

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

№ 2 (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/ZOCF4313>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – 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., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *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 университете

***А. Б. Кайдар¹, С. С. Исенов², С. К. Шерьязов³,
Б. К. Шапкенов⁴**

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

³Южно–Уральский государственный аграрный университет,
Российская Федерация, г. Челябинск;

⁴Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Материалы статьи относятся к сфере альтернативной энергетики и могут быть использованы для электроснабжения отдельных автономных потребителей, в частности сельских поселений, коттеджных, дачных поселков, комплексов отгонного животноводства, поливного земледелия и других фермерских хозяйств, малых предприятий различного назначения, отдаленных нефте– и газопромышленных участков. В статье приведен анализ 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. Далее 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. Кроме этого в статье приведена конструкции стендов для выполнения экспериментальных исследований ветроэнергетических характеристик ветрогенераторов и фотография разработанного лабораторного образца ветроустановки со встречновращающимися ветроколесами в ходе испытаний в реальных условиях.

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

Введение

В условиях роста потребления энергии важно снизить затраты в системе электроснабжения. Это актуально для автономных потребителей, которые, как правило маломощные, а в сельском хозяйстве потребление электроэнергии может носить и сезонный характер, что приводит к большим затратам. Использование возобновляемой энергии позволит снизить затраты на потребляемую энергию путем замещения органического топлива. Климатические и природные условия Казахстана предоставляют широкие возможности для использования энергии ветра.

В возобновляемой энергетике ветроэнергетические установки занимают одно из основных мест. Генерация ветроэнергетических установок уступает только генерации гидроэлектростанций. Однако, если глобализм с гидроэлектростанциями спроецировать на ветрогенерирующие установки, учитывая масштабы зон затопления, экологические, социальные факторы, космические суммы капиталовложений, то преимущество гидроэлектростанций не будет бесспорным в сравнении с ветроэлектростанциями.

Ветроэлектростанции, как в свое время и гидроэлектростанции, уверенно занимают свою нишу на рынке электроэнергии наряду с тепловыми электростанциями на углеродном топливе. Поэтому тематика статьи актуальна, а материал будет востребован. В настоящее время использование альтернативных источников является экономически нецелесообразным в районах с развитой структурой традиционной энергетики. Однако для удаленных регионов, в том числе и частного сектора, актуально использование возобновляемых источников энергии. Так по данным департаментов и управлений сельского хозяйства в 2017–2018 гг в Павлодарской области свыше 40, а в Акмолинской области свыше 100 фермерских, крестьянских хозяйств, индивидуальных предпринимателей получили безвозвратное целевое финансирование для приобретения ветросолнечных установок для электроснабжения автономных потребителей. В связи с этим можно с уверенностью сказать, что целевая аудитория, заинтересованная в приобретении ветроэлектрических установок, имеется.

Объект исследования: ветроустановка с улучшенными техническими характеристиками.

Предмет исследования: процессы в ветрогенерации в ветроэлектростанровке и автономной системе электроснабжения.

Цель: является описание ветроустановки с улучшенными характеристиками.

Задачи: провести анализ ветрогенерирующих установок; выявить недостатки; разработать ветрогенерирующую установку новой конструкции, лишенную этих недостатков; разработать стенд для проведения экспериментальных исследований и лабораторный образец ветроустановки специальной конструкции.

Основной текст

Основной проблемой ветрогенераторов является то, что они работают в узком диапазоне скоростных характеристик ветрового потока, а именно, с 4–6 м/с до 11–14 м/с [1]. При скорости ветра ниже 3 м/с у ветрогенератора или не вращаются колеса, или, если вращаются, то ветрогенератор не может развить паспортную мощность [2].

При скоростях ветра свыше 14 м/с необходимо ограничивать во избежание повреждений скорость вращения лопастей ветрогенератора балластными сопротивлениями или механическими способами вроде изменения угла атаки лопасти или жесткой фиксации лопасти [3] и т.п.

Материалы и методы исследования. Материалом исследования являются системы автономного электроснабжения с акцентированием внимания на специальные способы получения повышенной относительной скорости вращения ветрогенерирующих установок, по которым авторами получены 3 патента РК. Кроме того, авторами проведены экспериментальные исследования, изложенные в этой и др. статьях, показывающие преимущества авторских разработок.

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

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].

Известны устройства по технической сущности и достигаемому результату являются аналогами: ветроколесо с осью вращения, совпадающей [5] с направлением ветра, и планетарный привод генератора электрического тока ветроэлектростанции [6] включающий основание, опору, ветродвигатель, состоящий из двух ветроколес – внешнего и внутреннего, с общей осью и возможностью встречного вращения, опорный вал и планетарную передачу, отличающийся тем, что корона передачи связана с внутренним ветроколесом, свободно расположенным на опорном валу внешнего, а внешнее ветроколесо посредством опорного вала жестко соединено с водилом, на котором

размещены сателлиты для связи короны с солнечной шестерней на выходе, при этом в створе между ветроколесами имеется синхронизатор, свободно размещенный своей серединой на опорном валу и представляющий собой две диаметрально расположенные кулисы, каждая из которых содержит конический сателлит для одновременной связи с зубчатыми венцами обоих ветроколес, зафиксированный от возможного поворота тросовыми растяжками. Недостатками является наличие сложного и дорогого шестеренчатого преобразования, необходимость синхронизации элементов механизма, необходимость специального оборудования для изготовления планетарного механизма, потери на зубчатых передачах и снижение КПД, необходимость профилактического обслуживания механической передачи, зависимость от климатических факторов – зимняя или летняя смазка и т.д.

Известно устройство по технической сущности являющееся прототипом – Ветрогенератор со встречно-вращающимися ветроколесами [7], где ветрогенератор с осью вращения, совпадающей с направлением ветра, содержит два встречно вращающихся ветроколеса, при этом одно из ветроколес крепится к ротору, а второе – к статору генератора, вал ротора находится внутри полого внешнего вала статора имеющего токосъемные кольца, причем внешний вал прикреплен к телу гондолы через подшипниковые опоры. Удвоение результирующей скорости позволит сократить парусность ветроколес, уменьшить длину лопасти, а это позволит сократить массогабаритные показатели, во-первых, во-вторых, увеличит надежность. Кроме этого, ветрогенератор будет выходить на паспортную мощность генерации при более низких скоростях ветра (известно, что увеличение скорости ветра в два раза приводит к 8 – 10 кратному увеличению его удельной мощности). Ветрогенератор не требует синхронизации скоростей ротора и отличается предельной простотой как в изготовлении, так и в обслуживании.

Недостатком этого ветрогенератора является невозможность вращения ветроколес при низких значениях скорости ветра и низкая сопротивляемость на изгиб лопастей при высокой скорости ветра, что приводит к выходу их из строя [8–10].

В связи с этим поставлена задача, разработать ветроэлектростанцию с повышенным коэффициентом использования кинетической энергии ветра в широком диапазоне скоростей ветра. Техническим результатом является более эффективное использование энергии ветра, возможность выработки механической энергии при низких, средних и высоких скоростях ветра.

Схема подобного устройства приведена на рисунках 1, 2 и 3.

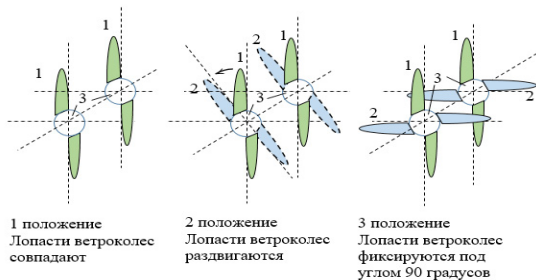


Рисунок 1 – Положения лопастей ветроколес

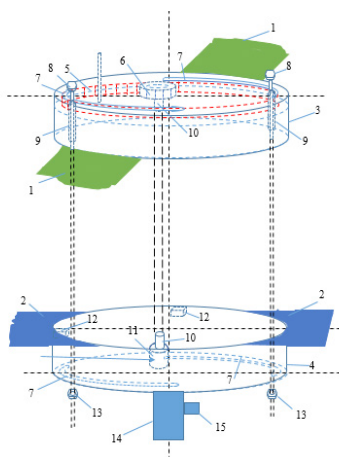


Рисунок 2 – Механика движения лопастей ветроколес

На рисунке 1 показаны возможные положения лопастей ветроколес, на рисунке 2 приведена конструкция поворотного механизма лопастей ветроколес, на рисунке 3 представлена схема системы автономного электроснабжения, оснащенная ветроустановкой, обладающей свойствами разворота лопастей с целью увеличения парусности при низких скоростях ветра и сворачивания лопастей при достижении номинальной скорости вращения.

Это достигается за счет того, что каждое встречно вращающееся ветроколесо выполняется двойным, а именно верхние лопасти ступиц 1 крепятся к верхней части ступицы 3 (рисунок 1, 2, 3), нижние лопасти ступиц 2 крепятся к нижней части ступицы 4, части ступиц 3 и 4 выполняются, связанными между собой болтами 8 и гайками 14, с возможностью перемещения относительно друг друга (рисунок. 2) относительно оси вала

вращения 15. Болты жестко закреплены в отверстиях нижней части ступицы и могут перемещаться в прорезях 7 верхней части ступицы.

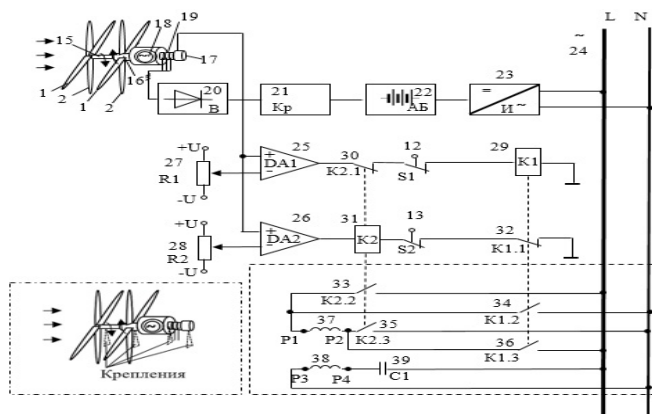


Рисунок 3 – Схема системы автономного электроснабжения

На верхней части ступицы 3 располагают изогнутую зубчатую рейку, представляющую фрагмент зубчатой ведомой шестерни ступицы 5 с внутренними зубцами (рисунок 2), входящую в зацепление с ведущей шестерней 6 редукторного двигателя 11, который закреплен на нижней части ступицы 4.

Перемещение частей ступицы вместе с лопастями обеспечивается редукторным двигателем 11, при включении которого лопасти из совмещенного состояния (рисунок 1, положение 1) начинают раздвигаться (рисунок 1, положение 2) и устанавливаются в положении 3. Остановку редукторного двигателя 11 в положении 3 (рисунок 1) с развернутыми на 90 градусов лопастями обеспечивает конечный выключатель S1 12 (рисунок 2).

Ограничение движения частей ступиц в обратном направлении при совмещении лопастей обеспечивается конечным выключателем S2 13 (рисунок 2).

При высоких скоростях ветра в совмещенном состоянии лопастей, снижается ветровая нагрузка на ветроустановку и на опорную мачту ветроустановки за счет снижения парусности, что повышает надежность системы автономного электроснабжения при штормовых ветрах. Кроме того, в совмещенном состоянии лопастей увеличивается их сопротивление на изгиб от встречного потока, за счет удвоения поперечного сечения лопастей, что также снижает вероятность повреждения лопастей.

При низких скоростях ветра лопасти разворачиваются в положение 3 (рисунок 1), обеспечивая воздействие ветра на ветровое колесо и увеличивая генерацию электроэнергии.

Управление системы автономного электроснабжения осуществляется схемой, приведенной на рисунок 3.

Ветроустановка состоит из двух ветроколес с раздвижными лопастями 1 и 2 (рисунок 1, 2). Ступица левого (первого) ветроколеса (рисунок 3) насажена на вал вращения ротора синхронного генератора 18, ступица правого (второго) ветроколеса насажена на полый вал, скрепленный со статором синхронного генератора. Лопасти первого и второго ветроколес развернуты таким образом, что при обеспечивают встречное вращение ветроколес и, соответственно, встречное вращение ротора и статора синхронного генератора. Для свободного вращения статора, предусмотрены точки крепления опор на подшипниках, показаны условно на рисунке 3 в контуре штрихпунктиром, как в прототипе, и токосъемные кольца 19 на статоре. Схема крепления выделена отдельно, чтобы не загромождать основную схему.

Встречное вращение обеспечивает удвоенную относительную скорость вращения ротора и статора: если скорость первого ветроколеса w_1 , а второго w_2 , то относительная скорость при встречном вращении будет равна $w_{\text{относительная}} = w_1 + w_2$.

Переменное генерируемое напряжение снимается с токосъемных колец 19 (рисунок 3), выпрямляется выпрямителем 20, подается на аккумуляторная батарея 22 через контроллер 21, который контролирует величину напряжения. Постоянное напряжение аккумуляторной батареи инвертируется в переменное, инвертором 23 и подается на шины 24 переменного тока для питания нагрузки.

Напряжение с датчика скорости 17 (рисунок 3), в качестве которого можно использовать тахогенератор постоянного тока, подается на неинвертирующие входы операционных усилителей DA1 25 и DA2 26, образующих с делителями напряжения R1 27 и R2 28, компараторы. Делители питаются от источников постоянного напряжения $+U$, $-U$, которые можно организовать от аккумуляторной батареи 22.

Подвижными контактами делителей напряжения R1 27 и R2 28, задаются уставки срабатывания компараторов DA1 25 и DA2 26, соответствующие минимальному V_{\min} и максимальному V_{\max} значению скорости ветра, при которых необходимо раздвигать или складывать лопасти ветроколес ветрогенератора. Фактически эти два компаратора образуют двух пороговую схему сравнения с нижним и верхним порогом срабатывания с уставками $U_{\text{уст. ниж}}$ и $U_{\text{уст. верх}}$.

Первый компаратор DA1 25 настраивается на минимальную скорость ветра V_{\min} , определяемую датчиком скорости 17. Настройка заключается

в выставлении ползунком потенциометра R1 27 на инвертирующем входе компаратора DA1 25 напряжения, соответствующего напряжению на выходе датчика скорости ветра 17 (рисунок 3) при минимальной скорости оборотов, но не равной нулю. Это соответствует моменту разворота нижних лопастей ступиц 2.

Понижение оборотов ветроколес ведет к уменьшению напряжения на выходе датчика скорости 17 и при достижении величины напряжения, соответствующей минимальной скорости, происходит срабатывание компаратора DA1 25, вследствие совпадения напряжения на неинвертирующем входе $U_{\text{неинв}}$ с заданным потенциалом $U_{\text{инв}}$ на инвертирующем входе DA1 25. То есть напряжения срабатывания $U_{\text{сп}}$ или напряжение уставки $U_{\text{уст ниж}}$ соответствует условию:

$$U_{\text{сп}} = U_{\text{неинв}} = U_{\text{инв}} = U_{\text{уст ниж}},$$

где $U_{\text{уст ниж}}$ – нижний порог напряжения на инвертирующем входе компаратора DA1 25, соответствующий минимальной скорости ветра $V_{\text{мин}}$, при которой начинается разворот нижних лопастей ступиц 2.

Вследствие срабатывания компаратора DA1 25 на его выходе появляется логическая единица, приводящая к включению реле 29 K1, ввиду протекания тока с выхода компаратора DA1 25 через контакт K2.1 30, замкнутый конечный выключатель S1 12, на массу (минусовую шину питания микросхем).

Включение реле K1 29 приводит к размыканию его нормально замкнутого контакта K1.1 32 и замыканию нормально разомкнутых контактов K1.2 34 и K1.3 36, что приводит к протеканию переменного тока от фазы L шины переменного тока 24 через контакт K1.3 36, обмотку P1, P2 37 и контакт K1.2 34 к нулевой шине N. Обмотка редукторного двигателя P3, P3 38, подключена к однофазной сети переменного тока 24, через конденсатор C1 39. Одновременное протекание токов по обмоткам P1, P2 37 и P3, P4 38 вызывает вращение редукторного двигателя вперед, перемещая нижние лопасти ступиц 2 (рисунок 2) в положение 3 (рисунок 1), вращение передается через вал редукторного двигателя 10 на шестерню 6, которая входя в зацепление с шестерней ступицы 5, начинает разворачивать лопасть 2 (рисунки 1 и 2) против часовой стрелки (положение 2 рисунок 1) до срабатывания конечного выключателя S1 12 (рисунок 2) тем самым разворачивая лопасть 2 относительно лопасти 1 на 90 градусов (положение 3 рисунок 1).

Отключение выходной цепи компаратора DA1 25 конечным выключателем S1 12 (рисунок 3) предотвращает его воздействие на редукторный двигатель 10 при изменениях скорости вращения вблизи $V_{\text{мин}}$.

Повышение оборотов ветроколес ведет к увеличению напряжения на выходе датчика скорости 17 (рисунок 3) и при достижении величины напряжения, соответствующей скорости ветра V_{max} , происходит срабатывание

компаратора DA2 26, вследствие совпадения напряжения на неинвертирующем входе $U_{\text{неинв}}$ с потенциалом на инвертирующем $U_{\text{инв}}$. То есть напряжения срабатывания $U_{\text{ср}}$ или напряжение уставки $U_{\text{уст верх}}$ соответствует условию:

$$U_{\text{ср}} = U_{\text{неинв}} = U_{\text{инв}} = U_{\text{уст верх}}.$$

Вследствие срабатывания на выходе компаратора DA1 26 появляется логическая единица, приводящая к включению реле К2 31, ввиду протекания тока с выхода компаратора DA2 26 через обмотку реле К2 31, замкнутый конечный выключатель S2 13, нормально замкнутый контакт К1.1 32, на массу (минусовую шину питания микросхем). При этом срабатывание К2 31 ведет к замыканию нормально разомкнутых контактов К2.2 33 и К2.3 35, что обуславливает протекание тока от шины L однофазной сети переменного тока 24, через контакт К2.2 33, обмотку P1, P2 37, контакт К2.3 35, к нулевой шине N сети переменного тока 24. Ток через обмотку P1, P2 37 протекает в обратном направлении, что обеспечивает реверсирование редукторного двигателя 11.

Работа редукторного двигателя 11 приводит к складываю верхних и нижних лопастей ветроколес (рисунок 1, 2).

Результаты и обсуждение. Для проведения экспериментальных исследований одного из вариантов установки был разработан исследовательский стенд (рисунок 4).

Для анализа результатов экспериментальных исследований изготовлены два стенда: один для исследования характеристик двухколесной ветроустановки со встречновращающимися ветроколесами по специальной конструкции (рисунок 4, а), второй для получения характеристик типового ветрогенератора. Двигателями постоянного тока (ДПТ) регулируются скорости ветра в аэродинамических трубах. Испытываются генераторы, находящиеся в аэродинамических трубах. Диаметры ветроколес генераторов по размерам и форме одинаковы.

Испытания показали существенное увеличение энергогенерации ветрогенератора специальной конструкции по сравнению с контрольным образцом (рисунок б).

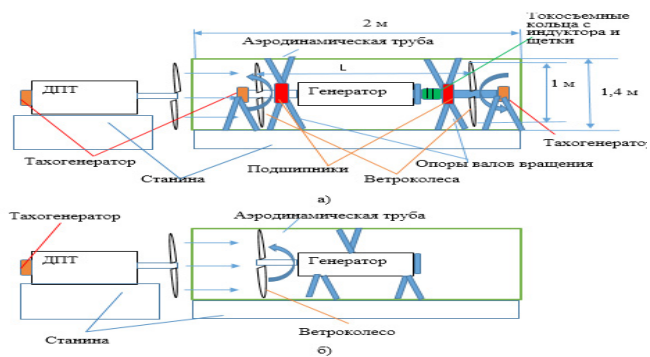


Рисунок 4 – Конструкции стендов экспериментальных исследований ветроэнергетических характеристик ветрогенераторов:

- а) двухколесная ветроустановка со встречновращающимися ветроколесами по специальной конструкции;
- б) ветроустановка по традиционной схеме (контрольный вариант)



Рисунок – 5 Лабораторный образец ветроустановки со встречновращающимися ветроколесами в ходе испытаний в реальных условиях

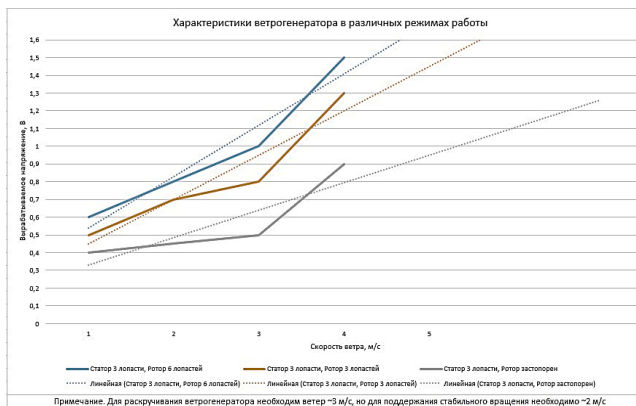


Рисунок – 6 Характеристика генерируемого напряжения от скорости вращения ветроустановки $U = f(v)$ снималась при скоростях ветра 2, 3, 4 м/с

Высота установки оси ветрогенератора 1 м. Генератор однофазный с магнитами на роторе.

Мощность генератора 45 Вт, скорость 1500 об/мин.

Замер скорости проводился анемометром CR2032.

Напряжение мультиметром M838.

При 4 м/с генерируемое напряжение 0,9 В, 1,3 В, 1,5 В.

Учитывая соотношение 0,9 В и 1,3 В, видим, что прирост генерации составил 44 %. Причем, генератор не вышел в номинальный режим ввиду отсутствия достаточной скорости ветра в условиях полевых испытаний. При создании аэродинамической трубы или при наличии ветра достаточного для проведения экспериментов в полном объеме можем получить более высокую эффективность генерации.

Изменение крутизны при скорости 3 м/с свидетельствует о начале выхода в номинальный режим.

Выводы

1 Ветроэнергетика является одним из перспективных экологически чистых источников энергии.

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

3 Автономная система электроснабжения, обеспечивающая раздвижением и совмещением лопастей в функции скорости ветра, повышает эффективность разработанной системы электроснабжения по сравнению

с прототипом, расширяет круг функциональных возможностей, позволяет существенно повысить надежность энергетической системы, обеспечить гарантированный срок эксплуатации без аварий.

4 Техническим результатом является более эффективное использование энергии ветра, возможность выработки механической энергии при низких, средних и высоких скоростях ветра, а также автоматическое управление системой автономного электроснабжения потребителей. Решение поставленной цели включает разработку системы автономного электроснабжения с управляемым моментом трогания ветроколеса и уменьшением максимальной парусности ветроколес при штормовых ветрах, и увеличением парусности ветроколес при низких скоростях ветра, для предотвращения останова ветроколеса и увеличением момента трогания ветроколеса. Получение требуемого технического результата достигается тем, что при низких скоростях ветра, дополнительные пары лопастей на ветроколесах раздвигаются, тем самым увеличивая парусность, а при высоких скоростях ветра дополнительные пары лопастей совмещаются с основными, тем самым предотвращая поломку лопастей, за счет увеличения жесткости конструкции лопастей. Для управления автономной системой электроснабжения предусмотрена система управления, обеспечивающая раздвижением и совмещением лопастей в функции скорости ветра, что повышает эффективность разработанной системы электроснабжения по сравнению с прототипом, расширяет круг функциональных возможностей, позволяет существенно повысить надежность энергетической системы, обеспечить гарантированный срок эксплуатации без аварий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Падруль, Н. М.** Повышение эффективности преобразования энергии ветра. [Текст] // Материалы международной научно–технической конференции «VI чтения Ш. Шокина», 10 октября 2014 года, с. 204–210, ISBN 978–601–238–128–3.

2 **Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Кислов, А. П., Шапкенов, Б. К., Шахман, Е. Т., Жетписов, О. К.** К выбору эффективных режимов работы Электромеханических систем по критериям энергетической эффективности или позиционирования. [Текст] // Сборник КГУ им. Букетова. Караганда. 2015, с. 132–142, ISBN 978–601–238–128–3

3 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А.П., Марковский, В.П.** Новые ветроколеса с улучшенными энергетическими показателями. [Текст] // Перспективы строительства ветроэлектростанций на территории Казахстана. Вестник ПГУ, Энергетическая серия, 2015 г., № 2, С. 46–53. ISBN 1811–1858.

4 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П.** Оценка средних и действующих значений тока, мощности статических потерь на этапах коммутации инвертора с широтно–импульсной модуляцией для систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии [Текст] // ПМУ хабаршысы Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. 2014. № 3. С. 129–137

5 **Вашенко, Ю. Ф. (RU), Соколов, Г. Е. (RU).** Планетарный привод генератора электрического тока ветроэлектростанции. Патент РФ RU2518783, F03D 7/00. Оpubл. 10.06.2014.

6 Староверов, Н. Е. Стан с осью вращения. Патент РФ RU 2404871 B21B 31/26. Оpubл. 27.11.2010.

7 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К.** Ветрогенератор со встречно вращающимися ветроколесами. Патент РК № 31254 15.06.2016, бюл. № 6.

8 **Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P., Kislov, A. P., and Borzykh, A. O.** The necessity of application of frequency electric drives for irrigation systems. [Tekst] // E3S Web of Conferences 288, 01002 (2021). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801002_SUSE-202_.

9 **Sheryazov, S. K., Issenov, S. S., Iskakov, R. M., and Kaidar, A. B.** [Tekst] // Special Aspects of Using the Wind Power Plants In the Power Supply System. E3S Web of Conferences 288, 01003 (2021) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801003_SUSE-2021_.

10 **Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P.** Evaluation of average and effective values of current, power of static losses at switching stages pulse–width modulation inverter for power supply systems with renewable energy sources [Tekst] // Bulletin of PSU. Energy series. – 2014. – No. 3. – pp. 129–137.

REFERENCES

1 **Kaidar, A. B., Şapkenov, B. K., Padrül, N. M.** Povyşenie effektivnosti preobrazovania energii vetra. [Improving the efficiency of wind energy conversion]. Materialy mejdunarodnoi nauchno–tehniçeskoj konferensii “VI reading of Sh. Shokin”, October 10, 2014, p. 204–210, ISBN 978–601–238–128–3.

2 **Kaidar, A. B., Markovski, V. P., Kislov, A. P., Şapkenov, B. K., Şahman, E. T., Jetpisov, O. K.** K vyboru effektivnyh rejimov raboty Elektromehaniçeskih sistem po kriteriam energetiçeskoj effektivnosti ili pozicionirovanija. [To the choice of effective modes of operation of Electromechanical systems according to the criteria of energy efficiency or positioning] // Booklet of KSU them. Buketova. Karaganda. 2015, p. 132–142, ISBN 978–601–238–128–3.

3 **Kaidar, A. B., Şapkenov, B. K., Kislov, A.P, Markovski, V.P.** Novye vetrokolesa s uluščennymi energetiçeskimi pokazateljami. Perspektivy stroitelstva vetroelektrostansi na territorii Kazahstana. [New wind turbines with improved energy

performance. Prospects for the construction of wind farms in Kazakhstan.]. Bulletin of PSU, Energy Series, 2015, No. 2, pp. 46–53. ISBN 1811–1858.

4 **Kajdar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovskij, V. P.** Ocenka srednih i dejstvuyushchih znachenij toka, moshchnosti staticheskikh poter' na etapah kommutacii invertora s shirotno impul'snoj modulyaciej dlya sistem elektrosnabzheniya s vozobnovlyaemymi istochnikami energii [Estimation of average and effective values of current, power of static losses at the stages of switching of an inverter with pulse–width modulation for power supply systems with renewable energy sources] // Bulletin of the PCU. Energy Series. 2014. № 3. P. 129–137.

5 **Vaşenko, İ. F. (RU), Sokolov, G. E. (RU).** Planetarnyi privod generatora elektricheskogo toka vetroelektrostantsii. [Planetary drive of the electric current generator of a wind farm] // Patent RF RU2518783, F03D 7/00. Published 10.06.2014.

6 **Staroverov, N. E.** Stan s ösü vraşenia. [Mill with axis of rotation] // Patent RF RU 2404871 V21V 31/26. Published 27.11.2010.

7 **Kaidar, A. B., Şapkenov, B. K.** Vetrogenerator so vstrechnovraşaiuşimisä vetrokolesami. [Wind generator with counter–expanding wind wheels] // Patent RK 31254 15.06.2016, büл. №6.

8 The necessity of application of frequency electric drives for irrigation systems. Kaidar, A. B., Shapkenov B. K., Markovsky, V. P., Kislov, A. P., and Borzykh, A. O. E3S Web of Conferences 288, 01002 (2021). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801002> SUSE–202

9 **Sheryazov, S. K., Issenov, S. S., Iskakov, R. M., and Kaidar, A. B.** Special Aspects of Using the Wind Power Plants In the Power Supply System. E3S Web of Conferences 288, 01003 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801003> SUSE–2021.

10 **Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P.** // Evaluation of average and effective values of current, power of static losses at switching stages pulse–width modulation inverter for power supply systems with renewable energy sources / Bulletin of PSU. Energy series. – 2014. – No. 3. – pp. 129–137.

Материал поступил в редакцию 13.06.22.

*А. Б. Кайдар¹, С. С. Исенов², С. Қ. Шерязов³, Б. Қ. Шапкенов⁴

^{1,2}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті

Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;

³Оңтүстік Орал мемлекеттік аграрлық университеті,

Ресей Федерациясы, Челябинск қ.;

⁴Торайғыров атындағы университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 13.06.22 түсті.

ЖАҚСЫРТЫЛҒАН ЭНЕРГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ БАР АВТОНОМДЫҚ ЭЛЕКТРМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ ЖҮЙЕСІ

Мақаланың материалдары баламалы энергетика саласына қатысты және жеке автономды тұтынушыларды, атап айтқанда, ауылдық елді мекендерді, саяжайларды, демалыс поселкелерін, жайылымдық егіншілік кешендерін, суармалы егіншілікті және басқа да шаруашылықтарды, әртүрлі мақсаттағы шағын кәсіпорындарды, шалғайдағы электр энергиясын жеткізу үшін пайдаланылуы мүмкін мұнай және газ өндіру учаскелері. Мақалада мақалада келтірілгендерге ұқсас жел турбиналары конструкциялары бар автономды электрмен жабдықтау жүйелерінің талдауы қарастырылған, бірақ оларды тәжірибеде пайдалануды қиындататын бірқатар кемшіліктері бар. 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 және автономды электрмен жабдықтау схемасы ұсынылады, олар жел генераторларын да, автономды электрмен жабдықтау схемаларын да одан әрі дамыту болып табылады. Сонымен қатар, мақалада жел қондырғыларының жел энергетикалық сипаттамаларын эксперименталды зерттеуге арналған стендтердің дизайны және нақты жағдайларда сынақтар кезінде қарсы айналмалы жел дөңгелектері бар жел турбинасының әзірленген зертханалық үлгісінің фотосуреті ұсынылған.

Кілтті сөздер: Жаңартылатын энергия көздері, жел энергиясы, электр энергиясын өндіру, автономды электрмен жабдықтау, тиімділік, жел генераторы, жел диірмендері

*А. Б. Кайдар¹, S. S. Issenov², S. K. Sheryazov³, B. K. Shapkenov⁴

^{1,2} Kazakh Agro Technical University S. Seifullin,

Republic of Kazakhstan, Nur–Sultan;

³Ural State Agrarian University, Russian Federation;

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 13.06.22

SYSTEM OF AUTONOMOUS POWER SUPPLY WITH CONTROLLED BREAKING TORQUE OF THE WINDWHEEL

The materials of the article relate to the field of alternative energy and can be used to supply individual autonomous consumers, in particular; rural settlements, cottages, holiday villages, pasture farming complexes, irrigated agriculture and other farms, small enterprises for various purposes, remote oil and gas production sites. The article provides an analysis of autonomous power supply systems with wind turbine designs similar to those given in the article, but having 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. In addition, the article presents the design of stands for performing experimental studies of the wind power characteristics of wind turbines and a photograph of the developed laboratory sample of a wind turbine with counter–rotating wind wheels during tests in real conditions.

Keywords: Renewable energy sources, wind energy, power generation, autonomous power supply, efficiency wind generator, windmills wind generator, windmills, wind generator, windmills.

Теруге 13.06.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

16,6 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.88. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3958

Сдано в набор 13.06.2022 г. Подписано в печать 30.06.2022 г.

Электронное издание

16,6 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.71. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3958

«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