

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

ГУЗАНОВ СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ

**Разработка автоматизированной системы мониторинга и технического
диагностирования силовых элементов подстанций**

Направление 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль «Электроснабжение»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

Комсомольск – на – Амуре

2024

Работа выполнена на кафедре «Электромеханика» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (КНАГУ).

Научный руководитель

доктор тех. наук, профессор
Иванов Сергей Николаевич
доктор тех. наук, профессор
Иванов Сергей Николаевич

Рецензент

кандидат технических наук
Киница Олег Игоревич

Защита состоится «22 » февраля 2024 года в 10 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 203/3.

Автореферат разослан __ февраля 2024 г

Секретарь ГЭК

Н.Н. Мельникова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Введение. Современное развитие электроэнергетики определяется объединением электросетевой и информационной инфраструктуры. Цифровые технологии существенно влияют на электрораспределительный комплекс, приводя к созданию «умных» электрических сетей. Такие сети позволяют решить три основные задачи: объединение разнообразных генерирующих объектов в единую энергетическую систему; обеспечение непрерывного контроля состояния энергетического оборудования и распределение электроэнергии. Но цифровизация должна сопровождаться внедрением энергоэффективного оборудования и решением проблем надежности и информационной безопасности "умных" трансформаторных подстанций. Поэтому в данной работе рассматриваются вопросы мониторинга технического состояния энергоэффективных сухих трансформаторов, их интегрирования в цифровую подстанцию, так как мониторинг состояния трансформатора является неотъемлемой частью обеспечения его надежности.

Актуальность. Актуальность данной работы связана с тем, что в процессе исследования обнаружены существенные проблемы, сопряженные с обновлением трансформаторного парка в России, которые обусловлены уменьшением финансирования в этой сфере. В подобных обстоятельствах повышение срока службы трансформаторов становится актуальным вопросом, так как нарушения в работе энергетического оборудования могут привести к перебоям в электроснабжении и большим экономическим потерям.

Одним из основных элементов электроэнергетической системы является силовой трансформатор. Поэтому разработка мероприятий по увеличению срока службы трансформаторного парка является актуальной проблемой на данный момент.

В данной работе представлено техническое решение и экономическое обоснование по внедрению системы диагностики и мониторинга сухого силового трансформатора ТСЗ-630/10/0,4 УХЛ1 на ПС 220 кВ «Селихино».

Степень разработанности. В процессе работы над диссертацией был проведен обзор существующих технических особенностей конструкции и работы сухих силовых трансформаторов, процессов старения литой изоляции, срока службы сухих трансформаторов. Была разработана и исследована наиболее оптимальная и надежная для сухого силового трансформатора ТСЗ-630/10/0,4 УХЛ1 отечественная система диагностики и мониторинга фирмы ТДМ.

Объектом исследования является сухой силовой трансформатор с литой изоляцией.

Предмет исследования система мониторинга для силовых сухих трансформаторов с литой изоляцией.

Целью исследования является разработка мероприятий по увеличению срока службы силовых сухих трансформаторов напряжением 10 кВ, установленных на подстанции 220 кВ «Селихино», и экономическое обоснование целесообразности данных мероприятий.

Задачей исследования является :

- анализ трансформаторов ТСЗ-630/10/0,4 УХЛ1 на подстанции 220 кВ «Селихино»;

- выявление основных видов их повреждений

- исследование причин и процессов, приводящих к внезапным или постепенным отказам;

- расчет возможного экономического эффекта от применения АСМД.

Личный вклад. Автором был проведен обзор наиболее перспективных и надежных отечественных систем мониторинга TDM для силовых трансформаторов с литой изоляцией с рабочим напряжением от 6 до 35 кВ.

Апробация работы.

Результаты исследований, включённые в работу, докладывались в общероссийском электронном журнале «Трибуна ученого» Выпуск 01/2023 <https://tribune-scientists.ru>

Публикации. По результатам исследований имеются две публикации:

1. Исследование системы мониторинга и контроля параметров температуры сухих трансформаторов ТСЗ. Журнал «Трибуна ученого» Выпуск 01/2023 <https://tribune-scientists.ru>

2. Гузанов, С.С. Мониторинг и техническое диагностирование силовых элементов подстанций / С.С. Гузанов, С.Н. Иванов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях. Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Комсомольск-на-Амуре, 2022. С. 117-118.

3. Гузанов, С. С. Оценка технического состояния промышленного оборудования / С.Н. Иванов, С.С. Гузанов // НАУКА, ИННОВАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ: ОТ ИДЕЙ К ВНЕДРЕНИЮ. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Комсомольск-на-Амуре, 16 – 17 ноября 2023 г. / Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2023.– С. 202-204. EDN: DNXSND.

Во второй главе рассмотрены общие сведения о сухих силовых трансформаторах; проблема электрической прочности изоляции сухого трансформатора; произведен анализ старения трансформаторного оборудования, старения и срока службы изоляции сухого трансформатора; рассмотрены основные факторы, негативно влияющие на срок службы сухих трансформаторов; рассмотрены основные факторы, воздействующие на трансформатор, такие как: грозовые и коммутационные перенапряжения, повышения рабочего напряжения, ударные механические воздействия на обмотки вследствие токов короткого замыкания, токи намагничивания при электрических и механических переходных процессах, воздействия сейсмические и геомагнитных токов на трансформатор, перегрузка трансформатора по току; рассмотрены основные виды повреждений силовых сухих трансформаторов.



Рисунок 2 – Конструкция сухого трансформатора



Рисунок 3 – Сухой трансформатор с воздушно-барьерной изоляцией

В третьей главе произведено исследование частичного разряда в изоляции сухих силовых трансформаторов; рассмотрены физический процесс и условия образования частичного разряда; рассмотрены испытания на образование частичного разряда в изоляции; рассмотрены методы определения частичного разряда, такие как: электрический метод, акустический метод, химический метод, электромагнитный метод, термический метод, оптический метод; рассмотрены корреляционный и регрессионный анализ данных мониторинга.

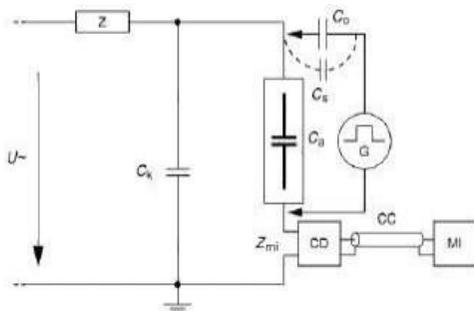
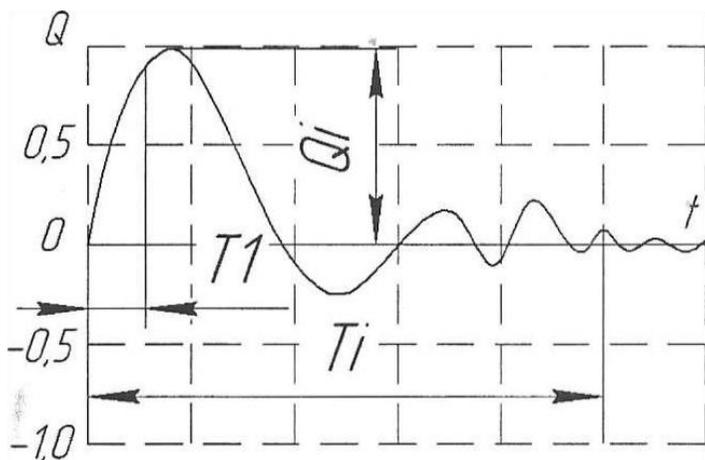


Рисунок 4 – Схема испытания оборудования высоким напряжением и измерение частичных разрядов



Ри
сунок 5 –
Основные

параметры единичного частичного разряда

В четвертой главе произведена разработка мероприятий по внедрению системы диагностики и мониторинга для ПС 220 кВ «Селихино»; рассмотрена функция систем мониторинга и диагностики трансформатора; рассмотрены существующие способы мониторинга основных параметров силовых трансформаторов; рассмотрены структура и состав, принцип построения систем мониторинга;

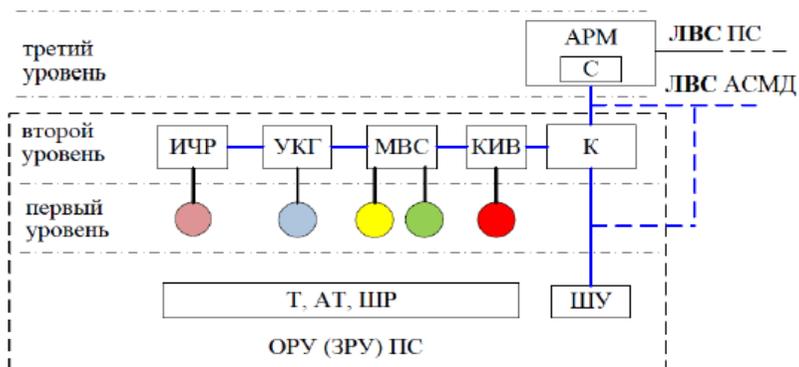


Рисунок 6 – Состав полнофункциональной комплексной АСМД



Рисунок 7 – Схема передачи диагностической информации по уровням управления

В пятой главе рассмотрены производители систем мониторинга и диагностики на примере систем мониторинга TDM-10S и TDM-35S для силовых трансформаторов с литой изоляцией с рабочим напряжением от 6 до 35 кВ, условия их эксплуатации, внешние интерфейсы, требования к функциональности программного обеспечения, признаки дефектных состояний, требования к надежности технических средств и к реализации III уровня АСМД.



Рисунок 8 – Система мониторинга марки TDM-10S

В шестой главе был произведен расчет эффективности внедрения АСМД; рассмотрено определение ущербов от аварии на силовых трансформаторах; рассмотрены возможный эффект от применения АСМД и затраты на проведение ремонтных работ силовых трансформаторов; произведено экономическое обоснование мероприятий по внедрению системы диагностики и мониторинга для ТСЗ-630/10/0,4-УХЛ1.

Заключение

В работе рассмотрены специфика эксплуатации сухих трансформаторов и их реакция на разнообразные внешние и внутренние воздействия, оказывающие большое влияние на срок службы силового трансформатора.

Определено, что в настоящее время одной из значительных причин возникновения повреждений изоляции сухого силового трансформатора является появление частичных разрядов в изоляции. Результатом данного процесса является выход из строя обмоток силового трансформатора, разрушение изоляции, возникновение различных дефектов, оказывающих большое негативное влияние на работоспособность трансформатора.

Проведен анализ специфики работы силовых трансформаторов подстанции 220 кВ «Селихино» на примере сухого силового трансформатора ТСЗ-630/10/0,4 УХЛ1. С целью изучения состояния изоляции ТСЗ-630/10/0,4 УХЛ1 собраны сведения о наружном состоянии трансформатора, сопротивлении изоляции.

Исследованы различные процессы возникновения частичных разрядов в изоляции силового трансформатора. Рассмотрены физический и эксплуатационный процессы.

Изучены главные характеристики, обуславливающие возникновение частичного разряда: величина заряда, частота импульса, длительность

воздействия разряда. Рассмотрены методы измерения частичного разряда.

Установлена взаимосвязь между функционированием системы диагностики и мониторинга и защитой силового трансформатора, продлением его срока службы. По результатам анализа выбраны системы диагностики и мониторинга TDM 10S и TDM 35S, отвечающие требованиям ОАО «ФСК ЕЭС».

На основании экономического обоснования разработано мероприятие по внедрению системы диагностики и мониторинга сухого силового трансформатора на ПС 220 кВ «Селихино». Показано, что в расчете на перспективу АСМД, установленная на трансформаторе ТСЗ-630/10/0,4 УХЛ1,в наиболее оптимальный момент, т.е. приблизительно через 12 лет (половина расчетного срока эксплуатации), со временем по мере ухудшения качества изоляции принесет еще больший экономический эффект и по расчетам, выйдет на полную окупаемость фактической

с

р

е

д

н

е

й

с

т

о

и

м

о

с