

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.04 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 ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26 декабря 2019 г. № 3

О присуждении Рулевскому Виктору Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Энергоэффективные системы электропитания глубоководных телеуправляемых подводных аппаратов» **по специальности** 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 26 сентября 2019 г., протокол № 6, диссертационным советом Д.212.173.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования РФ, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Рулевский Виктор Михайлович, 1980 года рождения. В 2003 году соискатель с отличием окончил магистратуру Томского политехнического университета по направлению «Электротехника, электромеханика и электротехнологии». В 2006 году успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Система электропитания телеуправляемого подводного аппарата большой энерговооруженности» в диссертационном совете К 212.269.03, созданном на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Томский политехнический университет» по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы. В настоящее время является

ректором федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Диссертация выполнена на кафедре Компьютерных систем в управлении и проектировании и научно-исследовательском институте автоматики и электромеханики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ Шурыгин Юрий Алексеевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», кафедра Компьютерных систем в управлении и проектировании, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Каракаев Александр Бахтыреевич, доктор технических наук, профессор, Заслуженный военный специалист РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова» (ГУМРФ), кафедра Основ судовой электроэнергетики, профессор кафедры;

Мыщук Геннадий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (МЭИ), кафедры Электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта, профессор кафедры;

Пантелеев Василий Иванович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ),

Политехнический институт, директор; кафедра Электротехнические комплексы и системы, заведующий кафедрой

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» (СПбГМТУ), г. Санкт-Петербург, **в своем положительном заключении**, подписанном Воршевским Александром Алексеевичем, доктором технических наук, профессором кафедры электротехники и электрооборудования судов, Сеньковым Алексеем Петровичем, доктором технических наук, профессором кафедры электротехники и электрооборудования судов, **указала, что** диссертация Рулевского В.М. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором лично на высоком научном и техническом уровне, обладает внутренним единством и содержит новые научные положения и результаты, полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 58 работ, опубликованных по теме диссертации, 19 из них опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 5 публикаций в изданиях, входящих в международные базы Scopus и Web of Science. Остальные публикации в статьях российских и зарубежных журналов, в материалах международных и всероссийских конференций. Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 75 %. Общий объем публикаций – 32,5 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Рулевский В.М.** Системы электропитания телеуправляемых подводных аппаратов / В.М. Рулевский, Ю.Н. Дементьев, О.В. Бубнов // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307, № 5. – С. 120–123.

2. **Рулевский В.М.** Массогабаритные характеристики системы электропитания в функции от рабочей глубины телеуправляемого подводного аппарата / В.М. Рулевский, Ю.Н. Дементьев, О.В. Бубнов // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309, № 1. – С. 163–167.

3. Мишин В.Н. Системы электропитания телеуправляемых подводных аппаратов переменного тока мощностью свыше 10 кВт / В.Н. Мишин, **В.М. Рулевский**, А.Г. Юдинцев // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 322, № 4. – С. 107–110.

4. Мишин В.Н. Система электропитания универсального многоканального телеуправляемого необитаемого буксируемого комплекса / В.Н. Мишин, **В.М. Рулевский**, А.А. Тарасенко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2014. – № 5. – С. 8–10.

5. Юдинцев А.Г. Система управления трёхфазным автономным инвертором с векторной широтно-импульсной модуляцией / А.Г. Юдинцев, **В.М. Рулевский** // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 5–1. – С. 168–173.

6. **Рулевский В.М.** Математическое моделирование системы электропитания телеуправляемого необитаемого подводного аппарата с передачей энергии по кабель-тросу на переменном токе в пакете Matlab/Simulink / В.М. Рулевский, Д.Ю. Ляпунов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – С. 210.

7. **Рулевский В.М.** Особенности тепловых режимов работы погружных трансформаторов систем электропитания телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов / В.М. Рулевский // Тепловые процессы в технике. – 2015. – № 1. – С. 43–48.

8. Математическая модель системы электропитания телеуправляемого подводного аппарата с передачей энергии по кабель-тросу на переменном токе / А.А. Правикова, **В.М. Рулевский**, Д.Ю. Ляпунов, В.Г. Букреев //

Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2017. – Т. 20, № 1. – С. 131–135.

9. **Рулевский В.М.** НИИ автоматики и электромеханики – в области создания систем электропитания телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов / В.М. Рулевский, В.А. Пчельников, Ю.А. Шурыгин // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2017. – Т. 20, № 3. – С. 31–34.

10. Система электропитания глубоководного аппарата с высоковольтной передачей энергии постоянного тока по кабель-тросу / **В.М. Рулевский**, В.А. Чех, В.Г. Букреев, Р.В. Мещеряков // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2018. – № 1 (195). – С. 155–167.

11. **Рулевский В.М.** Синтез субоптимального регулятора напряжения в системе электропитания глубоководного аппарата / В.М. Рулевский, В.Г. Букреев, Е.Б. Шандарова // Электротехнические системы и комплексы. – 2018. – № 3 (40). – С. 47–54.

12. **Рулевский В.М.** Управление трехфазным автономным инвертором напряжения с предмодуляцией третьей гармоники в системе электропитания глубоководного аппарата / В.М. Рулевский, А.Г. Юдинцев, В.А. Чех // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2018. – Т. 10, № 5. – С. 1075–1086.

13. **Рулевский В.М.** Аппроксимация нелинейной математической модели системы электропитания глубоководного аппарата / В.М. Рулевский, В.Г. Букреев, Е.Б. Шандарова // Доклады ТУСУР. – 2018. – Т. 21, № 3. – С. 85–92.

14. **Рулевский В.М.** Оптимизация регулятора напряжения в системе электропитания глубоководных аппаратов / В.М. Рулевский, В.Г. Букреев, Е.Б. Шандарова, В.А. Чех // Робототехника и техническая кибернетика. – Т. 7, №1. – Санкт-Петербург: ЦНИИ РТК. – 2019. – С. 71–79.

15. **Рулевский В.М.** Техническая реализация и алгоритмическое обеспечение системы электропитания удаленного потребителя энергии / В.М. Рулевский // Доклады ТУСУР. – 2019. – Т. 22, № 2. – С. 128–134.

16. **Рулевский В.М.** Методика определения оптимального напряжения и частоты переменного тока в трехфазном кабель-тросе системы электропитания подводного аппарата / В.М. Рулевский // Доклады ТУСУР. – 2019. – Т. 22, № 2. – С. 121–127.

Публикации в международных и зарубежных изданиях:

1. **Rulevskiy V.M.** Autonomous inverters' PWM methods for remotely controlled unmanned underwater vehicles / V.M. Rulevskiy, A.A. Pravikova, D.Yu. Lyapunov (Article number 7911641) // 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM): proceedings, South Ural State University Chelyabinsk, May 19–20, 2016. – Челябинск: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016.

2. The power supply system model of the process submersible device with AC power transmission over the cable-rope (Article number 012098) / **V.M. Rulevskiy**, V.G. Bukreev, E.O. Kuleshova, E.B. Shandarova, S.M. Shandarov, Yu.Z. Vasilyeva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MEACS): proceedings, Tomsk, October 27–29, 2017. – Томск: Institute of Physics Publishing, 2017. – Vol. 177(1).

3. Mathematical model for the power supply system of an autonomous object with an AC power transmission over a cable rope (Article number 012073) / **V.M. Rulevskiy**, V.G. Bukreev, E.B. Shandarova, E.O. Kuleshova, S.M. Shandarov, Yu.Z. Vasilyeva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MEACS): proceedings, Tomsk, October 27–29, 2017. – Томск: Institute of Physics Publishing, 2017. – Vol. 177(1).

4. Voltage stabilizer in power supply of underwater vehicle (Article number 022018) / **V.M. Rulevskiy**, V.A. Chekh, Y.A. Shurygin, A.A. Pravikova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MEACS): proceedings,

Tomsk, December 4–6. – Томск: Institute of Physics Publishing, 2018. – Vol. 327(2).

5. Bukreev V.G. Power supply system model of remote processing equipment / V.G. Bukreev, E.B. Shandarova, **V.M. Rulevskiy** // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. – 2018. – Vol. 329(4). – P. 119–131.

Патенты РФ на изобретения и полезные модели:

1. Система электроснабжения телеуправляемого подводного аппарата с судна-носителя. Патент РФ № 46611 РФ от 10.07.2005. В.Н. Мишин, О.В. Бубнов, В.М. Рулевский, Ю.Н. Дементьев.

2. Устройство для электроснабжения подводного аппарата с судна-носителя с компенсацией реактивной мощности в кабель-тросе. Патент РФ № 87581 от 28.10.2008. В.Н. Мишин, В.М. Рулевский, В.А. Пчельников, О.В. Бубнов.

3. Устройство для управления трехфазным автономным инвертором с помощью векторной ШИМ. Патент РФ № 117747 от 27.06.2012. В.Н. Мишин, В.А. Пчельников, В.М. Рулевский, А.Г. Юдинцев, В.Л. Иванов.

4. Система электроснабжения подводного телеуправляемого аппарата с судна-носителя (варианты). Патент РФ № 119905 от 27.08.2012. В.Н. Мишин, В.А. Пчельников, В.М. Рулевский, А.Г. Юдинцев.

5. Система электроснабжения подводного телеуправляемого аппарата с судна-носителя с компенсацией реактивной мощности в кабель-тросе (варианты). Патент РФ № 122530 от 27.11.2012. В.Н. Мишин, В.А. Пчельников, В.М. Рулевский, А.Г. Юдинцев.

6. Преобразователь напряжения с защитой от перегрузки. Патент РФ № 126220 от 20.03.2013. В.Н. Мишин, В.А. Пчельников, В.М. Рулевский, А.Г. Юдинцев, Ю.А. Кремзуков.

7. Система электроснабжения подводного телеуправляемого аппарата. Патент РФ № 126217 от 20.03.2013. В.Н. Мишин, В.А. Пчельников, В.М. Рулевский, А.Г. Юдинцев, Н.Н. Цебенко.

8. Устройство для электроснабжения подводного аппарата с борта судна-носителя. Патент РФ № 156356 от 10.11.2015. В.Н. Мишин, В.А. Пчельников, В.М. Рулевский, А.Г. Юдинцев.

9. Устройство для электроснабжения телеуправляемого необитаемого подводного аппарата с борта судна-носителя на постоянном токе. Патент РФ № 158319 от 27.12.2015. В.Н. Мишин, В.М. Рулевский, В.А. Пчельников, А.Г. Юдинцев, А.А. Безрученко.

10. Устройство передачи мощности постоянного тока к телеуправляемому необитаемому подводному аппарату. Патент РФ № 163748 от 30.11.2015. В.Н. Мишин, В.М. Рулевский, А.Г. Юдинцев, В.Е. Бурцев.

На диссертацию и автореферат поступили 18 отзывов, все положительные:

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук, научный руководитель, д.физ.-мат.н., профессор, Академик РАН Кульчин Ю.А. – замечания о нагрузке рассматриваемой системы электропитания, о формировании требований к процессу стабилизации напряжения на нагрузке СЭП.

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет», кафедра «Вычислительная техника», профессор, д.т.н., профессор Бурков С.М. – замечания по терминологии, об отсутствии описания аппаратно-программного комплекса управления СЭП.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», кафедра Вычислительной техники, заведующий, д.т.н., профессор, Заслуженный деятель наук РФ Титов В.С. – замечания по недостаточному обоснованию понижения порядка системы дифференциальных уравнений, о выборе параметров кабель-троса и необходимости более подробного описания контролера.

4. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Югорский государственный университет», Институт нефти и газа, профессор, д.т.н., профессор Ковалев В.З. – вопросы об отсутствии описания примеров существующих систем электропитания ТНПА и результатов сравнения их характеристик, о решении задачи синтеза оптимального регулятора напряжения для системы электропитания с «априорно известными параметрами» при температурных изменениях параметров, расхождениях в результатах моделирования, замечания о недостаточно детальном обосновании выбора величины частоты напряжения в кабель-тросе.

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», кафедра Электропривода, автоматике и управления в технических системах, заведующий кафедрой, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ Бурковский В.Л. – замечания о недостаточно четком пояснении вопросов анализа структурной надежности предлагаемых вариантов САР и СЭП ГТПА, вопрос по компенсации реактивной мощности в разрабатываемой СЭП ГТПА.

6. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», факультет систем управления и робототехники, Научно-производственный центр «Прецизионная электромеханика», директор, кандидат технических наук, доцент Томасов В.С. – замечания, связанные с целесообразностью рассмотрения структур СЭП на постоянном токе и анализом математических моделей СЭП.

7. Общество с ограниченной ответственностью научно-производственное общество «ЮМАС», генеральный директор, д.т.н., профессор Мулёв Ю.В. – недостаточная обоснованность рассмотрения кабель-троса как цепи со сосредоточенными параметрами и качественного различия графиков выходного напряжения СЭП ТНПА.

8. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем морских технологий Дальневосточного отделения Российской академии наук, директор, д.т.н., член-корреспондент Российской Академии наук Щербатюк А.Ф. – замечания по отсутствию качественных оценок преимуществ разрабатываемых СЭП ТНПА, решения программно-аппаратной реализации комбинированного регулятора и описания реализации системы по модульному принципу.

9. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», кафедра «Информационные системы и защита информации», профессор, д.т.н., профессор Краковский Ю.М. – замечания по учету влияния среды на функционирование кабель-троса и связанной с ним инфраструктуры.

10. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, кафедра Управления в технических системах Института Инновационных технологий в электромеханике и робототехнике, профессор, д.т.н., профессор Ефимов А.А. – замечания о недостаточно представленных данных о достигнутых энергетических показателях разработанных систем электропитания и решении задач диагностики.

11. Акционерное общество «Центральное конструкторское бюро морской техники «Рубин», главный конструктор Семенов Д.О. – замечания по оформлению и терминологии, отсутствию рекомендаций по использованию структур и массогабаритным показателям СЭП ТНПА.

12. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра электроники и микроэлектроники, профессор, д.т.н., доцент Петушков М.Ю. – замечания по формулировке

пункта научной новизны, по оформлению некоторых рисунков и требованиям к регулятору с перенастраиваемыми параметрами.

13. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», инженерная школа энергетики, профессор, д.т.н., профессор Гарганеев А.Г. – замечания по терминологии и некоторым понятиям, недостаточно раскрыты оптимальные критерии качества регулирования процессов в системе, не пояснен переход от распределенных параметров кабель-троса к сосредоточенным, а также суть метода проектирования трансформатора.

14. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», президент, кафедра нанoeлектроники, заведующий кафедрой, д. физ.-мат. н., профессор, действительный член Российской Академии наук Сигов А.С. – вопросы по технической реализации оптимального регулятора с переменной структурой и целесообразности создания двух математических моделей СЭП.

15. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», кафедра «Системы автоматического управления», профессор, к.т.н., профессор Лукьяненко М.В., профессор кафедры, к.т.н., доцент, почетный работник высшего профессионального образования РФ Мизрах Е.А. – замечания о результатах математического и имитационного моделирования, по выбору величин параметров схемы замещения кабель-троса, по расчетам величины перерегулирования для экспериментальной установки.

16. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», кафедра электропривода и электротехники, заведующий кафедрой, д.т.н., доцент Макаров В.Г., доцент кафедры, к.т.н., доцент Шаряпов А.М. – замечания по рисункам, по терминологии, вопрос по

научной новизне алгоритма создания упрощенной линеаризованной модели системы электропитания.

17. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» филиал в г. Златоусте, кафедра «Электрооборудование и автоматизация производственных процессов», д.т.н., доцент, профессор кафедры Вигриянов П.Г. – замечания по формулировкам и терминологии, отсутствию альтернативных вариантов схемных решений и области применения введенного эмпирического коэффициента, а также оформлению автореферата.

18. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», кафедра «Средства связи и информационная безопасность», д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Майстренко В.А; д.т.н., профессор кафедры Бычков Е.Д. – вопросы по структуре, алгоритму работы контроллера СЭП ТНПА, по реализации использования источников постоянного тока в СЭП ТНП для случая автономного питания ТНП, замечание по отсутствию оценки надежности и эксплуатационных характеристик комплекса СЭП – ТНПА.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью, высокой компетентностью и наличием значимых достижений и публикаций в области проектирования электротехнических комплексов и систем. Доктор технических наук, профессор **Каракаев Александр Бахтыреевич** – признанный специалист в области научных исследований, связанных с разработкой и проектированием автоматизированных систем контроля и управления электротехническими комплексами и системами кораблей и судов. Доктор технических наук, профессор **Мыщук Геннадий Сергеевич** – признанный специалист по проектированию и созданию электротехнических комплексов и систем на базе устройств силовой электроники. Доктор технических наук, профессор

Пантелеев Василий Иванович – признанный специалист в области создания электротехнических комплексов на базе электродвигателей переменного тока и устройств силовой электроники, а также исследования динамических процессов, протекающих в них. **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»** – один из крупнейших университетов России, выпускающих специалистов в области электроэнергетики, занимающихся проблемами проектирования и создания современных бортовых электротехнических комплексов и систем на базе устройств силовой электроники и регулируемого привода переменного тока.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая экспериментальная методика построения систем электропитания глубоководных телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов, элементы которых связаны между собой кабель-тросом и алгоритмы управления ими, позволяющие обеспечить стабильное напряжение на нагрузке при высоких энергетических и массогабаритных показателях;

предложены оригинальные математические и имитационные модели систем электропитания глубоководных телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов постоянного и переменного тока, учитывающие изменяющийся характер параметров кабель-троса, компенсацию реактивной составляющей потребляемой мощности, режим работы трехфазного инвертора напряжения с предмодуляцией третьей гармоники выходного напряжения и позволяющие анализировать динамические процессы в основных элементах системы;

доказана перспективность использования оптимизированных регуляторов напряжения в бортовой части системы электропитания телеуправляемого необитаемого подводного аппарата для стабилизации напряжения в подводной части системы, а также обоснована перспективность совмещения

функций компенсирующих индуктивностей с функциями силовых трансформаторов (с учетом их индуктивностей рассеяния) для улучшения массогабаритных показателей подводных частей системы в 1,5-2 раза;

введено новое понятие «система электропитания телеуправляемого необитаемого подводного аппарата по кабель-тросу».

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что методики проектирования оптимизированных регуляторов напряжения позволяют обеспечить заданное качество напряжения в системе электропитания при изменении параметров кабель-троса и потребляемого тока технологическим оборудованием подводного аппарата;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования, в т.ч. методы преобразования Фурье, методы численного и имитационного моделирования, комплекс существующих базовых методов теории математической статистики и элементы линейной алгебры;

изложены положения, направленные на разработку математических моделей, которые базируются на использовании метода коммутационных функций и метода переменных состояния с учетом реализации алгоритма управления трехфазным автономным инвертором напряжения с предмодуляцией третьей гармоники;

раскрыто существенное несоответствие между передовым уровнем развития информационных систем и средств измерений параметров выходного напряжения системы электропитания телеуправляемого необитаемого подводного аппарата и возможностями традиционных методов получения сигналов обратной связи в таких сложных системах;

изучены зависимости причинно-следственных связей удельных характеристик подводной части системы электропитания при передаче электроэнергии по кабель-тросу на переменном токе от величины напряжения и частоты с учетом его собственной емкости;

проведена модернизация существующей методики теплового расчета погружных тороидальных трехфазных трансформаторов (охлаждающая среда морская вода) с масляной заливкой путем введения экспериментально полученного температурного коэффициента в уравнение для определения среднеповерхностной температуры трансформаторов.

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

разработана и внедрена технология модульного принципа построения систем электропитания, что позволило существенно сократить сроки и затраты на проведение опытно-конструкторских работ при создании систем электропитания комплекса многофункциональных технических средств «СЭП КМТС», универсального многоканального буксируемого комплекса «СЭП УМБК», телеуправляемого необитаемого подводного комплекса «СЭП ТНПК» и многофункционального необитаемого подводного комплекса «СЭП Магеллан-1» в АО «Южморгеология». Методика расчета параметров напряжения переменного тока в начале кабель-троса, позволяющая обоснованно подойти к определению токовой нагрузки при заданной передаваемой мощности с учетом собственной емкости кабель-троса, и методика теплового расчета тороидального трехфазного трансформатора с масляной заливкой в герметичном баке используется в образовательном процессе «Инженерной школы энергетики Национального исследовательского Томского политехнического университета» при подготовке студентов направления 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника». Методология аналитического синтеза оптимальных регуляторов напряжения для систем электропитания при изменении параметров кабельной линии и полезной нагрузки телеуправляемого подводного аппарата и программно-аппаратные технические решения промышленно выпускаемых систем электропитания телеуправляемых подводных аппаратов используются в учебном процессе Томского университета систем управления и радиоэлектроники при подготовке

студентов специальности 220201.65 – Управление и информатика в технических системах и специальности 230104.65 – Системы автоматизированного проектирования;

определены пределы и перспективы практического использования результатов диссертационной работы для улучшения энергетических и массогабаритных характеристик систем электропитания глубоководных телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов мощностью до 100 кВт; **создана** система практических рекомендаций по применению разработанных технических решений построения систем электропитания по модульному принципу, позволяющих существенно сократить сроки и повысить качество проектирования, а также эффективность таких систем;

представлены методические рекомендации по повышению энергоэффективности систем электропитания телеуправляемых подводных аппаратов за счет определения величины и частоты напряжения при передаче энергии по кабель-тросу на переменном токе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

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

теория построена на известных положениях теории автоматического регулирования, положениях математического анализа и основ электротехники, проверяемых данных, и согласуется с авторскими и опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта применения полупроводниковых преобразователей в составе распределенных систем электропитания телеуправляемых подводных аппаратов с передачей энергии по кабель-тросу длиной до 8000 метров;

использованы сравнения авторских данных и данных, полученных с применением ранее разработанных математических и имитационных

моделей, которые базируются на использовании метода коммутационных функций и теории переменных состояния с учетом реализации широтно-импульсной модуляции с предмодуляцией третьей гармоники;

установлено качественное и количественное совпадение результатов, полученных автором с использованием разработанных математических моделей и имитационных моделей с результатами, полученными при проведении физического эксперимента, эксплуатации промышленных образцов в морских экспедициях, что дает основание полагать разработанные модели эффективными;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, полученной в результате математического и имитационного моделирования систем электропитания телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов, и физического эксперимента.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании целей и постановке задач исследования, обосновании и разработке методов их решения. Лично соискателем произведена теоретическая проработка и экспериментальная проверка всех положений диссертационной работы, разработаны математические и имитационные модели систем электропитания, методика аналитического синтеза оптимальных регуляторов напряжения, методы проектирования систем с передачей энергии по кабель-тросу на переменном токе и теплового расчета погружного трансформатора подводной части системы электропитания, а также под руководством и при непосредственном участии выполнены проектирование и разработка экспериментальных образцов систем электропитания мощностью до 47 кВт. Подготовка основных публикаций по диссертации на 70-80 % принадлежит лично автору. Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, основной идейной линии.

На заседании 26 декабря 2019 г. диссертационный совет принял решение

присудить Рулевскому В.М. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту нет, проголосовали: за 18, против 1, недействительных бюллетеней 1.

Заместитель председателя
диссертационного совета

С.А. Харитонов

Ученый секретарь диссертационного совета
26 декабря 2019 г.

М.А. Дыбко