بسمه تعالی

مرکز آموزش عالی فیروزآباد

دستور کار کارگاه برق

تهیه کننده: دکتر سعید حسنوند

فصل اول: مقدمه

در این فصل با مفاهیم مهم و کاربردی حفاظت الکتریکی و انواع آن، انواع کابل‌ها و مشخصات آن‌ها و انتخاب کابل مناسب با توجه به آمپر مدار آشنا خواهیم شد. در تمامی مدارهای الکتریکی می‌بایست برای حفاظت از تجهیز الکتریکی یا اشخاص تدبیری اندیشیده شود. بدین منظور همان‌طور که در ادامه بیان می‌گردد، تجهیزات و روش‌های مختلفی وجود دارد که به سبب افزایش قابلیت اطمینان سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند، که در ادامه با برخی از این روش‌ها خواهیم شد.

I. حفاظت الکتریکی:

خطاهای ناشی از جریان برق عمدتاً به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- اتصال بدنه که عبارت است از اتصال یکی از سیم‌های جریان برق به بدنه دستگاه.
۲- اتصال کوتاه که عبارت است از اتصال دو سیم لخت که نسبت به هم دارای اختلاف‌پتانسیل الکتریکی می‌باشند به یکدیگر.
۳- اتصال زمین که عبارت است از اتصال یکی از سیم‌های حامل جریان به زمین.

خطاهای نامبرده شده به دو صورت کامل و ناقص اتفاق میافتد، در اتصال کامل در محل اتصالی مقاومت وجود ندارد و جریان زیادی از این نقطه عبور می‌کند اما اگر اتصال ناقص باشد، در محل اتصال مقاومت وجود دارد، بنابراین جریان خطا نسبت به حالت قبل کمتر است. حالت شدیدتر زمانی رخ می دهد که در محل اتصالی مقاومت نباشد و مبنای طراحی وسایل حفاظتی قرار می گیرد.

حفاظت الکتریکی دو دسته حفاظت از اشخاص و حفاظت از مدارها و تجهیزات الکتریکی تقسیم‌بندی می‌گردد.

I. حفاظت اشخاص

آثار فیزیولوژیک برق بر بدن انسان:

مقدار جریانی که ممکن است بدون هیچ‌گونه خطری از بدن انسان عبور کند به ویژگی‌های جسمی شخص، دامنه جریان، نوع جریان، مسیر و طول مدت عبور جریان بستگی دارد. مقاومت الکتریکی بدن در صورتی که پوست سالم و خشک باشد ۱۳۰۰ تا ۳۰۰۰ اهم است. مقاومت الکتریکی بدن شامل مقاومت داخلی بدن زیر پوست و مقاومت پوست نوع خشک و مرطوب و نوع لباس و سطح تماس است. مقاومت بدن در نتیجه رطوبت کاهش می‌یابد و هنگامی حداکثر است که خشک باشد. خراش، زخم و سوختگی، آلودگی بدن یا دست با روغن یا مواد دیگر، تعریق و ... می‌تواند باعث پائین آمدن مقاومت بدن شود. فرد در مقابل جریان ۱mA واکنش نشان می‌دهد، حتی جریان۱۲ mA باعث خواهد شد که عضلات دست منقبض شود. البته آسیب این‌چنین شوکی بستگی به مدت تماس، وضع جسمی و به‌خصوص وضع قلبی فرد دارد. به‌طورکلی اگر جریان عبوری از بدن انسان در حدود ۱ mA باشد در آستانه احساس کردن است و اگر مقدار آن در حدود ۱۰ mA شود به حد دردناک خواهد رسید. اگر جریان حدود ۳۰ mA شود حالت شوک شدید ایجاد می‌کند و جریان ۵۰ mA به بالا کشنده است. حد ولتاژ خطرناک برای این‌که جریان از ۵۰ mA بیشتر باشد ۶۵ ولت است. در جریان۵۰ mA تا ۸۰ mA نفس بند می‌آید و بطن‌های قلب دچار لرزش می‌شوند. در جریان۹۰ mA تا ۱۰۰ mA اگر قطع تنفس بیش از سه ثانیه طول بکشد، قلب فلج شده و حرکت بطن‌های قلب قطع می‌شود. این شرایط در چند دقیقه منجر به مرگ می‌شود. در جریان 4 A قلب نمی‌تواند عمل پمپاژ را انجام دهد و بافت‌های بدن در جریان‌های بیش از ۵ A دچار سوختگی می‌شوند.

- انواع روش‌های حفاظت اشخاص عبارت‌اند از:

۱ - حفاظت توسط سیم زمین

۲ - حفاظت توسط سیم نول

۳ - حفاظت توسط کلید خطای جریان یا F1

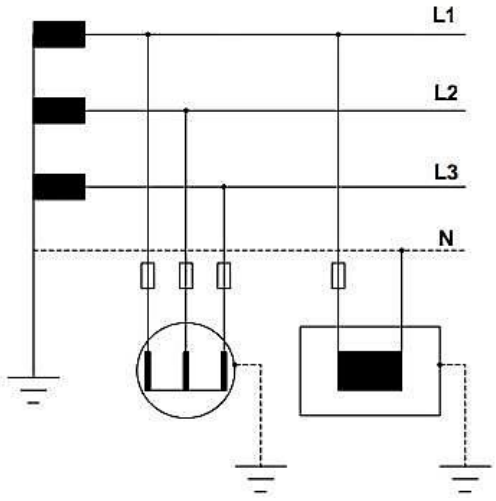
۴ - حفاظت توسط ترانسفورماتور جدا کننده (تراس ایزوله)

۵ - حفاظت بوسیله عایق کردن

۶ - حفاظت توسط ولتاژ کم

۱- حفاظت توسط سیم زمین:

در این روش قسمت‌های فلزی بدنه دستگاه‌های برقی توسط یک سیم موسوم به سیم ارت به زمین وصل می‌شود. در این صورت اگر دستگاهی اتصال بدنه پیدا کند، جریان برق به جای عبور از بدن شخص از طریق سیستم ارت به زمین منتقل می‌شود، زیرا مقاومت بدن شخص با مقاومت سیم زمین موازی شده و مقاومت سیم زمین (سیم ارت) بسیار کم تر از مقاومت بدن شخص است.

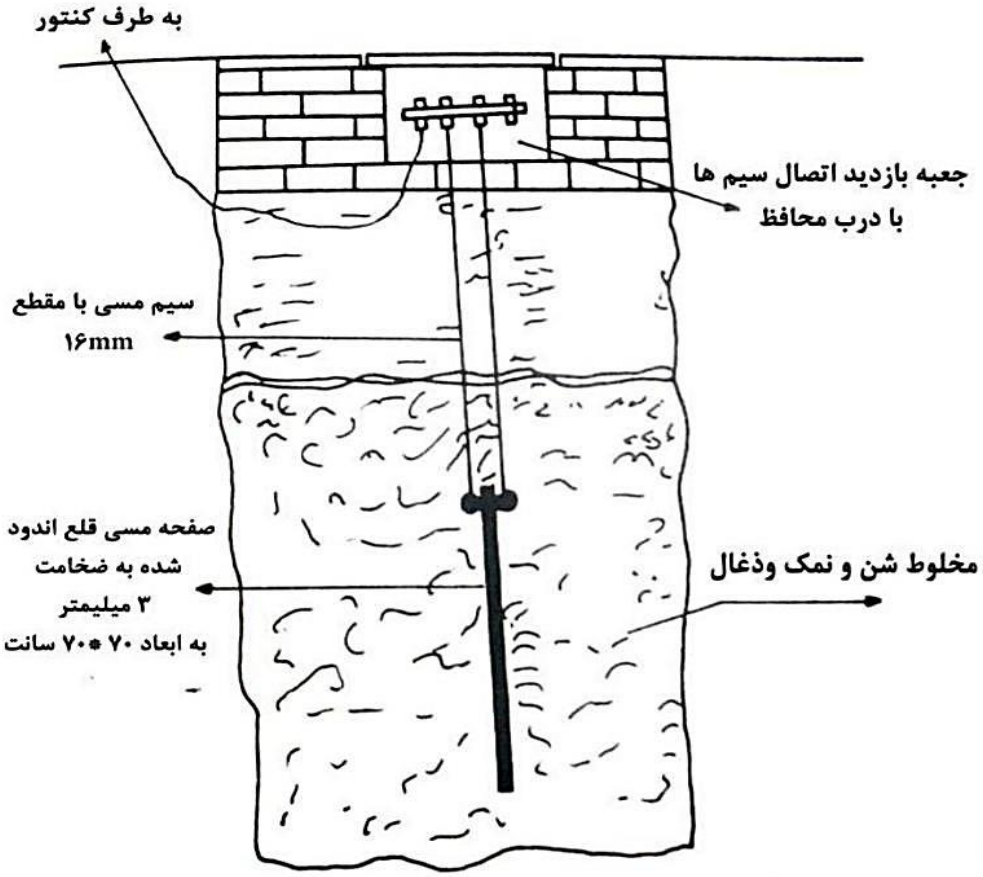


شکل (۱): حفاظت توسط سیم زمین

- **سیستم‌های اتصال زمین رایج**

a) چاه ارت:

برای این‌که سیم اتصال بدنه دستگاه را به زمین متصل کنند، چاهی حفر می‌شود که عمق آن در مناطق مختلف به دلیل خصوصیات خاک منطقه متفاوت است ولی بهترین چاه آن است که به قسمت نمناک و مرطوب زمین رسیده باشد، زیرا چنین خاکی دارای مقاومت الکتریکی کمتری است و حدود ۳-۵ متر عمق باید داشته باشد. سپس صفحه یا تسمه موسوم به الکترود را در انتهای چاه قرار می‌دهند و آن را با یک سیم مسی قطور (سطح مقطع حداقل ۱۶ میلی‌متر مربع) با مقاومت الکتریکی کم به بیرون چاه هدایت می‌کنند، اطراف صفحه را با مواد کاهنده مقاومت، مانند بنتونیت (در قدیم زغال و نمک) و خود چاه را با ماسه پر می‌کنند، سیم خروجی از این چاه را به بدنه فلزی دستگاه‌ها متصل می‌کنند.

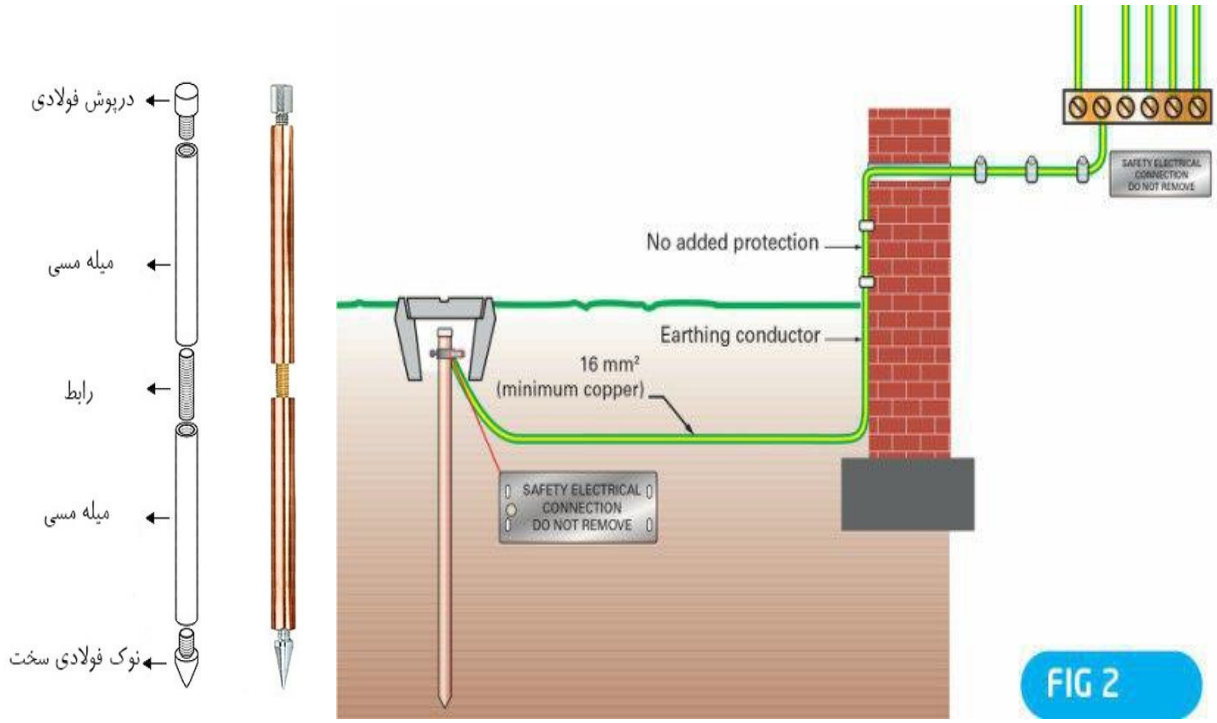


شکل (۲): چاه ارت

b) میله اتصال زمین (Rod)

برای استفاده از الکترودهای میله‌ای، میله‌هایی از جنس مس یا فولاد با روکش مس پیشنهاد می‌شود. نصب الکترودهای میله‌ای به جهت تأمین اتصال زمین مناسب، یکی از بهترین انتخاب‌ها برای مهندس طراح سیستم زمین می‌باشد. البته شرایط خاک، محیط و مواردی دیگر در استفاده از نوع الکترود نقش اساس دارند. اما تجربه

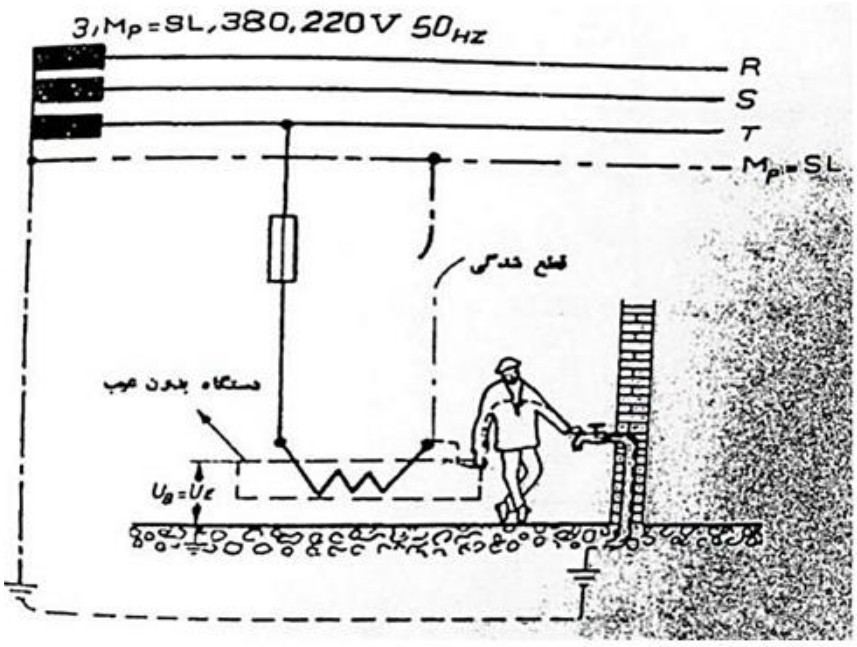
نشان داده که استفاده از چند الکترود میله‌ای بجای حفر چاه و استفاده از الکترودهای صفحه مسی نتایج بهتری به همراه دارد. الکترودهای میله‌ای را یا به‌صورت دستی و با استفاده از پتک و یا با استفاده از روش‌های مکانیزه در زمین نصب می‌کنند.



شکل (۳): میله اتصال زمین

۲- حفاظت توسط سیم نول:

در این سیستم به جای سیم ارت سیم نول به بدنه دستگاه متصل می‌شود و در صورتی که سیم فاز به بدنه دستگاه اتصال پیدا کند، بین فاز و نول اتصال کوتاه ایجاد شده و در زمان کوتاهی، اتصال فاز قطع می‌شود. عیب این سیستم این است که اگر به دلایلی سیم نول قطع گردد فاز برگشتی از سیم نول به بدنه دستگاه وصل شده و اگر شخصی به دستگاه و زمین ارتباط پیدا کند دچار برق‌گرفتگی شدید می‌شود. برای رفع این عیب می‌توانیم سیم نولی را که برای حفاظت از آن استفاده می‌کنیم جدا از سیم نول مصرف‌کننده‌ها انتخاب کنیم و به‌طور مستقیم از پای کنتور یا تابلوی اصلی آن را به پیچ حفاظت پریزها وصل نمائیم و تا حد امکان نباید برای هیچ مصرف‌کننده‌ای از این سیم نول استفاده کنیم، ایراد دیگر این سیستم این است که اگر جای سیم فاز و نول عوض شود ولتاژ خطرناکی بین بدنه دستگاه و زمین ایجاد می‌شود و اگر شخصی به دستگاه و زمین ارتباط پیدا کند دچار برق‌گرفتگی می‌شود.



شکل (۴): برق‌گرفتگی ناشی از قطع شدن نول

۳- حفاظت توسط کلید خطای جریان

کلید **خطای جریان یا فیوز محافظ جان یا فیوز جران نشتی یا F1** برای حفاظت شخص در مقابل ولتاژهای تماس به کار می‌رود. کلید محافظ جان RCD مخفف عبارت (Residual Current Device) و یا RCCB مخفف عبارت (Residual Current Circuit Breaker) به کلیدهایی گفته می‌شود که با تشخیص نشت جریان مدار را در کسری از ثانیه قطع کرده و مانع از صدمات جانی ناشی از نشت جریان می‌گردد. اساس عملکرد **کلید محافظ جان** بدین گونه است که با مقایسه جریان فاز و نول (رفت‌وبرگشت مدار) در صورت مشاهده اختلاف سریعاً مدار را قطع می‌کند . لازم به ذکر است در مدارهای تک فاز جریان رفت‌وبرگشت می‌بایست برابر باشد و اختلاف جریان فاز و نول ناشی از **نشت جریان** بر اثر اتصال هادی فاز با زمین اتفاق خواهد افتاد که جریان بجای عبور از سیم نول ، از طریق زمین به منبع باز می‌گردد .**جریان نشتی** ممکن است از راه بدن فردی که با زمین تماس دارد و تصادفاً دستش با قسمت برق‌دار مدار تماس پیدا کرده است نیز بوجود آید.

(ب) (الف)

شکل (۵): کلید محافظ جان تک فاز و ۳ فاز (دکمه فشاری برای تست است)

بر اساس استانداردهای موجود بدن انسان توانایی تحمل جریان ۳۰ میلی‌آمپری را در مدت زمان ۲۰۰ میلی ثانیه دارد . لذا **کلید محافظ جان** برای واحدهای مسکونی و اداری می‌بایست در صورتی که مقدار **جریان نشتی** از ۳۰ میلی‌آمپر تجاوز نمود عمل کرده و مدار را در کمتر از ۲۰۰ میلی ثانیه قطع نماید. در مصارف صنعتی از کلیدهای با قابلیت قطع در حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌آمپر استفاده می‌گردد. کلیدهای محافظ جان به ۳ دسته تقسیم می‌شوند:

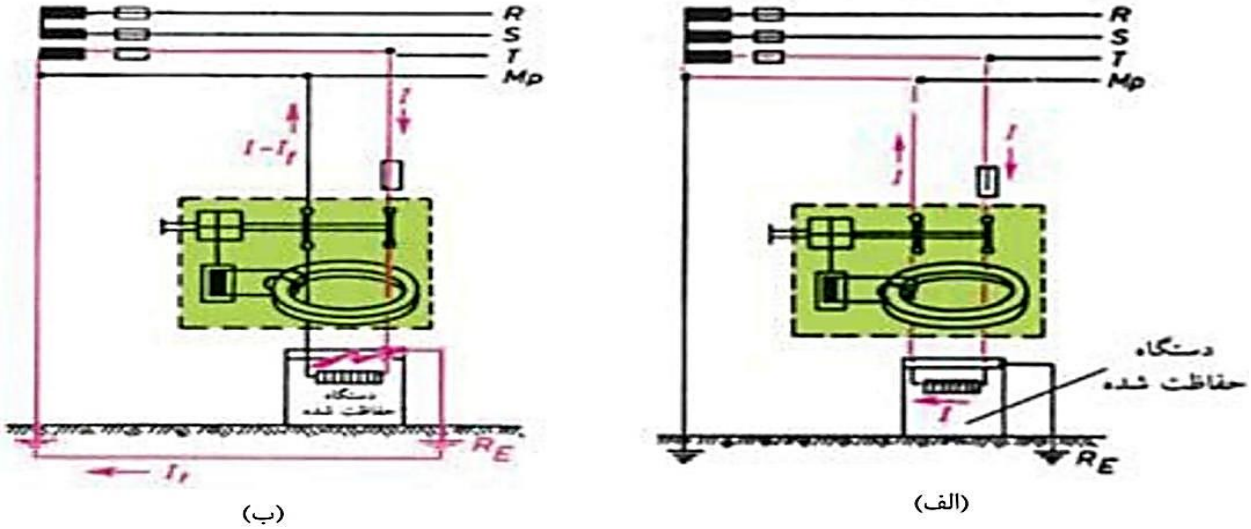
RCD Type	Sensitivity to residual currents	Symbol
AC	Pure AC residual currents with limited harmonics component, i.e. sinusoidal residual currents whose mean value over one cycle of the mains frequency equals zero.	
A	Type AC residual currents and pulsating DC residual currents whose momentary value for at least a semi-cycle of the mains frequency is approximately zero (< 6 mA)	
B	Type A (i.e. also Type AC) residual currents as well as smooth DC residual currents and AC residual currents with frequencies up to 1000 Hz	

- کلید محافظ جان تیپ AC قابلیت تشخیص جریان‌های نشتی متناوب AC را دارند.
- کلید محافظ جان تیپ A قابلیت تشخیص جریان نشتی با شکل موج متناوب AC و مستقیم DC پالسی را دارند.
- کلید محافظ جان تیپ B قابلیت تشخیص جریان نشتی با شکل موج متناوب AC و مستقیم DC پالسی تا فرکانس ۱ مگاهرتز و مستقیم DC صاف را دارند.

نکته: نوع F برای بارهای هارمونیکی و +B برای بارهای موتوری مناسب است.

۴- حفاظت توسط ترانسفورماتور جدا کننده (ترانس ایزوله):

در این نوع حفاظت از ترانسفورماتور با دو سیم‌پیچ مجزای یک به یک و یا کاهنده استفاده می‌شود که ولتاژ خروجی آن بیش از 42 V است. در ترانسفورماتور یک به یک ولتاژ ثانویه برابر ولتاژ شبکه می‌باشد. ترانسفورماتور ولتاژ تغذیه مصرف‌کننده را از نظر الکتریکی از شبکه جدا می‌کند، چون در ثانویه این ترانس سیم نول و اتصال به زمین وجود ندارد در صورت اتصالی، مدار بسته‌ای تشکیل نشده و بنابراین از بدن شخص جریانی عبور نکرده و شخص دچار برق‌گرفتگی نخواهد شد. اتصال بیش از یک مصرف‌کننده به ثانویه ترانسفورماتور حفاظتی مجاز نمی‌باشد. زیرا در صورت اتصال بدنه همزمان دو مصرف‌کننده، احتمال خطر برق‌گرفتگی وجود دارد. همچنین ثانویه این نوع ترانسفورماتور نباید اتصال زمین داشته باشد.



شکل (۶): الف) سیستم سالم رله عمل نمی‌کند. ب) سیستم معیوب رله عمل می‌کند

۵- حفاظت بوسیله عایق کردن:

در این روش تمام قسمت‌هایی را که امکان اتصال برق با بدن انسان دارد عایق می‌کنند، در مورد دستگاه‌هایی که ساکن هستند، می‌توان کف زمین را عایق‌کاری نمود ولی در دستگاه‌های قابل حمل یا متحرک مانند دریل برقی، ریش‌تراش و جاروبرقی کارخانه سازنده برای جلوگیری از برق‌دار شدن بدنه فلزی آن‌ها، آن دستگاه را با یک وسیله اضافی دیگر عایق می‌کند، در این روش نیازی به اتصال زمین وجود ندارد.

۶- حفاظت توسط ولتاژ کم:

در حفاظت توسط ولتاژ کم از ترانسفورماتور کاهنده با دو سیم‌پیچ مجزا استفاده می‌شود، ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور باید کمتر از V۴۲ باشد. استفاده از اتوترانسفورماتور در این نوع حفاظت مجاز نمی‌باشد. دستگاه‌هایی که با ولتاژ کم حفاظت می‌شوند، برای سیم حفاظتی به ترمینال احتیاج ندارند و مدار جریان آن‌ها را نباید به زمین یا سیم نول و یا به دستگاه‌هایی که با ولتاژ بالا سروکار دارند وصل کرد.

II. حفاظت مدار و مصرف‌کننده‌ها

۱- فیوز

وسیله‌ای است که مدارهای الکتریکی را در برابر جریان غیرمجاز محافظت می‌کند. اگر جریانی بیش از جریان نامی از فیوز بگذرد فیوز می‌سوزد و بدین ترتیب جریان برق، قطع خواهد شد. به عبارت ساده، فیوز یک وسیله حفاظتی است که در تجهیزات و مدارات الکتریکی به کار برده می‌شود تا در مواقعی که جریانی بیشتر از حد انتظار از وسیله عبور می‌کند با سوختن فیوز مدار قطع شود تا تجهیزات دیگر آسیبی نبینند، این وسیله اولین بار توسط توماس ادیسون در سال ۱۸۹۰ میلادی ثبت اختراع شده است.

- انواع فیوز

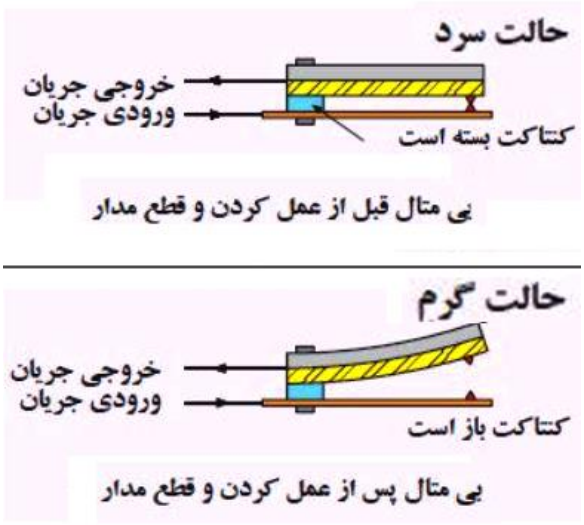
۱-۱- فیوز فشنگی یا ذوب شونده

برای نصب این فیوزها از یک پایه چینی و یک کلاهک چینی که فیوز داخل آن جای می‌گیرد و پشت این کلاهک شیشه‌ای است، استفاده می‌گردد. سیم حرارتی داخلی فیوز به ازای جریان بخصوصی در زمان معینی ذوب شده و سبب قطع مدار مربوط به آن می‌شود. فیوز ذوب شونده معمولی را فیوز فشنگی نیز می‌نامند. سیم حرارتی آن در داخل براده‌هایی از سرامیک، پودر چینی، یا خاک نرم کوارتز همراه با ماسه قرار دارد و جرقه

حاصل از قطع شدن سیم حرارتی را سریع خنک کرده و بلافاصله قطع می‌کند. این مواد همچنین باعث خنک شدن سیم ذوب شونده داخل فیوز می‌گردد تا هنگام عبور جریان، سیم بیش از اندازه گرم نشود، این قسمت که محفظه‌ای چینی یا در بعضی موارد شیشه‌ای است را فشنگ فیوز می‌نامند. البته فیوزهای ظریف که در رادیو و دستگاه‌های مخابراتی به کار می‌روند چون اغلب برای جریان‌های خیلی کم می‌باشند، به‌صورت سیم نازکی در داخل لوله شیمیایی هستند و در اطراف آن پودر چینی یا سرامیک وجود ندارد مگر در مواردی که مقدار جریان فیوز زیاد باشد.

۱-۲- رله حرارتی (بی متال)

در اثر عبور جریان الکتریکی از بی متال هر دو فلز گرم شده و طول آن‌ها زیاد می‌شود اما از آنجایی که ضریب انبساط دو فلز متفاوت است، بی متال به سمت فلزی که ضریب انبساط پایین‌تری دارد خم می‌شود، این جابجایی به وسیله اهرم یا به‌صورت مستقیم کنتاکت را قطع یا وصل می‌کند، از این ویژگی در فیوزها و رله‌های بی متال استفاده می‌شود.نمایشی از اصول عملکرد بی متال در سمت چپ دو فلز بیش از گرم شدن و در سمت راست پس از گرم شدن نمایش داده شده‌اند. (در ردیف بالا دو فلز به هم جوش نخورده‌اند)



شکل (۷): رله بی متال

رله‌های اضافه‌بار (بی متال) تنظیم‌پذیر هستند، و می‌توان آن‌ها را به‌گونه‌ای تنظیم کرد که جریان‌هایی بین ۱/۰۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی موتورها را قطع کنند. رله بی متال سه فاز معمولاً دارای سه پل قدرت و دو کنتاکت فرمان است.

یک کنتاکت باز برای اتصال به سیستم هشدار دهنده و یک کنتاکت بسته برای قرار دادن در مسیر تغذیه کنتاکتور. کنتاکت معمولاً بسته بی متال با شماره‌های ۹۵-۹۶ و کنتاکت معمولاً باز آن با شماره‌های ۹۷-۹۸ مشخص می‌شود.

شکل (۸): *شکل سمت چپ*: یک نمونه رله بی متال اشنایدر

***شکل سمت راست*: چگونگی اتصال بیمتال به کنتاکتور و پیچ های اتصال مدار فرمان (9596) را نشان میدهد.**

۱-۳- فیوز مینیاتوری

فیوزهایی هستند که در مقابل جریان اضافه حساس می‌باشند و به سرعت مدار را قطع می‌کنند و به عبارتی این فیوزها نسبت به تحمل جریان اولیه و اضافه‌بار سریعاً عکس‌العمل نشان می‌دهند و برق را قطع می‌کنند. مشخصات روی فیوز مینیاتوری و جریان‌هایی که روی فیوز نوشته شده است.

در فیوزهای مینیاتوری دو نوع جریان مطرح است:

۱ جریان لحظه‌ای

۲ جریان نامی

جریان لحظه‌ای : روی فیوزها جریانی نسبتاً بزرگ نوشته شده مانند ۶۰۰۰ یا ۳۰۰۰ و معمولاً این عدد در یک کار مستطیل شکل قرار دارد، جریان لحظه‌ای به جریان گفته می‌شود در یک لحظه (کمتر از یک ثانیه) فیوز توانایی تحمل این جریان را دارد.

جریان نامی: به حداکثر جریان مجازی گفته می‌شود که یک فیوز توانایی تحمل آن را دارد و اگر جریانی بیش از جریان نامی که روی فیوز نوشته شده است باشد ، از فیوز عبور کند، فیوز مدار را قطع می‌کند.

مشخصات روی فیوز مینیاتوری و تیپ فیوزهای مینیاتوری

بر روی فیوزهای مینیاتوری حروف و اعدادی نوشته شده است مانند (c6) :که c تیپ فیوز و ۶ جریان نامی (حداکثر جریان مجاز فیوز) می‌باشد.

تیپ‌های معمول فیوزها عبارت‌اند از : تیپ B تیپ C تیپ D تیپ K تیپZ

تیپ B این فیوزها مخصوص روشنایی می‌باشد که به سرعت در مقابل جریان اضافه عکس‌العمل نشان می‌دهد، این فیوزها به فیوزهای تند کار نیز معروف هستند

تیپ C این فیوزها برای راه‌اندازی موتورهایی که توان کم داشته و جریان راه‌اندازی بالایی ندارند مورد استفاده قرار می‌گیرند مانند موتور کولرهای گازی یا پمپ‌ها آب خانگی

تیپ D از این فیوزها برای موتورهای با جریان هجومی بالا که جریان راه‌اندازی بالایی دارند استفاده می‌شود، این فیوزها تحمل جریان لحظه ۱۰ تا ۱۴ برابر جریان نامی خود را دارد این فیوزها کند کار هستند.

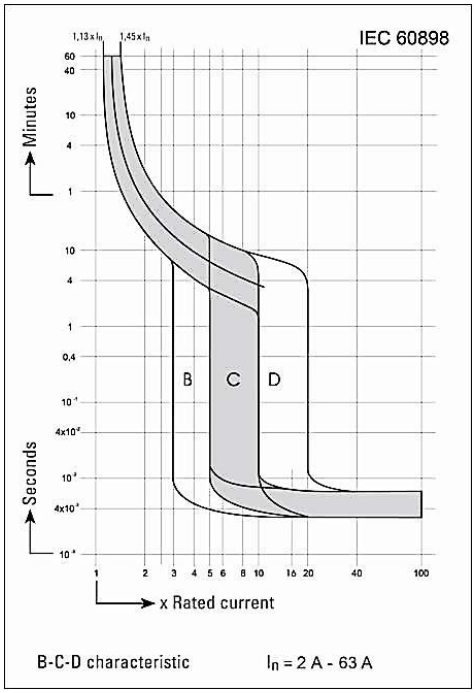
تیپ K این نوع فیوزها معمولاً در مدارات قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرد، حساسیت در اضافه‌بار در این نوع فیوز نسبت به سایر فیوزها بیشتر است یعنی اگر موتور بار اضافه را تحمل کند این فیوز سریع ، موتور را خاموش کند این فیوزها برای موتور هایی که زیر با هستند توصیه می‌شود

تیپ Z فیوزهای تند کار حساس، در این فیوزها هنگامی که جریان عبوری از جریان نامی بیشتر شود در یک مدت زمان خاص (که از تمامی تیپ‌ها کمتر است) خیلی سریع فرمان قطع را صادر می‌کند، حساسیت این نوع فیوزها هم در موقع اضافه‌بار و هم هنگام بروز اتصال کوتاه از تمامی فیوزها بیشتر است و در صورت بروز خطا مدار را سریع قطع می‌کند، بنابراین کاربرد این نوع فیوز مینیاتوری در مدارات با حساسیت بالا از جمله مدارات الکترونیکی می‌باشد. تحمل جریان لحظه‌ای در این نوع فیوزها ۲ تا ۳ برابر جریان نامی است.

زمان قطع تیپ فیوزها به ترتیب از سریع‌ترین، عبارت است از : **D – K – C – B – Z**

جریان نامی (رنج) فیوزهای مینیاتوری برای استفاده به شرح زیر می‌باشد:

۶۳/۵۰/۴۰/۳۲/۲۵/۲۰/۱۶/۱۰/۶/۴/۲



شکل (۹): فیوز مینیاتوری و مشخصه قطع آن (زمان به جریان)

حالا که با مشخصات روی فیوز مینیاتوری آشنا شدیم می‌خواهیم فیوز بالا را بررسی کنیم:

فیوز بالا از تیپ B یعنی تند کار است که برای روشنایی مناسب است و جریان نامی آن ۱۰ آمپر است و تحمل جریان لحظه‌ای آن ۶۰۰۰ آمپر است و عدد ۳ که زیر ۶۰۰۰ قید شده هم مربوط به کلاس انرژی است.

کابل‌ها:

هر نوع هادی که بتواند جریان برق را از خود عبور دهد و توسط موادی نسبت به محیط اطراف خود عایق شده باشد به‌طوری‌که ولتاژ سطح عایق نسبت به زمین برابر صفر بوده و خود هادی نسبت به زمین دارای ولتاژ فازی باشد را کابل گویند.

شکل (۱۰): نمای داخلی سه نمونه کابل

هادی کابل

هادی کابل باعث هدایت جریان الکتریکی می‌شود که جنس آن اغلب از مس یا آلومینیوم است. هادی کابل ممکن است به‌صورت افشان یا مفتول (دایره‌ای یا مثلثی) باشند.

عایق کابل

عایق کابل متناسب با نوع کاربرد از جنس مختلف می‌باشد که مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر است:

- کاغذ آغشته به روغن
- مواد پلاستیکی
- PVC (پرتودور)
- P.E.T (اتیلن پلی)

غلاف کابل

این غلاف اغلب از جنس سرب است و برای حفاظت کابل در برابر رطوبت روی عایق کابل استفاده می‌شود.

نکته۱: برخی از کابل‌ها فاقد غلاف می‌باشند.

نکته۲: در کابل‌هایی که تحت فشار و ضربه قرار می‌گیرند، برای حفاظت از نوارهای فلزی استفاده می‌شود که برای حفاظت غلاف کابل از لایه‌های قیرگونی نیز استفاده می‌شود.

نکته۳: در بعضی از کابل‌ها برای خنک کردن کابل از روغن استفاده می‌شود، که محلی جهت ریختن روغن در مرکز کابل و یا در اطراف آن در نظر گرفته می‌شود که در نتیجه روغن موردنیاز برای این کابل‌ها را توسط پمپ‌های مخصوص، تحت فشار مشخص وارد محفظه کابل می‌نمایند.

نکته۴: طبق استاندارد رنگ سیم محافظ (ارت) باید سبز و زرد (راه‌راه) باشد، رنگ سیم نول باید آبی انتخاب گردد و سیم فاز می‌تواند هر رنگی به‌جز این دو باشد.

طریقه شناسایی کابل‌های جریان زیاد:

N : علامت کابل با سیم مسی که طبق استاندارد VDE آلمان ساخته شده است.

NA : علامت کابل با سیم آلومینیومی که طبق استاندارد VDE آلمان ساخته شده است.

Y : علامت عایق پروتودور (اولین Yدر ردیف حروف)

Y : روپوش پروتودور (دومین حرف Yدر ردیف حروف)

H : علامت ورق متالیزه

T : سیم تحمل کننده (در برابر کابل‌های هوایی)

R : حفاظت فولادی سیم نواری شکل یا زره

C : در کابل‌های فشار ضعیف علامت سیم صفر و در کابل‌های فشار قوی علامت سیم حفاظت و یا سیم نول (صفر) می‌باشد.

B : حفاظت فولادی نواری شکل

Re : سیم گرد یک‌رشته‌ای (مفتولی)

Rm : سیم گرد چند رشته (افشان)

se : سکتور شکل و یک سیمه (مثلثی مفتولی)

sm : سکتور شکل و چند سیمه (مثلثی افشان)

مثال : مفهوم اعداد و حروف روبرو در مورد یک کابل چیست؟

NYY 4*4 re0/61KV

یعنی کابل زمینی نرمال چهار سیمه با مقطع گرد تک رشته به مقطع ۴ mm2 با روپوش و عایق پروتودور و برای ولتاژ KV 6/0 بین سیم فاز و نول و KV۱ بین دو فاز.

محاسبه سطح مقطع کابل

میدانیم که بر اثر عبور جریان الکتریکی از کابل و هادی گرما به وجود می‌آید، چنانچه مقدار این گرما زیاد باشد، باعث سوختن عایق کابل می‌گردد، از طرفی چنانچه مقاومت کابل از حد معمول زیادتر باشد باعث ایجاد افت ولتاژ در کابل شده و در نتیجه ولتاژ دو سر مصرف‌کننده از ولتاژ شبکه کمتر بوده و ممکن است مصرف‌کننده درست کار نکند. مقدار افت ولتاژ بوجود آمده در کابل از ضرب جریان عبوری در مقاومت کابل بدست می‌آید، برای کلیه مصرف‌کنندگان نبایستی افت ولتاژ بیشتر از ۵ درصد گردد که این مقدار برای وسایل موتوری نباید بیشتر از ۳ درصد گردد.

لذا در طراحی یک شبکه باید ۲ اصل زیر رعایت شود.

۱ - جریان برق از حد مجاز جریان کابل تجاوز نکند.

۲ - افت ولتاژ نباید بیشتر از حد مجاز گردد.

سطح مقطع کابل با دانستن جریان، ولتاژ، درصد افت ولتاژ مجاز، طول کابل و جنس سیم از رابطه زیر بدست می‌آید.

III. محاسبه سطح مقطع کابل برای سه فاز و برای تک فاز

سه فاز $A = \frac{\sqrt{3} * L * I * cos\varphi}{K * \Delta V * U}$ تک فاز $A = \frac{2 * L * I * cos\varphi}{K * \Delta V * U}$

A: سطح مقطع کابل برحسب میلی‌متر مربع

L: طول مسیر برحسب متر

I: جریان برحسب آمپر

Cosφ: ضریب توان مصرف‌کننده

K: ضریب هدایت کامل (برای مس عدد ۵۶ و برای آلومینیوم عدد ۳۵)

Δv: افت ولتاژ مجاز برحسب ولت

U: ولتاژ برحسب ولت (برای ۳ فاز۳۸۰ و برای تک فاز ۲۲۰)

مثال: می‌خواهیم جهت اتصال یک موتور سه فاز که جریان آن۲۰A و ضریب توان آن ۰/۷۵ می‌باشد و در فاصله ۵۰ متر از تابلو قرار دارد. اگر از یک کابل استفاده کنیم مطلوبست محاسبه سطح مقطع کابل؟ افت ولتاژ مجاز ۲ درصد و K برابر ۵۶

$$A = \frac{\sqrt{3} * L * I * cos\varphi}{K * \Delta V * U} = \frac{\sqrt{3} * 50 * 20 * 0.75}{56 * 0.02 * 380} = 3.04$$

چون سطح مقطع بدست آمده جزء کابل‌های استاندارد نیست بنابراین اولین شماره کابلی که مقطع آن بیشتر از مقدار محاسبه شده است را انتخاب می‌کنیم که کابل نمره ۴ خواهد بود. (مراجعه شود به جدول جریان مجاز سیم‌ها)

	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
	یک یا چند سیم عایقدار در لوله خرطومی	کابلهای سبک چند سیمه	سیمهای نصب در هوای آزاد و مراکز توزیع به فاصله یکقطر از یکدیگر
	ISIRI (607) 01 یاNYA	ISIRI (607) 10یاNYM	
سطح مقطع mm^2	جریان مجاز A	جریان مجاز A	جریان مجاز A
۱	۱۲	۱۶	۲۰
۱.۵	۱۶	۲۰	۲۵
۲.۵	۲۱	۲۷	۳۴
۴	۲۷	۳۶	۴۵
۶	۳۵	۴۷	۵۷
۱۰	۴۸	۶۵	۷۸
۱۶	۶۵	۸۷	۱۰۴
۲۵	۸۸	۱۱۵	۱۳۷
۳۵	۱۱۰	۱۴۳	۱۶۰
۵۰	۱۴۰	۱۷۸	۲۱۰
۷۰	۱۷۵	۲۲۰	۲۶۰
۹۵	۲۱۰	۲۶۵	۳۱۰
۱۲۰	۲۵۰	۳۱۰	۳۶۵
۱۵۰	–	۳۵۵	۴۱۵
۱۸۵	–	۴۰۵	۴۷۵
۲۴۰	–	۴۸۰	۵۶۰
۳۰۰	–	۵۵۵	۶۴۵
۴۰۰	–	–	۷۷۰
۵۰۰	–	–	۸۸۰

▪ کنتاکتور

کنتاکتور ها به عنوان یک کلید وابسته به فرمان معرفی شده‌اند زیرا که عمل قطع و وصل کنتاکت های کنتاکتور توسط مدار فرمان انجام می‌شود. به عبارتی می‌توان کنتاکتور ها را کلیدهای مغناطیسی قابل کنترل نامید.
کنتاکتورها در اندازه‌های مختلف و ولتاژهای مختلف طراحی می‌شوند. از کنتاکاتورهای ۲۴ ولت که بسیار کوچک هستند که توانایی قطع و وصل یک آمپر را دارند و به راحتی می‌توانیم آن را در مشت بگیریم که به آن‌ها رله می‌گویند. تا کنتاکتورهایی که در طول و عرض یک متر وجود دارند و توانایی قطع و وصل چند هزار آمپر را دارند و کنتاکتور ها عموماً در تابلو برق صنعتی کاربرد زیادی دارند، ولی در برق ساختمان هم کاربردهایی دارند مثلا می‌توانیم به وسیله کنتاکتور و یک محافظ از کل وسایل برق منزل محافظت کنیم.

انواع کنتاکتور های AC و DC بر اساس نوع (تیپ) در جدول زیر آورده شده است:

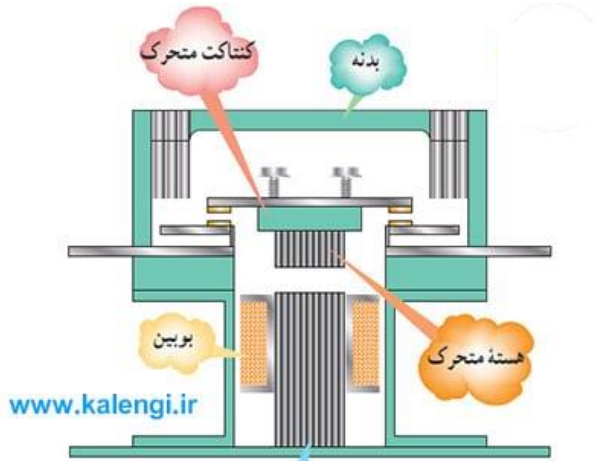
نوع جریان	استاندارد و طبقه بندی کنتاکتور	مورد استفاده
AC	AC1	بار اهمی ـ بار غیراندوکتیو یا با اندوکتیویته ضعیف ـ گرم کن برقی با ضریب توان حدوداً $\cos \varphi = ۰/۹۵$
AC	AC2	برای راه اندازی موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی، بدون ترمز جریان مخالف، جریان راه اندازی بستگی به مقاومت مدار روتور دارد.
AC	AC2'	برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور سیم پیچی با ترمز جریان مخالف
AC	AC3	برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه ای ـ هنگام قطع جریان نامی از تیغه های کنتاکتور عبور می کند ـ تحمل جریان راه اندازی ۵ تا ۷ برابر جریان نامی.
AC	AC4	برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه ای ـ به کار بردن ترمز جریان مخالف تغییر جهت گردش الکتروموتور روتور قفسه ای ـ تعداد دفعات قطع و وصل در فواصل زمانی اندک
AC	AC-6b	کنتاکتورهای خازنی، برای وصل بارهای خازنی و خازنهای اصلاح ضریب قدرت
AC	AC11	کنتاکتور کمکی ـ کنتاکتور فرمان بدون داشتن کنتاکت قدرت کوپل مغناطیسی ـ استفاده فقط در مدار فرمان
DC	DC1	بار اهمی ـ بار غیراندکتیو یا با اندکتیویته ضعیف ـ گرم کن برقی
DC	DC2	راه اندازی موتور شنت ـ قطع کردن موتور هنگام کار
DC	DC3	برای راه اندازی موتور شنت با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک ـ مدار ترمز
DC	DC4	راه اندازی موتور سری ـ قطع موتور هنگام کار
DC	DC5	راه اندازی موتور سری با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک ـ تغییرجهت گردش موتور ـ مدار ترمز
DC	DC11	کنتاکتور کمکی ـ کنتاکتور فرمان ـ کوپل مغناطیسی

ساختمان داخلی کنتاکتورها:

داخل کنتاکتورها از سیم‌پیچ یا بوبین و هسته‌ی مغناطیسی و فنر تشکیل شده است، هسته‌ی مغناطیسی در کنتاکتورها دو تکه هستند که شامل یک هسته‌ی ثابت و یک هسته‌ی متحرک است و بوبین روی قسمت ثابت هسته نصب می‌شود اما قسمت متحرک هسته به‌وسیله‌ی فنر از کنتاکت های ثابت جدا نگه داشته شده است.

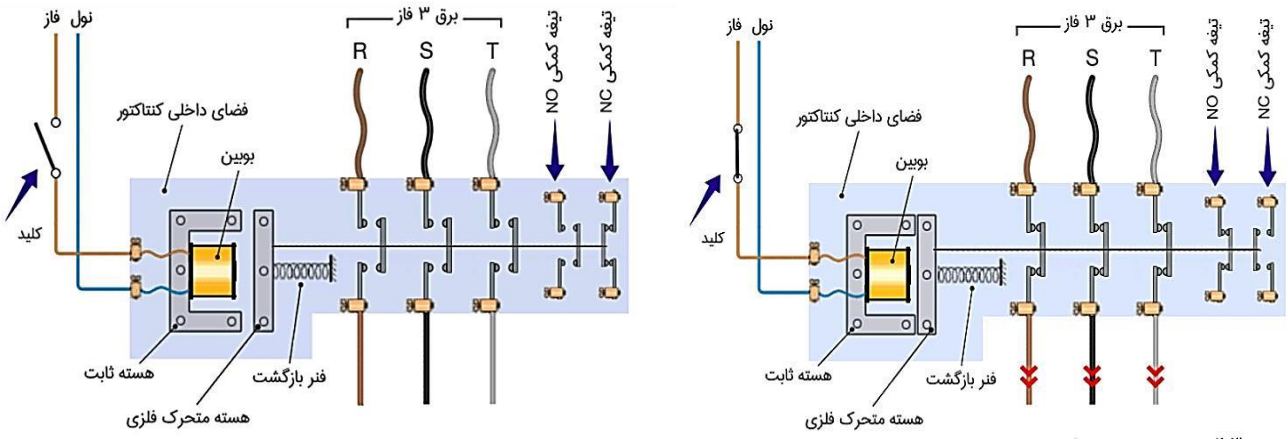
وقتی بوبین به‌وسیله‌ی کلید فرمان برق‌دار می‌شود خاصیت مغناطیسی به خود می‌گیرد و مانند یک آهن‌ربا قسمت متحرک هسته را جذب خود می‌کند. قسمت متحرک به چندین کلید متصل شده است که با تغییر وضعیت آن، کلیدها نیز تغییر وضعیت خواهند داشت. به این صورت که معمولا ۳ کلید اصلی برای مدار قدرت وجود دارد و با بسته شدن قسمت متحرک کلیدها بسته شده و برق مدار اصلی را وصل میکنند. علاوه بر این، چند کلید کمکی دیگر نیز وجود دارد که با به حرکت قسمت متحرک تغییر وضعیت می دهند.

فنرهایی بین دو هسته وجود دارد، کاربرد این فنرها در هنگام قطع کنتاکتور است به این صورت که وقتی بوبین از طرف مدار فرمان تغذیه نشود برقش قطع می‌شود و فنر دو هسته را از یکدیگر جدا می‌کند.



شکل (۱۱-آ): نمای داخلی یک کنتاکتور

در واقع ساختمان داخلی کنتاکتور یک مدار مغناطیسی ساده شبیه آنچه که در فصل اول درس ماشین های الکتریکی ۱ آشنا شدیم، است. در شکل زیر یک مدار مغناطیسی ساده که دارای قسمت محترک است نشان داده شده است. ملاحظه میشود وقتی به سیم پیچ روی هسته (بوبین) ولتاژ اعمال میکنیم قسمت متحرک را جذب کرده و باعث میشود کلیدهایی که از قبل باز بوده اند (Normaly Open) بسته شوند و کلید های که از قبل بسته بوده اند (Normaly Closed) باز شوند.



الف) بوبین برقدار است و قسمت متحرک را جذب کرده است

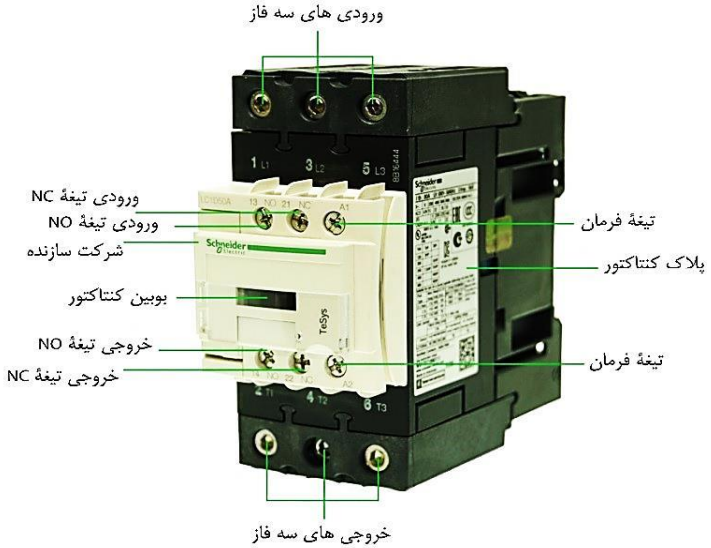
ب) بوبین برقدار نیست و قسمت متحرک جدا شده

شکل (۱۱-ب): نمای داخلی یک کنتاکتور

ساختمان بیرونی کنتاکتور ها:

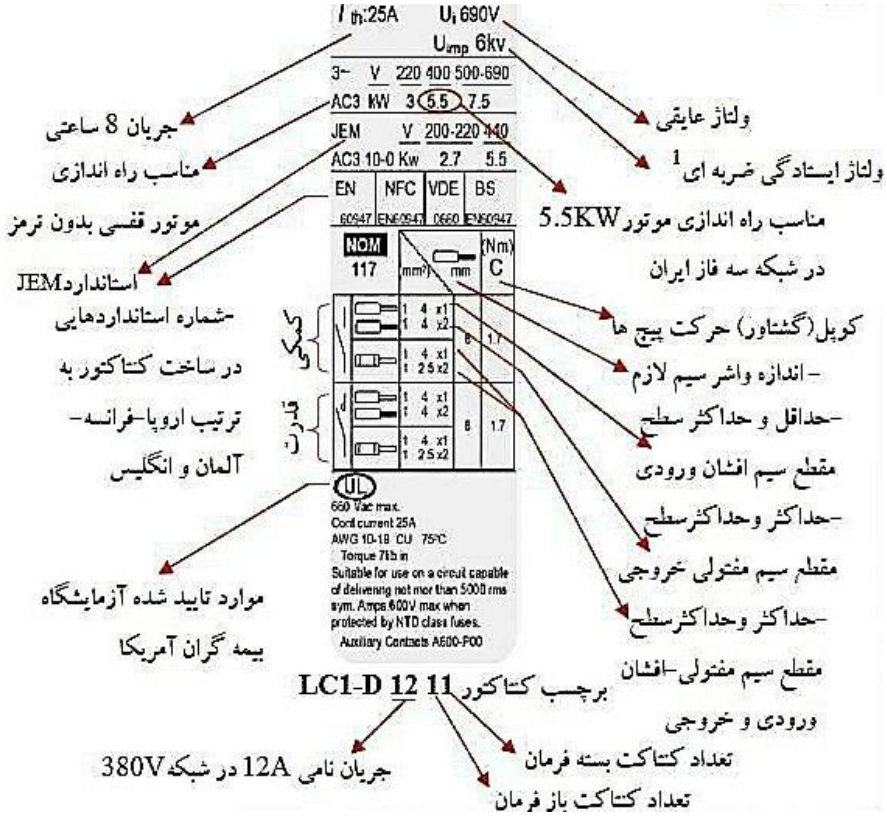
در نمای بیرونی کنتاکتورها تعدادی پیچ وجود دارد که سیم‌های برق به این پیچ‌ها متصل می‌شود. قطعه پلاستیکی به بوبین متحرک متصل است که وقتی کنتاکتور وصل است پایین می‌رود و وقتی هم‌سطح بدنه‌ی کنتاکتور باشد یعنی قطع است. بقیه اتصالات یک کنتاکتور در شکل زیر مشخص شده اند.

اعداد ۱ ۳ ۵ ورودی های مدار قدرت و اعداد ۲ ۴ ۶ خروجی های مدار قدرت هستند و در واقع کنتاکتور این اتصالات را به یکدیگر برای روشن کردن مصرف کننده وصل میکند. اتصالات A_1, A_2 برای برقدار کردن بوبین و عملکرد اصلی کنتاکتور است و ۱۱-۱۲ و ۱۳-۱۴ کنتاکتهای کمکی هستند.



شکل (۱۲): نمای خارجی یک کنتاکتور

پلاک کنتاکتور



سایر پارامترها

Ith_2 : جریان دائمی– جریانی است که می تواند در شرایط عادی از کنتاکتهای قدرت و در زمان نامحدود بدون قطع عبور نماید.

Ith_1 : جریان هفتگی (قطع و وصل) – جریانی است که با اتصال یک بار در هر هفته بدون تاثیر در کارکرد عبور نماید.

Ith :جریان شیفتی (هشت ساعته) – جریانی است که با اتصال یک بار در هر هشت ساعت از کنتاکتهای کنتاکتور بدون تاثیر در کارکرد کنتاکتور عبور نماید.

Ie : جریان نامی – جریان قابل تحمل برای کنتاکتهای اصلی.

Is : جریان اتصال کوتاه – مقدار جریانی است که کنتاکتها می توانند در زمان اتصال کوتاه تحمل نمایند.

Ue : ولتاژ نامی تحمل تیغه ها – مقدار ماکزیمم ولتاژی است که کنتاکتها در شرایط کار عادی می توانند تحمل نمایند.

Ui : ولتاژ عایقی بدنه کنتاکتور.

Uc : ولتاژ نامی.

Uimp : ولتاژ ضربه یا ایمپالس- مقدار ولتاژ ضربه‌ای که تجهیز بدون خراب شدن می‌تواند آن را تحمل کند.

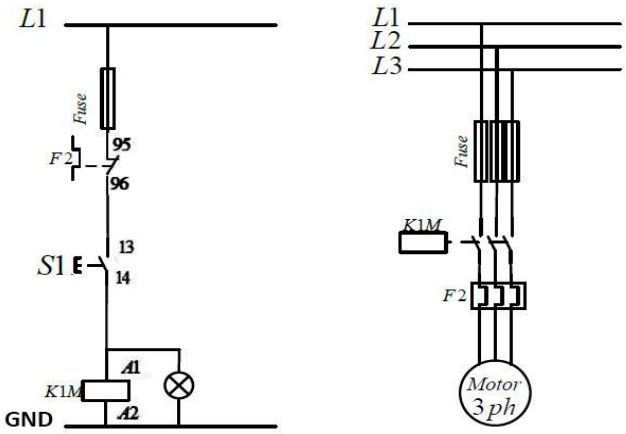
طول عمر مکانیکی: با حروف لاتین از A تا F نیز نشان می دهند و اصطلاحا کلاس کلید می نامند.

$F=10^8$ $E=10^7$ $D=10^6$ $C=10^5$ $B=10^4$ $A=10^3$

مثال $D3=3*10^6$ $E5=5*10^7$

مدار فرمان و مدار قدرت کنتاکتور

کنتاکتور دارای اتصالاتی برای **مدار فرمان** (فرمان دادن به دستگاه موردنظر برای خاموش و روشن کردن آن) و **مدار قدرت** (اتصال تغذیه به دستگاه موردنظر) است.



مدار فرمان **مدار قدرت**

اتصالات مدار فرمان شامل A_1,A_2 یعنی بوبین کنتاکتور و اتصالاتی که به‌صورت معمول باز هستند و با برق‌دار شدن بوبین بسته می‌شوند (NO=Normally Open) و اتصالاتی که به‌صورت معمول بسته هستند و با برق‌دار شدن بوبین باز می‌شوند (NC=Normally Closed).

اتصالات مدار قدرت بسته به تک فاز و یا سه فاز بودن آن به ترتیب شامل یک ورودی و یک خروجی برای تک فاز و سه ورودی و سه خروجی برای سه فاز است.

- **مزایای استفاده از کنتاکتورها به جای کلیدها:**

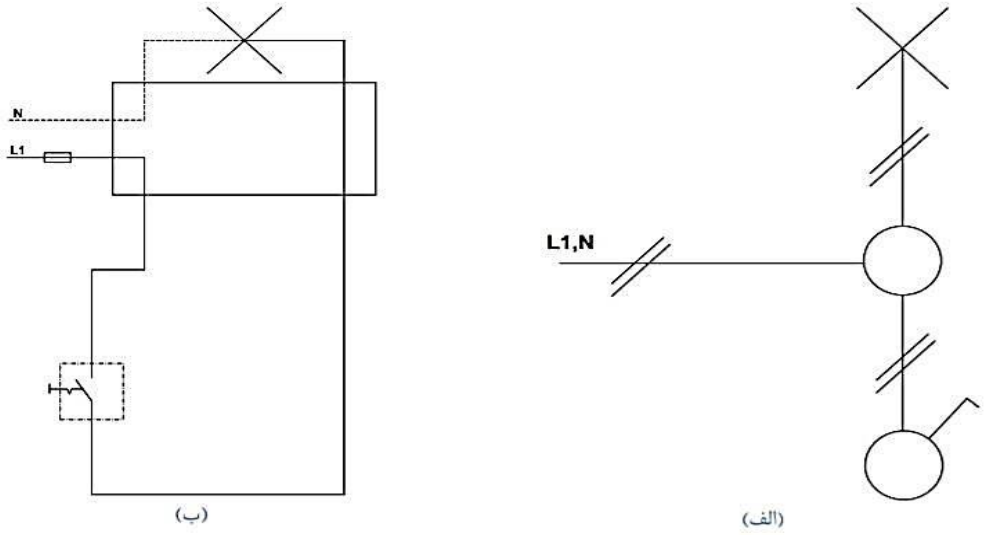
IV. کنترل و فرمان از راه دور توسط کنتاکتور اقتصادی‌تر و ایمنی‌تر است.
V. از خطرات ناشی از راه افتادن دوباره ماشین‌هایی که در اثر قطع ناگهانی برق شبکه از کار افتاده است جلوگیری می‌کند.
VI. توسط کنتاکتور امکان قطع و وصل مصرف‌کننده از چندین محل عملی می‌باشد.
VII. امکان مدار فرمان خودکار مقدور است.
VIII. با طراحی مناسب می‌توان سرعت قطع و وصل مدار را بالا برد.
IX. حفاظت دستگاه‌ها مناسب‌تر و مطمئن‌تر است.

فصل دوم آزمایش‌ها

آزمایش شماره۱ : مدار کلید تک پل

هدف آزمایش: کاربرد مدار الکتریکی کلید تک پل

از این مدار برای قطع و وصل وسایل الکتریکی و روشن و خاموش کردن لامپ‌ها در اتاق‌های کوچک، انباری، حمام، آشپزخانه و ... استفاده می‌شود. لذا یکی از پرکاربردترین کلیدها می‌باشد.



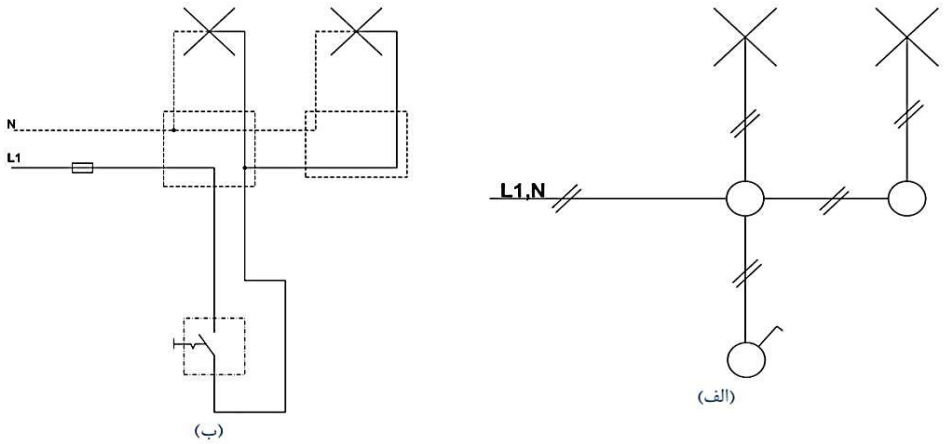
شکل (۱۳): کلید تک پل

کلید تک پل (لامپ‌های موازی)

از این مدار برای قطع و وصل وسایل الکتریکی و روشن و خاموش کردن همزمان دو یا چند لامپ در اتاق‌های بزرگ، سالن‌ها و ..... استفاده می‌شود. در شکل ۱۴ شمای فنی و حقیقی این مدار را ملاحظه می‌کنید

پرسش:

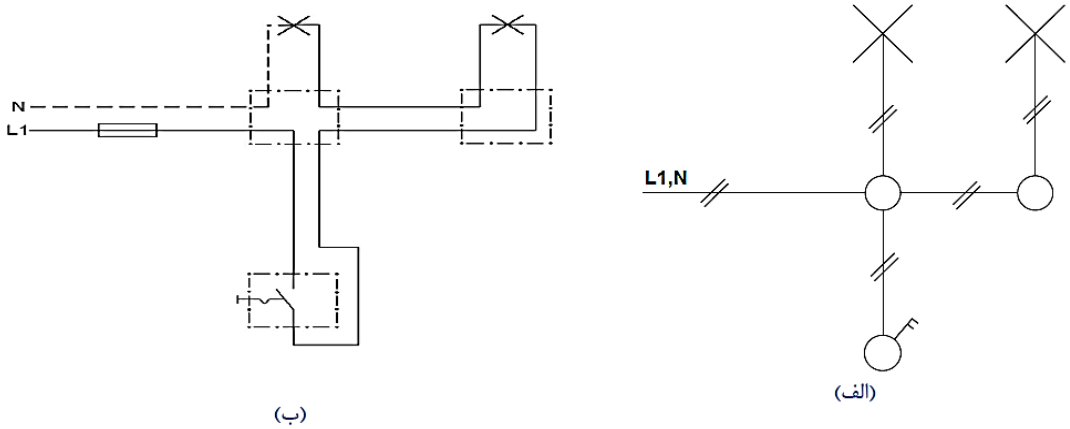
در این مدار اگر یکی از لامپ‌ها بسوزد و یا قطع شود چه اتفاقی برای لامپ‌های دیگر میافتد؟



شکل (۱۴) : کلید تک پل و دو لامپ موازی

کلید تک پل لامپ‌های سری

در سیم‌کشی ساختمان معمولا لامپ ها را با هم موازی می‌کنند و فقط درحالتی که بخواهیم چند لامپ با ولتاژ پایین را به ولتاژ متصل کنیم چند لامپ را با هم سری کرده بطوریکه روی هر لامپ ولتاژی برابر با ولتاژ نامی آن برسد. مثلاً اگر بخواهیم لامپ‌های$V۱۲$ را به ولتاژ $V۲۲۰$ متصل کنیم لازم است که تعداد ۱۹ عدد لامپ را با هم سری کنیم.



شکل (۱۵) : کلید تک پل و دو لامپ سری

پرسش:

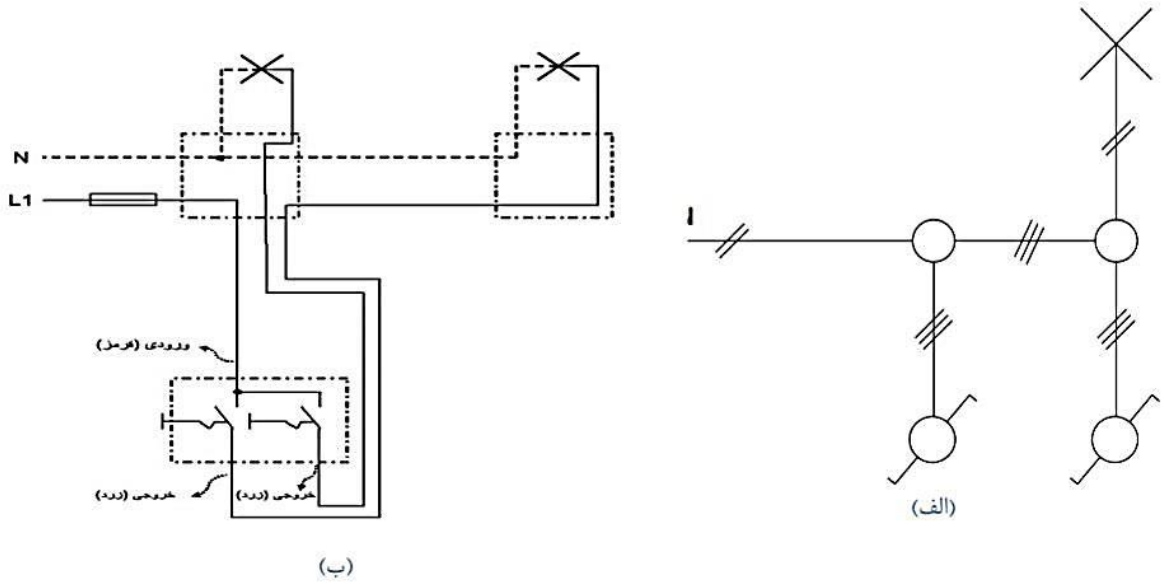
در این مدار اگر یکی از لامپ‌ها بسوزد و یا قطع شود چه اتفاقی برای لامپ‌های دیگر میافتد؟

مسئله: لامپ‌هایی با وات‌های متفاوت را باهم سری کنید. نور کدام لامپ بیشتر می‌شود؟ چرا؟

آزمایش شماره۲ :کلید دو پل

هدف آزمایش: کاربرد مدارهای الکتریکی کلید دوپل

این مدار در محل‌هایی که دو دسته لامپ کنار هم وجود دارد به کار می‌رود. مانند اتاق‌های پذیرایی بزرگ که بیش از یک لامپ و یا لوستر دارند که باید در یک زمان یک دسته و در زمان دیگر دسته دیگری از لامپ‌ها و در موقع دیگر هر دو دسته لامپ‌ها روشن شوند.



شکل (۱۶): کلید دو پل

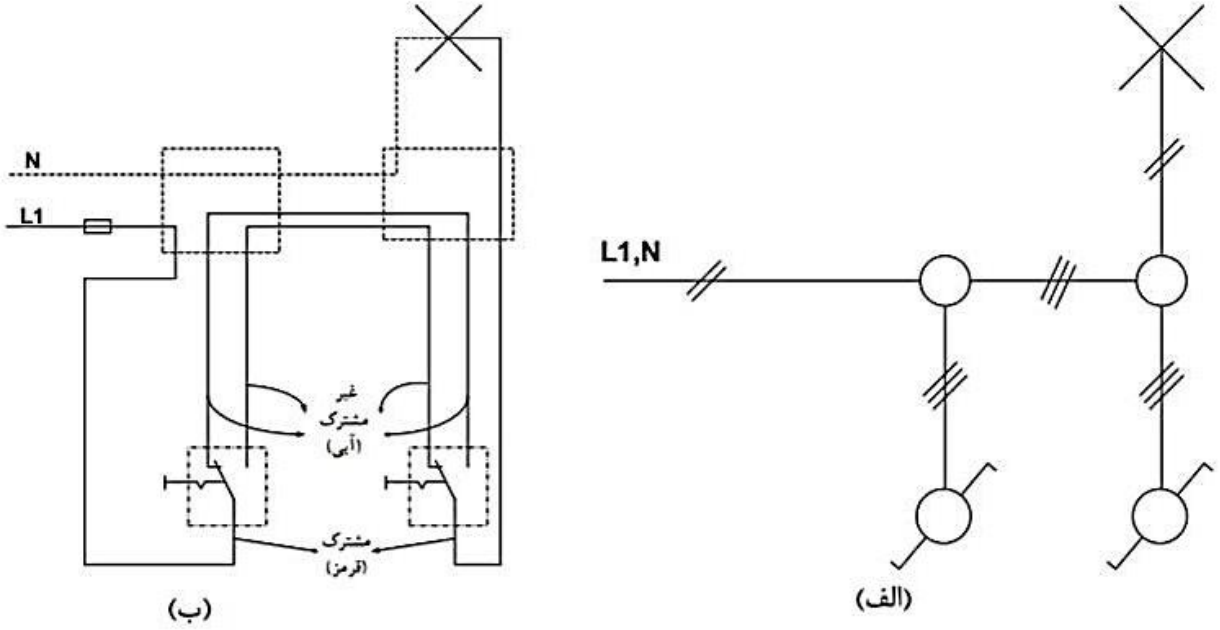
پرسش:

با استفاده از یک کلید دوپل مداری طراحی کنید که تا لامپ اول روشن نشده باشد، نتوان لامپ دوم را روشن کرد؟

آزمایش شماره۳ : کلید تبدیل

هدف آزمایش: کاربرد مدارهای الکتریکی کلید تبدیل

کلید تبدیل برای روشن و خاموش کردن یک لامپ یا یک گروه لامپ از دو نقطه مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً برای راهروها، راه‌پله‌ها و سالن‌های بزرگ که یک ورودی و یک خروجی دارند استفاده می‌شود. در شکل ۱۷ نقشه حقیقی و فنی کلید تبدیل قابل مشاهده می‌باشد.



شکل (۱۷): کلید تبدیل

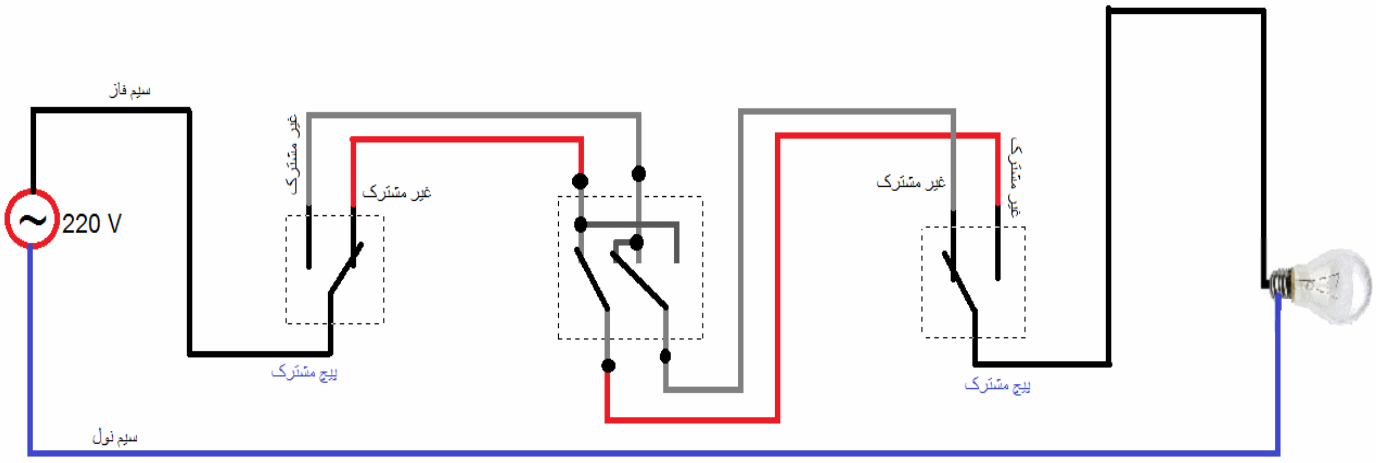
پرسش:

آیا می‌توان از کلید تبدیل به عنوان کلید تک پل استفاده کرد؟ چگونه؟

آزمایش شماره۴ : کلید صلیبی

هدف آزمایش: کاربرد مدارهای الکتریکی کلید صلیبی

از این کلید درجاهایی استفاده می‌شود که بخواهند یک یا چند لامپ را از چند نقطه (بیش از دونقطه) روشن و خاموش کنند. برای این کار، باید در ابتدا و انتهای مدار یک کلید تبدیل و بین آن‌ها یک یا چند کلید صلیبی قرار داد. در شکل ۱۸ نقشه فنی مدار کلید صلیبی را ملاحظه می‌کنید به‌وسیله‌ی این مدار می‌توان کنترل ۱ لامپ را از سه نقطه انجام داد.



شکل (۱۸): کلید صلیبی

پرسش‌ها:

۱ - آیا می‌توان از کلید صلیبی به عنوان کلید تک پل استفاده کرد؟ چگونه ؟

۲ - آیا می‌توان از کلید صلیبی به عنوان کلید تبدیل استفاده کرد ؟ چگونه؟

آزمایش شماره۵ : مدار مهتابی با ترانس مغناطیسی و ترانس الکترونیکی

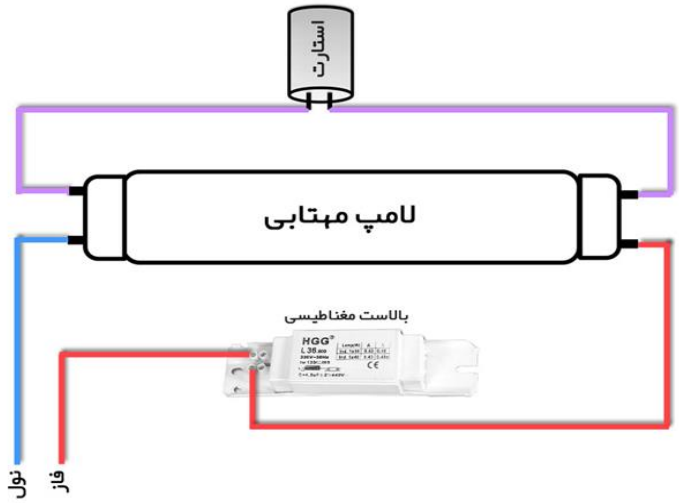
هدف آزمایش: آشنایی نقشه مدار مهتابی و فواید جایگزین کردن بالاست های الکترونیکی به جای بالاست های مغناطیسی

نقشه مدار مهتابی با بالاست مغناطیسی:

چک مغناطیسی، استارتر، بالاست القایی، بالاست مغناطیسی، ترانس مهتابی، این‌ها همه نام‌هایی است که در بازار برای بالاست های مغناطیسی استفاده می‌شود. در تصویر زیر یک نمونه بالاست مغناطیسی را مشاهده می-کنید.

شکل (۱۹): بالاست مغناطیسی

در کلیه مهتابی‌های قدیمی تک لامپ و دو لامپ از بالاست های مغناطیسی استفاده می‌شود که نقشه مدار آن به‌صورت زیر است.

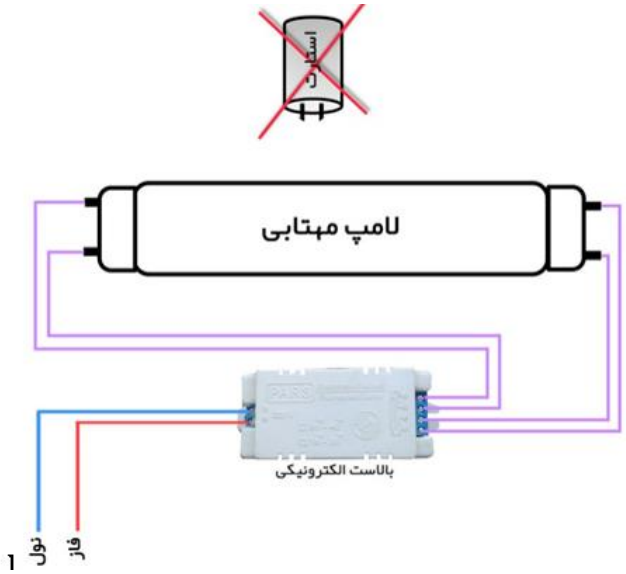


شکل (۲۰): مدار مهتابی با بالاست مغناطیسی

در تصویر بالا مشاهده می‌کنید که سیم فاز وارد یکی از پایه‌های بالاست شده (فرقی نمی‌کند، کدام پایه) و از پایه دیگرِ بالاست خارج می‌شود و به یکی از پایه‌های مهتابی وصل می‌شود. در ادامه یکی از پایه‌های مهتابی به نول و دو تا از پایه‌ها به استارت وصل می‌شود. برای مهتابی‌های دارای دو لامپ، همین نقشه دو بار تکرار شده است. یعنی در مهتابی‌های دو لامپ ما دو عدد بالاست مغناطیسی، دو عدد استارت و دو عدد لامپ مهتابی داریم. این مهتابی‌ها، یا درواقع این بالاست ها مشکلات خاصی را به همراه دارند. ازجمله اینکه:

- گرمای بسیار زیادی تولید می‌کنند، پس می‌توان گفت که پرت انرژی زیادی دارند.
- روشن شدن مهتابی همراه با دو سه ثانیه تأخیر اتفاق می‌افتد، و مهتابی قبل از روشن شدن چند بار چشمک می‌زند تا کاملاً روشن شود.
- این بالاست ها در هنگام کار دارای یک سروصدای ویز ویز هستند.
- طول عمر لامپ مهتابی در این مدل کمتر است.
- استفاده از این بالاست ها سبب می‌شود که لامپ مهتابی در هر ثانیه ۱۰۰ بار خاموش و روشن شود، شاید چشم ما قادر به مشاهده آن نباشد. ولی این قضیه باعث خستگی چشم می‌شود.
- نیاز به وجود عنصری به نام استارت است.
- وزن این بالاست ها بیش از پنج برابر بالاست های الکترونیکی است.

نقشه مدار مهتابی با بالاست الکترونیکی:



شکل (۲۱): نقشه مدار مهتابی بالاست الکترونیکی

در نقشه بالا مشاهده می‌کنید که فاز و نول به‌صورت مستقیم وارد بالاست الکترونیکی شده و از بالاست چهار رشته سیم به لامپ مهتابی وصل شده است. فواید بالاست های الکترونیکی نسبت به بالاست های مغناطیسی در این است که:

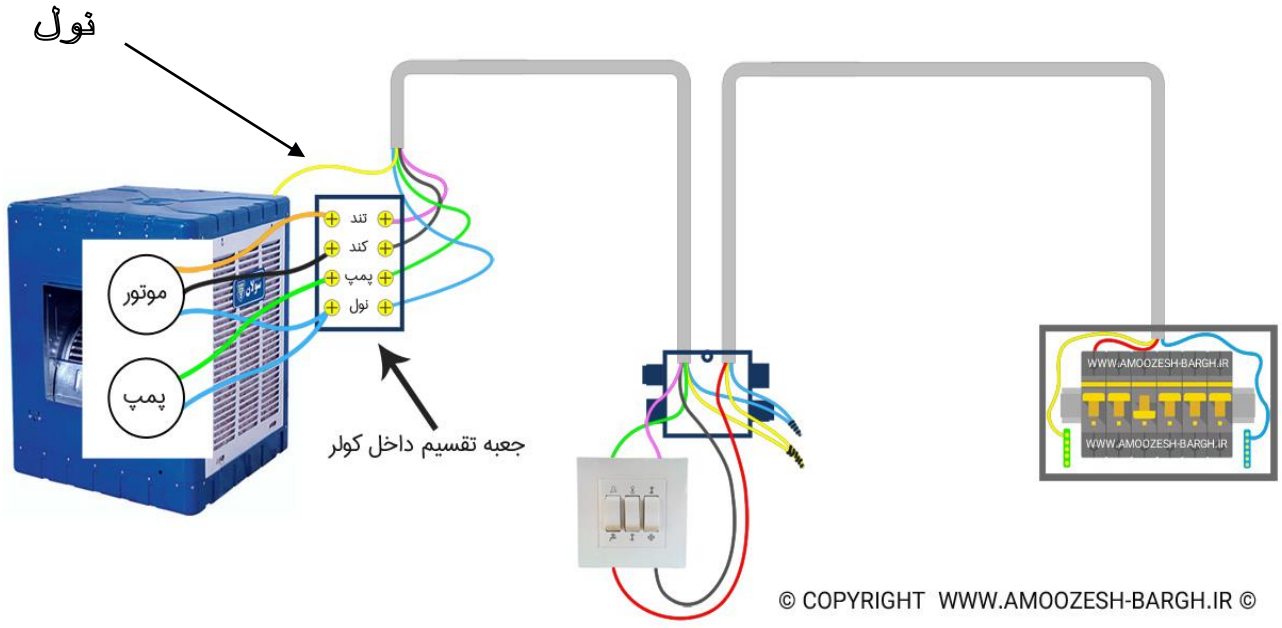
- حذف استارت از مدار مهتابی
- کاهش مصرف برق به میزان ۴۰ درصد
- حذف چشمک زدن لامپ مهتابی در زمان روشن شدن و پس از آن
- خلاصی از سروصدای ویز ویز در مهتابی
- تولید گرمای بسیار پایین
- افزایش چشمگیر طول عمر لامپ مهتابی
- جلوگیری از سیاه شدن دو سر مهتابی

آزمایش شماره۶ : سیم‌کشی کولر آبی

مقدمه

برای کولرهای آبی از جعبه فیوز تا کلید کولر از ۳ رشته سیم شماره ۲.۵ استفاده شده که از این سه رشته سیم یکی برای فاز است، یکی برای نول و یکی برای ارت استفاده می‌شود. و از **کلید کولر** تا جعبه تقسیم داخل کولر یک کابل ۱.۵* ۵ مفتولی نصب کنید. از این ۵ رشته سیم یکی برای نول، یکی برای تند، یکی برای کند، یکی برای پمپ و یکی برای ارت است.

پس در کل در داخل کلید کولر ۲ لوله برق وجود دارد، که از داخل یکی از این لوله‌ها ۵ رشته سیم آمده (و اگر ساختمان ارت نداشته باشد کلاً ۴ رشته سیم آمده است) و از داخل یکی از لوله‌ها هم ۳ رشته سیم (و اگر ساختمان ارت نداشته باشد ۲ رشته سیم دارد).



شکل (۲۲): نقشه سیم‌کشی کولر آبی

تنها نکته‌ای که در تصویر بالا وجود دارد سیم زردرنگی است که به بدنه کولر وصل شده است. طبق استانداردهای برق ساختمان رنگ این سیم که برای ارت استفاده می‌شود باید ترکیبی از رنگ زرد و سبز باشد -

یعنی کاملاً زرد با یک خط سبزرنگ در وسط آن -. اگر در داخل جعبه تقسیم کولر، ترمینالی برای ارت تعبیه نشده است، شما بایستی مستقیم این سیم را به بدنه کولر وصل کنید. این سیم جهت جلوگیری از برق‌گرفتگی اشخاص به کار می‌رود و نقشی در عملکرد خودِ کولر ندارد.

در کل اگر سیستم برق‌کشی منزل شما ارت ندارد. سیم‌های زردرنگ را در مدار بالا در نظر نگیرید.

نقشه کلید کولر:

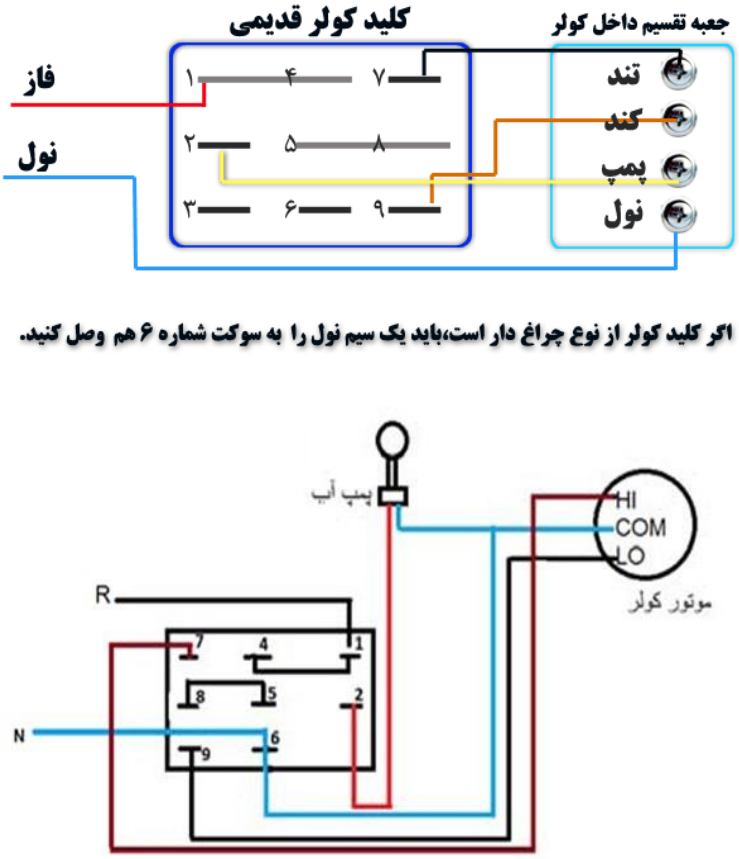
کلید کولر آبی در واقع از سه کلید تشکیل شده است:

- یک کلید یک پل برای واتر پمپ
- یک کلید یک پل برای موتور
- و یک کلید تبدیل برای دور تند و کند

در تصویر پایین یک کلید کولر سوکتی را مشاهده می‌کنید.

شکل (۲۳): کلید کولر سوکتی

نقشه اتصال سیم‌ها به این کلیدها به‌صورت زیر است.



شکل (۲۴): نقشه سیم‌کشی کولر آبی

همان‌طور که مشاهده می‌کنید به‌غیراز سوکت شماره ۳ که حذف شده است، در پشت این کلیدها ۸ سوکت وجود دارد. البته تمام این سوکت ها مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و تنها سوکت های شماره ۱، ۲، ۷ و ۹ به سیم‌های برق وصل می‌شوند. که بایستی سیم‌های برق را از طریق سرسیم ها به سوکت ها متصل کنید. اگر کلید دارای چراغ نباشد، سیم نول از پشت کلید به سمت جعبه تقسیم داخل کولر می‌رود و وارد هیچ‌کدام از سوکت های کلید کولر نمی‌شود.

فاز ورودی به سوکت شماره ۱

تند به سوکت شماره ۷

کند به سوکت شماره ۹

و پمپ به سوکت شماره ۲

آزمایش شماره۷ : نصب کنتاکتور با استفاده از شستی استاپ و استارت

هدف: فرمان لحظه‌ای و دائم به کنتاکتور

مدارهای شامل کنتاکتور به دو مدار فرمان و قدرت تقسیم می‌شوند:

مدار فرمان: شامل اتصالات کنتاکتور به‌منظور فرمان دادن برای روشن یا خاموش کردن دستگاه موردنظر است.

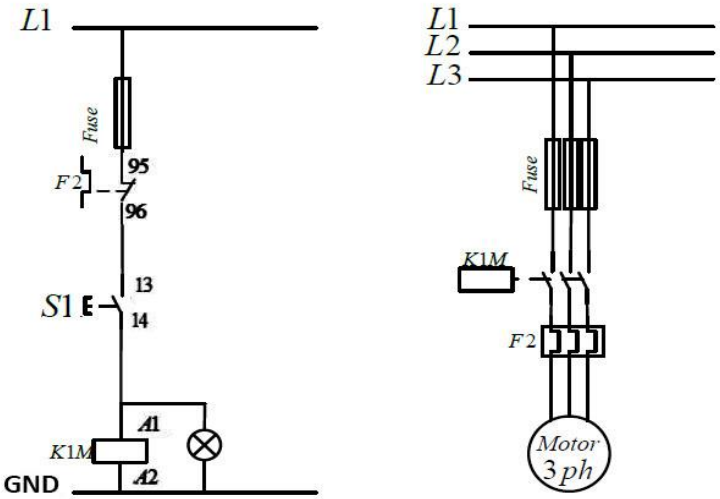
مدار قدرت: شامل اتصالات منبع تغذیه به دستگاه موردنظر است.

در این آزمایش قصد داریم با فرمان دادن به کنتاکتور از یک محل در دو حالت دائم کار و لحظه‌ای آشنا شویم. منظور از حالت دائم کار این است که با یک‌بار فرمان دادن به کنتاکتور به کمک شستی مدار وصل و به‌صورت دائم شروع به کار کند این در حالی است که در حالت لحظه‌ای تا زمانی که شستی تحریک شود، مدار وصل و با برداشتن تحریک از روی شستی مدار قطع گردد.

در شکل ۲۵ شمای فنی مدار فرمان و مدار قدرت در فرمان لحظه‌ای به کنتاکتور را ملاحظه می‌کنید. در این آزمایش از رله‌ی بی متال به‌منظور حفاظت از موتور در مقابل اضافه‌بار استفاده می‌گردد. کنتاکتهای قدرت رله‌ی بی متال را در مسیر جریان موتور قرار داده تا در صورت اضافه‌بار، کنتاکت فرمان رله‌ی بی متال (کنتاکتهای شماره 95 و 96 یا 97 و 98) تغییر وضعیت داده و مدار قطع گردد. کنتاکتهای 95 و 96 کنتاکت بسته یا NCو کنتاکتهای 97 و 98، کنتاکت باز یا NO می‌باشند. از کنتاکت NC به منظور قطع فرمان موتور در شرایط اضافه بار و از کنتاکت NO به منظور اعلام هشدار استفاده می‌گردد.

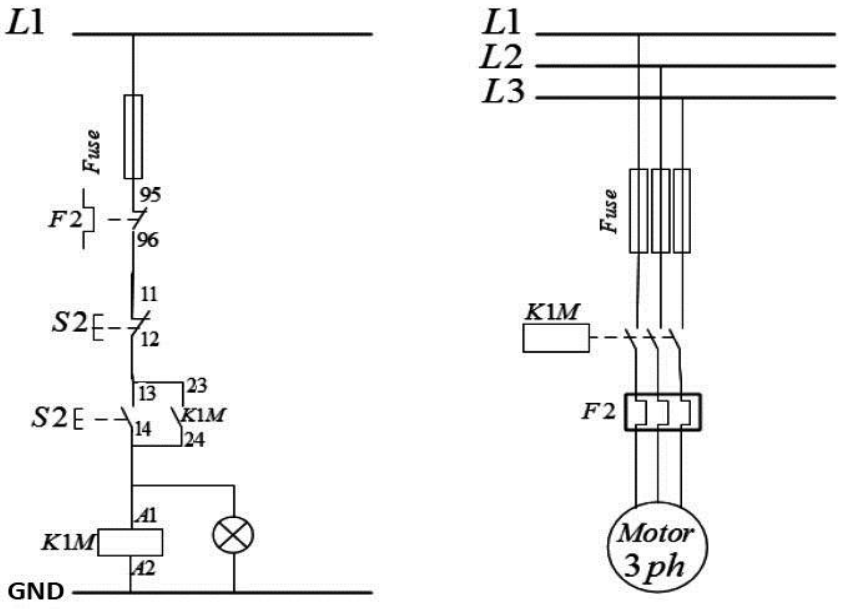
بر روی کنتاکتور اتصالات بسته یا NC وجود دارد که بر روی خود کنتاکتور و نقشه با یک عدد دو رقمی با یکان ۱ و ۲ نشان داده می‌شود. اتصالات باز یا NO با یک عدد دو رقمی با یکان ۳ و ۴ نشان داده می‌شود.

شستی استاپ نیز در حالت عادی بسته بوده بنابراین NC است و با یک عدد دو رقمی با یکان ۱ و ۲ نمایش داده می‌شود. شستی استارت در حالت عادی باز بوده یعنی NO است و با یک عدد دو رقمی با یکان ۳ و ۴ نمایش داده می‌شود.



شکل (۲۵): فرمان لحظه‌ای به کنتاکتور برای روشن کردن موتور سه فاز

در قسمت دوم می‌خواهیم با یک‌بار تحریک شستی استارت، مدار به‌صورت دائم وصل گردد. بدین منظور نقشه‌ی فنی مدار در شکل ۲۶ به نمایش گذاشته شده است. با توجه به این شکل پس از تحریک لحظه‌ای کنتاکتور، کنتاکتهای کمکی آن که در حالت عادی باز بودند، بسته شده و مسیر جایگزینی برای اعمال تحریک به کنتاکتور ایجاد می‌گردد. در این حالت با برداشتن تحریک از روی شستی، کنتاکتور همچنان وصل باقی می‌ماند. برای قطع کامل سیستم کافیست شستی استاپ S2 تحریک شود.



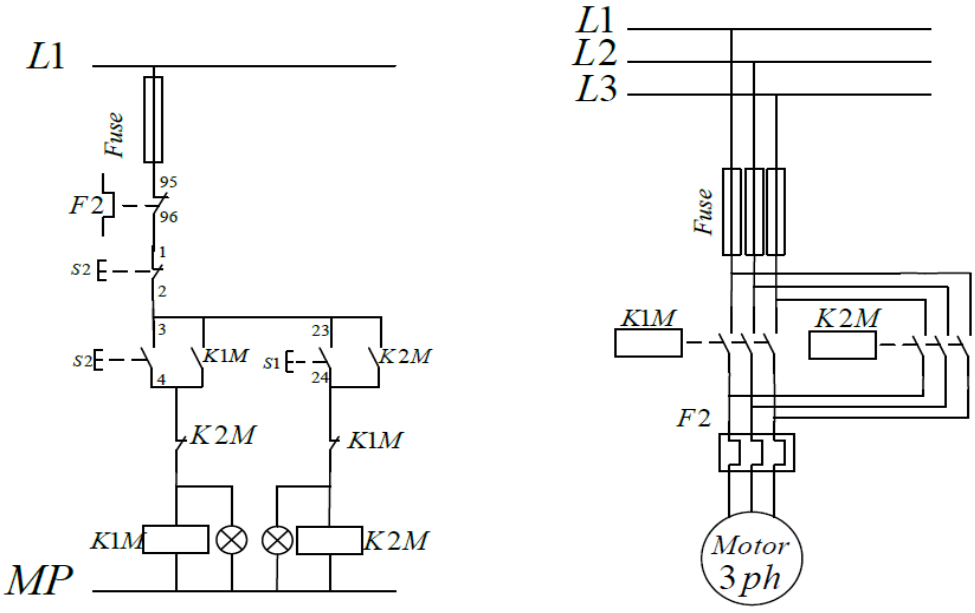
شکل (۲۶): فرمان دائم به کنتاکتور برای روشن کردن موتور سه فاز

آزمایش ۸: تغییر در جهت چرخش موتور به کمک کنتاکتور

هدف: در این آزمایش قصد داریم جهت چرخش موتور را به کمک کنتاکتور تغییر دهیم بدین منظور لازم است جای دو فاز با فرمان دادن به کنتاکتور عوض شود. در این صورت جهت میدان داخلی موتور برعکس شده و موتور در جهت عکس شروع به چرخش کند.

شرح آزمایش

مدار فرمان و مدار قدرت این آزمایش در شکل زیر نمایش داده می‌شود. این مدار به‌گونه‌ای طراحی‌شده که برای تغییر جهت موتور لازم است سیستم به‌طور کامل قطع و پس از آن شستی دیگر تحریک شود. قطع سیستم به‌طور کامل با تحریک شستی استاپ S2 انجام می‌پذیرد. با توجه به توضیحات داده شده با تحریک شستی استارت S2 ،کنتاکتور K1M وصل شده و موتور شروع به چرخش می‌کند. برای تغییر جهت چرخش موتور ابتدا مدار به‌طور کامل قطع و پس از آن با تحریک شستی S1، موتور در خلاف جهت حالت قبل شروع به چرخش می‌کند.



شکل (۲۷): تغییر در جهت چرخش موتور

۱ - مدار فرمانی طراحی کنید که به‌طور خودکار موتور ابتدا در جهت راست شروع به چرخش کند بعد از آن متوقف و سپس در جهت عکس شروع به حرکت کند؟

آزمایش شماره ۹: استفاده از تایمر به‌منظور تأخیر در فرمان به کنتاکتور

مقدمه

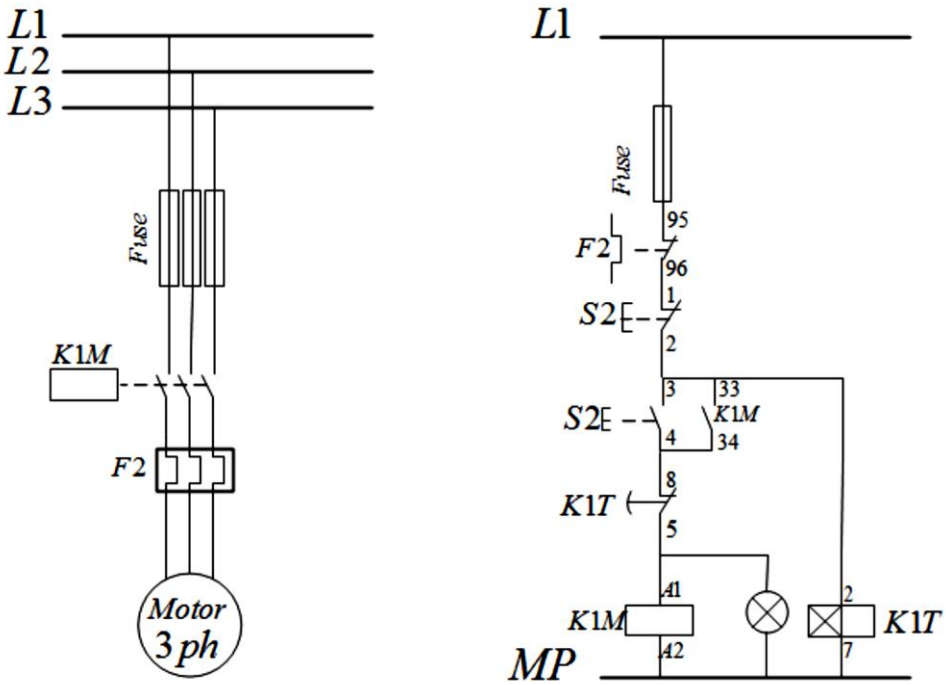
در برخی فرآیندهای صنعتی گاهی نیاز است مدار با تأخیر زمانی پس از اعمال فرمان وصل یا قطع گردد. در چنین شرایطی استفاده از تایمر به‌منظور ایجاد تأخیر زمانی پیشنهاد می‌گردد. چنانچه هدف ایجاد تأخیر زمانی در وصل شدن مدار باشد لازم است کنتاکت NO تایمر (کنتاکتهای 16,18 یا 6,8) با شستی به‌صورت سری قرار گیرد. تا پس از سرریز شدن تایمر کنتاکت باز تغییر وضعیت داده و بوبین کنتاکتور (A1,A2 یا 2,7) تحریک شود. به‌طور مشابه، در صورتی که هدف ایجاد تأخیر زمانی در قطع باشد بایستی کنتاکت NC تایمر (کنتاکتهای 15,18 یا 5,8) با شستی سری شود.

.

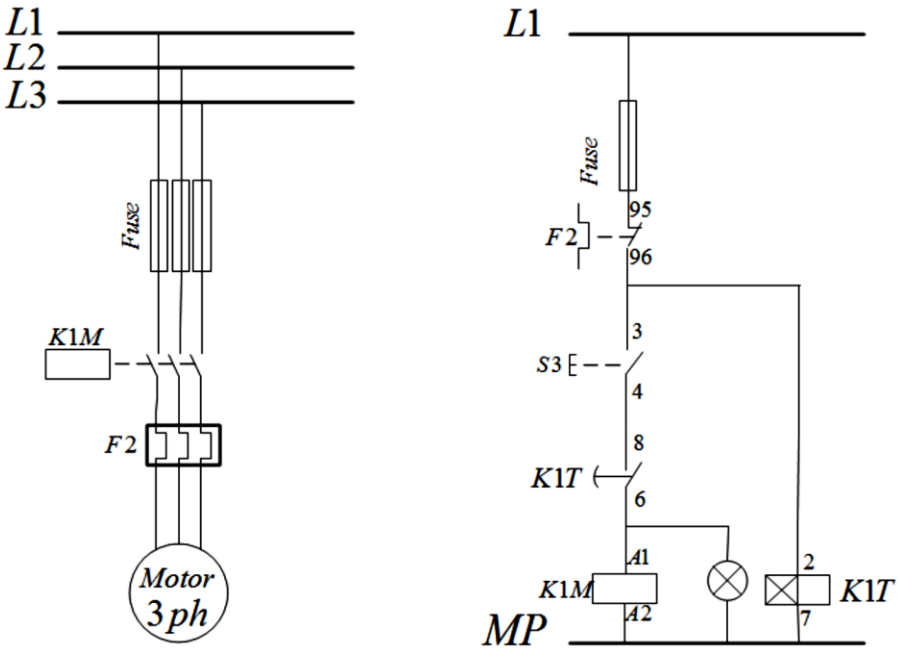
شکل (۲۸): تایمر

شرح آزمایش

می‌توان از تایمر هم به عنوان تأخیر در وصل استفاده شود و هم تأخیر در قطع که در شکل‌های زیر نشان داده شده‌اند.



شکل (۲۹): تأخیر در قطع مدار به کمک تایمر



شکل (۳۰): تأخیر در وصل مدار به کمک تایمر

۱- چند فرآیند صنعتی که نیاز به ایجاد تأخیر در وصل شدن مدار دارند بیان کنید

آزمایش شماره ۱۰: استفاده از مانیتور فاز به‌منظور حفاظت موتور

مقدمه

رله کنترل فاز در مدارات برق سه فاز استفاده می‌شود و بخصوص در تابلوهایی که برای کنترل موتور هستند. این رله خطوط سه فاز ورودی را تحت نظر دارد و در شرایط زیر عمل نموده و مدار را متوقف می‌کند.

۱- قطع یک یا دو فاز

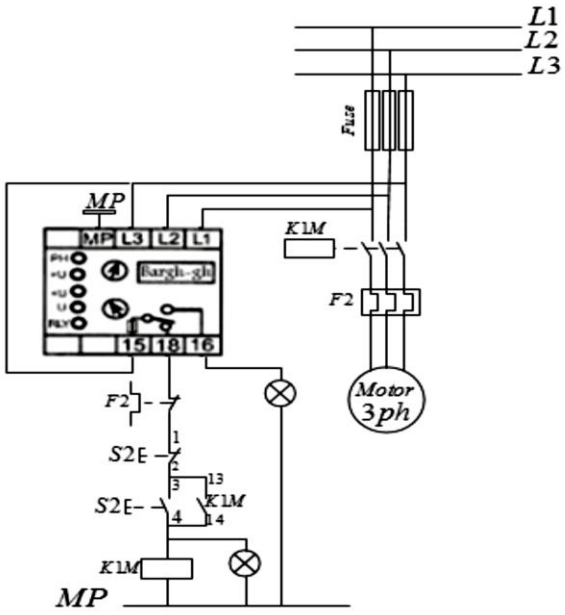
۲- جابجا شدن فازها

۳- عدم تقارن ولتاژهای سه فاز

۴- کاهش یا افزایش ولتاژ فازها

شرح آزمایش

به‌منظور اتصال رله کنترل فاز در مدار موتور به کمک کنتاکتور، مطابق شکل زیر عمل می‌کنیم. همان‌طور که در شکل زیر ملاحظه می‌کنید در حالت عادی پایه شماره ۱۸ رله کنترل فاز برق‌دار می‌باشد و چراغ سیگنال متصل به پایه ۱۶ آن خاموش است. در این شرایط با تحریک شستی کنتاکتور عمل کرده و موتور شروع به کار می‌کند. در این حالت چنانچه خطایی اتفاق بیفتد رله کنترل فاز عمل کرد و اتصال فاز از پایه ۱۸ قطع و به پایه ۱۶ وصل می‌شود و منجر به قطع کنتاکتور و روشن شدن چراغ سیگنال متصل به پایه ۱۶ رله می‌شود.



شکل (۳۱): رله کنترل فاز

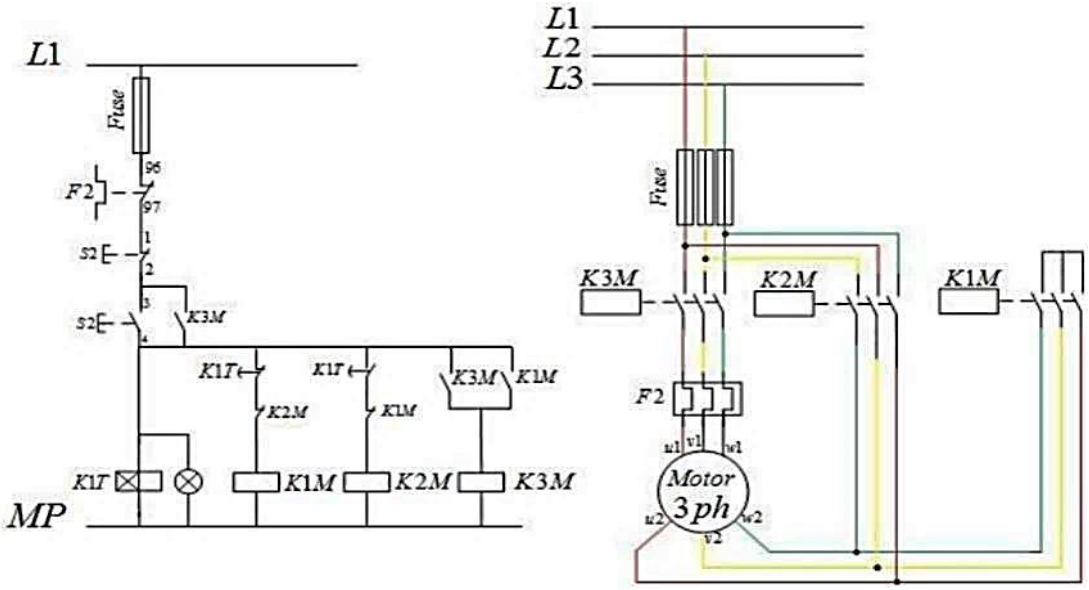
آزمایش شماره ۱۱: راه‌اندازی موتور با اتصال ستاره و تغییر سربندی موتور به مثلث

مقدمه

در اتصال ستاره ولتاژی که روی هر سیم‌پیچ میافتد رادیکال ۳ برابر کمتر از حالت مثلث است که ولتاژ فاز می‌باشد. بنابراین جریان راه‌اندازی در حالت ستاره رادیکال ۳ برابر کمتر از حالت مثلث است. برای حل این مشکل ابتدا موتور را با اتصال ستاره راه‌اندازی می‌کنند، که ولتاژ کمتری بر روی موتور قرار گیرد بعد از آن اتصال موتور را به مثلث تغییر می‌دهند.

شرح آزمایش

مدار فرمان و مدار قدرت این آزمایش در شکل زیر نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌کنید با تحریک شستی استارت S2 ، تایمر روشن شده و کنتاکتور K1M و K3M نیز وصل می‌شود و موتور با اتصال ستاره راه‌اندازی می‌گردد. بعد از اینکه تایمر فعال شد و کنتاکتهای آن تغییر وضعیت دادند، K1M قطع شده و K2M وصل می‌گردد و بدین ترتیب سربندی موتور از ستاره به مثلث تغییر می‌کند.



شکل (۳۲): راه‌اندازی موتور با اتصال ستاره

منابع:

مبحث ۱۳ مقررات ملی- دستور کار ویژه دانشجو شرکت ابزار آزما- وب‌سایت کالنجی- سایت آموزش برق