

УДК 004.9

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА В СИСТЕМІ SMARTGRID

Денис Довженко

*Національний авіаційний університет, Київ*

*Науковий керівник – Ольга Кравченко, к.т.н.*

Ключові слова: SmartGrid, відновлювальні джерела енергії, фотоелектричний перетворювач, імітаційне моделювання, MATLAB®Simulink.

### Вступ

Мережі SmartGrid - це автоматизовані системи, які здійснюють власну генерацію, моніторинг та розподіл потоків електричної енергії з урахуванням вимог споживача для досягнення максимальної ефективності енергоспоживання. Власна генерація системи забезпечується відновлювальними джерелами енергії, зокрема фотоелектричними (сонячними) елементами та вітрогенераторами. Фотоелектричні елементи використовуються для перетворення сонячної енергії в електричний струм. Незважаючи на те, що сонячні панелі здатні виробляти достатньо об'ємну потужність завдяки визначеному ККД (від 26% до 42,8% на основі аморфного кремнію та від 14%-19% для комерційно доступних полікристалічних сонячних елементів) [1], існує сукупність критичних факторів, зокрема це температура, освітленість, затінення, сніг, які значним чином впливають на ефективність функціонування сонячних панелей в системі SmartGrid. Як правило, оцінка продуктивності сонячної батареї в стандартних умовах випробувань при освітленості 1000 Вт/м<sup>2</sup> та температурою 25 °С не враховує існуючі географічні та метеорологічні умови, що переважають на місці установки фотоелектричних панелей. Для того, щоб виокремити вплив цих факторів, застосовують комп'ютерне моделювання функціонування фотоелектричних панелей, що здійснюють власну генерацію в системі електропостачання, в режимі реального часу [2].

### Матеріали та методи

Основні технічні характеристики комерційно доступних полікристалічних панелей були використані як вихідні дані для створення моделі фотоелектричного перетворювача. Моделювання виконувалося за допомогою програмного пакету MATLAB®Simulink [3].

### Результати

Моделювання фотоелектричного перетворювача ґрунтується на використанні рівняння вольт-амперної характеристики, яке записується виходячи з однодіодної еквівалентної схеми фотоелектричного перетворювача

$$I = I_L - I_S \cdot \left[ e^{\frac{q_e(U + IR_S)}{AkT}} - 1 \right] - \frac{U + IR_S}{R_p}$$

де  $I_L$  – величина фотоструму;  $I_S$  – струм насичення діоду;  $q_e$  – елементарний заряд;  $A$  – коефіцієнт якості діоду;  $k$  – постійна Больцмана;  $T$  – абсолютна температура ФЕП;  $R_S$  – внутрішній послідовний опір сонячного елемента;  $R_p$  шунтуючий опір ФЕП.

та дводіодної еквівалентної схеми фотоелектричного перетворювача.

$$I = I_L - I_{S1} \cdot \left[ e^{\frac{q_e(U + IR_S)}{A_1kT}} - 1 \right] - I_{S2} \cdot \left[ e^{\frac{q_e(U + IR_S)}{A_2kT}} - 1 \right] - \frac{U + IR_S}{R_p}$$

де  $I_{S1}$  – струм насичення першого діоду, що відповідає дифузійному механізму перенесення носіїв заряду;  $I_{S2}$  – струм насичення другого діоду, що обумовлений рекомбінаційними процесами в р-п переході;  $A_1$  – коефіцієнт якості першого діоду;  $A_2$  – коефіцієнт якості другого діоду.

Слід зауважити, що рівняння, яке виведене з дводіодної еквівалентної схеми, дозволяє точніше описати реальну вольт-амперну характеристику фотоелектричного перетворювача.

На основі визначених рівнянь було виконано імітаційне моделювання (симуляція) процесів, що відбуваються в фотоелектричному перетворювачі, виготовленого на основі полікристалічного кремнію. Отримані результати надають можливість кращого розуміння особливостей протікання динамічних процесів при перетворенні сонячної енергії в електричну.

### Висновок

Імітаційне моделювання фотоелектричного перетворювача як електрогенеруючого елемента системи SmartGrid дозволяє, на стадії її проектування, виконувати аналіз особливостей функціонування системи в цілому з використанням різних експлуатаційних режимів. Крім того, отримана модель надає можливість передбачення поведінки системи при дії сукупності критичних факторів.

### Список використаних джерел

1. James A. Momoh / Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis, 2012, Wiley-IEEE Press, 232 Pages. (ISBN: 978-1-118-15610-0)
2. Tamer Khatib and Wilfried Elmenreich / Modeling of photovoltaic systems using MATLAB® : simplified green codes, 2016, John Wiley & Sons, Inc., 240 Pages. (ISBN: 978-1-119-11810-7)
3. MATLAB® Analyze data, develop algorithms. and create mathematical models. SIMULINK® Run simulations, generate codes, and test, and verify embedded systems - <https://www.mathworks.com/>