

Є. А. Тептя
В. О. Комар
В. В. Тептя

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ НЕБАЛАНСІВ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Вінницький національний технічний університет

Сучасні тенденції розвитку енергетичної галузі України, зумовлені світовими змінами клімату та приєднанням країни до напрямку світової спільноти щодо зменшення викидів парникових газів, посприяли розвитку відновлюваних джерел енергії. Впровадження ВДЕ в розподільні електричні мережі не могло не вплинути на структуру та режими роботи останніх. Після інтеграції відновлюваних джерел енергії розподільні мережі з переважно радіальних перетворюються на такі, в яких з'являються двосторонні перетоки й живлення споживачів може забезпечуватись як від власних розосереджених джерел енергії (РДЕ) так і від централізованих джерел – підстанцій енергосистеми. Останні роки частка відновлюваних джерел електроенергії в загальному виробітку в розподільних електромережах сягає 20-30 %. І ця частка зростатиме й надалі. Тому перед операторами системи розподілу постають нові виклики, пов'язані з ефективністю функціонування мереж, що містять розосереджені джерела енергії. Адже, враховуючи зміну погодних факторів і нестабільність генерування таких джерел як сонячні та вітрові електроустановки, характер генерування деяких ВДЕ є ймовірнісним і не завжди прогнозованим. Розвиток відновлюваної енергетики спричинив появи нових завдань і необхідності пошуку нових моделей та методів підвищення ефективності роботи розподільних електричних мереж та локальних електроенергетичних систем.

Повномасштабне вторгнення російської федерації та руйнування об'єктів енергетики призвело до перебоїв у постачанні електроенергії. Подальші атаки на електричні станції та підстанції можуть посилити дефіцит електроенергії та призвести до енергетичної кризи та великих матеріальних збитків. Як альтернатива у складних умовах функціонування електроенергетичної системи відновлювані джерела енергії можуть підтримати електропостачальні компанії й забезпечити частину споживачів електроенергією в умовах військового стану.

Нестабільність деяких відновлюваних джерел енергії негативно впливає на балансову надійність та стійкість роботи енергетичної системи. Під час прогнозування генерування від ВДЕ виникають ризики появи небалансів активної потужності в локальних електроенергетичних системах. Зменшити ймовірність виникнення небалансів та, як наслідок, штрафних санкцій до власників ВДЕ можна розробивши методи та засоби планування режимів локальних електроенергетичних систем з ВДЕ.

Метою даної роботи є дослідження проблеми виникнення ризиків під час прогнозування графіків генерування ВДЕ. В роботі вирішується актуальна задача вдосконалення методів та засобів оптимізації нормальних режимів електроенергетичних систем та розподільних електричних мереж з ВДЕ. Проаналізовано існуючі методи оцінювання ризиків, які можуть бути використані для аналізу виникнення небалансів активної потужності в локальних електроенергетичних системах під час планування режимів роботи в умовах сучасного енергоринку.

Ключові слова: небаланс, ризик, локальна електроенергетична система, ринок електричної енергії, відновлювані джерела енергії.

Вступ

Одним із основних пріоритетів державної політики в електроенергетичній галузі України є курс на декарбонізацію та скорочення викидів парникових газів, зменшення залежності від викопного палива, а також перехід до низьковуглецевого розвитку країни. Енергетичною стратегією України на період до 2050 року передбачено розвиток розподілених джерел енергії, систем накопичення, збільшення джерел, що належать до «зеленої генерації». Тому кожного року частка відновлюваних джерел електроенергії (ВДЕ) в загальному виробітку зростає [1].

Коливальний характер та нестабільність таких джерел створює проблему та підвищує ризики для безпеки та стабільності роботи енергосистеми [2, 3]. Згідно з Законом України «Про ринок електричної енергії» виробники електричної потужності ВДЕ повинні здійснювати прогноз погодинного графіка генерування на добу наперед [4]. У разі виникнення небалансів, зумовлених відхиленням прогнозованого графіка генерування, виробники повинні компенсувати їх.

Результати дослідження

З огляду на збільшення інтеграції відновлюваних джерел енергії у локальні енергосистеми, виникає потреба у створенні ефективних методів планування їх режимів роботи. ВДЕ є нестабільними джерелами, що створює ризики виникнення небалансів активної потужності, особливо

в умовах децентралізованого генерування. Ці небаланси можуть призводити до зниження ефективності роботи енергосистем, збільшення втрат енергії та погіршення надійності енергопостачання [4-6]. Тому постає задача оцінювання ризиків від нестабільності роботи ВДЕ внаслідок зміни погодних умов під час короткострокового планування графіків навантаження та планування диспетчеризації.

На сьогодні такі ВДЕ як сонячні, вітрові станції не завжди є гарантованими джерелами енергії, оскільки вони належать до умовно керованих джерел і залежать від погодних умов [6]. Законодавством України передбачається виконання власниками ВДЕ прогнозування генерування на добу наперед. Якщо прогнозні графіки не співпали з реальним генеруванням джерела, на власників ВДЕ накладаються штрафні санкції. Тому важливим етапом є вибір методу аналізу та прогнозування графіків навантаження, а також та оцінювання ризиків від виникнення небалансів активної потужності в локальних електричних мережах з ВДЕ внаслідок нестабільності останніх.

Поняття ризику широко використовується в сучасному світі. Це поняття, як правило, застосовують, коли роблять опис певного потенційно небезпечного явища, загрози. Паралельно з поняттям ризику, можуть застосовувати термін «шанс», який характеризує ступінь успішності явища, системи за певних умов, факторів.

В роботі проаналізовано методи оцінювання ризиків, які використовують в сучасному світі. Ці методи поділяються на якісні та кількісні підходи оцінювання [7, 8]. При якісному підході виявляють ризик, що потребує детального аналізу, а також необхідні заходи контролю та дій на основі ефекту ризику і його впливу на об'єкт дослідження [8]. Під час кількісного аналізу ризику подається чисельна або кількісна оцінка для розробки ймовірнісної оцінки проблеми. Ризик як кількісна міра небезпеки може містити такі показники як: ймовірність виникнення (частота виникнення) небезпечного фактора, що розглядається; розмір збитку від дії якогось небезпечного фактора; невизначеність розмірів збитку та ймовірності. Під час кількісної оцінки часто виникає проблема нестачі вхідних даних для аналізу.

Визначення ймовірності виникнення небезпечного фактора та збитків від нього є складною технічною задачею, для розв'язання якої використовують різні математичні методи. На сьогодні використовують різні підходи щодо оцінювання та управління ризиками, наприклад:

- статистичні методи;
- підхід на основі експертних оцінок і оцінювання суб'єктивної ймовірності;
- різні аналітичні методи оцінювання ймовірності виникнення надзвичайної ситуації;
- ймовірнісно-статистичний;
- теоретико-ймовірнісний метод;
- евристичні методи;
- аналіз чутливості;
- аналіз дерева несправностей (FTA) та аналіз видів та наслідків відмов (FMEA) [8];
- аналіз дерева рішень тощо.

Вибір методології оцінювання ризиків залежить від постановки задачі. Не існує ідеальної методології, кожна має сильні й слабкі сторони. Під час вибору методу оцінювання ризиків важливо зрозуміти, яких результатів прагнуть досягнути, а також враховувати особливості керуваного об'єкта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Національний план з енергетики та клімату на період до 2024 року. 367 с.
- [2] *Risk assessment of power imbalance for power systems with wind power integration considering governor ramp rate of conventional units.* Yanwen Wang, Yanying Sun, Yalong Li and others. *Electric // Power Systems Research.* Volume 217. 2023. Page 109111. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.109111>
- [3] Про ринок електричної енергії: Закон України від 08.03.2024 № 3577-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення: 12.03.2024).
- [4] Лежнюк П. Д., Лисий В. М. *Оцінювання впливу факторів, які впливають на енергоефективність ВДЕ під час балансування режимів електроенергетичних систем.* <https://doi.org/10.31649/mccs2022.11>
- [5] *Балансова надійність електричної мережі з фотоелектричними станціями* : монографія / П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, С. В. Кравчук та ін. Вінниця: ВНТУ, 2018. 136 с.
- [6] Лежнюк П., Козачук О., Галузінський О. *Використання активних споживачів для балансування електроенергії в електричній мережі* / Вісник Хмельницького національного університету, № 3, 2023 (321). С. 214 – 221.
- [7] 6 types of risk assessment methodologies + how to choose. URL: <https://drata.com/grc-central/risk/risk-assessment-methodologies>
- [8] Volkan Evrin Risk assessment and analysis methods: qualitative and quantitative / *ISACA Journal*, Vol. 2, 2021. URL: <https://www.isaca.org/resources/isaca-journal/issues/2021/volume-2/risk-assessment-and-analysis-methods>

Тептя Євгеній Андрійович – аспірант кафедри електричних станцій та систем, e-mail: genyashkat@gmail.com;

Комар Вячеслав Олександрович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електричних станцій та систем, Вінниця;

Тептя Віра Володимирівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінниця, e-mail: teptyavira@gmail.com

Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Y. A. Teptia

V. O. Komar

V. V. Teptia

Methods for assessing the risks of active power imbalances in local power systems

Vinnitsia National Technical University

The current trends in the development of Ukraine's energy sector, driven by global climate change and Ukraine's accession to the global community's efforts to reduce greenhouse gas emissions, have contributed to the development of renewable energy sources. The introduction of renewable energy sources into distribution power grids could not but affect the structure and operation of the latter. After the integration of renewable energy sources, distribution networks are transformed from predominantly radial ones to those with two-way flows and consumers can be supplied with power both from their own dispersed energy sources (RES) and from centralized sources - power system substations. In recent years, the share of renewable energy sources in the total generation in distribution networks has reached 20-30%. And this share will continue to grow. Therefore, distribution system operators are facing new challenges related to the efficiency of networks containing dispersed energy sources. After all, given the change in weather factors and the instability of generation from sources such as solar and wind power plants, the nature of generation of some RES is probabilistic and not always predictable. The development of renewable energy has led to new challenges and the need to find new models and methods to improve the efficiency of distribution power grids and local power systems.

The full-scale invasion of the Russian Federation and the destruction of energy facilities led to interruptions in electricity supply. Further attacks on power plants and substations could exacerbate the power shortage and lead to an energy crisis and large material damage. As an alternative, renewable energy sources can support electricity supply companies and provide some consumers with electricity under martial law in difficult conditions of the electricity system.

The volatility of some renewable energy sources has a negative impact on the balance reliability and sustainability of the power system. When forecasting RES generation, there are risks of active power imbalances in local power systems. It is possible to reduce the probability of imbalances and, as a result, penalties for RES owners by developing methods and tools for planning the modes of local power systems with RES.

The purpose of this paper is to study the problem of risks in forecasting RES generation schedules. The paper solves the urgent task of improving methods and tools for optimizing the normal modes of power systems and distribution power grids with RES. The existing risk assessment methods that can be used to analyze the occurrence of active power imbalances in local power systems when planning operating modes in the modern energy market are analyzed.

Keywords: imbalance, risk, local power system, electricity market, renewable energy sources.

Yevhenii A. Teptia – Post-Graduate Student the Chair of Electric power stations and systems; e-mail: genyashkat@gmail.com;

Viacheslav O. Komar – Professor, Head of the Chair of Electric power stations and systems;

Vira V. Teptia – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Electric power stations and systems.

Vinnitsia National Technical University