

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.268.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15.10.22 № 11

О присуждении Осипову Александру Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Энергетически эффективные регулируемые резонансные преобразователи последовательных и последовательно-параллельных топологий» по специальности 05.09.12 – «Силовая электроника» принята к защите 26 мая 2022 г. (протокол № 9) диссертационным советом Д 212.268.03, созданным на базе ТУСУРа (634050, г. Томск, пр. Ленина, 40), Приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Осипов Александр Владимирович 16 января 1978 года рождения, в 1999 г. окончил ТУСУР. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Системы высокочастотного индукционного нагрева заготовок перед пластической деформацией» по специальности 05.09.12 – «Силовая электроника» защищена в 2004 году в совете Д 212.268.03 ТУСУРа. Работает в ТУСУРе на кафедре промышленной электроники (ПрЭ) в должности доцента. Диссертация выполнена в ТУСУРе на кафедре ПрЭ.

Научный консультант – Рулевский Виктор Михайлович, доктор технических наук, доцент, ректор ТУСУРа.

Официальные оппоненты: Зотов Леонид Григорьевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры теоретических основ радиотехники Новосибирского государственного технического университета; Краснобаев Юрий Вадимович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры систем автоматизированного управления и проектирования Сибирского федерального универ-

ситета, г. Красноярск; Голембиовский Юрий Мичиславович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры системотехники и управления в технических системах Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина. Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва в своем положительном заключении составленном заведующим кафедрой промышленной электроники доктором технических наук доцентом Асташевым Михаилом Георгиевичем и утвержденном помощником проректора по научной работе доктором технических наук Волковым Александром Викторовичем указала, что диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, содержит новые научные и практические результаты. В диссертации содержится решение задачи повышения энергетической эффективности резонансных преобразователей, имеющей значение для развития теории и практики силовой электроники, что соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Соискатель имеет 75 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 30 работ, опубликованных в журналах, входящих в список ВАК РФ, и 16 работ, опубликованных в журналах, индексируемых Scopus или Web of Science. Общий объем около 18 п.л., авторский вклад около 11 п.л. Получено 20 патентов на изобретения и полезные модели РФ. Наиболее значимые работы:

1. Осипов А.В. Энергетически эффективные режимы работы преобразователя частоты с последовательно-параллельным резонансным контуром при стабилизации мощности на переменной нагрузке // *Электротехника*. – 2017. – № 6. – С. 70-76.

2. Осипов А.В. Вольтодобавочный резонансный LCL-T преобразователь для автономных систем электропитания на возобновляемых источниках энергии / Осипов А.В., Запольский С.А. // *Известия Томского политехнического университета*. – 2018. – Т. 329. – № 3. – С. 77–78.

3. Осипов А.В. Синтез двухчастотного тока параллельно-последовательным резонансным LCLC-преобразователем с многократной широтно-импульсной модуляцией / А.В. Осипов // Доклады ТУСУР. – 2021. – № 1. – С. 75–82.

4. Осипов А.В. Резонансный LCL-преобразователь с частотно-широотно-импульсным регулированием / А.В. Осипов, В.М. Рулевский // Доклады ТУСУР. – 2021. – Т. 24, № 2. – С. 77–83.

На автореферат поступило 7 положительных отзывов из следующих организаций: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (**Томасов В.С.**, к.т.н., профессор факультета систем управления и робототехники); Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева», г.Красноярск (**Лукьяненко М.В.**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой систем автоматического управления), Севастопольский государственный университет, (**Завьялов В.М.**, д.т.н., проф., зав. кафедрой «Электроэнергетические системы автономных станций»); Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск (**Симонов Б.Ф.**, д.т.н., проф., зав. лаб. силовых электромагнитных систем), Южно-уральский государственный университет г. Златоуст (**Вигриянов П.Г.**, д.т.н., проф., профессор кафедры «Электрооборудование и автоматизация производственных процессов»); Национальный исследовательский Томский политехнический университет (**Обухов С.Г.**, д.т.н., проф., профессор отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики), Национальный исследовательский Томский государственный университет (**Шидловский С.В.**, д.т.н., декан факультета инновационных технологий).

В отзывах на диссертацию и автореферат указаны следующие основные замечания: не обоснован выбор однополярной многократной ШИМ при формировании двухчастотного тока; не показаны принципы стабилизации напряжения в вольтодобавочных структурах построения преобразователей при питании от солнечной батареи, напряжение которой может меняться фактически до нуля; не раскрыта сущность энергетических преимуществ, полученных за счет замены интервала рекуперации интервалом закорачивания при частотно-широотно-импульсном регулировании; определение энергетических характеристик двухчастотного преобразова-

теля проведено без учета изменения реактивной составляющей импеданса индуктора; при анализе не определялась габаритная мощность трансформатора и элементов резонансного контура; не раскрыты принципы реализации частотной подстройки при частотно-широотно-импульсном регулировании; не ограничена область возможных значений коэффициента передачи тока при предложенном способе согласования параметров преобразователя с нагрузкой с помощью *LCLC*-контура; аналитическая модель частотно-широотно-импульсного регулирования построена без учета ненулевой фазы тока выпрямителя; не показано как при синтезе способа регулирования учитываются ограничения диапазона импедансного преобразования нагрузки резонансным контуром; не рассмотрено структурное построение системы электропитания и ряд режимов ее функционирования; не освещены критерии выбора рабочей частоты; не пояснены причины исключения из анализа параллельных топологий резонансного контура; в тексте автореферата встречаются непонятные обозначения и термины.

Выбор официальных оппонентов обусловлен тем, что д.т.н. доцент Зотов Л.Г. является авторитетным общепризнанным специалистом в области резонансных преобразователей; д.т.н. профессор Краснобаев Ю.В. является известным ученым в области автономных систем электропитания и разработки систем электропитания космического назначения; д.т.н. профессор Голембиовский Ю.М. является признанным специалистом в области силовой электроники, а также разработки многоуровневых инверторов, резонансных инверторов для систем индукционного нагрева, преобразователей постоянного напряжения, что подтверждается списками опубликованных работ по теме диссертации.

Выбор ведущей организации обоснован тем, что в Национальном исследовательском университете «МЭИ» работают квалифицированные специалисты в области силовой электроники, которые имеют достаточный объем публикаций по тематике диссертации в ведущих изданиях и способны определить и аргументировано обосновать научную и практическую значимость работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- доказана перспективность применения свойства параметрического пре-

образования импеданса нагрузки, осуществляемого последовательно-параллельной топологией резонансного контура, для повышения энергетической эффективности преобразования электрической энергии;

- разработана обобщенная концепция повышения энергетической эффективности регулируемого резонансного преобразователя за счет параметрического импедансного преобразования нагрузки резонансным контуром;

- на основе указанной концепции предложены новые способы регулирования выходных параметров последовательно-параллельных резонансных преобразователей для систем электропитания и индукционного нагрева;

- сформулированы принципы построения регулируемых резонансных преобразователей на основе резонансных контуров последовательно-параллельных топологий в системах силовой электроники.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что

- раскрыто противоречие, заключающееся в неизбежности появления при регулировании выходных параметров резонансного преобразователя существенных интервалов рекуперации, что мешает обеспечению высокой энергетической эффективности;

- созданы научные основы синтеза режимов регулирования выходных параметров последовательно-параллельных резонансных преобразователей электрической энергии на основе концепции комплексного применения импульсного регулирования и импедансного преобразования нагрузки;

- изложены положения, направленные на разработку способов регулирования выходных параметров резонансных преобразователей последовательно-параллельных топологий, базирующихся на предлагаемой концепции применения импедансного преобразования нагрузки;

- изучено влияние на энергетические показатели регулируемого резонансного преобразователя импедансно-частотных характеристик резонансного контура последовательно-параллельной топологии;

- проведена модернизация существующих математических моделей последовательного резонансного преобразователя, заключающаяся во введении в модель функции коэффициента передачи последовательно-параллельного кон-

тура от частоты и добротности, что позволяет описать свойства предложенных резонансных преобразователей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– разработаны и внедрены режим стабилизации выходного напряжения резонансного преобразователя при обеспечении мягкого включения транзисторов, режим применен при разработке системы электропитания синтезатора частот, проект выполнен АО «НИИПП» (г. Томск); способ параметрической стабилизации мощности нагрузки последовательно-параллельным резонансным контуром, способ применен при разработке индукционно-нагревательного комплекса термической обработки сварного шва трубы газопровода, проект выполнен ООО НПК «Магнит М» (г. Томск); способ регулирования коэффициента передачи резонансного преобразователя с параметрической стабилизацией выходного напряжения при изменении нагрузки, способ применен при выполнении ОКР «Разработка цифрового управляющего и силовых модулей энергопреобразующего комплекса для высоковольтных систем электропитания космических аппаратов» (постановление Правительства № 218 от 09.04.2010 г.), *договор между АО «ИСС» и Минобрнауки РФ от 01.12.2015г. №02.G25.31.0182*; топология LLC-преобразователя, примененная при разработке стабилизатора напряжения питания звукового усилителя системы оповещения населения, проект выполнен ООО «Грифон» (г. Томск); принципы построения регулируемых резонансных преобразователей с мягким включением транзисторов в учебный процесс кафедры Промышленной электроники ТУСУРа;

– на основе обобщения опыта практической реализации сформированы практические рекомендации применения предложенных способов регулирования, основанные на принципе компенсации возмущений нагрузки параметрическим преобразованием, осуществляемым резонансным контуром.

Результаты диссертационной работы применялись при выполнении проектов, поддержанных грантами в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы» (№ П912 «Разработка и создание автономных фотоэлектрических энергетических уста-

новок с экстремальным регулированием мощности солнечных батарей» от 26.05.2010 г; № 16.740.11.0067 «Разработка и создание автономных энергетических установок с автоматическим слежением фотоэлектрических панелей за солнцем» от 01.09.2010 г; № 14.В37.21.1493 «Разработка контроллера заряда-разряда аккумуляторных батарей, обеспечивающего экстремальное регулирование мощности солнечных батарей автономных фотоэлектрических энергетических установок» от 12.10.2012 г.).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– теория построена на известных, проверяемых фактах, полученных на основе теории электрических цепей, теории колебаний, электротехники и согласуется с экспериментальными данными;

– идея работы базируется на обобщении опыта разработки резонансных преобразователей и заключается в комплексном применении импедансного преобразования нагрузки и импульсного регулирования;

– установлено качественное и количественное совпадение результатов с результатами экспериментальных исследований на макетных и промышленных образцах.

Личный вклад соискателя состоит в постановке целей и определении направлений исследований, формулировании выводов и научных положений, проведении научных экспериментов, обработке и интерпретации экспериментальных данных, участии в апробации результатов исследования. При подготовке основных публикаций по выполненной работе автор формировал основную идею исследования. Автор принимал непосредственное участие в разработке экспериментальных установок. Результаты, составляющие научную основу диссертации и выносимые на защиту, получены автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Диссертация содержит много оригинальных решений построения преобразователей, которые с системных позиций должны быть классифицированы.

2. Недостаточно освещен аспект моделирования. В работе упоминается три системы моделирования: OrCad, MathCad, PSpice, которые часто дублиру-

ют друг друга.

3. Недостаточно публикаций в зарубежных периодических изданиях;

4. Не четко формализовано понятие и критерии энергетической эффективности.

5. Не акцентирована значимость практических результатов.

Соискатель Осипов А.В. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

1. Предложенные решения классифицированы по предметным областям практического применения и разделяются, прежде всего, на резонансные инверторы и преобразователи постоянного напряжения.

4. Системы электропитания и индукционного нагрева предъявляют разные требования к энергоэффективности, общим критерием выбран ток резонансного контура, обеспечивающий минимальные потери и установленную мощность.

На заседании 15 сентября 2022 г. диссертационный совет принял заключение: за решение научно-технической проблемы построения энергетически эффективных регулируемых резонансных преобразователей, имеющей важное социально-экономическое и хозяйственное значение присудить Осипову Александру Владимировичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 20, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

16 сентября 2022г.



(Handwritten signature of Yuriy Alekseyevich Shurygin)
(Handwritten signature of Evgeniy Yuryevich Kostyuchenko)

Шурыгин Юрий Алексеевич

Костюченко Евгений Юрьевич