بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلىٰ مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز

(جلد اوّل)

پایهٔ دهم و یازدهم

دورهٔ دوم متوسطه

شاخهٔ : کاردانش

زمینهٔ : صنعت

گروه تحصیلی : برق و رایانه

رشته‌های مهارتی : برق صنعتی ـ تابلوسازی برق صنعتی ـ نصب و سرویس آسانسور

نام استاندارد مهارتی مبنا : برقکار صنعتی درجه (۲)

کد استاندارد متولی : ۸-۵۵/۱۵/۲/۴

۶۲۱ خدادادی، شهرام

۴۶ / راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز (جلد اوّل) / مؤلف : شهرام خدادادی. ــ تهران : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های

ر ۳۶۸ خ/ درسی ایران.

۱۲۲ص. :مصور. ــ شاخهٔ کاردانش

متون درسی شاخهٔ کاردانش، زمینهٔ صنعت، گروه تحصیلی برق و رایانه، رشته‌های مهارتی برق صنعتی ـ تابلوسازی برق صنعتی ـ نصب و سرویس آسانسور.

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

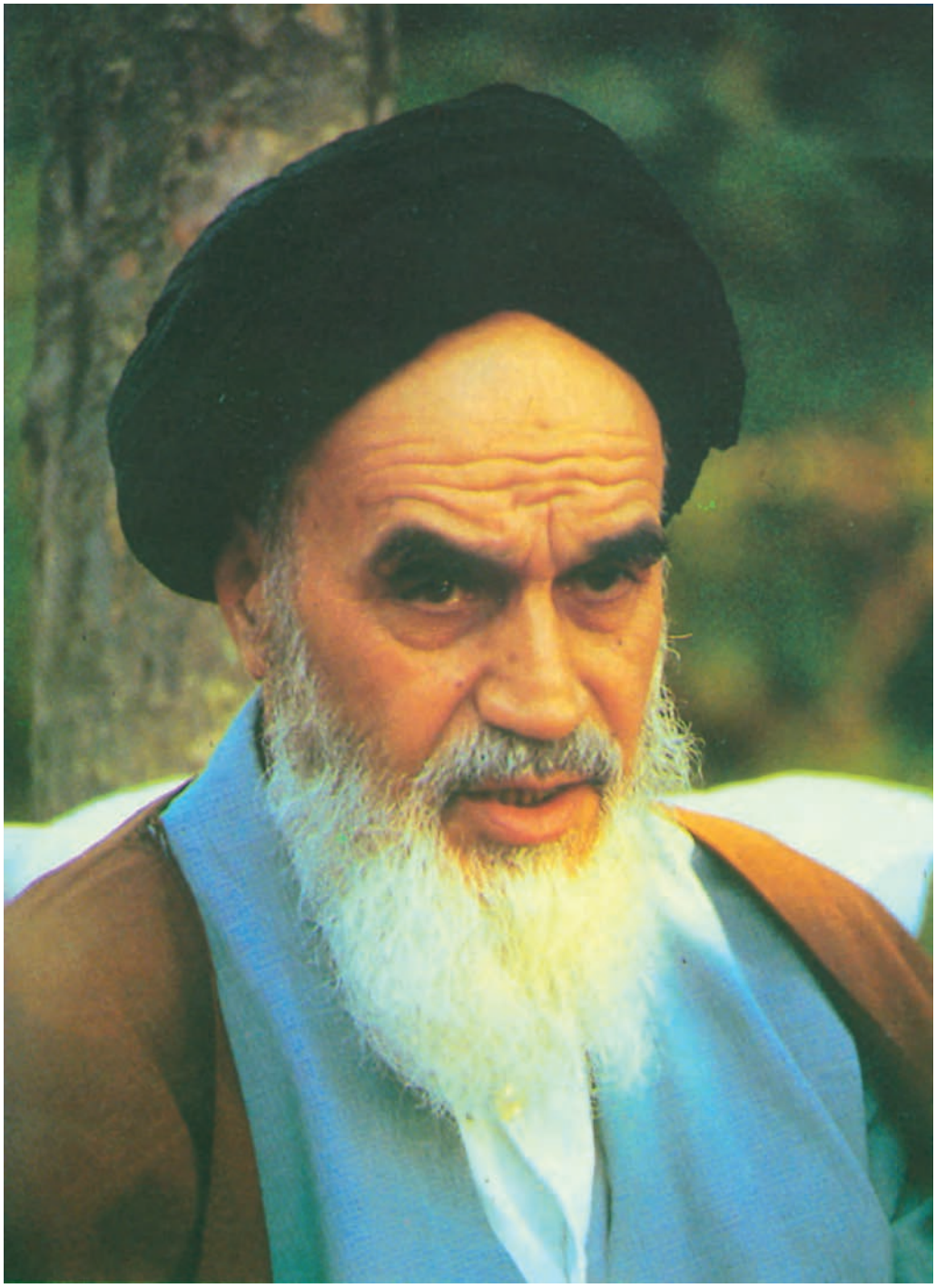
۱. موتورهای برقی جریان متناوب. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ب. عنوان.

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب : راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز (جلد اوّل) ـ ۳۱۰۱۵۶
پدیدآورنده : سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف : شهرام خدادادی (مؤلف) ـ مجتبی انصاری‌پور (ویراستار فنی)
مدیریت آماده‌سازی هنری : ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی : آمنه درویش (صفحه‌آرا) ـ حامد موسوی، محمد سیاحی (رسام)
نشانی سازمان : تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه : www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)
تلفن :۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه : شرکت چاپ‌ونشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پنجم ۱۳۹۹

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

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 اتّکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

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

پیام‌نگار (ایمیل) **tvoccd@roshd.ir**

وب‌گاه (وب‌سایت) **www.tvoccd.medu.ir**

مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه‌ریزی کتاب‌های پودمانی

برنامه‌ریزی تألیف «**پودمان‌های 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 (Harmonic 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 پودمان 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 پویا بر برنامه‌ریزی و تألیف پودمان‌های مهارت نظارت دائمی دارد.

به منظور آشنایی هر چه بیشتر مربیان، هنرآموزان و هنرجویان شاخه کاردانش و سایر علاقه‌مندان و دست‌اندرکاران آموزش‌های مهارتی با روش تدوین، «**پودمان‌های مهارت**»، توصیه می‌شود الگوهای ارائه شده در نمون 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 «**پودمان**» به عنوان کتاب درسی مورد تأیید وزارت آموزش و پرورش در «**شاخه کاردانش**» چاپ سپاری می‌شود.

به‌طور کلی هر استاندارد مهارت به تعدادی پودمان مهارت (M۱ ، M۲ و ...) و هر پودمان نیز به تعدادی واحد کار (U۱ ، U۲ و ...) و هر واحد کار نیز به تعدادی توانایی ویژه (P۱ ، P۲ و ...) تقسیم می‌شوند. نمون برگ شماره (۱) برای دسته‌بندی توانایی‌ها به کار می‌رود. در این نمون برگ مشاهده می‌کنیم که در هر واحد کار چه نوع توانایی‌هایی وجود دارد. در نمون برگ شماره (۲) واحدهای کار مرتبط با پودمان و در نمون برگ شماره (۳) اطلاعات کامل مربوط به هر پودمان 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 پودمان‌ها که برای توسعه آموزش‌های مهارتی تدوین شده است رهنمون و یاور باشند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر تألیف کتاب‌های درسی
فنی و حرفه‌ای و کاردانش

P=Power U= Unit M=Module

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 علایم 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 سه‌فازه 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 الکتروتکنیک سازمان پژوهش و برنامه ریزی درسی که در تدوین این کتاب نهایت همکاری و راهنمایی‌های لازم را مبذول داشته‌اند صمیمانه تشکر کنم.امیدوارم این تلاش هر چند کوچک مورد رضای حق‌تعالی و استفاده هنرجویان عزیز قرار گیرد. انشاء الله

مؤلف

این کتاب در سال ۱۳۸۹ و بر اساس استاندارد مهارت و آموزشی برق‌کار صنعتی درجه ۲ با کد استاندارد ۵۵/۱۵/۲/۴–۸ مورد بازنگری قرار گرفته و بازسازی‌های لازم روی آن صورت گرفته است

فهرست

جلد اول

ـ مقدمه	
واحد کار اول: راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز	۱
ـ پیش آزمون (۱)	۳
آشنایی با الکتروموتورهای سه‌فاز	۵
موتورهای آسنکرون (غیرهم‌زمان)	۵
موتورهای سنکرون (هم‌زمان)	۸
اصول کار و موارد استفاده الکتروموتورهای سه‌فاز	۸
میدان دوّار	۸
موتورهای آسنکرون القایی	۱۰
لغزش (عقب ماندگی)	۱۱
گشتاور (ممان ـM)	۱۲
راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون	۱۲
توان موتور در اتصال‌های ستاره و مثلث	۱۴
تغییر جهت گردش موتورهای سه‌فاز	۱۶
راه‌اندازی موتورهای سه‌فازآسنکرون در شبکه‌ی تک‌فاز	۱۶
موتور آسنکرون روتور سیم‌پیچی	۱۷
موتور سنکرون	۱۸
آشنایی با پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه‌فاز	۲۰
شرح تکمیلی برخی از علائم روی پلاک	۲۲
کلاس حرارتی	۲۵
پلاک اتصالات موتور (تخته کلم)	۲۵
کار عملی شماره (۱)	۲۹
نکاتی درباره انتخاب موتورهای الکتریکی	۳۴
توصیه‌های مؤثر برای استفاده بهینه از انرژی در موتورهای الکتریکی	۳۸
برق‌رسانی به موتورهای الکتریکی	۴۰

انتخاب کابل	۴۰
نکاتی چند در خصوص انتخاب فیوز	۴۱
آشنایی با کلیدهای دستی سه‌فاز	۴۴
کلید دستی سه فاز اهرمی ساده	۴۴
کلید دستی سه‌فاز زبانه‌ای ساده	۴۵
مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید زبانه‌ای ساده	۴۷
کار عملی شماره (۲)	۴۸
کلید دستی سه‌فاز چپ گرد ــ راست گرد زبانه‌ای	۵۱
کار عملی شماره (۳)	۵۲
کلید دستی ستاره ــ مثلث زبانه‌ای	۵۴
کار عملی شماره (۴)	۵۶
کار عملی شماره (۵)	۵۸
کار عملی شماره (۶)	۶۳
کار عملی شماره (۷)	۶۸
کلید زبانه‌ای ستاره مثلث چپگرد - راستگرد	۷۱
کار عملی شماره (۸)	۷۳
کلید زبانه‌ای موتور سه فاز دو سرعته با سیم‌پیچ جداگانه	۷۴
کار عملی شماره (۹)	۷۶
کلید زبانه‌ای موتور سه فاز دو سرعته دالاندر	۷۷
کار عملی شماره (۱۰)	۷۹
کلید زبانه‌ای دالاندر چپگرد- راستگرد	۸۰
کار عملی شماره(۱۱)	۸۲
مشخصه‌های کلیدهای دستی	۸۳
آشنایی با کنتاکتور؛ شستی استپ و استارت	۸۴
شستی استپ و استارت	۹۱
کلید سوئیچ	۹۳
لامپ سیگنال	۹۳
چگونگی قرار گرفتن و تعیین رنگ تجهیزات کنترل و نمایش‌دهنده‌ها	۹۴
آشنایی با رله‌های حرارتی و مغناطیسی	۹۶
آشنایی با رله‌های زمانی	۱۰۱

آشنایی با انواع لیمیت‌سوئیچ‌ها و فلوترسوئیچ‌ها	۱۰۶
کلیدهای تابع دور	۱۰۸
رله کنترل فاز	۱۰۸
رله کنترل بار	۱۱۰
آشنایی با کلیدهای روغنی	۱۱۱
علائم اختصاری و حروف شناسایی مدارهای صنعتی	۱۱۲
ـ ضمیمه ۱ ـ میدان مغناطیسی دوّار	۱۱۷
ـ ضمیمه ۲ ـ سازمان‌های فنی	۱۱۸
ـ ضمیمه ۳ ـ برنامه زمانی نگهداری ماشین‌ها	۱۱۹
ـ ضمیمه ۴ـ عیب‌یابی موتورهای سه‌فاز	۱۲۰
منابع و مآخذ	۱۲۲

هدف کلی پودمان

راه‌اندازی موتورهای سه فاز و تک فاز

توانایی	عنوان توانایی	ساعات آموزشی		
		نظری	عملی	جمع
۱۹	راه‌اندازی موتورهای سه فاز	۲۴	۴	۲۸
۲۱	راه‌اندازی موتورهای تک فاز	۸	۳۶	۴۴
۲۲	ترانسفورماتور تک فاز	۲۴	–	۲۴

واحد کار اول

راه اندازی موتورهای سه فاز

هدف کلی
راه‌اندازی الکتروموتورهای سه‌فاز با کلیدهای دستی و کنتاکتور

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

۱ــ انواع موتورهای الکتریکی از نظر نوع جریان الکتریکی مصرفی را نام ببرد.

۲ــ انواع موتورهای سه‌فاز را نام ببرد.

۳ــ خصوصیات استاتور و روتور موتورهای آسنکرون را شرح دهد.

۴ــ خصوصیات و انواع موتورهای سنکرون را بیان کند.

۵ــ چگونگی تولید میدان دوّار را با رسم شکل توضیح دهد.

۶ــ ساختمان داخلی و طرز کار موتورهای آسنکرون القایی را شرح دهد.

۷ــ مفاهیم لغزش و گشتاور را بیان کند.

۸ ـ روش های راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون در شبکه سه‌فاز را توضیح دهد.

۹ــ اتصالات ستاره و مثلث را از نظر ولتاژ و جریان و توان با هم مقایسه کند.

۱۰ــ چگونگی تغییر جهت گردش در موتورهای سه‌فاز را شرح دهد.

۱۱ــ نحوهٔ راه‌اندازی موتور سه‌فاز در شبکهٔ تک‌فاز را به همراه رسم مدارهای مربوطه توضیح دهد.

۱۲ــ ساختمان داخلی و طرز کار موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی را شرح دهد.

۱۳ــ اطلاعات روی پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه‌فاز را توضیح دهد.

۱۴ــ پلاک اتصالات (تخته کلم) موتور را شرح دهد.

۱۵ــ اتصالات ستاره و مثلث در استانداردهای قدیم و جدید (IEC) را رسم کند.

۱۶ــ نکات مهم در انتخاب موتورهای الکتریکی و برق رسانی به آنها را نام ببرد.

۱۷ــ نحوهٔ انتخاب سطح مقطع کابل در جریان تک‌فاز و سه‌فاز را شرح دهد.

۱۸ــ موارد ضروری در انتخاب فیوز مناسب برای مدار را توضیح دهد.

۱۹ــ سر و ته کلاف های موتور را عملاً تشخیص دهد.

۲۰ــ انواع کلیدهای دستی سه‌فاز را نام ببرد.

۲۱ــ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز اهرمی ساده را شرح دهد.

۲۲ــ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید اهرمی ساده را رسم کرده و عملاً ببندد.

۲۳ــ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز زبانه‌ای ساده را شرح دهد.
۲۴ــ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید زبانه‌ای ساده را رسم کرده و ببندد.
۲۵ــ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز چپ گرد ــ راست گرد اهرمی را شرح دهد.
۲۶ــ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید دستی سه‌فاز چپ گرد ــ راست گرد اهرمی را رسم کند.
۲۷ــ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز چپ گرد ــ راست گرد زبانه‌ای را رسم کند.
۲۸ــ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز ستاره مثلث زبانه‌ای را شرح دهد.
۲۹ــ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید دستی سه‌فاز ستاره مثلث زبانه‌ای را رسم کند.
۳۰ــ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید دستی سه‌فاز ستاره مثلث زبانه‌ای را ببندد و آن را به شبکه اتصال دهد.
۳۱ــ مدار ستارهٔ متعادل و نامتعادل لامپی را اتصال دهد و ولتاژها و جریان‌های خطی و فازی را اندازه گیری کند.
۳۲ــ مدار مثلث متعادل و نامتعادل لامپی را اتصال دهد و ولتاژها و جریان‌های خطی و فازی را اندازه گیری کند.
۳۳ــ ساختمان داخلی، طرز کار و مزایای استفاده از کنتاکتور را توضیح دهد.
۳۴ــ مشخصات کنتاکتور را از روی جدول مشخصات آن استخراج کند.
۳۵ــ چگونگی انتخاب کنتاکتور برای موارد مشخص را انجام دهد.
۳۶ــ ساختمان داخلی، ظاهری و مشخصات شستی‌های استپ و استارت را توضیح دهد.
۳۷ــ طرز کار و کاربُرد کلید سوئیچ را بیان کند.
۳۸ــ ساختمان داخلی، ظاهری، انواع و کاربرد لامپ‌های سیگنال و رله حرارتی را توضیح دهد.
۳۹ــ ساختمان داخلی و طرز کار رله مغناطیسی را بیان کند.
۴۰ــ ساختمان داخلی، انواع، طرز کار و کاربرد رله‌های زمانی و لیمیت سوئیچ را توضیح دهد.
۴۱ــ علائم اختصاری مدارهای صنعتی را رسم کند.
۴۲ــ حروف مشخصه مدارهای صنعتی را بیان کند.
۴۳ــ با نصب قطعات روی تابلوی برق، آن را برای اتصال مدارهای الکتریکی آماده کند.
۴۴ــ وسایل و قطعات مورد نیاز در اتصال مدارهای صنعتی را معرفی کند.

پیش آزمون(۱)

۱ــ موتور کدامیک از وسایل زیر سه فاز است؟

الف) یخچال ب) پنکه سقفی ج) کولر د) پمپ آب چاه عمیق

۲ــ در اتصال ستاره، کدام حروف سرهای موتور به یکدیگر اتصال داده می شوند؟

الف) $V۱, U۲, U۱$ ب) $U۲, V۲, V۱$

ج) $U۲, V۲, W۲$ د) $U۱, W۱, V۲$

۳ ــ اختلاف فاز بین سیم پیچی های موتور سه فاز، چند درجه الکتریکی است؟

الف) ۳۰ ب) ۶۰ ج) ۹۰ د) ۱۲۰

۴ــ اساس کار موتورهای سه فاز بر چه مبنایی است؟

الف) میدان مغناطیسی ساکن ب) میدان مغناطیسی دوّار

ج) اختلاف فاز بین سیم پیچ ها د) فرکانس شبکه

۵ــ حداکثر سرعت موتورهای سه فاز القایی در شبکه ایران تقریباً چند دور است؟

الف) ۲۵۰۰ ب) ۳۷۵۰ ج) ۱۵۰۰ د) ۳۰۰۰

۶ــ کدام مورد در اتصال مثلث یک مصرف کننده سه فاز، صحیح است؟

الف) $V_L = V_P$ ب) $v_P = \sqrt{۳} v_L$

ج) $I_P = \sqrt{۳} I_L$ د) $I_L = I_P$

۷ــ آسنکرون یعنی:

الف) دارای سرعت بالا ب) هم زمانی

ج) غیرهمزمانی د) دارای قدرت زیاد

۸ــ چرا بدنه موتورهای الکتریکی صنعتی سه فاز را به صورت پره پره می سازند؟

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

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

۹- در تابلوهای صنعتی کدام قطعه برای راه اندازی موتورهای سه فاز با داشتن قابلیت کنترل از راه دور استفاده می شود؟

الف) کلید فیوز ب) فیوز مینیاتوری

ج) بی متال د) کنتاکتور

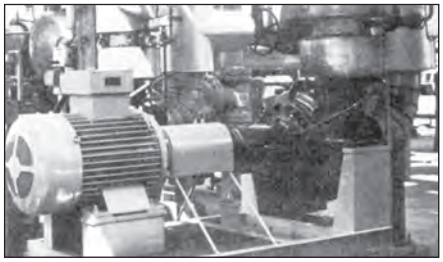
۱۰ــ میزان سطح آب در داخل یک مخزن آب را با کدام وسیله می توان کنترل کرد؟

الف) فلوترسوئیچ ب) لیمیت سوئیچ

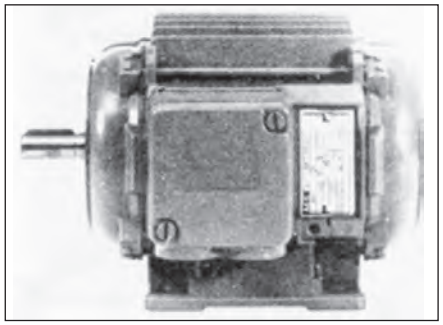
ج) کلید سوئیچ د) بی متال

• مقدمه

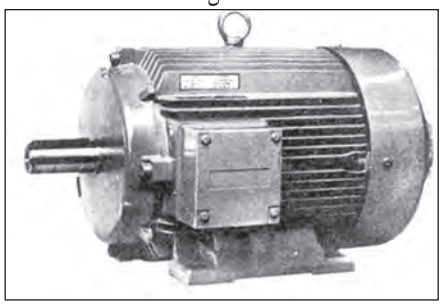
موتورهای الکتریکی می توانند برای به کار انداختن انواع و اقسام وسایل به کار روند به طوری که می توان گفت در کمتر خانه یا کارگاهی است که از موتورهای الکتریکی استفاده نشود. به همین جهت داشتن اطلاعات کافی در زمینه اصول کار، ساختمان داخلی و طرز کار موتورها برای ما تقریباً یک امر ضروری است. آشنایی با این موارد ما را در رفع عیب، تعویض قطعات یا سیم پیچی موتورها و یا انتخاب موتورنو مناسب با کار موردنظر یاری می کند. شکل ۱ کاربرد موتور در صنعت را نشان می دهد.



شکل ۱



شکل۲



شکل۳

از جمله دلایل استفاده روزافزون از موتورهای الکتریکی نسبت به کارهای دستی و یا سیستم های مکانیکی عبارت اند از:

- توانایی انجام کار مناسب
- قیمت ارزان تر
- راه اندازی کم هزینه
- دوام زیاد در صورت مراقبت و استفاده صحیح
- استفاده آسان
- سر و صدا و حجم کم
- مقاوم در برابر اضافه بار موقت
- تأثیر کم سرما و گرمای محیط بر آن ها
- جلوگیری از آلودگی هوا
- لرزش کم در حین کار
- امکان قرارگرفتن در وضعیت های مختلف
- جزیی بودن خسارات در هنگام آتش سوزی
- سرویس و نگهداری آسان

شکل های ۲ و ۳ تصاویری از موتورهای الکتریکی را نشان می دهد.

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

۱ــ موتورهای جریان متناوب (AC)

۲ــ موتورهای جریان مستقیم (DC)

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

- موتورهای سه فاز
- موتورهای تک فاز

در شـــکل های ۴ و ۵ نمونه هایی از موتورهای ســه فاز و تک فاز را مشاهده می کنید.

شکل ۴

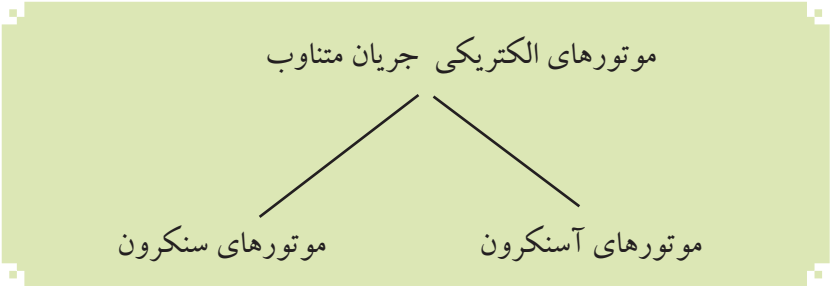
شکل ۵

آشنایی با الکتروموتورهای سه فاز

اساس کار موتورهای القایی برای اولین بار در سال ۱۸۲۴ توسط آرگو[1] عنوان شـــد. وی با آزمایش ساده‌ای موفق به درک این مطلب شد که اگر یک صفحه آهن بدون خاصیت مغناطیسی مدوّر و یک قطب نما را بر روی یک محور مطابق شـــکل ۶ و به موازات هم قرار دهیم به طـــوری که یک یا دو قطب قطب نما در نزدیکی لبه صفحه قرار گیرد، با گرداندن صفحه غیر مغناطیســـی، قطب نما نیز به گـــردش در می آید و یا با گرداندن قطب نما، صفحه، حول محور خود شـــروع به گردش می کند و همیشه جهت حرکت یکی (قطب نما یا صفحه دوّار) مشابه جهت حرکتی است که به دیگری وارد می شود.

موتورهای سه فاز جریان متناوب به دو دسته کلی زیر تقسیم می شوند:

- موتورهای آسنکرون
- موتورهای سنکرون

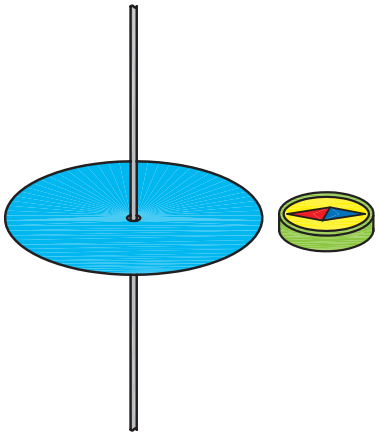


موتورهای آسنکرون (غیرهم‌زمان)

ساختمان این موتورها از دو قسمت اصلی تشکیل شده است:

الف ـــ استاتور[2] (ساکن): استاتور عبارت از یک استوانه تو خالی است که از کنار هم قرار گرفتن چند ورقه نازک فولاد سیلیس دار که نسبت به هم عایق هستند ساخته شده و ضخامت هر ورق ۰/۵ میلی متر است.

بـــرای حفاظت ســـیم پیچ و ورق های اســـتاتور، کل مجموعه در داخل یک پوســـته چدنی قـــرار می گیرد. در شـــکل ۷ تصویر یک نمونه ورق اســـتاتور را مشاهده می کنید.



شکل ۶

۱ – Arago

۲ – Stator

از شیارهای ورق استاتور برای جازدن سیم پیچی ها استفاده می شود. شکل ۸ یک استاتور جمع شده را به طوری که سیم پیچی یک کلاف در داخل آن قرار گرفته نشان می دهد.

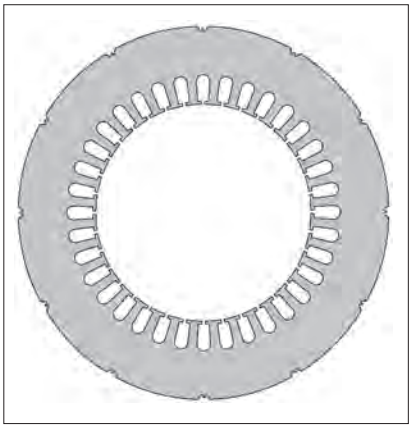
شکل ۹ تصویر ورق های جمع شده استاتور، پوسته چدنی که در روی آن قرار می گیرد و سیم پیچ های مربوطه را نشان می دهد.

ب ــــ روتور [1] (گردنده): روتور موتورهای آسـنکرون از یک هسـته آهنی به شکل استوانه تشکیل شده که بر روی محوری تعبیه شده است (شکل ۱۰).

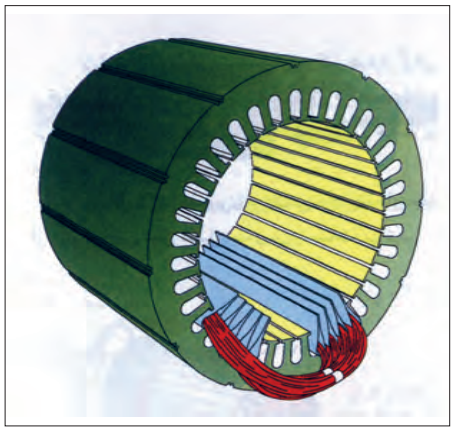
این استوانه توپُر نیز مشابه استاتور از کنار هم قرار گرفتن ورقه های نازک فولادی که نسبت به هم عایق هستند ساخته می شود. در داخل شیارهای آنها هادی های روتور جاسازی می شود.

در شکل ۱۱ تصاویری از یک روتور با ورق های جدا از هم و همچنین شکل تکمیل شده آن را مشاهده می کنید.

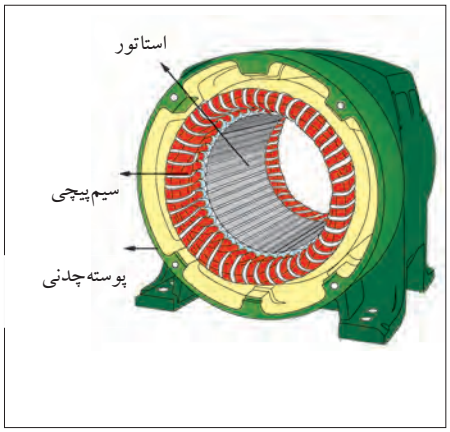
روتور موتورهای آسـنکرون به دو شـکل روتور قفسی و روتور سیم پیچی ساخته می شود.



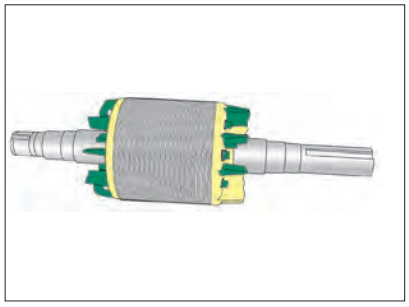
شکل ۷



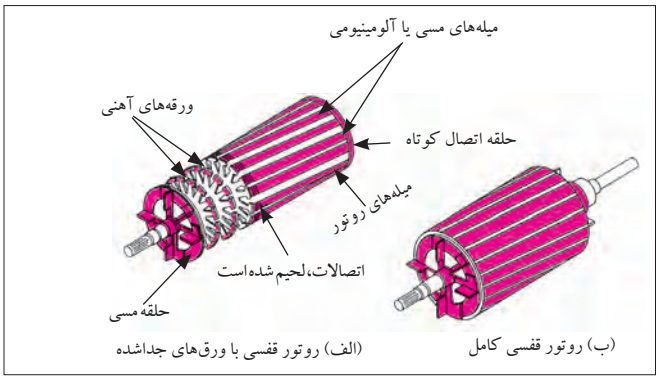
شکل ۸



شکل ۹



شکل ۱۰



شکل ۱۱

1 ـ Rotor

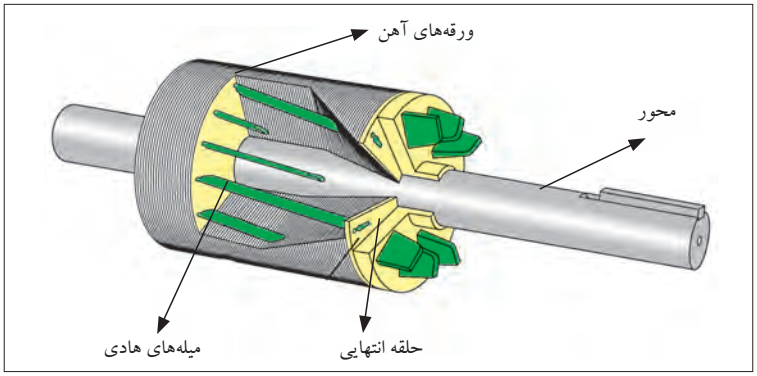
در نوع روتور قفسی از تعدادی میله مسی، آلومینیومی یا آلیاژهای دیگر در فضای اطراف استوانه استفاده می‌شود (شکل ۱۲).

ایــن میله‌ها از هر دو طرف بــه دو حلقه انتهایی، اتصال کوتاه، لحیم، پرچ یا جوش کاری می‌شوند. چون شکل به دست آمده برای این روتور، شبیه یک قفس فلزی است (شکل ۱۳). به این گونه موتورهای القایی «روتور قفسی» می گویند.

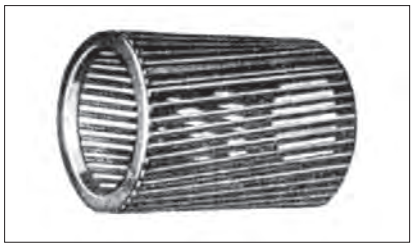
بیشتر موتورهای الکتریکی جریان متناوب دارای روتور قفسی هستند (شکل ۱۴).

در نوع روتور ســیم پیچی موتورهای آسنکرون ســه فاز، به جای استفاده از میله‌های آلومینیومی، از سه دسته سیم پیچی که داخل شیارهای روتور قرار گرفته و به صورت ستاره وصل شده‌اند استفاده می‌شود (شکل ۱۵).

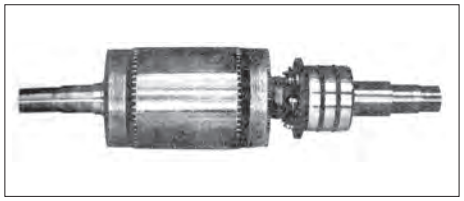
بــر روی محور ایــن روتورها از ســه حلقه (رینگ) که نســبت به هم عایق شده‌اند برای عبور جریان القایی از سیم پیچی‌های روتور استفاده می‌شود. شکل ۱۶نمونه‌ای از این روتورها را نشان می‌دهد.



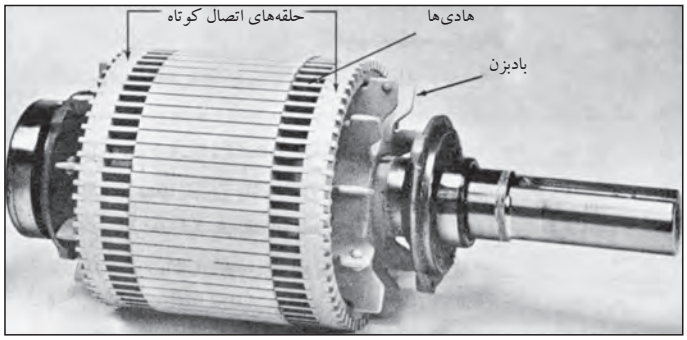
شکل ۱۲



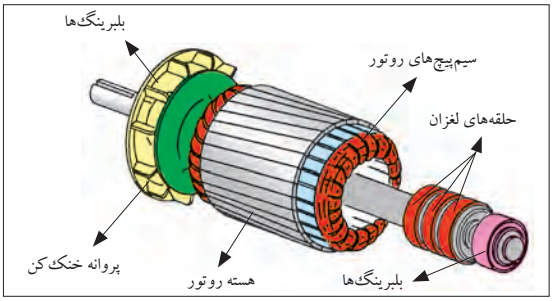
شکل ۱۳- قسمت قفس روتور



شکل ۱۵- شکل واقعی روتور سیم‌پیچی‌شده



شکل ۱۴- روتور قفسی تکمیل شده



شکل ۱۶- طرح‌واره روتور سیم‌پیچی‌شده

تذکر:

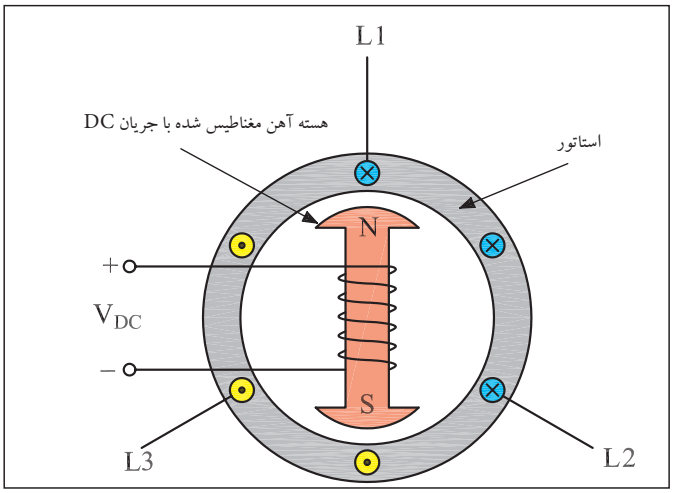
از موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی شده برای راه‌اندازی نرم و کاهش جریـان راه‌اندازی یا به عبارتی افزایش گشـتاور راه‌اندازی اسـتفاده می‌شـود.

موتورهای سنکرون (هم‌زمان)

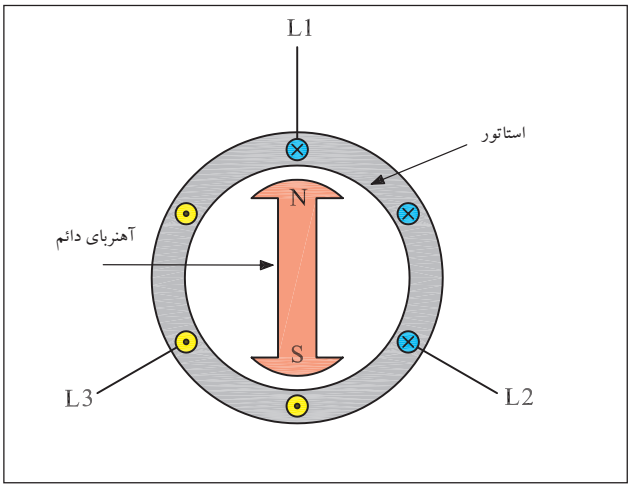
این موتورها در بارهای مختلف دارای دور کاملاً ثابتی هستند.

استاتور موتورهای سنکرون شبیه استاتور موتورهای آسنکرون سه‌فاز می‌باشد اما روتور آنها دارای یک دسـته سیم پیچی متناسب با قطب‌های استاتور بوده و به‌وسیله جریان مستقیم تغذیه می‌شود (شکل ۱۷).

در قدرت‌هـای کم می‌توان از آهن رباهای دائمی در روتور اسـتفاده کرد (شکل ۱۸).



شکل۱۸- موتور سنکرون با روتور سیم‌پیچی‌شده



شکل۱۷- موتور سنکرون با روتور آهنربای دائم

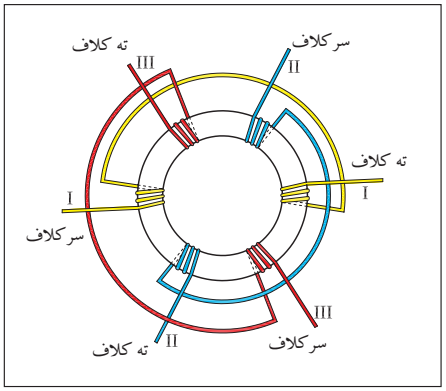
اصول کار و موارد استفاده الکتروموتورهای سه فاز

میدان دوّار

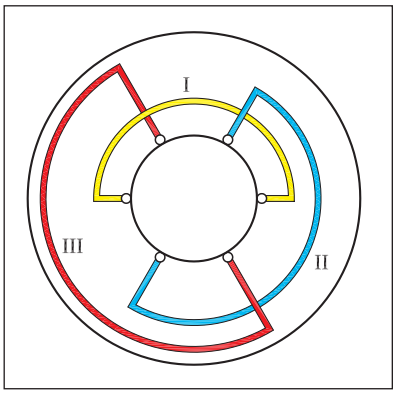
هرگاه سـه گروه کلاف با اختلاف فاز مکانی ۱۲۰ درجه الکتریکی مطابق شـکل‌های ۱۹و ۲۰ در داخل استاتور یک موتور سه‌فاز آسنکرون توزیع شوند و سپس ابتدای این کلاف‌ها را به شبکه سه‌فاز متصل و انتهای کلاف‌ها را به هم وصل کنیم، هر یک از سیم پیچ‌های موتور، حامل جریان می‌شوند.

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

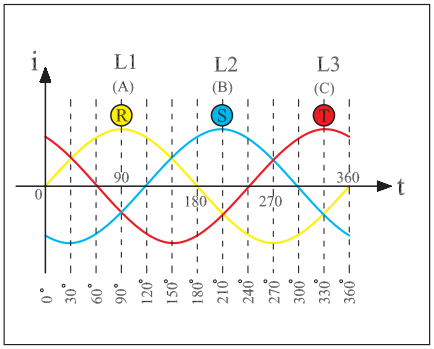
سه میدان مغناطیسی تولید شده می‌توانند با همراهی یکدیگریک میدان مغناطیسی دوّار ایجاد کنند. در شکل ۲۲ جریان متناوب سه‌فاز که چهار لحظه آن به نام‌های c ، b ، a و d مشخص شده دیده می‌شود.



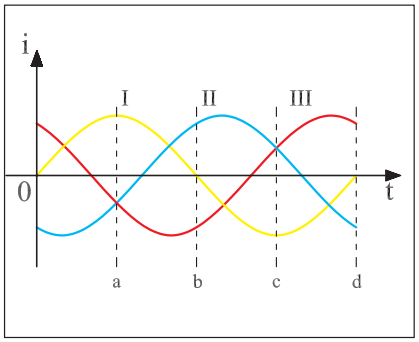
شکل ۱۹



شکل ۲۰



شکل ۲۱



شکل ۲۲

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

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

این میدان دوّار با سرعت ثابت در فضای درون استاتور گردش می کند. اصطلاحاً به تعداد دور یا سرعت میدان دوّار «سرعت سنکرون» نیز می گویند[1]. تعداد دور سرعت سنکرون یا به عبارتی سرعت میدان دوّار از رابطه (۱) به دست می آید.

$$n_S = \frac{f \times ۶۰}{P}[R.P.M] \quad (۱)$$

f- فرکانس شبکه [برحسب هرتز H_z]

p- تعداد زوج قطب‌های استاتور

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

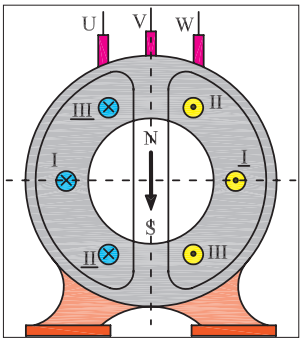
موتورهای آسنکرون القایی

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

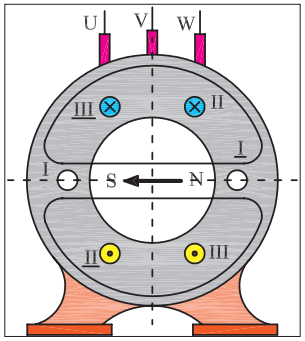
دو حلقه، سر و ته این هادی‌ها را به هم اتصال می دهند در نتیجه یک مدار بسته به‌وجود می آورند که جریان القایی در هادی‌های این مدار جاری می شود.

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 می شود و ایجاد گشتاور می کند تا روتور حول محور خود به گردش درآید (شکل ۲۸).

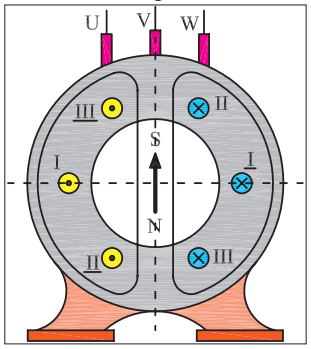
همان‌طوری که بیان شد چون جریان روتور از اثر القای میدان دوّار استاتور در هادی‌های روتور ایجاد شده است، این نوع موتورها را «موتورهای القایی» یا «اندوکسیونی» می نامند. از آن‌جایی که در موتورهای القایی، هادی‌های روتور می‌بایست به‌وسیله میدان دوّار قطع شوند در این موتورها هیچ‌وقت تعداد دور روتور نمی تواند 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 ۲۹).



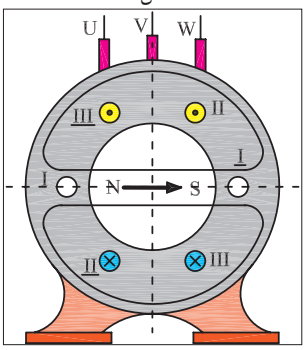
شکل ۲۳



شکل ۲۴



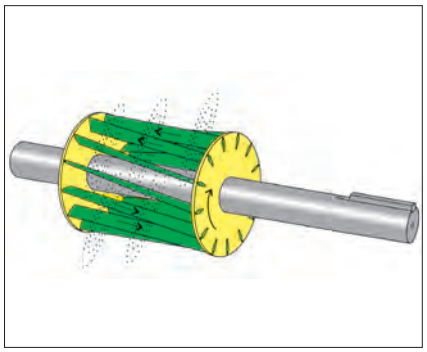
شکل ۲۵



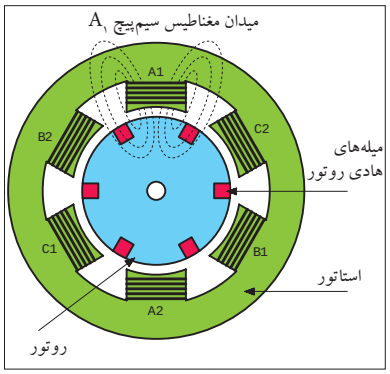
شکل ۲۶

۱- برای کسب اطلاعات بیش‌تر درباره میدان مغناطیسی دوّار به ضمیمه (A) انتهای کتاب مراجعه کنید.

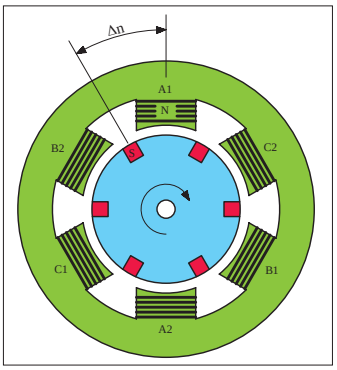
2 ـ R.P.M -Revolutions Per Minute (دور در دقیقه)



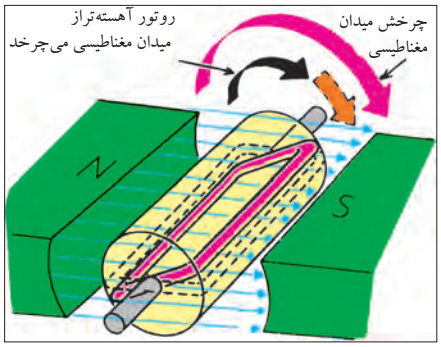
شکل ۲۸



شکل ۲۷



شکل ۳۰



شکل ۲۹

لغزش (عقب ماندگی)

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

اختلاف سرعت گردش روتور با سرعت میدان دوّار را «سرعت لغزش» می گویند. شکل ۳۰ اختلاف سرعت بین میدان استاتور و روتور را نشان می دهد.

n_s– سرعت میدان دوّار

n_r – سرعت روتور

Δn – سرعت لغزش

$$\Delta n = n_S - n_r \qquad (۲)$$

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

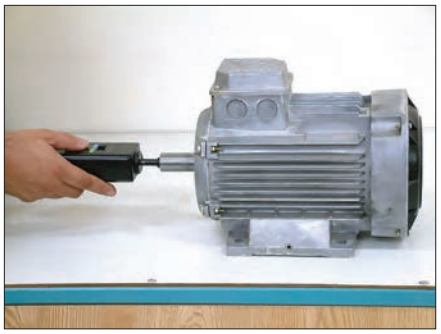
S– لغزش

$$\%S = \frac{n_S - n_r}{n_S} \times ۱۰۰ \qquad (۳)$$

شکل ۳۱

توضیح:

برای اندازه گیری سرعت موتورهای الکتریکی از دستگاهی به نام «دورسنج» یا «تاکومتر» استفاده می شود. در شکل ۳۱ یک نمونه دورسنج دیجیتالی هم حس کننده نوری و هم قسمت مکانیکی دارد را مشاهده می کنید. شکل ۳۲ نحوه اندازه گیری دور به صورت مکانیکی (قرار دادن غلتک روی محور در حال چرخش) را نشان می دهد.


شکل ۳۲

گشتاور (ممان ـــ M)

براساس قانون های فیزیک، گشتاور را از رابطه M می توان به دست آورد. در موتورهای الکتریکی نیروی وارده، همان نیرویی است که از طرف میدان دوّار بر سیم های حامل جریان روتور وارد می شود. شعاع چرخش، فاصله هادی های روتور تا مرکز روتور می باشد. بنابراین گشتاور موجب گردش موتور می شود.

شعاع چرخش × نیرو = گشتاور

$$M = F \times r$$

یادآور می شود که گشتاور موتورهای الکتریکی را از رابطه زیر نیز می توان به دست آورد که در آن:

$$M = \frac{P_۲}{\omega}$$

P۲ ـ توان خروجی (مفید) موتور برحسب W

ω ـ سرعت زاویه ای موتور برحسب Rad/s

M ـ گشتاور موتور برحسب N.m

سرعت زاویه ای براساس سرعت موتور در هر دقیقه (n) از رابطه ω به دست می آید.

$$\omega = \frac{۲\pi n}{۶۰}$$

راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون

در شبکه سه فاز نحوه اتصال موتورهای سه فاز آسنکرون به شبکه الکتریکی را اصطلاحاً «راه اندازی» می گویند.

موتورهای آسنکرون را می توان به صورت مستقیم به شبکه سه فاز وصل کرد. در این صورت در لحظه راه اندازی، جریان خیلی زیادی (حدود ۴ تا ۷ برابر جریان نامی موتور) از سیم پیچی های موتور عبور می کند. اگر قدرت و یا

به‌عبارتی جریان نامی موتور بالا باشد، جریان زیاد راه‌اندازی می تواند 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 مثلث
- راه‌اندازی به‌وسیله مقاومت راه‌انداز

تصاویر شکل ۳۳ نمونه‌های کاربردی موتورهای سه‌فاز را نشان می‌دهد.

الف

ب

شکل ۳۳

جدول ۱ محدوده توان موتورهای سه‌فاز در ولتاژهای مختلف برای راه‌اندازی به روش‌های نام برده شده را نشان می‌دهد.

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

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

قدرت نامی		روش‌های راه‌اندازی
درشبکه ۴۰۰ V	درشبکه ۲۳۰ V	
۲/ ۲KW تا ۴KW	۱/ ۵KW تا ۳KW	راه‌اندازی به صورت مستقیم
۴ KW تا ۱۱KW	۳ KW تا ۵/ ۵KW	راه‌اندازی به صورت ستاره مثلث
۱۵KW	۷/ ۵KW	راه‌اندازی به وسیله مقاومت راه‌انداز

توان موتوردراتصال‌های ستاره ومثلث

یکی از ســاده ترین و معمول ترین روش های راه‌اندازی موتورهای آسنکرون روتور قفســی، روش ستاره مثلث اســت. قبل از اتصال موتور به صورت ستاره یا مثلث لازم است ابتدا به پلاک موتور توجه شود و ولتاژ قابل تحمل سیم پیچ های موتور مورد بررســی قرار گیرد. عددی که روی پلاک نوشته می شود مُعرّفِ ولتاژ قابل تحمل هر ســیم پیچی است. ولتاژ خط شبکه سه فاز ایران ۳۸۰ ولت است، از طرفی بر روی پلاک برخی موتورها دو عدد (دو ولتاژ) نوشته می شود. از جدول ۲ برای تشخیص نوع اتصال موتور در شبکه ایران می توان استفاده کرد.

جدول ۲

نحوه اتصال موتور به شبکه برق ایران	مشــخصات پلاک موتور
نمی توان با شبکه سه فاز ایران راه‌اندازی کرد	۲۳۰λ
به صورت ستاره	۲۳۰Δ
به صورت ستاره	۴۰۰λ
به صورت ستاره مثلث می توان راه‌اندازی کرد و در نهایت باید اتصال مثلث باشد	۴۰۰Δ
به صورت ستاره	۴۰۰/۲۳۰λ / Δ
به صورت ســتاره مثلث راه‌اندازی می شود و در نهایت باید مثلث بسته شود.	

•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 نوشــته می شود، توان خروجی با توان مفید است.

از رابطه (۱) برای محاسبه توان هر فاز استفاده می شود.

$$P_p = v_p . I_p . \cos\varphi \qquad (۱)$$

چون همه مشــخصات سیم پیچی های هر ســه فاز موتور یکسان است، برای محاسبه توان کل سه فاز به صورت مقابل می توان عمل کرد.

$$p = ۳ p_p \quad \text{توان سه فاز} \qquad (۲)$$

حال با توجه به رابطه جریان (طبق قانون اهم) و همچنین در نظر گرفتن روابط ولتاژها و جریان‌های خطی و فازی اتصال ستاره[1] می توانیم به‌جای مقادیر ولتاژ، جریـان و توان روابط (۱) و (۲) معـادل آنها را قرار داد و رابطه نهایی توان کل موتور در حالت سـتاره را مطابق روش مقابل محاسبه کنیم و رابطه نهایی (۳) را به‌دست آوریم.

به همین ترتیب برای محاسـبه توان کل موتور سه‌فاز در حالت مثلث، مشابه حالت ستاره و به صورت مرحله ۴ به بعد می توان عمل کرد.

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

$$P = ۳V_P.I_P.\cos\varphi$$
$$p = ۳V_P.\frac{V_P}{Z_P}.\cos\varphi$$
$$P = ۳\frac{V_L}{\sqrt{۳}}.\frac{V_L}{\sqrt{۳}Z_P}.\cos\varphi$$
$$P = ۳\frac{V_L^۲}{۳Z_P}.\cos\varphi$$
$$P = \frac{V_L^۲}{Z_P}.\cos\varphi$$

ـ توان کل سه‌فاز موتور طبق رابطه (۵) به‌دست می آید.

– معادله (۴) را در معادله (۵) قرار می‌دهیم.

– با توجه به رابطه قانون اهم به‌جای I_p معادل آن را قرار می‌دهیم.

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

– توان کل (P_Δ) از رابطه نهایی توان کل، مطابق رابطه (۶) به‌دست می آید.

از مقایسه توان موتور در حالت ستاره با توان موتور در حالت مثلث و محاسبه مقدار نسـبت ایـن توان‌ها می توان به‌نتیجـه‌ای مطابق رابطه (۷) دسـت یافت.

$$P_\lambda = \frac{V_L^۲}{Z_p}.\cos\varphi \quad \text{توان کل ستاره} \qquad (۳)$$

$$P_P = V_P.I_P.\cos\varphi \qquad (۴)$$

$$P = ۳P_P \qquad (۵)$$

$$P = ۳V_P.I_P.\cos\varphi$$
$$I_P = \frac{V_P}{Z_P}$$
$$p = ۳V_P.\frac{V_P}{Z_P}.\cos\varphi$$
$$P = ۳V_L.\frac{V_L}{Z_P}.\cos\varphi$$
$$P = ۳\frac{V_L^۲}{Z_P}.\cos\varphi$$

$$P_\Delta = ۳\frac{V_L^۲}{Z_P}.\cos\varphi \quad \text{توان کل مثلث} \qquad (۶)$$

توضیح:

۱– توان نامی روی بدنه موتورهایی که امکان راه‌اندازی به‌صورت سـتاره مثلث را دارند نشـان‌دهنده تـوان موتور در حالت مثلث اسـت.

۲– در حالت سـتاره توان موتور $\frac{۱}{۳}$ توان نامی اسـت؛ در این شرایط نباید موتور زیر بار قرار گیرد.

$$\frac{P_\lambda}{P_\Delta} = \frac{\frac{V_L^۲}{Z_P}.\cos\varphi}{\frac{۳V_L^۲}{Z_P}.\cos\varphi} = \frac{\cancel{V_L^۲}.\cancel{\cos\varphi}.\cancel{Z_P}}{۳\cancel{V_L^۲}.\cancel{\cos\varphi}.\cancel{Z_P}}$$

$$\frac{P_\lambda}{P_\Delta} = \frac{۱}{۳}$$

$$\frac{P_\lambda}{P_\Delta} = \frac{۱}{۳}P_\Delta \qquad (۷)$$

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

تغییر جهت گردش در موتورهای سه فاز

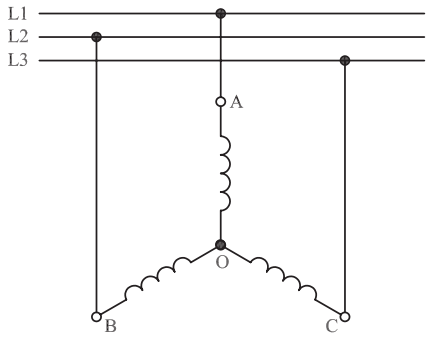
برای ایجاد تغییر جهت گردش در موتورهای سه‌فازه کافی است به‌طور دلخواه جای دو سیم فاز از سر سیم ورودی به سیم پیچ های استاتور موتور را عوض کرد.

در اثر این جابه جایی جهت میدان مغناطیسی دوّار در پوسته استاتور تغییر می کند. به این ترتیب جهت نیروی محرکه القایی، جریان القایی و در نتیجه جهت نیروی وارد بر روتور عوض می شود و در خلاف جهت قبلی به حرکت درمی آید. شکل های ۳۴ و ۳۵ وضعیت سیم پیچی های موتور در حالت راست گرد و چپ گرد را نشان می دهند.

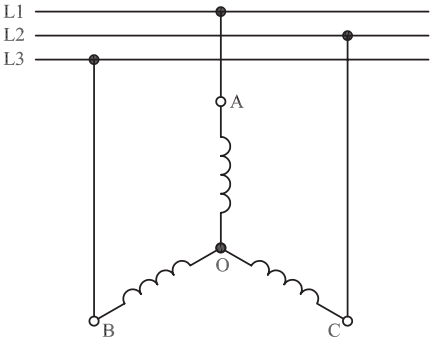
تذکر: تعویض جای دو فاز هیچ گونه ارتباطی با وضعیت اتصال سیم پیچ های استاتور ندارد و موتور می تواند در حالت ستاره (⅄)یا مثلث (Δ) باشد.

طبق قرارداد اتصال فازها به صورت شکل ۳۶ به سر سیم های موتور را حالت «راست گرد» و اتصال فازها مطابق شکل ۳۷ را حالت «چپ گرد» نامند.

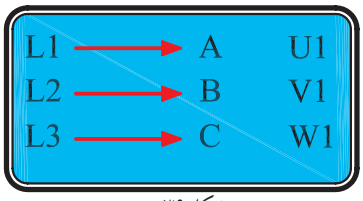
تمرین: وضعیت اتصال سیم پیچی های موتور سه‌فاز با اتصال مثلث در حالت های راست گرد و چپ گرد را رسم کنید.



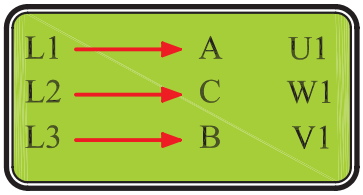
شکل ۳۴- حالت راست گرد اتصال ستاره



شکل ۳۵- حالت چپ گرد اتصال ستاره



شکل ۳۶



شکل ۳۷

راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون در شبکه تک فاز

در صورت عدم دسترسی به شبکه سه‌فاز، می توان یک موتور سه‌فاز آسنکرون را در شبکه تک‌فاز راه‌اندازی کرد. برای این که در این شرایط موتور دارای قدرت و گشتاور راه‌اندازی مناسب باشد معمولاً از یک خازن روغنی در مدار سیم پیچی استاتور استفاده می شود.ظرفیت خازن مناسب را می توان از جدول ۳ محاسبه کرد.

چون وضعیت اتصال سیم پیچی های موتور به‌صورت ستاره یا مثلث است، نحوه قرار گرفتن خازن در مسیر سیم پیچی های استاتور موتور نیز به دو صورت می تواند باشد. شکل های ۳۸ و ۳۹ وضعیت سیم پیچی های موتور را در حالت ستاره راست گرد و شکل های ۴۰ و ۴۱ وضعیت سیم پیچی های موتور در حالت ستاره چپ گرد را نشان می دهد.

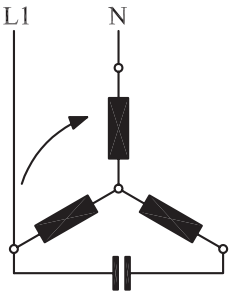
جدول ۳ـ ظرفیت خازن روغنی راه‌اندازموتور سه‌فاز در شبکه تک‌فاز

ظرفیت خازن به ازای هر اسب بخارتوان	ظرفیت خازن به ازای‌هر کیلووات توان
۵۰ میکروفاراد	۷۰ میکروفاراد

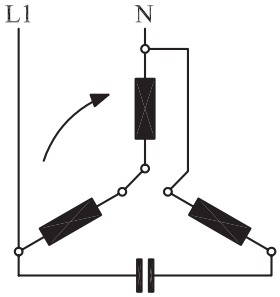
جدول ۴ــ ویژگی های موتورهای سه فازه را نشان می دهد.

جدول ۴ــ ویژگی های موتور سه فاز

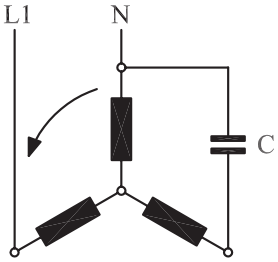
موتور سنکرون قفسه‌ای	موتور با روتور	موتور با روتور قفسه‌ای	سیم‌بندی و اتصال برای راست گرد
L1 L2 L3 V1 U1 W1 M F1 F2 همچنین با روتوردارای آهنربای دائم	L1 L2 L3 V1 U1 W1 M 3∿ K L M	L1 L2 L3 V1 U1 W1 M 3∿	سیم‌بندی و اتصال برای راست گرد
جابه‌جا کردن دو سر سیم بیرونی به طور مثال L_1 با L_2			تغییر جهت گردش
۳ تا ۷ (با قفسه راه‌انداز)	تقریباً ۱ در شروع با گشتاور M_N	۳ تا ۷	
۰,۵ تا ۱ (با قفسه راه‌انداز)	تا ۲	۰,۴ تا ۳	
۱,۵ تا ۴	۱,۶ تا ۲,۵	تک قفسه‌ای ۱,۶ تا ۲ دو قفسه‌ای ۱۶ تا ۳	قابلیت تحمل اضافه بار کوتاه مدت
اتصال مستقیم به شبکه بدون تحریک (با قفسه راه‌انداز)	با مقاومت‌های راه‌انداز در مدار روتور	اتصال مستقیم به شبکه با تغییر تعداد قطب‌ها برای دور موتور کم	رایج ترین روش راه‌اندازی
به‌ندرت از طریق تغییر فرکانس	از طریق مقاومت‌های روتور به ندرت از طریق تغییر فرکانس	تغییر تعداد قطب‌ها به ندرت از طریق تغییر فرکانس	کنترل دور موتور
۱ : ۳	از طریق مقاومت‌های روتور تا ۱:۳	تغییر تعداد قطب‌ها تا ۸ : ۱	حدود تنظیم دور موتور
	با کنترل فرکانس تا ۱:۲۰		



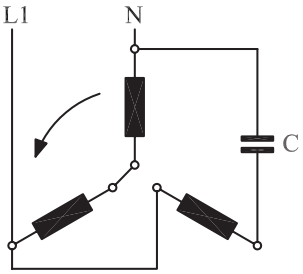
شکل ۳۸



شکل ۳۹



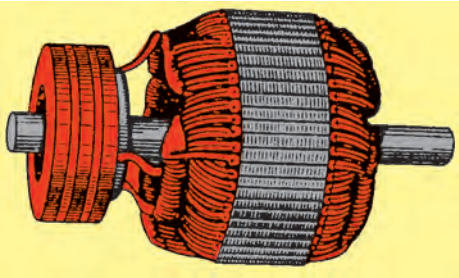
شکل ۴۰



شکل ۴۱

موتور آسنکرون روتور سیم پیچی

روتور این نوع موتورها از سه دسته سیم پیچی تعبیه شده در آن تشکیل شده است. معمولاً اتصال سیم پیچی های روتور از داخل به‌صورت ستاره است. سرهای خروجی این سه دسته سیم پیچی، از داخل موتور خارج شده و توسط سه حلقه لغزان (رینگ) واقع روی محور به جاروبک های ساکن (زغال ها) وصل شده است (شکل ۴۲). این سه جاروبک از خارج به یک مقاومت متغیر (رئوستا) که به شکل ستاره بسته شده است متصل می شود (شکل ۴۳).

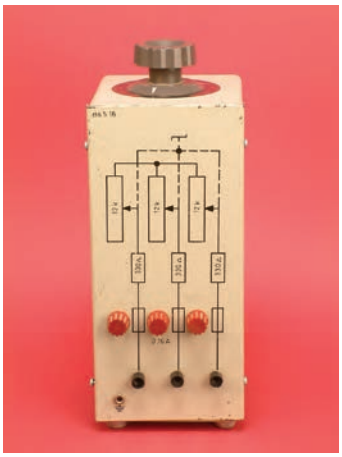

شکل ۴۲

همان طوری که در بحث موتورهای القایی نیز اشاره شد، در آغاز حرکت، چون روتور هنوز ساکن است و میدان با سرعت سنکرون می گردد هادی های روتور توسط خطوط میدان مغناطیسی با سرعت سنکرون قطع می شوند، در سیم پیچی روتور جریان قوی تری القا می شود. علّت به وجود آمدن جریان زیاد در موقع راه اندازی موتورهای القایی، کم بودن مقاومت سیم پیچی روتور است. به طوری که اگر موتورهای القایی را به طور مستقیم به شبکه وصل کنیم در لحظه اول حدود ۳ تا ۷ برابر جریان اسمی از شبکه دریافت می کنند.

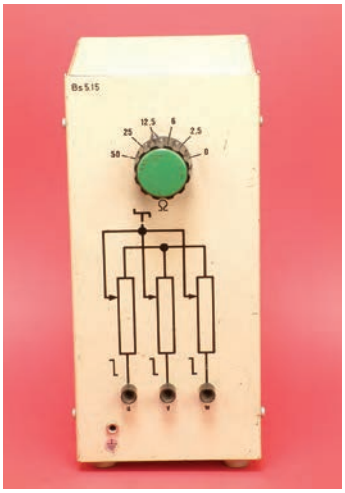
در موتورهای روتور سیم پیچی به کمک حلقه های لغزنده و وارد کردن مقاومت در مسیر هر دسته سیم پیچی روتور به هنگام راه اندازی، مقاومت روتور افزایش یافته و در نتیجه جریان راه اندازی کاهش می یابد. در شکل های ۴۳ و ۴۴ دو نمونه مقاومت راه انداز را مشاهده می کنید.

پس از راه اندازی موتور به تدریج مقاومت موجود در مدار روتور را کاهش می دهیم و در نهایت از مدار خارج می کنیم.

در چنین موتورهایی به جهت اضافه شدن مقاومت مدار روتور و بهتر شدن میزان ضریب قدرت روتور، گشتاور راه اندازی نسبت به موتورهای القایی مشابه بهتر شده و موتور نرم تر راه اندازی می شود. در شکل ۴۵ شکل ظاهری و در شکل ۴۶ اجزای داخلی یک موتور روتور سیم پیچی را مشاهده می کنید.



شکل ۴۳

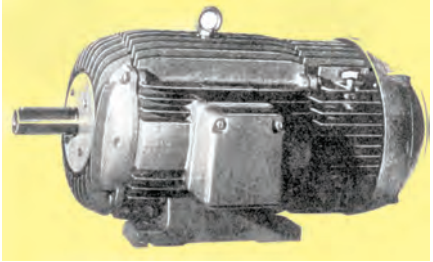


شکل ۴۴

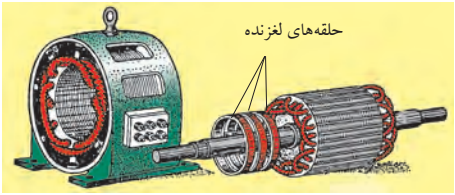
موتور سنکرون

اساس کار موتور سنکرون بر پایه تأثیر میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان است. موتورهای سه فازه سنکرون که در صنعت به کار می روند اغلب از نوعی هستند که در روی روتور از سیم پیچی استفاده می شود که با جریان مستقیم تحریک می شود (شکل ۴۷).

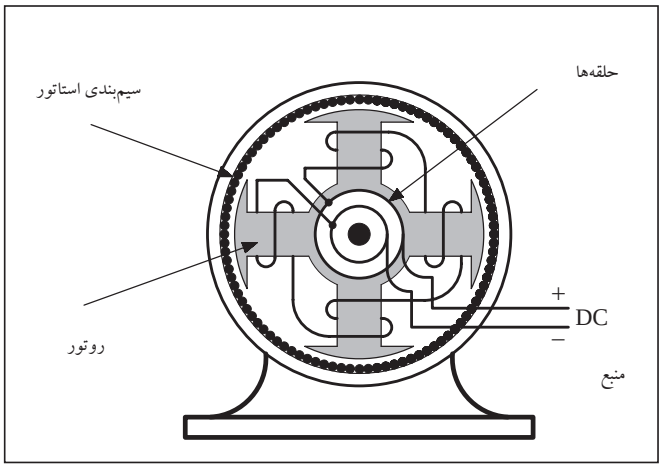
موتورهای سنکرون که روتور آنها سیم پیچی شده است به تنهایی و به خودی خود راه نمی افتند بلکه نیاز به یک محرک دارند. از جمله این محرک ها می توان جریان مستقیم(dc) اعمال شده به سیم پیچی روتور و یا یک موتور خارجی را که جهت به گردش درآوردن مغناطیس طبیعی به کار می رود نام برد (شکل ۴۸).



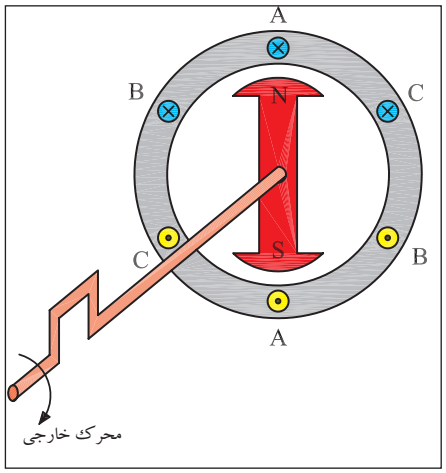
شکل ۴۵- موتور روتور سیم پیچی



شکل ۴۶-اجزای موتور روتور سیم پیچی



شکل ۴۷



شکل ۴۸

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

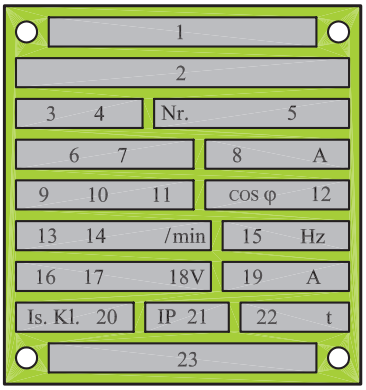
جدول ۵- انواع موتورهای سه فاز القایی

نوع موتور		مزایا و معایب موتور	نمونه‌های کاربرد
موتور با روتور قفسه‌ای (موتور با روتور اتصال کوتاه) نحوه کار: تغییر جهت قطب‌ها با ۲تا۴سرعت شکل خاص: موتور رلوکتانسی	مزایا	● ارزان‌تر از موتورهای دیگر، ساختمان ساده، ساختار محکم، دارای بازوهای نگهدارنده، بدون پارازیت در رادیو در زمان کار، ضریب اطمینان کاری بزرگ، روتور دارای عایق کاری سیم پیچ‌ها 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 ۵۰Hz فرکانس دورانی بیش‌تر از ۳۰۰۰/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 ماشین ابزارهای بزرگ، سنگ شکن‌ها، گرداننده وسایل مختلف در صنعت نمایش
	معایب	● به‌طور چشم‌گیری گران‌تر از موتور با روتور قفسه‌ای، کار همراه با تولید جرقه، دارای پارازیت رادیو، نیاز به راه‌انداز دارد، جاروبک‌های زغالی و حلقه لغزان نیازمند مراقبت بیش‌تری است، فرکانس دورانی مانند موتور با روتور قفسه‌ای محدود می‌شود.	

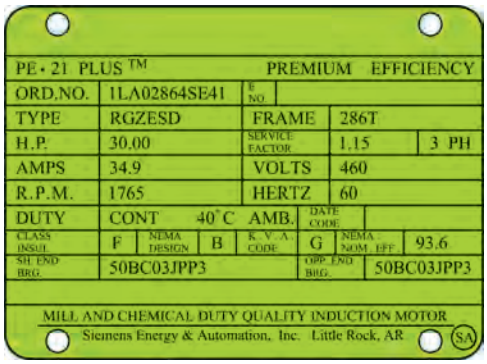
آشنایی با پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه فاز

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

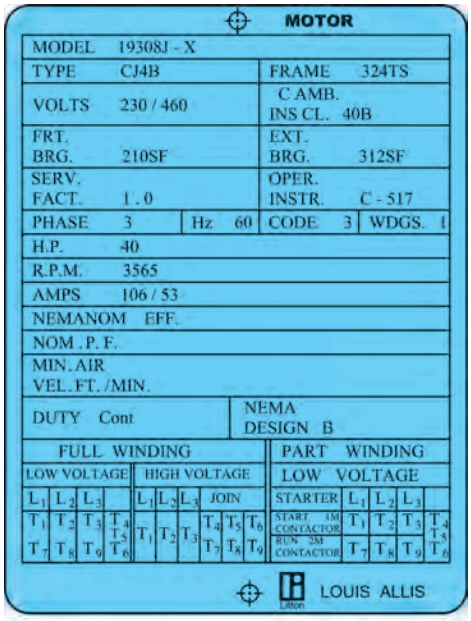
اگر مشخصات نوشته شده روی پلاک موتورها را با یکدیگر مقایسه کنیم مشاهده می‌شود که این پلاک‌ها تفاوت‌هایی با هم دارند. در شکل‌های ۵۲، ۵۳ ، ۵۴ و ۵۵ بخش‌های مختلف یک نوع پلاک موتورهای سه‌فازه مشاهده می‌شود. در جدول ۶ توضیحات مربوط به هر قسمت آمده است.



شکل ۴۹



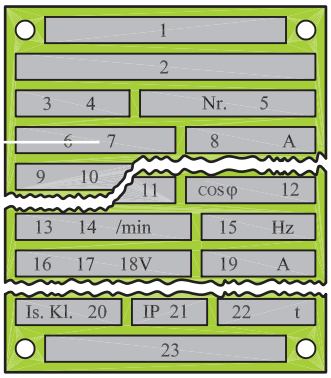
شکل ۵۰



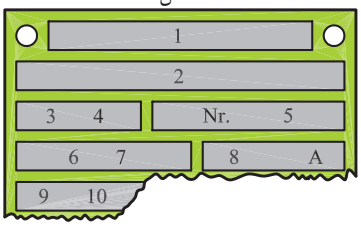
شکل ۵۱

جدول ۶

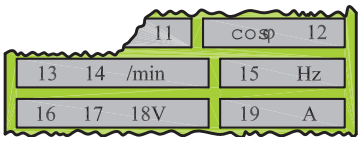
شماره	اطلاعات داده شده		
۱	نشانه کارخانه (نام و آرم)		
۲	نشانه نوع ماشین (تیپ ماشین)		
۳	نوع جریان مانند: G (جریان مستقیم)، E (جریان تک فاز)، D (جریان سه فاز)		
۴	نوع کار (Gen ـ ژنراتور)؛ (Mot ـ موتور)		
۵	شماره تولید ماشین		
۶	نوع اتصال سیم پیچ استاتور در ماشین های سنکرون و القایی، به علاوه:		
	علامت	تعداد کلاف و مدار	
	⊥	با کلاف (سیم پیچ) کمکی	۱ ~
	III	به صورت باز	۳ ~
	Y	ستاره	۳ ~
	Δ	مثلث	به هم وصل شده
	Y	ستاره با نقطه وسط خارج شد	
۷	ولتاژ نامی		
۸	جریان نامی		
۹	توان نامی (تحویلی) یا قدرت ظاهری خروجی در موتورها و ژنراتورها		
۱۰	نشانه واحدها VA، kVA، W، kW موتورها برحسب (kW یا W) و مولدها برحسب (kVA یا VA)		
۱۱	نوع کار (در کار دائمی =SI) و زمان کار نامی یا مدت زمان روشن بودن نسبی. مثال: S۲۳۰min.		
۱۲	ضریب توان نامی cos . در ماشین های سنکرون در صورتی که توان رآکتیو دریافت شود، باید نشانه u (تحریک ناقص) اضافه شود.		
۱۳	جهت چرخش (از طرف سر محور موتور نگاه می شود): → (راست گرد) ← (چپ گرد)		
۱۴	سرعت نامی. (علاوه بر این در موتورهای با تحریک سری بیشینه سرعت ؛ در مولدهای با توربین آبی، سرعت میانی توربین؛ در موتورهای چرخ دنده دار سرعت آخرین چرخ دنده n_z ارائه می شود.)		
۱۵		فرکانس نامی	
	در ماشین جریان مستقیم و ماشین سنکرون	در روتور با حلقه لغزان	
۱۶	تحریک کننده یا «Err»	روتور یا «Lfr»	
۱۷		نوع اتصال سیم پیچ روتور	
۱۸	ولتاژ تحریک نامی به V (ولت)	ولتاژ سکون روتور به V (ولت)	
۱۹	جریان تحریک در کار نامی. اگر جریان کوچک تر از باشد، اطلاعات حذف می شود.	جریان روتور	
۲۰	گروه مواد عایق کننده (Y,A,E,B,F,H,C). اگر سیم پیچ استاتور و روتور به گروه های مختلفی متصل باشند، ابتدا گروه سیم پیچ استاتور و سپس گروه سیم پیچ روتور بیان می شود. (کلاس عایقی)(مثلاً F/B).		
۲۱	نوع محافظت طبق DIN۴۰۰۵۰ ، مثلاً IP۴۴		
۲۲	وزن تقریبی به t، برای وزن های کم تر از یک تن اطلاعاتی داده نمی شود.		
۲۳	توضیحات اضافی، به طور مثال ... / VDEO۵۳۰ مقدار متوسط خنکی با تهویه هوای آزاد یا خنک شدن با آب.		



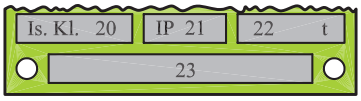
شکل ۵۲



شکل ۵۳

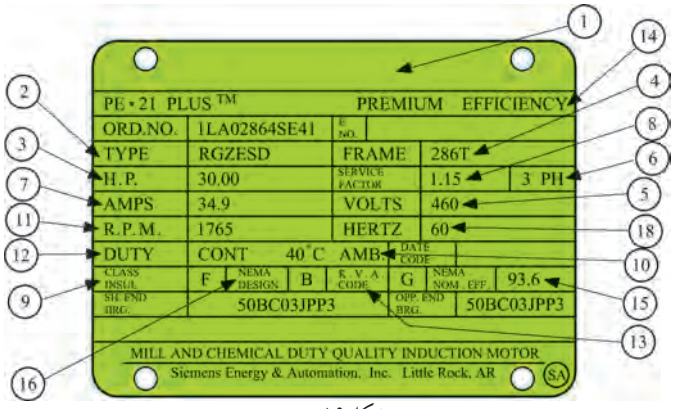


شکل ۵۴

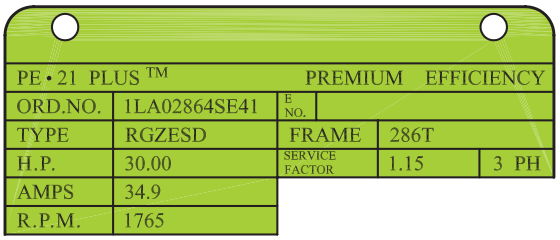


شکل ۵۵

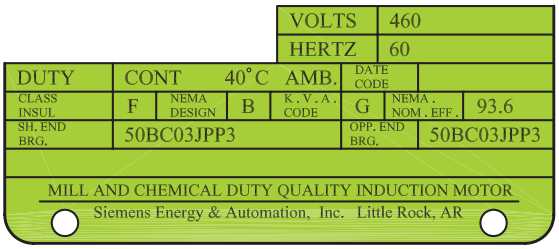
توضیحـات مربوطـه به نمونه دیگـری از پلاک موتورهای سـه فازه که در شکل های ۵۶، ۵۷ و ۵۸ نشان داده شده در جدول ۷ آمده است.



شکل ۵۶



شکل ۵۷



شکل ۵۸

جدول ۷

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

شرح تکمیلی برخی از علائم روی پلاک

در ردیف یازدهم جدول ۶ نوع کار و مدت زمان روشن بودن ماشین به طور نسـبی بیان می شود. هشـت حالت کاری طبق استاندارد تعریف شده است که با حروف S_1 تا S_8 نشـان داده می شـوند. مفهوم هر یک از حروف مطابق جدول ۸ است[1]. مثلاً اگر روی پلاک موتوری در ردیف نوع کار، S_1 نوشته شده باشد نشان می دهد که این موتور تحت بار نامی، در درجه حرارت پایدار و بدون وقفه کار می کند بدون این که از دمای مجاز موتور تجاوز کند .

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

جدول ۸ ــ انواع کار ماشین‌ها

نوع کار	شرح و مثال
کار پیوسته S۱	ماشین تحت بار نامی به درجه حرارت پایدار و ثابت می‌رسد. کار ماشین می‌تواند بدون وقفه انجام شود، بدون این که از دمای مجاز تجاوز کند. مثال: پمپ فاضلاب.
کار کوتاه مدت S۲	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: ۱۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه. مثال: موتور محرکه سیرن.
کار موقت S۳	زمان روشن بودن ED فقط بخشی از مدت زمان سیکل است. EDهای استاندارد: ۱۵، ۲۵، ۴۰ و ۶۰ . اگر مدت زمان سیکل معلوم نباشد، آن را ۱۰ دقیقه در نظر می‌گیرند. در نوع کار S۳ مرحله راه‌اندازی هیچ اثری بر روی دمای ماشین نمی‌گذارد. مثال برای S۳ : موتور بالابر (روتور با حلقه لغزان)
S۴	در S۴ کار شبیه S۳ است، با این حال جریان راه‌اندازی، ماشین را بیش‌تر گرم می‌کند. اطلاعات مثلاً : / h راه‌اندازی ۵۰۰، S۴ ED ۲۵. مثال برای S۴ : موتور محرک برای بالابر کوچک (روتور قفسه‌ای).
S۵	در S۵ کار شبیه S۴ است، با این حال در این جا یک ترمز الکتریکی (ترمز جریان مستقیم، ترمز جریان معکوس) در نظر گرفته شده، که در گرم شدن نیز سهیم است. اطلاعات مثلاً : h/ راه‌اندازی ۵۰۰، جریان معکوس، $S_۴$ED۲۵ مثال برای S۵: موتور محرکه برای نقاله‌ها.
کار پیوسته با بار موقت S۶	این نوع کار شبیه نوع کار S۳ است با این حال این ماشین در طی وقفه در حالت بی‌باری می‌ماند و خاموش نمی‌شود. اطلاعات مثلاً: $S_۶$ ۱۰min / ۶۰min یا بهتر ۴۰ $S_۶$ED۲۵
کار بدون وقفه S۷	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 / راه اندازی ۱۰۰، ترمز با جریان مستقیم، S۷ مثال: موتور محرکه برای ماشین‌های تراش مرکزی (ماشین ابزار خودکار)
S۸	این نوع کار شبیه S۷ است، با این حال به جای راه‌اندازی و ترمز با تغییر دور، به‌طور مثال از طریق تغییر قطب‌ها، کار را پیش می‌برد. اطلاعات: $S_۸$ ۳۰۰۰min$^{-۱}$ ۵min / ۱۵۰۰min$^{-۱}$ ۱۰min کاربرد: خط تولید خودکار

در ردیف بیســت و دوم جدول ۶ که نوع محافظت (ایمنی) به کار رفته در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب بیان می‌شود از دو حرف IP[1] و دو رقم کد استفاده می‌شود اولین رقم درجه ایمنی در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم درجه 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 جــدول ۹ معانــی هریک از رقم‌های اول و دوم بعد از را مشــاهده می‌کنید. همچنین بر روی برخی دستگاه‌ها از علائم خاصی مشابه، علائم جدول ۹ استفاده می‌شود. توضیحات هریک را می‌توان از جدول‌ها استخراج کرد.[2]

به‌عنوان مثال اگر بر روی پلاک موتوری IP۴۴ نوشته شده باشد بیانگر آن است که این موتور در مقابل اجسام خارجی بزرگ‌تر از قطر ۱mm و همچنین در مقابل پاشیده شدن آب حفاظت شده است.

جدول ۹

نشانه	توضیح	نوع ایمنی
	ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی	
-	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	IP۰X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از Æ ۵۰mm	IP۱X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی‌بزرگ‌تر از Æ ۱۲mm	IP۲X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از Æ ۲/۵mm	IP۳X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از Æ ۱mm	IP۴X
۱	ایمنی در مقابل رسوب گرد و غبار مضر به داخل	IP۵X
۲	ایمنی در مقابل نفوذ گرد و غبار	IP۶X
	ایمنی آب	
-	بدون ایمنی آب	IP X۰
۳	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	IP X۱
۳	ایمنی در مقابل ریزش مایل قطرات آب (۱۵°نسبت به عمود)	IP X۲
۴	ایمنی در مقابل پخش آب	IP X۳
۵	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	IP X۴
۶	ایمنی در مقابل فوران آب، مثلاً از نازل	IP X۵
۷	ایمنی در مقابل جریان آب	IP X۶
۷	ایمنی در مقابل غوطه‌ور شدن	IP X۷
۸	ایمنی در مقابل غوطه‌وری کامل	IP X۸

نشانه انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید)

1 ـInternational Protection (ایمنی بین‌المللی)

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

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

شکل ۵۹

بر روی ماشین ها از علائم اختصاری ایمنی نیز استفاده می شود. معانی هریک از این علائم مطابق شکل ۶۰ است.

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

شکل ۶۰

کلاس حرارتی

از آن‌جایی که افزایش بیش از حد دما بر روی خواص مکانیکی و عایقی ماشین های الکتریکی تأثیر می گذارد لذا بر روی بدنه آن ها حداکثر دمای مجاز ماشین مشخص شده است. اصطلاحاً به این دما «کلاس حرارتی» یا «کلاس عایقی» گفته می شود و بر روی پلاک ماشین با حروف اختصاری به صورت ISOL یا CONTCLASS نشان می دهند.

جدول ۱۰ حروف اختصاری مربوط به کلاس های حرارتی ماشین های الکتریکی را نشان می دهد. لازم به توضیح است اعدادی که در جدول مشاهده می شود از حاصل جمع دمای فرضی محیط (۴۰°c)و دمای کارکرد ماشین به دست آمده است. لذا برای به‌دست آوردن ماکزیمم دمای ماشین در شرایط کاری می بایست دمای ۴۰ درجه را از عدد داخل جدول کم کرد. مثلاً، ماکزیمم دمای قابل تحمل موتوری با کلاس F برابر است با:

$$\theta = ۱۵۵ - ۴۰ = ۱۱۵^{\circ}c \quad \text{(دما)}$$

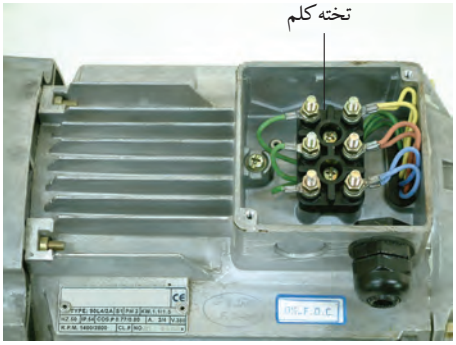
جدول ۱۰

کلاس حرارتی یا عایقی	حداکثر دما
X یا (Y)	۹۰°
A	۱۰۵°
E	۱۲۰°
B	۱۳۰°
F	۱۵۵°
H	۱۸۰°
C	۲۱۰°

پلاک اتصالات موتور (تخته کلم)

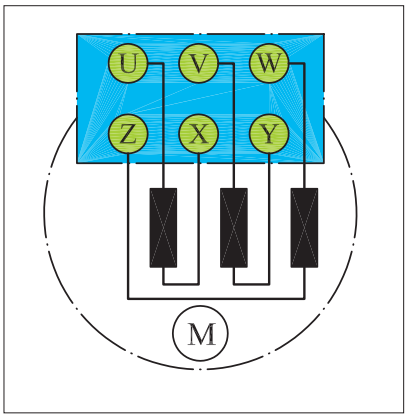
برای اتصال سیم پیچ های موتور سه‌فاز، سر سیم ها از داخل پوسته به یک محفظه یا ترمینال موتور هدایت می شوند که اصطلاحاً به آن «تخته کلم» می گویند (شکل ۶۱).

به‌طور کلی سر و ته کلاف های یک موتور سه‌فاز، با دو حرف مشخص می شوند.



شکل ۶۱

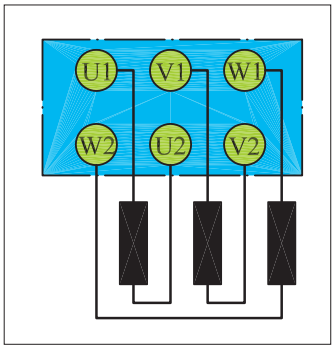
در استاندارد قدیمی برای نشان دادن سر کلاف ها به ترتیب برای کلاف اول تـا سـوم از حروف U،V و W و برای نمایـش ته کلاف ها به ترتیب از حروف Y ، X و Z استفاده می شد. نحوه قرار گرفتن سر سیم ها در زیر پیچ های تخته کلم مطابق شکل ۶۲ است. علّت این که ته کلاف ها مشابه سر کلاف ها به ترتیب از کلاف اول تا سوم نوشته نمی شود بدین خاطر است که در صورت نیاز به ایجاد اتصالات سـتاره یا مثلث بتوان بدون استفاده از کلید مربوطه و با قرار دادن چند تسمه مسی در زیر پیچ ها موتور را به صورت ستاره یا مثلث اتصال داد.



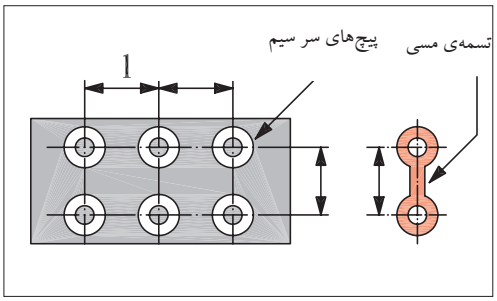
شکل ۶۲

شکل ۶۳ تصویری از پیچ های تخته کلم را به همراه تسمه مسی نشان می دهد.

در اسـتاندارد (IEC) برای نشان دادن سر کلاف ها به ترتیب از کلاف اول تا سـوم از حروف(U۱ ، V۱و W۱) و برای مشـخص کردن ته کلاف ها به ترتیب از حروف (U۲ ، V۲ و W۲) اسـتفاده می شـود. شکل ۶۴ وضعیت قرار گرفتن سیم پیچ ها و پیچ های تخته کلم را نشان می دهد.

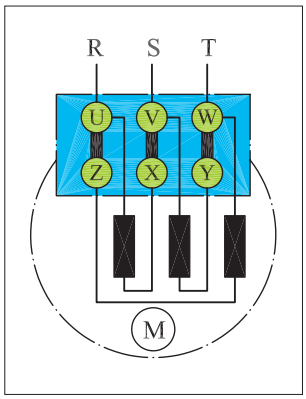


شکل ۶۴

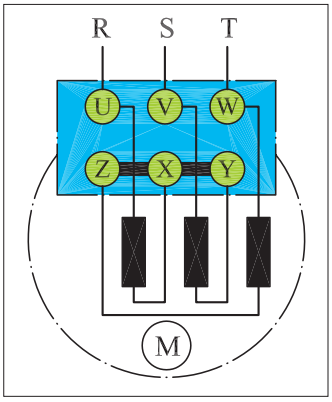


شکل ۶۳

شکل های ۶۵ و ۶۶ چگونگی ایجاد اتصال ستاره و اتصال مثلث با استفاده از تسـمه‌ی مسی بر روی تخته کلم با حروف اختصاری VDC (آلمانی)را نشان می دهد.



شکل ۶۶- اتصال مثلث



شکل ۶۵- اتصال ستاره

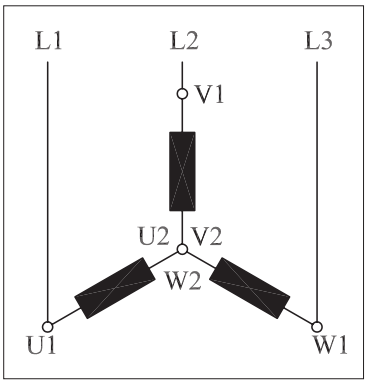
به ترتیب شکل های ۶۷ و ۶۸ اتصال کلاف‌های موتور و نحوه اتصال سرهای موتور در استاندارد IEC حالت ستاره را نشان می‌دهند.

در شکل های ۶۹ و ۷۰ به ترتیب اتصال کلاف های موتور و نحوه اتصال سرهای موتور در استاندارد IEC حالت مثلث را مشاهده می کنید.

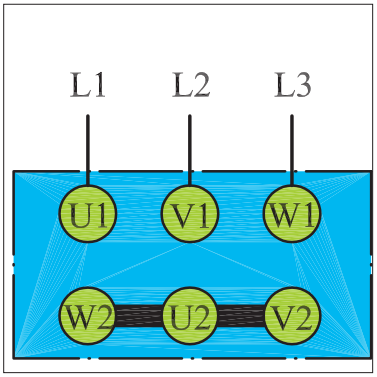
همان‌طور که قبلاً اشاره شد برای تغییر جهت موتور ضروری است جای دو فاز در روی سیم پیچی های موتور عوض شود.

شکل های ۷۱ و ۷۲ نحوه اتصال سیم های شبکه به تخته کلم موتور برای ایجاد حالت راست گرد و چپ گرد در اتصال ستاره را نشان می دهند.

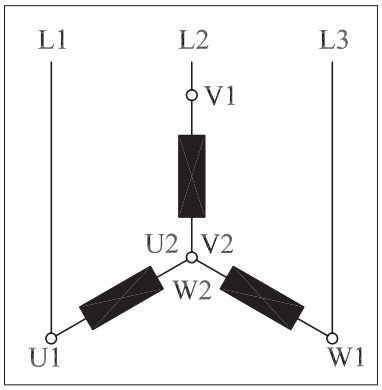
شکل های ۷۳ و ۷۴ نحوه اتصال سیم های شبکه به تخته کلم موتور برای ایجاد حالات راست گرد و چپ گرد در اتصال مثلث را نشان می دهند.



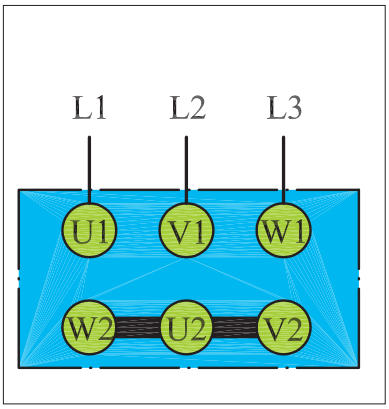
شکل۶۷- وضعیت اتصال کلاف‌ها در حالت ستاره



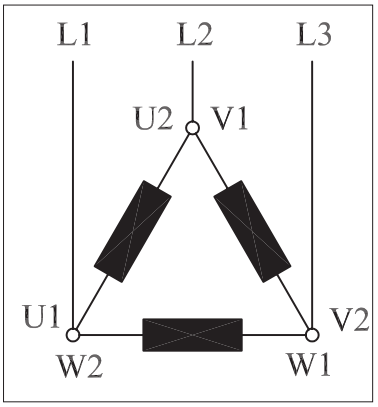
شکل۶۸- تخته کلم موتور در حالت مثلث



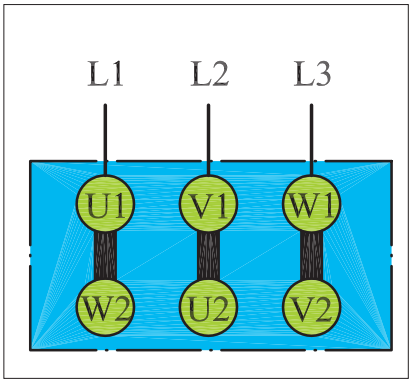
شکل۶۹- وضعیت اتصال کلاف‌ها در حالت مثلث



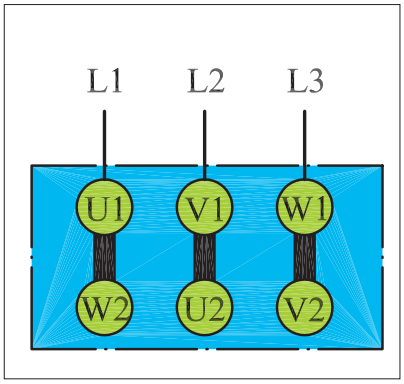
شکل ۷۰- تخته کلم موتور در حالت مثلث



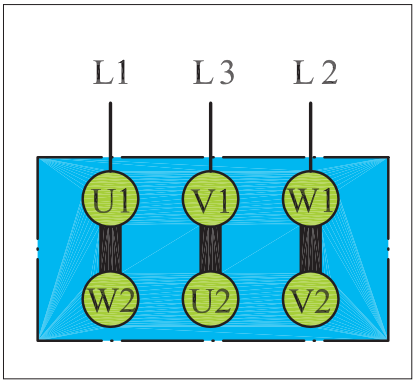
شکل ۷۱- اتصال ستاره راست گرد



شکل ۷۲- اتصال ستاره چپ گرد



شکل۷۳- اتصال مثلث راست گرد



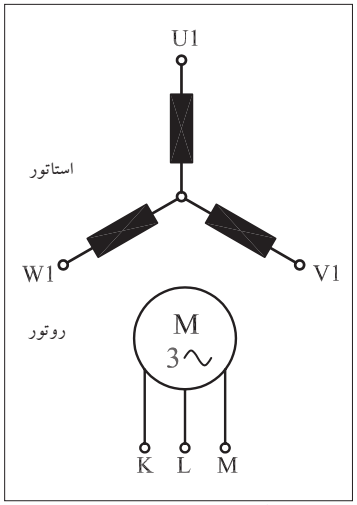
شکل۷۴- اتصال مثلث چپ گرد

سیم پیچی استاتور موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی شده، مشابه استاتور موتورهای آسنکرون روتور قفسی نامگذاری می شود. حروف K،L،M یا u،v و w نیز برای نشان دادن سر سیم های روتور به کار می رود.

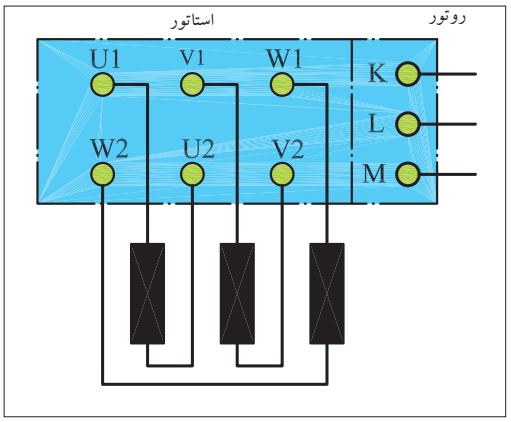
در شکل های ۷۵ و ۷۶ وضعیت سیم پیچی های موتور روتور سیم پیچی و تخته کلم آن را می بینید.

شکل های ۷۷ و ۷۸ اتصال کلاف ها و تخته کلم موتورهای سه فازه روتور سیم پیچی در حالت ستاره را نشان می دهد.

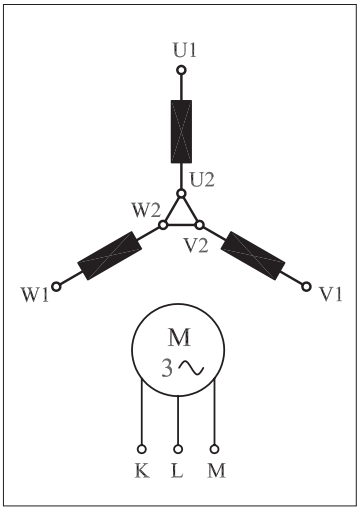
در شکل های ۷۹ و ۸۰ اتصال کلاف ها و تخته کلم موتورهای سه فازه روتور سیم پیچی در حالت مثلث مشاهده می شود.



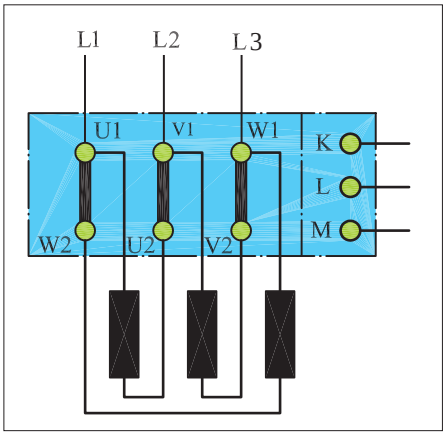
شکل ۷۵- اتصال کلاف ها



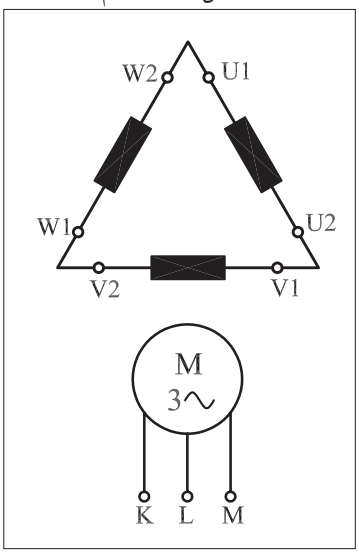
شکل ۷۶-تخته کلم



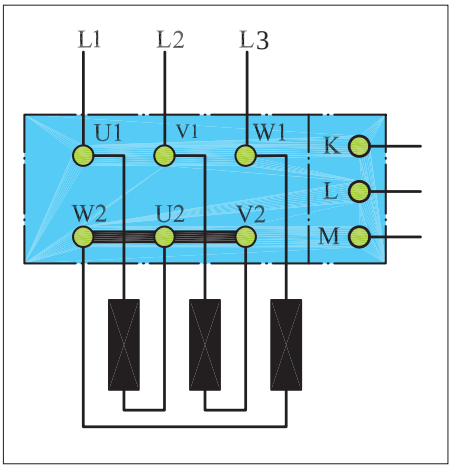
شکل ۷۷-اتصال کلاف ها



شکل ۷۸-تخته کلم



شکل ۷۹- اتصال کلاف ها



شکل ۸۰- تخته کلم

کارعملی(۱)

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع

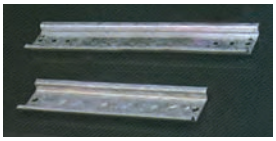
هدف: تشخیص سروته کلاف‌های موتورو اطمینان از سالم بودن کلاف‌ها

وسایل و تجهیزات 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 بری	۱ عدد
۹		قیچی کابل بری	۱ عدد
۱۰		بست کابل	۳۰ عدد
۱۱		کابل	۳۰ عدد
۱۲		سیم افشان میلی متر (با حداقل سطح مقطع ۱/۵ میلی متر مربع)	۳۰ متر

ادامه جدول ابزار و وسایل مورد نیاز در کارگاه

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

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

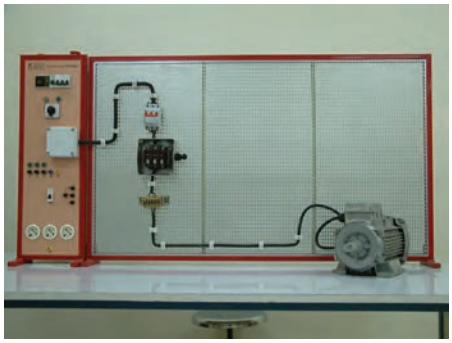
نکات حفاظتی و اجرایی

■ هنگام اجرای آزمایش برای قرار دادن موتور، از میز کارگاهی مناسب استفاده کنید (شکل ۸۱ـ الف).

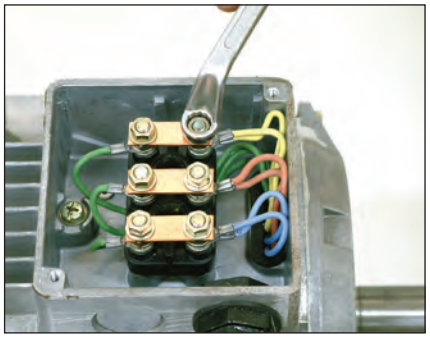
■ قبل از اتصال آوومتر یا آچار از باز بودن کابل برق اطمینان یابید و سپس تسمه های مسی بین سر کلاف ها را باز کنید (شکل ۸۱ـ ب).

■ هنگام کار از دست زدن به سر سیم های آوومتر (در حالت اهم متری) خودداری کنید (شکل ۸۱ ـ پ).

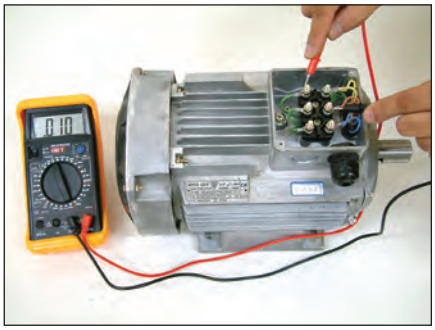
■ وقتی پیچ و مهره های تخته کلم را باز می کنید یا می بندید دقت کنید آچار از روی مهره ها رد نشود. زیرا رد شدن آچار از روی مهره سبب ساییده شدن مهره می شود(شکل ۸۱ ـ ت).



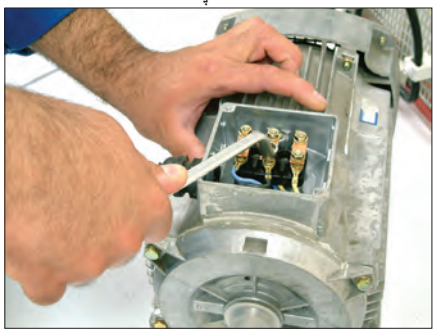
(الف)



(ب)



(پ)



(ت)

شکل ۸۱

شرح کار

تخته کلم موتور سه فازی را مطابق شکل ۸۲ باز کنید و محل اتصال سر و ته کلاف ها را به همراه حروف مشخصه یادداشت کنید.

آوومتر موجود در کارگاه را در حالت اهم متری قرار دهید.

دو سر سیم اهم متر را مطابق شکل ۸۳ به پیچ های تخته کلم وصل کنید. در این صورت عقربه اهم متر می بایست تا انتهای صفحه منحرف شود.

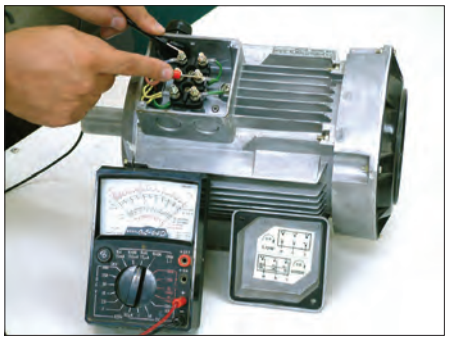
محل سر سیم های اهم متر را مطابق شکل ۸۴ تغییر دهید. در این حالت نیز عقربه اهم متر می بایست تا انتهای صفحه منحرف شود.

در مرحله سوم نیز مانند شکل ۸۵ محل قرار گرفتن سر سیم های اهم متر را تغییر دهید.

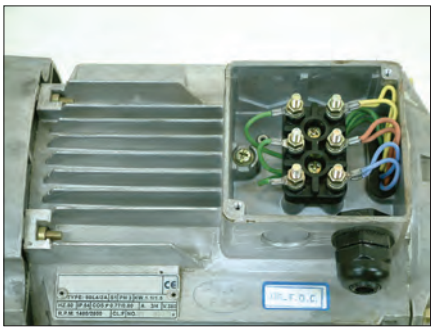
در این شرایط نیز می بایست عقربه تا انتهای صفحه منحرف شود.

تذکر:

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

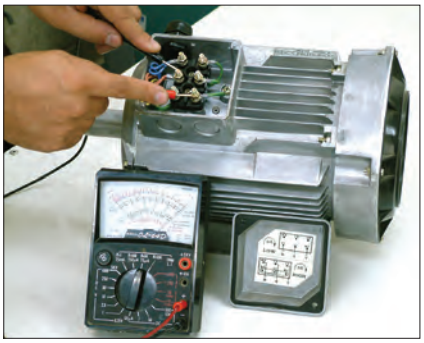


شکل ۸۳



شکل ۸۲

شکل ۸۵

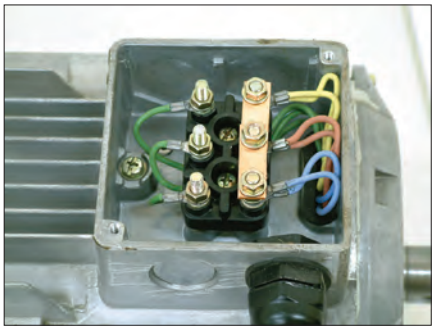


شکل ۸۴

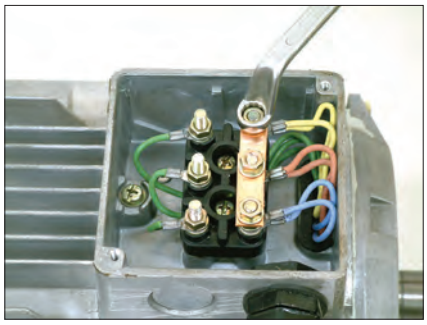
شکل ۸۶ تسمه های مسی مربوط به اتصالات تخته کلم را به همراه مهره و واشر نشان می دهد. برای ایجاد اتصالات آن ها را از انبار تحویل بگیرید

با به کارگیری آچار مخصوص مهره مربوط به اتصالات تخته کلم مطابق شکل ۸۷ انتهای کلاف ها را به یکدیگر وصل کنید.

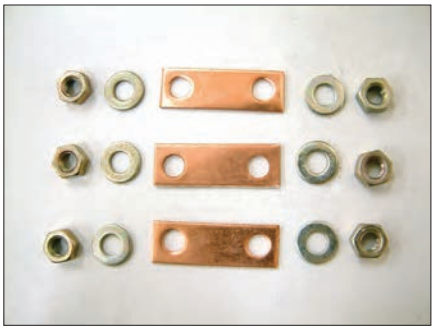
در شکل ۸۸ تخته کلم یک موتور را که به حالت ستاره وصل شده مشاهده می کنید. با استفاده از اهم متر، مقدار مقاومت سر و ته کلاف های هر فاز موتور را اندازه گیری کنید.



شکل ۸۸



شکل ۸۷



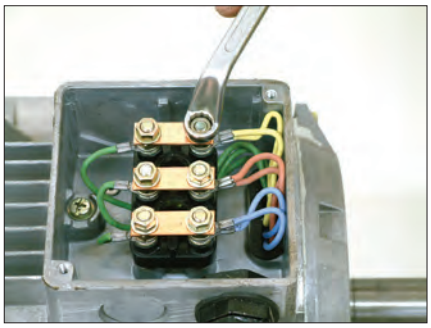
شکل ۸۶

$R۱ = R(U۱ - U۲) = R(U - X) =$ .....Ω

$R۲ = R(V۱ - V۲) = R(V - y) =$ .....Ω

$R۳ = (W۱ - W۲) = R(W - Z) =$ .....Ω

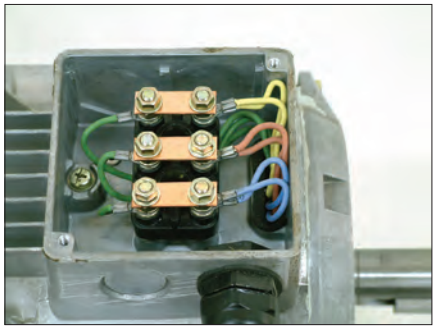
در این شـرایط و در صورت سـالم بودن موتور هرگاه یک سـیم اهم‌متر به بدنه و سر سیم دیگر به هریک از سیم‌پیچ‌های تخته کلم وصل شود، عقربه نباید منحرف شود. به‌عبارت دیگر نباید هیچ ارتباط الکتریکی بین کلاف‌های موتور با بدنه وجود داشته باشد. برای اطمینان می‌توان از مگر، لامپ تست یا اهم‌متر در رنج‌های بالا، عدم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



شکل ۸۹

با کمک آچار اتصال ستاره را باز کنید.

بـا به‌کارگیری آچار مخصوص مهره مربوط به اتصالات تخته کلم را مطابق شکل ۸۹ به یکدیگر وصل کنید.



شکل ۹۰

در شـکل ۹۰ تخته کلم یک موتور را که به‌حالت مثلث وصل شده مشاهده می‌کنیـد. با اسـتفاده از اهم‌متـر، مقدار مقاومـت بین ترمینال‌هـای موتور را اندازه‌گیری کنید.

$$R۱ = R(U۱-V۱) = \frac{۲}{۳}R(U۱-U۲) = ...\Omega$$

$$R۲ = R(V۱-W۱) = \frac{۲}{۳}R(V۱-V۲) = ...\Omega$$

$$R۳ = (W۱-U۱) = \frac{۲}{۳}R(W۱-W۲) = ...\Omega$$

در این شـرایط و در صورت سـالم بودن موتور نباید هیچ ارتباط الکتریکی بین کلاف‌های موتور با بدنه وجود داشته باشد. برای اطمینان می‌توان از مگر یا اهم‌متر در رنج‌های [K W]، 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؟

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

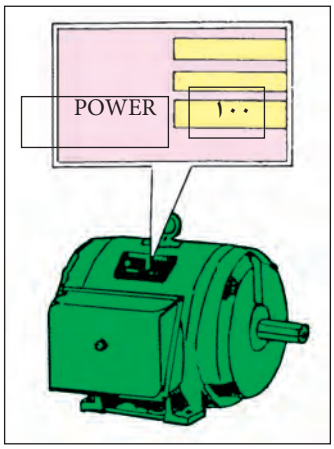
.....

مراحل اجرای کار

دو موتور سه‌فاز با توان‌های مختلف را از انبار تحویل بگیرید و کلیه مراحل قسمت اجرای کار را بر روی آن‌ها آزمایش کنید.

نکاتی درباره انتخاب موتورهای الکتریکی

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



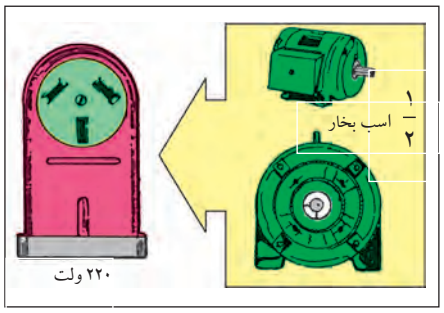
شکل ۹۱

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 ۹۱).

درنظر گرفتن مقررات شرکت برق

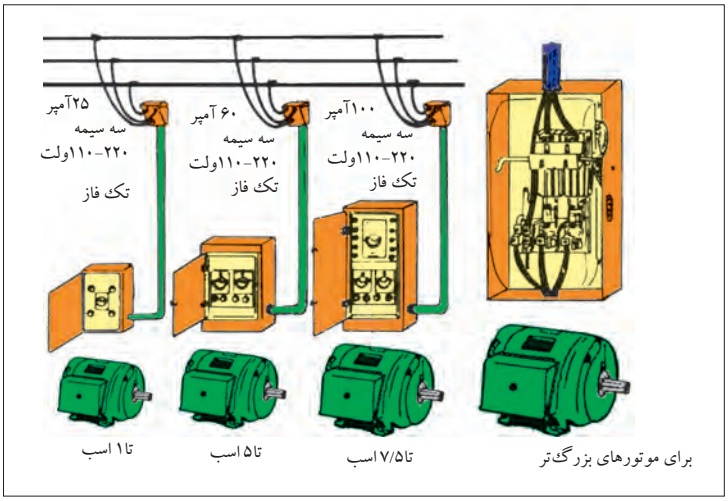
طبق استاندارد شرکت برق استفاده از موتورهای تا قدرت ۵ اسب‌بخار در شبکه تک‌فاز مجاز است. برای قدرت‌های بیش از ۵ اسب‌بخار حتماً می‌بایست از شبکه سه‌فاز استفاده شود (شکل ۹۲).



شکل ۹۲

توجه به میزان جریان‌دهی تابلوی برق

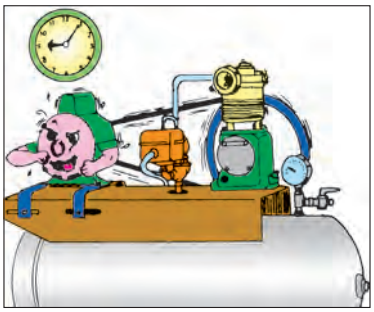
ظرفیت جریان‌دهی تابلوی برق می‌بایست حدوداً سه برابر جریان نامی موتور باشد تا توانایی تأمین جریان راه‌اندازی موتور را داشته باشد. بهترین روش برق‌رسانی آن است که یک نقطه توزیع مرکزی داشته باشیم و سپس برای هر قسمت یک تابلوی فرعی جداگانه تهیه کنیم (شکل ۹۳).



شکل ۹۳

تعیین سرعت مورد نیاز موتور (RPM)

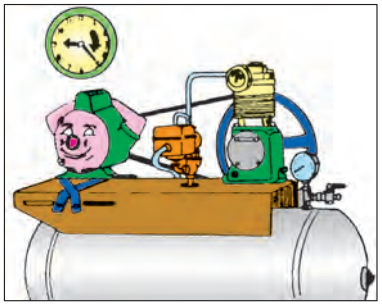
اگر سرعت مورد نیاز برای انجام کار را به‌صورت از پیش تعیین شده نمی‌دانید، بهتر است دنبال دستگاهی مشابه باشید و یا اینکه موتوری با دور استاندارد انتخاب کنید و سپس با تغییر ولتاژ تغذیه آن به کمک اتوترانسفورماتور و یا با استفاده از گیربکس و چرخ دنده، تعداد دور مناسب کار را به‌دست آورید.



شکل۹۴- موتور تا هنگامی که نیاز باشد کار کند.

درنظر گرفتن شرایط کاری موتور

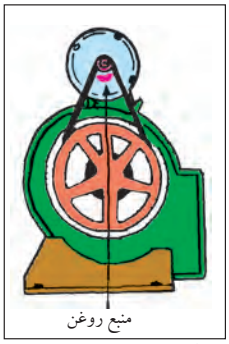
منظور از شرایط کاری آن است که بررسی کنیم موتوری که برای کار موردنظرانتخاب می‌شود چه مدت درحالت خاموش و چه مدت تحت بار کامل می‌تواند باشد. معمولاً شرایط کاری موتورها یکی از دو حالت I) موتور با کار مداوم II)موتور با کار متناوب است. این مطلب بر روی پلاک موتورها مشخص می‌شود که در زمان انتخاب می‌بایست به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



شکل۹۵- موتوربرای مدتی خاموش

تعیین نوع (تیپ) موتور

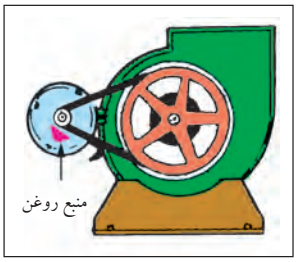
در انتخاب نوع موتور به عواملی همچون نوع شبکه (سه‌فاز ـ تک‌فاز) هزینه خرید؛ شرایط و تجهیزات راه‌اندازی، گشتاور و جریان نامی موتور باید توجه کرد.



شکل۹۶- نصب در کف

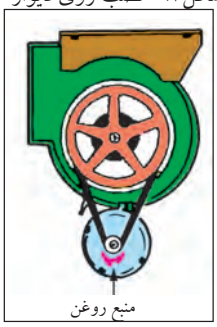
وضعیت نصب موتور

وضعیت نصب، یکی از عوامل فیزیکی است که در انتخاب یک موتور باید به آن توجه داشت زیرا وضعیت نصب نوع یاتاقان و چگونگی روغن کاری موتور را تعیین می کند. اگر به دو عامل فوق، یعنی نوع یاتاقان و شرایط روغن کاری 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 می آورد. شکل‌های ۹۶، ۹۷ و ۹۸ وضعیت‌های مختلف را نشان می‌دهد.



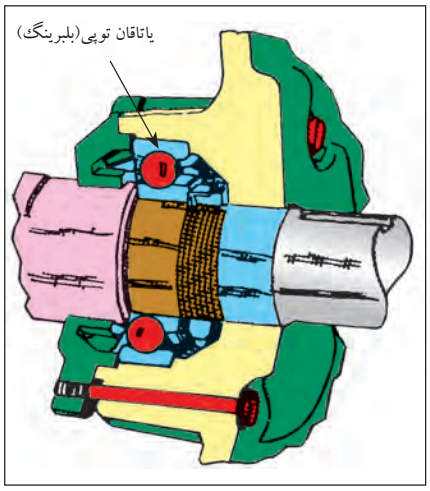
شکل۹۷- نصب روی دیوار

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

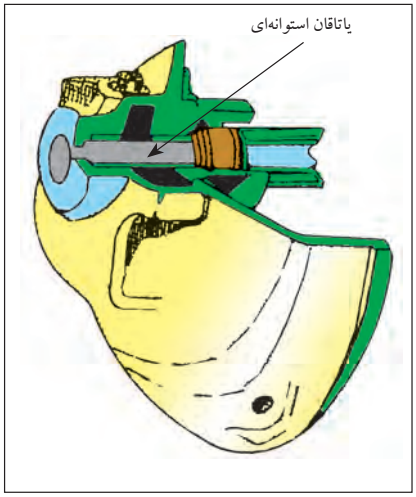


شکل۹۸- نصب از سقف

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



شکل ۹۹



شکل ۱۰۰

جدول ۱۱– ماشین‌های الکتریکی

شکل ساختمانی ماشینهای الکتریکی					
شرح	شکل	علایم کد – IEC	شرح	شکل	علایم کد – IEC
ماشین برای وضعیت عمودی			ماشین با یاتاقان سپری		
مانند V3، اما سرآزاد محور در سمت پایین		V4 IM 3211	با دو یاتاقان سپری و طوق (فلانج) نصب		B5 IM 3001
با دو یاتاقان نمونه، پایه برای نصب روی دیوار، سر آزاد محور در سمت پایین		V5 IM 1011	با دو یاتاقان سپری و یک سر آزاد محور، برای نصب روی دیوار		B6 IM 1051
با دو یاتاقان سپری، طوق نصب و سرآزاد محور در سمت پایین		V10 IM 4011	مانند B6، اما سر آزاد محور در سمت چپ		B7 IM 1061
مانند V10، اما سطح نصب بر روی طرف پیشانی (جلو)		V18 IM 3611	مانند B6، اما برای نصب از سقف		B8 IM 1071
ماشین بدون یاتاقان و با یاتاقان مجزا			با دو یاتاقان سپری و طوق (فلانج) نصب		B10 IM 4001
بدون محور، بدنه دارای پایه		A2 IM 5510	با دو یاتاقان سپری و سطح نصب بر روی سمت پیشانی (جلو)		B14 IM 3601
با دو یاتاقان سپری و یک یاتاقان مجزا		C2 IM 6010	ماشین برای وضعیت عمودی		
با یک یاتاقان مجزا و محور طوق‌دار		D1 IM 7005	با دو یاتاقان نمونه و طوق نصب، سر آزاد محور در سمت پایین		V1 IM 3011
با دو یاتاقان مجزا، سر محور آزاد		D9 IM 7201	مانند V1، اما سر آزاد محور در سمت بالا		V2 IM 3231
یاتاقان عرضی در بالا، طوق اتصال در پایین، نصب بر روی ستون حامل، الوارچوبی، حلقه چاه.		W1 IM 8015	مانند V1، اما طوق نصب و سر آزاد محور درسمت بالا		V3 IM 3031

۱ــ به‌خاطر سپردن جزئیات جدول ضروری و اجباری نیست.

انتخاب نوع بدنه موتور

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

الف ــ گرد و غبار

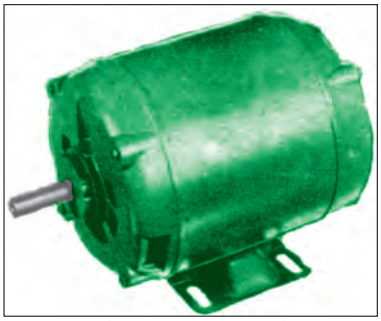
ب ــ رطوبت

پ ــ گرما

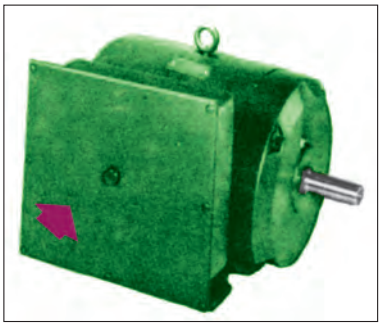
ت ــ احتمال وارد شدن ضربه

ث ــ ریختن مایعات

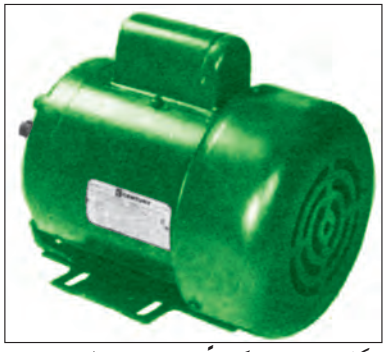
در شکل‌های ۱۰۱، ۱۰۲ و ۱۰۳ نمونه‌هایی از بدنه موتورها نشان داده شده است که نسبت به آب و گرد و غبار عایق هستند. علاوه بر بدنه به پایه و سیستم تهویه هوای داخل موتور نیز باید توجه داشت. استفاده از پایه لاستیکی لرزش و سر و صدای موتور را تا حد زیادی کاهش می‌دهد.



شکل ۱۰۱- بدنه ضد- چکه



شکل ۱۰۲- بدنه ضد ترشح که بیشتر برای جلوگیری از ترشح مایعات به داخل موتور به کار می‌رود.



شکل ۱۰۳ــ بدنه کاملاً بسته، در محیط‌های بسیار کثیف و غبارآلود به کار می‌رود.

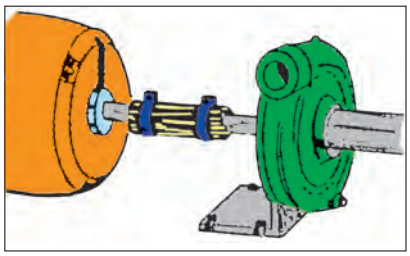
انتخاب سیستم حفاظتی مناسب

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

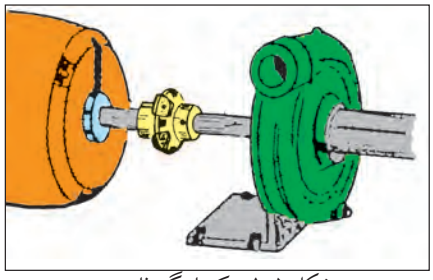
انتخاب سیستم انتقال قدرت مناسب

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 ۱۰۴ کوپلینگ لوله‌ای قابل انعطاف، شکل ۱۰۵ کوپلینگ فلنجی،شکل ۱۰۶ کوپلینگ فلنجی نرم وشکل ۱۰۷ شفت قابل انعطاف را نشان می‌دهد.

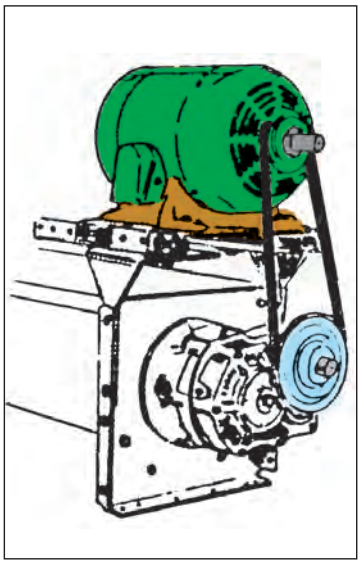


شکل ۱۰۴ ــ کوپلینگ لوله‌ای قابل انعطاف

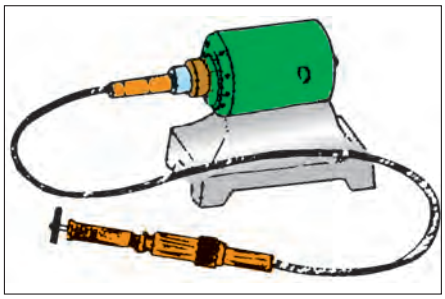


شکل ۱۰۵ ــ کوپلینگ فلنجی

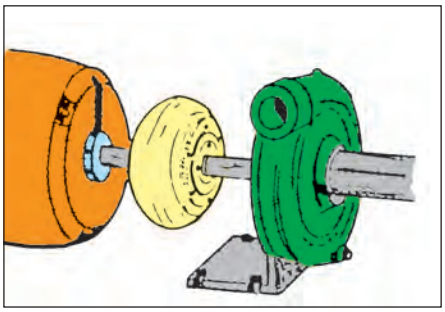
از سیستم مبدل سرعت، زمانی استفاده می‌شود که سرعت لازم برای وسیله موردنظر با سرعت موتور انتخاب شده یکی نباشد. در این صورت با یکی از سه روش نشان داده شده در شکل‌های ۱۰۸، ۱۰۹ و ۱۱۰ عمل تبدیل سرعت انجام می‌شود.



شکل ۱۰۸ انتقال قدرت با پولی و تسمه

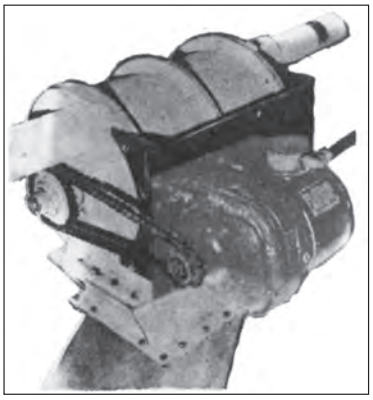


شکل ۱۰۷ ــ شفت قابل انعطاف

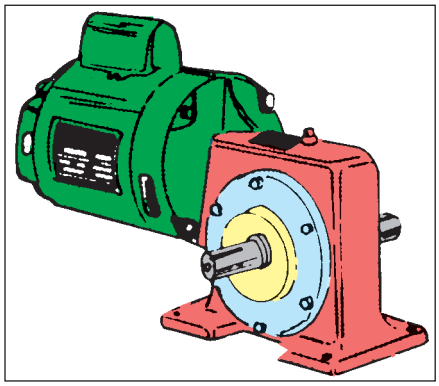


شکل ۱۰۶ ــ کوپلینگ فلنجی نرم

شکل ۱۰۸ انتقال قدرت با پولی و تسمه ،شکل ۱۰۹ انتقال قدرت با جعبه دنده وشکل ۱۱۰ انتقال قدرت با چرخ و زنجیر را نشان می دهد.



شکل ۱۱۰ ــ انتقال قدرت با چرخ و زنجیر



شکل ۱۰۹ ــ انتقال قدرت با استفاده از جعبه دنده (**gearbox**)

توضیح:

روش تغییر سـرعت با تسـمه و پولی از همه رایج تر و دارای محدودیت کمتر است.

توصیه های مؤثر برای استفاده بهینه از انرژی در موتورهای الکتریکی

- جهـت کاهش مصرف انرژی، انتخاب موتور باید بر مبنای بار نامی مورد نیاز صورت گیرد.
- بسـته به شرایط، هنگامی که موتور هیچ کار مفیدی انجام نمی دهد، می تواند تا ۵۰ درصد بار نامی جریان بکشد. این مطلب به ویژه در مورد موتورهایی که به

جعبه دنده و یا خط نقاله وصل شده‌اند صحت داشته و مجدداً بر لزوم برنامه‌ریزی صحیح برای زمان کار موتور تأکید می کند. بهترین عملکرد موتور در محدوده بین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد بار نامی است.

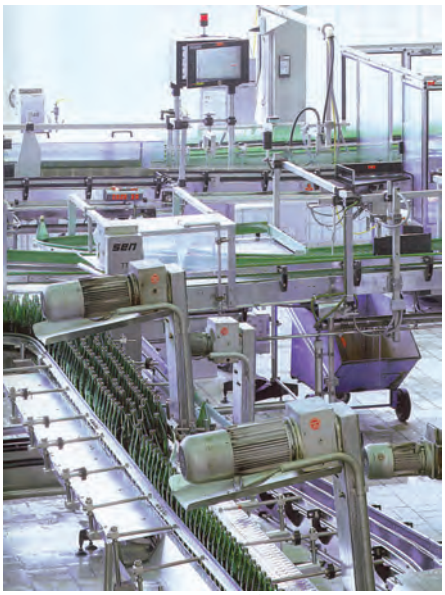
از آن جا که موتورها در محیط خنک کارآیی بهتری دارند لازم است تا گرمای ایجاد شده توسط موتور به محیط انتقال یابد.

قابل ذکر است چنانچه دمای کار موتور از ۲۷ تا ۳۲ درجه سانتی گراد افزایش یابد، به میزان ۲درصد به تلفات انرژی آن افزوده می شود.

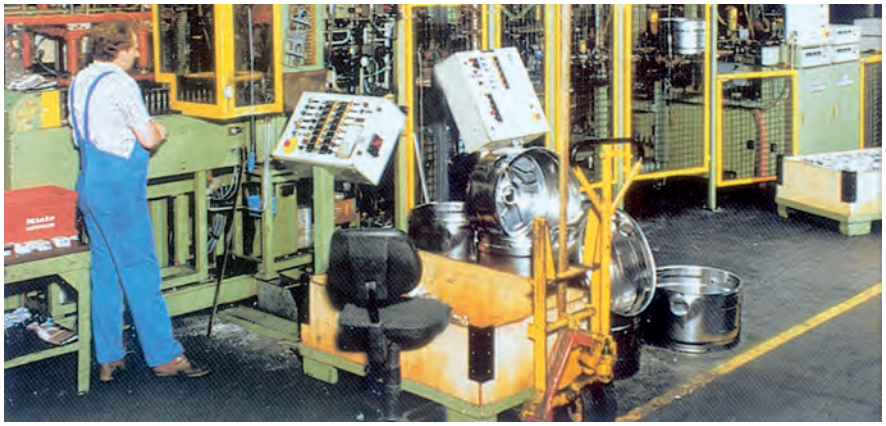
موتورهای القایی دو نوع تلفات دارند: بخشی که با تغییر بار موتور تغییر می کند و بخش دیگر که ثابت است. تلفات نوع اول شامل تلفات سیم پیچی روتور و استاتور و تلفات نوع دوم شامل تلفات مکانیکی، (اصطکاک یاتاقان ها) و تلفات آهنی شامل تلفات هیسترزیس و فوکو در هسته استاتور و روتور است.

اگر بتوان با کاهش سرعت موتورهای سه فازی که بر روی پمپ ها و فن ها نصب می شود، سرعت سیال را کنترل کرد، صرفه جویی بسیاری حاصل می شود زیرا با کاهش سرعت پمپ، سرعت سیال به طور متناسب کم می شود در حالی که قدرت لازم برای فن یا الکتروموتورها با توان سوم سرعت کم می شود. این پتانسیل صرفه جویی در انرژی باعث کاربرد محرکه های دور متغیر شده است. دستیابی به ۸۰ درصد صرفه جویی در توان مصرفی، از این طریق امکان پذیر است.

معمولاً تعویض موتور، زمانی صورت می گیرد که تعمیر آن اقتصادی نباشد. به طور کلی مقایسه قیمت موتور جدید، هزینه تعمیرات متعدد و هزینه های ناشی از افزایش مصرف، معیارهای تعیین کننده‌ای برای زمان تعویض موتور خواهد بود.



شکل ۱۱۱

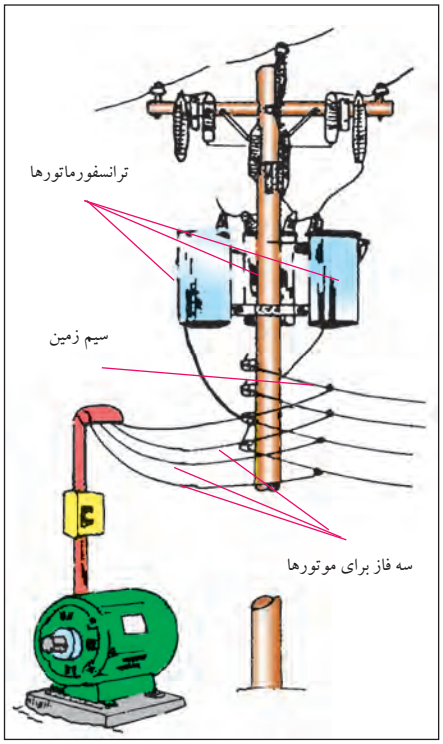


شکل ۱۱۲

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 سیم‌بندی، به کارگیری موتور در محدوده توان مجاز آن مؤثر است.

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

برق رسانی به موتورهای الکتریکی



شکل ۱۱۳

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 داشـت 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.
- سـوختن فیوز به دلیل کم بـودن جریان نامی فیوز نسـبت به جریان نامی موتور.
- سـوختن قطعات داخل مدار به علت زیاد بودن جریان نامی فیوز نسبت به جریان نامی موتور.
- گرم شـدن یا ایجاد جرقه‌های شـدید بین کنتاکت‌های کلید یا کنتاکتور به‌دلیل کم بودن جریان نامی کلید.
- گرم شـدن یا سـوختن کابل به کار رفته در مدار به علت کم بودن سـطح مقطع انتخابی نسبت به سطح مقطع مورد نیاز.

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.

ـ قدرت مصرف کننده یا جریان مصرف کننده.
ـ فاصله مصرف کننده تا منبع انرژی الکتریکی (تابلو برق).
ـ نوع مصرف کننده (روشنایی یا موتوری).
ـ نوع جریان الکتریکی (جریان مستقیم ـ تک‌فاز یا سه‌فاز).

چون هادی‌های به کار 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 ۱۱۴ تصاویری از کابل‌های چند رشته افشان و مفتولی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱۴

جدول ۱۲ حداکثر افت ولتاژ برحسب درصد در شبکه‌های ولتاژی مختلف را نشان می‌دهد.
در شبکه‌های DC یا AC (۲۳۰ / ۳۸۰)، مقدار درصد افت ولتاژ برای مصرف کننده‌های روشنایی، ۱/۵درصد و برای مصرف کننده‌های موتوری ۳درصد ولتاژ شبکه درنظر گرفته می‌شود.

جدول ۱۲

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

نکاتی چند در خصوص انتخاب فیوز

شکل ۱۱۵

- برای خطوط ساده که جریان مصرف کننده و فاصله آن تا تابلو کم است از فیوزهای ذوب شونده می‌توان استفاده کرد.
- در شبکه‌های گسترده 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 شده فیوز براساس قدرت موتور هیچ‌گاه نباید از جریان نامی مجاز فیوز سری با آن بیش‌تر باشد.

جدول ۱۳ شدت جریان مجاز در هر سیم مسی با پوشش عایقی (لاستیکی یا پلاستیکی) و فیوز مربوطه برای درجه حرارت محیط ۲۵°C و برای سیم با عایق لاستیکی $T_L = ۶۰^oC$ و برای سیم با عایق پلاستیکی $(U./u = o.۶/۱KV)T_L = ۷۰^oC$

جدول ۱۳

مقطع سیم mm²	گروه ۱		گروه ۲		گروه ۳	
	شدت جریان سیم	شدت جریان فیوز	شدت جریان سیم	شدت جریان فیوز	شدت جریان سیم	شدت جریان فیوز
	A	A	A	A	A	A
۰/۷۵	–	–	۱۳	۱۰	۱۶	۱۶
۱	۱۲	۱۰	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰
۱/۵	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰	۲۵	۲۵
۲/۵	۲۱	۲۰	۲۷	۲۵	۳۴	۳۵
۴	۲۷	۲۵	۳۶	۳۵	۴۵	۵۰
۶	۳۵	۳۵	۴۷	۵۰	۵۷	۶۳
۱۰	۴۸	۵۰	۶۵	۶۳	۷۸	۸۰
۱۶	۶۵	۶۳	۸۷	۸۰	۱۰۴	۱۰۰
۲۵	۸۸	۸۰	۱۱۵	۱۰۰	۱۳۷	۱۲۵
۳۵	۱۱۰	۱۰۰	۱۴۳	۱۲۵	۱۶۸	۱۶۰
۵۰	۱۴۰	۱۲۵	۱۷۸	۱۶۰	۲۱۰	۲۰۰
۷۰	۱۷۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۲۴	۲۶۰	۲۵۰
۹۵	۲۱۰	۲۰۰	۲۶۵	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰
۱۲۰	۲۵۰	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰	۳۶۵	۳۵۵
۱۵۰	–	–	۳۵۵	۳۵۵	۴۱۵	۴۲۵
۱۸۵	–	–	۴۰۵	۳۵۵	۴۷۵	۴۲۵
۲۴۰	–	–	۴۸۰	۴۲۵	۵۶۰	۵۰۰
۳۰۰	–	–	۵۵۵	۵۰۰	۶۴۵	۶۰۰
۴۰۰	–	–	–	–	۷۷۰	۷۱۰
۵۰۰	–	–	–	–	۸۸۰	۸۵۰

گروه ۱ = سیم‌های 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 مصرف کنندگان متحرک

با استفاده از جدول ۱۳ علاوه بر فیوز مناسب جهت راه‌اندازی موتور می‌توان سطح مقطع کابل را نیز تعیین کرد. توصیه می‌شود برای مسیرهای طولانی از محاسبه‌ای را بر اساس سطح مقطع پیشنهادی انجام دهید تا افت ولتاژ کمتر از مقدار مجاز (۳٪) باشد.

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.

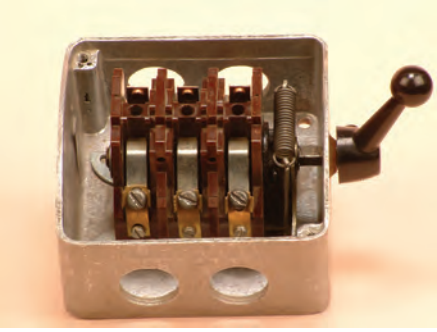
برای حفاظت مدارهایی که در آن‌ها خازن قرار می‌گیرد از فیوزی با ۱/۵ برابر جریان نامی خازن استفاده می‌شود.

شکل ۱۱۶

جدول ۱۴ــ جریان قابل تحمل فیوزهای مینیاتوری

Cat .Nos Depth ۵۳mm	ظرفیت قطع کنندگی	
	● ۶۰۰۰ A according to NFC -۴۰۰ ۶۱EEC ۱۹ ● ۱۰۰۰۰ A according to IEC ۱-۱۵۷	
۴۰ C۳- positions: On-Off-Trip Shielded terminals - capacity ۲۵ mm²		
تک پل		
(۱ Protected pole) ۴۱۵/۳۸۰-۲۴۰/۲۲۰V~		
	Nominal rating (In)	No. of ۱۷,۵ mm modules
۰۴۰۲۰	۱۰ A	۱
۰۶۰۲۰	۱۶ A	۱
۰۷۰۲۰	۲۰ A	۱
۰۸۰۲۰	۲۵ A	۱
۰۹۰۲۰	۳۲ A	۱
دوپل		
(۲ Protected poles) ۳۸۰۴۱۵/V~		
۰۲۰۳۴	۱۰ A	۲
۰۲۰۳۵	۱۶ A	۲
۰۲۰۳۶	۲۰ A	۲
۰۲۰۳۷	۲۵ A	۲
۰۲۰۳۸	۳۲ A	۲
سه پل		
(۳ Protected poles) ۳۸۰۴۱۵/V~		
۰۲۰۴۹	۱۰ A	۳
۰۲۰۵۰	۱۶ A	۳
۰۲۰۵۱	۲۰ A	۳
۰۲۰۵۲	۲۵ A	۳
۰۲۰۵۳	۳۲ A	۳
چهارپل		
(۴ Protected poles) ۳۸۰/۴۱۵V~		
۰۲۰۷۹	۱۰ A	۴
۰۲۰۸۰	۱۶ A	۴
۰۲۰۸۱	۲۰ A	۴
۰۲۰۸۲	۲۵ A	۴
۰۲۰۸۳	۳۲ A	۴

آشنایی با کلیدهای دستی سه فاز



شکل ۱۱۷

از کلیدها برای قطع و وصل مصرف کننده ها در شبکه های الکتریکی استفاده می شود. کلیدها براساس نیرویی که سبب عملکرد آن ها می شود به دو دسته «ساده» و «مرکب» تقسیم می شوند:

کلیدهای ساده به کلیدهایی گفته می شود که برای تغییر حالت، احتیاج به انرژی مکانیکی دارند. مانند کلیدهای یک پل و دوپل یا سه فاز (شکل ۱۱۷).

کلیدهای مرکب برای تغییر حالت احتیاج به یک انرژی واسطه ای مانند انرژی الکتریکی یا الکترومغناطیسی دارند. از جمله این کلیدها می توان به رله های مغناطیسی و کنتاکتورها اشاره کرد (شکل ۱۱۸).

کلیدهای ساده خود به دو دسته لحظه ای و دائم کار تقسیم می شوند. به کلیدهایی که با اعمال نیروی مکانیکی عمل می کنند و با قطع نیرو، به حالت اولیه خود برمی گردند، کلیدهای «لحظه ای» گفته می شود. شستی ها از جمله این کلیدها هستند (شکل ۱۱۹).

کلیدهای دائم کار پس از قطع نیروی مکانیکی وارد بر آن ها به حالت اولیه برنمی گردند. این قبیل کلیدها به صورت های «اهرمی»، «غلتکی» و «زبانه ای» وجود دارند (شکل ۱۲۰).

شکل ۱۱۸

شکل ۱۱۹

شکل ۱۲۰

کلید دستی سه فاز اهرمی ساده

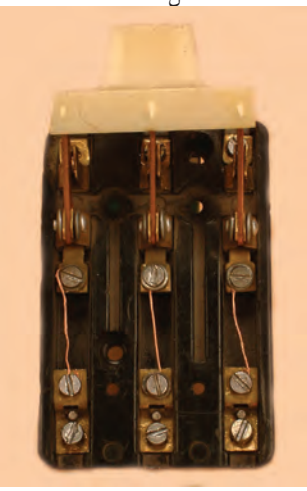
این کلید از جمله ساده ترین نوع کلیدها است. در ساختمان داخلی آن از یک سری کنتاکت های ثابت استفاده شده که در بین این کنتاکت ها یک تیغه متحرک قرار گرفته و با وارد شدن نیروی خارجی به اهرم آن، تیغه حرکت کرده و ارتباط بین دو طرف کلید را بر قرار می کند. این کلیدها را معمولاً تحت عناوین «کلیدهای چاقویی» و یا «کلیدهای کاردی» می شناسند. از آن جایی که در لحظه قطع و یا وصل کلید، بین دو کنتاکت، جرقه تولید می شود و از طرف دیگر چون قسمت محافظ مناسب (جرقه گیر) در این کلیدها پیش بینی 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 سه فاز این کلید دارای ۶ پیچ است که سه پیچ آن برای ورودی و سه پیچ دیگر برای خروجی استفاده می‌شود. کلید اهرمی ساده دارای دو حالت قطع (O) و وصل (I) است.

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

شکل‌های ۱۲۱ و ۱۲۲ به ترتیب، نمونه‌هایی از کلید اهرمی تک‌فاز و سه‌فاز را نشان می‌دهند.

شکل ۱۲۱

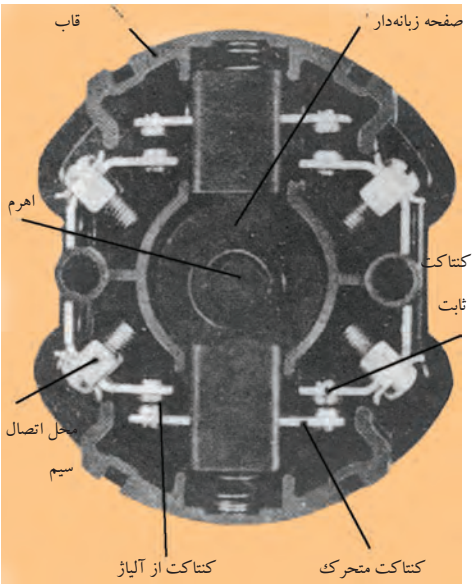


شکل ۱۲۲

کلید دستی سه فاز زبانه ای ساده

ساختمان داخلی این کلیدها را در شکل ۱۲۳ مشاهده می‌کنید. اجزای این کلید و وظایف هرکدام عبارت‌است از:

- **قاب:** حفاظت کننده اجزای داخلی کلید
- **فنر:** ایجاد کننده نیروی مخالف جهت بازگشت به حالت اولیه
- **اهرم:** انتقال دهنده نیروی مکانیکی خارجی به کلید
- **صفحه زبانه‌دار:** صفحه متحرکی که با گردش حول محور خود حالت کلید را عوض می‌کند.
- **کنتاکت‌های ثابت:** از این کنتاکت‌ها به‌صورت ثابت روی بدنه کلید به‌عنوان ورودی و خروجی جریان استفاده می‌شود.
- **کنتاکت‌های متحرک:** پلاتین‌هایی از جنس آلیاژ نقره‌اند و بر روی تکیه‌گاه سوار می‌شوند و توسط حرکت صفحه زبانه‌دار بالا و پایین رفته و مدار را وصل یا قطع می‌کنند.



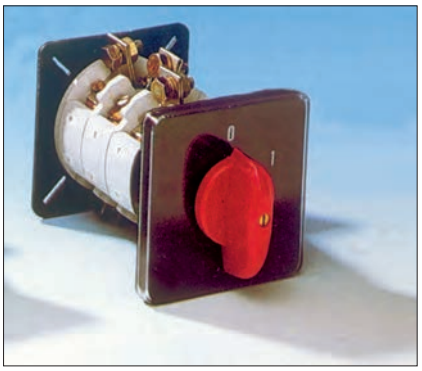
شکل ۱۲۳

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

با تغییر در تعداد و یا محل زبانه‌های روی صفحه زبانه‌دار، می‌توان در کلیدهای زبانه‌ای تغییراتی ایجاد کرد و کلید را برای کاربردهای مختلف ساخت. نمونه گردان این کلیدها را در شکل ۱۲۴ و نمونه اهرمی آن را که به «کلید چدنی» نیز معروف است در شکل ۱۲۵ مشاهده می‌کنید.

امروزه به دلیل ساختمان ساده، قیمت مناسب، عمر طولانی و تنوع در عملکرد، کلیدهای زبانه‌ای در سطح وسیعی تولید و به کار گرفته می‌شوند. قبلاً اشاره کردیم که کلیدهای چاقویی (اهرمی) به دلیل ایمنی پایین نامطلوب هستند و نیز کلیدهای غلتکی از چرخه 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 ۱۲۶ تصویر انواع مختلف کلید زبانه‌ای گردان را مشاهده می‌کنید.

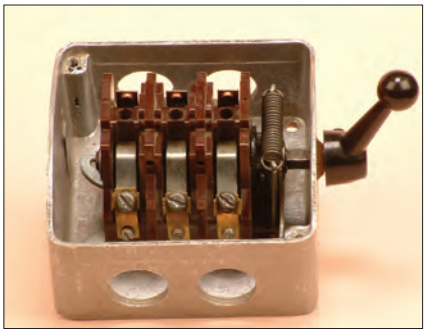


شکل ۱۲۴

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

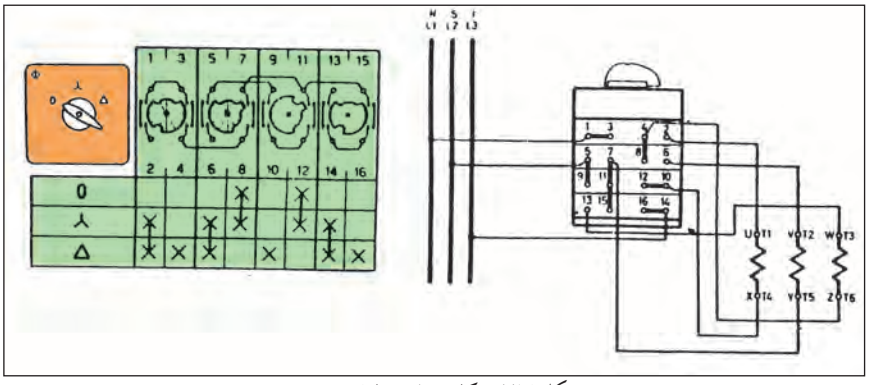
در شکل‌های ۱۲۷ و ۱۲۸ دو نمونه از این جدول‌های وضعیت‌ها نشان داده شده است. در این جدول‌ها علامت × داخل هر کادر نشان‌دهنده مربع شکل، نشان‌دهنده مشخص می‌کند که کدام یک از کنتاکت‌ها به یکدیگر وصل می‌شوند.

شکل ۱۲۹ 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 ۱۳۰ تصاویر نمونه‌هایی از کلیدهای زبانه‌ای گردان که در زمینه‌های مختلف کاربرد دارند را مشاهده می‌کنید.

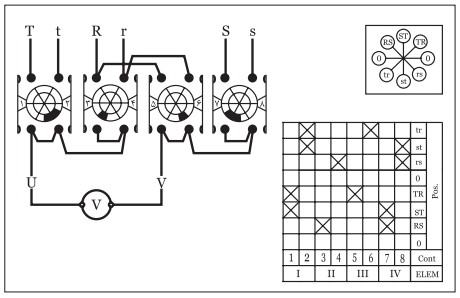


شکل ۱۲۵

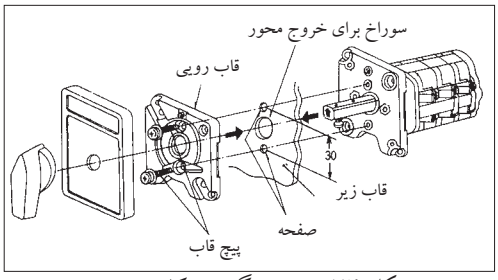
شکل ۱۲۶ ــ کلیدهای زبانه‌ای گردان



شکل ۱۲۷ ــ کلیدستاره مثلث



شکل ۱۲۸ ــ کلیدستاره مثلث



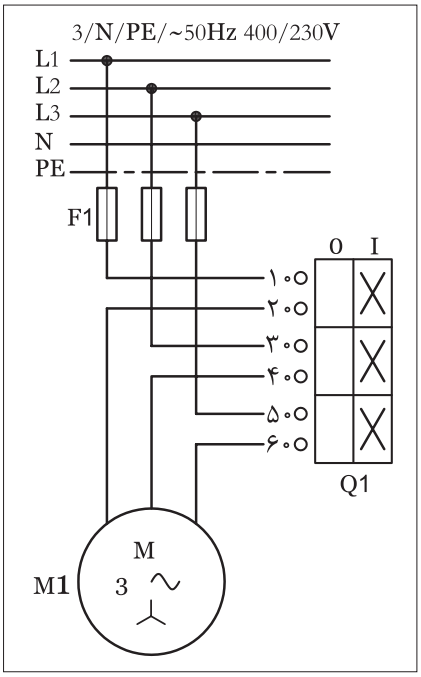
شکل ۱۲۹ ــ تصویر گسترده کلید

شکل ۱۳۰ ــ تصویر ظاهری
دو نمونه کلید زبانه‌ای گردان

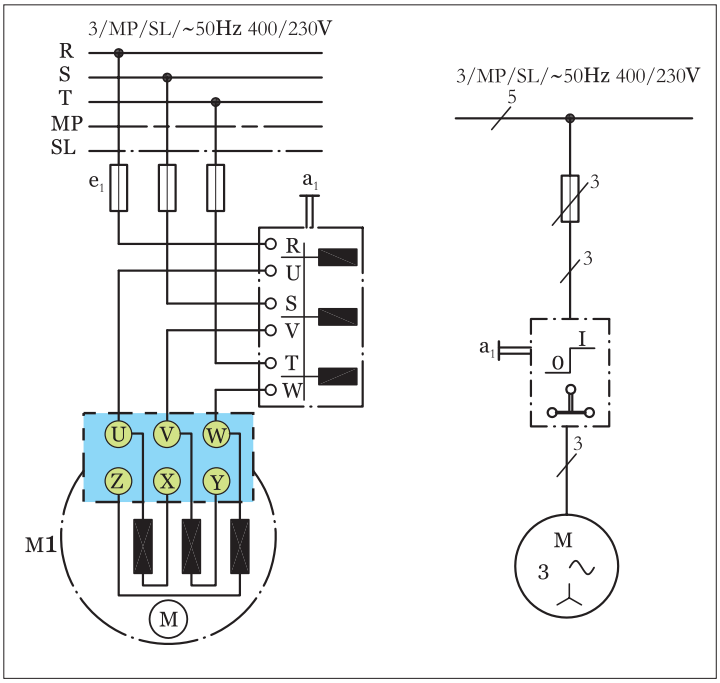
مدار راه اندازی موتور سه فاز با کلیدزبانه‌ای ساده

مدار راه‌اندازی یک موتور سه‌فاز به‌وسیله کلید اهرمی ساده (O-I) زبانه‌ای در استاندارد VDE مطابق شکل ۱۳۱ است.

در استاندارد IEC کلید زبانه‌ای سه‌فاز ساده به‌صورت شکل ۱۳۲ نشان داده می‌شود. لازم به ذکر است در استاندارد IEC نوع کلید از روی شمای آن مشخص نمی‌باشد، ضمناً سه‌فاز و نول با علامات L_1، L_2، L_3 و N نشان داده می‌شوند.



شکل ۱۳۲ ــ شمای کلید زبانه‌ای در استاندارد IEC



شکل ۱۳۱ ــ اتصال موتور سه فاز به شبکه به وسیله کلید زبانه‌ای سه فاز ساده

تذکر:

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

۱ - چون ولتاژ کار مدار زیاد است و احتمال برق گرفتگی 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 باشد 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.

کارعملی(۲)

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع

هدف: راه‌اندازی موتور سه فاز آسنکرون با کلید سه فاز ساده زبانه‌ای (نوع گردان یا تابلویی)

وسایل و تجهیزات مورد نیاز: برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارها به همراه وسایل معرفی شده در جدول زیر 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.

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

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 ۱۳۳ـ الف).

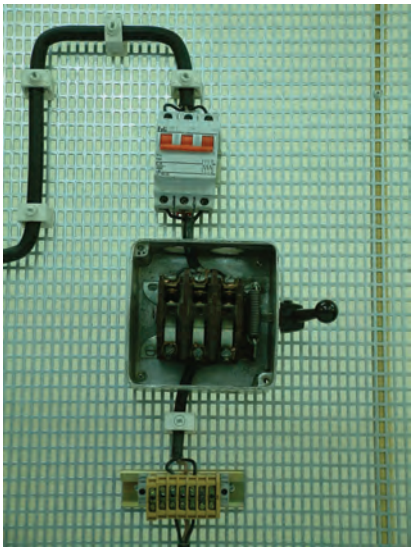
• جریان فیوز مدار را متناسب با جریان موتوری که در مسیر آن قرار دارد انتخاب کنید (شکل ۱۳۳ـ ب).

• سطح مقطع و تعداد رشته سیم‌های کابل را متناسب با نوع و مقدار جریان موتور انتخاب کنید (شکل ۱۳۳ـ پ).

• در زمان روکش‌برداری از کابل با رعایت نکات ایمنی مراقب باشید تا دست‌های شما زخمی نشود (شکل ۱۳۳ـ ت).

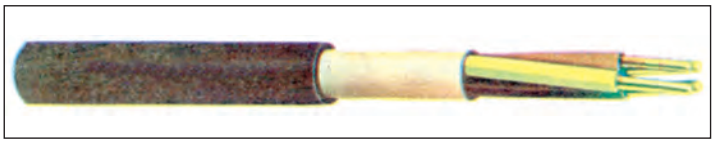
• در اتصال مدار و نصب کابل دقت کنید تا به روکش کابل صدمه وارد نشود (شکل ۱۳۳ـ ث).

• بدون حضور مربی خود، هیچ‌گاه مدار را به برق وصل نکنید (شکل ۱۳۳ـ ج).

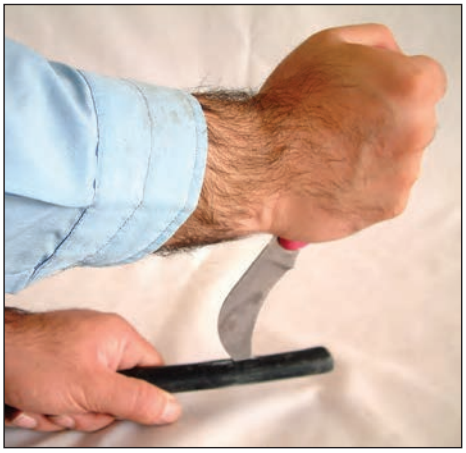


(الف)

(ب)

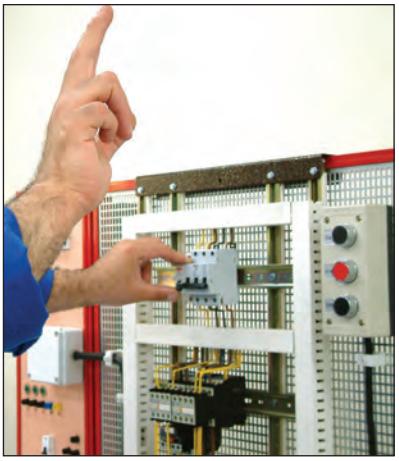


(پ)



(ت)

(ث)



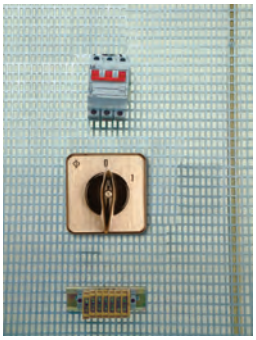
(ج)

شکل ۱۳۳

مراحل اجرای کار

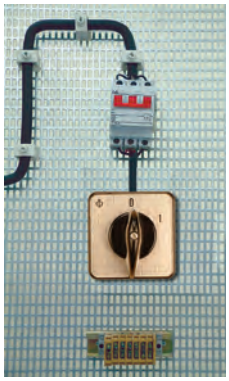
شکل ۱۳۴ ــ نمای تابلو و قطعات نصب شده روی آن

- وسایل و قطعات مدار را مطابق شکل ۱۳۴ روی تابلو نصب کنید.
- در نصب وسایل دقت کنید، کابل بین قطعات، مسیر مستقیم داشته باشد تا بتوان از محل های ورودی و خروجی کلید به راحتی از کابل انشعاب گرفته و اتصال داد (شکل ۱۳۵).



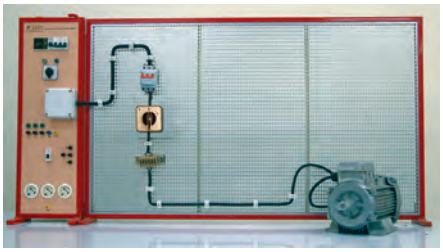
شکل ۱۳۵ ــ نمای قطعات نصب شده روی تابلو

- با استفاده از نقشه داده شده در شکل ۱۳۲ سیم های کابل را مطابق شکل ۱۳۶ به پیچ های ورودی فیوز مینیاتوری سه فاز وصل و از پیچ های خروجی فیوز سه فاز اصلی را به پیچ هایی از کلید که با حروف L۱،L۲،L۳ و R یا S ، R و T مشخص شده اند وصل کنید.
- پیچ هایی از کلید که با حروف U۱،V۱ و W۱ یا U ، V و W مشخص شده اند را به سه سر U۱، V۱ و W۱ یا U ، V و W کلاف های موتور مطابق شکل ۱۳۷ وصل کنید.



شکل ۱۳۶ ــ نمای قطعات نصب شده با کابل ورودی برق

- تخته کلم موتور را بررسی کنید تا انتهای کلاف های موتور مطابق شکل ۱۳۸ به صورت 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.
- مشخصات وسایلی که در این مدار به کار برده اید را در جدول ۱۵ بنویسید.



شکل ۱۳۷ ــ نمای قطعات نصب شده به همراه کابل و موتور متصل شده

جدول ۱۵

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

شکل ۱۳۸

تمرین

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

کلید دستی سه فاز چپ گرد ــ راست گرد زبانه ای

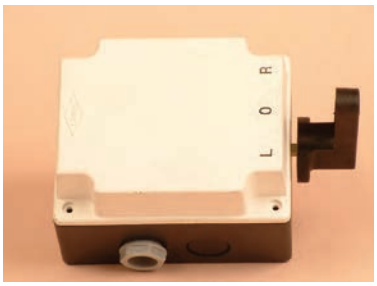
همان‌طوری که در قسمت کلیدهای ساده اصول کار کلید زبانه‌ای توضیح داده شد، در این کلید نیز مشابه کلید زبانه‌ای ساده در اثر چرخاندن اهرم، صفحه زبانه‌دار، تغییر وضعیت می‌دهد و در این صورت بر اثر قرار گرفتن فرورفتگی‌ها و برجستگی‌ها جلوی پایه پلاتین‌ها تیغه‌هایی بسته یا باز می‌شوند در شکل ۱۴۱ــ الف شمای حقیقی کلید چپ گرد ــ راست گرد زبانه‌ای در استاندارد (VDE) نشان داده شده است. در وضعیت R کلید، سه فاز R، S و T شبکه به ترتیب 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 ۱۴۱ــ ب شمای فنی مدار کلید چپ گرد ــ راست گرد زبانه‌ای را مشاهده می‌کنید.

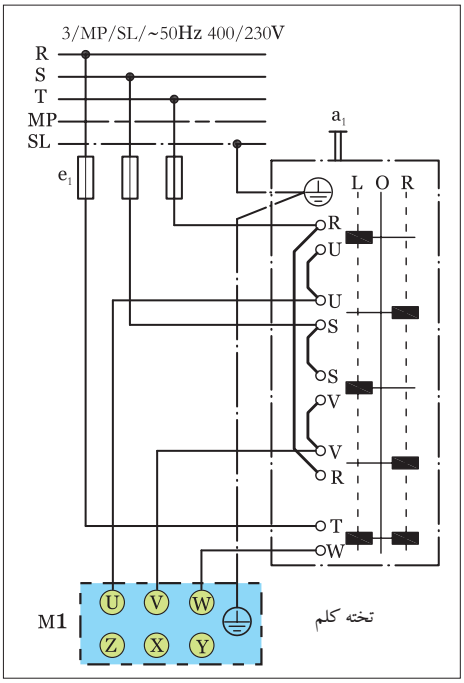
شکل ۱۳۹ تصویر واقعی یک کلید زبانه‌ای تابلویی و شکل ۱۴۰ تصویر کلید زبانه‌ای روکار را نشان می‌دهد.

شمای حقیقی مدار کلید چپ گرد ــ راست گرد زبانه‌ای در استاندارد IEC به‌صورت شکل ۱۴۲ است. همان‌گونه که در شکل مشخص شده در وضعیت (۱) کلید، ترمینال‌های ۱، ۳ و ۵ به ترتیب به ترمینال‌های ۲، ۴ و ۶ و سه فاز L۱، L۲ و L۳ شبکه به ترمینال‌های U۱، V۱ و W۱ موتور متصل شده و موتور به‌صورت راست گرد به گردش درمی‌آید.

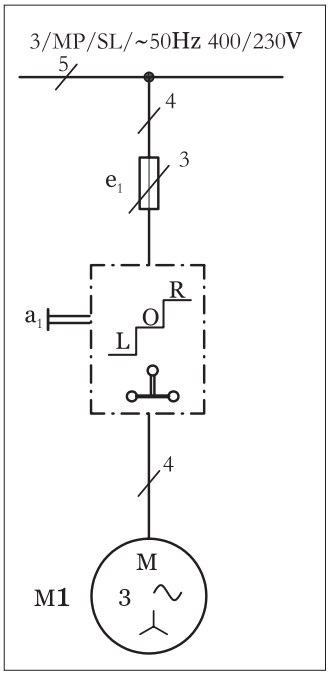
شکل ۱۳۹



شکل ۱۴۰

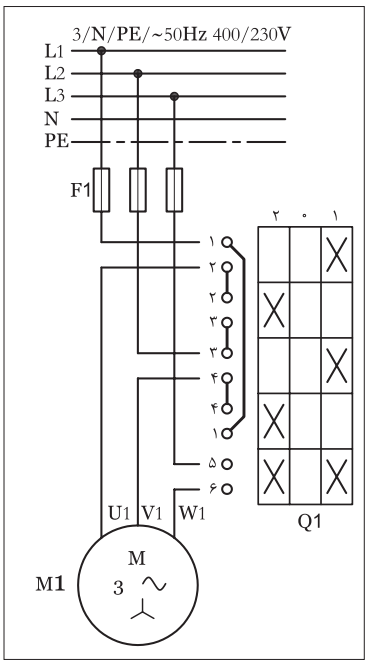


الف) شمای حقیقی



ب) شمای فنی مدار

شکل ۱۴۱ــ مدار کلید چپ گرد و راست گرد زبانه‌ای در استاندارد (VDE)



شکل ۱۴۲ــ شمای حقیقی مدار کلید چپ گرد و راست گرد زبانه‌ای در استاندارد (IEC)

کارعملی(۳)

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع

هدف: راه‌اندازی موتور سه فاز آسنکرون با کلید سه فاز چپ گرد-راست گرد زبانه‌ای تابلویی (گردان)

وسایل و تجهیزات موردنیاز: برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارها به همراه وسایل معرفی شده در جدول زیر استفاده کنید.

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

تذکر:

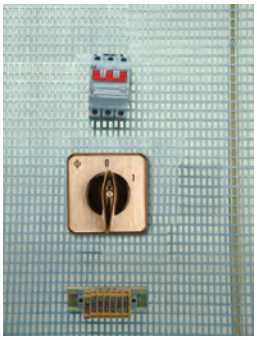
کلید تابلوی مورد استفاده برای انجام کار بایستی قبلاً در داخل قوطی یا روی پایه مناسب نصب شود.

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

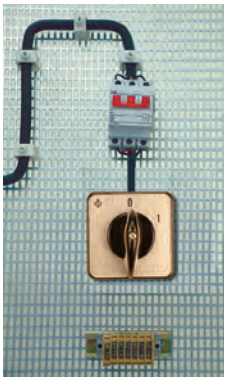
مراحل اجرای کار

- وسایل و قطعات مدار را مطابق شکل ۱۴۳ روی تابلو نصب کنید.
- در نصب وسایل دقت کنید که کابل بین قطعات، مسیر مستقیم داشته باشد تا بتوان از محل های ورودی و خروجی کلید به راحتی کابل را انشعاب گرفته و اتصال داد (شکل ۱۴۴).
- با استفاده از نقشه داده شده در شکل ۱۳۸ سیم های کابل را مطابق شکل ۱۴۵ به پیچ های ورودی فیوز مینیاتوری سه فاز وصل کنید و از پیچ های خروجی فیوز سه فاز اصلی را به پیچ هایی از کلید که با حروف L_1، L_2 و L_3یاR،S و T مشخص شده اند وصل کنید.
- پیچ هایی از کلید که با حروف U۱،V۱ وW۱ یا U، V و W مشخص شده اند را به سه سر U۱، V۱ وW۱ یا U، V و W کلاف های موتور مطابق شکل ۱۴۶ وصل کنید.
- تخته کلم موتور را بررسی کنید تا انتهای کلاف های موتور مطابق شکل ۱۴۷ به صورت مثلث وصل شده باشند.
- فیوز مینیاتوری را وصل کنید. کلید را در حالت راست گرد (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 چپ گرد (L یا ۲) قرار دهید و وضعیت کار و جهت چرخش موتور را مشاهده کنید.
- کلید را در حالت قطع (O) قرار دهید.
- مشخصات وسایلی که در این مدار به کار برده اید را در جدول ۱۶ بنویسید.

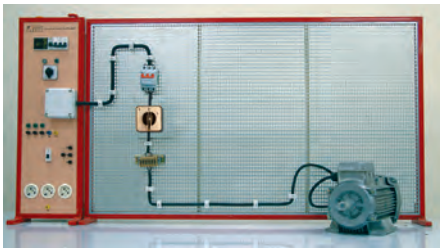
شکل ۱۴۳



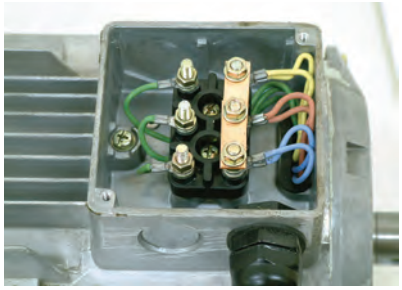
شکل ۱۴۴



شکل ۱۴۵



شکل ۱۴۶



شکل ۱۴۷

جدول ۱۶

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

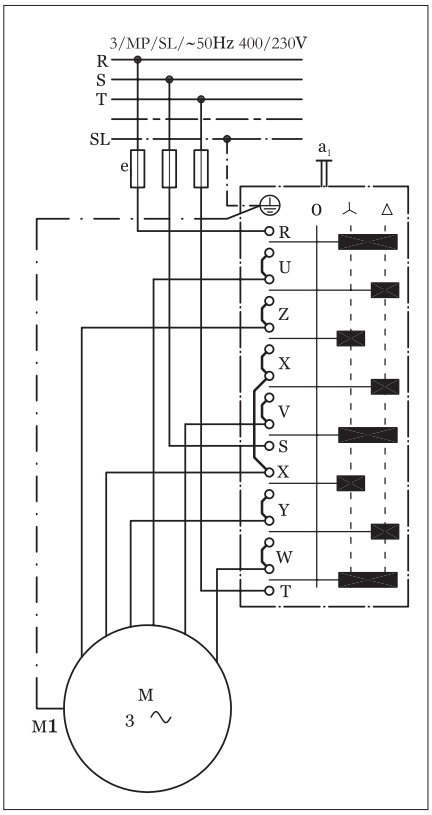
تمرین

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

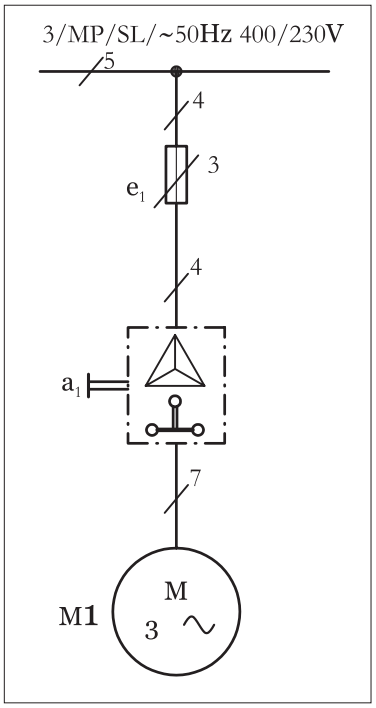
کلید دستی ستاره ــ مثلث زبانه‌ای

در شکل ۱۴۸ــ الف شمای حقیقی کلید زبانه‌ای ستاره مثلث در استاندارد VDE مشاهده می‌شود. هرگاه کلید را یک مرحله حرکت دهیم تا از وضعیت صفر درآید و در وضعیت ستاره قرار گیرد یک سری زبانه‌ها (پلاتین‌ها) به سمت جلو حرکت می‌کند و تعدادی از پیچ‌های کلید را به یکدیگر اتصال می‌دهد. به همین ترتیب 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.

شکل ۱۴۸ــ ب شمای فنی کلید زبانه‌ای ستاره مثلث نشان داده شده است.

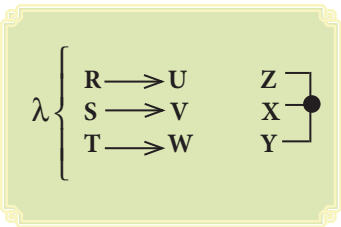


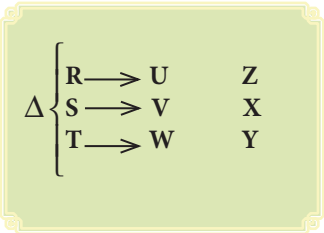
الف) نقشه (شمای)حقیقی



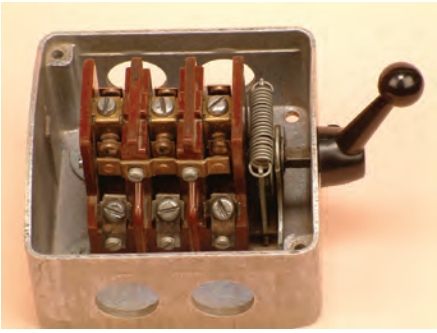
ب) نقشه (شمای)فنی

شکل ۱۴۸

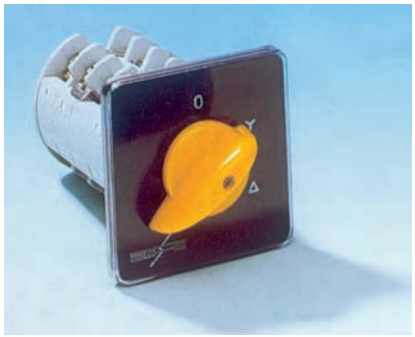




در شکل ۱۴۹ تصویر واقعی کلید ستاره مثلث زبانه‌ای (نوع بدنه چدنی) و در شکل ۱۵۰ تصویر یک نمونه کلید ستاره مثلث (نوع تابلویی) را مشاهده می‌کنید.

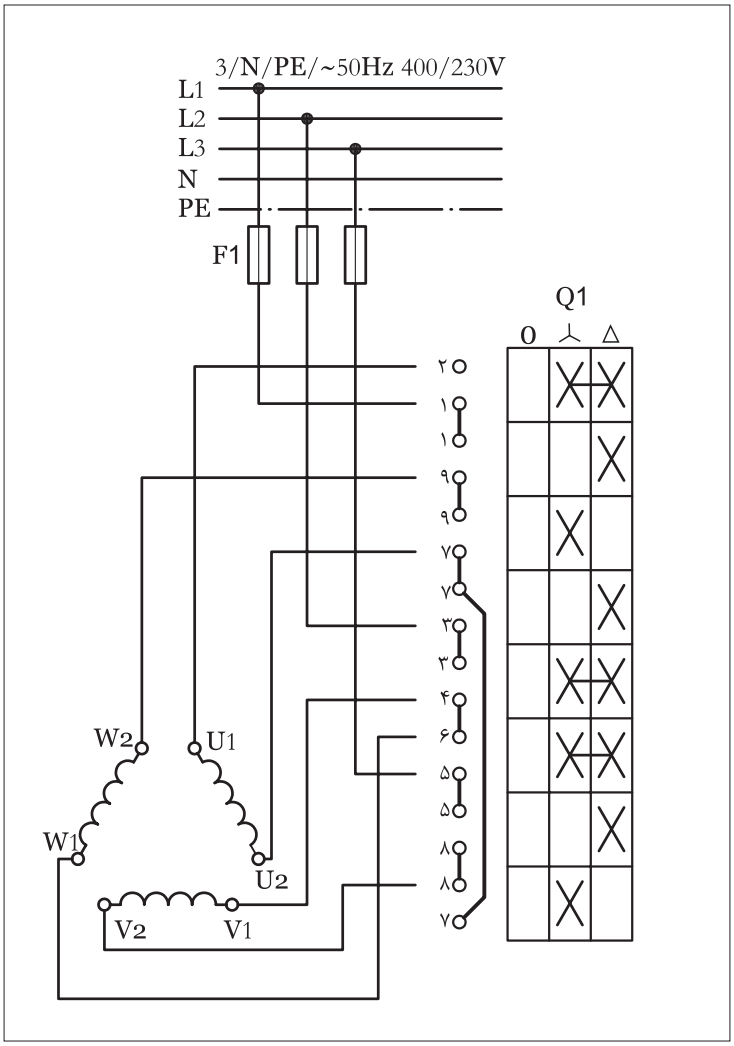


شکل ۱۴۹



شکل ۱۵۰

کلید ستاره مثلث در استاندارد جدید (IEC) به‌صورت شکل ۱۵۱ است. خطوطی که به‌صورت افقی مرکز، دو ضربدر هر ستون را در کلید به هم وصل می‌کند نشان‌دهنده آن است که آن زبانه کلید در هر دو حالت وصل قرار دارد و با تغییر وضعیت، کلید قطع نمی‌شوند.



شکل ۱۵۱

λ { L۱ ⟶ U۱ ، L۲ ⟶ V۱ ، L۳ ⟶ W۱ ؛ W۲ ، U۲ ، V۲ ●

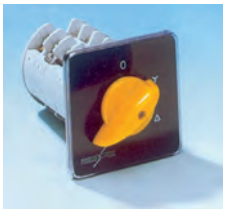
Δ { L۱ ⟶ U۱ ⟶ W۲ ، L۲ ⟶ V۱ ⟶ U۲ ، L۳ ⟶ W۱ ⟶ V۲

کارعملی(۴)

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع

هدف: راه اندازی موتور سه فاز آسنکرون با کلید سه فازستاره مثلث زبانه‌ای تابلویی

وسایل و تجهیزات موردنیاز: برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارها به همراه وسایل معرفی شده در جدول زیر 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.

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

مراحل اجرای کار

- وسایل و قطعات مدار را مطابق شکل ۱۵۲ روی تابلو نصب کنید.
- در نصب وسایل دقت کنید که کابل بین قطعات، مسیر مستقیم داشته باشد تا بتوان از محل های ورودی و خروجی کلید به‌راحتی کابل را انشعاب گرفته و اتصال داد (شکل ۱۵۳).
- با استفاده از نقشه داده شده شکل ۱۵۱سیم های کابل را مطابق شکل ۱۵۴ به پیچ های ورودی فیوز مینیاتوری سه‌فاز وصل کنید و از پیچ های خروجی فیوز، سه‌فاز اصلی را به پیچ هایی از کلید که با حروف L۱، L۲ و L۳یا R، S و T مشخص شده‌اند وصل کنید.
- پیچ هایی از کلید که با حروف U۱، V۱ و W۱(یا U، V و W) و V۲، U۲وW۲ یا x، y و Z مشخص شده‌اند را به پیچ های هم‌نام خود روی تخته کلم وصل کنید (شکل ۱۵۵).

توجه: تخته کلم موتور را بررسی کنید تا توسط تسمه های مسی به‌صورت ستاره یا مثلث ثابت وصل نباشد.

- 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 قرار دهید و شرایط کاری، سرعت و جهت چرخش موتور را مشاهده کنید.
- کلید را در وضعیت قطع (O) قرار دهید.
- مشخصات وسایل به کار رفته در مدار را در جدول ۱۷ بنویسید.

جدول ۱۷

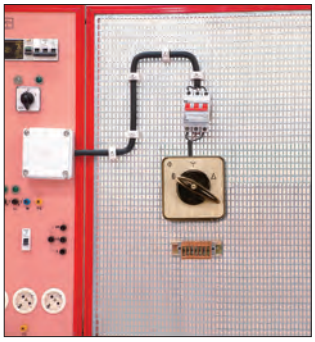
ردیف	نام وسیله یا قطعه	مشخصات
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		

تمرین

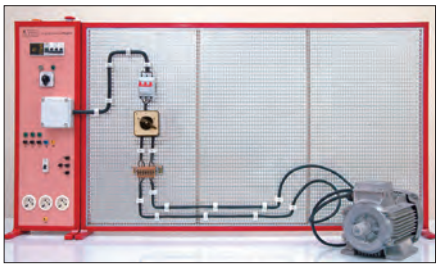
نقشه مونتاژ وسایل مدار و نقشه اتصال موتور به کلید در استاندارد IEC را در دفتر گزارش کار رسم کنید.

شکل ۱۵۲

شکل ۱۵۳



شکل ۱۵۴



شکل ۱۵۵

کارعملی(۵)

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع

هدف: بررسی جریان‌ها و ولتاژهای خطی و فازی در اتصال ستاره متعادل و نا متعادل

وسایل و تجهیزات موردنیاز: برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارها به همراه وسایل معرفی شده در جدول زیر استفاده کنید.

نام وسایل و ابزار		حرف مشخصه	تعداد
	سرپیچ لامپ	–	۶ عدد
	لامپ رشته‌ای ۱۰۰W	E	۶ عدد
	لامپ رشته‌ای ۶۰W,۱۵۰W	E	از هرکدام ۱ عدد
	فیوزمینیاتوری سه‌فاز	F۱	۱ عدد
	کلید سه‌فازقطع و وصل زبانه‌ای	Q۱	۱ عدد
	آمپرمتر باحداکثر رنج ۵A	A	۳ عدد
	ولت متر باحداکثر رنج ۵۰۰V	V	۳ عدد

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

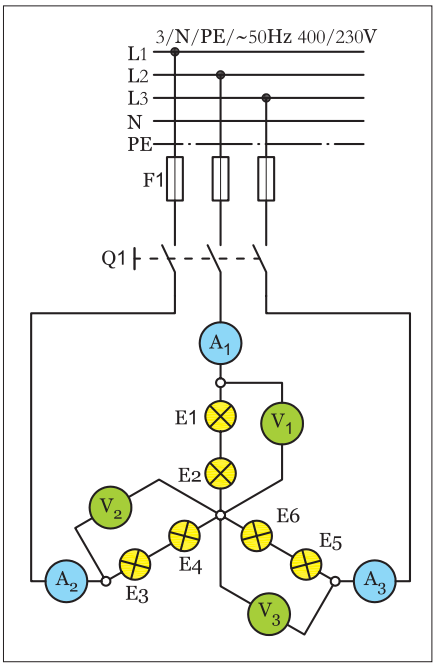
مراحل اجرای کار

الف ــــ اتصال ستاره متعادل

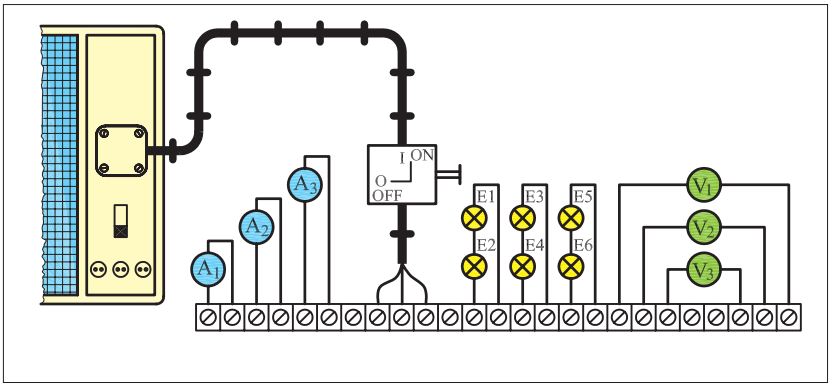
مرحله I

مدار شــکل ۱۵۶ را با کمک شــش لامپ ۱۰۰W مطابق شــکل ۱۵۷ روی تابلو برق ببندید.اتصال های بین قطعات مدار را توسط سیم و از زیر پیچ پایینی ترمینال ها انجام دهید.

فیوز مینیاتوری را وصل کنید و سپس کلید Q۱ را در حالت ON قرار دهید و ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید.



شکل ۱۵۶



شکل ۱۵۷

مقادیر اندازه گیری شــده معرف کدامیک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال ستاره است؟

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

$I_{A1=}$	A	$V_{1=}$	V
$I_{A2=}$	A	$V_{2=}$	V
$I_{A3=}$	A	$V_{3=}$	V

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

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.

نتایج این مرحله را با مرحله (I) مقایسه کنید چه نتیجه‌ای می گیرید؟

$I_{A1=}$	A	$V_{1=}$	V
$I_{A2=}$	A	$V_{2=}$	V
$I_{A3=}$	A	$V_{3=}$	V

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.
- نتایج این مرحله را با مراحل I و II مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می گیرید؟
- فیوز مینیاتوری سه فاز F۱ و کلید Q۱ را قطع کنید.

$I_{A1=}$ ____ A $V_{1=}$ ____ V

$I_{A2=}$ ____ A $V_{2=}$ ____ V

$I_{A3=}$ ____ A $V_{3=}$ ____ V

پاسخ:

.....

.....

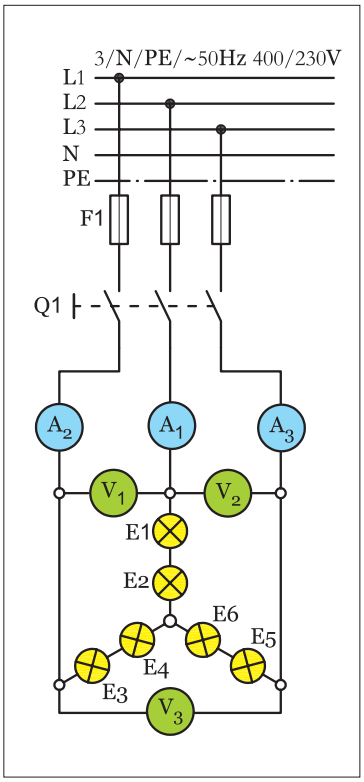
.....

.....

.....

مرحله IV

- محل قرار گرفتن آمپرمترها و ولت‌مترها را مطابق مدار شکل ۱۵۸ تغییر دهید.
- ابتدا فیوز و سپس کلید را در حالت وصل قرار دهید.
- مقادیر ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.
- مقادیر اندازه گیری شـده معرف کدام یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال ستاره است؟



شکل ۱۵۸

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

- از مقایسه مقادیر اندازه گیری شده در دو مرحله I و IV چه نتیجه‌ای می گیرید؟

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

- آیا نتایج به‌دست آمده با مطالب نظری مطابقت دارد؟

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

$I_{A1=}$ ____ A $V_{1=}$ ____ V

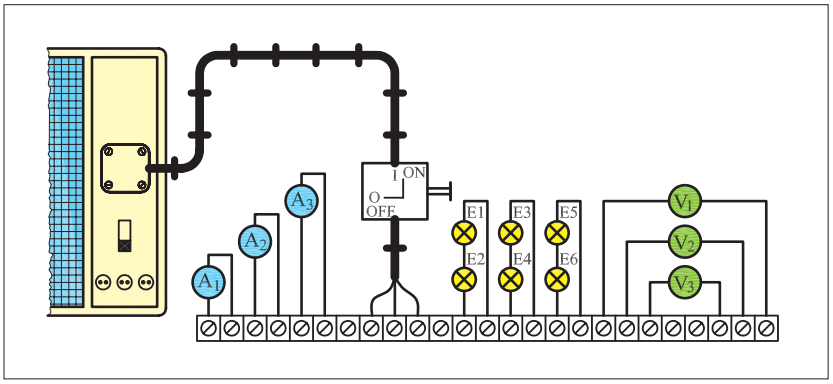
$I_{A2=}$ ____ A $V_{2=}$ ____ V

$I_{A3=}$ ____ A $V_{3=}$ ____ V

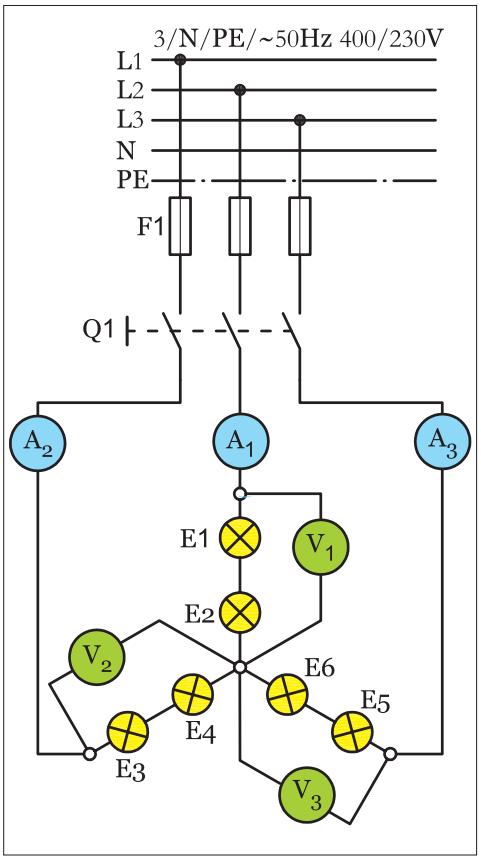
ب ــــ اتصال ستاره نامتعادل

مرحله V

مدار شــکل ۱۵۹ را مطابق شکل ۱۶۰ روی تابلو برق ببندید. اتصال های بین قطعات مدار را توسط سیم و از زیر پیچ پایینی ترمینال ها انجام دهید.



شکل ۱۶۰



شکل ۱۵۹

توان لامپ های موجود در مدار را به صورت زیر، روی سرپیچ ها قرار دهید.

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

فیــوز مینیاتوری F۱ را وصل کنید و ســپس با وصل کلیــد Q۱ ولتاژ و جریان هریک از ولت مترها و آمپرمترها را بخوانید.

$I_{A1=}$	A	$V_{1=}$	V
$I_{A2=}$	A	$V_{2=}$	V
$I_{A3=}$	A	$V_{3=}$	V

مقادیر اندازه گیری شده مصرف کدام یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال ستاره است؟

پاسخ:

.....

.....

.....

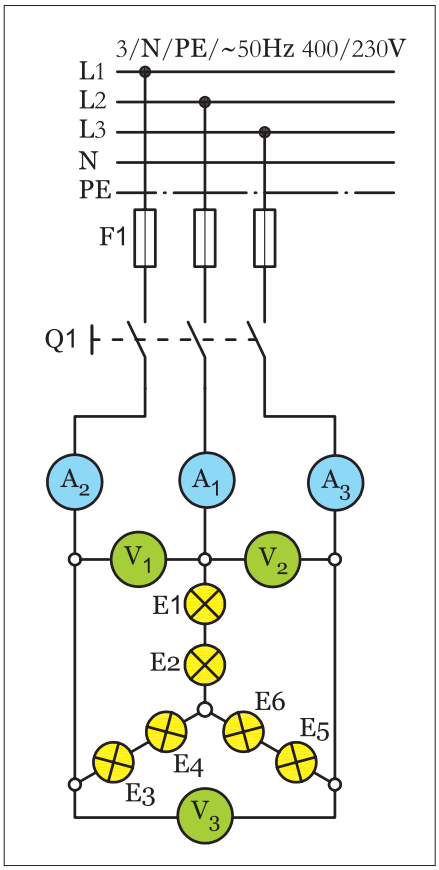
.....

.....

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

مرحله VI

- محل قرار گرفتن آمپرمترها و ولت‌مترها را مطابق شکل ۱۶۱ تغییر دهید.
- مقادیر ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید.



شکل ۱۶۱

$I_{A1=}$	A	$V_{1=}$	V
$I_{A2=}$	A	$V_{2=}$	V
$I_{A3=}$	A	$V_{3=}$	V

- مقادیر اندازه گیری شـده معرف کدام یـک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال ستاره است؟

پاسخ:
.....
.....
.....
.....
.....

- از مقایسه مقادیر اندازه گیری شده در دو مرحله V و VI چه نتیجه‌ای می گیرید؟

پاسخ:
.....
.....
.....
.....
.....

- آیا نتایج به‌دست آمده با مطالب نظری مطابقت دارد؟

پاسخ:
.....
.....
.....
.....
.....

کارعملی(۶)

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع

هدف: بررسی جریان‌ها و ولتاژهای خطی و فازی در اتصال مثلث متعادل و نا متعادل

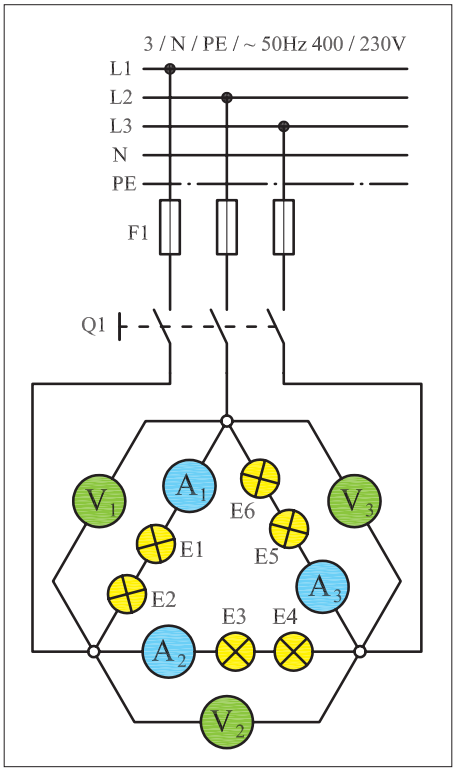
وسایل و تجهیزات مورد نیاز: برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارها به همراه وسایل معرفی شده در جدول زیر استفاده کنید.

نام وسایل و ابزار		حرف مشخصه	تعداد
	سرپیچ لامپ	–	۶ عدد
	لامپ رشته‌ای ۱۰۰W	E	۶ عدد
	لامپ رشته‌ای ۶۰،۱۵۰W	E	از هر کدام ۱ عدد
	فیوزمینیاتوری سه فاز	F۱	۱ عدد
	کلید سه فاز قطع و وصل زبانه‌ای	Q۱	۱ عدد
	آمپرمتر باحداکثر رنج ۵A	A	۳ عدد
	ولت متر باحداکثر رنج ۵۰۰V	V	۳ عدد

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

مراحل اجرای کار

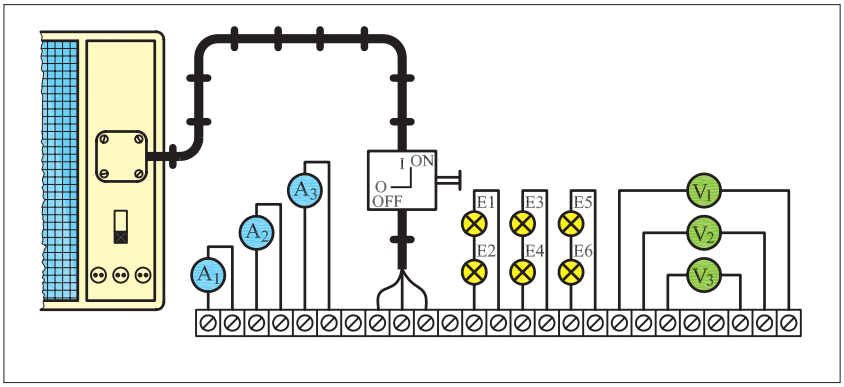
الف ــــ اتصال مثلث متعادل



شکل ۱۶۲

مرحله I

مدار شکل ۱۶۲ را با کمک شش لامپ ۱۰۰W مطابق شکل ۱۶۳ روی تابلوی برق ببندید.اتصال های بین قطعات مدار را توسط سیم و از زیر پیچ پایینی ترمینال ها انجام دهید.



شکل ۱۶۳

فیوز مینیاتوری را وصل کنید و سپس کلید Q۱ را در حالت ON قرار دهید و ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها آمپرمترها را بخوانید.

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

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

$I_{A۱}$= ____ A	$V_{۱}$= ____ V
$I_{A۲}$= ____ A	$V_{۲}$= ____ V
$I_{A۳}$= ____ A	$V_{۳}$= ____ V

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.

نتایج این مرحله را با مرحله I مقایسه کنید، چه نتیجه‌ای می گیرید؟

پاسخ:

$I_{A۱}$= ____ A	$V_{۱}$= ____ V
$I_{A۲}$= ____ A	$V_{۲}$= ____ V
$I_{A۳}$= ____ A	$V_{۳}$= ____ V

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

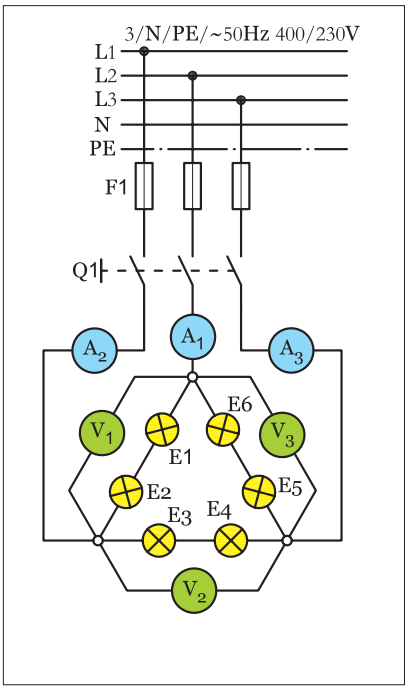
$I_{A۱=}$ ____ A	$V_{۱=}$ ____ V
$I_{A۲=}$ ____ A	$V_{۲=}$ ____ V
$I_{A۳=}$ ____ A	$V_{۳=}$ ____ V

پاسخ:

مرحله IV

- محل قرار گرفتن آمپرمترها و ولت‌مترها را مطابق مدار شکل ۱۶۴ 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.

$I_{A۱=}$ ____ A	$V_{۱=}$ ____ V
$I_{A۲=}$ ____ A	$V_{۲=}$ ____ V
$I_{A۳=}$ ____ A	$V_{۳=}$ ____ V



شکل ۱۶۴

- مقادیر اندازه گیری شده معرف کدامیک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال مثلث است؟
- از مقایسه مقادیر اندازه گیری شده در دو مرحله‌ای I و IV چه نتیجه‌ای می گیرید؟
- آیا نتایج به‌دست آمده با مطالب نظری مطابقت دارد؟

پاسخ:

پاسخ:

پاسخ:

ب ــــ اتصال مثلث نامتعادل

مرحله V

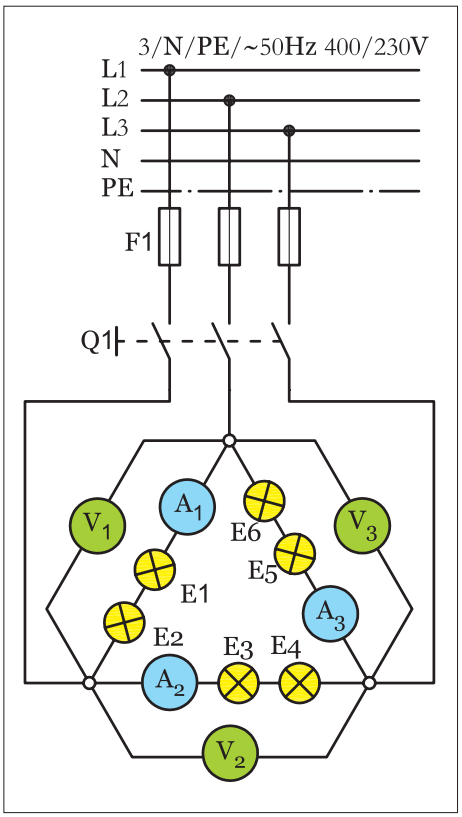
مدار شـــکل ۱۶۵ را مطابق شکل ۱۶۶ روی تابلوی برق ببندید.اتصال های بین قطعات مدار را توسط سیم و از زیر پیچ پایینی ترمینال ها انجام دهید.

توان لامپ های موجود در مدار را به صورت زیر، روی سرپیچ ها قرار دهید.

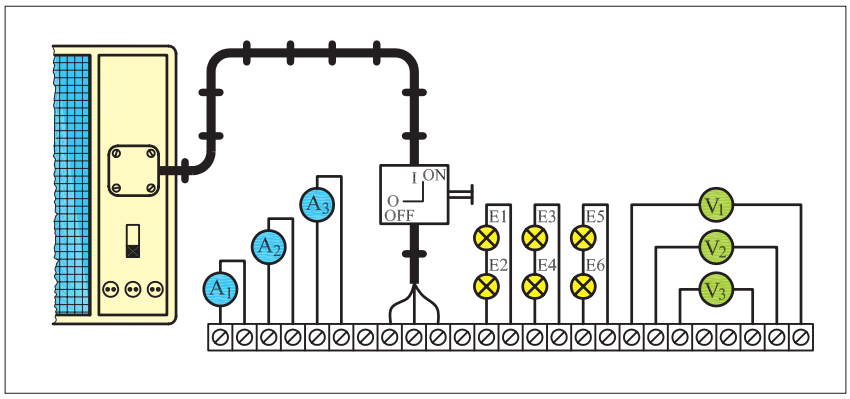
E۱= ۱۰۰W	E۳= ۶۰W	E۵= ۱۵۰W
E۲= ۱۰۰W	E۴= ۶۰W	E۶= ۱۵۰W

فیـوز مینیاتـوری F۱ را وصـل کنیـد و سـپس بـا وصـل کلیـد Q۱ ولتـاژ و جریـان هریـک از ولت مترهـا و آمپرمترهـا را بخوانیـد.

$I_{A۱}$=	A	$V_۱$=	V
$I_{A۲}$=	A	$V_۲$=	V
$I_{A۳}$=	A	$V_۳$=	V



شکل ۱۶۵

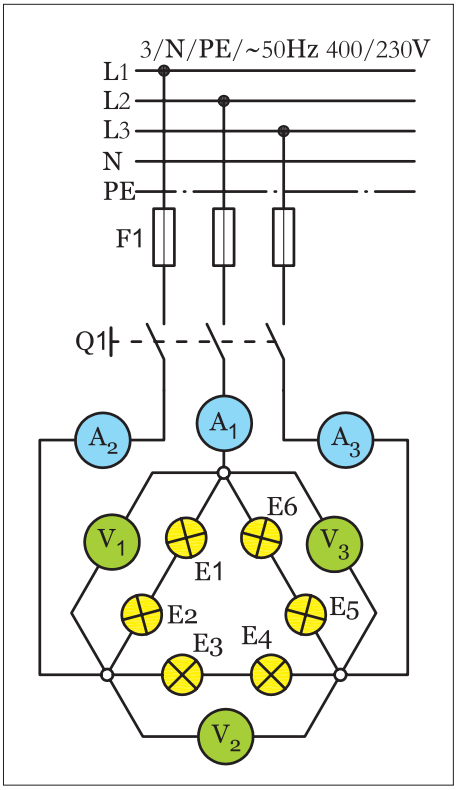


شکل ۱۶۶

مقادیر اندازه گیری شـــده معرف کدام یـــک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال مثلث است؟

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

پاسخ:



شکل ۱۶۷

مرحله VI

محل قرار گرفتن آمپرمترها و ولت‌مترها را مطابق شکل ۱۶۷ تغییر دهید.

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

$I_{A1=}$	A	$V_{1=}$	V
$I_{A2=}$	A	$V_{2=}$	V
$I_{A3=}$	A	$V_{3=}$	V

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

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

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

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

آیا نتایج به‌دست آمده با مطالب نظری مطابقت دارد؟

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

کارعملی(۷)

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع

هدف: بررسی جریان‌ها و ولتاژهای فازی وخطی موتورسه فاز آسنکرون روتور قفسی

وسایل و تجهیزات موردنیاز: برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارها به همراه وسایل معرفی شده در جدول زیر استفاده کنید.

نام وسایل و ابزار		حرف مشخصه	تعداد
	موتور سه فاز	M۱	۱ عدد
	کلید سه فاز ستاره مثلث زبانه‌ای	Q۱	۱ عدد
	فیوزمینیاتوری سه‌فاز	F۱	۱ عدد
	آمپرمتر باحداکثر رنج ۵A	A	۳عدد
	ولت متر باحداکثر رنج ۵۰۰V	V	۳ عدد

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

مراحل اجرای کار

مرحله I

وسایل را طبق مدار شکل ۱۶۸ با راهنمایی معلم خود روی تابلوی برق نصب کنید و مدار را ببندید.

توجه: در مراحل مختلف این آزمایش اجازه ندهید تا موتور به مدت زیادی دو فاز کار کند.

فیوز مینیاتوری سه‌فاز F۱ را وصل کنید و کلید تک پل Q۱ را در حالت وصل قرار دهید.

کلید Q۲ را روی حالت قرار دهید و جریان هریک از آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A1}=$ ____ A

$I_{A2}=$ ____ A

$I_{A3}=$ ____ A

وضعیت کلید Q۲ را به حالت تغییر دهید و سپس جریان هریک از آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A1}=$ ____ A

$I_{A2}=$ ____ A

$I_{A3}=$ ____ A

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

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

پاسخ:

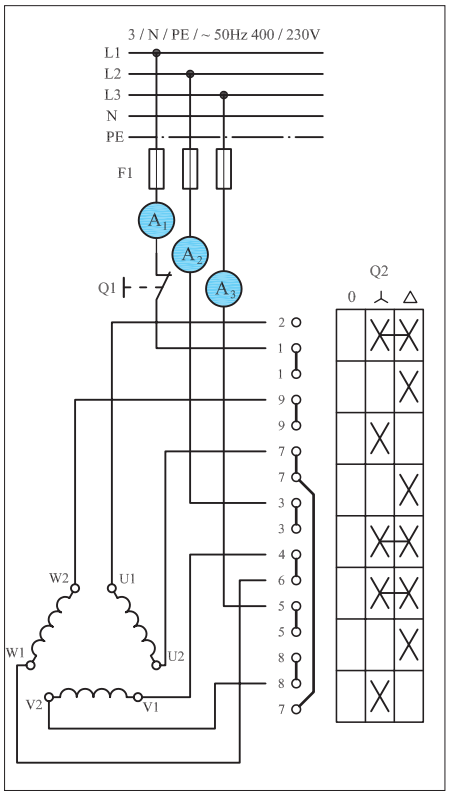
.....

.....

.....

.....

.....



شکل ۱۶۸

مرحله II

- کلید Q۲ را در وضعیت 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.
- کلید تک پل Q۱ را به حالت وصل بازگردانید.
- وضعیت کلید ستاره مثلث Q۲ را در حالت 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.
- کلید Q۱ را وصل کنید و سپس کلید Q۲ را در حالت (O) قرار دهید تا موتور خاموش شود.
- فیوز سه‌فاز F۱ را در حالت خاموش قرار دهید تا مدار موتور از شبکه جدا شود.

$I_{A۱=}$ ☐ A

$I_{A۲=}$ ☐ A

$I_{A۳=}$ ☐ A

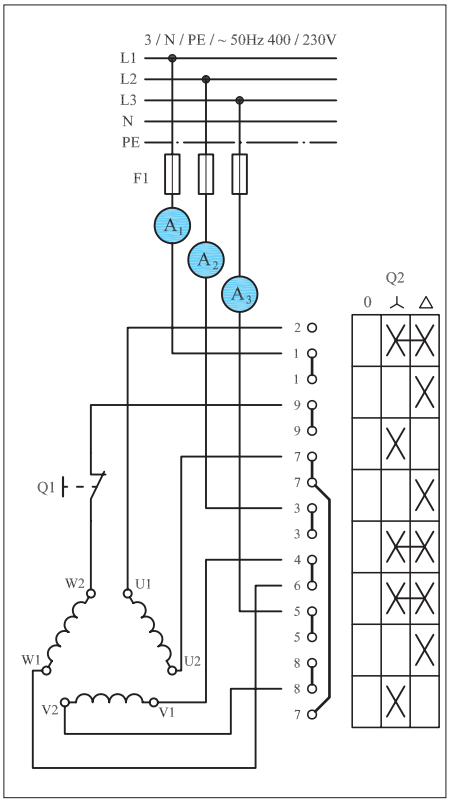
$I_{A۱=}$ ☐ A

$I_{A۲=}$ ☐ A

$I_{A۳=}$ ☐ A

مرحله III

- محل کلید تک پل Q۱ را مطابق شکل ۱۶۹ تغییر دهید به‌طوری که بتوان ارتباط سیم پیچ سوم موتور W۲ را با کلید قطع کرد.
- فیوز سه‌فاز F۱ را در حالت وصل قرار دهید.
- کلید ستاره مثلث Q۲ را در حالت قرار دهید تا موتور به گردش درآید.
- در این شرایط کلید Q۱ را برای مدت زمان کوتاهی قطع کنید و جریان آمپرمترها را بخوانید و یادداشت نمایید.



شکل ۱۶۹

$I_{A۱=}$ ☐ A

$I_{A۲=}$ ☐ A

$I_{A۳=}$ ☐ A

- کلید تک پل Q۱ را به حالت وصل بازگردانید.
- وضعیت کلید ستاره مثلث Q۲ را در حالت قرار دهید.
- در این شرایط کلید Q۱ را برای مدت زمان کوتاهی قطع کنید و جریان آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید

$I_{A۱=}$ ☐ A

$I_{A۲=}$ ☐ A

$I_{A۳=}$ ☐ A

کلید تک‌پل را به حالت وصل بازگردانید.

وضعیت کلید ستاره مثلث را به حالت (O) بازگردانید و فیوز سه‌فاز 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:

.....

.....

.....

.....

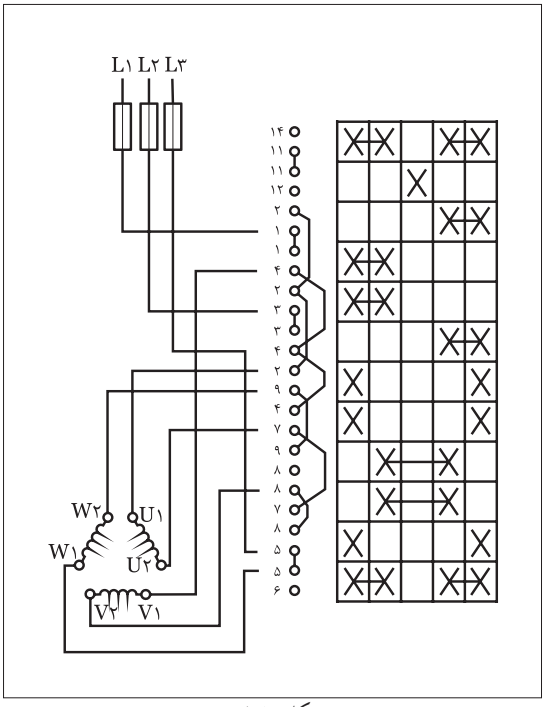
.....

کلید زبانه‌ای ستاره مثلث چپ‌گرد – راست‌گرد

در کارهای قبلی با نحوه عملکرد و اصول کار کلید چپ‌گرد – راست‌گرد و همچنین کلید ستاره مثلث به‌صورت جداگانه آشنا شده‌اید.

در گذشته‌ای نه چندان دور برای اتصال یک موتور ستاره مثلث که بتواند به‌صورت چپ‌گرد – راست‌گرد نیز کار کند لازم بود از این دو کلید به‌صورت دنبال هم (سری) استفاده شود.

اما در شرایط فعلی کلیدهای ستاره مثلث چپ‌گرد – راست‌گرد موجود می‌باشد و ضرورتی برای وصل مدار به آن صورت نیست. در شکل ۱۷۰ نقشه کلید ستاره مثلث چپ‌گرد – راست‌گرد را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۷۰

همانگونه که مشاهده می کنید این کلید دارای ۵ حالت می‌باشد.

این کلید دو وضعیت ⅄ و Δ در حالت راست گرد (حالت ۱) و دو وضعیت ⅄ و Δ در حالت چپ گرد (حالت ۲) و یک حالت خاموش (حالت ۰) در بین این دو حالت است.

با دقت در نقشه این کلید مشاهده می‌شود در حالت راست گرد وضعیت جریان‌رسانی به کلاف‌های موتور در شرایط ستاره و مثلث به اختصار مطابق شکل ۱۷۱ است.

در شکل ۱۷۲ وضعیت اتصال کلاف‌ها به کلید در حالت چپ گرد را نشان می‌دهد همانطوری که مشاهده می کنید در این وضعیت جای دو فاز L۱ و L۲ عوض شده است.

امروزه در کاتالوگ کلیدهای سه فاز از نقشه‌های دیگری برای نشان دادن وضعیت عملکرد کنتاکت‌های داخل کلید استفاده می‌شود که تصویر ستاره - مثلث چپ گرد - راست گرد آن در شکل ۱۷۳ نشان داده شده است.

حالت راست‌گرد (۱)

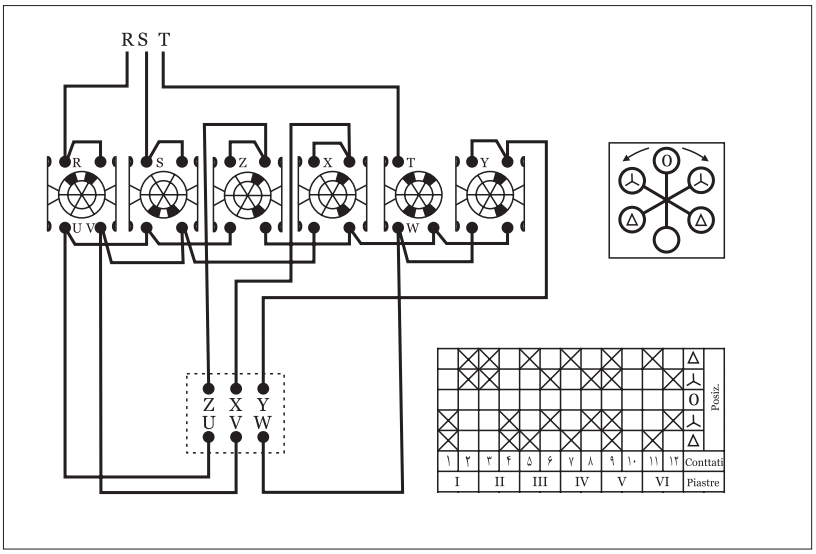
حالت مثلث (Δ)	حالت ستاره (⅄)
L۱ → U۱ → W۲	L۱ → U۱
L۲ → V۱ → U۲	L۲ → V۱
L۳ → W۲ → V۲	L۳ → W۱
	U۲ ، V۲ ، W۲ به یکدیگر وصل می‌شوند.

شکل ۱۷۱

حالت چپ‌گرد (۱)

حالت مثلث (Δ)	حالت ستاره (⅄)
L۱ → V۱ → W۲	L۱ → U۱
L۲ → U۱ → U۲	L۲ → V۱
L۳ → W۱ → V۲	L۳ → W۱
	U۲ ، V۲ ، W۲ به یکدیگر وصل می‌شوند.

شکل ۱۷۲



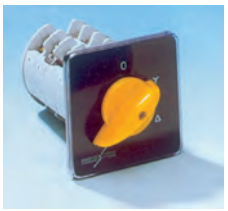
شکل ۱۷۳

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع

کارعملی(۸)

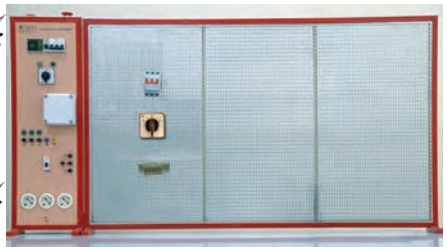
هدف: راه‌اندازی موتورسه فاز آسنکرون روتور قفسی به صورت ستاره مثلث چپ گرد- راست گرد

وسایل و تجهیزات مورد نیاز: برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارها به همراه وسایل معرفی شده در جدول زیر استفاده کنید.

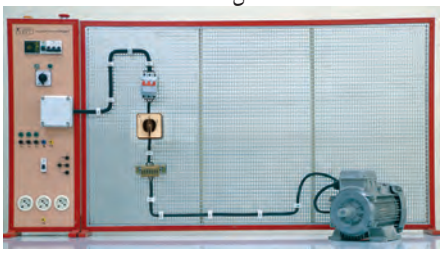
نام وسایل و ابزار	حرف مشخصه	تعداد
	M۱	۱ عدد
	Q۱	۱ عدد
	F۱	۱ عدد

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

مراحل اجرای کارعملی



شکل ۱۷۴



شکل ۱۷۵

- مطابق الگوهای داده شــده در مجموعه کارهای قبلی ابتدا فیوز سپس کلید و در خاتمه ترمینال را روی تابلو نصب نموده و با بهره‌گیری از نقشــه اتصال کلید مدار مورد نظر را وصل کنید.
- ســه فــاز L۱، L۲، L۳ را به داخل کلید وصــل و ضمناً پیچ‌های U۱ ، V۱ ، W۱ و U۲ ، V۲ ، W۲ تخته کلم موتور را به پیچ‌های هم نام آنها در کلید اتصال دهید.
- فیوز مینیاتوری مدار را وصل کرده و ابتدا کلید ر ا در حالت ســتاره (⋏) و مثلث (Δ) شــرایط راست گرد (وضعیت ۱) و سپس در حالت ستاره (⋏) و مثلــث (Δ) چپ گرد (وضعیت ۲) قــرار داده و وضعیت کارکرد موتور را مشاهده کنید.
- کلید را در حالت (O) قرار داده و فیوز را نیز قطع (حالت O) کنید.
- مشخصات وسایل بکار رفته در مدار را در جدول ۱۸ بنویسید.

جدول۱۸

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

کلید زبانه‌ای موتور سه فاز دو سرعته با سیم‌پیچ جداگانه

همانطوری که می‌دانید تغییر تعداد قطب‌های سیم‌پیچی با سرعت موتور رابطه دارد بر همین اساس در برخی موتورهای سه فاز برای ایجاد دو سرعت مختلف در یک موتور از دو گروه سیم‌پیچی جداگانه که هر یک برای تعداد قطبی مشخص طراحی وسیم‌پیچی آن در فضای داخلی استاتور قرار داده شده استفاده می‌شود.

در این موتورها از هر سیم‌پیچی سرهای جداگانه‌ای روی تخته کلم آن قرار می‌گیرد و نحوه اتصال سیم‌پیچی‌های آن نیز مستقل (ستاره یا مثلث) است.

شکل ۱۷۶

سرهای مربوط به سرعت اول (سرعت کمتر) را با اندیس ۱ و سرهای مربوط به سر عت دوم (سرعت بیشتر) را با اندیس ۲ نشان می‌دهند.

در شکل ۱۷۶ تصویر واقعی یک موتور سه فاز دو سیم‌پیچ جداگانه مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۷۷ خلاصه‌ای از نحوه اتصال موتور دو سرعته سیم‌پیچ جداگانه را نشان می‌دهد.

در تصاویر شکل ۱۷۸ مدار مربوط به چگونگی اتصال کلیدهای زبانه‌ای خاص این نوع موتورها در دو استاندارد IEC و VDE به همراه شمای فنی (تک خطی) مدار آنها نشان داده شده است.

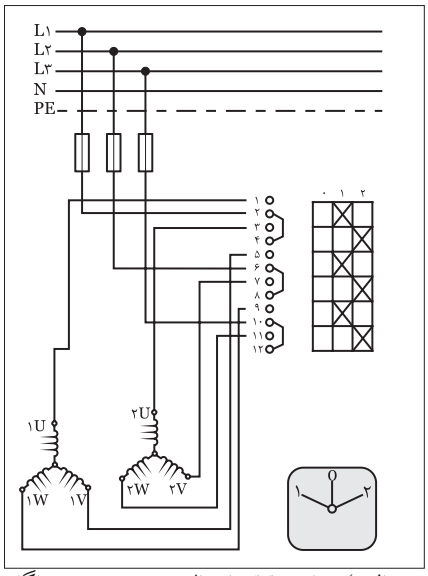
سرعت اول

L۱ ⟶ ۱U
L۲ ⟶ ۱V
L۳ ⟶ ۱W

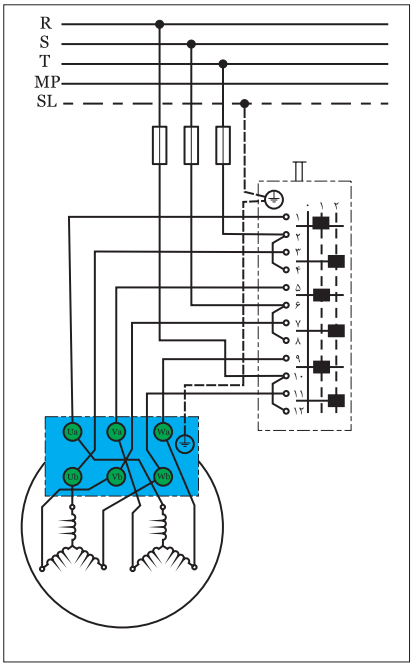
سرعت دوم

L۱ ⟶ ۲U
L۲ ⟶ ۲V
L۳ ⟶ ۲W

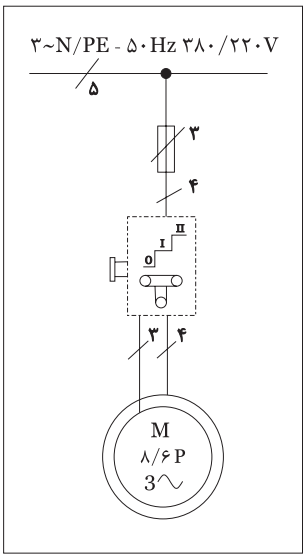
شکل ۱۷۷



الف) شمای حقیقی اتصال موتور سیم‌پیچ جداگانه دو سرعته در استاندارد IEC



ب) راه‌اندازی موتور با دو سیم‌پیچ جدا دو سرعته با اتصال ستاره در استاندارد VDE



ج) شمای فنی موتور دو سرعته با دو سیم‌پیچ جدا

شکل ۱۷۸

در شکل ۱۷۹ تصویر واقعی یک نمونه کلید زبانه‌ای موتور دو سرعته سیم‌پیچ جداگانه نشان داده شده است.

شکل ۱۷۹

کارعملی(۹)

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع

هدف: راه‌اندازی موتورسه فاز آسنکرون دو سرعته با سیم‌پیچ جداگانه

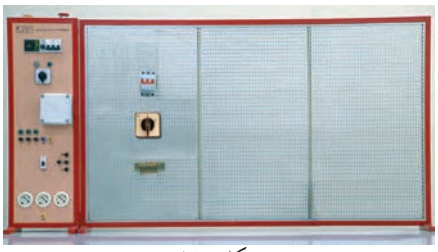
وسایل و تجهیزات موردنیاز: برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارها به همراه وسایل معرفی شده در جدول زیر استفاده کنید.

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

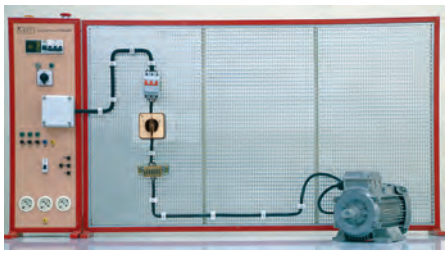
اجرای هر کار عملی نیاز به تئوری هایی در ارتباط با عملیات کارگاهی دارد. در هر کار عملی متناسب با نیاز ، مدت زمانی به آن اختصاص می یابد. این زمان عملاً جزء ساعات کار عملی محسوب شده است.

مراحل اجرای کار

- مطابق الگوهای داده شده در مجموعه کارهای قبلی ابتدا فیوز سپس کلید و در خاتمه ترمینال را روی تابلو نصب نموده و با بهره‌گیری از نقشه اتصال کلید مدار مورد نظر را وصل کنید.
- سه فاز L_1، L_2، L_3 را به داخل کلید وصل و ضمناً پیچ‌های ۱U ، ۱V، ۱W و ۲U، ۲V ، ۲W تخته کلم موتور را به پیچ‌های هم نام آنها در کلید اتصال دهید.
- فیوز مینیاتوری مدار را وصل کرده و ابتدا کلید را در حالت ۱ و سپس در حالت ۲ قرار داده و وضعیت کارکرد موتور را مشاهده کنید.
- کلید را در حالت O قرار داده و فیوز را نیز قطع (حالت O) کنید.
- مشخصات وسایل بکار رفته در مدار را در جدول ۱۹ بنویسید.



شکل ۱۸۰



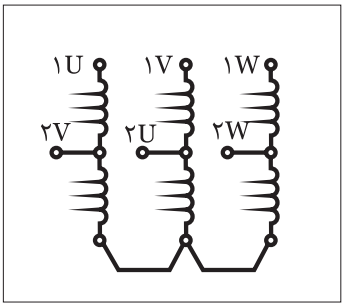
شکل ۱۸۱

جدول ۱۹

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

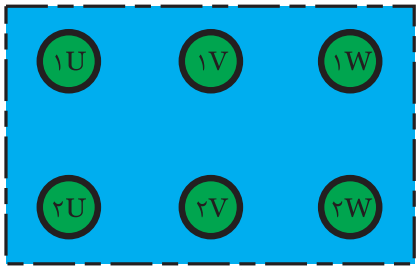
کلید زبانه‌ای موتور سه فاز دو سرعته دالاندر

موتور سه فاز دالاندر یک موتور سه فاز دو سرعته‌ای است که نسبت سرعت‌های آنها $\frac{1}{2}$ است . یعنی سرعت کم این موتورها نصف سرعت زیاد آنها است . در این موتورها برای رسیدن به مهم از سه گروه کلاف که دارای سر سیم‌هایی از نصف کلاف نیز هستند استفاده می‌شود. در شکل ۱۸۲ کلاف‌های یک موتور سه فاز والاندر را به همراه حروف اختصاری سر کلاف‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱۸۲

سر سیم‌های موتور دالاندر روی تخته کلم موتور به‌صورت شکل ۱۸۳ است. حروف بکار رفته به‌همراه رقم(۱) مربوط به دور کند و حروف با رقم (۲) نشان داده شده است.

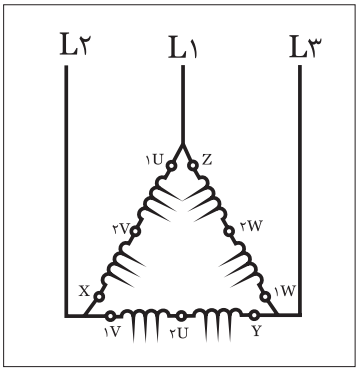


شکل ۱۸۳

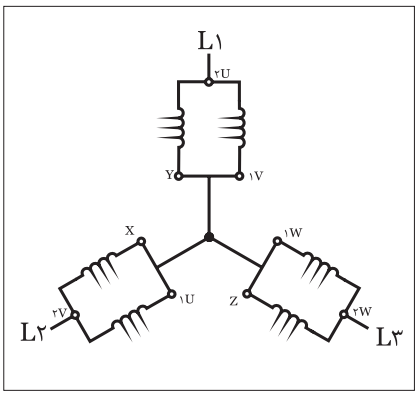
در موتورهای والاندر از یک گروه کلاف برای دو منظور استفاده شده و نحوه اتصال آن شرایط خاصی دارد.

شکل ۱۸۴ چگونگی اتصال کلاف‌های موتور دالاندر در شرایط دور کند که تحت عنوان " اتصال مثلث سری " معروف است را نشان می‌دهد.

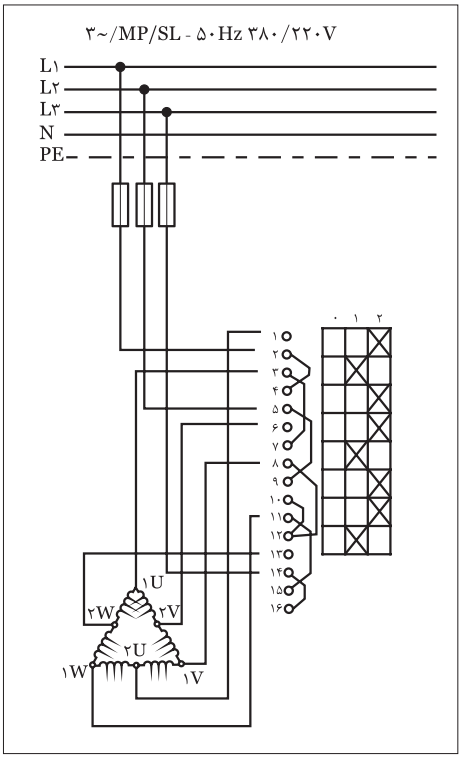
نحوه اتصال کلاف‌های موتور دالاندر در شرایط دور تند که بنام " اتصال ستاره موازی " یا " ستاره دوبل " معروف است را در شکل ۱۸۵ مشاهده می‌نمائید.



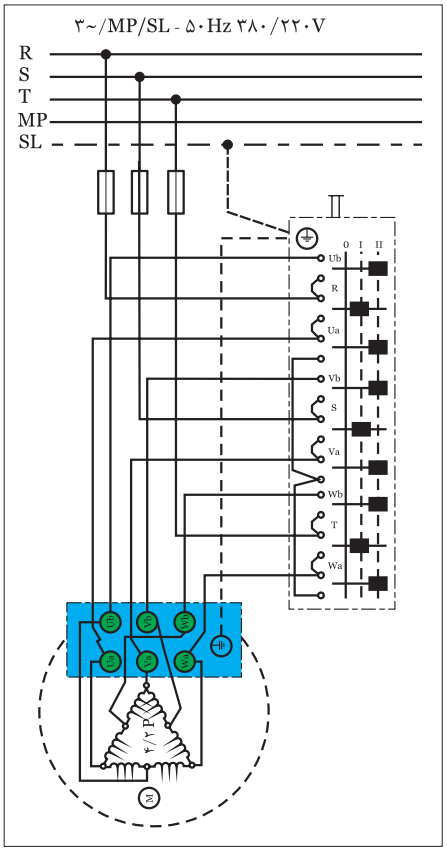
شکل ۱۸۴



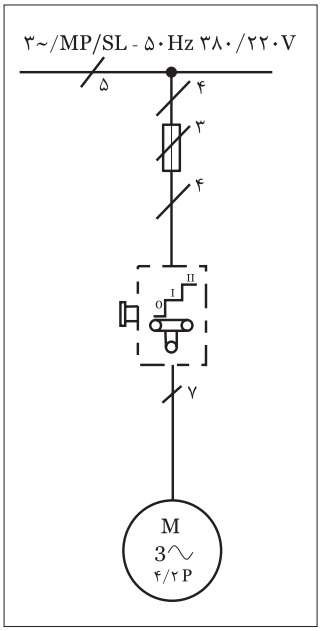
شکل ۱۸۵



الف) شمای حقیقی مدار دالاندر در استاندارد IEC



ب) شمای فنی مدار دالاندر در استاندارد VDE



ج)شمای حقیقی مدار دالاندر در استاندارد VDE

شکل ۱۸۶

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع

کارعملی(۱۰)

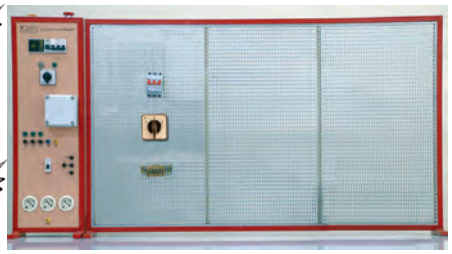
هدف: راه‌اندازی موتورسه فاز آسنکرون دو سرعته دالاندر

وسایل و تجهیزات موردنیاز: برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارها به همراه وسایل معرفی شده در جدول زیر استفاده کنید.

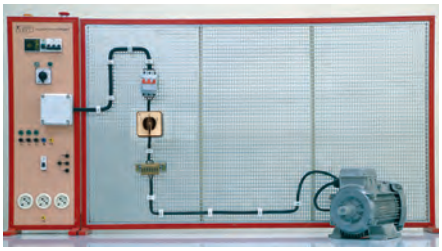
نام وسایل و ابزار	حرف مشخصه	تعداد
	M۱	۱ عدد
	Q۱	۱ عدد
	F۱	۱ عدد

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

مراحل اجرای کار



شکل ۱۸۷



شکل ۱۸۸

- مطابق الگوهای داده شـده در مجموعه کارهای قبلی ابتدا فیوز سپس کلید و در خاتمه ترمینال را روی تابلو نصب نموده و با بهره‌گیری از نقشـه اتصال کلید مدار مورد نظر را وصل کنید.
- سـه فـاز L۱، L۲، L۳را به داخل کلید وصل و ضمنـاً پیچ‌های ۱U ، ۱V، ۱W و۲U،۲V ، ۲Wتخته کلم موتور را به پیچ‌های هم نام آنها در کلید اتصال دهید.
- فیـوز مینیاتوری مدار را وصل کرده و ابتدا کلید را در حالت ۱ و سـپس در حالت ۲ قرار داده و وضعیت کارکرد موتور را مشاهده کنید.
- کلید را در حالت O قرار داده و فیوز را نیز قطع (حالت O) کنید.
- مشخصات وسایل بکار رفته در مدار را در جدول (۲۰) بنویسید.

جدول ۲۰

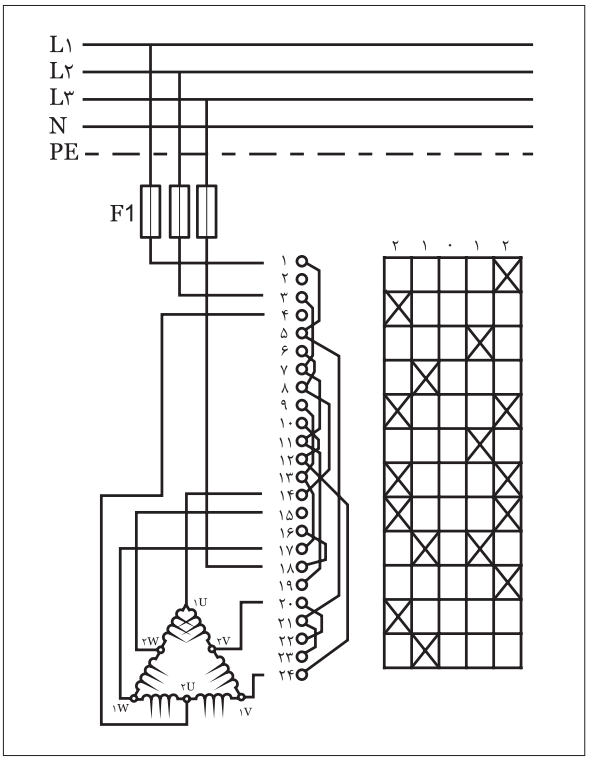
ردیف	نام وسیله یا قطعه	مشخصات
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		

کلید زبانه‌ای دالاندر چپ‌گرد – راست‌گرد

در مباحث گذشـته با اصول کار و همچنین نحوه عملکرد دالاندر و همچنین کلید چپ‌گرد – راست‌گرد به‌صورت مستقل آشنا شده‌اید.

در گذشـته بـرای اینکـه یـک موتـور دالانـدر به‌صـورت چپ‌گـرد یا راست‌گرد نیز کار کند از این دو کلید به‌صورت مستقل و دنبال هم (به‌صورت سـری) اسـتفاده می‌شـد. اما در حال حاضر که کلیدهای دالانـدر چپ‌گرد–راسـت‌گرد موجود می‌باشـد ضرورتی برای وصل مدار به آن صورت نیسـت.

در شکل ۱۸۹ نقشه کلید دالاندر چپ‌گرد– راست‌گرد را مشاهده می‌کنید. همانگونه که مشاهده می‌کنید این کلید دارای ۵ حالت می‌باشد.



شکل ۱۸۹

دو وضعیت دور کند و دور تند در حالت راست گرد (حالت ۱) و دو وضعیت کند و تند در حالت چپ گرد (حالت ۲)و یک حالت خاموش (حالت ۰) در بین این دو حالت است.

حالت راست‌گرد (۱)	
دور تند	**دور کند**
L۱ ⟶ ۲U L۲ ⟶ ۲V L۳ ⟶ ۲W	L۱ ⟶ ۱U L۲ ⟶ ۱V L۳ ⟶ ۱W
۱U ۱V ۱W } به یکدیگر وصل می‌شوند.	۲U ۲V ۲W } باز هستند

شکل ۱۹۰

حالت چپ‌گرد (۲)	
دور تند	**دور کند**
L ⟶ ۲U L ⟶ ۲V L ⟶ ۲W	L ⟶ ۱U L ⟶ ۱V L ⟶ ۱W
۱U ۱V ۱W } به یکدیگر وصل می‌شوند.	۲U ۲V ۲W } باز هستند

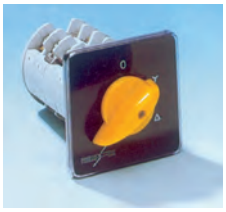
شکل ۱۹۱

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع

کار عملی (۱۱)

هدف: راه‌اندازی موتورسه فاز آسنکرون دو سرعته دالاندربه صورت چپ گرد- راست گرد

وسایل و تجهیزات مورد نیاز: برای اجرای کارهای عملی از جدول ابزارها به همراه وسایل معرفی شده در جدول زیر استفاده کنید.

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

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

مراحل اجرای کار

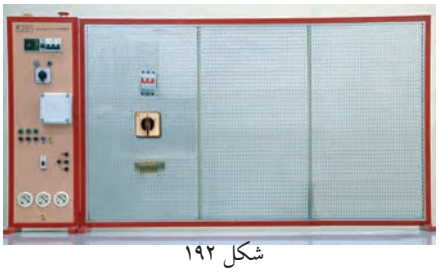
مطابق الگوهای داده شده در مجموعه کارهای قبلی ابتدا فیوز سپس کلید و در خاتمه ترمینال را روی تابلو نصب نموده و با بهره‌گیری از نقشه اتصال کلید مدار مورد نظر را وصل کنید.

سه فاز L۱، L۲، L۳را به داخل کلید وصل و ضمناً پیچ‌های ۱U ، ۱V، ۱W و۲U،۲V ، ۲Wتخته کلم موتور را به پیچ‌های هم نام آنها در کلید اتصال دهید.

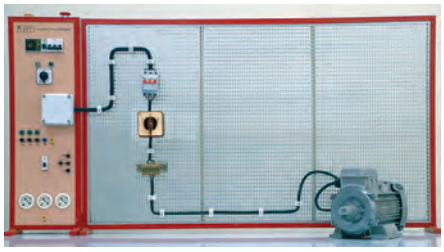
فیوز مینیاتوری مدار را وصل کرده و ابتدا کلید را در حالت ۱ و سپس در حالت ۲ قرار داده و وضعیت کارکرد موتور را مشاهده کنید.

کلید را در حالتO قرار داده و فیوز را نیز قطع (حالت O) کنید.

مشخصات وسایل بکار رفته در مدار را در جدول ۲۱ بنویسید.



شکل ۱۹۲



شکل ۱۹۳

جدول ۲۱

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

مشخصه‌های کلیدهای دستی

امروزه در کنار نقشه حقیقی کلیدها یا کاتالوگ‌ها و حتی روی قاب و بدنه آنها از یکسری علایم که نشان دهنده کاربرد و نحوه عملکرد آن می‌باشد استفاده می‌شود. جدول ۲۲ تصویری از چند نمونه کلید به همراه زمینه کاربردی آنها را نشان می‌دهد.

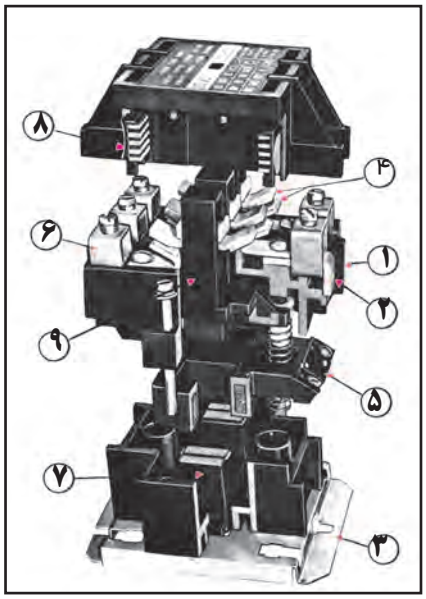
جدول ۲۲

نام کلید	
قطع و وصل ساده (۱-۰)	
معکوس کننده جهت گردش موتور (چپ‌گرد، راست‌گرد) (۲ - ۰ - ۱)	
ستاره- مثلث (Δ - ⅄ - ۰)	
ستاره - مثلث، چپ‌گرد، راست‌گرد (Δ- ⅄ - o - ⅄ - Δ)	
چند سرعته (۲ - ۱ - دو سرعته) و (۳ - ۲ - ۱ - سه سرعته)	
راه‌اندازی موتورهای تک فاز	
انتخاب کننده فاز (برای دستگاه‌هایی اندازه‌گیری - مانند کلید ولت‌متر)	

آشنایی با کنتاکتور، شستی استپ و استارت

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 یا هسته مغناطیسی تشکیل می‌شود. هسته 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 بدنه کنتاکتور تعدادی ترمینال و کنتاکت به طور ثابت قرار می‌گیرد. بر روی هسته متحرک نیز تعدادی تیغه نصب می‌شود. این تیغه‌ها می‌توانند کنتاکت‌ها را وصل یا قطع کنند.



شکل ۱۹۴

مشخصات کنتاکتور

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

۲ــ ترمینال

۳ــ صفحه فلزی انتهایی برای نصب قسمت‌های ثابت روی آن

۴ــ کنتاکت‌های ثابت و متحرک (این کنتاکت‌ها باید در یک خط قرار گرفته و از پوشش اکسید نقره به‌منظور بالا بردن ضریب اطمینان در مقابل کار زیاد، در روی آن‌ها استفاده شود.)

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

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

۷ــ سیستم هسته آهنی ثابت و متحرک

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

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

طرز کار کنتاکتور

وقتی بوبین کنتاکتور تحریک یعنی به ولتاژ نامی وصل شود، هسته 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 هسته متحرک قرار دارند فشرده شده و آماده می‌مانند تا هنگام قطع تغذیه بوبین قسمت متحرک را به جای اول خود باز می‌گردانند. درنتیجه ارتباط الکتریکی بین کنتاکت‌های ثابت با جابه‌جا شدن کنتاکت‌های متحرک قطع یا مجدداً وصل می‌شود.

شکل ۱۹۴ تصویر یک کنتاکتور را به همراه اجزای تشکیل دهنده آن نشان می‌دهد.

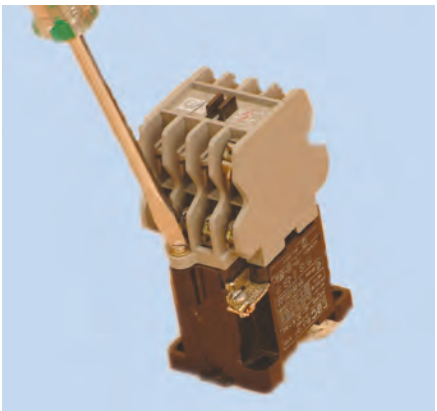
در شکل‌های ۱۹۵ و ۱۹۶ مراحل باز کردن یک مدل کنتاکتور را مشاهده می‌کنید.

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.

در شکل ۱۹۷ قسمت‌های متحرک هسته کنتاکتور را مشاهده می‌کنید.

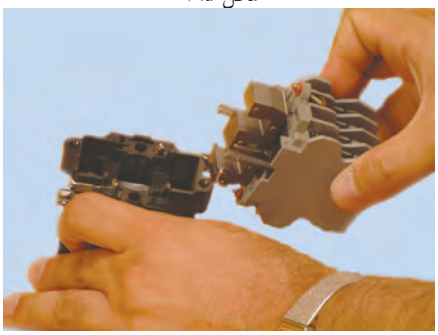
شکل ۱۹۸ اجزای کنتاکتور باز شده را نشان می‌دهد.

۱ - NO - Normally Open
۲ - NC - Normally Close

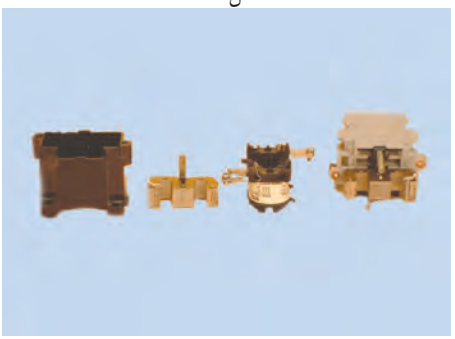


شکل ۱۹۵

شکل ۱۹۶



شکل ۱۹۷

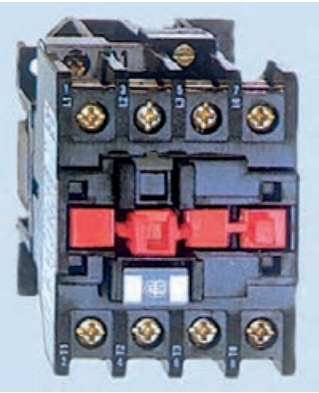


شکل ۱۹۸

شکل‌های ۱۹۹ و ۲۰۰ تصویر چند نمونه کنتاکتور را نشان می‌دهد. بوبین کنتاکتورها برای تغذیه با ولتاژ متناوب (AC) و ولتاژ مستقیم (DC) ساخته شده‌اند. در صورت تغذیه 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.

شکل ۱۹۹



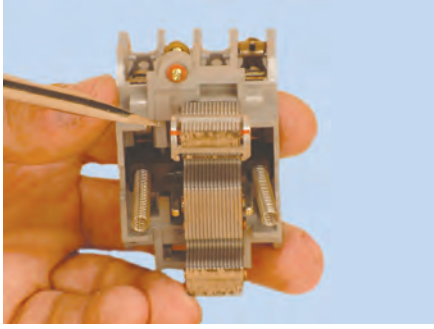
شکل ۲۰۰

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 حلقه اتصال کوتاه استفاده می‌کنند. دراثر 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 تعبیه حلقه اتصال کوتاه در کف قطب هسته نیست ولی پس از وصل باید یک مقاومت با بوبین سری شود تا از سوختن آن جلوگیری کند.

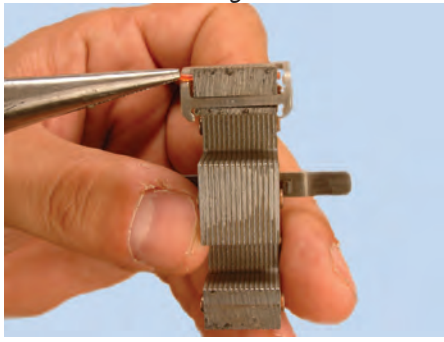
در شکل‌های ۲۰۱ و ۲۰۲ چگونگی قرار گرفتن حلقه‌های اتصال کوتاه روی هسته ثابت و متحرک کنتاکتور مشاهده می‌کنید.

شکل‌های ۲۰۳ و ۲۰۴ نحوه خارج کردن حلقه اتصال کوتاه از هسته را نشان می‌دهد.

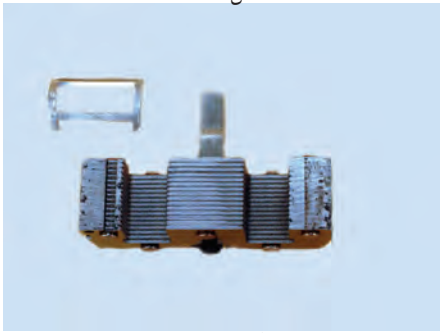


شکل ۲۰۱

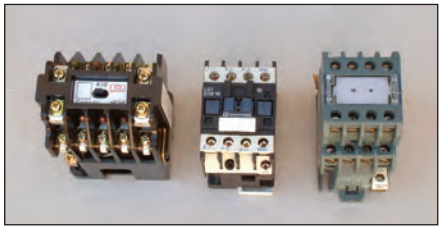
شکل ۲۰۲



شکل ۲۰۳



شکل ۲۰۴



شکل ۲۰۵

مزایای استفاده از کنتاکتورها نسبت به کلیدها

- قابلیت تعداد دفعات قطع و وصل زیاد (عمر مکانیکی زیاد)
- امکان صدور فرمان از چند محل
- داشتن قابلیت طراحی مدارهای فرمان اتوماتیک
- بالابودن سرعت قطع و وصل
- جلوگیری از راه‌اندازی ناخواسته دستگاه‌ها پس از قطع برق
- امکان کنترل از راه دور
- تفکیک مدار فرمان از مدار جریان‌رسان به مصرف‌کننده (مدار قدرت)
- داشتن درجه ایمنی بیش‌تر

شکل ۲۰۵ سه مدل مختلف کنتاکتور را نشان می‌دهد.

پلاک مشخصات کنتاکتور: بر روی بدنه کنتاکتورها یک سری مشخصات به‌صورت برچسب یا به‌صورت کلیشه نوشته می‌شود. نمونه‌هایی از این‌ها در شکل‌های ۲۰۶، ۲۰۷ و ۲۰۸ 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 (Ue): 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 می کند یا به‌عبارتی ولتاژ تغذیه بوبین کنتاکتور را گویند.

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

جریان مجاز ($I_{th۲}$): جریان مجــازی که کنتاکتــور می‌تواند تحمل کند به‌طوری که در زمان نامحدود و بدون قطع و وصل کار کند.

جریان مجاز ($I_{th۱}$): جریان مجاز عبوری از کنتاکتور به‌ازای یک بار قطع و وصل در هفته را گویند.

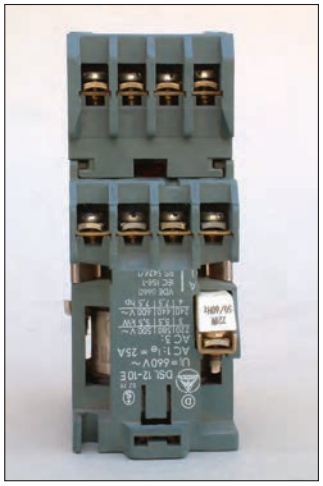
جریان مجاز (I_{th}): جریان مجاز عبــوری از کنتاکتور برای یک بار قطع و وصل در یک شیفت کاری است.

طول عمر: در کلیدها طول عمر مکانیکی بر مبنای تعداد دفعات قطع و وصل آن‌ها بیان می‌شــود. به همین منظور از یک حــرف و یک عدد به‌عنوان ضریب استفاده می‌شود. جدول ۲۳ حروف اختصاری و مفهوم هریک را نشان می‌دهد. مثلاً D۳ به معنی طول عمری برابر ۳ مرتبه قطع و وصل است.

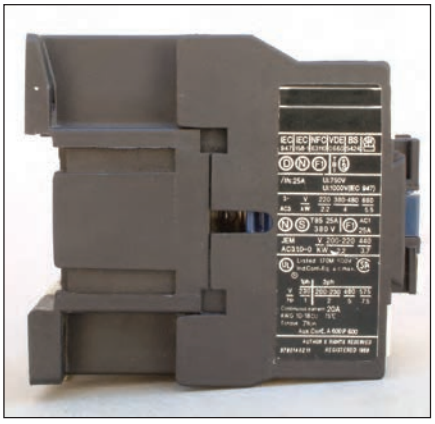
جدول ۲۳

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

طبقه‌بندی کاربرد کنتاکتورها: در انتخاب یــک کنتاکتور علاوه‌بر جریان نامی، جریان راه‌اندازی، نوع جریان و نوع مصرف کننده به اســتحکام پلاتین‌ها نیز می‌بایست توجه داشت. شکل‌های ۲۰۹ و ۲۱۰ تصاویر نمونه‌های مختلفی از پلاتین کنتاکتورها با جریان‌های قابل تحمل مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۲۰۶



شکل ۲۰۷

شکل ۲۰۸

شکل ۲۰۹

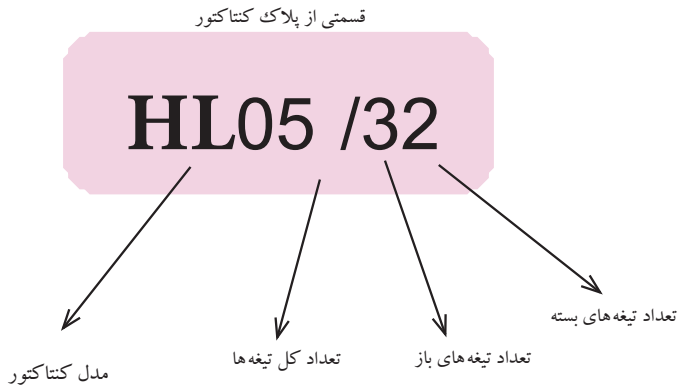
شکل ۲۱۰

جدول ۲۴ طبقه‌بندی کاربردی کنتاکتور با توجه به نوع جریان آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲۴

نوع جریان	علامت طبقه‌بندی		مثال برای مورد استفاده
جریان متناوب	AC1		بار غیراندوکتیو ــ بار با اندوکتیویته ضعیف ــ گرم کن برقی
	AC2	راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور سیم پیچی	بدون ترمز جریان مخالف
	AC2'		با ترمز جریان مخالف
	AC3	راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور قفسی	قطع موتور در هنگام کار
	AC4		برای تعداد دفعات قطع و وصل زیاد با فواصل زمانی کم ــ ترمز با جریان مخالف ــ تغییر جهت موتور در حال کار
	AC11	کنتاکتور کمکی	کوپل مغناطیسی
جریان مستقیم	DC1		بار غیراندوکتیو ــ بار با اندوکتیویته ضعیف ــ گرم کن برقی
	DC2	راه‌اندازی موتور شنت	قطع موتور در هنگام کار
	DC3		برای تعداد دفعات قطع و وصل زیاد با فواصل زمانی کم ــ ترمز با جریان مخالف ــ 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 ــ ترمز با جریان مخالف ــ تغییر جهت موتور در حال کار
	DC11	کنتاکتور کمکی	کوپل مغناطیسی

تعداد تیغه‌های کنتاکتور: تعداد تیغه‌ها معمولاً به کمک دو عدد که به واسطه 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 نشان‌دهنده تعداد تیغه‌های باز و عدد یکان نشان‌دهنده تعداد تیغه‌های بسته است (شکل ۲۱۱).



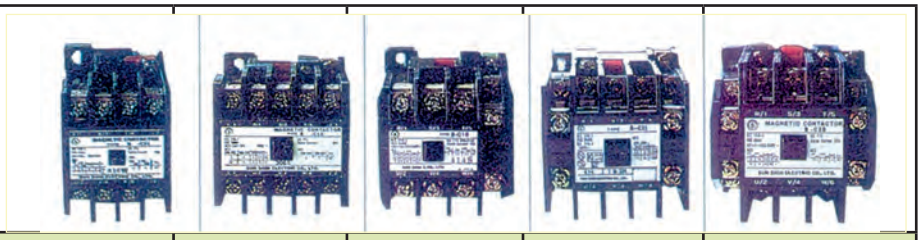
شکل ۲۱۱

نُرم (استاندارد) کنتاکتور: ساخت کنتاکتورها براساس استاندارد مشخص صورت می پذیرد از جمله این استانداردهای مهم می توان به موارد جدول ۲۵ اشاره کرد.

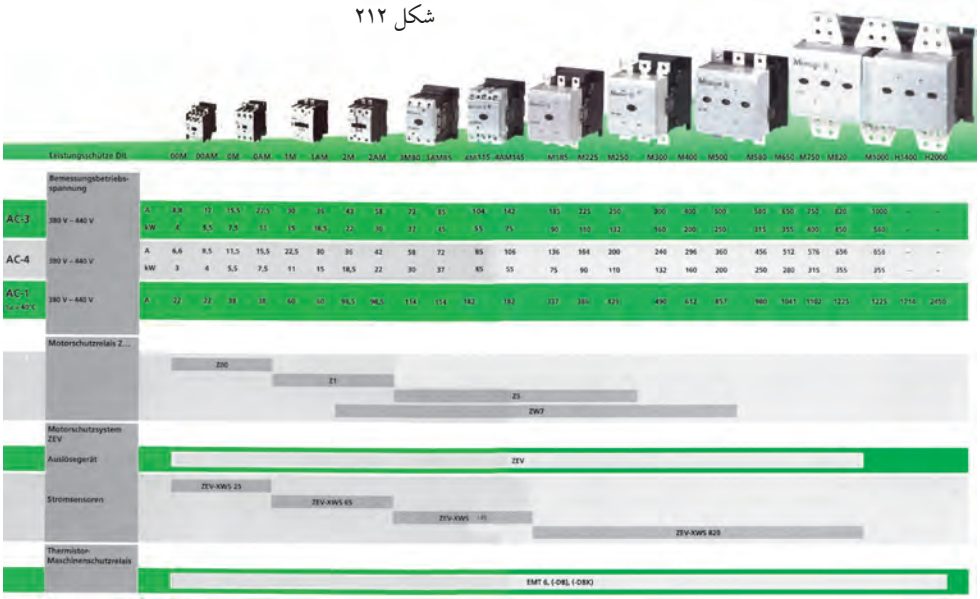
کنتاکتورها دارای مشخصات دیگری نیز هستند که اغلب در کاتالوگ مشخصات آن ها ارائه می شود. در شکل های ۲۱۲ و ۲۱۳ دو نمونه جدول مشخصات کنتاکتورهایی از کارخانجات مختلف ارائه شده است.

جدول ۲۵

نرم آلمانی	VDE- DIN
نرم فرانسوی	UTE-NF
نرم انگلیسی	B.S
نرم کانادایی	G.S.A
نرم کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک	I.E.C

TYPE C TRIPLE POLE BLOCK CONTACTORS						
تعداد تیغه های اصلی		3	3	3	3	3
تعداد تیغه های 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 & 1th.	20A	20A	25A	32A	50A
	AC-3 Ie	12A	12A	16A	22A	35A
	220V	9A	9A	12A	20A	32A
	440V 550V	7A	7A	8.5A	17A	24A
		0.29	0.32	0.32	0.56	0.95

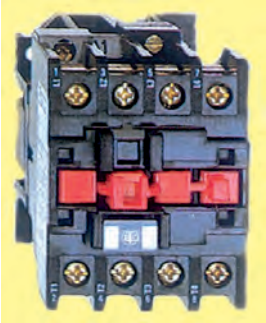
شکل ۲۱۲



شکل ۲۱۳

توضیح:

برخی مواقع تعداد کنتاکت‌های باز و بسته موجود روی کنتاکتور مورد نظر برای اتصال مدار به اندازه 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 ۲۱۴ و ۲۱۵ کنتاکتورهای مخصوصی که روی آن‌ها اهرم‌های قفل‌شدن وجود دارد و مجموعه تیغه‌های کمکی را نشان می‌دهد.



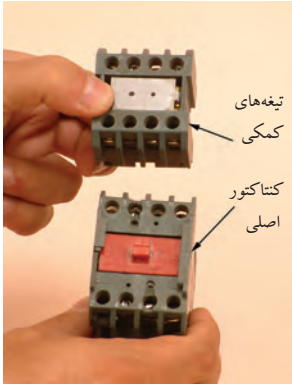
شکل ۲۱۴

شکل ۲۱۵

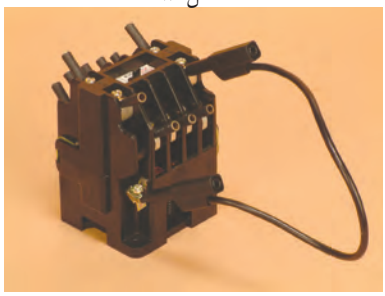
شکل ۲۱۶ نحوه قرار دادن تیغه‌های کمکی (کنتاکتور کمکی) بر روی کنتاکتور اصلی را نشان می‌دهد.

برای جلوگیری از استهلاک و خرابی پیچ‌های کنتاکتورها از فیش‌های ثابتی که قابلیت نصب در زیر پیچ‌های کنتاکتور را دارند می‌توان استفاده کرد.(شکل ۲۱۷).

برای انتخاب کنتاکتور مناسب جهت راه‌اندازی موتور سه‌فاز روتور قفس می‌بایست علاوه‌بر جدول ۲۴ به موارد دیگری مانند ولتاژ، فرکانس کار و قدرت موتور توجه شود. جدول ۲۶ یک نمونه جدول انتخاب کنتاکتور را نشان می‌دهد. در این جدول به ازای توان‌های مختلف در شبکه سه‌فاز کنتاکتورهای گوناگونی توصیه شده است.نوع آن‌ها را با توجه به راهنمای سمت چپ جدول می‌توان تشخیص داد.



شکل ۲۱۶



شکل ۲۱۷

جدول ۲۶ــ انتخاب کنتاکتور برای موتورهای روتور قفسی

کیلو وات		اسب		جریان سه فاز ۵۰-۶۰ سیکل				
حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	۲۰۰ولت	۳۸۰ولت	۴۴۰ولت	۵۰۰ولت	۶۶۰ولت
۰/۱	۲/۲	۰/۱۳	۳					
۲/۳	۳	۳/۱	۴					
۳/۱	۴	۴/۱	۵/۵					
۴/۱	۵/۵	۵/۶	۷/۵					
۵/۶	۷/۵	۷/۶	۱۰					
۷/۶	۹	۱۰/۱	۱۲/۵					
۹/۱	۱۰	۱۲/۶	۱۳/۵					
۱۰/۱	۱۱	۱۳/۶	۱۵					
۱۱/۱	۱۵	۱۵/۱	۲۰					
۱۵/۱	۱۸/۵	۲۰/۱	۲۵					
۱۸/۶	۲۲	۲۵/۱	۳۰					
۲۲/۶	۲۵	۳۰/۱	۳۵					
۲۵/۱	۳۰	۳۵/۱	۴۰					
۳۰/۱	۳۳	۴۰/۱	۴۵					
۳۳/۱	۳۷	۴۵/۱	۵۰					

شماره فنی کنتاکتور

LCI D09	
LCI D12	
LCI D16	
LCI D25	
LCI D40	
LCI D63	

قابل قطع در حالت کار عادی (3 AC) ۲۵۰۰۰۰۰ مرتبه قطع و وصل
با تأیید
IEC 158 UTE-NF C63110 VDE 0660

شستی استپ و استارت

در مدارهای صنعتی برای فرستادن فرمان قطع و وصل به کنتاکتورها، از شستی استفاده می شود. شستی ها کلیدهای لحظه ای هستند. با فشار بر آن ها کنتاکت هایی وصل یا قطع می شوند.

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

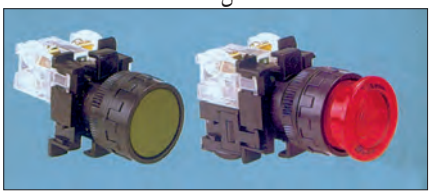
شکل ۲۱۸ تصویری از چند نمونه شستی استپ و استارت را نشان می دهد.

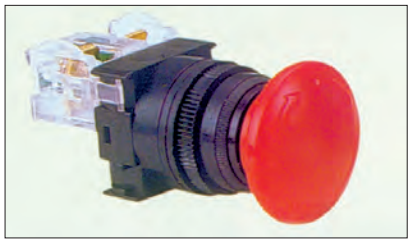
شکل ۲۱۹ نمونه هایی از شستی های فقط استپ ، فقط استارت و دوبل را نشان می دهد.اصطلاحاً در بازار این نوع شستی ها به " نوع قارچی " معروف هستند.

شستی های استپ و استارت را به ترتیب با حروف «OFF» و «ON» یا «O» و « » نیز نشان می دهند. برخی موارد این شستی ها در مجموعه هایی بسته بندی شده و به صورت یک قاب وجود دارند.در شکل ۲۲۰ نمونه هایی از این شستی ها را نشان می دهد.

در برخی موارد بر روی شستی ها از اصطلاحات یا علائم خاصی همچون UP (بالا)، Down (پایین)، FORWARD (جلو) و REVERS (عقب) استفاده می شود (شکل ۲۲۱).

شکل ۲۱۸

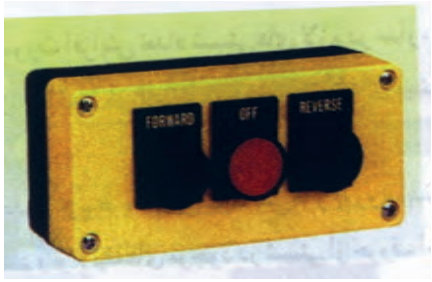




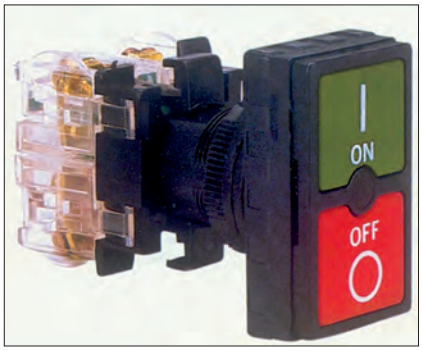
شکل ۲۱۹

همچنین دریک سری از شستی ها از علائم (فلش هایی) به صورت ↖ ↗ ↑↓ ← → برای نشان دادن وضعیت و چگونگی حرکت موتور و جهت های مختلف استفاده می شود.

شستی های استپ و استارت دو خانه یا بیش تر و حتی به صورت غیرساکن (آویز) نیز وجود دارند که بیشتر در کارخانجات و برای موارد متحرک همچون جرثقیل های سقفی کاربرد دارند. شکل ۲۲۱ نمونه هایی از این شستی ها را نشان می دهد.



شکل ۲۲۱



شکل ۲۲۰

در کنـــار حروف و یا اعدادی که برای بیان شـــرایط کاری شســـتی ها به کار می روند از شستی های رنگی مختلف برای نشان دادن وضعیت کاری نیز استفاده می شود. شکل ۲۲۲ یک نمونه از جدول کاتالوگ شستی ها رانشان می دهد.

در صورت افزایش تعداد شستی های لازم در مدار، می توان مطابق شکل ۲۲۳ از قاب هایی با تعداد خانه های بیشتر نیز استفاده کرد.

شکل ۲۲۴

شکل ۲۲۳

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

شکل ۲۲۲

در جدول مربوط به کاتالوگ شستی ها و یا روی بدنه آن ها برای بیان تعداد و نوع تیغه های موجود در شستی از حروف اختصاری به همراه یک عدد استفاده می شود که مفهوم آن چنین است.

۱NC ــ یک تیغه بسته

۱NO ــ یک تیغه باز

۱NC+۱NO ــ یک تیغه باز و یک تیغه بسته

شکل ۲۲۵ ضمن نمایش شستی های مختلف این مطلب را بیان می کند.

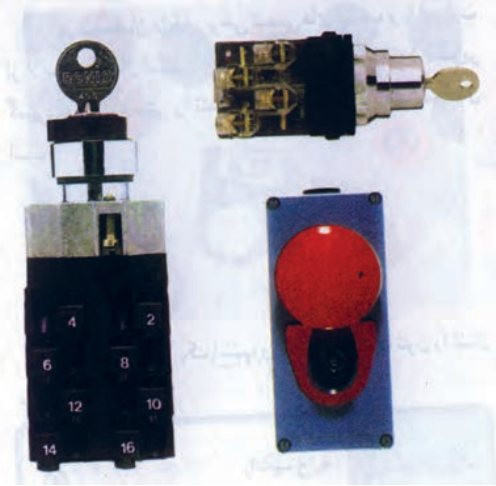
کد، نوع و تعداد تیغه‌ها	رنگ	نوع
CA-P1 (INO) CA-P2 (INC) CA-P11 (INO+INC)	● ● ●	
CA-PF1 (INO) CA-PF2 (INC) CA-PF11 (INO+INC)	● ● ●	
CA-PM1 (INO) CA-PM2 (INC) CA-PM11 (INO+INC)	●	
CA-PL1 (INO) CA-PL2 (INC) CA-PL11 (INO+INC)	●	
CA-PLM1 (INO) CA-PLM11 (INO+INC)	● ●	

شکل ۲۲۵

کلید سوئیچ

کلیدهای قفل شونده (کلید سوئیچ ها) از نظر ساختمان داخلی، شبیه شستی ها هستند با این تفاوت که آن ها را می توان توسط یک سوئیچ قفل کرد.

برای وصل مجدد نیاز به قرار دادن سوئیچ و باز کردن قفل است. از این کلیدها زمانی استفاده می شود که بخواهیم درجه حفاظت را افزایش دهیم. در شکل ۲۲۶ نمونه هایی از این نوع کلیدها را از نمای روبه رو و کنار نشان داده شده است.



شکل ۲۲۶

لامپ سیگنال

لامپ سیگنال یا لامپ خبر در مدارهای فرمان برای نشان دادن وضعیت های کاری و یا خاموش بودن مصرف کننده های برق دار و یا بدون برق بودن تابلوها و نیز دیده شدن شستی ها استفاده می شود.

این لامپ ها در توان های کم ۱ تا ۵ وات و در رنگ های مختلف (سبز، قرمز، نارنجی و ...) و معمولاً از نوع گازی ساخته می شوند. گاز این لامپ ها اغلب نئون است. ولتاژ کار برخی از لامپ های سیگنال، کم می باشد.

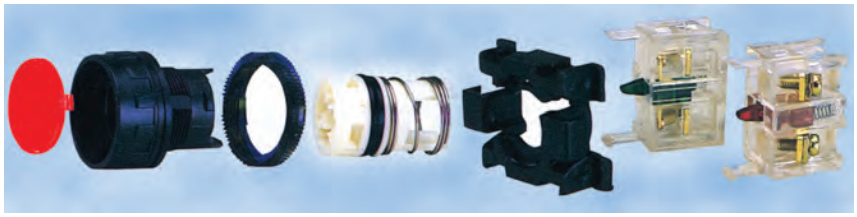
در چنین مواردی در پشت آن ها از یک ترانسفورماتور کاهنده کوچک استفاده شده است.

شکل ۲۲۷ نمونه های مختلفی از لامپ های سیگنال را نشان می دهد.

رنگ	مشخصات و کاربرد	مدل و شکل ظاهری
	Direct Supply inculuded Bulb Lamp Holder E-10 Neon blub 110v- 440 V	
	Direct Supply inculuded Bulb Lamp Holder BA-9S Neon blub 110v- 440 V	
	Trasformers Type Bulb ۶ V E- 100. 15 W	

شکل ۲۲۷

در ســاختمان داخلی برخی شســتی های استپ و یا استارت از لامپ سیگنال اســتفاده شده است.شکل ۲۲۸ تصویر گســترده یک شستی را نشان می دهد که دارای لامپ سیگنال است.



شکل ۲۲۸

شکل ۲۲۹ یک استپ و استارت با لامپ نئون را نشان می دهد.

در شستی های لامپ دار از لامپ های نئون ۲۲۰ ولتی و یا ولتاژ پایین، به ندرت اســتفاده می شــود. معمولاً از لامپ های ۱۳۰ ولتی با یک مقاومت سری با آن، یا یک لامپ ۶ ولت که در داخل آن ترانسفورماتوری قرار گرفته استفاده می شود.

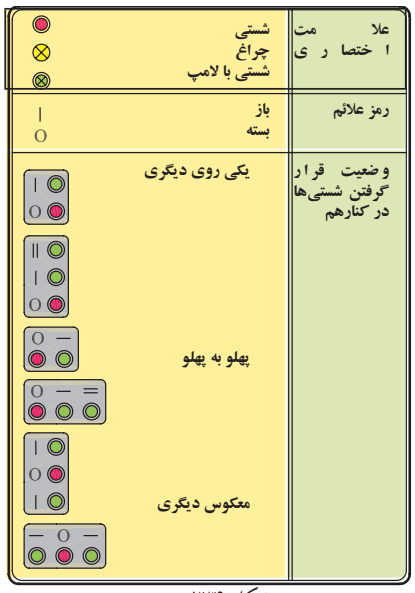
قــدرت لامپ های ۶ ولتی، ۲ وات و قدرت لامپ های ۱۳۰ ولتی، حدود ۳ تا ۵ وات است.

شکل های ۲۳۰، ۲۳۱ و ۲۳۲ مدارهای داخلی این گونه شستی ها را نشان می دهد.

در شستی هایی که فاقد لامپ سیگنال هستند برای بیان مفهوم یا علامتی خاص، از نشانه های پلاستیکی مطابق شکل ۲۳۳ استفاده می شود.

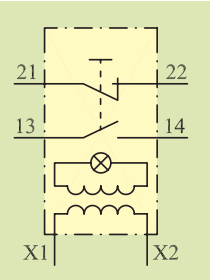
چگونگی قرار گرفتن و تعیین رنگ تجهیزات کنترل و نمایش‌دهنده‌ها

تجهیزات کنترل کننده (شســتی ها) و نمایش دهنده ها (لامپ های سیگنال) در قالب یکی از شــرایط نشــان داده شده در شــکل ۲۳۴ در مدارها به کار می روند.

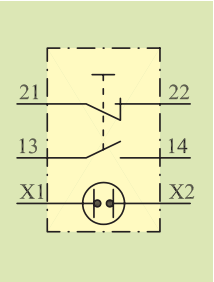


شکل ۲۳۴

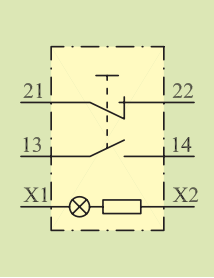
شکل ۲۲۹



شکل ۲۳۰ــ لامپ‌های ۶ ولتی (با ترانسفورماتور)



شکل ۲۳۱ــ لامپ‌های نئون ولتاژ پایین و یا ۲۲۰ ولتی



شکل ۲۳۲ــ لامپ‌های ۱۳۰ ولتی

شکل ۲۳۳

برای تعیین رنگ شســتی های فشــاری، خبردهنده های لامپی و شستی های لامپ‌دار به جدول ۲۷ توجه کنید.

جدول ۲۷

رنگ شستی‌های فشاری		
فرمان		رنگ
استارت، روشن		سبز
شستی کوچک: ایست، خاموش شستی بزرگ: خاموش ــ 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 هیچ کدام از رنگ‌های بالا برای آن صادق نیست		آبی
رنگ‌های شستی های لامپ‌دار		
کار شستن	معنی شستی‌های لامپ‌دار	رنگ
استارت ماشین	آزاد بودن استارت به کار با روشن شدن شستی	سبز
شروع به کار واحدی از ماشین	ماشین در حال کار	سفید
ایست (خاموش- اضطراری نیست)	از شستی های لامپ‌دارقرمز صرف نظر 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

آشنایی با رله‌های حرارتی و مغناطیسی

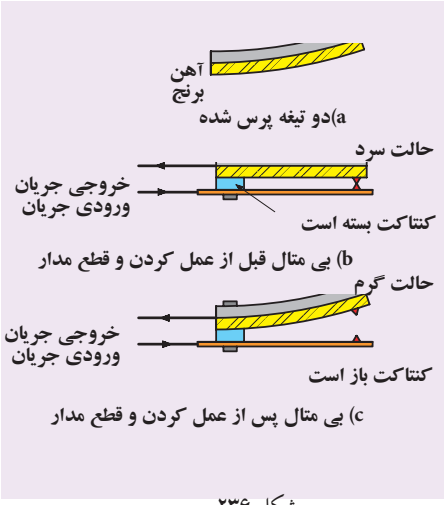
رله حرارتی

برای حفاظت موتورهای الکتریکی در مقابل اضافه بار (بار زیاد) از رله‌های حرارتی استفاده می‌شود. در شکل ۲۳۵ چند نمونه از این نوع رله‌ها را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۳۵

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

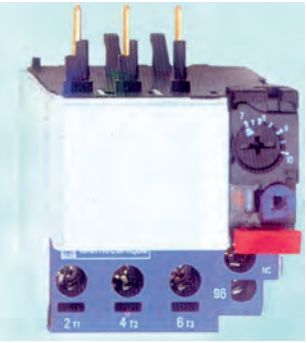
همان‌طور که در شکل ۲۳۶ مشاهده می‌شود در ساختمان داخلی آن‌ها از دو فلز آهن و برنج که بر روی هم پرس شده و به‌صورت یکپارچه دیده می‌شوند استفاده شده است.



شکل ۲۳۶

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 تیغه 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.

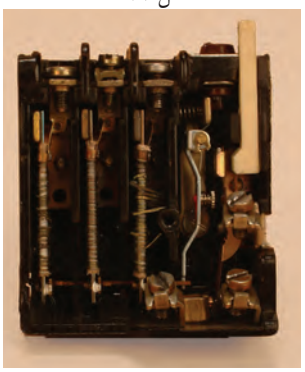


شکل ۲۳۷

تیغه‌های مدار قدرت با 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 ۲۳۷ مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۳۸ اجزای داخلی یک رله حرارتی (بی‌متال) را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳۸

۱ – در قسمت ۳۲-۱ در باره آن بحث می‌شود.

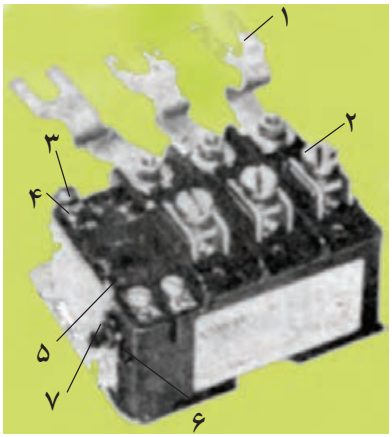
شکل ۲۳۹ اجزای خارجی و محل های اتصال آن به مدار را نشان می دهد.

در شکل ۲۴۰ علامت اختصاری بی متال در استانداردهای قدیم و جدید نشان داده شده است.

بر روی بدنه بی متال ها، مشخصات الکتریکی و شماره ترمینال های ورودی و خروجی مدار فرمان و قدرت نوشته می شود. به کمک آن ها می توان به محدوده جریان نوع مصرف کننده و شماره ترمینال ها پی برد و آن ها را شناسایی کرده در شکل های ۲۴۱ و ۲۴۲ تصویر مشخصات دو نمونه از بی متال ها مشاهده می شود.

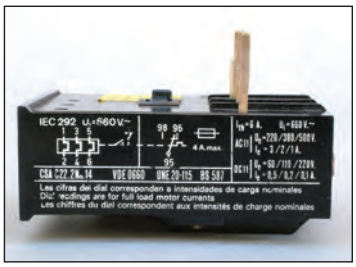
ورودی بی متال به صورت میله هایی است که در زیر پیچ های کنتاکتور قرار می گیرند.خروجی آن نیز به صورت ترمینال هایی است که به وسیله سیم از آن انشعاب می گیریم.

شکل ۲۴۳ـ الف و ۲۴۳ـ ب نحوه قرار دادن بی متال در زیر پیچ های کنتاکتور را نشان می دهد.

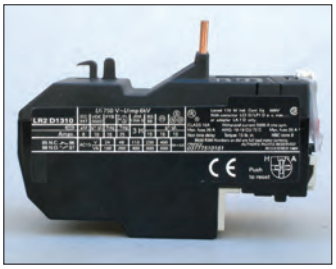


شکل ۲۳۹ـ اجزای ظاهری بی متال

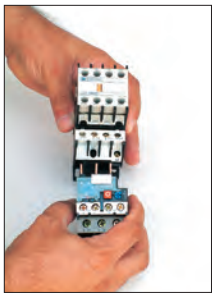
۱ـ اتصالی به کنتاکتور
۲ـ اتصالی به موتور
۳ـ ترمینال مشترک مدار فرمان
۴ـ پیچ تنظیم جریان
۵ ـ ترمینال باز و بسته مدار فرمان
۶ ـ پیچ تغییر وضعیت
۷ـ دکمه اتصال مجدد



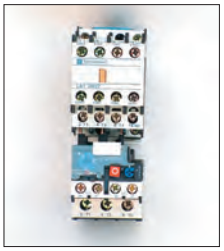
شکل ۲۴۱



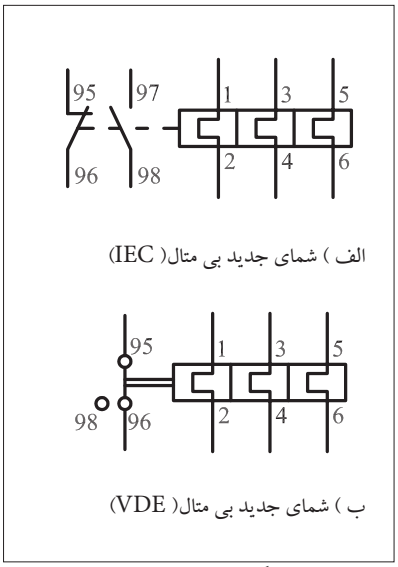
شکل ۲۴۲



شکل ۲۴۳ - الف



شکل ۲۴۳ - ب

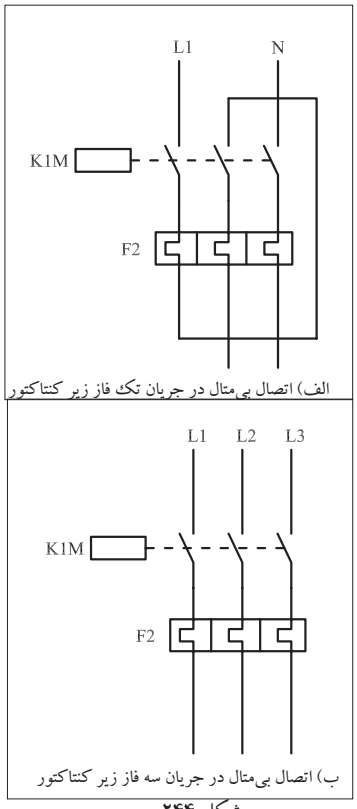


شکل ۲۴۰

شکل ۲۴۴ چگونگی اتصال رله حرارتی در مدارهای سه فاز و تک فاز را نشان می دهد.

از قسمت فرمان رله حرارتی و با کمک گرفتن از لامپ سیگنال و یا وسایل خبردهنده دیگر همچون بوق یا آژیر برای نشان دادن وضعیت قطع رله در برابر جریان اضافی (اضافه بار) استفاده می شود. شکل ۲۴۵ طراحی و طرز کار این رله ها به گونه ای است که پس از عمل کردن بلافاصله به حالت اول برنمی گردند و در همان شرایط قطع باقی می مانند تا مدار توسط فرد متخصص رفع عیب شود.

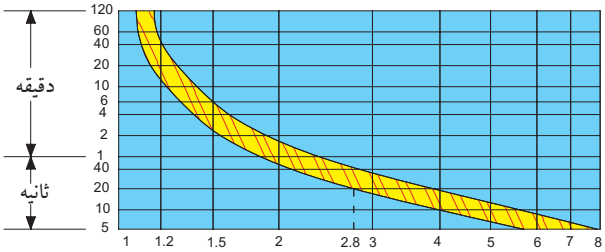
پس از برطرف شدنِ اشکال پیش آمده، برای وصل مجدد رله می‌بایست شستی مخصوص Reset (راه‌اندازی مجدد) را که معمولاً به رنگ آبی، قرمز یا سفید است فشار داد تا به حالت طبیعی (وصل) بازگردد (شکل ۲۴۶).



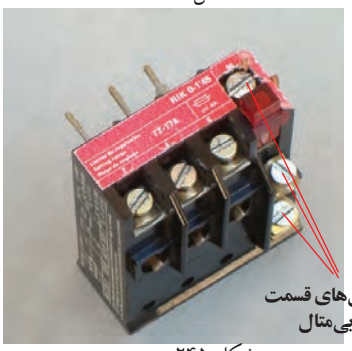
شکل ۲۴۴

مشخصات الکتریکی رله حرارتی

رله حرارتی دارای ولتاژ و جریان نامی برای اتصال به مدارهای الکتریکی است. برای تنظیم مقدار جریان قابل تحمل برای رله‌ها علاوه بر جریان نامی مصرف کننده، مدت زمان تحمل رله در مقابل جریان‌های زیاد نیز مطرح است. هر رله دارای منحنی کار جریان به ازای مدت زمان قابل تحمل خاصی است. در شکل ۲۴۷ یک نمونه آن مشاهده می‌شود.



شکل ۲۴۷ــ مثلاً اگر جریان مصرف کننده ۲.۸ برابر جریان نامی شد پس از گذشت ۲۰ثانیه رله، مدار را قطع می‌کند.

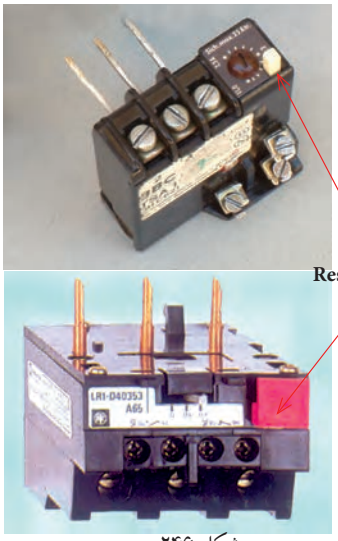


شکل ۲۴۵

جدول ۲۸ مدت زمان قطع رله حرارتی را در برابر افزایش بار مصرفی نشان می‌دهد.

جدول ۲۸

مقدار افزایش جریان بار (I_L)نسبت به جریان تنظیمی رله حرارتی	مدت زمان لازم جهت قطع رله حرارتی مناسب
$\%۰\times I_L$	مدار را قطع نکند
$\%۵\times I_L$	بیشتر از ۲ ساعت
$\%۲۰\times I_L$	کمتر از ۲ ساعت
$\%۵۰\times I_L$	کمتر از ۲ دقیقه
$\%۶۰۰\times I_L$	کمتر از ۵ ثانیه



شکل ۲۴۶

در انتخاب رله حرارتی (بی‌متالی) برای موتورهای روتور قفسی جدول‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد. در این جا دو نمونه جدول‌های ۲۹ و ۳۰ نشان داده شده است.

جدول ۲۹ــ انتخاب رله حرارتی (بی‌متال) برای موتورهای روتور قفسی

مشخصات	رله حرارتی				کامل کردن شماره فنی رله حرارتی							
قدرت فیوز برحسب متر	حدود تنظیم رله حرارتی برحسب متر				جریان سه‌فاز ۶۰ ـ ۵۰ سیکل					قدرت موتور	
	حداکثر	حداقل	اندیکس رله	اندازه	۶۶۰ ولت	۵۰۰ ولت	۴۱۵ ولت	۳۸۰ ولت	۲۲۰ ولت	اسب	کیلو وات
۰/۲۵	۰/۱۶	۰/۱	301	LR1 D09	304	305	306	306	307	۰/۵	۰/۳۷
۰/۵۰	۰/۲۵	۰/۱۶	302	LR1 D09	305	306	306	307	308	۰/۷۵	۰/۵۵
۱	۰/۴۰	۰/۲۵	303	LR1 D09	306	307	307	307	308	۱	۰/۷۵
۱	۰/۶۳	۰/۴۰	304	LR1 D09	306	307	307	308	310	۱/۵	۱/۱
۲	۱	۰/۶۳	305	LR1 D09	307	308	308	308	312	۲	۱/۵
۲	۱/۶	۱	306	LR1 D09	308	308	310	310	314	۳	۲/۲
۴	۲/۵	۱/۶	307	LR1 D09	308	310	312	312	316	۴	۳
۶	۴	۲/۵	308	LR1 D09	310	312	312	314	321	۵/۵	۴
۸	۶	۴	310	LR1 D09	312	314	316	319	322	۷/۵	۵/۵
۱۲	۸	۵/۵	312	LR1 D09	314	321	321	321	353	۱۰	۷/۵
۱۲	۱۰	۷	314	LR1 D09	316	321	321	322	355	۱۳/۵	۱۰
۱۶	۱۳	۱۰	316	LR1 D12	316	321	322	327	357	۱۵	۱۱
۲۰	۱۸	۱۳	321	LR1 D16	321	322	353	353	359	۲۰	۱۵
۲۵	۲۵	۱۸	322	LR1 D25	322	353	355	355	361	۲۵	۱۸/۵
۴۰	۳۲	۲۳	353	LR1 D40	353	355	355	357		۳۰	۲۲
۴۰	۴۰	۳۰	355	LR1 D40	353	357	357	359		۳۵	۲۵
۶۳	۵۰	۳۸	357	LR1 D63	355	357	359	361		۴۰	۳۰
۶۳	48	۵۷	359	LR1 D63	355	357	359	361		۴۵	۳۳
۶۳	۶۶	۵۷	361	LR1 D63	357	361	361			۵۰	۳۷

شماره فنی رله حرارتی

LR1 D09	
LR1 D12	
LR1 D16	
LR1 D25	
LR1 D40	
LR1 D63	

شماره فنی رله حرارتی را با افزودن ۳ شماره اندیکس کامل نماید. برای مثال؛ برای ۵/۵ کیلووات ۳۸۰ ولت LR1 – D316 - 12 نارنجی رنگ

رله‌های حرارتی مستقیماً روی کنتاکتور نصب می‌شوند.

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

مانند گرمکن‌های برقی ــ روشنایی متفرقه برای مصرف در شبکه ۶۶۰ ولت با ما مشورت فرمایید.

جدول ۳۰

ماکزیمم قدرت استاندارد برای موتورهای سه‌فاز 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 بر حسب kg	اندازه جریان و مدل فیوز aM	g1	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	25

رله مغناطیسی

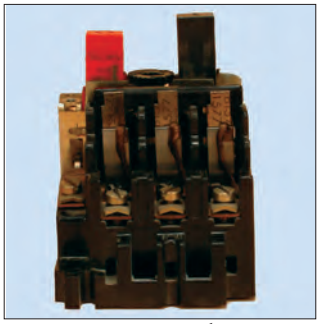
ازجمله وسایلی که مصرف کننده‌های سه فاز را در مقابل اتصال کوتاه حفاظت می کند «رله مغناطیسی» یا «کلید حفاظتی» است. شکل های ۲۴۸ و ۲۴۹ نماهای مختلفی از این رله‌ها را نشان می دهند.

در شکل ۲۵۰ اجزای داخلی یک رله مغناطیسی را مشاهده می کنید. ازجمله خصوصیات این کلیدها آن است که به هنگام بروز هرنوع خطا در مسیر هریک از فازها یا همه آن‌ها، مدار تمام فازها هم‌زمان قطع می شود. کلیدهای مغناطیسی می توانند به رله حرارتی نیز مجهز باشند.

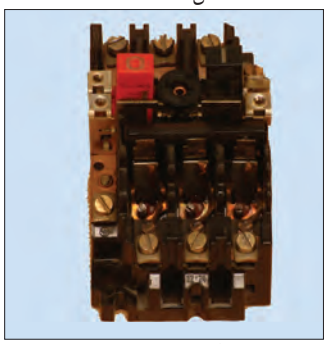
شکل ۲۵۱ تصویر یک رله مغناطیسی که مجهز به رله حرارتی نیز می باشد همراه شمای مداری آن‌را نشان می دهد. نحوه عملکرد آن به این صورت است که اگر روی یک موتور اضافه‌بار اتفاق بیافتد جریان بیش تری نسبت به جریان نامی موتور از اجزای حرارتی آن عبور می کند. درنتیجه عناصر بی‌متالی تغییر فرم می‌دهند و پس از مدتی مدار را قطع می کنند.

هرگاه اتصال کوتاهی در مدار روی دهد جریان زیادی از بوبین حفاظت کننده عبور می کند و فوران زیادی را در اطراف آن به‌وجود می آورد و در نتیجه اهرم آهنی را به‌طرف خود جذب می کند و سبب قطع کلید می‌شود.

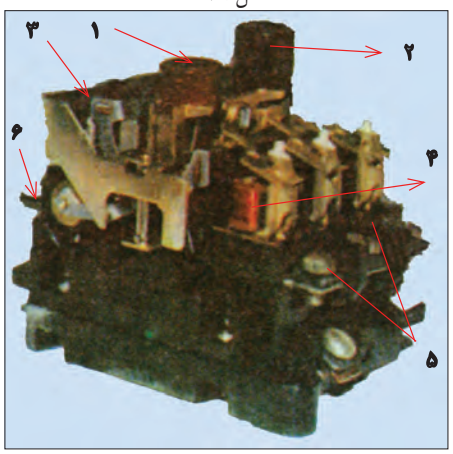
رله های مغناطیسی در رنج های استاندارد شده‌ای از میلی آمپر تا کیلوآمپر ساخته می شوند.



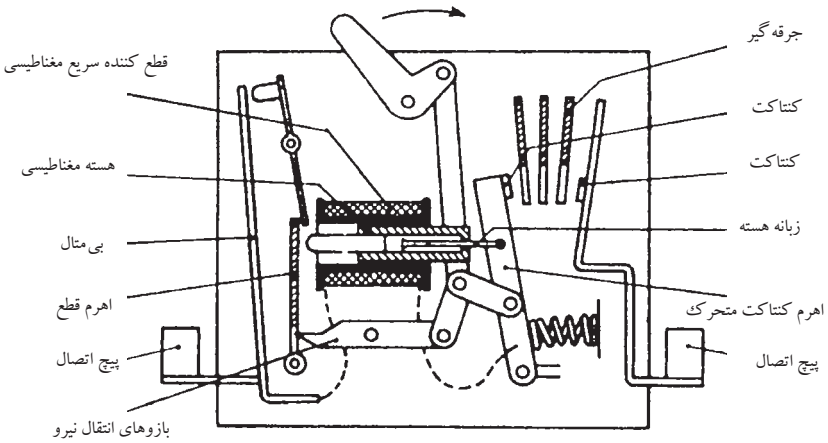
شکل ۲۴۸



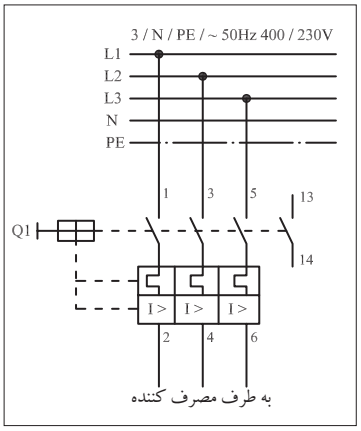
شکل ۲۴۹



شکل ۲۵۰
۱ـ دکمه قطع ۲ـ دکمه وصل
۳ـ قطع کننده حرارتی ۴ـ قطع کننده مغناطیسی
۵ ـ کنتاکت‌های ورودی ۶ ـ کنتاکت‌های خروجی

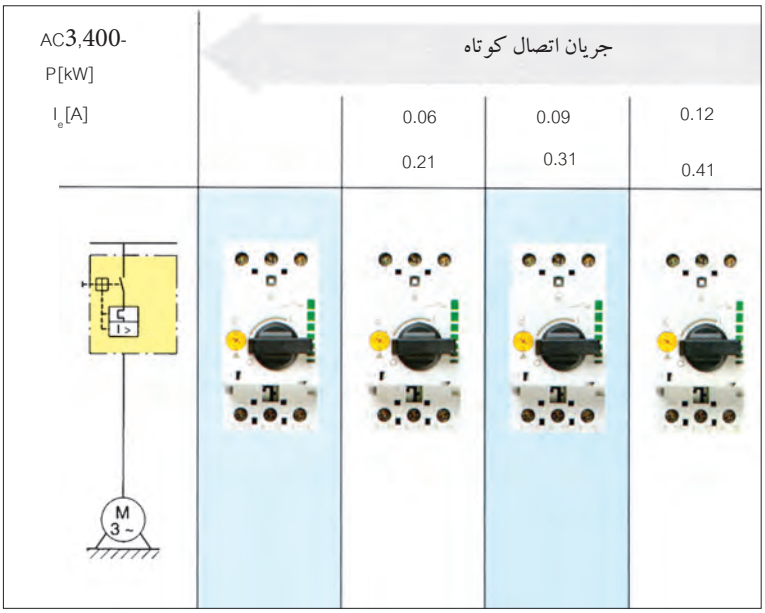


نمونه‌ای از ساختمان و طریقه عمل قطع کننده سریع و بی‌متالی در یک کلید محافظ

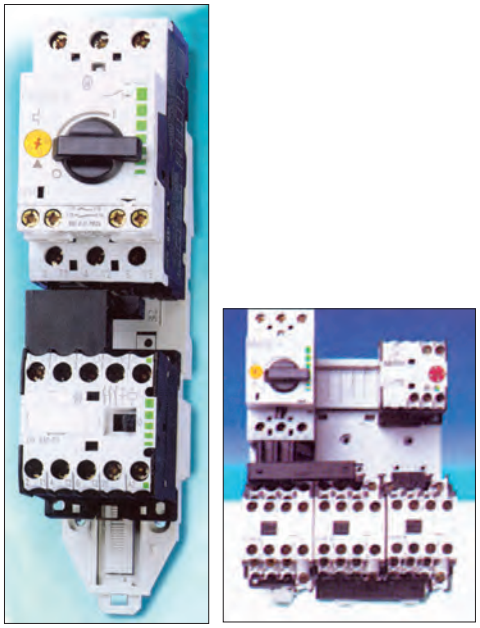


شکل ۲۵۱- شمای فنی کلید حفاظت موتور

شـــکل ۲۵۲ نمونه‌های مختلفی از این کلیدها با قدرت تحمل جریان اتصال کوتاهی معادل KA ۱۰۰ را نشان می‌دهد.



شکل ۲۵۲



شکل ۲۵۳

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

شـــکل ۲۵۳ تصاویری از این رله که در مســـیر کنتاکتورها قرار گرفته‌اند را نشان می‌دهد.

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

آشنایی با رله‌های زمانی

رله زمانی کلیدی اســـت که پس از دریافت فرمان براساس تنظیمی که روی آن صورت گرفته پس از مدت زمانی عمل می‌کند و کنتاکت‌های داخلی بسته 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.

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،

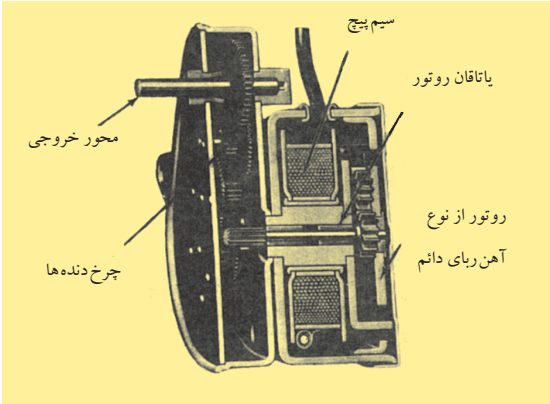
صفحه‌ای را می چرخاند.روی این صفحه زبانه‌ای قرار گرفته است. با گردش موتور پس از گذشـــت مدت زمان تنظیم شده، صفحه با کلیدی (میکروسوئیچ) برخورد می کند و در این حالت فرمان قطع و یا وصل فرستاده می شود. وضعیت تایمر تا زمانی که برق آن قطع نشـــود در همین شـــرایط باقی می ماند.در صورت قطع ولتاژ تغذیه موتور آن، صفحه زبانه‌دار توسط فنری که در زیر آن قرار گرفته به حالت اول خود باز می گردد و میکروسوئیچ آزاد می شود.در شکل ۲۵۴ نمای روبه‌رو، تایمر را مشاهده می کنید.

شـــکل ۲۵۵ نمای جانبی این نوع تایمر را به همراه جزئیات نوشـــته شده روی بدنه آن وشکل ۲۵۶ اجزای داخلی تایمر موتوری را نشان می دهد.

با چرخاندن ولومی که روی تایمر قرار دارد می توان فاصله بین زائده صفحه دوّار تا میکروسوئیچ را تغییر داده و زمان رسیدن زائده به میکروسوئیچ را به مقدار موردنظر تنظیم کرد. شکل ۲۵۷ ساختمان داخلی تایمر موتوری را نشان می دهد.

شکل ۲۵۴

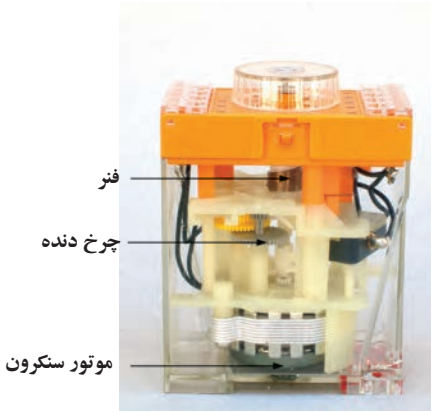
شکل ۲۵۵



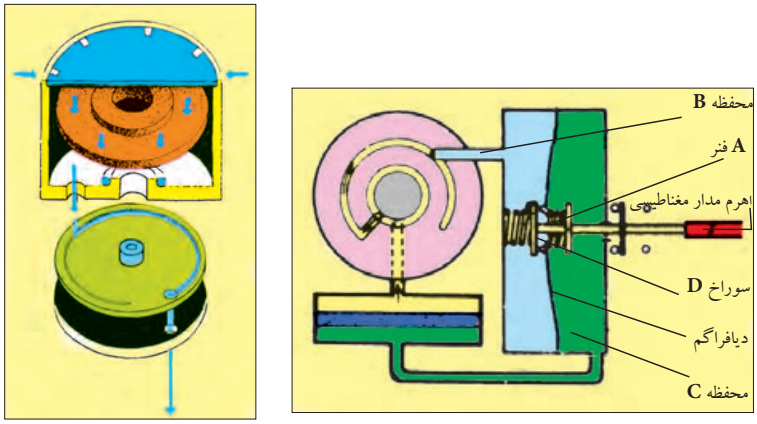
شکل ۲۵۷

تایمر بادی

ســـاختمان داخلی یک نوع از این رله ها را در شکل ۲۵۸ مشاهده می کنید.



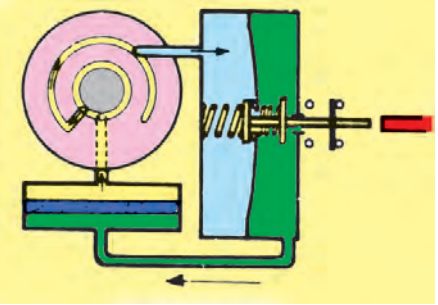
شکل ۲۵۶



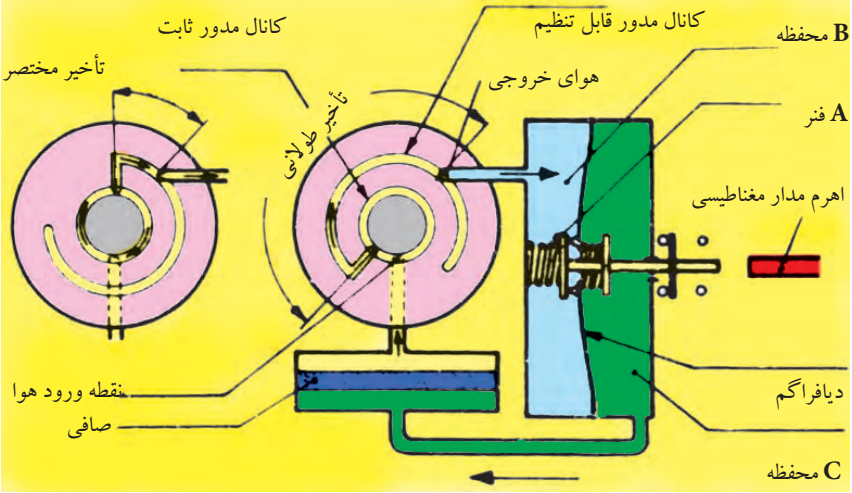
شکل ۲۵۸

قبل از تحریک رله، اهرم، مدار مغناطیسی، فنر A و دیافراگم را فشار می دهد. هوای داخل محفظه B از طریق روزنه D که به طور لحظه‌ای باز شده به محفظه C رانده می شود.

وقتی رله تحریک و اهرم مدار مغناطیسی کشیده شد. شکل ۲۵۹ فنر A دیافراگم را دفع می کند و باعث ایجاد فشار کم در محفظه B می شود. هوای محفظه C از طریق یک صافی فلزی دوباره به محفظه B وارد می شود.



شکل ۲۶۰



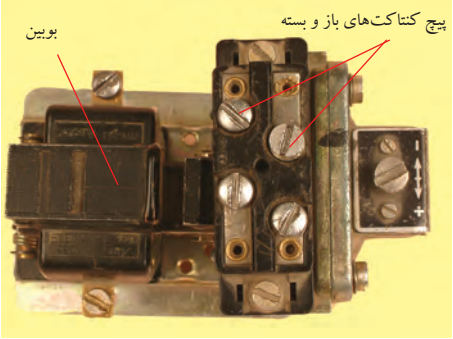
شکل ۲۵۹

نسبت جریان این هوا به وسیله یک کانال با طول متغیر بین دو صفحه، کنترل می شود. مدت زمان تایمر به وضع قرار گرفتن دو دیسک بستگی دارد. این تنظیم، توسط دکمه تنظیم در محل انتخابی قرار می گیرد.

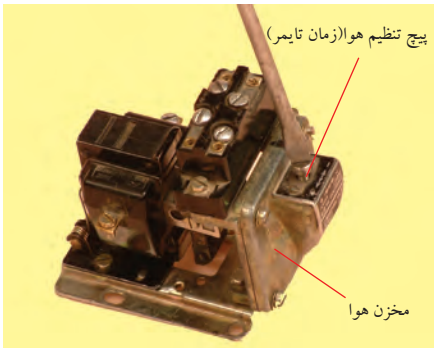
همان طور که در شکل ۲۶۰ مشاهده می شود در پایان زمان تأخیر، کنتاکت عمل می کند.

شکل دیگری از رله های بادی وجود دارد که از یک مخزن هوا، بوبین و دیافراگمی که در مقابل آن قرار گرفته است تشکیل می شود. 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 می شود. این کار تا زمانی که مخزن کاملاً پر شده و دیافراگم را به سمت خارج بفرستد ادامه می یابد (شکل ۲۶۱).

در این رله با تغییر پیچ روی مخزن هوا می توان سرعت پر شدن مخزن را کم و زیاد کرد و در فرستادن زمان تایمر، تأخیر یا سرعت به وجود آورد (شکل ۲۶۲).



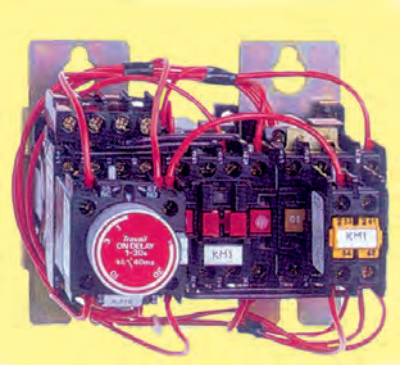
شکل ۲۶۱



شکل ۲۶۲

یک نوع تایمر بادی (پنوماتیکی) وجود دارد که می توان بر روی کنتاکتورها نصب کرد چرا که محور آن ها با محور هسته قفل شده و در صورت جذب هسته تایمر کشیده شده و هوا را به داخل می کشد. با چرخاندن ولوم روی تایمرها می توان سرعت پر شدن مخزن هوای آن ها را تنظیم کرد. شکل ۲۶۳ـ الف تصویر ظاهری تایمر بادی و شکل ۲۶۳ـ ب تصویر نصب شده تایمر بادی روی کنتاکتور را نشان می دهد.

الف) تایمر پنوماتیکی



ب) تایمر پنوماتیکی نصب شده روی کنتاکتور

شکل ۲۶۳

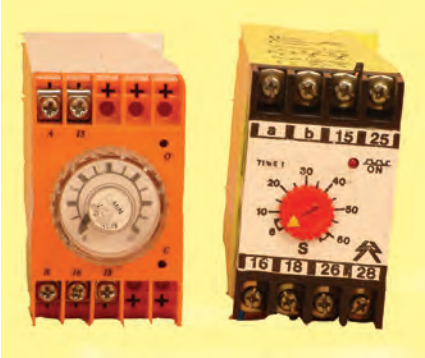
تایمر الکترونیکی

این تایمر مشابه دیگر تایمرها دارای یک کنتاکت باز و یک کنتاکت بسته است. ساختمان داخلی آن ها از قطعات الکترونیکی همچون ترانزیستور و آی سی تشکیل می شود. اساس کار و مبنای نگه داشتن زمان در این تایمرها، زمان شارژ خازن ها است.

شکل ۲۶۴ نمای ظاهری و شکل ۲۶۵ نمای اجزای داخلی این تایمرها را نشان می دهد.

با تغییر مقدار مقاومت و یا خازن، می توان مدت زمان شارژ و یا دشارژ خازن را افزایش یا کاهش داد. در تایمرهای الکترونیکی نیز با چرخاندن ولوم تنظیم زمان درواقع مقدار مقاومت اهمی و یا ظرفیت خازن تغییر می کند.

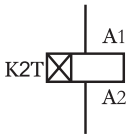
وضعیت و شماره تیغه های تایمر الکترونیکی بر روی بدنه آن نوشته می شود. در شکل ۲۶۶ دو نمونه از این نوع را مشاهده می کنید.



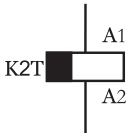
شکل ۲۶۴- نمای ظاهری تایمر

در شکل کلی رله های زمانی (تایمرها) را به دو دسته کلی زیر می توان تقسیم کرد.

I . با تأخیر در وصل



II . با تأخیر در قطع



شکل ۲۶۵ـ نمای داخلی تایمر

شکل ۲۶۶

درتمامی تایمر ها لحظه شروع زمان سنجی آنها از لحظه وصل جریان به بوبین آغاز می شود .

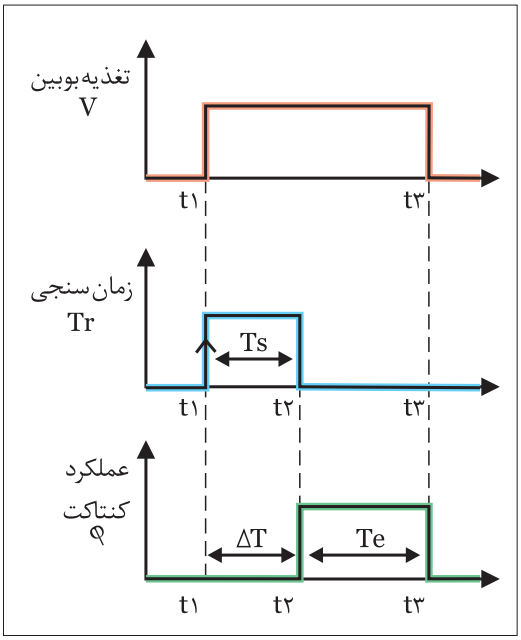
اصطلاحات تاخیر در وصل و تاخیر در قطع نشان دهنده نحوه عملکرد کنتاکت در آنها می باشد .

• در تایمر های با تاخیر در وصل با اتصال تغذیه بوبین زمان سنجی آنها آغاز

می شــود و پس از اتمام زمان تنظیمی کنتاکت تایمر عمل کرده و خروجی آن فعال می شــود . این وضعیت وصل تا زمانی که برق تایمر وصل باشــد باقی خواهد ماند. لذا برای اســتفاده مجدد از تایمرها لازم اســت تا برق بوبین تایمر راقطع کنیم چرا که در این صورت کنتاکت به حالت اولیه خود باز می گردد.

شــکل ۲۶۷ نمودار زمانی نحوه عملکرد این نوع تایمرها را نشــان می دهد .

همانگونه که در شکل مشخص است یک تاخیر زمانی (ΔT) بین لحظه وصل تغذیــه بوبین (t۱)تا در لحظه وصل کنتاکت تایمر (t۲) وجود دارد. لذا به همین دلیل است که به آن تایمر با تاخیر در وصل گویند .



شکل ۲۶۷

t۱ - لحظه وصل جریان به بوبین تایمر و لحظه شروع زمان‌سنجی

t۲ - لحظه پایان زمان‌سنجی و لحظه عملکرد کنتاکت(set)

t۳– لحظه قطع جریان بوبین تایمر و لحظه عملکرد کنتاکت(reset)

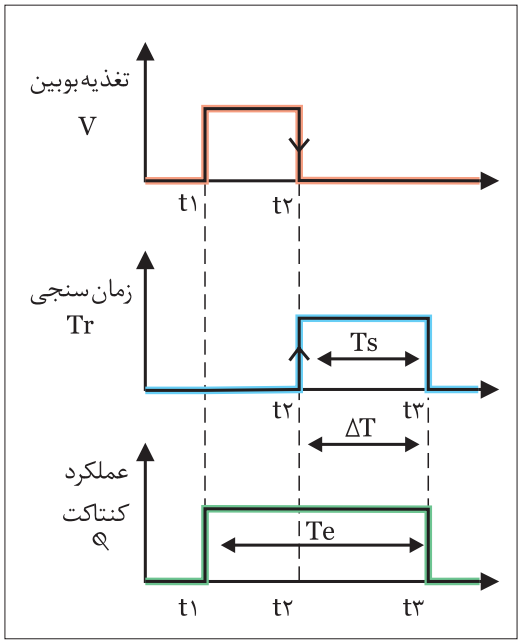
Ts – مدت زمان تنظیمی تایمر

Te- مدت زمان عملکرد تایمر

ΔT - مدت زمان تاخیر در وصل (فاصله بین زمان وصل تغذیه بوبین تا وصل کنتاکت تایمر)

در تایمــر های با تاخیر در قطع با اتصال تغذیــه بوبین ،کنتاکت تایمر عمل کرده و در همان شــرایط باقی می‌ماند . در این گونه تایمرها زمان سنجی تایمر از لحظــه قطــع جریان بوبین تایمر آغاز می شــود . پس از اتمــام زمان تنظیمی کنتاکت تایمر عمل کرده و قطع می شــود در ایــن حالت تایمر آماده دریافت راه‌اندازی مجدد است شکل ۲۶۸ نمودار زمانی نحوه عملکرد این نوع تایمرها را نشان می‌دهد.

همان گونه که در شکل مشخص است یک تاخیر زمانی (ΔT) بین لحظه قطع تغذیه بوبین تایمر (t۲) تا لحظه قطع کنتاکت تایمر (t۲)وجود دارد. لذا به همین دلیل است که به آن تایمر با تاخیر در قطع گویند.



شکل ۲۶۸

t۱ - لحظه وصل جریان بوبین تایمر و لحظه عملکرد کنتاکت (set)

t۲ – لحظه قطع جریان بوبین تایمر و لحظه شروع زمان‌سنجی

t۳ – لحظه پایان زمان سنجی و لحظه قطع جریان بوبین کنتاکتور

Ts- مدت زمان تنظیمی تایمر

Te- مدت زمان عملکرد تایمر

ΔT–مدت زمان تاخیر در قطع (فاصله بین قطع تغذیه بوبین تا قطع کنتاکت تایمر)

آشنایی با انواع لیمیت سوئیچ ها[1] و فلوترسوئیچ ها[2]

لیمیت سوئیچ

لیمیت سوئیچ یک کلید فشاری است که فرمان مکانیکی محرک آن معمولاً عاملی غیر از دست می باشد. بر همین اساس چون از این نوع کلیدها در موارد مختلفی می توان استفاده کرد در ساخت آن ها نیز تنوع زیادی را می توان مشاهده کرد. ساختمان داخلی آن از دو یا چند کنتاکت هم محور باز و بسته تشکیل شده است.

در شکل ۲۶۹ تصاویری از انواع لیمیت سوئیچ ها را مشاهده می کنید. از این کلیدها جهت محدود کردن حرکت دستگاه های متحرک در مسیرهای خطی یا دورانی استفاده می شود. ازجمله آن ها می توان مسیر جرثقیل های سقفی، درب آسانسورها و نوارهای نقاله را نام برد.

اصطلاحاً به لیمیت سوئیچ های کوچک «میکروسوئیچ» نیز گفته می شود.

شکل ۲۷۰ تصاویری از انواع لیمیت سوئیچ ها در اندازه کوچک تر را نشان می دهد.

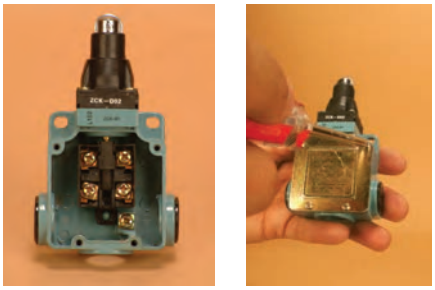
علامت اختصاری میکروسوئیچ در استاندارد IEC به صورت شکل ۲۷۱ است.

شکل ۲۶۹

شکل ۲۷۰

شکل ۲۷۱

شکل ۲۷۲ نحوه باز کردن یک نوع لیمیت سوئیچ را به همراه پیچ های مربوط به کنتاکت باز و بسته نشان می دهد.



شکل ۲۷۲

فلوترسوئیچ

ازجمله کلیدهای فشاری که در زمینه کنترل و محدود کردن سطح مایعات در داخل مخازن و یا چاه های آب و فاضلاب به کار می رود «فلوترسوئیچ ها» هستند. ساختمان داخلی این کلیدها مشابه لیمیت سوئیچ ها از یک کنتاکت باز و یک کنتاکت بسته تشکیل می شود. این سوئیچ کنترل کننده ها به صورت های مکانیکی و الکترونیکی ساخته می شوند.

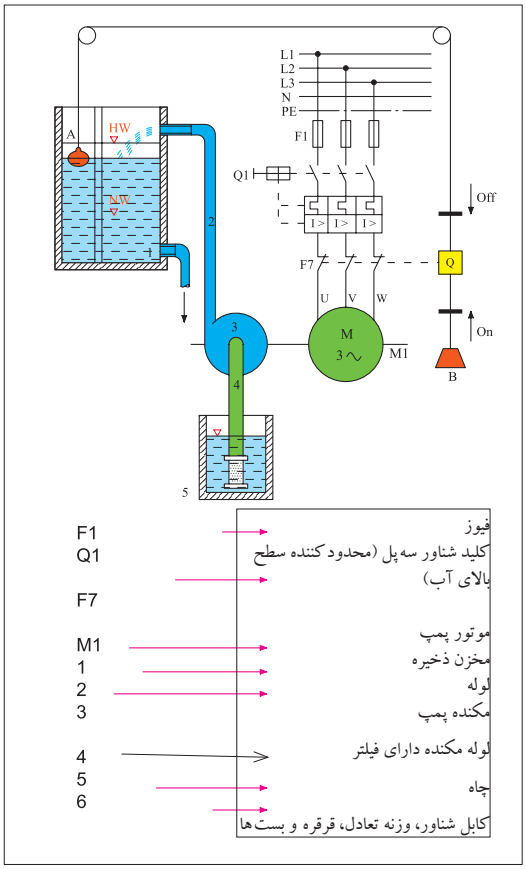
برای تشخیص بالا و پایین بودن سطح مایع در محل موردنظر از شناورهای پلاستیکی و یا سنسورهای نوری نوع الکترونیکی استفاده می شود.

۱ــ Limit Switch
۲ــ Flowter Switch

شکل ۲۷۳ یک مدل آن نشان داده شده است.

در نوع پلاستیکی که فرمان به‌صورت مکانیکی فرستاده می‌شود از دو محفظه پلاستیکی به‌عنوان وزنه‌هایی روی سطح آب و خارج از مخزن استفاده می‌شود. مثلاً در شکل ۲۷۴ اگر بخواهیم آب خارج شده از چاه را به‌طور غیرمستقیم و اتوماتیک تحت کنترل درآوریم از طریق یک نخ، وزنه‌ای را خارج از مخزن B و وزنه دیگری روی آب داخل مخزن A قرار می‌گیرد. بدین ترتیب وقتی میزان آب در مخزن کم شود شناور داخل مخزن در سطح پایین‌تری قرار می‌گیرد و در نتیجه از طریق تیغه وصل شده، فرمان وصل برای موتور فرستاده می‌شود و درصورت پر شدن مخزن، شناور داخل مخزن به سمت بالا می‌آید و موجب می‌شود تا تیغه فلوتر قطع و موتور خاموش می‌شود.

شکل ۲۷۳



شکل ۲۷۴

(الف)

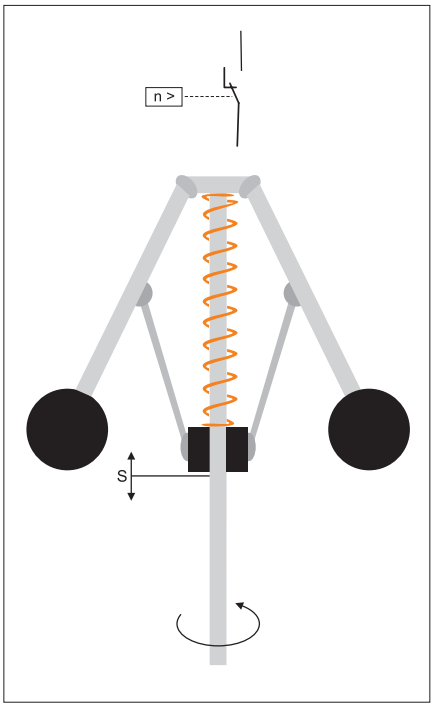
(ب)

(پ)
شکل ۲۷۵

شکل‌های ۲۷۵ـ الف و ۲۷۵ـ ب نمونه‌هایی از فلوترسوئیچ‌ها را نشان می‌دهد. در شکل ۲۷۵ـ پ نحوه نصب یک نمونه فلوترسوئیچ را مشاهده می‌کنید.

کلید های تابع دور

از کلیـد های تابع دور در موتورهای سـه فـاز و تک فاز با دو هدف مختلف استفاده می شود. علت به کارگیری کلید تابع دور در موتور های سه فاز اغلب به جهت بالا بردن درجه حفاظت مدار در برابر افزایش سرعت احتمالی دستگاه (مانند میکسرها) و یا ترمزهای جریان مخالف استفاده می شود. یک نوع از این کلیدها که بیشـتر در موتورهای سـه فاز کاربرد دارد را در شکل ۲۷۶ مشاهده می کنید. سـاختمان این نوع کلید ها از یک محور، فنر، دو بازو که در انتهای آنها دو وزنه قرار گرفته تشـکیل می شـود. این بازوها (طوق) که در ابتدا و انتها توسـط یک تکیه گاه هایی به فنر متصل هستند و حول محور حرکت می کنند در صورت کم و زیاد شـدن سرعت محور موتور به سمت بالا حرکت کرده و وزنه ها از طرفین به محور نزدیک یا دور می شـوند. در صورت بالا رفتن سرعت قسمت (S) کلید مدار را قطع و در صورتی در سـرعت کم باشـد قسمت (S) کلید مدار در حالت وصل نگه می دارد .



شکل ۲۷۶

نـوع دیگری از کلیدهای تابع دور که بیشـتر در موتور های تک فاز (کولر) کاربرد دارند را در شـکل ۲۷۷ مشـاهده مـی کنید. هدف از بـه کارگیری این کلیـد ها در موتورهای تک فاز خارج کردن سـیم پیچی کمکی آنهادر حداقل ۷۵ % دور نامـی آنها اسـت (اطلاعات بیشـتر در بحث موتـور های تک فاز) در این کلید با افزایش قسـمتی که در شـکل با شـماره (۱) نشان داده شده در اثر نیروی گریز ا ز مرکز به سمت عقب کشیده شده و فنر را فشرده می کند از طرفی دیگر در اثر برخورد با دو پلاتین بلند سبب می شود تایمر مداری آنها قطع شود.

هرگاه سـرعت کاهش یابد در این صورت نیروی فنر پشت قطعه کائوچویی (۱) به آن فشـار آورده و به جلو می راند در این صورت دو پلاتین مجدداً متصل شده و مدار خود را می بندد.

شکل ۲۷۷

رله کنترل فاز

از جمله وسایلی که امروزه در مدارهای الکتریکی به کار گرفته می شود "رله کنترل فاز" است . از این رله هم در مدارهای سه فاز و هم تک فاز می توان استفاده کرد . از این رله در زمینه تشخیص یا قطع خطاهای نامبرده شده استفاده می شود.

- قطع یک یا دو فاز
- جا به جایی فازها (تغییر توالی فازها)
- عدم تقارن ولتاژ سه فاز
- شوک های ناشی از قطع و وصل متوالی برق

شکل ۲۷۸ تصویر یک نمونه رله کنترل فاز را نشان می دهد. اصول کار این رله ها بدین صورت است که پس از وصل شدن سه فاز و نول به ترمینال‌های L۱، L۲، L۳، N(R، S، T، MP)در صورت مناسب بودن ولتاژها و صحیح بودن ترتیب فازها چراغ را که نشان دهنده وجود ولتاژ تغذیه است به تنهایی روشن شده و بعد از زمان انتظار با روشن شدن چراغ R کنتاکت شماره ۱۵ رله از پیچ شماره ۱۶ قطع شده و به کنتاکت ۱۸ وصل شده و اجازه عمل به مدار مربوطه (مثلاً کنتاکتور و موتور) را می‌دهد.

در صورت بروز هر گونه اشکال در شبکه مانند دوفاز شدن ، جابه جایی فاز افزایش یا کاهش ولتاژ سیگنال خطای مربوطه روشن شده و با خاموش سیگنال خروجی (R) رله داخلی قطع می‌شود یعنی اتصال کنتاکت داخل رله که در شرایط ۱۵ به ۱۸ است جدا شده و در وضعیتی که ۱۵ به ۱۶ وصل می‌شود قرار می گیرد . با این عمل مدار فرمان بوبین کنتاکتور قطع شده و در نتیجه مدار جریان رسان به موتور نیز قطع می شود . در شکل ۲۷۹ نحوه اتصال رله کنترل فاز در مدارفرمان راه اندازی یک موتور سه فاز مشاهده می کنید. در اغلب این رله ها؛ اعلام خطای فاز و جا به جایی فاز با نشانگر (P)و اعلام خطای افزایش و کاهش ولتاژ بانشانگرهای U>وU< انجام می پذیرد.

در برخی از این دستگاه از چند ولوم (پتانسیومتر) تنظیم استفاده شده که برای تنظیمات خاصی به کار می روند.

۱- پتانسیومتر تأخیر در قطع : با این پتانسیومتر می توان زمان تأخیر در قطع بعد از بروز خطا را (از ۱تا ۱۵ ثانیه) تنظیم کرد. در واقع با انتخاب زمان می توان شرایط استارت مجدد برروی راه اندازی مدار (موتور) را در نظر گرفت.

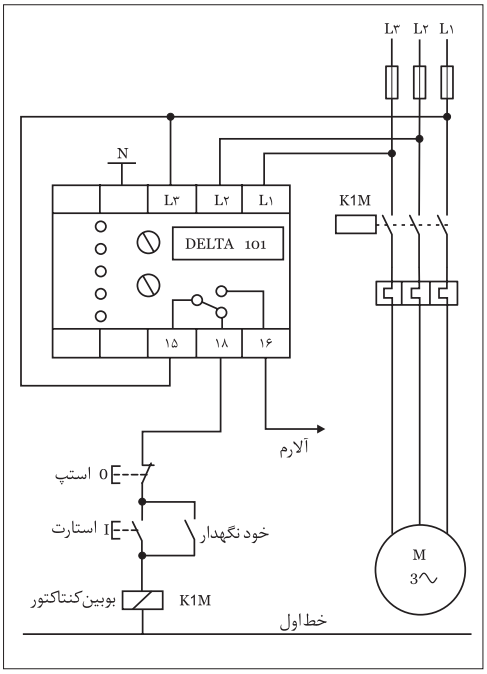
۲- پتانسیومتر تنظیم حساسیت قطع فاز : با این پتانسیومتر میزان حساسیت رله در مقابل میزان نامتقارنی و ولتاژ شبکه جهت قطع مدار را تنظیم کرد.

معمولاً در موتور هایی که ولتاژ برگشت زیادی دارند می توان از حساسیت حدود ۳ تا ۱۰ درصد و صورت عدم تقارن موجود در شبکه که مزاحم عمل عادی رله می‌شود می توان از حساسیتی حدود ۲۵ تا ۳۰ استفاده نمود.

الف)

ب)

شکل ۲۷۸



شکل ۲۷۹

تذکر:

برای اطمینان از صحت تنظیمات انجام شده در رله می توان هنگام کار موتور با قطع یک فیوز ، شبکه را دو فاز نموده و عملکرد کنترل فاز را مشاهده نمود.

رله کنترل بار

به طور معمول بر روی حفاظت موتور ها از بی متال هایی که روی کنتاکتورها قرار می گیرند استفاده می شود. از جمله معایب بی متال ها می توان به :

- بی متال ها عناصر مکانیکی هستند که با گذشت زمان حساسیت خود را از دست داده و به درستی عمل نمی کنند .
- با توجه به تنوع و زمینه های کاربردی مختلف کنتاکتورها باید از بی‌متال‌های خاص آنها استفاده کرد.
- از آنجایی که بی متال ها بر اساس تغییرات دما کار می کنند تغییر دمای محیط می تواند روی عملکرد آنها تأثیر داشته باشد.

امروزه از رله های الکترونیکی خاص به نام "رله کنترل بار " که تصویر یک نمونه آن را در شکل ۲۸۰ مشاهده می کنید استفاده می شود .

شکل ۲۸۰

کنترل بار الکترونیکی یک کنترل کننده دقیق، بدون تأثیر پذیری از محیط و استهلاک مکانیکی با کارکرد طولانی برای محافظت دستگاه های سه فاز در برابر جریان های بیش از نیاز موتورها (بار[1]) است که جایگزین بی متال ها شده اند .

شکل ۲۸۱

اغلب رله های کنترل بار جوابگوی استارت موتورها با زمان قطع قابل تنظیم بوده و دارای خصوصیات زیر می باشند:

- قابلیت تحمل جریان راه اندازی با زمان قابل تنظیم
- قابلیت تنظیم زمان تأخیر در قطع برای اضافه جریان
- محافظت بار در برابر جریان های لحظه ای بیش از دو برابر مقدار تنظیمی
- دارای شرایط عملکردی قفل شونده اتوماتیک
- قابلیت تنظیم زمان تأخیر راه اندازی (۱تا ۳۰ ثانیه)
- کنترل جریان های سه فاز (خصوصاً موتورها) به هنگام راه اندازی و وصل

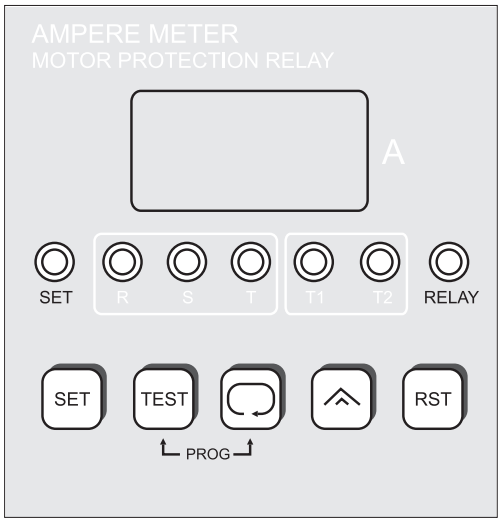
شکل ۲۸۱ نحوه عملکرد اتصال این رله ها در مسیر مصرف کننده ها را نشان می دهد. نحوه عملکرد این رله ها بدین صورت است که با وصل ولتاژ تغذیه به ترمینال های A۱,A۲ رله خروجی عمل کرده وچراغ تغذیه (Power)آنها روشن خواهد شد در اینجاست در خیلی ترمینال ۱۵ از ۱۶ قطع و به ۱۸ وصل می گردد. مدار اینگونه رله به صورتی طراحی شده که از فرمان قطع ناخواسته به علت جریان زیاد استارت موتورها که معمولاً چند برابر جریان رسمی است جلوگیری می کند.

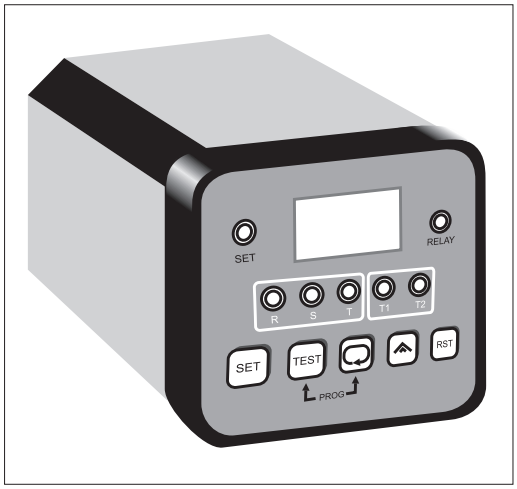
۱-Load

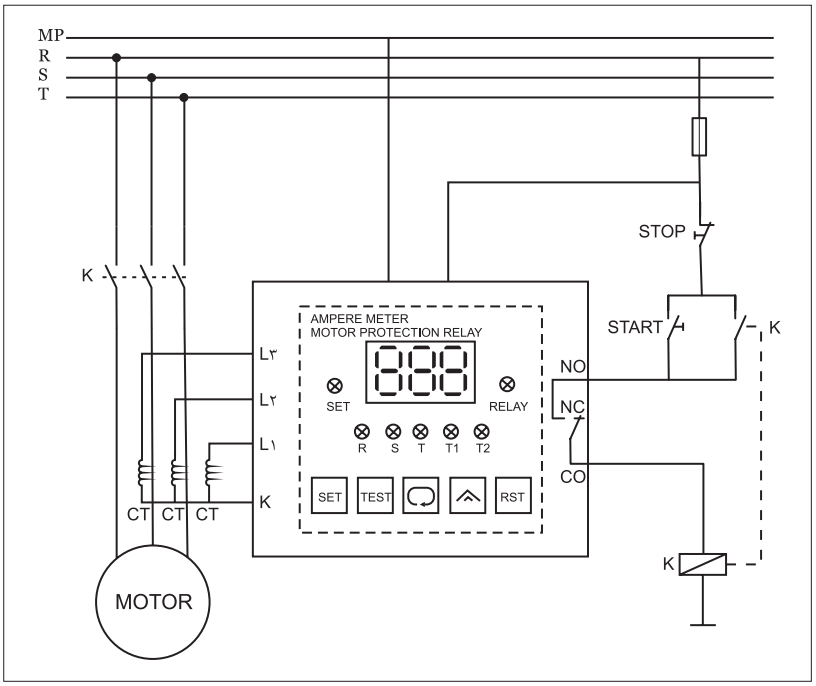
این زمان دو رله متناسب با توان موتور بین ۱ تا ۳۰ ثانیه قابل تنظیم است.

اگر پس از پایان راه اندازی هنوز اضافه جریانی وجود داشته باشد نشان دهنده آن است که روی محور موتور اضافه بار وجود دارد در نتیجه رله متناسب با زمان تنظیمی روی آنها که معمولا ۲/۵، ۲، ۴، ۶، ... ثانیه است مدار را قطع می کند.

در شکل ۲۸۲ تصویر ظاهری و مدار داخلی یک نمونه رله اضافه بار که دارای صفحه نمایش (LCD) است نشان داده شده است.







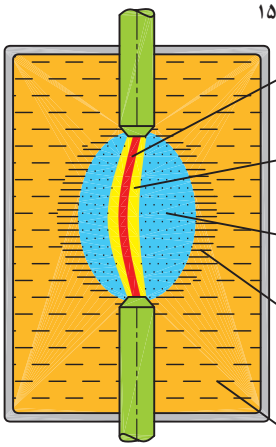
شکل ۲۸۲

آشنایی با کلیدهای روغنی

از آن جایی که در لحظات وصل و قطع کلیدها بین دو کنتاکت جرقه یا قوس الکتریکی به وجود می آید و گرمای حاصل از قوس الکتریکی باعث خرابی کنتاکت ها می شود در برخی موارد به جهت خنک کردن و ازبین بردن جرقه های بین کنتاکت های کلید و افزایش عمر کنتاکت ها از کلیدهایی استفاده می شود که کنتاکت های آن در روغن قرار دارد. اصطلاحاً به این کلیدها، کلیدهای روغنی گفته می شود. در این کلیدها هرچه شدت جریان عبوری بیش تر باشد قوس الکتریکی شدیدتر می باشد.

چگونگی عملکرد روغن بدین صورت است که در موقع جدا شدن دو کنتاکت جریان رسان در محفظه روغن و ایجاد جرقه و قوس شدید بین دو کنتاکت، روغن اطراف جرقه به علت حرارت زیاد قوس بخار می شود. در نتیجه اطراف جرقه را حبابی از گاز فرا می گیرد و منجر به خاموش شدن قوس می شود (شکل ۲۸۳).

در شکل ۲۸۴ شمای داخلی و در شکل ۲۸۵ شمای ظاهری دو نوع کلید روغنی را مشاهده می کنید. امروزه این نوع کلیدها ساخته نمی شوند و کم تر مورد استفاده قرار می گیرند.

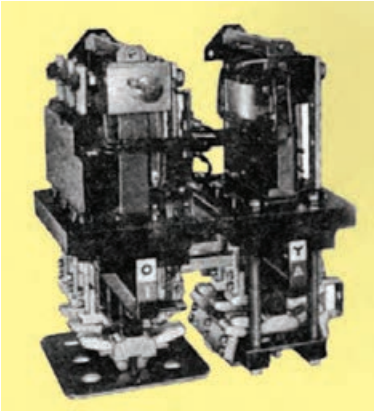


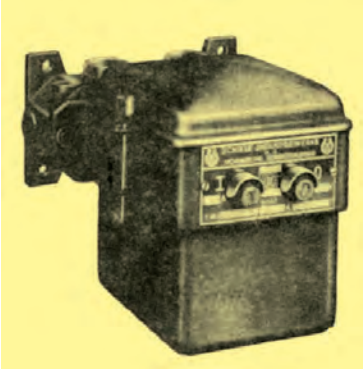
شکل ۲۸۳

علائم اختصاری و حروف شناسایی مدارهای صنعتی

علائم اختصاری

پیش از بررسی و اتصال مدارهای الکتریکی لازم است تا با برخی علائم اختصاری الکتریکی آشنا شویم. در جدول های ۳۱ تا ۳۵ نمونه های مختلفی از این علائم نشان داده شده است.


شکل ۲۸۴ــ اجزای داخلی کلید ستاره مثلث


شکل ۲۸۵ــ شمای ظاهری کلید سه فاز ساده

جدول ۳۱

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
بوبین کنتاکتور	
رله های عملگر با مشخصه خاص	
رله با تأخیر در وصل	
رله با تأخیر در قطع	
رله با تأخیر در قطع و وصل	
رله دارای قطب	P
رله با تحریک الکترومکانیکی	
رله با تحریک پس ماند مغناطیسی	
رله با تحریک حرارتی (بی متال)	
رله اضافه جریان (جریان زیاد)	I>
رله قطع کننده جریان معکوس	I ►

● کلیدها و کنتاکت‌ها

جدول ۳۳

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
کلید یک‌فاز	
کلید سه‌فاز	
شستی وصل (استارت)	
شستی قطع (استپ)	
شستی‌وصل 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	

● محرک عملگرها (محرک وسایل)

جدول ۳۲

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	M
محرک کلید اضطراری	
محرک حرارتی قابل تنظیم	
محرک حرارتی غیرقابل تنظیم	
محرک الکترومغناطیسی	
محرک با سطح سیال	

● وسایل خبردهنده

جدول ۳۵

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

● کلیدها و کنتاکت‌ها

جدول ۳۴

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
کنتاکت باز کلید	Fe
کنتاکت بسته کلید	Fe
کنتاکت باز کلید تابع فشار	P>
کنتاکت بسته کلید تابع فشار	P>
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 کششی	
کنتاکت باز کلید کششی	
کنتاکت تبدیل (تعویض کننده)	
کنتاکت تبدیل با حالت خاموش در وسط	

حروف شناسایی

در مدارهای فرمان و قدرت برای مشخص کردن تجهیزات به کار رفته، از حرف شناسایی استفاده می شود. جدول ۳۶ حرف مشخصه نوع وسیله را به همراه مثال‌هایی نشان می دهد.

جدول ۳۶

حروف شناسایی	نوع تجهیزات	مثال‌ها
A	گروه‌های ساختاری و گروه‌های کوچک	تقویت کننده، تقویت کننده مغناطیسی، وسایل مرکب
B	وسایل تبدیل انرژی غیرالکتریکی به انرژی الکتریکی و برعکس	سنسور (حس کننده) ، حرارتی (ترموالکتریک)، سلول فتوالکتریک، گشتاورسنج، مبدل‌های کریستالی، میکروفن‌ها، بلندگو، رمزگذارها
C	خازن‌ها	خازن‌های الکترولیتی، خازن‌های غیرالکترولیتی، خازن‌های متغیر
D	عناصر تأخیردهنده، عناصر ذخیره ساز، عناصر باینری (دو وضعیتی)	المان‌های تأخیری، المان‌های دیجیتالی، حافظه‌های مغناطیسی، ثبات‌ها، دیسک گردان، ضبط صوت‌ها، عناصر دارای یک ثبات، عناصر دارای دو ثبات
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 قطع کننده، کلیدهای قطع و وصل اتوماتیک
G	ژنراتورها ــ 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)
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	تقویت کننده‌ها، تنظیم کننده‌ها	تقویت کننده‌ها، تنظیم کننده‌ها (رگولاتورها)، وسایل الکترونیکی
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 شنت، مقاومت‌های حرارتی (ترمیستور)
S	کلیدها، سلکتورها (انتخاب کننده)	کلید فشاری، میکروسوئیچ، کلید کنترل، کلیدهای پالس‌دهنده
T	ترانسفورماتورها	ترانسفورماتور ولتاژ، ترانسفورماتور جریان، ترانسفورماتور ایزوله، مبدل‌های AC به DC
U	مدولاتورها ،آشکارسازها ، مبدل‌ها	جداکننده سیگنال، مبدل فرکانس، دمودولاتور، مبدل، سیگنال ژنراتور، انیورتر
V	نیمه هادی‌ها و لامپ‌ها	لامپ‌های الکترونی، لامپ‌های تخلیه، دیودها، ترانزیستورها، تریستورها، یکسوکننده‌ها
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، چاپگرها، دورنگار، دربازکن
Z	فیلترها، فیلترهای جبران کننده وسایل محدود کننده	شبکه متعادل کننده کابل، فیلترهای پارازیت گیر RC و LC

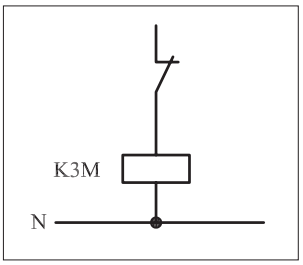
برخـــی موارد علاوه بر حروف شناســـایی جـــدول ۳۶، در مدارهای فرمان و قدرت از حروف شناســـایی دیگر به همراه عدد اســـتفاده می‌شود که به ترتیب حرف شناسایی دوم نشان‌دهنده نوع عملکرد و مشخصه عددی نشان‌دهنده تعداد وســـایل و تجهیزات به کار برده شده مشابه است. جدول ۳۷مفهوم حروف دوم شناسایی را نشان می‌دهد.

جدول ۳۷

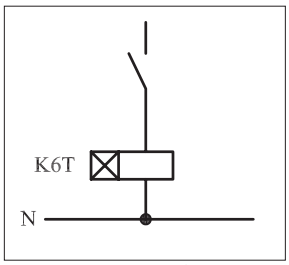
حروف شناسایی	عملکرد	حروف شناسایی	عملکرد
A	عملکرد کمکی به خصوص قطع	N	اندازه‌گیری
B	جهت حرکت (f - جلو، b- عقب، r- بالا، L- پایین، c- جهت حرکت عقربه ساعت و خلاف جهت حرکت)	P	نسبی و متناسب
C	شمارش	Q	وضعیت کار(وصل، قطع و محدود)
D	تمایز دهنده و تفکیک کننده	R	راه‌اندازی مجدد و لغو حرکت
E	عملکرد وصل (روشن)	S	ذخیره کردن و ضبط کردن
F	حفاظت	T	تأخیر داشتن و اندازه‌گیری زمان
G	آزمایش(تست)	U	-
H	نشان دهنده 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	نشانه گذاری	Y	آنالوگ (قیاسی)
M	عملگر اصلی	Z	دیجیتال(رقمی)

به‌عنوان مثال اگر در مدار فرمانی روی یک وســـیله حروف K۳M نوشته شده باشد نشان می‌دهد که آن وسیله سومین کنتاکتور اصلی است که در مدار به کار رفته است (شکل ۲۸۶).

به همین ترتیب اگر روی وســـیله‌ای حروف K۶T نوشته باشد معرّف آن است که این وســـیله ششـــمین رله زمانی (تایمر) اســـت که در مدار مورد استفاده قرار گرفته است (شکل ۲۸۷).



شکل ۲۸۶



شکل ۲۸۷

ضمیمه ۱

– میدان مغناطیسی دوّار

در یک شبکه سه فاز چون عبور جریان به صورت پیوسته صورت می گیرد و در طی مدت زمانی که مدار وصل است از آن سیکل های متوالی عبور می کند به همین دلیل هر گاه جریان متناوب سه فازه‌ای به سیم پیچی های یک موتور سه فاز وصل شود. در طی این مدت زمان میدان مغناطیسی دائم و به صورت پشت سر هم (متوالی) در فضای اطراف استاتور به وجود آمده و در حال حرکت خواهد بود.

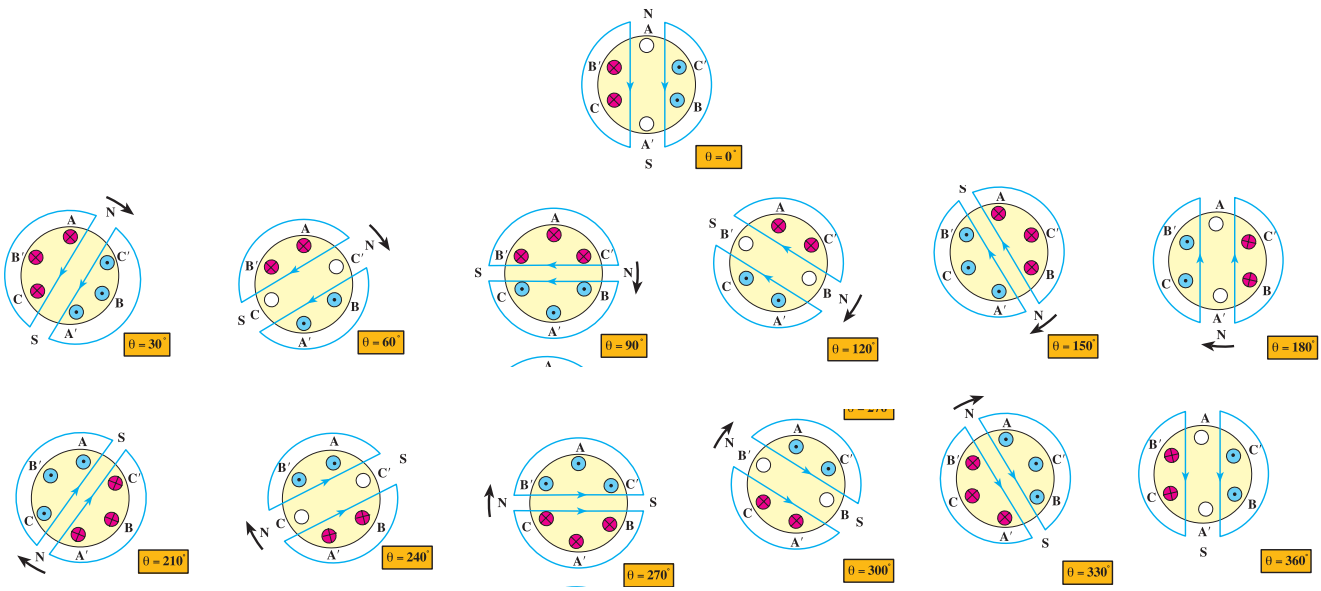
شکل ۲۸۸ تصاویری از وضعیت میدان مغناطیسی ایجاد شده در فضای استاتور یک موتور سه فاز دو قطب را در زوایای ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰، ۲۴۰، ۲۷۰، ۳۰۰، ۳۲۰ و ۳۶۰ درجه نشان می دهد.

همان طوری که مشاهده می شود در فاصله زمانی که یک سیکل از شکل موج های سه فاز طی می شود قطب های N و S موتور نیز در هر ۳۰ درجه تغییر وضعیت داده و ۳۶۰ درجه را با یک دور چرخش طی می کند.

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

یادآوری:

علامت ⊗ نشان دهنده ورودی جریان و ⊙ خروجی جریان را نشان می دهند.



شکل ۲۸۸

ضمیمه ۲

– سازمان‌های فنی

یکی از مواردی که در مباحث برق مطرح است استاندارد بودن علائم، نقش‌ها و نکات فنی است. در جهان سازمان‌های فنی گوناگون در زمینه معرفی استانداردها و نکات مختلف فنی فعالیت دارند. در جدول ۳۸ حروف اختصاری و نام هریک از این سازمان‌ها را مشاهده می کنید. نکته حائز اهمیت آن است که دو سازمان VDE[1] و IEC[2] در زمینه برق از سایر سازمان‌ها در دنیا بیش تر مطرح هستند. ما نیز در ارائه علائم و نقشه‌ها از استانداردهای این سازمان‌ها استفاده می کنیم.

جدول ۳۸ – سازمان‌های فنی

علامت کوتاه	نام سازمان
ADB	انجمن کار مهندسان کارگاهی آلمان
ANSI	مؤسسه استاندارد آمریکا
ASA	انجمن استاندارد آمریکا
BSI	مؤسسه استاندارد انگلستان
CCIF	کمیته مشاوره بین‌المللی تلفن
CCIR	کمیته مشاوره بین‌المللی ارتباطات بی‌سیم
CCIT	کمیته مشاوره بین‌المللی تلگراف
CEE	کمیسیون بین‌المللی اصول کارشناسی تولیدات الکتروتکنیکی
CEI	کمیسیون بین‌المللی الکروتکنیک
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
EV O¨	اتحادیه الکتروتکنیکی اتریش
EVU	کارخانجات تأمین انرژی
FNE	کمیته استاندارد الکتروتکنیک در مؤسسه استاندارد آلمان
FTZ	اداره مرکزی مخابرات
FeO	نگهداری تلفن
IEC	کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک
ISO	سازمان بین‌المللی استاندارد
JEDEC	شرکت متحده توسعه دستگاه‌های الکترونیکی
NTG	شرکت فنی خبر
O¨ NA	مؤسسه استاندارد اتریش
O¨ NORM	استاندارد اتریش
O¨ VE	اتحادیه الکتروتکنیک اتریش
RAL	کمیته شرایط تحویل و تضمین کالا در مؤسسه استاندارد آلمان
REFA	اتحادیه مطالعات کار (کمیته دولتی تعیین زمان کار)
RMA	اتحادیه تولیدکنندگان رادیو
SEV	اتحادیه الکتروتکنیک سوئیس
SNV	اتحادیه استاندارد سوئیس
TAB	شرایط عضویت فنی VDEW
UIT	اتحاد بین‌المللی ارتباطات مخابراتی
VDE	اتحادیه برقکاران آلمان
VDEW	اتحادیه کارخانه‌های برق آلمان
VDI	انجمن مهندسان آلمان
VDMA	اتحادیه مؤسسات ماشین‌سازی آلمان
VSM	انجمن صنایع ماشین‌سازی سوئیس
ZVEH	اتحادیه مرکزی برقکاران دستی آلمان
ZVEI	اتحادیه مرکزی صنایع الکتروتکنیک

۱ـ VDE - Verband Deutscher Elektroteehniker

۲ـ IEC - International Electrotechnical Commission

ضمیمه ۳

– برنامه زمانی نگهداری ماشین‌ها

یـک برقکار صنعتی جهت رسـیدگی به ماشـین های الکتریکی موجود در کارگاه می بایست برنامه زمانی داشته باشد تا از ماشین ها در ازای بیش ترین عمر مفید، بالاترین بازده کاری را دریافت کند. جدول ضمیمه ۳ یک نمونه فرم برنامه زمانی جهت نگهداری ماشین های الکتریکی را نشان می‌دهد.

جدول ۳۹ – برنامه زمانی نگهداری ماشین های الکتریکی

کار تعمیر و نگهداری	نوع ماشین					فاصله زمانی سرویس
	یاتاقان		روتور			
	غلتکی	پوشی	کمو تاتور	حلقه لغزان	قفسه ای	
سطح روغن بازدید شود.		×				هفتگی
بررسی لرزش و دمای یاتاقان با لمس آن	×					
جاروبک های زغالی، نگهدارنده جاروبک ها و کموتاتور بازدید شود.			×			
بازدید دقیق جاروبک های زغالی، وضعیت جاروبک ها، کموتاتور یا حلقه های لغزان			×	×		ماهانه
بازدید تمام اتصالات الکتریکی			×	×	×	هر سه ماه
آزمایش نیروی فشار بر جاروبک ها			×	×		
سـیم پیچ ها از نظر کثیفی بازرسی شوند، در صورت نیاز سیم پیچ ها تمیز و خشک گردند. مقاومت عایقی سیم پیچ ها اندازه گیری شود.			×	×	×	هر نیم سال
کموتاتور یا حلقه های لغزان از نظر لنگی دورانی آزمایش شوند، در صورت نیاز تراشکاری و پرداخت شود.			×	×		
صافی روغن و گردش روغن در صورت وجود، بازرسی شود.		×				
نظافت اساسی موتورها خاصه سیم پیچ ها. در صورت لزوم سیم پیچ ها خشک شوند. مقاومت عایقی سیم پیچ ها اندازه گیری شود.			×	×	×	سالانه (نگهداری عمومی)
بازرسی یاتاقان از نظر لقی بیش از حد مجاز و گرمای حین کار. اگر در یاتاقان های غلتکی متعلقات روغن کاری موجود است، در صورت نیاز روغن کاری و گریس کاری شود. *	×	×				
بازدیـد دقیق جاروبک ها، وضعیت جاروبک ها، کموتاتور یا حلقه های لغزان. در صورت نیاز تعمیر شوند.			×	×		
روغن یاتاقان تعویض شود. جعبه یاتاقان پیش از پر کردن روغن با بنزین کاملاً شسته شود.		×				هـر دو سـال (بـه طور تقریـبی بعد از ۵۰۰۰ سـاعت کاری)
اگر متعلقات روغن کاری موجود است، در صورت نیاز روغن کاری و گریس کاری شود.*	×					
یاتاقان ها شسـته شده و موتورهای بدون متعلقات روغن کاری با گریس تازه گریس کاری شود. به نوع و درجه مناسب گریس طبق دستورالعمل سازنده توجه شود. در ماشین های دارای متعلقات روغن کاری در صورت نیاز روغن کاری انجام شود.*	×					هر سه سال (به طور تقریبی بعد از ۱۵۰۰۰ ساعت کاری)

* روغـن کاری و گریـس کاری یاتاقان هـای غلتکی دارای متعلقات روغن کاری طبق دسـتورالعمل روغن کاری از طرف سـازنده انجـام گیرد. فاصله زمانی روغن کاری برحسب نوع طرح خیلی متفاوت است.

ضمیمه ۴

– عیب یابی موتورهای سه‌فاز

از آن‌جایی که ممکن است در ضمن کار موتورهای سه‌فاز دچار مشکلی شوند در خاتمه این بحث جدول‌هایی ارائه شده که به اختصار چند عیب احتمالی موتورهای آسنکرون روتور قفسی و روتور سیم‌پیچی را بیان می‌کنند.

جدول ۴۰ – عیوب ممکن در موتورهای آسنکرون سه فاز (روتور قفسه‌ای و روتور دارای حلقه لغزان)

رفع عیب	علت عیب	عیب
موتور به حرکت در نمی‌آید یافقط به دور کمی می‌رسد.		
بر طرف نمودن پارگی 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 بد 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 بادبزن تعویض گردد. جریان کلاف‌ها اندازه‌گیری شود، مقاومت کلاف‌ها اندازه‌گیری شود. در صورت نیاز کلاف سیم‌پیچ تازه‌ای 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 سمباده کاری شود. یاتاقان را بیرون آورده، آزمایش کرده، و در صورت نیاز تعویض و گریس کاری 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 بادبزن مایل اتصالی در سیم‌پیچ یا اتصال بدنه اضافه بار ولتاژ شبکه در جعبه تقسیم موتور (تخته 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		
رفع عیب	**علت عیب**	**عیب**
زغال‌ها و حلقه‌های لغزان تمیز شود، حلقه‌های لغزان پرداخت شود.	سطح تماس کثیف است.	زغال‌ها جرقه می‌زنند.
با استفاده از ماشین تراش حلقه‌های لغزان یکنواخت و پرداخت گردند. ببینید آیا آن‌ها شل 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 $۲N/cm^۲$ است. فنرها به صورت استوانه بدون تاب تنظیم یا تعویض شوند.	فشار بسیار کمی بر زغال‌ها وارد می‌شود.	
جریان دریافتی اندازه‌گیری شود. اضافه بار برطرف شود. وسیله دور نگهدارنده احتمالی تنظیم شود.	اضافه بار چنان‌چه وسیله‌ای برای دور نگه‌داشتن زغال 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 با 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		
روتور تعویض شود.	اتصال نامناسب بین میله‌های قفس 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 با 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.

منابـــع و مآخذ

۱ــ ماشین های الکتریکی مؤلف: استفن چاپمن مترجم: صدوقی و ...

۲ــ ماشین های الکتریکی (جلد ۴) مؤلف: بی ال تراژا مترجم: سعید شعاری نژاد

۳ــ موتورهای الکتریکی مؤلف: هاری میلیف مترجم: فریدون قیطرانی

۴ــ فرمان الکتریکی مؤلف: براتعلی مشکاتی

۵ ــ کارکارگاهی (مدار فرمان) مؤلف: حسین رحمتی زاده

۶ ــ برق صنعتی مؤلف: فریدون علومی

۷ــ جزوه درسی کارگاه مدار فرمان مؤلف: شهرام خدادادی

۸ ــ جدول های مهندسی برق

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

۱۰ - Electrician’s Technical Reference (motors) By: DAVID R.Carpenter

۱۱ - Wiring Manual - Automation and Power Distribution Moeller.

۱۲ــ کاتالوگ های مختلف از شرکت های

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