
مقدمه کارآموزی :

دانشجویان در هر مقطعی برای تطبیق آموخته های تئوری با فعالیت عملی در اواخر دوره تحصیل خود دوره ای را با عنوان کارآموزی در یکی از ادارات یا سازمانهای مرتبط با رشته خود سپری می کنند . این دوره برای رشته علمی کاربردی برق - قدرت ، 240 ساعت بوده و به صورت درسی 2 واحدی ارائه می شود .

اینجانب برای گذراندن دوره کارآموزی ، کارخانه یخ سازی راتق را انتخاب نموده و شروع به فعالیت کردم . به طور کلی کارآموزان در این شرکت بیشتر به بازدیدهای روزانه از تأسیسات برقی و و یادگیری در مورد تابلوها و در صورتی که مهارت کافی پیدا کرده باشند، پیدا کردن عیب های تابلوها و سایر لوازم برقی به کار رفته در کارخانه و سرویس کلیدها می پردازند که در طی گزارش کارآموزی به طور مفصل ارائه شده است .

ستایش و تقدیر :

توحید خالصی که اندیشه های عالمانه روز آن را می طلبد و در انحصار مسلمانان است . مسلمانانی که هم در مرحله عقیده ایمان به خدا و هم در مرحله عمل خدا را عبادت می کنند .

درود بر نبی گرامی خاتم که پیروانش را فرموده روزانه ده مرتبه از خدا بخواهند که همه مسلمانان را به راه راست و راهی که بر آن استقامت خواهد شد هدایت فرماید راهی که به کمال رسیدگان پیمودند نه راه دانشمندان لادین و نه راه دینداران جاهل . درود بر دوازده جانشین ایشان به ویژه تشکیل دهنده حکومت واحد جهانی پیشوای وقت :

امام زمان حضرت حجه بن الحسن العسکری محمد مهدی « ارواحنا فداه »

و با تشکر از :

کلیه کسانی که مرا در به سرانجام رساندن این دوره کارآموزی یاری نموده اند بخصوص استاد محترم جناب آقای مهندس طاهری و سرپرست کارآموزی آقای مهندس راتق و همچنین سایر دوستان مشغول در کارخانه که در طول این دوره همکاری لازم را داشته اند تشکر و سپاسگزاری می نمایم .

آشنایی با مکان کارآموزی

قسمت روشنایی این کارخانه از برق سه فاز که از ترانسفورماتور مجزای کارخانه است تغذیه می شود. این ترانسفورماتور مستقیماً برق 33kV را به 380V تبدیل می کند و مختص کارخانه است. قسمت روشنایی کارخانه شامل روشنایی داخل محوطه یخ سازی، محوطه حیاط و اتاق های نگهبانی است.

فیوزهای نصب شده در تابلوهای این کارخانه اکثراً از نوع چاقویی می باشند. سه عدد فیوز 63 آمپر و دو عدد فیوز 15 آمپر فقط برای روشنایی کارخانه مورد استفاده قرار می گیرند. فیوزهای چاقویی را با انبردست مخصوص تعویض می کنند و سالی دو بار اتصالات برقی را چک و سپس تمیز و بعد از آن گریس کاری می کنند تا اتصالات زنگ نزنند. بعد از فیوزها به کلیدها می رسیم که چون سه فاز هستند هر کدام دارای سه سیم R,S,T می باشند که دارای ورودی و خروجی هستند.

اکثر اتصالات و قسمت های الکتریکی این قسمت مسی هستند ولی در مجاورت هوای زیاد که از موتورهای اطراف و رطوبت بالا ناشی از آبی که در قالب های یخ ریخته می شود تولید می گردد؛ دچار یک لایه اکسید شده اند که باید سالی حداقل دو بار تمیز شوند.

مقدمه

رشته تابلوسازی رشته ای ترکیبی می باشد. تابلوی برق در حقیقت یک محفظه می باشد که تجهیزات الکتریکی را در بر می گیرد و البته تابلو ها می توانند در بر گیرنده تجهیزات پنیوماتیک نیز باشند مانند شیر های برقی ، کمپرسور و به طور کلی لازم به ذکر است که جهت فراگیری فنون مربوط به تابلوهای برق نیاز به فراگیری چندین آیتم اصلی می باشد که در ذیل به اختصار عنوان می کنم :

- 1- اصول کلی و استانداردهای مربوط به تابلو های برق و محفظه های الکتریکی مانند درجه حفاظتی IP و درجه بندی جداسازی محفظه ها Segregation و مقابله با عوامل جوی و ... 2- اصول تخصصی در مورد تابلو های برق ، مقادیر نامی مانند ولتاژ و جریان نامی و ..
- 3- آشنایی با تجهیزات الکتریکی و عملکرد آنها و نحوه انتخاب صحیح آنها
- 4- آشنایی با تاسیسات الکتریکی و آشنا با محاسبات مربوطه
- 5- آشنایی با دروسی مانند رله و حفاظت سیستم ها- طرح پست الکتریکی و ...
- 6- آشنایی با طراحی مدارات فرمان و کنترل و لاجیک

جهت فراگیری هر یک از فنون یاد شده لازم است به صورت جداگانه اقدام به فراگیری نمود، البته وقتی تنها در مورد تابلو های برق صحبت به میان می آید آیتم های یک و دو فوق الذکر بسیار پررنگ تر می باشند. البته در حرفه تابلو سازی علوم مهم دیگری نیز نقش دارد که از نام بردن کلیه آنها صرف نظر می

کنم مانند علم ارگونومی و به صورت کلی در مورد تابلو های برق اصول کلی و استاندارد و همچنین تعاریف کلی وجود دارد و بسیار حائز اهمیت است مثلاً نوع تابلو از نظر ساختمان آنها به عنوان مثال تابلوهای ایستاده - دیواری - میزی - رک و ... و هر یک از آنها ساختمان منحصر به فردی دارند و کاربرد آنها نیز متفاوت است. همین جا لازم است به این نکته اشاره کنم که تشریح کلیه مسائل مربوط به تابلو های برق در این وبلاگ غیر عملی است ولی با توجه به تقاضای بسیار دوستانم در پست های بعدی مطالبی را به اختصار بیان خواهم کرد و دوستان علاقه مند با توجه به راهنمایی های من می توانند در این زمینه تحقیق کنند و اطلاعات لازم را بدست آورند و البته می توانند سوالات تخصصی خود را در کامنت ها عنوان کنند و من نیز در صورت امکان راهنمایی خواهم کرد. در این راستا قصد دارم نرم افزار ها و جزوات و لینک های مربوطه را نیز معرفی نمایم.

تعاریف اولیه تابلو

تابلوهای برق

انواع تابلوها: تابلوی ایستاده قابل دسترسی از جلو - سلولی - تمام بسته دیواری که

خود این تابلوها می توانند اصلی - نیمه اصلی و فرعی باشند.

تابلوی اصلی: در پست برق و بطرف فشار ضعیف ترانس متصل است.

تابلوی نیمه اصلی: این گونه تابلوها ی برق بلوک ساختمانی یا قسمت مستقلی

از مجموعه را توزیع و از تابلوی اصلی تغذیه می شود .

تابلوی فرعی: برای توزیع و کنترل سیستم برق خاصی مانند موتور خانه -

روشنایی و غیره به کار می رود و از تابلوی اصلی تغذیه می شود.

معمولاً تابلو های موتور خانه از نوع ایستاده و بقیه تابلوها از نوع توکار تمام بسته

می باشد (در این ساختمان تماماً به این شکل می باشد) در این ساختمان لیستی

تهیه شده که شامل قطعات مکانیکی و الکتریکی داخلی تابلو می باشد. این

لیست شامل ضخامت ورق - فریم تابلو - روبند - نوع رنگ کاری - جانقشه ای -

یرق آلات - نوع تابلو (یک درب - دو درب - نرمال - اضطراری) اسم شرکت

سازنده تابلو - اسم تابلو - چراغ سیگنال (رنگ - تعداد - وات - نوع لامپ - فیوز)

مشخصات فیوزهای داخل تابلو به علاوه پایه فیوز - کلید مینیاتوری (تکفاز -

سه فاز - ولتاژ قابل تحمل) رله - کنتاکتور - کلید گردان (با مشخصات کامل)

مشخصات ترمینال - مشخصات شین فاز - نول - مقره های پشت شین - نوع

سیم کشی داخلی تابلو- نوع سیم کشی خط به تابلو - طریقه انتقال سیم در تابلو (ترانکینگ-استفاده از کمر بند) استفاده از سیم یک تکه در تابلو - شماره گذاری خطوط روی ترمینال - استفاده از کابلشو . تمام این عناوین با مشخصات کامل می باشد . وجود این مشخصات باعث عمر بیشتر تابلو- خطر کمتر و تعویض آسانتر می شود.

* وجود سیم ارت در تابلوی برق ضروری و با رنگ سبز می باشد .
* خطوط R - S - T به ترتیب با رنگ زرد- قرمز- آبی - سیم نول با رنگ سیاه می باشد.

* در بعضی از تابلو ها روی درب تابلو ها یک سری کلید وجود دارد -START- STOP یا یک کلید گردان که برای روشن و خاموش کردن روشنایی و یا موتور به کار می رود.

* برای تابلو ها دو نوع نقشه می کشند :

- 1 - رایزر دیاگرام که مکان تابلو در آن قید شده است .
 - 2- نقشه داخل تابلو (که خطوط - فیوز و کلیدها در آن کشیده شده است)
- نکات مربوط به رعایت مسائل ایمنی بر اساس نشریه سازمان برنامه و بودجه و یا 110 می باشد.

* شین ها با رنگ نسوز رنگ آمیزی می شود.

* کلید ورودی باید خودکار باشد. در مواردی که از کلید و فیوز جداگانه استفاده شود کلید باید قبل از فیوز نصب شود. بطوریکه با خاموش کردن کلید، فیوز نیز قطع شود. کلید اصلی حتی الامکان گردان باشد و از فیوز فشنگی استفاده شود.

* سیم کشی داخلی تابلو با سیم مسی تک لا با عایق حداقل 1000 ولت با مقطع مناسب انجام شود.

* ارتفاع بالاترین دسته کلید تابلو 175 سانتیمتر بیشتر نباشد و همچنین قسمت میانی از سطح زمین 160 سانتیمتر باشد.

* استفاده از سیم 1/5 برای روشنایی با کلید مینیاتوری 10 آمپر و سیم 2/5 برای پریز با کلید مینیاتوری 16 آمپر می باشد.

* محاسبه کابل از طریق سطح مقطع انجام می گیرد.

بقیه تابلوها از نوع توکار تمام بسته می باشد.

در قسمت زیر لیستی تهیه شده که شامل قطعات مکانیکی و الکتریکی داخلی تابلو می باشد. این لیست شامل:

ضخامت ورق - فریم تابلو - روبند - نوع رنگ کاری - جانقشه ای - یرق آلات -
نوع تابلو (یک درب - دو درب - نرمال - اضطراری) اسم شرکت سازنده تابلو -
اسم تابلو - چراغ سیگنال (رنگ - تعداد - وات - نوع لامپ - فیوز) مشخصات
فیوزهای داخل تابلو بعلاوه پایه فیوز - کلید مینیاتوری (تکفاز - سه فاز - ولتاژ
قابل تحمل) رله - کنتاکتور - کلید گردان (با مشخصات کامل) مشخصات

ترمینال - مشخصات شین فاز - نول - مقره های پشت شین - نوع سیم کشی داخلی تابلو- نوع سیم کشی خط به تابلو - طریقه انتقال سیم در تابلو (ترانکینگ-استفاده از کمر بند) استفاده از سیم یک تکه در تابلو - شماره گذاری خطوط روی ترمینال - استفاده از کابلشومی باشد. تمام این عناوین کامل می باشد. وجود این مشخصات باعث عمر بیشتر تابلو، خطر کمتر و تعویض آسانتر آن می شود.

انواع تابلوها :

تقسیم بندی نوع اول :

الف) تابلوی ایستاده قابل دسترسی از جلو

ب) سلولی

پ) تمام بسته دیواری که خود این تابلوها می توانند اصلی - نیمه اصلی و فرعی باشند.

تقسیم بندی نوع دوم :

تابلوی اصلی: در پست برق و بطرف فشار ضعیف ترانس متصل است.

تابلوی نیمه اصلی: اینگونه تابلوها ی برق بلوک ساختمانی یا قسمت مستقلی از مجموعه را توزیع و از تابلوی اصلی تغذیه می شود.

تابلوی فرعی: برای توزیع و کنترل سیستم برق خاصی مانند موتور خانه -

روشنایی و غیره به کار می رود و از تابلوی اصلی تغذیه می شود.

معمولاً تابلوهای موتور خانه از نوع ایستاده و ...

خصوصیات تابلوها

1. رنج ولتاژ تابلوها :

380 و 400 و 660 و 1000 و 2500 و 3300 و 36000 و 7500 و 12000 و 175000 و
24000 و 52000 و 72000 و 100000 و 132000 و 145000 و 420000 و 765000

ولت می باشد .

2- ولتاژ سطح عایقی UL :

الف: ولتاژ قابل تحمل ضربه ای برای صاعقه

ب: ولتاژ قابل تحمل به مدت یک دقیقه

3- فرکانس نامی

4- جریان نامی :

جریان موثری که از آن وسیله میتواند در دما و فشار معین عبور کند

بطودائمی و صدمه ای به آن نرسد و مقادیر استاندارد جریان نامی عبارتند از:

16-25-32-40-50-63-80-100-125-160-200-250-350-400-500-

630-800-1000-1250-1600-200-2500-3150-4000-5000-6300

5- افزایش درجه حرارت :

دمای محیط نباید از 40 درجه بالاتر رود

6-جریان قابل تحمل کوتاه مدت (ICW)

جریانی که از یک کلید عبور کند برای مدت معین بدون اینکه آن دستگاه و کلید صدمه ای ببیند.

7- جریان نامی قطع اتصال کوتاه (I_{cu})

8- جریان نامی وصل اتصال کوتاه :

معمولاً $2/5$ برابر جریان نامی می باشد .

9-ولتاژ تغذیه نامی کنتاکتها و مدارات کمکی:

250و220 و 125و110و60و48و24

10- درجه حرارت مکانیکی I_p

عدد اول حفاظت در مقابل اجسام و عدد دوم حفاظت در مقابل مایعات.

++*+*+*+*+*+*+*+*

1. برای ساخت تابلو ابتدا باید قسمت های فیزیکی تابلو را آماده کرد و سپس به مراحل بعدی نظیر مدارات فرمان پرداخت:

ابتدا قاب تابلو را درست کرد که در کارگاه های کوچک قاب را به صورت آماده

تهیه کرده در کارگاه الکتروصنعت قاب تابلو توسط خود تکنسین های کارگاه

ساخته می شود. عموماً برای تابلوهای دیماند در ابعاد $1/80$ تا 2 متر طول و

عرض متغیر بین 50 سانتیمتر و بالاتر بر حسب شرایط متغیر می شود.

بعد از تهیه قاب عملیات رنگ زدن توسط پمپ سیستم انجام می شود. در

تابلوی دیماند برق بر روی 2 شین نسبتاً حجیم می آید و از آن شین ها انشعاب

می گیریم. باید توجه شود که شین ها توسط 2 مقره از سطح بدنه فلزی تابلو

جدا ی باشد و سپس 3 انشعاب S و T و R می گیریم.

پس انتقال برق به وسیله شین های R و S عملاً قطع و وصل برق به وسیله کلیدهای اتوماتیک انجام می گیرد. 3 خازن در زیر تابلو جاسازی شده است و عمدتاً 2 دلیل یکی به دلیل بهبود ضریب قدرت و دیگر به دلیل کاهش سطح بار - ولتاژ برای هر خازن فیوزی جداگانه در نظر می گیریم علت این کار به این دلیل است که خازن در نقطه اول اتصال کوتاه است همین سبب می شود در بار زیادی از شبکه گرفته شود پس با فیوز جلوی این کار را می گیریم و در قسمت خارجی تابلو نمایش دهنده های بار خازن و نیاز ولتاژ قرار دارد و نیز کلید اتوماتیک که با توجه به اطلاعاتی که از CT دریافت می کند خازن ها را وارد مدار و یا از مدار خارج می کند. نکته ای که باید توجه شود در این مرحله عدم تماس شین اصلی به تابلو و لحاظ نکات ایمنی از دید عایقی در برابر برق نیز در مرحله به کاربر بهره بردار از تماس اشیاء و یا به جا گذاشتن وسایل نظیر آچار و یا پیچ گوشتی در داخل تابلو جلوگیری شود.

2. ساخت تابلو توزیع برق برای کارخانجات

اصولاً ادوات نصب شده بر روی تابلو توزیع برق بر اساس سفارش مشتری صورت می گیرد. نکته قابل توجه برای یک تابلو ساز این است که همیشه برای توسعه تابلو جای لازم در نظر بگیرد ، مثلاً برای ترمینال های خروجی برق و یا نصب مدارات جدید عمدتاً این کار بیشتر برای صرفه جویی و اغلب در کارخانجات کوچک که قسمتی از عمده سال خاموش می باشد است.

حفاظت الکتریکی تابلو

اصولاً حفاظت تابلوها توسط 2 رله انجام می گیرد. رله کنترل فاز که قبل از

کنتاکتور تابلو نصب می شود و دارای مشخصات زیر است :

رله بی مثال که اصولاً بر روی خود کنتاکتور نصب می شود و وظیفه آن قطع مدار در صورت مصرف زیاد بار است.

تجربیات کاری نشان می دهد که بی مثال را با توجه به قدرت نامی موتور استفاده شود و از نوع های نامرغوب نباید استفاده شود. زیرا در مواقع غیر ضرور به دلیل عدم کفایت الکتریکی مدار قطع می شود و اصولاً اثر حفاظتی خود را از دست داده و مدار توزیع برق را نامطمئن می کند.

تابلو تشکیل شده است از :

1. فیوز و پایه فیوز
2. کلید مرکزی برای قطع و وصل مدار
3. رله کنترل فاز
4. کنتاکتور
5. تایمر - در صورت استفاده از مدار ستاره-مثلث
6. بی مثال - ترمینال های خروجی که جریان خروجی از مدار قدرت به این ترمینال ها نصب می شود.

طریقه ساخت

ابتدا قاب تابلو آماده می شود که البته متناسب با فضای نصب و تجهیزات نصب شده بر روی مدار است. در ابتدا کلید مرکزی بر روی تابلو نصب می شود. رنج کلید بر حسب آمپر و حتماً باید بر اساس مشخصات نامی موتورهای برقی تعیین

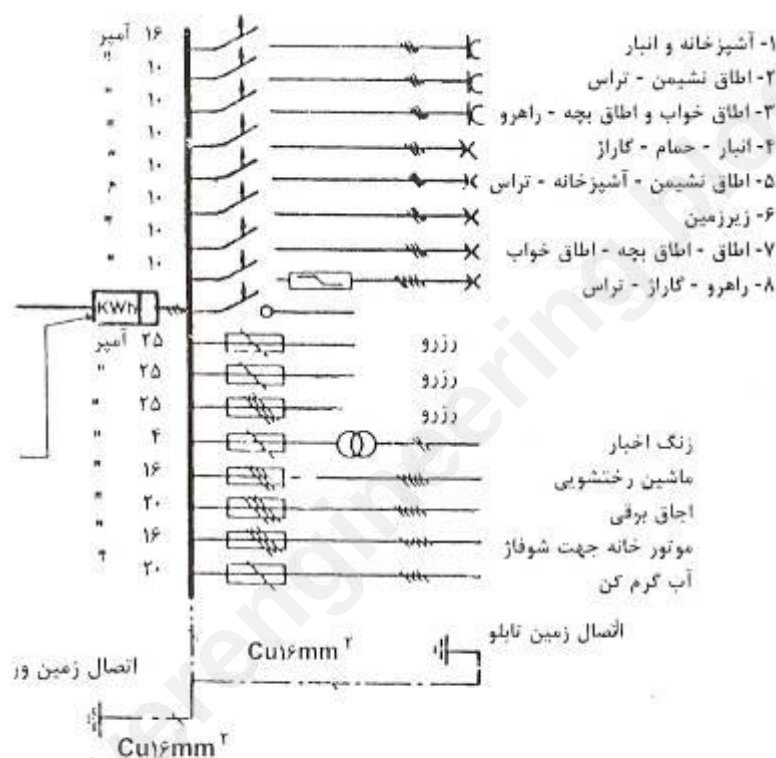
شود. کابل اصلی به ترمینال ورودی برق کلید وارد می شود و از بیرون خارج می شود. سپس پایه فیوزها نصب و پس از آن بر روی پایه فیوز ، فیوزها نصب می شوند. هر فیوز برای یک کنتاکتور است. بعد از فیوز یک رله کنترل فاز نصب می شود که از فیوز برق دار به کنترل فاز وصل می شود سپس کنتاکتورها نصب می شوند. در صورت پیچیده بودن مدار از کنتاکت های کمکی نیز استفاده می شود. در صورت استفاده از مدار ستاره مثلث ، تایمر حتماً باید روی کنتاکتور نصب شود تا زمان تأخیر مدار از مثلث به ستاره داده شود. اصولاً یک تابلو ساز باید برای راه اندازی موتورهای با گشتاور راه اندازی زیاد از مدار ستاره مثلث استفاده کند. به دو دلیل اول این که موتور در موقع نیاز و به وقت وارد مدار شود و به حد گشتاور نامی خود در آید. دوم این که از یطغان زدن موتور جلوگیری شود. سیم های به کار رفته شده در مدار فرمان آبی رنگ – نول با سیاه و R و S و T مدار قدرت به ترتیب با رنگ های قرمز – سبز – زرد علامت گذاری شده باشد. جهت جلوگیری از بد نمایی تابلوهای اتصال سیم های صاف و بدون اعوجاج در نظر گرفته شود. شستی های STOP – START بر روی درب تابلو نصب می شوند و با رنگ های قرمز و سبز مشخص می شوند.

نقشه کشی تابلوها

تابلوهای توزیع را برای سهولت کار در شمای فنی رسم می نمایند که با علائم و ارقامی که در کنار هر عنصر مدار نوشته می شود اطلاعات نقشه را تکمیل می نمایند. در یک تابلو ، یک یا چند خط به عنوان رزرو همیشه باید در نظر گرفته

شود تا در هنگام خرابی یکی از خطوط یا نیاز به مصرف کننده جدید از آن استفاده کرد.

سیم اتصال زمین با مقطع زیاد برای حفاظت در تابلوها نباید فراموش شود که این ارتباط توسط سیم بافته شده نرم بین قسمت های متحرک و ثابت تابلو برقرار می شود، نمونه زیر ، شمای یک تابلو است :



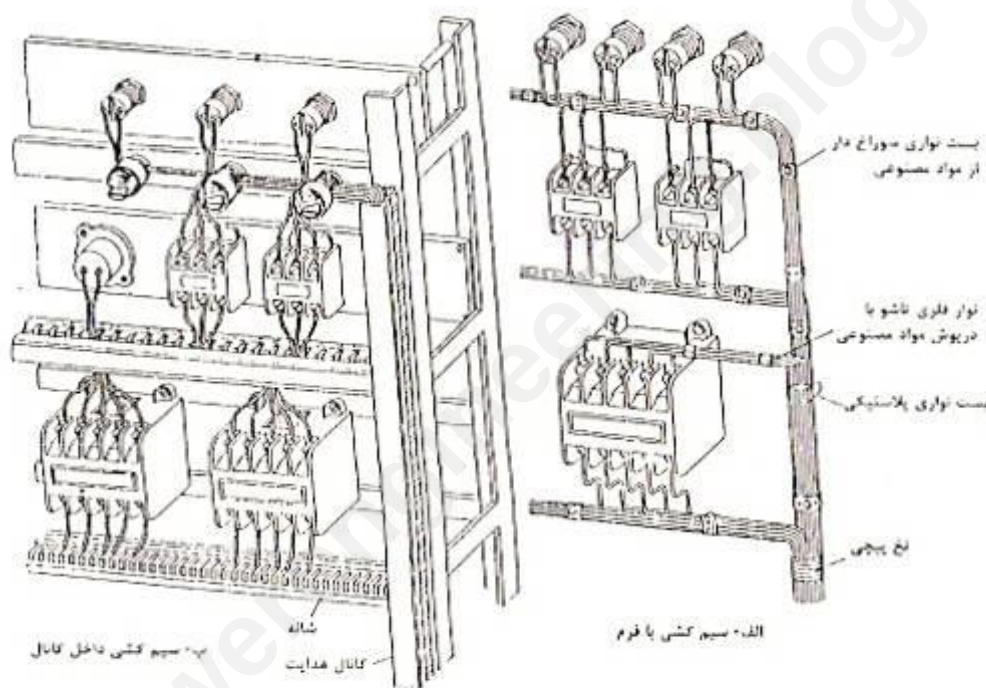
شکل ۶-۱ شمای فنی مدار الکتریکی یک تابلوی منزل

ساخت تابلوها

در یک تابلوی توزیع قبل از آنکه وسایل الکتریکی در آن نصب شوند باید اسکلت فلزی یا پلاستیکی یا کائوچویی آن منتاژ شود و با نصب ریل ها و سوراخ هایی مناسب آماده گردد، وسایل الکتریکی داخل آن منتاژ شود.

پس از نصب وسایل الکتریکی (مانند کلید و فیوزها) ترمینال های تابلو را سیم کشی می کنند این سیم کشی باید با سیم های تک لا و با فرم خاصی صورت گیرد.

نکته : می توان سیم کشی داخل تابلو را با سیم های افشان که در داخل کانال های پلاستیکی قرار می گیرند را انجام داد.



شکل ۵-۶ نمونه ای از سیم کشی یک تابلو

انواع مدارات فرمان

در جدول زیر حروف مشخص کننده اجزای مدار را می بینیم :

مثال	حروف مشخصه	اجزاء مدار
------	------------	------------

کلید اصلی	a	جدا کننده-کلید بار-کلید مغناطیسی موتور-کلید قدرت
شستی (کلید کمکی)	b	قسمتی-کلید فرمان-کلید انتخاب کننده-کلید فشاری
کلید مغناطیسی (کنتاکتور)	c	کلید مغناطیسی
کلید مغناطیسی کمکی	d	کنتاکتور کمکی-رله زمانی-رله کمکی از راه دور
حفاظت به طور کلی	e	فیوز-بیمتال-رله محافظ
مبدل اندازه گیری	f	مبدل اندازه گیری-مقاومت پیشوند و موازی
وسائل اندازه گیری	g	ولتметр-آمپر متر-واتمتر-کسین.س فی متر
خبر کننده	h	صوتی-روشنایی-زنگ اخبار-بوق- لامپ خبر-عقربه خطر
خازن و بوبین	k	همه نوع خازن و بوبین در مدار
ماشین های الکتریکی	M	ژنراتور-موتور-ترانسفورماتور
یک سو کننده و باطری	n	همه نوع یکسو کننده و باطری (اکولاموتور)
لامپ های تقویت کننده	p	لامپ خلاء-لامپ گازی-لامپ های تقویتی
مقاومت و تنظیم کننده سریع	r	مقاومت سری-مقاومت های محافظ- مقاومت ترمز-بار تحریک
وسائل مکانیکی متفرقه	s	مغناطیسی-موتوری-شیر مغناطیسی (الکتریکی)
چند عضو با هم	n	مخلوط کردن عضوهای مدار از a تا s

حفاظت تجهیزات و نفرات در تأسیسات الکتریکی تابلو

مقدمه:

افراد ، دستگاه ها ، مصرف کننده ها ، مواد ها ، سیم ها و کابل ها در سیستم ها و تأسیسات الکتریکی باید در برابر خطرات ناشی از جریان برق محافظت شوند. به عنوان مثال سیم ها و کابل ها بسته به اندازه و نحوه نصب آن ها و درجه حرارت محیط ، قادرند جریان مشخصی را بدون ایجاد حرارت اضافی ، از خود عبور دهند که این جریان همان جریان نامی آن ها می باشد. در صورتی که جریانی بیشتر از جریان نامی و به مدت قابل ملاحظه ای از آن ها عبور کند ، حرارت اضافی تولید شده ، درجه حرارت سیم یا کابل را از حد مجاز بالاتر برده امکان خرابی عایق ، اتصال کوتاه و ایجاد حریق را افزایش می دهد.

عمده ترین خطراتی که سیم ها ، کابل ها و دستگاه های الکتریکی با آن ها مواجه می شوند عبارتند از :

1. **اتصال بدنه** که عبارت است از اتصال یکی از سیم های جریان برق به بدنه دستگاه.

2. **اتصال کوتاه بین فازها (اتصال کوتاه سه فاز و دو فاز) و اتصال**

کوتاه فاز به زمین که باعث افزایش جریان تا چند برابر مقدار نامی می شود.

3. **اضافه بار** که عبارت است از افزایش جریان از مقدار نامی.

با توجه به موارد فوق وجود تجهیزاتی به منظور حفاظت از سیم ها ، کابل ها و

دستگاه های الکتریکی در مدارات الزامی می باشد.

فیوزها

ساده ترین و متداول ترین وسایل حفاظتی مدارات در برابر اضافه جریان های پیش آمده ، فیوزها می باشند. جریان اضافی کم و کوتاه مدت که اضافه بار نام دارد معمولاً صدمه ای به مدار و وسایل تشکیل دهنده آن وارد نمی کند و لزومی به قطع مدار توسط فیوز نمی باشد ، اما در موارد اتصال کوتاه ، فیوز باید به سرعت عمل کرده و مدار را قطع کند. فیوزهای معمولی ، دو سر مدار را به وسیله سیمی که در درون آن ها قرار دارد به هم وصل می کنند. این سیم جریان نامی مدار را به راحتی تحمل می کند. هنگامی که جریان مدار از حدی بالاتر رود ، حرارت ایجاد شده ، سیم فیوز را پس از مدتی ذوب کرده مدار قطع خواهد شد.

تقسیم بندی فیوزها

فیوزها بر اساس سرعت قطع مدار به دو دسته تقسیم می شوند. دسته اول را فیوزهای تند کار می گویند که بیشتر در مصارف روشنایی به کار می روند. این فیوزها دارای زمان عملکرد کوچک می باشند.

دسته دوم فیوزهای کند کار یا تأخیری می باشند که زمان قطع مدار در آن ها طولانی تر خواهد بود. این فیوزها در مداراتی به کار می روند که در آن ها قطع مدار باید با تأخیر بیشتری صورت گیرد. یکی از این موارد فیوز محافظ مدار موتورهای برقی است که این فیوز در طول مدت راه اندازی موتور که جریان به طور موقت به سه تا هفت برابر جریان نامی می رسد نباید مدار را قطع کند.

فیوزهایی که برای ترانسفورماتورها و خازن ها به کار می روند نیز از نوع کند کار خواهند بود.

علاوه بر این فیوزها از لحاظ ساختار نیز در انواع فشنگی ، اتوماتیک یا آلفا ، مینیاتوری ، بکس ، کاردی (چاقویی) ، شیشه ای یا کارتریج فشار قوی ساخته می شوند.

نکته 1: فیوزهای تأخیری که با علامت  بر روی بدنه مشخص می شوند و همچنین ولتاژ و جریان نامی فیوز بر روی بدنه نوشته می شود. علامت فیوز تند کار F است. فیوزهای تند کار 2,5 برابر جریان نامی را در یک ثانیه قطع می نمایند و فیوزهای کند کار 4 برابر شدت جریان نامی را تقریباً در مدت یک ثانیه قطع می کنند.

فیوزهای فشنگی از سه بخش پایه فیوز ، بدنه استوانه ای یا فشنگ و کلاهک تشکیل می شوند. نوار فلزی ذوب شونده از جنس آلیاژ مخصوص و گاهی نقره در داخل بدنه استوانه ای یا فشنگ قرار می گیرد. همچنین اطراف نوار از پودر فشرده کواتز پُر می شود و این نوار به دو سر فلزی در دو انتهای فشنگ وصل می شود. در انتهای فشنگ فیوز پولکی قرار می گیرد که بسته به جریان نامی فیوز رنگ های مختلفی به خود می گیرد . در جدول زیر رنگ های پولک فیوز و جریان نامی مربوط به آن ها آورده شده است و همچنین جدول بعد از آن بزرگترین سطح مقطع سیم برای اتصال به پایه فیوزهای مختلف را نشان می دهد.

رنگ پولک	جریان نامی فیوز بر حسب آمپر
صورتی	2
قهوه ای	4
سبز	6
قرمز روشن	10
خاکستری	16
آبی	20
زرد روشن	25
سیاه	35
سفید	50
مسی روشن	63
نقره ای	80
قرمز تیره	100
زرد تیره	125
مسی	160
آبی	200

جدول رنگ های پولک در جریان های مختلف

سطح مقطع سیم مسی MM^2	سطح مقطع سیم آلومینیومی	جریان نامی فیوز بر حسب آمپر	جریان نانی پایه فیوز بر حسب آمپر
6	10	2 تا 25	25
16	25	10 تا 63	63
35	50	35 تا 100	100
95	120	80 تا 200	200

جدول بزرگترین مقطع سیم ها برای اتصال به پایه فیوزهای مختلف:

فیوزهای اتوماتیک یا آلفا نوعی فیوز خودکار است که عبور جریان بیش از حد مجاز از آن باعث قطع مدار می شود. اما می توان دوباره شستی آن را به داخل فشار داد تا دوباره مدار وصل شود.

نکته 2 : در فیوزهای اتوماتیک دو بخش مغناطیسی و حرارتی وجود دارد که بخش مغناطیسی مانند یک رله اضافه جریان با وقوع اتصال کوتاه با جریان زیاد و بخش حرارتی در شرایط اضافه بار (افزایش جریان تدریجی) مدار را قطع خواهند کرد.

کلید مینیاتوری نوعی فیوز اتوماتیک است که مانند فیوز آلفا از سه قسمت رله مغناطیسی (رله اضافه جریان با زمان عملکرد سریع) ، رله حرارتی یا رله بی متال (رله جریان زیاد تأخیری) و کلید تشکیل می شود. این مجموعه کلید موتور نیز نامیده می شود. این کلیدها در انواع تک فاز ، دو فاز و سه فاز ساخته می شوند.

نکته 3 : کلیدهای مینیاتوری (کلید موتورها) در دو نوع L و G ساخته می شوند. نوع L در مصارف روشنایی به کار می رود و از نوع تند کار است و نوع G در راه اندازی وسایل موتوری استفاده می شود و از نوع کند کار است.

اندازه استاندارد فیوزها

فیوزهای استاندارد از 2 آمپر تا 1000 آمپر ساخته می شوند. اندازه استاندارد

فیوزها در اروپا که در ایران نیز معمول می باشد به شرح صفحه بعد است :

2	4	6	10	15 یا 16	20	25	35	50
80	100	125	160	200	225	260	300	350
430	500	630	800	1000	63	400		

جدول اندازه های استاندارد فیوز

محافظت سیم ها و کابل های انشعاب معمولی

برای حفاظت سیم ها و کابل های معمولی که موتورهای برقی را تغذیه نمی کنند و در لحظه شروع ، جریان های زیادی برای مدت قابل ملاحظه ای از مدار دریافت نمی کنند ، از فیوزهای استاندارد که اندازه جریان نامی آن ها برابر جریان مجاز سیم یا کابل است و یا کمی با آن اختلاف دارد ، استفاده می شود.

نکته 4 : در صورتی که بخواهیم در یک انشعاب ، سیم یا کابل ، تنها در برابر اتصال کوتاه محافظت شود ، می توان به توجه به جداول 1-1 از فیوزی استفاده کرد که سه شماره از فیوز اولیه که برای جریان نامی سیم انتخاب شده است ، بزرگتر باشد.

فیوزهای مناسب برای سیم های عایق دار مسی با عایق پلاستیکی (PVC) برای شرایط مختلف نصب که بر اساس جریان های مجاز جدول 1-2 و ضرایب تصحیح جدول زیر تعیین شده است در جدول 1-4 آمده است.

سیم های تک لا در	سیم های رشته ای	سیم های عایق	سطح مقطع
------------------	-----------------	--------------	----------

سیسم مسی بر حسب MM ²	دار تا حداکثر سه سیسم در هر لوله	کابل مانند خارج از لوله روکار و سیسم های زیر گچی	فضای آزاد ، حداقل فاصله سیسم ها به اندازه قطر سیسم ها
0/75	-	13	16
1	12	16	20
1/5	16	20	25
2/5	21	27	34
4	27	36	45
6	35	47	57
10	48	65	78
16	65	87	104
25	88	115	137
35	110	143	168
50	140	178	210
70	175	220	260
95	210	265	310
120	250	310	365
150	-	355	415
185	-	405	475
240	-	480	560
300	-	555	645
400	-	-	770
500	-	-	880

جدول 1-2 جریان مجاز سیسم های عایق دار

درجه حرارت	ضریب
5	1/2
10	1/15
15	1/10
20	1/05
25	1
30	0/94
35	0/88
40	0/82
45	0/75
50	0/67

جدول 1-3 ضریب تصحیح جریان مجاز سیم های عایق دار

گروه 1- چند سیم در لوله		گروه 2- سیم چند لا در هوا (سیم زیر گچی)		گروه 3- چند سیم در هوا (سیم هوایی)	
سطح مقطع بر حسب mm ²	25 درجه	45 درجه	25 درجه	45 درجه	45 درجه
0/75	-	6	10	16	10
1	10	10	15	20	16
1/5	15	15	20	25	20
2/5	20	20	25	35	25
4	25	25	35	50	35
6	35	35	50	63	35
10	50	50	63	80	50
16	63	63	80	100	63
25	80	80	100	125	100
35	100	100	125	160	125
50	125	125	160	200	160

200	260	160	225	125	160	70
225	300	200	260	160	200	95
260	350	225	300	200	225	120
300	400	260	350	-	-	150
350	430	300	400	-	-	185
430	500	350	430	-	-	240
500	630	400	500	-	-	300
500	800	-	-	-	-	400
630	1000	-	-	-	-	500

جدول 1-4

نکته 5: معمولاً در محل های مسکونی برای حفاظت انشعاب های روشنایی از

فیوز 10 آمپر و برای حفاظت سیم انشعاب پریزها از فیوز 16 آمپر استفاده می

شود. در کارگاه های صنعتی سیم های روشایی را با فیوز 25 آمپر حفاظت می

کنند. در سیم کشی داخل کانال که سیم ها و کابل ها به صورت گروهی کنار

یکدیگر قرار می گیرند به دلیل گرمای ایجاد شده ناشی از عبور جریان از کابل

ها ، جریان مجاز آن ها نسبت به حالت عادی کاهش می یابد.

نکته 6: مطابق استاندارد اگر 3 کابل داخل یک کانال در کنار یکدیگر قرار

گیرند. جریان مجاز آن ها 0/8 و اگر 6 کابل در یک کانال باشند ، جریان

مجازشان 0/75 جریان مجاز اولیه خواهد شد و جریان اخیر باید مبنای محاسبه

فیوز قرار گیرد.

نکته 7: نصب فیوز بر روی سیم نوترال زمین شده طبق مقررات مجاز نمی

باشد. اندازه فیوزهای مناسب برای کابل ها و سیم های هوایی با توجه به جریان

های مجاز و ضرایب تصحیح مربوط به آن ها مشخص می شود.

کنتاکتور (کلید مغناطیسی)

کنتاکتور وسیله ای است که در آن با استفاده از خاصیت الکترومغناطیس

تعدادی کنتاکت به یکدیگر وصل یا از یکدیگر جدا می شوند. از این خاصیت

جهت قطع و وصل و یا تغییر اتصال مدار استفاده می شود. هر کنتاکتور معمولاً

دارای سه کنتاکت اصلی برای مدار می باشد.

کنتاکتور از دو هسته E شکل که یکی ثابت و دیگری متحرک است، تشکیل می

شود. در میان هسته ثابت یک سیم پیچ قرار دارد که با عبور جریان از آن نیرویی

ایجاد می شود که هسته متحرک را به هسته ثابت متصل می کند. با حرکت

هسته متحرک، تعدادی کنتاکت باز، بسته و تعدادی کنتاکت بسته ؛ باز خواهند

شد. رابطه نیروی کششی مغناطیسی کنتاکتورها عبارت است از :

$$F = F_m \sin^2 \omega t$$

نکته 1: در هسته کنتاکتورهای AC برای جلوگیری از لرزش ناشی از فرکانس از

یک حلقه اتصال کوتاه شده مانند آنچه که در موتورهای با قطب چاکدار وجود

دارد، استفاده می شود. با القای ولتاژ در حلقه اتصال کوتاه، جریانی از آن خواهد

گذشت و این جریان شاری را تولید می کند که با شار اصلی 90 درجه اختلاف

فاز دارد و باعث می شود در هسته دائماً شار وجود داشته باشد و نیروی دائمی

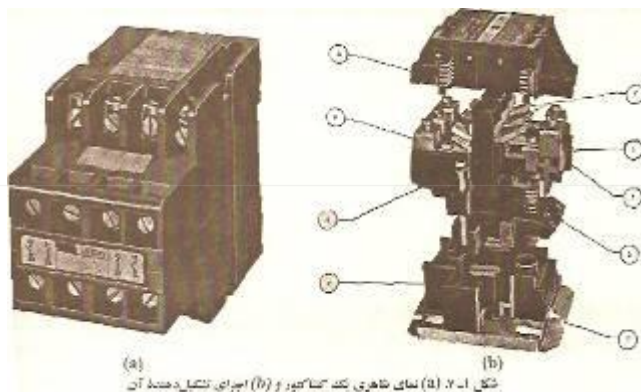
دو بخش ثابت و متحرک هسته را به هم متصل نگه دارد.

مزایای استفاده از کنتاکتورها نسبت به کلیدهای دستی صنعتی عبارتند از :

- 1- امکان کنترلی مصرف کننده از راه دور.
- 2- کنترل مصرف کننده از چند محل .
- 3- امکان طراحی مدار فرمان اتوماتیک برای مراحل مختلف کار مصرف کننده.
- 4- سرعت قطع و وصل زیاد و کم بودن استهلاک کلید .
- 5- از آنجا که در کنتاکتورها در هنگام قطع و وصل کنتاکتها بر روی هم ساییدگی مکانیکی ندارند لذا عمر مکانیکی آنها نسبت به سایر کلیدها بیشتر است.
- 6- هنگام قطع برق، مدار مصرف کننده به وسیله کنتاکتور قطع می شود و شروع به کار دستگاه نیاز به استارت مجدد دارد. در نتیجه از خطرات وصل ناگهانی دستگاه جلوگیری به عمل می آید.
- 7- از نظر حفاظتی نیز کنتاکتورها مطمئن تر بوده، دارای حفاظت مناسبتر و کامل تر هستند.

در شکل 1-7 نمای ظاهری یک کنتاکتور و اجزای تشکیل دهنده آن نشان داده

شده است.



اجزای نشان داده شده در شکل 1-7 عبارتند از :

1- حامل کنتاکت های ثابت (این قسمت باید دارای درجه عایقی مناسبی

باشد)

2- ترمینال.

3- صفحه فلزی انتهایی برای نصب قسمت های ثابت روی آن .

4- کنتاکت های ثابت و متحرک (این کنتاکت ها باید در یک خط قرار

گرفته و از پوشش اکسید نقره به منظور بالا بردن ضریب اطمینان در مقابل کار

زیاد، در روی آنها استفاده شود.)

5- بوربین کنتاکتور (در این کنتاکتور بوبین طوری ساخته شده که در

مقابل عوامل جوی و نیروهای مکانیکی، مقام باشد.)

6- ترمینال های ورودی و خروجی (این ترمینال ها طوری طراحی می

شوند که به راحتی قابل دسترسی باشند.)

7- سیستم هسته آهنی ثابت و متحرک.

8- قسمت کنترل جرعه (این قسمت باید دارای مقاومت زیاد در برابر

گرمای حاصل از جرعه ایجاد شده در هنگام قطع کنتاکتور باشد)

9- حامل کنتاکت های متحرک (این قسمت باید دارای درجه عایقی

مناسبی باشد)

جریانهای نامی کنتاکتور

در هر کنتاکتور، جریانهای نامی مختلفی تعریف می شود. این جریانها عبارتند از:

جریان دائمی: این جریان با I_{th2} نشان داده می شود و جریانی است که در شرایط کار عادی، در زمانی نامحدود و بدون قطع شدن از کنتاکتها عبور نموده، حرارت غیر مجاز تولید نکند و لزومی به تعمیر و سرویس کنتاکتور نیز احساس نشود.

جریان هفتگی: این جریان با I_{th1} نشان داده می شنود و جریانی است که در شرایط نرمال و با هفته ای یکبار اتصال از کنتاکتها عبور کرده و تغییری در خصوصیات کنتاکتور به وجود نیاورد.

جریان شیفی (هشت ساعتی): این جریان با I_{th} نشان داده می شود و جریانی است که در شرایط کار نرمال و با یکبار اتصال در هر هشت ساعت (یک شیفت کاری) از کنتاکتها می گذرد و تغییری در خصوصیات کنتاکتور به وجود نیاورد.

جریان کار نامی: این جریان با I_e نشان داده می شود و جریانی است که شرط استفاده از کنتاکتور را در رابطه با نوع و مقدار ولتاژ بار بیان می کند. مثلاً اگر این جریان به طور دائم از کنتاکتور عبور نماید، مقدار I_e برابر با I_{th2} خواهد بود ($I_e = I_{th2}$).

جریان اتصال کوتاه: مقدار ماکزیمم جریان در لحظه اتصال کوتاه که ممکن است باعث آسیب در کنتاکتور شود به جریان اتصال کوتاه ضربه ای معروف است

(I_s)، همچنین مقدار مؤثر جریان اتصال کوتاه که کلید برای مدت یک ثانیه قادر

به تحمل آن است، جریان یک ثانیه ای یا جریان نامی زمان کم نامیده می شود

و با $I_{th} (1s)$ مشخص می گردد.

ولتاژهای نامی کنتاکتور

ولتاژهای نامی تعریف برای هر کنتاکتور عبارتند از :

ولتاژ کار نامی: این ولتاژ که با U_e نشان داده می شود مربوط به کنتاکتها بوده

و مقدار ولتاژی است که کنتاکتها با جریان نامی I_e در آن به کار گرفته می

شوند. این ولتاژ، توانایی قطع و وصل، نوع و محل استفاده کنتاکتور را مشخص

می کند.

ولتاژ عایقی نامی: این ولتاژ که با U_i نشان داده می شود، ولتاژی است که

استحکام عایقی بین کنتاکتها را نشان می دهد.

ولتاژها نامی تغذیه بوبین: این ولتاژ که با U_e نشان داده می شود ولتاژی

است که باید به بوبین کنتاکتور اتصال یابد تا کنتاکتور عملکرد داشته باشد.

نکته 2: ولتاژ کنتاکتورهای صنعتی از 220 ولت تا 660 ولت و کنتاکتهای

اصلی آنها برای جریان 9A تا 2750A (مجهز به رادیاتورهای خفه کننده جرقه

در موقع قطع و وصل) ساخته می شوند.

نکته 3: ولتاژ تغذیه بوبین کنتاکتورها متفاوت بوده و از 24 تا 380 ولت ساخته

می شوند. در اکثر کشورهای صنعتی برای حفاظت بیشتر، تغذیه بوبین

کنتاکتورها را زیر ولتاژ حفاظت شده (65 ولت) انتخاب می کنند و یا برای تغذیه مدار فرمان از ترانسفورماتور جدا کننده استفاده می کنند.

قابلیت قطع و وصل و طول عمر کنتاکتور

سرعت قطع و وصل کنتاکتورها در زیر بار را می توان بدون آنکه آسیبی به آنها برسد با طراحی و انتخاب مناسب با 3000 بار در مدت افزایش داد.

تعداد دفعات قطع و وصل کنتاکتور (هر قطع و وصل یک بار) عمر مکانیکی نامیده می شود. طول عمر مکانیکی با حروف از A تا F که اصطلاحاً کلاس کلید نامیده می شود مشخص می شود حرف A تعداد 10^3 بار قطع و وصل، حرف B تعداد 10^4 بار، C تعداد 10^5 بار، D تعداد 10^6 بار، E تعداد 10^7 بار و F تعداد 10^8 بار قطع و وصل را نشان می دهد.

نکته 4 : بعد از حروف کلاس کلید ممکن است عددی به عنوان ضریب قرار

گیرد مثلاً E3 برای طول عمر 3×10^7 بار قطع و وصل به کار می رود.

قدرت قطع کنتاکتور

به منظور انتخاب کنتاکتور مناسب برای مصرف کننده های مورد نظر باید به مشخصات توان، ولتاژ، جریان و ضریب قدرت باری که کنتاکتور مجاز است به آن وصل شود، توجه کرد. همچنین کنتاکتهای کنتاکتور باید تحمل جریان راه اندازی، جریان دائمی و جریانهای اتصال کوتاه لحظه ای پیش آمده را نیز داشته باشند. قدرت کنتاکتهای کنتاکتور در تحمل قوس الکتریکی ناشی از قطع

کنتاکتها را قدرت فزع کنتاکتور می نامند. مشخصات بیان شده در بسیاری از موارد بر روی بدنه کنتاکتور یا در کاتالوگ آن نوشته می شوند.

برای راحتی کار انتخاب کنتاکتور، طبقه بندی خاصی را برای کنتاکتورها در نظر می گیرند، این طبقه بندی بر اساس نوع جریان و موارد کاربرد انجام می شود.

جدول 1-7 طبقه بندی را نشان می دهد.

مورد استفاده	استاندارد و طبقه بندی کنتاکتور	نوع جریان
باراهمی-بار غیر سلفی یا با خاصیت سلفی ضعیف-گرم کن برقی توان $\cos\phi = 0.95$ حدود	AC1	AC
برای راه اندازی موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی، بدون ترمز جریان مخالف، جریان راه اندازی بستگی به مقاومت مدار روتور دارد	AC2	
برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور سیم پیچی با ترمز جریان مخالف	AC2'	
برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه ای-هنگام قطع جریان نامی از تیغه های کنتاکتور عبور می کند-تحمل جریان راه اندازی 5 تا 7 برابر جریان نامی	AC3	
برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه ای-به کار بردن	AC4	

ترمز جریان مخالف-تغییر جهت گردش الکترو موتور روتور قفسه

ای-تعداد دفعات قطع و وصل در فواصل زمانی اندک		
کنتاکتور کمکی-کنتاکتور فرمان بدون داشتن کنتاکت قدرت کوپل مغناطیسی-استفاده فقط در مدار فرمان	AC11	
بار اهمی-بار غیر سلفی یا با خاصیت سلفی ضعیف-گرم کن برقی	DC1	DC
راه اندازی موتور شنت-قطع کردن موتور هنگام کار	DC2	
برای راه اندازی موتور شنت با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک-مدار ترنر	DC3	
راه اندازی موتور سری - قطع موتور هنگام کار	DC4	
راه اندازی موتور سری با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد ، در فواصل زمانی اندک-تغییر جهت گردش موتور-مدار ترنر	DC5	
کنتاکتور کمکی - کنتاکتور فرمان - کوپل مغناطیسی	DC11	

قطع کننده حرارتی (رله حرارتی یا بی متال)

رله حرارتی یا بی متال حفاظت مدارها در برابر اضافه بار (به ویژه در موتورها) به کار می رود، بی متال معمولاً از دو تیغه فلزی غیر هم جنس و با ضریب انبساط طولی مختلف ساخته می شود، چنانچه جریان عبوری از بی متال از حدی بالاتر رود، اینجاد شده از عبور جریان، دو فلز را گرم کرده طول آنها را افزایش می دهد و از آنجا که طول یکی بیشتر از دیگری افزایش می یابد، دو فلز خم شده و از

طریق اهرم هایی کنتاکت بی متال را باز می کنند و به این ترتیب مدار قطع می شود.

هر رله حرارتی سه فاز از سه کنتاکت قدرت برای عبور جریان اصلی مصرف کننده و دو کنتاکت فرمان بهره می گیرد. از دو کنتاکت فرمان یک کنتاکت بسته است و جهت قطعت مدار تغذیه بوبین کنتاکتور به کار می رود و کنتاکت دیگر باز است که پس از عمل بی متال، بسته می شود و برای اطلاع یا وصل مدارهای اضطراری به کار می رود.

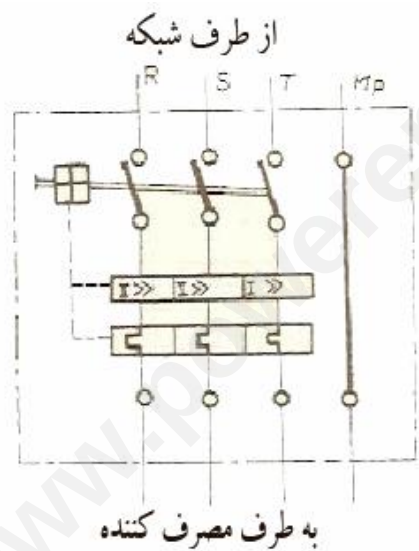
نکته 5: جریان بی متال برابر جریان نامی موتور تنظیم می شود و در مقابل اضافه بار از $1/05$ تا 10 برابر جریان نامی، می تواند موتور را قطع می کند. در صورتی که جریان عبوری از بی متال به اندازه 5% بیشتر از جریان تنظیم شده باشد، معمولاً مدار در مدت زمانی بیشتر از 2 ساعت قطع خواهد شد و اگر جریان عبوری از بی متال به اندازه 20% بیشتر از جریان تنظیم شده باشد، مدار در مدت زمانی کمتر از 2 ساعت قطع خواهد شد و چنانچه جریان عبوری از بی متال بیشتر از 50% جریان تنظیم شده باشد، مدار در مدت زمانی کمتر از 2 دقیقه قطع خواهد شد.



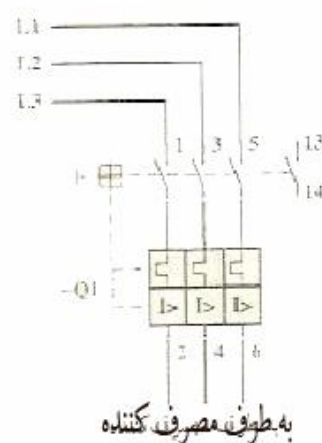
شکل 3-7 نمونه ای از یک رله حرارتی (بی متال)

کلید محافظ

کلید محافظ می تواند موتور را در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار حفاظت کند برای عمل رله، معمولاً آن را روی جریان معینی تنظیم می کنند ($1/5$ تا $1/8$ برابر جریان نامی) وقتی که جریان از حد تنظیم شده بیشتر شود عضو حرارتی رله عمل کرده و مدار را قطع می کند. بخش مغناطیسی این رله نیز از یک هسته آهنی ثابت و یک هسته آهنی ثابت و یک هسته متحرک و یک بوبین تشکیل می شود. در صورتی که اتصال کوتاهی در مدار رخ دهد، جریان عبوری از بوبین، هسته متحرک را به هسته ثابت متصل کرده باعث قطع کنتاکت های متصل به هسته متحرک می شود و به این ترتیب مدار در زمان بسیار کوتاهی به وسیله رله قطع خواهد شد.



(a)



(b)

شکل ۲. (a) شمای فنی کلید محافظ موتور با علائم قدیم و (b) شمای فنی کلید محافظ موتور با علائم جدید

برای انتخاب کنتاکتور، بی متال و فیوز مورد نیاز برای موتورهای جداولی تنظیم شده است که جداول 7-3 و 7-4 از آن جمله اند. در این جداول کنتاکتور،

جریان بی متال و جریان فیوز با توجه به مقادیر قدرت و ولتاژ موتورهایی که به

طور مستقیم و یا به صورت ستاره- مثلث راه اندازی می شوند، داده شده است.

ولتاژ ۲۲۰ - ۲۴۰ V		ولتاژ ۲۸۰ V		ولتاژ ۲۱۵ - ۲۴۰ V		جریان کنتاکتور	جریان بی متال	جریان فیوز
KW	HP	KW	HP	KW	HP	A	A	A
۴	۵/۵	۷/۵	۱۰	۷/۵	۱۰	۱۲	۷-۱۰	۱۶
				۹	۱۲/۵	۱۲	۷-۱۰	۲۰
۵/۵	۷/۵	۱۰	۱۳/۵			۱۲	۱۰-۱۳	۲۰
		۱۱	۱۵	۱۱	۱۵	۱۶	۱۳-۱۸	۲۵
۷/۵	۱۰	۱۵	۲۰	۱۵	۲۰	۱۶	۱۳-۱۸	۳۲
۱۰	۱۳/۵	۱۸/۵	۲۵	۱۸/۵	۲۵	۲۵	۱۸-۲۵	۴۰
۱۱	۱۵					۲۵	۱۸-۲۵	۴۰
				۲۲	۳۰	۲۵	۱۸-۲۵	۵۰
		۲۲	۳۰			۴۰	۲۳-۳۲	۵۰-۶۳
۱۵	۲۰			۲۵	۳۵	۴۰	۲۳-۳۲	۶۳
۱۸/۵	۲۵	۳۰	۴۰	۳۰	۴۰	۴۰	۳۰-۴۰	۶۳
				۳۳	۴۵	۴۰	۳۰-۴۰	۸۰
				۳۷	۵۰	۴۰	۳۰-۴۰	۸۰
۲۲	۳۰	۳۷	۵۰			۶۳	۳۸-۵۰	۸۰
				۴۵	۶۰	۶۳	۳۸-۵۰	۱۰۰
		۴۵	۶۰	۵۰	۷۰	۶۳	۴۸-۵۷	۱۰۰
۳۰	۴۰	۵۵	۷۵	۵۸	۸۰	۶۳	۵۷-۶۶	۱۲۵
۳۷	۵۰			۶۵	۹۰	۸۰	۶۰-۸۰	۱۲۵
۴۵	۶۰	۷۵	۱۰۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۷۵-۱۰۵	۱۶۰
				۹۰	۱۲۵	۱۲۵	۷۵-۱۰۵	۲۰۰
۵۵	۷۵	۹۰	۱۲۵			۱۲۵	۹۵-۱۲۵	۲۰۰

جدول ۳-۷. جدول انتخاب کنتاکتور، بی متال و فیوز برای استفاده موتورهایی که به صورت ستاره مثلث راه اندازی می شوند.

شستی

در مدارهای دارای کنتاکتور، اغلب برای دادن فرمان لحظه ای شروع به کار و یا قطع و همچنین تغییر حالت مدار از شستی استفاده می شود. اغلب شستی ها دارای چهار کنتاکت می باشند که در حالت عادی دو تای آنها باز و دوتای دیگر بسته خواهند بود با وارد کردن فشار به شستی تمام کنتاکتها تغییر وضعیت می دهند و با حذف فشار وارد شده به شستی دوباره به حالت اول بر می گردند. معمولاً از شستی های به رنگ قرمز به عنوان قطع کننده و از شستیهای مشکی یا سبز به عنوان وصل کننده مدار استفاده می شود.



شکل 6-7 یک نمونه از شستی های قطع و وصل (استپ و استات)

لیمت سوئیچ یا میکروسوئیچ

از لیست سوئیچ در مدارهای فرمان برای کنترل و محدود کردن حرکت قسمتهای مکانیکی، تغییر جهت حرکت و در تایمرها و شناورها و ... به عنوان کلید برای قطع یا وصل استفاده می شود.

ساختمان این کلید مانند شستی بوده و توسط سیستم متحرک به آن نیروی فشاری وارد شده یا کشیده می شود. در میکروسوئیچ نیز مانند شستی با بر طرف

شدن نیروی مکانیکی وارد به اهرم آن، مجدداً انرژی ذخیره شده در فنر میکروسوییچ، آن را به حالت اول بر می گرداند.

- 1- کلید محدود کننده فشاری انتهایی
- 2- کلید محدود کننده قرقره ای
- 3- کلید محدود کننده قرقره ای از راست
- 4- کلید محدود کننده قرقره ای یک طرفه از چپ
- 5- کلید محدود کننده قرقره ای دو طرفه
- 6- کلید محدود کننده آنتنی دو طرفه



شکل 7-7 چند نمونه لیمیت سوئیچ ساده

رله های زمانی (تایمرها)

تایمر دستگاهی است که می تواند در یک زمان مشخص که بر روی آن تنظیم می شود، توسط یک میکروسوییچ، مدارهایی را قطع یا وصل نماید. رله های زمانی در انواع مختلف ساخته می شوند.

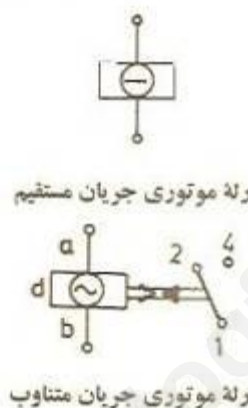
رله زمانی یا تایمر موتوری یا الکترومکانیکی

این تایمر از یک موتور کوچک با قطب چاکدار تشکیل می شود که از طریق چرخ دنده یک دیسک را می چرخاند، بر روی دیسک زائده ای تعبیه شده است که با حرکت دیسک و پس از مدت زمانی کنتاکتهایی از یک میکروسوییچ را باز

و تعداد دیگری را می بندد. در شکل زیر نمونه ای از این تایمر نشان داده شده است.



رله موتوری (الکترومکانیکی)



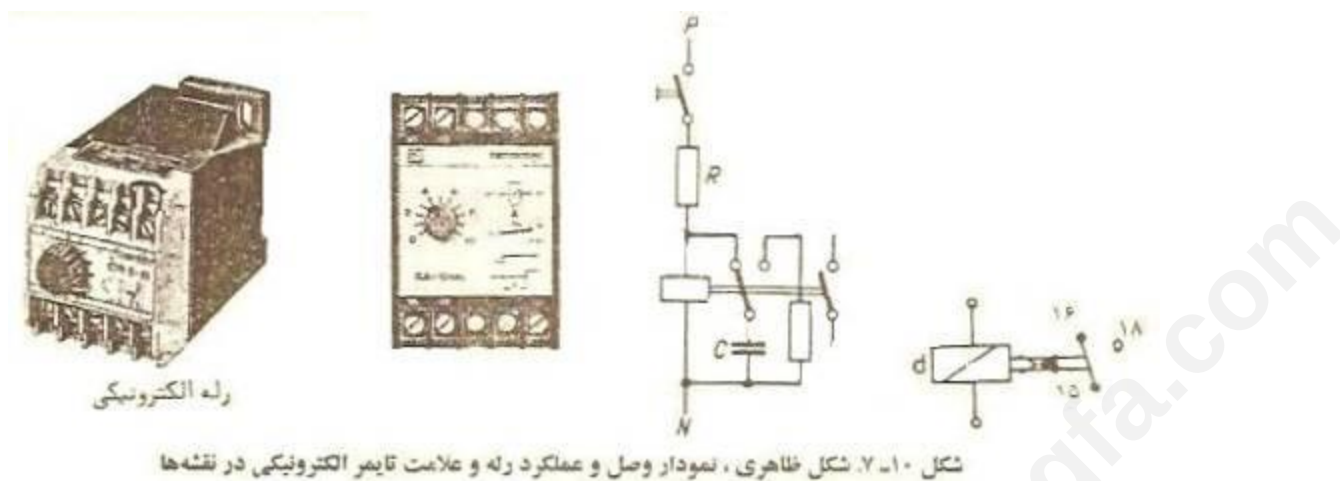
شکل 7-9 شکل ظاهری نمودار تک خطی و علائم یک رله زمانی موتوری

رله زمانی یا تایمر الکترونیکی

از تایمرهای الکترونیکی برای تنظیم زمانهای کمتر از ثانیه تا چندین ثانیه استفاده می شود. در ساختمان این تایمرها از مدارات و اجزا الکترونیکی استفاده می شود. در نوعی از این تایمرها با شارژ و دشارژ شدن خازن بوبین یک رله کوچک تحریک می شود. به عبارت رله هنگامی وصل می شود که خازن شارژ شده، ولتاژ دو سر آن برابر ولتاژ مورد نیاز برای وصل رله شود پس از وصل رله بار ذخیره شده در خازن روی مقاومتی که توسط کنتاکت باز رله به دو سر خازن وصل می شود تخلیه می گردد.

نکته 6 : در تایمر نوع خازنی می توان با تغییر ظرفیت خازن زمان تایمر را

تنظیم نمود.



رله زمانی هیدرولیکی

در این رله که از سیستم هیدرولیکی بهره می گیرد، وقتی جریان برق به رله وصل می شود مقداری روغن در داخل رله جا به جا می شود. برای بازگشت روغن به محل اولیه زمانی لازم است که این زمان را به عنوان زمان تایمر مورد استفاده قرار می دهند.

رله زمانی یا تایمر نیوماتیکی (پنوماتیکی)

در این تایمر از خاصیت ذخیره سازی و فشردگی هوا استفاده می شود. هنگامی که بوبین تحریک، قسمت متحرک را جذب می کند قطعه ای که شبیه به دم آهنگری است فشرده شده هوای آن از طریق سوپاپ یک طرفه خارج می شود. هنگامی که جریان بوبین قطع می شود، دم از طریق فنر به حالت اولیه خود بر

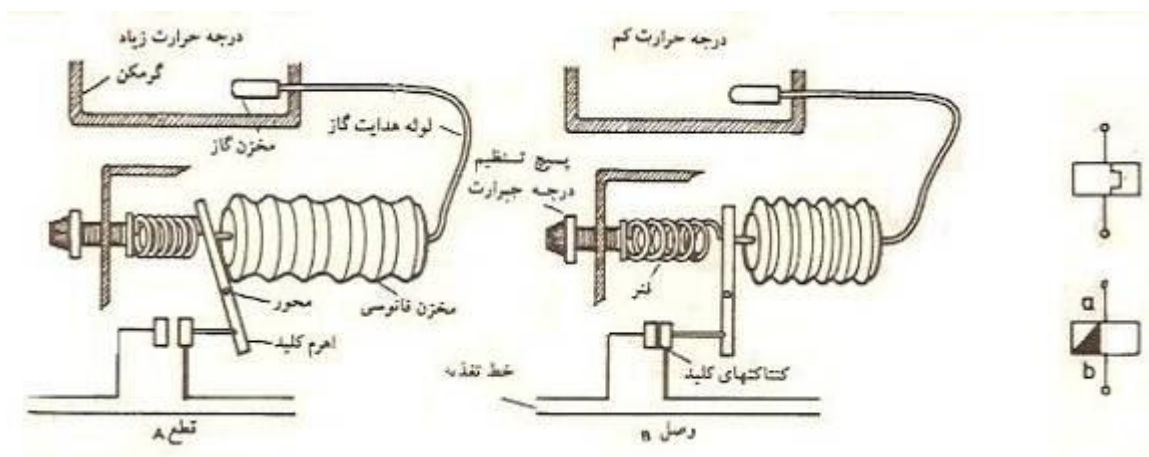
می گردد و از طریق سوپاپ تنظیم از هوا پر می شود وقتی که دم به حالت عادی برگشت کنتاکتها تغییر وضعیت می دهند.

نکته 7: تفاوت تایمر موتوری با تایمر نیوماتیکی در این است که تایمر موتوری پس از تنظیم و وصل بوبین آن به ولتاژ، شروع به کار می کند در حالی که تایمر نیوماتیکی پس از قطع ولتاژ از بوبین آن، شروع به کار می کند. در بسیاری موارد، تایمر نیوماتیکی بر روی کنتاکتورهای مدار وصل می شود تا پس از وصل کنتاکتور، دم رله فشرده شود.



رله زمانی بی متال یا حرارتی (تایمر حرارتی)

این نوع تایمر با استفاده از خاصیت بی متال کار می کند و بر دو نوع است. رله حرارتی ذوب شونده و رله حرارتی منعکس کننده میله ای هنگامی که جریان از بی متال عبور می کند، گرم می شود و پس از مدتی در اثر تغییر شکل عمل کرده، مدار را قطع یا وصل می کند. دقت این نوع تایمر زیاد نیست و آب و هوای محیط بر روی آن اثر می گذارد.



شکل 7-12 چگونگی قطع و وصل یک رله حرارتی در دستگاه گرم کن

به طور کلی رله های زمانی یا تایمرها را به دو دسته کلی تقسیم می کنند :

1- رله های تأخیر در وصل (ON- DELAY) : به رله ای گفته می شود

که در آن باید به رله انرژی داده شود و سپس رله عمل کرده کنتاکتی را باز یا بسته کند مانند تایمر موتوری.

2- رله های تأخیر در قطع (OFF- DELAY) : به رله ای گفته می شود

که بعد از قطع شدن انرژی، عمل کرده کنتاکتی را باز یا بسته می کند مانند تایمر نیوماتیکی.

لامپ سیگنال

برای نشان داده حالت وصل یا قطع یک مدار از لامپ سیگنال استفاده می شود

برای افزایش عمر لامپ می توان لامپی را انتخاب نمود که ولتاژ نامی آن بیشتر

از ولتاژ تغذیه لامپ باشد. مثلاً برای شبکه 220 ولتی از لامپ 260 ولت استفاده

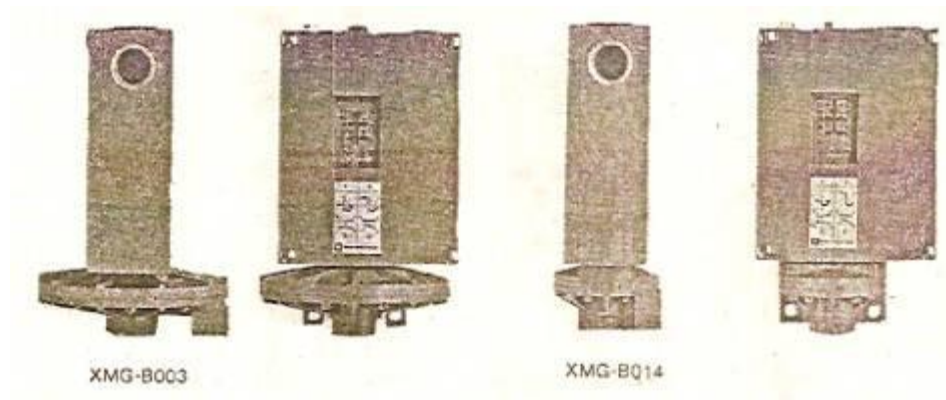
شود. گاهی از لامپهای با ولتاژ و قدرت کم مانند لامپهای رشته ای 6، 12، 24 ولت و 2 تا 4 وات نیز در مدارهای فرمان استفاده می شود که در این صورت به یک ترانسفورماتور نیز احتیاج می باشد که معمولاً بر روی پایه خود لامپ مونتاژ می شود.



شکل 7-13 یک لامپ شستی همراه با کلید قطع و وصل

کلیدهای تابع فشار (کلیدهای گازی)

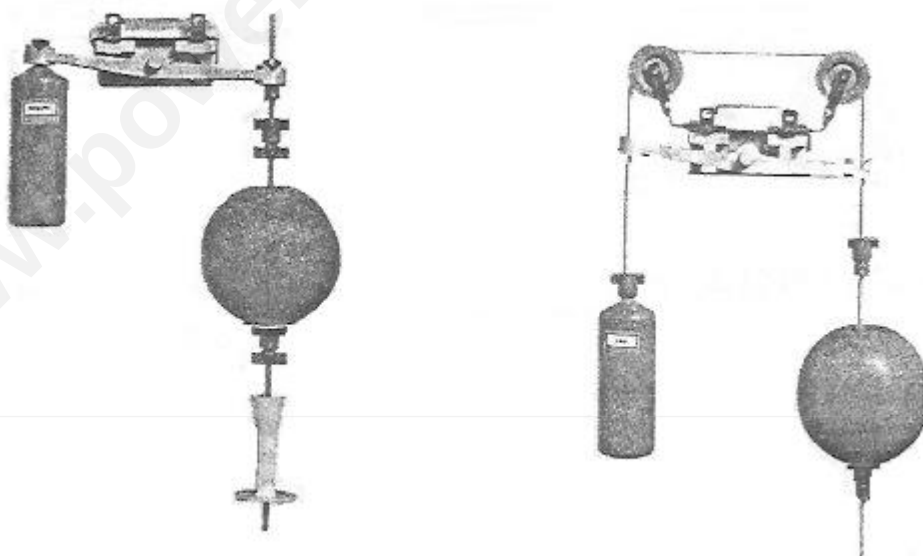
این کلیدها برای کنترل سطح گاز داخل مخازن و کمپرسورها، تنظیم فشار آب داخل لوله ها و روشن و خاموش کردن اتوماتیک این دستگاه مورد استفاده قرار می گیرد. عامل فرمان این کلید، فشار گاز یا مایع داخل مخزن است. فشار گاز مؤثر، بر صفحه داخلی کلید، نیرویی وارد می کند که باعث تحریک کلید شده یک کنتاکت باز را بسته و یا کنتاکت باز را بسته و یا کنتاکت بسته ای را باز می کند حرکت برگشت را می توان به وسیله فنر تأمین کرد.



شکل 7-14 چند نمونه از کلیدهای تابع فشار

کلیدهای شناور

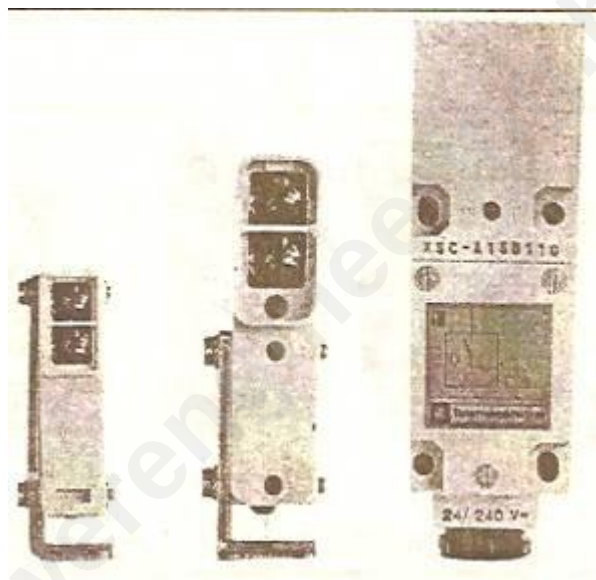
کلیدهای شناور برای کنترل سطح آب و یا مایعات داخل منبع ها و استخرها و مخازن مورد استفاده قرار می گیرد. ساختمان این کلید از وزنه تعادل و یک قسمت شناور و یک میکروسوئیچ تشکیل می شود. با تغییر سطح مایع داخل مخزن، شناور تغییر مکان داده و به میکروسوئیچ داخل کلید فرمان می دهد و باعث قطع و وصل مدار می شود.



شکل 7-15 دو نمونه از کلیدهای شناور

چشمهای الکتریکی (سنسورها)

نوعی کلید فرمان دهنده است که بدون برخورد فیزیکی با دست یا هر وسیله دیگری توسط سیستم چشم الکتریکی از فاصله حدقل یک میلیمتر و حداکثر هشت متر عکس العمل نشان داده و فرمان صادر می کند و توسط رله ای که در داخل آن به کار رفته، کنتاکتهایی را باز می کند یا می بندد و در نتیجه دستگاه های مورد نظر را فرمان می دهد. از این کلید در دستگاه های صنعتی و خطوط تولید استفاده فراوان می شود.

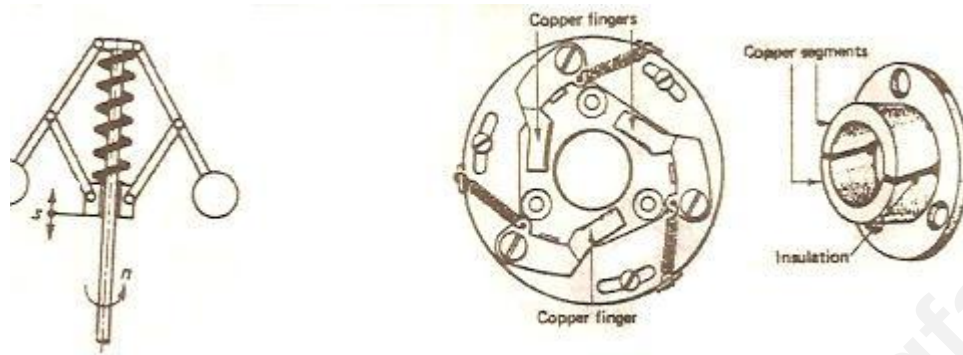


شکل 16-7 نمونه ای از چشم الکتریکی (سنسورها)

کلیدهای تابع دور (گریز از مرکز)

کلیدهای تابع دور در الکتروموتور جهت خارجی کردن سیم پیچ کمکی از مدار استفاده می شوند، با کم و زیاد شدن سرعت گردش محور موتور وزنه های دو طرف به محور نزدیک و یا دور می شوند و به این ترتیب طوق روی محور مانند

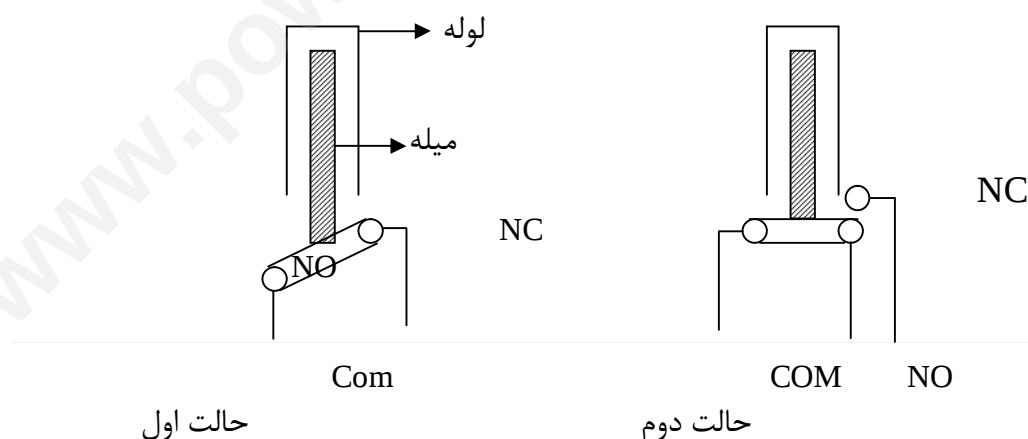
آنچه در شکل 7-17 نشان داده شده است در امتداد مسیر S حرکت کرده باعث قطع و وصل یک کلید می شود.



شکل 7-17 نمونه ای از یک کلید گریز از مرکز

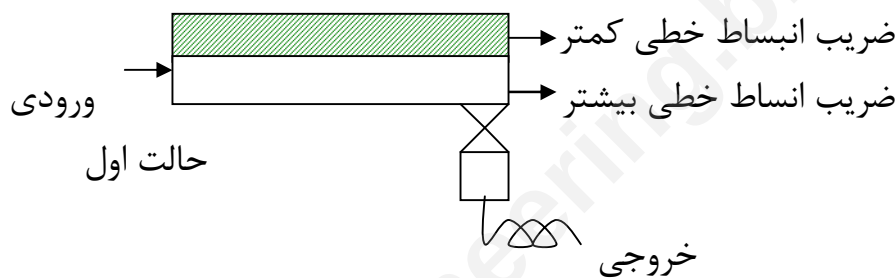
کلیدهای تابع درجه حرارت

این کلیدها به سه نوع میله ای، گازی و بی متالی موجود می باشند. در نوع میله ای آن یک میله داخل لوله قرار گرفته است. و یک طرف آن میله آزاد می باشد و چون ضریب انبساط حرارتی میله و لوله با یکدیگر متفاوت بوده و در نتیجه با تغییر درجه حرارت باعث تغییر مکان سر آزاد میله خواهد شد که این تغییر مکان می تواند یک کلید را قطع و وصل نماید.



در نوع گازی این کلید از تغییر حجم و فشار گاز در اثر تغییر درجه حرارت برای قطع و وصل کلید استفاده می شود.

در نوع بی متالی این کلیدها از دو تیغه فلزی غیر همجنس که بر روی یکدیگر پرس شده اند استفاده شده است این دو فلز دارای ضریب انبساط حرارتی یکسان نبوده و در نتیجه تغییر درجه حرارت باعث خم شدن آن ها به سمت فلزی که ضریب انبساط کمتری دارد می گردد.



شستی ها : در مدارهای با کنتاکتور اغلب برای دادن فرمان روشن و خاموش از شستی استفاده توسط دست فرمان گرفته و در صورتی که برای وصل مدار به کار رود دارای دو کنتاکت باز و وقتی برای قطع مدار مورد استفاده قرار گیرد دارای دو کنتاکت بسته می باشد. که حالت باز آن را Start و حالت بسته آن را Stop می گویند.

نقشه های مدار کنترل

در نقشه یک سیستم الکتریکی وسایل و تجهیزات الکتریکی با علامتهای اختصاری نشان داده می شوند و ربط این علامتها به یکدیگر و همچنین طرز کار

سیستم الکتریکی، از نقشه اتصال درک خواهد شد. این علائم اختصاری و همچنین طریقه کشیدن نقشه مدارهای فرمان در بعضی از کشورها با یکدیگر متفاوت است.

حروف شناسایی

هر دستگاهی که در مدار فرمان مورد استفاده قرار می گیرد، با یک حرف لاتین شناسایی و به وسیله همین حرف در تمامی نقشه ها و لیست وسایل نشان داده می شود. حروف شناسایی استاندارد قدیم در جدول و حروف شناسایی استاندارد جدید در جدول نشان داده شده اند. اگر تعداد دستگاه های مشابه در یک نقشه بیشتر از یکی باشد، در این صورت به دنبال حرف مشخص کننده دستگاه عدد نیز آورده می شود، مانند: Q_1 و Q_2 و K_1M و K_2M در استاندارد جدید یا C_1 و C_2 و a_1 و a_2 در استاندارد قدیم.

مثال	حروف شناسایی	دستگاه
جدا کننده ، کلید موتوری، کلید قدرت، کلید خودکار، کلید حفاظت موتور	a	کلید
کلید فرمان ، کلید برنامه ، کلید فشاری ، کلید اصلی	b	کلید کمکی
کنتاکتورهای قدرت	c	کنتاکتور
کنتاکتور کمکی ، رله های زمانی ، کلید فرمان از دور کمکی	d	کنتاکتور کمکی
فیوزها ، قطع کننده های اتوماتیک ، رله های حفاظتی ، رله بوخهلتس ، کلید گریز از مرکز ، قطع کننده ولتاژ اضافی	e	حفاظت کننده ها
مبدل اندازه گیری، مقاومت شنت برای اندازه گیری و برای رله، ترموالمنت، المنت مقاومتی برای اندازه گیری درجه حرارت	f	مبدل اندازه گیری
لامپ سیگنال - دستگاه نشان دهنده - زنگ - بوق	h	وسایل خبری نوری و صوتی
خازن از هر نوع - سلف	k	خازن - سلف
ژنراتور ، موتور ، مبدل ، ترانسفورماتور	m	ماشین - ترانسفورماتور
یکسو کننده ، باتری	n	یکسو کننده - باتری
لامپ خلاء ، لامپ گازی ، تقویت کننده لامپی ، تقویت کننده مغناطیسی	p	لامپ ها و تقویت کننده ها
مقاومت پیش گذار ، مقاومت محافظ ، مقاومت راه انداز ، مقاومت ترمز	r	مقاومت و تنظیم کننده سریع
شیر مغناطیسی یا موتوری ، جرثقیل مغناطیسی - ترمز	s	هر نوع دیگر از دستگاه مکانیکی با محرک الکتریکی
ترکیبی از وسایل a تا s و همچنین وسایل اندازه گیری ، شارژ ، آژیر و همچنین وسایل دیگری که با حروف شناسایی ذکر شده مشخص نشده اند.	u	مجموعه ترکیبی

جدول 5-7 حروف شناسایی دستگاه های مدار فرمان در استاندارد قدیم

مثال	حرف شناسایی	دستگاه
جدا کننده ، کلید باز ، کلید قدرت	Q	کلید
کلید فرمان ، کلید فشاری	I , II	کلید کمکی
کنتاکتورهای قدرت	K _m	کنتاکتور
-	K	کنتاکتور کمکی
-	K _T	رله های فرمان
فیوزها و رله های حفاظتی ، قطع کننده	F	حفاظت کننده ها
لامپ سیگنال ، دستگاه نشان دهنده	H	وسایل خبری

جدول 6-7 حروف شناسایی دستگاه های مدار فرمان در استاندارد جدید

شماره گذاری و نمایش تعداد کنتاکتهای کنتاکتور

کنتاکتهای اصلی (قدرت) هر کنتاکتور را با یک عدد یک رقمی مشخص می

کنند به این ترتیب که ورودی تیغه ها با اعداد 1، 3، 5 و خروجی آنها با اعداد 2،

4، 6، نمایش داده می شوند. کنتاکتهای فرعی (فرمان) کنتاکتور به دو روش

مشخص می شوند. در هر دو روش کنتاکتهای فرمان با اعداد دو رقمی مشخص

می شوند. در روش اول عدد سمت چپ معرف موقعیت و ترتیب کنتاکتها در کنتاکتور می باشند. به عبارت دیگر عدد سمت چپ معرف چندمین کنتاکت کنتاکتور است و رقم سمت راست اگر 1 و 2 باشد به معنی بسته بودن و اگر 3 و 4 باشد به معنی باز بودن کنتاکت است.

در روش دوم کنتاکتهای باز و بسته بندی می شوند و جداگانه شماره می گیرند. لازم به ذکر است که کنتاکتهای قدرت بی مثال مانند کنتاکتورها با اعداد تک رقمی مشخص می شوند.

در قدیم تعداد کنتاکتهای بسته و باز یک کنتاکتور را بر روی پلاک با استفاده از حروف $\ddot{O}$ و S مشخص می نمودند. مثلاً اگر بر روی کنتاکتور نوشته می شد $1S+3\ddot{O}$ به این معنی بود که کنتاکتور دارای یک کنتاکت باز و سه کنتاکت بسته می باشد.

امروزه برای نشان دادن تعداد کنتاکتهای فرمان از یک عدد دو رقمی که به همراه شماره تیپ کنتاکتور نوشته می شود استفاده می کنند مثلاً برای کنتاکتور ذکر شده به جای $1S+3\ddot{O}$ عدد 13 نوشته می شود که رقم سمت راست تعداد کنتاکتهای فرمان بسته و رقم سمت چپ تعداد کنتاکتهای باز را مشخص می نماید. اگر کنتاکتور مثلاً فقط دارای 2 کنتاکت باز باشد با عدد 20 و اگر دارای تنها دو کنتاکت تنها دو کنتاکت بسته باشد با عدد 02 مشخص می

شود. در شکل چهار کنتاکتور کمکی که فاقد کنتاکتهای اصلی می باشند نشان داده شده است.

لازم به ذکر است که کلیه وسایلی که با دست فرمان می گیرند مانند شستی های استپ و استارت و یا به طور مکانیکی فرمان می گیرند، مانند میکروسوئیچ ها با اعداد تک رقمی مشخص می شوند برای کنتاکتهای بسته این وسایل از اعداد 1 و 2 و برای کنتاکتهای باز آنها از اعداد 3 و 4 استفاده می شود هرگاه از یک نوع وسیله به تعداد زیاد استفاده شود به حروف مشخص کننده وسیله، اندیس عددی داده می شود.

شمای فنی یا نقشه تک خطی

شمای فنی یک دید کلی درباره تاسیسات مورد نظر را بیننده می دهد. در این نقشه جزئیات مربوط به تاسیسات داده نشده و تنها به کمک علائم اختصاری دستگاه ها و مصرف کننده های الکتریکی یک نقشه ساده به صورت تک خطی و بدون سیمهای فرعی و کمکی داده می شود. از روی این نقشه تنها می توان محل مناسب قرار گرفتن دستگاه ها، تجهیزات و حفاظتهای لازم و بهای طرح را پیش بینی نمود.

نقشه مسیر جریان

یکی از مهمترین نقشه هایی که در مدارهای کنتاکتوردار به کار می رود، نقشه مسیر جریان می باشد. این نقشه مشخص کننده تمام اتصالات الکتریکی بین

دستگاه های موجود در طرح بوده و به کمک آن می توان به راحتی اصول کار و ترتیب مدار فرمان را درک کرد.

نقشه مسیر جریان علاوه بر استفاده برای مونتاژ کاری در عیب یابی مدار نیز بسیار مفید است. برای سادگی کار مخصوصاً در تأسیسات بزرگ، نقشه مسیر جریان به دو قسمت مدار قدرت و مدار فرمان تقسیم می شود.

همانگونه که پیش از این نیز بیان شد، مدار قدرت قسمتی از مدار است که جراین مصرف کننده از آن عبور کرده و اتصالات لازم بین شبکه و مصرف کننده از طریق کنتاکتهای اصلی کنتاکتور برقرار می گردد و وسایل حفاظتی نیز در این مدار قرار می گیرد.

در نقشه مدار فرمان اتصالات مربوط به سیستمهای فرمان دهنده و ربط آنها به یکدیگر نشان داده می شود.

در نقشه مسیر جریان، خطوط مشخص کننده مسیر جریان و اتصالات الکتریکی را با خطوط مستقیم و بدون تقاطع و به صورت عمودی رسم می کنند و برای آنکه در هنگام سیم کشی و مونتاژ و همچنین در هنگام تعمیر، موقعیت تمام سیمها و کنتاکتها و دستگاه های به کار رفته در مدار قابل شناسایی باشند از حروف و اعداد استاندارد شده ای در مدار قدرت و فرمان استفاده می شود. برای این منظور تمام مسیرهای عمودی جریان را به ترتیب و پشت سر هم و از چپ به راست در مدار قدرت و فرمان، شماره گذاری می کنند. در ارتباط با نقشه مسیر جریان ذکر چند نکته ضروری به نظر می رسد :

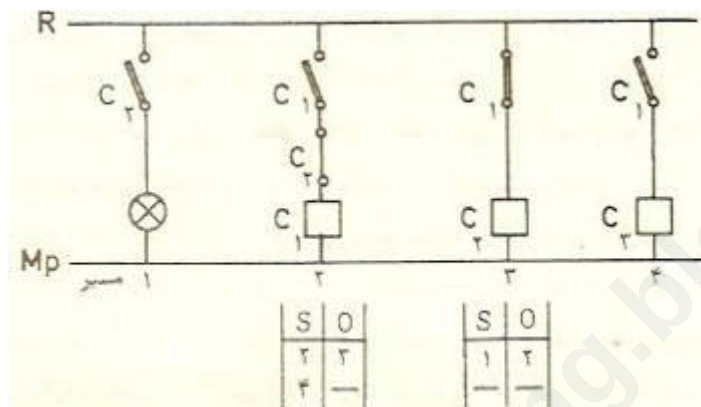
1- در ترسیم یک نقشه معمولاً تمام دستگاه ها را در حالتی که خاموش بوده و جریان از آنها عبور نمی کند به طریقی ترسیم می کنند که اتصال آنها از چپ به راست باشد. همچنین در سمت چپ علائم اختصاری دستگاه ها، حروف شناسایی مربوط به آن علائم نوشته شده و شماره کنتاکتها نیز در مدار فرمان در سمت راست هر کنتاکت نوشته می شود.

2- در مدار فرمان در زیر هر کنتاکتور یا تایمر، جدولی داده می شود تا به وسیله آن بتوان کنتاکتهای اصلی و فرعی مربوط را که به کنتاکتور یا تایمر متعلق می باشند مشخص نمود. همچنین از روی این جدول نوع کنتاکتور و تعداد کنتاکتور و تعداد کنتاکتهای اصلی و کنتاکتهای فرعی باز یا بسته آن و همچنین کنتاکتهای تغییر حالت دهنده و یا پالس دهنده آنها می توان تشخیص داد.

نکته 8: در این جدول، کنتاکتها با حروف W و S و $\ddot{O}$ و H کنتاکتهای اصلی در مدار قدرت و $\ddot{O}$ کنتاکتهای بسته و S کنتاکتهای باز و W کنتاکتهای تغییر حالت دهنده یا پالس دهنده () را مشخص می کند.

3- موقعیت و محل کنتاکتور یا رله مربوط به هر یک از کنتاکتهای مدار فرمان را نیز می توان با یک عدد که در داخل یک پرانتز و در زیر حرف لاتین مشخص کننده کنتاکت نوشته می شود مشخص نمود. این عدد شماره مسیر جریانی را که کنتاکتور یا دستگاه مربوط به آن کنتاکت در آن واقع می باشد نشان میدهد. در شکل 29-7 کنتاکتور C_1 دارای دو کنتاکت باز در مسیرهای 2 و 4 و یک

کنتاکت بسته در مسیر 3 می باشد که در جدولی که در زیر آن رسم شده است مشخص می شود. همچنین کنتاکتور C_2 دارای یک کنتاکت باز در مسیر 1 و یک کنتاکت بسته در مسیر 2 می باشد.



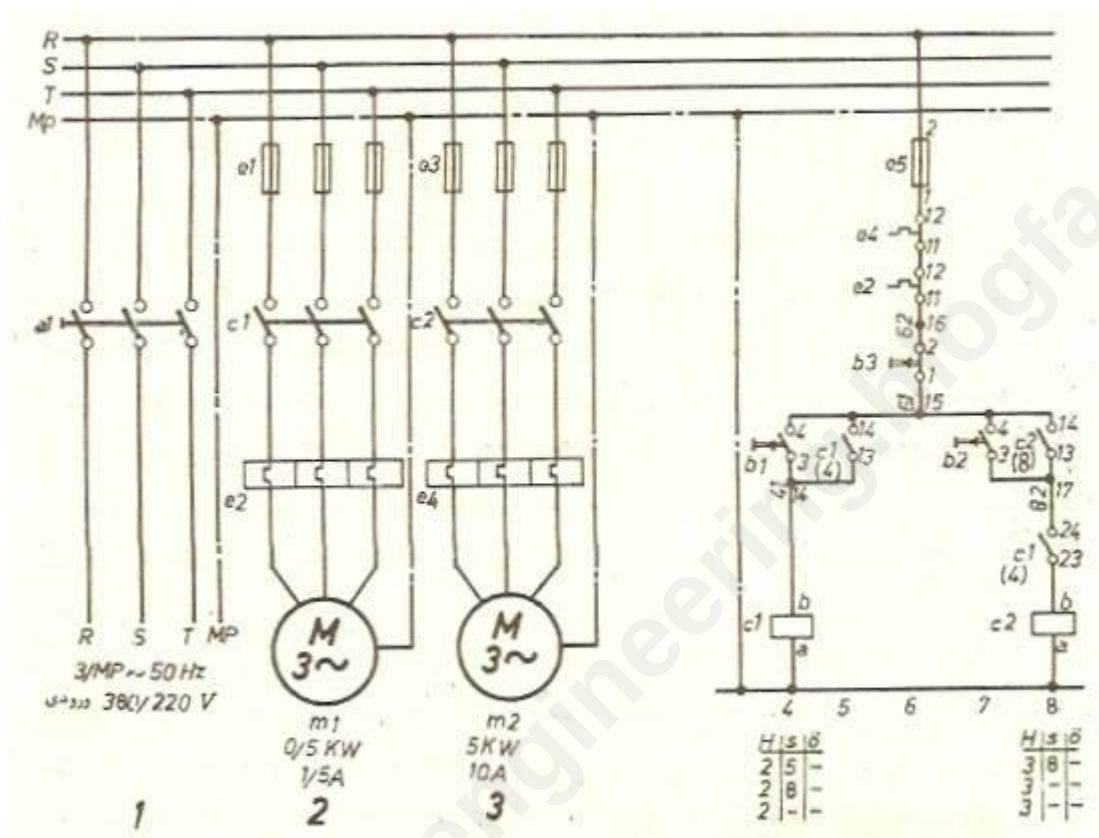
شکل 29-7 نحوه مشخص کردن کنتاکت های هر کنتاکتور به کمک جدول

در شکل 30-7 نقشه مسیر جریان برای راه اندازی دو موتور یکی پس از دیگری با استفاده از علائم قدیم نشان داده شده است. مسیرهای جریان از سمت چپ و از مدار قدرت شماره گذاری می شوند. در مدار قدرت حفاظت اتصال بدنه از طریق بدنه به سیم نول (حفاظت نول) انجام شده است.

در مدار فرمان شکل 30-7 و در زیر کنتاکتور C_1 جدولی رسم شده است که در آن و در زیر حرف H سه بار عدد 2 آمده است و این به معنای وجود سه کنتاکت قدرت در مسیر 2 می باشد. در زیر حرف S اعداد 5 و 8 وجود دو کنتاکت باز از کنتاکتور C_1 در مسیرهای 5 و 8 را نشان می دهند. همچنین از

کنتاکت‌های بسته این کنتاکتور استفاده ای نشده است. به همین ترتیب موقعیت

کنتاکت‌های مربوط به کنتاکتور C_2 نیز به وسیله جدولی مشخص شده است.



شکل 30-7 نقشه مسیر جریان برای مدار قدرت و مدار فرمان راه اندازی دو موتور یکی پس

از دیگری

در مسیر 5 و در زیر حرف مشخص کننده کنتاکت C_1 عدد 4 در پرانتز نوشته

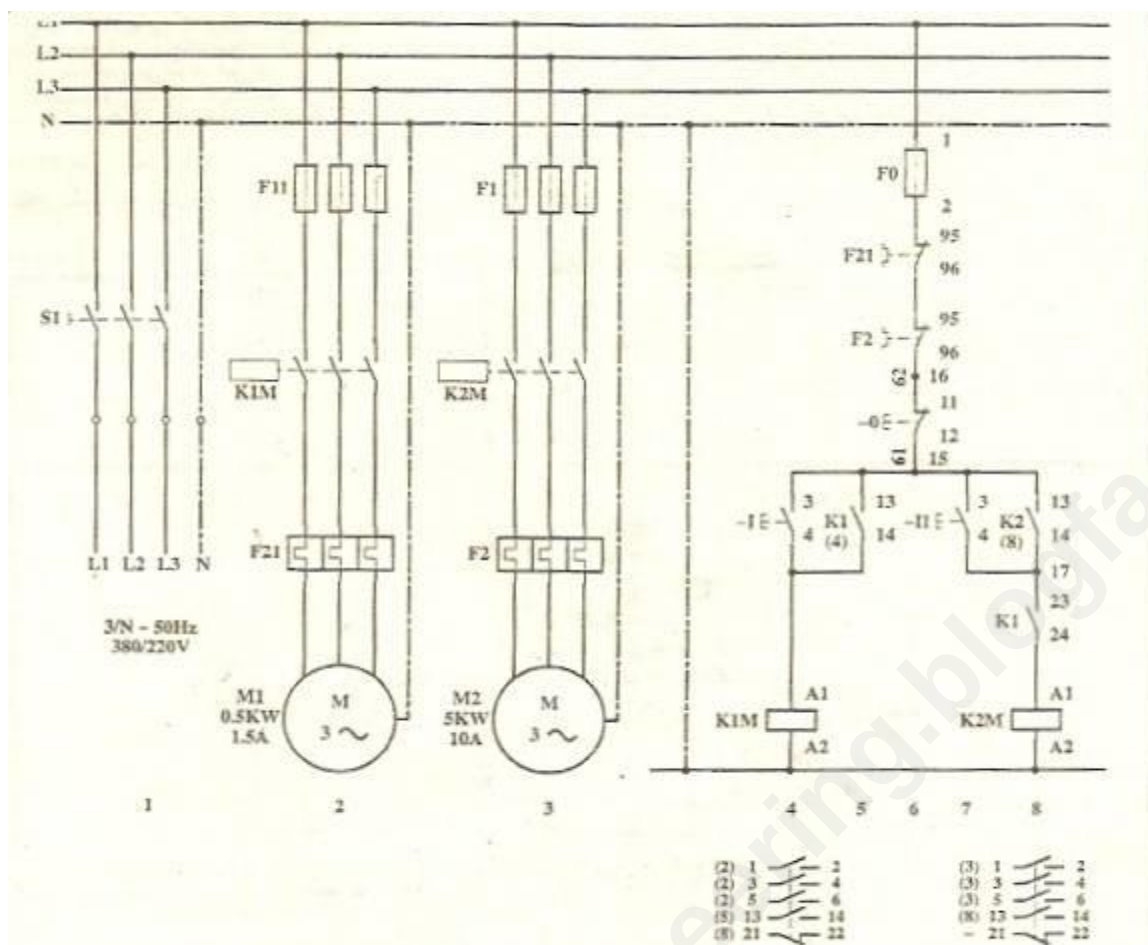
شده است این عدد شماره مسیری را که بوبین کنتاکتور C_1 در آن قرار گرفته

است، نشان می دهد، این عدد در مسیر 8 و در زیر کنتاکت دیگری از

کنتاکت‌های C_1 تکرار شده است.

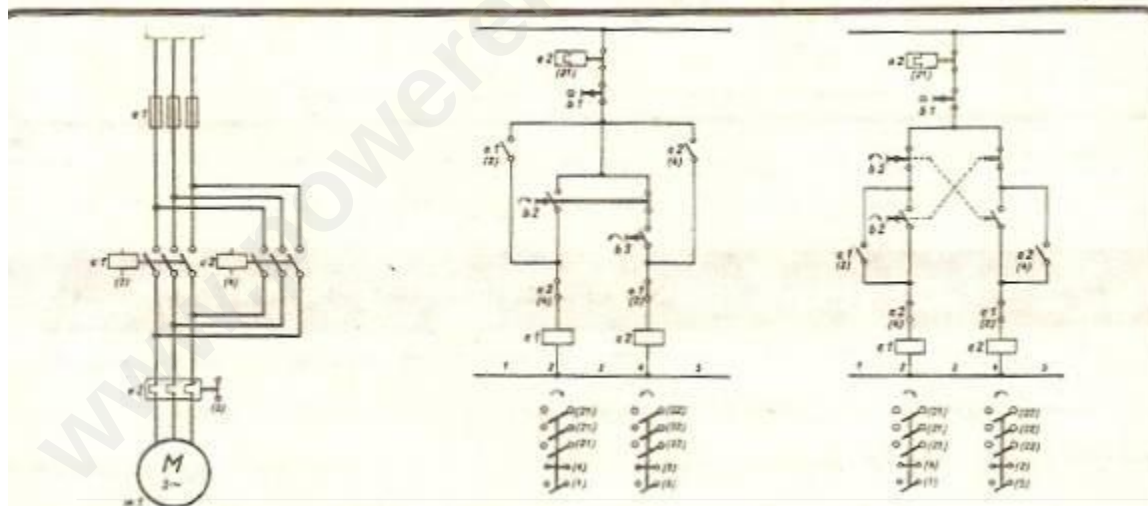
4- به جای استفاده از جدول برای مشخص نمودن تعداد کنتاکتهای باز و بسته و محل قرار گرفتن آنها در نقشه مسیر جریان، می توان از علامت اختصاری کنتاکتور یا تایمر استفاده نمود. برای این منظور علامت اختصاری کنتاکتها در زیر کنتاکتور در زیر کنتاکتور رسم می شوند و شماره مسیری را که هر یک از کنتاکتها در آن قرار گرفته اند در کنار هر کنتاکت در پرانتز نوشته می شود.

در شکل نقشه مسیر جریان شکل با استفاده از علائم جدید رسم شده است. در این شکل و در زیر کنتاکتور K_1M علامت اختصاری کنتاکتهای آن رسم شده است سه کنتاکت اول که با اعداد یک رقمی نشان داده شده اند، کنتاکتهای اصلی یا قدرت می باشند. شماره مسیری که این کنتاکتها در آن قرار گرفته اند در پرانتز کنار آنها نوشته شده است. کنتاکت چهارم که با اعداد 13 و 14 شماره گذاری شده است یک کنتاکت فرعی (فرمان) باز است که در مسیر 5 قرار گرفته است و کنتاکت پنجم که با حروف 21 و 22 نشان داده شده است یک کنتاکت بسته بوده، در مسیر 8 قرار گرفته است.



شکل ۳۱-۷. نقشه مسیر جریان برای مدار قدرت و مدار فرمان راه اندازی دو موتور یکی پس از دیگری

ر شکل ۳۲-۷ نمونه دیگری از نقشه مسیر جریان برای مدار موتور چهارگانه - راستگرد و نحوه شماره گذاری، جهت تعیین موقعیت کنتاکت کنتاکورها، نشان داده شده است.



شکل 32-7 نقشه مسیر جریان برای مدار قدرت و مدار فرمان موتور چپ گرد -

راست گرد

5- سیم ها یا هادی هایی که برای اتصال بین ترمینال دستگاه های موجود در مدار فرمان به کار برده می شوند با عددی به نام عدد مکان یا عدد پتانسیل مشخص می شوند. این عدد از شماره مسیر جریان و یک عدد دیگر که از پایین به بالا به ترتیب شماره گذاری می شود ، تشکیل شده است. برای سادگی کار ، سیم ها یا انشعاب های رابط بین ترمینال هایی را که در محل های جدا از هم واقع می شوند ، شماره گذاری می نمایند. مثلاً عدد 52 یعنی انشعاب دوم از مسیر جریان پنجم یا عدد 23012 یعنی انشعاب 12 از مسیر جریان 23 .

در شکل 31-7 در مسیر 6 اولین هادی اتصال با عدد 61 و دومین هادی که بین شماره های 11 و 96 قرار دارد با عدد 62 شماره گذاری می شود.

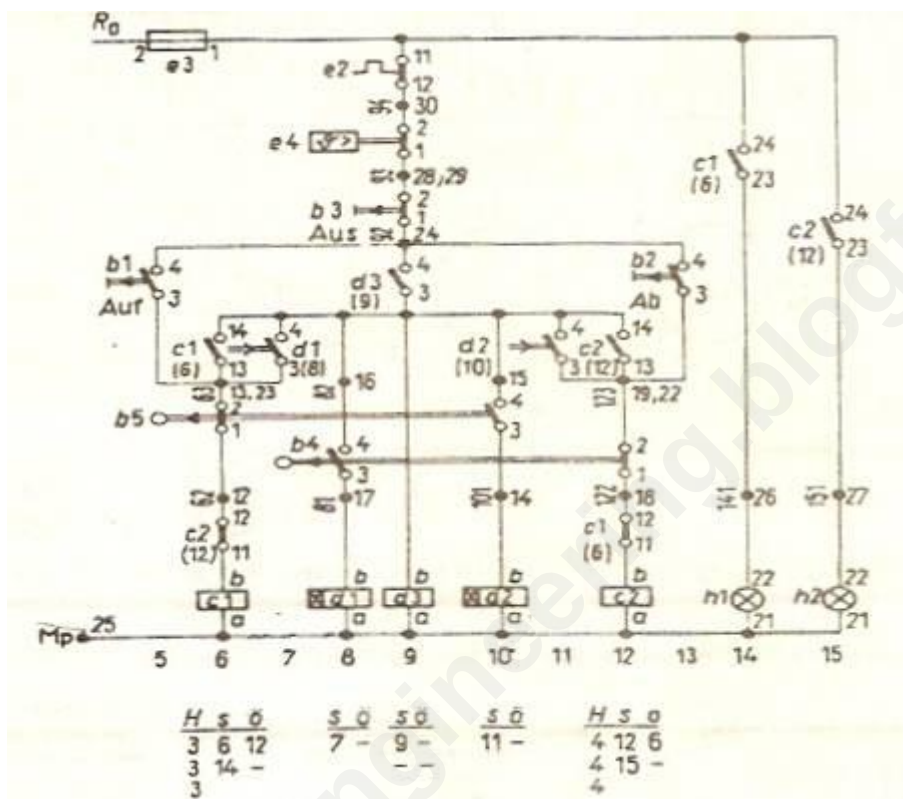
6- همزان با شماره گذاری سیم ها می توان نقشه سیم ها یا نقشه خارجی را نیز ترسیم و تکمیل نمود. بدین منظور باید ابتدا ترمینال ها را به ترتیب شماره گذاری نمود و همچنین شماره سیم ها را در روی ترمینال های مربوطه نوشت. به این ترتیب در روی ترمینال دو عدد نوشته می شود که یکی مشخص کننده شماره ترمینال و دیگری مشخص کننده شماره سیم (موقعیت هادی در نقشه مسیر جریان) می باشد. در شکل 33-7 و در مسیر جریان 6 در کنار عدد 62 ، عدد 121 نوشته شده است که نشان دهنده کنتاکت بسته ی C_2 از داخل تابلو فرمان برای اتصال به میکرو سوئیچ b_5 در خارج از تابلو فرمان به ترمینال 12

وصل می شود.

نکته 9: معمولاً در نقشه مسیر جریان و در هر مسیر تنها هادی هایی شماره

گذاری می شوند که از داخل تابلو مدار فرمان خارج شوند. مثلاً در شکل 7-33

در مسیر 6 از داخل تابلو فرمان خارج نمی شود، شماره گذاری نشده است.



شکل 7-33 نقشه مسیر جریان بخشی از یک مدار فرمان (علائم جدید)

اصول کلی طراحی مدارهای فرمان

در هنگام طراحی مدارهای فرمان باید به چند نکته توجه داشت:

1. معمولاً در تمامی مدارهای فرمان ابتدا تجهیزات حفاظتی وصل می

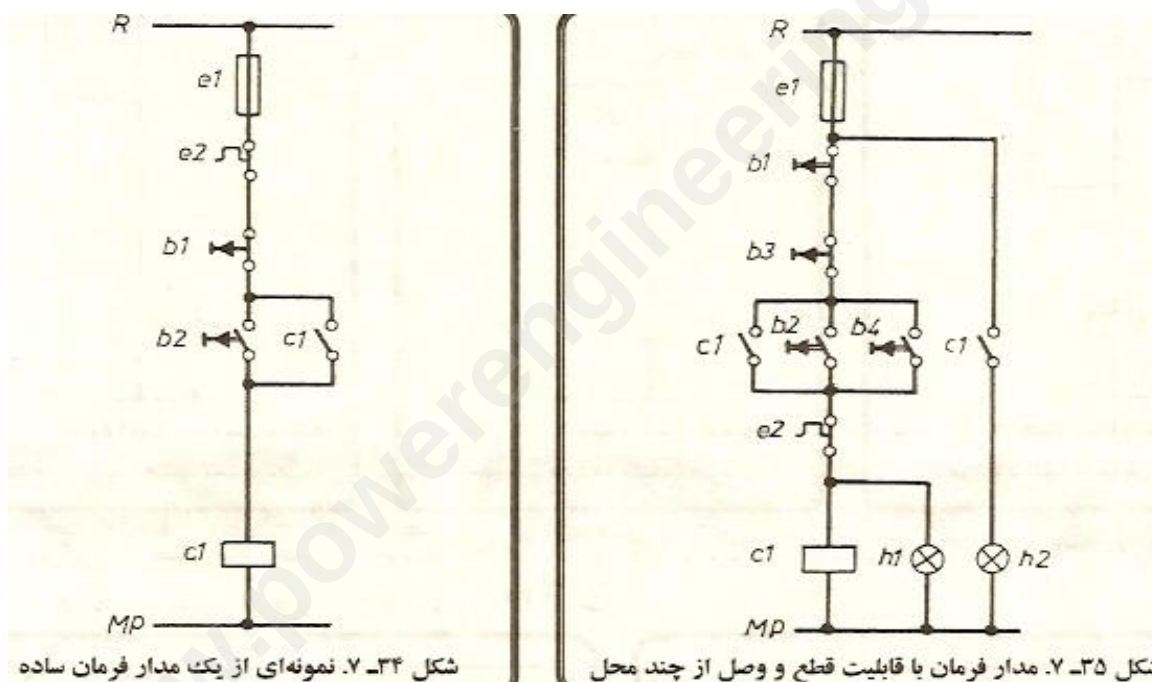
شوند. این وسایل حفاظتی عبارتند از: فیوز برای حفاظت در برابر اضافه جریان،

بی متال برای حفاظت در برابر اضافه بار و شستی قطع یا استپ برای قطع مدار.

در مدار فرمان 34- این وسایل حفاظتی در ابتدای مدار قرار گرفته اند.

2. از آنجا که شستی وصل ، بوبین کنتاکتور را به طور موقت قطع و وصل می کند و قطع فشار از روی آن باعث قطع برق از بوبین کنتاکتور می شود ، باید یک کنتاکت باز از کنتاکتور را به صورت موازی با شستی وصل قرار داد تا پس از عملکرد کنتاکتور و بسته شدن این کنتاکت باز ، کنتاکتور به طور دائم در حالت وصل باقی بماند. این مسئله در شکل 34-7 نشان داده شده است.

3. هر مدار فرمان را می توان از چند محل وصل یا قطع نمود. برای این کار معمولاً چند شستی وصل با یکدیگر موازی و چند شستی قطع نیز با یکدیگر سری می شوند.



4. در مدارهای فرمان اتوماتیک ، پالس فرمان می تواند توسط وسیله ای غیر از شستی مانند تایمر فرستاده شود. زمان این پالس باید آنقدر باشد تا

کنتاکتور جذب کرده و کنتاکت باز آن بسته شود. این زمان باید حداقل برابر با تأخیر در وصل کنتاکتور باشد.

کنتاکت های کنتاکتور پس از شروع فرمان معمولاً با تأخیر 10 تا 50 میلی ثانیه وصل می شوند. زمان تأخیر در وصل آن می باشد. زمان های تأخیر در وصل و تأخیر در قطع کنتاکتور در طراحی مدارهای فرمان باید مورد توجه قرار گیرند. در بعضی موارد باید یک حالت تأخیر زمانی علاوه بر تأخیر در وصل خود کنتاکتور ایجاد نمود.

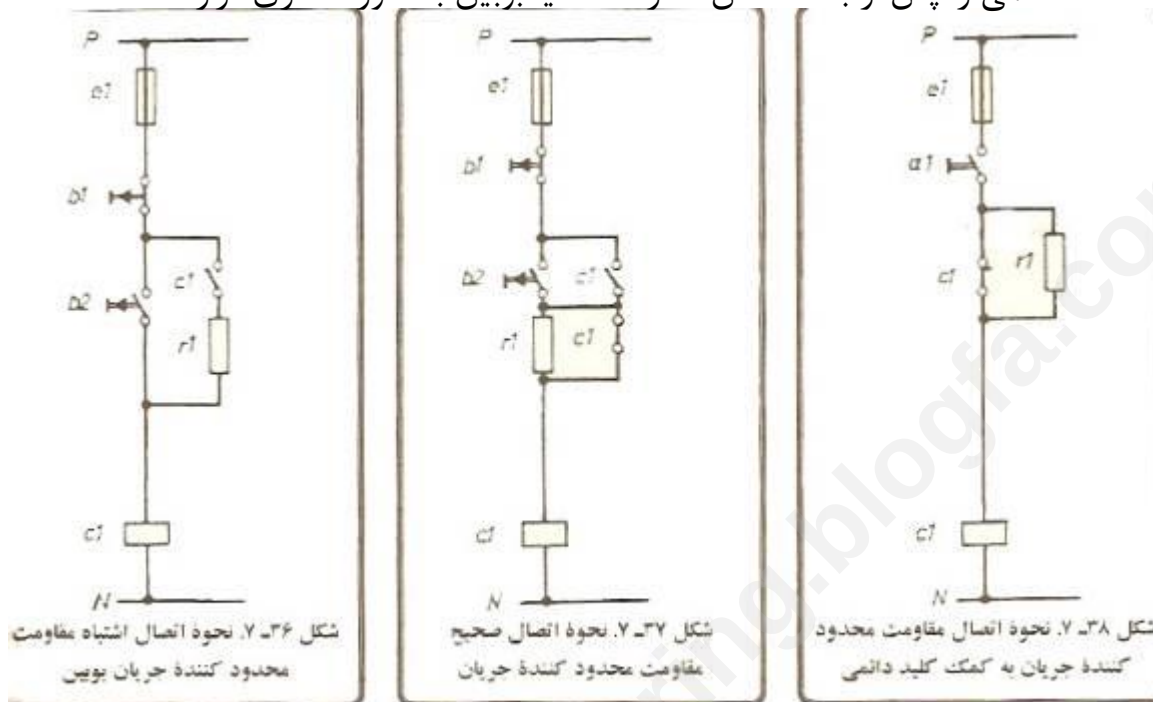
5. توانی که بوبین کنتاکتورهای جریان متناوب در لحظه وصل دریافت می کند به علت وجود فاصله هوایی و کم بودن نیروی ضد محرکه در دو سر آن ، تقریباً 10 برابر بیشتر از حالتی است که مدار هسته کنتاکتور کاملاً بسته شده است.

نکته 10 : اگر به علت کشیف شدن و یا به دلایل دیگر ، مدار هسته کنتاکتور کاملاً بسته نشود و بین هسته متحرک و هسته ثابت ، فاصله هوایی وجود داشته باشد، جریان حالت کار بوبین افزایش یافته و باعث داغ شدن و سوختن سیم پیچ خواهد شد.

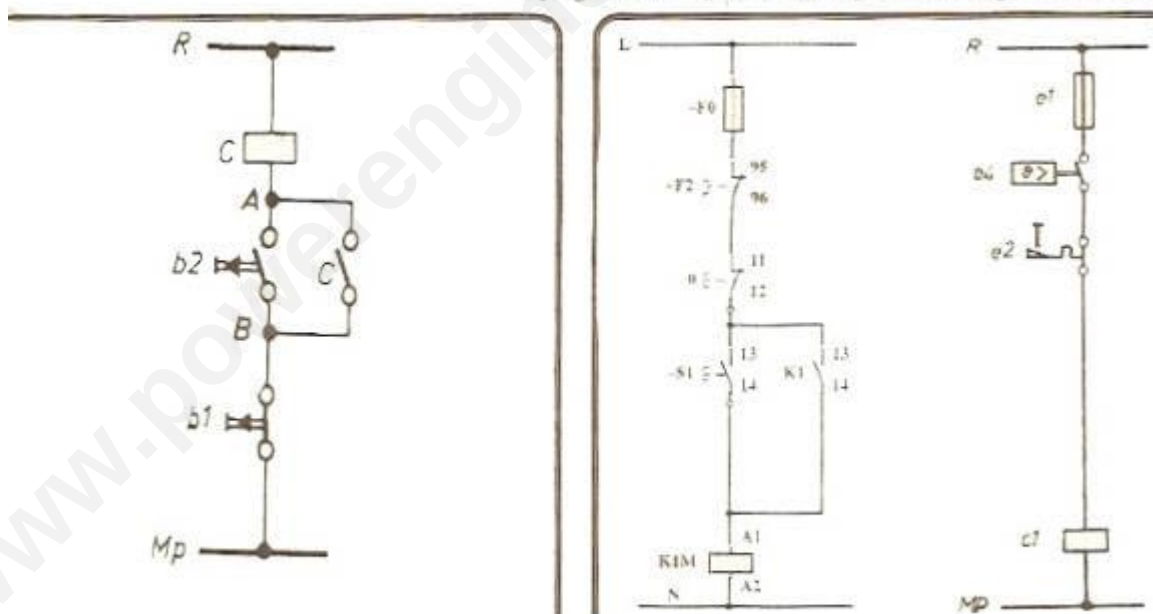
کنتاکتورهایی که بوبین آن ها توسط جریان مستقیم تغذیه می شوند، نیز در هنگام وصل ، احتیاج به توان زیادی دارند و می توان جریان بوبین آن ها را پس از وصل شدن کنتاکتور با قرار دادن یک مقاومت در مدار آن را کاهش داده و تنظیم نمود. در این کنتاکتورها چون در هنگام بسته بودن مدار هسته نیروی

ضد محرکه در بوبین وجود ندارد لذا برای کاهش جریان آن باید یک مقاومت

اهمی را پس از بسته شدن مدار هسته یا بوبین به صورت سری قرار داد.



عبر برای جلوگیری از اتصال بدنه و عملکرد ناخوارسته کنتاکتورها، باید یک سر بوبین تمام کنتاکتورها را در شبکه ۲۲۰/۳۸۰ ولت مستقیماً و بدون اینکه کنتکبی در سر راه آن قرار گیرد، به سیم نول (MP) وصل نمود.



7. ولتاژ تغذیه بوبین کنتاکتورها به ندرت بیشتر از 220 ولت انتخاب می شود،

ولتاژ تماسی شده و در مواردی که طول هادی زیاد باشد احتمال وصل

خودبخودی کنتاکتور و یا قطع نشدن آن در اثر وجود ظرفیت خازنی بین هادی های فرمان و زمین وجود خواهد داشت. می توان برای خنثی کردن اثر خازنی سیم از یک سلف استفاده نمود. اگر از ولتاژ خیلی کم برای تغذیه بوبین کنتاکتور استفاده شود ، جریان زیادی از شبکه برای عملکرد کنتاکتور کشیده می شود در نتیجه باید سطح مقطع سیم های فرمان را بزرگ تر انتخاب کرد به همین دلیل ولتاژ تغذیه بوبین معمولاً از 42 ولت کمتر انتخاب نمی شود.

8. ولتاژ نامی تغذیه بوبین کنتاکتور را با U_C بر روی کنتاکتور نشان می دهند. بر اساس استاندارد ، کنتاکتورهای معمولی تنها اگر با ولتاژی مابین $0/8$ تا $1/1$ برابر ولتاژ نامی بوبین خود تغذیه می شوند بدون اشکال کار خواهند نمود.

ولتاژ کمتر از $0/8U_C$ باعث وصل نشدن کنتاکتور (اگر بوبین کنتاکتور گرم باشد) و ولتاژ بیشتر از $1/1U_C$ باعث سوختن بوبین کنتاکتور خواهد شد.

اگر بوبین کنتاکتور سرد باشد ، با ولتاژی که حدود $0.6U_C$ نیز باشد می توان آن را متصل نمود. در هنگام راه اندازی موتورها ، به دلیل بالا بودن جریان راه اندازی ، افت ولتاژ در خط افزایش می یابد. به همین دلیل در این حالت باید توجه داشت که ولتاژ تغذیه بوبین کنتاکتور از حد مجاز $0.8U_C$ کمتر نشود.

9. در دستگاه های صنعتی که کلیدهای قطع و وصل و لیمیت سوئیچ ها بر روی بدنه دستگاه نصب می شوند و احتمال اتصال سیم های فرمان به بدنه دستگاه وجود دارد ، باید از ترانسفورماتورهای حفاظتی یک به یک و یا ولتاژ کم استفاده شود.

تحلیل انواع مدارات فرمان

مدار شماره 15- تحلیل فرمان اتصال مستقیم یک موتور سه فاز القایی

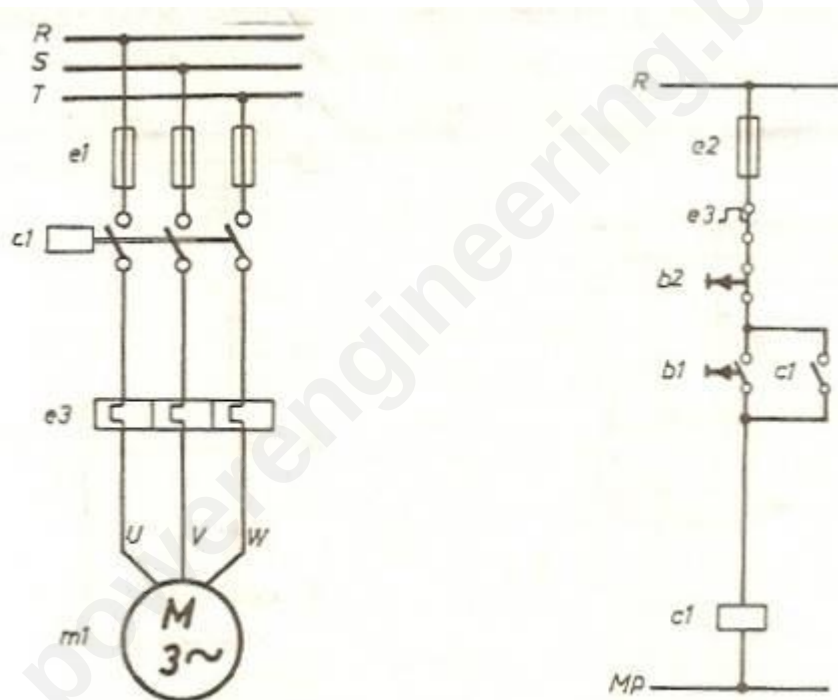
با روتور قفس سنجابی به شبکه.

مدار قدرت و فرمان مورد نیاز در شکل 41-7 نشان داده شده است. در مدار

قدرت ، موتور از طریق کنتاکتور C_1 به شبکه وصل می شود. همچنین برای

حفاظت موتور در برابر اتصال کوتاه از فیوز برای حفاظت آن در برابر اضافه بار از

بی متال استفاده می شود.



شکل 41-7. مدار قدرت و مدار فرمان برای اتصال یک موتور سه فاز قفس سنجابی به شبکه

شکل 41-7 مدار قدرت و مدار فرمان برای اتصال یک موتور سه فاز قفس سنجابی به

شبکه

در کدار فرمان این موتور ابتدا این تجهیزات حفاظتی قرار می گیرند. (فیوز، تیغه

بسته بی متال و شستی قطع یا استپ) پس از تجهیزات حفاظتی ، شستی وصل یا

استارت همراه با یک تیغه باز از کنتاکتور به عنوان تیغه خود نگهدار و در نهایت بوبین کنتاکتور قرار می گیرند در شکل 42-7 مدار قدرت و مدار فرمان موتور فوق با استفاده از علائم جدید رسم شده اند.

راهنمای انتخاب درجات حفاظتی برای تابلوهای بکار رفته در شبکه های توزیع

هدف از انتخاب درجه حفاظتی برای تابلو در فصل اول بیان شده است. در این پیوست به بررسی تعیین حداقل درجات حفاظتی لازم پرداخته شده است. از آنجایی که تعیین درجه حفاظتی برای یک تابلو، با قیمت تمام شده آن ارتباط مستقیم دارد، تعیین یک درجه حفاظتی و اجباری کردن آن، در نظر نگرفتن مسائل اقتصادی را در تهیه تابلو سبب می شود. مقادیر ارائه شده در این پیوست حداقل مقادیر لازم در هر مورد می باشد و در صورتیکه منطقه مورد نظر برای نصب تابلو دارای شرایط خاصی باشد، این مقادیر بایستی افزایش یابند. برای تعیین درجات حفاظتی بایستی به نکات زیادی توجه نمود که می توان به موارد زیر اشاره کرد :

1- نحوه دسترسی افراد به تابلو (افراد مجاز، غیر مجاز، توجه به شرایط فرهنگی منطقه و ...)

2- میزان آلودگی منطقه نصب تابلو از لحاظ گرد و خاک و قدرت نفوذ آن

به تابلو.

3- میزان بارندگی و چگونگی ریزش آن.

از آنجاییکه هر منطقه از ایران دارای شرایط متنوع فرهنگی و آب و هوایی می باشد، تقسیم بندی جغرافیایی در تعیین درجات حفاظتی کارا نمی باشد (برای مثال ریزش شدید باران هم در مناطق کویری و گرمسیر و هم در نقاط مرطوبی امکان پذیر است)، لذا در بررسی به عمل آمده در این پیوست با توجه به شرایط کلی موجود در اکثر مناطق مقادیر حداقل درجه حفاظتی برای تابلوهای نصب شده در پستهای سرپوشیده و تابلوهای نصب شده در محوطه های باز ارائه شده است.

1- تابلوها نصب شده در داخل پستهای سرپوشیده

با توجه به محل نصب این تابلوها، افرادی که به این تابلوها دسترسی دارند، عموماً از افراد مجاز صلاحیت دار می باشند (افرادی که با تابلوهای برق آشنایی داشته و معمولاً برای تعمیر و نگهداری و قرائت مقادیر به پستها مراجعه می کنند) لذا، رقم اول درجه حفاظتی باید طوری انتخاب شود تا این اشخاص در برابر تماس با قسمت‌های برقدار داخل تابلو و یا قسمت‌های متحرک آن دارای ایمنی کافی باشند، با توجه به جدول (1-1) حداقل درجه حفاظتی لازم بدین منظور عدد 2 می باشد که نشان دهنده اینست که انگشتان یا اجسام مشابه به طول کمتر از 80 میلیمتر و به قطر کمتر از 12 میلیمتر در برابر تماس با قسمت‌های برقدار و متحرک داخل تابلو محافظت شده اند. در صورتیکه افراد غیرمجاز به این تابلو دسترسی داشته باشند درجه حفاظتی بزرگتری باید انتخاب گردد. در صورتیکه وضعیت تابلو قرار گرفته در پست به صورتی باشد که امکان ورود گرد و

خاک مضر به آن وجود داشته باشد و شرایط خاص منطقه این مسئله را تشدید نماید، می توان درجه حفاظتی 5 را انتخاب نمود، که عموماً در ایران این مسئله وجود ندارد.

برای انتخاب رقم دوم درجه حفاظتی که نشان دهنده نفوذ مایع به داخل تابلو می باشد، شرایط تابلو نصب شده در پست در نظر گرفته می شود، با توجه به اینکه تابلو در پست قرار دارد، نیاز به درجه حفاظت خاصی نمی باشد و می توان درجه حفاظت حداقل صفر را انتخاب نمود.

توجه : در صورتیکه احتمال ریزش قطرات آب به هر دلیلی وجود داشته باشد IP باید تصحیح گردد. با توجه به موارد فوق الذکر حداقل درجه حفاظت مورد نیاز برای تابلوهای نصب شده در داخل پست IP20 می باشد.

2- تابلوهای نصب شده در خارج از پست و در محوطه باز

با در نظر گرفتن این موضوع که جداره های بیرونی این تابلوها در دسترس افراد عادی و غیرمجاز نیز می باشد لذا حداقل درجه حفاظتی لازم برای اولین رقم مشخصه عدد 4 می باشد. یعنی از تماس سیمها و مفتولها به ضخامت یک میلیمتر با قسمتهای برقدار و متحرک داخل تابلو جلوگیری گردد.

با توجه به خصوصیات آب و هوایی مناطق مختلف، در مناطقی که گرد و غبار بیش از حد می باشد و احتمال اختلال در عملکرد وسایل داخل تابلو به این علت

می باشد، باید تابلو از گرد و غبار مضر محافظت گردد. در این حالت اولین رقم مشخصه را می توان عدد 5 انتخاب کرد.

شینه های بکار رفته در تابلو

1- مقدمه

شینه های مورد استفاده در تابلو عموماً از جنس مس یا آلومینیوم با قابلیت هدایت الکتریکی و خواص مکانیکی خوب می باشند. برای شینه های مسی از استاندارد VDE0201 و برای شینه های آلومینیومی از استاندارد VDE0202 استفاده شده است.

مشخصه های استاندارد مس و آلومینیوم مورد استفاده در شینه ها مطابق جدول زیر می باشد.

رسانایی در 20°C $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ حداقل	مختی برنیل HB 10 N/mm^2	کشش نهایی $R_{p0.2}$ $R'_{p0.2}$ حداقل حداکثر N/mm^2 N/mm^2	مدول الاستیسیته (مدول پاتگ) $E(\text{N}/\text{mm}^2)$	تنش کشش گستن $R_m(\text{N}/\text{mm}^2)$	جنس و کدشامایی
۵۶	۷۰۰-۹۵۰	۲۰۰ ۲۹۰	11×10^4	۲۵۰	مس E-Cu F25
۵۶	۸۰۰-۱۰۵۰	۲۵۰ ۳۶۰	11×10^4	۳۰۰	E-Cu F30
۵۵	۹۵۰-۱۱۵۰	۳۳۰ ۴۰۰	11×10^4	۳۷۰	E-Cu F37
					آلومینیوم
۳۵/۴	۲۰۰-۳۰۰	۲۵ ۸۰	$6/5 \times 10^4$	۶۵/۷۰	E-Al F6.5/7
۳۵/۲	۲۲۰-۳۲۰	۵۰ ۱۰۰	$6/5 \times 10^4$	۸۰	E-Al F8
۳۴/۸	۲۸۰-۳۸۰	۷۰ ۱۲۰	$6/5 \times 10^4$	۱۰۰	E-Al F10

جدول 1

غلظت جریان در حد دما A/mm^2	مقاومت ویژه در 20°	نسبت رسانا یی بر چگالی ی	رسانایی در 60° $m/\Omega.mm^2$	رسانایی در 20° $m/\Omega.mm^2$	چگالی Kg/dm^3	نوع ماده
154	0/0178	6/3	35	56	8/9	مس
102	0/0286	13	30	48	2/7	آلومینیوم

جدول 2

2- حداکثر دمای پیوسته

برای شینه هایی که اتصالات آن با پیچ بوده و اکسید نشده یا روغن کاری نشده باشند حدوداً $120^\circ C$ و در صورتیکه آبکاری نقره و یا شبیه به آن شده باشد این دما را می توان تا $160^\circ C$ در نظر گرفت.

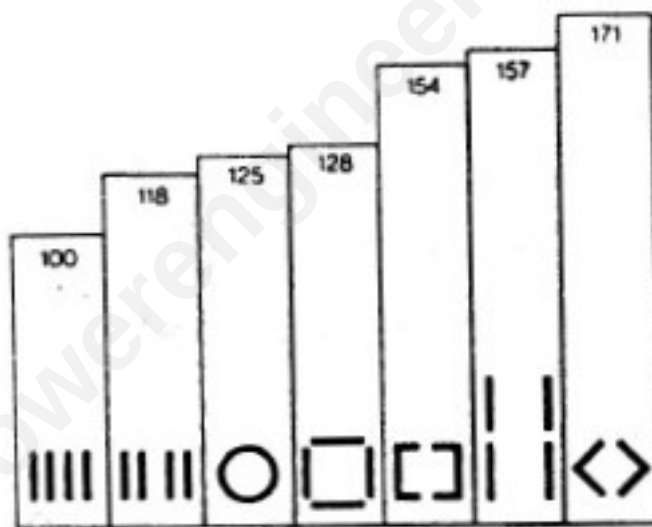
با افزایش دما استحکام مواد هادی کاهش پیدا می کند، این اثر برای آلومینیوم سریعتر از مس می باشد، در حالت اتصال کوتاه دمای هادی آلومینیوم از $180^\circ C$ و دمای هادی مس از $200^\circ C$ نباید تجاوز کند.

3- انتخاب شکل سطح مقطع شینه

شکل سطح مقطع هادی نه تنها بر روی استقامت پیچشی شینه موثر است بلکه روی ظرفیت باردهی شینه نیز اثر گذار می باشد. به هنگام استفاده از شینه در جریان مستقیم، به علت عدم وجود اثر پوستی، عامل مهم در انتخاب شکل سطح مقطع شینه، فقط تحمل حرارتی شینه در آن جریان می باشد.

در جریان متناوب، اثر پوستی عامل مهمی در افزایش مقاومت هادی می باشد، این اثر را می توان با انتخاب سطح مقطع مناسب کاهش داد، در جریانهای پایین شینه تکی یا دابل تخت با توجه به سهولت در نصب و فواصل مجاز کم، ترجیح داده می شود، و در این حالت استفاده از شینه دابل تلفات را پایین می آورد. در جریانهای بالاتر از شینه های بالاتر از شینه های گرد (لوله ای) و ناودانی می توان استفاده نمود.

در شکل زیر درصد باردهی شینه های مختلف که دارای سطح مقطع مجموع یکسان هستند با هم مقایسه شده اند.



شکل 1

4- جداول ظرفیت باردهی شینه های مختلف مسی و آلومینیومی

در جداول 3 تا 8 ظرفیت جریان پیوسته ای که هادیهای مسی و آلومینیومی می توانند از خود عبور دهند با توجه به فرضیات زیر بدست آمده است :

الف- هوای محیط آرام و بدون حرکت است.

ب- قسمت‌های اکسیده شده هادی های لخت، دارای ضریب تشعشع 4% برای

مس و 35% برای آلومینیوم هستند.

پ- هادیهای رنگ شده دارای ضریب تشعشع تقریبی 9% می باشند.

جداول مربوط به هادیهای مسی طبق استاندارد DIN 43671 و برای هادیهای آلومینیومی طبق DIN 43670 می باشد.

در جدول 3 مشخصات باردهی شینه های مسی با سطح مقطع مستطیلی آمده است، در محاسبه مقادیر این جدول دمای محیط 35°C و دمای هادی 65°C در نظر گرفته شده است. فاصله بین دو شینه که بطور عمودی و از پهنا کنار هم قرار گرفته اند برابر ضخامت شینه می باشد.

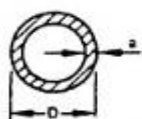
پهنا × ضخامت mm × mm	سطح مقطع mm ²	وزن Kg/m	جنس ماده ¹	جریان پوسته متناوب			
				تعداد هادی رنگ شده		تعداد هادی لخت	
۱۲ × ۵	۵۹/۵	۰/۵۲۹	E-Cu F37	۲۰۳	۲۲۵	۱۷۷	۲۱۲
۱۲ × ۱۰	۱۱۹/۵	۱/۰۶۳	E-Cu F37	۳۲۶	۶۰۵	۲۸۵	۵۵۳
۲۰ × ۵	۹۹/۱	۰/۸۸۲	E-Cu F37	۳۱۹	۵۶۰	۲۷۲	۵۰۰
۲۰ × ۱۰	۱۹۹	۱/۷۷	E-Cu F30	۴۹۷	۹۲۲	۴۲۷	۸۲۵
۳۰ × ۵	۱۲۹	۱/۲۳	E-Cu F37	۴۲۷	۷۶۰	۳۷۹	۶۷۲
۳۰ × ۱۰	۲۹۹	۲/۶۶	E-Cu F30	۶۷۶	۱۲۰۰	۵۷۳	۱۰۶۰
۴۰ × ۵	۱۹۹	۱/۷۷	E-Cu F37	۵۷۳	۹۵۲	۴۸۲	۸۳۶
۴۰ × ۱۰	۳۹۹	۳/۵۵	E-Cu F30	۸۵۰	۱۲۷۰	۷۱۵	۱۲۹۰
۵۰ × ۵	۲۴۹	۲/۲۲	E-Cu F37	۶۹۷	۱۱۳۰	۵۸۳	۹۹۲
۵۰ × ۱۰	۴۹۹	۴/۴۴	E-Cu F30	۱۰۲۰	۱۷۲۰	۸۵۲	۱۵۱۰
۶۰ × ۵	۲۹۹	۲/۶۶	E-Cu F30	۸۲۶	۱۳۳۰	۶۸۸	۱۱۵۰
۶۰ × ۱۰	۵۹۹	۵/۳۳	E-Cu F30	۱۱۸۰	۱۹۶۰	۹۸۵	۱۷۲۰
۸۰ × ۵	۳۹۹	۳/۵۵	E-Cu F30	۱۰۷۰	۱۶۸۰	۸۸۵	۱۴۵۰
۸۰ × ۱۰	۷۹۹	۷/۱۱	E-Cu F30	۱۵۰۰	۲۴۱۰	۱۲۴۰	۲۱۱۰
۱۰۰ × ۵	۴۹۹	۴/۲۲	E-Cu F30	۱۳۰۰	۲۰۱۰	۱۰۸۰	۱۷۳۰
۱۰۰ × ۱۰	۹۸۸	۸/۸۹	E-Cu F30	۱۸۱۰	۲۸۵۰	۱۴۹۰	۲۴۸۰
۱۲۰ × ۵	۱۲۰۰	۱۰/۷	E-Cu F30	۲۱۱۰	۳۲۸۰	۱۷۴۰	۲۸۶۰

۱- وزن یا تریجه به چگالی $۸/۹\text{ Kg/dm}^3$ حساب شده است.

۲- مواد E-Cu و سایر مواد مطابق استاندارد DIN 40500 Sheet 3 می باشند و به شینه های تخت مطابق استاندارد DIN 46433 گرد شده است.

جدول 3

مشخصات باردهی شین مسی از پروفیل U برای جریان متناوب در جدول (5) آمده است که در این جدول محاسبات بر اساس دمای محیط 35°C و دمای هادی 65°C در نظر گرفته شده است.



جدول (ج-4) شینه‌های مسی با سطح مقطع لوله‌ای شکل، دمای محیط 35°C .

دمای هادی 65°C و فاصله بین مراکز فازها بزرگتر یا برابر با $2/5$ برابر

قطر خارجی لوله می‌باشد

قطر خارجی mm	ضخامت جداره mm	سطح مقطع mm	وزن Kg/m	جنس ماده ¹	جریان پیوسته شینه	
					رنگشده	لخت
20	2	113	1/01	E-Cu F37	282	329
	3	160	1/23	E-Cu F37	257	392
	4	201	1/79	E-Cu F30	512	238
	5	236	2/10	E-Cu F30	552	275
	6	264	2/25	E-Cu F25	591	306
32	2	188	1/68	E-Cu F37	602	508
	3	273	2/22	E-Cu F37	725	611
	4	352	3/12	E-Cu F30	821	693
	5	424	3/78	E-Cu F30	900	760
	6	490	4/27	E-Cu F25	973	821
40	2	239	2/13	E-Cu F37	722	622
	3	329	3/11	E-Cu F37	899	753
	4	452	4/04	E-Cu F30	1020	857
	5	550	4/90	E-Cu F30	1120	922
	6	641	5/72	E-Cu F25	1220	1020
50	3	422	3/95	E-Cu F37	1120	928
	4	578	5/16	E-Cu F30	1270	1060
	5	707	6/31	E-Cu F30	1410	1170
	6	829	7/20	E-Cu F25	1520	1270
	8	1060	9/22	E-Cu F25	1700	1420
63	3	565	5/04	E-Cu F30	1290	1150
	4	741	6/61	E-Cu F30	1590	1320
	5	911	8/13	E-Cu F30	1760	1460
	6	1070	9/58	E-Cu F25	1920	1590
	8	1380	12/3	E-Cu F25	2150	1780
80	3	726	6/27	E-Cu F30	1750	1420
	4	955	8/52	E-Cu F30	2010	1650
	5	1180	10/50	E-Cu F30	2220	1820
	6	1400	12/2	E-Cu F25	2420	1990
	8	1810	16/1	E-Cu F25	2720	2220
100	3	912	8/15	E-Cu F30	2170	1770
	4	1210	10/8	E-Cu F30	2490	2020
	5	1490	13/3	E-Cu F30	2760	2250
	6	1770	15/8	E-Cu F25	3020	2460
	8	2310	20/6	E-Cu F25	3410	2720

جدول 4

محیط 35°C و دمای هادی 65°C در نظر گرفته شد است و فاصله بین خط

مرکزی دو فاز مجاور بزرگتر یا برابر با 2 برابر قطر خارجی شینه می باشد.