



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 620.92

О ВЛИЯНИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Канарейкин А.И.

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), Москва, Россия (117485, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23), e-mail: kanareykina@mail.ru

Статья посвящена преобразованию и использованию солнечной энергии в солнечных панелях. В ней был рассмотрен вопрос о влиянии температурного фактора на эффективности солнечных панелей. В статье показано, что один из ключевых параметров оценки эффективности солнечных батарей и фотоэлектрических элементов коэффициента заполнения понижается с ростом температуры. На основании исследований дано заключение о том, чтобы напряжение холостого хода было как можно выше.

Ключевые слова: солнечная энергетика, солнечная батарея, коэффициент заполнения, вольт-амперная характеристика, температурный фактор.

ON THE INFLUENCE OF THE TEMPERATURE FACTOR ON THE EFFICIENCY OF SOLAR PANELS

Kanareykin A. I.

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia (117485, Moscow, Miklukho-Maklaya st., 23), e-mail: kanareykina@mail.ru

The article is devoted to the transformation and use of solar energy in solar panels. It addressed the issue of the influence of the temperature factor on the efficiency of solar panels. The article shows that one of the key parameters for assessing the efficiency of solar panels and photovoltaic cells, the fill factor decreases with increasing temperature. Based on the research, the conclusion is given that the idle voltage should be as high as possible.

Keywords: solar energy, solar battery, fill factor, current–voltage characteristic, temperature factor.

Как известно, солнечная батарея — это полупроводниковый прибор, преобразующий солнечный свет в электрическую энергию. Солнечная энергия является одним из наиболее подходящих вариантов генерации электроэнергии, поскольку она неисчерпаема, абсолютно бесплатна (с точки зрения ее доступности) и экологически чистая. [1, 2].

Также в литературных источниках существует много работ посвящённых оптимизации и увеличению эффективности солнечных панелей [3 - 6].

Одним из ключевых параметров оценки эффективности солнечных батарей и фотоэлектрических элементов относится коэффициент заполнения [7]. Коэффициент

заполнения - параметр, который в сочетании с напряжением холостого хода и током короткого замыкания определяет максимальную мощность солнечного элемента. Уточнённый коэффициент заполнения равен

$$FF = \frac{2U_{mp} I_{sc} + 2U_{oc} I_{mp} - U_{mp} I_{mp}}{3U_{oc} I_{sc}} \quad (1)$$

где U_{mp} - напряжение в точке максимальной мощности, В; I_{mp} - ток в точке максимальной мощности, А; U_{oc} - напряжение холостого хода, В; I_{sc} - ток короткого замыкания, А.

В формулу (1) входят четыре параметра, которые зависят от температуры. Рассмотрим каждый параметр в отдельности.

В солнечном элементе параметр, на который больше всего влияет повышение температуры - это напряжение разомкнутой цепи. На рисунке ниже показана зависимость вольт-амперных характеристик солнечного элемента от температуры (Рисунок 1).

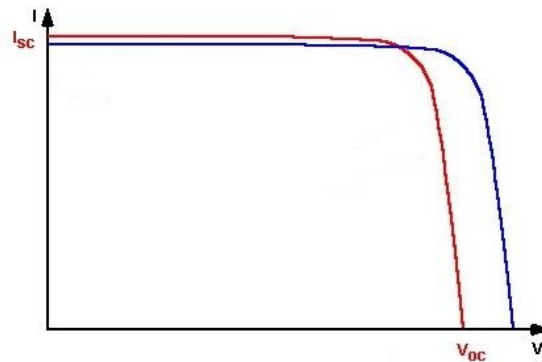


Рисунок 1 – Влияние температуры на вольт-амперные характеристики солнечного элемента.

Источник: автор статьи

Ток короткого замыкания I_{sc} увеличивается с температурой незначительно, поэтому изменением тока от температуры в расчётах не будем учитывать.

Для дальнейших исследований упростим формулу (1). Из технических характеристик для солнечных модулей следует, что ток короткого замыкания составляет примерно 95% от тока в точке максимальной мощности ($I_{sc}=0,95 I_{mp}$). Тогда

$$FF = 0,633 + \frac{0,35U_{mp}}{U_{oc}} \quad (2)$$

В свою очередь напряжение в точке максимальной мощности связано с напряжением холостого хода следующим соотношением

$$U_{mp} = U_{oc} - \frac{nkT}{q} \ln \left(\frac{qU_{mp}}{nkT} + 1 \right) \quad (3)$$

где kT/q - тепловое напряжение, n - внутренняя концентрация носителей заряда.

Заменим напряжение холостого хода в выражении (2)

$$FF = 0,633 + \frac{0,35}{1 + \ln\left(\frac{qU_{mp}}{nkT} + 1\right)^{\frac{nkT}{qU_{mp}}}} \quad (4)$$

Для оценки размаха коэффициента заполнения проведём предельный анализ полученного выражения (4). Для этого рассмотрим предельные случаи, устремив температуру к нулю и к бесконечности. Так как

$$\lim_{T \rightarrow 0} \ln\left(\frac{qU_{mp}}{nkT} + 1\right)^{\frac{nkT}{qU_{mp}}} = 0 \quad (5)$$

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \ln\left(\frac{qU_{mp}}{nkT} + 1\right)^{\frac{nkT}{qU_{mp}}} = 1 \quad (6)$$

то значение коэффициента заполнения FF лежит в пределах (0,808; 0,983).

Построим график (Рисунок 2) функциональной зависимости коэффициента заполнения от температуры. Как видно с ростом температуры коэффициент заполнения уменьшается.

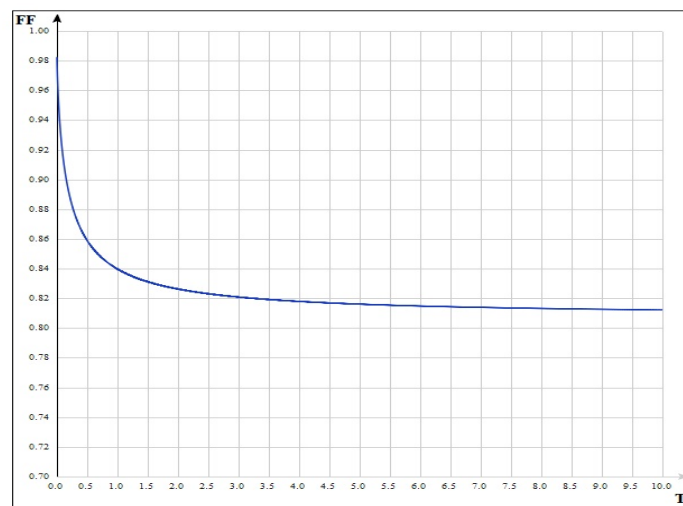


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента заполнения от температуры.

Источник: автор статьи

Также проведём исследование зависимости коэффициента заполнения от напряжения в точке максимальной мощности. Для этого рассмотрим характер поведения выражения находящегося в знаменателе дроби (4)

$$\ln\left(\frac{qU_{mp}}{nkT} + 1\right)^{\frac{nkT}{qU_{mp}}} \quad (7)$$

Найдём отношение для разных значений напряжений в точке максимальной мощности U_{mp} , сделав необходимые математические преобразования

$$\frac{\ln\left(\frac{qU_{mp2}}{nkT} + 1\right)^{\frac{nkT}{qU_{mp2}}}}{\ln\left(\frac{qU_{mp1}}{nkT} + 1\right)^{\frac{nkT_1}{qU_{mp1}}}} = \frac{U_{mp1}}{U_{mp2}} \log_{\left(\frac{qU_{mp1}}{nkT} + 1\right)}\left(\frac{qU_{mp2}}{nkT} + 1\right) \quad (8)$$

Приведенное уравнение (8) показывает, что температурная чувствительность солнечного элемента зависит от напряжения разомкнутой цепи солнечного элемента, причем солнечные элементы с более высоким напряжением меньше подвержены влиянию температуры.

Таким образом в статье был рассмотрен вопрос преобразования и использования солнечной энергии в солнечных панелях. Было установлено, что коэффициент заполнения уменьшается с повышением температуры, так как повышение температуры уменьшает запрещенную зону полупроводника, тем самым влияет на большинство параметров полупроводникового материала, который входит в состав солнечного элемента. Рекомендовано при выборе солнечных панелей, чтобы напряжение холостого хода было как можно выше с целью понижения влияния температурного фактора. Полученный результат может быть полезен для дальнейших инженерных вычислений и производства солнечных модулей.

Список литературы

1. Удалов, Н. С. Возобновляемые источники энергии. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. - 412 с.
2. Малинин, Г.В., Серебрянников А.В. Слежение за точкой максимальной мощности солнечной батареи // Вестник Чувашского университета, 2016. № 3. - С. 76–93.
3. Канарейкин, А.И. Моделирование кривой мощности солнечного модуля // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт, 2021. - № 10. - С. 31-34.
4. Канарейкин, А.И. О способе определения фактора идеальности р-п-перехода солнечного элемента // В сборнике: Наука и образование в социокультурном пространстве современного общества. Сборник научных трудов. Смоленск, 2022. С. 142-146, 2021. - № 10. - С. 31-34.
5. Канарейкин, А.И. Осуществление сварочного процесса напрямую от солнечной батареи // В сборнике: Наука и образование в социокультурном пространстве современного общества. Сборник научных трудов. Смоленск, 2022. С. 151-155.
6. Kanareykin, A.I. Determination of the shunt resistance of a solar cell from its light volt-ampere characteristic // В сборнике: Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture. International Scientific and Practical Conference. Saratov, 2022. 185с.
7. Kanareykin, A.I. On the correctness of calculating the fill factor of the solar module // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 3, Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection. Сер. "III International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection"" 2021. С. 012018.

References

1. Udalov, N. S. Renewable energy sources. Novosibirsk: Publishing House of NSTU, 2009. - 412 p.
 2. Malinin, G.V., Serebryannikov A.V. Tracking the maximum power point of a solar battery // Bulletin of the Chuvash University, 2016. No. 3. - pp. 76–93.
 3. Kanareikin, A.I. Modeling the power curve of a solar module // Electrical equipment: operation and repair, 2021. - No. 10. - pp. 31-34.
 4. Kanareikin, A.I. On the method for determining the ideality factor of the p-n-transition of a solar cell // In the collection: Science and education in the socio-cultural space of modern society. Collection of scientific papers. Smolensk, 2022. S. 142-146, 2021. - No. 10. - pp. 31-34.
 5. Kanareikin, A.I. The implementation of the welding process directly from the solar battery // In the collection: Science and education in the socio-cultural space of modern society. Collection of scientific papers. Smolensk, 2022, pp. 151-155.
 6. Kanareykin, A.I. Determination of the shunt resistance of a solar cell from its light volt-ampere characteristic // In the collection: Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture. International Scientific and Practical Conference. Saratov, 2022, p. 185.
 7. Kanareykin, A.I. On the correctness of calculating the fill factor of the solar module // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 3, Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection. Ser. "III International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection"" 2021. P. 012018.
-