

На правах рукописи



Коломейцев Александр Эдуардович

**ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ МОБИЛЬНОЙ
ВЕТРО-СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ
МАЛЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ**

Специальность: 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование
и энергоснабжение агропромышленного комплекса
(технические науки)

Автореферат

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

**Краснодар
2024**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

Научный руководитель: **Григораш Олег Владимирович**,
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Кирпичникова Ирина Михайловна**,
доктор технических наук, профессор,
Южно-Уральский государственный университет, профессор кафедры
«Электрические станции, сети и системы электроснабжения»

Велькин Владимир Иванович,
доктор технических наук, доцент
ФГБОУ ВО Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, профессор кафедры
«Атомные станции и возобновляемые источники энергии»

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»**, г. Краснодар

Защита диссертации состоится 25 апреля 2024 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.019.03 при ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина 13, КубГАУ, корпус факультета энергетики, ауд. № 110.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета на сайте ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» www.kubsau.ru и ВАК – <https://vak.minobrnauki.gov/ru>

Автореферат разослан « ___ » _____ 2024 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент
Самурганов Евгений Ерманекосович



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящий период аграрный сектор России является многоукладным хозяйством, где наряду с крупными хозяйствами существуют небольшие частные производители – фермерские и крестьянские хозяйства. Производительность малых фермерских хозяйств (МФХ), занимающихся производством мяса, рыбы, меда, молочных продуктов, шерсти, овощей и фруктов, удаленных от внешней энергетической системы, во многом определяется энергозатратами. Неисчерпаемость и экологическая чистота возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является перспективным направлением внедрения их в сельскохозяйственное производство.

Краснодарский край является перспективным регионом для внедрения ВИЭ из-за высокого уровня валового потенциала солнечной и ветровой энергетики. Сезонный характер сельскохозяйственного производства, небольшая мощность автономных потребителей электроэнергии и их рассредоточенность на большой территории являются основными особенностями МФХ. Эти факторы и современные достижения в области малой возобновляемой энергетики позволяют сделать вывод о необходимости разработки мобильных электростанций для электроснабжения автономных потребителей электроэнергии МФХ.

Параметры и режимы работы, а также эксплуатационно-технические характеристики мобильных ветро-солнечных электростанций (МВСЭ) зависят от многих факторов: потенциала ВИЭ; параметров и режимов работы потребителей электроэнергии; мощности основных и резервных источников электроэнергии, включая емкости аккумуляторных батарей.

Работа выполнена в соответствии с планами НИОКР Кубанского ГАУ на 2021–2025 гг. ГР № 121031700099-1, тема 32 «Обоснование и создание энергосберегающих адаптированных систем и технологий сельскохозяйственного назначения».

Степень разработанности темы. Научные проблемы разработки энергоэффективных солнечных и ветроэнергетических систем исследовали многие учёные: Амерханов Р.А., Безруких П.П., Борисов Р.И., Велькин В.И., Воронин С.М., Гайтов Б. Х., Елистратов В.В., Кашин Я. М., Коноплёв Е. В., Лукитин Б.В., Сибикин Ю.Д., Юдаев И.В. и другие авторы. Работы этих ученых посвящены разработке

методик оценки потенциал ВИЭ, инженерного расчёта ветроэнергетических и солнечных фотоэнергетических установок и систем, а также большое внимание уделено особенностям их проектирования и эксплуатации.

Проблематикой, ставшей предметом диссертационного исследования, занимались известные ученые Григораш О.В., Воронин С.М., Кирпичникова И.М., Козюков Д.А., Кузнецов П.Н., Никитенко Г.В., Пятикопов С.М., Усков А.Е., Шерьязов С.К. и многие другие учёные. Их работы были посвящены улучшению технико-экономических и эксплуатационно-технических характеристик функциональных элементов ветроэнергетических и солнечных фотоэнергетических установок, включая резервные источники электроэнергии. Однако вопросы разработки МВСЭ малой мощности с улучшенными массогабаритными и технико-экономическими показателями недостаточно исследованы.

Научными исследованиями в данной области в настоящее время занимаются ученые в образовательных учреждениях: Федеральном агроинженерном научном центре ВИМ, г. Москва; Южно-Уральском государственном университете (национально-исследовательский университет), г. Челябинск; Уральском федеральном университете, г. Екатеринбург; Кубанском государственном технологическом университете, г. Краснодар; Ставропольском государственном аграрном университете, г. Ставрополь.

Проблема состоит в том, что несмотря на большое разнообразие комплектации автономных электростанций на ВИЭ и научных разработок по данной теме сегодня отсутствуют мобильные энергетические установки малой мощности для электроснабжения автономных потребителей электроэнергии МФХ.

Рабочая гипотеза состоит в том, что если провести научные исследования по определению рационального соотношения мощностей ветровых и солнечных энергоустановок, а также традиционных источников, и графика нагрузок автономных потребителей, то можно получить соответствующие закономерности, позволяющие разрабатывать МВСЭ с минимальными массогабаритными и высокими технико-экономическими показателями.

Целью диссертационного исследования является обоснование параметров и режимов работы мобильной ветро-солнечной электростанции с минимальными массогабаритными и высокими технико-

экономическими показателями для электроснабжения автономных потребителей малых фермерских хозяйств.

Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи исследований**.

1. Разработать структурную схему мобильной ветро-солнечной электростанции для автономных потребителей малых фермерских хозяйств и алгоритм работы автоматизированной системы управления станции в основных режимах её функционирования.

2. Разработать методику расчёта мобильной ветро-солнечной электростанции малой мощности, позволяющей определить ее параметры и режимы работы, а также определить рациональное соотношение мощностей отдельных источников энергии.

3. Разработать функциональную и принципиальную электрическую схемы инвертора напряжения.

4. Разработать компьютерную модель инвертора напряжения и провести её исследования.

5. Разработать физическую модель инвертора, провести экспериментальные исследования и дать оценку достоверности полученных результатов.

6. Разработать способ определения рациональной структуры мобильной энергоустановки на основе экономических и массогабаритных показателей.

7. Провести технико-экономическое обоснование применения и производства мобильных электростанций.

Объектом исследования являются конструктивные решения ветроэнергетических и солнечных фотоэнергетических установок, а также структурные схемы автономных систем электроснабжения.

Предмет исследования – параметры и режимы работы, показатели оценки эффективности мобильных автономных систем электроснабжения.

Методы исследования базируются на использовании теории электрических цепей, основ теории электрических машин и силовой преобразовательной техники, метода статической оценки точности результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также в использовании программного комплекса SimInTech.

Научную новизну работы составляют:

– методика расчёта мобильной ветро-солнечной электростанции малой мощности, позволяющей определить ее параметры и режимы

работы, а также оптимальное соотношение мощностей отдельных источников энергии;

- компьютерная модель инвертора напряжения в основных режимах его функционирования;

- алгоритм работы автоматизированной системы управления мобильной ветро-солнечной электростанцией;

- способ определения рациональной структуры мобильной энергоустановки на основе экономических и массогабаритных показателей.

Теоретическую и практическую значимость работы составляют:

- обоснованные параметры и режимы работы автономных потребителей электроэнергии малых фермерских хозяйств, занимающихся разными видами деятельности, позволяющие определить рациональное соотношение мощностей источников энергии мобильной ветро-солнечной электростанции;

- конструктивные решения автономных систем электроснабжения, которые позволят повысить эффективность проектных работ при разработках мобильных ветро-солнечных электростанций с минимальными массогабаритными и высокими технико-экономическими показателями и программного аппарата для прошивки микропроцессора системы управления;

- пример структурно-схемного решения мобильной ветро-солнечной электростанции и разработанный алгоритм работы её автоматической системы управления позволят повысить надежность энергоснабжения фермерских хозяйств и создать комфортные условия работникам сельского хозяйства, занимающихся разными видами деятельности;

- предложенная методика расчета мобильной ветро-солнечной электростанции малой мощности, позволяет энергетикам хозяйств выбрать для нее энергооборудование с высокими технико-экономическими показателями;

- функциональная, принципиальная электрические схемы, компьютерная и физическая модель инвертора напряжения позволят производителям преобразовательной техники изготавливать данный тип устройств.

Положения, выносимые на защиту:

- методика расчёта мобильной ветро-солнечной электростанции малой мощности, позволяющей определить ее параметры и режимы

работы, а также оптимальное соотношение мощностей отдельных источников энергии;

– компьютерная модель инвертора напряжения в основных режимах его функционирования;

– алгоритм работы автоматизированной системы управления мобильной ветро-солнечной электростанцией;

– способ определения рациональной структуры мобильной энергоустановки на основе экономических и массогабаритных показателей;

– результаты сопоставления компьютерного моделирования и экспериментальных исследований.

Степень достоверности научных положений, выводов и рекомендаций базируется на строго доказанных и корректно используемых выводах фундаментальных и прикладных наук, положений, в которых нашли применение предложенных авторов методиках расчёта и решения оптимизационных задач по разработке рациональных структур мобильных ветро-солнечных электростанций, полученные результаты расчёта параметров инверторов согласованные с известными теоретическими положениями науки, а также совпадением результатов компьютерного и физического моделирования.

Реализация результатов исследований. Методика инженерного расчёта, позволяющая определять параметры и оптимальные соотношения мощностей источников электроэнергии мобильных ветро-солнечных электростанций малой мощности, используется в ООО НТК «Солнечный центр» г. Краснодар, математический аппарат для оценки эффективности мобильных энергосистем, выполненных на возобновляемых источниках, используется в ООО «Энерготехнологии-Сервис» г. Краснодар, результаты исследований внедрены в учебный процесс на факультете энергетики КубГАУ.

Апробация результатов. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 4 Всероссийских и 5 Международных научно-практических конференциях: II Национальная конференция «Научно-техническое обеспечение АПК России» (г. Краснодар, 2018 г.); II Международная НПК, МНИЦ «Наукофера» (г. Смоленск, 2019 г.); Международная НПК «Новая наука» (г. Петрозаводск, 2019 г.); Всероссийская национальная конференция «Научное обеспечение АПК» (г. Краснодар, 2019 г.); III Национальная конференция «Аграрная наука» (г. Краснодар, 2019 г.); IV Международная НПК (г. Краснодар, 2019 г.); IV Национальная конференция (г. Краснодар, 2021 г.);

.V Международная НПК (г. Краснодар, 2021 г.); Международная НПК «Технологические инновации и научные открытия» (г. Уфа, 2021 г.).

Личный вклад автора заключается в формулировке темы, цели и задач исследования, проведении анализа востребованности мобильных ветро-солнечных электростанций в сельскохозяйственном производстве, критериев оценки эффективности и требования к МВСЭ, разработке структурной схемы мобильной ветро-солнечной электростанции, функциональной и принципиальной электрической схемы, а также компьютерной модели инвертора напряжения, методики расчёта и оптимизации структуры мобильной энергоустановки.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, включая одну статью, размещенную в БД Scopus, 8 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Общий объём публикаций составляет 9 п. л., из которых 1,7 п. л. принадлежит лично автору.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы, включающего 132 источника, и приложения. Общий объём диссертации 124 страниц машинописного текста, включая 42 рисунка и 10 таблиц.

Во введении раскрывается актуальность исследований. Приведены цель и задачи исследований, объект и предмет исследований, научная новизна, практическая значимость и вопросы, выносимые на защиту.

В первой главе «Востребованность, основные показатели малой возобновляемой энергетики и анализ технических характеристик мобильных электростанций» показано, что Краснодарский край имеет высокий уровень потенциала ветровой и солнечной энергетики. Для повышения рентабельности малых фермерских хозяйств (МФХ), удаленных от внешней энергетической системы, перспективным является направление применения МВСЭ для электроснабжения автономных потребителей электроэнергии. Проведён анализ мощности и режимов работы автономных потребителей электроэнергии МФХ, занимающихся разными видами деятельности. Установлено, что среднесуточное потребление энергии хозяйствами, занимающимися производством мёда, рыбы, мяса и выращиванием овощей не превышает 30 кВт·ч.

Проведён анализ построения мобильных энергосистем на ВИЭ и основных характеристик их функциональных элементов. Раскрыты основные экономические и энергетические показатели оценки ветро-

энергетических и солнечных фотоэнергетических установок, а также последние научные разработки по исследуемой проблеме. Сделан вывод о том, что сегодня вопросы разработки мобильных энергосистем малой мощности с улучшенными массогабаритными и технико-экономическими показателями недостаточно исследованы.

Сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе «Разработка структурной схемы и методики расчёта мобильной ветро-солнечной электростанции» разработана структурная схема МВСЭ, показанная на рисунке 1, где обозначено: ВЭУ – ветроэнергетическая установка; СБ и АБ – солнечная аккумуляторная батарея; КЗ – контроллер заряда; И – инвертор напряжения; БЭС – бензоэлектростанция; Ш1 и Ш2 – шины для подключения нагрузки постоянного тока Н1 и переменного тока Н2. Особенностью схемы является то, что она содержит автоматическую систему управления (АСУ). Разработан алгоритм работы АСУ во всех режимах функционирования мобильной станции. В основу алгоритма положены следующие режимы работы: номинальный – источниками являются ВИЭ в случае недостаточной выработки ими энергии в работу включаются АБ; резервный – при низком уровне радиации и разряде аккумуляторных батарей АСУ запускает БЭС.

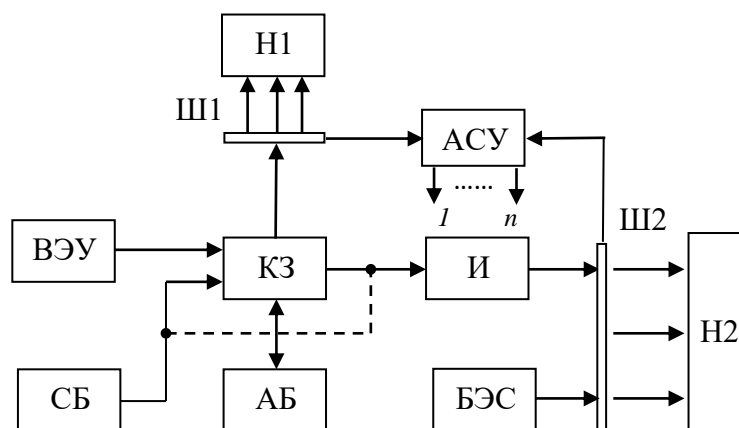


Рисунок 1 – Структурная схема МВСЭ

При этом целевая функция имеет вид:

$$C_{МВСЭ} = f(C_{ВЭУ}, C_{СБ}, C_{АБ}, C_{БЭС}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $C_{МВСЭ}$, $C_{ВЭУ}$, $C_{СБ}$, $C_{АБ}$, $C_{БЭС}$ – стоимость МВСЭ, ВЭУ, СБ, АБ и БЭС соответственно.

Для минимизации целевой функции (1) получены зависимости сложившихся цен на оборудование МВСЭ от мощности $C = f(P)$. Си-

стема уравнений аппроксимации, полученная при определении стоимости ВЭУ, СБ, АБ и БЭС мобильной электростанции (2), позволяет итерационным методом находить оптимальное сочетание стоимостных показателей оборудования.

$$\left. \begin{aligned} y_{ВЭУ} &= 3 \cdot 10^{-7} x^4 - 0,0011 x^3 + 1,2889 x^2 - 320,21 x + 55846, \\ y_{СБ} &= -2 \cdot 10^{-5} x^4 + 0,0381 x^3 - 24,962 x^2 + 7219,3 x - 758754, \\ y_{АБ} &= 164,1 x^{1,0469}, \\ y_{БЭС} &= 0,007 x^2 - 15,807 x + 26038, \end{aligned} \right\} (2)$$

где y – отклик, которым является стоимость, а x – управляемый фактор – мощность.

На рисунке 2 в качестве примера, приведены диаграммы распределения выработки электроэнергии между источниками для номинального режима работы при высоком уровне потенциала ВИЭ.

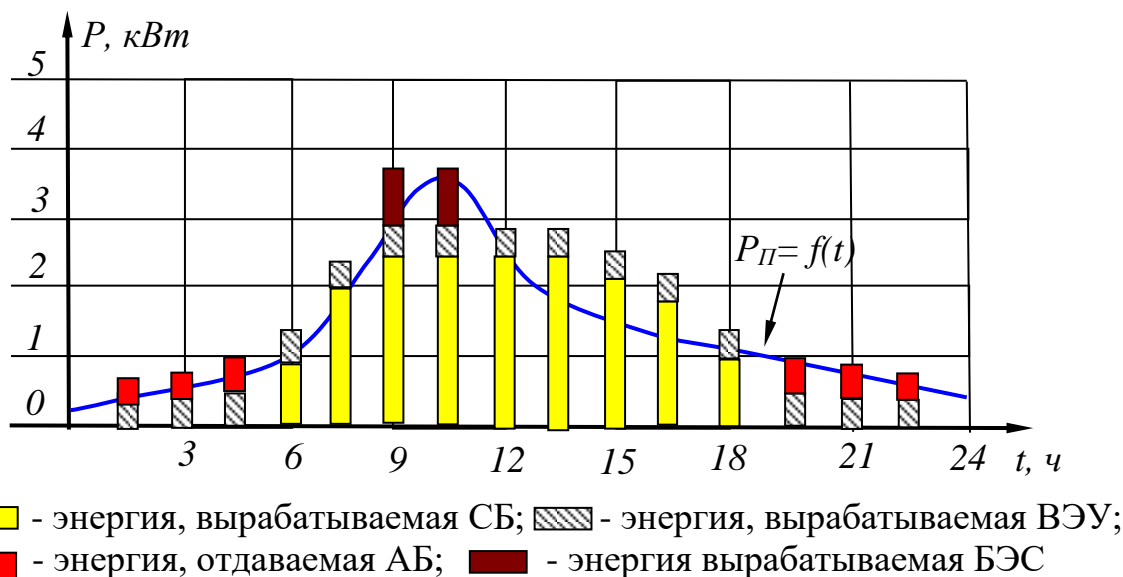


Рисунок 2 – Распределение выработки электроэнергии между источниками

В третьей главе «Разработка инвертора напряжения для мобильной ветро-солнечной электростанции» приведена принципиальная электрическая схема (рисунок 3) и компьютерная модель инвертора напряжения выполненная в программе SimInTech (рисунок 4).

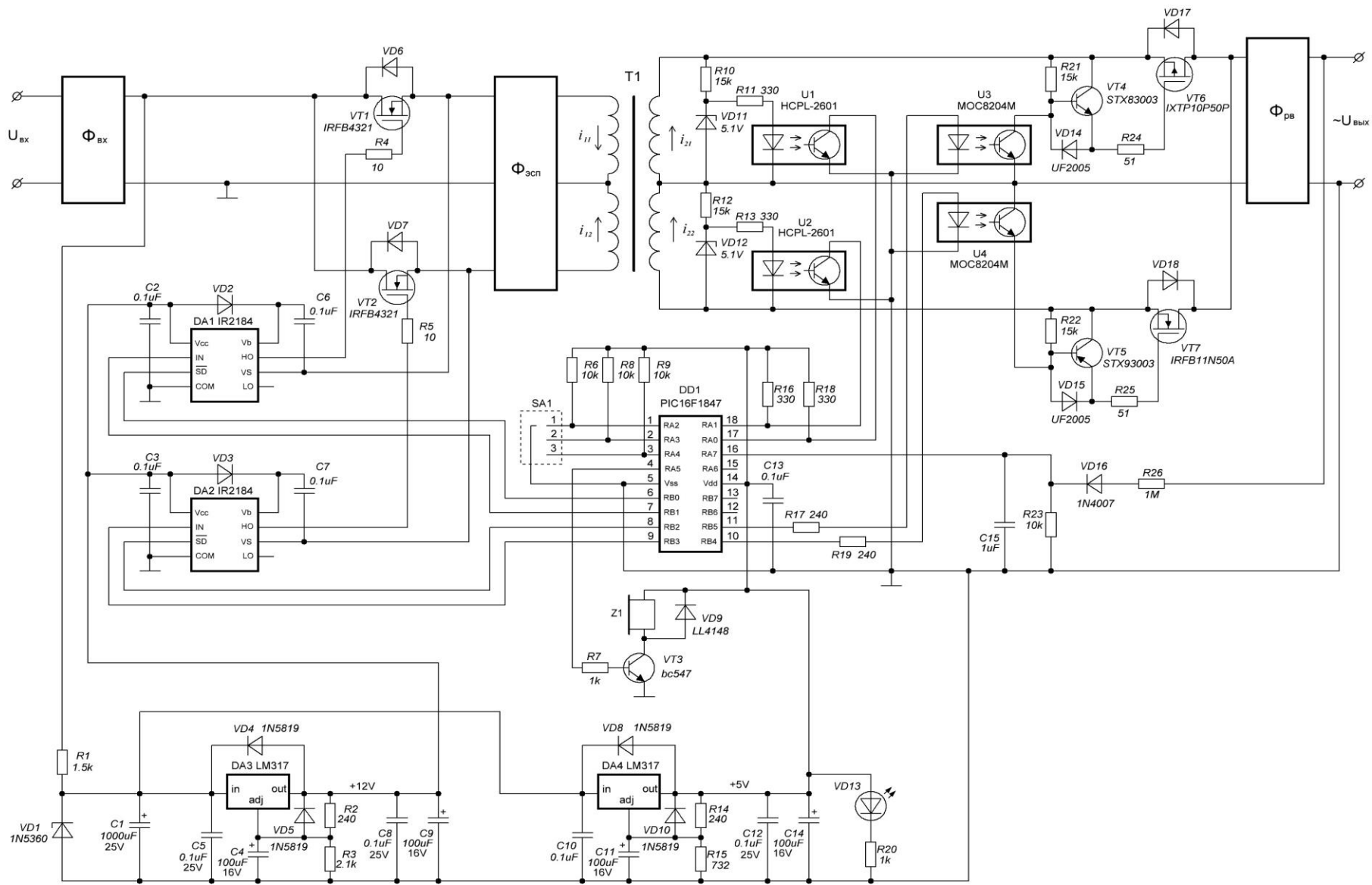


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема инвертора напряжения

Для уменьшения потерь в силовой схеме инвертора, используются IGBT транзисторы. Принципиальная электрическая схема системы управления инвертора выполнена на основе 8-разрядного микроконтроллера типа PIC16F1847, позволяет работать с малым шагом и высокой точностью. Раскрыты принципы управления транзисторами по преобразованию и стабилизации напряжения, а также назначение элементов схемы.

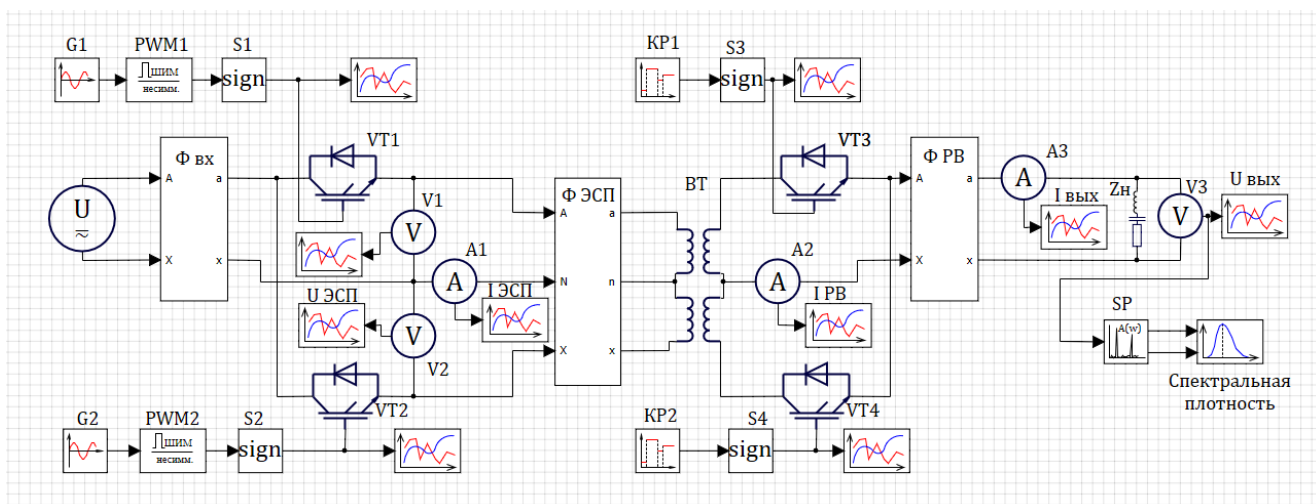


Рисунок 4 – Компьютерная модель инвертора напряжения

Компьютерная модель позволяет изменять входное напряжение источника напряжения, количество импульсов ШИМ и паузу между ними, проводить оценку гармонического состава выходного напряжения, получать регулировочные и внешние характеристики.

На рисунке 5 приведены диаграммы сигналов управления IGBT транзисторами по ШИМ выходного напряжения инвертора.

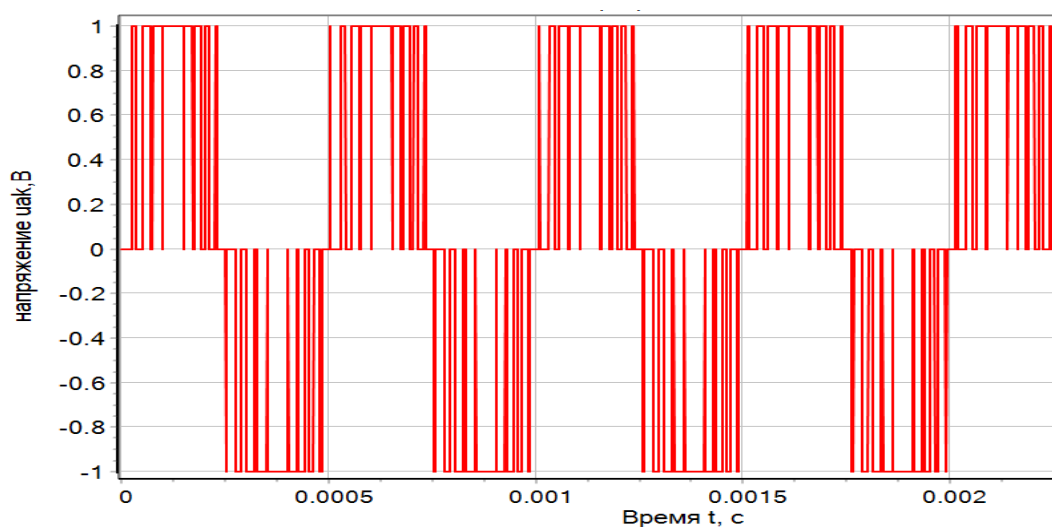


Рисунок 5 – Сигналы управления IGBT транзисторами

Компьютерная модель позволяет методом быстрого преобразования Фурье вычислять дискретные значения последовательности по формуле:

$$X(f, T) = \Delta t \left(\sum_{n=1}^{N-1} x_n \cdot e^{\frac{-i2\pi fn}{N}} \right). \quad (3)$$

При этом, абсолютная спектральная плотность определяется по формуле:

$$\varepsilon_k = \frac{2\Delta t}{N\zeta} X_k, \quad (4)$$

где Δt – период дискретизации сигнала; ζ – коэффициент, зависящий от способа взвешивания входной величины; X_k – значение дискретного преобразования Фурье на k -й гармонике.

На рисунке 6 приведены диаграммы выходного напряжения инвертора и его спектральная плотность в номинальном режиме работы.

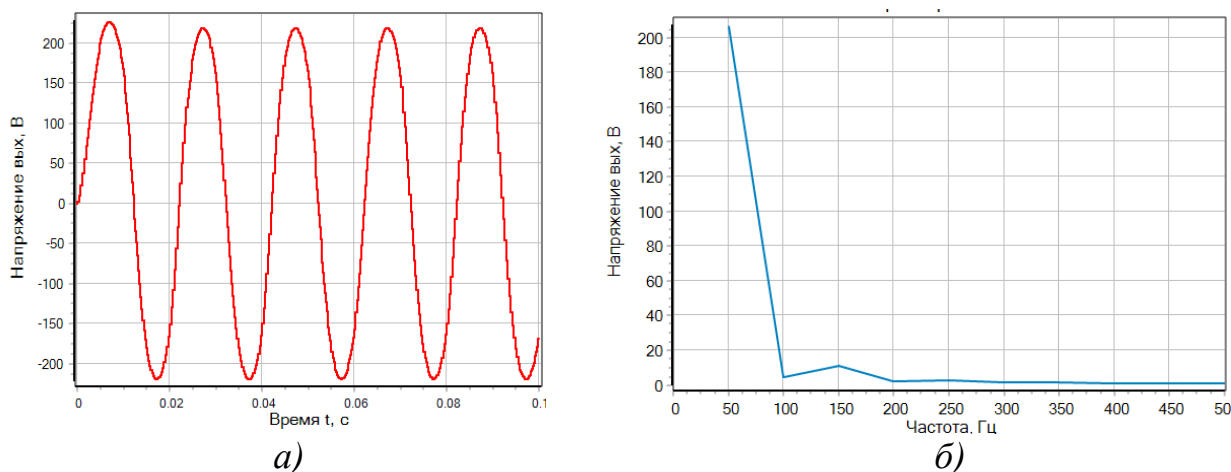
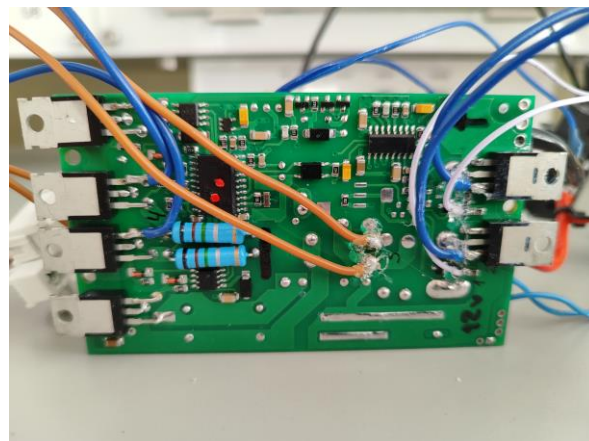
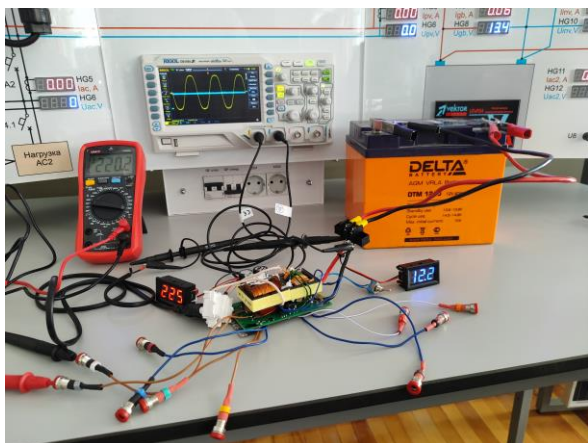


Рисунок 6 – Выходное напряжение инвертора (а) и его спектральная Плотность (б)

В четвертой главе «Экспериментальные исследования инвертора, оптимизация структуры и технико-экономическая оценка мобильных ветро-солнечных электростанций». Для подтверждения результатов теоретических исследований разработан испытательный стенд (рисунок 7). Состав оборудования стенда следующий: осциллограф RIGOL; мультиметр; аккумуляторная батарея DELTA, применялась, как источник напряжения постоянного тока; исследуемый инвертор мощностью 300 Вт размещённый на печатной плате.

Целью исследования было получение формы кривых напряжения и тока на входе и выходе инвертора, а также сигналы управления высокочастотным инвертором и сравнение их с полученными компьютерным моделированием.



а) б)
Рисунок 7 – Испытательный стенд (а) и монтажная плата (б)

Оценка достоверности проводилась по усредненным значениям рассогласования результатов компьютерного моделирования и результатов экспериментальных исследований. Применялся метод статической оценки точности результатов исследований. Относительная погрешность результатов находится в пределах $\pm 3,8\%$. Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что проведенные экспериментальные исследования подтверждают достоверность полученных теоретических выводов.

Проведена оценка технико-экономических показателей двух вариантов мобильных электростанций проектируемой МВСЭ, где в качестве резервного источника, применяются бензогенератор и АБ и станции, выполненной на базе ДЭС, где в качестве резервного источника, применяются АБ. Показано, что общие затраты, включающие капитальные и эксплуатационные расходы в течение сезона на мобильную электростанцию, выполненную на ДЭС больше, чем на МВСЭ на 97200 руб.

Предложен графоаналитический способ выбора рациональной структуры мобильной электростанции, основанный на определении суммы длины векторов, каждый из которых характеризует зависимость двух параметров: стоимости станции от мощности $C=f(P)$ и массы станции от мощности $M=f(P)$. Рациональное (оптимальное)

структурно-схемное решение мобильной электростанции будет то, при котором суммарное значение двух векторов будет иметь наименьшее значение.

Проведено технико-экономическое обоснование постановки на серийное производство 100 шт. МВСЭ. Срок окупаемости капитальных вложений составляет около 6 лет с учётом ежегодной выплаты кредита.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

1. Разработана структурная схема МВСЭ, которая включает ветроустановку, солнечные и аккумуляторные батареи, бензоэлектростанцию, инвертор напряжения и контроллер заряда, а также автоматическую систему управления (АСУ), которая не только контролирует параметры и подключает источники к потребителям электроэнергии в зависимости от потенциала ВИЭ, но и учитывает приоритет отдельных видов нагрузки. Разработан алгоритм работы АСУ мобильной станции в основных режимах её функционирования.

2. Разработана методика расчёта МВСЭ с использованием итерационного подхода, которая на основании оценки потенциалов ветровой и солнечной энергетики, графика нагрузок, позволяет минимизировать массогабаритные и стоимостные показатели мобильной станции, за счёт определения рационального соотношения мощностей источников электроэнергии и повысить ее эксплуатационно-технические характеристики. Так для Юга России для удаленных от энергосистемы МФХ оптимальное соотношение мощностей между источниками электроэнергии ВЭУ, СБ и АБ находится в процентном соотношении: 15/65/20 %. При общей мощности источников МВСЭ 3 кВт масса станции с автоприцепом составляет 550–600 кг, а стоимость – 250 тыс. руб.

3. Разработана функциональная схема инвертора напряжения с промежуточной частотой преобразования 2 кГц, в которой применяются реверсивный выпрямитель и выходной фильтр, позволяющие улучшить качество выходного напряжения. Принципиальная электрическая схема системы управления инвертора выполнена на основе 8-разрядного микроконтроллера типа PIC16F1847, позволяет работать с малым шагом и высокой точностью.

4. В программном комплексе SimInTech реализована компьютерная модель инвертора, которая позволяет исследовать форму и па-

раметры сигналов управления, получать внешнюю и регулировочные характеристики. Качество выходного напряжения оценивалась по спектральной плотности гармонического состава. Так в номинальном режиме работы содержание высших составляющих в процентном отношении к первой гармонике следующее - 2-я 2,7%, 3-я 3,8%, 4-я 0,8 %, 5-я 1,1% 6-я 0,2% 7-я 0,09 % и т. д.

5. Для подтверждения результатов теоретических исследований реализована физическая модель инвертора напряжения, на которой проведены эксперименты и дана оценка достоверности полученных результатов. При изменении величины нагрузки осуществлялся контроль выходного напряжения, тока и длительность переходных процессов. Сопоставление результатов компьютерного моделирования и экспериментальных исследований показало, что расхождение находится в доверительных границах по относительной погрешности напряжения и тока $\pm 3,8$ %, а расхождение средних значений исследуемых параметров теоретических и экспериментальных данных - от $-4,4$ до $+4,2$ %. Полученные результаты подтверждают достоверность полученных теоретических выводов.

6. Используя предложенный графоаналитический способ определения рациональной структуры мобильной энергоустановки на основе экономических и массогабаритных показателей проведена оценка двух вариантов структурных схем: предложенной МВСЭ, выполненной на базе ДЭС, где в качестве резервных источников применялись аккумуляторные батареи. При мощности инвертора 3 кВт ориентировочная стоимость комплектующих элементов инвертора не превышает 15 тыс. руб, а масса составляет не более 4,5 кг.

7. Проведено технико-экономическое обоснование постановки на серийное производство 100 шт. МВСЭ на основе чистого дисконтированного дохода. Затраты на НИОКР составляют 426 тыс. руб. При этом капитальные вложения составляют 53 млн руб. Отпускная цена одной установки составляет 454 тыс. руб. Срок окупаемости МВСЭ около 6 лет с учётом ежегодной выплаты кредита.

Проведена оценка технико-экономических показателей двух вариантов мобильных электростанций проектируемой МВСЭ, где в качестве резервного источника, применяются бензогенератор, АБ и станция, выполненная на базе ДЭС. Показано, что общие затраты, включающие капитальные и эксплуатационные расходы в течение сезона на мобильную электростанцию, выполненную на ДЭС, в 1,3 раза больше, чем на МВСЭ.

Рекомендации производству

Для разработки энергоэффективных структурно-схемных решений МВСЭ необходимо использовать методику расчёта и способ выбора рациональной структуры мобильной электростанции, рассмотренные в диссертации. Полученные результаты исследований, расширяют и углубляют знания в разработке МВСЭ для электроснабжения автономных потребителей электроэнергии МФХ. Внедрение мобильных электростанций снизит себестоимость продукции – повысить рентабельность сельскохозяйственного производства. Применение предложенного структурно-схемного решения МВСЭ повысит её конкурентоспособность в сравнении с известными техническими решениями мобильных электростанций.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку энергоэффективных функциональных элементов станций: преобразователей отдельных видов ВИЭ и стабилизаторов. Перспективным является создание мобильных электростанций модульного типа. Проводить разработку автоматизированных систем управления, осуществляющих не только контроль параметров и подключение или отключение источников электроэнергии, но и адаптивное изменение структуры автономной системы электроснабжения с учётом приоритета нагрузки.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке мобильных электростанций, предназначенных для работы в других отраслях народного хозяйства, а также для обеспечения аварийно-спасательных работ.

Основные положения диссертации опубликованы

– в изданиях, размещенных в БД Scopus:

1. Electromagnetic compatibility of functional elements of autonomous power supply systems / A.N. Sobol, S.N. Begday, A.A. Andreeva, A.E. Kolomeytsev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 488, Russian Conference on Technological Solutions and Instrumentation for Agribusiness (TSIA-2019) 21–22 October 2019, Stavropol, Russia. doi:10.1088/1755-1315/488/1/012039.

– в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

2. Коломейцев, А.Э. Оценка эффективности автономных систем электроснабжения на возобновляемых источниках энергии / О.В.

Григораш, А.Ю. Попов, А.Э. Коломейцев, С. Джибо // Энергосбережение и водоподготовка. – 2019. – № 6 (122). – С. 30–34.

3. Коломейцев, А.Э. Автономные системы электроснабжения на возобновляемых источниках / О.В. Григораш, А.С. Туаев, А.Э. Коломейцев // Сельский механизатор. – 2020. – № 7. – С. 28–29.

4. Коломейцев, А.Э. Востребованность солнечных электростанций в фермерских и личных подсобных хозяйствах / О.В. Григораш, Е.В. Воробьев, А.Э. Коломейцев // Сельский механизатор. – 2021. – № 12. – С. 32–33.

5. Коломейцев, А.Э. Электромагнитная совместимость функциональных элементов автономных систем электроснабжения / О.В. Григораш, С.Джибо, А.Э.Коломейцев // Сельский механизатор. – 2021. – № 1. – С. 32–33.

6. Коломейцев, А.Э. Перспективы солнечной энергетики в России / О.В. Григораш, Е.В. Воробьев, О.Я. Ивановский, А.Э. Коломейцев // Сельский механизатор. – 2022. – № 1. – С. 30–31.

7. Коломейцев, А.Э. Системы бесперебойного электроснабжения на возобновляемых источниках / О.В. Григораш, А.Э. Коломейцев, Т.С. Бойко // Сельский механизатор. – 2022. – № 9. – С. 23–25.

8. Развитие энергетики в мире и в России / Р.А.Амерханов, О.В.Григораш, Е.В.Воробьев, А.Э.Коломейцев, В.В.Мороз // Энергосбережение и водоподготовка. – 2020. № 2 (124). – С. 22–28.

9. Коломейцев, А.Э. Разработка устройств защиты автономных асинхронных генераторов ветроэнергетических установок от повреждений обмотки статора / А.Н. Соболев, А.А. Андреева, А.Э. Коломейцев // Энергосбережение и водоподготовка. – 2021. – № 3 (131). – С. 54–56.

– в других изданиях:.

10. Коломейцев, А.Э. Перспективы ветровой энергетики Краснодарского края / Р.А. Амерханов, А.Э. Коломейцев // В книге: Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения. Сборник тезисов по материалам II Национальной конференции. Отв. за выпуск А.Г.Кощаев. – 2018. – С. 132.

11. Коломейцев, А.Э. Потенциал солнечной энергетики в России / Р.А. Амерханов, А.Э. Коломейцев // В книге: Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения. Сборник тезисов по материалам Национальной конференции. Отв. за выпуск А.Г.Кощаев. – 2018. – С. 129.

12. Коломейцев, А.Э. Солнечный инвертор на трансформаторе с вращающимся в магнитном поле / Е.В. Воробьев, А.Э. Коломейцев // В сборнике: Технологические инновации и научные открытия. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции. Уфа. – 2021. – С. 34–38.

13. Коломейцев, А.Э. Автономные энергетические комплексы на возобновляемых источниках энергии / О.В. Григоращ, А.Э. Коломейцев // В книге: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции. Ответственный за выпуск А. Г. Коцаев. – 2019. – С. 637–638.

14. Коломейцев, А.Э. Направления развития и внедрения возобновляемой энергетики / О.В. Григоращ, А.Э. Коломейцев // В книге: Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения. Сборник тезисов по материалам III Национальной конференции. Отв. за выпуск А.Г.Коцаев. – 2019. – С. 170.

15. Коломейцев, А.Э. Состояние мировой возобновляемой энергетики и её перспективы в России / О. В. Григоращ, С. Джибо, А.Э. Коломейцев // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – Краснодар: КСЭИ. – 2019. – № 4. – С. 101–106.

16. Коломейцев, А.Э. Тенденции в развитии мировой энергетики / О.В. Григоращ, А.Э. Коломейцев // В книге: Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сборник тезисов по материалам IV Международной конференции. Отв. за выпуск А.Г.Коцаев. – 2019. – С. 141.

17. Коломейцев, А.Э. Особенности расчета мощности и выбора основных функциональных элементов солнечной электростанции / О.В. Григоращ, А.Э. Коломейцев, Е.Г. Попова // В сборнике: Стратегии и векторы развития АПК. Сборник статей по материалам национальной конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ. Отв. за выпуск А.А.Титученко. –Краснодар. – 2021. – С. 343–348.

18. Коломейцев, А.Э. Стационарные и транспортные солнечные энергосистемы / О.В. Григоращ, Т.С. Бойко, А.Э. Коломейцев // В сборнике: Стратегии и векторы развития АПК. Сборник статей по материалам национальной конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ. Отв. за выпуск А.А.Титученко. – Краснодар. – 2021. – С. 338–342.

19. Коломейцев, А.Э. Мировая солнечная энергетика: состояние и перспективы / О.Я. Ивановский, А.Э. Коломейцев, М.А. Калюта // В сборнике: Innovation science. Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 62–64.

20. Коломейцев, А.Э. Способы отбора электрической энергии от солнечных батарей / А.С. Туаев, С. Джибо, А.Э. Коломейцев // В сборнике: Достижения и перспективы развития молодежной науки. сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 279–285.

Автореферат

Коломейцев Александр Эдуардович

**ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ МОБИЛЬНОЙ
ВЕТРО-СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ
МАЛЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ**

Подписано в печать «___» _____ 2024 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бум. тип. № 1. Усл. печ. л. 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ № 100.