ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۵	۲۷	۳۲

راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی

هدف‌های رفتاری : هنرجو باید در پایان این فصل بتواند :

۱ــ ساختمان کلید و قسمت‌های اصلی آن را شرح دهد.

۲ــ انواع کلیدهای دستی سه فاز را نام ببرد.

۳ــ ساختمان و طرز کار کلیدهای گردان دستی سه فاز زبانه‌ای را شرح دهد.

۴ــ مفهوم علائم اختصاری کلیدهای گردان زبانه‌ای را شرح دهد.

۵ــ مدار داخلی انواع کلیدهای گردان سه فاز زبانه‌ای را با استانداردهای VDE و IEC رسم کند (1–0، چپ‌گرد ــ راست‌گرد، ستاره مثلث).

۶ــ موتورهای سه فاز را به وسیله‌ی کلید زبانه‌ای (0،1) راه‌اندازی کند.

۷ــ موتور سه فاز را به وسیله‌ی کلید زبانه‌ای (1، 0 ،2) چپ‌گرد، راست‌گرد، راه‌اندازی کند.

۸ــ موتور سه فاز را به‌صورت ستاره مثلث به‌وسیله‌ی کلید زبانه‌ای راه‌اندازی کند.

۹ــ موتور سه فاز را به‌صورت ستاره مثلث چپ‌گرد و راست گرد به‌وسیله‌ی کلید زبانه‌ای راه اندازی کند.

۱۰ــ موتور سه فاز دو سرعته (سیم‌پیچ جداگانه یا دالاندر) را به‌وسیله‌ی کلید زبانه‌ای راه‌اندازی کند.

۱۱ــ یک موتور یک فاز با سیم‌پیچ راه‌انداز را به‌وسیله‌ی کلید زبانه‌ای راه‌اندازی کند.

۱۲ــ کنتور سه فاز اکتیو و رآکتیو را در مدار ببندد.

مقدمه

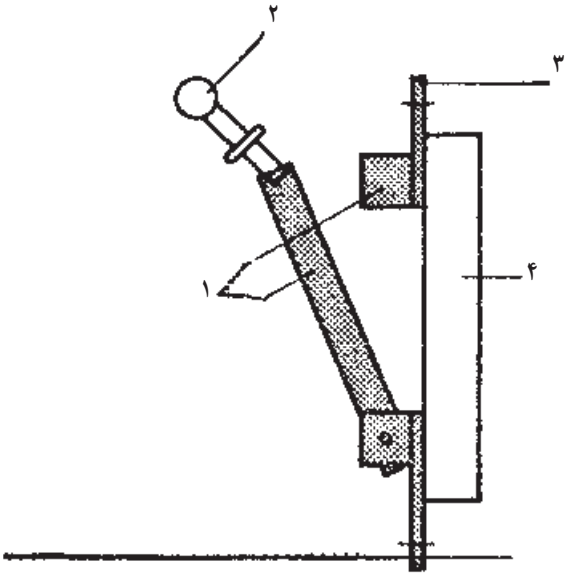
بهره‌برداری مطمئن و بدون وقفه از انرژی الکتریکی تا اندازه‌ی زیادی به‌خصوصیات و طرز کار وسایل کنترل کننده ــ از جمله کلیدها ــ بستگی دارد. در سال‌های اخیر تولیدکنندگان تجهیزات الکتریکی، براساس نیاز بازار، انواع کلیدها را با خواص الکتریکی و مکانیکی هماهنگ با شرایط بهره‌برداری و جنبه‌های اقتصادی تولید کرده‌اند. 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 دستی‌گردان 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.

۱ــ ساختمان کلید

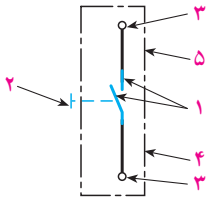
اگر چه کلیدهای الکتریکی، با توجه به شرایط کاری و کاربردهای مختلف، از نظر شکل و اندازه‌ی ساختمانی اختلافات زیادی دارند، اما هر کلیدی (مطابق شکل ۱ــ۳) اجزای اصلی را داراست.

شکل ۲ــ۳، قسمت‌های یک کلید فشار ضعیف را، کامل‌تر از نوع قبلی، نشان می‌دهد.

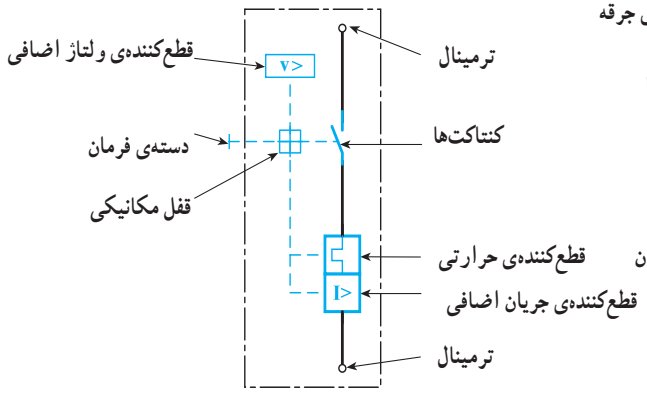
هر کدام از اجزای کلید نقش عمده و اساسی را در کلید برعهده دارند. اما کنتاکت‌ها، به دلیل تحمل تنش‌های مکانیکی هنگام قطع و وصل و تنش‌های الکتریکی ناشی از نوع بار الکتریکی[1] و تغییرات مقدار بار[2] در طول زمان، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. ساخت کنتاکت‌ها، با توجه به جنس خاص و سرعت قطع و وصل و شکل آن‌ها، به تخصص‌های مختلف و تکنولوژی ویژه‌ای نیاز دارد.

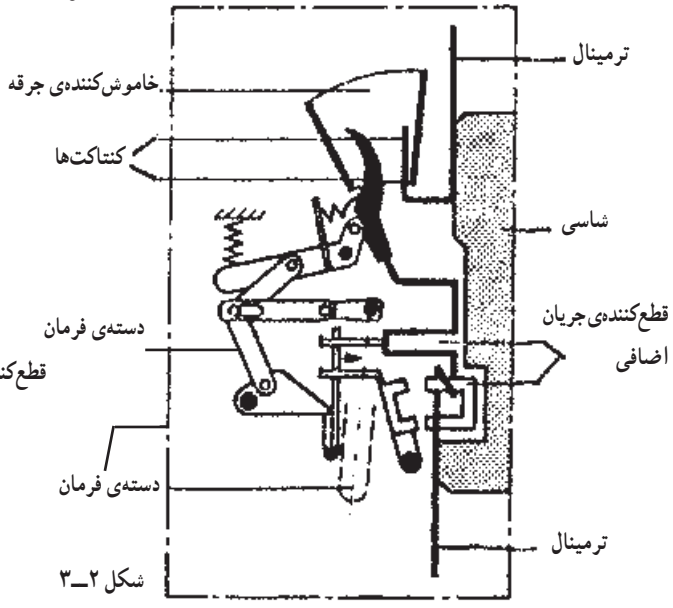


۱ــ کنتاکت‌های ثابت و متحرک
۲ــ دسته فرمان قطع و وصل
۳ــ ترمینال‌های اتصال ورودی و خروجی
۴ــ شاسی نصب قطعات
۵ــ قاب محافظ



شکل ۱ــ۳





شکل ۲ــ۳

۱ــ بارهای الکتریکی اهمی، سلفی، خازنی یا ترکیبی از آن‌ها

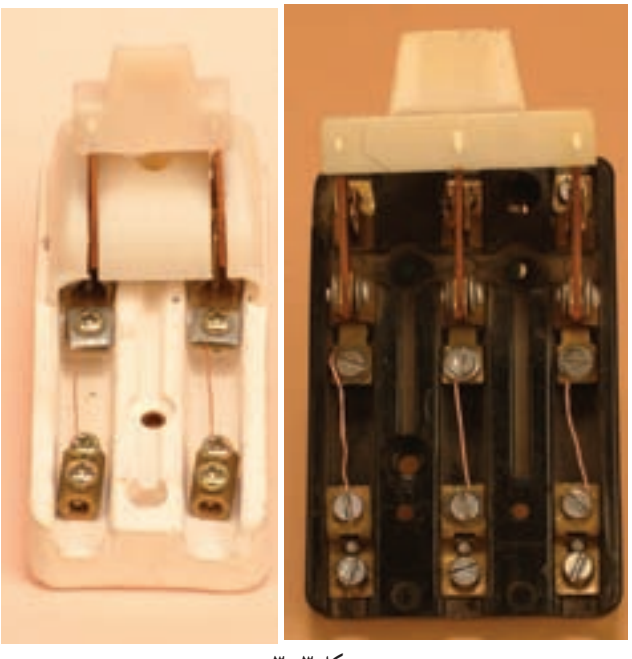
۲ــ در بعضی از مصرف‌کننده‌ها مقدار مقاومت ظاهری (امپدانس) در طول زمان تغییر می‌کند؛ مانند مقاومت فیلامان لامپ‌ها

۲ــ انواع کلیدهای ساده

از نظر ساختمان، کلیدها را به صورت اهرمی، غلتکی و زبانه‌ای می‌سازند. در زیر ساختمان هر یک از آن‌ها توضیح داده شده است.

کلید اهرمی

این کلیدها (مطابق شکل ۳ــ۳) دارای انواع مختلف یک فاز، دو فاز و سه فازند. در این کلیدها، نیرو به وسیله‌ی یک اهرم به‌تیغه‌های متحرک کلید وارد می‌شود و آن‌ها را به کنتاکت‌های ثابت وصل می‌کند. از این کلیدها بیش‌تر در مدارهای جریان کم استفاده می‌شود. در صنعت به آن «کلید چاقویی» یا «کلید کاردی» می‌گویند. در برخی از این کلیدها فیوز نیز تعبیه شده است.

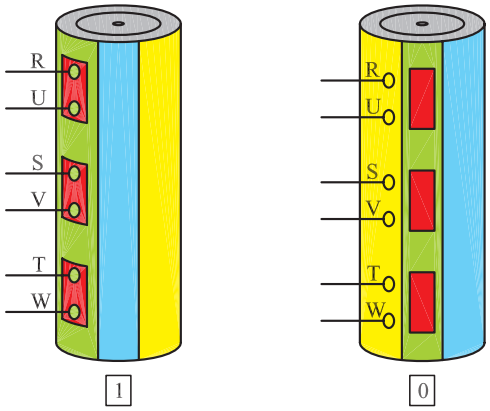


شکل ۳ــ۳

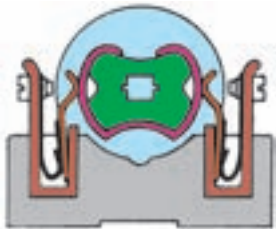
کلید غلتکی

این کلید (مطابق شکل ۴ــ۳) از یک استوانه‌ی عایق ساخته شده است که حول محوری به صورت غلتک دوران می‌کند. برروی استوانه نوارهای هادی‌ای قرار گرفته‌اند که با حرکت استوانه (حول محور آن) کنتاکت‌های ثابتی را به یکدیگر وصل یا از همدیگر قطع می‌کند.

اگر قسمت‌های فرو رفته‌ی استوانه در جلوی کنتاکت‌های ثابت قرار بگیرند، حالت قطع کلید و اگر قسمت‌های برآمده در جلوی کنتاکت‌های ثابت قرار بگیرند، حالت وصل کلید اتفاق می‌افتد. عمر مفید این کلیدها به دلیل تماس زیاد کنتاکت‌ها کم است؛ از این‌رو، امروزه از آن‌ها در صنعت کم‌تر استفاده می‌شود.



الف ــ نحوه‌ی عمل یک کلید غلتکی با حروف قدیم



ب

شکل ۴ــ۳

کلید زبانه‌ای

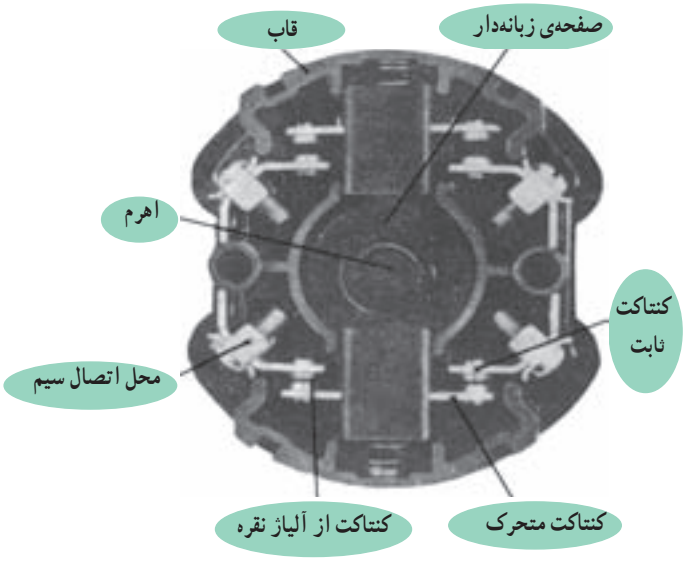
امروزه در صنعت از کلیدهای زبانه‌ای، به دلیل مزایای زیاد آن‌ها نسبت به دو نوع دیگر، استفاده‌ی بیش‌تری می‌شود (چون نسبت به کلید غلتکی عمر زیادتری دارد و نسبت به کلید اهرمی جریان بیش‌تری را از خود عبور می‌دهد).

در این کلید (مطابق شکل۵ــ۳) 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

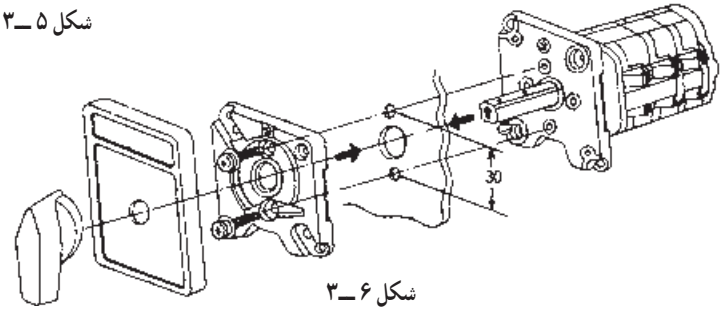
خود، زبانه بالا و پایین برود. زبانه‌ی مزبور کنتاکت‌های متحرک (پلاتین) را به کنتاکت‌های ثابت، وصل یا از آن‌ها جدا (قطع) می‌کند. کلید زبانه‌ای به صورت‌های توکار و روکار ساخته می‌شود. در صنعت به این کلیدها «کلید سلکتور» هم می‌گویند.

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

در شکل ۶ــ۳ نمای ظاهری یک کلید سلکتور (زبانه‌ای) و اجزای تشکیل دهنده‌ی آن نشان داده شده است.



شکل ۵ــ۳



شکل ۶ــ۳

۳ــ کاربرد کلیدهای دستی

این کلید براساس کاربردهای زیر در انواع مختلفی تولید و به بازار عرضه می‌شوند :

۱ــ قطع و وصل ساده‌ی 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 انتخاب‌کننده‌های 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.

نام کلید	تصویر
قطع و وصل ساده (۱ ــ ۰)	
معکوس کننده‌ی جهت گردش موتور (چپ‌گرد، راست‌گرد) (۲ ــ ۰ ــ ۱)	
ستاره ــ مثلث (Δ ــ ⅄ ــ ۰)	
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 کننده‌ی 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.

۴ــ اتصال موتورهای الکتریکی سه فاز به شبکه‌ی برق با کلید قطع و وصل (1ــ0)

اصول کار : کلید زبانه‌ای (1ــ0) 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 :

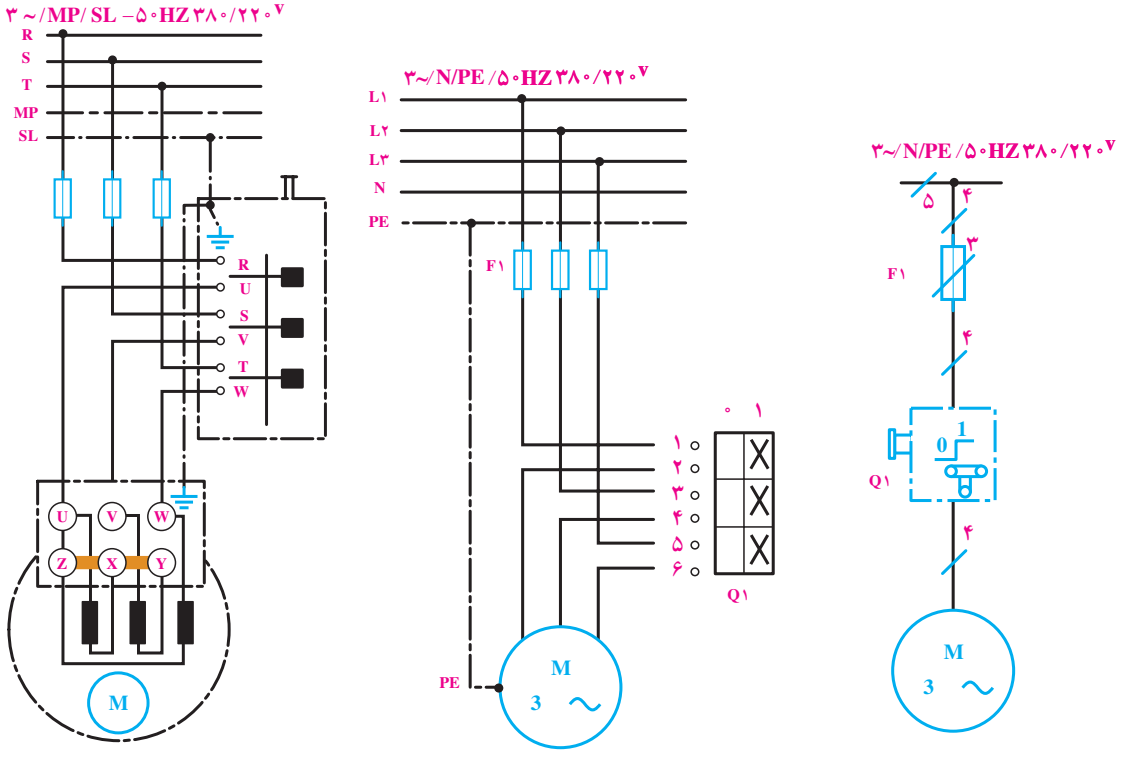
L۱ ⟶ U۱

L۲ ⟶ V۱

L۳ ⟶ W۱

شمای حقیقی و فنی : در شکل ۷ــ۳،شمای حقیقی و فنی کلید زبانه‌ای برای راه‌اندازی یک موتور سه فاز نشان‌داده‌شده است.

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



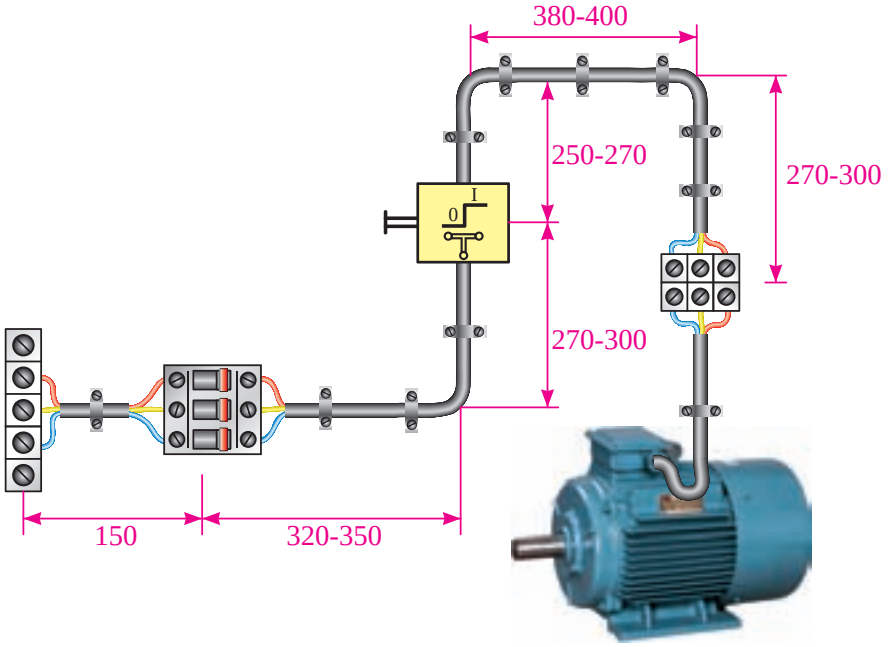
الف ــ شمای فنی (استاندارد IEC)　　ب ــ شمای حقیقی (استاندارد IEC)　　ج ــ شمای حقیقی (استاندارد قدیم VDE)

شکل ۷ــ۳

کار عملی ۱

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

با رعایت اندازه‌های داده شده روی شکل، مدار را اتصال دهید و پس از تأیید مربی، مدار را درحالت وصل قرار دهید و موتور را راه‌اندازی کنید.



شکل ۸ــ۳

۵ــ تغییر جهت گردش موتورهای سه فاز

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

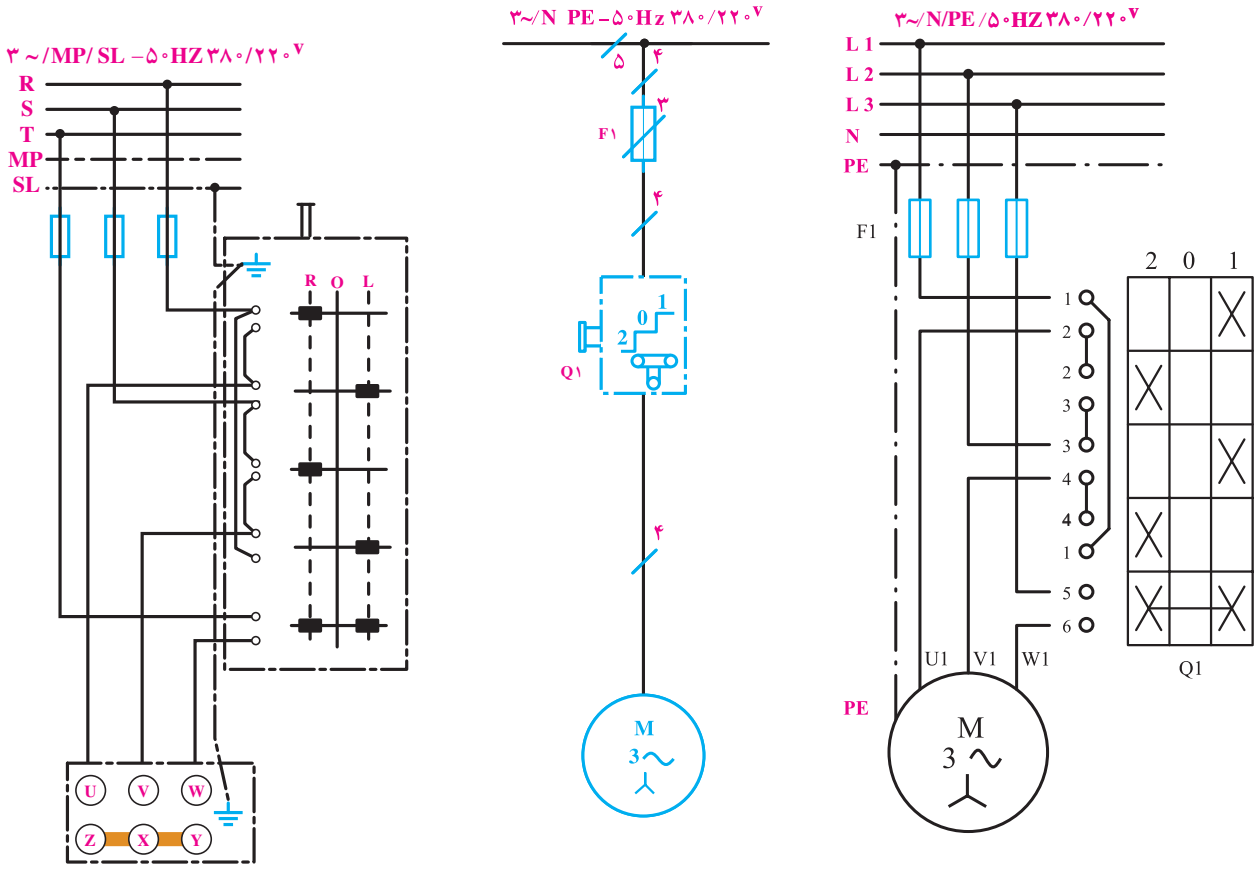
L۱ ⟶ V۱
L۲ ⟶ U۱
L۳ ⟶ W۱

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 مقایسه‌ی 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



الف ــ شمای حقیقی (استاندارد IEC)

ب ــ شمای فنی (استاندارد IEC)

ج ــ شمای حقیقی (استاندارد قدیم VDE)

شکل ۹ ــ۳

کار عملی ۲

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

در شکل ۱۰ــ۳، نحوه‌ی 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.

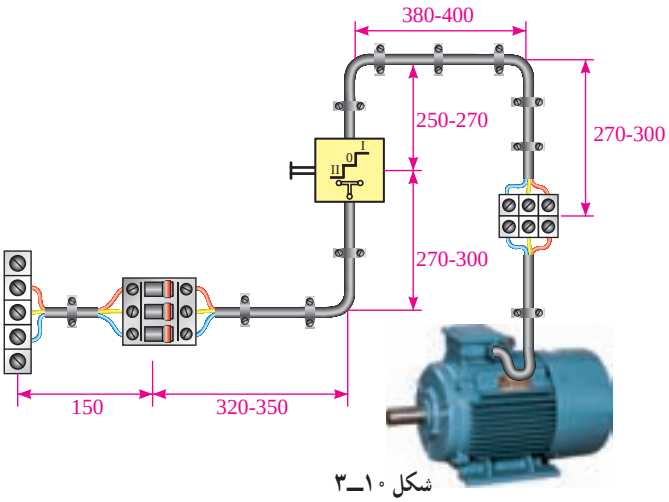
ــ قبل از آزمایش مدار، قسمت‌های مختلف آن را از لحاظ رعایت نکات ایمنی بررسی کنید.

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

۶ــ 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 بالارا مستقیماً به شبکه وصل کنیم، جریان راه‌اندازی حدود۴ تا۷ 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 خواهدرفت).

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.

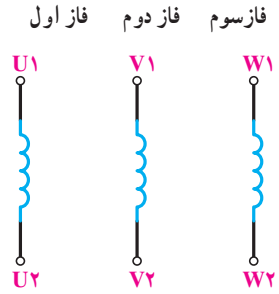
جدول ۱ــ۳ طرز اتصال موتورهای سه‌فاز با قدرت‌های نامی مختلف به شبکه را نشان می‌دهد.

جدول ۱ــ۳ــ طرز اتصال موتورهای سه فاز با قدرت‌های نامی مختلف به شبکه

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

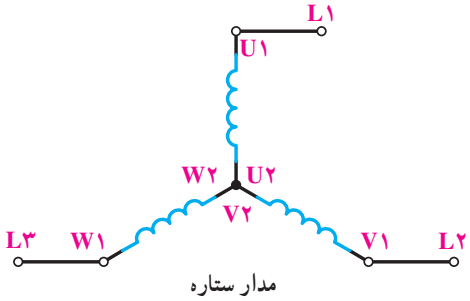
کنترل جریان راه‌اندازی با استفاده از مدار ستاره مثلث

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



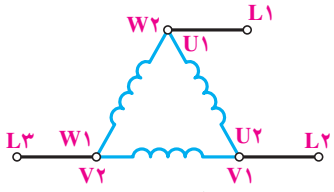
این کلاف‌ها را در اتصال ستاره مثلث، به اشکال زیر، به‌شبکه وصل می‌کنند تا مدار ستاره و مدار مثلث به دست آید.

طبق حالات زیر اتصالات ستاره و مثلث به وجود می‌آید.



مدار ستاره

اتصال ستاره
- L۱ → U۱ ، U۲
- L۲ → V۱ ، V۲
- L۳ → W۱ ، W۲



مدار مثلث

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 $V_L = \sqrt{۳}V_P , I_L = I_P = \frac{V_P}{z} = \frac{\frac{V_L}{\sqrt{۳}}}{z}$

بنابراین : $P_\lambda = ۳P_{Ph} = ۳(V_P)(I_P)\cos\varphi$

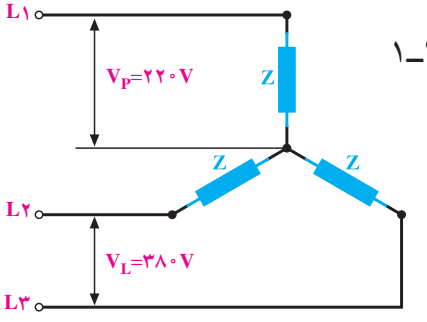
معادله‌ی ۱ــ۱

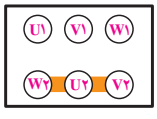
$$P_\lambda = ۳(\frac{V_L}{\sqrt{۳}})(\frac{V_L}{\sqrt{۳}z})\cos\varphi = \frac{V_L^۲}{z}\cos\varphi$$

در اتصال مثلث $I_L = \sqrt{۳}I_P = \sqrt{۳}(\frac{V_L}{z})$ و $V_L = V_P$

$$P_\Delta = ۳V_P I_P \cos\varphi = ۳V_L \frac{V_L}{z}\cos\varphi = ۳\frac{V_L^۲}{z}.\cos\varphi$$

معادله‌ی ۲ــ۱

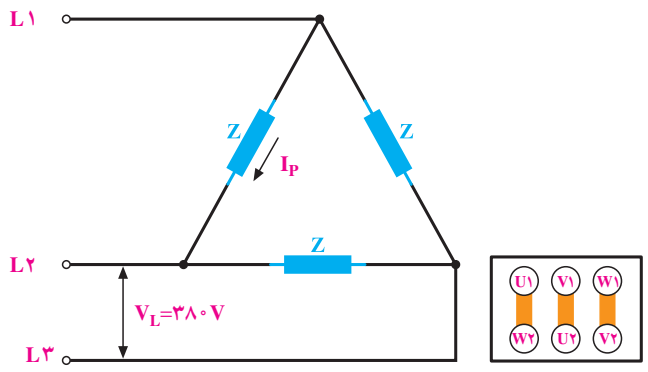




از مقایسه‌ی معادلات ۱ــ۱ و ۲ــ۱ می‌توان نتیجه‌گرفت قدرت در حالت مثلث

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

نتیجه : براساس رابطه‌ی 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 مقایسه‌ی 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

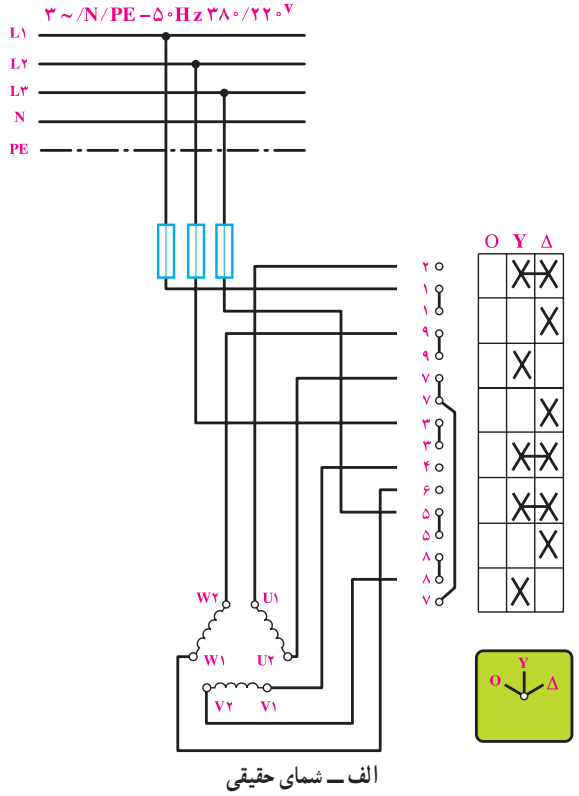
$$I_{L_\Delta} = \sqrt{3}I_P = \sqrt{3}\left(\frac{V_L}{Z}\right)$$

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

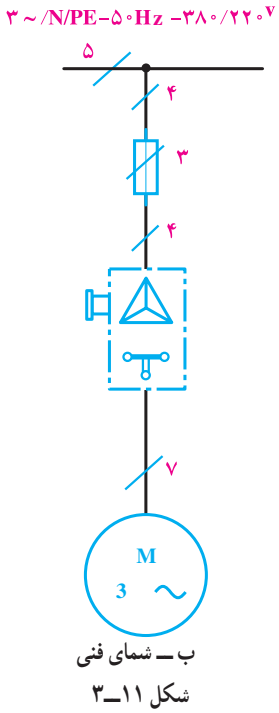
$$I_{L_\lambda} = \frac{1}{3}I_{L_\Delta}$$

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 ــ شمای حقیقی



ب ــ شمای فنی

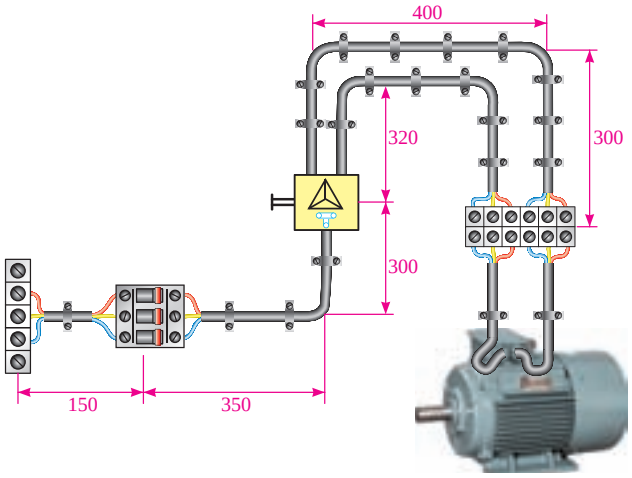
شکل ۱۱ــ۳

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

کار عملی ۳

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

در شکل ۱۲ــ۳ نحوه‌ی کابل‌کشی 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

۷ــ 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 پیچ‌های جداگانه؛

۵ــ 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.

$$n_s = \frac{60 \times f}{P}$$

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 :

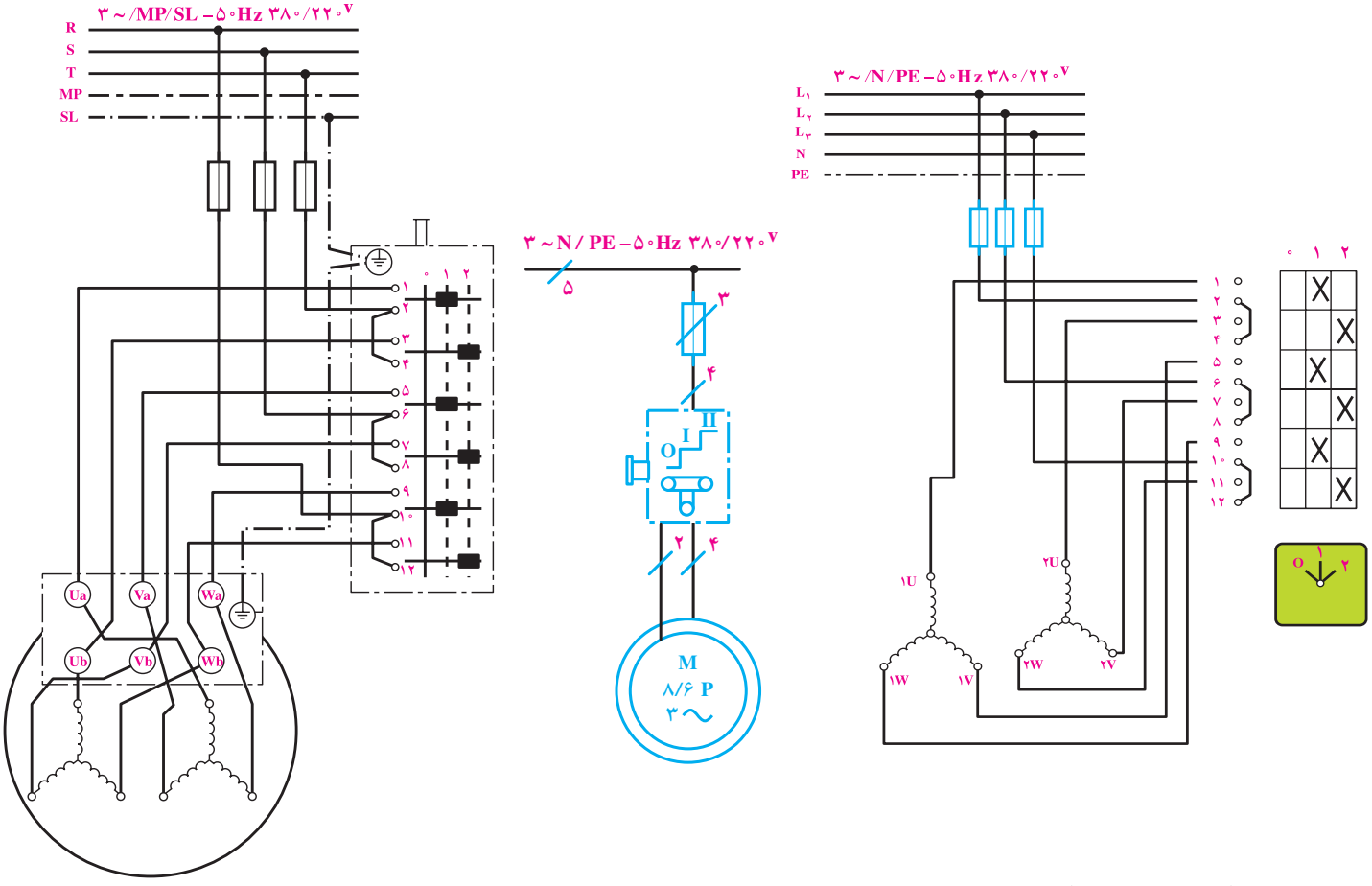
۱ــ۷ــ موتور سه‌فاز دو یا چند سرعته با سیم‌پیچ جداگانه

در این‌گونه 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 ۱۳ــ۳ نحوه‌ی نام‌گذاری و مدار موتورهای در سیم‌پیچ جداگانه در استاندارد IEC و VDE را نشان می‌دهند.

نحوه‌ی 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 ــ شمای حقیقی اتصال موتور سیم‌پیچ جداگانه دوسرعته در استاندارد IEC

ب ــ شمای فنی موتور دوسرعته با دو سیم‌پیچ جدا در استاندارد IEC

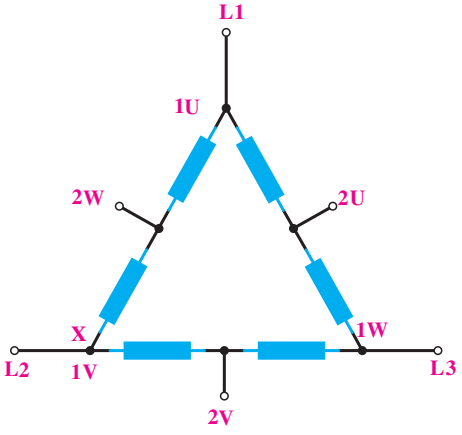
ج ــ راه‌اندازی موتور با دو سیم‌پیچ جدا دوسرعته بااتصال ستاره در استاندارد VDE

شکل ۱۳ــ۳

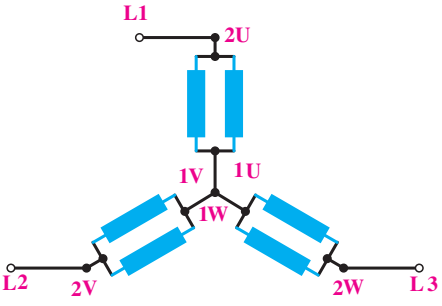
۲ــ۷ــ موتور سه‌فاز دوسرعته دالاندر

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 ستاره‌ی دوبل وصل می‌کنند (شکل ۱۴ــ۳).



a) اتصال مثلث سری



b) اتصال ستاره‌ی دوبل

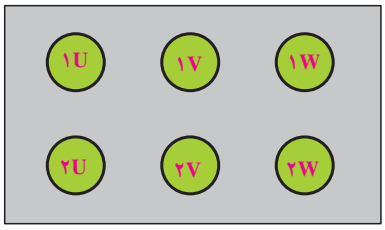
شکل ۱۴ــ۳

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.



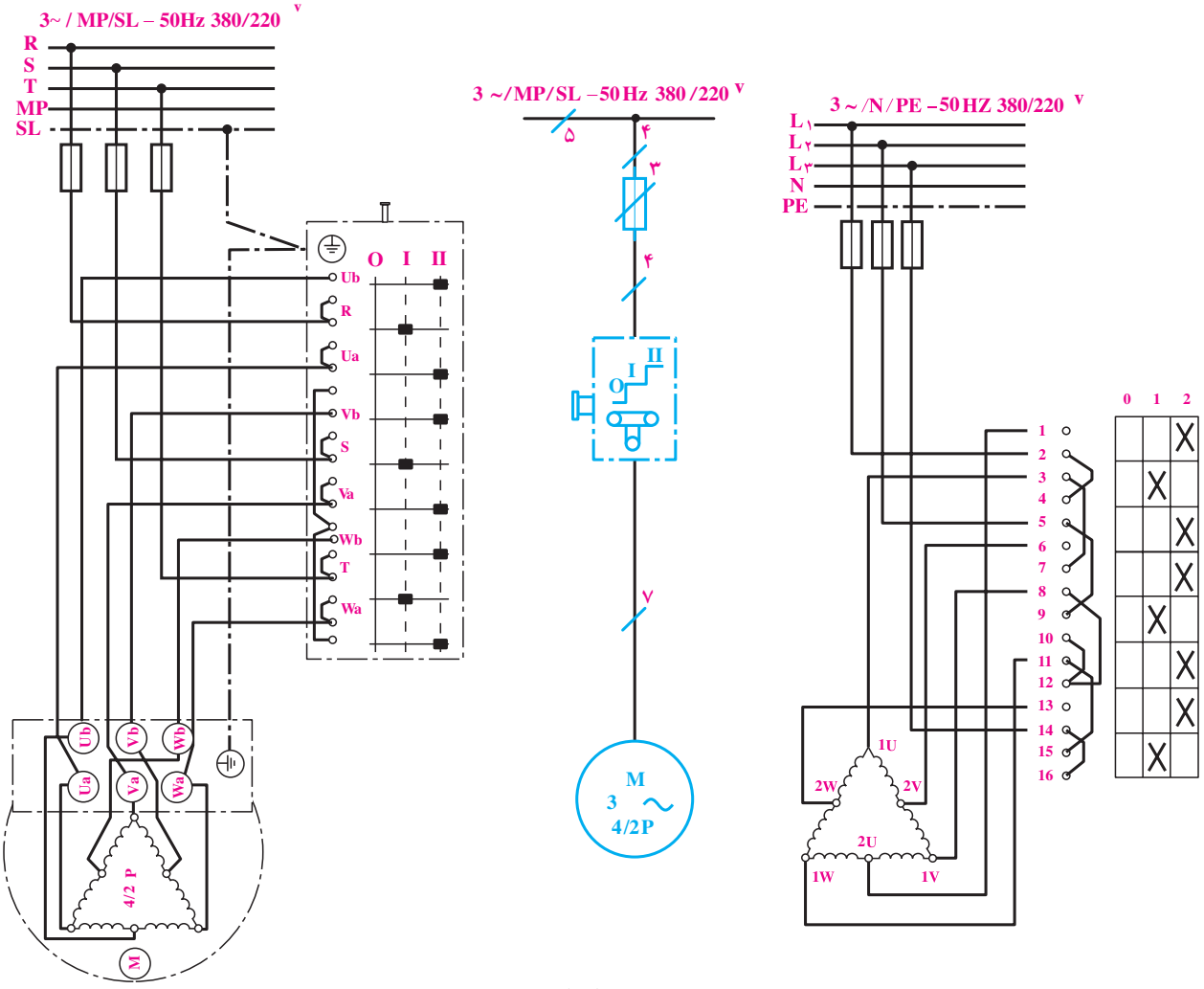
شکل۱۵ــ۳

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

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.



ج ــ شمای حقیقی مدار دالاندر در استاندارد VDE قدیم

ب ــ شمای فنی مدار دالاندر در استاندارد VDE قدیم

الف ــ شمای حقیقی مدار دالاندر در استاندارد IEC

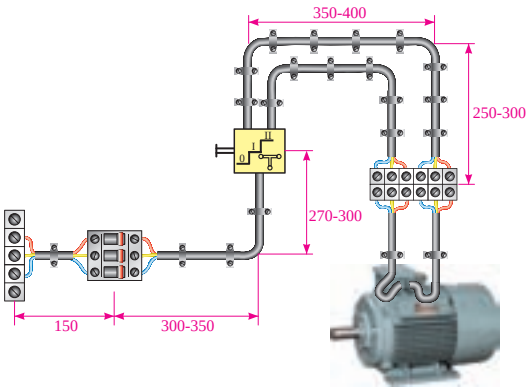
شکل ۱۶ــ۳

کار عملی ۴

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

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

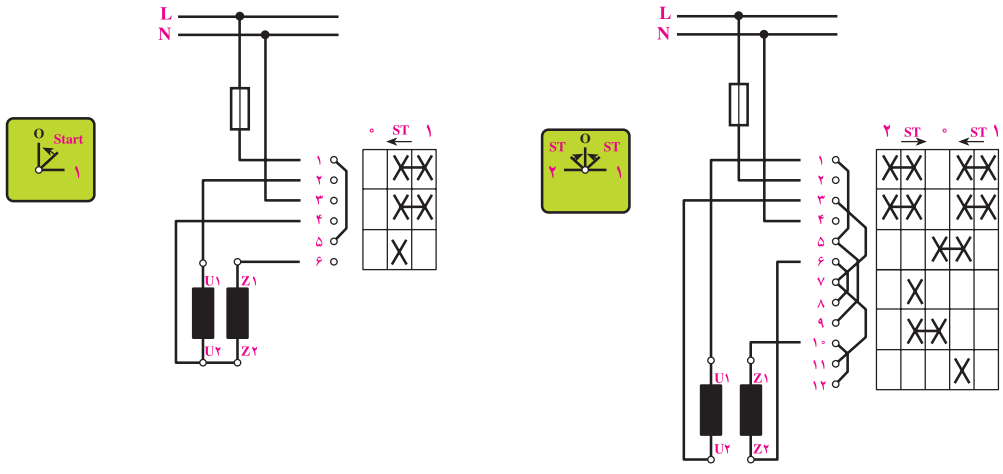
با رعایت اندازه‌های داده شده در شکل، مدار را اتصال دهید و پس از تأیید هنرآموز خود، با قرار دادن کلید در حالت وصل، موتور را راه‌اندازی کنید.



شکل ۱۷ــ۳

۸ــ 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 ۱۸ــ ۳، مدار اتصال داخلی کلیدهای راه‌اندازی موتور یک فاز نمایش داده شده است.

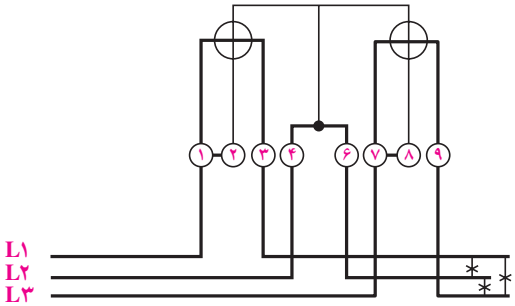


شکل ۱۸ــ۳

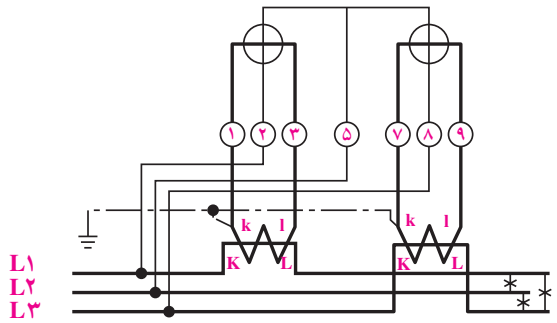
۹ــ کنتورهای سه‌فازه

کنتور سه‌فاز اکتیو

طرز اتصال کنتور سه فازه : در برق صنعتی از کنتور سه فازه برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی، که به صورت RI^2t در مصرف‌کننده‌ها به مصرف می‌رسد، استفاده می‌شود. کنتور سه فاز (مطابق شکل ۱۹ــ۳) از دو کنتور یک فاز، که در یک محفظه قرار گرفته، تشکیل شده و طرز اتصال آن‌ها شبیه یک وات‌متر سه فاز است. در کنتور سه فاز دو مغناطیس دایمی، جهت تنظیم تعداد دور صفحه‌ی آلومینیمی، طوری تعبیه شده‌اند که هر کدام از مغناطیس‌ها روی یک صفحه‌ی آلومینیومی اثر می‌گذارند. کنتورهای اکتیو سه‌فاز، انرژی مصرفی را برحسب کیلووات ساعت در شبکه‌های سه سیم و چهار سیم اندازه‌گیری می‌کنند. اتصال کنتور سه فاز سه سیم یا چهار سیم به شبکه می‌تواند به طور مستقیم یا به‌وسیله‌ی ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ باشد. نقشه‌ی اتصال کنتور به صورت مستقیم و غیر مستقیم (با مبدل‌های ولتاژ و جریان) در شکل‌های ۱۹ــ۳ و ۲۰ــ۳ نشان داده شده است.



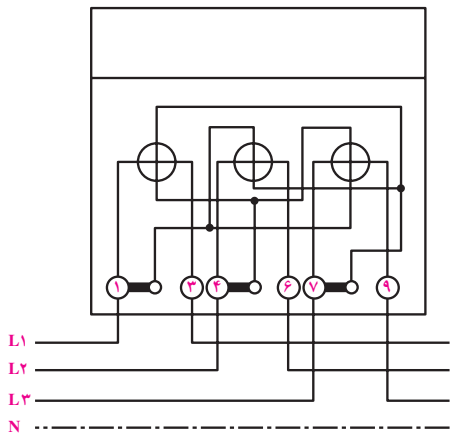
شکل ۱۹ــ۳ــ کنتور سه‌فاز سه‌سیمه



شکل ۲۰ــ۳ــ کنتور سه‌فاز سه‌سیمه با مبدل جریان

کنتور سه فاز راکتیو

در کارخانجات صنعتی، برای اندازه‌گیری مصرف مقدار انرژی در بارهای سلفی ترانسفورماتورها و موتورهای الکتریکی ماشین آلات، از کنتور راکتیو استفاده می‌شود. ساختمان داخلی و طریقه‌ی عمل این کنتور درست مانند کنتور اکتیو است؛ با این تفاوت که کنتور اکتیو نمی‌تواند این نوع انرژی را اندازه‌گیری کند. در این کنتور باید مدار اتصالات سیم‌پیچ‌های داخل کنتور طوری باشد که بین جریان سیم‌پیچ ولتاژ و سیم‌پیچ جریان ۹۰ درجه اختلاف فاز ایجاد شود تا مقدار مصرف انرژی الکتریکی راکتیو مدار را نشان دهد. در کنتورهای سه فاز این عمل به وسیله‌ی کارخانه‌ی سازنده با تغییر سربندی داخل آن اجرا می‌شود. شکل ۲۱ــ۳ طریقه‌ی اتصال کنتور راکتیو سه فاز به شبکه را نشان می‌دهد.



شکل ۲۱ــ۳ــ روش اتصال کنتور راکتیو سه فاز به شبکه

توجه داشته باشید که فیوز، در کلیه مدارها، باید در مسیر هر سه فاز L۱، L۲ و L۳ قرار گیرد.

کار عملی ۵

هدفI : راه‌اندازی موتور یک‌فاز آسنکرون

یک موتور یک فاز با سیم‌پیچ راه‌انداز موقت را به وسیله‌ی کلید دستی یک فاز مطابق مدار شکل ۱۸ــ۳ روی تابلوی کار ببندید و پس از اتصال مدار آن را راه‌اندازی کنید.

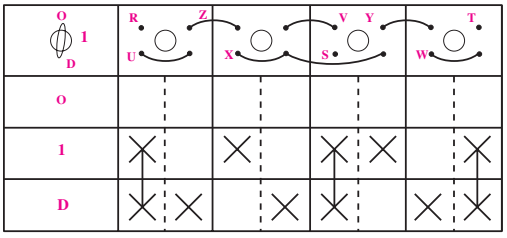
هدفII : اندازه‌گیری انرژی الکتریکی واته و دواته یک موتور سه‌فاز الکتریکی که با یک کلید قطع و وصل (۱ــ۰) راه‌اندازی می‌شود.

انرژی الکتریکی واته و دواته یک موتور الکتریکی سه‌فاز را توسط یک کنتور سه فاز اکتیو و راکتیو اندازه‌گیری کنید.

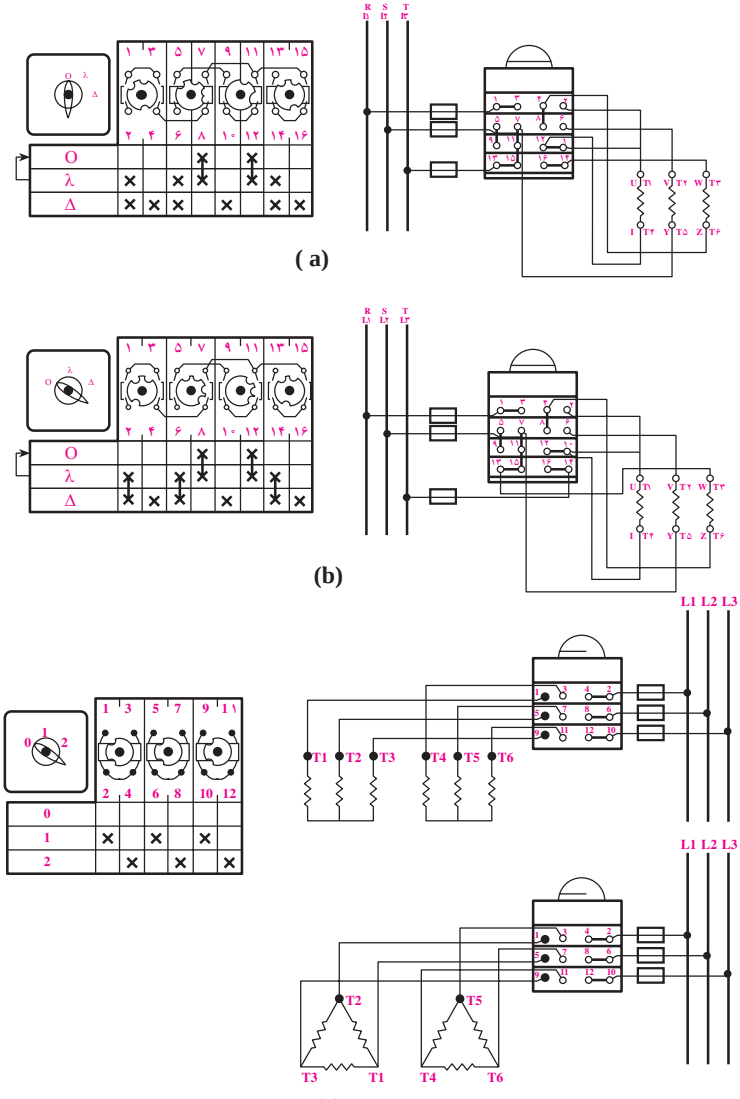
نقشه اتصال مدار فوق را رسم کنید و آن را روی تابلوی برق ببندید.

مطالعه‌ی آزاد

امروزه در کاتالوگ کلیدهای سه‌فاز از نقشه‌های دیگری برای نشان دادن وضعیت‌های عملکردی کنتاکت‌های داخل کلید استفاده می‌شود. در این‌جا جهت آشنایی، تنها تصویر چند نمونه‌ی کاتالوگ کلید نشان داده شده است (شکل‌های ۲۲ــ۳ و ۲۳ــ۳).



شکل ۲۳ــ۳



شکل ۲۲ــ۳