

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.07,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21 декабря 2023 протокол № 4

О присуждении Червоненко Андрею Павловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Алгоритмы управления промышленными устройствами компенсации провалов напряжения с накопителями энергии» по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 12 октября 2023 г., протокол № 7 диссертационным советом 24.2.347.07, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №1106/нк от 23.05.2023 г.

Соискатель Червоненко Андрей Павлович, «28» января 1996 года рождения, в 2019 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, с присвоением квалификации магистр по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника». В 2023 году завершил обучение в очной аспирантуре в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего

образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по направлению 13.06.01 «Электро- и теплотехника». Работает заведующим кафедрой инженерного и технологического образования муниципального автономного общеобразовательного учреждения города Новосибирска «Вторая Новосибирская гимназия», Департамент образования мэрии города Новосибирска и по совместительству инженером научно-исследовательской лаборатории «Испытания электроприводов» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре электропривода и автоматизации промышленных установок в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Котин Денис Алексеевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Пупин Валерий Михайлович, доктор технических наук, доцент, Общество с ограниченной ответственностью «НПК Промир», администрация, управляющий проектами;

Федотов Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический

университет», профессор кафедры «Электрические станции им. В.К. Шибанова»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, **в своем положительном** отзыве, подписанном Халиной Татьяной Михайловной, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Электротехника и автоматизированный электропривод», Куликовой Лидией Васильевной, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод» и утвержденном Марковым Андреем Михайловичем, доктором технических наук, профессором, ректором **указала, что** «Задачи, рассмотренные в диссертационной работе, являются актуальными. Предложены алгоритмы безударного переключения высоковольтного электропривода на промышленную сеть. Алгоритмы переключения могут быть реализованы в устройствах быстродействующего автоматического ввода резерва. Практическая реализация разработанных алгоритмов возможна в следующих областях: производство высоковольтного электропривода на основе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Указанные замечания не снижают научной ценности представленной диссертации в целом. Диссертация Червоненко Андрея Павловича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-исследовательской работой, выполненной самостоятельно на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа выполнена на актуальную тему, имеет научную новизну, теоретическую и практическую значимость. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы», а также требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней»,

утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842. Уровень и количество публикаций автора, отражающих основные полученные результаты соответствуют пунктам 11 и 13 «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. Работа аккуратно оформлена. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Диссертация Червоненко Андрея Павловича «Алгоритмы управления промышленными устройствами компенсации провалов напряжения с накопителями энергии», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития страны в области повышения показателей качества электрической энергии в системах электроснабжения промышленных предприятий. Работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», принятого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а Червоненко Андрей Павлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы»».

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликованы 3 работы. Соискатель также имеет 6 научных статей, опубликованных в российских изданиях и в сборниках международных научно-технических и научно-практических конференций, индексируемых в РИНЦ; 1 научная статья в библиографической и реферативной базе данных «Scopus»; 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 50%, общий объем – 8,26 п.л.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

Публикации в рецензируемых научных изданиях (ВАК РФ):

1. Червоненко А.П., Котин Д.А., Домахин Е.А. Безударный перевод нагрузки с основной сети на резервную с применением быстродействующего автоматического ввода резерва // Журнал "Электротехника", 2022. – №5. – С. 18–23. DOI: 10.53891/00135860_2022_5_18.

Переводная версия: Chervonenko A.P., Kotin D.A., Domakhin E.A. Load Soft Switching between the Main Power Grid and the Backup Grid by Fast Automatic Transfer Switching // Russian Electrical Engineering. – 2022. – Vol. 93, iss. 5. – P. 299–304. (Scopus).

2. Червоненко А.П., Котин Д.А., Рожко А.В. Перевод нагрузки с основной сети на резервную с применением типового АВР // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. – №5. – С. 160–171. DOI: 10.30724/1998-9903-2021-23-5-160-171.

3. Червоненко А.П., Котин Д.А. Моделирование тиристорных преобразователей в среде matlab с учетом особенностей их практической реализации // Вестник Чувашского университета. 2020. – №3. – С. 150–165. DOI: 10.47026/1810-1909-2020-3-150-165.

Другие журнальные публикации:

4. Червоненко, А.П. Устройство компенсации провалов напряжения с накопителем энергии и функцией безударного перевода нагрузки / А.П. Червоненко, Д.А. Котин // Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ". – 2022. – № 10. – С. 87–96. DOI 10.32603/2071-8985-2022-15-10-87-96.

Публикации в материалах международных конференций, входящих в базу данных Scopus / Web of Science:

5. Chervonenko A.P. The development of a virtual learning kit in the discipline "mathematical modeling of systems and components of the electric drive" / A.P. Chervonenko, D.A. Kotin // 10 International conference on electrical power drives systems, ICEPDS 2018: conf. proc., Novochoerkassk, 3–6 Oct. 2018.

– Novocherkassk: IEEE, 2018. – P. 1-6. - ISBN 978-1-5386-4714-1. DOI: 10.1109/ICERPDS.2018.8571519.

Труды конференций:

6. Червоненко, А.П. Алгоритм безударного перевода нагрузки устройством компенсации провалов напряжения с накопителем энергии / А.П. Червоненко, Д.А. Котин // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы: Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции, Оренбург, 25–27 октября 2022 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2022. – С. 385–388.
7. Червоненко, А.П. Разработка систем управления устройствами компенсации провалов напряжения в сетях промышленных предприятий / А.П. Червоненко, Д.А. Котин // XXIII Всероссийская конференция по автоматизированному электроприводу (АЭП 2022): Сборник докладов конференции, Тула, 28 сентября – 01 октября 2022 года / Под редакцией О.В. Горячева. – Тула: Тульский государственный университет, 2022. – С. 52–56.
8. Червоненко А.П., Котин Д.А. Разработка системы управления быстродействующим автоматическим вводом резерва // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы XIII Всерос. науч.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2022. – С. 38–39.
9. Червоненко А.П. Виртуальный учебно-методический комплекс «Математическое моделирование систем и элементов электропривода» / А.П. Червоненко; науч. рук. Д.А. Котин // Наука. Технологии. Инновации: сб. науч. тр.: в 10 ч., Новосибирск, 4–8 дек. 2017 г. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – Ч. 5. – С. 171–174.
10. Червоненко А.П. Разработка и исследование уточненной математической модели трехфазного мостового выпрямителя / А.П. Червоненко; науч. рук. Д.А. Котин // Интеллектуальный потенциал Сибири. МНСК–2017: сб. науч. тр. 25 межвуз. (регион.) науч. студ. конф., Новосибирск, 24–25 мая 2017 г. : в 23 ч. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.

– Ч. 20. Автоматизированный электропривод, электроника, мехатроника. – С. 46–51.

Свидетельство на программу для ЭВМ:

Программная реализация алгоритма быстродействующего автоматического ввода резерва с программируемой характеристикой выбега асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. / Д.А. Котин, А.П. Червоненко // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615333 от 14.03.2023: заявка № 2023614462; Завл. 14.03.2023; Оpubл. 14.03.2023, Бюлл. № 3.

На диссертацию и автореферат поступили 6 отзывов, все положительные:

1. Отзыв кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения» **Незевака В.Л.** – замечания относятся к критериям и условиям выбора главной понизительной подстанции, некорректности употребления терминов «просадка» по питающему напряжению и «пропажа» напряжения, к критериям выбора вида и параметров накопителя электроэнергии, вопросу включения батареи суперконденсаторов, к отсутствию описания управления устройством с накопителем, а также с выбором времени работы источника бесперебойного питания с накопителем электроэнергии.

2. Отзыв доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Электроэнергетические системы атомных станций» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет» **Завьялова В.М.** – замечания связаны с обусловленностью выбора емкости накопителя энергии, обеспечивающей автономную работу в течении не более 5 с, а также с учетом фактора зависимости графика рассогласования фаз от нагрузки на валу двигателя в момент его отключения.

3. Отзыв кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Безопасности информации и технологий» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» **Смоленцева Н.И.** – замечания связаны с оформлением рисунков 2, 5 в автореферате.

4. Отзыв кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Открытых горных работ и электромеханики» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет» **Иванова А.С.** – замечания связаны с отсутствием в автореферате параметров системы управления устройствами компенсаций провалов напряжений, отсутствию описания функционального блока «Система управления БАВР», а также не представленному расчету ожидаемого эффекта от внедрения разработок диссертации.

5. Отзыв кандидата технических наук, доцента кафедры «Робототехники и автоматизации производственных систем» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)» **Самохвалова Д.В.** – замечания связаны с некорректностью использования в автореферате термина «цифровая модель», не соответствующего стандарту ГОСТ Р 57700.37–2021, отсутствием в автореферате описания и содержания структурной схемы разработанной системы управления БАВР, приведенной на рисунке 2, некорректным использованием термина «предиктивное определение будущей разницы фаз», отсутствием описания учета частоты первой гармоники и частоты ШИМ, а также с отсутствием в автореферате численного сравнения теоретических результатов, представленных в главах 2 и 3 с данными экспериментов, полученных на разработанном стенде в главе 4.

6. Отзыв доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Электроснабжения промышленных предприятий» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» **Корнилова Г.П.** – замечания связаны с отсутствием в автореферате конкретной информации о предприятиях средней мощности, отсутствием данных и условий работы сетевого насоса, не обоснованных аргументов технического и экономического характера накопителей энергии, а также отсутствием в автореферате предельных параметров провалов напряжения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью, наличием достижений в области автоматизированных систем управления, электропривода, высокой компетентностью в сфере, связанной с исследованиями и разработкой систем управления электромеханическими системами, наличием публикаций в указанной области, а также возможностью дать научную оценку диссертационной работе. **Пупин Валерий Михайлович** – доктор технических наук, доцент, является крупным специалистом в области математического моделирования процессов и синтеза высококачественных электротехнических и электромеханических систем переменного тока, включая методы, средства и алгоритмы обеспечения их динамической устойчивости. Имеет большое количество публикаций по темам близким к диссертационной работе. **Федотов Александр Иванович** – доктор технических наук, профессор, является крупным специалистом в области исследований возникновения и последствий аварийных ситуаций в электротехнических комплексах, методики оценки устойчивости потребителей электрической энергии, использование накопителей энергии в составе электротехнических комплексов. **ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»** является одним из ведущих учебных заведений Российской Федерации по тематике

диссертационного исследования, в котором на кафедре «Электротехника и автоматизированный электропривод» активно занимаются исследованием и разработкой алгоритмов и устройств для электротехнических комплексов и систем электроснабжения общепромышленного назначения, а также подготовкой специалистов по данному направлению.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые алгоритмы безударного переключения нагрузки между источниками питания, в частности накопителем электрической энергии, предполагающие выполнение всех режимов синхронизации, характеризующихся отсутствием фазового и амплитудного рассогласований между источниками напряжений;

предложены оригинальные подходы к разработке учебно-исследовательского стенда, предназначенного для процесса проверки и отладки алгоритмов управления УКПН перед непосредственным внедрением их в систему электроснабжения реального промышленного объекта;

доказана перспективность применения алгоритмов безударного переключения, обеспечивающих бесперебойную работу технологических установок с выполнением синхронизации напряжения резервной питающей сети и ЭДС аварийной нагрузки при частичном или полном отсутствии информации о ней;

новые понятия **не введены**.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность применения предложенных алгоритмов управления устройствами компенсации провалов напряжения, обеспечивающих не превышение броска момента двигателя свыше 150 % от его номинального значения, неотклонение параметров технологического процесса от номинальных значений более, чем на 10 %, что обуславливает применимость предлагаемых алгоритмов в промышленных установках с частотно-регулируемыми электроприводами;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** комплексы существующих базовых методов исследования: преобразование из трехфазной в двухфазную систему координат; преобразования Фурье; методы и способы построения систем управления, основанные на получении опытных данных; методы численного и имитационного моделирования; элементы линейной алгебры;

изложены положения, направленные на разработку систем управления устройствами компенсации провалов напряжения с функцией безударного переключения между источниками питания, базирующихся на методе конечных автоматов;

раскрыта проблема определения критерия оптимальности выбора допустимого диапазона фазового рассогласования в момент переключения аварийной нагрузки, связанного с возникновением броска электромагнитного момента и ударного тока при отклонении указанного рассогласования в большую или меньшую сторону от оптимальной искомой точки;

изучены зависимости влияния способа формирования уставки по кратковременным нарушениям электропитания и диапазону допустимого фазового рассогласования между напряжением питающей сети и ЭДС выбегающей нагрузки на координаты состояния технологического процесса ответственного потребителя электрической энергии;

проведена модернизация существующих имитационных моделей электротехнических комплексов, позволяющая оптимизировать процесс проектирования систем электропитания электроприводов ответственных механизмов за счет ускорения процесса вычисления и уменьшения числа необходимых итераций.

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

разработаны и внедрены: методики структурно-параметрического синтеза и результаты исследований алгоритмов безударного переключения нагрузки

между источниками питания; подходы к составлению имитационных моделей, позволяющие оптимизировать процесс проектирования электротехнических систем, которые апробированы в производственном процессе ООО «Системы Постоянного Тока», ООО «ИЭК ХОЛДИНГ», а также в учебном процессе Новосибирском государственном техническом университете;

определены перспективы дальнейшего практического использования результатов диссертационного исследования в виде рекомендаций для электротехнических комплексов, содержащих асинхронные электроприводы ответственных механизмов с вентиляторным характером нагрузки, методик, математических и имитационных моделей, алгоритмов безударного переключения нагрузки, обеспечивающих бесперебойную работу технологических установок, что повысит энергетическую эффективность, а также надежность применения данных систем;

создана система практических рекомендаций о необходимости и выборе типа устройства компенсации провалов напряжения для различных структур систем электроснабжения и электротехнических комплексов промышленных предприятий;

представлены рекомендации по дальнейшему совершенствованию алгоритмов безударного переключения выбегающей нагрузки с применением методов искусственного интеллекта.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ получены результаты на сертифицированном электротехническом оборудовании, подтверждающие релевантность разработанных алгоритмов управления;

теория построена на известных, проверяемых данных, и согласуется с авторскими и опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации, а также на известных положениях математического анализа и основ электротехники;

идея базируется на анализе и обобщении результатов применения алгоритмов и подходов безударного переключения асинхронных электроприводов с вентиляторным характером нагрузки, у которых в качестве источников питания выступают высоковольтная питающая сеть или накопитель электрической энергии, а также на передовом опыте исследований алгоритмов управления устройствами компенсации провалов напряжения;

использованы сравнения авторских данных, полученных с применением разработанных имитационных моделей и ранее известных результатов оценок величин, характеризующих эффективность выполнения переключения между источниками питания;

установлено качественное и количественное совпадение результатов, полученных автором с использованием разработанных математических моделей и имитационных моделей с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, а также с результатами, полученными при проведении физического эксперимента, что дает основание считать разработанные математические и имитационные модели эффективными;

использованы современные методы сбора и обработки исходной информации, полученной в результате имитационного моделирования, а также физического эксперимента с использованием современного контрольно-измерительного оборудования и специализированного программного обеспечения.

Личный вклад соискателя состоит в: анализе исходных данных и постановке задач на проведение диссертационного исследования; проведении всех этапов исследования; выполнении расчетов, разработке алгоритмов управления и методик их структурно-параметрического синтеза; формировании имитационной модели; исследовании разработанных алгоритмов методом имитационного моделирования; разработке

экспериментального стенда; анализе полученных результатов; подготовке публикаций, научных докладов.

В ходе защиты диссертации было высказано следующее критическое замечание: необходимо конкретизировать, в чем заключается новизна и отличие предлагаемых соискателем алгоритмов управления быстродействующим автоматическим вводом резерва с накопителем энергии по сравнению с известными.

Соискатель Червоненко А.П. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: новизна заключается в предлагаемом и реализованном способе переключения аварийной нагрузки на накопитель энергии и далее на резервную питающую сеть. Рассматриваемые алгоритмы предполагают выполнение всех режимов синхронизации и отличаются от известных отсутствием фазового и амплитудного рассогласований между источниками напряжений в момент перевода нагрузки. Соискатель дал разъяснения и объяснил суть предлагаемого способа на примере разработанных в диссертационном исследовании структур.

Диссертация Червоненко Андрея Павловича представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения и разработки, имеющие значение для электротехнической отрасли, и соответствует пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Червоненко А.П., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

На заседании 21 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические решения для устройств компенсации провалов напряжения, как с накопителями энергии в своем составе, так и без них присудить Червоненко Андрею Павловичу ученую

степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: «за» - 13, «против» нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного

Сергей Викторович Брованов

Ученый секретарь
диссертационного

Максим Александрович Дыбко

21 декабря 2023