

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

№ 4 (2020)

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

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.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>к.т.н., доцент (Россия)</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD, доцент</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

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

С. К. Шерьязов¹, С. С. Исенов², А. Б. Кайдар³

¹Южно-Уральский государственный аграрный университет,
Челябинск, Российская Федерация;

²Казахский аграрный университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан,
Республика Казахстан;

³Компания «Alstom, EKZ», докторант Казахского аграрного университета
имени. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, Республика Казахстан

ПРЕДПОСЫЛКИ ВНЕДРЕНИЯ SMART GRID СЕТЕЙ С ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Представленная статья посвящена вопросам ветроэнергетических установок.

В статье даны классификация и структурные схемы ВЭУ переменного тока, проведен анализ роли, места и особенностей функционирования ветроэнергетических установок в интеллектуальных электроэнергетических системах концепции Smart Grid с большой долей возобновляемых источников энергии. Приведен детальный анализ существующих ветровых агрегатов переменного тока. Даны рекомендации по повышению надежности работы ветроэнергетических установок в интеллектуальных сетях.

Большое внимание уделяется вопросу аппаратурной реализации систем генерации, преобразования и сопряжения существующей с электрической сетью

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветроэнергетические установки, концепция Smart Grid.

Введение

На сегодняшний день одним из путей сохранения окружающей среды на Земле и ее экологии является широкое использование альтернативных, экологически чистых возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Еще одним аргументом в пользу ВИЭ является то, что в условиях огромной территории (2,7 млн. км²) и низкой плотности населения в РК (5,5 чел/км²), значительны потери энергии при ее транспортировке удаленным потребителям. В этой

связи всемерное развитие местных возобновляемых источников энергии может являться экономической и экологической альтернативой крупным угольным электростанциям. Одним из наиболее динамично развивающихся коммерческих видов ВИЭ является ветроэнергетика.

В 2009 году вступил в силу Закон РК «О поддержке использования ВИЭ», а также необходимые для его реализации нормативные документы. Начали работать первые ветроэлектрические станции (ВЭС) в Акмолинской, Атырауской, Южно-Казахстанской и Алматинской областях с общей установленной мощностью свыше 160 МВт.

В настоящее время в связи с наличием проблемы истощения запасов ископаемых видов топлива (уголь, природный газ, торф, нефть и др.) в мире наблюдается тенденция развития и внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ), из которых наиболее перспективными являются ветроэнергетические установки (ВЭУ). Однако при массовом внедрении как ВЭУ, так и других ВИЭ в электроэнергетическую систему (ЭЭС) появляется целый круг проблем, связанных с трудностями управления и поддержанием устойчивости параллельной работы. Для решения вышеуказанных проблем была разработана концепция интеллектуальной ЭЭС Smart Grid [1–4]. Однако, несмотря на это, как показано в [4], нерешенными остаются вопросы обеспечения качественной работы систем управления и систем релейной защиты и противоаварийной автоматики, особенно ВЭУ, при нестабильности первичных источников энергии (энергии ветра, солнца и т.д.). Поэтому анализ роли и места, а также проблемных моментов функционирования ветроэнергетических установок в интеллектуальных системах концепции Smart Grid является актуальным.

Вопросам анализа современных ветроэнергетических установок посвящено большое количество работ [1,4–14]. В [1, 6, 7, 9] присутствует описание ключевых особенностей основных типов ВЭУ без рассмотрения релейной защиты и автоматики. Также в [1] содержится краткая информация о системах управления ветровыми агрегатами (ВА) и роли ВА в интеллектуальных энергосистемах концепции Smart Grid. Работы [10–12, 14] посвящены анализу динамических режимов ВЭУ, а вопросы реализации и функционирования ВА релейной защиты и автоматики затрагиваются в [4, 13]. В существующих стандартах [5, 8] содержится классификации ветровых агрегатов, но без учета ряда особенностей современных ВЭУ.

Материалы и методы. Аналитический, статистический.

Современная ВЭУ представляет собой сложную и дорогостоящую электромеханическую систему преобразования первичной энергии ветрового потока во вторичную электрическую энергию. Ведущими производителями ВЭУ в настоящее время являются: Siemens AG (Германия), Vestas Wind Systems A/S (Дания), General Electric (США), Fuhrlander AG (Германия), Senvion SE

(Германия), Nordex SE (Германия) и Enercon (Германия). Единичная номинальная мощность современных ВЭУ колеблется от не- скольких киловатт до 10 МВт. Как правило, большинство ветроэнергетических установок являются трехлопастными с горизонтальной осью вращения, параллельной направлению ветрового потока. Опираясь на действующий государственный стандарт ГОСТ Р 51990, ВЭУ в зависимости от мощности подразделяют на четыре группы: первая группа (большой мощности) – свыше 1 МВт; вторая (средней мощности) – от 100 кВт до 1 МВт; третья (малой мощности) – от 5 до 100 кВт; четвертая (очень малой мощности) – менее 5 кВт [5]. Передовыми странами, в которых доля ВИЭ достаточно высока, являются Германия, Италия, Дания, Испания, КНР, Нидерланды и др. Например, к концу 2019 года, согласно [6, 7], процент ВИЭ в Германии составлял более 20 %.

ВЭУ классифицируют по многим признакам, основными из которых являются: вид вырабатываемой энергии, мощность, признак работы с постоянной или переменной частотой вращения ветроколеса (ВК) и т. д. Согласно ГОСТ Р 51990 ВЭУ в зависимости от вида вырабатываемой энергии подразделяют на две группы: механические и электрические [1]. Электрические ветроэнергетические установки, в свою очередь, подразделяют на ВЭУ постоянного и переменного тока (рис. 1) В данной работе уделим внимание рассмотрению исключительно электрическим установкам переменного тока сетевой подгруппы.

В электрических агрегатах переменного тока принципы использования и способы управления отличаются друг от друга. Так, автономные ВЭУ рассчитаны для работы изолированно на собственную электрическую сеть с целью снабжения энергией конкретного заданного потребителя.

Гибридные, или системные, ВЭУ предназначены для работы параллельно с другими энергетическими установками соизмеримой мощности (дизельные генераторы, малые ГЭС и т.п.) на общую электрическую сеть, ими образованную. Сетевые ВЭУ рассчитаны для работы непосредственно на параллельную работу с ЭЭС несоизмеримо большей мощности [1, 5].

Как известно, сетевой ветроэлектрический агрегат (ВА) с электрическим генератором предназначен для параллельной работы с ЭЭС, мощность которых является бесконечно большой или большей, но соизмеримой по сравнению с номинальной мощностью самого ВА [8]. Согласно существующей нормативно-технической документации, существует два признака работы сетевых ВЭУ: при постоянной частоте вращения ВК и переменной, что проиллюстрировано на рис. 2.

В первом случае способ управления – регулирование ВК при использовании в системе генерирования электрической энергии (СГЭЭ) либо синхронного генератора (СГ) или асинхронного генератора (АГ). Когда речь

идет о втором случае, то способом управления выступает регулирование ВК и полупроводникового преобразователя частоты (ПЧ), которое может быть осуществлено раздельно или совместно. Тогда в состав СГЭЭ могут входить АГ с ПЧ, СГ с ПЧ или асинхронный генератор двойного питания (АГДП).

Анализируя существующую в странах постсоветского пространства нормативно-техническую документацию, следует отметить, что в этих документах отсутствует классификация ВЭУ по типу базирования, а именно на оффшорные (морского базирования) и береговые (наземного базирования). Также отсутствует классификация установок по наличию или отсутствию редуктора между ВК и электрическим генератором.



Рисунок 1 – Общая классификация ВЭУ

При этом также не оговаривается, какой именно тип генератора должен входить в СГЭЭ ВЭУ конкретной группы.

На практике, исходя из современного состояния ветроэнергетики, можно выделить наиболее распространенные типы ветроэнергоустановок:

- ВЭУ на базе асинхронных генераторов с короткозамкнутым ротором (АГ с КЗР);
- ВЭУ на базе асинхронных генераторов двойного питания;

– ВЭУ на базе синхронных генераторов с классической обмоткой возбуждения на постоянном токе;

– ВЭУ на базе синхронных генераторов с постоянными (перманентными) магнитами на роторе (СПМ).

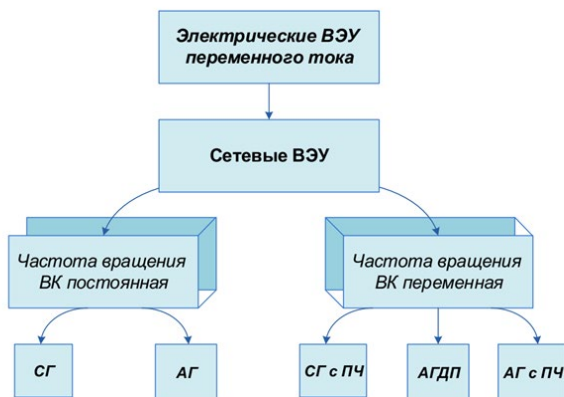


Рисунок 2 – Структурная схема сетевых ВЭУ

Как правило, АГ с КЗР устанавливаются на ВЭУ мощностью до 1 МВт. ВЭУ с АГДП присутствуют в диапазоне мощности от 1 до 5 МВт. ВЭУ с СГ с постоянными магнитами, а также с классической обмоткой возбуждения применяются при мощности свыше 3 МВт.

Упрощенные схемы главных электрических соединений ВЭУ с асинхронными генераторами приведены на рис. 3.

АГ с КЗР прямого подключения в ЭЭС (рис. 3а) применяются при постоянной угловой частоте вращения независимо от скорости ветра. Ключевой особенностью подобных ВЭУ является наличие дополнительных конденсаторных батарей, необходимых для компенсации потребления реактивной мощности. К достоинствам следует отнести простоту и надежность, а также относительно низкую стоимость по сравнению с другими типами ВА. К основным недостаткам относятся: неконтролируемое потребление реактивной мощности, низкое значение КПД для скоростей ветра, отличных от номинальной, передача колебаний скорости ветра в ЭЭС, а также наличие высокого механического напряжения. Система управления ВЭУ с АГ с КЗР, а конкретно контроль выходной мощности генерации использует следующие аэродинамические принципы, такие как регулирование потери скорости (пассивный контроль) и управление по тангажу [9–11].

Подключение АГ с КЗР к энергосистеме через полупроводниковый ПЧ (см. рис. 3б) применяется при переменной угловой частоте вращения, что позволяет генерировать напряжение промышленной частоты. Управление выполнено в данных ВЭУ с контролем по тангажу и с контролем ПЧ на стороне генераторного напряжения. К недостаткам следует отнести снижение эффективности машины при частоте вращения вала, меньшей номинального значения, наличие проблемы регулирования реактивной мощности, а также проблемы качества напряжения генерации в связи с наличием преобразователя частоты.

На рис. 3в представлена схема ВЭУ на основе асинхронного генератора с двойным питанием. АГДП – это асинхронный генератор с фазным ротором. Трехфазная обмотка статора генератора подключена через блочный повышающий трансформатор к ЭЭС. К обмотке ротора подключен полупроводниковый ПЧ, необходимый для изменения угловой частоты вращения в определенном диапазоне.

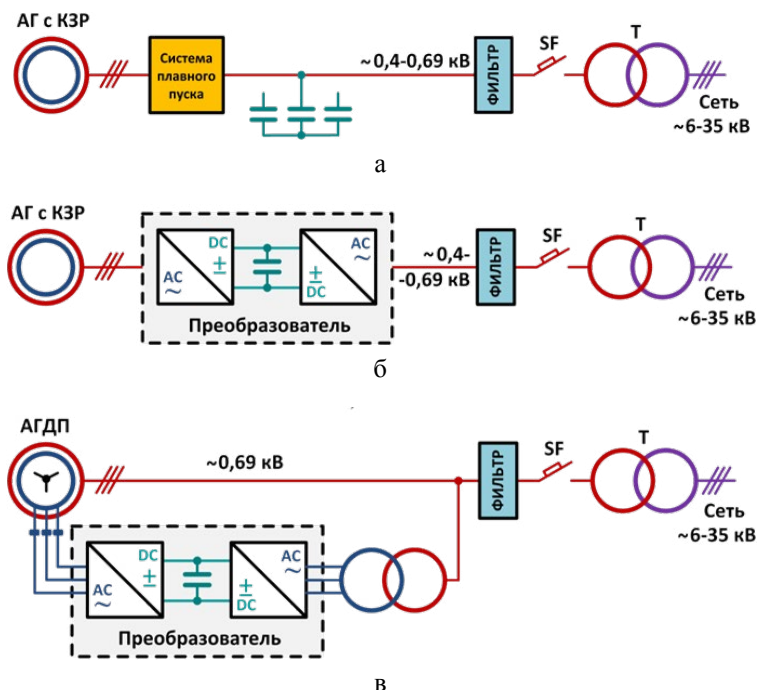


Рисунок 3 – Упрощенные схемы главных электрических соединений ВЭУ с АГ: а – ВЭУ с АГ с короткозамкнутым ротором прямого подключения; б – ВЭУ с АГ с короткозамкнутым ротором с преобразователем частоты в цепи статора; в – ВЭУ с асинхронным генератором двойного питания

Данный диапазон ограничен как техническими характеристиками самого ПЧ, так и механическими параметрами ВА. Положительной особенностью является возможность регулирования коэффициента мощности и реактивной мощности АГДП. К недостаткам следует отнести наличие щеточного аппарата машины с фазным ротором, что сказывается на снижении надежности ВЭУ, также проблемы с качеством напряжения в сети из-за использования ПЧ. С экономической точки зрения ВЭУ с АГДП дешевле, чем установки, использующие дорогостоящие преобразователи частоты в цепи генераторного напряжения.

Система управления ВЭУ с АГДП включает контроль тангажа, контроль с ограничением максимальной мощности, или МРРТ-контроллер, а также контроль ПЧ цепи фазного ротора [1, 9–14].

На рис. 4 приведены упрощенные схемы главных электрических соединений ВЭУ с синхронными генераторами.

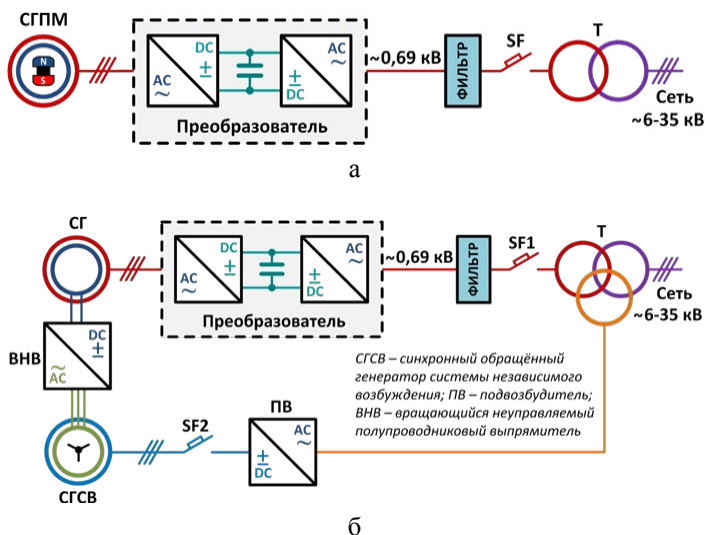


Рисунок 4 – Упрощенные схемы главных электрических соединений ВЭУ с СГ: а – ВЭУ с СГПМ;

б – ВЭУ с СГ с независимой бесщеточной системой возбуждения

Как правило, в данных ВЭУ отсутствует редуктор, что подразумевает непосредственную связь электрогенератора с ветротурбиной. Статор СГ подключается, как и в случае использования СГПМ (см. рис. 4а), так и в случае СГ с классической системой возбуждения (см. рис. 4б), к сети при помощи полупроводникового ПЧ, что позволяет турбине функционировать

с регулируемой угловой частотой вращения. В настоящее время наиболее распространены ВЭУ с синхронными явнополюсными генераторами с бесщеточной системой возбуждения. СГПМ включают постоянные, или перманентные, магниты на роторе, что позволяет удешевить и упростить конструкцию.

Результаты и обсуждение. Однако подобным машинам присущ недостаток потери требуемых магнитных свойств в процессе работы (размагничивание). Также к недостаткам вышеописанных схем с СГ можно отнести высокую стоимость ВЭУ по сравнению с другими типами ВА, влияние на ухудшение качества энергии в процессе генерации, а также наличие сложностей в управлении.

Система управления ВЭУ с СГ аналогична ветроэнергетическим установкам с АГДП [1,9].

В интеллектуальных ЭЭС концепции Smart Grid ветроэнергетические установки являются одним из ключевых ВИЭ.

Как правило, устанавливаемые ВЭУ образуют ветровые парки или ветровые электро-станции суммарной мощностью от нескольких десятков киловатт до сотен МВт. Как показано в [4], при большой доле ВИЭ в ЭЭС возникает проблема поддержания требуемого уровня генерации мощности ввиду непостоянства первичных природных источников энергии. Это приводит к возникновению проблем работы устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики (РЗА), а также к усложнению управления. Также в отечественных стандартах и нормативных документах отсутствуют требования к построению защит ВЭУ с учетом их особенностей, что приводит к установке неэффективной стандартной защитной логики, которая некорректно работает в ряде аномальных и аварийных режимах работы, а особенно в ЭЭС Smart Grid.

Одним из решений вышеуказанных проблем является модернизация и разработка новых систем РЗА ВЭУ, например, разработка адаптивных защит с использованием протокола МЭК (IEC) 61850 [1-4], что повлияет на повышение надежности.

Выводы

В работе произведен детальный анализ современных ветроэнергетических установок, в результате которого установлено, что наиболее рациональными и экономически выгодными являются ВЭУ с асинхронными генераторами двойного питания.

Установлено, что в рамках интеллектуальной электроэнергетической системы концепции Smart Grid ветроэнергетические установки являются одним из ключевых возобновляемых источников энергии, но при этом с наличием ряда специфических особенностей функционирования.

Для повышения надежности функционирования ВЭУ предложены пути модернизации релейной защиты и автоматики за счет разработки адаптивных защит с использованием протокола МЭК (IEC) 61850.

Список использованных источников

1 Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Жанат, Ж., Айтжанов, С. Е., Жакып, К. Б., Файзулла, Д. Ф., Джансаринов, К. Е., Оспанова, Ж. М. Жел энергиясынын түрлендірудін тиімділігін жоғарылату. Вестник ПГУ. Энергетическая серия. № 4, 2015. С. 60–64. ISSN 1811-1858.

2 Шапкенов, Б., Калиев, Б., Кайдар, А. Теория и практика энергетических преобразователей. Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала электростанций Изд. Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrucken, Germany, 2014, 461 с.

3 Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Жумадилова, А. К., Шахман, Е. Т. Энергоэффективные ветрогенераторы с улучшенными энергетическими показателями. Сборник Международной научно-практической конференции «УП Торайгыровские чтения. Качество жизни в Павлодарской области. Состояние и перспективы», посвященной 55-летию Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова. – Павлодар: 2015 г., т. 5, с. 293-298. ISBN 978-601-238-552-6.

4 Кислов, А. П., Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К. Необходимость применения аккумуляторных накопителей в электроснабжении на основе возобновляемых источников // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 2. – С. 112–117.

5 Кислов, А. П., Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К. Выбор топологии инвертора с аккумуляторными накопителями // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 2. – С. 117–124.

6 Кайдар, А. Б., Копырин, В. С., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П. Экспериментальные исследования инвертора с широтно-импульсной модуляцией для систем электроснабжения в возобновляемых источниках энергии // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 3. – С. 137–143.

7 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 // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 3. – С. 129–137.

8 Sarsikkeyev, Y. Zh., Kaidar, A. B., Lukutin, B. V., Obukhov, S. G., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M. Turbulent

wind component using Kaimal s function = Турбулентная составляющая ветра с функцией Kaimal // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 4. – Р. 120–125.

9 Кайдар, А. Б., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К., Акаев, А. М. Оптимизация параметров систем электроснабжения с применением системного регулирования энергопотребления // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 3. – С. 153–157.

10 Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Падруль Н. М. Повышение эффективности преобразования энергии ветра // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 3. – С. 158–165.

11 Bay, Yu. M., Rasulov, N. N., Nosov, A. N., Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M. Cascaded H-bridge multilevel inverter drives // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 4. – Р. 27–32.

12 Kaidar, A. B., Govorun, V. F., Padrul, N. M., Volgin, M. E., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Zhumadirova, A. K. Artificial intelligent applications in condition monitoring and diagnosis of MLIDs = Применение искусственного интеллекта при контроле состояния и диагностике MLID // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 4. – Р. 43–48.

13 Kopyrin, V. S., Kaidar, A. B., Ivanova, E. V., Novozhilov, A. N., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M. Diagnostics of the fault types and fault locations in a cascaded MLID from its output voltage waveform = Диагностика типов неисправностей и места повреждений в каскадном MLID по выходному напряжению // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 4. – Р. 49–58.

14 Лукутин, Б. В., Акаев, А. М., Шандарова, Е. Б., Сарсикеев, Е. Ж., Мустафина, Р. М., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К. Стабилизация выходного напряжения микроГЭС за счет применения статических преобразователей частоты // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 4. – С. 66–70.

Referenses

1 Kajdar, A. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Zhanat, Zh., Ajtzhano, S. E., Zhaky'p, K. B., Fajzulla, D. F., Dzhansarinov, K. E., Ospanova, Zh. M. Zhel e'nergiyasy'ny'n tyrlendirudin tiimdiligin zho'ary'latu. Vestnik PGU. E'nergeticheskaya seriya. [Kaydar, A. B., Chapkanov, B. K., Kislov, A. P., Janat, J., Aitzhanov S.E., Zhakyp, K. B., Faizulla, D. F., Casarino, K. E. Ospanova, Zh. M. YEL enerjisinin trended timign joarilla. Bulletin of PSU. The energy series]. No. 4, 2015. S. 60–64. ISSN 1811-1858.

2 Shapkenov, B., Kaliev, B., Kajdar, A. Teoriya i praktika e`nergeticheskix preobrazovatelej. Monografiya dlya studentov, magistrantov, aspirantov i ITR, rukovodyashhego i obsluzhivayushhego personala e`lektrostantsij Izd. [Shapkenov, B., Kaliev, B., Kaidar, A. Theory and practice of energy converters. Monograph for students, undergraduates, postgraduates and ITR, management and maintenance personnel of power plants Ed.]. Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrucken, Germany, 2014, 461 p.

3 Kajdar, A. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Markovskij, V. P., Zhumadirova, A. K., Shaxman, E. T. E`nergoeffektivny`e vetrogeneratory` s uluchshenny`mi e`nergeticheskimi pokazatelyami. Sbornik Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «VII Torajgy`rovskie chteniya. Kachestvo zhizni v Pavlodarskoj oblasti. Sostoyanie i perspektivy`, posvyashhennoj 55-letiyu Pavlodarskogo gosudarstvennogo universiteta imeni S. Torajgy`rova. [Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Zhumadirova, A. K., Shakhman, E. T. Energy-efficient wind generators with improved energy performance. Collection of the International scientific and practical Conference" VII Toraighyrov readings. Quality of life in Pavlodar region. State and Prospects", dedicated to the 55th anniversary of S. Toraighyrov Pavlodar State University]. - Pavlodar: 2015, vol. 5, pp. 293-298. ISBN 978-601-238-552-6.

4 Kislov, A. P., Kajdar, A. B., Markovskij, V. P., Shapkenov, B. K. Neobxodimost` primeneniya akkumulyatorny`x napoitelej v e`lektrosnabzhenii na osnove vozobnovlyaemy`x istochnikov // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K. Necessity of application of accumulator accumulators in power supply on the basis of renewable sources // PMU khabarshysy=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. - 2014. - No. 2. - p. 112-117.

5 Kislov, A. P., Kajdar, A. B., Markovskij, V. P., Shapkenov, B. K. Vy`bor topologii invertora s akkumulyatorny`mi napoiteleyami // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K. Choosing the topology of an inverter with accumulator drives // PMU khabarshysy=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. - 2014. - No. 2. - p. 117-124.

**6 Kajdar, A. B., Kopy`rin, V. S., Shapkenov, B. K., Markovskij, V. P.** E`ksperimental`ny`e issledovaniya invertora s shirotno-impul`noy modulyaciej dlya sistem e`lektrosnabzheniya v vozobnovlyaemy`mi istochnikami e`nergii // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Kaidar, A. B., Kopyrin, V. S., Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P. Experimental studies of an inverter with pulse-width modulation for power supply systems in renewable energy sources // PMU khabarshysy=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. - 2014. - No. 3. - p. 137-143.

7 Kajdar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovskij, V. P. Ocenka srednix i dejstvuyushhix znachenij toka, moshhnosti staticheskix poter' na e'tapax kommutacii invertora s shirotno-impul'snoj modulyaciej dlya sistem e'lektrosnabzheniya s vozobnovlyaemy'mi istochnikami e'nergii // PMU xabarshy'sy'=Vestnik PGU. Ser. E'nergeticheskaya. [Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P. Estimation of average and effective values of current, power of static losses at switching stages of an inverter with pulse-width modulation for power supply systems with renewable energy sources. = Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 3. – p. 129–137.

8 Sarsikayev, Y. Zh., Kaidar, A. B., Lukutin, B. V., Obukhov, S. G., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M. Turbulent wind component using Kaimal s function = Turbulentnaya sostavlyayushhaya vetra s funkciej Kaimal // PMU xabarshy'sy'=Vestnik PGU. Ser. E'nergeticheskaya. [Sarsikayev, Y. Zh., Kaidar, A. B., Lukutin, B. V., Obukhov, S. G., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M. Turbulent wind component using Kaimal s function = Turbulent wind component with Kaimal function. Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 4. – P. 120–125.

9 Kajdar, A. B., Kislov, A. P., Markovskij, V. P., Shapkenov, B. K., Akaev, A. M. Optimizaciya parametrov sistem e'lektrosnabzheniya s primeneniem sistemnogo regulirovaniya e'nergopotrebleniya // PMU xabarshy'sy'=Vestnik PGU. Ser. E'nergeticheskaya. [Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akaev, A. M. Optimization of parameters of power supply systems using system regulation of energy consumption // PMU xabarshysy=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 3. – p. 153–157.

10 Kajdar, A. B., Shapkenov, B. K., Padrul' N. M. Povy'shenie e'ffektivnosti preobrazovaniya e'nergii vetra // PMU xabarshy'sy'=Vestnik PGU. Ser. E'nergeticheskaya. [Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Padrul' N. M. Improving the efficiency of wind energy conversion. = Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 3. – P. 158–165.

11 Bay, Yu. M., Rasulov, N. N., Nosov, A. N., Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M. Cascaded N-bridge multilevel inverter drives // PMU xabarshy'sy'=Vestnik PGU. Ser. E'nergeticheskaya. [Bay, Yu. M., Rasulov, N. N., Nosov, A. N., Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov B. K., Akayev, A. M. Cascaded H-bridge multilevel inverter drives // PMU habercisi=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – № 4. – P. 27–32.

12 Kaidar, A. B., Govorun, V. F., Padrul, N. M., Volgin, M. E., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Zhumadirova, A. K. Artificial intelligent applications in condition monitoring and diagnosis of MLIDs = Primenenie iskusstvennogo intellekta pri kontrole sostoyaniya i diagnostike MLID // PMU xabarshy'sy'=Vestnik PGU. Ser. E'nergeticheskaya. [Kaidar, A. B., Govorun, V.

F., Padrul, N. M., Volgin, M. E., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Zhumadirova, A. K. Artificial intelligent applications in condition monitoring and diagnosis of mlids = Application of artificial intelligence in condition monitoring and diagnosis of MLID=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – № 4. – P. 43–48.

13 Kopyrin, V. S., Kaidar, A. B., Ivanova, E. V., Novozhilov, A. N., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M. Diagnostics of the fault types and fault locations in a cascaded MLID from its output voltage waveform = Diagnostika tipov neispravnostej i mesta povrezhdenij v kaskadnom MLID po vy`hodnomu napryazheniyu // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Kopyrin, V. S., Kaidar, A. B., Ivanova, E. V., Novozhilov, A. N., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M. Diagnostics of the fault types and fault locations in a cascaded MLID from its output voltage waveform = Diagnostics of fault types and fault locations in a cascaded MLID by output voltage // PMU khabarshysy=Bulletin of PSU. Ser. Energy.] – 2014. – No. 4. – P. 49–58.

14 Lukutin, B. V., Akaev, A. M., Shandarova, E. B., Sarsikeev, E. Zh., Mustafina, R. M., Kislov, A. P., Markovskij, V. P., Shapkenov, B. K. Stabilizaciya vy`hodnogo napryazheniya mikroGE`S za schet primeneniya staticheskix preobrazovatelej chastoty` // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Lukutin, B. V., Akaev, A. M., Shandarova, E. B., Sarsikeev, E. Zh., Mustafina, R. M., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K. Stabilization of the output voltage of microges due to the use of static frequency converters // PMU khabarshysy=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 4. – p. 66–70.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

С. К. Шеръязов¹, С. С. Исенов², А. Б. Қайдар³

Smart Grid желілерін енгізудің алғышарттары жел энергетикалық қондырғыларымен ауыл шаруашылығында

¹Оңтүстік Орал мемлекеттік аграрлық университеті,
Челябинск, Ресей Федерациясы;

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

³«Alstom, EKZ», С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

S. K. Sheryazov¹, S. S. Issenov², A. B. Kaidar³

Prerequisites for implementing Smart Grid networks with wind power plants in agriculture

¹South Ural State Agrarian University,
Chelyabinsk, Russian Federation;

²S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan;

³«Alstom, EKZ» Company, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan.

Material received on 11.12.20.

Ұсынылған мақала жел энергетикасы мәселелеріне арналған.

Мақалада ауыспалы токтың жіктелуі мен құрылымдық схемалары келтірілген, жаңартылатын энергия көздерінің көп бөлігі бар Smart Grid тұжырымдамасының интеллектуалды электр-энергетикалық жүйелеріндегі жел электр қондырғыларының ролі, орны және жұмыс істеу ерекшеліктеріне талдау жасалған. Айнымалы токтың қолданыстағы жел қондырғыларына егжей-тегжейлі талдау жасалады. Зияткерлік желілердегі Жел энергетикалық қондырғыларының сенімділігін арттыру бойынша ұсыныстар берілді.

Қолданыстағы электр желісімен генерациялау, түрлендіру және жұптастыру жүйелерін аппараттық іске асыру мәселесіне көп көңіл бөлінеді.

Кілтті сөздер: жаңартылатын энергия көздері, жел энергетикасы қондырғылары, Smart Grid тұжырымдамасы.

The article is devoted to the issues of wind power plants.

The article presents the classification and structural schemes of AC wind turbines, analyzes the role, place and features of the functioning of wind power plants in intelligent electric power systems of the Smart Grid concept with a large share of renewable energy sources. A detailed analysis of existing AC wind turbines is presented. Recommendations for improving the reliability of wind power plants in smart grids are given.

Much attention is paid to the issue of hardware implementation of systems for generating, converting and interfacing existing ones with the electric network.

Keywords: renewable energy sources, wind power plants, Smart Grid concept.

Теруге 11.12.2020 ж. жіберілді. Басуға 17.12.2020 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

3,99 Mb RAM

Шартты баспа табағы 26,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3715

Сдано в набор 11.12.2020 г. Подписано в печать 17.12.2020 г.

Электронное издание

3,99 Mb RAM

Усл. печ. л. 26,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3715

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik.tou.edu.kz