

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Шаповалов Ерік Романович,

магістрант кафедри Світлотехніки і джерел світла

Герасименко Віталій Анатолійович,

кандидат технічних наук, доцент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: Erik.Shapovalov@kname.edu.ua

Використання сонячної енергії стає особливо важливим у контексті забезпечення автономного електропостачання для інфраструктурних об'єктів, розташованих у віддалених чи важкодоступних районах. У подібних ситуаціях підключення до централізованої енергомережі або взагалі неможливе, або ж фінансово не вигідне.

У таких умовах сонячні освітлювальні системи виступають ефективним рішенням, яке забезпечує стабільне, незалежне від зовнішніх джерел і водночас екологічно чисте живлення. Крім того, впровадження таких технологій є практичним прикладом втілення ідей сталого розвитку, демонструючи потенціал «зеленої» енергетики в реальних умовах. Сонячні системи не лише знижують вплив на навколишнє середовище, але й сприяють енергетичній децентралізації.

Процес розробки ефективних сонячних освітлювальних систем є складним завданням, яке вимагає всебічного інженерного аналізу. Серед ключових факторів, які необхідно враховувати: кліматичні особливості регіону, структура споживання енергії, технічні характеристики комплектуючих, а також вимоги до рівня освітлення та надійності функціонування.

Водночас, варто враховувати й певні виклики, серед яких високі капітальні витрати на початковому етапі та залежність ефективності роботи від рівня сонячної радіації. Тому для органів місцевого самоврядування та інших зацікавлених сторін важливо мати чітке уявлення як про переваги, так і про можливі обмеження таких систем перед початком їх впровадження.

За результатами досліджень, проведених у Сполучених Штатах, повна вартість володіння системами сонячного освітлення впродовж їхнього життєвого циклу може бути на 15-50 % нижчою, ніж у традиційних систем. Крім того, такі рішення потребують технічного обслуговування в середньому на 30-50 % рідше, що додатково знижує експлуатаційні витрати. Інтеграція сонячного освітлення в міську інфраструктуру розглядається як перспективний напрям розвитку відновлюваної енергетики.

Аналітичні дані за 2022 рік [1] свідчать, що середня ціна одного вуличного світильника на сонячних панелях становить близько 300-500 доларів США. Це значно перевищує вартість стандартних електромережових світильників, які зазвичай коштують у межах 100-200 доларів. Така різниця в ціні пояснюється складністю конструкції, наявністю автономного джерела живлення та використанням акумуляторних батарей.

Водночас, як зазначається у звіті за 2021 рік [2], ефективне функціонування сонячного освітлення в регіонах із низьким рівнем інсоляції – зокрема, коли тривалість освітлення сонцем не перевищує чотирьох годин на добу, вимагає застосування додаткових технічних рішень. До них належить використання батарей збільшеної ємності або підключення резервного джерела енергії для забезпечення стабільної роботи в темний період доби.

Крім того, як підкреслюється в аналітичному матеріалі [3], обмежений строк служби акумуляторних батарей є одним із ключових чинників, що впливає на загальну економічну

ефективність системи протягом усього життєвого циклу. Зазвичай батареї потребують заміни кожні 5-10 років, що створює додаткове навантаження на бюджет експлуатації.

Незважаючи на вищезазначені виклики, постійний технічний прогрес у галузі сонячної енергетики сприяє поступовому зниженню вартості компонентів і підвищенню їх енергоефективності. Саме завдяки цим тенденціям системи автономного вуличного освітлення на базі сонячних панелей продовжують залишатися перспективним, сталим і економічно доцільним рішенням для багатьох громад і населених пунктів, які прагнуть зменшити залежність від викопних джерел енергії та знизити вплив на довкілля.

Технічне впровадження сонячних панелей для автономного живлення може передбачати їхнє встановлення на високих опорах, зокрема щоглах висотою до 20 метрів. Такий підхід особливо ефективний у сільській місцевості для організації зовнішнього освітлення без підключення до централізованих енергомереж [4-5].

У якості джерела світла доцільно використовувати світлодіодні прожектори з високою світловіддачею – до 70 люменів на Ват, що гарантує достатню яскравість при низькому енергоспоживанні. Крім того, такі пристрої повинні відповідати високим стандартам захисту, зокрема класу IP66, що забезпечує надійну роботу в умовах вологи, пилу та коливань температур у діапазоні від -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Для генерування електроенергії рекомендується застосовувати сонячні модулі, виготовлені з монокристалічного кремнію, які мають високий коефіцієнт перетворення енергії – близько 23 %. Завдяки своїй надійності та ефективності, такі панелі здатні стабільно працювати протягом щонайменше 25 років, що робить їх економічно доцільним вибором для довготривалого використання (рис. 1).



Рисунок 1 – Мобільна установка системи освітлення на сонячних панелях

Поєднання високоефективних сонячних модулів із зарядними контролерами типу MPPT (Maximum Power Point Tracking) та літійовими акумуляторами на базі технології LiFePO_4 створює оптимальні умови для стабільної та довговічної автономної роботи освітлювальної системи. Акумулятори цього типу мають термін експлуатації до 8 років, характеризуються високою енергощільністю, стабільною роботою за широкого температурного діапазону та низьким рівнем саморозряду.

Загалом, інтеграція сонячної енергії в гібридні системи вуличного освітлення є ефективним і практичним рішенням, що поєднує переваги енергонезалежності з можливістю резервного живлення.

Список використаних джерел

1. Off-Grid Solar Market Trends Report 2022: State of the Sector. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099235110062231022/pdf/P175150063801e0860928f00e7131b132de.pdf>
2. Renewable Energy and Electricity. URL: <https://world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/renewable-energy-and-electricity>
3. Everything You Need To Know About Solar Batteries. URL: <https://www.forbes.com/home-improvement/solar/what-is-a-solar-battery>
4. Best LED Street Light Manufacturer In China. URL: <https://www.zgsm-china.com/>
5. Назаренко Л. А. Штучне зовнішнє освітлення: навч. посібник / Л. А. Назаренко, К. І. Іоффе; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 88 с.

УДК 620.9:004.8

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Колодяжний Сергій Віталійович,
студент

Говоров Пилип Парамонович,
науковий керівник, д.т.н., професор

Кіндінова Анастасія Костянтинівна,
асистент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail: Sergii.Kolodyazhnyi@kname.edu.ua

У контексті зростання вартості традиційної електроенергії та необхідності зменшення впливу енергетики на навколишнє середовище, альтернативні джерела енергії – сонячні та вітрові – відіграють дедалі важливішу роль. Проте їх головний недолік – нестабільність генерації – потребує нових підходів до керування. Особливо актуальною є розробка інтелектуальних систем управління гібридними енергетичними установками.

На основі проведеного аналізу, трьох типів систем: сонячної фотоелектричної (СЕС), вітрової (ВЕС) та комбінованої вітро-сонячної (ВСЕС), для кожної з них визначено структурну будову, принцип дії, переваги та обмеження. Гібридна система дозволяє компенсувати недоліки кожного окремого джерела, забезпечуючи більш надійне електропостачання.

Визначено значний потенціал для застосування відновлюваних джерел в Україні. Згідно з метеорологічними даними, Харків має достатній рівень інсоляції (до 1400 кВт·год/м² на рік) для ефективного використання сонячних систем. Водночас швидкості вітру в регіоні переважно не перевищують 4 м/с, що вимагає застосування адаптованих вітротурбін із низькою стартовою швидкістю.

Розроблено архітектуру інтелектуальної системи управління гібридною установкою. Запропоновано алгоритм, який дозволяє в режимі реального часу:

- оптимізувати розподіл навантаження між джерелами;
- керувати режимами зарядки/розрядки акумуляторів;
- прогнозувати генерацію та споживання;
- мінімізувати втрати енергії;
- забезпечувати узгоджене функціонування з магістральною мережею.