

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук,
профессора Сосниной Елены Николаевны на диссертацию
Токарева Ивана Сергеевича «Электротехнические комплексы газовой
промышленности с многофункциональным применением систем накопления
электроэнергии», представленную на соискание ученой степени доктора
технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и
системы

Отзыв составлен на основе изучения текста диссертации и автореферата. Представленная диссертация состоит из введения, пяти глав основного текста, заключения, списка литературы из 301 наименования и девяти приложений. Работа представлена на 341 страницах машинописного текста, содержит 76 рисунков и 55 таблиц. Автореферат является кратким изложением основных результатов диссертационной работы и соответствует содержанию диссертации.

1. Актуальность темы диссертации

Газовая промышленность является одним из крупнейших потребителей электроэнергии в России. При любом нарушении электроснабжения останов технологического процесса добычи газа, его транспортировки и переработки приводит к серьезным экономическим потерям. Поэтому для предприятий газовой промышленности вопросы обеспечения надежной и эффективной работы технологического оборудования, отвечающего за добычу, транспортировку и переработку газа, являются чрезвычайно актуальными. Однако существующие подходы к проектированию электротехнических комплексов и систем электроснабжения объектов газовой промышленности не позволяют в полной мере избежать останова технологического процесса при провалах напряжения и прерываниях питания.

Диссертация посвящена разработке научно-технических решений по обеспечению бесперебойного питания и энергоэффективного функционирования электротехнических комплексов технологических установок в газовой отрасли, электроснабжение которых осуществляется от электростанций собственных нужд. Комплексное решение задач повышения надежности и эффективности использования технологических установок в газовой отрасли возможно с помощью разработки многофункциональных систем накопления электрической энергии и их интеграции в системы электроснабжения с учётом специфики отрасли. Комплект таких систем должен содержать отличительную методологию исследований, современные подходы к техническим решениям, алгоритмы выбора параметров оборудования и обоснованные алгоритмы проектирования соответствующих электротехнических комплексов, предотвращающих аварийные ситуации.

ОТЗЫВ

ВЛ.00-308 07 17.10.25
АВ 80

Поэтому тема диссертации Токарева Ивана Сергеевича «Электротехнические комплексы газовой отрасли с многофункциональным применением систем накопления электроэнергии», направленная на разработку методологии проектирования и функционирования систем накопления электрической энергии (СНЭЭ) в составе электротехнических комплексов (ЭТК) предприятий газовой промышленности с учётом их специфики, является актуальной.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна диссертации заключается в разработке новых научно-технических решений по обеспечению бесперебойной и энергоэффективной работы ЭТК газовой отрасли, в том числе:

- системного подхода к решению проблемы обеспечения бесперебойной работы ЭТК газовой отрасли;

- обобщённой концепции многофункционального применения СНЭЭ в составе ЭТК газовой отрасли;

- усовершенствованного способа расчета показателя нормированной стоимости накопления электроэнергии ($LCOS$) и нового метода выбора основных параметров СНЭЭ с использованием этого показателя в качестве целевой функции;

- алгоритмов управления ЭТК большой мощности с СНЭЭ по принципу «жестких правил» и его функционирования по принципу «динамического планирования»;

- алгоритма управления СНЭЭ на базе суперконденсаторов, учитывающего функционально-параметрические особенности работы накопителя и ЭТК.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, апробированы на международных и всероссийских научно-технических конференциях и основаны на корректном применении общепризнанных теорий, методов и подходов, а по отдельным направлениям согласуются с аналогичными результатами исследований других отечественных и зарубежных авторов в области повышения эффективности эксплуатации электротехнического комплекса газовой промышленности. Достоверность результатов исследований подтверждается положительным опытом эксплуатации СНЭЭ на объектах ПАО «Газпром» (результаты диссертации включены в реестр инновационной продукции и рекомендованы к внедрению).

Вышесказанное позволяет сделать вывод об обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных Токаревым И.С. в диссертации.

4. Научные результаты, их ценность

На основе проведенных Токаревым И.С. исследований получены новые научно обоснованные технические решения, направленные на обеспечение бесперебойной работы электротехнического комплекса в газовой отрасли и повышение эффективности его эксплуатации, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие предприятий и имеет большое значение для промышленности России.

Научные результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 37 печатных работах, в том числе в 12 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 1 статье – в издании, входящих в международную базу данных *Scopus*, 1 монография; получены 2 свидетельства о государственной регистрации баз данных и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость определяется научно-техническими результатами исследований, которые вносят вклад в расширение представлений о возможности применения: новой методологии исследования на основе многофакторного системного анализа, позволяющей создать обобщённую концепцию применения СНЭЭ в составе ЭТК газовой отрасли при условии их многофункционального использования; новых методов и алгоритмов; практических рекомендаций по выбору схемно-технических решений, компонентного состава, режимов работы и метода использования СНЭЭ в ЭТК объектов добычи, транспорта и переработки газа и др.

О практической значимости свидетельствует внедрение результатов исследования в реальный сектор экономики. Материалы диссертации использованы при выполнении НИОКР «Применение систем накопления электроэнергии в составе генерирующего оборудования систем электроснабжения производственных объектов ПАО «Газпром», в рамках которой определены технические параметры внедряемой СНЭЭ на базе литийионных аккумуляторов в составе электростанции собственных нужд автономной энергосистемы компрессорной станции. Разработки Токарева И.С. в части создания СНЭЭ на базе суперконденсаторов внедрены в ПАО «Газпром» в буферных батареях

микротурбинных автономных источников электроснабжения и в стартерных системах пуска дизельных и газопоршневых электростанций, разработана проектная документация для реализации проекта по обеспечению бесперебойной работы аппаратов воздушного газа на КС «Портовая».

Разработанные методы определения параметров многофункциональных СНЭЭ и алгоритмы функционирования ЭТК с СНЭЭ внедрены в компании ООО «Газпром трансгаз Ухта» и используются при выборе и обосновании эффективности применения СНЭЭ для обеспечения бесперебойной работы систем электроснабжения, замещения вращающегося резерва и выравнивания графика электрических нагрузок.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты исследований могут быть использованы в ПАО «Газпром» при реализации новых инвестиционных проектов, реконструкции и модернизации существующего оборудования, эксплуатации, разработке нормативно-технической документации в части применения СНЭЭ в ПАО «Газпром», что в совокупности обеспечит бесперебойную и энергоэффективную работу ЭТК в газовой отрасли.

Научно-технические и практические результаты работы могут быть рассмотрены для повышения эффективности ЭТК объектов транспорта газа с использованием СНЭЭ и при создании новых производственных объектов с электроснабжением от электростанций собственных нужд.

7. Замечания и вопросы по работе

1. Известны методы по многофункциональному применению СНЭЭ в различных областях промышленности. Например, достаточно подробно эта тема освещена в работах ученых НИУ «МЭИ» и за рубежом. В чём отличие подхода к реализации многофункциональности применения СНЭЭ в Вашем случае? В материалах диссертации и автореферата это чётко не прослеживается.
2. Слабо представлен анализ полученных результатов, отображенных на рисунках 2.10 и 2.12. Неясно, каким образом обобщаются выводы на основе отображённых на рисунках зависимостей? Отсутствие подробного анализа в данном случае не позволяет дать объективную оценку их применимости.
3. Результаты анализа методов расчета параметров СНЭЭ (п. 3.1) целесообразно представить в виде таблицы с разделением методов на группы и обобщением их преимуществ и недостатков.
4. СНЭЭ является комплексным решением и включает аккумуляторные батареи, устройства преобразования параметров электроэнергии, систему

мониторинга, управления и защиты. С учетом этого при описании разработанного метода определения основных параметров СНЭЭ в составе ЭТК газовой отрасли (п. 3.3) следовало бы уточнить, какие составляющие учитывались в капитальных затратах на СНЭЭ. Так, затраты на систему преобразования параметров электроэнергии могут вносить ощутимый вклад в общие капитальные затраты.

5. Из п. 3.4 следует, что при технико-экономическом обосновании применимости разработанного метода расчета параметров СНЭЭ не учитывались затраты на капитальный ремонт. При этом результаты расчета эффективности представлены для 20 лет реализации проекта, в то время как срок службы литий-железо-фосфатных аккумуляторных батарей в стационарных системах оценивается экспертами не более 10 лет (далее наблюдается снижение энергоемкости более чем на 20 % и требуется замена батарей на новые). Представляется целесообразным провести анализ влияния затрат на замену аккумуляторных батарей (каждые 7–10 лет) на технико-экономическую эффективность проекта.
6. В п. 4 научной новизны работы следовало бы уточнить, чем разработанный алгоритм управления ЭТК с СНЭЭ по принципу «жестких правил» отличается от аналогичных алгоритмов, которые используются для управления системами с накопителями электроэнергии и обеспечивают накопление электроэнергии в моменты достаточной выработки и реализацию в периоды дефицита.
7. В выводах по главе 4 отмечено, что применение разработанного алгоритма управления позволяет рационально распределять требуемую нагрузку. Однако не указана численная оценка эффективности от применения алгоритма (снижение расхода газа, повышение срока службы аккумуляторных батарей). Представляется целесообразным сравнить эффективность разработанного алгоритма с типовыми алгоритмами управления (без оптимизации и планирования) путем моделирования работы СНЭЭ в течение определенного периода времени.
8. В главу 4, посвященную вопросам управления СНЭЭ, следовало бы добавить описание системы измерения, мониторинга состояния, защиты и балансировки заряда аккумуляторных батарей и ее взаимодействие с системой управления «верхнего» уровня, алгоритмы которой разработаны автором.
9. В тексте диссертации имеются ошибки редакционного характера.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Токарева И.С. «Электротехнические комплексы газовой промышленности с многофункциональным применением систем накопления энергии» представляет собой самостоятельную, завершённую научно-квалификационную работу, обладает внутренним единством, содержит новые научные знания, в которой на основе проведенных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения, направленные на обеспечение бесперебойной работы электротехнического комплекса в газовой отрасли и повышение эффективности его эксплуатации, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие предприятий и имеет большое значение для промышленности России.

По актуальности, научной новизне, практической значимости, объёму и уровню выполненных исследований, публикации результатов в научной печати диссертация отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета от 20.05.2021 № 953 адм., а её автор Токарев Иван Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

Я, Соснина Елена Николаевна, даю согласие на внесение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.



Соснина Елена Николаевна
« 08 » 10 2025 г.

603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24
НГТУ, кафедра ЭССЭ
тел. +7 (831) 432-91-85
e-mail: sosnina@nntu.ru

Подпись и реквизиты профессора Сосниной Е.Н. подтверждаю:

Ученый секретарь Ученого Совета ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»
+7 (831) 436-23-91, uchsov@nntu.ru



Мельяков Игорь Николаевич