

ТОКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

З.М.Игамкулова – преподаватель

У.Ю.Юлдашев – доктор физико-математических наук, профессор

Джизакский государственный педагогический университет

Таянч сўзлар: фотоволтаиклар (PV), фотоэлементлар, matlab, фотоволтаик модуль, симуляция.

Ключевые слова: фотогальваника (PV), фотоэлементы, Matlab, фотоэлектрический модуль, моделирование.

Key words: photovoltaics (PV), photocells, Matlab, photovoltaic module, simulation.

Введение. Солнечная энергия, попадая на Землю, претерпевает различные преобразования. Часть ее расходуется на разогрев земной поверхности, другая часть поглощается растениями, третья - Мировым океаном и так далее. Некоторая часть солнечной энергии участвует в реакциях фотосинтеза, обеспечивая приток в атмосферу кислорода и образование органических соединений. Образовавшиеся в результате фотосинтеза органические соединения претерпевают дальнейшие химические преобразования, превращаясь в конечном итоге в ископаемые источники топлива: нефть (смесь углеводородов), уголь (органический углерод), природный газ (метан CH_4). Практически вся земная энергетика ориентирована на использование солнечной энергии в ее различных проявлениях. Исключение составляют только атомные и геотермальные электростанции. Так, ветровая энергетика сориентирована на использование движущихся воздушных потоков, возникающих за счет неравномерного прогрева атмосферы. Гидроэлектростанции используют для своей работы круговорот воды в природе, невозможный без испарения, осуществляемого Солнцем. И даже энергия приливов может использоваться только при условии жидкого состояния гидросферы.

В настоящее время ведутся исследования и разработки, направленные на повышение эффективности и снижение стоимости фотоэлектрических систем питания в различных приложениях, от жилых домов на крышах до крупных промышленных объектов или объектов электроэнергетики. Фотоэлектрические системы получили всемирное признание как практический и осуществимый инструмент для производства электроэнергии. Усилия исследователей по облегчению использования фотоэлектрических систем и их интеграции в доступные в настоящее время системы всегда вдохновлялись национальной целью иметь возобновляемые и чистые источники энергии. В настоящей работе мы определяем имитационную модель фотоэлектрической ячейки на основе схемы, чтобы позволить оценить электрическое поведение ячейки в отношении изменений параметров окружающей среды, например, температуры и освещенности. Точная электрическая модель фотоэлектрического модуля представлена на основе математических уравнений. Общая модель была реализована в среде MATLAB/Simulink и принимает освещенность в качестве переменных параметров и выводит ВАХ [1-3].

Фотоэлектрический элемент

Строительным элементом фотоэлектрических массивов является солнечный элемент, который представляет собой p-n-переход, непосредственно преобразующий световую энергию в электричество: он имеет эквивалентную схему, показанную ниже на рисунке 1.

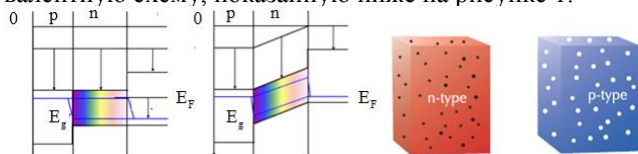


Рис. 1. Схематическое представление p-n перехода

Фотоэлементы сгруппированы в более крупные блоки, называемые фотоэлектрическими модулями, которые дополнительно соединены в последовательно-параллельной конфигурации для формирования фотоэлектрических массивов или фотоэлектрических генераторов [3].

3. Математическое моделирование

Математическая модель фотоэлектрических модулей, используемая для упрощения нашего фотоэлектрического массива, представлена уравнением:

$$I = n_p I_{ph} - n_p I_{rs} \cdot \left[\exp \left(\frac{q}{kTA} \frac{V}{n_s} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

где источник тока I_{ph} представляет собой фототок ячейки; I — выходной ток фотоэлектрической батареи; V — выходное напряжение фотоэлектрической батареи; n_s — количество ячеек последовательно и n_p — количество ячеек параллельно; q — заряд электрона; A — фактор идеальности p-n-перехода; T — температура ячейки (K); I_{rs} — обратный ток насыщения ячейки. Коэффициент A в уравнении (1) определяет отклонение ячейки от идеальных характеристик p-n перехода; он находится в диапазоне от 1 до 5, но для нашего случая $A=2,46$ [1]. Обратный ток насыщения ячейки I_{rs} зависит от температуры согласно следующему уравнению:

$$I_{rs} = I_{rs} \left(\frac{T}{T_r} \right)^3 \cdot \left[\exp \left(\frac{qE_g}{kA} \left[\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T} \right] \right) \right] \quad (2)$$

$$E_g = E_g(0) - \frac{\alpha T^2}{T + \beta}$$

где T_r — эталонная температура ячейки, I_{rs} — температура обратного насыщения ячейки при T_r и E_g — ширина запрещенной зоны полупроводника, используемого в ячейке. Уравнение (2) может быть расширено для одного массива фотоэлектрических модулей, состоящего из нескольких фотоэлектрических модулей, и для фотоэлектрической фермы со многими массивами.

Вольтамперные характеристические фотоэлектрического модуля

Основные токовые характеристики, используемых в модели параметров приведены в таблице 1.

Основные токовые характеристики, используемых в модели параметров приведены в таблице 1.

N		Rs	Vs	Is	P
Мощность	150 Вт	0,021	22.06	0,63	150,14
Напряжение	20 В	0,018	22.06	0,63	150,14
Ток	18 А	0,016	22.06	0,63	150,14
Текущий ток	10 А	0,014	22.06	0,63	150,14
Текущее напряжение	22 В	0,011	22.06	0,63	150,14
Температура	0,058 C	0,009	22.06	0,63	150,14
Элемент	36	0,005	22.06	0,63	150,14

Характеристика тока к напряжению солнечной батареи нелинейна, что затрудняет определение основных особенностей вольтамперной характеристики (ВАХ). На рисунке ниже показана характеристическая кривая IV для фиксированного уровня солнечного излучения и температуры.

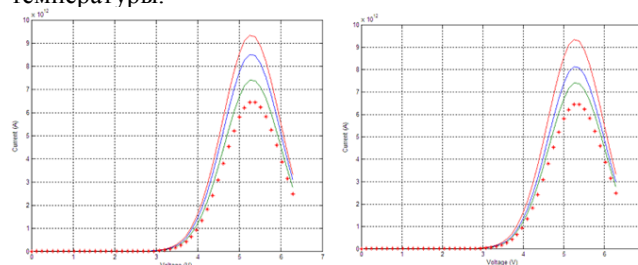


Рис. 2. Характеристики фтоэлемента при различном облучении при постоянной температуре 25 °C.

На рис. 2 и рис. 3 представлены характеристики ток-напряжение и напряжение-мощность (кривые IV и PV) соответственно при различном облучении с постоянной температурой на основе уравнений моделирования. Отметим, что в настоящей работе солнечное излучение изменяется со значениями 1000, 800, 600, 400, 200 и 550 Вт/м² а это средняя освещенность, при температуре в стандартных условиях 25°C. На рисунках показано, что ток фотоэлектрической ячейки зависит от излучения при постоянной температуре. Однако, когда облучение увеличивается, ток и напряжение фотоэлемента увеличиваются. Это приводит к увеличению выходной мощности в этом рабочем состоянии.

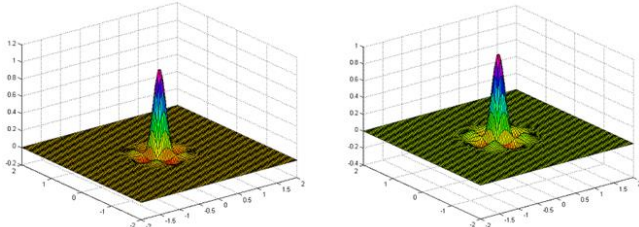


Рис. 3. Характеристики фтоэлемента при различном облучении при постоянной температуре 25 °С.

На рисунках ниже показано изменение вольтамперной характеристики фотоэлектрической ячейки при различных температурах и освещенности. Как видно из рисунков, фотоэлектрические характеристики уменьшаются при повышении рабочей температуры, а выходное напряжение резко снижается, что повлияет на

снижение полезной выходной мощности при повышении температуры.

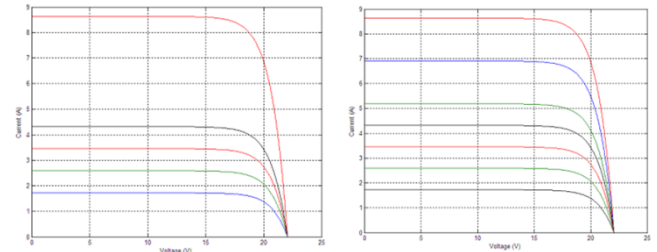


Рис. 4. ВАХ при переменном облучении при постоянной температуре 25 °С.

Согласно анализу и получению результатов, ВАХ при изменении сопротивления модуля при сохранении постоянной температуры и облучения при 1000 Вт/м² и 25°C соответственно. В этом случае влияние сопротивления приводит к отклонению точки максимальной мощности на большую величину. Эффект очень мал, и в некоторых случаях им можно пренебречь. Обычно значение R_{sh} очень велико, поэтому им можно пренебречь.

Заключение. Таким образом, мы определяли имитационную модель фотоэлектрической ячейки на основе схемы, чтобы позволить оценить электрическое поведение ячейки в отношении изменений параметров окружающей среды температуры и освещенности. Точная электрическая модель фотоэлектрического модуля представлена на основе математических уравнений.

Литература

1. Экер Дж., Червин А. (1999). Набор инструментов Matlab для совместной разработки систем реального времени и систем управления. Материалы Шестой международной конференции по вычислительным системам и приложениям реального времени. RTCSA'99 (Кат. № PR00306), -С. 320–327.
2. Муньос Дж., и Диас, П. (2010). Лаборатория виртуальных фотоэлектрических энергетических систем. 1737–1740.
3. Интерактивные виртуальные лаборатории с использованием MATLAB/Simulink, 21 (5), 798–813.

РЕЗЮМЕ. Ушбу мақола ҳарорат ва ёруғлик каби атроф-муҳит параметрларининг ўзгариши билан боғлиқ ҳолда ҳужайра-нинг электр ҳаракатини баҳолаш учун схемага асосланган PV ҳужайра симуляция моделини белгилайди. Фотоволтаик модуль-нинг электр модели математик тенгламалар асосида аниқланади. Умумий модел MATLAB/Simulink муҳитида амалга оширилган ва ёритишни ўзгарувчи сифатида қабул қилади ва ВАХни чиқаради.

РЕЗЮМЕ. В статье определяется имитационная модель фотозлемента на основе схемы, позволяющая оценить электрическое поведение элемента в отношении изменений параметров окружающей среды – в частности, температуры и освещенности. Электрическая модель фотозлемента модуля определяется на основе математических уравнений. Общая модель была реализована в среде MATLAB/Simulink и принимает освещенность в качестве переменных параметров и выводит ВАХ.

SUMMARY. This article defines a circuit-based PV cell simulation model to evaluate the cell's electrical behavior in relation to changes in environmental parameters, such as temperature and light. The electrical model of the photovoltaic module is determined based on mathematical equations. The general model was implemented in the MATLAB/Simulink environment and accepts illumination as variables and outputs the VAX.

MATRICANÍŇ JORDAN NORMAL FORMASI

T.T.Kalekeeva – *pedagogika ilimleri boyınsha filosofiya doktori, docent*

Z.J.Djumabekova – *magistrant*

Ájiniyaz atındaǵı Nókis mámleketlik pedagogikalıq institutı

Tayanch so‘zlar: Jordan normal shakl, matritsa, kvadrat matritsa, kanonik matritsa, determinant bo‘luvchilar, invariant omillar.

Ключевые слова: нормальная форма Жордана, матрица, квадратная матрица, каноническая матрица, делители определителя, инвариантные множители.

Key words: Jordan normal form, matrix, square matrix, canonical matrix, determinant divisors, invariant factors.

Anıqlama. Eger F maydandaǵı kvadrat matricanıń diagonaldaǵı barlıq elementler óz-ara teń, hár bir qatarda diagonaldaǵı elementniń óń tárepinde turǵan element birge teń hám qalǵan barlıq elementler nolge teń bolsa, bunday matrica Jordan ketegi dep ataladı:

$$J_k(\alpha) = \begin{pmatrix} \alpha & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 1 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \alpha & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha \end{pmatrix}$$

Bul jerdegi α san jordan keteginiń menshikli sanı dep ataladı.

$$J_1(\alpha) = J_2(\alpha) = \begin{pmatrix} \alpha & 1 \\ 0 & \alpha \end{pmatrix}$$

Anıqlama. Eger F maydandaǵı kvadrat matricanıń bas diagonalı izbe-iz jaylasqan Jordan ketekshelerden ibarat jáne bul keteklerden sırtındaǵı barlıq elementler nol bolsa, bunday matrica *jordan matricası* dep ataladı[1].

Solay etip, jordan matricası uyqas $J_{k_1}(\alpha_1), J_{k_2}(\alpha_2), \dots, J_{k_s}(\alpha_s)$ jordan keteklerdiń izbe-izligi menen tolıq anıqlanadı, bul jerde $k_1, k_2, \dots, k_s$ hám $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_s$ sanlar hár túrli bolıwı shárt emes. Atap aytqanda, diagonal matrica – birinshi tártipli Jordan keteklerinen payda etilgen jordan matricası bolıp tabıladı. Ulıwma jaǵdayda jordan matricası tómendegi kóriniske iye: