فصل هشتم

راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی و مغناطیسی (کنتاکتور)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که :

۱ــ ساختمان کلیدهای دستی و مغناطیسی را شرح دهد.

۲ــ انواع کلیدهای دستی سه فاز را نام ببرد.

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

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

۵ــ موتور سه فاز را به وسیله‌ی کلید زبانه‌ای (1، 0 ، 2) چپ‌گرد راست‌گرد، راه‌اندازی کند.

۶ــ موتور سه فاز را به‌صورت ستاره مثلث به‌وسیله‌ی کلید زبانه‌ای راه‌اندازی کند.

۷ــ مزایای استفاده از کنتاکتور را نام ببرد.

۸ــ ساختمان و طرز کار و کاربرد تجهیزات جانبی مدارهای فرمان را شرح دهد.

۹ــ موتور سه فاز را با کنتاکتور راه‌اندازی کند.

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. ضروری است که هنرجویان با ساختمان، طرز کار، کاربرد کلیدهای دستی و مغناطیسی آشنا شوند و مهارت‌های لازم را به‌دست آورند. این مهارت‌ها یکی از مشاغل بازار کشور را تشکیل می‌دهد.

۱ــ۸ــ کلیدهای دستی

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

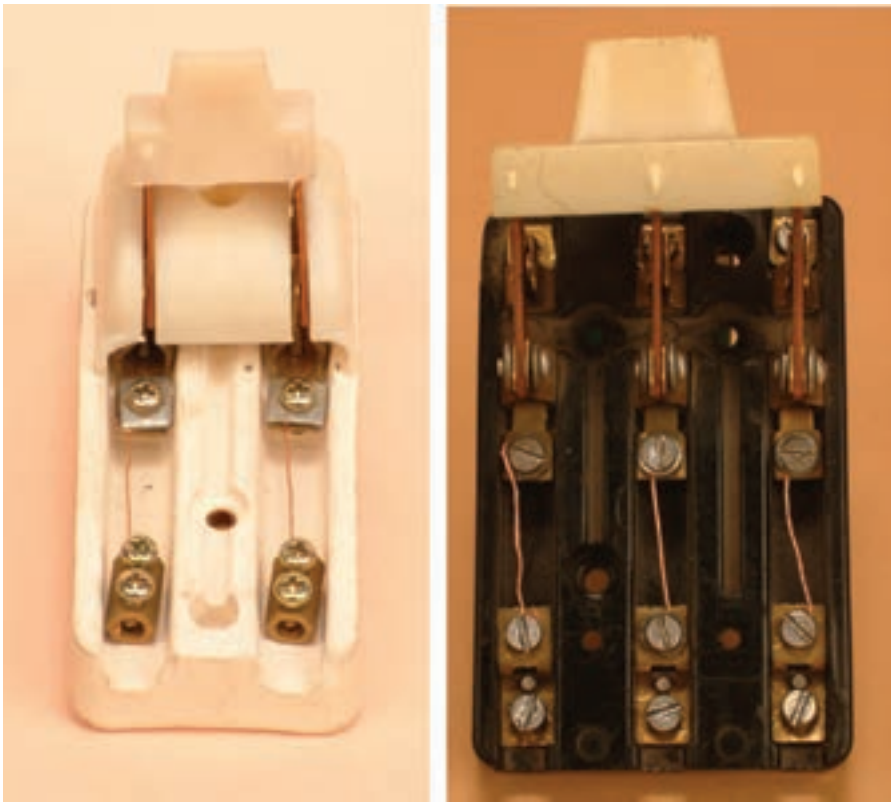
۱ــ۱ــ۸ــ انواع کلیدهای دستی

الف) کلید اهرمی: این کلیدها (مطابق شکل ۱ــ۸) 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.

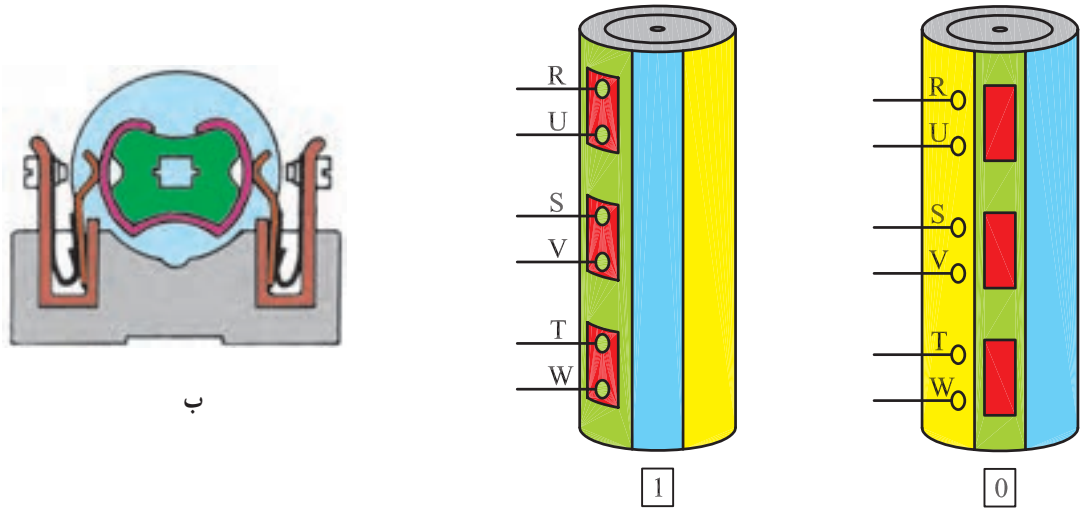
ب) کلید غلتکی: این کلید (مطابق شکل ۲ــ۸) از یک استوانه‌ی عایق ساخته شده است که حول محوری به صورت غلتک دوران می‌کند. برروی استوانه نوارهای هادی‌ای قرار

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.



شکل ۱ــ۸ــ کلید اهرمی (چاقویی)



الف ــ نحوه‌ی عمل یک کلید غلتکی با حروف قدیم

ب

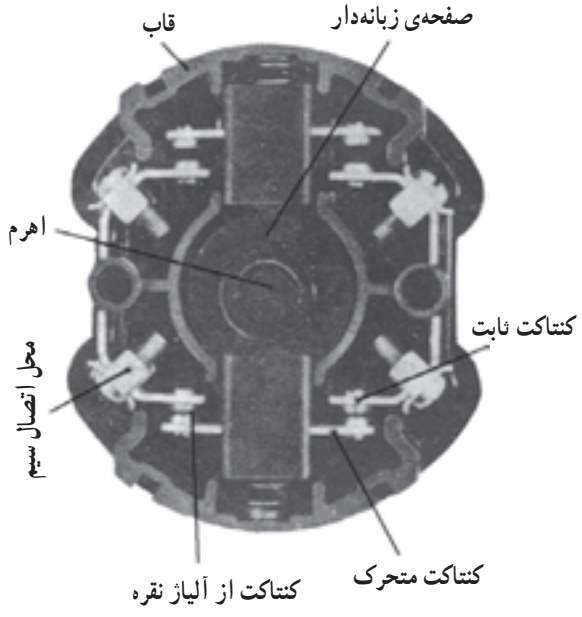
شکل ۲ــ۸ــ کلید غلتکی

ج) کلید زبانه‌ای: امروزه در صنعت از کلیدهای زبانه‌ای، به‌دلیل 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).

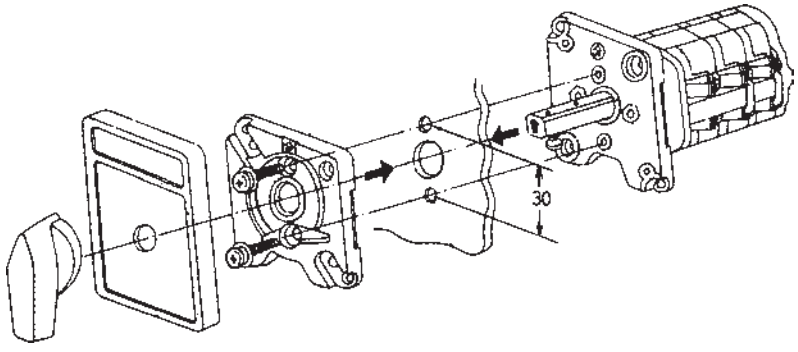
در این کلید (مطابق شکل ۳ــ۸) به جای استفاده از نوارهای هادی و تیغه‌های ثابت، استوانه را طوری طراحی می‌کنند که چندین برجستگی و فرورفتگی داشته باشد و با حرکت استوانه به‌دور محور خود، زبانه بالا و پایین برود. زبانه‌ی مزبور کنتاکت‌های متحرک (پلاتین) را به کنتاکت‌های ثابت، وصل یا از آن‌ها جدا (قطع) می‌کند. 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 ۴ــ۸ نمای ظاهری یک کلید سلکتور (زبانه‌ای) و اجزای تشکیل دهنده‌ی آن نشان داده شده است.



شکل ۳ــ۸ــ کلید زبانه‌ای



شکل ۴ــ۸

۲ــ۱ــ۸ــ 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 کلیدها آشنا می‌شوید و در کارگاه روش اتصال آن‌ها را به مصرف‌کننده‌ها به صورت عملی فرا می‌گیرید.

۲ــ۸ــ اتصال موتورهای الکتریکی سه فاز به شبکه‌ی برق با کلید قطع و وصل (0-1)

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 روبرو است :

L۱ . U۱

L۲ . V۱

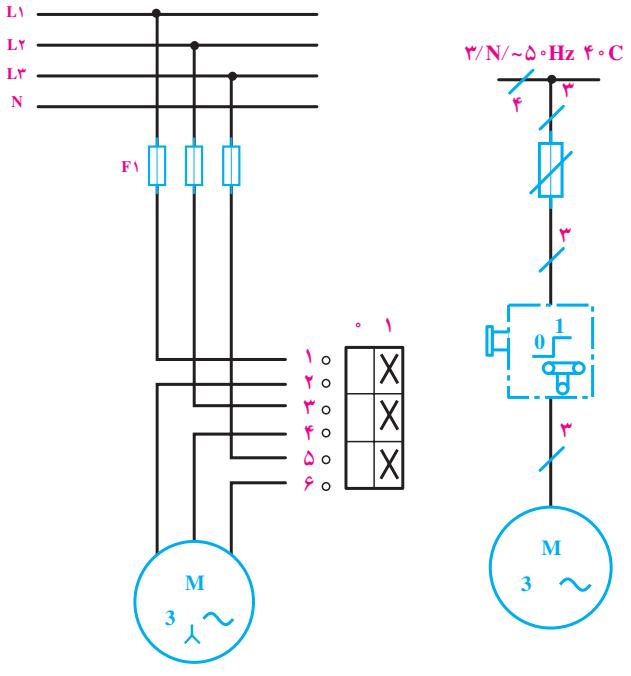
L۳ . W۱

شمای حقیقی و فنی: در شکل ۵ــ۸،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 ۱و ۳و ۵ اتصال می‌یابد و ترمینال‌های خروجی ۲، ۴ و ۶ به سرهای خروجی موتور U۱ ، V۱ و W۱ متصل می‌شوند.

جدول ۱ــ۸

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 (ــ ۰ ــ)	
ستاره ــ مثلث، چپ‌گرد، راست‌گرد (ــ ــ ۰ ــ ــ)	
چند سرعته (۲ ــ ۱ ــ ۰) و (۳ ــ ۲۱ ــ ۰)	
راه‌اندازی موتورهای تک فاز	
انتخاب کننده‌ی فاز (برای دستگاه‌های اندازه‌گیری) (مانندکلید ولت‌متر)	



ب ــ شمای حقیقی — الف ــ شمای فنی

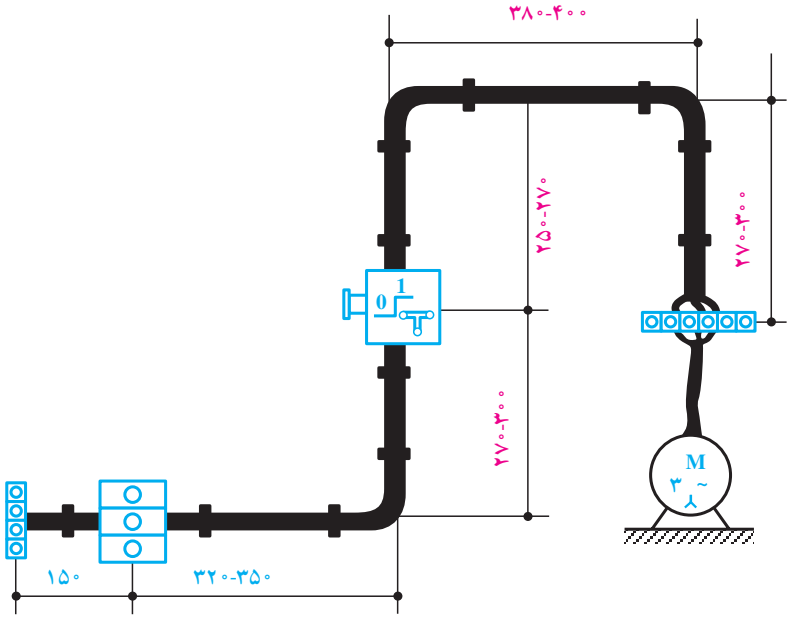
شکل ۵ــ۸

کار عملی ۱۰

راه‌اندازی موتور سه‌فازه با کلید زبانه‌ای (۱ــ۰).

در شکل ۶ــ۸، 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 ۶ــ۸

۳ــ۸ــ 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

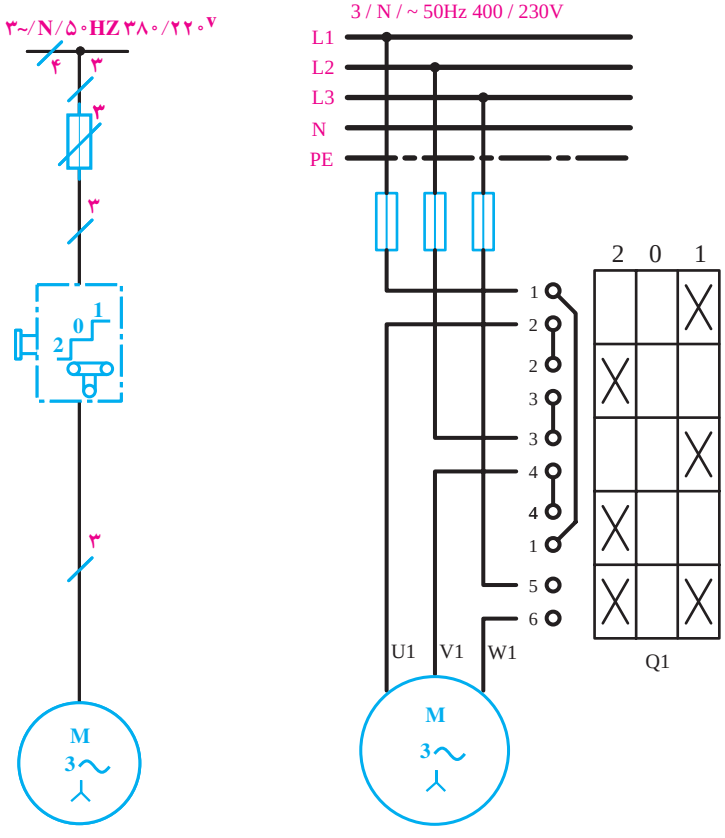
L۱ . U۱
L۲ . V۱
L۳ . W۱

کلیدهای زبانه‌ای چپ‌گرد و راست‌گرد در دو نوع موقت‌کار و دائم‌کار ساخته می‌شوند. نوع موقت کار برای راه‌اندازی جراثقال‌ها و کارخانجات مورد استفاده قرار می‌گیرد. موقت کار تا زمانی که دست روی کلید است کار می‌کند. شکل ۷ــ۸ شمای حقیقی کلید چپ‌گرد ــ راست‌گرد زبانه‌ای را نمایش داده است.

از مقایسه‌ی رابطه‌های حالت چپ‌گرد و راست‌گرد با یکدیگر مشاهده می‌شود در یک رابطه مشترک‌اند و می‌توان به رابطه کلی زیر دست یافت :

V۱. L۱ . U۱
U۱. L۲ . V۱
L۳ . W۱

تعداد ترمینال‌های کلید ۲ برابر تعداد حالت‌ها، یعنی ۱۰ ترمینال است.



ب ــ شمای فنی

الف ــ شمای حقیقی

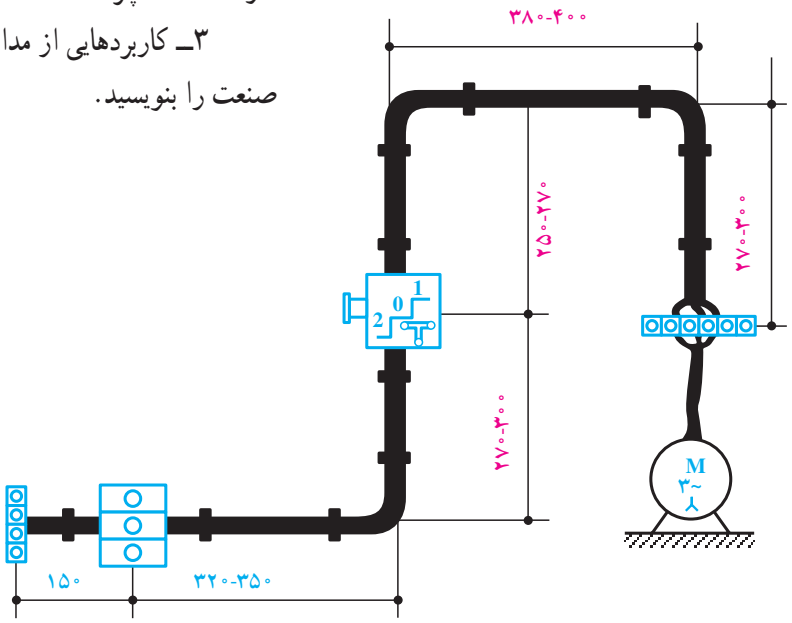
شکل ۷ــ۸

کار عملی ۱۱

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

در شکل ۸ــ۸، نحوه‌ی کابل‌کشی و برق رسانی به یک موتور سه‌فاز آسنکرون توسط کلید زبانه‌ای (2-0-1) 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.



شکل ۸ــ۸

سؤالات

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.

۴ــ۸ــ 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 حدود۴ تا۷ برابر جریان نامی از شبکه دریافت می‌کند ؛ در نتیجه احتمال دارد سیم‌های رابط و وسایل حفاظتی صدمه ببینند. به‌همین جهت موتورها را به گونه‌ای 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

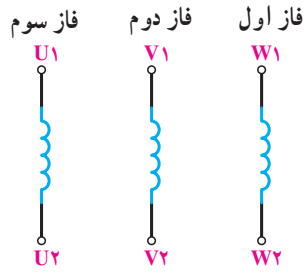
به شبکه وصل می‌کنند و موتورهای دارای جریان بالا و قدرت زیاد را، که می‌توانند در شبکه مورد نظر اتصال مثلث داشته باشند را با استفاده از مدارهای ستاره مثلث به شبکه اتصال می‌دهند.

جدول ۲ــ۸ طرز اتصال موتورهای سه‌فاز با قدرت‌های نامی مختلف به شبکه را نشان می‌دهد.

جدول ۲ــ۸ ــ طرز اتصال موتورهای سه فاز با قدرت‌های نامی مختلف به شبکه

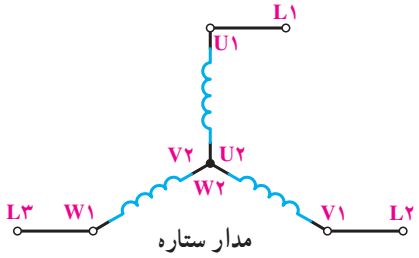
روش‌های راه‌اندازی	قدرت نامی	
	در شبکه ۲۳۰V	در شبکه ۴۰۰V
راه‌اندازی به صورت مستقیم	۱/۵ kw تا ۳ kw	۲/۲kw تا ۴ kw
راه‌اندازی به صورت ستاره مثلث	۳ kw تا ۵/۵ kw	۴kw تا ۱۱ kw
راه‌اندازی به وسیله‌ی مقاومت راه‌انداز	۷/۵ kw	۱۵ kw

طرز اتصال: کلاف‌های فازهای مختلف موتور را به صورت زیر نشان می‌دهند :

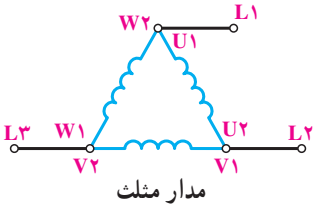


این کلاف‌ها را در اتصال ستاره مثلث، به اشکال زیر، به‌شبکه وصل می‌کنند تا مدار ستاره و مدار مثلث به دست آید.

اتصال ستاره و مثلث :



مدار ستاره

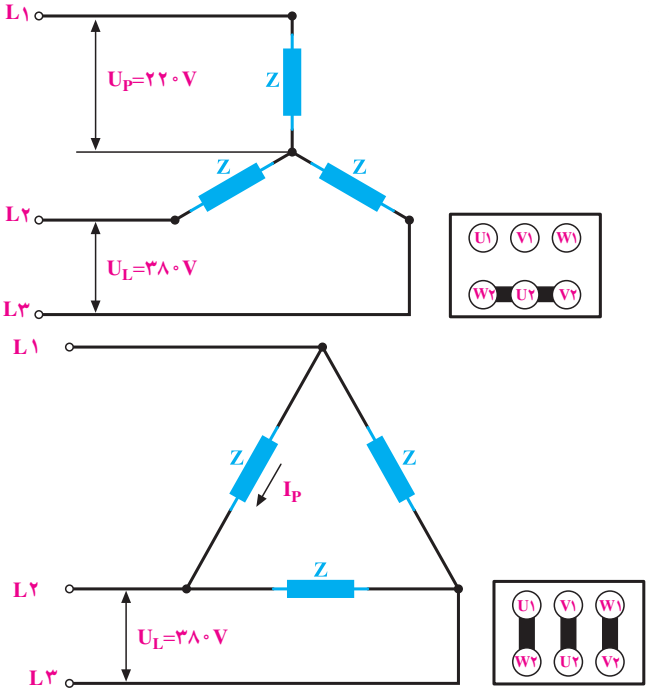


مدار مثلث

شکل ۹ــ۸

اتصال ستاره : L۱, L۲, L۳ وصل می‌شود . U۱, V۱, W۱
: U۱, V۲, W۲ اتصال کوتاه می‌شود

اتصال مثلث : L۱, L۲, L۳ . U۱, V۱, W۱
: U۱ به . W۲, V۱ . U۲, W۱ به . V۲



شکل ۱۰ــ۸ ــ اتصال ستاره و مثلث

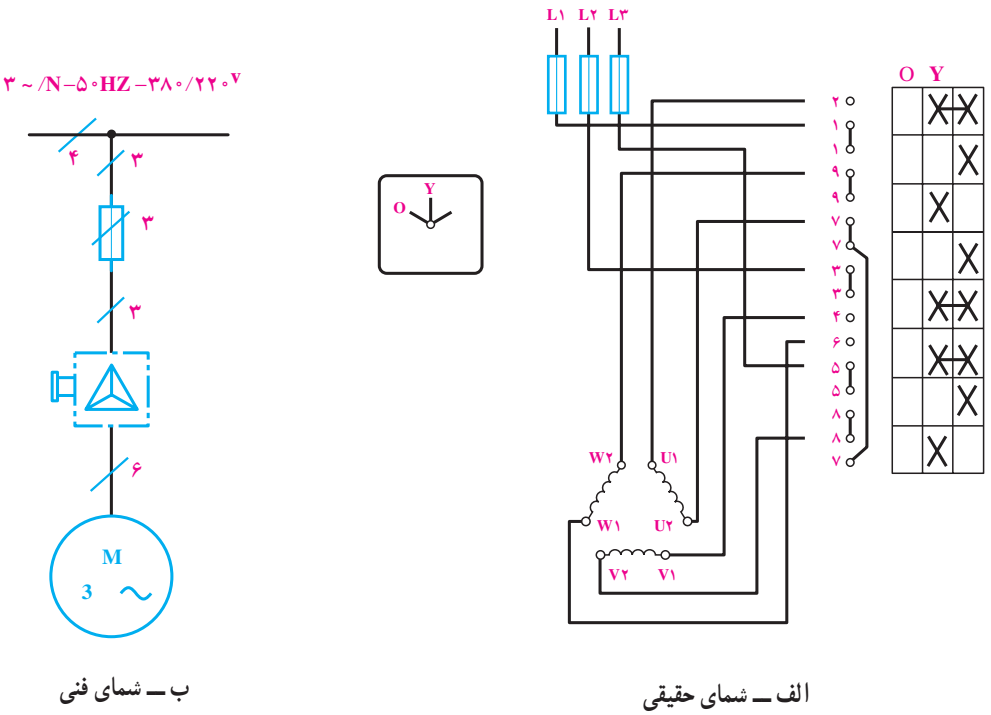
توجه

قدرت موتور در حالت ستاره، $\frac{۱}{۳}$ قدرت موتور در حالت مثلث است. گفتنی است قدرت موتور در حالت مثلث همان قدرت نامی موتور است.

توجه

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

شکل ۱۱ــ۸، 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

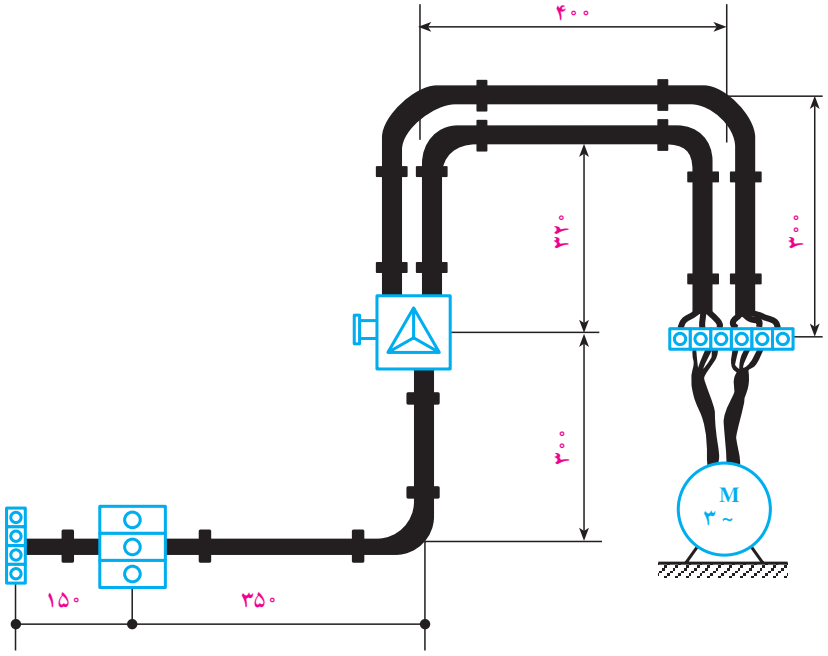
ب ــ شمای فنی

شکل ۱۱ــ۸

کار عملی ۱۲

راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت ستاره مثلث با کلید زبانه‌ای.

یک موتور سه‌فاز آسنکرون ۶۶۰/۳۸۰ V را مطابق شکل ۸ــ۱۲، توسط کلید زبانه‌ای به شبکه‌ی برق اتصال دهید و با رعایت اندازه‌های داده شده و پس از تأیید مربی، مدار را در حالت وصل قرار دهید و موتور را راه‌اندازی کنید.



شکل ۸ــ۱۲

۵ــ۸ــ کنتاکتور یا کلید مغناطیسی

کنتاکتور با استفاده از خاصیت الکترومغناطیس ــ مانند رله‌ها ــ تعدادی کنتاکت را به‌یکدیگر وصل یا از یکدیگر جدا می‌کند. از این خاصیت جهت قطع و وصل و یا تغییر اتصال مدار استفاده می‌شود.

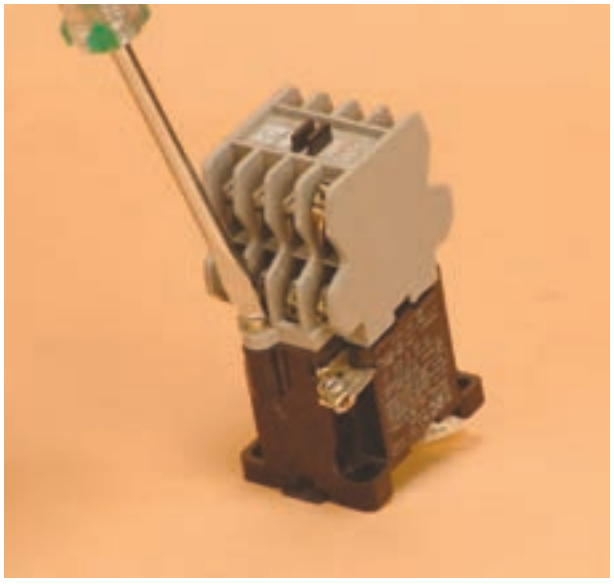
۱ــ۵ــ۸ــ ساختمان کنتاکتور: این کلید از دو هسته به شکل E یا U که یکی ثابت و دیگری متحرک است تشکیل می‌شود. در میان هسته‌ی ثابت یک بوبین یا سیم‌پیچ قرار دارد. وقتی بوبین به برق متصل می‌شود با استفاده از خاصیت مغناطیسی، نیروی کششی فنر را خنثا می‌کند و هسته‌ی فوقانی را به هسته‌ی تحتانی اتصال می‌دهد و باعث می‌شود که تعدادی کنتاکت عایق شده از یکدیگر به ترمینال‌های ورودی و خروجی کلید متصل شود و یا باعث گردد کنتاکت‌های بسته‌ی کنتاکتور باز شوند.

در صورتی که مدار تغذیه‌ی بوبین کنتاکتور قطع شود، در اثر نیروی فنری که داخل کلید قرار دارد هسته‌ی متحرک دوباره به حالت اوّل باز می‌گردد.

در شکل ۸ــ۱۳ تصاویری از چند نمونه کنتاکتور و طرح ساده‌ای را مشاهده می‌کنید.

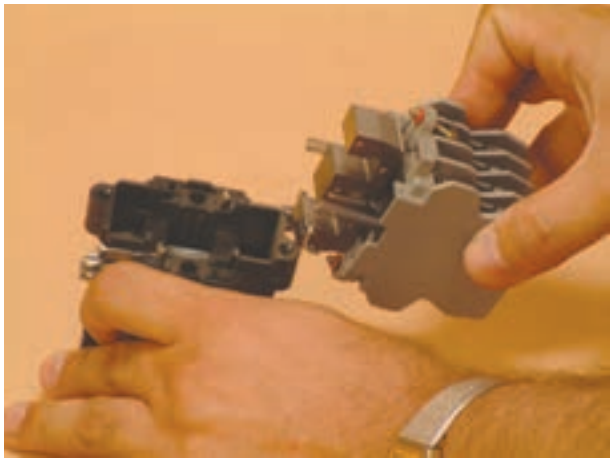
شکل ۱۳ــ۸ــ نمای چند نوع کنتاکتور

مراحل باز کردن اجزای تشکیل‌دهنده‌ی یک نوع کنتاکتور در شکل ۱۴ــ۸ نشان داده شده است.

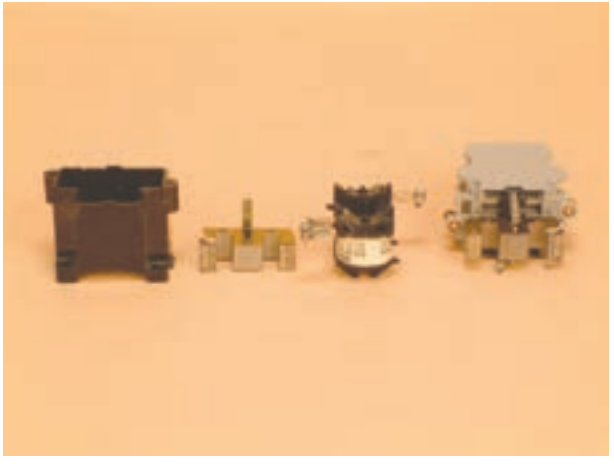


(a)

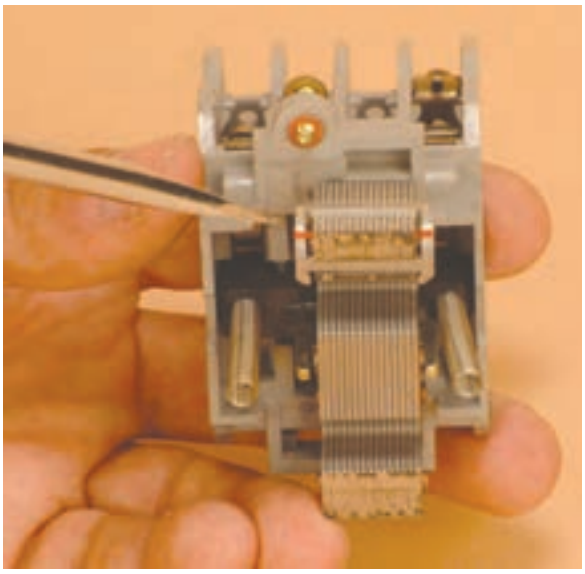
(b)



(c)

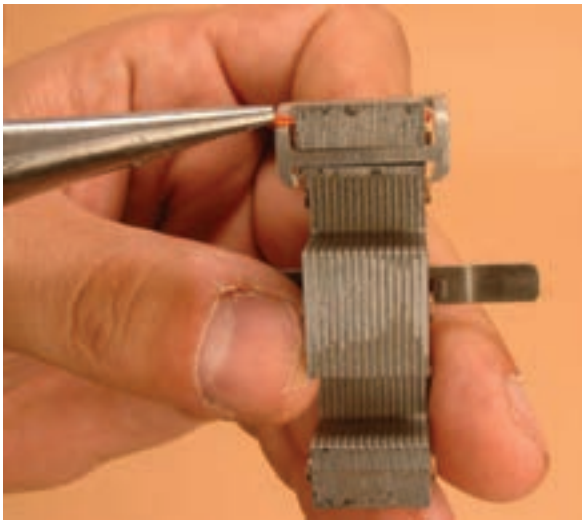


(d)

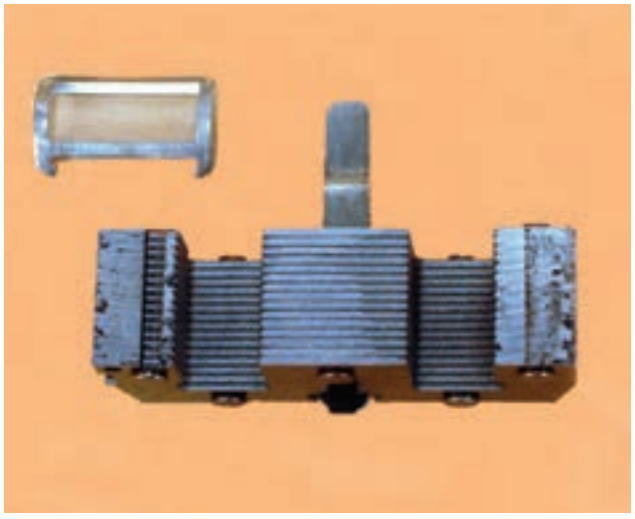


(e)

(f)



(g)



(h)

شکل ۱۴ــ۸ــ مراحل بازکردن اجزای تشکیل‌دهنده‌ی کنتاکتور

۲ــ۵ــ۸ــ مزایای استفاده از کنتاکتورها: کنتاکتورها نسبت به کلیدهای دستی صنعتی مزایایی به شرح زیر دارند :

۱ــ مصرف‌کننده از راه دور کنترل می‌شود.

۲ــ مصرف‌کننده از چند محل کنترل می‌شود.

۳ــ امکان طراحی مدار فرمان اتوماتیک برای مراحل مختلف کار مصرف‌کننده وجود دارد.

۴ــ سرعت قطع و وصل کلید زیاد و استهلاک آن کم است.

۵ــ از نظر حفاظتی مطمئن‌ترند و حفاظت مناسب‌تر و کامل‌تر دارند.

۶ــ عمر مؤثرشان بیش‌تر است.

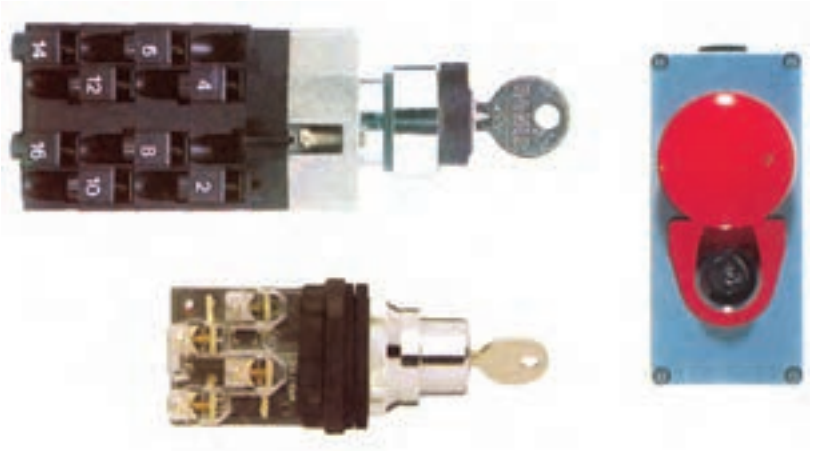
۷ــ هنگام قطع برق، مدار مصرف‌کننده نیز قطع می‌شود و به استارت مجدد نیاز پیدا می‌کند ؛ در نتیجه از خطرات وصل ناگهانی دستگاه جلوگیری می‌گردد.

۶ــ۸ــ شستی استاپ استارت و سلکتور سویچ‌های فرمان

شستی‌ها از جمله وسایل فرمان هستند، که تحریک آن‌ها به‌وسیله‌ی دست انجام می‌گیرد و در انواع مختلف و برای کاربردهای متفاوت طراحی می‌شوند.

شستی‌هایی که پس از تحریک، دو کنتاکت وصل را قطع می‌کنند شستی استاپ (قطع) و شستی‌هایی که پس از تحریک دو کنتاکت، قطع را وصل می‌کنند شستی استارت (وصل) نامیده می‌شوند. شستی‌هایی که هر دو عمل را در یک زمان اجرا می‌کنند، به شستی استاپ و استارت دوبل معروف‌اند.

شکل ۱۵ــ۸ و ۱۶ــ۸ تصاویری از چند نمونه شستی و کلید سویچ را نشان می‌دهد.



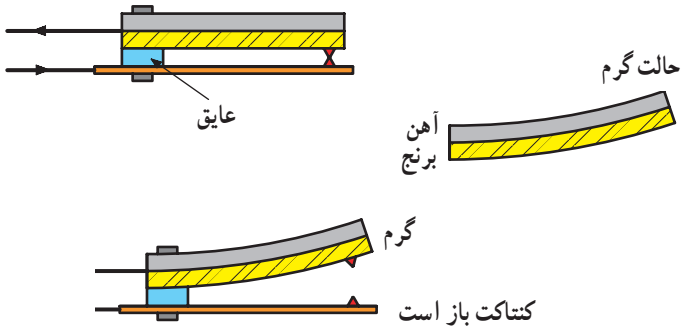
شکل ۱۵ــ۸ ــ نمای چند نوع شستی سلکتوری و شستی قفل شونده

شکل ۱۶ــ۸ ــ چند نوع شستی استاپ و استارت

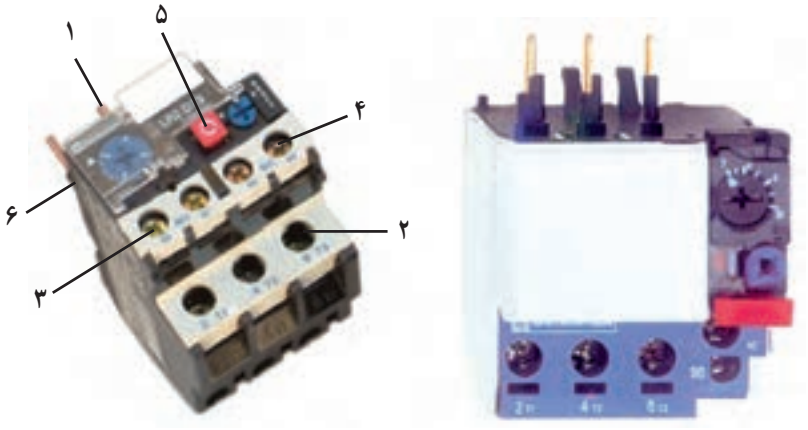
۷ــ۸ــ رله‌ی حرارتی (بی‌متال)

دستگاه‌های الکتریکی را باید در مقابل خطرات و خطاهای احتمالی حفاظت کرد. یکی از راه‌های حفاظت موتورهای الکتریکی، استفاده از رله‌ی حرارتی و رله‌ی مغناطیسی است. رله‌ی حرارتی، موتور را در مقابل اضافه‌بار (بار زیاد) حفاظت می‌کند. اصول ساختمان آن از دو فلز، که دارای ضریب انبساط طولی مختلف‌اند، تشکیل شده است (شکل ۱۷ــ۸).

این دو فلز در حالت گرم، به‌وسیله‌ی غلتک پرس و به صورت یک تکه دیده می‌شود. این دو فلز یک بی‌متال را تشکیل می‌دهند. در اثر عبور جریان، هر دو فلز گرم و طول آن‌ها زیاد می‌شود و چون ازدیاد طول یکی از فلزات بیش‌تر از دیگری است، از این‌رو دو فلز با هم خم می‌شوند. این حرکت به‌طور مستقیم و یا به‌وسیله‌ی اهرم‌هایی به یک کنتاکت منتقل می‌شود و مدار را قطع یا وصل می‌کند. از خاصیت بی‌متال در فیوزها، رله‌های بی‌متال استفاده می‌شود. رله‌های بار زیاد (بی‌متال) قابل تنظیم است و در مقابل اضافه بار از ۱/۰۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی، موتور را قطع می‌کند. در نمونه‌ی سه فاز آن رله‌ی حرارتی از سه پل قدرت برای عبور جریان اصلی مصرف‌کننده تشکیل شده و دارای دو کنتاکت فرمان است : یکی کنتاکت بسته جهت قطع مدار تغذیه‌ی کنتاکتور و دیگری کنتاکت باز که پس از عمل بی‌متال بسته می‌شود و برای اطلاع دادن از خطای حاصل در مدار به‌کار می‌رود. بعضی از این رله‌ها کلیدی دارند که برای دو حالت دستی و اتوماتیک طراحی شده‌اند. در حالت دستی پس از عمل رله باید با دست آن را به حالت اوّل برگرداند. در حالت اتوماتیک، رله پس از مدت زمانی معین به حالت اول باز می‌گردد. در شکل ۱۸ــ۸، چند نمونه رله‌ی بی‌متال نشان داده شده است.



شکل ۱۷ــ۸ــ نحوه‌ی کار بی‌متال

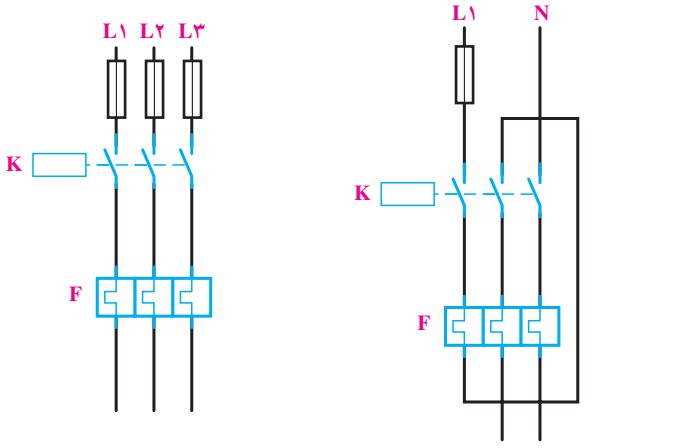


۱ــ تیغه‌های اتصال به کنتاکتور
۲ــ پیچ‌های اتصال به موتور
۳ــ ترمینال باز مدار فرمان
۴ــ ترمینال بسته مدار فرمان
۵ــ دگمه‌ی برگشت ضعیف
۶ــ پیچ تنظیم جریان

شکل ۱۸ــ۸ــ نمای خارجی بی‌متال

در شکل‌های ۱۹ــ۸ و ۲۰ــ۸ به ترتیب مشخصات و نحوه‌ی اتصال یک نمونه رله حرارتی زیر کنتاکتور را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۹ــ۸ــ مشخصات یک نمونه بی‌متال و نحوه‌ی اتصال آن به یک کنتاکتور



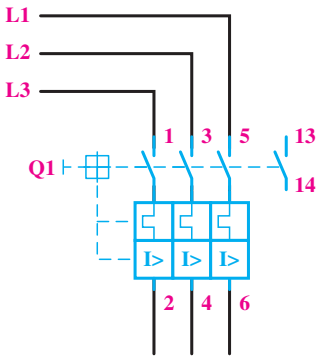
a ــ اتصال بی‌متال در جریان تک‌فاز

b ــ اتصال بی‌متال در جریان سه فاز

شکل ۲۰ــ۸ــ شکل اتصال بی‌متال در جریان تک‌فاز و سه فاز

۸ــ۸ــ کلید محافظ

کلید محافظ می‌تواند موتور را در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار حفاظت کند و برای عمل رله، معمولاً آن را روی جریان معینی تنظیم می‌کنند (۱/۵ تا ۱/۸ برابر جریان نامی). وقتی که جریان از حد تنظیم شده بیش‌تر شود، عضو حرارتی رله عمل و مدار را قطع می‌کند. عضو مغناطیسی این رله از یک هسته‌ی آهنی ثابت و یک هسته‌ی متحرک و یک بوبین تشکیل شده است؛ به‌طوری که هسته‌ی متحرک از طریق نیروی یک فنر به طرف بالا کشیده شده است. وقتی که جریان از حد تنظیم شده بالاتر رود یا در مدار اتصال کوتاه به‌وجود آید، بوبین مغناطیس شده هسته‌ی متحرک را به سمت پایین می‌کشد و باعث قطع کنتاکت‌های متصل به هسته‌ی متحرک می‌شود؛ در نتیجه رله‌ی مدار را قطع می‌کند. مدت زمان عمل رله بسیار کم است؛ به همین دلیل این رله را رله‌ی سریع می‌گویند (شکل ۲۱ــ۸).



به‌طرف مصرف‌کننده (شمای حقیقی کلید حفاظت موتور)

شکل ۲۱ــ۸ ــ کلید محافظ موتور

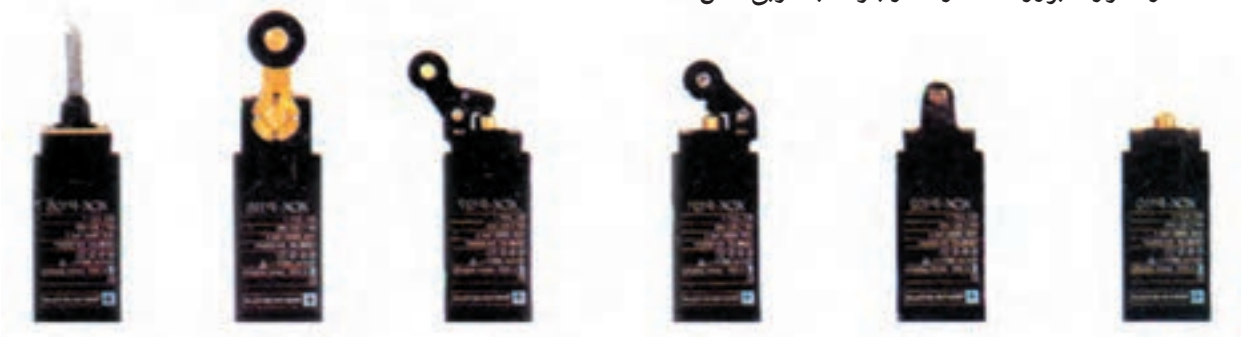
۹ــ۸ــ لامپ‌های سیگنال

لامپ‌های علامت‌دهنده یا لامپ‌های سیگنال در کلیه‌ی دستگاه‌های صنعتی و تابلوهای توزیع و تابلو فرمان به کار می‌رود. نوع استفاده از لامپ متفاوت است. از این لامپ به عنوان لامپ خبر استفاده می‌شود و می‌تواند روشن بودن، خاموش بودن و یا عیب دستگاه و ... را نشان دهد. لامپ‌های سیگنال را، قبل از هر بار کار انداختن دستگاه صنعتی، باید به‌وسیله‌ی کلید مخصوص امتحان کرد و از سالم بودن مدار و هم‌چنین لامپ آن کاملاً مطمئن شد تا در صورت بروز خطا در مدار بتواند به‌خوبی عمل کند.

۱۰ــ۸ــ لیمیت سویچ‌ها (سویچ‌های محدودکننده)

این نوع کلیدها معمولاً برای فرمان‌های مکانیکی یا محدود کردن حرکت دستگاهی به‌کار می‌روند. ساختمان داخلی آن‌ها مانند استاپ استارت‌هاست و به‌صورت ساده و دوبل و چند کنتاکته ساخته می‌شوند. در شکل‌های ۲۲ــ۸ انواع این کلیدها مشخص شده است.

کاربرد و ساختمان خارجی لیمیت سویچ‌ها متفاوت است و بستگی مستقیم به چگونگی سیستم مکانیکی دستگاه دارد.



شماره‌ی ۱ شماره‌ی ۲ شماره‌ی ۳ شماره‌ی ۴ شماره‌ی ۵ شماره‌ی ۶

۱ ــ کلید محدودکننده‌ی فشاری انتهایی
۲ ــ کلید محدودکننده‌ی قرقره‌ای
۳ ــ کلید محدودکننده‌ی قرقره‌ای یک‌طرفه از چپ
۴ ــ کلید محدودکننده‌ی قرقره‌ای یک‌طرفه از راست
۵ ــ کلید محدودکننده‌ی قرقره‌ای دو طرفه
۶ ــ کلید محدودکننده‌ی آنتنی دوطرفه

شکل ۲۲ــ۸ــ انواع لیمیت سویچ

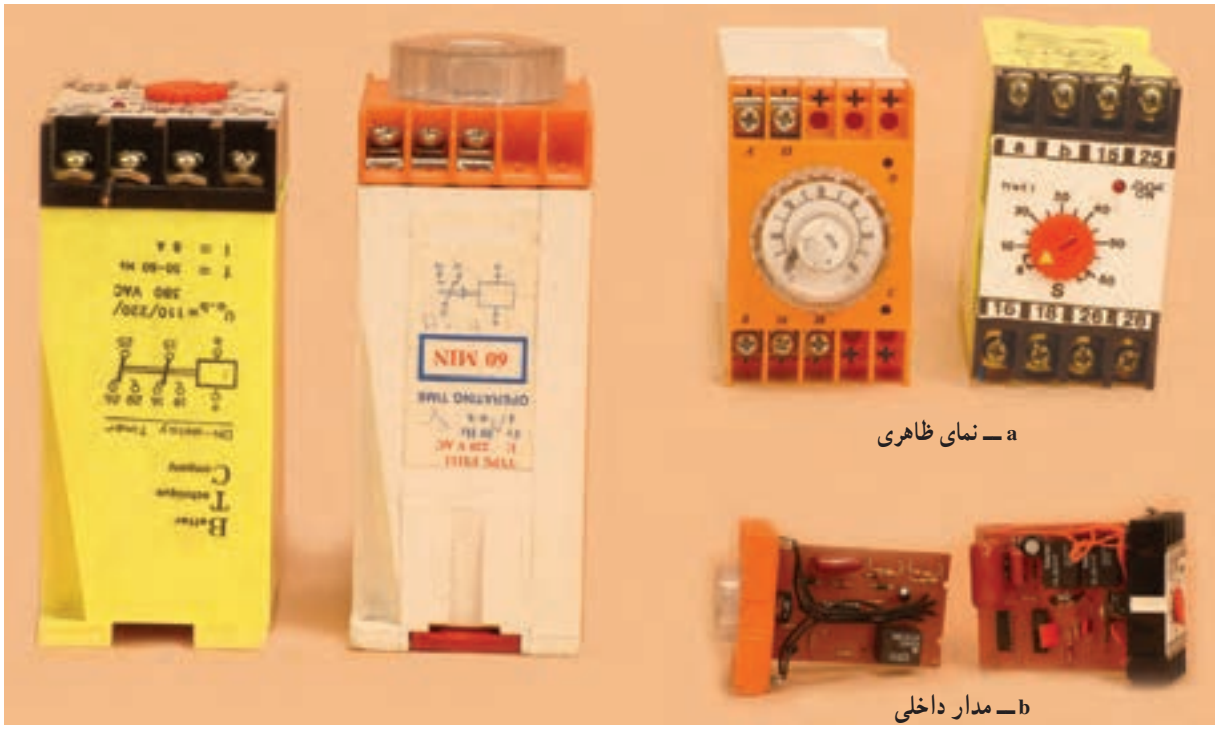
۱۱ــ۸ــ رله‌ی زمانی (تایمر)

یکی از وسایل فرمان‌دهنده‌ی مدارهای کنترل اتوماتیک، تایمرها یا رله‌های زمانی هستند که وظیفه‌ی کنترل مدار را برای مدت زمانی معین به عهده دارند.

رله‌ی زمانی الکترونیکی: از تایمرهای الکترونیکی برای تنظیم زمان‌های کم‌تر از ثانیه تا چندین ثانیه استفاده می‌شود. در ساختمان این تایمرها، از مدارها و اجزای الکترونیکی استفاده شده است. در شکل ۲۳ــ۸ــ a نمای ظاهری، مدار الکترونیکی داخلی و کنتاکت‌های یک تایمر نشان داده شده است.

در نوعی از این تایمرها، با شارژ و دشارژ شدن یک خازن بوبین، یک رله‌ی کوچک تحریک می‌شود. اصول ساختمان تایمر الکترونیکی بر مبنای مدار RC (خازن و مقاومت) و برحسب تأخیر زمانی استوار است. تنظیم این نوع تایمرها به مقدار مقاومت سر راه خازن بستگی دارد.

در ساده‌ترین نوع تایمر الکترونیکی در تایمر نوع خازنی، رله هنگامی وصل می‌شود که خازن شارژ بشود و ولتاژ دو سر آن برابر ولتاژ وصل رله گردد. پس از وصل رله، بار ذخیره شده در خازن، روی مقاومتی که توسط کنتاکت باز رله به دو سر خازن وصل می‌شود، تخلیه می‌گردد. در این نوع با تغییر ظرفیت خازن می‌توان زمان تایمر را تنظیم کرد. در شکل ۲۳ــ۸ــ b مدار الکترونیکی نوعی تایمر نشان داده شده است.



شکل ۲۳ــ۸ ــ نمای ظاهری و مدار داخلی تایمر الکترونیکی

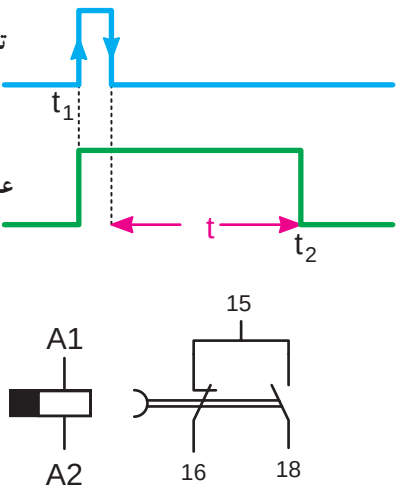
در شکل ۲۴ــ۸ دو نوع تایمر نشان داده شده است. تایمرهای متداول در صنعت برق از نوع تأخیر در وصل[1] است.

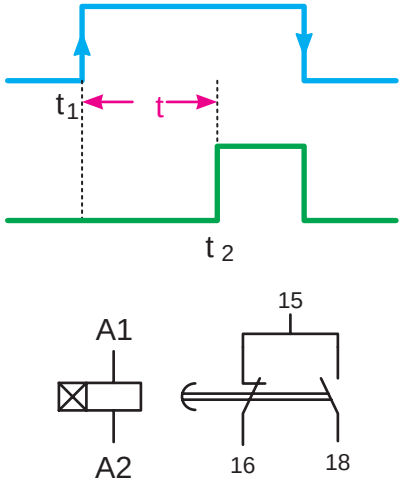
۱ــ on delay

شکل ۲۴ــ۸

این نوع تایمر با لبه‌ی بالا رونده (وصل برق) زمان‌سنجی را آغاز می‌کند و پس از اتمام زمان تنظیم شده بر روی آن، عمل می‌کند این تایمر با لبه‌ی پایین رونده (قطع برق) به حالت اولیه‌ی خود برمی‌گردد (شکل ۲۵ــ۸).

تایمر تأخیر در قطع[1] با لبه‌ی بالا رونده عمل می‌کند و با لبه‌ی پایین رونده، زمان‌سنجی را آغاز می‌کند و با اتمام زمان به حالت اولیه برمی‌گردد (شکل ۲۶ــ۸).





t_1 ــ لحظه‌ی وصل جریان بوبین تایمر
t_2 ــ لحظه‌ی عملکرد تیغه‌ی تایمر
$t = t_2 - t_1$ ــ مدت زمان تأخیر عملکرد تایمر نسبت به لحظه وصل برق

شکل ۲۵ــ۸ــ شمای حقیقی و مشخصه‌ی زمانی[2] رله‌ی تأخیر در وصل

t_1 ــ لحظه‌ی وصل جریان به بوبین تایمر
t_2 ــ لحظه‌ی عملکرد تیغه‌ی تایمر
t ــ مدت زمان تأخیرعملکرد تایمر نسبت به لحظه‌ی قطع برق

شکل ۲۶ــ۸ــ شمای حقیقی و مشخصه‌ی زمانی رله‌ی تأخیر در قطع

۱ــ off delay
۲ــ time characteristic

۱۲ــ۸ــ کلید تابع حرارت (ترموستات)

ترموستات نوعی رله‌ی حرارتی است که در مقابل درجه‌ی حرارت محیط حساس می‌شود، آن‌گاه عمل می‌کند. این وسیله در دستگاه‌های مختلف صنعتی دارای کاربرد فراوان است و وظیفه‌ی تعادل حرارتی دستگاه را به‌عهده دارد. در صورتی که درجه‌ی حرارت از حد تنظیمی فراتر رود، کلید عمل می‌کند. به‌طوری که کنتاکت باز را می‌بندد و یا کنتاکت بسته‌ای را باز می‌کند. از ترموستات بیش‌تر در وسایل حرارتی و برودتی مانند شوفاژ، یخچال و چیلر و هم‌چنین کوره‌ها استفاده می‌شود. شکل ۸ــ۲۷ یک نمونه ترموستات را نشان می‌دهد.

شکل ۸ــ۲۷

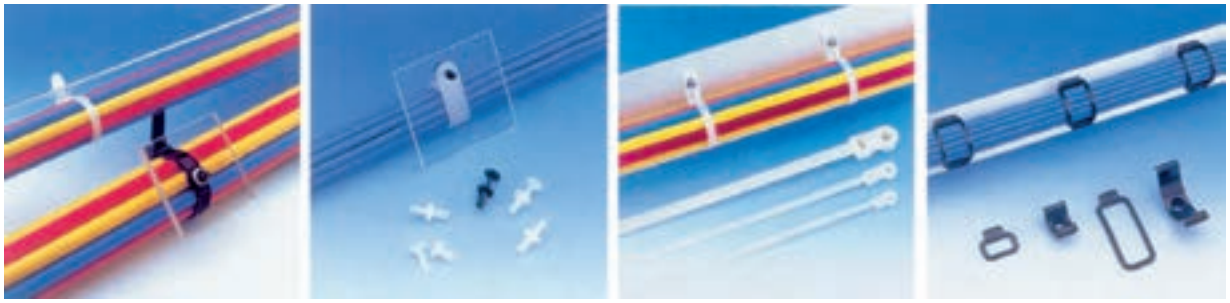
۱۳ــ۸ــ حروف و اعداد پلاستیکی

برای مشخص‌کردن سر و ته سیم‌های متصل شده در زیر پیچ وسایل مختلف، معمولاً از حروف و اعداد پلاستیکی روی سیم‌ها استفاده می‌شود. این حروف و اعداد محل‌های اتصال سر و ته سیم را مشخص می‌کنند (شکل ۸ــ۲۸).

شکل ۸ــ۲۸ــ حروف و اعداد پلاستیکی

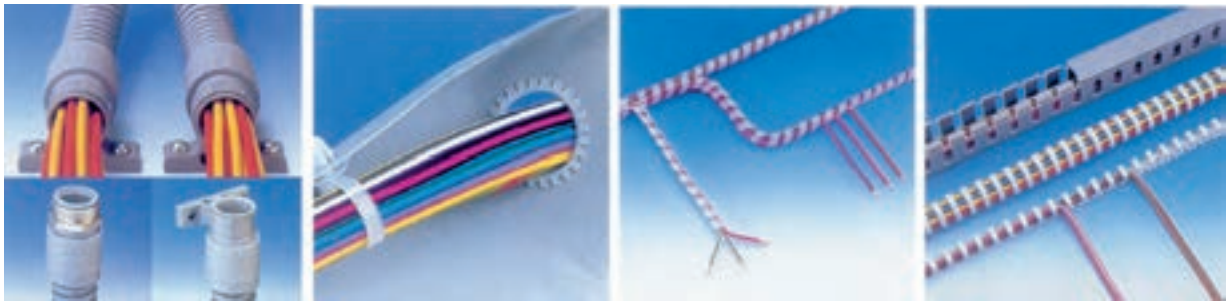
۱۴ــ۸ــ کمربند کابل

در مواردی که تعداد زیادی سیم در مسیر کانال قرارگرفته باشد و یا به دلایلی سیم‌ها در مسیر خارج از کانال واقع شوند، برای مشخص‌کردن و دسته‌بندی سیم‌هایی که مربوط به یک قسمت خاص‌اند از کمربند کابل جهت بستن و محکم‌کردن سیم‌ها استفاده می‌شود. شکل ۸ــ۲۹ نمونه‌های مختلفی از این نوع بست را نشان می‌دهد.



شکل ۲۹ــ۸ــ نمونه‌های مختلف کمربند کابل

روش‌های دیگری برای دسته‌بندی سیم‌ها در تابلوهای برق، از جمله استفاده از لوله‌های خرطومی، کانال‌های شیاردار و نوارهای بانداژ پلاستیکی وجود دارد که در شکل ۳۰ــ۸ مشاهده می‌نمائید.



شکل ۳۰ــ۸

۱۵ــ۸ــ علایم اختصاری

قبل از بررسی و اتصال مدارهای الکتریکی لازم است با برخی علایم اختصاری الکتریکی آشنا شویم. جدول ۳ــ۸ تا ۷ــ۸ نمونه‌های مختلفی از این علایم را نشان می‌دهد.

● **کنتاکت‌ها**

جدول ۳ــ۸

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
کنتاکت باز تایمر با تأخیر در قطع	
کنتاکت باز تایمر با تأخیر در وصل	
کنتاکت بسته تایمر با تأخیر در قطع	
کنتاکت بسته تایمر با تأخیر در وصل	

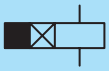
● وسایل خبردهنده

جدول ۴ــ۸

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
لامپ خبر	
بوق	
زنگ	
آژیر	

● کنتاکتور و رله

جدول ۵ــ۸

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
بوبین کنتاکتور	
رله با تأخیر در وصل	
رله با تأخیر در قطع	
رله با تأخیر در قطع و وصل	
رله با تحریک حرارتی (بی‌متال)	
رله‌ی اضافه جریان (جریان زیاد)	

● کلیدها و کنتاکت‌ها

جدول ۷ــ۸

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
کلید یک‌فاز	
کلید سه‌فاز	
شستی وصل (استارت)	
شستی قطع (استپ)	
شستی وصل و قطع (استپ و استارت دوبل)	
کنتاکت باز لیمیت سوییچ	
کنتاکت بسته لیمیت سوییچ	
کنتاکت باز کنتاکتور	
کنتاکت بسته کنتاکتور	
کنتاکت بسته (مدار فرمان) بی‌متال	

● محرک عملگرها (محرک وسایل)

جدول ۶ــ۸

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
محرک دستی	
محرک فشاری (با دست)	
محرک فشاری (با پدال)	
قفل مکانیکی	
محرک موتوری	

۱۶ــ۸ــ حروف شناسایی

هر دستگاهی که در مدار فرمان مورد استفاده قرار می‌گیرد با یک حرف لاتین شناسایی و به‌وسیله‌ی همین حرف در تمامی نقشه‌ها و لیست وسایل نشان داده می‌شود. این حروف در جدول ۸ــ۸ استاندارد شده است. اگر تعداد دستگاه‌ها در یک نقشه‌ی مشابه از یکی بیش‌تر باشد، در این صورت به دنبال حرف مشخص‌کننده‌ی دستگاه، عدد نیز آورده می‌شود ؛ مانند Q_3 و Q_2 و Q_1 و یا K۲M و K۱M و یا K۲T و K۱T .

جدول ۸ــ۸

حروف شناسایی	نوع تجهیزات	مثال‌ها
C	خازن‌ها	خازن‌های الکترولیتی، خازن‌های غیرالکترولیتی، خازن‌های متغیر
F	وسایل حفاظتی	فیوزها، وسایل حفاظتی over voltage و رله‌های حفاظتی کلیدهای فیوزدار، وسایل قطع‌کننده، کلیدهای قطع و وصل اتوماتیک
G	ژنراتورها ــ منابع تغذیه	ژنراتورهای چرخان، مبدل‌های فرکانس چرخان، باتری‌ها، منابع تغذیه قدرت
H	وسایل خبردهنده (نمایشگر)	وسایل نمایشگر صوتی و نوری (بوق، آژیر، لامپ، ساعت زنگ‌دار)
K	کنتاکتورها و رله‌ها	کنتاکتورها، کنتاکتورهای کمکی، رله‌های زمانی
L	وسایل القایی	چوک، سیم‌پیچ، فیلتر
M	موتورهای الکتریکی	موتور سه‌فاز، موتور تک‌فاز
N	تقویت‌کننده‌ها، تنظیم‌کننده‌ها	تقویت‌کننده‌ها، تنظیم‌کننده‌ها (رگولاتورها)، وسایل الکترونیکی
P	وسایل اندازه‌گیری و وسایل آزمایش (تست)	نشان‌دهنده‌ها، ثبات‌ها، شمارنده‌ها، وسایل اندازه‌گیری، آمپرمتر، ولت‌متر
Q	کلیدهای قدرت	کلیدهای جداکننده، کلیدهای قطع و وصل حفاظتی، کلیدهای حفاظت موتور
R	مقاومت‌ها	مقاومت‌های ثابت، مقاومت‌های قابل تنظیم
S	کلیدها، سلکتورها (انتخاب‌کننده)	کلید فشاری، میکروسوئیچ، کلید کنترل
T	ترانسفورماتورها	ترانسفورماتور ولتاژ، ترانسفورماتور جریان، ترانسفورماتور ایزوله، مبدل‌های AC به DC
X	ترمینال‌ها، فیش‌ها، دوشاخه و پریز	دوشاخه و پریز، سوکت‌های نر و ماده، اتصال‌دهنده، فیش آزمایش (تست)
Y	تجهیزات مکانیکی که با برق کار می‌کنند.	ترمزها، کلاچ‌ها، شیرها، چاپگرها، دورنگار، دربازکن

ــ دورریز سیم‌های مصرفی (خرده سیم) را در محل مناسبی که از قبل تهیه شده بریزید.

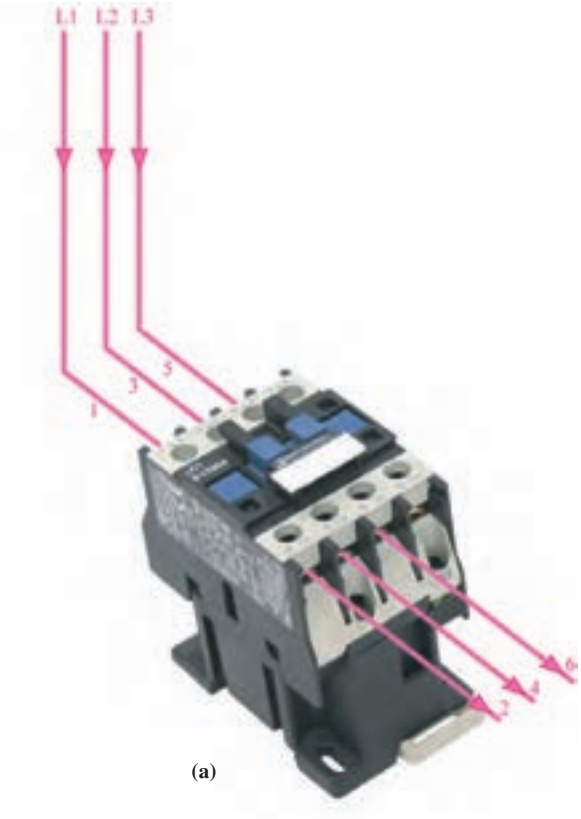
کار عملی ۱۳

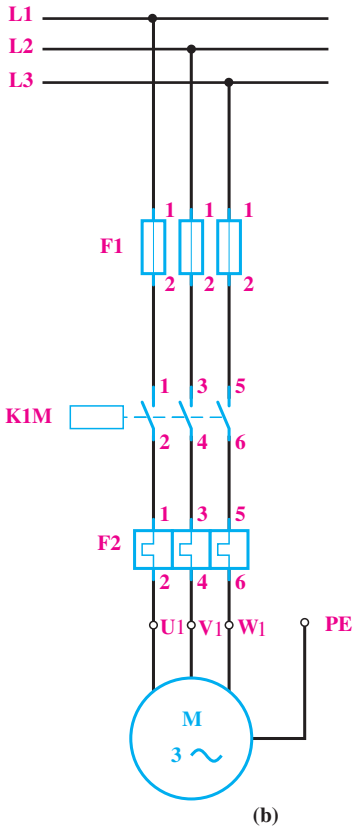
راه‌اندازی موتور سه فاز با کنتاکتور

یک موتور سه فازه‌ی آسنکرون رتور قفسی با مشخصات ۴A و ۳۸۰V Δ و ۲kW که بر روی یک ماشین ابزار ساده نصب شده است، باید توسط کنتاکتور به شبکه‌ی ۳۸۰ ولتی اتصال یابد. مدار الکتریکی این موتور را ترسیم و تجهیزات لازم برای آن را انتخاب کنید.

حل: چون طبق خواسته‌ی مثال، فقط اتصال این موتور به شبکه و قطع آن موردنظر است، پس به یک کنتاکتور K1M و یک شستی وصل I و یک شستی قطع 0 نیاز است.

مدار قدرت: به نقشه‌ای که انرژی الکتریکی را از شبکه‌ی سه فاز دریافت و به مصرف‌کننده منتقل می‌کند نقشه مدار قدرت می‌گویند. در این مدار کنتاکتور K1M باید موتور را به شبکه اتصال دهد ؛ به این ترتیب، مدار قدرت آن با فیوز برای حفاظت در برابر اتصال کوتاه و بی‌متال برای حفاظت در برابر بار زیاد است (شکل ۳۱ــ۸).



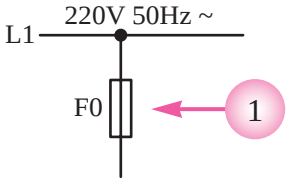


شکل ۳۱ــ۸ــ مدار قدرت

مدار فرمان: به نقشه‌ای که از آن برای ارسال نحوه‌ی عملکرد یا تعیین مدت زمان کارکرد مدار قدرت استفاده می‌شود، نقشه‌ی «مدار فرمان» گویند.

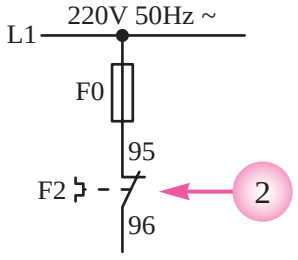
ولتاژ کار اغلب مدارهای فرمان شبکه تک‌فاز است. در ترسیم یا نقشه‌خوانی مدارهای فرمان صنعتی به نکات زیر باید توجه کرد :

۱ــ در تمامی مدارهای الکتریکی ضروری است از یک فیوز که به‌صورت سری با کل مدار قرار می‌گیرد، جهت حفاظت مدار در مقابل اتصال کوتاه استفاده کرد (قطعه‌ی ۱ در شکل ۸ــ۳۲).



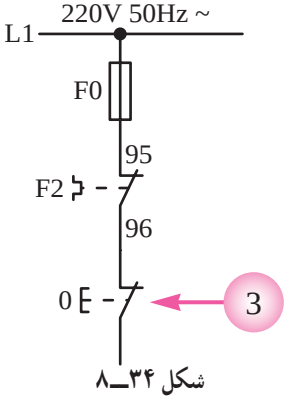
شکل ۸ــ۳۲

۲ــ در برخی مدارهای الکتریکی صنعتی روی حفاظت مدار در برابر اضافه بار احتمالی از عنصری به نام بی‌متال، بعد از فیوز در مدارهای فرمان، استفاده می‌شود (قطعه‌ی ۲ در شکل ۸ــ۳۳).



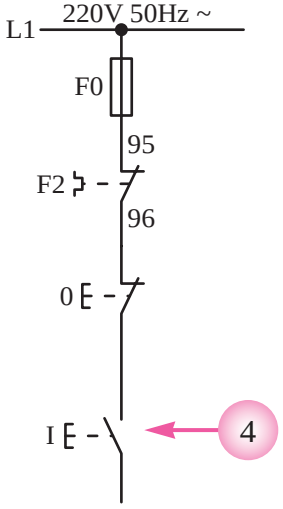
شکل ۸ــ۳۳

۳ــ یکی از قطعاتی که در مدارهای صنعتی نقش قطع‌کننده‌ی مدار را دارد، شستی استپ است. اگر هدف استفاده از شستی استپ قطع کل مدار باشد، باید آن را همیشه به‌صورت سری پس از بی‌متال در مدار قرار داد. در صورتی که هدف قطع یک قسمت از مدار باشد شستی استپ را باید فقط در مسیر آن وسیله قرار داد (قطعه‌ی ۳ در شکل ۸ــ۳۴).



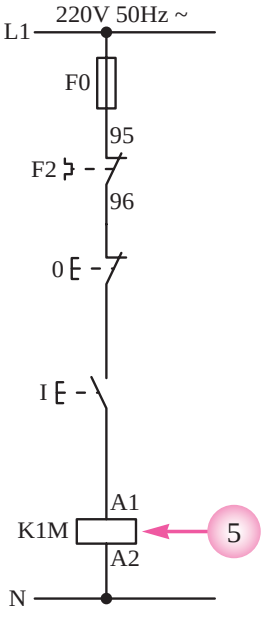
شکل ۸ــ۳۴

۴ــ برای شروع به کار هر مدار فرمانی باید از یک وسیله‌ی وصل کننده مانند یک کلید یا شستی استارت استفاده کرد، که محل قرار گرفتن آن پس از شستی استپ مدار است (قطعه‌ی ۴ شکل ۸ــ۳۵).



شکل ۸ــ۳۵

۵ــ در انتهای هر مسیر ساده‌ی جریانی اگر از وسایل و تجهیزات دیگری استفاده شود باید بوبین رله‌های عملگر، مانند بوبین کنتاکتورها را قرار داد. برای این‌که راحتی کار در زمان سیم‌کشی و عملگر معمولاً یک طرف بوبین کنتاکتورها به سیم نول وصل می‌شود و در نتیجه با وصل کلیدها یا شستی‌های مدار، سیم فاز به سمت دیگر بوبین کنتاکتور وصل می‌شود و پس از مغناطیس شدن آن، کنتاکت‌های آن عمل می‌کند (قطعه‌ی ۵ در شکل ۸ــ۳۶).



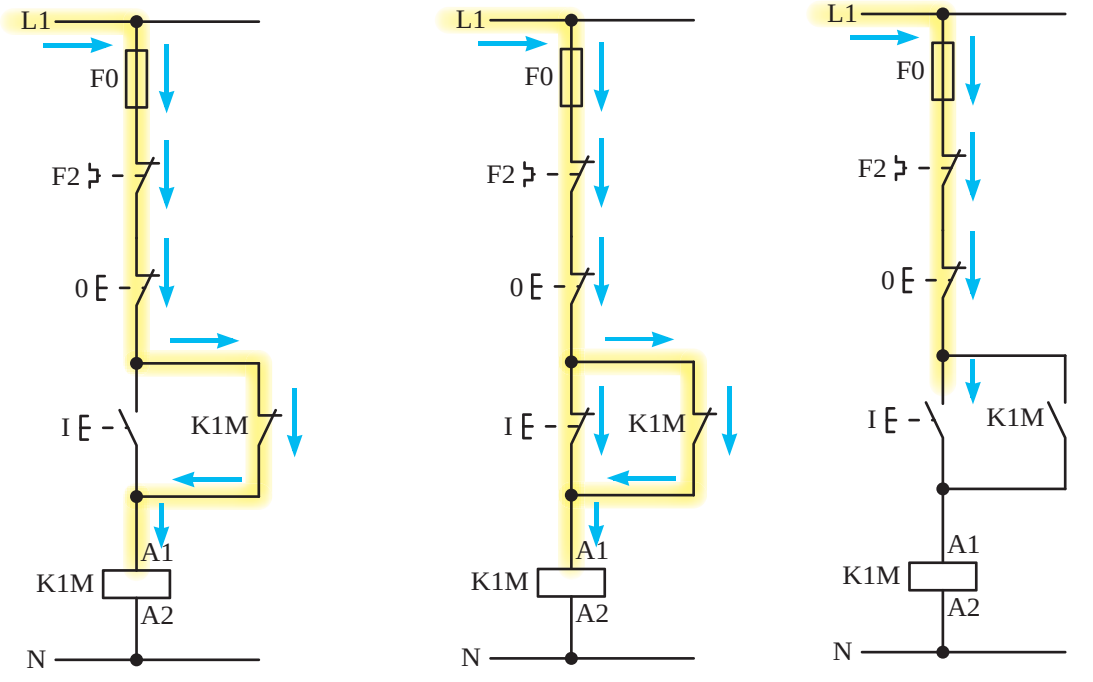
شکل ۸ــ۳۶

اگر بخواهیم با فشار بر شستی، مدار فرمان به‌صورت لحظه‌ای کار کند کافی است به‌جای کلید یک پل از یک شستی استارت استفاده کرد.

همان‌طوری که در نقشه مدار فرمان مشخص است جریان از طریق فیوز (F0) بی متال(F۲) ، استپ (o) تا استارت (I) آمده است. هرگاه شستی استارت وصل شود جریان به بوبین کنتاکتور می‌رسد و آن را مغناطیس می‌کند. در نتیجه تیغه‌های آن که در مدار قدرت قرار دارند وصل می‌شود و جریان سه فاز به سرهای U۱، V۱، W۱ موتور می‌رسد و تا زمانی که دست ما روی شستی باشد، کار می‌کند. هرگاه دست را از روی شستی برداریم برق بوبین قطع می‌شود و در نتیجه موتور خاموش می‌گردد.

در صورتی که بخواهیم با استفاده از شستی‌های استارت و استپ یک مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز را به‌صورت دایم کار طراحی کنیم، کافی است یکی از کنتاکت‌های باز کنتاکتور را به‌صورت موازی با شستی استارت قرار دهیم. چون تیغه باعث می‌شود تا مدار در شرایط پایدار باقی بماند به همین دلیل به این کنتاکت «تیغه‌ی خود نگه‌دارنده» نیز گفته می‌شود.

نحوه‌ی عملکرد مدار فرمان در سه وضعیت (قبل از زدن شستی، لحظه‌ی وصل شستی و پس از قطع شستی) را در شکل ۸ــ۳۷ مشاهده می‌کنید.

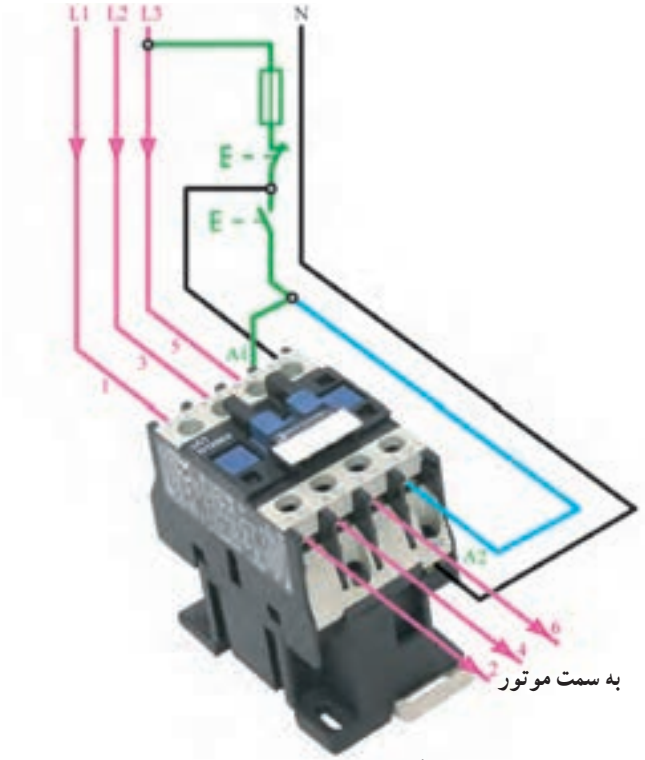


الف) قبل از زدن شستی استارت

ب) لحظه‌ی وصل شستی استارت

ج) پس از قطع شستی استارت

شکل ۸ــ۳۷



شکل ۳۸ــ۸ــ مدار فرمان

انتخاب وسایل: مشخصات کنتاکتور K۱M و وسایل حفاظتی مناسب نیز از روی مشخصات موتور تعیین می‌شود. چون موتور آسنکرون رتور قفسی است و ترمز و حالت چپ‌گرد ــ راست‌گرد شدن نیز در این موتور لازم نیست، کنتاکتور ۳ AC با جریان نامی بیش‌تر از ۴A در ولتاژ ۳۸۰ ولت و با بوبین ۲۲۰ ولت استفاده می‌شود. بی‌متالی F۲ مورد استفاده در مدار قدرت باید روی ۴A میزان شود ؛ پس باید بی‌متالی که جریان نامی آن مثلاً بین ۲/۵ A تا ۶A باشد، انتخاب گردد.

برای حفاظت دربرابر اتصال کوتاه موتور نیز چون جریان نامی موتور ۴A است و برای حفاظت در برابر اتصال کوتاه آن باید از فیوزی با ۲ تا ۲/۵ برابر جریان نامی استفاده شود، پس از فیوز کندکار F۱ با جریان نامی ۱۰A استفاده می‌کنیم. برای حفاظت مدار فرمان نیز فیوز کندکار F0 با جریان نامی ۴A مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تمرین

۱ــ یک روش برای حفاظت اشخاصی که با ماشین‌های برش و قیچی کار می‌کنند این است که هنگام کار با آن‌ها، هر دو دست روی شستی‌های فرمان باشد تا موقع پایین آمدن تیغه‌ی ماشین، دست در زیر آن قرار نگیرد و صدمه‌ای نبیند. مدار قدرت و مدار فرمان یک موتور ساده را، با تدبیر ذکر شده برای یک ماشین برش صحافی، ترسیم و مشخص کنید فاصله‌ی شستی‌ها در روی ماشین در چه حدودی باید باشد.

۲ــ در یک کارگاه صنعتی لازم است در مواقع خطر، مدار اصلی همه‌ی ماشین‌ها را از نقاط مختلف کارگاه قطع کرد. مدار قدرت و مدار فرمان را برای تغذیه‌ی ماشین‌های این کارگاه ترسیم کنید ؛ در صورتی که در این کارگاه دو ماشین تراش ساده با موتورهای سه فاز و یک ماشین سنگ سمباده و یک ماشین مته با موتورهای یک فاز وجود داشته باشد.

راه اندازی موتور سه فاز با شستی و پدال

در یک ماشین چوب‌بری، از یک موتور سه فاز آسنکرون رتور قفسی به قدرت ۱/۵ کیلووات استفاده شده است. برای اتصال دائمی این موتور به شبکه، از یک شستی و برای قطع آن از شستی دیگری استفاده می‌شود. علاوه بر این دو شستی، توسط یک پدال (توسط فشار پا، فرمان می‌دهد) نیز باید بتوان موتور را به طور موقت به شبکه متصل کرد. از این پدال برای مواقعی که بخواهیم زمان کار موتور تحت کنترل باشد استفاده می‌شود و باید تا زمانی که توسط پا بر روی آن فشار وارد می‌شود، موتور بچرخد و زمانی که پا از روی پدال برداشته شد، مدار موتور نیز قطع گردد.

شکل ۳۹ــ۸

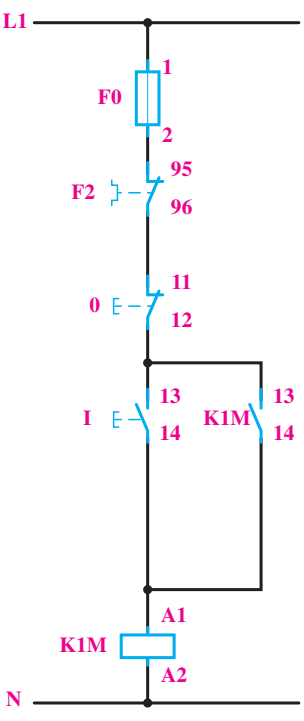
مدار قدرت و مدار فرمان این موتور را طراحی و کنتاکتور و وسایل حفاظتی مناسب را برای آن انتخاب کنید.

حل

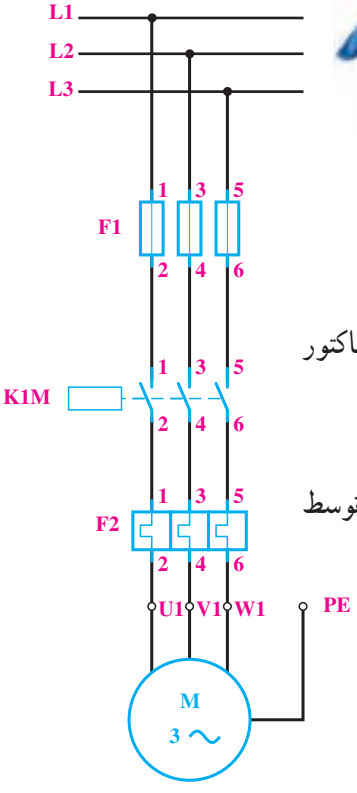
مدار قدرت: موتور این ماشین باید به‌طریقی ساده، توسط یک کنتاکتور، به شبکه اتصال یابد و به وسیله‌ی فیوز و بی‌متال، در برابر اتصال کوتاه و اضافه بار حفاظت شود. بنابراین، مدار آن مانند شکل ۴۰ــ۸ خواهد شد.

مدار فرمان: با توجه به مطالب خواسته شده در این ماشین، برای راه‌اندازی و کار با آن، در مجموع سه شستی لازم است. از شستی I برای حالت کار دائم ماشین و از شستیII، که توسط پا فرمان می‌گیرد (پدال)، برای کار لحظه‌ای آن استفاده می‌شود. برای قطع کامل مدار نیز شستی0 به کار می‌رود.

برای طراحی مدار فرمان، ابتدا با در نظر گرفتن وظیفه‌ی شستی I (مانند کار عملی۱)، مدار را برای کار دائم طراحی می‌کنیم. در این صورت شکل ۴۱ــ۸ به دست می‌آید. می‌دانیم اگر کنتاکت نگاه‌دارنده K1M، که با شستی وصل I موازی شده است، در مدار وجود نداشته باشد، با حذف فشار وارد شده به شستی، مدار کنتاکتور نیز قطع خواهد شد.



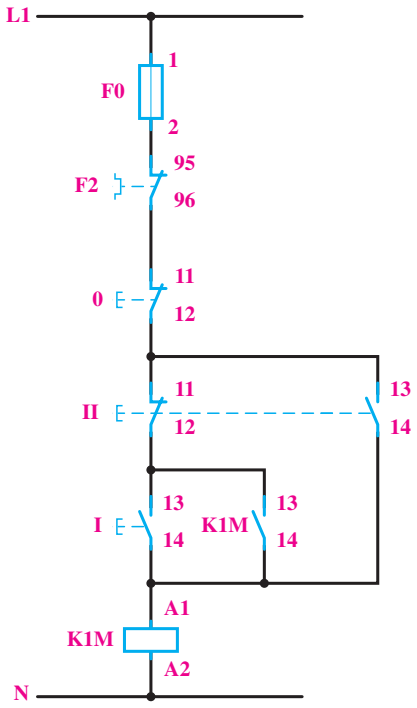
شکل ۴۱ــ۸



شکل ۴۰ــ۸ــ مدار قدرت

پس برای کار موقت ماشین، باید شستی II را به طریقی در مدار اضافه کنیم که بدون کنتاکت نگاه‌دارنده باشد و نیز مدار کنتاکت باز مربوط به شستی I را نیز قطع کند. اگر شستی II را با شستی I به صورت موازی قرار دهیم، در این‌صورت کنتاکت باز K۱M نیز با آن موازی می‌شود و دوباره موتور به طور دائم به شبکه وصل خواهد شد. بنابراین، باید راهی پیدا کرد که با فشار دادن به شستی II مدار کنتاکت باز K۱M قطع شود.

ساده‌ترین راه این است که از خود شستی II برای این منظور استفاده کنیم. بنابراین، شستیII را دوبل انتخاب می‌کنیم و کنتاکت بسته‌ی آن را در مسیر شستی I و کنتاکت باز K۱M قرار می‌دهیم تا با فشار دادن به آن، مسیر کنتاکت نگاه‌دارنده باز شود. در شکل ۴۲ــ۸ مدار فرمان کامل این مثال، به همراه وسایل حفاظتی، ترسیم شده است.



شکل ۴۲ــ۸ــ مدار فرمان نهایی

ــ در صورتی که کار شما جواب نداد دستپاچه نشوید و به دقت یک بار دیگر از روی نقشه کار خود را بررسی کنید.

انتخاب وسایل: چون احتمال وصل موتور به شبکه در زمان‌های کم و پشت سرهم توسط پدال وجود دارد، کنتاکتور انتخابی برای آن باید از نوع AC۴ باشد و حداقل در ولتاژ ۳۸۰ ولت، توانایی قطع و وصل موتور تا ۱/۵ کیلووات را داشته باشد (این مطلب در روی پلاک کنتاکتور نوشته شده است). برای حفاظت موتور در برابر اضافه بار، باید بی‌متال را روی ۳ آمپر میزان کرد و برای حفاظت موتور در برابر اتصال کوتاه نیز از فیوز کندکار ۶ آمپر استفاده نمود. جهت حفاظت مدار فرمان نیز یک فیوز ۴A کندکار لازم است.

کار عملی ۱۵

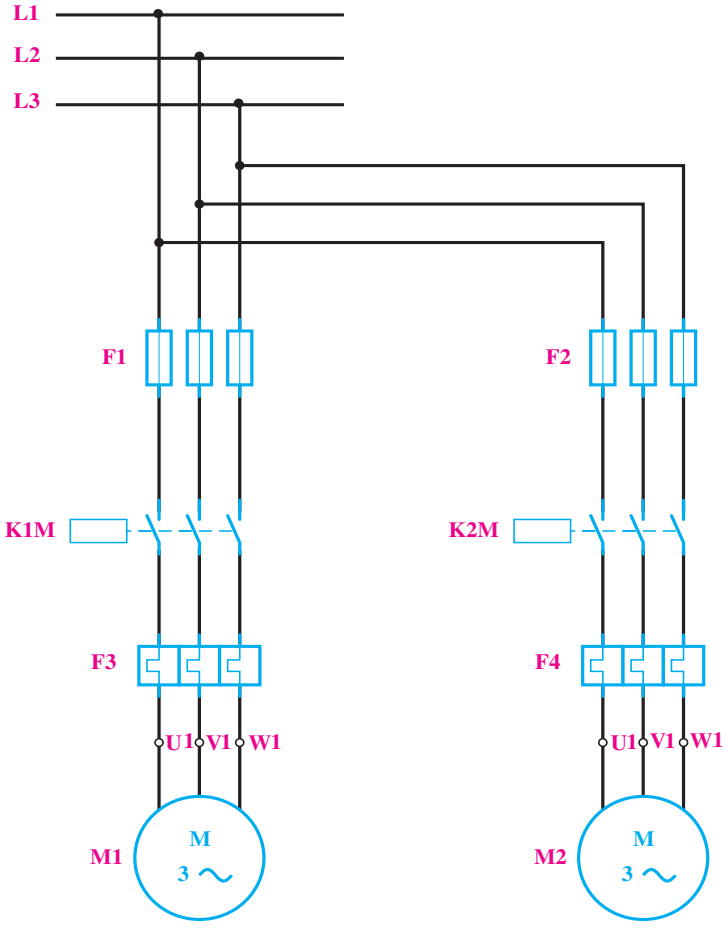
راه‌اندازی دو موتور سه‌فاز به صورت یکی پس از دیگری

در یک ماشین صنعتی از دو موتور M۱ و M۲ استفاده شده است. موتور M۱ یک موتور سه فاز برای پمپ روغن به قدرت ۰/۵ کیلووات و جریان ۱/۵ آمپر و موتور M۲ یک موتور سه فاز به قدرت ۵ کیلووات و جریان ۱۰A است.

طرز کار این ماشین به طریقی است که موتور اصلی بدون پمپ روغن نباید کار بکند، اما پمپ روغن می‌تواند به تنهایی به‌کار رود. با طراحی مدار الکتریکی این کار، نوع کنتاکتور و جریان نامی حفاظت‌کننده‌های لازم را حساب کنید. نقشه‌ی مسیر جریان، نقشه‌ی مونتاژ و نقشه‌ی خارجی را نیز برای این کار عملی ترسیم کنید.

حل:

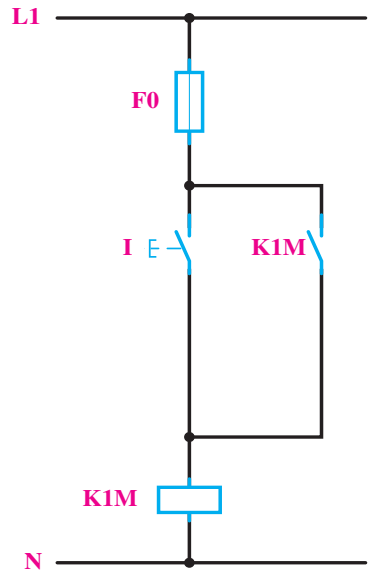
مدار قدرت: با توجه به صورت مثال، برای مدار قدرت آن به یک کنتاکتور جهت هریک از موتورها نیاز است. بنابراین، برای موتور M۱ ، کنتاکتور K۱M و برای موتور M۲ ، کنتاکتور K۲M را در نظر می‌گیریم و مدار قدرت آن را مانند شکل ۴۳ــ۸ ترسیم می‌کنیم. حفاظت برای اتصال کوتاه و حفاظت برای بار زیاد، در مورد هر یک از موتورها به‌طور جداگانه درنظر گرفته می‌شود.



شکل ۴۳ــ۸ــ مدار قدرت

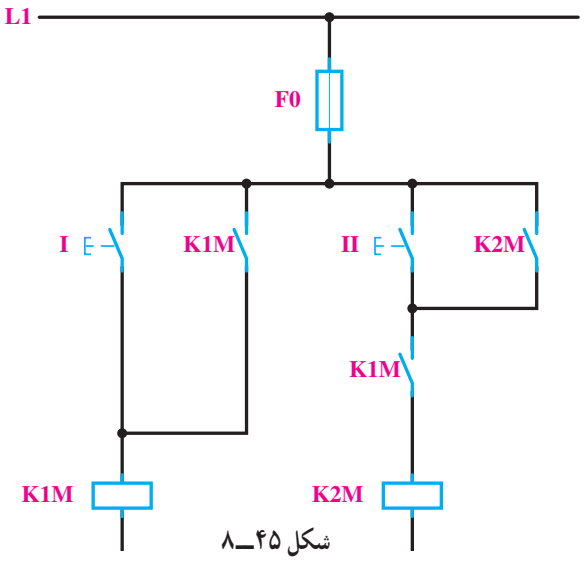
مدار فرمان: برای مدار فرمان به سه شستی احتیاج است که شستی I برای راه‌اندازی پمپ M۱ ، شستی II برای راه‌اندازی موتور M۲ و شستی 0 برای قطع مدار به‌کار می‌روند.

برای طرح مدار فرمان، ابتدا با توجه به صورت مثال، مدار را برای راه‌اندازی موتور M۱ به‌وسیله‌ی کنتاکتور K۱M (مانند شکل ۴۴ــ۸) طراحی می‌کنیم، به‌طوری که با فشار به شستی I کنتاکتور K۱M جذب و توسط کنتاکت باز خود، نگاه داشته شود.



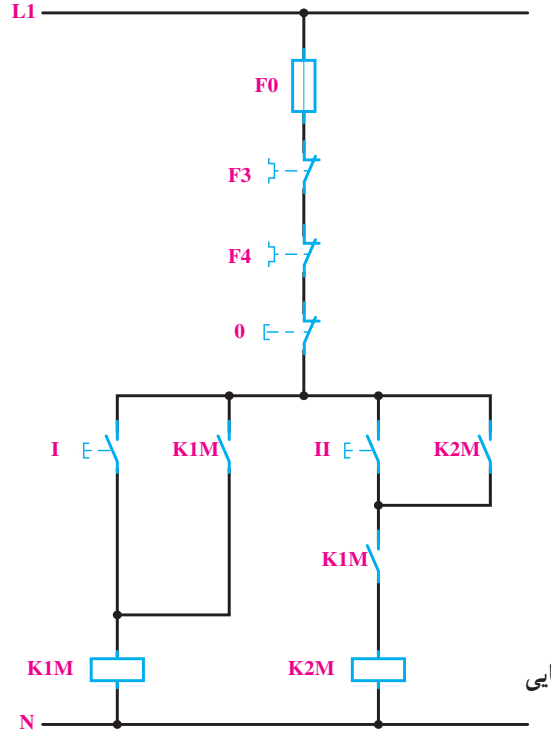
شکل ۴۴ــ۸

موتور M۲ نباید بدون موتور M۱ کار کند. این موضوع را باید در مدار فرمان پیش‌بینی کرد. از این‌رو باید ترتیبی اتخاذ شود که در صورت کار نکردن موتور M۱ ، مدار بوبین کنتاکتور K۲M قطع باشد. برای این کار می‌توانیم از یک کنتاکت باز K۱M به‌طور سری در مدار بوبین K۲M (مانند شکل ۴۵ــ۸) استفاده کنیم.



شکل ۴۵ــ۸

بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که اگر کنتاکتور K۱M وصل نباشد و شستی II فشار داده شود، به علت باز بودن مسیر بوبین K۲M ، موتور M۲ کار نخواهد کرد. برای قطع کل مدار نیز از شستی 0 به‌طور سری در مدار استفاده می‌کنیم. قطع‌کننده‌های حرارتی F۳ و F۴ نیز به‌طور سری با کل مدار قرار می‌گیرند تا در صورت اضافه بار برای هریک از موتورها، کل مدار قطع شود. فیوز F0 نیز برای حفاظت مدار فرمان استفاده می‌شود. مدار فرمان کامل این مثال، در شکل ۴۶ــ۸ نشان داده شده است.



شکل ۴۶ــ۸ــ مدار فرمان نهایی

کار عملی ۱۶

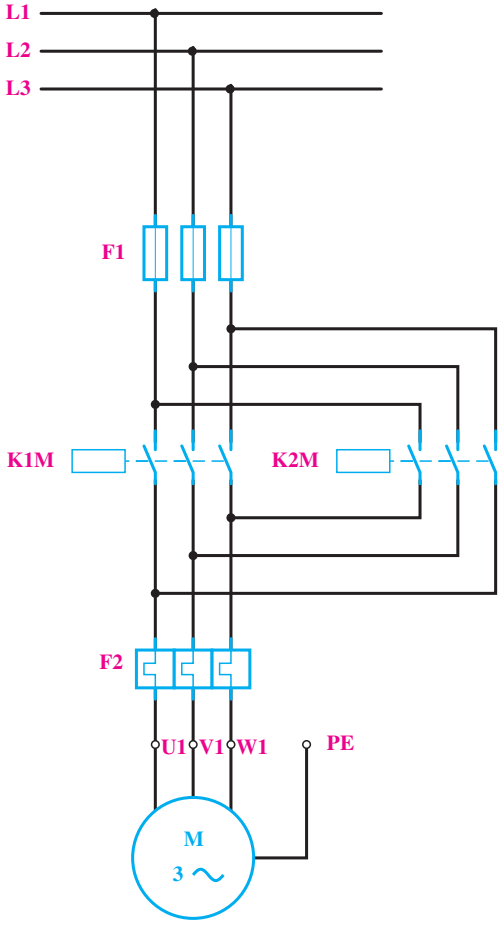
می‌خواهیم جهت گردش یک موتور آسنکرون سه فازه توسط کنتاکتور عوض کنیم. مدار الکتریکی آن را ترسیم کنید.

الف ــ دریل رو میزی

ب ــ جرثقیل سقفی

شکل ۴۷ــ۸ ــ دو نمونه کاربرد تغییر جهت گردش موتور الکتریکی سه فاز

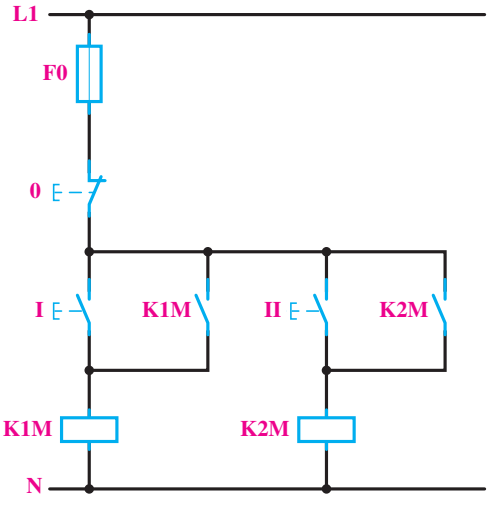
مدار قدرت: در این کار، لازم است با دادن فرمان به یک موتور آسنکرون سه فازه، جهت چرخش آن عوض شود. برای این‌کار لازم است که اتصال دو فاز در روی ترمینال موتور باهم تعویض گردند. برای اجرای این عمل به وسیله‌ی کنتاکتور، باید مثلاً برای حالت راست‌گرد، توسط کنتاکتور K۱M ، L۱،L۲ و L۳ به ترتیب به U۱ و V۱ و W۱ و برای حالت چپ‌گرد، توسط کنتاکتور K۲M، L۱ به W۱ و L۲ به V۱ و L۳ به U۱ مانند شکل ۴۸ــ۸ اتصال یابد. با کمی دقّت در شکل، ملاحظه می‌شود که کنتاکتورهای K۱M و K۲M نباید حتی برای یک لحظه نیز با هم اتصال یابند ؛ زیرا بین دو فاز L۱ و L۳، توسط هر دو کنتاکتور، اتصال کوتاه ایجاد می‌شود. این مطلب را در مدار فرمان، باید در نظر داشت.



شکل ۴۸ــ۸

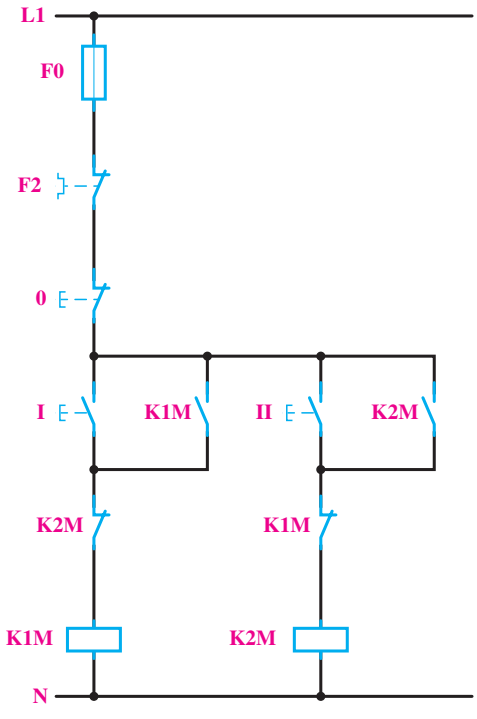
مدار فرمان: در طراحی مدارهای فرمان، باید دقت کرد که تأخیرهای زمانی در قطع و وصل کنتاکتورها، اشکالی در مدار ایجاد نکند. هم‌چنین در مراحلی که وصل یک کنتاکتور، باعث قطع کنتاکتور دیگر می‌شود، باید این نکته را کاملاً مراعات کرد و دقت نمود که اتصال کوتاه لحظه‌ای بین فازها واقع نشود. این مطلب در مورد این کار عملی صادق است. بنابراین، باید مدار فرمان را طوری طراحی کرد که برای وصل یکی از کنتاکتورها، احتیاج به قطع کنتاکتور دیگر باشد. این مطلب را در طراحی مدار فرمان این کار و هم‌چنین در چند کار عملی دیگر بررسی خواهیم کرد. برای طراحی مدار فرمان این کار به ترتیب زیر عمل می‌کنیم :

چون برای هر یک از حالت‌های راست‌گرد و چپ‌گرد، یک شستی وصل و برای خاموش‌کردن موتور نیز یک شستی قطع لازم است، پس در مجموع دو شستی وصل و یک شستی قطع برای این مدار مورد نیاز است که شستی قطع برای هر دو حالت راست‌گرد و چپ‌گرد مشترک خواهد بود. ابتدا مانند مدار فرمان معمولی، برای هر یک از کنتاکتورها، مدار فرمان را (مطابق شکل ۴۹ــ۸) ترسیم می‌کنیم. این مدار، در صورتی که موتور خاموش باشد و بعد به‌صورت راست‌گرد و یا چپ‌گرد راه اندازی شود، صحیح خواهد بود.



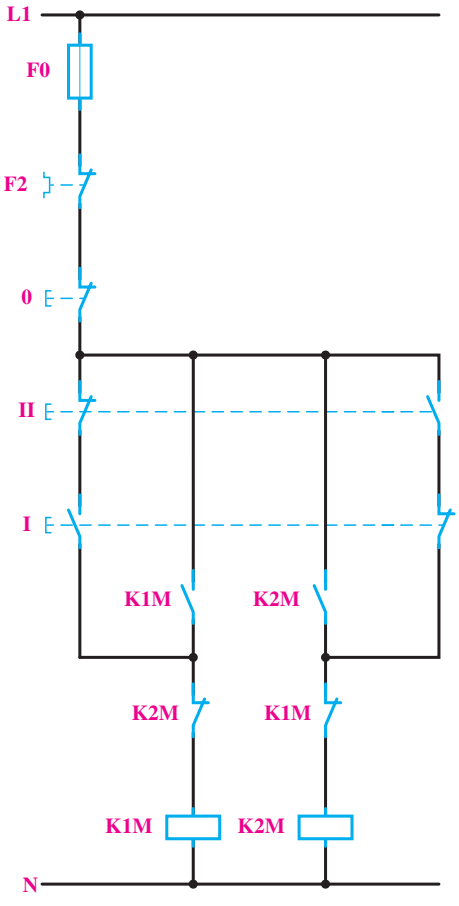
شکل ۴۹ــ۸

اما همان‌طور که می‌دانید، احتمال این که جهت گردش موتور در حال کار را بخواهیم تعویض کنیم نیز زیاد است. در این صورت بین دو فاز اتصال کوتاه خواهد شد. پس به‌طور کلی این مدار صحیح نیست و باید برای جلوگیری از اتصال کوتاه دو فاز حفاظت لازم در این مدار پیش‌بینی شود. راه ساده برای رفع این اشکال این است که کاری بکنیم که هنگام وصل هر یک از کنتاکتورها نتوان کنتاکتور بعدی را وصل نمود. پس می‌توان یکی از کنتاکت‌های بسته هر کنتاکتور را به‌طور سری با بوبین کنتاکتور بعدی قرار داد تا شرط ذکر شده ــ یعنی امکان اتصال هر یک از کنتاکتورها در صورت قطع کنتاکتور دیگر ــ برقرار شود. مدار فرمان صحیح این کار عملی در شکل ۵۰ــ۸ داده شده است. با توجه به این شکل، ملاحظه می‌شود که اگر موتور مثلاً با متصل بودن کنتاکتور K1M راست‌گرد باشد، برای چپ‌گرد کردن آن، باید حتماً اول شستی قطع و پس از آن شستی وصل II فشار داده شود تا کنتاکتور K۲M جذب و موتور چپ‌گرد شود.



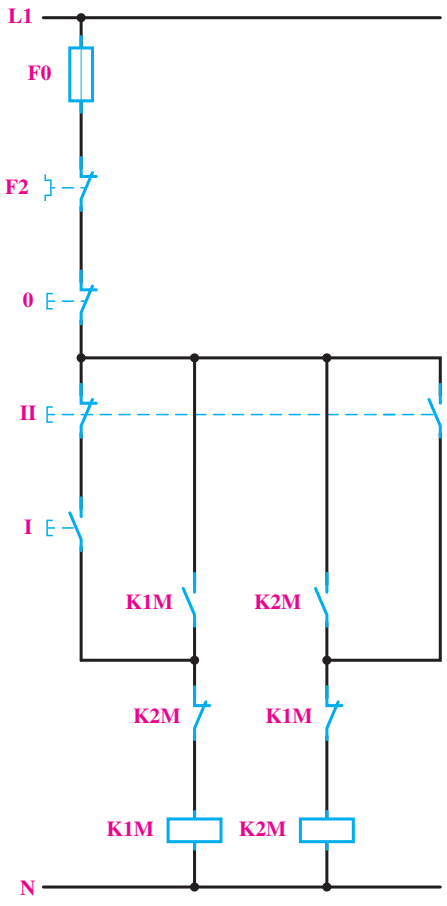
شکل ۵۰ــ۸

اگر در این مدار، هم‌زمان شستی‌های I وII فشار داده شوند، هر دو کنتاکتور K۱M وK۲M هم زمان جذب کرده و اتصال کوتاه دو فاز پیش خواهد آمد. برای کیفیت بهتر مدار، می‌توان شستی‌های I و II را دوبل انتخاب کرد و مدار را مانند شکل ۵۱ــ ۸ اتصال داد. در این صورت با فشار هم زمان به شستی‌ها، هیچ یک از کنتاکتورها جذب نخواهند شد.



شکل ۵۱ــ۸

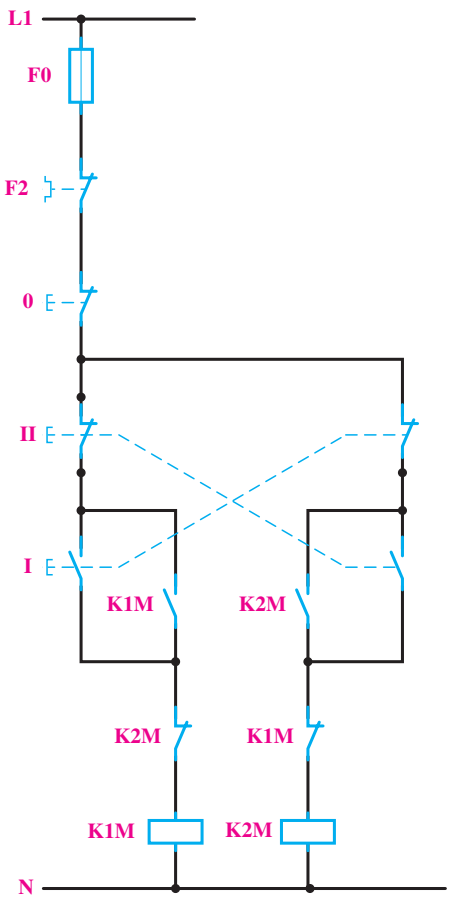
هم‌چنین برای رفع این اشکال، می‌توانیم مدار را طوری طراحی کنیم که با فشار دادن هم‌زمان به شستی‌های I و II، فقط یکی از کنتاکتورها، مثلاً K۲M، جذب شود. برای این منظور (مانند شکل ۵۲ــ۸)، فقط کنتاکت بسته‌ی شستی II را به‌طور سری با شستی I قرار می‌دهیم.



شکل ۵۲ــ۸

در مدارهای فرمان که تا به حال در مورد این کار عملی طراحی شد، برای تغییر جهت گردش موتور، باید ابتدا شستی قطع را فشار داد. در صورتی که بخواهیم بدون قطع کردن مدار، جهت چرخش موتور را عوض کنیم، می‌توانیم کنتاکت بسته‌ی شستی I را در مدار بوبین کنتاکتور K۲M و کنتاکت بسته‌ی شستی II را در مدار بوبین کنتاکتور K۱M، مانند شکل ۵۳ــ۸، به صورت سری قرار دهیم تا با فشار به هر یک از آن‌ها ابتدا مدار کنتاکتور مقابل قطع و سپس جهت چرخش موتور عوض شود. در چنین حالتی، دیگر اشکال وصل هم‌زمان دو کنتاکتور در اثر

فشار دادن هم‌زمان دو شستی نیز وجود نخواهد داشت. در این مدار با وجودی که کنتاکتور K۱M و K۲M به‌طور هم‌زمان اتصال پیدا نمی‌کنند، باز احتمال اتصال کوتاه دو فاز در اثر جرقه‌ی بین کنتاکت‌ها وجود خواهد داشت ؛ زیرا در فاصله‌ی زمانی بسیار کم بین قطع کنتاکتور اوّل و وصل کنتاکتور دوم، که حدود چند میلی‌ثانیه است و هنوز جرقه ایجاد شده در کنتاکت‌های کنتاکتور اوّل خاموش نشده است، احتمال این که از همین طریق بین دو فاز اتصال کوتاه ایجاد شود وجود خواهد داشت.



شکل ۵۳ــ۸