

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Чех Вадима Андреевича** на тему «**Система электроснабжения телеуправляемого необитаемого подводного аппарата с передачей электроэнергии по кабель-тросу на постоянном токе**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»**

Актуальность темы

Телеуправляемые необитаемые подводные аппараты (ТНПА) и комплексы (ТНПК) всё более широко применяют различные государственные учреждения и частные корпорации для выполнения поисковых, инспекционных, ремонтных подводных работ. Рост числа задач способствует дальнейшему развитию рынка ТНПА. Качество и функциональные возможности этих аппаратов во многом определяются надёжностью и эффективностью их систем электроснабжения (СЭС). В рецензируемой диссертационной работе поставлена и решается важная научно-техническая задача разработки и создания системы электроснабжения (СЭС) телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА), обеспечивающая высокие энергетические и массогабаритные показатели. Автор решает задачу при помощи анализа известных ТНПА и их СЭС и представляет ряд решений, связанных с разработкой структуры, математических моделей, программно-аппаратного комплекса с последующим макетированием. Область применения ТНПА разнообразна в связи с чем тема диссертационной работы является актуальной.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы из 110 наименований. Диссертация изложена на 161 странице машинописного текста, содержит 82 рисунка, 17 таблиц, 5 приложений.

Содержание работы

Во введении автор аргументирует актуальность исследования, формулирует цель и задачи работы. Представлена научная новизна и практическая значимость выполненной работы и перечислены положения, выносимые на защиту. Представлены сведения о реализации результатов исследования и их апробации.

В первой главе приведён аналитический обзор современных необитаемых подводных аппаратов, отмечены основные предназначения ТНПА и требования, предъявляемые к СЭС телеуправляемого необитаемого подводного комплекса (ТНПК).

Кроме того, проанализированы известные структуры СЭС с передачей энергии на переменном и постоянном токе, и в качестве перспективной структуры предложена СЭС ТНПК с передачей энергии по трехжильному кабель-тросу на постоянном токе, защищённая патент РФ №2759118.

Основными результатами первой главы считаю обоснование целесообразности исследования СЭС ТНПК с передачей энергии по трехжильному кабель-тросу на постоянном токе.

Во второй главе представлено описание разработанных аналитических и имитационных математических моделей разомкнутой системы электроснабжения подводных аппаратов, учитывающих изменение параметров кабель-троса и нагрузки. Аналитическое описание электромагнитных процессов составлено с применением дифференциальных уравнений и коммутационных функций. Результаты моделирования позволяют определить характер процессов и оценить адекватность методологии исследования. Представленные математические модели вносят вклад в развитие теории и основ проектирования СЭС ТНПК.

Третья глава посвящена разработке системы управления на основе контроля выходных напряжений и токов бортовой части СЭС ТНПК, обеспечивающей заданные параметры переходных процессов независимо от режима работы полезной нагрузки. В управлении применяется структура ПИ-регулятора с антинасыщением интегральной составляющей, что является оптимальным для обеспечения требуемой точности регулирования напряжения.

Следует отметить, что для автоматизации процесса настройки регулятора автором создан программный модуль идентификации передаточной функции на основе метода площадей, на который получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2020618587.

Далее автор рассматривает влияние структуры обратной связи системы на переходные характеристики при настройке регулятора как без учета, так и с учётом влияния положительной обратной связи по выходному току бортовой части СЭС в различных точках внешней характеристики. По итогам исследования создан ПИ-регулятор с перестраиваемыми коэффициентами.

Таким образом в данной главе сосредоточены положения, позволяющие при определенных допущениях выполнить процедуру синтеза ПИ-регулятора выходного напряжения БЧ СЭС ТНПК с перестраиваемыми коэффициентами.

Четвертая глава посвящена разработке с непосредственным участием автора программно-аппаратного комплекса системы электроснабжения ТНПА с передачей энергии по кабель-тросу на постоянном токе, с применением модульного принципа. Данное решения позволяют обеспечить полезную мощ-

ность до 50 кВт путем подключения унифицированных модулей. Кроме того, исходя из структурных и функциональных схем возможно подтверждение заданных удельных характеристик подводной части СЭС, расположенной в гараже-заглубителе и в аппарате. Данный показатель равен или превышает рассмотренные СЭС с передачей энергии на переменном токе.

Выполнено макетирование СЭС ТНПК с передачей энергии по трехжильному кабель-тросу на постоянном токе. Получен ряд зависимостей изменения выходных напряжений и токов на нагрузке при пуске на холостом ходу и на номинальную нагрузку, при набросе и сбросе нагрузки, в режиме несимметрии, а также внешняя характеристика СЭС ТНПК. Результаты экспериментальных исследований подтвердили адекватность имитационной модели замкнутой СЭП ТНПА и ее практическую применимость, так как расхождение между расчетными и измеренными параметрами выходного напряжения на нагрузке составило не более 18 %.

В заключении представлены основные результаты работы. Следует отметить, что основные выводы и результаты работы получены при выполнении теоретических и экспериментальных исследований автором лично. Выводы достоверны, теоретически обоснованы и подтверждены результатами численных и физических экспериментов.

Оценивая изложенное, считаю, что **основными научными и наиболее важными практическими результатами работы** являются:

- предложенная структура СЭС ТНПКА с передачей энергии по трехжильному кабель-тросу (до 8000 м) на постоянном токе, которая позволяет обеспечить требуемую стабилизацию напряжения на технологическом оборудовании подводного комплекса с высокой энергоэффективностью и массогабаритными показателями;
- разработанные математические модели СЭС ТНПК с передачей энергии по трехжильному кабель-тросу на постоянном токе с учётом несимметричной нагрузки, которые позволяют исследовать с достаточной точностью статические и динамические процессы в системе;
- методология синтез регулятора с перестраиваемыми коэффициентами на основе выходных напряжений и токов бортовой части системы, которая позволяет обеспечить требуемую стабилизацию напряжения в СЭС при изменении параметров кабель-троса и электрической нагрузки технологического оборудования ТНПКА;
- оригинальные технические решения, реализующие разработки автора и защищённые патентами Российской Федерации.

Содержание диссертации достаточно полно опубликовано в 14 научных работах, в том числе в 3 публикациях в изданиях, входящих в перечень ВАК для кандидатских диссертаций, 1 патенте РФ на изобретение, 4 статьях в изданиях Scopus и WebofScience и 1 свидетельстве об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат в достаточной степени отражает содержание диссертации.

Замечания по работе

1. При разработке математической и имитационной моделей (стр. 41 и 57) автором принимается допущение о том, что трансформаторы являются идеальными с коэффициентом преобразования K_{tr} , при этом индуктивности рассеяния, активные сопротивления обмоток трансформатора и параметры ветви намагничивания не учитываются, однако это допущение в работе не обосновывается и его влияние на результаты моделирования не анализируются.

2. При разработке системы управления СЭС автор переходит к использованию аппарата передаточных функций, однако отсутствует обоснование корректности его применения для исследуемых систем, характер которых явно отличается от линейных непрерывных систем, на которые ориентирован данный математический аппарат.

3. По тексту диссертации автор часто использует выражение «источник постоянного напряжения» вместо «источник напряжения постоянного тока».

4. При моделировании замкнутой системы в режиме холостого хода наблюдается ток нагрузки 5А, однако нет пояснений, чем обусловлено такое значение тока.

5. Указанное на стр.139 удельное значение мощности (не менее 2,5 кВт/кг) не вытекает из текста диссертации.

6. Текст диссертации содержит грамматические и стилистические ошибки, затрудняющие его восприятие.

Общее заключение о соответствии выполненной работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

Отмеченные недостатки не изменяют общей положительной оценки диссертации, которая обобщает достигнутые результаты научной и практической деятельности автора и представляет собой комплексное завершенное исследование, выполненное автором самостоятельно.

Диссертация может квалифицироваться как содержащая новое решение задачи, имеющей существенное значение для повышения энергетической эф-

фективности силовых установок телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов.

Считаю, что диссертационная работа В.А. Чех по своей актуальности, новизне, научной и практической значимости результатов соответствует требованиям Положения ВАК РФ (п. 9-14) в части, касающейся кандидатских диссертаций, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент, заведующий кафедрой «Электроэнергетика»
Политехнического института Сибирского федерального университета,
д-р техн. наук,

Пантелеев Василий Иванович
15.08.2022 г.

Подпись Пантелеева
и.о. проректора

Мезит А.Э.

Адрес: 660074, г. Красноярск, ул. акад. Киренского, 26
Телефон: 8 (391) 2912063, e-mail: vpanteleev@sfu-kras.ru

Отзыв получен 15.08.2022 Мезит / Дыбко МА
С отзывом ознакомлен 30.08.2022 Чех В.А.