DOI: https://doi.org/10.15407/techned2020.06.077

УДК [(621.314.212.045:62-416):621.365.5].001.2

АНАЛІТИЧНИЙ ТА CFD-РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО СТАНУ ФОЛЬГОВИХ ОБМОТОК МАСЛЯНИХ РОЗПОДІЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Журнал	Технічна електродинаміка
Видавник	Інститут електродинаміки Національної академії наук України
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Випуск	№ 6, 2020 (листопад/грудень)
Сторінки	77 – 86

Автори
В.Ф. Іванков[1], канд.техн.наук, **А.В. Басова**[1], канд.техн.наук, **І.В. Хімюк**[2], канд. техн. наук
1- ПрАТ «Запоріжтрансформатор»,
Дніпровське шосе, 3, Запоріжжя, 69600, Україна
1- Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна,
e-mail: vsi1943@ukr.net

Розроблено аналітичну методику розрахунку теплового стану фольгових обмоток нижчої напруги масляних розподільних трансформаторів. За відомих температур масла в баку ця методика забезпечує визначення коефіцієнтів тепловіддачі на поверхнях обмоток з врахуванням їхніх конструктивних особливостей і теплових навантажень, а також розрахунок перевищень середньої температури обмотки і її найбільш нагрітої точки над маслом і над охолодним середовищем. Для розрахунку перевищень температури обмотки над маслом методом розділення змінних із застосуванням скінченного косинус-перетворення Фур'є отримано розв'язок крайової задачі для рівняння Пуассона з неоднорідними граничними умовами на поверхнях обмотки прямокутного перерізу з анізотропними властивостями та з нерівномірним по її висоті розподілом втрат. Крім того, розроблено альтернативний підхід до визначення теплового стану вісесиметричної моделі

трансформатора шляхом чисельного CFD-моделювання системи рівнянь руху та нерозривності охолодної рідини Нав'є-Стокса. Це дає змогу отримати розподіл поля швидкостей масла та абсолютних температур як масла в баку, так і фольгових та шарових обмоток трансформатора з використанням мінімальних емпіричних даних щодо фізичних властивостей масла та тепловіддання баків. Методики верифіковано відомими експериментальними даними для трансформаторів ТМ-1000/35 та ТМ-630/10. Бібл. 11, рис. 4, табл. 2.

Ключові слова: трансформатори розподільні, обмотки, фольга, масляне охолодження, нагрів, CFD-моделювання.

Надійшла 04.03.2020
Остаточний варіант 10.08.2020
Підписано до друку 21.10.2020

УДК [(621.314.212.045:62-416):621.365.5].001.2

АНАЛИТИЧЕСКИЙ И CFD-РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ФОЛЬГОВЫХ ОБМОТОК МАСЛЯНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Журнал	Технічна електродинаміка
Издатель	Институт электродинамики Национальной академии наук Украины
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Выпуск	№ 6, 2020 (ноябрь/декабрь)
Страницы	77 – 86

Авторы

В.Ф. Иванков[1], канд.техн.наук, **А.В. Басова**[1], канд.техн.наук, **И.В. Хімюк**[2], канд. техн. наук
1- ЧАО «Запорожтрансформатор»,
Днепровское шоссе, 3, Запорожье, 69600, Україна
2- Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев, 03057, Украина,
e-mail: vsi1943@ukr.net

Разработана аналитическая методика расчета теплового состояния фольговых обмоток низшего напряжения масляных распределительных трансформаторов. При известных температурах масла в баке эта методика обеспечивает определение коэффициентов теплоотдачи на поверхностях обмоток с учетом их конструктивных особенностей и тепловых нагрузок, а также расчет превышений средней температуры обмотки и ее наиболее нагретой точки над маслом и над охлаждающей средой. Для расчета превышения температуры обмотки над маслом методом разделения переменных с применением конечного косинус-преобразования Фурье получено решение краевой задачи для уравнения Пуассона с неоднородными граничными условиями на поверхностях обмотки прямоугольного сечения с анизотропными свойствами и с неравномерным по ее высоте распределением потерь. Кроме того, разработан альтернативный подход к определению теплового состояния осесимметричной модели трансформатора путем численного CFD-моделирования системы уравнений движения и неразрывности охлаждающей жидкости Навье-Стокса. Это позволяет получить распределение поля скоростей масла и абсолютных температур как масла в баке, так и фольговых и шаровых обмоток трансформатора с использованием минимальных эмпирических данных о физических свойствах масла и теплоотдачи баков. Методики верифицированы известными экспериментальными данными для трансформаторов ТМ-1000/35 и ТМ-630/10. Библ. 11, рис. 4, табл. 2.

Ключевые слова: трансформаторы распределительные, обмотки, фольга, масляное охлаждение, нагрев, CFD-моделирование.

Поступила 04.03.2020
Окончательный вариант 10.08.2020
Подписано в печать 21.10.2020

Роботу виконано за рахунок відомчого замовлення КПКВК 6541030.

Література

1. Бики М.А. Проектирование силовых трансформаторов. Расчеты основных параметров. М.: Знак, 2013. 612 с.
2. Бормосов В.А., Костоусова М.Н., Петренко А.Ф., Смольская Н.Е. Перспективы и состояние разработок распределительных трансформаторов массовых серий. Информационный портал «TRANSFORMаторы», 2004. 22 с. URL: https://transform.ru/articles/html/03project/a000001.article
(дата звернення: 19.02.2020)
3. IEC 60076-2. Power transformers - Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers, 2011. 100 p.
4. IEC 60076-7. Power transformers - Part 7: Loading guide for oil-immersed transformers, 2017. 89 p.
5. Воеводин И.Д., Гитин Ю.С., Михайловский Ю.А., Щукина И.И. Руководящий документ РД16 452-88. Трансформаторы силовые масляные с системами охлаждения М и Д. Тепловой расчёт обмоток. Запорожье: ВИТ, 1988. 28 с.
6. Михайловский Ю.А., Иванова З.Ф., Серебрицкая Е.А. Методика расчета 0АХ 682.064. Методика расчета нагрева масла в силовых трансформаторах с гофрированными баками мощностью от 100 до 2500 кВА. Запорожье: ВИТ. 1995. 8 с.
7. Григоров И.Б., Степенко О.Н. Электромагнитные исследования распределительных трансформаторов с обмотками НН из алюминиевой ленты. *Электротехн. пром-сть. Сер. Аппараты высокого напряжения, трансформаторы, силовые конденсаторы*. 1982. Вып. 9 (131). С. 1-4.
8. Воеводина Е.И., Григоров И.Б., Иванков В.Ф., Степенко О.Н. Расчет превышения температуры в фольговых обмотках низшего напряжения распределительных трансформаторов. *Техн. электродинамика*. 1984. № 1. С. 32-34.
9. Іванков В.Ф., Басова А.В., Хімюк І.В. Методи моделювання трансформаторів та реакторів. К.: Наш формат, 2017. 490 с.
10. Kennedy S.P., Gordner T., Berube J.N., Ringlee R., Aubin J. Hot stop studies for sheet wound transformer windings. URL: http://neoptix.com/literature/2013-04_doble_paper_final.pdf
(дата звернення: 19.02.2020)
11. Стулов А.С. Разработка комбинированных моделей и методов теплового анализа в САПР распределитель-ных трансформаторов: автореф. дис. … канд. техн. наук 05.13.12. Ивановский ГЭУ. Иваново. 2015. 152 с.

PDF

Цей твір ліцензовано на умовах Ліцензії Creative Commons Із Зазначенням Авторства — Некомерційна — Без Похідних 4.0 Міжнародна .