بسمه تعالی

هفتمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران

کد مقاله: DNEQ178

نوع پذیرش: ارائه

عنوان مقاله:
لزوم کاربری کلیدهای محافظ جان (جریان نشتی) در بهینه سازی و ایمن سازی مصرف انرژی

ارائه کنندگان:

۱ـ مهندس کاووس فرجی

۲ـ مهندس حمیدرضا محبی

شرکت اف. اند. جی

مقدمه:

با توجه به عدم رعایت مبانی استاندارد در سیم کشی‌های وسایل الکتریکی فرسودگی تأسیسات و همچنین عدم استفاده از تکنولوژی و وسایل نو نتایج تحقیقات به عمل آمده در منازل مسکونی، کارخانجات و معابر نشان دهنده میزان بالای اتلاف انرژی و حوادث بیشمار می‌باشد. با توجه به این امار و ارقام که هر روز در مطبوعات، گزارشات، سمینارها و... عنوان می‌گردد و همچنین مقایسه با سایر کشورها لزوم استفاده از وسایل نو در شبکه‌های توزیع برق کشور جدی به نظر می‌رسد.

درصد بالای از حوادث و تلفات در شبکه گسترده توزیع در مشترکین رخ می‌دهد که با استفاده از وسایل و لوازمات خاص می‌توان از این حوادث و تلفات جلوگیری نمود.

هر چند در ایران شرکتهای برق منطقه‌ای به فروش برق از طریق نصب یک کنتور اکتیو و یک محدود کننده جریان که عموماً فیوز قطع سریع (بوکسی یا اتوماتیک) است. اکتفا می‌کنند و از این طریق ایمنی را جهت جلوگیری از بروز هر گونه اتصال کوتاه در شبکه فشار ضعیف خود تضمین می‌کنند و فاز و نول بعد از کنتور رها می‌باشد و مشترکین با سلیقه خود یا تکنسین فنی خود نسبت به اجرای سیم‌کشی اقدام می‌کنند ولی آمارگیری‌های انجام گرفته شد مبین این مطلب است که بسیاری از آتش سوزی‌های ناشی از برق به دلیل نادرست بودن سیستم سیم‌کشی خانگی و استفاده نکردن از وسایل حفاظتی مناسب است. بنابراین شرکتها می‌توانند با توصیه به مشترکین در استفاده از وسایل ایمنی تا حدود زیادی در رفع این معضلات اقدام نمایند.

از آنجایی که سیستم الکتریکی به طور دائمی در معرض حوادثی می‌باشد که در اثر مرور زمان در کار غیر نرمال یکی از اسباب سیستم الکتریکی و یا اشتباهات افراد به وجود می‌آید. استفاده از وسایل که فالت را تشخیص داده و قسمتهای آسیب دیده را جدا کند ضروری می‌باشد.

از مهمترین مشخصه‌های یک سیستم حفاظتی مناسب می‌توان به قابلیت اطمینان، موضعی بودن، قدرت تمایز انواع خطا، سرعت عمل، سادگی و اقتصادی بودن اشاره کرد و با توجه به اینکه عمده مشترکین از سیستم تک فاز استفاده می‌کنند مهمترین حفاظت در برابر اتصال کوتاه اضافه بار و نشت جریان می‌باشد.

در کشور ما استفاده از وسایلی برای جلوگیری از اضافه بار و اتصال کوتاه در

سیستم‌های الکتریکی مرسوم می‌باشد ولی برای حفاظت در برابر جریان نشتی وسیله خاصی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

استفاده از کلیدهای جریان نشتی علاوه حفاظت سیستم‌های الکتریکی در برابر جریان نشتی دارای مزایای زیر نیز می‌باشد که در ادامه به آن می‌پردازیم.

۱ـ جلوگیری از خطر برق گرفتگی

۲ـ جلوگیری از خطر آتش سوزی

۳ـ جلوگیری از هدر رفتن انرژی

۴ـ جلوگیری از سوختن وسایل الکتریکی

همچنین در این مقاله به بررسی امکان استفاده از کلیدهای جریان نشتی در کشورمان و همچنین انواع این کلیدها و ساختمان آنها می‌پردازیم.

۱ـ جلوگیری از خطر برق گرفتگی:

جریان الکتریکی هنگام عبور از مسیر بدن انسان در شرایط مختلف و ناشی از آن، اثرات متفاوتی را به جا می‌گذارد که نسبت به درصد آسیبی که جریان عبوری ایجاد می‌کند، آن را به دو گروه تقسیم‌بندی کرده‌اند:

۱ـ جریانهایی که تأثیر مستقیم روی اعضای بدن می‌گذارند و به جریانهای شوک اولیه معروفند.

۲ـ جریانهایی که به طور مستقیم اثرات فیزیکی خاصی را بروز نمی‌دهند و ممکن است عکس‌العمل غیر ارادی ماهیچه‌ها را در بر گیرند که به جریانهای شوک ثانویه معروفند.

این جریانها طبیعی گذرا و یا پایدار دارند، جریانهای با فرکانس ۵۰ هرتز جریان پایدار و جریانهای با فرکانس بیش از ۵۰ هرتز جریان گذرا هستند جریان دشارژ خازنی جریان گذر است و دامنه آن به سرعت با زمان کاهش می‌یابد، انسان عبور جریان پایدار حدود یک میلی آمپر را حس می‌کند و در نتیجه عبور آن یک سوزش ضعیف در دستها و انگشتان احساس می‌شود جریانهای یک تا شش میلی آمپر، اغلب منجر به شوکهای ثانویه می‌شوند. جریان شوک ثانویه ماکزیمم جریانی است که یک انسان می‌تواند ماهیچه‌های خود را کنترل کند و قدرت رها کردن خویش را از هادی ولتاژ دارد.

منحنی توزیع جریان ایجاد کننده شوک ثانویه برای اجتماع (مردان و زنان) مورد آزمایش در شکل (۱) نشان داده شده است.

با توجه به شکل (۱) متوسط جریان ایجاد کننده شوک ثانویه در حدود ۱۶ میلی آمپر برای ۵۰ درصد مردان مورد آزمایش و ۱۰/۵ میلی‌آمپر برای ۵۰ درصد زنان مورد آزمایش است ولی با محافظه کاری زیاد می‌توان حد جریان شوک ثانویه را برای مردان ۹ و برای زنان ۶ میلی‌آمپر در نظر گرفت.

عبور جریانهای با دامنه بیش از شش میلی‌آمپر از بدن، ایجاد شوکهای اولیه را امکان‌پذیر می‌کند. با این تعریف، امکان ایجاد شوکهای اولیه با ولتاژهای کمتر از ۲۵ ولت به علت مقاومت طبیعی بدن وجود ندارد.

جریان منقبض کننده عضلات، با وزن در ارتباط می‌باشد و طبق تحقیقات (دالزیل) در این مورد به رابطه زیر منجر شده است.

$$I=K/tv$$

I: دامنه جریانی است که احتمال بروز انقباض عضلات را ایجاد می‌کند (به میلی آمپر).

t: زمان عبور جریان از بدن (به ثانیه)

مرگ ناشی از جریانهای شوکهای اولیه براساس یکی از فرایندهایی که ارایه خواهد شد در بدن امکان‌پذیر است این فرایندها عبارتند از:

۱ـ قطع جریان خون ناشی از گرفتگی عضلات قلب و عروق اطراف آن که در اثر عبور جریان از قلب به وجود می‌آید.
۲ـ قطع امکان تنفس که وقتی جریان از مرکز تنفسی در مغز عبور می‌کند اتفاق می‌افتد.
۳ـ خفگی که وقتی برای مدتی جریان از سینه عبور کند ایجاد می‌شود.

با توجه به اینکه جریان لازم جهت به وجود آمدن هر یک از اتفاقات بالا با توجه به آزمایشات عملی و علمی به عمل آمد بیشتر از ۳۰ میلی‌آمپر با تأخیر ۰/۲ ثانیه می‌باشد و در جریانهای به وجود آوردن شوکهای اولیه زیر این مقدار خطر فوت وجود ندارد بنابراین از این کلید با حساسیت نامی ۳۰ میلی‌آمپر می‌توان به عنوان کلید حفاظت از برق گرفتگی استفاده کرد.

بنابراین در صورت تماس بدن به طور مستقیم یا غیر مستقیم (تماس با بدنه لوازم الکتریکی که اتصال بدنه شده‌اند) و گذشتن حداکثر ۳۰ میلی‌آمپر جریان از بدن شخص این کلید اقدام به قطع مدار می‌کند و از آسیب رسیدن به فرد در اثر عبور جریان جلوگیری می‌کند.

۲ـ جلوگیری از آتش سوزی در صورت بروز نقص عایقی:

برای جلوگیری از عبور جریان خطایی که باعث بروز آتش سوزی می‌شود، مدار باید به سرعت قطع شود. این عمل توسط کلیدهای جریان نشتی با جریان نامی خطای $I_{fn}<0.5A$ انجام می‌شود به کمک این کلیدها هیچگاه توان حرارتی در محل عیب به میزانی که برای ایجاد یک آتش سوزی کافی باشد نخواهد رسید.

حفاظت اضافی در مقابل آتش سوزی‌های ناشی از اتصالیهای ناقص، به کمک یک سیم زمین مخصوص در داخل یک کابل یا کانال می‌تواند ایجاد شود. مثالهای کاربرد سیم زمین عبارتند از:

در کابلهای نم‌ناپذیر یک رشته اضافی به کار می‌رود به کابلهای با عایق پلاستیکی یک دیواره مرکزی اضافه می‌شود و در لوله‌های پی وی سی یک هادی بدون روکش کابلهای عایق‌دار افزوده می‌شود.

کلید جریان نشتی شرایطی مانند حفاظت مقابل آتش سوزی در اثر اتصال به زمین و نیز تشخیص نقض عایقی و تجهیزات را نیز دارا است.

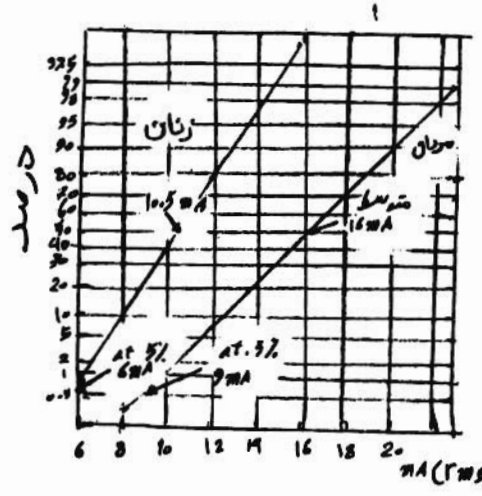
۳ـ جلوگیری از هدر رفتن انرژی:

هر ساله درصد قابل توجهی از انرژی تولیدی نیروگاههای در شبکه سراسری برق در حدفاصل بین تولید تا مصرف به دلائل فراوان و تحت تأثیر عوامل مختلف به هدر می‌رود.

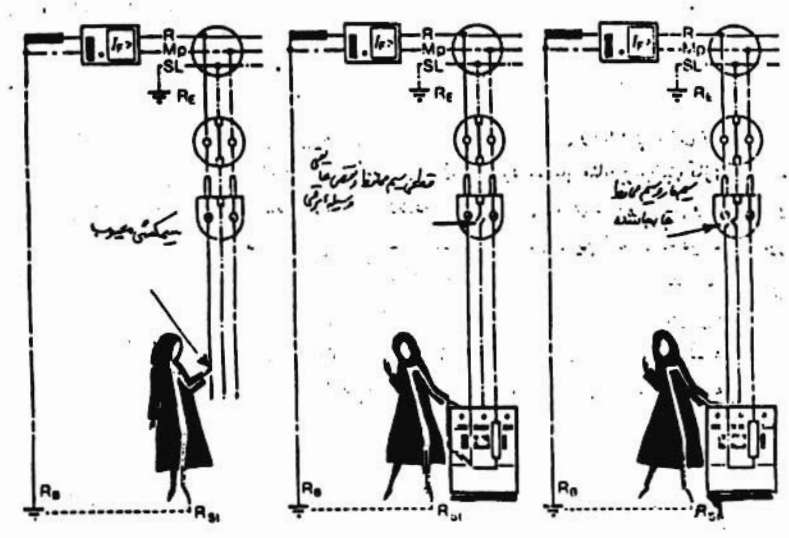
خسارت سنگینی که تلفات الکتریکی بر صنعت برق وارد می‌کند چه از نظر بلوکه کردن بیش از ۲۰ درصد ظرفیت نیروگاهها و چه از نظر صدها میلیارد ریال تلفات در کشور، حرکت همه‌جانبه و بی‌وقفه متخصصین را طلب می‌کند تا ضمن شناخت عوامل تلفات و راههای علمی و کاهش آن از هدر رفتن سرمایه‌های ملی جلوگیری به عمل آید.

به طور کلی تلفات در بخش‌های تولید، انتقال، توزیع و مشترکین صورت می‌گیرد و باید برای جلوگیری از این اتلاف انرژی در هر یک از این قسمت‌ها راهکارهائی را به کار برد.

شکل ۱ـ منحنی توزیع جریان ایجادکننده شوک ثانویه در فرکانس HZ ۶۰ برای ۱۳۴ مرد و ۲۸ زن



جریان ایجادکننده شوک ثانویه (mA)



شکل ۲ـ بروز هرگونه عیب در سیمها، پارگی سیم، نقص و کاستی در عایقبندی وسیله برقی و جابه جا شدن دو سیم (سیم فاز و سیم محافظ) در داخل دو شاخه وسیله برقی)

یکی از این قسمت‌ها بخش مربوط به مشترکین می‌باشد با توجه به اینکه نحوه و زمان مصرف انرژی اصل جداناپذیر هر شبکه محسوب می‌گردد و استفاده بهینه از انرژی از اهداف ملی هر کشور به شمار می‌رود این قسمت از اهمیت مخصوص برخوردار می‌باشد.

بنابراین ضرورت مدیریت بار و مصرف، امروزه از اهمیت به سزایی برخوردار گردیده است. زیرا به علت بستگی تلفات به ضریب بار هر منطقه و بستگی تلفات به توان دوم جریان دوم مصرف می‌توان با پیک سایی منحنی بار، در مقدار تلفات در ساعتهای پیک جلوگیری و یک روش مؤثر و پراهمیت کاهش تلفات انرژی را به این نحو اعمال کرد و از طرف دیگر پایین بودن ضریب قدرت مشترکین باعث می‌شود که هر مصرف کننده علاوه بر توان مفید مصرف خود (KW) مقداری توان اضافی (راکتیو) از شبکه سراسری کشیده (KVAR) ولی آن را مصرف نکند که بنا به تعریف تلفات، این خود نوعی اشتغال ظرفیت دستگاهها و تدابل بالا استفاده انرژی بین مصرف کننده و تولید کننده است که نوعی اتلاف انرژی محسوب می‌شود به همین علت است که شرکتهای برق به منظور جلوگیری از تزریق توان راکتیو توسط مصرف‌کنندگان با اعمال تنرقه‌های ضرر و زیان ناشی از پایین بودن ضریب قدرت مصرف کنندگان، آنها را به اصلاح ضریب قدرت خود ترغیب می‌کنند و نیز می‌توان با استفاده ازکلیدهای جریان نشتی آنها را در مدیریت مصرف انرژی هدایت کرد.

یکی از دلایل اتلاف فراوان انرژی در ایران عدم آگاهی از وجود عیب در سیستم می‌باشد با به کار بردن کلید جریان نشتی به محض ایجاد نشتی در سیستم هشدارهای لازم داده می‌شود و مشترک ـ رفع این عیب از هدر رفتن انرژی جلوگیری می‌نماید.

۴ـ جلوگیری از سوختن وسایل الکتریکی:

یکی از عوامل شایع که باعث سوختن وسایل الکتریکی در مصارف عمومی و صنعتی می‌شود جریان نشتی می‌باشد.

نشت جریان از المان به المان دیگر یا به بدنه وسیله الکتریکی باعث سوختن آنی وسیله الکتریکی در صورت زیاد بودن و یا در صورت کم بودن باعث از بین رفتن عایق (در اثر حرارت ایجاد شده در اثر عبور جریان و جرقه‌های تولید شده) و در نتیجه زیاد شدن جریان نشتی و در نهایت موجب سوختن وسیله الکتریکی علاوه بر وجود خطر برق‌گرفتگی و یا آتش‌سوزی می‌شود.

بنابراین می‌توان با استفاده از این وسیله چه در مصارف خانگی و چه در مصارف صنعتی از سوختن ماشین‌آلات و لوازم الکتریکی جلوگیری نمود.

کلیدهای حفاظت نشتی با تحریک ولتاژ FU:

همچنانکه از نامشان پیداست این کلیدها به محض ایجاد اضافه ولتاژ نسبت به یک سطح ایمن در روی بدنه‌های فلزی باعث قطع تغذیه می‌شود. این کلیدهای دارای بوبین محرکی هستند که مابین الکترود زمین مبنا و بدنه تجهیزات نصب می‌شود. هرگونه جریان خطا ایجاد شده در بدنه تجهیزات از درون بوبین عبور کرده باعث قطع مدار خطا از منبع تغذیه می‌گردد.

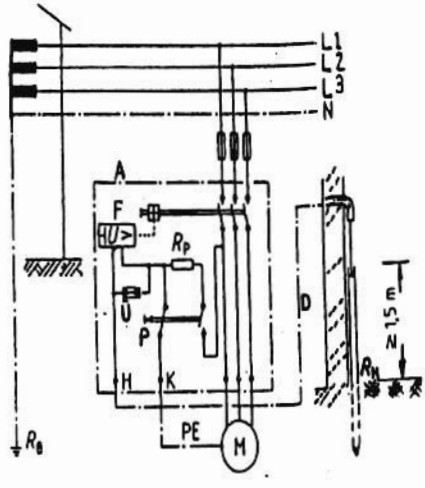
تشریح عملکرد:

در شکل ۲ نمونه‌ای از نحوه اتصال کلید حفاظت نشتی با تحریک ولتاژ نشان داده شده است. برای تشریح روش عملکرد کلید، مقاومت بوبین ولتاژ را RF=400Ω فرض می‌کنیم. اگر جریان لازم برای تحریک کلید IA=0.04A باشد در صورت ایجاد اتصال بدنه روی موتور M، جریان خطایی از طریق هادی حفاظتی PE، بوبین F، هادی زمین کمکی D و الکترود زمین کمکی RH برقرار شده و از طریق الکترود زمین RB به سیستم بر می‌گردد.

افت ولتاژ روی بوبین F برابر است با:

$$IARH = 0.04 \times 400 + 16V$$

در اینحال حداکثر افت ولتاژ روی هادی زمین کمکی D برابر IARH = UB - 16V می‌گردد. اگر ولتاژ تماس مجاز را $UB \leq 50\ V$ در نظر بگیریم خواهد داشت: RH = 50 - 16/0.04 = 850Ω



شکل ۳: عملکرد کلید FU

لیکن با توجه به اینکه مقاومت الکترود در زمین در فصول مختلف تغییر می‌کند جهت حصول اطمینان از عملکرد در هر حالت لازم است مقاومت $RH \leq 500\ \Omega$ در نظر گرفته شود عملکرد کلید ولتاژ را به راحتی می‌توان آزمایش نمود. برای این کار کافیست شستی P (شکل ۲) را فشار دهیم تا اتصال زمین مجازی ایجاد شده و باعث عملکرد کلید بشود.

عدم قطع کلید هنگام فشار دادن این دگمه، نشان دهنده مقاومت زیاد الکترود زمین یا قطع بودن سیم مسیر عبور جریان زمین است. سابقاً برای حفاظت جریانهای کوچک نشتی از این وسیله به وفور استفاده می‌شد لیکن مقررات جدید استانداردهای BS و VDE و نیز استاندارد IEC استفاده از کلیدهای حفاظت نشتی با تحریک ولتاژ را به سبب تأمین شرایطی که همواره امکان‌پذیر نیست محدود کرده‌اند.

کلیدهای حفاظت نشتی با تحریک جریان FI:

همانطوری که از نام این کلید مشخص است این کلید بر اساس نشست جریان کار می‌کند و در انواع دو پل (فاز + نول و یا دو فاز) سه پل (سه فاز) چهار پل (سه فاز و یک نول) وجود دارد و به علت برتری این کلید نسبت به کلیدهای FU با دلایلی که در ادامه به آن اشاره می‌کنیم به بررسی اجمالی آن می‌پردازد.

ساختار کلید نشتی با تحریک جریان:

این کلید از ترانسفورماتور جمع زن جریان و مکانیسم قطع و وصل به وجود می‌آید. هادیهای حامل جریان و سیم نول از میان ترانسفورماتور

جمع زن جریان، عبور می‌کنند (شکل ۴). بنابراین اگر در وسیله برقی حفاظت شده هیچگونه اتصالی رخ نداده باشد، بنا بر قانون کیرشهوف، شار آهنربایی سیمهای برقدار در ترانسفورماتور جمع‌زن جریان، اثر یکدیر را خنثی می‌کنند.

بنابراین، هیچ ولتاژی در ثانویه ترانسفورماتور جمع‌زن جریان القا نخواهد شد.

اگر عایق‌بندی وسیله یا دستگاه برق حفاظت شده آسیب ببیند جریانی موسوم به جریان نشتی به سوی بدنه وسیله برقی جاری می‌شود که این جریان، ترازمندی شار آهنربایی را در ترانسفورماتور جمع‌زن جریان، بر هم خواهد زد. میدان آهنربایی برآیند، ولتاژی را در ثانویه ترانسفورماتور جمع‌زن جریان، القا خواهد کرد، این ولتاژ رله را تحریک کرده و رله می‌تواند مدار معیوب را با گشودن تمام قطبی کنتاکتها در زمان ۰/۲ ثانیه قطع کند.

کلیدهای جریان نشتی چهار پل برای ۲۵ تا ۶۳ آمپر، محفظه یا پوشینه‌ای به ابعاد ۷۱×۴۵ میلیمتر دارند این ابعاد با فضایی که تقریباً ۴ کلید مینیاتوری اشغال می‌کند مطابقت دارد. این کلیدها را می‌توان روی ریلهای ۳۵ میلیمتری نصب کرد.

کلیدهای جریان نشتی برای جریانهای نامی بیش از ۲۲۴ آمپر باید با مکانیسمهای مناسبی مجهز شوند.

قطع سلکتیو کلید جریان نشتی امکان‌پذیر است. برای این منظور کلیدهای ۱۰۰، ۱۶۰ و ۲۲۴ آمپر با سیستمهای قطع کننده تأخیری ساخته شده و در دسترس همگان است. زمان تأخیر در قطع، در محدوده‌ای مشخص قرار دارد.

کاربردهای گوناگون کلیدهای جریان نشتی و تجهیزات اضافی آن در شکل ۵ آمده است.

قدرت قطع کلیدهای جریان نشتی FI

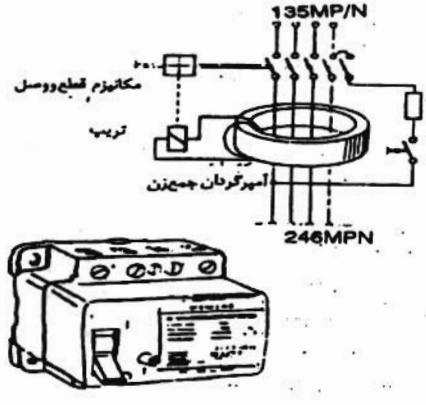
بروز هر گونه کاستی در عایق‌بندی می‌تواند باعث ایجاد جریانهای نشتی زمین یا به به طور همزمان جریانهای اتصالی شود. قدرت کلیدهای خودکار جریان نشتی باید به اندازه‌ای باشد که برای قطع چنین خطاهایی به طور مطمئن برطرف شوند، کنتاکتهای کلیدهای جریان نشتی نباید به یکدیگر جوش داده شوند.

حفاظت در برابر اتصال کوتاه:

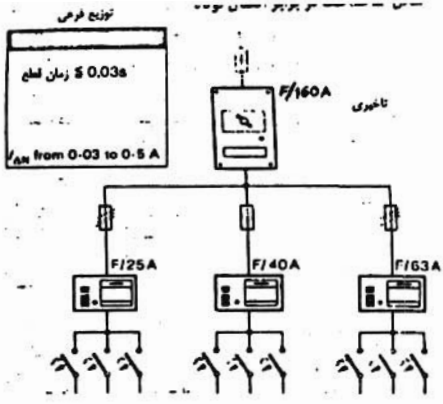
کلیدهای جریان نشتی باید به وسیله کلیدهای محافظ اضافه جریان پشتیبانی شوند. همچنین توصیه‌های کارخانه سازنده باید در نظر گرفته شوند (جدولهای ۲ و ۳)

جدول ۲- قدرت قطع کلیدهای جریان نشتی (شرکت F&G)

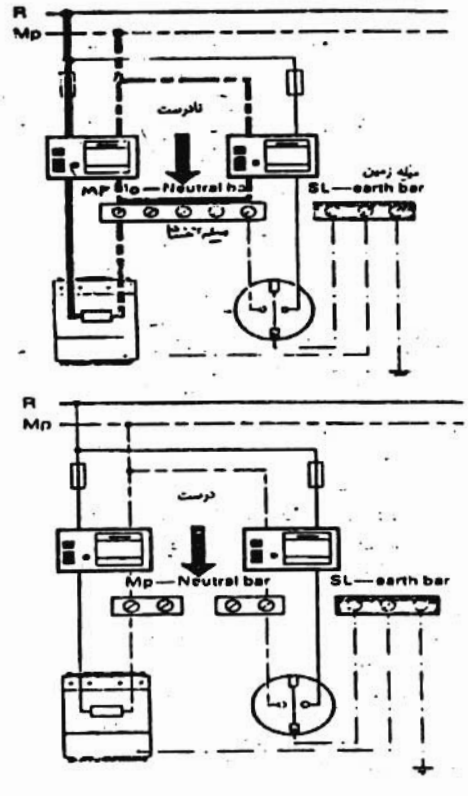
قدرت قطع	جریان نامی
10 KA	16-40 A
6 KA	63 A
10 KA	100 A



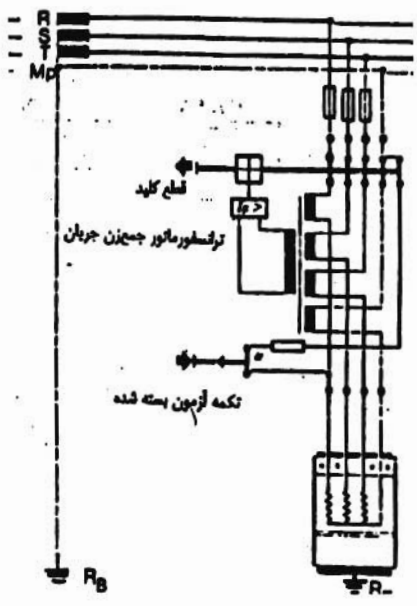
شکل ۴- عملکرد کلید جریان نشتی

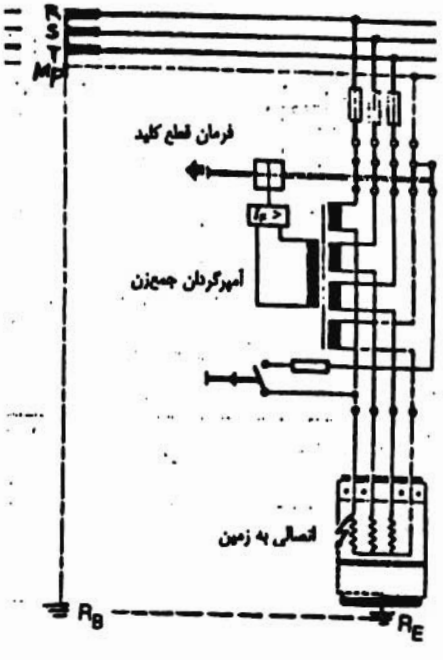


شکل ۶ـ حفاظت در برابر اتصال کوتاه



شکل ۷ـ استفاده از منیله‌های فلزی نول جداگانه برای هر کلید





شکل ۵ـ شیوه کارکرد کلید جریان نشتی

جدول ۳. بیشترین جریان نامی فیوزهای ساخته شده برای
حفاظت کلیدهای جریان نشتی در برابر اتصال کوتاه

فیوزهای ولتاژ کم HRC آمپر	فیوز DIAZED کندکار / آمپر	یا NEOZED تندکار / به آمپر	جریانهای نامی کلیدهای جریان نشتی به آمپر
63	63	80	25 A
80	63	80	40 A
100	80	100	63 A
125	100	–	100 A
125	–	–	125 A
160	–	–	160 A
224	–	–	224 A

نصب در تابلوی توزیع:

کلید جریان نشتی فقط آن قسمت از تجهیزات راکه در قسمت مربوط به بارکلید قرار دارد حفاظت می‌کند. اگر بخواهیم تابلوی توزیع راکه همراه باکلید استفاده می‌شود به طورکامل محافظت کنیم باید آن قسمت از تابلو راکه در بخش مربوط به منبع تغذیه کلید قرار دارد و شامل پایانه (= ترمینال)های کلید نیز می‌شود، با روش دیگری (برای مثال حفاظت عایقی) حفاظت کنیم.

استفاده از میله‌های فلزی نول جداگانه برای هرکلید:

اگر چند کلید جریان نشتی در یک تابلوی توزیع نصب شوند، هرکلید باید میله نول جداگانه مخصوص خود داشته باشد. اگر سیمهای نول چند کلید به طور مشترک به یک میله وصل شوند، کلید طرزکار عادی وسیله برقی را نیز خطا تلقی کرده و مدار را قطع خواهد کرد (شکل ۷).

طرز اتصال:

کلیدهای جریان نشتی باید در سر راه سیمهای تغذیه کننده یاکابلهای ورودی قرار گیرد. اگر ازکلید جریان نشتی ۴ قطبی، به صورت کلید ایمنی ۲ قطبی استفاده شود، باید (با در نظرگرفتن مدار آزمایش) فقط از پایانه (=ترمینال)های ۱ و MP/N یا ۲ و MP/N استفاده شود.

سیم نول به زمین بسته نشده:

سیم نول در قسمت مربوط به بارکلید جریان نشتی نباید به زمین وصل شود. زیرا در این صورت کلید، همواره هرگونه جریانی راکه از زمین و سیم نول عبورکند، خطا انگاشته و مدار

را بیدرنگ قطع خواهد کرد.

اتصال چندگانه به زمین:

همه اتصالات زمین در قسمت مربوط به بار کلید، که از طریق آن سیم نول ممکن است به زمین وصل شده باشد باید برداشته شوند (برای نمونه: اتصالات پل مانند در پریزهای برق و تجهیزات)، هرگاه کلید جریان نشتی هنگام نصب پیوسته، مدار را قطع کند، یکی از سیمهای بیرونی یا سیم نول با زمین تماس دارد. بنابراین، اتصال احتمالی همه هادیها به زمین باید بررسی شود.

به زمین بستن وسیله مورد حفاظت:

مقاومت زمین وسیله مورد حفاظت (R_E) نباید از نسبت بیشترین ولتاژ مجاز تماس U_B به جریان نشتی کلید جریان نشتی (I_{DN}) بزرگتر باشد.

$$RE = \frac{U_B}{I_{ON}}$$

نصب سیم محافظ:

سیمهای محافظ (زمین) نباید با سیمهای دیگر در طرف مربوط به تغذیه کلید جریان نشتی در مسیر مشترک قرار گیرند. در صورت وقوع نقص عایقی بین سیم تغذیه و سیم محافظ (زمین)، ولتاژ خطا ممکن است به وسیله مورد حفاظت، از طریق کلید منتقل شود البته بدون قطع مدار توسط این کلید از طرف دیگر اگر اتصال شمش ترازمندی پتاسیل ما را مطمئن کند که در صورت بروز اتصال کوتاه مستقیم بین سیم محافظ (زمین)، جریان نشتی ای به وجود خواهد آمد که از $I_A=K.I_N$ کمتر نیست، آنگاه سیم محافظ (زمین) را می‌توان در طرف مربوط به تغذیه کلید ایمنی همراه با دیگر هادیها در مسیری مشترک قرار داد. (I_A: جریان خطا، I_N: جریان نامی وسیله حفاظتی اضافه جریان پشتیبان کلید جریان نشتی و K ضریبی است که بنا بر پیش نویس فا.دا.ا VDE 0100 از جدول (۱) مشخص می‌شود).

مقاومت زمین:

جریان خطای نامی کلید جریان نشتی کمترین حد جریان خطایی است که باعث کارکرد کلید می‌شود. جریان خطا هنگامی به وجود می‌آید، که یک هادی برقدار، یا با قطعه فلزی زمین شده و یا با بدن انسانی که روی زمین قرار دارد تماس پیدا کند. می‌توان از جریان خطای نامی داده شده I_{FN} بر حسب آمپر و بیشترین ولتاژ مجاز تماس

U_{Bmax} بر حسب ولت، بیشترین مجاز R_{Emax} بر حسب اهم را محاسبه کرد.

$$R_{Emax} = \frac{U_{Bmax}}{I_{FN}}$$

بیشترین ولتاژ مجاز تماس $U_{B\ max}$ ۲۴ ولت ۶۵ ولت		جریان نامی خطا I_{FN}
بیشترین مقاومت مجاز زمین		آمپر
اهم	اهم	
۸۰۰	۲۱۶۰	۰/۰۳
۸۰	۲۱۶	۰/۳
۴۸	۱۳۰	۰/۵

بیشترین ولتاژهای تماسی مجاز بنا بر پیش نویس فا.د.ا (VDE 0107, VDE 0100) عبارتست از: الف - ۶۵ ولت برای حفاظت جان انسان.

ب - ۲۴ ولت برای حاظت جانوران و درمانگاهها

مقاومتهای زمین برای جریانهای نامی خطا (استاندارد) ۰/۰۳، ۰/۳ و ۰/۵ آمپر برای کلیدهای جریان نشتی به این شرح است:

وقتی از کلید جریان نشتی استفاده می‌شود، سطح مقطع سیم حفاظتی و سیم زمین به جریان نامی فیوز مدار، ارتباطی ندارد. کمترین حد سطح مقطع در صورتی که از سیم مسی استفاده شود بنابر پیش نویس فا.د.ا (VDE 0100)، ۱/۵ میلی متر مربع برای تجهیزات حفاظت شده به وسیله کلید جریان نشتی و ۴ میلی متر مربع برای تجهیزات حفاظت نشده به وسیله کلید است.

مقایسه FU , FI:

کلید FI یک کلید جریان خطا و کلید FU یک کلید ولتاژ خطا می‌باشد. کلید FI جهت حفاظت در مقابل تماس مستقیم نیاز به هیچگونه سیم کشی و تجهیزات جنبی ندارد.

کلید FU نیاز به همبند کردن کلیه بدنه‌ها و دستگاههای الکتریکی داشته و همچنین نیاز به یک زمین کمکی نیز دارد.

کلید FI در مقابل تماس مستقیم افراد بین فاز و زمین عکس‌العمل نشان می‌دهد.

کلید FU تنها در مقابل ایجاد ولتاژ خطا بر روی بدنه دستگاههای همبند شده به شرط سالم بودن تجهیزات جنبی‌اش عکس‌العمل نشان می‌دهد.

چنانچه سیستم ارتینگ وجود نداشته باشد و یا مقاومت الکترود ارت زیاد شده باشد کلید FI در مقابل عبور جریان خطرناک از بدن عکس‌العمل نشان نمی‌دهد.

در صورتیکه کلید FU حتی به شرط سالم بودن تجهیزات جنبی‌اش در مقابل اتصال مستقیم افراد بین فاز و زمین عکس‌العمل از خود نشان می‌دهد.

کلید FI به جریانهای نشتی موجود در سیستم توزیع داخلی حساس بوده و چنانچه میزان این جریان از میزان حساسیت کلید بیشتر شود، عکس‌العمل نشان می‌دهد.

چنانچه با دقت به ساختمان کلید FU توجه شود می‌بینیم که کلید FU در حقیقت خود نوعی کلید FI است و در عمل عبور جریان از مسیر بدنه برق‌دار شده به سمت بوبین کلید و از طریق مقاومت زمین کمکی به زمین باعث عملکرد کلید FU می‌باشد.

پس می‌توان گفت کلید FU خود یک کلید FI می‌باشد که تنها در مسیر پیش‌بینی شده برای آن عمل حفاظت را انجام می‌دهد.

نتیجه:

از دیدگاه حفاظت و ایمنی با توجه به اینکه

قابلیت اعتماد هر سیستم با کم شدن تعداد قطعات و امکانات جنبی مورد نیاز بالا می‌رود پس کلید FI دارای قابلیت اعتماد بیشتری از کلید FU می‌باشد.

همچنین کلید FI در مقابل اتصال مستقیم مشخص بین فاز و زمین عکس العمل نشان می‌دهد در صورتیکه کلید FU توانائی انجام این کار را ندارد.

با توجه به اینکه کلید FU تنها ایجاد ولتاژ خطرناک بروی دستگاههای همبندی شده و متصل شده به خود را احساس می‌کند اما کلید FI وجود جریان نشتی درکلیه قسمتهای سیستم توزیع را زیر نظر دارد از لحاظ ایمنی کلید FI منطقه وسیعتری را پوشش می‌دهد.

از دیدگاه حفاظت در مقابل تماس غیر مستقیم کلیدهای FI نیاز به مقاومت ارتینک با مقدار بیشتری نسبت به کلیدهای FU دارند و لذا ایجاد شرایط جنبی مناسب برای آنها راحت‌تر و با هزینه کمتر صورت می‌پذیرد.

کلید FI با جلوگیری از بروز جریان نشتی از تلفات انرژی الکتریکی و خسارات احتمالی همچون ایجاد آتش‌سوزی و یا سوختن وسایل الکتریکی در تأثیر اتصال بدنه شدن نیز جلوگیری می‌کند در صورتیکه کلید FU چنین امکانات را در اختیار نمی‌گذارد.

منابع:

1- Siemens: Eiectrical Installations Handbook

2- IEC 1008

3- IEC 1009

4- IEEE Electrical Installations