

В диссертационный совет Д 212.268.03

Томского государственного университета

систем управления и радиоэлектроники

(ТУСУР)

634050, г. Томск, пр. Ленина, 20.

ОТЗЫВ

официального оппонента к.т.н., профессора Козляева Ю. Д. на диссертацию

Волкова А.Г. «Многозонные электронные конверторы для автономных

систем генерирования электрической энергии»

Специальность 05.09.12 – Силовая электроника

Актуальность темы

Предметом исследования диссертационной работы является комплекс технических решений, направленных на создание автономных систем генерирования энергии переменного тока с высокими качественными показателями получаемой энергии и высоким значением энергетических показателей. Комплекс ориентирован на преобразование энергии первичного генератора переменного тока, преобразующего механическую энергию вращения с «плавающей» в широких пределах частотой и сопрягающего полупроводникового преобразователя, гарантирующего требуемые характеристики энергопотребления при постоянной частоте. По сути, комплекс представляет каскадную систему преобразования переменного напряжения первичного (не качественного напряжения) в промежуточное напряжение постоянного тока и последующее преобразование постоянного напряжения в переменное с требуемыми для потребителя параметрами. Комплексы востребованы в авиационных системах генерирования электрической энергии, критичных к задачам наращивания мощности энергопотребления, точности и быстродействия реакции на управляющие воздействия. Подобные системы востребованы в транспортной сфере, в ветроэнергетике, приливных электростанциях дизель-генераторных установках земного назначения. Повышенный интерес в мировой практике к подобным техническим решениям вызван широким спектром преимуществ, включая возможность управления величиной и качеством преобразуемого потока энергии, возможностью существенного повышения удельных

показателей (0.1-0.3 кВт/кг), повышения кпд (на 15-20%), увеличение надежности систем, снижение материальных затрат на их реализацию и обслуживание.

Ключевые составляющие развития новых систем генерирования энергии, подробно рассмотренные в диссертации А.Г. Волкова, базируются на глубокой оценке достижений и сложившихся подходов реализации научно-технических задач с учетом возможностей современной элементной базы, методов анализа рабочих процессов в коммутируемых цепях, методов математического анализа, имитационного моделирования. Результаты работы показали реализуемость и эффективность выбранного направления решения сложной технической проблемы.

Об актуальности разработки способов и устройств вторичного преобразования энергии переменного тока, генерируемой электромеханическими устройствами свидетельствует значительный рост числа публикаций по рассматриваемой проблематике, как зарубежных, так и отечественных. Вместе с тем, уровень теоретического исследования задач повышения энергетической эффективности и улучшения динамических показателей устройств и систем, не удовлетворяет в полной мере запросам практики.

Оценка состояния достигнутых решений и актуальная необходимость дальнейшего совершенствования энергетических комплексов требует поиска новых принципов построения энергоэффективных систем, совершенствование алгоритмических процедур анализа и синтеза методов и структур управления полупроводниковыми преобразователями в составе систем генерирования электрической энергии (СГЭЭ), позволяющие улучшить качество выходного напряжения, а также энергетические показатели СГЭЭ.

В этом плане диссертационная работа Волкова А.Г., посвященная исследованию энергетических характеристик и алгоритмов управления новыми схемами многозонных электронных конверторов в системах генерирования электрической энергии переменного тока постоянной частоты является чрезвычайно актуальной.

В диссертационной работе Волкова А.Г. поставлены и успешно решены следующие основные задачи, весьма важные и актуальные для разработчиков полупроводниковых преобразователей для автономных объектов:

- анализ возможных вариантов построения, выбор и разработка силовых схем трехфазных многозонных электронных конверторов для СГЭЭ переменного тока постоянной частоты (СГЭЭ-ПТПЧ);

- разработка математических моделей многозонных преобразователей, обеспечивающих общий анализ энергетических показателей и алгоритмов управления полупроводниковых преобразователей, входящих в состав автономных СГЭЭ-ПТПЧ;

- анализ рабочих процессов в многозонных преобразователях электрической энергии для СГЭЭ;

- синтез алгоритмов управления многозонными полупроводниковыми конверторами, обеспечивающих требуемое качество генерируемой электрической энергии переменного тока постоянной частоты;

- разработка процедуры преобразования алгоритма управления инвертором напряжения в алгоритм управления инвертором тока, применительно к многозонному инвертору тока;

- разработка физического макета и проведение экспериментальных исследований многозонного преобразовательного комплекса (конвертора), работающего на автономную нагрузку.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается использованием известных способов математического моделирования, общепринятых допущений и имитационным моделированием, результаты которых подтверждены натурным экспериментом. Все теоретические положения и выводы диссертации строго обоснованы.

Достоверность и новизна, полученных результатов

Научная новизна заключается:

- в разработке новых схем многозонных конверторов и результатах анализа полученных энергетических характеристик. Эффекты достигнуты оптимизацией технических решений, снижением количества

полупроводниковых приборов, улучшением показателей качества выходного напряжения, входного тока;

- в результатах синтеза алгоритмов управления новыми многозонными электронными конверторами в структуре системы генерирования электрической энергии переменного тока постоянной частоты.

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

Достоверность полученных теоретических соотношений автор подтвердил результатами имитационного моделирования и физического эксперимента при уровнях мощности 0.5...1.0 кВт. Полученные при этом соотношения и численные результаты не противоречат основным научным и практическим положениям по исследуемой теме.

Литературный обзор, анализ библиографических материалов по теме диссертации показывают, что результаты, полученные автором, являются новыми.

Основные результаты диссертации отражены в 28 опубликованных работах, среди которых 2 статьи в журналах из перечня ВАК, 2 патента и одна заявка на патент, 26 работ докладывались и обсуждались на российских и международных конференциях и семинарах.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Автором получены следующие основные результаты, имеющие теоретическую и практическую значимость.

- Практическая значимость работы заключается в полученных соотношениях для проектирования трехфазных многозонных выпрямителей и инверторов тока, а также в разработанной инженерной методике расчета полного сопротивления нагрузки для многозонного инвертора тока в составе систем генерирования электрической энергии

переменного тока постоянной частоты. Автором создан макетный образец силовой схемы многозонного инвертора тока для систем генерирования переменного тока постоянной частоты, на котором проведенные экспериментальные исследования подтвердили достоверность расчетно-теоретических положений и сравнительно высокую точность полученных аналитических выражений;

- Предложены алгоритмы управления активным выпрямителем на базе многозонного инвертора тока, входящего в состав систем генерирования электрической энергии переменного тока постоянной частоты, позволяющие улучшить качество выходного напряжения и входного тока и электромагнитную совместимость устройств по входу и выходу.
- Полученные результаты представляют целостный обобщенный анализ исследуемых многозонных конверторов, который позволяет получить полное представление об их режимах работы, характеристиках и практических приложениях.
- Разработанные Волковым А.Г. имитационные модели многозонных электронных конверторов, а также алгоритмы управления многозонными полупроводниковыми конверторами на базе инвертора тока с высокочастотной широтно-импульсной модуляцией, обеспечивающих требуемое качество генерируемой электрической энергии и улучшение энергетических показателей систем генерирования на базе синхронного генератора с постоянными магнитами востребованы в ряде отраслей народного хозяйства, включая системы генерирования электрической энергии для летательных аппаратов.

Полученные научно-технические результаты исследований могут быть использованы промышленными предприятиями при производстве систем преобразования электроэнергии для энергетики на базе многозонных полупроводниковых преобразователей и высшими учебными заведениями для подготовки специалистов в области энергетической электроники.

Значимость полученных результатов подтверждена актами о внедрении, приведенными в диссертации.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования.

Диссертация хорошо структурирована. Исчерпывающе и корректно показан вывод приводимых автором соотношений. Иллюстрации достаточно

информативны и приводятся к месту.

Однако следует обратить внимание на некоторые недостатки:

- Для рассмотренных преобразователей не рассмотрен режим работы в составе электропривода, что является распространенным приложением для автономных систем электроснабжения.
- Автором рассмотрена работа исследуемых многозонных конверторов только с классической скалярной ШИМ, однако было бы интересно изучить их работу с различными способами ШИМ, в том числе и векторным.
- В ряде рисунков обзорной части работы (рис. 1.31, 1.37, 1.38) допущены некорректности. На рис. 2.17 не достаёт пояснений эффекта опережения на 120° входным током I_a напряжения U_a . В таблице 2.7 (стр.120) при состоянии ключей «I5» ключ T_{cp} , судя по логике предварительного описания режимом управления ключами, должен находиться в состоянии «1». В выражении, описывающем спектральный состава тока i_a , со ссылкой на рис. 2.3 допущена опечатка (введено слагаемое постоянной составляющей тока), кроме того, приведенное уравнение соответствует прямоугольной, знакопеременной импульсной функции в форме меандра с относительной длительностью «полуволны» $D=1$, а не $D=2/3$, как показано на рис. 2.3.
- Работа акцентирует внимание на энергетической эффективности разрабатываемых устройств, вместе с тем, не уделено внимания ни статическим, ни динамическим потерям мощности в полупроводниковых ключах.

Заключение

Диссертация Волкова Александра Геннадьевича на соискание ученой степени кандидата технических наук представляет завершённую научно-исследовательскую работу. Тема диссертации актуальна. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики, т.к. открывают возможности совершенствования технологии преобразования параметров электрической энергии и повышения качества энергопотребления в энергоемких отраслях народного хозяйства.

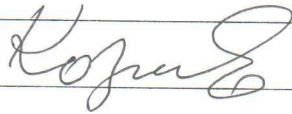
Полученные автором результаты проверены методами имитационного и схемотехнического моделирования, выводы и заключения корректны и обоснованы.

Отмеченные замечания не являются принципиальными с точки зрения поставленных задач и не искажают полученных результатов.

Автореферат соответствует исследуемой тематике и достаточно полно отражает содержание, основные положения и выводы диссертации.

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» М.: Стандартинформ.-2012.

Считаю, что Волков А.Г. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05,09,12- Силовая электроника.

Официальный оппонент: кандидат технических наук, профессор кафедры «Радиотехнических устройств» Федерального государственного образовательного учреждения «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (ФГОБУ ВПО «СибГУТИ»). Адрес: 630008. Новосибирск. Ул. Кирова 86. Тел. 2698233, e.mail: koz@sibsutis.ru		Козляев Юрий Дмитриевич
--	--	------------------------------------

Подпись Козляева Ю. Д. удостоверяю

назначенник *судебная коллегия*

корреспондент

Решение

Козляев Ю. Д.

"23" ноября 2016 г.

