

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.268.03, СО-
ЗДАННОГО 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 28 декабря 2021 г. № 17

О присуждении Токареву Вадиму Геннадьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Способы повышения энергетической эффективности активных силовых фильтров» по специальности 05.09.12 – «Силовая электроника» принята к защите 28 октября 2021 г. (протокол заседания N 13) 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 Токарев Вадим Геннадьевич 03 марта 1967 года рождения, в 1991 г. окончил Новосибирский электротехнический институт. В 2019 году соискатель окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ), выдавшую диплом об окончании аспирантуры № 125 от 21.06.2019 г. Работает старшим преподавателем кафедры вычислительной техники НГТУ.

Диссертация выполнена на кафедре электроники и электротехники НГТУ.

Научный руководитель – Брованов Сергей Викторович, доктор технических наук, доцент, проректор по научной работе НГТУ.

Официальные оппоненты: Панфилов Дмитрий Иванович, доктор технических наук, профессор, научный руководитель Научно-технического совета

АО «Научно-технический центр федеральной сетевой компании единой энергетической системы» г. Москва; **Лопаткин Николай Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры математики, физики, информатики Алтайского государственного гуманитарно-педагогического университета им. В.М. Шукшина», г. Бийск Алтайского края, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск), в своем положительном отзыве, подписанном **Пантелеевым Василием Ивановичем**, д.т.н., проф., зав. кафедрой «Электроэнергетика», утвержденном проректором по учебной работе канд. псих. наук Гуцем Д.С. указала, что диссертация Токарева В.Г. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных автором исследований представлено решение актуальной задачи по оптимизации преобразователей, их отдельных функциональных узлов и элементов, имеющей существенное значение для развития энергосберегающих технологий.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе 10 по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано – 3. Общий объем – 7,5 п.л., авторский вклад – 5,5. Получен один патент на полезную модель и 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Токарев В. Г. Улучшение синхронизации параллельного активного силового фильтра с питающей сетью / В.Г. Токарев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 101–108.

2. Токарев, В.Г. Методика вычисления коэффициента гармоник сетевого тока в трехфазной сети / В.Г. Токарев, С.В. Брованов, М.А. Дыбко // Доклады ТУСУР. – 2020. – Т. 23, № 2. – С. 116–121.

3. Токарев, В.Г. Векторная ШИМ для снижения циркуляционных токов в параллельно включенных трехуровневых преобразователях / В.Г. Токарев, С.В. Брованов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 94–104.

4. Improving the active power filter performance with a prediction-based control method / V. G. Tokarev, S. V. Brovanov, A. A. Yakimenko, A. V. Sidorenko, D. Solovev // The 17 international conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices, EDM 2016 : proc., Altai, Erlagol, 30 June – 4 July 2016. – Novosibirsk : NSTU, 2016. – P. 577-582.

5. Трехфазный активный силовой фильтр: п.м. RU175601U1 Российская Федерация : МПК H02J 3/26 / В.Г. Токарев, С.В. Брованов, В.А. Колесников, Д.Г. Метальников; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Системы Постоянного Тока" .- №2017108954; заяв. 17.03.2017; опубл. 12.12.2017; Бюл. № 35

На диссертацию и автореферат поступило 3 положительных отзыва. **Сивков А.А.**, д.т.н., профессор отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики Национального исследовательского Томского политехнического университета; **Штерцер А.А.**, д.ф.-м.н, ведущий научный сотрудник лаборатории синтеза композиционных материалов Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева» СО РАН, г. Новосибирск; **Андрянов А.И.**, к.т.н, доц., доцент кафедры «Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы» Брянского государственного технического университета.

В отзывах на диссертацию и автореферат указаны следующие основные замечания: подраздел диссертации 1.4 назван «КПД трехуровневого полупроводникового преобразователя», однако ни в этом, ни в последующих подразделах исследования расчет КПД не выполнен, присутствуют лишь составляющие тех или иных потерь; в тексте автореферата не приведены количественные оценки снижения потерь энергии в ключах преобразователей за счет применения предлагаемого алгоритма; подраздел диссертации 2.1 называется «Математическое описание трехуровневого полупроводникового преобразователя с фиксированной средней точкой», однако математического описания в традиционно понимаемом смысле не получено. В ходе диссертационного исследования разработан ряд алгоритмов, предназначенных для трехфазного трехуровневого преобразователя, однако, не отражено влияние предложенных алгоритмов на

баланс напряжений в звене постоянного тока. Из автореферата не ясно, какие отклонения следует ожидать при работе реальных активных силовых фильтров, параметры которых должны сильно отличаться от модельных, приведенных в таблице 2 автореферата; не раскрыта возможность масштабирования алгоритма векторной ШИМ на преобразователи с большим числом уровней; не рассмотрено влияние мертвого времени на эффективность алгоритма векторной ШИМ; в работе автор ограничился одним типом преобразователей; в диссертации и автореферате имеются незначительные опечатки.

Выбор официальных оппонентов обосновывается имеющимися у них публикациями, близкими по тематике с тематикой диссертации, а также тем, что доктор технических наук, профессор Панфилов Д. И. является признанным специалистом в области силовой электроники, разработки и внедрения устройств для управления режимами работы и обеспечения качества электроэнергии в распределительных сетях; кандидат технических наук Лопаткин Н. Н. является специалистом в области силовой электроники и разработки способов широтно-импульсной модуляции для полупроводниковых преобразователей, построенных по многоуровневой топологии, что подтверждается списками опубликованных работ по теме диссертации.

Выбор Сибирского федерального университета в качестве ведущей организации обоснован тем, что в нем имеются квалифицированные специалисты в области разработки активных силовых фильтров и компенсаторов реактивной мощности для трехфазных электрических сетей. Высокий квалификационный уровень сотрудников университета подтверждается научными публикациями в отечественных и зарубежных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **предложен** алгоритм векторной широтно-импульсной модуляции для двух трехуровневых полупроводниковых преобразователей в параллельном включении, позволяющий снизить циркуляционные токи и улучшить гармонический состав сетевого фазного тока;

– **предложен** алгоритм, повышающий эффективность компенсации параллельным активным силовым фильтром высших гармоник тока в установившемся режиме работы;

– **разработана** методика вычисления коэффициента гармоник сетевого тока, позволяющая проводить вычисления в реальном времени на микроконтроллерах, не имеющих аппаратной поддержки функций цифровой обработки сигналов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **применительно к проблематике диссертации результативно использован** математический аппарат дискретного и быстрого преобразований Фурье, теории мгновенной активной и реактивной мощностей, базовых законов электротехники для анализа электромагнитных процессов в многоуровневых полупроводниковых преобразователях.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработаны и внедрены алгоритмы управления активным силовым фильтром на базе инверторов напряжения в параллельном включении, алгоритмы управления преобразователем на базе трехфазного трехуровневого инвертора напряжения и имитационные модели в ООО «Системы постоянного тока».

Важным является то, что применение предложенного алгоритма широтно-импульсной модуляции позволяет снизить циркуляционные токи в три раза и улучшить коэффициент гармоник сетевого фазного тока. Его внедрение позволит улучшить энергетические и массогабаритные показатели вновь проектируемых устройств. Кроме того, алгоритмы и методики, предложенные в работе, могут быть реализованы и при обновлении парка уже существующих активных силовых фильтров, так как улучшение энергетических показателей может быть достигнуто только модификацией программного обеспечения.

Результаты диссертационного исследования используются в НГТУ в виде учебного материала для дисциплин «Схемотехника» и «Микроконтроллеры» по направлениям подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»,

профиль «Программное обеспечение компьютерных систем и сетей» и 12.03.01 «Приборостроение», профиль «Информационно-измерительные технологии».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **теория** построена на известных методах теории мгновенной активной и реактивной мощностей;
- **идеи базируются** на анализе электромагнитных процессов, протекающих в сетях переменного тока с нелинейной нагрузкой;
- **использованы** методы компьютерного моделирования на базе специально предназначенного для устройств силовой электроники программного обеспечения.

Личный вклад соискателя: постановка цели и задач исследования осуществлялась автором лично под руководством научного руководителя Брованова С.В. Экспериментальная часть работы: изготовление экспериментальной установки, проведение экспериментов осуществлялось на базе Института силовой электроники в составе творческого коллектива кафедры электроники и электротехники НГТУ. Теоретические изыскания, моделирование, разработка алгоритмов и программного обеспечения выполнено автором лично.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания.

1. Необходимо прокомментировать оценку КПД.
2. На графиках (слайды 10 и 11) также должна присутствовать зависимость от косинуса угла φ , так как нагрузка активно-индуктивная.
3. На слайде 13 из первой формулы неочевидно заявленное число математических операций для расчета среднего значения.
4. Сравнение показателей энергетической эффективности проведено при малой мощности нагрузки (слайд 18), при этом нет гарантии, того, что при большой нагрузке или другом характере нагрузки, будут такие же результаты.
5. Замкнутую систему с элементами предсказания необходимо исследовать на устойчивость, так как сказывается накопление ошибок.

Соискатель Токарев Вадим Геннадьевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

1. В настоящее время нет общепризнанной методики представления КПД для АСФ в силу специфики его работы, поэтому принято анализировать потери мощности в силовых элементах преобразователей.

На заседании 28 декабря 2021 г. диссертационный совет принял решение: за решение научно-технической задачи, имеющей значение в области силовой электроники и развития энергосберегающих технологий, присудить Токареву Вадиму Геннадьевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.09.12 – «Силовая электроника».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 3 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета

Шелупанов Александр Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Костюченко Евгений Юрьевич

30 декабря 2021 г.

