

Ministry of Education and Science of the Russian Federation
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
"National Research Tomsk Polytechnic University" (TPU)
30, Lenin ave., Tomsk, 634050, Russia
Tel. (3822) 60 63 33, (3822) 70 17 79,
Fax (3822) 56 38 65, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru
OKPO (National Classification of Enterprises and Organizations):
02069303,
Company Number: 1027000890168,
VAT / KPP (Code of Reason for Registration)
7018007264/701701001, BIC 046902001

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет» (ТПУ)
Ленина, пр., д. 30, г. Томск, 634050, Россия
тел.: (3822) 60 63 33, (3822) 70 17 79,
факс: (3822) 56 38 65, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru
ОКПО 02069303, ОГРН 1027000890168,
ИНН/КПП 7018007264/701701001, БИК 046902001

21.11.2016

№ 193

на № _____ от _____



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной
работе и инновациям

Дьяченко А. Н.

« 21 » 11 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Томский
политехнический университет" на диссертационную работу

Волкова Александра Геннадьевича

«Многозонные электронные конверторы для автономных систем генерирования
электрической энергии»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.12 – Силовая электроника

Актуальность для теории и практики

Развитие авиации сопровождаются ростом генерируемой мощности авиационных систем электроснабжения (СЭС). В этой связи СЭС на борту летательного аппарата (ЛА) выполняет одну из важнейших ролей. Для автономных комплексов одной из важнейших проблем является дальнейшее совершенствование систем генерирования электрической энергии (СГЭЭ).

Появление новой элементной базы в сфере силовой электроники позволяет создавать системы генерирования, которые по техническим характеристикам превосходят системы, построенные на основе механических и электромеханических принципов поддержания заданных показателей электроэнергии. Применение электронных преобразователей позволяет увеличить надёжность и энергоэффективность СГЭЭ, а использование высокочастотного преобразования позволяет уменьшить габариты и массу всей системы в целом. Современное развитие систем управления с применением микропроцессорной техники обеспечило возможность реализации сложных математических и логических операций, используемых в алгоритмах управления преобразователем.

В связи с вышеизложенным, диссертационная работа Волкова А.Г. посвящена актуальной теме: исследованию энергетических характеристик и алгоритмов управления новыми схемами многозонных электронных конверторов в системах генерирования электрической энергии переменного тока постоянной частоты.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

Диссертантом успешно решен ряд теоретических и практических вопросов, связанных с разработкой и исследованием многозонных конверторов для автономных систем генерирования электрической энергии. При этом основные результаты диссертационной работы обладают элементами новизны как в теоретическом, так и практическом аспектах.

Основные научные результаты, полученные автором, заключаются в разработке новых схем многозонных конверторов и результатах анализа их энергетических характеристик, которые имеют лучшие показатели качества выходного напряжения, входного тока, а также обладают меньшим количеством полупроводниковых элементов. Новизна предложенных автором топологий многозонных преобразователей подтверждается тремя патентами РФ.

Автором был предложен и исследован алгоритм замкнутой системы управления для активного выпрямителя на базе многозонного инвертора тока, который обеспечивает работу преобразователя в требуемых режимах. Полученные аналитические соотношения позволяют рассчитать параметры регуляторов через параметры схемы в каждом из контуров регулирования преобразователя. Также была исследована процедура преобразования алгоритма управления инвертором напряжения в алгоритм управления инвертором тока.

Значимость для науки результатов исследований заключается в том, что полученные математические и имитационные модели позволяют проводить комплексный анализ электромагнитных процессов, получать мгновенные значения токов и напряжений в любых ветвях и узлах многозонных конверторов. Результаты сравнения и полученные зависимости позволяют оценить эффективность применения нового класса преобразователей в зависимости от особенностей приложения.

Практическое значение результатов работы определяется тем, что предложенный способ инженерного расчета полного сопротивления нагрузки позволяет производить его количественный расчет применительно для многозонного инвертора тока. Исследованные характеристики позволяют выбрать оптимальные области применения и режимы работы многозонных конверторов.

Представленные математические и имитационные модели могут быть использованы при проектировании энергоэффективных систем генерирования электрической энергии, которые могут найти широкое применение в составе СГЭЭ различных автономных объектов.

Научные и практические результаты диссертационной работы следует рекомендовать к использованию на предприятиях, занимающихся разработкой и производством полупроводниковых преобразователей электрической энергии и автономных систем электроснабжения на их основе. Кроме этого, представляется целесообразным их дальнейшее использование при чтении ряда курсов лекций соответствующего профиля (например, «Силовая электроника», «Системы электроснабжения автономных объектов») в ВУЗах Российской Федерации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Трехфазные многозонные конверторы могут быть использованы в автономных системах электроснабжения средней и большой мощности. Актуально также использование данных преобразователей в рамках программы импортозамещения с использованием отечественной элементной базы. Интересными для промышленного применения являются предложенные в диссертационной работе схемы многозонных преобразователей, в которых

обратные и прямые напряжения на тиристорах не превосходят амплитуды напряжения одной секции вторичной обмотки трансформатора или одной секции последовательной конденсаторной цепочки, используемой вместо трансформатора. Это позволяет строить схемы преобразователей с высоковольтным выходом при использовании силовых ключей с n -раз меньшим рабочим напряжением при n -зонах регулирования величины выходного напряжения для питания последующих мощных инверторов тока. Вместе с тем, использование амплитудной модуляции для дискретного регулирования выпрямленного напряжения по зонам в сочетании с непрерывным фазовым (широотно-импульсным) регулированием внутри зон позволяет не только радикально улучшить качество выпрямленного напряжения, но и улучшить входной коэффициент мощности выпрямителя. Повышение качества выпрямленного напряжения приводит к уменьшению затрат на выходной фильтр выпрямителя. Повышение качества входного тока выпрямителя приводит к улучшению электромагнитной совместимости выпрямителя. Это приводит к уменьшению затрат на дополнительное оборудование (пассивные и активные фильтры, компенсаторы реактивной мощности), предназначенное для уменьшения обратного влияния выпрямителей на систему.

Замечания по работе

1. В предложенных математических моделях не рассматривается вопрос аналитического расчета потерь в преобразователях.
2. Недостаточно проработан вопрос расчета динамических потерь с учетом разнообразия элементной базы преобразователей: используемые в предложенной методике расчета параметры свойственны транзисторам IGBT, в то время как в автономных СГЭЭ могут использоваться как транзисторы MOSFET, так и тиристоры.
3. В работе отсутствует сравнение схем многозонных конверторов по КПД с многоуровневыми преобразователями аналогичной мощности.
4. Проведенный физический эксперимент подтверждает принципиальную возможность построения трехфазного многозонного инвертора тока, работающего на активно-индуктивную нагрузку, и выполняющего роль регулируемого источника тока в цепи нагрузки, а также подтверждает возможность реализации процедуры преобразования алгоритма управления инвертором напряжения в алгоритм управления многозонным инвертором тока. Большая часть теоретических результатов (коэффициента гармоник напряжения, коэффициента мощности), тем не менее, осталась без рассмотрения в ходе физического эксперимента.
5. По тексту диссертации встречаются расхождения с нумерацией рисунков по тексту и в подписанных надписях (например, рис. 1.39-1.42)

Отмеченные замечания, выявленные в процессе ознакомления с диссертационной работой и авторефератом, незначительно снижают общую ценность и полезность проделанной работы, однако не ставят под сомнение общую положительную оценку работы Волкова А.Г.

Заключение

Диссертация Волкова А.Г. соответствует специальности 05.09.12 – «Силовая электроника», обладает научной новизной, практической полезностью и представляет собой законченное и самостоятельное исследование, в котором решена актуальная задача разработки новейших многозонных трехфазных конверторов и синтеза их алгоритмов управления, имеющая большое значение для автономных объектов, в частности, для

летательных аппаратов и ветроэнергетических систем. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней», а ее автор, **Волков Александр Геннадьевич**, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 – Силовая электроника.

Результаты диссертационной работы Волкова А. Г. были обсуждены на научном семинаре кафедры Электротехнических комплексов и материалов Энергетического института Национального исследовательского Томского политехнического университета 16 ноября 2016 г., протокол № 69.

Председатель семинара,
д.т.н., профессор



О.П. Муравлев

Секретарь семинара, к.т.н.



Е.С. Дорохина

Профессор кафедры электротехнических комплексов и материалов,
доктор технических наук, профессор

Муравлев Олег Павлович

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

mor@tpu.ru, 8 (3822) 56-34-53