

УДК 621.315

Л.В. НАКАШИДЗЕ

Днепропетровский национальный университет, Украина

СНИЖЕНИЕ СТОИМОСТИ ЭНЕРГОГЕНЕРИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Одним из широко распространенных и наиболее доступных источников энергии является солнечная энергия. Реализуется процесс преобразования этой энергии в электрическую с помощью солнечных фотоэлектрических установок. Положительные свойства присущие таким установкам обусловили их интенсивную разработку, однако, существенным их недостатком, является довольно высокая стоимость получаемой электрической энергии.

фотоэлектрическая установка, солнечный элемент, стоимость электрической энергии

Введение

При формировании структуры солнечных фотоэлектрических установок (СФЭУ) необходимо учитывать то, что все их конструктивные элементы объединены многообразными энергетическими, механическими и информационными связями. Связи эти, а, следовательно, и схемные решения солнечных фотоэлектрических установок могут существенно различаться. Выбор определенной схемы солнечной фотоэлектрической установки является очень важным этапом. Он проводится с учетом требований к ее выходным параметрам (уровень потребляемой электрической мощности, напряжение), а также предполагаемых условий функционирования. Существенное влияние на выбор оказывает состояние элементной базы, которое не одинаково в странах с различным уровнем экономического развития (уровень внедрения прогрессивных методов получения электроэнергии является, своего рода, индикатором научно-технического и экономического потенциала страны).

Среди экономически развитых стран, которые имеют национальные программы, акцентирующие внимание на внедрении солнечных фотоэлектрических установок в сферу производства электрической энергии, выделяются Япония (Куосега, MSK Согро-

ration, Sharp, Mitsubishi Electric, Kaneka, Mitsubishi Heavy Industries, Sanyo), Германия (First Solar, Isofoton, Shell Solar, Solon, RWE Schott Solar, Wükep Solar, BP Solar, S.A.G.Solarstrom AG, Schwaben Solar, IBC Solar AG, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems), США (SunPower Corp., HelioVolt Corp., Национальная лаборатория по возобновляемым источникам энергии (NREL), Clare Inc., Рочестерский институт технологии НАСА, Аэрокосмический институт, Phoenic Innovations Inc.).

СФЭУ включают (или могут включать) следующие конструктивные элементы:

- солнечные батареи;
- устройства (системы) для ориентации установки на Солнце;
- системы аккумуляции энергии для обеспечения работы установки в периоды затемнения солнечных батарей, а также покрытия пиковых нагрузок;
- системы преобразования и передачи энергии;
- система концентрации солнечной энергии;
- система согласования ее выходных параметров с потребителями и др.

Данные конструктивные элементы, функционирующие в одной системе, составляют структуру солнечной фотоэлектрической установки (структурную схему). При разработке СФЭУ, с учетом

условий эксплуатации и запросов потребителя, рассматривается возможность использования промышленно производимых модулей и солнечных батарей (СБ) с заданными техническими характеристиками и известными характерными особенностями и параметрами.

Формулирование проблемы. Постоянное ужесточение технико-экономических требований к системам генерирования энергии обуславливает необходимость непрерывного совершенствования СФЭУ и конструктивных элементов с целью улучшения ее стоимостных, энергетических, массогабаритных, ресурсных и других основных характеристик, устранения недостатков присущих этим установкам. Основным недостатком солнечных фотоэлектрических установок является довольно высокая стоимость производимой с их помощью электрической энергии. Поэтому важным требованием широкомасштабного применения солнечных энергетических установок, как для космических аппаратов, так и для наземных потребителей является снижение стоимости получаемой электрической энергии, при условии сохранения высокого уровня энергогенерирования. Это достигается за счет внедрения научных достижений проводимых по нескольким направлениям:

- усовершенствование отдельных составляющих узлов и конструкционного исполнения солнечных фотоэлектрических установок;
- усовершенствование технологичности производства ее основных конструктивных составляющих за счет использования современных и дешевых материалов;
- совершенствование технологии их производства и др.

В первую очередь, это актуально по отношению к используемым в установках солнечным элементам (СЭ), так как эта конструктивная составляющая солнечной фотоэлектрической установки является наиболее дорогостоящей и трудоемкой при производстве.

Менее разработанным направлением исследований, позволяющим достичь эффекта снижения стоимости получаемой электроэнергии, является одновременное рассмотрение как технологических функциональных, так и экономических аспектов, т.е. использование комплексного технико-экономического анализа при определении схемы и конструкции СФЭУ. Развитие данного направления исследований, даст возможность обосновано подойти к выбору структуры СФЭУ, которая обеспечивает снижение уровня стоимости вырабатываемой СФЭУ электрической энергии при высокой эффективности ее функционирования.

Решение проблемы

Снижение стоимости получаемой электрической энергии генерируемой СФЭУ позволит таким установкам стать конкурентно способными с источниками электрической энергии, получаемыми за счет использования других методов преобразования. Это позволит широкомасштабно применять их для наземных и космических потребителей. Снижению стоимости способствуют следующие мероприятия:

- обоснование структуры (комплектации) СФЭУ для определенных условий эксплуатации, определяемых потребителем;
- выявление взаимосвязей отдельных конструктивных элементов СФЭУ (и ее подсистем), влияющих на всю систему в целом, вклада каждого элемента в процесс увеличения энергогенерирования и т.п.

Солнечные элементы, как основные структурные компоненты СФЭУ, в первую очередь, должны подвергаться комплексному технико-экономическому анализу. При этом необходимо рассмотрение конструктива СЭ, эффективности их энергогенерирования в разных условиях эксплуатации, выявление эффекта инвариантности при функционировании и т.п. Эти данные, позволят еще на этапе проектирования оценить целесообразность введения в структурную

схему СФЭУ тех или иных узлов для увеличения ее энергоэффективности, что в конечном итоге приведет к существенному снижению стоимости получаемой электроэнергии.

Постановка задачи исследования. Цель данной работы – показать, что использование комплексного технико-экономического подхода к формированию структурной схемы СФЭУ с учетом индивидуальных свойств, и эффективности функционирования ее составляющих элементов, в первую очередь СЭ, приведет к снижению стоимости генерируемой электрической энергии. Комплексный технико-экономический подход может применяться на различных этапах проектирования солнечных энергетических установок, используемых как для энергетического обеспечения КА, так и для наземного применения. Данный подход позволит, обосновано определить схему построения солнечных фотоэлектрических установок, и при этом:

- наиболее эффективно использовать серийно производимые конструктивные элементы СФЭУ с учетом их индивидуальных свойств и характеристик;

- учитывать возможность совместного функционирования ее конструктивных элементов.

Основной материал. Экономическая эффективность эксплуатации определяется затратами, необходимыми для получения полезного эффекта функционирования солнечной фотоэлектрической установки, которые складываются из затрат на создание и эксплуатацию. При этом принимаются во внимание не только прямые затраты материально-технических, финансовых и прочих ресурсов, но и побочные, обусловленные необходимостью компенсации негативных эффектов функционирования установки, включая системы более высокого и равного с ней иерархических уровней. Непосредственным показателем затрат является стоимость создания и эксплуатации солнечной фотоэлектрической установки, а опосредствованными – различные парамет-

ры, которые оказывают существенное влияние на ее стоимость, в частности материалоемкость.

При создании солнечных фотоэлектрических установок основной проблемой является увеличение энергогенерирующей способности таких систем и одновременно обеспечение снижения стоимости получаемой электрической энергии. В настоящее время существует несколько направлений позволяющих достичь необходимого результата.

Одним из направлений является усовершенствование отдельных узлов СФЭУ и их конструкционного исполнения. Развитие данного направления предусматривает изменение конструкции СБ и модулей за счет использования следующих технических решений:

- совершенствование оптических свойств и конструкции защитного покрытия СБ;

- совершенствование конструкторско-технологических решений узлов крепления модулей;

- совершенствование физико-технических свойств солнечных батарей;

- совершенствование конструкционно-технологических решений, использования концентраторов солнечного излучения;

- использование спектральных характеристик концентратора для совершенствования конструкции солнечных батарей;

- совершенствование конструкционно-технологических операций компоновки солнечных элементов.

Уменьшение стоимости СФЭУ и генерируемой ею электрической энергии возможно также за счет совершенствования технологии производства ее компонентов, в первую очередь солнечных элементов. Для развития данного направления предлагается применять следующие конструктивно-технологические решения, приводящие к снижению стоимости и повышению энергоэффективности СЭ:

- совершенствование конструкции солнечных элементов;

– совершенствование технологических операций выполняемых при производстве солнечных элементов;

– использование материалов для подложки солнечных элементов, обладающих определенными физико-техническими свойствами;

– разработка СЭ, функционирующих в широком диапазоне освещенности и температуры.

Для снижения стоимости вырабатываемой электроэнергии при высоком уровне энергогенерирования предлагается развивать следующее направление – использование имеющейся компонентной базы с учетом функциональных параметров и индивидуальных конструктивных особенностей составных элементов СФЭУ. В этом аспекте выбор схемного решения солнечной фотоэлектрической установки необходимо начинать с анализа конструкции, особенностей функционирования имеющихся СЭ (как базового конструктивного элемента установки) и только после этого рассматривать необходимость использования в схеме системы концентрации солнечного излучения, системы ориентации, системы охлаждения и других конструктивных компонентов. Поэтому практический интерес представляет изучение специфики энергогенерирования солнечных элементов различных типов при *многообразных* условиях эксплуатации, определение влияния на их функциональные характеристики других конструктивных элементов солнечных фотоэлектрических установок (в первую очередь с системой концентрирования солнечного излучения). О развитии данного направления свидетельствует ряд публикаций характеризующих проведенные исследования солнечных элементов и фотоэлектрических модулей [10 – 15]. Однако в данных исследованиях не проводился анализ влияние на стоимость СФЭУ отдельных ее составляющих, т.е. стоимость модулей, инверторов и др. оборудования, а также затраты на монтаж всей системы с учетом функциональных характеристик и структуры используемых солнечных элементов.

Предлагаемое направление совершенствования структуры СФЭУ позволяет учитывать взаимное влияние конструктивных элементов при их совместном функционировании, учитывать индивидуальные особенности эксплуатации конструктивных элементов установки. Такой подход целесообразно использовать еще на этапе проектирования солнечных фотоэлектрических установок, применяемых как в наземной энергетике, так и для энергетического обеспечения КА. Это позволит подойти к выбору структуры солнечных фотоэлектрических установок, таким образом, что потенциальные возможности используемых СЭ будут использованы максимально. Для этого рассматривается взаимосвязь: тип используемых СЭ – особенности воздействия на них конструктивных элементов (система концентрации солнечного излучения, система охлаждения и др.) – энергогенерирующая способность солнечных фотоэлектрических установок. Рассмотрение и учет таких взаимосвязей при проектировании СФЭУ позволит значительно увеличить количество генерируемой ими электрической энергии с одновременным снижением ее удельной стоимости.

Выводы

Выходные параметры солнечных фотоэлектрических установок зависят от внутренних свойств установки, которые определяются ее структурой, стоимостью и свойствами конструктивных элементов. Обоснование структурных и схемных взаимосвязей солнечной фотоэлектрической установки определяются, в первую очередь, условиями ее функционирования и требованиями потребителя. Однако при определении структуры солнечных фотоэлектрических установок перебор различных схемных решений, отличающихся типами концентрирующих систем, способами их сопряжения с СЭ, компоновкой и т.п., не поддается строгой формализации. Поэтому выбор схемных решений не доста-

точно проводить с использованием эвристических приемов формирования альтернативных конструктивно-компоновочных схем солнечных фотоэлектрических установок и их сравнения по стоимости или массе, т.е. просто учитывать, что стоимость и масса, обладают свойствами аддитивности. Определено, что при рассмотрении вопроса о составе солнечной фотоэлектрической установки необходимо развивать подход, который комплексно учитывает технические, энергетические и экономические показатели конструктивных элементов. В первую очередь это относится к функциональным параметрам солнечных элементов.

Заключение

Детальные исследования солнечных элементов с учетом их структуры и конструкции, способствуют обоснованию схемных и технических решений позволяющих повысить эффективность функционирования солнечных фотоэлектрических установок и снизить стоимость получаемой электрической энергии.

Литература

1. Seeking the sun in Spain // Power Eng. Int. – 2003. – № 2. – P. 24-27.
2. Фотоэлектричний ринок. Вплив фінансових стимулів на розвиток фотоенергетики // Зелена енергетика. – 2003. – № 1. – С. 8-11; №2. – С. 12-14.
3. Krampitz Von Ir. PV en vogue // Sonnenenergie (BRD). – 2004. – № 5. – P. 20-22.
4. Shell Solar und Geosol bauen welt-weit grobtes Solarstrom-Kraftwerk //ew: Elektrizitätswirt. – 2004. – №4. – P. 8.

5. Neue Saturn-Serie //Sonne Wind und Wärme. – 2004. – № 7. – P. 36-37.
6. Grobprojekte am laufenden Band //Sonne Wind und Wärme. – 2004. – № 7. – P. 12.
7. Hochleistungsmodul für Photovoltaik (IBC Solar AG, Германия) //Sanit.-und Heizungstechn. – 2004. – Vol. 69, № 8. – P. 21.
8. Space solar cells may add power to earth // In Nech. – 2003. – № 36. – P. 16.
9. Токарев А.Б., Шпаков С.П. Сравнительный анализ структурных систем энергоснабжения повышенного напряжения для космических аппаратов // Электрооборудование автономных объектов. – М., 1987. – С. 31-35.
10. Space Shuttle endeavors launches with solar array // Photovoltaic Insider's Rept. – 2001. – Vol. 20. – № 1. – P. 4.
11. Dumke D. Innovative solar panels many test challenges / Dick Dumke, Goerlitz von Kurt // Sound and Vibr. – 1997. – Vol. 31, № 10. – P. 6-10.
12. Solarzellen mit höherem Wirkungsgrad // Galvanotechnik. – 2004. – Vol. 95. – № 3. – P. 693.
13. Lehmann W.M. Photovoltaik–neue Horizonte. // ew:Elektrizitätswirt. – 2004. – Vol. 103, №1-2. – P. 59-60.
14. Neues Solarmodul // DE: Elektro-und Gebäude-techn. – 2003. – Vol. 78, № 8. – P. 1.
15. Yamaguchi M., Sato O. An investigation of experience curves of solar photovoltaic power system // JAERI-Rev. – 2002. – № 2005. – P. 115-117.

Поступила в редакцию 31.05.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.В. Сечевой, Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск.