



МИНЭНЕРГО РОССИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
дополнительного профессионального образования
"ПЕТЕРБУРГСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ" (ФГАОУ ДПО "ПЭИПК")
Авиационная ул., д. 23, Санкт-Петербург, 196135
тел. (812) 708-48-46, 373-61-74, факс 708-48-46; 371-83-53, e-mail: rector@peipk.spb.ru

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, профессора Назарычева Александра Николаевича на диссертационную работу Хальясмаа Александры Ильмаровны «Разработка системы оценки технического состояния электросетевого оборудования на основе нейро-нечеткого логического вывода», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

На отзыв представлены:

- диссертация общим объемом 147 страницы, состоящая из введения, четырех глав, заключения, списка условных сокращений, списка литературы из 101 наименования и приложений;
- автореферат диссертации на 24 страницах с общей характеристикой работы, кратким изложением основного содержания результатов, полученных в диссертации. Список публикаций по теме диссертации включает 13 наименований.

1. Соответствие работы специальности 05.14.02 – Электростанции и электроэнергетические системы.

Развитие современных электроэнергетических систем в направлении их интеллектуализации сопровождается масштабным ростом информационных подсистем, обеспечивающих их функционирование. Поэтому проведение исследований в данной области являются актуальными. В соответствии с паспортом специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы», область исследований диссертационной работы Хальясмаа А.И. соответствует п. 6 (Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике) и п. 13 (Разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике).

2. Актуальность темы диссертации.

Диссертационная работа Хальясмаа А.И. посвящена актуальным для электроэнергетики вопросам определения технического состояния оборудования линий электропередач и подстанций в условиях высокого уровня износа объектов электрической сети с целью определения оптимальных управляющих решений и, как следствие, оптимизации затрат на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонты. Перспективным направлением стратегического развития энергетической отрасли является создание интеллектуальных активно-адаптивных сетей.

Одним из путей обеспечения надежности и повышения эффективности работы энергосистем является решение задач оценки технического состояния (ОТС) электросетевого оборудования. На современном этапе развития науки и техники совершенствование вопросов ОТС, мониторинга и диагностики электрооборудования в большой степени определяется использованием современных информационных технологий, позволяющих повысить точность оценок состояния и принимаемых на их базе решений. Это позволит обеспечить надежность электроснабжения потребителей. Поэтому актуальной задачей развития энергосистем России является совершенствование системы ОТС электросетевого оборудования с применением интеллектуальных методов обработки информации и автоматизации процессов принятия решений.

3. Степень научных положений, результатов и выводов соискателя, сформулированных в диссертации.

Научная новизна основных результатов диссертационной работы заключается в следующем:

– Аргументирована возможность решения задачи ОТС электросетевых объектов на основе нейро-нечеткого логического вывода и обоснована эффективность его определения с использованием агрегированной доступной информации об объекте исследования и формализованных экспертных знаний с учетом эксплуатационного опыта.

– Обоснована возможность реализации предложенной модели ОТС на основе данных технической диагностики и методов испытаний электрооборудования.

– Разработаны структуры нейро-нечеткого логического вывода на основе адаптированного метода Такаги-Сугено для ОТС электрооборудования и в целом электросетевых объектов.

– Приведено решение задачи определения оптимальных функций принадлежности и нечетких правил ОТС оборудования электрической сети, позволяющих применять их для поиска неисправностей и дефектов.

– Предложено решение задачи определения оптимальных условий организации эксплуатации электрооборудования в зависимости от его технического состояния.

Диссертационная работа соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники РФ (энергоэффективность, энергосбережение), а также критическим технологиям из перечня, утвержденного Президентом РФ.

4. Практическая ценность работы.

Полученные в диссертации результаты позволяют использовать их для управления производственными активами предприятий электрических сетей. Основные практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Получено и обосновано решение задачи ОТС состояния сетевого электрооборудования на основе нейро-нечеткого логического вывода.

2. Разработаны структурная и математическая модели ОТС и определена база знаний для поиска возможных неисправностей силовых трансформаторов с целью выбора решений для обеспечения надежности электроэнергетической системы.

3. Определены способы решения задачи совершенствования системы ОТС электросетевого оборудования на основе диагностической информации в соответствии с действующими требованиями и с учетом формализованных знаний и опыта экспертов.

4. Выполнена апробация разработанной модели на базе программного комплекса Matlab на примере оценки состояния силовых трансформаторов.

Разработанная модель ОТС электросетевого оборудования подстанций 35-220 кВ может быть использована для создания интеллектуальной системы управления производственными активами предприятий электрических сетей по техническому состоянию.

5. Степень обоснованности и достоверности результатов, выводов и заключений, сформулированных в диссертации.

Результаты диссертационной работы получены при корректном и обоснованном применении методов нечеткой логики и искусственных нейронных сетей, а также подтверждаются согласованностью с результатами, полученными на основе эмпирических выводов и экспертных оценок.

6. Оценка внутреннего единства и направленности полученных результатов для решения поставленных задач.

Во введении рассмотрены наиболее значимые проблемы ОТС электросетевого оборудования. Сформулированы цели и задачи диссертационного исследования.

В первой главе на основе обзора литературных источников выполнен анализ современных методов и систем ОТС электрооборудования. Выявлены достоинства и недостатки применяемых в настоящее время систем. Предложен новый инструментарий качественной и количественной оценки состояния электросетевых объектов на основе нейро-нечеткого логического вывода.

Во второй главе приведена, разработанная автором, архитектура системы комплексной системы ОТС электрооборудования.

В качестве метода структурного анализа электросетевых объектов автором предложено использование метода декомпозиции - разбиение простого объекта электрической сети на совокупность элементов. Такое решение обосновано тем, что любой электросетевой объект представляет собой сложную техническую систему и состоит из множества структурных элементов, в которых протекают различные сложные и взаимосвязанные процессы. Эти процессы затрудняют определение технического состояния электросетевого оборудования, и поэтому одним из эффективных способов анализа состояния комплексных объектов является принцип декомпозиции.

Кроме того, на основе оценки состояния оборудования подстанций разработана структура интеллектуальной системы поддержки принятия

решений, позволяющая корректировать ремонтные циклы оборудования и принимать эффективные решения по его дальнейшей эксплуатации.

Отдельное внимание уделено информационной системе и разработке структуре базы данных, на основе которых и осуществляется анализ технического состояния оборудования с использованием OLAP - технологии.

В третьей главе автором рассмотрены основные аспекты формирования системы нейро-нечеткого логического вывода для решения задачи ОТС электросетевых объектов. Сформулированы принципы построения нейро-нечеткого логического вывода для математической реализации решаемой задачи. Приведено обоснование применения логического вывода на основе алгоритма Такаги-Сугено.

Разработан и описан механизм настройки системы ОТС электрооборудования с целью адаптации математической модели к реальному объекту.

Автором предложено оригинальное решение формирования ОТС и решений по его дальнейшей эксплуатации в процентном соотношении на основе функций принадлежности к различным состояниям. Такой подход дает возможность оценки, в том числе и альтернативных сценариев развития событий, что может быть полезным для формирования программ ремонта и замены оборудования с учетом анализа возможных рисков.

В четвертой главе представлены результаты апробации разработанной системы на примере ОТС силовых трансформаторов. Оценка технического состояния элемента трансформатора определяется на основе работы гибридной нейронной сети. Общая оценка состояния трансформатора вычисляется как средневзвешенное значение оценок всех элементов.

Выполненный системный анализ полученных результатов, а также его сопоставление с результатами ОТС трансформатора специалистами одной из служб организации диагностики электрооборудования дают основание считать возможным для применения в сетевых компаниях сделанных в диссертации Хальясмаа А.И. разработок.

Исходя из анализа содержания диссертационной работы, можно заключить, что диссертация по своему объему и структуре является законченным исследованием, и соответствует предъявляемым требованиям.

7. Апробация работы и подтверждение опубликования основных положений работы.

Основные теоретические положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на 9 международных и Российских научно-технических конференциях. По теме диссертационной работы опубликовано 13 статей, в том числе 9 статей в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ.

Результаты оценки состояния трансформаторов подтверждены службой организации диагностики маслонаполненного оборудования Филиала ОАО «Электросетьсервис ЕНЭС» – Новосибирская СГБ.

8. Рекомендации по использованию результатов диссертации.

Научные и практические результаты диссертации можно рекомендовать к использованию в электросетевых компаниях, научно-исследовательских и проектных организациях при разработке мероприятий по управлению производственными активами, а также в учебном процессе ВУЗов для электроэнергетических специальностей.

9. Замечания и рекомендации по существу диссертации.

1. В работе за объект исследования принято считать все оборудование электроэнергетической системы. Однако практическая реализация системы ОТС выполнена лишь применительно к силовым трансформаторам до 110 кВ. Утверждение автора, что разработанный подход к ОТС может быть распространен на другие виды оборудования, в работе не имеет достаточного обоснования. Не ставит ли это под вопрос возможность применения, полученных в диссертации общих выводов и результатов для других видов электрооборудования?

2. Следует пояснить, какой показатель и почему принят в качестве интегрального критерия оценки состояния оборудования? Какую погрешность дает средневзвешенное значение ОТС? Как влияют принятые допущения и неточность задания исходных данных на формирование функций принадлежности? Какой порядок определения оптимального вида и числа функций принадлежности для различных видов оборудования?

3. В диссертации определяется принадлежность элементов оборудования к одному из трех состояний эксплуатации: исправное, предельное и неисправное, но работоспособное. Однако в практике эксплуатации электрооборудования выделяют еще и другие состояния: ремонт, резерв, испытания, исправное состояние при котором выполняется учащенный контроль оборудования после ввода в эксплуатацию или после капитального ремонта (это важно с точки зрения выявления дефектов изготовления или некачественного ремонта) и другие. Как изменится реализация, взятого за основу, алгоритма Такаги-Сугено при классификации неисправностей элементов оборудования, в случае если изменится количество состояний эксплуатации?

4. В главе 3 в качестве критерия для определения выбросов в простой независимой статистической выборке для оптимального решения задачи выбран критерий « 3σ ». Однако этот критерий устойчиво работает для выборки с нормальным распределением. Но многие диагностические параметры не имеют нормального распределения. Можно, конечно, прибегнуть к преобразованию данных для придания нормальности распределения, но, почему бы не воспользоваться иными критериями, где нет строгого отношения к нормальности распределения данных (например, непараметрические критерии). Как автор предлагает решать эту проблему, и какие рекомендации можно сформулировать по данному вопросу?

5. Методика ОТС электрооборудования на основе нейро-нечеткого логического вывода предполагает выделение элементов оборудования, для которых определяется состояние по вероятности функции принадлежности.

Однако при апробации методики на примере трансформаторов, для сокращения размерности решаемой задачи автором количество учитываемых элементов было существенно сокращено. Как это влияет на точность интегральной ОТС трансформаторов по совокупности состояний его элементов?

6. Пример ОТС трансформатора ТДТН-110/35/10 кВ, выполненный в работе показывает, что его состояние можно характеризовать как неисправное, но работоспособное с вероятностью 74,4%, и как предельное состояние – с вероятностью 26,6%. Это довольно странный вывод, т.к. цифры изменения динамики процесса ХАРГ по пяти газам меняются в пределах погрешности методики, а рост ацетилена C_2H_2 может наблюдаться при перетоке газов из бака РПН в бак трансформатора, но это не дефект. Также рост потерь холостого хода P_{xx} на 35% для СА и соотношение потерь P_{xx} для P_{CA}/P_{BC} и P_{CA}/P_{AB} более 5 % являются слабым диагностическим признаком в данной ситуации. Представленный пример представляется недостаточно убедительным в части точности поставленного диагноза, возможно из-за не удачно выбранных временных диапазонов. Есть ли у автора, подтверждение обнаружения дефекта и полученного диагноза путем вскрытия трансформатора? Интересны подробности такого вскрытия – какой в итоге дефект установлен и место его локализации? Непонятно, на основании чего система предложила ремонт с вероятностью 88,3%, и непонятно, ремонт какого элемента – магнитной системы трансформатора?

7. В работе без надлежащего обоснования выдвигается ряд спорных, дискуссионных утверждений, связанных с оценкой роли современных методов диагностирования, функционированием системы управления производственными активами, совершенствованием системы планово-предупредительных ремонтов (ППР), и заменой электрооборудования. Как автор может это прокомментировать? Вот несколько примеров.

– Автор считает, что основной недостаток системы ППР заключается в отсутствии комплексного подхода к обслуживанию электрооборудования. Это не так. Именно в системе ППР имеется весь комплекс нормативных документов, регламентирующий действия персонала до ремонта, в процессе ремонта и после его завершения. А для системы ремонтов по техническому состоянию нормативную базу нужно еще разработать и принять.

– Утверждается, что альтернативой системе мониторинга может служить система анализа данных. С этим также нельзя согласиться. Система мониторинга нацелена на своевременное информирование оператора о наступившем критическом событии для оперативного реагирования. Никакая система анализа данных этого не дает. Акцент необходимо сделать на том, что система анализа данных позволит идти по пути прогнозирования аварийных ситуаций и своевременно проводить мероприятия для исключения критического развития дефектов.

– Автор пишет, что Европейские системы оценки технического состояния, в отличие от российских, не ставят своей задачей продление срока службы электрооборудования. Однако имеющаяся информация показывает, что исследования направленные на оценку ресурса электрооборудования и работы

по его продлению активно проводятся и они крайне интересны для зарубежных энергетических компаний. Точка зрения, что зарубежная практика предполагает замену всего оборудования сразу после окончания нормативного срока службы, является заблуждением. Как правило, решение принимается исходя из технико-экономической целесообразности с учетом надежности, безопасности и эффективности электроснабжения потребителей.

10. Общее заключение о соответствии выполненной работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Представленная диссертационная работа на тему «Разработка системы оценки технического состояния электросетевого оборудования на основе нейро-нечеткого логического вывода» выполнена на достаточно высоком уровне, обладать внутренним единством, и является законченной научно-квалификационной работой. Результаты исследований и выводы, полученные в диссертации, свидетельствуют, что работа имеет большое практическое значение для управления производственными активами электросетевых компаний, направлена на совершенствование методов оценки технического состояния электрооборудования и информационного сопровождения задач формирования программ эксплуатации, ремонтов, модернизации и реконструкции объектов электрической сети.

Считаю, что диссертационная работа полностью отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, а ее автор Александра Ильмаровна Хальясмаа заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор,
ректор ФГАОУ ДПО
«Петербургский энергетический институт
повышения квалификации»
Министерства энергетики
Российской Федерации



А.Н. Назарычев

Подпись А.Н. Назарычева заверяю,
Начальник отдела управления делами



В.В. Одноконный

10.09.2015 г.

196135, г. Санкт-Петербург, ул. Авиационная, 23
тел: +7 (812) 708-48-46
E-mail: rector@peipk.spb.ru