

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГАОУ ДПО "ПЭИПК"

Минэнерго России

н.с., профессор, вице-президент АЭН

Назарычев Александр Николаевич

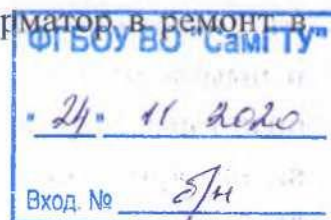
« 12 » 11 2020 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» Минэнерго России на диссертационную работу Александра Николая Михайловича «Совершенствование метода диагностики механического состояния обмоток силовых трансформаторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты».

Актуальность проблемы и темы диссертации

Электродинамическая стойкость при коротких замыканиях — важный показатель надежности силовых трансформаторов, обеспечивающий безотказную работу данного типа электрооборудования в течение всего нормативного срока эксплуатации, а также при его продлении. Нарушение геометрии обмоток трансформаторов приводит к снижению надежности электроснабжения потребителей, поскольку КЗ или перегрузки в обмотках могут повлечь за собой отказ трансформатора и вывод его в аварийный ремонт. Ремонт обмоток силового трансформатора связан с большими временными и трудовыми затратами, поскольку, как правило, требуется вызов специалистов по ремонту на место установки трансформатора, либо его транспортировка на ремонтную площадку или на завод-изготовитель. Таким образом, надёжная работа силовых трансформаторов, являющихся ответственным оборудованием в электрической сети, связана как с технологическими, так и с финансовыми рисками при обеспечении бесперебойных поставок электроэнергии в энергосистеме Российской Федерации. Учитывая вышесказанное, проблема выявления изменений геометрии обмоток силовых трансформаторов на раннем этапе их развития является актуальной, поскольку своевременное определение данного типа дефектов позволит вывести силовой трансформатор в ремонт в рабочем порядке, не допуская развития системной аварии.



Оценка содержания диссертации

Представленная к защите диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, библиографического списка, включающего 105 наименований, а также четыре приложения. Работа изложена на 142 страницах и включает 71 рисунок и 14 таблиц. Приложения содержат патент на полезную модель и акт внедрения результатов научных исследований. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Во введении дано обоснование актуальности работы, посвященной решению важной проблемы совершенствования метода диагностики механического состояния силовых трансформаторов. Сформулированы цель и задачи исследования, отражены научная новизна, практическая значимость диссертации и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены причины и виды деформаций обмоток силовых трансформаторов под действием электродинамических сил. Рассмотрены основные методы оценки технического состояния обмоток. Отмечено, что оценка состояния обмоток методом анализа частотного отклика является наиболее перспективным направлением в области диагностики обмоток, поскольку данный метод обладает наилучшей чувствительностью к изменениям геометрических размеров обмотки. Приведен обзор подходов к интерпретации результатов диагностики обмоток методом частотного отклика. Доказано, что в настоящий момент нет универсального подхода к интерпретации результатов. Таким образом, совершенствование метода диагностики состояния обмоток посредством измерения частотных характеристик, а также разработка метода интерпретации результатов диагностики является актуальной задачей.

Во второй главе рассмотрены вопросы моделирования трансформаторного оборудования с целью его диагностирования, разработаны модели механических деформаций обмоток, приведены уточненные формулы расчета электродинамических сил, а также разработана модель обмотки силового трансформатора с целью исследования зависимости изменения частотной характеристики при деформации обмотки.

В третьей главе рассмотрены методы диагностики и методика организации исследований механического состояния обмоток трансформаторов. Приводится анализ требований к диагностическому оборудованию, предназначенному для оценки механического состояния обмоток силовых трансформаторов. Автором разработано и запатентовано устройство, которое позволяет автоматизировать процесс регистрации частотных характеристик силовых трансформаторов, для различных трансформаторов и реакторов приводятся частотные характеристики.

В четвертой главе представлены результаты исследования частотных характеристик обмоток силовых трансформаторов, которые проходили испытания на электродинамическую стойкость. Исследование частотных характеристик проводилось с целью выявления закономерностей и установления взаимосвязей между типом и степенью деформаций обмотки и изменением её частотных характеристик, выявлены диагностические признаки потери радиальной устойчивости обмоток силовых трансформаторов.

В заключении диссертации приведены основные результаты и выводы, отражающие содержание работы.

Научные результаты диссертационной работы и анализ их новизны

Научную новизну и ценность диссертационной работы Александрова Н.М. определяют следующие результаты:

1. Разработана уточненная трёхмерная модель обмоток силового трансформатора, позволяющая провести расчет значения ударного тока КЗ и электродинамических сил, действующих на обмотку силовых трансформаторов, отличающаяся учетом конструктивных особенностей обмотки нелинейности магнитных свойств материалов.
2. Предложена методика расчета параметров модели обмотки силового трансформатора, позволяющей получать в результате компьютерного моделирования частотные характеристики обмоток.
3. Предложен метод моделирования механических деформаций обмотки, позволяющий осуществить уточнение аналитического расчета электромагнитных сил, действующих на обмотку.

Практическое значение диссертационной работы

Практическую значимость научных результатов, полученных Александровым Н.М., определяют следующие положения:

- разработаны диагностические признаки потери радиальной устойчивости обмотки силового трансформатора;
- разработано и запатентовано диагностическое устройство для определения состояния обмоток силовых трансформаторов.

Достоверность представленных результатов обеспечивается строгим выполнением математических преобразований, принятием признанных допущений, использованием современных математических моделей и пакетов программ. Адекватность результатов и выводов подтверждается согласованностью с опубликованными результатами работ других авторов и численным моделированием на трёхмерных моделях.

Замечания и вопросы по диссертации:

1. В главе 2 диссертации отмечается, что автором разработана математическая модель, основанная на трехмерном численном расчете магнитного поля силового трансформатора, позволяющая провести расчет значения ударного тока КЗ и электродинамических сил, действующих на обмотку трансформатора. Требуется пояснить, что понимается под "трёхмерным численным расчётом", и каким образом в математической модели учитываются конструктивные особенности обмоток различных типов трансформаторов, а также нелинейность магнитных свойств различных материалов обмотки?

2. Какие контролируемые параметры являются диагностическими признаками потери радиальной устойчивости обмотки силового трансформатора, и какими статистическими данными это подтверждается?

3. Необходимо более точно сформулировать, что является комплексным количественным параметром оценки технического состояния силового трансформатора в результате использования на практике всех разработанных диагностических моделей, и как учесть полученные результаты работы при оценке, например, индекса технического состояния трансформатора, в соответствии с действующими нормативными требованиями?

4. Можно ли распространить выводы полученные в диссертации на различные типы трансформаторов, в том числе на сухие, герметичные, с литой изоляцией, а также на трансформаторы с высоковольтными вводами с RIP-изоляцией?

Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертация Александрова Н.М., представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, отвечает квалификационным признакам и принципам соответствия, которые установлены нормативным документом «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Заявленная цель работы – совершенствование метода определения механического состояния обмоток силовых трансформаторов путем анализа их частотного отклика (SFRA) и модернизация диагностических моделей для повышения качества диагностики силовых трансформаторов – достигнута в проведенных исследованиях.

Оценка содержания диссертационной работы Александрова Н.М. проведена по паспорту научной специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»:

– направлениями исследования являются «...исследования<...> направленные на совершенствование силовых и информационных устройств для взаимного преобразования электрической и механической энергии <...>, комплексные исследования научно-технических, проблем с целью повышения энергетической эффективности, технологичности и эксплуатационной безопасности преобразователей и аппаратов...»;

– область исследования соответствует: п.5. «Разработка подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование, надежность, контроль и диагностику функционирования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов в процессе эксплуатации, в составе рабочих комплексов»;

– объектом исследования «...силовые устройства для взаимного преобразования электрической и механической энергии».

Автореферат диссертации Александрова Н.М. соответствует диссертационной работе по всем квалифицируемым признакам, а именно: по цели, задачам, актуальности и основным положениям, новизне и достоверности, научной и практической значимости.

Выводы, сформулированные Александровым Н.М. по диссертационной работе, структурированы в соответствии с содержанием работы. В них отражена научная и практическая ценность проведенных исследований по совершенствованию метода диагностики механического состояния обмоток силовых трансформаторов.

Публикации и апробация диссертационной работы

По результатам диссертационной работы опубликовано 26 работ, из них одна работа индексируется в базе данных Scopus, 4 статьи в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых изданий, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Названные материалы с достаточной полнотой отражают существо рассматриваемой работы.

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Диссертация написана корректным с научной и технической точки зрения языком. Содержание работы изложено на высоком научно-техническом уровне. Предложенные Александровым Н.М. решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными исследованиями по совершенствованию метода диагностики силовых трансформаторов.

Редакционное оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям, установленным нормативными документами. Структура диссертационной работы характеризуется единством ее построения.

Следует констатировать, что тема и содержание диссертации Александрова Н.М. соответствуют паспорту специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Оценка внедрения результатов диссертации и рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы Александрова Н.М. были использованы ООО «НПП «Динамика» (г. Чебоксары) при создании аппаратно-программного диагностического комплекса РЕТОМ-FRA, что подтверждается актом внедрения.

Результаты проведенного научного исследования рекомендуется применять при расчетах и конструировании силовых трансформаторов, а также при проведении диагностики силовых трансформаторов.

Александрову Н.М. следует продолжить работу в следующих направлениях:

- разработка диагностических моделей для всех видов деформаций обмоток;
- разработка универсального метода получения частотных характеристик обмоток путем компьютерного моделирования.

Общее заключение

Диссертация Александрова Николая Михайловича «Совершенствование метода диагностики механического состояния обмоток силовых трансформаторов» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему повышения эффективности определения механического состояния обмоток за счёт применения соответствующих методов и средств. Получены новые научные результаты, имеющие теоретическую и практическую значимость. Опубликованные работы и выступления автора на научных мероприятиях полностью соответствуют теме диссертации по содержанию и выводам, что подтверждает личный вклад автора. Приведенные выше замечания не снижают ценности диссертации.

Диссертация соответствует требованиям ВАК (п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор **Александров Николай Михайлович** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 –

«Электромеханика и электрические аппараты».

Диссертация Александрова Н.М., автореферат диссертации и отзыв ведущей организации обсуждены на заседании кафедры "Диагностика и управление техническим состоянием энергетического оборудования" ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» «11» ноября 2020 г. Протокол № «3».

Заведующий кафедрой ДЭО
ФГАОУ ДПО "ПЭИПК",
д.т.н., профессор



Алексей Ибрагимович Таджибаев

11 ноября 2020 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
дополнительного профессионального образования «Петербургский
энергетический институт повышения квалификации» Минэнерго России
Адрес: 196135, Санкт-Петербург, ул. Авиационная, д. 23
Тел. +7 (812) 708-48-46, E-mail: rector@peipk.spb.ru

Подпись Таджибаева А.И. заверяю:

