

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.03
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА
РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 30 сентября 2015 г. № 14

О присуждении Хальясмаа Александре Ильмаровне, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка системы оценки технического состояния электросетевого оборудования на основе нейро-нечеткого логического вывода» в виде рукописи по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы принята к защите 01 июля 2015 г., протокол № 12 диссертационным советом Д 212.285.03 на базе ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; созданным приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель, Хальясмаа Александра Ильмаровна, 1986 года рождения.

В 2009 году окончила ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению «Электротехника»; в 2014 г. окончила очную аспирантуру ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы; работает в должности инженера (ведущего) кафедры «Автоматизированные электрические системы» ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный

университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматизированные электрические системы» ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, Кокин Сергей Евгеньевич, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Автоматизированные электрические системы», профессор.

Официальные оппоненты:

Назарычев Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» Министерства энергетики Российской Федерации, ректор;

Манусов Вадим Зиновьевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», кафедра «Системы электроснабжения предприятий», профессор,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Открытое акционерное общество «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы» (ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Смекаловым Владимиром Валентиновичем, кандидатом технических наук, руководителем Дирекции электрооборудования и ЛЭП ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» и Хренниковым Александром Юрьевичем, доктором технических наук, профессором, ученым секретарем научно-технического совета, указала, что диссертация Хальясмаа А.И. является научно-исследовательской работой, в которой решена научно-техническая задача, имеющая существенное значение для развития электроэнергетической отрасли, результаты исследования прошли полную

апробацию в промышленности и известны широкому кругу специалистов. Диссертация Хальясмаа А.И. представляет собой законченное научное исследование, выполненное на современном уровне, удовлетворяющее требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Соискатель имеет 59 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 13 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 12. Другие публикации представлены в виде 1 статьи, опубликованной в сборнике материалов международной научной конференции. Общий объем опубликованных работ – 6,35 п.л., авторский вклад – 4,25 п.л.

Наиболее значительные публикации:

1. Хальясмаа А. И. Оценка состояния силовых трансформаторов на основе анализа данных технической диагностики / А. И. Хальясмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, М. В. Осотова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Энергетика. - 2013. - Том 13. - №2. - С. 114-120. (0,6 п. л. / 0,35 п. л.)

2. Хальясмаа А. И. Система управления техническими активами предприятий электросетевого комплекса / А. И. Хальясмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин // Промышленная энергетика. - 2014. - №2. - С. 36-40. (0,45 п. л. / 0,25 п. л.)

3. Хальясмаа А. И. Формирование системы оценки технического состояния оборудования подстанций на основе методов нечеткой логики / А. И. Хальясмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность - 2014. - №3. - С. 1-4. (0,35 п. л. / 0,2 п. л.)

4. Хальясмаа А. И. Принципы формирования оценки технического состояния электрооборудования на подстанциях/ А. И. Хальясмаа,

С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, М. В. Осотова // Электричество. - 2014. - №10. - С. 1-4. (0,35 п. л. / 0,2 п. л.)

5. Khalyasmaa A. I. Fuzzy neural networks' application for substation integral state assessment / A. I. Khalyasmaa, S. A. Dmitriev, S. E. Kokin, S. A. Eroshenko // WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2014. - Vol. 190. - №1. - P. 599-605. (0, 5 п. л. / 0,35 п. л.)

На автореферат поступили положительные отзывы:

1. Хрущева Юрия Васильевича, д-ра техн. наук, профессора кафедры «Электрические сети и электротехника» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск). Содержит замечания: расшифровка обозначений, используемых в ключевой зависимости (1) на странице 10, выполнена недостаточно корректно. В частности, в расшифровке введены обозначения X_i , обозначения R , отсутствующие в выражении (1). Не даны и пояснения к этим обозначениям.

2. Засыпкина Александра Сергеевича, д-ра техн. наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, профессора кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы» ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова» (г. Новочеркасск). Содержит замечания: 1. Утверждение на с. 3 о необходимости перехода к системе обслуживания оборудования по его техническому, а не на базе системы планово-предупредительных ремонтов слишком категорично. Требуется разумное сочетание. 2. В состав компонентов системы поддержки принятия решений (с. 9), видимо, следует включить достоверизацию исходных данных при использовании разнородной информации. 3. При оценке состояния обмоток трансформатора (с. 19) не учитывается возможность их деформации и смещения. 4) имеются погрешности в оформлении текста автореферата.

3. Ведерникова Александра Сергеевича, канд. техн. наук, доцента, декана Электротехнического факультета и Шишкова Евгения Михайловича, канд. техн. наук, старшего преподавателя кафедры «Электрические станции»

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет» (г. Самара). Содержит вопросы: 1. Какова возможная размерность OLAP-кубов, используемых для хранения данных в составе разработанной СППР? 2. Учитываются ли в разработанной системе ОТС климатические условия эксплуатации электрооборудования, в отношении которого производится оценка?

4. Степанова Александра Сергеевича, д-ра техн. наук, доцента, заместителя директора Института электроэнергетики, электроники и нанотехнологий и Пейзель Вилены Марковны, канд. техн. наук, доцента кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы и электроснабжение» ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет» (г. Ставрополь). Содержит замечания: 1. Из автореферата не ясно, насколько трудоемким является процесс формирования функций принадлежности и выполнялись ли такие исследования для ЛЭП, выключателей и других элементов электрических сетей? 2. В автореферате на с. 20 и далее упоминается марка трансформатора ТДТН-110/35/10, что является ошибкой. В марке трансформатора должна быть указана мощность.

5. Глазырина Глеба Владимировича, канд. техн. наук, доцента, заведующего кафедрой «Электрические станции», и Белоглазова Алексея Владимировича, канд. техн. наук, доцента кафедры «Электрические станции» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (г. Новосибирск). Содержит замечания: 1. Не ясно, что подразумевается под «объективными оценками» состояния оборудования в следующем предложении на страницах 3-4 автореферата: «Интеллектуализация связана как с необходимостью... получения объективных оценок состояния оборудования...»? 2. Из автореферата не совсем понятно, с какой частотой предполагается оценивать техническое состояние объекта электросетевого оборудования. Использование данных технического диагностирования, проводимого периодически, даже с учетом наличия постоянного мониторинга части параметров, взамен постоянного мониторинга всех

параметров не позволит получать актуальные оценки состояния в режиме реального времени. 3. В автореферате не указано, кто может выступать в роли экспертов при формировании исходной обучающей выборки для оценки технического состояния электрооборудования.

6. Фишова Александра Георгиевича, д-ра техн. наук, профессора, заведующего кафедрой «Автоматизированные электроэнергетические системы», и Левина Владимира Михайловича, канд. техн. наук, доцента, доцента кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (г. Новосибирск). Содержит замечания: 1. Оригинальность предложенного автором подхода к агрегированию любой доступной информации об объекте не исключает необходимости предварительного анализа степени ее консолидации. Для выработки действительно обоснованных решений о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования необходимо иметь как минимум непротиворечивые и актуальные данные. К сожалению, такой анализ в работе не предусмотрен. 2. В автореферате остается нераскрытой задача интегральной оценки технического состояния подстанции. Непонятно в чем смысл такой постановки задачи (для подстанции значима, например, оценка степени критичности к отказам, коэффициент готовности), как реализуется ее решение, и каково практическое применение. 3. В разделе «Актуальность темы» наблюдается некоторый произвол в использовании терминов надежности. Согласно ГОСТ 27.001-95, 27.002-2009 общеприняты термины «работоспособное/ неработоспособное» и «ремонтпригодность». Автором вводится новый термин на основе их комбинации.

7. Сулайманова Алмаза Омурзаковича, канд. техн. наук, зав. научно-исследовательской лабораторией «Моделирование электроэнергетических систем» кафедры «Электроненергетические системы» и Андреева Михаила Владимировича, канд. техн. наук, доцента кафедры «Электроненергетические системы» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск). Содержит замечания: 1. В

автореферате заявлено: «... в результате выполнения алгоритма определяется состояние каждого простого элемента объекта (подобъекта), таких как: ... система релейной защиты и автоматики», однако, непонятно, на основе каких данных оценивается состояние устройств релейной защиты и автоматики? Был ли этот вопрос проанализирован в диссертационной работе? 2. В дополнение к первому вопросу. В настоящее время активно внедряются микропроцессорные терминалы, которые поддерживают удаленное управление и настройку. Однако по разным данным не менее 70% эксплуатируемых устройств РЗ выполнены на электромеханической и электронной элементных базах. Способна ли ваша система оценить состояние этих устройств? 3. Из автореферата непонятно, как участвует эксперт в процессе принятия решения? Кто попадет под данную категорию: обслуживающий персонал, инженер и т.д.?

8. Живодерникова Сергея Валентиновича, канд. техн. наук, начальника службы организации диагностики маслонаполненного оборудования, и Шиллера Олега Юрьевича, канд. техн. наук, ведущего инженера службы организации диагностики маслонаполненного оборудования филиала ОАО «Электросетьсервис ЕНЭС» СПб Электросетьремонт – Новосибирский ПУ (г. Новосибирск). Содержит замечания: 1. Следует отметить, что образ дефекта не полностью соответствует типовому образу. В данном случае концентрация водорода в несколько раз меньше, чем бывает обычно при подобном дефекте, однако вид дефекта определен правильно. Автору следует пояснить, каким образом получено данное решение и какие действия и мероприятия позволят повысить точность оценки и диагностирования 2. Если в системе оценки состояния реализован автоматический сбор в режиме он-лайн, то как быть с ретроспективными данными, полученными до внедрения системы, или полностью отсутствующими в информационных комплексах?

9. Репкиной Наталии Геннадьевны, канд. техн. наук, доцента кафедры «Электроэнергетические системы» ФГБОУ ВО «Вятский государственный

университет» (г. Киров). Содержит замечания: 1. Стр. 9. В тексте автореферата сказано, что для входных данных используемой в настоящее время системы ППР характерны «неопределенность, неполнота и отсутствие формальной структуризации». Из опыта участия в разработке АСУ служб подстанций и ВЛЭП электрических сетей известно, что вывод оборудования в ремонт любой категории обоснован отраслевыми регламентами с четким указанием причин, то есть соответствия значений параметров и характеристик оборудования определенным пороговым величинам. Даже если порог не задан количественно, то для него определены в нормативах допустимые границы, а, следовательно, все исходные данные для задач планирования ремонтов формализуемы. Какие конкретно исходные лингвистические данные имеет в виду автор, например, для выполнения ППР ВЛЭП? Или систем РЗ? 2. Стр.11. Насколько правомерно использование диагностических данных по аналогичным объектам для формирования исходной обучающей выборки для условий варианта 1 (отсутствии ретроспективной информации в виде диагностики для некоторого типа оборудования)? Как учитываются при этом различия в условиях эксплуатации, схемной реализации, внешней среды, нагрузки, сроков эксплуатации и прочих субъективных факторов? Выполнялась ли оценка достоверности результатов при использовании аналогов? То же самое для случая варианта 2? 3. Стр. 12. Используемый в модели критерий Чебышева «3σ» является достаточно грубой проверкой определения выбросов - вероятность достоверности около 90 %. Рассматривались ли автором условия, например, оценки погрешности технических средств диагностики и/или систем передачи и обработки данных, сужающие интервал оценки выбросов? 4. Стр. 15-22. Апробация предложенной модели ОТС выполнялась для некоторых элементов силового трансформатора. Какова оказалась продолжительность сбора исходных данных, их оценки, подготовки и расчета по предложенной методике? Предполагается ли работа алгоритма в реальном времени? Достаточен ли ресурс современных средств

автоматизации, имеющихся в электрических сетях, для реализации предложенной модели ОТС всего оборудования сетей?

10. Герхарда Яниса Хербертовича, д-ра инженер. наук, профессора кафедры «Электроснабжение», и Махнитко Анатолия Ефимовича, д-ра инженер. наук, профессора кафедры «Управление энергосистемами и автоматизация», Рижского технического университета (г. Рига). Не содержит замечаний.

11. Мезенцева Петра Евгеньевича, канд. техн. наук, старшего научного сотрудника лаборатории криогеники и энергетики ФГБУН Институт теплофизики Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург). Содержит замечание: возможно ли применение полученных нейронных сетей для диагностирования трансформаторов других типов?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в области изучения электроэнергетических систем и вопросов их функционирования, развития и диагностики, наличием публикаций в ведущих рецензируемых изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработаны** структуры нейро-нечеткого логического вывода на основе адаптированного метода Такаги-Сугено для оценки технического состояния электросетевого оборудования;

– **предложено** новое решение задачи определения оптимальных условий организации эксплуатации электрооборудования в зависимости от его технического состояния;

– **доказана** возможность решения задачи комплексной оценки технического состояния сложного объекта электрической сети на основе нейро-нечеткого логического вывода и обоснована эффективность ее определения с использованием агрегированной доступной информации об

объекте исследования и формализованных экспертных знаний с учетом эксплуатационного опыта.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– получены новые математическая и структурная модели оценки технического состояния электросетевого оборудования на подстанциях на базе агрегированной доступной информации об исследуемом объекте с помощью нейро-нечеткого логического вывода;

– **разработаны** новая структура и алгоритм работы нейро-нечеткого логического вывода на основе адаптированного метода Такаги-Сугено для оценки технического состояния на примере силового масляного трансформатора 110 кВ по данным технической диагностики и испытаний;

– **применительно к проблематике диссертации результативно использованы:** методы нечеткой логики и искусственных нейронных сетей, а также методы математического анализа и моделирования;

– **изложены** наиболее значимые проблемы оценки технического состояния электросетевого оборудования и принципы реализации современных методов и систем оценки технического состояния оборудования;

– **раскрыта** структура математических моделей, как отдельных элементов, так и всей системы электрической подстанции в целом;

– **изучены** существующие системы, методы оценки и математические аппараты для реализации различных моделей оценки технического состояния электросетевого оборудования на подстанциях.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– **получены** технически обоснованные решения по эксплуатации оборудования на базе разработанной системы оценки его технического состояния с применением интеллектуальных методов обработки информации, а также с возможностью самообучения и самонастройки

разработанной системы и с сохранением алгоритма ее работы при изменении параметров оборудования;

– **определены** основные принципы формирования системы оценки технического состояния электросетевого оборудования на основе нейро-нечеткого логического вывода с использованием нормативных критериев и формализованных экспертных знаний, учитывающих эксплуатационный опыт.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **достоверность** подтверждается результатами диссертационной работы, полученными при корректном и обоснованном применении методов нечеткой логики и искусственных нейронных сетей и согласованностью с результатами, полученными на основе эмпирических выводов и экспертных оценок;

– **теория** построена на известных фактах применения математических методов нечеткой логики и искусственных нейронных сетей и согласуется с многочисленными публикациями в данных областях;

– **идея базируется** на комплексной оценке технического состояния электрической подстанции на основе нейро-нечеткого логического;

– **использованы** разработанные структурная и математическая модели оценки технического состояния и определена база знаний для поиска возможных неисправностей (дефектов) электросетевого оборудования с целью выбора решений для обеспечения требуемого технического состояния электроэнергетической системы.

Личный вклад соискателя состоит в участии автора на всех этапах процесса сбора, анализа и обработки данных и диагностической информации по электросетевым объектам: разработке структурной, математической моделях представленной системы, алгоритмах определения функций принадлежности, обучающих выборок для поиска оптимального решения задачи оценки технического состояния; подготовке публикаций по теме диссертационной работы.

На заседании 30 сентября 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Хальясмаа А. И. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – 1, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель

диссертационного совета

Ученый секретарь

диссертационного совета

30 сентября 2015 г.



Сарапулов Федор Никитич

Зюзев Анатолий Михайлович