

واحد کار اول

راه اندازی موتورهای سه فاز

هدف کلی

راه اندازی الکتروموتورهای سه فاز با کلیدهای دستی و کنتاکتور

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

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

۲- انواع موتورهای سه فاز را نام ببرد.

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

۴- خصوصیات و انواع موتورهای سنکرون را بیان کند.

۵- چگونگی تولید میدان دوار را با رسم شکل توضیح دهد.

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

۷- مفاهیم لغزش و گشتاور را بیان کند.

۸- روش های راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون در شبکه سه فاز را

توضیح دهد.

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

۱۰- چگونگی تغییر جهت گردش در موتورهای سه فاز را شرح دهد.

۱۱- نحوه راه اندازی موتور سه فاز در شبکه تک فاز را به همراه رسم مدارهای

مربوطه توضیح دهد.

۱۲- ساختمان داخلی و طرز کار موتورهای آسنکرون روتورسیم پیچی را شرح دهد.

۱۳- اطلاعات روی پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه فاز را توضیح دهد.

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

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

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

۱۷- نحوه انتخاب سطح مقطع کابل در جریان تک فاز و سه فاز را شرح دهد.

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

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

۲۰- انواع کلیدهای دستی سه فاز را نام ببرد.

۲۱- ساختمان داخلی و طرز کار کلید دستی سه فاز اهرمی ساده را شرح دهد.

۲۲- مدار راه اندازی موتور سه فاز با کلید اهرمی ساده را رسم کرده و عملاً ببندد.



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

پیش آزمون (۱)

- ۱- موتور کدامیک از وسایل زیر سه فاز است؟
 الف) یخچال ب) پنکه سقفی ج) کولر د) پمپ آب چاه عمیق
- ۲- در اتصال ستاره، کدام حروف سرهای موتور به یکدیگر اتصال داده می شوند؟
 الف) U_1, U_2, U_3 ب) U_2, V_2, V_1
 ج) U_2, V_2, W_2 د) U_1, W_1, V_2
- ۳- اختلاف فاز بین سیم پیچی های موتور سه فاز، چند درجه الکتریکی است؟
 الف) ۳۰ ب) ۶۰ ج) ۹۰ د) ۱۲۰
- ۴- اساس کار موتورهای سه فاز بر چه مبنایی است؟
 الف) میدان مغناطیسی ساکن ب) میدان مغناطیسی دوّار
 ج) اختلاف فاز بین سیم پیچ ها د) فرکانس شبکه
- ۵- حداکثر سرعت موتورهای سه فاز القایی در شبکه ایران تقریباً چند دور است؟
 الف) ۲۵۰۰ ب) ۳۷۵۰ ج) ۱۵۰۰ د) ۳۰۰۰
- ۶- کدام مورد در اتصال مثلث یک مصرف کننده سه فاز، صحیح است؟
 الف) $V_L = V_P$ ب) $V_P = \sqrt{3}V_L$
 ج) $I_P = \sqrt{3}I_L$ د) $I_L = I_P$
- ۷- آسنکرون یعنی:
 الف) دارای سرعت بالا ب) هم زمانی
 ج) غیر هم زمانی د) دارای قدرت زیاد
- ۸- چرا بدنه موتورهای الکتریکی صنعتی سه فاز را به صورت پره پره می سازند؟
 الف) برای افزایش استحکام ب) برای بهبود تبادل حرارتی موتور
 ج) جهت کاهش ضربه بهره د) برای زیبایی ظاهری پوسته موتور
- ۹- در تابلوهای صنعتی کدام قطعه برای راه اندازی موتورهای سه فاز با داشتن قابلیت کنترل از راه دور استفاده می شود؟
 الف) کلید فیوز ب) فیوز مینیاتوری
 ج) بی متال د) کنتاکتور
- ۱۰- میزان سطح آب در داخل یک مخزن آب را با کدام وسیله می توان کنترل کرد؟
 الف) فلوتر سوئیچ ب) لیمیت سوئیچ
 ج) کلید سوئیچ د) بی متال

• مقدمه

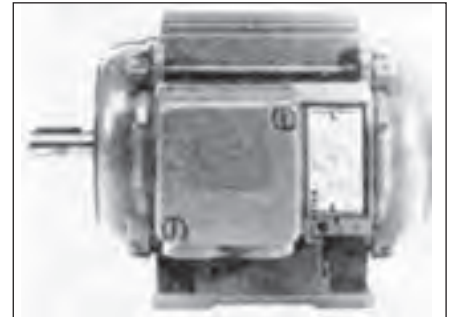
موتورهای الکتریکی می‌توانند برای به کار انداختن انواع و اقسام وسایل به کار روند به طوری که می‌توان گفت در کمتر خانه یا کارگاهی است که از موتورهای الکتریکی استفاده نشود. به همین جهت داشتن اطلاعات کافی در زمینه اصول کار، ساختمان داخلی و طرز کار موتورها برای ما تقریباً یک امر ضروری است. آشنایی با این موارد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



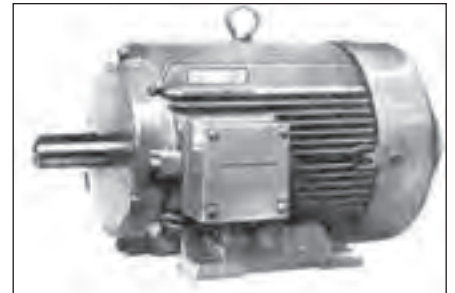
شکل ۱

از جمله دلایل استفاده روزافزون از موتورهای الکتریکی نسبت به کارهای دستی و یا سیستم‌های مکانیکی عبارت‌اند از:

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



شکل ۲



شکل ۳

شکل‌های ۲ و ۳ تصاویری از موتورهای الکتریکی را نشان می‌دهد. موتورهای الکتریکی از نظر نوع جریان مصرفی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

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

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

- موتورهای سه فاز
- موتورهای تک فاز

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



شکل ۴



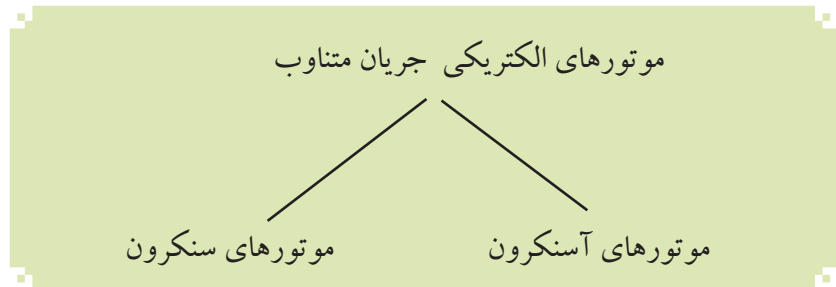
شکل ۵

آشنایی با الکتروموتورهای سه فاز

اساس کار موتورهای القایی برای اولین بار در سال ۱۸۲۴ توسط آراگو^۱ عنوان شد. وی با آزمایش ساده ای موفق به درک این مطلب شد که اگر یک صفحه آهن بدون خاصیت مغناطیسی مدور و یک قطب نما را بر روی یک محور مطابق شکل ۶ و به موازات هم قرار دهیم به طوری که یک یا دو قطب قطب نما در نزدیکی لبه صفحه قرار گیرد، با گرداندن صفحه غیر مغناطیسی، قطب نما نیز به گردش در می آید و یا با گرداندن قطب نما، صفحه، حول محور خود شروع به گردش می کند و همیشه جهت حرکت یکی (قطب نما یا صفحه دوار) مشابه جهت حرکتی است که به دیگری وارد می شود.

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

- موتورهای آسنکرون
- موتورهای سنکرون

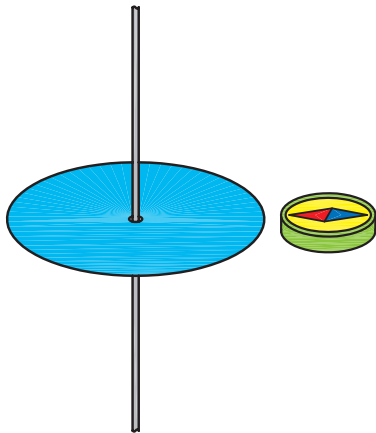


موتورهای آسنکرون (غیرهم زمان)

ساختمان این موتورها از دو قسمت اصلی تشکیل شده است:

الف — استاتور^۲ (ساکن): استاتور عبارت از یک استوانه تو خالی است که از کنار هم قرار گرفتن چند ورقه نازک فولاد سیلیس دار که نسبت به هم عایق هستند ساخته شده و ضخامت هر ورق ۰/۵ میلی متر است.

برای حفاظت سیم پیچ و ورق های استاتور، کل مجموعه در داخل یک پوسته چدنی قرار می گیرد. در شکل ۷ تصویر یک نمونه ورق استاتور را مشاهده می کنید.



شکل ۶

۱ - Arago

۲ - Stator



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

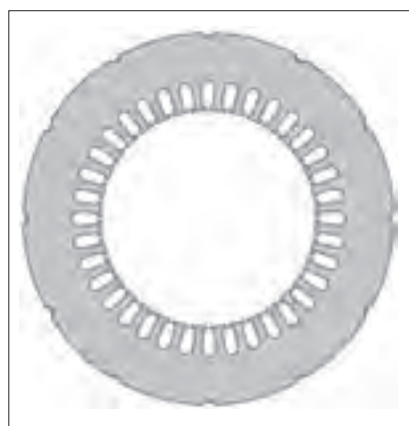
شکل ۹ تصویر ورق های جمع شده استاتور، پوسته چدنی که در روی آن قرار می گیرد و سیم پیچ های مربوطه را نشان می دهد.

ب — روتور (گردنده): روتور موتورهای آسنکرون از یک هسته آهنی به شکل استوانه تشکیل شده که بر روی محوری تعبیه شده است (شکل ۱۰).

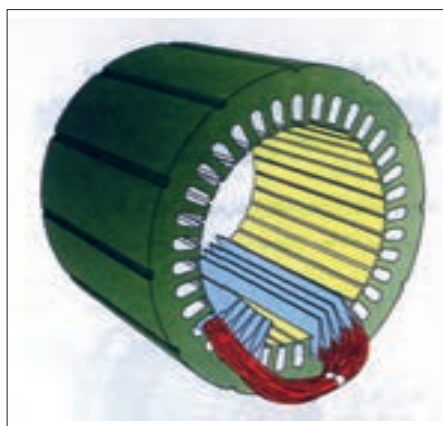
این استوانه توپر نیز مشابه استاتور از کنار هم قرار گرفتن ورقه های نازک فولادی که نسبت به هم عایق هستند ساخته می شود. در داخل شیارهای آنها هادی های روتور جاسازی می شود.

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

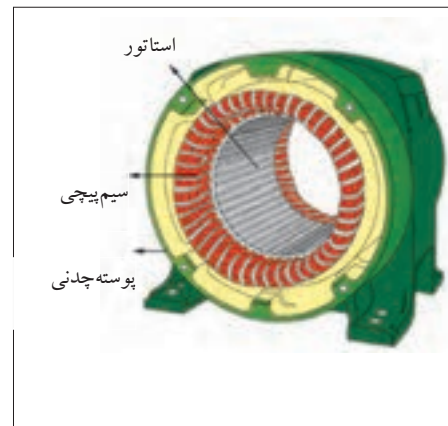
روتور موتورهای آسنکرون به دو شکل روتور قفسی و روتور سیم پیچی ساخته می شود.



شکل ۷



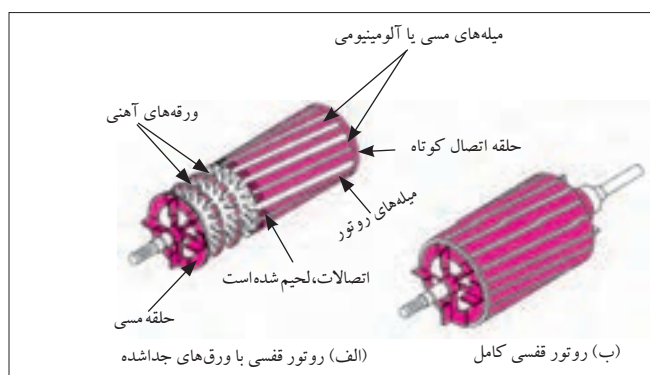
شکل ۸



شکل ۹



شکل ۱۰



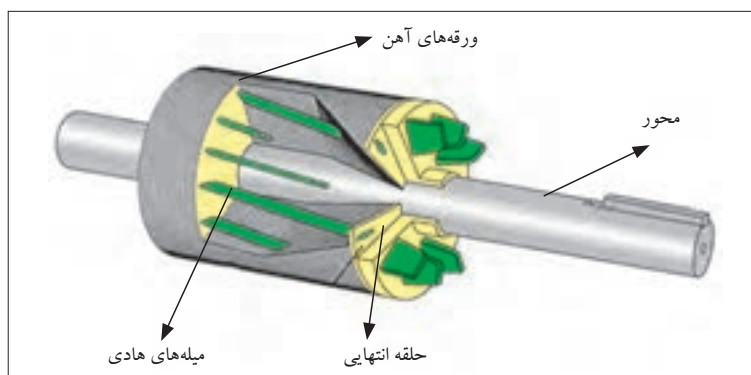
شکل ۱۱

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

این میله ها از هر دو طرف به دو حلقه انتهایی، اتصال کوتاه، لحیم، پرچ یا جوش کاری می شوند. چون شکل به دست آمده برای این روتور، شبیه یک قفس فلزی است (شکل ۱۳). به این گونه موتورهای القایی «روتور قفسی» می گویند. بیشتر موتورهای الکتریکی جریان متناوب دارای روتور قفسی هستند (شکل ۱۴).

در نوع روتور سیم پیچی موتورهای آسنکرون سه فاز، به جای استفاده از میله های آلومینیومی، از سه دسته سیم پیچی که داخل شیارهای روتور قرار گرفته و به صورت ستاره وصل شده اند استفاده می شود (شکل ۱۵).

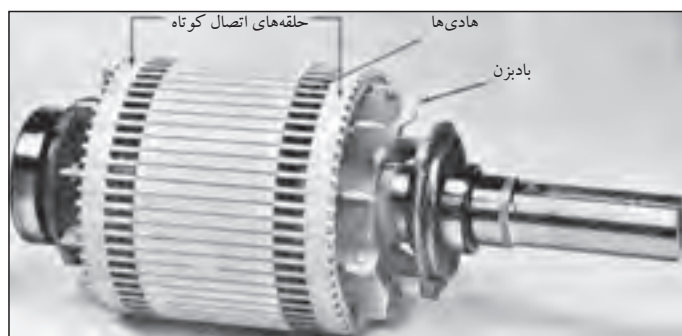
بر روی محور این روتورها از سه حلقه (رینگ) که نسبت به هم عایق شده اند برای عبور جریان القایی از سیم پیچی های روتور استفاده می شود. شکل ۱۶ نمونه ای از این روتورها را نشان می دهد.



شکل ۱۲



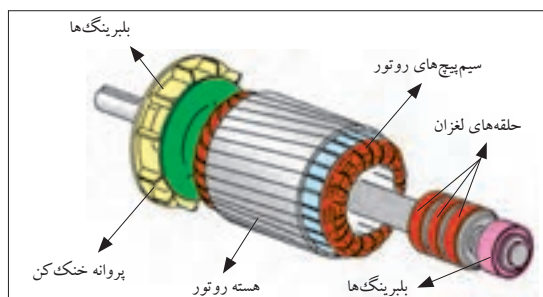
شکل ۱۳- قسمت قفس روتور



شکل ۱۴- روتور قفسی تکمیل شده



شکل ۱۵- شکل واقعی روتور سیم پیچی شده



شکل ۱۶- طرح واره روتور سیم پیچی شده

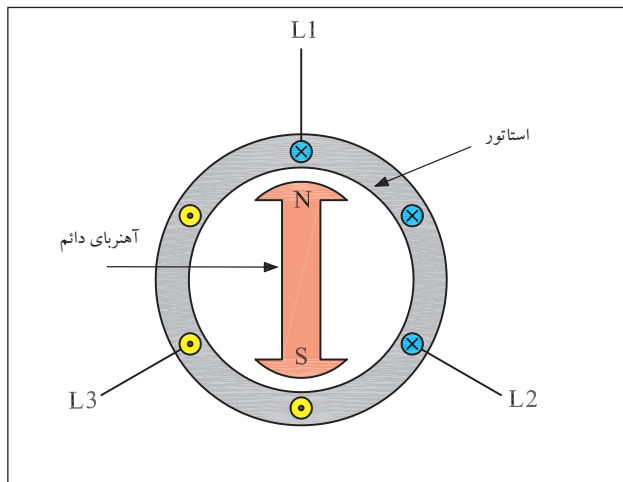
تذکر:



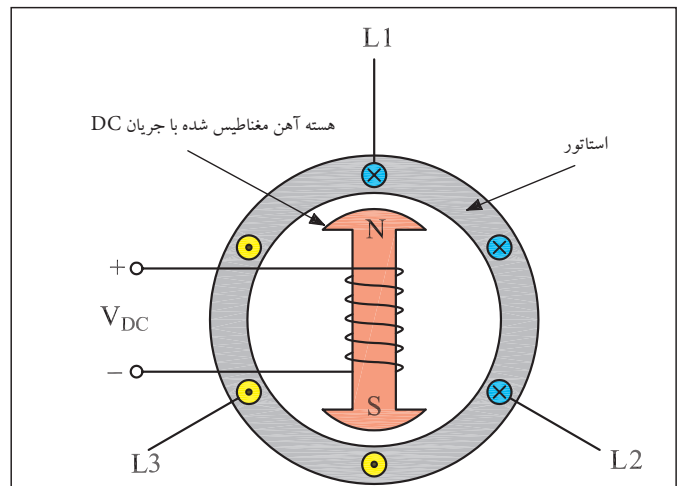
از موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی شده برای راه اندازی نرم و کاهش جریان راه اندازی یا به عبارتی افزایش گشتاور راه اندازی استفاده می شود.

موتورهای سنکرون (هم زمان)

این موتورها در بارهای مختلف دارای دور کاملاً ثابتی هستند. استاتور موتورهای سنکرون شبیه استاتور موتورهای آسنکرون سه فاز می باشد اما روتور آنها دارای یک دسته سیم پیچی متناسب با قطب های استاتور بوده و به وسیله جریان مستقیم تغذیه می شود (شکل ۱۷). در قدرت های کم می توان از آهن رباهای دائمی در روتور استفاده کرد (شکل ۱۸).



شکل ۱۷- موتور سنکرون با روتور آهنربای دائم



شکل ۱۸- موتور سنکرون با روتور سیم پیچی شده

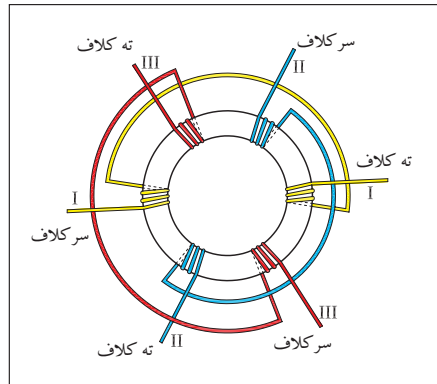
اصول کار و موارد استفاده الکتروموتورهای سه فاز

میدان دوار

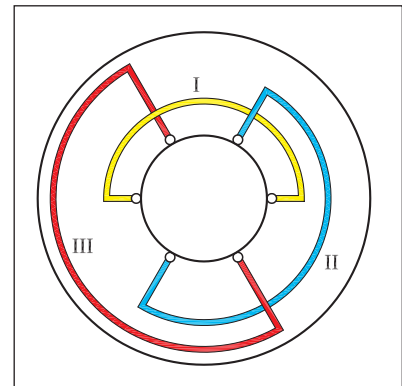
هر گاه سه گروه کلاف با اختلاف فاز مکانی ۱۲۰ درجه الکتریکی مطابق شکل های ۱۹ و ۲۰ در داخل استاتور یک موتور سه فاز آسنکرون توزیع شوند و سپس ابتدای این کلاف ها را به شبکه سه فاز متصل و انتهای کلاف ها را به هم وصل کنیم، هر یک از سیم پیچ های موتور، حامل جریان می شوند.

در شکل ۲۱ مشاهده می شود جریان های سه فاز با یکدیگر ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارند بنابراین میدان مغناطیسی ایجاد شده در اطراف هر یک از سیم پیچ ها نیز با اختلاف فاز ۱۲۰ درجه ایجاد می شود.

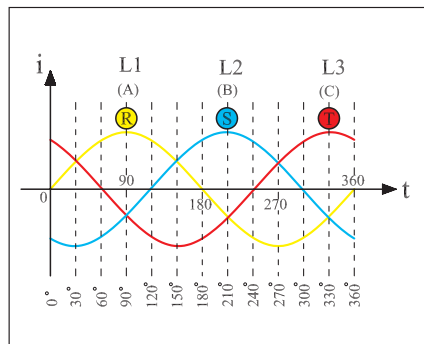
سه میدان مغناطیسی تولید شده می توانند با همراهی یکدیگر یک میدان مغناطیسی دوار ایجاد کنند. در شکل ۲۲ جریان متناوب سه فاز که چهار لحظه آن به نام های a, b, c, d مشخص شده دیده می شود.



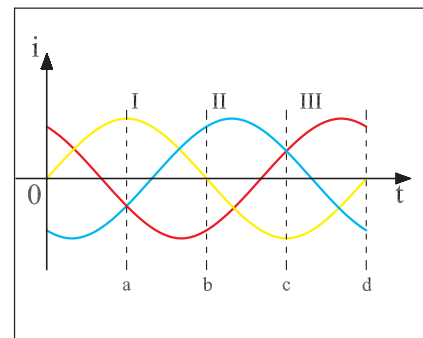
شکل ۱۹



شکل ۲۰



شکل ۲۱



شکل ۲۲

وضعیت میدان مغناطیسی اطراف استاتور در لحظه های مختلف شکل موج سه فاز شکل های ۲۳، ۲۴، ۲۵ و ۲۶ نشان داده شده است.

میدان مغناطیسی در طی یک سیکل جریان متناوب موقعیت خود را تغییر می دهد و در این فاصله زمانی در فضای داخلی استاتور شروع به حرکت و دوران می کند.

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

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

f- فرکانس شبکه [بر حسب هرتز Hz]

p- تعداد زوج قطب های استاتور

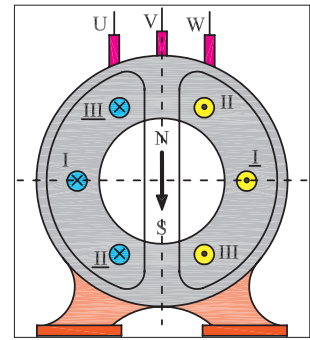
n_s - سرعت میدان [بر حسب دور در دقیقه R.P.M]

موتورهای آسنکرون القایی

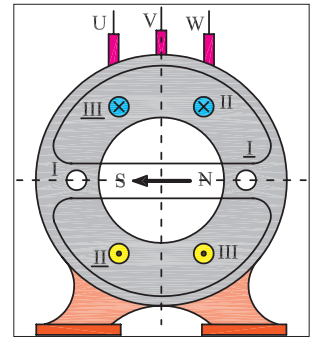
اصول کار موتورهای آسنکرون به این صورت است: در داخل میدان مغناطیسی، یک روتور استوانه ای شکل از جنس آهن که در محیط آن سیم های مسی یا آلومینیومی تعبیه شده قرار دارد. میدان دوار موجود در استاتور، این هادی ها را قطع می کند و در نتیجه ولتاژی در آن ها القا می شود (شکل ۲۷).

دو حلقه، سر و ته این هادی ها را به هم اتصال می دهند در نتیجه یک مدار بسته به وجود می آورند که جریان القایی در هادی های این مدار جاری می شود. در این حالت وضعیت هر میله روتور مشابه هادی حامل جریانی است که در داخل یک میدان مغناطیسی قرار دارد در نتیجه از طرف میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان نیرو وارد می شود و ایجاد گشتاور می کند تا روتور حول محور خود به گردش در آید (شکل ۲۸).

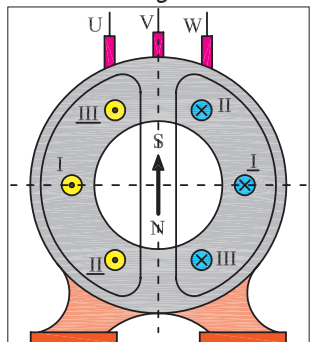
همان طوری که بیان شد چون جریان روتور از اثر القای میدان دوار استاتور در هادی های روتور ایجاد شده است، این نوع موتورها را «موتورهای القایی» یا «اندوکسیونی» می نامند. از آن جایی که در موتورهای القایی، هادی های روتور می بایست به وسیله میدان دوار قطع شوند در این موتورها هیچ وقت تعداد دور روتور نمی تواند با تعداد دور میدان دوار برابر باشد. در این موتورها همیشه سرعت روتور کمتر (یا عقب تر) از سرعت میدان دوار است، به همین دلیل این موتورها به موتورهای «آسنکرون» معروفند (شکل ۲۹).



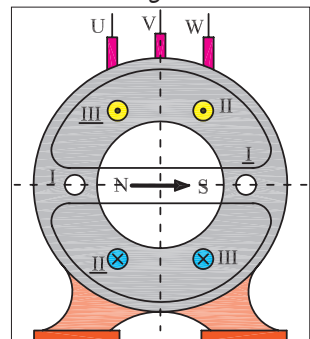
شکل ۲۳



شکل ۲۴

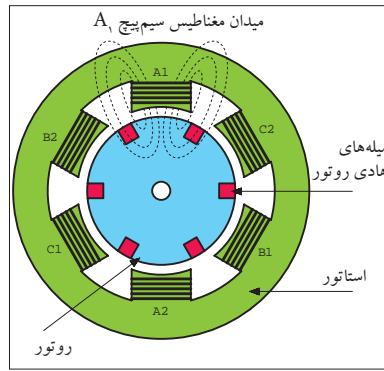


شکل ۲۵

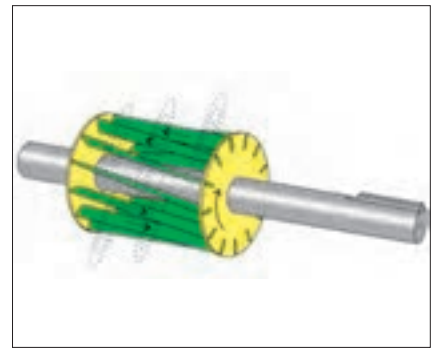


شکل ۲۶

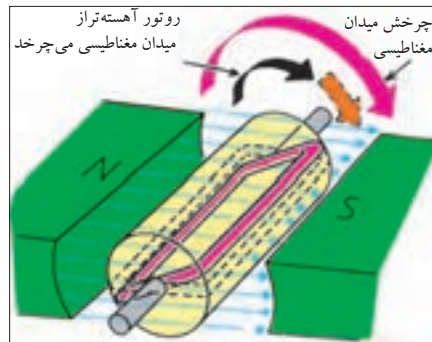
۱- برای کسب اطلاعات بیش تر درباره میدان مغناطیسی دوار به ضمیمه (A) انتهای کتاب مراجعه کنید.



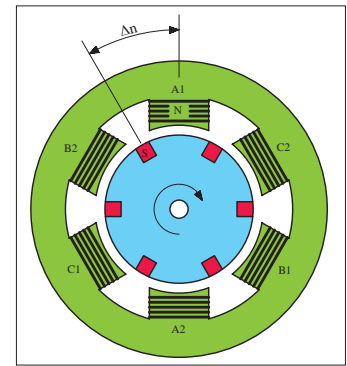
شکل ۲۷



شکل ۲۸



شکل ۲۹



شکل ۳۰

لغزش (عقب ماندگی)

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

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

$$(۲) \quad \Delta n = n_s - n_r$$

n_s - سرعت میدان دوار

n_r - سرعت روتور

Δn - سرعت لغزش

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

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

S - لغزش



توضیح:

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



شکل ۳۱

گشتاور (مان — M)

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

شعاع چرخش × نیرو = گشتاور

$$M = F \times r$$

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

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

P۲ - توان خروجی (مفید) موتور بر حسب W

ω - سرعت زاویه ای موتور بر حسب Rad/s

M - گشتاور موتور بر حسب N.m

سرعت زاویه ای بر اساس سرعت موتور در هر دقیقه (n) از رابطه ω به دست

می آید.

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

راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون

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

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



شکل ۳۲



الف

به عبارتی جریان نامی موتور بالا باشد، جریان زیاد راه اندازی می تواند صدماتی به موتور وارد کند.

از این رو موتورهای آسنکرون باید به طریقی راه اندازی شوند که جریان راه اندازی کمتری از شبکه دریافت کنند. به همین دلیل راه اندازی با وسایلی به نام «راه انداز» انجام می شود. موتورهای سه فاز معمولاً با یکی از روش های زیر راه اندازی می شوند:

* راه اندازی به صورت مستقیم

* راه اندازی به صورت ستاره مثلث

* راه اندازی به وسیله مقاومت راه انداز

تصاویر شکل ۳۳ نمونه های کاربردی موتورهای سه فاز را نشان می دهد.



ب
شکل ۳۳

جدول ۱ محدوده توان موتورهای سه فاز در ولتاژهای مختلف برای راه اندازی به روش های نام برده شده را نشان می دهد.

از روش مقاومت راه انداز برای راه اندازی موتورهای روتور سیم پیچی و از روش ستاره مثلث برای راه اندازی موتورهای روتور قفسی استفاده می شود. امروزه برای راه اندازی موتورهای با توان زیاد، از راه اندازهای الکترونیکی معروف به راه انداز نرم استفاده می شود.

جدول ۱- طرز اتصال موتورهای سه فاز با قدرت های نامی مختلف به شبکه

روش های راه اندازی	قدرت نامی	
	در شبکه ۲۳۰ V	در شبکه ۴۰۰ V
راه اندازی به صورت مستقیم	۱/۵KW تا ۳KW	۲/۲KW تا ۴KW
راه اندازی به صورت ستاره مثلث	۳ KW تا ۵/۵KW	۴ KW تا ۱۱KW
راه اندازی به وسیله مقاومت راه انداز	۷/۵KW	۱۵KW



توان موتور در اتصال‌های ستاره و مثلث

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

جدول ۲

مشخصات پلاک موتور	نحوه اتصال موتور به شبکه برق ایران
۲۳۰λ	نمی‌توان با شبکه سه فاز ایران راه‌اندازی کرد
۲۳۰Δ	به صورت ستاره
۴۰۰λ	به صورت ستاره
۴۰۰Δ	به صورت ستاره مثلث می‌توان راه‌اندازی کرد و در نهایت باید اتصال مثلث باشد
۴۰۰/۲۳۰λ / Δ	به صورت ستاره
	به صورت ستاره مثلث راه‌اندازی می‌شود 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 نوشته می‌شود، توان خروجی با توان مفید است.

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

$$(۱) \quad P_p = v_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi$$

چون همه مشخصات سیم‌پیچی‌های هر سه فاز موتور یکسان است، برای محاسبه توان کل سه فاز به صورت مقابل می‌توان عمل کرد.

$$(۲) \quad P = 3P_p \quad \text{توان سه فاز}$$

$$P = \sqrt{3} V_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi$$

$$p = \sqrt{3} V_p \cdot \frac{V_p}{Z_p} \cdot \cos \varphi$$

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

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

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

حال با توجه به رابطه جریان (طبق قانون اهم) و همچنین در نظر گرفتن روابط ولتاژها و جریان‌های خطی و فازی اتصال ستاره^۱ می‌توانیم به جای مقادیر ولتاژ، جریان و توان روابط (۱) و (۲) معادل آنها را قرار داد و رابطه نهایی توان کل موتور در حالت ستاره را مطابق روش مقابل محاسبه کنیم و رابطه نهایی (۳) را به دست آوریم.

به همین ترتیب برای محاسبه توان کل موتور سه فاز در حالت مثلث، مشابه حالت ستاره و به صورت مرحله ۴ به بعد می‌توان عمل کرد.

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

– توان کل سه فاز موتور طبق رابطه (۵) به دست می‌آید.

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

– با توجه به رابطه قانون اهم به جای 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 رابطه نهایی توان کل، مطابق رابطه (۶) به دست می‌آید.

از مقایسه توان موتور در حالت ستاره با توان موتور در حالت مثلث و محاسبه مقدار نسبت این توان‌ها می‌توان به نتیجه‌ای مطابق رابطه (۷) دست یافت.

توضیح:



۱- توان نامی روی بدنه موتورهایی که امکان راه‌اندازی به صورت

ستاره مثلث را دارند نشان‌دهنده توان موتور در حالت مثلث است.

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

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

$$(۴) \quad P_p = V_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi$$

$$(۵) \quad P = \sqrt{3} P_p$$

$$P = \sqrt{3} V_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi$$

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

$$p = \sqrt{3} V_p \cdot \frac{V_p}{Z_p} \cdot \cos \varphi$$

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

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

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

$$\frac{P_\lambda}{P_\Delta} = \frac{\frac{V_L^2}{Z_p} \cdot \cos \varphi}{\sqrt{3} \frac{V_L^2}{Z_p} \cdot \cos \varphi} = \frac{V_L^2 \cdot \cos \varphi \cdot Z_p}{\sqrt{3} V_L^2 \cdot \cos \varphi \cdot Z_p}$$

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

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

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



تغییر جهت گردش در موتورهای سه فاز

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

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

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

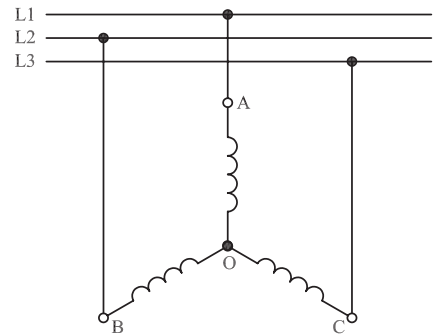
طبق قرارداد اتصال فازها به صورت شکل ۳۶ به سر سیم های موتور را حالت «راست گرد» و اتصال فازها مطابق شکل ۳۷ را حالت «چپ گرد» نامند.

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

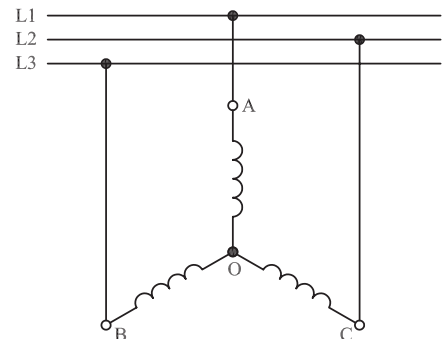
راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون در شبکه تک فاز

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

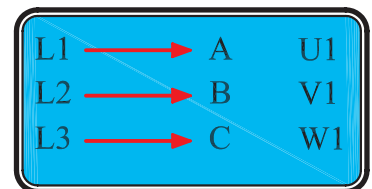
چون وضعیت اتصال سیم پیچی های موتور به صورت ستاره یا مثلث است، نحوه قرار گرفتن خازن در مسیر سیم پیچی های استاتور موتور نیز به دو صورت می تواند باشد. شکل های ۳۸ و ۳۹ وضعیت سیم پیچی های موتور را در حالت ستاره راست گرد و شکل های ۴۰ و ۴۱ وضعیت سیم پیچی های موتور در حالت ستاره چپ گرد را نشان می دهد.



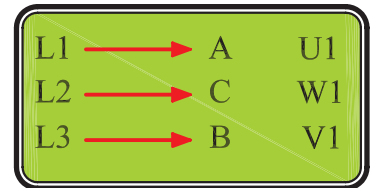
شکل ۳۴- حالت راست گرد اتصال ستاره



شکل ۳۵- حالت چپ گرد اتصال ستاره



شکل ۳۶



شکل ۳۷

جدول ۳- ظرفیت خازن روغنی راه انداز موتور سه فاز در شبکه تک فاز

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

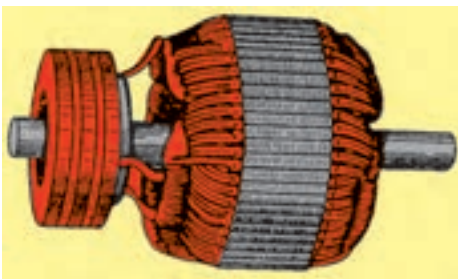
جدول ۴- ویژگی های موتورهای سه فازه را نشان می دهد.

جدول ۴- ویژگی های موتور سه فاز

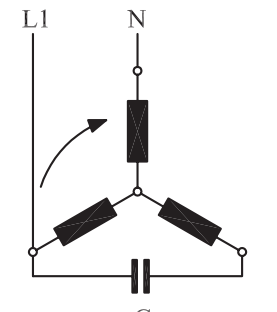
سیم بندی و اتصال برای راست گرد	موتور با روتور قفسه ای	موتور با روتور	موتور سنکرون قفسه ای
سیم بندی و اتصال برای راست گرد			
تغییر جهت گردش	جابه جا کردن دو سر سیم بیرونی به طور مثال L_1 با L_2		
قابلیت تحمل اضافه بار کوتاه مدت	تک قفسه ای ۱,۶ تا ۲ دو قفسه ای ۱۶ تا ۳	۱,۶ تا ۲,۵	۴ تا ۱,۵
رایج ترین روش راه اندازی	اتصال مستقیم به شبکه با تغییر تعداد قطب ها برای دور موتور کم	با مقاومت های راه انداز در مدار روتور	اتصال مستقیم به شبکه بدون تحریک (با قفسه راه انداز)
کنترل دور موتور	تغییر تعداد قطب ها به ندرت از طریق تغییر فرکانس	از طریق مقاومت های روتور به ندرت از طریق تغییر فرکانس	به ندرت از طریق تغییر فرکانس
حدود تنظیم دور موتور	تغییر تعداد قطب ها تا ۱:۸	از طریق مقاومت های روتور تا ۱:۳ با کنترل فرکانس تا ۱:۲۰	۱:۳

موتور آسنکرون روتور سیم پیچی

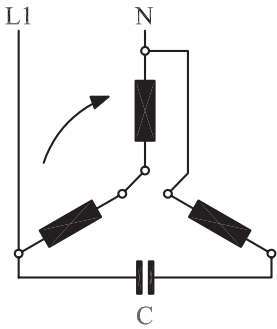
روتور این نوع موتورها از سه دسته سیم پیچی تعبیه شده در آن تشکیل شده است. معمولاً اتصال سیم پیچی های روتور از داخل به صورت ستاره است. سرهای خروجی این سه دسته سیم پیچی، از داخل موتور خارج شده و توسط سه حلقه لغزان (رینگ) واقع روی محور به جاروبک های ساکن (زغال ها) وصل شده است (شکل ۴۲). این سه جاروبک از خارج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



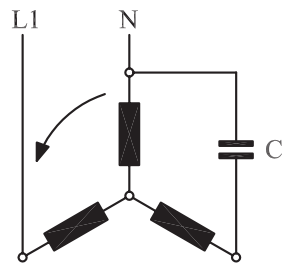
شکل ۴۲



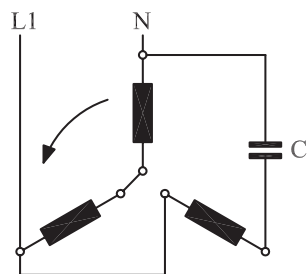
شکل ۳۸



شکل ۳۹



شکل ۴۰



شکل ۴۱

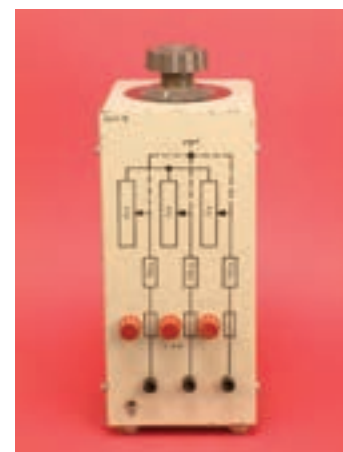


همان طوری که در بحث موتورهای القایی نیز اشاره شد، در آغاز حرکت، چون روتور هنوز ساکن است و میدان با سرعت سنکرون می گردد هادی های روتور توسط خطوط میدان مغناطیسی با سرعت سنکرون قطع می شوند، در سیم پیچی روتور جریان قوی تری القا می شود. علت به وجود آمدن جریان زیاد در موقع راه اندازی موتورهای القایی، کم بودن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

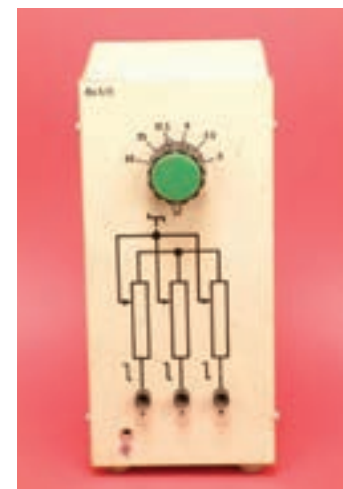
در موتورهای روتور سیم پیچی به کمک حلقه های لغزنده و وارد کردن مقاومت در مسیر هر دسته سیم پیچی روتور به هنگام راه اندازی، مقاومت روتور افزایش یافته و در نتیجه جریان راه اندازی کاهش می یابد. در شکل های ۴۳ و ۴۴ دو نمونه مقاومت راه انداز را مشاهده می کنید.

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

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



شکل ۴۳



شکل ۴۴

موتور سنکرون

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

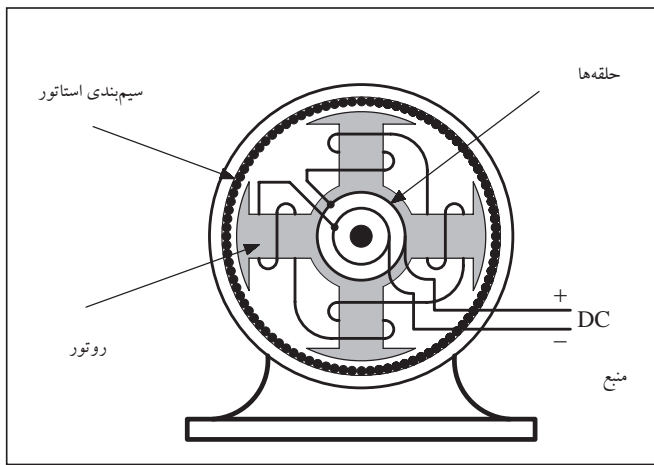


شکل ۴۵- موتور روتور سیم پیچی

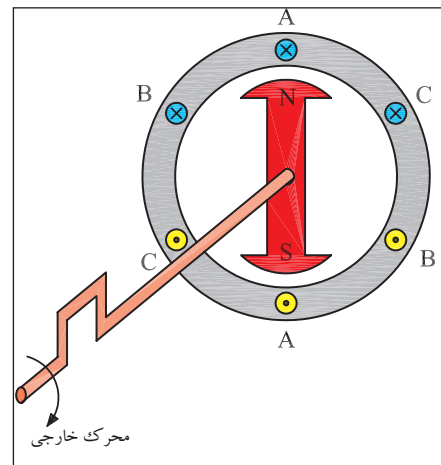
موتورهای سنکرون که روتور آنها سیم پیچی شده است به تنهایی و به خودی خود راه نمی افتند بلکه نیاز به یک محرک دارند. از جمله این محرک ها می توان جریان مستقیم (dc) اعمال شده به سیم پیچی روتور و یا یک موتور خارجی را که جهت به گردش درآوردن مغناطیس طبیعی به کار می رود نام برد (شکل ۴۸).



شکل ۴۶- اجزای موتور روتور سیم پیچی



شکل ۴۷



شکل ۴۸

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

جدول ۵- انواع موتورهای سه فاز القایی

نمونه‌های کاربرد	مزایا و معایب موتور	نوع موتور
ماشین‌های ابزار، پمپ‌ها، دمنده‌های هوا، بالابرها، کوچک، جرثقیل‌های بزرگ، ماشین‌های بافندگی با فرکانس دورانی ثابت	<ul style="list-style-type: none"> • ارزان‌تر از موتورهای دیگر، ساختمان ساده، ساختار محکم، دارای بازوهای نگهدارنده، بدون پارازیت در رادیو در زمان کار، ضریب اطمینان کاری بزرگ، روتور دارای عایق کاری سیم‌پیچ‌ها نیست، فرکانس دورانی تا حدی مستقل از بار است. 	<p>موتور با روتور قفسه‌ای (موتور با روتور اتصال کوتاه)</p> <p>نحوه کار: تغییر جهت قطب‌ها با ۲ تا ۴ سرعت</p> <p>شکل خاص: موتور رلوکتانسی</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • در اتصال مستقیم به برق جریان راه‌اندازی بزرگ است، گشتاور اولیه به خصوص بزرگ نیست، در فرکانس ۵۰ Hz فرکانس دورانی بیش‌تر از ۳۰۰۰/min نیست، تنظیم بدون پله فرکانس دورانی فقط با صرف هزینه مناسب و از طریق مدارهای الکترونیکی ممکن است. 	
بالابرها، متوسط و بزرگ، در موارد استثنایی ماشین‌های بزرگ، سنگ‌شکن‌ها، گرداننده وسایل مختلف در صنعت نمایش	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<p>موتور با روتور دارای حلقه لغزان (روتور سیم‌پیچی)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • به‌طور چشم‌گیری گران‌تر از موتور با روتور قفسه‌ای، کار همراه با تولید جرقه، دارای پارازیت رادیو، نیاز به راه‌انداز دارد، جاروبک‌های زغالی و حلقه لغزان نیازمند مراقبت بیش‌تری است، فرکانس دورانی مانند موتور با روتور قفسه‌ای محدود می‌شود. 	

آشنایی با پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه فاز

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

اگر مشخصات نوشته شده روی پلاک موتورها را با یکدیگر مقایسه کنیم مشاهده می شود که این پلاک‌ها تفاوت‌هایی با هم دارند. در شکل های ۵۲، ۵۳، ۵۴ و ۵۵ بخش های مختلف یک نوع پلاک موتورهای سه فاز مشاهده می شود. در جدول ۶ توضیحات مربوط به هر قسمت آمده است.

1		
2		
3 4	Nr. 5	
6 7	8 A	
9 10 11	COS φ 12	
13 14 /min	15 Hz	
16 17 18V	19 A	
Is. Kl. 20	IP 21	22 t
23		

شکل ۴۹

PE + 21 PLUS™ PREMIUM EFFICIENCY							
ORD.NO.	1LA02864SE41	E NO.					
TYPE	RGZESD	FRAME	286T				
H.P.	30.00	SERVICE FACTOR	1.15	3 PH			
AMPS	34.9	VOLTS	460				
R.P.M.	1765	HERTZ	60				
DUTY	CONT	40° C	AMB.	DATE CODE			
CLASS (NEMA)	F	NEMA DESIGN	B	K. V. A. CODE	G	NEMA DESIGN EFF.	93.6
SH END BRG.	50BC03JPP3	OPP END BRG.	50BC03JPP3				
MILL AND CHEMICAL DUTY QUALITY INDUCTION MOTOR							
Siemens Energy & Automation, Inc. Little Rock, AR							

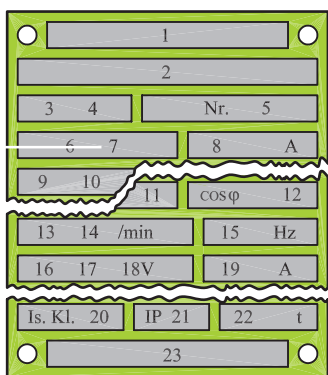
شکل ۵۰

MOTOR							
MODEL	19308J - X						
TYPE	CJ4B	FRAME	324TS				
VOLTS	230 / 460	C AMB.	INS CL. 40B				
FRT. BRG.	210SF	EXT. BRG.	312SF				
SERV. FACT.	1.0	OPER. INSTR.	C - 517				
PHASE	3	Hz	60	CODE	3	WDGS.	1
H.P.	40						
R.P.M.	3565						
AMPS	106 / 53						
NEMANOM EFF.							
NOM. P. F.							
MIN. AIR VEL. FT. / MIN.							
DUTY	Cont	NEMA DESIGN B					
FULL WINDING		PART WINDING					
LOW VOLTAGE	HIGH VOLTAGE	LOW VOLTAGE					
L ₁ L ₂ L ₃	L ₁ L ₂ L ₃ JOIN	STARTER	L ₁ L ₂ L ₃				
T ₁ T ₂ T ₃ T ₄ T ₅ T ₆	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄ T ₅ T ₆	STARTER 3M CONTACTOR	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄ T ₅ T ₆				
T ₇ T ₈ T ₉ T ₆	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄ T ₅ T ₆	RUN 3M CONTACTOR	T ₇ T ₈ T ₉ T ₆				
LOUIS ALLIS							

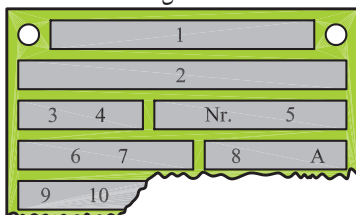
شکل ۵۱

جدول ۶

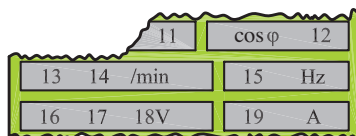
شماره	اطلاعات داده شده
۱	نشانه کارخانه (نام و آرم)
۲	نشانه نوع ماشین (تیب ماشین)
۳	نوع جریان مانند: G (جریان مستقیم)، E (جریان تک فاز)، D (جریان سه فاز)
۴	نوع کار (Gen - ژنراتور)؛ (Mot - موتور)
۵	شماره تولید ماشین
۶	نوع اتصال سیم پیچ استاتور در ماشین های سنکرون و القایی، به علاوه:
	علامت
	تعداد کلاف و مدار
	I
	با کلاف (سیم پیچ) کمکی
۱ ~	به صورت باز
۳ ~	ستاره
۳ ~	مثلث
به هم وصل شده	ستاره با نقطه وسط خارج شد
	ولتاژ نامی
	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 S=) و زمان کار نامی یا مدت زمان روشن بودن نسبی. مثال: S۳۰ min.
۱۲	ضریب توان نامی COS. در ماشین های سنکرون در صورتی که توان راکتیو دریافت شود، باید نشانه u (تحریک ناقص) اضافه شود.
۱۳	جهت چرخش (از طرف سر محور موتور نگاه می شود): → (راست گرد) ← (چپ گرد)
۱۴	سرعت نامی. (علاوه بر این در موتورهای با تحریک سری بیشینه سرعت؛ در مولدهای با توربین آبی، سرعت میانی توربین؛ در موتورهای چرخ دنده دار سرعت آخرین چرخ دنده n _p ارائه می شود.)
۱۵	فرکانس نامی
	در ماشین جریان مستقیم و ماشین سنکرون
۱۶	تحریک کننده یا «Err»
۱۷	نوع اتصال سیم پیچ روتور
۱۸	ولتاژ تحریک نامی به V (ولت)
۱۹	جریان تحریک در کار نامی. اگر جریان کوچک تر از باشد، اطلاعات حذف می شود.
۲۰	گروه مواد عایق کننده (Y, A, E, B, F, H, C). اگر سیم پیچ استاتور و روتور به گروه های مختلفی متصل باشند، ابتدا گروه سیم پیچ استاتور و سپس گروه سیم پیچ روتور بیان می شود. (کلاس عایقی) (مثلاً F/B).
۲۱	نوع محافظت طبق DIN۴۰۰۵، مثلاً IP۴۴
۲۲	وزن تقریبی به t، برای وزن های کم تر از یک تن اطلاعاتی داده نمی شود.
۲۳	توضیحات اضافی، به طور مثال ... / VDEO۵۳۰ مقدار متوسط خنکی با تهویه هوای آزاد یا خنک شدن با آب.



شکل ۵۲



شکل ۵۳



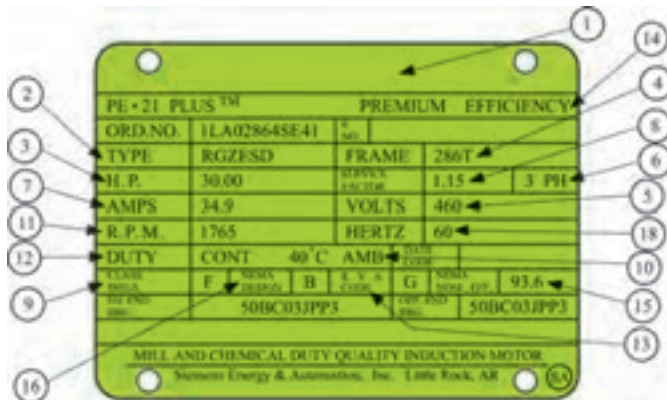
شکل ۵۴



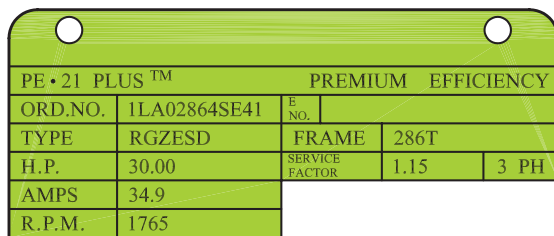
شکل ۵۵



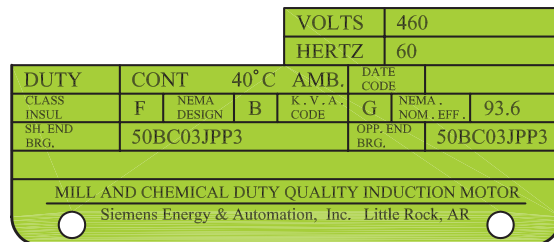
توضیحات مربوطه به نمونه دیگری از پلاک موتورهای سه فاز که در شکل های ۵۶، ۵۷ و ۵۸ نشان داده شده در جدول ۷ آمده است.



شکل ۵۶



شکل ۵۷



شکل ۵۸

جدول ۷

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

شرح تکمیلی برخی از علائم روی پلاک

در ردیف یازدهم جدول ۶ نوع کار و مدت زمان روشن بودن ماشین به طور نسبی بیان می شود. هشت حالت کاری طبق استاندارد تعریف شده است که با حروف S₁ تا S₈ نشان داده می شوند. مفهوم هر یک از حروف مطابق جدول ۸ است! مثلاً اگر روی پلاک موتوری در ردیف نوع کار، S₈ نوشته شده باشد نشان می دهد که این موتور تحت بار نامی، در درجه حرارت پایدار و بدون وقفه کار می کند بدون این که از دمای مجاز موتور تجاوز کند.

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

جدول ۸- انواع کار ماشین‌ها

نوع کار	شرح و مثال
کار پیوسته S ₁	ماشین تحت بار نامی به درجه حرارت پایدار و ثابت می‌رسد. کار ماشین می‌تواند بدون وقفه انجام شود، بدون این که از دمای مجاز تجاوز کند. مثال: پمپ فاضلاب.
کار کوتاه مدت S ₂	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 S ₃	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 S ₃ مرحله راه‌اندازی هیچ اثری بر روی دمای ماشین نمی‌گذارد. مثال برای S ₃ : موتور بالابر (روتور با حلقه لغزان)
S ₄	در S ₄ کار شبیه S ₃ است، با این حال جریان راه‌اندازی، ماشین را بیش‌تر گرم می‌کند. اطلاعات مثلاً: h / راه‌اندازی ۵۰۰، S ₄ ED ۲۵. مثال برای S ₄ : موتور محرکه برای بالابر کوچک (روتور قفسه‌ای).
S ₅	در S ₅ کار شبیه S ₄ است، با این حال در این جا یک ترمز الکتریکی (ترمز جریان مستقیم، ترمز جریان معکوس) در نظر گرفته شده، که در گرم شدن نیز سهیم است. اطلاعات مثلاً: h / راه‌اندازی ۵۰۰، جریان معکوس، S ₅ ED ۲۵. مثال برای S ₅ : موتور محرکه برای نقاله‌ها.
کار پیوسته با بار موقت S ₆	این نوع کار شبیه نوع کار S ₃ است با این حال این ماشین در طی وقفه در حالت بی‌باری می‌ماند و خاموش نمی‌شود. اطلاعات مثلاً: S ₆ ۱۰min / ۶۰min یا بهتر S ₆ ED ۲۵
کار بدون وقفه S ₇	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، S ₇ مثال: موتور محرکه برای ماشین‌های تراش مرکزی (ماشین ابزار خودکار)
S ₈	این نوع کار شبیه S ₇ است، با این حال به جای راه‌اندازی و ترمز با تغییر دور، به‌طور مثال از طریق تغییر قطب‌ها، کار را پیش می‌برد. اطلاعات: S ₈ ۱۰min / ۱۵۰۰min ⁻¹ / ۵min ⁻¹ / ۳۰۰۰min ⁻¹ کاربرد: خط تولید خودکار



در ردیف بیست و دوم جدول ۶ که نوع محافظت (ایمنی) به کار رفته در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب بیان می شود از دو حرف IP و دو رقم کد استفاده می شود اولین رقم درجه ایمنی در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم درجه ایمنی در مقابل نفوذ آب را نشان می دهد. گاهی اوقات نیز از کد ۳ رقمی استفاده می شود که یک رقم آن مربوط به شرایط محیطی است. در جدول ۹ معانی هریک از رقم های اول و دوم بعد از را مشاهده می کنید. همچنین بر روی برخی دستگاه ها از علائم خاصی مشابه، علائم جدول ۹ استفاده می شود. توضیحات هریک را می توان از جدول ها استخراج کرد.^۲ به عنوان مثال اگر بر روی پلاک موتوری IP۴۴ نوشته شده باشد بیانگر آن است که این موتور در مقابل اجسام خارجی بزرگ تر از قطر ۱mm و همچنین در مقابل پاشیده شدن آب حفاظت شده است.

جدول ۹

نوع ایمنی	توضیح	نشانه
ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی		
IP۰X	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	-
IP۱X	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ تر از ۵۰mm	-
IP۲X	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ تر از ۱۲mm	-
IP۳X	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ تر از ۲/۵mm	-
IP۴X	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ تر از ۱mm	-
IP۵X	ایمنی در مقابل رسوب گرد و غبار مضر به داخل	۱
IP۶X	ایمنی در مقابل نفوذ گرد و غبار	۲
ایمنی آب		
IP X۰	بدون ایمنی آب	-
IP X۱	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	۳
IP X۲	ایمنی در مقابل ریزش مایل قطرات آب (۱۵۰° نسبت به عمود)	۳
IP X۳	ایمنی در مقابل پخش آب	۴
IP X۴	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	۵
IP X۵	ایمنی در مقابل فوران آب، مثلاً از نازل	۶
IP X۶	ایمنی در مقابل جریان آب	۷
IP X۷	ایمنی در مقابل غوطه ور شدن	۷
IP X۸	ایمنی در مقابل غوطه وری کامل	۸

نشانه انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید)							
							 ... Pa
1	2	3	4	5	6	7	8

1. International Protection (ایمنی بین المللی)

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

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



شکل ۵۹

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

معنی	علامت	معنی	علامت
اتصال سیم ایمنی		دستگاه عایق بندی ایمنی شده است (طبقه ایمنی II)	
اتصال سیم زمین		مقاوم در مقابل اتصال کوتاه، مشروط	
آزمایش شده طبق VDE		مقاوم در مقابل اتصال کوتاه، غیر مشروط	
روی چوب نصب شود (ضد آتش)		برای دستگاه پزشکی	
خازن در صورت معیوب شدن خیلی گرم نمی شود (ضد آتش)		غیر قابل استفاده در وان حمام	

شکل ۶۰

کلاس حرارتی

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

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

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

جدول ۱۰

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

پلاک اتصالات موتور (تخته کلم)

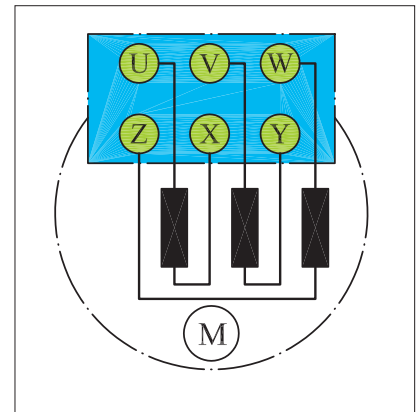
برای اتصال سیم پیچ های موتور سه فاز، سر سیم ها از داخل پوسته به یک محفظه یا ترمینال موتور هدایت می شوند که اصطلاحاً به آن «تخته کلم» می گویند (شکل ۶۱).

به طور کلی سر و ته کلاف های یک موتور سه فاز، با دو حرف مشخص می شوند.



شکل ۶۱

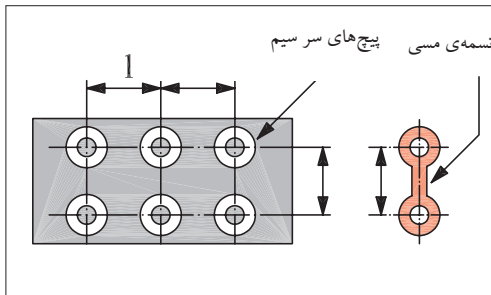
در استاندارد قدیمی برای نشان دادن سر کلاف‌ها به ترتیب برای کلاف اول تا سوم از حروف U، V، W و برای نمایش ته کلاف‌ها به ترتیب از حروف X، Y و Z استفاده می‌شد. نحوه قرار گرفتن سر سیم‌ها در زیر پیچ‌های تخته کلم مطابق شکل ۶۲ است. علت این که ته کلاف‌ها مشابه سر کلاف‌ها به ترتیب از کلاف اول تا سوم نوشته نمی‌شود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



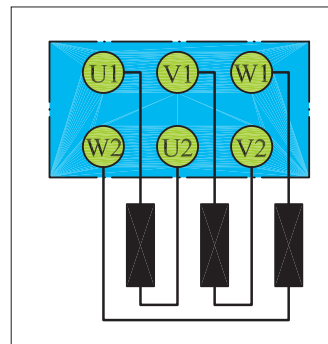
شکل ۶۲

شکل ۶۳ تصویری از پیچ‌های تخته کلم را به همراه تسمه مسی نشان می‌دهد.

در استاندارد (IEC) برای نشان دادن سر کلاف‌ها به ترتیب از کلاف اول تا سوم از حروف (U₁، V₁ و W₁) و برای مشخص کردن ته کلاف‌ها به ترتیب از حروف (U₂، V₂ و W₂) استفاده می‌شود. شکل ۶۴ وضعیت قرار گرفتن سیم‌پیچ‌ها و پیچ‌های تخته کلم را نشان می‌دهد.

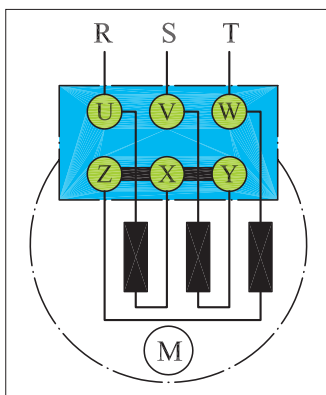


شکل ۶۳

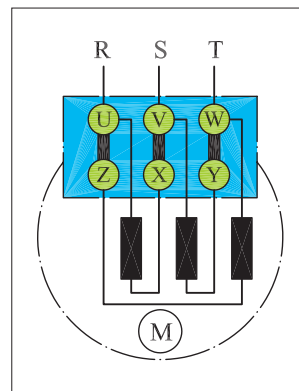


شکل ۶۴

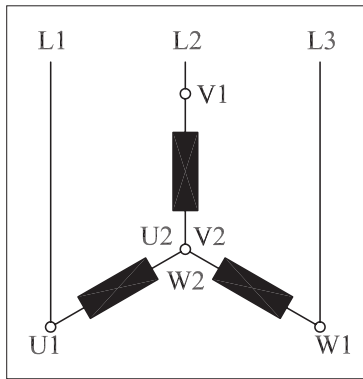
شکل‌های ۶۵ و ۶۶ چگونگی ایجاد اتصال ستاره و اتصال مثلث با استفاده از تسمه مسی بر روی تخته کلم با حروف اختصاری VDC (آلمانی) را نشان می‌دهد.



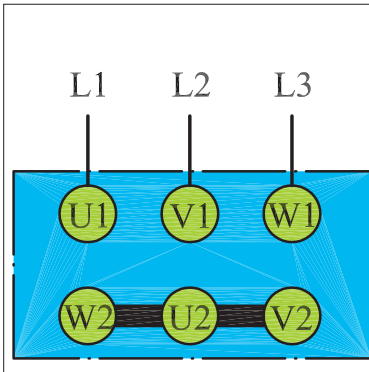
شکل ۶۵- اتصال ستاره



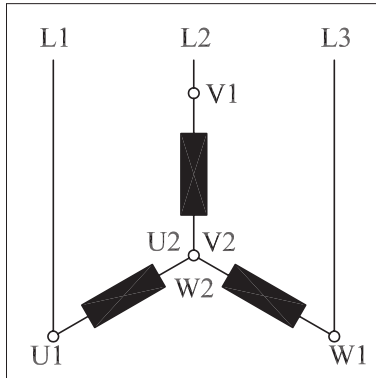
شکل ۶۶- اتصال مثلث



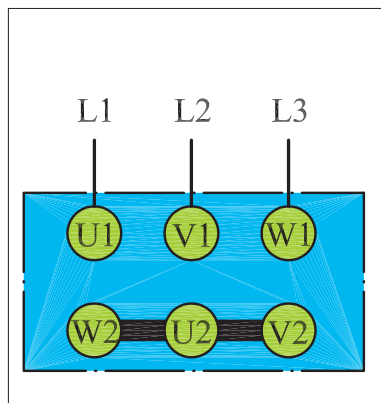
شکل ۶۷- وضعیت اتصال کلاف‌ها در حالت ستاره



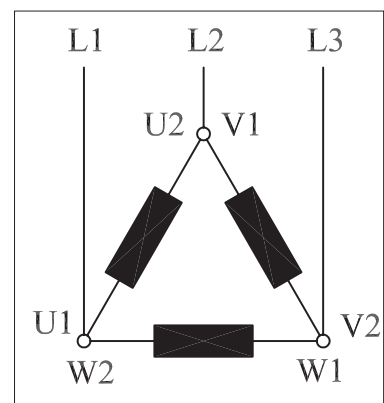
شکل ۶۸- تخته کلم موتور در حالت مثلث



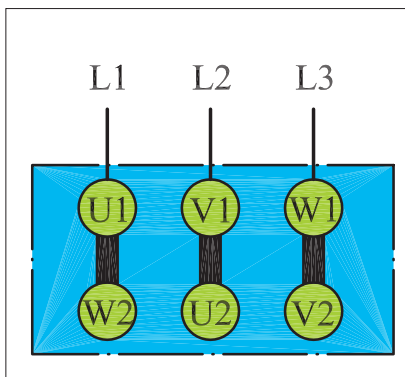
شکل ۶۹- وضعیت اتصال کلاف‌ها در حالت مثلث



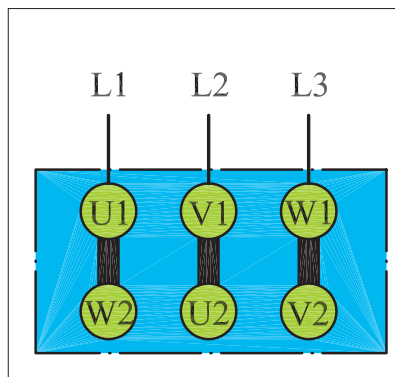
شکل ۷۰- تخته کلم موتور در حالت مثلث



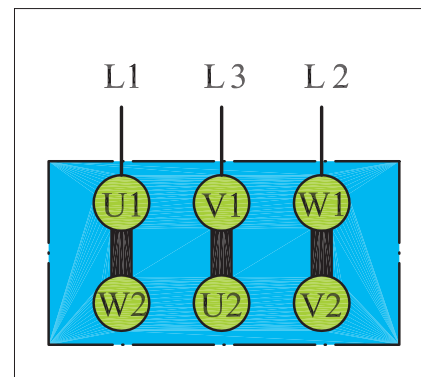
شکل ۷۱- اتصال ستاره راست گرد



شکل ۷۲- اتصال ستاره چپ گرد



شکل ۷۳- اتصال مثلث راست گرد



شکل ۷۴- اتصال مثلث چپ گرد

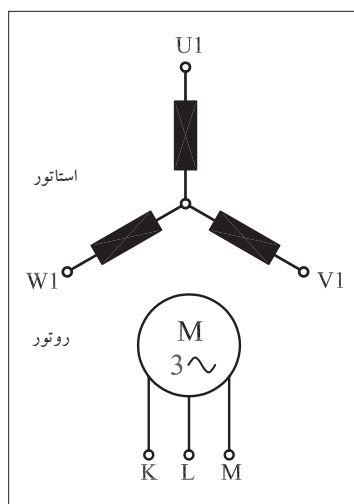
به ترتیب شکل های ۶۷ و ۶۸ اتصال کلاف‌های موتور و نحوه اتصال سرهای موتور در استاندارد IEC حالت ستاره را نشان می‌دهند. در شکل های ۶۹ و ۷۰ به ترتیب اتصال کلاف‌های موتور و نحوه اتصال سرهای موتور در استاندارد IEC حالت مثلث را مشاهده می‌کنید. همان‌طور که قبلاً اشاره شد برای تغییر جهت موتور ضروری است جای دو فاز در روی سیم پیچی‌های موتور عوض شود. شکل های ۷۱ و ۷۲ نحوه اتصال سیم‌های شبکه به تخته کلم موتور برای ایجاد حالت راست گرد و چپ گرد در اتصال ستاره را نشان می‌دهند.

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

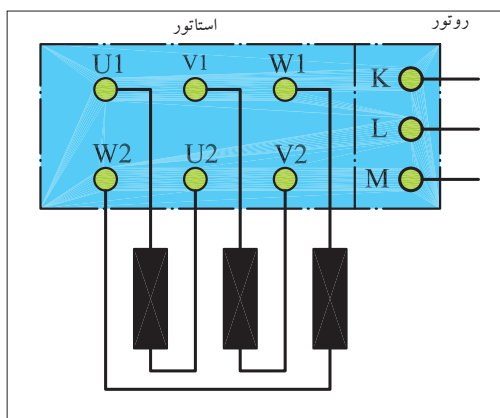


سیم پیچی استاتور موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی شده، مشابه استاتور موتورهای آسنکرون روتور قفسی نامگذاری می شود. حروف K، L، M یا u، v، w نیز برای نشان دادن سر سیم های روتور به کار می رود. در شکل های ۷۵ و ۷۶ وضعیت سیم پیچی های موتور روتور سیم پیچی و تخته کلم آن را می بینید.

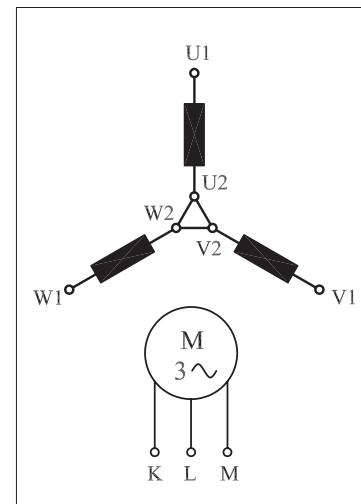
شکل های ۷۷ و ۷۸ اتصال کلاف ها و تخته کلم موتورهای سه فاز روتور سیم پیچی در حالت ستاره را نشان می دهد. در شکل های ۷۹ و ۸۰ اتصال کلاف ها و تخته کلم موتورهای سه فاز روتور سیم پیچی در حالت مثلث مشاهده می شود.



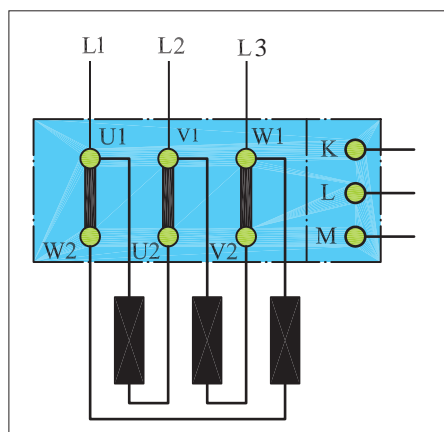
شکل ۷۵- اتصال کلاف ها



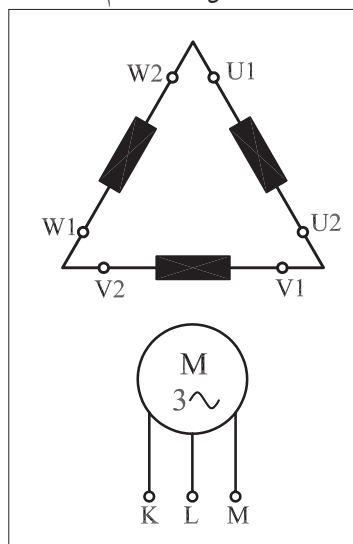
شکل ۷۶- تخته کلم



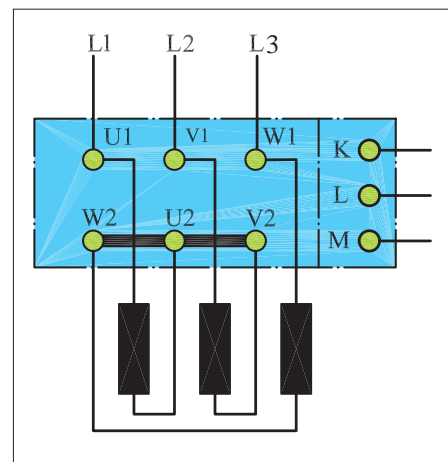
شکل ۷۷- اتصال کلاف ها



شکل ۷۸- تخته کلم



شکل ۷۹- اتصال کلاف ها



شکل ۸۰- تخته کلم



ساعات آموزشی

جمع

عملی

نظری

کار عملی (۱)



هدف: تشخیص سروته کلاف‌های موتور و اطمینان از سالم بودن کلاف‌ها

وسایل و تجهیزات مورد نیاز: برای انجام کارهای عملی از وسایل ارائه شده در جدول زیر استفاده کنید.

جدول ابزار و وسایل مورد نیاز در کارگاه

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



ادامه جدول ابزار و وسایل مورد نیاز در کارگاه

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

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

نکات حفاظتی و اجرایی

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

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

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

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

شرح کار

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

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

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

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

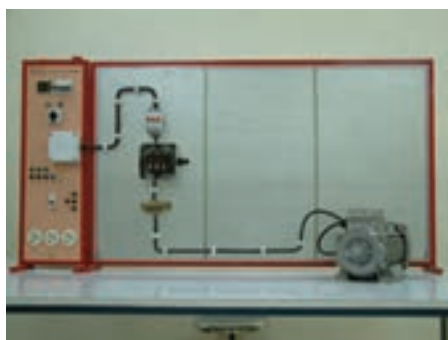
⚡ در مرحله سوم نیز مانند شکل ۸۵ محل قرار گرفتن سر سیم های اهم متر را تغییر دهید.

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

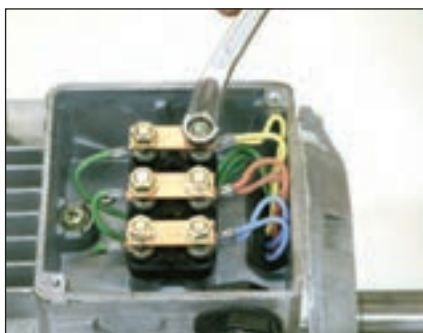
تذکره:



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



(الف)



(ب)



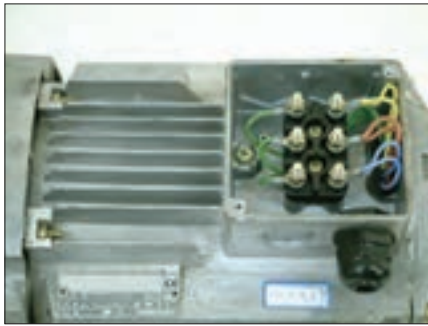
(پ)



(ت)

شکل ۸۱





شکل ۸۲



شکل ۸۳



شکل ۸۴



شکل ۸۵

شکل ۸۶ تسمه های مسی مربوط به اتصالات تخته کلم را به همراه مهره و واشر نشان می دهد. برای ایجاد اتصالات آن ها را از انبار تحویل بگیرید با به کار گیری آچار مخصوص مهره مربوط به اتصالات تخته کلم مطابق شکل ۸۷ انتهای کلاف ها را به یکدیگر وصل کنید. در شکل ۸۸ تخته کلم یک موتور را که به حالت ستاره وصل شده مشاهده می کنید. با استفاده از اهم متر، مقدار مقاومت سر و ته کلاف های هر فاز موتور را اندازه گیری کنید.



شکل ۸۶



شکل ۸۷



شکل ۸۸

$$R_1 = R(U_1 - U_2) = R(U - X) = \dots \Omega$$

$$R_2 = R(V_1 - V_2) = R(V - Y) = \dots \Omega$$

$$R_3 = R(W_1 - W_2) = R(W - Z) = \dots \Omega$$



شکل ۸۹

در این شرایط و در صورت سالم بودن موتور هرگاه یک سیم اهم متر به بدنه و سر سیم دیگر به هر یک از سیم پیچ های تخته کلم وصل شود، عقربه نباید منحرف شود. به عبارت دیگر نباید هیچ ارتباط الکتریکی بین کلاف های موتور با بدنه وجود داشته باشد. برای اطمینان می توان از مگر، لامپ تست یا اهم متر در رنج های بالا، عدم وجود اتصال بدنه را آزمایش کرد.

با کمک آچار اتصال ستاره را باز کنید.



شکل ۹۰

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

در شکل ۹۰ تخته کلم یک موتور را که به حالت مثلث وصل شده مشاهده می کنید. با استفاده از اهم متر، مقدار مقاومت بین ترمینال های موتور را اندازه گیری کنید.

$$R_1 = R(U_1 - V_1) = \frac{2}{3} R(U_1 - U_2) = \dots \dots \dots \Omega$$

$$R_2 = R(V_1 - W_1) = \frac{2}{3} R(V_1 - V_2) = \dots \dots \dots \Omega$$

$$R_3 = (W_1 - U_1) = \frac{2}{3} R(W_1 - W_2) = \dots \dots \dots \Omega$$

در این شرایط و در صورت سالم بودن موتور نباید هیچ ارتباط الکتریکی بین کلاف های موتور با بدنه وجود داشته باشد. برای اطمینان می توان از مگر یا اهم متر در رنج های [K W]، عدم اتصال سیم ها به بدنه را آزمایش کرد. با کمک آچار اتصال مثلث را باز کنید.

سؤال: آیا نتایج به دست آمده با مطالب نظری مطابقت دارد؟

پاسخ:

.....

.....

.....

.....



مراحل اجرای کار

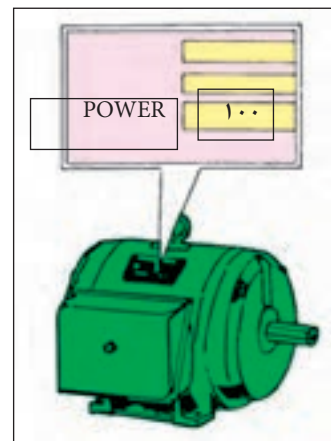
دو موتور سه فاز با توان‌های مختلف را از انبار تحویل بگیرید و کلیه مراحل قسمت اجرای کار را بر روی آن‌ها آزمایش کنید.

نکاتی درباره انتخاب موتورهای الکتریکی

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

تناسب قدرت موتور با کار مورد نظر

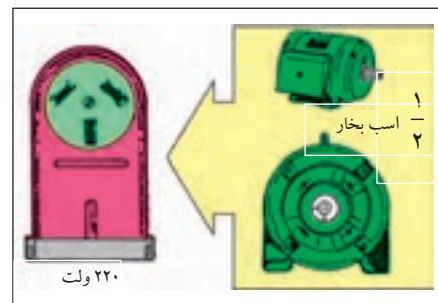
برای این منظور می‌بایست قدرتی که لازمست تا کار مورد نظر را انجام دهد بر حسب «وات» یا «اسب بخار» تعیین و سپس موتوری متناسب با آن قدرت انتخاب کرد (شکل ۹۱).



شکل ۹۱

در نظر گرفتن مقررات شرکت برق

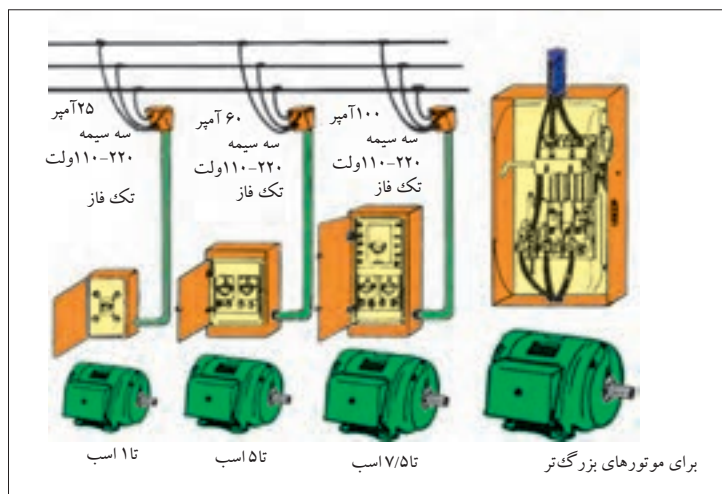
طبق استاندارد شرکت برق استفاده از موتورهای تا قدرت ۵ اسب بخار در شبکه تک فاز مجاز است. برای قدرت‌های بیش از ۵ اسب بخار حتماً می‌بایست از شبکه سه فاز استفاده شود (شکل ۹۲).



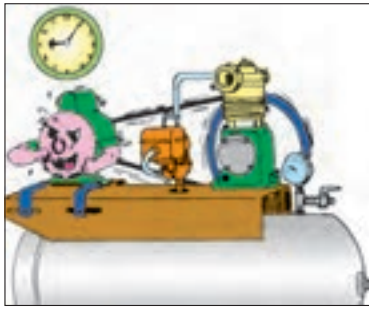
شکل ۹۲

توجه به میزان جریان دهی تابلوی برق

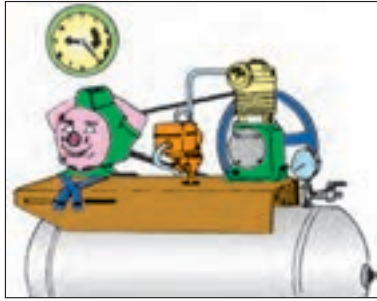
ظرفیت جریان دهی تابلوی برق می‌بایست حدوداً سه برابر جریان نامی موتور باشد تا توانایی تأمین جریان راه‌اندازی موتور را داشته باشد. بهترین روش برق‌رسانی آن است که یک نقطه توزیع مرکزی داشته باشیم و سپس برای هر قسمت یک تابلوی فرعی جداگانه تهیه کنیم (شکل ۹۳).



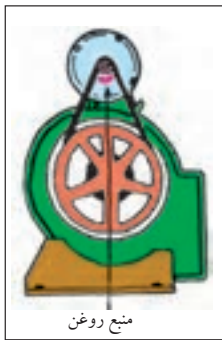
شکل ۹۳



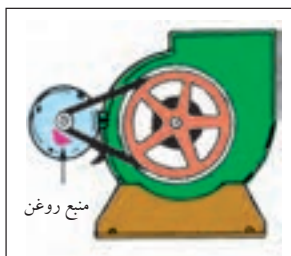
شکل ۹۴- موتور تا هنگامی که نیاز باشد کار کند.



شکل ۹۵- موتور برای مدتی خاموش



شکل ۹۶- نصب در کف



شکل ۹۷- نصب روی دیوار



شکل ۹۸- نصب از سقف

تعیین سرعت مورد نیاز موتور (RPM)

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

در نظر گرفتن شرایط کاری موتور

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

تعیین نوع (تیپ) موتور

در انتخاب نوع موتور به عواملی همچون نوع شبکه (سه فاز - تک فاز) هزینه خرید؛ شرایط و تجهیزات راه‌اندازی، گشتاور و جریان نامی موتور باید توجه کرد.

وضعیت نصب موتور

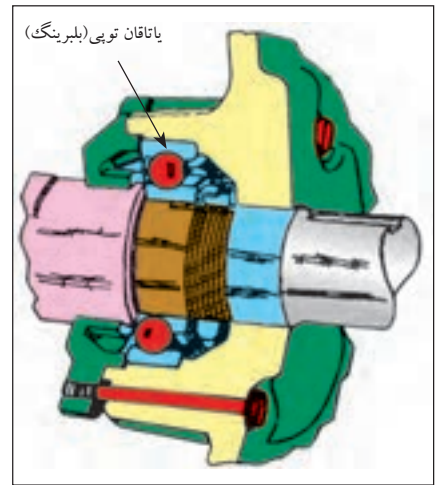
وضعیت نصب، یکی از عوامل فیزیکی است که در انتخاب یک موتور باید به آن توجه داشت زیرا وضعیت نصب نوع یاتاقان و چگونگی روغن کاری موتور را تعیین می‌کند. اگر به دو عامل فوق، یعنی نوع یاتاقان و شرایط روغن کاری توجه خاص نشود موتور انتخابی مناسب نبوده و کار مورد نظر امکان دارد عمر آن نیز کاهش یابد. نصب موتور در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

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

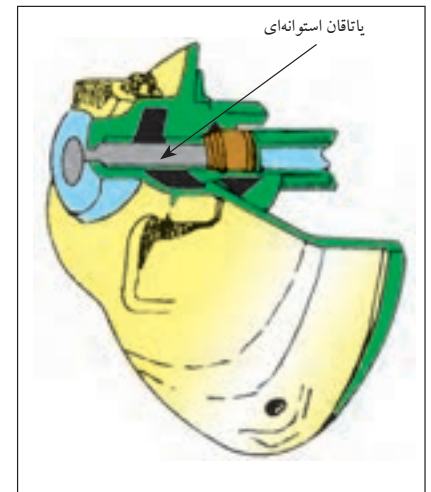
در جدول ۱۱ چگونگی نصب موتورهای الکتریکی براساس استاندارد IEC نشان داده شده است.^۱

جدول ۱۱- ماشین های الکتریکی

شکل ساختمانی ماشینهای الکتریکی					
شرح	شکل	علامه IEC -	شرح	شکل	علامه IEC -
ماشین برای وضعیت عمودی			ماشین با پاتاقان سه‌پایه		
مانند V3، اما سر آزاد محور در سمت پایین		V4	با دو پاتاقان سه‌پایه و طوق (فلانج) نصب		B5
با دو پاتاقان نمونه، پایه برای نصب روی دیوار، سر آزاد محور در سمت پایین		V5	مانند B6، اما سر آزاد محور در سمت چپ		B6
مانند V10، اما سطح نصب بر روی طرف پیشانی (جلو)		V18	مانند B7، اما سر آزاد محور در سمت چپ		B7
مانند V10، اما سطح نصب بر روی طرف پیشانی (جلو)		V10	مانند B8، اما برای نصب از سقف		B8
ماشین بدون پاتاقان و با پاتاقان مجزا			ماشین برای وضعیت عمودی		
بدون محور، بدنه دارای پایه		A2	با دو پاتاقان سه‌پایه و طوق (فلانج) نصب		B10
با دو پاتاقان سه‌پایه و یک پاتاقان مجزا		C2	مانند B5، اما برای نصب از سقف		B5
ماشین بدون پاتاقان مجزا و با پاتاقان مجزا			ماشین برای وضعیت عمودی		
با یک پاتاقان مجزا و محور طوق دار		D1	با دو پاتاقان نمونه و طوق نصب، سر آزاد محور در سمت پایین		V1
با دو پاتاقان مجزا، سر محور آزاد		D9	مانند V2، اما سر آزاد محور در سمت بالا		V2
پاتاقان عرضی در بالا، طوق اتصال در پایین، نصب بر روی ستون حامل، تورچونی، حلقه چاه		W1	مانند V3، اما طوق نصب و سر آزاد محور در سمت بالا		V3
		IM 8015			IM 3031



شکل ۹۹



شکل ۱۰۰

۱- به خاطر سپردن جزئیات جدول ضروری و اجباری نیست.

انتخاب نوع بدنه موتور

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

الف - گرد و غبار

ب - رطوبت

پ - گرما

ت - احتمال وارد شدن ضربه

ث - ریختن مایعات

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

انتخاب سیستم حفاظتی مناسب

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

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 در صورتی که سرعت دستگاه با سرعت موتور یکی باشد از سیستم انتقال قدرت مستقیم می‌توان استفاده کرد. این کار با هم‌محور کردن روتور با محور دستگاه (کوپل کردن) به چهار صورت امکان‌پذیر است.

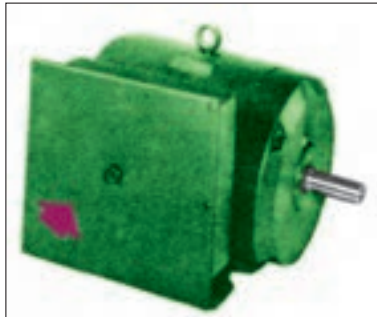
شکل ۱۰۴ کوپلینگ لوله‌ای قابل انعطاف، شکل ۱۰۵ کوپلینگ فلنجی، شکل

۱۰۶ کوپلینگ فلنجی نرم و شکل ۱۰۷ شفت قابل انعطاف را نشان می‌دهد.

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



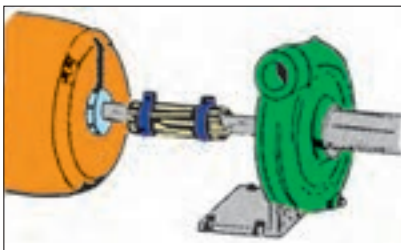
شکل ۱۰۱- بدنه ضد-چکه



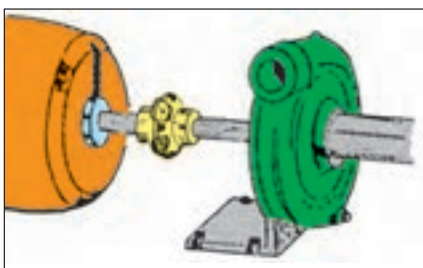
شکل ۱۰۲- بدنه ضد ترشح که بیشتر برای جلوگیری از ترشح مایعات به داخل موتور به کار می‌رود.



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

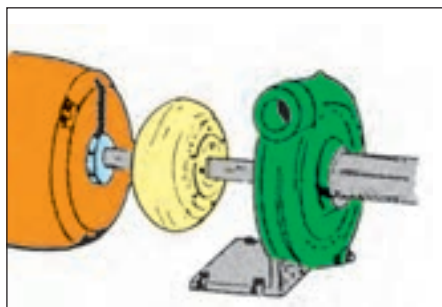


شکل ۱۰۴- کوپلینگ لوله‌ای قابل انعطاف

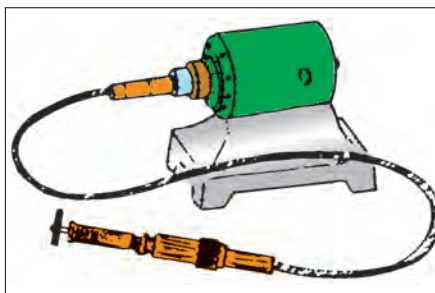


شکل ۱۰۵- کوپلینگ فلنجی

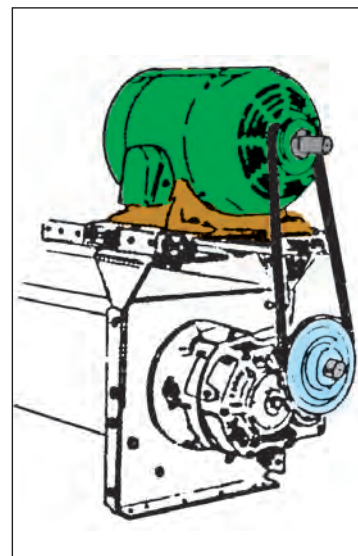




شکل ۱۰۶ - کولپینگ فلنجی نرم

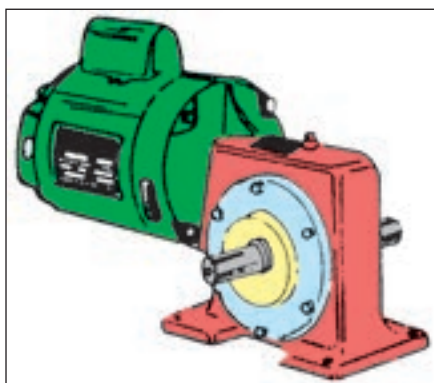


شکل ۱۰۷ - شفت قابل انعطاف



شکل ۱۰۸ انتقال قدرت با پولی و تسمه

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



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



شکل ۱۱۰ - انتقال قدرت با چرخ و زنجیر



توضیح:

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

توصیه های مؤثر برای استفاده 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 نمی دهد، می تواند تا ۵۰ درصد بار نامی جریان بکشد. این مطلب به ویژه در مورد موتورهایی که به



شکل ۱۱۱

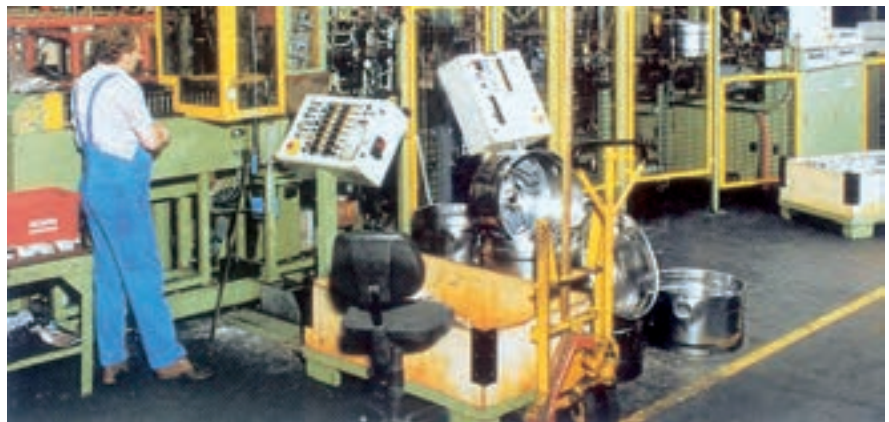
جعبه دنده و یا خط نقاله وصل شده اند صحت داشته و مجدداً بر لزوم برنامه ریزی صحیح برای زمان کار موتور تأکید می کند. بهترین عملکرد موتور در محدوده بین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد بار نامی است.

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

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

موتورهای القایی دو نوع تلفات دارند: بخشی که با تغییر بار موتور تغییر می کند و بخش دیگر که ثابت است. تلفات نوع اول شامل تلفات سیم پیچی روتور و استاتور و تلفات نوع دوم شامل تلفات مکانیکی، (اصطکاک یا تاقانها) و تلفات آهنی شامل تلفات هیستریزس و فو کو در هسته استاتور و روتور است. اگر بتوان با کاهش سرعت موتورهای سه فازی که بر روی پمپ ها و فن ها نصب می شود، سرعت سیال را کنترل کرد، صرفه جویی بسیاری حاصل می شود زیرا با کاهش سرعت پمپ، سرعت سیال به طور متناسب کم می شود در حالی که قدرت لازم برای فن یا الکتروموتورها با توان سوم سرعت کم می شود. این پتانسیل صرفه جویی در انرژی باعث کاربرد محرکه های دور متغیر شده است. دستیابی به ۸۰ درصد صرفه جویی در توان مصرفی، از این طریق امکان پذیر است.

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



شکل ۱۱۲

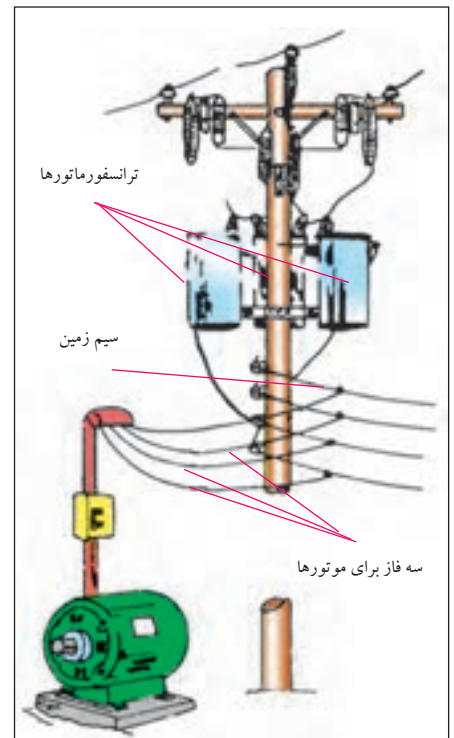
از جمله موارد کاهش انرژی مصرفی موتور، کم کردن تلفات آن است. برای کاهش تلفات مکانیکی، بازدید از یاتاقان ها و روغن کاری آن ها و برای کاهش تلفات سیم بندی، به کارگیری موتور در محدوده توان مجاز آن مؤثر است.

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

برق رسانی به موتورهای الکتریکی

برق رسانی و راه اندازی موتورهای سه فاز از اهمیت خاصی برخوردار است. در انتخاب قطعاتی مانند فیوز، کلید، نوع سیم و سطح مقطع آن می بایست توجه خاص داشت چرا که در صورت انتخاب اشتباه هر یک از موارد، احتمال وقوع حالات زیر است:

- عدم توانایی در راه اندازی موتور به علت کم بودن جریان نامی فیوز نسبت به جریان نامی موتور.
- سوختن فیوز به دلیل کم بودن جریان نامی فیوز نسبت به جریان نامی موتور.
- سوختن قطعات داخل مدار به علت زیاد بودن جریان نامی فیوز نسبت به جریان نامی موتور.
- گرم شدن یا ایجاد جرقه های شدید بین کنتاکت های کلید یا کنتاکتور به دلیل کم بودن جریان نامی کلید.
- گرم شدن یا سوختن کابل به کار رفته در مدار به علت کم بودن سطح مقطع انتخابی نسبت به سطح مقطع مورد نیاز.



شکل ۱۱۳

انتخاب کابل

- برای برق رسانی و راه اندازی موتورهای سه فاز معمولاً از کابل استفاده می شود. انتخاب نوع و سطح مقطع هادی کابل به عوامل زیر بستگی دارد.
- قدرت مصرف کننده یا جریان مصرف کننده.
 - فاصله مصرف کننده تا منبع انرژی الکتریکی (تابلو برق).
 - نوع مصرف کننده (روشنایی یا موتوری).
 - نوع جریان الکتریکی (جریان مستقیم - تک فاز یا سه فاز).
- چون هادی های به کار رفته در مدارهای الکتریکی، دارای مقاومت هستند



شکل ۱۱۴

در اثر عبور جریان از داخل آن‌ها افت ولتاژ ایجاد می‌شود.
 در انتخاب سیم یا کابل مناسب موارد زیر را در نظر بگیرید:
 - جریان عبوری از کابل از جریان مجاز کابل کم تر باشد.
 - سطح مقطع طوری انتخاب شود که افت ولتاژ از حد مجاز تجاوز نکند.
 - هادی‌های انتخاب شده استحکام مکانیکی کافی داشته باشند.
 شکل ۱۱۴ تصاویری از کابل‌های چند رشته افشان و مفتولی را نشان می‌دهد.

جدول ۱۲ حداکثر افت ولتاژ بر حسب درصد در شبکه‌های ولتاژی مختلف را نشان می‌دهد.

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

جدول ۱۲

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



شکل ۱۱۵

نکاتی چند در خصوص انتخاب فیوز

برای خطوط ساده که جریان مصرف‌کننده و فاصله آن تا تابلو کم است از فیوزهای ذوب شونده می‌توان استفاده کرد.

در شبکه‌های گسترده صنعتی بهتر است علاوه بر فیوزهای ذوب شونده از فیوزهای بی‌متالی یا مغناطیسی استفاده شود تا از خطر دوفاز شدن موتور در حین کار جلوگیری شود.

در صورت معلوم بودن کابل یا سیم، فیوز مدار نیز طوری انتخاب شود که مدار صدمه نیند.

جریان نامی فیوزها براساس توان، ولتاژ و روش راه‌اندازی (مستقیم یا ستاره مثلث) تعیین شود.

جریان نامی تعیین شده فیوز براساس قدرت موتور هیچ‌گاه نباید از جریان نامی مجاز فیوز سری با آن بیش تر باشد.



جدول ۱۳ شدت جریان مجاز در هر سیم مسی با پوشش عایقی (لاستیکی یا پلاستیکی) و فیوز مربوطه برای درجه حرارت محیط $25^{\circ}C$ و برای سیم با عایق لاستیکی $T_L = 60^{\circ}C$ و برای سیم با عایق پلاستیکی $(U./u = 0.6/1KV)T_L = 70^{\circ}C$

جدول ۱۳

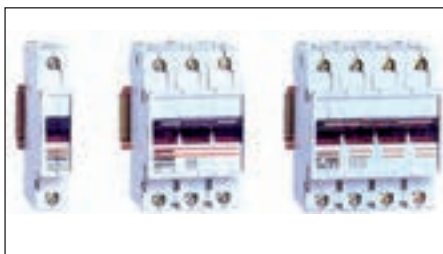
مقطع سیم mm^2	گروه ۱		گروه ۲		گروه ۳	
	شدت جریان	شدت جریان	شدت جریان	شدت جریان	شدت جریان	شدت جریان
	سیم	فیوز	سیم	فیوز	سیم	فیوز
	A	A	A	A	A	A
۰/۷۵	-	-	۱۳	۱۰	۱۶	۱۶
۱	۱۲	۱۰	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰
۱/۵	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰	۲۵	۲۵
۲/۵	۲۱	۲۰	۲۷	۲۵	۳۴	۳۵
۴	۲۷	۲۵	۳۶	۳۵	۴۵	۵۰
۶	۳۵	۳۵	۴۷	۵۰	۵۷	۶۳
۱۰	۴۸	۵۰	۶۵	۶۳	۷۸	۸۰
۱۶	۶۵	۶۳	۸۷	۸۰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

گروه ۱ = سیم های عایق یک رشته ای در لوله مانند

گروه ۲ = سیم های کابل مانند چند رشته ای مثل سیم NYA و سیم لوله ای - سیم زرهی - سیم با روپوش سربی

گروه ۳ = سیم های یک رشته ای که آزادانه در هوا کشیده شده اند، در صورتی که فاصله دو سیم حداقل مساوی

قطر سیم باشد. سیم روی مفره - سیم های یک رشته ای مخصوص مصرف کنندگان متحرک



شکل ۱۱۶

جدول ۱۴- جریان قابل تحمل فیوزهای مینیاتوری

Cat. Nos Depth	ظرفیت قطع کنندگی	
۵۳mm	● ۶۰۰۰ A according to NFC-۴۰۰ ۶۱ EEC ۱۹	● ۱۰۰۰۰ A according to IEC ۱-۱۵۷
۴۰ C۳- positions: On-Off-Trip Shielded terminals - capacity ۲۵ mm ²		
تک پل		
(۱ Protected pole) ۴۱۵/۳۸۰-۲۴۰/۲۲۰ V~		
	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
دو پل		
(۲ Protected poles) ۳۸۰/۴۱۵ V~		
۰۲۰ ۳۴	۱۰ A	۲
۰۲۰ ۳۵	۱۶ A	۲
۰۲۰ ۳۶	۲۰ A	۲
۰۲۰ ۳۷	۲۵ A	۲
۰۲۰ ۳۸	۳۲ A	۲
سه پل		
(۳ Protected poles) ۳۸۰/۴۱۵ V~		
۰۲۰ ۴۹	۱۰ A	۳
۰۲۰ ۵۰	۱۶ A	۳
۰۲۰ ۵۱	۲۰ A	۳
۰۲۰ ۵۲	۲۵ A	۳
۰۲۰ ۵۳	۳۲ A	۳
چهار پل		
(۴ Protected poles) ۳۸۰/۴۱۵ V~		
۰۲۰ ۷۹	۱۰ A	۴
۰۲۰ ۸۰	۱۶ A	۴
۰۲۰ ۸۱	۲۰ A	۴
۰۲۰ ۸۲	۲۵ A	۴
۰۲۰ ۸۳	۳۲ A	۴

با استفاده از جدول ۱۳ علاوه بر فیوز مناسب جهت راه اندازی موتور می توان سطح مقطع کابل را نیز تعیین کرد. توصیه می شود برای مسیرهای طولانی از محاسبه ای را بر اساس سطح مقطع پیشنهادی انجام دهید تا افت ولتاژ کمتر از مقدار مجاز (۳%) باشد.

فیوز مناسب موتورهای آسنکرون روتور قفسی که به طور مستقیم به شبکه وصل می شوند می بایست از نوع گندکار بوده و جریان نامی فیوز انتخاب شده می تواند ۱/۵، ۲ یا ۲/۵ برابر جریان نامی موتور باشد.

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

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

برای حفاظت مدارهایی که در آن ها خازن قرار می گیرد از فیوزی با ۱/۵ برابر جریان نامی خازن استفاده می شود.

آشنایی با کلیدهای دستی سه فاز

از کلیدها برای قطع و وصل مصرف کننده‌ها در شبکه‌های الکتریکی استفاده می‌شود. کلیدها بر اساس نیرویی که سبب عملکرد آن‌ها می‌شود به دو دسته «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 سه فاز (شکل ۱۱۷).



شکل ۱۱۷

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

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

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



شکل ۱۱۸



شکل ۱۱۹



شکل ۱۲۰

کلید دستی سه فاز اهرمی ساده

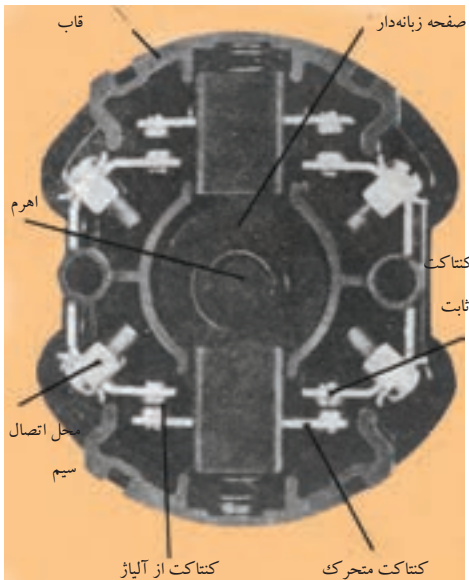
این کلید از جمله ساده‌ترین نوع کلیدها است. در ساختمان داخلی آن از یک سری کنتاکت‌های ثابت استفاده شده که در بین این کنتاکت‌ها یک تیغه متحرک قرار گرفته و با وارد شدن نیروی خارجی به اهرم آن، تیغه حرکت کرده و ارتباط بین دو طرف کلید را برقرار می‌کند. این کلیدها را معمولاً تحت عناوین «کلیدهای چاقویی» و یا «کلیدهای کاردی» می‌شناسند. از آنجایی که در لحظه 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.



شکل ۱۲۱



شکل ۱۲۲



شکل ۱۲۳

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

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

شکل‌های ۱۲۱ و ۱۲۲ به ترتیب، نمونه‌هایی از کلید اهرمی تک فاز و سه فاز را نشان می‌دهند.

کلید دستی سه فاز زبانه ای ساده

ساختمان داخلی این کلیدها را در شکل ۱۲۳ مشاهده می‌کنید. اجزای این کلید و وظایف هر کدام عبارت است از:

— قاب: حفاظت کننده اجزای داخلی کلید

— فنر: ایجاد کننده نیروی مخالف جهت بازگشت به حالت اولیه

— اهرم: انتقال دهنده نیروی مکانیکی خارجی به کلید

— صفحه زبانه دار: صفحه متحرکی که با گردش حول محور خود حالت کلید را عوض می‌کند.

— کنتاكت های ثابت: از این کنتاكت‌ها به صورت ثابت روی بدنه کلید به عنوان ورودی و خروجی جریان استفاده می‌شود.

— کنتاكت های متحرک: پلاتین‌هایی از جنس آلیاژ نقره‌اند و بر روی تکیه گاه سوار می‌شوند و توسط حرکت صفحه زبانه دار بالا و پایین رفته و مدار را وصل یا قطع می‌کنند.

طرز کار این کلید بدین صورت است که با چرخاندن اهرم، صفحه زبانه دار تغییر وضعیت می‌دهد و در فضای داخل استوانه می‌چرخد. چون روی صفحه متحرک، برجستگی و فرورفتگی‌هایی وجود دارد. بر اثر گردش اهرم این صفحه حرکت می‌کند و زبانه‌هایی را بالا و پایین می‌برد. زبانه مزبور کنتاكت‌های متحرک را به کنتاكت‌های ثابت وصل و یا آن‌ها را از هم جدا می‌کند. با تغییر در تعداد و یا محل زبانه‌های روی صفحه زبانه دار، می‌توان در کلیدهای زبانه‌ای تغییراتی ایجاد کرد و کلید را برای کاربردهای مختلف ساخت. نمونه گردان این کلیدها را در شکل ۱۲۴ و نمونه اهرمی آن را که به «کلید چدنی» نیز معروف است در شکل ۱۲۵ مشاهده می‌کنید.



امروزه به دلیل ساختمان ساده، قیمت مناسب، عمر طولانی و تنوع در عملکرد، کلیدهای زبانه‌ای در سطح وسیعی تولید و به کار گرفته می‌شوند. قبلاً اشاره کردیم که کلیدهای چاقویی (اهرمی) به دلیل ایمنی پایین نامطلوب هستند و نیز کلیدهای غلتکی از چرخه تولید خارج شده‌اند به همین دلیل در این کتاب کارهای عملی مربوط به کلیدهای دستی با استفاده از کلیدهای زبانه‌ای مطرح شده است. در شکل ۱۲۶ تصویر انواع مختلف کلید زبانه‌ای گردان را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۲۴

در کاتالوگ کلیدهای زبانه‌ای، اغلب با شکل‌هایی وضعیت قرار گرفتن تیغه‌ها و جدول‌های وضعیت‌های کاری کلید نشان داده می‌شود. در شکل‌های ۱۲۷ و ۱۲۸ دو نمونه از این جدول‌های وضعیت‌ها نشان داده شده است. در این جدول‌ها علامت X داخل هر کادر نشان‌دهنده مربع شکل، نشان‌دهنده مشخص می‌کند که کدام یک از کنتاکت‌ها به یکدیگر وصل می‌شوند.

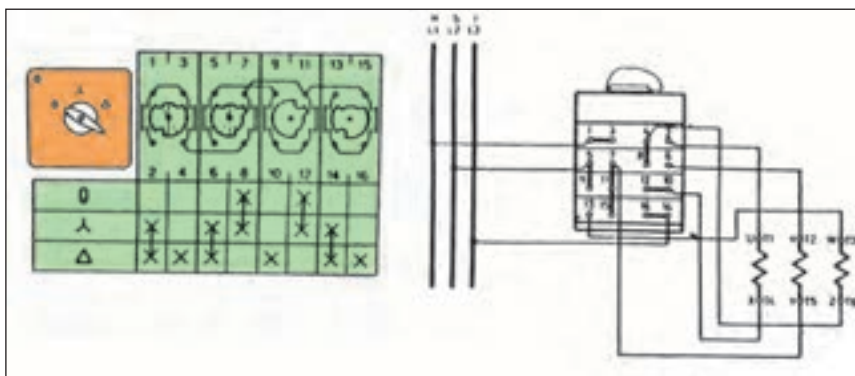


شکل ۱۲۵

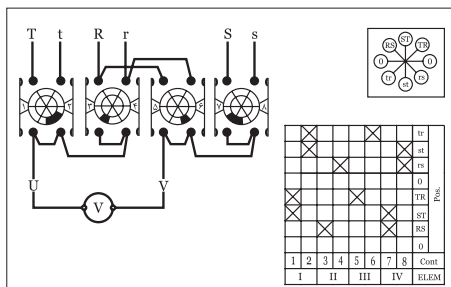
شکل ۱۲۹ تصویر گسترده اجزای یک نمونه کلید گردان (تابلویی) را نشان می‌دهد. از این شکل برای بستن کلید بر روی تابلو می‌توان استفاده کرد زیرا مراحل سوار کردن قسمت‌های مختلف کلید بر روی هم را نشان می‌دهد. در شکل ۱۳۰ تصاویر نمونه‌هایی از کلیدهای زبانه‌ای گردان که در زمینه‌های مختلف کاربرد دارند را مشاهده می‌کنید.



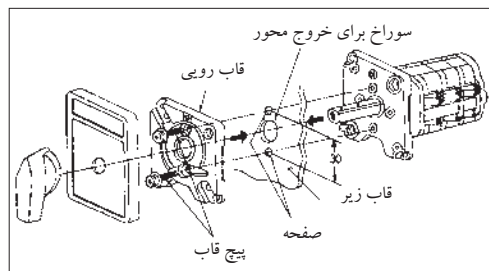
شکل ۱۲۶ - کلیدهای زبانه‌ای گردان



شکل ۱۲۷ - کلیدستاره مثلث



شکل ۱۲۸ - کلیدستاره مثلث



شکل ۱۲۹ - تصویر گسترده کلید

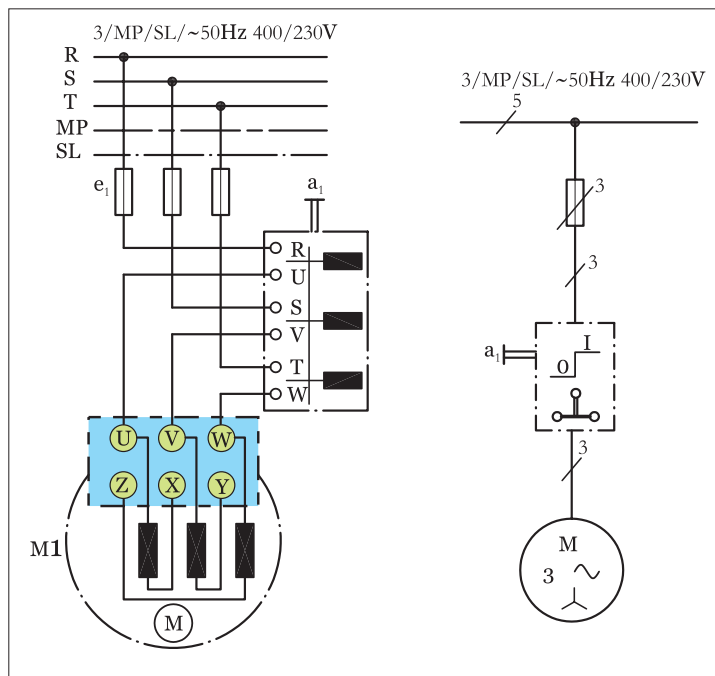


شکل ۱۳۰ - تصویر ظاهری دو نمونه کلید زبانه‌ای گردان

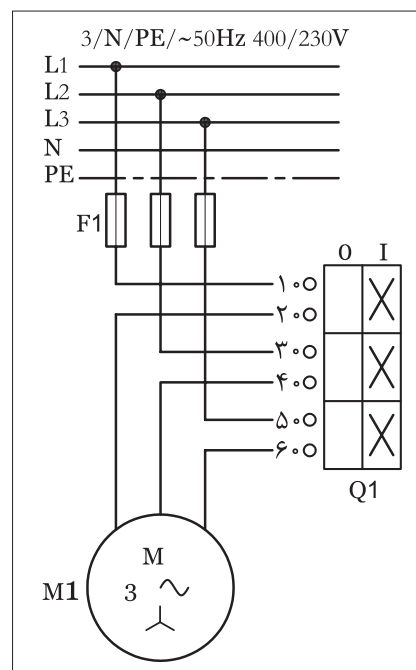
مدار راه اندازی موتور سه فاز با کلیدزبانهای ساده

مدار راه اندازی یک موتور سه فاز به وسیله کلید اهرمی ساده (O-I) زبانه‌ای در استاندارد VDE مطابق شکل ۱۳۱ است.

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



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



شکل ۱۳۲ - شمای کلید زبانه‌ای در استاندارد IEC

تذکر:



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

- ۱ - چون ولتاژ کار 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 کار آموزان بتوانند از سیم‌ها و کابل‌های بریده شده در کارهای مختلف استفاده کنند.
- ۳ - به کار آموزان تذکرات 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.





ساعات آموزشی

جمع

عملی

نظری

کار عملی (۲)



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

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

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

تذکره:

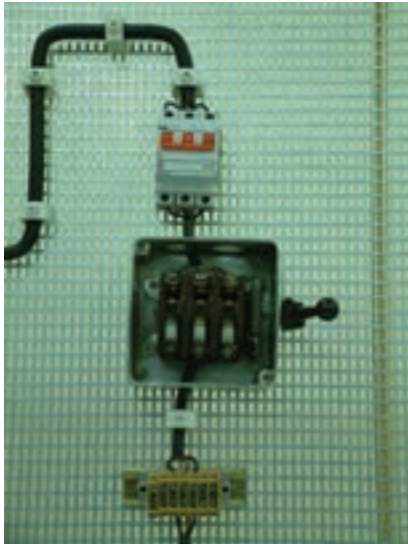


کلید تابلویی مورد استفاده برای انجام کار بایستی قبلاً در داخل قوطی یا روی پایه مناسب نصب شود.

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

نکات حفاظتی و اجرایی

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



(الف)

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

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

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

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

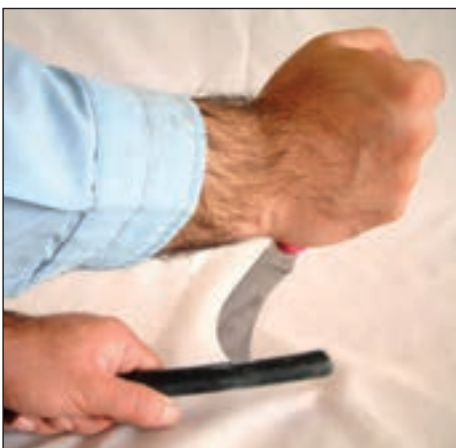
• بدون حضور مربی خود، هیچ‌گاه مدار را به برق وصل نکنید (شکل ۱۳۳-ج).



(ب)



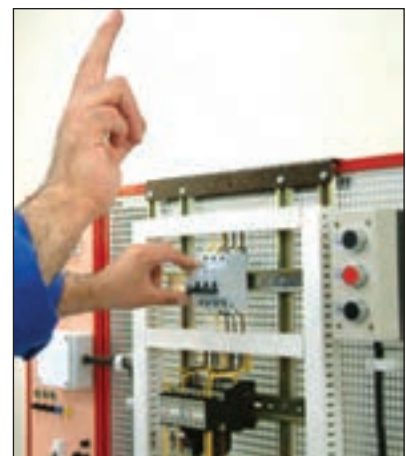
(پ)



(ت)



(ث)



(ج)

شکل ۱۳۳



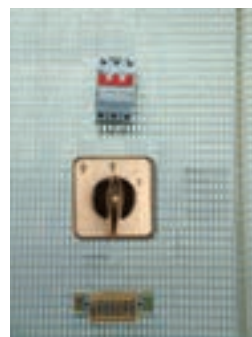
مراحل اجرای کار

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



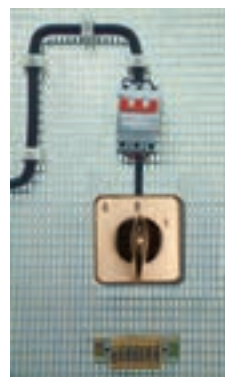
شکل ۱۳۴ - نمای تابلو و قطعات نصب شده روی آن

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



شکل ۱۳۵ - نمای قطعات نصب شده روی تابلو

با استفاده از نقشه داده شده در شکل ۱۳۲ سیم های کابل را مطابق شکل ۱۳۶ به پیچ های ورودی فیوز مینیاتوری سه فاز وصل و از پیچ های خروجی فیوز سه فاز اصلی را به پیچ هایی از کلید که با حروف L₁، L₂، L₃ و R یا S، T و R مشخص شده اند وصل کنید.



شکل ۱۳۶ - نمای قطعات نصب شده با کابل ورودی برق

پیچ هایی از کلید که با حروف U₁، V₁ و W₁ یا U، V و W مشخص شده اند را به سه سر U₁، V₁ و W₁ یا U، V و W کلاف های موتور مطابق شکل ۱۳۷ وصل کنید.

تخته کلم موتور را بررسی کنید تا انتهای کلاف های موتور مطابق شکل ۱۳۸ به صورت ستاره وصل شده باشند.

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

مشخصات و سائیلی که در این مدار به کار برده اید را در جدول ۱۵ بنویسید.

جدول ۱۵

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



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



شکل ۱۳۸

تمرین

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

کلید دستی سه فاز چپ گرد - راست گرد زبانه ای



شکل ۱۳۹



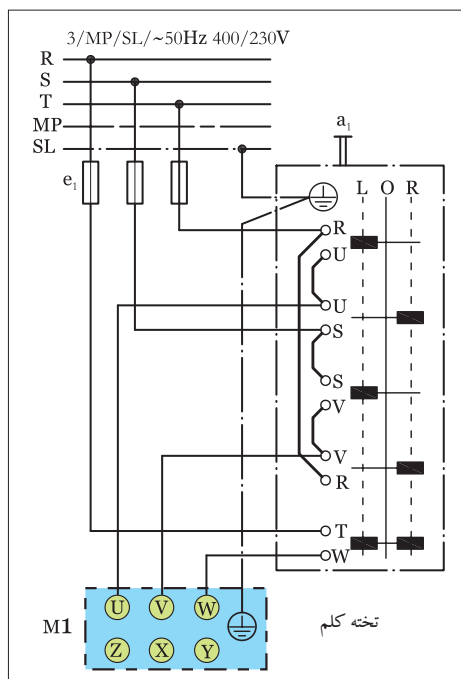
شکل ۱۴۰

همان طوری که در قسمت کلیدهای ساده اصول کار کلید زبانه ای توضیح داده شد، در این کلید نیز مشابه کلید زبانه ای ساده در اثر چرخاندن اهرم، صفحه زبانه دار، تغییر وضعیت می دهد و در این صورت بر اثر قرار گرفتن فرورفتگی ها و برجستگی ها جلوی پایه پلاتین ها تیغه هایی بسته یا باز می شوند در شکل ۱۴۱-الف شمای حقیقی کلید چپ گرد - راست گرد زبانه ای در استاندارد (VDE) نشان داده شده است. در وضعیت R کلید، سه فاز S، R و T شبکه به ترتیب به ترمینال های U، V، و W موتور وصل می شوند و موتور در جهت راست می گردد. در وضعیت L کلید جای دو فاز R و S روی ترمینال های موتور با هم عوض شده و موتور در جهت چپ می چرخد. در وضعیت صفر، کلید موتور خاموش است.

در شکل ۱۴۱-ب شمای فنی مدار کلید چپ گرد - راست گرد زبانه ای را مشاهده می کنید.

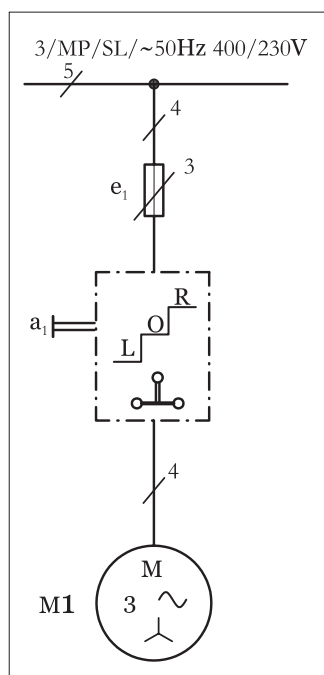
شکل ۱۳۹ تصویر واقعی یک کلید زبانه ای تابلویی و شکل ۱۴۰ تصویر کلید زبانه ای روکار را نشان می دهد.

شمای حقیقی مدار کلید چپ گرد - راست گرد زبانه ای در استاندارد IEC به صورت شکل ۱۴۲ است. همان گونه که در شکل مشخص شده در وضعیت (۱) کلید، ترمینال های ۱، ۳ و ۵ به ترتیب به ترمینال های ۲، ۴ و ۶ و سه فاز L1، L2، و L3 شبکه به ترمینال های U1، V1 و W1 موتور متصل شده و موتور به صورت راست گرد به گردش درمی آید.

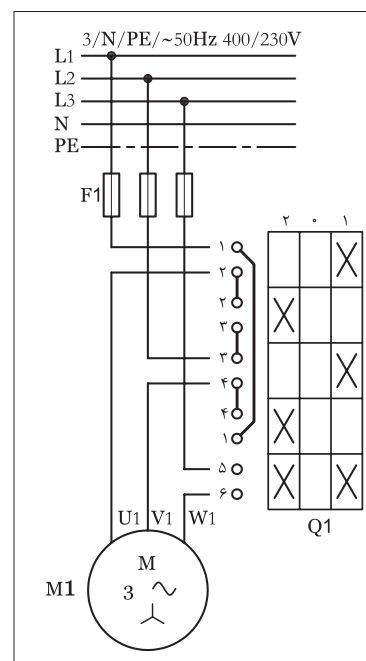


الف) شمای حقیقی

شکل ۱۴۱- مدار کلید چپ گرد و راست گرد زبانه ای در استاندارد (VDE)



ب) شمای فنی مدار



شکل ۱۴۲- شمای حقیقی مدار کلید چپ گرد و راست گرد زبانه ای در استاندارد (IEC)