

### حفاظت در برابر خطر برق گرفتگی

در بحث حفاظت اشخاص در برابر برق گرفتگی ابتدا به معرفی خطرات ناشی از برق و انواع برق گرفتگی می پردازیم. خطرات عمده ناشی از برق شامل دو مورد است:

- برق گرفتگی
- آتش سوزی
- قوس الکتریکی

### حفاظت اشخاص در برابر خطر برق گرفتگی

عامل مؤثر خطر برای انسان یا هر موجود زنده دیگر در تأسیسات الکتریکی (کارخانجات و منازل و...) جریان است. البته وجود اختلاف پتانسیل که باعث عبور این جریان می شود نیز مهم است. در سیستم های فشار ضعیف و در هنگام برق گرفتگی، عبور جریان های از ۰/۱ آمپر به بالا از قلب، خطر جانی به دنبال دارد. آزمایشها و بررسی های مختلف نشان می دهد که:

– جریان های تا ۰/۰۲ آمپر برای انسان قابل تحمل است.

– جریان های تا حدود ۰/۰۵ آمپر خطرناک است.

– جریان های از ۰/۱ آمپر به بالا خطر جانی دارد.

در صورت اتصال یک فاز به بدنه هادی دستگاه، اختلاف پتانسیلی بین بدنه و زمین به وجود می آید. حال اگر شخصی بدنه دستگاه را لمس نماید، بین محل تماس بدن این شخص و زمین ولتاژی به وجود می آید که ولتاژ تماس نامیده می شود .

### روش های حفاظت در برابر خطر برق گرفتگی

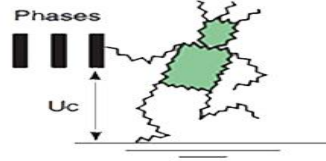
برق گرفتگی در دو حالت ممکن است رخ دهد:

- **برق گرفتگی ناشی از تماس مستقیم:** به برق گرفتگی در اثر تماس مستقیم با قسمت های برق دار تأسیسات برقی گفته می شود. در واقع مانند زمانی که فرد مستقیماً با فاز تماس پیدا کند.
- **برق گرفتگی ناشی از تماس غیر مستقیم:** به برق گرفتگی در اثر تماس با بدنه های هادی یک وسیله برقی یا قسمتی از تجهیزات گفته می شود. مانند زمانی که بدنه فلزی دستگاه در اثر اتصال با فاز برق دار شده و فرد بدنه دستگاه را لمس می کند.

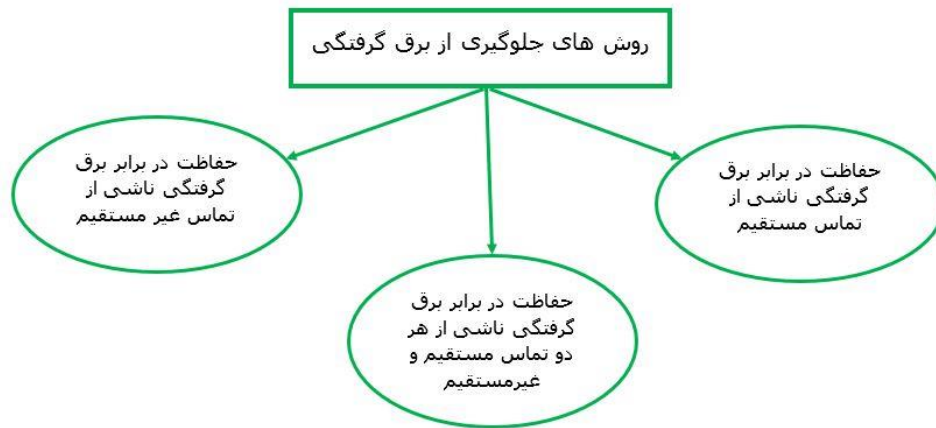
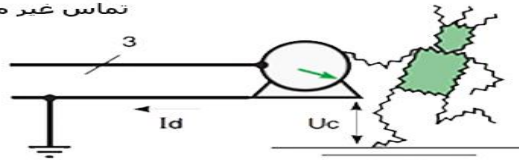
## ایمنی برق ۲

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

تماس مستقیم



تماس غیر مستقیم



### حفاظت در برابر برق گرفتگی ناشی از تماس مستقیم

روش های پیش رو به منظور این حفاظت شامل موارد زیر است:

- حفاظت با استفاده از عایق بندی قسمت های برق داری که می توانند در دسترس افراد باشند.
- حفاظت از طریق حصارکشی (به طور مثال در پست های برق) و هم چنین استفاده از محفظه ها مثل تابلو برق و جعبه کلید و پریز.
- حفاظت از طریق استقرار خارج از دسترس: به طور مثال حفظ حریم شبکه های برق رسانی.
- ایجاد محدودیت جریان احتمالی عبوری از بدن شخص به مقدار کمتر از جریان برق گرفتگی ۳۰ میلی آمپر با استفاده از تجهیزات جریان تفاضلی مانند کلید محافظ جان (RCD) به عنوان حفاظت اضافی. نباید از دیگر حفاظت های گفته شده در این حالت چشم پوشی کرد، زیرا ممکن است کلید محافظ جان در شرایطی مانند تماس هم زمان دو فاز یا یک هادی و نول، عمل نکنند.

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

تامین حفاظت در برابر برق گرفتگی از طریق لباس و کف پوش عایق

یکی از روش های اساسی حفاظت کارگران، جدا نمودن فرد به وسیله دستکش، کلاه، لباس و کفش حفاظتی که از مواد عایق ساخته شده و فرد را در مقابل جریان الکتریکی به بدن محافظت می کند. همچنین برای جلوگیری از خروج جریان الکتریکی از بدن، کف محل کار را با مواد عایق مانند فرش لاستیکی پوشانیده و یا از زیر پایی یا چهار پایه با پایه های عایق استفاده گردد.



حفاظت در برابر برق گرفتگی به وسیله عایق کردن

در این روش تمام قسمت در دسترس مصرف کننده را که در صورت اتصال به بدنه می توانند نسبت به زمین ولتاژ داشته باشند عایق می نمایند برای این کار می توان تمام بدنه دستگاه را عایق نمود و یا اینکه تمام قسمت های الکتریکی مانند کلید و ترمینال ها و موتور را توسط جسم عایق از بدنه و چرخ دنده و... جدا نمود. سیم عایقی که بدین منظور به کار می رود باید مقاوم بوده، فرسوده نشده و صدمه نبیند.

دستگاه هایی که به وسیله عایق کردن حفاظت می شوند که دارای سیم های رابط بدون سیم حفاظتی هستند (مانند دستگاه های متحرک خانگی از قبیل جاروبرقی، رادیو و ...) می توان با عایق کردن اطراف محل قرار گرفتن دستگاه مانند کف زمین و دیوار نیز اشخاص را در برابر ولتاژ تماس نسبت به زمین حفاظت نمود، باید توجه داشت که چنین حفاظتی تنها برای دستگاه هایی که در یک محل ثابت هستند می توانند اجرا شوند.

حفاظت در برابر برق گرفتگی ناشی از تماس غیر مستقیم

به طور کلی این نوع حفاظت به دو صورت با قطع تغذیه مدار یا بدون قطع مدار انجام می گیرد.

حالتی که حفاظت منجر به قطع خودکار مدار شود:

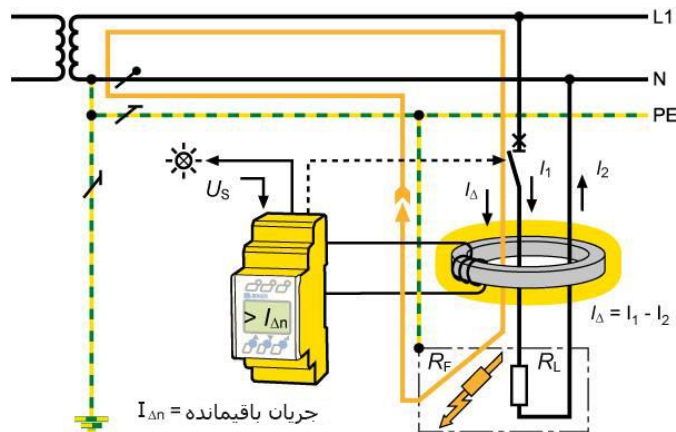
در این حالت وجود الکتروود اتصال به زمین لازم است. مشخصات سیستم اتصال زمین در این سیستم ها ممکن است متفاوت باشد و اتصال به زمین مناسب یکی از این سیستم ها الزاماً برای سیستم دیگر مناسب نباشد.

## ایمنی برق ۲

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

انواع حفاظتی که منجر به قطع مدار می شود شامل موارد زیر است:

۱- حفاظت با ایجاد محدودیت جریان احتمالی عبوری از بدن شخص از طریق کلید محافظ جان (RCD)



استفاده از کلید RCD بدون هادی حفاظتی یا ارت ممنوع است. بنابراین در برخی سیستمها که ارت جداگانه وجود ندارد، باید سیم ارت را به قسمتی از مدار که می خواهیم تحت پوشش کلید جریان باقیمانده (RCD) باشد، اضافه کنیم.

به طور کلی کلید RCD به تنهایی فایده ندارد و استفاده از آن، نصب سایر تجهیزات حفاظت در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه مانند کلید اتوماتیک، کلید مینیاتوری و فیوز را نفی نمی کند.

نکته مهم اینکه در واقع RCD باید آخرین قطعه ای باشد که در طرف مصرف مدار نصب می شود .

۲- حفاظت در برابر برق گرفتگی با استفاده از هادی حفاظتی ارت و قطع اتوماتیک تغذیه مدار به وسیله تجهیزاتی مانند کلید مینیاتوری و فیوز (مثلا در زمان افزایش جریان به بیش تر از جریان برق گرفتگی)



کلید مینیاتوری

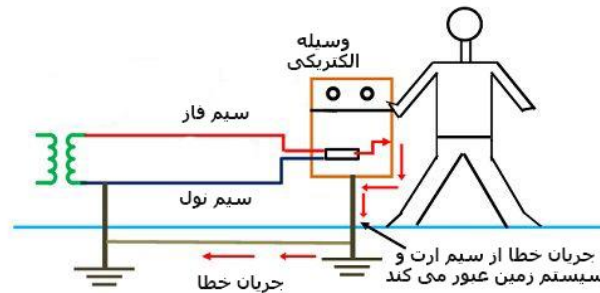
## ایمنی برق ۲

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

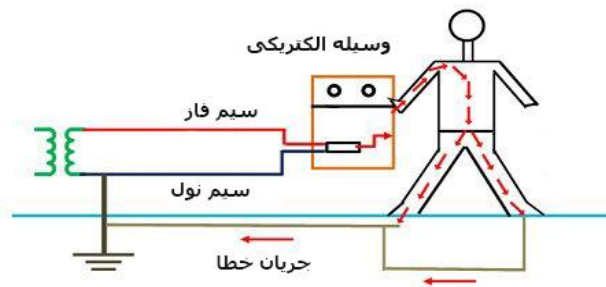
### حفاظت به وسیله سیستم زمین یا ارت

روش دیگر برای حفاظت در برابر برق گرفتگی ایجاد سیم اتصال به زمین است. حفاظت توسط سیم زمین، نوعی از حفاظت است که در آن قسمت های هادی دستگاه که با شبکه تغذیه، ارتباط الکتریکی ندارند، توسط سیم به زمین (تأسیسات زمین) وصل می شوند

در سیستم اتصال زمین بدنه هادی تمام تجهیزات الکتریکی از طریق هادی حفاظتی ارت به شینه اتصال زمین در تابلو توزیع متصل می شوند. هادی هم بندی نیز به شینه اتصال زمین در تابلو متصل می شود. پس از آن شینه اتصال زمین تابلو توزیع فرعی از طریق سیم ارت به شینه اتصال زمین در تابلو توزیع اصلی وصل می شود که این شینه نیز از طریق سیم ارت به ترمینال اصلی اتصال زمین وصل می شود. در نهایت این ترمینال از طریق هادی اتصال زمین به الکتروود زمین متصل می شود.



در صورت اتصال اتفاقی فاز با بدنه دستگاه الکتریکی در شرایطی که از سیستم زمین استفاده نشود و بدنه دستگاه الکتریکی توسط ارت زمین نشود، با تماس دست انسان با بدنه دستگاه، همان طور که در شکل زیر می بینید، جریان الکتریکی از بدن انسان عبور می کند و موجب برق گرفتگی می شود .

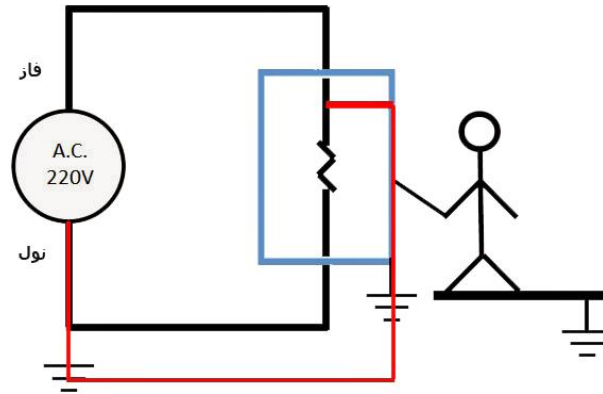


تا زمانی که اتصال بدنه در دستگاه الکتریکی وجود نداشته باشد، قسمت های حفاظت شده دستگاه هم پتانسیل با زمین خواهند بود و اگر به هر دلیل قسمت های الکتریکی دستگاه به بدنه اتصال پیدا کنند جریانی از بدنه دستگاه و از طریق سیم وصل شده به الکتروود زمین و زمین جاری می شود. به عبارتی دیگر نوعی اتصال کوتاه فاز به زمین رخ خواهد داد.

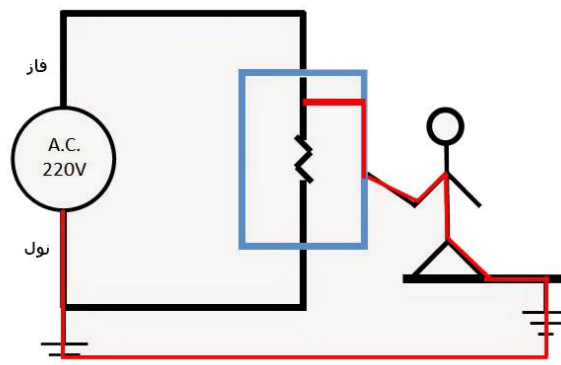
## ایمنی برق ۲

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

در شکل زیر مشاهده می کنید که در صورت بروز اتصال اتفاقی سیم فاز به بدنه دستگاه و تماس دست با بدنه، اگر سیستم زمین اجرا شده باشد مسیر عبور جریان از سیم ارت متصل به بدنه و به زمین خواهد بود و فرد از برق گرفتگی در امان می ماند.



در شکل زیر مشاهده می کنید که در صورت بروز اتصال اتفاقی سیم فاز به بدنه دستگاه و تماس دست با بدنه، اگر سیستم زمین اجرا نشده باشد چون مسیر دیگری بر سر راه جریان نیست، مسیر عبور جریان از بدن انسان خواهد بود و فرد دچار برق گرفتگی خواهد شد.



### • تأمین حفاظت افراد به وسیله محافظ جان

محافظ جان وسیله ای است که در ورودی تابلو ها به منظور حفاظت در برابر برق گرفتگی نصب شده و در صورت وجود اختلاف بین جریان ورودی و خروجی دستگاه، عمل کرده و چنانچه اتصال بدنه در دستگاه ایجاد شود و به فرار جریان به زمین منجر گردد، میزان جریان خروجی دستگاه کمتر از جریان ورودی خواهد شد. جریان ورودی و خروجی در دو سیم پیچ که در جهت مخالف یکدیگر پیچیده شده، وارد می شوند در حالت عادی که اتصال بدنه وجود ندارد. جریان در هر دو سیم پیچ یکسان بوده، میدان مغناطیسی ایجاد نمی گردد، ولی در اثر اختلاف بین دو جریانی که در این دو سیم پیچ وارد می شود، میدان مغناطیسی ایجاد شده و هسته مغناطیسی باعث قطع مدار می گردد.

## ایمنی برق ۲

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

زمان قطع مدار در حدود ۰,۳ ثانیه بوده و به این طریق اتصال به بدنه در این مدت کوتاه قطع می گردد و اگر فرد با دستگاهی که به این وسیله مجهز است تماس پیدا کند، از خطر برق گرفتگی محافظت می گردد.

این کلید به گونه ای طراحی شده است که با بروز هرگونه عدم تعادل غیر معمول در جریان های تک فاز یا سه فاز تجهیزات (عمدتاً ناشی از اتصال بدنه) عمل کرده، مدار تغذیه این تجهیزات را قطع می کند. در کلید محافظ جان سیم های حامل جریان تک فاز یا سه فاز دستگاهی که بوسیله این کلید حفاظت می شود، از میان هسته حلقوی ترانسفورماتور جریان عبور می کنند. از آنجا که در بار نامتعادل سه فاز، از سیم نول نیز جریان عبور می کند، این سیم نیز باید از داخل هسته حلقوی عبور کند.

جریان هر یک از فازها در هسته حلقوی میدانی ایجاد می کند. در حالت تک فاز، در صورتی که در مصرف کننده، اتصال بدنه وجود نداشته باشد جریان سیم های ورودی و خروجی مصرف کننده (جریان های فاز و نول) با یکدیگر برابر و در خلاف جهت یکدیگر بوده و میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط هر یک از جریان ها نیز در هر لحظه برابر و در خلاف جهت یکدیگر است و در نتیجه میدان ها همدیگر را خنثی کرده، از هسته ترانسفورماتور جریان، هیچ فورانی عبور نمی کند و هیچ ولتاژی نیز در سیم پیچ ثانویه آن القا نخواهد شد، در نتیجه رله مغناطیسی تحریک کننده کلید عمل نخواهد کرد.



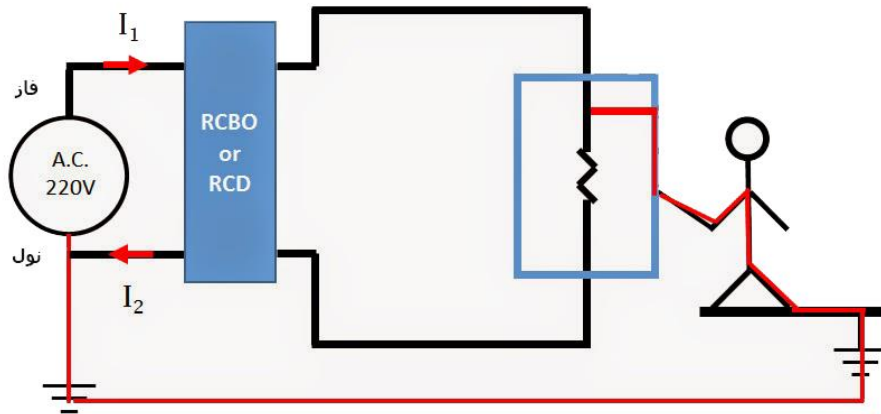
محافظ جان دو پل و چهار پل

### روش عملکرد محافظ جان

در صورتی که کلید محافظ جان RCD همان طور که در شکل زیر نشان داده شده، در مدار نصب شده باشد؛ در صورت اتصال اتفاقی فاز به بدنه و تماس دست با بدنه دستگاه، با عبور جریان از بدن شخص و ایجاد اختلاف جریان بین I1 و I2 به میزان ۳۰ میلی آمپر و بیشتر، کلید RCD تریپ می کند و منجر به قطع مدار و نجات فرد از برق گرفتگی می شود. لازم به ذکر است وجود هادی حفاظتی (سیم ارت) جهت اتصال بدنه دستگاه الکتریکی به زمین ضروری است. در این حالت، در صورت اتصال اتفاقی فاز با بدنه مسیر جریان از سیم ارت به زمین بسته می شود و کلید محافظ جان نیز با تشخیص اختلاف جریان بین فاز و نول تریپ می کند. استفاده از RCD بدون سیم ارت به طور کلی ممنوع است.

## ایمنی برق ۲

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)



نکته: مقاومت زمین نباید از ۲ اهم بیشتر شود. مقاومت زمین را می توان توسط دستگاهی به نام میگر اندازه گیری نمود.

نکته: معمولاً برای کاهش مقاومت زمین، به خاک درون چاه حفر شده برای نصب الکترود زمین، می توان از مواد شیمیایی مجاز یا به اصطلاح کاهنده مقاومت مخصوص خاک استفاده کرد. این مواد عبارتند از: بنتونیت و ترکیبات مشابه آن، بتن، بتن هایی که در آن از گرانول های کربن یا خاک زغال استفاده می شود.

حفاظت در برابر برق گرفتگی ناشی از هر دو نوع تماس مستقیم و غیر مستقیم

### • حفاظت اشخاص در برابر اضافه جریان

این حفاظت یا به صورت قطع اتوماتیک تغذیه هنگامی که اضافه جریان رخ می دهد تا قبل از رسیدن این جریان به مقدار خطرناک صورت می گیرد و یا با ایجاد محدودیت در حداکثر اضافه جریان، با در نظر گرفتن مدت زمان برقراری آن در حد بی خطر، حفاظت تأمین می شود.

تأمین حفاظت در برابر برق گرفتگی به وسیله جدا کردن سیم نول ترانسفورماتور از زمین

برای این که شدت جریان الکتریکی موجود در یک جسم هادی، که به منبع تولید جریان الکتریکی متصل شده است از بدن فرد عبور کند، کافی است که مدار جریان آن بسته شود و بسته شدن مدار در این مورد فقط با اتصال سیم خنثی (نول) ترانسفورماتور به زمین عملی می شود. بهترین راه جلوگیری از عبور جریان الکتریکی از بدن، حذف سیم زمین ترانسفورماتور است.

این مهم زمانی عملی می شود که محل دارای یک ترانسفورماتور مخصوص به نام ترانسفورماتور جداساز باشد و تغذیه کلیه دستگاه ها مستقیماً به وسیله این ترانسفورماتور انجام گیرد.



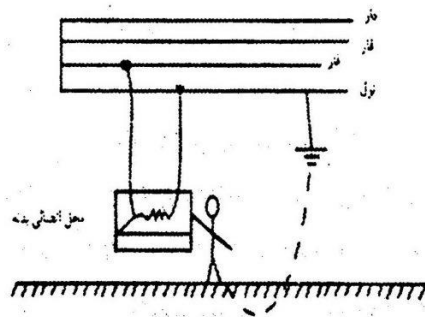
## ایمنی برق ۲

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

همچنین، ممکن است ترانسفورماتورهایی را به اسم ترانسفورماتورهای جداساز روی مدار تغذیه هر یک از دستگاه های مورد نظر نصب نمود. ولی در این مورد اگر در نقطه ای از شبکه اتصال زمین ایجاد گردد، چون مداری بسته از راه زمین ایجاد می شود خطر برق گرفتگی پیش می آید.

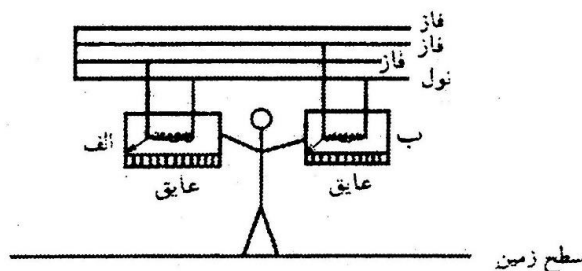
برای جلوگیری از خطر برق گرفتگی، شبکه باید در تمام طول خط کاملاً عایق باشد و دستگاه های برقی روی پایه های عایق نصب شده باشند. و اگر روپوش عایق سیم های حاوی جریان (فاز با نول) دارای عیبی مانند پارگی، سائیدگی و ... باشد، بلافاصله باید به تعمیر و یا تعویض آن ها اقدام گردد.

در شکل زیر مشاهده می کنید اگر سیم نول یا یکی از فازهای ترانسفورماتور به زمین اتصال پیدا کند و در داخل دستگاه نیز سیم هادی به بدنه متصل شود در این حالت چنانچه دست فرد به بدنه دستگاه برخورد کند مدار بسته ای ایجاد شده و فرد دچار برق گرفتگی خواهد شد.



ترانسفورماتور جداساز به زمین اتصال دارد و خطرناک است

نمونه دیگر در شکل زیر نشان داده شده است. اگر در نظام جداساز در دستگاه الف اتصال بدنه ایجاد شود، فردی که با دستگاه ب و دستگاه الف در یک زمان تماس پیدا کند، دچار برق گرفتگی نخواهد شد، چون سیم نول ترانسفورماتور به زمین اتصال ندارد و مداری بسته را ایجاد نمی کند. ولی اگر دستگاه ب هم اتصالی بدنه پیدا کند چنانچه فرد در یک زمان با این دو دستگاه تماس حاصل کند جریان الکتریکی از بدن او عبور خواهد کرد. برای رفع این خطر بدنه دستگاه های الف و ب را باید به وسیله یک جسم هادی یا یک سیم ضخیم به یکدیگر متصل نمود.



ترانسفورماتور جداساز

### حفاظت اشخاص در برابر اضافه ولتاژ

اضافه ولتاژ ممکن است در اثر ایجاد اتصالی میان مدارهای دارای ولتاژهای متفاوت رخ دهد. هم چنین ولتاژهای زیاد ممکن است در اثر صاعقه یا قطع و وصل مدار (کلید زنی، اضافه ولتاژ ناشی از سوئیچینگ) ایجاد شود، که در این راستا اقدامات حفاظتی مناسب باید به کار گرفته شود.

### آتش سوزی ناشی از جریان برق

جریان ناشی بیش از ۳۰۰ میلی آمپر قابلیت ایجاد آتش سوزی دارد. از کلید RCD با جریان باقی مانده عامل ۳۰۰ میلی آمپر معمولاً در ورودی تابلوها و در همه سیستم های برق رسانی برای حفاظت در برابر حریق استفاده می شود.



کلید محافظ جان ۳۰۰ میلی آمپر

الکتریسیته یکی از شایع ترین علل حریق و سوختگی های حرارتی در منازل و کارگاه ها است. استفاده غیر مؤثر یا نادرست از تجهیزات برقی از علل اصلی حریق های الکتریکی است. اگر حریق کوچکی از نوع الکتریکی رخ دهد، مطمئن باشید که خاموش کننده های نوع E مناسب خواهند بود. از زمان های دور این گاز به عنوان یک گاز محبوس کننده یا خفه کننده آتش در دستگاه های آتش نشانی مورد استفاده قرار گرفته است. این گاز دارای ویژگی غیر قابل اشتعال، بی بو، واکنش ناپذیر، غیر سمی، غیر هادی برای عبور جریان الکتریسیته که وزن آن یک و نیم برابر هوا می باشد و به همین خاطر در موقع خاموش کردن آتش، سطح آتش را در بر می گیرد و جایگزین اکسیژن موجود در هوا می شود و به این شکل موجب خفه شدن آتش می شود.

## خلاصه مطالب

### حفاظت در برابر جریان الکتریکی

اغلب برق گرفتگی در مواقعی که پوشش سیم های برق پاره شده و یا معیوب بوده و یا شکافی در آن ایجاد شده باشد، ایجاد می گردد. همچنین ممکن است پوشش سیم های داخلی موتورها یا دستگاه های الکتریکی ساییده و یا سوخته شود و در اثر تماس با بدنه دستگاه خطرانی ایجاد کند. این مورد بیشتر در موتورها یا دستگاه هایی که متحرک باشند پیش می آید. اگر شدت جریان عبوری از بدن از ۲۵ میلی آمپر تجاوز کند در هنگام عبور جریان الکتریکی از بدن، سبب مرگ فرد خواهد شد. مقاومت بدن فرد در مقابل عبور جریان الکتریکی متفاوت است و از ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ اهم و بیشتر می باشد. این اختلاف مقاومت به طبیعت فرد و شرایط محیطی که در آن قرار گرفته بستگی دارد.

حفاظت در برابر برق گرفتگی را با روش های زیر می توان برای افراد ایجاد نمود:

#### ۱- تامین حفاظت به وسیله جدا کردن افراد:

یکی از روش های اساسی حفاظت کارگران، جدا نمودن فرد به وسیله دستکش، کلاهخود، لباس و کفش حفاظتی که از مواد عایق ساخته شده و فرد را در مقابل ورود جریان الکتریکی به بدن محافظت می کند، همچنین، برای جلوگیری از خروج جریان الکتریکی از بدن، کف محل کار را با مواد عایق مانند فرش لاستیکی پوشانیده و یا از زیر پایی یا چهار پایه با پایه های عایق استفاده گردد.

#### ۲- حفاظت به وسیله اتصال دستگاه ها به یکدیگر به سیم هادی:

اگر دو یا چند دستگاه الکتریکی نزدیک به هم، به علل مختلف دارای اختلاف پتانسیل گوناگونی شوند و دست کارگر در یک زمان به هر در آنها تماس پیدا کند، در این صورت جریان خطرناک از بدن کارگر عبور خواهد کرد. شدت جریان عبوری از بدن متناسب با اختلاف پتانسیل بین دستگاه ها خواهد بود. در این موارد، باید دستگاه ها را به وسیله سیم هادی به یکدیگر متصل نمود تا در موارد بالا، اختلاف پتانسیلی بین آنها وجود نداشته باشد.

#### ۳- حفاظت در مورد اتاق یا محفظه هایی که بدنه آنها دارای اختلاف پتانسیل یکسان میباشد:

اگر فردی در داخل اتاق یا محفظه ای قرار گیرد که پتانسیل تمام نقاط آن یکسان باشد، تا زمانی که داخل اتاق باقی مانده، خطری برای او وجود ندارد، زیرا پتانسیل تمام نقاط اتاق با هم یکسان است ولی به محض

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

اینکه یک پای خود را برای خروج روی زمین قرار دهد، به دلیل اختلاف پتانسیل اتاق و زمین، دچار برق گرفتگی خواهد شد.

#### ۴- تأمین حفاظت به وسیله جدا کردن سیم نول ترانسفورماتور از زمین :

برای اینکه شدت جریان الکتریکی موجود در یک جسم هادی، که به منبع تولید جریان الکتریکی متصل شده است، از بدن فرد عبور کند، کافی است که مدار جریان آن بسته شود و بسته شدن مدار در این مورد فقط با اتصال سیم خنثی (نول) ترانسفورماتور به زمین عملی می شود. بهترین راه جلوگیری از عبور جریان الکتریکی از بدن، حذف سیم زمین ترانسفورماتور مخصوص به نام ترانسفورماتور جداساز باشد و تغذیه کلیه دستگاه ها به وسیله این ترانسفورماتور انجام می گیرد.

همچنین ممکن است ترانسفورماتورهایی را به اسم ترانسفورماتورهای جداساز روی مدار تغذیه هر یک از دستگاه های مورد نظر نصب نمود. ولی در این مورد، اگر در نقطه ای از شبکه اتصال زمین ایجاد گردد، چون مداری بسته از راه زمین ایجاد می شود، خطر برق گرفتگی پیش می آید. برای جلوگیری از خطر برق گرفتگی، شبکه باید در تمام طول خط کاملاً عایق باشد و دستگاه های برقی روی پایه های عایق نصب شده باشند. و اگر روپوش عایق سیم های حاوی جریان (فاز نول) دارای عیبی مانند پارگی، ساییدگی و ... باشد، بلافاصله باید به تعمیر و یا تعویض آنها اقدام گردد.

#### ۵- تأمین حفاظت افراد بوسیله رله دیفرانسیل :

رله دیفرانسیل وسیله ای است که بر روی موتورها و دستگاه ها نصب شده که در صورت وجود اختلاف بین جریان ورودی و خروجی دستگاه، عمل کرده و چنانچه اتصال بدنه در دستگاه ایجاد شود و به فرار جریان به زمین منجر گردد، میزان جریان خروجی دستگاه کمتر از جریان ورودی خواهد شد. جریان ورودی و خروجی در دو سیم پیچ که در جهت مخالف یکدیگر پیچیده شده، وارد می شوند. در حال عادی که اتصال بدنه وجود ندارد، جریان در هر دو سیم پیچ یکسان بوده، میدان مغناطیسی ایجاد نمی گردد، ولی در اثر اختلاف بین دو جریانی که در این دو سیم پیچ وارد می شود، میدان مغناطیسی ایجاد شده و هسته مغناطیسی باعث قطع مدار می گردد. زمان قطع مدار حدود ۳ ثانیه بوده و به این طریق اتصال به بدنه در این مدت کوتاه قطع می گردد و اگر فرد با دستگاهی که به این وسیله مجهز است تماس پیدا کند، از خطر برق گرفتگی محافظت می گردد.

## تفاوت فیوز، کلید مینیاتوری و کلید اتوماتیک

### معرفی جریان مجاز رسانا

حداکثر جریان مجاز، مقدار جریانی است برحسب آمپر که رسانا به طور پیوسته در شرایط کار بدون بالا رفتن درجه حرارت نامی می تواند از خود عبور دهد. جریان مجاز و ایمن برای هر اندازه از انواع سیم ها تعیین شده است. اگر از سیم جریانی بیش از اندازه مجاز عبور کند، درجه حرارت آن بالا می رود و ممکن است عایق آن صدمه ببیند و در نتیجه عمر سیم کم شده و باعث ایجاد خطر می شود. اگر بار اضافی بسیار بالاتر از آمپر مجاز سیم باشد خطر آتش سوزی وجود دارد. پس می توان به این نتیجه رسید که کمک گرفتن از وسایل حفاظتی، می تواند عمر وسایل و سیم ها را افزایش دهد و از خطرات احتمالی جلوگیری کند.

### • وسایل حفاظت جریان اضافی یا اضافه بار

مقدار جریانی که از هر سیم می گذرد، با به کار بردن وسایل حفاظتی جریان اضافی، حداکثر تا جریان مجاز هر سیم محدود می شود. دو نوع از آنها استفاده عمومی دارند: **فیوزها و کلیدهای خودکار**. که هر دو برحسب آمپر طبقه بندی شده اند. هرگونه وسیله حفاظتی که برای حفاظت جریان اضافی استفاده می شود، نباید جریان نامی بیش از جریان مجاز رسانای محافظت شده داشته باشد. مثلاً اگر جریان مجاز سیم نمره ۲/۵ و ۲۰ آمپر است، کلید اتوماتیک یا فیوزی که برای حفاظت این سیم به کار می رود نباید جریان نامی اش بیشتر از ۲۰ آمپر باشد.

وقتی دو سیم با دو اندازه متفاوت به یکدیگر وصل می شوند (مثلاً وقتی سیم نمره ۶ خارج ساختمان به سیم نمره ۱/۵ داخل بنا وصل می شود)، وسیله حفاظتی جریان اضافی باید مناسب حفاظت سیم با مقطع کمتر باشد. البته یک وسیله حفاظت مناسب برای سیم بزرگتر، می تواند در نقطه ابتدا نصب شود؛ به شرطی که برای سیم کوچکتر، وسیله حفاظت با جریان کمتر و در جایی که قطر سیم کم شده است به کار رفته باشد. به طور کلی فیوز، کلید مینیاتوری و کلید اتوماتیک از تجهیزات حفاظتی به منظور حفاظت اضافه بار به شمار می آیند.

### وسایل کنترل اضافه جریان

برای کنترل جریان زیاد از وسایل زیر استفاده می شود:

- فیوز (تند سوز و کند سوز)
- کلید مینیاتوری
- کلید اتوماتیک

### فیوز

فیوز وسیله ای است که مدارهای الکتریکی را در برابر جریان غیر مجاز حفاظت می کند. اگر جریانی بیش از جریان نامی از فیوز بگذرد فیوز می سوزد و بدین ترتیب جریان برق، قطع می شود. به عبارت ساده، فیوز یک وسیله حفاظتی است که در ابتدای مدارات برق قرار می گیرد تا در مواقعی که جریانی بیش تر از حد انتظار از وسیله عبور کرد، با سوختن فیوز مدار قطع شود و تجهیزات دیگر آسیبی نبیند.

فیوز، دارای رشته یا قطعه کوتاه فلزی است که مطابق آزمایش، وقتی جریانی بیش از جریان نامی از آن عبور کند، ذوب خواهد شد. این رشته فلزی در بدنه مناسبی قرار دارد تا در صورت سوختن فیوز، از پخش فلز مذاب جلوگیری کرده و تعویض آن را آسان می کند.

فیوزی که جریان نامی آن ۱۶ آمپر است، برای عبور برق ۱۶ آمپر آزمایش می شود. وقتی که بیش از ۱۶ آمپر از آن عبور داده شود، تکه سیم داخل فیوز ذوب خواهد شد (فیوز می سوزد). این عمل درست مانند قطع کلید یا بریدن سیم است. هرچه مقدار جریان اضافی بیشتر باشد، فیوز سریعتر می سوزد. معمول ترین نوع آنها، فیوز فشنگی است. پایه فیوز شبیه پایه لامپ معمولی است.



فیوز شیشه ای



فیوز فشنگی

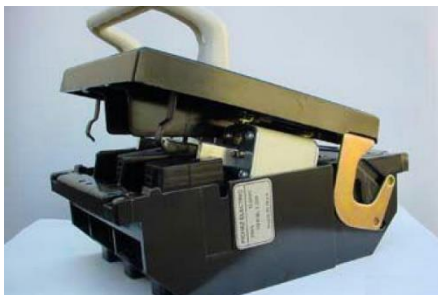
### کلید فیوز

بسیاری از حوادثی که در شبکه فشار ضعیف منجر به برق گرفتگی می شود مربوط به قوس الکتریکی است که در موقع تعویض فیوز یعنی در هنگام درآوردن فیوز زیر بار و یا جا انداختن آن در زیر جریان اتصال کوتاه به وجود می آید. لذا برای جلوگیری از خطراتی که در موقع تعویض فیوزها در شبکه فشار ضعیف پیش می آید، بهتر و مناسب تر است که به جای کلید و فیوز از کلید فیوز استفاده کنید.

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

در کلید فیوزها، فیوزها بر روی کلید سوار شده و با باز کردن کلید، فیوزها از شبکه جدا می شوند که می توان با بیرون آوردن در کلید، نسبت به تعویض فیوزها اقدام کرد. پس از تعویض فیوزها نیز، در کلید در داخل مجموعه جا زده شده و با بستن آن، فیوزها در شبکه قرار می گیرند.

در مواقعی که جریان اتصال کوتاه شبکه یا مصرف کننده پشت فیوز خیلی زیاد باشد، اجباراً به خاطر قدرت قطع مناسب باید از کلید فیوزها استفاده شود. کلید فیوز نسبت به کلیدهای خودکار ارزان تر و از لحاظ جایگیری و ابعاد کوچک تر است. بنابراین راحت بودن تعویض فیوزها و عدم باز کردن در تابلو، در موقع تعویض فیوزها از مزایای مهم کلید فیوز به شمار می رود.



## کلید مینیاتوری

کلید مینیاتوری یکی از ابزارهای حفاظتی است که می تواند جریان ۲ تا ۶۳ آمپر را در مصارف خانگی و صنعتی و تجاری حفاظت کند. این کلید دارای سه مشخصه زیر است:

۱- حفاظت در برابر اضافه جریان (Over Load)

۲- حفاظت در برابر اتصال کوتاه (Short Circuit)

۳- محدود کنندگی جریان

## عملکرد داخلی کلید مینیاتوری

یک فیوز از این دو نوع مکانیزم برای عملکرد خود استفاده می کند.

عملکرد بی متالی برای حفاظت اضافه بار: تشخیص جریان اضافه بار به عهده یک فلز (بی متال) است که به وسیله عبور جریان مدت دار بیش از جریان نامی، گرم شده و بر اثر خم شدن باعث عمل کنتاکت فیوز شده و مدار را قطع می کند.

عملکرد مغناطیسی جهت حفاظت از اتصال کوتاه: جریان اتصال کوتاه به وسیله سیم پیچ که دارای تعداد دور کم و قطر زیاد است به صورت مغناطیسی تشخیص داده شده و فیوز مینیاتوری عمل می کند.



## کلید مینیاتوری

از کلیدهای مینیاتوری تند کار جهت مدارهای روشنایی (غیر موتوری) و از کلیدهای مینیاتوری کند کار جهت مدارهای موتوری و صنعتی استفاده می شود.

مزیت فیوزهای مینیاتوری در این است که فضای کم تری می گیرند و می توان آنها را کنار هم به صورت ردیفی چید. از این کلیدها می توان در منازل استفاده کرد و قسمت های مختلف ساختمان را از مسیر آنها تغذیه کرد تا چنان چه اشکالی در قسمتی از ساختمان به وجود آمد، باعث قطع کامل جریان نشود. کلید مینیاتوری مورد استفاده در منازل، در تابلوهای کوچک قرار می گیرند. امروزه در ساختمان ها از فیوزهای مینیاتوری استفاده می شود. فیوزهای مینیاتوری در داخل جعبه تقسیمی که در هر واحد آپارتمانی تعبیه شده اند قرار می گیرند.

## انواع کلید مینیاتوری

کلید مینیاتوری انواع مختلفی دارد که براساس کاربرد دسته بندی شده اند. پرکاربردترین نوع کلید مینیاتوری، نوع روشنایی (B) و موتوری (C) است که در ایران مصرف زیادی دارد.

## کلاس های ساخت کلید مینیاتوری

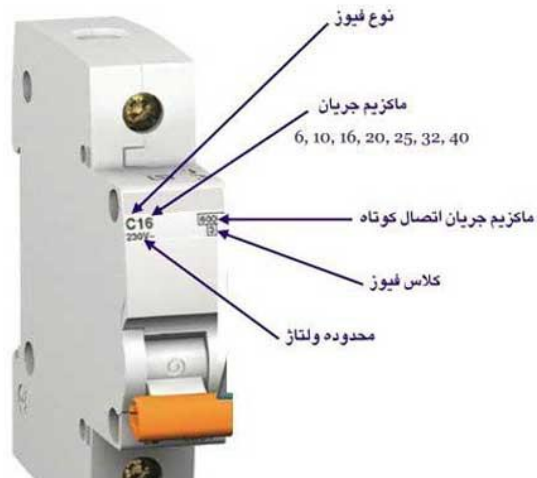
- A: برای دستگاه های اندازه گیری
- B: برای روشنایی و پریزهای معمولی
- C: برای مصارف صنعتی و موتورهای که سیستم راه انداز دارند.
- D: برای بارهایی که شدیداً خازنی هستند.

## کلید مینیاتوری از نظر کاربرد

Z: بسیار حساس	K: قدرت	D: ترانسفورماتوری	C: موتوری	B: روشنایی
---------------	---------	-------------------	-----------	------------



(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)



## کلید مینیاتوری نوع B روشنایی

کلید مینیاتوری نوع B عموماً در مصارف خانگی و روشنایی کاربرد دارند. این کلیدها در جریان اضافه بار بین ۳ تا ۵ برابر جریان نامی در زمان مشخص، مدار را قطع می کنند و حساسیت مناسبی برای کاربردهای عادی خانگی دارند. این کلید به فیوز مینیاتوری تندکار نیز معروف است.

## کلید مینیاتوری نوع C موتوری

کلید مینیاتوری نوع C بیشتر کاربرد صنعتی دارند. این کلیدها در جریان اضافه بار بین ۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی در زمان مشخص، مدار را قطع می کنند و زمان قطع شان از نوع B بیشتر است. این کلید به فیوز مینیاتوری کندکار نیز معروف است.

## کلید مینیاتوری نوع D

کلید مینیاتوری نوع D برای مصارف صنعتی خاص (مانند مولدهای اشعه ایکس X-Ray و یا ترانسفورماتورها) استفاده می شوند. این کلیدها در جریان اضافه بار بین ۱۰ تا ۲۰ برابر جریان نامی در زمان مشخص، مدار را قطع می کنند و زمان قطع شان از تمامی مدل ها بیش تر است.

## کلید مینیاتوری نوع k قدرت

کلید مینیاتوری نوع k برای حفاظت در مدارات قدرت، ترانسفورماتور و موتورها استفاده می شود. در این نوع از کلید مینیاتوری حد جریان برای قطع در موارد اضافه بار کم تر از سایر کلیدهاست و هنگام به وجود آمدن اضافه بار مدار را سریع تر قطع می کند ولی در موارد اتصال کوتاه منحنی قطع این نوع کلیدها بین نوع C و D خواهد بود.

### کلید مینیاتوری نوع Z بسیار حساس

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

### • اطلاعات بدنه کلید مینیاتوری

اطلاعات زیر باید به طور خوانا و همیشگی بر روی بدنه کلید مینیاتوری درج شده باشند:

- وظیفه کلید
- استاندارد ساخت
- دمای مرجع برای تنظیم کردن
- نام سازنده یا علامت تجاری آن
- نمایش شیوه اتصال پل های کلید
- نوع کلید بر حسب جریان قطع حفاظتی آن
- جریان نامی، ولتاژ نامی، فرکانس نامی و تعداد فازها

### تفاوت فیوز و کلید مینیاتوری

اولین تفاوت فیوز و کلید مینیاتوری در این است که کلید مینیاتوری به طور خودکار هنگام بروز شرایط غیر طبیعی مدار شامل اضافه بار و اتصال کوتاه، مدار را قطع می کند. کلید مینیاتوری از نظر حفاظت نسبت به فیوزها دقت عمل بیشتری دارند و از این نظر است که می گویند فیوز حساسیت کمتری نسبت به کلید مینیاتوری دارد.

مزیت دیگر کلید مینیاتوری این است که هنگام بروز مشکل در مدار، تریپ کرده و قطع می شود و مشخص می شود کدام ناحیه از مدار الکتریکی خطا رخ داده و دارای مشکل است. اما در مورد فیوز در همین شرایط باید سیم فیوز کنترل شود و یا کل فیوز قطع شده و مدار به طور کلی بررسی شود.

تفاوت دیگر این است که کلیدهای مینیاتوری پس از قطع آسیب نمی بیند و می توان پس از رفع خطا، به سرعت مدار را مجدد و بدون هزینه وصل کرد. این در حالی است که تعمیر فیوز امکان پذیر نیست و نیاز به باز شدن فیوز و جایگزینی یک فیوز جدید دیگر در مدار است.

کلید مینیاتوری دو عمل کنترل و حفاظت را هم زمان با هم انجام می دهد و از این نظر مشابه یک کلید به انضمام یک فیوز عمل می کند.

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)



تفاوت فیوز و کلید مینیاتوری

### کلید اتوماتیک MCCB

کلید اتوماتیک یا MCCB مخفف Molded Cast Circuit Breaker، نوعی دیگر از کلید اتوماتیک است. این کلید می تواند مشابه کلید مینیاتوری مدار را در برابر اضافه بار و جریان اتصال کوتاه محافظت کند. اما این کلید نسبت به کلید مینیاتوری برای جریان های بالاتری مورد استفاده قرار می گیرد. در نتیجه این کلید بیشتر کاربرد صنعتی دارد.

کلید اتوماتیک وسیله مکانیکی قطع و وصل خودکار جریان است. این کلیدها از دو نوع حفاظت استفاده می کنند پس از اینکه خطای اضافه بار به وسیله یک رله حرارتی و خطای اتصال کوتاه توسط یک رله الکترومغناطیسی تشخیص داده شد فرمان قطع کلید صادر می شود. هر یک از این حفاظت ها قسمتی از منحنی قطع کلید را به خود اختصاص داده اند. کلیدهای اتوماتیک مانند کلیدهای مینیاتوری عمل می کنند با این تفاوت که توان بیشتری را می توانند تحمل کنند و قابل تنظیم هستند.

کلید اتوماتیک کمپکت، مجموعه ای از رله های حفاظتی مانند اضافه بار، اضافه جریان و غیره که در یک محفظه کوچک قرار گرفته اند را کلیدهای کمپکت یا فشرده می نامند از آنجائی که بدنه این کلیدها به کمک نوع خاصی از قالب تزریق تولید می شوند، به آنها کلیدهای بدنه تزریقی یا Molded case هم می گویند. ساختار عملکرد کلیدهای کمپکت در هنگام ایجاد خطا به این صورت است که فنر شارژ مکانیزم به شکل دستی یا موتوری شارژ می شود و هنگام وقوع خطا دشارژ شده و پل های کلید را باز می کند.



کلید اتوماتیک

### موارد تفاوت کلید اتوماتیک کمپکت و کلید مینیاتوری

#### رنج جریان

اولین تفاوت کلید اتوماتیک کمپکت و کلید مینیاتوری رنج جریان است. کلید اتوماتیک و کلید مینیاتوری هر دو جریان اضافه بار و اتصال کوتاه را تشخیص داده و مدار را قطع می کنند. اما اولین تفاوت کلید اتوماتیک و کلید مینیاتوری، در رنج جریان کلیدهاست. کلید مینیاتوری از ۲ آمپر تا ۶۳ آمپر تولید می شود. البته در بعضی برندها کلید مینیاتوری در رنج ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۵ هم تولید شده است اما رایج نیست و کمتر می توان آن را در بازار پیدا کرد. اما کلید اتوماتیک در رنج ۲۵ تا ۱۶۰۰ آمپر تولید می شود.

#### قابلیت تنظیم

دومین تفاوت کلید اتوماتیک کمپکت و کلید مینیاتوری در قابلیت تنظیم است. کلید اتوماتیک دو نوع فیکس و قابل تنظیم دارد. در کلید اتوماتیک قابل تنظیم می توان جریان کلید را در یک محدوده مشخص تغییر داد و این حسن بسیار بزرگی است. یعنی شما می توانید از یک کلید در محدوده ای برای جریان های مختلف استفاده کنید. این در حالی است که کلیدهای مینیاتوری قابلیت تنظیم ندارند.

#### قدرت قطع

سومین تفاوت کلید اتوماتیک کمپکت و کلید مینیاتوری در قدرت قطع آن هاست. کلید مینیاتوری معمولاً قدرت قطع ۶ یا ۱۰ کیلو آمپر دارد. اما اگر بخواهید مداری با قدرت قطع بالاتر داشته باشید می توانید از کلید اتوماتیک استفاده کنید که در قدرت قطع ۲۵، ۳۶، ۵۰، ۷۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلو آمپر تولید می شود.

#### دو حالت و سه حالت

چهارمین تفاوت کلید اتوماتیک کمپکت و کلید مینیاتوری حالات عملکرد آن هاست. کلید مینیاتوری فقط دو حالت قطع و وصل دارد. اما کلید اتوماتیک سه حالت است: حالت قطع، حالت وصل و حالت تریپ. در حالت تریپ کلید در وسط قرار می گیرد.

### حالت تریپ برای رفع چه مشکلی طراحی شده است ؟

وقتی کلید مینیاتوری در حالت قطع قرار می گیرد، مشخص نیست که کسی کلید را به حالت قطع برده یا خود کلید به علت خطا به حالت قطع رفته است. اما این مشکل با اضافه کردن حالت تریپ در کلید اتوماتیک حل شده است. اگر کلید اتوماتیک در مدار باشد و مدار به علت خطا توسط کلید قطع شود، کلید به حالت تریپ می رود. یعنی نه حالت قطع و نه حالت وصل! پس با چک کردن کلید متوجه می شوید که در مدار خطا رخ داده، پس اول خطا را برطرف می کنید و بعد کلید را به حالت قطع و سپس به حالت وصل می برید.