

УДК 621.31

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ДЛЯ РЕЗЕРВНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НАГРУЗОК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

Д.А. Козюков, аспирант кафедры ЭТ и ВИЭ  
Научный руководитель: Б.К. Цыганков, к.т.н., профессор  
Кубанский государственный аграрный университет  
г. Краснодар

**Введение.** Агроэнергетика является важнейшей составляющей материально-технической базы сельского хозяйства, определяющей эффективность развития производства, уровень производительности труда, качество производимой продукции, социальные условия жизни населения.

Современное агропромышленное производство требует больших затрат электроэнергии. Тенденции развития мирового сельского хозяйства выражаются главным образом в увеличении производства сельхозпродукции; увеличении энергонасыщенности и энергообеспечения; повышении технического уровня, качества и надежности техники; обеспечении экологической безопасности; применении альтернативных (возобновляемых) источников энергии [1].

Интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ) относится к ряду стратегических целей и мировых тенденций развития сельскохозяйственного производства и сельских районов. Технологии солнечной и ветровой энергетики предлагают энергетическую независимость и обеспечение устойчивого развития территорий, создают новые рабочие места и способствуют улучшению экологической обстановки. Так, внедрение солнечных фотоэлектрических электростанций (СФЭС) в развивающихся странах привело к заметным позитивным изменениям качества жизни сельского населения. Установка фотоэлектрических систем (ФЭС) на удаленных объектах способствует развитию производства в сельских районах. В частности, автономные ФЭС обеспечивают питание удаленных водяных насосов, холодильного оборудования и установок водоподготовки [2].

**Электроснабжение сельскохозяйственных потребителей.** Как известно, электроснабжение нагрузок сельскохозяйственных потребителей имеет свои особенности [3]:

- пониженная надежность сельских электрических сетей (частые короткие замыкания на землю, межфазные короткие замыкания и обрывы проводов);
- частые перерывы в электроснабжении по причинам перегрузок и изношенности оборудования сетей;
- сельские потребители обеспечиваются электроэнергией более низкого качества из-за многократных трансформаций напряжения, отсутствия устройств регулирования напряжения;

– сельские потребители электроэнергии обслуживаются менее квалифицированным персоналом, а дежурный электротехнический персонал, на которого возложено включение в случае необходимости резервного источника электроснабжения, располагается, как правило, на достаточно большом удалении от резервируемых объектов электроснабжения.

Основные фонды сельских электрических сетей в России создавались 30-40 лет назад, и при среднем расчетном сроке службы линий электропередачи около 60 лет к 2000 г. выработка ими паркового ресурса должна была составить около 50 %. Благодаря проводимым восстановительным работам в эксплуатации находятся до 70 % выработавших свой ресурс линий [4].

**Обеспечение резервного электроснабжения.** Для предотвращения финансовых потерь, убытков, ущербов, вызванных незапланированными остановками технологических процессов, простоями оборудования, которые обусловлены перерывами в подаче электроэнергии, целесообразно предусмотреть систему резервного электроснабжения с использованием ВИЭ, в частности, с использованием солнечных фотоэлектрических систем (ФЭС).

Рассмотрим вопросы резервного электроснабжения нагрузок сельскохозяйственных потребителей, подключенных к централизованной сети, с помощью аккумуляторных фотоэлектрических систем.

**Классификация и схемные решения аккумуляторных ФЭС.** В целях обеспечения гарантированного электроснабжения ответственных потребителей, в качестве дополнительных мощностей, а также для частичной компенсации потерь на участках сельских сетей могут быть использованы аккумуляторные фотоэлектрические станции.

В ходе аналитического обзора аккумуляторных фотоэлектрических систем электроснабжения [5-7] разработана соответствующая классификация, показанная на рис. 1. Аккумуляторные ФЭС, имеющие подключение к сети, предлагается выделить в отдельную группу.

Рассмотрим три основных варианта построения аккумуляторных фотоэлектрических систем резервного типа, соединенных с сетью (табл. 1).

Согласно концепции SMA Flexible Storage System («Гибкая система аккумуляирования») [8], резервируемые нагрузки разделяются на управляемые и неуправляемые. При этом к неуправляемым (выделенным) относятся нагрузки потребителя, перерыв в электроснабжении которых недопустим или нежелателен. К управляемым нагрузкам относятся однофазные электроустановки, для которых допустимы перерывы в электропитании. При этом управление нагрузками осуществляется с помощью специальных радиорозеток, коммутируемых сигналами от системного контроллера по беспроводному каналу передачи данных.

**Оборудование.** Для надежного электроснабжения потребителей в случае перерывов в электроснабжении важной задачей является правильный расчет и рациональный выбор оборудования, отвечающего потребностям потребителей, а также климатическим условиям эксплуатации.

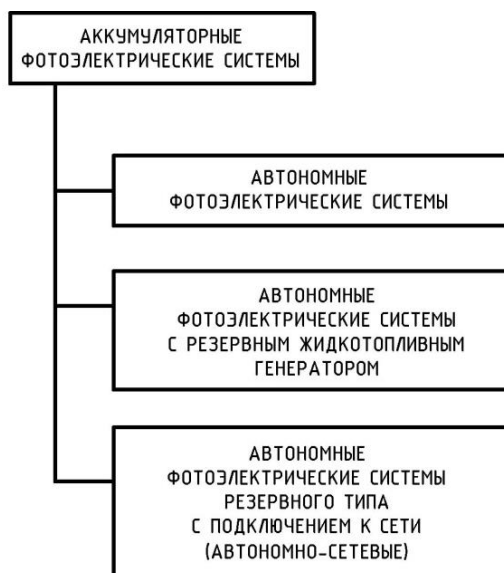


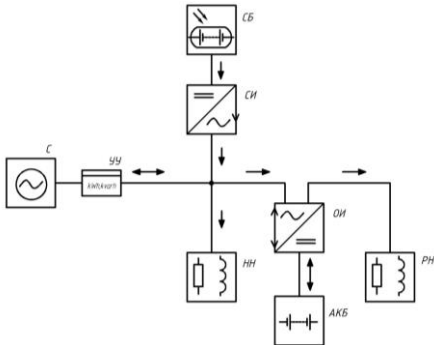
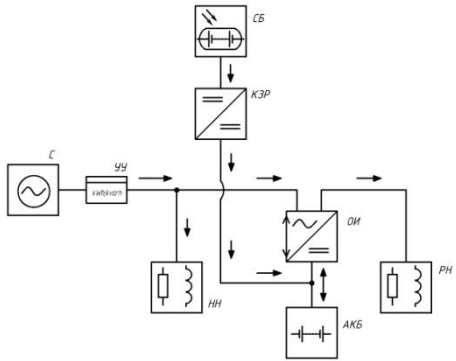
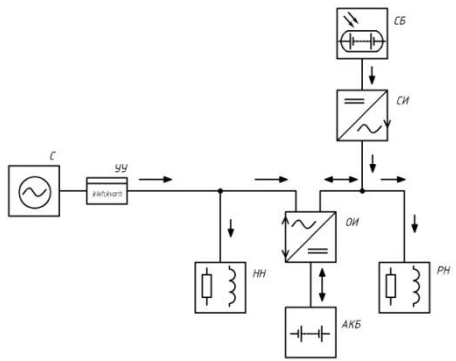
Рис. 1. Классификация аккумуляторных фотоэлектрических систем

В аккумуляторных ФЭС резервного типа центральными элементами являются *двунаправленные (обратимые, батарейные) инверторы*. Это инверторы с функцией зарядного устройства аккумуляторных батарей. Мощность двунаправленного инвертора определяется по суммарной мощности выделенных нагрузок, которым необходимо обеспечить электропитание во время отсутствия напряжения в основной сети. Емкость аккумуляторных батарей определяется с учетом длительности предполагаемого отсутствия подачи электроэнергии. Для обеспечения высокой надежности электроснабжения в состав системы добавляется резервный генератор. Обратимые инверторы могут регулировать потребление энергии от сети в зависимости от состояния и степени заряженности аккумуляторов. Они также не отдают энергию в сеть, если пропало сетевое напряжение, тем самым обеспечивается безопасность при проведении монтажно-наладочных и ремонтных работ.

*Сетевой инвертор (ведомый сетью, зависимый)* преобразует энергию постоянного тока от солнечных батарей (СБ) в энергию переменного тока и отдает ее в сеть. Для уменьшения потерь на преобразование сетевые инверторы работают при высоких входных напряжениях (до 1000 В). Алгоритмом работы преобразования управляет микроконтроллер, интегрированы защиты входных и выходных цепей по постоянному и переменному току, устройства мониторинга и контроля. Сеть задает требуемую частоту и величину напряжения на выходе инвертора, который синхронизируется с сетью и переходит на параллельную работу с ней [9].

В системах такого типа заряд АКБ осуществляется как от сети, так и от СБ. Сеть выступает в роли основного источника электроэнергии. Посредством сетевых инверторов энергия от СБ поступает в сеть.

Табл. 1. Сравнение схем аккумуляторных ФЭС резервного типа

Тип системы	Структурно-функциональные схемы	Описание
1.Аккумуляторная ФЭС резервного типа с сетевым инвертором в цепи нерезервируемой нагрузки		Резервируемая нагрузка (РН) в случае отключения сети (С) поддерживается только с помощью аккумуляторных батарей (АКБ) через обратимый инвертор (ОИ). Схема позволяет обеспечить дополнительную мощность, снизить потребление электроэнергии из сети в дневное время, а также отдавать в сеть избыточную энергию от солнечных батарей (СБ) через сетевой инвертор (СИ). Если отключения сети редки и кратковременны, то такая схема наиболее эффективна.
2.Аккумуляторная ФЭС резервного типа с контроллером заряда		В случае отключения сети РН поддерживается с помощью АКБ через ОИ. СБ (в дневное время) через контроллер заряда/разряда (КЗР) заряжают АКБ.
3.Аккумуляторная ФЭС резервного типа с сетевым инвертором в цепи резервируемой нагрузки повышенной мощности		При отключении сети РН получает основное питание от АКБ через ОИ и дополнительную мощность от СБ через СИ (в дневное время).

**Выводы.** Соединенные с сетью аккумуляторные ФЭС могут быть применены в качестве комплекта резервного электроснабжения нагрузок ответственных потребителей. Применение аккумуляторных фотоэлектрических

станций в качестве источника энергии для резервируемых нагрузок в ряде случаев оправдано с технико-экономических позиций тем, что обеспечивается предотвращение или снижение финансовых потерь, ущербов, остановок технологических процессов, вызванных перерывами в электроснабжении.

### Список литературы:

1. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии: Учебник / Под ред. А. И. Завражнова. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 496 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. Robert Foster, Majid Ghassemi, Alma Cota. Solar energy: Renewable Energy and the Environment // USA: CRC Press. – 2009. (англ.)
3. Воронин С.М., Овсянников Н.С. Пути повышения конкурентоспособности солнечных фотоэлектростанций // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – № 76(02). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/02/pdf/50.pdf>.
4. Платонов, В.В. Анализ стратегии развития электроэнергетики России. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2005. – 48 с.
5. Поулек В., Либра М., Стребков Д.С., Харченко В.В. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии. Теория и практика использования солнечной энергии. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2013. – 324 с.
6. Фотоэлектрические системы электроснабжения, соединенные с сетью [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.solarhome.ru/pv/pv\\_grid\\_systems.htm?print=1](http://www.solarhome.ru/pv/pv_grid_systems.htm?print=1).
7. Системы резервного энергоснабжения с использованием солнечных батарей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://g2corp.ru/info/backup\\_power\\_supply.php](http://g2corp.ru/info/backup_power_supply.php).
8. SMA Flexible Storage System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sma.de/fileadmin/intersolar/FSS/FSSMAPPE-DEN-1421W.pdf>.
9. Козюков Д.А. Сетевая фотоэлектрическая станция для электроснабжения предприятий АПК // Молодая мысль - развитию энергетики: материалы VII Межвузовской (XII) научно-технической конференции студентов и магистрантов, 19-25 апреля 2014 г. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – С. 52-56.