جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
سازمان تحقیقات و برنامه‌ریزی

راه اندازی موتورهای سه فاز و تک فاز

جلد اوّل

شاخه‌ی کاردانش (گروه تحصیلی برق)

رشته‌های مهارتی: برق صنعتی و برق صنعتی درجه (۱)

پودمان‌های مهارتی شاخه‌ی کاردانش

۶۰۴/۸

بسم الله الرحمن الرحیم

راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز (جلد اوّل)

شاخه‌ی: کاردانش

زمینه‌ی: صنعت

گروه تحصیلی: برق

زیر گروه: الکترونیک

رشته‌های مهارتی: برق صنعتی، برق صنعتی درجه (۱)

شماره‌ی رشته‌های مهارتی: ۳۰۳ـ۱۰۱ـ ۱۰ـ ۱ و ۳۰۲ـ ۱۰۱ـ ۱۰ـ ۱

کد رایانه‌ای رشته‌های مهارتی: ۹۳۷۳ و ۹۳۷۲

نام استاندارد مهارتی مبنا: برق صنعتی درجه (۲)

کد استاندارد متولی: ۵۵/۱۴ـ ۸ و ۷۵

شماره‌ی درس: نظری ۸۳۱۸/۵ و عملی ۸۳۱۹/۵

۶۲۱ / ۴۶ / د ۳۶۸ خ / ۱۳۸۴

خدادادی، شهرام

راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز [جلد اول] / مؤلف: شهرام خدادادی. ـ تهران: شرکت صنایع آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۸۴.

۱۷۷ ص.: مصور. ـ (شاخه‌ی کاردانش؛ شماره‌ی درس نظری ۸۳۱۸/۵ و عملی ۸۳۱۹/۵)

متون درسی شاخه‌ی کاردانش، زمینه‌ی صنعت، گروه تحصیلی برق، زیرگروه الکترونیک، رشته‌های مهارتی برق صنعتی، برق صنعتی درجه (۱).

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۱. موتورهای برقی جریان متناوب. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ب. عنوان.

۱۳۸۴

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

پیشنهادات و نظرات خود را درباره‌ی محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شماره‌ی ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایید.

پست الکترونیکی info@tvoccd.sch.ir

آدرس الکترونیکی www.tvoccd.sch.ir

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب: راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز (بعد اول) ـ ۴۰۹/۸

مؤلف: بهرام جلادی

ویراستار فنی: مهندس فریدون فلومی، مهندس امیرحسین ترکمانی

ویراستار ادبی: ماهمنت عظیمی

امور هنری و نظارت بر چاپ: اداره‌ی کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی

رسام: محمد سپاهی، هدیه پندار

عکاس: استودیو عکاسی شرکت صنایع آموزشی (علیرضا رج‌وند، محمدرضا صفاپخش و سعید رضایی‌نوده‌ی)

تصویرگر: علیرضا رضائی‌کز

صفحه‌آرا: صغری عابدی

طرح جلد: مریم کیوانلو

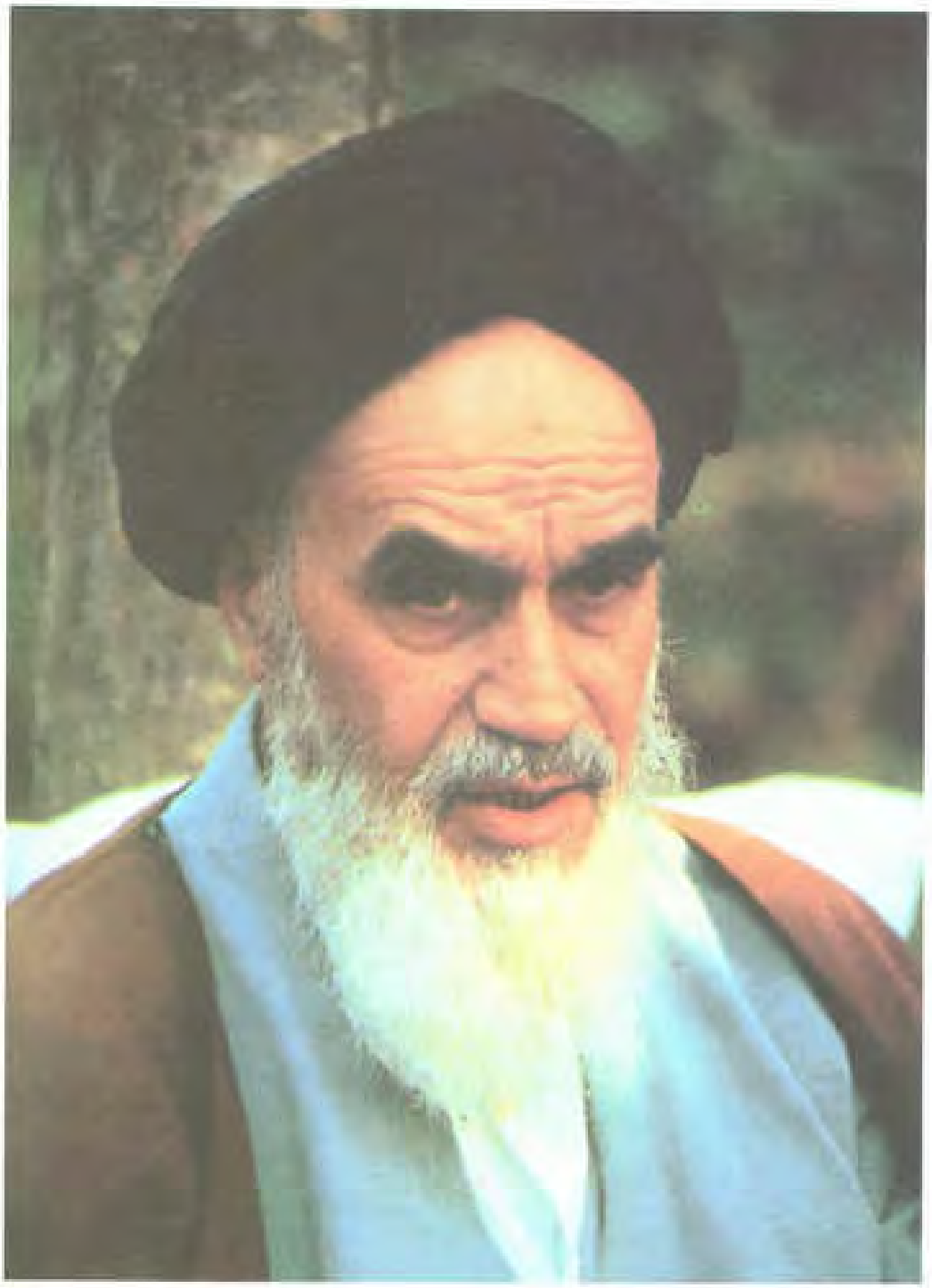
ناشر: شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش)، تهران ـ جاده‌ی مخصوص کرج ـ بعد از کیلومتر ۷ ـ ابتدای بزرگراه آزادگان به طرف جنوب، تلفن: ۲۵۲۲۴۲۲، دورنگار: ۲۵۰۳۷۷۰، صندوق پستی: ۱۳۲۴۵/۳۷۹

چاپخانه: ترسیم

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۸۴

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۷-۱۲۹۰-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-1290-7



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

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه‌ریزی کتاب‌های بودمانی

برنامه‌ریزی تألیف «بودمان‌های مهارت» یا «کتاب‌های تخصصی شاخه کاردانش» بر مبنای استانداردهای کتاب «مجموعه برنامه‌های درسی رشته‌های مهارتی شاخه کاردانش، مجموعه ششم» صورت گرفته است. بر این اساس ابتدا توانایی‌های هم‌خانواده (Homonic Power) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. سپس مجموعه مهارت‌های هم‌خانواده به صورت واحدهای کار تحت عنوان (Unit) دسته‌بندی می‌شوند. در نهایت واحدهای کار هم خانواده با هم مجدداً دسته‌بندی شده و بودمان مهارتی (Module) را شکل می‌دهند.

دسته‌بندی «توانایی‌ها» و «واحدهای کار» توسط کمیسیون‌های تخصصی با یک نگرش علمی انجام شده است به گونه‌ای که یک سیستم برای برنامه‌ریزی و تألیف بودمان‌های مهارت نظارت دائمی دارد.

به منظور آسانی هر چه بیشتر مربیان، هنرآموزان و هنرجویان شاخه کاردانش و سایر علاقه‌مندان و دست‌اندرکاران آموزش‌های مهارتی با روش تدوین «بودمان‌های مهارت»، توصیه می‌شود الگوهای ارائه شده در نمونه برگ‌های شماره (۱)، (۲) و (۳) مورد بررسی قرار گیرد. در ارائه دسته‌بندی‌ها، زمان مورد نیاز برای آموزش آن‌ها نیز تعیین می‌گردد. با روش مذکور یک «بودمان» به عنوان کتاب درسی مورد تأیید وزارت آموزش و پرورش در «شاخه کاردانش» چاپ سازی می‌شود.

به‌طور کلی هر استاندارد مهارت به تعدادی بودمان مهارت (M۱، M۲ و ...) و هر بودمان نیز به تعدادی واحد کار (U۱، U۲ و ...) و هر واحد کار نیز به تعدادی توانایی ویژه (P۱، P۲ و ...) تقسیم می‌شود. نمونه برگ شماره (۱) برای دسته‌بندی توانایی‌ها به کار می‌رود. در این نمونه برگ مشاهده می‌کنید که در هر واحد کار چه نوع توانایی‌هایی وجود دارد. در نمونه برگ شماره (۲) واحدهای کار مرتبط با بودمان و در نمونه برگ شماره (۳) اطلاعات کامل مربوط به هر بودمان درج شده است. بدیهی است هنرآموزان و هنرجویان ارجمند شاخه کاردانش و کلیه عزیزانی که در امر توسعه آموزش‌های مهارتی فعالیت دارند، می‌توانند ما را در غنای کیفی بودمان‌ها که برای توسعه آموزش‌های مهارتی تدوین شده است رهنمون و یاور باشند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های
فنی و حرفه‌ای و کاردانش

P = Power U = Unit M = Module

پیشگفتار

حمد و ستایش بروزه‌گاری را که جای جای هستی را با آیات و جلوه‌های خویش پیراست، تا صاحبان خرد در آن اندیشه کنند.

هنرآموزان گرامی و فراگیران عزیز

کتابی که اینک پیش رو دارید، یکی از کتاب‌های درسی نظام جدید آموزشی در شاخه کاردانش، زمینه صنعت می‌باشد که به کوشش شرکت صنایع آموزشی (وابسته به آموزش و پرورش) تألیف و چاپ شده است. این شرکت درسال ۱۳۵۹ با هدف طراحی، تولید و تأمین تجهیزات کمک‌آموزشی، آزمایشگاهی و کارگاهی برای تمام مقاطع تحصیلی (از پیش‌دبستانی تا دانشگاه) تأسیس شده است.

مهم‌ترین رسالت شرکت، حمایت و پشتیبانی همه‌جانبه از آموزش کشور در جهت تحقق اهداف آموزش و پرورش است در این راستا با بهره‌گیری از آخرین فناوری کشورهای پیشرفته صنعتی بسیاری از تجهیزات آموزشی کلاس‌ها، آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها را تولید نموده است.

یکی دیگر از خدمات شرکت صنایع آموزشی، همکاری با سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش برای تألیف کتاب‌های درسی است. در تألیف این کتاب‌ها پیشکسوتان و صاحب‌نظران آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و مهارتی درنهایت صمیمیت، این شرکت را یاری داده‌اند تا کتابی آسان، روان و خودآموز تهیه و در اختیار فراگیران عزیز مهارت‌های صنعتی قرار دهند. شیوه نگارش این کتاب منطبق با شیوه آموزش مهارت بودمانی (Module) یا پیمانه‌ای می‌باشد. این شیوه آموزش مهارت، هم‌اکنون در بسیاری از کشورهای پیشرفته صنعتی اجرا می‌شود.

امید است مدیران محترم مراکز آموزشی با تمام توان در جهت اجرای هرچه بهتر این شیوه نوین آموزش و مهارت همت گمارند تا بتوانیم به کلیه اهداف آموزشی کتاب جامه عمل بپوشانیم. با دست‌یابی به این اهداف آموزشی است که فراگیران عزیز در زمره صنعتگران خلاق و کارآفرین کشور عزیزمان قرار گیرند و نقش عمده‌ای در شکوفایی صنعت و اشتغال‌زایی ایفا نمایند.

شرکت صنایع آموزشی

واحد تحقیقات و طرح و برنامه

مقدمه

کتاب حاضر با عنوان راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز، براساس استاندارد مهارت برق صنعتی درجه دو تهیه شده است. کوشش شده تا مطالب درسی همراه با تصاویر به‌صورت خودآموز و پودمانی تدوین شود تا امر یادگیری را سهل‌تر کند. همچنین در سراسر کتاب سعی شده تا در رسم علائم و نقشه‌ها از آخرین استاندارد جهانی IEC استفاده شود. این کتاب مشتمل بر سه فصل است:

در فصل اول ساختمان داخلی، طرز کار تجهیزات مربوط به راه‌اندازی مدار به همراه مدارهای الکتریکی کلیدی و کنتاکتوری موتورهای سه‌فاز، آسنکرون روتور قفسی را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

فصل دوم شامل بررسی اصول کار، اجزا و انواع موتورهای تک‌فاز با مدارهای راه‌اندازی کلیدی و کنتاکتوری است.

در فصل سوم اجزا، انواع و اصول کار ترانسفورماتورهای تک‌فاز همراه با تعدادی آزمایش‌های مقدماتی و روابط پایه‌ای مورد بحث قرار می‌گیرد.

متناسب با فصل‌های سه‌گانه، کارهای عملی پیش‌بینی شده است و فراگیران موظف هستند تا با راهنمایی‌های مربیان خود کارهای عملی را در زمان‌های تعیین شده انجام دهند.

روش اجرای کارهای عملی به این صورت است که پس از توضیحات هر کار، در قسمت مربوط به مراحل اجرای کار ابتدا از فراگیران می‌خواهیم نقشه را ترسیم کنند و سپس با توجه به تصاویر عملی، مدار را روی تابلو اتصال دهند.

در انتهای فصل‌های اول و دوم، خودآزمایی‌های عملی ارائه شده که به عنوان الگوهای امتحانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. همچنین تکالیف عملی در نظر گرفته شده است که فراگیران می‌توانند در ساعات غیردرسی یا در منزل به انجام آن‌ها بپردازند.

در پایان، وظیفه‌ی خود می‌دانم که از اعضای محترم کمیته‌ی هماهنگی و کمیته‌ی تخصصی رشته‌ی الکروتکنیک سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی درسی آقایان مهندسین سیدمحمود صمدی، فریدون علومی، حسین جنابی، محمدجواد آیت‌اللهی که در تدوین این کتاب نهایت همکاری و راهنمایی‌های لازم را مبذول داشته‌اند صمیمانه تشکر کنم.

مؤلف

فهرست

جلد اول

ـ مقدمه

واحد کار اول: راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز ۱

ـ پیش‌آزمون (۱) ۵

۱ـ۱ـ آشنایی با الکتروموتورهای سه‌فاز ۸

۱ـ۱ـ۱ـ موتورهای آسنکرون

(غیرهمزمان) ۸

۱ـ۱ـ۲ـ موتورهای سنکرون (همزمان) ... ۱۱

۱ـ۲ـ اصول کار و موارد استفاده‌ی

الکتروموتورهای سه‌فاز ۱۲

۱ـ۲ـ۱ـ میدان دوار ۱۲

۱ـ۲ـ۲ـ موتورهای آسنکرون القایی ... ۱۵

۱ـ۲ـ۳ـ لغزش (عقب ماندگی) ۱۶

۱ـ۲ـ۴ـ گشتاور (مبان ـ M) ۱۷

۱ـ۲ـ۵ـ راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز

آسنکرون ۱۸

۱ـ۲ـ۶ـ توان موتور در اتصال‌های

ستاره و مثلث ۱۹

۱ـ۲ـ۷ـ تغییر جهت گردش موتورهای

سه‌فاز ۲۱

۱ـ۲ـ۸ـ راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز

آسنکرون در شبکه‌ی تک‌فاز ... ۲۲

۱ـ۲ـ۹ـ موتور آسنکرون دوتور سیم‌پیچی ۲۴

۱ـ۲ـ۱۰ـ موتور سنکرون ۲۵

۱ـ۳ـ آشنایی با پلاک مشخصات

الکتروموتورهای سه‌فاز ۲۷

۱ـ۳ـ۱ـ شرح تکمیلی برخی از علائم

روی پلاک ۳۱

۱ـ۳ـ۲ـ کلاس حرارتی ۳۳

۱ـ۳ـ۳ـ پلاک اتصالات موتور

(تخته‌کلم) ۳۴

۱ـ۴ـ کار عملی شماره (۱) ۴۰

۱ـ۵ـ نکاتی درباره انتخاب موتورهای الکتریکی ۴۷

۱ـ۶ـ توصیه‌های مؤثر برای استفاده‌ی بهینه

از انرژی در موتورهای الکتریکی ۵۵

۱ـ۷ـ برق‌رسانی به موتورهای الکتریکی ۵۶

۱ـ۸ـ انتخاب کابل ۵۶

۱ـ۹ـ نکاتی چند در خصوص انتخاب فیوز ... ۵۸

۱ـ۱۰ـ آشنایی با کلیدهای دستی سه‌فاز ۶۱

۱ـ۱۱ـ کلید دستی سه‌فاز اهرمی ساده ۶۲

۱ـ۱۲ـ کلید دستی سه‌فاز غلتکی ساده ۶۳

۱۳ـ۱ـ کلید دستی سه‌فاز زبانه‌ای ساده ۶۴
۱۴ـ۱ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید
دستی ساده ۶۶
۱ـ۱۴ـ۱ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز
با کلید اهرمی ساده ۶۶
۲ـ۱۴ـ۱ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز
با کلید غلتکی ساده ۶۷
۳ـ۱۴ـ۱ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز
با کلید زبانه‌ای ساده ۶۷
۱۵ـ۱ـ کار عملی شماره (۲) ۶۹
۱۶ـ۱ـ کار عملی شماره (۳) ۷۴
۱۷ـ۱ـ کلیدهای دستی سه‌فاز چپ‌گرد ـ
راست‌گرد ۷۹
۱ـ۱۷ـ۱ـ کلید دستی سه‌فاز چپ‌گرد ـ
راست‌گرد اهرمی ۷۹
۲ـ۱۷ـ۱ـ کلید دستی سه‌فاز چپ‌گرد ـ
راست‌گرد غلتکی ۸۰
۳ـ۱۷ـ۱ـ کلید دستی سه‌فاز چپ‌گرد ـ
راست‌گرد زبانه‌ای ۸۱
۱۸ـ۱ـ کار عملی شماره (۴) ۸۴
۱۹ـ۱ـ کار عملی شماره (۵) ۸۹
۲۰ـ۱ـ کلید دستی سه‌فاز ستاره ـ مثلث ۹۴
۱ـ۲۰ـ۱ـ کلید دستی ستاره ـ مثلث
غلتکی ۹۴
۲ـ۲۰ـ۱ـ کلید دستی ستاره ـ مثلث
زبانه‌ای ۹۵
۲۱ـ۱ـ کار عملی شماره (۶) ۹۷
۲۲ـ۱ـ کار عملی شماره (۷) ۱۰۲
۲۳ـ۱ـ کار عملی شماره (۸) ۱۰۷
۲۴ـ۱ـ کار عملی شماره (۹) ۱۱۶
۲۵ـ۱ـ کار عملی شماره (۱۰) ۱۲۵
۲۶ـ۱ـ آشنایی با کنتاکتور، شستی استپ و
استارت ۱۳۲
۱ـ۲۶ـ۱ـ کنتاکتور ۱۳۲
۲ـ۲۶ـ۱ـ طرز کار کنتاکتور ۱۳۲
۳ـ۲۶ـ۱ـ شستی استپ و استارت ۱۴۱
۲۷ـ۱ـ کلید سوئیچ ۱۴۵
۲۸ـ۱ـ لامپ سیگنال ۱۴۵
۲۹ـ۱ـ چگونگی قرارگرفتن و تعیین رنگ
تجهیزات کنترل و نمایش‌دهنده‌ها ۱۴۷
۳۰ـ۱ـ آشنایی با رله‌های حرارتی و مغناطیسی ۱۴۹
۱ـ۳۰ـ۱ـ رله‌ی حرارتی ۱۴۹
۲ـ۳۰ـ۱ـ رله‌ی مغناطیسی ۱۵۵
۳۱ـ۱ـ آشنایی با رله‌های زمانی ۱۵۷
۱ـ۳۱ـ۱ـ تایمر موتوری ۱۵۷
۲ـ۳۱ـ۱ـ تایمر بادی ۱۵۹
۳ـ۳۱ـ۱ـ تایمر الکترونیکی ۱۶۱
۳۲ـ۱ـ آشنایی با انواع لیمیت‌سوئیچ‌ها و
فلوترسوئیچ‌ها ۱۶۲
۱ـ۳۲ـ۱ـ لیمیت‌سوئیچ ۱۶۲
۲ـ۳۲ـ۱ـ فلوترسوئیچ ۱۶۲
۳۳ـ۱ـ آشنایی با کلیدهای روغنی ۱۶۵
۳۴ـ۱ـ علائم اختصاری و حروف شناسایی
مدارهای صنعتی ۱۶۶
۱ـ۳۴ـ۱ـ علائم اختصاری ۱۶۶
۲ـ۳۴ـ۱ـ حروف شناسایی ۱۶۹
ـ ضمیمه ۱ ـ میدان مغناطیسی دوّار ۱۷۲
ـ ضمیمه ۲ ـ سازمان‌های فنی ۱۷۳
ـ ضمیمه ۳ ـ برنامه زمانی نگهداری ماشین‌ها ۱۷۴
ـ ضمیمه ۴ ـ عیب‌یابی موتورهای سه‌فاز ۱۷۵
منابع و مآخذ ۱۷۷

جلد دوم

۳۵ـ۱ـ آماده کردن تابلو ۱
۳۶ـ۱ـ کار عملی شماره (۱۱) ۲
۳۷ـ۱ـ کار عملی شماره (۱۲) ۱۴
۳۸ـ۱ـ کار عملی شماره (۱۳) ۲۷
۳۹ـ۱ـ کار عملی شماره (۱۴) ۴۱
۴۰ـ۱ـ کار عملی شماره (۱۵) ۵۲
۴۱ـ۱ـ کار عملی شماره (۱۶) ۶۳
۴۲ـ۱ـ کار عملی شماره (۱۷) ۷۴
۴۳ـ۱ـ کار عملی شماره (۱۸) ۸۶
۴۴ـ۱ـ کار عملی شماره (۱۹) ۹۶
۴۵ـ۱ـ کار عملی شماره (۲۰) ۱۰۶
۴۶ـ۱ـ کار عملی شماره (۲۱) ۱۱۶
۴۷ـ۱ـ کار عملی شماره (۲۲) ۱۲۷
۴۸ـ۱ـ کار عملی شماره (۲۳) ۱۳۷
۴۹ـ۱ـ کار عملی شماره (۲۴) ۱۴۷
۵۰ـ۱ـ کار عملی شماره (۲۵) ۱۵۷
۵۱ـ۱ـ کار عملی شماره (۲۶) ۱۶۹
۵۲ـ۱ـ کار عملی شماره (۲۷) ۱۷۹
۵۳ـ۱ـ کار عملی شماره (۲۸) ۱۸۹
۵۴ـ۱ـ کار عملی شماره (۲۹) ۱۹۹
۵۵ـ۱ـ کار عملی شماره (۳۰) ۲۱۰
۵۶ـ۱ـ کار عملی شماره (۳۱) ۲۲۰
۵۷ـ۱ـ کار عملی شماره (۳۲) ۲۳۰
ـ خودآزمایی عملی (۱) ۲۴۰
ـ خودآزمایی عملی (۲) ۲۴۴
ـ آزمون پایانی (۱) ۲۴۵
منابع و مآخذ ۲۵۵

هدف کلی پودمان

راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز

شماره		عنوان توانایی	ساعات آموزش		
واحد کار	توانایی		نظری	عملی	جمع
۲۰	۳۰	راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز	۴۰	۲۵۰	۲۹۰
۲۱	۳۱	راه‌اندازی موتورهای تک‌فاز	۱۵	۳۵	۵۰
۲۲	۳۲	ترانسفورماتور تک‌فاز	۵	۵	۱۰

واحد کار اول

راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز

هدف کلی

راه‌اندازی الکتروموتورهای سه‌فاز با کلیدهای دستی و کنتاکتور

هدف‌های رفتاری: فراگیر پس از پایان این واحد کار قادر خواهد بود:

۱ـ انواع موتورهای الکتریکی از نظر نوع جریان الکتریکی مصرفی را نام ببرد.
۲ـ انواع موتورهای سه‌فاز را نام ببرد.
۳ـ خصوصیات استاتور موتورهای آسنکرون را شرح دهد.
۴ـ خصوصیات روتور موتورهای آسنکرون را شرح دهد.
۵ـ خصوصیات و انواع موتورهای سنکرون را بیان کند.
۶ـ چگونگی تولید میدان دوّار را با رسم شکل توضیح دهد.
۷ـ ساختمان داخلی و طرز کار موتورهای آسنکرون القایی را شرح دهد.
۸ـ مفاهیم لغزش و گشتاور را بیان کند.
۹ـ روش‌های راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون در شبکه‌ی سه‌فاز را توضیح دهد.
۱۰ـ اتصالات ستاره و مثلث را از نظر ولتاژ و جریان و توان با هم مقایسه کند.
۱۱ـ چگونگی تغییر جهت گردش در موتورهای سه‌فاز را شرح دهد.
۱۲ـ نحوه‌ی راه‌اندازی موتور سه‌فاز در شبکه‌ی تک‌فاز را به همراه رسم مدارهای مربوطه توضیح دهد.
۱۳ـ ساختمان داخلی و طرز کار موتورهای آسنکرون روتور سیم‌پیچی را شرح دهد.
۱۴ـ انواع موتورهای سنکرون را نام ببرد.
۱۵ـ اطلاعات روی پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه‌فاز را توضیح دهد.
۱۶ـ مفهوم کلاس حرارتی در موتورهای سه‌فازه را شرح دهد.
۱۷ـ پلاک اتصالات (تخته کلم) موتور را شرح دهد.
۱۸ـ اتصالات ستاره و مثلث در استانداردهای قدیم و جدید (IEC) را رسم کند.

۱۹ـ نکات مهم در انتخاب موتورهای الکتریکی را نام ببرد.
۲۰ـ نکات اصلی در برق‌رسانی به موتورهای الکتریکی را بیان کند.
۲۱ـ نحوه‌ی انتخاب سطح مقطع کابل در جریان تک‌فاز و سه‌فاز را شرح دهد.
۲۲ـ موارد ضروری در انتخاب فیوز مناسب برای مدار را توضیح دهد.
۲۳ـ سر و ته کلاف‌های موتور را عملاً تشخیص دهد.
۲۴ـ انواع کلیدهای دستی سه‌فاز را نام ببرد.
۲۵ـ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز اهرمی ساده را شرح دهد.
۲۶ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید اهرمی ساده را رسم نماید.
۲۷ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید اهرمی ساده را ببندد و آن را به شبکه اتصال دهد.
۲۸ـ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز غلتکی را شرح دهد.
۲۹ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید غلتکی ساده را رسم کند.
۳۰ـ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز زبانه‌ای ساده را شرح دهد.
۳۱ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید زبانه‌ای ساده را رسم کند.
۳۲ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید زبانه‌ای را ببندد و آن را به شبکه اتصال دهد.
۳۳ـ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز چپ‌گرد ـ راست‌گرد اهرمی را شرح دهد.
۳۴ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید دستی سه‌فاز چپ‌گرد ـ راست‌گرد اهرمی را رسم کند.
۳۵ـ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز چپ‌گرد ـ راست‌گرد غلتکی را شرح دهد.
۳۶ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید دستی سه‌فاز چپ‌گرد ـ راست‌گرد غلتکی را رسم کند.
۳۷ـ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز چپ‌گرد ـ راست‌گرد زبانه‌ای را رسم کند.
۳۸ـ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز ستاره مثلث غلتکی را شرح دهد.
۳۹ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید دستی سه‌فاز ستاره مثلث غلتکی را رسم کند.
۴۰ـ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز ستاره مثلث زبانه‌ای را شرح دهد.
۴۱ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید دستی سه‌فاز ستاره مثلث زبانه‌ای را رسم کند.
۴۲ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید دستی سه‌فاز ستاره مثلث زبانه‌ای را ببندد و آن را به شبکه اتصال دهد.
۴۳ـ مدار ستاره‌ی متعادل و نامتعادل لامپی را اتصال دهد و ولتاژها و جریان‌های خطی و فازی را اندازه‌گیری کند.
۴۴ـ مدار مثلث متعادل و نامتعادل لامپی را اتصال دهد و ولتاژها و جریان‌های خطی و فازی را اندازه‌گیری کند.
۴۵ـ ساختمان داخلی، طرز کار و مزایای استفاده از کنتاکتور را توضیح دهد.
۴۶ـ مشخصات کنتاکتور را از روی جدول مشخصات آن بخواند.
۴۷ـ چگونگی انتخاب کنتاکتور برای موارد مشخص را انجام دهد.
۴۸ـ ساختمان داخلی، ظاهری و مشخصات شستی‌های استپ و استارت را توضیح دهد.
۴۹ـ طرز کار و کاربرد کلید سوئیچ را بیان کند.
۵۰ـ ساختمان داخلی، ظاهری، انواع و کاربرد لامپ‌های سیگنال را توضیح دهد.
۵۱ـ ساختمان داخلی، ظاهری، طرز کار و کاربرد رله‌ی حرارتی را توضیح دهد.
۵۲ـ ساختمان داخلی و طرز کار رله‌ی مغناطیسی را بیان کند.

۵۳ـ ساختمان داخلی، انواع، طرز کار و کاربرد رله‌های زمانی را توضیح دهد.
۵۴ـ ساختمان داخلی، انواع، طرز کار و کاربرد لیمیت‌سوئیچ را توضیح دهد.
۵۵ـ علائم اختصاری مدارهای صنعتی را رسم کند.
۵۶ـ حروف مشخصه‌ی مدارهای صنعتی را بیان کند.
۵۷ـ با نصب قطعات روی تابلوی برق، آن را برای اتصال مدارهای الکتریکی آماده کند.
۵۸ـ وسایل و قطعات مورد نیاز در اتصال مدارهای صنعتی را معرفی کند.
۵۹ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کلید یک پل و شستی استارت را روی تابلو اتصال دهد.
۶۰ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و شستی استپ و استارت را روی تابلو اتصال دهد.
۶۱ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و شستی استپ و وسایل حفاظتی را روی تابلو اتصال دهد.
۶۲ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و شستی استپ و وسایل حفاظتی و خبردهنده را روی تابلو اتصال دهد.
۶۳ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و شستی استپ به صورت لحظه‌ای و دائم را روی تابلو اتصال دهد.
۶۴ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و شستی استپ از چند محل فرمان را روی تابلو اتصال دهد.
۶۵ـ مدار راه‌اندازی سه موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی به‌صورت یکی پس از دیگری را روی تابلو اتصال دهد.
۶۶ـ مدار راه‌اندازی دو موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی به‌صورت یکی پس از دیگری با تایمر را روی تابلو اتصال دهد.
۶۷ـ مدار راه‌اندازی سه موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی به صورت یکی به جای دیگری را روی تابلو اتصال دهد.
۶۸ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از لیمیت‌سوئیچ را روی تابلو اتصال دهد.
۶۹ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی به صورت چپ‌گرد ـ راست‌گرد یا توقف را روی تابلو اتصال دهد.
۷۰ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی به صورت چپ گرد ـ راست گرد با توقف از دو محل فرمان را روی تابلو اتصال دهد.
۷۱ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی به صورت چپ‌گرد ـ راست‌گرد با توقف به شکل لحظه‌ای و دائم را روی تابلو اتصال دهد.
۷۲ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی به صورت چپ‌گرد ـ راست‌گرد بدون توقف (سریع) را روی تابلو اتصال دهد.
۷۳ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و به صورت چپ‌گرد ـ راست‌گرد

سریع دستی را روی تابلو اتصال دهد.

۷۴ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و به صورت چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع با تایمر را روی تابلو اتصال دهد.

۷۵ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و به صورت چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع با میکروسوئیچ و دستی را روی تابلو اتصال دهد.

۷۶ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و به صورت ستاره مثلث دستی را روی تابلو اتصال دهد.

۷۷ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و به صورت ستاره مثلث دستی با دو محل فرمان را روی تابلو اتصال دهد.

۷۸ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و به صورت ستاره مثلث اتوماتیک را روی تابلو اتصال دهد.

۷۹ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و به صورت ستاره مثلث با میکروسوئیچ را روی تابلو اتصال دهد.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۴۰	۲۵۰	۲۹۰

پیش‌آزمون (۱)

۱ـ موتور کدامیک از وسایل زیر سه‌فازه است؟

الف) یخچال　　ب) پنکه‌ی سقفی

ج) کولر　　د) پمپ آب چاه عمیق

۲ـ در اتصال ستاره، کدام حروف سرهای موتور به یکدیگر اتصال داده می‌شوند؟

الف) V۱,U۲,U۱　　ب) U۲,V۲,V۱

ج) U۲,V۲,W۲　　د) U۱,W۱,V۲

۳ـ اختلاف فاز بین سیم‌پیچ‌های موتور سه‌فاز، چند درجه‌ی الکتریکی است؟

الف) ۳۰　　ب) ۶۰

ج) ۹۰　　د) ۱۲۰

۴ـ اساس کار موتورهای سه‌فاز بر چه مبنایی است؟

الف) میدان مغناطیسی ساکن　　ب) میدان مغناطیسی دوّار

ج) اختلاف فاز بین سیم‌پیچ‌ها　　د) فرکانس شبکه

۵ـ حداکثر سرعت موتورهای سه‌فاز القایی در شبکه‌ی ایران تقریباً چند دور است؟

الف) ۲۵۰۰　　ب) ۳۷۵۰

ج) ۱۵۰۰　　د) ۳۰۰۰

۶ـ کدام مورد در اتصال مثلث یک مصرف‌کننده‌ی سه‌فاز، صحیح است؟

الف) $V_L = V_P$　　ب) $V_P = \sqrt{3}V_L$

ج) $I_P = \sqrt{3}I_L$　　د) $I_L = I_P$

۷ـ آسنکرون یعنی:

الف) دارای سرعت بالا　　ب) همزمانی

ج) غیرهمزمانی　　د) دارای قدرت زیاد

۸ـ چرا بدنه‌ی موتورهای الکتریکی صنعتی سه‌فاز را به صورت پره‌پره می‌سازند؟

الف) برای افزایش استحکام　　ب) برای بهبود تبادل حرارتی موتور

ج) جهت کاهش ضریب بهره　　د) برای زیبایی ظاهری بوسته‌ی موتور

۹ـ در تابلوهای صنعتی کدام قطعه برای راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز با داشتن قابلیت کنترل از راه دور استفاده می‌شود؟

الف) کلید فیوز　　ب) فیوز مینیاتوری

ج) بی‌متال　　د) کنتاکتور

۱۰ـ میزان سطح آب در داخل یک مخزن آب را با کدام وسیله می‌توان کنترل کرد؟

الف) فلوترسوئیچ　　ب) لیمیت‌سوئیچ

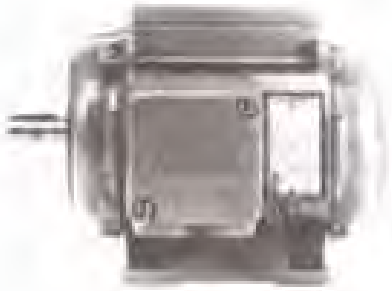
ج) کلید سوئیچ　　د) بی‌متال

* موتورهای الکتریکی می‌توانند برای به‌کار انداختن انواع و اقسام وسایل به‌کار روند به طوری که می‌توان گفت در کمتر خانه یا کارگاهی است که از موتورهای الکتریکی استفاده نشود. به همین جهت داشتن اطلاعات کافی در زمینه‌ی اصول کار، ساختمان داخلی و طرز کار موتورها برای ما تقریباً یک امر ضروری است. آشنایی با این موارد ما را در رفع عیب، تعویض قطعات یا سیم‌پیچی موتورها و یا انتخاب موتور مناسب با کار موردنظر یاری می‌کند. شکل ۱ـ۱ کاربرد موتور در صنعت را نشان می‌دهد.

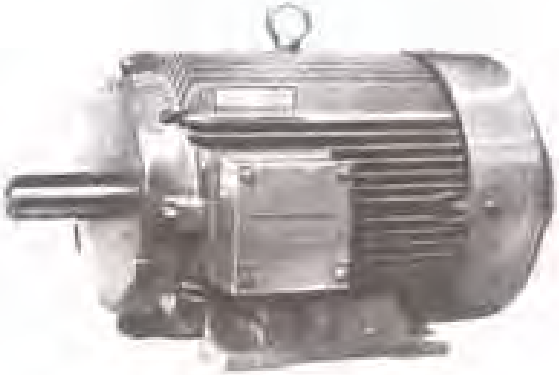
شکل ۱ـ۱

از جمله دلایل استفاده‌ی روزافزون از موتورهای الکتریکی نسبت به کارهای دستی و یا سیستم‌های مکانیکی عبارتند از:

- توانایی انجام کار مناسب
- قیمت ارزان‌تر
- راه‌اندازی کم هزینه
- دوام زیاد در صورت مراقبت و استفاده‌ی صحیح
- استفاده‌ی آسان
- سر و صدا و حجم کم
- مقاوم در برابر اضافه بار موقت
- تأثیر کم سرما و گرمای محیط و آن‌ها
- جلوگیری از آلودگی هوا
- لرزش کم در حین کار
- امکان قرارگرفتن در وضعیت‌های مختلف
- جزیی بودن خسارات در هنگام آتش‌سوزی
- سرویس و نگهداری آسان



شکل ۲ـ۱



شکل ۳ـ۱

شکل‌های ۲ـ۱ و ۳ـ۱ تصاویری از موتورهای الکتریکی را نشان می‌دهد.

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

۱ـ موتورهای جریان متناوب (AC)

۲ـ موتورهای جریان مستقیم (DC)

شکل ۴ـ۱ـ موتور سه‌فاز

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

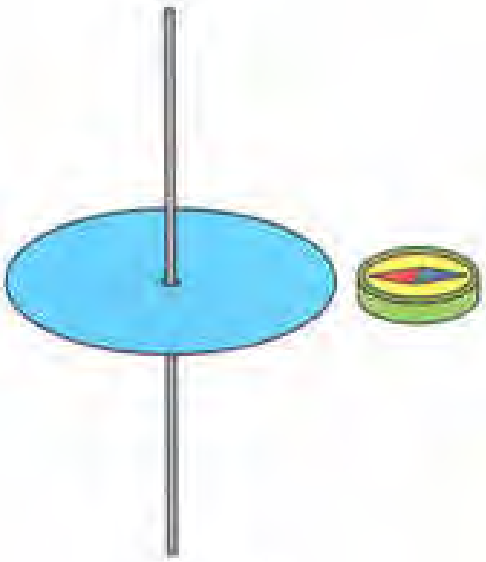
- موتورهای سه‌فاز
- موتورهای تک‌فاز

در شکل‌های ۴ـ۱ و ۵ـ۱ نمونه‌هایی از موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز را مشاهده می‌کنید.

شکل ۵ـ۱ـ موتور تک‌فاز

۱ــ۱ــ آشنایی با الکتروموتورهای سه‌فاز

اساس کار موتورهای القایی برای اولین بار در سال ۱۸۲۴ توسط آراگو[1] عنوان شد. وی با آزمایش ساده‌ای موفق به درک این مطلب شد که اگر یک صفحه‌ی غیرمغناطیسی مدوّر و یک قطب‌نما را بر روی یک محور مطابق شکل (۶ــ۱) و به موازات هم قرار دهیم به‌طوری که یک یا دو قطب قطب‌نما در نزدیکی لبه‌ی صفحه قرار گیرد، با گرداندن صفحه‌ی غیرمغناطیسی، قطب‌نما نیز به گردش در می‌آید و یا با گرداندن قطب‌نما، صفحه، حول محور خود شروع به گردش می‌کند و همیشه جهت حرکت یکی (قطب‌نما یا صفحه‌ی دوار) مشابه جهت حرکتی است که به دیگری وارد می‌شود.



شکل ۶ــ۱

موتورهای سه‌فاز جریان متناوب به دو دسته‌ی کلی زیر تقسیم می‌شوند:

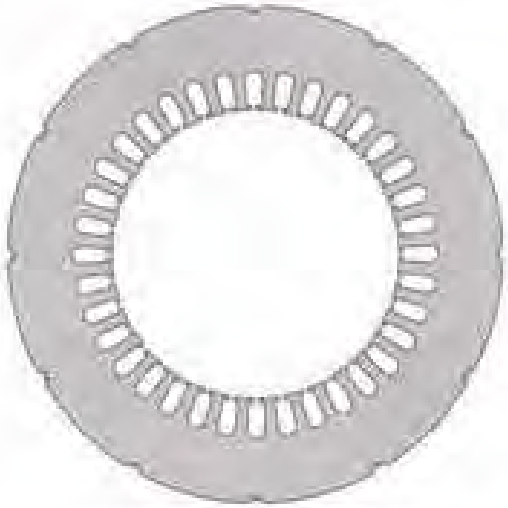
- موتورهای آسنکرون
- موتورهای سنکرون

۱ــ۱ــ۱ــ موتورهای آسنکرون (غیرهمزمان)

ساختمان این موتورها از دو قسمت اصلی تشکیل شده است:

الف ــ استاتور[2] (ساکن): استاتور عبارت از یک استوانه‌ی تو خالی است که از کنار هم قرارگرفتن چند ورقه‌ی نازک فولاد سیلیس‌دار که نسبت به هم عایق هستند ساخته شده و ضخامت هر ورق ۰/۵ میلی‌متر است.

برای حفاظت سیم‌پیچ و ورق‌های استاتور، کل مجموعه در داخل یک پوسته‌ی چدنی قرار می‌گیرد. در شکل ۷ــ۱ تصویر یک نمونه ورق استاتور را مشاهده می‌کنید.

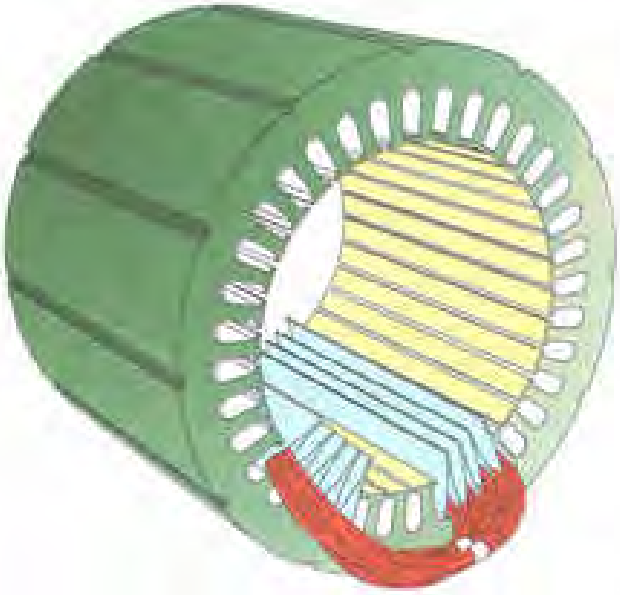


شکل ۷ــ۱ــ یک نمونه ورق استاتور

۱ــ Arago

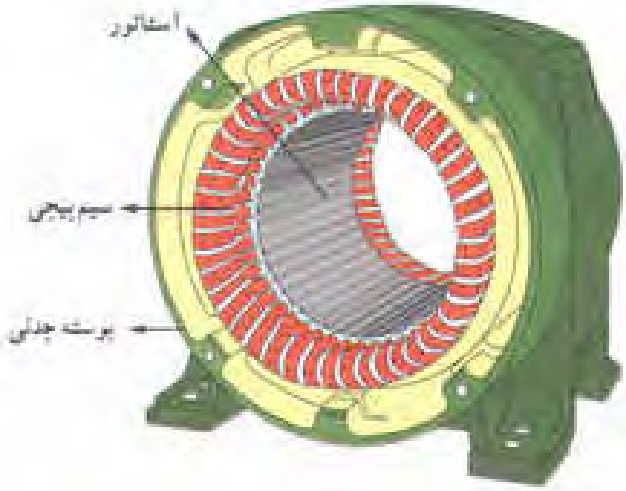
۲ــ Stator

از شیارهای ورق استاتور برای جازدن سیم‌پیچی‌ها استفاده می‌شود. شکل ۸ـ۱ یک استاتور جمع شده را به‌طوری که سیم‌پیچی یک کلاف در داخل آن قرار گرفته نشان می‌دهد.



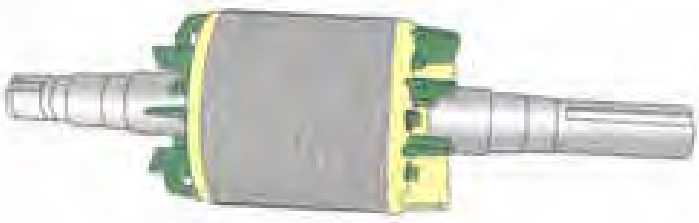
شکل ۸ـ۱ـ یک کلاف جازده شده در استاتور

شکل ۹ـ۱ تصویر ورق‌های جمع شده‌ی استاتور، پوسته‌ی چدنی که در روی آن قرار می‌گیرد و سیم‌پیچ‌های مربوطه را نشان می‌دهد.



شکل ۹ـ۱ـ استاتور به همراه سیم‌پیچی در داخل بدنه

ب ـ روتور[1] (گرداننده): روتور موتورهای آسنکرون از یک هسته‌ی آهنی به شکل استوانه تشکیل شده که بر روی محوری نصب شده است (شکل ۱۰ـ۱).

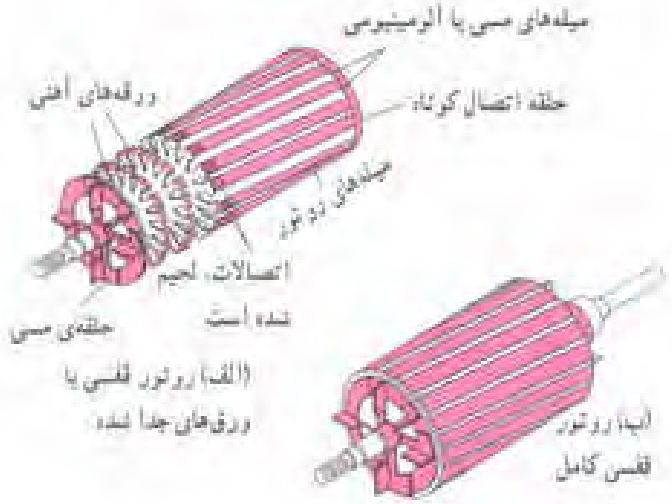


شکل ۱۰ـ۱

۱ـ Rotor

این استوانه‌ی توپُر نیز مشابه استاتور از کنار هم قرار گرفتن ورقه‌های نازک فولادی که نسبت به هم عایق هستند ساخته می‌شود. در داخل شیارهای آن‌ها هادی‌های روتور جاسازی می‌شود.

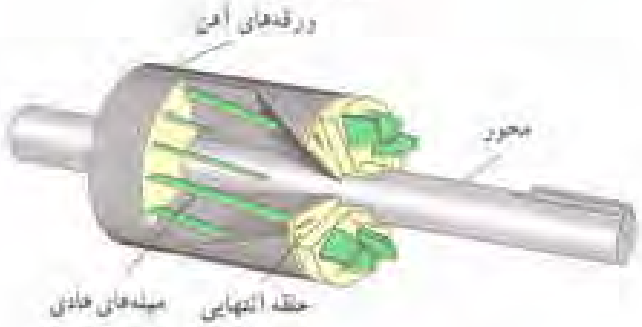
در شکل ۱۱ـ۱ تصاویری از یک روتور با ورق‌های جدا از هم و همچنین شکل تکمیل شده‌ی آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۱ـ۱

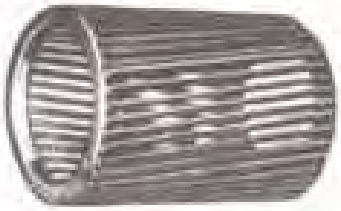
روتور موتورهای آسنکرون به دو شکل روتور قفسی و روتور سیم‌پیچی ساخته می‌شود.

در نوع روتور قفسی از تعدادی میله‌ی مسی، آلومینیومی یا آلیاژهای دیگر در فضای اطراف استوانه استفاده می‌شود (شکل ۱۲ـ۱).



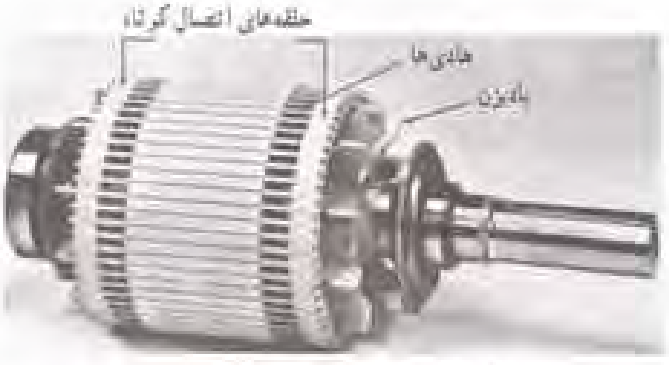
شکل ۱۲ـ۱ـ روتور برش خورده

این میله‌ها از هر دو طرف به دو حلقه‌ی انتهایی، اتصال کوتاه، لحیم، برنج یا جوش‌کاری می‌شوند. چون شکل به دست آمده برای این روتور، شبیه یک قفس فلزی است (شکل ۱۳ـ۱) به این‌گونه موتورهای القایی «روتور قفسی» می‌گویند.



شکل ۱۳ـ۱ـ قفس روتور

بیش‌تر موتورهای الکتریکی جریان متناوب دارای روتور قفسی هستند (شکل ۱۴ـ۱).

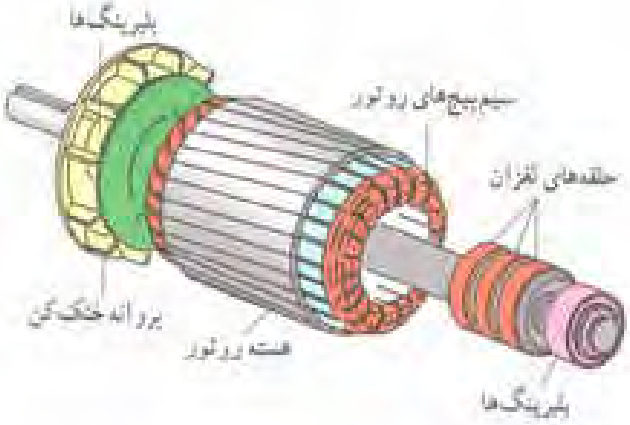


شکل ۱۴ـ۱ـ روتور قفسی تکمیل شده

در نوع روتور سیم‌پیچی موتورهای آسنکرون سه‌فاز، به جای استفاده از میله‌های آلومینیومی، از سه دسته سیم‌پیچی که داخل شیارهای روتور قرار گرفته و به صورت ستاره وصل شده‌اند استفاده می‌شود (شکل ۱۵ـ۱).

شکل ۱۵ـ۱ـ شکل واقعی روتور سیم‌پیچی شده

بر روی محور این روتورها از سه حلقه (رینگ) که نسبت به هم عایق شده‌اند برای عبور جریان القایی از سیم‌پیچی‌های روتور استفاده می‌شود. شکل ۱۶ـ۱ نمونه‌ای از این روتورها را نشان می‌دهد.



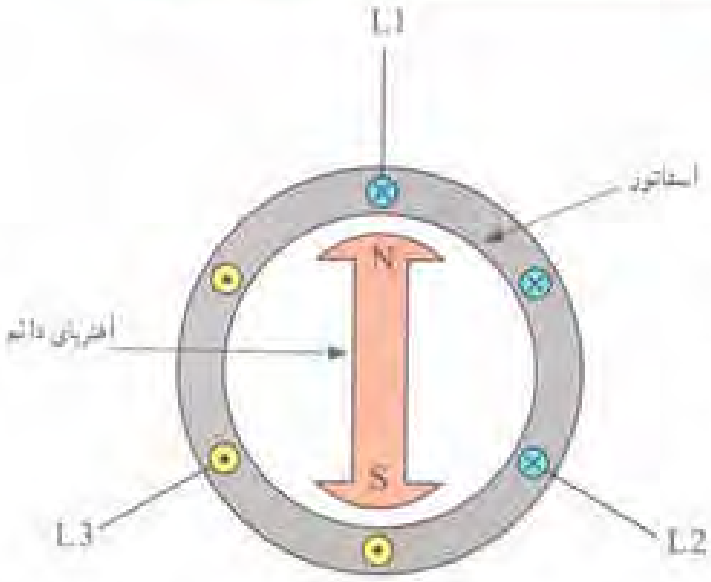
شکل ۱۶ـ ۱ـ طرح واره روتور سیم‌پیچی شده

تذکر مهم: از موتورهای آسنکرون روتور سیم‌پیچی شده برای راه‌اندازی نرم و کاهش جریان راه‌اندازی یا به عبارتی افزایش گشتاور راه‌اندازی استفاده می‌شود.

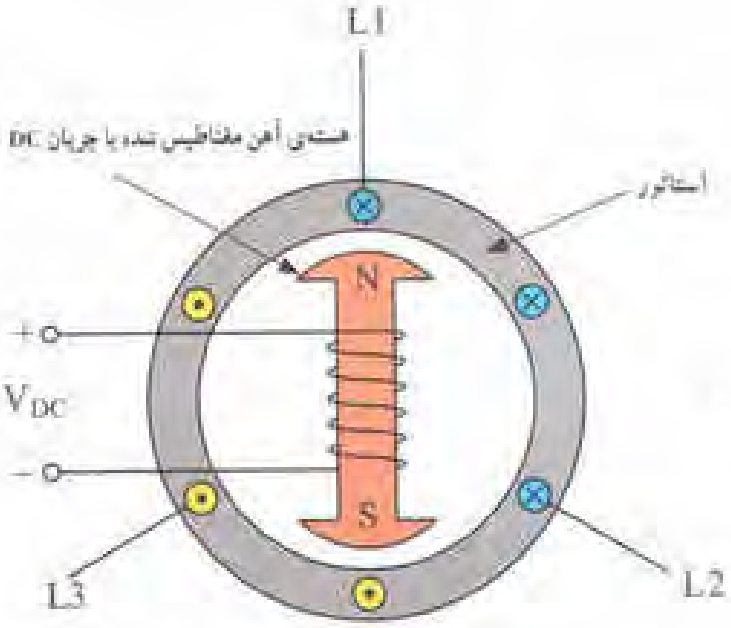
۲ـ۱ـ۱ـ موتورهای سنکرون (همزمان)

این موتورها در بارهای مختلف دارای دور کاملاً ثابتی هستند.

استاتور موتورهای سنکرون شبیه استاتور موتورهای آسنکرون سه‌فاز می‌باشد اما روتور آن‌ها دارای یک دسته سیم‌پیچی متناسب با قطب‌های استاتور بوده و به‌وسیله‌ی جریان مستقیم تغذیه می‌شود (شکل ۱۷ـ۱).

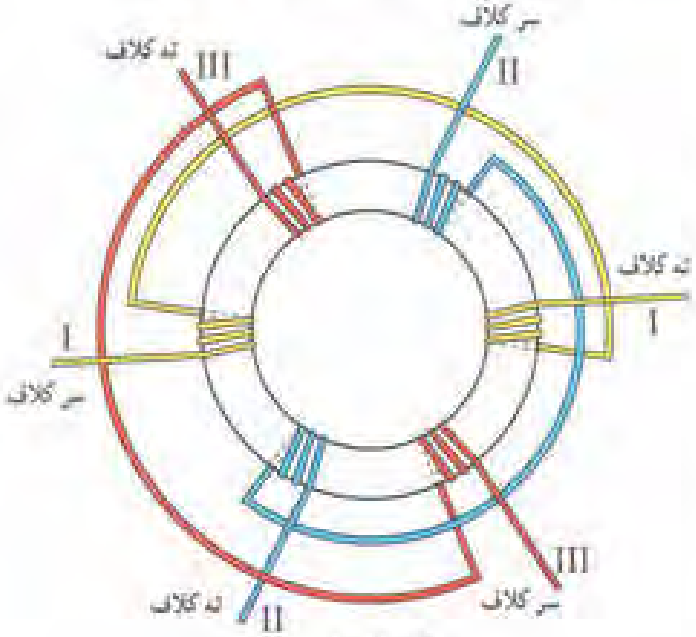


شکل ۱۷ـ۱ـ موتور سنکرون با روتور آهنربای دائم

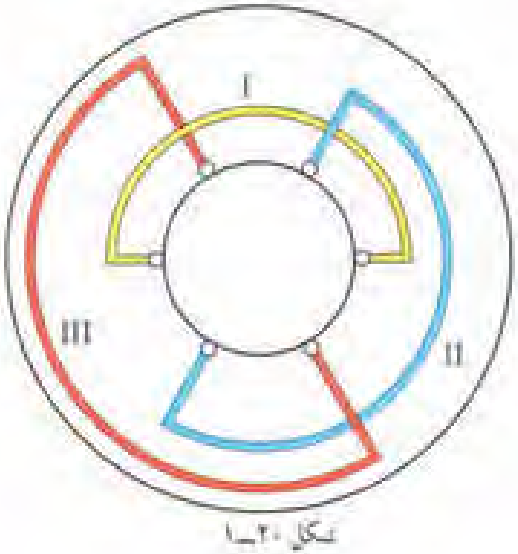


شکل ۱۸ـ۱ـ موتور سنکرون با روتور سیم‌پیچی شده

در قدرت‌های کم می‌توان از آهن‌رباهای دائمی در روتور استفاده کرد (شکل ۱۸ـ۱).



شکل ۱۹ـ۱



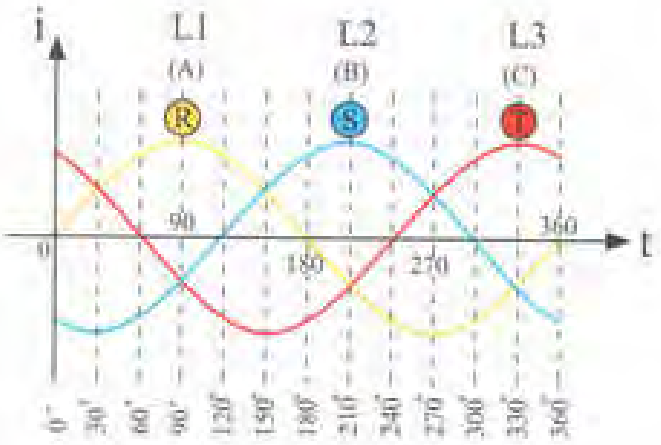
شکل ۲۰ـ۱

۲ـ۱ـ اصول کار و موارد استفاده‌ی الکتروموتورهای سه‌فاز

۱ـ۲ـ۱ـ میدان دوّار

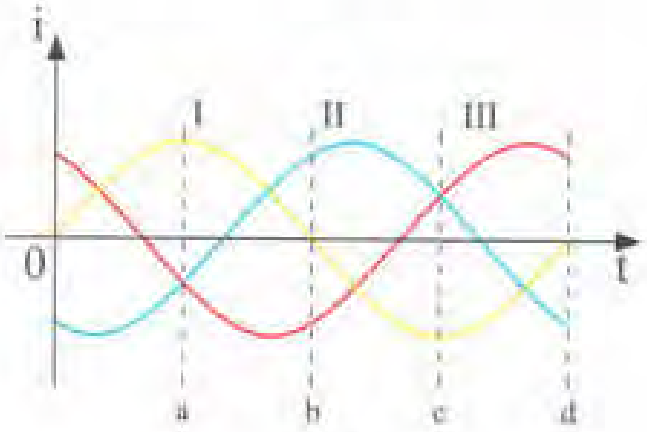
هرگاه سه گروه کلاف با اختلاف فاز مکانی ۱۲۰ درجه الکتریکی مطابق شکل‌های ۱۹ـ۱ و ۲۰ـ۱ در داخل استاتور یک موتور سه‌فاز آسنکرون توزیع شوند و سپس ابتدای این کلاف‌ها را به شبکه‌ی سه‌فاز متصل و انتهای کلاف‌ها را به هم وصل کنیم، هریک از سیم‌پیچ‌های موتور، حامل جریان می‌شوند.

در شکل ۲۱ـ۱ مشاهده می‌شود جریان‌های سه‌فاز با یکدیگر ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارند بنابراین میدان مغناطیسی ایجاد شده در اطراف هر یک از سیم‌پیچ‌ها نیز با اختلاف فاز ۱۲۰ درجه ایجاد می‌شود.



شکل ۲۱ـ۱

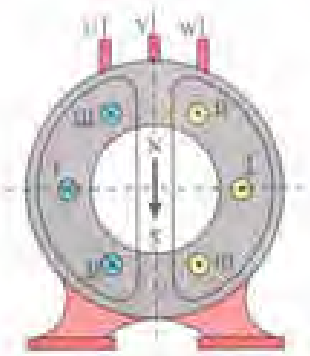
سه میدان مغناطیسی تولید شده می‌توانند با همراهی یکدیگر یک میدان مغناطیسی دوّار ایجاد کنند. در شکل ۲۲ـ۱ جریان متناوب سه‌فاز که چهار لحظه‌ی آن به نام‌های a ، b ، c و d مشخص شده دیده می‌شود.



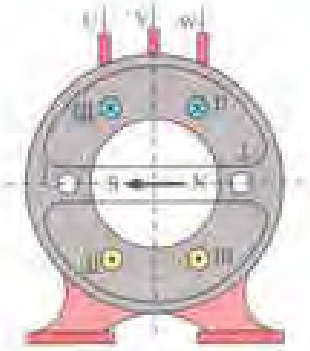
شکل ۲۲ـ۱

وضعیت میدان مغناطیسی اطراف استاتور در لحظه‌های مختلف شکل موج سه‌فاز شکل‌های ۲۳ـ۱، ۲۴ـ۱، ۲۵ـ۱ و ۲۶ـ۱ نشان داده شده است.

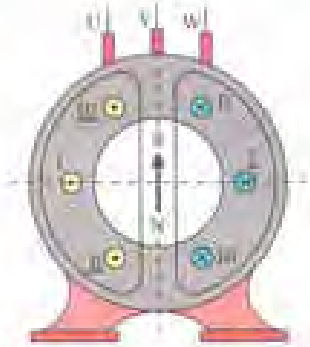
میدان مغناطیسی در طی یک سیکل جریان متناوب موقعیت خود را تغییر می‌دهد و در این فاصله‌ی زمانی در فضای داخلی استاتور شروع به حرکت و دوران می‌کند.



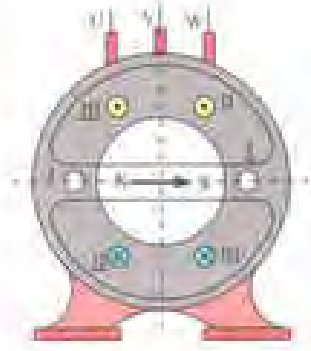
شکل ۲۳ـ۱



شکل ۲۴ـ۱



شکل ۲۵ـ۱



شکل ۲۶ـ۱

این میدان دوّار با سرعت ثابت در فضای درون استاتور گردش می‌کند. اصطلاحاً به تعداد دور با سرعت میدان دوّار «سرعت سنکرون» نیز می‌گویند[1]. تعداد دور سرعت سنکرون یا به عبارتی سرعت میدان دوّار از رابطه‌ی (۱) به دست می‌آید.

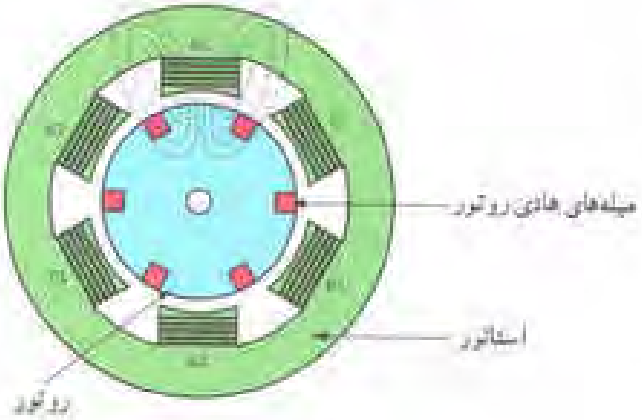
$$n_s = \frac{f \times 60}{p} [R.P.M] \qquad (1)$$

f ـ فرکانس شبکه [برحسب هرتز Hz]

P ـ تعداد زوج قطب‌های استاتور

n_s ـ سرعت میدان [برحسب دور در دقیقه R.P.M][2]

میدان مغناطیس سیم‌پیچ A1



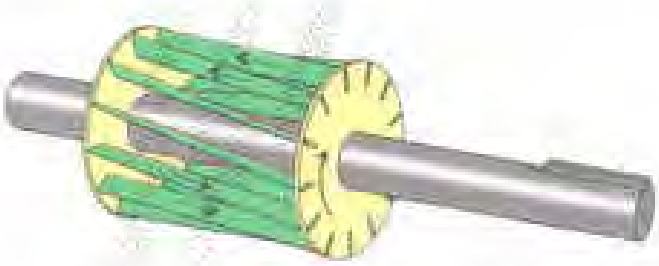
شکل ۲۷ـ۱

۲ـ۲ـ۱ـ موتورهای آسنکرون القایی

اصول کار موتورهای آسنکرون به این صورت است: در داخل میدان مغناطیسی، یک روتور استوانه‌ای شکل از جنس آهن که در محیط آن میله‌های مسی یا آلومینیومی تعبیه شده، قرار دارد. میدان دوّار موجود در استاتور، این هادی‌ها را قطع می‌کند و در نتیجه ولتاژی در آن‌ها القا می‌شود (شکل ۲۷ـ۱).

دو حلقه، سر و ته این هادی‌ها را به هم اتصال می‌دهند در نتیجه یک مدار بسته به‌وجود می‌آورند که جریان القایی در هادی‌های این مدار جاری می‌شود.

در این حالت وضعیت هر میله روتور مشابه هادی حامل جریانی است که در داخل یک میدان مغناطیسی قرار دارد در نتیجه از طرف میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان نیرو وارد می‌شود و ایجاد گشتاور می‌کند تا روتور حول محور خود به‌گردش درآید (شکل ۲۸ـ۱).

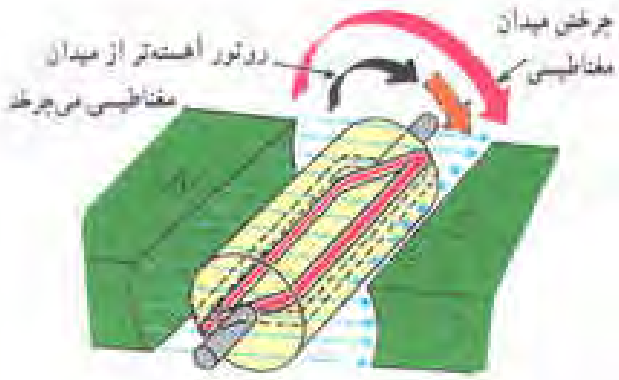


شکل ۲۸ـ۱

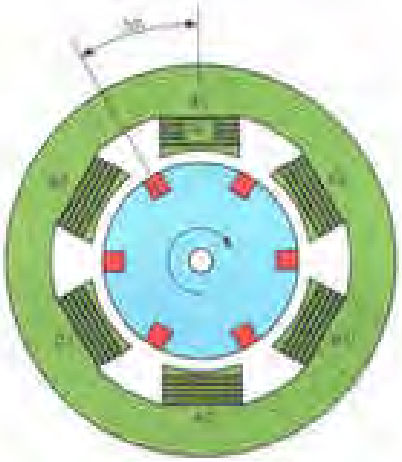
۱ـ برای کسب اطلاعات بیشتر درباره‌ی میدان مغناطیسی دوّار به ضمیمه‌ی (۸) انتهای کتاب مراجعه کنید.

۲ـ R.P.M - Revolutions Per Minute (دور در دقیقه)

همان‌طوری که بیان شد جون جریان روتور از اثر القای میدان دوّار استاتور در هادی‌های روتور ایجاد شده است، این نوع موتورها را «موتورهای القایی» یا «اندوکسیونی» می‌نامند. از آن‌جایی که در موتورهای القایی، هادی‌های روتور می‌بایست به‌وسیله‌ی میدان دوّار قطع شوند در این موتورها هیچ‌وقت تعداد دور روتور نمی‌تواند با تعداد دور میدان دوّار برابر باشد. در این موتورها همیشه سرعت روتور کم‌تر (یا عقب‌تر) از سرعت میدان دوّار است، به همین دلیل این موتورها به موتورهای «آسنکرون» معروفند (شکل ۲۹ـ۱).



شکل ۲۹ـ۱



شکل ۳۰ـ۱

۳ـ۲ـ۱ـ لغزش (عقب‌ماندگی)

در موتورهای آسنکرون سرعت روتور همواره کم‌تر از سرعت میدان دوّار است.

اختلاف سرعت گردش روتور با سرعت میدان دوّار را «سرعت لغزش» می‌گویند. شکل ۳ـ۱ اختلاف سرعت بین میدان استاتور و روتور را نشان می‌دهد.

سرعت لغزش از رابطه‌ی (۲) به‌دست می‌آید. n_s ، n_r و Δn برحسب R.P.M هستند.

$$\Delta n = n_s - n_r \qquad (۲)$$

n_s ـ سرعت میدان دوّار

n_r ـ سرعت روتور

Δn ـ سرعت لغزش

لغزش را با حرف S نشان می‌دهند و معمولاً برحسب درصد بیان می‌کنند که از رابطه (۳) قابل محاسبه است.

$$\%S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100 \qquad (۳)$$

S ـ لغزش

شکل ۳۱ـ۱ـ اجزای دورسنج

توضیح: برای اندازه‌گیری سرعت موتورهای الکتریکی از دستگاهی به نام «دورسنج» یا «تاکومتر» استفاده می‌شود. در شکل ۳۱ـ۱ یک نمونه دورسنج دیجیتالی هم حس‌کننده‌ی نوری و هم قسمت مکانیکی دارد را مشاهده می‌کنید. شکل ۳۲ـ۱ نحوه‌ی اندازه‌گیری دور به صورت مکانیکی (قرار دادن غلتک روی محور در حال چرخش) را نشان می‌دهد.

شکل ۳۲ـ۱ـ در حال اندازه‌گیری دور موتور

۴ـ۲ـ۱ـ گشتاور (ممان ـ M)

براساس قانون‌های فیزیک، گشتاور را از رابطه‌ی M می‌توان به‌دست آورد. در موتورهای الکتریکی نیروی وارده، همان نیرویی است که از طرف میدان دوار بر سیم‌های حامل جریان روتور وارد می‌شود. شعاع چرخش، فاصله‌ی هادی‌های روتور تا مرکز روتور می‌باشد. بنابراین گشتاور موجب گردش موتور می‌شود.

$$\text{گشتاور} = \text{نیرو} \times \text{شعاع چرخش}$$
$$M = F \times r$$

یادآور می‌شود که گشتاور موتورهای الکتریکی را از رابطه‌ی مقابل نیز می‌توان به‌دست آورد که در آن:

$$M = \frac{P_2}{\omega}$$

P_2 ـ توان خروجی (مفید) موتور برحسب W

ω ـ سرعت زاویه‌ای موتور برحسب Rad/s

M ـ گشتاور موتور برحسب N.m

سرعت زاویه‌ای براساس سرعت موتور در هر دقیقه (n) از رابطه‌ی ω به‌دست می‌آید.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

۵ــ۲ــ۱ــ راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون

در شبکه‌ی سه‌فاز نحوه‌ی اتصال موتورهای سه‌فاز آسنکرون به‌شبکه‌ی الکتریکی را اصطلاحاً «راه‌اندازی» می‌گویند.

موتورهای آسنکرون را می‌توان به صورت مستقیم به‌شبکه‌ی سه‌فاز وصل کرد. در این صورت در لحظه‌ی راه‌اندازی، جریان خیلی زیادی (حدود ۴ تا ۷ برابر جریان نامی موتور) از سیم‌پیچی‌های موتور عبور می‌کند. اگر قدرت و یا به‌عبارتی جریان نامی موتور بالا باشد، جریان زیاد راه‌اندازی می‌تواند صدماتی به موتور وارد کند.

از این‌رو موتورهای آسنکرون باید به طریقی راه‌اندازی شوند که جریان راه‌اندازی کم‌تری از شبکه دریافت کنند. به همین دلیل راه‌اندازی با وسایلی به نام «راه‌انداز» انجام می‌شود.

موتورهای سه‌فاز معمولاً با یکی از روش‌های زیر راه‌اندازی می‌شوند:

* راه‌اندازی به‌صورت مستقیم
* راه‌اندازی به‌صورت ستاره ـ مثلث
* راه‌اندازی به‌وسیله‌ی مقاومت راه‌انداز

تصاویر شکل ۳۳ــ۱ نمونه‌های کاربردی موتورهای سه‌فاز را نشان می‌دهد.

(a)

(b)

شکل ۳۳ــ۱

جدول ۱ــ۱ محدوده‌ی توان موتورهای سه‌فازه در ولتاژهای مختلف برای راه‌اندازی به روش‌های نام برده شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱ــ۱ــ طرز اتصال موتورهای سه‌فاز با قدرت‌های نامی مختلف به شبکه

روش‌های راه‌اندازی	قدرت نامی	
	در شبکه ۴۰۰/۲۳۰V	در شبکه ۲۳۰V
راه‌اندازی به صورت مستقیم	۲/۲kW تا ۹kW	۱/۵kW تا ۳kW
راه‌اندازی به صورت ستاره ـ مثلث	۹kW تا ۱۱kW	۳kW تا ۵/۵kW
راه‌اندازی به‌وسیله مقاومت راه‌انداز	۱۵kW	۷/۵kW

از روش مقاومت راه‌انداز برای راه‌اندازی موتورهای روتور سیم‌پیچی و از روش ستاره ـ مثلث برای راه‌اندازی موتورهای روتور قفسی استفاده می‌شود. امروزه برای راه‌اندازی موتورهای با توان زیاد، از راه‌اندازهای الکترونیکی معروف به راه‌انداز نرم استفاده می‌شود.

۶ـ۲ـ۱ـ توان موتور در اتصال‌های ستاره و مثلث

یکی از ساده‌ترین و معمول‌ترین روش‌های راه‌اندازی موتورهای آسنکرون روتور قفسی، روش ستاره ـ مثلث است. قبل از اتصال موتور به صورت ستاره ـ مثلث لازم است ابتدا به پلاک موتور توجه شود و ولتاژ قابل تحمل سیم‌پیچ‌های موتور مورد بررسی قرار گیرد. عددی که روی پلاک نوشته می‌شود مُعَرِّف ولتاژ قابل تحمل هر سیم‌پیچی است. ولتاژ خط شبکه‌ی سه‌فاز ایران ۳۸۰ ولت است، از طرفی بر روی پلاک برخی موتورها دو عدد (دو ولتاژ) نوشته می‌شود. از جدول ۲ـ۱ برای تشخیص نوع اتصال موتور در شبکه‌ی ایران می‌توان استفاده کرد.

جدول ۲ـ۱

نحوه اتصال موتور به شبکه برق ایران	مشخصات پلاک موتور
نمی‌توان با شبکه سه‌فاز ایران راه‌اندازی کرد	۲۲۰/۱۲۷
به صورت ستاره	۲۲۰/۱۲۷
به صورت ستاره	۲۲۰/۱۲۷
به صورت ستاره، مثلث می‌توان راه‌اندازی کرد و در نهایت باید اتصال مثلث باشد	۲۲۰/۱۲۷
به صورت ستاره	۲۲۰/۱۲۷ ۸/۵
به صورت ستاره مثلث راه‌اندازی می‌شود و در نهایت باید مثلث بسته شود	۶۶۰/۳۸۰ ۸/۵

* پیش از این ولتاژهای پلاک موتور مقادیر ۳۸۰ و ۲۲۰ ولت بوده که در استاندارد جدید به مقادیر جدول فوق تغییر یافته است.

توانی که روی پلاک موتورهای الکتریکی نوشته می‌شود، توان خروجی یا توان مفید است.

از رابطه‌ی (۱) برای محاسبه‌ی توان هر فاز استفاده می‌شود.

$$P_p = V_p . I_p . \cos\varphi \qquad (1)$$

[1] P_p: توان هر فاز

چون همه‌ی مشخصات سیم‌پیچی‌های هر سه‌فاز موتور یکسان است، برای محاسبه‌ی توان کل سه‌فاز به صورت مقابل می‌توان عمل کرد. حال با توجه به رابطه‌ی جریان اطبق قانون اهم) و همچنین در نظر گرفتن روابط ولتاژها و جریان‌های خطی و فازی اتصال ستاره[1] می‌توانیم به‌جای مقادیر ولتاژ، جریان و توان روابط (۱) و (۲) معادل آن‌ها را قرار داد و رابطه‌ی نهایی توان کل موتور در حالت ستاره را مطابق روش مقابل محاسبه کنیم و رابطه‌ی نهایی (۳) را به‌دست آوریم.

توان سه‌فاز $P = 3P_p$ (۲)

$$P = 3V_p . I_p . \cos\varphi$$

$$P = 3V_p . \frac{V_p}{Z_p} . \cos\varphi$$

$$P = 3 \frac{V_L}{\sqrt{3}} . \frac{V_L}{\sqrt{3}Z_p} . \cos\varphi$$

$$P = 3 \frac{V_L^2}{3Z_p} . \cos\varphi$$

$$P = \frac{V_L^2}{Z_p} . \cos\varphi$$

توان کل ستاره $P_\lambda = \frac{V_L^2}{Z_p} . \cos\varphi$ (۳)

به همین ترتیب برای محاسبه‌ی توان کل موتور سه‌فاز در حالت مثلث، مشابه حالت ستاره و به صورت مرحله‌ی ۴ به بعد می‌توان عمل کرد.

ـ توان هر فاز از رابطه‌ی (۴) محاسبه می‌شود.

$P_p = V_p . I_p . \cos\varphi$ (۴)

ـ توان کل سه‌فاز موتور طبق رابطه‌ی (۵) به‌دست می‌آید.

$P = 3P_p$ (۵)

ـ معادله‌ی (۴) را در معادله‌ی (۵) قرار می‌دهیم.

$$P = 3V_p . I_p . \cos\varphi$$

ـ با توجه به رابطه‌ی قانون اهم به‌جای I_p معادل آن را قرار می‌دهیم.

$$I_p = \frac{V_p}{Z_p}$$

$$P = 3V_p . \frac{V_p}{Z_p} . \cos\varphi$$

به جای V_p معادل آن را طبق روابط خاص حالت مثلث قرار می‌دهیم.

$$P = 3V_L . \frac{V_L}{Z_p} . \cos\varphi$$

$$P = 3 \frac{V_L^2}{Z_p} . \cos\varphi$$

۱ـ برای کسب اطلاعات و یادآوری مطالب گذشته به فصل ۱۱ کتاب مبانی الکتریسته مراجعه کنید.

ـ توان کل (P_Δ) از رابطه‌ی نهایی توان کل، مطابق رابطه‌ی (۶) به‌دست می‌آید.

$$P_\Delta = 3\frac{V_L^2}{Z_P}\cos\varphi \quad \text{توان کل مثلث} \qquad (۶)$$

$$\frac{P_\lambda}{P_\Delta} = \frac{\frac{V_L^2}{Z_P}\cos\varphi}{\frac{3V_L^2}{Z_P}\cos\varphi} = \frac{V_L^2\cos\varphi.Z_P}{3V_L^2\cos\varphi.Z_P}$$

$$\frac{P_\lambda}{P_\Delta} = \frac{1}{3}$$

$$P_\lambda = \frac{1}{3}P_\Delta \qquad (۷)$$

از مقایسه‌ی توان موتور در حالت ستاره با توان موتور در حالت مثلث و محاسبه‌ی مقدار نسبت این توان‌ها می‌توان به‌نتیجه‌ای مطابق رابطه‌ی (۷) دست یافت.

توضیح ۱: توان نامی روی بدنه‌ی موتورهایی که امکان راه‌اندازی به‌صورت ستاره ـ مثلث را دارند نشان‌دهنده‌ی توان موتور در حالت مثلث است.

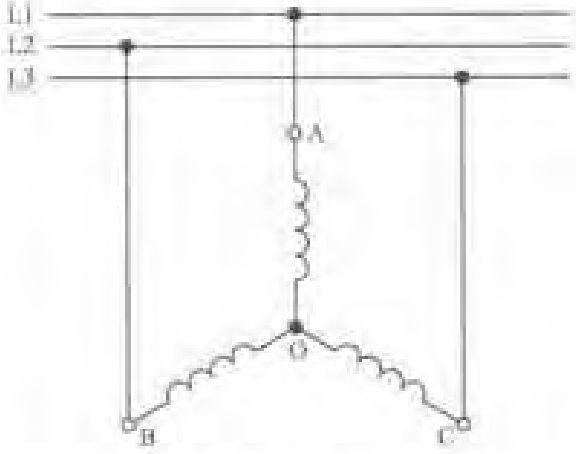
توضیح ۲: در حالت ستاره توان موتور $\frac{1}{3}$ توان نامی است؛ در این شرایط نباید موتور زیر بار قرار گیرد.

۷ـ۲ـ۱ـ تغییر جهت گردش در موتورهای سه‌فاز

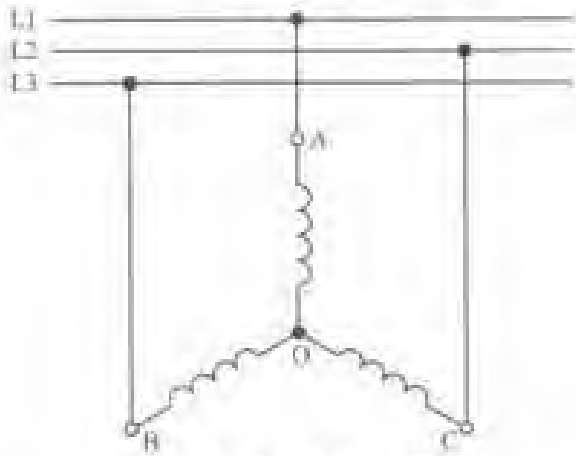
برای ایجاد تغییر جهت گردش در موتورهای سه‌فاز، کافی است به‌طور دلخواه، جای دو سیم فاز از سر سیم ورودی به سیم‌پیچ‌های استاتور موتور را عوض کرد.

در اثر این جابه‌جایی جهت میدان مغناطیسی دوّار در پوسته‌ی استاتور تغییر می‌کند. به این ترتیب جهت نیروی محرکه‌ی القایی، جریان القایی و در نتیجه جهت نیروی وارد بر روتور عوض می‌شود و در خلاف جهت قبلی به حرکت درمی‌آید. شکل‌های ۳۴ـ۱ و ۳۵ـ۱ وضعیت سیم‌پیچی‌های موتور در حالت راست‌گرد و چپ‌گرد را نشان می‌دهند.

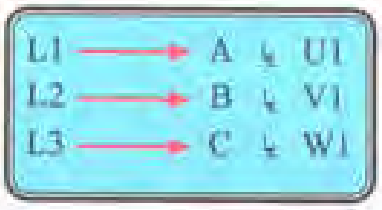
تذکر: تعویض جای دو فاز هیچ‌گونه ارتباطی با وضعیت اتصال سیم‌پیچ‌های استاتور ندارد و موتور می‌تواند در حالت ستاره (λ) یا مثلث (Δ) باشد.



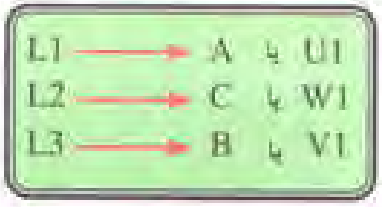
شکل ۳۴ـ۱ـ حالت راست‌گرد اتصال ستاره



شکل ۳۵ـ۱ـ حالت چپ‌گرد اتصال ستاره



شکل ۳۶ـ۱



شکل ۳۷ـ۱

طبق قرارداد اتصال فازها به صورت شکل ۳۶ـ۱ به سرسیم‌های موتور را حالت «راست‌گرد» و اتصال فازها مطابق شکل ۳۷ـ۱ را حالت «چپ‌گرد» نامند.

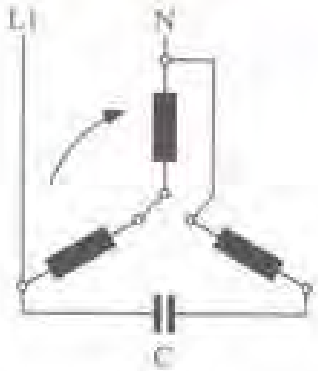
* تمرین: وضعیت اتصال سیم‌پیچی‌های موتور سه‌فاز با اتصال مثلث در حالت‌های راست‌گرد و چپ‌گرد را رسم کنید.

۸ـ۲ـ۱ـ راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون در شبکه‌ی تک‌فاز

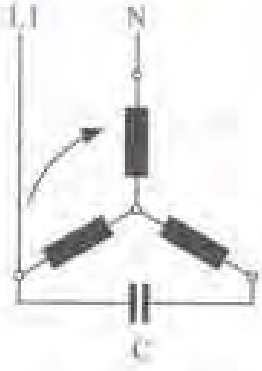
در صورت عدم دسترسی به شبکه‌ی سه‌فاز، می‌توان یک موتور سه‌فاز آسنکرون را در شبکه‌ی تک‌فاز راه‌اندازی کرد. برای این‌که در این شرایط موتور دارای قدرت و گشتاور راه‌اندازی مناسب باشد معمولاً از یک خازن روغنی در مدار سیم‌پیچی استاتور استفاده می‌شود. ظرفیت خازن مناسب را می‌توان از جدول ۳ـ۱ محاسبه کرد.

جدول ۳ـ۱ـ ظرفیت خازن روغنی راه‌انداز موتور سه‌فاز در شبکه‌ی تک‌فاز

ظرفیت خازن به ازای هر اسب بخارتوان	ظرفیت خازن به ازای هر کیلووات‌توان
۵۰ میکروفاراد	۷۰ میکروفاراد

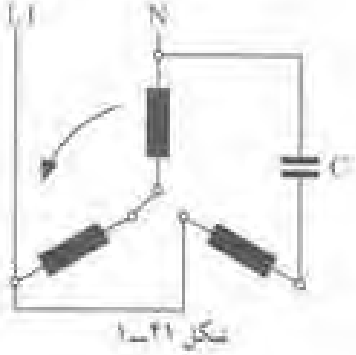


شکل ۳۹ـ۱

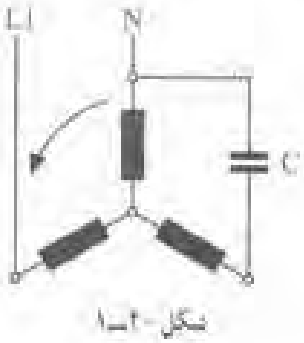


شکل ۳۸ـ۱

چون وضعیت اتصال سیم‌پیچی‌های موتور به‌صورت ستاره یا مثلث است، نحوه‌ی قرار گرفتن خازن در مسیر سیم‌پیچی‌های استاتور موتور نیز به دو صورت می‌تواند باشد. شکل‌های ۳۸ـ۱ و ۳۹ـ۱ وضعیت سیم‌پیچی‌های موتور را در حالت ستاره راست‌گرد و شکل‌های ۴۰ـ۱ و ۴۱ـ۱ وضعیت سیم‌پیچی‌های موتور در حالت ستاره چپ‌گرد را نشان می‌دهد.



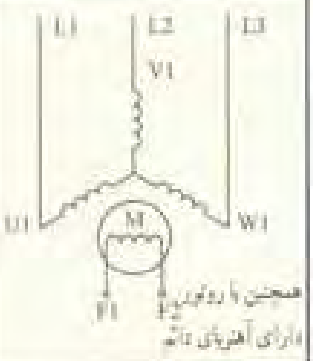
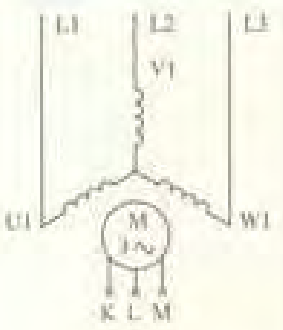
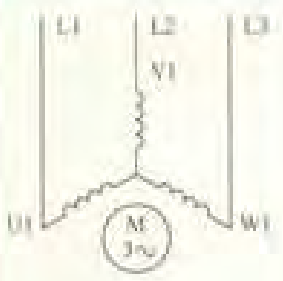
شکل ۴۱ـ۱



شکل ۴۰ـ۱

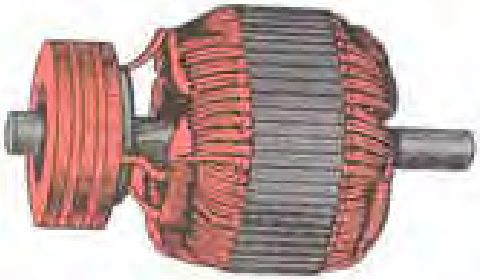
جدول ۴ـ۱ ویژگی‌های موتورهای سه‌فازه را نشان می‌دهد.

جدول ۴ـ۱ـ ویژگی‌های موتور سه‌فاز

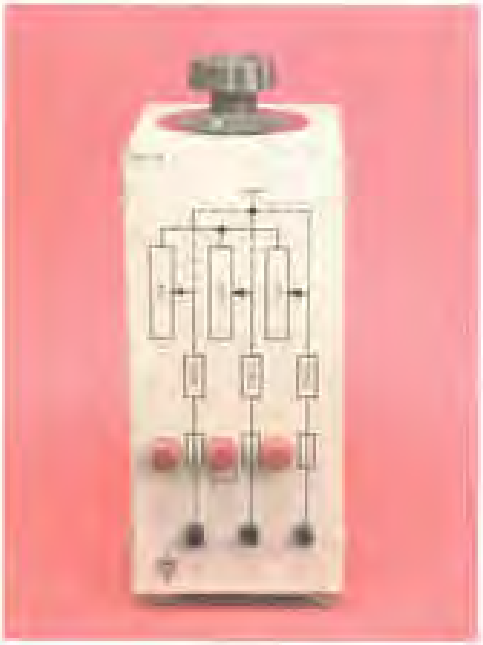
موتور سنکرون	موتور با روتور	موتور با روتور قفسه‌ای	سیم‌بندی و اتصال برای راست‌گرد
 همچنین با روتور دارای آهنربای دائم			سیم‌بندی و اتصال برای راست‌گرد
جابه‌جا کردن دو سر سیم بیرونی به طور مثال L1 با L2			تغییر جهت گردش
3 تا 7 (با قفسه‌ی راه‌انداز)	تقریباً 1 در شروع با گشتاور M_N	3 تا 7	$\frac{\text{جریان راه‌اندازی}}{\text{جریان نامی}} = \frac{I_A}{I_N}$
0.5 تا 1 (با قفسه‌ی راه‌انداز)	2 تا	0.4 تا 3	$\frac{\text{گشتاور راه‌اندازی}}{\text{گشتاور نامی}} = \frac{M_A}{M_N}$
1.5 تا 4	1.6 تا 2.5	تک قفسه‌ای 1.6 تا 2 دو قفسه‌ای 16 تا 3	قابلیت تحمل اضافه بار کوتاه‌مدت
اتصال مستقیم به شبکه بدون تحریک (با قفسه‌ی راه‌انداز)	با مقاومت‌های راه‌انداز در مدار روتور	اتصال مستقیم به شبکه با تغییر تعداد قطب‌ها برای دور موتور کم	رایج‌ترین روش راه‌اندازی
به‌ندرت از طریق تغییر فرکانس	از طریق مقاومت‌های روتور به ندرت از طریق تغییر فرکانس	تغییر تعداد قطب‌ها به‌ندرت از طریق تغییر فرکانس	کنترل دور موتور
1:3	از طریق مقاومت‌های روتور تا 1:3	تغییر تعداد قطب‌ها تا 1:8	حدود تنظیم دور موتور
	با کنترل فرکانس تا 1:20		

۹ـ۲ـ۱ـ موتور آسنکرون روتور سیم‌پیچی

روتور این نوع موتورها از سه دسته سیم‌پیچی تغیه شده، در آن تشکیل شده است. معمولاً اتصال سیم‌پیچی‌های روتور از داخل به‌صورت ستاره است. سرهای خروجی این سه دسته سیم‌پیچی، از داخل موتور خارج شده و توسط سه حلقه‌ی لغزان(رینگ) واقع روی محور به جاروبک‌های ساکن (زغال‌ها) وصل شده است (شکل ۴۲ـ۱). این سه جاروبک از خارج به یک مقاومت متغیر (رئوستا) که به شکل ستاره بسته شده است متصل می‌شود (شکل ۴۳ـ۱).

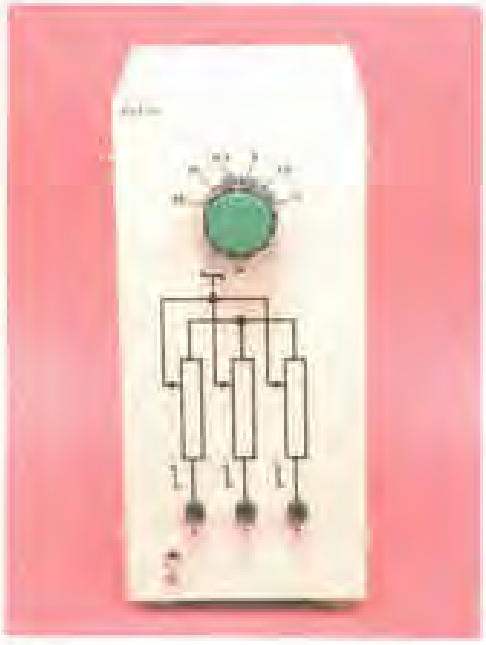


شکل ۴۲ـ۱



شکل ۴۳ـ۱

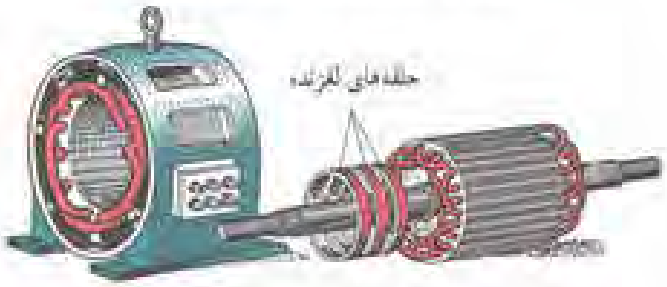
همان‌طوری که در بحث موتورهای القایی نیز اشاره شد، در آغاز حرکت، چون روتور هنوز ساکن است و میدان با سرعت سنکرون می‌گردد هادی‌های روتور توسط خطوط میدان مغناطیسی با سرعت سنکرون قطع می‌شوند، در سیم‌پیچی روتور جریان قوی‌تری القا می‌شود. علت به‌وجود آمدن جریان زیاد در موقع راه‌اندازی موتورهای القایی، کم بودن مقاومت سیم‌پیچی روتور است. به‌طوری‌که اگر موتورهای القایی را به‌طور مستقیم به شبکه وصل کنیم در لحظه‌ی اول حدود ۳ تا ۷ برابر جریان اسمی از شبکه دریافت می‌کنند.



شکل ۴۴ـ۱

در موتورهای روتور سیم‌پیچی به کمک حلقه‌های لغزنده و وارد کردن مقاومت در مسیر هر دسته سیم‌پیچی روتور به هنگام راه‌اندازی، مقاومت روتور افزایش یافته و در نتیجه جریان راه‌اندازی کاهش می‌یابد. در شکل‌های ۴۳ـ۱ و ۴۴ـ۱ دو نمونه مقاومت راه‌انداز را مشاهده می‌کنید.

شکل ۴۵ـ۱ـ موتور روتور سیم‌پیچی

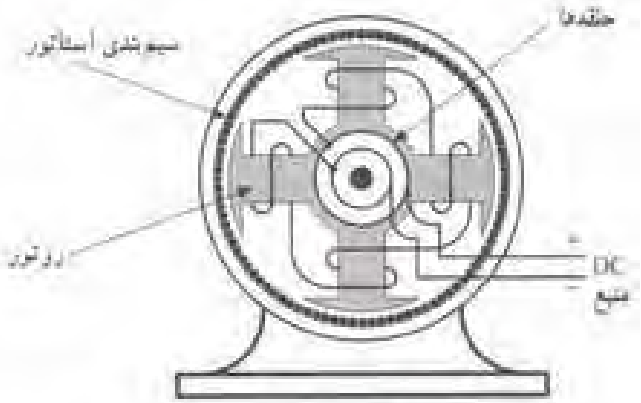


شکل ۴۶ـ۱ـ اجزای موتور روتور سیم‌پیچی

پس از راه‌اندازی موتور به تدریج مقاومت موجود در مدار روتور را کاهش می‌دهیم و در نهایت از مدار خارج می‌کنیم. در چنین موتورهایی به جهت اضافه شدن مقاومت مدار روتور و بهتر شدن میزان ضریب قدرت روتور، گشتاور راه‌اندازی نسبت به موتورهای القایی مشابه بهتر شده و موتور نرم‌تر راه‌اندازی می‌شود. در شکل ۴۵ـ۱ شکل ظاهری و در شکل ۴۶ـ۱ اجزای داخلی یک موتور روتور سیم‌پیچی را مشاهده می‌کنید.

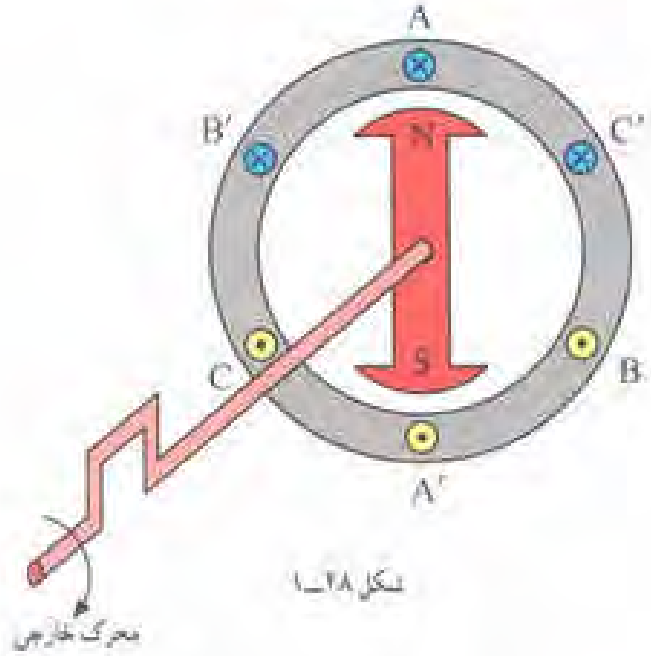
۱۰ـ۲ـ۱ـ موتور سنکرون

اساس کار موتور سنکرون بر پایه‌ی تأثیر میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان است. موتورهای سه‌فازه سنکرون که در صنعت به‌کار می‌روند اغلب از نوعی هستند که در روی روتور از سیم‌پیچی استفاده می‌شود که با جریان مستقیم تحریک می‌شود (شکل ۴۷ـ۱).



شکل ۴۷ـ۱

موتورهای سنکرون که روتور آن‌ها سیم‌پیچی شده است به تنهایی و به خودی خود راه نمی‌افتند بلکه نیاز به یک محرک دارند. از جمله‌ی این محرک‌ها می‌توان جریان مستقیم (dc) اعمال شده به سیم‌پیچی روتور و یا یک موتور خارجی را که جهت به گردش درآوردن مغناطیس طبیعی به‌کار می‌رود نام برد (شکل ۴۸ـ۱).



شکل ۴۸ـ۱

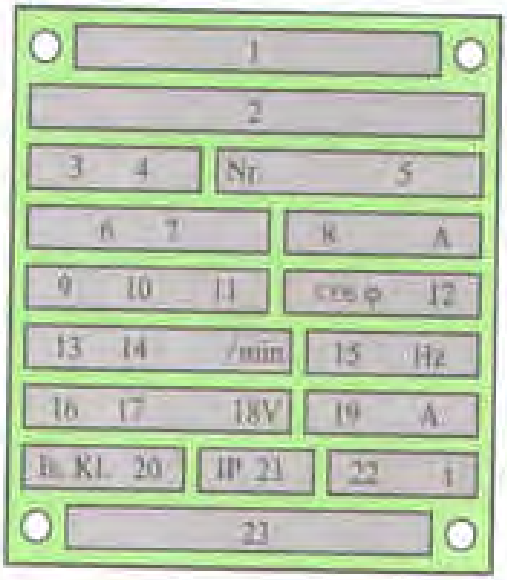
در جدول ۵ـ۱ انواع موتورهای سه‌فازه القایی به همراه مزایا، معایب و نمونه‌های کاربردی برای هر یک مشاهده می‌شود.

جدول ۵ـ۱ـ انواع موتورهای سه‌فاز القایی

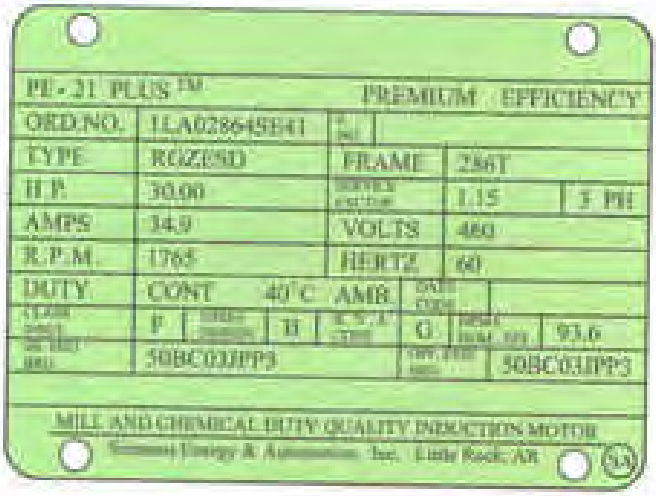
نوع موتور		مزایا و معایب موتور	نمونه‌های کاربرد
موتور با روتور قفسه‌ای (موتور با روتور اتصال کوتاه) نحوه کار: تغییر جهت قطب‌ها با 2 تا 4 سرعت شکل خاص: موتور رلوکتانسی	مزایا	• ارزان‌تر از موتورهای دیگر، ساختمان ساده، ساختار محکم، دارای بازوهای نگهدارنده، بدون بازتیت در رادیو در زمان کار، ضریب اطمینان کاری بزرگ، روتور دارای عایق‌کاری سیم‌پیچ‌ها نیست، فرکانس دورانی تا حدی مستقل از بار است.	ماشین‌های ابزار، پمپ‌ها، دمنده‌های هوا، بالابرهای کوچک، جرثقیل‌های بزرگ، ماشین‌های بافندگی با فرکانس دورانی ثابت
	معایب	• در اتصال مستقیم به برق جریان راه‌اندازی بزرگ است، گشتاور اولیه به خصوص بزرگ نیست، در فرکانس 50Hz فرکانس دورانی بیش‌تر از 3000/min نیست، تنظیم بدون پله فرکانس دورانی فقط با صرف هزینه مناسب و از طریق مدارهای الکترونیکی ممکن است.	
موتور با روتور دارای حلقه لغزان (روتور سیم‌پیچی)	مزایا	• در مقایسه با نوع روتور قفسه‌ای جریان راه‌اندازی کوچک، گشتاور اولیه بزرگ امکان دارد، فرکانس دورانی از طریق جابه‌جایی مقاومت‌های راه‌انداز قابل کنترل محدود می‌شود، اتصال ترمزی امکان‌پذیر است.	بالابرهای متوسط و بزرگ، در موارد استثنایی ماشین‌ابزارهای بزرگ، سنگ‌شکن‌ها، گردانند، وسایل مختلف در صنعت نمایش
	معایب	• به‌طور چشم‌گیری گران‌تر از موتور با روتور قفسه‌ای، کار همراه با تولید جرقه، دارای بازتیت رادیو، نیاز به راه‌انداز دارد، جاروبک‌های زغالی و حلقه لغزان نیازمند مراقبت بیش‌تری است، فرکانس دورانی مانند موتور با روتور قفسه‌ای محدود می‌شود.	

۳ـ۱ـ آشنایی با پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه‌فاز

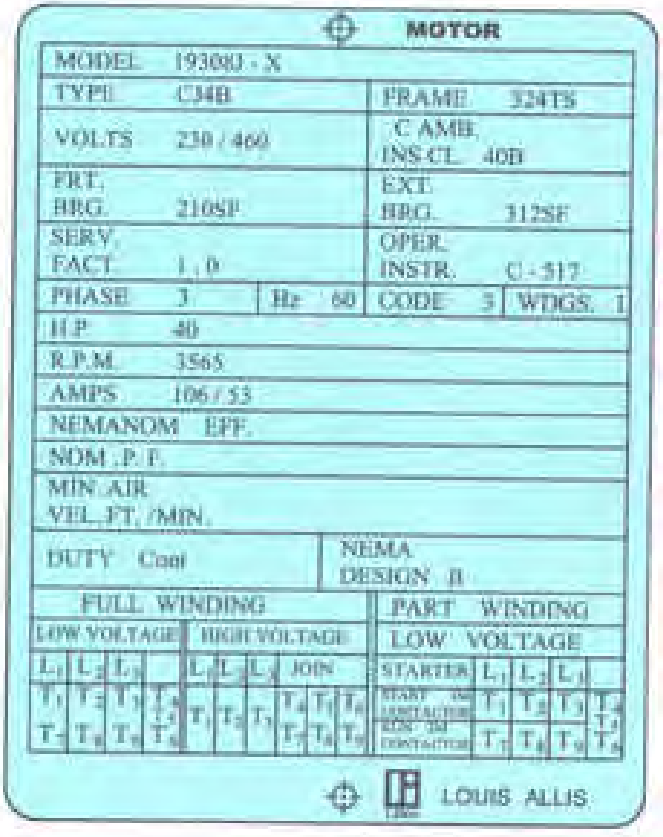
برای انتخاب صحیح و مناسب موتور سه‌فاز می‌بایست به‌توضیحات روی پلاک مشخصات موتور کاملاً توجه نمود. شکل پلاک موتورهای سه‌فاز همچنین اطلاعات نوشته شده روی آن‌ها متفاوت است. شکل‌های ۴۹ـ۱، ۵۰ـ۱ و ۵۱ـ۱ سه نمونه پلاک موتور سه‌فازه را نشان می‌دهد.



شکل ۴۹ـ۱

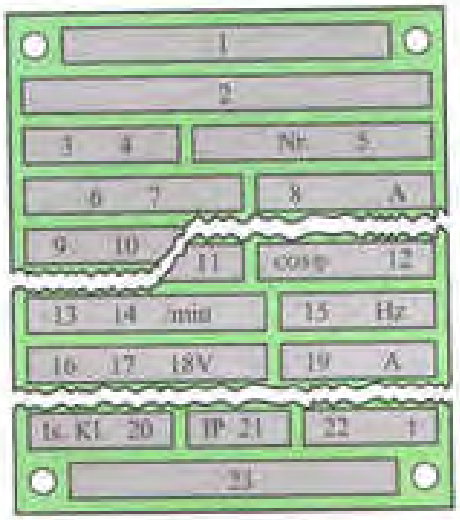


شکل ۵۰ـ۱



شکل ۵۱ـ۱

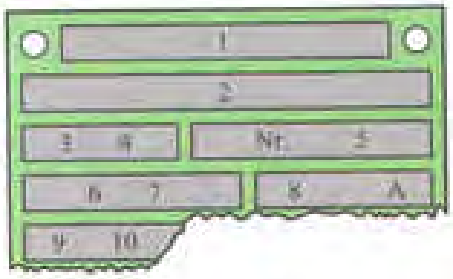
اگر مشخصات نوشته شده روی پلاک موتورها را با یکدیگر مقایسه کنیم مشاهده می‌شود که این پلاک‌ها تفاوت‌هایی با هم دارند. در شکل‌های ۵۲ـ۱، ۵۳ـ۱، ۵۴ـ۱ و ۵۵ـ۱ بخش‌های مختلف یک نوع پلاک موتورهای سه‌فازه مشاهده می‌شود. در جدول ۶ـ۱ توضیحات مربوط به هر قسمت آمده است.



شکل ۵۲ـ۱

جدول ۶ـ۱

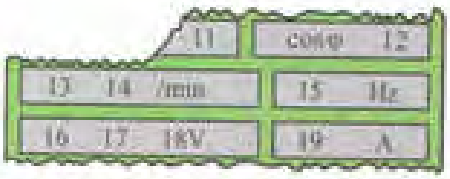
شماره	اطلاعات داده شده		
۱	نشانه کارخانه (نام و آرم)		
۲	نشانه نوع ماشین (تیپ ماشین)		
۳	نوع جریان مانند : G (جریان مستقیم)، E (جریان تک‌فاز)، D (جریان سه‌فاز)		
۴	نوع کار (Gen ـ ژنراتور) ؛ (Mot ـ موتور)		
۵	شماره تولید ماشین		
۶	نوع اتصال سیم‌پیچ استاتور در ماشین‌های سنکرون و القایی، به‌علاوه :		
	علامت	تعداد کلاف و مدار	
	I		۱ـ
	⊥	با کلاف (سیم‌پیچ) کمکی	
	III	به صورت باز	۳ـ
	Y	ستاره	۳ـ به هم وصل شده
	Δ	مثلث	
	Y	ستاره با نقطه وسط خارج شده	
۷	ولتاژ نامی		
۸	جریان نامی		
۹	توان نامی (تحویلی) یا قدرت ظاهری خروجی در موتورها و ژنراتورها		
۱۰	نشانه واحدها kW، W، kVA، VA موتورها برحسب (kW یا W) و مولدها برحسب (kVA یا VA)		



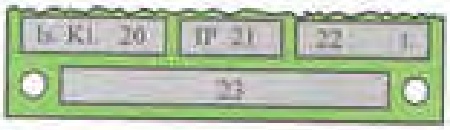
شکل ۵۳ـ۱

ادامه جدول ۶ـ۱

شماره	اطلاعات داده شده	
۱۱	نوع کار (در کار دائمی = S1) و زمان کار نامی با مدت زمان روشن بودن نسبی. مثال: S2 30min.	
۱۲	ضریب توان نامی cosφ. در ماشین‌های سنکرون در صورتی که توان راکتیو دریافت شود، باید نشانه «-» (تحریک ناقص) اضافه شود.	
۱۳	جهت چرخش (از طرف سر محور موتور نگاه می‌شود): → (راست‌گرد) ← (چپ‌گرد)	
۱۴	سرعت نامی. (علاوه بر این در موتورهای با تحریک سری بیشینه سرعت n_{max}؛ در مولدهای با توربین آبی، سرعت میانی «n» توربین؛ در موتورهای چرخ‌دنده‌دار سرعت آخرین چرخ‌دنده «n_2» ارائه می‌شود.)	
۱۵		فرکانس نامی
	در ماشین جریان مستقیم و ماشین سنکرون	در روتور با حلقه‌ی لغزان
۱۶	تحریک‌کننده با «Erm»	روتور با «Lfe»
۱۷		نوع اتصال سیم‌پیچ روتور
۱۸	ولتاژ تحریک نامی به V (ولت)	ولتاژ سکون روتور به V (ولت)
۱۹	جریان تحریک در کار نامی. اگر جریان کوچک‌تر از 10 A باشد، اطلاعات حذف می‌شود.	جریان روتور
۲۰	گروه مواد عایق‌کننده (Y,A,E,B,F,H,C). اگر سیم‌پیچ استاتور و روتور به گروه‌های مختلفی متصل باشند، ابتدا گروه سیم‌پیچ استاتور و سپس گروه سیم‌پیچ روتور بیان می‌شود. (کلاس عایقی) (مثلاً F/B).	
۲۱	نوع محافظت طبق DIN 40050، مثلاً IP 44	
۲۲	وزن تقریبی به «t» برای وزن‌های کمتر از یک تن اطلاعاتی داده نمی‌شود.	
۲۳	توضیحات اضافی، به‌طور مثال – VDE 0530/ مقدار متوسط خنکی با تهویه هوای آزاد یا خنک شدن با آب.	

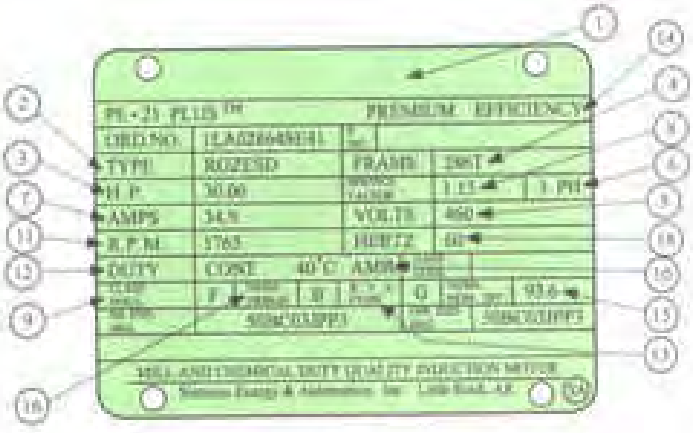


شکل ۵۴ـ۱



شکل ۵۵ـ۱

توضیحات مربوطه به نمونه‌ی دیگری از پلاک موتورهای سه‌فازه که در شکل‌های ۵۶ـ۱، ۵۷ـ۱ و ۵۸ـ۱ نشان داده شده در جدول ۷ـ۱ آمده است.

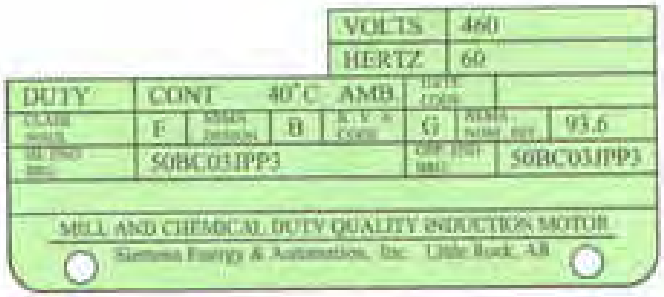


شکل ۵۶ـ۱

جدول ۷ـ۱

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانه
۲	مدل
۳	قدرت برحسب اسب بخار
۴	شماره‌ی بدنه
۵	ولتاژ کار
۶	تعداد فاز ـ یک‌فاز یا سه‌فاز
۷	مقدار جریان (مقدار امپر)
۸	ضریب خدمات (ضریب کارکرد)
۹	کلاس عایقی
۱۰	دمای مجاور (دمای محیط)
۱۱	تعداد دور در دقیقه
۱۲	مدت زمان کار موتور در پلاک نامی
۱۳	حرف رمز حالت توقف و یا در حال کار روتور
۱۴	حداکثر بازده
۱۵	میزان بازده اسمی
۱۶	استاندارد کارخانجات تولیدکننده‌ی وسایل الکتریکی
۱۷	ضریب قدرت
۱۸	فرکانس (برحسب هرتز)

شکل ۵۷ـ۱



شکل ۵۸ـ۱

جدول ۸ ـ ۱ ـ انواع کار ماشین‌ها

نوع کار	شرح و مثال
کار پیوسته S1	ماشین تحت بار نامی به درجه حرارت پایدار و ثابت می‌رسد. کار ماشین می‌تواند بدون وقفه انجام شود، بدون این‌که از دمای مجاز تجاوز کند. مثال: پمپ فاضلاب.
کار کوتاه‌مدت S2	زمان کار در مقایسه با وقفه بعد از آن کوتاه است. کار با بار نامی فقط در زمان داده شده مجاز به انجام است. زمان‌های بارگذاری استاندارد: 10، 30، 60 و 90 دقیقه. مثال: موتور محرکه سیرن.
کار موقت S3	زمان روشن بودن ED فقط بخشی از مدت زمان سیکل است. EDهای استاندارد: 15، 25، 40 و 60%. اگر مدت زمان سیکل معلوم نباشد، آن را 10 دقیقه در نظر می‌گیرند. در نوع کار S3 مرحله راه‌اندازی هیچ اثری بر روی دمای ماشین نمی‌گذارد. مثال برای S3: موتور بالابر (روتور با حلقه لغزان)
S4	در S4 کار شبیه S3 است، با این حال جریان راه‌اندازی، ماشین را بیش‌تر گرم می‌کند. اطلاعات مثلاً: h / راه‌اندازی 500، S4 ED 25%. مثال برای S4: موتور محرک برای بالابر کوچک (روتور قفسه‌ای).
S5	در S5 کار شبیه S4 است، با این‌حال در این‌جا یک ترمز الکتریکی (ترمز جریان مستقیم، ترمز جریان معکوس) در نظر گرفته شده، که در گرم شدن نیز سهیم است. اطلاعات مثلاً: h / راه‌اندازی 500، جریان معکوس، S4 ED 25%. مثال برای S5: موتور محرکه برای تغاله‌ها.
کار پیوسته با بار موقت S6	این نوع کار شبیه نوع کار S3 است با این حال این ماشین در طی وقفه در حالت بی‌باری می‌ماند و خاموش نمی‌شود. اطلاعات مثلاً: S6 10min/60min یا بهتر S6 ED 25% 40min
کار بدون وقفه S7	این ماشین در کار بدون وقفه است و بدین جهت از طریق راه‌اندازی مداوم و ترمز الکتریکی بیش از حد معمول گرم می‌شود. اطلاعات مثلاً: h راه‌اندازی (100)، ترمز با جریان مستقیم، S7 مثال: موتور محرکه برای ماشین‌های تراش مرکزی (ماشین ابزار خودکار)
S8	این نوع کار شبیه S7 است، با این حال به جای راه‌اندازی و ترمز با تغییر دور، به‌طور مثال از طریق تغییر قطب‌ها، کار را پیش می‌برد. اطلاعات: $S8, 3000min^{-1}$ 5min / $1500min^{-1}$ 10min کاربرد: خط تولید خودکار

۱ـ۳ـ۱ـ شرح تکمیلی برخی از علائم روی پلاک

در ردیف یازدهم جدول ۶ـ۱ نوع کار و مدت زمان روشن بودن ماشین به‌طور نسبی بیان می‌شود. هشت حالت کاری طبق استاندارد تعریف شده است که با حروف S_1 تا S_8 نشان داده می‌شوند. مفهوم هر یک از حروف مطابق جدول ۸ـ۱ است[1]. مثلاً اگر روی پلاک موتوری در ردیف نوع کار، S_1 نوشته شده باشد نشان می‌دهد که این موتور تحت بار نامی، در درجه حرارت پایدار و بدون وقفه کار می‌کند بدون این‌که از دمای مجاز موتور تجاوز کند.

۱ـ به خاطر سپردن مطالب مربوط به نوع کار و زمان روشن بودن ماشین (جدول ۸ـ۱) اجباری نیست.

در ردیف بیست و دوم جدول ۶ـ۱ که نوع محافظت (ایمنی) به‌کار رفته در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب بیان می‌شود از دو حرف IP[1] و دو رقم بعد استفاده می‌شود. اولین رقم درجه‌ی ایمنی در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم درجه‌ی ایمنی در مقابل نفوذ آب را نشان می‌دهد. گاهی اوقات نیز از کد ۳ رقمی استفاده می‌شود که یک رقم آن مربوط به شرایط محیطی است. در جدول ۹ـ۱ معانی هریک از رقم‌های اول و دوم بعد از IP را مشاهده می‌کنید. همچنین بر روی برخی دستگاه‌ها از علائم خاصی مشابه علائم جدول ۹ـ۱ استفاده می‌شود. توضیحات هریک را می‌توان از جدول‌ها استخراج کرد.[2]

به‌عنوان مثال اگر بر روی پلاک موتوری IP44 نوشته شده باشد بیانگر آنست که این موتور در مقابل اجسام خارجی بزرگ‌تر از قطر ۱mm و همچنین در مقابل پاشیده شدن آب حفاظت شده است.

جدول ۹ـ۱

نشانه	توضیح	نوع ایمنی
ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی		
–	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	IP0X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ⌀ 50 mm	IP1X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ⌀ 12 mm	IP2X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ⌀ 2.5 mm	IP3X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ⌀ 1 mm	IP4X
5	ایمنی در مقابل رسوب گرد و غبار مضر به داخل	IP5X
6	ایمنی در مقابل نفوذ گرد و غبار	IP6X
ایمنی آب		
–	بدون ایمنی آب	IPX0
1	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	IPX1
2	ایمنی در مقابل ریزش مایل قطرات آب (۱۵° نسبت به عمود)	IPX2
3	ایمنی در مقابل پخش آب	IPX3
4	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	IPX4
5	ایمنی در مقابل فوران آب، مثلاً از نازل	IPX5
6	ایمنی در مقابل جریان آب	IPX6
7	ایمنی در مقابل غوطه‌ور شدن	IPX7
8	ایمنی در مقابل غوطه‌وری کامل	IPX8

نشانه انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید)

۱ـ International Protection (ایمنی بین‌المللی)

۲ـ به خاطر سپردن جزئیات جدول ۹ـ۱ ضروری و اجباری نیست.

اصطلاحات و شرایط خاص، نحوه‌ی ریزش آب مندرج در جدول ۸ـ۱ به همراه معانی هریک در شکل ۵۹ـ۱ نشان داده شده است.

شکل ۵۹ـ۱

معنی	علامت	معنی	علامت
اتصال سیم ایمنی		دستگاه طبقه‌بندی ایمنی شده است (طبقه ایمنی II)	
اتصال سیم زمین		مقاوم در مقابل اتصال کوتاه، مشروط	
آزمایش شده طبق VDE		مقاوم در مقابل اتصال کوتاه، غیرمشروط	
روی چوب نصب شود (ضد آتش)		برای دستگاه پزشکی	
خطرناک در صورت معیوب شدن خیلی گرم نمی‌شود (ضد آتش)		غیرقابل استفاده در وان حمام	

شکل ۶۰ـ۱

بر روی ماشین‌ها از علائم اختصاری ایمنی نیز استفاده می‌شود. معانی هریک از این علائم مطابق شکل ۶۰ـ۱ است.

۲ـ۳ـ۱ـ کلاس حرارتی

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

جدول ۱۰ـ۱ حروف اختصاری مربوط به کلاس‌های حرارتی ماشین‌های الکتریکی را نشان می‌دهد. لازم به توضیح است اعدادی که در جدول مشاهده می‌شود از حاصل جمع دمای فرضی محیط (۴۰°C) و دمای کارکرد ماشین به‌دست آمده است. لذا برای به‌دست آوردن ماکزیمم دمای ماشین در شرایط کاری می‌بایست دمای ۴۰ درجه را از عدد داخل جدول کم کرد. مثلاً، ماکزیمم دمای قابل تحمل موتوری با کلاس F برابر است با:

$\theta = 155 - 40 = 115^{\circ}C$ (دما)

جدول ۱۰ـ۱

کلاس حرارتی یا عایقی	حداکثر دما °C
Y (یا o)	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	210

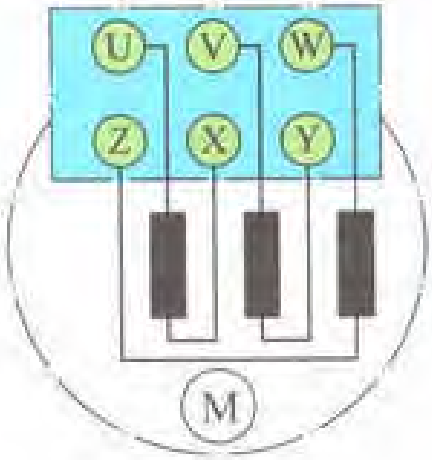
۳ـ۳ـ۱ـ پلاک اتصالات موتور (تخته‌کلم)

برای اتصال سیم‌پیچ‌های موتور سه‌فاز، سر سیم‌ها از داخل پوسته به یک محفظه یا ترمینال موتور هدایت می‌شوند که اصطلاحاً به آن «تخته‌کلم» می‌گویند (شکل ۶۱ـ۱).

به‌طور کلی سر و ته کلاف‌های یک موتور سه‌فاز، با دو حرف مشخص می‌شوند.

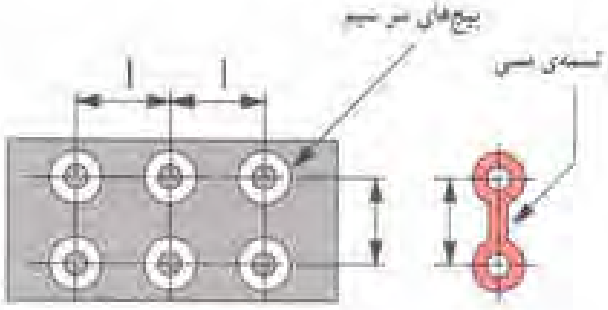
شکل ۶۱ـ۱

در استاندارد قدیمی برای نشان دادن سر کلاف‌ها به‌ترتیب برای کلاف اول تا سوم از حروف U، V و W و برای نمایش ته کلاف‌ها به‌ترتیب از حروف X، Y و Z استفاده می‌شد. نحوه‌ی قرار گرفتن سر سیم‌ها در زیر پیچ‌های تخته‌کلم مطابق شکل ۶۲ـ۱ است. علت این که ته کلاف‌ها مشابه سر کلاف‌ها به‌ترتیب از کلاف اول تا سوم نوشته نمی‌شود بدین خاطر است که در صورت نیاز به ایجاد اتصالات ستاره یا مثلث بتوان بدون استفاده از کلید مربوطه و یا قرار دادن چند تسمه‌ی مسی در زیر پیچ‌ها موتور را به‌صورت ستاره یا مثلث اتصال داد.



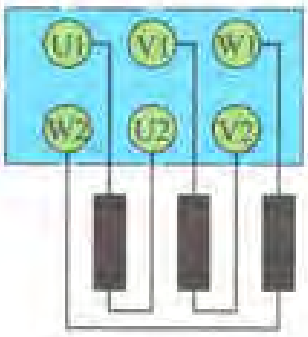
شکل ۶۲ـ۱

شکل ۶۳ـ۱ تصویری از پیچ‌های تخته‌کلم را به‌همراه سمه‌ی مسی نشان می‌دهد.



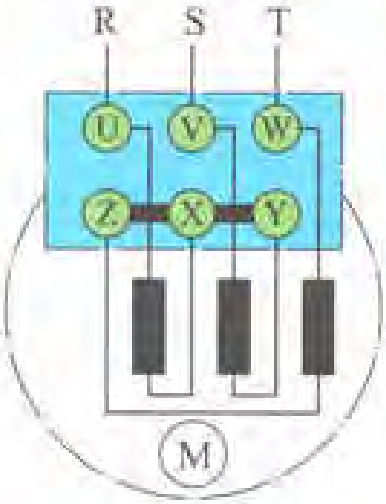
شکل ۶۳ـ۱ـ تخته‌کلم موتور

در استاندارد (IEC) برای نشان دادن سر کلاف‌ها به‌ترتیب از کلاف اول تا سوم از حروف (U۱، V۱ و W۱) و برای مشخص کردن ته کلاف‌ها به‌ترتیب از حروف (U۲، V۲ و W۲) استفاده می‌شود. شکل ۶۴ـ۱ وضعیت قرار گرفتن سیم‌پیچ‌ها و پیچ‌های تخته‌کلم را نشان می‌دهد.

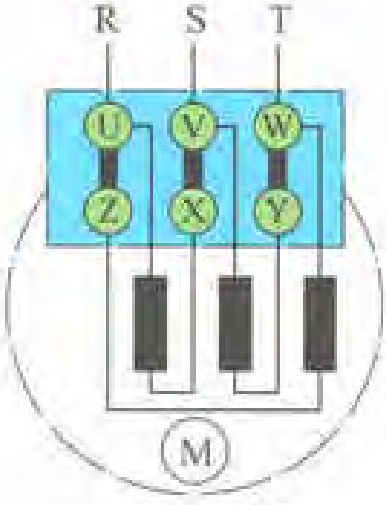


شکل ۶۴ـ۱

شکل‌های ۶۵ـ۱ و ۶۶ـ۱ چگونگی ایجاد اتصال ستاره و اتصال مثلث با استفاده از سمه‌ی مسی بر روی تخته‌کلم با حروف اختصاری قدیم را نشان می‌دهد.

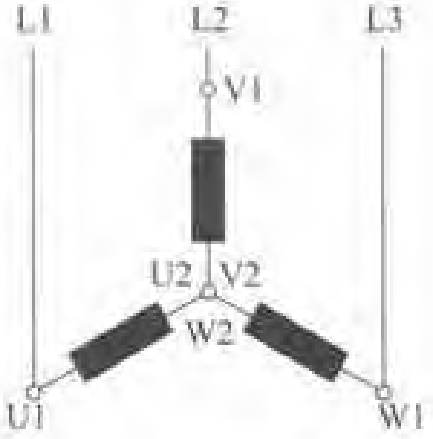


شکل ۶۵ـ۱ـ اتصال ستاره

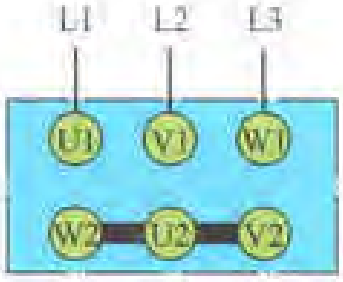


شکل ۶۶ـ۱ـ اتصال مثلث

به ترتیب شکل‌های ۶۷ـ۱ و ۶۸ـ۱ اتصال کلاف‌های موتور و نحوه‌ی اتصال سرهای موتور در استاندارد IEC حالت ستاره را نشان می‌دهند.

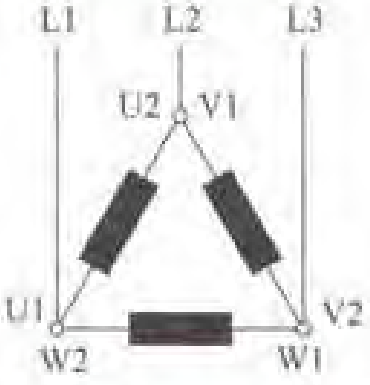


شکل ۶۷ـ۱ـ وضعیت اتصال کلاف‌ها در حالت ستاره

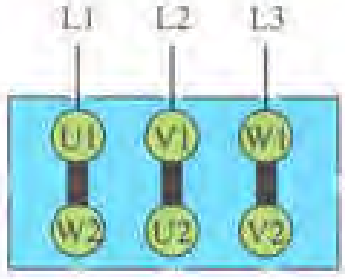


شکل ۶۸ـ۱ـ تخته‌کلم موتور در حالت مثلث

در شکل‌های ۶۹ـ۱ و ۷۰ـ۱ به‌ترتیب اتصال کلاف‌های موتور و نحوه‌ی اتصال سرهای موتور در استاندارد IEC حالت مثلث را مشاهده می‌کنید.

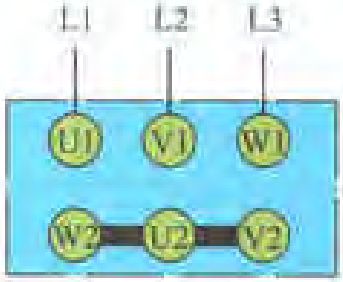


شکل ۶۹ـ۱ـ وضعیت اتصال کلاف‌ها در حالت مثلث



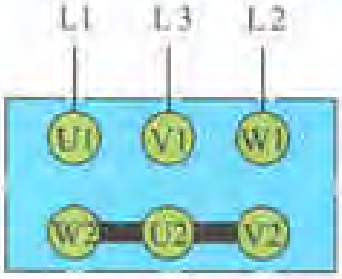
شکل ۷۰ـ۱ـ تخته‌کلم موتور در حالت مثلث

همان‌طور که قبلاً اشاره شد برای تغییر جهت موتور ضروری است جای دو فاز در روی سیم‌پیچی‌های موتور عوض شود.

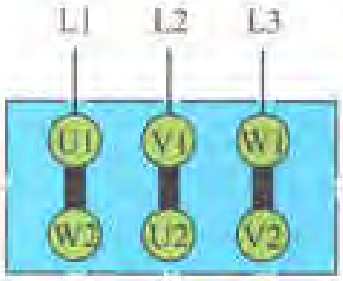


شکل ۷۱ـ۱ـ اتصال ستاره راست‌گرد

شکل‌های ۷۱ـ۱ و ۷۲ـ۱ نحوه‌ی اتصال سیم‌های شبکه به تخته‌کلم موتور برای ایجاد حالت راست‌گرد و چپ‌گرد در اتصال ستاره را نشان می‌دهند.

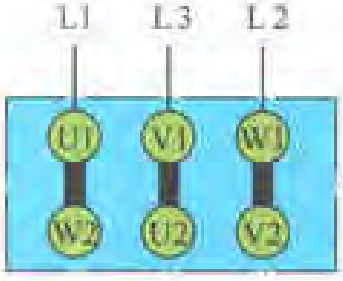


شکل ۷۲ـ۱ـ اتصال ستاره چپ‌گرد



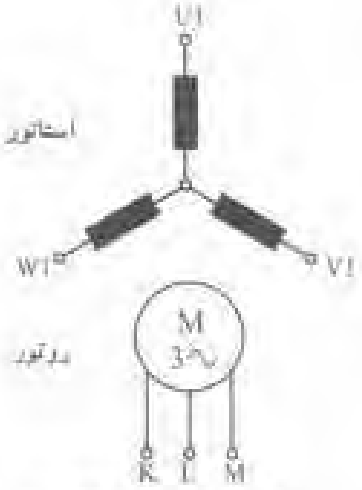
شکل ۷۳ـ۱ـ اتصال مثلث راست‌گرد

شکل‌های ۷۳ـ۱ و ۷۴ـ۱ نحوه‌ی اتصال سیم‌های شبکه به تخته‌کلم موتور برای ایجاد حالات راست‌گرد و چپ‌گرد در اتصال مثلث را نشان می‌دهند.



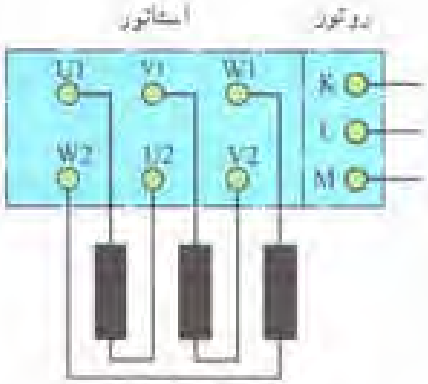
شکل ۷۴ـ۱ـ اتصال مثلث چپ‌گرد

سیم‌پیچی استاتور موتورهای آسنکرون روتور سیم‌پیچی شده، مشابه استاتور موتورهای آسنکرون روتور قفسی نامگذاری می‌شود. حروف K، L، M یا u، v و w نیز برای نشان دادن سر سیم‌های روتور به‌کار می‌رود.



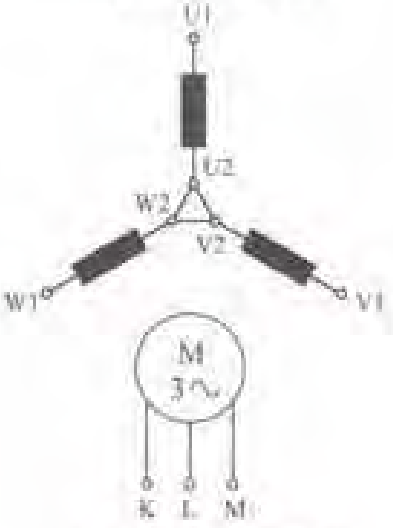
شکل ۷۵ـ۱ـ اتصال کلاف‌ها

در شکل‌های ۷۵ـ۱ و ۷۶ـ۱ وضعیت سیم‌پیچی‌های موتور روتور سیم‌پیچی و تخته‌کلم آن را می‌بینید.

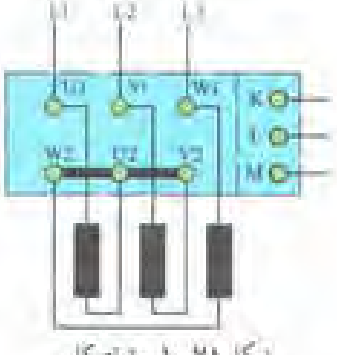


شکل ۷۶ـ۱ـ تخته‌کلم

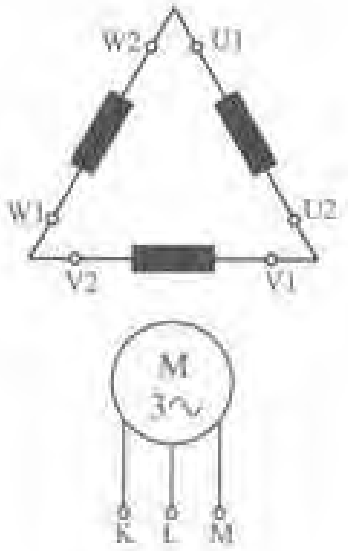
شکل‌های ۷۷ـ۱ و ۷۸ـ۱ اتصال کلاف‌ها و تخته‌کلم موتورهای سه‌فازه روتور سیم‌پیچی در حالت ستاره را نشان می‌دهد.



شکل ۷۷ـ۱ـ اتصال کلاف‌ها

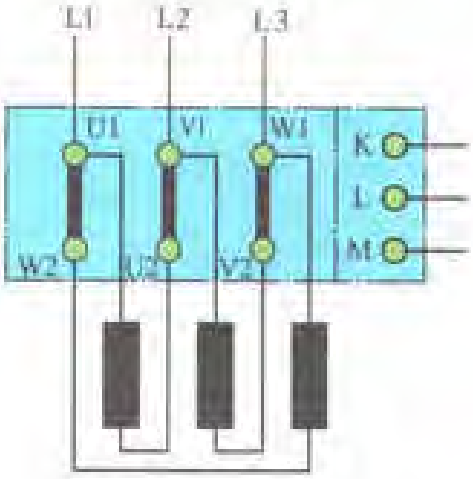


شکل ۷۸ـ۱ـ تخته‌کلم



شکل ۷۹ـ۱ـ اتصال کلاف‌ها

در شکل‌های ۷۹ـ۱ و ۸۰ـ۱ اتصال کلاف‌ها و تخته‌کلم موتورهای سه‌فازه‌ی روتور سیم‌پیچی در حالت مثلث مشاهده می‌شود.



شکل ۸۰ـ۱ـ تخته‌کلم

۴ـ۱ـ کار عملی شماره (۱)

۱ـ۴ـ۱ـ هدف

تشخیص سر و ته کلاف‌های موتور و اطمینان از سالم بودن کلاف‌ها

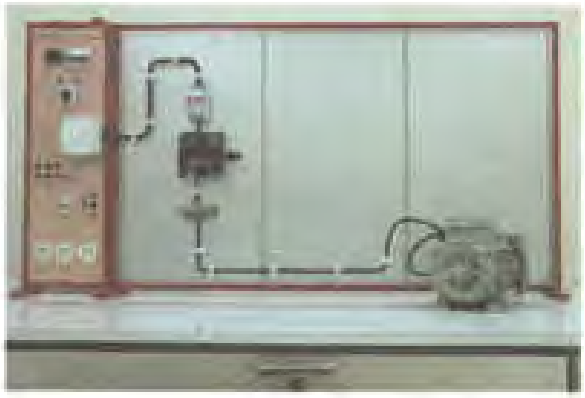
۲ـ۴ـ۱ـ زمان آموزش و اجرای کار

ساعات آموزش	
نظری	عملی
ـ	۵

اجرای هر کار عملی نیاز به تئوری‌هایی در ارتباط با عملیات کارگاهی دارد. در هر کار عملی متناسب با نیاز، مدت زمانی به آن اختصاص می‌یابد. این زمان عملاً جزء ساعات کار عملی محسوب شده است.

۳ـ۴ـ۱ـ نکات حفاظتی و اجرایی

■ هنگام اجرای آزمایش برای قرار دادن موتور، از میز کارگاهی مناسب استفاده کنید (شکل a ـ۸۱ـ۱).

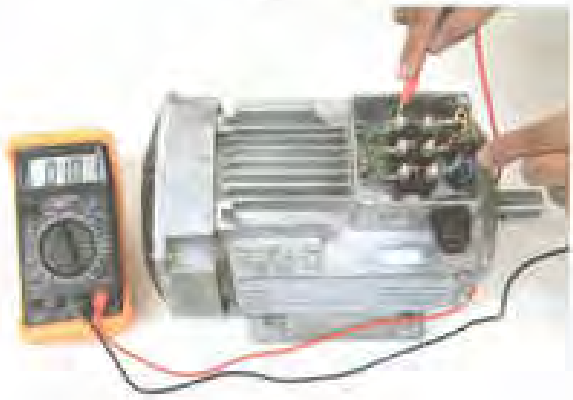


(a)

■ قبل از اتصال آوومتر یا آچار از باز بودن کابل برق اطمینان یابید و سپس تسمه‌های مسی بین سر کلاف‌ها را باز کنید (شکل b ـ۸۱ـ۱).

(b)

■ هنگام کار از دست زدن به سر سیم‌های آوومتر (در حالت اهم‌متری) خودداری کنید (شکل c ـ۸۱ـ۱).



(c)

■ وقتی پیچ و مهره‌های تخته کلم را باز می‌کنید یا می‌بندید دقت کنید آچار از روی مهره‌ها رد نشود. زیرا رد شدن آچار از روی مهره سبب ساییده شدن مهره می‌شود (شکل d ـ۸۱ـ۱).

(d)

شکل ۸۱ ـ۱

۴ـ۴ـ۱ـ وسایل و ابزارهای مورد نیاز

برای انجام کارهای عملی از وسایل ارائه شده در جدول زیر استفاده کنید.

جدول ابزار و وسایل مورد نیاز در کارگاه

ردیف	تصویر یک نمونه وسیله	نام وسیله و ابزار کار	مقدار مورد نیاز هر میز
۱		پیچ گوشتی دوسو	۱ عدد
۲		پیچ گوشتی چهارسو	۱ عدد
۳		فازمتر	۱ عدد
۴		دم باریک	۱ عدد
۵		سیم چین	۱ عدد
۶		سیم لخت کن	۱ عدد
۷		انبردست	۱ عدد
۸		چاقوی کابل بُری	۱ عدد
۹		قیچی کابل بُری	۱ عدد
۱۰		بست کابل	۳۰ عدد
۱۱		کابل	۲۰ عدد
۱۲		سیم افشان میلی‌متر (با حداقل سطح مقطع ۱/۵ میلی‌متر مربع)	۳۰ متر

ردیف	تصویر یک نمونه وسیله	نام وسیله و ابزار کار	مقدار مورد نیاز هر میز
۱۳		ترمینال کانوجویی	۲۵ عدد
۱۴		ترمینال پلاستیکی	۲۴ عدد
۱۵		ریل فلزی	۲ متر
۱۶		آوومتر	۱ عدد
۱۷		آچار تخت (رینگی) (در اندازه‌های مختلف)	۱ سری
۱۸		آچار آلن (در اندازه‌های مختلف)	۱ سری
۱۹		تجهیزات مربوط به نصب مدارهای برق صنعتی (کنتاکتوری)	۱ سری

۵ـ۴ـ۱ـ شرح کار

تخته‌کلم موتور سه‌فازی را مطابق شکل ۸۲ـ۱ باز کنید و محل اتصال سر و ته کلاف‌ها را به همراه حروف مشخصه یادداشت کنید.

آوومتر موجود در کارگاه را در حالت اهم‌متری قرار دهید.

شکل ۸۲ـ۱

دو سر سیم اهم‌متر را مطابق شکل ۸۳ـ۱ به پیچ‌های تخته‌کلم وصل کنید. در این‌صورت عقربه‌ی اهم‌متر می‌بایست تا انتهای صفحه منحرف شود.

شکل ۸۳ـ۱

محل سر سیم‌های اهم‌متر را مطابق شکل ۸۴ـ۱ تغییر دهید. در این حالت نیز عقربه‌ی اهم‌متر می‌بایست تا انتهای صفحه منحرف شود.

شکل ۸۴ـ۱

در مرحله‌ی سوم نیز مانند شکل ۸۵ـ۱ محل قرار گرفتن سر سیم‌های اهم‌متر را تغییر دهید.

در این شرایط نیز می‌بایست عقربه تا انتهای صفحه منحرف شود.

تذکر: درصورتی که پیچ‌های نشان داده شده در تصاویر غیر از حالات نشان داده شده، با یکدیگر یا با بدنه‌ی موتور ارتباط داشته باشند موتور سالم نیست و نباید آن را در مدار قرار داد.

شکل ۸۵ـ۱

شکل ۸۶ـ۱ تسمه‌های مسی مربوط به اتصالات تخته‌گلم را به‌همراه مهره و واشر نشان می‌دهد. برای ایجاد اتصالات آن‌ها را از انبار تحویل بگیرید.

شکل ۸۶ـ۱

با به‌کارگیری آچار مخصوص مهره‌ی مربوط به اتصالات تخته‌گلم مطابق شکل ۸۷ـ۱ انتهای تلاف‌ها را به یکدیگر وصل کنید.

شکل ۸۷ـ۱

در شکل ۸۸ـ۱ تخته‌کلم یک موتور را که به حالت ستاره وصل شده مشاهده می‌کنید. با استفاده از اهم‌متر، مقدار مقاومت سر و ته کلاف‌های هر فاز موتور را اندازه‌گیری کنید.

$R_1 = RU1 - U2 = RU - x = \cdots\cdots\Omega$

$R_2 = RV1 - V2 = RV - y = \cdots\cdots\Omega$

$R_3 = RW1 - W2 = RW - z = \cdots\cdots\Omega$

شکل ۸۸ـ۱

در این شرایط و در صورت سالم بودن موتور هرگاه یک سیم اهم‌متر به بدنه و سر سیم دیگر به هریک از سیم‌پیچ‌های تخته‌کلم وصل شود، عقربه نباید منحرف شود. به‌عبارت دیگر نباید هیچ ارتباط الکتریکی بین کلاف‌های موتور با بدنه وجود داشته باشد. برای اطمینان می‌توان از مگر، لامپ تست یا اهم‌متر در رنج‌های بالا، عدم وجود اتصال بدنه را آزمایش کرد.

با کمک آچار اتصال ستاره را باز کنید.

با به‌کارگیری آچار مخصوص مهره‌ی مربوط به اتصالات تخته‌کلم را مطابق شکل ۸۹ـ۱ به یکدیگر وصل کنید.

شکل ۸۹ـ۱

در شکل ۹۰ـ۱ تخته‌کلم یک موتور را که به‌حالت مثلث وصل شده مشاهده می‌کنید. با استفاده از اهم‌متر، مقدار مقاومت بین ترمینال‌های موتور را اندازه‌گیری کنید.

$R_1 = RU1 - V1 = \frac{2}{3}(RU - x) = \cdots\cdots\Omega$

$R_2 = RV1 - W1 = \frac{2}{3}(RV - y) = \cdots\cdots\Omega$

$R_3 = RW1 - U1 = \frac{2}{3}(RW - z) = \cdots\cdots\Omega$

شکل ۹۰ـ۱

در این شرایط و در صورت سالم بودن موتور نباید هیچ ارتباط الکتریکی بین کلاف‌های موتور با بدنه وجود داشته باشد. برای اطمینان می‌توان از مگر یا اهم‌متر در رنج‌های [kΩ]، عدم اتصال سیم‌ها به بدنه را آزمایش کرد.

با کمک آچار اتصال مثلث را باز کنید.

سؤال: آیا نتایج به‌دست آمده با مطالب نظری مطابقت دارد؟

۶ـ۴ـ۱ـ مراحل اجرای کار

دو موتور سه‌فاز با توان‌های مختلف را از انبار تحویل بگیرید و کلیه‌ی مراحل قسمت ۵ـ۴ـ۱ را بر روی آن‌ها آزمایش کنید.

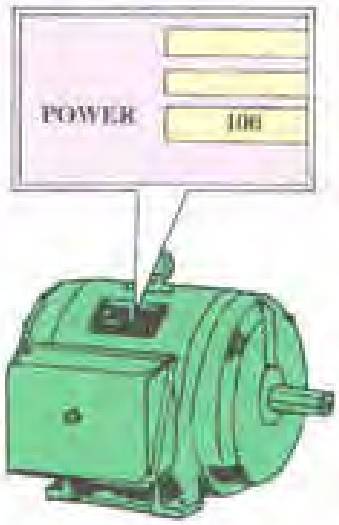
باسخ:

۵ـ۱ـ نکاتی درباره انتخاب موتورهای الکتریکی

درصورتی که بخواهیم موتوری را برای کار خاصی انتخاب کنیم به نکات زیر می‌بایست توجه کرد.

تناسب قدرت موتور با کار موردنظر

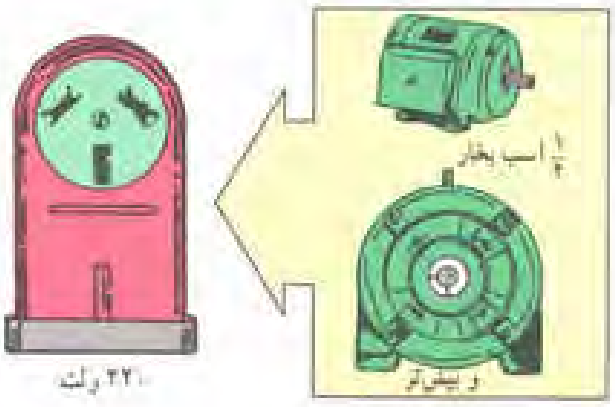
برای این منظور می‌بایست قدرتی که لازمست تا کار موردنظر را انجام دهد برحسب «وات» یا «اسب بخار» تعیین و سپس موتوری متناسب با آن قدرت انتخاب کرد (شکل ۹۱ـ۱).



شکل ۹۱ـ۱

درنظر گرفتن مقررات شرکت برق

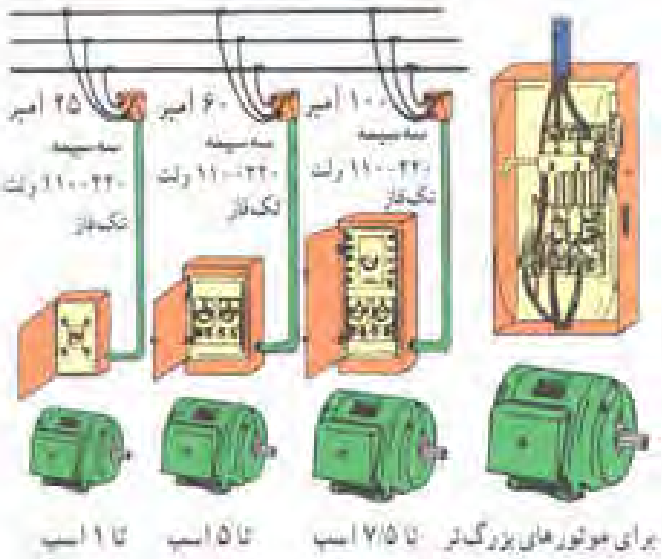
طبق استاندارد شرکت برق استفاده از موتورهای تا قدرت ۵ اسب‌بخار در شبکه‌ی تک‌فاز مجاز است. برای قدرت‌های بیش از ۵ اسب‌بخار حتماً می‌بایست از شبکه‌ی سه‌فاز استفاده شود (شکل ۹۲ـ۱).



شکل ۹۲ـ۱

توجه به میزان جریان‌دهی تابلوی برق

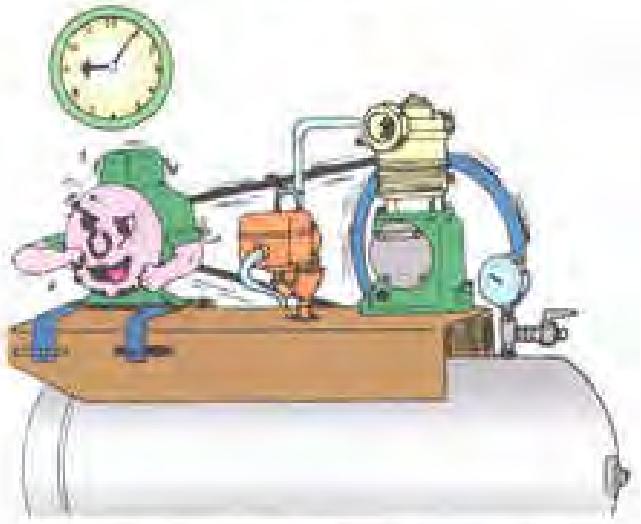
ظرفیت جریان‌دهی تابلوی برق می‌بایست حدوداً سه برابر جریان نامی موتور باشد تا توانایی تأمین جریان راه‌اندازی موتور را داشته باشد. بهترین روش برقرسانی آن است که یک نقطه‌ی توزیع مرکزی داشته باشیم و سپس برای هر قسمت یک تابلوی فرعی جداگانه تهیه کنیم (شکل ۹۳ـ۱).



شکل ۹۳ـ۱

تعیین سرعت مورد نیاز موتور (RPM)

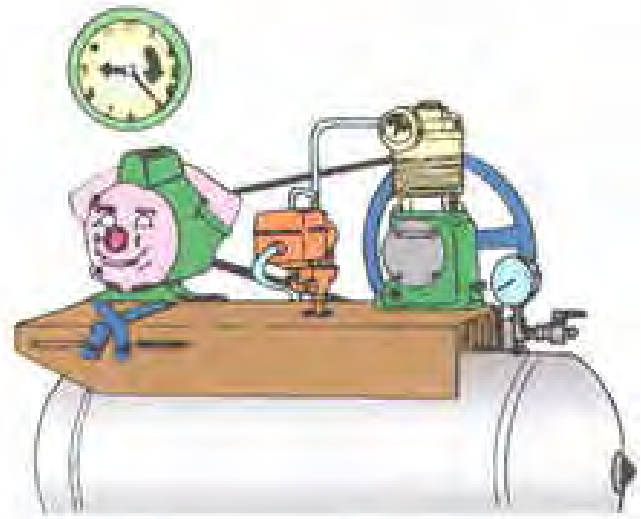
اگر سرعت مورد نیاز برای انجام کار را به‌صورت از پیش تعیین شده نمی‌دانید، بهتر است دنبال دستگاهی مشابه باشید و با اینکه موتوری با دور استاندارد انتخاب کنید و سپس با تغییر ولتاژ تغذیه‌ی آن به‌کمک اتوترانسفورماتور و یا با استفاده از گربکس و چرخ دنده، تعداد دور مناسب کار را به‌دست آورید.



شکل ۹۴ـ۱ـ موتور تا هنگامی که نیاز باشد کار کند.

درنظر گرفتن شرایط کاری موتور

منظور از شرایط کاری آن است که بررسی کنیم موتوری که برای کار موردنظر انتخاب می‌شود چه مدت درحالت خاموش و چه مدت تحت بار کامل می‌تواند باشد. معمولاً شرایط کاری موتورها یکی از دو حالت ۱) موتور با کار متناوب است. این مطلب بر روی پلاک موتورها مشخص می‌شود که در زمان انتخاب می‌بایست به آن توجه کرد (شکل‌های ۹۴ـ۱ و ۹۵ـ۱).



شکل ۹۵ـ۱ـ موتور برای مدتی خاموش

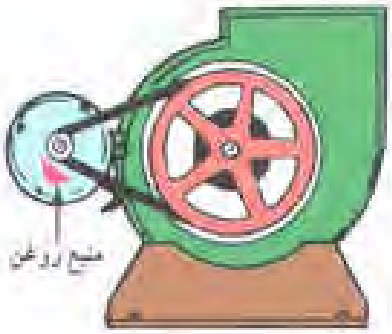
تعیین نوع (تیپ) موتور

در انتخاب نوع موتور به عواملی همچون نوع شبکه (سه‌فاز ـ تک‌فاز) هزینه‌ی خرید؛ شرایط و تجهیزات راه‌اندازی، گشتاور و جریان نامی موتور باید توجه کرد.

وضعیت نصب موتور

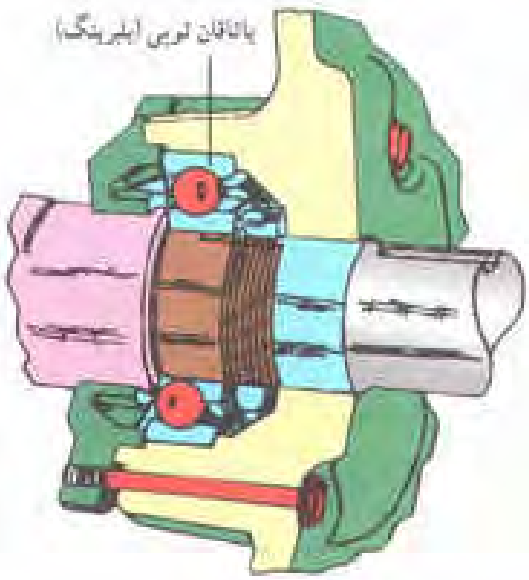
وضعیت نصب، یکی از عوامل فیزیکی است که در انتخاب یک موتور باید به آن توجه داشت زیرا وضعیت نصب نوع یاتاقان و چگونگی روغن‌کاری موتور را تعیین می‌کند. اگر به دو عامل فوق، یعنی نوع یاتاقان و شرایط روغن‌کاری توجه خاص نشود موتور انتخابی مناسب نبوده و کار موردنظر امکان دارد عمر آن نیز کاهش یابد. نصب موتور در یکی از حالات کف، روی دیوار و آویز از سقف اثر و نیروهایی را بر محور و یاتاقان‌های موتور وارد می‌آورد. شکل‌های ۹۶ـ۱، ۹۷ـ۱ و ۹۸ـ۱ وضعیت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

شکل ۹۶ـ۱ـ نصب در کف



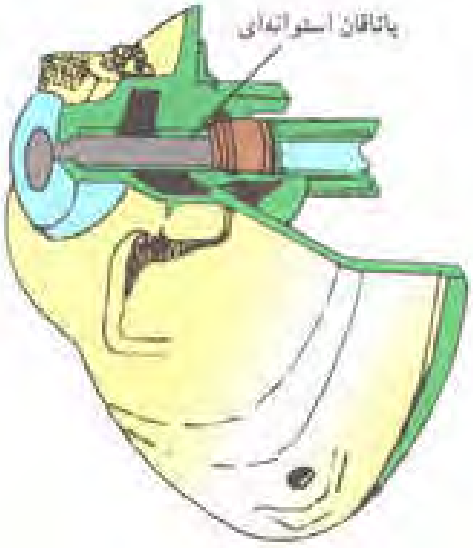
شکل ۹۷ـ۱ـ نصب روی دیوار

شکل ۹۸ـ۱ـ نصب از سقف



شکل ۹۹ـ۱

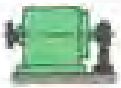
یاتاقان‌های به کار رفته در موتورهای الکتریکی یکی از دو نوع I) استوانه‌ای و یا II) نوبی (بلبرینگی) است. شکل‌های ۹۹ـ۱ و ۱۰۰ـ۱ تصاویری از این دو نوع یاتاقان را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰۰ـ۱

در جدول ۱۱ـ۱ چگونگی نصب موتورهای الکتریکی براساس استاندارد IEC نشان داده شده است.[1]

جدول ۱۱ـ۱ـ ماشین‌های الکتریکی

شرح	شکل	علایم کد ـ IEC
ماشین برای وضعیت عمودی		
مانند V3، اما سر آزاد محور در سمت پایین		V4 IM 3211
با دو یاتاقان نعوله،پایه برای نصب روی دیوار، سر آزاد محور در سمت پایین		V5 IM 1011
با دو یاتاقان سپری، طوق نصب و سر آزاد محور در سمت پایین		V10 IM 4011
مانند V10، اما سطح نصب بر روی طرف پیشانی (جلو)		V18 IM 3611
ماشین بدون یاتاقان و یا یاتاقان مجزا		
بدون محور، بدنه دارای پایه		A2 IM 5510
با دو یاتاقان سپری و یک یاتاقان مجزا		C2 IM 6010
با یک یاتاقان مجزا و محور طوق‌دار		D1 IM 7005
با دو یاتاقان مجزا، سر محور آزاد		D9 IM 7201
یاتاقان عرضی در بالا، طوق انتهای در پایین، نصب بر روی ستون حامل، انوار جوی، حلقه جاه		W1 IM 8015

شرح	شکل	علایم کد ـ IEC
ماشین با یاتاقان سپری		
با دو یاتاقان سپری و طوق (فلانج) نصب		B5 IM 3001
با دو یاتاقان سپری و یک سر آزاد محور، برای نصب روی دیوار		B6 IM 1051
مانند B6، اما سر آزاد محور در سمت چپ		B7 IM 1061
مانند B6، اما برای نصب از سقف		B8 IM 1071
با دو یاتاقان سپری و طوق (فلانج) نصب		B10 IM 4001
با دو یاتاقان سپری و سطح نصب بر روی سمت پیشانی (جلو)		B14 IM 3601
ماشین برای وضعیت عمودی		
با دو یاتاقان نعوله و طوق نصب، سر آزاد محور در سمت پایین		V1 IM 3011
مانند V1، اما سر آزاد محور در سمت بالا		V2 IM 3231
مانند V1، اما طوق نصب و سر آزاد محور در سمت بالا		V3 IM 3031

۱ـ بخاطر سپردن جزئیات جدول ضروری و اجباری نیست.

انتخاب نوع بدنه موتور

انتخاب نوع بدنه‌ی موتور به محیطی که می‌بایست در آن کار کند بستگی دارد. عوامل محیطی ممکن است موجب بروز اختلال در کار موتور می‌شود. از جمله‌ی این عوامل می‌توان به موارد مزاحم زیر اشاره کرد.

الف ـ گرد و غبار

ب ـ رطوبت

ج ـ گرما

د ـ احتمال وارد شدن ضربه

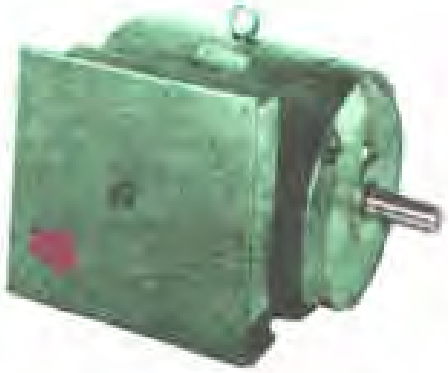
هـ ـ ریختن مایعات

در شکل‌های ۱۰۱ـ۱ ، ۱۰۲ـ۱ و ۱۰۳ـ۱ نمونه‌هایی از بدنه‌ی موتورها نشان داده شده است که نسبت به آب و گرد و غبار عایق هستند. علاوه بر بدنه به پایه و سیستم تهویه‌ی هوای داخل موتور نیز باید توجه داشت. استفاده از پایه‌ی لاستیکی لرزش و سر و صدای موتور را تا حد زیادی کاهش می‌دهد.

انتخاب سیستم حفاظتی مناسب

ضروری است برای هر موتور، حفاظت‌های الکتریکی مختلفی را پیش‌بینی کرد. این موارد به تفصیل در صفحات بعد بررسی خواهد شد.

شکل ۱۰۱ـ۱ـ بدنه ضد چکه



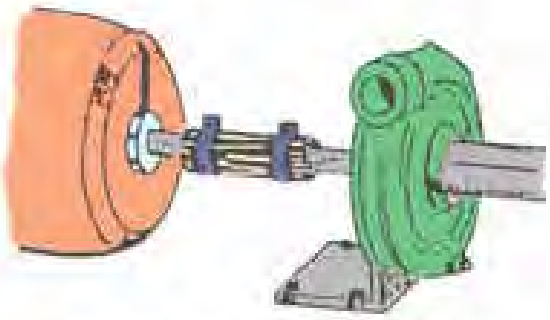
شکل ۱۰۲ـ۱ـ بدنه ضدترشح که بیش‌تر برای جلوگیری از ترشح مایعات به داخل موتور به‌کار می‌رود.

شکل ۱۰۳ـ۱ـ بدنه کاملاً بسته، در محیط‌های بسیار کثیف و غبارآلود به‌کار می‌رود.

انتخاب سیستم انتقال قدرت مناسب

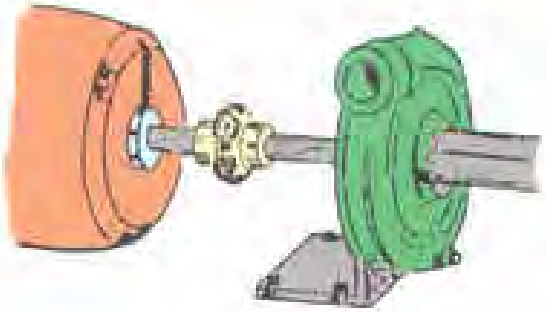
اگر موتوری را بخواهیم برای دستگاهی جایگزین و یا انتخاب کنیم حتماً باید به سیستم انتقال قدرت آن توجه داشته باشیم. برای انتقال قدرت دو نوع سیستم وجود دارد : I) سیستم انتقال قدرت مستقیم II) سیستم مبدل سرعت درصورتی که سرعت دستگاه با سرعت موتور یکی باشد از سیستم انتقال قدرت مستقیم می‌توان استفاده کرد. این کار با هم‌محور کردن روتور با محور دستگاه (کوپل کردن) به چهار صورت امکان‌پذیر است.

شکل ۱۰۴ـ۱ کوپلینگ لوله‌ای قابل انعطاف.



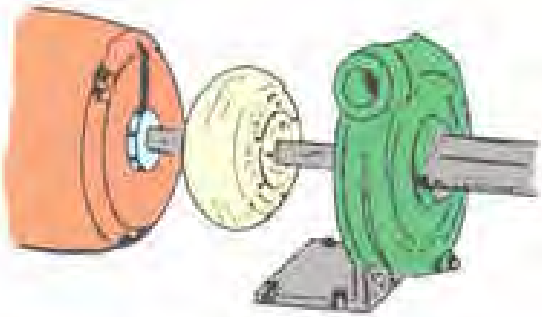
شکل ۱۰۴ـ۱ـ کوپلینگ لوله‌ای قابل انعطاف

شکل ۱۰۵ـ۱ کوپلینگ فلنجی.



شکل ۱۰۵ـ۱ـ کوپلینگ فلنجی

شکل ۱۰۶ـ۱ کوپلینگ فلنجی نرم و

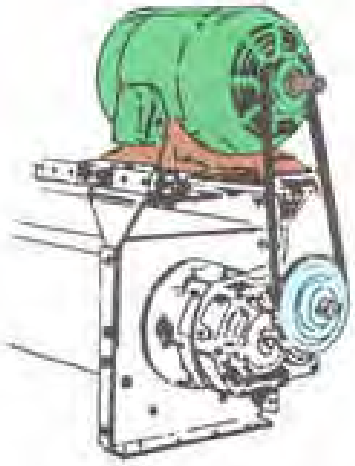


شکل ۱۰۶ـ۱ـ کوپلینگ فلنجی نرم

شکل ۱۰۷ـ۱ شفت قابل انعطاف را نشان می‌دهد.

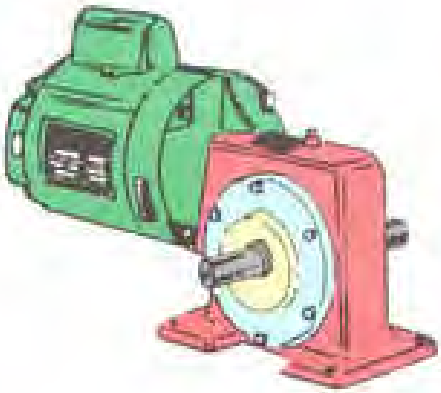
شکل ۱۰۷ـ۱ـ شفت قابل انعطاف

از سیستم مبدل سرعت، زمانی استفاده می‌شود که سرعت لازم برای وسیله‌ی موردنظر با سرعت موتور انتخاب شده یکی نباشد. در این صورت با یکی از سه روش نشان داده شده در شکل‌های ۱۰۸ـ۱، ۱۰۹ـ۱ و ۱۱۰ـ۱ عمل تبدیل سرعت انجام می‌شود.



شکل ۱۰۸ـ۱ـ انتقال قدرت با پولی و تسمه

شکل ۱۰۸ـ۱ انتقال قدرت با پولی و تسمه،



شکل ۱۰۹ـ۱ـ انتقال قدرت با استفاده از جعبه‌دنده (gearbox)

شکل ۱۰۹ـ۱ انتقال قدرت با جعبه‌دنده و

شکل ۱۱۰ـ۱ـ انتقال قدرت با چرخ و زنجیر

شکل ۱۱۰ـ۱ انتقال قدرت با چرخ و زنجیر را نشان می‌دهد.

توضیح: روش تغییر سرعت با تسمه و پولی از همه رایج‌تر و دارای محدودیت کم‌تر است.

۶ــ۱ــ توصیه‌های مؤثر برای استفاده‌ی بهینه از انرژی در موتورهای الکتریکی

جهت کاهش مصرف انرژی، انتخاب موتور باید بر مبنای بار نامی مورد نیاز صورت گیرد.

بسته به شرایط، هنگامی که موتور هیچ کار مفیدی انجام نمی‌دهد، می‌تواند تا ۵۰٪ بار نامی جریان بکشد. این مطلب به‌ویژه در مورد موتورهایی که به جعبه‌دنده و یا خط تقاله وصل شده‌اند صحت داشته و مجدداً بر لزوم برنامه‌ریزی صحیح برای زمان کار موتور تأکید می‌کند. بهترین عملکرد موتور در محدوده‌ی بین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد بار نامی است.

از آن جا که موتورها در محیط خنک کارآیی بهتری دارند لازم است تا گرمای ایجاد شده توسط موتور به محیط انتقال یابد. قابل ذکر است چنانچه دمای کار موتور از ۲۷ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد، به میزان ۲٪ به تلفات انرژی آن افزوده می‌شود.

موتورهای القایی دو نوع تلفات دارند: بخشی که با تغییر بار موتور تغییر می‌کند و بخش دیگر که ثابت است. تلفات نوع اول شامل تلفات سیم‌پیچی روتور و استاتور و تلفات نوع دوم شامل تلفات مکانیکی، (اصطکاک یاتاقان‌ها) و تلفات آهنی شامل تلفات هیسترزیس و فوکو در هسته استاتور و روتور است.

اگر بتوان با کاهش سرعت موتورهای سه‌فازی که بر روی پمپ‌ها و فن‌ها نصب می‌شود، سرعت سیال را کنترل کرد، صرفه‌جویی بسیاری حاصل می‌شود زیرا با کاهش سرعت پمپ، سرعت سیال به‌طور متناسب کم می‌شود در حالی که قدرت لازم برای فن یا الکتروموتورها با توان سوم سرعت کم می‌شود. این پتانسیل صرفه‌جویی در انرژی باعث کاربرد محرکه‌های دور متغیر شده است. دستیابی به ۸۰ درصد صرفه‌جویی در توان مصرفی، از این طریق امکان‌پذیر است.

معمولاً تعویض موتور، زمانی صورت می‌گیرد که تعمیر آن اقتصادی نباشد. به‌طور کلی مقایسه‌ی قیمت موتور جدید، هزینه‌ی تعمیرات متعدد و هزینه‌های ناشی از افزایش مصرف، معیارهای تعیین‌کننده‌ای برای زمان تعویض موتور خواهد بود.

شکل ۱۱۱ــ۱

شکل ۱۱۲ــ۱

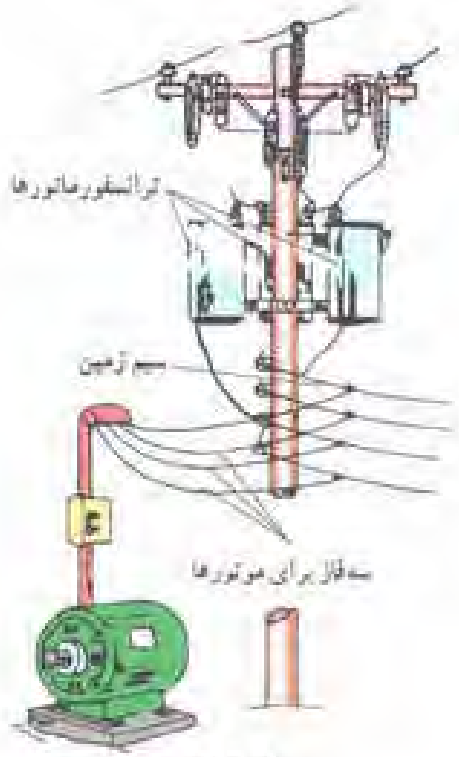
از جمله موارد کاهش انرژی مصرفی موتور، کم کردن تلفات آن است. برای کاهش تلفات مکانیکی، بازدید از یاتاقان‌ها و روغن کاری آن‌ها و برای کاهش تلفات سیم‌پیچی، به‌کارگیری موتور در محدوده‌ی توان مجاز آن مؤثر است.

انتخاب موتورهایی با راندمان کاری خوب (با توجه به پلاک موتور) در کاهش میزان انرژی مصرفی مؤثر است.

۷ـ۱ـ برق‌رسانی به موتورهای الکتریکی

برق‌رسانی و راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز از اهمیت خاصی برخوردار است. در انتخاب قطعاتی مانند فیوز، کلید، نوع سیم و سطح مقطع آن می‌بایست توجه خاص داشت چرا که در صورت انتخاب اشتباه هریک از موارد، احتمال وقوع حالات زیر است:

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



شکل ۱۱۳ـ۱

۸ـ۱ـ انتخاب کابل

برای برق‌رسانی و راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز معمولاً از کابل استفاده می‌شود.

انتخاب نوع و سطح مقطع هادی کابل به عوامل زیر بستگی دارد.

- قدرت مصرف‌کننده یا جریان مصرف‌کننده.
- فاصله‌ی مصرف‌کننده تا منبع انرژی الکتریکی (تابلو برق).
- نوع مصرف‌کننده (روشنایی یا موتوری).

ـ نوع جریان الکتریکی (جریان مستقیم ـ تک‌فاز یا سه‌فاز).

چون هادی‌های به‌کار رفته در مدارهای الکتریکی، دارای مقاومت هستند در اثر عبور جریان از داخل آن‌ها افت ولتاژ ایجاد می‌شود. در انتخاب سیم یا کابل مناسب موارد زیر را درنظر بگیرید:

ـ جریان عبوری از کابل از جریان مجاز کابل کم‌تر باشد.

ـ سطح مقطع طوری انتخاب شود که افت ولتاژ از حد مجاز تجاوز نکند.

ـ هادی‌های انتخاب شده، استحکام مکانیکی کافی داشته باشند.

شکل ۱۱۲ـ۱ تصاویری از کابل‌های چند رشته‌ی افشان و مفتولی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱۲ـ۱

جدول ۱۲ـ۱ حداکثر افت ولتاژ برحسب درصد در شبکه‌های ولتاژی مختلف را نشان می‌دهد.

در شبکه‌های DC یا AC (۲۳۰ / ۳۸۰)، مقدار درصد افت ولتاژ برای مصرف‌کننده‌های روشنایی، ۱/۵٪ و برای مصرف‌کننده‌های موتوری ۳٪ ولتاژ شبکه درنظر گرفته می‌شود.

جدول ۱۲ـ۱

ولتاژ نامی وضعیت شبکه	اشعاب مشترک	شبکه توزیع ۲۰kV	شبکه توزیع ۴۰۰V	پست ۴۰۰/۲۰kV	شبکه توزیع ۳۰kV
حداکثر افت ولتاژ	٪۱	٪۲	٪۳	٪۴	٪۱۰

۹ــ۱ــ نکاتی چند در خصوص انتخاب فیوز

- برای خطوط ساده، که جریان مصرف‌کننده و فاصله آن تا تابلو کم است از فیوزهای ذوب شونده می‌توان استفاده کرد.
- در شبکه‌های گسترده‌ی صنعتی بهتر است علاوه بر فیوزهای ذوب شونده از فیوزهای بی‌متالی یا مغناطیسی استفاده شود تا از خطر دوفاز شدن موتور درحین کار جلوگیری شود.
- در صورت معلوم بودن کابل یا سیم، فیوز مدار نیز طوری انتخاب شود که مدار صدمه نبیند.
- جریان نامی فیوزها براساس توان، ولتاژ و روش راه‌اندازی (مستقیم یا ستاره مثلث) تعیین شود.
- جریان نامی تعیین شده‌ی فیوز براساس قدرت موتور هیچ‌گاه نباید از جریان نامی مجاز فیوز سری با آن بیشتر باشد.
- با استفاده از جدول ۱۳ــ۱ علاوه بر فیوز مناسب جهت راه‌اندازی موتور می‌توان سطح مقطع کابل را نیز تعیین کرد. توصیه می‌شود برای مسیرهای طولانی از محاسبه‌ای را براساس سطح مقطع پیشنهادی انجام دهید تا درصد افت ولتاژ کمتر از مقدار مجاز (۳٪) باشد.

شکل ۱۱۵ــ۱

جدول ۱۲ـ۱ـ شدت جریان مجاز در هر سیم مسی با پوشش عایقی (لاستیکی یا پلاستیکی) و فیوز مربوطه برای درجه حرارت محیط $25^{\circ}C$ و برای سیم با عایق لاستیکی $T_L = 60^{\circ}C$ و برای سیم با عایق پلاستیکی $(U_o/u = 0.6/1kV) T_L = 70^{\circ}C$

مقطع سیم mm^2	گروه ۱		گروه ۲		گروه ۳	
	شدت جریان فیوز A	شدت جریان سیم A	شدت جریان فیوز A	شدت جریان سیم A	شدت جریان فیوز A	شدت جریان سیم A
۰/۷۵	—	—	۱۰	۱۳	۱۶	۱۶
۱	۱۰	۱۲	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰
۱/۵	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰	۲۵	۲۵
۲/۵	۲۰	۲۱	۲۵	۲۷	۳۵	۳۴
۴	۲۵	۲۷	۳۵	۳۶	۵۰	۴۵
۶	۳۵	۳۵	۵۰	۴۷	۶۳	۵۷
۱۰	۵۰	۴۸	۶۳	۶۵	۸۰	۷۸
۱۶	۶۳	۶۵	۸۰	۸۷	۱۰۰	۱۰۴
۲۵	۸۰	۸۸	۱۰۰	۱۱۵	۱۲۵	۱۳۷
۳۵	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۵	۱۴۳	۱۶۰	۱۶۸
۵۰	۱۲۵	۱۴۰	۱۶۰	۱۷۸	۲۰۰	۲۱۰
۷۰	۱۶۰	۱۷۵	۲۰۰	۲۲۰	۲۵۰	۲۶۰
۹۵	۲۰۰	۲۱۰	۲۵۰	۲۶۵	۳۱۰	۳۰۰
۱۲۰	۲۵۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۱۰	۳۵۵	۳۴۵
۱۵۰	—	—	۳۵۵	۳۵۵	۴۱۵	۴۲۵
۱۸۵	—	—	۴۰۵	۴۵۵	۴۷۵	۴۲۵
۲۴۰	—	—	۴۸۰	۴۲۵	۵۶۰	۵۰۰
۳۰۰	—	—	۵۵۵	۵۰۰	۶۲۵	۶۰۰
۴۰۰	—	—	—	—	۷۷۰	۷۱۰
۵۰۰	—	—	—	—	۸۸۰	۸۵۰

گروه ۱ = سیم‌های عایق یک رشته‌ای در لوله مانند

گروه ۲ = سیم‌های کابل مانند چند رشته‌ای مثل سیم NYA و سیم لوله‌ای ـ سیم زرهی ـ سیم با روپوش سربی

گروه ۳ = سیم‌های یک رشته‌ای که آزادانه در هوا کشیده شده‌اند، در صورتی که فاصله دو سیم حداقل مساوی قطر سیم باشد. سیم روی مقره ـ سیم‌های یک رشته‌ای مخصوص مصرف‌کنندگان متحرک

فیوز مناسب موتورهای آسنکرون روتور قفسی که به‌طور مستقیم به شبکه وصل می‌شوند می‌بایست از نوع کُندکار بوده و جریان نامی فیوز انتخاب شده می‌تواند ۱/۵، ۲ یا ۲/۵ برابر جریان نامی موتور باشد.

برای موتورهای آسنکرون روتور سیم‌پیچی نیز باید از فیوز کُندکار با جریان انتخابی برابر یک تا ۱/۵ برابر جریان نامی موتور استفاده کرد.

در مدارهایی که از ترانسفورماتور استفاده شده است برای حفاظت در مقابل اتصال کوتاه و در مدار سیم‌پیچ اولیه می‌توان فیوزی با جریان نامی حدود ۲ برابر جریان نامی موتور و در مدار ثانویه از فیوزی با جریان نامی برابر جریان نامی موتور استفاده کرد.

برای حفاظت مدارهایی که در آن‌ها خازن قرار می‌گیرد از فیوزی با ۱/۵ برابر جریان نامی خازن استفاده می‌شود.

شکل ۱۱۶ـ۱

جدول ۱۴ـ۱ـ جریان قابل تحمل فیوزهای مینیاتوری

ظرفیت قطع کنندگی Cat .Nos
Depth 53mm
- 6000 A according to NFC 61 400-EEC 19
- 10000 A according to IEC 157-1

40°C-3 positions: On-Off-Trip
Shielded terminals - capacity 25 mm²

تک پل
(1 Protected pole) 220/240-380/415V~

	Nominal rating (In)	No. of 17.5 mm modules
020 04	10 A	1
020 06	16 A	1
020 07	20 A	1
020 08	25 A	1
020 09	32 A	1

دو پل
(2 Protected poles) 380/415V~

020 34	10 A	2
020 35	16 A	2
020 36	20 A	2
020 37	25 A	2
020 38	32 A	2

سه پل
(3 Protected poles) 380/415V~

020 49	10 A	3
020 50	16 A	3
020 51	20 A	3
020 52	25 A	3
020 53	32 A	3

چهار پل
(4 Protected poles) 380/415V~

020 79	10 A	4
020 80	16 A	4
020 81	20 A	4
020 82	25 A	4
020 83	32 A	4

۱ـ۱ـ آشنایی با کلیدهای دستی سه‌فاز

از کلیدها برای قطع و وصل مصرف‌کننده‌ها در شبکه‌های الکتریکی استفاده می‌شود. کلیدها براساس نیرویی که سبب عملکرد آن‌ها می‌شود به دو دسته‌ی «ساده» و «مرکب» تقسیم می‌شوند :

کلیدهای ساده به کلیدهایی گفته می‌شود که برای تغییر حالت، احتیاج به انرژی مکانیکی دارند. مانند کلیدهای یک پل و دوپل یا سه‌فاز (شکل ۱۱۷ـ۱).

شکل ۱۱۷ـ۱ـ نمونه کلید ساده

کلیدهای مرکب برای تغییر حالت احتیاج به یک انرژی واسطه‌ای مانند انرژی الکتریکی یا الکترومغناطیسی دارند. از جمله‌ی این کلیدها می‌توان به رله‌های مغناطیسی و کنتاکتورها اشاره کرد (شکل ۱۱۸ـ۱).

شکل ۱۱۸ـ۱ـ نمونه کلیدهای مرکب

کلیدهای ساده خود به دو دسته‌ی لحظه‌ای و دائم کار تقسیم می‌شوند. به کلیدهایی که با اعمال نیروی مکانیکی عمل می‌کنند و با قطع نیرو، به حالت اولیه‌ی خود برمی‌گردند، کلیدهای «لحظه‌ای» گفته می‌شود. شستی‌ها از جمله‌ی این کلیدها هستند (شکل ۱۱۹ـ۱).

شکل ۱۱۹ـ۱ـ نمونه کلید لحظه‌ای

کلیدهای دائم‌کار پس از قطع نیروی مکانیکی وارد بر آن‌ها به حالت اولیه برنمی‌گردند. این قبیل کلیدها به صورت‌های «اهرمی»، «غلتکی» و «زبانه‌ای» وجود دارند (شکل ۱۲۰ـ۱).

شکل ۱۲۰ـ۱ـ نمونه کلید دائم‌کار

۱۱ـ۱ـ کلید دستی سه‌فاز اهرمی ساده

این کلید از جمله ساده‌ترین نوع کلیدها است. در ساختمان داخلی آن از یک سری کنتاکت‌های ثابت استفاده شده که در بین این کنتاکت‌ها یک تیغه‌ی متحرک قرار گرفته و با وارد شدن نیروی خارجی به اهرم آن، تیغه حرکت کرده و ارتباط بین دو طرف کلید را برقرار می‌کند. این کلیدها را معمولاً تحت عناوین «کلیدهای جاقویی» و یا «کلیدهای کاردی» می‌شناسند. از آن‌جایی که در لحظه‌ی قطع و یا وصل کلید، بین دو کنتاکت، جرقه تولید می‌شود و از طرف دیگر چون قسمت محافظ مناسب (جرقه‌گیر) در این کلیدها پیش‌بینی شده است. براساس استانداردهای معتبر، استفاده از آن‌ها مجاز نمی‌باشد، ولی در موارد کمی از این کلیدها برای قطع و وصل مدارهای جریان کم استفاده می‌شود. نوع سه‌فاز این کلید دارای ۶ پیچ است که سه پیچ آن برای ورودی و سه‌پیچ دیگر برای خروجی استفاده می‌شود. کلید اهرمی ساده دارای دو حالت قطع (O) و وصل (I) است.

در این نوع کلیدها مجموعه‌ی تیغه‌ها در داخل یک قاب قرار دارند تا حفاظت بیش‌تری شده باشد.

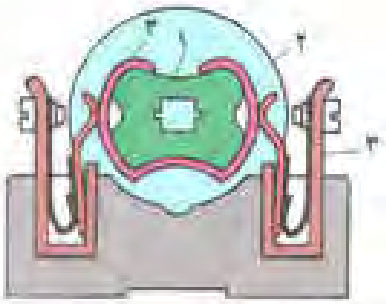
شکل‌های ۱۲۱ـ۱ و ۱۲۲ـ۱ به‌ترتیب، نمونه‌هایی از کلید اهرمی تک‌فاز و سه‌فاز را نشان می‌دهند.

شکل ۱۲۱ـ۱ـ کلید اهرمی تک‌فاز (جاقویی)

شکل ۱۲۲ـ۱ـ کلید اهرمی سه‌فاز (جاقویی)

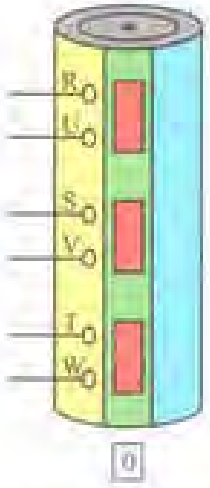
۱۲ــ۱ــ کلید دستی سه‌فاز غلتکی ساده

این کلیدها از یک استوانه‌ی عایق که توسط یک اهرم حول محور خود می‌چرخند تشکیل شده است. روی استوانه، قطعات هادی به‌صورت نیمه (نوار) نصب شده است. شکل استوانه و قطعات هادی به‌صورتی است که با حرکت استوانه در حول محور خود می‌توان کنتاکت‌های ثابتی را به‌هم وصل و یا از هم جدا کرد (شکل ۱۲۳ــ۱).



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

شکل ۱۲۳ــ۱ــ ساختمان داخلی کلید غلتکی



شکل ۱۲۴ــ۱ــ کلید غلتکی ساده، در حال قطع

چنان‌چه قسمت‌های قرورفته‌ی استوانه (غلتک) در جلوی کنتاکت‌های ثابت قرار گیرند حالت قطع و در صورتی که قسمت‌های برآمده روی کنتاکت‌های ثابت قرار بگیرد آن‌ها به‌هم وصل می‌شوند. شکل‌های ۱۲۴ــ۱ و ۱۲۵ــ۱ به‌ترتیب حالت قطع و وصل کلید غلتکی ساده را نشان می‌دهد. عمر این کلید به‌جهت متحرک بودن هادی روی کنتاکت‌ها زیاد نیست. به همین دلیل امروزه این نوع کلیدها ساخته نمی‌شوند.

شکل ۱۲۵ــ۱ــ کلید غلتکی ساده، در حال وصل

۱۳ــ۱ــ کلید دستی سه‌فاز زبانه‌ای ساده

ساختمان داخلی این کلیدها را در شکل ۱۲۶ــ۱ مشاهده می‌کنید. اجزای این کلید و وظایف هرکدام عبارت‌است از:

ــ **قاب:** حفاظت‌کننده‌ی اجزای داخلی کلید

ــ **فنر:** ایجاد کننده‌ی نیروی مخالف جهت بازگشت به حالت اولیه

ــ **اهرم:** انتقال‌دهنده‌ی نیروی مکانیکی خارجی به کلید

ــ **صفحه‌ی زبانه‌دار:** صفحه‌ی متحرکی که با گردش حول محور خود حالت کلید را عوض می‌کند.

ــ **کنتاکت‌های ثابت:** از این کنتاکت‌ها به‌صورت ثابت روی بدنه‌ی کلید به‌عنوان ورودی و خروجی جریان استفاده می‌شود.

ــ **کنتاکت‌های متحرک:** پلاتین‌هایی از جنس آلیاژ نقره‌اند و بر روی تکیه‌گاه سوار می‌شوند و توسط حرکت صفحه‌ی زبانه‌دار بالا و پایین رفته و مدار را وصل یا قطع می‌کنند.

شکل ۱۲۶ــ۱

طرز کار این کلید بدین‌صورت است که با چرخاندن اهرم، صفحه‌ی زبانه‌دار تغییر وضعیت می‌دهد و در فضای داخل استوانه می‌چرخد. چون روی صفحه‌ی متحرک، برجستگی و فرورفتگی‌هایی وجود دارد، براثر گردش اهرم این صفحه حرکت می‌کند و زبانه‌هایی را بالا و پایین می‌برد. زبانه‌ی مزبور کنتاکت‌های متحرک را به کنتاکت‌های ثابت وصل و یا آن‌ها را از هم جدا می‌کند.

شکل ۱۲۷ــ۱ــ کلید زبانه‌ای گردان

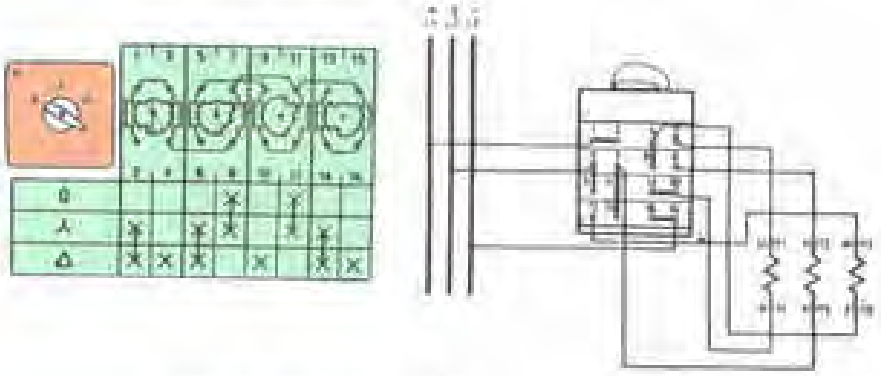
با تغییر در تعداد و یا محل زبانه‌های روی صفحه‌ی زبانه‌دار، می‌توان در کلیدهای زبانه‌ای تغییراتی ایجاد کرد و کلید را برای کاربردهای مختلف ساخت. نمونه‌ی گردان این کلیدها را در شکل ۱۲۷ــ۱ و نمونه‌ی اهرمی آن را که به «کلید چندتی» نیز معروف است در شکل ۱۲۸ــ۱ مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۲۸ــ۱ــ کلید زبانه‌ای اهرمی

امروزه به دلیل ساختمان ساده، قیمت مناسب، عمر طولانی و تنوع در عملکرد، کلیدهای زبانه‌ای در سطح وسیعی تولید و به‌کار گرفته می‌شوند. قبلاً اشاره کردیم که کلیدهای چاقویی (اهرمی) به‌دلیل ایمنی پایین نامطلوب هستند و نیز کلیدهای غلتکی از چرخه‌ی تولید خارج شده‌اند به همین دلیل در این کتاب کارهای عملی مربوط به کلیدهای دستی با استفاده از کلیدهای زبانه‌ای مطرح شده است.

در شکل ۱۲۹ـ۱ تصویر انواع مختلف کلید زبانه‌ای گردان را مشاهده می‌کنید.

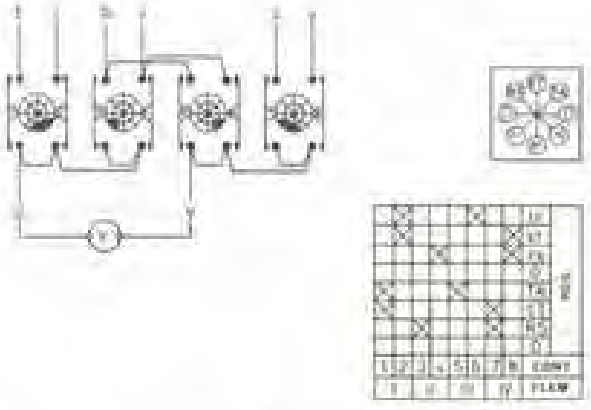
شکل ۱۲۹ـ۱ـ کلیدهای زبانه‌ای گردان



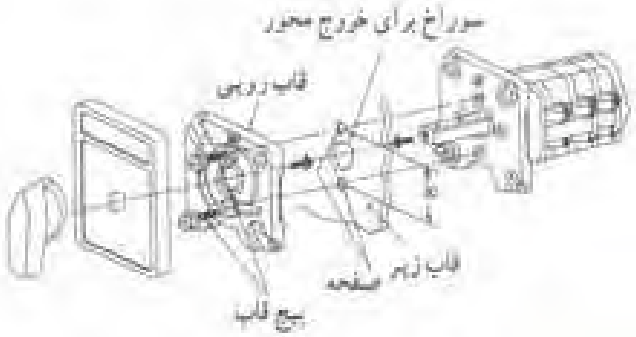
شکل ۱۳۰ـ۱ـ کلید ستاره مثلث

در کاتالوگ کلیدهای زبانه‌ای، اغلب با شکل‌هایی وضعیت قرار گرفتن تیغه‌ها و جدول‌های وضعیت‌های کاری کلید نشان داده می‌شود.

در شکل‌های ۱۳۰ـ۱ و ۱۳۱ـ۱ دو نمونه از این جدول‌های وضعیت‌ها نشان داده شده است. در این جدول‌ها علامت × داخل هر کادر نشان‌دهنده‌ی مربع شکل، نشان‌دهنده مشخص می‌کند که کدام یک از کنتاکت‌ها به یکدیگر وصل می‌شوند.



شکل ۱۳۱ـ۱ـ کلید ولتمتری



شکل ۱۳۲ـ۱ـ تصویر گسترده کلید

شکل ۱۳۲ـ۱ تصویر گسترده اجزای یک نمونه کلید گردان (تابلویی) را نشان می‌دهد. از این شکل برای بستن کلید بر روی تابلو می‌توان استفاده کرد زیرا مراحل سوار کردن قسمت‌های مختلف کلید بر روی هم را نشان می‌دهد. در شکل ۱۳۳ـ۱ تصاویر نمونه‌هایی از کلیدهای زبانه‌ای گردان که در زمینه‌های مختلف کاربرد دارند را مشاهده می‌کنید.

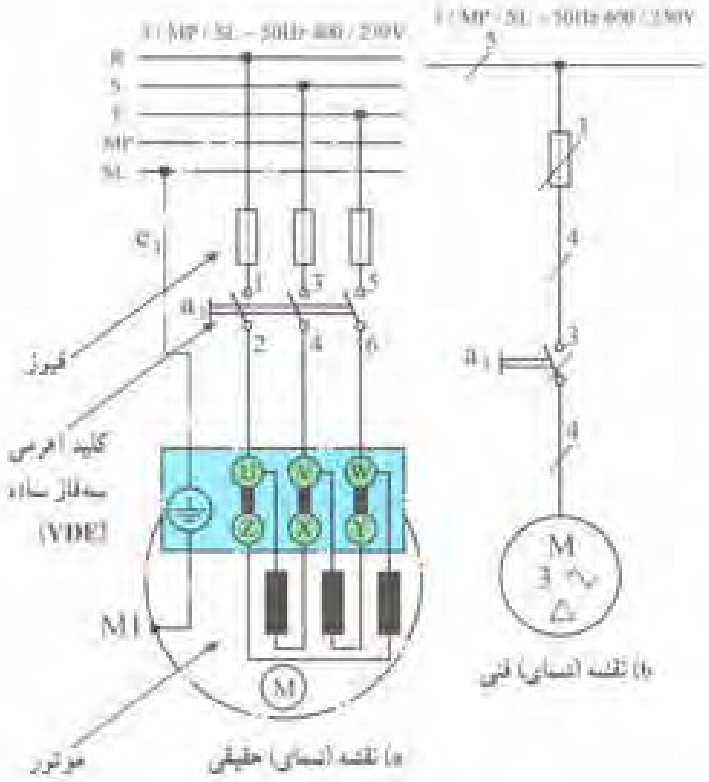
شکل ۱۳۳ـ۱ـ تصویر ظاهری دو نمونه کلید زبانه‌ای گردان

۱۴ـ۱ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید دستی ساده

۱ـ۱۴ـ۱ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید اهرمی ساده

مدار راه‌اندازی یک موتور سه‌فاز به‌وسیله‌ی کلید اهرمی ساده (O - I) در استاندارد قدیم در شکل ۱۳۴ـ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، سه‌فاز R ، S و T به ترمینال‌های ۱، ۳ و ۵ وصل شده و ترمینال‌های ۲، ۴ و ۶ به پیچ‌های U۱، V۱ و W۱ یا (U۱، V۱ و W۱) موتور اتصال می‌یابد.

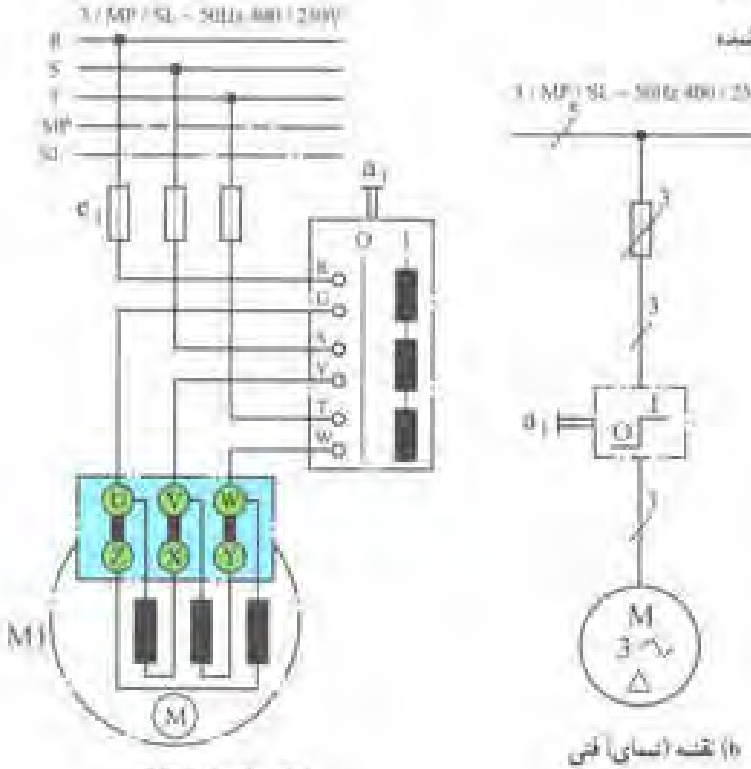
هرگاه کلید از حالت صفر به یک، تغییر وضعیت داده شود ترمینال‌های ۱ یا ۲، ۳ یا ۴ و ۵ یا ۶ اتصال می‌یابد و موتور از طریق کلید به شبکه وصل می‌شود.



شکل ۱۳۴ـ۱ـ اتصال موتور سه‌فاز به شبکه به‌وسیله کلید دستی اهرمی ساده

۲ـ۱۴ـ۱ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید غلتکی ساده

نقشه‌ی مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید (I - O) غلتکی ساده در استاندارد قدیم در تصویر ۱۳۵ـ۱ نشان داده شده است.



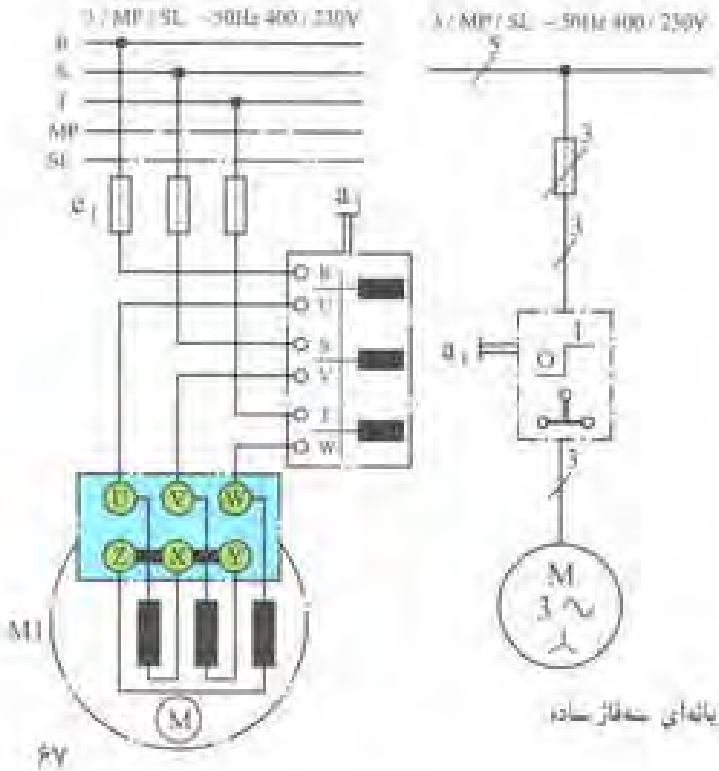
a) نقشه اتصالی حقیقی

b) نقشه اتصالی فنی

شکل ۱۳۵ـ۱ـ اتصال موتور سه‌فاز به شبکه بوسیله کلید غلتکی سه‌فاز ساده

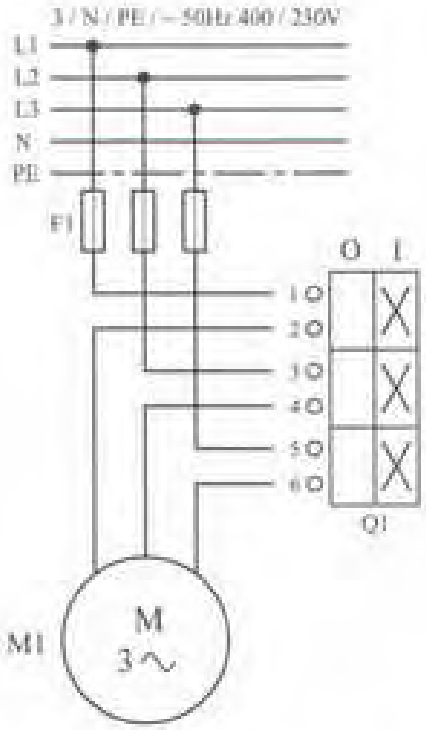
۳ـ۱۴ـ۱ـ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید زبانه‌ای ساده

مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز به‌وسیله‌ی کلید قطع و وصل (I - O) زبانه‌ای در استاندارد قدیم مطابق شکل ۱۳۶ـ۱ است.



شکل ۱۳۶ـ۱ـ اتصال موتور سه‌فاز به‌شبکه بوسیله‌ی کلید زبانه‌ای سه‌فاز ساده

در استاندارد IEC کلید زبانه‌ای سه‌فاز ساده به‌صورت شکل ۱۳۷ـ۱ نشان داده می‌شود. لازم به‌ذکر است در استاندارد IEC نوع کلید از روی نمای آن مشخص نبوده نمی‌باشد. ضمناً سه‌فاز و نول را با علامات L۳، L۲، L۱ و N نشان داده می‌شوند.



شکل ۱۳۷ـ۱ـ نمای کلید زبانه‌ای در استاندارد IEC

چند تذکر مهم

از مربیان عزیز تقاضا می‌شود که در ابتدای هر کار عملی، موارد زیر را به کارآموزان یادآور شوند.

۱ جون ولتاژ کار مدار زیاد است و احتمال برق‌گرفتگی شدید وجود دارد همیشه در ضمن توضیح هر کار عملی تذکرات لازم در خصوص رعایت نکات ایمنی بیان شود.

۲ فاصله‌های مناسب برای نصب (مونتاژ) قطعات روی تابلو برق را با توجه به امکانات موجود تعیین کنید. سعی شود فاصله‌های بین قطعات در کارهای مشابه مساوی باشند تا کارآموزان بتوانند از سیم‌ها و کابل‌های بریده شده در کارهای مختلف استفاده کنند.

۳ به کارآموزان تذکرهای لازم پیرامون حفظ و نگهداری قطعات، ابزار کار و همچنین بریدن و باز کردن سیم‌ها و کابل‌ها داده شود تا ضایعات و تلفات کمتری در سیم و کابل داشته باشند.

۱۵ــ۱ــ کار عملی شماره (۲)

۱ــ۱۵ــ۱ــ هدف

راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون با کلید سه‌فاز ساده زبانه‌ای (نوع بدنه چدنی)

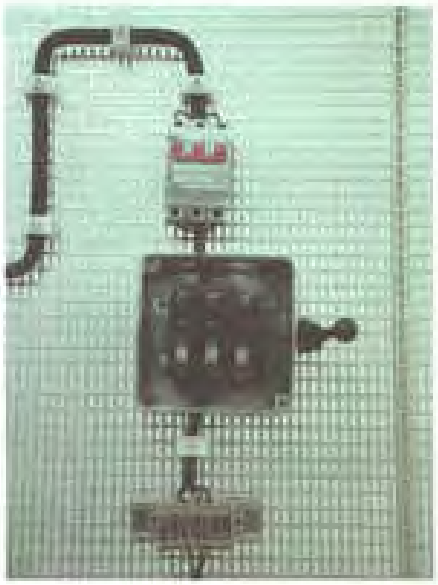
۲ــ۱۵ــ۱ــ زمان آموزش و اجرای کار

ساعات آموزش	
نظری	عملی
ــ	۸

اجرای هر کار عملی نیاز به تئوری‌هایی در ارتباط با عملیات کارگاهی دارد. در هر کار عملی متناسب با نیاز، مدت زمانی به آن اختصاص می‌یابد. این زمان عملاً جزء ساعات کار عملی محسوب شده است.

۳ـ۱۵ـ۱ـ نکات حفاظتی و اجرایی

■ قبل از وصل کلید، تمامی سیم‌هایی که زیر پیچ‌ها قرار داده‌اید را مورد بازبینی قرار دهید تا کاملاً زیر پیچ بوده و با نابلو ارتباط نداشته باشد (شکل a ـ ۱۳۸ـ۱).



(a)

■ جریان فیوز مدار را متناسب با جریان موتوری که در مسیر آن قرار دارد انتخاب کنید (شکل b ـ ۱۳۸ـ۱).

(b)

■ سطح مقطع و تعداد رشته سیم‌های کابل را متناسب با نوع و مقدار جریان موتور انتخاب کنید (شکل c ـ ۱۳۸ـ۱).

(c)

■ در زمان روکش‌برداری از کابل با رعایت نکات ایمنی مراقب باشید تا دست‌های شما زخمی نشود (شکل d ـ ۱۳۸ـ۱).

(d)

■ در اتصال مدار و نصب کابل دقت کنید تا به روکش کابل صدمه وارد نشود (شکل ج ـ ۱۳۸ـ۱).

(ج)

■ بدون حضور مربی خود، هیچ‌گاه مدار را به برق وصل نکنید (شکل ب ـ ۱۳۸ـ۱).

(ب)

شکل ۱۳۸ـ۱

۴ـ۱۵ـ۱ـ وسایل و ابزارهای مورد نیاز

برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارهای قسمت ۴ـ۴ـ۱ به‌همراه وسایل معرفی شده در جدول مقابل استفاده کنید.

نام وسایل و ابزار	حرف مشخصه	تعداد
	M۱	۱ عدد
	Q۱	۱ عدد
	P۱	۱عدد

۵ـ۱۵ـ۱ـ مراحل اجرای کار

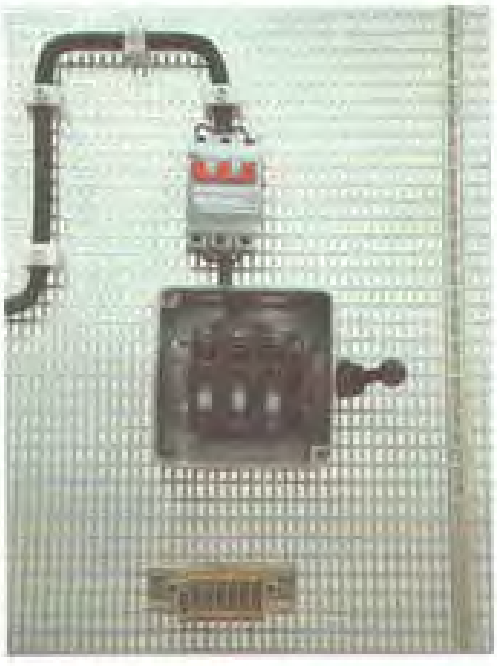
وسایل و قطعات مدار را مطابق شکل ۱۳۹ـ۱ روی تابلو نصب کنید.

شکل ۱۳۹ـ۱ـ نمای تابلو قطعات نصب شده روی آن

در نصب وسایل دقت کنید. کابل بین قطعات، مسیر مستقیم داشته باشد تا بتوان از محل‌های ورودی و خروجی کلید به راحتی از کابل انشعاب گرفته و اتصال داد (شکل ۱۴۰ـ۱).

شکل ۱۴۰ـ۱ـ نمای قطعات نصب شده روی تابلو

با استفاده از نقشه‌ی داده شده در شکل ۱۳۶ـ۱ سیم‌های کابل را مطابق شکل ۱۴۱ـ۱ به پیچ‌های ورودی فیوز مینیاتوری سه‌فاز وصل کرده و از پیچ‌های خروجی فیوز سه‌فاز اصلی را به پیچ‌هایی از کلید که با حروف L۱، L۲ و L۳ یا R، S و T مشخص شده‌اند وصل کنید.



شکل ۱۴۱ـ۱ـ نمای قطعات نصب شده با کابل ورودی برق

سیم‌هایی از کلید که با حروف U1، V1 و W1 یا U، V و W مشخص شده‌اند را به سه سر U1، V1 و W1 یا U، V و W کلاف‌های موتور مطابق شکل ۱۴۲ـ۱ وصل کنید.

شکل ۱۴۲ـ۱ـ تابلو قطعات نصب شده به همراه کابل و موتور متصل شده

تخته‌کلم موتور را بررسی کنید تا انتهای کلاف‌های موتور مطابق شکل ۱۴۳ـ۱ به‌صورت ستاره وصل شده باشند.

فیوز مینیاتوری را وصل کنید. کلید را در حالت وصل قرار دهید و کارکرد موتور در حالت ستاره را مشاهده کنید.

شکل ۱۴۳ـ۱

جدول ۱۵ـ۱

ردیف	نام وسیله یا قطعه	مشخصات
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		

مشخصات وسایلی که در این مدار به‌کار برده‌اید را در جدول ۱۵ـ۱ بنویسید.

تمرین

نقشه‌ی موتاژ وسایل مدار و نقشه‌ی اتصال موتور به کلید در استاندارد قدیم و IEC را در دفتر گزارش کار رسم کنید.

۱۶ــ۱ــ کار عملی شماره (۳)

۱ــ۱۶ــ۱ــ هدف

راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون با کلید سه‌فاز ساده زبانه‌ای (نوع گردان یا تابلویی)

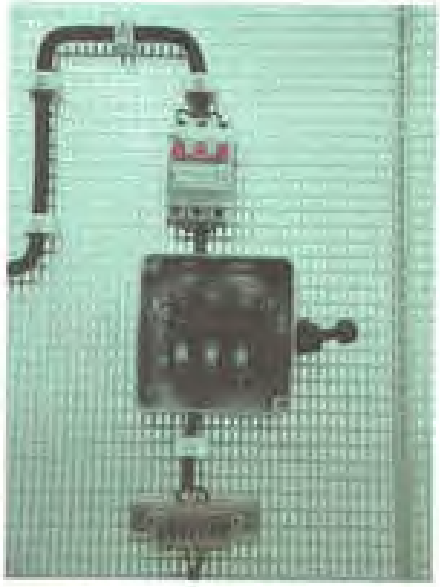
۲ــ۱۶ــ۱ــ زمان آموزش و اجرای کار

ساعات آموزش	
نظری	عملی
ــ	۸

اجرای هر کار عملی نیاز به تئوری‌هایی در ارتباط با عملیات کارگاهی دارد. در هر کار عملی متناسب با نیاز، مدت زمانی به آن اختصاص می‌یابد. این زمان عملاً جزء ساعات کار عملی محسوب شده است.

۳ـ۱۶ـ۱ـ نکات حفاظتی و اجرایی

■ قبل از وصل کلید، تمامی سیم‌هایی که زیر پیچ‌ها قرار داده‌اید را مورد بازبینی قرار دهید تا کاملاً زیر پیچ بوده و با تابلو ارتباط نداشته باشد (شکل a ـ ۱۴۴ـ۱).



(a)

■ جریان فیوز مدار را متناسب با جریان موتوری که در مسیر آن قرار دارد انتخاب کنید (شکل b ـ ۱۴۴ـ۱).

(b)

■ سطح مقطع و تعداد رشته سیم‌های کابل را متناسب با نوع و مقدار جریان موتور انتخاب کنید (شکل c ـ ۱۴۴ـ۱).

(c)

■ در زمان روکش‌برداری از کابل با رعایت نکات ایمنی مراقب باشید تا دست‌های شما زخمی نشود (شکل d ـ ۱۴۴ـ۱).

(d)

■ در اتصال مدار و نصب کابل دقت کنید تا به روکش کابل صدمه وارد نشود (شکل ب ـ ۱۴۴ـ۱).

■ بدون حضور مربی خود، هیچ‌گاه مدار را به برق وصل نکنید (شکل ا ـ ۱۴۴ـ۱).

شکل ۱۴۴ـ۱

۴ـ۱۶ـ۱ـ وسایل و ابزارهای مورد نیاز

برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارهای قسمت ۴ـ۴ـ۱ به‌همراه وسایل معرفی شده، در جدول مقابل استفاده کنید.

نام وسایل و ابزار	حرف مشخصه	تعداد
	M۱	۱عدد
	Q۱	۱عدد
	F۱	۱عدد

تذکر: کلید تابلوی مورد استفاده برای انجام کار بایستی قبلاً در داخل قوطی یا روی پایه مناسب نصب شود.

۵ـ۱۶ـ۱ـ مراحل اجرای کار

وسایل و قطعات مدار را مطابق شکل ۱۴۵ـ۱ روی تابلو نصب کنید.

شکل ۱۴۵ـ۱ـ نمای تابلو و قطعات نصب شده روی آن

در نصب وسایل دقت کنید. کابل بین قطعات، مسیر مستقیم داشته باشد تا بتوان از محل‌های ورودی و خروجی کلید به راحتی از کابل انشعاب گرفته و اتصال داد (شکل ۱۴۶ـ۱).

شکل ۱۴۶ـ۱ـ نمای قطعات نصب شده روی تابلو

با استفاده از نقشه‌ی داده شده در شکل ۱۳۷ـ۱ سیم‌های کابل را مطابق شکل ۱۴۷ـ۱ به پیچ‌های ورودی فیوز مینیاتوری سه‌فاز وصل و از پیچ‌های خروجی فیوز سه‌فاز اصلی را به پیچ‌هایی از کلید که با حروف L۱، L۲ و L۳ یا R، S و T مشخص شده‌اند وصل کنید.

شکل ۱۴۷ـ۱ـ نمای قطعات نصب شده با کابل ورودی برق

پیچ‌هایی از کلید که با حروف U1 ، V1 و W1 یا U، V و W مشخص شده‌اند را به سه سر U1 ، V1 و W1 یا U، V و W کلاف‌های موتور مطابق شکل ۱۴۸ـ۱ وصل کنید.

شکل ۱۴۸ـ۱ـ نمای قطعات نصب شده به همراه کابل و موتور متصل شده

تخته‌کلم موتور را بررسی کنید تا انتهای کلاف‌های موتور مطابق شکل ۱۴۹ـ۱ به‌صورت ستاره وصل شده باشند.

فیوز مینیاتوری را وصل کنید. کلید را در حالت وصل قرار دهید و کارکرد موتور در حالت ستاره را مشاهده کنید.

شکل ۱۴۹ـ۱

جدول ۱۶ـ۱

ردیف	نام وسیله یا قطعه	مشخصات
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		

مشخصات وسایلی که در این مدار به‌کار برده‌اید را در جدول ۱۶ـ۱ بنویسید.

تمرین

نقشه‌ی مونتاژ وسایل مدار و نقشه‌ی اتصال موتور به کلید در استاندارد قدیم و IEC را در دفتر گزارش کار رسم کنید.

۱۷ـ۱ـ کلیدهای دستی سه‌فاز چپ‌گرد ـ راست‌گرد

۱ـ۱۷ـ۱ـ کلید دستی سه فاز چپ گرد ـ راست گرد اهرمی

برای تغییر جهت موتور لازم است تا جای دوفاز روی سیم‌پیچی‌های استاتور موتور عوض شود.

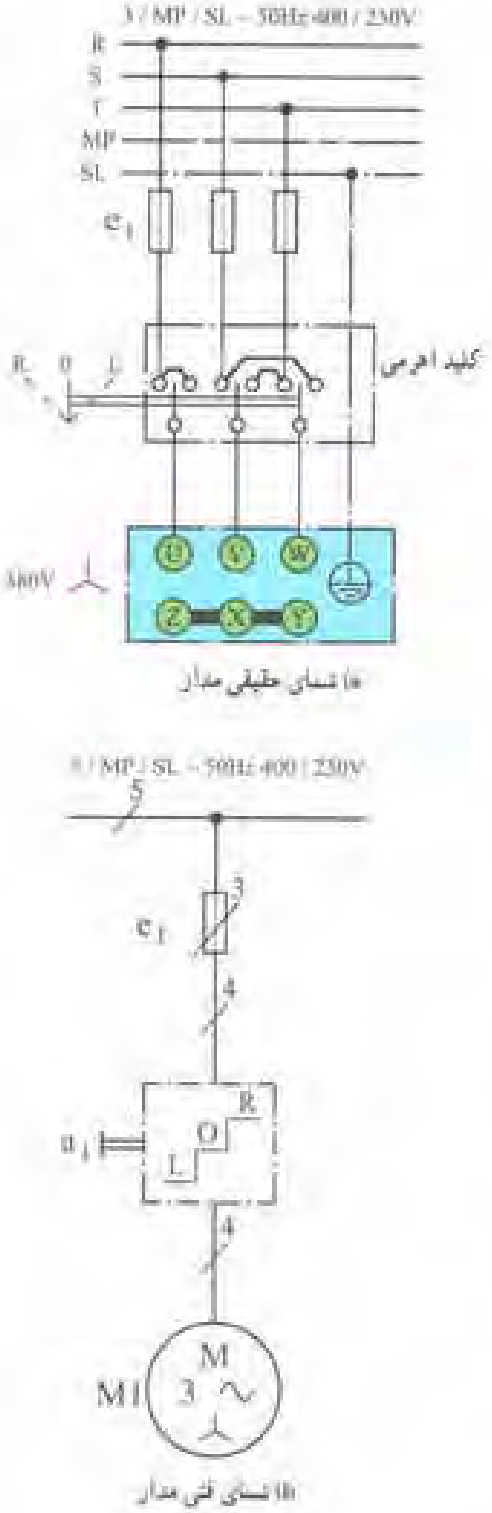
در ساخت کلیدهای چپ‌گرد ـ راست‌گرد به چند نکته مهم توجه می‌شود:

ـ اولاً: در بین دو حالت چپ‌گرد ـ راست‌گرد حتماً حالت خاموش (حالت صفر) وجود دارد.

ـ ثانیاً: قاب و پلاتین‌های کلید طوری طراحی می‌شود که قدرت تحمل جرقه‌ای که در مقابل عوض شدن جای دوفاز برای تغییر جهت حرکت موتور به‌وجود می‌آید را داشته باشد.

ـ ثالثاً: عمل تعویض جای دوفاز یک شکل ساده انجام شود. شکل‌های (a ـ ۱۵ـ۱) و (b ـ ۱۵ـ۱) به‌ترتیب شمای حقیقی و شمای فنی کلید چپ‌گرد ـ راست‌گرد اهرمی را در استاندارد VDE نشان می‌دهد.

امروزه کلید چپ‌گرد ـ راست‌گرد اهرمی ساده در صنعت مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.



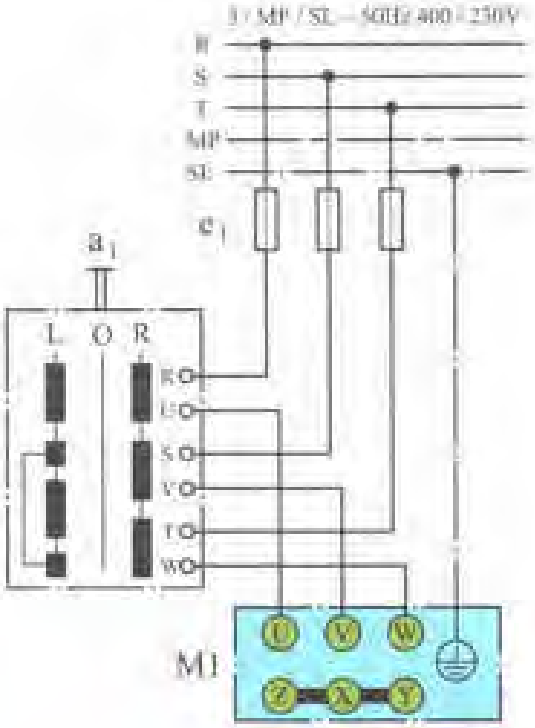
a) شمای حقیقی مدار

b) شمای فنی مدار

شکل ۱۵ـ۱ـ اتصال موتور سه‌فاز به شبکه به‌وسیله کلید چپ‌گرد ـ راست‌گرد اهرمی

۲ـ۱۷ـ۱ـ کلید دستی سه‌فاز چپ‌گرد ـ راست‌گرد غلتکی

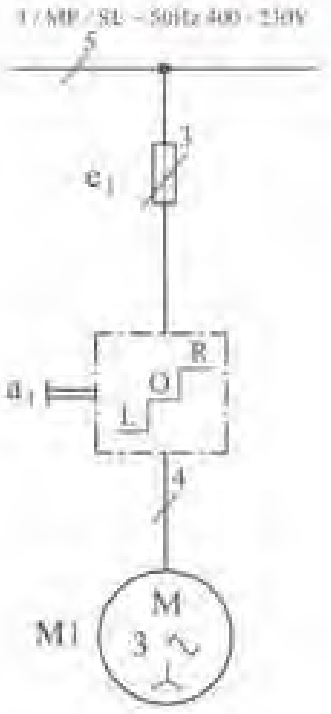
عملکرد این کلید نیز مشابه کلید اهرمی است. با این تفاوت که در کلید غلتکی برای وصل سه‌فاز ورودی به موتور از پلاتین‌هایی استفاده شده که بر اثر چرخاندن اهرم در یک‌طرف کلید، پلاتین‌ها روی دو کنتاکت قرار گرفته و مدار را وصل می‌کند و در صورت چرخاندن اهرم در سمت مخالف، جهت موتور عوض می‌شود. همان‌طوری‌که در شکل (a ـ۱۵۱ـ۱) مشاهده می‌شود برای ایجاد تغییر جهت در این کلید جای دوفاز دوم و سوم عوض شده است. این شکل نمای حقیقی مدار کلید غلتکی را براساس استاندارد قدیم نشان می‌دهد. هرگاه کلید در وضعیت R قرار گیرد فاز R به ترمینال U موتور، فاز S به ترمینال V و فاز T به W وصل شده و موتور راست‌گرد کار می‌کند.



a) نمای حقیقی

در وضعیت صفر موتور خاموش است و در وضعیت L کلید، فاز R به U، S به W و T به V وصل می‌شود و موتور به حالت چپ‌گرد کار می‌کند. ملاحظه می‌شود فاز R در حالت چپ‌گرد نیز به ترمینال U موتور وصل شده و تغییر اتصال نمی‌دهد.

بایستی توجه داشت که در هر حالت اتصال تخته‌کلم سیم‌پیچ‌های موتور با توجه به ولتاژ نامی آن به‌صورت ستاره یا مثلث برقرار باشد. در شکل (a ـ۱۵۱ـ۲) اتصال سیم‌پیچ‌های موتور به‌صورت ستاره است. شکل (b ـ۱۵۱ـ۱) نمای فنی مدار را نشان می‌دهد.



b) نمای فنی

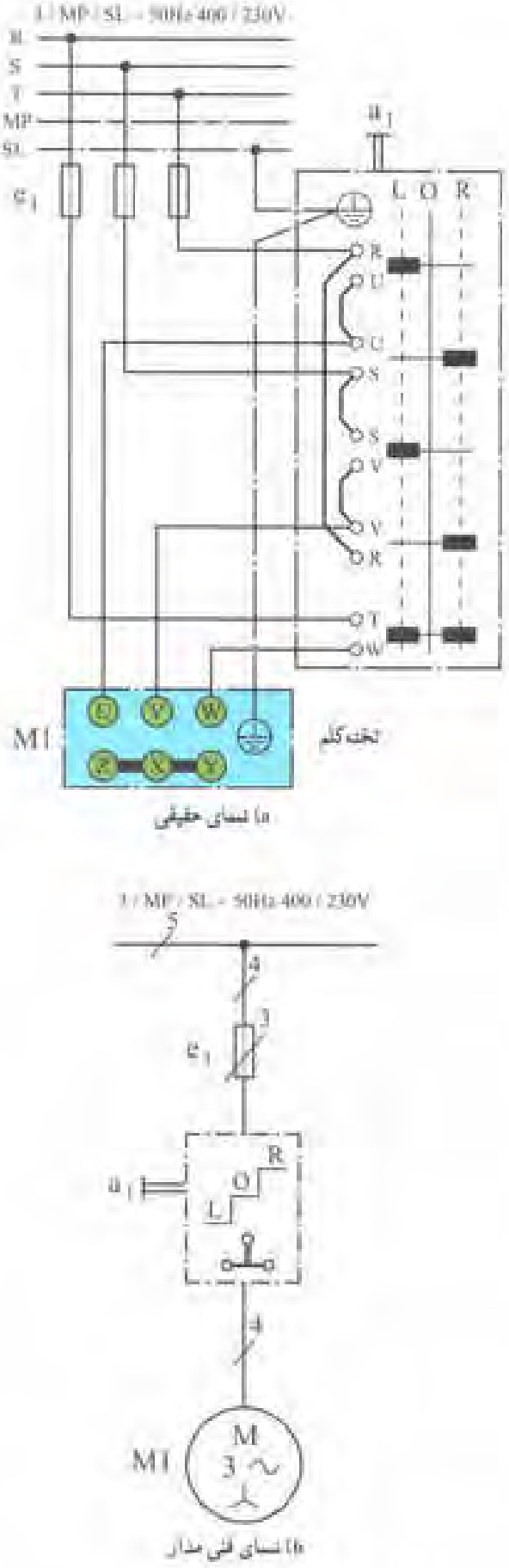
شکل ۱۵۱ـ۱

۳ـ۱۷ـ۱ـ کلید دستی سه‌فاز چپ‌گرد ـ راست‌گرد زبانه‌ای

همان‌طوری‌که در قسمت کلیدهای ساده اصول کار کلید زبانه‌ای توضیح داده شد، در این کلید نیز مشابه کلید زبانه‌ای ساده در اثر چرخاندن اهرم، صفحه‌ی زبانه‌دار، تغییر وضعیت می‌دهد و در این‌صورت بر اثر قرار گرفتن فرورفتگی‌ها و برجستگی‌ها جلوی پایه‌ی پلاتین‌ها تیغه‌های بسته یا باز می‌شوند در شکل a ـ۱۵۲ـ۱ نمای حقیقی کلید چپ‌گرد ـ راست‌گرد زبانه‌ای در استاندارد (VDE) نشان داده شده است.

در وضعیت R کلید، سه فاز R، S و T شبکه به‌ترتیب به ترمینال‌های U ، V و W موتور وصل می‌شوند و موتور در جهت راست می‌گردد. در وضعیت L کلید جای دو فاز R و S روی ترمینال‌های موتور با هم عوض شده و موتور در جهت چپ می‌چرخد. در وضعیت صفر، کلید موتور خاموش است.

در شکل b ـ۱۵۲ـ۱ نمای فنی مدار کلید چپ‌گرد ـ راست‌گرد زبانه‌ای را مشاهده می‌کنید.



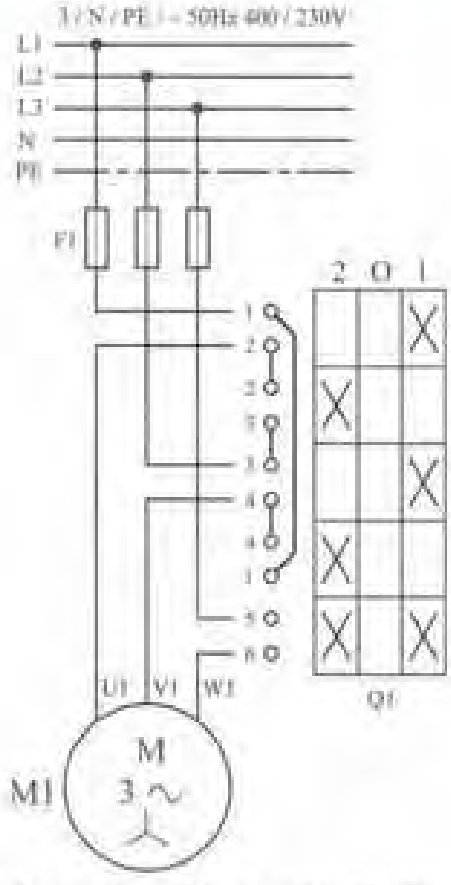
شکل ۱۵۲ـ۱ـ مدار کلید چپ‌گرد و راست‌گرد زبانه‌ای در استاندارد قدیم (VDE)

شکل ۱۵۳ـ۱

شکل ۱۵۳ـ۱ تصویر واقعی یک کلید زبانه‌ای تابلویی و

شکل ۱۵۴ـ۱

شکل ۱۵۴ـ۱ تصویر کلید زبانه‌ای روکار را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵۵ـ۱ـ نمای حقیقی مدار کلید چپ‌گرد ـ راست‌گرد زبانه‌ای در استاندارد IEC

نمای حقیقی مدار کلید چپ‌گرد ـ راست‌گرد زبانه‌ای در استاندارد IEC به‌صورت شکل ۱۵۵ـ۱ است. همان‌گونه که در شکل مشخص شده، در وضعیت (۱) کلید، ترمینال‌های ۱، ۳ و ۵ به‌ترتیب به ترمینال‌های ۲، ۴ و ۶ و سه فاز L1، L2 و L3 شبکه به ترمینال‌های U1، V1 و W1 موتور متصل شده و موتور به‌صورت راست‌گرد به گردش درمی‌آید.

در وضعیت ۲ کلید، ترمینال‌های ۲ به ۳، ۴ به ۱ و ۵ به ۶ متصل می‌شوند. ملاحظه می‌شود در این‌صورت جای دوفاز L۱ و L۲ روی ترمینال‌های موتور عوض شده ولی L۳ هم‌چنان به W۱ وصل است. پس موتور در جهت چپ به گردش درمی‌آید.

شکل ۱۵۶ـ۱ شمای داخلی و وضعیت ترمینال‌های کلید چپ‌گرد ـ راست‌گرد زبانه‌ای از نوع بدنه جدلی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۵۶ـ۱ـ شمای داخلی کلید زبانه‌ای از نوع بدنه چدنی

۱۸ـ۱ـ کار عملی شماره (۴)

۱ـ۱۸ـ۱ـ هدف

راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون با کلید سه‌فاز
چپ‌گرد ـ راست‌گرد زبانه‌ای (بدنه جدنی)

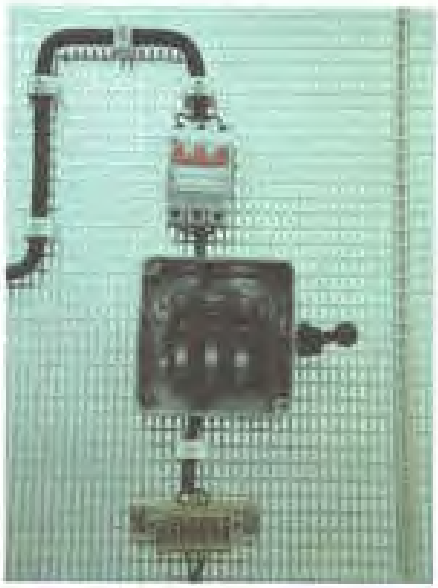
۲ـ۱۸ـ۱ـ زمان آموزش و اجرای کار

ساعات آموزش	
نظری	عملی
ـ	۸

اجرای هر کار عملی نیاز به تئوری‌هایی در ارتباط با عملیات کارگاهی دارد. در هر کار عملی متناسب با نیاز، مدت زمانی به آن اختصاص می‌یابد. این زمان عملاً جزء ساعات کار عملی محسوب شده است.

۳ـ۱۸ـ۱ـ نکات حفاظتی و اجرایی

■ قبل از وصل کلید، تمامی سیم‌هایی که زیر پیچ‌ها قرار داده‌اید را مورد بازبینی قرار دهید تا کاملاً زیر پیچ بوده و با تابلو ارتباط نداشته باشد (شکل a ـ۱۵۷ـ۱).

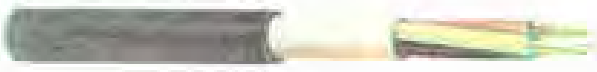


(a)

■ جریان فیوز مدار را متناسب با جریان موتوری که در مسیر آن قرار دارد انتخاب کنید (شکل b ـ۱۵۷ـ۱).

(b)

■ سطح مقطع و تعداد رشته سیم‌های کابل را متناسب با نوع و مقدار جریان موتور انتخاب کنید (شکل c ـ۱۵۷ـ۱).



(c)

■ در زمان روکش‌برداری از کابل با رعایت نکات ایمنی مراقب باشید تا دست‌های شما زخمی نشود (شکل d ـ۱۵۷ـ۱).

(d)

■ در اتصال مدار و نصب کامل دقت کنید تا به روکش کابل صدمه وارد نشود (شکل ب ـ۱۵۷ـ۱).

(ب)

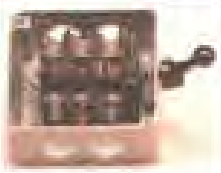
■ بدون حضور مربی خود، هیچ‌گاه مدار را به برق وصل نکنید (شکل ا ـ۱۵۷ـ۱).

(ا)

شکل ۱۵۷ـ۱

۴ـ۱۸ـ۱ـ وسایل و ابزارهای مورد نیاز

برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارهای قسمت ۴ـ۴ـ۱ به همراه وسایل معرفی شده جدول مقابل استفاده کنید.

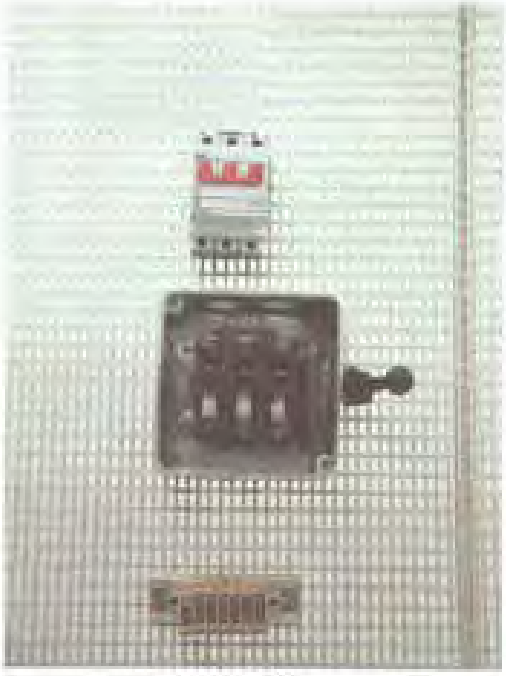
نام وسایل و ابزار	حرف مشخصه	تعداد
	m۱	۱عدد
	Q۱	۱عدد
	P۱	۱عدد

۵ـ۱۸ـ۱ـ مراحل اجرای کار

وسایل و قطعات مدار را مطابق شکل ۱۵۸ـ۱ روی تابلو نصب کنید.

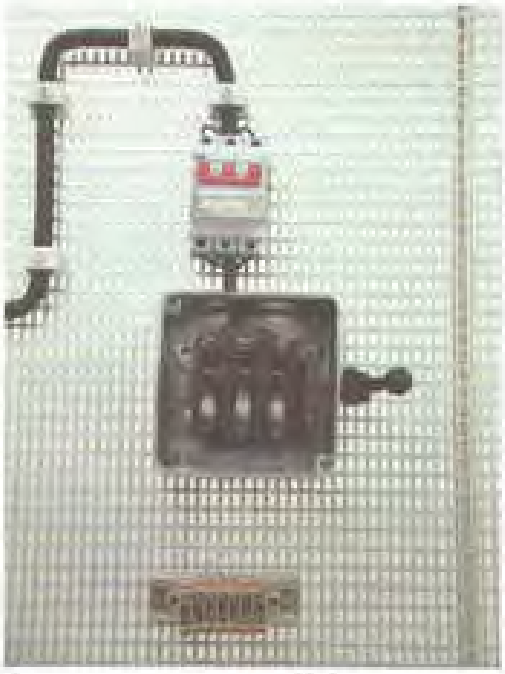
شکل ۱۵۸ـ۱

در نصب وسایل دقت کنید، کابل بین قطعات، مسیر مستقیم داشته باشد تا بتوان از محل‌های ورودی و خروجی کلید به‌راحتی کابل را انشعاب گرفته و اتصال داد (شکل ۱۵۹ـ۱).



شکل ۱۵۹ـ۱

با استفاده از نقشه‌ی داده شده در شکل ۱۵۲ـ۱ سیم‌های کابل را مطابق شکل ۱۶۰ـ۱ به پیچ‌های ورودی فیوز مینیاتوری سه‌فاز وصل و از پیچ‌های خروجی فیوز، سه‌فاز اصلی را به پیچ‌هایی از کلید که با حروف L۱، L۲ و L۳ یا R، S و T مشخص شده‌اند وصل کنید.



شکل ۱۶۰ـ۱

پیچ‌هایی از کلید که با حروف U1 ، V1 و W1 یا U، V و W مشخص شده‌اند را به سه سر U1 ، V1 و W1 یا U، V و W کلاف‌های موتور مطابق شکل ۱۶۱ـ۱ وصل کنید.

شکل ۱۶۱ـ۱

تخته‌کلم موتور را بررسی کنید تا انتهای کلاف‌های موتور مطابق شکل ۱۶۲ـ۱ به‌صورت ستاره وصل شده باشند.

شکل ۱۶۲ـ۱

فیوز مینیاتوری را وصل کنید. کلید را در حالت راست‌گرد (R یا ۱) قرار داده و وضعیت کارکرد و جهت چرخش موتور را مشاهده کنید.

کلید را به حالت اول بازگردانده و سپس در حالت چپ‌گرد (L یا ۲) قرار دهید و وضعیت کار و جهت چرخش موتور را مشاهده کنید.

کلید را در حالت قطع (0) قرار دهید.

جدول ۱۷ـ۱

ردیف	نام وسیله یا قطعه	مشخصات
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		

مشخصات وسایل به‌کار رفته در مدار را در جدول ۱۷ـ۱ بنویسید.

تمرین

نقشه‌ی مونتاژ وسایل مدار و نقشه اتصال موتور به کلید در استاندارد قدیم و IEC را در دفتر گزارش کار رسم کنید.

۱۹ـ۱ـ کار عملی شماره (۵)

۱ـ۱۹ـ۱ـ هدف

راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون با کلید سه‌فاز
چپ‌گرد ـ راست‌گرد زبانه‌ای تابلویی (گردان)

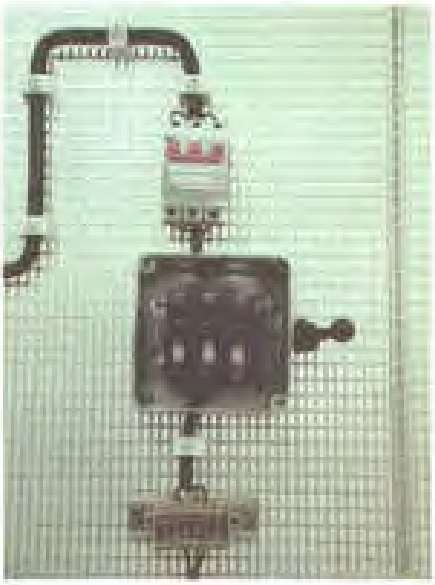
۲ـ۱۹ـ۱ـ زمان آموزش و اجرای کار

ساعات آموزش	
نظری	عملی
ـ	۸

اجرای هر کار عملی نیاز به تئوری‌هایی در ارتباط با عملیات کارگاهی دارد. در هر کار عملی متناسب با نیاز، مدت زمانی به آن اختصاص می‌یابد. این زمان عملاً جزء ساعات کار عملی محسوب شده است.

۳ـ۱۹ـ۱ـ نکات حفاظتی و اجرایی

■ قبل از وصل کلید، تمامی سیم‌هایی که زیر پیچ‌ها قرار داده‌اید را مورد بازبینی قرار دهید تا کاملاً زیر پیچ برده و با نابلو ارتباط نداشته باشد (شکل a ـ۱۶۳ـ۱).



(a)

■ جریان فیوز مدار را متناسب با جریان موتور که در مسیر آن قرار دارد انتخاب کنید (شکل b ـ۱۶۳ـ۱).

(b)

■ سطح مقطع و تعداد رشته سیم‌های کابل را متناسب با نوع و مقدار جریان موتور انتخاب کنید (شکل c ـ۱۶۳ـ۱).

(c)

■ در زمان روکش‌برداری از کابل با رعایت نکات ایمنی مراقب باشید تا دست‌های شما زخمی نشود (شکل d ـ۱۶۳ـ۱).

(d)

■ در اتصال مدار و نصب کابل دقت کنید تا به روکش کابل صدمه وارد نشود (شکل e ـ۱۶۳ـ۱).

(e)

■ بدون حضور مربی خود، هیچ‌گاه مدار را به برق وصل نکنید (شکل f ـ۱۶۳ـ۱).

(f)

شکل ۱۶۳ـ۱

۴ـ۱۹ـ۱ـ وسایل و ابزارهای مورد نیاز

برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارهای قسمت ۴ـ۴ـ۱ به همراه وسایل معرفی شده در جدول مقابل استفاده کنید.

نام وسایل و ابزار	حرف مشخصه	تعداد
	m۱	۱ عدد
	Q۱	۱ عدد
	P۱	۱عدد

تذکر: کلید تابلویی مورد استفاده برای انجام کار بایستی قبلاً در داخل فوطی یا روی پایه مناسب نصب شود.

۵ـ۱۹ـ۱ـ مراحل اجرای کار

وسایل و قطعات مدار را مطابق شکل ۱۶۴ـ۱ روی تابلو نصب کنید.

شکل ۱۶۴ـ۱

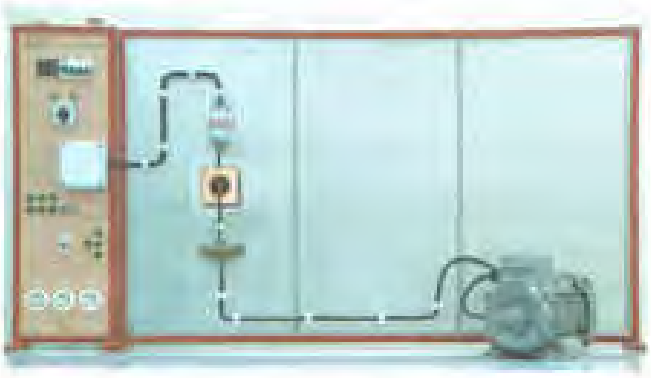
در نصب وسایل دقت کنید که کابل بین قطعات، مسیر مستقیم داشته باشد تا بتوان از محل‌های ورودی و خروجی کلید به‌راحتی کابل را انشعاب گرفته و اتصال داد (شکل ۱۶۵ـ۱).

شکل ۱۶۵ـ۱

با استفاده از نقشه‌ی داده شده در شکل ۱۵۲ـ۱ سیم‌های کابل را مطابق شکل ۱۶۶ـ۱ به پیچ‌های ورودی قبوز مینیاتوری سه‌فاز وصل کنید و از پیچ‌های خروجی قبوز سه‌فاز اصلی را به پیچ‌هایی از کلید که با حروف L۱، L۲ و L۳ یا R، S و T مشخص شده‌اند وصل کنید.

شکل ۱۶۶ـ۱

پیچ‌هایی از کلید که با حروف U۱ ، V۱ و W۱ یا U، V و W مشخص شده‌اند را به سه سر U۱ ، V۱ و W۱ یا U، V و W کلاف‌های موتور مطابق شکل ۱۶۷ـ۱ وصل کنید.



شکل ۱۶۷ـ۱

تخته‌کلم موتور را بررسی کنید تا انتهای کلاف‌های موتور مطابق شکل ۱۶۸ـ۱ به‌صورت مثلث وصل شده باشند.

فیوز میناتوری را وصل کنید. کلید را در حالت راست‌گرد (R یا ۱) قرار داده و وضعیت کارکرد و جهت چرخش موتور را مشاهده کنید.

کلید را به حالت اول بازگردانید و سپس در حالت چپ‌گرد (L یا ۲) قرار دهید و وضعیت کار و جهت چرخش موتور را مشاهده کنید.

کلید را در حالت قطع (0) قرار دهید.

شکل ۱۶۸ـ۱

جدول ۱۸ـ۱

مشخصات وسایل به‌کار رفته در مدار را در جدول ۱۸ـ۱ بنویسید.

ردیف	نام وسیله یا قطعه	مشخصات
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		

تمرین

نقشه‌ی مونتاژ وسایل مدار و نقشه‌ی اتصال موتور به کلید در استاندارد قدیم و IEC را در دفتر گزارش کار رسم کنید.

۲۰ـ۱ـ کلید دستی سه‌فاز ستاره ـ مثلث

کلیدهای دستی سه‌فاز ستاره مثلث دارای دو نوع غلتکی و زبانه‌ای هستند.

۱ـ ۲۰ـ۱ـ کلید دستی ستاره ـ مثلث غلتکی

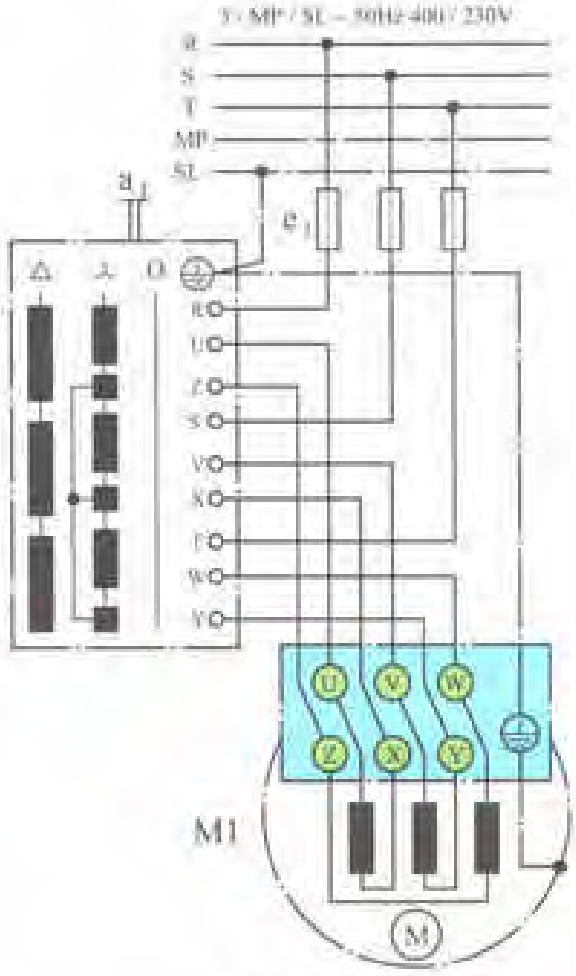
کلید ستاره مثلث غلتکی دارای سه وضعیت ۰، λ و Δ است. با چرخاندن اهرم کلید، دو گروه پلاتین به پیچ‌های مقابل خود متصل می‌شوند. گروه اول پلاتین‌هایی هستند که سه‌فاز را به ابتدای کلاف‌های موتور وصل می‌کنند: R ← U، S ← V و T ← W. گروه دوم پلاتین‌هایی هستند که به یکدیگر وصل می‌شوند و نقطه‌ی صفر (کور) را در کلید می‌سازند تا انتهای کلاف‌ها (x، y و z) ستاره به یکدیگر متصل شوند.

$$\lambda \begin{cases} R \rightarrow U & z \\ S \rightarrow V & x \\ T \rightarrow W & y \end{cases} \quad \text{یا} \quad \begin{cases} L1 \rightarrow U1 & W2 \\ L2 \rightarrow V1 & U2 \\ L3 \rightarrow W1 & V2 \end{cases}$$

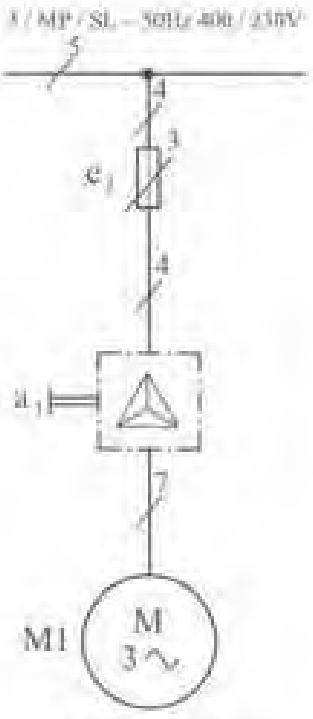
با چرخاندن یک مرحله‌ی دیگر، اهرم کلید وضعیت اتصال پیچ‌های کلید تغییر می‌کند و پلاتین‌های انتهایی به پیچ‌های مقابل خود متصل می‌شوند. در این صورت وضعیت اتصال ترمینال‌های مدار چنین خواهد شد:

$$\Delta \begin{cases} R \rightarrow U \rightarrow z \\ S \rightarrow V \rightarrow x \\ T \rightarrow W \rightarrow y \end{cases} \quad \text{یا} \quad \begin{cases} L1 \rightarrow U1 \rightarrow W2 \\ L2 \rightarrow V1 \rightarrow U2 \\ L3 \rightarrow W1 \rightarrow V2 \end{cases}$$

شکل (a ـ ۱۶۹ـ۱) نمای حقیقی و شکل (b ـ ۱۶۹ـ۱) نمای فنی مدار کلید ستاره مثلث غلتکی را در استاندارد قدیم نشان می‌دهد.



a) نمای حقیقی

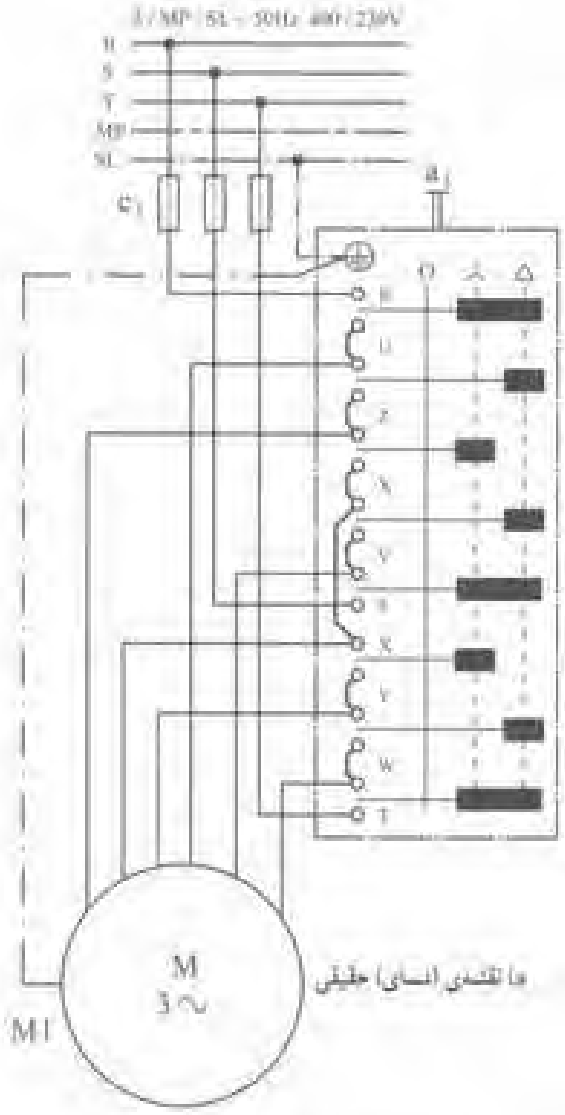


b) نمای فنی مدار

شکل ۱۶۹ـ۱

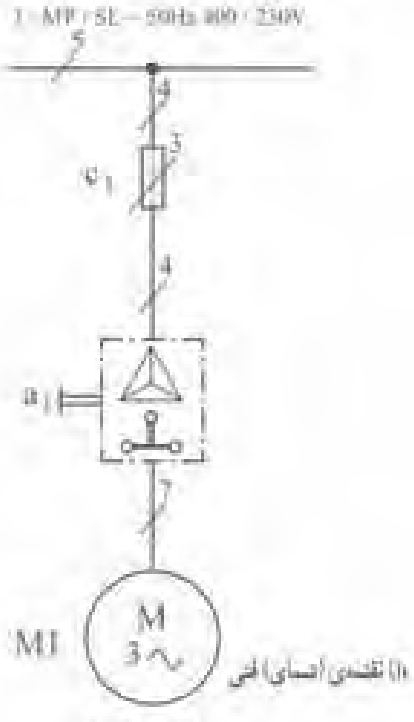
۲ـ۲۰ـ۱ـ کلید دستی ستاره ـ مثلث زبانه‌ای

در شکل (a ـ ۱۷۰ـ۱) شمای حقیقی کلید زبانه‌ای ستاره مثلث در استاندارد قدیم مشاهده می‌شود. هرگاه کلید را یک مرحله حرکت دهیم تا از وضعیت صفر درآید و در وضعیت ستاره قرار گیرد یک‌سری زبانه‌ها (بلاتین‌ها) به سمت جلو حرکت می‌کنند و تعدادی از پیچ‌های کلید را به یکدیگر اتصال می‌دهد. به همین‌ترتیب اگر کلید در وضعیت مثلث قرار گیرد این حالت برای برخی پیچ‌ها به‌صورت اتصال‌های جدید اتفاق می‌افتد ولی در برخی پیچ‌های کلید، عمل قطع صورت نمی‌گیرد بلکه در حالت دوم نیز عمل اتصال مجدداً تکرار می‌شود.



a) نقشه‌ی (نمای) حقیقی

شکل (b ـ ۱۷۰ـ۱) شمای فنی کلید زبانه‌ای ستاره مثلث نشان داده شده است.



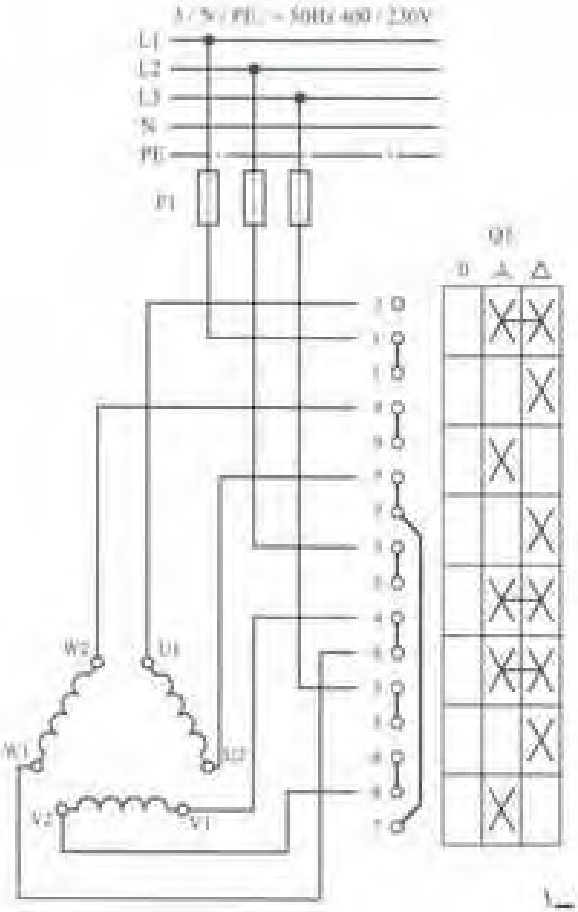
b) نقشه‌ی (نمای) فنی

شکل ۱۷۰ـ۱

شکل ۱۷۱ـ۱

در شکل ۱۷۱ـ۱ تصویر واقعی کلید ستاره مثلث زبانه‌ای (نوع بدنه‌ی چدنی) و در شکل ۱۷۲ـ۱ تصویر یک نمونه کلید ستاره مثلث (نوع تابلویی) را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۷۲ـ۱



شکل ۱۷۳ـ۱

کلید ستاره مثلث در استاندارد جدید (IEC) به‌صورت شکل ۱۷۳ـ۱ است. خطوطی که به‌صورت افقی مرکز، دو ضربدر هر ستون را در کلید به هم وصل می‌کند نشان‌دهنده‌ی آن است که آن زبانه‌ی کلید در هر دو حالت وصل قرار دارد و با تغییر وضعیت، کلید قطع نمی‌شود.

۲۱ـ۱ـ کار عملی شماره (۶)

۱ـ۲۱ـ۱ـ هدف

راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون با کلید ستاره مثلث زبانه‌ای (بدنه چدنی)

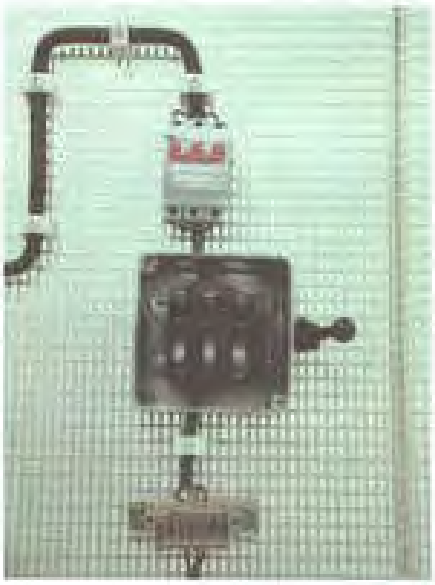
۲ـ۲۱ـ۱ـ زمان آموزش و اجرای کار

ساعات آموزشی	
نظری	عملی
ـ	۸

اجرای هر کار عملی نیاز به تئوری‌هایی در ارتباط با عملیات کارگاهی دارد. در هر کار عملی متناسب با نیاز، مدت زمانی به آن اختصاص می‌یابد. این زمان عملاً جزء ساعات کار عملی محسوب شده است.

۳ـ۲۱ـ۱ـ نکات حفاظتی و اجرایی

■ قبل از وصل کلید، تمامی سیم‌هایی که زیر پیچ‌ها قرار داده‌اید را مورد بازبینی قرار دهید تا کاملاً زیر پیچ بوده و با تابلو ارتباط نداشته باشد (شکل a ـ۱۷۴ـ۱).



(a)

■ جریان فیوز مدار را متناسب با جریان موتوری که در مسیر آن قرار دارد انتخاب کنید (شکل b ـ۱۷۴ـ۱).

(b)

■ سطح مقطع و تعداد رشته سیم‌های کابل را متناسب با نوع و مقدار جریان موتور انتخاب کنید (شکل c ـ۱۷۴ـ۱).

(c)

■ در زمان روکش‌برداری از کابل با رعایت نکات ایمنی مراقب باشید تا دست‌های شما زخمی نشود (شکل d ـ۱۷۴ـ۱).

(d)

■ در اتصال مدار و نصب کابل دقت کنید تا به روکش کابل صدمه وارد نشود (شکل ج ـ۱۷۴ـ۱).

(ج)

■ بدون حضور مربی خود، هیچ‌گاه مدار را به برق وصل نکنید (شکل د ـ۱۷۴ـ۱).

(د)

شکل ۱۷۴ـ۱

۴ـ۲۱ـ۱ـ وسایل و ابزارهای مورد نیاز

برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارهای قسمت ۴ـ۴ـ۱ به همراه وسایل معرفی شده در جدول مقابل استفاده کنید.

نام وسایل و ابزار	حرف مشخصه	تعداد
	m۱	۱ عدد
	Q۱	۱عدد
	P۱	۱عدد

۵ـ۲۱ـ۱ـ مراحل اجرای کار

وسایل و قطعات مدار را مطابق شکل ۱۷۵ـ۱ روی تابلو نصب کنید.

شکل ۱۷۵ـ۱

در نصب وسایل دقت کنید که کابل بین قطعات، مسیر مستقیم داشته باشد تا بتوان از محل‌های ورودی و خروجی کلید به‌راحتی کابل را انشعاب گرفته و اتصال داد (شکل ۱۷۶ـ۱).

شکل ۱۷۶ـ۱

با استفاده از نقشه‌ی داده شده‌ی شکل ۱۶۹ـ۱ سیم‌های کابل را مطابق شکل ۱۷۷ـ۱ به پیچ‌های ورودی فیوز مینیاتوری سه‌فاز وصل کنید و از پیچ‌های خروجی فیوز، سه‌فاز اصلی را به پیچ‌هایی از کلید که با حروف L۱، L۲ و L۳ یا R، S و T مشخص شده‌اند وصل کنید.

شکل ۱۷۷ـ۱

سیم‌هایی از کلید که با حروف U1 ، V1 و W1 (یا U، V و W) و U2 ، V2 و W2 (یا x ، y و z) مشخص شده‌اند را به پیچ‌های هم‌نام خود روی تخته‌کلم وصل کنید (شکل ۱۷۸ـ۱).

شکل ۱۷۸ـ۱

توجه: تخته‌کلم موتور را بررسی کنید تا توسط تسمه‌های مسی به‌صورت ستاره یا مثلث ثابت وصل نباشند.

فیوز را وصل کنید. کلید را ابتدا در حالت ۰ قرار دهید و شرایط کاری، سرعت و جهت چرخش موتور را مشاهده کنید.

کلید را در وضعیت ۵ قرار دهید و شرایط کاری، سرعت و جهت چرخش موتور را مشاهده کنید.

کلید را در وضعیت قطع (۰) قرار دهید.

مشخصات وسایل به‌کار رفته در مدار را در جدول ۱۹ـ۱ بنویسید.

جدول ۱۹ـ۱

ردیف	نام وسیله یا قطعه	مشخصات
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		

تمرین

نقشه‌ی موتاژ وسایل مدار و نقشه‌ی اتصال موتور به کلید در استاندارد قدیم را در دفتر گزارش کار رسم کنید.

۲۲ـ۱ـ کار عملی شماره (۷)

۱ـ۲۲ـ۱ـ هدف

راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون با کلید سه‌فاز ستاره مثلث زبانه‌ای تابلویی

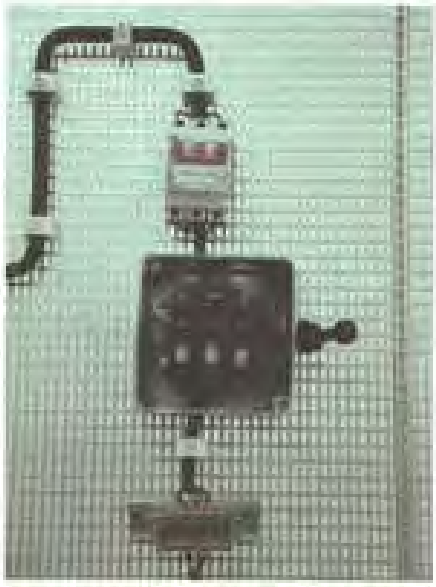
۲ـ۲۲ـ۱ـ زمان آموزش و اجرای کار

ساعات آموزش	
نظری	عملی
ـ	۸

اجرای هر کار عملی نیاز به تئوری‌هایی در ارتباط با عملیات کارگاهی دارد. در هر کار عملی متناسب با نیاز، مدت زمانی به آن اختصاص می‌یابد. این زمان عملاً جزء ساعات کار عملی محسوب شده است.

۳ـ۲۲ـ۱ـ نکات حفاظتی و اجرایی

■ قبل از وصل کلید، تمامی سیم‌هایی که زیر پیچ‌ها قرار داده‌اید را مورد بازبینی قرار دهید تا کاملاً زیر پیچ بوده و با تابلو ارتباط نداشته باشند (شکل a ـ۱۷۹ـ۱).



(a)

■ جریان فیوز مدار را متناسب با جریان موتوری که در مسیر آن قرار دارد انتخاب کنید (شکل b ـ۱۷۹ـ۱).

(b)

■ سطح مقطع و تعداد رشته سیم‌های کابل را متناسب با نوع و مقدار جریان موتور انتخاب کنید (شکل c ـ۱۷۹ـ۱).

(c)

■ در زمان روکش‌برداری از کابل با رعایت نکات ایمنی مراقب باشید تا دست‌های شما زخمی نشود (شکل d ـ۱۷۹ـ۱).

(d)

■ در اتصال مدار و نصب کابل دقت کنید تا به روکش کابل صدمه وارد نشود (شکل e ـ۱۷۹ـ۱).

(e)

■ بدون حضور مربی خود، هیچ‌گاه مدار را به برق وصل نکنید (شکل f ـ۱۷۹ـ۱).

(f)

شکل ۱۷۹ـ۱

۴ـ۲۲ـ۱ـ وسایل و ابزارهای مورد نیاز

برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارهای قسمت ۴ـ۲ـ۱ به همراه وسایل معرفی شده در جدول مقابل استفاده کنید.

نام وسایل و ابزار	حرف مشخصه	تعداد
	m۱	۱ عدد
	Q۱	۱ عدد
	F۱	۱ عدد

تذکر: کلید تابلویی مورد استفاده برای انجام کار بایستی قبلاً در داخل قوطی یا روی پایه مناسب نصب شود.

۵ـ۲۲ـ۱ـ مراحل اجرای کار

وسایل و قطعات مدار را مطابق شکل ۱۸۰ـ۱ روی تابلو نصب کنید.

شکل ۱۸۰ـ۱

در نصب وسایل دقت کنید که کابل بین قطعات، مسیر مستقیم داشته باشد تا بتوان از محل‌های ورودی و خروجی کلید به‌راحتی کابل را انتخاب گرفته و اتصال داد (شکل ۱۸۱ـ۱).

شکل ۱۸۱ـ۱

با استفاده از نقشه‌ی داده شده شکل ۱۷۳ـ۱ سیم‌های کابل را مطابق شکل ۱۸۲ـ۱ به پیچ‌های ورودی فیوز مینیاتوری سه‌فاز وصل کنید و از پیچ‌های خروجی فیوز، سه‌فاز اصلی را به پیچ‌هایی از کلید که با حروف L۱، L۲ و L۳ یا R، S و T مشخص شده‌اند وصل کنید.

شکل ۱۸۲ـ۱

سیم‌هایی از کلید که با حروف U۱ ، V۱ و W۱ (یا U، V و W) و U۲ ، V۲ و W۲ (یا x ، y و z) مشخص شده‌اند را به پیچ‌های هم‌نام خود روی تخته‌کلم وصل کنید (شکل ۱۸۳ـ۱).

شکل ۱۸۳ـ۱

توجه: تخته‌کلم موتور را بررسی کنید تا توسط تسمه‌های مسی به‌صورت ستاره یا مثلث ثابت وصل نباشند.

فیوز را وصل کنید. کلید را ابتدا در حالت ⏚ قرار داده و شرایط کاری، سرعت و جهت چرخش موتور را مشاهده کنید.

سپس کلید را در وضعیت Δ قرار دهید و شرایط کاری، سرعت و جهت چرخش موتور را مشاهده کنید.

کلید را در وضعیت قطع (0) قرار دهید.

مشخصات وسایل به‌کار رفته در مدار را در جدول ۲۰ـ۱ بنویسید.

جدول ۲۰ـ۱

ردیف	نام وسیله یا قطعه	مشخصات
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		

تمرین

نقشه‌ی مونتاژ وسایل مدار و نقشه‌ی اتصال موتور به کلید در استاندارد IEC را در دفتر گزارش کار رسم کنید.

۲۳ـ۱ـ کار عملی شماره (۸)

۱ـ۲۳ـ۱ـ هدف

بررسی جریان‌ها و ولتاژهای خطی و فازی در اتصال ستاره متعادل و نامتعادل

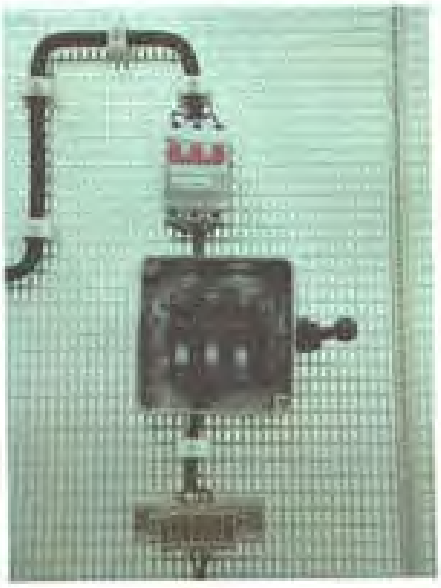
۲ـ۲۳ـ۱ـ زمان آموزش و اجرای کار

ساعات آموزش	
نظری	عملی
ـ	۸

اجرای هر کار عملی نیاز به تئوری‌هایی در ارتباط با عملیات کارگاهی دارد، در هر کار عملی متناسب با نیاز، مدت زمانی به آن اختصاص می‌یابد. این زمان عملاً جزء ساعات کار عملی محسوب شده است.

۳ـ۲۳ـ۱ـ نکات حفاظتی و اجرایی

■ قبل از وصل کلید، تمامی سیم‌هایی که زیر پیچ‌ها قرار داده‌اید را مورد بازبینی قرار دهید تا کاملاً زیر پیچ بوده و با تابلو ارتباط نداشته باشد (شکل a ـ۱۸۴ـ۱).



(a)

■ جریان فیوز مدار را متناسب با جریان موتوری که در مسیر آن قرار داره انتخاب کنید (شکل b ـ۱۸۴ـ۱).

(b)

■ سطح مقطع و تعداد رشته سیم‌های کابل را متناسب با نوع و مقدار جریان موتور انتخاب کنید (شکل c ـ۱۸۴ـ۱).

(c)

■ در زمان روکش‌برداری از کابل با رعایت نکات ایمنی مراقب باشید تا دست‌های شما زخمی نشود (شکل d ـ۱۸۴ـ۱).

(d)

■ در اتصال مدار و نصب کابل دقت کنید تا به روکش کابل صدمه وارد نشود (شکل ب ـ۱۸۴ـ۱).

(ب)

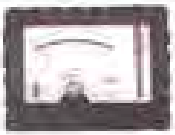
■ بدون حضور مربی خود، هیچ‌گاه مدار را به برق وصل نکنید (شکل ج ـ۱۸۴ـ۱).

(ج)

شکل ۱۸۴ـ۱

۴ـ۲۳ـ۱ـ وسایل و ابزارهای مورد نیاز

برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارهای قسمت ۴ـ۴ـ۱ به همراه وسایل معرفی شده در جدول زیر استفاده کنید.

تعداد	حرف مشخصه	نام وسایل و ابزار	
۶ عدد	ـ	سرپیچ لامپ	
۶ عدد	E	لامپ رشته‌ای ۱۰۰W	
از هرکدام ۲ عدد	E	لامپ رشته‌ای ۱۵۰W ۶۰W	
۱ عدد	F۱	فیوز مینیاتوری سه‌فاز	
۱ عدد	Q۱	کلید سه‌فاز قطع و وصل زبانه‌ای	
۳ عدد	A	آمپرمتر با حداکثر رنج ۵A	
۳ عدد	V	ولت‌متر با حداکثر رنج ۵۰۰V	

۵ــ۲۳ــ۱ــ مراحل اجرای کار

الف ــ اتصال ستاره متعادل

مرحله ۱

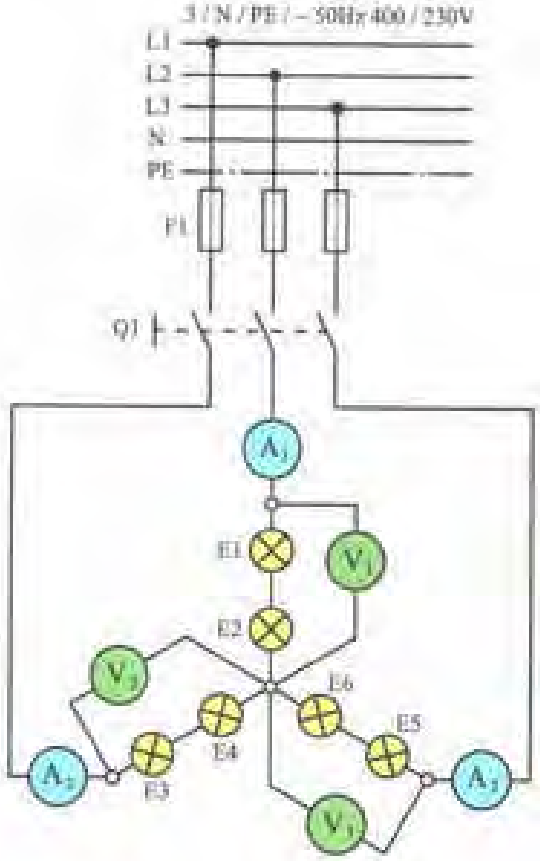
مدار شکل ۱۸۵ــ۱ را با کمک شش لامپ ۱۰۰W مطابق شکل ۱۸۶ــ۱ روی تابلو برق ببندید. اتصال‌های بین قطعات مدار را توسط سیم و از زیر پیچ پایینی ترمینال‌ها انجام دهید.

فیوز مینیاتوری را وصل کنید و سپس کلید Q1 را در حالت ON قرار دهید و ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید.

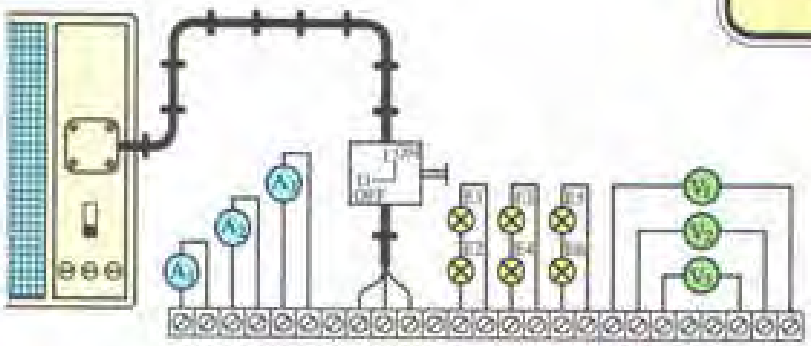
$I_{A_1} =$ ..... A $V_1 =$ V

$I_{A_2} =$ ..... A $V_2 =$ V

$I_{A_3} =$ ..... A $V_3 =$ V



شکل ۱۸۵ــ۱



شکل ۱۸۶ــ۱

مقادیر اندازه‌گیری شده معرف کدام‌یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال ستاره است؟

پاسخ:

کلید را در حالت OFF قرار دهید و مدار را خاموش کنید.

مرحله II

- یکی از فیوزها را قطع کنید و دو فیوز دیگر را در حالت وصل بگذارید.
- کلید Q۱ را وصل کنید و مقادیر ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A_1} =$ ☐ A $V_1 =$ ☐ V

$I_{A_2} =$ ☐ A $V_2 =$ ☐ V

$I_{A_3} =$ ☐ A $V_3 =$ ☐ V

- نتایج این مرحله را با مرحله (I) مقایسه کنید چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پاسخ:

مرحله III

- کلید Q۱ را قطع کنید.
- لامپ‌های E۱ و E۲ را از روی سرپیچ باز کنید.
- کلید Q۱ را وصل کنید و مقادیر ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A_1} =$ ☐ A $V_1 =$ ☐ V

$I_{A_2} =$ ☐ A $V_2 =$ ☐ V

$I_{A_3} =$ ☐ A $V_3 =$ ☐ V

- نتایج این مرحله را با مراحل I و II مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پاسخ:

- فیوز مینیاتوری سه‌فاز F۱ و کلید Q۱ را قطع کنید.

مرحله IV

محل قرار گرفتن آمپرمترها و ولت‌مترها را مطابق مدار شکل ۱۸۷ـ۱ تغییر دهید.

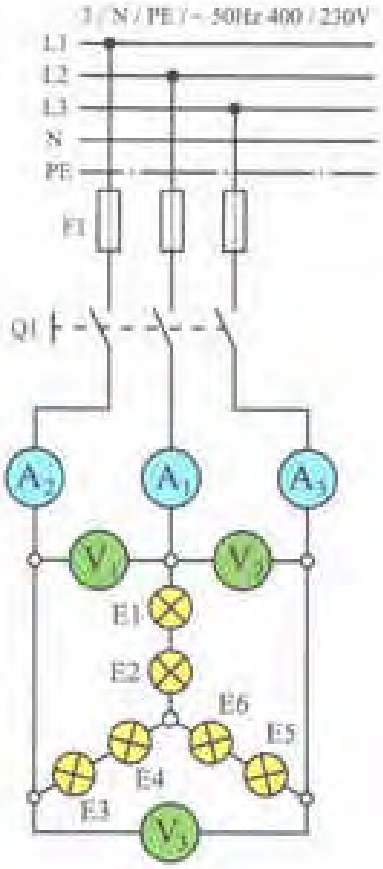
ابتدا فیوز F۱ و سپس کلید Q۱ را در حالت وصل قرار دهید.

مقادیر ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A_1} =$ ☐ A $V_1 =$ ☐ V

$I_{A_2} =$ ☐ A $V_2 =$ ☐ V

$I_{A_3} =$ ☐ A $V_3 =$ ☐ V



شکل ۱۸۷ـ۱

مقادیر اندازه‌گیری شده، معرف کدام‌یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال ستاره است؟

پاسخ:

از مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده در دو مرحله I و IV چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پاسخ:

آیا نتایج به‌دست آمده با مطالب نظری مطابقت دارد؟

پاسخ:

ب ــ اتصال ستاره نامتعادل

مرحله ۷

مدار شکل ۱۸۸ــ۱ را مطابق شکل ۱۸۹ــ۱ روی تابلو برق ببندید. اتصال‌های بین قطعات مدار را توسط سیم و از زیر پیچ پایینی ترمینال‌ها انجام دهید.

توان لامپ‌های موجود در مدار را به‌صورت زیر، روی سرپیچ‌ها قرار دهید.

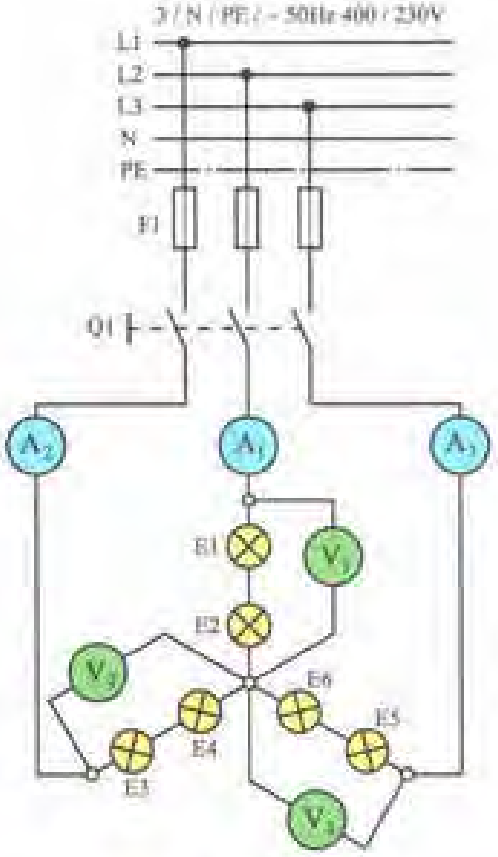
E۱ = ۱۰۰W	E۳ = ۶۰W	E۵ = ۱۵۰W	
E۲ = ۱۰۰W	E۴ = ۶۰W	E۶ = ۱۵۰W	

فیوز مینیاتوری F۱ را وصل کنید و سپس با وصل کلید Q۱ ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید.

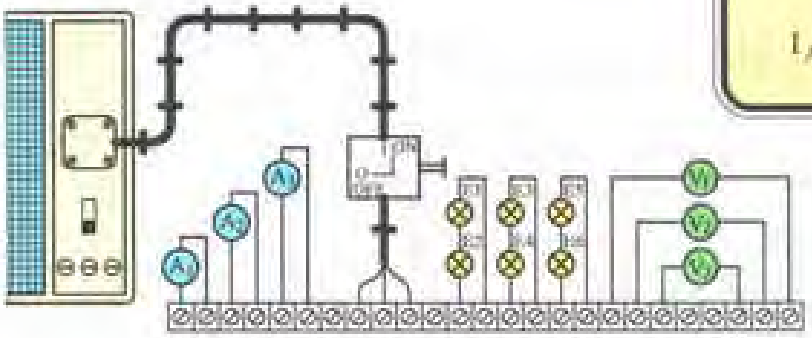
I_{A_1} = ☐ A V_1 = ☐ V

I_{A_2} = ☐ A V_2 = ☐ V

I_{A_3} = ☐ A V_3 = ☐ V



شکل ۱۸۸ــ۱



شکل ۱۸۹ــ۱

مقادیر اندازه‌گیری شده مصرف کدام‌یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال ستاره است؟

پاسخ:

فیوز مینیاتوری F۱ و کلید Q۱ را در حالت خاموش قرار دهید.

مرحله VI

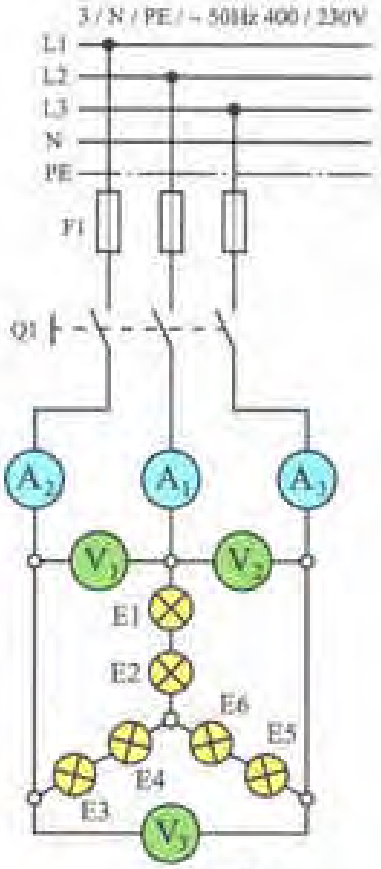
محل قرار گرفتن آمپرمترها و ولت‌مترها را مطابق شکل ۱۹۰ـ۱ تغییر دهید.

مقادیر ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید.

I_{A_1} = ☐ A V_1 = ☐ V

I_{A_2} = ☐ A V_2 = ☐ V

I_{A_3} = ☐ A V_3 = ☐ V



شکل ۱۹۰ـ۱

مقادیر اندازه‌گیری شده معرف کدام یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال ستاره است؟

پاسخ:

از مقایسه‌ی مقادیر اندازه‌گیری شده در دو مرحله V و VI چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پاسخ:

آیا نتایج به‌دست‌آمده با مطالب نظری مطابقت دارد؟

پاسخ:

۲۴ـ۱ـ کار عملی شماره (۹)

۱ـ۲۴ـ۱ـ هدف

بررسی جریان‌ها و ولتاژهای خطی و فازی در اتصال مثلث متعادل و نامتعادل

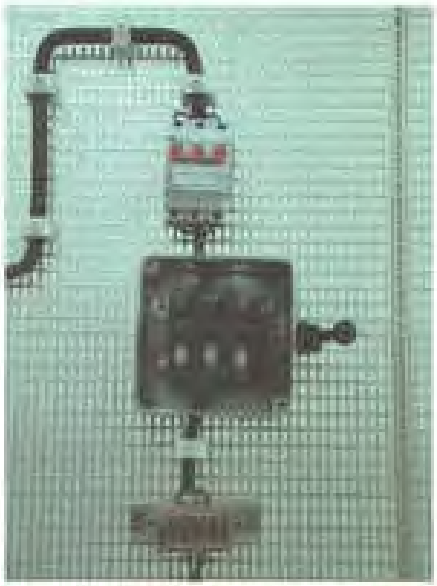
۲ـ۲۴ـ۱ـ زمان آموزش و اجرای کار

ساعات آموزش	
نظری	عملی
ـ	۸

اجرای هر کار عملی نیاز به تئوری‌هایی در ارتباط با عملیات کارگاهی دارد. در هر کار عملی متناسب با نیاز، مدت زمانی به آن اختصاص می‌یابد. این زمان عملاً جزء ساعات کار عملی محسوب شده است.

۳ـ۲۴ـ۱ـ نکات حفاظتی و اجرایی

■ قبل از وصل کلید، تمامی سیم‌هایی که زیر پیچ‌ها قرار داده‌اید را مورد بازبینی قرار دهید تا کاملاً زیر پیچ بوده و با نابلو ارتباط نداشته باشند (شکل a ـ ۱۹۱ـ۱).



(a)

■ جریان فیوز مدار را متناسب با جریان موتوری که در مسیر آن قرار دارد انتخاب کنید (شکل b ـ۱۹۱ـ۱).

(b)

■ سطح مقطع و تعداد رشته سیم‌های کابل را متناسب با نوع و مقدار جریان موتور انتخاب کنید (شکل c ـ۱۹۱ـ۱).

(c)

■ در زمان روکش‌برداری از کابل با رعایت نکات ایمنی مراقب باشید تا دست‌های شما زخمی نشود (شکل d ـ۱۹۱ـ۱).

(d)

(ه)

■ در اتصال مدار و نصب کابل دقت کنید تا به روکش کابل صدمه وارد نشود (شکل ه ـ ۱۹۱ ـ ۱).

(و)

■ بدون حضور مربی خود، هیچ‌گاه مدار را به برق وصل نکنید (شکل آ ـ ۱۹۱ ـ ۱).

شکل ۱۹۱ ـ ۱

۴ـ۲۴ـ۱ـ وسایل و ابزارهای مورد نیاز

برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارهای قسمت ۴ـ۴ـ۱ به همراه وسایل معرفی‌شده در جدول زیر استفاده کنید.

تعداد	حرف مشخصه	نام وسایل و ابزار	
۶ عدد	ـ	سرپیچ لامپ	
۶ عدد	E	لامپ رشته‌ای ۱۰۰W	
از هر کدام ۶ عدد	E	لامپ رشته‌ای ۱۵۰W ۶۰W	
۱ عدد	F۱	فیوز مینیاتوری سه‌فاز	
۱ عدد	Q۱	کلید سه‌فاز قطع و وصل زبانه‌ای	
۳ عدد	A	آمپرمتر با حداکثر رنج ۵A	
۳ عدد	V	ولت‌متر با حداکثر رنج ۵۰۰V	

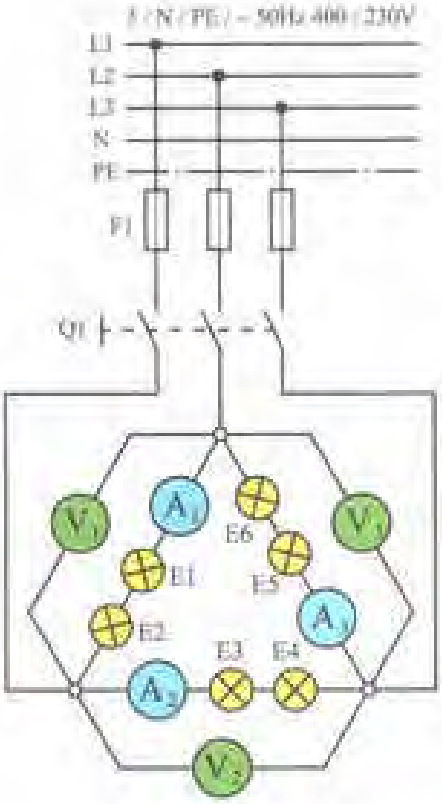
۵ـ۲۴ـ۱ـ مراحل اجرای کار

الف ـ اتصال مثلث متعادل

مرحله ۱

مدار شکل ۱۹۲ـ۱ را با کمک شش لامپ ۱۰۰W مطابق شکل ۱۹۳ـ۱ روی تابلوی برق ببندید. اتصال‌های بین قطعات مدار را توسط سیم و از زیر بیج بایتی ترمینال‌ها انجام دهید.

فیوز مینیاتوری را وصل کنید و سپس کلید Q1 را در حالت ON قرار دهید و ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها آمپرمترها را بخوانید.

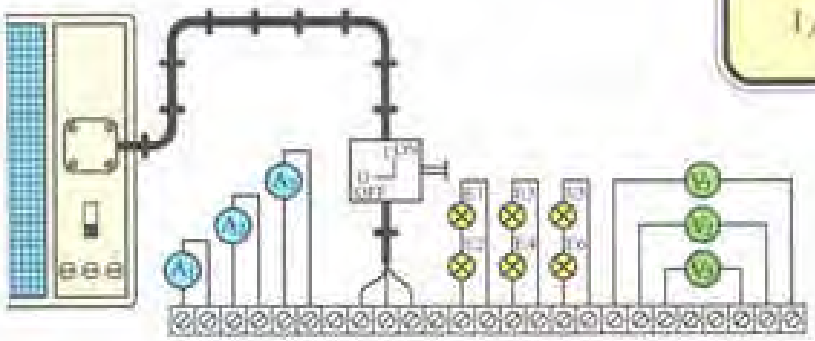


شکل ۱۹۲ـ۱

$I_{A_1} =$ ..... A $V_1 =$ V

$I_{A_2} =$ ..... A $V_2 =$ V

$I_{A_3} =$ ..... A $V_3 =$ V



شکل ۱۹۳ـ۱

مقادیر اندازه‌گیری شده معرف کدام‌یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال مثلث است؟

پاسخ:

کلید را در حالت OFF قرار دهید و مدار را خاموش کنید.

مرحله II

- یکی از فیوزها را قطع کنید و دو فیوز دیگر را در حالت وصل بگذارید.

- کلید Q۱ را وصل کنید و مقادیر ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A_1} =$ ☐ A $V_1 =$ ☐ V

$I_{A_2} =$ ☐ A $V_2 =$ ☐ V

$I_{A_3} =$ ☐ A $V_3 =$ ☐ V

- نتایج این مرحله را با مرحله‌ی I مقایسه کنید، چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پاسخ:

مرحله III

- کلید Q۱ را قطع کنید.
- لامپ‌های E۱ و E۲ را از روی سرپیچ باز کنید.
- کلید Q۱ را وصل کنید و مقادیر ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A_1} =$ ☐ A $V_1 =$ ☐ V

$I_{A_2} =$ ☐ A $V_2 =$ ☐ V

$I_{A_3} =$ ☐ A $V_3 =$ ☐ V

- نتایج این مرحله را با مراحل I و II مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
- فیوز مینیاتوری سه‌فاز F۱ و کلید Q۱ را قطع کنید.

پاسخ:

مرحله IV

محل قرار گرفتن آمپرمترها و ولت‌مترها را مطابق مدار شکل ۱۹۴ـ۹ تغییر دهید.

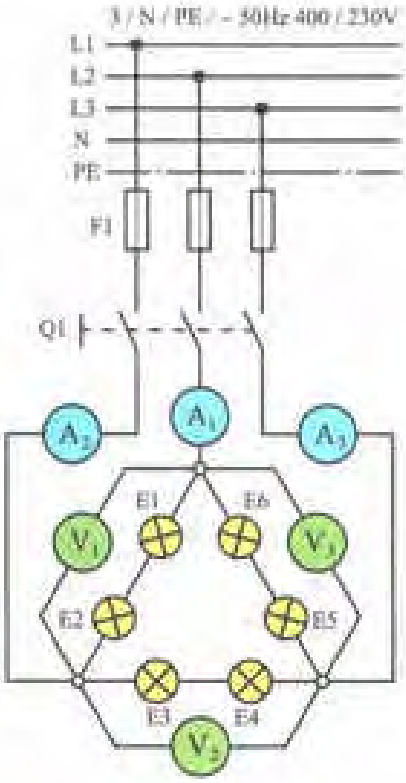
ابتدا فیوز F۱ و سپس کلید Q۱ را در حالت وصل قرار دهید.

مقادیر ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

I_{A_1} = ... A V_1 = ... V

I_{A_2} = ... A V_2 = ... V

I_{A_3} = ... A V_3 = ... V



شکل ۱۹۴ـ۹

مقادیر اندازه‌گیری شده معرف کدام‌یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال مثلث است؟

پاسخ:

از مقایسه‌ی مقادیر اندازه‌گیری شده در دو مرحله‌ای I و IV چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پاسخ:

آیا نتایج به‌دست آمده با مطالب نظری مطابقت دارد؟

پاسخ:

ب ــ اتصال مثلث نامتعادل

مرحله ۲

۱ــ مدار شکل ۱۹۵ــ۱ را مطابق شکل ۱۹۶ــ۱ روی تابلوی برق ببندید. اتصال‌های بین قطعات مدار را توسط سیم و از زیر پیچ پایینی ترمینال‌ها انجام دهید.

۲ــ توان لامپ‌های موجود در مدار را به‌صورت زیر، روی سرپیچ‌ها قرار دهید.

E۱=۱۰۰W E۳=۶۰W E۵=۱۵۰W

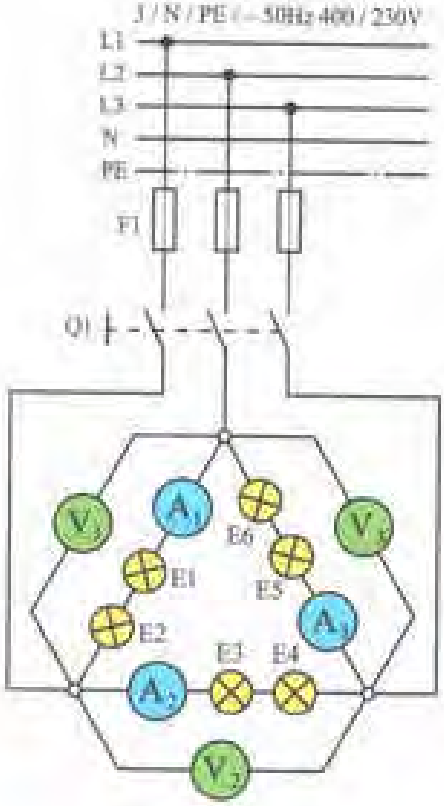
E۲=۱۰۰W E۴=۶۰W E۶=۱۵۰W

۳ــ فیوز مینیاتوری F۱ را وصل کنید و سپس با وصل کلید Q۱ ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید.

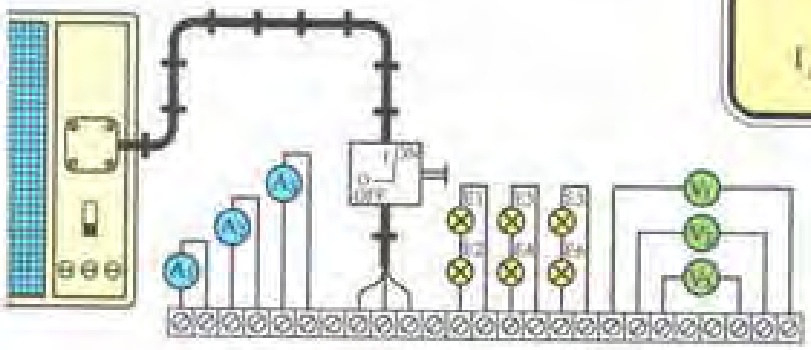
I_{A_1} = ... A V_1 = ... V

I_{A_2} = ... A V_2 = ... V

I_{A_3} = ... A V_3 = ... V



شکل ۱۹۵ــ۱



شکل ۱۹۶ــ۱

۴ــ مقادیر اندازه‌گیری شده معرف کدام‌یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال مثلث است؟

پاسخ:

۵ــ فیوز مینیاتوری F۱ و کلید Q۱ را در حالت خاموش قرار دهید.

مرحله VI

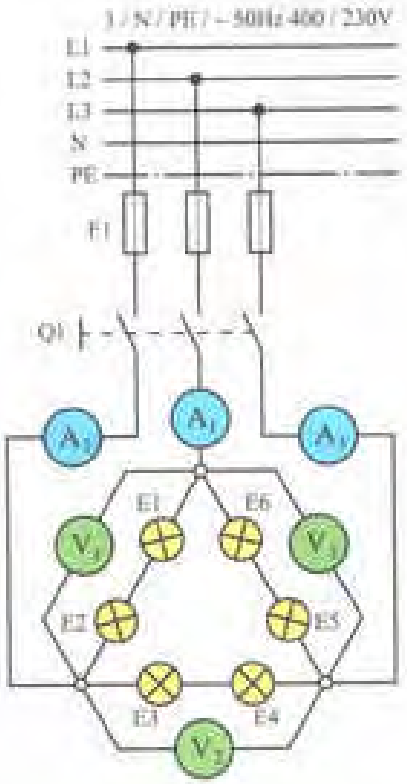
محل قرار گرفتن آمپرمترها و ولت‌مترها را مطابق شکل ۱۹۷ـ۱ تغییر دهید.

مقادیر ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید.

$I_{A_1} =$ ☐ A $V_1 =$ ☐ V

$I_{A_2} =$ ☐ A $V_2 =$ ☐ V

$I_{A_3} =$ ☐ A $V_3 =$ ☐ V



شکل ۱۹۷ـ۱

مقادیر اندازه‌گیری شده معرف کدام‌یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال مثلث است؟

پاسخ:

از مقایسه‌ی مقادیر اندازه‌گیری شده در دو مرحله‌ی V و VI چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پاسخ:

آیا نتایج به‌دست آمده با مطالب نظری مطابقت دارد؟

پاسخ:

۲۵ـ۱ـ کار عملی شماره (۱۰)

۱ـ۲۵ـ۱ـ هدف

بررسی جریان‌ها و ولتاژهای فازی و خطی موتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی

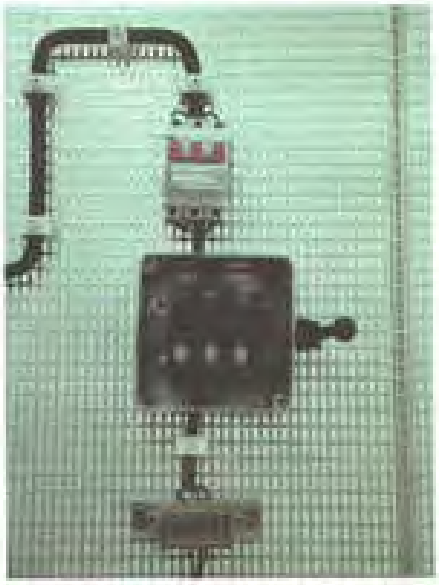
۲ـ۲۵ـ۱ـ زمان آموزش و اجرای کار

ساعات آموزش	
نظری	عملی
ـ	۸

اجرای هر کار عملی نیاز به تئوری‌هایی در ارتباط با عملیات کارگاهی دارد. در هر کار عملی متناسب با نیاز، مدت زمانی به آن اختصاص می‌یابد. این زمان عملاً جزء ساعات کار عملی محسوب شده است.

۳ـ۲۵ـ۱ـ نکات حفاظتی و اجرایی

■ قبل از وصل کلید، تمامی سیم‌هایی که زیر پیچ‌ها قرار داده‌اید را مورد بازبینی قرار دهید تا کاملاً زیر پیچ بوده و با تابلو ارتباط نداشته باشد (شکل a ـ ۱۹۸ـ۱).



(a)

■ جریان فیوز مدار را متناسب با جریان موتوری که در مسیر آن قرار دارد انتخاب کنید (شکل b ـ ۱۹۸ـ۱).

(b)

■ سطح مقطع و تعداد رشته سیم‌های کابل را متناسب با نوع و مقدار جریان موتور انتخاب کنید (شکل c ـ ۱۹۸ـ۱).

(c)

■ در زمان روکش‌برداری از کابل با رعایت نکات ایمنی مراقب باشید تا دست‌های شما زخمی نشود (شکل d ـ ۱۹۸ـ۱).

(d)

■ در اتصال مدار و نصب کابل دقت کنید تا به روکش کابل صدمه وارد نشود (شکل c ـ ۱۹۸ـ۱).

(c)

■ بدون حضور مربی خود، هیچ‌گاه مدار را به برق وصل نکنید (شکل f ـ ۱۹۸ـ۱).

(f)

شکل ۱۹۸ـ۱

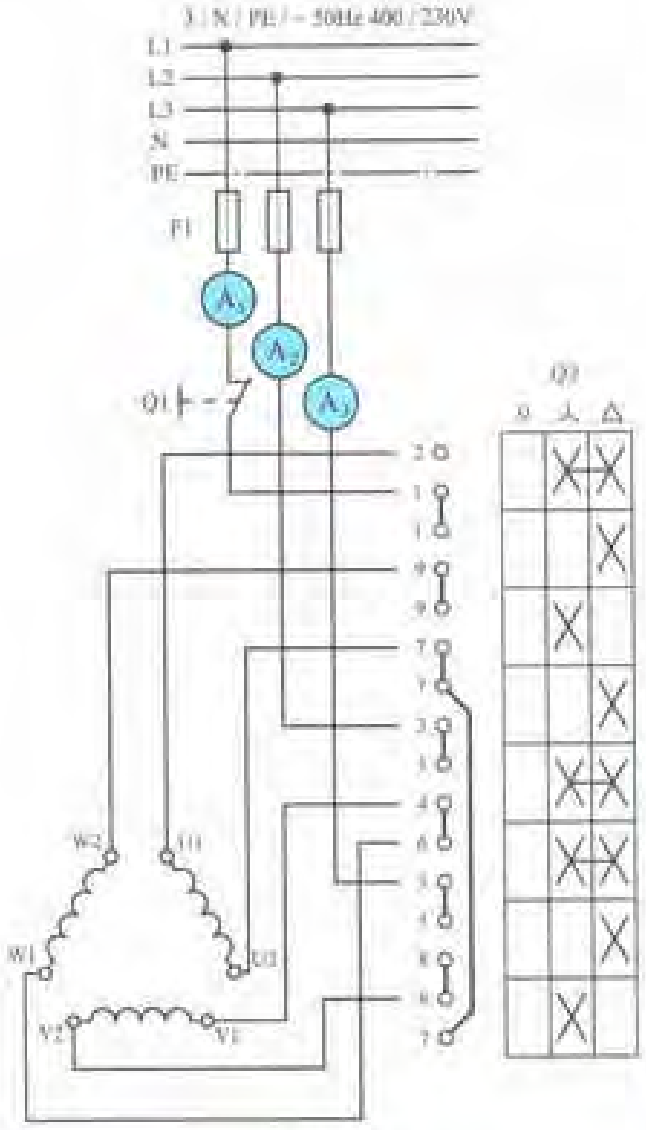
نام وسایل و ابزار		حرف مشخصه	تعداد
موتور سه‌فاز		m۱	۱ عدد
کلید سه‌فاز ستاره مثلث زبانه‌ای		Q۱	۱ عدد
فیوز مینیاتوری سه فاز		F۱	۱ عدد
آمپرمتر با حداکثر رنج ۵A		A	۳ عدد
ولت‌متر با حداکثر رنج ۵۰۰V		V	۳ عدد

۴ـ۲۵ـ۱ـ وسایل و ابزارهای مورد نیاز

برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارهای قسمت ۲ـ۴ـ۱ به همراه وسایل معرفی شده در جدول مقابل استفاده کنید.

۵ـ۲۵ـ۱ـ مراحل اجرای کار

مرحله ۱



شکل ۱۹۹ـ۱

a) وسایل را طبق مدار شکل ۱۹۹ـ۱ با راهنمایی معلم خود روی تابلوی برق نصب کنید و مدار را ببندید.

تذکر: در مراحل مختلف این آزمایش اجازه ندهید تا موتور به مدت زیادی دوفاز کار کند.

b) فیوز مینیاتوری سه‌فاز F1 را وصل کنید و کلید نگه‌بل Q1 را در حالت وصل قرار دهید.

c) کلید Q2 را روی حالت Y قرار دهید و جریان هریک از آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A_1} =$ ☐ A

$I_{A_2} =$ ☐ A

$I_{A_3} =$ ☐ A

d) وضعیت کلید Q2 را به حالت Δ تغییر دهید و سپس جریان هریک از آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A_1} =$ ☐ A

$I_{A_2} =$ ☐ A

$I_{A_3} =$ ☐ A

نتایج حاصل از جریان‌های اندازه‌گیری شده در حالت Y و Δ را با هم مقایسه کنید و در مورد آن توضیح دهید.

کلید Q۲ را به حالت (0) در آورید و مدار را خاموش کنید.

پاسخ:

مرحله ۱۱

کلید Q۲ را در وضعیت Y قرار دهید تا موتور به گردش درآید.

در این شرایط کلید Q۱ را برای مدت زمان کوتاهی قطع کنید تا فاز L۱ قطع شود. حال جریان آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A_1} =$ ☐ A

$I_{A_2} =$ ☐ A

$I_{A_3} =$ ☐ A

کلید تک‌پل Q۱ را به حالت وصل بازگردانید.

وضعیت کلید ستاره مثلث Q۲ را در حالت Δ قرار دهید.

در این شرایط کلید Q۱ را برای مدت زمان کوتاهی قطع کنید تا فاز L۱ قطع شود. حال جریان آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A_1} =$ ☐ A

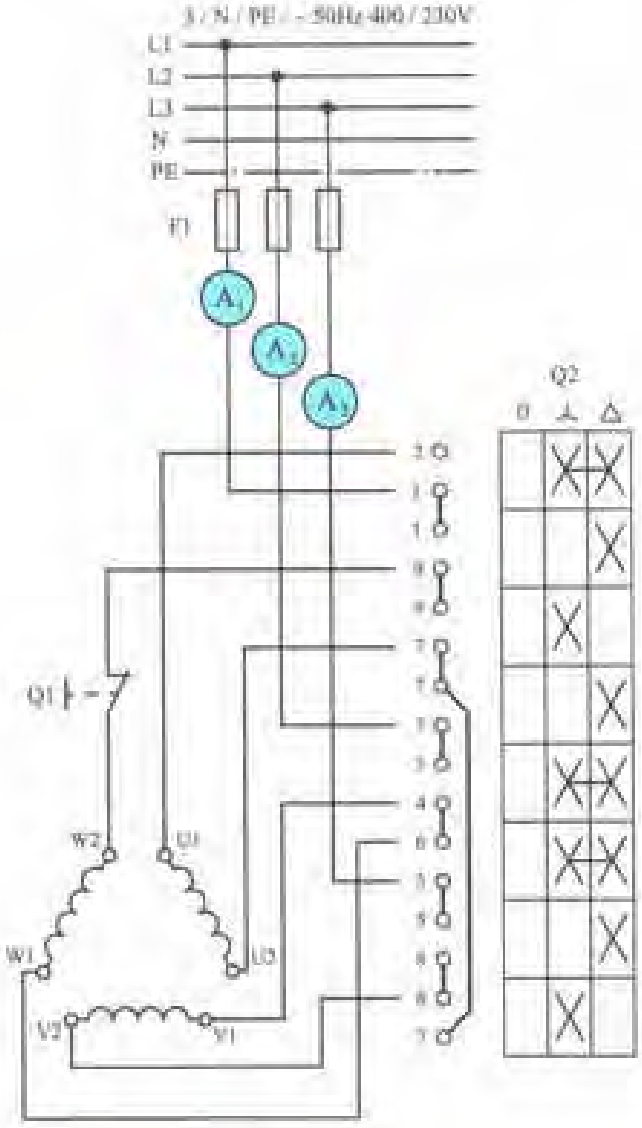
$I_{A_2} =$ ☐ A

$I_{A_3} =$ ☐ A

کلید Q۱ را وصل کنید و سپس کلید Q۲ را در حالت (0) قرار دهید تا موتور خاموش شود.

فیوز سه‌فاز F۱ را در حالت خاموش قرار دهید تا مدار موتور از شبکه جدا شود.

مرحله III



شکل ۲۰۰ـ۱

محل کلید تک‌پل Q1 را مطابق شکل ۲۰۰ـ۱ تغییر دهید به‌طوری که بتوان ارتباط سیم‌پیچ سوم موتور W2 را با کلید قطع کرد.

فیوز سه‌فاز F1 را در حالت وصل قرار دهید.

کلید ستاره مثلث Q2 را در حالت Y قرار دهید تا موتور به گردش درآید.

در این شرایط کلید Q1 را برای مدت زمان کوتاهی قطع کنید و جریان آمپرمترها را بخوانید و یادداشت نمایید.

$I_{A_1} =$ ____ A

$I_{A_2} =$ ____ A

$I_{A_3} =$ ____ A

کلید تک‌پل Q1 را به حالت وصل بازگردانید.

وضعیت کلید ستاره مثلث Q2 را در حالت Δ قرار دهید.

در این شرایط کلید Q1 را برای مدت زمان کوتاهی قطع کنید و جریان آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A_1} =$ ____ A

$I_{A_2} =$ ____ A

$I_{A_3} =$ ____ A

کلید تک‌پل Q1 را به حالت وصل بازگردانید.

وضعیت کلید ستاره مثلث Q2 را به حالت (0) بازگردانید و فیوز سه‌فاز F1 را نیز قطع کنید.

نتایج حاصل از آزمایش‌های II و III (حالت قطع فاز و قطع سیم‌پیچی موتور) را با هم مقایسه کنید و در صورت وجود اختلاف، علت را توضیح دهید.

پاسخ:

نتایج اندازه‌گیری‌ها در حالات مشابه مدارهای لامپی و موتوری را با هم مقایسه کنید و در صورت وجود اختلاف، علت را توضیح دهید.

پاسخ:

۲۶ـ۱ـ آشنایی با کنتاکتور، تستی استپ و استارت

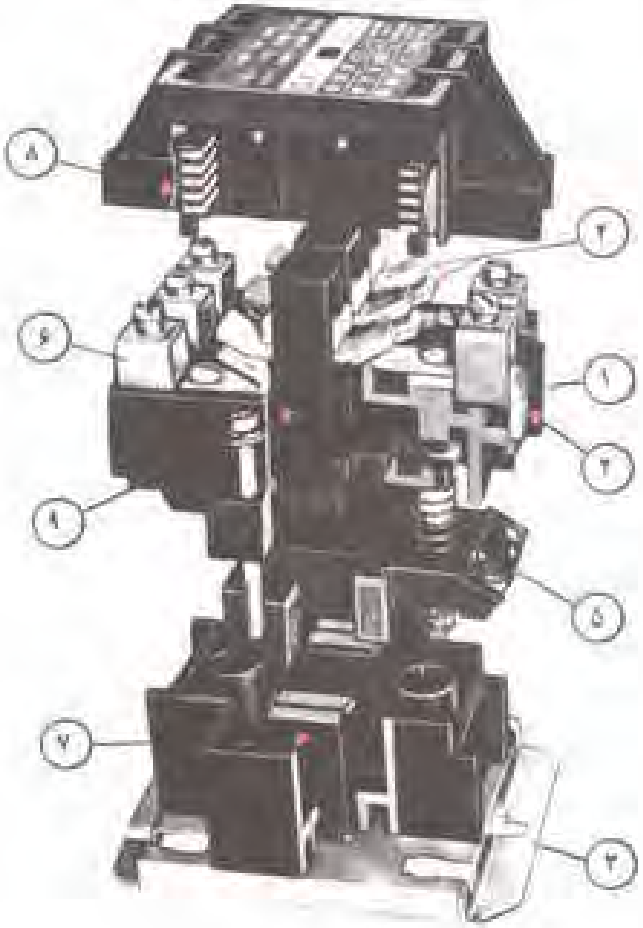
۱ـ۲۶ـ۱ـ کنتاکتور

در تقسیم‌بندی کلیدها، کنتاکتور به‌عنوان یک کلید مرکب معرفی شد چرا که فرمان قطع و وصل آن به کمک انرژی واسطه‌ای به‌نام الکتریسیته انجام می‌شود به عبارت دیگر کنتاکتور را می‌توان یک کلید الکترومغناطیسی تعریف کرد. ساختمان داخلی کنتاکتور از یک سیم‌پیچ با هسته‌ی مغناطیسی تشکیل می‌شود. هسته‌ی مغناطیسی دو تکه است. روی قسمت ثابت بوبین نصب می‌شود. قسمت دیگر متحرک است و توسط فنرهایی از قسمت ثابت جدا نگه داشته می‌شود. روی بدنه‌ی کنتاکتور تعدادی ترمینال و کنتاکت به طور ثابت قرار می‌گیرد. بر روی هسته‌ی متحرک نیز تعدادی تیغه نصب می‌شود. این تیغه‌ها می‌توانند کنتاکت‌ها را وصل یا قطع کنند.

۲ـ۲۶ـ۱ـ طرز کار کنتاکتور

وقتی بوبین کنتاکتور تحریک یعنی به ولتاژ نامی وصل شود، هسته‌ی آن مغناطیس می‌شود و بخش ثابت هسته، بخش متحرک را به سمت خود جذب می‌کند و کنتاکت‌های متحرک ارتباط الکتریکی بین کنتاکت‌های ثابت دو طرف کنتاکتور را برقرار می‌سازد یا این ارتباط را قطع می‌کند. در این شرایط فنرهایی که در زیر هسته‌ی متحرک قرار دارند فشرده شده و آماده می‌مانند تا هنگام قطع تغذیه‌ی بوبین قسمت متحرک را به جای اول خود بازمی‌گردانند. درنتیجه ارتباط الکتریکی بین کنتاکت‌های ثابت با جابه‌جا شدن کنتاکت‌های متحرک قطع یا مجدداً وصل می‌شود.

شکل ۱ـ۲۰۱ تصویر یک کنتاکتور را به همراه اجزای تشکیل‌دهنده آن نشان می‌دهد.



شکل ۱ـ۲۰۱

مشخصات کنتاکتور

۱ـ حامل کنتاکت‌های ثابت (این قسمت باید دارای درجه عایقی مناسبی باشد)

۲ـ ترمینال

۳ـ صفحه فلزی انتهایی برای نصب قسمت‌های ثابت روی آن

۴ـ کنتاکت‌های ثابت و متحرک (این کنتاکت‌ها باید در یک خط قرار گرفته و از بوجود آمدن (کشیدن) قوس به‌منظور بالا بردن ضریب اطمینان در مقابل گاز زیاد، در روی آن‌ها استفاده شود.)

۵ـ بوبین کنتاکتور (در این کنتاکتور این بوبین طوری ساخته شده که در مقابل عوامل جوی و نیروهای مکانیکی، مقاوم باشد.)

۶ـ ترمینال‌های ورودی و خروجی (این ترمینال‌ها طوری طراحی می‌شوند که براحتی قابل دسترسی باشند.)

۷ـ سیستم هسته آهنی ثابت و متحرک

۸ـ قسمت کنترل جرقه (این قسمت باید دارای مقاومت زیاد در برابر گرمای حاصل از جرقه ایجاد شده در هنگام قطع کنتاکتور باشد.)

۹ـ حامل کنتاکت‌های متحرک (این قسمت باید دارای درجه عایقی مناسبی باشد.)

شکل ۲۰۲ـ۱

در شکل‌های ۲۰۲ـ۱ و ۲۰۳ـ۱ مراحل باز کردن یک مدل کنتاکتور را مشاهده می‌کنید.

در کنتاکتورها دو نوع کنتاکت پیش‌بینی شده است. برخی از آن‌ها در حالت خاموش کنتاکتور، قطع هستند که اصطلاحاً به آن‌ها کنتاکت‌های باز (NO)[1] یا بسته‌شونده و یک سری از کنتاکت‌ها نیز در حالت خاموش کنتاکتور وصل هستند که اصطلاحاً به آن‌ها کنتاکت‌های بسته یا بازشونده (NC)[2] می‌گویند.

شکل ۲۰۳ـ۱

شکل ۲۰۴ـ۱

در شکل ۲۰۴ـ۱ قسمت‌های متحرک هسته کنتاکتور را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۰۵ـ۱

شکل ۲۰۵ـ۱ اجزای کنتاکتور باز شده را نشان می‌دهد.

۱ـ NO : Normally Open

۲ـ NC : Normally Close

شکل ۲۰۶ـ۱

شکل ۲۰۷ـ۱

شکل‌های ۲۰۶ـ۱ و ۲۰۷ـ۱ تصویر چند نمونه کنتاکتور را نشان می‌دهد. بوبین کنتاکتورها برای تغذیه با ولتاژ متناوب (AC) و ولتاژ مستقیم (DC) ساخته شده‌اند. در صورت تغذیه‌ی بوبین کنتاکتور با ولتاژ متناوب قسمت متحرک، تحت تأثیر نیروی مغناطیسی ایجاد شده، جذب قسمت ثابت می‌شود. این نیرو دارای مقداری متغیر است.

زمانی که این نیرو کمتر از نیروی مقاوم فنر باشد قسمت متحرک از قسمت ثابت جدا می‌شود و با افزایش مقدار نیرو و غلبه بر نیروی مقاوم، فنر به جای اول خود باز می‌گردد.

این رفت و برگشت‌های متوالی خیلی سریع صورت می‌گیرد. در نتیجه بین دو قسمت ثابت و متحرک هسته سر و صدا و لرزش ایجاد می‌کند. برای رفع سر و صدا و لرزش، در کف قطب قسمت ثابت از یک حلقه‌ی اتصال کوتاه استفاده می‌کنند. در اثر القا، در این حلقه‌ها جریان به‌وجود می‌آید. جریان حلقه‌ها میدان مغناطیسی ایجاد می‌کنند. این میدان مغناطیسی به کمک میدان اصلی می‌آید و باعث می‌شود تا نیروی مغناطیسی همیشه از نیروی مقاوم فنرها بیش‌تر باشد و به این ترتیب از لرزش هسته جلوگیری می‌شود.

درصورتی که بوبین کنتاکتور برای تغذیه با ولتاژ مستقیم (DC) طراحی شده باشد، نیروی مغناطیسی ایجاد شده در هسته دارای مقدار ثابت است و نیازی به تعبیه‌ی حلقه‌ی اتصال کوتاه در کف قطب هسته نیست ولی پس از وصل باید یک مقاومت با بوبین سری شود تا از سوختن آن جلوگیری کند.

شکل ۲۰۸ـ۱

شکل ۲۰۹ـ۱

در شکل‌های ۲۰۸ـ۱ و ۲۰۹ـ۱ چگونگی قرار گرفتن حلقه‌های اتصال کوتاه روی هسته‌ی ثابت و متحرک کنتاکتور مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۱۰ـ۱

شکل‌های ۲۱۰ـ۱ و ۲۱۱ـ۱ نحوه‌ی خارج کردن حلقه‌ی اتصال کوتاه از هسته را نشان می‌دهد.

شکل ۲۱۱ـ۱

● **مزایای استفاده از کنتاکتورها نسبت به کلیدها**

ـ قابلیت تعداد دفعات قطع و وصل زیاد (عمر مکانیکی زیاد)

ـ امکان صدور فرمان از چند محل

ـ داشتن قابلیت طراحی مدارهای فرمان اتوماتیک

ـ بالابودن سرعت قطع و وصل

ـ جلوگیری از راه‌اندازی ناخواسته دستگاه‌ها پس از قطع برق

ـ امکان کنترل از راه دور

ـ تفکیک مدار فرمان از مدار جریان‌رسان به مصرف‌کننده (مدار قدرت)

ـ داشتن درجه‌ی ایمنی بیش‌تر

شکل ۲۱۲ـ۱ سه مدل مختلف کنتاکتور را نشان می‌دهد.

■ **پلاک مشخصات کنتاکتور:** بر روی بدنه‌ی کنتاکتورها یک سری مشخصات به‌صورت برجسب یا به‌صورت کلیشه نوشته می‌شود. نمونه‌هایی از این‌ها در شکل‌های ۲۱۳ـ۱، ۲۱۴ـ۱ و ۲۱۵ـ۱ نشان داده شده است.

این مشخصات عبارتند از:

ولتاژ عایقی نامی (U_i): میزان استحکام عایقی تضمین شده توسط شرکت سازنده برای قسمت‌های تحت ولتاژ است.

ولتاژ کار نامی (U_e): ماکزیمم ولتاژ قابل تحمل بین کنتاکت‌های ثابت و متحرک هنگام قطع و وصل را گویند.

ولتاژ نامی بوبین (U_c): ولتاژی که بوبین با آن کار می‌کند یا به‌عبارتی ولتاژ تغذیه‌ی بوبین کنتاکتور را گویند.

جریان نامی (I_e): جریانی که مجاز است از کنتاکت‌های قدرت کنتاکتور عبور کند.

جریان مجاز (I_{th}): جریان مجازی که کنتاکتور می‌تواند تحمل کند به‌طوری‌که در زمان نامحدود و بدون قطع و وصل کار کند.

جریان مجاز (I_{th}): جریان مجاز عبوری از کنتاکتور به‌ازای یک بار قطع و وصل در هفته را گویند.

جریان مجاز (I_{th}): جریان مجاز عبوری از کنتاکتور برای یک بار قطع و وصل در یک شیفت کاری است.

شکل ۲۱۲ـ۱

شکل ۲۱۳ـ۱

شکل ۲۱۴ـ۱

شکل ۲۱۵ـ۱

جدول ۲۱ـ۱

حرف اختصاری	A	B	C	D	E	F
ضریب	۱۰۳	۱۰۴	۱۰۵	۱۰۶	۱۰۷	۱۰۸

طول عمر: در کلیدها طول عمر مکانیکی بر مبنای تعداد دفعات قطع و وصل آن‌ها بیان می‌شود. به همین منظور از یک حرف و یک عدد به‌عنوان ضریب استفاده می‌شود. جدول ۲۱ـ۱ حروف اختصاری و مفهوم هریک را نشان می‌دهد. مثلاً D3 به معنی طول عمری برابر 3×10^{6} مرتبه قطع و وصل است.

شکل ۲۱۶ـ۱

طبقه‌بندی کاربرد کنتاکتورها: در انتخاب یک کنتاکتور علاوه بر جریان نامی، جریان راه‌اندازی، نوع جریان و نوع مصرف کننده به استحکام پلاتین‌ها نیز می‌بایست توجه داشت. شکل‌های ۲۱۶ـ۱ و ۲۱۷ـ۱ تصاویر نمونه‌های مختلفی از پلاتین کنتاکتورها با جریان‌های قابل تحمل مختلف نشان می‌دهد.

شکل ۲۱۷ـ۱

جدول ۲۲ـ۱ طبقه‌بندی کاربردی کنتاکتور با توجه به نوع جریان آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲۲ـ۱

نوع جریان	علامت طبقه‌بندی		مثال برای مورد استفاده
جریان متناوب	AC1		بار غیراندوکتیو ـ بار با اندوکتیویته ضعیف ـ گرم‌کن برقی
	AC2	راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور سیم‌پیچی	بدون ترمز جریان مخالف
	AC3		با ترمز جریان مخالف
	AC4	راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور قفسی	قطع موتور در هنگام کار
	AC11	کنتاکتور کمکی	برای تعداد دفعات قطع و وصل زیاد با فواصل زمانی کم ـ ترمز با جریان مخالف ـ تغییر جهت موتور در حال کار
			کویل مغناطیسی
جریان مستقیم	DC1		بار غیراندوکتیو ـ بار با اندوکتیویته ضعیف ـ گرم‌کن برقی
	DC2	راه‌اندازی موتور شنت	قطع موتور در هنگام کار
	DC3		برای تعداد دفعات قطع و وصل زیاد با فواصل زمانی کم ـ ترمز با جریان مخالف ـ تغییر جهت موتور در حال کار
	DC4	راه‌اندازی موتور سری	قطع موتور در هنگام کار
	DC5		برای تعداد دفعات قطع و وصل زیاد با فواصل زمانی کم ـ ترمز با جریان مخالف ـ تغییر جهت موتور در حال کار
	DC11	کنتاکتور کمکی	کویل مغناطیسی

تعداد تیغه‌های کنتاکتور: تعداد تیغه‌ها معمولاً به کمک دو عدد که به واسطه‌ی یک علامت (/) از هم جدا شده‌اند بیان می‌شوند. عدد سمت چپ، تعداد کل تیغه‌های کنتاکتور و عدد سمت راست که اغلب دو رقمی است تعداد تیغه‌های بسته و باز کنتاکتور را به این صورت نشان می‌دهند. عدد دهگان نشان‌دهنده‌ی تعداد تیغه‌های باز و عدد یکان نشان‌دهنده‌ی تعداد تیغه‌های بسته است (شکل ۲۱۸ـ۱).

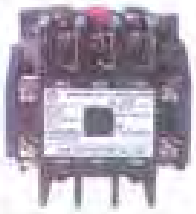
شکل ۲۱۸ـ۱

نُرم (استاندارد) کنتاکتور: ساخت کنتاکتورها براساس استاندارد مشخص صورت می‌پذیرد از جمله‌ی این استانداردهای مهم می‌توان به موارد جدول ۲۳ـ۱ اشاره کرد.

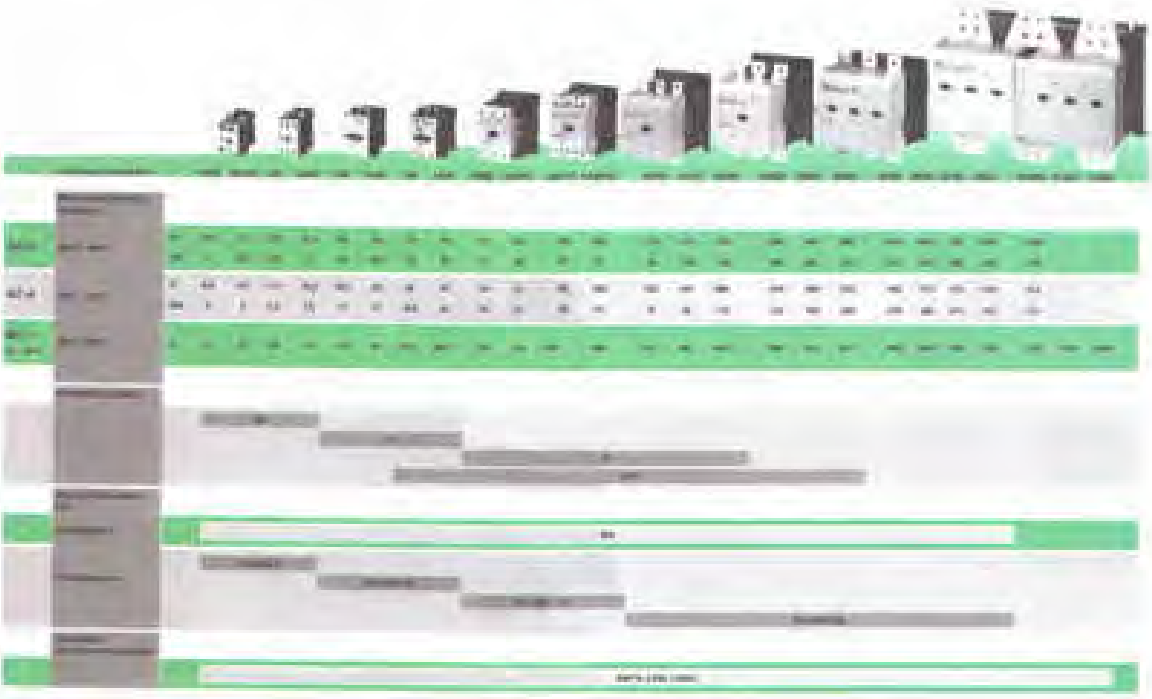
کنتاکتورها دارای مشخصات دیگری نیز هستند که اغلب در کاتالوگ مشخصات آن‌ها ارائه می‌شود. در شکل‌های ۲۱۹ـ۱ و ۲۲۰ـ۱ دو نمونه جدول مشخصات کنتاکتورهایی از کارخانجات مختلف ارائه شده است.

جدول ۲۳ـ۱

نرم آلمانی	VDE - DIN
نرم فرانسوی	UTE - NF
نرم انگلیسی	B.S
نرم کانادایی	G.S.A
نرم کمیسیون بین‌المللی الکروتکنیک	I.E.C

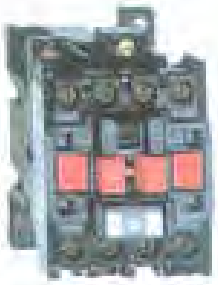
TYPE C TRIPLE POLE BLOCK CONTACTORS						
تعداد تیغه‌های اصلی		3	3	3	3	3
تعداد تیغه‌های کمکی		1N/O	1N/O+1N/C	1N/O+1N/C	2N/O+2N/C	2N/O+2N/C
جریان برحسب آمپر						
ماکزیمم جریان عبوری در دمای ۴۰°C برای انواع مختلف	AC-1 & 10.	20A	20A	25A	32A	50A
	AC-3 Ie 220V 440V 550V	12A	12A	16A	22A	35A
		9A	9A	12A	20A	32A
		7A	7A	8.5A	17A	24A
وزن (kg)		0.29	0.32	0.32	0.56	0.95

شکل ۲۱۹ـ۱

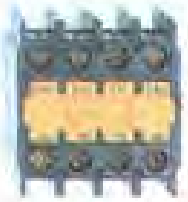


شکل ۲۲۰ـ۱

توضیح: برخی مواقع تعداد کنتاکت‌های باز و بسته‌ی موجود روی کنتاکتور مورد نظر برای اتصال مدار به اندازه‌ی کافی نیست در این صورت می‌توان با نصب تیغه‌های کمکی که بر روی کنتاکتور قرار می‌گیرند تعداد تیغه‌های باز و بسته را افزایش داد. شکل‌های ۲۲۱ـ۱ و ۲۲۲ـ۱ کنتاکتورهای مخصوصی که روی آن‌ها اهرم‌های قفل‌شدن وجود دارد و مجموعه‌ی تیغه‌های کمکی را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲۱ـ۱ـ کنتاکتور



شکل ۲۲۲ـ۱ـ تیغه‌های کمکی

شکل ۲۲۳ـ۱ نحوه‌ی قرار دادن تیغه‌های کمکی (کنتاکتور کمکی) بر روی کنتاکتور اصلی را نشان می‌دهد.

شکل ۲۲۳ـ۱

برای جلوگیری از استهلاک و خرابی پیچ‌های کنتاکتورها از قیف‌های نایلی که قابلیت نصب در زیر پیچ‌های کنتاکتور را دارند می‌توان استفاده کرد (شکل ۲۲۴ـ۱).

شکل ۲۲۴ـ۱

برای انتخاب کنتاکتور مناسب جهت راه‌اندازی موتور سه‌فاز روتور قفس می‌بایست علاوه‌بر جدول ۲۴ـ۱ به موارد دیگری مانند ولتاژ، فرکانس کار و قدرت موتور توجه شود. جدول ۲۴ـ۱ یک نمونه جدول انتخاب کنتاکتور را نشان می‌دهد. در این جدول به ازای توان‌های مختلف در شبکه‌ی سه‌فاز کنتاکتورهای گوناگونی توصیه شده است. نوع آن‌ها را با توجه به راهنمای سمت چپ جدول می‌توان تشخیص داد.

جدول ۲۴ـ۱ـ انتخاب کنتاکتور برای موتورهای روتور قفسی

انتخاب کنتاکتور					قدرت موتور			
جریان سه‌فاز ۵۰ـ۶۰ سیکل					اسب		کیلووات	
۶۶۰ ولت	۵۰۰ ولت	۴۱۵ ولت	۳۸۰ ولت	۲۰۰ ولت	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل
					۳	۰/۱۳	۲/۲	۰/۱
					۲	۳/۱	۳	۲/۳
					۵/۵	۴/۱	۴	۳/۱
					۷/۵	۵/۶	۵/۵	۴/۱
					۱۰	۷/۶	۷/۵	۵/۶
					۱۲/۵	۱۰/۱	۹	۷/۶
					۱۳/۵	۱۲/۶	۱۰	۹/۱
					۱۵	۱۳/۶	۱۱	۱۰/۱
					۲۰	۱۵/۱	۱۵	۱۱/۱
					۲۵	۲۰/۱	۱۸/۵	۱۵/۱
					۳۰	۲۵/۱	۲۲	۱۸/۶
					۳۵	۳۰/۱	۲۵	۲۲/۶
					۴۰	۳۵/۱	۳۰	۲۵/۱
					۴۵	۴۰/۱	۳۳	۳۰/۱
					۵۰	۴۵/۱	۳۷	۳۳/۱

شماره فنی کنتاکتور

LC1 D09	
LC1 D12	
LC1 D18	
LC1 D25	
LC1 D40	
LC1 D63	

قابل قطع در حالت کار عادی (AC 3)

۲،۵۰۰،۰۰۰ مرتبه قطع و وصل

با تأیید IEC 158 UTE-NF C63110 VDE 0660

۳ـ۲۶ـ۱ـ شستی استپ و استارت

در مدارهای صنعتی برای فرستادن فرمان قطع و وصل به کنتاکتورها، از شستی استفاده می‌شود. شستی‌ها کلیدهای لحظه‌ای هستند. با فشار بر آن‌ها کنتاکت‌هایی وصل یا قطع می‌شوند.

شستی استارت (Start) برای وصل یعنی در مدار قرار گرفتن کنتاکتور و شستی استپ (Stop) برای قطع (از مدار خارج کردن) کنتاکتور به کار می‌رود.

شکل ۲۲۵ـ۱ تصویری از چند نمونه شستی استپ و استارت را نشان می‌دهد.

شکل ۲۲۵ـ۱

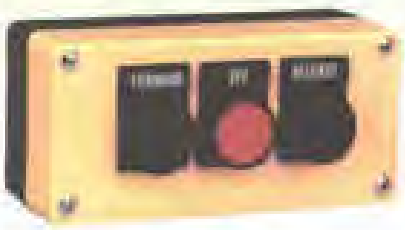
شکل ۲۲۶ـ۱ نمونه‌هایی از شستی‌های فقط استپ، فقط استارت و دوبل را نشان می‌دهد.

شکل ۲۲۶ـ۱

شستی‌های استپ و استارت را به‌ترتیب با حروف «OFF» و «ON» یا «O» و «I» نیز نشان می‌دهند. برخی موارد این شستی‌ها در مجموعه‌هایی بسته‌بندی شده و به‌صورت یک قاب وجود دارند. در شکل ۲۲۷ـ۱ نمونه‌هایی از این نوع شستی‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۲۲۷ـ۱

در برخی موارد بر روی شستی‌ها از اصطلاحات یا علائم خاصی همچون UP (بالا)، Down (پایین)، FORWARD (جلو) و REVERS (عقب) استفاده می‌شود (شکل ۲۲۸ـ۱).



شکل ۲۲۸ـ۱

همچنین در یک سری از شستی‌ها از علائم (فلش‌هایی) به‌صورت ↗ ↑ ↓ ? → ← برای نشان دادن وضعیت و چگونگی حرکت موتور و جهت‌های مختلف استفاده می‌شود.

شکل ۲۲۹ـ۱

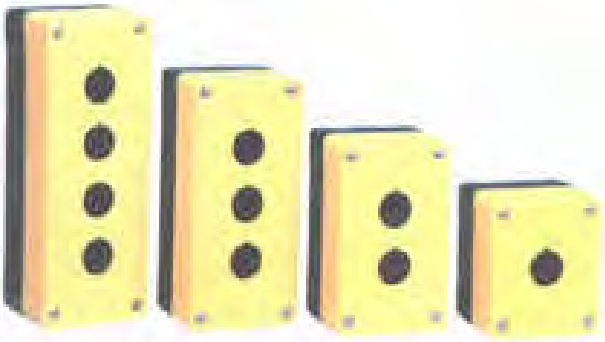
شستی‌های استپ و استارت دو خانه یا بیش‌تر و حتی به‌صورت غیرساکن (آویز) نیز وجود دارند که بیش‌تر در کارخانجات و برای موارد متحرک همچون جرثقیل‌های سقفی کاربرد دارند. شکل ۲۲۹ـ۱ نمونه‌هایی از این شستی‌ها را نشان می‌دهد.

در کنار حروف و یا اعدادی که برای بیان شرایط کاری شستی‌ها به‌کار می‌روند از شستی‌های رنگی مختلف برای نشان دادن وضعیت کاری نیز استفاده می‌شود. شکل ۲۳۰ـ۱ یک نمونه از جدول کاتالوگ شستی‌ها را نشان می‌دهد.

رنگ شستی	نوع شستی
سبز	یک شستی
قرمز	
قرمز	
سبز	دو شستی
قرمز	

شکل ۲۳۰ـ۱

در صورت افزایش تعداد نشستی‌های لازم در مدار، می‌توان مطابق شکل ۲۳۱ـ۱ از قاب‌هایی با تعداد خانه‌های بیش‌تر نیز استفاده کرد.



شکل ۲۳۱ـ۱

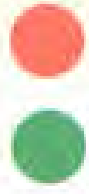
در جدول مربوط به کاتالوگ نشستی‌ها و یا روی بدنه‌ی آن‌ها برای بیان تعداد و نوع تیغه‌های موجود در نشستی از حروف اختصاری به همراه یک عدد استفاده می‌شود که مفهوم آن چنین است.

INC ـ یک تیغه‌ی بسته

INO ـ یک تیغه‌ی باز

INO + INC ـ یک تیغه‌ی باز و یک تیغه‌ی بسته

شکل ۲۳۲ـ۱ ضمن نمایش نشستی‌های مختلف این مطلب را بیان می‌کند.

نوع	رنگ	کد، نوع و تعداد تیغه‌ها
CA-P		CA-P1 (INO) CA-P2 (INC) CA-P11 (INO + INC)
CA-PF		CA-PF1 (INO) CA-PF2 (INC) CA-PF11 (INO + INC)
CA-PM		CA-PM1 (INO) CA-PM2 (INC) CA-PM11 (INO + INC)
CA-PL		CA-PL1 (INO) CA-PL2 (INC) CA-PL11 (INO + INC)
CA-PLM		CA-PLM1 (INO) CA-PLM11 (INO + INC)

شکل ۲۳۲ـ۱

۲۷ـ۱ـ کلید سوئیچ

کلیدهای قفل‌شونده (کلید سوئیچ‌ها) از نظر ساختمان داخلی، شبیه شستی‌ها هستند با این تفاوت که آن‌ها را می‌توان توسط یک سوئیچ قفل کرد.

برای وصل مجدد نیاز به قرار دادن سوئیچ و باز کردن قفل است. از این کلیدها زمانی استفاده می‌شود که بخواهیم درجه حفاظت را افزایش دهیم. در شکل ۲۳۳ـ۱ نمونه‌هایی از این نوع کلیدها را از نمای روبه‌رو و کنار نشان داده شده است.

شکل ۲۳۳ـ۱

۲۸ـ۱ـ لامپ سیگنال

لامپ سیگنال یا لامپ خبر در مدارهای فرمان برای نشان دادن وضعیت‌های کاری و یا خاموش بودن مصرف‌کننده‌های برق‌دار و یا بدون برق بودن تابلوها و لیز دیده شدن شستی‌ها استفاده می‌شود.

این لامپ‌ها در توان‌های کم ۱ تا ۵ وات و در رنگ‌های مختلف (سبز، قرمز، نارنجی و ...) و معمولاً از نوع گازی ساخته می‌شوند. گاز این لامپ‌ها اغلب نئون است. ولتاژ کار برخی از لامپ‌های سیگنال، کم می‌باشد.

در چنین مواردی در پشت آن‌ها از یک ترانسفورماتور کاهنده‌ی کوچک استفاده شده است.

شکل ۲۳۴ـ۱ نمونه‌های مختلفی از لامپ‌های سیگنال را نشان می‌دهد.

رنگ	مشخصات و کاربرد	مدل و شکل ظاهری

شکل ۲۳۴ـ۱

در ساختمان داخلی برخی شستی‌های استپ و یا استارت از لامپ سیگنال استفاده شده است. شکل ۲۳۵ـ۱ تصویر گسترده‌ی یک شستی را نشان می‌دهد که دارای لامپ سیگنال است.

شکل ۲۳۵ـ۱

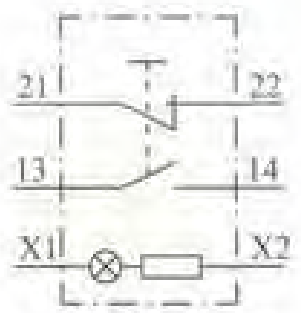
شکل ۲۳۶ـ۱ یک استپ و استارت با لامپ نئون را نشان می‌دهد.

شکل ۲۳۶ـ۱

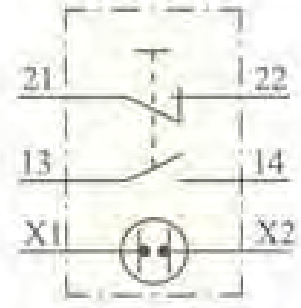
در شستی‌های لامپ‌دار از لامپ‌های نئون ۲۲۰ ولتی و یا ولتاژ پایین، به‌ندرت استفاده می‌شود. معمولاً از لامپ‌های ۱۲۰ ولتی با یک مقاومت سری با آن، یا یک لامپ ۶ ولت که در داخل آن ترانسفورماتوری قرار گرفته استفاده می‌شود.

قدرت لامپ‌های ۶ ولتی، ۲ وات و قدرت لامپ‌های ۱۲۰ ولتی، حدود ۳ تا ۵ وات است.

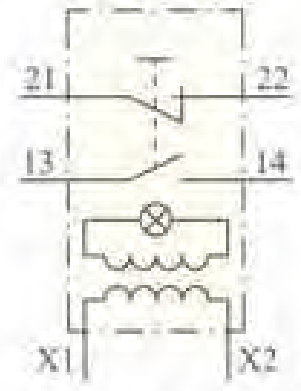
شکل‌های ۲۳۷ـ۱، ۲۳۸ـ۱ و ۲۳۹ـ۱ مدارهای داخلی این گونه شستی‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳۷ـ۱ـ لامپ‌های ۱۲۰ ولتی



شکل ۲۳۸ـ۱ـ لامپ‌های نئون ولتاژ پایین و یا ۲۲۰ ولتی



شکل ۲۳۹ـ۱ـ لامپ‌های ۶ ولتی (با ترانسفورماتور)

در نشستی‌هایی که فاقد لامپ سیگنال هستند برای بیان مفهوم یا علامتی خاص، از نشانه‌های پلاستیکی مطابق شکل ۲۲۰ـ۱ استفاده می‌شود.

شکل ۲۲۰ـ۱

۲۹ـ۱ـ چگونگی قرار گرفتن و تعیین رنگ تجهیزات کنترل و نمایش‌دهنده‌ها

تجهیزات کنترل‌کننده (نشستی‌ها) و نمایش‌دهنده‌ها (لامپ‌های سیگنال) در قالب یکی از شرایط نشان داده شده در شکل ۲۲۱ـ۱ در مدارها به‌کار می‌روند.

شکل ۲۲۱ـ۱

برای تعیین رنگ شستی‌های فشاری، خبردهنده‌های لامپی
و شستی‌های لامپ‌دار به جدول ۲۵ـ۱ توجه کنید.

جدول ۲۵ـ۱

رنگ شستی‌های فشاری	
فرمان	رنگ
استارت، روشن	سبز
شستی کوچک : ایست، خاموش شستی بزرگ : خاموش ـ اضطراری	قرمز
شروع به برگشت خارج از جریان معمولی کار یا شروع برای رفع شرایط خطرناک	زرد
هر عملی که هیچ کدام از رنگ‌های بالا برای آن صادق نیست.	سفید، آبی و سیاه

رنگ خبردهنده‌های لامپی برای نمایش وضعیت کاری	
وضعیت کاری	رنگ
ماشین آماده شروع به استارت	سبز
بدون معنی خاص، مثلاً ماشین در حال کار	سفید
وضعیت غیرعادی، خطر، اعلام خطر	قرمز
توجه یا احتیاط	زرد
همه کارهایی که هیچ‌کدام از رنگ‌های بالا برای آن صادق نیست.	آبی

رنگ‌های شستی‌های لامپ‌دار		
کار شستی	معنی شستی‌های لامپ‌دار	رنگ
استارت ماشین	آزاد بودن استارت به کار یا روشن شدن شستی	سبز
شروع به کار واحدی از ماشین	ماشین در حال کار	سفید
ایست (خاموش ـ اضطراری نیست)	از شستی‌های لامپ‌دار قرمز صرف‌نظر شود. به جای آن از شستی‌های قرمز فشاری معمولی استفاده شود.	قرمز
استارت حرکتی برای رفع شرایط خطرناک	توجه یا احتیاط	زرد
هر مفهومی که از رنگ‌های مذکور در بالا استنباط نشود.		آبی

۳۰ـ۱ـ آشنایی با رله‌های حرارتی و مغناطیسی

۱ـ۳۰ـ۱ـ رله حرارتی

برای حفاظت موتورهای الکتریکی در مقابل اضافه بار (بار زیاد) از رله‌های حرارتی استفاده می‌شود. در شکل ۲۴۲ـ۱ چند نمونه از این نوع رله‌ها را مشاهده می‌کنید.

اساس کار این رله‌ها بر پایه‌ی اختلاف ضریب انبساط طولی دو فلز به‌کار رفته در آن است.

شکل ۲۴۲ـ۱

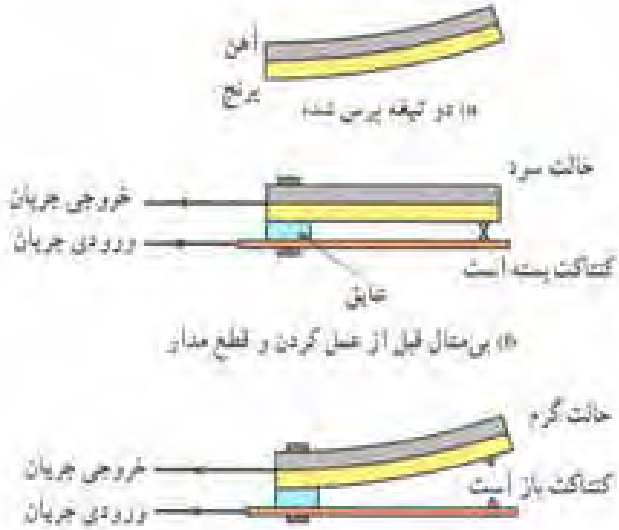
همان‌طور که در شکل ۲۴۳ـ۱ مشاهده می‌شود در ساختمان داخلی آن‌ها از دو فلز آهن و برنج که بر روی هم پرس شده و به‌صورت یکپارچه درآمده می‌شوند استفاده شده است.

براثر عبور جریان از بی‌متال، دو فلز گرم می‌شوند و طول آن‌ها افزایش می‌یابد. از آن‌جایی که ضریب انبساط طولی یکی از فلزات بیش‌تر از دیگری است، دو فلز با هم به سمت فلزی که ضریب انبساط طولی کم‌تری دارد خم می‌شوند. در نتیجه مسیر عبور جریان کنتاکت‌ها باز و مدار قطع می‌شود.

در رله‌های حرارتی، سه تیغه‌ی بی‌متال تعبیه شده، که سیم حامل جریان چند حلقه به دور آن پیچیده می‌شود. در اثر عبور جریان اضافه بار، هادی‌ها گرم، حرارت به بی‌متال منتقل می‌شود و باعث خم‌شدن تیغه می‌شود. حرکت هریک از بی‌متال‌ها به اهرمی فشار می‌آورد و با جابه‌جا شدن اهرم، یک میکروسوئیچ[1] که دارای کنتاکت تبدیل باز و بسته است تغییر وضعیت می‌دهد و مدار فرمان را قطع می‌کند.

تیغه‌های مدار قدرت یا شماره‌های یک‌رقمی از ۱ تا ۶ و ترمینال تیغه‌های فرمان که به‌صورت دوبل (بسته و باز) می‌باشند را با شماره‌های ۹۵ تا ۹۸ مشخص می‌کنند.

ترمینال‌های مدار قدرت و فرمان بی‌متال را در شکل ۲۴۴ـ۱ مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۴۳ـ۱

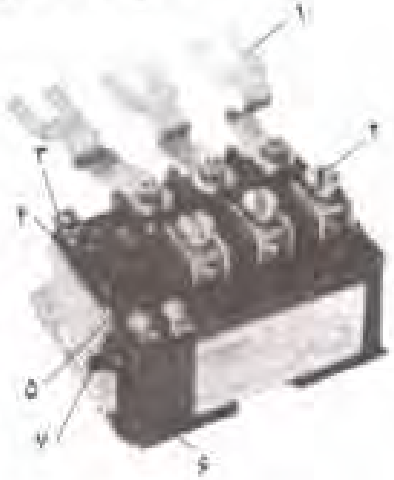
شکل ۲۴۴ـ۱

۱ـ در قسمت ۳۲ـ۱ درباره آن بحث می‌شود.

شکل ۲۴۵ـ۱ اجزای داخلی یک رله‌ی حرارتی (بی‌متال) را نشان می‌دهد.

شکل ۲۴۵ـ۱ـ اجزای داخلی بی‌متال

شکل ۲۴۶ـ۱ اجزای خارجی و محل‌های اتصال آن به مدار را نشان می‌دهد.



۱ـ اتصالی به کنتاکتور
۲ـ اتصالی به موتور
۳ـ ترمینال مشترک مدار فرمان
۴ـ پیچ تنظیم جریان
۵ـ ترمینال باز و بسته مدار فرمان
۶ـ پیچ تغییر وضعیت
۷ـ دکمه اتصال مجدد

شکل ۲۴۶ـ۱ـ اجزای ظاهری بی‌متال

در شکل ۲۴۷ـ۱ علامت اختصاری بی‌متال در استانداردهای قدیم و جدید نشان داده شده است.

(a) نمای جدید بی‌متال (IEC)

(b) نمای قدیم بی‌متال (VDE)

شکل ۲۴۷ـ۱

شکل ۱ـ۲۴۸

شکل ۱ـ۲۴۹

بر روی بدنه‌ی بی‌متال‌ها، مشخصات الکتریکی و شماره‌ی ترمینال‌های ورودی و خروجی مدار فرمان و قدرت نوشته می‌شود. به کمک آن‌ها می‌توان به محدوده‌ی جریان نوع مصرف‌کننده و شماره ترمینال‌ها پی برد و آن‌ها را شناسایی کرده در شکل‌های ۱ـ۲۴۸ و ۱ـ۲۴۹ تصویر مشخصات دو نمونه از بی‌متال‌ها مشاهده می‌شود.

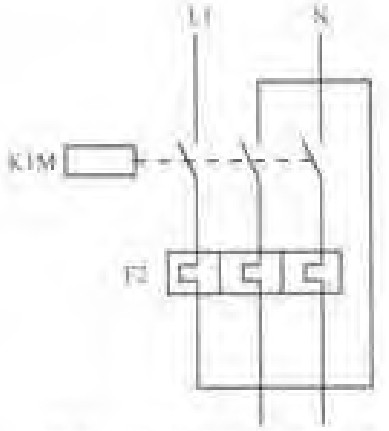
ورودی بی‌متال به‌صورت میله‌هایی است که در زیر پیچ‌های کنتاکتور قرار می‌گیرند. خروجی آن نیز به‌صورت ترمینال‌هایی است که به‌وسیله‌ی سیم از آن انشعاب می‌گیریم.

a

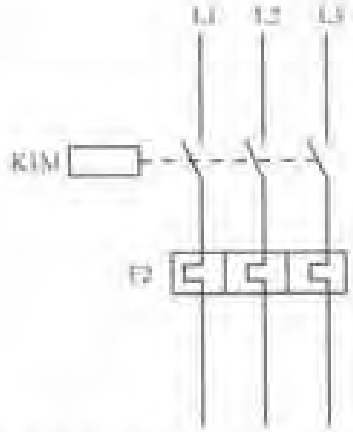
b

شکل ۱ـ۲۵۰

شکل a ـ ۱ـ۲۵۰ و b ـ ۱ـ۲۵۰ نحوه‌ی قرار دادن بی‌متال در زیر پیچ‌های کنتاکتور را نشان می‌دهد.



a) اتصال بی‌متال در جریان تک‌فاز زیر کنتاکتور



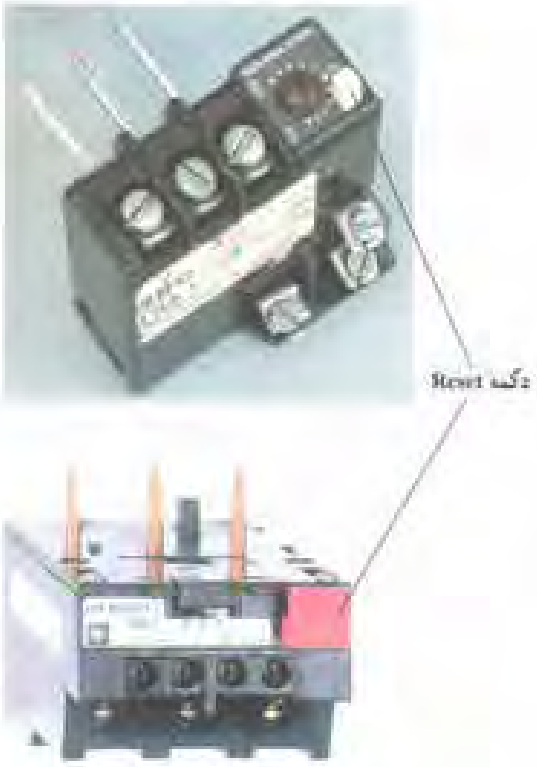
b) اتصال بی‌متال در جریان سه‌فاز زیر کنتاکتور

شکل ۲۵۱ـ۱

شکل ۲۵۱ـ۱ چگونگی اتصال رله‌ی حرارتی در مدارهای سه‌فاز و تک‌فاز را نشان می‌دهد.

شکل ۲۵۲ـ۱

از قسمت فرمان رله‌ی حرارتی و با کمک گرفتن از لامپ سیگنال و یا وسایل خبردهنده‌ی دیگر همچون بوق یا آژیر برای نشان دادن وضعیت قطع رله در برابر جریان اضافی (اضافه‌بار) استفاده می‌شود. شکل ۲۵۲ـ۱ طراحی و طرز کار این رله‌ها به‌گونه‌ای است که پس از عمل کردن بلافاصله به حالت اول برنمی‌گردند و در همان شرایط قطع باقی می‌مانند تا مدار توسط فرد متخصص رفع عیب شود. پس از برطرف شدن اشکال پیش آمده، برای وصل مجدد رله می‌بایست شستی مخصوص



شکل ۲۵۴ـ۱

Reset (راه‌اندازی مجدد) را که معمولاً به رنگ آبی، قرمز یا سفید است فشار داد تا به حالت طبیعی (وصل) بازگردد. (شکل ۲۵۳ـ۱).

■ مشخصات الکتریکی رله‌ی حرارتی

رله‌ی حرارتی دارای ولتاژ و جریان نامی برای اتصال به مدارهای الکتریکی است. برای تنظیم مقدار جریان قابل تحمل برای رله‌ها علاوه بر جریان نامی مصرف‌کننده، مدت زمان تحمل رله در مقابل جریان‌های زیاد نیز مطرح است. هر رله دارای منحنی کار جریان به ازای مدت زمان قابل‌تحمل خاصی است. در شکل ۲۵۴ـ۱ یک نمونه‌ی آن مشاهده می‌شود.

شکل ۲۵۴ـ۱ـ مثلاً اگر جریان مصرف‌کننده ۲/۸ برابر جریان نامی شد پس از گذشت ۲۰ ثانیه رله، مدار را قطع می‌کند.

جدول ۲۶ـ۱

مقدار افزایش جریان بار (I_L) نسبت به جریان تنظیمی رله‌ی حرارتی	مدت زمان لازم جهت قطع رله‌ی حرارتی مناسب
$1 \times I_L$	مدار را قطع نکند
$1/5 \times I_L$	بیش‌تر از ۲ ساعت
$2 \times I_L$	کم‌تر از ۲ ساعت
$5 \times I_L$	کم‌تر از ۲ دقیقه
$10 \times I_L$	کم‌تر از ۵ ثانیه

جدول ۲۶ـ۱ مدت زمان قطع رله‌ی حرارتی را در برابر افزایش بار مصرفی نشان می‌دهد.

در انتخاب رله‌ی حرارتی (بی‌متالی) برای موتورهای روتور قفسی جدول‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد. در این‌جا دو نمونه جدول‌های ۲۷ــ۱ و ۲۸ــ۱ نشان داده شده است.

جدول ۲۷ــ۱ــ انتخاب رله‌ی حرارتی (بی‌متال) برای موتورهای روتور قفسی

قدرت موتور: کیلووات	قدرت موتور: اسب	کامل کردن شماره فنی رله‌ی حرارتی — جریان سه‌فاز ۶۰ــ۵۰ سیکل: ۲۲۰ ولت	۳۸۰ ولت	۴۱۵ ولت	۵۰۰ ولت	۶۶۰ ولت	رله‌ی حرارتی: اندازه	اندیکس	مشخصات — حدود تنظیم رله‌ی حرارتی برحسب آمپر: حداقل	حداکثر	قدرت فیوز برحسب آمپر
۰/۳۷	۰/۵	307	306	306	305	304	LR1 D09	301	۰/۱	۰/۱۶	۰/۲۵
۰/۵۵	۰/۷۵	308	307	306	306	305	LR1 D09	302	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۵۰
۰/۷۵	۱	308	307	307	307	306	LR1 D09	303	۰/۲۵	۰/۴۰	۱
۱/۱	۱/۵	310	308	307	307	306	LR1 D09	304	۰/۴۰	۰/۶۳	۱
۱/۵	۲	312	308	308	308	307	LR1 D09	305	۰/۶۳	۱	۲
۲/۲	۳	314	310	310	308	308	LR1 D09	306	۱	۱/۶	۲
۳	۴	316	312	312	310	308	LR1 D09	307	۱/۶	۲/۵	۴
۴	۵/۵	321	314	312	312	310	LR1 D09	308	۲/۵	۴	۶
۵/۵	۷/۵	322	316	316	314	312	LR1 D09	310	۴	۶	۸
۷/۵	۱۰	353	321	321	316	314	LR1 D09	312	۵/۵	۸	۱۲
۱۰	۱۲/۵	353	322	321	321	316	LR1 D09	314	۷	۱۰	۱۲
۱۱	۱۵	357	322	322	321	316	LR1 D12	316	۱۰	۱۳	۱۶
۱۵	۲۰	359	353	353	322	321	LR1 D16	321	۱۳	۱۸	۲۰
۱۸/۵	۲۵	361	353	355	353	322	LR1 D25	322	۱۸	۲۵	۲۵
۲۲	۳۰		357	355	355	353	LR1 D40	353	۲۳	۳۲	۴۰
۲۵	۳۵		359	357	357	353	LR1 D40	355	۳۰	۴۰	۴۰
۳۰	۴۰		361	359	357	355	LR1 D63	357	۳۸	۵۰	۶۳
۳۳	۴۵		361	359	357	355	LR1 D63	359	۴۸	۵۷	۶۳
۳۷	۵۰			361	361	357	LR1 D63	361	۵۷	۶۶	۶۳

شماره فنی رله حرارتی

رنگ	
آبی	LR1 D09
نارنجی	LR1 D12
زرد	LR1 D16
قرمز	LR1 D25
سبز	LR1 D40
بنفش	LR1 D63

شماره فنی رله حرارتی را با افزودن ۳ شماره اندیکس کامل نمایید. برای مثال: برای ۵/۵ کیلووات ۳۸۰ ولت نارنجی رنگ LR1 - D12 - 316

رله‌های حرارتی مستقیماً روی کنتاکتور نصب می‌شوند.

رله‌های حرارتی سری LR3 برای مصرف در مدارهای سه‌فاز نامتعادل به‌کار می‌رود.

دامنه گرمکن‌های رله ــ روشنایی منطقه برای مصرف در شبکه ۶۶۰ ولت را با مشورت فرمایید.

جدول ۲۸ــ۱

ماکزیمم قدرت استفاده برای موتورهای سه‌فازه 50/60 Hz AC3 duty: 220V kW/hp	380V kW/hp	415V kW/hp	440V kW/hp	500V kW/hp	660V kW/hp	محدوده جریان تنظیمی A	کنتاکتور	وزن برحسب kg	اندازه جریان و مدل فیوز: aM	gI	BS88
-	-	-	-	-	-	0.1-0.16	D09 to D32	LR1-D09301A65 0.120	0.25	-	2
-	-	-	-	-	-	0.16-0.25	D09 to D32	LR1-D09302A65 0.120	0.50	-	2
-	-	-	-	-	-	0.25-0.40	D09 to D32	LR1-D09303A65 0.120	1	2	2
-	-	-	-	-	0.37 0.5	0.40-0.63	D09 to D32	LR1-D09304A65 0.120	1	2	2
-	-	-	-	0.37 0.5	0.55 0.75	0.63-1	D09 to D32	LR1-D09305A65 0.120	2	4	4
-	0.37 0.5	-	0.55 0.75	0.75 1	1.1 1.5	1-1.6	D09 to D32	LR1-D09306A65 0.120	2	4	6
0.37 0.5	0.75 1	1.1 1.5	1.1 1.5	1.1 1.5	1.5 2	1.6-2.5	D09 to D32	LR1-D09307A65 0.120	4	6	10
0.75 1	1.5 2	1.5 2	1.5 2	2.2 3	3 4	2.5-4	D09 to D32	LR1-D09308A65 0.120	6	10	16
1.1 1.5	2.2 3	2.2 3	2.2 3	3 4	4 5.5	4-6	D09 to D32	LR1-D09310A65 0.120	8	16	16
1.5 2	3 4	3.7 5	3.7 5	4 5.5	5.5 7.5	5.5-8	D09 to D32	LR1-D09312A65 0.120	12	20	20
2.2 3	4 5.5	4 5.5	4 5.5	5.5 7.5	7.5 10	7-10	D09 to D32	LR1-D09314A65 0.120	12	20	20

شکل ۲۵۵ـ۱

۲ـ۳۰ـ۱ـ رله‌ی مغناطیسی

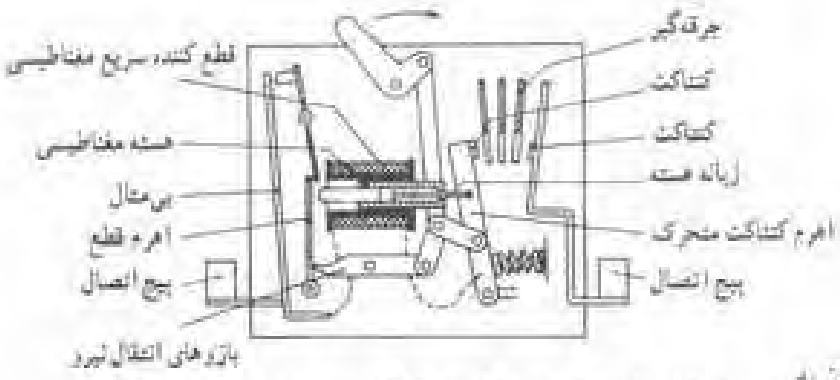
ازجمله وسایلی که مصرف‌کننده‌های سه فازه را در مقابل اتصال کوتاه حفاظت می‌کند «**رله‌ی مغناطیسی**» یا «**کلید حفاظتی**» است. شکل‌های ۲۵۵ـ۱ و ۲۵۶ـ۱ نمای مختلفی از این رله‌ها را نشان می‌دهند.

شکل ۲۵۶ـ۱

۱ـ دکمه‌ی قطع
۲ـ دکمه‌ی وصل
۳ـ قطع کننده‌ی حرارتی
۴ـ قطع کننده‌ی مغناطیسی
۵ـ کنتاکت‌های ورودی
۶ـ کنتاکت‌های خروجی

شکل ۲۵۷ـ۱

در شکل ۲۵۷ـ۱ اجزای داخلی یک رله‌ی مغناطیسی را مشاهده می‌کنید. ازجمله خصوصیات این کلیدها آن است که به هنگام بروز هرنوع خطا در مسیر هریک از فازها یا همه‌ی آن‌ها، مدار تمام فازها هم‌زمان قطع می‌شود. کلیدهای مغناطیسی می‌توانند به رله‌ی حرارتی نیز مجهز باشند.

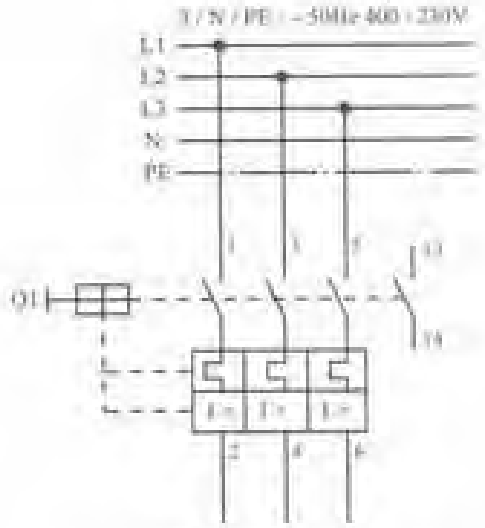


نمونه‌ای از ساختمان و طریقه عمل قطع کننده سریع و بی‌متالی در یک کلید محافظ

شکل ۲۵۸ـ۱ تصویر یک رله‌ی مغناطیسی که مجهز به رله‌ی حرارتی نیز می‌باشد همراه نمای مداری آن را نشان می‌دهد. نحوه‌ی عملکرد آن به این صورت است که اگر روی یک موتور اضافه‌بار اتفاق بیافتد جریان بیش‌تری نسبت به جریان نامی موتور از اجزای حرارتی آن عبور می‌کند. درنتیجه عناصر بی‌متالی تغییر فرم می‌دهند و پس از مدتی مدار را قطع می‌کنند.

هرگاه اتصال کوتاهی در مدار روی دهد جریان زیادی از بوبین حفاظت‌کننده عبور می‌کند و فوران زیادی را در اطراف آن به‌وجود می‌آورد و در نتیجه اهرم آهنی را به‌طرف خود جذب می‌کند و سبب قطع کلید می‌شود.

رله‌های مغناطیسی در رنج‌های استاندارد شده‌ای از میلی‌آمپر تا کیلوآمپر ساخته می‌شوند.



(به طرف مصرف‌کننده)

شکل ۲۵۸ـ۱ـ نمای فنی کلید حفاظت موتور

شکل ۲۵۹ـ۱

شکل ۲۵۹ـ۱ نمونه‌های مختلفی از این کلیدها با قدرت تحمل جریان اتصال کوتاهی معادل ۱۰۰KA را نشان می‌دهد.

در صنعت این نوع رله‌ها به «**کلید اتوماتیک**» معروفند.
از این نوع رله‌ها در مسیر برق ورودی کنتاکتورها به‌جهت حفاظت کل مدار استفاده می‌شود.

شکل ۲۶۰ـ۱ تصاویری از این رله که در مسیر کنتاکتورها قرار گرفته‌اند را نشان می‌دهد.

به‌طور کلی استفاده از کلید حفاظت موتور برای موتورهای سه‌فازه در شرایط کاری دائم‌کار، خودکار یا آن‌هایی که محل فرمان‌شان دور است یا مستقیماً به برق وصل می‌شوند ضروری است. در این موارد استفاده از فیوزهای معمولی فشنگی توصیه نمی‌شود.

شکل ۲۶۰ـ۱

۳۱ـ۱ـ آشنایی با رله‌های زمانی

رله‌ی زمانی کلیدی است که پس از دریافت فرمان براساس تنظیمی که روی آن صورت گرفته پس از مدت زمانی عمل می‌کند و کنتاکت‌های داخلی بسته‌ی آن، باز و کنتاکت‌های باز، بسته می‌شوند. رله‌های زمانی را تحت عنوان **تایمرها** نیز می‌شناسند.

تایمرها دارای انواع مختلفی هستند. در این‌جا چند نوع آن بررسی می‌شود.

۱ـ۳۱ـ۱ـ تایمر موتوری

در این تایمرها از یک موتور سنکرون کوچک استفاده می‌شود که به‌محض اعمال ولتاژ به آن شروع به گردش می‌کند. این موتور به کمک چرخ‌دنده‌ها، صفحه‌ای را می‌چرخاند. روی این صفحه‌ی زباله‌ای قرار گرفته است. با گردش موتور پس از گذشت مدت زمان تنظیم شده، صفحه با کلیدی (میکروسوئیچ) برخورد می‌کند و در این حالت فرمان قطع و یا وصل فرستاده می‌شود. وضعیت تایمر تا زمانی که برق آن قطع نشود در همین شرایط باقی می‌ماند. در صورت قطع ولتاژ تغذیه‌ی موتور آن، صفحه‌ی زباله‌دار توسط فنری که در زیر آن قرار گرفته به‌حالت اول خود باز می‌گردد و میکروسوئیچ آزاد می‌شود. در شکل ۲۶۱ـ۱ نمای روبه‌رو، تایمر را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۶۱ـ۱

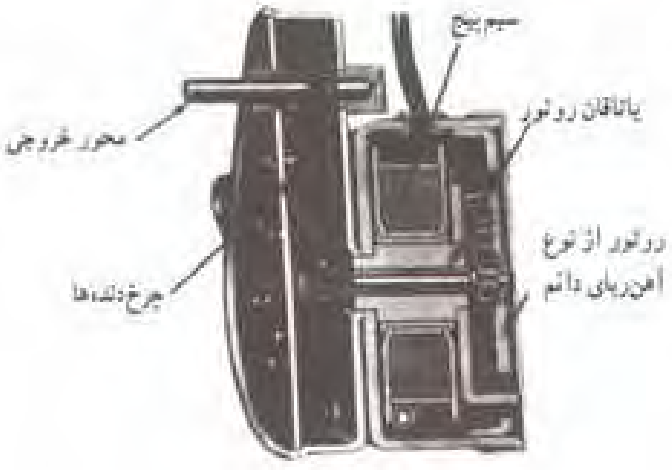
شکل ۲۶۲ـ۱ نمای جانبی این نوع تایمر را به همراه جزئیات نوشته شده روی بدنه آن و

شکل ۲۶۲ـ۱

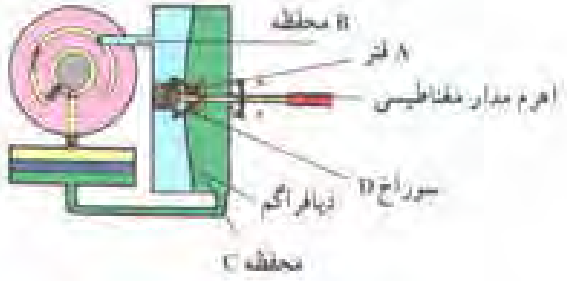
شکل ۲۶۳ـ۱ اجزای داخلی تایمر موتوری را نشان می‌دهد.

شکل ۲۶۳ـ۱

با چرخاندن ولومی که روی تایمر قرار دارد می‌توان فاصله‌ی بین زائده‌ی صفحه‌ی دوّار تا میکروسوئیچ را تغییر داده و زمان رسیدن زائده به میکروسوئیچ را به مقدار موردنظر تنظیم کرد. شکل ۲۶۴ـ۱ ساختمان داخلی تایمر موتوری را نشان می‌دهد.

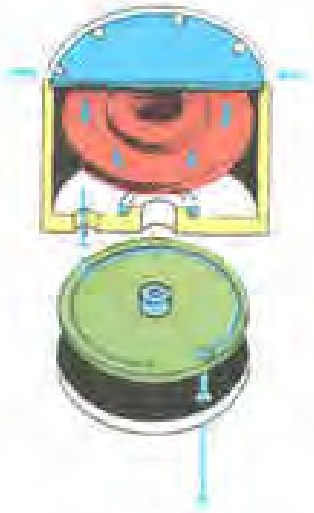


شکل ۲۶۴ـ۱



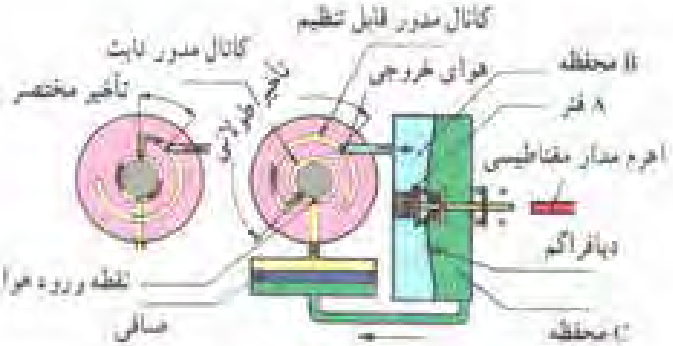
۲ـ۳۱ـ۱ـ تایمر بادی

ساختمان داخلی یک نوع از این رله‌ها را در شکل ۱ـ۲۶۵ مشاهده می‌کنید. قبل از تحریک رله، اهرم، مدار مغناطیسی، فنر A و دیافراگم را فشار می‌دهد. هوای داخل محفظه‌ی B از طریق روزنه‌ی D که به‌طور لحظه‌ای باز شده به محفظه‌ی C رانده می‌شود.



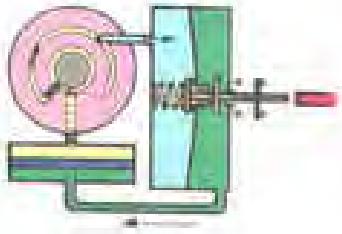
شکل ۱ـ۲۶۵

وقتی رله تحریک و اهرم مدار مغناطیسی کشیده شد. شکل ۱ـ۲۶۶ فنر A دیافراگم را دفع می‌کند و باعث ایجاد فشار کم در محفظه‌ی B می‌شود. هوای محفظه‌ی C از طریق یک صافی فلزی دوباره به محفظه‌ی B وارد می‌شود. نسبت جریان این هوا به وسیله‌ی یک کانال با طول متغیر بین دو صفحه، کنترل می‌شود. مدت زمان تایمر به وضع قرار گرفتن دو دیسک بستگی دارد. این تنظیم، توسط دگمه تنظیم در محل انتخابی قرار می‌گیرد.



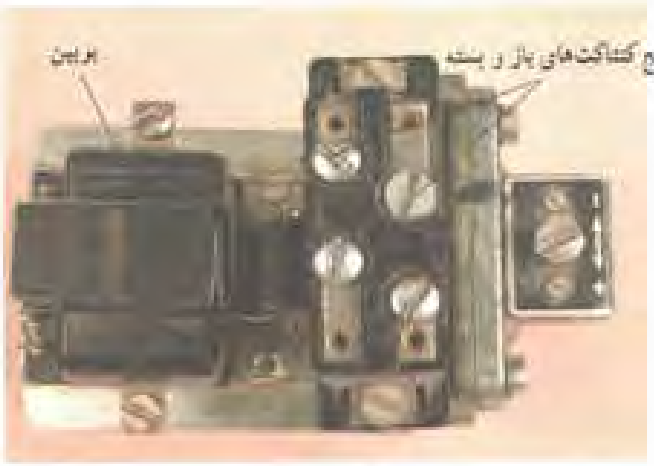
شکل ۱ـ۲۶۶

همان‌طور که در شکل ۱ـ۲۶۷ مشاهده می‌شود در پایان زمان تأخیر، کنتاکت عمل می‌کند.



شکل ۱ـ۲۶۷

شکل دیگری از رله‌های بادی وجود دارد که از یک مخزن هوا، بوبین و دیافراگمی که در مقابل آن قرار گرفته است تشکیل می‌شود. به محض اتصال برق به بوبین، آن صفحه (دیافراگم) کشیده شده و هوا از طریق یک سوراخ که پیچی روی آن وصل شده است به داخل مخزن مکیده می‌شود. این کار تا زمانی که مخزن کاملاً پر شده و دیافراگم را به سمت خارج بفرستد ادامه می‌یابد (شکل ۲۶۸ـ۱).



شکل ۲۶۸ـ۱

در این رله با تغییر پیچ روی مخزن هوا می‌توان سرعت پرشدن مخزن را کم و زیاد کرد و در فرستادن زمان تایمر، تأخیر یا سرعت به‌وجود آورد (شکل ۲۶۹ـ۱).

شکل ۲۶۹ـ۱

یک نوع تایمر بادی (پنوماتیکی) وجود دارد که می‌توان بر روی کنتاکتورها نصب کرد چرا که محور آن‌ها با محور هسته قفل شده و در صورت جذب هسته تایمر کشیده شده و هوا را به داخل می‌کشد. با چرخاندن ولوم روی تایمرها می‌توان سرعت پر شدن مخزن هوای آن‌ها را تنظیم کرد. شکل a ـ ۲۷۰ـ۱ تصویر ظاهری تایمر بادی و شکل b ـ ۲۷۰ـ۱ تصویر نصب شده تایمر بادی روی کنتاکتور را نشان می‌دهد.

a) تایمر پنوماتیکی

b) تایمر پنوماتیکی نصب شده روی کنتاکتور

شکل ۲۷۰ـ۱

۳ـ۳۱ـ۱ـ تایمر الکترونیکی

این تایمر مشابه دیگر تایمرها دارای یک کنتاکت باز و یک کنتاکت بسته است. ساختمان داخلی آن‌ها از قطعات الکترونیکی همچون ترانزیستور و آی‌سی تشکیل می‌شود. اساس کار و مبنای نگه‌داشتن زمان در این تایمرها، زمان شارژ خازن‌ها است.

شکل ۲۷۱ـ۱ـ نمای ظاهری تایمر

شکل ۲۷۱ـ۱ نمای ظاهری و شکل ۲۷۲ـ۱ نمای اجزای داخلی این تایمرها را نشان می‌دهد.

شکل ۲۷۲ـ۱ـ نمای داخلی تایمر

با تغییر مقدار مقاومت و یا خازن، می‌توان مدت زمان شارژ و یا دشارژ خازن را افزایش یا کاهش داد. در تایمرهای الکترونیکی نیز با جرخاندن ولوم تنظیم زمان درواقع مقدار مقاومت اهمی و یا ظرفیت خازن تغییر می‌کند.

شکل ۲۷۳ـ۱

وضعیت و شماره‌ی تیغه‌های تایمر الکترونیکی بر روی بدنه آن نوشته می‌شود. در شکل ۲۷۳ـ۱ دو نمونه از این نوع را مشاهده می‌کنید.

۳۲ـ۱ـ آشنایی با انواع لیمیت‌سوئیچ‌ها[1] و فلوترسوئیچ‌ها[2]

۱ـ۳۲ـ۱ـ لیمیت‌سوئیچ

لیمیت‌سوئیچ یک کلید فشاری است که فرمان مکانیکی محرک آن معمولاً عاملی غیر از دست می‌باشد. بر همین اساس چون از این نوع کلیدها در موارد مختلفی می‌توان استفاده کرد در ساخت آن‌ها نیز تنوع زیادی را می‌توان مشاهده کرد. ساختمان داخلی آن از دو یا چند کنتاکت هم‌محور باز و بسته تشکیل شده است.

در شکل ۲۷۴ـ۱ تصاویری از انواع لیمیت‌سوئیچ‌ها را مشاهده می‌کنید. از این کلیدها جهت محدود کردن حرکت دستگاه‌های متحرک در مسیرهای خطی یا دورانی استفاده می‌شود. ازجمله‌ی آن‌ها می‌توان مسیر حرکتی‌های سقفی، درب آسانسورها و نوارهای نقاله را نام برد.

شکل ۲۷۴ـ۱

۱ـ Limit Switch

۲ـ Flower Switch

شکل ۲۷۵ـ۱

اصطلاحاً به لیمیت‌سوئیچ‌های کوچک «میکروسوئیچ» نیز گفته می‌شود.

شکل ۲۷۵ـ۱ تصاویری از انواع لیمیت‌سوئیچ‌ها در اندازه‌ی کوچک‌تر را نشان می‌دهد.

شکل ۲۷۶ـ۱

علامت اختصاری میکروسوئیچ در استاندارد IEC به‌صورت شکل ۲۷۶ـ۱ است.

شکل ۲۷۷ـ۱

شکل ۲۷۷ـ۱ نحوه‌ی باز کردن یک نوع لیمیت‌سوئیچ را به همراه پیچ‌های مربوط به کنتاکت باز و بسته نشان می‌دهد.

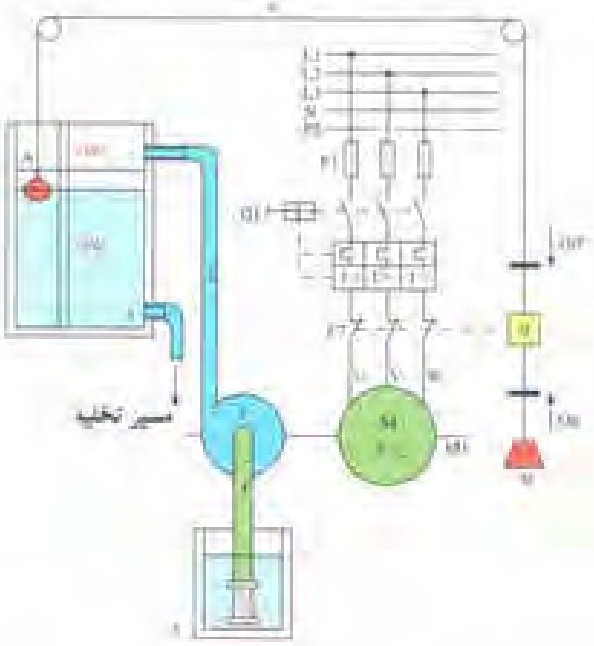
۴ـ۳۲ـ۱ـ فلوترسوئیچ

ازجمله کلیدهای فشاری که در زمینه‌ی کنترل و محدود کردن سطح مایعات در داخل مخازن و یا چاه‌های آب و فاضلاب به‌کار می‌رود «**فلوترسوئیچ‌ها**» هستند. ساختمان داخلی این کلیدها مشابه لیمیت‌سوئیچ‌ها از یک کنتاکت باز و یک کنتاکت بسته تشکیل می‌شود. این سوئیچ کنترل‌کننده‌ها به صورت‌های مکانیکی و الکترونیکی ساخته می‌شوند.

برای تشخیص بالا و پایین بودن سطح مایع در محل موردنظر از شناورهای پلاستیکی و یا سنسورهای نوری نوع الکترونیکی استفاده می‌شود. شکل ۲۷۸ـ۱ یک مدل آن نشان داده شده است.

شکل ۲۷۸ـ۱

در نوع پلاستیکی که فرمان به‌صورت مکانیکی فرستاده می‌شود از دو محفظه‌ی پلاستیکی به‌عنوان وزنه‌هایی روی سطح آب و خارج از مخزن استفاده می‌شود. مثلاً در شکل ۲۷۹ـ۱ اگر بخواهیم آب خارج‌شده از چاه را به‌طور غیرمستقیم و اتوماتیک تحت کنترل درآوریم از طریق یک نخ، وزنه‌ای را خارج از مخزن B و وزنه‌ی دیگری روی آب داخل مخزن A قرار می‌گیرد. به‌این ترتیب وقتی میزان آب در مخزن کم شود، شناور داخل مخزن در سطح پایین‌تری قرار می‌گیرد و در نتیجه از طریق تیغه‌ی وصل شده، فرمان وصل برای موتور فرستاده می‌شود و درصورت پرشدن مخزن، شناور داخل مخزن به سمت بالا می‌آید و موجب می‌شود تا تیغه‌ی فلوتر قطع و موتور خاموش می‌شود.



فیوز	F1
کلید حفاظت موتوری (دستی)	Q1
کلید شناور سه‌پل (محدودکننده سطح بالای آب)	F7
موتور پمپ	M1
مخزن ذخیره	1
لوله	2
مکنده پمپ	3
لوله مکنده دارای فیلتر	4
چاه	5
کابل شناور، وزنه تعادل، قرقره و بست‌ها	6

شکل ۲۷۹ـ۱

شکل ۲۸۰ـ۱

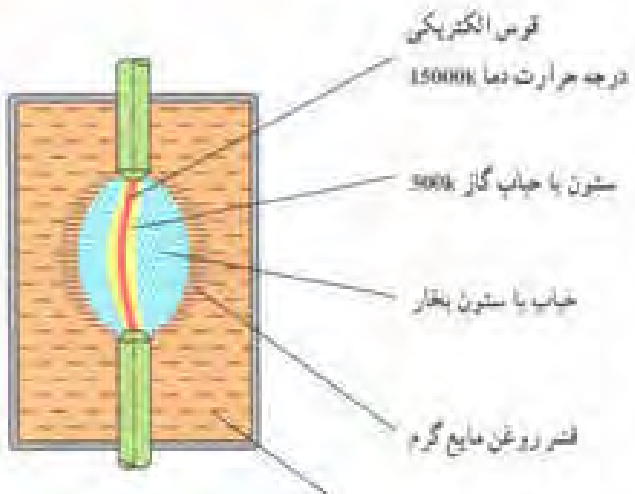
شکل‌های a ـ ۲۸۰ـ۱ و b ـ ۲۸۰ـ۱ نمونه‌هایی از فلوترسوئیچ‌ها را نشان می‌دهد.

در شکل c ـ ۲۸۰ـ۱ نحوه نصب یک نمونه فلوترسوئیچ را مشاهده می‌کنید.

۳۳ـ۱ـ آشنایی با کلیدهای روغنی

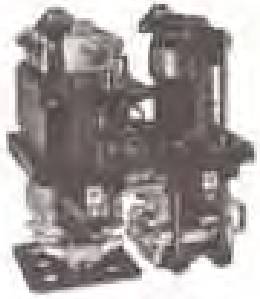
از آن‌جایی که در لحظات وصل و قطع کلیدها بین دو کنتاکت جرقه یا قوس الکتریکی به‌وجود می‌آید و گرمای حاصل از قوس الکتریکی باعث خرابی کنتاکت‌ها می‌شود در برخی موارد به‌جهت خنک کردن و ازبین بردن جرقه‌های بین کنتاکت‌های کلید و افزایش عمر کنتاکت‌ها از کلیدهایی استفاده می‌شود که کنتاکت‌های آن در روغن قرار دارد. اصطلاحاً به این کلیدها، **کلیدهای روغنی** گفته می‌شود. در این کلیدها هرچه شدت جریان عبوری بیش‌تر باشد قوس الکتریکی شدیدتر می‌باشد.

چگونگی عملکرد روغن بدین‌صورت است که در موقع جدا شدن دو کنتاکت جریان‌رسان در محفظه‌ی روغن و ایجاد جرقه و قوس شدید بین دو کنتاکت، روغن اطراف جرقه به علت حرارت زیاد قوس بخار می‌شود. در نتیجه اطراف جرقه را حبابی از گاز فرا می‌گیرد و منجر به خاموش شدن قوس می‌شود (شکل ۲۸۱ـ۱).



شکل ۲۸۱ـ۱

در شکل ۲۸۲ـ۱ نمای داخلی و در شکل ۲۸۳ـ۱ نمای ظاهری دو نوع کلید روغنی را مشاهده می‌کنید. امروزه این نوع کلیدها ساخته نمی‌شوند و کم‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۲۸۲ـ۱ـ اجزای داخلی کلید ستاره مثلث

شکل ۲۸۳ـ۱ ـ نمای ظاهری کلید سه‌فاز ساده

● کنتاکتور و رله

جدول ۲۹ـ۱

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
بوبین کنتاکتور	
رله‌های عملگر یا مشخصه خاص	
رله با تأخیر در وصل	
رله با تأخیر در قطع	
رله با تأخیر در قطع و وصل	
رله دارای قطب	
رله با تحریک الکترومکانیکی	
رله با تحریک پی‌ماند مغناطیسی	
رله با تحریک حرارتی (بی‌متال)	
رله اضافه جریان (جریان زیاد)	
رله قطع‌کننده جریان معکوس	

۳۴ـ۱ ـ علائم اختصاری و حروف شناسایی مدارهای صنعتی

۱ـ۳۴ـ۱ـ علائم اختصاری

پیش از بررسی و انصال مدارهای الکتریکی لازم است تا با برخی علائم اختصاری الکتریکی آشنا شویم. در جدول‌های ۲۹ـ۱ تا ۳۳ـ۱ نمونه‌های مختلفی از این علائم نشان داده شده است.

● محرک عملگرها (محرک وسایل)

جدول ۳۰ـ۱

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
محرک دستی	
محرک فشاری (با دست)	
محرک کششی	
محرک تغییر جهت	
محرک با کلید	
فعال شونده با بادامک و حسگرها	
محرک فشاری (با پدال)	
قفل مکانیکی	
محرک موتوری	
محرک کلید اضطراری	
محرک حرارتی قابل تنظیم	
محرک حرارتی غیرقابل تنظیم	
محرک الکترومغناطیسی	
محرک با سطح سیال	

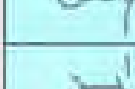
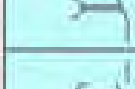
● کلیدها و کنتاکت‌ها

جدول ۳۱ـ۱

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
کلید یک‌فاز	
کلید سه‌فاز	
دستی وصل (استارت)	
دستی قطع (استپ)	
دستی وصل و قطع (استپ و استارت دوبل)	
کنتاکت باز لیمیت‌سوئیچ	
کنتاکت بسته لیمیت‌سوئیچ	
کنتاکت باز کنتاکتور	
کنتاکت بسته کنتاکتور	
کنتاکت بسته (مدار فرمان) بی‌متال	
کنتاکت بسته شونده سریع	
کنتاکت باز شونده تأخیری	
کنتاکت بسته کلید گردان	
کنتاکت باز کلید گردان	

● کلیدها و کنتاکت‌ها

جدول ۳۲ـ۱

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
کنتاکت باز کلید	
کنتاکت بسته کلید	
کنتاکت باز کلید تابع فشار	
کنتاکت بسته کلید تابع فشار	
کنتاکت باز کلید شناور (فلوتر)	
کنتاکت بسته کلید شناور (فلوتر)	
کنتاکت باز تایمر با وصل سریع	
کنتاکت باز تایمر با تأخیر در وصل	
کنتاکت بسته تایمر با قطع سریع	
کنتاکت بسته تایمر با تأخیر در قطع	
کنتاکت بسته کلید گشتی	
کنتاکت باز کلید گشتی	
کنتاکت تبدیل (عوض‌کننده)	
کنتاکت تبدیل با حالت خاموش در وسط	

● وسایل خبردهنده

جدول ۳۳ـ۱

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
لامپ خبر	
بیزر	
بوق	
زنگ	
آژیر	
دیود LED	

۲ـ۳۴ـ۱ـ حروف شناسایی

در مدارهای فرمان و قدرت برای مشخص کردن تجهیزات به‌کار رفته، از حرف شناسایی استفاده می‌شود.

جدول ۳۴ـ۱ حرف مشخصه‌ی نوع وسیله را به همراه مثال‌هایی نشان می‌دهد.

جدول ۳۴ـ۱

حروف شناسایی	نوع تجهیزات	مثال‌ها
A	گروه‌های ساختاری و گروه‌های کوچک	تقویت‌کننده، تقویت‌کننده مغناطیسی، وسایل مرکب
B	وسایل تبدیل انرژی غیرالکتریکی به انرژی الکتریکی و برعکس	سنسور (حس‌کننده)، حرارتی (ترموالکتریک)، سلول فوتوالکتریک، گشتاورسنج، مبدل‌های کریستالی، میکروفن‌ها، بلندگو، رمزگذارها
C	خازن‌ها	خازن‌های الکترولیتی، خازن‌های غیرالکترولیتی، خازن‌های متغیر
D	عناصر تأخیردهنده، عناصر ذخیره‌ساز، عناصر باینری (دو وضعیتی)	إلمان‌های تأخیری، المان‌های دیجیتالی، حافظه‌های مغناطیسی، لیبان‌ها، دیسک‌گردان، ضبط صوت‌ها، عناصر دارای یک لیات، عناصر دارای دو لیات
E	متفرقه	روشنایی، تجهیزات گرمایی، وسایل و تجهیزاتی که در گروه‌های دیگر تعریف نشده است.
F	وسایل حفاظتی	فیوزها، وسایل حفاظتی over voltage و رله‌های حفاظتی کلیدهای فیوزدار، وسایل قطع‌کننده، کلیدهای قطع و وصل اتوماتیک
G	ژنراتورها ـ منابع تغذیه	ژنراتورهای چرخان، مبدل‌های فرکانس چرخان، باتری‌ها، اسیلاتورها (اسیلاتورهای کریستالی)، منابع تغذیه قدرت
H	وسایل خبردهنده (نمایشگر)	وسایل نمایشگر صوتی و نوری (بوق، آژیر، لامپ، ساعت زنگ‌دار)
J		
K	کنتاکتورها و رله‌ها	کنتاکتورها، رله‌های فلاش، کنتاکتورهای کمکی، رله‌های زمانی
L	وسایل القایی	چوک، سیم‌پیچ، فیلتر
M	موتورهای الکتریکی	موتور سه‌فاز، موتور تک‌فاز، موتور خطی
N	تقویت‌کننده‌ها، تنظیم‌کننده‌ها	تقویت‌کننده‌ها، تنظیم‌کننده‌ها (رگولاتورها)، وسایل الکترونیکی

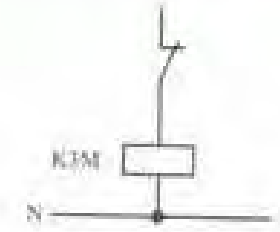
حروف شناسایی	نوع تجهیزات	مثال‌ها
P	وسایل اندازه‌گیری و وسایل آزمایش (تست)	نشان‌دهنده‌ها، ثبات‌ها، شمارنده‌ها، وسایل اندازه‌گیری، آمپرمتر، ولت‌متر، اسیلوسکوپ، ساعت‌ها، پالس‌دهنده‌ها
Q	کلیدهای قدرت	کلیدهای ایزوله کننده، کلیدهای جداکننده، کلیدهای قطع و وصل حفاظتی، کلیدهای حفاظت موتور
R	مقاومت‌ها	مقاومت‌های ثابت، مقاومت‌های قابل تنظیم، پتانسیومترها، رئوستا، مقاومت راه‌انداز، مقاومت‌های نشت، مقاومت‌های حرارتی (ترمیستور)
S	کلیدها، سلکتورها (انتخاب‌کننده)	کلید فشاری، میکروسوئیچ، کلید کنترل، کلیدهای پالس‌دهنده
T	ترانسفورماتورها	ترانسفورماتور ولتاژ، ترانسفورماتور جریان، ترانسفورماتور ایزوله، مبدل‌های AC به DC
U	مدولاتورها، آشکارسازها، مبدل‌ها	جداکننده‌ی سیگنال، مبدل فرکانس، دمودولاتور، مبدل، سیگنال ژنراتور، انورتر
V	لامپ‌ها و لامپ‌ها	لامپ‌های الکترونی، لامپ‌های تخلیه، دیودها، ترانزیستورها، تریستورها، یکسو کننده‌ها
W	مسیرهای ارتباطی، آنتن‌ها، لامپ‌ها	سیم‌ها، کابل‌ها، شین‌ها، آنتن دوقطبی، آنتن‌های بشقابی (گیرنده)
X	ترمینال‌ها، فیش‌ها، دوشاخه و پریز	دوشاخه و پریز، سوکت‌های نر و ماده، اتصال‌دهنده، فیش آزمایش (تست)
Y	تجهیزات مکانیکی که با برق کار می‌کنند.	ترمزها، کلاچ‌ها، شیرها، جابگرها، دورنگار، دربازکن
Z	فیلترها، فیلترهای جبران‌کننده، وسایل محدود کننده	شبکه‌ی متعادل‌کننده‌ی کابل، فیلترهای بازایت‌گیر RC و LC

برخی موارد علاوه بر حروف شناسایی جدول ۳۴ـ۱، در مدارهای فرمان و قدرت از حروف شناسایی دیگر به همراه عدد استفاده می‌شود که به ترتیب حرف شناسایی دوم نشان‌دهنده‌ی نوع عملکرد و مشخصه‌ی عددی نشان‌دهنده‌ی تعداد وسایل و تجهیزات به‌کار برده شده‌ی مشابه است. جدول ۳۵ـ۱ مفهوم حروف دوم شناسایی را نشان می‌دهد.

جدول ۳۵ـ۱

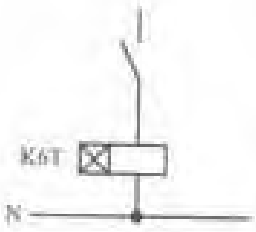
حروف شناسایی	عملکرد	حروف شناسایی	عملکرد
A	عملکرد کمکی به خصوص قطع	N	اندازه‌گیری
B	جهت حرکت (a ـ جلو، b ـ عقب، c ـ بالا، d ـ پایین، e ـ جهت حرکت عقربه ساعت و خلاف جهت حرکت)	P	نسبی و متناسب
C	شمارش	Q	وضعیت کار (وصل، قطع و محدود)
D	نمایزدهنده و تفکیک‌کننده	R	راه‌اندازی مجدد و لغو حرکت
E	عملکرد وصل (روشن)	S	ذخیره کردن و ضبط کردن
F	حفاظت	T	تأخیر داشتن و اندازه‌گیری زمان
G	آزمایش (تست)	U	—
H	نشان‌دهنده و خبردهنده	V	سرعت و شتاب
J	تلفیق یا ترکیب چند عمل	W	اضافه کردن و جمع کردن
K	عملکرد کلید فشاری	X	ضرب کردن و چند برابر کردن
L	شناسه‌گذاری هادی	Y	آنالوگ (قیاسی)
M	عملگر اصلی	Z	دیجیتال (رقمی)

به‌عنوان مثال اگر در مدار فرمانی روی یک وسیله حروف K3M نوشته شده باشد نشان می‌دهد که آن وسیله سومین کنتاکتور اصلی است که در مدار به‌کار رفته است (شکل ۲۸۴ـ۱).



شکل ۲۸۴ـ۱

به همین ترتیب اگر روی وسیله‌ای حروف K6T نوشته باشد معرف آن است که این وسیله ششمین رله‌ی زمانی (تایمر) است که در مدار مورد استفاده قرار گرفته است (شکل ۲۸۵ـ۱).



شکل ۲۸۵ـ۱

ضمیمه ۱

ــ میدان مغناطیسی دوّار

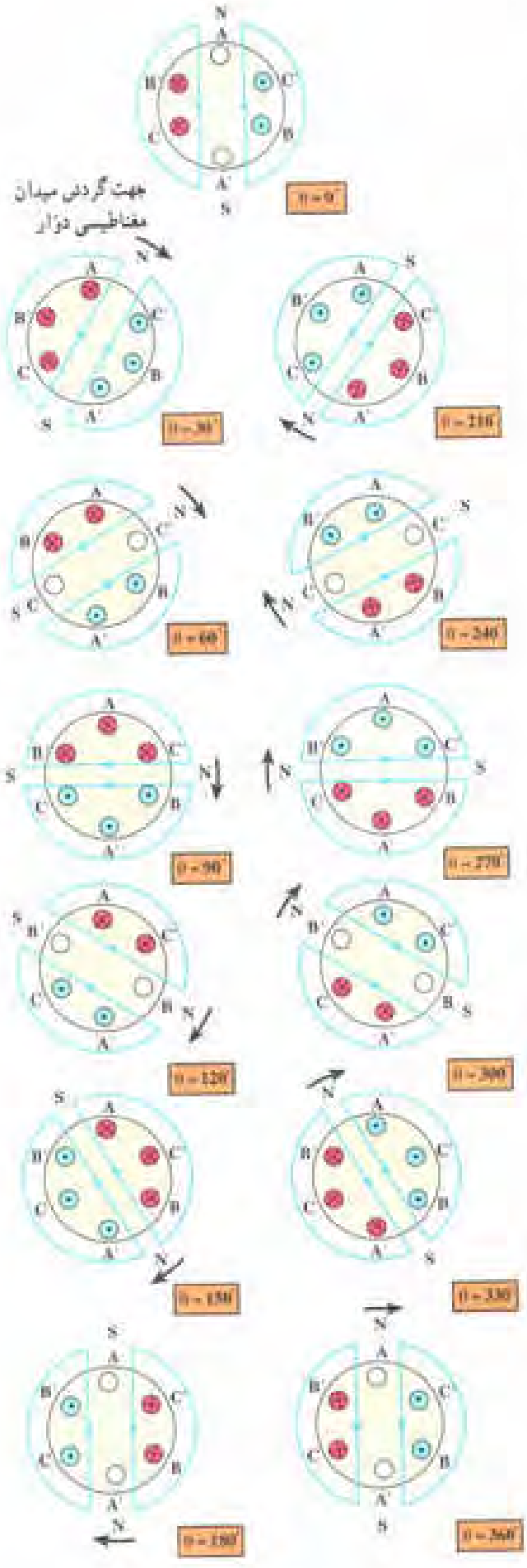
در یک شبکه سه‌فاز چون عبور جریان به صورت پیوسته صورت می‌گیرد و در طی مدت زمانی که مدار وصل است از آن سیکل‌های متوالی عبور می‌کند به همین دلیل هرگاه جریان متناوب سه‌فازه‌ای به سیم‌پیچی‌های یک موتور سه‌فاز وصل شود، در طی این مدت زمان میدان مغناطیسی دائم و به صورت پشت سر هم (متوالی) در فضای اطراف استاتور به‌وجود آمده و در حال حرکت خواهد بود.

شکل ۲۸۶ــ۱ تصاویری از وضعیت میدان مغناطیسی ایجاد شده در فضای استاتور یک موتور سه‌فاز دو قطب را در زوایای ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰، ۲۴۰، ۲۷۰، ۳۰۰، ۳۲۰ و ۳۶۰ درجه نشان می‌دهد.

همان‌طوری که مشاهده می‌شود در فاصله‌ی زمانی که یک سیکل از شکل موج‌های سه‌فاز طی می‌شود قطب‌های N و S موتور نیز در هر ۳۰ درجه تغییر وضعیت داده و ۳۶۰ درجه را با یک دور چرخش طی می‌کنند.

در شکل مقابل حروف A ، B و C سر کلاف‌های هر فاز و حروف A' ، B' و C' ته کلاف‌های استاتور است.

یادآوری: علامت ⊗ نشان‌دهنده ورودی جریان و ⊙ خروجی جریان را نشان می‌دهند.



شکل ۲۸۶ــ۱

ضمیمه ۲

ـ سازمان‌های فنی

یکی از مواردی که در مباحث برق مطرح است استاندارد بودن علائم، نقشه‌ها و نکات فنی است. در جهان سازمان‌های فنی گوناگون در زمینه‌ی معرفی استانداردها و نکات مختلف فنی فعالیت دارند. در جدول ۳۶ـ۱ حروف اختصاری و نام هریک از این سازمان‌ها را مشاهده می‌کنید. نکته‌ی حائز اهمیت آن است که دو سازمان VDE[۱] و IEC[۲] در زمینه برق از سایر سازمان‌ها در دنیا بیش‌تر مطرح هستند. ما نیز در ارائه علائم و نقشه‌ها از استانداردهای این سازمان‌ها استفاده می‌کنیم.

جدول ۳۶ـ۱ـ سازمان‌های فنی

علامت کوتاه	نام سازمان
ADB	انجمن کار مهندسان کارخانه آلمان
ANSI	مؤسسه استاندارد آمریکا
AAA	انجمن استاندارد آمریکا
BSI	مؤسسه استاندارد انگلستان
CCIR	کمیته مشاوره بین‌المللی رادیو
CCIF	کمیته مشاوره بین‌المللی ارتباطات تلفنی
CCIT	کمیته مشاوره بین‌المللی تلگراف
CEE	کمیسیون بین‌المللی اصول کاربردی تولیدات الکتروتکنیکی
CEI	کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک
CEN	کمیته اروپایی استاندارد
CIE	کمیسیون بین‌المللی روشنایی
DBP	اداره ثبت اختراعات آلمان فدرال
DIN	مؤسسه استاندارد آلمان
DKE	کمیسیون الکتروتکنیک آلمان
EIA	اتحادیه صنایع الکترونیک
EVE	اتحادیه الکتروتکنیکی اروپا
EVU	کار خانجات تأمین انرژی
FNE	کمیته استاندارد الکتروتکنیک در مؤسسه استاندارد آلمان
PTT	اداره مرکزی مخابرات
VdG	نگهداری تلفن
IEC	کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک
ISO	سازمان بین‌المللی استاندارد
IEDC	شرکت متحده توسعه دستگاه‌های الکترونیکی
NDZ	شرکت فنی خبر
ÖNA	مؤسسه استاندارد اتریش
ÖNORM	استاندارد اتریش
ÖVE	اتحادیه الکتروتکنیک اتریش
RAL	کمیته شرایط تحویل و تضمین کالا در مؤسسه استاندارد آلمان
REFA	اتحادیه مطالعات کار (کمیته دولتی تعیین زمان کار)
RWA	اتحادیه توزیع‌کنندگان رادیو
SEV	اتحادیه الکتروتکنیک سوئیس
SNV	اتحادیه استاندارد سوئیس
VAB	شرایط تضمین فنی VDE/VDI
UIT	اتحادیه بین‌المللی ارتباطات مخابراتی
VDE	اتحادیه مهندسان آلمان
VDEW	اتحادیه کار خانجات برق آلمان
VDI	انجمن مهندسان آلمان
VDMA	اتحادیه مؤسسات ماشین‌سازی آلمان
VSM	انجمن صنایع ماشین‌سازی سوئیس
ZVEI	اتحادیه مرکزی صنعتگران تجهیزات آلمان
ZVEI	اتحادیه مرکزی صنایع الکتروتکنیک

۱ـ VDE - Verbond Deutscher Elektrotechniker

۲ـ IEC - International Electrotechnical Commission

ضمیمه ۳

ــ برنامه زمانی نگهداری ماشین‌ها

یک برقکار صنعتی جهت رسیدگی به ماشین‌های الکتریکی موجود در کارگاه می‌بایست برنامه‌ی زمانی داشته باشد تا از ماشین‌ها در ازای بیش‌ترین عمر مفید، بالاترین بازده کاری را دریافت کند. جدول ضمیمه ۳ یک نمونه فرم برنامه‌ی زمانی جهت نگهداری ماشین‌های الکتریکی را نشان می‌دهد.

برنامه زمانی نگهداری ماشین‌های الکتریکی

کار تعمیر و نگهداری	نوع ماشین					فاصله زمانی سرویس
	یاتاقان		روتور			
	غلتکی	عایقی	کموتاتور	حلقه لغزان	قفسه‌ای	
سطح روغن بازدید شود.		×				هفتگی
بررسی لرزش و دمای یاتاقان یا لمس آن	×					
جاروبک‌های زغالی، نگهداری جاروبک‌ها و کموتاتور بازدید شود.			×			
بازدید دقیق جاروبک‌های زغالی، وضعیت جاروبک‌ها، کموتاتور یا حلقه‌های لغزان			×	×		ماهانه
بازدید تمام اتصالات الکتریکی			×	×	×	هر سه ماه
آزمایش نیروی فشار بر جاروبک‌ها			×	×		
سیم‌پیچ‌ها از نظر کثیفی بازرسی شوند، در صورت نیاز سیم‌پیچ‌ها تمیز و خشک گردند. مقاومت عایقی سیم‌پیچ‌ها اندازه‌گیری شود.			×	×	×	هر نیم سال
کموتاتور یا حلقه‌های لغزان از نظر تنگی دورانی آزمایش شوند، در صورت نیاز تراشکاری و پرداخت شود.			×	×		
صافی روغن و گردش روغن در صورت وجود، بازرسی شود.		×				
نظافت اساسی موتورها خاصه سیم‌پیچ‌ها، در صورت لزوم سیم‌پیچ‌ها خشک شوند. مقاومت عایقی سیم‌پیچ‌ها اندازه‌گیری شود.			×	×	×	سالانه (نگهداری عمومی)
بازرسی یاتاقان از نظر لقی بیش از حد مجاز و گرمای حین کار. اگر در یاتاقان‌های غلتکی متعلقات روغن‌کاری موجود است، در صورت نیاز روغن‌کاری و گریس‌کاری شود.*	×	×				
بازدید دقیق جاروبک‌ها، وضعیت جاروبک‌ها، کموتاتور یا حلقه‌های لغزان. در صورت نیاز تعمیر شوند.			×	×		
روغن یاتاقان تعویض شود. جعبه یاتاقان پیش از پر کردن روغن با بنزین کاملاً شسته شود.		×				هر دو سال (به طور تقریبی بعد از ۵۰۰۰ ساعت کاری)
اگر متعلقات روغن‌کاری موجود است، در صورت نیاز روغن‌کاری و گریس‌کاری شود.*	×					
یاتاقان‌ها شسته شده و موتورهای بدون متعلقات روغن‌کاری با گریس تازه گریس‌کاری شود. به نوع و درجه مناسب گریس طبق دستورالعمل سازنده توجه شود. در ماشین‌های دارای متعلقات روغن‌کاری در صورت نیاز روغن‌کاری انجام شود.*	×					هر سه سال (به طور تقریبی بعد از ۱۵۰۰۰ ساعت کاری)

* روغن‌کاری و گریس‌کاری یاتاقان‌های غلتکی دارای متعلقات روغن‌کاری طبق دستورالعمل روغن‌کاری از طرف سازنده انجام گیرد. فاصله زمانی روغن‌کاری وحسب نوع طرح خیلی متفاوت است.

ضمیمه ۴

دچار مشکلی شوند در خاتمه‌ی این بحث جدول‌هایی ارائه شده که به اختصار چند عیب احتمالی موتورهای آسنکرون روتور قفسی و روتور سیم‌پیچی را بیان می‌کنند.

ـ عیب‌یابی موتورهای سه‌فاز

از آن‌جایی که ممکن است در ضمن کار موتورهای سه‌فاز

عیوب ممکن در موتورهای آسنکرون سه‌فاز (روتور قفسه‌ای و روتور دارای حلقه لغزان)

رفع عیب	علت عیب	عیب
موتور به حرکت در نمی‌آید یا فقط به دور کمی می‌رسد.		
بر طرف نمودن بارگی بازرسی ماشین در حالت کار برای پیدا کردن اضافه بار اتصالات بازرسی شود. کلاف سیم‌پیچ درست وصل شود. شبکه بازرسی گردد. یاتاقان تعویض گردد.	پاره شدن کابل برق گشتاور مقاوم بسیار بزرگ است. اتصال به جابه‌جا وصل شدن سر و ته یک کلاف بدون ولتاژ بودن یک سیم بیرونی روتور به هسته استاتور خیلی نزدیک شده است.	در یک کلاف هیچ جریانی وجود ندارد. موتور زیر بار به دور کامل نمی‌رسد. جریان کلاف‌ها مختلف است. سر و صدای زیاد در زمان روشن کردن
بارگذاری موتور سبب کاهش شدید دور آن می‌شود.		
موتور قوی‌تر به کار برده شود. به مشخصات موتور در روی پلاک آن توجه شود. اتصال استاتور در وضعیت مناسب قرار داده شود. کابلی با سطح مقطع بزرگ‌تری به کار برده شود.	اضافه بار. موتور به جای مثلث به صورت ستاره وصل شده است. سطح مقطع کابل برق بسیار کوچک است	شدت جریان بسیار بزرگ است. ولتاژ موتور بسیار کم است.
گرمای بسیار شدید		
به مشخصات موتور در روی پلاک آن توجه شود. نحوه اتصال استاتور تصحیح گردد. ولتاژ شبکه آزمایش گردد. مسیر عبور هوا بازرسی و تمیز گردد. پروانه بادزن تعویض گردد. جریان کلاف‌ها اندازه‌گیری شود. مقاومت کلاف‌ها اندازه‌گیری شود. در صورت نیاز کلاف سیم‌پیچ بازدایی به کار برده یا موتور تعویض شود. ماشین در حالت کار بازرسی گردد. موتور بزرگ‌تری به کار برده شود. ولتاژ اندازه‌گیری شود. به پلاک مشخصات موتور توجه شود. به پلاک مشخصات موتور توجه شود. استاتور به شکل مناسب بسته شود. کلید ستاره ـ مثلث برای اطمینان از تغییر اتصال مثلث آزمایش شود. اتصال مثلث آزمایش شود. استاتور به شکل مناسب بسته شود. نقاط اتصال آزمایش، تمیز و سمباده‌کاری شود. یاتاقان را بیرون آورده، آزمایش کرده، و در صورت نیاز تعویض و گریس‌کاری شود. یاتاقان را بیرون آورده و آزمایش کنید.	اتصال نادرست استاتور، اغلب اتصال مثلث به جای اتصال ستاره به کار رفته است. ولتاژ شبکه بسیار زیاد یا بسیار کم است. تهویه و خنک کردن موتور نامناسب است. جهت چرخش نادرست در موتورهای با پروانه بادزن مایل. اتصالی در سیم‌پیچ یا اتصال بدنه اضافه بار ولتاژ شبکه در جهه تقسیم موتور (نخته کلم) بسیار کم است. موتور به جای اتصال مثلث به صورت اتصال ستاره بسته شده است. اتصال نادرست کلید ستاره ـ مثلث وجود اتصال بد در جعبه تقسیم و همچنین در کابل‌ها در یاتاقان‌های غلتکی: گریس فاسد شده است. در یاتاقان‌های لغزشی: روغن نامناسب، یاتاقان صدمه دیده است.	موتور حتی در حالت بی‌باری گرم می‌شود. کلاف‌های مجزا در استاتور داغ می‌شوند. موتور بیش از هر چیز در حالت بارگذاری گرم می‌شود. یک کلاف به شدت گرم می‌شود، موتور در بار کم متوقف می‌شود. یاتاقان‌ها گرم می‌شوند.

عیوب موتورهای با روتور دارای حلقه لغزان

عیب	علت عیب	رفع عیب
زغال‌ها و حلقه‌های لغزان تمیز نبود، حلقه‌های لغزان پرداخت شود.	سطح تماس کثیف است.	زغال‌ها جرقه می‌زنند.
با استفاده از ماشین‌تراش حلقه‌های لغزان یکنواخت و پرداخت گردند. بیشتر آنها تمیل شده‌اند، سپس آن‌ها را تعویض نمایید.	حلقه‌های لغزان زبر یا غیر دایره‌ای یا شیاردار می‌باشند.	
زغال‌ها با سمباده بسیار نرم پرداخت داده شود.	سطح تماس نامناسب زغال‌ها با حلقه‌های لغزان	
فشار معمول به طور تقریبی $2N/cm^2$ است. فنرها به صورت استوانه بدون تاب تنظیم یا تعویض شوند.	فشار بسیار کمی بر زغال‌ها وارد می‌شود.	
جریان در اقتی اندازه‌گیری شود. اضافه بار برطرف شود. وسیله دور نگهدارنده احتمالی تنظیم شود.	اضافه بار چنان‌چه وسیله‌ای برای دور نگه‌داشتن زغال‌ها وجود دارد، در آن صورت ممکن است تماس زغال‌ها با حلقه‌های لغزان نامناسب باشد.	حلقه‌های لغزان یا زغال‌ها بسیار داغ می‌شود.
همه نقاط تماس اتصالات از نظر استحکام مکانیکی و تمیزی بازرسی گردد. در صورت نیاز تمیز و محکم شود.	تماس نامناسب اتصالات در مدار روتور، به طوری که شاخه‌ای به طور کامل فعال نباشد.	روتور داغ می‌شود، موتور به سختی راه می‌افتد و صدا می‌کند.
جریان‌های روتور اندازه‌گیری شود. نقاط تماس اتصالات تمیز و محکم شود. زغال‌ها و حلقه‌های لغزان بازرسی و در وضعیت مناسب قرار داده شوند.	تماس نامناسب اتصالات در مدار روتور، به طوری که در آن نقاط مقاومت بسیار زیاد است.	کاهش شدید دور موتور در زمان بارگذاری
سیم رابط قوی‌تری به کار برده شود.	مقاومت راه‌انداز بسیار بزرگ، سیم رابط بین موتور و راه‌انداز بسیار ضعیف	
روتور باید دوباره سیم‌پیچی شود. در صورت لزوم موتور تعویض شود.	وجود اتصال کوتاه بین سیم‌پیچ‌های روتور	موتور در حالت بی‌بار یا مدار راه‌انداز باز به راه می‌افتد.
بازرسی برای نقاط اتصال شل، بازرسی برای وجود قطع‌شدگی سیم‌پیچ روتور	مدار جریان روتور توسط نقاط اتصال نامناسب قطع می‌شود.	جریان استاتور با وجود بار یکنواخت در نوسان است، چرخش غیریکنواخت موتور

عیوب ممکن در موتورهای قفسه‌ای

عیب	علت عیب	رفع عیب
روتور تعویض شود.	اتصال نامناسب بین میله‌های قفسی و حلقه‌های اتصال کوتاه	روتور داغ می‌شود، موتور به سختی راه می‌افتد و صدا می‌کند.
طراحی یا ساخت اشتباه. از سازنده سؤال شود. روتور تعویض گردد.	نسبت تعداد شیارها بین روتور و استاتور مناسب نیست.	موتور شروع به چرخش می‌کند ولی یا دور کم به چرخش ادامه می‌دهد.
حلقه اتصال کوتاه پیچ و تاب داده شود.	مقاومت روتور بسیار کوچک است.	
نوع اتصال بازرسی و در وضعیت درست قرار داده شود.	اشتباه در نوع اتصال	موتور با قطب قابل تغییر در دور تعیین شده نمی‌چرخد.

منابع و مآخذ

۱ـ ماشین‌های الکتریکی — مؤلف : استفن چاپمن — مترجم : صدوقی و ...

۲ـ ماشین‌های الکتریکی (جلد ۲) — مؤلف : پی‌ال ترازا — مترجم : سعید شعاری‌نژاد

۳ـ موتورهای الکتریکی — مؤلف : هاری میلیف — مترجم : فریدون قیطرانی

۴ـ فرمان الکتریکی — مؤلف : یراتعلی مشکانی

۵ ـ کار کارگاهی (مدار فرمان) — مؤلف : حسین رحمتی‌زاده

۶ ـ برق صنعتی — مؤلف : فریدون علومی

۷ـ جزوه‌ی درسی کارگاه مدار فرمان — مؤلف : شهرام خدادادی

۸ ـ جدول‌های مهندسی برق

۹ـ تعدادی از کتب موجود در زمینه برق صنعتی در حد تهیه تصویر

۱۰ـ کاتالوگ‌های مختلف از شرکت‌های

AEG - CAMSCO-Telemechanic- SEMENS - Noeller - ELCA - hellermann- Moeller

11- Electrician's Technical Reference (motors) By: DAVID R.Carpenter

12- Wiring Manual - Automation and Power Distribution Moeller

شابک ۷ - ۱۲۹۰ - ۰۵ - ۹۶۴
ISBN 964-05-1290-7

قیمت در تمام کشور ۱۰۰۰۰ ریال

۱۳۸۴