

Повышение выработки электроэнергии фотоэлектрическими устройствами с помощью специальных конструкций*

Саврасов Ф. В., магистр техники и технологии, Кривченко В. А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Разработаны прототипы конструкций фотоэлектрических устройств, предназначенных для повышения выработки электроэнергии, получаемой путем фотоэлектрического преобразования. Данные устройства обеспечивают большую выработку энергии благодаря расположению входящих в их состав фотоэлектрических модулей в оптимальных плоскостях по отношению к световому потоку. Положение модулей можно изменять вручную в зависимости от положения Солнца на небосводе. Фактически при одной и той же площади поверхности батареи потребитель будет располагать большей мощностью, что позволит сэкономить на общем количестве модулей и соответственно снизить стоимость электротехнического комплекса в целом.

Ключевые слова: солнечная батарея, складное фотоэлектрическое устройство, угол наклона фотоэлектрических панелей, мобильные автономные системы электроснабжения.

В настоящее время все большее применение находят автономные системы электроснабжения для индивидуального потребления, выполненные на основе фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии мощностью от сотен ватт до десятков киловатт [1]. Выработка электроэнергии, генерируемой фотоэлектрической системой, зависит от ряда факторов. Главные из них [2]:

угол наклона фотоэлектрических панелей (оптимальным принято считать угол, равный географической широте местности). Наилучшим вариантом их монтажа, при котором обеспечивается падение на солнечную батарею (СБ) максимального количества солнечного света, является ориентация фотоэлектрической поверхности батареи под прямым углом к солнечным лучам;

ориентация панелей (например, на территории России лучше всего реализовать ее в южном направлении).

Исходя из указанного, предполагается, что при расположении панелей под оптимальным к световому потоку углом (как на краткий, так и на долгосрочный временной период) СБ способна выработать больше энергии, чем при стационарном их положении. Соответственно возникает задача разработки таких конструкций, которые могут обеспечить расположение модулей, близкое к оптимальному, в течение светового дня в любой момент времени. При этом для потребителей небольших мощностей следует использовать наращиваемые и простые при монтаже и демонтаже конструкции с возможностью их мобильного перемещения. Это особенно важ-

но для таких пользователей (геологическая разведка, службы МЧС и др.), которым приходится перебазироваться из одного места в другое.

В данной статье рассматриваются уникальные конструкции держателей фотоэлектрических панелей, спроектированные по результатам исследований в области оптимизации выработки энергии солнечными модулями.

Фотоэлектрическое устройство на подвижной раме

В качестве энергоэффективного солнечного фотоэлектрического устройства, характеризующегося простотой монтажа и демонтажа в полевых условиях, предлагается энергетическая установка, в состав которой помимо преобразователей солнечной энергии входит механический держатель солнечных модулей пониженной материалоемкости, обеспечивающий устойчивость устройства при ветровых и снеговых нагрузках [3]. Конструкция позволяет в случае необходимости оснастить устройство системой автоматической ориентации фотоэлектрических модулей на Солнце. В оригинальном исполнении предусмотрено осуществление ориентации вручную, при этом угол ориентации зависит от времени года и суток. Регулируемый угол наклона механической системы дает возможность наиболее эффективно использовать установленную солнечную батарею. Максимальное количество модулей, размещающихся на такой конструкции, может быть различным (рис. 1).

При определении эффективности данной конструкции с целью обеспечения оптимального угла наклона для увеличения выработки энергии фотоэлектрическими преобразовате-

* Работа выполнена в рамках госзадания "Наука".



а)

б)

Рис. 1. Механическая система для крепления восьми модулей:

а и б — вид спереди и сзади

Таблица 1

Месяц	$W_{СБ2}$, кВт · ч	$W_{СБ1}$, кВт · ч	Разница в выработке W , %	Угол наклона, град.
Январь	4,923	5,107	3,75	72
Февраль	11,000	11,077	0,71	63
Март	25,307	25,369	0,25	51
Апрель	26,230	27,397	4,45	36
Май	28,076	31,897	13,61	21
Июнь	28,845	34,337	19,04	12
Июль	51,306	59,526	16,02	18
Август	26,653	28,614	7,36	30
Сентябрь	22,345	22,671	1,46	45
Октябрь	18,461	18,536	0,41	60
Ноябрь	14,153	14,484	2,34	69
Декабрь	4,231	4,432	4,76	75
Итого	261,528	283,448		

лями по сравнению с ее производством при их стационарной ориентации были проведены опытные измерения в натуральных условиях.

Экспериментальный электротехнический комплекс на основе фотоэлектрической станции (ФЭС) был оборудован на плоской крыше производственного помещения, расположенного в черте Томска. В ее состав входила установленная на исследуемой конструкции

солнечная батарея СБ1 номинальной мощностью 250 Вт и солнечная батарея СБ2 аналогичной мощности, стационарно ориентированная по азимуту на юг под углом, равным широте местности.

В течение года проводили исследования работы экспериментальной ФЭС. Одновременно регистрировали значения солнечной энергии с учетом показаний автоматической метеостанции. Измерения осуществляли следующим образом:

периодически в течение дня снимали данные, поступающие от метеостанции;

параллельно с этим фиксировали показатели солнечных батарей СБ2 и СБ1, причем в каждый день исследуемого месяца угол наклона панелей последней изменяли на 3° (это значение — результат деления максимального угла наклона 90° на среднее количество дней в месяце);

в конце дня накопленные данные суммировали, обрабатывали и сравнивали.

По итогам за рассматриваемый месяц оптимальным считался угол, при котором разница полученных значений была максимальной. В табл. 1 приведены среднемесячные значения выработанной обеими батареями солнечной энергии — $W_{СБ1}$ и $W_{СБ2}$ (значения $W_{СБ1}$ сняты при оптимальном угле наклона).

Анализ данных табл. 1 свидетельствует о том, что наиболее существенная разница в выработке энергии между СБ2 и СБ1 характерна для периода май — июль. Это объясняется значительной длительностью светового дня при большем количестве безоблачных дней по сравнению с остальными месяцами.

Фотоэлектрические устройства складного типа

Прототипом складного фотоэлектрического устройства с переменным числом модулей является фотоэлектрическая система с несколькими панелями, содержащими электрически взаимосвязанные фотоэлектрические преобразователи, предназначенные для создания гибкой, удобной, надежной, прочной СБ произвольного размера и произвольной конфигурации в пространстве с оптимальным весом [4]. При этом упрощается процесс сборки-разборки устройства, ускоряется его ремонт, сокращается время приведения СБ в рабочее состояние, снижается стоимость изготовления.

Сложная пространственная геометрия солнечной батареи необходима, например, при изготовлении источников питания для уличной рекламы, покрытия корпусов воздушных объектов и т. п. Она достигается за счет того, что батарея выполнена из легкозаменяемых фотоэлектрических модулей, каждый из которых состоит из одного или нескольких фотоэлектрических преобразователей произвольного размера (закрепленных на подложке и герметизированных светопрозрачной защитной пленкой) и токопроводящих гибких металлических шин, соединяющихся друг с другом электрически и механически с помощью гибких элементов крепления. Это позволяет создавать СБ произвольной геометрии с возможностью неоднократного складывания в продольном и поперечном направлениях до размера, равного размеру одного солнечного модуля.

На рис. 2 представлена СБ на основе указанного прототипа. Ее достоинства:

возможность расположения на поверхности любой формы (например, на крышах частных домов, фасадах зданий с нестандартными архитектурными решениями и т. д.);

возможность изготовления практически с любым соотношением продольных и поперечных размеров (чего нельзя достичь при



Рис. 2. Раскладная солнечная батарея

использовании стандартных модулей, имеющих фиксированные типоразмеры).

На основе предложенной полезной модели был изготовлен ряд устройств, в том числе экспериментальная солнечная батарея, состоящая из пяти фотоэлектрических модулей мощностью 4 Вт каждый. Провели исследования с целью определения эффективности ее работы в полевых условиях в зависимости от углов наклона различных панелей к падающему световому потоку в разные периоды светлого времени суток. Тестируемая батарея была развернута в с. Магадаево, в 13 км от Томска. Ее рабочую поверхность стационарно ориентировали на юг под углом 55° к поверхности Земли, при этом модули находились каждый под своим углом (проекция итогового расположения граней модулей СБ показана на рис. 3, где 1–5 — порядковые номера модулей, точки А и В — крайние левое и правое положения батареи).

Периодически в различное время светового дня проводили измерения мощности отдельных модулей развернутой СБ, результаты которых представлены в табл. 2.

Расчетная выработка электроэнергии за день для данного расположения СБ составляет 129,92 Вт·ч. Для определения возможной выработки батареи в случае раскладывания ее до плоского состояния и ориентации рабочей поверхности в сторону Солнца под углом 55° необходимо умножить суммарно произведенную энергию модуля 3 на общее число модулей. Полученное значение составляет 144,7 Вт·ч. Отсюда следует, что при расположении СБ способом, описываемым в эксперименте, итог составит приблизительно 90 % от результата, полученного в случае, когда батарея полностью развернута (либо используется плоская нераскладываемая конструкция).

Однако при полном раскладывании батареи увеличивается длина отрезка на плоскости, занимаемого поверхностью СБ. На рис. 3 условное расположение СБ в полностью развернутом состоянии по отношению к экспериментальному обозначено отрезком

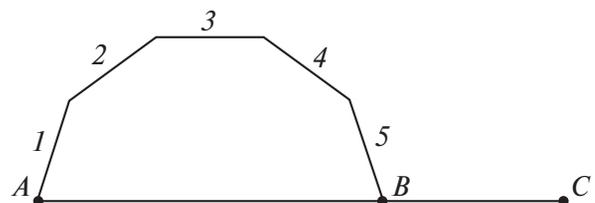


Рис. 3. Схематическое изображение ориентации экспериментальных панелей

Таблица 2

Время суток, ч	Мощность, Вт, модулей				
	1	2	3	4	5
6	1,61	0,3	0,12	0,15	0,16
7	2,21	0,68	0,15	0,17	0,19
8	2,84	1,44	0,43	0,22	0,23
9	3,24	1,98	1,1	0,24	0,24
10	3,54	2,66	2,12	0,31	0,26
11	3,6	3,1	2,8	1,08	0,27
12	2,94	3,7	3,2	1,94	0,28
13	2,44	3,08	3,73	2,66	0,88
14	1,44	2,68	3,4	3,38	1,71
15	0,67	1,84	3,34	3,86	2,34
16	0,26	1,72	2,84	3,87	2,77
17	0,24	1,1	2,42	3,64	3,2
18	0,21	0,34	1,63	3,27	3,24
19	0,17	0,14	0,95	2,61	2,16
20	0,12	0,1	0,62	1,2	1,56
21	0,09	0,07	0,09	0,81	1,53

АС. Если возникает ситуация, когда устанавливаемая конструкция, несущая фотопреобразователи, имеет жесткие ограничения по длине (например, позиционируется в пределах длины отрезка AB), то плоская батарея, расположенная соответствующим образом, выдаст всего 65 % энергии от ее значения в случае, когда ограничений не имеется (отношение отрезков AB к AC). Соответственно энергия, вырабатываемая батареей, установленной на раскладной конструкции, будет на 38 % больше, чем установленной на плоской конструкции.

Таким образом, при использовании раскладных конструкций в условиях, когда площадь поверхности, занимаемой СБ, имеет более существенные ограничения по длине участка, занимаемого фотопреобразователями, по сравнению с площадью этого участка (например, смотровых и монтажных площадок маяков и промышленных вышек, дачных участков, поверхности стен домов), можно достичь большего объема вырабатываемой электроэнергии.

С использованием разработанных прототипов конструкций фотоэлектрических устройств осуществлено практическое внедрение фотоэлектрических систем, созданных на основе предложенных конструкций, для питания аппаратуры подразделений Министерства обороны РФ и передвижных пунктов МЧС, а также для проведения научных экспериментов и обучения студентов Института неразрушающего контроля ТПУ. В настоящее время осуществляются производство и реализация портативных фотоэлектростанций.

Обобщая результаты проектирования и исследования описанных выше конструкций держателей фотоэлектрических элементов, можно сделать следующие выводы:

1) разработанные конструкции позволяют достичь большей выработки электроэнергии фотоэлектрическими модулями, чем теми, у которых предусмотрено стационарное расположение; при этом изменение ориентации фотоэлектрических преобразователей не требует обязательного наличия сложных механизмов;

2) углы наклона солнечных панелей относительно поверхности Земли, при которых достигается прирост дневной выработки электроэнергии на широте Томска, существенно различаются в зависимости от времени года (оптимальный угол наклона в летнее время — $18 \div 20^\circ$, в зимнее — $68 \div 75^\circ$);

3) испытания приведенных конструкций в лабораторных и натуральных условиях показали их устойчивость к различного рода климатическим факторам, в том числе неблагоприятным, что свидетельствует о высоком их потенциале при эксплуатации в самых разных условиях;

4) стоимость данных конструкций вполне сопоставима со стоимостью обычных стационарных держателей.

Список литературы

1. Macomber H. L., Ruzek J. B., Costello F. A. Photovoltaic Stand-Alone Systems. — Monegon Ltd, 1981.
2. Goswami D. Y., Kreith F., Kreider J. F. Principles of Solar Engineering, 2nd Edition. — George H. Buchanan Co., 1999.
3. Пат. 2367852 РФ. Солнечное фотоэлектрическое устройство / Ф. В. Саврасов, Э. Ф. Яук. — Оpubл. в бюл., 2009, № 26.
4. Пат. № 103421 РФ. Складная фотоэлектрическая солнечная батарея / Ф. В. Саврасов, В. Ф. Саврасов, Е. В. Агафонникова, М. И. Школьник. — Оpubл. в бюл., 2011, № 10.