فصل پنجم

فرمانهای الکتریکی

اجزاء فرمانهای الکتریکی

انتقال انرژی الکتریکی از مولّد تا مصرف کننده، فرمان و کنترل انرژی در مدار و محافظت مدار در مقابل جریانهای اضافی احتیاج به وسائلی دارد که اهمّ آنها عبارتند از:

کلیدها ــ کلیدها وسائلی هستند برای قطع و وصل جریان و با تغییر حالت درمدارهای الکتریکی. کلیدها بصورت یک قطبی، دو قطبی، سه قطبی،... ساخته میشوند. در کلیدهای چند قطبی کنتاکتها با هم عمل می‌نمایند. بعبارت دیگر تمام کنتاکتها با هم باز یا بسته میشوند. عواملی نظیر رطوبت، گرما، ضربه،... باعث خرابی و فرسودگی کلید میشود. در موقع انتخاب کلید بایستی در نظر داشت ساختمان کلید متناسب با شرایط محل مصرف باشد. بطوریکه در مقابل چنین عواملی بتواند مقاومت نماید. شدت جریان عبوری نیز از عوامل مهمّی است که در انتخاب کلید نقش عمده‌ای دارد.

کلیدها از نظر کلّی بردو دسته‌اند:

الف ــ کلیدهای قدرت یا قطع جریان زیاد (کلیدهای دیژنکتور Disjoncteur) ــ این کلیدها برای قطع و وصل جریان مدارها در زیر بار بکار میروند و برای جلوگیری از ایجاد جرقه و قوس الکتریکی بین کنتاکتها در موقع تغییر وضعیّت، به سیستم جرقه‌گیر مجهز میباشند.

ب ــ کلیدهای جداکننده (سکسیونر Sectionner) ــ این کلیدها برای جدا کردن مدارهای با قدرت زیاد از شبکه، در حالیکه جریان مدار قطع باشد بکار میروند. بنابراین احتیاج به سیستم جرقه‌گیر ندارند. این کلیدها در مدار قبل از کلیدهای دیژنکتور قرار میگیرند. برای خارج کردن مداری از شبکه ابتدا جریان را توسط کلید دیژنکتور قطع، سپس با کلید سکسیونر مدار از شبکه جدا میشود. برای اتصال مدار به شبکه نیز ابتدا کلید دیژنکتور مربوطه را قطع، کلید سکسیونر را وصل و سپس کلید دیژنکتور را وصل میکنند.

کلیدها از نظر عملکرد بر دو دسته‌اند: کلیدهای ساده ــ کلیدهای مرکب.

کلیدهای ساده برای عمل کردن فقط احتیاج به نیروی مکانیکی دارند. ولی کلیدهای مرکب علاوه بر نیروی مکانیکی به عامل دیگری نظیر الکتریسیته نیز احتیاج دارند. مانند کلیدهای مغناطیسی که کنتاکتورها از آن جمله هستند.

کلیدهای ساده بر دو دسته‌اند:

۱ ــ کلیدهای سادهٔ لحظه‌ای که برای عمل نمودن احتیاج به نیروی دائمی دارند. بعبارت دیگر تا موقعی جریان برقرار است که نیروی مکانیکی موجود باشد. مانند شستی‌های استارت و استپ و میکروسوئیچها.

۲ ــ کلیدهای سادهٔ دائمی که برای تغییر حالت فقط احتیاج به نیروی لحظه‌ای دارند. بعبارت دیگر با اعمال یک نیروی لحظه‌ای جریان را بطور دائمی قطع یا وصل میکنند. مانند کلیدهای اهرمی، غلطکی، زبانه‌ای و ....

شستی‌ها ــ شستی‌ها کلیدهائی هستند که با فشار انگشت به کار افتاده و بمحض برطرف شدن فشار از روی شستی، به حالت اوّلیه باز میگردند. از این وسیله برای فرمان دادن به کنتاکتورها استفاده میشود. شستی‌های بکار رفته در مدار فرمان کنتاکتور (که بعداً شرح آن خواهد آمد) بر دو نوعند:

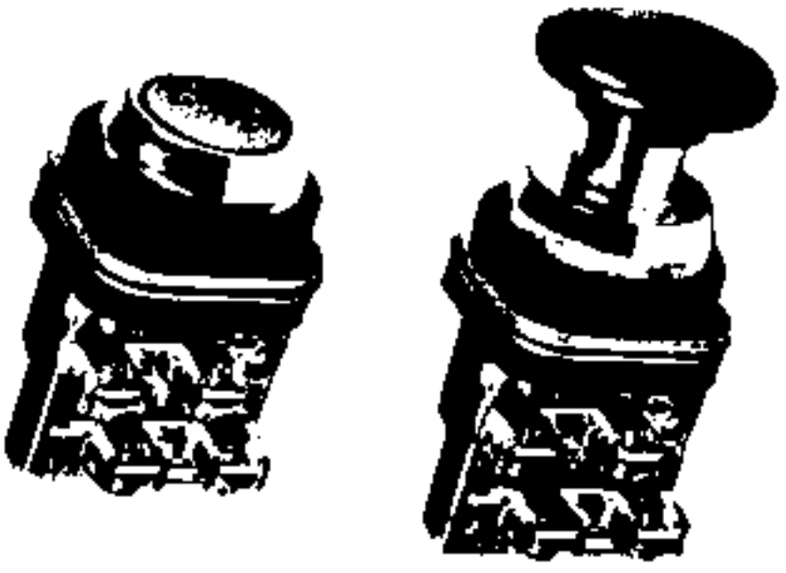
الف ــ شستی استارت

ب ــ شستی استپ

پ ــ شستی‌های مرکّب یا چند قطبی

الف ــ شستی استارت Start ــ برای فرمان وصل مدار به کنتاکتور از شستی استارت استفاده میشود. چنانچه گفته شد با برداشتن انگشت از روی شستی به حالت اوّلیه (کار نیفتاده) باز گشته مدار را قطع میکند. البته چنانچه بعداً شرح آن خواهد آمد، مدار فرمان کنتاکتور توسط یک کنتاکت کمکی بسته خواهد ماند تا زمانی که توسط شستی استپ قطع گردد. علامت اختصاری شستی استارت b_1 میباشد.

ب ــ شستی استپ Stop ــ شستی استپ برای قطع مدار بوبین کنتاکتور مورد استفاده

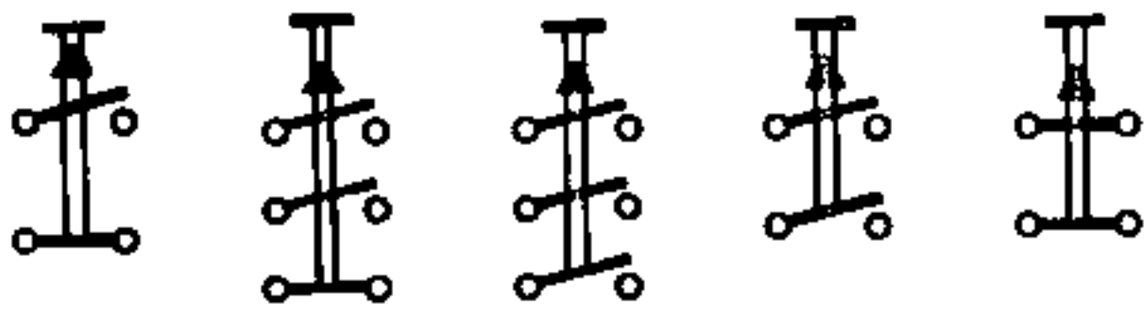


(شکل ۱ ــ۵) شکل ظاهری استارت و استپ

قرار میگیرد. این شستی برعکس شستی استارت در حالت کار نیفتاده، بسته میباشد و زمانیکه به آن فشار آوریم مدار را قطع کرده، با بر طرف شدن فشار به حالت اوّلیه برمیگردد. برگشت به حالت اوّلیه موجب وصل مدار نمیگردد بلکه برای اینکار بایستی شستی استارت را مجدداً فشار داد.

این حالت را روی ماشینهای مجهز به کنتاکتور، در موقع قطع جریان برق شبکه میتوان مشاهده نمود که با برقرار شدن مجدّد جریان دستگاه روشن نمیشود و احتیاج بـه فشار شستی استارت دارد. علامت اختصاری شستی استپ h_1 میباشد.

ب ــ شستی مرکّب یا چند قطبی ــ در صنعت، شستی‌هائی ساخته میشوند که ممکن است دو، سه یا بیشتر قطب روی یک محور قرار گیرند و با یک فشار انگشت همزمان به چند کنتاکتور فرمان دهند. مثلاً یک شستی دوبل استارت و استپ، در حالیکه مدار یک کنتاکتور را وصل میکند مدار کنتاکتور دیگری را قطع خواهد کرد و بالعکس.



(شکل ۲ ــ ۵) علامت اختصاری چند شستی مرکّب

میکروسوئیچ‌ها ــ میکروسوئیچ‌ها شباهت زیادی بـه شستی‌های استارت واستپ دارنـد. فرق آنها با استارت و استپهای معمولی در طریقهٔ فرمان دادن به آنهاست. معمولاً شستی‌ها بوسیلهٔ فشار انگشت فرمان میگیرند امّا میکروسوئیچها تحت تأثیر اعمال مکانیکی قرار گرفته به کنتاکتور فرمان میدهند.

برای مثال، روشن و خاموش کردن دستگاه تراش بـا فشار دادن شستی‌های استارت و استپ انجام میشود. ولی زمانی که درب جعبه برق ماشین باز است، روشن نمودن مـاشین بـا استارت امکان ندارد و بمحض بستن درب مذکور، ماشین را میتوان روشن نمود. علت ایـن کـار وجود وسیله‌ایست شبیه شستی استارت بین بدنهٔ ماشین و درب جعبه که در موقع برداشتن، درب مدار را قطع و در موقع بستن آن، مدار را وصل میکند.

بطور کلّی میتوان گفت میکروسوئیچ‌ها کلیدهای استارت و استپی هستند که بدون دخالت مستقیم دست عمل نموده و برای کنترل دامنهٔ حرکات و موارد ایمنی به کار گرفته میشوند.

کلیدهای اهرمی (تیغه‌ای) ــ کلیدهای تیغه‌ای از ساده‌ترین انـواع کـلیدها مـیباشند.

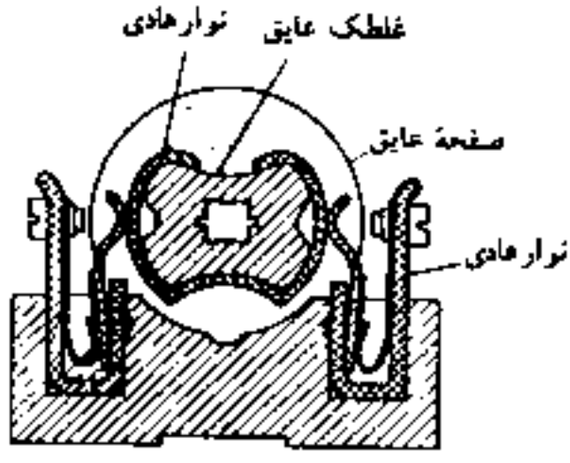
ساختمان و طرز کار آنها بدین شکل است که تیغه‌های کاردی شکل بر روی محور گردانی سوار شده. گردش محور توسط اهرم باعث اتصال تیغه‌ها به کنتاکتها و ارتباط بین آنها میگردد.

از این کلیدها برای قطع و وصل مدارها در حالت بدون بار و یا موقعی که جریان کمی از آنها عبور میکند استفاده میشود. علامت اختصاری این کلیدها میباشد. البته تعداد تیغه‌ها نسبت به مورد، تغییر میکند.

(شکل ۳ ــ ۵) یکنوع کلید اهرمی

کلیدهای گردان (غلطکی) ــ این کلید از یک یا چند غلطک عایق که توسط یک اهرم حول محوری می‌چرخند تشکیل شده است. در روی غلطک نوارهای هادی در محلهای مناسب تعبیه شده‌اند. فرم غلطک و طریقه قرار گرفتن نوارهای هادی در روی آن طوری است که با حرکت غلطک و قرار گرفتن در وضعیّتی خاص، کنتاکتهای ثابت به شکل مورد نظر به هم متصل یا از هم جدا میشوند

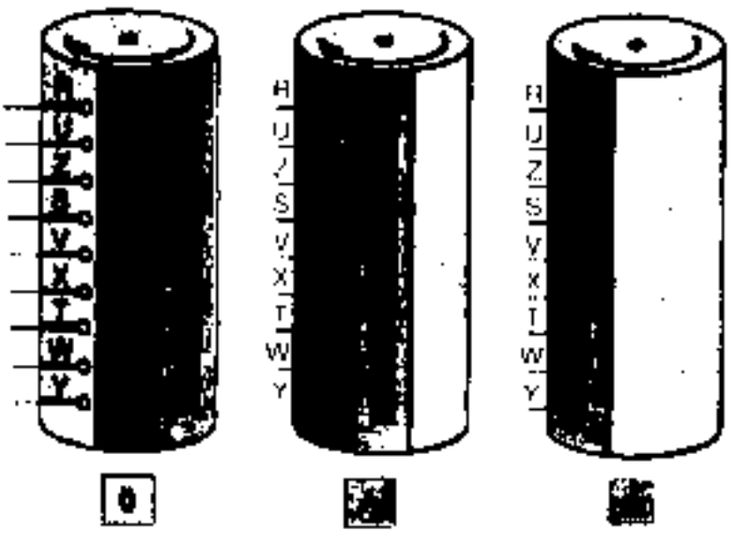
چنانچه در شکل مشاهده میشود، اگر قسمت فرورفته غلطک در برابر کنتاکتها قرار گیرد



(شکل ۴ ــ ۵) مقطع یک کلید گردان

دو کنتاکت از یکدیگر قطع، و اگر قسمت برجستهٔ غلطک در برابر کنتاکتها قرار گیرد بعلت وجود نوارهادی بین دو کنتاکت، آنها بهم اتصال خواهند یافت (حالت‌نشان‌داده‌شده در شکل۴ــ۵)

با انتخاب فرم لازم برای نوارهای هادی روی غلطکها میتوان حالتهای مختلفی را از نظر قطع و وصل مدار ایجاد نمود. شکل ۵ ــ ۵ نحوهٔ عمل یک کلید غلطکی ستاره، مثلث را نشان میدهد.



(شکل ۵ ــ۵) نحوهٔ عمل یک کلید غلطکی

خطوط پهن سیاهرنگ روی بدنهٔ غلطک نوارهای هادی و شکل سادهٔ ارتباط بین آنها را نشان میدهد.

در شکل فوق کنتاکتهای R.S.T مربوط به ورود جریان سه فاز از شبکه و کنتاکتهای U.V.W ابتدای کلافهای سیم پیچ موتور و کنتاکتهای X.Y.Z انتهای کلافهای سیم‌پیچ موتور را مشخص میسازند.

حالتهای مختلف کلید عبارتند از:

الف ــ حالت خلاص O : کنتاکتها، هیچ رابطه‌ای با هم ندارند چون نوارهای هادی با کنتاکتها اتّصالی ندارند، بنابراین موتور در حالت خلاص میباشد.

ب ــ حالت ستاره Y: دراینحالت نوارهای هادی قسمت سبز رنگ مقابل کنتاکتهای ثابت قرار گرفته‌اند. هر فاز ورودی به ابتدای یک کلاف متصل شده (R ← U و S ← V و T ← W) و انتهای تمام کلافها بهم وصل شده‌اند(X و Y و Z) و نقطهٔ اتصال آنها به سیم برگشت سیم صفر (MP) مربوط میشود. چنین حالت اتصالی را، اتصال ستاره نامند.

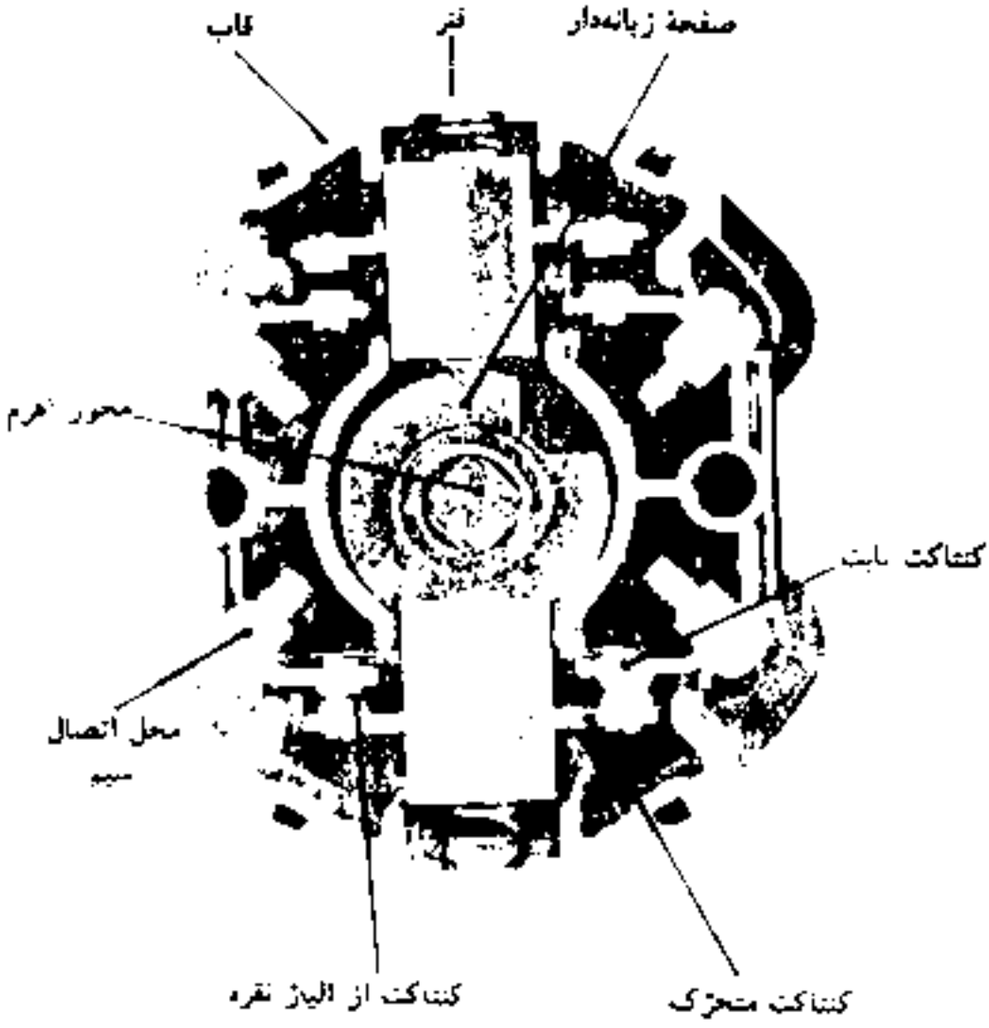
ج ــ حالت مثلث Δ: در اینحالت نوارهای هادی قسمت نارنجی رنگ مقابل کنتاکتهای ثابت قرار گرفته‌اند. هر فاز ورودی به ابتدای یک کلاف و انتهای کلاف مجاورش متّصل میشود.

بنابراین:

$Z \rightarrow U \rightarrow R$ و $X \rightarrow V \rightarrow S$ و $Y \rightarrow W \rightarrow T$ و جنین اتصالی را اتصال مثلث گویند. چنانکه مشاهده میشود در این طریقه اتصال سیم برگشت یا منفی (MP) وجود ندارد. از معایب کلیدهای غلطکی آنست که در موقع تعویض حالت کنتاکتهای روی نوارهای هادی کشیده شده بتدریج آنها را سائیده و فرسوده ساخته، از طول عمر کلید کاسته میشود.

کلید زبانه‌ای ــ بخاطر مزایائی که کلیدهای زبانه‌ای دارند، از آنها در صنعت استفادهٔ زیادی میشوند. از جمله مزایای این کلیدها آنست که اتصال بین کنتاکتها لحظه‌ای بوده و رویهم کشیده نمیشوند، بدینجهت سائیدگی در اثر اصطکاک نداشته عمر طولانی‌تری خواهند داشت.

شکل ۶ ــ ۵ مقطع یک کلید زبانه‌ای را نشان میدهد.



(شکل ۶ ــ ۵) مقطع کلید زبانه‌ای

کلید زبانه‌ای از اجزاء ذیل تشکیل شده است:

۱ ــ اهرم که حرکت چرخشی مکانیکی را به کلید منتقل مینماید.

۲ ــ صفحهٔ زبانه‌دار که روی محور اهرم محکم شده توسط آن به چپ و راست گردش

میکند.

۳ ــ کنتاکتهای متحرّک که دارای پلاتینهائی از جنس نقره بوده، بر تکیه گاهی سوار شده‌اند و با حرکت شعاعی تکیه‌گاه که توسط صفحهٔ زبانه‌دار ایجاد میشود، باعث قطع و وصل مدار میشوند.

۴ ــ کنتاکتهای ثابت که دارای پلاتینهائی از جنس نقره بوده، بر روی بدنهٔ عایق کلید، ثابت شده‌اند. هر یک از این کنتاکتها دارای پیچی برای اتصال سیمهای جریان، پیش‌بینی شده.

۵ ــ فنر که بین تکیه‌گاه کنتاکتهای متحرّک و بدنهٔ کلید قرار گرفته، نیروی آن همواره تکیه‌گاه مذکور را به صفحهٔ زبانه‌دار میفشارد.

۶ ــ بدنهٔ کلید (قاب) که بسته به نوع آن و تعداد مدارهائی که بایستی کنترل نماید، دارای تعداد طبقات مختلفی است که همه روی یک محور قرار گرفته و دارای اهرم مشترکی هستند.

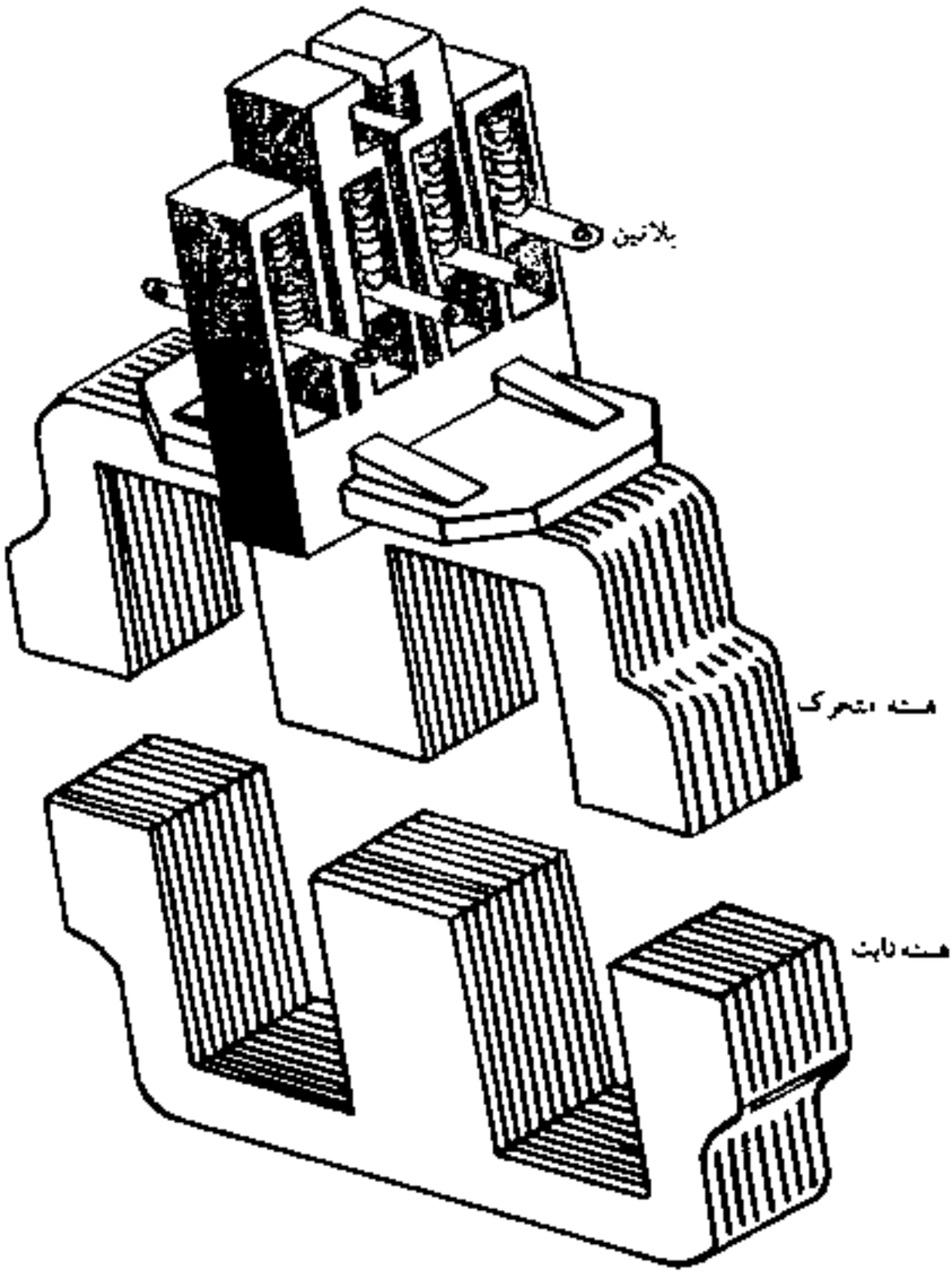
طرز کار کلید بدینطریق است که:

با چرخاندن اهرم صفحهٔ زبانه‌دار که روی آن محکم شده حول محور خود خواهد چرخید. موقعی که شیاری از صفحهٔ زبانه‌دار مقابل تکیه‌گاه کنتاکتهای متحرک قرار گیرد، فشار فنر تکیه‌گاه را حرکت داده در شیار مستقر میسازد و باعث اتصال بین کنتاکتهای ثابت و متحرک شده جریان را در مدار مربوطه برقرار میسازد. با چرخش مجدّد اهرم و صفحهٔ زبانه‌دار، زبانه تکیه‌گاه کنتاکتهای متحرّک را حرکت داده کنتاکتهای ثابت و متحرّک از هم جدا شده مدار مربوطه قطع میگردد. با تغییر تعداد و مکان زبانه‌ها در روی صفحهٔ زبانه‌دار و استفاده از کلید بصورت چند طبقه میتوان از این کلید به منظورهای مختلف و از جمله بجای کلیدهای غلطکی استفاده کرد.

کنتاکتور

کنتاکتور، کلید مغناطیسی است که با استفاده از یک بوبین با هستهٔ آهنی مدار را قطع و وصل میکند. معمولاً تحریک بوبین کنتاکتور با جریان یکفاز و ولتاژ کم انجام میگیرد. هستهٔ آهنی بوبین از دو قسمت ثابت و متحرّک تشکیل شده که با نیروی دو فنر از هم جدا نگهداشته میشوند.

با تحریک بوبین (عبور جریان از بوبین) هستهٔ آهنی آهنربا شده قسمت ثابت، قسمت متحرک را بطرف خود جذب مینماید و با قطع جریان حالت مغناطیسی هسته خنثی شده نیروی فنرها دو قسمت هسته را از یکدیگر جدا میکنند. روی قسمت متحرّک تعدادی کنتاکت قرار دارد که تعدادی از آنها باز و تعدادی بسته هستند. با جذب قسمت متحرک توسط قسمت ثابت، کنتاکتهای باز، بسته شده و کنتاکتهای بسته، باز میشوند. یک کنتاکتور ساده حداقل دارای چهار کنتاکت (تیغه) باز است که سه کنتاکت آن اصلی و برای قطع و وصل جریان سه فاز بین شبکه و مصرف کننده، و یک کنتاکت فرعی یا کمکی برای نگهداری کنتاکتور در حالت کار افتاده که بنام

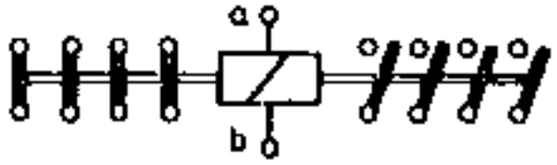


(شکل ۷ ــ ۵) هستهٔ آهنی کنتاکتور

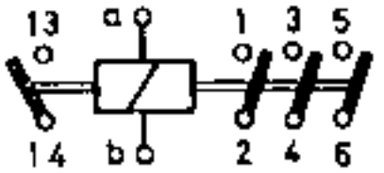
کنتاکت نگهدارنده نیز خوانده میشود.

علامت اختصاری کنتاکتور شبیه کلیدهای اهرمی است، با این تفاوت که تعدادی کنتاکت باز و بستهٔ کمکی و یک بوبین به آن اضافه شده است. شکلهای ۸ ــ ۵ تا ۱۱ ــ ۵ علامت اختصاری چند نوع کنتاکتور را نشان میدهند. (علامت اختصاری بوبین هسته).

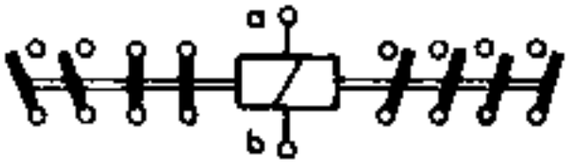
مهمترین دلایل استفادهٔ بیشتر از کنتاکتور نسبت به کلیدهای دیگر، جدا بودن مدار قدرت از مدار فرمان و امکان فرمان از راه دور و فرمان از چند نقطه میباشد.



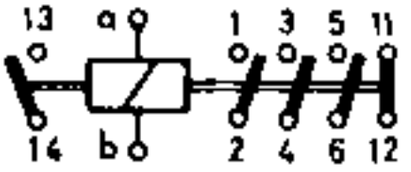
(شکل ۸ ــ ۵) کنتاکتور با ۴ کنتاکت باز و ۴ کنتاکت بسته



(شکل ۹ ــ ۵) کنتاکتور با ۴ کنتاکت باز



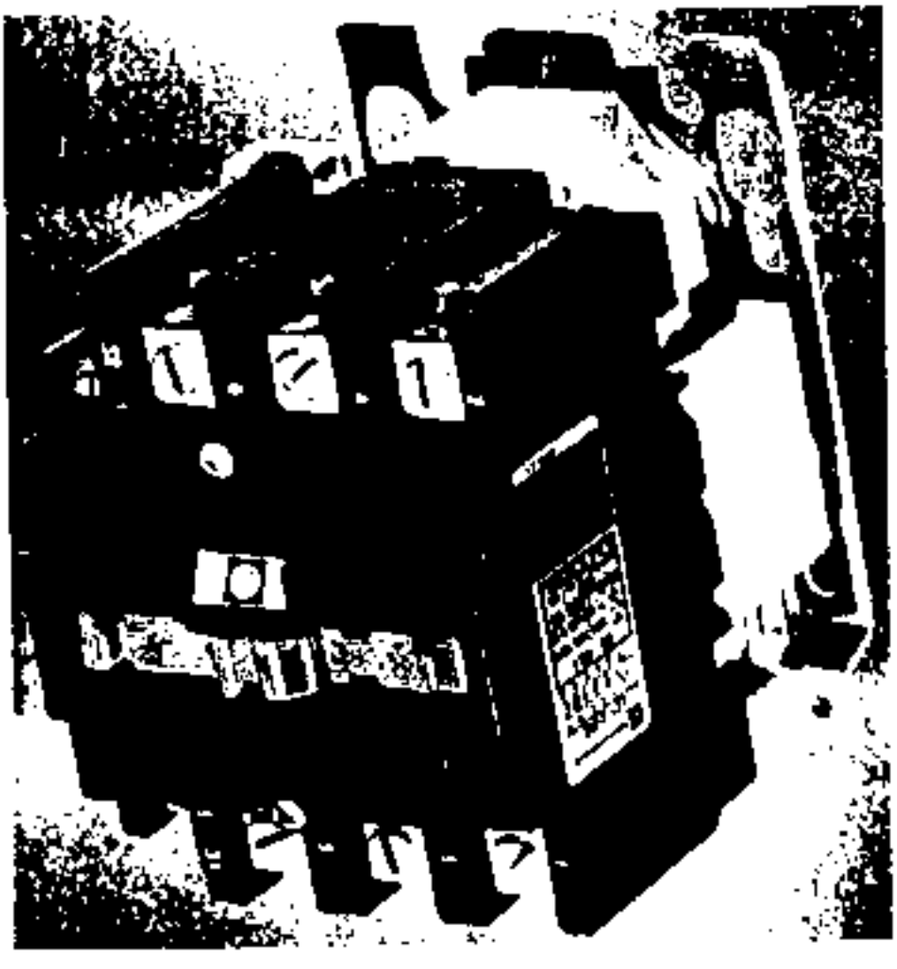
(شکل ۱۰ ــ ۵) کنتاکتور با ۶ کنتاکت باز و ۲ کنتاکت بسته



(شکل ۱۱ ــ ۵) کنتاکتور با ۴ کنتاکت باز و یک کنتاکت بسته

مدار قدرت کنتاکتور ــ مدار قدرت کنتاکتور مانند هر کلید ــ سه فاز دیگری جریان را به مصرف کننده میرساند. کنتاکتها و پلاتینهای مربوطه باید تحمّل عبور جریان راه اندازی را که چند برابر جریان عادّی مصرف‌کننده است داشته باشند.

مدار فرمان کنتاکتور ــ این مدار، هیچ رابطه‌ای با مدار قدرت کنتاکتور ندانسته، توسط آن جریان تحریک به بوبین کنتاکتور میرسد. جریان تحریک ممکن است مستقیم یا متناوب و یا



(شکل ۱۲ ــ ۵) شکل ظاهری کنتاکتور

ولتاژ ....., ۳۶، ۲۴، ۱۲ و با شدت جریان کم انجام گیرد.

چون بوبین با جریان کمی تحریک میشود کنتاکتها و پلاتینهای مربوطه متناسب با جریان تحریک ساخته میشوند و سیمهای رابط در مدار فرمان با مقطع کوچک انتخاب میشوند.

رله‌ها (e)

رله‌ها، وسائلی هستند برای قطع و وصل مدارهای الکتریکی که به دو دستهٔ کلّی تقسیم میشوند:

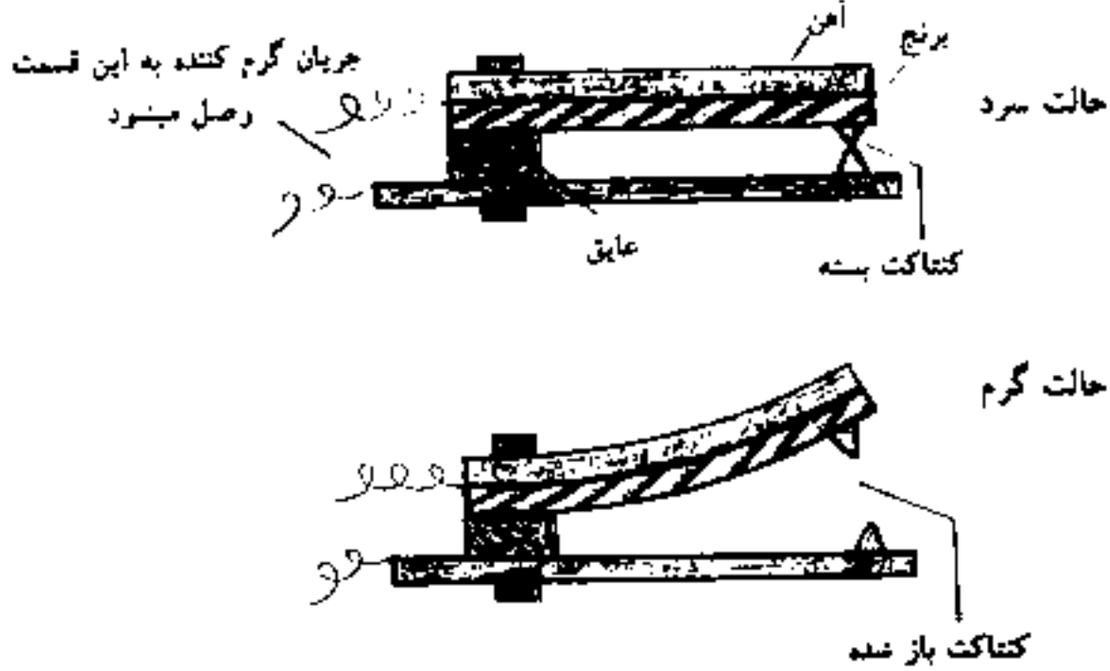
۱ ــ رله‌های ساده که بجای کلیدها بکار میروند و کنتاکتور یکی از انواع آنست.

۲ ــ رله‌های زمانی که برای قطع و وصل مدارهای الکتریکی بصورت تأخیری بکار میروند. بعبارت دیگر عملکرد این رله‌ها احتیاج به گذشت زمان دارد (تایمرها یا رله‌های زمانی). مانند رله‌هائی که در کنترل چراغهای راهنمائی بکار گرفته میشوند.

از جملهٔ رله‌های زمانی میتوان رله‌های اضافه باری و مغناطیسی را نام برد. این رله‌ها مدار را در مقابل جریانهای اضافی و اتصال کوتاه حفاظت می‌نمایند.

الف ــ رله‌های اضافه باری (رلهٔ بی متالی) (e) ــ رلهٔ بی‌متالی از انواع بسیار متداول در صنعت است و اساس کار آن برانبساط فلزّات در اثر بالا رفتن حرارت و اختلاف مقدار انبساط در فلزّات مختلف میباشد.

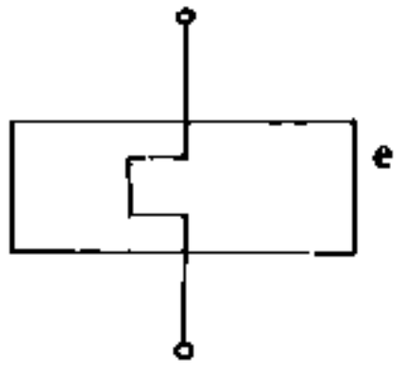
این رله‌ها پس از کنتاکتور قرار گرفته و هر فاز خروجی از کنتاکتور به یکی از این رله‌ها مجهّز میشود و در صورت عبور جریان اضافی از آن فاز باعث قطع آن خواهد شد.



(شکل ۱۳ ــ ۵) نحوهٔ کار بی‌متال

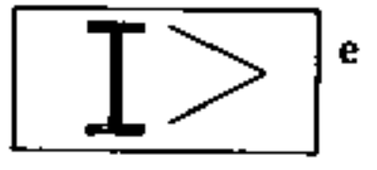
طرز عمل بدینطریق است که جریان در موقع عبور از بی‌متال باعث گرم شدن آن میشود، بی‌متال که از دو قطعه آهن و برنج بهم جوش خورده ساخته شده طوری است که تا درجه حرارت معیّنی مدار را بسته نگهمیدارد. چنانچه به علّتی شدت جریان مدار از حدّ قابل قبول بالاتر رود حرارت ایجاد شده باعث خم شدن بی‌متال به سمت بالا و در نتیجه قطع شدن مدار میگردد.

به کار بردن رلهٔ حرارتی (بی‌متال) این حسن را دارد که قطع مدار احتیاج به گذشت زمان دارد. بنابراین جریان زیادی را که در ابتدای راه اندازی مصرف کننده از مدار میگذرد تحمّل نموده مدار را قطع نمیکند و در صورتیکه مدت زیادی جریان اضافی موجود باشد (به اندازه‌ای که در آن مدّت بی‌متال گرم شود) مدار را قطع خواهد کرد.



(شکل ۱۴ ــ ۵) علامت اختصاری رلهٔ حرارتی

ب ــ رلهٔ مغناطیسی (e) ــ رلهٔ مغناطیسی نیز برای کنترل جریان و حفاظت مدار در مقابل آن ساخته شده. تفاوت این رله با رلهٔ حرارتی در آنست که در مقابل جریان اضافی بصورت لحظه‌ای عمل نموده و احتیاج به گذشت زمان ندارد. این رله که براساس پدیدهٔ الکترو مغناطیس کار میکند برای قطع جریان در حالت اتصال کوتاه بکار میرود. این رله از یک هستهٔ آهنی که دور آن سیم‌پیچ قرار گرفته تشکیل میشود. جریان عادّی مصرف کننده و حتّی جریان راه اندازی آن که خیلی بیشتر از جریان عادّی است قادر به کار اندازی این رله نمیباشند و فقط در صورت اتصال کوتاه و عبور جریان خیلی زیاد نیروی مغناطیسی هسته بقدری خواهد رسید که اهرم قطع کنتاکتور را به‌خودجذب‌نماید.از رله‌های مغناطیسی بندرت بطور مجزّا در مدار استفاده میشود بلکه از آنها بهمراه رله‌های حرارتی بهره‌گیری میشود.

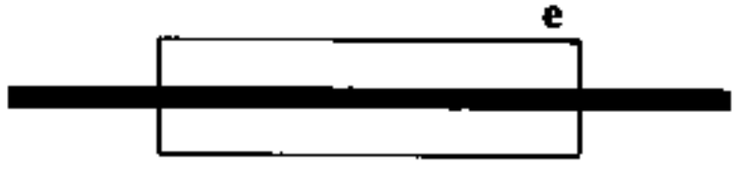


(شکل ۱۵ ــ ۵) علامت اختصاری رلهٔ مغناطیسی

فیوزها

جهت حفاظت موتورهای کوچک که با اختلاف سطح کم کار میکنند بجای رلهٔ حرارتی خودکار یا رلهٔ مغناطیسی از فیوز استفاده میشود.

فیوز، سیم نازک فلزی است که در مسیر جریان از شبکه به کنتاکتور قرار میگیرد و چنانچه شدت جریان بعلّت اتصال کوتاه و یا عمل ننمودن رلهٔ حرارتی از حدّ مجاز بگذرد، فلز فیوز ذوب شده، مدار را قطع میکند و از رسیدن جریان زیاد به مصرف‌کننده جلوگیری مینماید. ذوب شدن و قطع فلز فیوز همراه با جرقّه و قوس الکتریکی میباشد بدینجهت آنرا در داخل استوانه‌ای عایق و نسوز قرار میدهند. گاهی داخل این استوانه را از پودرهای نسوز یا روغن پر میکنند تا قوس الکتریکی ایجاد شده را سریعاً خاموش کند. چون هر فیوز دارای یک ظرفیّت حرارتی بخصوصی است، حرارت حاصل از جریان بایستی به حدّ معیّنی برسد تا فلز فیوز ذوب و مدار را قطع کند بنابراین در بعضی از مدارهای ساده جهت حفاظت، فیوز کافی است و احتیاج به رلهٔ حرارتی و کنتاکتور نمیباشد.

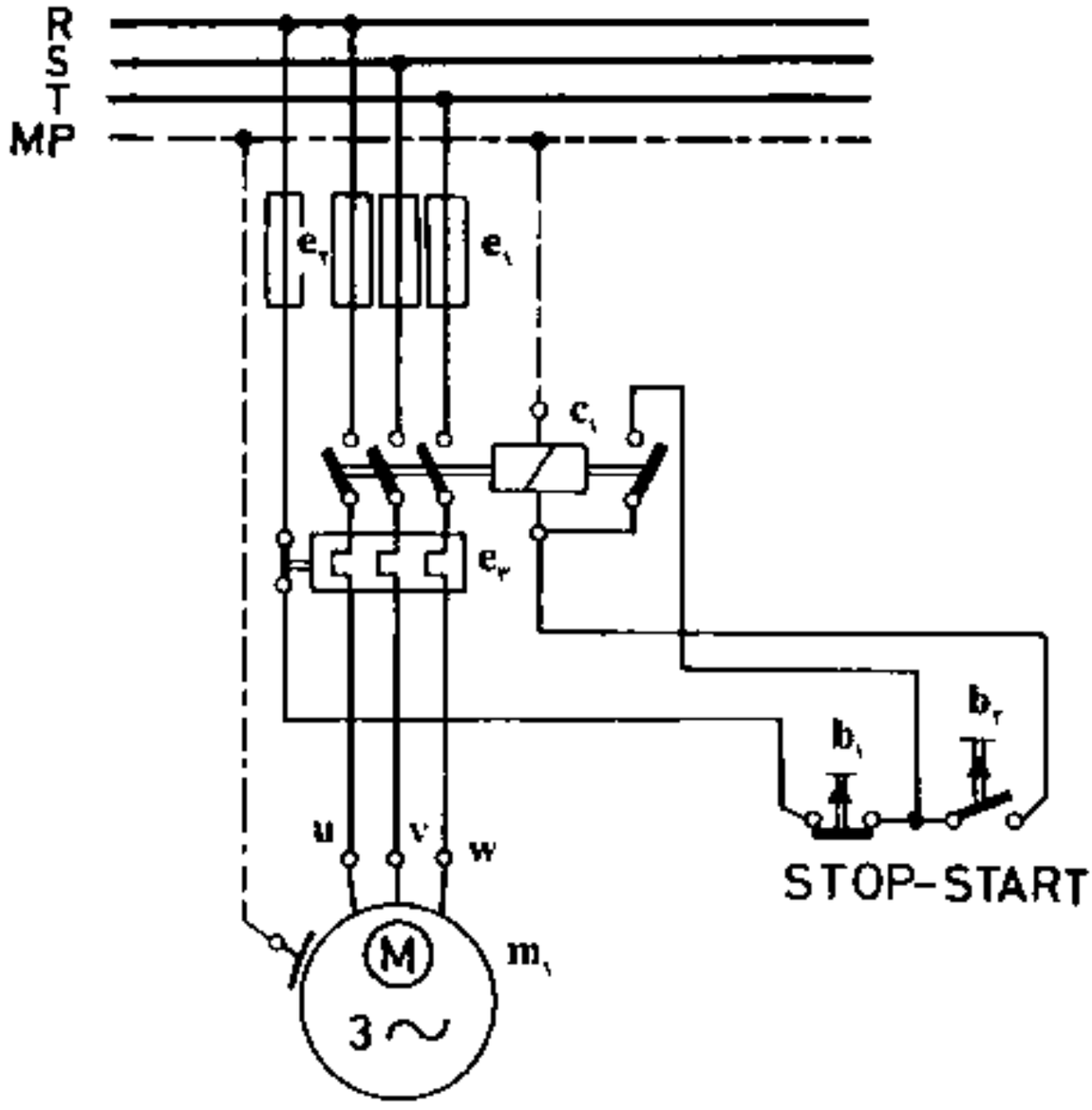


(شکل ۱۶ ــ ۵) علامت اختصاری فیوز

فرمان الکتریکی موتور سه فاز یکجهته

از ساده‌ترین فرمانهای الکتریکی کنترل حرکت موتوری الکتریکی با حرکت یکجهته میباشد. این نوع فرمان در بسیاری از ماشینهای ابزار نظیر ماشینهای تراش، مته، صفحه تراش و..... بکار میرود. در اینگونه ماشینها تغییر جهت بکمک جعبه دنده انجام میگیرد. شکل ۱۷ ــ ۵ شمای حقیقی مدار کنترل حرکت یک موتور سه فاز با شستی معمولی را در حالت کار نیفتاده نشان میدهد.

با فشار به شستی استارت b_2 جریان از طریق فاز R، فیوز e_2، رلهٔ حرارتی e_4، شستی استپ b_1 و شستی استارت b_2 به بوبین کنتاکتور c_1 رسیده، آنرا تحریک و کنتاکتور عمل می‌نماید. این کنتاکتور که دارای چهار کنتاکت باز است در حالت کار افتاده کنتاکتهای چهارگانه بسته میشوند. جریان از فازهای R.S.T از طریق فیوزهای سه گانهٔ e_1، کنتاکتور c_1 و رلهٔ e_3 به کنتاکتهای U.V.W رسیده موتور m_1 به حرکت درمیآید. کنتاکت بستهٔ چهارم نیز باعث میشود که پس از برداشتن دست از روی شستی استارت و قطع مدار بوبین از این محل، جریان تحریک بوبین از طریق فاز R، فیوز e_2 شستی استپ b_1 و کنتاکت مذکور به بوبین کنتاکتور برسد و آنرا در



(شکل ۱۷ ــ ۵) شمای حقیقی راه‌اندازی موتور سه فاز یکجهته

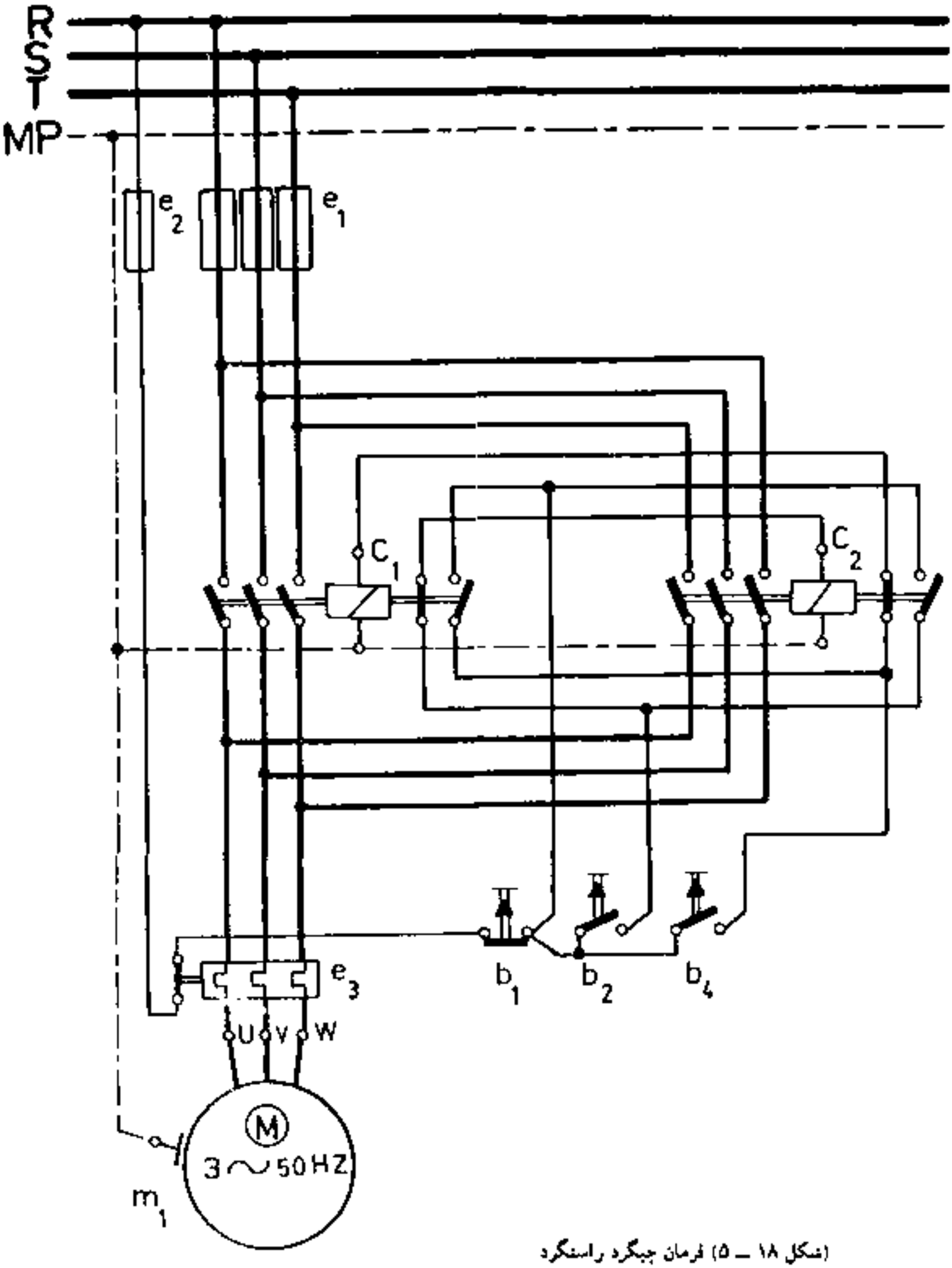
حالت کار افتاده نگهدارد. بدینجهت این کنتاکت را کنتاکت یا تیغهٔ نگهدارنده نیز نامند.

برای قطع حرکت کافیست شستی استپ b_1 را فشار دهیم. در اینصورت مدار نگهدارنده از این محل قطع و کنتاکتور به حالت کار نیفتادهٔ اوّلیه برگشته و موتور از کار می‌ایستد.

فرمان الکتریکی موتور سه فاز چپ‌گرد و راست‌گرد

در بعضی از ماشینهای ابزار نظیر ماشین مته‌های ستونی و ماشین فرز برای تغییر جهت دوران محور اصلی (محور مته و محور تیغ فرز) از فرمان چپگرد و راستگرد موتور سه فاز بهره‌گیری میشود.

در اساس برای تغییر جهت دوران موتور باید جای دو فاز آن با هم عوض شود. شکل ۱۸ ــ ۵ شمای حقیقی فرمان چپگرد راستگرد را در حالت کار نیفتاده نشان میدهد.



(شکل ۱۸ ــ ۵) فرمان چپگرد راستگرد

بعبارت دیگر مدار قدرت از طریق هر دو کنتاکتور c_1 و c_2 باز است و جریانی به موتور نمی‌رسد. شستی استارت b_2 را فشار میدهیم، جریان از طریق فاز R، فیوز e_2، رلهٔ حرارتی e_2، شستی استپ b_1، شستی استارت b_2 و کنتاکت بستهٔ c_2 به بوبین c_1 رسیده کنتاکتور c_1 عمل مینماید یعنی کنتاکتهای باز آن بسته و کنتاکت بستهٔ آن باز میشود. در نتیجه جریان از سه فاز R,S,T از طریق فیوزهای سه گانهٔ e_1، کنتاکتور c_1 و رلهٔ e_2 به کنتاکتهای U,V,W رسیده موتور m_1 فرضاً بصورت راستگرد به حرکت درمیآید. در این حال کنتاکت بستهٔ کنتاکتور c_1 که در مدار تحریک (مدار فرمان) کنتاکتور c_2 قرار دارد باز شده و امکان راه‌اندازی چپگرد، در حالیکه موتور راستگرد کار میکند را از بین میبرد. کنتاکت باز چهارم که پس از راه‌اندازی بسته شده باعث میشود جریان از طریق شستی استپ b_1 و کنتاکت بستهٔ c_2 بوبین c_1 را تغذیه و کنتاکتور c_1 را در حالت کار افتاده نگهدارد. بدینجهت کنتاکت مذکور را کنتاکت یا تیغهٔ نگهدارندهٔ کنتاکتور c_1 گویند. برای تغییر جهت دوران موتور ابتدا با فشار به شستی استپ b_1 مدار نگهدارندهٔ c_1 را قطع و کنتاکتور c_1 را به حالت اوّلیه (کار نیفتاده) برمیگردانیم تا موتور از گردش باز ایستد. سپس شستی استارت b_2 را فشار داده جریان از طریق فاز R، فیوز e_2، رلهٔ e_2 شستی استپ b_1، شستی استارت b_2 و کنتاکت بستهٔ c_1 بوبین کنتاکتور c_2 را تغذیه نموده کنتاکتور c_2 عمل مینماید. کنتاکتهای باز این کنتاکتور بسته شده و کنتاکت بستهٔ آن باز میشود. در اینحال جریان از سه فاز R,S,T از طریق فیوزهای سه گانهٔ e_1، کنتاکتور c_2، شستی استارت b_2، شستی استپ b_1 و رلهٔ e_2 به کنتاکتهای U,V,W رسیده، موتور m_1 بحالت چپگرد به دوران میآید.

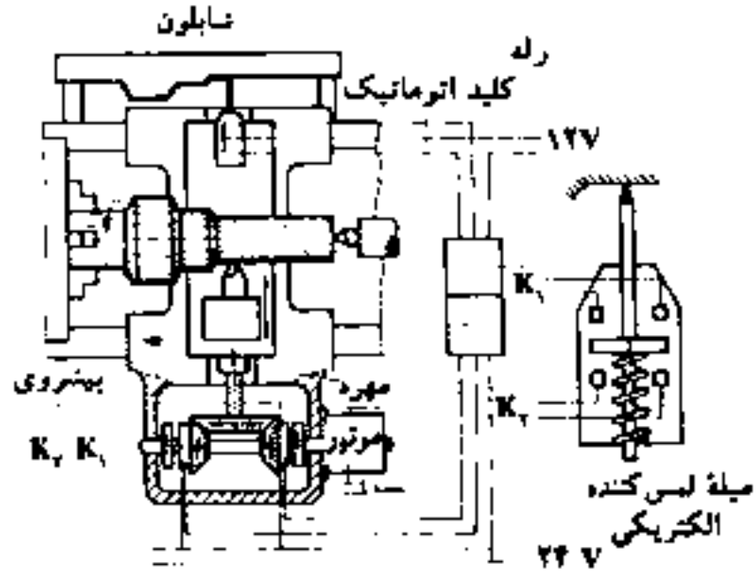
تفاوت این حالت با حالت قبل در اینست که در حالت قبل (حالت راستگرد) R→U و S→V و T→W ارتباط می‌یابد، ولی در حالت دوّم (حالت چپگرد) R→W و S→V و T→U بعبارت دیگر محل اتصال دو فاز R و T با هم عوض شده که همین عمل باعث تغییر جهت گردش موتور میشود.

فرمان الکتریکی در کپی‌تراشی

یکی دیگر از فرمانهای الکتریکی، فرمان الکتریکی در کپی‌تراشی است. از این فرمان برای انتقال حرکت از یک موتور الکتریکی به محور عرضی سوپرت ماشین‌تراش برای تراش قطعه کار بر طبق نمونه استفاده میشود.

در اینطریقهٔ کپی نیز مانند کپی مکانیکی سوپرت در حالیکه حرکت طولی اتومات دارد، حرکات عرضی آن تابع گردش محور حرکت عرضی سوپرت است (مانند بار دستی یا اتومات) گردش محور مذکور توسط یک موتور الکتریکی و متناسب با شکل شابلون انجام میگیرد.

چرخدندهٔ مخروطی روی محور عرضی سوپرت با دو چرخ دندهٔ مخروطی هرزگرد روی



(شکل ۱۹ ــ ۵) کپی تراش الکتریکی

محور موتور درگیر است. در مجاورت هر یک از این چرخدنده‌ها یک کلاچ الکترو مغناطیسی قرار دارد (K_1 و K_2) هر کلاچ میتواند چرخدندهٔ مربوطه را با محور موتور درگیر و از آن طریق حرکت عرضی سوپرت را تأمین نماید.

طریقهٔ عمل بدینطریق است که:

میلهٔ لمس‌کننده، فنر و کنتاکتها طوری تنظیم شده‌اند که وقتی مسیر موازی محور است هر دو کنتاکت باز است و سوپرت عرضی حرکتی ندارد. چنانچه برحسب شکل شابلون لمس‌کننده از محور آن دور شود فشار بین شابلون و لمس‌کننده باعث جمع شدن فنر و بسته شدن کنتاکت K_2 گردیده کلاچ الکترو مغناطیسی K_2 چرخدندهٔ مخروطی سمت راست و محور موتور را با هم درگیر کرده حرکت موافق عقربه‌های ساعت در موتور باعث دوران محور عرضی سوپرت در جهت عکس عقربه‌های ساعت خواهد شد که در نتیجه رنده همراه با سوپرت به عقب کشیده شده از محور کار دور میشود. این حالت (دور شدن قلم از محور کار) تا موقعی ادامه می‌یابد که سوپرت باندازهٔ کافی حرکت کرده، تعادل قبلی برقرار و کنتاکت K_2 باز شود.

چنانچه برحسب شکل شابلون و فشار فنر لمس‌کننده به محور شابلون نزدیک شود (وجود فرورفتگی و شیار در شابلون) اتصال کنتاکت K_1 را باعث شده کلاچ K_1 چرخدنده سمت چپ را با محور موتور درگیر نموده حرکت موافق عقربه‌های ساعت در موتور باعث دوران محور عرضی سوپرت در همان جهت موافق عقربه‌های ساعت خواهد شد که در نتیجه رنده همراه با سوپرت به جلو رانده شده به محور کار نزدیک میشود. این حالت (نزدیک شدن قلم به محور کار) تا موقعی ادامه می‌یابد که سوپرت باندازهٔ کافی حرکت کرده تعادل قبلی برقرار و کنتاکت K_1 باز شود.

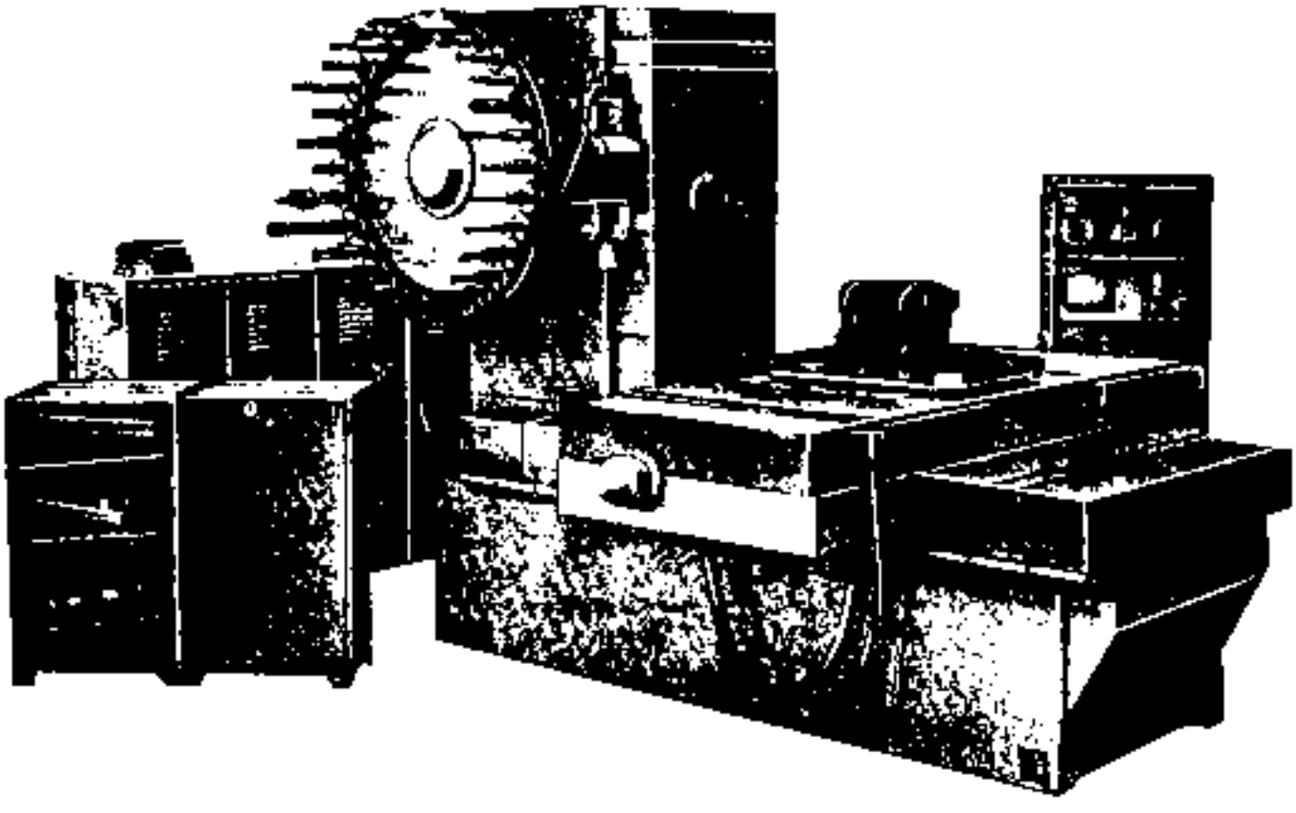
فرمان عددی Numerical Control (N.C)

کنترل عددی ماشینهای ابزار عبارت است از:

کنترل اعمال ماشینکاری بوسیلهٔ اعدادی که بجای نقشه و شابلون در اختیار ماشین قرار داده میشود. بعبارت دیگر کنترل عددی عبارت است از انجام و تکمیل مراحل مختلف کار به کمک معلومات ذخیره شده به شکل برنامه‌های رمزی و بدون دخالت ماشینکار.

علت وجودی ماشینهای N.C (ماشینهای ابزار با کنترل عددی) احتیاج به ساخت قطعات با تعداد زیاد، کیفیّت بالا و قیمت اقتصادی بوده است. وظیفهٔ چنین ماشینهائی آماده کردن قطعه کار و کنترل تمام مراحل ساخت از نظر کمّی و کیفی تا پایان عملیّات ماشینکاری است.

امروزه کنترل عددی در ماشینهای N.C و C.N.C بقدری پیشرفت نموده که یک ماشین قادر است کلیه مراحل ساخت یک قطعه اعمّ از تنظیم، سراده‌برداری، تعویض ابزار و غیره را بطور اتومات و بدون دخالت فرد انجام دهد.

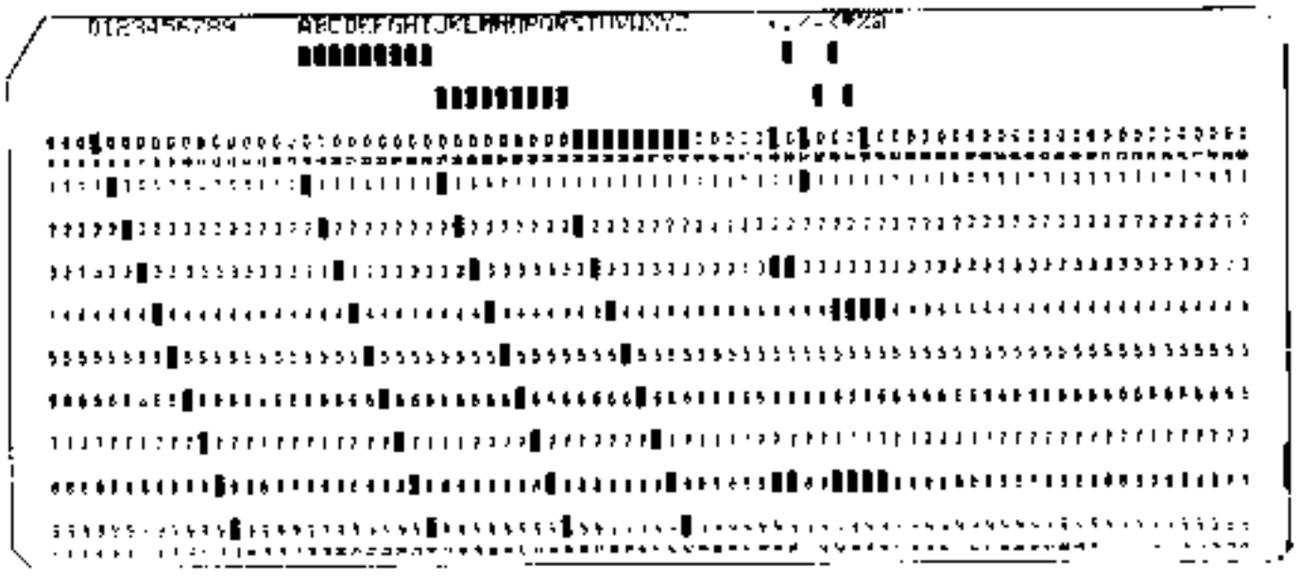


(شکل ۲۰ ــ ۵) ماشین تمام اتوماتیک با کنترل N.C

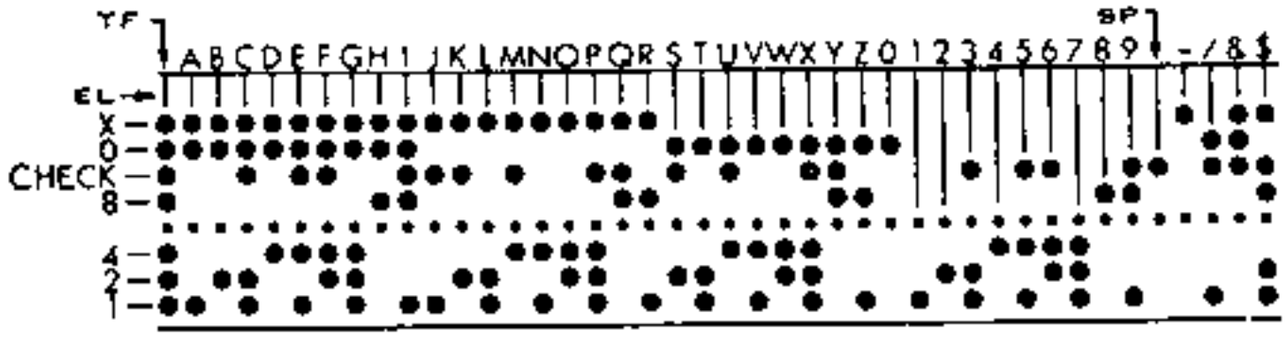
ماشین N.C برای ساخت یک قطعه احتیاج به برنامهٔ کار و ابزارهای مورد لزوم دارد. برای اینکار ابتدا قطعهٔ مورد نظر طرح و نقشهٔ فنی آن رسم، تمام مشخصات کمّی و کیفی نظیر ابعاد و تلرانس قسمتهای مختلف در اختیار برنامه‌نویس قرار داده میشود. همزمان با اینکار متصدّی تهیّه ابزار نیز ابزارهای لازم را تهیّه، فرمی از مشخصات ابزار و امکانات کاری آنها نظیر سرعت

برش و مقدار بار مجاز را به برنامه‌نویس تحویل مینماید.

برنامه‌نویس با توجه به اطلاعاتی که از طرّاح و ابزارمند اخذ نموده و با در نظر گرفتن مشخصات و توانائیهای کاری ماشین مورد نظر مراحل انجام کار را روی فرمهای مخصوص برنامه‌نویسی بصورت شماره‌ها و کُدهای رمزی ثبت می‌نماید. این برنامه توسط کارتهای سوراخدار، نوار مغناطیسی یا دیسک مغناطیسی یا نوار سوراخدار که قابل درک برای ماشین است تهیه میشود. بعبارت دیگر برنامه را به زبان ماشین ترجمه میکنند. در بین حاملهای اطلاعات که نام برده شد نوار سوراخدار بهتر و عملی‌تر است.



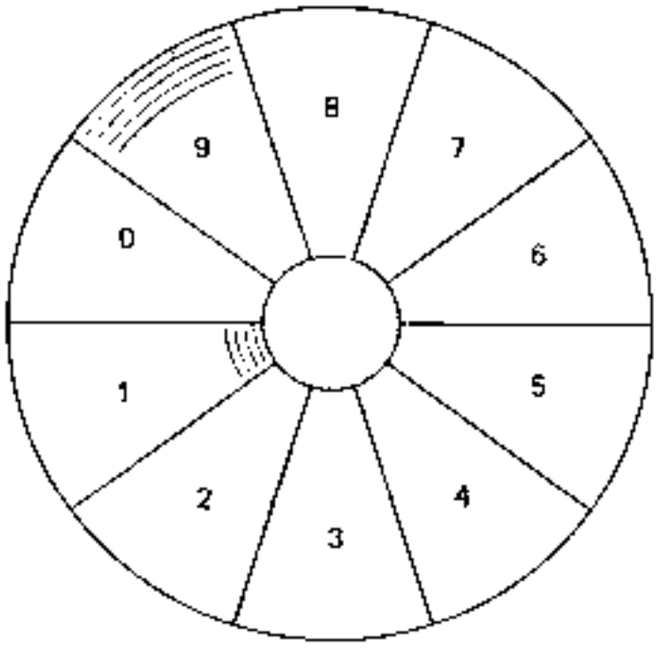
(شکل ۲۱ ــ ۵) کارت سوراخدار



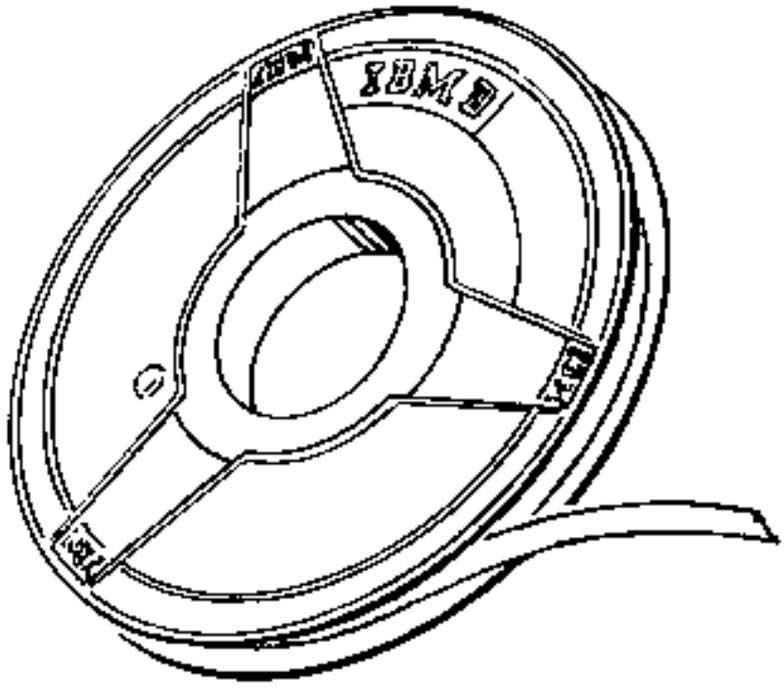
(شکل ۲۲ ــ ۵) یک قطعه از نوار سوراخدار

ثبت برنامه بر روی نوار و کارت را پانچ گویند. برای کنترل، برنامهٔ پانچ شده به کامپیوتر داده میشود. پس از چند دقیقه کامپیوتر صحیح یا غلط بودن برنامه را مشخّص میسازد.

در صورت تأیید برنامه در این مرحله برای اطمینان کامل برنامه را به ماشین نقشه‌کشی کامپیوتری میدهند. این ماشین طبق برنامهٔ داده شده نقشهٔ فنی آنرا رسم می‌نماید. چنانچه نقشهٔ



(شکل ۲۳ ــ ۵) دیسک مغناطیسی



(شکل ۲۴ ــ ۵) نوار مغناطیسی

رسم شده توسط ماشین با نقشهٔ اوّلیه مطابقت داشته باشد برنامه مورد قبول و چنانچه با هم اختلاف داشته باشند برنامه غلط خواهد بود که مجدداً بررسی و موارد اشکال آن رفع خواهد شد.

پس از تأیید نهائی میتوان نوار را در دستگاه نوارخوان کامپیوتری ماشین قرار داده قطعهٔ مورد نظر را بدون دخالت فرد ماشینکار براده‌برداری نمود. در بعضی از ماشینهای N.C تعویض ابزار توسط فرد ماشینکار انجام میشود ولی چنانچه قبلاً نیز گفته شد در ماشینهای پیشرفتهٔ فعلی

این امکان وجود دارد که تعویض ابزار نیز توسط خود ماشین و بطور خودکار انجام گیرد.

انواع فرمانهای عددی در ماشینهای ابزار N.C

از فرمان عددی در کنترل ماشینهای ابزار نظیر ماشینهای تراش، فرز، بورینگ، مته و.... استفادهٔ زیادی میشود. صرفنظر از نوع کار، فقط از نظر شکل حرکت پیشروی ابزار در موقع براده‌برداری میتوان آنها را به سه دسته تقسیم کرد:

الف ــ فرمان نقطه‌ای (محلّی).

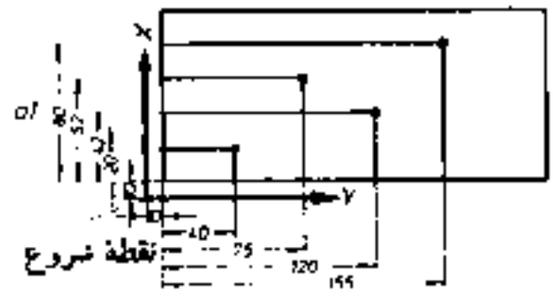
ب ــ فرمان خطّی (مستقیم).

پ ــ فرمان سه بُعدی (ادامه‌ای).

فرمان نقطه‌ای (محلّی) Positioning System یا Point to Point ــ سیستم فرمان نقطه‌ای ساده‌ترین نوع کنترل میباشد. ابزار در صفحهٔ XY یا صفحات دیگر بطور سریع از یک نقطه به نقطهٔ دیگر حرکت نموده و در آن نقطه با تعویض ابزارها عملیات لازم نظیر مته‌کاری، تراش، برفوزنی و.... را بصورت موضعی (نقطه‌ای) انجام میدهند. بنابراین در فرمان نقطه‌ای ابزار هنگام براده‌برداری فقط حرکتی در امتداد محور خود دارد.

حرکت سریع را طوری میتوان انتخاب کرد که ابزار برای رسیدن به نقطهٔ مورد نظر دو محور مربوط به صفحه را همزمان یا جدا جدا طی نماید. انتخاب حرکت همزمان با صرفه‌تر است ولی برنامه‌ریزی آن مشکلتر میباشد. در حرکت همزمان، مسیر حرکت سریع، وتر مثلث قائم‌الزاویه‌ایست که دو ضلع قائمهٔ آن محورهای X و Y یا X و Z یا Y و Z خواهد بود.

در حرکت جدا جدا مسیر حرکت سریع بجای وتر مثلث قائم‌الزاویه‌ای که شرح آن گذشت دو ضلع قائمهٔ آن خواهد بود.



(شکل ۲۵ ــ ۵) فرمان نقطه‌ای

فرمان خطّی (مستقیم) Straight Cut System ــ در این سیستم، براده‌برداری در یک خط مستقیم منطبق بر سطوح محصور بین محورهای مختصات انجام میشود. بنابراین مسیر براده‌برداری موازی یکی از محورهای X یا Y یا Z و با بصورت خطّی در یکی از صفحات XY، یا