دانشگاه زنجان

بسمه تعالی

عنوان پایان‌نامه:

اندازه‌گیری و تحلیل جریان پلاریزاسیون و دپلاریزاسیون (PDC) در ترانسفورماتور

استاد راهنما:

دکتر حسن رضا میرزائی

دانشجو:

مصطفی رفیعی یکتا ۹۰۴۴۲۲۲۸

پاییز ۹۴

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است

به استوارترین تکیه گاهم ، دستان پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم ، چشمان مادرم

به همسفران مهربان زندگیم ، برادارن مهربانم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم .

امروز هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما

آوردی گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم ،

باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگیتان را بزداید .

بوسه بر دستان پر مهرتان

فهرست

مقدمه..... ۱

فصل اول: بررسی روش‌های مانیتورینگ..... ۳

۱- مانیتورینگ ترانسفورماتورهای قدرت..... ۳

۱-۱- اندازه‌گیری‌ها و تست‌های مانیتورینگ ترانسفورماتور قدرت..... ۵

۱-۲- انواع روش‌های مانیتورینگ ترانسفورماتورهای قدرت..... ۶

۱-۲-۱- معرفی سیستم مانیتورینگ Off-Line ترانسفورماتور..... ۷

۱-۲-۱-۱- اندازه‌گیری استقامت الکتریکی روغن..... ۷

۱-۲-۱-۲- اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی..... ۸

۱-۲-۱-۳- روش پاسخ دی‌الکتریک..... ۸

۱-۲-۱-۳-۱- روش ولتاژ برگشتی..... ۸

۱-۲-۱-۳-۲- جریان دپلاریزاسیون..... ۱۱

۱-۲-۱-۳-۳- اسپکتروسکوپی در حوزه فرکانس..... ۱۱

۱-۲-۲- معرفی سیستم مانیتورینگ On-Line ترانسفورماتور..... ۱۲

فصل دوم : بررسی خصوصیات رفتارموادعایقی..... ۲۶

۲-۱- پلاریزاسیون..... ۲۶

۲-۲- انواع پلاریزاسیون..... ۲۷

۲-۲-۱- پلاریزاسیون الکترونی..... ۲۷

۲-۲-۲- پلاریزاسیون اتمی..... ۲۷

۲-۲-۳- پلاریزاسیون جهتی..... ۲۸

۲-۲-۴- پلاریزاسیون در مواد غیر همگن(عایق مصنوعی) ۲۸

۲-۲-۵- پلاریزاسیون سطحی:..... ۲۹

فصل سوم: نحوه‌ی اندازه‌گیری تست PDC..... ۳۰

۳-۱- اطلاعات اولیه ۳۱

۳-۲- نحوه‌ی اندازه گیری PDC ۳۲

۳-۳- تجزیه و تحلیل تئوری ۳۵

۳-۳-۱- طیف سنجی حوزه زمان دی الکتریک (TDDS)..... ۳۵

۳-۳-۲- طیف سنجی مشتق در حوزه زمان (DTDS) ۳۶

۳-۴- آرایش آزمون..... ۳۹

۳-۵- نتایج آزمون..... ۴۴

۳-۵-۱- خواص فیزیکی و شیمیایی ۴۴

۳-۵-۲- اندازه گیری های PDC ۴۵

۳-۵-۲-۱- اثرات دما ۴۵

۳-۵-۲-۲- اثرات پیری ۵۰

۳-۵-۲-۳- وابستگی هدایت به دما..... ۵۱

۳-۵-۳- طیف سنجی مشتقِ حوزه زمان ۵۵

۳-۵-۳-۱- تأثیر دما و پیری ۵۵

۳-۵-۴- DTDS Unscramblig.....۵۹

۳-۶- نتیجه گیری فصل سوم ۶۴

۴– فصل چهارم : مقایسه PDC با دیگر روش‌ها ۶۵

۴-۱- ویژگی های ترانسفورماتور تحت مطالعه ۶۵

۴-۲- برآورد مقدار آب با استفاده از خواص فیزیکی و شیمیایی ۶۶

۴-۳- پاسخ اندازه‌گیری PDC در محل ۶۹

۴-۳-۱- مفروضات در مورد نفوذ رطوبت در عایق کاغذی در پاسخ PDC ۷۰

۴-۳-۲- اندازه‌گیری دمای پایدار و تخمین دمای غیر یکنواخت ۷۰

۴-۴- پاسخ اندازه‌گیری PDC ، شبیه سازی و برآورد رطوبت کاغذ ۷۲

۴-۴-۱- شبیه سازی PDC و برآورد رطوبت کاغذ ۷۳

۴-۵- تأثیر دمای پایدار و تجانس در مدل سازی PDC ۷۵

۴-۶- نتیجه‌گیری فصل چهارم ۷۷

۵– فصل پنجم : مسائل و مشکلات اندازه‌گیری های عملی روش PDC ۷۸

منابع ۸۱

مقدمه

امروزه بیشـــترین تلاش مهنـدســـین تعمیر و نگه‌داری ادوات الکتریکی افزایش طول عمر مفید تجهیزات الکتریکی اسـت. مانیتورینگ صـحیح و روش‌های شـناسـایی وضـعیت عایقی که تحت بار انجام می‌شوند می‌توانند در افزایش عمر مفید ادوات الکتریکی مؤثر باشند.

این موضوع در ترانسفورماتورهایی که مدت مدیدی تحت بار هستند از اهمیت بسزایی برخوردار است.

فرســودگی ســیســتم عایق کاغذ آغشــته به روغن، تحت تأثیر تنش‌های حرارتی شــیمیایی و الکترومکانیکی قرار دارد. تنش‌های حرارتی باعث تخریب سلولز موجود در عایق کاغذ و درنتیجه تولید آب می‌شود که وجود این آب کاهش ولتاژ شکست عایقی و تسریع فرسودگی عایق می‌گردد.

اگر آب در روغن موجود باشد، اسیدها به یون‌ها، تبدیل می‌شوند:

$$H_2O + H - COOH \rightarrow H - COO^- + H_3O^+$$

بنابراین آب خودش هدایت را افزایش نمی‌دهد. اما باوجود تفکیک اســیدهای کربن ، هدایت به‌صــورت قابل‌توجهی افزایش می‌یابد.

اســیدها و گروه آلدهیدهای آن‌ها به علت تخریب بیشــتر در ســیســتم‌های عایق روغن کاغذ می‌توانند در پیری مؤثر باشــند. این فرســودگی با حضــور تغییرات ناگهانی دما باعث تولید حباب و تخلیه جزئی می‌گردد.

با توجه به اینکه میزان هدایت مواد عایق مستقیماً به میزان رطوبت موجود در آن بستگی دارد ، بنابراین آگاهی از میزان و به‌تبع آن محتوای رطوبت کاغذ و روغن ترانسفورماتور می‌تواند به‌عنوان معیاری برای خشک‌کردن یا تعویض مواد عایقی استفاده شود.

آزمایش نمونه روغن معمولاً نمی‌تواند به تحلیل‌گر، اطلاعات قابل‌قبول و با دقت بالا ارائه دهد؛ زیرا تعادل رطوبتی کاغذ – روغن وابسته به زمان بوده و نیاز به زمان زیادی برای پایداری دارد. استفاده از روش آنالیز جریان پلاریزاسیون روش مناسب و غیر مخربی برای جداسازی تأثیرات رطوبت و پیری در تخریب سیستم عایقی است که در حوزه‌ی زمان انجام می‌شود.

فصل اول : بررسی روش‌های مانیتورینگ

۱- مانیتورینگ ترانسفورماتورهای قدرت:

منابع جریان مستقیم انرژی الکتریکی جزو اولین منابع انرژی الکتریکی به کار گرفته‌شده توسط بشر در چرخ اختراع این منبع انرژی تاکنون بوده‌اند که در عصر حاضر نیز در سطوح ولتاژ بسیار بالا کاربرد عملی در انتقال انرژی الکتریکی را داراست.

انعطاف‌پذیری جریان متناوب انرژی الکتریکی نسبت به جریان مستقیم و دامنه وسیع کاربردی آن سبب گردید تا شکل متناوب جریان الکتریکی با شتاب غیرقابل‌مهار از فرم مستقیم این جریان پیشی گرفته و عملاً جایگزین جریان مستقیم انرژی الکتریکی شود.

ازآنجاکه امکان تبدیل جریان الکتریکی متناوب به مستقیم از طریق یک‌سوسازها و بالعکس تبدیل جریان مستقیم به متناوب از طریق اینورترها میسر می‌باشد، درنتیجه تقریباً کل سیستم‌های قدرت را بر مبنای تأسیسات و تجهیزات الکتریکی با جریان متناوب طراحی می‌نمایند.

مهم‌ترین و گران‌قیمت‌ترین جزء سیستم توزیع انرژی الکتریکی ترانسفورماتور قدرت می‌باشد.

ترانسفورماتور از تجهیزات الکتریکی است که با جریان الکتریکی متناوب کار می‌کند و قابلیت تبدیل سطح ولتاژ اولیه به سطح ولتاژ ثانویه بر اساس اصول الکترومغناطیسی را دارد.

در مسیر تحول ساخت ترانسفورماتورهای قدرت از ابتدا تاکنون پیش‌بینی‌های فنی مختلفی صورت پذیرفته است که از آن جمله می‌توان به:

- ❖ طراحی و به‌کارگیری محدودکننده‌های جریان در اولیه و ثانویه ترانسفورماتورها؛
- ❖ طراحی و به‌کارگیری محفظه سیلیکا ژل(رطوبت‌گیر).
- ❖ طراحی و به‌کارگیری تپ چنجر برای سطوح ولتاژ قابل تنظیم برای ثانوی ترانسفورماتور؛
- ❖ طراحی بدنه رادیاتوری و سیرکولاسیون روغن ترانسفورماتور جهت تسهیل خنک کاری؛
- ❖ سایر موارد فنی....؛

اشـــاره نمود. ولی آنچـه کـه در این مبحث مهم بوده و ضـــرورت حضـــور و کنترل مداوم شـــرایط کار ترانســفورماتور را می‌طلبد، بازرســی و کنترل شــرایط بهره‌برداری ترانســفورماتور قدرت اســت. پیشــرفت تکنولوژی سـخت‌افزاری و نرم‌افزاری چند دهه‌ی اخیر درزمینه‌ی فن‌آوری اطلاعات « دیجیتال - آنالوگ» که در قالب علم نوین تجهیزات رایانه‌ای مطرح‌شـده اسـت؛ متخصصین صنعت برق را به این فکر انداخت که در جسـتجوی فن‌آوری جدیدی برای کنترل و بهره‌برداری بهینه برای ترانسفورماتورهای قدرت باشند. عمر مفید ترانســـفورماتورهای قدرت که در مرحله طراحی در محدوده ۳۰ الی ۴۰ ســـال در نظر گرفته می‌شـــود بـا رعایت نکات حفاظتی درزمینه های مختلف تنش‌های مکانیکی و الکتریکی و حرارتی تا حد بیش از ۵۰ سال قابل‌افزایش است.

جدیدترین روش ارائه‌شـــده در این زمینه در راســـتای اهداف اجتماعی و اقتصـــادی و فنی همان روش مانیتورینگ اســـت. مانیتورینگ واژه لاتین به مفهوم نمایش دادن می‌باشـــد و ســـاختار ســـیســـتم مـانیتورینـگ ترانســـفورمـاتورهـای قـدرت نیز بر این پـایـه نهاده شـــده اســـت که تســـتهای مختلف ترانسفورماتورهای قدرت قابل‌بررسی و نمایش باشد.

سـیسـتم‌های مانیتورینگ ترانسفورماتورهای قدرت اطلاعات کامل و دقیقی در خصوص وضعیت ترانسفورماتورها را فراهم آورده و احتمال رخدادهای غیرمنتظره را با اعمال عملکردهای به‌موقع و متناسب

با وضعیت گزارش‌شده‌ی سیستم به حداقل ممکن می‌رسانند و این همان افزایش ضریب اطمینان سیستم بهره‌برداری است.

۱-۱- اندازه‌گیری‌ها و تست‌های مانیتورینگ ترانسفورماتور قدرت:

در مانیتورینگ ترانسفورماتور قدرت تست‌ها و اندازه‌گیری‌های انجام‌گرفته به سه دسته کلی الکتریکی و مکانیکی و شیمیایی دسته‌بندی می‌شوند که شامل موارد ذیل می‌باشند:

۱- آنالیز گازهای حل‌شده در روغن؛

۲- اندازه‌گیری استقامت الکتریکی روغن؛

۳- اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی؛

۴- اندازه‌گیری حرارت؛

۵- آنالیز تابع تبدیل؛

۶- روش پاسخ دی‌الکتریک؛

۷- اندازه‌گیری تخلیه جزئی؛

۸- مانیتورینگ بوشینگ.

۱-۲- انواع روش‌های مانیتورینگ ترانسفورماتورهای قدرت:

مانیتورینگ ترانسفورماتورهای قدرت به دو روش Off-Line و On-Line صورت می‌پذیرد که هر یک دارای ویژگی‌های خاص و روش‌های کنترلی ویژه هستند.

الف) روش Off-Line:

درصورتی‌که اندازه‌گیری و تست ترانسفورماتور و اجزای آن در شرایط بی‌برق و ایزوله بودن به لحاظ الکتریکی صورت پذیرد، این نوع تست و اندازه‌گیری را مانیتورینگ Off-Line ترانسفورماتور گویند. این روش در آزمایشگاه یا در سایت به هنگام خروج ترانسفورماتور از حالت سرویس صورت می‌پذیرد و با توجه به در دسترس بودن همگی ترمینال‌های ترانسفورماتور و عدم بروز خطرات فشارقوی پیاده‌سازی این روش ساده‌تر است.

ب) روش On-Line:

درصورتی‌که اندازه‌گیری و تست ترانسفورماتور در حین بهره‌برداری و سرویس در پست یا نیروگاه مدنظر باشد در این صورت بررسی ترانسفورماتور بدون اخلال در انتقال انرژی به روش On-Line موسوم است و این روش به لحاظ جدید بودن نسبت به روش قبلی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است.

هرچند مدار تست دو حالت Off-Line و On-Line مانیتورینگ ترانسفورماتور قدرت متفاوت است ولی اصول اندازه‌گیری مشترک است.

از هشت مورد فوق بندهای ۱ و ۴ و ۵ و ۷ مشترک در هر دو حالت مانیتورینگ Off-Lineو-On Line می‌باشند.

دانشجویان محترم:

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

منابع

[1]Advanced Applications of Polarisation / Depolarisation Current Analysis on Power Transformers / S.A. Bhumiwat Independent High Voltage Diagnostics Consultant P.O. Box 18-062 Glen Innes Auckland 1743, New Zealand.

[2]Effect of Temperature, Water Content and Aging on the Dielectric Response of Oil-Impregnated Paper/ Alireza Setayeshmehr, Issouf Fofana, Alireza Akbari, Hossein Borsi and Ernst Gockenbach Institute of Electric Power Systems, Division of High Voltage Engineering, Schering- Institute Leibniz Universitت Hannover, Germany Canada Research Chair, tier 2, on Insulating Liquids and Mixed Dielectrics for Electrotechnology, University of Quebec in Chicoutimi, 555, Boulevard de l'Université, G7H 2B1, Chicoutimi, Qc, Canada.

[3] Estimation of water content in power transformers in service by polarization and depolarization current measurements/ Tim Gradnik, Maks Babuder, Maja Koncan-Gradnik/ Elektroinstitut Milan Vidmar Hajdrihova 2, Ljubljana Slovenia.

[4] Insulation Diagnostics on Power Transformers using the Polarisation and Depolarisation Current (PDC) Analysis / T. Leibfried and A. J. Kachler Transformatorenwerk Niirnberg Siemens AG, Germany

[5] Practical Experience on Transformer Insulation Condition Assessment/ C. Homagkl, T. Leibfried Institute of Electric Energy Systems and High-Voltage Technology, University of Karlsruhe, Germany.

[6] Analysis and Modeling of Dielectric Responses of Power Transformer Insulation Zheng Tong. Yao, Member, IEEE, and Tapan. Kumar Saha, Senior Member, IEEE.

[7] Impact of the Condition of Oil on the Polarisation based Diagnostics for Assessing the Condition of Transformers Insulation/ T. K. Saha, Senior Member, and P. Purkait, Member, IEEE.

[8] کتاب عایق ها و فشار قوی- نویسنده: دکتر رحمت الله هوشمند

[9] کتاب مبانی مهندسی فشارقوی الکتریکی - نویسنده: دکتر حسین محسنی

[10] طراحی و اجرای سیستم مانیتورینگ On-line ترانسفورماتور- سایت: بانک مقالات مهندسی برق

http://www.ewa.ir/modules.php?name=news&file=article&sid=579