

ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ

Кривда В. І., Курінько Д. Д., Майданов Д. О., Зубак В. В

Одеський національний політехнічний університет

Анотація. Модель сонячної батареї потужністю 270 Вт представлена у вигляді функціональної схеми. Запропоновано поліноміальну залежність максимальної потужності джерела альтернативної енергії від сонячного випромінювання, яка отримана шляхом апроксимації характеристик, що побудовані на основі моделювання в Matlab. Похибка розрахунків не перевищує 1%. Імітаційна модель для визначення електричних параметрів сонячної батареї адекватна.

Ключові слова: сонячна батарея, модель, моделювання, адекватність.

Вступ

Альтернативні джерела енергії останнім часом викликають особливу зацікавленість у вчених з різних країн світу [1-4]. Природні родовища традиційних енергоносіїв, нафти і газу, рано чи пізно вичерпаються. Актуальне питання сьогодення – звідки отримувати енергію в майбутньому? У Європі активно використовується енергія вітру, є спроби добути енергію з моря, але ця стаття присвячена використанню сонячної енергії.

Сонячна енергія є одним з найбільш відновлюваних і легкодосяжних джерел енергії, генерується у вигляді тепла та світла на сонці. Той факт, що сонячне світло і тепло є доступними у великій кількості, не належать нікому, робить їх одним з найважливіших альтернативних джерел енергії [5,6].

Незважаючи на те, що сонячна енергія є поновлюваним ресурсом і вважається однією з найчистіших наявних джерел енергії, вона все ще має екологічні наслідки. Для отримання електроенергії від сонячної станції застосовуються фотоелементи на основі кремнію, виробництво якого пов'язане з використанням відходів. Неправильне використання цих матеріалів може призвести до виникнення ризику небезпечного впливу на людину і навколишнє середовище. Установка сонячних електростанцій може потребувати великої площі і може вплинути на захист екосистеми поверхні Землі. Однак після перетворення в електричну енергію, сонячна вже не забруднює повітря, а сонячна енергія сама падає на землю в

достатку, особливо в гарячих країнах [7-11].

Сучасні сонячні батареї прості і надійні в експлуатації, не вимагають додаткових ресурсів, не схильні до механічного зносу та не потребують обслуговування. Сонячні батареї довговічні. Вони виробляють енергію протягом усього світлового дня, навіть у похмуру погоду.

Системи використання сонячної енергії досконалі і екологічно безпечні. У всьому світі на них величезний попит. Люди починають відмовлятися від використання традиційних видів палива через зростання цін на газ і нафту [11,12].

В Україні за 2017 рік загальна потужність введених в експлуатацію сонячних електростанцій збільшилась вдвічі. Це в свою чергу дозволяє розвивати необхідну інфраструктуру, і налагоджувати виробництво.

1. Актуальність дослідження

Екологічність та економічність є найбільшою перевагою альтернативної енергетики сьогодення. Визначення характеристик, дослідження змін в процесі експлуатації за наявності впливу навколишнього середовища, змін параметрів електричної мережі є актуальною проблемою, яка буде розглядатися не тільки сьогодні, а й у майбутньому. Оскільки знання цих величин дозволить виробнику прогнозувати, контролювати та редагувати технічні параметри ще на стадії виробництва сонячних батарей.

2. Мета та задачі дослідження

Мета – створення моделі сонячної батареї для визначення електричних характеристик і впливу сонячних потоків на її роботу.

Для складання функціональної моделі сонячної батареї необхідно було вирішити такі завдання:

– виконати розрахунок параметрів сонячних батарей в середовищі Simulink / Matlab;

- виконати моделювання вольт-амперної характеристики сонячних батарей;
- виконати апроксимацію отриманих результатів;
- скласти імітаційну модель максимальної потужності;
- перевірити адекватність.

3. Об'єкт дослідження

Об'єктом досліджень прийнято сонячні батареї потужністю 270 Вт різних виробників, що складаються з 60 кремнієвих елементів.

4. Моделювання

В процесі аналізу світового досвіду проектування та впровадження сонячних батарей в експлуатацію, виявлено, що однією з найрозповсюдженіших є саме потужність 270 Вт.

В розробленій програмі, що представлена в середовищі Matlab/Simulink [8] виконано моделювання електричних характеристик (рис.1).

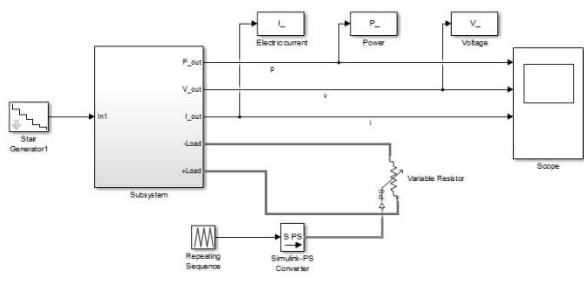


Рис. 1. Функціональна схема елементів системи розрахунку параметрів сонячної батареї в Matlab/Simulink

Представлена система розрахунків апробована на сонячних панелях з різними значеннями потужностей. В кожному з випадків отримані адекватні результати. В діапазоні номінальних параметрів похибка розрахунків та каталожні дані не відрізняються більше ніж на 5 % між собою.

Алгоритм роботи згаданої системи представлено у вигляді спрощеної блок-схеми на рис. 2. Отримані результати підтвердили попередні дослідження про те, що робочий струм сонячної батареї зростає зі збільшенням рівня інтенсивності освітленості та майже не залежить від температури навколишнього середовища, за умови що вона знаходиться в діапазоні від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Модель [8] дала змогу визначити залежність потужності від зміни рівня освітленості.

За результатами моделювання сонячної батареї були побудовані відповідні характеристики.

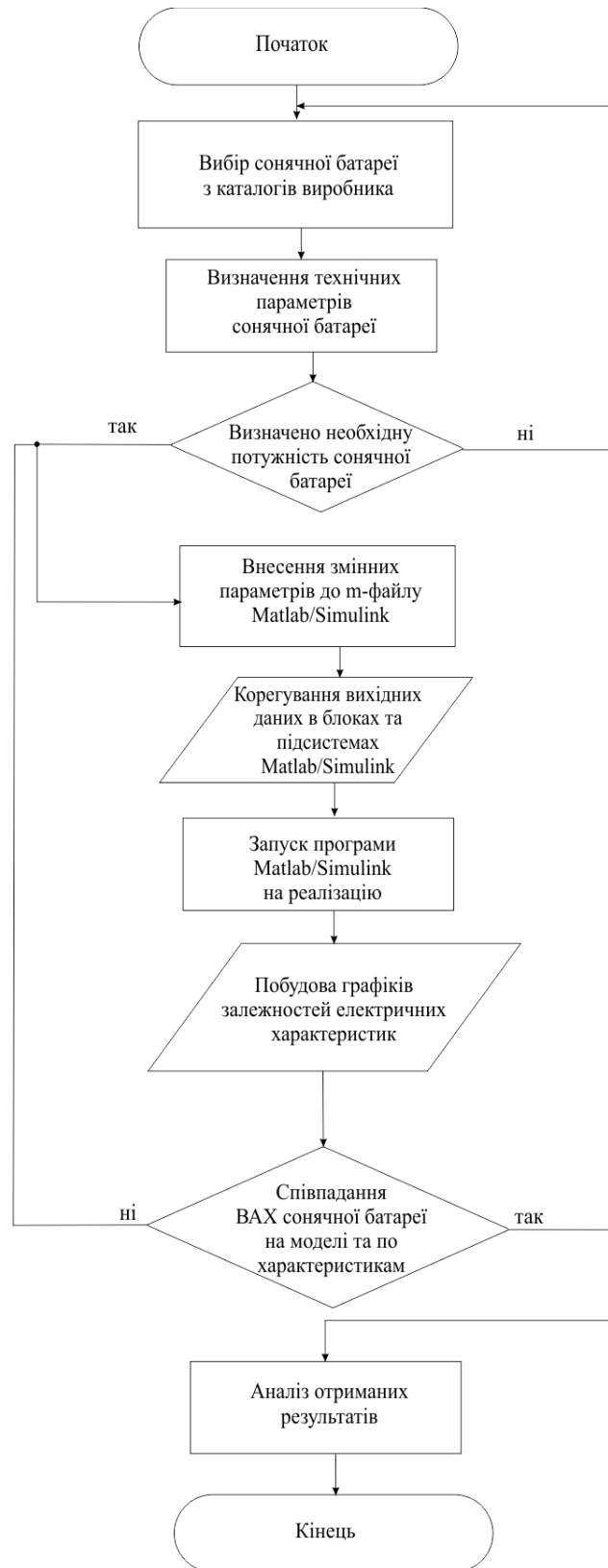


Рис. 2. Спрощена блок-схема роботи з системою розрахунків в Matlab/Simulink

Апроксимація графічних залежностей поліноміальною залежністю дала можливість скласти імітаційну математичну модель

$$P_{\max}(\gamma) = A\gamma^2 + B\gamma + C, \quad (1)$$

де γ - інтенсивність сонячного випромінювання, Вт/м²;

A, B, C - коефіцієнти полінома другого порядку, в.о.

Коефіцієнти поліномів імітаційної моделі сонячної батареї наведено в табл. 1.

Таблиця 1
Коефіцієнти поліномів імітаційної моделі сонячної батареї

Коефіцієнти поліномів	Робоча температура, °C		
	-20	5	25
A	0,00003	-0,00002	0,00002
B	0,3122	0,3515	0,265
C	-13,078	-21,584	-12,067

Графічна інтерпретація залежності потужності сонячної батареї від інтенсивності сонячного випромінювання в діапазоні температур від -20 °C до 25 °C представлена на рис. 3.

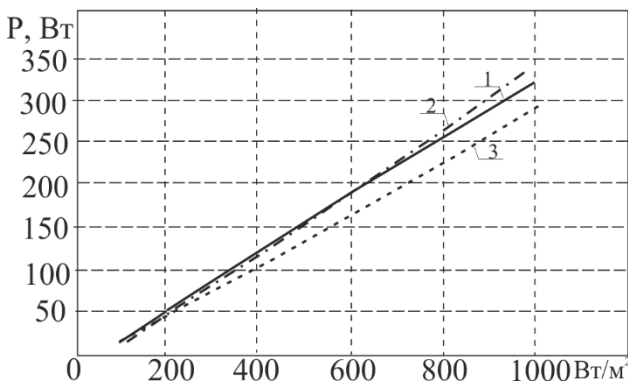


Рис. 3. Залежність потужності сонячної батареї від інтенсивності сонячного випромінювання: 1 - при температурі 5°C; 2 - при температурі -20°C; 3 - при температурі 25°C

Таблиця 2
Похибка апроксимації імітаційної моделі сонячної батареї

Похибка апроксимації	Робоча температура, °C		
	-20	5	25
R ² , в.о.	0,9996	0,9852	0,9999

Отже, похибка апроксимації імітаційної моделі сонячної батареї не перевищує 1% в діапазоні температур від -20 до 25 °C. В області температур близько 0 °C спостерігається її незначне збільшення, що говорить про більшу складну залежність, яка краще характеризується поліномами вищих порядків.

Висновки

Запропонована імітаційна модель дозволяє визначати максимальну потужність сонячної батареї в залежності від інтенсивності сонячного випромінювання. Наведена блок-схема дає змогу користувачу орієнтуватись на стадіях вибору технічних параметрів, моделювання та отриманні адекватних результатів. Доведено адекватність запропонованої моделі в представленому діапазоні температур, що дозволяє застосовувати її для подальших досліджень та пошуку оптимальних варіантів використання. Практична реалізація доцільна для визначення максимальної потужності при застосуванні сонячних батарей, з урахуванням як робочої температури так й інтенсивності сонячного випромінювання.

Список використаної літератури

1. Sudhakar, N. Chaos control in solar fed DC-DC boost converter by optimal parameters using nelder-meade algorithm powered enhanced BFOA [Text] / N. Sudhakar, N. Rajasekar, A. Saya, Jyotheeswara Reddy K. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 263, 2017, – pp. 1–22. doi:10.1088/1757-899X/263/5/052018
2. Gaga, A. Design and realization of an autonomous solar system [Text] / A. Gaga, O. Diouri, N. Es-sbai, F. Errahimi // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 186, 2017, – pp. 1–9. doi:10.1088/1757-899X/186/1/012031
3. Bohari, Z. H. Technical Feasible Study for Future Solar Thermal Steam Power Station in Malaysia [Text] / Z. H. Bohari, N. N. Atira, M. H. Jali, M. F Sulaima, T. A Izzuddin, M. F Baharom // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 241, 2017, – pp. 1–6, doi:10.1088/1757-899X/241/1/012031
4. Трещ, А. М. Моделирование солнечных батарей в среде MATLAB/SIMULINK // «Информационные технологии в образовании, науке и производстве» [Электронный ресурс]: Международная научно-техническая интернет-конференция, Минск, 16-17 ноября 2013 г. / Белорусский национальный технический университет, Международный институт дистанционного образования. – Минск, 2013. – Режим доступа : <http://www.bntu.by/news/39-conference/951-mntk-mido-16-17.html>.
5. Harte, Reinhard Design and construction of a prototype solar updraft chimney in Aswan / Egypt [Text] / Reinhard Harte, Markus Tschersich, Rudiger Hoffer, Tarek Mekhail // Journal of Acta Polytechnica, 2017, № 57 (3). – pp. 167–181, doi:10.14311/AP.2017.57.0167

6. Mohiuddin, A. K. M. Design and development of hybrid energy generator (photovoltaics) with solar tracker [Text] / Mohiuddin A. K. M, Mohamad Syabil Bin Sabarudin, Ahsan Ali Khan, Sany Izan Ihsan // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 184, 2016. – pp. 1–8. doi:10.1088/1757-899X/184/1/012043

7. Jeevargi, Chetankumar Design and simulation of front end power converter for a microgrid with fuel cells and solar power sources [Text] / Chetankumar Jeevargi, Anuj Lodhi, Allu Sateeshkumar, D. Elangovan, G. Arunkumar // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 263, 2017, pp. 1 – 7. doi:10.1088/1757-899X/263/5/052003

8. Кривда, В. І. Моделювання електричних характеристик сонячної панелі [Текст] / В. І. Кривда, О. О. Василенко, М. О. Федорова // Електротехнічні та комп'ютерні системи, Одеса, 2017, № 26 (102), – с. 25–31 <http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.26.102.2017.3>

9. Speerforck, Arne Modeling and simulation of a desiccant assisted solar and geothermal air conditioning system [Text] / Arne Speerforck, Jiazhen Ling, Vikrant Aute, Reinhard Radermacher, Gerhard Schmitz // Energy, Vol 141, 2017, - pp. 2321 –2336 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.151>

10. Duan, Liqiang Performance analysis of a tower solar collector-aided coal-fired power generation system [Text] / Liqiang Duan, Xiaohui Yu, Shilun Jia1, Buyun Wang & Jinsheng Zhang // Journal of Energy Science and Engineering, 2016, № 5(1), – pp. 38–50 doi: 10.1002/ese3.147

11. Lvovich, Ya Simulation of Solar Energy Use in Livelihood of Buildings [Text] / Ya Lvovich, A P Preobrazhenskiy, O N Choporov // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 262, 2017, – pp. 1–7. doi:10.1088/1757-899X/262/1/012202

12. Wang, Jun Status and future strategies for Concentrating Solar Power in China [Text] / Jun Wang, Song Yang, Chuan Jiang, Yaoming Zhang, Peter D. Lund // Journal of Energy Science and Engineering № 5(2), 2017, – pp. 100–109, doi: 10.1002/ese3.154

References

1. Sudhakar, N., Rajasekar, N., Saya, A., Reddy K., Jyotheeswara (2017), “Chaos control in solar fed DC-DC boost converter by optimal parameters using nelder-meard algorithm powered enhanced BFOA”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 263, pp. 1 – 22. doi:10.1088/1757-899X/263/5/052018

2. Gaga, A., Diouri, O., Es-sbai, N., Errahimi, F. (2017) “Design and realization of an autonomous solar system”, IOP Conf. Series: Materials

Science and Engineering, 186, pp. 1–9. doi:10.1088/1757-899X/186/1/012031

3. Bohari, Z. H., Atira, N. N., Jali, M. H., Sulaima, M. F., Izzuddin, T. A., Baharom, M. F. (2017), “Technical Feasible Study for Future Solar Thermal SteamPower Station in Malaysia”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 241, pp. 1–6, doi:10.1088/1757-899X/241/1/012031

4. Treshh, A. M. (2013) “Simulation of solar cells in the MATLAB/SIMULINK environment” [“Modelirovanie solnechnykh batarej v srede MATLAB/SIMULINK”], «Informacionnye tehnologii v obrazovanii, nauke i proizvodstve» [«Information technologies in education, science and production»] // Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja internet-konferencija, Minsk, available at: <http://www.bntu.by/news/39-conference/951-mntk-mido-16-17.html>.

5. Harte, Reinhard, Tschersich, Markus, Hoffer, Rudiger, Mekhail, Tarek (2017) “Design and construction of a prototype solar updraft chimney in Aswan / Egypt”, Journal of Acta Polytechnica, № 57 (3), pp. 167–181, doi:10.14311/AP.2017.57.0167

6. Mohiuddin, A. K. M, Syabil Bin Sabarudin Mohamad, Ali, Khan Ahsan, Ihsan, Sany Izan (2016) “Design and development of hybrid energy generator (photovoltaics) with solar tracker”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 184, pp. 1–8. doi:10.1088/1757-899X/184/1/012043

7. Jeevargi, Chetankumar, Lodhi, Anuj, Sateeshkumar, Allu, Elangovan, D., Arunkumar, G. (2017), “Design and simulation of front end power converter for a microgrid with fuel cells and solar power sources”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 263, pp. 1–7. doi:10.1088/1757-899X/263/5/052003

8. Kryvda, V. I, Vasilenko, O. O., Fedorova M. O. (2017), “Modeling of electrical characteristics of the solar panel” [“Modelyuvannya elektrichnikh kharakteristik sonyachnoi' paneli”], Electrotechnik and computer systems, Odesa, № 26 (102), pp. 25 –31 <http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.26.102.2017.3>

9. Speerforck, Arne, Ling, Jiazhen, Aute, Vikrant, Radermacher, Reinhard, Schmitz, Gerhard (2017) “Modeling and simulation of a desiccant assisted solar and geothermal air conditioning system”, Energy, Vol 141, pp. 2321-2336 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.151>

10. Duan, Liqiang, Yu, Xiaohui, Jia1, Shilun, Wang, Buyun, Zhang, Jinsheng (2016), “Performance analysis of a tower solar collector-aided coal-fired power generation system”, Journal of Energy

Science and Engineering, № 5(1), pp. 38–50 doi: 10.1002/ese3.147

11. Lvovich, Ya, Preobrazhenskiy, A. P., Chorporov O. N. (2017), “Simulation of Solar Energy Use in Livelihood of Buildings”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 262, p. 1 –7. doi:10.1088/1757-899X/262/1/012202

12. Wang, Jun, Yang, Song, Jiang, Chuan, Zhang, Yaoming, Lund, Peter D. (2017), “Status and future strategies for Concentrating Solar Power in China”, Journal of Energy Science and Engineering № 5(2), p. 100 –109, doi: 10.1002/ese3.154

VERIFICATION OF THE ADEQUACY MODELING THE PARAMETERS OF THE SOLAR BATTERY

V. I. Kryvda, D. D. Kurinko, D. A. Majdanov, V. V. Zubak

Odessa National Polytechnic University

Abstract. *Solar energy is one of the most renewable and easily accessible sources of energy. Modern solar panels are simple and reliable in operation. They do not require additional resources, are not prone to mechanical wear and do not require maintenance. The definition of characteristics, the study of changes in the process of operation in the presence of environmental influences, changes in the parameters of the electrical network is an urgent problem that will be considered not only today but also tomorrow. Because knowledge of these values will allow the manufacturer to predict, control and edit the technical parameters at the stage of production of solar cells. The model of a solar battery with a power of 270 W is presented in the form of a functional scheme. The polynomial dependence of the maximum power of an alternative energy source from solar radiation is proposed. This model was obtained by approximating the curves constructed on the basis of modeling in the Matlab program. The objective function of the mathematical model is represented by a second-order polynomial. The coefficients of this polynomial are determined for different operating temperatures. A simplified flowchart for calculation of mathematical dependence is presented. The given block diagram gives the user the opportunity to navigate in the stages of choosing technical parameters, modeling and obtaining adequate results. The approximation error does not exceed 1% in the range of operating temperatures from -20 to 25 °C. In the region near absolute zero there is a slight increase, which indicates a greater complex dependence, which is better characterized by polynomials of higher orders. The proposed model for determining the electrical parameters of a solar battery is adequate, which is confirmed by calculations.*

Keywords: *solar battery, model, simulation, adequacy.*

ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

В. И. Кривда, Д. Д. Куринько, Д. А. Майданов, В. В. Зубак

Одесский национальный политехнический университет

Аннотация. *Модель солнечной батареи мощностью 270 Вт представлена в виде функциональной схемы. Предложена полиномиальная зависимость максимальной мощности источника альтернативной энергии от солнечного излучения, которая получена путем аппроксимации характеристик, построенных на основе моделирования в Matlab. Погрешность расчетов не превышает 1%. Имитационная модель для определения электрических параметров солнечной батареи адекватна.*

Ключевые слова: *солнечная батарея, модель, моделирование, адекватность.*

Отримано 02.04.2018



Кривда Вікторія Ігорівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Одеського національного політехнічного університету, просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна, E-mail: kryvda_v_i@ua.fm, тел. +38-048-705-85-48

Kryvda Victoria, PhD. of Science, Assistant Professor, Assistant professor of the Department of electrical and energy management, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, E-mail: kryvda_v_i@ua.fm, tel. +38-048-705-85-48

ORCID ID: 0000-0001-6647-1049



Курінько Дмитро Дмитрович, студент Одеського національного політехнічного університету, просп. Шевченко, 1, Україна, E-mail: dmitrykurinko@gmail.com, тел. +38-095- 383-78-54

Kurinko Dmitry, student, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, E-mail: dmitrykurinko@gmail.com, tel. +38-095- 383-78-54

ORCID ID: 0000-0001-8304-3257



Майданов Данило Олександрович, студент Одеського національного політехнічного університету, просп. Шевченко, 1, Україна, E-mail: kakhtus2998@gmail.com, тел. +38-099-972-87-85

Maidanov Danylo, student, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, E-mail: kakhtus2998@gmail.com, tel. +38-099-972-87-85

ORCID ID: 0000-0001-7949-010X



Зубак Віктор Валерійович, студент Одеського національного політехнічного університету, просп. Шевченко, 1, Україна, E-mail: viktorzubak172@gmail.com, тел. +38-068-811-24-53

Zubak Viktor, student, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, E-mail: viktorzubak172@gmail.com, тел. +38-068-811-24-53

ORCID ID: 0000-0002-6981-645X