



УДК 621.354.7

МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТА СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Панов Леонід Іванович¹, Луценко Юлія Юрїївна¹

¹ Одеський національний політехнічний університет

Адреса для кореспонденції: Юлія Луценко - студент

Місце роботи: Одеський національний політехнічний університет м.Одеса, Україна

Email: Pogorelova101@gmail.com

Анотація. Наше повсякденне життя важко уявити без електрики. Проблема енергозабезпечення є актуальною проблемою сьогодення. Джерела енергії є вичерпними, тому вирішення проблеми – використання нових, невичерпних джерел енергії. Серед невичерпних джерел енергії, які доцільно використовувати на території України відносять: сонячну енергію та енергію вітру. В даній статі буде розглянуто перетворення сонячної енергії в електрику. Для перетворення сонячної енергії в електричну використовують сонячні панелі. Для повного забезпечення обладнання енергією від сонячної панелі не вистачає, однієї панелі, використовуються -поля сонячних панелей. Використання великої кількості сонячних панелей викликає цілий ряд складнощів, серед яких виділено основні: ціна, площа, обслуговування

Ключові слова: сонячні панелі, сонячна енергетика, енергія, освітлення

Вступ. Встановлювати сонячні панелі може бути економічно і фінансово доцільно. Конкретні терміни повернення інвестицій сильно залежать від власного споживання (чим воно більше - тим довші терміни) та від вартості електроенергії (чим вона дорожча, тим скоріше інвестиції повертаються)

Треба поспішати з встановленням сонячних панелей, бо з роками ставка "зеленого" тарифу буде зменшуватися (чим пізніше приєднався - тим менша ставка).

Все описане стосується встановлення сонячних панелей фізичними особами на дахах на фасадах приватних домогосподарств.

Мета і задача дослідження: визначення параметрів модулю сонячної панелі при освітленні, моделювання параметрів при зміні вхідних-вихідних характеристик та зміні значення ширини елемента перетворювача сонячної енергії. Проведення моделювання в програмі COMSOL Multiphysic.

Матеріали та методи. для проведення моделювання важливо знати і розуміти процес перетворення сонячної енергії в електричну, знати і розуміти не тільки структуру фотоелектричного

елементу, а й що таке первинні перетворювачі, принцип їх дію, недоліки й переваги їх вхідні і вихідні характеристики.

Процес перетворення сонячної енергії в електричну.

Перетворення сонячної енергії в електричну відбувається завдяки явищу фотоелектричного ефекту. Явище фотоелектричного ефекту відбувається в напівпровідниках, які використовують для створення перетворювачів сонячної енергії.

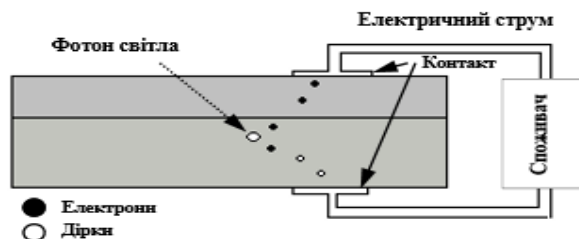


Рисунок.1. Фотоелектричний елемент.

Прямі перетворювачі енергії – сонячні панелі (створенні на основі об'єднання фотомодулів) [1]. Сонячна батарея або модуль – деяка кількість одиночних комірок фотоелектричних перетворювачів (ФЕП), що механічно об'єднані в одній конструкції електрично-з'єднані для отримання визначеного рівня електричної потужності із встановленими рівнями робочих струму та напруги.

Переваги:

- доступність і невичерпність сонячного випромінювання;
- екологічна безпека для навколишнього середовища;
- економічність процесу використання ФЕП;
- мінімальний рівень планового технічного обслуговування та висока надійність;

Недоліки:

- залежність від погоди, часу доби та пори року, і як наслідок необхідність акумуляції енергії;
- порівняно висока вартість конструкції;

Параметри сонячних панелей: потужність, напруга холостого ходу, напруга при максимальній потужності, струм при максимальній напрузі, коефіцієнт корисної дії. Коефіцієнт корисної дії – відношення максимальної вихідної потужності до потужності падаючого сонячного потоку.

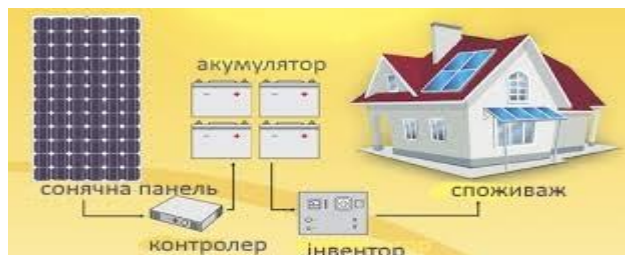


Рисунок.2. Схема перетворення сонячної енергії в електричну

Після перетворення сонячної енергії в фотоелементах ,потік сонячної енергії потрапляє на кремнієву пластину ,після електричний струм поступає на контролер. З контролера заряду струм поступає акумулятор. При досягненні напруги 12-14вольт контролер відключить сонячну панель від акумулятору і заряд зупиниться. З акумулятору отримуємо постійний вихідний струм. Для отримання змінного струму акумулятор з'єднаний з інвертором.[2] Після включення в схему інвертора, сонячні панелі підключають до побутових пристроїв. Для визначення кількості енергії споживаємо людиною за день проаналізовано данні з таб.1

Таблиця.1. Кількість споживаної енергії побутовими приладами

Прилад	Вт	Год/день	Вт/день
Електричний чайник	2000	0,30	600
Холодильник	300	16	4800
Телевізор	60	6	360
Освітвітлення (3 економлампи)	60	8	480
Комп'ютер	500	6	3000
Всього	6,540		

З даної таблиці видно ,що в день споживач по середнім показникам, споживає не менше 6-

8кВт на день. Потужність 1 сонячної панелі на даний час складає 260 Вт/год. Для точності розрахунку візьмемо 6 сонячних годин на день. Провівши прості розрахунки $P_{\text{за день}} = P_{\text{год}} * t_{\text{кіл.сон. год}} = 260 * 6 = 1.5 \text{ кВт}$ за день - потужність 1-ної сонячної панелі. Для стаціонарного будинку потрібно 4-5 сонячних панелей. Що може виявитись економічно не вигідно та буде займати не малу площу. Середня вартість 1-єї панелі 250 доларів, а площу 1.62 м². Тобто для 4-5 панелей данні будуть такі: 1000-1250\$ і площу 6.48 і 8.1 м². Це вартість тільки самої панелі без контролеру акумулятора і та інвентору.[3] Для вихідних параметрів сонячної панелі постає необхідність в покращення коефіцієнта корисної дії – показник визначається як процентне відношення виробленої електричної енергії до потужності падаючого сонячного світла.

Експериментальні дані: Для проведення експерименту було взято модель 1-го модулю сонячної панелі з діодом для якої було проведено моделювання при різних температурах, залежності нормованої щільності струму елемента сонячної батареї від його напруги, залежність нормованої щільності струму від напруги при зміні ширини елемента сонячної батареї, вольт-амперна характеристика при різних значеннях ширини елемента сонячної батареї. Дане моделювання спрямовано на отримання залежності ККД модуля сонячної батареї від ширини елемента сонячної батареї.

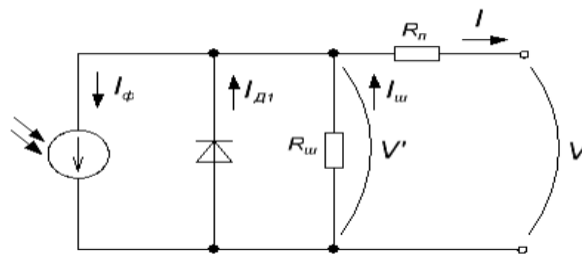


Рисунок.3. Еквівалентна схема елемента сонячної батареї на основі моделі з одним діодом.

Для даної моделі згідно з 1-шим законом Кіргофу можна записати:

$$I = I_d + I_{sh} - I_{\phi} \quad (1)$$

Згідно іншого:

$$V' = I R_s \quad (2)$$

$$I_d = I_0 (e^{qV'/AkT} - 1) \quad (3)$$

$$I = V / R_{sh} \quad (4)$$

$$I = I_0(e^{q(v-IR_p)/AkT} - 1) + V - IR_p/R_{sh} - I_{ph} \quad (5)$$

Модель елемента сонячного елемента CIGS повинна бути отримана при використанні електричних, оптичних і геометричних параметрів.

Світло поглинається за допомогою елемента сонячної батареї і генерується струм.

У верхньому шарі відбувається поглинання світла. Даний шар не ідеальний,

тому він призводить до оптичних втрат. Основні послідовні опору і шунтуючі опору сонячного елемента CIGS. Поперечний струм в верхньому шарі (ZnO: Al) і тильному контакті (Mo) не однаковий, і тому ці шари створюють розподілені послідовні опору. Розподілені послідовні опору $R_{ZnO: Al, 1}, R_{ZnO: Al, 2}, \dots, R_{ZnO: Al, n}$ для ZnO: Al і $R_{Mo, 1}, R_{Mo, 2}, \dots, R_{Mo, n}$ для Mo як представлено на рис.4. існує також додатковий опір $R_{c, 1}$ і $R_{c, 2}$ на кордоні ZnO: Al – провідна паста і провідить паста - молибден. Шар CIGS забезпечує шунтуючу ланцюг між фронтальним і тильним контактом. На рисунку 3 даний шунтуючий ланцюг представлений резисторами $R_{sh, 1}, R_{sh, 2}$.

Для моделювання елемента сонячної батареї типу CIGS використовуємо середу COMSOL Multiphysics. Фізичний процес, що відбувається в шарі абсорбера, можна описати формулою 6, заснованої на формулі (6)

$$J = J_0(e^{q(v-IR_p)/AkT} - 1) + V - IR_p/R_{sh} + J_{ph} \quad (6)$$

Даний елемент сонячної батареї був промодельований для напруги V в діапазоні від 0 В до 0,65 В (внаслідок того, що дана модель заснована на моделі одного діода) і для кожної напруги отримана щільність струму J . Рисунок 3 показує потенційне розподіл в елементі сонячної батареї для $V = 0,1$ В.

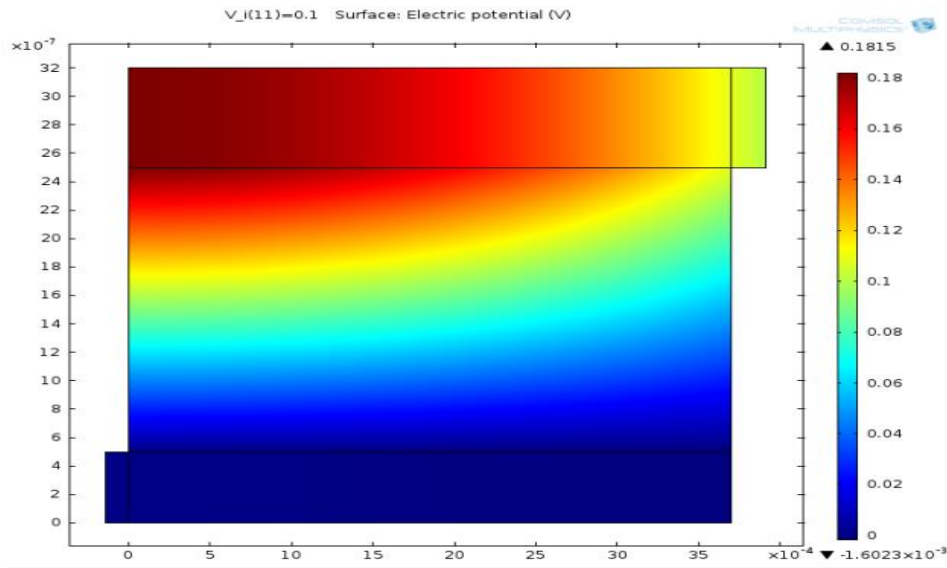


Рисунок.4. Потенційно розподіл сонячного елемента при $V = 0,1$ (В)

На рис.4. Представлена залежність нормованої щільності струму елемента сонячної батареї типу CIGS від його напруги, отримане з допомогою COMSOL Multiphysics

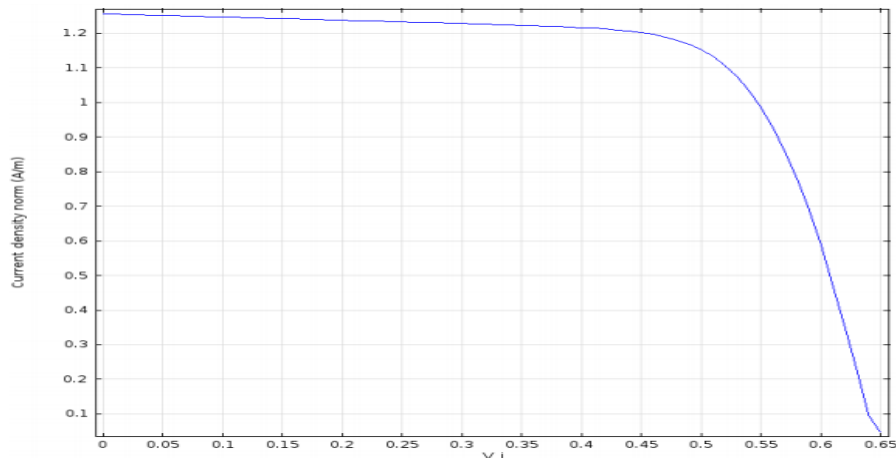


Рисунок.5. Графічне представлення залежності нормованої щільності струму елемента сонячної батареї від його напруги

Для отримання максимального ККД сонячної батареї η необхідно провести моделювання даного елемента сонячної батареї при різних значеннях параметра w - товщини елемента сонячної батареї, при цьому кожен раз знімаючи отриману залежність нормованої щільності струму від напруги елемента. Площа сонячного модуля становить 264 cm^2 . В таблиці 2 представлені змінювані

параметри сонячної батареї, такі як товщина елемента сонячної батареї w , кількість елементів в модулі n , загальна площа S , яку займає модулем, частка втрат, послідовний опір R_s . [4]

Таблиця 2. Змінні параметри сонячної панелі

w [мм]	n [-]	S [см ²]	Доля потерь [%]	R_s [Ом·см ²]
1.0	220	264,0	30.0	0.4
1.5	146	262,8	20.0	0.6
2.0	110	264,0	15.0	0.8
2.5	88	264,0	12.0	1.0
3.0	73	262,8	10.0	1.2
3.5	62	260,4	8.6	1.4
4.0	55	264,0	7.5	1.6
5.0	44	264,0	6.0	2.0
6.0	36	259,2	5.0	2.4
7.0	31	260,4	4.0	2.8
8.0	27	259,2	3.5	3.2
9.0	24	259,2	3.0	3.6

Для моделювання елемента при різному значенні ширини елемента сонячної батареї необхідно знати значення послідовного опору R_s , внаслідок того, що це значення не є постійним при різному значенні ширини - при збільшенні ширини елемента, послідовний опір збільшується в зв'язку з втратами в верхньому провідному шарі.

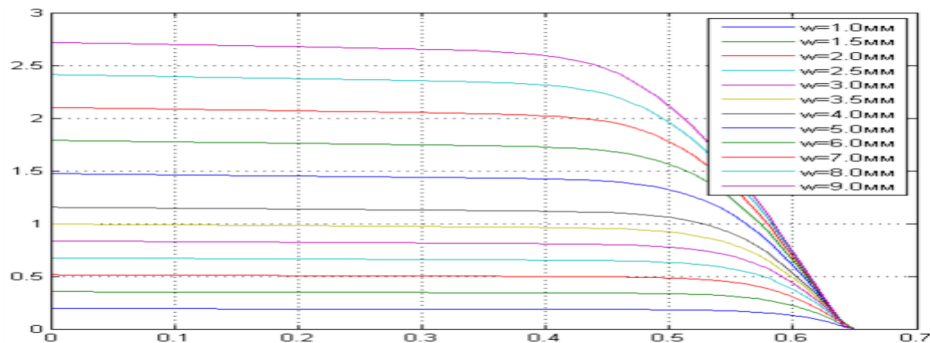


Рисунок.5. Залежність нормованої щільності струму від напруги при зміні ширини елемента сонячної батареї типу CIGS

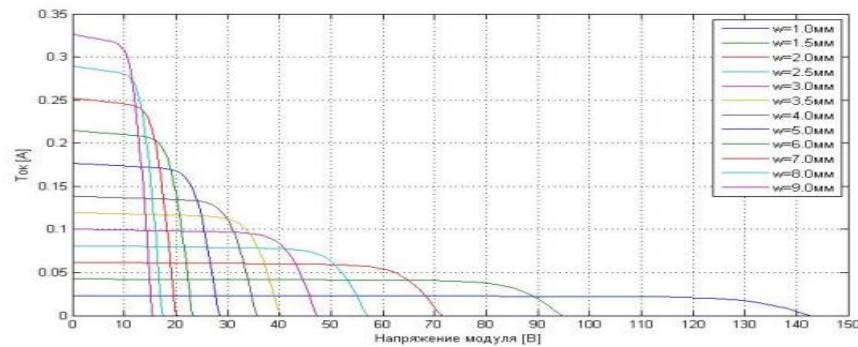


Рисунок.6. Вольт-амперна характеристика при різних значеннях ширини елемента сонячної батареї

Далі проводиться розрахунок продуктивності модуля сонячної батареї типу CIGS.

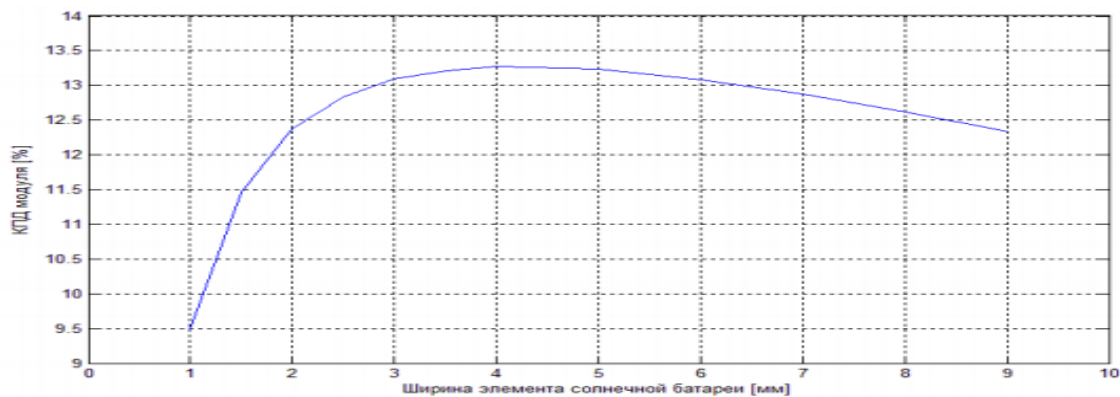


Рисунок .7. Залежність ККД модуля сонячної батареї від ширини елемента сонячної батареї типу CIGS

Результати дослідження.

1. Потенційне розподіл в елементі сонячної батареї для $V = 0,1$ В Можна визначити що найбільший нагрів елемента при таких параметрах :

Питомий опір провідної пасти для сонячних панелей (на основі ZnO: Al)

$0,18 \text{ ом/см}^2$ значення струму $I = 35 \cdot 10^{-4}$ А, для $V = 0,1$ В

2. Залежність нормованої щільності струму від напруги при зміні ширини елемента сонячної батареї типу CIGS – При ширині сонячної батареї типу CIGS від 1 до 9 мм значення нормованої щільності струму від напруги постійне , до значення щільності= 0,6 показники зазнають спаду.

3. Вольт-амперна характеристика при різних значеннях ширини елемента сонячної батареї. Найбільше значення напруги $V=140$ і струму $I=0,05$ А при ширині 1 мм, найменше $V=10$ В і струму $I=0,35$ А при ширині 9 мм.

4. Визначення максимального ККД, відносно різної ширини елемента сонячної батареї типу CIGS. При ширині 4-5 мм максимальне значення ККД=13 % -це найвище значення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Андреев В. М. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 7. С. 93–98.
2. Арбузов Ю. Д., Евдокимов В. М. Основы фотоэлектричества. М.: Изд-во ГНУ ВИЭСХ, 2007. 292 с.
3. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К., СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.И.Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - с.Фролкова Н. О. Компьютерное моделирование ольтампретных характеристик солнечных батарей /И. В. Абраменкова, Н. О. Фролкова // Тезисы докладов XIV международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. 2008. С. 381–383