

ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОПОНЕНТА
КОЛПАХЧЬЯНА ПАВЛА ГРИГОРЬЕВИЧА

на диссертационную работу **Иванова Ильи Алексеевича** «Синтез алгоритмов управления автономными генерирующими комплексами на основе синхронных генераторов с постоянными магнитами из условия устойчивой работы», выполненную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы

На отзыв представлена диссертация и автореферат. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 198 страницах машинописного текста, содержит 149 рисунков и 9 таблиц, списка литературы из 133 наименования.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Современный этап развития электроэнергетики характеризуется устойчивым переходом к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) и децентрализованным системам генерации и накопления электроэнергии. В условиях роста числа автономных потребителей (удалённые объекты инфраструктуры, промышленные микросети, мобильные и резервные комплексы) обеспечение доступного, надёжного и бесперебойного электроснабжения становится стратегически важной задачей. Ключевая сложность заключается в том, что автономные системы лишены возможности опираться на централизованную сеть, выступающую в традиционных схемах в роли «шины бесконечной мощности» для динамического балансирования активных и реактивных составляющих. Это резко повышает требования к устойчивости каждого компонента локального электротехнического комплекса.

В диссертационной работе Ивановым И.А. справедливо отмечено, что большое разнообразие источников энергии, топологий силовых преобразователей и конфигураций общих шин напряжения порождает необходимость разработки унифицированных подходов к синтезу систем управления. Основной целью работы является создание общего критерия устойчивости, применимого к разнородным полупроводниковым преобразователям, что соответствует современным тенденциям развития распределённой энергетики. Таким образом, тема диссертации обладает **актуальностью** и отвечает приоритетным направлениям технологического развития отрасли.

2. ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ И СОДЕРЖАНИЯ РАБОТЫ

Во вводной части диссертации дано комплексное обоснование актуальности избранной темы, чётко сформулированы цель и концептуальная идея исследования, определён круг решаемых задач. Отдельно выделены элементы научной новизны, раскрыты теоретическая и прикладная значимость полученных результатов, а также сформулированы основные положения, подлежащие защите. Кроме того, во введении охарактеризованы методологическая основа и инструментарий исследования, приведены аргументы в пользу достоверности выводов, описаны формы внедрения разработок, сведения об апробации на научных мероприятиях и перечень публикаций по теме работы.

Первая глава посвящена системному анализу электромагнитных и электромеханических процессов, протекающих в электротехническом комплексе, обеспечивающем энергоснабжение автономного потребителя. По результатам анализа выбрана и обоснована рациональная структурная организация комплекса и сформулированы базовые алгоритмические принципы его построения. В данном разделе

проводится классификация и сравнительный обзор наиболее распространённых архитектур автономных систем энергоснабжения, рассматриваются современные типы полупроводниковых преобразователей, а также анализируются характеристики типовых источников электрической энергии.

Вторая глава развивает методическую базу исследования: в ней изложен авторский подход к синтезу систем управления полупроводниковыми преобразователями, функционирующими в режиме стабилизации постоянного напряжения. Детально рассмотрены различные способы дискретизации непрерывных регуляторов и методики их параметрической настройки в цифровой среде. Ключевым результатом главы является предложение унифицированного алгоритма синтеза, применимого к преобразователям различных топологий, что позволяет стандартизировать процедуры проектирования систем управления в гетерогенных микроэнергосистемах.

Третья глава содержит результаты аналитического исследования условий возникновения неустойчивых режимов в полупроводниковых преобразователях при их питании от активно-индуктивного источника с противо-ЭДС (например, от синхронной машины или электрохимического накопителя с учётом внутреннего сопротивления). Получены аналитические выражения, позволяющие идентифицировать области параметров, в которых электротехническая система теряет устойчивость. На основе этих зависимостей разработаны и теоретически обоснованы методы компенсации дестабилизирующих факторов, расширяющие диапазон устойчивой работы преобразовательного оборудования.

Четвёртая глава имеет экспериментальный характер и посвящена верификации теоретических положений. В ней представлены результаты компьютерного моделирования и полунатурных испытаний, подтверждающие существование прогнозируемых аналитически неустойчивых областей функционирования электротехнического комплекса автономного потребителя. Доказана работоспособность и эффективность предложенных алгоритмов компенсации при питании нагрузки от активно-индуктивного источника с противо-ЭДС и корректность функционирования синтезированной системы управления в реальных временных режимах с учётом цифровых ограничений (квантование, задержки вычислений, дискретизация сигналов).

Использование комбинированного подхода к верификации обеспечило высокую степень достоверности экспериментальных выводов.

В заключительной части диссертации сформулированы обобщённые итоги проведённого исследования, систематизированы основные научные и практические результаты, намечены перспективы дальнейшего развития направления.

Отмечается, что содержание автореферата полностью и последовательно отражает структуру, логику и ключевые положения диссертационной работы, не содержит расхождений с основным текстом и соответствует требованиям к оформлению материалов, представляемых на соискание учёной степени.

3. СТЕПЕНЬ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Достоверность полученных Ивановым Ильей Алексеевичем результатов подтверждается корректным выбором математического аппарата, соответствующего поставленным задачам, применением общепринятых допущений, использованием стандартных программных средств моделирования установившихся и переходных процессов.

4. НАУЧНАЯ НОВИЗНА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Разработан структурно-параметрический подход к синтезу единого алгоритма управления преобразователями постоянного напряжения, функционирующими в системах с общей шиной постоянного тока. Ключевое отличие предложенной методики от известных

аналогов заключается в её топологической независимости: требуемые динамические и статические показатели качества достигаются без модификации архитектуры системы автоматического управления, что обеспечивает её универсальное применение для силовых преобразователей различных схемотехнических решений.

2. Предложена методика расчёта границ устойчивости электротехнического комплекса автономного энергоснабжения. Разработанный аналитический аппарат предназначен для систем, питающихся от активно-индуктивных источников энергии с противо-ЭДС, и учитывает взаимное влияние параметров силового преобразователя постоянного напряжения и его цифровой системы управления.

3. Описаны аппаратно-алгоритмические решения, гарантирующие устойчивость электромеханических и электромагнитных процессов в автономных системах энергоснабжения. Предложенные решения исключают необходимость введения искусственных функциональных зон ограничения мощности, что способствует снижению массогабаритных характеристик и потерь в системе. Практическим результатом применения разработанных методов стало сокращение расчётной ёмкости входного фильтра постоянного напряжения как минимум вдвое по сравнению с известными методиками проектирования.

5. СООТВЕТСТВИЕ ПАСПОРТУ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Диссертация соответствует специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы», ее результаты представляют собой законченные научные и технические исследования и разработки в области синтеза систем управления полупроводниковыми преобразователями и электротехнических комплексов на их основе.

В работе присутствуют результаты, соответствующие областям исследования паспорта специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы» по техническим наукам: 1 – развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, анализ системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования, 3 – разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления, 4 – исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов.

6. СООТВЕТСТВИЕ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫНЕСЕННЫХ НА ЗАЩИТУ, МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ

При сопоставлении научных результатов, изложенных в диссертационной работе и автореферате, установлено, что положения, выносимые на защиту, научно обоснованы и соответствуют содержанию диссертации. Решение поставленных задач по обеспечению устойчивых режимов работы системы электроснабжения автономного потребителя имеет теоретическое и практическое значение при проектировании и эксплуатации электротехнических комплексов.

7. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ И АВТОРЕФЕРАТУ

1. В разделе 2.1 посвященном синтезу алгоритма управления преобразователя постоянного тока повышающего типа рассмотрен только вариант работы в

режиме прерывистого тока. В этом случае токи через дроссель и силовой ключ имеют значительную величину. Для снижения токовой нагрузки на элементы схемы рассматриваемого преобразователя целесообразно было рассмотреть режим непрерывного тока.

2. В контуре регулирования напряжения преобразователей используется внутренний контур регулирования тока. В чем преимущество такого решения по сравнению с одноконтурной системой регулирования напряжения? Не совсем понятно, что означает термин частота разделения контуров движения. Параграф 2.4.3 назван «Выбор частоты разделения контуров движения», однако дальше идет речь об определении коэффициента разделения движения и непонятно, как он связан с частотой разделения движения
3. В диссертации не указано, какого типа выпрямитель используется для работы с синхронным генератором с постоянными магнитами на роторе. Можно предполагать, что в работе рассматривается неуправляемый выпрямитель на диодах. В этом случае возникает необходимость борьбы с реакцией якоря. Также, при больших нагрузках это явление может приводить к неустойчивой работе системы «генератор – неуправляемый выпрямитель». В звене постоянного тока после генератора целесообразно устанавливать реостатный тормоз для гашения колебаний и вывода генератора из работы при внезапном отключении нагрузки.
4. Целесообразно было бы рассмотреть вариант применения активного выпрямителя, на полностью управляемых силовых полупроводниковых приборах, использование которого позволяет применять принципы полеориентированного управления генератором и дает возможность с стабилизировать выходное напряжение при резких колебаниях нагрузки.
5. В диссертации не описана методика получения параметров эквивалентной схемы замещения генератора. Как в эквивалентной схеме генератора учитывается явление реакции якоря?
6. Чем объясняются изломы характеристик на рис. 3.7, 3.9 – 3.11? Конец третьей главы содержит вывод о схемотехническом и алгоритмическом методах обеспечения устойчивости. Нет конкретных рекомендаций по области применения и стратегии перенастройки регуляторов.
7. В тексте диссертации имеются орфографические и стилистические ошибки. Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

8. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация посвящена актуальной научной проблематике, отличается новизной полученных результатов, а также высокой теоретической и практической значимостью. Замечания, изложенные в отзыве официального оппонента, не влияют на общую научную ценность исследования. Диссертационная работа И.А. Иванова представляет собой законченное самостоятельное исследование. Содержание рукописи полностью соответствует паспорту научной специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы» и удовлетворяет требованиям пунктов 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842). Основные научные результаты исследования опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, а также представлены и обсуждены на всероссийских и международных научных конференциях. Оформление диссертации соответствует установленным нормативным требованиям, текст автореферата точно отражает её основное содержание.

Работа И.А. Иванова «Синтез алгоритмов управления автономными генерирующими комплексами на основе синхронных генераторов с постоянными магнитами из условия устойчивой работы» является завершённой научно-квалификационной работой.

Полученные соискателем новые научные положения вносят существенный вклад в развитие отечественной науки и техники в сфере электротехнических комплексов автономного электроснабжения.

Исследование в полном объеме соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013). На основании изложенного, **Иванов Илья Алексеевич заслуживает** присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент,
Колпахчян Павел Григорьевич,
доктор технических наук по специальности
05.09.03. Электротехнические комплексы и системы,
доцент, профессор кафедры «Электрическая тяга»
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I»

«18» мая 2026 г.

 П.Г. Колпахчян

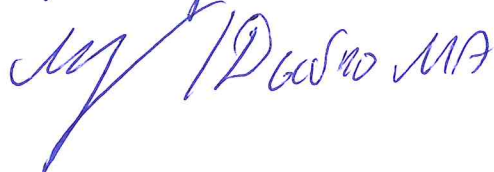
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, тел.+7 (812) 457-85-36, E-mail: kolpakhchyan@pgups.ru, Веб-сайт: www.pgups.ru.

Я, Колпахчян Павел Григорьевич, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Иванова Ильи Алексеевича, и их дальнейшую обработку.

«18» мая 2026 г.

 П.Г. Колпахчян

Отзыв получен 25.мая 2026г



С отзывами ознакомлен
25 мая 2026

 Иванова И.А