

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу БАСЕНКО Василия Романовича на тему **«Усовершенствованный метод вибрационного контроля технического состояния обмоток и магнитопровода силовых трансформаторов с применением бесконтактных лазерных технологий и фрактального анализа»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды»

Актуальность темы исследования

К силовым трансформаторам как одним из главных элементов электросетевого хозяйства любого предприятия предъявляются высокие требования к надежности их эксплуатации. Поэтому поддержание хорошего уровня технического состояния силовых трансформаторов является важной задачей контроля и диагностики электрооборудования. Важным параметром при контроле технического состояния силовых трансформаторов является состояние прессовки магнитопровода и обмоток. Ослабление прессовки (механических усилий) приводит к снижению электродинамической стойкости конструкции активной части силовых трансформаторов, в результате чего могут возникнуть серьезные повреждения вплоть до короткого замыкания. Существующие на сегодняшний день способы диагностики силовых трансформаторов предполагают вывод из рабочего режима эксплуатации, что трудоемко и отвлекает не малые затраты средств и времени. Среди различных методов оценки технического состояния прессовки обмоток и магнитопровода силовых трансформаторов наиболее эффективным является метод вибрационного контроля. В связи с этим тема диссертационного исследования Басенко В.Р., направленная на совершенствование метода вибрационного контроля технического состояния обмоток и магнитопровода силового трансформатора под рабочим напряжением за счет применения бесконтактных лазерных технологий и оценки степени прессовки на основе

фрактального анализа амплитудно-временной характеристики вибрационного сигнала вынужденных колебаний трансформатора, является весьма актуальной и имеет научную и практическую значимость.

Анализ содержания диссертационной работы

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский государственный энергетический университет». Состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 106 наименований, и пяти приложений, изложена на 168 страницах, содержит 73 рисунка и 23 таблицы.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, сформулированы основные научные положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации и публикациях.

Первая глава диссертационной работы посвящена причинам возникновения повреждений силовых трансформаторов во время их работы. Выполненный анализ состояния существующих методов вибрационного контроля силовых трансформаторов позволил сделать вывод, что для более точного и достоверного анализа вибрационных сигналов обмоток и магнитопровода силовых трансформаторов может служить метод фрактального анализа с погрешностью порядка 0,5%, поэтому необходимо создать допустимые границы и критерии оценки степени прессы обмоток и магнитопровода трансформатора.

Во второй главе разработана математическая модель силового трансформатора для исследований параметров вибрации обмоток и магнитопровода, их связи с техническим состоянием. Получены амплитудно-временные характеристики вынужденных колебаний обмоток и магнитопровода силового трансформатора под действием электромагнитного поля в программном комплексе COMSOL Multiphysics. Выполненный анализ

амплитудно-временных характеристик показал, что при изменении степени воздействия механического усилия на обмотки и магнитопровод силового трансформатора в области ярмовой балки амплитудно-временная характеристика вибрационного сигнала изменяется прямо пропорционально механическому воздействию. Полученные результаты моделирования использованы для усовершенствования метода вибрационного контроля технического состояния обмоток и магнитопровода силового трансформатора путем применения фрактальной размерности амплитудно-временной характеристики вибрационного сигнала для определения степени прессовки обмотки и магнитопровода.

Третья глава посвящена разработке нового метода вибрационного контроля, с помощью которого осуществляется контроль технического состояния обмоток и магнитопровода силовых трансформаторов под рабочим напряжением на основе фрактального анализа амплитудно-временной характеристики. Приведены принципы метода вибрационного контроля силовых трансформаторов, средства и методы, а также алгоритм анализа результатов измерений, на основе которых путем расчета фрактальной размерности амплитудно-временной характеристики вибрационного сигнала определены степень прессовки обмоток и магнитопровода силового трансформатора.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям, которые проводились для решения следующих задач: определения работоспособности разработанного лазерного комплекса; подтверждения теоретических исследований параметров колебаний обмоток и магнитопровода силового трансформатора с помощью экспериментов; апробирования разработанного вибрационного метода; определения эффективности разработанного метода путем сравнения с существующими методами вибрационного контроля.

В Приложениях приведены описание программного обеспечения для усовершенствованного метода дистанционного вибрационного контроля

технического состояния силовых трансформаторов; свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ; акты внедрения и реализации результатов научных исследований.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.2.8. – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды» в части направлений исследования: п.1 – «Научное обоснование новых и совершенствование существующих методов, аппаратных средств и технологий контроля, диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующее повышению надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды»; п.3 – «Разработка, внедрение, испытания методов и приборов контроля, диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующих повышению надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды»; п.6 «Разработка математических моделей, алгоритмического и программно-технического обеспечения обработки результатов регистрации сигналов в приборах и средствах контроля и диагностики с целью автоматизации контроля и диагностики, подготовки их для внедрения в цифровые информационные технологии».

Степень обоснованности научных положений и достоверности, полученных результатов

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов определяется строгой теоретической аргументацией выбора задач исследования, применением теоретических и экспериментальных методов исследования в рассматриваемой области, подтверждена широкой апробацией результатов на национальных и международных научно-технических конференциях.

Достоверность экспериментальных результатов обеспечивается применением аттестованных измерительных средств и апробированных экспериментальных методик, а также воспроизводимостью результатов измерений.

Основные научные результаты диссертационного исследования

К новым результатам, полученным в диссертационном исследовании, следует отнести разработку усовершенствованного метода вибрационного контроля технического состояния обмоток и магнитопровода силового трансформатора с возможностью дистанционного, бесконтактного измерения вибрации, определения степени прессовки обмоток и магнитопровода силового трансформатора с применением фрактального анализа. Данный метод позволяет проводить контроль технического состояния обмоток и магнитопровода силовых трансформаторов различного класса напряжений, с различной изоляционной средой без отключения силового трансформатора от электрической сети. Предлагаемый метод основан на проведении математического моделирования вынужденных колебаний обмоток и магнитопровода силового трансформатора под воздействием электромагнитного поля.

Работоспособность усовершенствованного метода подтверждена при выполнении научно-исследовательской опытно-конструкторской работы по договору № 0002/52/63 06.04.2020 г., заключенному между ПАО «Татнефть» им. В. Д. Шашина и ФГБОУ ВО «КГЭУ» по теме «Разработка и внедрение приборов и методики по слежению за техническим состоянием оборудования подстанций 110/35/6 кВ».

Научная новизна диссертационного исследования

Научная новизна диссертационного исследования состоит в разработке математической модели обмоток и магнитопровода силового трансформатора, позволяющей определять информативные параметры вынужденных

колебаний обмоток и магнитопровода силового трансформатора и установить влияние степени прессовки магнитопровода и обмоток трансформатора на характеристики вибрации; применении метода фрактального анализа для определения степени прессовки обмоток и магнитопровода силового трансформатора; разработке усовершенствованного метода вибрационного контроля, основанного на фрактальном анализе амплитудно-временной характеристики вибрационного сигнала; разработке новых алгоритмов и программного обеспечения для реализации усовершенствованного метода вибрационного контроля технического состояния обмоток и магнитопровода силового трансформатора.

Публикация основных материалов диссертационного исследования

Полученные результаты исследований отражены в 18 научных работах, среди которых 1 статья в рецензируемом научном издании, индексируемом в международной базе данных SCOPUS, 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК по специальности диссертации, 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Автореферат диссертации соответствует диссертационной работе по всем существенным признакам: поставленным цели и задачам работы, обоснованию актуальности, новизны и достоверности, научной и практической значимости и основным положениям, выносимым на защиту.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В диссертации отсутствует анализ и исследования по применимости разработанного усовершенствованного метода вибрационного контроля технического состояния обмоток и магнитопровода для силовых трансформаторов различных классов напряжений. Какие ограничения будут существовать для разработанного метода в зависимости от номинального напряжения, изоляционной среды силового трансформатора, особенностей

конструкции обмоток и магнитопровода, режимов работы и условий окружающей среды?

2. Во второй главе при разработке математической 3D модели обмоток и магнитопровода силового трансформатора в таблице 2.1 в технических характеристиках исследуемого силового трансформатора указаны: материал обмоток – алюминий, схема и группа соединений Y/D, хотя далее в п.2.2 при расчете механических колебаний обмоток и магнитопровода на стр. 49 автором отмечено, что «для обмоток был выбран материал «медь», наиболее подходящий по параметрам для обмоток трансформатора», а в смоделированной 3-фазной электрической цепи трансформатора (рисунок 2.5) применена схема Y_0/Y_0 ?

3. Во второй главе на рисунке 2.4 на разработанной математической 3D модели обмоток и магнитопровода силового трансформатора не пояснен выбор механических усилий F_1 и F_2 , не обоснован выбор их направлений. Чем обоснованы выбранные значения усилий в обмотках в теоретических и практических исследованиях, и от чего могут зависеть эти усилия для различных силовых трансформаторов?

4. Рассматриваемая фрактальная размерность амплитудно-временной характеристики силового трансформатора анализируется в диапазоне от 1 до 1,5 в условных единицах. Следовало бы пояснить от чего зависят данные границы и как они могут изменяться?

5. Следовало пояснить, почему для амплитудных спектров виброскорости исследуемого силового трансформатора, показанных на рисунках 4.15 – 4.19, присутствуют частоты, отличающиеся от частот, кратных промышленной частоте напряжения 50 Гц?

6. Пункт 1 выводов к четвертой главе: «По результатам теоретических и экспериментальных исследований установлено, что применение фрактального анализа повышает чувствительность контроля технического состояния силовых трансформаторов по сравнению с существующими методами анализа...». Возникает вопрос, насколько была повышена чувствительность

контроля технического состояния силовых трансформаторов по сравнению с существующими методами анализа? Делалась ли количественная оценка?

7. Замечания редакционного характера:

- стр. 50 – единица измерения напряжения «Вольт» написана с маленькой буквы;

- стр. 66 – не согласованные окончания, например, у глагола «аттестуются»;

- на стр. 80 незаконченное предложение;

- стр. 94 – ссылка на рисунок 5.1.3 (должен быть 4.1.3);

- стр. 124 – ссылка на несуществующие таблицы 5.9 и 5.10 и т.д.

Отмеченные замечания не снижают научной и практической значимости выполненной работы и носят рекомендательный характер.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Басенко Василия Романовича «Усовершенствованный метод вибрационного контроля технического состояния обмоток и магнитопровода силовых трансформаторов с применением бесконтактных лазерных технологий и фрактального анализа» является законченной научно-квалификационной работой и имеет высокую научную ценность в области контроля и диагностики технического состояния силовых трансформаторов. Работа выполнена автором самостоятельно на требуемом научном уровне. Сформулированные в диссертационной работе научные положения, выводы обоснованы. Представленные в диссертационной работе результаты обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью. Основные результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в публикациях автора. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.2.8. – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Усовершенствованный метод вибрационного контроля технического

состояния обмоток и магнитопровода силовых трансформаторов с применением бесконтактных лазерных технологий и фрактального анализа» по своему содержанию и научным результатам соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» Постановления Правительства РФ, а ее автор, Басенко Василий Романович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Официальный оппонент,
доктор технических, профессор,
заведующий кафедрой «Электроснабжение и электротехника»
ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»
Вахнина Вера Васильевна



[Signature]
«7» ноября 2023 г.

Вахниной В.В.
ЗАВЕРЯЮ
Зам. начальника управления делами ТГУ
[Signature] Н.В. Шпомер
2023

Контактные данные:
445020, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Белорусская, 14 (центральный кампус)
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Тольяттинский государственный университет»
Тел. раб. +7 (8482) 44-94-24
E-mail: office@tltsu.ru; адрес сайта организации: <https://www.tltsu.ru/>