

ОТЗЫВ

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

Актуальность темы исследования. Развитие распределенной энергетики и концепции microgrid требует создания надежных и устойчивых систем электроснабжения автономных потребителей. Одной из ключевых проблем при интеграции источников распределенной генерации, в частности синхронных генераторов с постоянными магнитами, через силовые преобразователи на общую шину постоянного тока является обеспечение устойчивости электротехнического комплекса при действии возмущений со стороны нагрузки и изменениях режимов работы. Как справедливо отмечает автор, традиционные подходы к анализу устойчивости зачастую не учитывают совместное влияние параметров источника энергии, силового полупроводникового преобразователя, системы управления и нагрузки, что может приводить к возникновению областей неустойчивой работы в диапазоне мощностей до 90% от номинальной. В связи с этим разработка методик настройки алгоритмов управления, гарантирующих компенсацию неустойчивых режимов, является актуальной научно-прикладной задачей, имеющей важное значение для повышения надежности и качества электроснабжения автономных объектов.

Степень обоснованности и достоверности научных положений. Обоснованность полученных результатов обеспечивается корректным использованием методов теории автоматического управления, линеаризации нелинейных функций рядом Тейлора, а также применением современных средств имитационного моделирования (SimInTech) и полунатурного эксперимента. Достоверность выводов подтверждается сходимостью результатов цифрового моделирования и экспериментальных исследований, проведенных на опытных образцах преобразователей, а также апробацией работы на многочисленных международных и всероссийских конференциях. Публикационная активность автора (38 печатных работ, включая патенты и статьи в изданиях Scopus/Web of Science) также свидетельствует о высокой степени обоснованности выносимых на защиту положений. Кроме этого, работа выполнена в рамках грантов и программы «Приоритет 2030», что подчеркивает ее актуальность.

Научная новизна. Наиболее существенными результатами, определяющими научную новизну диссертационного исследования, являются:

1. Разработанная структурно-параметрическая методика синтеза унифицированного алгоритма управления силовым преобразователем постоянного напряжения, позволяющая без изменения структуры системы

автоматического управления получать требуемые функциональные характеристики для различных топологий. Это упрощает инженерную настройку и исключает необходимость сложных предварительных расчетов.

2. Предложенная методика определения границы устойчивости электротехнического комплекса системы электроснабжения автономного потребителя, учитывающая параметры активно-индуктивного источника с противо-ЭДС, преобразователя и системы управления. Впервые установлено существование области неустойчивого функционирования в диапазоне мощностей до 90% от номинальной.

3. Разработанные схемотехнический и алгоритмический методы обеспечения гарантированной устойчивости, позволяющие за счет выбора емкости входного силового фильтра (снижение не менее чем в 2 раза по сравнению с традиционными подходами) или настройки частоты сопряжения контура регулирования напряжения исключить автоколебательные режимы без введения зон ограничения мощности.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая ценность работы заключается в создании обобщенного подхода к синтезу регуляторов для различных топологий DC/DC-преобразователей, а также в разработке аналитических выражений, описывающих границы областей неустойчивости. Практическая значимость подтверждена:

- унифицированной методикой настройки регуляторов, реализованной в виде пошаговой инструкции для инженеров-проектировщиков;

- конкретными расчетными соотношениями для выбора емкости входного фильтра и частоты сопряжения контура напряжения, обеспечивающими устойчивую работу во всем диапазоне мощностей (до 100% номинальной);

- верификацией предложенных методов на трех типах преобразователей (повышающем, понижающем, двунаправленном изолированном) средствами цифрового и полунатурного моделирования, результаты которой (рисунки 5–7 автореферата) демонстрируют идентичность переходных процессов и подтверждают эффективность компенсации.

Соответствие содержания автореферата. Автореферат имеет четкую, логически выстроенную структуру, полностью отражающую содержание диссертации. В нем последовательно изложены: анализ существующих решений, унификация алгоритмов управления, исследование устойчивости, разработка способов компенсации и их экспериментальная верификация. Приведенные математические выражения (регулирующие характеристики, передаточные функции, условия устойчивости) выписаны корректно и сопровождаются необходимыми пояснениями. Графики переходных процессов (рисунки 2–7) наглядно иллюстрируют возникновение автоколебаний в отсутствие компенсации и их подавление при применении предложенных методов. Выводы и защищаемые положения сформулированы конкретно и соответствуют содержанию работы.

Замечания по автореферату.

1. В автореферате (стр. 9–10) при выводе линеаризованных коэффициентов передачи для повышающего и понижающего преобразователей используются формулы (4)–(6), содержащие обозначения P_{02} , U_{02} , I_{02} . Однако из текста не вполне ясно, каким образом эти рабочие точки выбираются при наличии широкого диапазона изменения нагрузки. Рекомендовалось бы пояснить, насколько критичен выбор рабочей точки для точности линеаризации в предложенной методике.

2. При описании алгоритмического метода компенсации (стр. 13–14) приводится неравенство (14), включающее обратное преобразование Лапласа регулятора напряжения. На практике реализация такого условия в реальном времени может потребовать значительных вычислительных ресурсов. Не раскрыт вопрос о возможности упрощения этого критерия для микроконтроллерной реализации.

3. На рисунке 1а автореферата приведен «коэффициент увеличения емкости», достигающий значений более 6 для некоторых параметров. Это может противоречить заявленному снижению массогабаритных показателей. Требуется пояснить, для каких именно условий требуется столь значительное увеличение емкости и как это соотносится с общим выигрышем.

Указанные замечания носят уточняющий характер, не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и не ставят под сомнение ее научную и практическую ценность.

Заключение. Диссертационная работа является завершенным научным исследованием, содержащим решение важной научно-технической задачи – обеспечения устойчивой работы автономных генерирующих комплексов на основе синхронных генераторов с постоянными магнитами. По актуальности, научной новизне, объему и практической значимости полученных результатов диссертация полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Иванов Илья Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение

*Отзыв научен 25. мая 2026
с.с. / Дядко МА*

Цветков Алексей Николаевич

20.05.2026 г.