УДК 621.311

Є. А. Тептя
В. О. Комар

КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКІВ ЗНИЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ З ФОТОЕЛЕКТРИЧНИМИ СТАНЦІЯМИ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Досліджено проблему виникнення ризиків зниження ефективності електричних систем внаслідок неточних прогнозів погодинних графіків електроенергії відновлюваних джерел енергії. Аналіз можливих ризиків від низької точності прогнозів ґрунтується на результатах кластерного аналізу методом DBSCAN.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, ризик, фотоелектричні станції, прогнозування генерування, пого графік навантаження

Abstract

This study examines the issue of risks associated with reduced efficiency of electrical systems resulting from inaccurate forecasts of hourly electricity generation profiles from renewable energy sources. The analysis of potential risks arising from low forecast accuracy is based on the results of cluster analysis using the DBSCAN method.

Keywords: renewable energy sources, risk, photovoltaic power plants, generation forecasting, hourly load schedule

Вступ

Розбудова та впровадження відновлюваних джерел енергії в розподільних електричних мережах змінює принципи формування електроенергетичної системи в цілому. В умовах воєнних загроз та масових пошкоджень інфраструктури розвиток розподіленої генерації та відновлюваних джерел набуває нової актуальності. Розподілена генерація дозволяє підвищити автономність громад та ускладнити ворогу руйнування об'єктів генерування порівняно з централізованими джерелами та мережами.

Однак в умовах функціонування сучасного ринку електричної енергії виникає низка проблем, пов'язаних з негарантованістю графіків генерування таких відновлюваних джерел енергії як фотоелектричні станції (ФЕС). Зростання встановленої потужності ФЕС підвищує роль точних погодинних прогнозів генерування, оскільки відхилення між фактичними та плановими графіками призводять до небалансів, що мають фінансові наслідки для виробників та впливають на стійкість енергосистеми України [1].

Метою дослідження є аналіз факторів, які впливають на точність прогнозу генерування ВДЕ, та причин виникнення ризиків зниження ефективності систем з ВДЕ внаслідок небалансів на основі дослідження фактичних графіків генерування ФЕС.

Результати дослідження

У дослідженнях короткострокового прогнозування графіків генерування фотоелектричними станціями автори виділяють дві головні проблеми: висока просторово-часова варіативність хмарності та технічні неоднорідності виробничих майданчиків. Ці фактори обумовлюють значні похибки в прогнозах, що у свою чергу призводить до небалансів на енергетичних ринках і збільшення вартості балансування [1].

Для аналізу фактичних погодинних графіків генерування в роботі запропоновано використовувати методи кластеризації, оскільки розподіл історичних даних на типи дозволяє не лише визначитись зі структурою моделі або ансамблем моделей для прогнозування але й застосовувати кластер-орієнтовані правила корекції цих прогнозів. Для кластерізації було використано метод DBSCAN. Він є популярним методом у цій галузі через здатність виділяти щільні групи та маркувати аномалії як шум [2, 3]. Це особливо корисно для виявлення днів з високим ризиком небалансів.

В результаті кластерного аналізу нами було отримано п'ять кластерів. Серед них під чотири можна підібрати структуру прогнозної моделі і один кластер, який метод DBSCAN визначив як шум. Значення метрик для кожного кластера наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Приклад оформлення таблиці

№ кластера	MAE	RMSE	MAPE
-1 (шум)	431.70	609.96	823.65
0	14.14	36.42	44.48
1	94.66	128.19	13.01
2	175.62	247.70	11.38
3	108.16	150.71	9.80

Висновки

Недостатня точність прогнозів зумовлює появу ризиків зниження ефективності функціонування систем з ВДЕ. Всі ризики можна розділити на такі групи:

Технічні ризики: небаланс потужності (електричної енергії); перевантаження елементів мережі; передчасна деградація установок накопичення енергії.

Економічні ризики: збільшення витрат на балансування; втрати доходу; штрафи або компенсації.

Операційні ризики: нестабільність режимів керування; підвищення складності диспетчеризації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Оцінювання ризиків зниження ефективності систем з відновлюваними джерелами енергії на основі кластерного аналізу / Комар, В. О., В. В. Тептя, Є. А. Тептя, і Насадюк Р. М. // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність*, вип. 2(11), 2025, с. 43-47, doi:10.20998/EREE.2025.2(11).346214.
2. Tawn, R., et al. (2022). A review of very short-term wind and solar power forecasting. eprints.gla.ac.uk.
3. Modeling of Ethiopian Wind Power Production Using ERA5 Reanalysis Data Kena Likassa Nefabas,Lennart Söder, Mengesha Mamo, Jon Olauson 2021 [Електронний ресурс]. URL:https://www.mdpi.com/1996-1073/14/9/2573 (дата звернення: 19.09.2023)
4. Pandžić, F., et al. (2023). Advances in Short-Term Solar Forecasting: A Review. Energies.
5. Getman, D. (2015). Methodology for Clustering High-Resolution Solar Resource Data. NREL Technical Report.

Тептя Євгеній Андрійович – аспірант кафедри електричних станцій та систем, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: genyashkat@gmail.com;

Комар Вячеслав Олександрович – доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри електричних станцій та систем, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kvo1976@ukr.net

Yevhenii A. Teptia – Postgraduate student of the Department of Electrical Power Plants and Systems, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail:genyashkat@gmail.com;

Viacheslav O. Komar – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Power Plants and Systems, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kvo1976@ukr.net