

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук Сулыненкова Ильи Николаевича
на диссертационную работу Александрова Николая Михайловича
на тему «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.

На отзыв представлена диссертационная работа на тему «Совершенствование метода диагностики механического состояния обмоток силовых трансформаторов», общим объемом 142 страницы, содержащая введение, четыре главы, заключение, список литературы из 105 наименований, 4 приложения.

Автореферат диссертации изложен на 20 страницах. Он включает общую характеристику работы, её краткое содержание по главам и основные результаты, а также перечень работ, опубликованных по теме диссертации. Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.

Актуальность темы

Силовые трансформаторы являются основными элементами электроэнергетической системы. Их отказы приводят к необходимости замены дорогостоящего оборудования или к аварийным ремонтам, требующим больших капитальных и временных издержек. Особо остро проблема отказов трансформаторов стала в настоящее время, когда парк оборудования, отработавшего свой срок службы, составляет более половины от общего количества и ежегодно увеличивается. Поэтому задача оценки состояния трансформаторов для предотвращения аварийных отключений является важной.

Кроме того, с 2017 года в электроэнергетической отрасли происходит переход от системы плановых ремонтов к ремонтам по техническому состоянию. Данный подход требует применения средств диагностики для оценки текущего технического состояния оборудования. В первую очередь такими средствами должны укомплектовываться силовые трансформаторы.

Дефекты обмотки силового трансформатора, особенно при повреждении

небольшой ее части, диагностируются современными методами не достаточно точно. Методы оценки, позволяющие производить оценку механического состояния обмоток, не совершенны. Поэтому задача повышения качества оценки механического состояния обмоток силовых трансформаторов, поставленная в диссертационной работе, является важной и актуальной.

Основное содержания диссертационной работы

В введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована общая характеристика работы.

В первой главе приведены виды деформации обмоток, представлен обзор существующих методов определения механического состояния обмоток силовых трансформаторов, представлены их основные достоинства и недостатки. Изложен метод анализа частотного отклика, представлен обзор способов анализа результатов измерения этим методом.

Во второй главе проведено моделирование электромагнитных и электродинамических процессов, происходящих в обмотке силового трансформатора. Разработаны геометрические модели обмоток силовых трансформаторов с деформациями различного типа. Для исследования частотных характеристик обмоток представлен способ составления схемы замещения обмотки на примере трансформатора ТРД-16000/35.

В третьей главе приведены технические требования для разработки диагностического устройства, позволяющего проводить анализ механического состояния обмоток силовых трансформаторов. Представлено устройство, разработанное автором, приведены результаты испытаний опытного образца данного устройства.

В четвертой главе проводится исследование частотных характеристик обмоток трансформаторов различных типов. Приводится анализ изменения частотных характеристик обмоток исправных трансформаторов и трансформаторов с дефектами, которые подтверждены визуальным осмотром. Предложены значения диагностических признаков механических дефектов обмоток силовых трансформаторов при использовании метода анализа частотного отклика.

В заключение к диссертации приведены основные результаты и выводы,

отражающие содержание работы.

Соответствие паспорту специальности

Результаты диссертационной работы соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты:

- пункту 1 «Анализ и исследование физических явлений, лежащих в основе функционирования электрических ... преобразователей энергии ...»;
- пункту 3 «Разработка методов анализа ... преобразователей электрической ... энергии»;
- пункт 5 «Разработка подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих ... контроль и диагностику функционирования электрических ... преобразователей ... в процессе эксплуатации, в составе рабочих комплексов».

Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов диссертационной работы Н.М. Александрова состоит в:

- разработанной модели механических деформаций обмотки двухобмоточного силового трансформатора, отличающейся учетом различных видов деформации;
- уточнении максимальных электродинамических сил, действующих на обмотку силового двухобмоточного трансформатора, на основе математического моделирования электромагнитных и электродинамических процессов;
- результатах моделирования обмотки трансформатора для исследования частотных откликов;
- диагностических моделях для оценки состояния обмоток силовых трансформаторов.

Практическая значимость работы заключается в разработанных алгоритмах расчета электродинамических сил, которые позволяют более точно производить расчеты обмоток на электродинамическую стойкость.

Несомненную практическую ценность представляет собой разработанное соискателем устройство для диагностики механического состояния обмоток силовых трансформаторов. Оно позволяет получать частотные характеристики в автоматическом режиме с расчетом необходимых численных показателей.

Практическую значимость имеют выявленные предельные отклонения

диагностических параметров, позволяющих судить о техническом состоянии обмотки силового трансформатора.

Полученные соискателем результаты исследований использованы в производственной деятельности ООО «НПП «Динамика», что подтверждено актом об использовании результатов диссертационной работы.

Обоснованность и достоверность полученных научных положений, выводов, рекомендаций

Научные выводы, положения и практические рекомендации, представленные в работе, в достаточной степени обоснованы, подтверждаются совпадением с фактическими данными, полученными в ходе испытаний силовых трансформаторов. Исследования базируются на корректно использованных методах математического моделирования, электротехники и электромеханики. Достоверность подтверждается результатами компьютерного моделирования электромагнитных переходных процессов и их сравнения с экспериментальными данными соискателя и результатами исследований других авторов.

Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в конструкторских, проектных организациях и на предприятиях, занимающихся как изготовлением силовых трансформаторов, так и разработкой устройств диагностирования трансформаторов, а также в учебном процессе технических вузов.

Апробация диссертации и публикаций

Диссертационная работа прошла апробацию на отечественных и зарубежных научно-технических конференциях и совещаниях. Результаты диссертационной работы отражены в 26 публикациях, из которых 1 работа опубликована в издании, индексируемом Scopus, 4 статьи в журналах из перечня ВАК. В публикациях отражены все основные научные положения и полученные результаты.

Замечания, вопросы и рекомендации по диссертационной работе

1. В первой главе соискатель приводит обзор методов оценки механического состояния обмоток трансформаторов с указанием только основных достоинств и

недостатков. В связи с чем, не достаточно обоснован выбор метода анализа частотного отклика.

2. В тексте главы №1 в основном анализируются нормативные документы. При этом в списке литературы указано более десятка современных научных работ только зарубежных исследователей. Следовало показать текущее состояние вопроса исследования по выбранной теме в работах отечественных и зарубежных авторов.

3. Следует пояснить, почему из множества расчетных показателей для интерпретации результатов измерения методом анализа частотного отклика выбраны коэффициент корреляции и модуль суммы логарифмической ошибки?

4. Исходя из геометрических моделей, представленных на рисунках 2.3, 2.4, 2.7, 2.8, можно говорить о применимости полученных во второй главе аналитических выражений только для некоторых типов трансформаторов, имеющих определенную конструкцию магнитопровода, конструкцию, число и расположение обмоток и. т.д. При этом автор не накладывает ограничений на представленные модели и результаты моделирования.

5. В разделе 2.5 не указано, какая программа использована для моделирования электромагнитных процессов и получения частотных характеристик.

6. В диссертационной работе недостаточно четко показано, как использованы математические модели, полученные во второй главе, при разработке диагностического устройства и программного обеспечения к нему.

7. В рассматриваемой диссертационной работе не приведено сравнение разработанного диагностического устройства с отечественными и зарубежными аналогами.

8. В разделе 3.3 приводятся результаты испытаний опытного образца диагностического прибора, которые подтверждают работоспособность устройства. При этом не приводится данных о точности результатов измерений. Так же не ясно, как получены и подтверждены метрологические характеристики прибора, представленные в таблице 3.1?

9. Измерения нормограмм и дефектограмм, вероятно, следует проводить в одинаковых условиях внешней среды, близких параметрах трансформаторного

масла и т.д. В работе стоило указать эти условия или показать, что эти условия не оказывают влияния на результаты измерений.

10. В выводах по четвертой главе автор предлагает использовать в качестве диагностического параметра изменение резонансных частот. При этом в тексте главы кроме этого диагностического параметра производятся расчеты коэффициента корреляции и модуля суммы логарифмического отклонения. Встает вопрос, как автор предлагает использовать полученные результаты?

11. Не ясно для чего в тексте диссертационной работы представлено приложение Г.

12. Имеются некоторые замечания по формулировкам и оформлению текста диссертации. Ряд формул, приведенных в тексте диссертационной работы (например, формулы 4-8, 13, 15, 18), не имеют расшифровок параметров, входящих в расчетные выражения. Некоторые параметры имеют не общепринятые названия, например, коэффициент k_{max} формулы 34. Ряд рисунков не имеет подписей отдельных элементов, например, частей трансформатора на рисунках 2.4, 2.7. Не на все источники, представленные в списке литературы, даны ссылки в тексте диссертационной работы.

13. Одним из направлений развития метода анализа частотного отклика может стать его использование для определения места и типа дефекта обмотки силового трансформатора. Это позволило бы значительно сократить время проведения его ремонта. Разработанные автором математические модели, на мой взгляд, позволяют это сделать. Считаю, что диссертационная работа может иметь развитие в этом направлении.

Заключение по диссертации

Учитывая актуальность темы, достаточно высокий научный уровень исследований, практическую значимость полученных результатов и их внедрение в практику, считаю, что диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям в области технических наук. Представленные замечания несколько сказываются на качестве представления

научных исследований, но не снижают общей научной и практической ценности работы. Диссертационная работа соответствует специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты, а ее автор, Александров Николай Михайлович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Официальный оппонент, кандидат технических наук (05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы), доцент кафедры «Электрические станции, подстанции и диагностика электрооборудования» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

20. 11. 2020 г.

7

Сулыненков

Илья Николаевич

Служебный адрес 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34, кафедра «Электрические станции, подстанции и диагностика электрооборудования»,
Телефон: +7 (4932) 269-946
E-mail: sulynenkov@esde.ispu.ru

Подпись Сулыненкова И.Н. заверяю:
Ученый секретарь Совета ИПОУ



Вылгина
Юлия Вадимовна