

УДК 621.313

UDC 621.313

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**АВТОНОМНЫЕ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
УСТАНОВКИ И СИСТЕМЫ****AUTONOMOUS WIND POWER
INSTALLATIONS AND SYSTEMS**

Квитко Андрей Викторович
старший преподаватель
9061870011@mail.ru,
SPIN-код: 4151-8088

Kvitko Andrey Viktorovich
senior lecturer
9061870011@mail.ru,
SPIN-code: 4151-8088

Семенов Ярослав Александрович
студент, grigorasch61@mail.ru

Semenov Yaroslav Aleksandrovich
student, grigorasch61@mail.ru

Отмахов Георгий Сергеевич
студент, grigorasch61@mail.ru
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Краснодар, Россия*

Otmahov Georgiy Sergeevich
student, grigorasch61@mail.ru,
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье раскрыты основные достоинства и недостатки возобновляемых источников энергии. Показано, что в целом использование возобновляемых источников в мире приобрело ощутимые масштабы и устойчивую тенденцию к росту. Интересным является тот факт, что наибольшее применение получил в настоящее время самый изменчивый и непостоянный вид энергии – ветер. Суммарная мировая установленная мощность крупных ветровых станций, по разным оценкам, составляет около 20 ГВт. Это объясняется тем, что удельные капиталовложения в ветровую энергетику ниже, чем при использовании большинства других видов возобновляемой энергетики. Раскрыты особенности конструкции и работы современных ветроэлектрических станций. Показано, что при выборе ветроэлектрических установок и станций необходимо учитывать следующие основные параметры и факторы: среднее значение количества электроэнергии, потребляемое электроприёмниками ежемесячно; мощность генератора; время непрерывной работы при отсутствии ветра или при слабом ветре. Приведены структурно-схемные решения различных вариантов энергосистем, выполненных с использованием ветроэлектрических установок. Раскрыты перспективы развития ветровой энергетики. Рассмотренные в статье преимущества и особенности выбора основных функциональных узлов ветроэлектрических станций повысят эффективность предпроектных работ по созданию высокоэффективных систем электроснабжения с использованием комбинированных систем электроснабжения на базе возобновляемых источников энергии

The article shows the main advantages and disadvantages of renewable energy sources. It is shown, that in general, the use of renewable energy in the world has acquired real momentum and stable growth trend. An interesting fact is that the greatest application was currently the most mutable and unstable form of energy - wind. The total global installed capacity of large wind turbines, according to various estimates, is approximately 20 GW. This is because the specific investment in wind power is lower than with most other forms of renewable energy. The article presents features of the design and operation of modern wind power stations. It is shown that when choosing wind power plants and stations we must take into account the following main parameters and factors: the average value of amount of electricity consumed by power consumers on a monthly basis; power generator; up-time in the absence wind or when weak wind. The study shows block-circuit solutions of different options of energy systems made using wind power plants. We have also disclosed prospects of development wind energy and considered the advantages and the features of the choice of the main functional units of wind power stations which will increase the effectiveness of predesign work on the creation of high-performance systems of electrosupply with combined power supply systems based on renewable energy sources

Ключевые слова: ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, БЕСКОНТАКТНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, АСИНХРОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Keywords: RENEWABLE ENERGY, INDEPENDENT POWER SYSTEMS, NONCONTACT ELECTRIC POWER GENERATORS, ASYNCHRONOUS- SYNCHRONOUS GENERATORS

В настоящее время одним из основных положений новой энергетической стратегии в мире стало развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [1, 2, 14]. При этом во многих странах оно превратилось в предмет государственной политики. Появились солидно финансируемые государственные программы в данной области. В ряде стран были приняты нормативно-законодательные акты в сфере использования ВИЭ, которые составили правовую, экономическую и организационную основу этого направления технического развития. Экономическая основа сводится к мерам по стимулированию применения ВИЭ, необходимому на этапе продвижения, проектирования, разработки и адаптации на энергетическом рынке. В различных странах применяются разные способы (и их сочетания) экономической поддержки: налоговые и кредитные льготы, благоприятные тарифы, дотации и т. п.

Основу ВИЭ, как известно, составляют источники, преобразующие энергию солнца и ветра. К ВИЭ также принято относить микро, мини и малые ГЭС (от десятков до нескольких тысяч кВт) [2, 15].

Указанные ВИЭ имеют как преимущества, так и недостатки в сравнении с традиционной энергетикой. К основным преимуществам относятся повсеместная распространенность большинства их видов, экологическая чистота и низкий уровень эксплуатационных расходов, так как энергия этих источников является бесплатной.

Основные недостатки ВИЭ – это малая плотность энергетического потока (удельная мощность на единицу площади) и непостоянство во времени большинства видов ВИЭ. Первое обстоятельство заставляет создавать большие площади энергоустановок (приёмные поверхности солнечных установок, площадь ветроколеса и т. п.). Это приводит к большой материалоемкости подобных устройств, а, следовательно, к увеличению удельных капиталовложений по сравнению с традиционными энергоуста-

новками. Правда, повышенные капиталовложения впоследствии окупаются за счёт низких эксплуатационных затрат [3, 15].

Основные проблемы связаны с непостоянством во времени таких источников энергии, как солнечное излучение, ветер, приливы, сток малых рек, тепло окружающей среды. Если, например, изменение энергии приливов строго циклично, то процесс поступления солнечной энергии, хотя в целом и закономерен, содержит, тем не менее, значительный элемент случайности, связанный с погодными условиями. Еще более изменчива и непредсказуема энергия ветра. Зато геотермальные установки при неизменном дебите геотермального флюида в скважинах гарантируют постоянную выработку энергии (электрической или тепловой). Кроме того, стабильное производство энергии могут обеспечить установки, использующие биомассу, если они снабжаются требуемым количеством этого «энергетического сырья».

Непостоянство производства электроэнергии во времени ВИЭ требуют создания аккумулирующих устройств, как правило, их функцию выполняют аккумуляторные батареи (АБ). Достаточно мощная энергосистема, включающая также ветроэлектрические установки (ВЭУ) или ветроэлектростанции (ВЭС) и солнечные электростанции (СЭС), может компенсировать изменения мощности этих станций. Однако при этом, во избежание изменений параметров энергосистемы (прежде всего частоты), доля нерегулируемых электростанций не должна превышать 15% (по мощности).

В целом использование ВИЭ в мире приобрело ощутимые масштабы и устойчивую тенденцию к росту. В некоторых странах доля ВИЭ в энергобалансе составляет единицы процентов. По различным прогнозным оценкам, в которых в настоящее время нет недостатка, эта доля к 2020 г. во многих государствах достигнет или превзойдет 10%.

Интересным является тот факт, что наибольшее применение получил в настоящее время самый изменчивый и непостоянный вид энергии – ветер. Суммарная мировая установленная мощность крупных ВЭС, по разным оценкам, составляет около 20 ГВт. Кажущийся парадокс объясняется тем, что удельные капиталовложения в ВЭУ и ВЭС ниже, чем при использовании большинства других видов ВИЭ. Растет не только суммарная мощность ВЭС, но и их единичная мощность ВЭУ, превысившая в настоящее время 1 МВт [2].

Во многих странах возникла новая отрасль – ветроэнергетическое машиностроение. Мировыми лидерами по применению энергии ветра являются США, Германия, Нидерланды, Дания, Индия.

Положительным фактором является начавшееся в России создание законодательной базы использования ВИЭ. В России на сегодня есть все предпосылки развития ВИЭ. С выходом из кризисного экономического состояния, которое не может быть вечным, станет возможным развитие многочисленных областей промышленной, научно-технической и иной деятельности, в том числе и альтернативной энергетики. В мире рост применения этих источников энергии необратим. Россия в этом отношении исключением не является.

Перспективным регионом для внедрения ветровой энергетики является Краснодарский край. На большинстве территории края удельная мощность ветра на высоте *100 м* превышает *1000 Вт/м²*.

Технический потенциал ветроэнергетики Краснодарского края примерно в три раза превышает прогнозируемое электропотребление в 2020 г., что позволяет рассматривать ветровые ресурсы региона как один из его основных энергоресурсов.

Что же представляют собой ВЭС, которым отводится серьезное место в энергетике XXI века? Они мало, чем напоминают своих древних собратьев – ветряные мельницы, хотя принцип работы ветроагрегатов прак-

тически не изменился: под напором ветра вращается колесо с лопастями, передавая крутящий момент другим механизмам, причем, чем больше диаметр колеса, тем больший воздушный поток оно захватывает и быстрее вращается.

Сегодня в мире широко распространены ветродвигатели двух типов: крыльчатые и карусельные. Встречаются еще барабанные и некоторые другие оригинальные конструкции.

Крыльчатые ВЭУ (ветродвигателями традиционной схемы) представляют собой лопастные механизмы с горизонтальной осью вращения. Ветроагрегат вращается с максимальной скоростью, когда лопасти расположены перпендикулярно потоку воздуха. Поэтому в конструкции предусмотрены устройства автоматического поворота оси вращения: на малых ВЭУ (до 10 кВт) – крыло-стабилизатор, а на мощных станциях, работающих на сеть, – электронная система управления рысканием. Небольшие крыльчатые ВЭУ постоянного тока соединяют с электрогенератором напрямую (без мультипликатора), мощные станции оснащают редуктором.

Известно, что мощность ВЭУ зависит от скорости ветра и размаха лопастей ветроколеса (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимости мощности ВЭУ от скорости ветра и диаметра ветроколеса

Диаметр ветроколеса, м	Мощность ВЭУ, кВт						
	Скорость ветра, м/с						
	4	5	6	7	8	9	10 и более
2	0,04	0,08	0,1	0,23	0,345	0,36	-
4	0,17	0,33	0,58	0,92	1,38	1,38	-
8	0,69	1,34	2,32	3,7	5,5	5,5	-
10	1,08	2,1	3,63	5,75	8,6	8,6	-
12	1,55	3,03	5,25	8,25	12,4	12,4	-
18	3,48	6,6	11,8	18,6	28,8	39,5	54,6
30	9,6	18,9	32,6	51,6	77,3	110,0	151,1

Коэффициент использования энергии ветра у крыльчатых ВЭУ (чаще всего их ветроагрегаты бывают трехлопастными) намного выше, чем у других ветряков, поэтому они занимают более 90% рынка.

Карусельные, или роторные, ВЭУ с вертикальной осью вращения, в отличие от крыльчатых, могут работать при любом направлении ветра, не изменяя своего положения. Когда ветровой поток усиливается, карусельные ВЭУ быстро наращивают силу тяги, после чего скорость вращения ветроколеса стабилизируется. Ветродвижатели этой группы тихходны, поэтому не создают большого шума. В них используются многополюсные электрогенераторы, работающие на малых оборотах, что позволяет применять простые электрические схемы без риска потерпеть аварию при случайном порыве ветра.

Конструкция лопастных ВЭУ роторной схемы обеспечивает максимальную скорость вращения при запуске и ее автоматическое саморегулирование в процессе работы. С увеличением нагрузки скорость вращения ветроколеса уменьшается, а вращающий момент возрастает.

Существуют роторные ВЭУ с лопастями того же профиля, что и у крыльев «дозвуковых» самолетов, которые, прежде чем опереться на подъемную силу, должны разбежаться. С ветроагрегатами происходит то же самое. Чтобы раскрутить и довести их до определенных аэродинамических параметров, сначала нужно подвести энергию извне, и только после этого ВЭУ начнут работать в режиме генератора. Отбор мощности начинается при скорости ветра около 5 м/с, а номинальная мощность достигается при скорости превышающей 16 м/с. Предварительные расчеты показывают, что ортогональные установки смогут вырабатывать электроэнергию мощностью от 50 до 20 000 кВт.

Современные ВЭУ содержат следующие системы и механизмы, обеспечивающие эффективную и безопасную работу ВЭС:

- система изменения угла атаки, обеспечивающая максимальный отбор мощности;
- система выбора оптимального режима работы, обеспечивающая регулирование скорости вращения ветроколеса в зависимости от нагрузки и скорости ветра;
- система автоматического электронным флюгером (поворачивает гондолу с ВЭУ по особому закону с учетом доминирующего направления ветра, его порывов и турбуленции);
- система регулирования магнитного скольжения асинхронного генератора.

В настоящее время налажено производство ВЭУ, в которой использован высоковольтный синхронный генератор со статором, имеющим обмотки из кабеля, и многополюсным ротором на постоянных магнитах. Получаемый переменный ток низкой частоты выпрямляется, а затем преобразуется инвертором в переменный ток сетевой частоты. Редуктор генератору не нужен, поскольку он низкооборотный. Такие установки могут вырабатывать мощность от 500 кВт до 5 МВт и выше.

За состоянием ВЭС и режимами их работы следит бортовой компьютер, куда по модемным каналам поступает вся текущая информация. Если, например, во время работы возникают кратковременные всплески напряжения, происходящие при коротких, сильных порывах ветра либо при резком изменении нагрузки, их гасят с помощью специальных электронных устройств. Электроника и автоматика надежно защищены от электромагнитных помех (в том числе от электромагнитного излучения самой сети и переключающих сетевых коммутационных устройств) радиотехническим заземлением и экранированием. Важную роль здесь играют современные изоляционные материалы [3, 4].

Современные ветроагрегаты отключаются и останавливаются при скорости ветра 25 м/с (10 баллов по шкале Бофорта) с помощью двухуров-

невой тормозной системы. В отключенном виде они выдерживают порывы ветра до 50 м/с. Серьезные аварии практически исключены, поскольку системы дублируют одна другую, а вся механика, особенно лопасти, проходит серьезные испытания на прочность.

Обслуживают современные ВЭС не чаще чем 2 раза в год, а срок их эксплуатации достиг уже 20 лет (примерно 180 000 часов).

Малые ВЭУ (от сотен ватт до 10 кВт) предназначены они для различных нужд от простой зарядки автомобильного аккумулятора до обеспечения энергией фермерского хозяйства или электрическим освещением домов. Известно, что ВЭУ содержит один ветроагрегат, но поскольку для обеспечения надёжного (бесперебойного) электроснабжения к ней прилагается аккумуляторные батареи, зарядное устройство, выпрямитель, инвертор, устройство управления и защиты, то принято говорить об автономной энергосистеме.

При выборе ВЭС необходимо учитывать следующие основные параметры и факторы.

1. Среднее значение количества электроэнергии, необходимой ежемесячно (измеряется в киловаттах). Эти данные необходимы для выбора генератора. Они определяются по коммунальным счетам на оплату электроэнергии.

2. Мощность генератора (кВт). Определяется максимальным количеством электроприборов, которые могут быть одновременно подключены к системе. Кроме того, от этой мощности зависит мощность инвертора, преобразующего напряжение постоянного тока аккумуляторных батарей (АБ) в напряжение переменного тока. Для увеличения выходной мощности возможно одновременное подключение нескольких инверторов. При выборе ВЭУ следует учитывать, что генератор должен одновременно обеспечивать электроэнергией потребители и заряд АБ. Перспективными источниками электроэнергии ВЭУ являются бесконтактные генераторы электроэнергии [5, 6, 13].

3. Время непрерывной работы при отсутствии ветра или при слабом ветре определяется емкостью АБ (в Ач или кВт) и зависит от мощности и длительности потребления. Ёмкость АБ определяется с учётом мощности тех потребителей, перерыв в электроснабжении которых может привести к неприятным последствиям (система автоматики тепловых котлов, холодильник и т.п.).

На рисунках 1 – 4 приведены структурные схемы различных вариантов энергосистем, выполненных с использованием ВЭУ.

Потребители электроэнергии (П) в нормальном режиме получают энергию от ветрогенератора постоянного тока через инвертор (И) (рисунок 1). В этом режиме происходит заряд аккумуляторных батарей АБ. Контроллер (К) выполняет функции системы управления, защиты и сигнализации. В безветрие потребители получают питание от АБ через инвертор.

При отсутствии ветра и полном разряде АБ автономная система может быть подключена к дизель-генератору (ДГ) через устройство АВР (автоматическое включение резерва) (рисунок 2). Эта же схема может использоваться и наоборот – ветрогенератор, как резервный источник питания. В этом случае АВР переключает питание АБ и потребителей от дизель-генератора ДГ, а в случае появления ветра АВР включает в работу ветрогенератор (ВГ).

В качестве источника электроэнергии в место АБ могут применяться солнечные батареи (СБ) (рисунок 3).

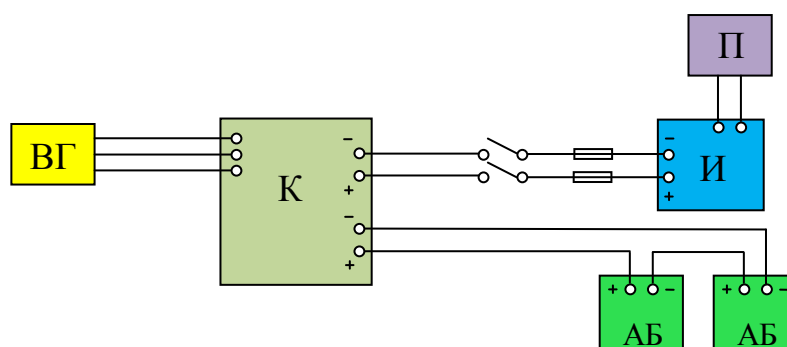


Рисунок 1 – Структурная схема автономной системы с аккумуляторами

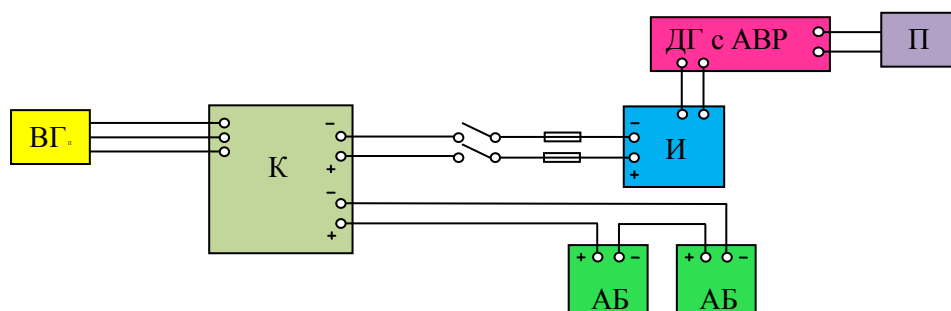


Рисунок 2 – Структурная схема автономной системы с дизель-генератором

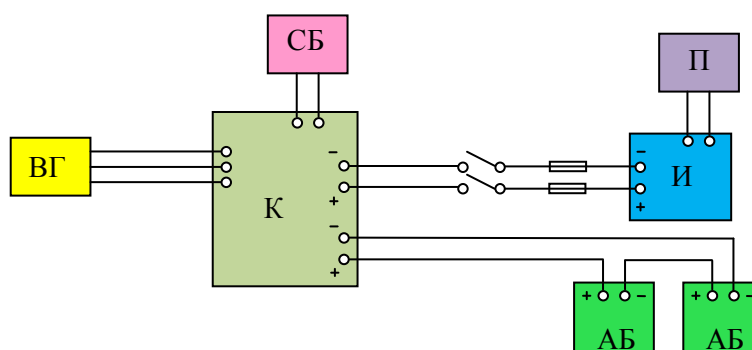


Рисунок 3 – Структурная схема автономной системы без аккумуляторных батарей

Для повышения энергоэффективности системы, а также надёжности, в том числе бесперебойности электроснабжения, её необходимо строить по принципу модульного агрегатирования [7, 12, 15]. К примеру, вместо одного ветрогенератора мощностью на 30 кВт система должна содержать 3 ветрогенератора по 10 кВт и три солнечные батареи (рисунок 4).

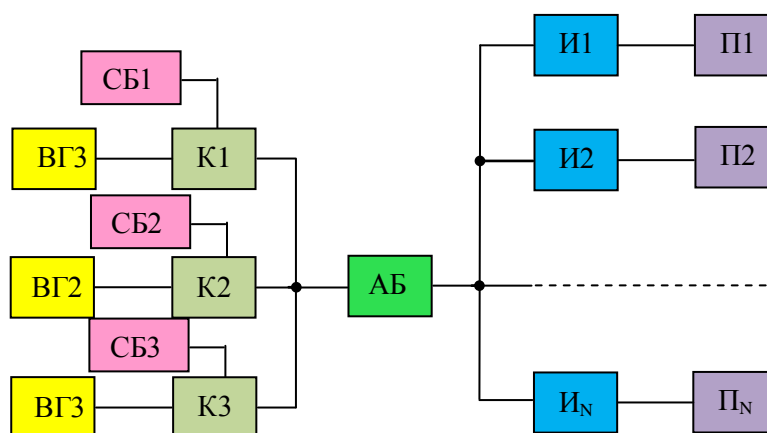


Рисунок 4 – Комбинированная автономная система

Значительно улучшаться эксплуатационно-технические характеристики ВЭУ, если в качестве стабилизатора параметров электроэнергии (напряжения и частоты тока) применять непосредственные преобразователи частоты [8, 9, 10, 11, 15].

Таким образом, рассмотренные в статье преимущества и особенности выбора основных функциональных узлов ВЭС повысят эффективность предпроектных работ по созданию высокоэффективных систем электроснабжения с использованием ВИЭ.

Список литературы

1. Григораш О.В., Коваленко В.П., Воробьев Е.В., Власов В.Г. Перспективы возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае. Труды КубГАУ. – Краснодар, 2012, № 6, с.159-163.
2. Григораш О.В., Тропин В.В., Оськина А.С. Об эффективности и целесообразности использования возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 83. С.188-199.
3. Григораш О.В., Степура Ю.П., Сулейманов Р.А. и др. Возобновляемые источники электроэнергии. – Краснодар: КубГАУ, 2012. 272 с.
4. Григораш О.В., Дацко А.В., Мелехов С.В. К вопросу электромагнитной совместимости узлов САЭ. Промышленная энергетика. 2001. № 2. С.44-47.
5. Григораш О.В., Божко С.В., Попов А.Ю. и др. Автономные источники электроэнергии: состояние и перспективы. Краснодар. 2012. С.174.
6. Григораш О.В. Асинхронные генераторы в системах автономного электроснабжения. Электротехника. 2002. № 1. С 30-34.
7. Григораш О.В., Божко С.В., Нормов Д.А. и др. Модульные системы гарантированного электроснабжения. Краснодар. 2005. С. 306.
8. Богатырев Н.И., Григораш О.В. Курзин Н.Н. и др. Преобразователи электрической энергии: основы теории, расчёта и проектирования. – Краснодар, 2002, с. 358.
9. Атрощенко В.А., Григораш О.В. Непосредственные преобразователи частоты с улучшенными техническими характеристиками для систем автономного электроснабжения // Электротехника – 1997. – № 11. – с.56 –60.
10. Григораш О.В., Квитко А.В., Алмазов В.В. и др. Непосредственный трехфазный преобразователь частоты с естественной коммутацией / Патент на изобретение RUS 2421867. 12.05.2010.
11. Григораш О.В., Гарькавый К. А., Квитко А.В., и др. Устройство стабилизации напряжения и частоты ветроэнергетической установки / Патент на изобретение RUS 2443903. 12.05.2010.
12. Григораш О.В., Степура Ю.П., Квитко А.В. Структурно-параметрический синтез автономных систем электроснабжения // Ползуновский вестник. – 2011. – № 2-1. – С. 71-75.

13. Григораш О.В., Попов А.Ю., Квитко А.В. и др. Удельная масса и предельная мощность бесконтактных генераторов электроэнергии // Труды КубГАУ. – Краснодар. – 2011. – № 29. – С.198–202.

14. Григораш О.В., Квитко А.В., Хамула А.А. Ресурсы возобновляемых источников энергии Краснодарского края // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 08. С. 207.

15. Григораш О. В. Статические преобразователи электроэнергии систем автономного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей: дис. ... д-ра техн. наук. / О. В. Григораш; КубГАУ. – Краснодар, 2003. – 338 с.

References

1. Grigorash O.V., Kovalenko V.P., Vorob'ev E.V., Vlasov V.G. Perspektivy vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии v Krasnodarskom krae. Trudy KubGAU. – Krasnodar, 2012, № 6, s.159-163.

2. Grigorash O.V., Tropin V.V., Os'kina A.S. Ob jeffektivnosti i celesoobraznosti ispol'zovanija vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии v Krasnodarskom krae. Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 83. S.188-199.

3. Grigorash O.V., Stepura Ju.P., Sulejmanov R.A. i dr. Vozobnovljaemye istochniki jelektrojenerгии. – Krasnodar: KubGAU, 2012. 272 s.

4. Grigorash O.V., Dacko A.V., Melehov S.V. K voprosu jelektromagnitnoj sovместимости uzlov SAJe. Promyshlennaja jenergetika. 2001. № 2. S.44-47.

5. Grigorash O.V., Bozhko S.V., Popov A.Ju. i dr. Avtonomnye istochniki jelektrojenerгии: sostojanie i perspektivy. Krasnodar. 2012. S.174.

6. Grigorash O.V. Asinhronnye generatory v sistemah avtonomnogo jelektrosnabzhenija. Jelektrotehnika. 2002. № 1. S 30-34.

7. Grigorash O.V., Bozhko S.V., Normov D.A. i dr. Modul'nye sistemy garantirovannogo jelektrosnabzhenija. Krasnodar. 2005. S. 306.

8. Bogatyrev N.I., Grigorash O.V. Kurzin N.N. i dr. Preobrazovateli jelektricheskij jenerгии: osnovy teorii, raschjota i proektirovanija. – Krasnodar, 2002, s. 358.

9. Atroshhenko V.A., Grigorash O.V. Neposredstvennye preobrazovateli chastoty s uluchshennymi tehničeskimi harakteristikami dlja sistem avtonomnogo jelektrosnabzhenija // Jelektrotehnika – 1997. – № 11. – s.56–60.

10. Grigorash O.V., Kvitko A.V., Almazov V.V. i dr. Neposredstvennyj trehfaznyj preobrazovatel' chastoty s estestvennoj kommutaciej / Patent na izobretenie RUS 2421867. 12.05.2010.

11. Grigorash O.V., Gar'kavyj K. A., Kvitko A.V., i dr. Ustrojstvo stabilizacii naprjazhenija i chastoty vetrojenergetičeskij ustanovki / Patent na izobretenie RUS 2443903. 12.05.2010.

12. Grigorash O.V., Stepura Ju.P., Kvitko A.V. Strukturno-parametricheskij sintez avtonomnyh sistem jelektrosnabzhenija // Polzunovskij vestnik. – 2011. – № 2-1. – S. 71-75.

13. Grigorash O.V., Popov A.Ju., Kvitko A.V. i dr. Udel'naja massa i predel'naja moshhnost' beskontaktnyh generatorov jelektrojenerгии // Trudy KubGAU. – Krasnodar. – 2011. – № 29. – S.198–202.

14. Grigorash O.V., Kvitko A.V., Hamula A.A. Resursy vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии Krasnodarskogo kraja // Politematicheskij setevoj jelektronnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU). – Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 08. S. 207.

15. Grigorash O. V. Sticheskie preobrazovateli jelektrojenergii sistem avto-nomnogo jelektrosnabzhenija sel'skohozjajstvennyh potrebitelej: dis. ... d-ra tehn. na-uk. / O. V. Grigorash; KubGAU. – Krasnodar, 2003. – 338 s.