



چکیده

در شبکه های انتقال و توزیع استفاده از ترانس زمین متداول است . توسط این وسیله تشخیص خطا های فاز به زمین در این شبکه ها امکان پذیر می گردد . حفاظت مناسب و سریع توسط رله های حفاظتی و قطع قسمت های معیوب با حداقل خاموشی از اهداف عمده طرح حفاظتی این شبکه ها می باشد . از آنجایی که غالباً مهندسین برق در ارتباط روزمره با ترانس زمین قرار ندارند برخی موارد نحوه استفاده از آن برای تشخیص خطاهای فاز به زمین بصورت مطلوب انجام نمی پذیرد . مقاله حاضر ابتدا به توصیف انواع مختلف ترانسهای زمین و ارتباط آنها با حفاظت خطا های فاز به زمین در سیستم های فوق به عنوان مثال های عملی و مطالعاتی می پردازد . در نهایت روشهای مفیدی جهت تصحیح نقایص حفاظت شبکه توزیع در مقابل خطاهای فاز به زمین ارائه می دهد

شرح مقاله

استفاده از ترانس زمین در شبکه های انتقال و توزیع عموماً شناخته شده است . به کمک این وسیله ، تشخیص خطاهای فاز به زمین و قطع حفاظتی آنها به صورت سریع و سلکتیو امکان پذیر است . از آنجایی که کلیه مسایل مربوط به ترانسهای زمین در یک مرجع به طور کامل بیان نشده است ، نخست در این مقاله آرایشهای مختلف آن بررسی و سپس دو نمونه عملی کاربرد این ترانس و طرح های مختلف اتصال زمین در شبکه های توزیع مورد نقد و بررسی قرار می گیرد . علاوه بر این در زمینه برطرف کردن نقائص مربوط به حفاظت اتصال به زمین و کاربرد ترانس های زمین راه حل مناسب ارائه شده است

گذشته ، حال ، آینده ترانس های زمین :

دلایل استفاده از ترانس زمین برای سیستم های سه فاز زمین نشده را می توان به موارد زیر خلاصه کرد :

۱. مسیر جریان خطا را برای اتصال به زمین تکفاز مهیا می کند
۲. دامنه اضافه ولتاژ ناشی از خطای تکفاز و پدیده قوس برگشتی را محدود می کند
۳. نقطه پایداری برای زمین سیستم بوجود می آورد و ضمناً امکان تغذیه بارها به صورت تکفاز فراهم می سازد (در شبکه های توزیع)

در سیستم زمین نشده ، تشخیص و جدا کردن نقاط اتصالی فاز به زمین امکان ندارد و چون درصد بالایی از خطا ها را اتصالی فاز به زمین تشکیل می دهد ، لذا در تداوم برق رسانی حتی در مواقع اتصالی تک فاز به زمین هیچگونه خللی وارد نمی شود ولی در نهایت باید محل اتصالی معلوم و مورد مرمت قرار گیرد بدیهی است که مشخص کردن محل اتصالی تک فاز به زمین با از مدار خارج کردن تک تک فیدرها همراه می باشد که امری نامطلوب و توأم با صرف وقت و هزینه زیاد است .

نتیجتاً ترانس های زمین بعنوان منابع هشدار دهنده اتصال زمین و یا در صورت لزوم جهت قطع اتوماتیک خط معیوب مورد استفاده قرار می گیرد فلسفه حفاظتی سیستمی که از این وسیله به عنوان عضو از شبکه توزیع استفاده می کند عبارتند از:

۱. سیستم باید در مقابل اتصالهای ترانس زمین حفاظت شود به طوری که خارج شدن اتوماتیک هر ترانس زمین ، موجب جدا شدن سیستم از زمین نشود
۲. حفاظت پشتیبان برای اتصالی فاز به زمین فراهم گردد تا در صورتی که حفاظت اصلی به هر عنوان قادر به قطع قسمت معیوب نباشد وارد عمل گردد
۳. حفاظت باید سلکتیو باشد تا قطع بی مورد قسمت های سالن سیستم جلوگیری شود

انواع بهره برداری از ترانسفورماتور زمین

انواع ترانسفورماتورهای زمین که در شبکه های انتقال و توزیع مورد بهره برداری قرار می گیرند عبارتند از :

۱. ترانس زمین با آرایش زیگزاگ
۲. ترانس زمین با آرایش ستاره زمین شده و مثلث
۳. ترانس زمین با آرایش T شکل

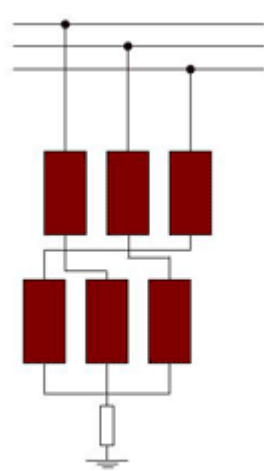
ترانس زمین با آرایش زیگزاگ بسیار متداول تر از انواع دیگر آن می باشد ، زیرا از نظر قیمت و ابعاد ارزان تر و کوچکترند . تمامی ترانسهای زمین یک مسیر برگشتی با امپدانس کم برای جریان توالی صفر در زمان خطای فاز به زمین و بارهای نامتقارن تکفاز مهیا می کنند . علاوه بر این امپدانس انواع ترانسهای زمین در هنگام بهره برداری عادی و متقارن از شبکه خیلی بالا می باشد و تحت این شرایط فقط جریان مغناطیس کننده از آن عبور خواهد کرد . به عنوان مثال امپدانس یک ترانس زمین از نوع ستاره زمین شده و مثلث در شرایط کار عادی شبکه ، همانند امپدانس یک ترانس قدرت با اتصال ستاره مثلث است که در حالت بی باری تحت تانسین قرار دارد .

آرایش و سیم بندی ترانس های زمین به گونه ای است که بلاجبار جریان عبوری از نوترال ترانس (3I₀) ناشی از اتصالی فاز به زمین به صورت مساوی بین فاز ها تقسیم می شود و مطابق شکل (۱) جریان های عبوری از فاز ها (I_{ao} ، I_{bo} ، I_{co}) از نظر دامنه و فاز با یکدیگر برابر می باشند .

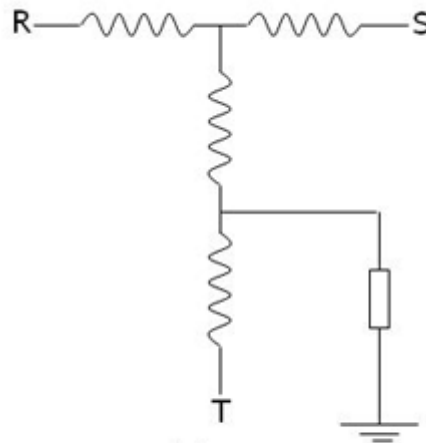
توجه داریم که دو سیم پیچ موجود بر روی هر ستون هسته مغناطیسی دارای تعداد دور برابر و در خلاف جهت یکدیگر پیچیده شده اند که در این حالت آمپر دور های به وجود آمده از سیم پیچ ، همدیگر را متعادل ساخته و نتیجتاً در مقابل عبور جریان I₀ امپدانس سری نسبتاً کوچکی از خود بروز می دهند .

شکل شماره (۲) عملکرد یک ترانس زمین با آرایش ترانس T شکل و مقاومت متصل به نقطه نول آن را در اتصالی فاز به زمین نشان می دهد . دو اتو ترانس ساختمان داخلی اینگونه ترانس ها را تشکیل می دهد . اتو ترانس ۱ دارای نسبت تبدیل یک به یک است ، بدین معنی که تعداد دور مساوی از سیم پیچ در طرفین سر مشترک آن قرار دارد . ولی در ترانسفورماتور ۲ یک سیم پیچ با دو برابر دور در طرف دیگر سر مشترک موجود است . در نتیجه با

توجه به تئوری اتوترانس جریان ۲I0 ، بلاجبار بطور مساوی بین فاز ها تقسیم می شود و این مشابه همان اثری است که در ترانسهای زمین زیگزاگ و یا ستاره زمین شده با ثانویه مثلث مشاهده می شود .

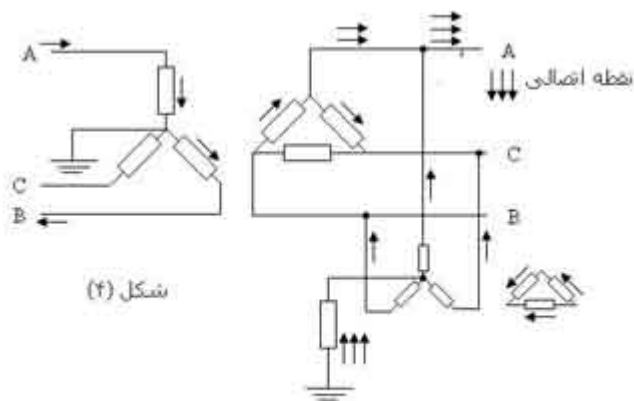


شکل (۱)
آرایش زیگزاگ



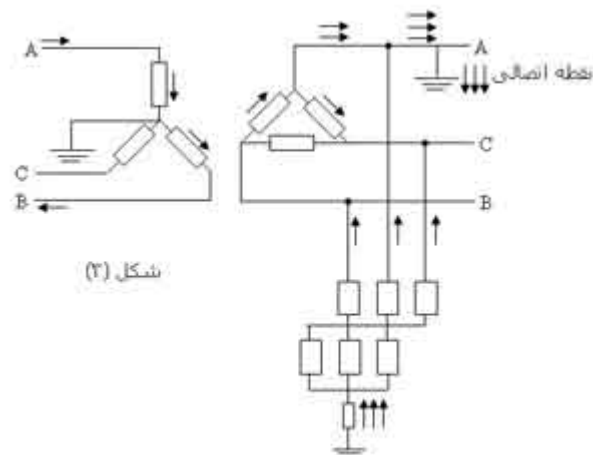
شکل (۲)
آرایش T شکل

شکل های (۲) و (۴) آنالیز ساده ای از اتصالاتی فاز با زمین و جریانهای عبوری از طریق شبکه ، ترانس قدرت و ترانس زمین با سیم بندی زیگزاگ و ستاره مثلث با نول زمین شده را به ترتیب نشان میدهد . همه جریان اتصالاتی ناشی از برخورد فاز A با زمین از مقاومت نقطه نول ترانس زمین به طرف سیستم جاری می شود . کل جریان خطا از تک تک ستون های ترانس زمین عبور خواهد کرد و همان طوری که مشاهده می شود زمانی که از یک ترانس قدرت با نسبت تبدیل یک به یک استفاده شود در طرف اولیه از دو فاز جریان اتصالاتی و از فاز سوم جریانی عبور نمی کند



شکل (۴)

بررسی ساده مسیر عبور جریان با فرض یک خطای فاز به زمین در ثانویه ترانس قدرت و ترانس زمینی با آرایش ستاره - مثلث



شکل (۳)

بررسی ساده مسیر عبور جریان با فرض یک خطای فاز به زمین در ثانویه ترانس قدرت و ترانس زمینی با آرایش زیگزاگ

با توجه به تجربه تحلیلی که انجام شد ملاحظه می شود که وسایل حفاظتی موجود در طرف اولیه ترانس های قدرت برای مثال رله های جریان زیاد ، به طور مطلق هیچ حفاظتی را برای خطاهای تک فاز با زمین در طرف ثانویه بنا به سه دلیل زیر بوجود نمی آورد

۱. دامنه جریان اتصالاتی به دلیل امپدانس سیم پیچ ترانس زمین و مقاومت نقطه نول کوچک می باشد

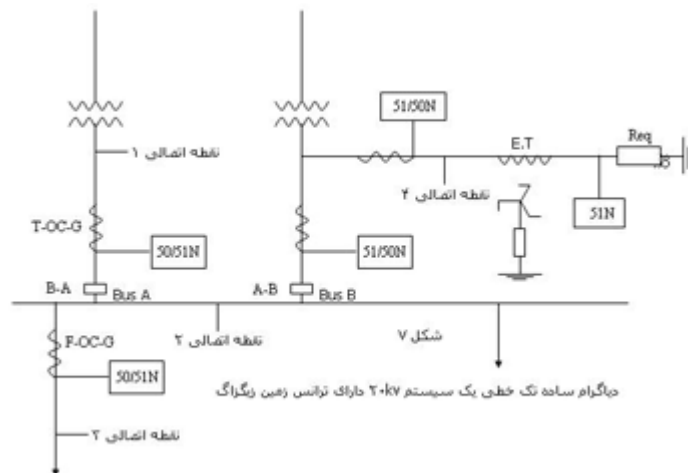
قدرت نامی ترانس زمین

همانگونه که قبلاً ذکر شد شبکه های زمین نشده معمولاً توسط ترانسهای مخصوص با زمین مرتبط می شود . این ترانس ها برای مدت زمان کوتاه جریان مقابل ملاحظه- ای (ناشی از اتصال فاز به زمین) از خود عبور خواهند داد . بنابراین ابعاد و قیمت آنها در مقایسه با یک ترانسفورماتور قدرت با کیلو ولت آمپر یکسان کمتر می باشد . در مواردی که سیستم حفاظتی اتصال زمین مورد استفاده قرار می گیرد ترانس های زمین نصب شده باید بتوانند جریان اتصالی تک فاز را برای مدت زمان بین ۱۰ الی ۶۰ ثانیه تحمل کنند . قدرت نامی که ترانس های زمین برای مدت کوتاهی (Short Time Rating) آنرا تحمل می کنند ، بر حسب کیلو ولت آمپر برابر است با حاصلضرب ولتاژ فاز با زمین در جریان نامی نقطه نوترال آنها .

برخی از ترانس های زمین برای تغذیه بارهای تکفاز موجود مورد استفاده قرار می گیرند که این گونه ترانس ها با توجه به کاربرد خاص خود باید توانایی تحمل قدرت نامی را برای مدت طولانی داشته باشند . در صورت استفاده از مقاومت اهمی در نقطه نوترال ترانسهای زمین ، ولتاژ نامی کار برای آنها معادل ولتاژ شبکه است . مقدار اهمی این مقاومت ها در محدوده ایست که جریان عبوری از آن علاوه بر تحریک سیستم حفاظتی امکان ایجاد صدمات حرارتی را بوجود نیاورد . این مقاومت ها زمانی که با سیستم حفاظتی اتصال زمین بکار رود برای پریود زمانی معین ، تحمل جریان اتصال کوتاه را داشته باشند (حدود ۱۰ الی ۶۰ ثانیه) .

مطالعه طرح حفاظتی شبکه توزیع

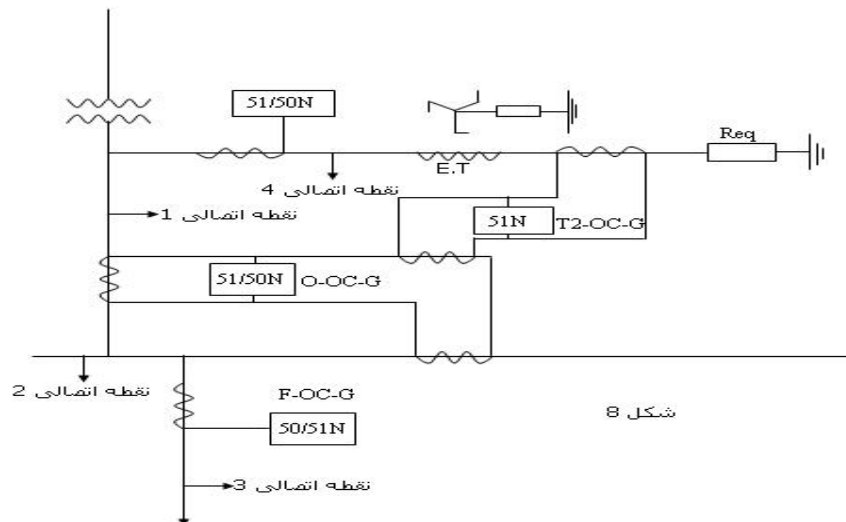
این بخش به مطالعه یک سیستم عملی حفاظت در مقابل خطای فاز به زمین و نواقص احتمالی آن برای یک شبکه توزیع ۲۰kv می پردازیم . نمایش ساده و تک خطی شبکه مورد نظر در شکل (V) آمده است . تمامی کلید های قدرت ۲۰kv در حالت بهره برداری عادی شبکه بسته می باشند و ترانسفورماتور قدرت T1 و T2 با یکدیگر موازی هستند کل فیدرهای خروجی سیستم ۶ عدد می باشند که هر کدام بین ۲ الی ۱۰ مگاوات توان مصرفی دارند . در این طرح یک ترانس زمین مسر خط جریان ۲I0 را تامین می کند . این وسیله دارای اتصال زیگزاگ و یک مقاومت ۱۲/۵ اهمی در نوترال خود می باشد . کلیه حفاظت های اتصال زمین برای یکی از ورودی ها (Incoming) و مصرف کننده ها ، و ترانس زمین در شکل نشان داده شده است . برای پی بردن به نحوه عملکرد رله های حفاظتی شبکه فوق ، چندین اتصال کوتاه فرضی در نقاط سیستم در نظر گرفته شده است .



۱. اتصال زمین در نقطه ۱ : برای اتصال های مابین ترانس قدرت و کلید مربوط به آن ، رله حفاظتی جریان زیاد زمین ترانس (Trans.Over Current Ground Relay) یک ، تحریک می شود و کلید (M-A) را قطع خواهد کرد و ثانویه ترانس یک از زمین جدا خواهد شد که برای رفع عیب لازم است کلید طرف ۱۳۲ کیلو ولت به طور دستی قطع شود
۲. اتصال زمین در نقطه ۲ : با توجه به سیستم حفاظتی نشان داده شده ، هیچ رله ای ، اتصال کوتاه های تک فاز روی شینه های A و B را پوشش نخواهد داد. در این حالت رله جریان زیاد نقطه نوترال ترانس زمین (GND.Trans.Over Current Gerund) جریان خطای ۲I0 را تشخیص داده و بعد از مدت زمان تنظیم شده با قطع کلید (M-B) ترانس زمین و ترانس قدرت شماره ۲ را همزمان از مدار خارج خواهد کرد . بدلیل اینکه در این لحظه ترانس زمین از شینه جدا شده است تمام جریان های ممکن اتصالی قطع می شوند . بعلاوه در مدت زمان که اتصالی پایدار است ولتاژ دو فاز سالم نسبت به زمین به مقدار ۲۰ کیلو ولت افزایش می یابد . بنابراین یک عایق بندی اضافی با ضرب ۲ برای تجهیزات مورد نیاز است . در غیر این صورت احتمال صدمه دیدن تجهیزات ناشی از ضعف عایقی وجود خواهد داشت و احتمال تبدیل شدن اتصالی به دو فاز وجود دارد . در این صورت کل شینه و فیدرهای خروجی بی برق خواهد شد لذا برای مقابله با خرابی احتمالی تجهیزات ناشی از این مسئله می توان فرمان قطع رله جریان زیاد نقطه نوترال ترانس زمین را به کلیه کلید های ورودی شینه ۲۰ کیلو ولت وصل کرد (M-B و M-A) در این صورت با بی برق شدن کلیه فیدرهای خروجی ، این طرح نیز عاری از اشکال نمی باشد .
۳. اتصال زمین در نقطه ۳ : در سیستم موجود اگر اتصالی روی فیدرهای خروجی اتفاق افتد توسط رله جریان زیاد زمین فیدر (Feeder Over Current Ground) کلید اصلی آن قطع و اتصالی برطرف می شود . در لحظه اتصالی ، جریان ۲I0 توسط رله اتصال زمین ترانس زمین نیز احساس می شود . با این رله اتصال زمین فیدر سریعتر عمل می کند و بنابراین با رله اتصال زمین ترانس زمین هماهنگ است . در مواقعی که رله مربوط به فیدر به کلید قدرت مربوطه بر اثر اشکال الکتریکی یا مکانیکی قادر به قطع مدار نشود رله اتصال به زمین ترانس زمین بعد از سپری شدن زمان معین ، کلید مربوط به خود را قطع می کند و این موضوع مشکل عنوان شده برای خطا در نقطه ۳ را تعدایی می کند .
۴. اتصال زمین در نقطه ۴ : خطای تک فاز روی شینه ترانس زمین توسط رله جریان زیاد ترانس زمین تشخیص داده شده و هر ترانس را از مدار خارج می سازد . در نتیجه سیستم ۲۰ کیلو ولت از زمین ایزوله می گردد و برای اضافه ولتاژهای گذرا در مدتی که عیب رفع نشده باشد مستعد می باشد . مشکلات عنوان شده برای بروز خطا در نقطه ۳ در اینجا نیز دیده می شود .

تصحیح سیستم حفاظتی و تحلیل آن

شکل (۸) بتفصیل جزئیات تصحیح شده حفاظت اتصال زمین برای شبکه ۲۰ کیلو ولت شکل (۷) را نشان می دهد . جهت جلوگیری از پیچیدگی نقشه فقط حفاظت اتصال زمین برای یکی از دو باس اصلی به تصویر درآمده است . شاخص ترین تصحیحی که در سیستم فوق داده شده است استفاده از دو عدد ترانس زمین می باشد که هر کدام به خروجی یکی از ترانس های قدرت متصل است . آرایش حفاظتی و تجهیزات باس بار دیگر ، همانند باس B می باشد . بررسی شکل (۸) نشان می دهد که آرایش حفاظتی اضافه جریان زمین پیچیده تر شده اند . ترانس های جریان اضافه شده در طرفین کلید باس سکشن (BT-1) در ارتباط با ترانس های جریان فیدر ورودی قرار دارند و در مسیر آنها یک ترانس جریان کمکی (AUX.Current Trans) نیز وجود دارد . حفاظت های اتصال فاز به زمین در آرایش جدید دارای چندین مزیت نسبت به آرایش قبلی است . برای درک این مطلب در شکل (۸) محل ۴ خطای تحلیل شده قبلی را بررسی می کنیم .



۱. اتصالی در نقاط ۱ و ۴ : در آرایش جدید ، عملکرد سیستم در مقابل اتصالی های نقاط ۱ و ۴ یکسان می باشد و رله جریان زیاد ترانس زمین توانایی تشخیص خطا را خواهد داشت و فرمان قطع برای ترانس قدرت و ترانس زمین توسط این رله با قطع کلید های (M-B) و طرف اولیه ترانس قدرت ، توسط این رله صادر می شود . بنابراین ترانس قدرت و زمین مربوطه از مدار جدا شده ولی شبکه توزیع بصورت زمین شده بکار خود ادامه خواهد داد و این رله نیازی به هماهنگی با دیگر رله ها ندارد و می توان آن را بسیار حساس و با حداقل زمان تنظیم کرد .
۲. اتصالی در نقطه ۲ : در ترکیب جدید ، خطاهای باس بار توسط رله جریان زیاد باس B (Bus-B-Over Current Relay) تشخیص داده می شود و وقتی زمان لازم برای رله فوق سپری شود این رله فرمان قطع برای کلیدهای (M-B) و (BT-1) صادر می کند . بنابراین خطا ایزوله می شود و نیمی از مصرف کننده ها از مدار خارج می شوند و بقیه مصرف کننده ها با یک سیستم زمین شده تغذیه می شوند .
۳. اتصالی در نقطه ۳ : تشخیص و جدا کردن اتصالی در فیدرهای خروجی توسط رله اضافه جریان زمین مربوطه به هر فیدر صورت می پذیرد . در این ترکیب حفاظتی ، اگر رله های فوق معیوب باشند و یا به هر دلیل کلید مربوط فیدر را قطع نکند خطای موجود توسط رله پشتیبان جریان زیاد باس بار تشخیص داده شده و باس مربوطه بی برق خواهد شد . به هر جهت وجود دو ترانس زمین این اطمینان را افزایش خواهد داد که از دست دادن یکی از آنها سیستم را بدون زمین نخواهد کرد

نتیجه گیری

این مقاله ضمن خلاصه کردن انواع ترکیب ترانسهای زمین در سیستم های قدرت سعی بر این دارد تا روشهای مختلف بهره برداری از آن را مورد بررسی قرار دهد . انواع ترانس زمین ، بررسی شبکه عملی دو باسه و استفاده از یک ترانس زمین با ترکیب زیگزاگ روی شینه ، حفاظت اتصال به زمین و ترکیب رله ها برای خطاهای نقاط مختلف مورد بررسی قرار گرفت . چنانچه قرار دادن حفاظت ترانس زمین و ترانس قدرت در یک زون حفاظتی مشترک اپتیمم سیستم حفاظتی برای پست های فوق توزیع به همراه خواهد داشت ، ترجیحاً اتصال ترانس زمین مستقیماً به خروجی ترانس قدرت مزایای بیشتری نسبت به استفاده از آن بر روی باس بار و قرار دادن یک حفاظت مستقل برای آن خواهد داشت .

