

ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ ВСТАНОВЛЕНОЇ ПОТУЖНОСТІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Вінницький Національний Технічний Університет

Анотація

Розглянуто значення коефіцієнта використання встановленої потужності (CF) для відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Показано, що його величина для сучасних сонячних та вітрових електростанцій коливається у межах 0,18-0,50. Запропоновано спрощену багатофакторну модель оцінки ефективності впровадження ВДЕ, що дозволяє враховувати технічні, природно-ресурсні та економічні чинники.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, коефіцієнт використання потужності, енергоефективність.

Abstract

The paper considers the capacity factor (CF) for renewable energy sources (RES). It is shown that its value for modern solar and wind power plants ranges between 0.18 and 0.50. A simplified multifactor model is proposed to assess the efficiency of RES implementation, taking into account technical, natural, and economic factors.

Keywords: renewable energy sources, capacity factor, energy efficiency.

Вступ

Впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) є складним і багатоетапним процесом. Сучасні системи електропостачання значною мірою залежать від традиційних енергоносіїв, отримання яких пов'язане з географією та зі шляхами їх постачання. ВДЕ частково вирішують цю проблему, оскільки дозволяють виробляти електроенергію ближче до споживача, незалежно від транспортної інфраструктури постачання карбонових носіїв [3]. Коефіцієнт використання встановленої потужності (Capacity Factor, CF) ВДЕ є одним із найважливіших показників при оцінці ефективності проєктів з впровадження відновлюваної енергетики. Він показує, яку частку від максимально можливої генерації реально виробляє установка протягом певного періоду.

Мета роботи – показати важливість врахування CF при впровадженні ВДЕ та запропонувати модель для прогнозування цього показника.

Об'єктом дослідження є процес виробництва електроенергії з відновлюваних джерел.

Предметом дослідження є залежність коефіцієнта CF від технічних, природних та економічних факторів.

Основна частина

Коефіцієнт CF визначається за формулою:

$$CF = \frac{E_{\text{факт}}}{P_{\text{вст}} \cdot T}, \quad (1)$$

де $E_{\text{факт}}$ – фактичний обсяг виробленої електроенергії за певний період часу, $P_{\text{вст}}$ – встановлена потужність, T – тривалість періоду (наприклад, 8760 год у році).

Базові довідкові значення CF для сучасних ВДЕ [1-2]: сонячна енергетика – 0,18-0,22; вітрова енергетика (оншор) – 0,28-0,38; вітрова енергетика (офшор) – 0,4-0,52. Такі значення приймають як «мінімальні» або гарантовані. При цьому, для перестраховки, при впровадженні ВДЕ прийнято брати нижню межу коефіцієнта встановленої потужності, близько 0,2.

Разом з тим, на значення CF впливає комплекс факторів: технічні характеристики обладнання, рівень сонячної інсоляції [4] чи вітрового потенціалу, пора року, втрати у електромережах, економічні чинники та обмеження, режими експлуатації тощо. Ці фактори можуть підвищувати або знижувати його величину.

Для їх урахування пропонується багатофакторна модель:

$$CF = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot k_i) \quad (2)$$

де α_i – значення i -го фактора ($0 \dots 1$), k_i – коефіцієнт ваги факторів ($0 \dots 1$), n – кількість факторів.

Кожен фактор оцінюється окремо, наприклад:

$\alpha_{\text{тех}}$ – технічний стан інфраструктури, втрати у мережах, наявність доступного резерву і накопичувачів;

$\alpha_{\text{рес}}$ – рівень сонячної інсоляції чи вітрового потенціалу, пора року, погодні умови;

$\alpha_{\text{екоп}}$ – економічні умови (вартість електроенергії та обладнання, ціна закупки ВДЕ, рівень доступних фінансів).

Усереднення за кількістю факторів дозволяє нормувати показник CF у діапазоні від 0 до 1. Значення, ближче до 1, свідчить про високий рівень використання потужності ВДЕ і про сприятливі умови для їх впровадження.

Висновки

Коефіцієнт використання потужності (CF) є важливим показником ефективності впровадження ВДЕ. Запропонована модель дозволяє оцінювати прогнозоване значення CF, враховуючи технічні, ресурсні та економічні фактори. У сприятливих сценаріях і умовах прогнозоване CF може бути вищим за рекомендований мінімум, що підвищує точність прогнозів та збільшує ефективність впровадження ВДЕ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Каталог критично важливих технологій для енергетичного сектору України [Електронний ресурс] / Міністерство енергетики України, Danish Energy Agency. – Київ, 2024. – 154 с. – Режим доступу: https://mev.gov.ua/sites/default/files/2024-02/udepp_urgent_technology_catalogue_for_ukrainian_power_sector_etc4upc_3.pdf
2. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України : [вид. 2-ге, оновл. та доповн.] / за заг. ред. С.О. Кудрі ; Інститут відновлюваної енергетики НАН України. – Київ, 2020. – 82 с. – ISBN 978-966-999-034-1. – Режим доступу: <https://ive.org.ua/wp-content/uploads/atlas.pdf>
3. Жуков О., Бойко С., Іщенко В. Енергоперехід та коригування енергетичного балансу: виклики та перспективи // Матеріали LIV науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2025), 24–27 червня 2025 р. : зб. доп. – Вінниця : ВНТУ, 2025. – С. 2717–2719. – ISBN 978-617-8163-48-8.
4. Бойко С., Касаткіна І., Берідзе Т., Жуков О., Бомбик В. Потенціал сонячної енергетики в умовах промислових агломерацій України // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2023. – № 4 (323). – С. 36–45. – DOI: 10.31891/2307-5732-2023-323-4-36-45

Жуков Олексій Анатолійович – канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, ел. пошта: alex4444_2004@ukr.net.

Киравчук Олександр Валерійович – студент групи ЕПА-24м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, ел. пошта: usmp91@gmail.com

Zhukov Oleksii A. – Cand. Sci (Tech.), Associate Professor, Department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: alex4444_2004@ukr.net

Kylavchuk Oleksandr V. – student of group EPA-24m, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, e-mail: usmp91@gmail.com