

О. П. Остапенко
В. В. Поліщук
Б. В. Сталінський

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В дослідженні проаналізовані сучасні когенераційно-теплонасосні установки як перспективне рішення для підвищення енергетичної стійкості та безпеки систем енергопостачання. Проаналізовано технічні характеристики комбінованих систем, їхні переваги та застосування в умовах змінного попиту на енергію. Оцінено економічну доцільність впровадження таких технологій та їхній вплив на зменшення викидів парникових газів. Запропоновано рекомендації щодо оптимізації роботи когенераційно-теплонасосних установок у складі розподілених енергосистем.

Ключові слова: когенерація, теплові насоси, енергетична безпека, стійкість систем, розподілена генерація, енергоефективність

Abstract

The study analyzes modern cogeneration heat pump plants as a promising solution for increasing the energy sustainability and security of energy supply systems. The technical characteristics of combined systems, their advantages and applications in conditions of variable energy demand are analyzed. The economic feasibility of implementing such technologies and their impact on reducing greenhouse gas emissions is assessed. Recommendations are proposed for optimizing the operation of cogeneration heat pump plants as part of distributed energy systems.

Key words: cogeneration, heat pumps, energy security, system stability, distributed generation, energy efficiency.

Вступ

Сучасні системи енергопостачання стикаються з суттєвими викликами, пов'язаними з необхідністю забезпечення надійного, економічно обґрунтованого та екологічно безпечного енергопостачання. Глобальні тенденції до декарбонізації енергетики, зростання частки відновлюваних джерел енергії та посилення вимог до енергетичної незалежності країн актуалізують розвиток інноваційних технологій.

Когенераційні системи, які одночасно виробляють електричну та теплову енергію, давно зарекомендували себе як високоефективне рішення для енергозбереження. Однак, інтеграція теплових насосів та когенераційних установок відкриває нові можливості для оптимізації роботи енергосистем. Такі гібридні системи дозволяють активно керувати енергетичним балансом, адаптуючись до змінного попиту та варіативності відновлюваних джерел енергії [1 – 4].

Результати дослідження

Мета дослідження полягає в комплексному аналізі когенераційно-теплонасосних установок як інструменту для підвищення енергетичної стійкості та безпеки систем енергопостачання на різних рівнях: від локальних енергосистем до регіональних мереж.

Когенераційно-теплонасосна установка являє собою комбіновану систему, що складається з генератора електроенергії, утилізатора відхідної теплоти та теплового насоса. Основний принцип роботи полягає в комбінованому використанні енергії палива та навколишнього середовища для максимізації корисного ефекту [3].

Прямий ККД когенераційної установки при виробництві електроенергії та теплоти складає 75 – 85%, що значно перевищує ККД розділеного виробництва цих видів енергії. Тепловий насос дозволяє виробляти теплоту з високими показниками енергоперетворень та використати теплоту навколишнього середовища або джерел техногенного походження [2, 3].

Таблиця 1 – Порівняння енергетичних показників різних систем

Система	ККД, %	Викиди CO ₂ , %
Розділене виробництво	55–65	100
Когенерація	75–85	60–70
Когенерація + ТН	78–88	40–50

Енергетична безпека розглядається як здатність енергосистеми забезпечувати надійне постачання енергії у достатній кількості та за прийнятною ціною. Інтеграція когенераційно-теплонасосних установок у складі розподілених енергосистем сприяє підвищенню безпеки за рахунок:

- зменшення залежності від централізованих джерел енергії;
- виробництва енергії максимально близько до місця її споживання;
- гнучкості у керуванні енергетичними потоками;
- можливості аварійного живлення в разі відключення від центральної мережі.

Стійкість енергосистеми, в свою чергу, характеризує її здатність адаптуватися до змін у попиті та пропозиції енергії. Когенераційно-теплонасосні установки мають значні резерви гнучкості, оскільки можуть швидко змінювати режим роботи та розподіл енергетичних потоків.

Когенераційно-теплонасосні установки знаходять застосування у різних секторах економіки. Особливо ефективними вони виявляються для:

- промислових підприємств з постійним попитом на теплову енергію;
- районних систем теплозабезпечення;
- великих комплексів житлово-комунального господарства;
- переробної промисловості з потребою в процесному теплі та холоді.

Період окупності таких установок, як правило, складає 5 – 8 років за умови постійного чергування нерівномірного навантаження [2, 3, 5]. Економічна ефективність залежить від вартості палива, тарифів на електроенергію та теплоту, а також від структури попиту на енергію.

Впровадження когенераційно-теплонасосних установок сприяє значному зниженню викидів парникових газів. У порівнянні з традиційною системою розділеного виробництва електроенергії та теплоти, рівень викидів CO₂ може зменшитися на 30–40% [2, 3, 6].

Перспективи розвитку когенераційно-теплонасосних технологій пов'язані з інтеграцією систем зберігання енергії, використанням відновлюваних джерел та розвитком систем управління на основі штучного інтелекту для оптимізації роботи установок.

Висновки

На основі проведеного аналізу можна запропонувати наступні рекомендації для оптимізації роботи когенераційно-теплонасосних установок:

1. Проводити детальний техніко-економічний аналіз при виборі місця розташування та потужності установок;
2. Використовувати сучасні системи автоматизації та управління для максимізації ефективності;
3. Забезпечити гарантійне обслуговування та підготовку персоналу;
4. Розвивати нормативно-правову базу для сприяння впровадженню таких технологій;
5. Стимулювати наукові дослідження у напрямку гібридизації з відновлюваними джерелами енергії.

Когенераційно-теплонасосні установки являють собою перспективне рішення для забезпечення енергетичної безпеки та стійкості сучасних енергосистем. Вони поєднують високу енергетичну ефективність, економічну доцільність та екологічну чистоту. Подальший розвиток та впровадження таких технологій є стратегічно важливим для переходу до сталої енергетики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Ходаківський В. О., Карпенко Д. С. Оцінювання рівня ефективності впровадження когенерації в умовах модернізації та резервування системи теплопостачання. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2025. № 2. С. 12-19. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.2.2025.327134>.
2. Ostapenko Olha. Ukraine's opportunities for implementing a sustainable development program: environmental aspects and the impact of innovative energy technologies. Ukraine's capacity to implement the sustainable development program in the context of full-scale armed aggression: Scientific monograph. Riga, Latvia : "Baltija Publishing", Volume 2, Section 32. 2025. P. 238-269. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-570-9-3>
3. Ostapenko Olha. Ecological aspects of sustainable development of Ukraine's regions: integration of heat pumps and renewable sources of energy. Theoretical and applied aspects of sustainable development of Ukrainian regions : scientific monograph. Volume 1. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2025. P. 299-333. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-539-6-13>
4. Ostapenko O. P. Estimation of tendencies of transforming the energy sectors of World, European Union and Ukraine in the perspective to 2050 with using the renewable energy sources in the concept of Sustainable Development. Social capital: Vectors of development of behavioural economics: Collective monograph. ACCESS Press Publishing house: Veliko Tarnovo, Bulgaria, 2021, 184 p. P. 99 – 139.
5. Ostapenko O. P. Estimation of energy-ecological-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations in Ukraine, in the concepts of green logistics and sustainable development. Institutional Development Mechanism Of The Financial System Of The National Economy: Collective monograph. Batumi: Publishing House "Kalmosani", 2020, 232 p. P. 52 – 66.
6. Ostapenko Olga. Study of energy-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations, using the heat of the industrial and natural sources, in industry and municipal heat power branch of Ukraine. Social and Legal Aspects of the Development of Civil Society Institutions: Collective Monograph. Part I. Warsaw: Institute of European Integration, Bmt Eridia Sp. z o. o., 2019, 536 p. P. 292 – 308.

Ольга Павлівна Остапенко – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ostapenko1208@gmail.com

Володимир Віталійович Поліщук – студент групи ТЕ-226, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Богдан Вікторович Сталінський – студент групи ТЕ-226, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Olga P. Ostapenko – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ostapenko1208@gmail.com

Volodymyr V. Polishchuk – Student of the Faculty of the Building, of Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Bohdan V. Stalynskiy – Student of the Faculty of the Building, of Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia