

УДК 620.314 (075.8)

05.00.00 Технические науки

ПЕРСПЕКТИВЫ И ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

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

Отмахов Георгий Сергеевич
студент
grigorasch61@mail.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

В настоящее время, одним из перспективных направлений, позволяющее значительно повысить эффективность энергосбережения, является внедрение в энергетическую систему страны возобновляемых источников энергии. В области солнечной энергетики наиболее перспективными признаны солнечные фотоэлектрические станции с прямым преобразованием солнечного излучения в электроэнергию с помощью солнечных батарей. В статье рассматриваются основные факторы, раскрывающие перспективы применения солнечных фотоэлектрических станций. Кроме того, рассматриваются основные их преимущества и недостатки в сравнении с традиционными и другими видами возобновляемых источников энергии. Для значительного улучшения эксплуатационно-технических характеристик солнечных электростанций в их структуре предложено применить новую элементную базу. Автономные инверторы на однофазно-трёхфазных трансформаторов с вращающимся магнитным полем позволят уменьшить количество силовых электронных приборов в схеме преобразования, упростить систему управления и защиты, уменьшить уровень электромагнитных помех и в целом повысить КПД и показатели надёжности преобразователя солнечной электростанции. Кроме того, модульный принцип построения солнечных электростанций также повысит надёжность работы системы электроснабжения за счёт резервирования работы основных функциональных элементов. Важно также то, что построение солнечных электростанций по модульному принципу повышает ремонтпригодность системы, в том числе значительно сокращает время на техническое обслуживание и на устранение неисправностей в аварийных ситуациях, упрощает задачу по изменению её структуры в зависимости от требований потребителей. Раскрываются

UDC 620.314 (075.8)

Technical sciences

PERSPECTIVES AND FEATURES OF OPERATION OF SOLAR PV PLANTS

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

Otmahov Georgij Sergeevich
student
grigorasch61@mail.ru
Kuban state agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Currently one of the promising areas to significantly improve efficiency of energy saving is the introduction of renewable sources of energy into the energy system. In the field of solar energy, we consider solar photovoltaic power plants with direct conversion of solar radiation into electricity using solar panels as the most promising ones. The article examines the main factors that reveal the prospects of applying solar photovoltaic power plants. It also discusses the main advantages and disadvantages in comparison with traditional and other renewable energy sources. To improve the operational and technical characteristics of solar power plants in their structure significantly, it is proposed to use new components. Stand-alone inverters for single-phase transformers with rotating magnetic field will reduce the number of power electronic devices in the conversion circuit; they will simplify the system of control and protection, reduce electromagnetic interference and improve overall efficiency and reliability of the converter of the solar power plant. In addition, the modular design of solar power plants will also increase the reliability of the power system due to redundancy of the major functional elements. It is also important that the construction of solar power plants in a modular way enhances maintainability of the system, it significantly reduces the time for maintenance and troubleshooting in emergencies; it simplifies the task of changing its structure depending on requirements of users. The article reveals peculiarities of work and the main benefits from the application of solar photovoltaic power plants

особенности работы и главные выгоды от применения солнечных фотоэлектрических станций

Ключевые слова: ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, СОЛНЕЧНЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ, ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Keywords: RENEWABLE ENERGY, SOLAR PHOTOVOLTAIC STATION, SOLAR BATTERY, WIND POWER STATION

Doi: 10.21515/1990-4665-131-007

Известно, что сегодня одно из перспективных направлений, позволяющее значительно повысить эффективность энергосбережения, является внедрение в энергетическую систему страны возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [1–3].

В настоящее время метод фотоэлектрического преобразования в мире стал одним из приоритетных направлений получения электроэнергии в сравнении с другими видами ВИЭ [1, 4]. В области солнечной энергетики наиболее перспективными признаны солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) с прямым преобразованием солнечного излучения в электроэнергию с помощью солнечных батарей (СБ) из моно- или поликристаллического или аморфного кремния.

Несмотря на то, что в настоящее время стоимость электроэнергии, вырабатываемой СФЭС больше стоимости электроэнергии, получаемой от традиционных источников (атомных, гидро и теплоэлектростанций) перспективы их очевидны. Этому свидетельствуют следующие факты [5, 6].

1. Солнечные батареи во время преобразования солнечной энергии в электрическую не загрязняют окружающую среду, не производят рискованные для фауны и флоры выбросы и отходы, не истощают природные ресурсы и не несут опасности для здоровья человека. Кроме того, это производство электроэнергии не требует ни жидкого, ни газообразного топлива, его не надо ни транспортировать, ни сжигать.

2. Ресурс работы СФЭС по основной компоненте – кремнию может быть увеличен до 50 лет и более. Для этого потребуется исключить из технологии герметизации полимерные материалы. Единственным ограничением может явиться необходимость их замены на более эффективные элементы. Для сравнения ветроэнергетическая станция (ВЭС) обычно рассчитана на 15–20 лет работы, а дизельные электростанции на 5–10 лет. По прогнозам учёных КПД солнечных батарей в ближайшие 10 лет будет равно не менее 35%. В случае замены солнечных элементов кремний может быть использован повторно и количество циклов его использования не имеет ограничений во времени.

3. По прогнозам учёных к 2050 году технологии получения электроэнергии с помощью СБ позволят производить почти 3000 ГВт электрической энергии, но для этого потребуется более 40 тыс км² СБ. Это большие площади могут казаться просто невероятными (почти в 10 раз больше острова Кипр). Для обеспечения сегодня электроэнергией России необходимая площадь для размещения СФЭС составляет около 4000 км². Соответственно при повышении КПД солнечных батарей значительно уменьшится их площадь для выработки необходимой электроэнергии. Но уже в настоящее время сравнительный анализ показывает, если взять действующие СФЭС и линии электропередачи, то свободной земли, необходимой для производства каждого ГВт·ч солнечной энергии требуется всё равно меньше, чем при производстве и передачи этого же количества электроэнергии от традиционных тепловых электростанциях [1, 3].

4. Один килограмм кремния, применяемого в солнечных батареях (СБ) вырабатывает за 30 лет около 300 МВт·ч электроэнергии. Если подсчитать нефтяной эквивалент кремния равный 300 МВт·ч с учётом теплоты сгорания нефти 43,7 МДж/кг, то получится 25 т нефти на 1 кг кремния. Если принять КПД тепловых электростанций, работающей на

мазуте 33%, то 1 кг кремния по вырабатываемой электроэнергии эквивалентен примерно 75 т нефти.

5. Повторная переработка фотоэлектрических модулей, отслуживших свой срок службы, почти полностью устраняет озабоченность «зелёных» по поводу вредности этого вида производства электрической энергии.

Кроме того, СФЭС имеют следующие преимущества [7, 8].

1. Не требует топлива. Основными затратами являются капиталовложения (затраты на приобретение оборудования и строительномонтажные работы). При этом, эксплуатационные расходы (поддержание оборудования в работоспособной состоянии) значительно ниже в сравнении с традиционными и другими видами источников электроэнергии. Через 4–6 лет потребитель получает бесплатную электроэнергию. Расположение панелей на возвышении и, как правило, в основном под углом 70° способствует тому, что на панелях СБ не накапливается снег зимой.

2. Длительный срок непрерывной работы. Солнечные батареи рассчитаны на работу в течение не менее 25 лет. За это время происходит постепенное, но небольшое снижение мощности. Следующие 20 лет СФЭС будет вырабатывать примерно 80% электроэнергии от изначальной расчётной мощности. Общий срок непрерывной (безаварийной) работы составляет от 45 лет. Кроме того, процессы преобразования, стабилизации параметров электроэнергии и защиты в аварийных режимах полностью автоматизированы.

3. Надёжность работы. Высокие показатели надёжности СФЭС имеют за счёт того, что их основные конструктивные элементы (СБ, инверторы, АБ, контроллеры) работают в статических режимах т. е. не содержат устройств работающих в динамических режимах.

4. Бесшумность работы. Поскольку электрическая энергия вырабатывается путём прямого преобразования солнечной радиации с помощью СБ и инверторов, выполненных на силовых электронных приборах, то практически шумы в процессе работы отсутствуют.

5. Общедоступность. Солнечная радиация доступна по всей поверхности земли, т. е. практически в любом регионе России есть возможность получения электроэнергии, вырабатываемую СБ. Отличие в основном состоит в количестве часов освещённости, как правило, в среднем 2500–3000 ч в год. Особенности рельефа, застройки, климатические условия, размера участка, могут не позволить разместить ВЭС, а для СБ требуется лишь не затененная поверхность, обращённая на южную сторону. При этом по сравнению с ВЭС, не требуется установка мачты, поскольку панели можно разместить на крыше.

Однако СФЭС имеют и недостатки, основными из которых являются.

1. Зависимость работы от времени суток и погодных условий. Однако это проблема решается при использовании в качестве накопителя электроэнергии аккумуляторных батарей (АБ). Решение этой проблемы может быть достигнуто также за счёт применения в составе системы электроснабжения несколько типов источников электроэнергии, к примеру, кроме СФЭС ветроэнергетические установки, газопоршневые станции и т. п. В этом случае улучшаться не только экономические показатели, поскольку стоимость АБ на выработку на 1 кВт·ч электроэнергии больше, чем у рассматриваемых источников энергии, но такие системы смогут обеспечивать бесперебойное электроснабжение ответственных потребителей электроэнергии (первой категории).

2. Высокая стоимость СБ, связанная с применением редких элементов. Однако динамика развития технологий показывает, что за последние 12 лет стоимость фотоэлементов, на базе которых создаются

СБ, уменьшилась в несколько раз, а стоимость электроэнергии, вырабатываемой от традиционных источников увеличилась более чем в 8 раз.

3. Необходимость периодической очистки отражающей поверхности от пыли. Однако в целом эксплуатационные затраты на содержание СФЭС значительно ниже в сравнении с традиционными и другими видами возобновляемых источников энергии.

4. Потери излишков вырабатываемой энергии. Когда система электроснабжения (СЭС), генерирующая электроэнергию от СФЭС, вырабатывает больше электроэнергии, чем необходимо в данный момент потребителям, этот излишек мог бы направляться во внешнюю энергетическую системы. Однако сегодня в России пока нет реально действующей законодательной базы позволяющей подключение ВИЭ к внешней сети. Поскольку СФЭС в настоящее время применяются как автономные источники питания, то излишки электроэнергии должны быть использованы. Солнечные батареи отключаются от АБ когда они полностью заряжены. Один из вариантов повышения эффективности использования СФЭС избыток энергии направляется на балластную нагрузку (нагреватели устройства, осветительная нагрузка и т. п.).

Несмотря на рассмотренные недостатки СФЭС можно сделать вывод о том, что фотопреобразование является эффективным способом получения электроэнергии при рассеянном солнечном свете, создавать электростанции различной мощности. Такие системы отличаются малым расходом электроэнергии на собственные нужды, легко автоматизируются, безопасны в эксплуатации, надёжны и ремонтпригодны.

Для значительного улучшения эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ) солнечных электростанций в их структуре необходимо применять новую элементную базу. Одним из ненадёжных функциональных элементов СФЭС являются автономные инверторы (АИ).

Применение в составе АИ однофазно-трёхфазных трансформаторов с вращающимся магнитным полем (ТВМП) позволит уменьшить количество силовых электронных приборов в схеме преобразования и стабилизации напряжения, упростить систему управления и защиты, уменьшить уровень электромагнитных помех, создаваемых силовыми электронными приборами во время коммутации, и в целом повысить КПД и показатели надёжности АИ солнечных электростанций [9, 10].

Хороший технический эффект достигается при использовании в составе СФЭС комбинированных силовых коммутационных аппаратов. Такие устройства содержат силовые электронные приборы и электромеханические контакты, что позволяет исключить из конструкции дугогасительные устройства, повысить надёжность, ресурс, КПД и быстрдействие работы коммутационного аппарата [11].

Модульный принцип построения СФЭС также повысит надёжность работы системы электроснабжения за счёт резервирования работы основных функциональных элементов (солнечных батарей, автономных инвертор, аккумуляторных батарей, коммутационных аппаратов, устройств управления и защиты). Важно также то, что построение СФЭС по модульному принципу повышает ремонтпригодность таких систем, в том числе значительно сокращает время на техническое обслуживание и на устранение неисправностей в аварийных ситуациях, упрощает задачу по изменению её структуры в зависимости от требований потребителей [12, 13].

Задача синтеза модульных структур СФЭС должна включать в себя [14]:

– разработку структуры системы электроснабжения с учетом требований потребителей к качеству электрической энергии и допустимому времени перерыва в электроснабжении;

– определение уровня резервирования основных функциональных элементов с учётом вероятности их безотказной работы и наработки до первого отказа.

В общем случае при проектировании СЭС на ВИЭ важно учесть следующие особенности:

– применение ВИЭ эффективно лишь при комплексном подходе к ним. Например, солнечные батареи применяются только для электроснабжения потребителей электрической энергией, солнечные коллекторы – тепловой энергией. Отходы животноводства и растениеводства в сельскохозяйственном производстве одновременно могут служить сырьём для производства метана, жидкого и твердого топлива, а также удобрений;

– периодичность выработки энергии и колебания мощности зависят от вида ВИЭ;

– экономическую целесообразность использования того ли иного ВИЭ следует определять в зависимости от климатических условий, географических особенностей конкретного региона, а также в зависимости от потребностей в электрической или тепловой энергии для промышленного, сельскохозяйственного производства, бытовых нужд.

Для обеспечения продолжительного ресурса работы СФЭС необходимо знать особенности работы СБ.

1. В зимнее время производительность СБ снижается в 1,5–2 раза. Большое число солнечных дней в зимний период в районах с континентальным климатом частично компенсирует снижение производительности солнечных энергетических систем. Однако потенциал выработки энергии является минимальным с ноября и декабрь. Чем севернее расположены СФЭС в России, тем этот эффект заметнее. На юге такой эффект минимален и при достаточной мощности СБ.

2. Низкая эффективность СБ для использования в отопительных системах из-за двойного преобразования энергии (с начала солнечная энергия в электрическую, а затем электрическая в тепловую. Уже известно, что для отопления и нагрева воды значительно больший эффект дают солнечные коллекторы поскольку СБ преобразует в электрическую до 20 % солнечной энергии, а солнечный коллектор такой же площади преобразует в тепло около 90 % солнечной энергии. При этом солнечный коллектор в 1,5–2 раза дешевле СБ одной и той же площади.

3. Относительно высокая стоимость СБ делает их рентабельными лишь в случае, когда расход электроэнергии оптимизирован. Для этого необходимо использовать современную энергосберегающую технику, светодиодное освещение и т. п. С другой стороны использование современных технологий делает жизнь более комфортнее.

4. Естественно, что эффективность СБ будет выше там, где больше солнечного света. Меньшая эффективность может быть в местах с высокой сезонной облачностью или туманами на побережье. В этом случае следует провести исследование интенсивности солнечной радиации, по результатам которого будет понятно какое количество электроэнергии смогут вырабатывать СБ в исследуемом регионе и является ли установка СФЭС целесообразной.

5. С экономической точки зрения, собственнику СФЭС выгодно в настоящее время продавать электроэнергию энергосистеме в дневное время, и покупать её у энергетической компании в ночные часы (из-за заниженных ночных тарифов). Но здесь нерешены вопросы с законодательной базой.

6. В настоящее время целесообразно использовать СФЭС там, где нет сетей централизованного электроснабжения. Для обеспечения электроэнергией в темное время суток или в периоды без яркого солнечного света необходима АБ или другой резервный источник электроэнергии.

Кроме того, необходимо маломощные СФЭС (до 3 кВт) использовать для питания базовой нагрузки (освещение, телевизор, холодильник, электрочайник и т. п.). Более мощные системы (от 3 до 5 кВт) могут также питать водяной насос, электроинструмент и т. п.

В вопросе устанавливать или не устанавливать СФЭС решающими являются несколько факторов. Есть группы потребителей, для которых установка солнечных электростанций для получения электричества оказывается особенно выгодной.

Главные выгоды от установки СФЭС.

1. Если потребители не подключенные к общей электросети или подключение является дорогим из-за удалённости от энергосистемы или недостатка мощности ближайших электрических сетей, то в этом случае установка автономной СФЭС является выгодной из-за того, что капитальные затраты на установку будут равны или ниже стоимости подключения к общей сети, включая стоимость линий электропередачи и трансформаторной подстанции.

2. Если потребители подключены к существующим электросетям, но оплачивающие электроэнергию по высоким тарифам. При цене за киловатт-час свыше 3 руб, то при установке СФЭС срок окупаемости её будет от 5 до 7 лет, с учётом ресурса работы 20 лет и более. При более высокой цене за киловатт-час установка СФЭС окупится быстрее. Потребителе с существующим подключением к электрической сети имеют преимущество в том, что они могут использоваться как резервный источник электроэнергии, а СФЭС как основной при наличии солнечной радиации. В этом случае можно исключить или уменьшить до минимума емкость АБ и тем самым уменьшить сроки окупаемости солнечной станции.

3. Если потребители электроэнергии, подключенные к существующим электросетям получают электроэнергию низкого качества

(периодическое отклонения и колебания напряжения, частоты тока). В этом случае главной выгодой будут не капиталовложения, а качество электроэнергии, в том числе стабильность её параметров.

Таким образом, рассмотренные особенности установки и работы СФЭС раскрывают их перспективы электроснабжения потребителей отдалённых от централизованных энергетических систем.

Список литературы

1. Григораш О. В. Возобновляемые источники электроэнергии / О. В. Григораш, Ю. П. Степура, Р. А. Сулейманов и др. – Краснодар : КубГАУ. – 2012. – 272 с.
2. Григораш О. В. Нетрадиционные автономные источники электроэнергии / О. В. Григораш, Ю. П. Стрелков // Промышленная энергетика. – 2001. – № 4. – С. 37–40.
3. Григораш О. В. Возобновляемые источники электроэнергии: состояние и перспективы / О. В. Григораш, Ю. Г. Пугачев, Д. В. Военцов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 8. – С. 24 – 25.
4. Григораш О. В. Ресурсы солнечной энергии, особенности конструкции и работы солнечных фотоэлектрических установок / О. В. Григораш, А. Е. Усков, А. Г. Власов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 43. – С. 263–266.
5. Григораш О. В. Возобновляемые источники электроэнергии: термины, определения, достоинства и недостатки / О. В. Григораш, Ю. П. Степура, А. Е. Усков и др. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 32. – С. 189–192.
6. Григораш О. В. Об эффективности и целесообразности использования возобновляемых источников электроэнергии в Краснодарском крае / О. В. Григораш, В. В. Тропин, А. С. Оськина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2012. – № 09 (083). С. 188–199. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/38.pdf>.
7. Григораш О. В. Возобновляемые источники электроэнергии в составе систем гарантированного электроснабжения / О. В. Григораш, Н. И. Богатырев, Н. Н. Курзин // Промышленная энергетика. – 2004. – № 1. – С. 59–62.
8. Григораш О. В. Ресурсы возобновляемых источников энергии Краснодарского края / О. В. Григораш, А. А. Хамула, А. В. Квитко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2013. – № 08 (092). С. 630–641. – IDA [article ID]: 0921308012. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/12.pdf>.
9. Григораш О. В. Преобразователи электрической энергии на базе трансформаторов с вращающимся магнитным полем для систем автономного электроснабжения [Текст] / О. В. Григораш // Промышленная энергетика. – 1997. – № 7. – С.21– 25.
10. Григораш О. В. К вопросу применения трансформаторов с вращающимся магнитным полем в составе преобразователей электроэнергии [Текст] / О. В. Григораш, Ю. А. Кабанков // Электротехника. – 2002. – № 3. – С.22–26.

11. Григораш О. В. Электрические аппараты низкого напряжения [Текст] / О. В. Григораш, Н. И. Богатырев, Н. Н. Курзин, Г. В. Тельнов. – Краснодар: КубГАУ. – 2000. – 313 с.

12. Григораш О. В. Автономные системы электроснабжения на возобновляемых источниках энергии / О. В. Григораш, П. Г. Корзенков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 09 (093). С. 646–658. – IDA [article ID]: 0931309024. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/24.pdf>.

13. Григораш О. В. Статические преобразователи электроэнергии [Текст] / О. В. Григораш, О. В. Новокрекшенов, А. А. Хамула и др. – Краснодар. – 2006. – 264 с.

14. Григораш О. В. Статические преобразователи и стабилизаторы автономных систем электроснабжения [Текст] / О. В. Григораш, Ю. П. Степура, А. Е. Усков. – Краснодар. – 2011. – 188 с.

References

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

2. Grigorash O. V. Netradicionnye avtonomnye istochniki jelektrojenergii / O. V. Grigorash, Ju. P. Strelkov // Promyshlennaja jenergetika. – 2001. – № 4. – S. 37–40.

3. Grigorash O. V. Vozobnovljaemye istochniki jelektrojenergii: sostojanie i perspektivy / O. V. Grigorash, Ju. G. Pugachev, D. V. Voencov // Mehanizacija i jelektifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2007. – № 8. – S. 24 – 25.

4. Grigorash O. V. Resursy solnečnoj jenerгии, osobennosti konstrukcii i raboty solnečnih fotojelektрических установок / O. V. Grigorash, A. E. Uskov, A. G. Vlasov // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 43. – S. 263–266.

5. Grigorash O. V. Vozobnovljaemye istochniki jelektrojenergii: terminy, opredelenija, dostoinstva i nedostatki / O. V. Grigorash, Ju. P. Stepura, A. E. Uskov i dr. // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 32. – S. 189–192.

6. Grigorash O. V. Ob jeffektivnosti i celesoobraznosti ispol'zovanija vozobnovljaemyh istochnikov jelektrojenergii v Krasnodarskom krae / O. V. Grigorash, V. V. Tropin, A. S. Os'kina // Politematический сетевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar : KubGAU, 2012. – № 09 (083). S. 188–199. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/38.pdf>.

7. Grigorash O. V. Vozobnovljaemye istochniki jelektrojenergii v sostave sistem garantirovannogo jelektrosnabzhenija / O. V. Grigorash, N. I. Bogatyrev, N. N. Kurzin // Promyshlennaja jenergetika. – 2004. – № 1. – S. 59–62.

8. Grigorash O. V. Resursy vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии Krasnodarskogo kraja / O. V. Grigorash, A. A. Hamula, A. V. Kvitko // Politematический сетевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar : KubGAU, 2013. – № 08 (092). S. 630–641. – IDA [article ID]: 0921308012. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/12.pdf>.

9. Grigorash O. V. Preobrazovateli jelektрической jenerгии na baze transformatorov s vrashhajushhimsja magnitnym polem dlja sistem avtonomnogo jelektrosnabzhenija [Tekst] / O. V. Grigorash // Promyshlennaja jenergetika. – 1997. – № 7. – S.21– 25.

10. Grigorash O. V. K voprosu primenenija transformatorov s vrashhajushhimsja magnitnym polem v sostave preobrazovatelej jelektrojenergii [Tekst] / O. V. Grigorash, Ju. A. Kabankov // Jelektrotehnika. – 2002. – № 3. – S.22–26.

11. Grigorash O. V. Jelektricheskie apparaty nizkogo naprjazhenija [Tekst] / O. V. Grigorash, N. I. Bogatyrev, N. N. Kurzin, G. V. Tel'nov. – Krasnodar: KubGAU. – 2000. – 313 s.

12. Grigorash O. V. Avtonomnye sistemy jelectrosnabzhenija na vozobnovljaemyh istochnikah jenergii / O. V. Grigorash, P. G. Korzenkov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 09 (093). S. 646–658. – IDA [article ID]: 0931309024. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/24.pdf>.

13. Grigorash O. V. Staticheskie preobrazovateli jelektrojenergii [Tekst] / O. V. Grigorash, O. V. Novokrekshhenov, A. A. Hamula i dr. – Krasnodar. – 2006. – 264 s.

14. Grigorash O. V. Staticheskie preobrazovateli i stabilizatory avtonomnyh sistem jelectrosnabzhenija [Tekst] / O. V. Grigorash, Ju. P. Stepura, A. E. Uskov. – Krasnodar. – 2011. – 188 s.