

УДК 620(075.8)

UDC 620(075.8)

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**СОЛНЕЧНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ
ГАРАНТИРОВАННОГО
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ****SOLAR POWER SYSTEMS WITH
GUARANTEED POWER SUPPLY**

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

Кондратенко Юлия Евгеньевна
магистр

Kondratenko Yulia Evgenievna
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, Krasnodar, Russia*

В статье рассматриваются структурно-схемные решения солнечных энергосистем, обеспечивающих гарантированное электроснабжение потребителей электроэнергии с приоритетом потребителей 1-й категории. Раскрыты основные функции, выполняемые современными энергосистемами. Показано, что в настоящее время солнечные энергосистемы гарантированного электроснабжения классифицируются по трём типам: независимые; гибридные (комбинированные); интеллектуальные. Приведены структурные схемы солнечных систем энергосистем гарантированного электроснабжения и раскрыты особенности их работы. Описана работа системы мониторинга, осуществляющая функции контроля и измерения параметров энергосистемы, от которых зависит её работоспособность. На экономические показатели солнечной энергосистемы существенное значение оказывает стоимость солнечных и аккумуляторных батарей. Приводятся основные технические характеристики современных солнечных и аккумуляторных батарей лучших фирм. Даны рекомендации по улучшению эксплуатационно-технических характеристик солнечных энергосистем гарантированного электроснабжения, в которых особое внимание уделяется техническим характеристикам основных функциональных элементов системы, в том числе электромагнитной совместимости

The article discusses the structural schematics of solar energy systems, providing guaranteed power supply to electricity consumers with priority for consumers of the 1st category. The work describes main functions performed by modern energy systems. It is shown that nowadays solar power systems of uninterruptable power supply are classified into three types: independent; hybrid (combined); intellectual. We have given the structural scheme of solar systems power systems of uninterruptable power supply and the features of their work. The article describes a monitoring system, carrying out functions of control and measurement of parameters of the power system depends on its performance. The economic performance of a solar power system has been influenced essentially by the cost of solar and accumulator batteries. The principal technical characteristics of modern solar and regular batteries of the best companies were compared. We have also given recommendations for improving the operational characteristics of solar energy systems of guaranteed power supply, in which special attention is paid to technical characteristics of the main functional elements of the system, including electromagnetic compatibility

Ключевые слова: СИСТЕМА
ГАРАНТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ,
СОЛНЕЧНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ,
СОЛНЕЧНЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
СТАНЦИИ

Keywords: SYSTEM OF GUARANTEED POWER
SUPPLY, SOLAR POWER SYSTEM, SOLAR PV
STATION

DOI: 10.21515/1990-4665-124-097

Как известно, система гарантированного электроснабжения (СГЭ) предназначена для бесперебойного обеспечения потребителей первой категории электроэнергией при её регулярных длительных отключениях от внешней сети. СГЭ обеспечивает потребителей высококачественным напряжением при его перепадах, кратковременных и длительных отключениях электроэнергии в зонах так называемого «неуверенного электроснабжения». Электрическая сеть в таких системах может использоваться как основной или дополнительный источник в зависимости от качества подключенной электроэнергии и назначения энергосистемы. СГЭ может использоваться для получения дополнительной мощности при установленном лимите электроснабжения для питания выделенной линии нагрузок, а также для получения прибыли от продажи излишков солнечной электроэнергии сетевой компании [1, 2].

Типовая схема СГЭ приведена на рисунке 1. В её состав входят: аккумуляторная батарея (АБ), солнечная батарея (СБ), гибридный инвертор (ГИ), в который встроены 2 устройства заряда АБ: от сети 220 В и от СБ [3, 4].

В алгоритм работы такой системы заложен режим энергосбережения: когда достаточно солнечной энергии, ввод электросети отключается, и питание осуществляется от СБ с подпиткой АБ (режим автономной работы), но глубину разряда ограничивают на уровне 25–30 % для того, чтобы иметь запас на случай непредвиденного отключения электросети. При разряде АБ до установленного уровня подключается внешняя электрическая сеть, которая продолжает питать нагрузку и осуществляет заряд АБ совместно с СБ, если последние еще вырабатывают ток. В случае отключения напряжения внешней электрической сети нагрузка питается от АБ, запас ёмкости которых рассчитывается на максимальный срок автономности (зима, плохая погода). Мощность СБ определяется возможностью полного заряда АБ, как правило, за два дня в демисезонный

период. Однако при длительных отключениях в зимний период заряд АБ невозможно будет осуществить без дополнительного источника генерации, в лучшем случае – это ветроэлектрическая станция, в худшем случае – бензо-, дизель- или газопоршневая станции [5, 6].

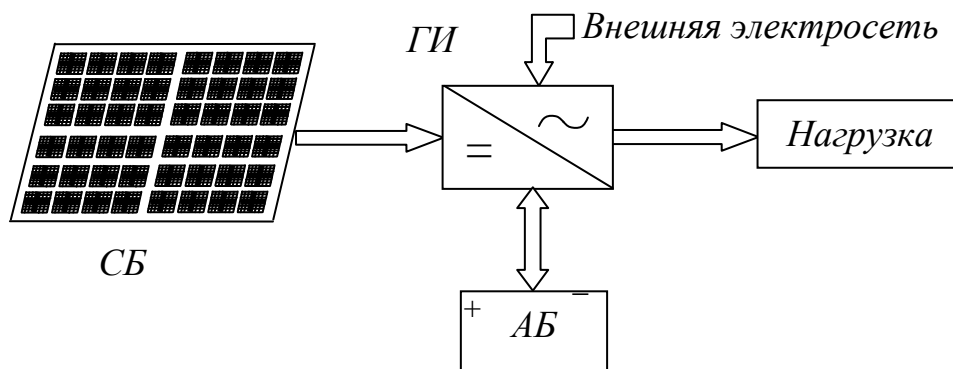


Рисунок 1 – Схема энергосистемы гарантированного электроснабжения

Сегодня известно техническое решение солнечной энергосистемы, создающие собственную внутреннюю электросеть на базе силового оборудования SMA Solar Technology AG (Германия). Такие системы предназначены для обеспечения гарантированного электроснабжения переменным током высокого качества потребителей любой мощности при низком качестве параметров электроэнергии от внешней электрической сети. В таких системах оборудование последнего поколения поддерживает алгоритм производства электроэнергии от возобновляемых источников энергии с максимальным КПД преобразования и высокими перегрузочными характеристиками.

Созданный производителем интернет-портал позволяет следить за работой энергосистемы в реальном времени, накапливать данные по генерации и потреблению для оптимизации работы.

Возможность выбора алгоритма работы системы для максимальной утилизации солнечной энергии либо сброса «лишней» энергии обратно во

внешнюю электрическую сеть по специальному тарифу при открытии розничного рынка электроэнергии.

Солнечная энергосистема, содержащая внутреннюю электросеть, состоит из инверторов (И1 и И2), обратного инвертора (ОИ), в который встроено сверхмощное устройство заряда АБ от сети 220В (рисунок 2). В алгоритм работы системы заложен режим энергосбережения, суть которого заключается в следующем. Заказчик определяет группу потребителей (1-й категории), которая должна непрерывно обеспечиваться электроэнергией, и дополнительных потребителей, которые могут работать от сети либо от солнечной энергосистемы, когда есть избыточная солнечная энергия, а также третью группу силовых потребителей, которые работают от электросети.

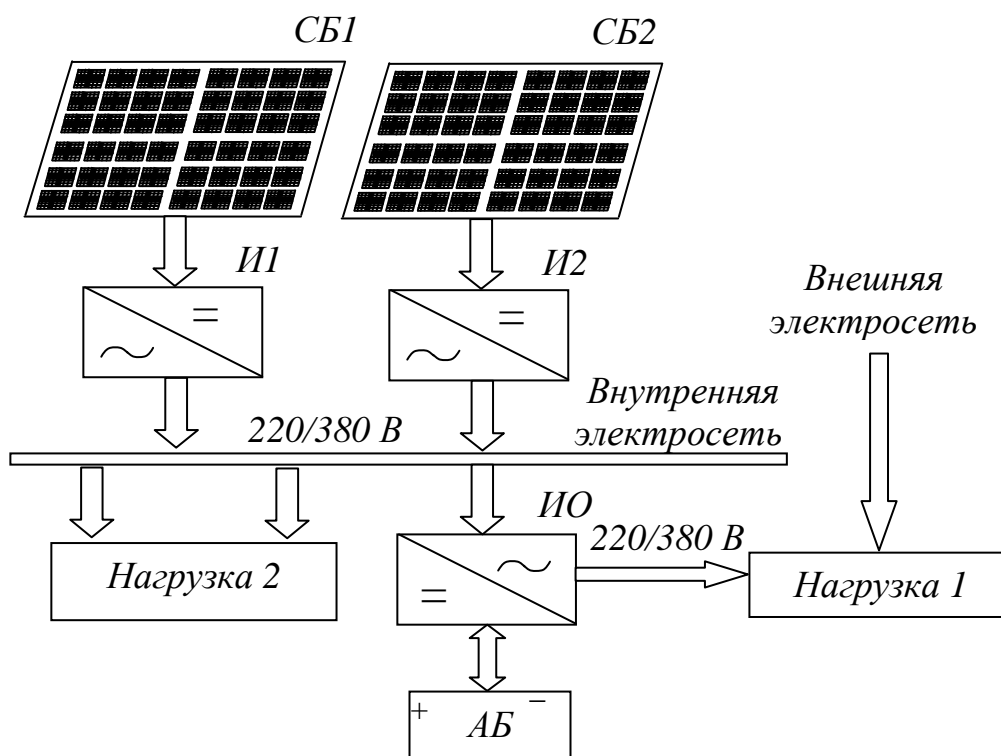


Рисунок 2 – Структура солнечной энергосистемы с внутренней электросетью

Потребители первой категории запитаны от четырех источников генерации: СБ, АБ, внешняя электрическая сеть либо в её отсутствие – бензо-, газо-, дизель- или (газопоршневой) генератор. В такой

энергосистеме осуществляются полные перетоки солнечной энергии в первую очередь в выделенные потребители и заряд АБ. Излишки могут питать автоматически подключаемые дополнительные нагрузки либо через обратный инвертор перетечь в линию питания силовых нагрузок, а при возможности – передачи в электросеть и приносить доход. В такой энергосистеме обратный инвертор ОИ в случае отказа электросети питает нагрузки не только от АБ, но и от инверторов И1 и И2 в дневное время, только добавляя энергию от АБ. Когда питание осуществляется от внешней электрической сети днём – отбирает у нее только разницу между потребляемой и солнечной энергией, т. е. реализуется режим экономии [7, 8].

Рассмотренные схемы солнечных энергосистем (рисунок 1 и 2) работают полностью в автоматическом режиме по следующему, предварительно запрограммированному алгоритму работы:

1. Вся выработанная СБ электроэнергия идет на питание нагрузок 1-й категории и в случае несолнечной погоды недостающая энергия добирается от внешней электросети, а также на восстановление заряда АБ, если был разряд при отказе внешней электросети.

2. В случае кратковременных отказов внешней электросети инверторы осуществляют питание потребителей 1-й категории с напряжением высокого качества.

3. При длительном отключении внешней электросети, особенно в летний период, солнечной энергии может быть достаточно для питания нагрузок 1-й категории с подпиткой от АБ, однако система управления следит за разрядом АБ и в критических ситуациях даёт команду на запуск резервного источника, к примеру, ветрогенератора.

4. Когда работает генератор, инвертор отключается, а зарядные устройства производят заряд АБ и транзитом через себя пропускают напряжение генератора для питания нагрузок 1-й категории.

5. В летний период возможна ситуация, когда мощность СБ превысит суммарное потребление нагрузки, энерджиметр SMA или другого производителя не допустит передачи энергии в сеть, инвертор уменьшит её выработку.

6. В случае превышения мощности, вырабатываемой СБ, а также потребностей нагрузок 1-й категории система управления автоматически подключает дополнительные потребители.

7. Потребители электроэнергии 2-й и 3-й категории питаются от внешней электрической сети, но в случае наличия «излишков» энергии, вырабатываемой СБ, последние осуществляют питание потребителей 2-й и 3-й категории.

8. В темное время суток в летний период запасенная в АБ энергия (при 100 %-м заряде) расходуется на питание ландшафтной подсветки, если будет избыток солнечной энергии (что определится при эксплуатации потребителей), но система управления допустит разряд АБ не более чем на 30 %, после чего подсветка продолжает питаться от внешней электрической сети.

В настоящее время известны три типа энергетических систем гарантированного электроснабжения, выполненных с использованием солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС): независимые; гибридные (комбинированные); интеллектуальные [9].

В свою очередь, «независимая» энергосистема состоит из двух независимых подсистем: блок бесперебойного питания с аккумуляторной батареей и автономный источник электроэнергии (АИЭ). АБ имеет запас энергии, как правило, на 30 мин для обеспечения бесперебойного питания нагрузок 1-й категории при кратковременных отключениях, а при продолжительном отключении (более 20 мин) – обеспечить питание нагрузок на время запуска автономного генератора. Запуск осуществляется

блоком АВР (устройства выбора резерва) с таймером задержки запуска (рисунок 3).

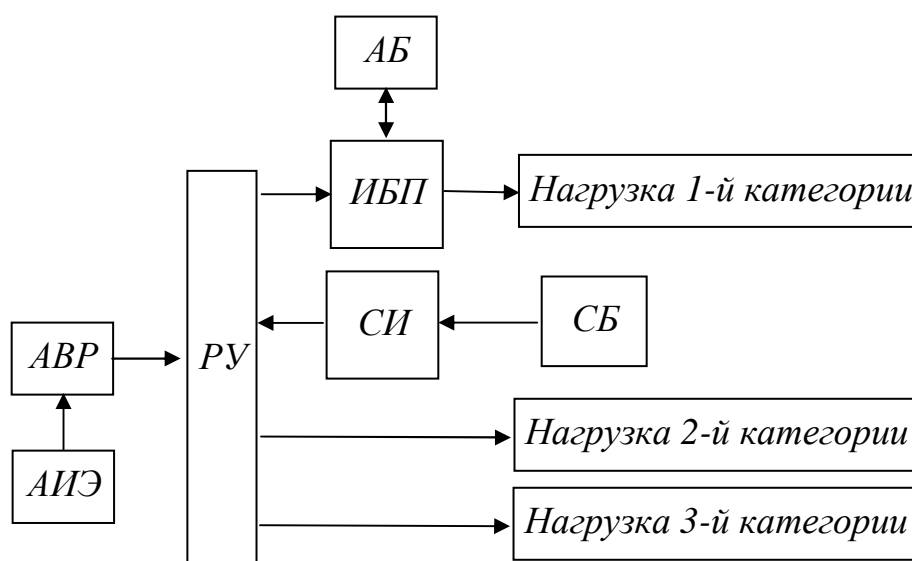


Рисунок 3 – Схема «независимой» энергосистемы

В состав структурной схемы энергосистемы, приведённой на рисунке 3, входят: блок автоматического включения резерва – АВР; автономных источник электроэнергии – АИЭ (ветровая, дизельная, газопоршневая электростанция); распределительное устройство – РУ; источник бесперебойного питания – ИБП; аккумуляторные батареи – АБ; сетевой инвертор – СИ; солнечные батареи – СБ.

Солнечные батареи подключаются к сетевому инвертору, имеющему два входа для их подключения и трёхфазный выход. Принцип работы такого инвертора заключается в том, что вся вырабатываемая СБ мощность подается в общую сеть потребителя только при наличии вводной качественной электроэнергии. В случае отклонений (падение или колебания) напряжения в любой фазе или изменения формы напряжения из-за включений/выключений реактивных нагрузок инвертор будет отключаться. При работающем генераторе выход солнечного инвертора должен быть отключен.

«Гибридная» энергосистема состоит из двух трехфазных гибридных инверторов (ГИ), имеющих встроенные зарядные устройства для заряда АБ от внешней электросети и встроенных инверторов (рисунок 4).

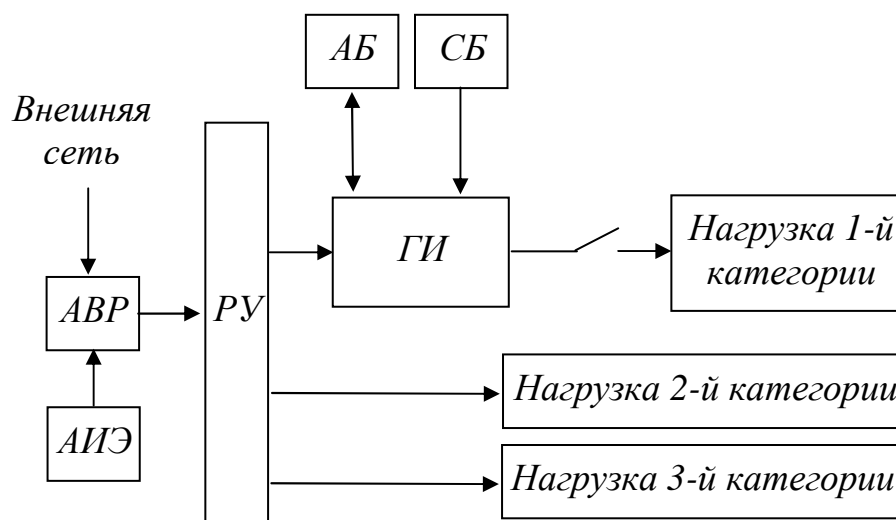


Рисунок 4 – Схема «гибридной» энергосистемы

Гибридные инверторы работают в следующих режимах:

– приоритет солнечной энергии: заряд АБ и питание нагрузки осуществляют СБ, если энергии для нагрузки хватает – питание осуществляется от АБ, а при разряде на устанавливаемую величину, например, 30 %, питание нагрузок производится от инверторов. При этом режиме ёмкость АБ должна быть рассчитана на подпитку при нехватке солнечной энергии на не продолжительный период (облачная погода, кратковременные осадки), к примеру, на 1 ч. При избытке солнечной энергии для питания нагрузок 1-й категории и при заряженных АБ, «лишняя» энергия шунтируется;

– основная работа в качестве источника бесперебойного питания с подпиткой от СБ;

– автономный режим работы – в отсутствие питания от внешней электрической сети.

«Интеллектуальная» энергосистема имеет повышенную надёжность работы. Такие системы состоят из трёх однофазных двунаправленных инверторов (И) с мощными встроенными сетевыми зарядными устройствами, соединенными по трёхфазной схеме, и сетевого трёхфазного инвертора (СИ) с двумя высоковольтными МРРТ входами (МРРТ система слежения за точкой максимальной мощности). На рисунке 5 показаны блок мониторинга БМ и блок контроля и управления БКУ.

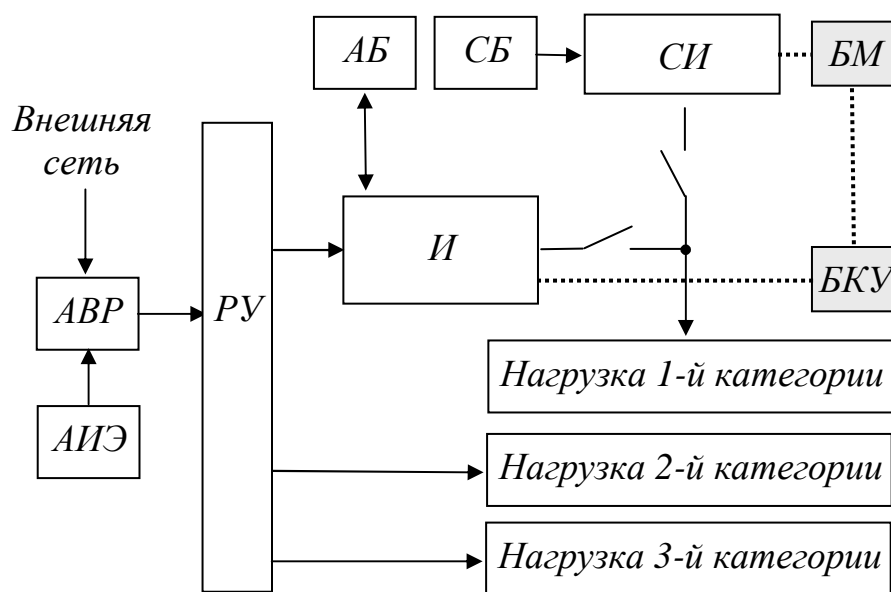


Рисунок 5 – Схема «интеллектуальной» энергосистемы

Выходы всех инверторов соединены параллельно, чем создается собственная внутренняя электрическая сеть для питания нагрузок 1-й категории высококачественным напряжением в дневное время вне зависимости от качества входного напряжения. При избытке солнечной энергии для питания нагрузок 1-й категории и заряженных АБ «лишняя» энергия через входы двунаправленных инверторов подается в общую электрическую сеть питания нагрузок, к примеру, дома, либо может расходоваться на питание силовых нагрузок, подключаемых дистанционно, по радиоканалу.

Все рабочие режимы оборудования, энерговыработка и электропотребление фиксируются в режиме реального времени на портале производителя силового оборудования и вся база накопленных данных в различных формах подачи информации доступна пользователю по присвоенному паролю.

Работа системы мониторинга. Для контроля работы инверторов, а также измерения энерговыработки СБ и учета произведенной и потребленной энергии применяется интерфейсный модуль Webbox с датчиками плотности потока солнечного излучения, температуры на поверхности СБ и температуры окружающей среды, необходимыми для сопоставления реальных погодных условий с энерговыработкой инверторов SMA Tripower.

Для энергоэффективного управления потреблением бытовых нагрузок применено устройство SMA Sunny Home Manager, которое управляет подачей питания на розетки силовых нагрузок по радиоканалу при избыточной солнечной энергии. Потоки энергии во внутренней сети дома контролирует прибор SMA Energy Meter, подключенный к SMA Router.

Программирование алгоритмов работы энергосистемы, контроль за работой и сбор всех параметров работы энергосистемы осуществляется на портале SMA Sunny Portal, с которым через модем связан Home Manager. Вывод результатов работы энергосистемы осуществляется посредством подключения персонального компьютера к Интернету или с помощью устройства SMA Sunny View.

Как правило, выбирается вариант СГЭ (исходя из поставленной задачи) между 3-часовым запасом энергии в АБ на случай невключения резервного генератора при аварии сети для запаса времени на его ремонт, при этом допускается 50 %-й разряд АБ или часовым вариантом

автономной работы, но до 30 % разряда АБ, если отключения будут частыми.

Обычно применяется самый «жесткий» вариант – запас энергии на 1 ч с разрешенным разрядом до 70%, если при аварии сети резервный генератор запустится в течение 20–30 мин.

Пример. Если применить АБ ёмкостью 400 А·ч, то 30 мин их работы в автономном режиме при потреблении 15 кВт разрядят их на 38 %, если установить АБ ёмкостью 330 А·ч, то 30 мин их работы в автономном режиме при потреблении 15 кВт разрядят их на 45 %.

В таблице 1 приведена стоимость АБ разных производителей, в первой строке – батареи ёмкостью 330 А·ч, 6V, в остальных строках – батареи ёмкостью 400 А·ч, 12V.

Для всех вариантов рассмотренных энергосистем стоимость СБ не зависит от выбора варианта, меняется только стоимость солнечного провода. В таблице 2 приведена стоимость СБ, её монтажа, несущей и опорной конструкции.

Таблица 1 – Стоимость комплекта АБ от разных производителей

№	Производитель/страна	Модель	Технические характеристики	Кол-во	Цена, \$
1	Sonnenschein, Германия	SOLAR-BLOC SB 6V 330	Gel, 330Ah, 6V, 20 лет, 48 кг, 1200 циклов до 60 % (20° C)	8	653,5
2	Delta, КНР	GX12-200	Gel, 200Ah, 12V, 12 лет, 65 кг	8	441
3	Ellow, Россия –КНР	GR12200	Gel, 200Ah, 12V, 10 лет, 63,5 кг	8	395

Для улучшения эксплуатационно-технических характеристик солнечных систем гарантированного электроснабжения необходимо в первую очередь улучшать показатели КПД и надёжности автономных инверторов и зарядных устройств. Очень перспективны преобразователи с

промежуточным высокочастотным звеном и, выполненные с использованием трансформаторов с вращающимся магнитным полем [10–12]. Улучшить характеристики можно за счёт применения в составе системы бесконтактных коммутационных аппаратов [13]. В качестве резервных генераторов электроэнергии целесообразно применять бесконтактные электрические машины [6].

Таблица 2 – Стоимость солнечных батарей, её монтажа, несущей и опорной конструкции

№	Наименование оборудования/работ	Кол-во, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	Солнечный модуль PLM-250P-60	16	16 500	264 000
2	Солнечный модуль PLM-250P-60	20	16 500	330 000
3	Алюминиевые элементы крепления солнечных	16	40 000	40 000
4	Алюминиевые элементы крепления солнечных	20	50 000	50 000
5	Стоимость работ по сборке и монтажу модулей	16		45 000
6	Стоимость работ по сборке и монтажу модулей	20		55 000
7	Стоимость изготовления, доставки и монтажа несущей и опорной конструкции	16		198 500
8	Стоимость изготовления, доставки и монтажа несущей и опорной конструкции	20		248 000
9	Итого, оборудование и работы	16		547 500
10	Итого, оборудование и работы	20		683 000

Вопросы электромагнитной совместимости всегда являются приоритетными при выборе основных функциональных узлов системы гарантированного электроснабжения [14]. Немаловажная роль отводится также оценке потенциала местности, на которой планируется устанавливать солнечную энергосистему [15].

Таким образом, рассмотренные основные структурно-схемные решения солнечных энергосистем гарантированного электроснабжения и особенности их работы, позволят повысить эффективность разработки таких систем.

Список литературы

1. Лукутин Б.В., Суржикова О.А., Шандарова Е.Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. – М.: Энергоатомиздат. – 2008. – 231 с.
2. Атрощенко В.А., Григораш О.В., Ланчу В.В. Современное состояние и перспективы развития систем автономного электроснабжения // Промышленная энергетика. – 1994. – № 5. – С.33–36.
3. 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.
4. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – М.: КНОРУС, 2010. – 232 с.
5. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е. и др. Возобновляемые источники электроэнергии: термины, определения, достоинства и недостатки // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 32. – С. 189 – 192.
6. Григораш О.В. Асинхронные генераторы в системах автономного электроснабжения // Электротехника. – 2002. – № 1. – С.30–34.
7. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2008. – 187 с.
8. Амерханов Р.А., Богдан А.В., Вербицкая С.В., Гарькавый К.А. Проектирование систем энергообеспечения: Учебник для студентов вузов / Под общ. ред. Р.А. Амерханова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 548 с.
9. Григораш О.В., Пугачев Ю.Г., Военцов Д.В., Чесовской А.С. Возобновляемые источники электроэнергии: состояние и перспективы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 8. – С. 24–25.
10. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е. Статические преобразователи и стабилизаторы автономных систем электроснабжения. – Краснодар. – 2011. – 188 с.
11. Григораш О.В., Кабанков Ю.А. К вопросу применения трансформаторов с вращающимся магнитным полем в составе преобразователей электроэнергии. – Электротехника. – №3. – С. 22 – 26.
12. Григораш О.В., Новокрещенов О.В., Хамула А.А., Шхалахов Р.С. Статические преобразователи электроэнергии. – Краснодар. – 2006. – 264 с.
13. Григораш О.В., Богатырев Н.И., Курзин Н.Н., Тельнов Г.В. Электрические аппараты низкого напряжения. – Краснодар: КубГАУ. – 2000. – 313 с.
14. Григораш О.В., Дацко А.В., Мелехов С.В. К вопросу электромагнитной совместимости узлов систем автономного электроснабжения // Промышленная энергетика. – 2001. – № 2. – С. 44–47.
15. 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>.

References

1. Lukutin B.V., Surzhikova O.A., Shandarova E.B. Vozobnovljaemaja jenergetika v decentralizovannom jelectrosnabzhenii. – M.: Jenergoatomizdat. – 2008. – 231 s.
2. Atroshhenko V.A., Grigorash O.V., Lanchu V.V. Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya sistem avtonomnogo jelectrosnabzhenija // Promyshlennaja jenergetika. – 1994. – № 5. – S.33–36.
3. Lukutin B.V., Muravlev I.O., Plotnikov I.A. Sistemy jelectrosnabzhenija s vetrovymi i solnechnymi jelectrostancijami. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta. – 2015. – 128 s.
4. Sibikin Ju.D., Sibikin M.Ju. Netradicionnye i vozobnovljaemye istochniki jenerгии. – M.: KNORUS, 2010. – 232 s.
5. Grigorash O.V., Stepura Ju.P., Uskov A.E. i dr. Vozobnovljaemye istochniki jelectrojenerгии: terminy, opredelenija, dostoinstva i nedostatki // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 32. – S. 189 – 192.
6. Grigorash O.V. Asinhronnye generatory v sistemah avtonomnogo jelectrosnabzhenija // Jelectrotehnika. – 2002. – № 1. – S.30–34.
7. Lukutin B.V. Vozobnovljaemye istochniki jelectrojenerгии: uchebnoe posobie. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta. – 2008. – 187 s.
8. Amerhanov R.A., Bogdan A.V., Verbickaja S.V., Gar'kavyj K.A. Proektirovanie sistem jenergoobespechenija: Uchebnik dlja studentov vuzov / Pod obshh. red. R.A. Amerhanova – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Jenergoatomizdat, 2010. – 548 s.
9. Grigorash O.V., Pugachev Ju.G., Voencov D.V., Chesovskoj A.S. Vozobnovljaemye istochniki jelectrojenerгии: sostojanie i perspektivy // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2007. – № 8. – S. 24–25.
10. Grigorash O.V., Stepura Ju.P., Uskov A.E. Sticheskie preobrazovateli i stabilizatory avtonomnyh sistem jelectrosnabzhenija. – Krasnodar. – 2011. – 188 s.
11. Grigorash O.V., Kabankov Ju.A. K voprosu primeneniya transformatorov s vrashhajushhimsja magnitnym polem v sostave preobrazovatelej jelectrojenerгии. – Jelectrotehnika. – №3. – S. 22 – 26.
12. Grigorash O.V., Novokreshhenov O.V., Hamula A.A., Shhalahov R.S. Sticheskie preobrazovateli jelectrojenerгии. – Krasnodar. – 2006. – 264 s.
13. Grigorash O.V., Bogatyrev N.I., Kurzin N.N., Tel'nov G.V. Jelektricheskie apparaty nizkogo naprjazhenija. – Krasnodar: KubGAU. – 2000. – 313 s.
14. Grigorash O.V., Dacko A.V., Melehov S.V. K voprosu jelectromagnitnoj sovместимости uzlov sistem avtonomnogo jelectrosnabzhenija // Promyshlennaja jenergetika. – 2001. – № 2. – S. 44–47.
15. Grigorash O.V. Ob jeffektivnosti i celesoobraznosti ispol'zovanija vozobnovljaemyh istochnikov jelectrojenerгии v Krasnodarskom krae / O.V. Grigorash, V.V. Tropin, A.S. Os'kina // Politematicheskij setevoj 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>.