

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА НА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ

Башлачев А. А.¹, Снитько И. С.², Стулов А. В.³

Научный руководитель – Тихонов А. И.¹

¹ФГБОУ ВО ИГЭУ, ²ФГАОУ ВО МГТУ им. Баумана, ³ООО «Подмосковная
электротехническая компания»
arsenii.bash@gmail.com

Введение

При проектировании распределительных силовых трансформаторов особого внимания требует обеспечение длительной надежной работы. С целью проверки надежности спроектированного устройства опытный образец подвергается типовым испытаниям, что повышает экономическую нагрузку на производителей. К наиболее разрушающим относятся испытания на электродинамическую стойкость. Сотрудниками Всероссийского Электротехнического института (ВЭИ) был разработан и внедрен на предприятия отрасли руководящий документ по расчету стойкости трансформаторов при коротких замыканиях (КЗ) [1]. В настоящее время распространена конструкция силовых распределительных трансформаторов, у которых обмотка низкого напряжения (НН) выполнена из медной или алюминиевой ленты. Однако методика, описанная в [1], неприменима для расчета электродинамической стойкости подобного типа конструкции. В связи с этим актуальной является задача по разработке методики численного анализа электродинамической стойкости обмоток силового трансформатора, выполненных из ленты.

Основная часть

Разработанная методика направлена на определение радиальных усилий, возникающих при протекании токов КЗ по обмоткам трансформаторов из ленты.

Расчет тока КЗ может быть произведен с использованием имитационной модели, построенной в программном комплексе MatLab Simulink SimPowerSystems с использованием понятия об идеальном трансформаторе [2, 3].

Для расчета радиальных усилий в обмотках трансформатора используется библиотека конечно-элементного моделирования EMLib [4], позволяющая получить распределение индукции в различных сечениях расчетной области.

Целесообразно также учесть эффект вытеснения тока в ленточном проводнике по высоте обмотки. Данный эффект будет оказывать существенное влияние на распределение сил по высоте обмотки. Для этого был разработан алгоритм, позволяющий рассчитать вытеснение тока в обмотках из ленты к торцам обмотки при протекании по обмотке переменного тока [5].

Для расчета механических напряжений и деформаций элементов обмоток из ленты был выбран программный пакет COMSOL Multiphysics, позволяющий решать трехмерные задачи с высокой степенью дискретизации. В модели рассматривается сегмент обмотки НН, расположенный между двумя рейками, равномерно разделенный на секции по высоте для учета неравномерного распределения индукции и плотности тока по высоте обмотки. В качестве исходных данных для расчета механических напряжений задается распределение усилий, возникающих при протекании по обмотке ударного тока КЗ, полученное из модели электромагнитных процессов.

Результаты расчета позволяют судить о электродинамической стойкости обмотки.

Выводы

Предложена методика расчета электродинамической стойкости обмоток распределительного силового трансформатора, выполненных из ленты, позволяющая определить данные для расчета возникающих усилий при протекании ударного тока КЗ, а также выполнить расчет механических напряжений и деформаций. Данная методика может быть использована в качестве подсистемы расширенного поверочного расчета на этапе проектирования силовых трансформаторов, а также в качестве элемента системы диагностики силовых трансформаторов для определения повреждений и остаточного ресурса объекта.

Литература

1. РД 16.431-88. Трансформаторы силовые. Расчёт электродинамической стойкости обмоток при коротком замыкании.
2. Снитько И.С., Тихонов А.И., Стулов А.В., Мизонов В.Е. Разработка модели переходных режимов с учетом взаимной индуктивности полей рассеяния для реализации цифрового двойника трансформатора // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2021. – Вып. 4. – С. 47-56.
3. Тихонов А.И., Стулов А.В., Еремин И.В., Снитько И.С., Подобный А.В., Каржевин А.А., Плаксин А.В. Разработка технологии создания цифровых двойников силовых трансформаторов на основе цепных моделей и 2D-моделей магнитного поля // Южно-Сибирский научный вестник. 2020. - № 1 (29). - С. 76-82.
4. Тихонов А.И., Булатов Л.Н. Платформонезависимая библиотека конечно-элементного моделирования магнитного поля / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. –№ 2011614852. Заявка № 2011613040, приоритет от 28.04.2011, Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 22.06.2011
5. Тихонов А.И., Иванов А.В., Пайков И.А., Стулов А.В. Математическое моделирование электромагнитных процессов в фольговых обмотках трансформаторов и токоограничивающих реакторов / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2015. – 80 с.