

# ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК У ЛОКАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ УКРАЇНИ

<sup>1</sup>Вінницький Національний Технічний Університет

## *Анотація*

*У роботі розглянуто підвищення ефективності функціонування когенераційних установок у локальних енергетичних системах України. Обґрунтовано, що ефективність КГУ визначається не лише паспортним коефіцієнтом корисної дії, а комплексним узгодженням режиму роботи установки з електричним і тепловим навантаженням споживача, режимом взаємодії із зовнішньою мережею, системою автоматизованого керування та можливістю роботи в автономному або резервному режимі. Показано, що найбільш доцільним є розгляд КГУ як елемента локальної енергетичної системи, здатного одночасно підвищувати енергоефективність, автономність та надійність електропостачання локальних споживачів.*

**Ключові слова:** когенераційна установка, розподілена генерація, локальна енергосистема, енергоефективність, автономний режим, надійність електропостачання.

## *Abstract*

*The paper considers the improvement of the operating efficiency of cogeneration units in local energy systems of Ukraine. It is substantiated that the efficiency of a cogeneration unit is determined not only by its nominal efficiency, but also by the coordination of its operating mode with the electrical and thermal loads of the consumer, the interaction with the external grid, automated control, and the ability to operate in autonomous or reserve modes. It is shown that a cogeneration unit should be considered as an element of a local energy system capable of simultaneously improving energy efficiency, autonomy, and reliability of power supply for local consumers.*

**Keywords:** cogeneration unit, distributed generation, local energy system, energy efficiency, island mode, power supply reliability

## **Вступ**

Актуальність роботи. У сучасних умовах функціонування енергетичної системи України питання підвищення ефективності та стійкості електропостачання набуває особливого значення [2, 3]. Централізована структура ОЕС України історично ґрунтувалася на великих електростанціях і магістральних мережах, однак пошкодження генеруючих об'єктів, підстанцій і ліній електропередачі показали необхідність розвитку локальних джерел енергії [2, 3]. Одним із таких джерел є когенераційні установки, які забезпечують одночасне виробництво електричної та теплової енергії й можуть працювати поблизу споживача [1, 4].

На відміну від звичайних резервних генераторів, КГУ мають не лише забезпечувати аварійне живлення, а й працювати в оптимальному режимі відповідно до реальних графіків електричного і теплового навантаження [4]. Тому підвищення ефективності їх функціонування доцільно розглядати як комплексну задачу, що включає вибір потужності, режим роботи, автоматизоване керування, використання теплової енергії та взаємодію із зовнішньою електричною мережею [1, 4].

Метою роботи є визначення основних режимних і технічних засобів підвищення ефективності функціонування когенераційних установок у локальних енергетичних системах України.

Об'єктом дослідження є локальні енергетичні системи з джерелами розподіленої генерації.

Предметом дослідження є режими роботи та засоби підвищення ефективності когенераційних установок у локальних енергосистемах.

## Результати дослідження

Ефективність когенераційної установки значною мірою залежить від того, у якому режимі вона інтегрована до локальної енергосистеми [4]. На рисунку 1 узагальнено основні режими роботи розподіленої генерації: паралельну роботу з мережею, автономний острівний режим та резервний режим. Такий поділ є важливим для оцінювання ролі КГУ, оскільки одна й та сама установка може виконувати різні функції: зменшувати відбір електроенергії із зовнішньої мережі, забезпечувати живлення критичних споживачів у разі аварії або підтримувати роботу локального об'єкта під час обмежень у централізованій енергосистемі.

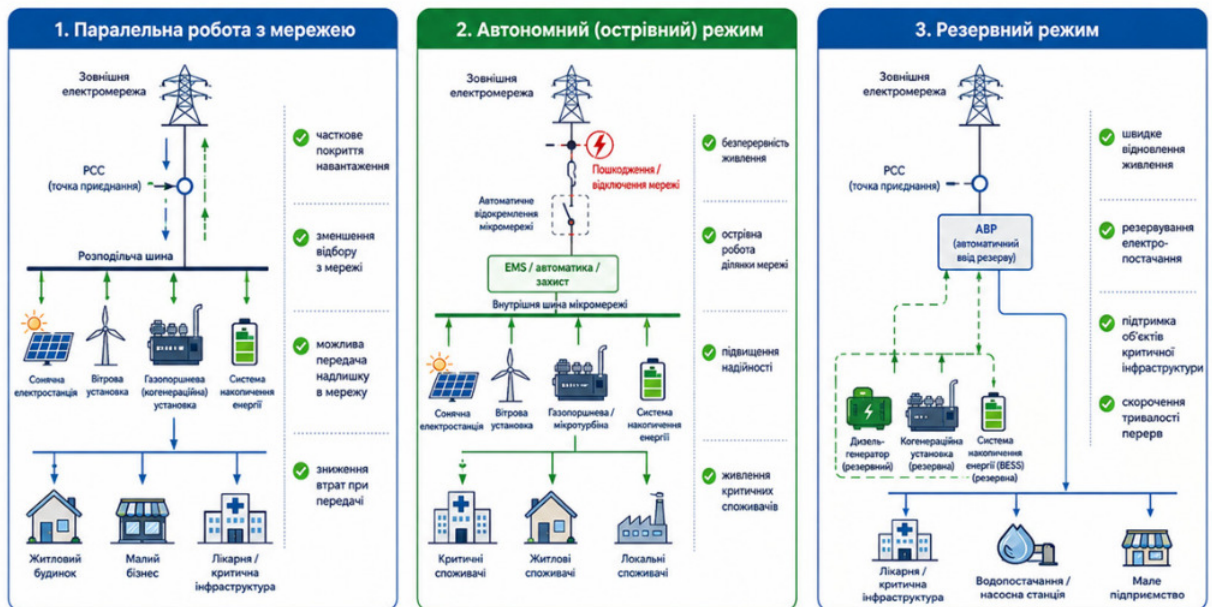


Рисунок 1 – Режими роботи розподіленої генерації в локальній енергосистемі

У паралельному режимі КГУ покриває частину локального навантаження та зменшує перетоки потужності через зовнішню мережу [3, 4]. В автономному режимі установка забезпечує живлення окремої ділянки або групи споживачів незалежно від стану зовнішньої енергосистеми [3]. У резервному режимі КГУ використовується переважно для швидкого відновлення електропостачання критичних об'єктів. Отже, ефективність КГУ формується не тільки величиною виробленої енергії, а й здатністю установки працювати у потрібному режимі в конкретних умовах локального споживача.

Особливе значення КГУ серед інших джерел розподіленої генерації полягає в одночасному виробництві електричної і теплової енергії [1, 4]. Це створює перевагу для об'єктів, де протягом значної частини року існує стабільна потреба в теплі: житлових мікрорайонів, лікарень, котельень, водоканалів, об'єктів критичної інфраструктури та промислових підприємств. Проте за відсутності теплового споживача перевага когенераційного режиму зменшується, оскільки частина енергії палива не використовується корисно [4].

Основні шляхи підвищення ефективності КГУ узагальнено в таблиці 1. Вони показують, що ефективність не може бути забезпечена лише одним заходом, наприклад вибором потужної

установки або зменшенням втрат у мережі. Найкращий результат досягається при поєднанні технічних, режимних та керуючих рішень.

Таблиця 1 – Комплекс заходів підвищення ефективності КГУ в локальній енергосистемі

Напрямок підвищення ефективності	Суть рішення	Очікуваний ефект	Умови застосування
Вибір потужності КГУ	Потужність вибирається не за максимальним піком, а за тривалим базовим або напівпіковим навантаженням.	Зменшення роботи на частковому навантаженні, підвищення коефіцієнта використання встановленої потужності.	Аналіз добових, сезонних і річних графіків електричного та теплового навантаження.
Узгодження електричного і теплового графіків	Робота КГУ організовується у періоди одночасної потреби в електроенергії та теплі.	Підвищення загального коефіцієнта використання палива.	Наявність стабільного теплового споживача: ГВП, опалення або технологічне тепло.
Автоматизоване керування	Система керування визначає моменти запуску, зупинки та навантаження КГУ.	Зниження витрат палива, зменшення кількості пусків і стабільніша робота локальної системи.	Засоби автоматики, обліку, контролю напруги, частоти та навантаження.
Розміщення поблизу споживача	Установка працює в межах локальної енергосистеми або поруч із центром навантаження.	Зменшення перетоків потужності та технологічних втрат у мережі.	Найбільший ефект за значного локального навантаження або великої довжини ліній.
Використання когенераційного тепла	Теплова енергія спрямовується на ГВП, опалення або технологічні процеси.	Зменшення витрат на окреме виробництво тепла, підвищення загальної ефективності установки.	Наявність теплової мережі або локального теплового споживача.
Острівний або резервний режим	КГУ забезпечує живлення локальної системи незалежно від зовнішньої мережі або підтримує критичних споживачів.	Підвищення автономності, надійності та живучості локальної енергосистеми.	Системи синхронізації, захисту, секціонування, регулювання частоти та напруги.

Дані таблиці 1 свідчать, що підвищення ефективності КГУ має розглядатися як системне завдання. Якщо установка вибрана лише за максимальним піком навантаження, вона значну частину часу може працювати з недовантаженням, що погіршує її техніко-економічні показники. Тому доцільним є вибір потужності за тривалим базовим або напівпіковим навантаженням із можливістю часткового покриття потреб споживача [4].

Ключовою умовою ефективної роботи КГУ є корисне використання теплової енергії [1, 4]. Саме тепла складова відрізняє когенераційну установку від звичайного електрогенератора. Якщо вироблене тепло використовується для гарячого водопостачання, опалення або технологічних процесів, загальна ефективність використання палива суттєво зростає. Якщо ж тепла енергія скидається або використовується неповністю, переваги когенерації зменшуються.

Важливим напрямом є також автоматизоване керування режимами роботи [4]. Система енергоменеджменту дає змогу визначати моменти запуску та зупинки КГУ, розподіляти навантаження між зовнішньою мережею, локальним джерелом і накопичувачем енергії, а в аварійних умовах переводити частину споживачів на локальне живлення. Це підвищує не тільки енергоефективність, а й стійкість локальної енергосистеми.

Таким чином, запропонований підхід полягає в тому, що КГУ розглядається не як окреме джерело електроенергії, а як функціональний елемент локальної енергетичної системи. Її ефективність визначається узгодженням електричного і теплового навантаження, вибором раціонального режиму роботи, застосуванням автоматизованого керування та можливістю переходу до автономного або резервного живлення [3, 4].

## Висновки

Проведений аналіз показав, що когенераційні установки є перспективним засобом підвищення ефективності локальних енергетичних систем України, оскільки поєднують виробництво електричної та теплової енергії поблизу споживача.

Встановлено, що ефективність КГУ залежить не лише від її паспортних характеристик, а від режиму роботи в локальній енергосистемі. Найбільш важливими умовами є правильний вибір

потужності, узгодження електричного і теплового графіків, корисне використання тепла, автоматизоване керування та можливість роботи в автономному або резервному режимі.

Запропонований комплексний підхід дозволяє використовувати КГУ не тільки як джерело економії палива, а як елемент підвищення автономності, надійності та живучості локального енергопостачання в умовах обмеженої роботи централізованої енергосистеми..

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії /когенерацію/ та використання скидного енергопотенціалу : Закон України від 05.04.2005 р. № 2509-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2509-15>.
2. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21.04.2023 р. № 373-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/373-2023-%D1%80>.
3. 3. Ukraine's Energy Security and the Coming Winter. Paris : International Energy Agency, 2024. URL: <https://www.iea.org/reports/ukraines-energy-security-and-the-coming-winter>.
4. 4. Combined Heat and Power Technology Fact Sheet: Reciprocating Engines. U.S. Department of Energy, 2023. URL: <https://betterbuildingsolutioncenter.energy.gov/resources/combined-heat-and-power-technology-fact-sheet-reciprocating-engines>.

**Калабський Іван Васильович** – студент групи ІЕС-22б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, ел. пошта: [kalabskyiv.@gmail.com](mailto:kalabskyiv.@gmail.com)

Науковий керівник: **Кулик Володимир Володимирович** – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри електричних станцій та систем, e-mail: [volodymyrvkulyk@gmail.com](mailto:volodymyrvkulyk@gmail.com) ;

**Kalabsky Ivan Vasilyovych** – student of the IES-22b group, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [kalabskyiv.@gmail.com](mailto:kalabskyiv.@gmail.com)

Research supervisor: **Kulyk Volodymyr V.** – Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Power Stations and Systems, e-mail: [volodymyrvkulyk@gmail.com](mailto:volodymyrvkulyk@gmail.com)