

## ОТЗЫВ

официального оппонента по диссертационной работе Ахьеева Джавода Саламшоевича на тему:

«Модели и методы технической диагностики электросетевого оборудования на основе нечеткой логики».

Диссертация представлена по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы» в Новосибирском государственном техническом университете.

**Актуальность темы.** Индустрия обеспечения потребителей надежным электроснабжением возникла, существует и развивается так, чтобы количество и состав оборудования обеспечивал уровень надежности выше, чем надежность любого используемого элемента электрооборудования. Это оказывается возможным, если схема, качество оборудования и автоматики, режимы и обслуживание соответствуют действующим в настоящее время нормам, правилам, регламентам, требованиям резервирования, диагностики и ремонта. Такое состояние возможно, если вся система надежного электроснабжения проектируется, строится и эксплуатируется исходя из единых неукоснительно соблюдаемых принципов.

Анализ и своевременное корректирование этих принципов составляет фундаментальную основу успешного функционирования. Здесь возможны три принципиально разных и несмешиваемых подхода:

- регламенты эксплуатации предусматривают периодическое, строго устанавливаемое по времени и объемам ремонтных профилактических работ техническое обслуживание оборудования (система ТОИР - техническое обслуживание и ремонт);
- почти полный отказ от обслуживания до полного исчерпания ресурса, остановка и замена отказавших элементов и блоков;
- техническая диагностика состояния оборудования, обслуживание и ремонт до достижения состояния, близкого к предельному.

Разумеется каждый из этих подходов имеет свои преимущества и недостатки в техническом, технологическом и экономическом смысле. Поэтому отдать предпочтение какому-либо одному заведомо невозможно.

Осуществление исследований в этой области является **актуальным** и перспективным.

**Цель разработки** сформулирована точно и соответствует рекомендациям паспорта специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы» (п. 5 «Разработка методов диагностики электрооборудования электроустановок»; п.6 «Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике»).

Задачи, поставленные для достижения цели вытекают из нее, но при этом естественно, не охватывают ее в полной мере.

Представленная диссертация написана на русском языке, содержит введение, пять глав текста, приложения и список использованных источников, состоящий из 135 библиографических ссылок.

Работа выполнена на 195 страницах текста, содержит 63 таблицы и 46 рисунков.

Содержание диссертации построено на основе следующей логики: вначале формулируются теоретические предпосылки применяемых методов нечеткой математики для построения системы эксплуатации электрооборудования путем планирования ремонтного обслуживания по текущему анализу технического состояния оборудования вместо системы повременного планирования. Для современного электрооборудования такой подход оправдан так как система диагностики может обеспечить своевременное выявление дефектов и ремонт. В оборудовании, содержащем высокотемпературные сверхпроводящие элементы подход, основанный на экспертных оценках, оказывается единственным, поскольку иные способы здесь невозможны (изолирующее рабочее тело – жидкий азот).

**Во введении** доказываемая актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы.

**Первая глава** диссертации посвящена обзору методов планирования ремонтно-эксплуатационной политики. Произведен анализ качественных характеристик сложившихся систем обеспечения надежности электрооборудования и сделана попытка доказать превосходство эксплуатации и ремонта по текущему состоянию.

**Во второй главе** диссертации обосновывается подход и возможность использования методов нечеткой математики в решении задач текущей диагностики состояния объекта.

Рассмотрению нечетких моделей диагностики текущего состояния посвящено **третья глава**. Обосновывается способ и структурная схема аналитического решения. Главной трудностью здесь, по мнению диссертанта, является согласование экспериментальных оценок. Предлагается это осуществлять по методу медианы Кемени. Вводится критерий согласованности.

**Четвертая глава** посвящена исследованию электромагнитных переходных процессов и ограничению токов короткого замыкания с помощью трансформаторов с дополнительными высокотемпературными сверхпроводящими обмотками (ВТСП). Идея ограничения токов короткого замыкания с помощью такого трансформатора состоит в том, что при протекании ТКЗ происходит физический переход провода обмотки из сверхпроводящего в нормальное состояние, что значительно увеличивает сопротивление этой обмотки. Это и ограничивает ТКЗ. Такой подход, по мнению соискателя, позволяет моделировать изменение сопротивления сверхпроводящего токоограничителя, оценивать инерционность процесса, динамическое и тепловое воздействие ТКЗ. Здесь же определяются первичные и конечные величины индуктивности сверхпроводящего токоограничителя. В результате строится нечеткая взаимосвязь между состояниями электрооборудования и дефектами (повреждениями) обнаруживаемыми при помощи высокотемпературных сверхпроводящих трансформаторов.

**Пятая глава** представляет экспериментальные исследования опытного образца высокотемпературного сверхпроводящего трансформатора. Это экспериментально-расчетная работа на физической модели однофазного высокотемпературного сверхпроводящего трансформатора в широком диапазоне токов, сопротивлений, продолжительностей переходных процессов и температур нагрева обмотки.

Об **обоснованности** научных положений, выводов и рекомендаций диссертации говорит теоретически строгое применение методов и технологии составления и решения систем линейных нечетких алгебраических уравнений применительно к оценкам технического состояния электрооборудования и расчетно-экспериментальной проверке теоретических решений на физической модели опытного образца трансформатора с высокотемпературной сверхпроводящей обмоткой.

**Выводы и рекомендации** диссертационной работы обоснованы широким опубликованием содержания в рецензируемых научных изданиях (24 публикации), в том числе в зарубежных и многократным обсуждением материалов работы на международных и всероссийских конференциях.

**Научная новизна** материалов диссертации представляется успешным применением методов нечеткой математики к анализу технического состояния электрооборудования с высокотемпературными сверхпроводящими обмотками и функцией ограничения ТКЗ, что, безусловно, является новой и редкой группой силового электрооборудования.

**Значимость** для науки и практики выполненной работы состоит в том, что представлен новый способ и на его основе технология оценки технического состояния электрооборудования, оснащенного элементами с высокотемпературной сверхпроводимостью. Это осуществляется путем вывода нечетких отношений причинно-следственных связей признаков и дефектов. Иными способами такие электроаппараты не позволяют выполнить гарантированную оценку технического состояния.

Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу в рамках заявленной цели и поставленных задач. Она написана грамотным языком, принятым научно-технической средой. Некорректных ссылок на опубликованные источники не замечено. Формулы, графики, таблицы, иллюстрации оформлены качественно и хорошо разъясняют текст.

Элементы диссертационной работы внедрены на производстве и в учебном процессе.

Основные идеи, материалы и выводы исследования опубликованы в ряде научно-технических изданий. Они в полной мере соответствуют основному содержанию диссертации и автореферата.

### **Замечания по работе**

1. Общепринятый смысл термина «диагностика технического состояния» предполагает наличие необходимого количества измерительных устройств, датчиков, сенсоров, средств передачи и непрерывной обработки данных. В рассматриваемой диссертации этот термин используется для обозначения способа достаточно сложной математической вычислительной процедуры накопления и вычисления статистической оценки. Автору следовало более точно определить терминологически эту процедуру.

2. Как всякий дополнительный элемент, узел, деталь в том или ином сложном техническом устройстве наличие высокотемпературной сверхпроводящей катушки может вносить существенные изменения в оценку параметров надежности всего устройства. Но если показатели надежности сни-

жаются, то появляется необходимость обоснования целесообразности применения этих элементов.

3. В представленной работе чрезмерно большое место и необоснованно большое значение уделено тематике искусственного интеллекта, теории нечеткости и нечеткой математике (главы 1, 2, 3).

4. В работе не указаны источники и отсутствуют ссылки на способы, условия и фамилии авторов сведений о выявленных повреждениях силовых трансформантов. Не указаны заводы-изготовители и сроки эксплуатации (табл. 3.1., 3.2., §3.4 и др.)

5. В §3.5. введен термин «оперативная диагностика». При этом даже не упоминается система РЗА (релейная защита и автоматика), без которой ни один силовой трансформатор не может быть введен в эксплуатацию.

6. Параграф 3.7 посвящен согласованию экспертных оценок при технической диагностике. Если появляются признаки неисправностей оборудования, то его нужно отключить от сети и отремонтировать, а не «согласовывать».

7. В работе многократно используется термин «естественное состояние», «нормальное состояние», «потеря сверхпроводящего состояния» и др. При этом не ясно, что под этим понимается.

8. В качестве важного параметра состояния сверхпроводящей обмотки используется « $n$ » – показатель степени вольт-амперной характеристики обмотки. Автор не делает попытки придать этому показателю физически понятный технический смысл.

9. Автор недостаточно убедительно утверждает, что применение сверхпроводящего эффекта для ограничения токов короткого замыкания приводит к улучшению технико-экономических показателей систем электроснабжения. Это не очевидно.

Все замечания имеют частный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертации. Они важны для обсуждения в ходе дискуссии.

### **Заключение**

Диссертация Ахъёева Джавода Саламшоевича «Модели и методы технической диагностики электросетевого оборудования на основе нечетной логики» является научной квалификационной работой, в которой представлены выполненные автором исследования, содержащие решения задачи выбора способа и технологии оценки текущего технического состояния электрооборудования, оснащенного элементами с высокотемпературной сверхпроводимости.

мостью. Решение этой задачи имеет существенное значение для электроэнергетики поскольку здесь изложены технические разработки, обеспечивающие надежность электроснабжения потребителей с помощью сверхпроводящего электрооборудования.

Это дает основания утверждать, что диссертационная работа Ахьеева Джавода Саламшоевича «Модели и методы технической диагностики электросетевого оборудования на основе нечетной логики» удовлетворяет п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Ахьеев Джавод Саламшоевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент  
Доктор технических наук,  
профессор Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова  
Национального исследовательского  
Томского политехнического университета



Литвак Валерий Владимирович

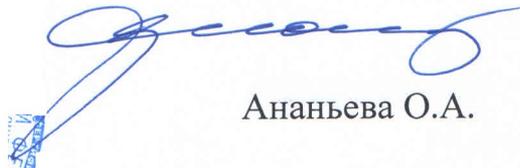
Адрес: 634050 г. Томск, проспект Ленина, 30

Тел.: 8-913-816-08-88

e-mail: litvak2002@mail.ru

Подпись профессора Литвака Валерия Владимировича удостоверяю

Ученый секретарь ФГАОУ ВО НИ ТПУ



Ананьева О.А.

*Отзыв получен  
07.09.2018г.  
Ахьеев Джавод С.*

*с отзывом  
ознакомлен*

*Ахьеев Джавод С.  
07.09.2018*