دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش :قدرت

عنوان :بررسی جریان هجومی در ترانس های قدرت و مدلسازی نمودار هیسترزیس

استاد راهنما: دکتر جلیل زاده

الهه حلواچی

شهریور 92

تشکر و قدر دانی

حمد و سپاس خداوند متعال را که نعمت وجود را در قالب انسانی مختار برما ارزانی داشت. لازم می‌دانم از زحمات و الطاف جناب آقای دکترجلیل زاده و جناب آقای دکتر مبین صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم واز خداوند متعال آرزوی موفقیت و بهروزی این دو بزرگوار را دارم.

مقدمه

با توسعه سریع صنعت و پیشرفت تکنولوژی امروزه تامین انرژی الکتریکی از اهمیت زیادی برخوردار گردیده است. سهولت تبدیل انرژی الکتریکی به سایر انرژی ها با راندمان بالا با توجه به قابلیت انتقال سریع و آسان باعث کاربرد آن در همه سطوح صنایع ومصارف خانگی شده است .از این رو رشد اقتصادی و رشد جمعیت منجر به احداث و توسعه نیروگاهها و شبکه های بهم پیوسته انتقال و توزیع انرژی الکتریکی گردیده است و ترانسفورماتور یکی از مهمترین ادوات موجود دراین شبکه هامی باشد که حفاظت این دستگاه از خرابی های الکتریکی و مکانیکی برای کارکرد صحیح شبکه قدرت از اهمیت زیادی برخوردار است. هزینه خرید ترانسفورماتور درصد عمده ای از هزینه ی اولیه احداث پست های انتقال را شامل می شود بروزحادثه برای یک ترانسفورماتور دارای پیامد های نامطلوب بزرگی است که هزینه ی زیاد زمانی و مالی تعمیر و کاهش قابلیت اطمینان شبکه ،اختلال در برق رسانی و از دست رفتن سود فروش برق در شبکه قدرت و یا تحمل ضرر تاخیر در تولید محصولات از آن جمله هستند. یکی از مهمترین این خطرات جریان هجومی در حین راه اندازی ترانس است که در این پروژه به بررسی اثرات این جریان بر ترانس و راههای عملی کنترل و کاهش این جریان در ترانس های قدرت می پردازیم.

فهرست مطالب صفحه

فصل اول:مفاهیم پایه در باب ترانس..... 1
سیم پیچی ترانس..... 2
هسته ترانس..... 4
انواع تقسیم بندی ترانس..... 4
فصل دوم:جریان هجومی ترانس..... 6
مقدمه 7
جریان مغناطیسی بی باری..... 7
شار پسماند..... 9
علت پیدایش جریان هجومی..... 14
جریان هجومی بازیابی..... 18
جریان هجومی وابسته..... 18
دامنه و مدت زمان عبور جریان هجومی..... 20
مشخصه مغناطیسی ترانسفورماتور..... 21
اثرتلفات هسته..... 22
مدارمعادل ترانسفورماتور..... 23
ثابت زمانی ترانس در حین عبور جریان هجومی..... 29
نحوه محاسبه هارمونیک های جریان هجومی..... 31
اثرات ناشی از جریان هجومی..... 33
نحوه کنترل و کاهش جریان هجومی..... 41

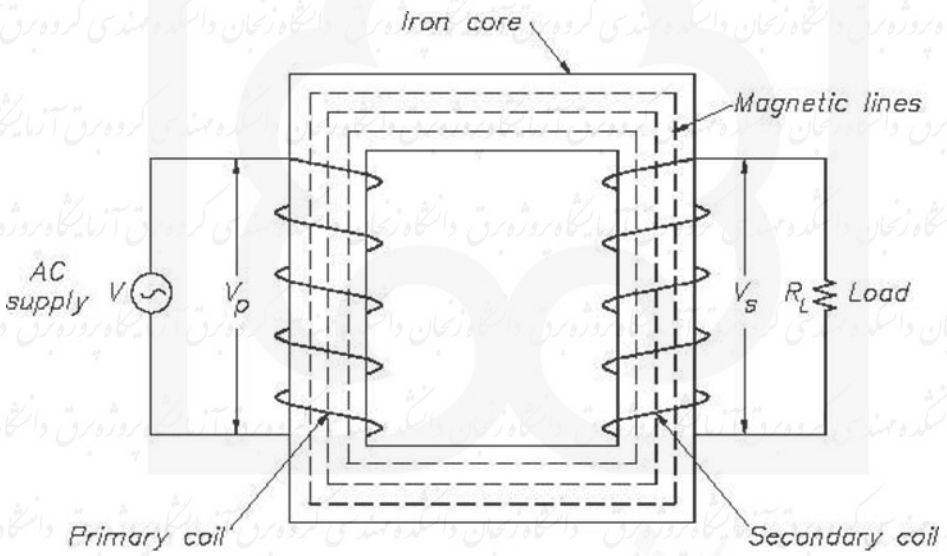
بررسی جریان هجومی در ترانس سه فاز.....47
حفاظت دیفرانسیل ترانسفورماتور و تاثیر جریان هجومی در آن.....50
فصل3 :مدل کردن جریان هجومی.....53
نتیجه گیری 56
مراجع.....58

فصل اول :

مفاهیم پایه در باب ترانسفورماتور

سیم پیچی ترانس

ترانسفورماتور وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به وسیله‌ی دو یا چند سیم‌پیچ و از طریق القای الکتریکی از یک مدار به مداری دیگر منتقل می‌کند. به این صورت که این سیم پیچی ها به دور یک هسته فرو مغناطیسی مشترک پیچیده شده اندو تنها اتصال آن ها میدان مغناطیسی است که در داخل هسته وجود دارد. سیم پیچی که به شبکه وصل می گردد به نام سیم پیچی اولیه یا(ورودی)است و سیم پیچی که به بارمصرف کننده وصل می گردد به نام سیم پیچی ثانویه یا(خروجی) است . سیم پیچی اولیه به منبع ولتاژ متناوب وصل می گردد تا شاری متناوب در هسته ایجاد نماید.در واقع میدان مغناطیسی در اطراف سیم-پیچی اول به نوبه‌ی خود موجب به وجود آمدن ولتاژ در مدار دوم می‌شود که با اضافه کردن یک بار به مدار دوم، این ولتاژ می‌تواند به ایجاد یک جریان در ثانویه بینجامد



شکل1 -1)نمایی از یک ترانسفورماتو ر [4]

در شکل بالا V_s ولتاژ القا شده در ثانویه V_p ولتاژدوسرسیم پیچ اولیه که برابر یک نسبت اند. یعنی با توجه به رابطه زیر به طور آرمانی برابرتعداد دور سیم پیچ ثانویه به اولیه اند.

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \qquad (4)$$

به این ترتیب با امکان تنظیم تعداد دور سیم‌پیچی‌های ترانسفورماتور، می‌توان امکان تغییر ولتاژ در سیم پیچی ثانویه‌ی ترانسفورماتور را فراهم کرد.

معمولاً برای سیم پیچی اولیه و ثانویه‌ی ترانسفورماتور از هادی‌های مسی با عایق (روپوش) لاکی استفاده می‌کنند که با سطح مقطع گرد و اندازه‌های استاندارد وجود دارند .در ترانسفورماتورهای پرقدرت از هادی‌های مسی که به صورت تسمه هستند، استفاده می‌شود و ابعاد این گونه هادی‌ها نیز استاندارد است. این سیم پیچ‌ها بایستی در مقابل تنش‌ها و کشش‌های حاصل از اتصال کوتاه‌های ناگهانی نیز مقاوم شوند.

به طور کلی سیم پیچی ترانس‌ها نسبت به هم در نوع سیم پیچ ، تعداد حلقه‌ها، درجه و اندازه‌ی سیم ها و ضخامت عایق بین حلقه‌ها متفاوت خواهند بود. هر چه ولتاژ ترانس بالا برود، تعداد حلقه‌های سیم پیچی بیشتر می شود و هر چه ظرفیت ترانس بیشتر شود، اندازه‌ی سیم‌ها بزرگتر می گرددوباید گفت در ترانس باهسته ستونی، سیم پیچی‌ها اعم از فشار قوی، متوسط و فشار ضعیف و سیم پیچ تنظیم بصورت استوانه‌ی متحدالمرکز روی ستون های هسته قرار می‌گیرند. معمولاً سیم پیچی فشارضعیف در داخل و فشار قوی

در خارج واقع می‌شوند.

هسته ترانس

هسته‌ی ترانسفورماتورمتشکل ازورقه‌های نازک است که سطح آن‌هاباتوجه به قدرت ترانسفورماتورهامحاسبه می‌شود.در واقع برای کم کردن تلفات آهنی،هسته‌ی ترانسفورماتوررانمی‌توان به طور یکپارچه ساخت بلکه معمولاآن‌هاراازورقه‌های نازک فلزی می سازندکه برای کاهش هر چه بیشتر این تلفات، ورقه‌ها تا حد امکان نازکتر ساخته می‌شوند ولی ضخامت آن‌ها نباید بحدی برسد که از نظر مکانیکی ضعیف شده و تاب بردارد. این ورقه‌ها از آهن بدون پسماند با آلیاژی از سیلیسیم (حداکثر 4/5 درصد) که دارای قابلیت هدایت الکتریکی و قابلیت هدایت مغناطیسی زیاد است، ساخته می‌شوند. در اثر زیاد شدن مقدار سیلیسیم، ورقه‌های دینام شکننده می‌شوند. برای عایق کردن ورقه‌های ترانسفورماتور، قبلا از یک کاغذ نازک مخصوص که در یک سمت این ورقه چسبانده می‌شد، استفاده می‌کردند اما امروزه بدین منظور در هنگام ساختن و نورد این ورقه-ها یک لایه‌ی نازک اکسید فسفات یا سیلیکات به ضخامت 2 تا 20 میکرون به عنوان عایق بر روی آن‌ها می-مالند و با آن‌ها روی ورقه‌ها را می‌پوشانند. علاوه بر این، از لاک مخصوص نیز برای عایق کردن یک طرف ورقه‌ها استفاده می‌شود. همانطور که گفتیم ورقه‌های ترانسفورماتور دارای یک لایه‌ی عایق هستند. بنابراین، در مواقع محاسبه سطح مقطع هسته باید سطح آهن خالص را منظور کرد. ورقه‌های ترانسفورماتورها را به ضخامت‌های 0/35 و 0/5 میلی متر و در اندازه‌های استاندارد می‌سازند.

انواع تقسیم بندی ترانسفور ماتور ها:

سازندگان و استانداردها در کشورهای مختلف هر یک به نحوی ترانسفورماتورها را تقسیم بندی کرده و تعاریفی برای درجه بندی آن‌ها ارائه داده‌اند. برخی، ترانس‌ها را بنابر موارد و ترتیب بهره برداری آن‌ها متفاوت شناخته‌اندکه این نوع تقسیم بندی در عمل دامنه وسیعی رادر بر می گیردکه در یک طرف آن ترانسفورماتور-

های کوچک و قابل حمل با ولتاژ ضعیف برای لامپ‌های دستی ومشابه آن قرار می گیرندو طرف دیگر شامل ترانس‌های خیلی بزرگ برای تبدیل ولتاژ خروجی ژنراتور به ولتاژ شبکه و خطوط انتقال است. در بین این

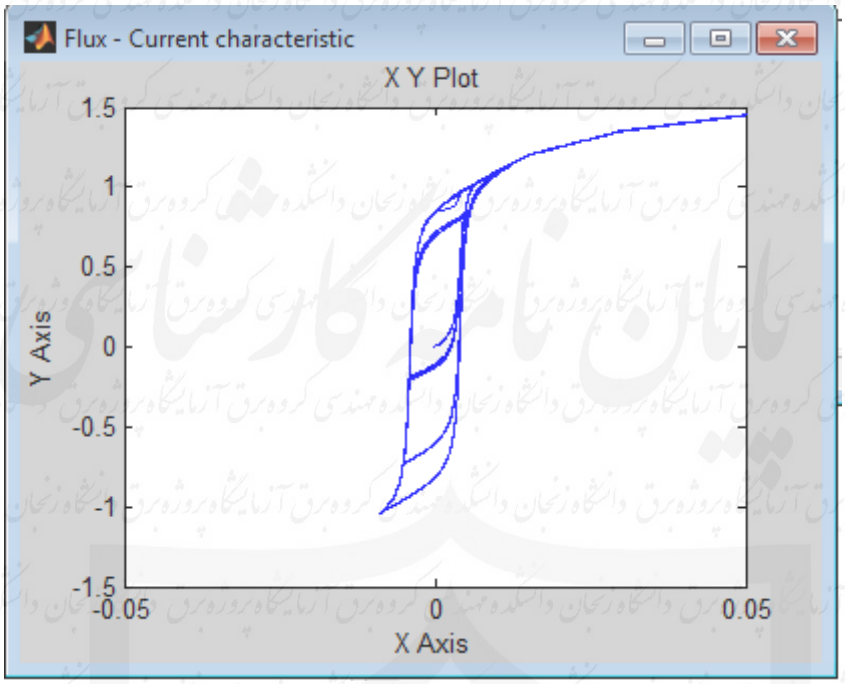
دو اندازه (حد متوسط) ترانس‌های توزیع و ترانس‌های تبدیل به ولتاژهای استاندارد قرار دارند.ترانس‌ها علاوه بر اینکه از نظر اندازه بسیار متنوع هستند، از جهات مختلف دیگری نیز تقسیم بندی می‌شوند:

- ترانس‌ها از نظر تغییرات ولتاژ به دو دسته‌ی افزاینده و کاهنده تقسیم می‌شوند.

- ترانس‌ها از نظر نوع جریان نیز به دو دسته‌ی تک فاز و سه فاز تقسیم می‌شوند. در جریان‌های سه فاز می‌توان برای هر فاز از یک ترانس تک فاز مجزا و یا یک ترانس سه فاز استفاده نمود. اگر از سه ترانس مجزا استفاده شود، در صورت خرابی یکی از ترانس‌ها هنوز می‌توان از دو ترانس دیگر استفاده نمود. با این وجود ترانس‌های سه فاز چون فقط دارای یک هسته هستند، ارزانتر می‌باشند، ولی اگر تخریب شوند مجموعه‌ی ترانس بایستی تعویض یا تعمیر گردد.

-ترانس‌ها از نظر نحوه‌ی خنک کردن به دو دسته‌ی ترانس‌های هوا خنک یا خشک و ترانس‌های روغنی تقسیم می‌شوند.درواقع ترانس‌ها به دلیل داشتن تلفات اهمی در اثر جریان گردابی و تلفات مغناطیسی در اثر پدیده‌ی پس‌ماند، گرم می‌شوند که بایستی به نحوی حرارت از داخل ترانس های فشار قوی وپر قدرت خارج شود. در نوع خشک خنک کردن خود به خود یا اینکه به کمک پنکه انجام می شود . در نوع ترانس های

روغنی به دلیل حرارت زیاد آن ها را در داخل روغن غوطه ور می کنند در این حالت یک پمپ وظیفه چرخش روغن و خنک کردن آن را برعهده داردالبته به این نکته باید توجه کرد که روغن مورد استفاده باید غیر قابل اشتعال باشد.



3-2)مدل هسته

نتیجه گیری:

انرژی الکتریکی مورد نیاز شبکه قدرت از نیروگاهها تا محل مصرف در چند محل از ترانسفورماتور های قدرت عبور می‌کند. با توجه به اینکه مجموع ظرفیت ترانسفورماتورهای نصب شده در شبکه معمولاً بین 5 تا 8 برابر ظرفیت واحدهای تولیدی می‌باشد لذا حفاظت اینگونه تجهیزات بسیار حائز اهمیت خواهد بود. تشخیص سریع شروع یک عیب در ترانسفورماتور سبب جلوگیری از گسترش عیب و ازدیاد ایمنی می‌شود.

یکی از مسائل مهمی که در سیستم های قدرت زیاد به ان پرداخته می شود و از پیچیدگی های فراوانی برخوردار است کلید زنی و بررسی حالات گذرای ناشی از ان می باشد.در ترانسفورماتور ها پس از وصل کلید و

اتصال به شبکه در لحظات اولیه جریان بسیار زیادی از شبکه می کشند این جریان که جریان هجومی نام دارد به دلیل اینکه ممکن است باعث عملکرد نادرست دستگاه های حفاظتی شود شایسته توجه و بررسی است .عمل وصل یک ترانسفورماتور به شبکه از طریق بسته شدن یک کلید انجام می شود در لحظه ایکه عمل وصل انجام می گیرد فوران مغناطیسی و جریان پس از نوساناتی به حالت دائمی خواهند رسید . لحظه ی وصل کلید و اندازه وجهت پس ماند مغناطیسی در تعیین شکل موج حالت گذرا نقش اساسی را ایفا می نمایند . چون جریان هجومی ترانسفورماتور در اثر اشباع هسته وجود می ایددارای شکل کله قندی

(غیر سینوسی)بوده و شکل موج جریان در این حالت شیب تند تری نسبت به شکل موج جریان در حالت سینوسی دارد با توجه به اینکه شیب زیاد جریان هجومی در حوزه ی زمان نشانگر وجود مولفه های فرکانس بالا در این جریان است کاملا قابل انتظار است که پس از لحظه ی کلید زنی مولفه های فرکانس بالا بر خلاف انچه که در جریان خطا رخ می دهد و در لحظات اولیه سریعا کاهش می یابندولی در جریان هجومی این مولفه ها پس از لحظه کلید زنی برای مدت زمان طولانی (تا زمانی که جریان هجومی کاملا ناپدید نشده) وجود دارند.

به طور خلاصه می توان گفت عوامل زیر در جریان هجومی موثر است:

(1) غیر خطی بودن هسته ترانسفورماتور(2)اشباع هسته ترانسفورماتور (3) فوق تحریک شدن ترانسفور ماتور در اثر اضافه ولتاژ های گذرا (4)شار پسماند هسته و زمان برق دار کردن ترانسفورماتور. با توجه به این موارد در الگوریتم تشخیص جریان هجومی می بایست عوامل فوق در مجموعه داده های ازمون سیستم در نظر گرفته شوند.از دیگر پارامترهای موثر در جریان هجومی زمان برقدار کردن ترانسفورماتور می باشد .

مراجع

[1]دیوید چنگ (الکترومغناطیس میدان و امواج)مترجم:دکتر

پرویز جبه دار مارالانی و دکتر محمد قوامی

[2]کتاب حفاظت پیشرفته ارشد

[3]

New Technique of its ogawa masaru ‘‘mag netizing inrush current of a Transformer2010computation’’ IEEE

Kulkarni V, Khaparde A. *Transformer engineerin . desingandpractice*.Marcel Dekker (Taylor and Francia Group). New York,May; 2011. [4]