

## СРАВНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Бекеева А.К.<sup>1</sup>, Поезжалов В.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> «Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова», Костанай, Казахстан, e-mail: yeahu@bk.ru

Солнечные элементы целесообразно соединять в батареи последовательно или параллельно, а иногда применяют смешанное соединение, в целях увеличения выходной мощности, поскольку единичные солнечные элементы генерируют напряжение равное порядка 0.6 В. Лишь в некоторых случаях требуется такое низкое напряжение при произвольных требованиях к величине потребляемого тока. Показано, что последовательно нужно соединять элементы лишь тогда, когда нужно получить большее напряжение, а параллельное соединение применяется в тех случаях, когда необходимо увеличить выходной ток. Произведено измерение вольтамперных и мощностных характеристик солнечных элементов, также произведено сравнение электрических параметров солнечных элементов внутри группы у одного и разных производителей. Показано, что в большинстве своем каждый из элементов обладает своими собственными значениями напряжения, тока, внутреннего сопротивления, развиваемой мощности. Наличие такого разброса параметров усложняет сборку батарей и понижает к.п.д. батареи. При сборке солнечных батарей необходимо чтобы параметры солнечных элементов, входящих в состав батареи были максимально близки друг к другу. Показана необходимость паспортизации элементов и схема, реализующая автоматическое определение всех параметров элементов.

Ключевые слова: солнечные элементы, определение параметров солнечных элементов, вольтамперная характеристика, солнечные батареи.

## COMPARISON OF ELECTRICAL PARAMETERS OF SOLAR CELLS FROM DIFFERENT MANUFACTURERS

Bekeyeva A.K.<sup>1</sup>, Poezzhalov V.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> «Kostanay State University named after A. Baitursynov», Kostanay, Kazakhstan, e-mail: yeahu@bk.ru

Solar cells are conveniently connected to batteries in series or in parallel, and sometimes mixed connection is used, in order to increase the output power, because a solar cell generate a voltage equal to 0.6 V. In some cases such low voltage is required with arbitrary requirements for the current consumption value. It is shown that the elements need to be connected in series only when it is necessary to obtain a higher voltage, and a parallel connection is used in those cases where it is necessary to increase the current. The voltampere and power characteristics of solar cells were measured, and the electrical parameters of solar cells within the group have been compared at one and different manufacturers. It is shown that each of the elements has its own values of voltage, current, internal resistance, and developing power. The presence of such a spread of parameters complicates the assembly of batteries and lowers the efficiency of battery. When assembling solar cells it is necessary that the parameters of the solar cells that make up the battery are as close as possible to each other. The necessity of the elements certification and the scheme realizing automatic determination of all parameters of elements is shown.

Key words: solar elements, determination of solar cell parameters, volt-ampere characteristics, solar cells.

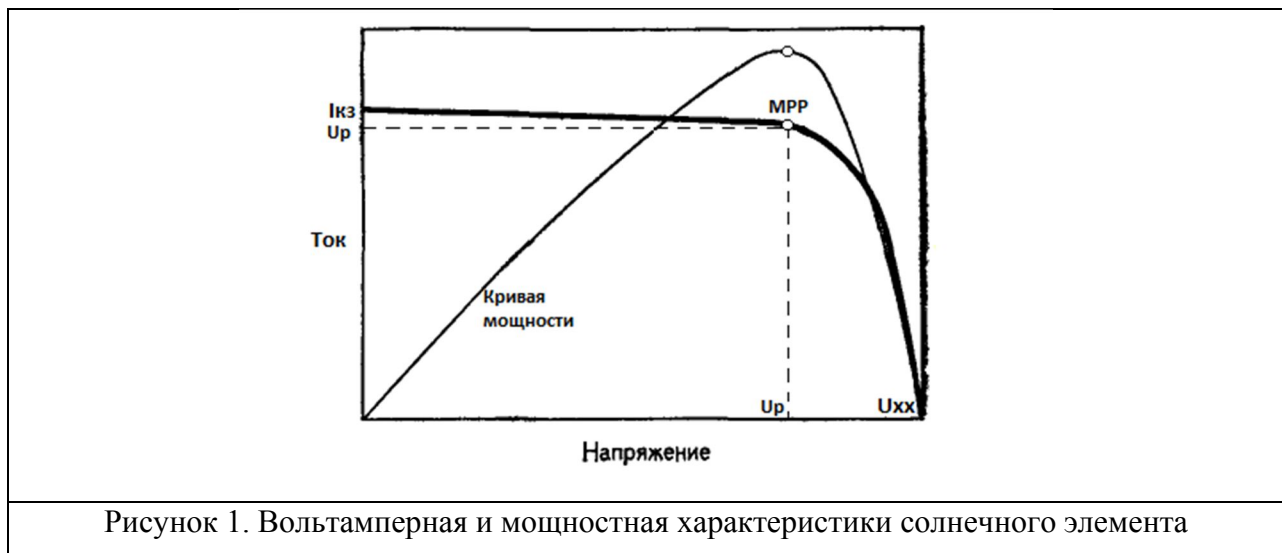
Солнечный элемент или фотоэлектрический преобразователь – это полупроводниковый прибор, который служит для преобразования световой энергии в электрическую, минуя стадии тепловой и механической форм энергии [1].

Независимо от типа и схемы включения все кремниевые солнечные элементы при освещении генерируют напряжение величиной порядка 0.6 В. По иному обстоит дело с выходным током, который зависит от площади поверхности элемента и интенсивности излучения. Чем ярче свет, тем больший ток генерируется солнечным элементом [2].

Солнечные элементы использовались бы очень редко, если бы эксплуатировались в пределах упомянутых параметров. Для создания энергетических устройств с нужными характеристиками солнечные элементы соединяют в солнечные батареи, применяя последовательное, параллельное или смешанное соединения. Последовательное соединение элементов применяют тогда, когда возникает необходимость увеличения выходного напряжения, а параллельное соединение применяют в целях увеличения выходного тока.

При сборке солнечных батарей большое внимание необходимо уделять качеству каждого элемента, входящего в ее состав. Причина этого указано в нашей работе [3], где показано, что мощность батареи напрямую зависит от качества каждого элемента и его характеристик, поскольку мощность батареи в целом – это суммарная мощность ячеек, из которых он состоит. При этом выходная мощность батареи всегда оказывается меньше значения арифметической суммы мощностей ячеек, из которых составлена сама батарея. Это обуславливается потерями, которые возникают из-за рассогласования характеристик однотипных элементов. Например, при последовательном соединении десяти элементов с разбросом характеристик 10 % потери составляют примерно 6 %, а при разбросе 5 % - снижаются до 2 %.

Важнейшим параметром источников тока малой величины является вольтамперная характеристика (рисунок 1). В сущности, речь идет о параметрах каждой отдельно взятой ячейки, входящей в состав батареи.



На графике обозначены важнейшие точки ВАХ солнечного элемента –  $U_{xx}$  и  $I_{кз}$ . Точка пересечения кривой с осью тока называется током короткого замыкания  $I_{кз}$ , а с осью напряжения – напряжением холостого хода  $U_{xx}$ . В этих точках мощность элемента равна нулю. Значение  $I_{кз}$  солнечного элемента прямо пропорционально меняется при изменении

освещенности, в то время как изменение освещенности практически не сказывается на величине  $U_{хх}$ .

На этом же графике приведена кривая мощности, получаемой от солнечных элементов в зависимости от нагрузки. Точка MPP – это точка максимальной мощности. Мощность всех солнечных элементов определяется всегда именно по этой точке. Напряжение, которое соответствует максимальной мощности, называется рабочим напряжением  $U_p$ , а соответствующий ток – рабочим током  $I_p$  [4].

Было произведено сравнение параметров двух элементов, выбранных случайным образом из одной партии одного производителя, а самих производителей было выбрано четыре. Для большей достоверности результатов сравнения удельных параметров солнечных элементов были выбраны элементы различной активной площади и, следовательно, различной мощности. Приведем паспортные данные каждой партии солнечных элементов:

Первая – 0.6 В и 30 мА размером 22x55 мм; где первая цифра относится к напряжению холостого хода, а вторая к току короткого замыкания.

Вторая – 0.6 В и 35 мА размером 40x40 мм;

Третья – 0.6 В и 50 мА размером 45x45 мм;

Четвертая – 0.6 В и 30 мА размером 53x30 мм.

Измерения проводились на потенциостате – гальваностате ПИ-50-Pro. В процессе измерения температура и освещенность элементов стабилизировалась. Максимальная погрешность измерения по напряжению и по току составляет 0.2%.

На рисунке 2 показаны вольтамперная и мощностная характеристики солнечных элементов из первой партии.

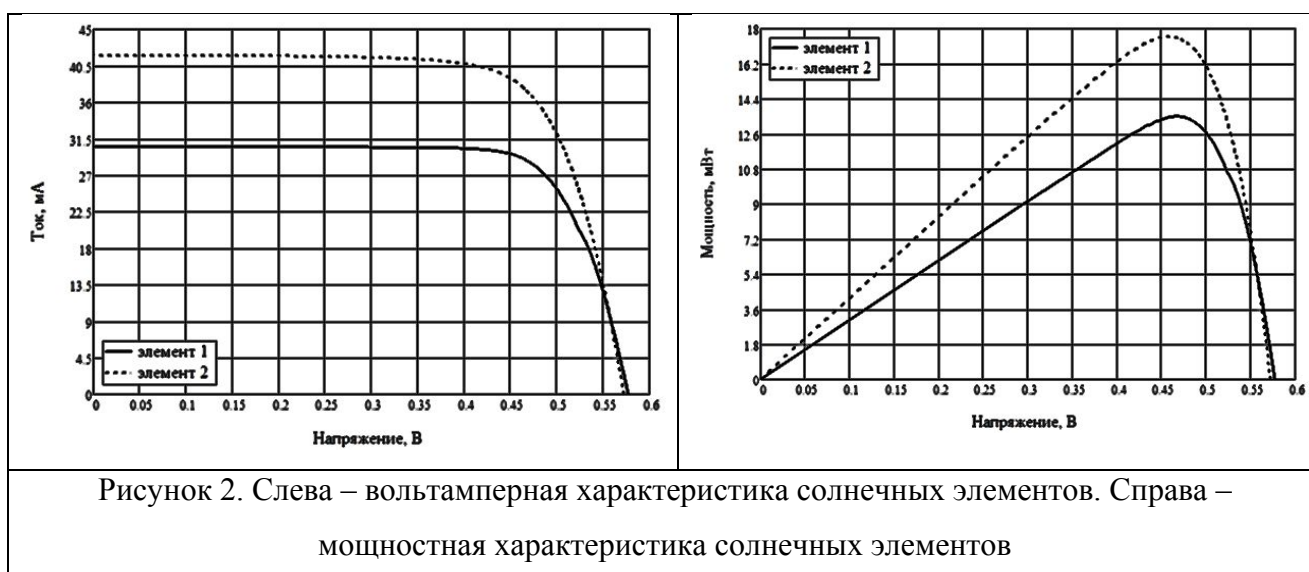


Рисунок 2. Слева – вольтамперная характеристика солнечных элементов. Справа – мощностная характеристика солнечных элементов

Напряжение холостого хода и ток короткого замыкания первого элемента при паспортных 0.6 В и 30 мА составляет 0.58 В и 41.79 мА, а второго элемента – 0.57 В и 30.45

мА. Указанный разброс объясняется разницей внутреннего сопротивления элементов, что не могло сказаться на мощности каждого из элементов. Максимальная мощность для первого элемента была достигнута при 28.82 мА и 0,47 В, и составила 13.48 мВт, а для второго элемента – 38.34 мА и 0,46 В, она составила 17.57 мВт. Активная площадь каждого из этих элементов составила 12,1 кв.см. Следовательно, удельная мощность элементов составит 1.11 мВт/кв.см. и 1.45 мВт/кв.см. Как видно, разброс мощности составляет 0.34 мВт/кв.см.

При исследовании второй партии солнечных элементов были получены вольтамперная и мощностная характеристики, показанные на рисунке 3.

Легко видеть, что разброс характеристик в этом случае существенно меньше, меньше и разница развиваемой мощности и, естественно, и удельных мощностей. Характеристики показаны в таблице 1.

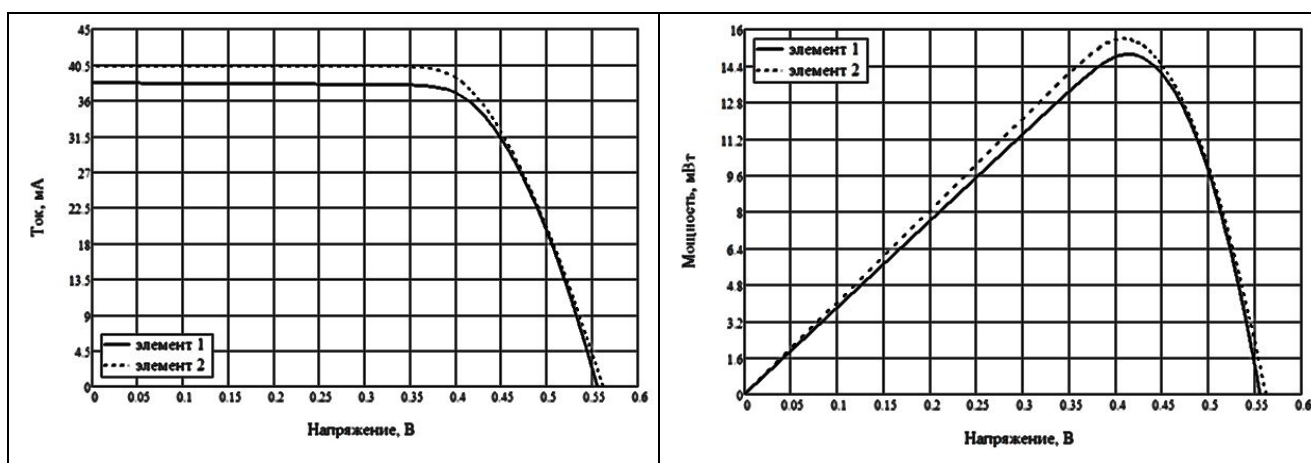


Рисунок 3. Слева – вольтамперная характеристика солнечных элементов. Справа – мощностная характеристика солнечных элементов

Такое же хорошее совпадение получено и при исследовании элементов из третьей партии с активными поверхностями 45 на 45 мм. Как показано на рисунке 4 вольтамперная и мощностная характеристики солнечных элементов совпадают, либо отличаются только в пределах погрешности эксперимента.

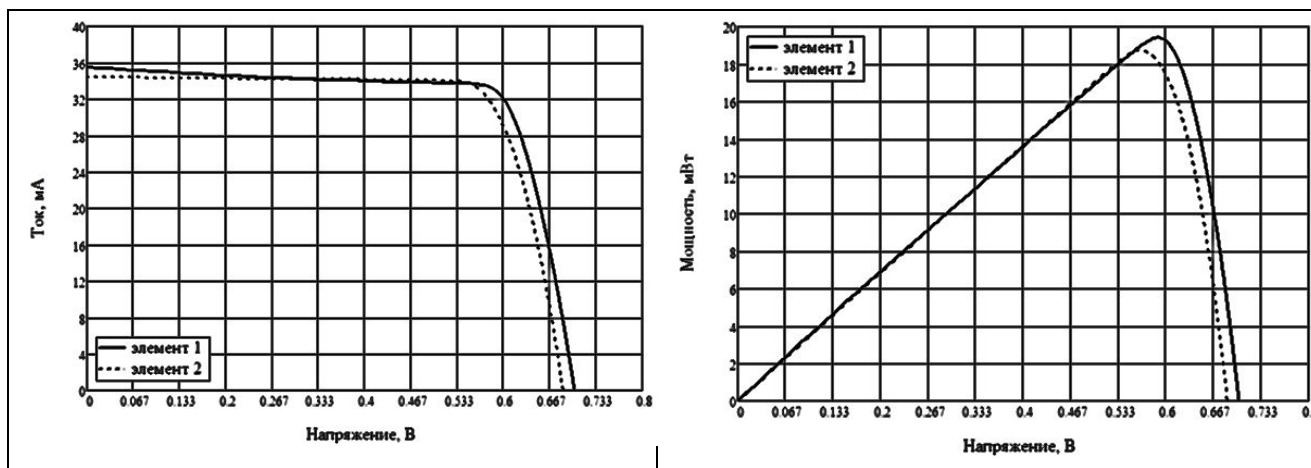


Рисунок 4. Слева – вольтамперная характеристика солнечных элементов. Справа – мощностная характеристика солнечных элементов

При исследовании элементов четвертого производителя было замечено, что первый элемент имеет и вольтамперную и мощностную характеристику близкую к классическому виду, а характеристика второго солнечного элемента до напряжения 0.27 В соответствует классической вольтамперной и нагрузочной характеристикам, а выше этого значения наблюдается спадание тока и мощности, как это показано на рисунке 5.

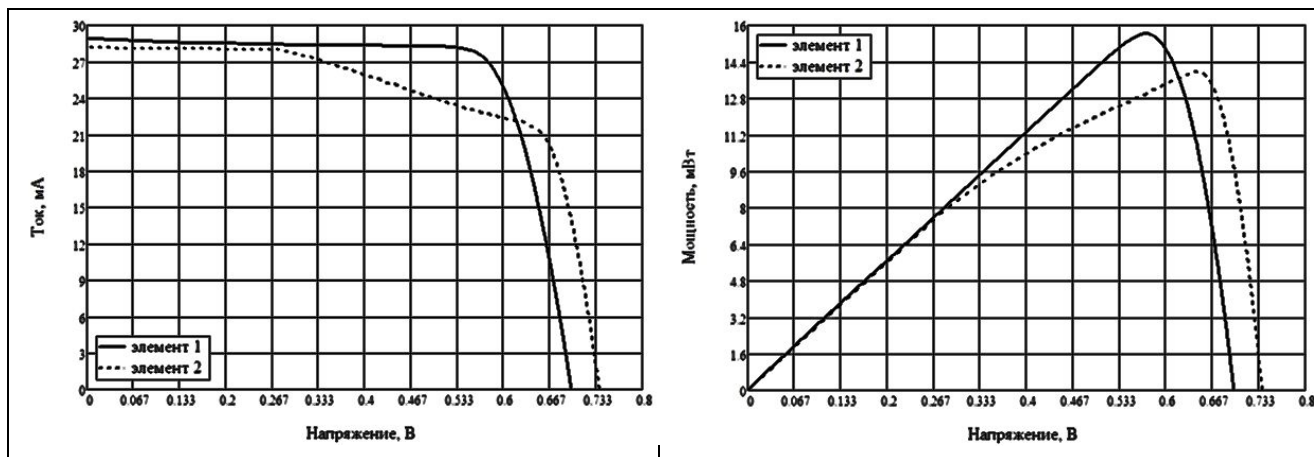


Рисунок 5. Слева – вольтамперная характеристика солнечных элементов. Справа – мощностная характеристика солнечных элементов

Вероятно это вызвано каким - то дефектом структуры или другими причинами, которые мы не стали исследовать, поскольку не ставили такой цели. Важно отметить, что присутствие такого элемента в составе батареи не только приведет к уменьшению общей мощности батареи, но и может создать аварийный режим работы батареи. Естественно, что такой элемент должен быть отбракован на первой стадии изготовления батареи.

Проделанные эксперименты по определению параметров солнечных элементов показали, что даже взятые из одной партии от одного производителя солнечные элементы имеют разброс параметров. Известно, что для сборки солнечной батареи максимальной мощности и к.п.д., необходимо согласовывать все элементы. Для этого необходимо, прежде всего, производить паспортизацию каждого элемента и, подбирая элементы нужных параметров, составлять из них батарею. Чем более строго производятся контроль и подбор элементов для солнечной батареи, то есть чем меньше разброс характеристик, тем выше электрические показатели всей батареи, тем выше её мощность [5].

Следовательно, возникает необходимость изготовления автоматизированной установки, которая позволяла бы делать измерения быстро, записывая измеренные параметры автоматически в память компьютера.

Таблица 1.

| Партия    | № элемента в партии | Площадь элемента (кв.см) | Напряжение холостого хода (В) | Ток короткого замыкания (мА) | Максимальная мощность /напряжение/ ток(мВт/В/мА) | Удельная мощность (мВт/кв.см) |
|-----------|---------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|-------------------------------|
| Первая    | 1                   | 12.1                     | 0.58                          | 41.79                        | 13.48/0.47/28.82                                 | 1.11                          |
|           | 2                   | 12.1                     | 0.57                          | 30.45                        | 17.57/0.46/38.34                                 | 1.45                          |
| Вторая    | 1                   | 16.0                     | 0.55                          | 38.16                        | 14.89/0.41/35.84                                 | 0.93                          |
|           | 2                   | 16.0                     | 0.56                          | 40.29                        | 15.57/0.41/38.16                                 | 0.97                          |
| Третья    | 1                   | 20.25                    | 0.70                          | 35.47                        | 19.40/0.59/32.91                                 | 0.96                          |
|           | 2                   | 20.25                    | 0.68                          | 34.36                        | 18.72/0.56/33.16                                 | 0.92                          |
| Четвертая | 1                   | 15.9                     | 0.69                          | 28.85                        | 15.63/0.57/27.35                                 | 0.98                          |
|           | 2                   | 15.9                     | 0.74                          | 28.09                        | 13.94/0.64/21.66                                 | 0.88                          |

#### Список литературы

1. Германович В., Турилин А. **Альтернативные источники энергии и энергосбережение.** Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. – СПб.: Наука и Техника, 2014. – 320 с.
2. Байерс Т.Д. **20 конструкций с солнечными элементами:** Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 197 с.
3. Бекеева А.К., Поезжалов В.М. **Некоторые проблемы, возникающие при изготовлении источников нетрадиционной электроэнергетики.** – Костанай: 3i: intellect, idea, innovation, №4 декабрь, 2016. – 5 с.
4. Колтун М.М. **Солнечные элементы.** – М.: Наука, 1987. – 192 с.
5. Фаренбух, А. **Солнечные элементы: теория и эксперимент:** Пер. с англ. под ред. М.М. Колтуна. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 280с.