

УДК 681.5

Коровушкін В.О.

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ СТАЛОГО БУДІВНИЦТВА

Анотація. В роботі сформульовано принципи використання елементів сонячної електроенергетики в «зеленому» будівництві.

Ключові слова: сонячна енергія, зелене будівництво, енергоефективність.

Annotation. The paper formulates the principles of implementation photovoltaic systems for sustainable construction.

Keywords: solar energy, sustainable construction, energy efficiency.

Вступ. Традиційні викопні джерела енергії – нафта, вугілля, природний газ – є, як правило, зосередженими родовищами природних ресурсів, що накопичили енергію протягом дуже тривалого періоду часу, чим обумовлена їх висока ефективність, з одного боку, та вичерпність ресурсу – з іншого. Проблеми енергетичної та сировинної кризи змусили розпочати пошук альтернативних невичерпних та відновлюваних джерел енергії. Серед основних джерел знаходяться енергія вітру, сонця, тепла землі, біомаси та енергія руху води.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є розгляд питання інтеграції до архітектури об'єктів сонячної електроенергетики.

Матеріал і результати досліджень. До особливостей альтернативної енергії відносяться її низька інтенсивність та велика розсіяність у просторі із щільністю менше 300 Вт/м², що потребує розміщення великої кількості відносно малопотужних установок. У зв'язку з цим можна зробити висновок про доцільність розміщення об'єктів альтернативної енергетики у структурі будівель та прилеглих ділянках для збільшення площі енергетичної інфраструктури та підвищення загальної продуктивності енергосистеми. Таке рішення дозволить отримувати енергію практично з усієї території, включаючи площу забудови. Скорочення протяжності інженерних комунікацій у цьому випадку допоможе значно знизити витрати на будівництво та експлуатацію інженерних мереж, що пов'язують між собою численні установки з будівлями-споживачами, а також зменшити втрати при передачі виробленої енергії, які значно зростають у міру збільшення протяжності та зниження питомої потужності енергомереж. В той же час використання нових елементів у архітектурі може стати засобом формування нового підходу до проектування нових будівель. Використання відновлюваних джерел енергії для України є особливо актуальним, оскільки клімат вимагає великих енерговитрат на опалення та утримання будівель. На житлово-комунальне господарство припадає майже 30% енергоспоживання в Україні. Знос основних фондів у житлово-комунальному господарстві становить приблизно 83%, у зв'язку з чим гостро постає питання модернізації об'єктів житлового сектору [1].

Вирішення питання про доцільність застосування сонячних технологій можливе лише за наявності даних про енергетичну ефективність (вироблення електроенергії) сонячних фотоелектричних модулів (ФЕМ), та фотоелектричних систем (ФЕС) на їх основі. Кількість електроенергії, що виробляється ФЕМ, безпосередньо залежить від надходження сонячного випромінювання в обраних географічних умовах

експлуатації та визначається формулою (1):

$$E_{уст} = E_{інс} \cdot S \cdot \cos(\theta) \cdot \eta, \quad (1)$$

де $E_{уст}$ – енергія, яку виробляє установка, кВт·год; $E_{інс}$ – енергія, сонячних променів, що падають на поверхню, кВт·год/м²; S – площа фотоелементів; $\cos(\theta)$ – коефіцієнт положення, θ – кут між напрямом випромінювання до довільно зорієнтованої поверхні та нормаллю до цієї поверхні; η – ККД фотоелементів.

Кут падіння сонячних променів $\cos(\theta)$ на довільно зорієнтовану поверхню можна зайти з формули (2) [2]:

$$\cos(\theta) = \sin(\delta)\sin(\varphi)\cos(\beta) - \sin(\delta)\cos(\varphi)\sin(\beta)\sin(\gamma) + \cos(\delta)\cos(\varphi)\cos(\beta)\cos(\tau) + \cos(\delta)\sin(\varphi)\sin(\beta)\cos(\gamma)\cos(\tau) + \cos(\delta)\sin(\beta)\sin(\gamma)\sin(\tau) \quad (2)$$

де β – кут нахилу поверхні ФЕМ до горизонтальної площини, град; δ – схилення Сонця, град; φ – географічна широта місцевості, де встановлений ФЕМ; τ – годинний кут Сонця; γ – азимутальний кут площини відносно півдня, град.

Сонячна панель – об'єднання фотоелектричних елементів, що напряму перетворюють сонячну енергію в енергію постійного струму. Схематичне зображення принципу роботи наведено на рис. 1.

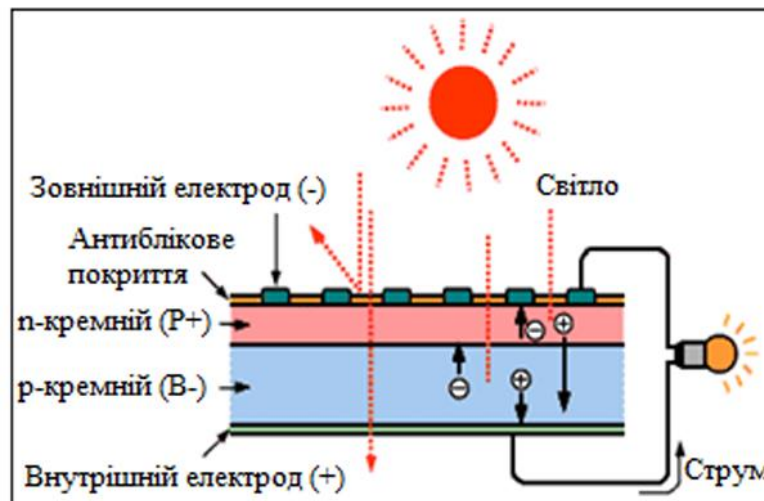


Рисунок 1– Принцип дії фотоелектричного перетворювача

Усі сонячні панелі можна умовно розділити на декілька груп:

- 1) кремнієві, які в свою чергу поділяються на
 - монокристалічні;
 - полікристалічні;
 - аморфні;
- 2) на основі інших сполук:
 - на основі телуриду кадмію (CdTe);
 - на основі арсеніду галію (AsGa);
 - на основі міді-індію-галію-селеніду (CIGS);
 - перовскітні;
 - полімерні;
 - багатошарові;

Кремнієві сонячні панелі – відносно стара і найбільш досконала технологія. Переважна більшість наземних СЕС будуються із застосуванням таких ФЕМ. Найбільш поширені моделі мають ефективність 15-22%.

Усі тонкоплівкові сонячні панелі мають незначне, відносно кремнієвих, зниження ККД при частковому затемненні. ФЕМ, виготовлені за технологією CIGS мають відносно невелике зниження ККД в хмарну погоду. Окрім того, вони легкі та гнучкі, що значно збільшує перелік поверхонь, на які можна встановити такі панелі. Під час лабораторних тестів CIGS-панелі показують 22% ККД, арсенід-галієві ФЕМ до 29%, перовскітні - до 22%, кадмій-телуrowі, найбільш тонкі з них, - до 22%.

Багатошарові ФЕМ – найбільш перспективна технологія, що дозволяє збільшити ККД до 46% і з кожним роком цей показник збільшуватиметься і надалі. Однак, через високу вартість і складність виготовлення та розробки, такі панелі використовуються лише у космічних апаратах, таких, як супутники чи марсоходи.

Існуючі типи ФЕМ та тенденції розвитку зображено на рис. 2:

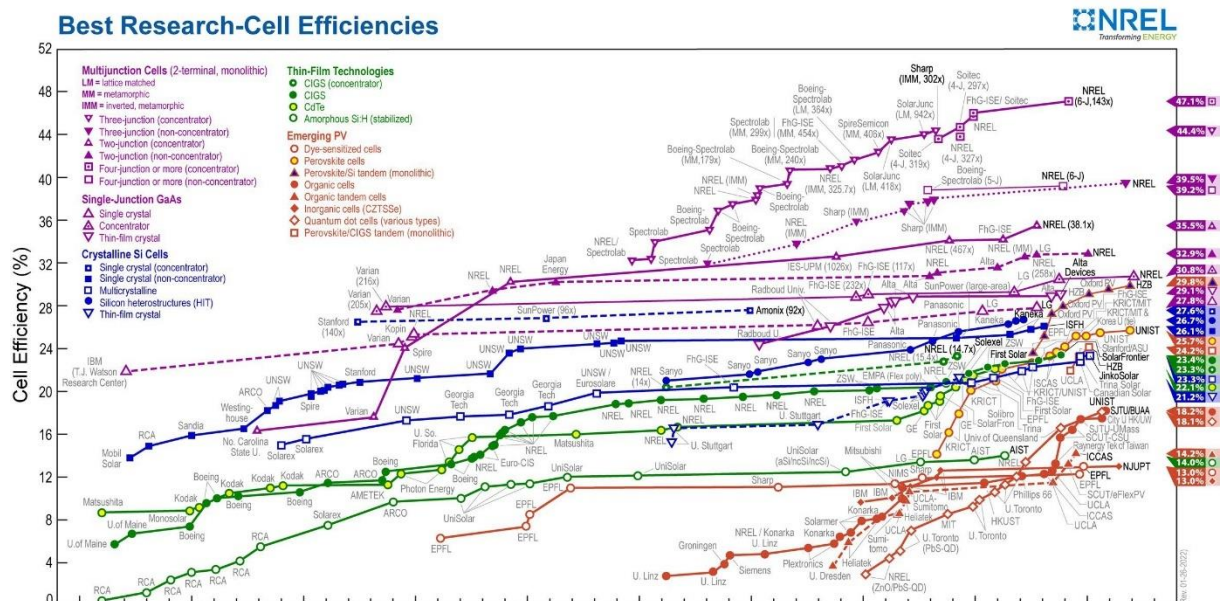


Рисунок 2– Графік розвитку сонячних панелей (найкращі досягнення) [3]

Фотоелектрична система – сукупність спеціальних елементів, за допомогою яких відбувається перетворення потоку сонячного випромінювання в електричну енергію - зазвичай складається з наступних елементів:

- сонячні батареї;
- інвертор;
- пристрій автоматичного введення резерву;
- електролічильник сонячної електростанції;
- акумулятор;

Існує три типи ФЕС:

- автономна;
- резервна (гібридна);
- з'єднана з мережею

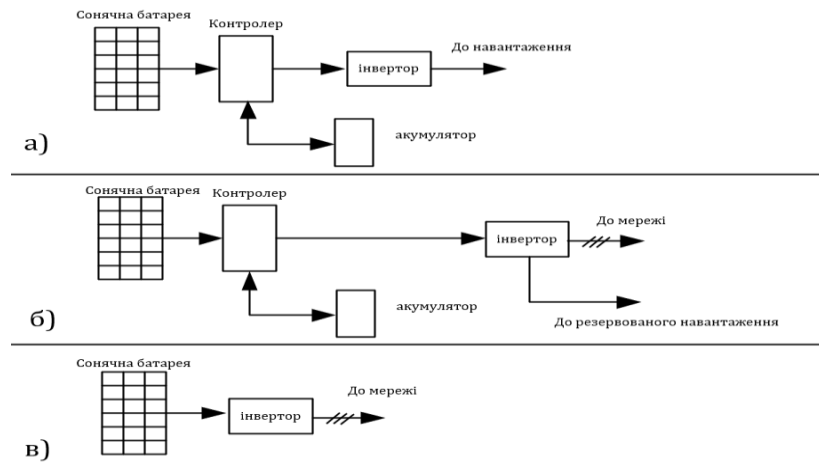


Рисунок 3– Типи ФЕС: а – автономна, б – резервна (гібридна), в – з'єднана з мережею

Автономні ФЕС використовуються там, де ускладнений, або неможливий доступ до централізованого електропостачання. Для забезпечення електроенергією вночі чи в умовах повного затемнення сонячної батареї використовують додатковий генератор.

З'єднані з мережею ФЕС, головним чином, використовуються для продажу надлишків електроенергії за «зеленим тарифом», однак, за потреби, можуть бути використані як додаткове джерело при збільшенні власного електроспоживання.

Резервна (гібридна) ФЕС робить споживача незалежним через наявність певної автономії, тобто запасу енергії в акумуляторах; але при цьому споживач користується і мережею, беручи з неї енергію, що бракує і продаючи надлишкову. Як правило, акумулятори ставляться на гібридні об'єкти потужністю до 30 кВт. Може використовуватись у випадках, коли є ризик відключення централізованого електропостачання. Так, до системи підключаються, перш за все, чергове освітлення, сервери, засоби зв'язку і передачі даних. Потужні системи можуть також забезпечувати енергією інших споживачів під час відключення від мережі.

ФЕС мають значний потенціал до поєднання з об'єктами цивільного будівництва. Можна виділити два способи класифікації інтегрованих ФЕС. Перший класифікує можливості інтеграції за архітектурними концепціями, які розглядають будівлю як формальне ціле. У цьому випадку ФЕС може бути описана щодо ролі, яку вона відіграє в композиції фасаду.

Другий категоризує можливості інтеграції відповідно до технологічного виконання. Так, ФЕМ можуть бути закріплені на поверхні будівлі (BAPV-Building Added Photovoltaics) або інтегровані в конструктивний комплекс фасаду (BIPV-Building Integrated Photovoltaics). Зрозуміло, що BAPV потребує додаткових систем кріплення, в той час BIPV є спеціально розробленими елементами, які задовольняють всі вимоги до фасаду будівлі (механічна стійкість, теплоізоляція тощо). Різноманітні спеціальні PV компоненти активно розробляються останнім часом і вже широко доступні на ринку [4].

З огляду на ці два способи класифікації можна встановити топологічно-технологічний підхід, коли основу цієї категоризації забезпечує розміщення фотоелектричної системи на поверхні будівлі, а потім спосіб її технологічної інтеграції BAPV або BIPV).

На рис. 4 зображені деякі типи інтеграції фотоелектричних систем.

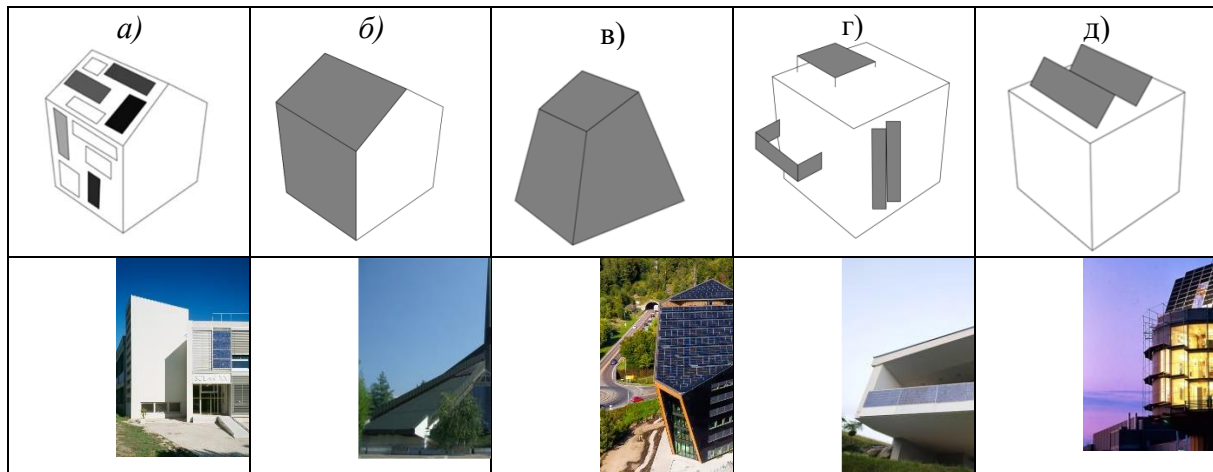


Рисунок 4 – Типи інтеграції фотоелектричних систем: а – складова частина поверхні (Solar XXI, Португалія); б – повністю покритий фасад (Milland Church, Італія); в – оптимізована форма будівлі (Powerhouse Telemark, Норвегія); г – багатofункціональний елемент (Single Family House, Büro Kaltenegger, Австрія); д – надбудований елемент (Heliotrope, Німеччина)

При проєктуванні важливо переконатися, що збірка фотоелектричної системи відповідає всім будівельним стандартам:

- Навантаження збірки має бути правильно передано на несучу конструкцію шляхом відповідної фіксації;
- Кріплення не повинно погіршувати теплоізоляцію будівлі;
- Конструкція повинна дозволяти стіні правильно висихати та уникати утворення шарів конденсату;
- Збірка повинна протистояти вітровому навантаженню та випадковим ударам;
- Матеріали фасаду, що контактують із сонячними модулями, повинні бути вогнетривкими та витримувати високі показники робочої температури;
- Необхідно враховувати питання безпеки для збірок, які знаходяться в межах досяжності користувачів, щоб уникнути небезпеки ураження струмом (перший поверх, вікно, балкон)

Окрім того, важливо враховувати естетичні аспекти. Використання об'єктів альтернативної енергетики в архітектурі засновані на принципі стилістичної єдності, що передбачає вирішення низки завдань, пов'язаних з дизайном інженерного обладнання та прийомами його інтеграції в структуру будівель та генерального плану з метою створення виразної стилістично цільної архітектурної композиції. У цьому плані можна назвати два основних підходи до проєктування – адаптація інтегрованих установок до характеру забудови і створення нових архітектурних рішень, що використовують об'єкти альтернативної енергетики як основний елемент образу. Як бачимо, у першому випадку дизайн і спосіб інтеграції засобів альтернативної енергетики підпорядковуються художньому рішенню будівлі, що вже склалося, у другому – є його визначальним елементом.

Висновки. Пошук і використання моделей модернізації архітектури енергоактивних будівель із використанням засобів сонячної електроенергетики є шляхом підвищення енергетичної ефективності об'єктів житлового сектору.

Список використаних джерел.

1. Подолець Р. Проблемы и перспективы создания благоприятного климата для повышения энергоэффективности и энергосбережения в Украине. URL:

[https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/ee21/EE21_Subregional_projects/UkrainePo
dolets-Rus02.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/ee21/EE21_Subregional_projects/UkrainePo
dolets-Rus02.pdf) (дата звернення: 15.05.2022).

2. Староконь І. Методика оценки воздействия солнечного излучения на температурное состояние морских стационарных платформ. 2014.
3. Best Research-Cell Efficiency Chart. National Renewable Energy Laboratory (NREL) Home Page | NREL. URL: <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html> (date of access: 15.05.2022).
4. BiPV modules. URL: <https://www.bipv.ch/index.php/en/products-en-top/bipv-modules> (date of access: 15.05.2022).
5. Solar Energy Systems in Architecture - Integration Criteria and Guidelines / F. Frontini et al. 2012.
6. Твайделл Дж., Уейр А. Возобновляемые источники энергии. Москва : Энергоатомиздат, 1990. 392 с.

Науковий керівник ст. викл. Володимир Дубовик