

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ: ВИБІР МІСЦЯ, ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ КРІПЛЕННЯ, РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі проаналізовано ключові етапи проектування фотоелектричних станцій. Розглянуто вплив топографічних та кліматичних факторів, особливості вибору опорних металоконструкцій, а також методи математичного розрахунку потужності та моделювання систем генерації.

Ключові слова: фотоелектрична станція, інсоляція, системи кріплення, інвертор, PVsyst, HelioScope.

Abstract

The paper analyzes the key stages of designing photovoltaic stations. The influence of topographic and climatic factors, features of choosing supporting metal structures, as well as methods of mathematical calculation of power and modeling of generation systems are considered.

Keywords: photovoltaic station, insolation, mounting systems, inverter, PVsyst, HelioScope.

Вступ

Проектування фотоелектричних станцій (ФЕС) є складним інженерним процесом, від якого безпосередньо залежить надійність, безпека та техніко-економічна ефективність об'єкта [1, 3]. Будь-яка помилка на початкових етапах вишукувань може призвести до хронічного недовиробітку електроенергії або аварійних ситуацій (руйнування від снігу, електрична дуга). Метою роботи є комплексний аналіз процесу проектування ФЕС, що включає вибір майданчиків, конструкцій кріплення та розрахунок електричних параметрів.

Результати дослідження

Першочерговим етапом проектування є вибір місця з урахуванням рельєфу та клімату для максимізації інсоляції, яка в південних регіонах України становить 1200–1300 кВт·год/м²/рік. Важливим завданням є уникнення макро- та мікрозатінення, що здатне суттєво знизити генерацію стрінга або викликати ефект гарячих плям (Hot-spot) [14, 16]. Процес жорстко регламентується чинними нормами та актами Держенергонагляду, зокрема ДСТУ 8635:2016 та ДБН В.2.5-23:2010 [1, 2, 4].

Другим критичним фактором є вибір систем кріплення (наземних чи дахових), що сприймають усі механічні навантаження навколишнього середовища [5, 6, 7]. Наприклад, для плоских дахів проектують баластні системи [9], які вимагають обов'язкового аеродинамічного розрахунку, або застосовують спеціалізовані рішення для скатних покрівель [10, 12] та наземних конструкцій [8, 11]. Для запобігання електрохімічній (гальванічній) корозії між алюмінієвими рамами модулів та сталевими опорами необхідно використовувати паронітові підкладки та нержавіючу сталь для кріплень.

На етапі математичного моделювання визначається номінальна потужність ФЕС із закладанням коефіцієнта запасу 20–30% для компенсації системних втрат [13]. Конфігурація інверторного обладнання вимагає розрахунку граничних напруг стрінгів з урахуванням температурних коефіцієнтів, щоб уникнути електричного пробоя транзисторів взимку або втрати генерації влітку [15]. Фінальне проектування та оптимізація автоматизуються за допомогою програмних комплексів PVsyst та HelioScope, які симулюють покровові втрати та формують точний річний прогноз [17].

Висновки

Надійна робота ФЕС забезпечується послідовним вирішенням трьох взаємопов'язаних інженерних завдань: оптимальним просторовим позиціонуванням, гарантуванням тривалої механічної та хімічної стійкості конструкцій кріплення, а також точним математичним узгодженням параметрів генерації та інвертування. Сучасний системний підхід та використання спеціалізованого програмного забезпечення дозволяють повністю нівелювати ризики прорахунків та забезпечити стабільну ефективність станції протягом усього життєвого циклу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 8635:2016. Геліоенергетика. Площадки для фотоелектричних станцій. Приєднання станцій до електроенергетичної системи. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_8635_2016_gelioenergetika_ploschapki_dlya_fotoelektrich.pdf
2. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення : Єдина державна електронна система у сфері будівництва. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3084989669637621022?doc_type=2
3. ДСТУ 7503:2014. Геліоенергетика. Станції фотоелектричні. Терміни та визначення понять : ПС «Будстандарт». URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=63935
4. Перелік нормативно-правових актів суб'єктів господарювання у сфері електроенергетики : вебсайт / Державна інспекція енергетичного нагляду України. URL: <https://sies.gov.ua/organizaciya-zdijsnennya-derzhavnogo-kontrolyu-naglyadu/perelik-normativno-pravovih-aktiv-dotrimannya-vimog-yakih-pereviryavetsya-pid-chas-zdijsnennya-zahodiv-derzhavnogo-naglyadu-kontrolyu>
5. Будівництво СЕС. Частина 2. Аналіз площ та способів побудови конструкцій СЕС : вебсайт / Sun Energy. URL: <https://sun-energy.com.ua/articles/budivnytstvo-ses-2>
6. Проектування та виробництво металоконструкцій для сонячних електростанцій (СЕС) : вебсайт / ТОВ «Грін Енерджі Метал». URL: <https://gmt.net.ua/novini/metalokonstrukcii-dlya-sonyachnikh-paneley/>
7. Системи кріплення сонячних панелей : вебсайт / ТОВ «Альфаком». URL: https://alfakom.com.ua/wp-content/uploads/2025/02/3_systemy_kriplennya_sonyachnyh_panelej.pdf
8. Статичні системи кріплення фотоелектричних модулів : вебсайт / ТОВ «Українські Системи Солар». URL: <https://ussolar.systems.ua/statichni-sistemi>
9. Баластна система кріплення: проектування та переваги : вебсайт / Metalica Profil. URL: https://metalicaprofil.com/index.php?route=information/blog&blog_id=64
10. Кріплення сонячних панелей на скатному даху : вебсайт / Krepmetal. URL: <https://krepmetal.ua/uk/systemy-kriplen/kriplennya-dlya-sonyachnyh-batarej-na-skatnyj-dah/>
11. Ground Mounting Systems : website / SSK Solar. URL: <https://solarssk.com/uk/solar-ground-mounting-systems/>
12. Solar Roof Mount System: A Complete Guide to Design, Installation, and Benefits : website / Empery Solar System. URL: <https://empersolarsystem.com/uk/solar-roof-mount-system-a-complete-guide-to-design-installation-and-benefits/>
13. Як розрахувати сонячну станцію для дому : вебсайт / Solarmax. URL: <https://solarmax.in.ua/info/yak-rozrahuvati-dlya-domu>
14. Як правильно розрахувати сезонне вироблення СЕС : вебсайт / Своя Енергія. URL: <https://svoya-energy.com.ua/vyroblennya-sonyachnoyi-elektrostantsiyi/>
15. Інвертор: як розрахувати : вебсайт / Energy GmbH. URL: <https://energy-gmbh.com.ua/ua/a1506-invertor-kak-raschitat.html>
16. Режими та оптимальні параметри функціонування сонячної електричної станції : наукова робота / Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. Харків, 2020. URL: https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2020/02/naukova_robota-1-3.pdf
17. Optimizing Commercial Solar Project Designs: A Comprehensive Comparison of HelioScope and PVsyst : website / Aurora Solar. URL: <https://aurorasolar.com/blog/2024/07/12/optimizing-commercial-solar-project-designs-a-comprehensive-comparison-of-helioscope-and-pvsyst/>

Калашник Євгеній Юрійович — студент групи ВДЕ-236, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kalashnykevgenij@gmail.com

Науковий керівник: **Сікорська Олена Вікторівна** — доц. кафедри ЕСС, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: sikorskaov@vntu.edu.ua

Kalashnyk Yevheniy Y. — Department of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kalashnykevgenij@gmail.com

Supervisor: *Sikorska Olena V.* — Associate Professor Department of Electrical Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sikorskaov@vntu.edu.ua