

ОПТИМІЗАЦІЯ СЕП ПІДПРИЄМСТВА ШЛЯХОМ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ГЕНЕРАЦІЇ КОГЕНЕРАЦІЙНОЮ УСТАНОВКОЮ В ПІКОВІ ПЕРІОДИ НАВАНТАЖЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглядаються підходи до підвищення енергоефективності системи електропостачання підприємства шляхом зменшення втрат електроенергії в кабельних лініях та трансформаторних підстанціях. Запропоновано використання когенераційної установки як локального джерела електричної та теплової енергії в пікові періоди навантаження. Проведені техніко-економічні розрахунки підтверджують доцільність впровадження когенерації на ПрАТ «МАЯК» для підвищення ефективності роботи внутрішніх мереж та зниження експлуатаційних витрат.

Ключові слова: когенерація, енергоефективність, втрати електроенергії, локальна генерація, система електропостачання.

Abstract

The paper examines approaches to improving the energy efficiency of an industrial power supply system by reducing energy losses in cable lines and transformer substations. The study proposes the use of a cogeneration unit as a local source of electrical and thermal energy during peak load periods. Technical and economic calculations confirm the feasibility of implementing cogeneration at PJSC "Mayak" to increase the efficiency of internal power networks and reduce operational costs.

Keywords: cogeneration, energy efficiency, power losses, local generation, power supply system.

Вступ

Зростання вартості енергоресурсів та підвищення вимог до енергоефективності промислових підприємств актуалізують потребу зменшення втрат електричної енергії у внутрішніх мережах. Для ПрАТ «МАЯК» характерні нерівномірні добові графіки навантажень із вираженим ранковим піком, що призводить до збільшення струмів у кабельних лініях, підвищення навантаження на силові трансформатори та відповідно призводить до зростання технологічних втрат.

Одним із ефективних напрямів підвищення енергоефективності є локалізація генерації безпосередньо в центрі навантаження шляхом застосування когенераційних установок. Когенерація забезпечує одночасне виробництво електричної та теплової енергії з високим загальним ККД, дозволяючи покривати пікові навантаження, зменшувати перетоки електроенергії та знижувати експлуатаційні витрати.

Метою роботи є оцінка підвищення енергоефективності системи електропостачання підприємства шляхом локалізації генерації когенераційною установкою в пікові періоди навантаження та визначення її впливу на зменшення втрат у внутрішніх мережах ПрАТ «МАЯК».

Результати роботи

У ході дослідження виконано техніко-економічний аналіз впровадження когенераційної установки в систему електропостачання ПрАТ «МАЯК» з метою зменшення втрат електроенергії та підвищення енергоефективності внутрішніх мереж. На рисунку 1 наведено середньозважений добовий графік покриття електричних і теплових навантажень підприємства від когенераційної установки та мережі, який підтверджує доцільність роботи установки у період виражених пікових навантажень.

Для визначення параметрів роботи КГУ проведено послідовні розрахунки за формулами (1–12). На основі формули (1) визначено витрату газу на виробництво 1 кВт·год електричної енергії, а

формула (2) дала змогу обчислити паливну складову собівартості. Амортизаційні витрати, отримані за формулою (3), разом з експлуатаційними витратами дозволили визначити повну собівартість одиниці електроенергії (4). Подальше врахування теплової складової та загального ККД когенераційної установки за формулою (5) дало змогу встановити знижену собівартість виробленої електроенергії (6).



Рисунок 1 – Середньозважений добовий графік покриття споживання електричної та теплової енергії підприємство від КГУ та мережі

Розрахуємо розхід газу для виробництва 1 кВт·год електроенергії [1]:

$$G_{\text{газ}} = \frac{1}{Q_{\text{газ}} \cdot \eta_{\text{ел}}} = \frac{1}{9,5 \cdot 0,432} = 0,2436 \text{ (м}^3\text{/кВт} \cdot \text{год)}. \quad (1)$$

Вартість газу на 1 кВт·год:

$$C_{\text{пал}} = G_{\text{газ}} \cdot \Pi_{\text{газ}} = 0,2436 \cdot (7,96 + 2,112) = 2,454 \text{ (грн./кВт} \cdot \text{год)}. \quad (2)$$

Амортизаційні витрати на 1 кВт·год електроенергії:

$$C_{\text{аморт}} = \frac{\Pi_{\text{уст}}}{E \cdot T} = \frac{41,7 \cdot 10^6}{2,4 \cdot 10^6 \cdot 15} = 1,158 \text{ (грн./кВт} \cdot \text{год)}. \quad (3)$$

Типово витрати на обслуговування і додаткові витрати становлять 0,3–0,5 грн/кВт·год. Доцільно взяти значення $C_{\text{обсл}} + C_{\text{ін}} = 0,37$ грн./кВт·год.

Загальна собівартість електроенергії (без урахування теплової енергії):

$$C_{\text{ел}} = C_{\text{пал}} + C_{\text{аморт}} + C_{\text{обсл}} + C_{\text{ін}}; \quad (4)$$

$$C_{\text{ел}} = 2,454 + 1,158 + 0,37 = 3,982 \text{ (грн./кВт} \cdot \text{год)}.$$

Собівартість електроенергії з урахуванням теплової енергії можна визначити з урахуванням загального ККД системи:

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{ел}} + \eta_{\text{теп}} = 0,432 + 0,468 = 0,9. \quad (5)$$

Розподіл витрат між електричною і тепловою енергією пропорційно їх внеску в загальний ККД:

$$C_{\text{соб.сум}} = C_{\text{ел}} \frac{\eta_{\text{ел}}}{\eta_{\text{заг}}} = 3,982 \frac{0,432}{0,9} = 1,911 \text{ (грн./кВт·год);} \quad (6)$$

Визначаємо величину додаткової економії за рахунок мінімізації втрат електроенергії, оскільки використання когенераційної установки забезпечує локальне виробництво електроенергії безпосередньо в центрі навантаження. Це дає змогу знизити перетоки потужності між вузлами мережі, зменшити струми у кабельних лініях 10 кВ, що підводять живлення від ПС до ЦРП, та скоротити навантажувальні втрати у силових трансформаторах 10/0,4 кВ.

Таблиця 1 – Зменшення втрат електричної енергії в КЛ та ТП за допомогою використання КГУ

Параметр (протягом року)	Без КГУ	З КГУ	Різниця
Втрати електроенергії в лініях, $\Delta E_{\text{л}}$, кВт·год	5523,17	4584,231	938,9389
Втрати енергії в трансформаторах, $\Delta E_{\text{т}}$, кВт·год.	236150	224342,9	11807,52
Вартість втрат електроенергії в лініях, грн.	43080,73	35757	7323,723
Вартість втрат електроенергії в трансформаторах, грн.	1841973	1749874	92098,64

Зменшення вартості втрат електроенергії в ЛЕП на 1 кВт·год електроенергії:

$$C_{\Delta W} = \frac{(\Delta E_{\text{кл}} + \Delta E_{\text{тп}}) \cdot c_{\text{тариф}}}{E_{\text{кгу}}}; \quad (10)$$

$$C_{\Delta W} = \frac{7323,723 + 92098,64}{1459400} = 0,0681 \text{ (грн./кВт·год).}$$

Визначаємо величину прибутку від зменшення втрат електричної енергії в КЛ та ТП за допомогою використання КГУ протягом року:

$$C_{\Delta W} = C_{\Delta W} \cdot E_{\text{кгу}} = 0,0681 \cdot 1459400 = 99422,37 \text{ (грн./кВт·год).}$$

Визначаємо чистий прибуток при генерації КГУ 1 кВт·год електроенергії:

$$C_{\text{кгу}} = C_{\text{тариф}} + C_{\Delta W} - C_{\text{соб.сум}}; \quad (11)$$

$$C_{\text{кгу}} = 7,8 + 0,0681 - 1,911 = 5,9571 \text{ (грн./кВт·год).}$$

Визначаємо чистий прибуток від роботи КГУ протягом року:

$$C_{\text{річні}} = C_{\text{кгу}} \cdot E_{\text{кгу}} = 5,9571 \cdot 1459400 = 8,6937 \text{ (млн.грн.).} \quad (12)$$

Таким чином, проведені розрахунки підтверджують ефективність локалізації генерації в центрі навантаження підприємства шляхом впровадження когенераційної установки. Робота КГУ у години пікового споживання дозволяє суттєво зменшити перетоки електроенергії з зовнішньої мережі, знизити струмові навантаження у кабельних лініях 10 кВ та силових трансформаторах, що відповідно зменшує активні втрати потужності. Отриманий економічний ефект, визначений за формулами (10–12), підтверджує, що застосування когенерації забезпечує підвищення енергоефективності системи електропостачання ПрАТ «МАЯК» та створює передумови для зменшення експлуатаційних витрат у довгостроковій перспективі.

.....

Висновки

Розроблена концепція підвищення енергоефективності СЕП ПрАТ «МАЯК» шляхом локалізації генерації за допомогою когенераційної установки підтвердила свою ефективність. Показано, що робота КГУ у пікові години навантаження забезпечує зменшення втрат електроенергії в кабельних лініях і трансформаторних підстанціях та покращує режими роботи внутрішньої мережі. Техніко-економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження установки 2G AVUS 1000plus [2], при чому собівартість електроенергії становить 1,911 грн/кВт·год, а очікуваний річний прибуток 8,6937 млн грн. Отримані результати демонструють, що локальна генерація в центрі навантаження є ефективним рішенням для зменшення втрат та підвищення енергоефективності системи електропостачання підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Когенераційні технології в малій енергетиці : монографія / В. А. Маляренко, О. Л. Шубенко, С. Ю. Андрєєв, М. Ю. Бабак, О. В. Сенєцький / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Ін-т проблем машинобуд. ім. А. М. Підгорного. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 454 с.
2. Технічні характеристики avus 1000plus EG ct80-1 provisional 2G Energy AG Ред.: К 20.03.2019 ID 1664362 URL: <https://eurodiesel.com.ua/wp-content/uploads/2025/06/avus-1000plus-1000-kvt-el.pdf> (дата звернення: 01.10.2025).

Шуллє Юлія Андріївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, e-mail: shullye.y.a@vntu.edu.ua.

Левчук Ігор Михайлович – студент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, e-mail: basketlife.igorlevchuk@gmail.com.

Shulle Yuliya – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Systems of Power Consumption and Energy Management of Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shullye.y.a@vntu.edu.ua.

Levchuk Ihor – student of the Department of Electrical Engineering Systems of Power Consumption and Energy Management of the Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: basketlife.igorlevchuk@gmail.com.