

consumers. IET Gener. Transm. Distrib., 14: 4488–4500. UR: <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2020.0692> (accessed 07.03.2025).

6. Wang Bohong & Chin Hon & Varbanov Petar & Klemeš Jiri. (2020). A MILP-Based Iteration Method for Heat Exchanger Network Synthesis. 1-6. DOI: 10.23919/SpliTech49282.2020.9243853 (accessed 07.03.2025).

7. S. Taik and B. Kiss, “Selective and optimal dynamic pricing strategy for residential electricity consumers based on genetic algorithms,” Heliyon, vol. 8, No. 11, p. e11696, Nov. 2022, DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e11696 (accessed 07.03.2025).

8. A. R. Jordehi, “Two-stage stochastic programming for risk-aware scheduling of energy hubs participating in day-ahead and real-time electricity markets,” Sustainable Cities and Society, vol. 81, p. 103823, Jun. 2022, DOI: 10.1016/j.scs.2022.103823 (accessed 07.03.2025).

9. Samadi, M.; Fattahi, J.; Schriemer, H.; Erol-Kantarci, M. Demand Management for Optimized Energy Usage and Consumer Comfort Using Sequential Optimization. Sensors 2021, 21, 130. URL: <https://doi.org/10.3390/s21010130> (accessed 07.03.2025).

10. Zamulko A. and Chernetska Y. and Prasol A. (2024) Determination of the Limit Values of Electric Energy Consumption Using Optimization Modeling. System Research in Energy, (1 (76), 27–34. URL: <https://doi.org/10.15407/srenergy2024.01.027> (accessed 07.03.2025).

11. Angizeh Farhad; Ghofrani Ali; Jafari Mohsen A. (2020) “Dataset on Hourly Load Profiles for a Set of 24 Facilities from Industrial, Commercial, and Residential End-use Sectors”, Mendeley Data, V1, DOI: 10.17632/rfnp2d3kjp.1 (accessed 07.03.2025). (Ukr).

12. Hourly prices for the purchase and sale of electricity. Market operator. URL: <https://www.oree.com.ua/index.php/pricetr> (accessed 07.03.2025).

13. Electricity. Day-ahead market. TGE. URL: <https://www.tge.pl/> (accessed 07.03.2025).

14. On approval of the Rules for managing restrictions and the Procedure for allocating the capacity of interstate crossings: Resolution of the National Energy and Utilities Regulatory Commission of Ukraine No.763 of 03.04.2020: as of February 1, 2020. 2022 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0763874-20> (accessed 07.03.2025). (Ukr).

УДК 621.311

Прищепя Я. О., аспірант, ORCID: 0009-0008-5049-4826,
науковий керівник: канд. техн. наук, доцент **А. І. Замулко**,
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

ОЦІНКА РИЗИКІВ ІНДИКАТИВНОГО ПОКАЗНИКА БЕЗПЕКИ ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

RISK ASSESSMENT OF THE INDICATIVE INDICATOR FOR SECURITY OF ELECTRICITY SUPPLY

***Анотація.** В роботі досліджено оцінку ризиків індикативного показника безпеки постачання електричної енергії. Основна увага приділена аналізу можливих ризиків та їх впливу на надійність енергопостачання. Розглянуто ключові чинники, що можуть спричиняти відхилення індикативного показника, а також методи їх ідентифікації та оцінки. Первинна оцінка ризиків дозволить удосконалити систему моніторингу та підвищити рівень безпеки постачання електроенергії. Бібл. 6, табл. 2.*

Ключові слова: безпека постачання електроенергії, оцінка ризиків, матриця ризиків, метод аналізу видів і наслідків відмов, балансування енергосистеми.

Abstract. The paper investigates the risk assessment of the indicative indicator of electricity supply security. The main attention is paid to the analysis of possible risks and their impact on the reliability of energy supply. The key factors that may cause deviations of the indicator, as well as methods of their identification and assessment are considered. The initial risk assessment will improve the monitoring system and increase the level of security of electricity supply. Ref. 6, Tabl. 2.

Keywords: security of electricity supply, risk assessment, risk matrix, method of analyzing types and consequences of failures, power system balancing.

Вступ. Оцінка ризиків [1] індикативного показника безпеки постачання електричної енергії є важливим завданням для забезпечення стабільності енергосистеми. Постає необхідність використання індикативного підходу та статистичних методів для аналізу можливих ризиків, що можуть впливати на рівень безпеки енергопостачання. Врахування міжнародного та національного досвіду дозволить визначити ключові ризики, встановити порогові значення індикативного показника та розробити алгоритм оцінки ризиків [2], що сприятиме підвищенню надійності постачання електроенергії.

Мета роботи та завдання. Метою роботи є формування підходів до оцінки ризиків показника з яких складається безпека постачання електричної енергії.

Задачами роботи є:

- проаналізувати Звіт “Про результати моніторингу безпеки постачання електричної енергії” Міністерства енергетики України та сформулювати перелік ризиків, які є складовими індикаторів безпеки постачання електричної енергії;
- порівняти методи оцінки ризиків (матриця ризиків та аналіз видів і наслідків відмов) та обґрунтувати доцільність їх застосування;
- проаналізувати основні ризики індикатора безпеки постачання електроенергії за допомогою методу аналіз видів і наслідків відмов.

Матеріал і результати досліджень. Ризики та заходи безпеки постачання електроенергії. Ризик в розрізі безпеки постачання електричної енергії охоплює різні загрози, які можуть вплинути на стабільність та надійність постачання електроенергії споживачам [3].

Основні ризики безпеки постачання електричної енергії можна поділити на наступні категорії:

1. Технічні ризики: Пошкодження обладнання, аварії на електростанціях та лініях електропередачі можуть призвести до перерви в постачанні електроенергії.
2. Кібербезпека: Кібератаки на системи керування електричними мережами можуть вивести з ладу енергетичну інфраструктуру, що загрожує стабільності постачання.
3. Ринкові ризики: Коливання цін на енергоносії та зміни в законодавстві можуть вплинути на стабільність постачання електроенергії.

4. Політичні та зовнішні ризики: Напружені відносини з країнами-постачальниками енергоносіїв можуть призвести до порушення постачання.

Аналіз ризиків індикативного показника безпеки постачання електричної енергії може бути ефективно інтегрований у цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act), що забезпечує безперервне вдосконалення системи управління ризиками. Застосування циклу PDCA до аналізу ризиків індикативного показника дозволяє створити гнучку систему управління, яка своєчасно реагує на нові загрози та забезпечує стабільність електропостачання. Це особливо важливо в умовах інтеграції української енергосистеми до європейської мережі та необхідності відповідати міжнародним стандартам надійності та безпеки.

Оцінка рівня безпеки постачання електричної енергії складається з п'яти середньозважених інтегральних індикаторів [4] (складових безпеки постачання електричної енергії), які наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Індикатори безпеки постачання електричної енергії

Безпека постачання електричної енергії				
індекс забезпечення балансової надійності енергосистеми і якості та рівня технічного обслуговування електричних мереж	індекс забезпечення первинними енергоресурсами за видами та джерелами їхнього постачання	індекс безперебійного функціонування ринку електричної енергії	індекс забезпечення операційно і безпеки	індекс кібербезпеки та захисту критичної інфраструктури у сфері електроенергетики

Аналіз ризиків індексу забезпечення балансової надійності енергосистеми і якості та рівня технічного обслуговування електричних мереж. В процесі дослідження розглядалися дані, які представлені в Звіті Міністерства енергетики України за 2021 рік [5]. В процесі дослідження були використані ризики індексу забезпечення балансової надійності енергосистеми і якості та рівня технічного обслуговування електричних мереж згідно даних зазначеного звіту. Слід зазначити, що у звіті був використаний так званий методу матриці ризиків, що базується на оцінці ризиків за ймовірністю їхнього виникнення та рівнем впливу. Матриця ризиків є корисним інструментом для попередньої оцінки загроз, але її варто поєднувати з іншими методами (наприклад, Монте-Карло або FMEA) для отримання глибшого аналізу та точніших прогнозів.

При аналізі ризиків індикатора пропонується застосувати метод аналізу видів і наслідків відмов (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA). Зазначений метод забезпечує більш глибокий і структурований підхід до аналізу ризиків, дозволяючи точно визначати критичні відмови, їхні причини та способи усунення.

Оцінка здійснюється за шкалою від 1 до 10, де 10 – найвищий рівень ризику. Наступним кроком буде розрахунок RPN (Risk Priority Number) за формулою:

$$RPN = O \times S \times D. \quad (1)$$

Згідно Наказу Міненерговугілля “Про затвердження Правил про безпеку постачання електричної енергії” від 27.08.2018 № 448 [6] оцінювати ризики слід з урахуванням впливу превентивних заходів і результатів моніторингу безпеки постачання електричної енергії. Проаналізовано ризики за допомогою метода аналізу видів і наслідків відмов. Результати наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Проаналізовані ризики індикатора безпеки постачання електричної енергії за допомогою метода аналізу видів і наслідків відмов

Ризик	RPN
Ризик розвитку генеруючих потужностей	378
Ризик недостатності ринкових стимулів	320
Ризик балансових обмежень	441
Ризик негативного впливу НПСВ	288
Ризик недофінансування мереж	567
Ризик втрати позицій в рейтингу	336
Ризик зниження надійності електропостачання	432
Ризик зниження рівня обслуговування	336

Найбільш критичні ризики – недофінансування електромереж (RPN = 567), балансові обмеження (RPN = 441) та зниження надійності електропостачання (RPN = 432). Вони потребують першочергової уваги.

Висновки. Ідентифіковано основні ризики постачання електроенергії та запропоновано систему їх оцінки на основі індикативних показників.

Доведено перевагу методу аналізу видів і наслідків відмов над методом матриці ризиків завдяки його деталізованому аналізу та інтеграції у процеси управління якістю.

Визначено найбільш критичні ризики (недофінансування електромереж, балансові обмеження, зниження надійності електропостачання) та запропоновано заходи для їх мінімізації.

Список використаних джерел

1. Jieyu Liu, Deqiang Li (2022) Research Advances in Energy Investment Risk Management – A Bibliometric Perspective. 1126–1131. URL: <https://doi.org/10.4236/ajibm.2022.126060> (дата звернення 10.02.2025).
2. Iwona Gorzeń-Mitka and Monika Wiczorek-Kosmala (2023). Mapping the Energy Sector from a Risk Management Research Perspective: A Bibliometric and Scientific Approach. 16(4), 2024; URL: <https://doi.org/10.3390/en16042024> (дата звернення 10.02.2025).
3. M. M. Ouabira. (2023) Risk Analysis in Energy Program Management. European Journal of Business and Management Research, 90-91. URL: <http://dx.doi.org/10.24018/ejbmr.2023.8.4.1997> (дата звернення 10.02.2025).
4. Прищепа Я.; Замулко А. (2024) Використання індикативного підходу для оцінки безпеки постачання електричної енергії. Системні дослідження в енергетиці, (4 (80), 134–142. URL: <https://doi.org/10.15407/srenergy2024.04.132> (дата звернення 10.02.2025).

5. Про результати моніторингу безпеки постачання електричної енергії: Звіт Міністерства енергетики України за 2021 рік. URL: <https://mev.gov.ua/> (дата звернення 10.12.2021).

6. Про затвердження Правил про безпеку постачання електричної енергії: Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 27.08.2018 № 448. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1076-18#Text> (дата звернення 01.05.2023).

References

1. Jieyu Liu, Deqiang Li (2022) Research Advances in Energy Investment Risk Management – A Bibliometric Perspective. 1126–1131. URL: <https://doi.org/10.4236/ajibm.2022.126060> (accessed 10.02.2025).

2. Iwona Gorzeń-Mitka and Monika Wieczorek-Kosmala (2023). Mapping the Energy Sector from a Risk Management Research Perspective: A Bibliometric and Scientific Approach. 16(4), 2024; URL: <https://doi.org/10.3390/en16042024> (accessed 10.02.2025).

3. M. M. Ouabira. (2023) Risk Analysis in Energy Program Management. European Journal of Business and Management Research, 90–91. URL: <http://dx.doi.org/10.24018/ejbmr.2023.8.4.1997> (accessed 10.02.2025).

4. Pryshchepa Y.; Zamulko A. (2024) USING AN INDICATIVE APPROACH TO ASSESSING THE SECURITY OF ELECTRICITY SUPPLY. System Research in Energy, (4 (80), 134–142. URL: <https://doi.org/10.15407/srenergy2024.04.132> (accessed 10.02.2025).

5. Ministry of Energy of Ukraine. On the results of monitoring the security of electricity supply (2021 year). URL: <https://mev.gov.ua/> (accessed 10.12.2021) (Ukr).

6. On Approval of the Rules on Security of Electricity Supply: Order of the Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine of 27.08.2018 No. 448. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1076-18#Text> (accessed 01.05.2023). (Ukr).

УДК 621.31

Карпенко А. В., аспірант, ORCID 0009-0004-5787-4750,
науковий керівник: канд. техн. наук, доцент **О. В. Коцар**,
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНИХ СЕКТОРІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ В МУНІЦИПАЛІТЕТАХ

DETERMINATION OF PRIORITY SECTORS FOR ENERGY PLANNING IN MUNICIPALITIES

***Анотація.** У статті досліджено актуальні проблеми енергетичного планування в муніципалітетах України. Акцентовано увагу на важливості енергетичного, моніторингу та контролю за використанням енергетичних ресурсів для забезпечення сталого розвитку та екологічної безпеки. Виконано аналіз затвердженої Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури України методіку розроблення місцевих енергетичних, а також підтримки та моніторингу реалізації таких планів з боку Державного агентства з питань енергоефективності та енергозбереження. Практичний аспект дослідження базується на аналізі енергоспоживання муніципальних об'єктів міста Запоріжжя, що дозволяє оцінити результативність впроваджених енергоефективних заходів та їх вплив на зниження споживання енергоресурсів. Бібл. 4, рис. 9, табл. 1.*