

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., профессора

Каракаева Александра Бахтыреевича

на диссертацию Рулевского Виктора Михайловича

«ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

ГЛУБОКОВОДНЫХ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ»

по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук.

На отзыв представлена диссертационная работа, содержащая 352 страницы, 7 разделов, 148 рисунков, 28 таблиц, библиографический список из 265 наименований, а также ее автореферат. Объем и структура диссертации и автореферата соответствуют рекомендациям ВАК РФ и ГОСТ Р 7.011-2011.

Основное содержание работы

В работе дано обобщение результатов научных исследований и разработок для различных систем электропитания глубоководных телеуправляемых подводных аппаратов (ТНПА), объединенных общим признаком, состоящим в том, что обеспечение функционирования и достижение максимальной энергоэффективности зависит от стабильности выходных параметров системы, а также обеспечения высоких удельных характеристик.

В настоящее время для проведения различного вида работ на больших глубинах Мирового океана требуется создание современных подводных технических средств. К числу таких подводных средств относятся ТНПА, которые представляют собой отдельный класс подводных робототехнических объектов с присущими им задачами, особенностями технологии, составом систем и функциональными свойствами.

Аналитический обзор отечественных и зарубежных публикаций в области ТНПА автору позволяет представить наиболее общую

классификацию таких аппаратов, хотя при всем их разнообразии (по целевому назначению, массогабаритным характеристикам, конструктивному облику, типу энергосиловой установки и т.д. и т.п.) общепризнанной классификации в этой сфере робототехники еще не сложилось.

В числе систем электропитания (СЭП)ТНПА рассматриваются системы с передачей энергии по кабель-тросу на постоянном и переменном токе. Для столь разнородных систем автор находит общие методы анализа, способы управления и средства технической реализации.

В работе развивается метод анализа переходных процессов в СЭП ТНПА с использованием определений «коммутационная функция» и «дискретное преобразование Лапласа», которые положены в основу разработанных математических моделей, применяемых для решения задач по энергетической эффективности и минимизации погрешностей выходных параметров систем.

Техническая реализация СЭП ТНПА сводится к построению различных вариантов систем с передачей энергии на постоянном и переменном токе повышенной частоты 1000 Гц, использованием систем автоматического управления на базе элементов «жесткой логики» и микропроцессорных устройств.

Важнейшим моментом работы является выполнение организационно-технических мероприятий по практической реализации разработок, выполненных с участием автора, что обеспечивает их широкое внедрение с большим техническим и экономическим эффектом. В связи с изложенным, на основании представленных автором материалов можно сделать следующие общие оценки.

Актуальность темы диссертации

В настоящее время вопросам повышения энергоэффективности СЭП ТНПА уделяется повышенное внимание при проектировании нового высокотехнологического оборудования для различного класса подводных аппаратов с глубиной погружения до 6000 метров.

Несмотря на выполнение ряда фундаментальных работ по разработке ТНПА и исследованию специальных СЭП на базе статических преобразователей, проблема создания энергоэффективных систем глубоководных подводных аппаратов никогда не исчерпает себя ввиду многообразия технологических задач и их непрерывного обновления. Поэтому решаемая соискателем задача по развитию методологии анализа, синтеза и разработки новых вариантов СЭП ТНПА, направленных на повышение энергоэффективности как самой системы, так и на качество функционирования технологического оборудования подводного аппарата является актуальной для народного хозяйства РФ.

Научная новизна исследования и полученных результатов

К ней можно отнести:

- структуры СЭП ТНПА, позволяющие за счет передачи энергии по кабель-тросу на переменном трехфазном напряжении повышенной частоты обеспечить стабильное напряжение на нагрузке при высокой энергетической эффективности системы;

- математическую и имитационную модели СЭП переменного тока, учитывающие изменяемый характер параметров кабель-троса и компенсацию реактивной составляющей потребляемой мощности нагрузки глубоководного аппарата;

- имитационную модель СЭП ТНПА постоянного тока, реализующая структуру силовой части с передачей энергии по трехжильному кабель-тросу и включающая симметрирующее устройство, расположенное на глубоководном аппарате;

- структуры модального и оптимального регуляторов напряжения СЭП ТНПА, позволяющие компенсировать изменение параметров кабель-троса и полезной нагрузки и обеспечить стабильное напряжение на подводном аппарате;

- метод проектирования СЭП ТНПА с передачей энергии по кабель-тросу на переменном токе, позволяющий за счет учета собственной емкости

кабель-троса обоснованно подойти к определению параметров напряжения в кабель-тросе при заданной передаваемой мощности;

- метод проектирования погружных тороидальных трансформаторов СЭП ТНПА, позволяющий увеличить точность тепловых расчетов за счет введения экспериментально определенного эмпирического коэффициента для заданной конструкции трансформаторов;

Степень обоснованности и достоверности научных положений

Развиваемый автором метод является универсальным при исследовании систем электропитания с передачей энергии по кабель-тросу как на постоянном токе, так и на переменном токе. Представленные модели и методы синтеза регуляторов напряжения имеют корректное математическое описание, результаты теоретических исследований хорошо подтверждаются практическими разработками, а их успешное внедрение в различные ТНПА с глубиной погружения от 2500 до 6000 метров является лучшим подтверждением достоверности и обоснованности представленных результатов.

Практическая значимость полученных результатов

Впечатляет практическое приложение работ. Разработанные и доведенные до внедрения варианты СЭП ТНПА обеспечили существенный прогресс в повышении эффективности выполнения работ и массогабаритных показателей подводных аппаратов, что подтверждается представленными в приложении к работе актами внедрения.

Анализ печатных работ показывает, что они достаточно полно отражают существо диссертации. Основные научные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на ряде Международных и Всероссийских конференциях, а автор В.М. Рулевский достаточно хорошо известен в кругу специалистов данной отрасли техники, как высококвалифицированный научный работник.

Замечания по существу работы

1. Детально рассматриваются структуры СЭП, защищенные патентами РФ с участием автора диссертации. Однако совершенно отсутствует информация о зарубежных и отечественных аналогах подобных систем, используемых не только для подводных аппаратов, но и при электроснабжении погружных центробежных насосов нефтяных скважин.

2. При построении регуляторов напряжения систем электропитания часто используются методы аналитического синтеза оптимальных регуляторов, позволяющие записать в явном виде параметры законов управления силовыми преобразователями на основе условий минимизации интегрального функционала качества. Так в работе применяется квадратичный критерий качества (выражение (1.3)), для которого отсутствуют рекомендации по выбору коэффициентов слагаемых выражения под интегралом. Возникает вопрос о применимости такого критерия, не отражающего явным образом основные показатели качества регулируемого процесса.

3. Процедура линеаризации исходной нелинейной математической модели СЭП предполагает наличие определенных условий при решении задачи аппроксимации. Некорректное обоснование этих условий или их невыполнение может привести к ошибочным результатам синтеза оптимальных регуляторов. В диссертации отсутствует необходимое обоснование этих условий.

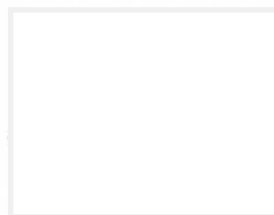
4. На рис. 3.27 приведен пример динамических процессов напряжения в замкнутой системе при разных значениях полезной нагрузки. Чем объясняется плавное изменение напряжения на интервале времени от 0.01 до 0.02 сек.?

5. Каким образом обеспечивается требуемая точность стабилизации напряжения на полезной нагрузке, если контур обратной связи охватывает только часть элементов СЭП и сигнал обратной связи поступает с выходного фильтра АИН (рис. 3.25)?

Заключение

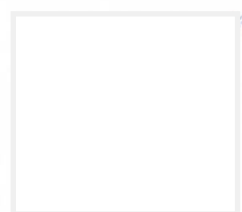
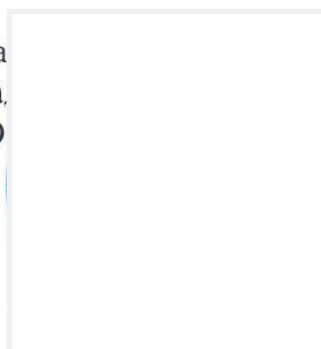
Диссертация Рулевского Виктора Михайловича, представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.03 - Электротехнические комплексы и системы.

Д.т.н., профессор,
Заслуженный военный специалист РФ,
профессор кафедры «Основ судовой
электроэнергетики» Федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования «Государственный
университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова»,
тел: +7 (952) 216-36-79,
e-mail: aleksandr.karakaev@list.ru



А.Б. Каракаев

Подпись А.Б. Карака
Начальник отдела ка.
имени адмирала С.О



М.П. Мушкетов

Отзыв напечатан 28.11.2019 г. Луж / Давыдов М.А./
С отзывом согласен.
Рулевский В.М.
09.12.2019г.