

УТВЕРЖДАЮ

Д-р БОУ ВО «ВГЛТУ»

профессор

Драпалюк М.В.

03

2023 г.

Отзыв

ведущей организации на диссертацию Сидоренко Евгения Васильевича «Интеллектуализация процессов управления в системе внутреннего энергоснабжения АЭС на основе аппарата нейронных сетей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Актуальность темы исследования

Взаимосвязанные технологические процессы производства, транспортировки и использования энергоресурсов применительно к внутреннему энергопотреблению АЭС сопряжены с необходимостью организации высокоэффективных средств автоматизации, позволяющих реализовать оптимизацию режимов работы соответствующих функциональных элементов. Основным параметром эффективности данного процесса служит напряжение питания в совокупности с минимизацией потерь активной мощности. Вместе с тем, обязательным условием является поддержание в заданных границах частоты питающей сети.

Существенная амортизация электрических и связанных с ними тепловых сетей, плановый рост мощностей энергоустановок приёмников электроэнергии, повышение неравномерностей и неопределенностей при транспорте перетоков мощности энергоресурсов во времени и направлениям многократно повышают размерность и сложность задач, которые необходимо решать при регулировании энергораспределения на различных иерархических уровнях системы управления (СУ). Обязательным условием,

к СУ, в этом случае, является обеспечение качественного решения задач, как организации технологических процессов, так и диспетчеризации.

Локальные подсистемы энергораспределения являются неотъемлемыми элементами глобальных образований электроэнергетических систем (ЭЭС). Существенная доля локальных ЭЭС приходится на технологические структуры обеспечения собственных нужд производственных предприятий и производств. В работе рассмотрен класс локальных подсистем, обеспечивающих внутреннее энергоснабжение атомных электростанций (АЭС). На данные локальные ЭЭС по существующим оценкам приходится порядка 1,5 % всех энергоресурсов, потребляемых в данном сегменте в РФ.

Существенные резервы повышения качественных и количественных показателей распределения технологических потоков мощности и снижения потерь электроэнергии в системах внутреннего энергопотребления АЭС (собственные нужды атомных электростанций и инфраструктуры, связанной с ними) заключаются, в том числе, в создании средств интеллектуализации программно-алгоритмических элементов СУ, имеющих иерархическую структуру. Особый акцент при этом отводится реализации современных математических методов и средств в рамках информационных технологий в ходе организации «Умных сетей» – Smart Grid.

Современные СУ, обеспечивающие функционирование локальных систем внутреннего энергопотребления АЭС должны обладать адаптивными свойствами, что на практике организуется с помощью создания элементов автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУЭ), в которых осуществляется накопление и анализ информационных потоков о состояниях локальных ЭЭС, с целью выработки оптимальных воздействий в силовых элементах (передача и потребление электроэнергии и мощности).

Таким образом, актуальность темы диссертации Сидоренко Е.В. обусловлена необходимостью дальнейшего развития математического аппарата, ориентированного на реализацию в рамках структурных элементов ЭЭС нечёткого нейросетевого управления процессами внутреннего энергопотребления АЭС.

Тематика диссертационного исследования соответствует одному из основных научных направлений ФГБОУ ВО ВГТУ: «Вычислительные комплексы и проблемно-ориентированные системы управления».

Представленные на рассмотрение материалы

На рассмотрение ведущей организации представлены диссертация и автореферат.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы. Общий объём диссертации 165 страниц, в том числе 44 рис., 9 таблиц; в дополнение к основной части оформлено 6 приложений на 35 страницах. Библиографический список включает 148 наименований.

В автореферате последовательно и логично изложено основное содержание диссертации, отмечен вклад автора в проведённое исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследования.

Название диссертационной работы отражает её содержание, материал изложен чётко и корректно.

Научная новизна полученных результатов

На основе проведенных исследований в работе получены следующие основные результаты, характеризующиеся научной новизной:

- предложен способ формализованного описания потоков энергоресурсов в локальных ЭЭС, отличающийся возможностью учёта неопределённых и слабоформализуемых факторов в формате ИНС и ННС;

- созданы нечёткие нейросетевые модели анализа состояния технологических процессов распределения энергоресурсов (электроэнергии и активной мощности), отличающиеся повышенными показателями точности прогнозирования, а также имеющие возможность свободного масштабирования, как во временной, так и в предметной области (различные элементы внутреннего энергоснабжения АЭС);

- предложен алгоритм обучения ННС, отличающийся реализацией вариации градиентного метода, а также метода наименьших квадратов с максимальным учётом динамических свойств локальных элементов ЭЭС с присущей им существенной степенью влияния неопределённых и слабоформализуемых факторов;

-разработаны алгоритмы локальной оптимизации элементов передачи, трансформации и потребления энергоресурсов, а также элементов внутреннего энергоснабжения АЭС: трансформаторного оборудования, энергонагрузки узлов потребления ресурсов и осуществляющие минимизацию потерь электрической энергии и активной мощности на основе метода Ньютона– Рафсона;

-предложены универсальные нечеткие регуляторы, отличающиеся возможностью комплексного учета значимых факторов, влияющих на качество организации регулирования перетоков энергоресурсов в конкретных условиях реализации систем внутреннего энергоснабжения Нововоронежской АЭС;

-разработана структура программно-аппаратного обеспечения технологического процесса преобразования потоков энергоресурсов, а также прогнозирования и последующего анализа, отличающиеся возможностью обеспечения улучшенных показателей качества (точность прогнозирования и качество интеграции с пакетами углубленной оценки, в частности – Matlab) в сравнении с применяемыми в настоящее время в системах внутреннего энергоснабжения АЭС комплексами: РАП ОС и Rasrt-Win.

Значимость результатов исследования для науки и практики

Разработанные в работе модели анализа, а также алгоритмы управления технологическими процессами перетоков энергоресурсов и средства их интеллектуализации (в виде элементов программно-аппаратного комплекса), позволяют повысить эффективность функционирования локальных АСДУЭ. Кроме того, данные алгоритмы могут быть применены для масштабирования

реализации элементов Smart Grid к локальным ЭЭС в условиях существенного влияния на качество процессов соответствующих неопределённостей.

Применение результатов, полученных в рамках работы, становится целесообразным применительно к оптимизации перетоков электроэнергии и активной мощности в условиях неопределённых и слабоформализуемых факторов, что осуществляется посредством минимизации потерь активной мощности в распределённых элементах ЭЭС.

Результаты диссертации могут быть использованы в проектных и научно-исследовательских организациях, занимающихся разработкой средств управления производственными объектами АЭС.

Достоверность и обоснованность научных положений, результатов и выводов диссертации

Достоверность и обоснованность результатов диссертации обеспечивается корректным использованием аппарата теории математического моделирования, теоретических основ электротехники, нейронных и нечётких нейронных сетей, теории системного анализа, теории управления, а также подтверждается совпадением теоретических выводов с данными экспериментальных исследований.

Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа Сидоренко Е. В. включает главы, полно отражающие структуру проведённого исследования.

Во введении подтверждена актуальность темы диссертационной работы, поставлены и описаны цели, задачи, научная новизна, практическая значимость, результаты внедрения, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе произведён комплексный анализ элементов современных электроэнергетических систем (ЭЭС) применительно к локальным структурам технологического процесса распределения, трансформации и потребления

потоков электроэнергии и мощности. Отдельно отмечен процесс энергопотребления собственных нужд АЭС. Отмечены главные показатели качества и эффективности рассматриваемых процессов, в частности: значение напряжения питания, а также многокритериальный показатель – величина потерь активной электроэнергии (мощности) – её минимизация. При этом, обязательным требованием является поддержание стабильности важнейшей характеристики ЭЭС: частоты питающей сети.

Детально осуществлено рассмотрение структуры узлов энергопотребления. Отмечены существующие модели распределённых локальных ЭЭС (в частности, внутреннего энергоснабжения АЭС).

Во второй главе подробно рассмотрены вопросы управления потоков электроэнергии и мощности в локальных распределительных объектах на основе ННС как базы, направленной на повышение энергоэффективности и качества оптимизации систем энергораспределения в части организации соответствующих структурных элементов АСДУЭ.

Содержание третьей главы подробно отражает алгоритмические решения, принятые в рамках настройки ННС и ННР в рамках создания системы диспетчерского управления внутренним энергоснабжением АЭС (на конкретном примере – технологические процессы на НВ АЭС).

В частности, представлена оптимизационная модель управления динамикой распределения энергоресурсов, реализованная посредством метода Лагранжа, а также Ньютона-Рафсона. Даны оценки качественных и количественных свойств обоих типов реализации в контексте использования в рамках систем внутреннего энергопотребления АЭС.

В четвёртой главе осуществлен синтез нечётких нейронных регуляторов (ННР) на основе базы ННС, адаптированной с использованием методов оптимизации системы «в целом», рассмотренных в третьей главе.

В пятой главе рассмотрена программно-аппаратная реализация процессов управления перетоками электрической энергии и мощности в системах внутреннего энергоснабжения НВ АЭС. Приводится детальная

структура, а также подробное описание процесса функционирования данного комплекса.

Соответствие диссертации требованиям, установленным пунктом 14 «Положения о присуждении учёных степеней»

Тематика диссертации соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.33 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»:

П.4 Теоретические основы и методы математического моделирования организационно-технических систем и комплексов, функциональных задач и объектов управления и их алгоритмизация.

П.6 Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления.

П.15 Теоретические основы, методы и алгоритмы диагностирования (определения работоспособности, поиск неисправностей и прогнозирования) АСУТП, АСУП, АСТПП и др.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты исследования. Сидоренко Е. В. корректно ссылается на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов.

Замечания по работе определяются следующими моментами

1. Автору следовало бы привести более подробное описание результатов сравнительного анализа различных методов обучения искусственных нейронных сетей, что затрудняет оценку степени оптимальности используемого алгоритма функционирования искусственной нейронной сети в ходе осуществления нейросетевого управления процессами внутреннего энергопотребления АЭС.

2. К сожалению из текста диссертации не совсем ясен порядок определения и последующего применения «базового» метода управления процессами внутреннего энергопотребления АЭС, основанного на оценке коэффициента спада/роста потребляемой мощности.

3. В работе следовало бы привести количественные характеристики, определяющие потенциальные возможности разработанного программного обеспечения.

4. Было бы целесообразно в тексте диссертации уделить внимание более подробному представлению результатов работы аппаратно-программного комплекса анализа режимов функционирования элементов ЭЭС, в частности, средствам сопряжения и совместного анализа с программной средой приложения Matlab.

5. В тексте диссертации обнаружены стилистические шероховатости, хотя в целом стиль изложения производит благоприятное впечатление.

Приведенные замечания не носят принципиального характера и не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку работы.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты исследований нашли практическое внедрение в структуре системы управления производственными объектами обеспечения собственных нужд Нововоронежской АЭС.

Прогнозный эффект от внедрения достигается посредством повышения точности и качества управления, и может быть представлен в виде уменьшения абсолютного значения потерь активной мощности в сопоставлении с применяемыми в настоящее время (классическими) версиями АСДУЭ.

Отметим, что результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедры электропривода, автоматики и управления в технических системах Воронежского государственного технического университета в дисциплинах:

«Методы искусственного интеллекта в управлении», «Теория систем управления».

Рекомендуется внедрение полученных в работе результатов в рамках АСДУЭ на Ростовской АЭС, Курской АЭС, Ленинградской АЭС.

Заключение

Диссертация Сидоренко Е.В. «Интеллектуализация процессов управления в системе внутреннего энергоснабжения АЭС на основе аппарата нейронных сетей» может быть оценена как научно-квалификационная работа, содержащая новое решение важной научно-технической задачи, связанной со снижением потерь активной мощности при условии поддержания постоянства системной характеристики – частоты питающей сети, а также соблюдении технологических требований потребителей электроэнергии, расположенных в узлах нагрузки.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 12 научных работах, из них 3 работы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 4 публикации в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. В работах, выполненных в соавторстве, определен личный вклад соискателя в разработку научной проблемы.

Публикации и автореферат полно отражают содержание диссертации.

Автор диссертации, Сидоренко Евгений Васильевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен, обсужден и утвержден на заседании кафедры автоматизации производственных процессов Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г. Ф. Морозова, протокол № 12 от 14.02.2023 г.

Заведующий кафедры

Автоматизации производственных

ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова, доц

Кандидат технических наук

Подпись Грибанов А.А. удостовер:

Сведения о лице, подписавшем отзыв.

Грибанов Андрей Анатольевич

Наименование отрасли наук, научных специальностей по которым составителем защищена диссертация: кандидат технических наук, специальность 05.13.06

Организация: Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова

Должность: Заведующий кафедры автоматизации производственных процессов

Почтовый адрес организации: 394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Морозова, д.4

Контактный телефон: (4732)-53-70-50;

e-mail: appvglta@bk.vrn.ru

А.А.Грибанов

ную подпись

Удостоверился:

Секретарь ректората

01

03

23.1