

بنام خدا

اجزای شبکه‌های سه فاز

تهیه و تنظیم: مهندس فردین محمودی

مزایای سیستم‌های سه فاز به سیستم‌های تک فاز

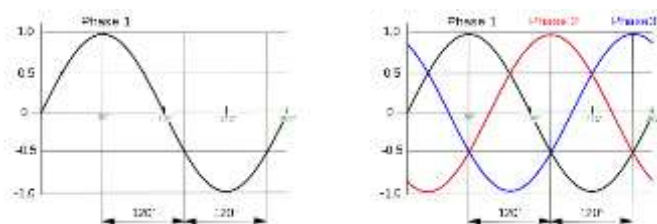
در جریان تک فاز لحظاتی وجود دارد که مقدار قدرت لحظه ای به صفر می رسد. اما در جریان سه فاز هیچ گاه توان لحظه ای صفر نمی شود. زیرا وقتی مقدار قدرت یکی از فازها به صفر برسد فازهای دیگر در همان لحظه مقادیری از قدرت را دارند.

برای راه اندازی الکترو موتورهای جریان متناوب (موتور القایی آسنکرون) نیاز به تولید نیروی محرکه مغناطیسی گردان است. که این میدان دوار با جریان یک فاز ساخته نمی شود. به همین جهت موتورهای القایی یک فاز را باید به روش موتورهای جریان دو فاز سیم پیچی کرد؛ یعنی به سیم پیچ فاز کمکی یا راه انداز و ایجاد اختلاف فاز با استفاده از خازن و عوامل دیگر بین دو سیم پیچ نیاز است. مهم تر از آن به خارج نمودن سیم پیچ راه انداز مدار نیاز داریم. اما در جریان سه فاز، میدان دوار، به علت اختلاف فاز 120° درجه بین فازها، به راحتی ایجاد می گردد.

در سیستم سه فاز، نیروی محرکه مغناطیسی تولید شده در الکترو موتورهای القایی در هر لحظه با مقدار ثابت در حال گردش است ولی در سیستم یک فاز، مقدار نیروی محرکه مغناطیسی تولید شده در الکترو موتور تک فاز القایی در هر لحظه متغیر است. این مسئله باعث بالابودن سر و صدای موتور تک فاز، نسبت به موتور سه فاز، می گردد. لذا موتور سه فاز، نرم تر از موتور تک فاز کار می کند.

حجم الکترو موتورهایی که با جریان سه فاز کار می کنند در توان یکسان از موتورهایی که با جریان یک فاز کار می کنند، کوچک تر است.

در تبدیل جریان متناوب به مستقیم، دامنه ولتاژ یک سو شده در سیستم سه فاز، نسبت به جریان یک سو شده توسط جریان متناوب یک فاز ریپل (ضربان) کمتر و راندمان بیشتری دارد.



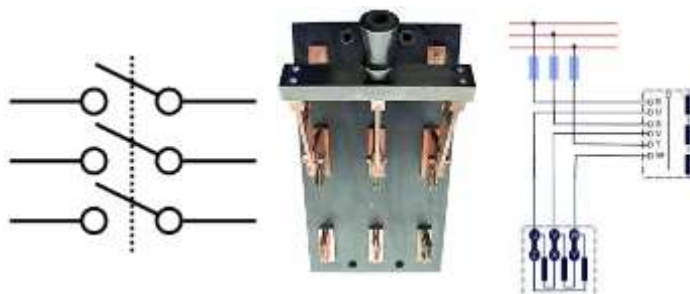
شکل ۱

در انتخاب اجزای سه فاز عوامل متعدد زیر را باید در نظر گرفت:

- قابلیت اطمینان؛
- اقتصادی بودن،
- انطباق با محدودیت‌ها و شرایط فیزیکی؛
- سادگی و سهولت بهره برداری و تعمیرات و نگهداری و ایمنی برای کارکنان؛

کلیدها

، ابتدا توسط یک کلید سه فاز ساده یک موتور الکتریکی سه فاز را بدون هیچ حفاظت یا کنترل غیر دستی به طور کاملاً ساده راه اندازی می کنیم. هدف از این فعالیت، آشنایی با عملکرد یک کلید سه فاز ساده است.



شکل ۲

در محل‌هایی که سطح مقطع شبکه تغییر می‌کند، در صورتی که از فیدر اصلی انشعابات طولانی و با بار زیاد (بالا تر از ۱۰۰ آمپر) گرفته شده باشد، برای حفاظت انشعاب مربوطه، در ابتدای انشعاب از کلید فیوز متناسب با بار انشعاب استفاده می‌شود و در شبکه‌های طولانی، برای حفاظت سلکتیو و مناسب، لازم است کلید فیوز در مکان مناسبی در وسط خط نصب شود.

معایب و مزایای کلید فیوزها و کلیدهای اتوماتیک

۱- کلید اتوماتیک، به دلیل دارا بودن دو رله حرارتی و مغناطیسی، توانایی حفاظت از مدار در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه را دارد ولی کلید فیوزها تنها قادرند مدار را در برابر اتصال کوتاه حفاظت کنند.

۲- کلیدهای اتوماتیک در هنگام رخ دادن خطا در یکی از فازها هر سه فاز را باهم قطع می‌کنند و به همین دلیل توصیه می‌شود از آنها در مدارات راه اندازی الکتروموتورهای سه فاز استفاده کنند، زیرا سبب حفاظت از الکتروموتور سه فاز در هنگام قطع یک فاز می‌شوند ولی کلید فیوزها در هنگام بروز خطا در یکی از فازها تنها همان فاز را قطع می‌کنند، به همین دلیل استفاده از این کلیدها در مدارات برق ساختمان توصیه می‌شود.

۳- کلیدهای اتوماتیک پس از قطع مدار بلافاصله آماده بهره برداری هستند ولی کلید فیوزها پس از قطع مدار نیازمند تعویض فیوز سوخته‌اند.

۴- قطع و وصل کلیدهای اتوماتیک در زیر بار صحیح نیست ولی قطع و وصل کلید فیوزها زیر بار مجاز است.



شکل ۴

کلیدهای قطع و وصل (استپ-استارت)

شستی‌ها از جمله وسایل فرمانی هستند که تحریک آنها به وسیله دست انجام می‌گیرد و در انواع مختلف و برای کاربردهای متفاوت طراحی می‌شوند.

شستی‌هایی که پس از تحریک، دو کنتاکت وصل را قطع می‌کنند استاپ (قطع) و شستی‌هایی که پس از تحریک دو کنتاکت، قطع را وصل می‌کنند شستی استارت (وصل) نامیده می‌شود. شستی‌های که هر دو عمل را در یک زمان انجام می‌دهند، به شستی قطع و وصل یا دوپل معروف‌اند؛ یعنی با فشار کلید دو کنتاکت باز، بسته و با دو کنتاکت بسته، باز می‌شود.

انواع این کلیدها عبارت‌اند: شستی مدل (ES / AC)، شستی مدل (ES)، شستی دکمه فشاری اضطراری مدل (PE)، شستی‌های دکمه فشاری مدل (PL / PU)، شستی‌ها دکمه فشاری ۲ و ۳ مدل (PT / PD) و

مزایای کلید خودکار

- کلید خودکار پس از قطع مدار در اثر جریان زیاد یا هر عامل دیگری، بلافاصله آماده بهره برداری مجدد می‌شود.
- با کمک کنتاکت‌های فرعی که در آن تعبیه شده است، می‌توان وضعیت کلید را در هر حالت (قطع، وصل یا وقوع خطا) توسط سیگنال، تعیین و در اتاق فرمان منعکس نمود.
- ساختمان این کلیدها به گونه‌ای است که اگر کلید را بر روی یک مدار اتصال کوتاه شده ببندیم، در ضمن عمل بسته شدن، رله اضافه جریان کلید به سرعت وارد عمل می‌شود و مدار را قطع می‌کند.

سازوکار کلید هوایی

در این سازوکار معمولاً از فنری استفاده شده است که می‌توان آن را با استفاده از اهرم کلید یا یک موتور الکتریکی کوچک، شارژ و آماده بهره برداری نمود. برای قطع و وصل کلید، دکمه‌هایی روی آن تعبیه شده‌اند که با فشار دادن آنها کلید، قطع یا وصل می‌شود. بر روی این کلیدها همچنین نشانگرهایی تعبیه شده است که وضعیت شارژ فنر کلید و وضعیت قطع یا وصل بودن کلید را نشان می‌دهند. قطع و وصل این کلیدها می‌تواند به صورت دستی و

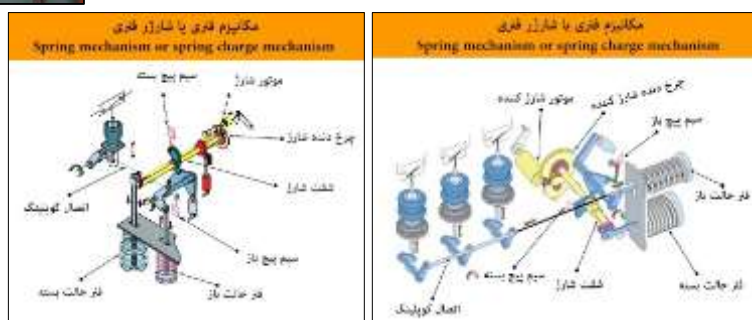
از محل نصب کلید یا از راه دور و از محل اتاق کنترل صورت گیرد. به طور کلی این کلید کامل ترین نوع کلید فشارضعیف است و معمولاً به عنوان کلید اصلی در شبکه‌های فشارضعیف مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد این کلیدها اغلب در ورودی تابلوهاست، زیرا هم جریان بالایی دارد و هم برای برقراری (Selectivity) کامل بین کلیدهای ورودی و کلیدهای خروجی، که معمولاً از نوع کمپکت‌اند، به کار برده می‌شود. کلیدهای هوایی دارای رله‌هایی هستند که در داخل خود کلید، جاسازی شده‌اند (Built-in). ویژگی این رله‌ها خاصیت تأخیری (Time Delay) آنهاست و عنصر اصلی در تأمین (Selectivity) از طریق صدور فرمان قطع با تأخیر است. (Selectivity) همان پدیده تقدم قطع در خروجی‌ها نسبت به ورودی‌هاست. به این معنی که اگر خطایی در یک فیدر خروجی رخ داد، ابتدا کلید خروجی قطع شود و تنها در صورت تداوم خطا روی مدار و عمل نکردن کلید خروجی، کلید ورودی با تأخیر، کل تابلو را بی برق می‌کند. اهمیت این موضوع در این است که در صورت وقوع خطا در یکی از خروجی‌ها کل تابلو بی برق نمی‌شود.

انواع سازوکار (مکانیزم) قطع و وصل بریکر

الف) فنری

برای قطع کلید از فنری استفاده می‌شود که به وسیله موتور شارژ آن را شارژ می‌کنند. مزایای این سازوکار عبارت‌اند از:

- ۱- اطمینان از وجود انرژی ذخیره شده برای عمل قطع پس از عمل وصل؛
 - ۲- ساده بودن طرح
 - ۳- ارزان بودن
 - ۴- کارکرد رضایت بخش در درجه حرارت‌های پایین
 - ۵- نصب و راه اندازی و تعمیرات آسان
 - ۶- امکان شارژ دستی فنر
 - ۷- احتیاج نداشتن به نظارت زیاد
- موتور شارژ هر وقت فنر را شارژ کرده باشد، برای یک عمل قطع و وصل و یک عمل قطع دیگر نیز کافی است.



شکل ۵

در این سازوکار (مکانیزم)، در کنار در جعبه، یک همدلی تعبیه شده است که در صورت قطع برق ((DC)) موتور شارژ، می‌توان فنر را با آن شارژ کرد.

معایب آن نیز به شرح زیر است:

- ۱- محدود بودن میزان انرژی قابل ذخیره برای انجام دادن عمل قطع در کلیدهای با ولتاژ و جریان بالا؛
- ۲- کند شدن سرعت حرکت در لحظات آخر وصل؛
- ۳- محدودیت تعداد عملکرد بدون شارژ مجدد فنر.

ب) هیدرولیک

برای قطع و وصل کلید از حرکت روغن استفاده می‌شود.

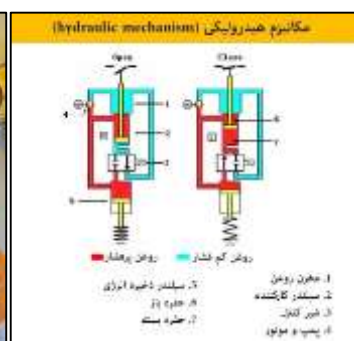
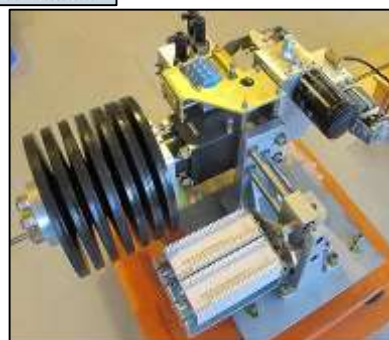
مزایای آن شامل موارد زیر است:

- ۱- دارای انرژی بالا برای عملکرد در کلیدهای (SF6) با ولتاژ و جریان اتصال کوتاه؛
- ۲- قابلیت ذخیره انرژی برای تعداد بیشتر عمل قطع و وصل با افزایش حجم مخزن گاز نیتروژن؛
- ۳- امکان شارژ توسط پمپ دستی؛

۴- کم بودن حجم سازوکار و اینرسی و صدای عملکرد؛
معایب آن نیز این گونه است:

- ۱- امکان نشستی روغن تحت فشار و کاهش اطمینان
- ۲- تأثیر بد هوای سرد بر نحوه
- ۳- داشتن نیاز به تخصصی خیلی بالا برای نصب و راه اندازی
- ۴- گران بودن نسبی
- ۵- داشتن نیاز به نظارت نسبتاً زیاد.

سازوکار
و تعمیرات



شکل ۶

ج) پنوماتیک

برای قطع و وصل کلید از هوای فشرده استفاده می کنند.
مزایای آن به شرح زیر می باشد:

- ۱- داشتن انرژی کافی برای عملکرد کلیدهای ((SF6)) با ولتاژ و جریان اتصال کوتاه بالا
 - ۲- قابلیت ذخیره انرژی برای بیشتر شدن تعداد عمل قطع و صل، با افزایش حجم مخزن هوای فشرده
 - ۳- مقرون به صرفه بودن در پست هایی که منبع هوای فشرده در دسترس است؛
 - ۴- داشتن ساختمان نسبتاً ساده و کم بودن اهرم و قطعات متحرک آن
- دارای معایب زیر است:
- ۱- امکان نشستی هوای فشرده و کاهش قابلیت اطمینان
 - ۲- نیاز به پیش بینی های اضافی جهت تأمین هوای فشرده مطمئن (مانند نصب کمپرسور یا مخزن رزرو)
 - ۳- همراه بودن با صدای شدید در هنگام عملکرد
 - ۴- تأثیر منفی هوای سرد بر نحوه سازوکار
 - ۵- داشتن احتیاج به تخصص بالا جهت نصب و راه اندازی و تعمیرات
 - ۶- داشتن احتیاج به نظارت نسبتاً زیاد.

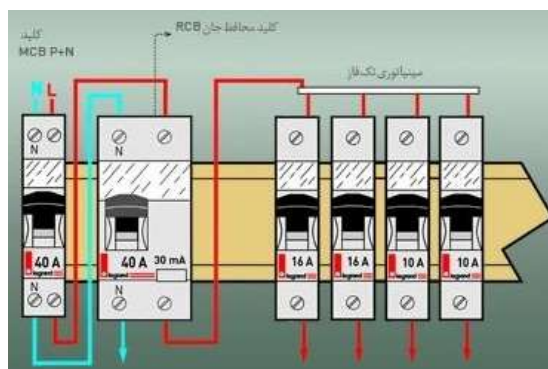
کلیدهای حفاظت از جان

اساس کار کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی، مقایسه جریان ورودی با جریان خروجی کلید است به طوری که اگر جریان نشستی در مداری که کلید در آن واقع شده بیشتر از حساسیت کلید باشد، کلید عمل می کند و جریان ورودی و در نتیجه مدار را قطع می نماید. از مزایای دیگر استفاده از کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی جلوگیری از بروز آتش سوزی در اثر وجود جریان نشستی است. با توجه به اینکه یک جریان نیم آمپری می تواند باعث بروز آتش سوزی شود، کلید حفاظت از خط برق گرفتگی با تشخیص جریان نشستی و قطع جریان ورودی، مانع از بروز آتش سوزی می گردد. همچنین از آنجا که در صورت وجود جریان نشستی در بدنه وسایل برقی، این جریان به مرور زمان زیاد می شود و احتمال سوختن وسایل برقی را به وجود می آورد، استفاده از کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی کاملاً ضروری است و با توجه به کاهش میزان هدر رفتن انرژی الکتریکی و برق مصرفی، صرفه جویی اقتصادی و حفظ ثروت های ملی را نیز در پی خواهد داشت.

مشخصات کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی

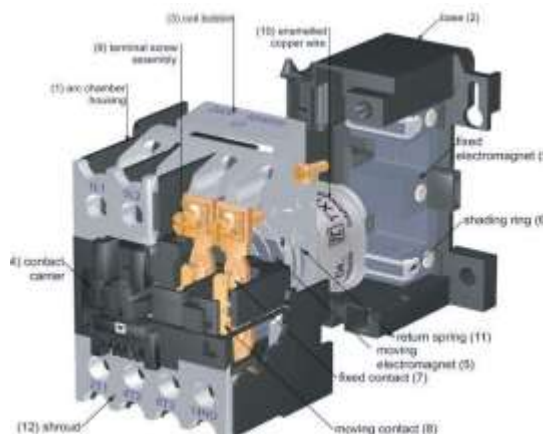
- ۱- دمای کاری کلیدها جهت قطع جریان نشتی متناوب از ۲۵- تا ۴۰- درجه سیلسیوس و با قدرت اتصال کوتاه ۶ تا ۲۵ کیلو آمپر است.
- ۲- جهت حفاظت کلیدها و مدار مصرفی در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار لازم است فیوز پشتیبان (Back-Up Fuse) نصب گردد (با توجه به جریان نامی کلید و مشخصات ارائه شده در کاتالوگ).
- ۳- کلیدها با جریان نامی ۱۶-۱۲۵ آمپر تولید می‌شوند.
- ۴- کلیدها جهت استفاده مشترکین تک فاز (خانگی) به صورت دو پل (فاز + نول) و مشترکین سه فاز (صنعتی) به صورت چهار پل، (که می‌تواند در سیستم های سه سیمه همراه با نول یا بدون نول باشد) به کار رود.
- ۵- میزان جریان قطع خودکار کلیدها (حساسیت) از ۱۰ میلی آمپر تا ۵۱ آمپر، و مدت زمان قطع، حداکثر ۲۰۰ میلی ثانیه است.
- ۶- با توجه به موقعیت نصب، سیم های ورودی و خروجی می‌توان از بالا یا پایین به کلید متصل نمود، با این توضیح که در کارکرد کلید اثری نخواهد داشت.
- ۷- ترمینال های ورودی و خروجی کلیدها، با توجه به آمپر کلید، برای بالاترین قطر کابل یا سیم در نظر گرفته شده است و از این نظر مشکلی وجود نخواهد داشت.
- ۸- همراه با کلید امکان استفاده از کنتاکت کمکی نیز وجود دارد.

در این فعالیت، یک کلید حفاظت از جان، مطابق شکل (در کتاب درسی) در مدار نصب می‌شود. اجرای این فعالیت با خطر همراه است. لذا فقط با هدف آشنایی با نصب در یک مدار انجام شود.



کنتاکتور

ساختمان و اجزای کنتاکتور و شرح آن را می‌توان در کتاب و منابع فراوان جست‌وجو کرد. در سایت اینترنتی آپارات نیز فیلم‌های متعددی از آن موجود است و کمک کننده خواهند بود.



شماره گذاری کنتاکت‌ها

در کنتاکتورهای استاندارد، کنتاکت‌های اصلی را با اعداد یک رقمی، ۱ و ۳ و ۵ ورودی فازها و ۲ و ۴ و ۶ خروجی فازها نشان می‌دهند.

همچنین ورودی فازها با (L_1, L_2, L_3) و خروجی با (T_1, T_2, T_3) در استاندارد (IEC) و با حروف (R و S و T) ورودی و (U و V و W) خروجی در استاندارد (VDE) نشان داده می‌شوند. بعضی از شرکت‌های سازنده، هر سه مشخصه را روی کنتاکتور می‌نویسند. یعنی ورودی را با ($R_1/1/ L_1, S/3/ L_2, T/5/ L_3$) و خروجی را با ($U/2/ T_1, V/4/ T_2, W/6/ T_3$) نشان می‌دهند.

کنتاکت‌های فرعی یا کمکی که برای طراحی مدار فرمان به کار می‌رود و جریان کمی از آنها عبور می‌نماید با اعداد دو رقمی نشان داده می‌شوند. رقم دوم در دو ترمینال روبه‌رو نشان دهنده شماره تیغه یا کنتاکت و رقم اول نشان دهنده باز و یا بسته بودن کنتاکت‌ها در حالت نرمال (قطع) است. اگر رقم اول ۱ و ۲ باشد کنتاکت بسته (N.C) و اگر رقم اول ۳ و ۴ باشد کنتاکت باز (N.O) است.

بوبین کنتاکتور را با حروف (A_1, A_2) نشان می‌دهند. روی کنتاکتورها، به منظور مصرف سیم کمتر و اتصالات آسان‌تر سه پیچ (ترمینال)، یک ترمینال برای (A_1) و دو ترمینال برای (A_2), در دو طرف کنتاکتور برای بوبین در نظر می‌گیرند.



شکل ۹

مزایای کنتاکتور، نسبت به سایر کلیدهای دستی

کنترل و فرمان از راه دور ماشین‌های الکتریکی توسط کنتاکتور اقتصادی‌تر و ایمن‌تر است. از خطرات ناشی از راه اندازی مجدد ماشین‌هایی که در اثر قطع ناگهانی برق شبکه از کار می‌افتد، جلوگیری می‌کند. توسط کنتاکتور، قطع و وصل مصرف کننده از چندین محل امکان پذیر است. امکان طراحی مدار فرمان اتوماتیک، توسط کنتاکتور برای مراحل مختلف کار مصرف کننده وجود دارد. عمر مکانیکی کنتاکتور نسبت به سایر کلیدها، بسیار بیشتر است. با طراحی مدار فرمان مناسب، می‌توان سرعت قطع و وصل مدار را توسط کنتاکتور بالا برد. حفاظت دستگاه‌ها توسط کنتاکتور، مناسب‌تر و مطمئن‌تر است. قابل وصل به (PLC) است. احتمال برق گرفتگی، به دلیل جدا بودن مدار فرمان و قدرت، کمتر است.

طرز انتخاب کنتاکتور

برای انتخاب کنتاکتور مناسب، با محاسبه جریان مصرف کننده و با رعایت ضوابط ذکر شده در بالا می‌توان از جداول و کاتالوگ‌های شرکت سازنده و یا از جدول زیر برای راه اندازی مستقیم و غیر مستقیم موتورهای سه فاز القایی و از جداول دیگر برای راه اندازی موتورهای تک فاز القایی استفاده نمود. سؤال: علائم زیر در روی کنتاکتور نوشته شده است مفهوم آنها چیست؟

V(ac)	240	440	550	690
KW	4.5	7.5	7.5	7.5
A	18	18	13	9

IEC60947 , EN60947 , B55424 , **VDE06060**
HL35/32
AC3,E3

$$AC1 \quad I(th)=40A \quad U(i)=690V$$

پاسخ:

مفهوم علائم و پارامترهای نوشته شده روی کنتاکتور به شرح زیر است:

HL35/32

HL: تیپ کنتاکتور که مربوط به کارخانه سازنده است.

۳۵: سه عدد کنتاکت اصلی و ۵ عدد کنتاکت فرعی.

۳۲: از ۵ عدد کنتاکت فرعی، ۳ عدد کنتاکت باز (N.O) و دو عدد کنتاکت بسته است (N.L).
VDE660 و IEC60947 و EN60947 و BS5024 شماره استاندارد و نام استاندارد ساخته شده است.

AC3: جهت راه اندازی موتورهای آسنکرون روتور قفسی با ولتاژ AC، 240 ولت قادر است توان ۵/۴ کیلو وات و جریان ۱۸ آمپر را تحمل نماید.

با ولتاژ AC و ۴۴۰ ولت قادر است توان ۷/۵ کیلووات و جریان ۱۸ آمپر را تحمل نماید.

با ولتاژ AC و ۵۵۰ ولت قادر است توان ۷/۵ کیلووات و جریان ۱۳ آمپر را تحمل نماید.

با ولتاژ AC و ۶۹۰ ولت قادر است توان ۷/۵ کیلووات و جریان ۹ آمپر را تحمل نماید.

این کنتاکتور اگر از آن به صورت (AC1 برای بارهای اهمی) استفاده شود، می تواند جریان ۴۰ آمپر را در ولتاژ ۶۹۰ ولت تحمل نماید. (ولتاژ عایقی)

E_r: طول عمر کنتاکتور

۱۰×۳ بار (تعداد قطع و وصل)

استانداردهای کلید قدرت

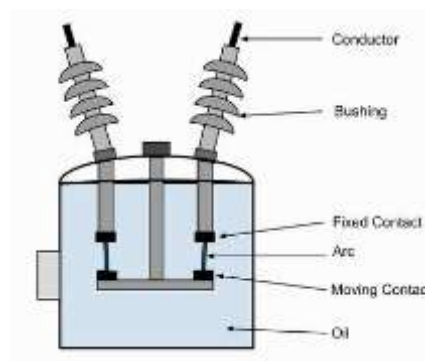
کلیدهای قدرت باید برای مدت ۵ سال یا با عملکرد تا ۲۰۰۰ بار تحت شرایط نامی، به تعمیر و نگهداری احتیاج نداشته باشد.

وسایل طوری تعیین شوند که برای بازرسی، تعمیر و نگهداری، دسترسی به کنتاکت ها یا به مجموعه های قطع کننده به آسانی میسر باشد.

تمام کنتاکت ها و مجموعه های قطع کننده باید به سهولت و سریعاً تعویض شوند و امکان تعویض مجموعه کنتاکت و قطع کننده به صورت غلط وجود نداشته باشد. کلیه سیم کشی های لازم برای عملکرد صحیح کلیدهای قدرت باید انجام شود. سروصدای ایجاد شده توسط کلید قدرت در هنگام باز و بسته شدن باید تحت هر شرایطی حداقل باشد. در مورد تابلوهای کشویی، ساختارهای که کلید قدرت را حمل می کند، باید طوری باشد که اپراتور، وسیله کلیدزنی را به راحتی و به صورت امن خارج یا داخل کند. کلید های قدرت باید دارای ابعادی باشد تا بتوان نیروی حاصل از این موارد را تحمل کند. ۱. نیروی اتصال کوتاه ۲. نیروی ناشی از لرزش ها (مثل زمین لرزه و ارتعاشات و حرکات شناور).

عملکرد کلیدهای روغنی

در این نوع کلید، با جدا شدن کنتاکت متحرک از کنتاکت ثابت و ایجاد جرقه، روغن اطراف جرقه تجزیه می شود و گاز تولید می گردد (میزان تجزیه روغن به مقدار شدت جریان قطع کلید بستگی دارد و در قطع جریان نامی، نسبت به جریان اتصال، گاز کمتری تولید می گردد). تولید گاز باعث می شود که در داخل محفظه کوچک (محفظه ای در داخل محفظه قطع که کنتاکت متحرک مسافت $\frac{2}{3}D$ را در آن طی می کند) فشار بالا رود و در لحظه خارج شدن کنتاکت متحرک از محفظه کوچک، روغن با فشار به قوس نازک شده اعمال می شود و قوس را خاموش می کند (البته با این عمل، علاوه بر خاموش شدن قوس، روغن تمیز جایگزین روغن تجزیه شده می شود و مانع از برگشت قوس، در اثر ولتاژ استقرار، می گردد). در این نوع کلید هماهنگی لازم بین جریان قطع و میزان جاری شدن روغن وجود دارد و کلید (Restrict-Free) است.



شکل ۱۲

در این نوع کلیدها گازهای تولید می‌شود در بالای محفظه جمع شده و با سوپاپ به خارج هدایت می‌گردد همچنین کربن‌های ناشی از تجزیه روغن رسوب می‌کند و به صورت لجن از کلید تخلیه می‌شود.
انواع کلیدها

۱- bulk oil circuit breaker (bocb)

۲- Single Break Bulk Oil Circuit Breaker

۳- Double Break Bulk Oil Circuit Breaker

۴- minimum oil circuit breaker (mocb)

کلید خلأ به‌طور کلی از سه قسمت اصلی زیر تشکیل شده است:

۱- کپسول خلأ از فولاد، کرم، نیکل با کنتاکتورها؛

۲- نگهدارنده کنتاکتورها و ایزولاتورها؛

۳- وسایل مکانیکی رسانای فرمان قطع و وصل.

به علت فشار خیلی کم داخل کپسول، فاصله دو کنتاکت کلید خلأ در حالت قطع برای ولتاژ تا ۳۰ کیلوولت خیلی کم و در حدود ۲۰ میلی‌متر است در نتیجه به علت کوچک بودن طول جرقه (در حدود ۲۰ میلی‌متر) و کوتاه بودن زمان جرقه، که ماکزیمم از ۶ میلی ثانیه تجاوز نمی‌کند، انرژی قوس الکتریکی در این کلید خیلی کوچک‌تر از کلیدهای مشابه دیگر است و با توجه به اینکه اغلب قوس قبل از رسیدن جریان به صفر قطع می‌شود، می‌توان کلید را با وسیله قطع و وصل سریع نیز مجهز کرد. کلید خلأ امروزه به‌سبب دارا بودن مزایایی از قبیل دوام زیاد، مراقبت کم، امکان قطع و وصل سریع مکرر، در شبکه‌های فشار متوسط تا ۳۰ کیلو ولت، به‌خصوص برای وصل شبکه‌های کاپاسیتیو (خازنی)، بسیار مناسب است.

انواع فیوزهای مینیاتوری و اجزای آن

فیوز مینیاتوری نوع (B) روشنایی

کلید مینیاتوری نوع (B) عموماً در مصارف خانگی و روشنایی کاربرد دارد. این کلیدها در جریان اضافه بار بین ۳ تا ۵ برابر جریان نامی در زمان مشخص، مدار را قطع می‌کنند و حساسیت آنها برای کاربردهای عادی خانگی مناسب است. این کلید به فیوز مینیاتوری تندکار نیز معروف است.

فیوز مینیاتوری نوع (C) موتوری

کلید مینیاتوری نوع (C) بیشتر کاربرد صنعتی دارد. این کلیدها در جریان اضافه بار بین ۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی در زمان مشخص، مدار را قطع می‌کنند و زمان قطعشان از تیپ (B) بیشتر است. این کلید به فیوز مینیاتوری کندکار نیز معروف است.

فیوز مینیاتوری نوع (D) ترانسفورماتوری

از کلید مینیاتوری نوع (D) برای مصارف صنعتی خاص (مانند مولد های اشعه ایکس X-Ray و ترانسفورماتورها) استفاده می‌شوند. این کلیدها در جریان اضافه بار بین ۱۰ تا ۲۰ برابر جریان نامی در زمان مشخص، مدار را قطع می‌کنند و زمان قطعشان از تمامی تیپ‌ها بیشتر است.

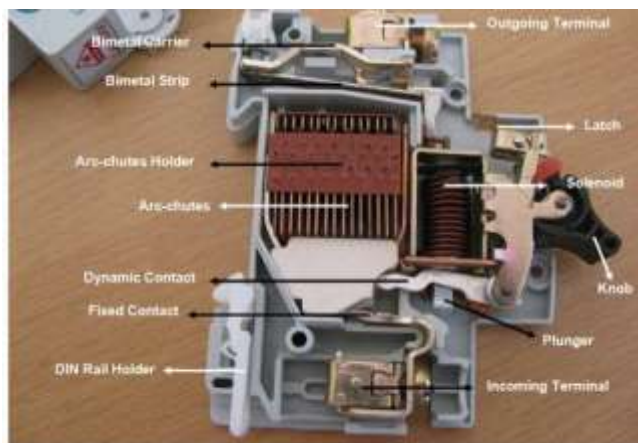
فیوز مینیاتوری نوع (K) قدرت

از کلید مینیاتوری نوع (K) برای حفاظت در مدارات قدرت، ترانسفورماتور و موتور ها استفاده می‌شود. در این نوع از کلید مینیاتوری حد جریان برای قطع در موارد اضافه بار کمتر از سایر کلیدهاست و در هنگام به وجود

آمدن اضافه بار، مدار را سریع تر قطع می کنند ولی در موارد اتصال کوتاه منحنی قطع این نوع کلید ها بین تیپ (C و D) است.

فیوز مینیاتوری نوع (Z) بسیار حساس:

این نوع از کلید مینیاتوری در هنگامی که جریان عبوری از جریان نامی بیشتر شود، در یک مدت زمان خاص (که از تمامی تیپ ها کمتر است) طبق منحنی قطع، فرمان قطع را صادر می کند. حساسیت این نوع از کلیدها، هم در مواقع اضافه بار و هم در اتصال کوتاه از تمامی تیپ های دیگر بیشتر است و در صورت بروز خطا مدار را سریع تر قطع می کند. بنابراین کاربرد این نوع فیوزها در مدارات از حساسیت بالایی برخوردار است.



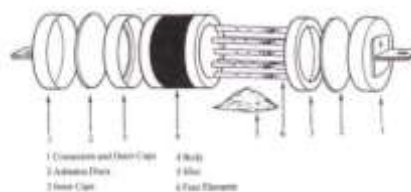
شکل ۱۳

مشخصات فیوزها

فیوزها رایج ترین نوع تجهیزات حفاظتی در برابر جریان اتصال کوتاه اند. محافظت توسط فیوز نسبتاً ساده، ارزان و مطمئن است. از آنجا که فیوزهای سیمی نسبت به فیوزهای فشنگی کمتر است و از آنها استفاده نادرست می شود (قرار دادن اندازه نادرست سیم در فیوز)، این نوع فیوز برای به کارگیری در تجهیزات شناورها پیشنهاد نمی شود.

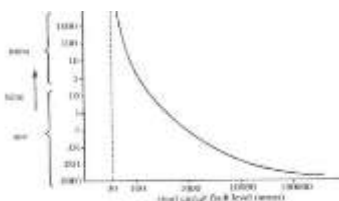
معمولاً در تجهیزات دریایی از فیوزهای فشنگی (HRC) استفاده می شود. نمونه ای از ساختمان این نوع فیوزها در شکل نشان داده شده است.

یکی از معایب فیوز، حساسیت نداشتن در برابر جریان اضافی کوچک است. فیوز (HRC) بعد از دو ساعت تحمل، نسبت به کمتر از ۲۵٪ از بار اضافی، می سوزد.



شکل ۱۴

از فواید فیوز، سرعت بالای عملکرد آن (چند میلی ثانیه) در برابر جریان زیاد ناشی از اتصال کوتاه مدار است (حتی از دیژنگتورها). منحنی معکوس زمان-جریان برای یک فیوز ۳۰ آمپر (HRC)، در شکل نشان داده شده است.



شکل ۱۵

- ۱- در صورتی که فیوزی بسوزد، باید قبل از تعویض فیوز، علت به وجود آمدن اتصالی در مدار، مشخص و تعمیر شود.
 - ۲- فیوز جایگزین باید از نظر مقدار جریان، ولتاژ و نوع فیوز با نمونه سوخته مطابقت داشته باشد. به عبارت دیگر فیوز جایگزین باید مشابه فیوز سوخته شده باشد.
 - ۳- اگر در شبکه سه فاز در اثر اتصالی فقط یکی از فیوزها سوخته شده باشد، همه فیوزهای منبع تغذیه سه فاز را تعویض کنید. چراکه فیوزهای دیگر ممکن است به طور جدی ضعیف شده باشند، در نتیجه برای استفاده بعدی نامطمئن هستند.
- علائم به کار رفته در فیوزهای (HRC) شامل علائم شامل این موارد است: میزان جریان، ولتاژ، نوع به کارگیری (برای استفاده از موتور، دیود، و ...) اندازه فیزیکی و روش نصب. این علائم توسط تولیدکننده به صورت برجسته مشخص شده‌اند. بعضی از آنها را می‌توان تنها با استفاده از کاتالوگ‌های تولیدکننده تعریف و بیان کرد.

مشخصه جریان / زمان جرعه زنی

مشخصه جریان / زمان پیش از جرعه، که چگونگی عملکرد فیوزها را نشان می‌دهد یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های فیوز است. این مشخصه نمایش دهنده زمان مجاز، به عنوان تابعی از جریان اتصال کوتاه، یعنی زمان پیش از جرعه زنی است.

قدرت قطع فیوز

قدرت قطع یا ظرفیت شکست فیوز، نشان دهنده مشخصه عملکرد فیوز در جریان اتصال کوتاه است. به طوری که مشخصات پایه فیوز در همان جریان اتصال کوتاه تغییر نکند. به حداکثر جریانی که فیوز می‌تواند در هنگام اتصال کوتاه بدون آسیب به پایه و حامل خود حمل کند (قدرت قطع فیوز) می‌گویند.

جریان قطع فیوز

علاوه بر ظرفیت شکست بالا، برای حفاظت قابل اطمینان تأسیسات الکتریکی در برابر جریان‌های اتصال کوتاه بالا، اثر محدودکننده جریان که به نام جریان قطع فیوز نامیده می‌شود فاکتور مهمی است. جریان قطع فیوز به مقدار جریانی گفته می‌شود که در حالت اتصال کوتاه باعث ذوب المان فیوز می‌گردد. جریان قطع فیوز باید کمتر از قدرت قطع آن باشد.

محدود کردن جریان اتصال کوتاه

تمام فیوزها در حالت اتصال کوتاه قبل از این که جریان اتصال کوتاه به مقدار جریان مورد نظر برسد، باید عمل کند و جریان را محدود نماید. شکل زیر زمان عملکرد فیوز و طرز محدود شدن جریان اتصال کوتاه را نشان می‌دهد.

مقدار جریان اتصال کوتاه مورد انتظار: جریانی است که در حالت اتصال کوتاه در صورت قطع نشدن جریان به آن مقدار خواهد رسید.

مقدار پیک جریان اتصال کوتاه: جریانی است که فیوز در آن لحظه عمل می‌کند و جریان عبور را محدود می‌سازد.

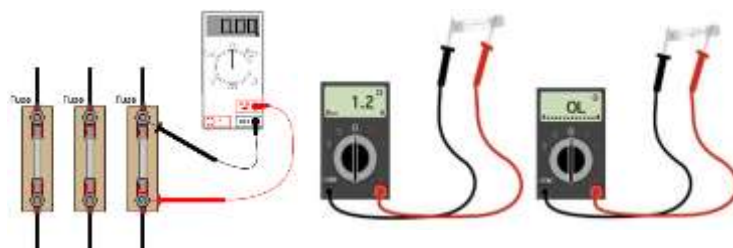
تلفات فیوز

به مقدار انرژی الکتریکی که در اثر عبور جریان و تولید حرارت در فیوز از بین می‌رود (تلفات فیوز) می‌گویند. هرچند که این مقدار تلفات در فیوزها غیرقابل اجتناب هستند ولی برای کاهش توان مصرفی، کاهش خیز حرارتی ناخواسته و افزایش بهره‌وری باید این مقدار اتلاف تا حد ممکن به حداقل برسد.

سلکتویته

در یک تأسیسات الکتریکی استاندارد، در صورت بروز اتصال کوتاه در یک نقطه باید فیوزی عمل کند که در نزدیک‌ترین فاصله، نسبت به آن نقطه، قرار دارد تا قسمت‌های بدون نقص سیستم قادر به ادامه کار باشند، پس رعایت مقادیر نامی فیوزها از بیشترین به کمتر مطابق استاندارد و همچنین نوع فیوزها از نظر عملکرد (تندکار، کندکار) در مسیرهایی که باهم سری می‌گردند الزامی است. اصطلاحاً به این مورد (سلکتویته) می‌گویند. به بیان دیگر (سلکتویته) به معنای قطع فقط یک فیوز نزدیک تر به محل نقص سیستم است.

در این فعالیت ساده می‌توانیم فیوزهای مختلف را جمع‌آوری کنیم و از نظر اتصال، سلامت آنها را بررسی نماییم.



شکل ۱۶

رله

وقتی که رله‌ها را خریداری می‌کنید باید نسبت به چند متغیر دقت داشته باشید:

- ۱- ولتاژ و جریانی که برای حرکت دادن تیغه لازم است.
- ۲- ولتاژ و جریان بیشینه‌ای که می‌تواند در تیغه و اتصالات آن به وجود آید.
- ۳- تعداد تیغه‌ها (به طور کلی ۱ یا ۲)
- ۴- تعداد اتصالات تیغه‌ها (به طور کلی ۱ یا ۲)
- ۵- کنتاکت‌ها که به طور طبیعی باز یا بسته می‌شوند. منظور از حالت طبیعی زمانی است که به سیم پیچ رله ولتاژی متصل نباشد. در یک رله ممکن است چندین کنتاکت وجود داشته باشد. به کنتاکت‌هایی که در حالت طبیعی بازند **Normally Open** یا **NO** و به کنتاکت‌هایی که در حالت طبیعی بسته‌اند **Normally Close** یا **NC** می‌گویند.



شکل ۱۷

ضرورت تجهیزات حفاظتی در شبکه توزیع الکتریکی

سه دلیل اصلی استفاده از تجهیزات حفاظتی در شبکه توزیع عبارت‌اند از:

- (الف) برای حفظ منابع تغذیه در مدارهای سالم و جداسازی تجهیزات معیوب از شبکه توزیع؛
- (ب) برای جلوگیری از انتشار خرابی به دیگر تجهیزات الکتریکی؛
- (ج) برای حفاظت کارکنان از برق گرفتگی.

طرح حفاظت در شبکه توزیع با استفاده از دیژنگتورها، فیوزها و رله‌های حفاظتی که (شامل رله جریان زیاد، رله ولتاژ کم، رله ولتاژ زیاد و رله بار زیاد و...) انجام می‌گیرد.

رله‌های دیجیتال و کاربرد آنها در حفاظت الکتریکی

رشد جهانی برای تقاضای انرژی الکتریکی باعث افزایش شده‌است توسعه در طراحی سیستم‌های قدرت به منظور پاسخ‌گویی به تأمین نیازهای مصرف کنندگان افزایش یابد و برای تأمین انرژی الکتریکی مطمئن، ارزان و با کیفیت بالا اقدام شود. به دلیل افزایش مصرف انرژی الکتریکی و افزایش تراکم بارها و منابع تولید الکتریسیته و لزوم عملکرد سریع و مطمئن تجهیزات حفاظت و کنترل، استفاده از تجهیزات حفاظت دیجیتال مورد توجه قرار گرفته است. حفاظت الکتریکی یکی از مهم‌ترین مسائل در صنعت برق است. از ابتدای پیدایش این صنعت، مسئله تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی همواره با خطاهای احتمالی و نحوه اطمینان‌یابی همراه بوده است. به این معنی که

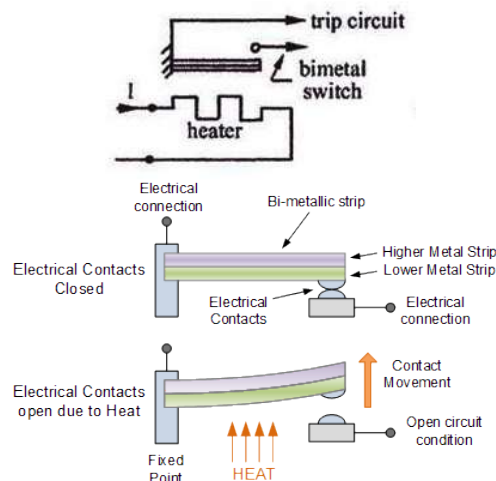
تجهیزات گران قیمتی مانند ژنراتور، ترانسفورماتورهای قدرت و خطوط انتقال باید در مقابل انواع خطاهای احتمالی مورد حفاظت قرار گیرند تا هم این سرمایه های با ارزش حفظ شوند و هم انرژی الکتریکی با قابلیت اطمینان بیشتری به مصرف کننده برسد. این حفاظت ها می تواند در مورد کمیت های مختلف الکتریکی نظیر جریان، ولتاژ، توان، فرکانس و امپدانس انجام شود. رله های حفاظتی وظیفه نظارت بر این کمیت ها را دارند و در صورت نیاز باعث قطع واحد مورد حفاظت (تریپ) می شوند. رله های حفاظتی اولیه بیشتر از نوع الکترومغناطیسی و از گروه دافعه ای هستند. اشکال اصلی این رله ها این است که مختص یک کمیت الکتریکی هستند، یعنی اگر مثلاً از آنها برای حفاظت اضافه جریان استفاده می شود، دیگر برای حفاظت ولتاژ یا فرکانس قابل استفاده نیستند. حتی رله های اضافه جریان هم تقسیم بندی خاص خود را دارند و استانداردهای مختلفی برای این منظور وجود دارد. در کل، این رله ها به جز تنظیم زمانی و تنظیم جریانی، قابلیت انعطاف دیگری ندارند.

رله های حفاظتی عمومی از نوع دیجیتال هستند و در نتیجه می توان با تغییر برنامه نرم افزاری آنها نوع حفاظت مورد نیاز را تعیین کرد. بعد از دیجیتالی شدن محاسبات اتصال کوتاه، پخش بار و پایداری سیستم های قدرت، دیجیتالی کردن رله های حفاظتی در سیستم های قدرت یکی از موضوعات جالب و مطرح در سال های اخیر است. موضوع رله های دیجیتال در اواخر دهه ۱۹۶۰ شروع شد. در اوایل به دلیل بالا بودن هزینه سیستم های دیجیتال، سرعت پایین و همچنین قدرت مصرفی بالای آنها انگیزه ای جهت کاربرد این تجهیزات به جای رله های معمولی وجود نداشت. پیشرفت قابل توجه سیستم های دیجیتال، کاهش قیمت، کاهش قدرت مصرفی و اندازه آنها و افزایش سرعت و قدرت محاسباتی آنها این واقعیت را نشان داد که اقتصادی ترین و تکنیکی ترین و همچنین مطمئن ترین رله های حفاظتی در حال حاضر، رله های دیجیتال است، که جدیدترین نسل رله ها، به شمار می رود. با کاربرد پردازش دیجیتال و استفاده از میکروپروسورها، به عنوان واحد پردازش در این گونه رله ها. علاوه بر بالا بردن کارایی و قابلیت رله ها حجم و وزن رله کاهش می یابد و همچنین قیمت طراحی و ساخت پایین می آید. طراحی و ساخت رله های دیجیتال گام بزرگی در جهت حفاظت دقیق و مطمئن شبکه های گسترده و پیچیده امروزی است. عمده تفاوت رله های دیجیتال با رله های استاتیکی در کاربرد ترانزیستور به نام میکروپروسسور یا واحد پردازش مرکزی است. همچنین ترانزیستور مرکزی به نام میکروکنترلر است که در آن علاوه بر (Cpu)، حافظه های (RAM) و (ROM)، مدارهای واسطه، پورت های ورودی/خروجی، مدارهای وقفه و ... در یک تراشه مدار مجتمع (IC) قرار دارند، در برخی رله های دیجیتال کاربرد یافته است. یکی از مزیت های اصلی رله های دیجیتال این است که با تغییر نرم افزار رله و برنامه ریزی مختلف می توان نوع حفاظت رله را تعیین کرد.



رله بی متال (دو فلزی)

در این گونه رله ها جریان باعث گرم شدن یک نوار دو فلزی (بی متال) می شود. نوار بی متال از دو فلز با ضریب انبساط طولی مختلف، که به هم چسبیده، تشکیل شده است و به همین جهت در اثر حرارت خمیده می شود. از آنجا که این دستگاه تابع درجه حرارت محیط است، هر دستگاه بی متال به یک کمپنزهاسیون حرارتی مجهز است و چون حرارت زیاد عامل اصلی به کار انداختن چنین رله ای می شود، لازم است پس از عمل کردن رله چند لحظه ای صبر کرد تا رله سرد شود و به حالت اولیه خود برگردد و آماده کار مجدد شود. از نوار بی متال می توان به عنوان سیم حرارتی نیز استفاده کرد. ولی معمولاً گرمکن این رله مجزاً است و از یک سیم پیچ مخصوص به خود استفاده می کند. توسط این گرمکن است که نوار دو فلزی گرم می شود. نظر به این که گنجایش ذخیره حرارتی این رله کم است، توان الکتریکی آن را باید با ثابت زمانی حرارتی دستگاهی که حفاظت می شود هماهنگ و تطبیق نمود. با تغییر جریان الکتریکی سیم پیچ گرمکن توسط مقاومت هایی که به صورت موازی با آن قرار می گیرد، می توان تا حدودی زمان مجاز از دیاد حرارت دستگاهی را که باید محافظت شود، کنترل کرد.



شکل ۱۹

رله حالت جامد یا (SSR)



شکل ۲۱

رله حالت جامد (SSR) مخفف عبارت (State Relay Solid) و به معنای نوعی کلید الکترونیکی است. رله حالت جامد (SSR) یک المان سوئیچینگ الکترونیکی است که کاری شبیه رله‌های الکترومکانیکی را انجام می‌دهد ولی هیچ عضو متحرکی ندارد و دارای عمر طولانی‌تری است. در داخل رله حالت جامد روی هر ترانزیستور، ولتاژ کوچکی افت می‌کند. مجموع این ولتاژها جریانی را که این رله می‌دهد، را محدود می‌کند. با ترانزیستورهای پیشرفته‌تر، می‌توان به این نوع رله‌های جریان بالا دست یافت آنها قادرند جریان‌های ۱۰۰ تا ۱۲۰۰ آمپر را تأمین کنند و هم اکنون نیز به صورت تجاری قابل دسترس‌اند. عملکرد رله حالت جامد شبیه رله‌های الکترومکانیکی است، با این تفاوت که در این المان هیچ قسمت متحرکی وجود ندارد و نسبت به آن دارای ابعاد کوچک‌تری است. نبودن قسمت متحرک در این رله موجب افزایش عمر قطعه شده و در مداراتی که تعداد دفعات کلید زدن آن زیاد است، کاربرد دارد.

پارامترهای مهم انتخاب یک رله حالت جامد (SSR)

- ۱- محدوده و نوع محدوده و نوع ولتاژ کنترلی جهت قطع و وصل این رله شامل دو حالت (DC Control Input) و (AC Control Input) است.
- ۲- ولتاژی که به دو سر خروجی وصل می‌شود (به دو سر سوئیچ) نیز دارای دو حالت (DC) یا (AC) است.
- ۳- حداکثر جریان قابل عبور از سوئیچ الکترونیکی در خروجی است.

رله زمانی (تایمر)

تایمر نیز مانند شستی و میکروسوئیچ می‌تواند به کنتاکتور فرمان دهد. تفاوت تایمر با شستی و میکرو سوئیچ در نوع فرمان آنهاست. به این ترتیب که شستی به وسیله دست انسان و میکروسوئیچ توسط اعمال مکانیکی دستگاه فرمان می‌گیرند ولی تایمر به طور خودکار فرمان می‌دهد. تایمرها انواع مختلفی دارند. متداول‌ترین آنها عبارت‌اند از:

تایمر موتوردار

این نوع تایمر، که از موتور کوچکی تشکیل شده است، از طریق چرخ دنده یک دیسک را در مقابل میکروسویچ می چرخاند.

ساختمان داخلی تایمر موتوری

محل دیسک در لحظه شروع به کار، قابل تنظیم است و پس از تنظیم زمان آن (توسط زائده خارجی) و تغذیه تایمر، موتور با دور ثابت به گردش در می آید و با گردش موتور، زمان تایمر شروع می شود. تایمر پس از گردش، بر اثر برخورد با زائده دیسک، متوقف می شود و به میکروسویچ داخلی فرمان می دهد. آن گاه کنتاکت های تایمر عمل می کنند و اتوماتیک قطع می شود و موتور از کار می افتد. زمان وصل این رله ها از دهم ثانیه تا به طور دائم قابل تنظیم است.



شکل ۲۲

رله زمانی الکترونیکی

از تایمرهای الکترونیکی برای تنظیم زمان های کمتر از ثانیه تا چندین ثانیه استفاده می شود. در ساختمان این تایمرها، از مدارها و اجزای الکترونیکی استفاده شده است. در نوعی از این تایمرها، با شارژ و دشارژ شدن یک خازن، بوبین یک رله کوچک تحریک می شود. اصول ساختمان تایمر الکترونیکی بر مبنای مدار (RC) خازن و مقاومت و برحسب ثابت زمانی استوار است. تنظیم این نوع تایمرها به مقدار مقاومت سر راه خازن بستگی دارد.



شکل ۲۳

تایمر حرارتی و تایمر پنوماتیک از انواع دیگر تایمرها هستند.

مانند شکل کتاب، تیغه های یک تایمر را فعال نمایید و نتیجه را روی لامپ ها مشاهده نمایید. می بینید که لامپ روشن، خاموش و لامپ خاموش و لامپ روشن می شود. یعنی تیغه باز، بسته و تیغه بسته، باز می شود. در این فعالیت فقط هدف ما دیدن عملکرد تیغه های تایمر است. نحوه استفاده از این تیغه ها در فصول بعد آموزش داده خواهد شد.

تابلوها و ترانس های توزیع
قسمتی از شبکه های توزیع سه فاز که در مدارهای توزیع نقش هایی غیر از قطع و وصل کردن ایفا می کنند. در این بخش مورد بررسی قرار خواهند گرفت و در این جا با عملکرد آنها آشنا خواهیم شد.

شینه بندی

عوامل مؤثر در شینه بندی

- ۱- قابلیت اطمینان و تداوم سرویس دهی
 - ۲- موقعیت پست در شبکه
 - ۳- ولتاژ و ظرفیت پست
 - ۴- اهمیت مصرف کننده
 - ۵- وضعیت پست از نظر توسعه و تعمیر در حالت کار عادی شبکه (Switching).
- به دلایل زیر حفاظت شینه بسیار اهمیت دارد:
- ۱- سطح اتصال کوتاه در شینه های پست انتقال قدرت، بسیار زیاد است.
 - ۲- پایداری سیستم قدرت اغلب متأثر از خطا در محدوده شینه است.
 - ۳- دوام اتصال کوتاه روی شینه ها باعث می شود هادی ها بیش از حد تحمل گرم شوند و در نتیجه آسیب ببینند. لذا این اتصالی باید در کوتاه ترین مدت رفع گردد.

ترانس

مزایای عمده یک ترانس سه فاز در مقایسه با انواع ترانس های تک فاز عبارت اند از:
فضای کمتری را در عین داشتن مقادیر نسبی مساوی اشغال می کند، وزن کمتری دارد، حدود ۱۵٪ ارزان تر است و علاوه بر این ها برای راه اندازی و اتصال فقط یک دستگاه، جابه جا یا متصل می شود.

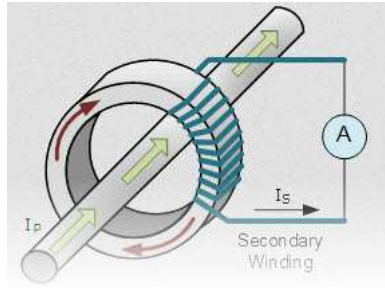
در این فعالیت، یک ترانس کاهنده ولتاژ را تهیه می کنیم و امپدانس ورودی و خروجی آن را می گیریم و با توجه به تعداد دور کمتر و در نتیجه طول هادی کم تر، به مقاومت کمتری در خروجی مواجه می شویم.



شکل ۲۴

دستگاه های اندازه گیری

در این فعالیت مطابق شکل کتاب برای اندازه گیری جریان از ترانس جریان در یک مدار واقعی استفاده می شود. این مدار در تابلوها کاربرد وسیعی دارد.



شکل ۲۵

مقره

در این فعالیت مقاومت عایقی بین باسبارها و بدنه (یا همان مقاومت مقره) اندازه‌گیری می‌شود، که حد اقل باید در تابلوهای ۳۸۰ ولت حدود ۲ مگا اهم یا بیشتر باشد (البته اگر با اهم متر اندازه‌گیری شود بی نهایت ملاحظه خواهد شد).

پایان