ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۲۴	۸۰	۱۰۴

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

هدف‌های رفتاری : هنرجو باید در پایان این فصل بتواند :

۱ــ ساختمان و طرز کار کلیدهای مغناطیسی را شرح دهد.

۲ــ مزایای استفاده از کنتاکتور را نام ببرد.

۳ــ مشخصه‌های انتخاب یک کنتاکتور را شرح دهد.

۴ــ قسمت‌های مختلف یک کنتاکتور را مونتاژ نماید.

۵ــ ساختمان و طرزکار و کاربرد تجهیزات جانبی مدارهای فرمان (شامل فیوز، بی‌متال، تایمر، میکروسویچ و لامپ سیگنال) را شرح دهد.

۶ــ علائم اختصاری به‌کار رفته در نقشه‌های فرمان و قدرت را تشخیص دهد.

۷ــ نقشه‌های تک‌خطی و مسیر جریان و مونتاژ و ترمینالی را تشخیص داده و بخواند.

۸ــ مدار فرمان و قدرت یک موتور ساده‌ی سه‌فازه را به‌وسیله‌ی کنتاکتور و تجهیزات لازم طراحی کند، ببندد و راه‌اندازی نماید.

۹ــ مدار فرمان و قدرت یک موتور سه‌فازه را به صورت چپ‌گرد ــ راست‌گرد به وسیله‌ی کنتاکتور دستی ــ اتوماتیک (با استفاده از محدودکننده‌های الکتریکی) طراحی کند، ببندد و راه‌اندازی نماید.

۱۰ــ مدار فرمان و قدرت یک موتور سه‌فازه را به‌صورت ستاره ــ مثلث توسط کنتاکتور دستی و اتوماتیک (با استفاده از تایمر) طراحی کند، ببندد و راه‌اندازی نماید.

۱۱ــ مدار فرمان و قدرت یک موتور سه فازه را به صورت ستاره ــ مثلث چپ‌گرد ــ راست‌گرد طراحی کند، ببندد و راه‌اندازی نماید.

۱۲ــ مدار فرمان و قدرت ترمز یک موتور سه فازه را به‌صورت ترمز جریان مخالف و ترمز با جریان مستقیم طراحی و راه‌اندازی کند.

۱۳ــ مدار فرمان و قدرت یک موتور سه‌فازه دالاندر را به صورت معمولی و چپ‌گرد ــ راست‌گرد طراحی و راه‌اندازی کند.

۱۴ــ مدارهای فرمان داده شده در تمرین‌ها را نقشه خوانی نموده و کاربردی را برای آن بنویسد.

۱۵ــ مدارهای فرمان و قدرت ماشین‌های الکتریکی و تأسیسات الکتریکی را عیب‌یابی و رفع عیب نماید.

مقدمه

بهره‌برداری مطمئن و بی‌وقفه از تأسیسات الکتریکی و مراکز تولید نیرو و تأمین انرژی الکتریکی موردنیاز تجهیزات برقی کارخانجات صنعتی و مراکز اقتصادی تا حدود زیادی به خصوصیات، ویژگی‌ها و طرز عمل کلیدها و وسایل کنترل مدارها بستگی دارد. در این فصل منظور از مدارهای کنترل، مدارهای فرمان الکتریکی‌اند، که از کلیدهای مغناطیسی یا کنتاکتورها استفاده می‌کنند.

در مدارهای فرمان الکتریکی وسایل مختلفی به‌کار می‌رود که مهم‌ترین آن‌ها کنتاکتور یا کلید مغناطیسی است. استفاده از کنتاکتور در مدارهای کنترل، تنوع طراحی‌های مختلف را به‌وجود می‌آورد.

در این فصل، ضمن آشنایی با اجزای تشکیل‌دهنده‌ی مدارهای کنترل، با طراحی و اصول کار چندین مدار کنترل نیز آشنا می‌شوید.

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

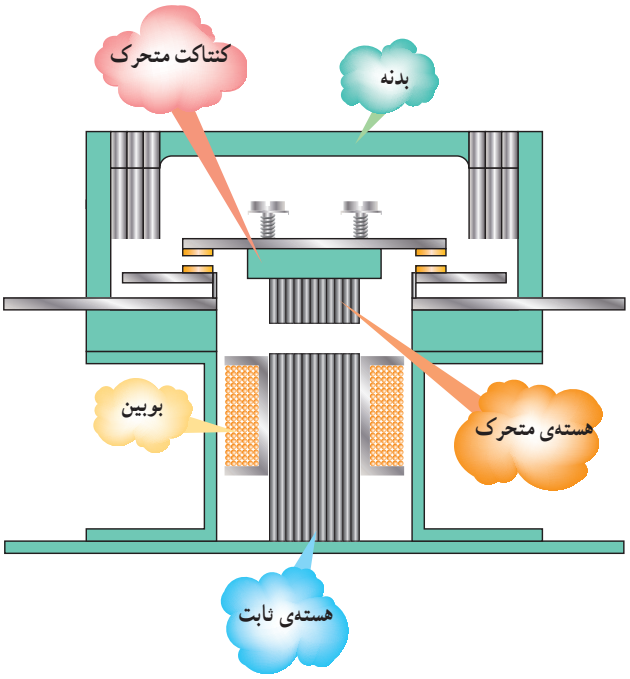
کنتاکتور با استفاده از خاصیت الکترومغناطیس ــ مانند رله‌ها ــ تعدادی کنتاکت را به‌یکدیگر وصل یا از یکدیگر جدا می‌کند. از این خاصیت جهت قطع و وصل و یا تغییر اتصال مدار استفاده می‌شود (شکل ۱ــ۴).

شکل ۱ــ۴

۱ــ۲ــ ساختمان کنتاکتور

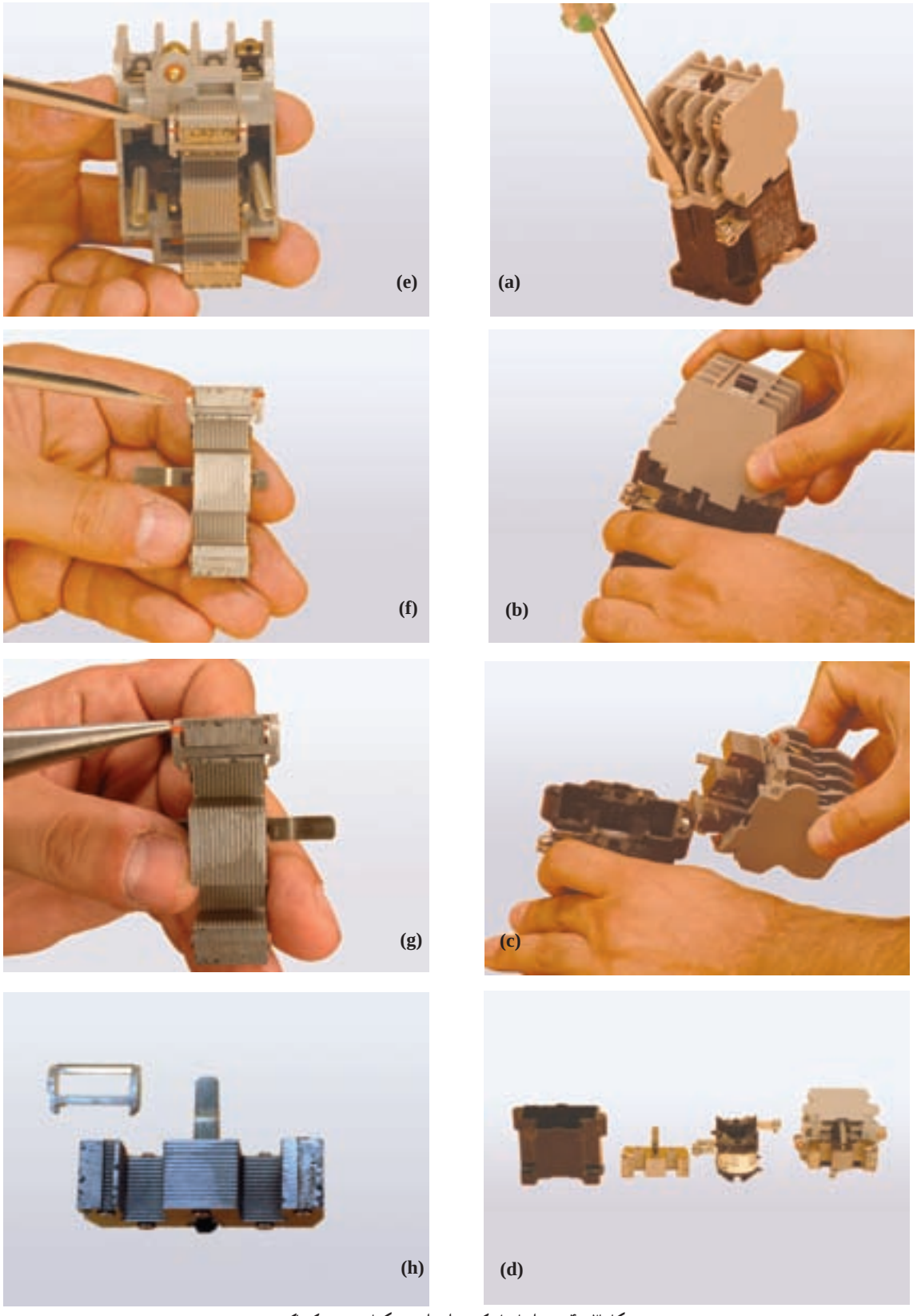
این کلید از دو هسته به شکل E یا U که یکی ثابت و دیگری متحرک است تشکیل می‌شود. در میان هسته‌ی ثابت یک بوبین یا سیم‌پیچ قرار دارد. وقتی بوبین به برق متصل می‌شود با استفاده از خاصیت مغناطیسی، نیروی کششی فنر را خنثا می‌کند و هسته‌ی فوقانی را به هسته‌ی تحتانی اتصال می‌دهد و باعث می‌شود که تعدادی کنتاکت عایق 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

مراحل باز کردن اجزای تشکیل‌دهنده‌ی یک نوع کنتاکتور در شکل ۳ــ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳ــ۴ــ مراحل باز کردن اجزای تشکیل‌دهنده‌ی کنتاکتور

۲ــ۲ــ 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.

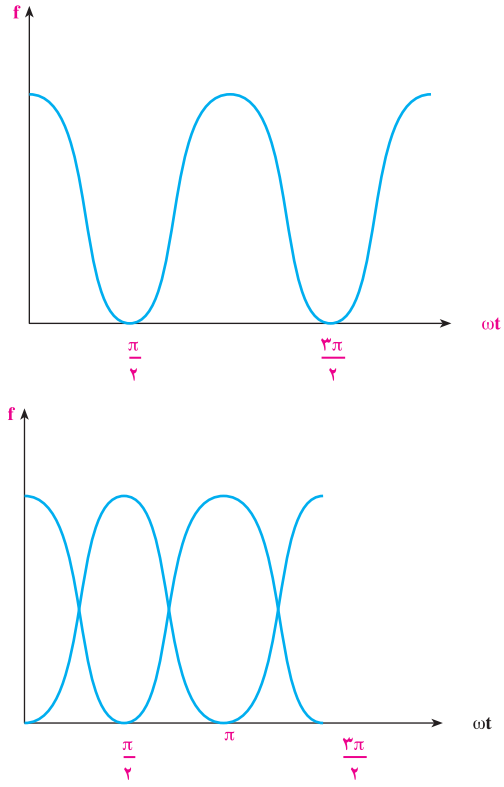
۷ــ هنگام قطع برق، مدار مصرف‌کننده نیز قطع می‌شود و به استارت مجدد نیاز پیدا می‌کند؛ در نتیجه از خطرات وصل ناگهانی دستگاه جلوگیری می‌گردد.

کنتاکتور برای جریان‌های AC و DC ساخته می‌شود. تفاوت این دو نوع کنتاکتور در آن است که در کنتاکتورهای AC از یک حلقه‌ی اتصال کوتاه برای جلوگیری از لرزش حاصل از فرکانس برق استفاده می‌گردد. نیروی کششی یک مغناطیس الکتریکی جریان متناوب، متناسب با مجذور جریان عبوری از آن و در نتیجه متناسب با مجذور اندکسیون مغناطیسی است. چون مقدار جریان لحظه‌ای با توجه به رابطه‌ی $i=I_{max}\sin\omega t$ تغییر می‌کند، مقدار نیروی کششی مغناطیسی نیز برابر با

$$f=F_{max}\sin^{2}\omega t$$

خواهد شد و تعداد دفعاتی که این نیرو ماکزیمم و صفر می‌شود، به اندازه‌ی دو برابر فرکانس شبکه خواهد گردید (شکل۵ــ۴). در نتیجه، در لحظاتی که مقدار نیروی کششی بیش‌تر از نیروی مقاوم فنرهای کنتاکتور باشد، هسته‌ی کنتاکتور جذب می‌شود و در لحظاتی که مقدار نیروی کششی کم‌تر از مقدار نیروی فنرها شود، هسته‌ی متحرک کنتاکتور تمایل پیدا می‌کند که به محل اوّل خود باز گردد. به این ترتیب در هسته‌ی متحرک لرزش و صدا ایجاد خواهد شد. این نوسانات را می‌توان به وسیله‌ی یک حلقه‌ی بسته، که در سطح قطب‌ها جاسازی شده و حدود نصف تا $\frac{۲}{۳}$ سطح هر قطب را پوشانده است، از بین برد و لرزش آن را برطرف کرد (شکل۴ــ۴). عمل این حلقه مانند سیم‌پیچ ثانویه‌ی ترانسفورماتوری است که در حالت اتصال کوتاه قرار گرفته و از آن جریان القایی عبور می‌کند و باعث می‌شود در مدار هسته فوران مغناطیسی فرعی ایجاد کند. این فوران فرعی با فوران اصلی اختلاف فاز دارد و در زمانی که نیروی کششی حاصل از فوران اصلی صفر باشد، نیروی کششی حاصل از فوران فرعی ماکزیمم خواهد بود و در حالتی که نیروی حاصل از فوران ماکزیمم باشد، این نیرو صفر خواهد بود و چون جمع این دو نیرو (مانند شکل ۵ــ۴) به هسته‌ی متحرک اثر می‌کند، نیروی کششی در هر لحظه از نیروی مقاومت فنر بیش‌تر خواهد بود.

شکل ۴ــ۴



شکل ۵ــ۴

ولتاژ تغذیه‌ی بوبین کنتاکتورها متفاوت است و از ۲۴ تا ۳۸۰ ولت ساخته می‌شود. در اکثر کشورهای صنعتی برای حفاظت بیش‌تر، تغذیه‌ی بوبین کنتاکتورها را زیر ولتاژ حفاظت شده (۶۵ ولت) انتخاب می‌کنند و یا برای تغذیه‌ی مدار فرمان، ترانسفورماتور مجزاکننده به کار می‌برند.

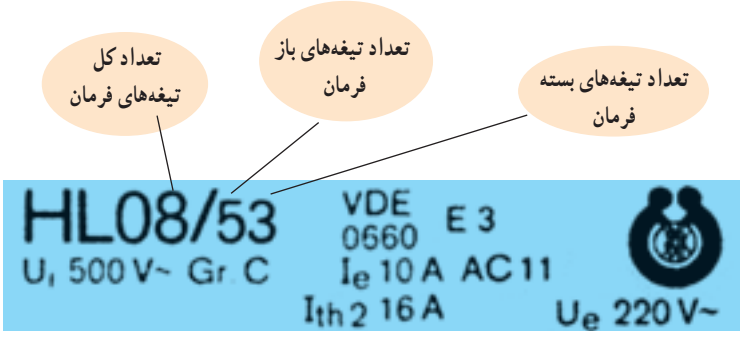
۳ــ۲ــ شناخت مشخصات فنی کنتاکتور

نوع کنتاکتور : با توجه به نوع مصرف‌کننده و شرایط کار، کنتاکتورها قدرت و جریان عبوری مشخصی برای ولتاژهای مختلف دارند. بنابراین، باید به جدول و مشخصات کنتاکتور توجه کافی مبذول کرد و انتخاب کنتاکتور را منطبق بر مشخصات موردنیاز قرار داد.

برای اتصال مصرف‌کننده به شبکه باید از کلید یا کنتاکتوری با مشخصات مناسب استفاده کرد که کنتاکت‌های آن تحمل جریان راه‌اندازی و جریان دائمی را داشته باشد. هم‌چنین در صورت اتصال کوتاه، جریان لحظه‌ای زیادی که ازمدار عبور می‌کند و یا جرقه‌ای که هنگام قطع مدار ایجاد می‌شود، صدمه‌ای به کلید نزند.

به‌این منظور و برای این که بتوانیم پس از طراحی مدار، کنتاکتور مناسب را برای اتصال مصرف‌کننده به شبکه انتخاب کنیم، باید با مقادیر نامی مربوط به کنتاکتور آشنا شویم. این مقادیر برای کلیدهای غیرمغناطیسی، مانند کلید اهرمی و غلتکی نیز، وجود دارد. در زیر با این مقادیر، که معمولاً مهم‌ترین آن‌ها بر روی بدنه‌ی کلید (شکل ۶ــ۴) نوشته شده است، آشنا می‌شویم.

برای انتخاب کنتاکتورها درقدرت‌های مختلف می‌توان از جدول‌های ۱ــ۴، ۲ــ۴ و ۳ــ۴ استفاده کرد.



شکل ۶ــ۴ــ مشخصات یک نمونه کنتاکتور

از آن جایی که کنتاکتورها را بیش‌تر برای راه‌اندازی الکتروموتورها به کار می‌برند، آشنایی با پلاک نصب شده روی موتورها لازم است که در فصل اول با چند نمونه از آن‌ها آشنا شده‌اید.

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

جدول ۲ــ۴ــ جدول انتخاب کنتاکتور، بی‌متال و فیوز
برای موتورهایی که به‌صورت مستقیم (یک ضرب) به شبکه متصل می‌شوند

جریان فیوز	جریان بی‌متال	جریان کنتاکتور	ولتاژ ۳۸۰ V		ولتاژ ۲۲۰ــ۲۴۰ V	
A	A	A	HP	KW	HP	KW
۲	۱ــ۱/۶	۹	۰/۵	۰/۳۷		
۲ــ۴	۱/۶ــ۲/۵	۹	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۵	۰/۳۷
۲ــ۴	۱/۶ــ۲/۵	۹	۱	۰/۷۵		
۴ــ۶	۲/۵ــ۴	۹	۱/۵	۱/۱	۰/۷۵	۰/۵۵
۴ــ۶	۲/۵ــ۴	۹	۲	۱/۵	۱	۰/۷۵
۶ــ۸	۴ــ۶	۹	۳	۲/۲	۱/۵	۱/۱
۸ــ۱۲	۴ــ۶	۹	۴	۳	۲	۱/۵
۸ــ۱۲	۵/۵ــ۸	۹				
۱۰ــ۱۲	۷ــ۱۰	۱۶	۵/۵	۴	۳	۲/۲
۱۲ــ۱۶	۱۰ــ۱۳	۱۶	۷/۵	۵/۵	۴	۳
۱۶ــ۲۰	۱۳ــ۱۵	۱۶	۱۰	۷/۵	۵/۵	۴
۱۶ــ۲۰	۱۳ــ۱۸	۱۶				
۲۰ــ۲۵	۱۸ــ۲۵	۲۵	۱۳/۵	۱۰	۷/۵	۵/۵
۲۵	۱۸ــ۲۵	۲۵	۱۵	۱۱		
۳۲ــ۴۰	۲۳ــ۳۲	۴۰	۲۰	۱۵	۱۰	۷/۵
۴۰	۳۰ــ۴۰	۴۰	۲۵	۱۸/۵	۱۳/۵	۱۰
۴۰	۳۰ــ۴۰	۴۰			۱۵	۱۱
۵۰ــ۶۳	۳۸ــ۵۰	۶۳	۳۰	۲۲		
۶۳	۴۸ــ۵۷	۶۳			۲۰	۱۵
۶۳	۴۸ــ۵۷	۶۳	۴۰	۳۰	۲۵	۱۸/۵
۶۳	۵۷ــ۶۶	۶۳				
۸۰	۶۶ــ۸۰	۸۰	۵۰	۳۷	۳۰	۲۲
۱۰۰	۷۵ــ۱۰۵	۱۲۵	۶۰	۴۵		
۱۲۵	۹۵ــ۱۲۵	۱۲۵	۷۵	۵۵	۴۰	۳۰

شرح جدول ۲ــ۴ : این جدول از ۷ ستون تشکیل شده است. ستون‌های اوّل و دوم قدرت موتورها را برحسب کیلووات و اسب بخار برای ولتاژ ۲۲۰ تا ۲۴۰ ولت نشان می‌دهد. ستون سوم و چهارم قدرت موتورها را برای ولتاژ خطی ۳۸۰ ولت مشخص می‌کند. ستون پنجم جریان کنتاکتور را برای قدرت‌های موردنظر و ستون ششم جریان بی‌متال لازم را برای موتور موردنظر معلوم می‌کند و بالاخره ستون هفتم فیوز موردنیاز را مشخص می‌نماید. این جدول برای موتورهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که به‌صورت مستقیم به شبکه‌ی برق متصل شوند.

برای مثال، موتور ۲۲KW یا ۳۰HP موردنظر است. برای انتخاب وسایل موردنیاز در ستونی که بالای آن ولتاژ ۳۸۰ ولت مشخص شده، عدد ۲۲KW و ۳۰HP را پیدا می‌کنیم. سپس روبه روی آن، عدد ۶۳ را برای جریان کنتاکتور و عدد ۵۰ــ ۳۸ را برای جریان بی‌متال و ۶۳ ــ ۵۰ را برای جریان فیوز معلوم می‌نماییم.

جدول ۳ــ۴ــ جدول انتخاب کنتاکتور، بی‌متال و فیوز
برای موتورهایی که به‌صورت ستاره مثلث راه‌اندازی می‌شوند

جریان فیوز	جریان بی‌متال	جریان کنتاکتور	ولتاژ ۳۸۰ V		ولتاژ ۲۲۰ــ۲۴۰ V	
A	A	A	HP	KW	HP	KW
۱۶	۷ ـ ۱۰	۱۲	۱۰	۷/۵	۵/۵	۴
۲۰	۷ ـ ۱۰	۱۲				
۲۰	۱۰ـ۱۳	۱۲	۱۳/۵	۱۰	۷/۵	۵/۵
۲۵	۱۳ ـ ۱۸	۱۶	۱۵	۱۱		
۳۲	۱۳ ـ ۱۸	۱۶	۲۰	۱۵	۱۰	۷/۵
۴۰	۱۸ ـ ۲۵	۲۵	۲۵	۱۸/۵	۱۳/۵	۱۰
۴۰	۱۸ ـ ۲۵	۲۵			۱۵	۱۱
۵۰	۱۸ ـ ۲۵	۲۵				
۵۰ ـ ۶۳	۲۳ ـ ۳۲	۴۰	۳۰	۲۲		
۶۳	۲۳ ـ ۳۲	۴۰			۲۰	۱۵
۶۳	۳۰ ـ ۴۰	۴۰	۴۰	۳۰	۲۵	۱۸/۵
۸۰	۳۰ ـ ۴۰	۴۰				
۸۰	۳۰ ـ ۴۰	۴۰				
۸۰	۳۸ ـ ۵۰	۶۳	۵۰	۳۷	۳۰	۲۲
۱۰۰	۳۸ ـ ۵۰	۶۳				
۱۰۰	۴۸ ـ ۵۷	۶۳	۶۰	۴۵		
۱۲۵	۵۷ ـ ۶۶	۶۳	۷۵	۵۵	۴۰	۳۰
۱۲۵	۶۰ ـ ۸۰	۸۰			۵۰	۳۷
۱۶۰	۷۵ ـ ۱۰۵	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	۶۰	۴۵
۲۰۰	۷۵ ـ ۱۰۵	۱۲۵				
۲۰۰	۹۵ ـ ۱۲۵	۱۲۵	۱۲۵	۹۰	۷۵	۵۵

شرح جدول ۳ــ۴ : این جدول برای موتورهای آسنکرون روتور قفسه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد که راه‌اندازی آن به‌صورت ستاره مثلث باشد.

مثال قبل، یعنی موتور۲۲KW یا۳۰HP را در نظر می‌گیریم. طبق روش قبلی، کنتاکتور موردنیاز ۴۰ آمپر و بی‌متال آن ۳۲ــ۲۳ آمپر و فیوز موردنیاز ۶۳ ــ۵۰ آمپر خواهد بود. علت کاهش آمپر کنتاکتور و بی‌متال نسبت به حالت راه‌اندازی مستقیم این است که در اتصال مثلث، که اتصال دائم کار موتور است، جریان مصرفی موتور از دو کنتاکتور به صورت موازی عبور می‌کند.

بنابراین، هر کنتاکتور باید حدود ۰/۵۸ جریان اصلی را تحمل کند. به همین ترتیب چون بی‌متال، روی یکی از کنتاکتورها قرار می‌گیرد، جریان تنظیمی آن کاهش می‌یابد.

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

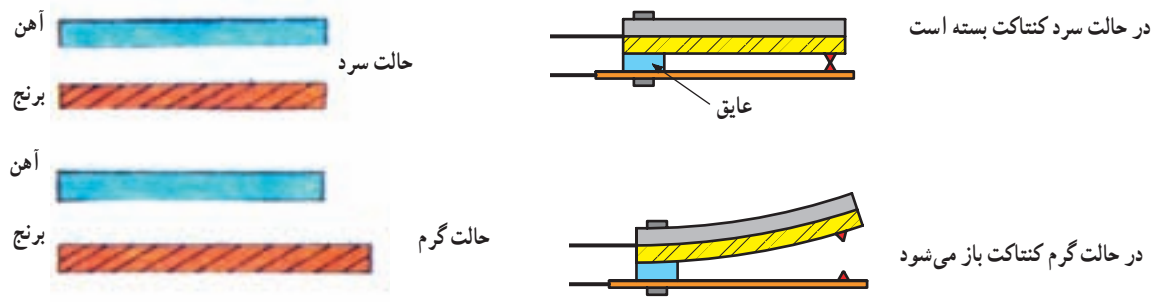
شکل ۸ــ۴ــ نمای چند نوع شستی سلکتوری و شستی قفل‌شونده

۴ــ رله‌ی حرارتی (بی‌متال)

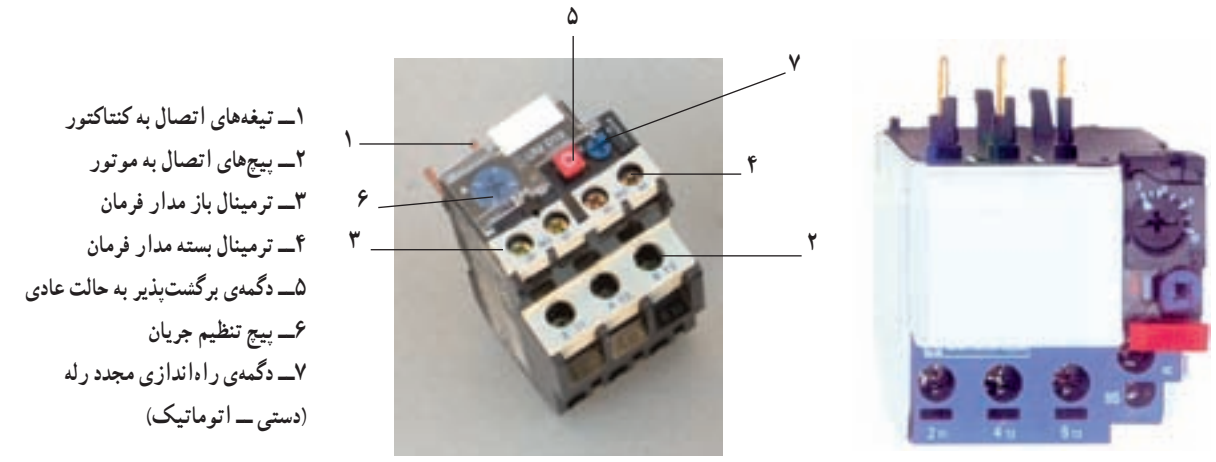
دستگاه‌های الکتریکی را باید در مقابل خطرات و خطاهای احتمالی حفاظت کرد. یکی از راه‌های حفاظت موتورهای الکتریکی، استفاده از رله‌ی حرارتی و رله‌ی مغناطیسی است. رله‌ی حرارتی، موتور را در مقابل اضافه‌بار (بار زیاد) حفاظت می‌کند. اصول ساختمان آن از دو فلز، که دارای ضریب انبساط طولی مختلف‌اند، تشکیل شده است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



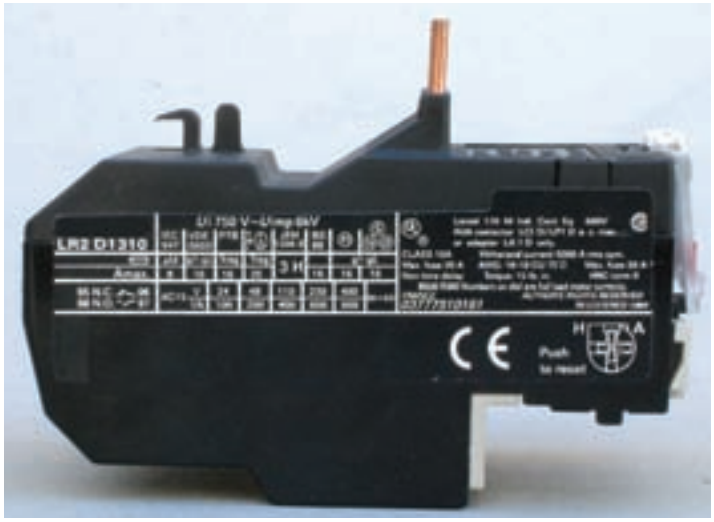
شکل ۹ــ۴ــ نحوه‌ی کار بی‌متال



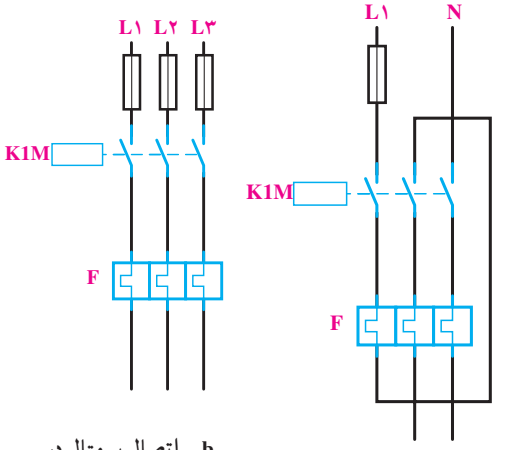
۱ــ تیغه‌های اتصال به کنتاکتور
۲ــ پیچ‌های اتصال به موتور
۳ــ ترمینال باز مدار فرمان
۴ــ ترمینال بسته مدار فرمان
۵ــ دگمه‌ی برگشت‌پذیر به حالت عادی
۶ــ پیچ تنظیم جریان
۷ــ دگمه‌ی راه‌اندازی مجدد رله (دستی ــ اتوماتیک)

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.

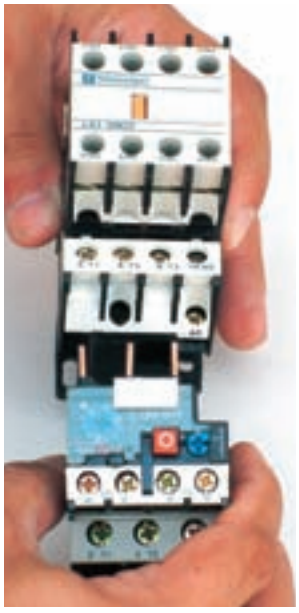


شکل ۱۱ــ۴ــ مشخصات یک نمونه بی‌متال و نحوه‌ی اتصال آن به یک کنتاکتور



a ــ اتصال بی‌متال در جریان تک‌فاز

b ــ اتصال بی‌متال در جریان سه فاز



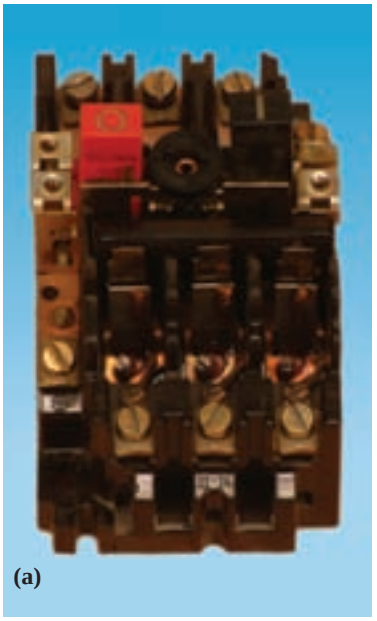
شکل ۱۲ــ۴ــ شکل اتصال بی‌متال در جریان تک‌فاز و سه‌فاز

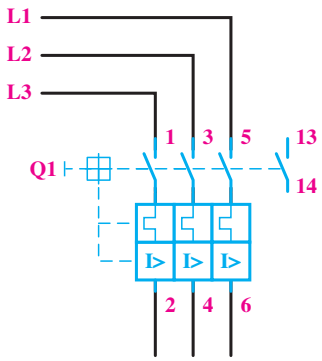
۵ــ کلید محافظ موتور

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 $1mm^2$ یا $1/5mm^2$ 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

در جدول ۴ــ۴ ستون اوّل، سطح مقطع سیم‌های مسی بر حسب میلی‌مترمربع داده شده است.

گروه اوّل : سیم‌های تک رشته‌ای تا سه سیم در یک لوله ــ سیم‌های رشته‌ای کابل مانند در لوله؛

گروه دوم : سیم‌های رشته‌ای کابل مانند خارج از لوله ــ سیم‌های متحرک؛

گروه سوم : سیم‌های یک‌لا در فضای آزاد (حداقل فاصله‌ی سیم‌ها به اندازه‌ی قطر سیم).

باید توجه داشت که جدول انتخاب فیوز برای محیطی با درجه‌ی حرارت ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد تهیه شده است و در صورت بالا بودن درجه‌ی حرارت محیط باید از فیوزهایی با نمره‌ی کوچک‌تر استفاده کرد (زیرا در درجه‌ی حرارت بالاتر جریان مجاز سیم‌ها کم می‌شود) و فیوز را باید، با توجه به جریان مجاز جدید، انتخاب کرد.

اعدادی که در داخل پرانتز نوشته شده‌اند، حداکثر جریان نامی فیوز است.

جدول ۴ــ۴ــ مقدار جریان فیوز برای حفاظت در مقابل جریان اضافی، با ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد حرارت محیط

سطح مقطع سیم مسی	جریان نامی فیوز حفاظت‌کننده‌ی سیم		
	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
mm^2	[A]	[A]	[A]
۰/۷۵	ــ	۱۰(۱۰)	۱۰(۱۵)
۱	۶(۱۰)	۱۰(۱۵)	۱۵(۲۰)
۱/۵	۱۰(۱۵)	۱۵(۲۰)	۲۰(۲۵)
۲/۵	۱۵(۲۰)	۲۰(۲۵)	۲۵(۳۵)
۴	۲۰(۲۵)	۲۵(۳۵)	۳۵(۵۰)
۶	۲۵(۳۵)	۳۵(۵۰)	۵۰(۶۰)
۱۰	۳۵(۵۰)	۵۰(۶۰)	۶۰(۸۰)
۱۶	۵۰(۶۰)	۶۰(۸۰)	۸۰(۱۰۰)
۲۵	۶۰(۸۰)	۸۰(۱۰۰)	۱۰۰(۱۲۵)
۳۵	۸۰(۱۰۰)	۱۰۰(۱۲۵)	۱۲۵(۱۶۰)
۵۰	۱۰۰(۱۲۵)	۱۲۵(۱۶۰)	۱۶۰(۲۰۰)
ــ	۱۰۰( )	۱۲۵(۱۶۰)	۱۶۰(۲۰۰)
۷۰	ــ	۱۶۰(۲۲۵)	۲۰۰(۲۶۰)

۸ــ لیمیت سوئیچ‌ها (سوئیچ‌های محدودکننده)

این نوع کلیدها معمولاً برای فرمان‌های مکانیکی یا محدود کردن حرکت دستگاه به‌کار می‌روند. ساختمان داخلی آن‌ها مانند استاپ استارت‌هاست و به‌صورت ساده و دوبل و چند کنتاکته ساخته می‌شوند. در شکل‌های ۱۸ــ۴ و ۱۹ــ۴ الف انواع این کلیدها و شکل ۱۹ــ۴ــ ب علامت اختصاری میکروسوئیچ نشان داده شده است.

به لیمیت سوئیچ‌هایی که در ابعاد کوچک ساخته می‌شوند میکروسوئیچ هم گفته می‌شود.

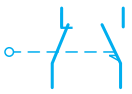
کاربرد و ساختمان خارجی لیمیت سویچ‌ها متفاوت است و بستگی مستقیم به چگونگی سیستم مکانیکی دستگاه دارد.

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

شکل ۱۸ــ۴ــ انواع لیمیت سویچ ساده

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

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



ب ــ علامت اختصاری میکروسوئیچ

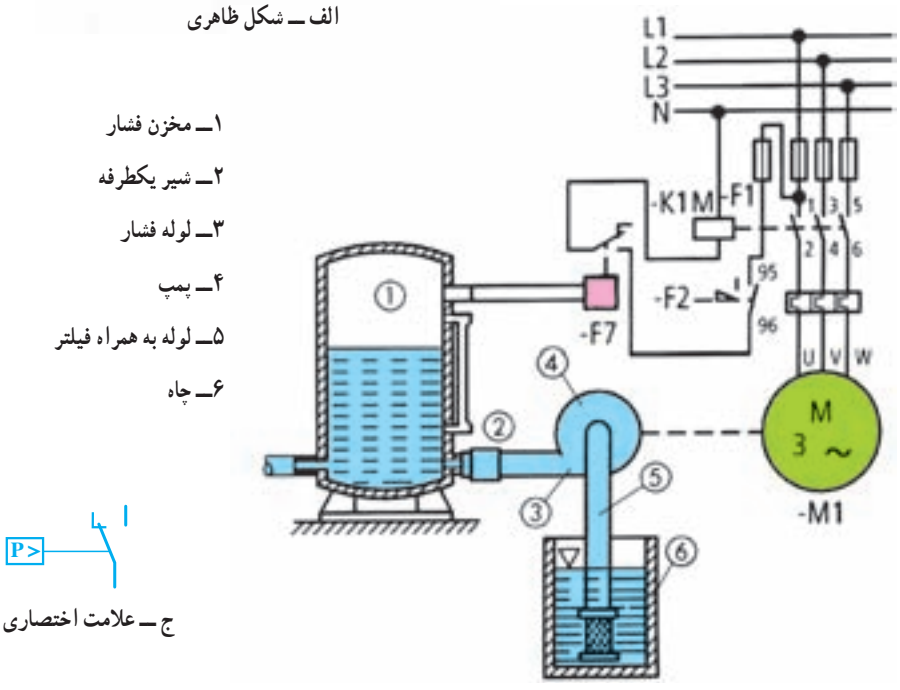
شکل ۱۹ــ۴ــ الف

۹ــ کلیدهای تابع فشار (کلیدهای گازی)

این کلیدها برای کنترل سطح گاز داخل مخازن و کمپرسورها، تنظیم فشار آب داخل لوله‌ها و روشن و خاموش کردن اتوماتیک این دستگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. عامل فرمان این کلید، فشار گاز یا مایع داخل مخزن است.

فشار گاز مؤثر بر صفحه‌ی داخلی کلید نیرویی وارد می‌کند که باعث تحریک می‌شود و یک کنتاکت باز را می‌بندد و یا کنتاکت بسته‌ای را باز می‌کند. حرکت برگشت را می‌توان به‌وسیله‌ی فنر تأمین کرد (شکل ۲۰ــ۴).

الف ــ شکل ظاهری



۱ــ مخزن فشار
۲ــ شیر یکطرفه
۳ــ لوله فشار
۴ــ پمپ
۵ــ لوله به همراه فیلتر
۶ــ چاه

F1 ــ فیوز
F2 ــ تیغه فرمان بی‌مثال
F1 ــ کلید تابع فشار
K1M ــ کنتاکتور
M1 ــ موتور پمپ

ج ــ علامت اختصاری

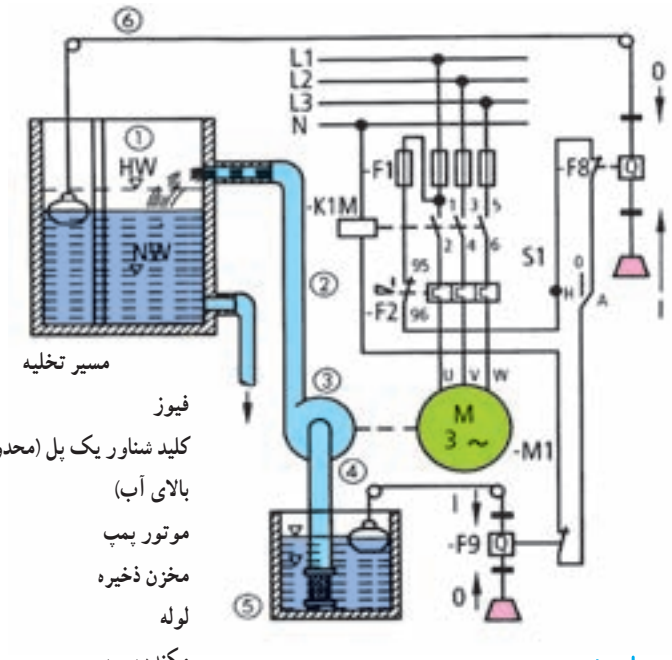
ب ــ نمونه‌ی مداری کلید تابع فشار

شکل ۲۰ــ۴ــ کلید تابع فشار

۱۰ــ کلیدهای شناور

کلیدهای شناور برای کنترل سطح آب یامایعات داخل منبع‌ها، استخرها و مخازن مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساختمان این کلید از وزنه‌ی تعادل، یک قسمت شناور و یک میکروسویچ تشکیل شده است. هنگامی که قسمت شناور را، با توجه به شکل کار، تنظیم می‌کنند با تغییر سطح مایع داخل مخزن، شناور تغییر مکان می‌دهد و با فرمان دادن به میکروسویچ داخل کلید باعث قطع و وصل مدار می‌شود. در شکل ۲۱ــ۴ نمونه‌هایی از این کلید به‌همراه یک نمونه مدار کاربردی آن نشان داده شده است.

الف



مسیر تخلیه

ب

F1	فیوز
F8	کلید شناور یک پل (محدودکننده‌ی سطح بالای آب)
M1	موتور پمپ
1	مخزن ذخیره
2	لوله
3	مکنده پمپ
4	لوله مکنده‌ی دارای فیلتر
5	چاه
6	کابل شناور، وزنه‌ی تعادل و قرقره
F_9	کلید شناور یک پل (محدودکننده‌ی سطح پایین آب)

ج ــ علامت اختصاری

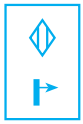
شکل ۲۱ــ۴ــ کلید شناور و کاربرد آن

۱۱ــ چشم‌های الکتریکی (سنسورها)

این وسیله نوعی کلید فرمان دهنده است که، بدون برخورد فیزیکی دست یا هر وسیله‌ی دیگری، توسط سیستم چشم الکتریکی از فاصله‌ی خاص با توجه به نوع سنسور واکنش نشان می‌دهد و فرمان صادر می‌کند؛ هم‌چنین به‌وسیله‌ی رله‌ای که در داخل آن به‌کار رفته است، کنتاکت‌هایی را باز می‌کند یا می‌بندد و در نتیجه به دستگاه‌های موردنظر فرمان می‌دهد. از این کلید، در دستگاه‌های صنعتی و خطوط تولید، استفاده‌ی فراوان می‌شود. در شکل ۲۲ــ۴ــ الف چند نمونه از این کلید و در شکل ۲۲ــ۴ــ ب و ۲۲ــ۴ــ ج زمینه‌ی کاربردی و علامت اختصاری آن نشان داده شده است.

الف

ب



ج ــ علامت اختصاری

شکل ۲۲ــ۴ــ چشم الکتریکی

۱۲ــ رله‌ی زمانی (تایمر) و انواع آن

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

الف ــ رله‌ی زمانی موتوری یا الکترومکانیکی؛

ب ــ رله‌ی زمانی الکترونیکی؛

پ ــ رله‌ی زمانی نیوماتیکی (با فشار هوا)؛

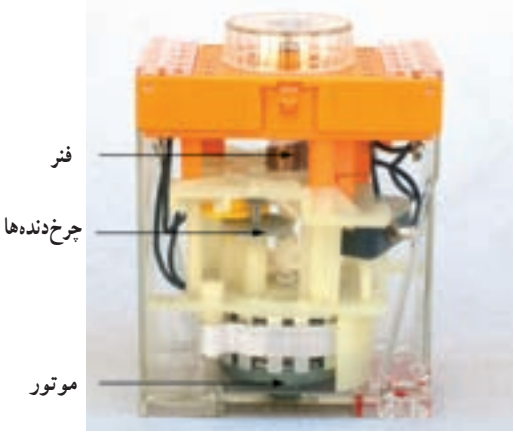
ت ــ رله‌ی زمانی بی‌متال یاحرارتی؛

ث ــ رله‌ی زمانی هیدرولیکی؛

الف ــ رله‌ی زمانی موتوری یا الکترومکانیکی

این نوع تایمر از یک موتور کوچک تشکیل شده است که از طریق چرخ‌دنده یک دیسک را در مقابل میکروسویچ می‌چرخاند.

ساختمان داخلی تایمر موتوری : محل دیسک در لحظه‌ی شروع به کار، قابل تنظیم است و پس از تنظیم زمان آن (توسط زایده‌ی خارجی) و تغذیه‌ی تایمر، موتور با دور ثابت به گردش درمی‌آید و با گردش موتور، زمان تایمر شروع می‌شود. تایمر پس از گردش، به سبب برخورد با زایده‌ی دیسک، متوقف می‌شود و به میکروسویچ داخلی فرمان می‌دهد. آن‌گاه کنتاکت‌های تایمر عمل می‌کنند و اتوماتیک قطع می‌شود و موتور از کار می‌افتد. زمان وصل این رله‌ها از دهم ثانیه تا به‌طور دایم قابل تنظیم است. شکل ۲۳ــ۴ تایمر موتوری را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳ــ۴

ب ــ 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 ۲۴ــ۴ نمای ظاهری، مدار الکترونیکی داخلی 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 ثابت زمانی استوار است. تنظیم این نوع تایمرها به مقدار مقاومت سر راه خازن بستگی دارد.

الف ــ نمای ظاهری

ب ــ مدار داخلی

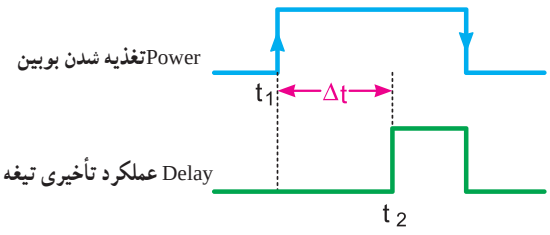
شکل ۲۴ــ۴ــ نمای ظاهری و مدار داخلی تایمر الکترونیکی

در شکل ۲۵ــ۴ دو نوع تایمر نشان داده شده است. تایمرهای متداول در صنعت برق از نوع تأخیر در وصل[1] است.

ب

الف

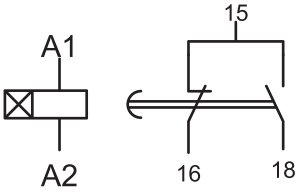
شکل ۲۵ــ۴



t_1 ــ لحظه‌ی وصل جریان بوبین تایمر

t_2 ــ لحظه‌ی عملکرد تیغه‌ی تایمر

$\Delta t=t_2-t_1$ ــ مدت زمان تأخیر عملکرد تایمر نسبت به لحظه وصل برق



شکل ۲۶ــ۴ ــ شمای حقیقی، فنی و مشخصه‌ی زمانی[2] رله‌ی تأخیر در وصل

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 ۲۶ــ۴).

تایمر تأخیر در قطع[3] با لبه‌ی بالا رونده (وصل برق) عمل می‌کند و با لبه‌ی پایین رونده (قطع برق)، زمان‌سنجی را آغاز می‌کند و با اتمام زمان به حالت اولیه برمی‌گردد (شکل ۲۷ــ۴).

۱ــ on delay ۲ــ time characteristic ۳ــ off delay

پ ــ رله‌ی زمانی نیوماتیکی

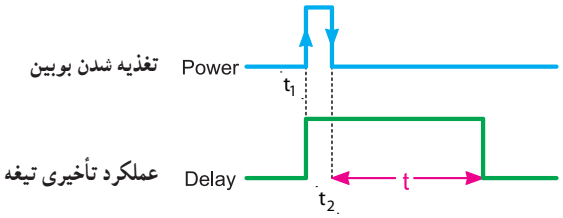
در این تایمر از خاصیت ذخیره‌سازی و فشردگی هوا استفاده می‌شود.

ت ــ رله‌ی زمانی بی‌متال یا حرارتی (تایمر حرارتی)

این نوع تایمر با استفاده از خاصیت بی‌متال کار می‌کند و در انواع رله‌ی حرارتی ذوب‌شونده، رله‌ی حرارتی بی‌متال و رله‌ی حرارتی منعکس‌کننده‌ی میله‌ای ساخته می‌شود.

ث ــ رله‌ی زمانی هیدرولیکی

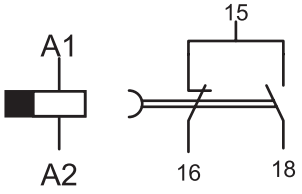
در این رله‌ها از سیستم هیدرولیکی، جهت تأخیر در مدار، استفاده می‌شود. طرز کار آن طوری است که وقتی جریان برق به رله وصل می‌شود، مقداری روغن در داخل آن جابه‌جا می‌گردد. برای بازگشت روغن به محل اوّلیه، زمانی لازم است. این زمان را به‌عنوان زمان تایمر درنظر می‌گیرند.



t_1 ــ لحظه‌ی وصل جریان به بوبین تایمر

t_2 ــ لحظه‌ی عملکرد تیغه‌ی تایمر

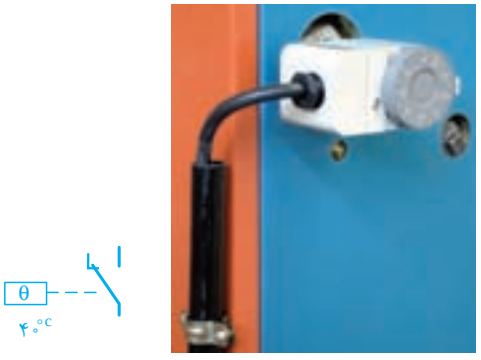
t ــ مدت زمان تأخیرعملکرد تایمر نسبت به لحظه‌ی قطع برق



شکل ۲۷ــ۴ــ شمای حقیقی، فنی و مشخصه‌ی زمانی رله‌ی تأخیر در قطع

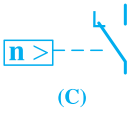
۱۳ــ کلید تابع حرارت (ترموستات)

ترموستات نوعی رله‌ی حرارتی است که در مقابل تغییرات درجه‌ی حرارت محیط از خود حساسیت نشان می‌دهد، این وسیله در دستگاه‌های مختلف صنعتی دارای کاربرد فراوان است و وظیفه‌ی کنترل دمای محیط 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 ۲۸ــ۴ یک نمونه ترموستات را نشان می‌دهد.



شکل ۲۸ــ۴

۱۴ــ کلیدهای تابع دور (کلید گریز از مرکز)



کلیدهای تابع دور در بعضی از الکتروموتورهای یک فاز جهت خارج کردن سیم‌پیچ کمکی از مدار و در موارد دیگر مانند ترمز جریان مخالف به‌کار می‌رود (شکل ۲۹ــ۴).

شکل ۲۹ــ۴

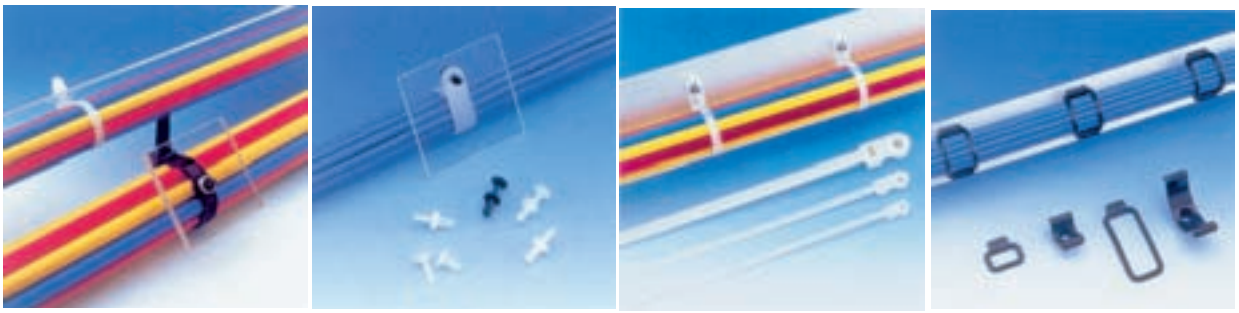
۱۵ــ حروف و اعداد پلاستیکی

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 ۳۰ــ۴).

شکل ۳۰ــ۴ــ حروف و اعداد پلاستیکی

۱۶ــ 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 ۳۱ــ ۴ نمونه‌های مختلفی از این نوع بست را نشان می‌دهد.

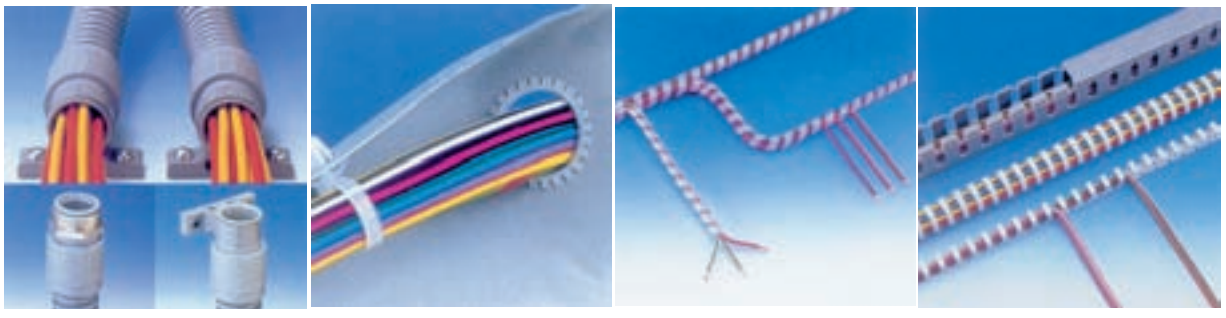


شکل ۳۱ــ۴ــ نمونه‌های مختلف کمربند کابل

در تابلوهای برق صنعتی برای محکم‌کردن کمربند کابل از وسایل خاصی به نام تفنگ کمربند استفاده می‌شود (شکل۳۲ــ۴).

شکل ۳۲ــ۴

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 ۳۳ــ۴ مشاهده می‌نمایید.



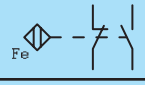
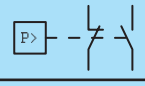
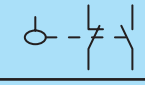
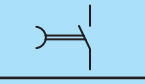
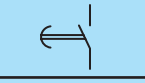
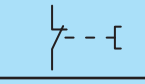
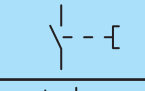
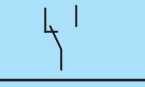
شکل ۳۳ــ۴

۱۷ــ علایم اختصاری

قبل از بررسی و اتصال مدارهای الکتریکی لازم است با برخی علایم اختصاری الکتریکی آشنا شویم. جدول ۴ــ۵ تا ۴ــ۹ نمونه‌های مختلفی از این علایم را نشان می‌دهد.

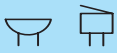
● کنتاکت‌ها

جدول ۴ــ۵

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
کلید غیرلمسی (نوع القایی)	
کلید تابع فشار	
کلید شناور (فلوتر)	
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	
کنتاکت بسته کلید کششی	
کنتاکت باز کلید کششی	
کنتاکت تبدیل (تعویض کننده)	
کنتاکت تبدیل با حالت خاموش در وسط	

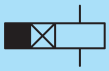
● وسایل خبردهنده

جدول ۴ــ۶

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
لامپ خبر	
بیزر	
بوق	
زنگ	
آژیر	
دیود LED	

● کنتاکتور و رله

جدول ۴ــ۷

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

● محرک عملگرها (محرک وسایل)

جدول ۸ــ۴

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
محرک دستی	
محرک فشاری (با دست)	
محرک کششی	
محرک تغییر جهت	
محرک با کلید	
فعال‌شونده با بادامک و حسگرها	
محرک فشاری (با پدال)	
قفل مکانیکی	
محرک موتوری	
محرک کلید اضطراری	
محرک حرارتی قابل تنظیم	
محرک حرارتی غیرقابل تنظیم	
محرک الکترومغناطیسی	
محرک با سطح سیال	

● کلیدها و کنتاکت‌ها

جدول ۹ــ۴

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
کلید یک‌فاز	
کلید سه‌فاز	
شستی وصل (استارت)	
شستی قطع (استوپ)	
شستی وصل و قطع (استوپ و استارت دوبل)	
کنتاکت باز لیمیت سوییچ	
کنتاکت بسته لیمیت سوییچ	
کنتاکت باز کنتاکتور	
کنتاکت بسته کنتاکتور	
کنتاکت بسته (مدار فرمان) بی‌متال	
کنتاکت بسته شونده‌ی تأخیری	
کنتاکت بازشونده‌ی تأخیری	
کنتاکت بسته‌ی کلیدگردان	
کنتاکت باز کلید گردان	

۱۸ــ 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 ۱۰ــ۴ 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 Q۳ و Q۲ و Q۱ و یا K۲M و K۱M و یا K۲T و K۱T.

جدول ۱۰ــ۴

حروف شناسایی	نوع تجهیزات	مثال‌ها
A	گروه‌های ساختاری و گروه‌های کوچک	تقویت‌کننده، تقویت کننده مغناطیسی، وسایل مرکب
B	وسایل تبدیل انرژی غیرالکتریکی به انرژی الکتریکی و برعکس	سنسور (حس‌کننده)، حرارتی (ترموالکتریک)، سلول فتوالکتریک، گشتاورسنج، مبدل‌های کریستالی، میکروفن‌ها، بلندگو، رمزگذارها
C	خازن‌ها	خازن‌های الکترولیتی، خازن‌های غیرالکترولیتی، خازن‌های متغیر
D	عناصر تأخیردهنده، عناصر ذخیره‌ساز، عناصر باینری (دو وضعیتی)	اِلمان‌های تأخیری، المان‌های دیجیتالی، حافظه‌های مغناطیسی، ثبات‌ها، دیسک‌گردان، ضبط صوت‌ها، عناصر دارای یک ثبات، عناصر دارای دو ثبات
E	متفرقه	روشنایی، تجهیزات گرمایی، وسایل و تجهیزاتی که در گروه‌های دیگر تعریف نشده است.
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، اسیلاتورها (اسیلاتورهای کریستالی)، منابع تغذیه قدرت
H	وسایل خبردهنده (نمایشگر)	وسایل نمایشگر صوتی و نوری (بوق، آژیر، لامپ، ساعت زنگ‌دار)
K	کنتاکتورها و رله‌ها	کنتاکتورها، رله‌های فلاش، کنتاکتورهای کمکی، رله‌های زمانی
L	وسایل القایی	چوک، سیم‌پیچ، فیلتر
M	موتورهای الکتریکی	موتور سه‌فاز، موتور تک‌فاز، موتور خطی
N	تقویت‌کننده‌ها، تنظیم‌کننده‌ها	تقویت‌کننده‌ها، تنظیم‌کننده‌ها (رگولاتورها)، وسایل الکترونیکی
P	وسایل اندازه‌گیری و وسایل آزمایش (تست)	نشان‌دهنده‌ها، ثبات‌ها، شمارنده‌ها، وسایل اندازه‌گیری، آمپرمتر، ولت‌متر، اسیلوسکوپ، ساعت‌ها، پالس‌دهنده‌ها
Q	کلیدهای قدرت	کلیدهای ایزوله کننده، کلیدهای جداکننده، کلیدهای قطع و وصل حفاظتی، کلیدهای حفاظت موتور
R	مقاومت‌ها	مقاومت‌های ثابت، مقاومت‌های قابل تنظیم، پتانسیومترها، رئوستا، مقاومت راه‌انداز، مقاومت‌های شنت، مقاومت‌های حرارتی (ترمیستور)
S	کلیدها، سلکتورها (انتخاب‌کننده)	کلید فشاری، میکروسوئیچ، کلید کنترل، کلیدهای پالس‌دهنده
T	ترانسفورماتورها	ترانسفورماتور ولتاژ، ترانسفورماتور جریان، ترانسفورماتور ایزوله، مبدل‌های AC به DC
U	مدولاتورها، آشکارسازها، مبدل‌ها	جداکننده‌ی سیگنال، مبدل فرکانس، دمودولاتور، مبدل، سیگنال ژنراتور، انیورتر
V	نیمه‌هادی‌ها و لامپ‌ها	لامپ‌های الکترونی، لامپ‌های تخلیه، دیودها، ترانزیستورها، تریستورها، یکسوکننده‌ها
W	مسیرهای ارتباطی، آنتن‌ها، لامپ‌ها	سیم‌ها، کابل‌ها، شین‌ها، آنتن دوقطبی، آنتن‌های بشقابی (گیرنده)
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
Z	فیلترها، فیلترهای جبران‌کننده وسایل محدودکننده	شبکه‌ی متعادل‌کننده‌ی کابل، فیلترهای پارازیت‌گیر RC و LC

* در این کتاب به جهت تفکیک کلیدهای فشاری (استوپ ــ استارت) از ارقام یونانی (0 – I – II و...) استفاده شده است.

جدول ۱۱ــ۴

حروف شناسایی	عملکرد	حروف شناسایی	عملکرد
A	عملکرد کمکی به‌خصوص قطع	N	اندازه‌گیری
B	جهت حرکت (f ــ جلو، b ــ عقب، r ــ بالا، L ــ پایین، C ــ جهت حرکت عقربه ساعت و خلاف جهت حرکت)	P	نسبی و متناسب
C	شمارش	Q	وضعیت کار (وصل، قطع و محدود)
D	تمایزدهنده و تفکیک‌کننده	R	راه‌اندازی مجدد و لغو حرکت
E	عملکرد وصل (روشن)	S	ذخیره کردن و ضبط کردن
F	حفاظت	T	تأخیر داشتن و اندازه‌گیری زمان
G	آزمایش (تست)	U	–
H	نشان‌دهنده و خبردهنده	V	سرعت و شتاب
J	تلفیق یا ترکیب چند عمل	W	اضافه کردن و جمع کردن
K	عملکرد کلید فشاری	X	ضرب کردن و چند برابر کردن
L	نشانه‌گذاری هادی	Y	آنالوگ (قیاسی)
M	عملگر اصلی	Z	دیجیتال (رقمی)

۱۹ــ انواع نقشه‌های الکتریکی صنعتی

در طراحی، مونتاژ؛ نصب، تعمیر و عیب‌یابی مدارهای صنعتی از نقشه‌های مختلفی استفاده می‌شود که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

۱ــ نقشه‌ی مسیر جریان

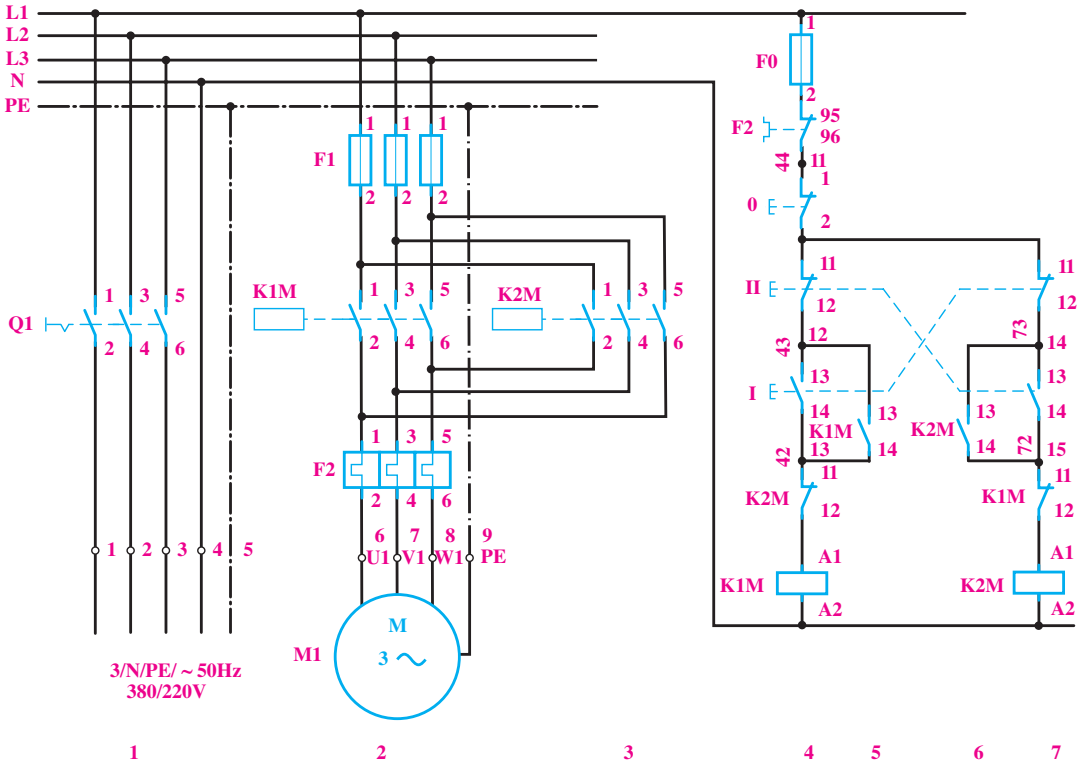
۲ــ نقشه‌ی مونتاژ

۳ــ نقشه‌ی خارجی

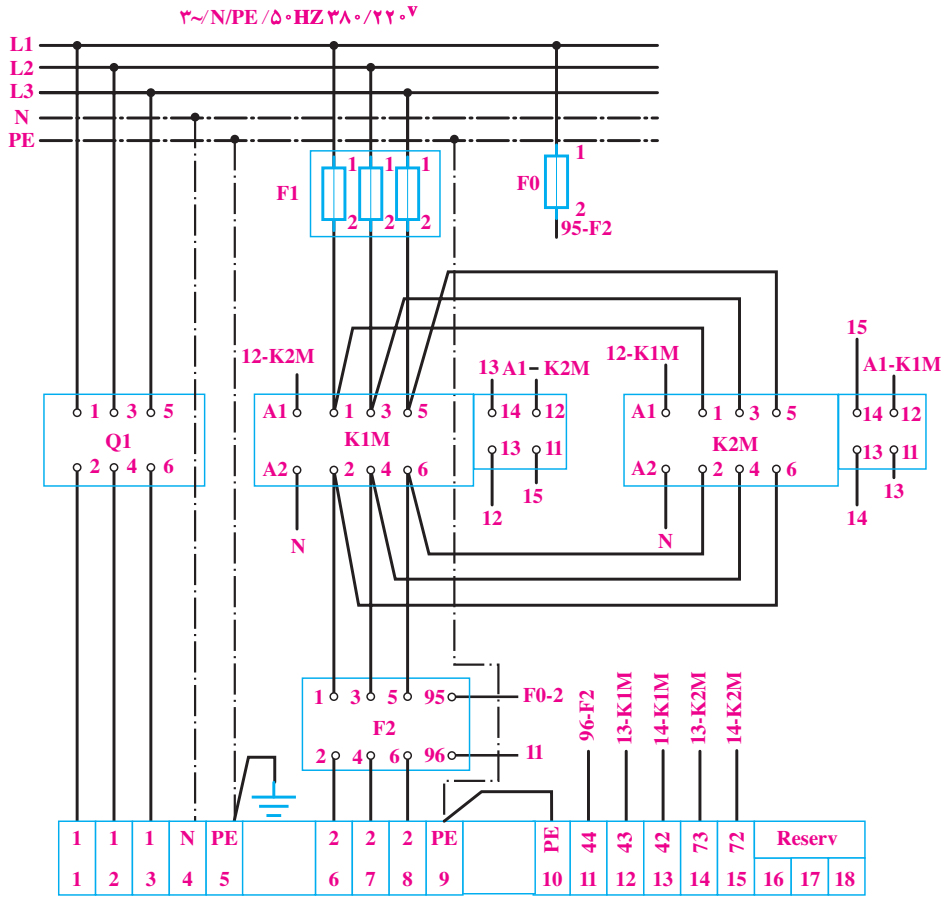
۴ــ نقشه‌ی ترمینالی

۵ــ نقشه‌ی تک‌خطی (فنی)

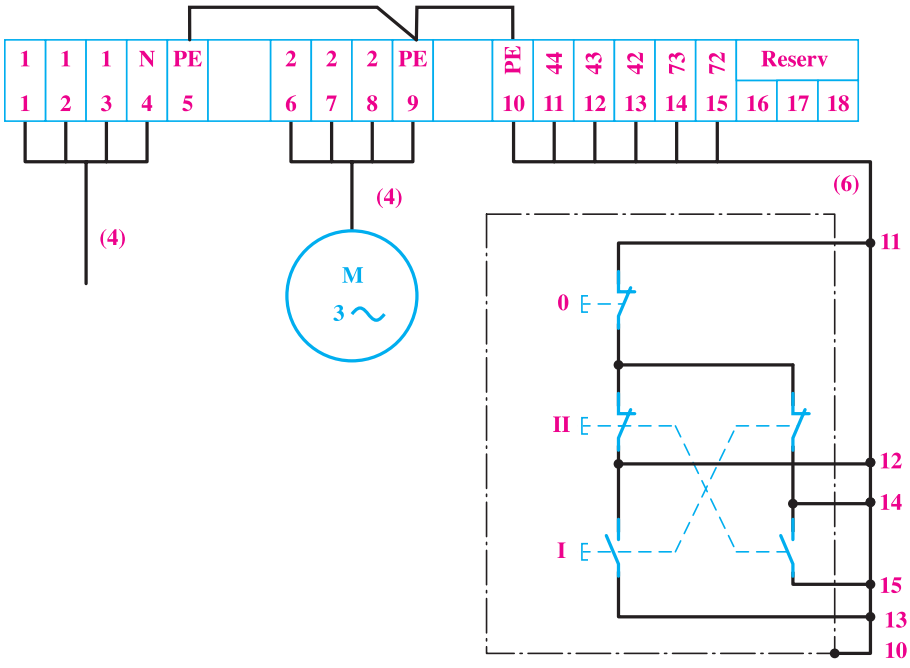
چون نحوه‌ی ترسیم انواع نقشه‌ها از اهداف این کتاب نیست لذا در این‌جا فقط به معرفی و مشاهده یک نمونه از نقشه‌های نام‌برده شده اکتفا می‌شود شکل‌های ۳۳ــ۴ تا ۳۷ــ۴ به‌ترتیب تصویر نقشه‌ها را نشان می‌دهد.



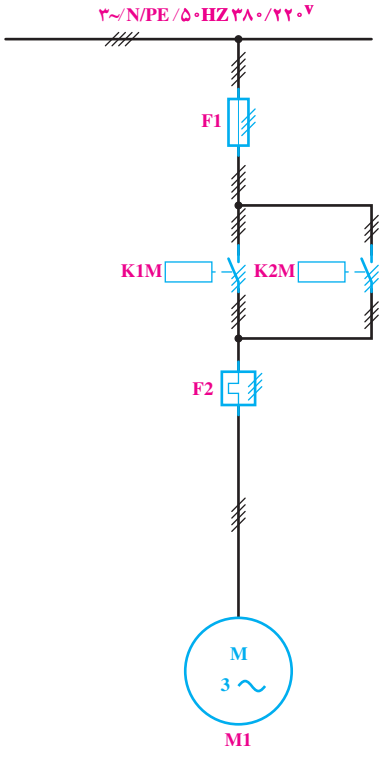
شکل ۳۳ــ۴ــ نقشه‌ی مسیر جریان



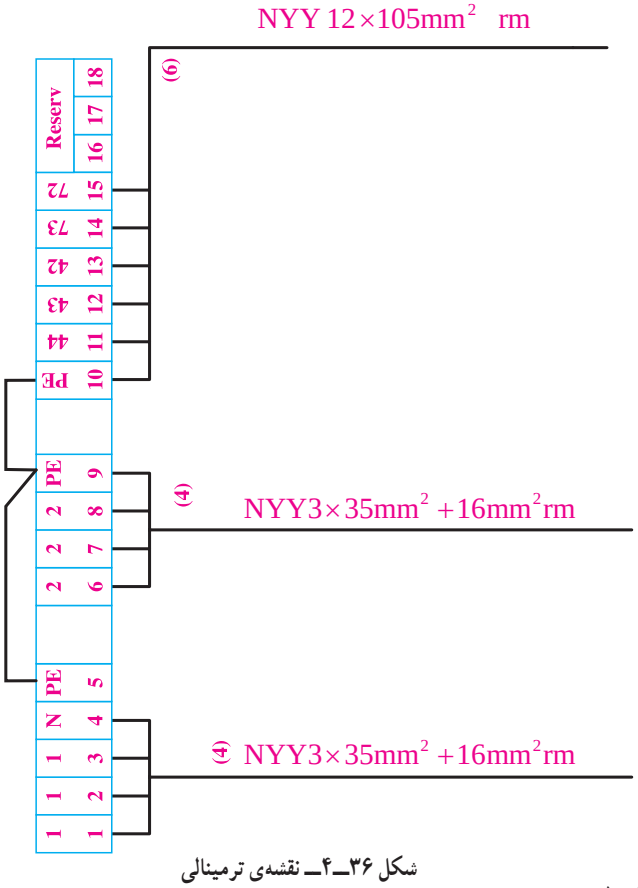
شکل ۳۴ــ۴ــ نقشه‌ی مونتاژ



شکل ۳۵ــ۴ــ نقشه‌ی خارجی



شکل ۳۷ــ۴ــ نقشه‌ی تک‌خطی (فنی)

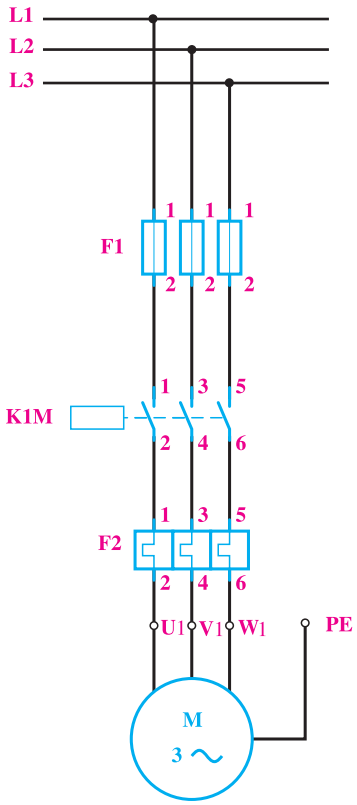


شکل ۳۶ــ۴ــ نقشه‌ی ترمینالی

از جمله نقشه‌هایی که جنبه‌ی عمومی داشته و در شکل کلی از آن برای نشان دادن چگونگی عملکرد مدار استفاده می‌شود نقشه‌های «مدار قدرت» و «مدار فرمان» است.

الف ــ نقشه‌ی مدار قدرت

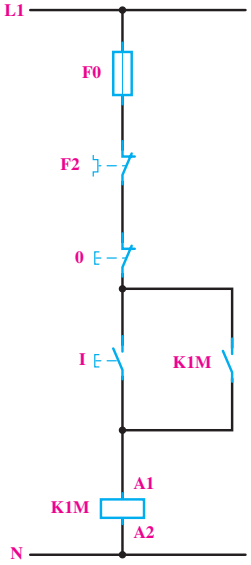
آن قسمت از مدار حقیقی که مسیر جریان‌رسانی به مصرف‌کننده را نشان می‌دهد «مدار قدرت» گویند.



شکل ۳۸ــ۴

ب ــ نقشه‌ی مدار فرمان

نقشه‌ای از یک مدار حقیقی که وظیفه‌اش نشان دادن چگونگی عملکرد مدار قدرت است را «مدار فرمان» گویند.

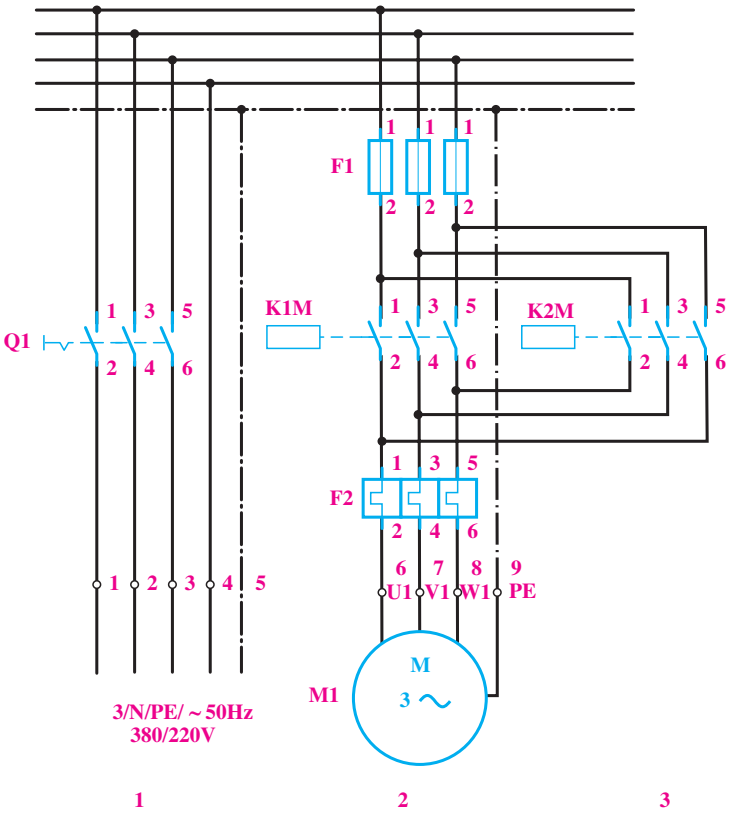


شکل ۳۹ــ۴

توضیح :

از آن‌جایی که آشنایی با شماره‌گذاری‌ها که در رسم نقشه‌ها کاربرد دارند می‌تواند در زمان اتصال مدارهای فرمان و قدرت به هنرجویان کمک کند لذا به اختصار برخی از این شماره‌ها توضیح داده شده است :

۱ــ کلیه‌ی کنتاکت‌های (تیغه‌ها) مدار قدرت با اعداد یک رقمی مانند شکل ۴۰ــ۴ نشان داده می‌شوند.

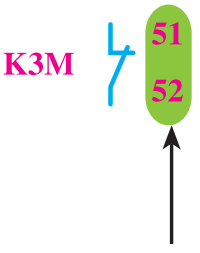


شکل ۴۰ــ۴

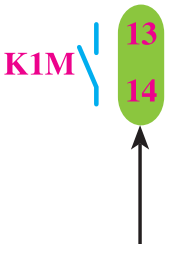
۲ــ تمامی کنتاکت‌های مدار فرمان با عدد دو رقمی نشان داده می‌شوند که رقم یکان آن نشان‌دهنده نوع تیغه و رقم دهگان آن بیانگر چندمین تیغه بودن آن است.

ارقام کنتاکت بسته	ارقام کنتاکت باز
1 2	3 4

مانند :



بیانگر پنجمین کنتاکت بسته کنتاکتور K۳M است.

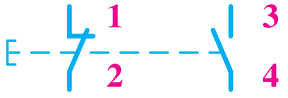


بیانگر اولین کنتاکت باز کنتاکتور K۱M است.

شکل ۴۱ـ۴ تصویر ظاهری کنتاکتوری را نشان می‌دهد که این اعداد روی آن مشخص شده است.

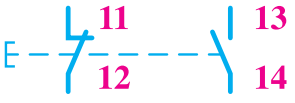
شکل ۴۱ـ۴

۳ـ همان‌طوری که می‌دانید شستی‌های به‌کار رفته در مدارهای فرمان دارای کنتاکت‌هایی از نوع باز (Start ـ وصل‌کننده) و یا از نوع بسته (Stop ـ قطع‌کننده) هستند. در برخی موارد شماره‌گذاری شستی‌های استوپ و استارت مطابق شکل ۴۲ـ۴ یک رقمی است.



شکل ۴۲ـ۴

اما در یک سری از نقشه‌ها و وسایل با این دیدگاه که این کنتاکت‌ها اولین کنتاکت‌های شستی‌ها هستند به‌صورت دو رقمی و مطابق شکل ۴۳ـ۴ شماره‌گذاری می‌شوند.

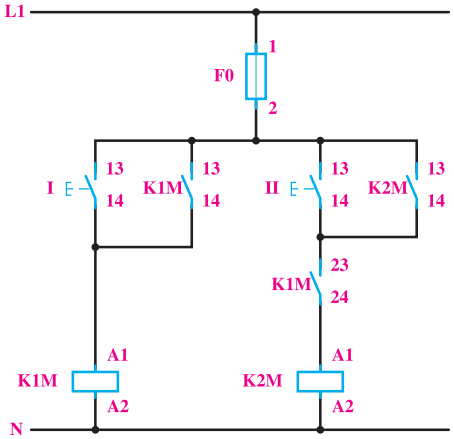


شکل ۴۳ـ۴

۴ـ در شماره‌گذاری کنتاکت‌ها وسایلی خاص هم‌چون رله‌ی حرارتی (بی‌متال) و رله‌ی زمانی (تایمر) در مدارهای فرمان از شماره‌های به‌کار رفته روی تجهیزات مطابق شکل ۴۴ـ۴ استفاده می‌شود.

شکل ۴۴ـ۴

شکل ۴۵ـ۴ تصویر یک نمونه مدار فرمانی را نشان می‌دهد که کنتاکت‌های مدار فرمان در آن شماره‌گذاری شده است.



شکل ۴۵ـ۴