

УДК 620(075.8)

UDC 620(075.8)

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**CLASSIFICATION AND BASIC METHODS OF CONSTRUCTING SOLAR POWER PLANTS**

Григораш Олег Владимирович
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
grigorasch61@mail.ru
РИНЦ SPIN-код 4729-2767

Grigorash Oleg Vladimirovich
Doctor of Technical Sciences, Professor, head of the
chair, grigorasch61@mail.ru
RSCI SPIN-code 4729-2767

Евтушенко Иван Викторович
магистр

Yevtushenko Ivan Viktorovich
master student

Попучиева Мария Александровна
студентка
*Кубанский государственный аграрный
университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар,
Россия*

Popuchieva Maria Alexandrovna
student
*Kuban state agrarian University named after I. T.
Trubilin, Russia*

Высокие темпы развития солнечной энергетики в современном мире позволяют утверждать, что в ближайшее время она станет одним из главных источников электроэнергии. В статье авторы раскрывают классификацию солнечных электростанций, которые могут быть двух типов – термодинамические и фотоэлектрические, а также особенности конструкции и работы этих электростанций. Приведены структурно-схемные решения автономных и работающих параллельно с внешней электрической сетью солнечных электростанций. Раскрыты особенности их конструкции и работы, в том числе основные достоинства и недостатки. Показано, что для повышения надежности, в том числе бесперебойности электроснабжения, перспективным направлением является разработка комбинированных систем электроснабжения, в которых в дополнение к солнечным энергетическим установкам применяются ветроэлектростанции, газопоршневые или дизельные электростанции и т. п., кроме того, в таких станциях может быть предусмотрено питание от внешней электросети. Приведён один из вариантов структурно-схемного решения комбинированных систем электроснабжения. Раскрыты рекомендации по проектированию энергоэффективных комбинированных систем электроснабжения, выполненных с использованием возобновляемых и традиционных источников электроэнергии. Окончательный вариант комбинированной системы электроснабжения и степень участия традиционных и возобновляемых источников энергии в генерировании электроэнергии определяется на основе анализа энергетического баланса и электромагнитной совместимости основных функциональных элементов системы

The high speed of solar energy development in the modern world allows us to assert that in the near future it will become one of the main sources of electricity. The authors describe a classification of solar power plants, which can be of two types – thermodynamic and photovoltaic, as well as the features of design and operation of these plants. There is a structural and schematic solution of autonomous solar power stations and ones operating in parallel with the external power grid. The features of their design and operation, including the main advantages and disadvantages were shown. It is shown that to improve the reliability, including uninterrupted power supply, a promising direction is the development of combined systems which in addition to the solar power plant may use wind power, gas or diesel power, etc. In addition, such stations may provide power from the external power supply. We have given one of the variants of structural designs of combined systems of energy and disclosed recommendations for the design of energy-efficient combined systems of power supply, made using renewable and conventional sources of electricity. The final version of the combined system of electricity supply and the degree of participation of traditional and renewable energy sources in electricity production is determined on the basis of the analysis of the energy balance and electromagnetic compatibility of the main functional elements of the system

Ключевые слова: ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, СОЛНЕЧНЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Keywords: RENEWABLE ENERGY SOURCES, SOLAR POWER SOURCES, SOLAR PV STATIONS

DOI: 10.21515/1990-4665-124-096

Благодаря увеличению объемов производства тонкопленочных солнечных модулей в мире наблюдается бурный рост производства солнечной электроэнергии. Высокие темпы развития этой отрасли в западных странах позволяют утверждать, что солнечные батареи (СБ) скоро станут одним из главных источников электроэнергии [1, 2].

Известно, что солнечные электростанции (СЭ) могут быть двух типов: *термодинамические и фотоэлектрические*.

Принцип действия *термодинамических солнечных электростанций* основан на нагревании теплоносителя солнечным излучением с помощью специальных оптических систем с дальнейшим преобразованием тепловой энергии в механическую и далее в электрическую [3].

Преобразование солнечного излучения в тепловую энергию, как правило, осуществляется по трём направлениям: применение рассредоточенных коллекторов, использование системы с центральной солнечной башней, применение солнечного коллектора с центральной трубой.

В настоящее время наибольшее распространение получили СЭ с рассредоточенными коллекторами. Преобразование солнечного излучения в тепловую энергию теплоносителя осуществляется множеством сравнительно небольших концентрирующих коллекторов, каждый из которых независимо ориентируется на солнце. Концентраторы имеют зеркальную отражающую поверхность параболической формы. В фокусе концентраторов устанавливается приёмное устройство, в котором солнечная энергия передаётся жидкости, выполняющей функции

теплоносителя. Энергия нагретой жидкости от всех коллекторов используется для получения механической энергии с помощью тепловых двигателей.

Как правило, в качестве теплоносителя используется вода, которая под воздействием концентрированного солнечного излучения преобразуется в пар. Под высоким давлением он поступает на лопатки турбины, на одном валу с которой находится генератор электроэнергии. После использования в турбине пар концентрируется и возвращается в энергетический блок, где вода вновь преобразуется в пар [4].

Самый распространённый тип электростанций – СЭ с параболическими зеркалами.

В солнечных электростанциях башенного типа оптическая система представляет собой комплекс автономно ориентированных зеркал-гелиостатов, установленных на башне. Преобразование тепловой энергии в электрическую осуществляется аналогично энергопреобразованию на тепловых электростанциях.

Эксплуатационно-технические характеристики СЭ башенного типа ниже, чем станции с рассредоточенными коллекторами.

В целом СЭ термодинамического типа целесообразно использовать на больших мощностях, превышающих 100 МВт.

Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) используют эффект прямого преобразования солнечного излучения в электроэнергию [5].

СФЭС в настоящее время очень распространены. Они состоят из большого числа отдельных модулей (солнечных батарей) различной мощности и выходных параметров. СФЭС широко применяются для энергообеспечения как малых, так и крупных объектов (частные коттеджи, пансионаты, санатории, промышленные здания и т. д.) [6]. Устанавливаться СБ могут практически везде, начиная от кровли и фасада здания и заканчивая специально выделенными территориями. Мощность

СБ изменяется в широком диапазоне, они могут снабжать энергией как отдельные насосы, так и небольшой посёлок.

При проектировании СФЭС важным вопросом является расположение неподвижных солнечных модулей. Известно, что их устанавливают непрерывными параллельными рядами. Однако если расстояние между вертикальными рядами СБ будет недостаточным, может возникать их взаимное затенение. Оно уменьшает освещенную площадь световоспринимающей поверхности СБ и приводит к снижению вырабатываемой ими электроэнергии. Большие расстояния между рядами солнечных модулей приводят к неоправданному завышению требующейся под электростанцию площади земли.

СФЭС подразделяются на автономные и сетевые (системы, работающие параллельно с сетью) [4, 7].

Автономные солнечные электростанции, используются в основном в районах, где источники общего энергоснабжения недоступны или слишком дороги. Солнечная фотоэлектрическая установка (СФЭУ) использует эффект прямого преобразования солнечного излучения в электрическую энергию с помощью фотоэлементов. Кроме фотопреобразователей такая установка содержит следующие основные функциональные элементы: аккумуляторные батареи (АБ), зарядное устройств (ЗУ), автономный инвертор (АИ), преобразующий напряжение постоянного тока в переменный ток (рисунок 1) [8, 9].

Солнечные батареи преобразуют энергию солнечного излучения в электрическую энергию постоянного тока. Контроллер пиковой мощности (КПМ) обеспечивает режим генерирования максимума мощности для текущих климатических условий, а контроллер зарядного тока (КЗТ) осуществляет функции управления зарядом АБ (см. рисунок 1). Система управления и защиты (СУЗ) на рисунке 1 не показана, осуществляет управление ключами $S1 - S4$. В нормальном режиме работы при наличии

солнечного излучения автономный инвертор АИ преобразует напряжение постоянного тока в напряжение переменного тока, а его трансформатор осуществляет согласование напряжения солнечных батарей СБ с напряжением нагрузки Н. Аккумуляторные батареи являются резервным источником питания и в нормальном режиме работы происходит их заряд с помощью зарядного устройства ЗУ.

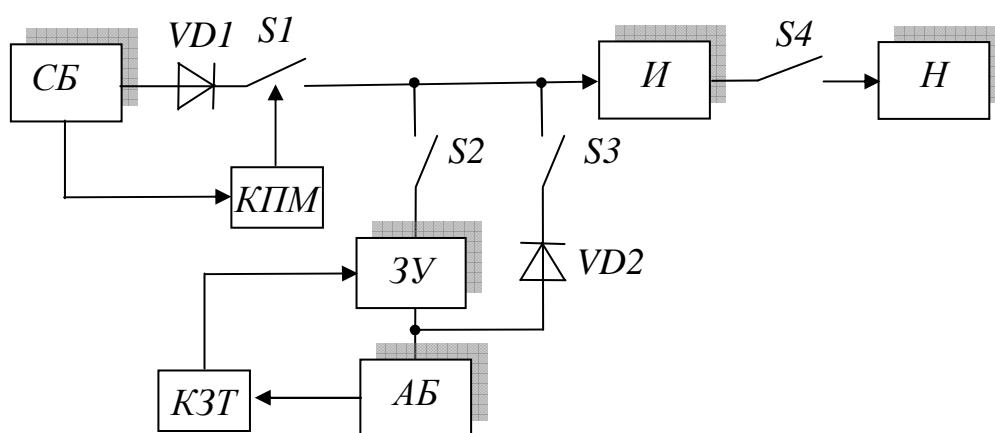


Рисунок 1 – Структурная схема СФЭУ с подключённой нагрузкой Н

При отсутствии солнечной радиации диод $VD1$ не позволяет аккумуляторным батареям $АБ$ разряжаться на солнечные батареи. Диод $VD2$ выполняет функцию защиты $АБ$.

Система управления и защиты кроме выполнения функций коммутации силовыми ключами $S1 - S4$ в нормальных и аварийных режимах работы осуществляет стабилизацию напряжения на выходе автономного инвертора $АИ$.

Аккумуляторные батареи расширяют область применения автономных СФЭС, но в то же время требуют дополнительного технического оборудования и обслуживания. Для зарядки $АБ$ требуются зарядные устройства и контроллеры заряда с функцией отслеживания точки максимальной мощности. Такой контроллер при наличии достаточной освещенности не препятствует поступлению энергии от $СБ$ на

АБ, а при недостатке освещенности накапливает энергию с оптимальными значениями тока и напряжения и подаёт её порциями на АБ. Кроме того, контроллер заряда предотвращает перезаряд АБ, своевременно отключая СБ от АБ, регулирует степень зарядки АБ и тем самым продлевает ресурс их работы (срок службы).

В течение дня СБ заряжают аккумуляторы и обеспечивают питанием потребителей. В ночное время накопленная в АБ энергия потребляется нагрузкой. Способность производить, накапливать и хранить электроэнергию делает такие солнечные электростанции надежным источником энергии в любое время, независимо от погодных условий и времени суток.

Так как СБ способны вырабатывать электроэнергию только в светлое время суток, величина их установленной мощности должна выбираться с расчётом на то, что запасённой за день энергии хватит на гарантированное электроснабжение потребителей в течение суток. Это приводит к необходимости значительно увеличить установленную мощность СБ и ёмкость АБ.

Автономные инверторы оказывают существенное влияние на показатели надёжности СФЭС. Здесь перспективным является направление применения в их конструкции трансформаторов с вращающимся магнитным полем, что позволит уменьшить общее количество силовых электронных приборов и упростить систему управления и защиты преобразователей [10, 11]. Улучшить эксплуатационно-технические характеристики АИ можно также за счёт применения промежуточного высокочастотного преобразования и модульного принципа построения основных функциональных элементов (узлов, блоков) [12, 13].

Недостатком автономных СФЭС является потеря излишков энергии в режиме малых нагрузок. В большинстве случаев в таких станциях при

малых нагрузках СБ отключаются, когда АБ полностью заряжены. Иногда избыток энергии израсходуется на балластной нагрузке (подогрев воды или воздуха), что позволяет несколько повысить эффективность использования генерируемой энергии.

Основным недостатком автономных СФЭС является необходимость использования АБ, работающих в циклическом режиме. При этом срок работы кислотно-свинцовых АБ находится в пределах 4–5,5 лет. Применение АБ с большим сроком службы, к примеру никель-кадмиевых или литий-ионных, значительно повышает капиталовложения в СФЭС. Ещё одним недостатком АБ является то, что в них имеют место потери энергии. Эффективность процесса заряда-разряда АБ не превышает 90 %, и она ухудшается по мере их старения.

СФЭС, работающие параллельно с сетью, имеют важное преимущество над автономными СФЭС. Внешняя электросеть является аккумулятором с неограниченной мощностью, практически со 100 % КПД, который может принять все излишки энергии.

Структурная схема сетевой СФЭС приведена на рисунке 2. В состав схемы входят: сетевой инвертор (СИ) – инвертор, ведомый сетью (источником опорного сигнала для их запуска и синхронизации является внешняя электросеть); контроллер (К), осуществляющий функцию контроля максимального отбора мощности от СБ; система мониторинга (СМ), отслеживающая параметры СФЭС; внешняя электросеть (ВЭ), которая через трансформатор (Т) подключена к электростанции. На рисунке 2 показана также нагрузка переменного тока промышленной частоты (Н).

Безаккумуляторные сетевые СФЭС практически не требуют обслуживания. При этом максимальная эффективность использования энергии от СБ находится в пределах 90–98%.

Недостатком сетевых СФЭС является прекращение питания потребителей при отключении внешней электросети. Для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей в таких системах применяются АБ, что значительно усложняет их конструкцию. Мощность сетевого инвертора в сетевых СФЭС, в которых применяются АБ, определяется суммарной мощностью нагрузки, которую нужно питать во время аварий внешней электросети, а ёмкость АБ и мощность СБ определяются длительностью аварийных режимов.

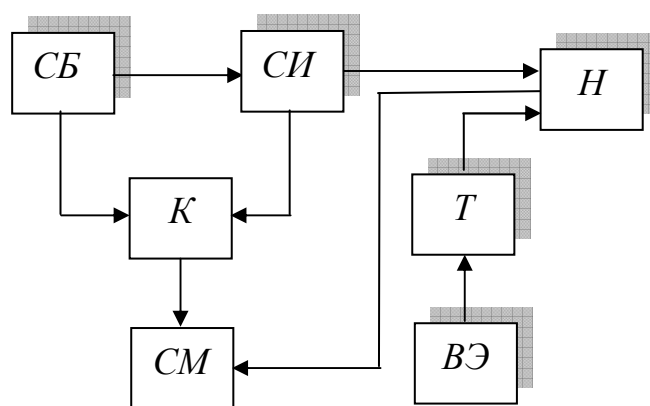


Рисунок 2 – Структурная схема сетевой СФЭС

Повышение надежности, в том числе бесперебойности электроснабжения, способны обеспечить **комбинированные систем электроснабжения**, в которых в дополнение к СФЭС устанавливаются ветроэлектростанции (ВЭС), газопоршневые или дизельные электростанции и т. п. Кроме того, в таких станциях может быть предусмотрено питание от внешней электрической сети.

На рисунке 3 приведён один из вариантов комбинированной системы электроснабжения. Шина Ш1 является источником напряжения постоянного тока, а шина Ш2 – переменного тока промышленной частоты. В качестве источников постоянного тока применяются СБ и АБ, а переменного тока – ветроэлектрическая станция (ВЭС), газопоршневая

электростанция (ГПС) и внешняя электросеть (ВЭ). Система управления и защиты (СУЗ), осуществляет контроль за параметрами электрической системы, выполняет функции защиты, отключая и подключая источники к нагрузке (Н1 – Н2) в соответствии с установленной иерархией (приоритетами).

В этой схеме АБ имеют небольшую ёмкость и применяются для электроснабжения нагрузки только в случаях перехода питания от одного источника к другому, т. е. обеспечивают гарантированное (бесперебойное) электроснабжение потребителей.

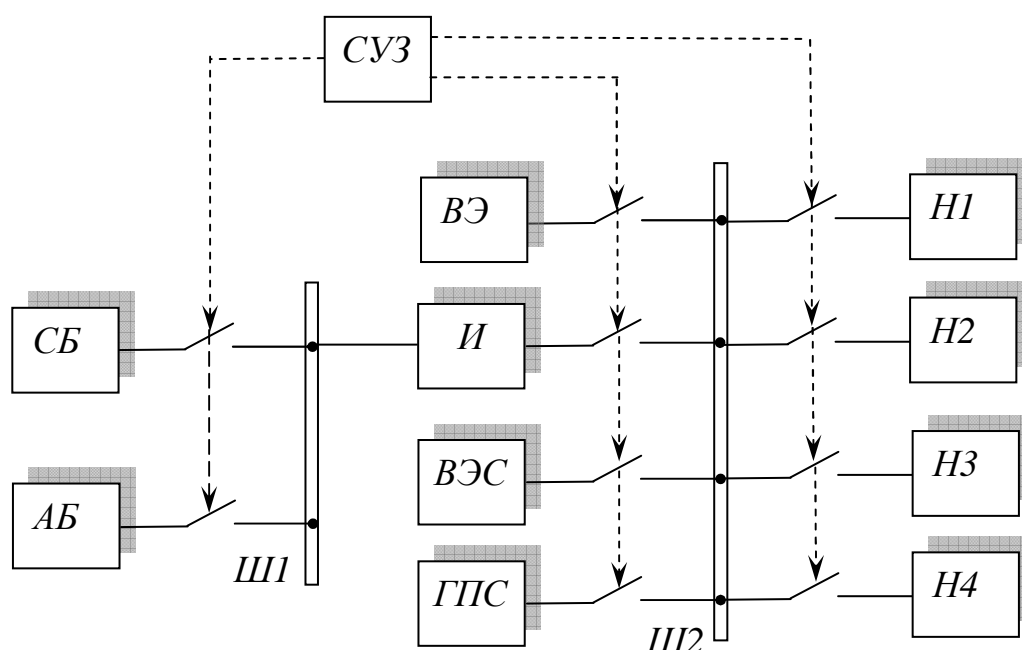


Рисунок 3 – Структурная схема комбинированной системы электроснабжения

Степень участия источников электроэнергии в комбинированных схемах систем электроснабжения потребителей зависит от многих факторов, среди которых основными являются: энергетический потенциал возобновляемых источников энергии, а также его изменение во времени; рельеф и климатические условия местности; энергетическая потребность и мощность потребителей, а также годовой график электрической нагрузки; требования к надёжности (бесперебойности) электроснабжения;

требования к показателям качества электроэнергии; экономические показатели системы электроснабжения.

Эксплуатационно-технические характеристики комбинированных систем электроснабжения во многом зависят от точной оценки энергетической потребности в электроэнергии и режимов работы потребителей (графика электрической нагрузки), от требований к качеству электроэнергии.

Наибольшее распространение получили три группы потребителей децентрализованного электроснабжения:

– индивидуальные потребители мощностью от единиц до десятков киловатт (фермерские хозяйства, коттеджи, загородные дома, метеостанции и т. п.);

– групповые непромышленные потребители установленной мощностью от десятков до сотен киловатт (микрорайоны, торговые предприятия, учреждения здравоохранения, деревни, сёла, посёлки и т. п.);

– промышленные предприятия с установленной мощностью от сотен до тысяч киловатт.

Характерной чертой потребителей децентрализованного электроснабжения является резкопеременный график электрических нагрузок в течение суток, сезона и года.

Эффективным способом математического моделирования электрической нагрузки является использование вероятностно-статистической модели, задаваемой выражением

$$P_{Pi} = \bar{P}_i + \beta\sigma(P_i), \quad (1)$$

где P_{Pi} – расчётная активная нагрузка на i -ом часе суточного графика; \bar{P}_i

– математическое ожидание нагрузки на i -том часе суточного графика; β

– коэффициент, определяющий вероятность, с которой случайные

величины нагрузки меньше принятого расчётного значения P_{Pi} ; $\sigma(P_i)$ – среднее квадратичное отклонение для i -того часа суточного графика.

При нормальном законе распределения $\beta = 2$, $\sigma(P_i) = 0,025$.

В качестве базовой модели электрической нагрузки применяется типовой график активной нагрузки сельских жилых домов, типичный для децентрализованного электроснабжения (рисунок 3). Эти графики представляются в относительных единицах и позволяют по известному значению максимальной нагрузки (P_{max} , кВт) получить суточный график расчётной нагрузки потребителей для любого периода года:

$$P_{Pi} = \bar{P}_i P_{max} (1 \pm \beta \sigma(P_i)) K_C, \quad (2)$$

где K_C – коэффициент сезонности, значение которого зависят от нагрузки в разное время года: январь-февраль – 1,0; март-май – 0,8; июнь-август – 0,7; сентябрь-ноябрь – 0,9; декабрь – 1,0.

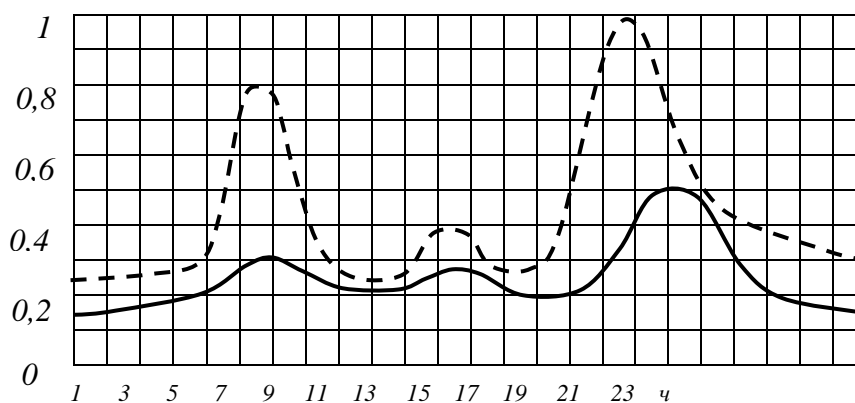


Рисунок 3 – Типовые суточные графики нагрузки сплошная линия – летний период; пунктирная линия – зимний период

Энергетические характеристики возобновляемых источников позволяют сделать на этапе проектирования комбинированных систем электроснабжения первые выводы о целесообразности их применения в рассматриваемой местности с учётом требований потребителей к качеству электроэнергии и надёжности электроснабжения.

Далее необходимо следовать распространённым рекомендациям по применению ветроустановок средней и малой мощности (до 100 кВт), средняя годовая скорость ветра не должна быть меньше 4 м/с. В некоторых случаях ветроэнергетика энергоэффективна при скоростях ветра 3 м/с.

Энергетический потенциал солнечной энергетики распределён по территории России относительно равномерно. Поэтому возможно повсеместное использование СЭ как прямого, так и рассеянного образования энергии. Основной распространённой рекомендацией о целесообразности применения СЭ является уровень удельной годовой инсоляции, который должен быть более 1000 кВт·ч/м² горизонтальной поверхности.

Окончательный вариант комбинированной системы электроснабжения и степень участия в генерировании электроэнергии традиционных и возобновляемых источников энергии определяется на основе анализа энергетического баланса и электромагнитной совместимости основных функциональных элементов системы [14, 15].

Таким образом, при учёте рассмотренных в статье способов построения СЭ повысится эффективность проектирования и использования солнечных и комбинированных электростанций.

Список литературы

1. Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. – М.: КолосС, 2003. – 532 с.
2. Амерханов Р.А., Цыганков Б.К., Бегдай С.Н., Кириченко А.С. и др. Перспективы использования возобновляемых источников энергии / Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 42. – С. 185 – 189.
3. Лукутин Б.В., Суржикова О.А., Шандарова Е.Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. – М.: Энергоатомиздат. – 2008. – 231 с.
4. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2015. – 128 с.
5. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е., Квитко А.В. Возобновляемые источники энергии: термины, определения, достоинства и недостатки // Труды КубГАУ. – Краснодар, 2011, № 5, с.189 – 192.

6. Григораш О.В., Тропин В.В., Оськина А.С. Об эффективности и целесообразности использования возобновляемых источников электроэнергии в Краснодарском крае // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №09 (083). С. 506 – 517.
7. Григораш О.В., Стрелков Ю.И. Нетрадиционные автономные источники электроэнергии // Промышленная энергетика, № 4, 2001, с.37 – 40.
8. Богатырёв Н.И., Григораш О.В., Курзин Н.Н. Преобразователи электрической энергии: основы теории, расчёта и проектирования. Учебное пособие. – Краснодар: Б/И, 2002. – 358 с.
9. Григораш О.В., Степура Ю.П., Сулейманов Р.А. и др. Возобновляемые источники электроэнергии. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 272 с.
10. Григораш О.В. Преобразователи электрической энергии на базе трансформаторов с вращающимся магнитным полем для систем автономного электроснабжения // Промышленная энергетика, 1997, № 7. С.21 – 25.
11. Григораш О.В., Кабанков Ю.А. К вопросу применения трансформаторов с вращающимся магнитным полем в составе преобразователей электроэнергии // Электротехника, № 3, 2002, с. 22 – 26.
12. Атрощенко В.А., Григораш О.В., Ланчу В.В. Современное состояние и перспективы развития систем автономного электроснабжения // Промышленная энергетика, 1994, № 5. С.33 – 36.
13. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е., Власенко Е.А. Автономные инверторы в устройствах бесперебойного электроснабжения // Электротехника, 2012, № 6, с.40 – 44.
14. Григораш О.В., Дацко А.В., Мелехов С.В. К вопросу электромагнитной совместимости основных узлов систем автономного электроснабжения // Промышленная энергетика, 2001, № 2. С.44 – 47.
15. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е. Статические преобразователи и стабилизаторы автономных систем электроснабжения. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – 188 с.

Spisok literatury

1. Amerhanov R.A. Optimizacija sel'skohozjajstvennyh jenergeticheskikh ustanovok s ispol'zovaniem vozobnovljaemyh vidov jenergii. – М.: KolosS, 2003. – 532 s.
2. Amerhanov R.A., Cygankov B.K., Begdaj S.N., Kirichenko A.S. i dr. Perspektivy ispol'zovaniya vozobnovljaemyh istochnikov jenergii / Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 42. – S. 185 – 189.
3. Lukutin B.V., Surzhikova O.A., Shandarova E.B. Vozobnovljaemaja jenergetika v decentralizovannom jelektrosnabzhenii. – М.: Jenergoatomizdat. – 2008. – 231 s.
4. Lukutin B.V., Muravlev I.O., Plotnikov I.A. Sistemy jelektrosnabzhenija s vetrovymi i solnechnymi jelektrostancijami. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta. – 2015. – 128 s.
5. Grigorash O.V., Stepura Ju.P., Uskov A.E., Kvitko A.V. Vozobnovljaemye istochniki jenergii: terminy, opredelenija, dostoinstva i nedostatki // Trudy KubGAU. – Krasnodar, 2011, № 5, s.189 – 192.
6. Grigorash O.V., Tropin V.V., Os'kina A.S. Ob jeffektivnosti i celesoobraznosti ispol'zovaniya vozobnovljaemyh istochnikov jelektrojenergii v Krasnodarskom krae // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo

agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №09 (083). S. 506 – 517.

7. Grigorash O.V., Strelkov Ju.I. Netradicionnye avtonomnye istochniki jelektrojenergii // Promyshlennaja jenergetika, № 4, 2001, s.37 – 40.

8. Bogatyryov N.I., Grigorash O.V., Kurzin N.N. Preobrazovateli jelektricheskoy jenerгии: osnovy teorii, raschjota i proektirovanija. Uchebnoe posobie. – Krasnodar: B/I, 2002. – 358 s.

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

10. Grigorash O.V. Preobrazovateli jelektricheskoy jenerгии na baze transformatorov s vrashhajushhimsja magnitnym polem dlja sistem avtonomnogo jelektrosnabzhenija // Promyshlennaja jenergetika, 1997, № 7. S.21 – 25.

11. Grigorash O.V., Kabankov Ju.A. K voprosu primeneniya transformatorov s vrashhajushhimsja magnitnym polem v sostave preobrazovatelej jelektrojenergii // Jelektrotehnika, № 3, 2002, s. 22 – 26.

12. Atroshhenko V.A., Grigorash O.V., Lanchu V.V. Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija sistem avtonomnogo jelektrosnabzhenija // Promyshlennaja jenergetika, 1994, № 5. S.33 – 36.

13. Grigorash O.V., Stepura Ju.P., Uskov A.E., Vlasenko E.A. Avtonomnye inventory v ustrojstvah besperebojnogo jelektrosnabzhenija // Jelektrotehnika, 2012, № 6, s.40 – 44.

14. Grigorash O.V., Dacko A.V., Melehov S.V. K voprosu jelektromagnitnoj sovместимости osnovnyh uzlov sistem avtonomnogo jelektrosnabzhenija // Promyshlennaja jenergetika, 2001, № 2. S.44 – 47.

15. Grigorash O.V., Stepura Ju.P., Uskov A.E. Statische skie preobrazovateli i stabilizatory avtonomnyh sistem jelektrosnabzhenija. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – 188 s.