

итель проректора по науке
Уральский федеральный
ени первого Президента
цина»

Кружаев В. В.

«06» / мая 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» на диссертацию Иванова Ильи Алексеевича на тему «Синтез алгоритмов управления автономными генерирующими комплексами на основе синхронных генераторов с постоянными магнитами из условия устойчивой работы», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы

1. Актуальность работы

В современных условиях развитие систем распределённой генерации приобретает особую актуальность. Использование разнородных источников энергии в едином электротехническом комплексе открывает новые возможности для повышения энергоэффективности и устойчивости энергосистем. Вместе с тем ключевой практической задачей остаётся синхронизация этих источников, обеспечивающая контролируемые перетоки мощности и стабильную работу комплекса.

Особый интерес представляют т.н. DC microgrid (распределенные сети постоянного напряжения), или, иначе, microgrid с общей шиной постоянного тока, имеющих наибольшее практическое применение в силу большей доступности их реализации. Вместе с тем имеется ряд проблем с эксплуатацией подобных систем с точки зрения нестационарных и, возможно, неустойчивых режимов работы сетей.

В связи с вышесказанным, сделан вывод об актуальности диссертационной работы, направленной на решение указанной проблемы.

2. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность научных результатов определяется обоснованностью принятых допущений при разработке математического описания и достаточной сходимостью результатов математического моделирования с

результатами экспериментальных исследований. Основные научные выводы и положения подтверждаются теоретическим анализом, результатами моделирования и экспериментальных исследований, проведенных с помощью методов симуляции Hardware-in-the-loop. Все выносимые на защиту научные положения являются обоснованными и не противоречат известным научным положениям.

3. Основные результаты диссертационной работы

Первый научный результат. Выполнен анализ типовых структур и узлов систем автономного электроснабжения. В результате проведенного анализа, наилучшей с точки зрения объединения в единую энергосистему определена конфигурация с общей шиной постоянного тока, включающая в себя силовые DC/DC преобразователи на полностью управляемых полупроводниковых ключах.

Второй научный результат. Произведена унификация способа структурно-параметрического синтеза систем автоматического управления преобразователями постоянного напряжения. Разработанный подход к унификации позволяет упростить методику проектирования регуляторов преобразователями постоянного напряжения различной топологии.

Третий научный результат. Выполнен анализ устойчивости электротехнического комплекса электроснабжения автономного потребителя с использованием силового DC/DC преобразователя постоянного напряжения и активно-индуктивного источника напряжения с противо-ЭДС, в результате которого были определены области неустойчивой работы. Установлено, что основной причиной возникновения неустойчивости является неблагоприятное сочетание индуктивно-емкостных параметров силовой части, в связи с чем были разработаны схемотехнический и алгоритмический методы, позволяющие обеспечить гарантированное качество процессов электропитания автономных объектов без возникновения автоколебательных режимов и неустойчивости.

Четвертый научный результат. Верифицированы способы обеспечения гарантированной устойчивости электротехнического комплекса системы электроснабжения автономного потребителя. Предложенные способы позволяют за счет схемотехнического изменения в преобразователе постоянного напряжения, или за счет параметрического изменения в его алгоритме управления обеспечить устойчивые режим работы электротехнического комплекса. Разработанные способы обеспечения устойчивости позволяют осуществлять все режимы функционирования системы электроснабжения автономного потребителя не ниже, чем 100% от его номинальной мощности.

4. Новизна научных положений и значение выводов и рекомендаций для науки и практики

1. Разработана структурно-параметрическая методика синтеза унифицированного алгоритма управления силовым преобразователем постоянного напряжения для системы электропитания с общей шиной постоянного тока. Данная методика синтеза отличается от существующих тем,

что она позволяет, не меняя структуры системы автоматического управления, получать требуемые качественные и количественные функциональные характеристики для различных топологий силовых преобразователей.

2. Разработана методика определения границы устойчивости электротехнического комплекса системы электроснабжения автономного потребителя. Предлагаемый подход предназначен для анализа автономных электротехнических комплексов при их питании от активно-индуктивного источника энергии с противо-ЭДС, учитывающий параметры силового преобразователя постоянного напряжения и системы управления им. Данный способ предназначен для систем автономного электроснабжения с установленной активной мощностью до 60 кВт и напряжением на шине постоянного тока до 540 В.

3. Предложены схемотехнический и алгоритмический методы обеспечения гарантированной устойчивости процессов в электротехническом комплексе системы электроснабжения автономного потребителя. Разработанные методы отличаются от существующих тем, что устойчивость обеспечивается комбинированным изменением электрических параметров преобразователя и параметрами его системы управления. При этом заведомо не организуются функциональные зоны ограничения мощности электротехнического комплекса, что обеспечивает уменьшение энергетических и массогабаритных показателей элементов системы электроснабжения. Разработанные методы позволяют снизить ёмкость входного силового фильтра преобразователя постоянного напряжения не менее чем в 200% по отношению к существующим методам ее расчета.

С точки зрения практической значимости предложенные в работе решения могут быть использованы для упрощения настройки регуляторов системы управления компонентами электротехнического комплекса и обеспечения выбора параметров, таких как, ёмкость силового фильтра и частота сопряжения контура регулирования напряжения, что позволит снизить массогабаритные показатели и обеспечить устойчивые режимы функционирования как на этапе проектирования, так и при практическом применении.

5. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертационная работа имеет внутреннее структурное единство, состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы из 133 наименований и изложена на 198 страницах машинописного текста, включая 5 приложений. Текст диссертации и автореферата изложен логично и понятно, в научном стиле. Структура и логика представления не вызывают вопросов.

6. Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Автореферат диссертации соответствует диссертационной работе по цели, предмету, идее и задачам исследования, основным научным положениям, новизне и практической ценности.

7. Соответствие содержания диссертации содержанию опубликованных работ

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на научно-технических конференциях и опубликованы в научных трудах соискателя. По теме диссертации опубликовано 9 статей, в том числе 2 статьи в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 7 статей в изданиях, индексируемых в международной системе цитирования Scopus.

8. Замечания и дискуссионные положения

1. Возможно, для задачи синтеза целесообразно было бы использовать относительные единицы физических величин. Это позволило бы получать более общие рекомендации по синтезу регуляторов и определению параметров силовой части.

2. Анализ систем с полупроводниковыми преобразователями, как элементами математической модели объекта, предполагает специальный учет их дискретных свойств. На наш взгляд целесообразно выполнять синтез САР сразу как цифровой, используя аппарат Z -преобразования. Особенно с учетом дальнейшего выбора методов аппроксимации непрерывного регулятора (п.2.4.2).

3. Математическая модель синхронного генератора, особенно с учетом названия работы (п.3.1), представляется достаточно упрощенной, хотя автор приводит необходимые допущения при выборе математической модели объекта управления.

4. Графики на рис.4.2, 4.6, 4.12, 4.18, 4.24 не позволяют оценить различия между методами реализации цифрового регулятора.

5. Полунатурный эксперимент, проведенный автором по методике Hardware-in-the-loop (HIL), следует дополнить ссылкой на литературу, в которой разработана примененная математическая модель или указать, что она не отличается от использованной в теоретической части работы. Дискуссионным является вопрос верификации данной модели и экспериментальной установки в целом.

Имеется ряд редакционных замечаний в части приведенных структурных схем и графиков процессов. В частности, используются разные обозначения (как p , так и s) для оператора Лапласа.

Отмеченные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Иванова Ильи Алексеевича «Синтез алгоритмов управления автономными генерирующими комплексами на основе синхронных генераторов с постоянными магнитами из условия устойчивой работы» по объему исследований, их глубине, научной и практической значимости удовлетворяет требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата наук согласно «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 №842), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. «Электротехнические комплексы и системы».

Диссертационная работа и отзыв обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» 24 апреля 2024 года, протокол № 12.

Заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
доцент, к.т.н.

 Костылев Алексей Васильевич

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Адрес: 620062, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Контактный телефон: +7 (912) 240 79 76

e-mail: a.v.kostylev@urfu.ru

Отзыв получен 14.05.2026 г. / Дабко М.А.

Сотрудник администрации 14.06.2026 г. / Шванов В.А.