واحد کار اول

راه اندازی موتورهای سه فاز

هدف کلی
راه‌اندازی الکتروموتورهای سه‌فاز با کلیدهای دستی و کنتاکتور

هدف‌های 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 روش‌های راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون در شبکه‌ی 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 نحوه‌ی راه‌اندازی موتور سه‌فاز در شبکه‌ی تک‌فاز را به همراه رسم مدارهای مربوطه توضیح دهد.

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

۱۳ ــ 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 نحوه‌ی 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 کلاف‌های 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 چپ‌گرد ــ راست‌گرد اهرمی را شرح دهد.
۲۶ــ مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز با کلید دستی سه‌فاز چپ‌گرد ــ راست‌گرد اهرمی را رسم کند.
۲۷ــ ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه‌فاز چپ‌گرد ــ راست‌گرد 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 ستاره‌ی متعادل و نامتعادل لامپی را اتصال دهد و ولتاژها و جریان‌های خطی و فازی را اندازه‌گیری کند.
۳۲ــ مدار مثلث متعادل و نامتعادل لامپی را اتصال دهد و ولتاژها و جریان‌های خطی و فازی را اندازه‌گیری 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 رله‌ی حرارتی را توضیح دهد.
۳۹ــ ساختمان داخلی و طرز کار رله‌ی 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 مشخصه‌ی 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 سه‌فازه است؟

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

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

الف) V_1, U_2, U_1 ب) U_2, V_2, V_1

ج) U_2, V_2, W_2 د) U_1, W_1, V_2

۳ــ اختلاف فاز بین سیم‌پیچی‌های موتور سه‌فاز، چند درجه‌ی الکتریکی است؟

الف) ۳۰ ب) ۶۰ ج) ۹۰ د) ۱۲۰

۴ــ اساس کار موتورهای سه‌فاز بر چه مبنایی است؟

الف) میدان مغناطیسی ساکن ب) میدان مغناطیسی دوّار

ج) اختلاف فاز بین سیم‌پیچ‌ها د) فرکانس شبکه

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

الف) ۲۵۰۰ ب) ۳۷۵۰ ج) ۱۵۰۰ د) ۳۰۰۰

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

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

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

۷ــ آسنکرون یعنی:

الف) دارای سرعت بالا ب) همزمانی

ج) غیرهمزمانی د) دارای قدرت زیاد

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

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

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

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

الف) کلید فیوز ب) فیوز مینیاتوری

ج) بی متال د) کنتاکتور

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

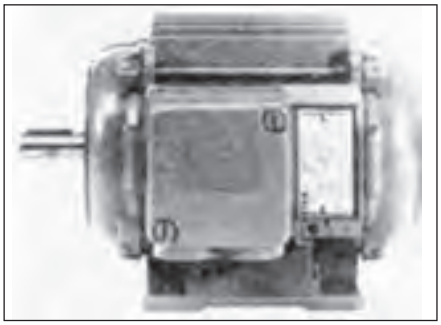
الف) فلوترسوئیچ ب) لیمیت‌سوئیچ

ج) کلید سوئیچ د) بی متال

• مقدمه

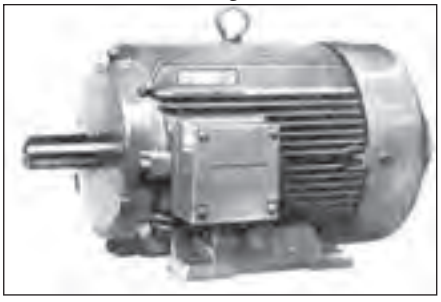
شکل ۱-۱

موتورهای الکتریکی می‌توانند برای به‌کار انداختن انواع و اقسام وسایل به‌کار روند به طوری که می‌توان گفت در کمتر خانه یا کارگاهی است که از موتورهای الکتریکی استفاده نشود. به همین جهت داشتن اطلاعات کافی در زمینه‌ی اصول کار، ساختمان داخلی و طرز کار موتورها برای ما تقریباً یک امر ضروری است. آشـنایی با این موارد ما را در رفع عیب، تعویض قطعات یا سیم‌پیچی موتورها و یا انتخاب موتورنو مناسب با کار موردنظر یاری می‌کند.شکل ۱ــ۱ کاربرد موتور در صنعت را نشان می‌دهد.


شکل۲-۱

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

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


شکل۳-۱

شکل‌های ۲ــ۱ و ۳ــ۱ تصاویری از موتورهای الکتریکی را نشان می‌دهد.

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

۱ــ موتورهای جریان متناوب (AC)
۲ــ موتورهای جریان مستقیم (DC)

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

- موتورهای سه‌فاز
- موتورهای تک‌فاز

در شکل‌های ۴ــ۱ و ۵ــ۱ نمونه‌هایی از موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز را مشاهده می‌کنید.

شکل ۴-۱

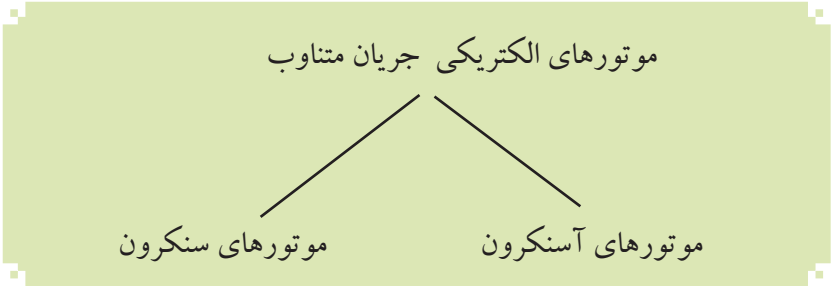
شکل ۵-۱

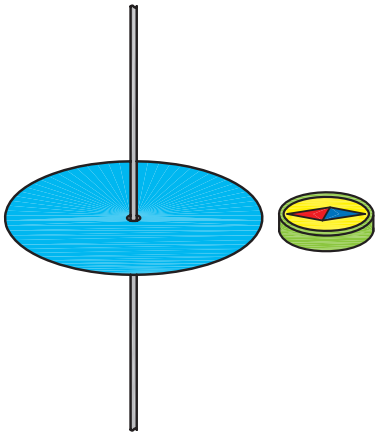
۱ــ۱ــ آشنایی با الکتروموتورهای سه فاز

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

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

- موتورهای آسنکرون
- موتورهای سنکرون





شکل ۶-۱

۱ــ۱ــ۱ــ موتورهای آسنکرون (غیرهمزمان)

ساختمان این موتورها از دو قسمت اصلی تشکیل شده است:

الف ــــ استاتور[2] (ســاکن): استاتور عبارت از یک استوانه‌ی تو خالی است که از کنار هم قرارگرفتن چند ورقه‌ی نازک فولاد ســیلیس‌دار که نسبت به هم عایق هستند ساخته شده و ضخامت هر ورق۰/۵ میلی‌متر است.

برای حفاظت ســیم‌پیچ و ورق‌های اســتاتور، کل مجموعــه در داخل یک پوســته‌ی چدنی قرار می‌گیرد. در شکل ۷ــ۱ تصویر یک نمونه ورق استاتور را مشاهده می‌کنید.

1 – Arago

2 – Stator

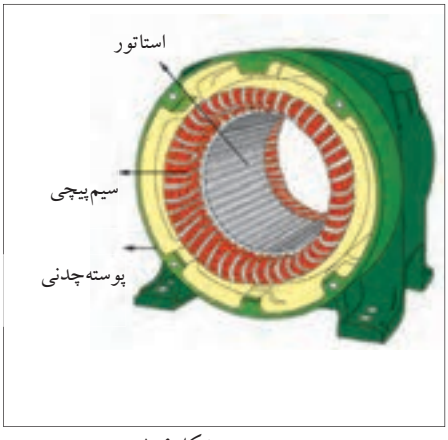
از شـیارهای ورق استاتور برای جازدن سـیم‌پیچی‌ها استفاده می‌شود.شکل ۸ـ۱ یک استاتور جمع شده را به‌طوری که سیم‌پیچی یک کلاف در داخل آن قرار گرفته نشان می‌دهد.

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

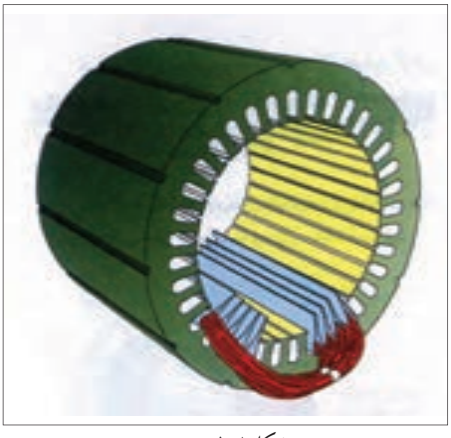
ب ـــ روتور[1] (گردنده): روتور موتورهای آسنکرون از یک هسته‌ی آهنی به شکل استوانه تشکیل شده که بر روی محوری تعبیه شده است (شکل ۱۰ـ۱).

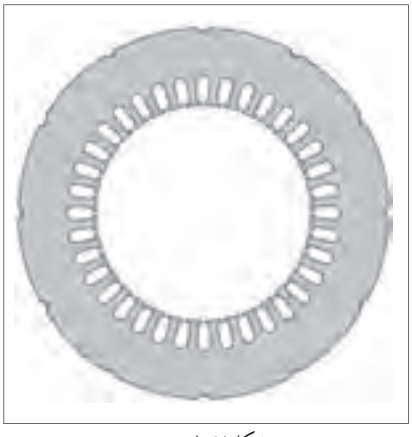
این استوانه‌ی توپُر نیز مشابه استاتور از کنار هم قرار گرفتن ورقه‌های نازک فولادی که نسبت به هم عایق هستند ساخته می‌شود. در داخل شیارهای آن‌ها هادی‌های روتور جاسازی می‌شود.

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

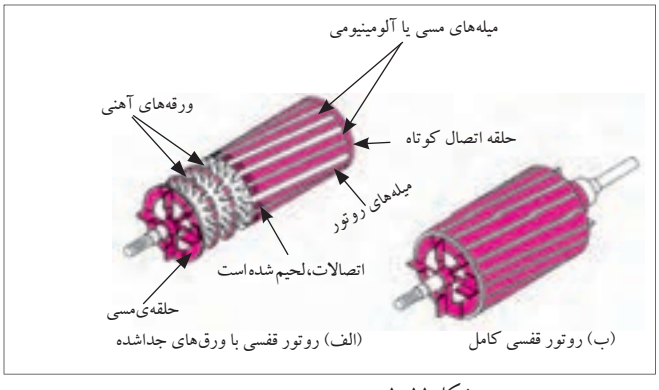


شکل۹-۱


شکل۸-۱


شکل۷-۱

شکل۱۰-۱



شکل۱۱-۱

1 ـ Rotor

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

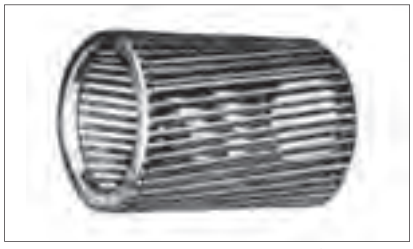
در نوع روتور قفسی از تعدادی میله‌ی مسی، آلومینیومی یا آلیاژهای دیگر در فضای اطراف استوانه استفاده می‌شود (شکل ۱۲ـ۱).

این میله‌ها از هر دو طرف به دو حلقه‌ی انتهایی، اتصال کوتاه، لحیم، پرچ یا جوش کاری می‌شوند. چون شکل به دست آمده برای این روتور، شبیه یک قفس فلزی است (شکل ۱۳ـ۱). به این گونه موتورهای القایی «روتور قفسی» می گویند.

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

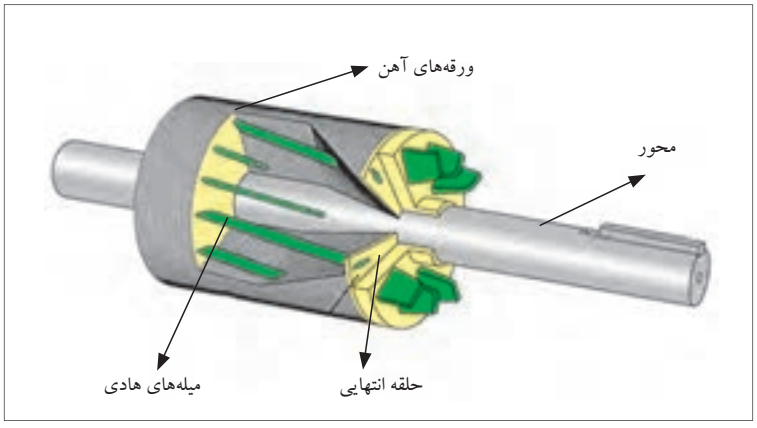
در نوع روتور سیم‌پیچی موتورهای آسنکرون سه‌فاز، به جای استفاده از میله‌های آلومینیومی، از سه دسته سیم‌پیچی که داخل شیارهای روتور قرار گرفته و به صورت ستاره وصل شده‌اند استفاده می‌شود (شکل ۱۵ـ۱).

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

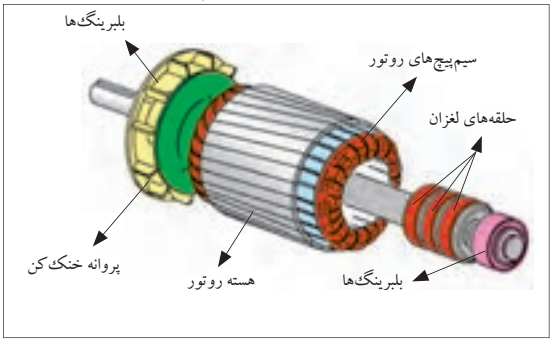


شکل۱۳-۱- قسمت قفس روتور

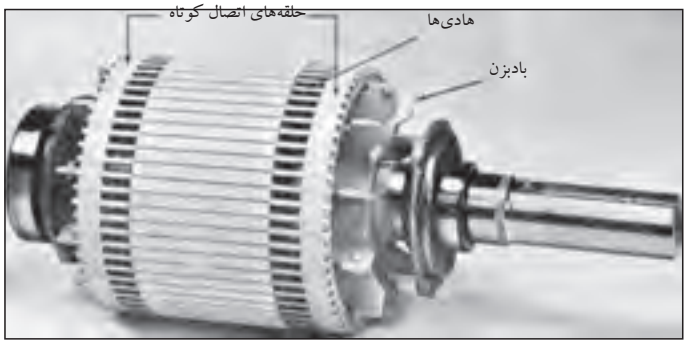
شکل۱۵-۱- شکل واقعی روتور سیم‌پیچی‌شده



شکل۱۲-۱



شکل۱۶-۱- طرح‌واره روتور سیم‌پیچی‌شده



شکل۱۴-۱- روتور قفسی تکمیل شده

تذکر:

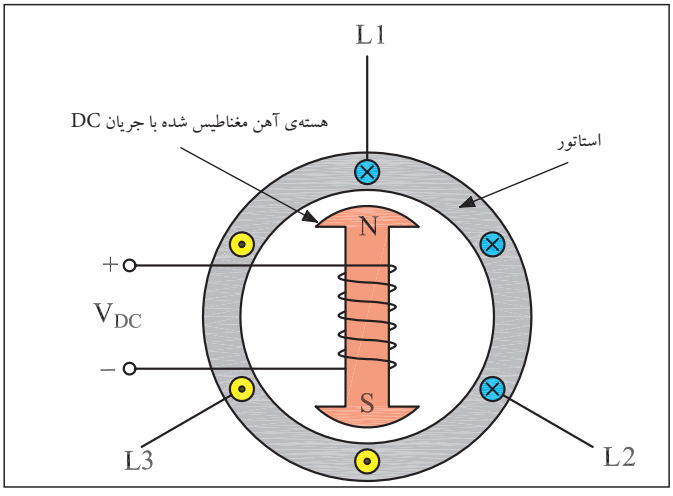
از موتورهای آسنکرون روتور سیم‌پیچی شده برای راه‌اندازی نرم و کاهش جریـان راه‌انـدازی یا به عبارتی افزایش گشـتاور راه‌اندازی اسـتفاده می‌شـود.

۲-۱-۱- موتورهای سنکرون (همزمان)

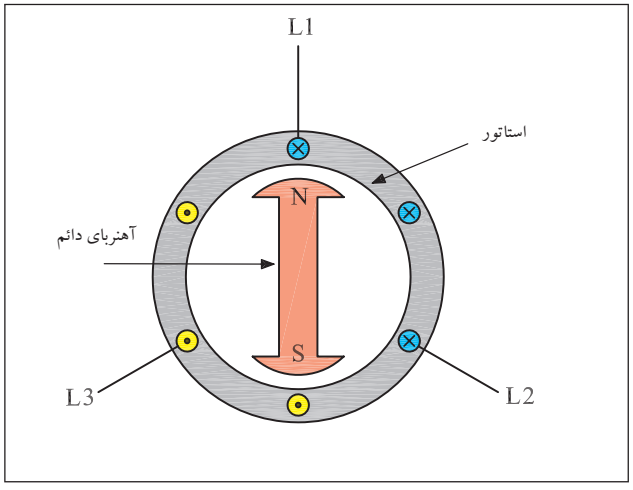
این موتورها در بارهای مختلف دارای دور کاملاً ثابتی هستند.

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

در قدرت‌هـای کـم می‌توان از آهن رباهای دائمی در روتور اسـتفاده کرد (شکل ۱۸ـ۱).



شکل۱۸-۱- موتور سنکرون با روتور سیم‌پیچی‌شده



شکل۱۷-۱- موتور سنکرون با روتور آهنربای دائم

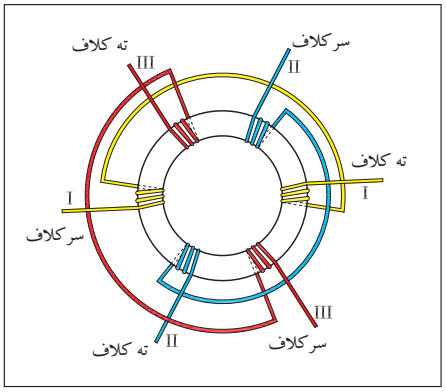
۲-۱- اصول کار و موارد استفاده ی الکتروموتورهای سه فاز

۱-۲-۱- میدان دوّار

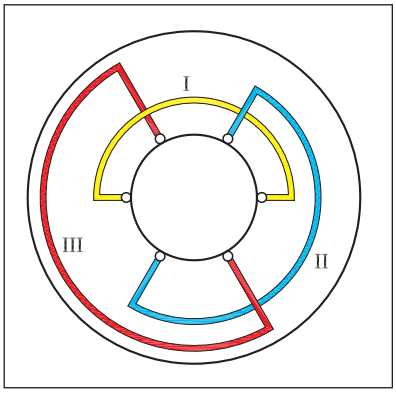
هرگاه سـه گروه کلاف با اختلاف فاز مکانی ۱۲۰ درجه الکتریکی مطابق شـکل‌های ۱۹ـ۱ و ۲۰ـ۱ در داخل استاتور یک موتور سه‌فاز آسنکرون توزیع شوند و سپس ابتدای این کلاف‌ها را به شبکه‌ی سه‌فاز متصل و انتهای کلاف‌ها را به هم وصل کنیم، هر یک از سیم‌پیچ‌های موتور، حامل جریان می‌شوند.

در شـکل ۲۱ـ۱ مشـاهده می‌شود جریان‌های سـه‌فاز با یکدیگر ۱۲۰ درجه اختـلاف فاز دارند بنابراین میدان مغناطیسـی ایجاد شـده در اطراف هر یک از سیم‌پیچ‌ها نیز با اختلاف فاز ۱۲۰ درجه ایجاد می‌شود.

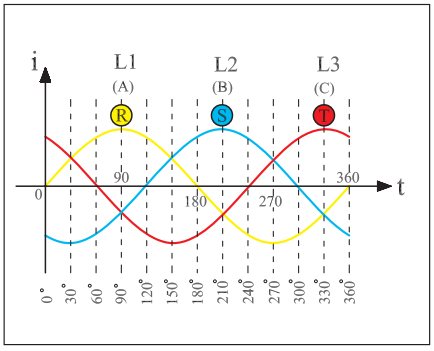
سـه میدان مغناطیسـی تولید شـده می‌توانند با همراهی یکدیگریک میدان مغناطیسی دوّار ایجاد کنند. در شکل ۲۲ـ۱ جریان متناوب سه‌فاز که چهار لحظه‌ی آن به نام‌های a ، b ، c و d مشخص شده دیده می‌شود.



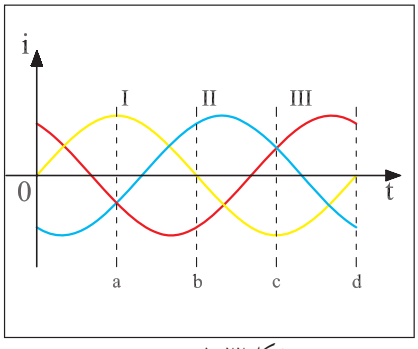
شکل ۱۹-۱



شکل ۲۰-۱



شکل ۲۱-۱



شکل ۲۲-۱

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

میدان مغناطیسـی در طی‌یک سـیکل جریان متناوب موقعیت خود را تغییر می‌دهد و در این فاصله‌ی زمانی در فضای داخلی اسـتاتور شـروع به حرکت و دوران می‌کند.

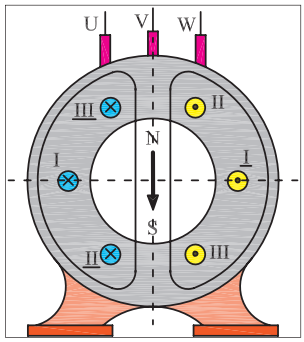
ایــن میدان دوّار با ســرعت ثابــت در فضای درون اســتاتور گردش می کند. اصطلاحاً به تعداد دور یا ســرعت میدان دوّار «ســرعت سنکرون» نیز می گویند[1]. تعداد دور ســرعت ســنکرون یا به عبارتی ســرعت میدان دوّار از رابطه‌ی (۱) به دست می آید.

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

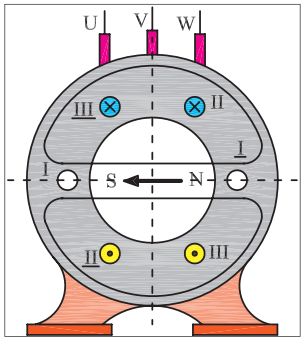
f- فرکانس شبکه [برحسب هرتز H_z]

p- تعداد زوج قطب‌های استاتور

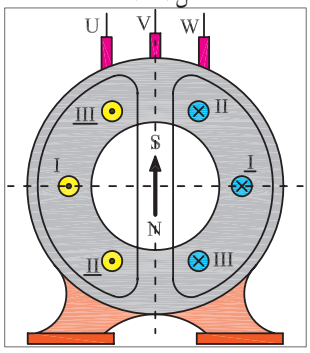
n_s- سرعت میدان [برحسب دور در دقیقه [R.P.M][2]



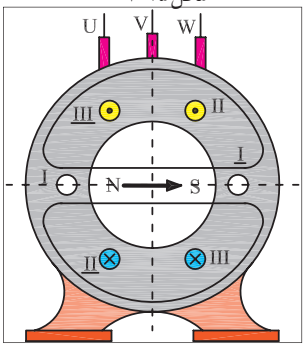
شکل ۱-۲۳



شکل ۱-۲۴



شکل ۱-۲۵



شکل ۱-۲۶

۲-۲-۱- موتورهای آسنکرون القایی

اصــول کار موتورهای آســنکرون بــه این صورت اســت: در داخل میدان مغناطیسی، یک روتور استوانه‌ای شکل از جنس آهن که در محیط آن سیم‌های مســی یا آلومینیومی تعبیه شــده قرار دارد. میدان دوّار موجود در اســتاتور، این هادی‌ها را قطع می کند و درنتیجه ولتاژی در آن‌ها القا می‌شود (شکل ۲۷ــ۱).

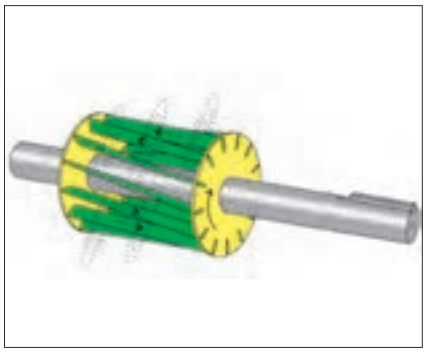
دو حلقــه، ســر و ته این هادی‌هــا را به هم اتصال می‌دهنــد در نتیجه ی ک مــدار بســته به‌وجود می آورند که جریان القایــی در هادی‌های این مدار جاری می‌شود.

در این حالت وضعیت هر میله روتور مشابه هادی حامل جریانی است که در داخل یک میدان مغناطیسی قرار دارد در نتیجه از طرف میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان نیرو وارد می‌شــود و ایجاد گشــتاور می کند تا روتور حول محور خود به گردش درآید (شکل ۲۸ــ۱).

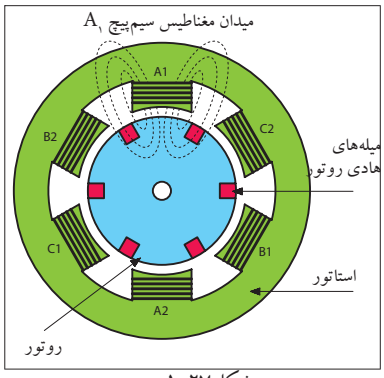
همان‌طوری که بیان شــد چون جریان روتور از اثر القای میدان دوّار استاتور در هادی‌های روتور ایجاد شده است، این نوع موتورها را «موتورهای القایی» یا «اندوکســیونی» می‌نامند. از آن‌جایی که در موتورهای القایی، هادی‌های روتور می‌بایست به‌وسیله‌ی میدان دوّار قطع شوند در این موتورها هیچ‌وقت تعداد دور روتور نمی‌تواند با تعداد دور میدان دوّار برابر باشد. در این موتورها همیشه سرعت روتور کم‌تر (یا عقب‌تر) از سرعت می‌یدان دوّار است،به همین دلیل این موتورها به موتورهای «آسنکرون» معروفند (شکل ۲۹ــ۱).

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

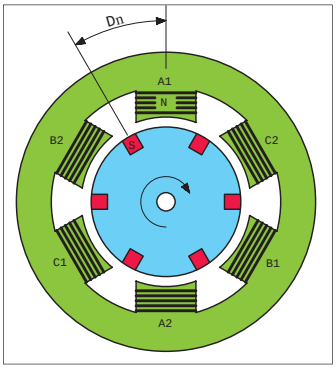
2 ــ R.P.M -Revolutions Per Minute (دور در دقیقه)



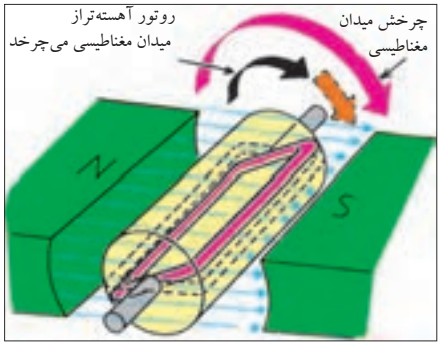
شکل ۲۸-۱



شکل ۲۷-۱



شکل ۳۰-۱



شکل ۲۹-۱

۳-۲-۱- 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» می‌گویند. شکل ۳۰ـ۱ اختلاف سرعت بین میدان استاتور و روتور را نشان می‌دهد.

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 می‌دهند و معمولاً برحسب درصد بیان می‌کنند که از رابطه (۳) قابل محاسبه است.

S- لغزش

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

شکل ۳۱-۱

توضیح:

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

شکل ۳۲-۱

۴-۲-۱- گشتاور (ممان ـــ M)

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

شعاع چرخش × نیرو = گشتاور

$$M = F \times r$$

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

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

P_2 ـ توان خروجی (مفید) موتور برحسب W

ω ـ سرعت زاویه‌ای موتور برحسب Rad/s

M ـ گشتاور موتور برحسب N.m

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

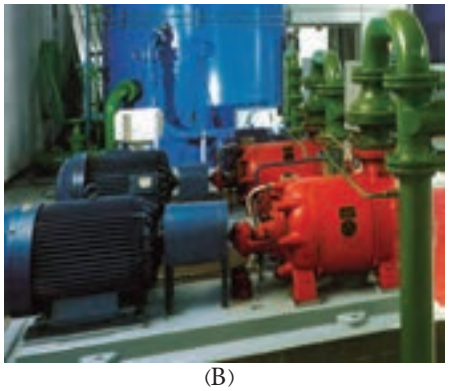
$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

۵-۲-۱- راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون

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

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

(A)



(B)

شکل ۳۳-۱

به‌عبارتی جریان نامی موتور بالا باشد، جریان زیاد راه‌اندازی می‌تواند صدماتی به موتور وارد کند.

از این‌رو موتورهای آسنکرون باید به طریقی راه‌اندازی شوند که جریان راه‌اندازی کم‌تری از شبکه دریافت کنند. به همین دلیل راه‌اندازی با وسایلی به نام «راه‌انداز» انجام می‌شود. موتورهای سه‌فاز معمولاً با یکی از روش‌های زیر راه‌اندازی می‌شوند:

- راه‌اندازی به‌صورت مستقیم
- راه‌اندازی به‌صورت ستاره مثلث
- راه‌اندازی به‌وسیله‌ی مقاومت راه‌انداز

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

جدول ۱ــ۱ محدوده‌ی توان موتورهای سه‌فازه 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 ۱ــ۱ــ 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

۶-۲-۱- توان موتوردراتصال‌های ستاره ومثلث

یکی از ســاده‌ترین و معمول‌ترین روش‌های راه‌اندازی موتورهای آسنکرون روتور قفســی، روش ستاره مثلث اســت. قبل از اتصال موتور به صورت ستاره یا مثلث لازم اســت ابتدا به پلاک موتور توجه شود و ولتاژ قابل تحمل سیم‌پیچ‌های موتور مورد بررســی قرار گیرد. عددی که روی پلاک نوشته می‌شود مُعرّفِ‌ولتاژ قابل تحمل هر سیم‌پیچی است. ولتاژ خط شبکه‌ی سه‌فاز ایران ۳۸۰ولت است، از طرفی بر روی پلاک برخی موتورها دو عدد (دو ولتاژ) نوشــته می‌شود.از جدول ۲ــ۱ برای تشخیص نوع اتصال موتور در شبکه‌ی ایران می‌توان استفاده کرد.

جدول ۲ــ۱

نحوه اتصال موتور به شبکه برق ایران	مشــخصا ت پلاک موتور
نمی‌توان با شبکه سه‌فاز ایران راه‌اندازی کرد	۲۳۰λ
به صورت ستاره	۲۳۰Δ
به صورت ستاره	۴۰۰λ
به صورت ستاره مثلث می‌توان راه‌اندازی کرد و در نهایت باید اتصال مثلث باشد	۴۰۰Δ
به صورت ستاره	۴۰۰/۲۳۰λ/Δ
به صورت ســتاره مثلث راه‌اندازی می‌شــود 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 می‌شود، توان خروجی با توان مفید است.

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

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

چون همه‌ی مشخصات ســیم‌پیچی‌های هر سه‌فاز موتور یکسان است، برای محاسبه‌ی توان کل سه‌فاز به صورت مقابل می‌توان عمل کرد.

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

حـال با توجه به رابطه‌ی جریان (طبق قانون اهـم) و همچنین در نظر گرفتن روابط ولتاژها و جریان‌های خطی و فازی اتصال ستاره[1] می‌توانیم به‌جای مقادیر ولتـاژ، جریان و توان روابط (۱) و (۲) معـادل آن‌ها را قرار داد و رابطه‌ی نهایی توان کل موتور در حالت سـتاره را مطابق روش مقابل محاسـبه کنیم و رابطه‌ی نهایی (۳) را به‌دست آوریم.

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

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

$$P = 3V_P . I_P . \cos\varphi$$
$$P = 3V_P . \frac{V_P}{Z_P} . \cos\varphi$$
$$P = 3 \frac{V_L}{\sqrt{3}} . \frac{V_L}{\sqrt{3} Z_P} . \cos\varphi$$
$$P = 3 \frac{V_L^2}{3Z_P} . \cos\varphi$$
$$P = \frac{V_L^2}{Z_P} . \cos\varphi$$

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

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

– با توجه به رابطه‌ی 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_A) از رابطه‌ی نهایی توان کل، مطابق رابطه‌ی (۶) به‌دست می‌آید.

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

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

(۴) $P_P = V_P . I_P . \cos\varphi$

(۵) $P = 3P_P$

$$P = 3V_P . I_P . \cos\varphi$$
$$I_P = \frac{V_P}{Z_P}$$
$$P = 3V_P . \frac{V_P}{Z_P} . \cos\varphi$$
$$P = 3V_L . \frac{V_L}{Z_P} . \cos\varphi$$
$$P = 3 \frac{V_L^2}{Z_P} . \cos\varphi$$

(۶) توان کل مثلث $P_\Delta = 3 \frac{V_L^2}{Z_P} . \cos j$

توضیح:

۱– توان نامی روی بدنه‌ی موتورهایی که امکان راه‌اندازی به‌صورت سـتاره مثلث را دارند نشـان‌دهنده‌ی توان موتور در حالت مثلث اسـت.

۲– در حالت سـتاره توان موتور $\frac{1}{3}$ توان نامی اسـت؛ در این شرایط نباید موتور زیر بار قرار گیرد.

$$\frac{P_\lambda}{P_\Delta} = \frac{\frac{V_L^2}{Z_P} . COS\varphi}{\frac{3V_L^2}{Z_P} . COS\varphi} = \frac{V_L^2 . COS\varphi . Z_P}{3V_L^2 . COS\varphi . Z_P}$$
$$\frac{P_\lambda}{P_\Delta} = \frac{1}{3}$$

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

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

۷-۲-۱- تغییر جهت گردش در موتورهای سه فاز

بـرای ایجاد تغییر جهت گردش در موتورهای سـه‌فازه کافی اسـت به‌طور دلخواه جای دو سـیم فاز از سـر سیم ورودی به سـیم‌پیچ‌های استاتور موتور را عوض کرد.

در اثر این جابه‌جایی جهت میدان مغناطیسـی دوّار در پوسته‌ی استاتور تغییر می‌کند. به این ترتیـب جهت نیروی محرکه‌ی القایی، جریان القایی و در نتیجه جهت نیروی وارد بر روتور عوض می‌شـود و در خلاف جهت قبلی به حرکت درمی‌آید. شـکل‌های ۳۴ـ۱ و ۳۵ـ۱ وضعیت سـیم‌پیچی‌های موتور در حالت راست‌گرد و چپ‌گرد را نشان می‌دهند.

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

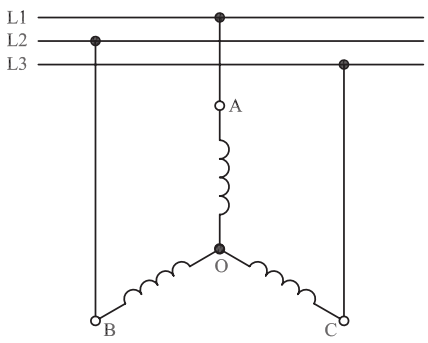
طبق قرارداد اتصال فازها به صورت شکل ۳۶ـ۱ به سرسیم‌های موتور را حالت «راست‌گرد» و اتصال فازها مطابق شکل ۳۷ـ۱ را حالت «چپ‌گرد» نامند.

تمریـن: وضعیت اتصال سـیم‌پیچی‌های موتور سـه‌فاز بـا اتصال مثلث در حالت‌های راست‌گرد و چپ‌گرد را رسم کنید.

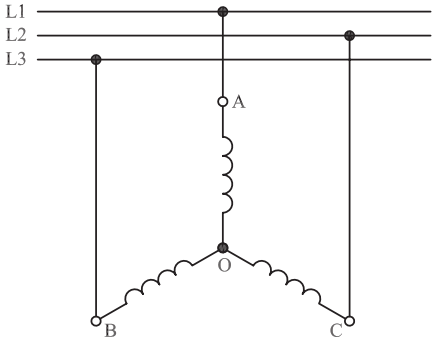
۸ ـــ۲ـــ۱ـــ راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون در شبکه ی تک فاز

در صورت عدم دسترسـی به شـبکه‌ی سـه‌فازه، می‌توان یک موتور سه‌فاز آسنکرون را در شبکه‌ی تک‌فاز راه‌اندازی کرد. برای این‌که در این شرایط موتور دارای قدرت و گشـتاور راه‌اندازی مناسب باشـد معمولاً از یک خازن روغنی در مدار سـیم‌پیچی استاتور استفاده می‌شود.ظرفیت خازن مناسب را می‌توان از جدول ۳ـ۱ محاسبه کرد.

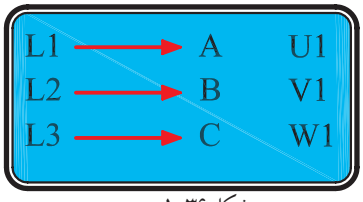
چون وضعیت اتصال سـیم‌پیچی‌های موتور به‌صورت سـتاره یا مثلث است، نحوه‌ی قرار گرفتن خازن در مسیر سیم‌پیچی‌های استاتور موتور نیز به دو صورت می‌تواند باشد. شکل‌های ۳۸ـ۱ و ۳۹ـ۱ وضعیت سیم‌پیچی‌های موتور را در حالت سـتاره راست‌گرد و شکل‌های ۴۰ـ۱ و ۴۱ـ۱ وضعیت سیم‌پیچی‌های موتور در حالت ستاره چپ‌گرد را نشان می‌دهد.



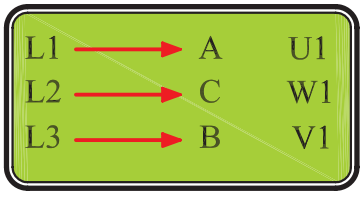
شکل ۳۴-۱- حالت راست‌گرد اتصال ستاره



شکل ۳۵-۱- حالت چپ‌گرد اتصال ستاره



شکل ۳۶-۱



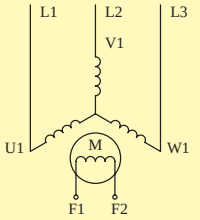
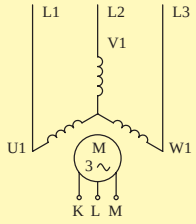
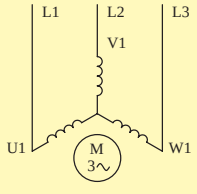
شکل ۳۷-۱

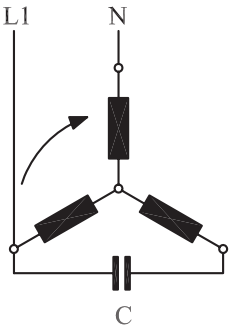
جدول ۳ـ۱ـ ظرفیت خازن روغنی راه‌اندازموتور سه‌فاز در شبکه‌ی تک‌فاز

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

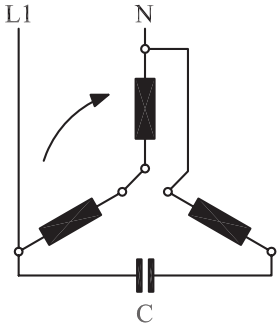
جدول ۴ـ۱ ویژگی‌های موتورهای سه‌فازه را نشان می‌دهد.

جدول ۴ـ۱ـ ویژگی‌های موتور سه‌فاز

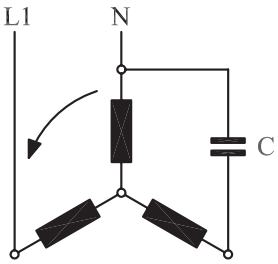
موتور سنکرون قفسه‌ای	موتور با روتور	موتور با روتور قفسه‌ای	سیم‌بندی و اتصال برای راست‌گرد
 همچنین با روتوردارای آهنربای دائم			سیم‌بندی و اتصال برای راست‌گرد
جابه‌جا کردن دو سر سیم بیرونی به طور مثال L_1 با L_2			تغییر جهت گردش
۳ تا ۷ (با قفسه‌ی راه‌انداز)	تقریباً ۱ در شروع با گشتاور M_N	۳ تا ۷	
۰٫۵ تا ۱ (با قفسه‌ی 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 کوتاه‌مدت
اتصال مستقیم به شبکه بدون تحریک (با قفسه‌ی راه‌انداز)	با مقاومت‌های راه‌انداز در مدار روتور	اتصال مستقیم به شبکه با تغییر تعداد قطب‌ها برای دور موتور کم	رایج‌ترین روش راه‌اندازی
به‌ندرت از طریق تغییر فرکانس	از طریق مقاومت‌های روتور به ندرت از طریق تغییر فرکانس	تغییر تعداد قطب‌ها به ندرت از طریق تغییر فرکانس	کنترل دور موتور
۱ : ۳	از طریق مقاومت‌های روتور تا ۱:۳	تغییر تعداد قطب‌هاتا ۸ : ۱	حدود تنظیم دور موتور
	با کنترل فرکانس تا ۱:۲۰		



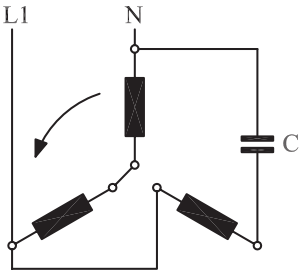
شکل ۳۸-۱



شکل ۳۹-۱



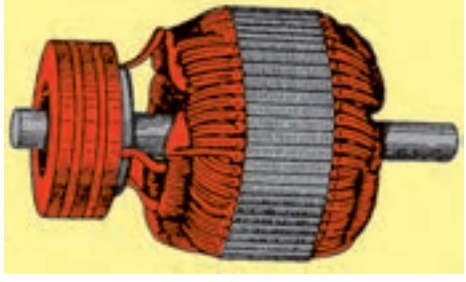
شکل ۴۰-۱



شکل ۴۱-۱

۹-۲-۱- موتور آسنکرون روتور سیم پیچی

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

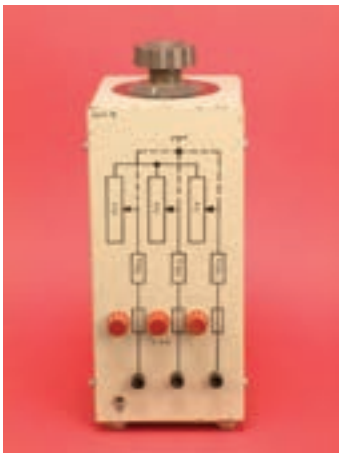

شکل ۴۲-۱

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

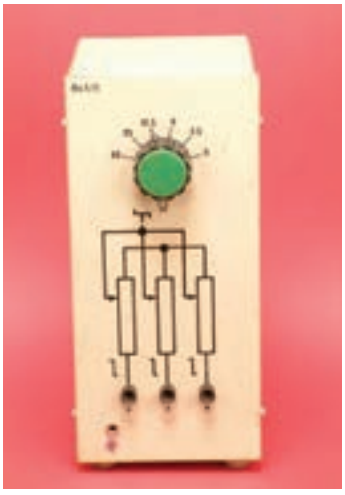
در موتورهای روتور سیم‌پیچی به کمک حلقه‌های لغزنده و وارد کردن مقاومت در مسیر هر دسته سیم‌پیچی روتور به هنگام راه‌اندازی، مقاومت روتور افزایش یافته و در نتیجه جریان راه‌اندازی کاهش می‌یابد. در شکل‌های ۴۳ـ۱ و ۴۴ـ۱ دو نمونه مقاومت راه‌انداز را مشاهده می‌کنید.

پس از راه‌اندازی موتور به تدریج مقاومت موجود در مدار روتور را کاهش می‌دهیم و در نهایت از مدار خارج می‌کنیم.

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

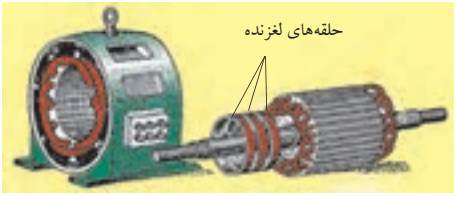


شکل ۴۳-۱



شکل ۴۴-۱

شکل ۴۵-۱- موتور روتور سیم‌پیچی

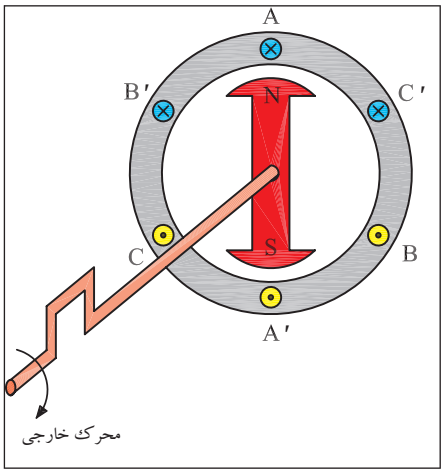


شکل ۴۶-۱- اجزای موتور روتور سیم‌پیچی

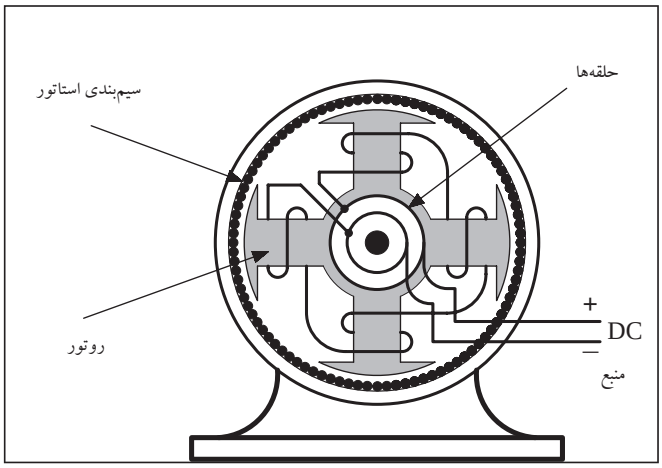
۱۰-۲-۱- موتور سنکرون

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

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



شکل ۴۸-۱



شکل ۴۷-۱

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

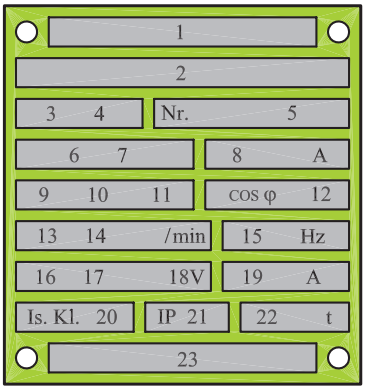
جدول ۵-۱- انواع موتورهای سه فاز القایی

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 عایق‌کاری سیم‌پیچ‌ها نیست، فرکانس دورانی تا حدی مستقل از بار است.	ماشین‌های ابزار، پمپ‌ها، دمنده‌های هوا، بالابرهای کوچک، جرثقیل‌های بزرگ، ماشین‌های بافندگی با فرکانس دورانی ثابت
	معایب	• در اتصال مستقیم به برق جریان راه‌اندازی بزرگ است، گشتاور اولیه به خصوص بزرگ نیست، در فرکانس 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.	

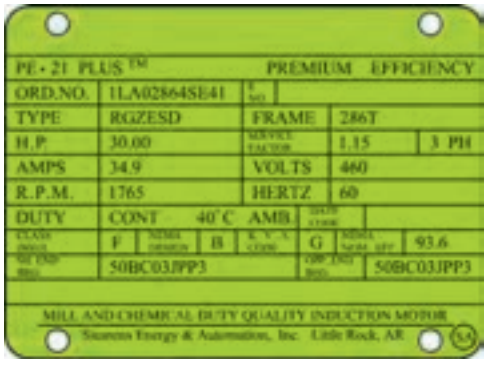
۳-۱- آشنایی با پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه فاز

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

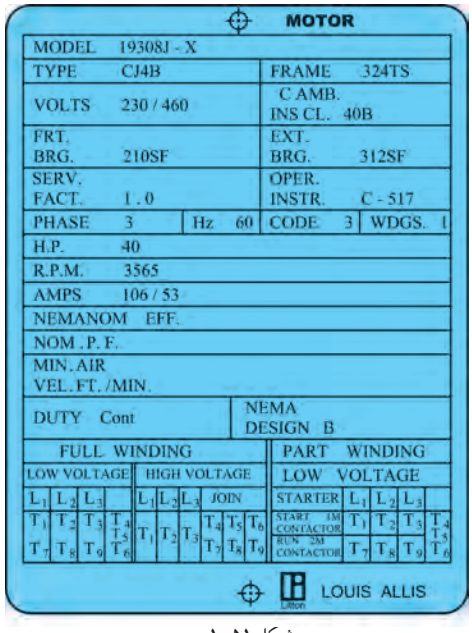
اگر مشخصات نوشته شده روی پلاک موتورها را با یکدیگر مقایسه کنیم مشاهده می‌شود که این پلاک‌ها تفاوت‌هایی با هم دارند. در شکل‌های ۵۲ـ۱، ۵۳ـ۱، ۵۴ـ۱ و ۵۵ـ۱ بخش‌های مختلف یک نوع پلاک موتورهای سه‌فازه مشاهده می‌شود. در جدول ۶ـ۱ توضیحات مربوط به هر قسمت آمده است.



شکل ۴۹-۱



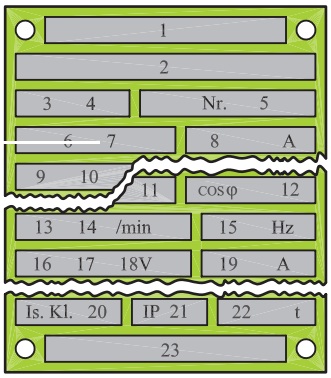
شکل ۵۰-۱



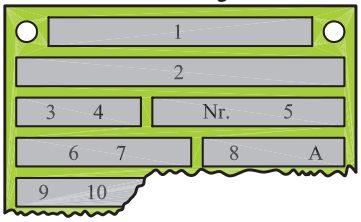
شکل ۵۱-۱

جدول ۶ـ۱

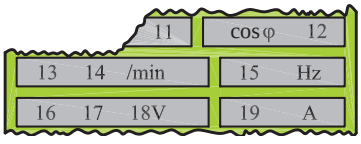
شماره	اطلاعات داده شده		
۱	نشانه کارخانه (نام و آرم)		
۲	نشانه نوع ماشین (تیپ ماشین)		
۳	نوع جریان مانند: G (جریان مستقیم)، E (جریان تک‌فاز)، D (جریان سه‌فاز)		
۴	نوع کار (Gen ـ ژنراتور)؛ (Mot ـ موتور)		
۵	شماره تولید ماشین		
۶	نوع اتصال سیم‌پیچ استاتور در ماشین‌های سنکرون و القایی، به‌علاوه:		
	علامت	تعداد کلاف و مدار	
	با کلاف (سیم‌پیچ) کمکی	۱ ~	
	به صورت باز	۳ ~	
	ستاره	۳ ~	
	مثلث	به هم وصل شده	
	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 kW، W، kVA، VA 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: S۲ ۳۰min.		
۱۲	ضریب توان نامی cos . در ماشین‌های سنکرون در صورتی که توان رآکتیو دریافت شود، باید نشانه u (تحریک ناقص) اضافه شود.		
۱۳	جهت چرخش (از طرف سر محور موتور نگاه می‌شود): → (راست گرد) ← (چپ گرد)		
۱۴	سرعت نامی. (علاوه بر این در موتورهای با تحریک سری بیشینه سرعت ؛ در مولدهای با تورین آبی، سرعت میانی توربین؛ در موتورهای چرخ‌دنده‌دار سرعت آخرین چرخ‌دنده n_z ارائه می‌شود.)		
۱۵		فرکانس نامی	
	در ماشین جریان مستقیم و ماشین سنکرون	در روتور با حلقه‌ی لغزان	
۱۶	تحریک‌کننده یا «Err»	روتور یا «Lfr»	
۱۷		نوع اتصال سیم‌پیچ روتور	
۱۸	ولتاژ تحریک نامی به V (ولت)	ولتاژ سکون روتور به V (ولت)	
۱۹	جریان تحریک در کار نامی. اگر جریان کوچک‌تر از باشد، اطلاعات حذف می‌شود.	جریان روتور	
۲۰	گروه مواد عایق‌کننده (Y,A,E,B,F,H,C). اگر سیم‌پیچ استاتور و روتور به گروه‌های مختلفی متصل باشند، ابتدا گروه سیم‌پیچ استاتور و سپس گروه سیم‌پیچ روتور بیان می‌شود. (کلاس عایقی)(مثلاً F/B).		
۲۱	نوع محافظت طبق DIN۴۰۰۵۰ ، مثلاً IP۴۴		
۲۲	وزن تقریبی به t، برای وزن‌های کم‌تر از یک تن اطلاعاتی داده نمی‌شود.		
۲۳	توضیحات اضافی، به‌طور مثال ... / VDEO۵۳۰ مقدار متوسط خنکی با تهویه هوای آزاد یا خنک شدن با آب.		



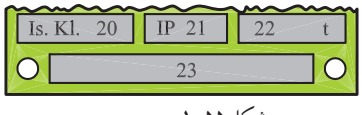
شکل ۵۲-۱



شکل ۵۳-۱

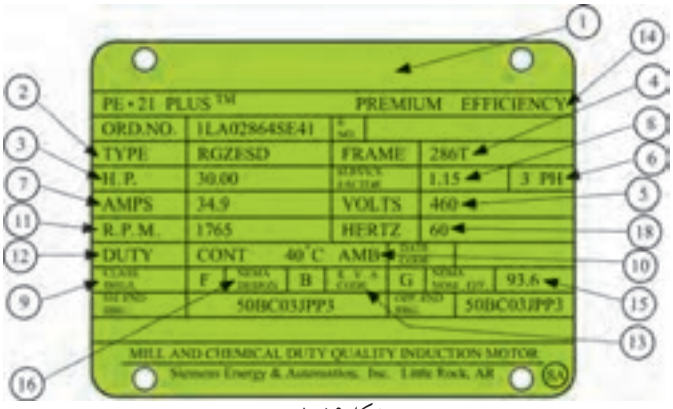


شکل ۵۴-۱

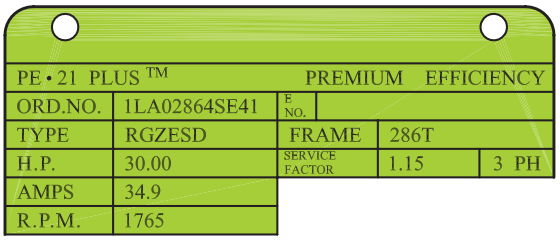


شکل ۵۵-۱

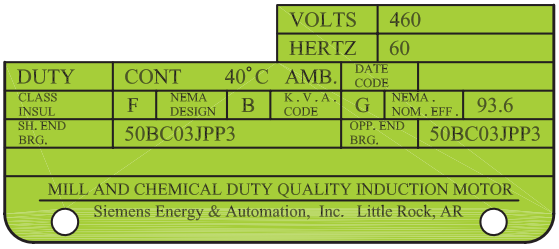
توضیحـات مربوطـه به نمونه‌ی دیگری از پلاک موتورهای سـه‌فازه که در شکل‌های ۵۶ــ۱، ۵۷ــ۱ و ۵۸ــ۱ نشان داده شده در جدول ۷ــ۱ آمده است.



شکل ۵۶-۱



شکل ۵۷-۱



شکل ۵۸-۱

جدول ۷ــ۱

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانه
۲	مدل
۳	قدرت برحسب اسب بخار
۴	شماره ی 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 کننده‌ی وسایل الکتریکی
۱۷	ضریب قدرت
۱۸	فرکانس (برحسب هرتز)

۱ــ۳ــ۱ــ شرح تکمیلی برخی از علائم روی پلاک

در ردیف یازدهم جدول ۶ــ۱ نوع کار و مدت زمان روشـن بودن ماشـین به‌طور نسـبی بیان می‌شود. هشت حالت کاری طبق استاندارد تعریف شده است که با حروف S_1 تا S_8 نشان داده می‌شوند. مفهوم هر یک از حروف مطابق جدول ۸ــ۱ است[1]. مثلاً اگر روی پلاک موتوری در ردیف نوع کار، S_1 نوشته شده باشد نشان می‌دهد که این موتور تحت بار نامی، در درجه حرارت پایدار و بدون وقفه کار می‌کند بدون این‌که از دمای مجاز موتور تجاوز کند .

۱ــ به خاطر سپردن مطالب مربوط به نوع کار و زمان روشن بودن ماشین (جدول ۸ــ۱) اجباری نیست.

جدول ۸ ــ۱ــ 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 این‌که از دمای مجاز تجاوز کند. مثال: پمپ فاضلاب.
کارکوتاه 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 این‌حال در این‌جا یک ترمز الکتریکی (ترمز جریان مستقیم، ترمز جریان معکوس) در نظر گرفته شده، که در گرم شدن نیز سهیم است. اطلاعات مثلاً :h/ راه‌اندازی ۵۰۰، جریان معکوس،S_5ED۲۵ 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_5$۱۰min / ۶۰min یا بهتر ۴۰ S_5ED۲۵
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 / راه‌اندازی 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: ۱۰min $^{-1}$ ۱۵۰۰min / ۵min $^{-1}$ $S_8$۳۰۰۰min کاربرد: خط تولید خودکار

در ردیف بیست و دوم جدول ۶ــ۱ که نوع محافظت (ایمنی) به‌کار رفته در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب بیان می‌شود از دو حرف IP[1] و دو رقم کد استفاده می‌شود اولین رقم درجه‌ی ایمنی در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم درجه‌ی ایمنی در مقابل نفوذ آب را نشان می‌دهد. گاهی اوقات نیز از کد ۳ رقمی استفاده می‌شود که یک رقم آن مربوط به شرایط محیطی است. در جدول ۹ــ۱ معانی هریک از رقم‌های اول و دوم بعد از را مشاهده می کنید. همچنین بر روی برخی دستگاه‌ها از علائم خاصی مشابه، علائم جدول ۹ــ۱ استفاده می‌شود. توضیحات هریک را می‌توان از جدول‌ها استخراج کرد.[2]

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

جدول ۹-۱

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 خارجی‌بزرگ‌تراز 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 ـ International Protection (ایمنی بین‌المللی)

۲ــ به خاطر سپردن جزئیات جدول ۹ــ۱ ضروری و اجباری نیست.

اصطلاحات و شـرایط خاص، نحوه‌ی ریزش آب مندرج در جدول ۸ــ۱ به همراه معانی هریک در شکل ۵۹ــ۱ نشان داده شده است.

شکل ۵۹-۱

بر روی ماشین‌ها از علائم اختصاری ایمنی نیز استفاده می‌شود. معانی هریک از این علائم مطابق شکل ۶۰ــ۱ 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 ۶۰-۱

۲ــ۳ــ۱ــ کلاس حرارتی

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

جدول ۱۰ــ۱

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

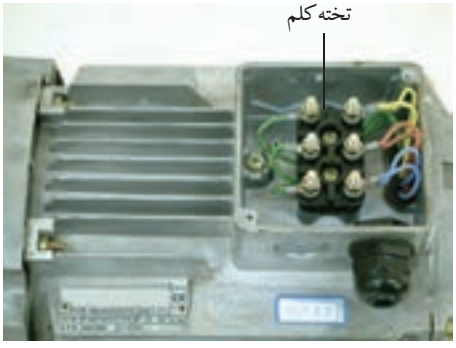
جدول ۱۰ــ۱ حروف اختصاری مربوط به کلاس‌های حرارتی ماشین‌های الکتریکی را نشان می‌دهد. لازم به توضیح است اعدادی که در جدول مشاهده می‌شود از حاصل جمع دمای فرضی محیط (۴۰°c)و دمای کارکرد ماشین به‌دست آمده است. لذا برای به‌دست آوردن ماکزیمم دمای ماشین در شرایط کاری می‌بایست دمای ۴۰ درجه را از عدد داخل جدول کم کرد. مثلاً، ماکزیمم دمای قابل تحمل موتوری با کلاس F برابر است با:

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

۳ــ۳ــ۱ــ پلاک اتصالات موتور (تخته کلم)

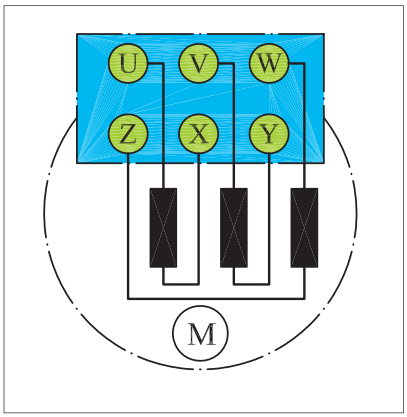
برای اتصال سیم‌پیچ‌های موتور سه‌فاز، سر سیم‌ها از داخل پوسته به یک محفظه یا ترمینال موتور هدایت می‌شوند که اصطلاحاً به آن «تخته کلم» می‌گویند (شکل ۶۱ــ۱).

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



شکل ۶۱-۱

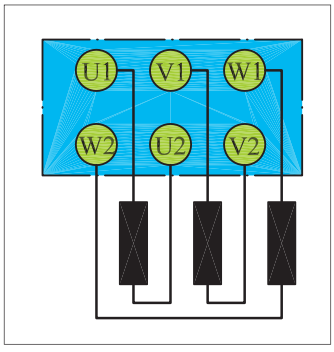
در استاندارد قدیمی برای نشان دادن سر کلاف‌ها به‌ترتیب برای کلاف اول تا سوم از حروف U، V و W و برای نمایش ته کلاف‌ها به‌ترتیب از حروف X، Y و Z استفاده می‌شد. نحوه‌ی قرار گرفتن سر سیم‌ها در زیر پیچ‌های تخته کلم مطابق شکل ۶۲ـ۱ است. علّت این که ته کلاف‌ها مشابه سر کلاف‌ها به‌ترتیب از کلاف اول تا سوم نوشته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



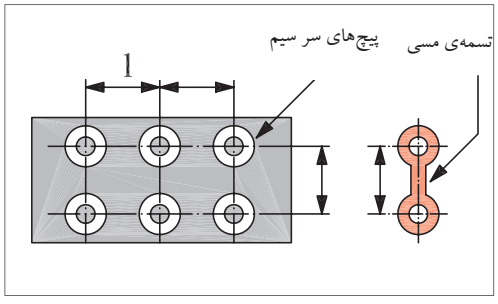
شکل ۶۲-۱

شکل ۶۳ـ۱ تصویری از پیچ‌های تخته کلم را به‌همراه تسمه‌ی مسی نشان می‌دهد.

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

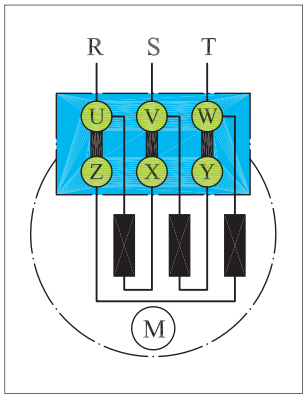


شکل ۶۴-۱

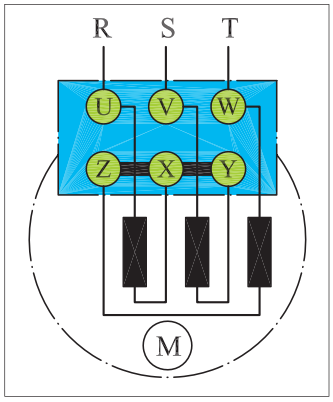


شکل ۶۳-۱

شکل های ۶۵ ـ۱ و ۶۶ ـ۱ چگونگی ایجاد اتصال ستاره و اتصال مثلث با استفاده از تسمه‌ی مسی بر روی تخته کلم با حروف اختصاری VDC (آلمانی) را نشان می‌دهد.



شکل ۶۶-۱- اتصال مثلث



شکل ۶۵-۱- اتصال ستاره

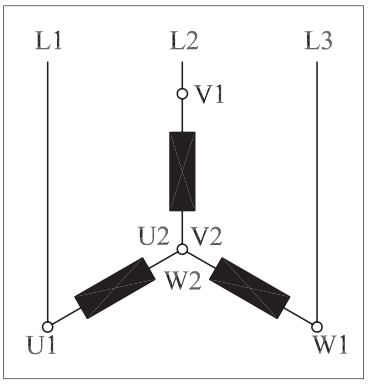
به ترتیب شکل های ۶۷ ــ۱ و ۶۸ ــ۱ اتصال کلاف‌های موتور و نحوه‌ی اتصال سرهای موتور در استاندارد IEC حالت ستاره را نشان می‌دهند.

در شکل‌های ۶۹ــ۱ و ۷۰ــ۱ به‌ترتیب اتصال کلاف‌های موتور و نحوه‌ی اتصال سرهای موتور در استاندارد IEC حالت مثلث را مشاهده می کنید.

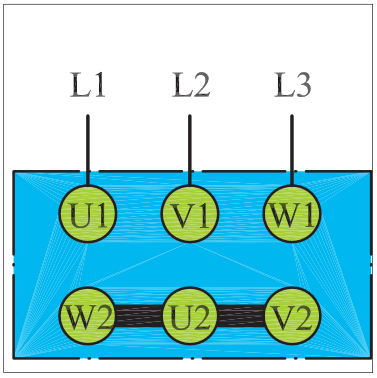
همان‌طور که قبلاً اشاره شد برای تغییر جهت موتور ضروری است جای دو فاز در روی سیم‌پیچی‌های موتور عوض شود.

شــکل‌های ۷۱ــ۱ و ۷۲ــ۱ نحوه‌ی اتصال سیم‌های شبکه به تخته‌کلم موتور برای ایجاد حالت راست‌گرد و چپ‌گرد در اتصال ستاره را نشان می‌دهند.

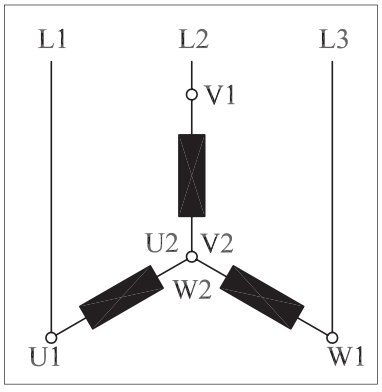
شــکل‌های ۷۳ــ۱ و ۷۴ــ۱ نحوه‌ی اتصال سیم‌های شبکه به تخته‌کلم موتور برای ایجاد حالات راست‌گرد و چپ‌گرد در اتصال مثلث را نشان می‌دهند.



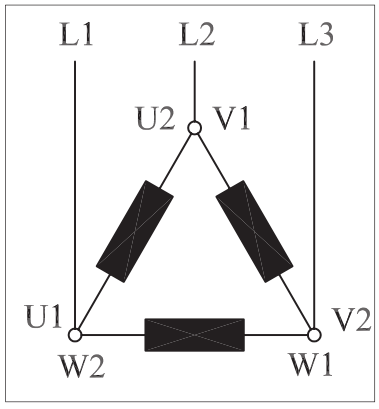
شکل۶۷-۱- وضعیت اتصال کلاف‌ها در حالت ستاره



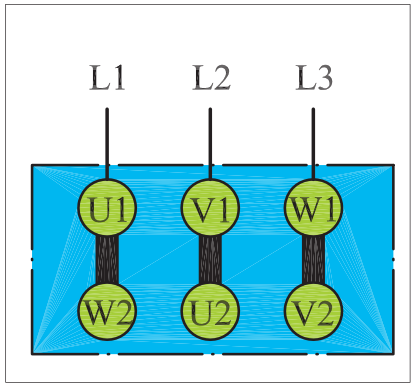
شکل۶۸-۱- تخته‌کلم موتور در حالت مثلث



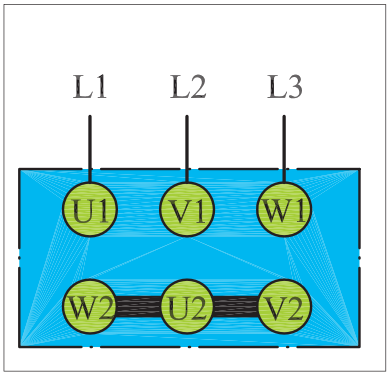
شکل۶۹-۱- وضعیت اتصال کلاف‌ها در حالت مثلث



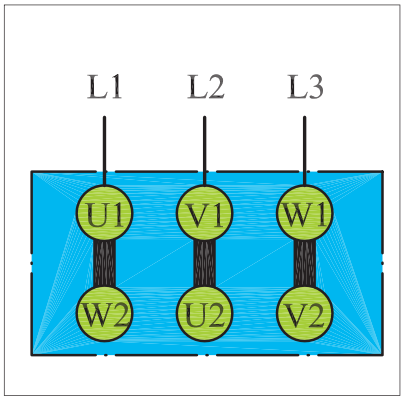
شکل ۷۱-۱- اتصال ستاره راست‌گرد



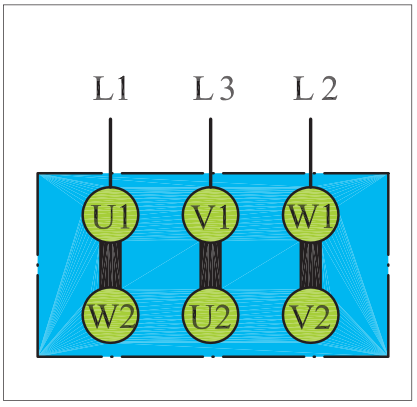
شکل۷۲-۱-اتصال ستاره چپ‌گرد



شکل ۷۰-۱-تخته‌کلم موتور در حالت مثلث



شکل۷۳-۱-اتصال مثلث راست‌گرد



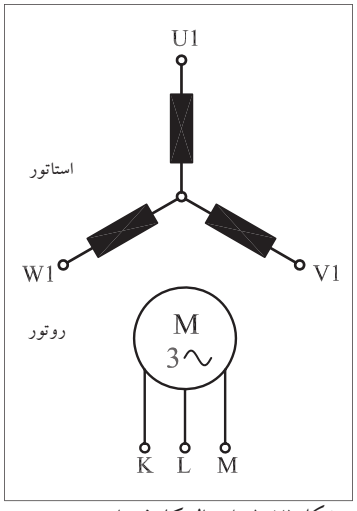
شکل۷۴-۱-اتصال مثلث چپ‌گرد

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

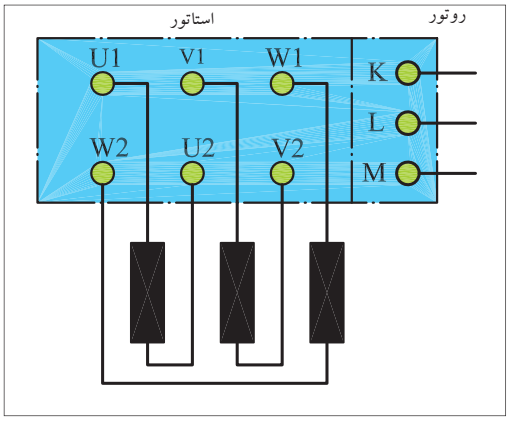
در شکل‌های ۷۵ـ۱ و ۷۶ـ۱ وضعیت سیم‌پیچی‌های موتور روتور سیم‌پیچی و تخته‌کلم آن را می‌بینید.

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

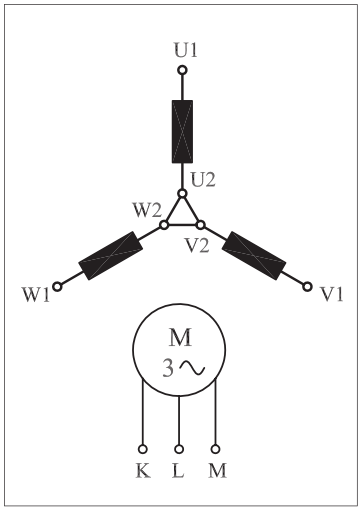
در شکل‌های ۷۹ـ۱ و ۸۰ـ۱ اتصال کلاف‌ها و تخته‌کلم موتورهای سه‌فازه‌ی روتور سیم‌پیچی در حالت مثلث مشاهده می‌شود.



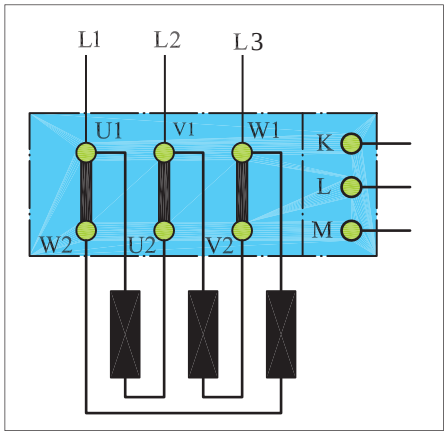
شکل ۷۵-۱- اتصال کلاف‌ها



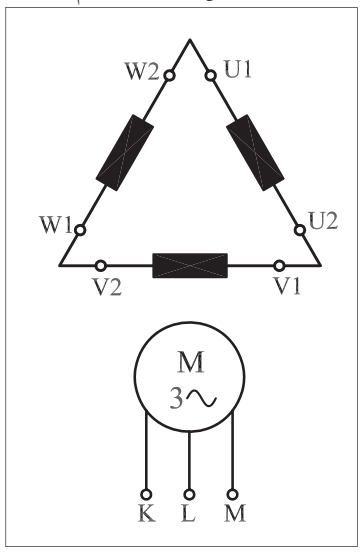
شکل ۷۶-۱- تخته‌کلم



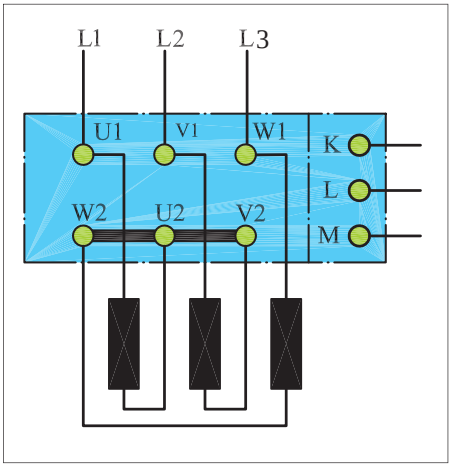
شکل ۷۷-۱-اتصال کلاف‌ها



شکل ۷۸-۱-تخته‌کلم



شکل ۷۹-۱-اتصال کلاف‌ها



شکل ۸۰-۱-تخته‌کلم

۴ – ۱ کارعملی(۱)

ساعات آموزشی		
نظری	عملی	جمع

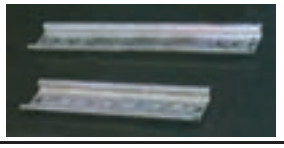
هدف: تشخیص سروته کلاف‌های موتورو اطمینان از سالم بودن کلاف‌ها

وسایل و تجهیزات موردنیاز: 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		دم‌باریک	۱ عدد
۵		سیم‌چین	۱ عدد
۶		سیم‌لخت‌کن	۱ عدد
۷		انبردست	۱ عدد
۸		چاقوی کابل‌بری	۱ عدد
۹		قیچی کابل‌بری	۱ عدد
۱۰		بست کابل	۳۰ عدد
۱۱		کابل	۳۰ عدد
۱۲		سیم افشان میلی‌متر (با حداقل سطح مقطع ۱/۵ میلی‌متر 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 کائوچوبی	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.

۱-۴-۱- نکات حفاظتی و اجرایی

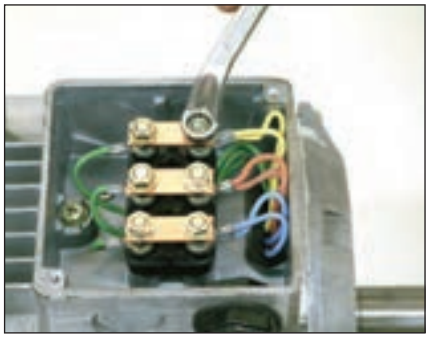
■ هنگام اجرای آزمایش برای قرار دادن موتور، از میز کارگاهی مناسب استفاده کنید (شکل a_۸۱_۱).

■ قبل از اتصال آوومتر یا آچار از باز بودن کابل برق اطمینان یابید و سپس تسمه‌های مسی بین سر کلاف‌ها را باز کنید (شکل b_۸۱_۱).

■ هنگام کار از دست زدن به سر سیم‌های آوومتر (در حالت اهم‌متری) خودداری کنید (شکل c_۸۱_۱).

■ وقتی پیچ و مهره‌های تخته‌کلم را باز می‌کنید یا می‌بندید دقت کنید آچار از روی مهره‌ها رد نشود. زیرا رد شدن آچار از روی مهره سبب ساییده شدن مهره می‌شود(شکل d_۸۱_۱

(a)



(b)

(c)

(d)

شکل ۸۱-۱

۱-۴-۲ شرح کار

تخته‌کلم موتور سه‌فازی را مطابق شکل ۸۲_۱ باز کنید و محل اتصال سر و ته کلاف‌ها را به همراه حروف مشخصه یادداشت کنید.

آوومتر موجود در کارگاه را در حالت اهم‌متری قرار دهید.

دو سر سیم اهم‌متر را مطابق شکل ۸۳_۱ به پیچ‌های تخته‌کلم وصل کنید. در این‌صورت عقربه‌ی اهم‌متر می‌بایست تا انتهای صفحه منحرف شود.

محل سر سیم‌های اهم‌متر را مطابق شکل ۸۴_۱ تغییر دهید. در این حالت نیز عقربه‌ی اهم‌متر می‌بایست تا انتهای صفحه منحرف شود.

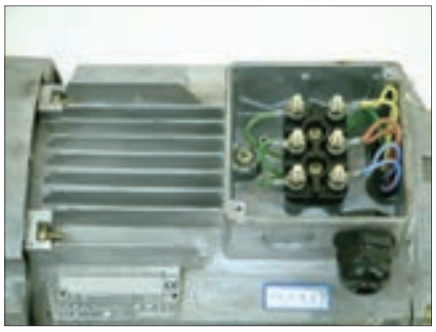
در مرحله‌ی سوم نیز مانند شکل ۸۵_۱ محل قرار گرفتن سر سیم‌های اهم‌متر را تغییر دهید.

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

تذکر:

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

شکل ۸۳-۱



شکل ۸۲-۱

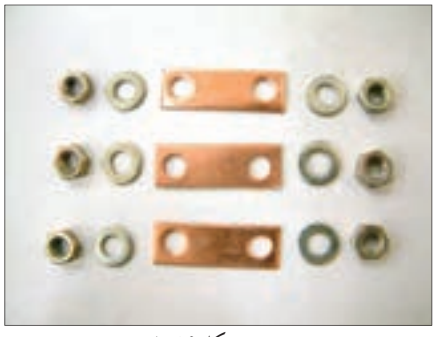
شکل ۸۵-۱

شکل ۸۴-۱

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

بـا به‌کارگیری آچار مخصوص مهره‌ی مربوط بـه اتصالات تخته‌کلم مطابق شکل ۸۷ـ۱ انتهای کلاف‌ها را به یکدیگر وصل کنید.

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



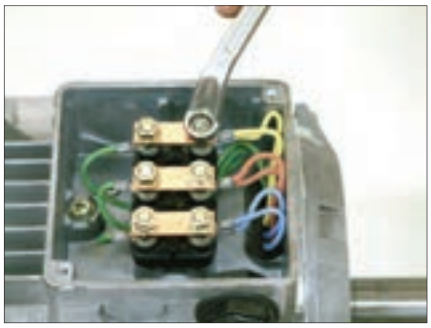
شکل ۸۶-۱

شکل ۸۷-۱

شکل ۸۸-۱

$$R۱ = R(U۱ - U۲) = R(U - X) = \ldots\ldots\Omega$$
$$R۲ = R(V۱ - V۲) = R(V - y) = \ldots\ldots\Omega$$
$$R۳ = (W۱ - W۲) = R(W - Z) = \ldots\ldots\Omega$$

در این شـرایط و در صورت سـالم بودن موتور هرگاه یک سـیم اهم‌متر به بدنه و سـر سیم دیگر به هریک از سیم‌پیچ‌های تخته‌کلم وصل شود، عقربه نباید منحرف شـود. 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 ۸۹-۱

با کمک آچار اتصال ستاره را باز کنید.

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

شکل ۹۰-۱

در شـکل ۹۰ـــ۱ تخته‌کلـم یک موتـور را که به‌حالت مثلث وصل شـده مشـاهده می‌کنید. با استفاده از اهم‌متر، مقدار مقاومت بین ترمینال‌های 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 داشـته باشد. برای اطمینان می‌توان از مگر یا اهم‌متر در رنج‌های[KW]، 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:

.....

.....

.....

.....

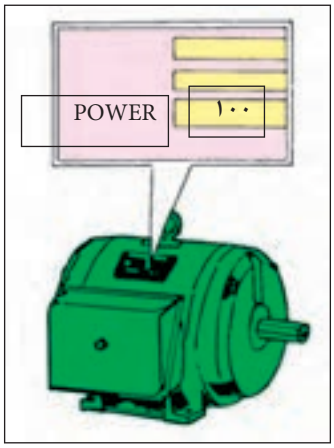
.....

۳-۴-۱- مراحل اجرای کار

دو موتور سه‌فاز با توان‌های مختلف را از انبار تحویل بگیرید و کلیه‌ی مراحل قسمت ۳ـ۴ـ۱ را بر روی آن‌ها آزمایش کنید.

۵ -۱- نکاتی درباره انتخاب موتورهای الکتریکی

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



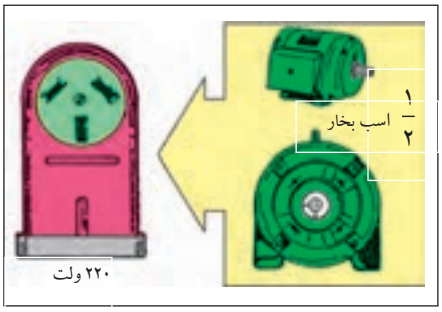
شکل ۹۱-۱

تناسب قدرت موتور با کار موردنظر

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

درنظر گرفتن مقررات شرکت برق

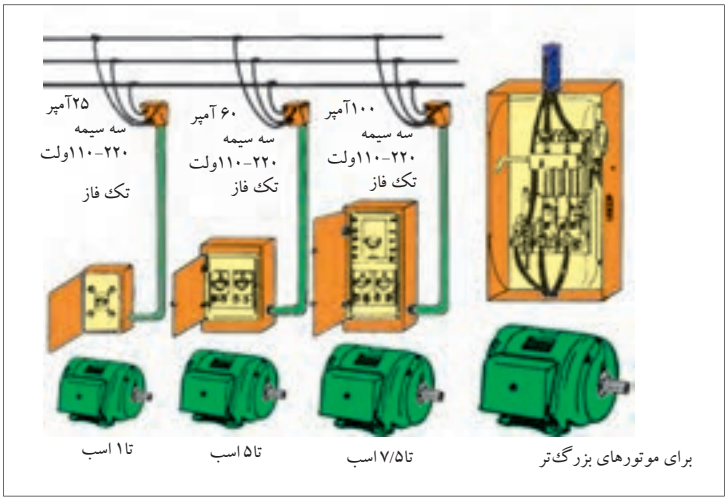
طبق استاندارد شرکت برق استفاده از موتورهای تا قدرت ۵ اسب‌بخار در شبکه‌ی تک‌فاز مجاز است. برای قدرت‌های بیش از ۵ اسب‌بخار حتماً می‌بایست از شبکه‌ی سه‌فاز استفاده شود (شکل ۹۲ـ۱).



شکل ۹۲-۱

توجه به میزان جریان‌دهی تابلوی برق

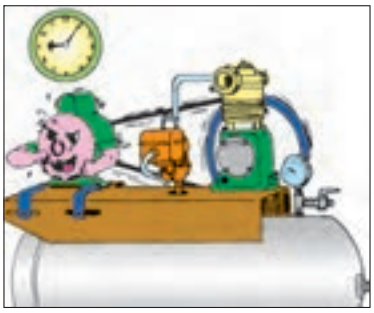
ظرفیت جریان‌دهی تابلوی برق می‌بایست حدوداً سه برابر جریان نامی موتور باشد تا توانایی تأمین جریان راه‌اندازی موتور را داشته باشد. بهترین روش برق‌رسانی آن است که یک نقطه‌ی توزیع مرکزی داشته باشیم و سپس برای هر قسمت یک تابلوی فرعی جداگانه تهیه کنیم (شکل ۹۳ـ۱).



شکل ۹۳-۱

تعیین سرعت مورد نیاز موتور(RPM)

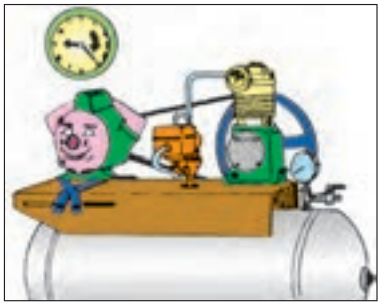
اگر سرعت مورد نیاز برای انجام کار را به‌صورت از پیش تعیین شده نمی‌دانید، بهتر است دنبال دستگاهی مشابه باشید و یا اینکه موتوری با دور استاندارد انتخاب کنید و سپس با تغییر ولتاژ تغذیه‌ی آن به‌کمک اتوترانسفورماتور و یا با استفاده از گیربکس و چرخ دنده، تعداد دور مناسب کار را به‌دست آورید.



شکل۹۴-۱- موتور تا هنگامی که نیاز باشد کار کند.

درنظر گرفتن شرایط کاری موتور

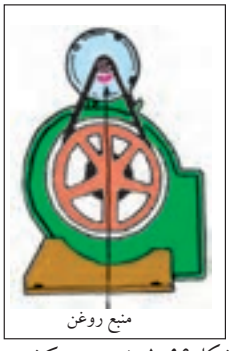
منظور از شرایط کاری آن است که بررسی کنیم موتوری که برای کار موردنظرانتخاب می‌شود چه مدت درحالت خاموش و چه مدت تحت بار کامل می‌تواند باشد. معمولاً شرایط کاری موتورها یکی از دو حالت I) موتور با کار مداوم II)موتور با کار متناوب است. این مطلب بر روی پلاک موتورها مشخص می‌شود که در زمان انتخاب می‌بایست به آن توجه کرد (شکل‌های ۹۴ـ۱و ۹۵ـ۱).



شکل۹۵-۱- موتوربرای مدتی خاموش

تعیین نوع (تیپ) موتور

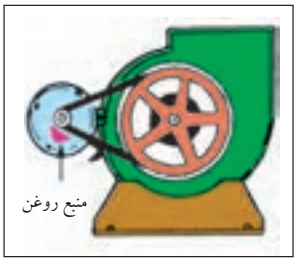
در انتخاب نوع موتور به عواملی همچون نوع شبکه (سه‌فازـ تک‌فاز) هزینه‌ی خرید؛ شرایط و تجهیزات راه‌اندازی، گشتاور و جریان نامی موتور باید توجه کرد.



شکل۹۶-۱- 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 روغن‌کاری موتور را تعیین می‌کند. اگر به دو عامل فوق، یعنی نوع یاتاقان و شرایط روغن‌کاری توجه خاص نشود موتور انتخابی مناسب نبوده و کار موردنظر امکان دارد عمر آن نیز کاهش یابد. نصب موتور در یکی از حالات کف، روی دیوار و آویز از سقف اثر و نیروهایی را بر محور و یاتاقان‌های موتور وارد می‌آورد. شکل‌های ۹۶ـ۱، ۹۷ـ۱ و ۹۸ـ۱ وضعیت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

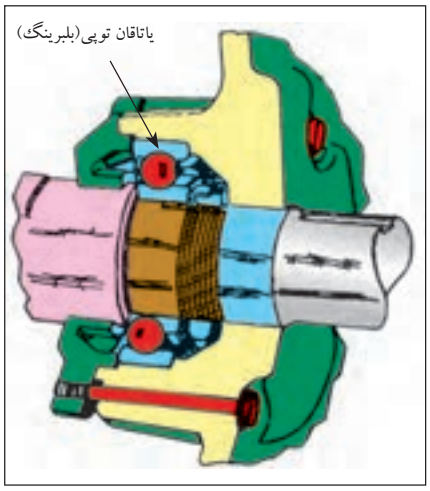


شکل۹۷-۱- نصب روی دیوار

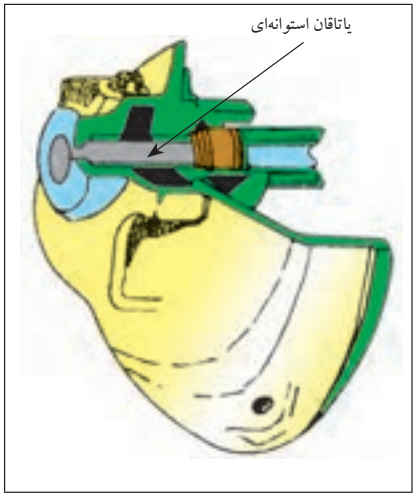
شکل۹۸-۱- نصب از سقف

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

در جدول ۱۱ــ۱ چگونگی نصب موتورهای الکتریکی براساس استاندارد IEC نشان داده شده است.[۱]



شکل ۹۹-۱



شکل ۱۰۰-۱

جدول ۱۱-۱- ماشین‌های الکتریکی

شکل ساختمانی ماشینهای الکتریکی					
شرح	شکل	علایم IEC - کد	شرح	شکل	علایم IEC - کد
ماشین برای وضعیت عمودی			ماشین با یاتاقان سپری		
مانند V3، اما سر آزاد 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 سر آزاد محور در سمت پایین		V10 IM 4011	مانند B6، اما سر آزاد محور در سمت چپ		B7 IM 1061
مانند V10، اما سطح نصب بر روی طرف پیشانی (جلو)		V18 IM 3611	مانند B6، اما برای نصب از سقف		B8 IM 1071
ماشین بدون یاتاقان و با یاتاقان مجزا			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 جاه.		W1 IM 8015	مانند V1، اما طوق نصب و سر آزاد محور درسمت بالا		V3 IM 3031

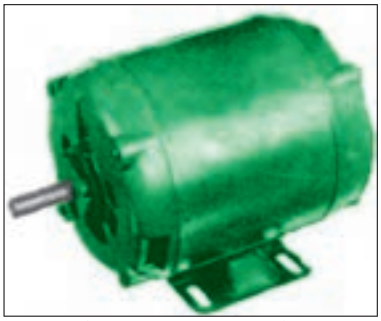
۱ــ به‌خاطر سپردن جزئیات جدول ضروری و اجباری نیست.

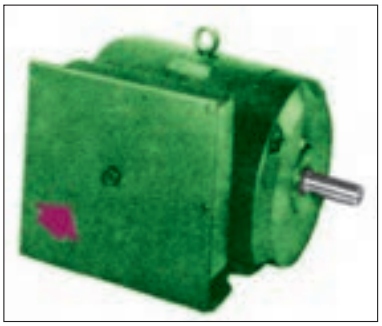
انتخاب نوع بدنه موتور

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

الف ــ گرد و غبار
ب ــ رطوبت
ج ــ گرما
د ــ احتمال وارد شدن ضربه
هـ ــ ریختن مایعات

در شکل‌های ۱۰۱ــ۱ ، ۱۰۲ــ۱ و ۱۰۳ــ۱ نمونه‌هایی از بدنه‌ی موتورها نشان داده شده است که نسبت به آب و گرد و غبار عایق هستند. علاوه بر بدنه به پایه و سیستم تهویه‌ی هوای داخل موتور نیز باید توجه داشت. استفاده از پایه‌ی لاستیکی لرزش و سر و صدای موتور را تا حد زیادی کاهش می‌دهد.


شکل ۱۰۱-۱- بدنه ضد- چکه


شکل ۱۰۲-۱- بدنه ضد ترشح که بیش‌تر برای جلوگیری از ترشح مایعات به داخل موتور به کار می‌رود.

انتخاب سیستم حفاظتی مناسب

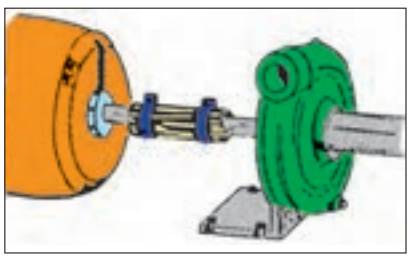
ضروری است برای هر موتور، حفاظت‌های الکتریکی مختلفی را پیش‌بینی کرد. این موارد به تفصیل در صفحات بعد بررسی خواهد شد.

شکل ۱۰۳ــ۱ــ بدنه کاملاً بسته، در محیط‌های بسیار کثیف و غبارآلود به‌کار می‌رود.

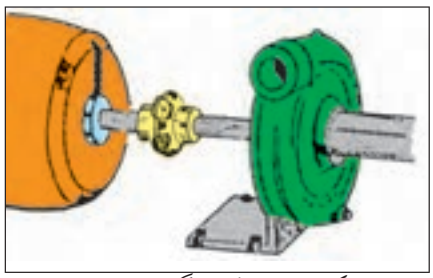
انتخاب سیستم انتقال قدرت مناسب

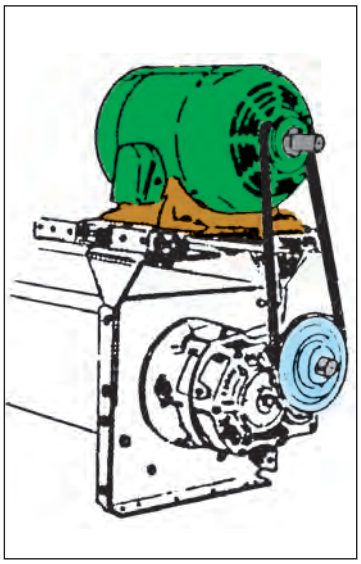
اگر موتوری را بخواهیم برای دستگاهی جای‌گزین و یا انتخاب کنیم حتماً باید به سیستم انتقال قدرت آن توجه داشته باشیم. برای انتقال قدرت دو نوع سیستم وجود دارد: (I سیستم انتقال قدرت مستقیم (II سیستم مبدل سرعت درصورتی که سرعت دستگاه با سرعت موتور یکی باشد از سیستم انتقال قدرت مستقیم می‌توان استفاده کرد. این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

شکل ۱۰۴ــــ۱ کوپلینگ لوله‌ای قابل انعطاف، شکل ۱۰۵ــــ۱ کوپلینگ فلنجی،شکل ۱۰۶ــ۱ کوپلینگ فلنجی نرم وشکل ۱۰۷ــ۱شفت قابل انعطاف را نشان می‌دهد.

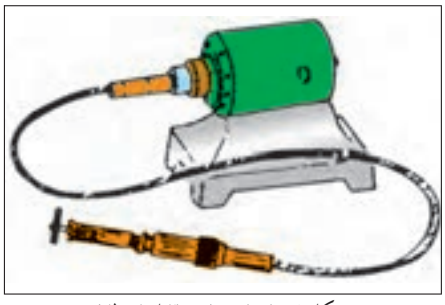

شکل ۱۰۴ــ۱ــ کوپلینگ لوله‌ای قابل انعطاف

از سیستم مبدل سرعت، زمانی استفاده می‌شود که سرعت لازم برای وسیله‌ی موردنظر با سرعت موتور انتخاب شده یکی نباشد. در این صورت با یکی از سه روش نشان داده شده در شکل‌های ۱۰۸ــ۱، ۱۰۹ــ۱ و ۱۱۰ــ۱ عمل تبدیل سرعت انجام می‌شود.

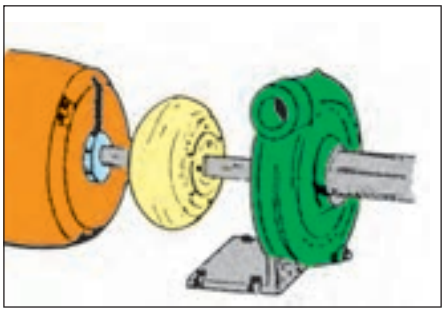

شکل ۱۰۵ــ۱ــ کوپلینگ فلنجی



شکل ۱۰۸ــ۱ انتقال قدرت با پولی و تسمه



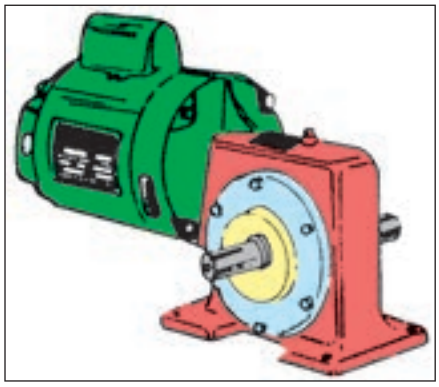
شکل ۱۰۷ــ۱ــ شفت قابل انعطاف



شکل ۱۰۶ــ۱ــ کوپلینگ فلنجی نرم

شکل ۱۰۸ــ۱ انتقال قدرت با پولی و تسمه ،شکل۱۰۹ــ۱انتقال قدرت با جعبه‌دنده وشکل ۱۱۰ــ۱انتقال قدرت با چرخ و زنجیر را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱۰ــ۱ــ انتقال قدرت با چرخ و زنجیر



شکل ۱۰۹ــ۱ــ انتقال قدرت با استفاده از جعبه‌دنده (gearbox)

توضیح:

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

۶ــ۱ــ توصیه های مؤثر برای استفاده ی بهینه از انرژی در موتورهای الکتریکی

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

بسته به شرایط، هنگامی که موتور هیچ کار مفیدی انجام نمی‌دهد، می‌تواند تا ۵۰ درصد بار نامی جریان بکشد. این مطلب به‌ویژه در مورد موتورهایی که به

جعبه‌دنـده و یا خط نقاله وصل شـده‌اند صحت داشـته و مجـدداً بر لزوم برنامه‌ریزی صحیح برای زمان کار موتور تأکید می‌کند. بهترین عملکرد موتور در محدوده‌ی بین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد بار نامی است.

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

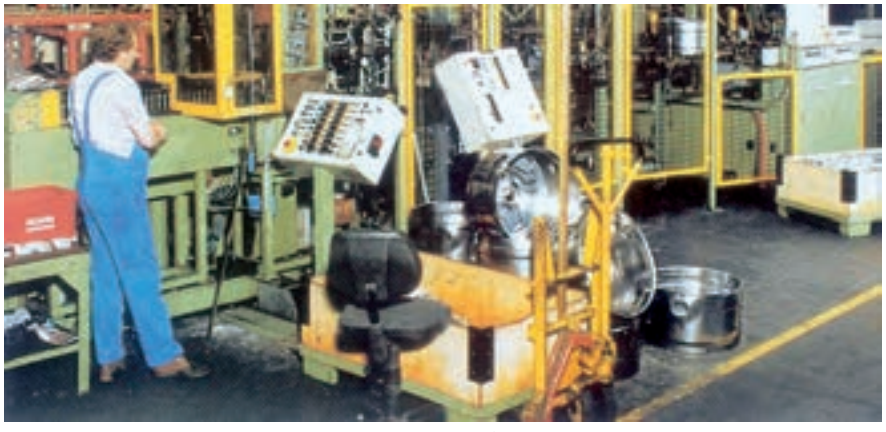
قابل ذکر است چنانچه دمای کار موتور از ۲۷ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد، به میزان ۲درصد به تلفات انرژی آن افزوده می‌شود.

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

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

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

شکل ۱۱۱ـ۱

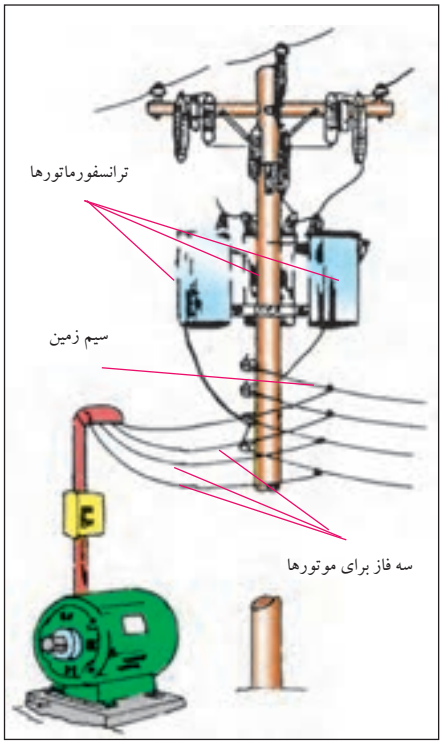


شکل ۱۱۲ـ۱

از جمله موارد کاهش انرژی مصرفی موتور، کم‌کردن تلفات آن است. برای کاهش تلفات مکانیکی، بازدید از یاتاقان‌ها و روغن‌کاری آن‌ها وبرای کاهش تلفات سیم‌بندی، به‌کارگیری موتور در محدوده‌ی توان مجاز آن مؤثر است.

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

۷-۱- برق رسانی به موتورهای الکتریکی



شکل ۱۱۳ـ۱

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 به‌جریان نامی موتور.
- سـوختن فیـوز به دلیل کم بـودن جریان نامی فیوز نسـبت به‌جریان 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 به‌کار رفته در مدار به علت کم بودن سـطح مقطع انتخابی نسبت به سطح مقطع مورد نیاز.

۸-۱- انتخاب کابل

برای برق‌رسانی و راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز معمولاً از کابل استفاده می‌شود. انتخاب نوع و سطح مقطع هادی کابل به عوامل زیر بستگی دارد.

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

چون هادی‌های به‌کار رفته در مدارهای الکتریکی، دارای مقاومت هستند

در اثر عبور جریان از داخل آن‌ها افت ولتاژ ایجاد می‌شود.
در انتخاب سیم یا کابل مناسب موارد زیر را درنظر بگیرید:
ــ جریان عبوری از کابل از جریان مجاز کابل کم‌تر باشد.
ــ سطح مقطع طوری انتخاب شود که افت ولتاژ از حدمجاز تجاوز نکند.
ــ هادی‌های انتخاب شده استحکام مکانیکی کافی داشته باشند.
شکل ۱۱۴ــ۱ تصاویری از کابل‌های چندرشته‌ی افشان و مفتولی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱۴ــ۱

جدول ۱۲ــ۱ حداکثر افت ولتاژ برحسب درصد در شبکه‌های ولتاژی مختلف را نشان می‌دهد.
در شبکه‌های DC یا AC (۲۳۰ / ۳۸۰)، مقدار درصد افت ولتاژ برای مصرف‌کننده‌های روشنایی، ۱/۵درصد و برای مصرف‌کننده‌های موتوری ۳درصد ولتاژ شبکه درنظر گرفته می‌شود.

جدول ۱۲ــ۱

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

۹ــ۱ــ نکاتی چند در خصوص انتخاب فیوز

شکل ۱۱۵ــ۱

- برای خطوط ساده که جریان مصرف‌کننده و فاصله آن تا تابلو کم است از فیوزهای ذوب شونده می‌توان استفاده کرد.
- در شبکه‌های گسترده‌ی صنعتی بهتر است علاوه بر فیوزهای ذوب شونده از فیوزهای بی‌متالی یا مغناطیسی استفاده شود تا از خطر دوفاز شدن موتور درحین کار جلوگیری شود.
- در صورت معلوم بودن کابل یا سیم، فیوز مدار نیز طوری انتخاب شود که مدار صدمه نبیند.
- جریان نامی فیوزها براساس توان، ولتاژ و روش راه‌اندازی (مستقیم یا ستاره مثلث) تعیین شود.
- جریان نامی تعیین شده‌ی فیوز براساس قدرت موتور هیچ‌گاه نباید از جریان نامی مجاز فیوز سری با آن بیش‌تر باشد.

جـدول ۱۳ــ۱ــ شـدت جریان مجاز در هر سـیم مسـی با پوشـش عایقی (لاسـتیکی یا پلاسـتیکی) و فیوز مربوطه برای درجه حرارت محیط $25^{o}C$ و بـرای سـیم با عایق لاسـتیکی $T_L = 60^{o}C$ و برای سـیم با عایق پلاسـتیکی $(U./u = 0.6/1KV)T_L = 70^{o}C$

جدول ۱۳ــ۱

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

گروه ۱ = سیم‌های عایق یک رشته‌ای در لوله مانند

گروه ۲ = سـیم‌های کابل مانند چند رشـته‌ای مثل سیم NyA و سیم لوله‌ای ــ سیم زرهی ــ 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 مقره‌ــ سیم‌های یک رشته‌ای مخصوص مصرف‌کنندگان متحرک

با اســتفاده از جدول ۱۳-۱ علاوه بر فیوز مناســب جهــت راه‌اندازی موتور می‌توان سطح مقطع کابل را نیز تعیین کرد. توصیه می‌شود برای مسیرهای طولانی از محاســبه‌ای را بر اساس ســطح مقطع پیشنهادی انجام دهید تا افت ولتاژ کمتر از مقدار مجاز (۳%) باشد.

فیوز مناســب موتورهای آسنکرون روتور قفسی که به‌طور مستقیم به شبکه وصل می‌شــوند 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 اتصــال کوتاه و در مدار ســیم‌پیچ اولیه می‌توان فیــوزی با جریان نامی حدود ۲ برابــر جریان نامی موتور و در مدار ثانویــه از فیوزی با جریان نامی برابر جریان نامی موتور استفاده کرد.

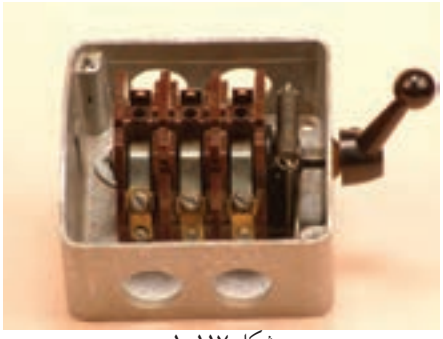
برای حفاظت مدارهایی که در آن‌ها خازن قرار می‌گیرد از فیوزی با ۱/۵ برابر جریان نامی خازن استفاده می‌شود.

شکل ۱۱۶ـ۱

جدول ۱۴ـ۱ـ جریان قابل تحمل فیوزهای مینیاتوری

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 mm^۲		
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
سه‌پل		
(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

۱۰–۱– آشنایی با کلیدهای دستی سه فاز



شکل ۱۱۷ـ۱

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

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

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

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

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

شکل ۱۱۸ـ۱

شکل ۱۱۹ـ۱

شکل ۱۲۰ـ۱

۱۱–۱– کلید دستی سه فاز اهرمی ساده

این کلید از جمله ساده‌ترین نوع کلیدها است. در ساختمان داخلی آن از یک سری کنتاکت‌های ثابت استفاده شده که در بین این کنتاکت‌ها یک تیغه‌ی متحرک قرار گرفته و با وارد شدن نیروی خارجی به اهرم آن، تیغه حرکت کرده و ارتباط بین دو طرف کلید را برقرار می‌کند. این کلیدها را معمولاً تحت عناوین «کلیدهای چاقویی» و یا «کلیدهای کاردی» می‌شناسند. از آن‌جایی که در لحظه‌ی قطع و یا وصل کلید، بین دو کنتاکت، جرقه تولید می‌شود و از طرف دیگر چون قسمت محافظ مناسب (جرقه‌گیر) در این کلیدها پیش‌بینی شده است.

براساس استانداردهای معتبر، استفاده از آن‌ها مجاز نمی‌باشد، ولی در موارد کمی از این کلیدها برای قطع و وصل مدارهای جریان کم استفاده می‌شود. نوع سه‌فاز این کلید دارای ۶ پیچ است که سه پیچ آن برای ورودی و سه‌پیچ دیگر برای خروجی استفاده می‌شود. کلید اهرمی ساده دارای دو حالت قطع (O) و وصل (I) است.

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

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

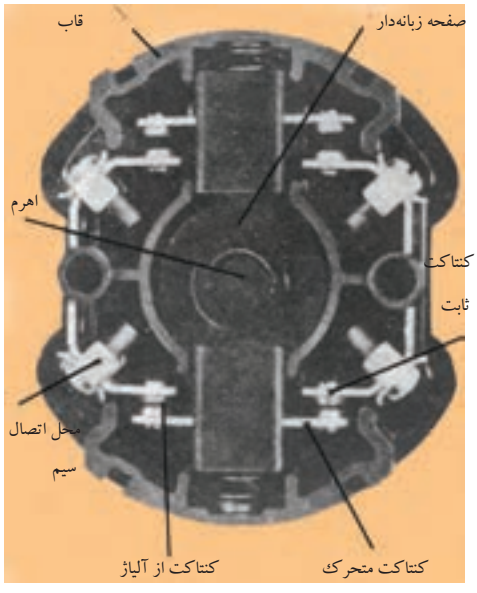
شکل ۱۲۱ـ۱

شکل ۱۲۲ـ۱

۱۲ـ۱ـ کلید دستی سه فاز زبانه ای ساده

ساختمان داخلی این کلیدها را در شکل ۱۲۳ـ۱ مشاهده می‌کنید. اجزای این کلید و وظایف هرکدام عبارت‌است از:

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



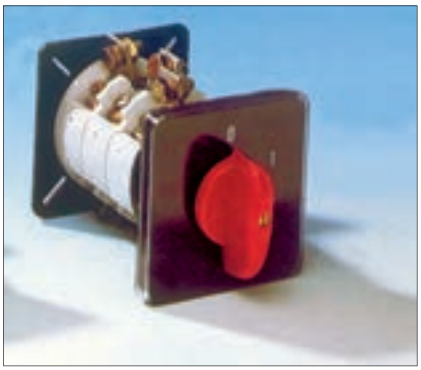
شکل ۱۲۳ـ۱

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

با تغییر در تعداد ویا محل زبانه‌های روی صفحه‌ی زبانه‌دار، می‌توان در کلیدهای زبانه‌ای تغییراتی ایجاد کرد و کلید را برای کاربردهای مختلف ساخت. نمونه‌ی گردان این کلیدها را در شکل ۱۲۴ـ۱ و نمونه‌ی اهرمی آن را که به «کلید چدنی» نیز معروف است در شکل ۱۲۵ـ۱ مشاهده می‌کنید.

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

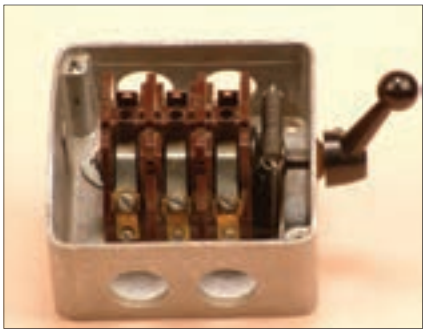
در شکل ۱۲۶ــ۱ تصویر انواع مختلف کلید زبانه‌ای گردان را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۲۴ــ۱

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

در شکل‌های ۱۲۷ــ۱ و ۱۲۸ــ۱ دو نمونه از این جدول‌های وضعیت‌ها نشان داده شده است. در این جدول‌ها علامت × داخل هر کادر نشان‌دهنده‌ی مربع شکل، نشان‌دهنده مشخص می‌کند که کدام یک از کنتاکت‌ها به یکدیگر وصل می‌شوند.

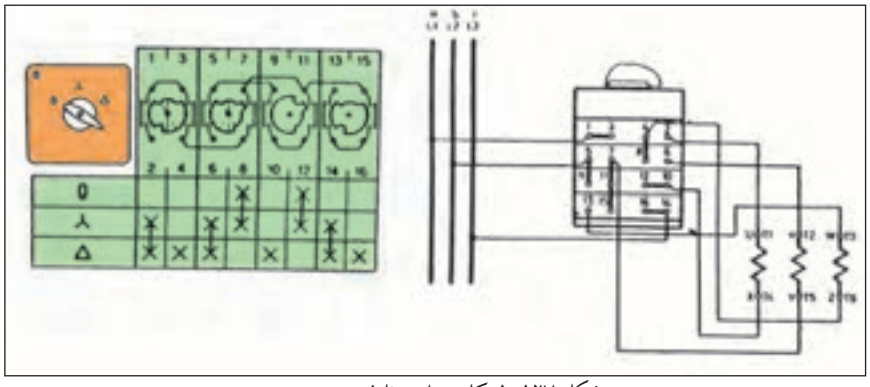


شکل ۱۲۵ــ۱

شکل ۱۲۹ــ۱ 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.

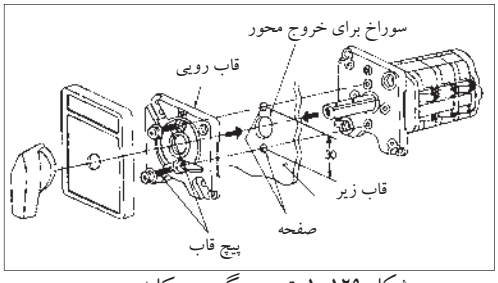
در شکل ۱۳۰ــ۱ تصاویر نمونه‌هایی از کلیدهای زبانه‌ای گردان که در زمینه‌های مختلف کاربرد دارند را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۲۶ــ۱ـ کلیدهای زبانه‌ای گردان

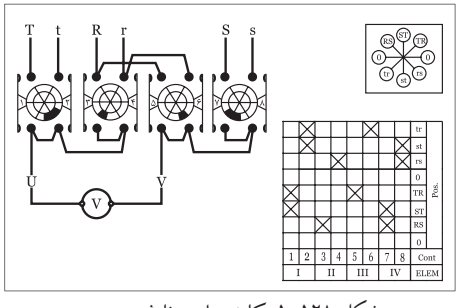


شکل ۱۲۷ــ۱ـ کلیدستاره مثلث

شکل ۱۳۰ــ۱ـ تصویر ظاهری
دو نمونه کلید زبانه‌ای گردان



شکل ۱۲۹ــ۱ـ تصویر گسترده کلید

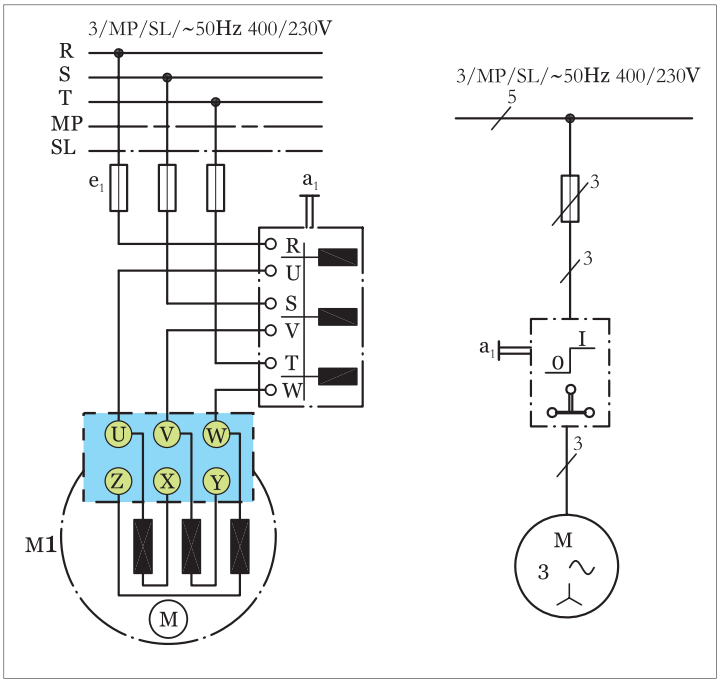


شکل ۱۲۸ــ۱ـ کلیدستاره مثلث

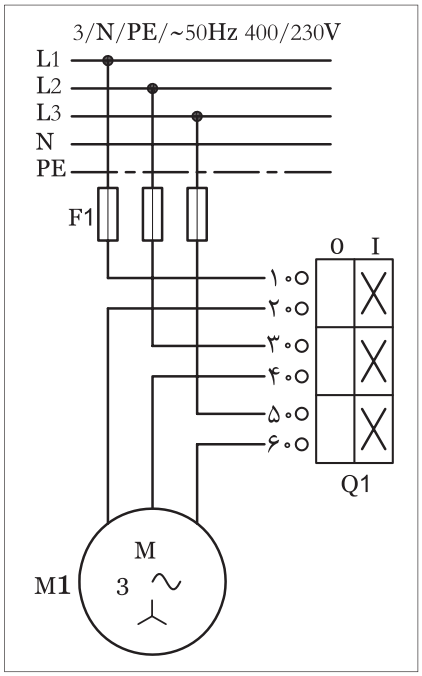
۱۳ــ۱ــ مدار راه اندازی موتور سه فاز با کلیدزبانه‌ای ساده

مدار راه‌اندازی یک موتور سه‌فاز به‌وسیله‌ی کلید اهرمی ساده (O - I) زبانه‌ای در استاندارد VDE مطابق شکل ۱۳۱ــ۱ است.

در استاندارد IEC کلید زبانه‌ای سه‌فاز ساده به‌صورت شکل ۱۳۲ــ۱ نشان داده می‌شود. لازم به ذکر است در استاندارد IEC نوع کلید از روی شمای آن مشخص نبوده نمی‌باشد، ضمناً سه‌فاز و نول را با علامات L_1، L_2، L_3 و N شان داده می‌شوند.



شکل ۱۳۱ــ۱ـ اتصال موتور سه فاز به شبکه به وسیله‌ی کلید زبانه‌ای سه فاز ساده



شکل ۱۳۲ــ۱ـ شمای کلید زبانه‌ای در استاندارد IEC

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.

۱۴-۱ 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 مقابل استفاده کنید.

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

تذکر:

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

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.

۱-۱۴-۱- نکات حفاظتی و اجرایی

• قبل از وصل کلید، تمامی سیم‌هایی که زیر پیچ‌ها قرار داده‌اید را مورد بازبینی قرار دهید تا کاملاً زیر پیچ بوده و با تابلو ارتباط نداشته باشد (شکل a ـ ۱۳۳ـ۱).

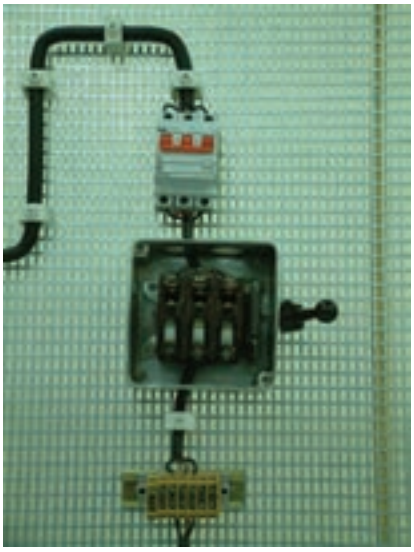
• جریان فیوز مدار را متناسب با جریان موتوری که در مسیر آن قرار دارد انتخاب کنید (شکل b ـ ۱۳۳ـ۱).

• سطح مقطع و تعداد رشته سیم‌های کابل را متناسب با نوع و مقدار جریان موتور انتخاب کنید (شکل c ـ ۱۳۳ـ۱).

• در زمان روکش‌برداری از کابل با رعایت نکات ایمنی مراقب باشید تا دست‌های شما زخمی نشود (شکل d ـ ۱۳۳ـ۱).

• در اتصال مدار و نصب کابل دقت کنید تا به روکش کابل صدمه وارد نشود (شکل e ـ ۱۳۳ـ۱).

•بدون حضور مربی خود، هیچ‌گاه مدار را به برق وصل نکنید (شکل f ـ ۱۳۳ـ۱).



(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

شکل ۱۳۳ـ۱

۲-۱۴-۱- مراحل اجرای کار

شکل ۱۳۴ـ۱ـ نمای تابلو و قطعات نصب شده روی آن

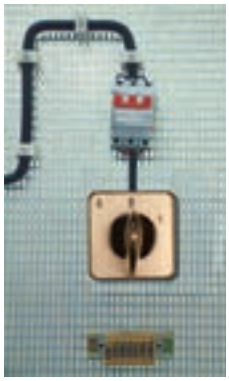
وسایل و قطعات مدار را مطابق شکل ۱۳۴ـ۱ روی تابلو نصب کنید.

در نصب وسایل دقت کنید، کابل‌بین قطعات، مسیر مستقیم داشته باشد تا بتوان از محل‌های ورودی و خروجی کلید به راحتی از کابل انشعاب گرفته و اتصال داد (شکل ۱۳۵ـ۱).

شکل ۱۳۵ـ۱ـ نمای قطعات نصب شده روی تابلو

با استفاده از نقشه‌ی داده شده در شکل ۱۳۲ـ۱ سیم‌های کابل را مطابق شکل ۱۳۶ـ۱ به پیچ‌های ورودی فیوز مینیاتوری سه‌فاز وصل و از پیچ‌های خروجی فیوز سه‌فاز اصلی را به پیچ‌هایی از کلید که با حروف L۱،L۲،L۳ یا R،S و T مشخص شده‌اند وصل کنید.

پیچ‌هایی از کلید که با حروف U۱،V۱ و W۱ یا U، V و W مشخص شده‌اند را به سه سر U۱، V۱ و W۱ یا U، V و W کلاف‌های موتور مطابق شکل ۱۳۷ـ۱ وصل کنید.



شکل ۱۳۶ـ۱ـ نمای قطعات نصب شده با کابل ورودی برق

تخته کلم موتور را بررسی کنید تا انتهای کلاف‌های موتور مطابق شکل ۱۳۸ـ۱ به‌صورت ستاره وصل شده باشند.

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

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

شکل ۱۳۷ـ۱ـ نمای قطعات نصب شده به همراه کابل و موتور متصل شده

جدول ۱۵ـ۱

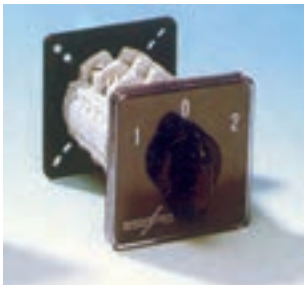
ردیف	نام وسیله یا قطعه	مشخصات
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		

شکل ۱۳۸ـ۱

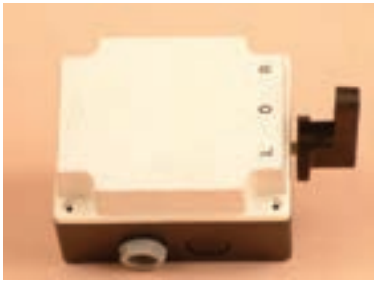
تمرین

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

۱۵-۱- کلید دستی سه فاز چپ گرد ـــ راست گرد زبانه ای



شکل ۱۳۹ـ۱



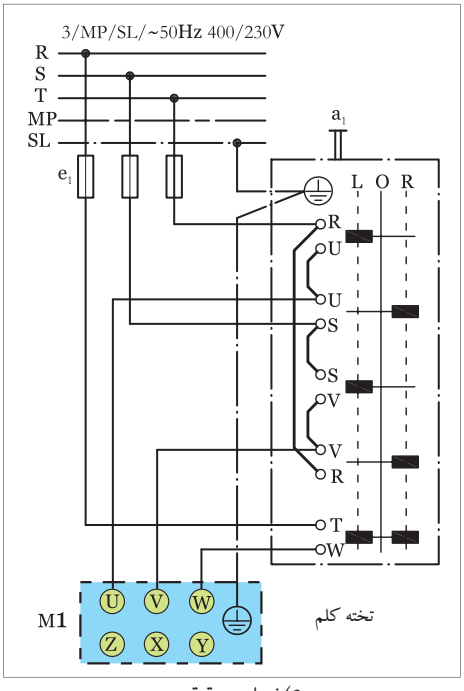
شکل ۱۴۰ـ۱

همان‌طوری که در قسمت کلیدهای ساده اصول کار کلید زبانه‌ای توضیح داده شـد، در این کلید نیز مشابه کلید زبانه‌ای ساده در اثر چرخاندن اهرم، صفحه‌ی زبانه‌دار، تغییر وضعیت می‌دهد و در این‌صورت بر اثر قرار گرفتن فرورفتگی‌ها و برجستگی‌ها جلوی پایه‌ی پلاتین‌ها تیغه‌هایی بسته یا باز می‌شوند در شکل a ـ۱۴۱ـ۱ شمای حقیقی کلید چپ‌گرد ـ راست‌گرد زبانه‌ای در استاندارد (VDE) نشـان داده شـده است.در وضعیت R کلید، سـه فاز R، S و T شبکه به‌ترتیب به ترمینال‌های U ، V و W موتور وصل می‌شوند و موتور در جهت راست می‌گردد. در وضعیت L کلید جای دو فاز R و S روی ترمینال‌های موتور با هم عوض شده و موتور در جهت چپ می‌چرخد. در وضعیت صفر، کلید موتور خاموش است.

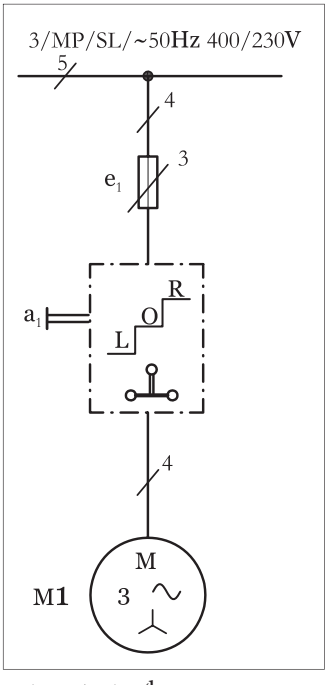
در شکل b ـ ۱۴۱ـ۱شـمای فنی مدار کلید چپ‌گرد ـ راست‌گرد زبانه‌ای را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۳۹ـ۱ تصویر واقعی یک کلید زبانه‌ای تابلویی و شکل ۱۴۰ـ۱ تصویر کلید زبانه‌ای روکار را نشان می‌دهد.

شـمای حقیقی مدار کلید چپ‌گرد ـ راست‌گرد زبانه‌ای در استاندارد IEC به‌صورت شکل ۱۴۲ـ۱ است. همان‌گونه که در شکل مشخص شده در وضعیت (۱) کلید، ترمینال‌های ۱، ۳ و ۵ به‌ترتیب به ترمینال‌های ۲، ۴ و ۶ و سه فاز L۱، L۲ و L۳ شـبکه به ترمینال‌های U۱ ، V۱ و W۱ موتور متصل شـده و موتور به‌صورت راست‌گرد به گردش درمی‌آید.

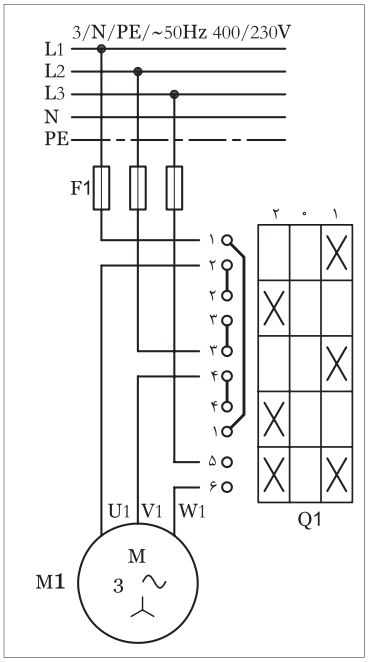


a)شمای حقیقی



b)شمای فنی مدار

در شکل ۱۴۱ـ۱مدار کلید چپ‌گردو راست‌گرد زبانه‌ای در استاندارد (VDE)



در شـکل ۱۴۲ـ۱شـمای حقیقی مدار کلید چپ‌گردو راست‌گرد زبانه‌ای در استاندارد (IEC)