

### Список використаних джерел:

1. Норми випробування електрообладнання : СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 – Офіц. вид., приказ Мінпаливенерго 2007-01-15 г. №13. – К.: ОЕП «ГРИФРЕ» : М-во палива та енергетики України, 2007. – 262 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).
2. Shutenko Oleg, Zagaynova Alexandra, Serdyukova Galina Analysis of distribution laws of insulation indicators of high-voltage oil-filled bushings of hermetic and non-hermetic execution // Technology audit and production reserves. – 2018. – Vol. 4. – №. 1 (42). – pp 30–39.
3. O. Shutenko, A. Zagaynova, G. Serdyukova Determining the Maximally Permissible Values for the Indicators of Insulation of Sealed Entrance Bushings with a Voltage of 110 kV Using the Method of Minimal Risk //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies– 2018. – Vol. 5. – №. 8 (95). – pp. 6–15.

УДК 621.472:629.78

## ВПЛИВ РОБОЧОЇ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЛІВКОВИХ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Зайцев Р.В., Кіріченко М.В., Прокопенко Д.С., Хрипунов Г.С.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
Україна, м. Харків*

На теперішній час для термічного перетворення сонячної енергії використовують сонячні колектори, ККД яких досягає 70-80 % завдяки застосуванню селективних покриттів з коефіцієнтом поглинання в спектральному діапазоні сонячного опромінення до 95-98 % та коефіцієнтом відбиття у інфрачервоному діапазоні не більш 5-7 %. Сучасною тенденцією при розробці найбільш розповсюджених автоматизованих систем теплових колекторів з примусовою циркуляцією теплоносія є те, що електрична енергія для їх роботи генерується традиційними кремнієвими сонячними модулями. Оскільки традиційно сонячні модулі розміщуються окремо від сонячних теплових колекторів, то це не призводить до збільшення ефективності використання сонячної енергії.

В останній час активно розпочалися розробки комбінованих фотоелектричних установок, у яких при виробленні електричної енергії проводиться утилізація теплової енергії. Фотоелектричні перетворювачі (ФЕП), для використання в таких системах, повинні ефективно генерувати електричну енергію при робочій температурі 50-55 °С; вони також мають забезпечувати коефіцієнт поглинання сонячної енергії на рівні не менш 90 % та мати коефіцієнт відбиття в інфрачервоній частині спектру не більше 10 %. Разом із системою охолодження теплового колектора конструкція ФЕП має забезпечувати різницю між температурою ФЕП та температурою теплоносія не більше 5 °С. При виконанні двох останніх умов із конструкції

сонячного колектору можна виключити селективне покриття, оскільки його функції буде виконувати ФЕП.

Співставлення досліджень температурної залежності ефективності для плівкових ФЕП на основі сполук CdTe і CuInSe<sub>2</sub>, які виготовляються у лабораторних умовах, та аморфного кремнію, які виготовляються промислово, показали (рис. 1), що найменше зниження ККД зі зростанням робочої температури мають приладові структури на основі базових шарів телуриду кадмію. При температурі 50 °С ККД знижується усього на 1 %, а відносна швидкість зниження складає лише -0,14 відн. %/С (табл. 1). Отримані експериментально значення температурного коефіцієнту ККД одноперехідних плівкових ФЕП досить точно корелюють із шириною забороненої зони відповідного поглинаючого напівпровідникового матеріалу (табл. 1), температурний коефіцієнт ККД пропорційно знижується із зростанням ширини забороненої зони базового напівпровідникового матеріалу.

Аналіз впливу світлових діодних характеристик на ККД ФЕП на основі телуриду кадмію показав, що температурна стабільність їх ефективності забезпечується стабільною густиною діодного струму насичення. Так при зростанні температури від 20 °С до 50 °С густина діодного струму насичення зростає на 50 % (рис. 2), що менше ніж для кремнієвих ФЕП, для яких діодний струм насичення зростає у 3 рази.

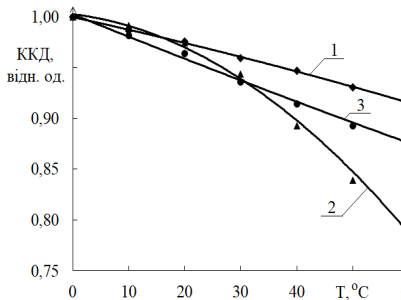


Рис. 1. - Відносне зниження ККД плівкових ФЕП зі зростанням робочої температури: 1 – на основі CdTe; 2 – на основі CuInSe<sub>2</sub>; 3 – на основі аморфного кремнію

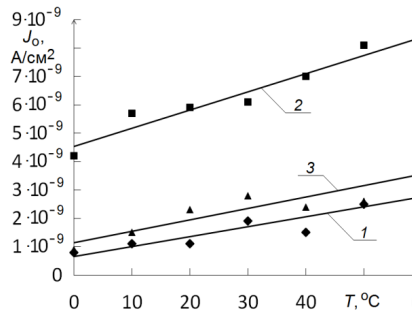


Рис. 2 - Вплив робочої температури на густину діодного струму насичення для серій 1-3 зразків ФЕП на основі CdTe

Таблиця 1 – Одержані експериментально коефіцієнти зниження ККД плівкових ФЕП та ширина забороненої зони їх базових напівпровідникових шарів

Основа плівкового ФЕП	Температурний коефіцієнт ККД, відн. %/С	Ширина забороненої зони напівпровідника, еВ
CdTe	-0,14	1,44
аморфний Si	-0,21	1,2-1,3
CuInSe <sub>2</sub>	-0,36	1,04-1,07

Розрахунок теплопровідності гнучких ФЕП на основі телуриду кадмію, сформованих на поліімідній плівці завтовшки 7 мкм, показав, що враховуючи коефіцієнт теплопровідності поліімиду, який дорівнює 0,14-0,20 Вт/(м·К), можна одержати перепад температури у тонкоплівковому ФЕП на рівні 0,6-0,9 °С. Висока теплопровідність міді колектора дає можливість забезпечити поперечний градієнт температури пластини колектора не більше 1,0-1,5 °С і в результаті оптимізації теплового опору системи можна досягти перевищення температури плівкового ФЕП над температурою теплоносія на рівні 2,5 °С.

Оптичні дослідження показали, що коефіцієнт поглинання сонячної енергії гнучкого ФЕП на основі телуриду кадмію у видимому діапазоні (400-800 нм) складає 94-96 %, а коефіцієнт відбиття в інфрачервоній області спектра не перевищує 7-8 %, що надає можливість в конструкції колектора відмовитися від використання селективного покриття.

За результатами проведеного дослідження запропоновано конструктивно-технологічне рішення фотоенергетичної системи з гнучкими ФЕП на основі телуриду кадмію, яке дозволяє одержати сумарне ККД такої системи до 73 % за перетворенням сонячної енергії в теплову та електричну енергію.

УДК 621.31

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ОЦЕНКИ ИСТОЧНИКОВ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОЧКЕ ОБЩЕГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ**

**Калюжный Д. Н.<sup>1</sup>, Саенко Ю. Л.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Харьковський національний університет городського господарства  
імені А. Н. Бекетова, Україна, г. Харків*

*<sup>2</sup> Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный  
технический университет», Україна, г. Мариуполь*

Несимметрия напряжений является одной из наиболее важных проблем качества электрической энергии в системах электроснабжения. Когда возникает несимметрия напряжений, в электрической сети появляются дополнительные потери мощности и нагрев оборудования. Потребитель при этом также несет убытки, которые могут быть, как минимум, на порядок выше вследствие простоя или повреждения оборудования, а также брака продукции. Самым главным вопросом в этой ситуации является адекватная идентификация источников искажения симметрии напряжений и оценка их влияния на создания несиммет-