

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального
директора по научной работе,
главный конструктор
АО «НПШ «Полнос»

И. В. Балюс
_ 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию
Чех Вадима Андреевича

«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

1. Актуальность темы диссертации

Телеуправляемые необитаемые подводные аппараты (ТНПА) широко применяются в различных отраслях экономики: при разведке нефтяных и газовых месторождений на шельфе, выполнении работ по научному исследованию морского дна, а также для решения специальных задач.

Задача электроснабжения телеуправляемых необитаемых подводных комплексов (ТНПК) является достаточно сложной из-за ограниченной пропускной способности кабель-троса, связывающего аппарат с судном-носителем, особенно при глубинах погружения до 8000 м и передаваемой мощности более 100 кВт.

Таким образом, работа Чех Вадима Андреевича, направленная на разработку системы электроснабжения (СЭС) ТНПК с передачей энергии по кабель-тросу на постоянном токе, является актуальной.

2. Краткий обзор содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

Во **введении** кратко описана предметная область исследования, степень научной разработанности, обоснована актуальность темы

диссертации, сформулирована цель работы, изложены основные научные результаты, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена обзору научно-технических решений по СЭС ТНПА с передачей энергии по кабель-тросу, оценены достоинства и недостатки существующих систем. Сделан вывод о том, что система с передачей энергии по кабель-тросу, работающая на постоянном токе, имеет существенные преимущества, такие как отсутствие реактивных токов в кабель-тросе и лучшие массогабаритные показатели подводной части.

Автор предлагает новую структуру СЭС ТНПК на постоянном токе, которая позволяет исключить двойное преобразование напряжения 600 В полезной нагрузки и сформировать гальваноразвязанное напряжение 300 В, обеспечить работу СЭС в режиме несимметричной нагрузки подводной части.

Во **второй главе** приведены структурная схема и схема замещения СЭС ТНПК, описаны математическая и имитационная модели системы, построенные в среде MATLAB Simulink. Представлены результаты моделирования работы СЭС ТНПК без обратной связи по напряжению и току при переходных процессах и в установившемся режиме при симметричной и несимметричной нагрузках. Сделан вывод об эквивалентности математической и имитационной моделей системы.

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

Представлена структура системы управления автономными инверторами напряжения, принимающей в качестве сигналов обратной связи напряжения и токи в месте подключения кабель-троса к бортовой части СЭС и использующей перестраиваемый регулятор.

Приведена методика подбора параметров системы управления для обеспечения заданных режимов электроснабжения подводной части ТНПК.

На основе результатов имитационного моделирования СЭС ТНПК в различных режимах работы полезной нагрузки сделан вывод о корректности принятых решений и возможности обеспечить с их помощью требуемые характеристики питающего напряжения подводной части ТНПК, в том числе в аварийных режимах.

В **четвертой главе** представлен вариант технической реализации системы ТНПК и алгоритмы его работы. Приведены результаты работы с макетным образцом СЭС ТНПК по проверке адекватности разработанных в главах 2 и 3 математических моделей. Сделан вывод о том, что представленные математические модели позволяют исследовать статические и динамические процессы в системе с погрешностью в среднем не более 6 %.

В **заключении** сформулированы результаты и выводы диссертационной работы.

3. Научная новизна полученных результатов

Научная новизна полученных в диссертации результатов заключается в следующем:

1. Разработана новая структура СЭС ТНПК, позволяющая обеспечить стабилизацию напряжения на полезной нагрузке подводного комплекса при передаче энергии на постоянном токе по кабель-тросу.

2. Разработаны математическая модель разомкнутой СЭС ТНПК с передачей энергии на постоянном токе по трехжильному кабель-тросу и модуль идентификации ее параметров, что позволяет осуществить синтез передаточной функции СЭС.

3. Разработана имитационная модель СЭС ТНПК с передачей энергии по трехжильному кабель-тросу на постоянном токе, учитывающая несимметричную нагрузку подводной части и позволяющая исследовать динамические и статические режимы ее работы.

4. Предложена система управления СЭС ТНПК, позволяющая благодаря учету параметров трехжильного кабель-троса и полезной нагрузки обеспечить стабилизацию выходных напряжений подводного комплекса в допустимых пределах.

4. Практическая ценность и внедрение результатов

Практическая ценность работы состоит в следующем:

1. Предложена структура СЭС ТНПК позволяющая обеспечить высокие удельные характеристики системы при передаче энергии по трехжильному кабель-тросу на постоянном токе.

2. Разработана математическая модель СЭС ТНПК, позволяющая исследовать статические и динамические процессы в системе при различных режимах работы нагрузки.

3. Предложена методика расчета и выбора регулятора для системы управления бортовой части СЭС ТНПК, позволяющая обеспечить заданную точность стабилизации напряжения полезной нагрузки.

4. Предложены алгоритмы и разработано программное обеспечение СЭС ТНПК, позволяющее осуществить его комплексную диагностику во время эксплуатации.

5. Разработан и внедрен опытный образец СЭС ТНПК.

Результаты работы используются при проектировании СЭП ТНПК ГПНК.565414.001 Научно-исследовательским институтом автоматики и электромеханики Томского университета систем управления и радиоэлектроники (НИИ АЭМ ТУСУР) и внедрены в АО «Тетис Про» (г. Москва). Кроме того, результаты исследований используются в учебном процессе факультета электронной техники Томского университета систем управления и радиоэлектроники и Инженерной школы энергетики Национального исследовательского Томского политехнического университета.

5. Обоснованность и достоверность полученных результатов и сделанных выводов

Обоснованность и достоверность основных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается корректной постановкой задач, адекватностью разработанных моделей и совпадением результатов, полученных в ходе экспериментальных исследований на имитационной модели и макетном образце СЭС ТНПК.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы могут быть использованы на предприятиях, занимающихся производством СЭС для ТНПК и другой морской техники, например: АО «Тетис Про» (г. Москва), АО «НПЦ «Полус» (г. Томск), НИИ АЭМ ТУСУР (г. Томск), АО «АВЭКС» (г. Москва) и др.

7. Замечания по диссертационной работе

1. В описании практической значимости диссертации указано, что разработан и внедрен образец СЭС ТНПК мощностью более 50 кВт и глубиной погружения до 8000 м, однако в приложенном акте внедрения от АО «Тетис Про» указана глубина погружения 1000 м. Акт внедрения СЭС ТНПК для использования на глубине 8000 м отсутствует.

2. Не рассмотрен важный вопрос точности и устойчивости работы регуляторов напряжения нагрузки при изменении параметров кабель-троса до крайних возможных значений, что может привести к различиям в работе опытного образца в лабораторных условиях и в условиях реальной эксплуатации.

3. Не приведено сравнение численных значений массогабаритных характеристик и точности предложенной СЭС ТНПК и применявшихся ранее, что не позволяет в полной мере оценить сильные стороны ее работы.

4. Имеются опечатки и ошибки в оформлении рисунков.

8. Общая оценка диссертации

Основные теоретические и практические результаты, полученные автором в процессе исследований, докладывались на конференциях, обсуждались на семинарах и представлялись на тематических выставках. По теме диссертации опубликовано 14 работ, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК, и 4 статьи в изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science, получены 1 патент РФ на изобретение и 1 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и содержание диссертации отвечают заявленной теме и сформулированной цели исследований, что позволяет сделать вывод о завершенности работы в целом.

По своему содержанию работа соответствует паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Несмотря на отмеченные недостатки, в целом диссертация «Система электроснабжения телеуправляемого необитаемого подводного комплекса с передачей энергии по кабель-тросу на постоянном токе» является законченной квалификационной работой, обладает научной новизной, практической ценностью для науки и производства и полностью отвечает критериям пп. 9–14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, а ее автор Чех Вадим Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Отзыв на диссертационную работу обсужден на заседании структурного подразделения АО «НПЦ «Полус» – отделения автономной энергетики и преобразовательной техники, основным направлением деятельности которого являются исследования и разработки в области СЭС для морской, космической и иной специальной техники (протокол № 8 от 10.08.2022).

Старший научный сотрудник отделения
автономной энергетики и преобразовательной
техники канд. техн. наук

Хандорин М. М.

Наименование организации	Акционерное общество «Научно-производственный центр «Полус»
Почтовый адрес	634050, г. Томск, пр. Кирова 56 «в»
E-mail	info@polus-tomsk.ru
Телефон	(3822) 606-604
ФИО	Хандорин Михаил Михайлович
Должность, степень	Старший научный сотрудник, канд. техн. наук

Отзыв получен 25.08.2022 М.М. / Дельбо М.А.
С отзывом ознакомлен 30.08.2022 Чех В.А.