

УДК 621.311

UDC 621.311

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ  
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ  
СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ****WAYS OF INCREASE OF COMPETITIVENESS  
OF SOLAR PHOTO POWER STATIONS**

Воронин Сергей Михайлович  
д.т.н., профессор

Voronin Sergey Mihaylovich  
Dr.Sc.Tech., professor

Овсянников Николай Сергеевич  
инженер  
*Азово Черноморская Государственная  
Агроинженерная Академия, Зерноград, Россия*

Ovsyannikov Nikolay Sergeevich  
engineer  
*Azov Black Sea State Agroengineering Academy,  
Zernograd, Russia*

В статье рассмотрены технико-экономические проблемы массового использования солнечных электростанций на основе фотоэлектрических преобразователей и приведены одни из возможных путей уменьшения влияния негативных факторов описанных проблем

Features of technical and economic problems of mass use of solar power stations on photo-electric converters and features of possible ways of reduction of the influence of negative factors of the described problems are shown in this article

Ключевые слова: СОЛНЦЕ,  
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ,  
КОНЦЕНТРАТОРЫ, РЕЗЕРВНОЕ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, НАДЕЖНОСТЬ

Keywords: SUN, PHOTO-ELECTRIC CONVERTER,  
CONCENTRATORS, RESERVE ELECTRICAL  
SUPPLY, RELIABILITY

Массовое применение солнечных электростанций для энергоснабжения сталкивается с рядом проблем, которые можно разделить на две группы. К первой группе можно отнести проблемы технико-экономического характера, а ко второй, не мене важной, проблемы, связанные с отсутствием государственной поддержки. Рассмотрим технико-экономическую проблему применения энергии солнечного излучения с целью выявления причин, ее порождающих, и проанализируем пути устранения некоторых причин.

Стоимость электроэнергии, получаемой от солнечных фотоэлектростанций, в большинстве случаев превышает стоимость электроэнергии, получаемой традиционными способами. Это обусловлено низкой плотностью солнечного излучения и низким КПД фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Кроме того, отсутствие солнечного излучения в ночные часы, и случайный характер интенсивности солнечного излучения в дневное время, вынуждает

аккумулировать поступающую электроэнергию, что также повышает ее стоимость.

Поступление солнечной энергии по сезонам также различно. Низкие энергетические характеристики солнечного излучения в зимнее время требуют завышенных мощностей преобразователей солнечной энергии, что приводит к их недоиспользованию в летний период.

Очевидным путем снижения стоимости электроэнергии, вырабатываемой фотоэлектрическими преобразователями, является уменьшение площади ФЭП, для чего стремятся повысить их КПД. Максимальный достигнутый в лаборатории КПД солнечных элементов на основе каскадных гетероструктур составляет 36,9% (фирма Спектролаб, США), КПД кремниевых фотоэлектрических преобразователей достигает 24%. КПД коммерческих кремниевых солнечных элементов в России и за рубежом составляет 14 – 17%. Sun Power Corp[1].

Предполагается, что новые технологии и материалы позволят в ближайшие годы увеличить КПД фотоэлектрических элементов на основе каскадных гетероструктур в лабораторных условиях до 40%, в коммерческом производстве до 26-30%. КПД фотоэлектрических элементов из кремния в лабораторных условиях до 28%, в промышленности до 22% [1]. Такое увеличение КПД позволит пропорционально снизить площадь батарей фотоэлектрических преобразователей, то есть, приблизительно в 1,3 раза для ФЭП на основе гетероструктур, и в 1,5 раза для кремниевых. При таком уменьшении площади батарей фотопреобразователей стоимость электроэнергии максимально может уменьшиться с 7 – 8 руб/кВт.ч до 4,5 – 6,0 руб/кВт.ч. Практически повышение КПД фотоэлектрических преобразователей сопровождается повышением их стоимости, следовательно, снижение стоимости вырабатываемой электроэнергии будет менее заметно, и в России будет оставаться все еще выше стоимости сетевой электроэнергии.

Еще одним путем снижения стоимости электроэнергии солнечных электростанций является применение концентраторов солнечного излучения и систем слежения за Солнцем. Положительный эффект при этом достигается не только за счет увеличения снимаемой мощности с фотоэлектрических преобразователей, но за счет увеличения продолжительности их работы. И первое, и второе приводит к увеличению вырабатываемой электроэнергии за равное календарное время.

Однако применение концентраторов солнечного излучения встречается с противоречиями. Так с повышением коэффициента концентрации увеличивается интенсивность солнечного излучения на фотоэлектрический преобразователь, что может привести к перегреву ФЭП и уменьшению его КПД. Принципиально это противоречие может быть разрешено путем отвода теплоты, что приведет даже к некоторому дополнительному эффекту. Практически же это пока неосуществимо, так как недостаточно исследованы не только устройства отвода теплоты от батарей фотоэлектрических преобразователей, но отсутствуют и научно обоснованные зависимости КПД ФЭП от температуры, а также зависимости температуры под концентратором от его параметров и характеристик солнечного излучения. В этой связи весьма актуальны научные исследования работы концентраторов на батарею фотоэлектрических преобразователей.

Система слежения за солнцем позволяет эффективно использовать установку в течение светового дня. Например, в Ростовской области коэффициент использования энергии солнечного излучения увеличивается в 1,3 раза в зимние месяцы и в 1,8 раза в летние [2]. Но применение системы слежения в свою очередь ведет к увеличению потребления электроэнергии на ее привод. Соответственно эффективность солнечной электростанции для маломощных потребителей существенно снижается. Следует также отметить, что требуемая точность слежения взаимосвязана

с типом и конструкцией концентратора. Кроме того, необходимая точность слежения определяется параметрами электрической нагрузки. Все эти весьма сложные зависимости еще достаточно не исследованы, что не позволяет получать максимальный эффект.

При дублировании солнечных электростанций другими источниками энергии, например, ветроэлектростанциями, все перечисленные проблемы еще более обостряются.

Таким образом, известные и уже осуществляемые пути устранения технико-экономической проблемы применения солнечных электростанций не являются завершенными в научном плане и требуют соответствующих научных исследований.

На наш взгляд внедрению солнечных электростанций на фотоэлектрических преобразователях препятствует и необоснованный выбор объектов электроснабжения. Доказано [2], что применение таких электростанций наиболее эффективно для автономного электроснабжения потребителей, имеющих нагрузку не более 3кВт и удаленных от системы централизованного электроснабжения не менее чем на 5 км. Однако эффективность в том случае обуславливается не столько совершенством солнечных электростанций, сколько неэффективностью линий электропередач, обустройстваемых для маломощных и удаленных потребителей. В этой связи автономные солнечные электростанции для более крупных потребителей или менее удаленных от систем электроснабжения остаются менее эффективными, что сдерживает освоение солнечной энергетики.

Влияние рассмотренных проблем может быть уменьшено, если подойти к вопросу электроснабжения потребителя с точки зрения повышения надежности электроснабжения потребителей, имеющих традиционные источники электроэнергии. Это объясняется следующими причинами.

Большинство районов, обладающих достаточными запасами гелиоресурсов (например, Южный федеральный округ), относятся к сельскохозяйственным. Электроснабжение сельского хозяйства имеет свои особенности:

- пониженная надежность сельских электрических сетей, на каждые 100 км воздушных линий электропередач напряжением 10кВ в год приходится 6 однофазных замыканий на землю, 20 межфазных коротких замыканий и 4 обрыва провода;
- 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 на достаточно большом удалении от резервируемых объектов электроснабжения.

Для предотвращения потерь, связанных с остановкой технологических процессов, простоем оборудования и т.п., обусловленных перерывами подачи электроэнергии, необходима система резервного электроснабжения, обеспечивающая своевременную подачу электроэнергии от резервного источника.

Если в качестве резервного источника электроэнергии использовать инверторно-аккумуляторную систему, получающую электроэнергию от фотоэлектрического преобразователя, то эффективность ФЭП значительно увеличивается. Это обусловлено тем, что основной задачей фотоэлектрического преобразователя в аккумуляторной резервной электростанции (АРЭС) является заряд аккумуляторных батарей, а задачей

всей АРЭС является подача электроэнергии только в течение периода отказа основного источника.

В соответствии с энергетическим балансом, энергию заряда и разряда можно уравнивать (с учетом КПД).

$$P_{\text{ФЭП}}\tau_z\eta_A = P_{\text{РН}}\tau_P \quad (1)$$

где  $P_{\text{ФЭП}}$  – мощность батареи фотоэлектрических преобразователей, Вт;

$P_{\text{РН}}$  – мощность резервируемой нагрузки, Вт;

$\tau_z$  – продолжительность зарядки аккумуляторной батареи, час;

$\tau_P$  – продолжительность разрядки аккумуляторной батареи на резервируемую нагрузку, час;

$\eta_A$  – КПД аккумуляторной батареи.

В этом случае мощность фотоэлектрического преобразователя будет пропорциональна отношению периода разряда к периоду заряда. Это приведет к значительному уменьшению стоимости электроэнергии. Период заряда будет не меньше периода бесперебойной подачи электроэнергии от основного источника, а период разряда будет не больше периода отказа основного источника. Так как средний период работы основного источника электроэнергии во много раз больше среднего периода отказа даже при существующей низкой надежности сельских электросетей (не менее чем в 10 раз), то можно предположить, что стоимость электроэнергии, вырабатываемой АРЭС, тоже может снизиться не менее чем на порядок. При достигнутой в настоящее время стоимости электроэнергии, получаемой от фотоэлектрических преобразователей, для солнечных резервных электростанций она будет меньше стоимости традиционной электроэнергии. Если же учесть, что периоды отказа основной системы электроснабжения и периоды работы резервируемых электроприемников не всегда совпадают, то эффект еще более увеличится.

Кроме того для данной системы подходят пути повышения эффективности рассмотренные выше.

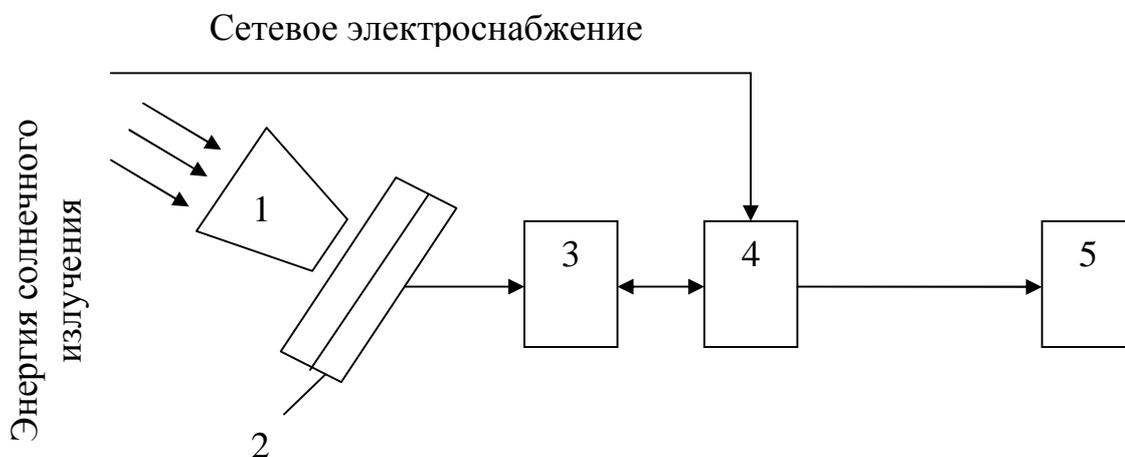
При круглогодичной работе резервируемого потребителя, в период максимальной солнечной радиации заряд аккумуляторных батарей можно осуществлять непосредственно от солнечной электростанции, а в период недостаточной солнечной радиации, аккумуляторные батареи должны будут заряжаться непосредственно от основного источника энергии. Это позволяет предположить, что резервные солнечные электростанции будут максимально эффективны для сезонно работающих потребителей в летнее время, например, для летних доильных площадок.

Если параллельно с фотоэлектрическим модулем использовать и другой преобразователь энергии, работающий от другого возобновляемого источника энергии, то можно заряжать аккумуляторные батареи круглогодично независимо от основной электрической сети. Это позволит применять такую резервную электростанцию не только в районах с большим гелиоресурсом, но и в других районах с меньшим поступлением солнечной энергии.

Кроме того, в случае использования аккумуляторных резервных электростанций, получаемых энергию заряда от фотоэлектрических преобразователей, значительно повышается оперативность резервирования, так как легко автоматизируется их запуск в качестве резервного источника электроэнергии. Это свойство позволяет обходиться без оперативного электротехнического персонала, так как оперативное включение резерва происходит автоматически.

Так как электрохимические аккумуляторы выдают электроэнергию постоянного тока напряжением 12,6 В, а в сельском хозяйстве применяется, в основном, трехфазное электрооборудование (в том числе и требующее резервирования), то в состав аккумуляторной резервной электростанции должны входить инверторы напряжения, обеспечивающие преобразование электроэнергии постоянного напряжения аккумуляторной батареи в трехфазное переменное напряжение 380/220 В. Отечественная и

зарубежная промышленность производит такие инверторы. С учетом необходимости инвертирования аккумуляторная резервная электростанция должна иметь следующую структуру (рисунок 1).



1 – концентратор солнечной энергии; 2 – фотоэлектрический преобразователь; 3 – аккумуляторная батарея с контроллером заряда; 4 – инвертор; 5 – потребитель

Рисунок 3.4 – Структурная схема системы резервного электроснабжения

Одним из примеров, где может располагаться резервная солнечная электростанция – являются летние доильные площадки для стада коров не более 100 голов. На них резервируется непосредственно система машинного доения, мощность которой варьируется от 0,75 до 4 кВт. С бóльшим поголовьем стада значительно увеличиваются резервируемые мощности, что в настоящее время является сдерживающим фактором для внедрения любых солнечных электростанций.

Ориентировочные расчеты показали, что для функционирования аккумуляторной резервной электростанции на фотоэлектрических преобразователях для резервирования электрооборудования летних доильных площадок с указанным поголовьем скота она должна иметь следующие параметры: мощность ФЭП 60 Вт, емкость аккумуляторных батарей 340 А.ч; номинальная мощность инвертора 4 кВт.

Таким параметрам удовлетворяет следующий состав оборудования (таблица 1).

Таблица 1 – Рекомендуемый состав оборудования аккумуляторной резервной электростанции на ФЭП для летней доильной площадки

Наименование оборудования	Значение	Примечание
1. Концентратор, шт	4	параболоцилиндрический фоклин
2. Фотоэлектрический преобразователь, м <sup>2</sup>	1,12	На основе монокристаллического кремния
3. Контроллер заряда, шт	1	Контроллер заряда с широтно-импульсной шунтовой модуляцией тока заряда
4. Аккумуляторная батарея, А.ч	340	герметичные аккумуляторные батареи
5. Инвертор, номинальная мощность кВт	4	запас мощности, форма выходного напряжения синусоида

В настоящее время промышленностью серийно выпускается очень большой выбор оборудования, которое легко можно подобрать для необходимых параметров.

Таким образом, применение резервных солнечных электростанций оправдано с технико-экономической стороны, а их практическое внедрение зависит от успехов НИР в области обоснования их параметров.

***Библиографический список***

1. Стребков Д.С. Солнечная энергетика: состояние и будущее развитие // Экология и сельскохозяйственная техника: материалы 4-й международной научно-практической конференции. – 2005. – С. 58-72.
2. Воронин С.М., Таран А.А. Параметры автономной системы электроснабжения на основе солнечной электростанции // Механизация и Электрификация Сельского Хозяйства. – 2007. – № 3. – С. 24-25.