

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.07,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20 декабря 2023 протокол № 3

О присуждении Кабирову Вагизу Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Энергопреобразующий комплекс с резервированной цифровой системой управления для высоковольтных систем электропитания космических аппаратов» по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 16 октября 2023 г., протокол № 10 диссертационного совета 24.2.347.07, созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета № 1106/нк от 23.05.2023 г.

Соискатель Кабиров Вагиз Александрович, «30» января 1983 года рождения, в 2005 году окончил Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, получив квалификацию инженера по специальности «Промышленная электроника». В 2008 году завершил обучение в очной аспирантуре в Государственном образовательном

учреждении высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Работает инженером научно-исследовательского института космических технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском институте космических технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Семенов Валерий Дмитриевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», кафедра Промышленной электроники, профессор.

Официальные оппоненты:

Гарганеев Александр Георгиевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», инженерная школа энергетики, отделение электроэнергетики и электротехники, профессор;

Краснобаев Юрий Вадимович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра «Системы автоматизации, автоматизированное управление и проектирование», профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, **в своем положительном** отзыве, подписанном Асташевым Михаилом Георгиевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Промышленной электроники», и утвержденном проректором по научной работе Драгуновым Виктором Карповичем, профессором, доктором технических наук, **указала, что** диссертация Кабирова В.А. является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, содержит решения важных научно-технических задач, связанных с повышением эффективности разработки энергопреобразующих комплексов, которые могут быть применены не только в системах электропитания космических аппаратов, но и при проектировании других систем электропитания со статическими преобразователями энергии, имеющими модульную структуру. Полученные результаты достоверны и достаточны для обоснования сделанных выводов и их практических применений. Выполненные исследования имеют теоретическую и практическую ценность. Апробация основных положений диссертации и количество публикаций достаточны. Содержание автореферата полностью и адекватно отражает сущность диссертации. Диссертационная работа Кабирова В.А. соответствует требованиям пункта 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 103 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 27, из них в рецензируемых научных изданиях рекомендованных ВАК РФ 2 публикации, 6 публикаций входят в базы данных «Scopus» / «Web of Science», 17 публикаций в прочих изданиях (в том числе в материалах всероссийских и международных конференций). Также автором

получено 2 патента на полезную модель. Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 70%, общий объем – 9,53 п.л.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

Публикации в рецензируемых научных изданиях (перечня ВАК РФ):

1. **Кабиров, В.А.** Реализация двухконтурной системы управления энергопреобразующим комплексом в режиме стабилизации выходного напряжения каналом преобразования энергии аккумуляторной батареи / Н.П. Винтоняк, В.Д. Семенов, **В.А. Кабиров**, С.С. Тюнин, Д.А. Бородин // Доклады ТУСУР. – 2018. – № 4-1(21). – С. 61–70.

2. **Федотов, В.А.** Усилители сигналов для моделей реального времени / Ю.С. Боровиков, А.В. Кобзев, В.Д. Семенов, А.О. Сулайманов, А.И. Темчук, **В.А. Федотов (В.А. Кабиров)** // Доклады ТУСУР. – 2013. – № 2(28). – С. 70–80.

Патенты на полезные модели:

3. Патент № 194732 Российская Федерация. Зарядно-разрядное устройство: заявл. 22.07.19 : опубл. 20.12.19 / Бородин Д.Б., Тюнин С.С., Винтоняк Н.П., **Кабиров В.А.**, Семенов В.Д., Шиняков Ю.А. – Бюл. № 35.

4. Патент № 2650875 Российская Федерация. Система электропитания космического аппарата : заявл. 19.09.16 : опубл. 18.04.18 / Кочура С.Г., Школьный В.Н., Шиняков Ю.А., Лопатин А.А., Сунцов С.Б., Семенов В.Д., **Кабиров В.А.**, Осипов А.В., Черная М.М., Латыпов Р.А. Бюл. № 9.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus:

5. **Kabirov, V.A.** Miniaturization of spacecraft electrical power systems with solar-hydrogen power supply system / D.S. Torgaeva, **V.A. Kabirov**, V.D. Semenov, K.A. Akhtyrsky, A.I. Otto // International Journal of Hydrogen Energy. – 2023. – Vol. 48, N 24. – P. 9057–9070.

6. **Kabirov, V.A.** Analysis of structures of energy conversion complexes of spacecraft power supply systems in development of their digital control systems / **V.A. Kabirov**, N.P. Vintonyak, S.S. Tyunin, D.B. Borodin, V.D. Semenov, Ya.A. Shinyakov // 2nd International Scientific and Practical Conference on Innovations in Engineering and Technology, ISPCIET 2019: Conference Proceedings. – Veliky Novgorod: Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, 2019. – P. 1–13.
7. **Kabirov, V.A.** A digital control system for the power conditioning unit of spacecraft/ **V.A. Kabirov**, V.D. Semenov, Ya.A. Shinyakov // International review aerospace engineering: Praise Worthy Prize S. r.l. – 2019. – Vol. 12, N 1. – P. 26–34.
8. **Kabirov, V.A.** Modernization of the Weinberg's converter for the implementation of a chargedischarge device in the power supply system of a spacecraft / Y.A. Shinyakov, V.D. Semenov, M.P. Sukhorukov, D. Li, D.B. Borodin, **V.A. Kabirov** // 19th international conference of young specialists on micro/nanotechnologies/and electron devices, EDM 2018: Conference Proceedings – Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2018. – P. 533–539.
9. **Kabirov, V.A.** Digital pulse-width modulator with asynchronous change of compare register value and short delay time / **V.A. Kabirov**, V.D. Semenov, N.P. Vintonyak, D.B. Borodin, S.S. Tyunin // 14th international conference scientific-technical conference «Actual problems of electronic instrument enfineering» APEIE-2018: Conference Proceedings. – Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2018. – Vol. 1, Part. 6. – P. 124–129.
10. **Kabirov, V.A.** Methodology to synthesis of digital regulator for solar battery energy conversion channel in the spacecraft power supply system / Ya. Shinyakov, V. Semenov, **V. Kabirov**, D. Torgaeva, M. Sukhorukov, R.S. Sevastyanov // 2017 International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON 2017): Conference Proceedings. –

Novosibirsk: Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, 2017. – P. 346–350.

11. **Kabirov, V.A.** The method of synthesis of the digital controller for a solar energy conversion channel of the solar battery in the power supply system of a spacecraft / V.N. Shkolnyi, V.D. Semenov, **V.A. Kabirov**, M.P. Sukhorukov, D.S. Torgaeva // Siberian journal of science and technology. – 2019. – Vol. 20, N 1. – P. 74–86.

На диссертацию и автореферат поступили 7 отзывов, все положительные. В них отмечается актуальность работы, важность и новизна научных результатов, практическая значимость работы.

1. Отзыв доктора технических наук, профессора, академика АЭН РФ, генерального директора общества с ограниченной ответственностью «ММП-Ирбис» **Лукина А.В.** – замечания относятся к отсутствию тепловых режимов работы, делению токов между параллельно работающими каналами преобразования энергии и алгоритму управления унифицированных модулей стабилизации напряжения.

2. Отзыв кандидата технических наук, директора общества с ограниченной ответственностью «НПФ Мехатроника-Про» **Гусева Н.В.** – замечания относятся к уточнению функциональной схемы элемента выбора медианного сигнала и требуется пояснение как можно применить полученные результаты на общепромышленных объектах и на отечественной элементной базе.

3. Отзыв кандидата технических наук, доктора электротехники АЭН РФ, главного конструктора общества с ограниченной ответственностью «НТЦ АКТОР» **Четина А.Н.** – замечания относятся к требованию пояснения точности деления тока между параллельно работающими модулями стабилизации напряжения и пояснения работы предлагаемого энергопреобразующего комплекса при двух и более отказах.

4. Отзыв кандидата технических наук, научного сотрудника ИСЭ СО РАН **Оскирко В.О.** – замечания относятся к уточнению работы энергопреобразующего комплекса при выходе из строя модулей стабилизации

напряжения, к требованию уточнения выбора силовой схемы зарядно-разрядного устройства.

5. Отзыв инженера схемотехника общества с ограниченной ответственностью «ГАОДИ РУС» **Омельянчука В.В.** – замечания относятся к уточнению структуры и топологии силовой части модуля стабилизации напряжения.

6. Отзыв кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника акционерного общества «НПЦ «Полус» **Нагорного В.О.** – замечания относятся к отсутствию параметров исследуемого ЭПК, некорректности сравнения удельных характеристик общепромышленных преобразователей напряжения и энергопреобразующих комплексов, недостаточности проведенного обзора научно технических решений, к требованию обоснованности разработки нового типа широтно-импульсного модулятора.

7. Отзыв кандидата технических наук, начальника Лаборатории разработки и исследования перспективных технических решений и испытаний опытных образцов новых типов модулей силовой бортовой аппаратуры акционерного общества «Информационные спутниковые системы» М.Ф. Решетнева **Лопатина А.А.** – замечания относятся к требованию обоснования реализации 25-ти параллельно работающих высокоскоростных интерфейсов передачи данных и возможности реализации системы управления на отечественной элементной базе, к требованиям уточнения параметров повышения динамических характеристик энергопреобразующего комплекса при увеличении количества расчетов управляющего воздействия за период коммутации в сравнении с управлением по среднему значению тока, измеренного один раз за период, и замечанию по возможности размещения выходного фильтра в модулях стабилизации напряжения.

На все поступившие замечания Кабировым В.А. даны исчерпывающие ответы. Авторы всех отзывов положительно оценивают диссертацию и считают, что работа отвечает всем требованиям ВАК при Минобрнауки РФ, а Кабиров Вагиз Александрович заслуживает присуждения ученой степени

кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью, наличием достижений в области силовой электроники и построения с ее применением систем автоматического управления, высокой компетентностью в сфере, связанной с исследованиями энергопреобразующих комплексов, наличием публикаций в указанной области, а также возможностью дать научную оценку диссертационной работе. **Гарганеев Александр Георгиевич** – доктор технических наук, профессор, является специалистом в области исследования и разработки предметной области. Имеет большое количество публикаций по теме близкой к диссертационной работе. **Краснобаев Юрий Вадимович** – доктор технических наук, профессор, является специалистом в сфере исследования и разработки систем автоматического управления силовыми преобразователями в составе энергопреобразующих комплексов. Имеет значительное количество публикаций по теме близкой к диссертационной работе. **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»** один из крупнейших университетов нашей страны, известный проводимыми исследованиями и разработками энергопреобразующих устройств, а также способов управления преобразователями в их составе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана и обоснована новая концепция реализации цифрового управления импульсными регуляторами, заключающаяся в повышении количества проводимых вычислений выходного сигнала корректирующих устройств внешнего и подчинённых контуров управления за период работы широтно-импульсного модулятора, что позволяет повысить динамические характеристики импульсных регуляторов с цифровой системой управления.

предложена новая функциональная схема системы автоматического регулирования энергопреобразующего комплекса отличающаяся тем, что для каждого канала преобразования энергии реализован независимый контур обратной связи по выходному напряжению, а единый сигнал управления для подчиненного контура регулирования каждого канала выбирается многоканальными элементами выбора медианного сигнала, что позволяет создавать ЭПК из автономных унифицированных модулей стабилизации напряжения и ступенчато наращивать его выходную мощность параллельным включением модулей, обеспечивая многократное резервирование функциональных узлов ЭПК;

доказана перспективность применения непрерывных нелинейных имитационных моделей при построении имитационных моделей энергопреобразующих комплексов с целью повышения быстродействия моделирования;

не введено новых понятий.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана применимость методики расчета требуемой емкости выходного фильтра, обеспечивающей требуемый выходной импеданс энергопреобразующего комплекса;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** методика синтеза корректирующих звеньев импульсных регуляторов напряжения, основанная на построении структурных схем импульсных регуляторов в базисе коммутационно-разрывных функций;

изложены положения метода синтеза корректирующих звеньев двухконтурной системы автоматического регулирования параллельно работающих импульсных регуляторов, позволяющие одновременно обеспечить требования по выходному импедансу и равномерность деления токов;

раскрыта причина появления звена чистого запаздывания и значение постоянной времени в контурах регулирования цифровой системы управления с цифровым широтно-импульсным модулятором;

изучены зависимости времени чистого запаздывания широтно-импульсного модулятора от положения текущей рабочей точки системы автоматического регулирования;

проведена модернизация существующих математических моделей импульсных преобразователей с целью повышения быстродействия имитационного моделирования.

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

разработан и внедрен: цифровой многоканальный элемент выбора медианного значения сигнала управляющего воздействия при разработке бортового энергопреобразующего комплекса с цифровым резервированным управлением для высоковольтных систем электропитания космических аппаратов с применением российской импортозамещающей электронной компонентной базы производства АО «Информационные Спутниковые Системы» имени академика М.Ф. Решетнева»;

определены перспективы дальнейшего практического использования результатов диссертационного исследования для построения резервированных импульсных систем электропитания;

создана система практических рекомендаций по разработке энергопреобразующего комплекса высоковольтной системы электропитания космического аппарата, обеспечивающая соответствие параметров и характеристик разрабатываемого комплекса заданным требованиям технического задания;

представлены методические рекомендации по определению номинальной ёмкости выходного фильтра энергопреобразующего комплекса.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с применением сертифицированного измерительного оборудования и характеризуются удовлетворительной воспроизводимостью и согласуются с результатами расчетов;

теория построена на известных, проверяемых данных, и согласуется с авторскими и опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации, а также на известных положениях математического анализа и теории автоматического управления;

идея базируется на анализе и развитии методов расчета малосигнальных моделей импульсных преобразователей и цифровой обработки сигналов;

использованы сравнения авторских данных, полученных с использованием разработанных имитационных моделей, с данными экспериментальных и теоретических исследований, полученными ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное и количественное совпадение результатов, полученных автором с использованием разработанных математических и имитационных моделей с результатами, полученными при проведении физического эксперимента, что дает основание считать разработанные математические модели эффективными;

использованы современные методы сбора и обработки исходной информации, полученной в результате математического и имитационного моделирования, а также физического эксперимента с использованием современного контрольно-измерительного оборудования и специализированного программного обеспечения.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в проведении литературного обзора по тематике исследования, в изложении и обобщении теоретических и практических результатов работы, разработке математических и имитационных моделей, разработки опытного образца бортового энергопреобразующего комплекса с цифровым резервированным управлением для высоковольтной системы управления для ОА «ИСС»,

разработке испытательного стенда, методик проведения экспериментов и проверок, проведения экспериментов, в интерпретации полученных данных.

Все результаты, приведенные в диссертации, получены либо самим соискателем, либо при его участии.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленных научных задач и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, корректной постановкой цели и задач исследования, необходимым теоретическим обоснованием и проведением практических испытаний разработанных методов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: отсутствие в работе количественных оценок надежности полученной цифровой системы управления энергопреобразующего комплекса, а также недостаточное обоснование целесообразности перехода от аналоговой системы управления к цифровой.

Соискатель, Кабиров В.А. согласился с указанными замечаниями и привел собственную аргументацию: указанные в замечаниях вопросы действительно не рассматривались, но им в последующем будут посвящены отдельные исследования.

Диссертация Кабирова Вагиза Александровича представляет собой законченную квалификационную работу, в которой достигнуты важные научные и практические результаты. Работа отвечает требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор, Кабиров В.А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

На заседании 20 декабря 2023 диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для ракетно-космической отрасли страны присудить Кабирову Вагизу Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: «за» - 17, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председа
диссертац

Брованов Сергей Викторович

Ученый с
диссертац

Дыбко Максим Александрович

20 декабря 2023