۷ــ اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی در مصرف‌کننده‌ها

برای اندازه‌گیری مقدار جریان، ولتاژ، توان، فرکانس و اختلاف فاز، دستگاه‌های اندازه‌گیری مناسب موردنیاز است. با اصول کار، ساختمان و طرز کار دستگاه‌های اندازه‌گیری الکتریکی در سال دوم آشنا شده‌اید. در کتاب حاضر به‌صورت عملی با طرز کار برخی از آن‌ها در مدار آشنا خواهید شد. در ابتدا به یادآوری مفاهیم قبلی می‌پردازیم.

۱ــ۷ــ اندازه‌گیری مقدار جریان و ولتاژ متناوب

آمپرمتر و ولت‌متر دو دستگاه اندازه‌گیری هستند که به‌وسیله‌ی آن‌ها مقدار جریان مصرفی و ولتاژ مصرف‌کننده‌ها را می‌توان اندازه گرفت. این دستگاه‌ها براساس اهداف مورد نیاز به‌صورت‌های مختلف ساخته می‌شوند.

۱ــ۱ــ۷ــ دستگاه‌های اندازه‌گیری تابلویی : این دستگاه‌ها معمولاً یک رِنج دارند و کاربرد آن‌ها (در روی تابلوها) به منظور نشان دادن مقدار کمیت موردنظر است (نه آزمایش و اندازه‌گیری دقیق کمیت الکتریکی). در شکل ۳۲ــ۱، چند نمونه از آن‌ها نشان داده شده است.

۲ــ۱ــ۷ــ دستگاه‌های اندازه‌گیری پرتابل (قابل حمل) : دستگاه‌های اندازه‌گیری پرتابل در صنعت برق کاربردی وسیع دارند. این دستگاه‌ها به دو صورت آنالوگ و دیجیتال درکارخانجات ساخته می‌شوند. از آن‌جا که این دستگاه‌ها کمیت‌های مختلف (جریان، ولتاژ، مقاومت و...) را اندازه‌گیری می‌کنند، اصطلاحاً آوومتر (A V Ω) و یا مالتی‌متر نامیده می‌شوند.

کمیت‌های الکتریکی مورد سنجش در این دستگاه‌ها در محدوده‌ی بسیار وسیع و با دقت قابل قبولی اندازه‌گیری می‌شوند. مالتی‌مترهای دیجیتال، نسبت به مالتی‌مترهای آنالوگ دارای تنوع، انعطاف و قیمت ارزان‌تری هستند. در شکل ۳۳ــ۱، نمونه‌ای از این دستگاه‌های اندازه‌گیری نشان داده شده‌اند.

۲ــ۷ــ اندازه‌گیری جریان متناوب

آمپرمتر : مقدار جریان الکتریکی عبوری از یک مصرف‌کننده‌ی یک فاز یا سه‌فاز به‌وسیله‌ی آمپرمتر اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری به سه روش صورت می‌گیرد :

۳ــ۷ــ اندازه‌گیری اختلاف سطح الکتریکی (ولتاژ)

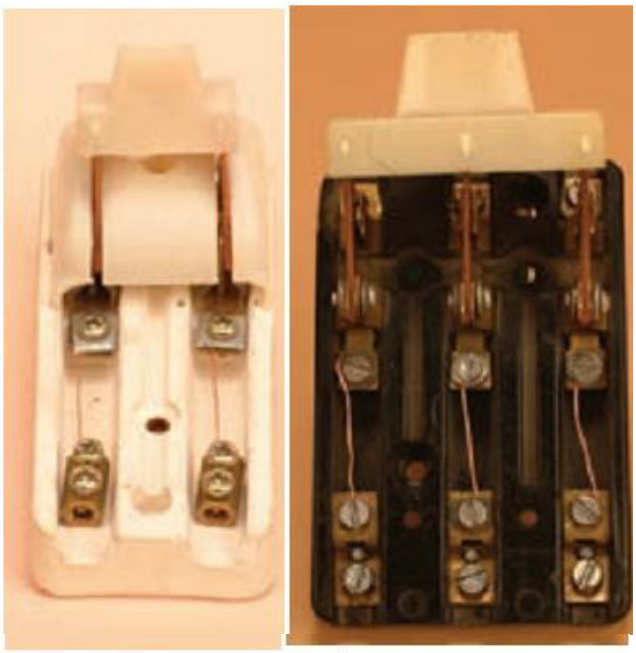
مقدار ولتاژ دو سر یک مولد یا مصرف کننده همواره به‌وسیله‌ی ولت‌متر اندازه‌گیری می‌شود. چون ولت‌متر اختلاف پتانسیل بین دو نقطه را اندازه‌گیری می‌کند، باید با دو سر مصرف‌کننده یا مولد (مطابق شکل ۳۹ــ۱) به‌صورت موازی قرار گیرد. با ولت‌متر به دو روش مستقیم و غیرمستقیم می‌توان اختلاف سطح الکتریکی را اندازه‌گیری نمود.

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.

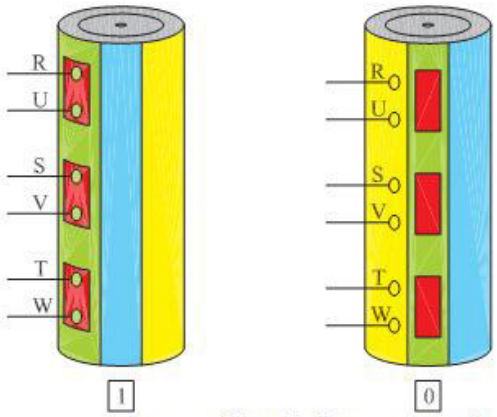


شکل ۳ــ۳

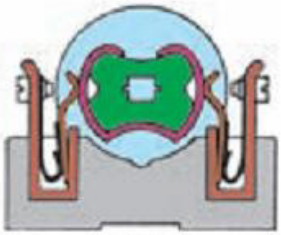
کلید غلتکی

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).

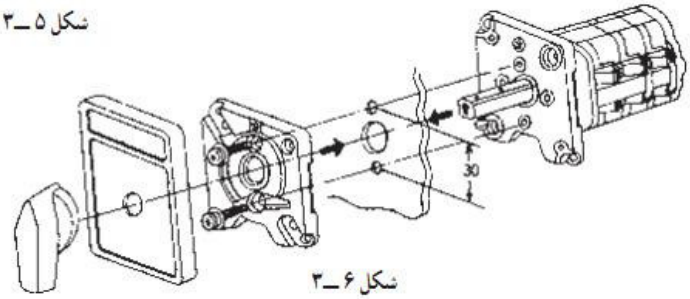
در این کلید (مطابق شکل۵ــ۳) به جای استفاده از نوارهای هادی و تیغه‌های ثابت، استوانه را طوری طراحی می‌کنند که چندین برجستگی و فرورفتگی داشته باشد و با حرکت استوانه به‌دور محور

شکل ۵ــ۳

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 ۶ــ۳

راه اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز با کلید الکترومغناطیسی (کنتاکتور)

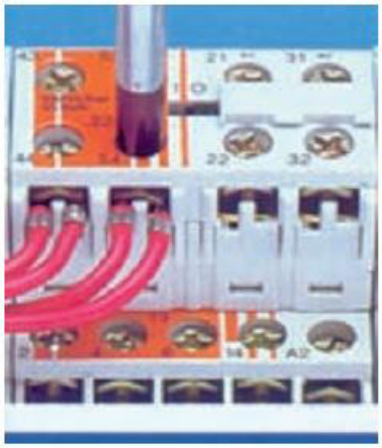
۱ــ اجزای تشکیل‌دهنده‌ی مدارهای کنترل

برای طراحی مدارهای کنترل و کار با آن‌ها باید وسایل تشکیل‌دهنده‌ی آن را به‌طور کامل شناخت و به اصول ساختمان و موارد استفاده این وسایل آشنا شد.

وسایلی که در مدارهای فرمان به کار می‌روند و در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرند، عبارت‌اند از: ۱ــ کنتاکتور (کلید مغناطیسی)، ۲ــ شستی استاپ استارت، ۳ــ رله‌ی حرارتی، ۴ــ رله‌ی مغناطیسی، ۵ ــ لامپ‌های سیگنال، ۶ ــ فیوزها، ۷ــ لیمیت سویچ‌ها، ۸ــ کلیدهای تابع فشار، ۹ــ کلیدهای شناور، ۱۰ــ چشم‌های الکتریکی (سنسورها)، ۱۱ــ تایمر و انواع آن، ۱۲ــ ترموستات ۱۳ــ کلیدهای تابع دور، ۱۴ــ حروف و اعداد پلاستیکی، ۱۵ــ کمربند کابل.

۲ــ کنتاکتور با 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 (شکل ۱ــ۴).

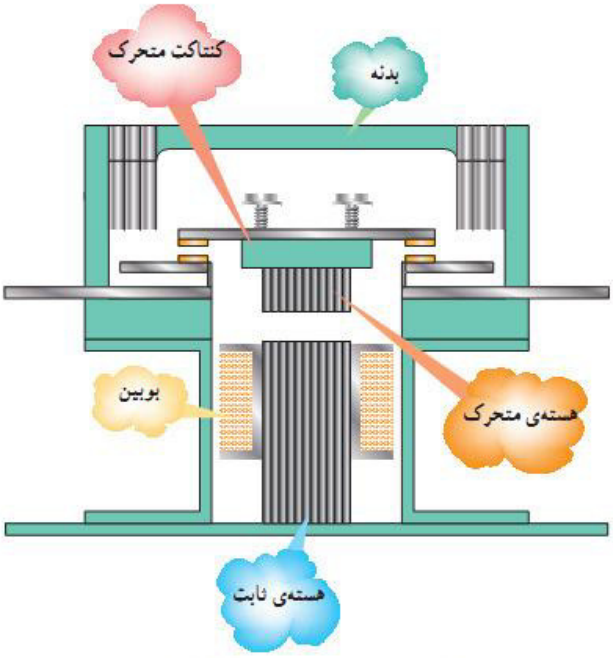


شکل ۱ــ۴

۱ــ۲ــ 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. شکل ۲ــ۴ طرح ساده‌ای از یک کنتاکتور را نشان می‌دهد.



شکل ۲ــ۴ــ طرح ساده‌ای از یک کنتاکتور

۲ــ۲ــ مزایای استفاده از کنتاکتورها

کنتاکتورها نسبت به کلیدهای دستی صنعتی مزایایی به شرح زیر دارند :

۱ــ مصرف‌کننده از راه دورکنترل 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 عمرمؤثرشان 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.

جدول ۱ــ۴ــ انواع کنتاکتورها و کاربرد آن‌ها

نوع جریان	استاندارد و طبقه‌بندی کنتاکتور	مورد استفاده
AC	AC1	بار اهمی ــ بار غیر اندکتیو یا با اندکتیویته‌ی ضعیف ــ گرم‌کن برقی با ضریب توان حدود $\cos\varphi=0/95$
	AC2	برای راه اندازی موتورهای آسنکرون روتور سیم‌پیچی، بدون ترمز جریان مخالف، جریان راه‌اندازی بستگی به مقاومت مدار روتور دارد.
	AC2′	برای راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور سیم‌پیچی با ترمز جریان مخالف
	AC3	برای راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه‌ای ــ هنگام قطع جریان نامی از تیغه‌های کنتاکتور عبور می‌کند ــ تحمل جریان راه‌اندازی ۵ تا ۷ برابر جریان نامی
	AC4	برای راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه‌ای ــ به‌کار بردن ترمز جریان مخالف تغییر جهت گردش الکتروموتور روتور قفسه‌ای ــ تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک
	AC11	کنتاکتور کمکی ــ کنتاکتور فرمان بدون داشتن کنتاکت قدرت (کوپل مغناطیسی) ــ استفاده فقط در مدار فرمان
DC	DC1	بار اهمی ــ بار غیر اندکتیو یا با اندکتیویته‌ی ضعیف ــ گرم‌کن برقی
	DC2	راه‌اندازی موتور شنت ــ قطع کردن موتور هنگام کار
	DC3	برای راه‌اندازی موتور شنت با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک ــ مدار ترمز
	DC4	راه‌اندازی موتور سری ــ قطع موتور هنگام کار
	DC5	راه‌اندازی موتور سری با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد، در فواصل زمانی اندک ــ تغییر جهت گردش موتور ــ مدار ترمز
	DC11	کنتاکتور کمکی ــ کنتاکتور فرمان ــ کوپل مغناطیسی

۳ــ شستی استاپ استارت و سلکتور سوئیچ‌های 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.

شستی‌هایی را که با چرخاندن کلیدی می‌توان در شرایط کار یا قطع به‌صورت پایدار نگاه داشت سلکتورهای سوئیچی گفته می‌شود.

شکل ۷ــ۴ تصاویری از چند نمونه شستی و شکل ۸ ــ۴ چند نمونه کلید سوئیچ را نشان می‌دهد.

شکل ۷ــ۴ــ چند نوع شستی استاپ و استارت

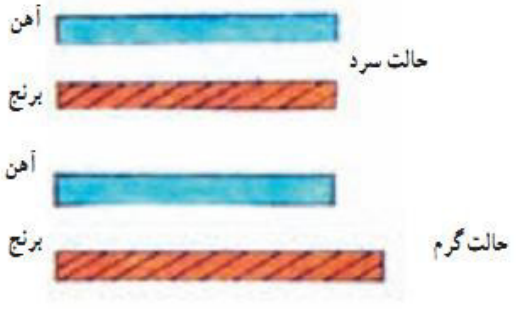
شکل ۸ــ۴ــ نمای چند نوع شستی سلکتوری و شستی قفل‌شونده

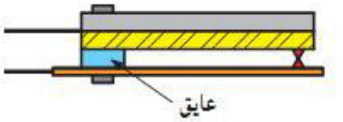
۴ــ رله‌ی حرارتی (بی‌متال)

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 ۹ــ۴).

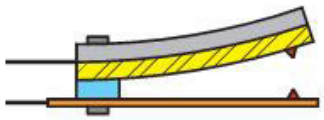
این دو فلز در حالت گرم، به‌وسیله‌ی غلتک پرس و به صورت یک تکه دیده می‌شود. این دو فلز یک بی‌متال را تشکیل می‌دهند. در اثر عبور جریان، هر دو فلز گرم و طول آن‌ها زیاد می‌شود و چون ازدیاد طول یکی از فلزات بیش‌تر از دیگری است، از این‌رو دو فلز با هم خم می‌شوند. این حرکت به‌طور مستقیم و یا به‌وسیله‌ی اهرم‌هایی به یک کنتاکت منتقل می‌شود و مدار را قطع یا وصل می‌کند. از خاصیت بی‌متال در فیوزها، رله‌های بی‌متالی و... استفاده می‌شود.

رله‌ی 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 ۱۰ــ۴، چند نمونه رله‌ی بی‌متال نشان داده شده است.



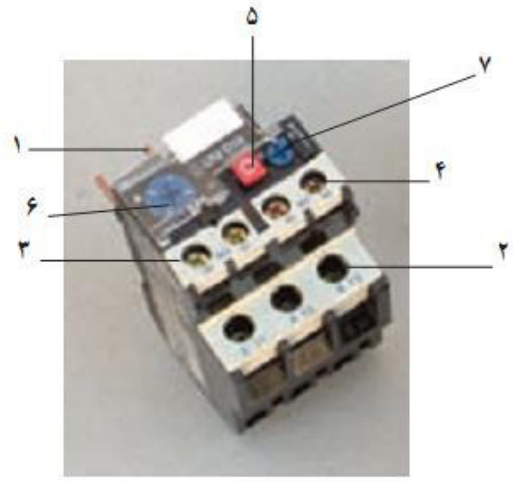


در حالت سرد کنتاکت بسته است



در حالت گرم کنتاکت باز می‌شود

شکل ۹ــ۴ــ نحوه‌ی کار بی‌متال

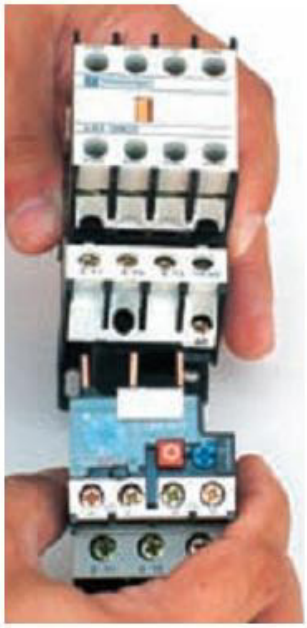


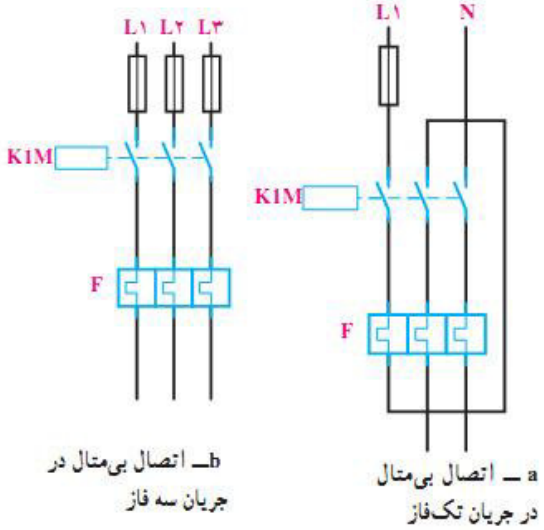
۱ــ تیغه‌های اتصال به کنتاکتور
۲ــ پیچ‌های اتصال به موتور
۳ــ ترمینال باز مدار فرمان
۴ــ ترمینال بسته مدار فرمان
۵ــ دگمه‌ی برگشت‌پذیر به حالت عادی
۶ــ پیچ تنظیم جریان
۷ــ دگمه‌ی راه‌اندازی مجدد رله (دستی ــ اتوماتیک)

شکل ۱۰ــ۴ــ نمای خارجی بی‌متال

در شکل‌های ۱۱ــ۴ و ۱۲ــ۴، به ترتیب مشخصات و نحوه‌ی اتصال یک نمونه رله حرارتی زیر کنتاکتور را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۱ــ۴ــ مشخصات یک نمونه بی‌متال و نحوه‌ی اتصال آن به یک کنتاکتور





b ــ اتصال بی‌متال در جریان سه فاز

a ــ اتصال بی‌متال در جریان تک‌فاز

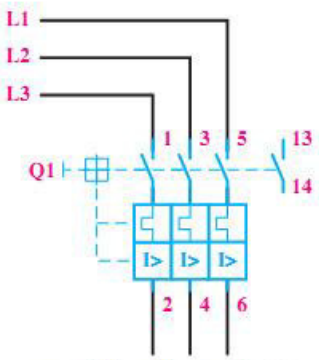
شکل ۱۲ــ۴ــ شکل اتصال بی‌متال در جریان تک‌فاز و سه‌فاز

۵ــ کلید محافظ موتور

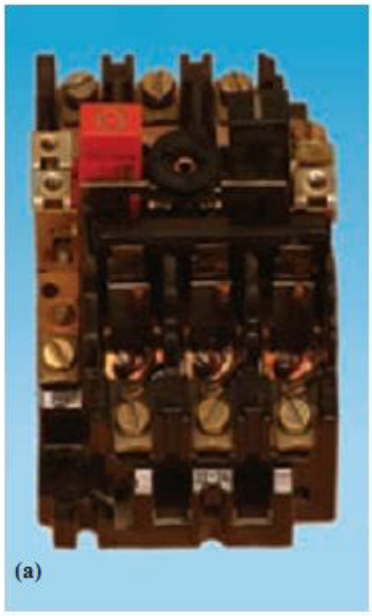
کلید محافظ می‌تواند موتور را در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار حفاظت کند و برای عمل رله، معمولاً آن را روی جریان معینی تنظیم می‌کنند (۱/۵ تا ۱/۸ برابر جریان نامی). وقتی که جریان از حد تنظیم شده بیش‌تر شود، عضو حرارتی رله عمل و مدار را قطع می‌کند. عضو مغناطیسی این رله از یک هسته‌ی آهنی ثابت و یک هسته‌ی 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 ۱۳ــ۴).

کلید محافظ موتور می‌تواند جایگزین فیوز و بی‌متال در مدارهای صنعتی شود.



(c) شمای حقیقی کلید حفاظت موتور



شکل ۱۳ــ۴ــ کلید محافظ موتور

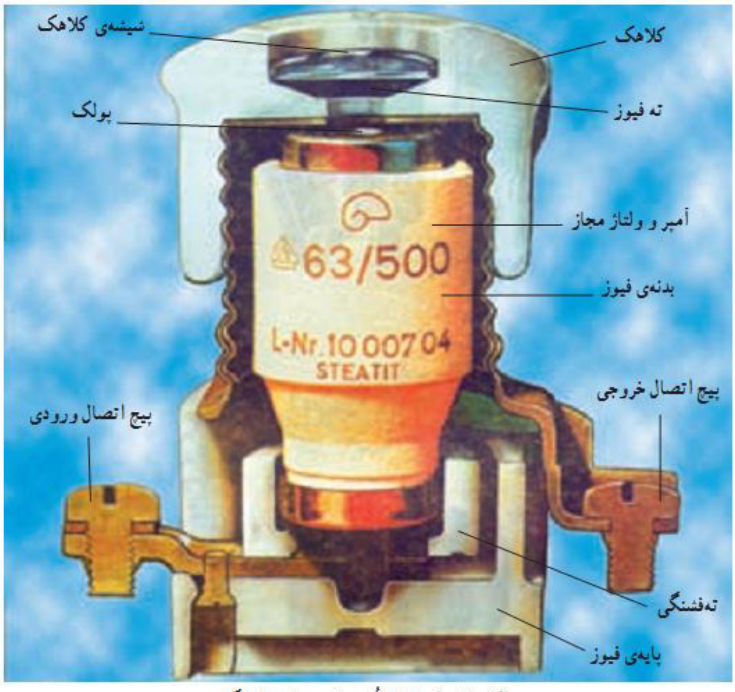
۶ــ لامپ‌های سیگنال

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، ضروری است لامپ‌های سیگنال را، قبل از اتصال در مدار مورد آزمایش قرار داد و از سالم بودن آن کاملاً مطمئن شد تا در صورت بروز خطا در مدار بتواند به‌خوبی عمل کند (شکل ۱۴ــ۴).

شکل ۱۴ــ۴ــ لامپ‌های سیگنال

۷ــ فیوزها

در کلیه‌ی تأسیسات الکتریکی برای جلوگیری از صدمه دیدن و معیوب شدن وسایل و نیز برای قطع کردن دستگاه‌های معیوب از شبکه (بر اثر عوامل مختلف از قبیل نقصان عایق‌بندی، ضعف استقامت الکتریکی یا مکانیکی و ازدیاد بیش از حد جریان مجاز «اتصال کوتاه») وسایل حفاظتی مختلف به‌کار می‌رود. این وسایل باید طوری انتخاب شوند که در اثر اضافه بار یا اتصال کوتاه در کم‌ترین زمان ممکن و قبل از این که صدمه‌ای به سیم‌ها و تجهیزات الکتریکی شبکه برسد، مدار قسمت معیوب را قطع کنند. یکی از این وسایل حفاظتی، فیوز است. فیوزها از نظر زمان قطع، برحسب منحنی ذوب سیم حرارتی داخل آن‌ها، به دو نوع تندکار و کندکار تقسیم می‌شوند.



شکل ۱۵ــ۴ــ نمای بُرش خورده فیوز فشنگی

فیوزهای تندکار زمان قطع کم‌تری نسبت به فیوزهای کندکار دارند و به همین دلیل در مصارف روشنایی به‌کار می‌روند. فیوزهای کندکار دارای زمان قطع طولانی‌تری هستند و در نتیجه برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به‌کار می‌روند. جریان راه‌اندازی موتور در حدود ۴ تا ۷ برابر جریان نامی است که بر روی کلیه‌ی فیوزها جریان نامی آن‌ها نوشته می‌شود. این جریان کم‌تر از جریان ماکزیمم تحمل فیوز است.

فیوزها در انواع فشنگی، اتوماتیک (آلفا)، مینیاتوری، بُکس، کاردی (تیغه‌ای)، شیشه‌ای یا کارتریج و فیوزهای فشار قوی ساخته می‌شوند. معمولاً فیوزهایی که در مدار قدرت به‌کار می‌روند، مدار کنتاکتور را در مقابل اتصال کوتاه محافظت می‌کنند؛ یعنی در واقع حفاظت سیم‌های رابط مدار را نیز به‌عهده دارند. بنابراین، در مدارهایی که مثلاً فیوز ۲۵ آمپری به‌کار می‌رود، ممکن است در مدار فرمان آن‌ها از سیم نمره‌ی ۱mm^2 یا ۱/۵mm^2 استفاده شود. پس

لازم است مدار فرمان با فیوز جداگانه‌ای حفاظت شود.

۱ــ۷ــ فیوز فشنگی : با ساختمان و طرز کار این فیوز در کتاب سیم‌کشی (۱) آشنا شدید (شکل ۱۵ــ۴).

۲ــ۷ــ فیوز اتوماتیک : فیوز اتوماتیک یا آلفا نوعی فیوز خودکار است که عبور جریان بیش از حد مجاز از آن باعث قطع مدار می‌شود؛ اما می‌توان دوباره شستی آن را به داخل فشرد تا ارتباط برقرار گردد. بعضی از فیوزهای خودکار دو عمل جریان زیاد و بار زیاد را در مدارها کنترل می‌کنند؛ اما پس از قطع شدن، باید پس از مدت کمی دوباره شستی مربوط به آن را فشار داد تا مدار را وصل کند.

در فیوزهای اتوماتیک دو عنصر مغناطیسی و حرارتی وجود دارد. اولی اتصال کوتاه یا جریان زیاد و دومی (بی‌متال) بار زیاد (افزایش جریان تدریجی) را قطع می‌کند (شکل ۱۶ــ۴).

شکل ۱۶ــ۴

۳ــ۷ــ فیوز مینیاتوری (MCB) : نوعی فیوز اتوماتیک است که از نظر ساختمان داخلی به فیوز آلفا شباهت دارد و از سه قسمت رله‌ی مغناطیسی (رله‌ی جریان زیاد زمان سریع)، رله‌ی حرارتی یا رله‌ی بی‌متال (رله‌ی جریان زیاد تأخیری) و کلید تشکیل شده است. (شکل ۱۷ــ۴) این مجموعه را کلید مینیاتوری نیز می‌نامند. این فیوزها در استاندارد VDE قدیم با دو حرف L و G نامگذاری می‌شدند که حرف L نشان‌دهنده‌ی فیوز تندکار و در مصارف روشنایی به‌کار می‌رفت و حرف G کندکار و در راه‌اندازی موتورها استفاده می‌شد. امروزه در استاندارد IEC نوع تندکار با حرف B و نوع کندکار با حرف C نشان داده می‌شود. این فیوزها در انواع تک‌فاز و سه‌فاز ساخته می‌شوند (شکل ۱۷ــ۴).

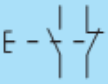
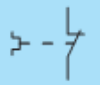
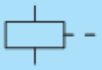
شکل ۱۷ــ۴ــ الف

طرز قرارگیری فیوز روی ریل

شکل ۱۷ــ۴ــ ب

۱۷ــ علایم اختصاری

قبل از بررسی و اتصال مدارهای الکتریکی لازم است با برخی علایم اختصاری الکتریکی آشنا شویم.

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
کنتاکت بسته کلید کشش	
کنتاکت باز کلید کشش	
بوبین کنتاکتور	
شستی وصل (استارت)	
شستی قطع (استوپ)	
شستی وصل و قطع (استوپ و استارت دوبل)	
کنتاکت باز کنتاکتور	
کنتاکت بسته کنتاکتور	
کنتاکت بسته (مدار فرمان) بی‌متال	
محرک الکترومغناطیسی	

۲۰ــ کارهای عملی

مقدمه

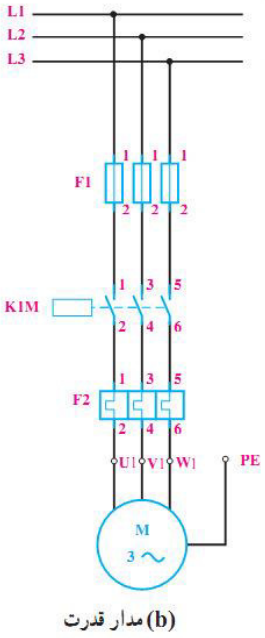
در این قسمت، برای آشنایی هنرجویان با طراحی مدار، چند مدار صنعتی ساده را بررسی می‌کنیم و در مورد روش طراحی مدار قدرت و مدار فرمان آن‌ها توضیحاتی داده می‌شود.

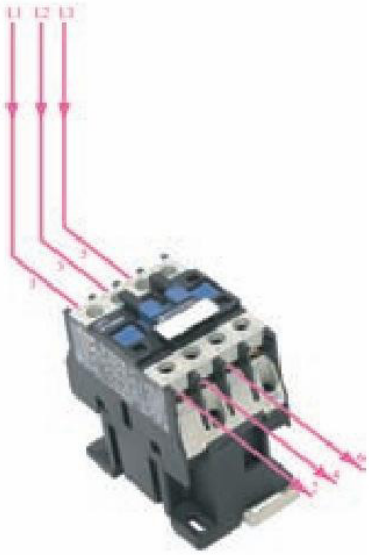
کار عملی ۱

یک موتور سه فازه‌ی آسنکرون رتور قفسی با مشخصات ۴A و Δ۳۸۰V و ۲ kW 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 K۱M و یک شستی وصل I و یک شستی قطع 0 نیاز است.

مدار قدرت : کنتاکتور K۱M باید موتور را به شبکه اتصال دهد؛ به این ترتیب، مدار قدرت آن دارای فیوز برای حفاظت در برابر اتصال کوتاه و بی‌متال برای حفاظت در برابر بار زیاد است (شکل ۴۶ــ۴).

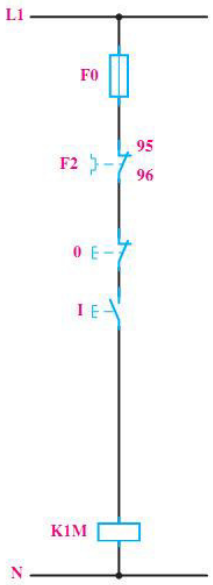




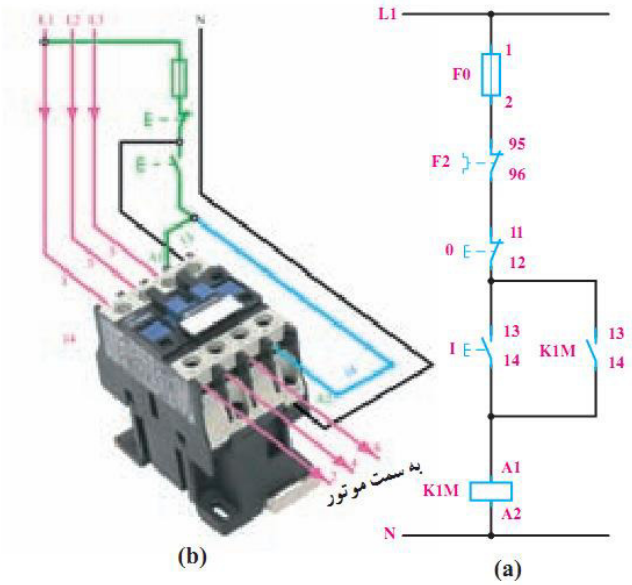
(b) مدار قدرت

مدار فرمان : برای طراحی مدار فرمان، با توجه به صورت مسئله، ابتدا شستی وصل I را با کنتاکتور K۱M مانند شکل ۴۷ــ۴ وصل می‌کنیم. چون با فشار به شستی I، کنتاکتور جذب و با حذف فشار از روی شستی، مدار آن دوباره قطع می‌شود، از این‌رو، با موازی کردن کنتاکت باز K۱M با شستی I، از قطع شدن کنتاکتور جلوگیری به‌عمل می‌آوریم. شستی قطع نیز باید با مدار به‌صورت سری قرار گیرد تا با فشار به آن، مدار به‌طور کامل قطع شود. در شکل ۴۸ــ۴ مدار فرمان به‌طور کامل با وسایل حفاظتی نشان داده شده است.

با توجه به این‌که از بی‌متال F۲ در مدار قدرت جهت حفاظت در مقابل اضافه بار استفاده شده است به همین خاطر لازم است از تیغه فرمان آن به‌صورت سری با فیوز در همه مدارها استفاده شود.



شکل ۴۷ــ۴



(b) (a)

شکل ۴۸ــ۴

انتخاب کنتاکتور، بی‌متال و فیوز : مشخصات کنتاکتور K۱ M 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، ازروی جدول ۱ــ۴ کنتاکتور ۳ AC با جریان نامی بیش‌تر از ۴A در ولتاژ ۳۸۰ ولت و با بوبین ۲۲۰ولت استفاده می‌شود. بی‌متال 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 باید از فیوزی با ۲ تا ۲/۵ برابر جریان نامی استفاده شود، پس از فیوز کندکار F۱ با جریان نامی ۱۰ A استفاده می‌کنیم. برای حفاظت مدار فرمان نیز فیوز کندکار F0 با جریان نامی ۴A مورد استفاده قرار می‌گیرد.

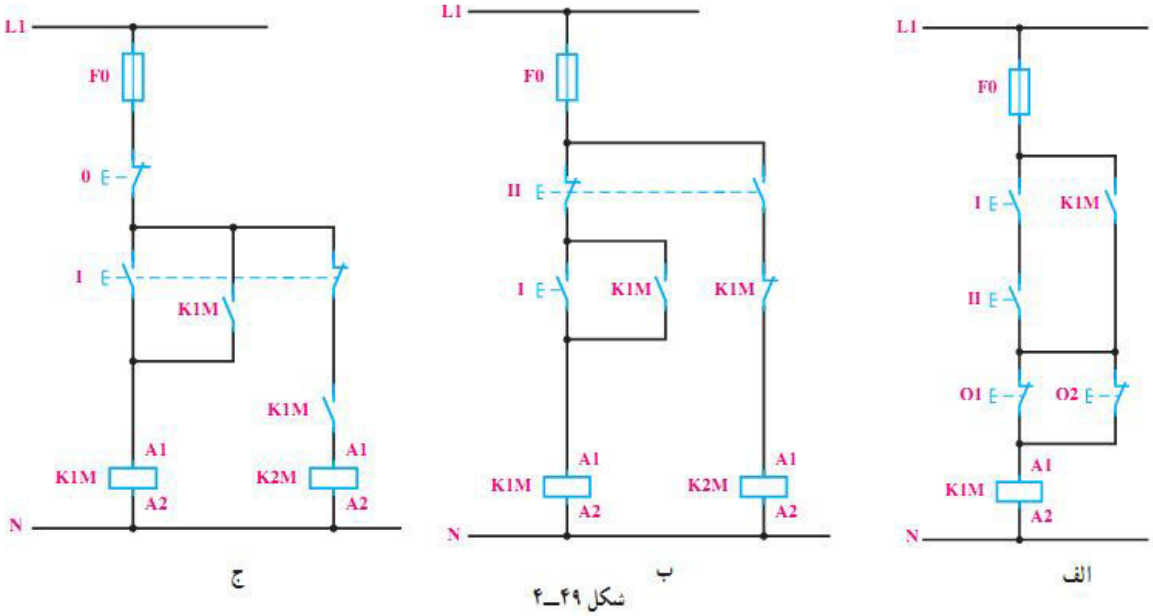
تمرین

۱ــ مدار کار عملی ۱ را به گونه‌ای تغییر دهید تا بتوان موتور سه فاز را از دو محل روشن و خاموش کرد.

۲ــ یک روش برای حفاظت اشخاصی که با ماشین‌های برش و قیچی کار می‌کنند این است که‌هنگام 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.

۴ــ اگر کنتاکت بسته کنتاکتوری در مسیر تغذیه بوبین همان کنتاکتور قرار داده شود چه اتفاقی می‌افتد؟

۵ــ اصول کار هریک از مدارهای فرمان را در شکل‌های ۴۹ــ۴ کاملاً بررسی کنید و پس از بستن مدار، اصول کار و مورد استفاده هر یک را در دفتر گزارش کار خود بنویسید.



الف ب ج

شکل ۴۹ــ۴

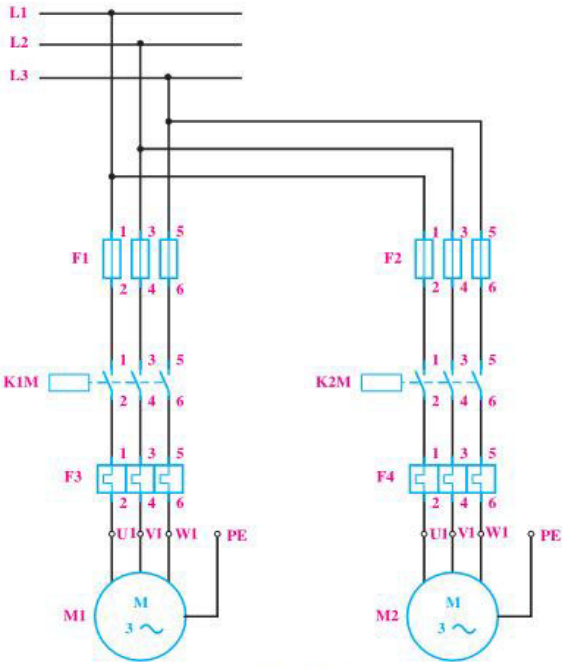
کار عملی ۳

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 :

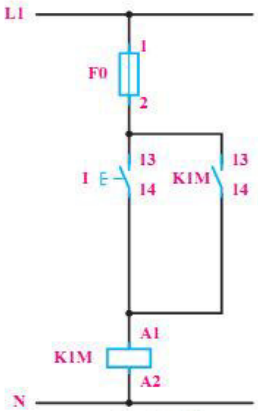
مدار قدرت : برای مدار قدرت به یک کنتاکتور جهت هریک از موتورها نیاز است. بنابراین، برای موتور M۱ ، کنتاکتور K۱M و برای موتور M۲ ، کنتاکتور K۲M را در نظر می‌گیریم و مدار قدرت آن را مانند شکل ۴ــ۵۴ ترسیم می‌کنیم. حفاظت برای اتصال کوتاه و حفاظت برای بار زیاد، در مورد هر یک از موتورها به‌طور جداگانه درنظر گرفته می‌شود.



شکل ۴ــ۵۴

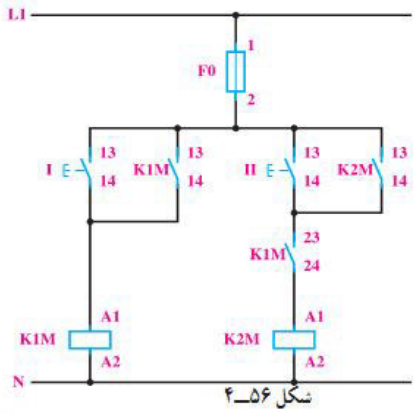
مدار فرمان : برای مدار فرمان به سه شستی احتیاج است که شستی Iبرای راه‌اندازی پمپ M۱ ، شستی II برای راه‌اندازی موتور M۲ و شستی 0 برای قطع مدار به‌کار می‌روند.

برای طرح مدار فرمان، ابتدا مدار را برای راه‌اندازی موتور M۱ بوسیله‌ی کنتاکتور K۱M (مانند شکل ۵۵ ــ۴) طراحی می‌کنیم، به‌طوری که با فشار به شستی Iکنتاکتور K۱M جذب و توسط کنتاکت باز خود، نگاه داشته شود.



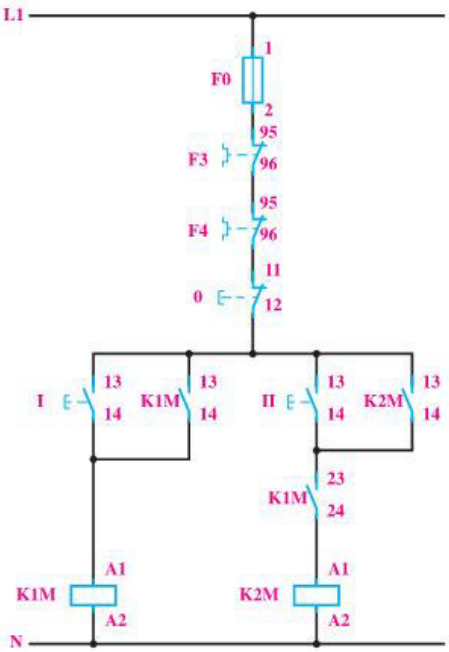
شکل ۴ــ۵۵

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 نتواند وصل شود. برای این کار می‌توانیم از یک کنتاکت باز K۱M به‌طور سری در مدار بوبین K۱M (مانند شکل ۵۶ــ۴) استفاده کنیم.



شکل ۴ــ۵۶

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 کار عملی، در شکل ۵۷ــ۴ نشان داده شده است.



شکل ۵۷ــ۴

انتخاب وسایل : باتوجه به نوع موتورها و مطالب گفته شده (در مورد انتخاب کنتاکتور و وسایل حفاظت‌کننده)، وسایل مورد استفاده برای این کار عملی باید دارای مشخصات زیر باشد :

کنتاکتور K۱M ۶A – AC۳ (بوبین ۵۰ Hz و ۲۲۰ V)

کنتاکتور K۲M ۱۶A – AC۳ (بوبین ۵۰ Hz و ۲۲۰ V)

فیوز F۰ ۴ A کندکار

فیوز F ۱ ۶A کندکار

فیوز F۲ ۲۰ A کندکار

بی‌متال F۳ بی‌متال ۲ــ۱ آمپر انتخاب شده و روی ۱/۵ آمپر تنظیم شود.

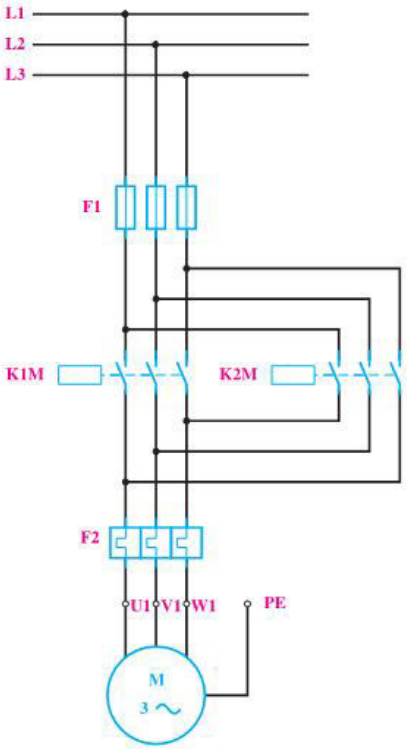
بی‌متال F۴ بی‌متال حدود ۱۲ــ۵ آمپر انتخاب شده و روی ۱۰ آمپر تنظیم شود.

کار عملی ۵

می‌خواهیم جهت گردش یک موتور آسنکرون سه فازه را، که بر روی یک ماشین تراش (مطابق شکل ۶۴ـ۴) نصب شده است، توسط کنتاکتور عوض کنیم. مدار فرمان و قدرت آن را ترسیم کنید.

شکل ۶۴ـ۴

مدار قدرت : در این کار، لازم است با دادن فرمان به یک موتور آسنکرون سه فازه، جهت چرخش آن عوض شود. برای این کار لازم است که اتصال دو فاز در روی ترمینال موتور باهم تعویض گردند. برای اجرای این عمل به‌وسیله‌ی کنتاکتور، باید مثلاً برای حالت راست‌گرد، توسط کنتاکتور، L۱، L۲ و L۳ به K۱M ترتیب به U۱ و V۱ و W۱ و برای حالت چپ‌گرد، توسط کنتاکتور K۱M، L۱ به W۱ و L۲ به V۱ و L۳ به U۱ مانند شکل ۶۵ـ۴ اتصال یابد. با کمی دقّت درشکل، 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 درنظر داشت.

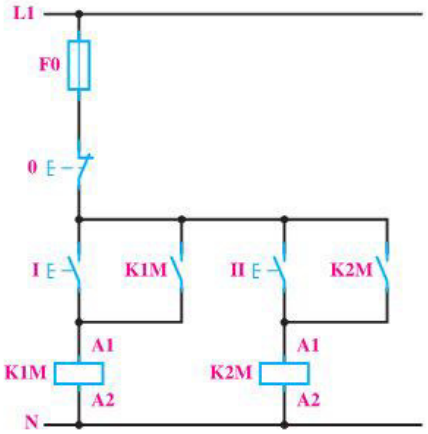


شکل ۶۵ـ۴

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 :

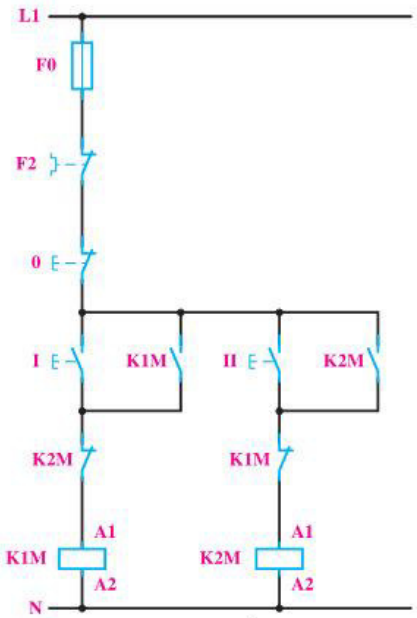
چون برای هر یک از حالت‌های راست‌گرد و چپ‌گرد، یک شستی وصل و برای خاموش کردن موتور نیز یک شستی قطع لازم است، پس در مجموع دو شستی وصل و یک شستی قطع برای این مدار مورد نیاز است که شستی قطع برای هردو حالت راست‌گرد و چپ‌گرد مشترک خواهد بود. ابتدا مانند مدار فرمان معمولی، برای هریک از کنتاکتورها، مدار فرمان را (مطابق شکل ۶۶ـ۴) ترسیم

می‌کنیم. این مدار، در صورتی که موتور خاموش باشد و بعد به‌صورت راست‌گرد و یا چپ‌گرد راه‌اندازی شود، صحیح خواهد بود.



شکل ۶۶ــ۴

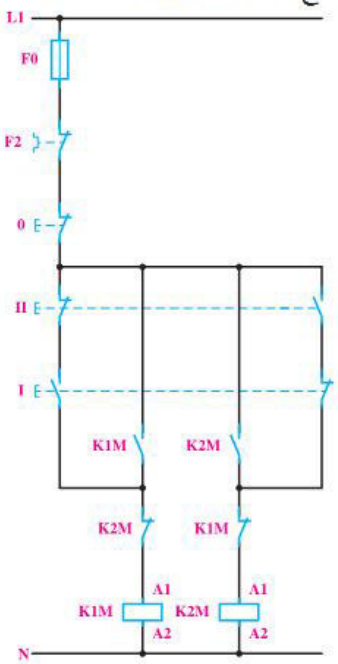
اما همان‌طور که می‌دانید، احتمال این که جهت گردش موتور در حال کار را بخواهیم تعویض کنیم نیز زیاد است. در مدار شکل ۶۶ــ۴ اگر در حالی که کنتاکتور K۱M وصل است، استارت II را فشار دهیم، در این صورت بین دو فاز اتصال کوتاه خواهد شد. پس به‌طور کلی این مدار صحیح نیست و باید برای جلوگیری از اتصال کوتاه دو فاز 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 هریک از کنتاکتورها در صورت قطع کنتاکتور دیگرــ برقرار شود. مدار فرمان صحیح این کار عملی در شکل ۶۷ــ۴ داده شده است. با توجه به این شکل، ملاحظه می‌شود که اگر موتور مثلاً با متصل بودن کنتاکتور K۱M 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 ۶۷ــ۴

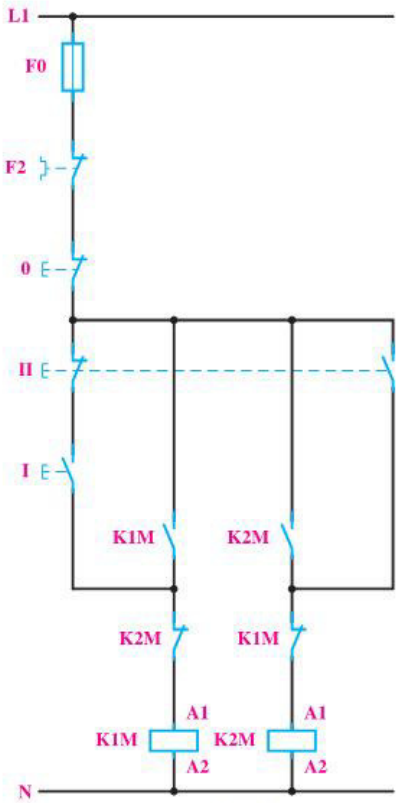
الف ــ مدار چپ‌گرد ــ راست‌گرد با حفاظت کامل

اگر در مدار شکل ۶۷ــ۴، هم زمان شستی‌های I و II فشار داده شوند، هر دو کنتاکتور K۱M و K۲M هم‌زمان 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 ۶۸ــ۴) اتصال داد. در این‌صورت با فشار هم‌زمان به شستی‌ها، هیچ‌یک از کنتاکتورها جذب نخواهند شد.



شکل ۶۸ــ۴

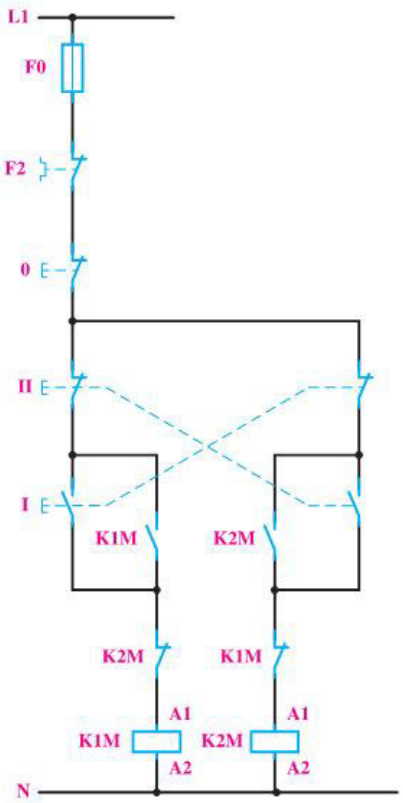
همچنین برای رفع این اشکال، می‌توانیم مدار را طوری طراحی کنیم که با فشار دادن هم‌زمان به شستی‌های I و II، فقط یکی از کنتاکتورها، مثلاً K۲M، جذب شود. برای این منظور (مانند شکل ۶۹ــ۴)، فقط کنتاکت بسته‌ی شستی II را به‌طور سری با شستی I قرار می‌دهیم.



شکل ۶۹ــ۴

ب ــ مدار چپ‌گرد ــ راست‌گرد سریع

در مدارهای فرمان که تا به‌حال 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 ۷۰ــ۴، به‌صورت سری قرار دهیم تا با فشار به هریک از آن‌ها ابتدا مدار کنتاکتور مقابل قطع و سپس جهت چرخش موتور عوض شود. درچنین حالتی، دیگر اشکال وصل هم‌زمان دو کنتاکتور دراثر 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.



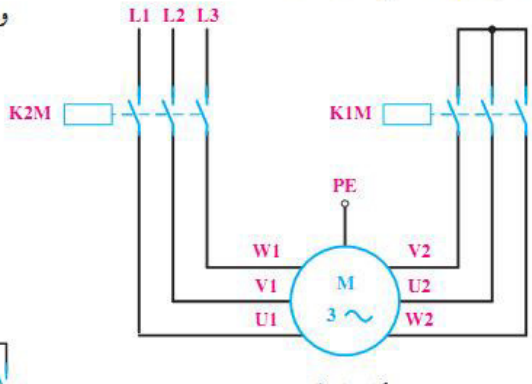
شکل ۷۰ــ۴

کار عملی ۸

ژنراتور DC یک ماشین جوشکاری، به وسیله‌ی یک موتور آسنکرون سه فازه ۳۸۰Δ ولتی به قدرت ۹KW می‌چرخد. مدار اتصال الکتریکی این موتور را به شبکه توسط کنتاکتور، با راه‌انداز ستاره مثلث، رسم کنید.

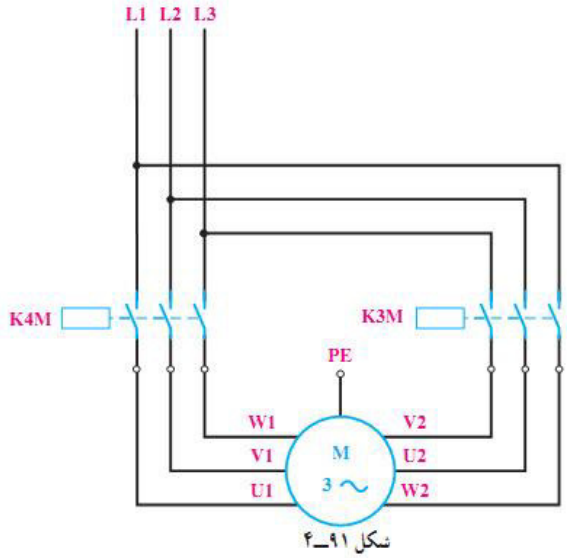
حل : از قبل می‌دانیم که برای کاهش جریان راه‌اندازی موتورهای آسنکرون سه فازه، می‌توان از اتصال ستاره مثلث استفاده کرد. یکی از مزایای راه‌اندازی ستاره‌مثلث توسط کنتاکتور،نسبت به راه‌اندازی توسط کلید دستی، در این است که اتوماتیک می‌توان موتور را از ستاره به مثلث وصل نمود. در این جا ابتدا به بررسی مدار قدرت و سپس طراحی مدار فرمان در حالت دستی و بعد در حالت اتوماتیک می‌پردازیم.

مدار قدرت : در حالت ستاره، باید سه انتهای کلاف‌های موتور، یعنی U۲ و V۲ و W۲ به یکدیگر متصل شود و L۱ به U۱ و L۲ به V۱ و L۳ به W۱ اتصال پیدا کند. برای رسیدن به این هدف، به ۲ عدد کنتاکتور نیاز است. تا یکی از آن‌ها مانند K۱M انتهای کلاف‌ها را به یکدیگر اتصال دهد و کنتاکتور دیگر مانند K۲M، سه فاز را به سر کلاف‌های موتور متصل کند. مدار قدرت، برای حالت ستاره، مانند شکل ۹۰ــ۴ است.



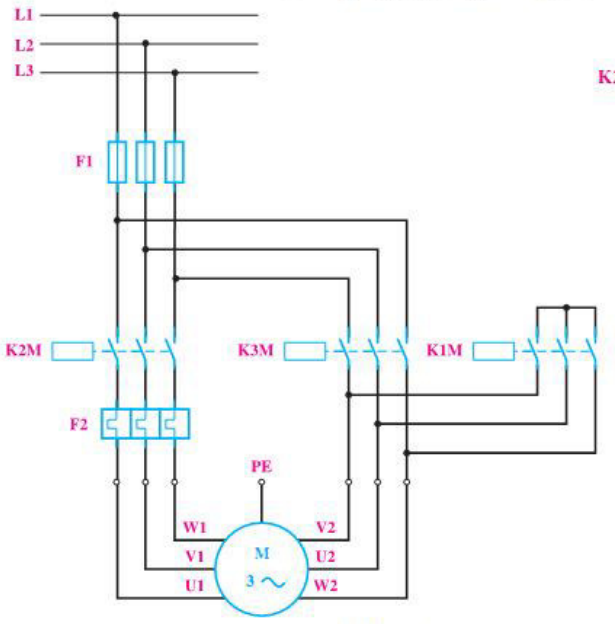
شکل ۹۰ــ۴

در حالت مثلث نیز باید فاز L۱ به W۲ و U۱، فاز L۲ به V۱ و U۲، و فاز L۳ به W۱ و V۲ وصل شود. برای این کار نیز به دو کنتاکتور، مانند شکل ۹۱ــ۴، احتیاج است، به طوری که کنتاکتورK۳M، سه فاز را به سه انتهای کلاف‌ها به ترتیب ذکر شده اتصال دهد.



شکل ۹۱ــ۴

با دقت در این دو شکل، ملاحظه می‌شود که کنتاکتور K۲M در شکل ۹۰ــ۴ و کنتاکتور K۴M در شکل ۹۱ــ۴ یک وظیفه را عهده‌دار هستند. پس می‌توان یکی از آن دو را حذف کرد و برای اتصال سه فاز شبکه به سه سر کلاف‌های موتور، از یک کنتاکتور برای هر دو حالت ستاره و مثلث استفاده نمود. از ادغام دو شکل ۹۰ــ۴ و ۹۱ــ۴، مدار قدرت برای اتصال ستاره مثلث نتیجه خواهد شد. در شکل ۹۲ــ۴ مدار قدرتی برای اتصال ستاره مثلث به همراه وسایل حفاظتی (فیوز و بی‌متال) نشان داده شده است.

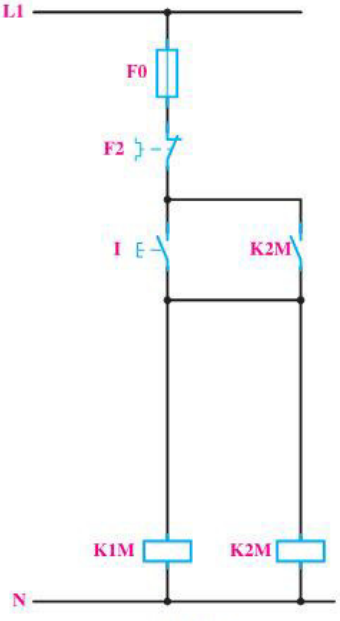


شکل ۹۲ــ۴

چون بی‌متال‌هایی که در این مدار برای حفاظت در برابر اضافه بار استفاده شده‌اند، در مسیر جریان فازی موتور قرار گرفته‌اند، پس باید برای $\frac{۱}{\sqrt{۳}} = ۰/۵۸$ جریان نامی تنظیم شوند.

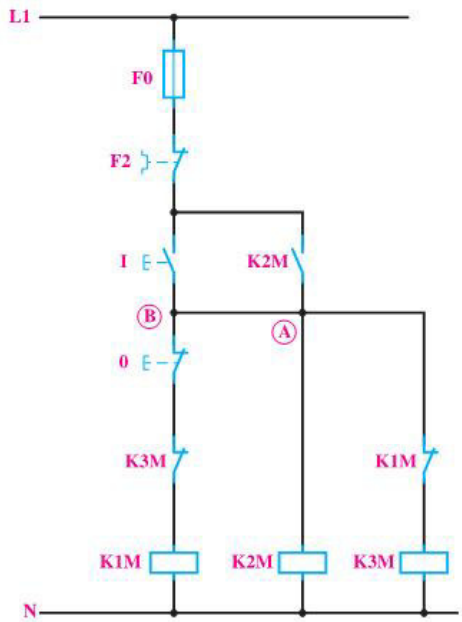
مدار فرمان برای حالت دستی: در طراحی این مدار باید توجه داشت که کنتاکتور K۱M و K۳M نباید حتی برای یک لحظه نیز به یکدیگر وصل باشند؛ زیرا بین هر سه فاز، اتصال کوتاه پیش خواهد آمد. برای راه‌اندازی موتور باید با فشار به شستی I کنتاکتورهای K۱M و K۲M جذب گردد و با فشار دادن به شستی 0 کنتاکتور K۱M قطع و کنتاکتور K۳M جذب شود. البته قبل از وصل شدن کنتاکتور K۳M باید حتماً K۱M قطع شود. به‌علاوه، اگر برای راه‌اندازی موتور ابتدا شستی 0 فشار داده شود، هیچ یک از کنتاکتورها نباید وصل شوند.

برای طراحی مدار، ابتدا اتصال کنتاکتورهای K۱M و K۲M را توسط شستی I (مانند شکل ۹۳ــ۴) ترسیم می‌کنیم. چون کنتاکتور K۲M در حالت مثلث نیز باید در مدار باشد، از این رو برای اتصال دائم مدار از کنتاکت باز K۲M به صورت موازی با شستی I استفاده می‌کنیم. در مرحله‌ی بعدی باید با فشار به شستی 0 ابتدا کنتاکتور K۱M قطع و بعد کنتاکتور K۳M وصل شود. برای اطمینان از این امر، کنتاکت بسته K۱M را به طور



شکل ۹۳ــ۴

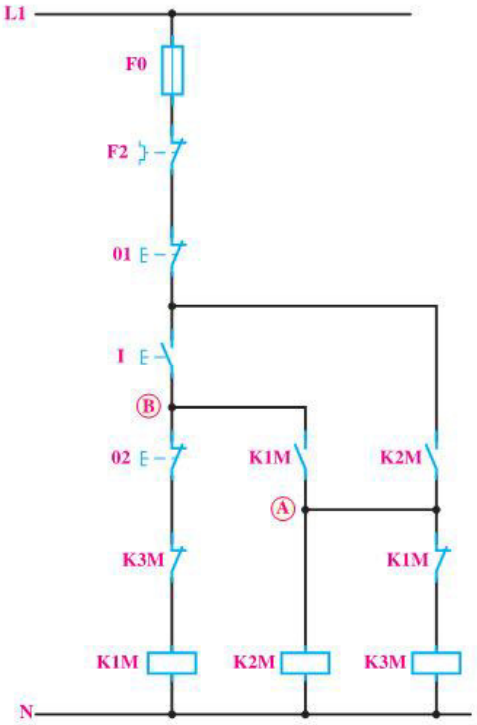
سری با کنتاکتور K۳M قرار می‌دهیم و چون فقط کنتاکتور K۱M باید از مدار قطع شود و کنتاکتور K۲M در مدار باقی بماند، از شستی 0 برای قطع کنتاکتور K۱M، استفاده می‌کنیم. هم‌چنین برای این که پس از فشار مجدد شستی I کنتاکتور K۱M دوباره وصل نشود، کنتاکت بسته‌ی K۳M را به طوری سری با آن قرار می‌دهیم که در نتیجه، شکل ۹۴ــ۴ حاصل خواهد شد.



شکل ۹۴ــ۴

اگر فرض بر این است که در شکل ۹۴ــ۴، کنتاکتورهای K۱M و K۲M متصل باشد و سپس شستی 0 فشار داده شود، در این صورت موتور به طور مثلث وصل خواهد شد. اما اگر موتور خاموش باشد و شستی I برای راه‌اندازی موتور به صورت ستاره فشار داده شود، چون هر سه کنتاکتور همزمان به ولتاژ تغذیه اتصال پیدا می‌کنند، احتمال وصل شدن همزمان کنتاکتورهای K۱M و K۳M و در نتیجه ، اتصال کوتاه سه فاز و یا احتمال مثلث شدن موتور بسیار زیاد خواهد بود. برای رفع این اشکال، باید ترتیبی اتخاذ شود تا قبل از این که بین نقطه‌ی A و B در مسیر کنتاکتور K۳M جریانی برقرار شود، کنتاکت بسته K۱M باز شده

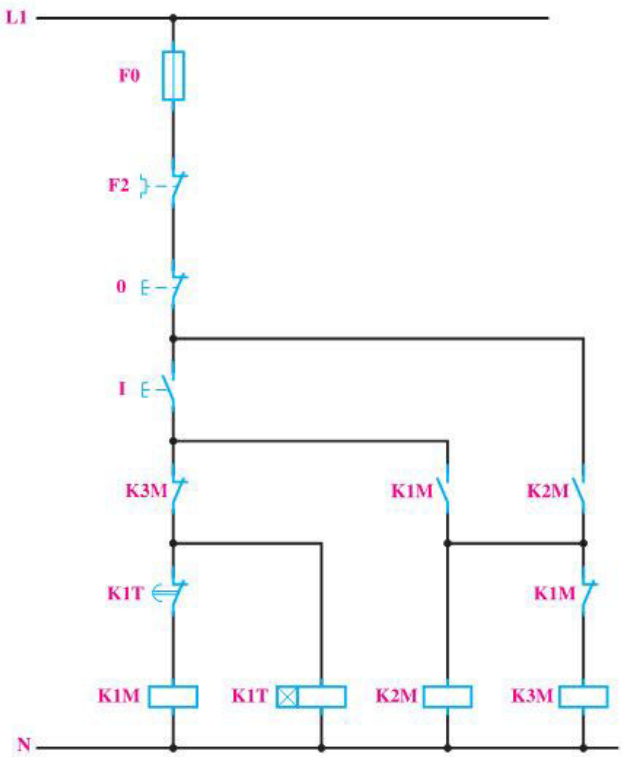
باشد. یک راه ساده برای این کار این است که در اتصال بین A و B در شکل ۹۴ــ۴ یک تأخیر زمانی به وسیله‌ی کنتاکت باز K۱M ایجاد کنیم. وجود این کنتاکت، باعث می‌شود که با فشار به شستی I، ابتدا کنتاکتور K۱M جذب کند و همزمان با بسته شدن کنتاکت باز آن در مسیر AB، کنتاکت بسته‌ی K۱M در مسیر کنتاکتور K۳M باز شود و دیگر اشکال بالا به وجود نیاید. مدار فرمان کامل این کار عملی، مانند شکل ۹۵ــ۴ خواهد شد. در این مدار از شستی ۰۱ برای قطع موتور استفاده شده است.



شکل ۹۵ــ۴

مدار فرمان برای حالت اتوماتیک : در این حالت، باید با فشار دادن به شستی I موتور به صورت ستاره راه‌اندازی شود و پس از گذشت زمان از قبل تنظیم شده‌ای، که بستگی به موتور و بار آن دارد، به طور اتوماتیک به حالت مثلث اتصال یابد. برای موتور این ماشین جوشکاری، زمان مورد نظر حدود ۱۰ ثانیه است.

روش طراحی این مدار نیز مانند حالت قبل است، با این تفاوت که به جای شستی قطع ۰۲ باید یک تایمر، کنتاکتور K۱M را قطع نماید. به همین جهت از کنتاکت بسته‌ی تایمر K۱T به‌جای شستی ۰۲ استفاده می‌کنیم. چون از زمان اتصال موتور به صورت ستاره، باید شمارش معکوس تایمر نیز شروع شود، پس بوبین تایمر را نیز با بوبین کنتاکتور K۱M (مانند شکل ۹۶ــ۴) به صورت موازی اتصال می‌دهیم. توجه داشته باشید که کنتاکت بسته‌ی تایمر باید، مطابق شکل، بین یک سر بوبین کنتاکتور K۱M و سر موتور تایمر قرار گیرد و سر بوبین تایمر نباید به نقطه‌ی A۱ کنتاکتور K۱M متصل شود. (چرا؟)



شکل ۹۶ــ۴

منابع

۱- تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی (کتاب هنرستان)

۲- ماشین های الکتریکی AC(کتاب هنرستان، ویرایش قدیم)

۳- ماشین های الکتریکی AC(کتاب هنرستان، ویرایش جدید)

۴- ماشین های الکتریکی DC(کتاب هنرستان، ویرایش قدیم)

۵- مهندسی تاسیسات الکتریکی مولف: دکتر حسین کلهر

۶- ایمنی در برق مولف: مهندس بهروز احمدی

۷- حفاظت از تاسیسات و جلوگیری از خطرات جریانهای الکتریکی مولف: مهندس علیرضا رضایی