

## ОТЗЫВ

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

На отзыв представлена диссертационная работа, содержащая 161 страницу машинописного текста формата А4, 4 главы, 82 рисунка, 17 таблиц, 5 приложений, библиографический список из 110 наименований, а также автореферат на 20 страницах машинописного текста формата А5.

### **Актуальность темы**

Обеспечение доступа к ресурсам Мирового океана для государственных учреждений и частных корпораций в условиях санкционных ограничений введенных для Российской Федерации требует разработки критически важных технологий для выполнения поисковых, инспекционных, ремонтных и исследовательских подводных работ, которые проводятся при помощи обитаемых и необитаемых подводных аппаратов, в том числе, для нужд военно-промышленного комплекса.

Поэтому актуальность темы диссертационной работы **Чех В.А.**, которая посвящена решению важной народнохозяйственной задачи: формированию и обеспечению стабилизированного напряжения для электропитания удаленной полезной нагрузки мощностью более 100 кВт глубоководных аппаратов с глубиной погружения до 8000 м при различных режимах работы - не вызывает сомнений.

### **Оценка структуры содержания работы**

Наименование и содержание диссертационной работы объединено внутренним единством достижения поставленной цели и решением теоретических и практических задач, направленных на разработку и создание системы электроснабжения телеуправляемого необитаемого подводного комплекса с передачей энергии на постоянном токе, обеспечивающей высокие энергетические и массогабаритные показатели.

**В первой главе** представлен обзор необитаемых подводных аппаратов и современных систем электроснабжения телеуправляемых необитаемых подводных комплексов с передачей энергии на переменном и постоянном токе. Предложена и обоснована структура современных систем электроснабжения телеуправляемых необитаемых подводных комплексов с передачей энергии на постоянном токе.

**Во второй главе** диссертационной работы рассмотрены особенности создания математической и имитационной моделей системы электроснабжения, функционирующих в различных режимах.

**Третья глава** посвящена разработке системы управления, обеспечивающей требуемые параметры переходных процессов независимо от режима работы полезной нагрузки.

**В четвертой главе** рассмотрен вариант технической системы электроснабжения телеуправляемых необитаемых подводных комплексов с передачей энергии по кабель-тросу на постоянном токе, реализованный на основе принципа модульности.

**В заключении** сформулированы основные результаты диссертационной работы.

**Методы исследований.** В работе применены методы математического и имитационного моделирования. Имитационное моделирование проводилось посредством программы Simulink пакета MatLab. Теоретические результаты подтверждены экспериментальными исследованиями в лабораторных условиях макетного образца, разработанного и изготовленного в НИИ АЭМ ТУСУРа.

**Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов диссертационной работы** подтверждается корректно поставленными задачами; использованными методиками и принятыми допущениями; применением научных методов исследования, экспериментальными исследованиями на макетном образце. Выводы и рекомендации являются результатом теоретических и экспериментальных исследований.

#### **Научная новизна**

1. Предложена структура современных систем электроснабжения телеуправляемых необитаемых подводных комплексов с глубиной погружения до 8000 м, позволяющая за счет передачи энергии на постоянном токе по трехжильному кабель-тросу обеспечить стабилизацию напряжения на полезной нагрузке подводного комплекса в заданных пределах при высоких удельных и энергетических характеристиках.

2. Разработана математическая модель разомкнутой системы электроснабжения телеуправляемых необитаемых подводных комплексов с передачей энергии по трехжильному кабель-тросу на постоянном токе, позволяющая за счет модуля идентификации параметров системы осуществлять синтез ее передаточной функции.

3. Разработана имитационная модель системы электроснабжения телеуправляемых необитаемых подводных комплексов с передачей энергии по трехжильному кабель-тросу на постоянном токе, учитывающая несимметричную нагрузку подводной части при максимальном отклонении выходных напряжений не более 10% от установившегося значения, позволяющая исследовать динамические и статические режимы ее работы.

4. Предложена система управления электроснабжением телеуправляемых необитаемых подводных комплексов, позволяющая за счет учета изменения параметров трехжильного кабель-троса и полезной нагрузки обеспечить стабилизацию выходных напряжений подводного комплекса в заданных пределах.

#### **Практическая ценность диссертационного исследования**

1. Предложена новая структурная схема системы электроснабжения телеуправляемых необитаемых подводных комплексов, позволяющая за счет передачи энергии по трехжильному кабель-тросу на постоянном токе обеспечить высокие удельные характеристики системы.

2. Разработаны математические модели системы электроснабжения телеуправляемых необитаемых подводных комплексов с передачей энергии по трехжильному кабель-тросу на постоянном токе в пакете прикладных программ MatLab и MathCad, позволяющие исследовать динамические и статические процессы в разомкнутой и замкнутой системах при различных режимах работы подводного комплекса.

3. Предложена методика расчета и выбора регулятора системы управления бортовой части систем электроснабжения телеуправляемых необитаемых подводных комплексов, учитывающая параметры трехжильного кабель-троса и нагрузки и обеспечивающая стабилизацию выходных напряжений подводного комплекса при несимметричных режимах работы.

4. Разработан алгоритм программного обеспечения систем электроснабжения телеуправляемых необитаемых подводных комплексов с передачей энергии по трехжильному кабель-тросу на постоянном токе, позволяющий осуществить комплексную диагностику и контроль электрических параметров системы перед началом и в процессе работы, а также управление и передачу данных состояний основных элементов системы.

5. Разработан и внедрен опытный образец современной системы электроснабжения телеуправляемого необитаемого подводного комплекса мощностью более 50 кВт и глубиной погружения до 8000 м.

#### **Реализация результатов работы**

Научные положения диссертационной работы, а также результаты теоретических, экспериментальных исследований и практические разработки внедрены в АО «Тетис Про» (г. Москва) в виде системы электропитания телеуправляемого необитаемого подводного комплекса для мобильного комплекса рабочего аппарата, в учебном процессе кафедры «Промышленная электроника» ТУСУР, в учебном процессе Инженерной школы энергетики НИ ТПУ, что подтверждено соответствующими актами.

## **Апробация работы**

Работа прошла хорошую апробацию. Результаты выполненных исследований отражены в 14 научных работах, 3 из которых опубликованы в ведущих журналах, входящих в перечень ВАК, 4 статьи в изданиях Scopus и Web of Science, получены 1 патент РФ на изобретение и 1 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

**Автореферат** отражает основное содержание диссертационной работы, написан литературным языком с использованием терминологии, принятой в данной отрасли науки и техники.

### **По диссертационной работе имеются следующие замечания:**

1. В главе 1 в недостаточном объеме выполнен литературный обзор и в результате не проведен сравнительный анализ уровня техники разработанной системы электроснабжения телеуправляемого необитаемого подводного комплекса с зарубежными аналогами, что снижает значимость полученных результатов.

2. Во второй главе выполнено аналитическое и имитационное моделирование процесса передачи энергии по кабель тросу. Чем вызвана необходимость дублирования моделей, учитывая, что в третьей главе при разработке и исследования регулятора системы электроснабжения применена имитационная модель, а в четвертой главе при сравнении с экспериментальной моделью также была применена имитационная модель?

3. Надо пояснить причины погрешности 8...18% в сравнительном анализе имитационной модели и экспериментального макета в четвертой главе?

4. В диссертационной работе в главе 4 не раскрыты вопросы влияния квантования по уровню и времени примененного в макете АЦП на качество работы регуляторов, что особенно проявляется в переходных процессах, ошибка достигает 18% и требуют пояснений погрешности сравнительного анализа имитационной модели и экспериментального макета и возможности их снижения?

5. Желательно уточнить, в каких опубликованных автором работах отражены основные научные положения, выносимые на защиту?

6. Имеются стилистические ошибки, например на стр. 157, Приложение Г: «Патент и свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ», имеются опечатки упомянутые источники 68, 69 в списке литературы диссертации по тексту не имеют ссылок.

7. В заключении не изложены рекомендации и перспективы дальнейшей разработки выполненного исследования (требование пункта 5.3.3 ГОСТ Р 7.0.1 1-2011 «Диссертация и автореферат диссертации, структура и правила оформления»).

## Заключение

Отмеченные недостатки и замечания не являются принципиальными и не влияют на общую оценку диссертационной работы.

Диссертационная работа **Чех Вадима Андреевича** является законченной научно-квалификационной работой на соискание ученой степени кандидата технических наук, содержащей решение актуальной и важной народнохозяйственной задачи: формированию и обеспечению стабилизированного напряжения для электропитания удаленной полезной нагрузки глубоководных аппаратов при различных режимах работы.

По названию, поставленной цели, решённым задачам и полученным результатам диссертация соответствует специальности 05.09.03.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а именно пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденных Правительством РФ от 24.09.2013 г. № 842 (ред. 01.10.2018), а её автор **Чех Вадим Андреевич** заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент, доктор технических наук,

профессор отделения «Электроэнергетики и электротехники»

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский

Томский политехнический университет»

Однокопылов Георгий Иванович

«30» 07 2022 г.

Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, 30,

ФГАОУ ВО НИ ТПУ, ИШЭ, ОЭЭ

тел. (382-2) +7 (3822) 701-777, доп. т. 3441

E-mail: [odnokopylov@tpu.ru](mailto:odnokopylov@tpu.ru)

Подпись Г.И. Однокопылова заверяю

Ученый секретарь

Кулинич Екатерина Александровна

Отзыв получен 9 авг 2022  
служ / Дыбко МА  
С отзывом ознакомлен 30.08.2022  
Чех В.А.