فصل سوم

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۴/۵	۲۴/۵	۲۹

راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی

هدف‌های رفتاری : هنرجو باید در پایان این فصل بتواند:

۱ـ ساختمان و طرز کار کلیدهای گردان دستی سه فاز زبانه‌ای را شرح دهد.

۲ـ مفهوم علائم اختصاری کلیدهای گردان زبانه‌ای را شرح دهد.

۳ـ مدار داخلی انواع کلیدهای گردان سه فاز زبانه‌ای را با استانداردهای VDE و IEC رسم کند (0–1، چپ گرد ـ راست گرد، ستاره مثلث) .

۴ـ موتورهای سه فاز را به وسیلهٔ کلید زبانه‌ای (0،1) راه‌اندازی کند.

۵ ـ موتور سه فاز را به وسیلهٔ کلید زبانه‌ای (1، 0 ،2) چپ گرد، راست گرد، راه‌اندازی کند.

۶ـ موتور سه فاز را به‌صورت ستاره مثلث به‌وسیلهٔ کلید زبانه‌ای راه‌اندازی کند.

۷ ـ موتور سه فاز را به‌صورت ستاره مثلث چپ گرد و راست گرد به‌وسیلهٔ کلید زبانه‌ای راه اندازی کند.

۸ ـ موتور سه فاز دو سرعته (سیم‌پیچ جداگانه یا دالاندر) را به‌وسیلهٔ کلید زبانه‌ای راه‌اندازی کند.

۹ـ یک موتور یک فاز با سیم‌پیچ راه‌انداز را به‌وسیلهٔ کلید زبانه‌ای راه‌اندازی کند.

مقدمه

بهره‌برداری مطمئن و بدون وقفه از انرژی الکتریکی تا اندازهٔ زیادی به‌خصوصیات و طرز کار وسایل کنترل کننده ـ از جمله کلیدها ـ بستگی دارد. در سال‌های اخیر تولیدکنندگان تجهیزات الکتریکی، براساس نیاز بازار، انواع کلیدها را با خواص الکتریکی و مکانیکی هماهنگ با شرایط بهره‌برداری و جنبه‌های اقتصادی تولید کرده‌اند. پیشرفت صنعت اتوماسیون نیاز به کلیدهای دستی یک فاز و سه فاز را در صنایع پیشرفته کم کرده است؛ اما از آن جا که هنوز بخش عظیمی از دستگاه‌های موجود از کلیدهای دستی گردان یک فازه و سه فازه استفاده می‌کنند و به تعویض، تعمیر و یا تبدیل به سیستم‌های جدید نیاز دارند، ضروری است که هنرجویان با ساختمان، طرز کار، کاربرد و همچنین با نقشه‌های فنی مدار داخلی آن‌ها آشنا شوند و مهارت‌های لازم را به‌دست آورند. این مهارت‌ها یکی از مشاغل بازار کشور را تشکیل می‌دهد.

۱ـ کلید زبانه‌ای

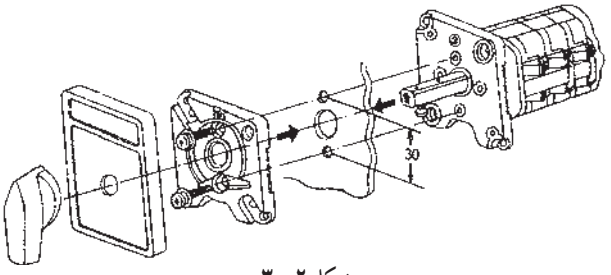
امروزه در صنعت از کلیدهای زبانه‌ای، به دلیل مزایای زیاد آن‌ها نسبت به دو نوع دیگر، استفادهٔ بیشتری می‌شود (چون نسبت به کلید غلتکی عمر زیادتری دارد و نسبت به کلید اهرمی جریان بیشتری را از خود عبور می‌دهد).

در این کلید (مطابق شکل ۱ــ۳) به جای استفاده از نوارهای هادی و تیغه‌های ثابت، استوانه را طوری طراحی می‌کنند که چندین برجستگی و فرورفتگی داشته باشد و با حرکت استوانه به‌دور محور خود، زبانه بالا و پایین برود. زبانهٔ مزبور کنتاکت‌های متحرک (پلاتین) را به کنتاکت‌های ثابت، وصل یا از آن‌ها جدا (قطع) می‌کند. کلید زبانه‌ای به صورت‌های توکار و روکار ساخته می‌شود. در صنعت به این کلیدها «کلید سلکتور» هم می‌گویند.

در کلیدهای زبانه‌ای، علاوه بر اتصالات داخلی، ممکن است در خارج نیز چند پیچ به وسیلهٔ یک قطعه فلز مسی ثابت به یکدیگر اتصال یابند.

در شکل ۲ــ۳ نمای ظاهری یک کلید سلکتور (زبانه‌ای) و اجزای تشکیل دهندهٔ آن نشان داده شده است.

شکل ۱ــ۳



شکل ۲ــ۳

۲ـ کاربردهای کلید دستی

این کلید براساس کاربردهای زیر در انواع مختلفی تولید و به بازار عرضه می‌شوند (جدول ۱ــ۳) :

۱ــ قطع و وصل سادهٔ مدار و ماشین‌های الکتریکی؛

۲ــ تغییر اتصال موتورهای الکتریکی (ستاره، مثلث)؛

۳ــ تغییر جهت گردش موتورهای الکتریکی (چپ‌گرد، راست‌گرد)؛

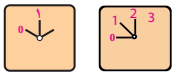
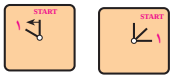
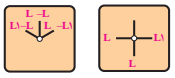
۴ــ تغییر سرعت موتورهای الکتریکی (کند، تند)؛

۵ــ ترکیبی از مراحل فوق (چپ‌گرد، راست‌گرد، ستاره، مثلث)؛

۶ــ انتخاب کننده‌های فاز (کلید ولت‌متر).

در بازار کلیدهای دیگری وجود دارند که برای مصارف خاص صنعتی و عمومی ساخته می‌شوند. در این فصل شما با ساختمان، طرز کار و رسم مدار داخلی کلیدهای صنعتی آشنا می‌شوید و در کارگاه روش اتصال آن‌ها را به مصرف‌کننده‌ها به صورت عملی فرا می‌گیرید.

جدول ۱ــ۳

نام کلید	تصویر
قطع و وصل ساده (۱ ــ ۰)	
معکوس کنندهٔ جهت گردش موتور (چپ‌گرد، راست‌گرد) (۲ ــ ۰ ــ ۱)	
ستاره ــ مثلث (Δ ــ ۰ ــ ⅄)	
ستاره ــ مثلث، چپ‌گرد، راست‌گرد (Δ ــ ⅄ ــ 0 ــ ⅄ ــ Δ)	
چند سرعته (۲ ــ ۱ ــ ۰) و (۳ ــ ۲ ــ ۱ ــ ۰)	
راه‌اندازی موتورهای تک فاز	
انتخاب کنندهٔ فاز (برای دستگاه‌های اندازه‌گیری) (مانند کلید ولت‌متر)	

به منظور به روز کردن اطلاعات هنرجویان، استانداردهای جدید همراه استانداردهای قدیم آورده شده است. هنرجویان برای هماهنگ شدن با شرایط جدید تکنولوژی و نوآوری‌های صنعتی باید استانداردهای جدید و قدیم را فراگیرند و برای تبدیل نقشه‌های قدیمی و جدید به یکدیگر مهارت‌های لازم را کسب کنند.

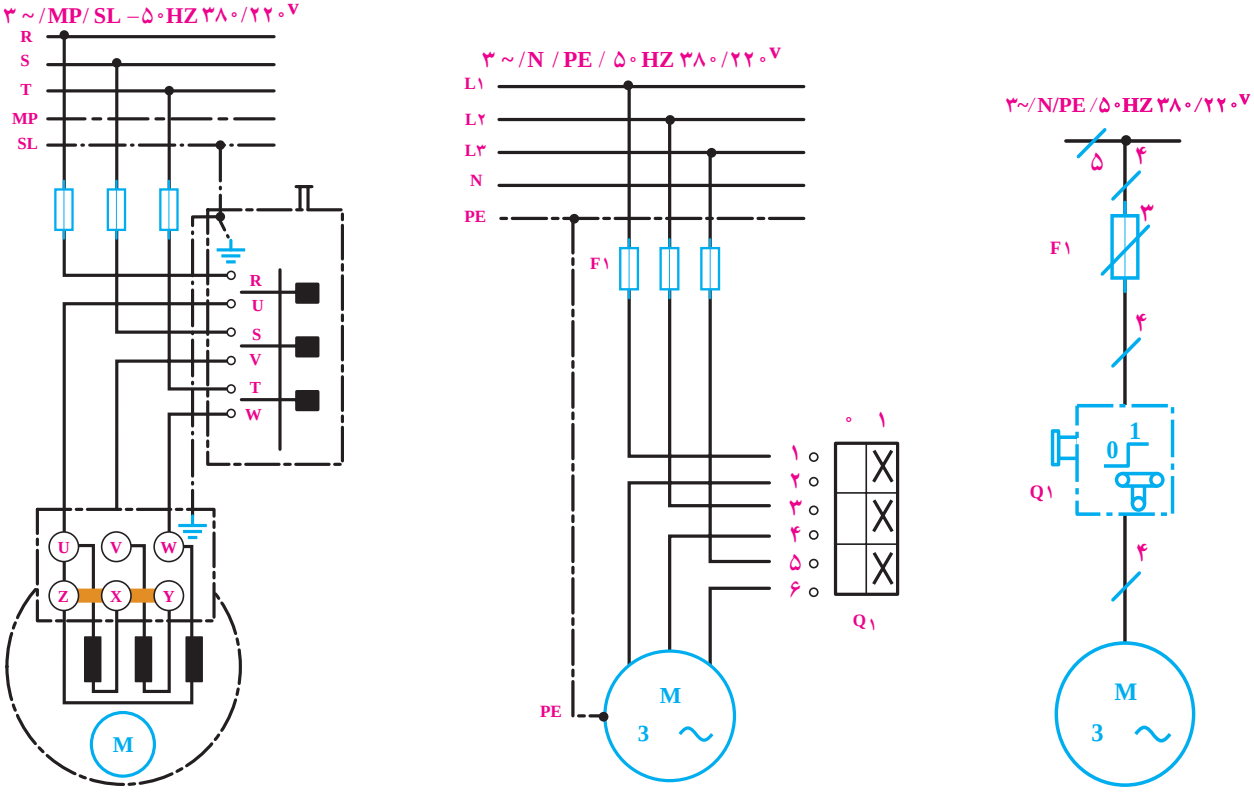
۳ـ اتصال موتورهای الکتریکی سه فاز به شبکهٔ برق با کلید قطع و وصل (1ـ0)

اصول کار : کلید زبانه‌ای (1ـ0) دو حالت قطع و وصل دارد. برای راه‌اندازی موتور سه‌فاز یک بار باید سه فاز L۱، L۲ و L۳ را به سرهای U۱، V۱ و W۱ در موتور اتصال دهد و در حالت دوم باید این اتصال را قطع کند. حالت کاری این کلید به صورت زیراست :

L۱ ⟶ U۱
L۲ ⟶ V۱
L۳ ⟶ W۱

شمای حقیقی و فنی : در شکل ۳ـ۳،شمای حقیقی و فنی کلید زبانه‌ای برای راه‌اندازی یک موتور سه فاز نشان‌داده‌شده است.

با توجه به نقشهٔ این مدار در استاندارد IEC ، سه فاز L۱، L۲ و L۳ به ترمینال‌های ۱ و ۳ و ۵ اتصال می‌یابد و ترمینال‌های خروجی ۲، ۴ و ۶ به سرهای موتور U۱، V۱ و W۱ متصل می‌شوند.



الف) شمای فنی (استاندارد IEC)　　ب) شمای حقیقی (استاندارد IEC)　　ج) شمای حقیقی (استاندارد قدیم VDE)

شکل ۳ـ۳

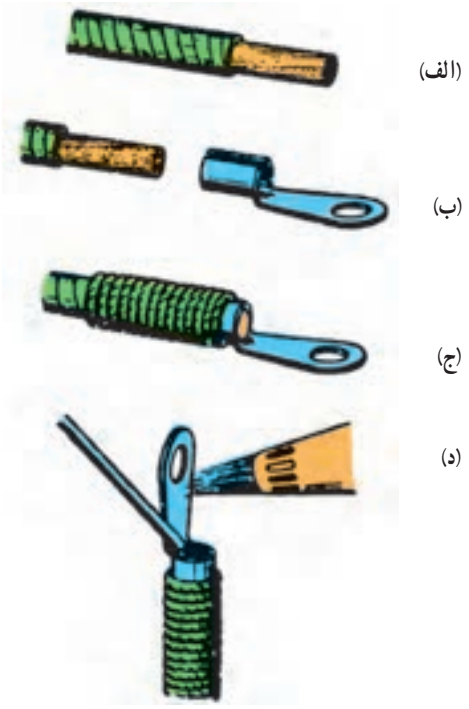
کار عملی ۱

هدف I: بریدن، روکش‌برداری و اتصال کابل شو به روش پرسی

۱ــ کابل نمره ۱۶ را با چاقوی کابل‌بری روکش‌برداری نمایید (شکل ۴ــ۳).

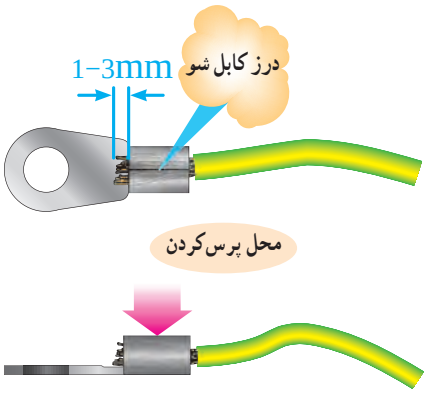
شکل ۴ــ۳ ــ طریقهٔ صحیح روکش‌برداری کابل

۲ــ عایق هادی‌های کابل را با چاقوی کابل بری (یا سیم‌لخت‌کن) به اندازهٔ طول سوراخ کابل‌شو به اضافه ۵ میلی‌متر جدا کنید (شکل ۵ــ۳).



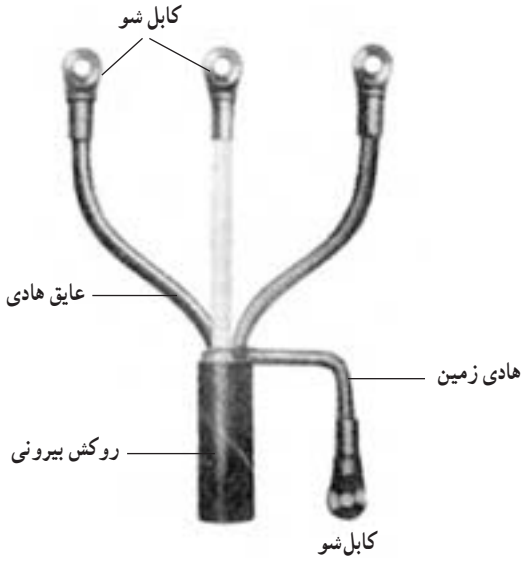
شکل ۵ــ۳ ــ مراحل لحیم‌کاری کابل‌شو

۳ــ سر قسمت هادی لخت شده کابل را در سوراخ کابل‌شو داخل نمایید به‌طوری که ۱ تا ۳ میلیمتر از سوراخ کابل‌شو بیرون آید. و با عایق هادی کابل نیز ۱تا ۳ میلیمتر(از انتهای کابل‌شو) فاصله داشته باشد (شکل ۶ــ۳).



شکل ۶ــ۳ــ اتصال کابل‌شو پرسی به کابل

۴ــ با پرس دستی کابل‌شو را به هادی پرس کنید (شکل ۷ــ۳).

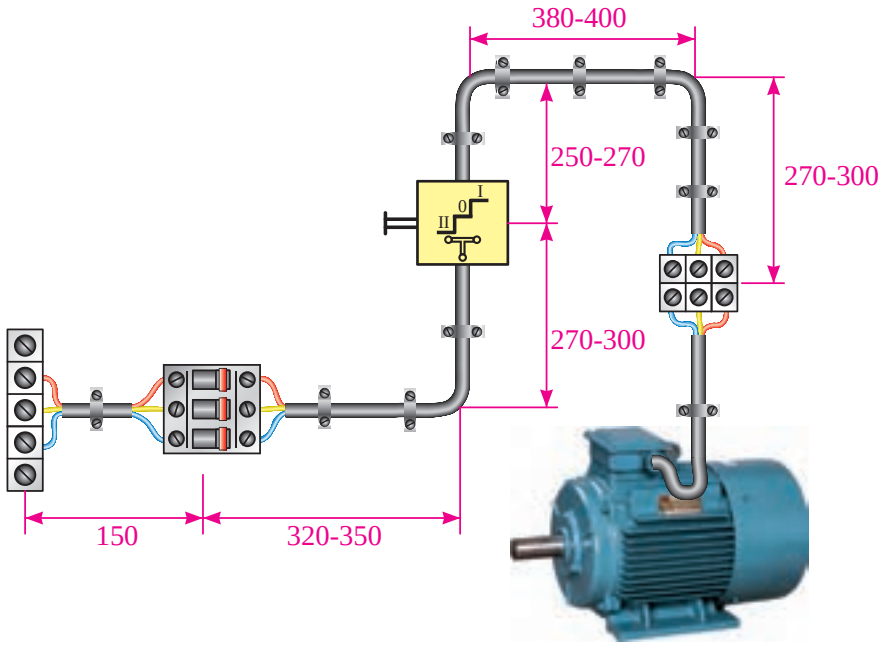


شکل ۷ــ۳ــ اتصال کابل‌شو به کابل

هدف II : راه‌اندازی یک موتور سه‌فازه با کلید زبانه‌ای(۱ــ۰). در شکل ۸ ــ۳، نحوه‌ی کابل‌کشی و برق رسانی به یک موتور سه فاز آسنکرون توسط کلید زبانه‌ای(۱ ــ۰) را مشاهده می‌کنید.

با رعایت اندازه‌های داده شده روی شکل، مدار را اتصال

دهید و پس از تأیید مربی، مدار را در حالت وصل قرار دهید و موتور را راه‌اندازی کنید.



شکل ۸ــ۳

۴ـ تغییر جهت گردش موتورهای سه‌فاز

در خیلی از موارد دستگاه‌های الکتریکی نظیر ماشین‌تراش، بالابرها، نقاله‌ها و ... نیازمند تغییر جهت گردش از راست‌گرد به چپ‌گرد یا به‌عکس‌اند.

اصول کار : کلید دارای سه حالت (0) قطع، (1) چپ‌گرد و (2) راست‌گرد است.

در حالت راست‌گرد

L۱ ⟶ U۱
L۲ ⟶ V۱
L۳ ⟶ W۱

(جای دو سر سیم عوض می‌شود)

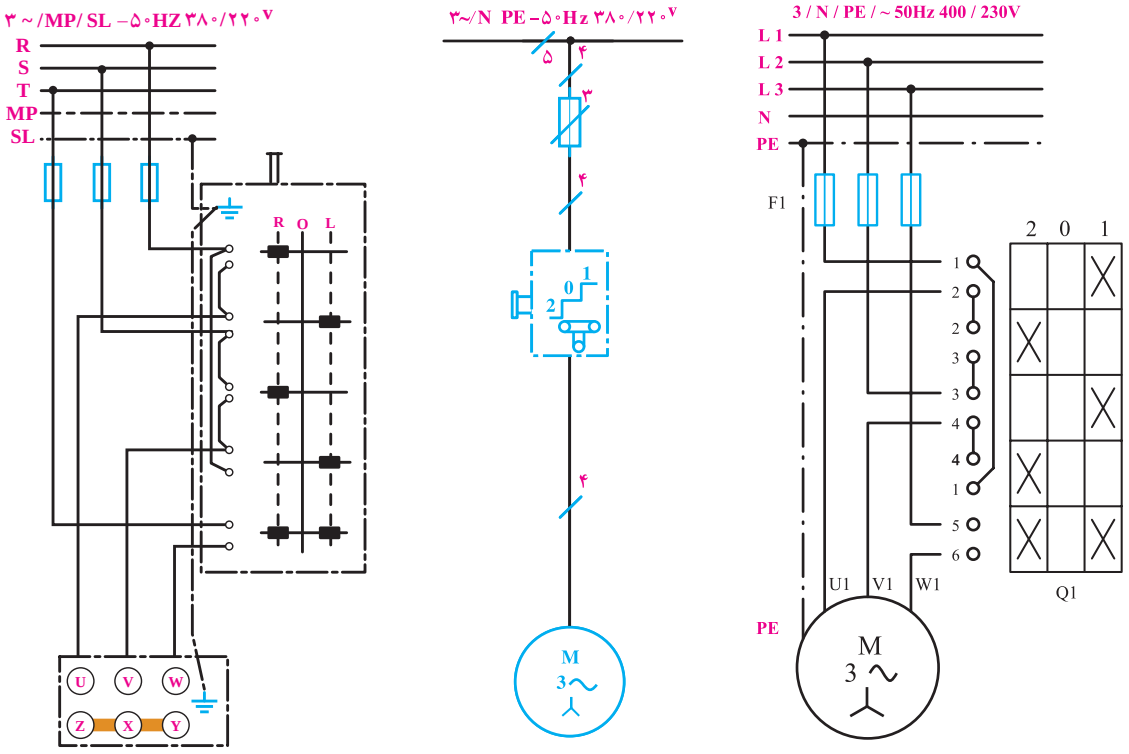
در حالت چپ‌گرد

L۱ ⟶ V۱
L۲ ⟶ U۱
L۳ ⟶ W۱

کلیدهای زبانه‌ای چپ‌گرد و راست‌گرد در دو نوع موقت‌کار و دائم‌کار ساخته می‌شوند. نوع موقت کار برای راه‌اندازی جراثقال‌ها در کارخانجات مورد استفاده قرار می‌گیرد. موقت کار تا زمانی که دست روی کلید است کار می‌کند. شکل ۹ــ۳ شمای حقیقی و فنی کلید چپ‌گرد ــ راست‌گرد زبانه‌ای را نمایش داده است.

از مقایسهٔ حالت‌های چپ‌گرد و راست‌گرد با یکدیگر مشاهده می‌شود که در یک فاز مشترک‌اند و می‌توان به رابطه کلی زیر دست یافت :

L		R	
V۱	⟶ L۱ ⟶	U۱	
U۱	⟶ L۲ ⟶	V۱	
W۱	⟶ L۳ ⟶	W۱	فاز مشترک



ج ــ شمای حقیقی (استاندارد قدیم VDE)

ب ــ شمای فنی (استاندارد IEC)

الف ــ شمای حقیقی (استاندارد IEC)

شکل ۹ ــ ۳

کار عملی ۲

هدف : راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت چپ‌گرد ــ راست‌گرد با کلید زبانه‌ای (1–0–2)

در شکل ۱۰ــ۳، نحوهٔ کابل‌کشی و برق رسانی به یک موتور سه‌فاز آسنکرون توسط کلید زبانه‌ای (1–0–2) را مشاهده می‌کنید. با رعایت اندازه‌های داده شده روی شکل، مدار را اتصال دهید و پس از تأیید مربی، با قرار دادن مدار در حالت وصل، موتور را راه‌اندازی کنید.

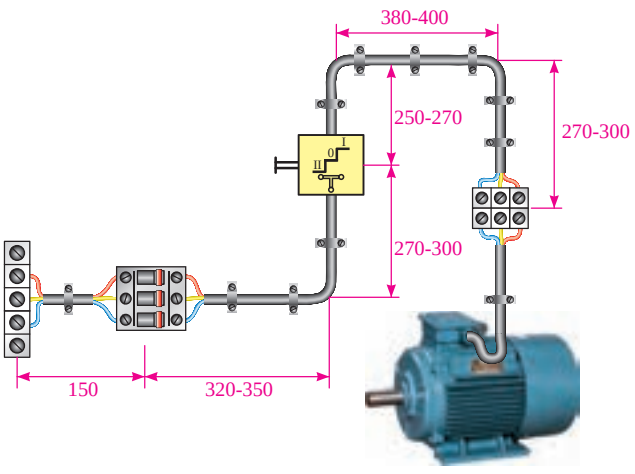
ــ قبل از آزمایش مدار، قسمت‌های مختلف آن را از لحاظ رعایت نکات ایمنی بررسی کنید.

پرسش:

۱ــ اگر یکی از فازهای مدار چپ‌گرد ــ راست‌گرد یک موتور سه فاز قطع باشد، هنگام وصل کلید، موتور در چه جهتی گردش خواهد کرد؟ چرا؟

۲ــ اگر یکی از فازهای موتور سه‌فاز در حین کار قطع شود، در صورت تغییر حالت کلید (از چپ به راست) چه اتفاقی خواهد افتاد؟ چرا؟

۳ــ کاربردهایی از مدار تغییر جهت گردش موتورها در صنعت را بنویسید.



شکل ۱۰ــ۳

۵ـ راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز به صورت ستاره مثلث

برای این که یک موتور از حالت سکون به دور نامی برسد، آن را با وسایلی که «راه‌انداز» نامیده می‌شود به کار می‌اندازند. اگر موتورهای الکتریکی با قدرت بالا را مستقیماً به شبکه وصل کنیم، جریان راه‌اندازی حدود ۴ تا ۷ برابر جریان نامی از شبکه دریافت می‌کند؛ در نتیجه احتمال دارد سیم‌های رابط و وسایل حفاظتی صدمه ببینند. به‌همین جهت موتورها را به‌گونه‌ای راه‌اندازی می‌کنند که بتوان جریان راه‌اندازی را کنترل و آن را محدود کرد (البته هر چه جریان راه‌اندازی بیشتر باشد گشتاور راه‌اندازی موتور نیز بالا خواهد رفت).

به همین دلیل است که موتورهای با قدرت پایین را مستقیماً به شبکه وصل می‌کنند و موتورهای دارای جریان بالا و قدرت زیاد را توسط روش‌های راه‌اندازی، جریان آن‌ها را کنترل می‌کنند، یکی از این روش‌های راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز، اتصال ستاره مثلث است و این روش را در موتورهایی استفاده می‌کنند که می‌توانند در شبکه مورد نظر اتصال مثلث داشته باشند و با استفاده از مدارهای ستاره مثلث به شبکه اتصال می‌دهند.

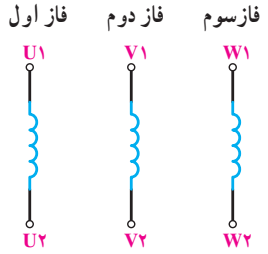
جدول ۱ـ۳ طرز اتصال موتورهای سه‌فاز با قدرت‌های نامی مختلف به شبکه را نشان می‌دهد.

جدول ۱ـ۳ـ طرز اتصال موتورهای سه فاز با قدرت‌های نامی مختلف به شبکه

روش‌های راه‌اندازی	قدرت نامی	
	در شبکه ۲۳۰ V	در شبکه ۴۰۰ V
راه‌اندازی به صورت مستقیم	۳ kw تا ۱/۵kw	۴ kw تا ۲/۲kw
راه‌اندازی به صورت ستاره مثلث	۵/۵ kw تا ۳kw	۱۱ kw تا ۴kw

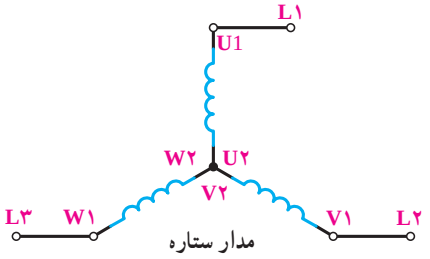
کنترل جریان راه‌اندازی با استفاده از مدار ستاره مثلث

همان‌طور که در فصل ۱ خواندید، کلاف‌های فازهای مختلف موتور را به صورت زیر نشان می‌دهند :



این کلاف‌ها را در اتصال ستاره مثلث، به اشکال زیر، به‌شبکه وصل می‌کنند تا مدار ستاره و مدار مثلث به دست آید.

طبق حالات زیر اتصالات ستاره و مثلث به وجود می‌آید.

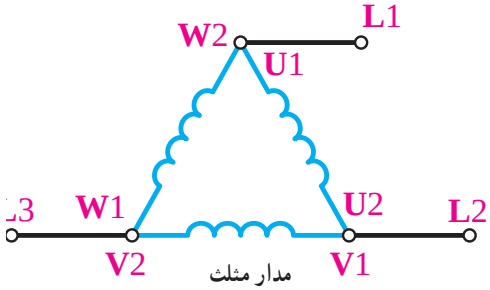


اتصال ستاره

L۱ ⟶ U۱ U۲ ⟵

L۲ ⟶ V۱ V۲ ⟵

L۳ ⟶ W۱ W۲ ⟵



اتصال مثلث

L۱ ⟶ U۱ ⟶ W۲

L۲ ⟶ V۱ ⟶ U۲

L۳ ⟶ W۱ ⟶ V۲

همان‌طور که گفته شد، موتورهای قدرت بالا را به صورت ستاره مثلث راه‌اندازی می‌کنند.

در اتصال ستاره $V_L = \sqrt{3}V_P , I_L = I_P = \frac{V_P}{z} = \frac{\frac{V_L}{\sqrt{3}}}{z}$

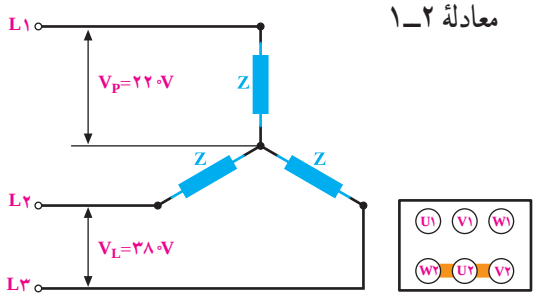
بنابراین : $P_\lambda = 3P_{Ph} = 3(V_P)(I_P)\cos\varphi$

معادلهٔ ۱ــ۱ $P_\lambda = 3(\frac{V_L}{\sqrt{3}})(\frac{V_L}{\sqrt{3}z})\cos\varphi = \frac{V_L^2}{z}\cos\varphi$

در اتصال مثلث $V_L = V_P$ و $I_L = \sqrt{3}I_P = \sqrt{3}(\frac{V_L}{z})$

$P_\Delta = 3V_P I_P \cos\varphi = 3V_L \frac{V_L}{z}\cos\varphi = 3\frac{V_L^2}{z}.\cos\varphi$

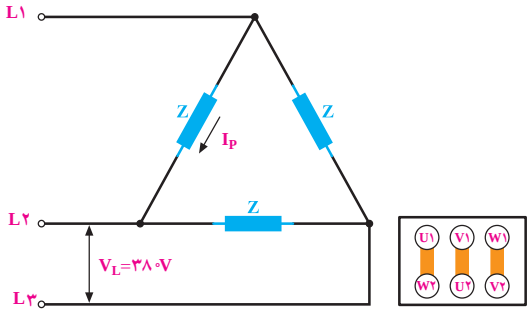
معادلهٔ ۲ــ۱



از مقایسهٔ معادلات ۱ــ۱ و ۲ــ۱ می‌توان نتیجه گرفت قدرت در حالت مثلث

$P_\Delta = 3P_\lambda$

نتیجه : براساس رابطه به‌دست آمده ، می‌توان نتیجه گرفت که قدرت موتور در حالت ستاره ، $\frac{1}{3}$ قدرت موتور در حالت مثلث است . گفتنی است قدرت موتور در حالت مثلث همان قدرت نامی موتور است .[1]



برای بررسی جریان‌های مدار در حالات ستاره و مثلث و مقایسهٔ آن‌ها نسبت به یکدیگر باید براساس قانون اهم جریان‌های فازی و خطی هر حالت را به‌دست آوریم و سپس نسبت جریان‌های خطِ دو حالت را می‌نویسیم.

حالت ستاره $I_{L_\lambda} = \frac{V_P}{z} = \frac{V_L}{\sqrt{3}z}$

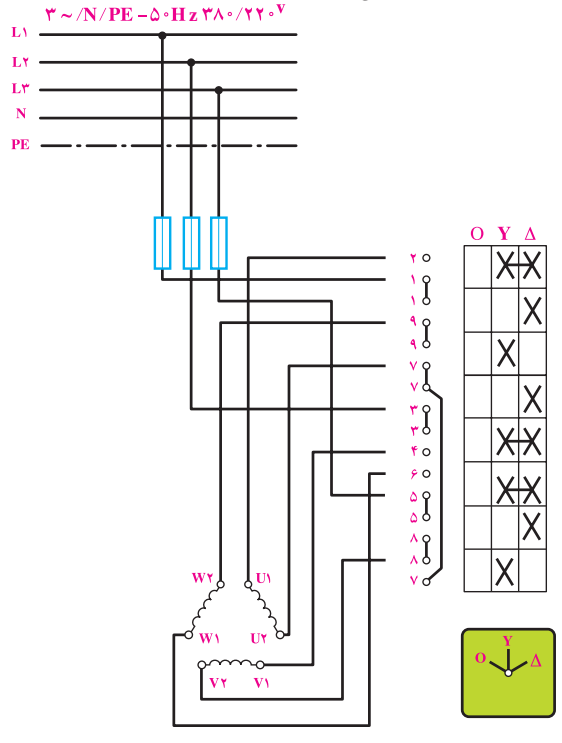
حالت مثلث $I_{L_\Delta} = \sqrt{3}I_P = \sqrt{3}(\frac{V_L}{z})$

$\frac{I_{L_\lambda}}{I_{L_\Delta}} = \frac{\frac{V_L}{\sqrt{3}z}}{\sqrt{3}\frac{V_L}{z}} = \frac{1}{3}$

$I_{L_\lambda} = \frac{1}{3}I_{L_\Delta}$

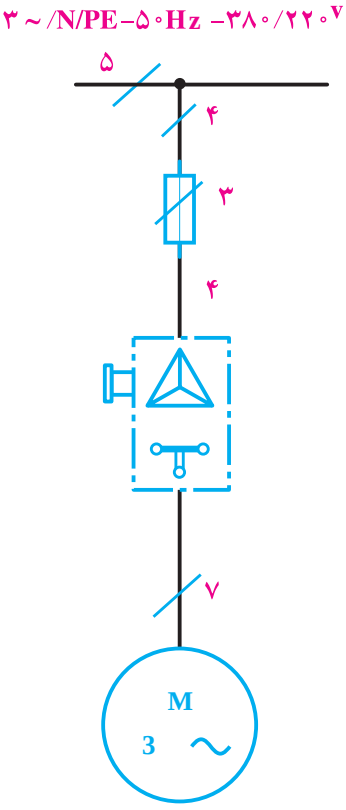
نتیجه : جریان در حالت مثلث ، ۳ برابر جریان در حالت ستاره است .

شکل ۱۱ــ۳، شمای حقیقی و شمای فنی مدار راه‌اندازی یک موتور سه‌فاز آسنکرون را با کلید ستاره مثلث زبانه‌ای در استاندارد IEC نشان می‌دهد.



الف) شمای حقیقی

۱ــ این مطلب در مورد موتورهایی که توانایی راه‌اندازی به صورت ستاره و مثلث را دارند صادق است.



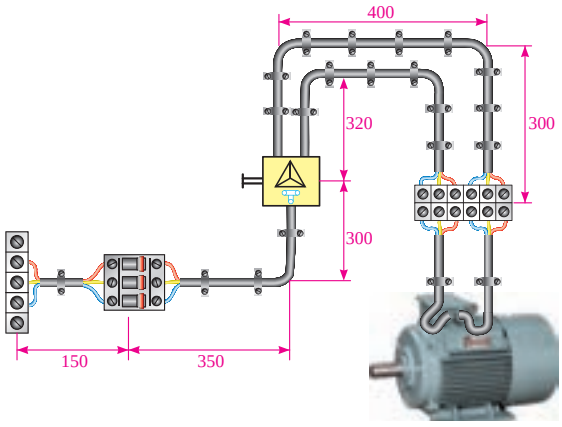
ب) شمای فنی

شکل ۱۱ــ۳

کار عملی ۳

هدف : راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت ستاره مثلث با کلید زبانه‌ای.

در شکل ۱۲ــ۳ نحوه‌ی کابل کشی و برق‌رسانی به یک موتور سه فاز آسنکرون ۳۸۰/۶۶۰V را مشاهده می‌کنید. با رعایت اندازه‌های داده شده، مدار را اتصال دهید و پس از تأیید مربی، با قرار دادن کلید در حالت وصل موتور را راه‌اندازی نمایید.



شکل ۱۲ــ۳

۶ـ تغییر سرعت موتورهای سه‌فاز

بسیاری از دستگاه‌های صنعتی با چند سرعت کار می‌کنند؛ مانند ماشین مته، دستگاه‌های تراش، دستگاه‌های بالابرنده، دستگاه‌های نساجی و ... .

در صنعت برق جهت تغییر سرعت، روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این قسمت به چند روش از آن‌ها اشاره می‌شود :

۱ــ تغییر سرعت به روش تغییر ولتاژ؛

۲ــ تغییر سرعت به روش تغییر فرکانس؛

۳ــ تغییر سرعت به روش تغییر مقاومت روتور؛

۴ــ تغییر سرعت به روش تغییر قطب با سیم پیچ های جداگانه؛

۵ ــ تغییر سرعت به روش تغییر قطب با یک سیم‌پیچ (موتور دوسرعته که به نام دالاندر مشهور است).

سرعت میدان دوّار مغناطیسی موتورهای چند فاز، با فرکانس جریان، نسبت مستقیم و با تعداد جفت قطب‌های سیم‌بندی، نسبت معکوس دارد.

$$n_s = \frac{۶۰ \times f}{P}$$

در این فرمول، n_s تعداد دور سرعت سنکرون برحسب دور در دقیقه (R.P.M) و f فرکانس برحسب هرتز (Hz) و P تعداد جفت قطب سیم‌بندی موتور است.

در این قسمت تغییر سرعت موتور آسنکرون را، به‌روش‌های مختلف تغییر قطب، بررسی می‌کنیم.

یکی از ساده‌ترین روش‌های تغییر سرعت موتورهای الکتریکی، تغییر قطب سیم‌بندی آن است که به دو روش کلی و متداول صورت می‌گیرد :

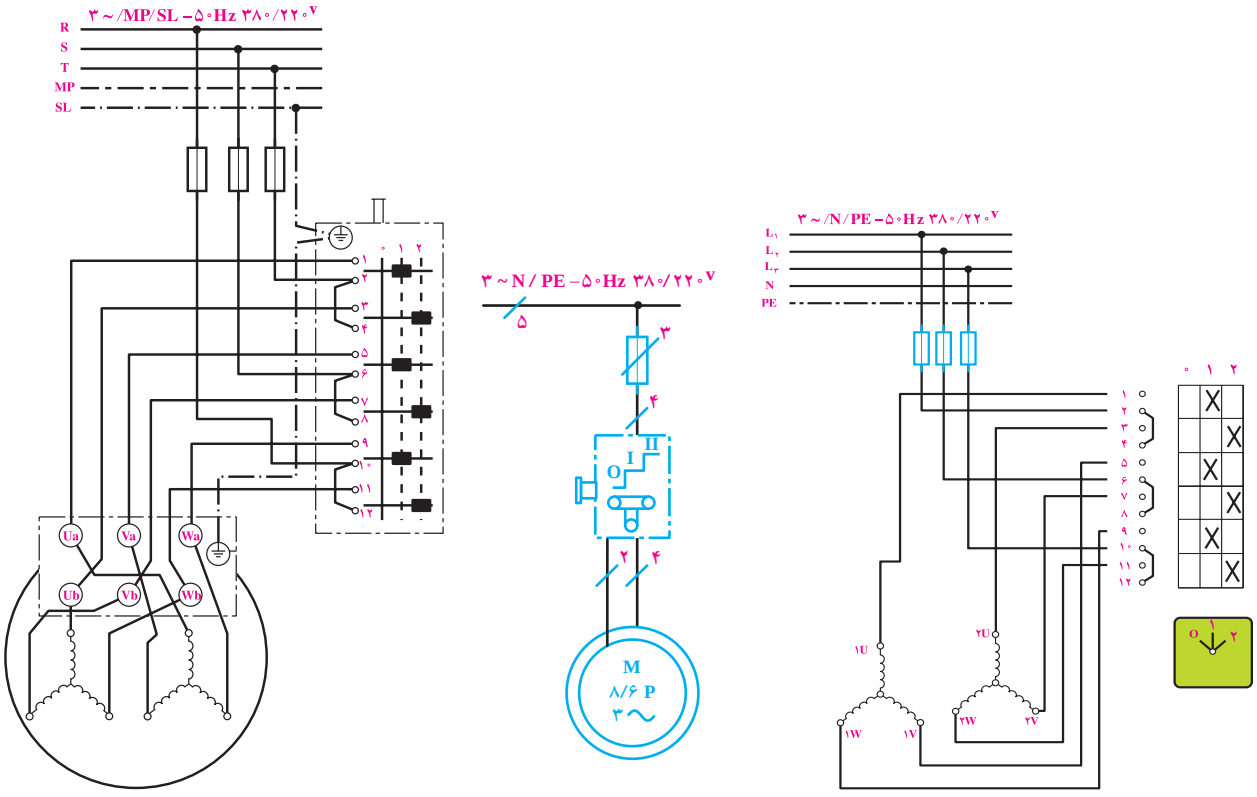
۱ـ۶ـ موتور سه‌فاز دو یا چند سرعته با سیم‌پیچ جداگانه

در این گونه موتورها به‌ازای هر سرعت یک سیم‌پیچ با تعداد قطب‌های مشخص در محیط استاتور قرار داده می‌شود. هریک از سیم‌پیچی‌ها دارای تعداد قطب معین هستند و از هر سیم‌پیچ سرهایی جداگانه روی تخته‌کلم موتور خارج می‌شود. موتورهای با سیم‌پیچ جداگانه می‌توانند دارای دو، سه و یا چهار سرعت باشند که هریک از آن‌ها را با اندیس‌های ۲، ۳ و یا ۴ روی تخته‌کلم موتور نشان می‌دهند. تصاویر شکل ۱۳ـ۳ نحوهٔ نام‌گذاری و مدار موتورهای در سیم‌پیچ جداگانه در استاندارد IEC و VDE را نشان می‌دهند.

نحوهٔ اتصال موتور دوسرعته سیم‌پیچ جداگانه به‌صورت زیر است :

سرعت اول
- L۱ ⟶ ۱U
- L۲ ⟶ ۱V
- L۳ ⟶ ۱W

سرعت دوم
- L۱ ⟶ ۲U
- L۲ ⟶ ۲V
- L۳ ⟶ ۲W



الف) شمای حقیقی اتصال موتور سیم‌پیچ جداگانه دوسرعته در استاندارد IEC

ب) شمای فنی موتور دوسرعته با دو سیم‌پیچ جدادر استاندارد IEC

ج) راه‌اندازی موتور با دو سیم‌پیچ جدا دوسرعته بااتصال ستاره در استاندارد VDE

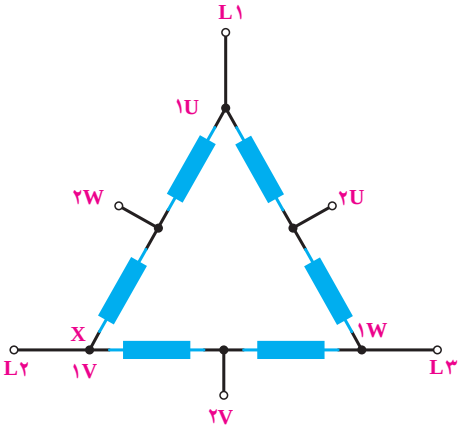
شکل ۱۳ـ۳

۲ـ۶ـ موتور سه‌فاز دوسرعته دالاندر

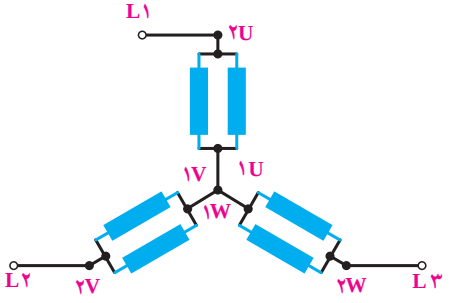
از جمله موتورهای سه‌فاز دوسرعته خاص موتور دالاندر است، چرا که در این‌گونه موتورها از یک سیم‌پیچ برای دو سرعت استفاده می‌شود و نسبت سرعت در آن‌ها $\frac{۱}{۲}$ است. یعنی موتورهای سه‌فاز دالاندر (۴و۲ قطب)؛ (۸و۴ قطب) یا (۱۲و۶ قطب) که در فرکانس ۵۰ هرتز کار می‌کنند به‌ترتیب دارای

سرعت‌های (۳۰۰۰ و ۱۵۰۰ دور)، (۱۵۰۰ و ۷۵۰ دور) و (۱۰۰۰ و ۵۰۰ دور) هستند.

برای تغییر قطب در موتورهایی که دارای یک سیم‌پیچ هستند، باید نوع اتصال موتور را تغییر داد. برای این منظور از اتصال دالاندر استفاده می‌شود. برای تعداد قطب بیش‌تر، اتصال سیم‌پیچ‌های استاتور را به صورت مثلث و برای تعداد قطب کم‌تر، سیم‌پیچ‌های استاتور را به صورت ستارهٔ دوبل وصل می‌کنند (شکل ۱۴ــ۳).



a) اتصال مثلث سری



b) اتصال ستارهٔ دوبل

شکل ۱۴ــ۳

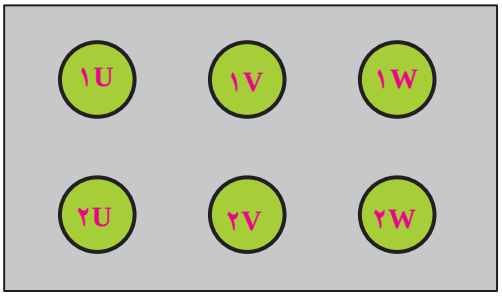
در این نوع اتصال ولتاژ هر سیم‌پیچ در هر دو حالت تنها مقدار کمی تغییر می‌کند.

موتورهای با اتصال دالاندر اغلب دارای شش سرسیم در روی تخته‌کلم هستند و فقط می‌توانند به یک ولتاژ اتصال یابند.

موتورهای با اتصال دالاندر در دورهای مختلف دارای قدرت‌های متفاوت هستند و در مواردی می‌توان به‌کار برد که نسبت سرعت‌های موردنیاز $\frac{۱}{۲}$ باشد. در استاندارد قدیم VDE سرهای موتور دالاندر (۱U، ۱V، ۱W) را برای سرعت کم با حروف Ua، Va و Wa و برای سرعت زیاد (۲U، ۲V، ۲W) را با حروف Ub، Vb و Wb نشان می‌دهند.

تخته‌کلم موتور سه‌فاز دالاندر به‌صورت شکل ۱۵ــ۳ است.

نحوهٔ اتصال موتور برای سرعت‌های کم و زیاد به‌صورت زیر است :

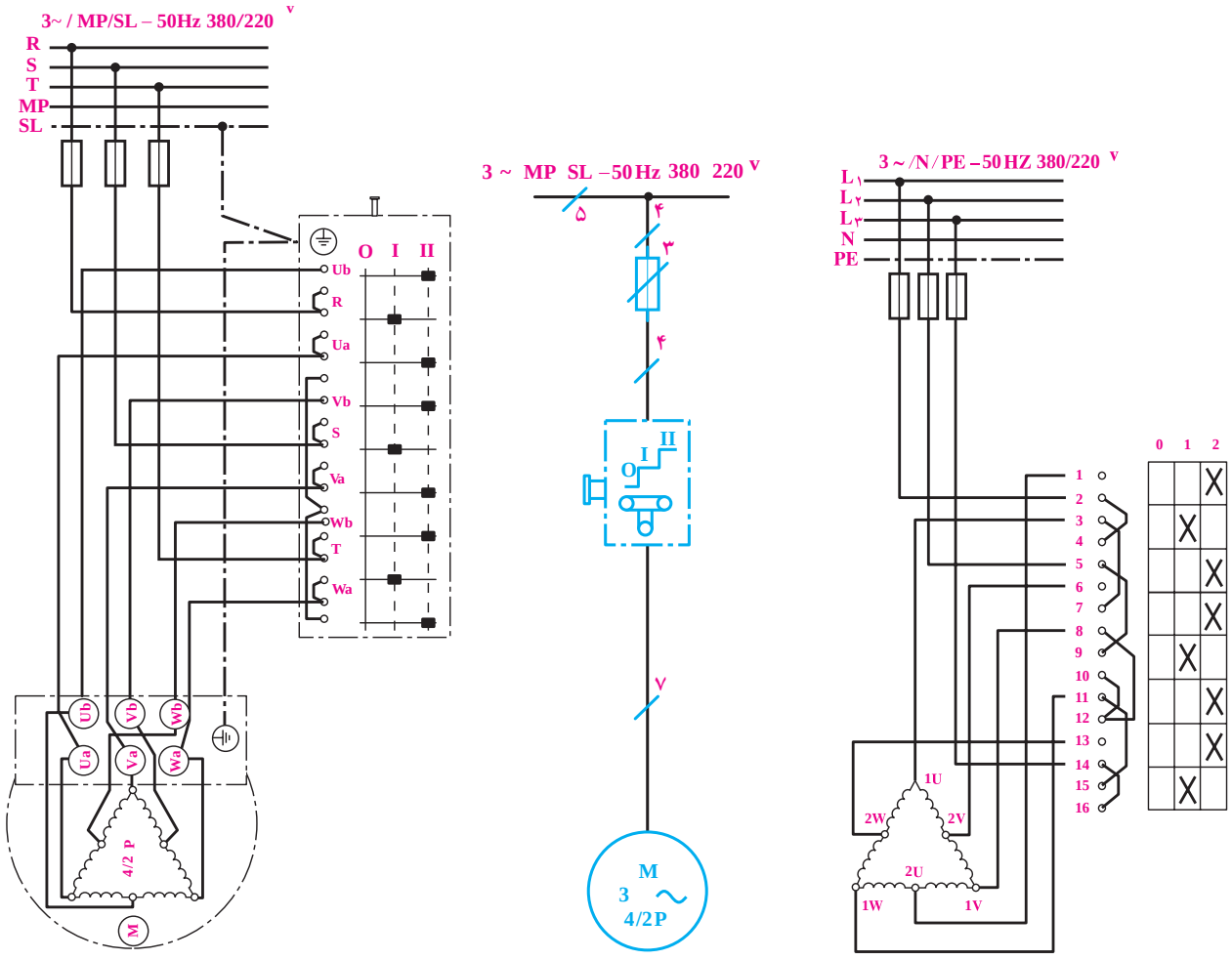


شکل ۱۵ــ۳

سرعت کم (مثلث سری)
- L۱ ⟶ ۱U
- L۲ ⟶ ۱V
- L۳ ⟶ ۱W

سرعت زیاد (ستاره‌ی دوبل)
- L۱ ⟶ ۲U ۱U
- L۲ ⟶ ۲V ۱V
- L۳ ⟶ ۲W ۱W

در شکل ۱۶ــ۳ شمای حقیقی و فنی مدار راه‌اندازی موتور دالاندر در استانداردهای VDE قدیم و IEC را مشاهده می‌کنید.



الف) شمای حقیقی مدار دالاندر در استاندارد IEC

ب) شمای فنی مدار دالاندر در استاندارد VDE قدیم

ج) شمای حقیقی مدار دالاندر در استاندارد VDE قدیم

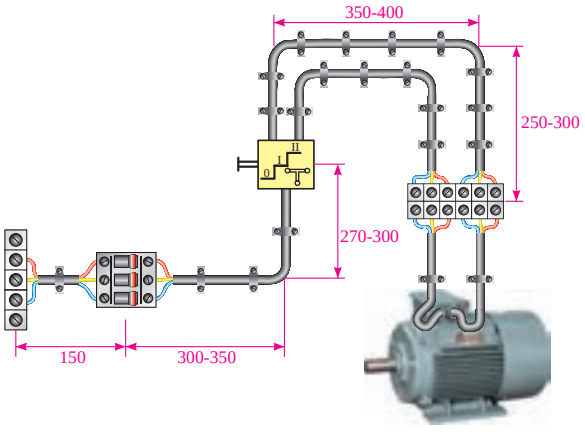
شکل ۱۶ــ۳

کار عملی ۴

هدف: راه‌اندازی موتور سه‌فاز دوسرعته دالاندر با کلید زبانه‌ای (0–I–II)

در شکل ۱۷ــ۳، نحوهٔ کابل کشی و برق‌رسانی به یک موتور سه‌فاز آسنکرون توسط کلید زبانه‌ای (0–I–II) را مشاهده می‌کنید.

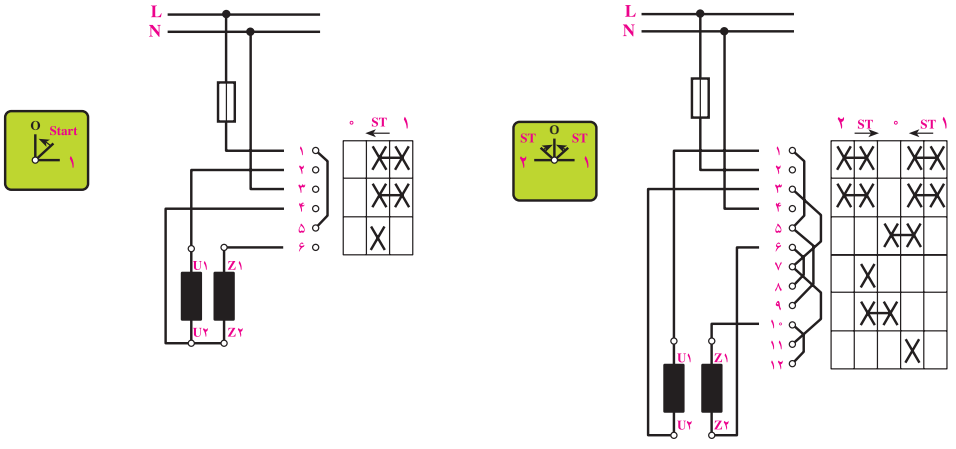
با رعایت اندازه‌های داده شده در شکل، مدار را اتصال دهید و پس از تأیید هنرآموز خود، با قرار دادن کلید در حالت وصل، موتور را راه‌اندازی کنید.



شکل ۱۷ــ۳

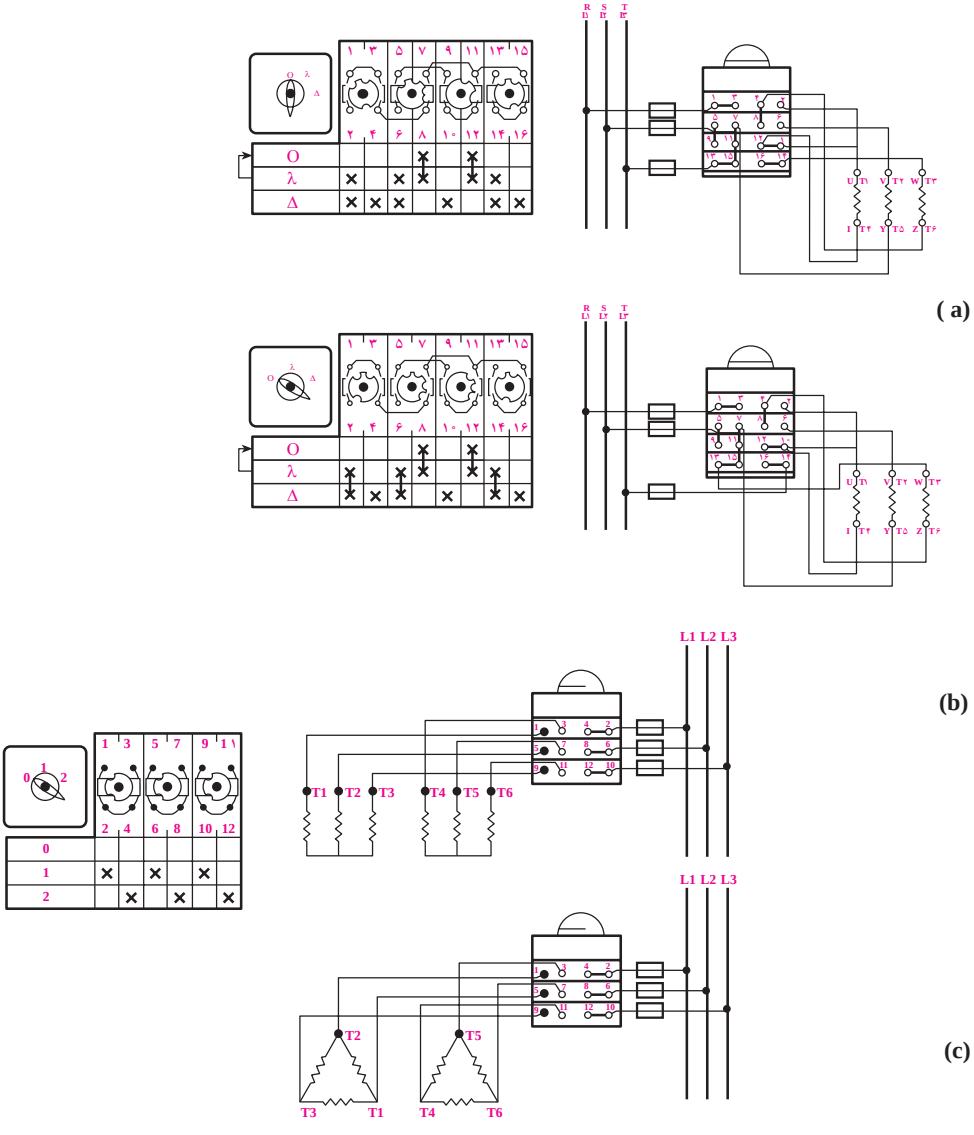
۷ـ راه‌اندازی موتورهای یک‌فاز آسنکرون با سیم‌پیچ راه‌انداز موقت

موتورهای یک فاز از دو گروه سیم‌پیچی تشکیل شده است که با هم حدود ۹۰ درجه اختلاف فاز الکتریکی دارند. برای راه‌اندازی آن‌ها ابتدا باید هر دو سیم‌پیچ در مدار قرار گیرد و پس از این‌که سرعت موتور به ۷۵٪ سرعت نامی رسید، سیم‌پیچ راه‌انداز از مدار خارج شود. در شکل ۱۸ــ۳، مدار اتصال داخلی کلیدهای راه‌اندازی موتور یک فاز نمایش داده شده است.

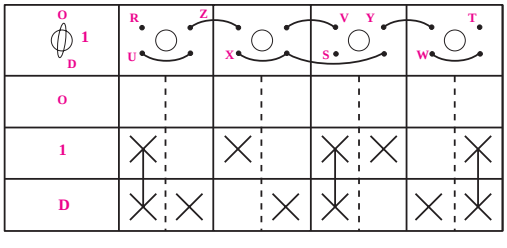


شکل ۱۸ــ۳

امروزه در کاتالوگ کلیدهای سه‌فاز از نقشه‌های دیگری برای نشان دادن وضعیت های عملکردی کنتاکت‌های داخل کلید استفاده می‌شود. در این‌جا جهت آشنایی، تنها تصویر چند نمونهٔ کاتالوگ کلید نشان داده شده است (شکل‌های ۱۹ــ۳ و ۲۰ــ۳).



شکل ۱۹ــ۳



شکل ۲۰ــ۳