

УДК 620.92

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ
СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ В СРЕДЕ MATLAB
(MODELLING AND PREDICTING OF POWER OF PHOTOVOLTAIC MODULE IN THE
MATLAB ENVIRONMENT)**

Динь Ван Тай
Dinh Van Tai

Томский политехнический университет
E-mail: dinhvantai88@gmail.com

Показана возможность построения математических моделей любого солнечного модуля при известных показателях. Установлено, что при изменении температуры и солнечной радиации, вольтамперная характеристика соответственно изменяется. Разработанная модель была использована для краткосрочного прогнозирования мощности солнечных модулей. Моделирование и имитация выполняются в среде Matlab.

(Mathematical model of photovoltaic module based on the data sheet parameters has been developed. A computer simulation program is developed to determine the electrical performances with respect to changes on environmental conditions (temperature and irradiance). This model has been used for short term prediction of power. The simulation results have been performed through Matlab/Simulink environment.)

Ключевые слова:

Моделирование солнечных модулей, прогнозирование вырабатываемой мощности, Simulink/Matlab, Guide.

(Modelling of photovoltaic module, power prediction, Simulink/Matlab, Guide.)

Использование солнечной энергии в электричество является одним из наиболее перспективных и активно развиваемых направлений возобновляемой энергетики. Солнечная энергия обладает практически безграничными ресурсами, при этом преобразование ее не приводит к загрязнению окружающей среды.

Главными недостатками солнечной энергии являются переменные характеристики и зависимости от климатических изменений. Целью исследования является создание модели солнечных батарей на базе доступных данных производителей с учетом комплексных воздействий, приводящих к изменению выходных характеристик батарей. Для построения модели необходимо было решить ряд задач:

- Возможность построения вольтамперной (ВАХ) и вольтваттной (ВВХ) характеристик в допустимом диапазоне рабочих температур;

- С помощью созданных модели сделано краткосрочное прогнозирование вырабатываемой мощности солнечных батарей.

Для облегчения дальнейшей работы приведены некоторые обозначения:

I_{sc} – Ток короткого замыкания;

V_{oc} – Напряжения холостого хода;

P_{max} – Максимальная мощность;

V_{mp} – Напряжение в точке P_{max};

I_{mp} – Ток в точке P_{max};

R_s – Последовательное сопротивление;

R_{sh} – Параллельное сопротивление;

n – Фактор идеальности вольтамперной характеристики диода;

E_g – Запрещенная зона;

K_i – Температурный коэффициент тока короткого замыкания;

T – Температура на поверхности батареи;

G – Солнечная радиация;

I_{ph} – Фототок;

I_d – Темновой ток (ток диода);

Обобщенная модель солнечной батареи

Обобщенная модель СЭ показана на рис. 1. Источник тока I_{ph} представляет собой фототок, зависящий от интенсивности излучения, диод D описывает ток, протекающий через неидеальный (с фактором идеальности n) p-n переход СЭ. В модель включены паразитные параметры структуры фотоэлемента - последовательное сопротивление R_s и параллельное сопротивление R_{sh} [1]:

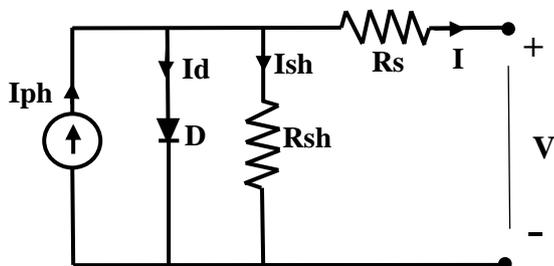


Рис. 1. Обобщенная модель СЭ

Модель солнечного элемента описывается следующими уравнениями [2]:

$$I = I_{ph} \cdot N_p - I_d - I_{sh}, \tag{1}$$

$$I_{ph} = \frac{G}{G_{ref}} \cdot (I_{ph,ref} + k_i \cdot \Delta T), \tag{2}$$

$$I_d = I_s \cdot \left[\exp\left(\frac{(V + I \cdot R_s) \cdot q}{N_s \cdot A \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right], \tag{3}$$

$$I_s = I_{rs} \cdot \left(\frac{T}{T_{ref}}\right)^3 \cdot \exp\left(\frac{E_g \cdot q}{n \cdot k} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}}\right)\right), \tag{4}$$

$$I_{rs} = \frac{I_{sc}}{\exp\left(\frac{V_{oc} \cdot q}{k \cdot N \cdot T \cdot n} - 1\right)}, \tag{5}$$

$$I_{sh} = \frac{V + I \cdot R_s}{R_{sh}}, \tag{6}$$

Моделирование солнечного элемента в Matlab

Используем последовательно формулы (2) – (6) для расчетов необходимых токов на диоде и на сопротивлениях, получается промежуточные подсистемы. Потом с помощью формулы (1) суммируем чтобы получить конечную модель. Эти действия показаны на рисунках (2) – (5):

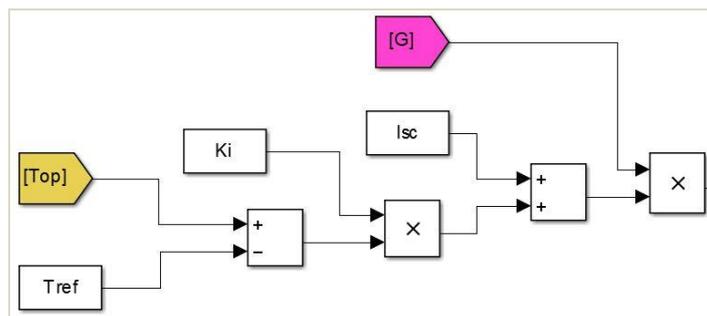


Рис. 2. Подсистемы для расчета I_{ph}

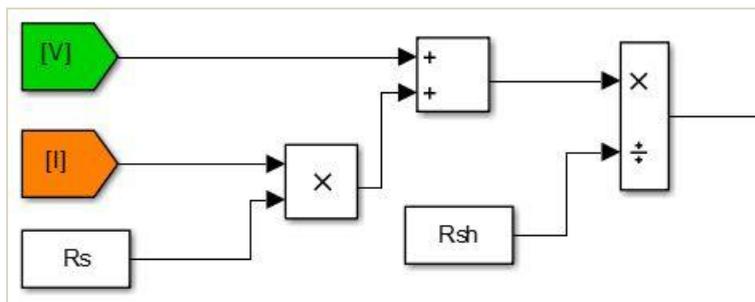


Рис. 3. Подсистемы для расчета I_{sh}

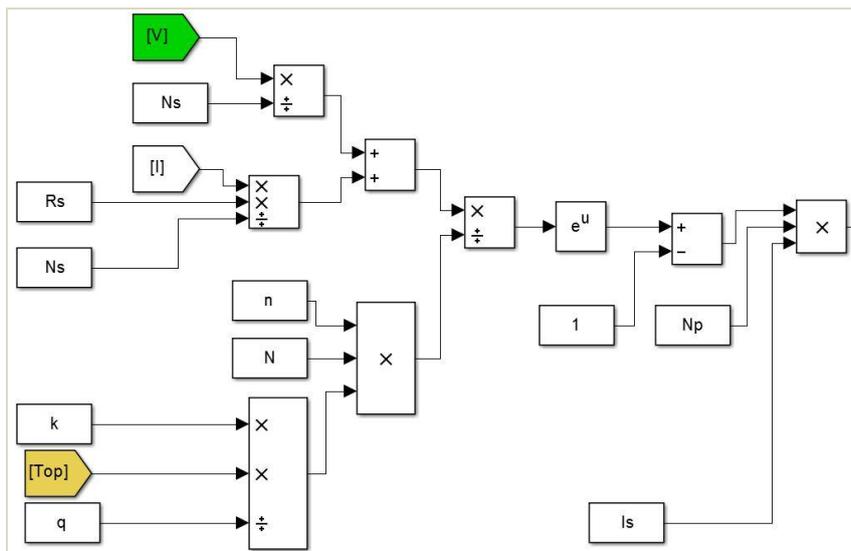


Рис. 4. Подсистемы для расчета I_{rs}

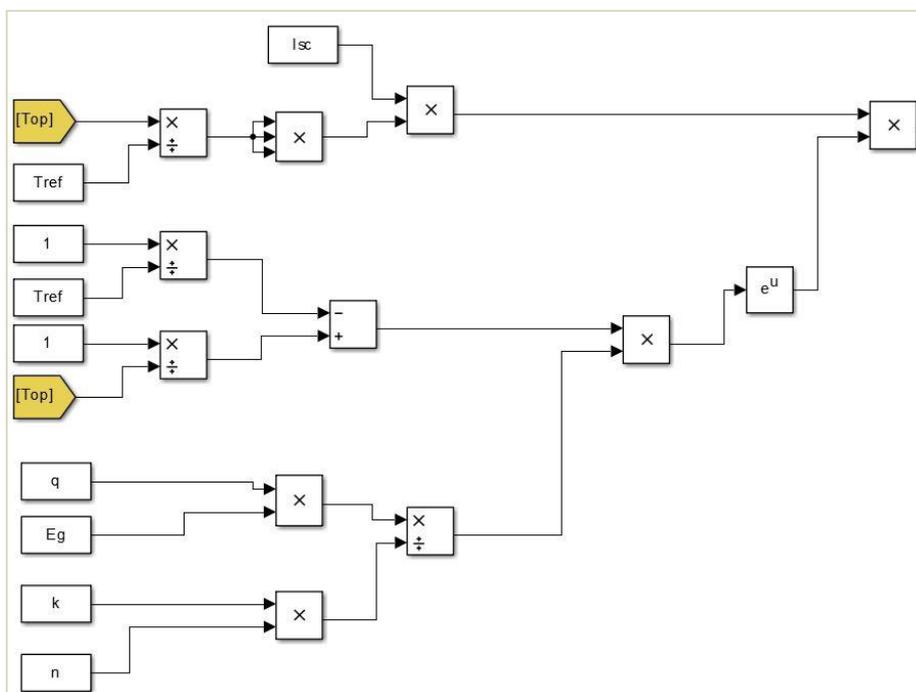


Рис. 5. Подсистемы для расчета I_s

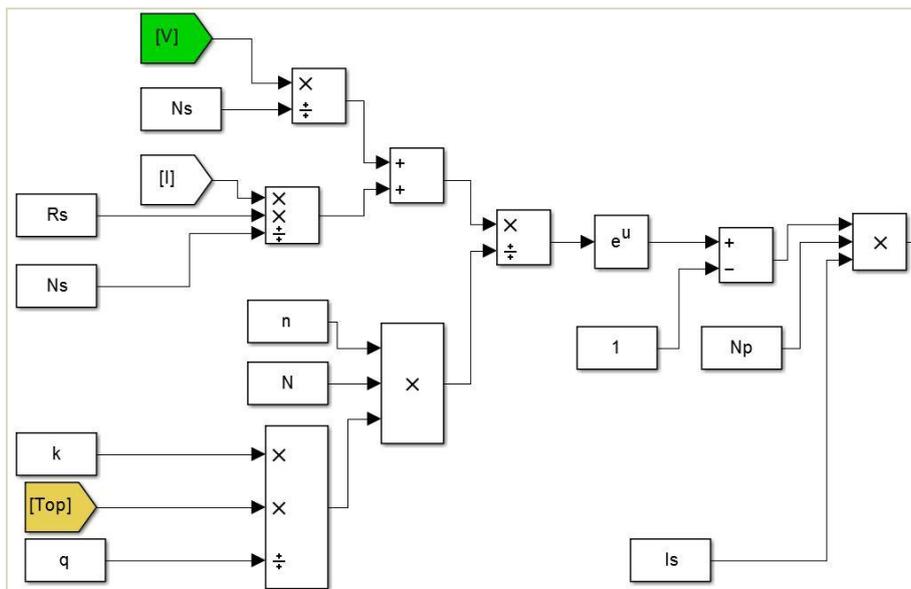


Рис. 6. Подсистемы для расчета I_d

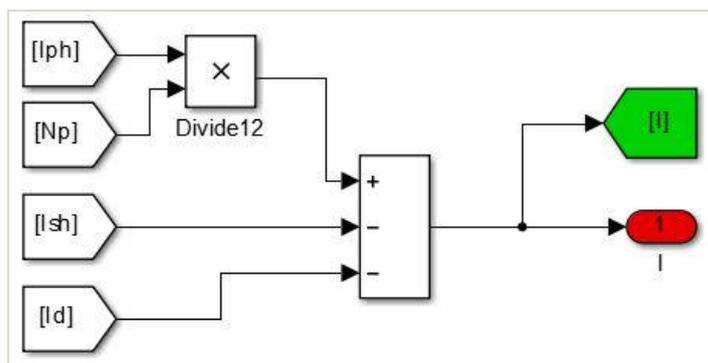


Рис. 7. Подсистемы для расчета I

Рабочая мощность солнечного элемента получается путем умножения I и V :

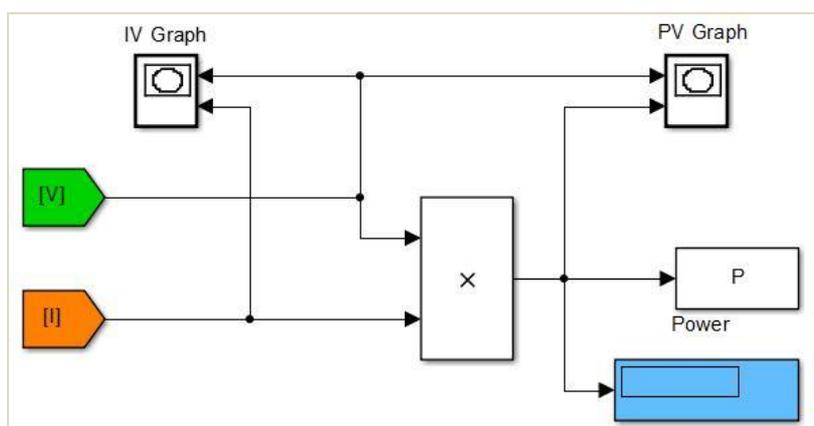


Рис. 8. Подсистемы для расчета мощности P

Для удобного пользования было разработано приложение в среде Matlab/Guide. Моделирование любого солнечного элемента осуществляется при помощи интерфейса (Рис. 9):

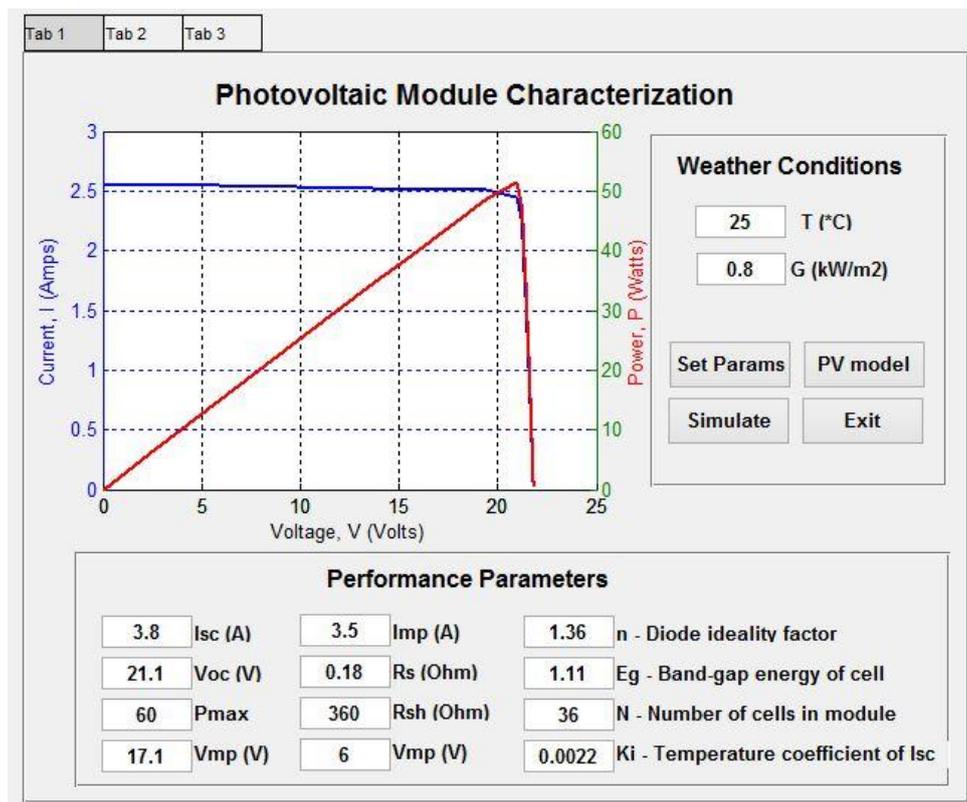


Рис. 9. Окно приложения

Обращение к элементам интерфейса окна приводит к соответствующим действиям. В данной работе пользователь должен выполнить по следующим порядкам:

1. Вводить основные параметры солнечного элемента, которые дается производителем в технической спецификации;
2. Задать температуру и солнечную радиацию;
3. Выполнять расчеты и анализировать полученные результаты.

Краткосрочное прогнозирование мощности солнечных модулей

Созданная модель позволяет построить вольтваттную характеристику солнечный элемент с учетом изменения температуры и солнечной радиации. Оттуда можем определять точку, в которой мощность достигается максимальному значению.

Однако, краткосрочные прогнозируемые значения температуры и солнечной радиации легко брать с сервера прогноза погоды. Следовательно, мы можем сделать прогноз вырабатываемой мощности солнечного элемента в любой момент или на некоторые интервалы суток впереди (Рис. 10):

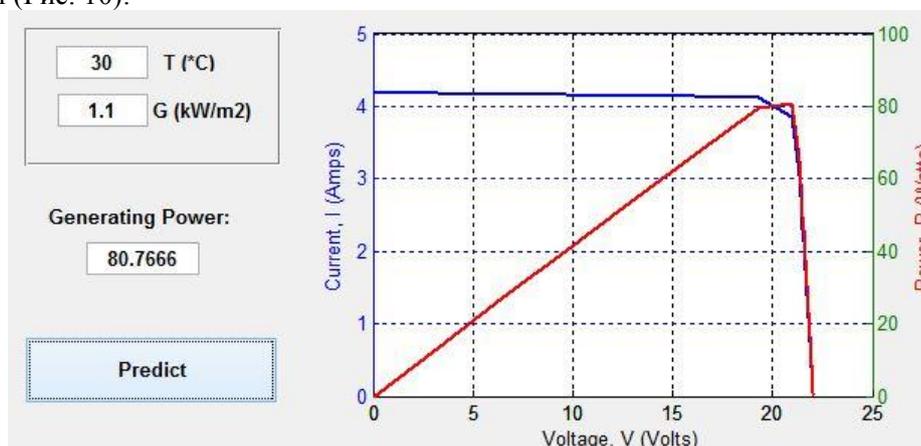


Рис. 10. Пример прогнозирование мощности солнечной модули

Заключение

Созданная модель солнечных модулей обладает свойствами адекватности, наглядности и позволяет описывать изменение характеристик солнечных модулей под действием множества значимых факторов с высокой точностью. В ходе работы над моделью был использован для краткосрочного прогнозирования мощности солнечных модулей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering / AntonioLuque. - Instituto de Energia Solar, Universidad Politecnica de Madrid, Spain. – 2003. – 1167 с.
2. Savita Nema, R.K. Nema, GayatriAgnihotri. MATLAB/Simulink based study of photovoltaic cells // International journal of Energy and Environment. – 2010. – vol.1. – No.3. – p.487-500.
3. Юрченко А.В., Козлов А.В, Охорзина А.В., Китаева М.В., Пургин А.П./ Система контроля работы фотоэлектрического модуля./ ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (г. Барнаул). 2014. – С 79–83.

Сведения об авторе:

Динь Ван Тай: г. Томск, аспирант ИНК ТПУ; сфера научных интересов: моделирование, солнечная энергия, возобновляемая энергия, Beagle BoneBlack.