

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Галяутдиновой Алсу Ренатовны на тему «Интеллектуальная система онлайн-мониторинга и контроля технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов распределительных сетей 35/6(10) кВ», 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 диссертации

В работе предложена новая интеллектуальная система онлайн-мониторинга и контроля технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов распределительных сетей 35/6(10) кВ. Предлагаемый метод основан на оценке технического состояния по совокупности контролируемых параметров в онлайн-режиме. Онлайн-мониторинг параметров трансформатора решает важную задачу контроля его технического состояния, которая заключается в проведении диагностики без отключения трансформаторного оборудования. Анализ полученных данных осуществляется с применением методов искусственного интеллекта.

Стоит отметить, что разработка и внедрение интеллектуальной системы онлайн-мониторинга и контроля технического состояния способствует переходу к предиктивному техническому обслуживанию, что является одним из приоритетов в развитии современной электроэнергетики. Такая система позволит не только повысить надежность эксплуатации оборудования, но и оптимизировать затраты на ремонт и обслуживание благодаря точной и своевременной информации о его состоянии.

Считаю, что диссертация Галяутдиновой А. Р., посвященная разработке интеллектуальной системы онлайн-мониторинга и контроля технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов распределительных сетей 35/6(10) кВ, является **актуальной** и представляет **научный и практический интерес**.

Краткая характеристика работы

Во введении представлена актуальность темы исследования, сформулированы цель, решаемые задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методы исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту, приведены обоснованность и достоверность выводов и результатов, апробация, внедрение и структура работы.

В главе 1 диссертации проведен анализ повреждаемости силовых трансформаторов, рассмотрены существующие методы и системы контроля технического состояния, методы обработки данных силового трансформатора.

В главе 2 приведены результаты исследований, целью которых является разработка интеллектуальной системы онлайн-мониторинга и контроля технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов распределительных сетей 35/6(10) кВ. Разработанная методика предлагает интегральный подход к оценке состояния трансформатора с использованием коэффициента экспресс-анализа (КЭА), который служит основным показателем текущего состояния трансформатора и позволяет оценить его остаточный эксплуатационный ресурс. Составлен алгоритм выработки рекомендаций по техническому обслуживанию силового трансформатора 35/6(10) кВ.

В главе 3 представлен выбор метода анализа данных силового трансформатора. Увеличение объема анализируемой информации о состоянии силового трансформатора требует модернизации существующих и создания новых методов анализа данных. Зависимости между контролируемыми параметрами и техническим состоянием силового трансформатора носят сложный нелинейный характер, что затрудняет их точное определение с помощью детерминированных статистических методов анализа данных. Для анализа данных соискателем разработана новая гибридная архитектура многослойной нейросетевой модели, отличающаяся использованием радиальных базисных функций в первом слое сети. Эта архитектура направлена на улучшение точности оценки технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов с помощью более точного извлечения признаков в первом слое.

В главе 4 представлены экспериментальные исследования и реализация интеллектуальной системы онлайн-мониторинга и контроля технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов распределительных сетей 35/6(10) кВ, установленной на силовые трансформаторы марки ТМН – 6300/35 в ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина. Приведенные результаты на практике подтверждают теоретические положения работы и эффективность разработанных методов анализа данных.

В «Основных результатах и выводах» представлены основные результаты диссертационной работы.

Научная новизна

1. Обоснован перечень контролируемых параметров и контрольно-измерительные приборы (КИП) интеллектуальной системы онлайн-мониторинга и контроля технического состояния силового маслонаполненного трансформатора в сетях 35/6(10) кВ.

2. Предложен новый подход к онлайн-мониторингу и оценке технического состояния силового маслонаполненного трансформатора в сетях 35/6(10) кВ, позволяющий определять техническое состояние трансформатора с использованием коэффициента экспресс-анализа, который рассчитывается с применением измеренных параметров работающего трансформатора, и принимать решения о техническом обслуживании или ремонте оборудования.

3. Разработана новая архитектура многослойной нейросетевой модели, отличающаяся использованием радиальных базисных функций в обучающемся отдельно первом слое, для обработки данных онлайн-мониторинга и повышения точности оценки технического состояния силового маслонаполненного трансформатора.

4. Предложен алгоритм выработки рекомендаций по техническому обслуживанию силового маслонаполненного трансформатора в сетях 35/6(10) кВ на основе предложенного подхода к его онлайн-мониторингу и оценке технического состояния.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов подтверждается:

- теоретическим обоснованием корректности допущений, принятых в работе;
- математически корректным применением методов машинного обучения для обработки экспериментальных данных;
- сходимостью теоретических и экспериментально полученных результатов.
- апробацией основных научных результатов на научно-технических конференциях, семинарах, таких как международная молодежная конференция по радиоэлектронике, электротехнике и энергетике, 2023 г., Москва, МЭИ; международные молодежные научно-практические конференции «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике, 2022-2023 гг., Казань, КГЭУ; международные молодежные научные конференции «Тинчуринские чтения – Энергетика и цифровая трансформация», 2021-2022 гг., Казань, КГЭУ; международный симпозиум «Устойчивая энергетика и энергомашиностроение – 2021», 2021 г., Казань, КГЭУ; национальные научно-практические конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве», 2020-2022 гг., г. Казань, КГЭУ; всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники», 2023 г., Казань, КГЭУ; всероссийская научная конференция МФТИ в честь 115-летия Л.Д.Ландау, 2023 г., Москва, МФТИ; международная молодежная научная конференция, посвященная 60-летию со дня осуществления Первого полета человека в космическое пространство и 90-

летию Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ, 2021 г., Казань, КНИТУ-КАИ;

- внедрение результатов работы;
- опубликованием статей, содержащих результаты работ, в журналах, индексируемых в наукометрической базе Scopus и входящих в Перечень ВАК.
- получением 2-х свидетельств о государственной регистрации ЭВМ на разработанное программное обеспечение.

Практическая значимость работы

Практическая значимость работы заключается в автоматизации процесса принятия решений об остаточном ресурсе силового маслонаполненного трансформатора 35/6(10) кВ на предприятиях электроэнергетической отрасли по результатам разработанной методики онлайн-мониторинга. Разработана интеллектуальная система онлайн-мониторинга и контроля технического состояния, способствующая увеличению эксплуатационного ресурса силового маслонаполненного трансформатора за счет автоматизированного контроля технического состояния в онлайн-режиме в распределительных сетях 35/6(10) кВ. По результатам выполнения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы по договору №0002/52/63 от 06.04.2020, заключенному между ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина и ФГБОУ ВО «КГЭУ», была подтверждена работоспособность интеллектуальной системы онлайн-мониторинга и контроля технического состояния силового маслонаполненного трансформатора 35/6(10) кВ.

Замечания по диссертационной работе

По содержанию диссертационной работы имеется ряд замечаний и вопросов:

1. Из текста диссертации неясно, для каких марок трансформаторов может быть применена представленная интеллектуальная система онлайн-мониторинга и контроля технического состояния, а также не раскрыты границы и возможности применения подхода для других типов трансформаторов.

2. Следовало представить критерии и алгоритм выбора контрольно-измерительных приборов.

3. На Рисунке 3.2 глубокое обучение показано как раздел искусственных нейронных сетей (ИНС). Действительно, в настоящее время глубокое обучение реализуется как правило с использованием ИНС, тем не менее глубокое обучение и ИНС следовало показать как пересекающиеся множества, но не полностью включать глубокое обучение в ИНС.

4. Часть формул на странице 72 исказились в PDF-версии файла диссертации.
5. Описание обучающей выборки на странице 74 слишком краткое, рекомендуется подробно раскрыть ее параметры.
6. Результаты, представленные в Таблице 3.4, вероятно, получены на тестовой выборке. Следовало представить также результаты на обучающей и результаты для аналогичной многослойной ИНС без предложенного первого слоя на основе радиально-базисных функций.
7. Аббревиатура SVM (Supported Vector Machine) не раскрыта в работе.
8. Часть рисунков выполнены в низком качестве, например, Рисунки 2.5, 3.3., 4.11, 4.21–4.25.
9. Цветовые обозначения на Рисунках 4.16, 4.17 не несут полезной информации.
10. В выражении (20) на стр. 140 пропущен знак деления.
11. На стр. 83 указано «Полученная нейросетевая модель оценивает техническое состояние силового трансформатора с точностью 90%», хотя показатель «точность» не был введен при описании результатов экспериментов и не использован в Таблице 3.4. Также это утверждение повторно указано в выводах главы 4 на стр. 143, поэтому возникает вопрос – указаны результаты на основе тех же экспериментов, которые приведены в главе 3 или других?

Указанные вопросы и замечания не снижают общей высокой оценки работы.

Соответствие содержания диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды по следующим пунктам паспорта:

4. «Разработка методического, математического, программного, технического, приборного обеспечения для систем технического контроля и диагностирования материалов, изделий, веществ и природной среды, экологического мониторинга природных и техногенных объектов, способствующих увеличению эксплуатационного ресурса изделий и повышению экологической безопасности окружающей среды»;
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»;
7. «Автоматизация технологий, приборов контроля и средств диагностирования, способствующая снижению трудоёмкости, увеличению оперативности и достоверности

оценки эксплуатационного ресурса изделий, повышению уровня экологической безопасности окружающей среды».

Заключение

Диссертационная работа Галяутдиновой А.Р. имеет научную и практическую ценность и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, результатами которой являются новое научно обоснованное техническое решение в области автоматизированного контроля и диагностики, способствующее увеличению эксплуатационного ресурса силового трансформатора за счет выбора перечня контролируемых параметров для онлайн-мониторинга и контроля технического состояния, имеющее существенное значение для развития электроэнергетики России.

Автореферат диссертации в достаточной мере отражает содержание работы.

Диссертационная работа соответствует специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды и отвечает требованиям, установленным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Галяутдинова Алсу Ренатовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник Научной лаборатории
цифровых двойников в электроэнергетике
Уральского энергетического института
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Матренин Павел Викторович

Подпись
заверяю

Контактные данные:
620062, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел. +7 (343) 375-41-87
E-mail: enin@urfu.ru



«01» ноября 2024 г.

Начальник
Административного отдела
Е. Л. ЗИНОВЬЕВА