

## ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА РАБОТУ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

**Петлеванная Е.В., студентка; Левшов А.В., проф.,к.т.н.**

*(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)*

**Введение.** В современном мире, чрезвычайно актуален вопрос «зеленой энергетики». Делегаты Второго комитета 67-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН приняли резолюцию об объявлении 2014–2024 годов Десятилетием устойчивой энергетики для всех. В резолюции «Содействие расширению использования новых и возобновляемых источников энергии» отмечается, что в настоящее время доля новых и возобновляемых источников энергии в мировом энергетическом балансе все еще невелика в силу, среди прочего, высокой стоимости соответствующих технологий. Генеральная Ассамблея ООН рекомендовала правительствам создавать благоприятные условия для популяризации и использования новых и возобновляемых источников энергии и более эффективного энергопотребления [1].

Ограниченность доступных ресурсов «традиционных» источников энергии, а также экологические проблемы их использования, позволяют судить о безусловной перспективности возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в ближайшем будущем. Одним из факторов, сдерживающих использования зеленой энергии, является более высокая стоимость конечной энергии, полученной на базе ВИЭ, по сравнению с традиционной энергией. Одним из наиболее из повсеместно доступных и перспективных ВИЭ является солнечная энергетика, позволяющая электрифицировать отдельные удаленные от электрических сетей объекты. Возможное решение по электроснабжению таких объектов представляется в виде использования фотоэлектрических модулей (ФЭМ). Однако в каждом конкретном случае необходимо технико-экономическое обоснование использования ФЭМ.

### Материалы и результат исследования.

На всю поверхность Земли приходится около  $(0,85 - 1,2) \times 10^{14}$  кВт или  $(7,5 - 10) \times 10^{17}$  кВт×ч/год солнечного излучения (СИ). Средняя удельная величина СИ 250 Вт/м<sup>2</sup> или 1752-2190 кВт×ч/м<sup>2</sup>×год. При этом диапазон удельного прихода СИ на Землю меняется от 170 до 1000 Вт/м<sup>2</sup> или  $(17 - 100) \times 10^4$  кВт×ч/км<sup>2</sup> в зависимости от региона. Искусственные источники энергии, созданные человеком обеспечивают до 19 кВт/км<sup>2</sup>, что говорит об огромных возможностях СИ для удовлетворения потребностей человечества. Применительно к условиям Украины интенсивность СИ для различных её регионов (рис. 1).

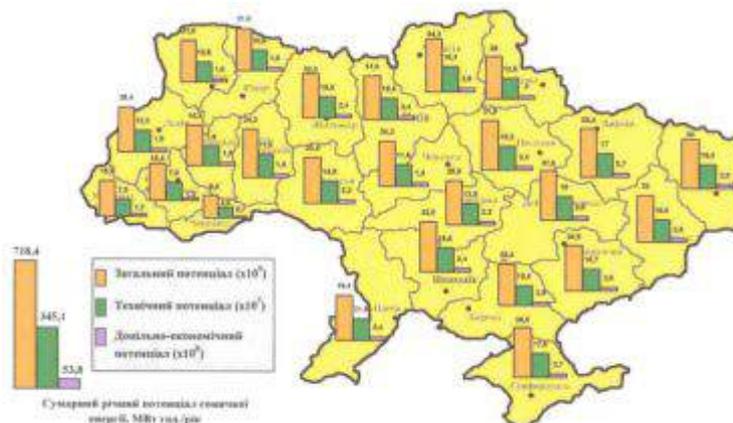


Рисунок 1 - Потенциал солнечной энергии на территории Украины [2]

Основными факторами, влияющими на работу фотоэлектрического модуля является: интенсивность излучения, ориентация панели, температура окружающей среды, затемнение.

Ориентация панели ФЭМ имеет весомое значение, так как количество солнечной энергии, поступающей на приемную площадку, определится соотношением

$$R(t) = R_{np}(t) \cdot \cos \vartheta^\circ(t), \text{ где} \quad (1)$$

$R$  – интенсивность потока солнечного излучения на 1 м<sup>2</sup> приемной площадки (Вт/м<sup>2</sup>);

$R_{np}$  – прямая мощность солнечного излучения (Вт/м<sup>2</sup>);

$\vartheta^\circ$  – угол падения солнечного излучения по отношению к плоскости ФЭМ (град)

Для оценки влияния угла установки ФЭМ, рассмотрим случаи горизонтальной и наклонной приемной площадки на (рис. 2).

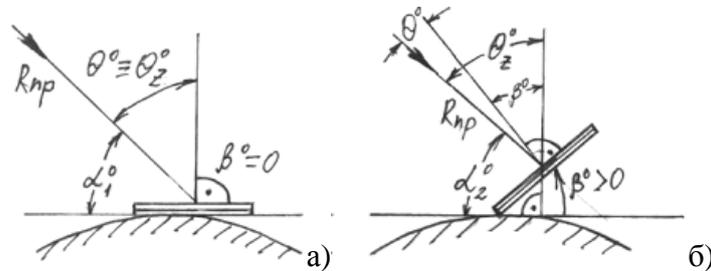


Рисунок 2 - Соотношение  $\vartheta^\circ$  и  $\vartheta_z^\circ$  для: а - горизонтальной приемной площадки, б - наклонной приемной площадки,  $\alpha$  – высота (угол) солнца над горизонтом ( $\alpha_1 = \alpha_2$ ) [3]

Расчетный угол падения СИ

$$\vartheta = \theta_z - \beta, \text{ где} \quad (2)$$

$\vartheta_z^\circ$  - угол между направлением на солнце и вертикалью (зенитный угол)

$\beta$  – угол наклона приемной площадки по отношению к горизонту

$$\text{В случае а) } \beta = 0, \text{ т.е. } \vartheta_a = \theta_z - \beta_a = \theta_z \quad (3)$$

$$\text{В случае б) } \beta > 0, \text{ т.е. } \vartheta_a = \theta_z - \beta_a \quad (4)$$

Очевидно,  $\vartheta_a > \vartheta_b$  на величину наклона  $\beta$  ФЭМ. Из этого следует, что в случае б)  $R(t)_b > R(t)_a$ .

Моделирование влияния теней произвольной формы на характеристики солнечных батарей (СБ) дает возможность оценить потери мощности при различных вариантах затенения. При частичном затенении одиночного элемента или их группы происходит снижение выходной мощности СБ вследствие уменьшения поступающей в элемент световой энергии и увеличения внутренних потерь энергии в неосвещенной части элемента.

В [4] показана положительная роль шунтирующих диодов, они предохраняющих работу батареи, когда один из элементов полностью затенен (рис. 3).

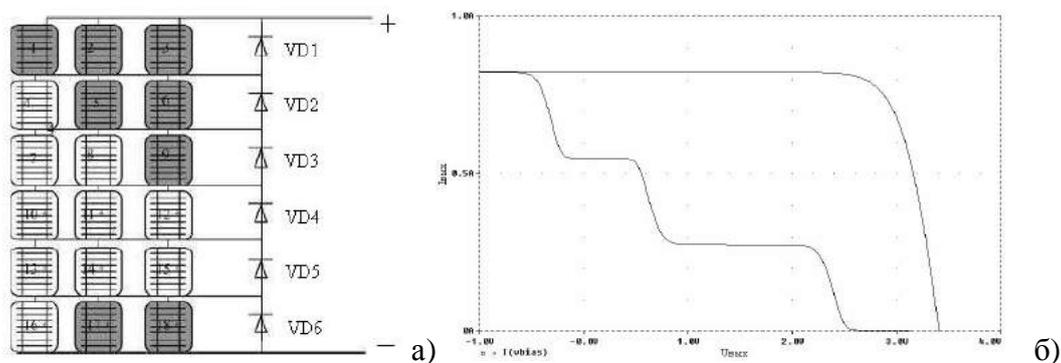


Рисунок 3 – Моделирование затенения СБ: а – СБ из 18 СЭ с затененными фотоэлементами и шунтирующими диодами, б - сравнение ВАХ частично затененной и не затененной батареи [4] Как и другие полупроводниковые приборы СЭ чувствительны к изменению температуры [5]. Параметром, наиболее подверженным изменению температуры, является напряжение холостого хода. Влияние увеличения температуры показано на следующем графике (рис.4).

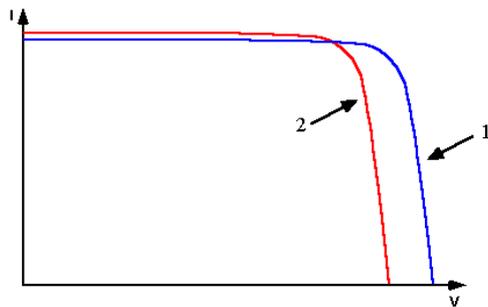


Рисунок 4 - Влияние температуры на вольт-амперную характеристику (ВАХ) СЭ:1 – ВАХ при нормальной температуре в 300 К, 2 – ВАХ при повышенной температуре

Напряжение холостого хода уменьшается с увеличением температуры из-за зависимости от  $I_0$  – тока холостого хода. Уравнение для  $I_0$  на одной из сторон СЭ записывается, как:

$$I_0 = qA \frac{Dn_i^2}{LN_D}, \text{ где} \quad (5)$$

$q$  - заряд электрона

$D$  - коэффициент диффузии неосновных носителей

$L$  - диффузионная длина неосновных носителей

$N_D$  - коэффициент легирования

$n_i$  - собственная концентрация носителей;

Многие из членов, входящих в это уравнение, зависят от температуры, но наиболее сильно эта зависимость проявляется для собственной концентрации носителей,  $n_i$ . Собственная концентрация носителей зависит от энергии запрещенной зоны (чем меньше ширина запрещенной зоны, тем выше концентрация) и от энергии носителей (чем выше температура, тем больше энергия). Уравнение, описывающее эти зависимости записывается так:

$$n_i^2 = BT^3 \exp\left(-\frac{E_{GO}}{kT}\right), \text{ где} \quad (6)$$

$T$  - температура

$k$  – постоянная Больцмана

$E_{GO}$  - ширина запрещенной зоны

$B$  - постоянная, не зависящая от температуры.

Ток короткого замыкания при увеличении температуры, увеличивается незначительно, так как при уменьшении ширины запрещенной зоны увеличивается количество фотонов, способных создать электронно-дырочные пары [5].

## ВЫВОДЫ

Представленные зависимости позволяют оценить влияние на работу фотопреобразователей различных внешних факторов и могут быть использованы для технической оценки эффективности их использования в системах электроснабжения.

## Перечень ссылок

1. Генассамблея ООН объявила 2014-2024 годы Десятилетием устойчивой энергетики [http://alterenergy.in.ua/ru/news/16\\_10\\_2013.html](http://alterenergy.in.ua/ru/news/16_10_2013.html)
2. Атлас енергетичного потенціалу відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії України, Київ-2001.
3. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К., СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.И.Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
4. Фролова Н. О. Моделирование солнечных батарей на основе различных полупроводников: Автореферат, Москва 2011.
5. Электронный учебник <http://pvc-drom.pveducation.org/RU/index.html>