسی می شود.

۳-۱۰-۱- اتصال سری و محاسبه ظرفیت معادل: در شکل ۳-۱۱ طرز به هم

بستن سری خازن‌ها را مشاهده می کنید. در اتصال سری، فاصله‌ی مؤثر بین صفحات بیش تر شده، ظرفیت معادل مجموعه‌ی خازنی کاهش می یابد. همان گونه که در شکل دیده می شود تنها دو صفحه‌ی ابتدا و انتهای مجموعه‌ی خازنی که به مولد بسته شده از مولد بار الکتریکی دریافت می کنند و صفحه‌های دیگر از طریق القاء دارای بار الکتریکی می شوند؛ بنابراین، اندازه‌ی بار الکتریکی همه‌ی خازن‌ها یکی است، اما اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه برابر حاصل جمع اختلاف پتانسیل‌های دو سر خازن‌ها است؛ یعنی:

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 \quad (۱)$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (۲)$$



شکل ۳-۱۱- اتصال سری خازن‌ها

می دانیم که:

$$V = \frac{Q}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} \quad (۳)$$

(۳)

$$V_r = \frac{Q}{C_r} \quad \text{«۳»}$$

$$V_r = \frac{Q}{C_r}$$

با قرار دادن روابط «۳» در رابطه‌ی «۲» رابطه‌ی «۴» حاصل می‌شود.

$$\frac{Q}{C_1} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} \quad \text{«۴»}$$

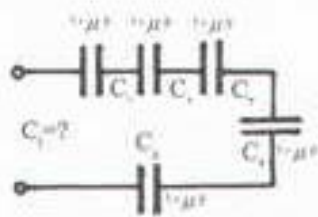
با حذف Q از دو طرف، رابطه چنین می‌شود:

$$\boxed{\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} \quad \text{«۵»}$$

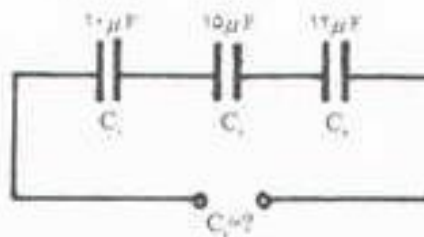
با رابطه‌ی «۵» ظرفیت خازن معادل را می‌توان محاسبه نمود. در صورتی که خازن‌ها با یک‌دیگر مساوی باشند رابطه‌ی ظرفیت خازن معادل برای n خازن چنین است:

$$C_1 = \frac{C}{n}$$

مثال ۵- ظرفیت معادل مدار شکل ۳-۱۲ و ۳-۱۳ را به دست آورید.



شکل ۳-۱۳



شکل ۳-۱۲

حل: مدار شکل ۳-۱۲:

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

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{12} = \frac{6+4+5}{60} = \frac{15}{60}$$

$$C_1 = \frac{60}{15} = 4 \mu F$$

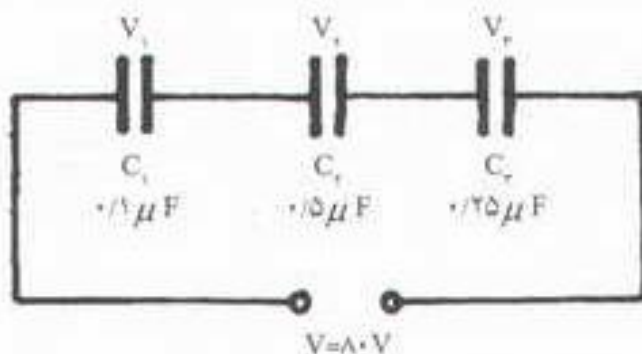
حل: مدار شکل ۳-۱۳:

$$C_1 = \frac{C}{n} = \frac{10 \mu F}{5}$$

$$C_1 = 2 \mu F$$

افت ولتاژ دو سر خازن‌ها در مدار سری با ظرفیت هر خازن نسبت معکوس دارد؛ یعنی، هرچه ظرفیت خازن کم‌تر باشد، مقدار شارژ روی آن بیش‌تر خواهد بود؛ به دیگر سخن، در مدار سری دو سر خازن‌های با ظرفیت کم‌تر، ولتاژ بیش‌تری نسبت به خازن‌های با ظرفیت بیش‌تر، افت می‌کند.

مثال ۶- در مدار شکل ۳-۱۴ در صورتی که همه‌ی خازن‌ها شارژ کامل باشند ولتاژ دو سر هر خازن را به دست آورید.



شکل ۳-۱۴

حل:

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{0.1} + \frac{1}{0.5} + \frac{1}{0.25} = \frac{5+1+2}{0.1} = \frac{8}{0.1}$$

$$C_1 = \frac{0.1}{8} \mu F$$

در مدار سری مقدار بار خازن‌ها یکسان و برابر است با: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = C_1 V =$

$$\frac{0.1 \times 80}{8} = 1 \mu C$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{1}{0.1} = 10V$$

$$V_r = \frac{Q_r}{C_r} = \frac{5}{.5} = 10V$$

$$V_r = \frac{Q_r}{C_r} = \frac{5}{.25} = 20V$$

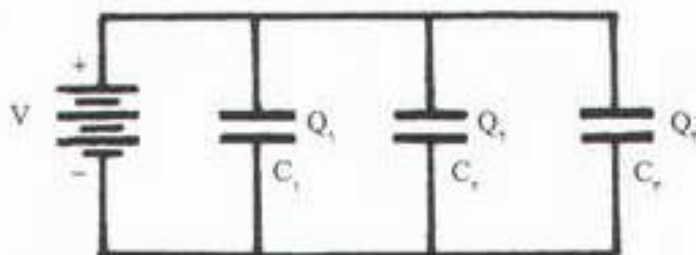
نتیجه گیری:

$$V = V_1 + V_r + V_r$$

$$V = 50 + 10 + 20 = 80V$$

با توجه به مقادیر محاسبه شده، کاملاً مشهود است که خازن C_1 که ظرفیت کمتری دارد شارژ بیشتری را به خود گرفته است (۵۰ ولت).

۳-۱۰-۲- اتصال موازی خازن‌ها و محاسبه‌ی ظرفیت معادل: در شکل ۳-۱۵ اتصال چند خازن به‌طور موازی نشان داده می‌شود. در اتصال موازی خازن‌ها سطح مؤثر صفحات زیادتر شده و ظرفیت معادل افزایش می‌یابد.



شکل ۳-۱۵

در اتصال موازی خازن‌ها اختلاف پتانسیل بین دو صفحه همه آن‌ها برابر ولتاژ منبع است، اما بار الکتریکی هر خازن متناسب با ظرفیت آن است یعنی:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (1)$$

با دانستن روابط (۲) و قرار دادن در رابطه (۱) به دست می‌آید:

$$Q = C_1 V \quad (2)$$

$$Q_1 = C_1 V$$

$$Q_2 = C_2 V$$

$$Q_3 = C_3 V$$

$$C_1 V = C_1 V + C_2 V + C_3 V$$

ولتاژ V را از دو طرف حذف می‌کنیم تا:

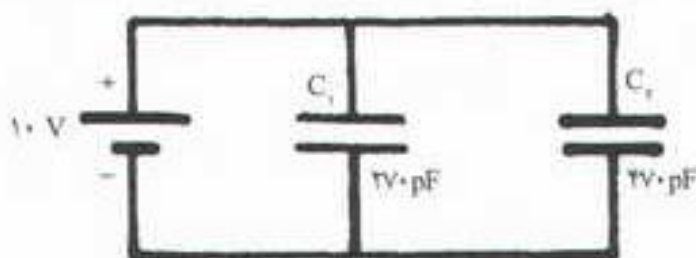
$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

در صورتی که خازن‌های موازی یکسان باشند ظرفیت کل برای n خازن برابر است

با:

$$C_T = nC$$

مثال ۷- در مدار شکل ۱۶-۳ ظرفیت کل، ولتاژ و بار دو سر هر خازن چه قدر است؟



شکل ۱۶-۳

حل: ظرفیت معادل برابر است با:

$$C_T = C_1 + C_2 = 270 + 470 = 740 \text{ PF}$$

$$V = V_1 = V_2 = 10 \text{ V}$$

مقدار بار هر خازن نیز به راحتی محاسبه می‌گردد:

$$Q_1 = C_1 V = 270 \times 10^{-12} \times 10 = 2.7 \times 10^{-9} \text{ کولن}$$

$$Q_2 = C_2 V = 470 \times 10^{-12} \times 10 = 4.7 \times 10^{-9} \text{ کولن}$$

مثال ۸- ظرفیت معادل ۱۵ خازن ۱۰۰۰ میکروفارادی را حساب کنید که به طور

موازی بسته شده‌اند:

$$C_T = nC_1$$

$$C_T = 15 \times 1000 \mu\text{F} = 15000 \mu\text{F}$$

خلاصه‌ی مطالب

ویژگی‌ها و قوانین خازن‌های سری و موازی در مدارهای DC

- | • مدار موازی | • مدار سری |
|--|---|
| ۱- شدت جریان تقسیم می‌شود. | ۱- شدت جریان یکسان است. |
| ۲- ولتاژ کلی برابر با ولتاژ دو سر هر خازن است. | ۲- بار ذخیره شده در هر خازن برابر با بار کلی است. |
| ۳- بار کلی برابر با مجموع بارهای جزء است. | ۳- ولتاژ کلی برابر مجموع ولتاژهای جزء است. |
| ۴- ظرفیت کل افزایش می‌یابد. | ۴- ظرفیت کل کاهش می‌یابد. |

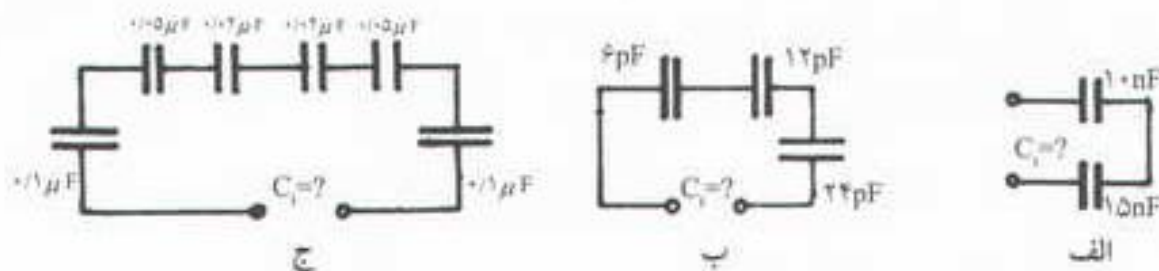
- * خازن از دو هادی که به وسیله‌ی عایقی از هم جدا شده و بین آن‌ها اختلاف پتانسیلی وجود دارد، تشکیل می‌شود.
- * واحد اصلی ظرفیت خازن فاراد است. واحدهای کوچک‌تر میکروفاراد و پیکوفاراد و نانوفاراد هستند.
- * خازن‌ها بار الکتریکی را در خود ذخیره می‌کنند. (شارژ).
- * در خازن شارژ شده یک میدان و یک نیروی الکترواستاتیکی بین دو صفحه وجود دارد.
- * در یک مدار DC هیچ وقت جریان از دی الکتریک عبور نمی‌کند.
- * مسیر دشارژ سبب تخلیه‌ی خازن می‌شود.
- * فرمول ظرفیت خازن $C = \frac{Q}{V}$ است.
- * عایق بین دو صفحه را دی الکتریک می‌گویند.
- * رابطه‌ی انرژی ذخیره شده $W = \frac{1}{2}CV^2$ است.
- * انواع خازن‌های ثابت شامل، میکا، سرامیک، کاغذی و... است.
- * انواع خازن‌های متغیر شامل خازن هوا و تریمر است.
- * برای راه‌اندازی بعضی از الکتروموتورهای تک‌فاز از خازن راه‌انداز استفاده می‌شود.
- * خازن دائمی یا کار در تمام مدت کار موتور در مدار باقی می‌ماند.

پرسش

- ۱- ساختمان خازن را شرح دهید.
- ۲- شارژ و دشارژ را تعریف کنید.
- ۳- میدان الکترواستاتیکی چگونه پدید می آید؟
- ۴- چرا دی الکتریک را در خازن به کار می بریم؟
- ۵- انواع خازن های ثابت و متغیر را نام ببرید.
- ۶- رابطه ی انرژی ذخیره شده در خازن را بنویسید و تجزیه و تحلیل کنید.
- ۷- ویژگی های مدار سری و موازی خازنی را با یکدیگر مقایسه کنید.

مسائل

۱- در مدارهای شکل ۱۷-۳ مقدار C_1 را حساب کنید.



شکل ۱۷-۳

(جواب: «الف»: 6 nF , «ب»: $\frac{24}{7}\text{ pF}$, «ج»: $6/25\text{ nF}$)

۲- مقدار 4 فاراد بر حسب پیکوفاراد و میکروفاراد را به دست آورید.

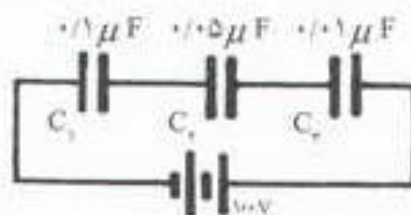
(جواب: $4 \times 10^6\text{ }\mu\text{F}$, $4 \times 10^{11}\text{ pF}$)

۳- مقدار 2 پیکوفاراد چند میکروفاراد است؟

(جواب: $2 \times 10^{-6}\text{ }\mu\text{F}$)

۴- ولتاژ دو سر هر خازن مدار شکل ۱۸-۳ در صورت شارژ بودن همه ی آنها

چقدر است؟

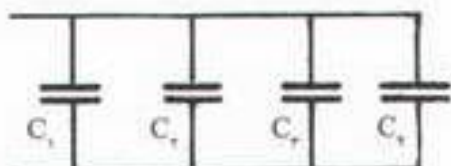


شکل ۱۸-۳

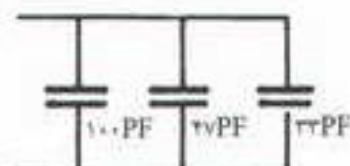
(جواب: $V_r = \frac{1000}{13}$, $V_r = \frac{1000}{65}$, $V_i = \frac{100}{13}$ V)

۵- در مدارهای شکل ۳-۱۹ مقدار C_i چه قدر است؟

$C_i = C_r = C_p = C_s = 10 \mu F$



ب



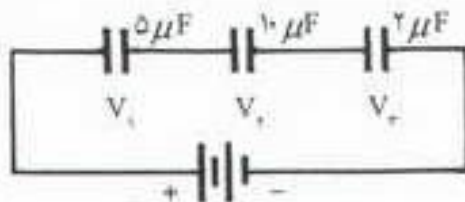
الف

شکل ۳-۱۹

(جواب: «الف»: 180 pF و «ب»: $40 \mu F$)

۶- در مدار شکل ۳-۲۰ الف - C_i چه قدر است؟ ب - اگر مقدار بار ذخیره شده

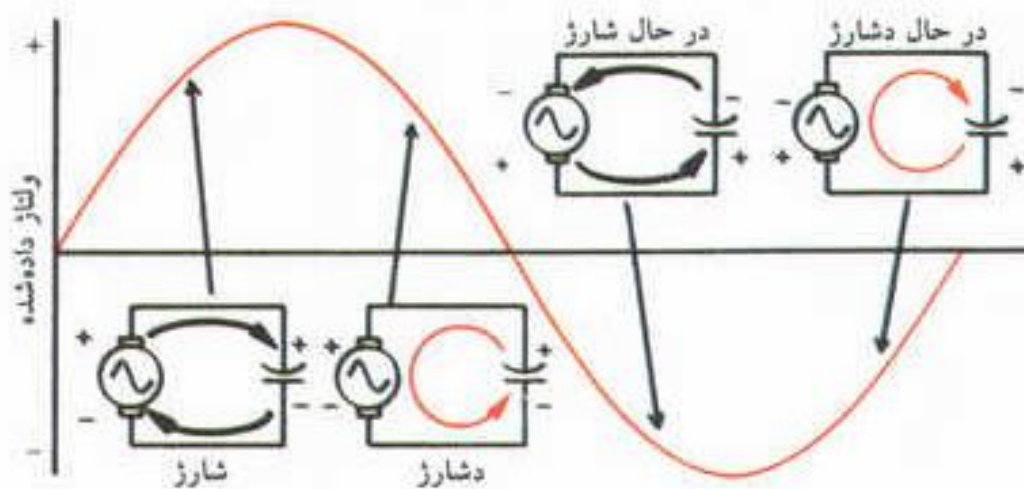
در مجموعه‌ی خازن‌ها ۱۰۰ میکروکولن باشد ولتاژ دو سر هر خازن چه قدر است؟



شکل ۳-۲۰

(جواب: $V_p = 50 \text{ V}$, $V_r = 10 \text{ V}$, $V_i = 20 \text{ V}$, $C_i = 1/25 \text{ F}$)

مدارهای جریان متناوب متناوب خازنی



وقتی خازنی به منبع تغذیه‌ی AC وصل شود، به طور متناوب در جهات متفاوت شارژ و دشارژ می‌شود.

فصل چهارم

خازن در جریان متناوب (AC)

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

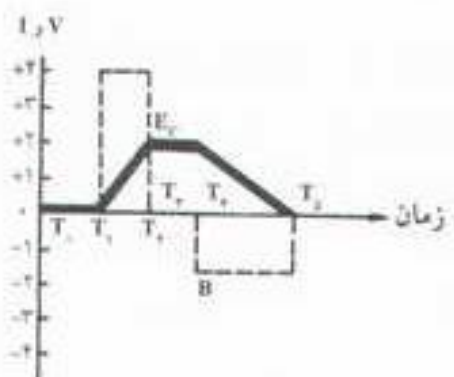
- ۱- منحنی تغییرات ولتاژ و جریان خازن را در مداری با منبع ولتاژ DC متغیر، از روی شکل توضیح دهد.
- ۲- منحنی تغییرات ولتاژ نسبت به جریان عبوری از خازن، در مداری با منبع ولتاژ متناوب (سینوسی) را از روی شکل شرح دهد.
- ۳- روش اتصال خازن‌ها را به شکل سری و موازی در مدار با ولتاژ متناوب، شرح داده مقدار ظرفیت معادل را در هر دو روش محاسبه نماید.

۴- خازن در جریان متناوب (AC)

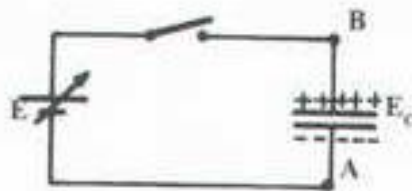
۴-۱- مدارهای جریان متناوب خازنی

در فصل «۳» عمل خازن در جریان مستقیم بررسی شد. اکنون چگونگی عمل خازن به هنگام وارد شدن جریان متناوب، به آن وارد و بررسی می‌شود. در این قسمت به روابط فازی بین جریان و ولتاژ و عکس‌العمل خازنی می‌پردازیم.

با توجه به شکل ۴-۱ خازن را به منبع ولتاژ DC متغیر وصل کرده‌ایم. در شکل ۴-۲ منحنی تغییرات ولتاژ دو سر خازن نسبت به جریانی که خازن را شارژ می‌کند، رسم شده است. خط معتمد، ولتاژ و خط مقطع، جریان را نشان می‌دهد. جریان عبوری از خازن سبب شارژ خازن می‌شود و در جهت عکس «ولتاژ حاصل از شارژ خازن» عمل می‌کند. برای درک بهتر مطلب، عمل خازن را در مدار شکل ۴-۱ با افزایش و کاهش ولتاژ منبع بررسی می‌کنیم. از زمان T_1 تا T_2 کلید باز است؛ بنابراین، ولتاژ و جریان مدار هر دو صفر است. از T_2 تا T_3 کلید را بسته، ولتاژ منبع را به صورت خطی (یک‌نواخت) از صفر افزایش می‌دهیم.



شکل ۴-۲- منحنی تغییرات ولتاژ و جریان خازن.



شکل ۴-۱

(خط ممند). ولتاژ لحظه‌ای در T_1 صفر (حداقل شارژ روی خازن) است. این ولتاژ سبب می‌شود حداکثر جریان (خط مقطع) در مدار جاری شود و خازن را شارژ کند. چون ولتاژ داده شده به صورت یک‌نواخت اضافه می‌شود، الکترون‌ها به تدریج صفحه‌ی B خازن را ترک می‌کنند و روی صفحه‌ی A جمع می‌شوند. این عمل به طور یک‌نواخت ادامه می‌یابد تا نیروی مخالف، تولید شود. ولتاژ E_c همان ولتاژ شارژ خازن است. وقتی ولتاژ داده شده در یک مقدار مثبت‌نگه داشته شود، جریانی جاری نمی‌شود؛ بنابراین، از T_1 تا T_2 ولتاژ خازن برابر است با ولتاژ داده شده، هم‌چنین جریان خازن صفر است.

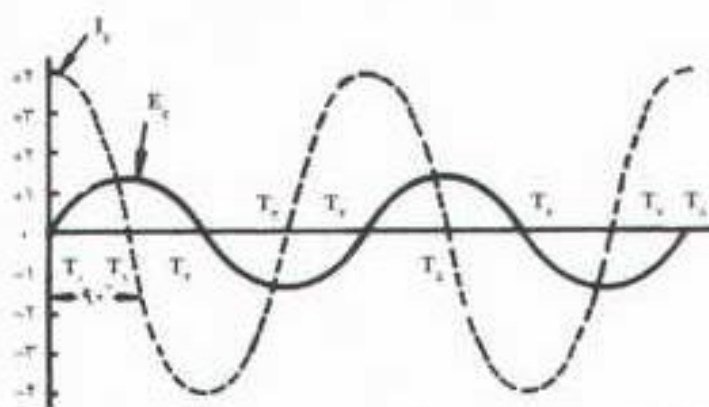
اکنون اگر از T_2 تا T_3 ولتاژ داده شده را به طور یک‌نواخت کاهش دهیم خازن در طول این زمان خالی می‌شود. توجه داشته باشید که این زمان دو برابر طول زمان T_1 تا T_2 است؛ از این رو، خازن با یک جریان یک‌نواخت خالی می‌شود، در حالی که از نظر زمان دو برابر شارژ شدن طول می‌کشد و از لحاظ دامنه نصف دامنه‌ی شارژ شدن است. چنانچه یک آمپر متر عقربه‌ای و یک ولت متر عقربه‌ای به مدار اضافه کنیم و با تغییر ولتاژ منبع به حرکت عقربه‌های ولت متر و آمپر متر توجه داشته باشیم، در می‌یابیم که به محض وصل کلید عقربه‌ی آمپر متر، ماکزیمم جریان عبوری را نشان می‌دهد؛ در صورتی که در همان لحظه عقربه‌ی ولت متر، صفر را نشان می‌دهد.

حال، یک منبع ولتاژ متناوب (سینوسی) را مطابق شکل ۴-۳ به خازن وصل می‌کنیم.



شکل ۴-۳- اتصال خازن به ولتاژ متناوب

اکنون، تغییرات لحظه‌ای ولتاژ و جریان را در مدار شکل ۴-۴ بررسی می‌کنیم: جریان لحظه‌ای در T_1 حداکثر (+۴) و ولتاژ صفر است. از T_1 تا T_2 خازن شروع به شارژ شدن می‌کند و به مقدار ماکزیمم خود (+۱/۵) می‌رسد؛ در حالی که جریان با شارژ



شکل ۴-۴- منحنی تغییرات ولتاژ نسبت به جریان عبوری از خازن

شدن تدریجی خازن از حداکثر به صفر می‌رسد. از این لحظه به بعد یعنی T_2 تا T_3 خازن شروع به دشارژ شدن می‌کند و ولتاژش به صفر می‌رسد؛ حال آن که جریان در جهت مخالف حالت اولیه به مقدار ماکزیمم می‌رسد. از T_3 تا T_4 قطب‌های ولتاژ داده شده جهت جریان را معکوس می‌کند. این عمل سبب می‌گردد خازن خالی شود و دوباره با قطب‌های معکوس پر گردد. از T_4 تا T_5 جهت جریان خازن مخالف جهت جریان از T_1 تا T_2 است. با توجه به مطالب یاد شده این نتیجه حاصل می‌شود که با یک موج سینوسی داده شده به خازن وقتی جریان صفر است، خازن از حداکثر شارژ برخوردار است (T_1 تا T_2)؛ هم‌چنین با ولتاژ صفر در روی خازن، دارای جریان حداکثر مقدار خود است. (T_3 تا T_4). منحنی ولتاژ و جریان، هر دو به صورت سینوسی تغییر می‌کنند؛ به طوری که جریان از ولتاژ به اندازه‌ی ۹۰ درجه جلوتر یا تقدم فاز دارد. با توجه‌ی دقیق به منحنی‌های ولتاژ و جریان، این نتیجه به دست می‌آید که خازن هنگامی که ولتاژ زیاد می‌شود (چه در جهت مثبت و چه در جهت منفی) انرژی ذخیره می‌کند و هنگامی که ولتاژ داده شده کاهش می‌یابد (زمان‌های T_1 تا T_2 و T_3 تا T_4) در هر سیکل انرژی ذخیره شده را پس می‌دهد. مخالفت خازن در مقابل جاری شدن جریان را «عکس‌العمل راکتانس» یا «مقاومت خازنی» می‌گویند و آن را با X_C نمایش می‌دهند.

۲-۴- اتصال خازن‌ها در مدار متناوب

خازن‌ها را در مدار متناوب برای رسیدن به هدف مورد نظر به روش‌های سری، موازی و سری موازی قرار می‌دهند. در این قسمت اتصال خازن‌ها به صورت سری و موازی بررسی می‌شوند.

۱-۲-۴- اتصال خازن‌ها به شکل سری و محاسبه‌ی ظرفیت معادل: اگر بخواهیم

مقدار ظرفیت خازنی کوچک‌تری در مدار قرار بگیرد، می‌توان چند خازن را به طور سری در مدار وصل نمود تا ظرفیت مورد نظر به دست آید. فرمول محاسبه‌ی ظرفیت معادل عیناً همانند فرمول محاسبه‌ی ظرفیت معادل برای چند خازن سری در مدار با جریان مستقیم است:

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

۲-۲-۴- اتصال خازن‌ها به طور موازی و محاسبه‌ی ظرفیت معادل: اگر بخواهیم

مقدار ظرفیت خازنی بزرگتری در مدار قرار گیرد، می‌توان چند خازن را به طور موازی در مدار وصل کرد تا ظرفیت مورد نظر به دست آید. فرمول محاسبه‌ی ظرفیت معادل، درست همانند فرمول محاسبه‌ی ظرفیت معادل برای چند خازن موازی در مدار با جریان مستقیم است:

$$C_1 = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

خلاصه‌ی مطالب

- * جریان متناوب سبب می‌شود که پلاریته‌ی دو سر خازن، پی‌درپی عوض شود.
- * جریان متناوب از خازن به راحتی عبور می‌کند.
- * خازن همیشه با تغییر ولتاژ مخالف است.
- * جریان عبوری از خازن، از ولتاژ دو سر آن ۹۰ درجه جلوتر است.
- * مخالفت خازن در مقابل جاری شدن جریان را «زاکنانس» یا «مقاومت خازنی» نامند.

* ظرفیت خازنی معادل برای n خازن سری از این رابطه به دست می‌آید:

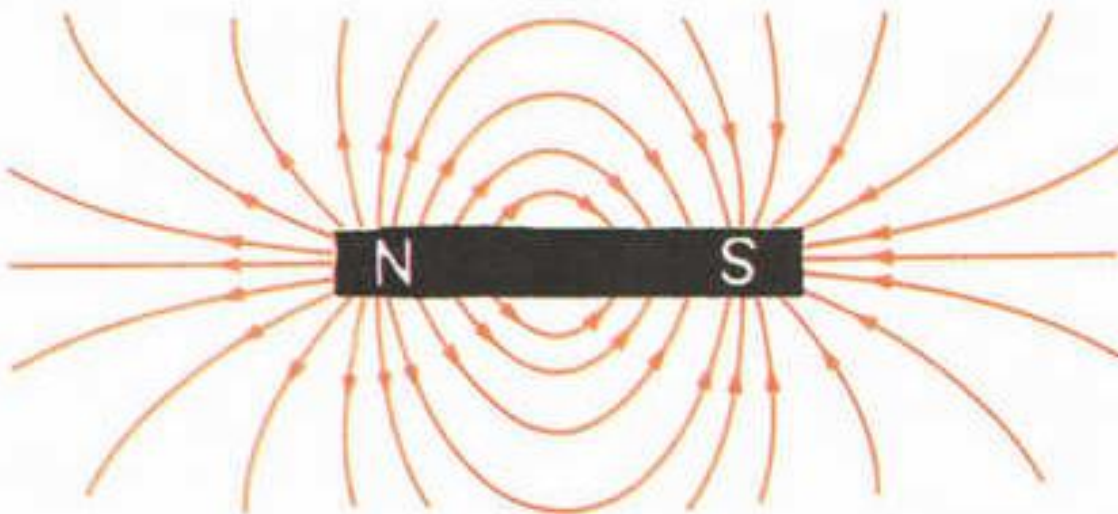
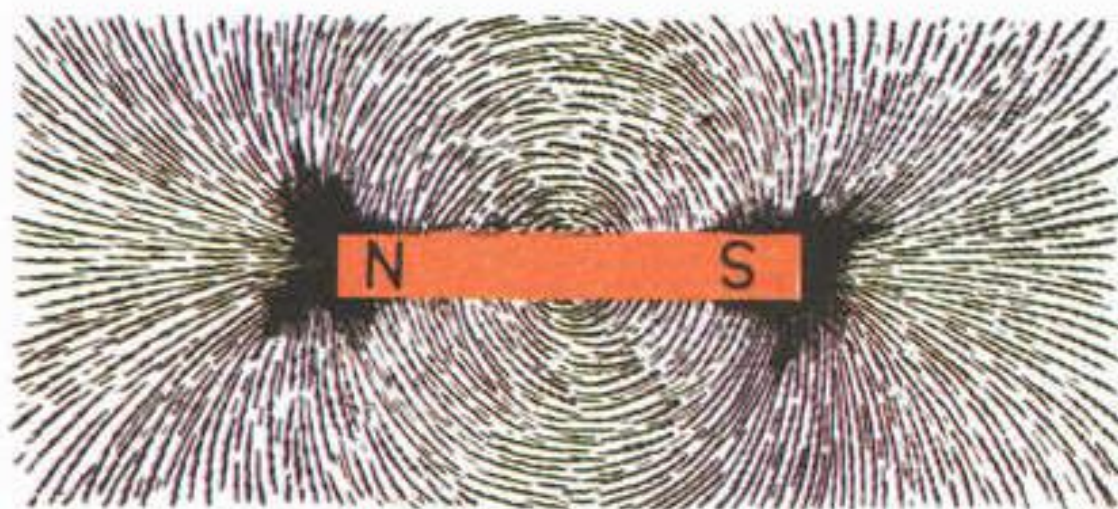
$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

* ظرفیت خازنی معادل برای n خازن موازی از این فرمول به دست می‌آید:

$$C_1 = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

پرسش

- ۱- تغییرات ولتاژ و جریان خازن را در مدارى با ولتاژ مستقیم متغیر، از روی شکل شرح دهید.
- ۲- منحنی تغییرات ولتاژ نسبت به جریان عبوری از خازن را در مدار متناوب از روی شکل شرح دهید.
- ۳- مفهوم عوض شدن پلاریته‌ی دو سر خازن در مدار متناوب را بیان کنید.
- ۴- در مدار متناوب موقعیت جریان عبوری از خازن نسبت به ولتاژ دو سر آن چیست؟
- ۵- فرمول ظرفیت معادل را برای خازن‌های سری و موازی بنویسید.



فصل پنجم

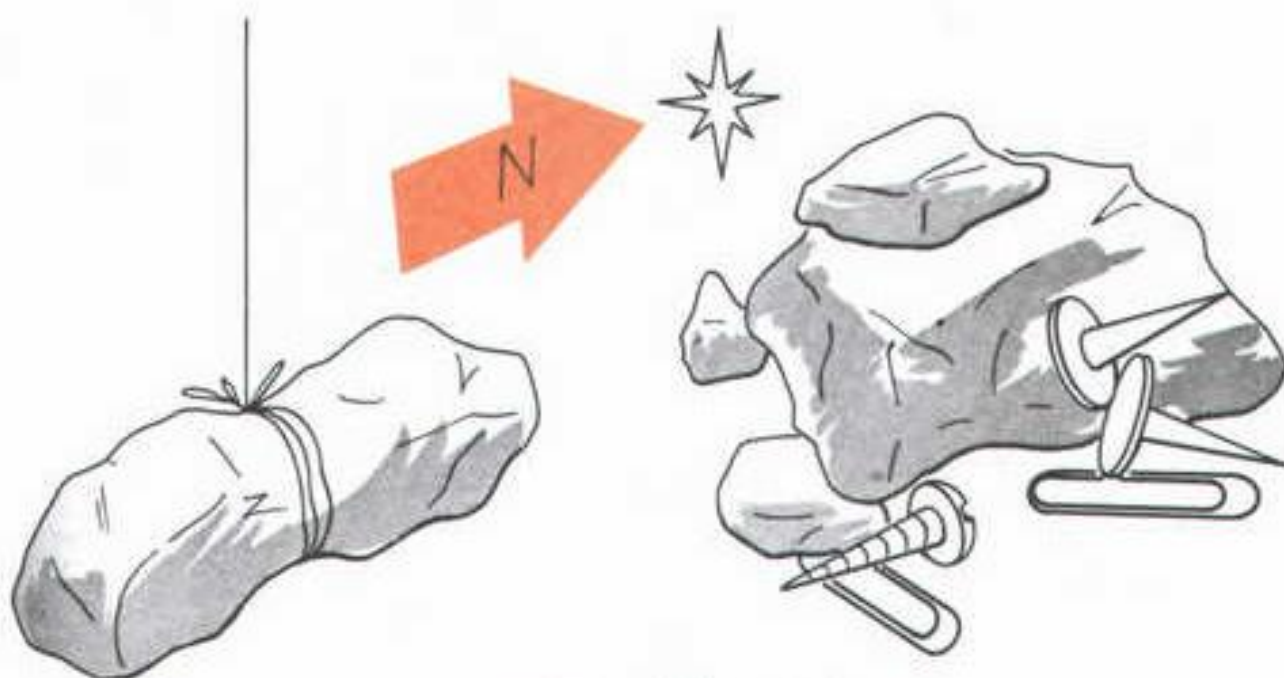
مغناطیس و الکترومغناطیس

- پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:
- ۱- میدان الکتریکی و میدان مغناطیس بار الکتریکی الکترون را شرح دهد.
 - ۲- مولکول مغناطیسی را شرح دهد.
 - ۳- اجسام مغناطیسی را نام ببرد.
 - ۴- روش‌های ساختن مغناطیس و از بین بردن خاصیت مغناطیسی آهن‌ربا را شرح دهد.
 - ۵- خطوط میدان و میدان مغناطیسی را تعریف کند.
 - ۶- پوشش مغناطیسی را شرح دهد.
 - ۷- الکترومغناطیس را تعریف کند.
 - ۸- اثر الکترومغناطیس در سیم را توضیح دهد.
 - ۹- چگونگی تعیین جهت میدان در سیم را بیان کند.
 - ۱۰- اثر الکترومغناطیس در دو سیم جریان‌دار را شرح دهد.
 - ۱۱- اثر الکترومغناطیس در حلقه را توضیح دهد.
 - ۱۲- اثر الکترومغناطیس در بوبین را شرح دهد؛ نیز دلیل قوی‌تر شدن میدان مغناطیسی بوبین با هسته‌ی مغناطیسی را توضیح دهد.
 - ۱۳- کاربردهای مغناطیس را نام ببرد و ساختمان ساده‌ی هریک از وسایلی که با مغناطیس کار می‌کنند به اختصار توضیح دهد.

۵- مغناطیس و الکترومغناطیس

۵-۱- سنگ آهن مغناطیسی

یونانیان قدیم سنگ آهن مغناطیسی را در دو هزار سال پیش کشف کردند. چون



شکل ۱-۵- سنگ آهن مغناطیسی

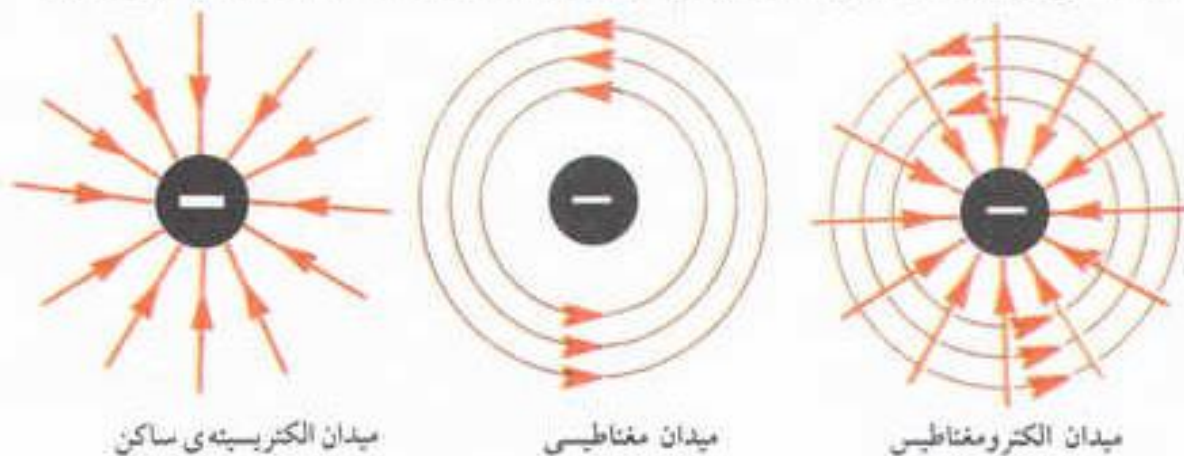
سنگ‌هایی که آهن را جذب می‌کنند در ناحیه‌ی «مگنتریا» در آسیای صغیر پیدا شده بود. آن را «مغناطیس» نام نهادند. بعدها دریافتند که اگر این سنگ را به وسیله‌ی نخ آویزان کنند به خودی خود جنوب و شمال را مشخص می‌کند؛ از این رو، این سنگ را «سنگ راهنما» یا «آهن‌ریا» نامیدند. پس آهن‌ریا در اصل، مغناطیس طبیعی است که اجسام مغناطیسی را جذب می‌کند. فرمول شیمیایی سنگ آهن مغناطیسی: Fe_3O_4 است.

۲-۵- میدان الکترومغناطیسی

نیروهای الکتریکی و مغناطیسی به یک‌دیگر مربوطند، اما کاملاً با یک‌دیگر تفاوت دارند. نیروهای مغناطیسی و نیروهای الکترواستاتیک تا هنگامی که حرکتی وجود نداشته باشد بر یک‌دیگر بی‌اثرند، ولی چنانچه میدان نیروی هریک از آن‌ها متحرک باشد، تأثیر متقابل بر هم می‌گذارند. چون الکترون کوچک‌ترین جزء هر اتم است، نظریه‌ای برای تشریح رابطه‌ی بین الکتریسیته و مغناطیس پدید آمده است که به آن «نظریه‌ی الکترومغناطیس» می‌گویند.

می‌دانیم که الکترون دارای بار منفی است. این بار خطوط نیروی الکتریکی‌ای تولید می‌کند که از تمام جهات به الکترون وارد می‌شوند. بار گردنده نیز به علت حرکت وضعی در اطراف خود میدان مغناطیسی تولید می‌کند. این میدان به صورت دوابر «هم‌مرکز» در

دور الکترون نشان داده می‌شود. در هر نقطه، خطوط نیروی الکتریکی و خطوط نیروی مغناطیسی بر یکدیگر عمودند. به ترکیب این دو میدان، «میدان الکترومغناطیسی» می‌گویند.



میدان الکتریکی ساکن

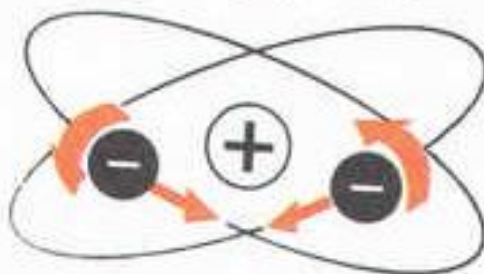
میدان مغناطیسی

میدان الکترومغناطیسی

شکل ۲-۵- میدان الکترومغناطیسی

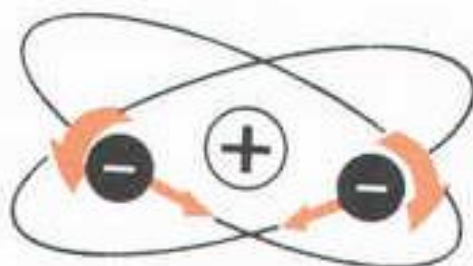
۵-۳- مولکول مغناطیسی

عناصر آهن، نیکل، کبالت، کادمیم و دیسپرنسیم تنها انواع فلزات مغناطیسی طبیعی هستند. اما چون تمام عناصر الکترون دارند، این پرسش پیش می‌آید: «چرا همه‌ی اجسام خاصیت مغناطیسی (آهن ربایی) ندارند؟» جواب این است که هر جفت الکترون در مدارها دارای گردش وضعی مخالف یکدیگر هستند؛ بنابراین، میدان‌های مغناطیسی مخالف هم ایجاد می‌کنند که یکدیگر را خنثی می‌کنند. اما ممکن است این گمان پیش آید که فقط اجسامی که تعداد الکترون‌هایشان فرد است خاصیت مغناطیسی دارند؛ در حالی که اگر این اتم‌ها می‌توانستند به صورت مجزا باشند این گمان درست بود. اما هنگامی که اتم‌ها با یکدیگر ترکیب می‌شوند تا مولکول تشکیل دهند خود را به صورتی درمی‌آورند تا ۸ الکترون والانس داشته باشند و در نتیجه‌ی چرخش‌های وضعی الکترون‌ها در اغلب اجسام میدان مغناطیسی هم‌دیگر را خنثی می‌کنند. در شکل ۳-۵ حرکت وضعی جفت الکترون‌ها باعث خنثی شدن اثر مغناطیسی آن‌ها می‌شود.



شکل ۳-۵- اتم غیر مغناطیسی

بنا به دلایلی، این حالت در فلزات یاد شده، وجود ندارد. هنگامی که اتم‌های این فلزات بایکدیگر ترکیب می‌شوند به صورت یون در می‌آیند و الکترون‌های والانس خود را طوری به اشتراک می‌گذارند که بسیاری از میدان‌های مغناطیسی حاصل از چرخش‌های وضعی الکترون‌ها یکدیگر را خنثی نمی‌کنند، بلکه به یکدیگر اضافه می‌شوند. این عمل باعث به وجود آمدن ذرات مغناطیسی در فلز می‌شود. به ذرات مغناطیسی «مولکول‌های مغناطیسی» نیز می‌گویند. این مولکول‌های مغناطیسی، درست همانند یک مغناطیس کوچک عمل می‌کنند. اگرچه آهن، نیکل و کبالت تنها اجسام مغناطیسی طبیعی هستند، می‌توان با روش‌های مخصوص، ترکیباتی را ساخت و به آن‌ها خاصیت آهن‌ربایی داد. در شکل ۴-۵ در مولکول‌های مغناطیس، حرکت وضعی الکترون‌ها به گونه‌ای است که میدان‌های مغناطیسی هم‌دیگر را خنثی نمی‌کنند؛ بنابراین، مولکول خاصیت مغناطیسی دارد.

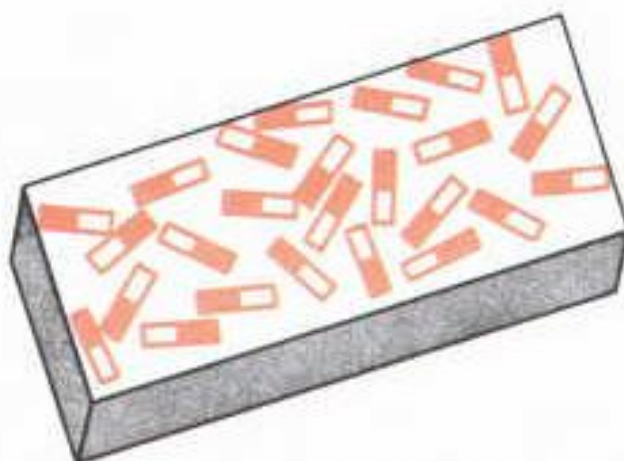


شکل ۴-۵- اتم مغناطیسی

۴-۵- خواص مغناطیسی اجسام

کلیه اجسام در طبیعت از نظر خواص مغناطیسی به دو دسته تقسیم می‌شوند: «اجسام مغناطیسی» و «اجسام غیرمغناطیسی».

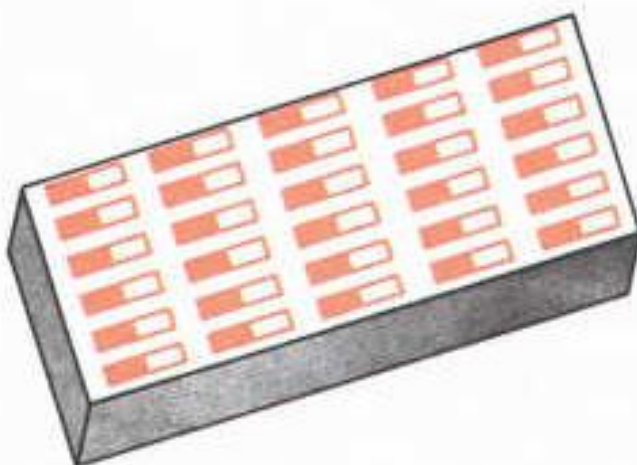
۱-۴-۵- اجسام مغناطیسی: اجسامی که خواص آهن‌ربایی از خود نشان می‌دهند دارای خاصیت مغناطیسی یا آهن‌ربایی هستند. از جمله‌ی این مواد، آهن و آلیاژهای آهن است که به آن‌ها مواد «فرومغناطیسی» می‌گویند. («فرو» در یونانی به معنی «آهن» است). اجسام مغناطیسی، مولکول‌های مغناطیسی دارند؛ از این رو ظاهراً باید همیشه مانند مغناطیس عمل کنند؛ در حالی که چنین نیست. این بدان علت است که در وضعیت عادی، مولکول‌های مغناطیسی به طور پراکنده و نامرتب در جسم قرار دارند و در نتیجه، میدان‌های مغناطیسی مولکول‌ها یکدیگر را خنثی می‌کنند؛ بنابراین، فلز خاصیت مغناطیسی ندارد. در شکل ۵-۵ مولکول‌های مغناطیسی فلز مغناطیس نشده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۵-۵- فلز مغناطیس نشده

اگر تمام مولکول‌های مغناطیسی «هم جهت» قرار بگیرند، میدان‌های مغناطیسی آن‌ها بایکدیگر جمع می‌شود و در آن صورت فلز مغناطیس می‌شود. اگر فقط بعضی از مولکول‌ها هم جهت باشند، میدان مغناطیسی ضعیف تولید می‌شود. در نتیجه، می‌توان میزان مغناطیس شدن یک جسم مغناطیسی را کم و زیاد کرد. در شکل ۵-۶ مولکول‌های مغناطیسی منظم شده در فلز مغناطیس نشان داده شده است.

۲-۴-۵- اجسام غیر مغناطیسی: برخی از اجسام تقریباً خاصیت مغناطیسی ندارند. این اجسام را «اجسام غیر مغناطیسی» می‌نامند؛ مانند روی و چوب. اجسام غیر مغناطیسی به دو گروه: «پارامغناطیس» و «دیامغناطیس» تقسیم می‌شوند.



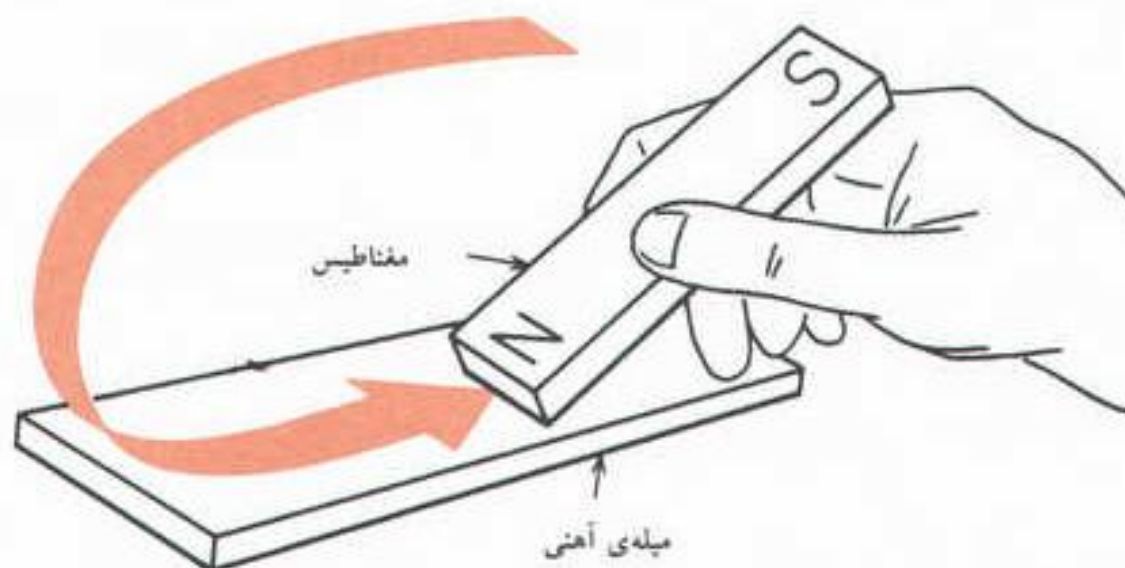
شکل ۵-۶- فلز مغناطیس شده

هرگاه چند ماده‌ی غیر مغناطیسی را به یک آهن ربای بسیار قوی نزدیک کنیم، برخی از آن‌ها به آرامی جذب و برخی دیگر به آرامی دفع می‌شوند. البته این جذب و دفع‌ها ممکن است آن قدر ضعیف و کند باشد که به چشم دیده نشود. موادی که فقط به مقدار خیلی جزئی جذب آهن‌ربا می‌شوند به «مواد پارامغناطیس» موسومند، مانند چوب، اکسیژن، آلومینیم و پلاتین. موادی که فقط به مقدار خیلی جزئی از آهن‌ربا دفع می‌شوند «مواد دیا مغناطیس» نامیده می‌شوند؛ مانند روی، نمک، طلا، و جیوه.

۵-۵- آهن‌رباهای مصنوعی

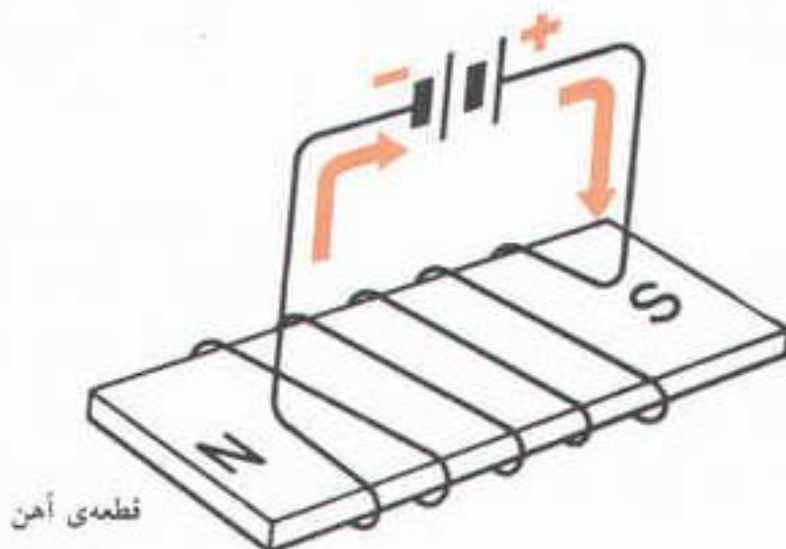
چون جسم مغناطیسی را می‌توان با منظم کردن مولکول‌های مغناطیسی اش مغناطیسی کرد، بهترین راه انجام این عمل، وارد کردن نیروی مغناطیسی است. این نیرو بر میدان مغناطیسی هر مولکول تأثیر می‌گذارد و همه‌ی آن‌ها را در یک جهت منظم می‌کند. ساخت آهن‌رباهای مصنوعی به دو روش امکان‌پذیر است: ۱- مالش مغناطیسی، ۲- جریان الکتریکی.

۱-۵-۵- مالش مغناطیسی: هنگامی که مغناطیسی به سطح یک آهن مغناطیس نشده، مطابق شکل ۵-۷، مالش داده شود میدان مغناطیسی، مولکول‌های آهن را مرتب می‌کند و آهن مغناطیسی می‌شود.



شکل ۵-۷- مغناطیس در اثر مالش مغناطیس.

۲-۵-۵- جريان الكتريكي: اگر سيمي را به دور يك قطعه آهن مغناطيس نشده بپیچیم و دو سر سیم را به یک منبع ولتاژ DC وصل کنیم جريان الكتريكي ميدان مغناطيسي توليد می کند و باعث منظم شدن مولكول های مغناطيسي آن می شود. در شکل ۸-۵ چگونگی توليد قطعه ی مغناطيسي به وسیله ی جريان الكتريكي DC نشان داده شده است.



شکل ۸-۵- کاربرد جريان DC جهت توليد مغناطيس.

هنگامی که جسم مغناطيس شده خاصيت مغناطيسي خود را برای مدت طولانی حفظ کند به آن «مغناطيس دايمي» می گویند و اگر به سرعت خاصيت مغناطيسي خود را از دست بدهد «مغناطيس موقتي» نام دارد. آهن سخت یا فولاد، مغناطيس های دايمي خوبی هستند. آهن نرم برای مغناطيس های موقتي به کار برده می شود.

۶-۵- روش های مختلف از بين بردن خاصيت مغناطيسي آهن ربا

برای این که خاصيت مغناطيسي آهن ربا را از بين ببریم، بايد مولكول های مغناطيسي آن را دوباره به صورت نامرتب در آوریم تا ميدان های شان در خلاف جهت يکديگر قرار گیرند. این عمل به سه روش انجام می گیرد: ۱- ضربه ی سخت ۲- گرما ۳- جريان الكتريكي متناوب.

۱-۶-۵- ضربه ی سخت: اگر به آهن ربا ضربه ی سختی وارد کنیم، نیروی وارد شده، مولكول ها را به شدت تکان می دهد و باعث به هم خوردن نظم و ترتيب آنها می شود. گاهی اوقات لازم است ضربه را چند بار وارد کنیم.



شکل ۹-۵- ختنی کردن اثر مغناطیسی آهن‌ریا با زدن ضربه

۲-۶-۵- گرما: اگر آهن‌ریا را گرم کنیم، انرژی حرارتی باعث خواهد شد که مولکول‌های مغناطیسی نوسان کنند و در نتیجه ترتیبشان به هم بخورد.

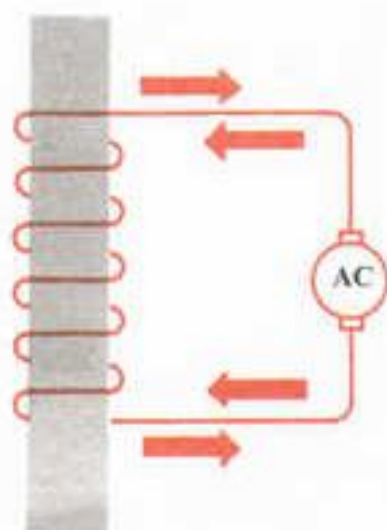


شکل ۱۰-۵- ختنی کردن اثر مغناطیسی آهن‌ریا به وسیله‌ی گرما

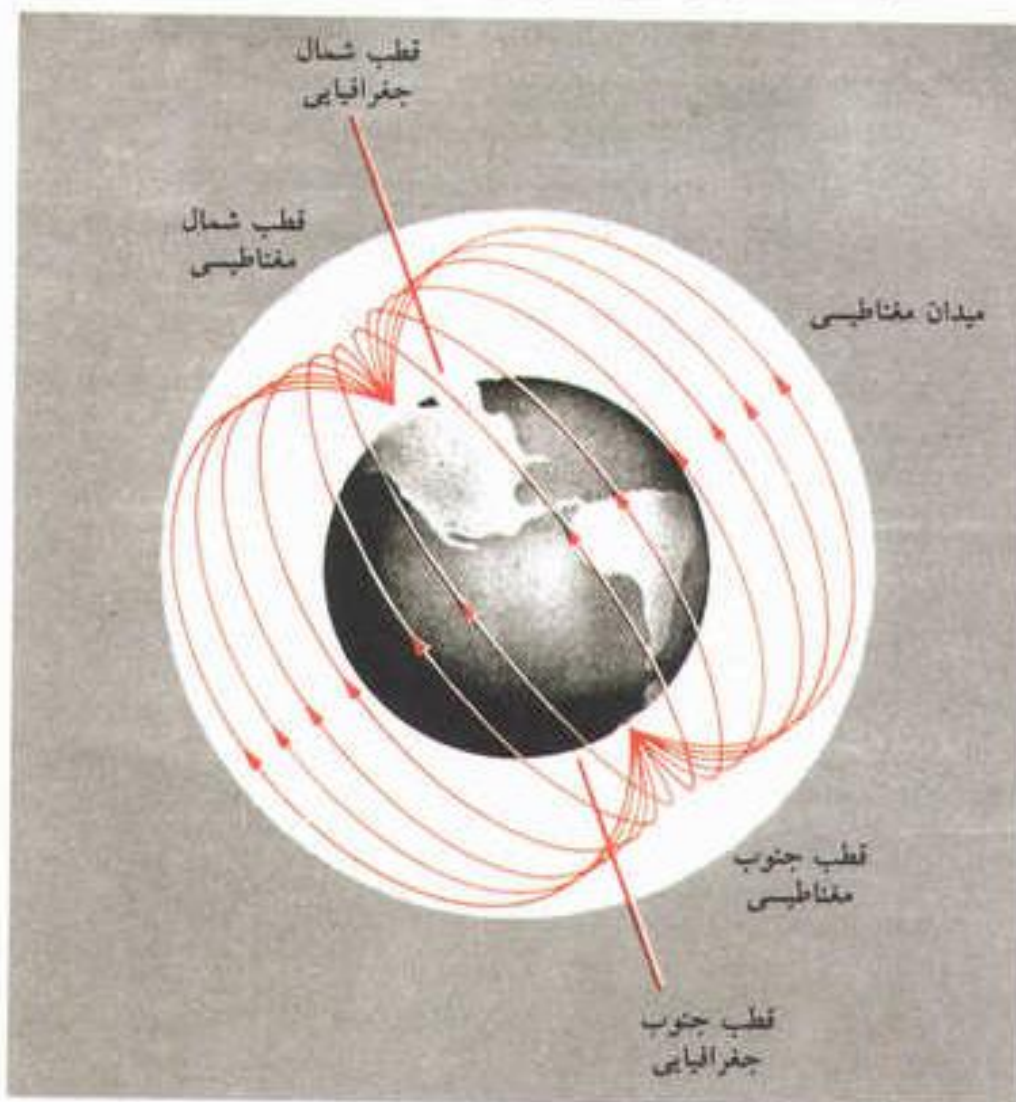
۳-۶-۵- جریان الکتریکی متناوب (AC): اگر مغناطیس را در میدانی مغناطیسی قرار دهیم که جهتش به سرعت تغییر کند، نظم مولکول‌ها به هم خواهد خورد، زیرا مولکول‌ها از میدان پیروی می‌کنند. میدان مغناطیسی متغیر را می‌توان به وسیله‌ی جریان متناوب تولید کرد. این مطلب در جای خود توضیح داده خواهد شد.

۷-۵- میدان مغناطیسی زمین

زمین جرمی چرخنده است (حرکت وضعی دارد) و در اطراف خود میدان مغناطیسی تولید می‌کند. بدین صورت که مغناطیسی در مرکز آن به صورتی قرار گرفته که یک طرف آن در نزدیکی قطب شمال و سر دیگر آن در نزدیکی قطب جنوب است.



شکل ۵-۱۱- خنثی کردن اثر مغناطیسی به وسیلهی جریان متناوب (AC).

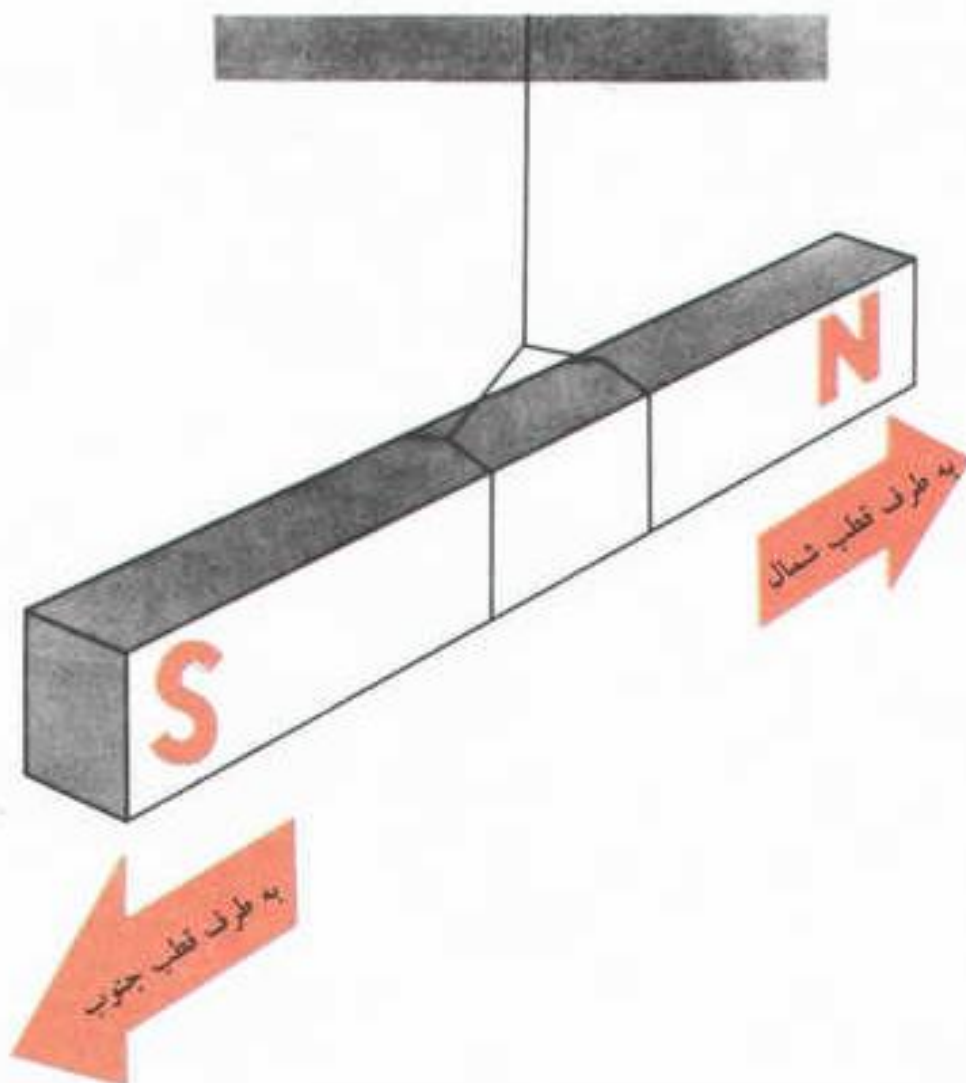


شکل ۵-۱۲- میدان مغناطیسی زمین.

۵-۸- قطب‌های مغناطیس

خاصیت مغناطیسی آهن‌ریا در تمام نقاط آن یکسان نیست، بلکه در دو انتهای آن قوی و در وسط ضعیف است. نواحی‌ای که خاصیت مغناطیسی در آن‌ها زیادتر از قسمت‌های دیگر است «قطب‌های آهن‌ریا» (قطب‌های مغناطیسی) نامیده می‌شوند. اگر مقداری براده‌ی آهن روی ورقه‌ی کاغذی ریخته شود که روی آهن‌ریا قرار گرفته است، قسمت اعظم براده‌های آهن در دو قطب آهن‌ریا جمع می‌شوند و باقی مانده‌ی آن‌ها خطوط مشخص و معینی را بین دو قطب تشکیل می‌دهند. به همین دلیل، آثار متقابل مغناطیس‌ها را قطب‌های آن‌ها تعیین می‌کنند.

برای تعیین قطب‌های آهن‌ریا، مطابق شکل ۵-۱۳ آهن‌ریای میله‌ای را با رشته‌ی

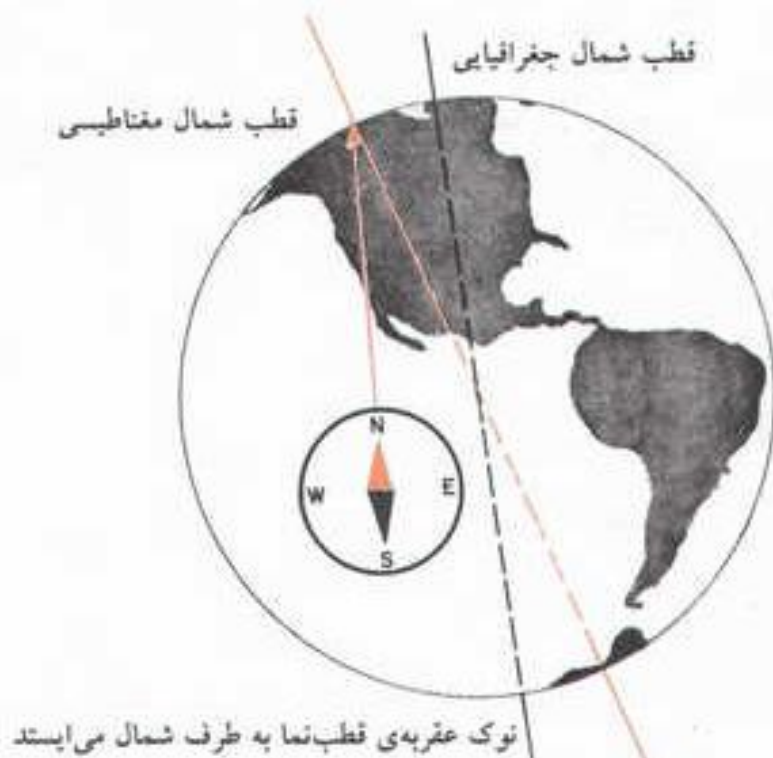


شکل ۵-۱۳- تعیین قطب‌های آهن‌ریا

نخی به گونه‌ای آویزان می‌کنیم که بتواند به طور افقی آزادانه حرکت کند. در این حالت، آهن‌ربا مولکول‌هایش را متناسب با میدان مغناطیسی زمین مرتب می‌کند. یک سر مغناطیس که در جهت طرف قطب شمال زمین قرار می‌گیرد قطب شمال یا (North) N و انتهای دیگر آن قطب جنوب یا (South) S نام‌گذاری می‌شود. آهن‌رباها همیشه در چنین جهتی قرار می‌گیرند. دلیل این امر بعداً توضیح داده خواهد شد.

۹-۵- قطب‌نمای مغناطیسی

چون قطب N آهن‌ربایی که به طور آزاد قرار گرفته به طرف قطب شمال زمین قرار می‌گیرد. از این خاصیت می‌توان برای تعیین جهات استفاده کرد. وسیله‌ای که برای تعیین جهت به کار می‌رود «قطب‌نما» نام دارد. قطب‌نما از یک مغناطیس سبک ساخته شده است که می‌تواند آزادانه حرکت کند و یک سر آن همیشه در جهت قطب شمال زمین قرار می‌گیرد. بدون توجه به این که چگونه قطب‌نما را بچرخانیم عقربه‌ی آن همواره قطب شمال زمین را نشان می‌دهد. در شکل ۱۴-۵ چگونگی تعیین قطبین زمین به وسیله‌ی قطب‌نما نشان داده شده است.

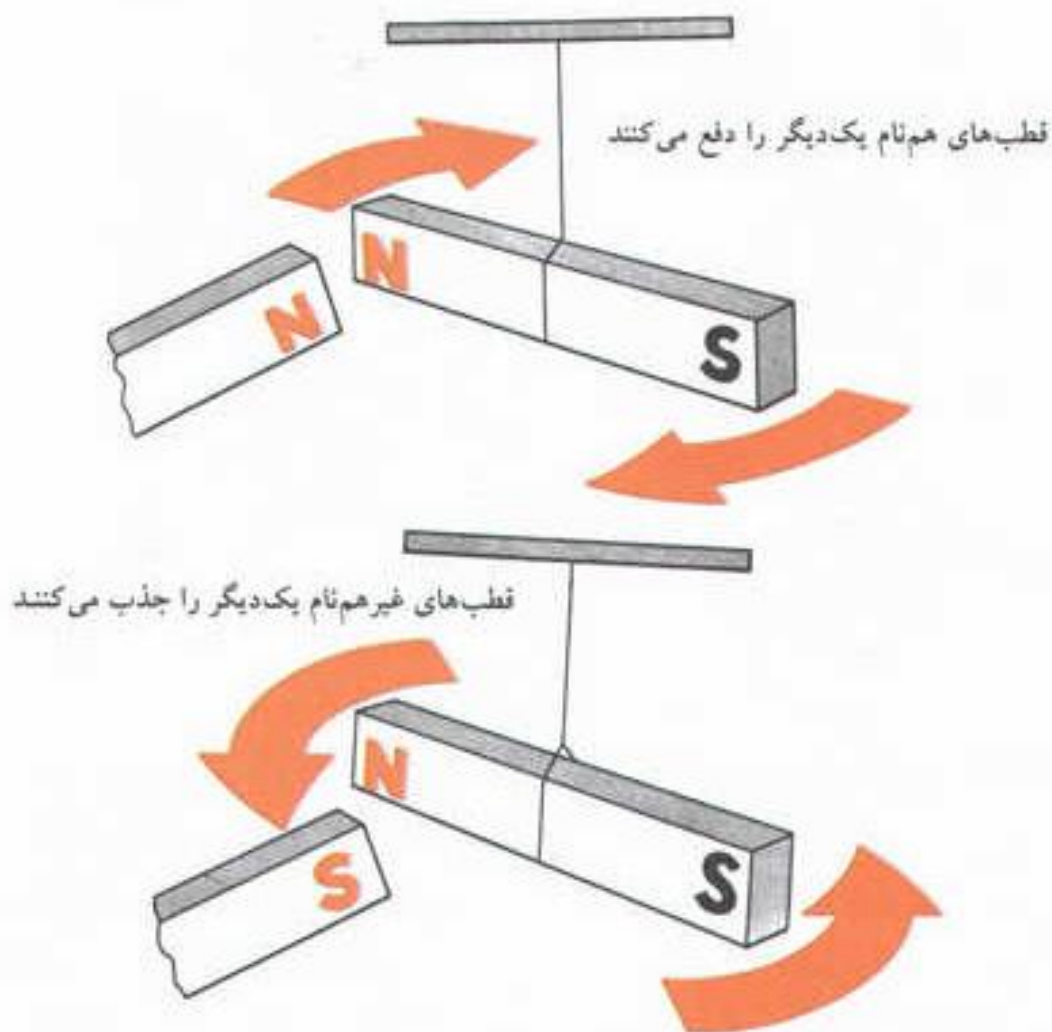


شکل ۱۴-۵- تعیین قطبین زمین به وسیله‌ی قطب‌نما

۱۰-۵- خاصیت جذب و دفع آهن‌ریاها

از آن‌جا که مغناطیس همیشه در جهت قطب شمال مغناطیسی زمین قرار می‌گیرد چنین به نظر می‌رسد که قوانین معینی برای توضیح تأثیرات مغناطیس وجود دارد. این قوانین، قوانین جذب و دفع هستند. قوانین جذب و دفع مغناطیسی نیز مانند بارهای الکتریکی است؛ با این تفاوت که از قطب‌های N و S به جای قطب‌های منفی و مثبت استفاده شده است. این قانون چنین است: «قطب‌های هم‌نام یک‌دیگر را دفع و قطب‌های غیر هم‌نام یک‌دیگر را جذب می‌کنند».

- مطابق شکل ۱۵-۵، قطب N قطب N دیگر را دفع می‌کند.
- قطب S قطب S دیگر را دفع می‌کند.
- قطب N قطب S دیگر را جذب می‌کند.



شکل ۱۵-۵- جذب و دفع دو قطب آهن‌ریاها

۱۱-۵- میدان مغناطیسی

با توجه به جذب و دفع قطب‌های مغناطیسی می‌توان چنین نتیجه گرفت که نیروهایی از قطب‌های مغناطیسی خارج می‌شوند که باعث این اثر می‌شوند، اما این اعمال فقط در قطب‌ها صورت نمی‌پذیرد، بلکه نیروی مغناطیسی مغناطیس را در یک میدان در بر می‌گیرد. این پدیده را مطابق شکل ۱۶-۵ می‌توان هنگام حرکت قطب‌نما در اطراف یک آهن‌ریا مشاهده کرد. در هر موقعیت در دور آهن‌ریا، یک انتهای عقربه‌ی قطب‌نما در جهت قطب مخالف آهن‌ریا قرار خواهد گرفت.

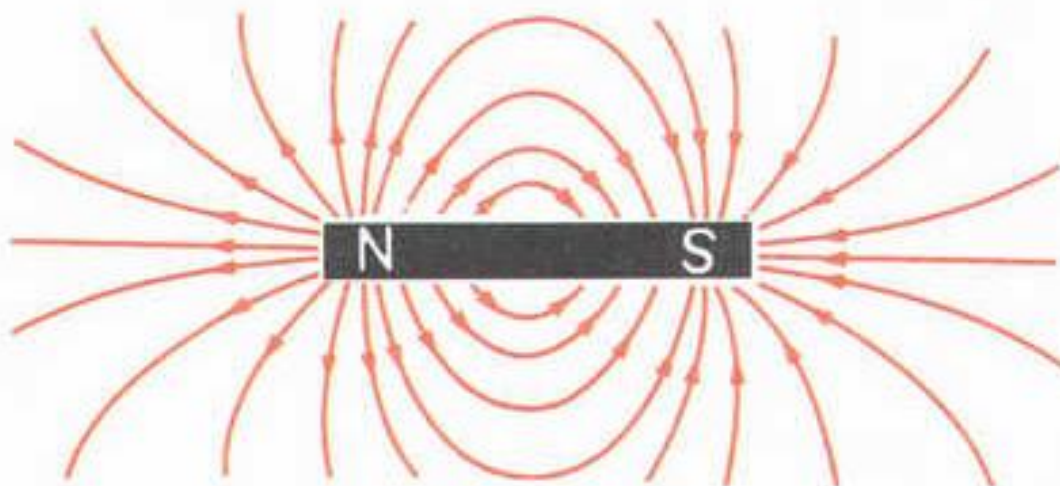


شکل ۱۶-۵- میدان مغناطیسی آهن‌ریا

هم‌چنین می‌توان با قرار دادن قطب‌نما در فاصله‌های دورتر از آهن‌ریا، مشاهده کرد که این میدان مغناطیسی دورتر از آهن‌ریا نیز وجود دارد. چنان‌چه قطب‌نما را به آرامی از آهن‌ریا دور کنیم به نقطه‌ای خواهیم رسید که عقربه‌ی قطب‌نما دیگر تحت تأثیر میدان مغناطیسی آهن‌ریا نیست، بلکه دوباره به طرف قطب شمال زمین جذب می‌شود؛ بنابراین، فضایی را که در آن آهن‌ریا بر اجسام مغناطیسی دیگر اثر می‌گذارد «میدان مغناطیسی» می‌گویند.

۱۲-۵- خطوط نیرو (فلو)

میدان مغناطیسی آهن‌ریا از خطوط نیرویی تشکیل شده که بنا به قرارداد از قطب N بیرون می‌آیند، در فضا امتداد می‌یابند و به قطب S وارد می‌شوند. این خطوط نیرو یک‌دیگر را قطع نمی‌کنند و بی‌درپی از آهن‌ریا دور می‌شوند. هر اندازه خطوط نیرو به یک‌دیگر نزدیک‌تر و تعدادشان بیشتر باشد میدان مغناطیسی قوی‌تر است.



شکل ۱۷-۵- نمودار خطوط نیروی مغناطیسی

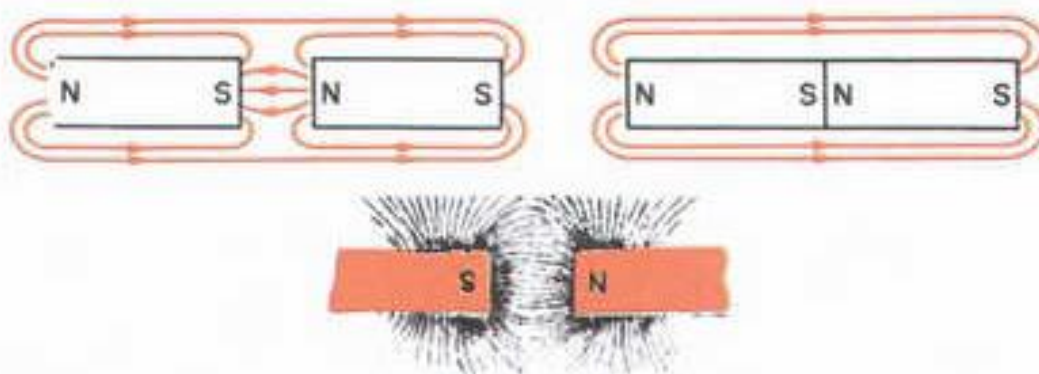
وجود این خطوط نیرو با پاشیدن براده‌های آهن بر سطح صاف و قرار دادن آهن‌زیایی در زیر آن معلوم می‌شود. براده‌های آهن به طور مرتب، در طول خطوط نیرو قرار می‌گیرند و جهت‌گیری میدان را نشان می‌دهند. به این خطوط «نیرو فلو» نیز می‌گویند.



شکل ۱۸-۵- براده‌های ریز آهنی خطوط قوای مغناطیسی.

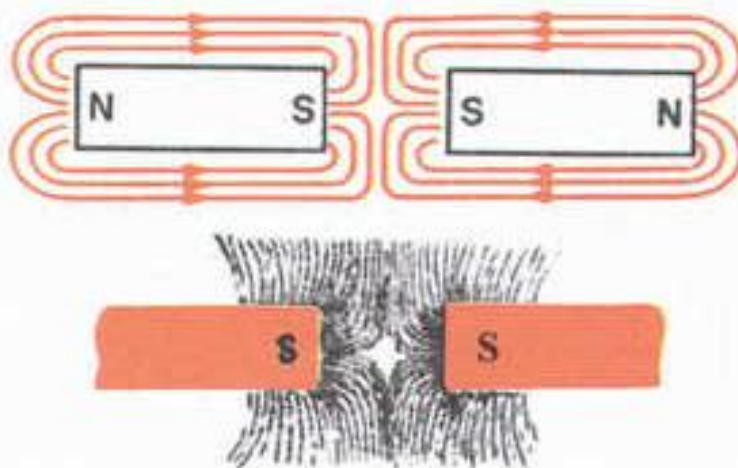
۱۳-۵- اثر متقابل میدان‌های مغناطیسی

هنگامی که دو مغناطیس در مجاورت هم قرار گیرند، میدان‌های مغناطیسی آن‌ها بر یکدیگر اثر می‌کنند. با توجه به این که خطوط نیروی مغناطیسی هیچ‌گاه یک‌دیگر را قطع نمی‌کنند، چگونگی تأثیر متقابل این دو میدان را می‌توان درک کرد. اگر خطوط نیرو هر دو در یک جهت باشند، یک‌دیگر را جذب می‌کنند و به هم ملحق می‌شوند. به همین دلیل است که قطب‌های ناهم‌نام یک‌دیگر را جذب می‌کنند.



شکل ۱۹-۵- نیروهای جاذبه بین دو قطب غیر هم‌نام

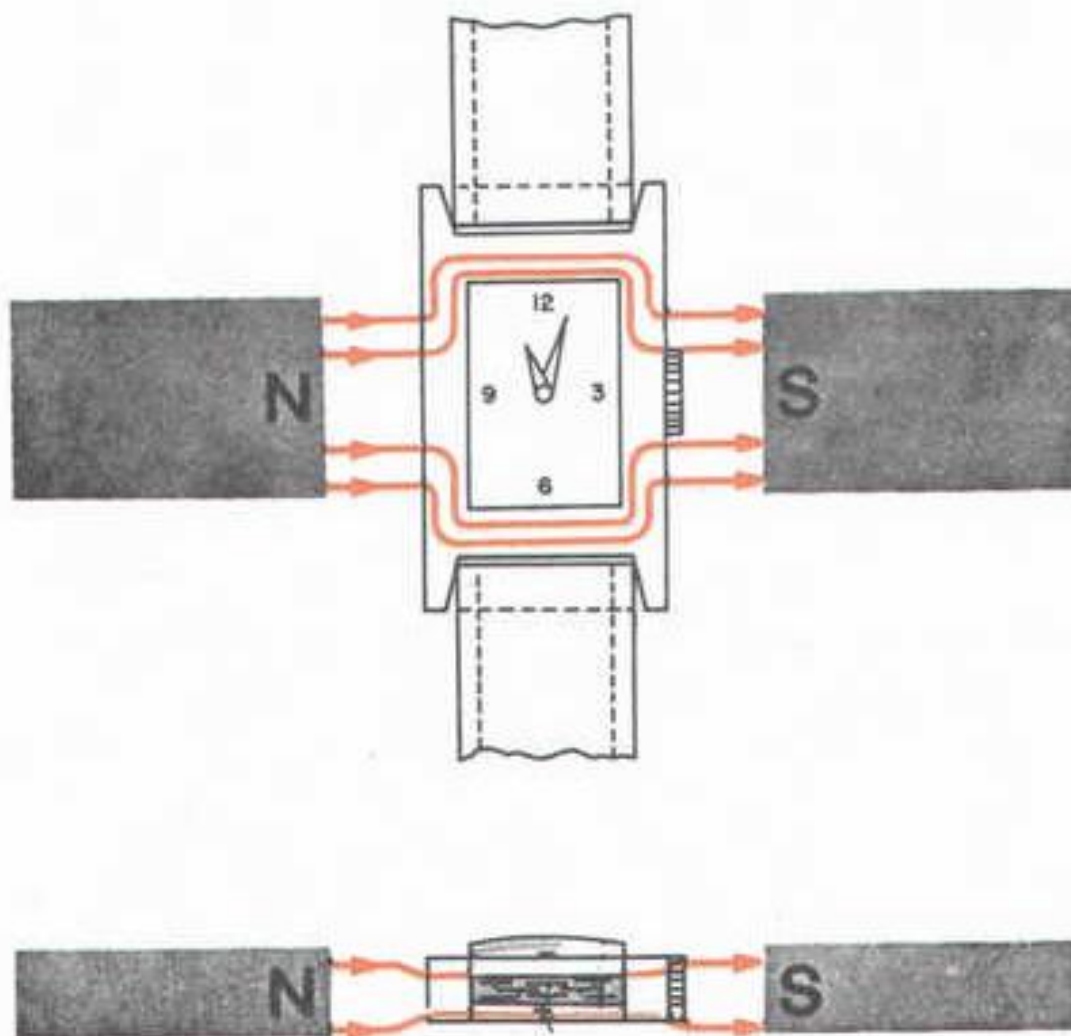
اگر خطوط نیرو در جهت‌های مخالف باشند نمی‌توانند باهم ترکیب شوند و چون نمی‌توانند یک‌دیگر را نیز قطع کنند نیروهای مخالف بر یک‌دیگر وارد کرده به همین دلیل، قطب‌های هم‌نام یک‌دیگر را دفع می‌کنند. این اثر متقابل خطوط نیرو را می‌توان به وسیله‌ی براده‌های آهن نیز نشان داد.



شکل ۲۰-۵- نیروهای دافعه بین دو قطب هم‌نام

۱۴-۵- پوشش مغناطیسی

خطوط نیروی مغناطیسی می‌توانند از جسمی - حتی آن‌هایی که خواص مغناطیسی نیز ندارند- بگذرند. البته بعضی از اجسام در مقابل عبور خطوط نیرو (فلو) مقاومت می‌کنند. به این خاصیت (مقاومت در برابر عبور خطوط نیرو) «رلوکتانس» می‌گویند. اجسام مغناطیسی رلوکتانس مقاومت خیلی کمی در مقابل خطوط نیرو دارند. در نتیجه، خطوط فلو به وسیله‌ی یک جسم مغناطیسی حتی یا طی کردن مسیری طولانی جذب می‌شوند. این خاصیت باعث می‌شود که بتوانیم اجسام را به وسیله‌ی پوششی از ماده‌ی مغناطیس در مقابل خطوط فلو محافظت کنیم. از این روش برای ساختن ساعت‌های ضد مغناطیس استفاده می‌کنند.



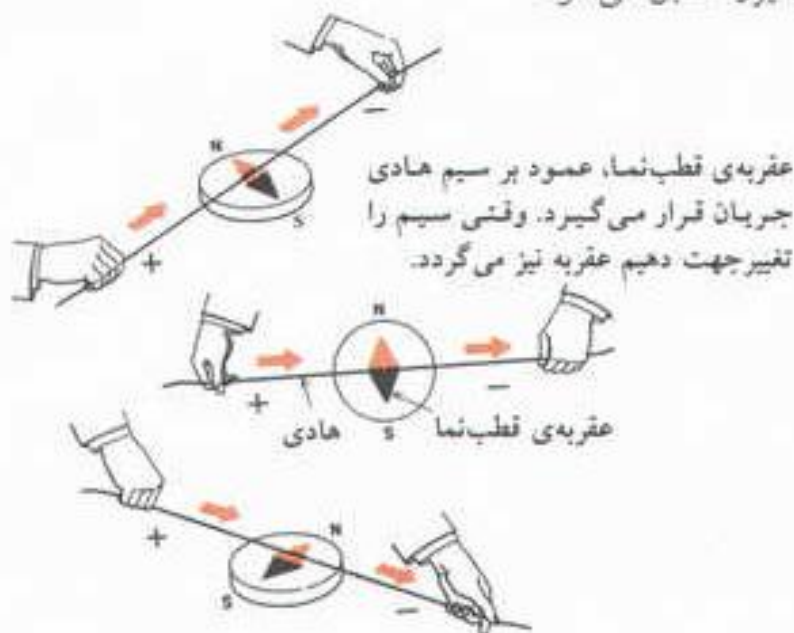
شکل ۲۱-۵- پوشش مغناطیسی

۱۵-۵- الکترو مغناطیس

الکترون‌ها به علت حرکت وضعی در اطراف خود میدان مغناطیسی تولید می‌کنند، بنابراین چنین به نظر می‌آید که انباشتن الکترون‌های اضافی در جسم می‌تواند میدان مغناطیسی تولید کند، اما چرخش‌های وضعی مخالف هم الکترون‌ها، آثار مغناطیسی هم‌دیگر را خنثی می‌کنند، در نتیجه، الکتروسیته‌ی ساکن دارای میدان مغناطیسی نیست. اما هنگامی که با اعمال ولتاژی به دوسر سیم‌ها جریان الکتریکی در آن برقرار می‌شود، الکترون‌های جهت گرفته نمی‌توانند با چرخش‌های وضعی مخالفت کنند و اثر مغناطیسی یک‌دیگر را خنثی نمایند، به عکس، چون همه در یک جهت حرکت می‌کنند، میدان‌های مغناطیسی آن‌ها با هم جمع می‌شوند. در سال ۱۸۱۹، «هانس کریستین اُرمستد» کشف کرد که سیم حامل جریان در اطراف خود، میدان مغناطیسی تولید می‌کند که این میدان بر عقربه‌ی قطب‌نما تأثیر می‌گذارد.

چون میدان مغناطیس دور یک الکترون، حلقه‌ای را به وجود می‌آورد، میدان‌های مغناطیسی اطراف الکترون‌های جهت گرفته در یک سیم با یک‌دیگر تشکیل حلقه‌هایی به دور سیم می‌دهند که هر یک از این حلقه‌ها را «خط نیرو» یا ماکسول و 10^8 خط نیرو را «وبر» می‌نامند.

چنانچه مطابق شکل ۲۲-۵ موقعیت سیم را تغییر دهیم عقربه‌ی قطب‌نما با جهت خطوط نیرو منطبق می‌شود.



شکل ۲۲-۵- الکترو مغناطیس.

عقربه‌ی قطب‌نما همیشه عمود بر سیم حامل جریان قرار می‌گیرد. وقتی جهت جریان را تغییر دهیم عقربه‌ی قطب‌نما تغییر جهت می‌دهد.

۱-۱۵-۵- اثر الکترومغناطیس در سیم: جهت میدان مغناطیسی همواره به جهت جریانی که از سیم می‌گذرد بستگی دارد. برای تعیین جهت میدان مغناطیسی می‌توان از قطب‌نما و قانون دست راست استفاده کرد. مطابق شکل ۲۳-۵ چنان‌چه قطب‌نما را در اطراف سیم حرکت دهیم همیشه قطب N عقربه‌ی قطب‌نما جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳-۵- تعیین جهت میدان مغناطیسی اطراف سیم با استفاده از قطب‌نما

برای تعیین جهت میدان مغناطیسی می‌توان از قانون دست راست نیز استفاده کرد. چنان‌چه براساس شکل ۲۴-۵ انگشت‌های دست راست را به دور سیم بپیچیم؛ به طوری که انگشت شست در جهت جریان قرار بگیرد، بسته شدن بقیه‌ی انگشتان جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.



شکل ۲۴-۵- تعیین جهت میدان مغناطیسی با استفاده از قانون دست راست.

مطابق شکل ۲۵-۵ از این به بعد برای تعیین جهت میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان مقطع سیم را که دایره است نشان می‌دهیم. در صورتی که جهت جریان در مقطع سیم از طرف ناظر به طرف صفحه‌ی کاغذ باشد با علامت «X» و اگر جهت جریان از طرف مقطع سیم به طرف ناظر باشد با علامت «.» نمایش می‌دهد. براساس قانون دست راست «X» جهت میدان «موافق عقربه‌ی ساعت» و «.» مخالف حرکت عقربه‌ی ساعت خواهد بود.



شکل ۲۵-۵ - جهت میدان مغناطیسی

۲-۱۵-۵- چگالی (تراکم) خطوط نیرو: هرچه جریانی که از سیم می‌گذرد بیش‌تر شود میدان مغناطیسی به دست آمده قوی‌تر خواهد بود. مشابه آن‌چه در میدان مغناطیسی آهن‌دید که خطوط نیرو در نزدیکی آهن‌ریا به هم نزدیک‌ترند. خطوط نیرو در نزدیکی سیم به هم نزدیک‌ترند و هرچه بیش‌تر از سیم دور می‌شوند از یک‌دیگر فاصله می‌گیرند. در نتیجه، میدان در نزدیکی سیم، قوی‌تر و هرچه از مرکز سیم دورتر می‌شویم، تراکم خطوط ضعیف‌تر می‌شود.

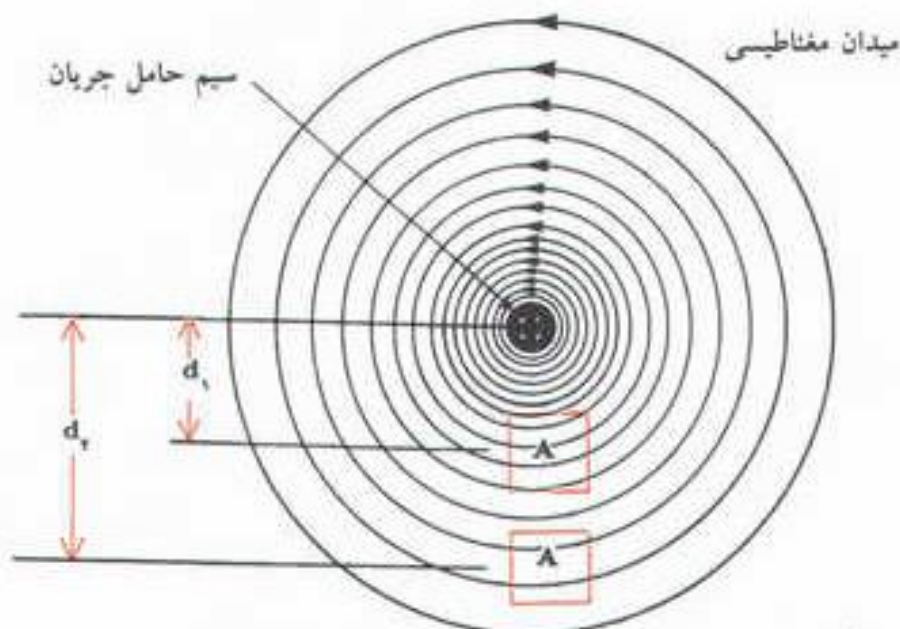
برای مشخص کردن شدت میدان مغناطیسی در هر نقطه از اطراف سیم حامل جریان چگالی میدان مغناطیسی را تعریف می‌کنند. بنا به تعریف، چگالی میدان عبارت است از تعداد خطوط نیرویی که از واحد سطح عبور می‌کند. مطابق شکل ۲۶-۵ تعداد خطوط نیرو در واحد سطح با فاصله‌ی آن تا مرکز سیم نسبت عکس و با شدت جریان عبوری نسبت مستقیم دارد؛ بنابراین، اگر تعداد خطوط نیرو در واحد سطح را به B و فاصله‌ی نقطه‌ی مورد نظر از سیم را با d و شدت جریان سیم را با I نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$B = K \frac{I}{d} *$$

براساس این رابطه K ضریبی است که به واحد I و d و B بستگی دارد. در دستگاه

* این فرمول و مثال‌های مربوط به آن صرفاً برای آشنایی فراگیر است؛ بنابراین، در شمار سئوالات

بین المللی واحدها I (SI) بر حسب آمپر و d بر حسب متر و B بر حسب «تسلا» (و بر بر متر مربع) بیان می شود. در این صورت: $K=2 \times 10^{-7}$ خواهد بود.



شکل ۲۶-۵- تراکم خطوط نیرو اطراف سیم حامل جریان

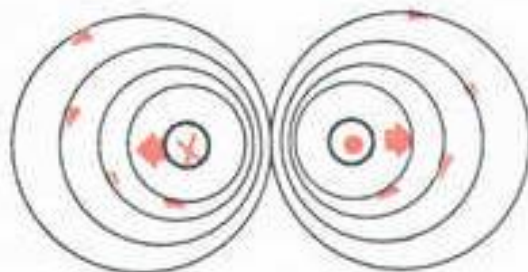
با توجه به رابطه: $B = K \frac{I}{d}$ و شکل ۲۶-۵ چنانچه فاصله‌ی d_1 دو برابر d_2 شود، B_1 نصف B_2 خواهد بود.
 مثال ۱- تراکم خطوط نیرو در نقطه‌ای به فاصله‌ی 0.5 متر از سیم راستی که جریانی به شدت ۴ آمپر می گذرد چه قدر است؟

$$B = K \frac{I}{d}$$

$$B = 2 \times 10^{-7} \times \frac{4}{0.5} \Rightarrow B = 1.6 \times 10^{-7} \frac{\text{wb}}{\text{m}^2}$$

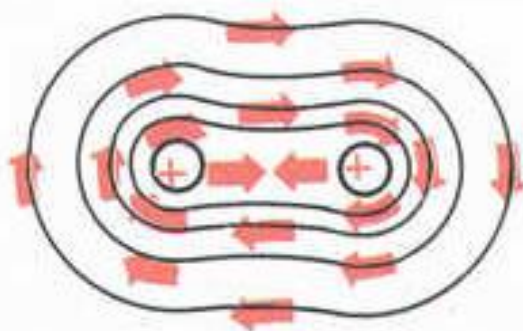
۳-۱۵-۵- تأثیر متقابل میدان‌های مغناطیسی بر یکدیگر: اگر دو سیم را که جریان‌هایی در جهت‌های عکس یکدیگر از آن‌ها می گذرند به یکدیگر نزدیک کنیم، میدان‌های مغناطیسی آن‌ها یکدیگر را دفع می کنند. زیرا جهت خطوط نیرویشان عکس

یکدیگرند. چون خطوط نیرو می توانند یکدیگر را قطع کنند. میدان‌ها باعث می شوند که سیم‌ها از یکدیگر دور شوند.



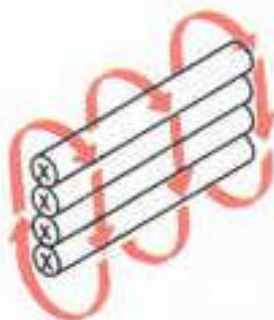
شکل ۲۷-۵- نیروی دافعه‌ی بین دو سیم جریان‌دار غیر هم‌جهت

هنگامی که دو سیم را که جریان‌های هم‌جهت دارند به یکدیگر نزدیک کنیم. میدان‌های مغناطیسی آن‌ها به هم‌دیگر ملحق می‌شوند و باعث می‌شوند که سیم‌ها به یکدیگر نزدیک‌شوند و میدان مغناطیسی قوی‌تری تولید کنند.



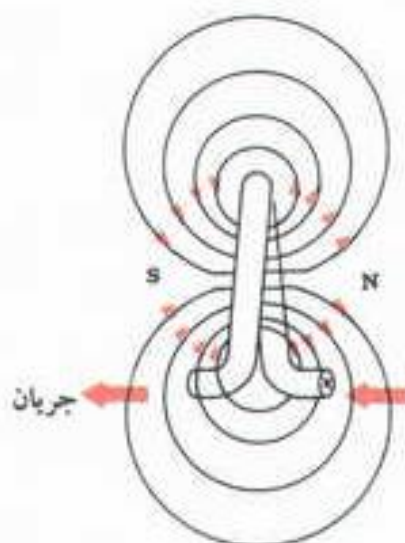
شکل ۲۸-۵- نیروی جاذبه‌ی بین دو سیم جریان‌دار هم‌جهت

چنانچه سه یا چهار سیم را کنار هم قرار دهیم - به گونه‌ای که جهت جریان در تمام آن‌ها یکسان باشد- میدان مغناطیسی قوی‌تری خواهد شد.



شکل ۲۹-۵- قوی‌تر کردن میدان مغناطیسی از طریق افزایش سیم‌ها

۴-۱۵-۵- تأثیر الکترومغناطیسی در یک حلقه: اگر سیمی را به صورت حلقه در آوریم و از آن جریان الکتریکی عبور دهیم خطوط نیروی مغناطیسی اطراف سیم همه طوری مرتب خواهند شد که از یک طرف به حلقه وارد و از طرف دیگر خارج شوند. در مرکز حلقه خطوط نیرو متمرکز می‌شوند و میدان مغناطیسی به وجود می‌آورند. این عمل قطب‌های مغناطیسی را به وجود می‌آورد، به گونه‌ای که قطب شمال در طرفی از حلقه قرار دارد که خطوط نیرو از آن خارج می‌شوند. و قطب جنوب در طرفی از حلقه قرار دارد که خطوط نیرو به آن وارد می‌شوند.



شکل ۳۰-۵- میدان مغناطیسی حاصل در حلقه

چگالی میدان مغناطیسی در مرکز حلقه بیش‌تر است، هم‌چنین هر قدر شدت جریان عبوری بیش‌تر باشد تراکم خطوط نیرو قوی‌تر خواهد بود، بنابراین، می‌توان رابطه‌ی $B = K \frac{I}{r}$ را نوشت که در این رابطه I شدت جریان بر حسب آمپر و r شعاع حلقه بر حسب متر و K ضریب تناسب است که در دستگاه بین‌المللی واحدها (SI) مقدار آن $2\pi \times 10^{-7}$ است.

مثال ۲- چگالی خطوط نیرو در مرکز حلقه‌ای به قطر ۱۰ سانتی‌متر- هنگامی که شدت جریان ۵ آمپر از آن عبور کند- چه قدر است؟

$$B = K \frac{I}{r}$$

$$B = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{\mathcal{L}}{\mathcal{L} \times 10^{-7}}$$

$$B = 2\pi \times 10^{-2} \text{ Wb/m}^2$$

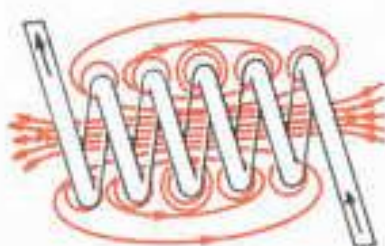
۵-۱۵-۵- تأثیر الکترومغناطیسی در بوبین: اگر سیمی در یک جهت به صورت حلقوی پیچیده شود تشکیل «بوبین» می‌دهد. اگر از این بوبین جریانی عبور کند میدان‌های مغناطیسی حلقه‌ها به یک‌دیگر اضافه می‌شوند و میدان مغناطیسی بوبین قوی‌تر می‌شود. هرچه تعداد حلقه‌ها بیشتر و حلقه‌ها به صورت فشرده کنار هم پیچیده شوند میدان‌های مغناطیسی بیش‌تری به یک‌دیگر اضافه می‌شوند؛ در نتیجه، میدان مغناطیسی بوبین قوی‌تر خواهد بود.

برای تعیین قطب‌های بوبین از قانون دست راست استفاده می‌شود. مطابق شکل ۵-۳۱، اگر انگشت‌هایتان را در جهت حلقه‌های بوبین به دور بوبین حلقه کنید انگشت شست در جهت قطب N قرار می‌گیرد.



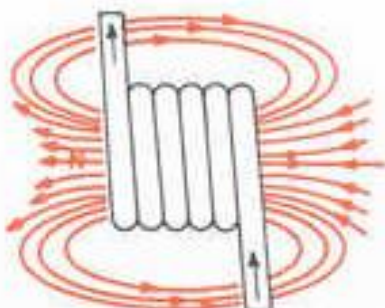
شکل ۵-۳۱- تعیین قطبین بوبین

- چگالی خطوط نیرو در مرکز بوبین به این عوامل بستگی دارد:
- ۱- هرچه تعداد حلقه‌های بوبین بیش‌تر باشد میدان مغناطیسی هر یک از حلقه با هم جمع می‌شوند؛ در نتیجه، میدان مغناطیسی قوی‌تری خواهیم داشت؛ بنابراین، تراکم خطوط با تعداد حلقه‌های بوبین (N) نسبت مستقیم دارد.
 - ۲- هرچه شدت جریان عبوری از بوبین نیز بیش‌تر باشد میدان مغناطیسی قوی‌تر می‌شود؛ بنابراین، چگالی تراکم خطوط نیرو با شدت جریان (I) نسبت مستقیم دارد.



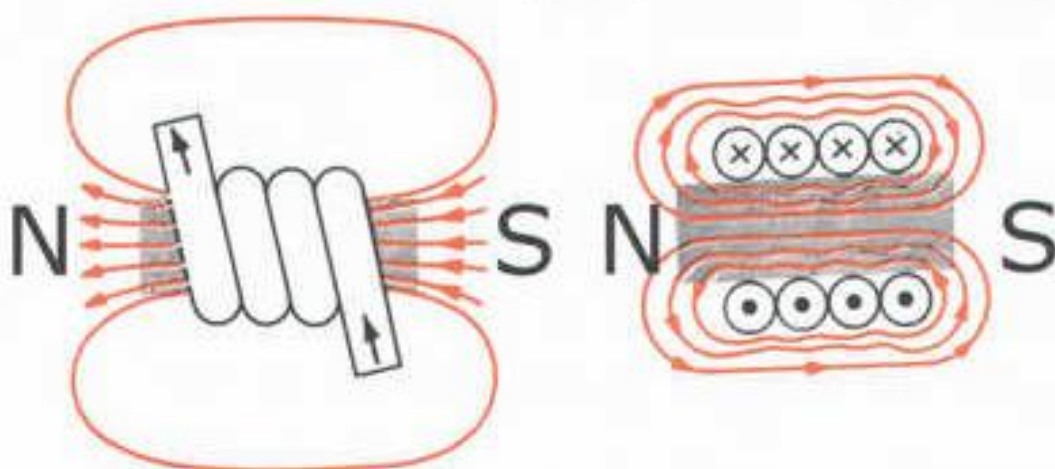
شکل ۳۲-۵- تأثیر تعداد حلقه‌ها در چگالی میدان

۳- اگر تعداد حلقه‌های بوبین به صورت خیلی فشرده کنار هم پیچیده شده باشند میدان‌های بیش‌تری به یک‌دیگر اضافه می‌شوند که این عمل باعث قوی‌تر شدن میدان مغناطیسی می‌شود. به دیگر سخن، چگالی میدان مغناطیسی با طول بوبین (l) نسبت عکس دارد.



شکل ۳۳-۵- تأثیر فشردگی سیم‌ها در چگالی میدان

۴- اگر هسته‌ی آهنی در داخل بوبین قرار دهیم میدان مغناطیسی بوبین قوی‌تر می‌شود. چون آهن نرم جسم مغناطیسی است که رلاکتانس کمی دارد، باعث می‌شود که خطوط نیرو بیش‌تر در مقایسه با هوا در آن متمرکز شود. هرچه خطوط نیرو در هسته بیش‌تر متمرکز شوند میدان مغناطیسی قوی‌تر است.



شکل ۳۴-۵- تأثیر هسته‌ی آهنی در چگالی میدان

در الکترو مغناطیس، از هسته با آهن نرم استفاده می کنند. چون در غیر این صورت آهن سخت به صورت آهن ربای دائمی درمی آید.

۵-۱۵-۶- نیروی محرکه ی مغناطیسی: به نیروی مغناطیس کننده ای که از عبور شدت جریان در یک بوبین به وجود می آید نیروی محرکه مغناطیسی (mmf) می نامند. مقدار این نیرو به شدت جریانی که از بوبین عبور می کند و تعداد دورهای بوبین بستگی دارد. بنا بر این اگر تعداد حلقه های بوبین را به (N) و شدت جریان را به (I) نمایش دهیم نیروی محرکه از رابطه ی $F=N.I$ به دست می آید، که در آن (F) نیروی محرکه مغناطیسی بر حسب آمپر دور (A.T)، I بر حسب آمپر و N تعداد حلقه های بوبین است.

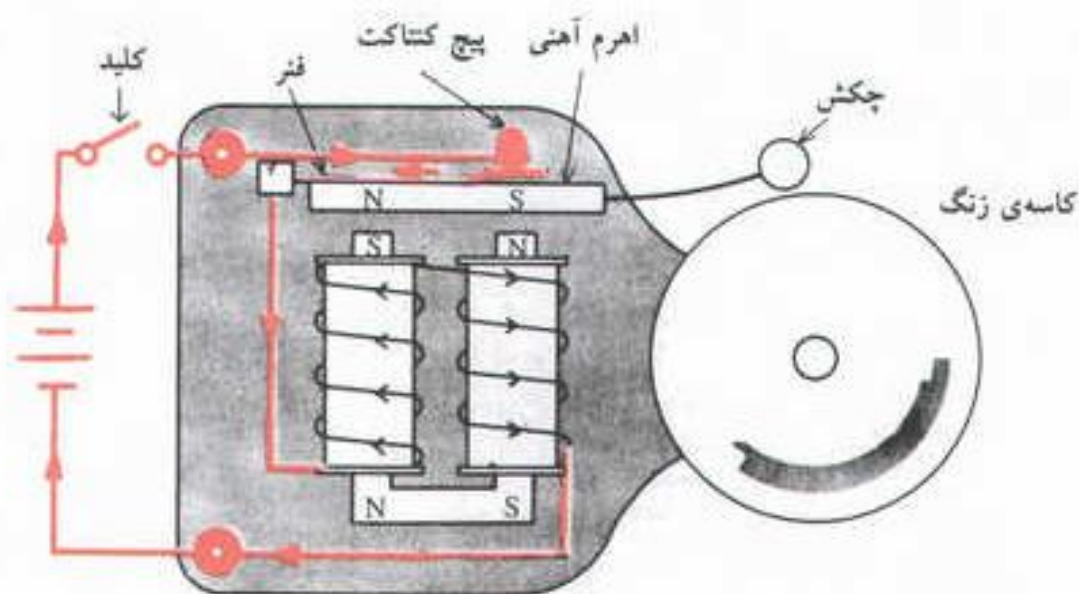
۵-۱۶- کاربرد مغناطیس

مصرف کننده های الکتریکی از قبیل لامپ روشنایی و بخاری برقی به وسیله ی عبور جریان الکتریکی فعال می شوند و کار مفید انجام می دهند، اما مصرف کننده های دیگری وجود دارند که عبور جریان از آنها باعث ایجاد خاصیت مغناطیسی شده و نیروی حاصل از مغناطیس، کار انجام می دهد. حال، چند وسیله ی الکتریکی را شرح می دهیم که با خاصیت مغناطیسی کار می کنند.

۵-۱۶-۱- زنگ الکترو مغناطیسی DC: در زنگ الکترو مغناطیسی از عمل میدان مغناطیسی برای به نوسان در آوردن یک اهرم استفاده می کنند. این اهرم به چکشی متصل است که پی در پی به کاسه ی زنگ می خورد. هنگامی که کلید بسته می شود، باتری جریان الکتریکی را از طریق اتصال پیچی به فنر می فرستد، اما قبل از این که جریان به قطب منفی باتری باز گردد از میان سیم و بوبین های الکترو مغناطیسی می گذرد. هنگامی که الکترو مغناطیس ها انرژی دریافت می کنند، اهرم را به پایین جذب کرده باعث برخورد چکش با کاسه ی زنگ می شوند.

هنگامی که اهرم به طرف پایین نوسان می کند، فنر از اتصال پیچی جدا می شود و این عمل مدار را باز می کند. جریان از حرکت باز می ایستد و الکترو مغناطیس ها انرژی شان را از دست می دهند؛ در نتیجه، دیگر اهرم را جذب نمی کنند و فنر اهرم را دوباره به محل قبلی آن برمی گردانند. به همین دلیل اتصال فنری و پیچ دوباره باعث بسته شدن مدار شده در نتیجه، این عمل تکرار می شود.

* Magnetic Motive Force



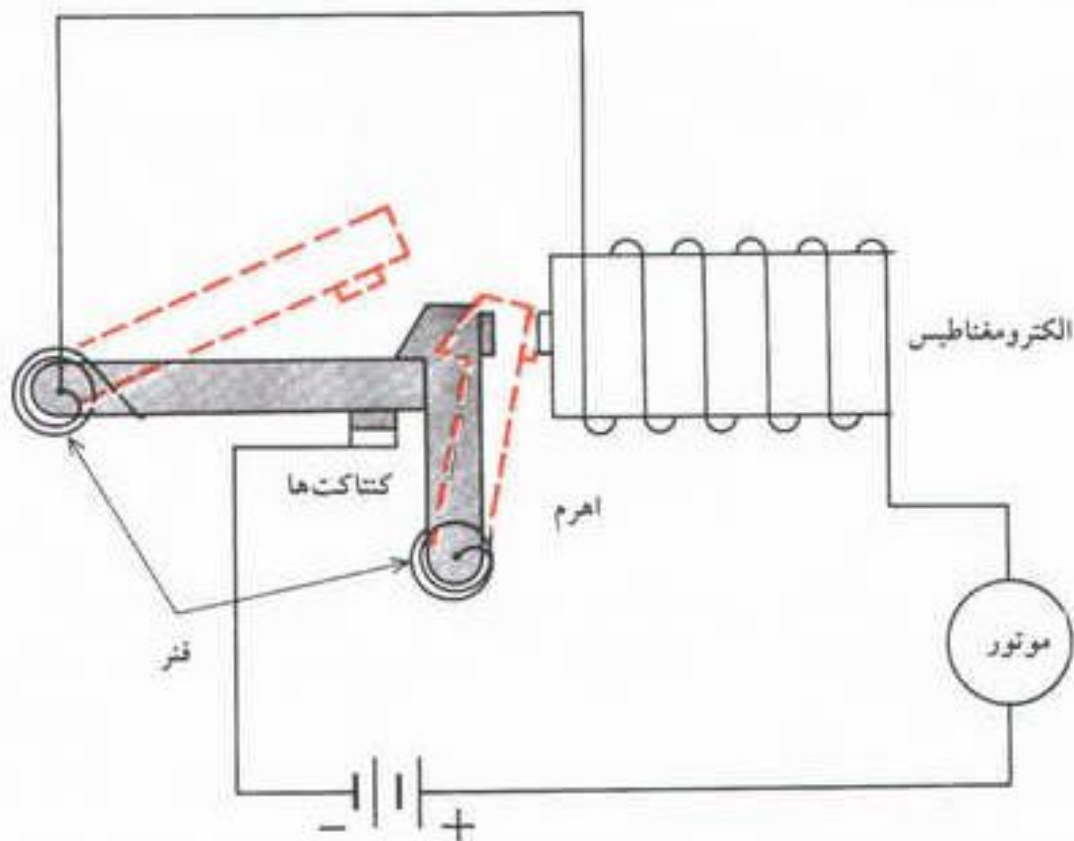
شکل ۳۵-۵- زنگ الکترومغناطیسی DC

الکترومغناطیس‌ها انرژی دریافت می‌کنند و دوباره به سرعت از دست می‌دهند و باعث نوسان اهرم به بالا و پایین می‌شوند. چکش نیز نوسان می‌کند و مدام به کاسه زنگ می‌خورد.

۲-۱۶-۵- کلید مغناطیسی قطع مدار: کلید قطع مدار برای این منظور در مدارها به کار برده می‌شود تا مانند فیوز از مدار در مقابل اتصال کوتاه و یا اضافه بار حفاظت کند؛ با این تفاوت که فیوز می‌سوزد و کلید قطع مدار جریان را قطع می‌کند، اما می‌توان آن را دوباره وصل کرد. مطابق شکل ۳۶-۵ مسیر جریان از باتری شروع می‌شود و سپس از کنتاکت‌هایی می‌گذرد که به وسیله اهرم بسته شده‌اند. پس از آن، جریان از طریق الکترومغناطیس به موتور می‌رود و دوباره به باتری باز می‌گردد. تا هنگامی که جریان خیلی زیادی عبور نکند، میدان ایجاد شده به وسیله الکترومغناطیس آن قدر قوی نیست که بتواند اهرم را جذب کند. اما اگر جریان خیلی زیادی عبور کند برای مثال هنگامی که موتور ترمز می‌کند یا اتصال کوتاه می‌شود- میدان الکترومغناطیسی خیلی قوی می‌شود و سرانجام، اهرم را به طرف خود می‌کشد. این عمل به فنر امکان می‌دهد که بازوی اتصال را قطع و کنتاکت‌ها را باز کند؛ در نتیجه، مدار قطع می‌شود الکترومغناطیس انرژی اش را از دست می‌دهد و اهرم به حالت اول برمی‌گردد؛ در حالی که هنوز بازوی اتصال به وسیله فنر خارج نگاه داشته شده است. هنگامی که مشکل برطرف شود، قطع کننده‌ی مدار را می‌توان

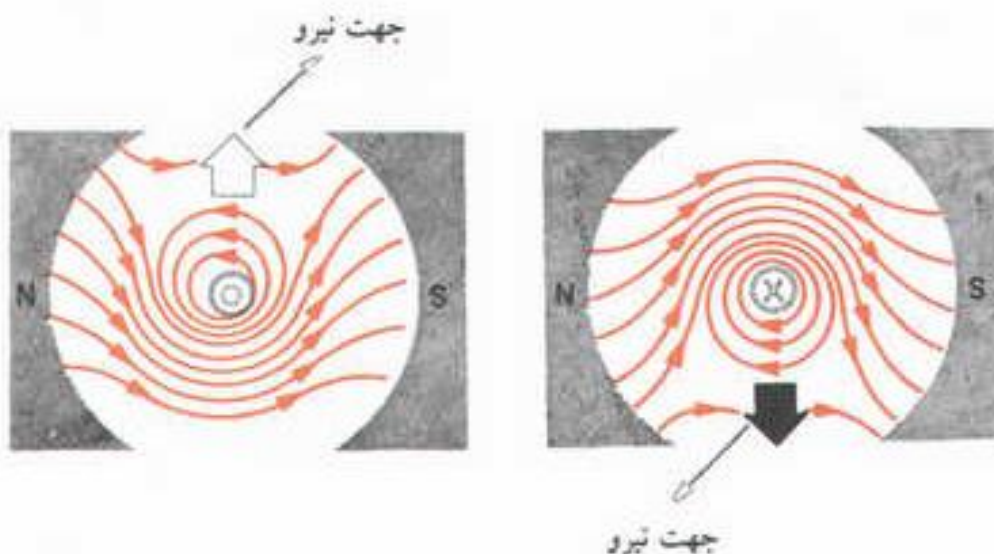
به حالت اول در آورد و از آن استفاده کرد.

به الکترو مغناطیسی که اهرم را به کار می‌اندازد تا کنتاکت‌ها را قطع و وصل کند «رله» می‌گویند.

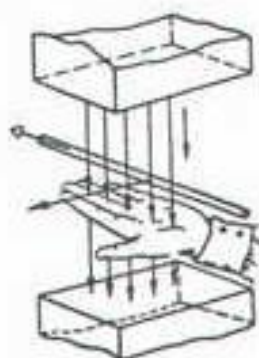


شکل ۳۶-۵- کلید مغناطیسی قطع مدار.

۳-۱۶-۵- موتور الکتریکی ساده: اگر سیم حامل جریان را در داخل میدان مغناطیسی قرار دهیم، میدان مغناطیسی نیروی مخالف بر سیم حامل جریان وارد می‌کند. سیم حامل جریان در اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. این میدان خطوط نیرویی که بین دو قطب مغناطیسی وجود دارد تغییر شکل می‌دهد. خطوط نیروی تغییر شکل داده سعی دارند که خود را به وضعیت قبل از ورود سیم حامل جریان در آورند؛ در نتیجه، نیروی دافعه‌ای بر سیم وارد می‌کنند. بدین ترتیب، سیم به محلی رانده می‌شود که خطوط نیرو از بقیه‌ی جاها ضعیف‌ترند. جهت نیروی دافعه به جهت جریان و جهت خطوط نیرو بستگی دارد. در صورتی که هریک از کمیت‌ها تغییر جهت پیدا کنند جهت نیروی دافعه تغییر خواهد کرد، اما اگر جهت هر دو کمیت با هم عوض شوند جهت نیرو تغییر نخواهد کرد. جهت نیروی دافعه را به سهولت می‌توان از قانون دست چپ پیدا کرد.



شکل ۵-۳۷- تأثیر میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان

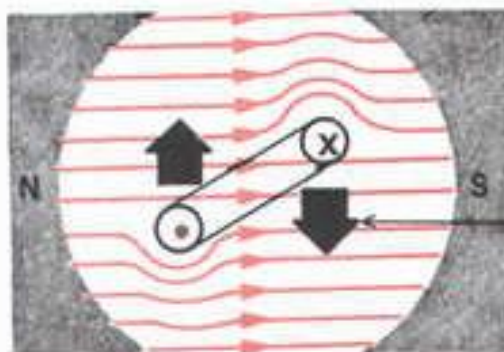


شکل ۵-۳۸- قانون دست چپ

قانون دست چپ:

اگر دست چپ را طوری باز کنیم که خطوط نیرو به کف دست بریزند (B) و جهت جریان در سیم حامل جریان (I) در جهت بقیه‌ی انگشتان باشد جهت نیروی وارد شده (F) در جهت انگشت شست خواهد بود.

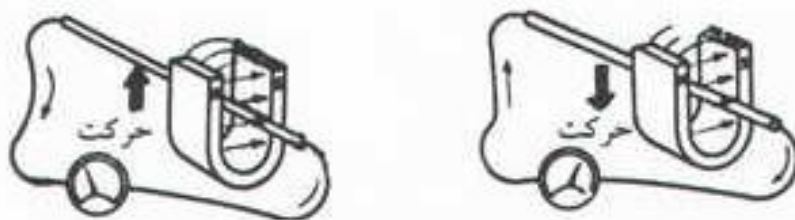
اگر مطابق شکل ۵-۳۹ سیم را به صورت کلاف در آوریم و آن را داخل میدان مغناطیسی قرار دهیم وقتی از کلاف جریان عبور کند تأثیر متقابل میدان‌های مغناطیسی باعث می‌شود که یک طرف به سمت بالا و طرف دیگر به سمت پایین حرکت کنند. به عبارت دیگر، به کلاف جفت نیرو وارد می‌شود و تولید گشتاور می‌کند. این فرایند، اساس کار موتورهای الکتریکی است که در درس ماشین‌های الکتریکی به تفصیل بحث



شکل ۳۹-۵- توليد گشتاور در موتور الكتريكي

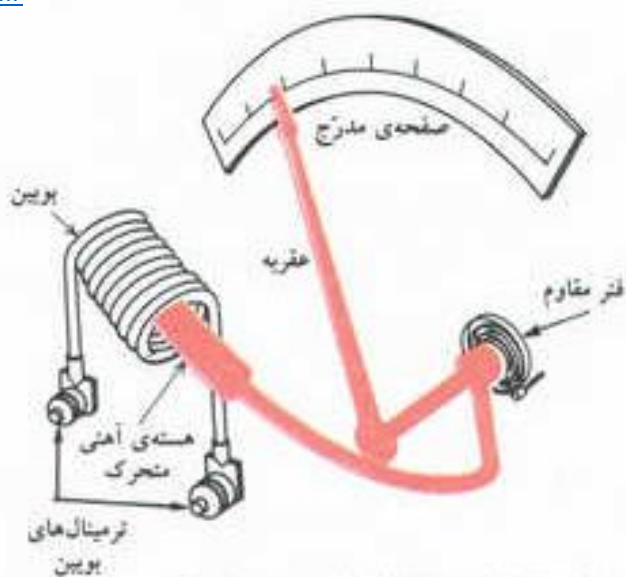
خواهد شد.

۴-۱۶-۵- ژنراتور ساده: بر طبق شکل ۴۰-۵ اگر یک هادی را در داخل میدان مغناطیسی آهن ربا حرکت دهیم انرژی مغناطیسی آهن ربا، باعث حرکت الکترون‌ها در یک جهت و تجمع آن‌ها در یک طرف هادی می‌شود. این روند را «تولید نیروی محرکه‌ی القایی» می‌گویند. حال اگر به دو سر سیم میلی‌ولت‌متری را وصل کنیم مشاهده می‌شود که با حرکت سیم به طرف پایین، عقربه‌ی میلی‌ولت‌متر در یک جهت و با حرکت سیم به طرف بالا، عقربه در جهت مخالف حرکت می‌کند. پس، نتیجه می‌گیریم با تغییر جهت حرکت سیم جهت نیروی محرکه‌ی القایی تغییر می‌کند. این مطلب در باره‌ی تغییر جهت خطوط نیرو نیز صدق می‌کند.

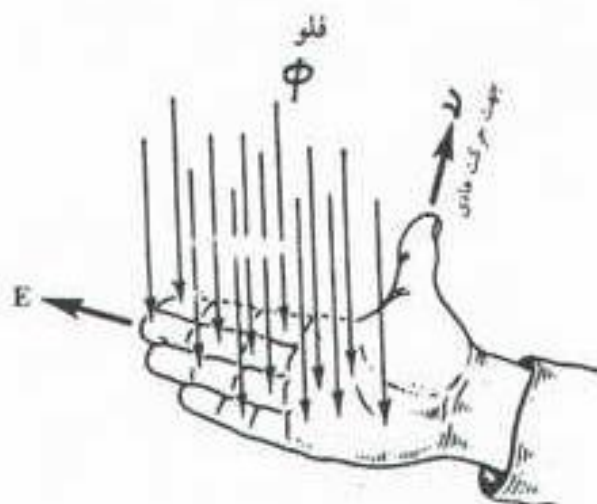


شکل ۴۰-۵- اساس کار یک ژنراتور

برای به دست آوردن جهت نیروی محرکه‌ی القایی از قانون دست راست استفاده می‌شود. مطابق شکل ۴۱-۵ اگر کف دست راست را طوری باز کنیم که خطوط نیرو به کف دست بریزند و جهت حرکت سیم در جهت انگشت شست باشد، جهت نیروی محرکه‌ی القایی در جهت بقیه‌ی انگشتان خواهد بود.



شکل ۴۲-۵- دستگاه اندازه‌گیری الکتریکی



شکل ۴۱-۵- قانون دست راست

۵-۱۶-۵- دستگاه اندازه‌گیری الکتریکی: در دستگاه‌های اندازه‌گیری بسیار ساده از یک سیم پیچ و یک هسته‌ی متحرک برای اندازه‌گیری جریان عبوری استفاده می‌کنند. هرگاه جریانی از سیم پیچ بگذرد، میدان مغناطیسی‌ای ایجاد می‌کند که هسته را به طرف خود جذب می‌کند. انتهای دیگر هسته به فنری متصل است که سعی دارد آن را به عقب بکشد. مسافتی را که هسته طی می‌کند به شدت میدان مغناطیسی بستگی دارد. شدت میدان مغناطیسی به وسیله‌ی مقدار جریانی که از بویین می‌گذرد تعیین می‌شود؛ در نتیجه، هرچه جریان بیش‌تر باشد هسته، بیش‌تر به داخل بویین کشیده می‌شود. بر روی محور گردنده یک عقربه نصب شده است که در طول یک صفحه‌ی مدرج برای نشان دادن مقدار جریان اندازه‌گیری شده متمایل می‌شود.

خلاصه‌ی مطالب

- * تأثیر متقابل الکتریسته و مغناطیس برای تشکیل میدان الکترومغناطیسی براساس نظریه‌ی الکترومغناطیس تعریف می‌شود.
- * اتم‌های بعضی از فلزات به گونه‌ای ترکیب می‌شوند که الکترون‌های والانس خود را به مشارکت می‌گذارند و محدوده‌ی مغناطیسی یا مولکول‌های مغناطیسی تشکیل می‌دهند.
- * جسمی که مولکول‌ها یا ذرات مغناطیسی آن در یک جهت مرتب شده باشند جسم مغناطیس شده نامیده می‌شود.

- * هر جسم مغناطیسی را می‌توان با وارد کردن نیروی مغناطیسی از طریق مالش یا جریان الکتریکی مغناطیس کرد.
- * خاصیت مغناطیسی جسم مغناطیس شده را می‌توان از طریق حرارت دادن، ضربه یا قرار دادن در میدان‌های مغناطیسی متغیر، از بین برد.
- * زمین میدان مغناطیسی تولید می‌کند.
- * مغناطیس قطب‌های شمال (N) و جنوب (S) است.
- * قطب N مغناطیسی که می‌تواند آزادانه حرکت کند، به سوی قطب شمال زمین قرار می‌گیرد. قطب دیگر، قطب S است. از قطب‌نما برای تعیین قطبین استفاده می‌کنند.
- * قوانین جذب و دفع برای مغناطیس‌ها بدین گونه‌اند: قطب‌های هم‌نام یک‌دیگر را دفع و قطب‌های غیر هم‌نام یک‌دیگر را جذب می‌کنند.
- * نیروی مغناطیسی، جسم مغناطیسی را در یک میدان مغناطیسی احاطه می‌کند.
- * میدان مغناطیسی از خطوط نیرویی تشکیل شده که در فضا از قطب N مغناطیس به قطب S آن امتداد دارند.
- * به خطوط نیرو، خطوط «فلو» نیز می‌گویند.
- * خطوط نیرو یک‌دیگر را قطع نمی‌کنند. هرچه خطوط نیرو به یک‌دیگر نزدیک‌تر باشند و تعدادشان بیش‌تر باشد، میدان مغناطیسی قوی‌تر است.
- * خطوط نیروی «هم‌جهت» یک‌دیگر را جذب می‌کنند و به هم ملحق می‌شوند؛ به همین دلیل است که قطب‌های ناهم‌نام یک‌دیگر را جذب می‌کنند.
- * خطوط نیروی غیر هم‌جهت یک‌دیگر را دفع می‌کنند و نمی‌توانند باهم ترکیب شوند و به همین دلیل، قطب‌های هم‌نام یک‌دیگر را دفع می‌کنند.
- * الکترون‌ها همان‌گونه که میدان الکتریکی تولید می‌کنند، میدان مغناطیسی نیز به وجود می‌آورند. اما در حال عادی الکترون‌ها میدان‌های مغناطیسی یک‌دیگر را خنثی می‌کنند.
- * الکترون‌هایی که از سیم عبور می‌کنند به علت جریانی که از سیم می‌گذرد میدان مغناطیسی تولید می‌کنند، زیرا میدان‌های الکترون‌ها به یک‌دیگر کمک می‌کنند.
- * جهت میدان مغناطیسی به جهت جریان بستگی دارد. بنابر قانون دست راست اگر انگشت‌هایتان را به دور سیم ببیچید، به طوری که انگشت شست‌تان جهت جریان الکتریکی را نشان دهد، انگشت‌های دیگر شما جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهند.
- * هرچه جریان الکتریکی قوی‌تر باشد میدان مغناطیسی نیز قوی‌تر است.
- * در نزدیکی سیم میدان قوی‌تر است.

- * هرچه از سیم دورتر شویم میدان ضعیف‌تر می‌شود.
- * میدان‌های دو سیم حامل جریان بر یکدیگر اثر می‌گذارند.
- * اگر جریان‌ها هر دو در یک جهت باشند سیم‌ها به هم جذب می‌شوند و اگر جریان‌ها مخالف یکدیگر باشند، یکدیگر را دفع می‌کنند.
- * حلقه‌ی سیم حامل جریان میدان متمرکزی را در مرکز خود دارد.
- * می‌توان حلقه‌های سیم‌پیچ را به شکل مارپیچی کنار یکدیگر قرار داد و یک مغناطیس قوی به وجود آورد؛ به این مغناطیس الکتریکی، «بوبین» یا «سلونوئید» می‌گویند.
- * قانون دست راست در یک سلونوئید جهت قطب‌ها را تعیین می‌کند: اگر انگشت‌ها در جهت جریان الکتریکی به دور سیم پیچیده شده باشد انگشت شست شما قطب N را نشان خواهد داد.
- * برای متمرکز و قوی کردن خطوط فلو از هسته‌های آهن نرم استفاده می‌کنند.
- * نیروی مغناطیس کننده‌ای که در اثر عبور جریان از سیم حاصل می‌شود «نیروی محرکه‌ی» مغناطیسی mmf نام دارد.
- * آمپر - دور واحد mmf است و مساوی با تعداد حلقه‌ها یا دورهای سیم ضرب در جریان برحسب آمپر است.
- * هنگامی که با ازدیاد شدت میدان، تعداد و تراکم خطوط نیرو دیگر زیاد نشود، هسته‌ی بوبین اشباع شده است.
- * در بعضی از وسایل از انرژی مغناطیسی استفاده می‌شود؛ مانند: زنگ الکترومغناطیسی، رله، دستگاه تلگراف و موتور الکتریکی.
- * در زنگ الکترومغناطیسی از عمل میدان مغناطیسی برای به نوسان در آوردن اهرم و در نتیجه، ضربه زدن چکش به کاسه‌ی زنگ استفاده می‌کنند.
- * رله، بوبین الکتریکی است که اتصالات را قطع و وصل می‌کند.
- * موتور الکتریکی براساس اثر میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان کار می‌کند؛ تأثیر متقابل این دو بریکدیگر باعث چرخش آرمیچر می‌گردد.
- * قانون دست چپ، جهت چرخش حلقه دوار را در موتور معین می‌کند.
- * دستگاه اندازه‌گیری در اصل وسیله‌ای است که در آن از یک بوبین سلونوئید برای جذب هسته‌ی متحرک و در نتیجه، اندازه‌گیری جریان استفاده می‌کنند. ژنراتور، الکتریسته تولید می‌کند. طرز کار آن عکس موتور است. قانون دست راست، جهت تولید شده را در ژنراتور نشان می‌دهد.

پرسش

- ۱- ذرات یا مولکول‌های مغناطیسی چیست؟
- ۲- چگونه می‌توان خاصیت مغناطیسی آهن‌ربا را از بین برد؟
- ۳- جسم فرو مغناطیس چیست؟
- ۴- میدان الکترومغناطیسی چیست؟
- ۵- چگونه می‌توان فلز فرو مغناطیسی را مغناطیس کرد؟
- ۶- قوانین جذب و دفع برای قطب‌های مغناطیسی چیست؟
- ۷- خطوط فلو چیست؟
- ۸- کدام قطب از عقربه‌ی قطب‌نما به طرف قطب شمال زمین فرار می‌گیرد؟
- ۹- تفاوت بین مغناطیس‌های دائمی و موقتی چیست؟
- ۱۰- جهت مغناطیسی اطراف یک هادی حامل جریان به وسیله‌ی چه قانونی تعیین می‌شود؟
- ۱۱- کمیت جریان چه تأثیری در مقدار جریان دارد؟
- ۱۲- تعداد خطوط نیرو چگونه با فاصله تغییر می‌کنند؟
- ۱۳- هنگامی که دو سیم حامل جریان را به یک‌دیگر نزدیک کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟
- ۱۴- بوبین یا سلونوئید چیست و در میدان مغناطیسی چه عملی را انجام می‌دهد؟
- ۱۵- قانون دست راست را برای سلونوئید بیان کنید.
- ۱۶- چرا در الکترومغناطیس‌ها هسته به کار می‌برند؟ آیا از هسته‌های فولادی استفاده می‌کنند؟
- ۱۷- در مقایسه با مغناطیس‌های معمولی، الکترومغناطیس‌ها چگونه عمل می‌کنند؟
- ۱۸- نیروی محرکه‌ی مغناطیسی چیست و چگونه اندازه گرفته می‌شود؟
- ۱۹- مقصود از نقطه‌ی اشباع چیست؟
- ۲۰- قانون دست چپ در موتور را شرح دهید.
- ۲۱- تفاوت بین کلید قطع‌کننده‌ی مغناطیس و فیوز چیست؟
- ۲۲- چگونه دستگاه اندازه‌گیری می‌تواند شدت جریان را اندازه بگیرد.
- ۲۳- قانون دست راست در ژنراتور را شرح دهید.
- ۲۴- ساختمان زنگ اخبار الکترومغناطیسی DC را شرح دهید.



موتورهای الکتریکی جریان متناوب

- پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:
- ۱- اساس کار موتورهای الکتریکی را شرح دهد.
 - ۲- انواع موتورهای الکتریکی را نام ببرد.
 - ۳- قطعات مختلف تشکیل دهنده‌ی موتورهای آسنکرون را نام برده کار هریک را توضیح دهد.
 - ۴- مزایای موتورهای آسنکرون را نسبت به سایر موتورها بیان نماید.
 - ۵- عیوب موتورهای آسنکرون را نام ببرد.
 - ۶- مزایای عمده‌ی موتور آسنکرون رتور سیم‌پیچی شده را بیان کند.
 - ۷- روش‌های مختلف راه‌اندازی موتورهای تک‌فاز را شرح دهد.
 - ۸- ساختمان و طرز کار موتورهای اونیورسال را تشریح کند.

۶- موتورهای الکتریکی جریان متناوب

موتورهای جریان متناوب، انرژی الکتریکی را جذب و به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند. این‌گونه موتورها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱- موتورهای سنکرون
- ۲- موتورهای آسنکرون.

برای راه‌اندازی موتورهای آسنکرون تنها از یک منبع جریان متناوب استفاده می‌شود. ولتاژ متناوب به سیم‌پیچی استاتور اعمال شده در نتیجه عبور جریان از سیم‌پیچها میدان مغناطیسی دوار تولید می‌کند. این میدان، رتور (قسمت گردان) را قطع کرده آن را حامل جریان می‌کند و در اثر نیروی وارد شده از طرف میدان دوار به رتور، موجب حرکت آن می‌شود.

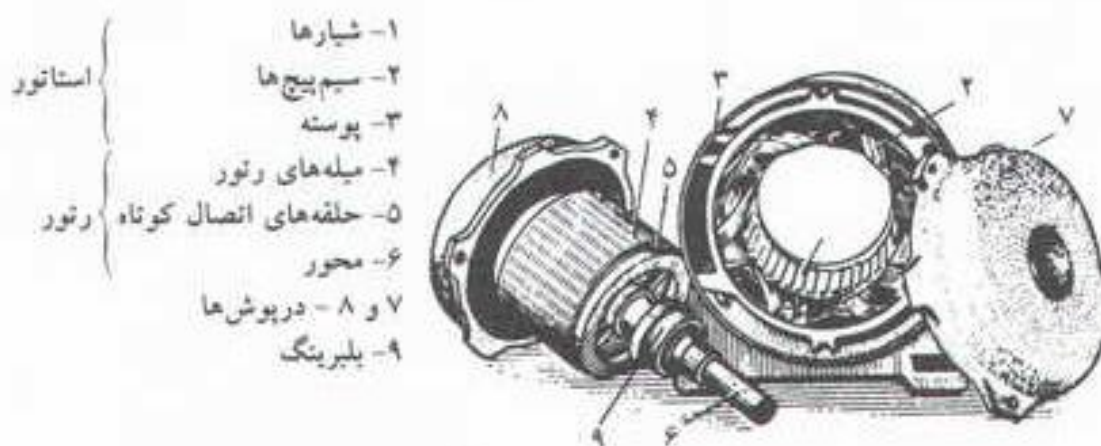
در موتورهای سنکرون از دو منبع ولتاژ استفاده می‌شود. به سیم‌پیچ‌های استاتور منبع ولتاژ متناوب و به سیم‌پیچ‌های رتور منبع ولتاژ مستقیم اعمال می‌شود. موتورهای آسنکرون به دلیل سادگی ساختمان و نداشتن کلکتور بیش‌تر از موتورهای سنکرون در صنعت به کار می‌روند. موتورهای آسنکرون به صورت تک‌فاز و سه‌فاز کاربرد فراوانی دارند. حال، طرز کار و موارد استفاده‌ی هر یک را شرح می‌دهیم.

۱-۶- موتورهای آسنکرون یک فاز و سه‌فاز

موتور آسنکرون تنها دارای یک سیم‌پیچی است که در قسمت ساکن (استاتور) قرار دارد و به «سیم‌پیچی استاتور» معروف است. این سیم‌پیچی از جریان متناوب تغذیه می‌شود. چون جریان القایی رتور بر اثر القای الکترومغناطیسی صورت می‌گیرد، به این نوع موتورها «موتورهای القایی» نیز می‌گویند. ساختمان موتور آسنکرون از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شود:

- ۱- استاتور
- ۲- رتور.

در شکل ۱-۶ اجزای موتور آسنکرون را مشاهده می‌کنید. نام این اجزا به ترتیب بدین قرار است:



شکل ۱-۶- اجزای موتور آسنکرون

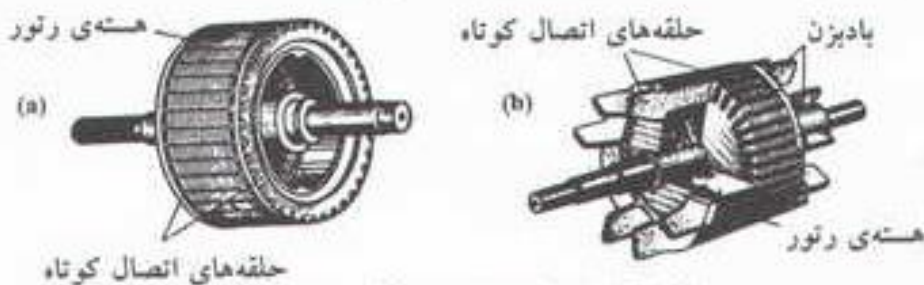
۱-۱-۶- استاتور: استاتور از صفحات نازک فولاد سیلیسیم‌دار به ضخامت ۰/۵ میلی‌متر تشکیل شده که با قرار دادن این ورقه‌ها در کنار هم، استوانه‌ای توخالی به دست می‌آید. این استوانه‌ی توخالی درون یک پوسته‌ی چدنی پیچ شده است و در داخل شیارهای استاتور سیم‌پیچ‌ها که از سیم‌های عایق تشکیل شده‌اند، قرار می‌گیرد.

این سیم پیچ‌ها در برابر بدنه‌ی استاتور عایق می‌شوند. سیم‌بندی موتورهای آسنکرون ممکن است یک‌فاز یا سه‌فاز باشد که در مورد چگونگی اتصال این فازها در فصل آینده، سخن خواهیم گفت. در شکل ۶-۲ چگونگی سیم‌پیچی یک استاتور نشان داده شده است.



شکل ۶-۲- استاتور و چگونگی سیم‌پیچی آن

۶-۱-۲- رتور قفس سنجایی: رتور از ورقه‌های مخصوص فولادی که نسبت به هم عایق هستند، به شکل استوانه ساخته و بر محوری قرار داده می‌شود. در محیط این استوانه شیارها یا سوراخ‌هایی تعبیه شده است. شیارها نیمه بسته یا تمام بسته هستند. در داخل شیارهای رتور از تعدادی میله‌های منی یا آلومینیومی استفاده شده که از دو طرف رتور به وسیله‌ی دو حلقه‌ی فلزی اتصال کوتاه می‌شوند. به این گونه رتور، «رتور قفس سنجایی» می‌گویند. در شکل ۶-۳ ساختمان رتور قفس سنجایی نشان داده شده است. بیش‌تر موتورهای آسنکرون دارای رتور قفسی هستند.



شکل ۶-۳- ساختمان رتور قفس سنجایی

شیارهای رتور را به گونه‌ی مورب می‌سازند تا از لرزش و صدا، از تمایل ایستادن و قفل شدن رتور هنگام راه‌اندازی جلوگیری شود.

۶-۲- مزیت‌ها و عیب‌های عمده‌ی موتور آسنکرون با رتور قفس سنجابی
 ساختمان و راه‌اندازی موتور آسنکرون با رتور قفسه‌ای بسیار ساده است و به هیچ
 وسیله‌ی کمکی نیاز ندارد. تعمیر و نگهداری این گونه موتورها به راحتی انجام می‌شود، اما
 جریان راه‌اندازی آن زیاد و گشتاور شروع به کار ضعیفی دارد.

۶-۳- موتور آسنکرون با رتور سیم‌پیچی شده

موتور آسنکرون با رتور قفسی در لحظه‌ی راه‌اندازی، جریان بسیاری را از شبکه
 جذب کرده گشتاور راه‌اندازی آن کم است. برای این که مشکل را حل کنیم، به جای رتور
 قفسی از رتور سیم‌پیچی شده استفاده می‌کنیم؛ برای این منظور، رتور را مطابق شکل ۶-۴
 سیم‌پیچی سه‌فازه می‌کنیم و آن را به صورت ستاره اتصال می‌دهیم.



شکل ۶-۴- رتور سیم‌پیچی شده

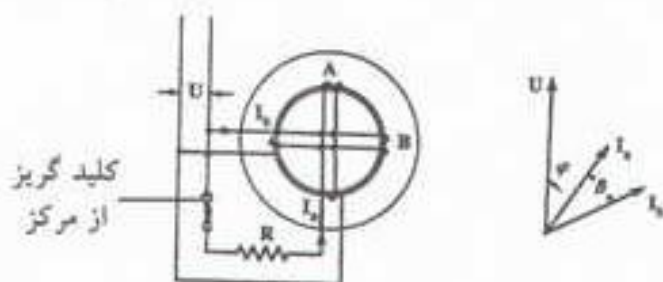
۶-۴- موتورهای الکتریکی تک‌فاز

چنانچه استاتور یک موتور را که تنها دارای یک سیم‌پیچی است، به شبکه‌ی
 برق تک‌فاز متصل کنیم می‌بینیم که رتور آن بدون حرکت می‌ماند، اما اگر رتور را با دست
 در یک جهت بچرخانیم، رتور در همان جهت شروع به گردش می‌کند. علت این که موتور
 به خودی خود راه نمی‌افتد، می‌توان چنین بیان کرد: هنگامی که سیم‌پیچی استاتور به
 شبکه‌ی جریان متناوب متصل می‌شود، شدت میدان مغناطیسی H ایجاد می‌شود که ترکیبی
 از دو میدان مغناطیسی ثابت $\frac{H}{2}$ است. این دو میدان با سرعت ثابت در دو جهت مختلف
 گردش می‌کند. گشتاور این دو میدان مساوی و مخالف هم بوده در نتیجه گشتاور آن صفر

است و رتور موتور بدون حرکت خواهد بود؛ بنابراین، باید از یک وسیله‌ی کمکی برای ایجاد گشتاور راه‌اندازی استفاده کرد.

۵-۶- راه‌اندازی موتور القایی تک‌فاز

با توجه به این که موتور القایی تک‌فاز گشتاور راه‌اندازی تولید نمی‌کند، هنگام شروع به کار باید با وسیله‌ی دیگری آن را به راه انداخت. اگر موتور کوچک باشد، می‌توان آن را با دست در جهت مورد نظر به گردش در آورد. امروزه این روش منداول نیست و بیش‌تر موتورهای تک‌فاز دارای دو دسته سیم‌پیچی هستند که نسبت به هم دارای ۹۰ درجه‌ی الکتریکی بر روی استاتور پیچیده شده‌اند. یکی از سیم‌پیچ‌ها به نام «اصلی» و دیگری به نام «کمکی» است که تنها هنگام راه‌اندازی موتور به کار می‌رود. در شکل ۵-۶ سیم‌پیچی اصلی با حرف B و سیم‌پیچی کمکی با حرف A مشخص شده‌اند. سیم‌پیچی فرعی A از سیم‌پیچی اصلی B نازک‌تر است و مقاومت اهمی آن‌ها زیاد است که به صورت مقاومت R در شکل نمایش داده شده است. دو جریان I_a و I_b که از دو سیم‌پیچی می‌گذرد، دارای زاویه‌ی اختلاف فاز β است. گشتاور گردشی در موتورهای تک‌فاز از رابطه‌ی $T = KI_a I_b \sin \beta$ به دست می‌آید؛ بنابراین، گشتاور گردشی ایجاد شده موجب حرکت رتور می‌شود. به محض آن که سرعت گردش موتور به ۷۵٪ دورسنکرون می‌رسد، کلید گریز از مرکز که با سیم‌پیچی کمکی به صورت سری است، سیم‌پیچی کمکی را از مدار خارج می‌کند. بیش‌تر موتور مشعل‌های تک‌فاز متوسط از این نوع است.



شکل ۵-۶- روش راه‌اندازی موتور تک‌فاز.

۶-۶- موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز

برای افزایش گشتاور راه‌اندازی موتور تک‌فاز، خازنی به طور سری با سیم‌پیچی کمکی قرار می‌گیرد (R مقاومت اهمی سیم‌پیچی فرعی است). زاویه‌ی اختلاف فاز (β)

بین جریان‌های I_a و I_b به ظرفیت خازن بستگی دارد و در صورت نیازی توان آن را به ۹۰٪ رسانید. چنانچه ظرفیت خازن صحیح انتخاب شود، گشتاور راه‌اندازی این گونه موتورها در لحظه‌ی راه‌اندازی، ۳/۵ برابر گشتاور نامی خواهد بود.

هنگامی که سرعت گردش رتور به ۷۰٪ سرعت سنکرون می‌رسد، گشتاور راه‌اندازی کاهش می‌یابد و در حدود ۷۵٪ سرعت سنکرون، کلید گریز از مرکز، سیم‌پیچی فرعی A را از مدار خارج می‌کند (شکل ۶-۶).

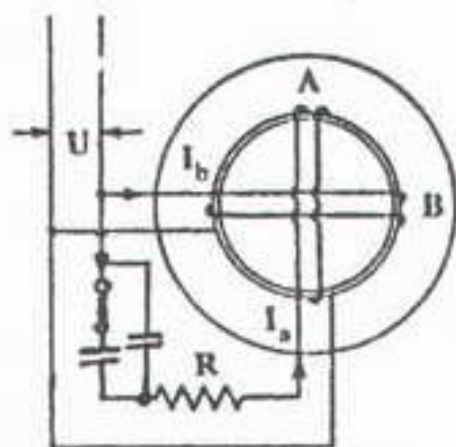
قطع مدار کمکی به این دلیل صورت می‌گیرد که اگر خازن در مدار قرار بگیرد، حجم خازن باید حداقل چهار برابر شود. چنانچه بخواهیم از خازن تنها هنگام راه‌اندازی استفاده کنیم می‌توانیم از خازن الکترولیتی که حجم آن کم و هم ارزان‌تر است، استفاده نماییم.



شکل ۶-۶- راه‌اندازی موتور تک‌فاز با استفاده از خازن راه‌انداز

۶-۷- موتور تک‌فاز با خازن دائمی و خازن راه‌انداز

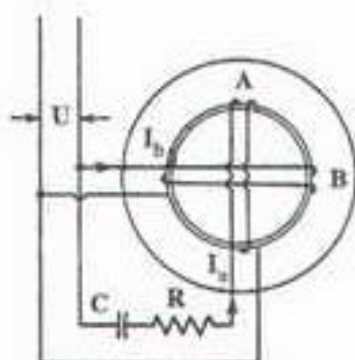
در این موتور سیم‌پیچی کمکی در تمام مدت کار به شبکه متصل است. ظرفیت خازن C از دو خازن موازی تشکیل می‌شود که یکی از آن‌ها همواره در مدار باقی مانده



شکل ۶-۷- موتور تک‌فاز با خازن دائمی و خازن راه‌انداز

خازن دیگر هنگام راه افتادن موتور به شبکه متصل می‌شود. هنگامی که سرعت گردش موتور به ۷۵٪ سرعت سنکرون می‌رسد، خازن دوم به وسیله‌ی کلید گریز از مرکز از مدار خارج می‌شود. موتوری که یک خازن آن به صورت دائم در مدار باقی بماند، دارای راندمان بهتر و ضریب قدرت بهتری است (شکل ۶-۷).

۶-۸- موتور تک فاز با خازن دایمی



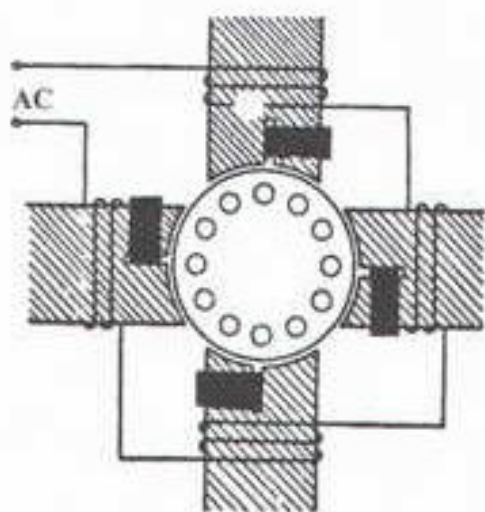
شکل ۶-۸- موتور تک فاز با خازن دایمی

هنگامی که موتور تک فاز با بار کم شروع به کار می کند، از کلیدگریز از مرکز و خازن راه انداز صرف نظر می کنند. در این صورت، سیم پیچی کمکی به همراه خازن به صورت سری در مدار باقی می ماند. چون جریان سیم پیچی کمکی ضعیف است، گشتاور راه انداز موتور آن چندان قوی نخواهد بود، اما دارای ضریب بهره، ضریب قدرت و گشتاور مناسبی است (شکل ۶-۸)

توجه: تقریباً بیش تر موتور مشعل های تک فاز کوچک و بعضی از موتورهای فنکویل ها از این نوع هستند.

۶-۹- موتور تک فاز با قطب چاک دار

استاتور این موتورها دارای یک سیم پیچی است که روی قطب های برجسته پیچیده شده است. بر روی قسمتی از هر قطب یک حلقه یا یک سیم پیچ، اتصال کوتاه قرار دارد. چنانچه به سیم پیچ استاتور ولتاژ متناوبی وارد شود، میدان متغیری در هسته ایجاد می کند. این میدان متغیر، حلقه های اتصال کوتاه را قطع می کند و در آن ها جریانی را تولید می نماید. این جریان القایی در حلقه تولید شار مغناطیسی می کند. جهت این شار با جهت



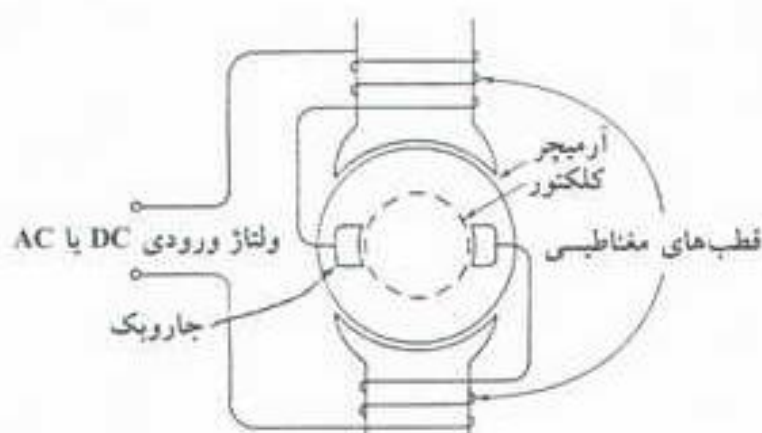
شکل ۶-۹- موتور تک فاز با قطب های چاک دار

شار اصلی مخالف است و در قسمت قطب پوشیده، چگالی شار، کم و در قسمت آزاد قطب چگالی شار، زیاد می شود و هنگام کم شدن شار این عمل برعکس خواهد شد؛ پس این تغییر شار موجب تولید گشتاور می شود. از این موتور هنگامی استفاده می شود که موتور با بار کم شروع به کار کند. لازم به توضیح است که رتور این گونه موتورها از نوع قفسی است. در شکل ۶-۹ تصویری از این موتور نشان داده شده است.

توجه: اکثر موتور فنکویل ها از این نوع هستند.

۶-۱۰- موتورهای اونیورسال

موتورهای اونیورسال موتورهای تک‌فازی هستند که هم با برق متناوب (AC) کار می‌کنند و هم با برق مستقیم (DC). رتور این موتورها از نوع سیم‌پیچی شده است. جریان برق از طریق جارویک‌هایی که بر روی کلکتور قرار گرفته‌اند به آرمیچر داده می‌شود. این موتورها با وجود حجم کوچک، گشتاور زیادی دارند و در اکثر وسایل خانگی نظیر جارو برقی، مخلوط‌کن، آسیاب و نظایر آن به کار می‌رود. شکل ۶-۱۰ تصویری از مدار الکتریکی موتور اونیورسال است.



شکل ۶-۱۰- مدار الکتریکی موتور اونیورسال

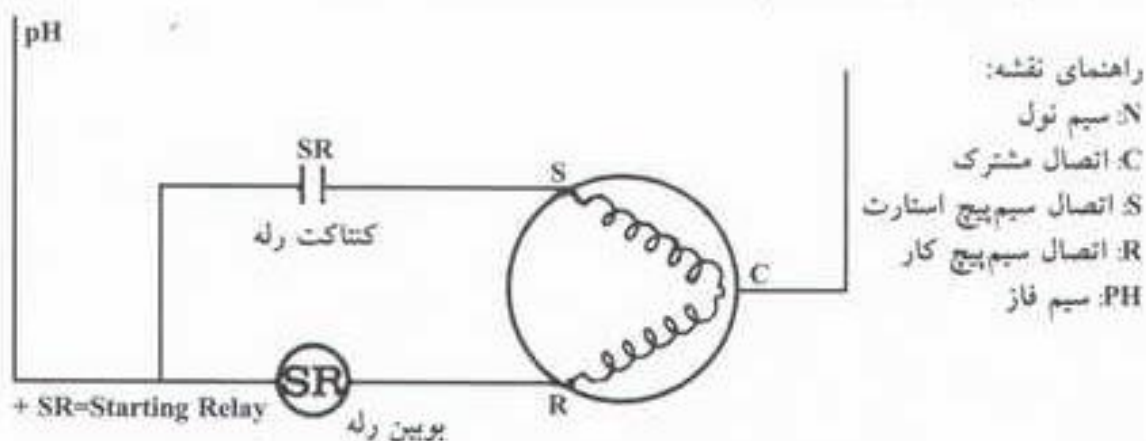
۶-۱۱- خارج کردن سیم‌پیچی استارت (کمکی) از مدار

سیم‌پیچی استارت به علت داشتن مقاومت اهمی زیاد - در صورتی که خازن کنار با آن سری نباشد - در مدار نباید باقی بماند، چون گرمای زیادی که در اثر عبور جریان در آن ایجاد می‌شود، باعث سوختن موتور خواهد شد. به این دلیل لازم است پس از آن که موتور به حدود ۷۵٪ دور نامی خود رسید (موتور راه افتاد)، به طریقی آن را از مدار خارج کرد.

۶-۱۱-۱- استفاده از رله‌ی جریان: تمام رله‌های الکتریکی دارای یک هسته‌ی

آهنی، یک سیم‌پیچ هادی در دور آن به نام بوبین، یک قطعه‌ی آهنی متحرک و تعدادی کنتاکت باز و بسته هستند. هنگامی که جریان برق از بوبین عبور می‌کند یک میدان مغناطیسی در اطراف آن ایجاد می‌شود، این میدان مغناطیسی قطعه‌ی آهنی متحرک را جذب کرده، باعث بسته شدن مقداری کنتاکت باز (N.O) یا باز شدن تعدادی کنتاکت بسته (N.C) یا هر دو خواهد شد.

«رله‌ی جریان» رله‌ای است که کوئل آن با سیم‌پیچ اصلی یا کار (RUN) به صورت سری، و کنتاکت باز آن در مدار سیم‌پیچ استارت قرار می‌گیرد. در لحظه‌ی روشن شدن موتور - به سبب آن که ابتدا فقط سیم‌پیچ کار در مدار است - موتور آمپرزیاد از حد معمول خواهد کشید که باعث خواهد شد، میدان مغناطیسی بوبین، رله به حد لازم برای جذب قطعه آهنی متحرک رله برسد. در نتیجه کنتاکت باز رله بسته شود. در این لحظه سیم‌پیچ استارت هم در مدار قرار می‌گیرد و موتور روشن خواهد شد. هنگامی که موتور به حدود شصت درصد دور نامی خود رسید، جریان افت خواهد کرد، میدان مغناطیسی بوبین رله کاسته می‌شود و قطعه متحرک آهنی از هسته‌ی آهنی رله جدا شده، کنتالت را باز کرده سیم‌پیچ کمکی (استارت) از مدار خارج می‌شود. در شکل ۶-۱۱ شیوه‌ی نصب رله‌ی جریان در مدار نشان داده شده است.

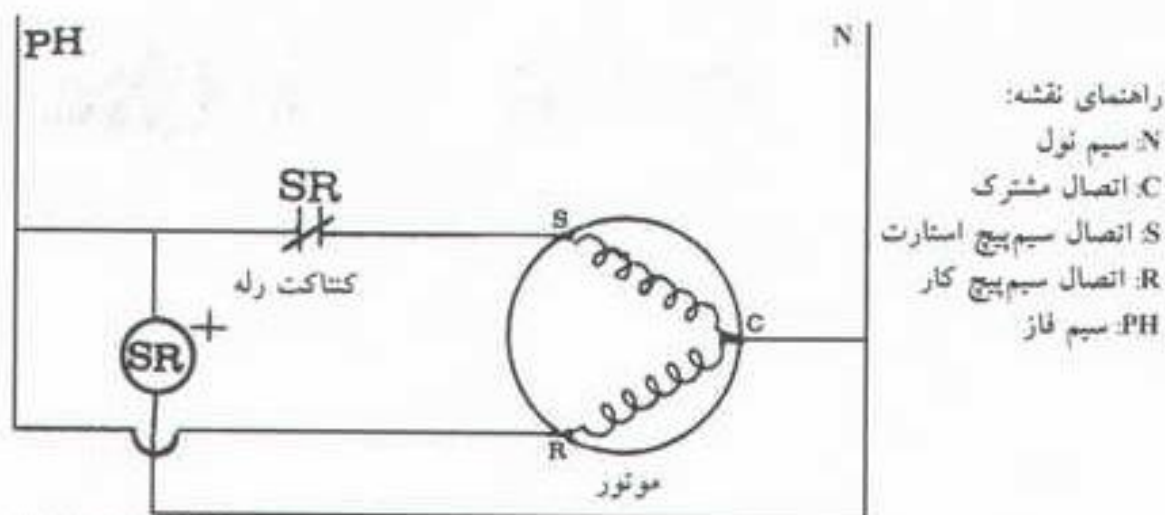


شکل ۶-۱۱-۶- طریقه‌ی نصب رله‌ی جریان در مدار

۶-۱۱-۲- استفاده از رله‌ی پتانسیل: رله‌ی پتانسیل هم از نظر ظاهر و هم از نظر ساختمان مانند رله‌ی جریان بوده فقط از نظر کاربرد با رله‌ی جریان تفاوت دارد. کوئل این رله با سیم‌پیچ کار به شکل موازی و کنتاکت بسته‌ی آن در مدار سیم‌پیچ استارت قرار می‌گیرد.

در لحظه‌ی روشن شدن - به دلیل آن که موتور از حالت سکون می‌خواهد شروع به چرخش نماید- افت ولتاژی در مدار ایجاد می‌شود. در این مدت زمان کم که افت ولتاژ به وجود آمده، ولتاژ دوسر بوبین به اندازه‌ای نیست که قادر باشد قطعه آهنی متحرک را جذب و کنتاکت رله را باز نماید؛ در نتیجه، هر دو سیم‌پیچ کار و استارت در مدار هستند و موتور روشن می‌شود. هنگامی که موتور به حدود شصت درصد دور نامی خود رسید، افت

ولتاژ از بین رفته میدان مغناطیسی بویین به حد لازم افزایش خواهد یافت. کنتاکت رله باز و سیم پیچ استارت از مدار خارج می شود. در شکل ۱۲-۶ طریقه‌ی نصب رله‌ی پتانسیل در مدار نشان داده شده است.



+ SR=Starting Relay

شکل ۱۲-۶- طریقه‌ی نصب رله‌ی پتانسیل در مدار

۳-۱۱-۶- استفاده از کلید گریز از مرکز: یک نوع کلید گریز از مرکز که بر روی موتور نصب می گردد شامل یک طوقه‌ی عایق (کانوچوبی) متصل به دو عدد وزنه‌ی کوچک و دو عدد فنر است. یک کنتاکت بسته نیز در مدار سیم پیچ استارت موتور قرار دارد. در زمان خاموش بودن موتور، طوقه‌ی عایق در موقعیتی دور از کنتاکت بسته‌ی سیم پیچ استارت قرار می گیرد. در زمان روشن شدن هر دو سیم پیچ کار و استارت در مدار قرار دارند و موتور شروع به کار می کند. همراه با چرخش موتور کلید گریز از مرکز هم به چرخش در می آید و هر چه دور موتور بیش تر شود، نیروی گریز از مرکز نیز بیش تر می گردد. هنگامی که موتور به حدود ۷۵٪ دور نامی خود رسید، نیروی گریز از مرکز وارد شده به وزنه‌ها باعث خواهد شد که طوقه‌ی عایق حدود یکی دوسانتمی متر بر روی محور موتور حرکت طولی انجام دهد. این کار سبب می شود قطعه‌ی نعلی شکلی که یک طرف کنتاکت بسته بر روی آن قرار دارد به عقب برود و کنتاکت باز شود و در نتیجه، سیم استارت از مدار خارج گردد. وقتی که موتور خاموش شد، طوقه‌ی کلید گریز از مرکز به موقعیت اولیه‌ی خود باز گشته، کنتاکت بسته شده سیم پیچ استارت، دوباره در مدار قرار می گیرد. به این موتورها در بازار کار، «موتورهای کلاچ دار» گفته می شود. (کلید گریز از مرکز را کلاچ می نامند). در

شکل ۱۳-۶ الف کلید گریز از مرکز و در شکل ۱۳-۶ ب کنتاکت بسته مدارسیم پیچ استارت نشان داده شده است.



شکل ۱۳-۶-ب- کنتاکت بسته



شکل ۱۳-۶-الف- کلید گریز از مرکز

خلاصه‌ی مطالب

- * موتورهای جریان متناوب به دو دسته‌ی «موتورهای سنکرون» و «موتورهای آسنکرون» تقسیم می‌شوند.
- * موتورهای آسنکرون سه‌فاز و تک‌فاز از دو قسمت اصلی استاتور و رتور تشکیل شده‌اند.
- * رتور ممکن است از نوع قفس سنجایی و یا از نوع سیم‌پیچی شده باشد.
- * ساختمان و راه‌اندازی موتورهای آسنکرون ساده، تعمیر و نگهداری آن‌ها راحت، اما جریان‌راه‌اندازی آن زیاد و دارای گشتاور شروع به کار ضعیفی است.
- * موتورهای تک‌فاز با یک سیم‌پیچی شروع به کار نمی‌کنند و نیاز به سیم‌پیچی کمکی دارند.
- * سیم‌پیچی اصلی را «سیم‌پیچی کار» و سیم‌پیچی کمکی را «سیم‌پیچی استارت» می‌گویند.
- * برای افزایش گشتاور راه‌اندازی موتور تک‌فاز خازنی به نام خازن راه‌انداز در مدارسیم‌پیچی استارت به طور سری قرار می‌دهند.
- * برای افزایش راندمان و ایجاد ضریب قدرت بهتر، علاوه بر خازن راه‌انداز، خازن دیگری نیز به نام «خازن دایمی» یا «خازن کار» (Run cap) در مدار سیم‌پیچی استارت قرار می‌دهند. این دوخازن به صورت موازی هستند که پس از راه افتادن موتور خازن راه‌انداز از مدار خارج می‌شود.

* برای موتور تک‌فازی که با بار کم شروع به کار می‌کند، می‌توان یک خازن به نام خازن کار را در مدار سیم‌پیچی استارت به طور سری قرار داد. این خازن در تمام مدت کار موتور در مدار باقی خواهد ماند.

* در موتور تک‌فاز با قطب چاک‌دار فقط یک سیم‌پیچی وجود دارد و به جای سیم‌پیچی استارت از حلقه‌های اتصال کوتاهی استفاده می‌شود که بر روی قسمتی از هر قطب در محل چاک داده شده نصب گردیده است.

* موتورهای اونیورسال دارای رتور سیم‌پیچی شده است، این موتورها هم با جریان AC و هم با جریان DC کار می‌کنند؛ گشتاور آنها زیاد است؛ موتور اکثر لوازم خانگی، مانند جاروبرقی و آسیاب از این نوع است.

* هرگاه سیم‌پیچی استارت، بدون آن که خازنی با آن سری باشد و در مدار باقی بماند، خواهد سوخت.

* یکی از روش‌های خارج کردن سیم‌پیچی استارت از مدار، استفاده از رله‌ی جریان است. بوبین رله‌ی جریان با سیم‌پیچی اصلی به طور سری و کنتاکت باز آن در مدار سیم‌پیچی استارت قرار می‌گیرد.

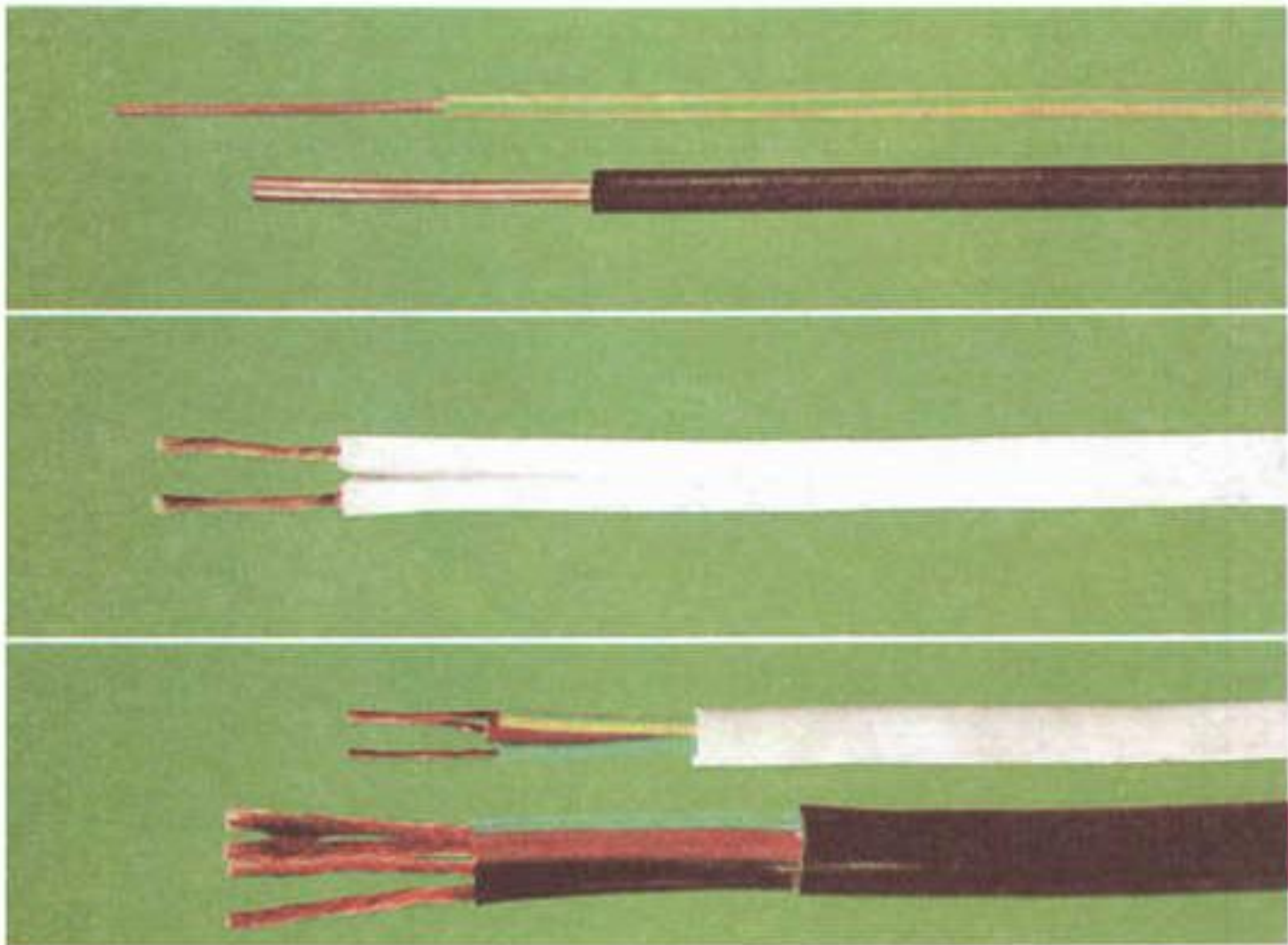
* استفاده از رله‌ی ولتاژ روش دیگری است برای خارج کردن سیم‌پیچی استارت از مدار. بوبین رله با سیم‌پیچی اصلی موازی و کنتاکت بسته‌ی آن در مدار سیم‌پیچی استارت، قرار می‌گیرد.

* کلید گریز از مرکز وسیله‌ی مکانیکی است برای خارج کردن سیم‌پیچی استارت از مدار هنگامی که موتور به حدود ۷۵٪ دور نامی خود رسید کلید گریز از مرکز کنتاکت بسته‌ای را که در مدار سیم‌پیچی استارت قرار دارد باز کرده و بدین ترتیب، سیم‌پیچی استارت از مدار خارج می‌گردد.



پرسش

- ۱- انواع موتورهای الکتریکی را نام ببرید.
- ۲- قسمت‌های اصلی موتور آسنکرون را نام ببرید.
- ۳- دو نوع متفاوت رتور کدامند؟
- ۴- مزایا و معایب عمده‌ی موتور آسنکرون با رتور قفس سنجابی را ذکر کنید.
- ۵- موتور تک‌فازی که دارای یک سیم‌پیچی است، در لحظه‌ی اعمال ولتاژ چه عکس‌العملی دارد؟
- ۶- راه‌اندازی موتور تک‌فاز به کمک سیم‌پیچی استارت را شرح دهید.
- ۷- موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز را شرح دهید.
- ۸- موتور تک‌فاز با خازن کار را توضیح دهید.
- ۹- طرز کار موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز و خازن کار را بیان نمایید.
- ۱۰- رله‌ی جریان به چه منظور در موتورهای تک‌فاز استفاده می‌شود؟ شرح دهید.
- ۱۱- طرز عمل رله‌ی پتانسیل در موتورهای تک‌فاز را توضیح دهید.
- ۱۲- طرز کار کلید گریز از مرکز را در خارج کردن سیم‌پیچی استارت از مدار، شرح دهید.



فصل هفتم

سیم‌ها و کابل‌ها

- پس از پایان این فصل از هترجو انتظار می‌رود:
- ۱- سیم هادی الکتریسته را تعریف نماید.
 - ۲- ساختمان سیم‌ها را شرح دهد.
 - ۳- انواع سیم‌ها را توضیح دهد.
 - ۴- محافظت سیم‌ها را شرح دهد.
 - ۵- برای مصرف‌کننده‌ها، با استفاده از جدول، سیم مناسب انتخاب کند.
 - ۶- کابل را تعریف کند.
 - ۷- ساختمان کابل را شرح دهد.
 - ۸- انواع کابل‌ها را توضیح دهد.
 - ۹- اصولی که باید برای انتخاب کابل در نظر گرفته شود، شرح دهد.
 - ۱۰- رنگ عایق هادی کابل‌های فشار ضعیف را نام ببرد.
 - ۱۱- علائم کابل‌های پروتودور را توضیح دهد.

۷- سیم‌ها و کابل‌ها

۷-۱- سیم‌ها

- ۷-۱-۱- تعریف سیم: سیم عبارت است از رشته یا رشته‌هایی از فلز هادی خوب جریان برق که برای انتقال انرژی الکتریکی به کار می‌رود.
- ۷-۱-۲- ساختمان سیم‌ها: سیم‌ها از دو قسمت هادی و عایق تشکیل شده‌اند.

قسمت هادی سیم‌ها عموماً مسی یا آلومینیومی است، اما بیش‌تر از مس - که هدایت الکتریکی آن نسبت به دیگر فلزات بهتر است - استفاده می‌شود. قسمت عایق سیم‌ها از مواد پلاستیکی یا P.V.C است که به صورت لایه‌ای بر روی هادی روکش می‌شود.

۳-۱-۷- انواع مختلف سیم: سیم‌هایی که در برق استفاده می‌شود انواع متعددی دارند. اگر سیم کشی روکار باشد از سیم‌های افشان دولا با سطح مقطع ۰/۷۵، ۱، ۱/۵ و ۲/۵ میلی‌متر مربع با روکش پلاستیکی استفاده می‌شود. (سطح مقطع‌های ذکر شده برای یک لای سیم است). اگر سیم توکار و از درون لوله‌های پولیکا یا لوله‌های فولادی داخل دیوار کشیده شود، از سیم یک‌لا، تک‌رشته‌ای، یا افشان با روکش P.V.C و با سطح مقطع ۰/۷۵، ۱، ۱/۵ و ۲/۵ میلی‌متر مربع استفاده می‌شود.

۴-۱-۷- محافظت سیم از خطر سوختن: از هر سیمی با یک مقطع مشخص، با توجه به موقعیت آن، جریان معینی را به نام «جریان مجاز» می‌توان عبور داد که در این صورت سیم صدمه‌ای نخواهد دید، اما اگر جریان عبوری از سیم از آمپر مجاز بیش‌تر شود، ممکن است سیم سوخته شود و باعث آتش‌سوزی و ایجاد خسارات بسیار گردد؛ از این رو، لازم است، اولاً: مقدار جریان عبوری از هر سیم به دقت برآورد شود و با در نظر گرفتن موقعیت سیم، با استفاده از جداول، مقطع مناسب برای سیم مورد نظر انتخاب گردد. ثانیاً: برای محافظت سیم‌ها و کابل‌ها خطر سوختن در حالت اتصال کوتاه، در مدار هر مصرف‌کننده فیوز مناسب نصب کرد. در جدول ۱-۷ جریان مجاز برای سیم‌ها و کابل‌های مسی و آلومینومی مناسب برای آن‌ها، مشخص شده است.

۲-۷- کابل‌ها

۱-۲-۷- تعریف کابل: برای انتقال انرژی الکتریکی از پست‌های فشار قوی به محل‌های مصرف، به منظور کاهش تلفات حرارتی در خطوط انتقال (تلفات حرارتی در سیم‌ها با توان دوم شدت جریان رابطه‌ی مستقیم دارد) مقدار ولتاژ را افزایش می‌دهند؛ در نتیجه، شدت جریان کم خواهد شد. سیمی که باید انرژی الکتریکی را با چنین ولتاژ بالایی (۶۳۰۰۰ و یا ۲۰۰۰۰ ولت) منتقل نماید، باید عایق خوب و مناسبی داشته باشد. چنین سیمی را «کابل» می‌نامند. به دیگر سخن، هر هادی الکتریکی‌ای که از محیط خود به خوبی عایق شده باشد، کابل نامیده می‌شود.

| سطح مقطع mm ² | گروه ۱ | | گروه ۲ | | گروه ۳ | |
|-----------------------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| | مس A | فیوز A | مس A | فیوز A | مس A | فیوز A |
| ۰/۷۵ | - | - | ۱۳ | ۱۰ | ۱۶ | ۱۶ |
| ۱ | ۱۲ | ۱۰ | ۱۶ | ۱۶ | ۲۰ | ۲۰ |
| ۱/۵ | ۱۶ | ۱۶ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۵ | ۲۵ |
| ۲/۵ | ۲۱ | ۲۰ | ۲۷ | ۲۵ | ۳۴ | ۳۵ |
| ۴ | ۲۷ | ۲۵ | ۳۶ | ۳۵ | ۴۵ | ۵۰ |
| ۶ | ۳۵ | ۳۵ | ۴۷ | ۵۰ | ۵۷ | ۶۳ |
| ۱۰ | ۴۸ | ۵۰ | ۶۵ | ۶۳ | ۷۸ | ۸۰ |
| ۱۶ | ۶۵ | ۶۳ | ۸۷ | ۸۰ | ۱۰۴ | ۱۰۰ |
| ۲۵ | ۸۸ | ۸۰ | ۱۱۵ | ۱۰۰ | ۱۳۷ | ۱۲۵ |
| ۳۵ | ۱۱۰ | ۱۰۰ | ۱۴۳ | ۱۲۵ | ۱۶۸ | ۱۶۰ |
| ۵۰ | ۱۴۰ | ۱۲۵ | ۱۷۸ | ۱۶۰ | ۲۱۰ | ۲۰۰ |
| ۷۰ | ۱۷۵ | ۱۶۰ | ۲۲۰ | ۲۲۴ | ۲۶۰ | ۲۵۰ |
| ۹۵ | ۲۱۰ | ۲۰۰ | ۲۶۵ | ۲۵۰ | ۳۱۰ | ۳۰۰ |
| ۱۲۰ | ۲۵۰ | ۲۵۰ | ۳۱۰ | ۳۰۰ | ۳۶۵ | ۳۵۵ |
| ۱۵۰ | - | - | ۳۵۵ | ۳۵۵ | ۴۱۵ | ۴۲۵ |
| ۱۸۵ | - | - | ۴۰۵ | ۳۵۵ | ۴۷۵ | ۴۲۵ |
| ۲۴۰ | - | - | ۴۸۰ | ۴۲۵ | ۵۶۰ | ۵۰۰ |
| ۳۰۰ | - | - | ۵۵۵ | ۵۰۰ | ۶۴۵ | ۶۰۰ |
| ۴۰۰ | - | - | - | - | ۷۷۰ | ۷۱۰ |
| ۵۰۰ | - | - | - | - | ۸۸۰ | ۸۵۰ |

گروه ۱: سیم‌های تک‌رشته‌ای تا سه سیم در یک لوله. سیم‌های رشته‌ای کابل مانند در لوله.
 گروه ۲: سیم‌های متحرک - سیم‌های رشته‌ای کابل مانند، خارج از لوله.
 گروه ۳: سیم‌های تک‌لا در فضای آزاد (حداقل فاصله سیم‌ها به اندازه‌ی قطر سیم) -
 سیم‌های تک‌رشته‌ای در سیم‌کشی نابلوها.

جدول ۱-۷- جدول جریان مجاز برای سیم‌های مسی عایق‌دار و آمپراژ فیوز مورد نیاز.

۷-۲-۲- ساختمان کابل: هر کابل از دو قسمت تشکیل شده است: ۱- «هادی کابل» (قسمت اصلی کابل)؛ ۲- عایق کابل. هادی کابل که جریان الکتریکی از آن می‌گذرد از جنس مس یا آلومینیوم است که با مقطع دایره یا مثلث تولید می‌شود. متداول‌ترین نوع عایقی که برای کابل‌ها استفاده می‌شود، P.V.C (پلی وینیل کلراید) است که آن را «پروتودور» می‌نامند.

۷-۲-۳- انواع مختلف کابل: کابل‌ها بر حسب نوع کاربردی که دارند دارای انواع مختلفی هستند؛ مانند کابل یک‌رشته‌ای یا چندرشته‌ای، کابل فشار ضعیف یا کابل فشار قوی، کابل زمینی یا کابل هوایی، کابل کواکسیال و نظایر آن. باید توجه داشت که هر کابلی بسته به نوع کاربردی که دارد ممکن است دارای ساختمان خاصی باشد؛ مانند کابل زمینی که در معرض فشارهای مکانیکی و رطوبت زمین است و باید علاوه بر عایق هادی دارای پوشش‌های دیگری نظیر نوار فلزی، غلاف سربی و لایه‌های قیراندود باشد. یا کابل «کواکسیال» که برای آنتن تلویزیون و دستگاه‌های صوتی تصویری به کار می‌رود و آن کابل دوسیمه‌ای است که سیم اصلی آن در مرکز کابل با عایقی از P.V.C پوشیده شده و سیم خارجی آن نیز به وسیله‌ی سیم‌های نازک رشته‌ای بر روی عایق سیم اصلی، مانند زره، بافته شده است. به این ترتیب، سیم اصلی از پارازیت‌های خارجی محافظت می‌شود. سیم داخلی در واقع همان سیم اصلی است و سیم خارجی نیز معمولاً به بدنه‌ی دستگاه متصل می‌شود. در شکل ۱-۷ چند نمونه کابل نشان داده شده است.

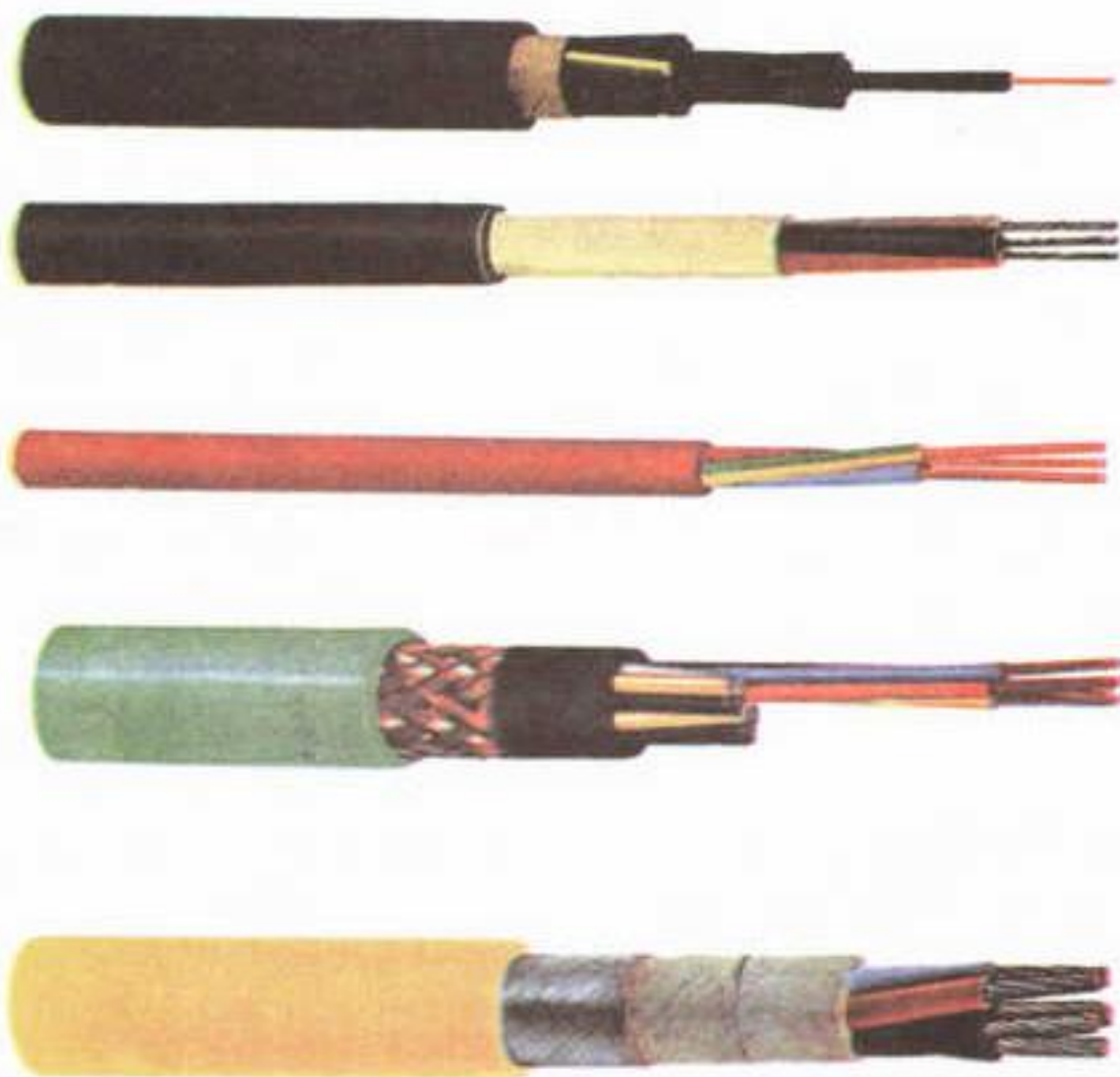
۷-۲-۴- انتخاب کابل: برای انتخاب کابل مناسب به شناخت کابل و کاربرد آن نیازمندیم. هر کابلی با سطح مقطع معین قادر به انتقال جریان معینی است و اگر جریان از حد مجاز بیش‌تر شود سبب دوام کم‌تر یا سوختن کابل می‌شود. برای انتخاب کابل مناسب باید سه اصل را رعایت کرد:

۱- جریان الکتریکی عبوری از حد مجاز جریان کابل بیش‌تر نباشد. جریان مجاز را می‌توان براساس جدول کابل تعیین نمود.

۲- افت ولتاژ نباید بیش‌تر از حد مجاز باشد.

۳- تلفات قدرت نباید زیاد شود.

۷-۲-۵- رنگ عایق هادی: در کابل‌های فشار ضعیف، عایق رشته‌ی داخلی کابل با رنگ خاصی مشخص می‌شود، اما در کابل‌های فشار قوی، هنگام اتصال باید دقت شود، زیرا رنگ تمام رشته‌ها یکسان است. رنگ‌های متداول در کابل‌های فشار ضعیف با استاندارد



شکل ۱-۷- انواع کابل‌ها

- | | |
|---|----------------------|
| خاکستری روشن و سیاه | V.D.E بدین قرار است: |
| خاکستری روشن و سیاه و قرمز | کابل دورشته‌ای: |
| خاکستری روشن و سیاه و قرمز و آبی | کابل سه‌رشته‌ای: |
| خاکستری روشن و سیاه و قرمز و آبی و سیاه | کابل چهاررشته‌ای: |
| سیم خاکستری همیشه به صورت سیم خنثی و سیم قرمز برای محافظت به کار می‌رود. | کابل پنج‌رشته‌ای: |
| در کابل‌های فشار ضعیف، سیم خاکستری همیشه به صورت سیم خنثی و سیم قرمز برای محافظت به کار می‌رود. | |
| در کابل‌های چهار سیمه معمولاً مقطع سه سیم از کابل‌ها مساوی و سطح مقطع | |

سیم چهارم کوچک‌تر است. مقدار کوچک بودن سیم چهارم معمولاً نصف سطح مقطع سایر سیم‌هاست، اما در بعضی از اندازه‌های کابل تا چند نمره از سایر سیم‌ها کوچک‌تر است.

۶-۲-۷- علائم کابل‌ها: کابل‌های پروتودور با علائم خاصی معرفی می‌شوند. هر یک از این علائم مفهوم ویژه‌ای دارند. حال، برخی از این علائم را شرح می‌دهیم که کابل آن در فشار ضعیف کاربرد وسیعی دارند. (شکل ۲-۷).



شکل ۲-۷

N: علامت کابل ترم شده با سیم مسی براساس استاندارد V.D.E.
 NA: علامت کابل ترم شده با سیم آلومینیومی براساس استاندارد V.D.E.
 Y: علامت عایق پروتودور است (اولین Y در ردیف حروف).
 Y: روپوش پروتودور (دومین Y در ردیف حروف).

re سیم گرد یک‌رشته‌ای

rm سیم گرد چندرشته‌ای

se مقطع سیم مثلثی و یک‌رشته‌ای

sm مقطع سیم مثلثی و چندرشته‌ای

مثال ۱- روی عایق کابل این اعداد و حروف به چشم می‌خورد. مفهوم هر یک را توضیح دهید. (شکل ۳-۷):

$NYY\ 4 \times 4\ re\ 0.6/1\ kV$

پاسخ: کابل ترم شده مسی با روپوش و عایق پروتودور چهار سیمه، با مقطع گرد هر یک ۴ میلی‌متر مربع و تک‌رشته‌ای با ولتاژ بین فاز و زمین ۰/۶ کیلوولت و بین دو خط ۱ کیلوولت.

مثال ۲- روی عایق کابل این اعداد و حروف به چشم می‌خورد. مفهوم هر یک را

توضیح دهید. (شکل ۴-۷).

NY 4 x 50 se 0.6/1 kV

پاسخ: کابل نرَم شده با سیم آلومینیومی با عایق و روپوش پروتودور با مقطع مثلی ۵۰ میلی مترمربع و چهار رشته‌ای، ولتاژ بین فاز و زمین ۰/۶ کیلو ولت و بین دو فاز ۱ کیلوولت.



شکل ۳-۷- کابل NY



شکل ۴-۷- کابل NY

خلاصه‌ی مطالب

- * سیم عبارت است از رشته یا رشته‌هایی از فلز هادی خوب جریان برق.
- * سیم‌ها از دو قسمت: «هادی» (از جنس مس یا آلومینیوم) و «عایق» (از مواد پلاستیکی و یا P.V.C) تشکیل شده‌اند.
- * سیم‌های مورد مصرف در ساختمان‌ها عبارت‌اند از: سیم‌های افشان دولا با روکش پلاستیک یا سیم‌های یک‌لا، تک‌رشته‌ای، و افشان با روکش P.V.C با سطح مقطع ۰/۷۵، ۱، ۱/۵ و ۲/۵ میلی مترمربع.
- * برای محافظت سیم‌ها در مقابل خطر سوختن - علاوه بر آن که سطح مقطع سیم

باید متناسب با جریان مصرفی و موقعیت سیم باشد- باید بر روی آن فیوز مناسب نیز نصب گردد.

* به طور کلی هر سیم یا هادی جریان برق که از محیط خود به روش مناسب و با عایق خوبی ایزوله‌ی الکتریکی شده باشد، «کابل» نامیده می‌شود.

* کابل از دو قسمت، «هادی» (از جنس مس یا آلومینیوم) یا مقطع دایره یا مثلث و «عایق» از جنس P.V.C (پلی ونیل کلراید) که به آن پروتودور نیز گفته می‌شود تشکیل شده است.

* انواع مختلف کابل عبارت‌اند از: کابل زمینی، هوایی، یک رشته‌ای، چند رشته‌ای، فشار ضعیف، فشار قوی، کواکسیال و...

* کابل زمینی، علاوه بر عایق P.V.C با پوشش‌های نوار فلزی از غلاف سربی و لایه‌های قیراندود نیز پوشیده شده است.

* کابل کواکسیال متشکل است از: یک سیم اصلی در مرکز و سیم دیگری که به صورت زره بر روی عایق سیم اصلی یافته شده است.

* برای انتخاب کابل- علاوه بر توجه به اینکه مقدار جریان عبوری از کابل باید در حد آمپر مجاز باشد- لازم است دقت شود که افت ولتاژ از حد مجاز بیش‌تر نباشد و تلفات قدرت هم زیاد نشود.

* در کابل‌های فشار ضعیف عایق رشته‌های داخلی کابل با رنگ‌های خاصی مشخص می‌شوند؛ مانند کابل پنج رشته‌ای که با رنگ‌های خاکستری روشن، سیاه، قرمز، آبی و سیاه مشخص می‌گردد.

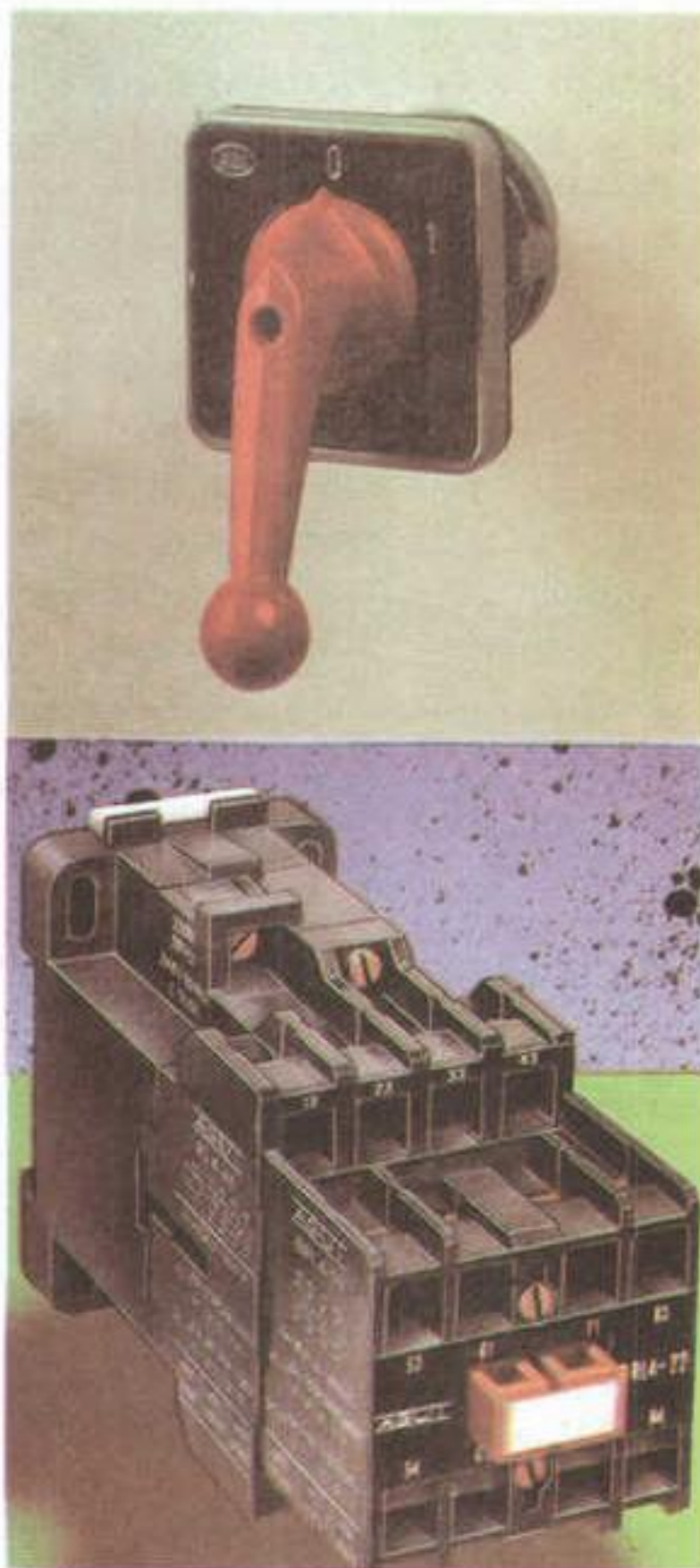
* بر روی کابل‌ها معمولاً علایم و اعدادی نوشته می‌شود که در واقع مشخصات کابل است؛ مانند کابل $6/1 \text{ kV } Nyy 4 \times 35 \text{ re}$ که عبارت است از: کابل مسی ترم شده با عایق و روپوش پروتودور (P.V.C)، چهار رشته‌ای با مقطع دایره به سطح ۳۵ میلی‌متر مربع، ولتاژ بین فاز و زمین ۰/۶ کیلوولت و ولتاژ بین دو فاز ۱ کیلوولت.

پرسش

- ۱- سیم را تعریف کنید.
- ۲- ساختمان سیم را شرح دهید.
- ۳- مقاطع و نوع سیم‌هایی که در سیم کشی به کار می‌روند، نام ببرید.
- ۴- محافظت سیم را از نظر سوختن شرح دهید.
- ۵- کابل را تعریف کنید.
- ۶- ساختمان کابل را شرح دهید.
- ۷- انواع کابل‌ها را نام ببرید.
- ۸- نام علمی عایق پرتودور چیست؟
- ۹- چرا سیم‌ها در هوای آزاد نسبت به سیم‌های داخل لوله جریان مجاز بیش‌تری

دارند؟

- ۱۰- کابل زمینی، علاوه بر عایق هادی، دارای چه پوشش‌های دیگری است؟
- ۱۱- کابل کواکسیال را شرح دهید.
- ۱۲- برای دستگاهی که آمپر مصرفی آن ۲۳ آمپر است یک کابل سه رشته‌ای در هوای آزاد باید کشیده شود. مقطع این کابل را مشخص کنید.
- ۱۳- مشخصات کابل $Nyyv5se\ 0/6\ kV$ را شرح دهید.
- ۱۴- برای انتخاب کابل مناسب باید چه اصولی را رعایت کرد؟
- ۱۵- رنگ عایق هادی‌های یک کابل فشار ضعیف چهار رشته‌ای را نام ببرید؟



کلیدها و حفاظت‌کننده‌ها

پس از پایان این فصل از هترجو انتظار می‌رود:

- ۱- کلید را تعریف کرده یک نوع «دستی لحظه‌ای» آن را نام ببرد.
- ۲- کلیدهای دستی تیغه‌ای، غلتکی و زیانه‌ای را شرح دهد.
- ۳- کلیدهای سلکتوری را شرح دهد.
- ۴- کلید فیوز را توضیح دهد.
- ۵- کلید مینیاتوری را شرح دهد.
- ۶- انواع مختلف کلیدهای اتوماتیک را شرح دهد.
- ۷- کلیدهای محدود کننده را توضیح داده انواع آن را نام ببرد.
- ۸- کلیدهای تابع فشار را توضیح دهد.
- ۹- کلیدهای شناور را شرح دهد.
- ۱۰- دگمه‌های فشاری وصل و قطع (استارت و استاپ) را توضیح دهد.
- ۱۱- فیوز را شرح داده انواع مختلف آن را نام ببرد.
- ۱۲- با استفاده از جدول، فیوز مناسب را انتخاب نماید.
- ۱۳- کنتاکتور را توضیح داده ساختمان و طرز کار آن را بیان کند.
- ۱۴- قسمت‌های مختلف کنتاکتور را توضیح دهد.
- ۱۵- مزایای کنتاکتورها را نسبت به کلیدهای دستی بیان نماید.
- ۱۶- مشخصات کنتاکتور را از روی پلاک آن توضیح دهد.
- ۱۷- با استفاده از جدول، کنتاکتور مناسب را انتخاب کند.
- ۱۸- طرز کار اورلود (رله‌ی حرارتی یا بی‌متال) را شرح دهد.
- ۱۹- قسمت‌های مختلف رله‌ی حرارتی را نام ببرد.
- ۲۰- با استفاده از جدول، اورلود مناسب را انتخاب کند.
- ۲۱- جرقه‌گیرهای جریان متناوب و مستقیم را شرح دهد.

۲۲- چشم‌های الکتريکی را شرح دهد.

۲۳- تایمر را شرح داده انواع مختلف آن را توضیح دهد.

۲۴- کنترل فاز را شرح دهد.

۲۵- رله‌های مدار فرمان را توضیح دهد.

۲۶- ترموکوپل را شرح دهد.

۸- کلیدها و حفاظت‌کننده‌ها

۸-۱- کلیدها

وسایلی که سبب کنترل مصرف‌کننده‌های الکتريکی می‌شوند «کلید» نام دارد. کار کلیدها قطع و وصل یا تغییر حالت مدارهای الکتريکی است. کلیدها دو نوع هستند:

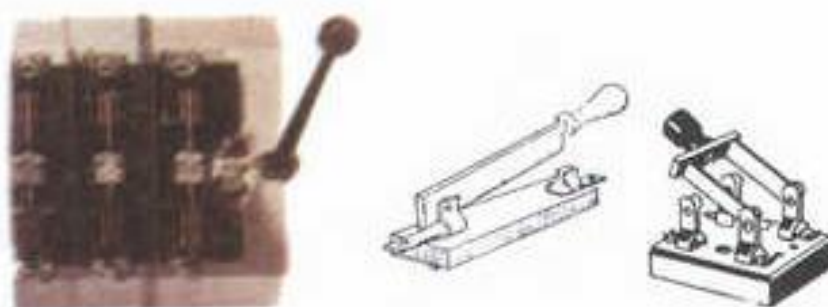
الف - کلیدهای دستی ب - کلیدهای مغناطیسی (کنتاکتورها)

کلیدهای دستی: این کلیدها تنها با نیروی مکانیکی عمل می‌کنند. کلیدهای دستی به دو دسته لحظه‌ای و دائمی تقسیم می‌شوند. برای عمل کردن کلیدهای لحظه‌ای نیروی مکانیکی دائمی لازم است. مانند شستی زنگ اخبار.

کلیدهای دستی دائمی: این کلیدها برای هر تغییر حالت به یک نیروی لحظه‌ای نیاز دارند و از نظر ساختمان به شکل‌های مختلف اهرمی (تیغه‌ای)، غلتکی و زبانه‌ای ساخته می‌شوند. کلیدهای دستی دائمی در صنعت کاربرد بسیاری دارند که در این فصل در باره‌ی آنها بحث خواهیم کرد.

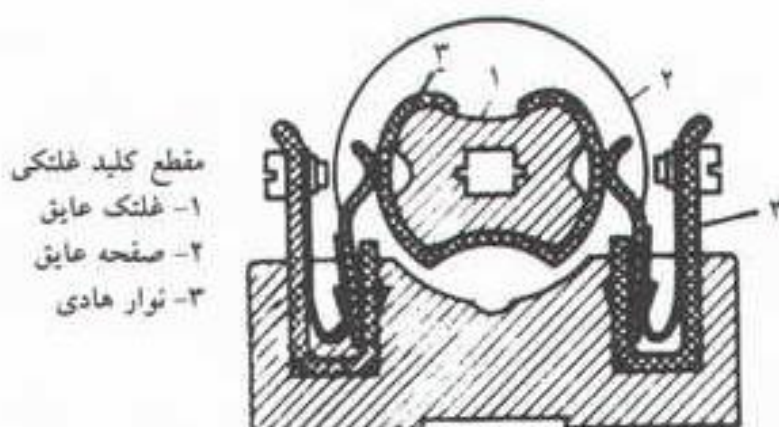
۸-۱-۱- کلید اهرمی (تیغه‌ای): در این کلید از تیغه‌های کاردی شکل که بر روی محوری گردان نصب شده استفاده می‌شود. گردش محور به وسیله‌ی اهرم موجب اتصال تیغه‌ها به کنتاکت‌های ثابت می‌شود و عمل وصل شبکه‌ی برق‌دار را به مصرف‌کننده تأمین می‌کند. شکل ۸-۱-۱ تصویری است از چند نمونه کلید تیغه‌ای.

۸-۱-۲- کلید غلتکی: این کلید از یک یا چند غلتک عایق که به وسیله‌ی یک اهرم حول محوری می‌چرخد، تشکیل شده است. بر روی غلتک‌ها نوارهای فلزی در محل‌های مناسب تعبیه گردیده است. شکل غلتک‌ها و نحوه‌ی قرار گرفتن نوارهای فلزی به گونه‌ای است که با گردش غلتک به وسیله‌ی اهرم، کنتاکت‌های ثابت به یک‌دیگر وصل یا از



شکل ۸-۱ - چند نمونه کلید تیغه‌ای

یک دیگر جدا می‌شوند؛ به طوری که اگر قسمت فرورفته غلتک در برابر کنتاکت‌های ثابت قرار گیرد دو کنتاکت از یک دیگر جدا می‌شوند و اگر قسمت فلزی غلتک در برابر کنتاکت‌های ثابت قرار گیرد، دو کنتاکت به یک دیگر وصل می‌شود (شکل ۸-۲). این کلید به علت سایدگی نوارهای فلزی و کنتاکت‌ها، دوام اندک و استفاده‌ی کم‌تری دارد.

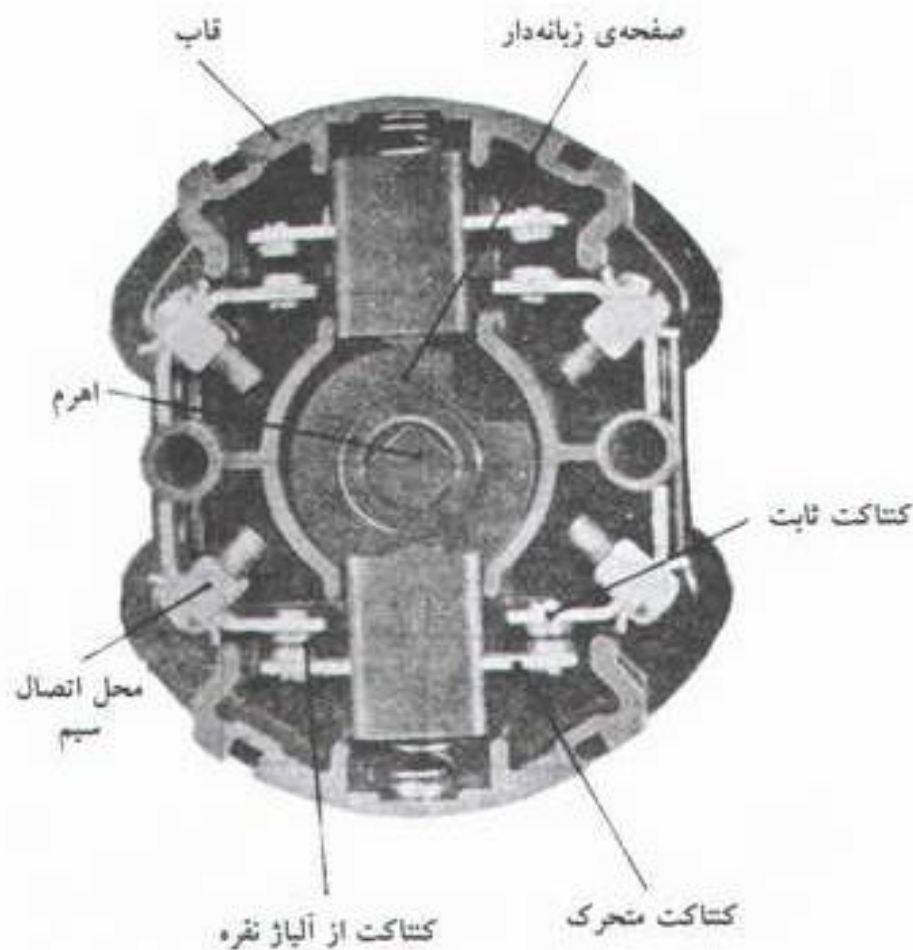


مقطع کلید غلتکی
۱- غلتک عایق
۲- صفحه عایق
۳- نوار هادی

شکل ۸-۲ - ساختمان کلید غلتکی

در ضمن، با تغییر شکل غلتک‌ها می‌توان حالت‌های مختلفی را در کلید ایجاد کرد و از آن در مدارهای مختلفی بهره برد.

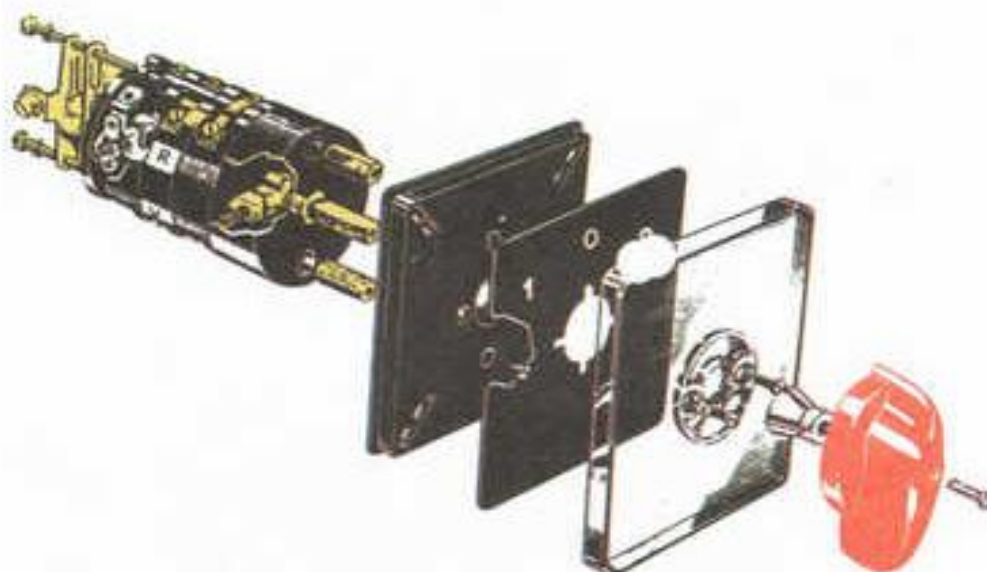
۸-۱-۳- کلید زبانه‌ای: در شکل ۸-۳ با چرخاندن اهرم، صفحه‌ی زبانه‌دار تغییر وضعیت می‌دهد. چنانچه شیار صفحه‌ی زبانه‌دار در مقابل تکیه‌گاه کنتاکت‌های متحرک قرار گیرد، با فشار فنریشت تکیه‌گاه کنتاکت‌های متحرک، کنتاکت‌های ثابت را به یک دیگر وصل می‌کند و مدار کامل می‌شود. اگر زبانه در مقابل تکیه‌گاه کنتاکت‌های متحرک قرار گیرد فنر فشرده می‌شود و کنتاکت‌های ثابت را از یک دیگر جدا می‌کند و مدار را قطع



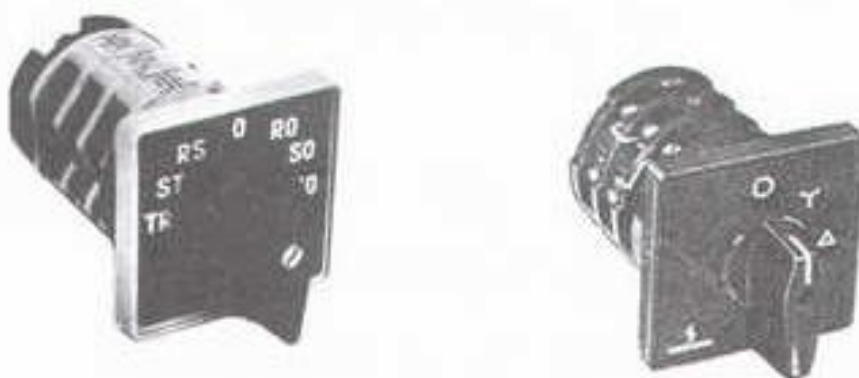
شکل ۳-۸- ساختمان کلید زبانه‌ای

می‌نماید. این کلید عمل اتصال را بدون ساییدگی انجام می‌دهد و همین امر، موجب دوام و مرغوبیت آن می‌شود. با تغییر تعداد و مکان زبانه‌ها در روی صفحه می‌توان این کلید را در انواع مختلف ساخت و در راه‌اندازی الکتروموتورها و نظایر آن به کار برد.

۴-۱-۸- سلکتور سویچ‌ها: سلکتور سویچ‌ها کلیدهایی هستند که برای انتخاب حالت‌های مختلف طراحی و ساخته می‌شوند، مانند کلید سه فاز گردان دو حالتی که برای راه‌اندازی موتورهای سه فاز به صورت چپ گرد و راست گرد استفاده می‌شوند. یا سلکتور سویچ ولت که برای اندازه‌گیری ولتاژ بین فازهای مختلف، هم‌چنین ولتاژ هر فاز نسبت به سیم صفر از آن استفاده می‌شود. نوع دیگر این کلیدها سلکتور سویچی است که بر روی آوومترها نصب شده و به وسیله‌ی آن آوومتر را می‌توان در حالت‌های اندازه‌گیری ولت، آمپر یا اهم با رنج‌های مختلف قرار داد. کلید سه فاز گردان دو حالتی ستاره مثلث هم یک نوع سلکتور سویچ است که به وسیله‌ی آن می‌توان ابتدا موتور را در حالت ستاره راه‌اندازی کرد؛ سپس آن را در حالت مثلث قرار داد تا موتور به حالت مثلث کار کند. کلید



نمای ظاهری یک سلکتور سویچ و اجزای تشکیل دهنده‌ی آن



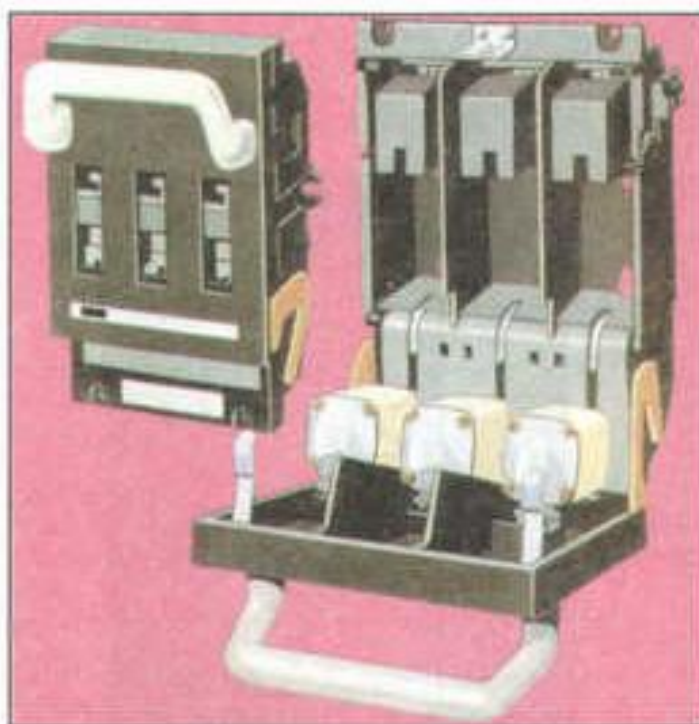
کلید ولت

کلید ستاره و مثلث

شکل ۴-۸- چند نمونه سلکتور سویچ

فکتوریل هم یک سلکتور سویچ است که به وسیله‌ی آن می‌توان موتور را در حالت دور کم، دور متوسط یا دور زیاد قرار داد یا آن را خاموش کرد.

۵-۱-۸- کلید فیوز: کلید فیوز نوعی کلید است که قطع آن باعث خارج شدن فیوزها از مدار می‌شود. قطع و وصل کلید فیوزها دستی صورت می‌گیرد. با قطع کلید، تعویض فیوزها به سادگی انجام می‌گردد. به دلیل آن که کلید فیوزها معمولاً بر روی تابلو نصب می‌گردند (نه در داخل آن) برای تعویض فیوزها نیازی به باز کردن در تابلو نیست و به همین سبب برای تعویض فیوزها کوچک‌ترین خطری وجود ندارد. در شکل ۵-۸ یک نمونه کلید فیوز در حالت در مدار بودن و در حالت خارج از مدار نشان داده شده است.



شکل ۵-۸ کلید فیوز

۶-۱-۸- کلید مینیاتوری: این کلید نوعی کلید اتوماتیک یا خودکار است که از نظر ساختمان داخلی شبیه فیوز آلفا بوده و از سه قسمت «رله‌ی مغناطیسی» (رله‌ی جریان زیاد با عمل کرد سریع)، «رله‌ی حرارتی یا رله‌ی بی مثال» (رله‌ی جریان زیاد با عمل کرد تأخیری) و «کلید» تشکیل شده است.

این کلید در دو نوع G و L ساخته می‌شود. نوع L آن در مصارف روشنایی به کار می‌رود و تندکار است. از نوع G برای راه‌اندازی وسایل موتوری استفاده می‌گردد و کند کار است. این کلید در انواع تک فاز، دو فاز و سه فاز ساخته می‌شود. در شکل ۶-۸ چند نمونه از کلید مینیاتوری نشان داده شده است.



الف) ساختمان داخلی کلید مینیاتوری ب) مینیاتوری یک فاز و سه فاز

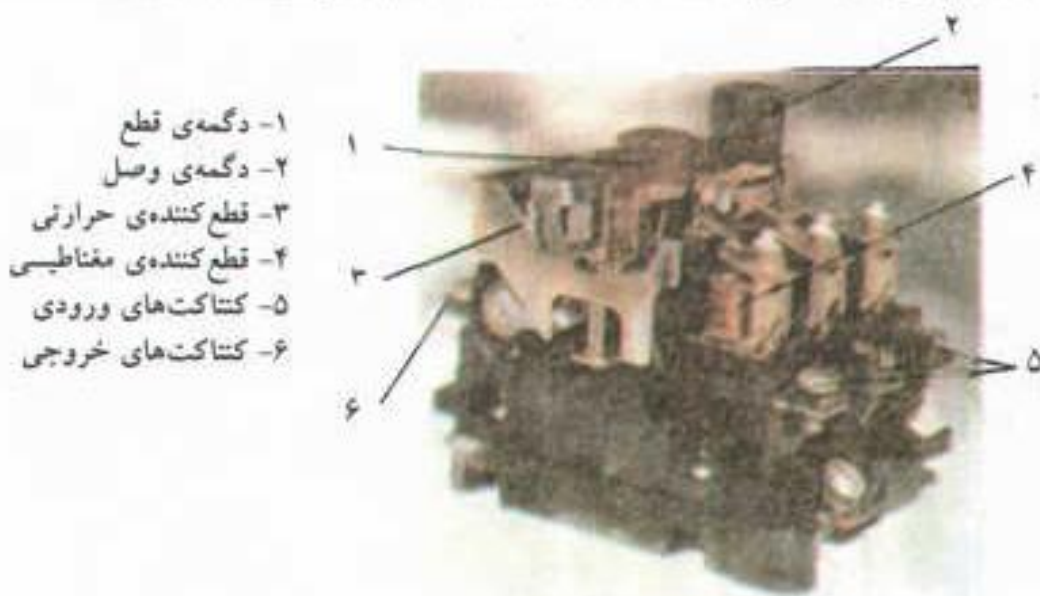
شکل ۶-۸- چند نمونه از کلید مینیاتوری

۷-۱-۸- کلیدهای اتوماتیک: کلیدهای اتوماتیک دارای انواع و اقسام بسیاری است. یک نوع آن کلید مینیاتوری است که پیش از این شرح داده شد. کلیدهای اتوماتیک که به صورت کلید اصلی در تابلوهای برق به کار می‌روند علاوه بر قطعاتی نظیر کنتاکت‌ها، پلاتین‌ها، فنرها و سایر قطعات لازم، بر روی هر خط از دو عضو دیگر نیز برخوردار است که عبارت‌اند از: «بی‌مخال حرارتی» و «یک عضو مغناطیسی» یا بوبین.

کلید به وسیله‌ی دسته یا اهرمی وصل می‌شود. یک ضامن، اهرم کلید و پلاتین‌ها را در حالت وصل‌نگه می‌دارد. در صورتی که جریان هر یک از فازها به تدریج از میزان تنظیم شده بر روی کلید بالاتر برود، بی‌مخال آن گرم و منحرف شده از طریق سیستم مکانیکی، ضامن نگه‌دارنده، اهرم کلید را آزاد می‌کند. در نتیجه، کنتاکت‌های اصلی کلید با نیروی فنرهای مابین کنتاکت‌های ثابت و متحرک، باز و کلید قطع می‌گردد.

هرگاه در مدار اتصال کوتاهی برای یکی از خطوط به وجود آید میدان مغناطیسی بوبین نیز به شدت افزایش یافته باعث آزاد شدن ضامن نگه‌دارنده‌ی اهرم کلید و قطع شدن کلید خواهد شد. باید توجه کرد که هم بی‌مخال‌ها و هم بوبین‌های عضو مغناطیسی در مدار فازهای اصلی کلید قرار دارند. در کلیدهای بزرگ قسمتی از جریان اصلی هر خط به صورت شنت (موازی) از بی‌مخال و بوبین مربوط به آن خط عبور می‌کند.

در کلیدهای اتوماتیک کوچک، به جای دسته اهرمی، از دگمه‌های قطع و وصل استفاده می‌گردد. در شکل ۷-۸ قسمت‌های مختلف کلید اتوماتیک نشان داده شده است.



شکل ۷-۸- قطعات مختلف کلید اتوماتیک

۸-۱-۸- کلیدهای محدود کننده (لیمیت سویچ‌ها): این نوع کلیدها معمولاً برای فرمان‌های مکانیکی یا محدود کردن حرکت دستگاه‌ها به کار می‌روند. ساختمان داخلی آن‌ها مانند استاپ استارت‌ها بوده و به صورت ساده و دویل و چند کنتاکته ساخته می‌شوند. در شکلی‌های ۸-۸-الف و ۸-۸-ب انواع این کلیدها مشخص شده است. کاربرد و ساختمان خارجی لیمیت سویچ‌ها متفاوت بوده و کاملاً به چگونگی سیستم مکانیکی دستگاه بستگی دارد.

- ۲- کلید محدود کننده‌ی فرقره‌ای یک طرفه از چپ
- ۵- کلید محدود کننده‌ی فرقره‌ای دو طرفه
- ۶- کلید محدود کننده‌ی آنتنی دوطرفه

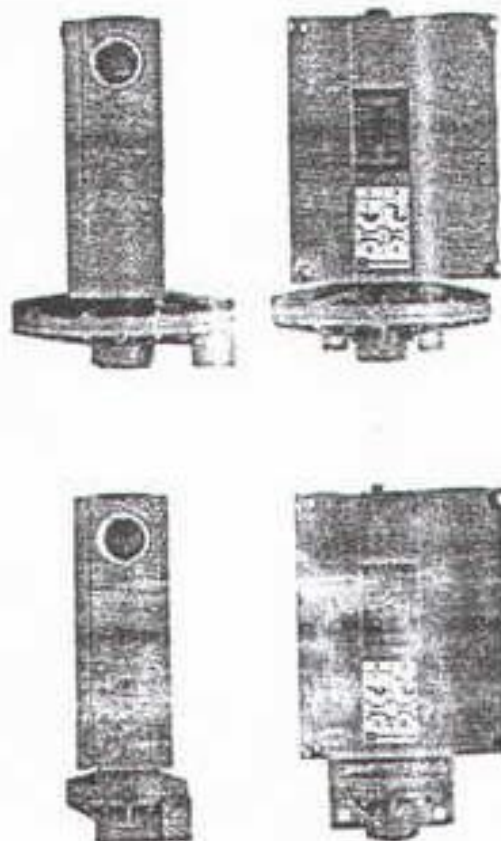
- ۱- کلید محدود کننده‌ی فشاری انتهایی
- ۲- کلید محدود کننده‌ی فرقره‌ای
- ۳- کلید محدود کننده‌ی فرقره‌ای از راست



شکل ۸-۸-الف- انواع لیمیت سویچ ساده



شکل ۸-۸-ب- انواع لیمیت سویچ صنعتی

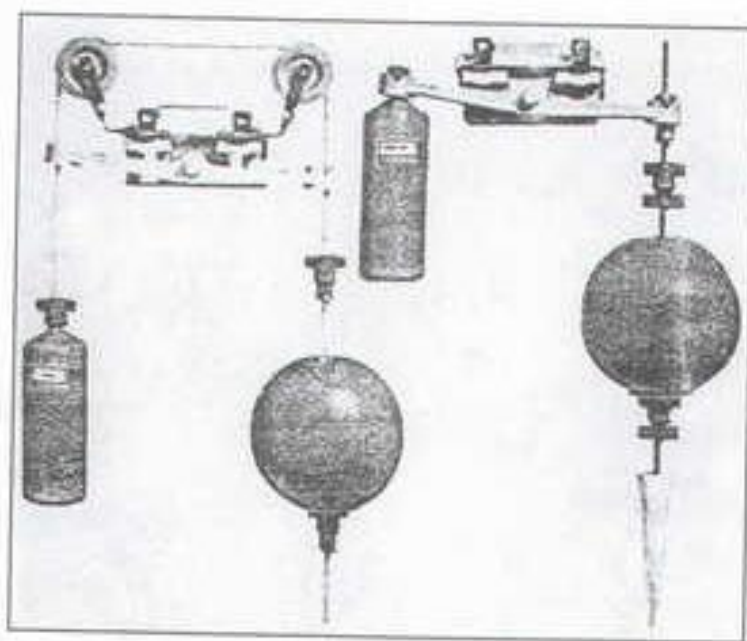


شکل ۹-۸- نمای کلید تابع فشار

۹-۱-۸- کلیدهای تابع فشار (پرشر سویچ‌ها): این کلیدها برای کنترل فشار گاز داخل مخازن و کمپرسورها، همچنین برای تنظیم فشار آب داخل لوله‌ها و منابع، برای روشن و خاموش کردن اتوماتیک این دستگاه‌ها به کار می‌رود. عامل فرمان این کلید، فشار گاز یا مایع داخل مخزن است.

فشار گاز مؤثر بر صفحه داخلی کلید نیروی وارد می‌کند و این نیرو باعث تحریک کلید می‌شود و کنتاکت بازی را بسته، یا کنتاکت بسته‌ای را باز می‌کند و حرکت برگشت آن از طریق فنر صورت می‌گیرد.

۱۰-۱-۸- کلیدهای شناور (لول سویچ‌ها): کلیدهای شناور برای کنترل سطح آب یا مایعات داخل منبع‌ها، استخرها و مخازن به کار می‌رود. ساختمان این کلید از وزنه‌ی تعادل و یک قسمت شناور و یک میکروسویچ تشکیل شده است. هنگامی که قسمت شناور را با توجه به شکل کار تنظیم می‌کنند یا تغییر سطح مایع داخل مخزن، شناور تغییر مکان داده به میکروسویچ داخل کلید فرمان می‌دهد و باعث قطع و وصل مدار می‌شود. در شکل ۱۰-۸ نمونه‌ای از این کلید نشان داده شده است.



شکل ۱۰-۸- دو نمونه کلید شناور

۱۱-۱-۸- دگمه‌های فشاری قطع و وصل (شیست‌های استارت و استاپ):
 دگمه‌های وصل (استارت) و قطع (استاپ) کلیدهایی هستند که فرمان آن‌ها به وسیله‌ی دست صورت می‌گیرد و عمل کرد آن لحظه‌ی است؛ به این معنی که با فشار دادن انگشت بر روی آن عمل کلید انجام می‌شود و با برداشتن انگشت از روی آن، کلید به حالت اول برمی‌گردد. این کلیدها در مدار فرمان کتاکتورها برای وصل و یا قطع آن، به منظور راه‌اندازی یا خاموش کردن دستگاه‌ها استفاده می‌شود. کلیدی که دو کنتاکت باز دارد، شستی استارت است (عمل آن باعث وصل کتاکتور خواهد شد) و کلیدی که دو کنتاکت بسته دارد، شستی استاپ است (عمل آن کتاکتور را قطع می‌کند). گاهی هر دو کلید بر روی یک پایه نصب شده‌اند که به آن «شستی استارت - استاپ» می‌گویند. در شکل ۱۱-۸ چند نمونه از این کلیدها نشان داده شده است.

۲-۸- لامپ‌های سیگنال

لامپ‌های علامت دهنده یا لامپ سیگنال در کلیه دستگاه‌های صنعتی و تابلوهای توزیع و تابلو فرمان به کار می‌روند. این لامپ‌ها نشانگر وصل یا قطع مدار هستند. نوع استفاده از لامپ متفاوت بوده گاهی به صورت «لامپ خیر» استفاده می‌شود. هنگامی که در مدار عبیب به وجود آید یا رله‌ی حرارتی عمل کند لامپ خیر روشن می‌شود. لامپ‌های

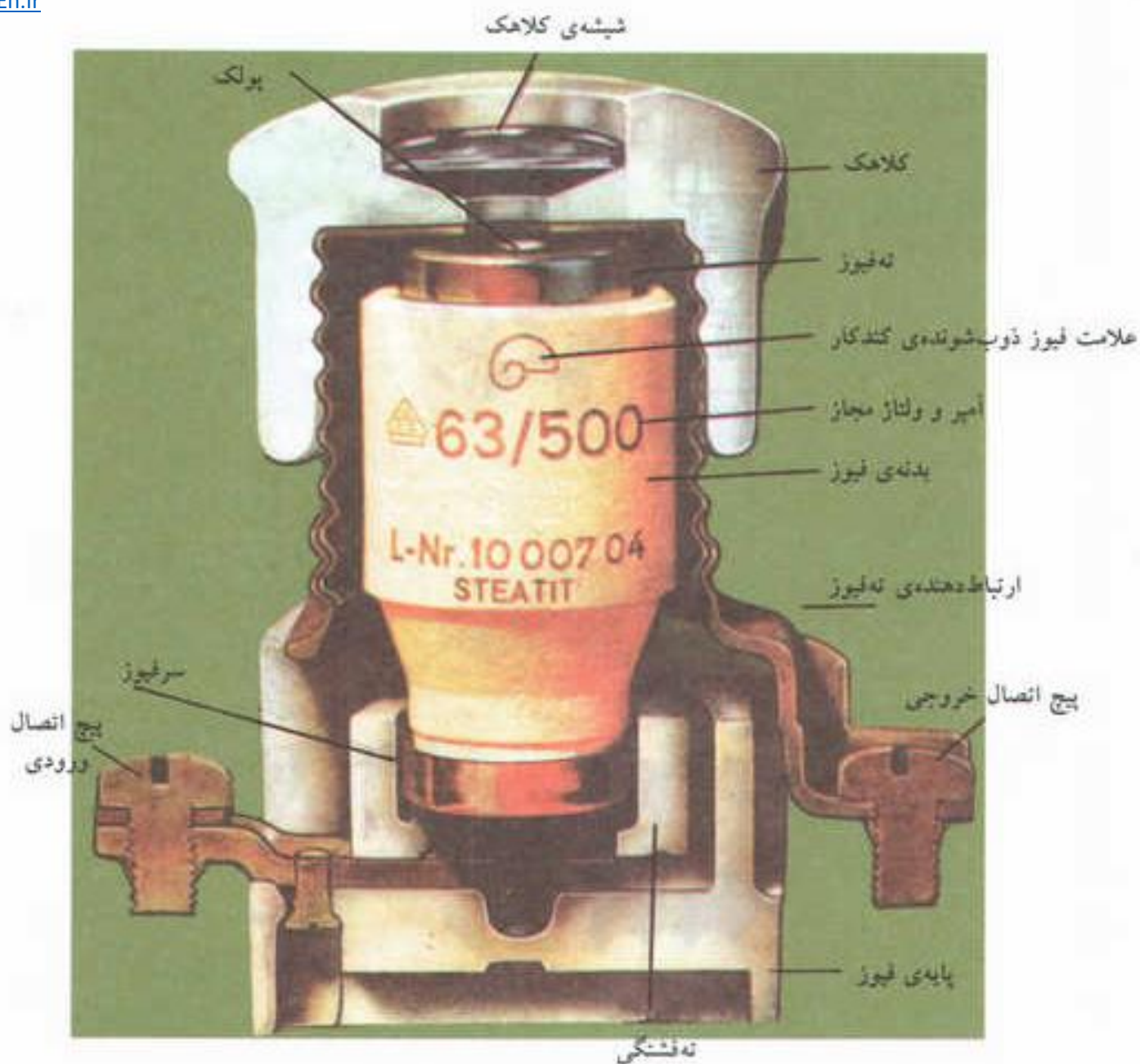


شکل ۱۱-۸- انواع شستی

سیگنال را قبل از هریار به کار انداختن دستگاه صنعتی باید به وسیله‌ی کلید مخصوص امتحان کرد و از سالم بودن مدار، هم‌چنین لامپ آن کاملاً مطمئن شد تا در صورت بروز خطا در مدار بتواند به خوبی عمل کند.

۸-۳- فیوز و انواع آن

فیوز در کلیه‌ی تأسیسات الکتریکی برای جلوگیری از صدمه دیدن سیم‌ها و کابل‌ها و معیوب شدن وسایل و نیز قطع نمودن دستگاه‌های معیوب از شبکه، در اثر ازدیاد بیش از حد جریان مجاز (اتصال کوتاه و اضافه‌بار) به کار می‌رود. فیوزها باید طوری انتخاب شوند که در اثر اضافه‌بار و یا اتصال کوتاه در کوتاه‌ترین زمان ممکن و قبل از این که صدمه‌ای به سیم‌ها و تجهیزات الکتریکی شبکه برسد، مدار قسمت معیوب را قطع کنند. (شکل ۱۲-۸).



شکل ۸-۱۲ ساختمان یک فیوز کامل

برش نوعی فیوز که اغلب در سیم‌کشی ساختمان‌ها و مدارهای مختلف استفاده می‌شود.

فیوزها، از نظر زمان قطع برحسب منحنی ذوب سیم حرارتی داخل آن‌ها به دو نوع «تندکار» و «کندکار» تقسیم می‌شوند.

فیوزهای تندکار دارای زمان قطع کم‌تر از فیوزهای کندکار بوده به همین دلیل در مصارف روشنایی به کار می‌روند. فیوزهای کندکار دارای زمان قطع طولانی‌تری بوده در نتیجه برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به کار می‌روند. تحمل جریان راه‌اندازی موتور در حدود ۳ تا ۷ برابر جریان نامی است که بر روی کلیه فیوزها جریان نامی آن‌ها نوشته

می‌شود. این جریان کم‌تر از جریان ماکسیمم تحمل فیوز است. فیوزها در انواع «فشنگی»، «اتوماتیک» (آلفا)، «بکس»، «کاردی» (شیغه‌ای)، «شیشه‌ای» یا «کارت‌ریج» و «فیوزهای فشار قوی» ساخته می‌شوند. معمولاً فیوزهایی که در مدار قدرت به کار می‌روند مدار کنتاکتور را در مقابل اتصال کوتاه محافظت می‌کنند. در واقع حفاظت سیم‌های رابط مدار را نیز به عهده دارند، بنابراین، در مدارهایی که مثلاً فیوز ۲۵ آمپری به کار می‌رود ممکن است در مدار فرمان آن‌ها از سیم یک یا یک و نیم استفاده شود؛ از این رو لازم است مدار فرمان با فیوز جداگانه‌ای حفاظت شود.

فیوزهای اتوماتیک یا آلفا نوعی فیوز خودکار است که عبور جریان بیش از حد مجاز آن باعث قطع مدار شده می‌توان دوباره شستی آن را به داخل فشار تا ارتباط برقرار گردد. بعضی از فیوزهای خودکار دو عمل جریان اتصال کوتاه و بار زیاد را در مدارها کنترل می‌کنند و پس از قطع شدن باید اندکی صبر کرد تا دوباره شستی مربوط به آن را فشار داد تا مدار را وصل کند.

در فیوزهای اتوماتیک دو عنصر مغناطیسی و حرارتی وجود دارد که قسمت مغناطیسی آن، اتصال کوتاه یا جریان زیاد، و قسمت حرارتی آن (بی مثال) بار زیاد (افزایش جریان تدریجی) را قطع می‌کند.

۱-۳-۸- انتخاب فیوز: در جدول ۱-۸ دو ستون اول سطح مقطع سیم‌های مسی و آلومینیومی برحسب میلی‌متر مربع درج شده است.

گروه اول: سیم‌های تک رشته‌ای تا سه سیم در یک لوله - سیم‌های رشته‌ای کابل مانند در لوله.

گروه دوم: سیم‌های رشته‌ای کابل مانند خارج از لوله - سیم‌های متحرک

گروه سوم: سیم‌های یک لا در فضای آزاد (حداقل فاصله‌ی سیم‌ها به اندازه قطر

سیم)

باید توجه داشت که جدول انتخاب فیوز برای محیط با درجه حرارت ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد تهیه شده و در صورت بالا بودن درجه حرارت محیط باید از فیوزهایی با نمره‌ی کوچک‌تر استفاده شود، زیرا در درجه حرارت بالاتر جریان مجاز سیم‌ها کم می‌شود و در نتیجه، باید آن را با توجه به جریان مجاز جدید فیوز انتخاب کرد. اعدادی که در داخل پرانتز نوشته شده‌اند، حداکثر جریان نامی فیوز است.

جدول ۱-۸- مقدار جریان فیوز برای حفاظت درمقابل جریان اضافی یا ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد حرارت محیط

| سطح مقطع سیم | | جریان نامی فیوز حفاظت‌کننده‌ی سیم | | |
|-----------------|-----------------|-----------------------------------|----------|----------|
| مس | آلومینیومی | گروه ۱ | گروه ۲ | گروه ۳ |
| mm ² | mm ² | [A] | [A] | [A] |
| ۰/۷۵ | — | (—) | ۱۰(۱۰) | ۱۰(۱۵) |
| ۱ | — | ۶(۱۰) | ۱۰(۱۵) | ۱۵(۲۰) |
| ۱/۵ | ۲/۵ | ۱۰(۱۵) | ۱۵(۲۰) | ۲۰(۲۵) |
| ۲/۵ | ۴ | ۱۵(۲۰) | ۲۰(۲۵) | ۲۵(۳۵) |
| ۴ | ۶ | ۲۰(۲۵) | ۲۵(۳۵) | ۳۵(۵۰) |
| ۶ | ۱۰ | ۲۵(۳۵) | ۳۵(۵۰) | ۵۰(۶۰) |
| ۱۰ | ۱۶ | ۳۵(۵۰) | ۵۰(۶۰) | ۶۰(۸۰) |
| ۱۶ | ۲۵ | ۵۰(۶۰) | ۶۰(۸۰) | ۸۰(۱۰۰) |
| ۲۵ | ۳۵ | ۶۰(۸۰) | ۸۰(۱۰۰) | ۱۰۰(۱۲۵) |
| ۳۵ | ۵۰ | ۸۰(۱۰۰) | ۱۰۰(۱۲۵) | ۱۲۵(۱۶۰) |
| ۵۰ | — | ۱۰۰(۱۲۵) | ۱۲۵(۱۶۰) | ۱۶۰(۲۰۰) |
| — | ۷۰ | ۱۰۰(—) | ۱۲۵(۱۶۰) | ۱۶۰(۲۰۰) |
| ۷۰ | — | — | ۱۶۰(۲۲۵) | ۲۰۰(۲۶۰) |
| — | ۹۵ | — | ۱۶۰(۲۰۰) | ۲۰۰(۲۲۵) |
| ۹۵ | — | — | ۲۰۰(۲۶۰) | ۲۲۵(۳۰۰) |
| — | ۱۲۰ | — | ۲۲۵(۳۰۰) | ۲۲۵(۲۶۰) |
| ۱۲۰ | — | — | ۲۲۵(۳۰۰) | ۲۶۰(۳۵۰) |
| — | ۱۵۰ | — | ۲۲۵(۲۰۰) | ۲۶۰(۳۰۰) |
| ۱۵۰ | — | — | ۲۶۰(۳۵۰) | ۳۰۰(۳۳۰) |
| — | ۱۸۵ | — | ۲۶۰(۳۰۰) | ۳۰۰(۳۵۰) |
| ۱۰۵ | ۲۲۰ | — | ۳۰۰(۳۵۰) | ۳۵۰(۳۳۰) |
| ۲۲۰ | — | — | ۳۵۰(۳۳۰) | ۳۳۰(۵۰۰) |
| — | ۳۰۰ | — | ۳۵۰(—) | ۳۳۰(—) |
| ۳۰۰ | ۴۰۰ | — | ۳۳۰(—) | ۵۰۰(—) |
| ۴۰۰ | ۵۰۰ | — | — | ۶۰۰(—) |
| ۵۰۰ | — | — | — | ۷۰۰(—) |

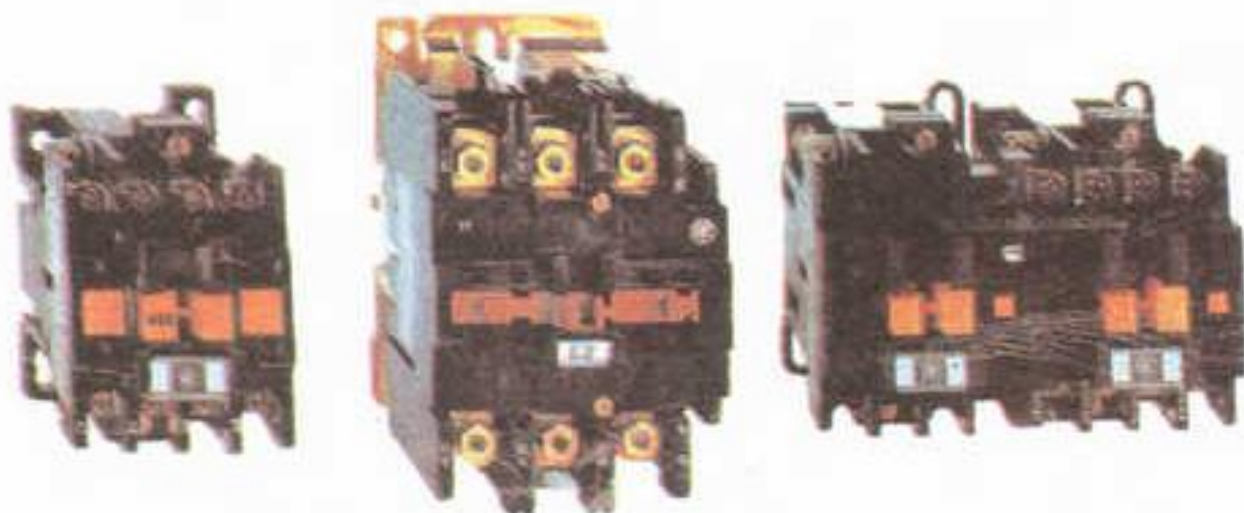
۸-۴- کنتاکتور (کلید مغناطیسی)

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

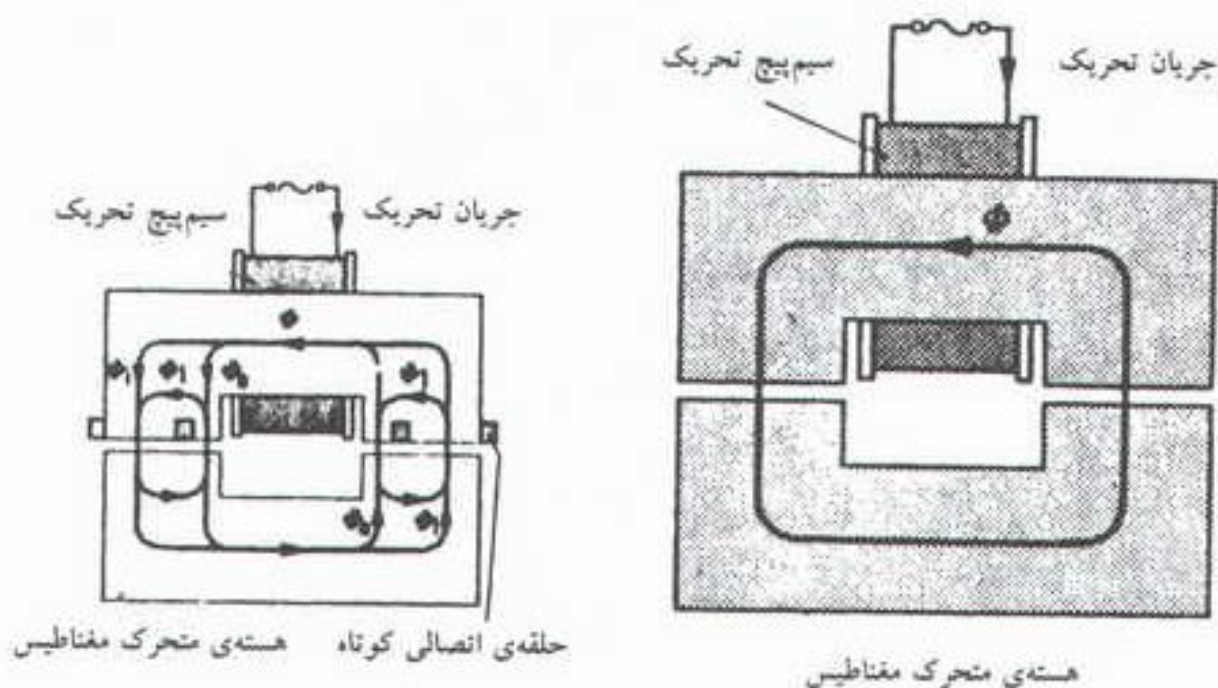
۸-۴-۱- ساختمان و طرز کار کنتاکتور: این کلید از دو هسته به شکل E تشکیل شده که یکی ثابت و دیگری متحرک است. در میان هسته‌ی ثابت یک بوبین یا سیم‌پیچ قرار دارد که هرگاه به برق متصل شود نیروی حاصل از میدان مغناطیسی، نیروی کششی فنر را خنثی می‌کند؛ هسته‌ی متحرک را به هسته‌ی ثابت متصل می‌سازد و باعث می‌شود تا تعدادی کنتاکت عایق شده از یکدیگر را به ترمینال‌های ورودی و خروجی کلید متصل نماید یا کنتاکت‌های بسته را باز کند و باعث وصل مدار کنتاکتور شود.

در صورتی که مدار تغذیه‌ی بوبین کنتاکتور قطع شود در اثر نیروی فنری که داخل کلید قرار دارد کنتاکتور دوباره به حالت اول باز می‌گردد. در هنگام قطع و وصل، کنتاکت‌ها بر روی هم ساییدگی مکانیکی ندارند؛ از این رو، دوام مکانیکی آن‌ها نسبت به سایر کلیدها بیشتر است.

در شکل ۸-۱۳ چند نوع کنتاکتور و در شکل ۸-۱۴ چگونگی مسیر فوران حاصل در هسته‌ی کنتاکتور و در شکل ۸-۱۵ قطعات مختلف یک کنتاکتور نشان داده شده است.



شکل ۸-۱۳ - نمای چند نوع کنتاکتور

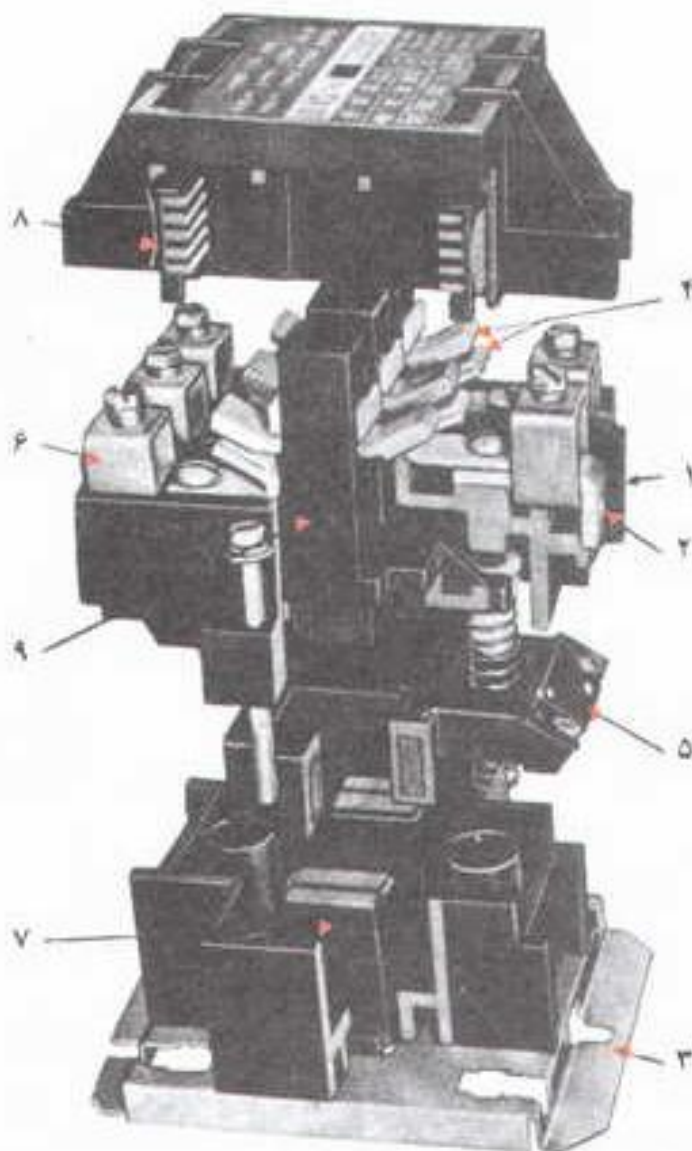


شکل ۱۴-۸- چگونگی مسیر فوران حاصل در هسته‌ی مغناطیسی کنتاکتور

۲-۴-۸- مزایای استفاده از کنتاکتورها نسبت به کلیدهای دستی:

- ۱- کنترل مصرف کننده از راه دور.
- ۲- کنترل مصرف کننده از چند محل.
- ۳- امکان طراحی مدار فرمان اتوماتیک برای مراحل مختلف کار مصرف کننده.
- ۴- سرعت قطع و وصل زیاد و کم بودن استهلاک کلید.
- ۵- از نظر حفاظتی کنتاکتورها مطمئن ترند و دارای حفاظت مناسب‌تر و کامل‌تر هستند.

- ۶- عمر مؤثر کنتاکتورها نسبت به کلیدهای دستی بیشتر است.
- ۷- ممکن است مدار فرمان را به گونه‌ای طراحی کرد که هنگام قطع برق، مدار مصرف کننده، قطع شود و نیاز به استارت مجدد داشته باشد. در نتیجه، از خطرات وصل ناگهانی دستگاه جلوگیری می‌شود.
- ولتاژ تغذیه‌ی بوبین کنتاکتورها متفاوت بوده از ۲۴ تا ۳۸۰ ولت ساخته می‌شوند.



شکل ۱۵-۸- قطعات مختلف یک کنتاکتور

- | | |
|---|--|
| <p>به گونه‌ای ساخته شده که در مقابل عوامل جوی و نیروهای مکانیکی، مقاوم باشد.)</p> <p>۶- ترمینال‌های ورودی و خروجی (این ترمینال‌ها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که به راحتی قابل دسترسی باشند.)</p> <p>۷- سیستم هسته آهنی ثابت و متحرک.</p> <p>۸- قسمت کنترل جرعه (این قسمت باید در برابر گرمای حاصل از جرعه‌ی ایجاد شده در هنگام قطع کنتاکتور مقاومت زیاد داشته باشد.)</p> <p>۹- حامل کنتاکت‌های متحرک (این قسمت باید دارای درجه‌ی عایقی مناسبی باشد.)</p> | <p>قطعات مختلف کنتاکتور شکل (۸-۱۵):</p> <p>۱- حامل کنتاکت‌های ثابت (این قسمت باید دارای درجه‌ی عایقی مناسبی باشد)</p> <p>۲- ترمینال</p> <p>۳- صفحه‌ی فلزی انتهایی برای نصب قسمت‌های ثابت روی آن</p> <p>۴- کنتاکت‌های ثابت و متحرک (این کنتاکت‌ها باید در یک خط قرار گرفته از پوشش اکسیدنقره برای بالا بردن ضریب اطمینان در مقابل کار زیاد بر روی آن‌ها استفاده شود.)</p> <p>۵- بوبین کنتاکتور (در این کنتاکتور این بوبین</p> |
|---|--|

برای حفاظت بیش تر، تغذیه ی بوبین کتاکتورها را کم تر از ولتاژ (۶۵ ولت) انتخاب می کنند. برای تغذیه ی مدار فرمان از ترانسفورماتور جدا کننده استفاده می نمایند.

۳-۴-۸- مشخصات فنی کتاکتور: نوع کتاکتور: با توجه به نوع مصرف کننده و وضعیت کار، کتاکتورها دارای قدرت و جریان مشخصی برای ولتاژهای مختلف اند، بنابراین باید به جدول و مشخصات کتاکتور توجه کافی نمود و آن را براساس مشخصات مورد نیاز انتخاب کرد.

برای اتصال مصرف کننده به شبکه باید از کلید یا کتاکتوری استفاده کرد که دارای مشخصات مناسبی بوده کتاکت های آن تحمل جریان راه اندازی و جریان دائمی را داشته باشند؛ هم چنین در صورت اتصال کوتاه، جریان لحظه ای زیادی که از مدار عبور می کند یا جرقه ی ایجاد شده هنگام قطع مدار به کلید صدمه ای نزنند.

بدین منظور و برای این که بتوانیم پس از طراحی مدار، کتاکتور مناسب را برای اتصال مصرف کننده به شبکه انتخاب کنیم، باید به مقادیر نامی مربوط به کتاکتور آشنا شویم. این مقادیر برای کلیدهای غیر مغناطیسی، مانند کلید اهرمی و غلتکی نیز وجود دارد. اکنون با این مقادیر که معمولاً مهم ترین آن هاب روی بدنه ی کلید (شکل ۱۶-۸) نوشته شده است آشنا می شویم.



شکل ۱۶-۸- مشخصات یک کتاکتور

- ۱- این کتاکتور براساس استاندارد VDE ساخته شده است.
- ۲- ولتاژ بوبین آن ۲۲۰ ولت است.
- ۳- برای کار در مداری با ولتاژ خطی ۵۰۰ ولت مناسب است.
- ۴- دارای کتاکت اضافی است.
- ۵- آمپر لحظه ای آن ۱۶ آمپر است.
- ۶- آمپر دائمی آن ۱۰ آمپر است.

۴-۴-۸- انتخاب کتاکتور: برای انتخاب کتاکتورها در قدرت های مختلف می توان

از جداول ۸-۲ و ۸-۳ استفاده کرد.

شرح جدول ۸-۲: این جدول از ۹ ستون تشکیل شده است. در ستون‌های اول و دوم قدرت موتورها برحسب کیلووات و اسب بخار برای ولتاژ ۲۲۰ تا ۲۴۰ ولت نشان داده شده است. ستون سوم و چهارم مربوط به قدرت موتورها برای ولتاژ خطی ۳۸۰ ولت است و در ستون پنجم و ششم قدرت موتورها برای ولتاژ خطی ۴۱۵ تا ۴۴۰ ولت مشخص شده است. ستون هفتم مربوط به جریان کنتاکتور برای قدرت‌های مورد نظر است و در ستون هشتم جریان بی‌متال لازم برای موتور مورد نظر، مشخص گردیده و سرانجام در ستون نهم، فیوز مورد نیاز مشخص شده است. این جدول برای موتورهای استفاده می‌شود که به صورت مستقیم به شبکه‌ی برق متصل شوند.

برای مثال، موتور ۲۲kW یا ۳۰ HP مورد نظر است. برای انتخاب وسایل مورد نیاز در ستونی که بالای آن ولتاژ ۳۸۰ ولت مشخص شده عدد ۲۲kW و ۳۰ HP را پیدا می‌کنیم؛ سپس رو به روی آن، عدد ۶۳ را برای جریان کنتاکتور و عدد ۵۰-۳۸ را برای جریان بی‌متال و عدد ۶۳-۵۰ را برای جریان فیوز پیدا می‌کنیم.

شرح جدول ۸-۳: این جدول مانند جدول ۲-۲ دارای ۹ ستون و مشخصات هر ستون همانند مشخصات ستون‌های جدول ۲-۲ است؛ با این تفاوت که این جدول برای موتورهای آسنکرون روتور قفسه‌ای استفاده می‌شوند که راه‌اندازی آن به صورت ستاره مثلث باشد.

مثال پیشین، یعنی موتور ۲۲kW یا ۳۰ HP را در نظر می‌گیریم. براساس روش قبل، کنتاکتور مورد نیاز ۴۰ آمپر و بی‌متال آن ۳۲-۲۳ آمپر و فیوز مورد نیاز ۶۳-۵۰ آمپر خواهد بود. علت این که آمپر کنتاکتور و بی‌متال کاهش یافته این است که در اتصال مثلث که اتصال دائم کار موتور است جریان مصرفی موتور از دو کنتاکتور به صورت موازی عبور می‌کند.

براین اساس، هر کنتاکتور باید حدود ۰/۵۸ جریان اصلی را تحمل کند. به همین ترتیب، بی‌متال روی یکی از کنتاکتورها قرار می‌گیرد، از اینرو جریان تنظیمی آن کاهش می‌یابد.

باید توجه داشت که برای راه‌اندازی موتورهای آسنکرون باروتور قفس سنجایی از کنتاکتوری با علامت طبقه‌بندی AC۳ استفاده می‌شود، اما اگر روتور آن سیم‌پیچی شده باشد از کنتاکتور AC۲ استفاده گردد.

| ولتاژ ۲۲۰-۲۴۰V | | ولتاژ ۳۸۰V | | ولتاژ ۴۱۵-۴۴۰V | | جریان کنتاکتور | جریان بی مثال | جریان فیوز |
|-------------------|------|---------------|------|-------------------|------|-------------------|------------------|---------------|
| kW | HP | kW | HP | kW | HP | A | A | A |
| | | ۰/۳۷ | ۰/۵ | | | ۹ | ۱-۱/۶ | ۲ |
| ۰/۳۷ | ۰/۵ | ۰/۵۵ | ۰/۷۵ | | | ۹ | ۱/۶-۲/۵ | ۲-۴ |
| | | ۰/۷۵ | ۱ | ۰/۷۵ | ۱ | ۹ | ۱/۶-۲/۵ | ۲-۴ |
| ۰/۵۵ | ۰/۷۵ | ۱/۱ | ۱/۵ | ۱/۱ | ۱/۵ | ۹ | ۲/۵-۴ | ۴-۶ |
| ۰/۷۵ | ۱ | ۱/۵ | ۲ | ۱/۵ | ۲ | ۹ | ۲/۵-۴ | ۴-۶ |
| ۱/۱ | ۱/۵ | ۲/۲ | ۳ | ۲/۲ | ۳ | ۹ | ۴-۶ | ۶-۸ |
| ۱/۵ | ۲ | ۳ | ۴ | ۳ | ۴ | ۹ | ۴-۶ | ۸-۱۲ |
| | | | | ۳/۷ | ۵ | ۹ | ۵/۵-۸ | ۸-۱۲ |
| ۲/۲ | ۳ | ۴ | ۵/۵ | | | ۱۶ | ۷-۱۰ | ۱۰-۱۲ |
| ۳ | ۴ | ۵/۵ | ۷/۵ | ۵/۵ | ۷/۵ | ۱۶ | ۱۰-۱۳ | ۱۲-۱۶ |
| ۴ | ۵/۵ | ۷/۵ | ۱۰ | ۷/۵ | ۱۰ | ۱۶ | ۱۳-۱۵ | ۱۶-۲۰ |
| | | | | ۹ | ۱۲/۵ | ۱۶ | ۱۳-۱۸ | ۱۶-۲۰ |
| ۵/۵ | ۷/۵ | ۱۰ | ۱۳/۵ | | | ۲۵ | ۱۸-۲۵ | ۲۰-۲۵ |
| | | ۱۱ | ۱۵ | ۱۱ | ۱۵ | ۲۵ | ۱۸-۲۵ | ۲۵ |
| ۷/۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۴۰ | ۲۲-۲۲ | ۲۲-۴۰ |
| ۱۰ | ۱۳/۵ | ۱۸/۵ | ۲۵ | ۱۸/۵ | ۲۵ | ۴۰ | ۳۰-۴۰ | ۴۰ |
| ۱۱ | ۱۵ | | | ۲۲ | ۳۰ | ۴۰ | ۳۰-۴۰ | ۴۰ |
| | | ۲۲ | ۳۰ | ۲۵ | ۳۵ | ۶۳ | ۳۸-۵۰ | ۵۰-۶۳ |
| ۱۵ | ۲۰ | | | ۳۰ | ۴۰ | ۶۳ | ۴۸-۵۷ | ۶۳ |
| ۱۸/۵ | ۲۵ | ۳۰ | ۴۰ | ۳۳ | ۴۵ | ۶۳ | ۴۸-۵۷ | ۶۳ |
| | | | | ۳۷ | ۵۰ | ۶۳ | ۵۷-۶۶ | ۶۳ |
| ۲۲ | ۳۰ | ۳۷ | ۵۰ | ۴۵ | ۶۰ | ۸۰ | ۶۶-۸۰ | ۸۰ |
| | | ۴۵ | ۶۰ | ۵۰ | ۷۰ | ۱۲۵ | ۷۵-۱۰۵ | ۱۰۰ |
| ۳۰ | ۴۰ | ۵۵ | ۷۵ | ۵۹ | ۸۰ | ۱۲۵ | ۹۵-۱۲۵ | ۱۲۵ |
| | | | | ۶۵ | ۹۰ | ۱۲۵ | ۹۵-۱۲۵ | ۱۲۵ |
| ۳۷ | ۵۰ | ۷۵ | ۱۰۰ | ۷۵ | ۱۰۰ | ۲۰۰ | ۱۲۰-۱۶۰ | ۱۶۰ |
| ۴۵ | ۶۰ | | | | | ۲۰۰ | ۱۲۰-۱۶۰ | ۱۶۰ |
| ۵۵ | ۷۵ | ۹۰ | ۱۲۵ | ۹۰ | ۱۲۵ | ۲۰۰ | ۱۵۰-۲۰۰ | ۲۰۰ |
| | | ۱۱۰ | ۱۵۰ | ۱۱۰ | ۱۵۰ | ۲۶۰ | ۱۶۰-۲۵۰ | ۲۵۰ |
| | | | | ۱۳۲ | ۱۷۵ | ۲۶۰ | ۱۶۰-۲۵۰ | ۲۵۰ |
| ۷۵ | ۱۰۰ | ۱۳۲ | ۱۷۵ | ۱۵۰ | ۲۰۰ | ۲۶۰ | ۲۰۰-۳۱۵ | ۲۵۰ |
| ۹۰ | ۱۲۵ | ۱۶۰ | ۲۲۰ | ۱۶۵ | ۲۲۵ | ۴۵۰ | ۲۵۰-۴۰۰ | ۳۱۵ |
| ۱۱۰ | ۱۵۰ | | | ۱۸۵ | ۲۵۰ | ۴۵۰ | ۲۵۰-۴۰۰ | ۴۰۰ |
| | | ۲۰۰ | ۲۷۰ | ۲۲۰ | ۳۰۰ | ۴۵۰ | ۳۱۵-۵۰۰ | ۴۰۰ |
| ۱۳۲ | ۱۷۵ | ۲۲۰ | ۳۰۰ | ۲۵۰ | ۳۵۰ | ۴۵۰ | ۳۱۵-۵۰۰ | ۵۰۰ |
| ۱۶۰ | ۲۲۰ | ۲۵۰ | ۳۵۰ | ۲۹۰ | ۴۰۰ | ۶۳۰ | ۴۰۰-۶۳۰ | ۶۳۰ |
| | | ۳۱۵ | ۴۳۰ | | | ۶۳۰ | ۵۰۰-۸۰۰ | ۶۳۰ |

جدول انتخاب کنتاکتور، بی مثال و فیوز

جدول ۲-۸- برای استفاده‌ی موتورهایی که به صورت مستقیم (یک ضرب) به شبکه متصل می‌شوند.

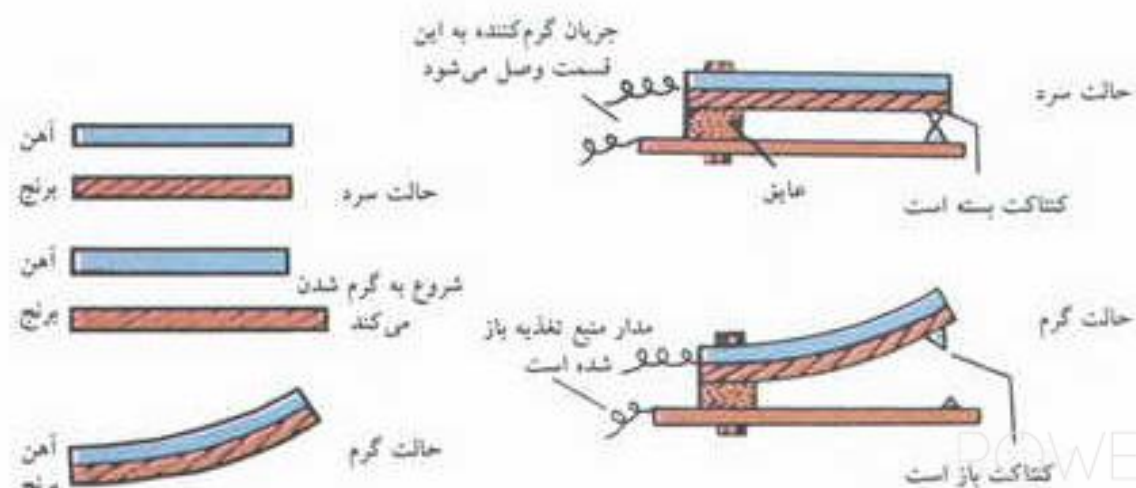
| ولتاژ ۲۲۰-۲۴۰V | | ولتاژ ۳۸۰V | | ولتاژ ۴۱۵-۴۴۰V | | جریان کنتاکتور | جریان بی متال | جریان فیوز |
|-------------------|------|---------------|------|-------------------|------|-------------------|------------------|---------------|
| kW | HP | kW | HP | kW | HP | A | A | A |
| ۲ | ۵/۵ | ۷/۵ | ۱۰ | ۷/۵ | ۱۰ | ۱۲ | ۷-۱۰ | ۱۶ |
| | | | | ۹ | ۱۲/۵ | ۱۲ | ۷-۱۰ | ۲۰ |
| ۵/۵ | ۷/۵ | ۱۰ | ۱۳/۵ | | | ۱۲ | ۱۰-۱۳ | ۲۰ |
| | | ۱۱ | ۱۵ | ۱۱ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۳-۱۸ | ۲۵ |
| ۷/۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۶ | ۱۳-۱۸ | ۳۲ |
| ۱۰ | ۱۳/۵ | ۱۸/۵ | ۲۵ | ۱۸/۵ | ۲۵ | ۲۵ | ۱۸-۲۵ | ۴۰ |
| ۱۱ | ۱۵ | | | | | ۲۵ | ۱۸-۲۵ | ۴۰ |
| | | | | ۲۲ | ۳۰ | ۲۵ | ۱۸-۲۵ | ۵۰ |
| | | ۲۲ | ۳۰ | | | ۲۰ | ۲۳-۳۲ | ۵۰-۶۳ |
| ۱۵ | ۲۰ | | | ۲۵ | ۳۵ | ۲۰ | ۲۳-۳۲ | ۶۳ |
| ۱۸/۵ | ۲۵ | ۳۰ | ۴۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۲۰ | ۳۰-۴۰ | ۶۳ |
| | | | | ۳۳ | ۴۵ | ۲۰ | ۳۰-۴۰ | ۸۰ |
| | | | | ۳۷ | ۵۰ | ۲۰ | ۳۰-۴۰ | ۸۰ |
| ۲۲ | ۳۰ | ۳۷ | ۵۰ | | | ۶۳ | ۳۸-۵۰ | ۸۰ |
| | | | | ۴۵ | ۶۰ | ۶۳ | ۳۸-۵۰ | ۱۰۰ |
| | | ۴۵ | ۶۰ | ۵۰ | ۷۰ | ۶۳ | ۴۸-۵۷ | ۱۰۰ |
| ۳۰ | ۴۰ | ۵۵ | ۷۵ | ۵۸ | ۸۰ | ۶۳ | ۵۷-۶۶ | ۱۲۵ |
| ۳۷ | ۵۰ | | | ۶۵ | ۹۰ | ۸۰ | ۶۰-۸۰ | ۱۲۵ |
| ۴۵ | ۶۰ | ۷۵ | ۱۰۰ | ۷۵ | ۱۰۰ | ۱۲۵ | ۷۵-۱۰۵ | ۱۶۰ |
| | | | | ۹۰ | ۱۲۵ | ۱۲۵ | ۷۵-۱۰۵ | ۲۰۰ |
| ۵۵ | ۷۵ | ۹۰ | ۱۲۵ | | | ۱۲۵ | ۹۵-۱۲۵ | ۲۰۰ |

جدول انتخاب کنتاکتور، بی متال و فیوز
جدول ۳-۸- برای استفاده‌ی موتورهای که به صورت ستاره‌ی مثلث راه‌اندازی می‌شوند

۵-۸- اورلود (رله‌ی حرارتی یا بی‌متال)

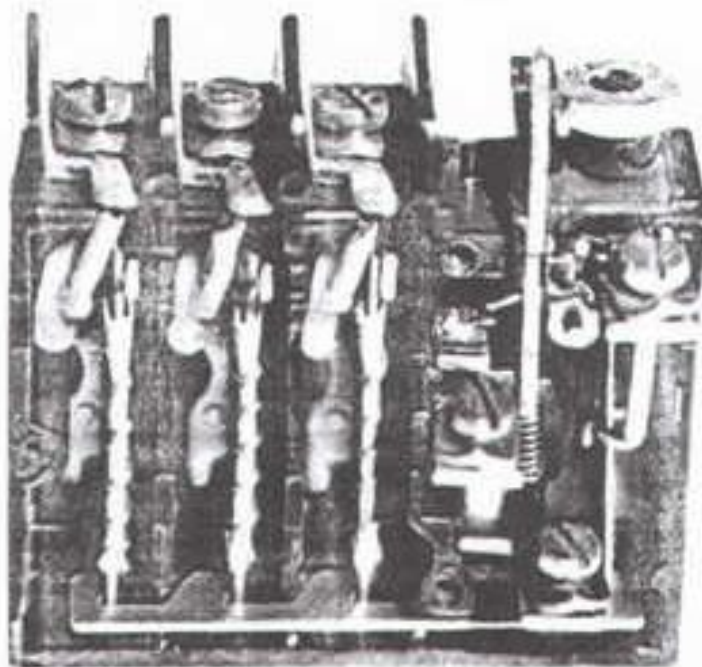
دستگاه‌های الکتریکی را باید در مقابل خطرات و خطاهای احتمالی حفاظت کرد. یکی از راه‌های حفاظت موتوره‌های الکتریکی، استفاده از رله‌ی حرارتی و رله‌ی مغناطیسی است. رله‌ی حرارتی موتور را در مقابل اضافه بار (بار زیاد) حفاظت می‌کند. ساختمان آن مشکل از دوفلز است که دارای ضریب انبساط طولی مختلف هستند.

به گونه‌ای که این دو فلز در حالت گرم، به وسیله‌ی غلتک پرس شده در تمام طول به صورت یک تکه دیده می‌شود. این دو فلز یک بی‌متال تشکیل می‌دهد. در اثر عبور جریان هر دو فلز گرم شده طول آن‌ها زیاد می‌شود. ازدیاد طول یکی از فلزات بیش‌تر از دیگری است؛ از این رو دو فلز باهم به سمتی خم می‌شوند که فلز با ضریب انبساط طولی کم‌تر داخل قوس قرار گیرد. این حرکت مستقیماً یا به وسیله‌ی اهرم‌هایی به یک کنتاکت منتقل شده مدار را قطع یا وصل می‌کند. از خاصیت بی‌متال در رله‌های حرارتی استفاده می‌شود. رله‌های بار اضافی (بی‌متال) تنظیم‌پذیر بوده، در مقابل اضافه‌بار، موتور را قطع می‌کند. در نمونه‌ی سه فاز آن رله‌ی حرارتی از سه پل قدرت برای عبور جریان اصلی مصرف‌کننده تشکیل شده و دو کنتاکت فرمان دارد. یکی کنتاکت بسته جهت قطع مدار تغذیه‌ی کنتاکتور و دیگری کنتاکت باز که پس از عمل بی‌متال بسته می‌شود و برای اطلاع دادن از خطای حاصل در مدار است. بعضی از این رله‌ها دارای کلیدی هستند که برای دو حالت دستی و اتوماتیک طراحی شده‌اند. بدین مفهوم که در حالت دستی پس از قطع بی‌متال باید دکمه‌ی RESET را فشار داد تا رله به حالت اول برگردد. در حالت اتوماتیک، رله پس از مدت زمان معینی به حالت اول بازمی‌گردد. در شکل ۱۷-۸ نحوه‌ی کار یک نمونه رله‌ی بی‌متال نشان داده شده است.



شکل ۱۷-۸- نحوه‌ی کار بی‌متال

در شکل ۱۸-۸-الف نمای خارجی و قسمت‌های مختلف یک رله‌ی حرارتی، در شکل ۱۸-۸-ب نمای داخلی یک بی‌متال و در شکل ۱۹-۸ اتصال یک کنتاکتور و بی‌متال و مدارهای آن نشان داده شده است.



شکل ۱۸-۸-ب-نمای داخلی یک بی‌متال

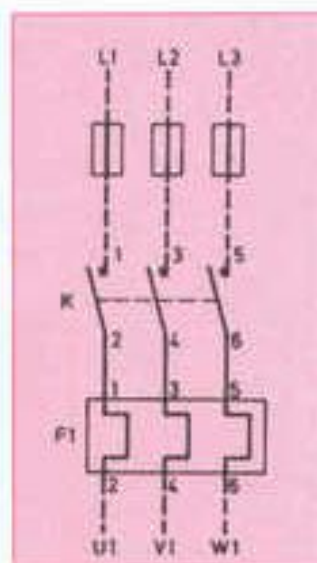
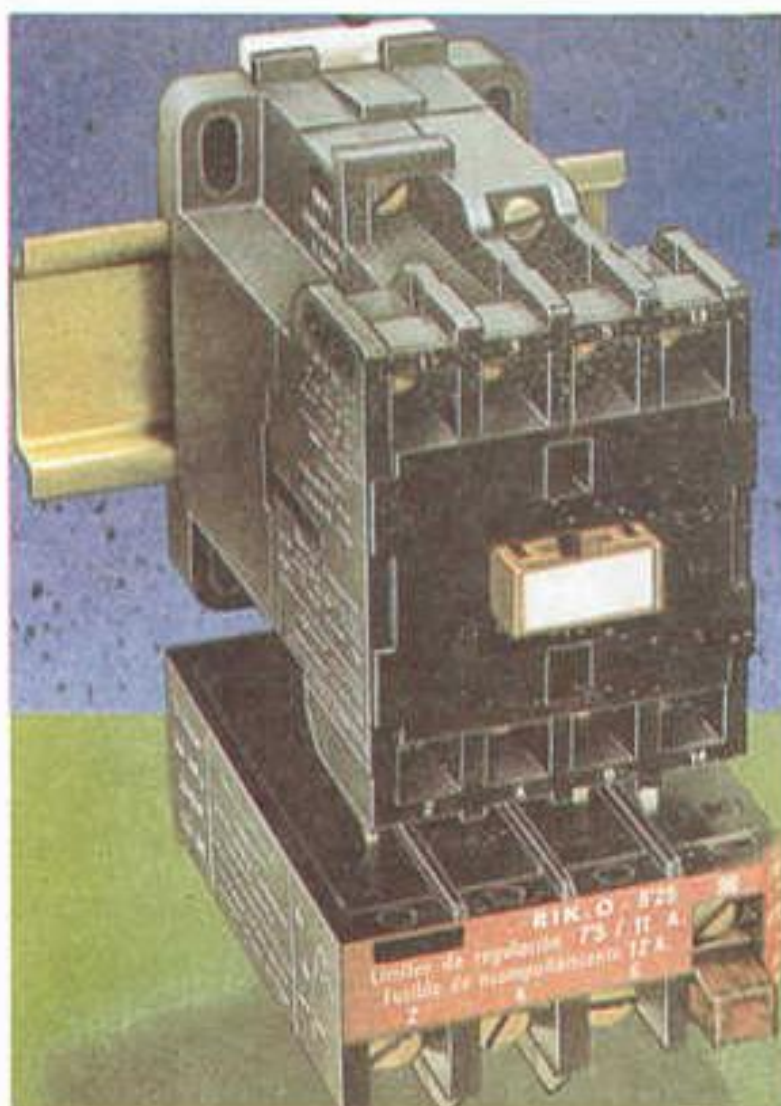


- ۱- اتصال به کنتاکتور
- ۲- اتصال به موتور
- ۳- ترمینال مشترک مدار فرمان
- ۴- پیچ تنظیم جریان
- ۵- ترمینال باز و بسته مدار فرمان
- ۶- پیچ تغییر وضعیت
- ۷- دگمه‌ی برگشت وضعیت

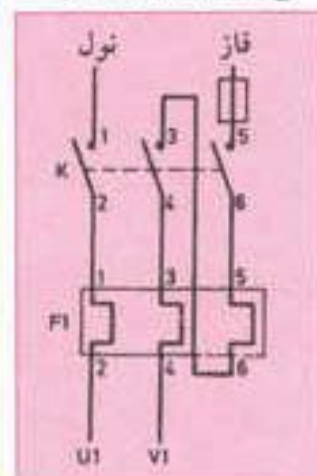
شکل ۱۸-۸-الف-نمای خارجی و قسمت‌های مختلف یک رله‌ی حرارتی

۸-۶- جرقه‌گیرهای جریان متناوب و مستقیم

از کنتاکت‌ها یا پلاتین‌های کنتاکتوری که از مدار قدرت آن جریان در حال عبور است، در زمان قطع مدار، جرقه‌هایی ایجاد می‌گردد که شدت این جرقه‌ها به ولت آمپر بستگی دارد، هرچه حاصلضرب این دو پارامتر بیش‌تر باشد، جرقه‌ی شدیدتری ایجاد می‌شود. در تمام کنتاکتورها و اکثر کلیدها، قطعه‌ای به نام «جرقه‌گیر» وجود دارد. این جرقه‌گیرها باید در مقابل گرمای حاصل از جرقه‌ها مقاومت خوبی داشته باشند. جرقه‌گیرهای جریان مستقیم با جرقه‌گیرهای جریان متناوب متفاوت هستند، به این ترتیب که در جرقه‌گیرهای جریان مستقیم تدابیری به کار برده می‌شود تا جرقه در لحظه‌ی ایجاد منحرف شده، از جرقه‌گیر خارج گردد. در صورتی که در جرقه‌گیرهای جریان متناوب چنین نیست، در شکل ۱۵-۸ جرقه‌گیر کنتاکتور جریان متناوب (شماره ۸)، نشان داده شده است.



بی‌متال در مدار سه‌فاز



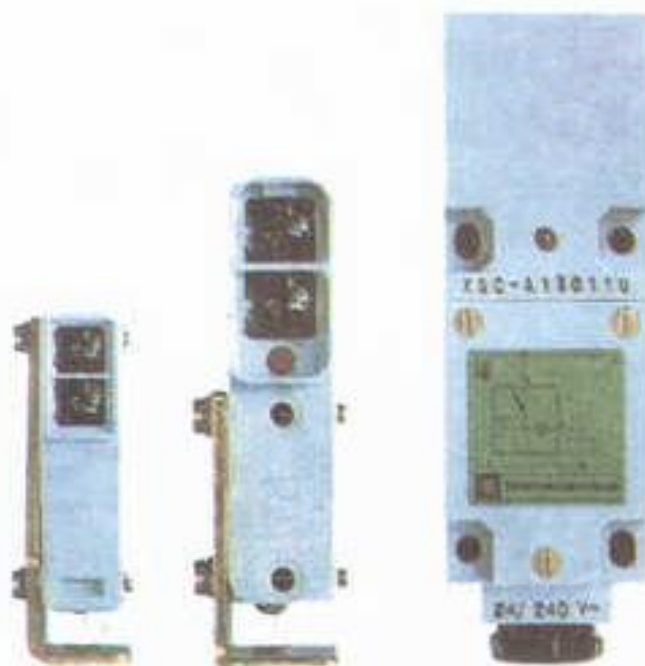
بی‌متال در مدار تک‌فاز

اتصال بی‌متال و کنتاکتور

شکل ۱۹-۸- اتصال یک کنتاکتور و بی‌متال و مدارهای آن

۸-۷- چشم‌های الکتریکی

نوعی کلید فرمان دهنده است که بدون برخورد فیزیکی با دست یا هر وسیله‌ی دیگری در اثر برخورد نور به آن (قطع تابش نور از آن) از فاصله‌ی حداقل یک میلی‌متر و حداکثر هشت متر عکس‌العمل نشان داده، فرمان صادر می‌کند و به وسیله‌ی رله‌ای که در داخل آن به کار رفته، کنتاکت‌هایی را باز می‌کند یا می‌بندد و در نتیجه به دستگاه‌های مورد نظر فرمان می‌دهد. از این کلید در دستگاه‌های صنعتی و خطوط تولید بسیار استفاده می‌شود. در شکل ۲۰-۸ چند نمونه از این کلید نشان داده شده است.



شکل ۸-۲۰- چند نوع چشم الکتریکی

۸-۸- تایمر (رله‌ی زمانی) و انواع آن

یکی از وسایل فرمان دهنده‌ی مدارهای کنترل اتوماتیک، تایمرها یا رله‌های زمانی هستند که مدار را برای مدت زمان معینی کنترل می‌نمایند. تایمرها در انواع مختلف ساخته می‌شوند:

- ۱- تایمر دیجیتالی
- ۲- تایمر موتوری یا الکترومکانیکی
- ۳- تایمر الکترونیکی
- ۴- تایمر نیوماتیکی (با فشار هوا)
- ۵- تایمر بی‌متال یا حرارتی
- ۶- تایمر هیدرولیکی

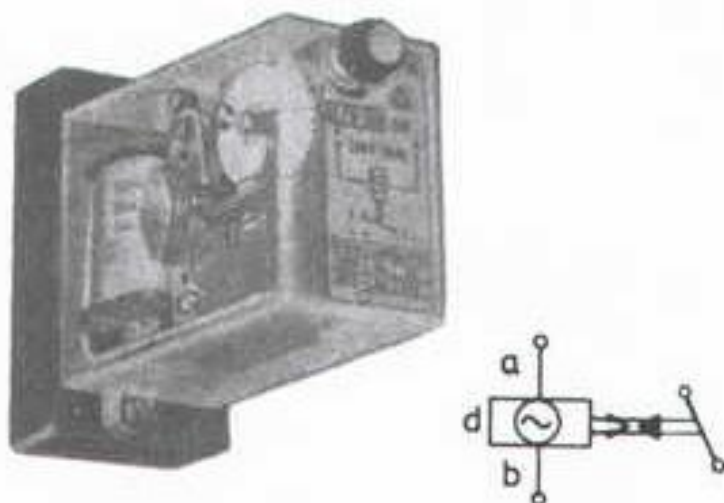
۸-۸-۱- تایمر دیجیتالی: این تایمر که بر مبنای مدارهای دیجیتالی طراحی شده است، دارای وقت کافی و حافظه‌های مختلف است؛ به گونه‌ای که می‌توان آن‌ها را برای زمان‌های مختلف با استفاده از حافظه‌ی تایمر تنظیم کرد.

تایمرهای دیجیتالی انواع مختلفی دارند و از یک تا چند کانال (ترمینال‌های ورودی و خروجی) ساخته می‌شوند. در شکل ۸-۲۱ یک نوع از تایمرهای دیجیتالی نشان داده شده است.



شکل ۸-۲۱

۸-۸-۲- تایمر موتوری یا الکترومکانیکی: این تایمر از یک موتور کوچک با قطب چاک دار تشکیل شده است که از طریق چرخ دنده، یک دیسک را در مقابل میکروسویچ می چرخاند. در شکل ۸-۲۲ یک رله ی موتوری نشان داده شده است.



شکل ۸-۲۲- رله ی موتوری (الکترومکانیکی)

در این تایمرها پس از تنظیم زمان آن، به وسیله ی دکمه ی خارجی و تغذیه ی تایمر، موتور با دور ثابت به گردش درمی آید و با گردش موتور، زمان تایمر شروع می شود. پس از طی شدن زمان با برخورد بادامک دیسک، به میکروسویچ داخلی، کنتاکت های تایمر عمل می کنند و موتور هم از کار می افتد. زمان وصل این رله ها از دهم ثانیه تا چندین دقیقه قابل تنظیم است.

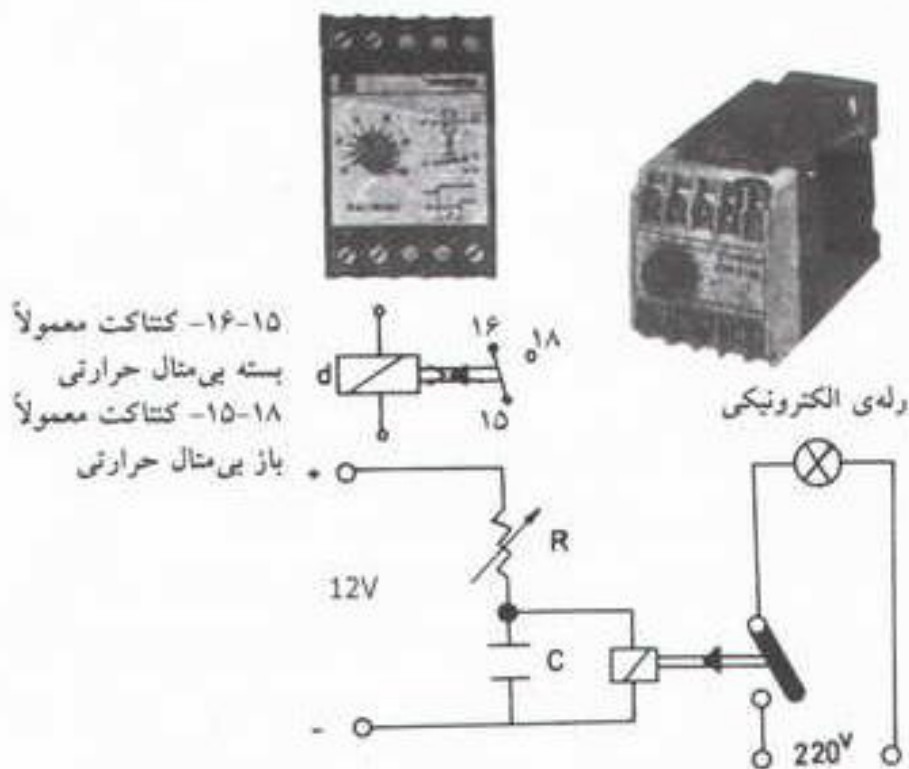
۸-۸-۳- تایمر الکترونیکی: از تایمرهای الکترونیکی برای تنظیم زمان هایی از کم تر ثانیه ها تا چندین ثانیه استفاده می شود. در ساختمان این تایمرها، از مدارها و اجزای

الکترونیکی استفاده شده است.

در نوعی از این تایمرها با شارژ و دشارژ یک خازن، بویین یک رله‌ی کوچک تحریک می‌شود. اصول ساختمان تایمر الکترونیکی بر مبنای مدار RC (خازن و مقاومت) و بر حسب تأخیر زمانی استوار است. تنظیم این نوع تایمرها به مقدار مقاومت سر راه خازن بستگی دارد.

شکل ۲۳-۸ در ساده‌ترین نوع تایمر الکترونیکی، رله هنگامی وصل می‌شود که خازن شارژ شود و ولتاژ دوسر آن، برابر ولتاژ وصل رله گردد. پس از وصل رله، بار ذخیره شده در خازن، روی مقاومتی که به وسیله‌ی کنتاکت باز رله به دو سر خازن وصل می‌شود تخلیه می‌گردد. در این نوع، با تغییر ظرفیت خازن می‌توان زمان تایمر را تنظیم کرد.

۴-۸-۸- تایمر هیدرولیکی: در این رله‌ها از سیستم هیدرولیکی برای تأخیر در مدار استفاده شده است. طرز کار آن چنین است که وقتی جریان برق به رله وصل می‌شود مقداری روغن در داخل رله جابه‌جا می‌شود. برای بازگشت روغن به محل اولیه، زمانی لازم است که آن را به عنوان زمان تایمر استفاده می‌کنند. این رله‌ها را در مدارهای مختلف به کار می‌برند.

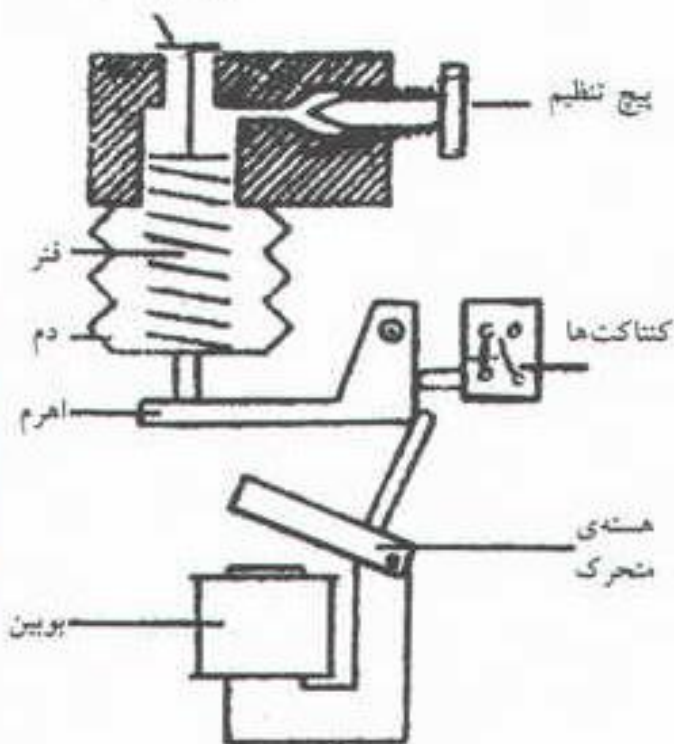


شکل ۲۳-۸- نمای خارجی و مدار یک تایمر الکترونیکی ساده

۵-۸-۸- تایمر نیوماتیکی: در این تایمر از خاصیت ذخیره‌سازی و فشردگی هوا استفاده می‌شود. به این ترتیب که رله، در موقع رها شدن به آسانی رها می‌شود (شکل ۲۴-۸).

وقتی که بوبین تحریک قسمت متحرک را جذب می‌کند، اهرم قطعه‌ای را فشار خواهد داد که به شکل دم‌آهنگری است. هوای داخلی دم از طریق سوپاپ یک طرفه خارج می‌شود. وقتی که بوبین از تحریک خارج می‌شود فنر دم را منبسط می‌کند. دم، از طریق سوپاپ تنظیم از هوا پر می‌شود. سرعت انبساط دم در رابطه با پیچ تنظیم فرق می‌کند. وقتی که دم به حالت عادی برگشت، کنتاکت‌ها عمل می‌کنند. بنابراین، به وسیله‌ی میزان کردن پیچ تنظیم عمل کردن کنتاکت‌ها را می‌توان تغییر داد. کار این زمان‌سنج شبیه تایمر موتوری است؛ با این تفاوت که زمان‌سنج موتوری پس از تنظیم و وصل بوبین آن به ولتاژ شروع به کار می‌کند، اما زمان‌سنج نیوماتیکی پس از قطع بوبین آن از ولتاژ شروع به کار می‌کند و معمولاً برای عمل کردن رله از کنتاکت‌های موجود در مدار استفاده می‌شود.

سوپاپ یک طرفه



شکل ۲۴-۸- ب- نمای تایمر نیوماتیکی

شکل ۲۴-۸- الف- ساختمان داخلی تایمر نیوماتیک

۸-۸-۶- تایمر حرارتی: این تایمر با استفاده از خاصیت تغییر حالت فلزات در مقابل حرارت ساخته می‌شود و انواع مختلفی دارد:

- الف - رله‌ی حرارتی ذوب شونده،
- ب - رله‌ی حرارتی بی مثال،
- ج - رله‌ی حرارتی منعکس کننده‌ی میله‌ای.

این تایمر، زمانی که جریان از بی مثال عبور می‌کند، گرم شده پس از مدتی در اثر تغییر شکل عمل کرده، مدار را قطع یا وصل می‌کند. این نوع تایمر زیاد دقیق نبوده آب و هوای محیط بر روی آن اثر می‌گذارد.

لازم به یادآوری است هر یک از انواع تایمرها (رله‌های زمانی) ممکن است از نوع با تأخیر در وصل باشد، یعنی پس از شروع به کار موتور آن و گذشت زمان تنظیم شده کنتاکتی را وصل کند یا از نوع با تأخیر در قطع باشد؛ بدین صورت که پس از طی شدن زمان مربوط کنتاکتی را قطع خواهد کرد یا آن‌که دارای هر دو کنتاکت با تأخیر در قطع و وصل باشد، مانند تایمر تابلوی ستاره مثلث اتوماتیک که رله‌ی زمانی آن در پایان زمان تنظیم شده بر روی آن، هم‌زمان فاز بوبین کنتاکتور ته‌بند ستاره را قطع می‌کند (کنتاکتور ته‌بند را از مدار خارج می‌کند) و فاز بوبین کنتاکتور مثلث را وصل می‌نماید (کنتاکتور مثلث را در مدار قرار می‌دهد).

۸-۹- کنترل فاز

در شبکه‌های سه فاز، به ویژه در موتورخانه‌های بزرگ که تعداد زیادی دستگاه باموتورهای تک فاز و سه فاز کوچک و بزرگ در حال کار است، ایجاد اشکال در برق اصلی (تظیر قطع شدن یک فاز، جابه جا شدن موقعیت فازها در زمان تعویض کابل اصلی، تعویض ترانسفورماتور، کلید یا اتصالات در شبکه‌ی شهر) یا عدم تعادل بین اختلاف پتانسیل سه فاز مختلف باعث وارد شدن خسارات بسیار می‌شود. نظیر: سوختن الکتروموتورها یا عدم کارکرد صحیح دستگاه‌ها (تعویض دور الکتروموتورهای سه فاز) برای جلوگیری از ایجاد چنین اشکالاتی یک وسیله‌ی الکترونیکی به نام کنترل فاز استفاده می‌شود که دارای سه اتصال فاز (I_1 , I_2 , I_3)، یک اتصال نول، یک کنتاکت باز (N.O) و دو لامپ سیگنال یکی برای حالت عادی (سبز) و دیگری برای حالت غیرعادی (قرمز) است.

فاز مدار فرمان تابلوی برق را که از آن برای بوبین کنتاکتورها استفاده می‌شود از

کنتاکت باز کنترل فاز عبور می دهیم، تا زمانی که در برق اصلی ورودی به تابلو اشکالی ایجاد نشود، این کنتاکت بسته و مدار فرمان قابل استفاده است، اما اگر در برق ورودی به تابلو یکی از اشکالات:

۱- قطع شدن فازها

۲- تغییر ترتیب فازها

۳- افزایش یا کاهش بیش از حد مجاز ولتاژ

۴- عدم تقارن بیش از حد ولتاژ سه فاز

۵- شوک های ناشی از قطع و وصل برق

به وجود آید قبل از آن که خسارتی به دستگاه ها وارد گردد، کنتاکت کنترل فاز ظرف مدت چند ثانیه (کمتر از ۱۰ ثانیه) باز شده، مدار فرمان قطع و دستگاه ها خاموش خواهند شد.

لازم به یادآوری است که پس از برطرف شدن اشکال، کنترل فاز به طور خودکار در مدار قرار گرفته (کنتاکت باز بسته شده) مدار فرمان آماده ی کار خواهد شد.

۱۰-۸- رله های مدار فرمان

رله مدار فرمان عبارت است از سیم پیچ کوچک اطراف یک هسته ی آهنی، یک قطعه فلز مغناطیسی کوچک با تعدادی کنتاکت باز و بسته ی ظریف؛ به عبارت دیگر این رله، کنتاکتور کوچکی است با کنتاکت هایی که قادر به عبور جریان کمی است (در حد چند آمپر).

از این رله در مدارهای فرمان تابلوهای برق استفاده می گردد و فاز بوبین کنتاکتورها از کنتاکت باز آن، عبور می دهند.

در این جا لازم می دانم نکته ای را که به تجربه آموخته ام برای همکاران و هنرجویان بیان کنم.

اگر از یک رله با بوبین ۳۸۰ ولت، به صورت رله ی مدار فرمان یک تابلو برق به شرح زیر استفاده کنید:

۱- دوفاز به طور مثال I_p و I_n را پس از عبور از یک کلید دوفاز مینیاتوری برای مغناطیسی شدن رله به دو سر بوبین آن هدایت نمایید.

۲- فاز سوم « I_s » را پس از عبور از یک کلید و فیوز یا یک کلید مینیاتوری دیگر از

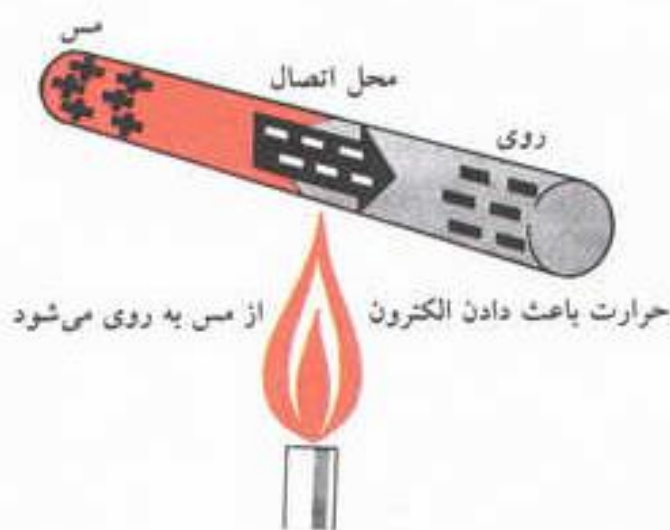
کنتاکت باز رله عبور داده از آن برای مدار فرمان تمامی استارترهای (کنتاکتور به اضافه بی‌متال) تابلو استفاده کنید.

تمامی موتورهای سه فاز این تابلوی برق از خطر سوختن در مقابل دوفاز شدن (قطع یک فاز) از کلید اصلی یا شبکه‌ی شهر در امان خواهند بود. چون اگر L_1 و یا L_2 قطع شود رله دی‌انرجایز (قطع) شده کنتاکت آن باز، فاز مدار فرمان استارترها قطع می‌شود و موتورها در همان لحظه خاموش می‌گردند. اگر L_3 قطع شد، بازهم با آن که کنتاکت رله بسته است، فاز مدار فرمان استارترها قطع شده و این بار نیز موتورها فوراً و قبل از آن که به سیم‌پیچ آن‌ها صدمه‌ای وارد شود، خاموش خواهند شد.

۸-۱۱- ترموکوپل

همان گونه که می‌دانید بعضی از اجسام، الکترون از دست می‌دهند و بعضی دیگر الکترون جذب می‌کنند. در نتیجه، بین دو جسم غیرمشابه هنگام اتصال، انتقال الکترون صورت می‌گیرد. فلزات فعال در درجه حرارت معمولی اتاق نیز می‌توانند الکترون آزاد کنند؛ برای مثال، اگر مس و روی را به یک دیگر متصل کنیم، الکترون‌ها از اتم مس خارج و به اتم روی وارد می‌شوند. در نتیجه، فلز روی، الکترون‌های اضافی کسب می‌کند و به طور منفی باردار می‌شود و مس که الکترون‌های خود را از دست داده است دارای بار مثبت می‌شود.

بارهایی که در درجه حرارت اتاق تولید می‌شوند کم هستند. زیرا انرژی حرارتی



شکل ۸-۲۵- ترموالکتریک (الکتریسته حرارتی)

کافی برای آزاد کردن الکترون‌های بیش‌تر وجود ندارد، اما اگر محل اتصال دو فلز را حرارت دهیم انرژی بیش‌تری تولید می‌شود و الکترون‌های بیش‌تری آزاد می‌گردند. به این روش «ترموالکتریسته» گفته می‌شود. هرچه حرارت بیش‌تر باشد باز بیش‌تری تولید می‌گردد. هنگامی که حرارت قطع شود، فلزها سرد می‌شوند و بارها از بین می‌روند. به اتصال این دو فلز «ترموکوپل» می‌گویند. هنگامی که چندین ترموکوپل به یک دیگر متصل شوند یک ترموپیل (باتری حرارتی) به وجود می‌آید. از ترموکوپل برای اندازه‌گیری درجه حرارت در کوره‌ها و برای قطع جریان گاز در موقع خاموش شدن شعله در اجاق گاز استفاده می‌شود.

خلاصه‌ی مطالب:

- * کلید: وسیله‌ای است برای قطع و وصل و یا تغییر حالت مدارهای الکتریکی. کلیدها در دو نوع دستی و مغناطیسی ساخته می‌شوند، انواع کلیدهای دستی که تنها با نیروی مکانیکی عمل می‌کنند، عبارت‌اند از:
 - * کلید اهرمی (تیغه‌ای) که در آن از تیغه‌های کاردی شکل که بر روی محوری گردان نصب شده، برای قطع و وصل مدار استفاده می‌شود.
 - * کلید غلتکی: در این کلید از یک یا چند غلتک عایق که به وسیله‌ی یک اهرم حول محوری می‌چرخد، استفاده شده بر روی غلتک‌ها نوارهای فلزی در محل‌های مناسب فراهم شده است. با چرخش غلتک‌ها، کنتاکت‌های ثابت به وسیله‌ی نوارهای فلزی به یک‌دیگر وصل یا از یک‌دیگر جدا می‌شوند.
 - * کلید زیبانه‌ای: در این کلید یک صفحه‌ی عایق گردان وجود دارد که بر روی آن شیارها و زیبانه‌هایی را ایجاد کرده‌اند. اگر شیار صفحه‌ی عایق در مقابل تکیه‌گاه کنتاکت‌های متحرک قرار گیرد، کلید وصل می‌شود و اگر زیبانه در مقابل تکیه‌گاه کنتاکت‌ها قرار گیرد کلید قطع خواهد شد.
 - * سلکتور سویچ: این کلید برای انتخاب حالت‌های مختلف ساخته می‌شود، مانند سلکتور سویچ سه‌فاز چه‌گرد و راست‌گرد، سلکتور سویچ ولت، سلکتور سویچ آوومتر، و سلکتور سویچ ستاره و مثلث.
 - * کلید فیوز: کلید فیوز نوعی کلید است که فیوزها بر روی آن نصب شده‌اند. قطع و وصل کلید فیوز باعث می‌شود که فیوزها از مدار خارج یا در مدار قرار گیرند.
 - * کلید میناتوری: این کلید یک کلید اتوماتیک یا خودکار است که دارای رله‌ی

مغناطیسی برای عمل کرد سریع و رله‌ی حرارتی با عمل کرد تأخیری است. این کلید در اقسام مختلفی مانند روشنایی، موتور، تک فاز، دوفاز و سه فاز ساخته می‌شود.

* کلید اتوماتیک: در ساختمان این کلید نیز از رله‌ی مغناطیسی برای عمل کرد سریع در حالت اتصال کوتاه و از رله‌ی حرارتی برای عمل کرد در حالت بار اضافی استفاده شده است. از این کلید در ظرفیت‌های بالا هم چون کلید اصلی استفاده می‌شود.

* کلیدهای محدود کننده (لیمیت سویچ‌ها): از این کلیدها معمولاً برای فرمان‌های مکانیکی یا محدود کردن حرکت دستگاه‌ها استفاده می‌شود که برخی از انواع آن‌ها بدین قرار است: قرقره‌ای از راست، قرقره‌ای از چپ، قرقره‌ای دوطرفه و آنتنی دوطرفه.

* کلیدهای تابع فشار (پرشر سویچ‌ها): از این کلیدها برای کنترل فشار سیال داخل منابع، مخازن و لوله استفاده می‌شود.

* کلیدهای شناور (لول سویچ‌ها): از لول سویچ‌ها برای کنترل سطح مایعات داخل منابع و مخازن استفاده می‌شود. ساختمان این کلیدها شامل یک وزنه‌ی تعادل، یک شناور و یک میکروسویچ است.

* دگمه‌های فشاری وصل و قطع (شیست‌های استارت و استاپ): عمل کرد این کلیدها لحظه‌ای است و از آن‌ها در مدار فرمان کنتاکتور استفاده می‌شود. شستی استارت دارای دو کنتاکت باز است و فشار دادن آن باعث وصل کنتاکتور می‌شود. شستی استاپ دارای دو کنتاکت بسته است و فشار دادن آن باعث قطع کنتاکتور می‌گردد.

* لامپ سپگنال که بر روی تابلوهای برق نصب می‌گردد معمولاً برای نشان دادن قطع و وصل کنتاکتور از آن استفاده می‌شود.

* فیوزها: یکی از وسایلی که برای محافظت دستگاه‌ها و شبکه در مقابل بار اضافی و مخصوصاً اتصال کوتاه استفاده می‌شود، فیوز است. فیوزها در انواع مختلفی مانند: روشنایی، موتور، بکسی، کاردی، کارتریج، اتوماتیک و نظایر آن ساخته می‌شوند.

* انتخاب فیوز: برای انتخاب فیوز و محافظت شبکه با در نظر گرفتن جنس هادی، حالت (تک‌لا، رشته‌ای و یا افشان و...) و موقعیت آن (در هوای آزاد، داخل لوله و...) از جداولی که برای این منظور تهیه شده استفاده می‌گردد. برای انتخاب فیوز به منظور محافظت موتورها با توجه به آمپر مصرفی موتور و حالت کار آن (ستاره، مثلث و یا ستاره مثلث) از جداولی که به همین منظور تهیه شده استفاده می‌شود.

* کنتاکتور یک کلید مغناطیسی است که در آن از خاصیت الکترومغناطیس برای

وصل تعدادی کنتاكت اصلی به یک دیگر (وصل مدار) استفاده می‌شود. با از بین رفتن خاصیت الکترومغناطیس کنتاكت‌ها در اثر نیروی فنر داخل کنتاكتور باز می‌شوند. هر کنتاكتور دارای تعدادی کنتاكت باز و بسته‌ی کمکی است که هم‌زمان با مغناطیس شدن کنتاكتور، کنتاكت‌های کمکی باز، بسته و کنتاكت‌های بسته، باز می‌شوند.

* قسمت‌های اصلی کنتاكتور عبارت است از جرعه‌گیر، ترمینال‌های ورودی و خروجی کنتاكت‌های ثابت و متحرک، بوبین و هسته‌ی آهنی ثابت و متحرک.

* مزایای استفاده از کنتاكتور در مقایسه با کلید دستی بدین قرار است:

۱- کنترل دستگاه از راه دور

۲- کنترل مصرف کننده از چند محل

۳- امکان طراحی مدار اتوماتیک

۴- سرعت قطع و وصل زیاد و کم استهلاک بودن آن

۵- از نظر حفاظتی کنتاكتورها بهتر و کامل‌تر هستند.

۶- عمر مؤثر کنتاكتورها بیش‌تر از کلیدها است.

۷- ممکن است مدار فرمان را به گونه‌ای طراحی کرد که هنگام قطع برق، مدار مصرف کننده نیز قطع شود و نیاز به استارت مجدد داشته باشد که در این صورت دستگاه‌ها از خطرات وصل ناگهانی محافظت می‌شوند.

* با توجه به نوع مصرف کننده و وضعیت کار، هر کنتاكتوری دارای قدرت و جریان مشخص برای ولتاژهای مختلف است. مشخصات هر کنتاكتور بر روی آن نوشته شده است. برای انتخاب یک کنتاكتور حداقل باید به چند ویژگی مهم توجه داشت که عبارت‌اند از:

۱- ولتاژ بوبین

۲- ولتاژ خطی

۳- قدرت کنتاكتور

۴- آمپر کنتاكتور

۵- داشتن کنتاكت‌های باز و بسته‌ی کمکی (در صورت نیاز)

* با توجه به قدرت موتور، ولتاژ خطی، طریقه‌ی تغذیه‌ی موتور از شبکه (یک ضرب یا ستاره‌ی مثلث) و با استفاده از جداول مربوط، می‌توان کنتاكتور بی‌متال و فیوز را برای موتور انتخاب کرد.

* اورلود یا رله‌ی حرارتی، وسیله‌ای است برای محافظت موتور در مقابل بار اضافی ساختمان آن از دو فلز با ضریب انبساط طولی مختلف تشکیل شده. بی‌متال در اثر عبور جریان برق از آن گرم شده به سمت فلزی که دارای ضریب انبساط طولی کم‌تری است خم می‌شود. از این خاصیت این گونه می‌توان استفاده نمود که کنتاکت بسته‌ای را باز کرد یا کنتاکت بازی را بست.

* قسمت‌های مختلف اورلود عبارت‌اند از:

۱- ترمینال‌های اتصالی به کنتاکتور

۲- ترمینال‌های اتصالی به موتور

۳- پیچ تنظیم جریان

۴- دگمه‌ی ری ست

۵- کنتاکت‌های باز و بسته

* جرعه‌گیرها، مدار فرمان، وسیله‌ای هستند برای گرفتن جرعه‌های ایجاد شده از کنتاکت‌های یک کنتاکتور در حال کار، در زمان قطع در جرعه‌گیرهای جریان مستقیم، جرعه‌ها با تدابیری که در جرعه‌گیر به کار برده شده، در لحظه‌ی به وجود آمدن منحرف شده از جرعه‌گیر خارج می‌شوند.

* چشم الکتریکی کلیدی است که در اثر برخورد نور به آن، یا قطع تابش نور از آن عکس‌العمل نشان داده، فرمان صادر می‌کند.

* یکی از وسایل فرمان دهنده‌ی مدارهای کنترل اتوماتیک تایمرها هستند. تایمرها وظیفه‌ی کنترل مدار را برای مدت معینی به عهده دارند. انواع تایمرها عبارت‌اند از:

* تایمر دیجیتال: این تایمر که از یک کانالی تا چند کانالی آن ساخته می‌شود، دارای زمان و حافظه‌های مختلف است.

* تایمر موتوری: در این تایمر از یک موتور کوچک با قطب چاک‌دار استفاده شده است که از طریق چرخ‌دنده‌ی دیسک بادامک داری را در مقابل یک میکروسویچ به چرخش درمی‌آورد، در اثر برخورد بادامک با میکروسویچ کنتاکت‌های تایمر عمل می‌کند.

* تایمر الکترونیکی: اصول ساختمان تایمر الکترونیکی بر مبنای مدارهای RC و برحسب تأخیر زمانی استوار است، از تایمر الکترونیکی برای تنظیم زمان‌های کم‌تر از ثانیه تا چند ثانیه استفاده می‌شود.

* تایمر هیدرولیکی: در زمان اتصال جریان برق به این تایمر، مقداری روغن در داخل تایمر، جابه‌جا می‌شود. مدت زمان لازم برای بازگشت روغن به محل اولیه از یک

مجرای حساب شده. زمان عمل کرد تایمر است.

* تایمر نیوماتیکی: شروع به کار این تایمر برخلاف تایمرهای دیگر از زمان قطع ولتاژ بوبین است. و مدت آن زمانی است که هوا از طریق یک مجرای مشخص - که به وسیله ی پیچ تنظیم کنترل می شود- وارد قسمت آکاردئوننی شده آن را به حالت اولیه برمی گرداند. در این هنگام، کنتاکت های تایمر عمل می کند.

* تایمر حرارتی: در این تایمر از خاصیت تغییر حالت فلزات در مقابل حرارت استفاده می شود و دارای انواع «ذوب شونده»، «بی متالی» و «منعکس کننده ی میله ای» است. * تایمرها ممکن است از نوع با تأخیر در وصل یا از نوع با تأخیر در قطع باشند. یا آن که هر دو کنتاکت با تأخیر در وصل و قطع را دارا باشند.

کنترل فاز که برای محافظت موتورها به کار برده می شود، یک وسیله ی الکترونیکی است که کنتاکت باز آن را در مدار فرمان کنتاکتورها قرار می دهند. کنتاکت این کنترل به هنگام بروز یکی از اشکالات:

- ۱- قطع شدن فازها
- ۲- تغییر ترتیب فازها
- ۳- افزایش و یا کاهش بیش از حد مجاز ولتاژ
- ۴- عدم تقارن بیش از حد مجاز ولتاژ سه فاز
- ۵- شوک های ناشی از قطع و وصل برق باز شده، مدار فرمان کنتاکتور را قطع کرده موتور را خاموش می کند.

* رله ی مدار فرمان کنتاکتوری است با بوبین و هسته ی آهنی کوچک با تعدادی کنتاکت باز و بسته ی ظریف که قادر به عبور جریان، در حد چند آمپر هستند.

* تجربه شخصی مؤلف در استفاده از رله در مدارهای فرمان تابلوهای برق چنین است. اگر از یک رله با بوبین ۳۸۰ ولت در مدار فرمان تابلوی برق استفاده کنیم، سپس دو فاز I_1 و I_2 را به بوبین رله هدایت کرده فاز I_3 را پس از عبور از کنتاکت باز رله برای مدارهای فرمان استارتورها به کار بریم تمامی موتورهای سه فاز این تابلوی برق از خطر سوختن در مقابل دو فاز شدن از شبکه ی شهر یا کلید اصلی در امان خواهند بود.

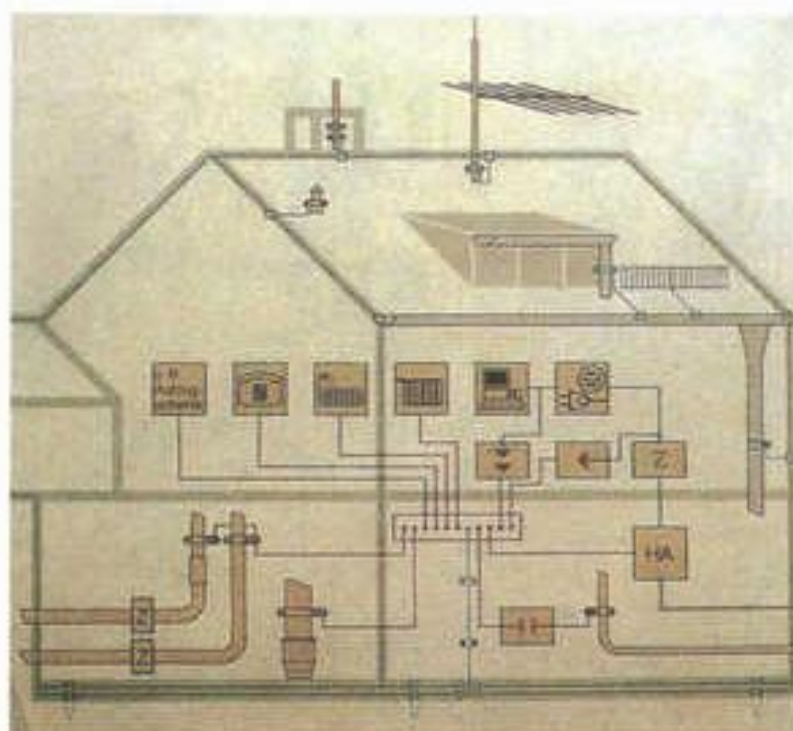
* در ترموکوپل از خاصیت آزاد شدن الکترون ها و عبور آنها از یک فلز به فلز دیگر در اثر گرم شدن محل اتصال دو فلز استفاده می شود. از ترموکوپل برای اندازه گیری درجه حرارت کوره ها و نیز قطع جریان گاز در موقع خاموش شدن شعله در اجاق گازها استفاده می شود.

پرسش

- ۱- کلید را تعریف کنید.
- ۲- یک نوع کلید دستی لحظه‌ای را نام ببرید.
- ۳- کلید دستی تیغه‌ای را شرح دهید.
- ۴- کلید دستی غلتکی را توضیح دهید.
- ۵- کلید دستی زبانه‌ای را شرح دهید.
- ۶- سلکتور سویچ را شرح داده سه نمونه از آن را نام ببرید.
- ۷- کلید فیوز را توضیح دهید.
- ۸- ساختمان کلید مینیاتوری را شرح دهید و انواع آن را نام ببرید.
- ۹- ساختمان داخلی کلید اتوماتیک را شرح دهید.
- ۱۰- کلیدهای محدود کننده را توضیح داده انواع آن را نام ببرید.
- ۱۱- موارد استفاده از کلیدهای تابع فشار را شرح دهید.
- ۱۲- کلیدهای شناور (لول سویچ‌ها) را توضیح دهید.
- ۱۳- دگمه‌های فشاری وصل و قطع (شیست‌های استارت و استاپ) را توضیح داده، کاربرد آن‌ها را ذکر نمایید.
- ۱۴- کاربرد لامپ سیگنال را توضیح دهید.
- ۱۵- فیوز را شرح داده انواع مختلف آن را نام ببرید.
- ۱۶- برای انتخاب فیوز و محافظت کابل چه عواملی را باید در نظر گرفت؟
- ۱۷- کنتاکتور را شرح دهید.
- ۱۸- ساختمان و طرز کار کنتاکتور را توضیح دهید.
- ۱۹- قسمت‌های مختلف اصلی یک کنتاکتور را نام ببرید.
- ۲۰- مزایای استفاده از کنتاکتور نسبت به کلید دستی را بازگو کنید.
- ۲۱- نکاتی را که در موقع تهیه کنتاکتور باید در نظر گرفت، شرح دهید.
- ۲۲- عواملی را که در موقع استفاده از جدول برای انتخاب فیوز، کنتاکتور و اورلود (بی مثال) برای موتور باید در نظر گرفت نام ببرید.
- ۲۳- ساختمان و طرز کار اورلود (رله‌ی حرارتی) را شرح دهید.
- ۲۴- قسمت‌های مختلف یک اورلود را نام ببرید.
- ۲۵- جرقه‌گیرهای جریان متناوب و مستقیم را شرح دهید.



- ۲۶- چشم الکتریکی را توضیح دهید.
- ۲۷- تایمر (رله زمانی) را شرح دهید.
- ۲۸- هر یک از انواع تایمر را تشریح کنید.
- ۲۹- کنترل فاز را شرح دهید.
- ۳۰- رله‌های مدار فرمان را تشریح نمایید.
- ۳۱- تجربه‌ی شخصی مؤلف، در استفاده از رله در مدار فرمان تابلوهای برق را شرح دهید.
- ۳۲- ترموکوپل چیست؟ کاربردهای آن را بیان نمایید.



فصل نهم

اتصال زمین (سیم ارت)

- پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:
- ۱- مفهوم اتصال زمین را بیان نماید.
 - ۲- لزوم اجرای اتصال زمین را شرح دهد.
 - ۳- روش‌های ایجاد سیستم اتصال زمین را توضیح دهد.
 - ۴- مقاومت اتصال زمین را تشریح نماید.

۹- اتصال زمین (سیم ارت)

۹-۱- مفهوم اتصال زمین

اتصال زمین به مفهوم اتصال دادن قسمت‌های فلزی دستگاه‌های الکتریکی به زمین برای حفاظت اشخاص (از خطر برق گرفتگی) و دستگاه‌ها (از صدمه دیدن) است.

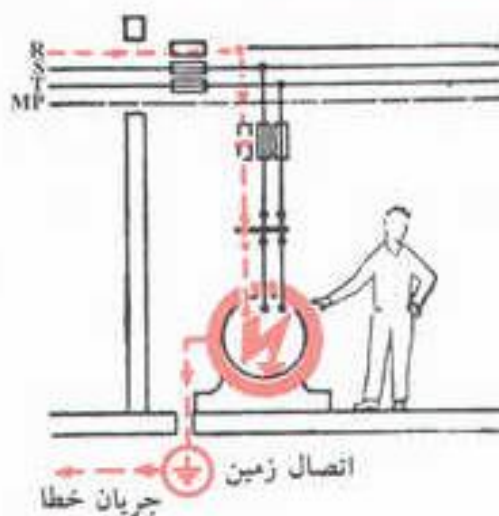
۹-۲- لزوم اجرای اتصال زمین

بسیار اتفاق می‌افتد که در دستگاه‌های برقی، اتصال بدنه (وصل شدن فاز به بدنه‌ی فلزی دستگاه) به وجود می‌آید. اگر در این هنگام، قسمتی از بدن شخص با بدنه‌ی دستگاه تماس پیدا کند، و قسمت دیگری از بدن او به هر طریقی با زمین تماس پیدا کند، جریان برق از بدن شخص عبور کرده باعث مرگ او خواهد شد.

در دستگاهی که شبکه‌ی اتصال زمین دارد، در لحظه‌ی اتصال بدنه در دستگاه جریانی بنام «جریان خطا» از طریق سیم ارت به زمین و از طریق زمین به نقطه‌ی صفر اتصال ستاره‌ی ترانسفورماتور شبکه هدایت می‌شود. اگر سیم ارت صحیح محاسبه و اجرا شده باشد، مقدار جریان خطا به اندازه‌ای زیاد می‌شود که باعث قطع سریع وسیله‌ی حفاظتی

دستگاه (کلید اتوماتیک، فیوز یا استارتر) شده، خطر برق گرفتگی از بین خواهد رفت. استفاده از سیستم اتصال زمین از ولتاژ ۱۱۰ ولت به بالا اجباری است. به همین دلیل سیم‌کشی وسایل یک‌فاز سه سیمه و سیم‌کشی دستگاه‌های سه فاز چهارسیمه باید اجرا گردند. باید توجه داشت که سیم صفر یا نول در دستگاه‌های سه فاز غیر از سیم ارت است.

در شکل ۹-۱ دستگاه سه‌فاز با سیم ارت نشان داده شده است.



شکل ۹-۱- دستگاه سه فاز با سیم ارت

باید توجه داشت که سیستم حفاظت را می‌توان در مقابل صاعقه، با نصب برق‌گیر در بالاترین نقطه‌ی شبکه‌ها، تأسیسات الکتریکی، دکل‌ها، برج‌های فلزی و ساختمان‌های بلند مرتبه‌ی مسکونی و اتصال آن به سیستم اتصال زمین ایجاد نمود.

۹-۳- روش‌های ایجاد سیستم اتصال زمین

روش‌های ایجاد شبکه‌ی اتصال زمین به این شرح است:

- الف) استفاده از صفحات فلزی قلع‌اندود در عمق زمین کاربرد صفحات فلزی به دلیل مقاومت بیش‌تر نسبت به دو حالت بعدی (نوار فلزی و روکش شده) کم‌تر است.
- ب) استفاده از نوارهای تابید شده‌ی مسی در مکان‌هایی که به علت سفتی زمین دست‌یابی به عمق زمین غیرممکن یا سخت است.
- ج) قرار دادن میله‌ها یا لوله‌های مسی یا فولادی قلع‌اندود شده به شکل‌های شبکه‌ای، حلقه‌ای یا شعاعی (شکل ۹-۲)

| عامل زمین نواری | عامل زمین لوله‌ای | عامل زمین صفحه‌ای | شبکه‌ی لوله‌کشی آب |
|---|--|--|---|
| <p>عامل زمین شعاعی عامل زمین حلقه‌ای عامل زمین شبکه‌ای</p> | <p>لوله‌ی مسی 30x30 پا فولاد 65x65x7 U-SI 6K T-SI T6</p> | <p>ورق فولاد به ضخامت 3 ورق مسی به ضخامت 2</p> | <p>در مورد جریان مستقیم مجاز نیست اجرای اتصال بر طبق VDEO 190</p> |
| <p>نوار تسمه‌ی فولادی با مقطع 100 میلی‌متر مربع و 2% میلی‌متر ضخامت. سیم تائیده اتصال به زمین (که از رشته‌های خیلی نازک نیست) 95 میلی‌متر مربع، از فولاد و فشار مس 50 میلی‌متر مربع. در صورتی که نوار مسی به کار رود مقطع آن 50 میلی‌متر مربع و ضخامت 2% میلی‌متر، و سیم اتصال به زمین از مس 35 میلی‌متر مربع (که رشته‌های آن خیلی نازک است).</p> | | | |

شکل ۲-۹- انواع عوامل اتصال زمین

۲-۹- مقاومت اتصال زمین

پس از احداث چاه اتصال زمین لازم است که ابتدا مقاومت زمین اندازه‌گیری شود و مقدار آن معمولاً نباید از چهار اهم بیش‌تر باشد. برای اطمینان خاطر، هرچند ماه یک بار باید مقاومت زمین اندازه‌گیری شود. معمولاً برای کاهش مقاومت زمینی در چاه اتصال زمینی همراه خاک درصدی براده مس، زغال و نمک اضافه می‌کنند. سیم خارج شده از چاه یا عامل اتصال زمین باید وارد تابلوی اصلی مصرف شود و از آن جا به وسیله‌ی سیم اتصال بدنه به کلیه مصرف‌کننده‌ها متصل گردد. معمولاً سیمی که در کابل‌ها برای اتصال زمین در نظر گرفته می‌شود، با خطوط رنگی مشخص می‌گردد.

خلاصه‌ی مطالب

- * مفهوم اتصال زمین، اتصال دادن قسمت‌های فلزی دستگاه‌های الکتریکی به زمین، به منظور حفاظت است.
- * در زمان اتصال بدنه‌ی یک دستگاه برقی، اگر قسمتی از بدن شخص با بدنه‌ی دستگاه تماس پیدا کند و قسمت دیگری از بدن او با زمین تماس داشته باشد سبب برق‌گرفتگی شخص خواهد شد.

* در دستگاهی که دارای سیستم اتصال زمین است در صورت به وجود آمدن اتصال بدنه جریان خطا که از طریق سیم ارت به نقطه‌ی صفر اتصال ستاره‌ی ترانسفورماتور شبکه هدایت می‌شود باعث قطع سریع وسیله‌ی حفاظتی دستگاه شده خطر برق گرفتگی از بین می‌رود.

* استفاده از سیم ارت از ولتاژ ۱۱۰ ولت به بالا اجباری محسوب می‌شود.

* سیم کشی وسایل تک فاز، سه سیمه و سیم کشی دستگاه‌های سه فاز باید چهارسیمه انجام شود.

* سیم نول در دستگاه‌های سه فاز غیر از سیم ارت است.

* روش‌های ایجاد سیستم اتصال زمین عبارت‌اند از:

۱-۱- استفاده از صفحات قلع اندود در عمق زمین

۱-۲- استفاده از نوارهای تابیده شده‌ی مسی

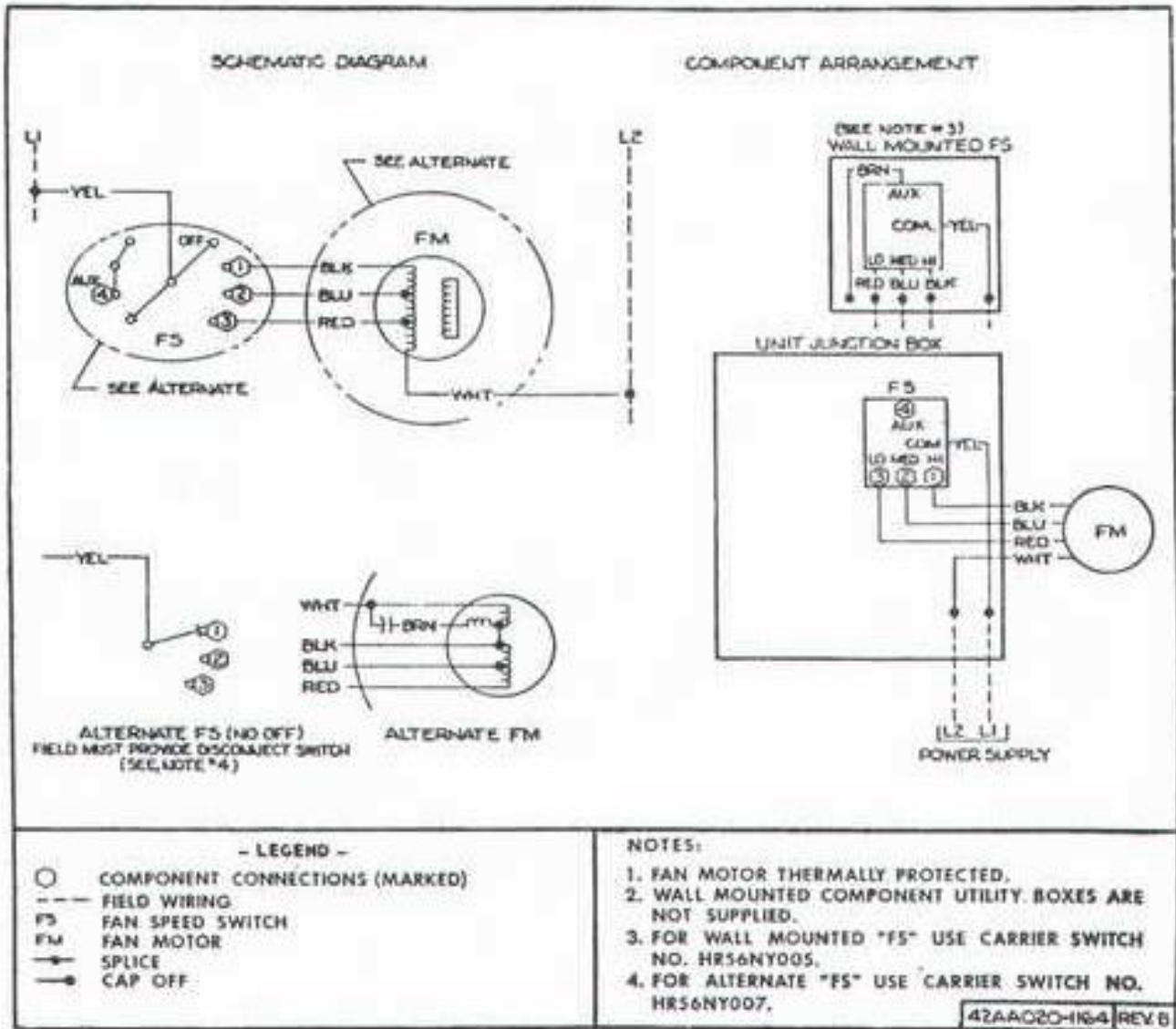
۱-۳- استفاده از میله‌ها یا لوله‌های مسی یا فولادی قلع اندود شده

* مقاومت زمین نباید از ۴ اهم بیش‌تر باشد. برای کاهش مقاومت زمین در چاه

اتصال زمین، همراه خاک مقداری براده‌ی مس، زغال و نمک اضافه می‌کنند.

پرسش

- ۱- مفهوم اتصال زمین را بیان نمایید.
- ۲- ایجاد خطر برق گرفتگی در حالت اتصال بدنه را شرح دهید.
- ۳- وظیفه‌ی سیستم ارت را شرح دهید.
- ۴- استفاده از سیم ارت از چه ولتاژی به بالا اجباری محسوب می‌شود؟
- ۵- روش‌های ایجاد سیستم اتصال زمین را توضیح دهید.
- ۶- سیم کشی برق وسایل تک فاز باید چند سیمه باشد؟
- ۷- کابل برق دستگاه‌های سه فاز چند سیمه است؟
- ۸- مقاومت زمین از چند اهم نباید تجاوز کند؟
- ۹- برای کاهش مقاومت زمین در چاه ارت چه کاری انجام می‌دهند؟



مدارهای الکتریکی تأسیساتی

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- ۱- علایم اختصاری استاندارد موتورها و وسایل برقی را توضیح دهد.
- ۲- مدارهای فرمان و قدرت را شرح دهد.
- ۳- مدارهای نردبانی و تصویری را توضیح دهد.
- ۴- مدارهای الکتریکی فنکویل را شرح دهد.
- ۵- مدارهای فرمان و قدرت راه‌اندازی یک موتور سه فاز به صورت ستاره یا مثلث و ستاره‌ی مثلث را شرح دهد.
- ۶- عیوب مدارهای کنتاکتوری را تشخیص داده، آن را برطرف کند.

۱۰- مدارهای الکتریکی تأسیساتی

منظور از مدارهای الکتریکی تأسیساتی، مدارهای برقی دستگاه‌های تأسیسات مکانیکی ساختمان‌ها است؛ مانند پمپ‌ها، مشعل‌ها، فنکویل‌ها، چیلرها، برج‌های خنک‌کننده و نظایر آن.

۱۰-۱- علایم اختصاری استاندارد موتورها و وسایل برقی

نقشه‌ی مدارهای برقی، وسیله‌ای برای نشان دادن روش راه‌اندازی و طرز کار دستگاه‌ها است. از این رو لازم است در تهیه‌ی نقشه از علایم استاندارد شده، استفاده شود تا شناخت مدارها برای افراد متخصص ساده‌تر گردد. تاکنون علایم استاندارد بین‌المللی تهیه نشده است. در کشورهای اروپایی از علایم استاندارد خاص و در کشور ژاپن از علایم دیگری استفاده می‌گردد، هم‌چنین در کشورهای امریکایی علایم متفاوتی با دیگر کشورها،

رایج است.

چون اکثر نقشه‌های برقی دستگاه‌های تأسیساتی در ایران با استفاده از استاندارد ASHRAE* تهیه می‌گردد، در این جا علائم موتورها و وسایل برقی براساس این استاندارد شرح داده می‌شود:

۱-۱-۱۰- موتورهای جریان متناوب

AC Motors

Repulsion motor



موتور رپولسیون

1-Phase Shaded Pole Motor



موتور یک فاز با قطب چاک‌دار

1- Phase Repulsion Start

Induction Motor



موتور رپولسیون یک فاز با استارت

القایی

2- Phase 4-wire, or Single
phase split Phase Induction
Motor or Generator or Rotary
Phase Converter



موتور دو فاز چهارسیمه یا یک فاز

چنددور القایی یا ژنراتور یا کنورتور

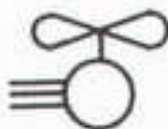
3- Phase or 2- phase,
3-wire Squirrel Cage Induction
Motor or Generator



موتور سه فاز یا دو فاز سه سیمه

القایی قفسه سنجابی یا ژنراتور

Fan Motor



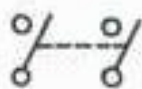
موتور پروانه

* AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC.

Electrical

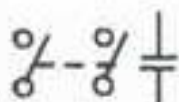
۲-۱-۱۰- وسایل برقی

Power Switches



کلید قدرت - کلید برق

Power Switches, with
Auxiliary Contacts, Normally



کلید قدرت با یک کنتاکت

اضافی باز

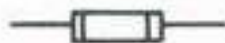
Open

Disconnect Switch



کلید قطع و وصل

Fuse



فیوز

Fuse, Current Responsive



فیوز حساس در برابر جریان (بی متال)

Indicating Lights, Letters to



لامپ‌های نشان دهنده با سرسیم

Indicate Color:

A-amber G-green R-red B-blue O-orange
W-white C-clear P-purple Y-yellow
FL-Fluorescent OP-opalescent

WITH LEADS

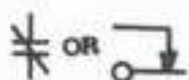


لامپ نشان دهنده با ترمینال

WITH TERMINALS

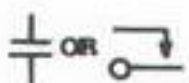
حروف برای مشخص کردن رنگ

Contact, Normally Closed



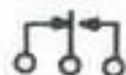
کنتاکت معمولاً بسته

Contact, Normally Open



کنتاکت معمولاً باز

Contact, Transfer. SPDT



کنتاکت، انتقال، یک پل دوطرفه

Contact, Normally open, with
Time Closing



کنتاکت معمولاً باز با تأخیر در


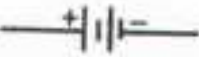
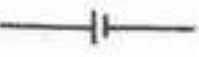
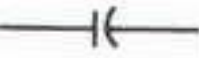
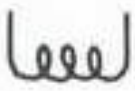







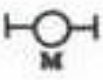

بسته شدن

Contact, Normally Closed,
with Time Opening



کنتاکت معمولاً بسته با تأخیر

در باز شدن

| | | |
|--|---|----------------------------------|
| Battery, general |  | باتری به طور کلی |
| Battery, polarity given |  | باتری با قطب‌های مشخص شده |
| Battery, one cell |  | باتری یک خانه |
| Capacitor |  | خازن |
| Coils, air core |  | کویل با هسته‌ی هوا |
| Coils, magnet core |  | کویل با هسته‌ی آهنی |
| Resistor |  | مقاومت |
| Relay, air core with normally open switch |  | رله با هسته‌ی هوا و کنتاکت باز |
| Relay, magnet core with normally closed switch |  | رله با هسته‌ی آهنی و کنتاکت بسته |
| solenoid |  | شیر برقی |
| Alarm, bell |  | خطر، زنگ |
| Alarm, horn |  | خطر، بوق |
| Meter |  | اندازه‌گیر |
| Am.meter |  | آمپر متر |

Voltmeter



ولت متر

Watt-hour Meter



وات متر

Thermostats

ترموستات ها

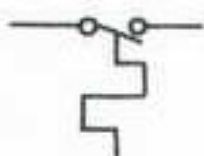
Winter thermostat



زمستانی (قطع کننده در اثر افزایش

دما) یک فصله

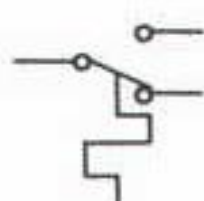
Summer thermostat



تابستانی (وصل کننده در اثر افزایش

دما) یک فصله

Summer and winter thermostat

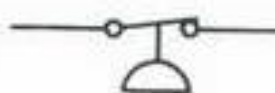


تابستانی و زمستانی (دو فصله)

Pressure controls

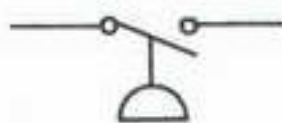
کنترل کننده های فشار

High pressure control



کنترل کننده ی فشار زیاد (H.P.C)

Low pressure control

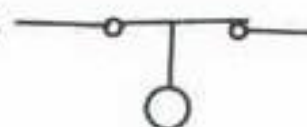


کنترل کننده ی فشار کم (L.P.C)

Level controls

کنترل کننده های سطح

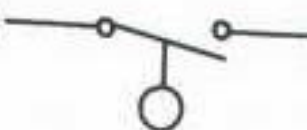
High level control



کنترل کننده ی سطح بالا (H.L.C)

قطع کننده در اثر بالا رفتن سطح

Low level control

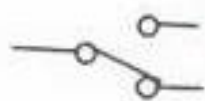


کنترل کننده ی سطح پایین (L.L.C)

قطع کننده در اثر پایین رفتن سطح

Switches

Single pole double
throw switch



کلید یک‌پول دو طرفه (تبدیل)

کلیدها

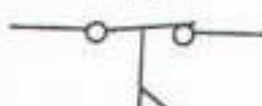
(S.P.D.T.S)

Flow switch, N.O



کلید جریان، معمولاً باز

Flow switch, N.C



کلید جریان، معمولاً بسته

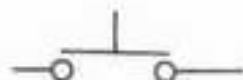
Selector switch



سلکتور سویچ (کلید انتخاب حالت)

Push Buttons

Start



دگمه‌های فشاری (پوش باتن‌ها)

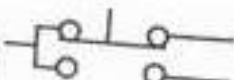
استارت

Stop



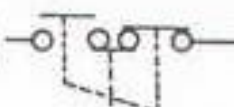
استاپ

Momentary start stop



استارت-استاپ لحظه‌ای

Maintained start stop



استارت-استاپ پایدار

Timers contacts

Contact action
retarded when coil is
Energized

کنتاکت‌های تایمر
کنتاکت با تأخیر عمل خود را انجام
می‌دهد وقتی که:
الف - ولتاژ سیم‌پیچ تایمر وصل گردد.

Normally open



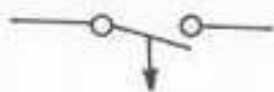
۱- معمولاً باز

Normally closed



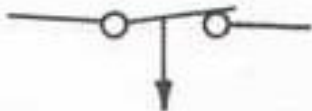
۲- معمولاً بسته

D-Energized
Normally open



ب- ولتاژ سیم پیچ تایمر قطع گردد.
۱- معمولاً باز

Normally
closed



۲- معمولاً بسته

Overloads

اورلودها (حفاظت کننده‌های موتور در
مقابل آمپر اضافی

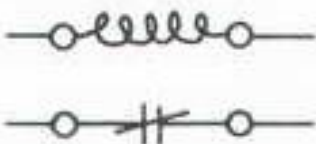
Magnetic
Series trip



الف - مغناطیسی

۱- با قطع کننده‌ی سری

Remote trip



۲- با قطع کننده‌ی از دور

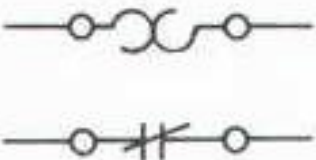
Thermal
Series trip



ب- حرارتی

۱- با قطع کننده‌ی سری

Remote trip



۲- با قطع کننده‌ی از دور

Bi-Metallic
Without heater



پ- بی‌متال

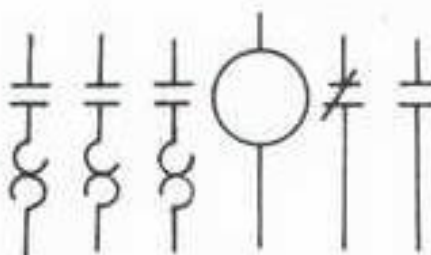
۱- بدون گرم‌کن

With heater



۲- با گرم‌کن

Starter with 3 main, 1 normally closed and 1 normally open auxiliary contacts



استارت‌تر با ۳ کنتاكت اصلی، يك كنتاكت بسته و يك كنتاكت باز كمكى

Humidistat



کنترل‌کننده‌ی رطوبت

Pases L_1 _____
 L_2 _____
 L_3 _____

فازها R _____
 S _____
 T _____

Neutral N _____

نول MP _____

Ground



ارت

۱۰-۲- مدار فرمان

منظور از مدار فرمان، فرمان و کنترل کنتاکتورهای اصلی برای وصل مصرف‌کننده‌ها به شبکه یا قطع آن‌ها از شبکه است. در نقشه‌های مدار فرمان، از کنتاکت‌های کمکی کنتاکتورها و کنتاکت‌های رله‌های حرارتی و نظایر آن استفاده می‌شود. در شکل ۱۰-۱ نمونه‌ی ساده‌ی مدار فرمان را مشاهده می‌کنید.

همان‌گونه که از شکل ۱۰-۱ مشخص است وقتی شستی I را با دست فشار دهیم جریان در بوبین کنتاکتور برقرار می‌شود (b.a) و کنتاکتور عمل می‌کند. یعنی کنتاکت‌هایی که در حالت عادی باز و کنتاکت‌هایی در حالت بسته آن است بسته می‌شوند و کنتاکت‌هایی که در حالت عادی بسته هستند باز می‌گردند.

وقتی کنتاکتور جذب کند (عمل کند) کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ در شکل ۱۰-۱ بسته می‌شوند و اگر ما دست از روی شستی برداریم جریان در کنتاکتور قطع نمی‌شود، بلکه مسیر آن از طریق کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ هم‌چنان بسته می‌ماند؛ یعنی برای جذب کنتاکتور کافی است یک لحظه‌ی کوتاه شستی I را فشار دهیم یا استارت بزنیم (شکل ۱۰-۲).



شکل ۱۰-۲- یک مدار فرمان ساده در حال کار



شکل ۱۰-۱- نمونه‌ی ساده‌ی مدار فرمان یک کنتاکتور

برای قطع کنتاکتور کافی است که برای یک لحظه‌ی کوتاه شستی O را فشار دهیم. با فشار دادن شستی O مسیر جریان کنتاکتور قطع می‌شود و کنتاکتور به حالت عادی خود برمی‌گردد و کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ باز می‌شوند. حال اگر شستی O به حالت عادی خود برگردد، مسیر جریان که قبلاً از طریق کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ برقرار شده بود این بار نمی‌تواند برقرار شود و کنتاکتور هم چنان قطع باقی می‌ماند به شستی O که عمل قطع کنتاکتور را به عهده دارد، شستی «Stop» نیز گفته می‌شود.

۱۰-۳- مدار قدرت

منظور از مدار قدرت در نقشه‌ها، نشان دادن مسیرهای جریان عبوری مصرف‌کننده است. در نقشه‌های مدار قدرت، فیوزها، رله‌ی حرارتی، مصرف‌کننده‌ها و کلید فیوزها نشان داده می‌شوند. مدار فرمان و قدرت همیشه با هم عرضه می‌شود و فردی که قرار است مجموعه را برای مثال در داخل تابلو مونتاژ کند باید هر دو نقشه را در اختیار داشته باشد. در شکل ۱۰-۳ مدار قدرت، مربوط به شکل ۱۰-۱ نشان داده شده است. بعضی از طراحان، نقشه‌ی مدار فرمان و قدرت را مانند بالا جداگانه نمی‌کشند، بلکه با هم رسم می‌کنند. البته اگر نقشه اندکی پیچیده باشد ادغام دو نقشه با یک دیگر بر پیچیدگی می‌افزاید و احتمال اشتباه کسی که نقشه را مونتاژ می‌کند زیاد می‌شود.

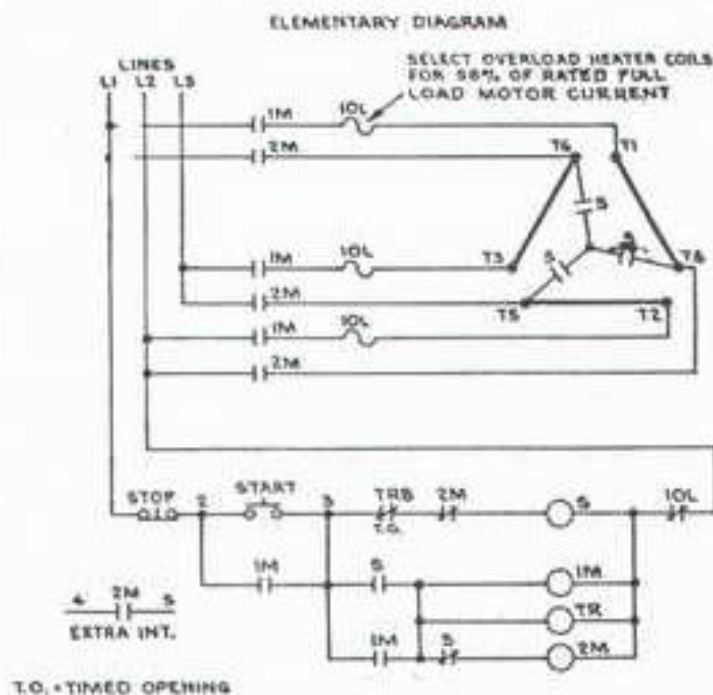
۱۰-۴- مدارهای نردبانی^۱

مدارهای نردبانی یا پله‌ای، مدارهایی هستند که در آن‌ها مدارهای قدرت و فرمان با خطوطی به موازات هم (معمولاً افقی) ترسیم می‌شوند؛ به گونه‌ای که شکل ظاهری نقشه شبیه نردبان است. شکل ۱۰-۴- الف مدار قدرت و فرمان یک استارتر ستاره‌مثلث را به صورت نردبانی نشان می‌دهد.

۱۰-۵- مدارهای تصویری^۲

در مدارهای تصویری شکلی تقریباً شبیه طریق قرارگرفتن آن وسایل (کلیدها، فیوزها، کنتاکتورها، بی‌متال‌ها، دگمه‌های استارت، استاپ و...) را ترسیم کرده، نقاط اتصال را همان‌گونه که در وسایل وجود دارد نشان می‌دهند و ارتباطات بین نقاط اتصال را نقطه به نقطه ترسیم می‌کنند. در شکل ۱۰-۳- ب مدار قدرت و فرمان همان استارتر ستاره‌مثلث به شکل تصویری نشان داده شده است.

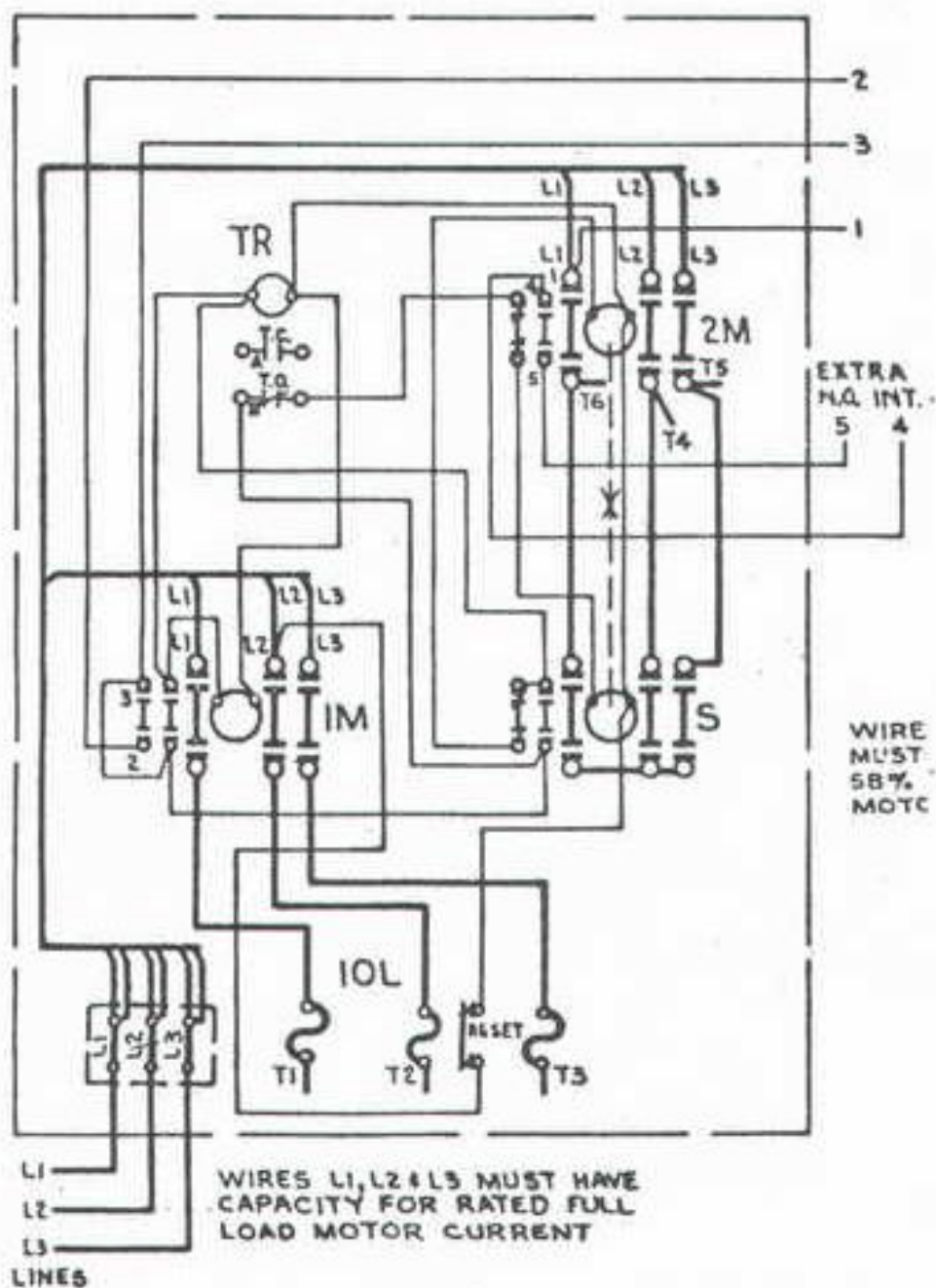
درک و فهم مدار و پی بردن به طرز کار آن با استفاده از دیاگرام پله‌ای ساده‌تر انجام می‌شود. درحالی که دیاگرام تصویری در اجرای کار، ساخت تابلوی برق و تعمیرات بیشتر مفید واقع می‌شود.



شکل ۱۰-۳- الف- مدار قدرت و فرمان استارتر ستاره مثلث به صورت نردبانی

۱- Ladder diagram

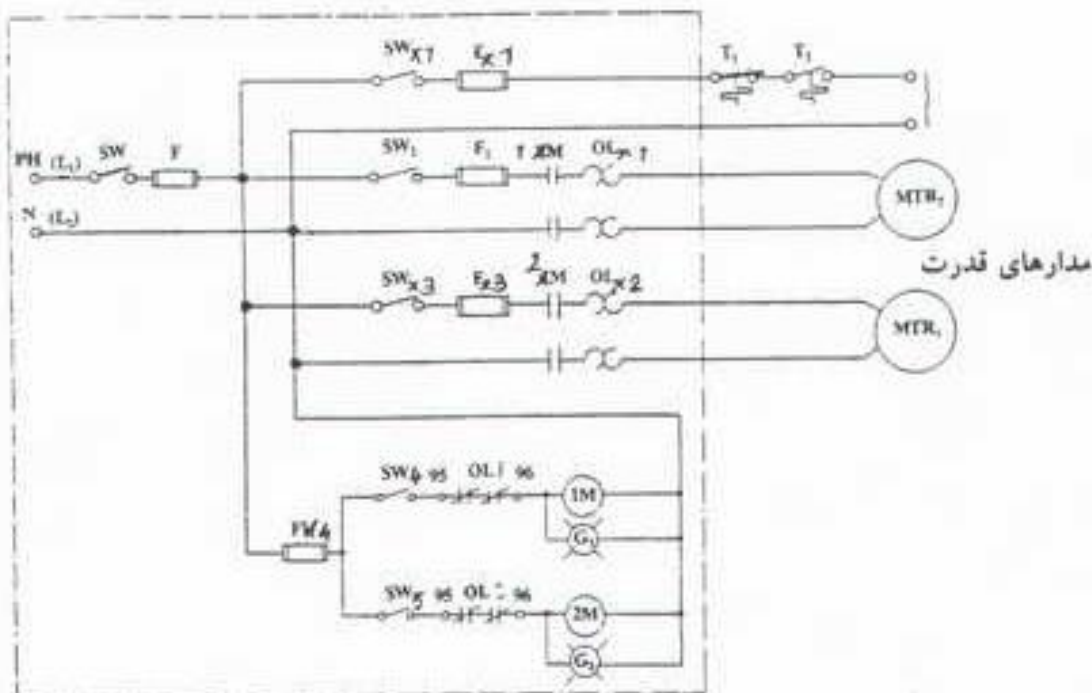
۲- Pictorial diagram



شکل ۳-۱۰-ب- مدار قدرت و فرمان استارتر ستاره مثلث به گونه‌ی تصویری

در شکل ۴-۱۰ مدارهای قدرت و فرمان موتورخانه سیستم حرارت مرکزی یک ساختمان شامل:

مشعل، موتور پمپ سیرکولاسیون سیستم حرارت مرکزی و موتور پمپ برگشت آب گرم مصرفی به روش نردبانی نشان داده شده است.



- راهنمای نقشه:
- SW - کلید اصلی (قدرت)
 - F - فیوز اصلی (قدرت)
 - SW₁ - کلید اصلی مشعل
 - SW₂ - کلید اصلی پمپ برگشت آب گرم مصرفی
 - SW₃ - کلید اصلی پمپ جریانی
 - F₁ - فیوز مشعل
 - F₂ - فیوز پمپ برگشت آب گرم مصرفی
 - F₃ - فیوز پمپ جریانی
 - IM - کنتاکتور پمپ برگشت آب گرم
 - 2M - کنتاکتور پمپ جریانی
 - OL₁ - اورلد پمپ برگشت آب گرم مصرفی
 - OL₂ - اورلد پمپ جریانی
 - G₁ - لامپ سیگنال پمپ برگشت آب گرم
 - G₂ - لامپ سیگنال پمپ جریانی
 - SW₄ - کلید استارت مدار فرمان پمپ آب گرم مصرفی
 - SW₅ - کلید استارت مدار فرمان پمپ جریانی
 - T₁ - اگوستات حد
 - T₂ - اگوستات دپگ
 - F₄ - فیوز مدار فرمان

شکل ۴-۱۰- مدارهای قدرت و فرمان موتورخانه سیستم گرمایش

۱۰-۶- مدارهای الکتریکی فنکویل

موتور اکثر فنکویل ها از نوع قطب چاک دار (Shaded pole) و گاه از نوع با سیم پیچی کمکی و خازن کار است که طریقه‌ی راه‌اندازی آن‌ها پیش از این بیان شد. حال در این قسمت مدارهای آن را شرح می‌دهیم.

هر فنکویل دارای یک سلکتور سویچ معمولاً مشتمل است. بر: چهار حالت (خاموش، دور زیاد، دور متوسط و دور کم) و یک موتور با سه سیم پیچی اصلی (دور زیاد، دور متوسط و دور کم) و یک سیم پیچی اتصال کوتاه یا سیم پیچی کمکی و خازن کار.

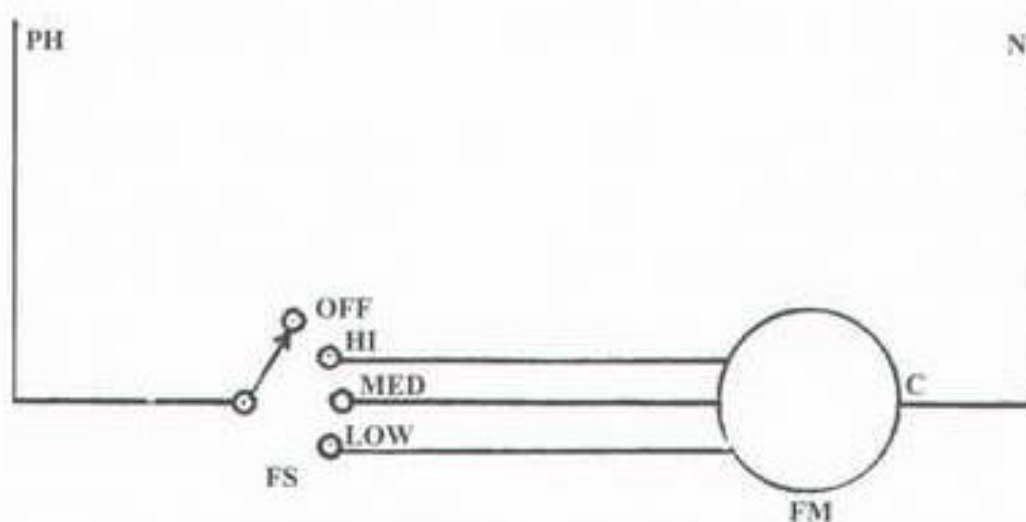
۱-۱۰-۶-۱- مدار الکتریکی فنکویل بدون کنترل کننده‌ی درجه حرارت: در این

مدار فاز را به اتصال مشترک کلید فنکوویل برده نول را به سیم مشترک سیم پیچ‌های اصلی وصل می‌کنند. شایان ذکر است که در فنکوویل‌های زمینی سیم‌کشی بین کلید و موتور فنکوویل به وسیله‌ی کارخانه انجام می‌گردد. در شکل ۵-۱۰ مدار الکتریکی فنکوویل بدون کنترل کننده‌ی درجه حرارت نشان داده شده است.

باید توجه داشت که فنکوویل با موتور چهار سرعته (دور زیاد، دور متوسط، دور کم و دور خیلی کم) نیز وجود دارد که در «مجتمع طالقانی تهران» واقع در شهر آرا تعداد زیادی از آن نصب شده است.

۲-۶-۱۰- مدار الکتریکی فنکوویل با استفاده از ترموستات دو فصلی قطع و وصل: اگر بخواهیم درجه حرارت محیط را به طور اتوماتیک هم در زمستان و هم در تابستان کنترل کنیم. یک راه حل آن استفاده از یک ترموستات زمستانی - تابستانی قطع و وصلی، در مسیر فاز ورودی به کلید فنکوویل است.

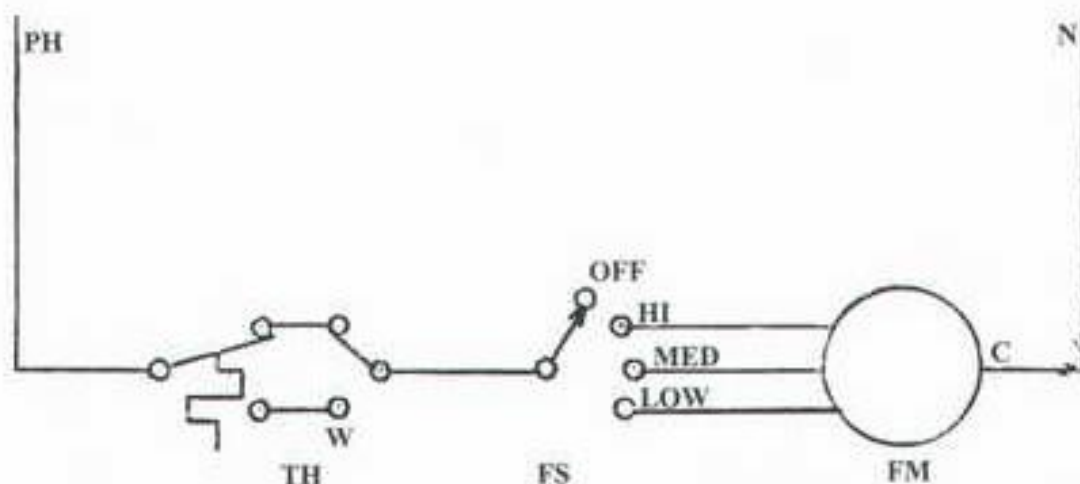
ترموستات دو فصلی دارای یک کلید انتخاب فصل است که در زمستان باید کلید را روی W و در تابستان آن را بر روی S قرارداد (برای آن که این ترموستات برای همه افراد منزل در هر فصلی قابل ست کردن باشد معمولاً در محل حالت زمستانی کلید،



شکل ۵-۱۰- مدار الکتریکی فنکوویل بدون کنترل

راهنمای نقشه

- | | | |
|--------------------|-----------------|-----------------|
| ۱- N: نول. | ۲- C: مشترک، | ۳- FM: موتور فن |
| ۴- OFF: خاموش، | ۵- HI: دور زیاد | |
| ۶- MED: دور متوسط، | ۷- LOW: دور کم | |
| ۸- FS: کلید فن، | ۹- PH: فاز | |



شکل ۱۰-۶- مدار الکتریکی فنکویل با ترموستات دو فصلی قطع و وصلی

| راهنمای نقشه | |
|--------------------------------------|---|
| N-۱: نول، C-۲: مشترک، FM-۳: موتور فن | ۶-MED: دور متوسط، ۷-LOW: دور کم |
| ۴-OFF: خاموش، ۵-HI: دور زیاد | ۸-FS: کلید فن، ۹-S: تابستان، ۱۰-W: زمستان |
| | ۱۱-TH: ترموستات، ۱۲-PH: فاز. |

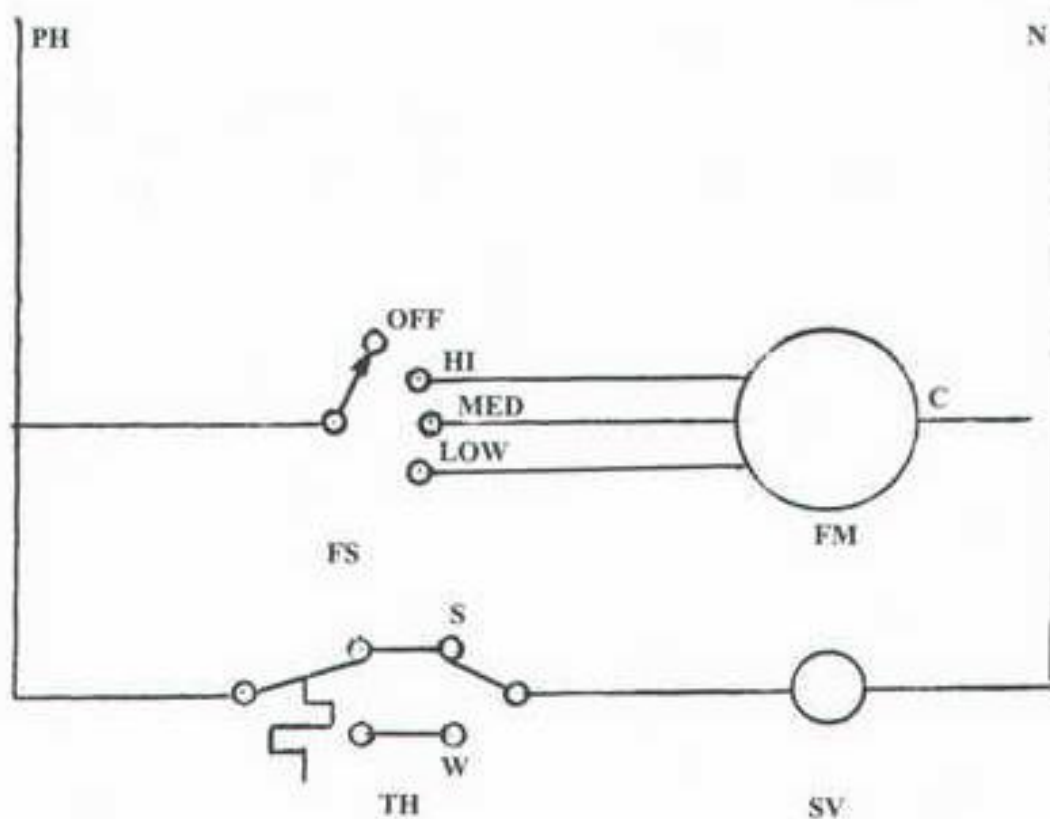
کریستال برف و در محل حالت تابستانی آن، علامت خورشید را ترسیم می کنند.)
در شکل ۱۰-۶ مدار الکتریکی فنکویل با ترموستات دو فصلی قطع و وصلی نشان داده شده است.

شرح مدار: اگر کلید فصل را صحیح قرار داده باشیم (برای مثال در تابستان بر روی S) حال اگر درجه حرارت محیط از عدد تنظیم شده بر روی ترموستات بیش تر باشد، ترموستات مدار را وصل خواهد کرد و موتور فنکویل با همان سرعتی که به وسیله کلید انتخاب شده، شروع به کار می کند و هنگامی که درجه حرارت محل از عدد تنظیمی ترموستات پایین تر رفت، ترموستات مدار را قطع کرده، موتور خاموش می شود.

در زمستان چنانچه کلید فصل را در حالت زمستانی گذاشته باشیم، اگر درجه حرارت محیط از عدد ست شده بر روی ترموستات کم تر باشد ترموستات موتور فنکویل را روشن می کند (اگر کلید فنکویل وصل باشد) هم چنین هنگامی که درجه حرارت محل از ستینگ ترموستات بالاتر رفت، ترموستات قطع می گردد و موتور فنکویل خاموش می شود.

۱۰-۶-۳- مدار الکتریکی فنکویل با ترموستات دو فصلی و شیر سه راهه برقی؛
برای آن که درجه حرارت در قسمت های مختلف محلی که فنکویل در آن نصب شده

یکسان باشد و علاوه بر آن در سیستم‌هایی که هوای تازه به وسیله‌ی موتور فنکویل گرفته شده و به داخل زده می‌شود، برای داشتن هوای تازه در تمام مدت، لازم است که موتور فنکویل همیشه روشن باشد. در چنین حالتی یک طریقه کنترل درجه حرارت محل، نصب یک عدد شیر سه راهی بر روی کویل است تا بدین وسیله، قطع و یا وصل جریان آب ورودی به کویل، با فرمان ترموستات صورت گیرد. در شکل ۷-۱۰ مدار الکتریکی فنکویل با ترموستات دو فصلی قطع و وصلی و شیر سه راهی برقی نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۰- مدار الکتریکی یک فنکویل با ترموستات دو فصلی قطع و وصلی و شیر سه راهی برقی

راهنمای نقشه
 ۱-N: نول، ۲-C: مشترک، ۳-FM: موتور فن، ۴-OFF: خاموش، ۵-HI: دور زیاد، ۶-MED: دور متوسط، ۷-LOW: دور کم، ۸-FS: کلید فن، ۹-PH: فاز، ۱۰-SV: شیر برقی، ۱۱-S: تابستان، ۱۲-W: زمستان، ۱۳-TH: ترموستات.

شرح مدار: همان گونه که بیان شد، در این طریقه موتور فن همیشه روشن است و از طریق کلید کنترل می‌شود. در تابستان اگر درجه حرارت محل از ستینگ ترموستات بالاتر بود و کلید زمستانی - تابستانی هم در موقعیت تابستان قرار داشت، ترموستات مدار

شیربرقی را وصل می‌کند؛ در نتیجه، مسیر ورود آب به داخل کویل کاملاً باز می‌شود. (آب سرد وارد کویل می‌گردد) و مسیر بای‌پاس^۱ (راه انحرافی) صدها درصد بسته می‌شود. تا زمانی که درجه حرارت محل از عدد تنظیم شده بر روی ترموستات پایین‌تر برود، ترموستات مدار را قطع می‌کند، هم چنین شیربرقی مسیر ورود آب به داخل کویل را کاملاً می‌بندد و تمام مقدار جریان آب از طریق لوله‌ی بای‌پاس وارد لوله‌ی برگشت می‌شود.

در زمستان اگر درجه حرارت محل از عدد ست شده بر روی ترموستات کم‌تر باشد و کلید فصل هم در حالت زمستان گذاشته شده باشد، ترموستات مدار شیر برقی را وصل کرده، مسیر ورود آب به داخل کویل کاملاً باز می‌شود. (آب گرم وارد کویل می‌گردد) و مسیر بای‌پاس نیز کاملاً بسته می‌شود.

تا زمانی که درجه حرارت محل از ستینگ ترموستات بالاتر رفت، ترموستات مدار را قطع می‌کند، شیر برقی مسیر ورود آب به داخل کویل را کاملاً می‌بندد و جریان آب به تمامی از طریق لوله‌ی بای‌پاس وارد لوله‌ی برگشت می‌شود.
بهتر است بدانید:

۱- انواع دیگر شیرهایی که از آنها برای کنترل مقدار جریان آب ورودی به کویل استفاده می‌شود، عبارت‌اند از: شیر دوراهی برقی، شیر دوراهی و شیر سه‌راهی نیوماتیکی و شیر دوراهی و سه‌راهی موتوری.

۲- به جای کلید دستی زمستانی - تابستانی، می‌توان از کلید اتوماتیکی به نام «کلید عوض کننده»^۲ استفاده نمود. سنسور یا قسمت حس کننده‌ی این کلید بر روی لوله‌ی برگشت آب فنکویل نصب می‌شود و کلید با حس کردن درجه حرارت آب شبکه‌ی لوله‌کشی (زمستان آب گرم و تابستان آب سرد) مدار را تغییر می‌دهد که در این صورت ترموستات از نوع یک‌فصلی خواهد بود.

توجه: رعایت این نکات در سیم‌کشی برق ساختمان‌ها الزامی است.

۱- سیم‌کشی برق فنکویل‌ها باید دارای سیم اتصال زمین باشد.

۲- سیم‌کشی برق فنکویل‌ها جدا از سیم‌کشی روشنایی انجام پذیرد.

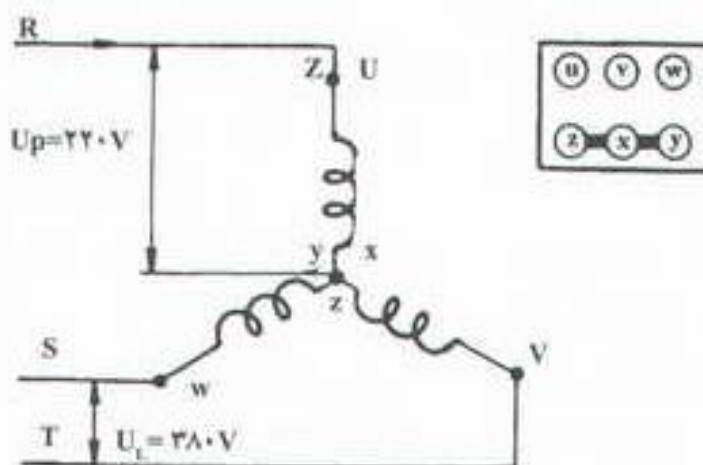
۳- بر روی خط فاز هرچند دستگاه فنکویل با توجه به آمپر مصرفی آنها یک سیستم حفاظت کننده، برای مثال کلید مینیاتوری نصب گردد.

۱- By-Pass

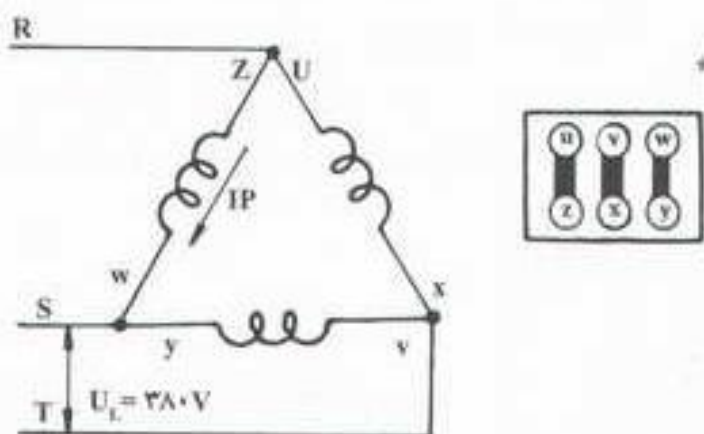
۲- Changeover switch

۷-۱۰- راه‌اندازی موتورهای سه فاز

هر موتور سه فاز دارای سه سیم پیچ است. اتصال این سیم پیچها به یکدیگر و اتصال آنها به شبکه، به دو صورت ستاره و مثلث، صورت می‌گیرد. شکل ۸-۱۰ اتصال ستاره (y) و مثلث (Δ) را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۱۰-الف- اتصال ستاره



شکل ۸-۱۰-ب- اتصال مثلث

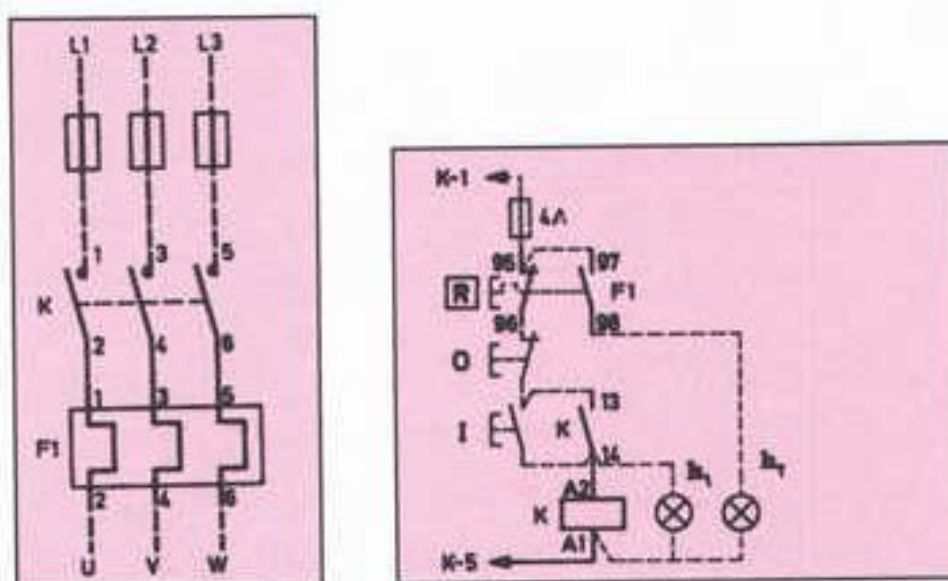
هر یک از این دو روش اتصال از ویژگی‌های خاصی برخوردارند. برای مثال، به این نکته می‌توان اشاره کرد که توان در اتصال مثلث سه برابر توان در اتصال ستاره است. به همین دلیل، موتورهای بزرگ اتصال مثلث را ابتدا به صورت ستاره راه‌اندازی می‌کنند تا جریان راه‌اندازی کم‌تری از شبکه دریافت کنند. (اصطلاحاً به شبکه شوک وارد نسازد). در

راه‌اندازی موتورها باید به پلاک موتور توجه گردد، زیرا کارخانه‌های سازنده کلید مشخصات موتور، از جمله طرز اتصال سرسیم‌ها و ولتاژ مربوط به هر طریقه اتصال را مشخص می‌کنند.

برای مثال اگر بر روی پلاک موتوری نوشته شده باشد: Δ/Y و $220/380V$ ، بدین مفهوم است که این موتور هم می‌تواند به صورت ستاره و هم به صورت مثلث کار کند؛ در حالت ستاره با ولتاژ ۳۸۰ ولت و در حالت مثلث با ولتاژ ۲۲۰ ولت. با توجه به ولتاژ برق ایران این موتور حتماً باید به صورت ستاره راه‌اندازی شود در غیراین صورت حتماً در مدتی کوتاه (حدود ۱۰ دقیقه) خواهد سوخت.

مثال دیگر: اگر بر روی پلاک موتوری فقط علامت Δ و ولتاژ ۳۸۰ ولت مشخص شده باشد این موتور باید به صورت مثلث به کار گرفته شود، زیرا اگر به حالت ستاره کار کند - به دلیل آن که قدرت آن به $\frac{1}{3}$ تقلیل می‌یابد - توان انجام کار مکانیکی اعمال شده بر روی محور را نداشته پس از مدتی کوتاه خواهد سوخت. با امید به این که با توجه به مطالب بیان شده دقت لازم در طریقه اتصال سرسیم‌های موتور به عمل می‌آید. اینک به شرح راه‌اندازی یک موتور سه فاز با استفاده از استارت‌رمی پردازیم:

۷-۱۰- راه‌اندازی موتور سه فاز به صورت ستاره یا مثلث: همان گونه که بیان شد تنها اختلاف، در روش‌های راه‌اندازی موتور سه فاز به صورت ستاره یا مثلث در طرز اتصال سرسیم‌های آن‌ها است، نه چیز دیگری. در شکل ۹-۱۰ مدار قدرت و فرمان راه‌اندازی



شکل ۹-۱۰- مدار فرمان و قدرت

یک موتور سه فاز - با استفاده از فیوز، کنتاکتور، بی متال در مدار قدرت و فیوز، شستی استارت و استاپ، کنتاکت های رله‌ی حرارتی، بوبین کنتاکتور و لامپ سیگنال در مدار فرمان - نشان داده شده است.

شرح مدار: با فشار شستی I فاز ورودی از طریق اتصال شماره‌ی ۱۴ به اتصال A_1 بوبین کنتاکتور K رسیده، چون نول هم به طور مستقیم به اتصال A_1 بوبین وصل است، بوبین کنتاکتور مغناطیس شده، کنتاکت ۱۳-۱۴ مدار فرمان بسته می‌شود.

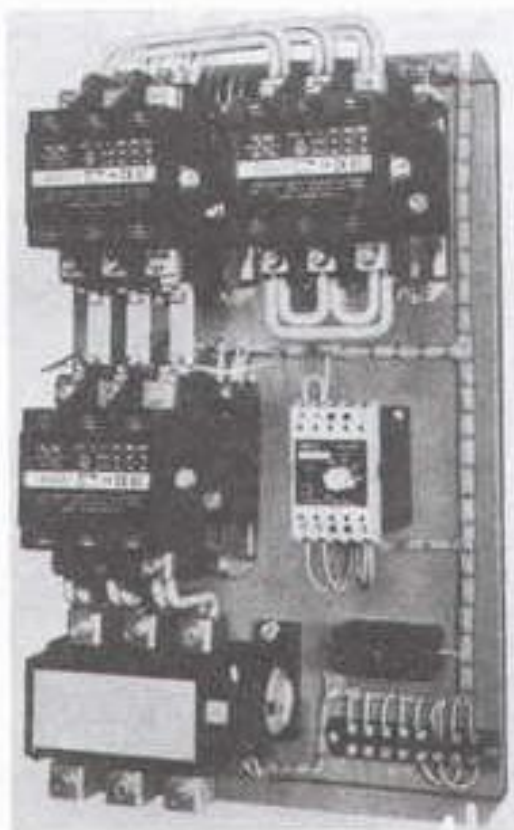
با برداشتن دست از روی دگمه‌ی استارت، بوبین از راه کنتاکت ۱۳-۱۴ تغذیه شده هم چنان در حال مغناطیس باقی می‌ماند. هم زمان با بسته شدن کنتاکت ۱۳-۱۴ کنتاکت های ۱-۲، ۳-۴ و ۵-۶ و مدار قدرت هم بسته شده، سه فاز L_1 ، L_2 و L_3 از طریق فیوزها و بی متال F_1 به اتصال های U، V و W موتور هدایت می‌شوند و موتور شروع به کار می‌کند. لامپ h_1 نیز که معمولاً به رنگ سبز و نشانگر حالت کار عادی موتور است روشن می‌شود. حال بسته به این که اتصال سرسیم های موتور در جعبه اتصال آن به چه صورت وصل شده باشند، موتور به حالت ستاره یا مثلث راه اندازی شده و کار می‌کند تا هنگامی که: ۱- دگمه‌ی استاپ O فشار داده شود. که در این صورت بوبین کنتاکتور از حالت مغناطیس خارج شده، کنتاکت های ۱۳-۱۴ مدار فرمان و ۱-۲، ۳-۴ و ۵-۶ مدار قدرت باز شده موتور خاموش می‌شود.

۲- کلید مدار قدرت (در شکل نشان داده نشده) قطع گردد. که در این صورت بسته به این که فاز مدار فرمان از کجا گرفته شده باشد ممکن است کنتاکتور هم چنان در حالت جذب باقی بماند یا آن که آن هم قطع شود.

۳- بی متال F_1 - به علت آن که موتور آمپر بیش از حد ست شده بر روی بی متال مصرف نماید - عمل کند. که در این صورت کنتاکت ۹۵-۹۶ مدار فرمان قطع شده بوبین کنتاکتور دی انرجایز شده موتور خاموش می‌شود و چراغ سیگنال h_1 که معمولاً قرمز و نشانگر خاموش شدن موتور است روشن می‌شود.

۲-۷-۱۰- راه اندازی موتور سه فاز به صورت ستاره مثلث: می‌خواهیم یک موتور سه فاز هی آسنکرون رتور قفسی با مشخصه‌ی ۶۶۰/۳۸۰ ولتی را که با یک پمپ کوپله شده است، به صورت ستاره مثلث راه اندازی کنیم. مدار قدرت و فرمان، با توجه به چگونگی قرار گرفتن کنتاکتور و تایمر و بی متال شکل ۱۰-۱۰ در شکل ۱۰-۱۱ رسم شده است.*

* از فراگیر انتظار نداریم که مدارهای شکل ۱۰-۱۱ را ترسیم کند.



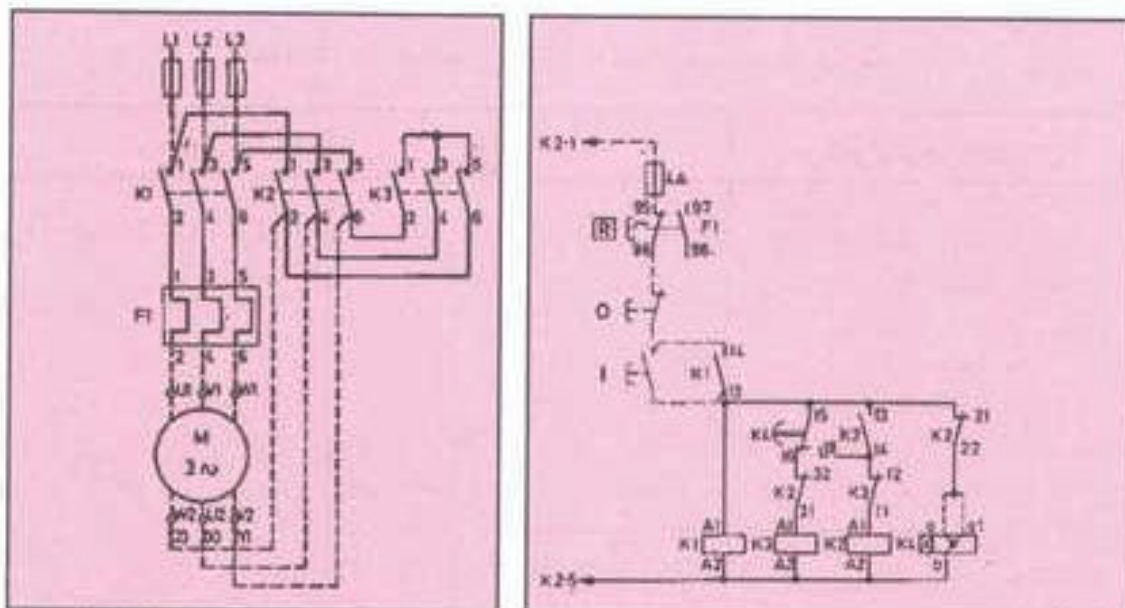
شکل ۱۰-۱۰- اتصال ستاره - مثلث اتوماتیک

مدار قدرت: همان گونه که در بحث

راه‌اندازی موتورهای سه فازه گفتیم، برای کاهش جریان راه‌اندازی می‌توان از اتصال ستاره مثلث استفاده کرد. از مزایای مهم راه‌اندازی ستاره مثلث به وسیله‌ی کتاکتور نسبت به کلیدهای دستی، این است که امکان اتوماتیک بودن مدار فرمان (ستاره به مثلث) وجود دارد. در حالت ستاره باید انتهای کلاف‌ها، Z و X و Y به یک‌دیگر متصل شده L_1, L_2, L_3 به ترتیب U_1, V_1, W_1 اتصال پیدا کنند. برای رسیدن به این هدف به ۲ عدد کنتاکتور نیاز داریم تا یکی مانند K_p انتهای کلاف‌ها را به یک دیگر متصل ساخته و کتاکتور K_s سه فاز را به سرکلاف‌های موتور اتصال دهد. در حالت مثلث باید فاز L_1 به U_1 و Z ، فاز L_2 به V_1 و X ، فاز L_3 به W_1 و Y وصل شود.

برای انجام این کار، به دو کتاکتور K_p و K_s نیاز است. به گونه‌ای که کتاکتور K_p در حالت ستاره و مثلث مشترک است. شکل ۱۰-۱۱ مدار فرمان و مدار قدرت، راه‌اندازی موتور سه فاز را به صورت ستاره مثلث نمایش می‌دهد. بی‌متال F_1 در مسیر جریان فاز این موتور است. بنابراین، باید $\frac{1}{\sqrt{3}}$ جریان نامی موتور تنظیم می‌شود.

مدار فرمان: با فشار دادن شستی I کتاکتور K_p و K_s جذب می‌شود و تایمر K_p شروع به کار می‌کند. در این حالت، موتور به صورت ستاره راه‌اندازی می‌شود. پس از گذشت زمان از قبل تنظیم شده که بستگی به موتور، بار و شرایط راه‌اندازی آن دارد تایمر K_p تیغه‌ی ۱۵ و ۱۶ را قطع و ۱۵ را به ۱۸ وصل می‌کند. کتاکتور K_p (ستاره) قطع و کتاکتور K_p (مثلث) وصل می‌شود. از آن جا که تایمر باید پس از راه‌اندازی از مدار خارج شود، از این رو تیغه‌ی بسته K_p در مسیر بوبین تایمر قرار می‌گیرد و به دلیل این که کتاکتور K_p نباید قطع شود، تیغه‌ی باز کتاکتور K_p با دو سر تیغه‌ی باز تایمر به صورت موازی قرار



مدار قدرت

مدار فرمان

شکل ۱۱-۱۰- مدار قدرت و فرمان به صورت ستاره مثلث

می‌گیرد. خطوط خط چین در مدار فرمان و قدرت مربوط به لوازمی است که باید از خارج مدار به مدار فرمان متصل شود.

چنانچه چه بخواهیم موتور را از طریق اورلود (بی متال داخل موتور) در مقابل گرمای زیاد حفاظت کنیم. دو سری بی متال (اورلود) را به ترمینال‌های ۹۶ بی متال در مدار فرمان و ترمینال ۱۳-K_۱ وصل می‌کنیم.

این موتور هم در همان سه حالت ذکر شده در قسمت ۱-۷-۱۰ خاموش می‌شود.

۸-۱۰- عیب‌یابی مدارهای کنتاکتوری

در طراحی مدارهای فرمان، گاه اشکالاتی به وجود می‌آید که هنگام اتصال و راه‌اندازی ماشین بروز می‌کند. عیب‌ها گوناگون هستند و در مورد هر طرحی متفاوت‌اند. بنابراین، هنرجویان پس از اجرای هر مدار باید اشکالات احتمالی خود را بررسی کنند و بکوشند بدون باز کردن مدار، از روی طرز کار مدار، محل عیب را تشخیص دهند و آن را برطرف نمایند تا بدین ترتیب بتوانند به تدریج در زمینه‌ی عیب‌یابی مدارهای صنعتی تجربه کافی را کسب کنند.

گاهی در مدارهای فرمان در حال کار، اشکالاتی به وجود می‌آید که نتیجه‌ی آن از کار افتادن بعضی از کنتاکتورهاست و در نهایت، سبب از کار افتادن موتورها می‌شود. مهم‌ترین این عیوب که در سیستم‌های فرمان در حال کار پیش می‌آید، در جدول ۱-۱۰ آورده شده است.

جدول ۱-۱۰-۱- عیب‌هایی که در مدارهای فرمان پیش می‌آید.

| نوع عیب | علت عیب | طریقه‌ی برطرف کردن عیب |
|---|---|---|
| ۱- کتاکتور جذب نمی‌کند | ۱- در مدار فرمان قطع شدگی وجود دارد. ۲- کتاکت‌های شستی یا میکروسویچ خوب اتصال نمی‌کنند. ۳- ولتاژ تغذیه کتاکتور کم است. | ۱- فیوز مدار فرمان را کنترل کنید. - سیم‌های رابط را کنترل کنید؛ در صورت لزوم آن‌ها را تعویض کنید؛ - بین متال را کنترل نمایید. |
| ۲- کتاکتور موقتاً جذب شده و بعد قطع می‌شود. | ۱- کتاکت کمکی. مدار نگه دارنده را نمی‌بندد. ۲- در کتاکتور جریان مستقیم مقاومت پیش‌گذار قطع شدگی دارد. | ۲- کتاکت‌ها را تمیز کرده در صورت لزوم، آن‌ها را تعویض کنید. |
| ۳- در موقع استارت فیوز مدار فرمان قطع می‌شود. | ۱- اتصال کوتاه در مدار فرمان یا در شستی‌ها وجود دارد. ۲- سیم بیج کتاکتور سوخته است. | ۳- از بوبین یا ولتاژ مناسب استفاده کنید. |
| ۲- بوبین کتاکتور زیاد گرم شده می‌سوزد. | ۱- مدار هسته، بسته نمی‌شود و فاصله‌ی هوایی وجود دارد. ۲- بوبین کتاکتور با ولتاژ نامی خود تغذیه نمی‌شود. ۳- بوبین کتاکتور اتصال حلقه دارد. ۴- در جریان مستقیم، کتاکت کمکی مقاومت پیش‌گذار، باز نمی‌شود. | ۱- اتصال کوتاه را برطرف کنید. (اغلب اتصال کوتاه در شستی‌ها اتفاق می‌افتد). ۲- بوبین کتاکتور را تعویض کنید. |
| | | ۱- مسیر حرکت هسته و سطح قطب‌ها را کنترل و با بزرگ‌ترین پاتری کلراتیلن تمیز کنید. ۲- برای کتاکتور از بوبین مناسب استفاده کنید. ۳- بوبین کتاکتور را تعمیر یا تعویض نمایید. ۴- کتاکت کمکی را کنترل تعمیر یا تعویض کنید. |

| نوع عیب | علت عیب | طریقه‌ی برطرف کردن عیب |
|--------------------------------------|---|--|
| | ۵- در جریان مستقیم مقاومت پیش گذار انصالی دارد. | ۵- مقاومت پیش گذار را تعویض نمایید. |
| ۵- کنتاکتور جذب کرده اما صدا می‌دهد. | ۱- مدار هسته بسته نمی‌شود. | ۱- سطح قطب‌ها و مسیر حرکت هسته را کنترل و با بهترین یاتری کلرانیلین تمیز کنید. |
| | ۲- حلقه‌ی اتصال کوتاه روی سطح قطب‌ها در هنگام مونتاژ، اشتباه گذاشته شده است. | ۲- هسته را در آورده، آن را کنترل نموده درست جا بزنید. |
| | ۳- حلقه‌ی اتصال کوتاه روی هسته قطع شده است. | ۳- حلقه‌ی اتصال کوتاه روی هسته را کنترل و تعمیر یا تعویض کنید. |
| ۶- کنتاکتور قطع نمی‌کند. | ۱- قطعات اتصال کنتاکتور به یک دیگر جوش خورده‌اند. (پایان عمر مکانیکی) | ۱- کنتاکتور را باز و کنتاکت‌ها را تعویض کنید. |
| | ۲- در سیم‌های رابط المان‌های مدار فرمان، اتصال کوتاه یا در چند نقطه اتصال زمین وجود دارد. | ۲- سیم‌ها را کنترل و انصالی را برطرف کنید. |
| | ۳- کنتاکت‌های تایمر به یکدیگر انصالی دارند و باز نمی‌شوند. | ۳- کنتاکت‌های تایمر را تمیز یا تعویض نمایید. |

خلاصه‌ی مطالب:

* نقشه‌های برقی با استفاده از علائم اختصاری استاندارد شده‌ای ترسیم می‌شوند. برای درک نقشه، شخص استفاده کننده از آن باید شناخت دقیق و کاملی از این علائم داشته باشد.

* از مدار فرمان برای کنترل کنتاکتورهای اصلی، به منظور اتصال مصرف کننده به شبکه یا قطع آن از شبکه استفاده می‌شود. در مدارهای فرمان از رله‌های مدار فرمان، کنتاکت‌های کمکی کنتاکتورها و کنتاکت‌های کمکی رله‌های حرارتی استفاده می‌شود.

* در مدارهای قدرت، مسیرهای جریان عبوری مصرف کننده‌ها نشان داده می‌شود. در مدار قدرت، کلیدهای اصلی، فیوزها، کنتاکتورها و رله‌های حرارتی نشان داده می‌شوند.

* در مدارهای نردبانی، خطوط قدرت و فرمان نقشه، افقی ترسیم می‌شوند. در نتیجه ظاهر نقشه شبیه نردبان خواهد بود.

* در مدارهای تصویری شکلی شبیه طرز قرار گرفتن وسایل را ترسیم کرده نقاط اتصال را همان‌گونه نشان می‌دهند که وجود دارند و ارتباطات بین نقاط اتصال را نقطه به نقطه ترسیم می‌کنند.

* درک و فهم مدار و طرز کار سیستم با استفاده از نقشه‌های پله‌ای آسان‌تر است.
* اجرای کار، ساخت تابلو و انجام تعمیرات با استفاده از نقشه‌های تصویری ساده‌تر است.

* موتور فنکویل‌ها از نوع با قطب چاک‌دار یا با سیم پیچ کمکی و خازن کار است.
* کلید فنکویل معمولاً چهارحالتی و موتور آن سه سرعتی است.
* مدار الکتریکی فنکویل ممکن است بدون کنترل کننده‌ی درجه حرارت باشد.
* برای کنترل اتوماتیک درجه حرارت محل ترموستات دوفصلی قطع و وصلی را می‌توان در مسیر فاز ورودی به کلید فنکویل نصب کرد.

* برای یکسان بودن درجه حرارت در تمام نقاط و داشتن هوای تازه (در حالتی که هوای تازه از طریق فن به‌درون کشیده می‌شود) بهتر است فن فنکویل همیشه روشن باشد.
* یک روش دیگر کنترل درجه حرارت محیط، نصب یک شیر سه‌راهی برقی بر روی کویل فنکویل و قطع و وصل نمودن جریان آب کویل به وسیله‌ی ترموستات دوفصلی قطع و وصل است.

* انواع دیگر شیرهایی که بر روی فنکویل نصب می‌شوند عبارت‌اند از شیردوراهی برقی، شیردوراهه و سه‌راهی نیوماتیکی و شیر دوراهه یا سه‌راهی موتوری.
* از Change over switch می‌توان به جای کلید دستی زمستانی - تابستانی ترموستات استفاده کرد.

* سیم کشی برق فنکویل باید سیم اتصال زمین داشته باشد.
* سیم کشی فنکویل نباید ارتباطی به سیم کشی روشنایی ساختمان داشته باشد.
* بر روی فاز هر، چند دستگاه فنکویل با توجه به آمپر مصرفی آن‌ها لازم است یک کلیدمیثاتوری نصب گردد.

* در اتصال ستاره، انتهای هر سه کلاف سیم پیچی موتور به هم وصل می‌شوند.
* در اتصال مثلث، انتهای هر یک از سه کلاف سیم پیچی موتور به سر کلاف دیگر

وصل می‌شود.

- * توان در اتصال مثلث سه برابر توان در اتصال ستاره است.
- * موتوری که بر روی آن علامت Δ / Y و ولتاژهای ۲۲۰/۳۸۰ نوشته شده است، با برق ایران و حتماً باید به صورت ستاره راه اندازی شود.
- * اختلاف روش راه‌اندازی ستاره و مثلث در طریقه‌ی اتصال سرسیم‌های موتور است.

- * برای آن که هنگام راه‌افتادن موتورهای بزرگ، به دلیل گرفتن آمپر لحظه‌ای زیاد، به شبکه شوک وارد نشود، آن‌ها را به صورت ستاره مثلث راه‌اندازی می‌کنند.
- * هر موتور در حال کار به طور معمول در سه حالت خاموش می‌شود:
 - ۱- فشار دادن دگمه استاپ یا قطع نمودن کلید مدار فرمان
 - ۲- قطع کردن کلید مدار قدرت
 - ۳- اورلود کردن که به معنی مصرف جریان بیش‌تر از ستینگ بی‌متال است.

پرسش

- ۱- اکثر نقشه‌های برقی دستگاه‌های تأسیساتی در ایران با چه استانداردی ترسیم می‌شوند؟
- ۲- علامت اختصاری موتور یک فاز با قطب چاکدار را رسم کنید.
- ۳- علامت اختصاری بی‌متال را رسم نمایید.
- ۴- علامت اختصاری کنتاکت معمولاً بسته را رسم کنید.
- ۵- علامت اختصاری کنتاکت معمولاً باز با تأخیر در بسته شدن چیست؟
- ۶- علامت اختصاری کنتاکت معمولاً بسته یا تأخیر در باز شدن را رسم نمایید.
- ۷- علامت اختصاری اورلود حرارتی با قطع کننده سری را رسم کنید.
- ۸- علامت اختصاری سیم اتصال زمین چیست؟
- ۹- مدار قدرت را شرح دهید.
- ۱۰- مدار فرمان را توضیح دهید.
- ۱۱- مدارهای نردبانی را توضیح دهید.
- ۱۲- مدارهای تصویری را شرح دهید.
- ۱۳- موتور فنکوئیل از کدام نوع است؟
- ۱۴- موتور فنکوئیل معمولاً چند سرعته است؟
- ۱۵- سلکتور سویچ فنکوئیل چند حالتی است؟
- ۱۶- مدار الکتریکی فنکوئیل بدون کنترل کننده‌ی درجه حرارت را ترسیم کرده شرح دهید.
- ۱۷- کنترل اتوماتیک درجه حرارت محل به وسیله‌ی فنکوئیل به چه صورت انجام می‌شود.
- ۱۸- مدار الکتریکی فنکوئیل با شیر سه راهی برقی و ترموستات دوفصلی قطع و وصل را ترسیم کرده طرز کار مدار را شرح دهید.
- ۱۹- انواع مختلف شیرهایی که بر روی فنکوئیل، به منظور کنترل درجه حرارت محیط نصب می‌شوند نام ببرید.
- ۲۰- نام وسیله‌ای که عمل کلید دستی زمستانی - تابستانی را به طور اتوماتیک انجام می‌دهد، چیست؟
- ۲۱- چه نکاتی را باید به هنگام سیم‌کشی فنکوئیل در ساختمان رعایت کرد؟

۲۲- طرز اتصال سرسیم‌های سه کلاف سیم پیچی موتور، در اتصال ستاره را بنویسید.

۲۳- طرز اتصال سرسیم‌های سه کلاف سیم پیچی موتور در اتصال مثلث را بنویسید.

۲۴- اختلاف طریقه‌ی راه‌اندازی موتورهای سه فاز به صورت ستاره و مثلث در چیست؟

۲۵- موتورهای بزرگ را معمولاً به چه صورت راه‌اندازی می‌کنند؟ چرا؟

۲۶- قدرت در حالت ستاره چند برابر قدرت در حالت مثلث است؟

۲۷- موتوری که بر روی پلاک آن علامت Δ عدد ۳۸۰۷ مشخص شده است، به طریقه‌ی ستاره می‌توان به کاربرد؟ چرا؟

۲۸- مدار قدرت و فرمان یک موتور سه فاز را ترسیم کرده آن را شرح دهید.

۲۹- طرز راه‌اندازی یک موتور سه فاز به صورت ستاره مثلث را از شکل شرح دهید.

۳۰- با فشار دادن دگمه استارت کنتاکتور جذب نمی‌شود، عیوب احتمالی و روش‌های برطرف کردن آن‌ها را بنویسید.

۳۱- در موقع استارت فیوز مدار فرمان قطع می‌شود عیوب احتمالی و روش‌های برطرف کردن آن‌ها را شرح دهید.

۳۲- با فشار دادن دگمه‌ی استاپ کنتاکتور قطع نمی‌کند، عیوب احتمالی و روش‌های برطرف کردن آن‌ها را توضیح دهید.

منابع و مآخذ

- ۱- رسم فنی سال چهارم رشته‌ی تأسیسات حرارتی و برودتی نظام قدیم تألیف قدیری مقدم / اصغر.
- ۲- مبانی برق، ۱- بازسازی شده به وسیله‌ی مهندس اردکانی / غلامحسین و مهندس جاریانی / ابوالقاسم.
- ۳- مبانی برق ۲- تألیف مهندس همتایی / محمود و مهندس تجلی پور / مسعود.
- ۴- کاربرد برق، تألیف مهندس اردکانی / غلامحسین و مهندس جاریانی / ابوالقاسم.
- ۵- تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی. تألیف مهندس اعتضادی / محمود.





$$E = IR$$

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

شابک ۱ - ۹۹۸ - ۰ - ۹۶۴
ISBN 964-05-0998-1

POWEREN.IR

۱۳۸۳

قیمت در تمام کشور ۳۸۰۰ ریال