

АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

УДК 621.383.51

Н.Н. Бакин, В.К. Ковалевский, А.П. Плотников, А.А. Ушеренко, А.В. Юрченко

РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ г. ТОМСКА

Представлены результаты натурных испытаний солнечной батареи МС-14-10 за период с октября 1996 г. по октябрь 1997 г. Испытания проведены на базе ТОР-станции мониторинга атмосферных параметров в г. Томске. Обсуждаются влияние на работу солнечной батареи температуры, давления, солнечной радиации, а также изменение тока короткого замыкания в зависимости от времени суток и времени года. Результатом испытания являются рекомендации по использованию солнечных батарей.

Введение

В настоящее время для уменьшения возможного глобального потепления климата во многих странах разрабатываются альтернативные источники энергии, которые в ходе своей эксплуатации не оказывали бы неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Одним из таких источников являются фотоэлектрические преобразователи (солнечные элементы), которые обеспечивают прямое преобразование солнечного излучения в электрическую энергию. В ГНПП «НИИПП» в последние годы разработано несколько вариантов солнечных батарей. Для определения надежности их использования в различных физико-географических районах необходимо проведение контрольных климатических испытаний.

Для этого проведены натурные испытания солнечной батареи МС-14-10, которая состоит из 36 последовательно соединенных кремниевых солнечных элементов. Солнечные элементы представляют собой мелкий *p-n*-переход (~1 мкм), изготовленный методом диффузии примеси в подложку *p-Si*. Поверхность элемента текстурирована и покрыта антиотражающим покрытием (SiO_2). Конструкция солнечной батареи обеспечивает защиту ФЭПов от вредных воздействий (влаги, пыли, кислорода и т.д.).

1. Условия проведения эксперимента

Солнечная батарея была подключена к одному из цифровых каналов ТОР-станции мониторинга атмосферных параметров [1], установлена на ее крыше под углом 45° к горизонту и ориентирована на расположение Солнца в 14 ч. Нагрузкой являлось сопротивление 5 Ом. Контрольный параметр –

напряжение на этой нагрузке. Ток солнечной батареи создавал при нагрузке 5 Ом, освещении 1000 Вт/м^2 и температуре 25°C напряжение около 4 В. Напряжение холостого хода исследуемой батареи при этих же условиях составляло 21 В. Таким образом, исходя из вольт-амперной характеристики (ВАХ) солнечной батареи [2], измеряемый ток был близок к току короткого замыкания (КЗ) с точностью 90%. ТОР-станция обеспечивала мониторинг по 50 атмосферным параметрам. Проведены также исследования влияния температуры, давления, солнечной радиации на работу солнечной батареи и рассмотрена зависимость тока КЗ от времени суток и времени года.

2. Результаты испытаний

На рис. 1 приведено изменение солнечной мощности в период проведения эксперимента. На рисунке топологией отображено распределение солнечной мощности в зависимости от времени суток (ось ординат) и месяца (ось абсцисс), плотность штриховки, Вт/м^2 , в соответствии с приведенной шкалой. Из этого распределения выделим усредненную за год зависимость солнечной радиации от времени суток и сопоставим с током через нагрузку (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что максимум солнечной активности приходится на 15 ч. В среднем за год (за период с ноября 1996 г. по октябрь 1997 г.) на квадратный метр земной поверхности в районе г. Томска пришлось $4,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ солнечного излучения в день, что в 1,5 раза выше среднестатистических данных [3]. Из рис. 2 видно также, что для региона Сибири благоприятное время использования солнечной батареи 10–18 ч.

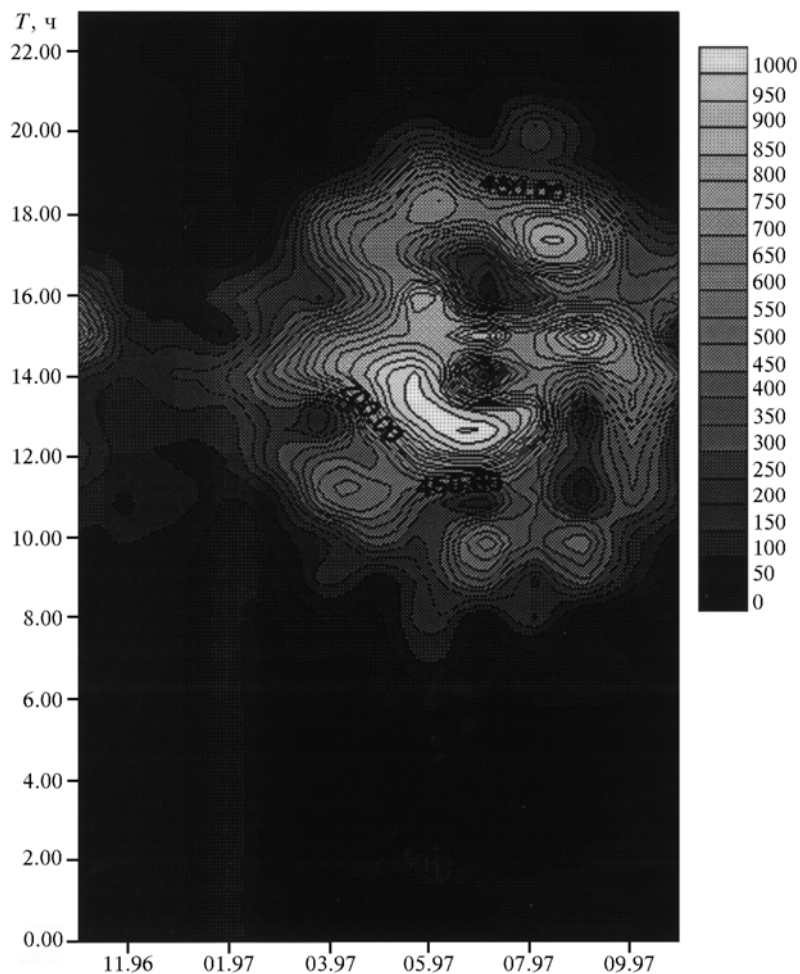


Рис. 1. Распределение солнечной мощности в зависимости от времени суток и месяца

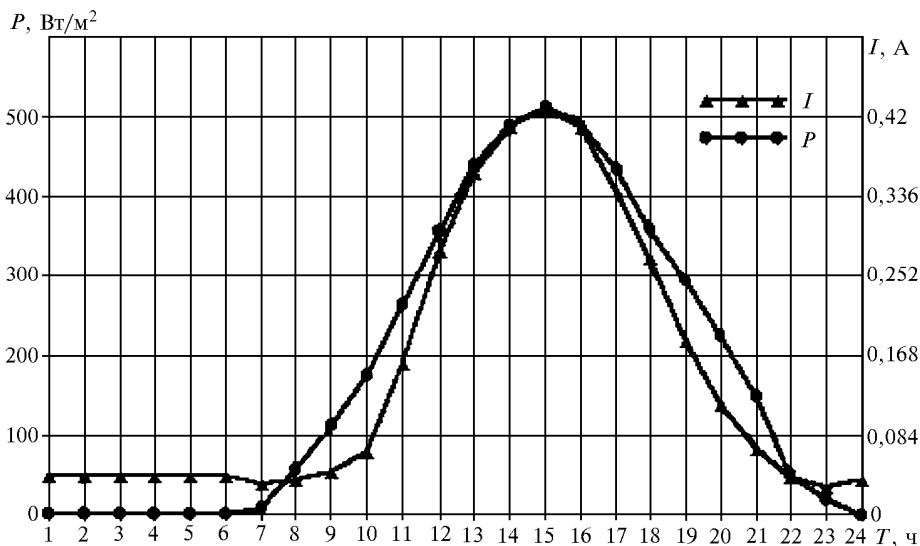


Рис. 2. Среднегодовая зависимость тока короткого замыкания и мощности падающего солнечного излучения от времени суток

Следует заметить, что количество солнечной энергии, фиксируемой пиранометром утром и вечером, больше, чем регистрирует солнечная батарея (см. рис. 2). Это объясняется тем, что солнечная ба-

тарея установлена неподвижно и имеет худшую диаграмму направленности, чем пиранометр. В частности, диаграмма направленности солнечной батареи такова, что ток в нагрузке, при фиксированном по-

ложении солнечной батареи, изменяется не более чем на 5–10% при изменении положения Солнца на 40°. Таким образом, применение системы ориентирования солнечной батареи на Солнце позволит повысить сбор мощности в течение дня на 10–20%, а в мае, июне, июле до 30%.

На рис. 1 показано распределение мощности солнечного излучения по месяцам (рис. 3). Из этого распределения можно выделить месяцы для эффективной работы солнечной батареи: март–сентябрь. В другие месяцы вследствие ослабления солнечного излучения атмосферой эффективность использования солнечной батареи падает в 4–5 раз по сравнению с летними месяцами.

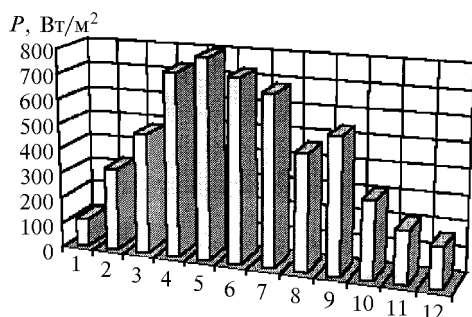


Рис. 3. Распределение солнечного излучения по месяцам при максимуме солнечной активности (14 ч)

Зная ток КЗ и типичную ВАХ для данной батареи, можно оценить КПД солнечной батареи (рис. 4). Рассчитанный КПД ~13% совпадает с КПД солнечной батареи, измеренным в лабораторных условиях ($P_{\text{сол.изл}} = 1000 \text{ Вт/м}^2$, $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$).

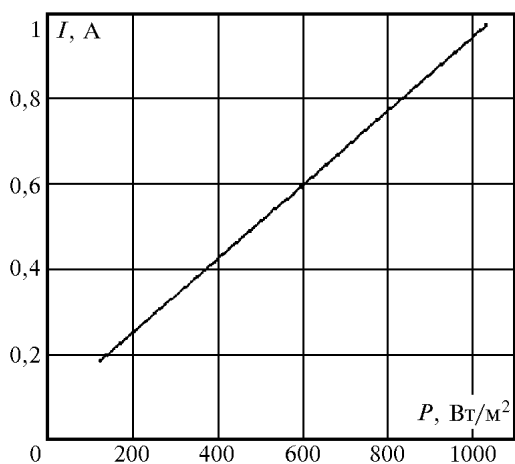


Рис. 4. Зависимость тока КЗ от интенсивности солнечного излучения

Для выделения зависимости тока от температуры разобьем данные на подгруппы по мощности солнечного излучения: 100–200, 200–300...900–1000 Вт/м². На рис. 5 отображена зависимость тока от температуры. Следует заметить, что при малых

уровнях облученности (100–200 Вт/м²) угол наклона кривой положительный, а при более высокой интенсивности солнечного света – отрицательный. При интенсивности 100–200 Вт/м² ток, текущий в нагрузке, является током КЗ. Известно, что ток КЗ имеет температурную зависимость $2 \cdot 10^{-5} \text{ А/(град}\cdot\text{см}^2)$ [4]. При дальнейшем увеличении интенсивности – рабочая точка смещается по ВАХ в сторону напряжения холостого хода, имеющего обратный температурный коэффициент $-2,4 \text{ мВ/град}$ [4].

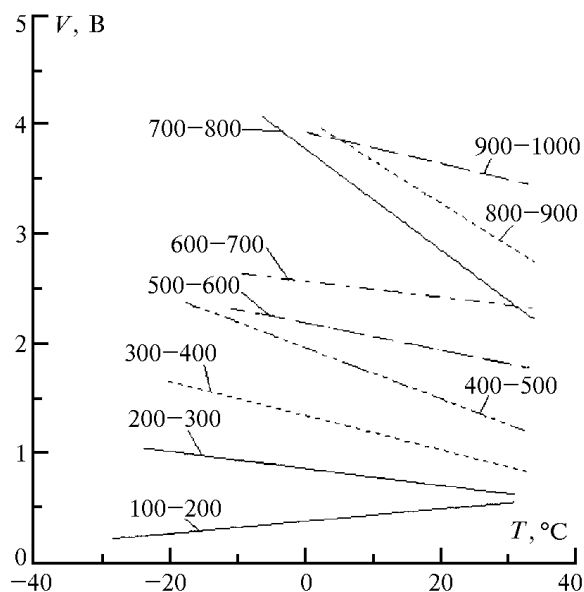


Рис. 5. Зависимость падения напряжения на нагрузке солнечной батареи от температуры при различных уровнях облученности

За время проведения испытаний не произошла деградация тока КЗ солнечной батареи и не была обнаружена явная зависимость тока от давления.

3. Выводы

Полученные результаты позволяют сделать следующие основные выводы:

1. Время эффективной работы солнечной батареи – с 10 до 18 ч для регионов Сибири в течение марта–сентября.

2. Для обеспечения более эффективной работы солнечной батареи необходимо проводить ее ориентирование на Солнце.

3. В зимнее время уменьшение мощности солнечной батареи, отдаваемой в нагрузку, частично компенсируется увеличением напряжения холостого хода.

4. В течение года (1.11.96–31.10.97) солнечная батарея собрала ~150 (кВт·ч)/м².

На основании проведенного анализа метеорологических условий в г. Томске и установленной корреляции между солнечной активностью и вырабатываемой солнечной батареей мощностью можно прогнозировать ее работу в других регионах, используя их атмосферные условия.

1. *Аришинов М.Ю., Белан Б.Д., Зуев В.В. и др.* // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. N 8. С. 1085–1092.
2. *Зи С.* Физика полупроводниковых приборов. М.: Мир, 1984. Т. 2. 456 с.
Пивоварова З.И., Стадник В.В. Климатические характеристики

солнечной радиации как источника энергии на территории СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 292 с.
3. *Васильев А.М., Ландсман А.П.* Полупроводниковые фотопреобразователи. М.: Сов. радио, 1971. 248 с.

ГНПП «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов»,
Томск
Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск

Поступила в редакцию
9 февраля 1998 г.

N.N. Bakin, V.K. Kovalevskii, A.P. Plotnikov, A.A. Usherenko, A.V. Yurchenko. **Results of Climatic Tests of Solar Battery under Nature Conditions of Tomsk City.**

The results of field tests of solar battery MS-14-10 during the October, 1996 – the November, 1997, are presented. The battery was tested at TOR-station of monitoring the atmospheric parameters (Tomsk). An influence of temperature, pressure, solar radiation on the solar battery operation as well as the short circuit variation depending on the time of the day and on the season. The recommendations on the solar batteries use have been made as the tests results.