Thesis title: ANALYSIS OF HEAT TRANSFER OF COMPRESSED GAS COOLED-INSULATED POWER TRANSFORMERS USING FINITE ELEMENTS TECHNIQUE

Abstract

A major objective is to determine the temperature distribution in a Sulfur hex fluoride (SF_6) gas cooled-insulated power transformer, which is essential and important element of power systems.

In this thesis, finite element analysis approach was utilized to perform heat transfer analysis to obtain the steady state and the transient temperature distribution at any specified location within this kind of transformers.

The finite element method is used to find the solution of this complicated problem by simulating it by two dimensional finite element model. In the finite element method, the solution region is considered as built of several small, interconnected sub regions called finite elements.

The theoretical thermal model developed in this thesis is capable of predicting the real time transformer temperatures for any variation in electrical loading and for any ambient thermal environment. This analysis is more precise than an earlier model developed for the same because it considers variations in SF_6 gas velocity, air velocity, different cooling types, solar insolation, the SF_6 gas pressure, and the contributions of convection and radiation to the total transfer rate. The calculated results are compared with measured temperature data collected during the testing program carried out by the transformer manufacturer.

Once the temperature distribution is known, the conduction heat flux at any point in the medium or on its surface may be computed. Knowledge of the temperature distribution could be used to ascertain structural integrity. The temperature distribution could also be used to optimize the thickness of an insulting material; it may have an effect on the transformer running reliability and may as well reduce its service life.

It is believed that by incorporating the newly developed thermal model into a load management system, decisions concerning load flow, transformer design and performance can be made more intelligently.

تحليل و دراسة السلوك الحرارى لمحولات القوى الكهربية التى تستخدم غاز سادس فلوريد الكبريت فى التبريد والعزل باستخدام طريقة العناصر المحددة

يعتبر المحول الكهربائى احد المكونات الاساسية فى نظم القوى الكهربية، وبجانب استخدامة فى نقل القوى الكهربية فان له استخدامات متعددة فى التطبيقات الصناعية والاتصالات و دوائر التحكم الألى و القياسات. و هذا البحث يتناول دراسة الأداء الحرارى لمحولات القوى الكهربية التى تستخدم غاز سادس فلوريد الكبريت فى التبريد والعزل، لما لها من تاثيرهام عند حسابات التصميم للمحول من اختيار الأبعاد و عوامل الأمان المناسبة و أيضا لأختيار أجهزة الوقاية و الحماية المناسبة للمحول عند استخدامة فى موقع التشغيل و أيضا على أداء المحول و عمرة الأفتراضى.

كما يقدم البحث دراسة كاملة لاشكال انتقال الحرارة بين المكونات الرئيسية للمحول الكهربائى و المعرضة لأحمال كهربية مختلفة مع تغير الظروف البنية المحيطة (مثل درجات حرارة الجو، سرعة الرياح، و انتقال الحررة بالأشعاع الشمسى) و تغير خصائص المحول و دراسة تاثيرها على اداء المحول (مثل تغير ضغط الغاز و سرعتة، تاثير الأحمال الزائدة، الحرارة الناتجة عن القلب الحديدى فى حالة عدم وجود احمال، حساب انتقال الحرارة بالحمل فقط و كذلك حسابها بالحمل و الأشعاع و المقارنة بينهما، و أيضا تأثير طرق التبريد المختلفة على المحول).

و الهدف من هذا البحث هو اقتراح نموذج رياضى قادر على التنبؤ بدرجات حرارة مكونات المحول من (القلب الحديدى، الملفات، الغاز، و سطح المحول) عند أى نقطة. و قد بنى هذا النموذج على أساس صياغة معادلة الانتشار الحرارى ثنائية البعد فى صورة تفاضلية تحت تأثير الحدود المحيطة المختلفة.

و قد تم حل هذا النموذج باستخدام طريقة العناصر المحددة المتناهية فى الصغر، و قد تم أختبار النموذج الرياضى عن طريق مقارنة نتائج حسابات درجات حرارة مكونات المحول و التى تم الحصول عليها بواسطة برنامج حاسب ألى مع قيم تم الحصول عليها من كتالوج التصنيع لعدة محولات مختلفة (١٥، ٥٠، ٣٠ ميجا فولت أمبير) بالأضافة الى ما تم

نشرة فى دوريات عالمية من نتائج معملية بواسطة باحثين أخرين. و لقد أظهرت هذة المقارنات تطابقا طيبا مما يثبت جدوى هذا النموذج الرياضي.

و تعرض الرسالة الطريقة الرياضية المتبعة لدراسة السلوك الحرارى لمحولات القوى الكهربية التى تستخدم غاز سادس فلوريد الكبريت باستخدام طريقة العناصر المحددة. و لقد وضعت نتائج الدراسة فى صورة رسومات بيانة لسهولة عرضها و استقرائها. و يأتى ترتيب محتويات الرسالة المشتملة على الأجزاء سالفة الذكر على النحو التالى:

الباب الأول : يشتمل على مقدمة للتعريف بأهداف و محتويات الرسالة و سبب اختيار هذا النوع من المحولات التى تعمل بغاز سادس فلوريد الكبريت و مميزات طريقة العناصر المحددة عن غيرها من الطرق الرياضية الأخرى.

الباب الثانى : يتضمن استعراض أعمال الباحثين السابقين و عرض لأهم النقاط والنتائج التى اجريت فى مجال دراسة الأداء الحرارى لمحولات القوى الكهربية.

الباب الثالث : يشتمل على عرض للنموذج الرياضى المقترح و صياغة معادلة الانتشار الحرارى ثنائية البعد و طريقة الحل باستخدام طريقة العناصر المحددة.

الباب الرابع : يناقش هذا الباب نتائج حسابات درجات حرارة مكونات المحول الرئيسية عند الحالة المستقرة و دراسة تأثيرها على اداء المحول، و توزيع درجات الحرارة عند أى نقطة داخل مكونات المحول او على سطحه تحت ظروف تشغيل مختلفة و ظروف بيئية متعددة. و تم عرض النتائج و المقارنة بينها و بين نتائج معمليه مسجلة و كذلك عرض التفسير العلمى لهذة النتائج.

الباب الخامس : يناقش هذا الباب نتائج حسابات درجات حرارة مكونات المحول المختلفة والمعرضة لأحمال كهربية مختلفة على مدار اليوم مع تغير الظروف البيئية المحيطة و تغير خصائص المحول و دراسة تأثيرها على أداء المحول وقد تم عرض هذة النتائج و المقارنة بينها بينها و بين نتائج معمليه مسجلة وتفسيرها.