

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Слепцова Владимира владимировича
на диссертацию Аль-Руфай Фаиз Метаб Муса

«Автономные источники питания пьезоэлектрического типа с прямым преобразованием энергии волн в электричество», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальностям:

2.4.5. Энергетические системы и комплексы (технические науки);

2.4.2. Электротехнические комплексы и системы (технические науки).

Актуальность темы диссертации

Тема диссертационного исследования Аль-Руфай Фаиз Метаб Муса является актуальной и отвечает современным тенденциям развития возобновляемых источников энергии. Исследование посвящено разработке автономных источников питания на основе пьезоэлектрических элементов для преобразования энергии морских волн в электричество. Это направление является актуальным в условиях растущего спроса на энергоэффективные решения, обеспечивающие долговременное питание маломощных устройств в удаленных районах, таких как морские буи и удаленные автономные системы сбора информации.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Впервые предложены системы преобразования кинетической энергии жидкой среды в электрическую энергию за счёт использования пьезоэлектрических преобразователей и проведен анализ их эффективности.

2. Разработаны принципиальные схемы эффективного преобразования энергии волн в электричество, предназначенные для создания автономных, маломощных источников питания долговременного действия.

3. Разработаны и экспериментально проверены источники питания с тремя вариантами технических решений, обеспечивающих интеграцию электрической энергии, поступающей от пьезоэлектрических преобразователей. Показано, что наиболее эффективное преобразование энергии и стабильный выходной сигнала обеспечивала схема (СИЭЗопт-с). Оптимальная интеграция электрической энергии составило 210 мкВт для одного пьезоэлемента.

Степень обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации

Положения и выводы диссертации не противоречат современному уровню науки и техники и подтверждаются современными методами исследования, включая численное моделирование и экспериментальные измерения. Все рекомендации основаны на результатах проведённых исследований и имеют практическую применимость.

Диссертационное исследование выполнено с использованием современных методов научного анализа, включая:

- Теоретический анализ существующих решений и методов преобразования энергии волн.
- Компьютерное моделирование в программной среде COMSOL Multiphysics для анализа работы пьезоэлектрических элементов.
- Экспериментальные исследования в лабораторных условиях для проверки эффективности предложенных решений.

Автор корректно применил указанные методы, что обеспечило обоснованность научных положений и выводов..

Достоверность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность основных научных результатов диссертации Аль-Руфай Фаиз Метаб Муса обеспечивается выбранной методологией исследования, результатами анализа современных отечественных и зарубежных научных трудов по исследуемой проблематике, корректно отобранными и примененными методами сбора и обработки статистических данных.

По результатам диссертационной работы опубликованы 17 научных работ, из них 8 статей в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, в том числе 2 статьи в журналах, индексируемых в Scopus; а также 9 тезисов докладов и статей международных научно-практических конференций и научных журналов: «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность» (сентября 2023, Севастополь, Севастопольский государственный университет); «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения» г. Астана, марта 2025; «International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Environmental Technologies» (EMMFT-2024), Astana, Kazakhstan.

Практические рекомендации по применению новых методических разработок по формированию и оптимизации производственной программы прошли апробацию и внедрены в деятельности предприятий: ООО «Марлин-Юг» г. Севастополь; «Handiest Almodn Alarabia CO.» Ирак; «Toloa Alfajir CO.» Ирак и «Alsakhaa CO.» Ирак (имеются акты внедрения).

Все изложенное позволяет сделать заключение о достоверности положений, выносимых на защиту.

Характеристика структуры и содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Основная часть работы состоит из 198 страниц печатного

текста, 105 рисунков и 15 таблиц. Библиографический список содержит 145 наименования источников.

В первой главе проведен анализу работ, связанных с исследованием конструкций, принципов функционирования существующих типов волновых электростанций. Также представлен обзор и классификация существующих типов преобразователей энергии волн и перспективных проектов их использования. Проанализированы гидродинамические параметры волн у побережья Севастополя. Выполнен анализ методов использования пьезоэлектрических преобразователей для преобразования кинетической энергии волновых процессов в жидкой среде в электрическую энергию.. Особое внимание уделено краткому описанию проблемы энергосбережения в маломощном автономном морском оборудовании, которое использует аккумуляторы в качестве единственного источника питания, что существенно снижает сроки эксплуатации. Таким образом, в первой главе диссертации описан объект и предмет исследования, определены цели и задачи дальнейшего исследования.

Вторая глава посвящена генерации электроэнергии пьезоэлектрическими элементами (ПЭ) за счет морских волн. Были разработаны две модели: модель погруженного пьезоэлемента (ППЭ), взаимодействующего непосредственно с волнами, и модель не погруженного пьезоэлемента (НПЭ), с передачей колебаний через механический преобразователь. Моделирование взаимодействия жидкостного потока с пьезоэффектом выполнено в программной среде COMSOL Multiphysics, а полученные данные сопоставлены с результатами экспериментов для проверки их достоверности. Анализ полученных данных демонстрирует, что модель НПЭ обеспечивает выходную мощность примерно в 1,5 раза больше, чем модель ППЭ. Наблюдаемая разница в производительности указывает на важность конструктивных особенностей установки для повышения эффективности работы пьезоэлектрических элементов, выделяя не погружную конфигурацию как более предпочтительный и перспективный вариант для дальнейшего применения.

В третьей главе диссертант рассматривает различные схемы интеграции и преобразования энергии генерируемой ПЭ, проводит анализ их эффективности. Основная цель заключалась в выборе оптимальной схемы для увеличения эффективности процесса сбора энергии от пьезоэлектрических преобразователей. Рассматривались стандартная схема полного мостового выпрямления (Ст-ПМВ), схема синхронного извлечения электрического заряда (СИЭЗ), а также оптимизированная схема синхронного извлечения электрического заряда, (СИЭЗопт-с). В результате моделирования был сделан вывод, что схема СИЭЗопт-с обеспечивает наиболее эффективное преобразование энергии и стабильный выходной сигнал.

В четвертой главе проведены экспериментальные исследования технических решений, используемых для получения и накопления энергии волновых процессов с

использованием пьезоэлектрических элементов. Глава начинается с экспериментального анализа различных схем преобразования энергии на базе пьезоэлектрических элементов. В ходе экспериментов исследовались три основных типа схем преобразования энергии: стандартная схема полного мостового выпрямителя (Ст-ПМВ), схема синхронного извлечения электрического заряда с автопитанием (СИЭЗс) и оптимизированная схема синхронного извлечения электрического заряда с автопитанием (СИЭЗопт-с). Целью анализа являлось изучение влияния параметров компонентов на выходную мощность и определение их оптимальных значений для достижения максимального уровня энергоёмкости.. Экспериментальное исследование подтвердило, что схема СИЭЗопт-с генерировала мощность 950 мкВт, а схема Ст-ПМВ - 400 мкВт, что делает ее наиболее подходящей для питания маломощных устройств.

Замечания по диссертации

Несмотря на высокое качество работы, следует отметить следующие замечания:

1. Не приведено обоснование выбора в качестве основного материала для пьезоэлемента поливинилиденфторида (ПВДФ).
2. В работе недостаточно полно освещены вопросы деградации материалов, коррозионной устойчивости и стабильности параметров ПЭ-элементов в условиях длительного воздействия солёной воды, температуры и механических нагрузок.
3. Не рассмотрен вопрос совместимости пьезоэлементов с другими источниками энергии в гибридных системах.
4. Рекомендуются расширить экспериментальную часть для оценки долгосрочной стабильности системы в реальных морских условиях.

Указанные замечания не снижают значимость диссертационной работы.

Заключение

Диссертация Аль-Руфай Фаиз Метаб Муса на тему «Автономные источники питания пьезоэлектрического типа с прямым преобразованием энергии волн в электричество», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне. Достижение поставленной в диссертационном исследовании цели сопряжено с решением целого комплекса задач, имеющих теоретическое и прикладное значение. Полученные результаты являются новыми и имеют научную и практическую ценность. Автором продемонстрированы хорошие знания современного состояния проблемы, умение применять теоретические и экспериментальные методы исследования, а также обосновать выводы и рекомендации.

