



دانشگاه زنجان

دانشکده فنی مهندسی

برق (قدرت)

عنوان:

تأثیر کلیدزنی بر پدیدهی فرورزونانس

استاد مربوطه: جناب آقای دکتر سعید جلیل زاده

نگارش: فرزانه سلامت

بهار ۹۱

تشکر و قدر دانی

سپاس از خداوند منان، خالق علم و اندیشه و قلم ، حافظ بزرگ انسان که الطاف و رحمت خود را از بنده

عاصی دریغ نفرمود تا با توجهات و عنایات خود این پژوهش را به انجام رسانم. مطابق سنت حسنه و

شایسته مرسوم بر خود واجب می دانم از استاد گرانقدر جناب دکتر جلیل زاده نهایت تشکر را داشته

باشم که من را در تهیه این تحقیق یاری نمودند.

فهرست

مقدمه

۱

بخش اول:

فرورزناس در شبکه های توزیع

۳

بخش دوم:

بررسی پدیده ی فرورزناس و تاثیر پارامترهای مؤثر بر آن در ترانسفورماتورهای توزیع به کمک نرم

افزار EMTP

۳۲

بخش سوم

بررسی کلید زنی ناقص و پدیده ی فرورزناس در شبکه های توزیع و شبیه سازی آن

۵۱

بخش چهارم:

بررسی اضافه ولتاژهای کلیدزنی در خطوط انتقال و تاثیر مدلسازی ادوات سیستم قدرت

۶۰

بخش پنجم:

یک روش جدید پیشنهادی برای شناسایی و دسته بندی مدهای مختلف پدیده ی فرورزناس

۷۲

منابع

۸۳

مقدمه

فرورزناس یک پدیده ی رزونانس غیر خطی است که بین خازن شبکه و اندوکتانس غیر خطی ترانس ولتاژ در هنگام اشباع رخ میدهد. فرورزناس در فرکانس اصلی و فرکانس های بالاتر باعث مشکلات عایقی و در فرکانس های کمتر باعث مشکلات حرارتی می شود.

فرورزناس میتواند باعث گرم شدن ترانس و وارد شدن نیروی دینامیکی زیاد بر سیم پیچ های اولیه افزایش ولتاژ و در نتیجه شکست الکتریکی و حرارتی ترانس ولتاژ شود.

گسترش شبکه های توزیع ، طراحی ترانس های با حجم کمتر و افزایش هارمونیک ها در شبکه وقوع فرورزناس را افزایش داده است.

در طی ۹۰ سال اخیر بسیاری از محققین به بررسی پدیده ی فرورزناس در ترانسفورماتورها پرداخته اند. واژه ی فرورزناس اولین بار در سال ۱۹۲۰ توسط آقای بوچروت برای این پدیده بکار گرفته شد، آقای

باتلر در ۱۹۳۷ تاثیر خازن سری بر بروز پدیده را تحقیق نمود ، اولین کار تحلیلی بر روی این پدیده در سال ۱۹۵۰ توسط رودنبرگ صورت گرفت. در سال ۱۹۶۵ هایپکینسون فرورزناس به وجود آمده در اثر

خاصیت خازنی تانک ترانس های توزیع را بررسی نمود . بررسی های بعدی به دو حوزه ی اصلی بررسی مدهای فرورزناس در سطوح مختلف شبکه و بهبود مدل های ترانسفورماتور تقسیم شدند. اسمیت در سال ۱۹۷۵ مدهای مختلف فرورزناس را در یک نوع ترانسفورماتور توزیع سه فاز بر اساس دامنه و شکل موج ولتاژ دسته بندی نمود. آرتوری و مورک با استفاده از تبدیل دوگانی ، مدل مناسب ترانسفورماتور های سه فاز را برای بررسی پدیده ی فرورزناس ارائه دادند.

فرورزناس یک رزنانس غیر خطی است که بین خازن شبکه نظیر خازن کابلها، خطوط، خازن گریدینگ، کلید قدرت و ... با اندوکتانس غیر خطی تجهیزات، نظیر راکتور ترانس ولتاژ یا ترانس قدرت رخ می دهد.

پایان نامه کارشناسی

بخش اول:

فروزناسی در شبکه های توزیع

پایان نامه کارشناسی



فرورزناس در شبکه های توزیع

فرورزناس در شبکه های توزیع عموماً بر اثر اضافه ولتاژهای ناشی از کلید زنی تک فاز، اضافه ولتاژ ناشی از اتصال کوتاه تک فاز، سوختن فیوزهای کات اوت، کلید زنی خازنی و سایر اضافه ولتاژهای ناشی از شرایط گذرا رخ می دهد.

موقعیت و طول کابلها، خازن گریدینگ، کلید قدرت، مقدار شار، پسماند هسته ی مغناطیسی در هنگام کلیدزنی، انرژی ذخیره شده و مشخصات ترانس عوامل دیگری هستند که در وقوع فرورزناس موثر هستند.

شبکه های قدرت تشکیل شده از تعداد زیادی سلفهای غیر خطی (اشباع شونده) مانند ترانسفورماتورهای قدرت، ترانسورماتورهای اندازه گیری، راکتورهای موازی و... همچنین تعداد زیادی خازن مانند خاصیت خازنی کابلها و خطوط طولانی، بانکهای خازنی، خازن های گریدینگ کلیدهای قدرت و... می باشد. وجود حالت های مختلف در شبکه های فعال می تواند سناریوهای مختلفی جهت وقوع پدیده ی فرورزناس در سیستم های قدرت باشد.

مشخصه اصلی وقوع پدیده ی فرورزناس وجود دو پاسخ حالت ماندگار شبکه برای یک مجموعه پارامترهای شبکه معین می باشد. حالت های گذرای سیستم، اضافه ولتاژهای صاعقه، شارژ و دشارژ ترانسفورماتورهای قدرت یا بارهای شبکه، بروز یا رفع عیب در شبکه، کلید زنی ناقص و... می تواند تحت شرایط اولیه خاص، سبب بروز فرورزناس در شبکه گردد.

در هنگام بروز این پدیده پاسخ ناگهانی از یک پاسخ حالت ماندگار (با وجود منبع سینوسی با فرکانس ثابت) به یک حالت ماندگار فرورزناسی انتقال یافته که سبب ایجاد اضافه ولتاژ، اضافه جریان و افزایش سطح هارمونیک می گردد که وجود چنین شرایطی در شبکه سبب آسیب دیدن تجهیزات الکتریکی، کاهش کیفیت توان، افزایش تلفات و عملکرد ناصحیح تجهیزات حفاظتی می گردد.

یک نمونه از وجود دو پاسخ ماندگار در شبکه ، دشارژ شدن ولتاژ ترانسفورماتور هنگام باز شدن کلید قدرت می باشد ، وجود خازن گرادینگ کلید قدرت سبب می گردد تا ترانسفورماتور از طریق خازن تغذیه گردد در این حالت با توجه به شرایط اولیه ، ولتاژ دو سر ترانسفورماتور یا به نقطه صفر میل می کند و یا اینکه اضافه ولتاژ پایدار در دو سر ترانسفورماتور ظاهر می گردد.

در شبکه های توزیع برخی از خرابیها که اتفاق می افتد بدلیل عدم آگاهی بهره برداران از علت آن ، عامل آن بعنوان نامعلوم ثبت می گردد تا تجزیه و تحلیل مناسب درباره علت بروز آن صورت نگیرد. یکی از این پدیده های ناآشنا در شبکه های توزیع فرورزناس می باشد که می تواند خرابیهای زیادی به تجهیزات الکتریکی و شبکه وارد نماید. لذا شناسایی ، پیش بینی، طراحی و بهره برداری صحیح شبکه جهت جلوگیری از وقوع این پدیده امری لازم و غیرقابل اجتناب می باشد.

مثالهای عملی و شبیه سازی شده از ساختار شبکه های الکتریکی که احتمال وقوع پدیده ی فرورزناس در آنها وجود دارد و همچنین تاکید و شناسایی انواع ساختارها و شرایط بالقوه ای که سبب بروز چنین پدیده خطرناک در شبکه های الکتریکی می گردد، موجب آگاهی طراحان و بهره برداران از سیستم و عدم بروز آن در شبکه می گردد.

از عمده تفاوتهای مهم بین فرورزناس و رزناس خطی می توان به موارد ذیل اشاره کرد.

- فرکانس شکل موجهای مدار در حالت رزناس با فرکانس منبع تغذیه مدار یکسان می باشد ولی در فرورزناس هم فرکانس نبوده و در برخی موارد شکل موجها غیر پریودیک می باشد.

- رزناس در محدوده ی وسیعی از پارامترهای مدار اتفاق می افتد در صورتیکه شرایط ایجاد فرورزناس بسیار محدود می باشد.

- برای یک ساختار مداری مشخص با پارامترهای معین پاسخ های رزناسی حالتیهای ماندگار شبکه مشخص می باشند ولی در حالت فرورزناس پاسخهای ماندگار نامعین می باشد.

در شرایط فرورزنانس اضافه ولتاژهایی تا ۴ پیرونیت در بدترین شرایط بوجود می آید که باعث شکست الکتریکی در عایق میشود. جریانهای پالسی با دامنه ی زیادی که بر اثر فرورزنانس از ترانس عبور میکند نیروی دینامیکی زیادی ایجاد نموده و در ترانسهای رزینی بدلیل قرار گرفتن سیم پیچ در کوارتز و عدم امکان انبساط باعث پاره شدن سیم های اولیه میشود.

اضافه جریانهایی که در شرایط فرورزنانس از ترانس ولتاژ میگذرد باعث گرم شدن آن شده و با توجه به اینکه دارای ظرفیت حرارتی کمی هستند این تنشهای حرارتی می تواند باعث انفجار آنها شود. فرورزنانس می تواند در فرکانس اصلی یا زیر هارمونیکها رخ دهد.

اثرات تخریبی فرورزنانس

فرورزنانس اثرات تخریبی متعددی بر ترانسفورماتورها و تجهیزات دیگر دارد که مهم ترین این تاثیرات را می توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱) به وجود آمدن ولتاژها و جریان های بزرگ ماندگار یا موقت در سیستم

۲) ایجاد اعوجاج در شکل موجهای ولتاژ و جریان

۳) تولید صداهای گوش خراش پیوسته در ترانسفورماتورها و راکتورها

۴) تخریب تجهیزات الکتریکی به علت گرمای زیاد یا شکست الکتریکی

۵) عملکرد ناخواسته ی رله ها

۶) گرم شدن ترانسفورماتور (در حالت بی باری): به علت اشباع هسته ی ترانسفورماتور و عبور جریان های

لحظه ای بزرگ در سیم پیچ های ترانسفورماتور در زمان وقوع این پدیده ، ترانسفورماتور داغ می شود.

داغ شدن ترانسفورماتور به این علت است که به دلیل اشباع هسته ی ترانسفورماتور ، رلوکتانس ظاهری مسیر آهنی دیده شده به وسیله ی سیم پیچ های ترانسفورماتور بزرگ می شود و بنابراین قسمتی از شار به بیرون هسته رانده می شود. قسمتی از این شار مسیر خود را از طریق تانک ترانسفورماتور می بندد و به علت اینکه تانک ترانسفورماتور در مقابل جریان های فوکو طراحی نشده است، عبور شار باعث ایجاد جریان های فوکو در آن و داغ شدن بدنه می شود. داغ شدن ترانسفورماتور قدرت عایقی آن را تضعیف کرده و منجر به شکست عایق تحت تنشهای الکتریکی می شود. در صورت عدم توقف این پدیده ترانسفورماتور شدیداً آسیب دیده و ممکن است باعث اتصال کوتاه و یا انفجار و یا حتی سوزی شود.

اضافه ولتاژهای ناشی از پدیده ی فرورزنانس می تواند تا حدود ۴ پرونیت افزایش یابد. بدیهی است چنین اضافه ولتاژهایی به راحتی می توانند به سیم پیچی ترانسفورماتور آسیب برسانند. با توجه به مسایل و مشکلات فوق شبیه سازی و تفهیم پدیده ی فرورزنانس موضوع بسیاری از مقالات بوده است.

مشخصه های اصلی فرورزنانس در مدارهای الکتریکی

در مداراتی که راکتانس ترانس ولتاژ یا ترانس قدرت با خازن شبکه سری می شود وقوع فرورزنانس محتمل است. فرورزنانس را نباید با رزونانس خطی که در آن سلف و خازن برابر هستند اشتباه گرفت.

در حالت فرورزنانس رابطه ولتاژ و جریان علاوه بر فرکانس به عوامل دیگری نظیر دامنه ی ولتاژ تحریک سیستم و شرایط اولیه نظیر چگالی شار لحظه کلیدزنی و تلفات کل در مدار فرورزنانس وابسته است که با پرش های ناگهانی ولتاژ و جریان از یک حالت پایدار به حالت دیگر آشکار می گردد.

سیستم شکل (۱) حالتی از ساختار باسبارها که در آنها وقوع فرورزنانس محتمل تر است را نشان میدهد.

نتیجه گیری و پیشنهادات:

۱- نتایج تحقیقات نشان می دهد که عمده ترین موارد وقوع فرورزناس در ایران به سطح ولتاژ ۳۳ کیلو ولت مربوط می شوند و تا کنون گزارشی از وقوع فرورزناس در سطوح ولتاژی پایین تر از ۳۳ کیلو ولت ارائه نشده است.

۲- بیشترین موارد وقوع فرورزناس مربوط به ترانس های دوقطبی است که از طریق کابل تغذیه می شوند و بر اثر تک فاز شدن یا کلیدزنی تک فاز رخ می دهد. این ترانس ها به وسیله ی فیوز های کات-اوت قطع و وصل می شوند. سیم پیچ های کمکی نمی توانند فرورزناس در این ترانسها را محدود کنند تنها راه حل مشکل این ترانس ها انجام کلید زنی در نزدیکی ترانس و پرهیز از تک فاز شدن ترانس است.

۳- بخش دیگری از گزارشات فرورزناس به ترانسهای تک فاز مربوط می شوند که بر اثر کلید زنی تک فاز رخ داده است. این ترانس ها دارای سیم پیچ کمکی مقابله با فرورزناس نبوده و اولیه آنها بصورت مؤثر زمین نشده اند.

۴- نمی توان نتیجه گیری کرد که تنها راه مبارزه با فرورزناس در ترانس های تک فاز در آینده نیز مقاومت در ثانویه خواهد بود با این حال سازندگان موظفند که ترانس های خود را به قابلیت مقابله با فرورزناس مجهز نمایند. بهره برداران باید به این موضوع توجه نمایند تا پیدا شدن راه حل مناسب که در استاندارد IEC گنجانده شود. پارامترهای لازم پستها و خطوط را در اختیار سازندگان ترانس قرار دهند تا ایشان بر اساس آنها مطالعات لازم را انجام داده و توصیه های لازم برای جلوگیری از وقوع فرورزناس ارائه نمایند.

۵- به بهره برداران توصیه می شود که استعدادهای شبکه برای وقوع فرورزناس را شناسایی کرده و حتی الامکان احتمال وقوع فرورزناس را کاهش دهند.

۶- در جاهایی که احتمال وقوع فرورزناس وجود دارد و ترانسهای ولتاژ نیز به تجهیزات کمکی پیشنهادی استفاده نمود.

۷- با افزایش ظرفیت خازنی ، میزان بار لازم برای حذف اضافه ولتاژهای فرورزناس افزایش می یابد. باری در حدود ۵٪ بار نامی ترانسفورماتور در بیشتر حالات قادر به حذف اضافه ولتاژهای فرورزناس می باشد.

۸- اضافه ولتاژهای فرورزناس در ترانسفورماتور های با اولیه ی زمین شده دارای مقدار بسیار کمتری نسبت به ترانسفورماتور های با اولیه ی زمین نشده هستند.

۹- مشاهده گردید که تحت شرایط کلیدزنی ناقص در یک فیدر توزیع که طول شبکه زمینی آن بیش از ۴ کیلومتر می باشد ، وقوع پدیده ی فرورزناس محتمل است. همچنین سلفی یا خازنی شدید بودن بار شبکه می تواند موجب تشدید این پدیده گردد.

بنابراین جهت جلوگیری از وقوع این پدیده تحت شرایط فوق پیشنهاد می گردد در شبکه های توزیع از

کلیدهای مناسب جهت قطع فیدرهای زمینی استفاده گردد. همچنین از بکار بردن تجهیزات حفاظتی یا قطع کننده تکفاز برای کابلهای منشعب از خطوط هوایی با طول بیش از ۴ کیلومتر اجتناب گردد.

منابع و ماخذ:

[1]:ferracci,p.,”ferroresonance”chaier technique no.190 group shnieder.

[2]:philippe ferracci,”ferroresonance in pistribution networks”,cahiers techniques Schneider,march 1998.

[3]:miroslav poljak,tomislav kelemen bojanic”new experience with ferroresonance” technical bulleton of koncar.

[4]:tong Y.K , “NGC experience on ferrresonance in power transformers and vottage transformers on HV transmission systems”IEE ciiouqium on 12 nov 1997.

[5]:boucherot,P,”existence de deux regimesin ferroresonance “ 1920.

[6]:طراحی ترانس های ولتاژ مقاوم در برابر فرورزنانس،واحد طراحی و توسعه شرکت نیرو ترانس

[7]:مقاله ی "فرورزنانس در شبکه های توزیع"،علی رفیعی کراچی و علی اکبر گودرزی و علی اصغر

نعل بند-شرکت نیرو ترانس

[8]:مقاله ی "بررسی وقوع پدیده ی فرورزنانس بر اثر کلیدزنی ناقص در شبکه های توزیع نیروی برق"،

عبدالامیر یاقوتی-برق منطقه ای تهران و دانشگاه تربیت مدرس.

[9]:مقاله ی "بررسی اضافه ولتاژهای کلیدزنی در خطوط انتقال و تاثیر مدلسازی ادوات سیستم قدرت"

،محمدرضا داداش زاده و مجید صنایع پسند و هیرش سیدی-شرکت مشانیر-دانشگاه تهران