

**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
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 31 марта 2022 г. № 5

О присуждении Шульц Татьяне Евгеньевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Импедансный преобразователь в составе системы электроснабжения для возобновляемых источников энергии» по специальности 05.09.12 – «Силовая электроника» принята к защите 31 января 2022 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом Д 212.268.03, созданным на базе ТУСУРа (634050, г. Томск, пр. Ленина, 40; приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.).

Соискатель Шульц Татьяна Евгеньевна 18.10.1991 года рождения, в период с 2008 по 2018 обучалась в бакалавриате, магистратуре и аспирантуре Новосибирского государственного технического университета (НГТУ). В 2018 году Шульц Т.Е. окончила аспирантуру НГТУ. Работает инженером 2 категории Института силовой электроники НГТУ.

Диссертация выполнена на кафедре электроники и электротехники НГТУ. **Научный руководитель – Брованов Сергей Викторович**, д.т.н., доцент, проректор по научной работе НГТУ.

Официальные оппоненты: Дмитриков Владимир Федорович, д.т.н., проф, профессор кафедры теоретических основ телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»; **Обухов Сергей Геннадьевич**, д.т.н., проф. профессор отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики Национального исследовательского Томского политехнического университета, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (ФГАОУ ВО

ЮУрГУ (НИУ), г. Челябинск, в своем положительном отзыве, подписанном **Григорьевым М.А.** д.т.н., проф., главным научным сотрудником и заведующим кафедрой «Электропривод и мехатроника», **Дудкиным М.М.**, д.т.н., доц., профессором кафедры «Электропривод и мехатроника», **Маклаковым А.С.**, к.т.н., доц., доцентом кафедры «Электропривод и мехатроника», утвержденном проректором по научной работе д.т.н. доц. **Коржовым А.В.**, указала, что диссертация Шульц Т.Е. является законченным научным исследованием по актуальной теме, в работе представлены результаты, имеющие важное научное и практическое значение для специальности 05.09.12 – «Силовая электроника», а результаты исследований, представленные в диссертации, делают существенный вклад в решение актуальной задачи по поиску новых схемотехнических и алгоритмических решений в области силовых полупроводниковых преобразователей, подходящих для использования в системах, запитанных от фотоэлектрических преобразователей и питающих нагрузку.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано **17 работ**, из них в рецензируемых научных изданиях – 5 работ: 2 в журналах, рекомендованных ВАК; 3 в журналах уровня Q1, Q2, Q3; 6 работ в SCOPUS и WoS. Общий объем – 7,5 п.л., авторский вклад – 5,5. Получен один зарубежный патент.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Шульц Т. Е. Сравнительный анализ трехфазных трехуровневых квазиимпедансных инверторов Т-типа = Comparative analysis of three-phase three-level t-source inverters / Т. Е. Шульц, А. А. Гусев // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. - 2016. – № 3 (32). – С. 115–127. - DOI: 10.17212/1727-2769-2016-3-115-127.
2. Сравнительный анализ шунтовых регуляторов на основе топологий повышающих DC/DC преобразователей для аэрокосмического применения = The comparison of shunt regulators based on DC-DC boost topologies for aerospace application / Д. А. Курочкин, Т. Е. Шульц, А. В. Гейст, Д. А. Штейн, С. А. Харитонов // Электропитание. - 2019. – № 2. – С. 22–34.
3. LCCT-derived three-level three-phase inverters / Т. Shults, O. Husev, F. Blaabjerg, J. Zakis, K. Khandakji // IET Power Electronics. - 2017. - Vol. 10, iss. 9. - P. 996-1002. - DOI: 10.1049/iet-pel.2016.0023.
4. Novel space vector pulse width modulation strategies for single-phase three-level NPC impedance-source inverters / Т. Е. Shults, O. Husev, F. Blaabjerg [et al.] // IEEE Transactions on Power Electronics. - 2019. - Vol. 34, iss. 5. - P. 4820-4830. - DOI: 10.1109/TPEL.2018.2859194.

5. Пат. EE05800B1 Эстонская Республика, МКИ H02M, A LCCT-derived three-level three-phase inverter, having a new impedance source network, consisting of a single inductor, a single impedance diode, a transformer, having a secondary winding with a center point, and only three capacitors [Текст] / Janis Zakis, Oleksandr Husev, Tatiana Schults; заявитель и патентообладатель Tallinna Tehnikaülikool; NoP201500034 заявл. 02.12.2015; опубл. 15.11.2017. – 12 с.

На диссертацию и автореферат поступило 3 положительных отзыва: Лисодид С.Ю., к.т.н., доцент кафедры электротехники и авиационного электрооборудования и Халютин С.П., д.т.н., заведующий кафедрой электротехники и авиационного электрооборудования Московского государственного университета гражданской авиации; Храмшин Р.Р., к.т.н., доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова; Лопаткин Н.Н., к.т.н., доцент кафедры математики, физики, информатики Алтайского государственного гуманитарно-педагогического университета им. В.М. Шукшина, г. Бийск.

В отзывах на диссертацию и автореферат указаны следующие основные замечания:

Во введении диссертации не приведен важный фактор, определяющий величину выходного напряжения СБ – температура поверхности фотоэлектрических модулей; в автореферате не приведены данные, каким образом при моделировании и проведении экспериментальных исследований учитывались характеристики реальных возобновляемых источников электрической энергии, отличные от идеальных, в моделях и используемых источниках питания в экспериментах; не ясно, как будет работать указанный преобразователь, например, с солнечной батареей, уровень освещённости которой в течение суток изменяется от минимального до максимального значения; не раскрыта тема управления предложенным инвертором в системе с обратной связью и применением алгоритмов отслеживания точки максимальной мощности; в работе отсутствует анализ работы преобразователя при изменении параметров нагрузки в статическом режиме, в динамическом и аварийном режимах. Количественная оценка объема и массы магнитных компонентов производилась только по уровню запасенной энергии и не учитывала изменения параметров в функции токовых нагрузок обмотки; проведенный во второй главе анализ не дает четкого представления, по каким критериям происходит оценка импедансных цепей; явно не отмечается, что проведен анализ масса-габаритных показателей схем двухуровневых импедансных инверторов; не ясно, какие фиксированные значения коэффициентов пульсаций тока, напряжения

и частоты широтноимпульсной модуляции (ШИМ) автор использует при выполнении анализа; не ясно, почему в работе не рассматривались значения коэффициента трансформации больше 4; следовало обосновать выбор эквивалентной схемы замещения магнитосвязанного дросселя; желательно для облегчения понимания привести вывод аналитических выражений в главах 2 и 4; предлагается дополнительно провести анализ схемы полумостового трехуровневого импедансного инвертора; в работе следовало бы произвести расчет параметров CLC-фильтра на выходе трехуровневого инвертора; привести способы обеспечения баланса напряжений на конденсаторах схемы трёхфазного трёхуровневого NPC LCCT-Z-инвертора сокращающие высокочастотные пульсации тока в нейтрале. В тексте диссертации встречаются непонятные термины, языковые небрежности, незначительные отпечатки, грамматические и стилистические ошибки.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что д.т.н. проф. **Дмитриков В.Ф.** является признанным специалистом в области силовой электроники, а также фундаментальных и прикладных исследований по разработке новых принципов построения и производства высокоэффективных импульсных систем электропитания двойного назначения; д.т.н. проф. **Обухов С.Г.** является специалистом в области силовой электроники и решения актуальных вопросов, связанных с разработкой и внедрением технологий возобновляемой энергетики, что подтверждается списками опубликованных работ по теме диссертации.

Выбор ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ) в качестве **ведущей организации** обоснован тем, что в нем имеются квалифицированные специалисты в области разработки силовой электроники, в частности, многоуровневых инверторов и алгоритмов управления ими. Высокий квалификационный уровень сотрудников университета подтверждается научными публикациями в отечественных и зарубежных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** методика оценки и сравнения схем импедансных цепей, позволяющая произвести оценку масса-габаритных показателей схем через энергию, накопленную в конденсаторах и дросселях импедансной цепи;
- **разработана** структура 3-уровневого NPC LCCT-Z-инвертора с непрерывным входным током, отличающаяся тем, что имеет наименьшее число компонентов импедансной цепи среди трехуровневых импедансных схем;
- **предложены** новые способы ШИМ 1-фазными 3-уровневыми импедансными инверторами с нулевой точкой, позволяющие производить кон-

троль заряда-разряда конденсаторов импедансной цепи, улучшить качество выходного напряжения импедансного инвертора, эффективно использовать дополнительные состояния инвертора.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **применительно к проблематике диссертации результативно использован** математический аппарат базовых законов электротехники для анализа электромагнитных процессов в схемах импедансных двух- и трехуровневых инверторов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные аналитические соотношения использовались при обосновании технических решений для преобразователя частоты системы СГА-ОН в ОА «ПО «Север»». Также, они могут быть использованы в инженерных расчётах при проектировании системы электроснабжения, запитанной от возобновляемого источника энергии.

Результаты работы были внедрены в учебный процесс в курсах «Силовая электроника для возобновляемой энергетики» и «Специальные главы энергетической электроники» для магистров направления 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» по магистерской программе «Промышленная электроника и микропроцессорная техника», о чем также свидетельствует акт внедрения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **теория** построена на известных положениях теоретических основ электротехники, преобразования и передачи электрической энергии.

– **идеи базируются** на совместном применении импедансных цепей и трехуровневых NPC инверторов;

– **использованы** методы компьютерного моделирования на базе специально предназначенного для устройств силовой электроники программного обеспечения PSIM;

– **теория** согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме исследования электромагнитных процессов в схемах импедансных двух- и трехуровневых инверторов.

Личный вклад соискателя: постановка цели и задач исследования, изготовление экспериментальной установки, проведение экспериментов осуществлялась автором лично. Теоретические изыскания, моделирование, разработка алгоритмов и программного обеспечения выполнено автором лично.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

