دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش قدرت

عنوان :

بررسی اثر وجود سیم پیچ پایدارکننده ثالیثه مثلث درعملکرد ترانسفورماتورهای کامپکت

استاد راهنما: دکتر مرتضی اسلامیان

نگارش: امیر سلیمی

تابستان ۱۳۹۸

تقدیم به سه وجود مقدس؛

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم ...

موهایشان سپید شد تا ما روسفید شویم ...

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

چکیده:

در فصل اول و دوم این پایان‌نامه شما را با ترانس زمین و امپدانس توالی صفر آشنا می‌کنیم،توضیحاتی که در فصل اول در مورد ترانسفورماتور زمین ارائه شده شامل: دلایل استفاده از ترانسفورماتور زمین، انواع ترانس زمین و دلیل متداول بودن اتصال نوع زیگزاگ و...می‌باشد. در فصل دوم با توجه به عملیات ریاضی و روابط وجود در توالی‌ها توانستیم مقدار تقریبی امپدانس توالی صفر را بدست بیاوریم. در این فصل مفصل (با رسم چندین شکل) درمورد اتصالات با حضور و بدون حضور سیم‌پیچ پایدارکننده پرداخته شده است. سپس در فصل سوم به ویژگی و کاربردهای سیم‌پیچ پایدارکننده و ارتباط آن با ترانس زمین و امپدانس توالی صفر می‌پردازیم.اگر بخواهیم یه توضیح اجمالی در مورد فصل سوم بدهم می‌شود به موارد زیر اشاره کرد: کاربرد سیم‌پیچ پایدار کننده اتصالات و جداول مهم که برای درک بهتر ذکر شده است و در آخر فصل مطالبی را در مورد ترانس کامپکت دارای سیم‌پیچ پایدار بیان کردیم.

فهرست مطالب

عنوان مطالب صفحه

پیش‌گفتار **۱**

اصطلاحات **۴**

فصل اول: ترانسفورماتور زمین **۷**

۱-۱ مقدمه‌ای بر ترانسفورماتورهای زمین ۸

۱-۱-۱ چرا از ترانس زمین استفاده می‌کنیم؟ ۸

۱-۱-۲ نحوه ی ردیابی عیب توسط ترانسفرماتور زمین ۱۲

۱-۱-۳ قدرت نامی ترانس زمین ۱۳

۱-۱-۴پارامترهای مهم در طراحی ترانس زمین ۱۴

۱-۱-۵ حفاظت از ترانس‌های زمین ۱۵

۱-۱-۶ مشخصات عمومی ترانسفورماتور زمین ۱۵

۱-۲ ترانسفورماتور زمین ۱۶

۱-۳ علت استفاده از اتصال زیگزاگ در ترانسفورماتور نوترال ۱۸

۱-۴ امپدانس صفر ترانسفورماتور نوترال ۱۸

۱-۵ ارتباط ترانس زمین و سیم پیچ پایدار کننده ۱۹

فصل دوم: امپدانس توالی صفر ترانسفورماتور **۲۰**

۲-۱ مقدمه ۲۱

امپدانس توالی صفر ترانسفورماتور ۲۱

۲-۲-۱ شبکه‌های نامتعادل و روش مؤلفه‌های متقارن ۲۲

۲-۲-۲ روش مؤلفه‌های متقارن ۲۳

۲-۳ امپدانس‌های توالی ۲۶

۲-۴ تعریف استاندارد امپدانس توالی صفر ترانسفورماتور 29

۲-۵ شبکه‌های توالی صفر ترانسفورماتورهای قدرت در مطالعات سیستم ۳۱

۲-۶ انواع امپدانس توالی صفر در ترانسفورماتورهای قدرت ۳۳

۲-۷ تاثیرات ساختمان فیزیکی ترانسفورماتور روی امپدانس توالی صفر ۳۷

۲-۸ روش اندازه گیری و محاسبه امپدانس توالی ترانسفرماتور ۳۹

۲-۸-۱ روش اندازه‌گیری ۳۹

۲-۸-۲ روش‌های تجربی محاسبه امپدانس توالی صفر ترانسفورماتورهای قدرت..... ۴۵
۲-۸-۳ روش تحلیلی محاسبه امپدانس توالی صفر ترانسفورماتورهای قدرت..... ۴۸
۲-۸-۴ روش اجزا محدود برای محاسبه امپدانس توالی صفر ترانسفورماتورهای قدرت..... ۴۹
۲-۹ تاثیر سیم پیچ ثالثیه پایدارکننده بر امپدانس توالی صفر..... ۵۰

فصل سوم: سیم‌پیچ متعادل‌کننده ۵۱
۳-۱ مقدمه‌ای بر سیم‌پیچ‌های ثالثیه و پایدارکنند ۵۲
۳-۱-۱ ترانسفورماتورهای دارای اتصال ستاره ۵۲
۳-۱-۲ کارکرد سیم‌پیچ‌های پایدارکننده از دیدگاه طراحی و عملکرد سیستم قدرت ۵۳
۳-۱-۳ کاربرد سیم‌پیچ‌های پایدارکننده از دیگاه عملکرد ترانسفورماتور ۵۵
۳-۲ عملکرد سیم‌پیچ‌های ثالثیه و پایدارکننده ۵۷
۳-۲-۱ چگونگی عملکرد سیم‌پیچ‌های پایدارکننده ۵۷
۳-۲-۲ زمان نیاز به سیم‌پیچ پایدارکننده ۷۰
۳-۲-۳ سایزینگ سیم‌پیچ پایدارکننده ۷۲
۳-۲-۴ ظرفیت پیوسته و اتصال کوتاه سیم‌پیچ‌های ثالثیه ۸۱
۳-۳ کاربرد سیم‌پیچ‌های ثالثیه و پایدارکننده ۸۲
۳-۳-۱ شبکه ترانس‌ها و اتو ترانس‌های متصل به یکدیگر ۸۲
۳-۳-۲ ترانسفورماتورهای قدرت پست اولیه ۹۰
۳-۳-۳ ترانسفورماتورهای جمع کننده مزرعه بادی (سه فاز) ۹۱
۳-۳-۴ زمین شدگی نوترال ترانسفورماتورهای ستاره-ستاره ۹۲
۳-۳-۵ برخی از اعمالی بکار گرفته شده در تاسیسات..... ۹۳
۳-۳-۶ ترانسفورماتور کامپکت..... ۹۳
۳-۴ رفتار ترانسفورماتورهای دارای سیم‌پیچ ثالثیه یا پایدارکننده تحت شرایط اتصال کوتاه ۹۵
۳-۴-۱ جریان‌های اتصال کوتاه ۹۵
۳-۴-۲ تنش‌های اتصال کوتاه ۹۸
۳-۴-۳ محاسبه جریان‌های اتصال کوتاه برای خطاهای خط به زمین ۹۸
۳-۴-۴ گزارش محاسبه جریان اتصال کوتاه برای ترانسفورماتور ستاره-ستاره-مثلث ۱۰۴

۳-۴-۵ پیامدهای مشخص‌سازی توان اتصال کوتاه بالا برای شبکه‌های MV ۱۰۴
۳-۴-۶ موازی کردن ترانسفورماتورها و اتو ترانس‌ها با و بدون سیم‌پیچ ثالثیه یا پایدارکننده ۱۰۶
۳-۴-۷ کارکرد راکتورهای محدودکننده جریان بر سیم‌پیچ‌های ثالثیه و پایدارکننده ۱۰۷
۳-۵ رفتار سیم‌پیچ‌های اصلی در شرایط نامتعادل پیوسته و گذرا ۱۰۸
۳-۵-۱ رفتار تحت شرایط گذرا ۱۰۸
۳-۵-۲ ولتاژها و جریان‌های ترانسفورماتور و اتو ترانس‌های در معرض بارهای نامتعادل ۱۱۰
۳-۵-۳ رفتار ترانسفورماتورها و اتو ترانس‌های بدون سیم‌پیچ ثالثیه یا پایدارکننده ۱۱۰
۳-۶ ملاحظاتی برای تعیین مشخصه و آزمایشات و ملاحظات کلی برای طراحی ۱۱۰
تعیین مشخصه سیم‌پیچ‌های ثالثیه و پایدارکننده ۱۱۰
مراجع ۱۱۳

پیش‌گفتار

ترانسفورماتور: وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را بین دو یا چند سیم‌پیچ و از طریق القای الکترومغناطیسی منتقل می‌کند. به این صورت که یک جریان متغیر در سیم‌پیچ اولیه ترانسفورماتور، موجب تولید میدان مغناطیسی متغیر می‌شود که این میدان منجر به ایجاد ولتاژ در سیم‌پیچ ثانویه می‌شود.

انواع اتصال سیم‌پیچ:

۱. مثلث (D)
۲. ستاره (Y)
۳. زیگزاگ (Z)

مقایسه اتصال ستار با مثلث:

۱. در اتصال مثلث تعداد دور سیم‌پیچ به ازای ولت بر دور ثابت $\sqrt{3}$ برابر بیشتر است.
۲. سطح مقطع مس در اتصال ستاره بایستی $\sqrt{3}$ برابر بشتر از سطح مقطع در اتصال مثلث باشد.
۳. اگر جریان و ولتاژ در اتصال ثابت باشد، وزن مس به کاربرده شده برای هر دو اتصال برابر است.
۴. برای ولتاژهای زیاد اتصال Y مزیت داشته و برای جریان‌های زیاد اتصال D
۵. عایق بندی سیم‌پیچ اتصال مثلث همیشه یکنواخت است(چون ولتاژهای پایین از D استفاده می‌کنند) ولی در اتصال ستاره هم می‌تواند از عایق بندی یکنواخت و هم از عایق بندی غیریکنواخت استفاده کرد.

نکته: در اتصال ستاره لازم نیست که نقطه‌ی نوترال ولتاژ اعمالی را تحمل کند.

اتصال زیگزاگ: در این اتصال سیم‌پیچی هرفاز به دو قسمت مساوی تقسیم می‌شود. اگر جریان‌های همسو (توالی صفر) وارد سیم‌پیچ زیگزاگ شود روی هر ساق هسته آمپر دورها همدیگر را خنثی کرده، بنابراین روی هر ساق هسته آمپر دور خالص صفر می‌شود. بنابراین سیم‌پیچ زیگزاگ امپدانس کمی از خود در برابر عبور جریان‌های همسو (جریان‌های توالی صفر) از خود نشان می‌دهد درحالیکه برای جریان‌ها با توالی مثبت یا منفی متعادل، امپدانس معادل همان امپدانس مغناطیس‌کنندگی هسته است.هزینه سیم‌پیچ زیگزاگ بشتر است زیرا ولتاژ خط نسبت به نوترال به صورت جمع برداری ولتاژ سیم‌پیچ زیگزاگ می‌باشد.

مزایای سیم‌پیچ با اتصال ستاره:

۱. مناسب بودن برای سیم‌پیچ‌ها با ولتاژ بالا
۲. دردسترس بودن نقطه‌ی نوترال
۳. امکان بارگیری تکفار

۴. امکان قرار گرفتن تپ‌ها و تپ چنجر در نقطه نوترال
۵. عایق بندی غیریکنواخت

مزایای سیم‌پیچ با اتصال مثلث:

۱. مناسب برای جریان‌های بالا
۲. درکنارسیم‌پیچ Y استاده از یک سیم‌پیچ مثلث موجب فراهم شدن مسیری با امپدانس کم برای مؤلفه‌های توالی صفر و هارمونیک سوم می‌گردد.

مزایای سیم‌پیچ زیگزاگ:

۱. در دسترس بودن نقطه نوترال
۲. متعادل شدن ولتاژها در صورت نامتعادل بودن بار
۳. امپدانس توالی صفر پایین و استفاده از آن در ترانسفورماتور زمین

امپدانس توالی صفر: امپدانس توالی صفر ترانسفورماتور برابر است با امپدانس اندازه گیری شده بین سر فاز و نقطه خنثی، درحالی‌که پایانه‌هایی سه فاز به هم وصل شده‌اند[8]. درخصوص ترانسفورماتورها، امپدانس توالی صفر در سیم‌پیچ‌ها که دارای اتصال ستاره یا زیگزاگ هستند، مطرح می‌باشد و این به دلیل عبور جریان توالی صفر از این سیم‌پیچ‌ها می‌باشد. با سه برابر کردن مقدار اندازه‌گیری شده با روش فوق مقدار امپدانس توالی صفر به دست می‌آید.

ترانس زمین: سیم‌پیچی است که برای ایجاد نقطه نوترال زمین شده در سمتی که اتصال سیم‌پیچ ترانس مثلث می‌باشد به منظور فراهم کردن مسیری برای عبور جریان توالی صفر هنگام خطا مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اتصال ستاره-مثلث(در سمت فشار قوی پست‌ها) به مشکل حفاظتی برمیخوریم زیرا بعد از اتصال مثلث چنانچه خطای اتصال کوتاهی رخ بدهد مسیری برای عبور توالی جریان خطا وجود نداشته، بنابراین شناسایی و رفع خطا با مشکل مواجه خواهد شد. برای ایجاد نقطه نوترال از یک ترانس زمین بلافاصله بعد از سیم‌پیچ مثلث درسمت ثانویه ترانس استفاده می‌شود که از نوع Z (متداول‌تر) و یا Y می‌باشد.

سیم‌پیچ ثالثیه: ترانس سه سیم‌پیچه اهداف زیر را دنبال می‌کند:

۱. اتصال سه سیستم با ولتاژکاری متفاوت
۲. استفاده از سیم‌پیچ ثالثیه مثلث

در ترانس سه‌فاز مطلوب است که یکی از سیم‌پیچ‌ها بصورت مثلث باشد، سیم‌پیچ مثلث یک مسیربا امپدانس پایین برای خنثی شدن جریان‌های توالی صفر را فراهم می‌کند. وجود یک سیم‌پیچ مثلث همچنین سبب کاهش

عدم تعادل هنگام بارگیری نامتعادل می‌گردد. در اتصال YY اگر نقطه نوترال باز شود امکان عبور جریان توالی صفر از بین رفته ولی همچنان شار توالی صفر وجود خواهد داشت که مسیر خود را از بدنه می‌بندد که شرایط مطلوبی نیست و بهتر است از سیم‌پیچ ثالثیه مثلث استفاده شود. اگر هم ثالثیه مثلث باشد و هم نوترال را زمین کنیم، بخشی از جریان توالی صفر از نوترال وارد زمین خواهد شد، که خیلی مطلوب نیست.

امپدانس مثلث نسبت به امپدانس دیده شده از نقطه نوترال برای جریان توالی صفر کمتر بوده و بنابراین بیشتر جریان توالی صفر در داخل مثلث به گردش در می‌آید.

اصطلاحات

برای درک بهتر این پایان‌نامه، اصطلاحات زیر مورداستفاده قرار می‌گیرد.

سیم‌پیچ مشترک (اتو ترانس): بخشی از سیم‌پیچ اتو ترانس که برای هر دو مدار اولیه و ثانویه مشترک هستند (IEEE std C57.12.80).

توان نامی پیوسته سیم‌پیچ پایدارکننده: توان کیلوولت‌آمپری مداری که سیم‌پیچ پایدارکننده[1] توانایی انتقال آن را تحت شرایط مشخصات کاربر در بارهای متعادل و نامتعادل در سیم‌پیچ‌های اصلی دارد.

زمین شدگی مؤثر: به معنای زمین شدگی با اتصال زمین دارای امپدانس کم (امپدانس ذاتی با امپدانس اضافه‌شده یا هر دو) است که در هنگام رخداد خطا از امکان ایجاد ولتاژهایی فراتر از محدوده‌های دستگاه و مدارات یا سیستم‌ها جلوگیری می‌کند (IEEE std C57.12.80).

توجه: هنگامی یک سیستم جریان متناوب یا بخشی از آن به‌طور مؤثر زمین شده است که در تمامی نقاط سیستم یا بخش مشخصی از آن، نسبت راکتانس توالی صفر به راکتانس توالی مثبت کم‌تر از سه بوده و نسبت مقاومت توالی صفر به راکتانس توالی مثبت در هر یک از شرایط کاری و در هر مقدار از ظرفیت ژنراتور متصل شده کم‌تر از یک باشد.

سیستم زمین شده: سیستمی از هادی‌ها که حداقل یکی از هادی‌ها یا نقطه‌ای (معمولاً سیم میانی یا نقطه نوترال سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور یا ژنراتور) از روی قصد زمین شده باشد که این امر به طریق مستقیم یا با تجهیز محدودکننده جریان انجام می‌گیرد (IEEE std C57.12.80).

نوترال: (الف) نقطه مشترک اتصال ستاره در سیستم چند فازی. (ب) نقطه‌ای از سیستم متقارنی که معمولاً ولتاژ آن صفر است (IEEE std C57.12.80).

ناپایداری نوترال[2]: شرایطی که اندازه ولتاژ ترمینال‌های خط به ترمینال نوترال دستگاه الکتریکی سه فاز برای هر سه فاز یکسان نیست. هنگامی‌که مؤلفه‌های هارمونیک ولتاژ حضور دارند، اندازه ولتاژهای خط به نوترال می‌توانند که برابر باشند ولی در مقایسه با ولتاژهای خط به خط، نسبت ۱٫۷۳۲ را برآورده نمی‌سازند.

بارگیری نوترال: شرایط کاری نامتعادل سیستم سه فاز که نوترال بایستی بخشی از جریان بار را انتقال دهد.

جابجایی نوترال: هنگامی‌که سه ولتاژ خط به زمین در موقعیتی با یکدیگر برابر نباشند.

---

[1] Stabilizing winding

[2] Neutral instability

ترانسفورماتور قدرت پست اولیه: ترانسفورماتور قدرت سه فاز کاهنده‌ای که توان الکتریکی را از شبکه انتقال و ریز انتقال به مدارات توزیع اولیه انتقال می‌دهد.

سیم‌پیچ اولیه (ترانسفورماتور): سیم‌پیچ موجود در سمت ورودی انرژی (IEEE std C57.12.80).

سیم‌پیچ ثانویه (ترانسفورماتور): سیم‌پیچ موجود سمت خروجی انرژی (IEEE std C57.12.80).

سیم‌پیچ سری (اتو ترانسفورماتور): بخشی از سیم‌پیچ اتو ترانس که برای هر دو سیم‌پیچ اولیه و ثانویه مشترک نمی‌باشد ولی بین مدارات ورودی و خروجی متصل شده است (IEEE std C57.12.80).

سیم‌پیچ پایدارکننده (SW): سیم‌پیچ کمکی بااتصال مثلث که در ترانسفورماتورهای سه فاز بااتصال ستاره استفاده می‌شود. ترمینال‌های سیم‌پیچ پایدارکننده برای اتصال به مدار خارجی بیرون آورده نشده است. ضمناً یک نقطه گوشه‌ای مثلث را می‌توان برای زمین کردن و آزمایش میدان بیرون آورد (IEEE std C57.12.80).

سیم‌پیچ ثالثیه[1] (TW): یک سیم‌پیچ اضافی در ترانسفورماتور که می‌تواند به کندانسور سنکرون، راکتور، مدار کمکی و... متصل گردد (IEEE std C57.12.80).

توان نامی حرارتی سیم‌پیچ پایدارکننده: توان کیلوولت‌آمپری است که در طول انتقال ناگهانی از بار حالت پایدار نامی (متعادل) در سیم‌پیچ‌های اصلی ترانسفورماتور به شرایط بخصوص گذرای کاری (بارگیری نامتعادل)، سیم‌پیچ پایدارکننده توانایی انتقال آن را همراه با افزایش حرارتی ماکزیمم دارد.

بانک ترانسفورماتوری: سه ترانسفورماتور تک فاز مستقل در نقطه نوترال یا خطایشان به یکدیگر متصل شده‌اند تا بانک سه فاز را تشکیل دهند. به‌جز موارد مخصوص مورداستفاده، اصطلاح ترانسفورماتور و بانک ترانسفورماتوری را می‌توان در مواقع اشاره به سیم‌پیچ پایدارکننده با یکدیگر تغییر داد.

بارگیری نامتعادل[2]: شرایط کاری سیستم که بار به‌طور متقارن متصل شده است و هر سه فاز از منبع سه فاز مقدار جریان یکسانی را تقاضا نمی‌کنند. اگر جمع سه جریان خط برابر صفر شود، هیچ جریانی در نوترال جاری نمی‌گردد.

اتصال ستاره: روش اتصال سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور چند فازه (یا اتصال هر سیم‌پیچ برای ولتاژهای یکسان ترانسفورماتورهای تک فاز وابسته در بانک چند فازه) است که یک سر هر سیم‌پیچ به نقطه مشترک (نقطه نوترال) متصل می‌گردد و سر دیگر آن به ترمینال خط متناسب متصل می‌شود (IEEE std C57.12.80).

[1] Tertiary winding
[2] Unbalancad loading

امپدانس توالی صفر ترانسفورماتور: ولتاژ امپدانسی سنجیده شده بین مجموعه ترمینال‌های اولیه و یک یا مجموعه‌ای از ترمینال‌های ثانویه در هنگام اعمال منبع ولتاژ تک فاز بین سه ترمینال اولیه متصل‌به‌هم و نوترال اولیه با ترمینال‌های خط ثانویه اتصال کوتاه شده و متصل به نوترال شان (در صورت وجود) می‌باشد.

توجه ۱: برای ترانسفورماتورهای دو سیم‌پیچه، سیم‌پیچ دیگر اتصال کوتاه نشده است. برای ترانسفورماتور چند سیم‌پیچه، آزمون‌های بسیاری نیاز است و مشخصه‌های امپدانس توالی صفر نشانگر امپدانس شبکه‌ای می‌باشند.

توجه ۲: در برخی از ترانسفورماتورها، تست بایستی در ولتاژ کمتری از میزان موردنیاز برای گردش جریان نامی انجام گیرد تا از اشباع مغناطیسی هسته و جریان مفرط در سایر سیم‌پیچ‌ها جلوگیری شود.

توجه ۳: امپدانس توالی صفر معمولاً به‌صورت پریونیت یا درصدی از ولتاژ مناسب و در پایه KVA بیان می‌گردد.

فصل اول

ترانسفورماتور زمین

۱-۱ مقدمه‌ای بر ترانسفورماتورهای زمین

۱-۱-۱ چرا از ترانس زمین استفاده می‌کنیم؟

در سیستم‌های زمین نشده، تشخیص و جداکردن نقاط اتصالی فاز به زمین امکان ندارد و چون بیشتر خطاها از خطای اتصالی به زمین تشکیل شده است، لذا در تداوم برق‌رسانی حتی در مواقع اتصال به زمین هیچ‌گونه خللی وارد نمی‌شود ولی در نهایت باید محل اتصالی معلوم و مورد تعمیر قرارگیرد. بدیهی است بعد از مشخص کردن محل اتصالی تک‌فاز به زمین، برای رفع آن باید تک تک فیدرها[1] را از مدارخارج کنیم البته این امر نامطلوب و با صرف وقت و هزینه‌ی زیادی همراه است. یکی از راه‌های دیگر استفاده از ترانس زمین است، ترانس‌های زمین به‌عنوان منابع هشداردهنده اتصال زمین و یا در صورت لزوم جهت قطع اتوماتیک خط معیوب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در حال حاضر، نقطه‌ی صفر(نوترال) اغلب شبکه‌های فوق‌توزیع و انتقال به طور مستقیم و یا از طریق یک وسیله‌ی محدودکننده‌ی جریان، زمین می‌شوند. در سیستم‌هایی که نقطه‌ی صفر آنها زمین نشده باشد، در شرایط بروز اتصال کوتاه نامتعادل، مانند اتصالی فاز به زمین، ولتاژ فازهای سالم می‌تواند تا حدی افزایش یابد که سبب ایجاد قوس الکتریکی بین قسمت‌های برقدار تاسیسات و زمین و درنتیجه از بین‌رفتن تجهیزات سیستم و عایق‌بندی آن شود و لذا می‌بایستی نقطه صفر سیستم به زمین اتصال یابد.

به طور کلی سه هدف عمده در استفاده از ترانسفورماتور زمین مدنظر است:

۱. محدود نمودن جریان اتصال کوتاه تک‌فاز
۲. محدود کردن اندازه‌ی اضافه ولتاژهای ناپایدار، درهنگام رخداد خطاهای زمین
۳. ایجاد نقطه‌ی صفر مصنوعی برای اتصال مثلث طرف ثانویه یا ثالثیه ترانسفورماتورهای قدرت[۲]

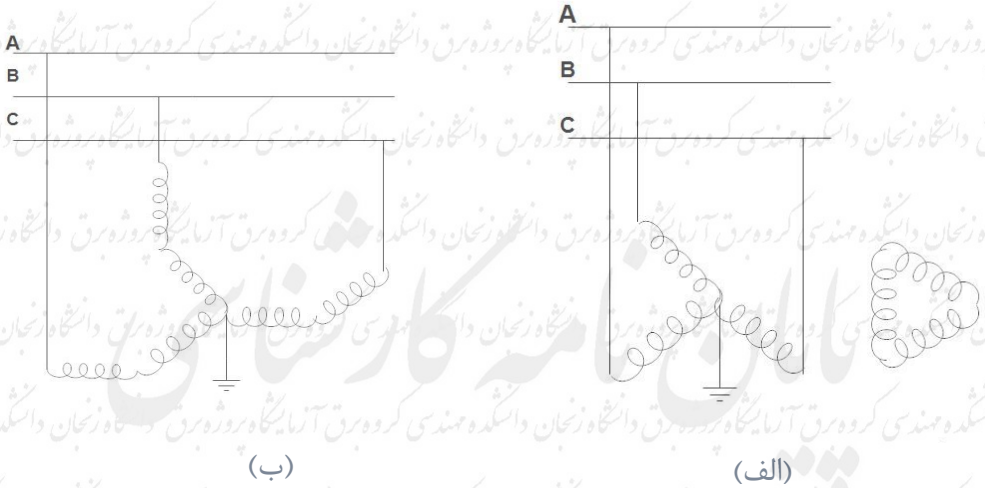
این باور وجود دارد که در سیستم‌های جدید، استفاده از ترانس زمین محدود شود به این دلیل که نصب کردن سیستم ستاره‌ی زمین شده از سیستم مثلث که وابسته به ترانس زمین باشد، کم هزینه تر و راحت‌تر است، ولی اکثر سیستم‌های قدیمی در سطح ولتاژ 27.6 kv و کمتر می‌باشند که به صورت مثلث طراحی شده و در نتیجه زمین نشده‌اند. در این‌گونه شبکه‌های انتقال و توزیع استفاده از ترانس زمین متداول است.

انواع ترانسفورماتورهای زمین که در شبکه‌های انتقال و توزیع مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، عبارتند از:

۱. ترانس زمین با آرایش زیگزاگ (شکل (۱-۱) الف)
۲. ترانس زمین با آرایش ستاره‌ی زمین شده و مثلث (شکل (۱-۱) ب)

[1] feeder

۳. ترانس زمین با آرایش T شکل (۱-۳) [2]



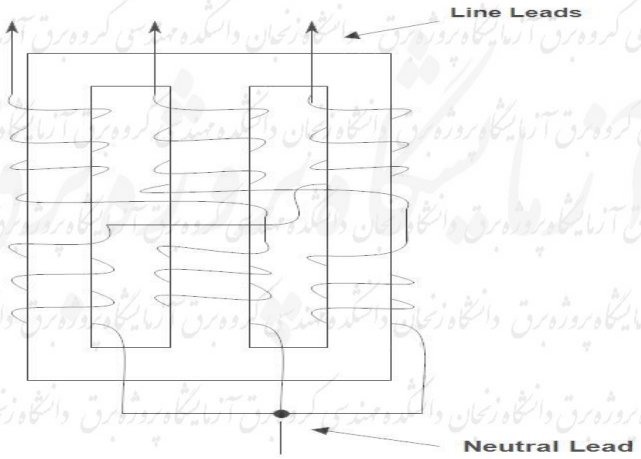
شکل (۱-۱) الف) ترانس زمین ستاره-مثلث

ب) ترانس زمین زیگزاگ[1]

ترانس زمین با آرایش زیگزاگ بسیار متداول‌تر از انواع دیگر آن می‌باشد، زیرا از نظر قیمت و ابعاد ارزان‌تر و کوچک‌تر است.[۲]

اتصال داخلی این نوع ترانس در شکل (۱-۲) نشان داده شده‌است. امپدانس ترانس زمین در هنگام بهربرداری عادی و متقارن از شبکه، خیلی بالاست به طوری که وقتی خطایی وجود ندارد؛ فقط جریان مغناطیس‌کننده در سیم‌پیچ‌های ترانس جاری می‌شود. در حالی که امپدانس ترانس در زمان رخداد خطا، کم است به طوری‌که جریان زمین بالایی جاری می‌شود. ترانس این جریان را به سه مؤلفه مساوی تقسیم می‌کند.

آرایش و سیم‌بندی ترانس‌های زمین به‌گونه‌ای است که جریان عبوری ناشی از اتصالی فاز به زمین از نوترال ترانس($3I_0$)، به صورت مساوی بین فازها تقسیم می‌شود و مطابق شکل(۱-۲) جریان عبوری از فازها، از نظر دامنه و فازها با یکدیگر برابر می‌باشند.



شکل (۱-۲) اتصال سیم‌پیچی ترانس زمین زیگزاگ[1]

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

مراجع:

[۱] IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power System, IEEE Std 142-1991, June 1991.

[۲] Edson R. Detjen, and Kanu R. Shah, “Grounding Transformer Applications and Associated Protection Schemes” , IEEE Transactions on Industry applications, Vol. 28,No.4, July / August 1992

[3] مدارک فنی محاسبه ترانسفورماتورهای قدرت، شرکت ایران‌ترانسفو، بخش محاسبات ترانسفورماتور قدرت

[4] سایت ایران‌ترانسفو

[5] IEC Tranformer Standards 289,IEC 76 Part5

[6] مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌های، خطوط فوق توزیع و انتقال ترانسفورماتورهای زمین-کمکی در پست‌های فشارقوی نشریه شماره(۲-۴۷۹)

[7] کاظمی، احد "سیستم‌های قدرت الکتریکی" انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۷۸

[8] IEC 60076-1, clause 10.7, “Measurement of the Zero-Sequence Impedance(s) on Three Phase Transformers”, 2000

[9] T.Ngnegueu, M.Mailhot, A. Munar, “Zero phase Sequence Impedance and Tank Heating Model for Three Phase Three Leg Core Type Power Transformer Coupling Magnetic Field and Electric Circuit Equations in a Finite Element Software” IEEE Transaction on magnetics,Vol.31,No.3, May 1995

[10] Turowski J., Turowski M. and Kopec M., “Method of three-Dimensional network solution of leakage field of three-phase transformers”, IEEE Transaction on Magnetics, September 1990. Vol.26,pp.2911-2919

[13] Turowski J., Koppikar D.A., Kulkarni S.V, “ Fast 3-dimensional interactive computation of stray field and losses in asymmetric transformers”, IEEE Proc.-Gener. Transm. Distrib. Vol. 147, No. 4, July 2000

[12] فیض، جواد، شفق، ایرج، " طراحی ترانسفورماتور به روش المان‌های محدود به کمک Autocad"، مجموعه دومین سمینار تخصصی طراحی ترانسفورماتور، صفحه ۱۳۵-۱۵۱، زنجان ۲-۳ شهریور ۱۳۷۳

[13] IEEE Guide For The Application of Tertiary and Stabilizing Windings in Power Treansformers – IEEE std c57.158 – 2017

[14] Schlabbach, J., and K.-H. Rofalski, *Power System Engineering*, 2nd ed. Weinheim, Germany:
Wiley-VCH, 2013.
[15] Winders, J. J. Jr., *Power Transformers—Principles and Applications.* New York, NY: Marcel Dekker, 2002.
[16] Blume, L. F., et al., *Transformers Engineering—A Treatise on the Theory, Operation, and*
Application of Transformers, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, 1951.
[17] Bradwajn, V., et al., "Matrix Representation of Three-Phase N-Winding Transformers for Steady-
State and Transient Studies," *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-101, No. 6,
June 1982.
[18] Cogbill, B. A., "Are Stabilizing Windings Necessary in All Y-Connected Transformers?" *AIEE*
Transactions, pp. 963–970, October 1959.
[29] Penabad-Duran, P., C. Alvarez-Mariño, and X. Lopez-Fernandez, "Transformer Tertiary Stabilizing
Windings—Part II: Overheating Hazard on Tank Walls," *ICEM 2012*, Marseille, France, September 2012.
[20] Farry, O. T., "Tertiary Windings in Autotransformers," *AIEE Transactions*, pp. 78–82, April 1961.
[21] MIT Electrical Engineering Staff, *Magnetic Circuits and Transformers: A First Course for Power*
and Communication Engineers. Cambridge, MA: MIT Press, 1943.
[22] Patel, S., "Tertiary Delta Winding for Y-Y Connected Transformers," *Proceedings from TechCon*,
San Francisco, CA, January 25–28, 2011.
[23] IEEE Std C57.163™-2015, IEEE Guide for Establishing Power Transformer Capability while under
Geomagnetic Disturbances.