

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Красковского Михаила Владимировича на тему «Электротехнический комплекс для бесконтактной передачи электроэнергии на автономный подводный объект», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы (технические науки)

### **Актуальность темы диссертационного исследования**

Автономные подводные объекты находят широкое применение для решения разнообразных задач по исследованию водных ресурсов. Их достоинством является возможность самостоятельного перемещения относительно судов-носителей и, как следствие, высокие функциональные возможности. Необходимым условием работы автономных подводных объектов является наличие источника электрической энергии, в качестве которого используются аккумуляторные батареи. Для зарядки этих батарей наиболее безопасным и перспективным является бесконтактный способ. Вместе с тем, в научно-технической литературе эти вопросы рассмотрены и исследованы недостаточно полно.

Учитывая вышеизложенное можно заключить, что диссертационная работа Красковского М.В., посвященная исследованию электротехнического комплекса для бесконтактной передачи электрической энергии на автономный подводный объект, безусловно, является актуальной.

### **Научные результаты диссертационного исследования и их новизна**

1) На основе выполненного анализа с целью исследования динамических и энергетических процессов разработана структура и математическая модель электротехнического комплекса для зарядки аккумуляторной батареи, отличающиеся наличием дополнительного токоограничивающего элемента, снижающего броски пускового тока.

2) Разработана полная и упрощенная математические модели и предложена методика расчета высокочастотного трансформатора с распределенными обмотками специального назначения, являющегося одним из основных элементов электротехнического комплекса для бесконтактной передачи электрической энергии.

3) Предложена методика повышения эффективности заряда аккумуляторной батареи автономного подводного объекта на основе ограничения тока автономного инвертора напряжения с помощью последовательной резонансной цепи.

К результатам работы следует также отнести выполненное моделирование в программной среде Matlab Simulink и экспериментальные исследования с целью определения возможностей ограничения токов автономного инвертора напряжения.

### **Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается:

анализом состояния вопроса по литературным источникам;

строгостью используемых математических методов, результатами численных расчетов и моделирования;

результатами математического моделирования и натурных экспериментов;

апробацией результатов работы в публикациях и выступлениях на международных и всероссийских конференциях;

наличием патентов на изобретения и актом внедрения полученных результатов.

### **Практическая значимость работы**

Заключается в разработке математических моделей и оригинальных технических решений, направленных на практическое использование полученных в диссертационной работе результатов.

Внедрение результатов диссертации в практику зарядки аккумуляторных батарей подводных автономных объектов обеспечивает решение важной научно-технической задачи, имеющей существенное значение для судовой электроэнергетики.

Результаты работы, направленные на снижение токов автономных инверторов напряжения, внедрены и используются в лаборатории «Энергетика подводных робототехнических комплексов» федерального государственного бюджетного учреждения науки (ФГБУН) «Институт проблем морских технологий» Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИПМТ ДВО РАН).

### **Соответствие защищаемых положений паспорту специальности**

Область исследований в диссертации Красковского М.В. связана с основными научными направлениями специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», записанными в ее паспорте, а именно:

обоснованием совокупности технических, технологических, экономических, экологических и социальных критериев оценки принимаемых реше-

ний в области проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов и систем;

разработкой, структурным и параметрическим синтезом электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления;

Объектом исследования является электротехнический комплекс для бесконтактной передачи электрической энергии на автономный подводный объект.

Таким образом, диссертация М. В. Красковского в полной мере соответствует паспорту специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», то есть специальности защиты.

### **Содержание и общая оценка диссертационной работы**

На отзыв представлены:

- диссертация объемом 140 с, включая два приложения на 8 листах, которая содержит введение, пять глав, заключение, список литературы из 95 источников, 44 рисунка.

- автореферат диссертации на 26 с, в котором отражены: актуальность темы исследования и степень ее разработанности; цель работы и методы исследования; научная новизна; практическая ценность; основные положения, выносимые на защиту; апробация работы; результаты исследования и выводы по работе.

Представленный материал по объему и содержанию соответствует требованиям ВАК РФ.

В первой главе проведен обзор известных систем энергоснабжения подводных объектов. Представлена структура электротехнического комплекса бесконтактной передачи электрической энергии для заряда аккумуляторной батареи автономного подводного объекта. Отличительной особенностью структуры является применение специального высокочастотного трансформатора.

Во второй главе рассмотрены особенности функционирования управляемого выпрямителя напряжения. Проанализированы возможные варианты подключения выпрямителя с целью заряда его выходного конденсатора. Описаны преимущества и недостатки этих вариантов. Предложены схемные решения, направленные на ограничение пусковых токов. Разработана методика расчета емкости выходных конденсаторов выпрямителя и индуктивных сопротивлений дополнительных токоограничивающих реакторов, обеспечивающая ограничение пусковых токов. Предложена система управления выпрямителей напряжения.

Третья глава посвящена исследованию специальных высокочастотных трансформаторов для их использования в составе структуры электротехнического комплекса для бесконтактной передачи электроэнергии на автономный подводный объект. Проведены исследования схем замещения трансформаторов. Предложена методика их расчета, выполненная с помощью программы математического моделирования ANSYS Maxwell 3D. Проведены на основании предложенной методики расчеты силовых высокочастотных трансформаторов. Выполнен сравнительный анализ аналитических исследований и экспериментальных данных.

Четвертая глава посвящена аналитическим и экспериментальным исследованиям функционирования автономного инвертора напряжения, как элемента электротехнического комплекса для бесконтактной передачи электроэнергии на автономный подводный объект. Предложен способ разгрузки силовых ключей инвертора, основанный на включении индуктивности и образовании последовательной резонансной цепи на его выходе. Проведено исследование математической модели инвертора при резонансе на вторичной стороне трансформатора при включении в цепь дополнительного резонансного трансформатора.

В пятой главе представлены основные сведения об экспериментальных исследованиях в рамках поставленных задач.

В заключении приводятся основные результаты работы.

В приложении представлены копии патентов на разработки диссертационного исследования и акт внедрения результатов работы.

Работа написана технически грамотным языком, достаточно хорошо оформлена, использован современный математический аппарат. Основные результаты и выводы диссертации являются вполне обоснованными и достоверными.

Следует отметить солидную аprobацию материалов диссертационного исследования, как в отечественных, так и в зарубежных изданиях, а также практическую направленность работы, большой объем экспериментальных исследований.

Автореферат достаточно точно отражает содержание диссертационной работы. Выводы по главам и заключение по работе дают полное представление о научных результатах и практическом применении диссертационных исследований.

### **Замечания по работе**

1). Научная новизна работы плохо формализована. Не ясно, какие научные результаты получены автором в отличие от известных результатов.

2) В положениях, выносимых на защиту, термин «концепция» не вполне уместен. По сути, предлагается способ повышения эффективности бесконтактной зарядки аккумуляторных батарей подводных объектов.

3) .В главе 1 отсутствует подробный анализ известных технических решений, посвященных исследуемой проблеме. Список литературы содержит большое число явно устаревших источников. По результатам анализа не приводится перечень задач, подлежащих исследованию.

4) Название главы 2 не соответствует ее содержанию. В главе рассматривается управляемый выпрямитель напряжения, а не электротехнические комплексы, включающие этот элемент.

5) Работа перегружена описанием известных положений и схемных решений. Это особенно относится к главе 2, параграфам 3.1, 3.2, 4.1, 4.2.

6). Вывод о том, что пусковой ток может вывести активные элементы управляемого выпрямителя из строя, требует обоснования. Предлагаемое решение усложняет схему, снижает ее надежность. Нужны количественные оценки.

7). При сравнении результатов моделирования с экспериментальными данными требуются количественные оценки. Фраза «хорошее совпадение» ни о чем не говорит.

8) В автореферате и в самой диссертации имеются неточности, синтаксические и прочие ошибки. Например:

- в автореферате на с. 3, вторая сверху фраза, вместо «проводит», следует писать «проводить»; на рисунке 1 не обозначена индуктивность; «третья глава посвящена исследованиям специальных» - пропущено слово трансформаторов;

- в формулах 2.3 и 2.4 «ном» обозначено курсивом, а не прямым шрифтом; на с. 51  $L_{20}$   $R_2$  обозначено прямым шрифтом, а не курсивом;

- на с. 76 ошибка в названии главы «автономный», а не «автономный»;

- на с. 117 в заключении п. 1 отсутствует запятая после «Предложено решение»;

- на с. 74 в п. 1 вторая строка, вместо «дл» следует писать «для».

## **Заключение**

Сделанные замечания в своем большинстве носят частный характер, и не влияют на общее положительное представление о диссертации. Результаты работы позволяют сделать следующие выводы:

1. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы (технические науки).

Полученные Красковским М. В. в ходе выполнения исследований и изложенные в диссертационной работе научно-практические результаты вносят вклад в развитие методов исследования и моделирования электротехнических комплексов для бесконтактной передачи электрической энергии на автономный подводный объект. Автореферат раскрывает основные результаты и выводы диссертационного исследования. Опубликованные Красковским М. В. научные публикации соответствуют теме диссертационного исследования.

2. Диссертация Красковского М. В. на тему: «Электротехнический комплекс для бесконтактной передачи электроэнергии на автономный подводный объект» по форме, содержанию, актуальности и полученным результатам удовлетворяет требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор, Красковский Михаил Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы (технические науки).

Официальный оппонент, доктор технических наук,  
заведующий кафедрой электропривода и  
электрооборудования береговых установок  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»,

Саушев Александр Васильевич

*19.08.2019 г.*

19 августа 2019 года

E-mail: SaushevAV@gumrf.ru  
тел./факс: (812) 748-96-85

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова» (ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»), 198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская 5/7; тел. (812) 748-96-92; E-mail: otd\_o@gumrf.ru; сайт: <https://gumrf.ru>.