

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2022)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/AFHU6838>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *д.т.н., профессор*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD*
Омарова А.Р., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/TNAE8605>

***С. С. Исенов¹, А. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³,
С. К. Шеръязов⁴**

^{1,2}Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;

³Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

⁴Южно-Уральский государственный аграрный университет,
Российская Федерация, г. Челябинск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОУСТАНОВКИ В СИСТЕМЕ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Материал статьи посвящен разработке системы автономного электроснабжения. Приведена специфика электропотребления сельскохозяйственных потребителей. Дана структурная схема гибридной системы электроснабжения на базе ветросолнечной электростанции и бензиновым электрогенератором. Выполнен анализ использования бензиновых и дизельных генераторов, который показывает, что для маломощных потребителей их применение нерентабельно, в связи с высокой стоимостью топлива и низким моторесурсом.

В статье приведен анализ нескольких широко известных автономных систем электроснабжения с конструкциями ветроколес подобных приведенному в статье, но имеющие ряд недостатков, которые затрудняют их применение на практике. Рассмотрен вариант ветрогенератора, ранее разработанный авторами статьи, у которого имеется два встречно вращающихся ветроколеса, который обладает преимуществами по сравнению с известными ветрогенераторами. Даже предложена конструкция ветрогенератора на базе разработки авторов и принципиальная схема управления ветрогенератором и схема автономного электроснабжения, которые являются дальнейшим развитием как ветрогенерирующих установок, так и схем автономного электроснабжения.

Приведенная конструкция ветрогенератора, принципиальная схема управления системы автономного электроснабжения,

включающая автоматику ветрогенератора, позволяют существенно повысить генерацию электроэнергии.

Приведены алгоритм работы ветроустановки и системы электроснабжения результаты экспериментальных исследований разработанной ветроустановки специальной конструкции, в частности зависимости напряжения на выходе ветрогенератора на холостом ходу и под нагрузкой при различных скоростях ветра.

Предлагаемая система автономного электроснабжения с использованием солнечной и ветровой энергии может быть использовано, в частности, для сельских поселений, коттеджных, дачных поселков, комплексов отгонного животноводства, поливного земледелия и других фермерских хозяйств, малых предприятий различного назначения, отдаленных нефте- и газопромышленных участков.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветроэнергетика, генерация электроэнергии, автономное электроснабжение, ветрогенератор, ветроколеса.

Введение

Малые ветросолнечные установки пользуются широкой популярностью в Казахстане [1]. Себестоимость электроэнергии генерируемой ВЭС в Республике Казахстан составляют 19,91 тенге для ВЭС и 15,54 тенге для СЭС [2]. В России аналогичные показатели составляют 4-10 руб. за кВт·ч для ВЭС, солнечной 3,5-5 руб. [1].

Востребованность малых ветросолнечных установок создает предпосылки в исследовании и разработке энергоэффективных ветросолнечных систем автономного электроснабжения.

В условиях роста потребления электроэнергии и тенденции увеличения потребления электроэнергии промышленностью и сельским хозяйством немаловажное значение приобретает внедрение возобновляемых источников энергии. Особенно важное значение приобретают ветроустановки небольшой малой 3-10 кВт мощности для небольших предприятий, удаленных от сетей централизованного электроснабжения, так передача на расстояние 1 км свыше 1 кВт электроэнергии за счет потерь становится нерентабельной. Обеспечение электропитания сельскохозяйственных объектов, осложняется тем, что ряд сельскохозяйственных объектов находится на значительном удалении от источников централизованного электроснабжения.

Автономное электроснабжение фермерских хозяйств может быть реализовано различными способами. Электроснабжение от дизельных и бензиновых генераторов ввиду чрезвычайной дороговизны не

находит применения и используется для категорированных объектов стратегического назначения. Как альтернативный источник энергии применяют ветрогенераторы, которые имеют достаточный энергетический потенциал, солнечные панели, у которых выработка электроэнергии меньше по сравнению с ветрогенераторами, водородные и биогазовые установки, которые характеризуются незначительным объемом выработки электроэнергии. Гидроэнергетика – имеет высокую эффективность, но требует значительных капитальных затрат, сравнимых с затратами на атомные электростанции, ТЭ и ГРЭС, и главное, – наличие водных артерий, применимых для строительства ГЭС.

Учитывая, что имеется устойчивая тенденция на повышение стоимости топлива, а на ветроэнергию – снижение стоимости оборудования, быстроту возведения (6 месяцев), снижение тарифов и дотационная политика в большинстве стран, в том числе и в Казахстане, вопрос исследования энергообеспечения сельских автономных потребителей от возобновляемого источника питания, а именно, энергии ветра, является актуальным и представляет научный и практический интерес.

Основной текст

В настоящее время специфика электроснабжения в Казахстане претерпевает существенные изменения. Начинает меняться структура сетей, изменяются нагрузки. Процесс этот непрерывен и изменяется в соответствие тенденций в сельском хозяйстве.

Особенностью потребителей электрической энергии в сельском хозяйстве является их низкая концентрация по сравнению городскими и промышленными. Учитывая малонаселенность территории Казахстана (для РК-6,3 чел/км², а для РФ-8,57 чел/км²) и слабую тенденцию к увеличению численности населения в целом, а в сельских районах наоборот – к снижению, развитие новых сельских сетей или малорентабельно или нерентабельно. Высокая протяженность сельских электрических сетей и их низкая загрузка 5-10 кВт /км² вынуждают передавать небольшие мощности на большие расстояния. Так обстоит ситуация для тупиковых сетей, обычно находящихся у границ РК, и в некоторых отдельных случаях. В целом, Казахстан обладает энергетической избыточностью и экспортирует электроэнергию в другие страны. Казахстан производит 106,8 млрд кВт·ч, экспортирует и импортирует в Россию и Киргизию около 5 млрд кВт·ч. Наибольший объем электроэнергии производится в Павлодарской области 42,5 млрд кВт·ч, что составляет 40,6 % от вырабатываемой в стране [3].

По данным департамента сельского хозяйства Павлодарской области нагрузки сельских сетей обусловлены потребителями и спецификой их

работы (рисунок 1 и рисунок 2), где P - мощность в относительных единицах (по отношению к максимальной).

Таким образом, особенностью сельских сетей является высокая протяженность и низкая плотность нагрузок по сравнению с промышленными или городскими сетями. При отсутствии электрических сетей для децентрализованных потреблений рекомендуется применение ветросолнечных электростанций.

Автономная система энергообеспечения сельскохозяйственных потребителей в комплексе включает себя источники электрической и тепловой энергии. Однако, на практике с точки зрения автономности больше рассматривают системы электроснабжения, так как системы теплоснабжения в РК целесообразно использовать для стационарных потребителей (теплиц, стационарных откормочных цехов и предприятий) [4].

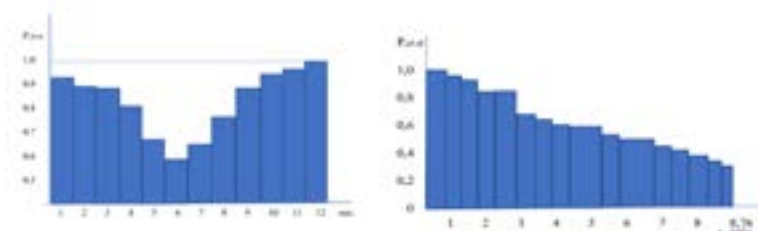


Рисунок 1– Годовые графики нагрузки по месяцам года и по продолжительности

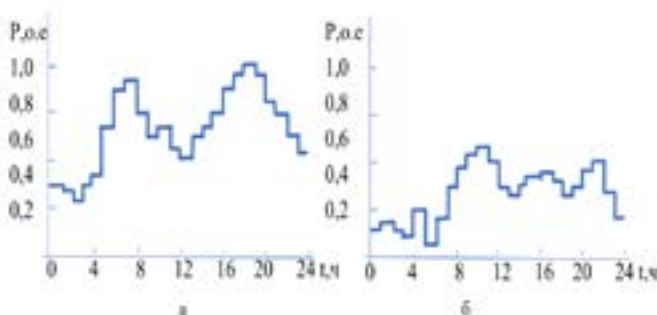


Рисунок 2 – Суточные графики нагрузки: а) для зимних дней; б) для летних дней

В статье будет рассматриваться электрообеспечивающая автономная система, которая, как правило, состоит из источника электроэнергии:

1) ветросолнечной установки; 2) отдельно из ветрогенерирующей установки; 3) из солнечных панелей (рисунок 3).

Бензиновые генераторы используют для кратковременного питания частных домов или небольших предприятий при перебоях в электроснабжении. Ресурс для двухтактных генераторов, то есть с двухтактными ДВС, обычно составляет 500 моточасов [5]. Мощность таких генераторов не превышает 1–2 кВт. Учитывая, что в году 8760 часов, то на год таких генераторов надо 18 штук.

Мощность четырехтактных 5–20 кВт, ресурс 4000 часов, стоимость от 500 тыс. тенге до 1 млн. тенге и выше в зависимости от фирмы изготовителя. Таких генераторов нужно в год два, то есть для получения 5–20 кВт в течении года потребителю нужно 1–2 млн. тенге на генератор и 350 г бензина на 1 час [6], то есть, 8,4 литра в сутки ($0,35 \times 24 = 8,4$ л). За год генератор проработает 8760 часов и сожжет 73584 литра бензина АИ 92 [7]. Стоимость бензина на год для этого генератора составит 10 млн. 964 тыс. 016 тенге.

Надо учитывать, что на год надо покупать 2 генератора. Тогда затраты: 10,954 млн. тенге + 2 млн. тенге $\times 2 = 14,964$ млн. тенге.

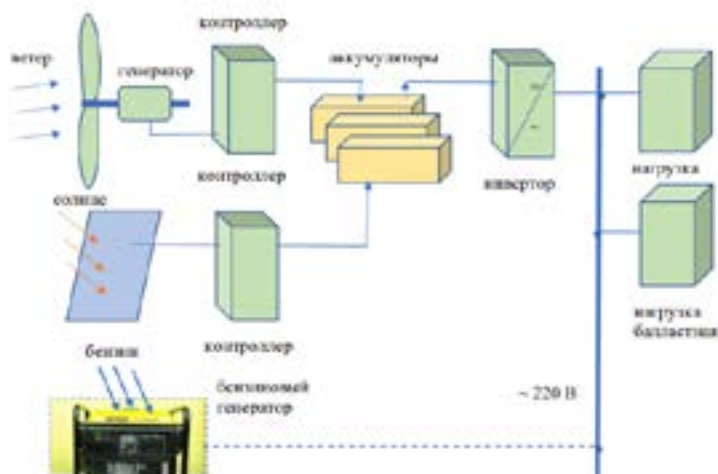


Рисунок 3 – Структурная схема автономной ветросолнечной электростанции с резервным бензиновым электрогенератором

Собственники с оборотом 2-3 млн тенге физически не смогут приобрести и эксплуатировать такой генератор. Приобретаемые населением

ветросолнечные установки по программе безвозвратного субсидирования в 2015-2018 годах в РК хорошо зарекомендовали себя и широко используются в частных подворьях, в отгонном животноводстве, поливном земледелии.

В ряде статей [8, 9] рекомендуют использовать ветродизельные установки. В частности, предлагается использовать дизельную станцию типа АД11С-230-2Р мощностью 10,8 кВт Новосибирского завода генераторных установок. Генератор имеет моторесурс 12000 часов. Под моторесурсом понимается технический параметр, характеризующий длительность эксплуатации. При превышении моторесурса дальнейшая эксплуатация невозможна по техническим причинам [9]. Стоимость АД11С-230-2Р – 3590000 тенге (цена 2021 г.) без дилеров, без доставки и НДС при покупке с завода изготовителя. При продаже в РК цена вырастет на 10–20 %. Поставляется с машинным маслом, охлаждающей жидкостью (антифриз), аккумуляторной батареей и комплектом ЗИП. Дополнительно можно заказать 3-х тонную емкость для дизтоплива. Стоимость техобслуживания составляет 20,44 тыс. тенге (3,5 тыс. руб.) за 1000 часов без учета дизтоплива. Требуется качественного топлива. Цена на дизтопливо согласно онлайн информации 235 тенге за литр (цены на 1 июня 2021 г.). Заправка бака 90 л или 135 л в сутки, что составит $135 \cdot 365 \cdot 235 = 11579625$ тенге на дизтопливо в год (таблица 1). Заправка хватает на 16 часов. В сутки генератору необходимо 135 литров, в год 49275 литров, или 11 млн. 579 тыс. тенге.

При таком ежедневном потреблении крестьянскому хозяйству необходимо приобретать бензовоз и включить в штат моториста и водителя бензовоза.

В [10] приводятся цены и технические характеристики бензиновых генераторов. Сводные данные сведены в таблицы 1 и 2.

В статье [11] дизельная станция в Красноярске работает в сутки 5 часов летом и 10 часов в холодное время года из-за дороговизны дизтоплива и трудности его доставки. Износ станции составляет 80–90 %.

На рисунке 4 приведены данные бензиновых и дизельных генераторов с паспортным и с приведенным к одному году (8760 час) моторесурсом.

Ветросолнечная система электроснабжения с резервным бензоэлектрогенератором (рисунках 3 и 4) позволяет обеспечивать электроэнергией сельскохозяйственные потребители при слабом ветровом потенциале на данной территории. При снижении ветра ниже момента трогания ветроколеса электрогенератор не вырабатывает энергию. При снижении скорости ветра ниже номинальной скорости генератора мощность генератора падает в кубической зависимости. Если объект сельского хозяйства является объектом первой категории в этом случае нужен бензиновый или дизельный генератор, который должен автоматически запуститься, выйти

в номинальный режим, подключиться через устройство автоматического включения резерва (АВР). При снижении скорости ветра также возможен запуск дизель-генератора, при этом если ветро- и дизель генераторы (ВГ и ДГ) будут работать параллельно, то нужны дополнительно блок синхронизации напряжения с ветроустановки с напряжением дизель-генератора. То есть нужно использовать ведомый сетью инвертор. Стоимость оборудования при ветродизельной схеме будет выше.

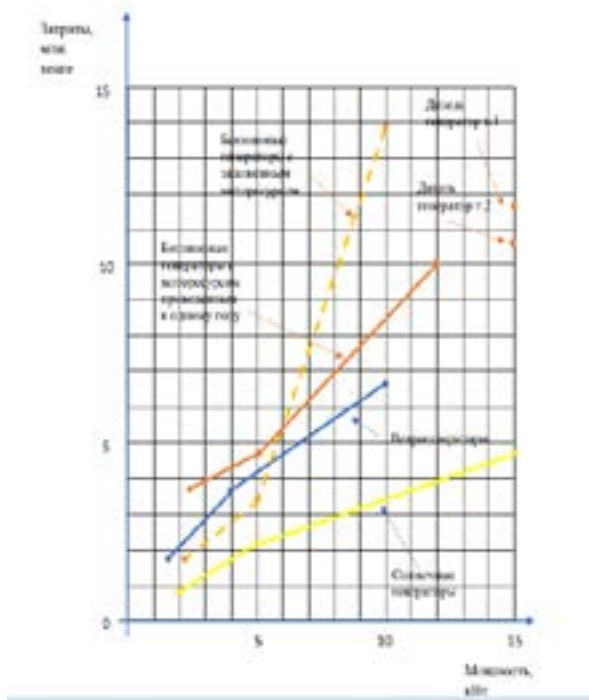


Рисунок 4 – Данные бензиновых и дизельных генераторов с паспортным и с приведенным к одному году (8760 час) моторесурсом

В чисто ветровой установке можно использовать более простой автономный инвертор.

На рисунке 5 представлена предлагаемая авторами ветросолнечная система автономного электроснабжения с расширенными функциональными возможностями.

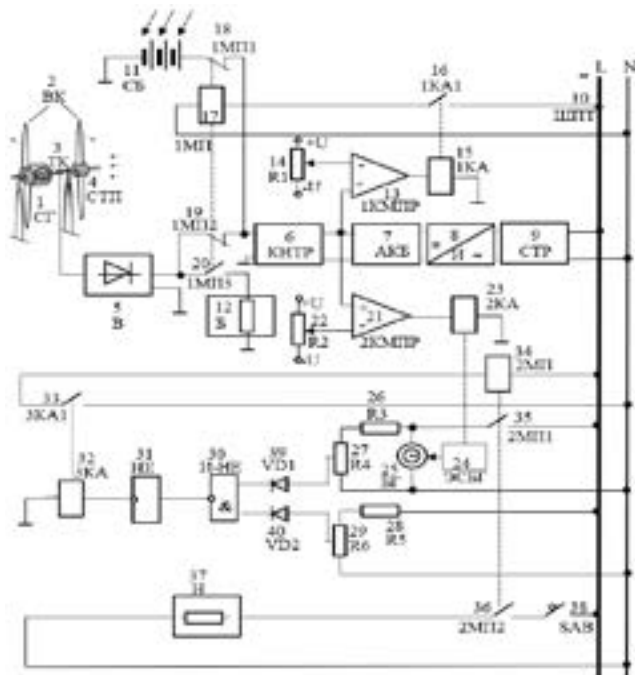


Рисунок 5 – Ветросолнечная система автономного электроснабжения с расширенными функциональными возможностями

Ветросолнечная система автономного электроснабжения обладает принципиально новыми признаками и функциональными возможностями, улучшенными по сравнению с известными [12–14].

Сущность предлагаемого решения [15] состоит в расширении функциональных возможностей, повышении эксплуатационных свойств и надежности за счет изменения архитектуры схемы, существенного снижения количества использованных элементов и блоков, введения новых блоков и связей, обеспечивающих новые функциональные возможности, такие как автоматизация работы устройства, получение свойств защиты от аварийных токов и предотвращения несинхронных режимов генераторов также сопровождающихся аварийными токами.

В ходе работы была спроектирована и выполнена лабораторная установка ветровой электростанции на которой были проведены эксперименты. В ветровой части установки были получены характеристики, представленные на

рисунок 6, 7 и 8. На рисунке 6 представлена ветроустановка и характеристика генерируемого напряжения от скорости вращения ветроустановки.



Рисунок 6 – Лабораторный образец ветроустановки со встречно вращающимися ветроколесами в ходе испытаний в реальных условиях и характеристика генерируемого напряжения от скорости вращения ветроустановки $U = f(v)$ снималась при скоростях ветра 2, 3, 4 м/с

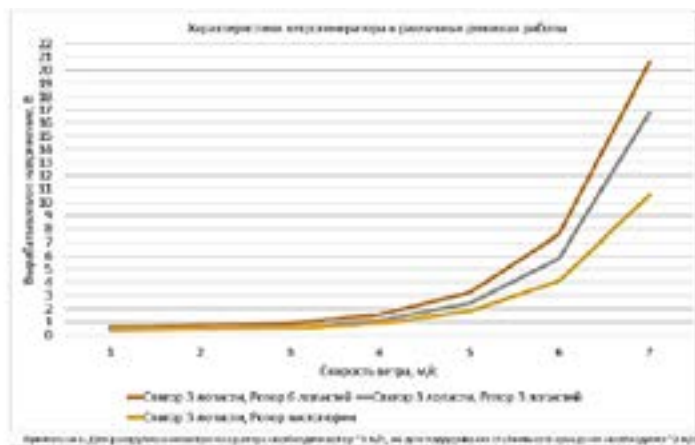


Рисунок 7 – Характеристика генерируемого напряжения от скорости вращения ветроустановки $U = f(v)$ при скоростях ветра 1-10 м/с

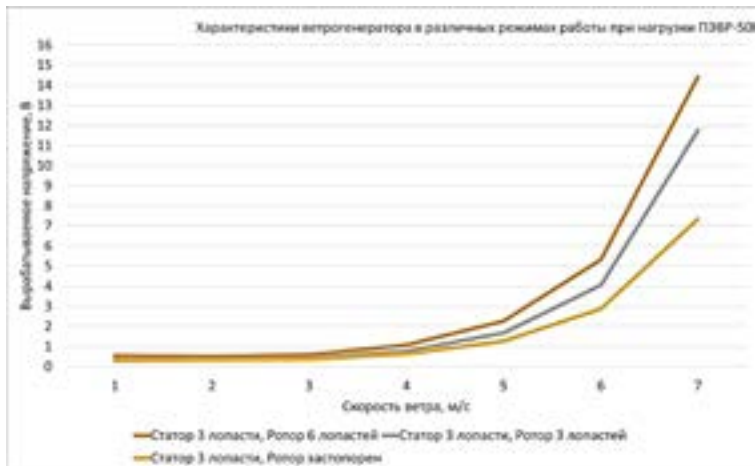


Рисунок 8 – Характеристика генерируемого напряжения от скорости вращения ветроустановки $U = f(v)$ при скоростях ветра 1–10 м/с при нагрузке 51 Ом в виде ПЭВР-50.

Проанализировав полученные характеристики приведенные на рисунках 7 и 8 имеем следующее. При одинаковой нагрузке 51 Ом напряжения на выходе составляют 7 В при одноколесном режиме - желтая нижняя линия, 12 В – при двухколесном режиме с двумя ветроколесами (средняя синяя кривая, на статоре и роторе по 3 лопасти) и 14,5 В – при двухколесном режиме с двумя ветроколесами (верхняя коричневая кривая, на статоре три и роторе по шесть лопастей). Эффективность ветроустановки соответственно возрастает в 1,71 раза и в 2,07 раза в различных исполнениях при скорости ветра 7 м/с.

Материалы и методы исследования. Материалом исследования являются системы автономного электроснабжения с акцентированием внимания на специальные способы получения повышенной относительной скорости вращения ветрогенерирующих установок. Кроме того, авторами проведены экспериментальные исследования, изложенные в научной статье.

Методы исследования и анализа применяемые в статье – сравнение, эксперимент, измерение.

Результаты и обсуждение

В статье показывается, что цена генерируемой возобновляемыми источниками энергии с каждым годом снижается и становится сравнимой с электроэнергией, генерируемой традиционными электростанциями.

Указывается, что на настоящем этапе без серьезного государственного вмешательства для небольших потребителей целесообразно использовать небольшие 3-5 кВт ветросолнечные системы электроснабжения, стоимостью 3,5-5 млн. тенге, ветровой станции мощностью 10 кВт – стоимостью 7,5 млн. тенге. Проведена оценка возможности создания умных сетей на базе автономных электростанций на базе ВИЭ, которая показала, что создание умных сетей для существующей плотности населения в Казахстане – 6,3 чел/км² не целесообразно ввиду технической сложности и экономической убыточности. Для проектирования ветровых и других электростанций были запрошены в управлении сельского хозяйства Павлодарской области были запрошены нагрузки автономных действующих потребителей, питающихся от ВИА. На основе этих данных был выведен приведенный в статье среднестатистический графики суточных и годовых потребностей в электроэнергии индивидуальных предпринимателей. Графики учитывают периоды лактации молока у КРС, динамику изменения, сезонные всплески электропотребления для поливного земледелия, суточные изменения электропотребления и другие факторы. По результатам анализа данных электропотребления были предложены рекомендации управлению сельского хозяйства Павлодарской области, Управлению предпринимательства и индустриально-инновационного развития Павлодарской области, международному научно-техническому совету по внедрению возобновляемой энергии (Астана), ТОО «Эл-Нур-Сервис» (Павлодарский филиал) и ряду предприятий Казахстана специализирующихся в области ВИЭ по мощностям ветровых установок, технические данные по конструкциям и архитектуры ВИА, принципиальные схемы. Проведен анализ применения ветровых, бензиновых автономных электростанций. Выявлена нерентабельность применения бензиновых и дизельных генераторов электрической энергии. Спроектирована и выполнена лабораторная установка ветровой электростанции, сняты технические характеристики, которые показали эффективность.

Информация о финансировании

Данная научная работа является результатом, полученным в ходе реализации проекта ИРН № AP14872147, финансируемого в рамках грантового финансирования от Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Выводы

1. Электроснабжение удаленных населенных пунктов при малой мощности целесообразно использовать только автономное электроснабжение с применением возобновляемых источников энергии.

2. Ветроэнергетика является одним из перспективных экологически чистых источников энергии.

3 Анализ технической литературы и патентная проработка показала, что в направлении совершенствования ветроколес имеется масса разработок, но большинство из них решая конкретную задачу, тем не менее обладают рядом характеристик, не позволяющих эффективно применять их для климатических условий Павлодара с ветрами изменяющихся от штилевого до штормового.

4 Разработанная система электроснабжения расширяет круг функциональных возможностей, позволяет существенно повысить надежность энергетической системы и обеспечить гарантированный срок эксплуатации.

5 Генераторы с встречным вращением лопастей действительно эффективны по сравнению с одноколесными ветрогенераторами. При изменениях скорости ветра от 2 до 10 м/с эффективность генерации для генераторов с двумя встречно вращающимися ветроколесами с тремя лопастями на каждом колесе изменяется от 1,11 до 1,6, для ветроколес с тремя и 6-тью лопастями – 1,66-1,96 м/с.

6 По опытным данным при одинаковой нагрузке напряжение на выходе одноколесного ветрогенератора 7 В. При двухколесном режиме с тремя лопастями ветроколес и на статоре, и на роторе напряжение составило 12 В и 14 В при двухколесном с тремя и шестью лопастями на статоре и роторе. Эффективность ветроустановки возрастает по сравнению с известными одноколесными ВК ветрогенераторами соответственно в 1,71 раза и в 2,07 раза при скорости ветра 7 м/с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Хорольский, К., Осьминкин, П.** Возможности использования солнечно-ветровых электростанций на территории Северного Казахстана и Оренбургской области. [Электронный ресурс]. – URL: <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2014/04/15/vozmozhnosti-ispolzovaniya-solnechno-ventrovykh>.

2 **Банцикин, Алексей.** Тарифы на «зеленую» электроэнергию в Казахстане за шесть лет снизились сразу на 58%. 26 июля 2021, 12:06. [Электронный ресурс]. – URL: // <https://sknews.kz/news/view/tarify-na-zelenuyu-elektroenergiyu-v-kazhstane-za-shesty-let-snizilis-srazu-na-58>

3 Нужды Казахстана в электроэнергии увеличиваются: потребление выросло на 2 % за год. [Текст] // <https://kapital.kz/economic/83670/nuzhdy->

kazakhstan-v-elektroenergii-uvelichivayut-sya-potrebleniye-vyroslo-na-2-za-god.html.

4 **Оразбекова, А. К., Лукутин, Б. В.** Состояние электроснабжения удаленных объектов агропромышленного комплекса в регионах Казахстана и перспектива применения ВИЭ. [Текст] // Журнал «Инновации в науке», № 11, 2018, с. 10–13.

5 Применение бензиновых генераторов. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.generatora.net/articles/238/>.

6 Потребление бензина генераторами. [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.kz/search/?clid=2285101&text=ginh%2Ckybt%20%2Ctybyf%20%2Cbybydsvb%20utythfnjhfvb&rdrnd>

7 Цены он лайн на бензин в РК. [Электронный ресурс]. – URL: <https://biznesinfo.kz/prices/gasoline>.

8 **Лукутин, Б. В., Муравлев, И. О., Плотников, И. А.** Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие/ Б. В. Лукутин, И. О. Муравлев, И. А. Плотников [Текст] // – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015, с. 45–47. – 128 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/i/IOM/liter/Tab2/Lukutin_S_elsnab.pdf

9 **Прохоров, А. М.** Моторесурс// Большая советская энциклопедия / А.М. Прохоров. – 3-е издание.– Большая советская энциклопедия, 1974.– Т.17.– С.63.– 616 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%83%D1%80%D1%81>.

10 Цены и технические характеристики бензиновых генераторов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.svarochnye-apparaty.kz/catalog.html?itemid=4387>.

11 Разработка рекомендаций по построению энергоэффективных ветро-дизельных электроэнергетических систем. [Электронный ресурс]. – URL: <http://refleader.ru/jgeujgotrjgejge.html>

12 **Аверин, А. А., Чернов, Н. А., Шелубаев, М. В., Шерязов, С. К.** Система для автономного электроснабжения потребителей. Патент RU 2382900 F03D 9/02, H02K 7/18, H02J 7/34. 27.02.2010. Б.и. № 6

13 **Никитенко, Г. В., Коноплев, Е. В., Салпагаров, В. К.** и др. Ветросолнечная установка автономного электроснабжения. Патент RU 2680642C1 F03D 9/00, F03D 9/11, F03D 7/00, H02S 10/12, 25.02.2019. Бюл. № 6.

14 **Никитенко, Г. В.** и др. Синхронный генератор с двухконтурной магнитной системой». патент RU 2642442 25.01.2018, Бюл. № 3.

15 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б.** Ветрогенераторы со встречно вращающимися ветроколесами. Патент РК № 31254. 15.06.2016, бюл. № 6 (72).

REFERENCES

1 **Khorolsky, K., Osminkin, P.** Vozmozhnosti ispol'zovaniya solnechno-ventrovyyh elektrostanciy na territorii Severnogo Kazakhstana i Orenburgskoy oblasti [Possibilities of using solar-wind power plants on the territory of Northern Kazakhstan and the Orenburg region.] [Electronic resource]. –URL: <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tehnicheskoe-tvorchestvo/2014/04/15/vozmozhnosti-ispolzovaniya-solnechno-ventrovyykh>.

2 Bancikin, Aleksej. Tarify na «zelenuyu» elektroenergiyu v Kazahstane za shest' let snizilis' srazu na 58 %. 26 iyulya 2021, 12:06. [Tariffs for “green” electricity in Kazakhstan have decreased by 58% over six years. July 26, 2021, 12:06 pm.]. [Electronic resource]. –URL: <https://sknews.kz/news/view/tarify-na-zelenuyu-elektroenergiyu-v-kazahstane-za-shesty-let-snizilisy-srazu-na-58>.

3 Kazakhstan's electricity needs are increasing: consumption has increased by 2 % over the year. [Electronic resource]. – URL: <https://kapital.kz/economic/83670/nuzhdy-kazahstana-v-elektroenergii-uvlichivayut-sya-potrebleniye-vyroslo-na-2-za-god.html>.

4 **Orzbekova, A. K., Lukutin, B. V.** The state of power supply of remote objects of the agro-industrial complex in the regions of Kazakhstan and the prospect of RES application. [Text] // Journal «Innovations in Science», No. 11, 2018, P. 10–13

5 The use of gasoline generators. [Electronic resource]. – URL: <http://www.generatora.net/articles/238/>.

6 Gasoline consumption by generators. [Electronic resource]. Link–URL : <https://yandex.kz/search/?clid=2285101&text=gjnht%2Cktybt % 20 % 2 Cтыпbf % 20 % 2Cыпbydsvb%20utythfnjhfvb&rdnd>

7 Online prices for gasoline in the Republic of Kazakhstan. [Text] // <https://biznesinfo.kz/prices/gasoline> .

8 **Lukutin, B. V., Muravlev, I. O., Plotnikov, I. A.** Sistemy elektrosnabzheniya s vetrovymi i solnechnymi elektrostanciyami: uchebnoe posobie [Power supply systems with wind and solar power plants: textbook] / B.V. Lukutin, I.O. Muravlev, I.A. Plotnikov [Text] // – Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2015, pp. 45–47. –128 p. [Electronic resource]. – URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/i/IOM/liter/Tab2/Lukutin_S_elsnab.pdf

9 **Prokhorov, A. M.** Motoresurs [Motor Resource] // Bol'shaya sovetskaya enciklopediya / A.M. Prohorov. – 3-e izdanie.– Bol'shaya sovetskaya enciklopediya, 1974.– T.17.– S.63.– 616 s. [The Great Soviet Encyclopedia / A.M. Prokhorov. – 3rd edition.– The Great Soviet Encyclopedia, 1974.–Vol.17. – p.63.– 616 p.]/ . [Electronic resource]. – URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%83%D1%80%D1%81>

10 Cený i tekhnicheskie harakteristiki benzinovyh generatorov. [Prices and technical characteristics of gasoline generators]. Elektronnyj resurs. [Electronic resource]. – URL : <https://www.svarochnyye-apparaty.kz/catalog.html?itemid=4387>.

11 Razrabotka rekomendacij po postroeniyu energoeffektivnyh vetrodizel'nyh elektroenergeticheskikh sistem. [Development of recommendations for the construction of energy-efficient wind-diesel electric power systems]. [Electronic resource]. – URL: <http://refleader.ru/jgeujgotrjgejge.html/>.

12 **Averin, A. A., Chernov, N. A., Shelubaev, M. V., Sheryazov, S. K.** Sistema dlya avtonomnogo elektrosnabzheniya potrebitelej. Patent RU 2382900 F03D 9/02, N02K 7/18, H02J 7/34. 27.02.2010. [System for autonomous power supply of consumers. Patent RU 2382900 F03D 9/02, H02K 7/18, H02J 7/34. 27.02.2010] [Text] // Bulletin of inventions No. 6, 27.02.2010.

13 **Nikitenko, G. V., Konoplev, E. V., Salpagarov, V. K.** Vetrosolnechnaya ustanovka avtonomnogo elektrosnabzheniya. Patent RU 2680642C1 F03D 9/00, F03D 9/11, F03D 7/00, H02S 10/12/

[Wind-solar installation of autonomous power supply. Patent RU 2680642C1 F03D 9/00, F03D 9/11, F03D 7/00, H02S 10/12]. [Text] // Byul. No. 3.

14 Nikitenko, G. V. et al. Sinhronnyj generator s dvuhkonturnoj magnitnoj sistemoj», patent RU 2642442 25.01.2018, Byul. № 3. [Synchronous generator with a two-circuit magnetic system, patent RU 2642442 25.01.2018], Byul. No. 3. 25.01.2018

15 **Shapkenov, B. K., Kaidar, A. B.** Wind generators with counter-rotating wind wheels. Patent of the Republic of Kazakhstan No. 31254. [Vetrogeneratory so vstrechno vrashchayushchimisa vetrokolesami. Patent RK № 31254]. [Text] // 15.06.2016, byul. № 6 (72).

Материал поступил в редакцию 15.09.22.

*С. С. Исенов¹, А. Б. Кайдар², Б. Қ. Шапкенов³, С. Қ. Шерязов⁴

^{1,2}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;

³Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

⁴Оңтүстік Орал мемлекеттік аграрлық университеті,

Ресей Федерациясы, Челябинск қ.

Материал баспаға 15.09.22 түсті.

ЖЕЛ ЭНЕРГИЯСЫН ЗЕРТТЕУ АВТОНОМИЯЛЫ ЭЛЕКТР ҚАМТАМАСЫЗЫ ЖҮЙЕСІНДЕ

Мақаланың материалы автономды электрмен жабдықтау жүйесін дамытуға арналған Ауыл шаруашылығы тұтынушыларының электр энергиясын тұтыну ерекшелігі берілген. Жел және күн электр станциясы және бензин электр генераторы негізіндегі гибриді электрмен жабдықтау жүйесінің құрылымдық схемасы келтірілген. Бензинді және дизельдік генераторларды пайдалануға талдау жасалды, бұл жанармайдың қымбаттығына және мотор ресурстарының төмен болуына байланысты оларды пайдалану аз қуатты тұтынушылар үшін тиімсіз екенін көрсетеді.

Мақалада жел турбинасының конструкциялары мақалада келтірілгендерге ұқсас, бірақ оларды іс жүзінде пайдалануды қиындататын бірқатар кемшіліктері бар бірнеше белгілі автономды электрмен жабдықтау жүйелеріне талдау жасалған. Мақаланың авторлары бұрын әзірлеген жел генераторының нұсқасы қарастырылады, оның екі қарсы айналмалы жел дөңгелегі бар, белгілі жел генераторларынан артықшылығы бар. Әрі қарай, авторлардың әзірлемелері негізінде жел генераторының жобасы және жел генераторын басқарудың схемалық диаграммасы мен автономды электрмен жабдықтау схемасы ұсынылады, олар жел турбиналарының да, автономды электрмен жабдықтау схемаларының да одан әрі дамуы болып табылады.

Жел генераторының берілген конструкциясы, автономды электрмен жабдықтау жүйесін басқарудың схемалық схемасы, оның ішінде жел генераторын автоматтандыру электр энергиясын өндіруді айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді.

Жел турбинасы мен электрмен жабдықтау жүйесінің жұмыс істеу алгоритмі, арнайы конструкциядағы әзірленген жел генераторының тәжірибелік зерттеулерінің нәтижелері, атап айтқанда, жел генераторының бос және төмен жұмыс кезіндегі

шығысындағы кернеудің тәуелділігі ұсынылған. желдің әртүрлі жылдамдықтарында жүктеме.

Ұсынылып отырған күн және жел энергиясын пайдаланатын автономды электрмен жабдықтау жүйесін, атап айтқанда, ауылдық елді мекендер, саяжайлар, демалыс ауылдары, жайылымдық егіншілік кешендері, суармалы егіншілік және басқа да шаруашылықтар, әртүрлі мақсаттағы шағын кәсіпорындар, шалғайдағы мұнай-газ кен орындары үшін пайдалануға болады.

Кілтті сөздер: Жаңғыртылатын энергия көздері, жел энергиясы, электр энергиясын өндіру, автономды электрмен жабдықтау, жел генераторы, жел турбиналары.

*S. S. Issenov¹, A. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³, S. K. Sheryazov⁴

¹S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;

²Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

³South Ural State Agrarian University, Russian Federation, Chelyabinsk.

Material received on 15.09.22.

WIND POWER RESEARCH IN THE SYSTEM OF AUTONOMOUS POWER SUPPLY

The material of the article is devoted to the development of an autonomous power supply system. The specificity of electrical consumption of agricultural consumers is given. A block diagram of a hybrid power supply system based on a wind and solar power plant and a gasoline power generator is given. An analysis was made of the use of gasoline and diesel generators, which shows that their use is unprofitable for low-power consumers, due to the high cost of fuel and low motor resources.

The article provides an analysis of several well-known autonomous power supply systems with wind turbine designs similar to those given in the article, but with a number of disadvantages that make it difficult to use them in practice. A variant of a wind generator, previously developed by the authors of the article, is considered, which has two counter-rotating wind wheels, which has advantages over known wind generators. Further, a design of a wind generator based on the development of the authors and a schematic diagram of the control of a wind generator and an autonomous power supply scheme are proposed,

which are a further development of both wind turbines and autonomous power supply schemes.

The given design of the wind generator, the schematic diagram of the control of the autonomous power supply system, including the automation of the wind generator, can significantly increase the generation of electricity.

The algorithm of operation of the wind turbine and the power supply system is presented, the results of experimental studies of the developed wind turbine of a special design, in particular, the dependence of the voltage at the output of the wind generator at idle and under load at various wind speeds.

The proposed system of autonomous power supply using solar and wind energy can be used, in particular, for rural settlements, cottages, holiday villages, pasture farming complexes, irrigated agriculture and other farms, small enterprises for various purposes, remote oil and gas fields.

Keywords: Renewable energy sources, wind energy, electricity generation, autonomous power supply, wind generator, wind turbines.

Теруге 15.09.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2022 ж. қол қойылды.
Электронды баспа
3 Mb RAM
Шартты баспа табағы 19,8. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова
Корректор: А. Р. Омарова
Тапсырыс № 3989

Сдано в набор 15.09.2022 г. Подписано в печать 30.09.2022 г.
Электронное издание
3 Mb RAM
Усл. печ. л. 19,8. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова
Корректор: А. Р. Омарова
Заказ № 3989

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
E-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik-energy.tou.edu.kz