

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

менеджменту

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**Підвищення надійності електропостачання Замостянського району міста  
Вінниця з використанням розосередженої генерації**

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-22м  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

  
\_\_\_\_\_  
Коцур В.О.  
(прізвище та ініціали)

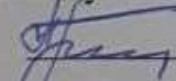
*доцент, технічних наук, асистент*  
Керівник д.т.н., проф. каф. ЕСЕЕМ  
\_\_\_\_\_  
Бурбело М.Й.  
(прізвище та ініціали)

«12» 12 2023 р.  
*Михайло Іванович Бурбело*  
Опонент:

*к.б.н., доц. доц. каф. ЕСС*  
\_\_\_\_\_  
«14» 2 грудня 2023 р. 2023 р.  
*Ремисевський С.Я.*

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

  
\_\_\_\_\_  
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.  
(прізвище та ініціали)

«15» 2 грудня 2023 р.

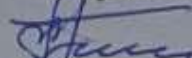
Вінниця – 2023 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ЕСЕЕМ**

 проф. М. Й. Бурбело

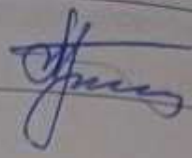



“19” вересня 2023 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**  
Коцуру Володимиру Олександровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення надійності електропостачання Замостянського району міста Вінниця з використанням розосередженої генерації керівник роботи Бурбело Михайло Йосипович д.т.н., проф. каф. ЕСЕЕМ (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання) затверджені наказом вищого навчального закладу від “   ”     2023 року №
2. Термін подання студентом роботи “   ”     2023 року
3. Вихідні дані до роботи Перелік літературних джерел за тематикою роботи, посилання на періодичні видання, вихідні дані для проведення обчислювальних експериментів.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Постановка задачі підвищення надійності Замостянського району. Опис електропостачання кондитерської фабрики. Впровадження когенерації на підприємстві. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): схема розподільної електричної мережі з заданими параметрами, генплан підприємства, відомості про джерела живлення.



6. Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Бурбело М.Й., д.т.н., проф., каф. ЕСЕЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу	30.09.2023	
2	Синтез зовнішньої СЕП	30.10.2023	
3	Науково дослідна частина	10.11.2023	
4	Синтез результатів наукової роботи	16.11.2023	
5	Економічна частина	28.11.2023	
6	Охорона праці	05.12.2023	
7	Графічна частина	10.12.2023	

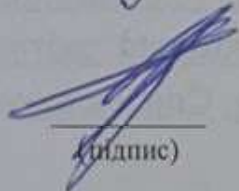
Студент

  
(підпис)

Керівник  
магістерської  
кваліфікаційної роботи

  
(підпис)

Нормоконтроль

  
(підпис)

Коцур В. О.  
(прізвище та ініціали)

Бурбело М. Й.  
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.  
(прізвище та ініціали)

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

менеджменту

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**Підвищення надійності електропостачання Замостянського району міста  
Вінниця з використанням розосередженої генерації**

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-22м  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Коцур В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., проф. каф. ЕСЕЕМ

Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

«  » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Опонент:

\_\_\_\_\_.

(прізвище та ініціали)

«  » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

«  » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Вінниця – 2023 року

Вінницький національний технічний університет  
Факультет Електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ЕСЕЕМ**

проф. М. Й. Бурбело

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Коцуру Володимиру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення надійності електропостачання Замостянського району міста Вінниця з використанням розосередженої генерації  
керівник роботи Бурбело Михайло Йосипович д.т.н., проф. каф. ЕСЕЕМ  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом вищого навчального закладу від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 року № \_\_\_\_\_
2. Термін подання студентом роботи “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 року
3. Вихідні дані до роботи Перелік літературних джерел за тематикою роботи, посилання на періодичні видання, вихідні дані для проведення обчислювальних експериментів.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Постановка задачі підвищення надійності Замостянського району. Опис електропостачання кондитерської фабрики. Впровадження когенерації на підприємстві. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Бурбело М.Й., д.т.н., проф., каф. ЕСЕМ		
Економічна частина	Шулє Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу	30.09.2023	
2	Синтез зовнішньої СЕП	30.10.2023	
3	Науково дослідна частина	10.11.2023	
4	Синтез результатів наукової роботи	16.11.2023	
5	Економічна частина	28.11.2023	
6	Охорона праці	05.12.2023	
7	Графічна частина	10.12.2023	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Коцур В. О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник  
магістерської  
кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Бурбело М. Й.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_ (підпис)

Войтюк Ю. П.  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗАМОСТЯНСЬКОГО РАЙОНУ.....	9
1.1. Основні проблеми використання розосередженої генерації .....	9
1.2 Перспективи розвитку розосередженої генерації України.....	13
1.3 Джерела відновлюваної електроенергетики у якості джерел розосередженої генерації.....	15
1.4 Можливість застосування острівних режимів .....	17
2 ОПИС ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОНДИТЕРСЬКОЇ ФАБРИКИ.....	19
2.1 Опис схеми приєднання.....	19
2.2 Рівні напруги.....	20
2.3 Розрахунок струмів КЗ .....	20
2.4 Головна електрична схема .....	21
3 ВПРОВАДЖЕННЯ КОГЕНЕРАЦІЇ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	26
3.1 Поняття когенерації .....	26
3.2 Порівняльна характеристика когенераційних систем.....	31
3.3 Системи комбінованого циклу.....	34
3.4 Переваги та недоліки різних типів двигунів для когенераційної установки.....	39
3.5 Застосування когенераційних систем .....	40
3.6 Вибір обладнання та установки когенерації .....	42
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	48
4.1 Розрахунок окупності енергоцентру .....	48
4.2 Розрахунок собівартості електроенергії .....	50
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ...	52
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту .....	52
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць на висоті	52
5.1.2 Електробезпека .....	55
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії .....	56
5.2.1 Мікроклімат .....	56
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	57
5.2.3 Виробниче освітлення .....	58
5.2.4 Виробничий шум.....	59

5.2.5 Виробнича вібрація .....	60
5.2.6 Психофізіологічні фактори .....	60
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання ВАТ «Вінницька кондитерська фабрика» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій. ....	62
5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання в умовах дії іонізуючих випромінювань .....	63
5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання ВАТ «Вінницька кондитерська фабрика» в умовах дії електромагнітного імпульсу .....	63
ВИСНОВКИ .....	68
ЛІТЕРАТУРА .....	69



## АНОТАЦІЯ

Коцур Володимир Олександрович «Підвищення надійності електропостачання Замостянського району міста Вінниця з використанням розосередженої генерації». – Вінниця, ВНТУ, 2022 – 74 с.

Магістерська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ. – 2023. – с.

Бібліогр.: 25 . Рис. : 4. Табл. : 8.

В магістерській кваліфікаційній роботі була виконана задача підвищення надійності електропостачання Замостянського району міста Вінниця за допомогою розосередженої генерації електроенергії, прийняті оптимальні проектні рішення, щодо вибору та встановлення когенераційних установок. Розглянуто проблеми використання розосередженої генерації електроенергії, джерел відновлюваної електроенергетики у якості джерел розосередженої генерації, перспективи розосередженої генерації в Україні. Було описано схему приєднання Вінницької кондитерської фабрики до мережі, встановлене обладнання, головну електричну схему, зображені розрахунки струмів КЗ. Розглянуто поняття когенерації, її види, типи установок, які використовуються для генерування тепло та електроенергії, переваги та недоліки таких установок, було виконано розрахунок, що показує підвищення енергоефективності і надійності електропостачання споживачів

Ключові слова. Відновлювані джерела енергії, розосереджена генерація, когенерація електроенергії, когенераційні установки.

## ABSTRACT

Volodymyr Oleksandrovich Kotsur "Increasing the reliability of electricity supply in the Zamostyansky district of the city of Vinnytsia using distributed generation."

Master's qualification work. – Vinnytsia: VNTU. - 2023. - p.

Bibliogr. 25: . Fig. : 4. Table : 8.

In the master's qualification work, the task of increasing the reliability of electricity supply in the Zamostyansky district of the city of Vinnytsia with the help of distributed electricity generation was completed, optimal design decisions were made regarding the selection and installation of cogeneration plants. The problems of using distributed electricity generation, sources of renewable electricity as sources of distributed generation, prospects of distributed generation in Ukraine are considered. The scheme for connecting the Vinnytsia confectionery factory to the network was described, the installed equipment, the main electrical circuit, the calculations of the short-circuit currents were shown. The concept of cogeneration, its types, the types of installations used for the production of heat and electricity, the advantages and disadvantages of such installations were considered, and a calculation was made that shows an increase in energy efficiency and reliability of electricity supply to consumers.

Keywords. Renewable energy sources, distributed generation, cogeneration of electricity, cogeneration pla

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У сучасному світі, де розвиток технологій та зростання попиту на електроенергію стають незворотними процесами, надійність електропостачання набуває критичного значення. Здатність забезпечувати стабільний та безперебійний доступ до електроенергії є важливим фактором як для господарства в цілому, так і для окремих споживачів. У цьому контексті, розосереджена генерація виступає передовим напрямком, який пропонує не тільки забезпечити виробництво енергії на місцях споживання, але й підвищити загальну надійність електропостачання.

Питання підвищення надійності електропостачання через впровадження розосередженої генерації стає предметом уваги науковців та фахівців, оскільки цей підхід відкриває нові можливості для оптимізації енергетичних систем. Дана магістерська робота присвячена вивченню цього питання та виявленню ефективних стратегій та технологій, які сприяють підвищенню надійності електропостачання в умовах розосередженої генерації.

В контексті стрімкого розвитку відновлюваних джерел енергії та росту інтересу до стійких енергетичних рішень, аналіз та впровадження розосередженої генерації стають актуальним завданням для забезпечення сталого та ефективного електропостачання.

**Мета і задачі дослідження.** Мета даної магістерської роботи полягає у розгляді сучасних підходів та інновацій у сфері розосередженої генерації з метою розробки рекомендацій та стратегій, спрямованих на підвищення надійності електропостачання в сучасному енергетичному ландшафті.

Для реалізації поставленої мети роботи потрібно **вирішити наступні задачі:**

- Поставити задачу підвищення надійності замостянського району.
- Оцінити наявну схему живлення кондитерської фабрики від мережі.
- Оцінити можливості різних видів генерації електроенергії.
- Провести вибір основного обладнання для обраного виду генерації.

- Вирахувати економічну складову запропонованого рішення.

**Об'єкт дослідження** - ВАТ "Вінницька кондитерська фабрика" розташована вул.Липовецькій в місті Вінниця, Вінницького району.

**Предмет досліджень** - розробка рішень для когенераційної електростанції кондитерської фабрики.

**Методи дослідження.**

В якості програмних засобів автоматизації використано наступні засоби: електронний процесор MS Excel, текстовий процесор MSWord, математичний САПР MathCad.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Запропоноване рішення на території кондитерської фабрики розмістити когенераційну установку, яка буде слугувати для власного споживання фабрики, а також буде мати можливість віддавати надлишкову електроенергію в мережу.

**Практичне значення одержаних результатів.** В результаті розрахунків отримано результати вибору когенераційної установки, завдяки якій можливе комплексне підвищення економічності системи і дозволить підвищити енергетичну а також функціональну ефективність. Завдяки запровадженню розробленого рішення забезпечується висока надійність, з'являється можливість роботи в якості острову.

**Апробація для результатів кваліфікаційної магістерської роботи.** Найбільшими вагомими положеннями, а також практичні результати проведеного дослідження було наведено в тезах доповіді на науковій-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки (2023). [25].

**Публікації.** Результати опубліковані в збірнику праць науково-технічної конференції факультету електроенергетики та електромеханіки (2023) в секції електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту. [25].

# **1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗАМОСТЯНСЬКОГО РАЙОНУ**

## **1.1. Основні проблеми використання розосередженої генерації**

Під об'єктом РГ розуміється електростанція, що складається з однієї або кількох ГУ, що підключається до розподільних мереж або мереж внутрішнього електропостачання споживачів на напрузі до 110 кВ включно, максимально наближена до вузла(-ів) електроспоживання, що працює паралельно з електроенергетичною системою (ЕЕС) або в острівному (чи автономному) режимах, що має у точці загального приєднання сумарну встановлену потужність до 25 МВт та використовує для виробництва всіх видів енергії (електрична; теплова; холодова та ін.) будь-які первинні джерела енергії, включаючи відновлювані.

Енергорайон – це сукупність об'єктів енергосистеми, розташованих на частини території, що обслуговується нею.

Під острівним режимом мається на увазі такий режим роботи енергорайону з однією або декількома електростанціями (об'єктами РГ), кожна з яких може мати у своєму складі одну або кілька ГУ, та навантаженням, який допустимий за всіма умовами електропостачання та електроспоживання, що утворюється при відключенні ЛЕП, які зв'язують енергорайон з енергосистемою (в результаті КЗ; без КЗ) та існуючий до моменту його синхронізації з енергосистемою. Відмінність автономного режиму від острівного полягає в тому, що здійснюється відокремлення від енергосистеми (постійне функціонування) однієї ГУ або одного об'єкта РГ з декількома однотипними ГУ та навантаженням.

Інтерес до РГ значний, тому що її застосування дозволяє отримувати більш дешеві енергоресурси для зниження собівартості та підвищення конкурентоспроможності продукції на зовнішньому та внутрішньому ринках.

Необхідність забезпечення надійного електропостачання особливо відповідальних споживачів, перерви в електропостачанні яких неприпустимі за умовами технології виробництва, є додатковим стимулом для будівництва РГ.

На об'єктах РГ широко застосовуються зарубіжні газотурбінні (ГТУ), газопоршневі (ГПУ) та дизельні (ДГУ) генеруючі установки. Це пов'язано з їхньою високою якістю, кращими показниками надійності (коефіцієнт готовності; середній час між вимушеними відключеннями) та ефективності (ККД; коефіцієнт використання теплоти палива), великим ресурсом та міжремонтним періодом (до першого капітального ремонту та між наступними), а також часом напрацювання між періодичним технічним обслуговуванням

Однак вони мають суттєві особливості, що породжують проблемні аспекти, які слід враховувати під час інтеграції у мережі енергорайонів.

Застосування технологій РГ є ефективним інструментом оптимізації інвестицій у технічне переозброєння (реконструкцію) розподільчих мереж (перевантажені та закриті центри живлення), модернізацію устаткування, що генерує, на великих теплових електростанціях, а також будівництво мереж для технологічного приєднання нових споживачів. Альтернативою посиленню мережевої інфраструктури є проведення реконструкції з елементами модернізації промислових та муніципальних котелень за рахунок застосування когенераційних ГУ, дозволяючи підвищити коефіцієнт використання теплоти палива та практично повністю покрити власне електроспоживання.

Обсяг капітальних вкладень в об'єкт РГ залежить від його потужності та варіанта реалізації, проте вартість 1 кВт встановленої потужності експертно оцінюється у 2–5 разів менше, ніж вартість будівництва великих електростанцій. Терміни реалізації проекту становлять від початку проектування та до введення в експлуатацію від 9 до 12 місяців (для великих електростанцій не менше 3–5 років).

Залучення об'єктів РГ до участі у реалізації алгоритмів протиаварійної та режимної автоматики розподільчих мереж, їх використання як резервні джерела



електропостачання дозволяє суттєво мінімізувати обсяги та час відключення навантаження, проте потребує розвитку відповідних економічних механізмів.

Широке поширення у найближчій перспективі набуде мікрогенерації. Під мікрогенерацією розуміється об'єкт з виробництва електроенергії потужністю до 15 кВт включно, що працює, в тому числі, на основі ВДЕ, який використовується споживачем для власного енергопостачання (побутові, виробничі потреби), а його потужність не перевищує максимальної сумарної потужності всіх енергоприймальних пристроїв.

Використовувані принципи та підходи не дозволяють реалізувати ефективне управління режимами енергорайонів з об'єктами РГ, з урахуванням їх особливостей, у різних схемно-режимних умовах із жорсткими часовими обмеженнями.

Удосконалення автоматичного управління режимами енергорайонів, враховуючи перспективи розвитку РГ та мікрогенерації, є вкрай актуальним завданням, яке слід вирішувати на принципово новому науково-технологічному рівні із застосуванням у т.ч. вітчизняних програмно-апаратних комплексів (ПАК) у рамках реалізації національної програми імпортозаміщення.

Автоматика управління нормальними та аварійними режимами (АУНіАР) енергорайонів з об'єктами РГ повинна враховувати, що кількість об'єктів управління значно більша, ніж у традиційних мережах, швидкість розвитку порушень нормального режиму вища, у зв'язку з малими значеннями механічних постійних інерцій ГУ об'єктів РГ та мікрогенерації, а реверсивні потоки потужності є нормально допустимими, оскільки визначаються режимами генерації та електроспоживання у вузлах навантаження у конкретний момент часу.

Історично розподільні мережі та мережі внутрішнього електропостачання енергорайонів не були розраховані на інтеграцію різнорідних джерел електроенергії та різноспрямовані потоки потужності залежно від режимів генерації та споживання. Управління нормальними режимами будувалося на принципах візуального розпізнавання параметрів та ручного керування ними, а

також за допомогою засобів режимної автоматики. Управління аварійними режимами здійснювалося за допомогою пристроїв РЗ, мережевої автоматики (електроавтоматики) і протиаварійної автоматики (ПА).

В даний час на сучасних промислових підприємствах застосовуються зарубіжні технологічні лінії, які не розраховані на характеристики провалів та переривань напруги, а також інші відхилення параметрів режиму, допустимі у вітчизняних розподільчих мережах, що призводить до їх відключень, спричиняючи значні збитки у споживачів.

Проблемні аспекти, що потребують вирішення:

1. Особливості електричних режимів в енергорайонах з об'єктами РГ обумовлені малими значеннями механічних постійних інерції ГУ, низькою швидкістю набору навантаження ГУ на базі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), що призводить до значних відхилень параметрів режиму при зовнішніх збуреннях. Характер перехідних процесів залежить від параметрів ГУ і навантаження, внаслідок порівнянних сумарних потужностей, і навіть малих взаємних опорів. У острівному (автономному) режимі спостерігаються значні відхилення показників якості електроенергії (ПКЕ) у зв'язку з використанням пристроїв з елементами силової електроніки. Для забезпечення коректної роботи пристроїв автоматики енергосистем потрібно підвищення швидкодії щодо параметрів режиму з достатньою точністю.

2. Враховуючи, що характерними (середніми) для розподільчих мереж є провали напруги глибиною 35–99 %, тривалістю 1,5–3 с та параметрами потоку 10–30 провалів (і більше) на рік, ймовірність виникнення аварій в енергосистемі відключення ГУ об'єктів РГ або тих, хто робить роботу особливо відповідальних електроприймачів неможливою без відділення від мережі, досить висока. Для запобігання значним збиткам у споживачів потрібно вдосконалення принципів побудови ділильної автоматики стосовно енергорайонів з об'єктами РГ.

3. Неселективні відключення ГУ об'єктів РГ часто призводять до порушення електропостачання промислових виробництв та накидів навантаження на електромережеве обладнання (ЛЕП, СТ), викликаючи його навантаження.

Уставки пристроїв РЗ ГУ задаються заводами-виробниками та не підлягають зміні без погодження протягом усього гарантійного терміну експлуатації. За самовільної зміни статутів власником ГУ гарантійні зобов'язання знімаються в односторонньому порядку. Потрібна розробка способів ефективного використання НEE для розширення ОДР ГУ об'єктів РГ у різних схемно-режимних умовах.

4. Приєднання об'єктів РГ призводить до зміни схемно-режимних ситуацій в мережі, істотно впливаючи на пристрої автоматики енергосистем, що знаходяться в експлуатації. Необхідно забезпечити їх функціонування відповідно до заданих алгоритмів та уставок. Пристрої автоматики не мають технічних можливостей для розпізнавання режимних областей та адаптації алгоритмів до поточного режиму. Потрібно вдосконалення алгоритмів лінійного та мережевого АВР та пристроїв ПА (АЧР, АОСН, АТПО).

5. Застосовувані на об'єктах РГ ГУ мають суттєві відмінності від паротурбінних ГУ, що виявляються в аномальних та аварійних режимах. Зарубіжні ГУ оснащуються системами АРЧВ та АРВ, що відповідають вимогам зарубіжних стандартів, які визначають характер перебігу перехідних процесів, а також параметри режимів. Потрібна розробка способів адаптації АРЧВ та АРВ ГУ до особливостей енергорайонів.

6. В даний час відсутні затверджені НТД або НПА, які регламентують додаткові ТТ до ГУ об'єктів РГ для всієї лінійки потужностей, що застосовуються, а також вимоги до комплексних розрахунків режимів при розробці схем видачі потужності (СВМ) об'єктів РГ, з урахуванням їх особливостей, впливу на режими роботи прилеглої мережі та цілей будівництва. Потрібна розробка методики виконання комплексних розрахунків режимів та формування додаткових ТТ до ГУ під час проектування енергорайонів з об'єктами РГ.

## **1.2 Перспективи розвитку розосередженої генерації України**

Для задоволення зростаючого попиту на електроенергію в багатьох країнах світу було вирішено підключити до енергосистеми розподілену генерацію, яка, як правило, виробляється з відновлюваних джерел енергії, щоб задовольнити зростаючий попит на електроенергію в багатьох країнах світу.

Ці компоненти мають значні переваги перед "традиційними" енергетичними об'єктами з точки зору екології, технології та економіки, що робить їх впровадження нагальним. Найважливішими факторами є значне зниження капітальних витрат, пов'язаних з проектуванням і будівництвом електростанцій, зниження собівартості виробництва теплової та електричної енергії за рахунок скорочення витрат, а також значне підвищення якості та надійності постачання електроенергії. Завдяки встановленню відновлюваних джерел енергії можна забезпечити екологічно відповідальне виробництво, а також задовольнити специфічні потреби конкретних споживачів.

Сучасні технології дозволяють світовій енергетиці, в тому числі й українській, зазнавати значних трансформацій та виходити на абсолютно нові етапи розвитку.

З огляду на останні події в цій сфері, ми були змушені оновити технічні характеристики всіх генеруючих потужностей, оцінити стан мереж, створити абсолютно нову структуру електроенергетичної галузі та ринків [19].

Велика зношеність енергетичних систем, з'явлення різноманітних джерел генерації енергії (включаючи відновлювані), старіння традиційних джерел генерації, зростання попиту на електроенергію та енергоносії, а також зміна моделі поведінки споживачів і регуляторів призвели до появи потреби в дослідженні нових технологій та переході до нового рівня енергетичного укладу. В Україні спостерігається тенденція, коли великі споживачі послідовно відмовляються від споживання електроенергії з єдиної енергосистеми та намагаються встановлювати власну децентралізовану генерацію. Концепція децентралізованого генерування включає розвиток енергетики, який передбачає будівництво споживачами генеруючих джерел невеликої потужності та розмірів або мобільних конструкцій з необхідними розподільними мережами, які

виробляють електричну та/або теплову енергію для власного споживання, а всі надлишки передають в загальну мережу (теплову або електроенергетичну). Головні переваги децентралізованої генерації, зокрема відновлюваних джерел, проявляються в таких сферах:

Основні переваги розосередженої генерації в тому числі та відновлюваних джерел спостерігаються в таких сферах:

– економіка – прикладом може бути обмеження зростання цін на електрику за рахунок зменшення плати за використання розподільних мереж при передачі електроенергії;

керування - швидкий розвиток нових і вдосконалення існуючих технологій керування попитом на споживання, а також покращення технічного обладнання та сервісу в електропередавальних компаніях за рахунок наявності конкуренції;

екологія - найважливіший вплив даного способу генерації, адже знижується кількість викидів парникових газів і допоможе запобігти змінам клімату.

### **1.3 Джерела відновлюваної електроенергетики у якості джерел розосередженої генерації**

У зв'язку зі ситуацією, яка склалася в численних країнах світу, де спостерігається постійний зріст попиту на електроенергію, було прийнято рішення вирішувати це питання за допомогою підключення до електричних мереж розподіленої генерації, переважно використовуючи джерела відновлюваної енергії. Встановлення джерел відновлюваної електроенергетики дає можливість враховувати індивідуальні потреби споживачів і забезпечити екологічно чисте виробництво.

В області розподіленої малої енергетики можна виділити різноманітні технології, такі як газопоршневі електростанції, газотурбінні електростанції, мікротурбінні електростанції, теплові насоси, парові котли, відновлювана

енергетика (сонячні батареї, вітрові генератори), паливні елементи та когенераційні установки.

Стосовно відновлюваної енергетики, на кінець 2021 року основні джерела становили гідроенергетика (40% - 1230 ГВт), сонячна енергетика (28% - 849 ГВт) та вітрова енергетика (27% - 825 ГВт) [1].

1. Можна виділити такі технології розподіленої малої енергетики:
2. Газопоршневі електростанції
3. Газотурбінні електростанції
4. Мікротурбінні електростанції
5. Теплові насоси
6. Парові котли
7. Відновлювана енергетика (сонячні батареї, вітрові генератори)
8. Паливні елементи
9. Когенераційні установки.

Незважаючи на очевидні переваги використання розподіленої генерації та відновлюваних джерел, виникає низка проблем, зокрема пов'язаних із вибором оптимальних місць та потужностей підключення до електричних мереж. Неправильне розміщення або недооцінка потужності можуть погіршити режимні параметри мережі, що в свою чергу призведе до значних капіталовкладень у модернізацію та покращення інфраструктури.

Однією з основних викликів використання відновлюваних джерел енергії є залежність від природних ресурсів, таких як вітер, сонце або вода. Проте належне проектування і врахування особливостей конкретної мережі може допомогти уникнути проблем і забезпечити ефективне та безпечне інтегрування відновлюваної енергетики в електромережу.

Враховуючи стан електричних мереж в Україні та необхідність їхньої модернізації, вирішення проблем підключення розподіленої генерації стає актуальним завданням. Розробка нових математичних моделей і методик для оптимізації місць та потужностей підключення може сприяти ефективному розвитку відновлюваної енергетики в енергетичній системі України.



#### **1.4 Можливість застосування острівних режимів**

У дослідженні [Бодунов В.М. ВПІ,15,№3] відзначено, що однією з переваг систем електропостачання із розподільчими генераторами є можливість використання острівних режимів. Це полягає у тому, що при відключенні живлення від основної енергосистеми генератори переходять в автономний режим роботи, забезпечуючи енергією власні навантаження.[6]

Заходи щодо підвищення надійності електропостачання включають утворення енергоостровів, які включають не лише генератори та автономне навантаження, а й конкретні частини електричних мереж із збалансованою генерацією та навантаженням. Це підходить для ефективного використання потужності генераторів та значно підвищує надійність системи електропостачання.

Острівні режими приносять користь різним зацікавленим сторонам. Для власників генераторів це означає додатковий прибуток за рахунок енергії, реалізованої під час автономних режимів. В умовах існуючого законодавства власники генераторів не отримують додаткового прибутку за покращення якості електропостачання, але швидкий розвиток генераторів може спричинити перегляд комерційних відносин у найближчому майбутньому.

Для енергопостачальних компаній використання острівних режимів означає підвищення надійності електропостачання споживачів. Приєднання генераторів може також зменшити витрати на реконструкцію мереж, що призводить до скорочення капітальних витрат.

Острівні режими допомагають підвищити надійність, зменшуючи частоту та тривалість перерв у електропостачанні. Це особливо важливо для електричних мереж сільськогосподарських регіонів, де фактичні частоти та тривалість перерв перевищують нормативи через зношеність обладнання та велику протяжність повітряних ліній 10-0,4 кВ.

Незважаючи на ці переваги, на стандарти IEEE-1547 та IEC 61727 вимагають відключення ПРГ протягом 2 секунд після від'єднання споживачів від енергосистеми. Відповідно до документу Великобританії «Grid Code» острівні режими роботи дозволяються за номінальної потужності, яка перевищує 25 МВт. На ці обмеження є обґрунтовані причини, основними з яких є:

- а) працівники лінійної бригади можуть опинитися під напругою;
- б) струм короткого замикання від ПРГ може бути недостатньо для спрацювання захисту, внаслідок чого може привести до тривалого режиму КЗ;
- в) У мережах напругою 10 кВ використовуються пристрої автоматичного повторного включення (АПВ), призначені для відновлення нормальної схеми мережі у випадках нестійких коротких замикань або в разі відключення вимикача через помилки персоналу чи помилкову дію релейного захисту. У випадку невдалої спроби автоматичного повторного включення може виникнути ризик пошкодження генераторів через значні механічні моменти та струми.;
- г) Можливо, ПРГ може виявитися недостатньою для забезпечення стабільності напруги та частоти в заданих межах електричної мережі.

## 2 ОПИС ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОНДИТЕРСЬКОЇ ФАБРИКИ

### 2.1 Опис схеми приєднання

Схема приєднання ПС 110/10 кВ до електричних мереж 110 кВ ВАТ "АК Вінницяобленерго" визначена та обгрунтована.

Згідно висновків даної роботи, для забезпечення можливості приєднання електроустановок з розрахунковою потужністю 30 МВт, на території нової фабрики по вул. Липовецька, б/н побудована двохтрансформаторна ПС 110/10 кВ "ВКФ" з трансформаторами потужністю 2 x 25 МВА. РУ 110 кВ підстанції виконується по схемі 110-2 "два блоки лінія-трансформатор з вимикачами в колах трансформаторів та неавтоматичною секційною перемичкою зі сторони ліній".

Згідно технічних умов нова ПС 110/10 кВ "ВКФ" приєднується двома незалежними кабельними лініями 110 кВ з ізоляцією із зшитого поліетилену відпайками від Л 110 кВ "ВЗТА - Східна" та "ВЗТА - Південна". Точка приєднання КЛ-110 кВ до ПЛ-110 кВ – в точці відгалуження від міського кільця в сторону ПС 110 кВ "ВЗТА" на існуючих анкерних опорах.

Для заживлення ТП 10/0,4 кВ діючої фабрики встановлені дві кабельні лінії 10 кВ від ПС 110 кВ "ВКФ" до ТП 10/0,4 по вул. Гліба Успенського, 8 (ТП-78).

Запропонована схема забезпечує два повністю незалежних джерела живлення та, відповідно ПУЕ, гарантує 1 категорію з надійності електропостачання.

Відповідно розрахункове максимальне активне навантаження, яке приєднується, складає  $P_p = 30 \text{ МВт}$ . Згідно вихідних даних ВАТ "ВКФ"  $\text{tg } \varphi \leq 0,25$ . Повне розрахункове навантаження  $S_{p.\text{max}} = 30,9 \text{ МВА}$ .

Достатність трансформаторної потужності ПС підтверджується виконанням наступної умови:

$$S_{\text{т.ном}} \geq S_{p.\text{max}} / 1,4, \quad 25 \text{ МВА} \geq 30,9 / 1,4 = 22,1 \text{ МВА},$$

де,  $S_{т.ном}$  – повна номінальна потужність трансформатора;  $S_{р.мах}$  – повна розрахункова потужність навантаження ПС.

## 2.2 Рівні напруги

Рівні напруги в розподільчій мережі 110 кВ, від якої живиться ПС 110/10 кВ "ВКФ" підтримуються підстанцією 330/110 кВ "Вінницька" Південно-Західної ЕС на рівні 115-121 кВ. ПС 330/110 кВ "Вінницька" є вузловою підстанцією магістральних мереж 330 кВ, отримує живлення від трьох основних джерел: ПС-750/330/110 кВ "Вінницька" по Л-330 кВ "Вінницька-750 – Вінницька-330", Ладизинської ТЕС по Л-330 кВ "Ладизинська ТЕС – Вінницька-330" та від Хмельницької АЕС по транзиту 330 кВ "Хмельницька АЕС – Хмельницька – Барська – Вінницька-330". Всі ремонтні та ремонтно-аварійні режими в мережі 330 кВ забезпечують нормальні рівні напруги на ПС 330/110 кВ "Вінницька". Ремонтні та аварійні режими в розподільчій мережі 110 кВ можуть призводити до значних відхилень напруги по стороні 110 кВ в межах допустимих робочих значень.

В зв'язку з цим, а також згідно п.5.16 СОУ-НЕС 20.178:2008 "Схеми принципові електричні розподільчих установок напругою від 6 кВ до 750 кВ електричних підстанцій", на ПС 110/10 кВ "ВКФ" передбачається встановлення силових трансформаторів 110/10 кВ з РПН. Відповідно до п.12.3.6 ГКД 34.20.507-2003 "Технічна експлуатація електричних станцій та мереж. Правила." робота РПН передбачається з автоматичним керуванням.[5]

Аналіз крайніх режимів по напрузі свідчить про достатність діапазону РПН  $115 \pm 9 \times 1,78\%$ , що встановлюється на силових трансформаторах:

$U_{мін} = 100$  кВ – РПН в XIV положенні –  $U_{нн} = 10,5$  кВ;

$U_{макс} = 126$  кВ – РПН в III положенні –  $U_{нн} = 10,0$  кВ.

## 2.3 Розрахунок струмів КЗ

Розрахунки СКЗ виконані для вибору електротехнічного обладнання ПС 110/10 кВ "ВКФ".

Згідно п.3.28 ГКД 341.004.003-94 "Норми технологічного проектування енергетичних систем та електричних мереж 35 кВ та вище" схема мережі для розрахунку СКЗ складена з урахуванням десятирічної перспективи розвитку енергосистеми відповідно "Схеми перспективного розвитку ОЕС України" в Південно-Західному регіоні та "Схеми перспективного розвитку електричних мереж 110-35 кВ ВАТ "АК Вінницяобленерго". При складанні розрахункової схеми враховано:

- уведення в експлуатацію першої черги Дністровської ГАЕС у складі трьох гідроагрегатів потужністю 324/421 МВт;
- будівництво Л-330 кВ "Дністровська ГАЕС – Бар";
- встановлення на ПС 750/330/110 кВ "Вінницька" другого АТ-330/110 кВ потужністю 125 МВА;
- будівництво двохланцюгової лінії 110 кВ від ПС 750/330/110 кВ "Вінницька" до ПС 110/10 кВ "ВЗТА".[7]

Розрахунки струмів 3-х і 1-но фазного КЗ виконані для режиму замкнених мереж 110 кВ. Результати розрахунків наведені в табл.1.

Таблиця 2.1. Результати розрахунків СКЗ

№	Місце КЗ	Струми КЗ, кА	
		3-и фазного	1-но фазного
1	Сторона 110 кВ Т1 (струм приведений до U = 115 кВ)	12,4	10,6
2	Сторона 110 кВ Т2 (струм приведений до U = 115 кВ)	13,0	10,6
3	Сторона 10 кВ Т1 (струм приведений до U = 10 кВ)	12,0	–
4	Сторона 10 кВ Т2 (струм приведений до U = 10 кВ)	12,0	–

#### 2.4 Головна електрична схема

Відповідно до п.5.11 СОУ-НЕС 20.178:2008 "Схеми принципів електричних розподільчих установок напругою від 6 кВ до 750 кВ електричних підстанцій", а також згідно висновків, наведених в розділі **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, для кінцевої схеми ПС 110/10 кВ приймається встановлення двох

основних силових трансформаторів. Пусковий комплекс передбачається з встановленням одного трансформатору. Вимоги до надійності електропостачання споживача забезпечуються шляхом резервування від існуючої ПС 110/35/10 кВ "Нова" (ВАТ "АК Вінницяобленерго") по діючим кабельним лініям 10 кВ "Нова – ТП-78" Л1 та Л2.

Кількість приєднань на стороні 110 кВ – 2 шт. Відповідно до вихідних даних, наданих ВАТ "ВКФ", на напрузі 10 кВ приєднується 6 кабельних ліній. Згідно вимог ВАТ "АК Вінницяобленерго" передбачаються резервні місця приєднання чотирьох КЛ-10 кВ для забезпечення потреб прилеглому району. Крім того, для забезпечення перспективи розвитку ВАТ "ВКФ" передбачаються резервні місця ще для двох КЛ-10 кВ. Сумарна кінцева кількість лінійних комірок 10 кВ приймається 12 шт. До складу пускового комплексу ПС 110/10 кВ "ВКФ" входять 6 лінійних комірок.

Враховуючи кількість приєднань, прийняті такі електричні схеми розподільчих пристроїв:

– РУ-110 кВ виконується за типовою схемою 110-2 "Два блоки лінія-трансформатор з вимикачами і неавтоматичною перемичкою з боку лінії електропередавання" (СОУ-НЕС 20.178:2008);

– РУ-10 кВ виконується за типовою схемою 10-1 "Одна одиночна, секціонована вимикачем, система шин" (СОУ-НЕС 20.178:2008).

Проектом не передбачається робота ПС 110/10 кВ "ВКФ" в режимі зворотної трансформації в мережу 110 кВ. В зв'язку з цим на ПС 110/10 кВ "ВКФ" не передбачається встановлення роз'єднувачів трансформаторів між вимикачем та трансформатором.

Виходячи з умови одностороннього режиму роботи понижуючих трансформаторів, організація їх захистів не вимагає наявності трансформаторів напруги на стороні 110 кВ. Відповідно п.1.5.11. ПУЕ, якщо застосування вимірювальних трансформаторів не вимагається для інших цілей, розрахунковий облік електричної енергії на ПС, яка належить споживачу, виконується на стороні низької напруги. Але, виходячи з вимог розділу 8 технічних умов ВАТ



"АК Вінницяобленерго", в РУ-110 кВ проектом передбачено встановлення вимірювальних трансформаторів струму та напруги для організації системи обліку по стороні 110 кВ.

Аналіз розрахунків максимальних струмів КЗ свідчить про відсутність необхідності встановлення на вводах 10 кВ струмообмежуючих реакторів.

Згідно п.4.2.40 ПУЕ:2008 на ПС 110/10 кВ "ВКФ" приймається постійний оперативний струм. В зв'язку з цим, згідно п.4.2.226 ПУЕ:2008 трансформатори власних потреб приєднуються до збірних шин 10 кВ. Відповідно п.4.2.225 ПУЕ:2008 кількість трансформаторів власних потреб приймається в кількості 2 шт. вже на етапі пускового комплексу ПС. Незалежність живлення трансформаторів власних потреб забезпечується зворотнім живленням від ПС 110/35/10 кВ "Нова" через ТП-78.[8]

#### Основне електротехнічне обладнання

##### Трансформатори силові ТДН-25000/110 У1:

- номінальна потужність обмоток 25000 кВА;
- номінальна напруга з РПН  $115 \pm 9 \times 1,78\%$  / 10,5 кВ;
- схема і група з'єднання  $Y_n/\Delta$  -11;
- напруга короткого замикання  $U_k(v-n) = 10,5\%$ ;
- струм холостого ходу  $I_{xx} = 0,55\%$ .
- вбудовані трансформатори струму:  
на стороні ВН ТВТ-110-III -3/600-400-300-200/1А,  
в нейтралі ТВТ-35-III -1/3/600-400-300-200/1А;
- охолодження масляне з дуттям і природною циркуляцією масла;
- зовнішня ізоляція категорії Б.

##### Вимикачі триполюсні, елегазові типу :

- для застосування в мережі напругою 110 кВ;
- максимальна робоча напруга 145 кВ;
- номінальний струм 3150 А;
- струм відключення 40 кА;

- привід пружинний типу BLK222 з заведенням від електродвигуна;
- категорія розміщення У1;
- ізоляція фарфорова.

Роз'єднувачі Триполюсні Горизонтально-поворотного Типу РГН.2-110.ІІ/1000УХЛ1 ТА РГН.1А-110.ІІ/1000УХЛ1:

- номінальна напруга 110 кВ;
- максимальна робоча напруга 126 кВ;
- номінальний струм 1000 А;
- струм термічної стійкості 31,5 кА;
- час дії струму термічної стійкості для контактних ножів 3 с;
- час дії струму термічної стійкості для заземлюючих ножів 1 с;
- мінімальний шлях витoku зовнішньої ізоляції 2800 мм (для ІІ ступеню забруднення атмосфери);
- привід ПРГ-6-00 УХЛ1 для головних ножів, та ПРГ-6-01 УХЛ1 для ножів заземлення.

Комбінований вимірювальний трансформатор типу JUK 123В:

- номінальна первинна напруга  $110/\sqrt{3}$  кВ;
- максимальна допустима робоча напруга  $126/\sqrt{3}$  кВ;
- мінімальний шлях витoku зовнішньої ізоляції 3640 мм;
- трансформатор струму 300/1А; 300/1А, 0,2S/10P, 20/20 ВА;
- трансформатор напруги  $110000:\sqrt{3} / 100:\sqrt{3}$ , 0,2, 20 ВА;
- ізоляція фарфорова;
- термічна стійкість 20 кА / 3с.

Обмежувачі перенапруги:

- на ВРУ-110 кВ - РЕХЛІМ R 108 УН123;
- в нейтралях трансформаторів - РЕХЛІМ R 072 УН123;
- на шинних мостах 10 кВ - MWK-12.

Заземлювачі нейтралі – ЗОН 110М-ІІ-УХЛ1:

- номінальна напруга 110 кВ;

- привод ручний типу ПРН-01-2УХЛ1.

Трансформатори власних потреб:

Трансформатори сухі, внутрішнього встановлення типу DTE-160/10/0,4 кВ потужністю 160 кВА.

Комплектний розподільчий пристрій 10 КВ:

КРУ-10 кВ (схема 10-1 «Одна, секціонована вимикачем, система шин», згідно табл. 4.2.11 ПУЕ:2008), внутрішньої установки типу UniGear ZS1, що складається з 14 комірок, ввідні та секційний вимикачі вакуумні типу VD4 з пружинним приводом, лінійні вимикачі вакуумні типу VMax з пружинним приводом.

### 3 ВПРОВАДЖЕННЯ КОГЕНЕРАЦІЇ НА ПІДПРИЄМСТВІ

#### 3.1 Поняття когенерації

Когенерація - це процес, в якому тепловий двигун або теплова електростанція використовується для одночасного виробництва електроенергії та корисного тепла. У порівнянні із звичайними електростанціями, які викидають теплову енергію в навколишнє середовище, когенерація базується на утилізації цієї теплової енергії для використання в промисловості, побуті, або в безпосередній близькості до енергомодуля. Однак, особливістю когенерації є можливість розподілу тепла споживачам по трубопроводах, особливо в регіонах, таких як Скандинавія і Східна Європа. Цей підхід відомий як децентралізоване енергопостачання. [3,4].

Теплові електростанції, а також теплові двигуни загалом, не можуть перетворити всю доступну енергію в електроенергію через другий закон термодинаміки (теплова теорема Карно). Більшість теплових двигунів втрачають більше половини енергії, яку вони отримують, у вигляді тепла.[10]



Рис 3.1 – Порівняння окремого виробництва електроенергії та тепла з когенерацією

Когенераційні установки використовують додаткове тепло, яке втрачається в традиційних теплових електростанціях, щоб підняти коефіцієнт корисної дії

(К.К.Д.). В результаті цього К.К.Д. може сягати 89%, у порівнянні з 55% в найкращих установках без утилізації тепла. Це означає, що для виробництва такої ж корисної енергії потрібно менше палива. При розрахунках економічного ефекту також слід враховувати зменшення забруднення навколишнього середовища.

Деякі теплоелектростанції використовують робочі процеси, що базуються на кількох термодинамічних циклах, та використовують теплообмінник для утилізації розсіяної теплової енергії. Це дозволяє використовувати більше енергії та знижує втрати, забезпечуючи більший К.К.Д. системи. [9].

Так, когенераційна установка може бути орієнтована на отримання теплової енергії в першу чергу або, навпаки, пріоритетно виробляти електроенергію, при цьому тепло використовується за потребою. Ефективність когенерації найвища, коли тепло використовується на тому ж майданчику або дуже близько до нього.

При передачі тепла на великі відстані повний коефіцієнт корисної дії (К.К.Д.) може падати, оскільки потрібні добре ізольовані трубопроводи, що може бути дорогим та неефективним. З іншого боку, передача електроенергії на великі відстані по дротах є значно більш простою і менш ефективною втрат навіть на значних відстанях є значно меншою. Таким чином, при певних обставинах може бути вигідніше виробляти електроенергію на віддаленому майданчику та транспортувати її, ніж тепло. [4].

Енергоустановки основного циклу переважно виробляють електроенергію за допомогою парової турбіни, де пара конденсується на виході, а низькотемпературний теплоносій може бути використаний для опалення. З іншого боку, енергоустановки вторинного циклу використовують високотемпературний теплоносій для промислових потреб, а тепло, яке розсіюється, використовується для вироблення електроенергії за допомогою економайзерів.

Енергоустановки вторинного циклу застосовуються тільки тоді, коли промисловий процес вимагає високих температур, наприклад, у виробництві скла і сталеплавильних печах, і тому їх зустрічається рідше.

Великі когенераційні установки постачають гарячу воду і виробляють електроенергію для великих промислових підприємств і навіть для цілих міст. Цей підхід є ефективним, оскільки використовує обидві форми енергії (тепло і електроенергію), що дозволяє досягти вищого коефіцієнта корисної дії і знижує загальні витрати енергоресурсів. [10].

Основні типи когенераційних установок:

- Газотурбінна когенераційна установка, що використовує тепло вихлопних газів;
- Установки змішаного циклу, пристосовані для когенерації;
- Паротурбінна когенераційна установка, в якій конденсатор пари використовується для вироблення тепла для потреб опалення.

Так, сучасні паливні елементи, які працюють на циклах CO+H<sub>2</sub>, використовуються при високих температурах, що створює можливість утилізації тепла вихлопних газів. Когенераційні установки менших розмірів можуть використовувати поршневі двигуни або двигуни Стірлінга для використання тепла від вихлопних газів та систем охолодження двигуна.

Ці системи є досить популярними серед невеликих споживачів, оскільки малі газові поршневі або дизельні мотори виявляються значно більш вигідними в порівнянні з невеликими паровими електростанціями з погляду вартості.

Крім того, деякі когенераційні установки використовують біомасу замість традиційного палива. Також можливе використання промислових або побутових відходів, а також шахтного метану, що сприяє створенню більш стійких та сталких систем виробництва енергії.

Мікро-когенераційні установки є категорією систем, які виробляють менше 5 кВт електроенергії. Основна ідея полягає в тому, щоб використовувати паливо не тільки для опалення, але й для вироблення електроенергії, що забезпечує додаткову користь. Ця електроенергія може бути використана для

задоволення внутрішніх потреб у будинку або в бізнесі, а також (залежно від політики енергетичних компаній та законодавства) може бути відправлена назад в електричну мережу, що дозволяє власнику установки отримувати компенсацію або знижку на електроенергію.

Когенераційні установки, особливо мікро-когенераційні, грають важливу роль в забезпеченні енергетичних потреб окремих будівель та середніх бізнесів. Їхні потужності варіюють від 5 кВт до 500 кВт. Застосування таких установок сприяє ефективнішому використанню енергії, зменшенню викидів та відповідає сталим зусиллям зменшення впливу на навколишнє середовище та оптимізації енергоспоживання.

Існує п'ять різних технологічних підходів для побудови когенераційних установок:

- Мікротурбіни: Ефективні для малих потужностей, швидкі в управлінні та здатні працювати на різних видів палива.
- Двигуни внутрішнього згоряння: Застосовуються для виробництва електроенергії з внутрішнього згоряння палива, такого як газ або дизель.
- Двигуни Стірлінга: Засновані на принципі роботи двигуна Стірлінга, де тепло передається між гарячим і холодним робочим рідинам.
- Парові машини закритого циклу: Використовуються для виробництва електроенергії шляхом перетворення теплової енергії пари.
- Паливні елементи: Використовують хімічні реакції для виробництва електроенергії та тепла, при цьому викиди є дуже мінімальними.

Ці технології надають різноманітні можливості вибору в залежності від конкретних вимог і умов застосування. [4].

Незадовільний стан електрогенеруючих потужностей і електророзподільних мереж може вплинути на стійкість електропостачання та

викликати труднощі в різних галузях, включаючи підприємства, господарства та господарство в цілому.

У таких обставинах можуть бути вжиті різні заходи для поліпшення ситуації, такі як розширення енергетичної інфраструктури, модернізація існуючих електростанцій та електромереж, а також впровадження більш ефективних та сталих енергетичних технологій.

Зрозуміло, що ситуація з електропостачанням у великих містах та районних центрах України є складною і вимагає уваги. Використання нетрадиційних видів палива для отримання електроенергії на об'єктах, таких як лікарні, готельні, торговельно-розважальні комплекси та виробничі приміщення, може бути розумним підходом, особливо з урахуванням обмежень у розширенні електромереж та енергогенеруючих потужностей. З прийняттям законів «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу», №2509-IV від 05.04.2005г. і «Про теплопостачання», №2633-IV від 02.05.2005г. в Україні з'явилися можливості для впровадження когенераційних установок і когенераційних газових електростанцій (міні-ТЕЦ). Це може допомогти у забезпеченні енергетичної ефективності та надійності електропостачання для різних об'єктів та споживачів. [4].

Економічний аналіз, особливо з урахуванням покриття капітальних витрат і витрат на обслуговування кредиту за рахунок економії витрат на енергоресурси, є важливим кроком для оцінки вигідності впровадження міні-когенераційних установок.

основна перешкода для широкого впровадження міні-когенераційних установок в Україні - високі вартісні компоненти газопоршневих міні-когенераційних установок, основною причиною яких є імпорт. Локальне виробництво міні-когенераційних установок може значно знизити їх вартість і зробити їх більш доступними для підприємств та інших споживачів енергії в Україні.



Це також відповідає стратегії стимулювання внутрішнього виробництва та розвитку промисловості. Якщо Україна може забезпечити власне виробництво міні-когенераційних установок і комплектуючих до них, це може призвести до збільшення конкурентоспроможності цих технологій на внутрішньому ринку.

Подальші зусилля у напрямку розвитку вітчизняного виробництва та впровадження заходів для зниження витрат на міні-когенераційні установки можуть сприяти їх широкому впровадженню в Україні.

### **3.2 Порівняльна характеристика когенераційних систем**

Когенераційні системи складаються з наступних основних частин:

- двигун (основний); - електричний генератор;
- утилізатор теплової енергії;
- модуль управління.

Класифікація когенераційних систем за типами основного двигуна і генератора, а також за типом палива, допомагає вибрати оптимальний варіант для конкретних потреб та умов. Порівняння різних типів систем дозволяє знайти баланс між витратами та вигодами, що є важливим для ефективного використання когенерації.

#### **Парові турбіни.**

Робота парових турбін у промислових когенераційних системах базується на використанні утвореної пари від парового котла. За високого тиску пара розширюється, проходячи через лопатки турбіни, і це призводить до обертання турбіни. Отримана механічна енергія використовується генератором для вироблення електроенергії.

Щодо ефективності парових турбін, важливим аспектом є те, що їхня коефіцієнт ефективності в частині генерації електроенергії вважається одним з найнижчих серед розглянутих технологій (від 7 до 20%). Тим не менш, в межах когенераційних систем загальна ефективність може досягати 80%, обчислювана на одиницю витраченого палива (за теплотворною здатністю).

Це підтверджує, що парові турбіни ефективно працюють у сферах, де велика потреба в тепловій енергії порівняно з електричною. Зазвичай такі системи використовуються для виробництва понад 500 кВт електроенергії та більше.

Щоб забезпечити ефективну роботу, пар має бути поданий у турбіну під високим тиском і температурою (4 МПа при 4000<sup>С</sup> або 6 МПа при 4800<sup>С</sup>). Однак такі вимоги ставлять підвищені вимоги до котельного устаткування, що призводить до збільшення капітальних витрат і вартості обслуговування. Однією з переваг цієї технології є можливість використання різних видів палива, включаючи шахтний метан.

Парові турбіни можуть бути двох типів: з протитиском (коли тиск пари на виході вище атмосферного) і конденсаційні (коли тиск пари на виході нижче атмосферного). Застосування конденсора дозволяє збільшити електричну ефективність конденсаційних турбін, але при цьому майже повністю втрачається можливість використання відходячого тепла.

### **Газові турбіни.**

В 90-і роки перехід до використання природного газу в електроенергетиці суттєво підняв популярність газових турбін, які стали важливою частиною ринку. Навіть при максимальній ефективності обладнання, яка досягається на потужностях від 5 мВт і вище (до 250 МВт), деякі виробники представляють моделі у діапазоні 1-5 МВт.

Робочий принцип газових турбін полягає в тому, що газ, нагнітаючись компресором, змішується з повітрям у камері згоряння, утворюючи паливну суміш, яка потім підпалюється. Виділені продукти горіння з високою температурою (9000<sup>С</sup>-12000<sup>С</sup>) приводять до обертання турбіни, переходячи через ряд лопаток, встановлених на валу турбіни. Механічна енергія передається генератору через понижуючий редуктор. Теплова енергія виходить з турбіни газів і може бути використана для роботи насосів, компресорів тощо.

Вихідні гази турбіни мають температуру 4500<sup>С</sup>-5500<sup>С</sup>. Співвідношення теплової енергії до електричної у газових турбін становить від 1,5:1 до 2,5:1, що

дозволяє створювати когенераційні системи різних типів: використання відходних гарячих газів, виробництво пари, виробництво гарячої води і пари високого тиску.

- безпосереднє (пряме) використання відходних гарячих газів; - виробництво пара низького або середнього тиску (0,8-1,8 МПа) в зовнішньому котлі;

- виробництво гарячої води (краще, коли необхідна температура перевищує 1400С);

- виробництво пари високого тиску (турбіни комбінованого циклу).

Ефективність газових турбін становить 25% - 35%, але в межах когенераційних систем ця ефективність може збільшитися до 90% в розрахунку на умовну одиницю витраченого палива. Газові турбіни мають низькі емісії NOx (25 ppm).

Робота турбіни супроводжується високим рівнем шуму, тому для їх встановлення використовуються спеціальні будівлі індустріального типу, що також забезпечують вологозахист обладнання.

### **Поршневі двигуни.**

Поршневі двигуни, які використовуються в енергосистемах, мають значну ефективність у генерації електроенергії, подібну до турбін. Проте виникає складність при створенні когенераційних систем на їхній основі через розсіювання теплової енергії. Ця проблема виникає з необхідності охолодження двигуна та масла, що використовується в системі змащення. Крім того, поршневі двигуни відрізняються пульсуючим характером потоку газів, що виходять, із температурою до 4000С. Співвідношення теплової енергії до електричної у поршневих двигунах становить від 0,5:1 до 1,5:1.

На практиці використовують два типи поршневих двигунів:

Дизельні двигуни з запалюванням від стиснення, які можуть працювати на дизельному паливі або природному газі. Моделі доступні на ринку від кількох кіловат до 15 МВт вихідної електричної потужності. Газові двигуни

використовуються в основному з екологічних міркувань, але у деяких випадках економічно обгрунтовано використовувати дизельне паливо;

Двигуни з іскровим запалюванням, які можуть працювати на чистому газі. Їхні електричні вихідні потужності зазвичай на 15-20% нижчі, а теплові потужності також менше.

Застосування відходних газів поршневих двигунів часто включає виробництво пара з тиском до 1,5 МПа, гарячої води або пряме використання тепла відхідних газів в процесах сушіння. Також може бути використана вода з системи охолодження двигуна, але вона має низьку енергетичну здатність (температура 800С-900С). Для боротьби з високою емісією шкідливих речовин використовуються як зовнішні каталітичні фільтри, так і конструктивні модифікації двигунів.

Поршневі двигуни мають високу працездатність, не опускаючись нижче 90%, але їхня робота на неповній потужності обмежена. Щодо обслуговування, інтервали сервісного обслуговування поршневих двигунів коротше, але вони мають більше рухомих частин, що може вплинути на їхню надійність. Висока емісія поршневих двигунів пов'язана з розвитком технології без екологічних обмежень, але зараз виробники використовують різні заходи для зменшення викидів.

### **3.3 Системи комбінованого циклу.**

Комбінована система базується на газовій турбіні промислового типу. Після виходу гарячих газів з газової турбіни, їх направляють для виробництва пари, який, у свою чергу, подається в парову турбіну. Зазвичай такі системи використовуються електрогенеруючими компаніями, коли метою є максимізація виробництва електроенергії. В такому контексті когенерація виконує підпорядковану функцію і реалізується шляхом відведення частини тепла з парової турбіни.

## Мікро-ТЕЦ.

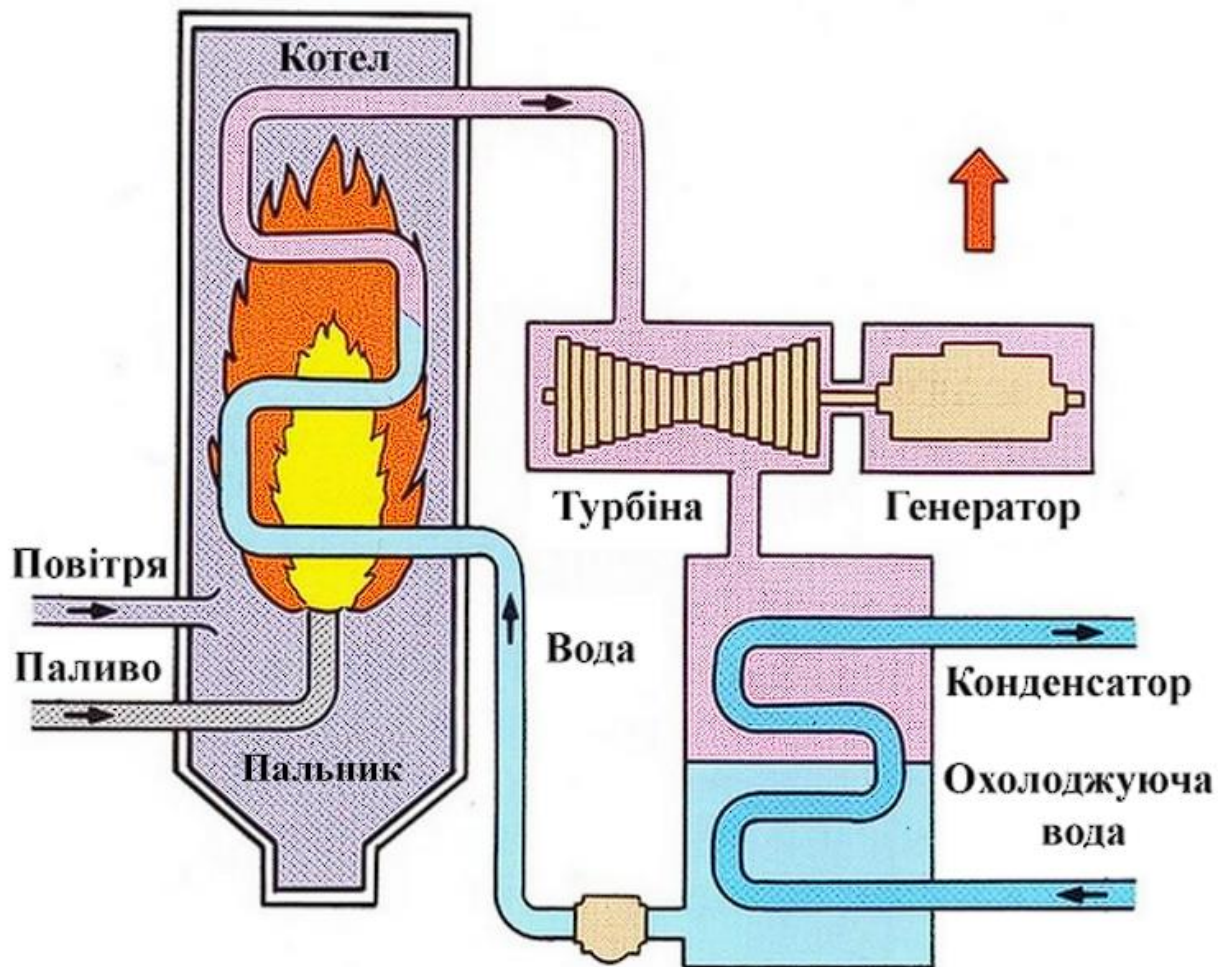


Рис 3.2 – Принцип роботи ТЕЦ

Переваги і недоліки Мікро-ТЕЦ.

Для країни:

Економіка первинної енергії: успішна реалізація когенерації призводить до зниження витрати палива приблизно на 25% порівняно з традиційним виробленням електроенергії. Порівняно з традиційним виробленням електроенергії. На національному рівні заохочується децентралізована генерація, знижуються потреби в установці великих теплових електростанцій, підвищується стабільність електричної мережі в країні. Це також сприяє збільшенню зайнятості на робочих місцях.

Зниження впливу на навколишнє середовище: скорочення забруднення атмосфери відбувається в тій самій пропорції. Під час використання природного газу замість нафтового або вугільного палива викиди і частинки SO<sub>2</sub> зводяться до нуля.

Підвищення національної енергоефективності: за рахунок використання конверсійних систем з набагато вищою ефективністю. Безпека постачання: деякі застосування вимагають безперервної наявності енергії, наприклад, лікарні та промислові установки, де невелика перерва може заподіяти непоправні наслідки. Янепоправних наслідків. Як така, когенерація може діяти як гарантія безперервного джерела енергопостачання, навіть коли відсутня електрика.

У споживача:

Нижчі втрати: при децентралізованому виробництві енергії -передача та розподіл енергії мають нижчі втрати.

Зниження витрат на електроенергію: більш низька вартість споживаної електроенергії дає змогу знизити економічні витрати, знижуючи виробничі витрати промислових підприємств і сприяючи підвищенню конкурентоспроможності.

Безперервне електропостачання: через когенераційну установку, що працює паралельно із зовнішньою мережею, можна мати безперебійне електропостачання з гарантією безпеки, що в разі відмови зовнішньої мережі власна вироблена енергія може задовольнити потреби користувача.

Для виробників електричної енергії:

Збільшення доступної електроенергії - є більша гарантія постачання електроенергії споживачам з боку розподільника електроенергії.

Зменшення резервної потужності: немає необхідності мати високі резервні потужності, оскільки в будь-який час ТЕЦ може продати енергоресурси, вивільняючи будь-який надлишок у результаті виробництва електроенергії та теплової енергії.

Недоліки:

Необхідність прийняття відповідного законодавства:

Відповідне законодавство є обов'язковим і повинно буде вирішувати конфлікти та суперечки, які неминуче виникають між незалежними виробниками та генеруючими компаніями.

Інфраструктури:

Необхідно створити відповідну інфраструктуру для контролю за дотриманням законодавства та технічних регламентів і для здійснення відповідних ремонтно-експлуатаційних робіт, щоб не було серйозних збоїв у подачі електроенергії в мережу від дрібних виробників.

Проблеми управління мережею:

Паралельне підключення когенераційної установки до електромережі створює проблеми регулювання.

Скорочення ринку: якщо незалежні виробники (когенерація), які логічно виробляють більшу частину споживаної ними енергії, матимуть менший ринок для виробників і розподільників електроенергії.

Інвестиційний:

Від компаній потрібно більше інвестицій і, крім того, компетенція у цій галузі для мінімізації зіштовхування з невідомими ризиками.

Екологічний:

Збільшення забруднення в безпосередній близькості від виробничого процесу за рахунок викидів продуктів згоряння когенерації, хоча на національному рівні відбувається децентралізація, і зниження забруднення.

Запропоновано алгоритм визначення стратегій роботи ТЕЦ. Вирішення проблеми економічної диспетчеризації ґрунтується на кількості електроенергії, що виробляється у високоефективній когенерації, і корельованих цінах на тепло та електроенергію.

Результати показують, що стратегії роботи когенераційних установок суттєво впливають на їхні експлуатаційні витрати та рентабельність. Визначено мінімальну теплову потребу в 40%, для якої ТЕЦ може економічно експлуатуватися в сучасних умовах енергетичних ринків.

Очевидно, що прибуток когенераційної установки збільшується, якщо корисна теплова потреба вища за цю величину. Для вирішення завдання оптимізації використовували середні ціни, зафіксовані на енергетичних ринках. Пропонована модель може бути поліпшена в майбутніх дослідженнях за допомогою алгоритму, в якому використовуються прогнозовані ціни.

Основною метою операційних стратегій є досягнення перевищення доходів над витратами під час експлуатації когенераційної установки. Той факт, що ціни на паливо та електроенергію можуть бути нестійкими, може створювати не лише ризики, а й можливості для власників когенераційних установок отримувати прибуток.

Базовий модуль когенераційної установки з використанням поршневих двигунів складається з:

- системи вироблення електроенергії (генератор) і теплової енергії;
- електрична система безпеки;
- допоміжні приводи розподільних пристроїв;
- установка автоматичного поповнення масла;
- шум глушників на випускному і повітряному виходах;
- майстер шафи управління дають змогу здійснювати управління і візуалізацію робочих параметрів;
- електрична система синхронізації мережі;
- система аварійного охолодження;
- звуконепроникний корпус.

Поршневий двигун працює на природному газі, пропані або біогазі і розміщується на спільному валу з генератором. Робота такого набору дає змогу виробляти електричну та теплову енергію.

У результаті згоряння газу поршневий двигун виробляє тепло як додатковий продукт перетворення енергії. як додатковий продукт перетворення енергії. Це тепло надходить від корпусу двигуна і вихлопу, потім його витягують за допомогою контурів теплообмінника, змішують із системою води або гліколем, переданого рецептором.



Для досягнення передбачуваної температури води або гліколю на виході модуля та для стабільності операцій когенераційної системи використовується розподільний пристрій. Цей розподільний пристрій керує клапанами системи аварійного охолодження і безперервно контролює охолоджувальну рідину:

а) у разі занадто гарячої температури води на вході в системукогенерації, він перенаправляє частину її до додаткової системи охолодження;

б) у разі надто холодної води активується, нагріваючи її до певної температури.

Очевидна перевага когенераційної установки полягає у високому ККД, який може сягати 90 % у разі спільного вироблення електро- і теплоенергії, на відміну від роздільного виробництва цих форм енергії, що представлено для наочності на рисунку 5.1.

Для підключення установки на режим роботи паралельно з мережею достатньо дотримати умови синхронізації за рівністю напруги, частоти і збігу фаз. Крім паралельного режиму роботи, когенераційна установка так само може працювати автономно, поодинокі або у групі установок.

### **3.4 Переваги та недоліки різних типів двигунів для когенераційної установки**

Парова турбіна:

Переваги: Велика продуктивність та гнучкість щодо використаного типу палива. Довгий термін служби.

Недоліки: Значна інертність, високі витрати, переважання тепловиробництва над виробництвом електроенергії.

Індустріальна газова турбіна:

Переваги: Надійність, відсутність водяної системи охолодження, гнучкість у виборі палива, низька емісія шкідливих речовин, високий "високоенергетичний" вихід теплової енергії.

Недоліки: Нижній поріг ефективності (від 5 мВт електроенергії), менша продуктивність порівняно з поршневіми двигунами, високий рівень шуму,

потреба у підготовці палива, тривалий період запуску і складний капітальний ремонт.

Поршневий двигун:

Переваги: Висока продуктивність, різноманіття моделей за вихідною потужністю, можливість автономної роботи, швидкий запуск, гнучкість щодо палива.

Недоліки: Дороге обслуговування, висока емісія шкідливих речовин, високий рівень шуму, низька теплова ефективність, велике співвідношення вага/вихідна потужність, менший ресурс роботи порівняно з турбінами.

Мікро-турбіна:

Переваги: Висока надійність та довгий термін служби, низькі вартість обслуговування, масштабованість, можливість автономної роботи, гнучкість у виборі палива, високий "високоенергетичний" вихід теплової енергії, найнижча емісія шкідливих речовин порівняно з іншими технологіями.

Недоліки: Відносно високі витрати на початкові інвестиції, відносно низька вихідна потужність одного модуля.

### **3.5 Застосування когенераційних систем**

Когенераційна енергосистема представляє собою інноваційне теплоелектропостачання, компактно поєднуючи в собі виробництво теплової та електричної енергії. Ключовим елементом цього складного енергетичного комплексу є первинний газовий двигун внутрішнього згорання, оснащений електрогенератором на валу. Електричний генератор використовується для конвертації механічної енергії, отриманої від обертання вала двигуна, у електроенергію.

Синхронні та асинхронні генератори є двома основними типами генераторів, використовуваними в когенераційних системах. Синхронний генератор може працювати в автономному режимі або бути з'єднаним паралельно з електричною мережею. З іншого боку, асинхронний генератор призначений для роботи виключно у режимі паралельної роботи з електричною мережею. У випадку відключення чи інших проблем у мережі асинхронний

генератор автоматично зупиняє свою роботу. З цього приводу для забезпечення гнучкості та надійності систем когенерації частіше використовують синхронні генератори.

При роботі двигун-генератора використовується утилізація тепла, що виникає при згорянні газових викидів, паливної суміші, масла та водяної "сорочки" двигуна. В середньому на 1 МВт електричної потужності споживач отримує 1 МВт теплової потужності у вигляді гарячої води при температурі 900°C або пара для опалення та гарячого водопостачання.

Когенераційна система задовольняє потреби об'єкта в електроенергії та низькотемпературному теплі. Основна перевага полягає в більш ефективному використанні енергії порівняно зі звичайними системами, що призводить до зменшення витрат на виробництво одиниці енергії.

Для перетворення механічної енергії обертового вала двигуна в електроенергію в когенераційних енергосистемах використовується електричний генератор. Генератори можуть бути синхронними або асинхронними. Синхронний генератор може працювати в автономному режимі або бути з'єднаним паралельно з електричною мережею. З іншого боку, асинхронний генератор призначений для роботи виключно у режимі паралельної роботи з електричною мережею. У випадку відключення чи інших проблем у мережі асинхронний генератор автоматично зупиняє свою роботу. Таким чином, для забезпечення гнучкості та надійності систем розподіленої когенерації частіше віддають перевагу синхронним генераторам.

У багатьох країнах існує державна підтримка використання когенераційних систем, що працюють на газі. Це пов'язано, перш за все, із заботою про довкілля: когенерація дозволяє зменшити викиди CO<sub>2</sub> на 30-50% порівняно з електростанціями на вугіллі і на 15-20% порівняно з роздільною генерацією електроенергії і тепла. У виробничих підприємствах рішення про впровадження власної когенераційної системи зазвичай ґрунтується на економічній вигідності, яка, як правило, оцінюється за нормами окупності, прийнятими в галузі, де діє потенційний власник системи, а не за нормативами в

енергетиці. Такий підхід ставить суттєві обмеження, які можна компенсувати шляхом детального аналізу енергоспоживання компанією та прогнозується його зростання, а також потреби в поліпшенні якості та надійності енергопостачання. Основна стратегія полягає в оцінці тривалості роботи когенераційної системи і рівня її завантаження - чим більше система працює на максимальній потужності, тим ефективніша її економічна вигода. Часткове або повне використання альтернативних джерел палива сприяє поліпшенню економічних показників когенерації. У випадку, коли виробництво постійно використовує значну кількість пари або гарячої води, заміщення частини котлів когенераційною системою дозволяє підвищити ефективність використання палива - за тієї ж кількості тепла буде вироблятися також електроенергія, яку можна використовувати для заміщення енергомережі або для підвищення надійності енергопостачання. [15-19].

### **3.6 Вибір обладнання та установки когенерації**

На основі технічної літератури та даних, отриманих з аналізу інформації про джерела когенерації, вибираємо обладнання для когенераційної установки, призначеної для встановлення на підприємстві.

Світовим лідером у виробництві газопоршневих систем безперечно є австрійська компанія GE Jenbacher. Заснована в 1957 році, вона здобула репутацію визнаного світового лідера в даній галузі за практично п'ятдесят років своєї діяльності. GE Jenbacher виробляє когенераційні установки, охоплюючи широкий діапазон одиничних електричних потужностей агрегатів, від 330 до 3047 кВт.

У їхньому асортименті представлено чотири серії газових двигунів: серії 2, 3, 4 і 6. Ці серії відрізняються такими параметрами, як діаметр і хід поршня, що дозволяє підібрати оптимальне обладнання відповідно до конкретних потреб підприємства.

Газопоршневі установки GE Jenbacher славляться своєю надійністю, ефективністю та високою експлуатаційною продуктивністю. Широкий діапазон

електричних потужностей дозволяє підібрати оптимальне рішення для різноманітних промислових потреб. [10].

GE Jenbacher володіє низкою неперечних конкурентних переваг, серед яких можна виділити наступні:

1. Високий Коефіцієнт Корисної Дії (ККД): Електричний ККД на електрогенеруючих установках компанії GE Jenbacher досягає вражаючих 43,1%. Це високий показник, який підтримується навіть при зміні навантаження в діапазоні 50-100% від номінальної потужності, що свідчить про стабільність ККД в різних режимах роботи.

2. Гнучкий Ряд за Потужністю: Лінійка двигунів GE Jenbacher включає чотири серії газопоршневих машин, що дозволяє підібрати оптимальне обладнання відповідно до потреб клієнта.

3. Гарантований Ресурс до Капітального Ремонту: Двигуни GE Jenbacher відрізняються видатною довговічністю, забезпечуючи гарантований ресурс до капітального ремонту не менше 60,000 годин і повний ресурс не менше 200,000 годин. Це свідчить про високу якість і надійність їхньої експлуатації.

4. Високий Ступінь Автоматизації: Когенератори з двигунами GE Jenbacher вражають високим рівнем автоматизації. Вони не вимагають постійного присутності персоналу, оскільки системи моніторингу автоматично контролюють параметри двигуна і компонентів когенератора. Це дозволяє вести дистанційне керування, автоматизовано запускати і зупиняти систему, паралельно працювати з електричною мережею та розподіляти навантаження при паралельній роботі кількох когенераторів.

5. Контроль Викидів: Двигуни GE Jenbacher відзначаються високим рівнем контролю за викидами. Вони оснащені каталітичними перетворювачами, які значно зменшують викиди шкідливих речовин. Мікропроцесорна система управління спроектована таким чином, щоб безперервно підтримувати необхідне співвідношення повітря і палива. Ця система автоматично регулює співвідношення, оптимізуючи ефективність перетворювача і забезпечуючи його тривалий ресурс. [10, 11]

У серії двигунів GE Jenbacher використовується технологія, що дозволяє працювати на бідній суміші палива. Це призводить до значного зниження вмісту оксидів азоту (NO<sub>x</sub>) на 90%, порівняно зі звичайними машинами. Випробувані часом, системи компанії успішно використовуються на тисячах об'єктів по всьому світу.

Однією з ключових особливостей двигуна Jenbacher j624 є використання двоступінчастого турбонаддуву. Турбонаддув забезпечує більший об'єм повітря в циліндри двигуна, що дозволяє згоряти більше палива і отримувати більше енергії. Двоступінчастий турбонаддув забезпечує ще більший об'єм повітря, що веде до ще більшої ефективності. []

Контейнерні рішення Jenbacher є «готовими до використання» електростанціями, що дозволяє клієнтам мінімізувати час введення в експлуатацію. Компанія Jenbacher десятиліттями виробляла контейнерні електростанції, надаючи найсучасніші технології виробництва електроенергії в добре розроблених надійних пакетах.

Генераторні установки, можуть постачатися як контейнерні версії залежно від ваших потреб.

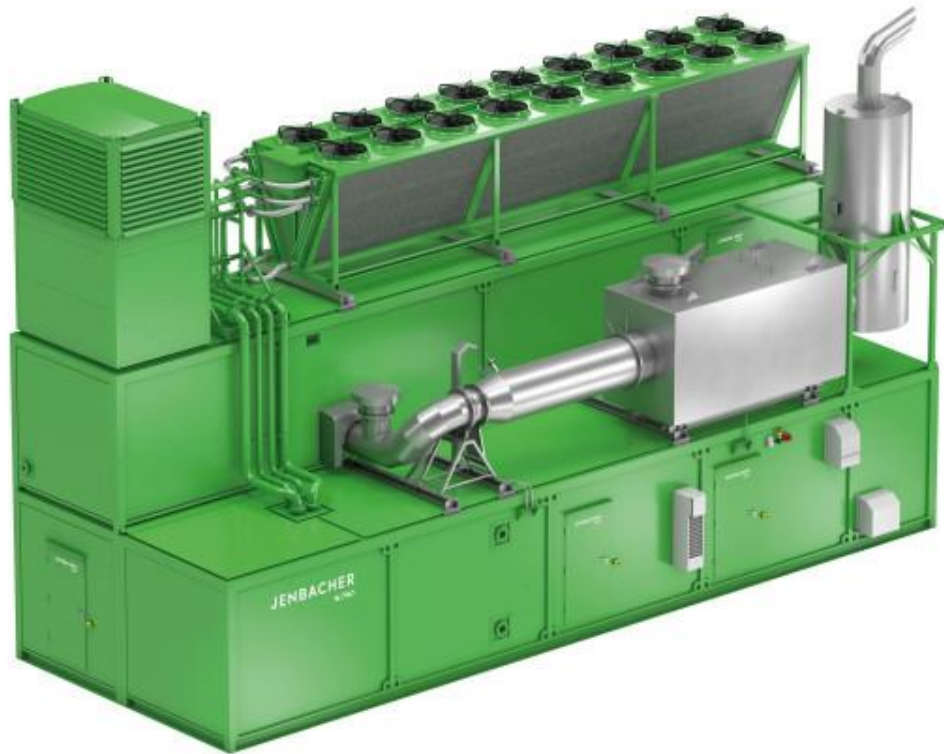


Рис 3.3 – Контейнер для Jenbacher J624

Установки GE Jenbacher можуть працювати не лише на природному газі і пропані, але і на різноманітних газах, які містять метан. Серед них біогаз, коксовий газ, метано-повітряні суміші з вугільних шахт, синтезгаз, піролізний газ та інші. Таким чином, вибір установки виробника GE Jenbacher для проектування когенераційної енергосистеми на підприємстві обумовлений її технічними характеристиками та відмінною спроможністю працювати на різноманітних газах.

Тепло, що виробляється двигуном під час роботи, може бути використане для опалення або для виробництва гарячої води. Це не тільки забезпечує високу ефективність, але і дозволяє знизити витрати на енергію.

Установка Jenbacher j624 має вбудовану систему управління, що контролює всі параметри роботи двигуна і забезпечує його оптимальну роботу. Система управління також дозволяє здійснювати дистанційне моніторинг та управління установкою.

Високий рівень автоматизації когенераційної установки Jenbacher j624 дозволяє зменшити потребу в ручному обслуговуванні, що забезпечує високий рівень надійності та зменшує витрати на експлуатацію.

Отже, щоб задовольнити потреби фабрики, та мати змогу жити підприємства Замостянського району у випадку системної аварії а також підвищити надійність електропостачання, Вибираємо когенераційну установку Jenbacher J624

у кількості 6 шт. Електрична потужність одної установки становить 4,404 кВт, при умові, що установка буде використовувати в якості палива природній газ.

Сумарна електрична потужність 6 установок згідно з технічної документації

Становить 27,042 кВт

Таблиця 3.1 Показники потужності та ККД

Природній газ 1,500 Об/хв   50 Гц						
NO <sub>x</sub> <	Тип	P <sub>ел</sub> (кВт) <sup>1</sup>	P <sub>тп</sub> (кВт) <sup>1</sup>	η <sub>эл</sub> (%) <sup>1</sup>	η <sub>тп</sub> (%) <sup>1</sup>	H <sub>заг</sub> (%) <sup>1</sup>
500 мг/м <sup>3</sup> <sub>N</sub>	J624	4,507	3,957	46.9	41.1	88.0
250 мг/м <sup>3</sup> <sub>N</sub>	J624	4,507	4,023	45.9	41.0	87.0





Рис 3.4 – Когенераційна установка Jenbacher J624

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Розрахунок одиничної потужності блок-модуля

Одинична потужність блок-модуля:

- електрична 4507 кВт

- теплова 4023 кВт

Кількість блок-модулів бшт

Напруга 0,4 кВт

Вартість 1м<sup>3</sup> природного газу в збутової компанії

Ва<sub>г</sub>=13,2 грн.

Калорійність газу 8000 ккал/м<sup>3</sup> .

Вартість електроенергії у збутової компанії Ва<sub>е</sub>= 31,59 грн/кВтг

Вартість 1 Гкал тепла в збутової компанії Ва<sub>т</sub>=1314,08 грн/Гкал

Вартість оливи Ва<sub>м</sub>=193 грн/літр

### 4.1 Розрахунок окупності енергоцентру

Основні дані :

Загальна потужність енергоцентру електрична ОП<sub>е</sub>=27042 кВт

Загальна потужність енергоцентру теплова ОП<sub>т</sub>=20 Гкал

Напруга Генератора

U<sub>ген</sub>=0,4 кВ

ККД електричний 46.9 %

ККД тепловий 41.1 %

ККД загальний 88,0%

Витрата газу при 100% навантаженні P<sub>г100</sub>=5796 м<sup>3</sup>/Г

Витрата газу при 80% навантаженні P<sub>г80</sub>=4632 м<sup>3</sup>/Г

Витрата газу при 50% навантаженні P<sub>г50</sub>=2898 м<sup>3</sup>/Г

Ємність мастильної системи

E<sub>с.с.</sub>= 4800л

Ресурс двигуна до першого капремонту 60000 мотогодин

Термін експлуатації 240000 мотогодин

Інтенсивність заміни мастила  $I_{зм}$  кожні 2500 мотогодин

Кількість осіб, які обслуговують установку - 10 чол.

Заробітна плата на 1 людину 10000 гривень

Коефіцієнт використання утилізації тепла  $K_{у.т.}=0,5$

Курс долару 36,71 гривень

### Економічні показники енергоцентру:

Кількість годин роботи на рік

$Ч_{год}=8000$  годин

Коефіцієнт завантаження обладнання

$K_3=0,8$

Річний відпуск електроенергії  $EE_{рік}$ , кВт/год :

$$EE_{рік}=Ч_{год} \cdot K_3 \cdot OM_e$$

(4.1)

$$EE_{рік}=8000 \cdot 0,8 \cdot 27042 = 169113600$$

Річний відпуск теплової енергії  $TE_{рік}$ , Гкал :

$$TE_{рік}=Ч_{год} \cdot K_3 \cdot OM_T$$

(4.2)

$$TE_{рік} = 8000 \cdot 0,8 \cdot 20 = 128000$$

Річне споживання палива  $П_{с,рік}$ ,  $M^3$ :

$$П_{с,рік}=Ч_{год} \cdot K_3 \cdot OM_T$$

(4.3)

$$П_{с,рік} = 8000 \cdot 4632 \cdot 0,8 = 29644800$$

Річні витрати на паливо  $П_{в,рік}$ , гривень:

$$П_{в,рік}= П_{с,рік} \cdot Ba_e$$

(4.4)

$$П_{в,рік} = 29644800 \cdot 31,59 = 391311360$$

Річна економія на тепловій енергії  $Э_{т,год}$ , гривень:

$$E_{T_{\text{рік}}} = T E_{\text{рік}} \cdot V_{\text{ат}}$$

(4.5)

$$E_{T_{\text{рік}}} = 128000 \cdot 1314,08 = 168202240$$

Річні витрати на вигорання оливи  $O_{\text{в}}$ , гривень:

$$O_{\text{в}} = 0,2 \cdot V_{\text{ам}} / 1000 \cdot E E_{\text{рік}}$$

(4.6)

$$O_{\text{в}} = 0,2 \cdot 193 / 1000 \cdot 169113600 = 0$$

Річне число заміни оливи  $Z_{\text{о.ч}}$ :

$$Z_{\text{о.ч}} = Q_{\text{год}} / I_{\text{зм}}$$

(4.7)

$$Z_{\text{о.ч}} = 8000 / 2500 = 3,2$$

Річні затрати на заміну оливи  $Z_{\text{о}}$ , гривень:

$$Z_{\text{о}} = Z_{\text{о.ч}} \cdot E_{\text{сс}} \cdot V_{\text{ам}}$$

(4.8)

$$Z_{\text{о}} = 3,2 \cdot 4800 \cdot 193 = 2964480$$

Загальні річні затрати на заміну оливи  $Z_{\text{О}}$ , гривень

$$Z_{\text{О}} = O_{\text{в}} + Z_{\text{о}}$$

(4.9)

$$Z_{\text{О}} = 2964480$$

Річні зарплати на персонал, що обслуговує установку,  $Z_{\text{п}}$ , гривень:

$$Z_{\text{п}} = 10 \cdot 10000 \cdot 12 = 1200000$$

(4.10)

## 4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Витрати на паливо  $V_{\text{п}}$ , гривень:

$$V_{\text{п}} = O_{\text{в}} / Z_{\text{о}}$$

(4.11)

$$V_{\text{п}} = 391311360 / 173068800 = 2.26$$

Витрати на заміну оливи та вигорання:

$$Z_{\text{О}} = Z_{\text{о}} / E E_{\text{рік}}$$

(4.12)

$$30 = 2964480 / 173068800 = 0.0171$$

Витрати на персонал  $3_{п.о.}$ , гривень:

$$3_{п.о} = 3_{п} / EE_{рік}$$

(4.13)

$$3_{п.о} = 1200000 / 173068800 = 0.0070$$

Собівартість кВт/год СОБ, гривень:

$$СОБ = B_{п} + 30 + 3_{п.о}$$

(4.14)

$$СОБ = 2.26 + 0.0171 + 0.0070 = 2.28$$

Таким чином, економія при виробітку 1 кВт/год буде становити,  $EK_{EE}$ , гривень,

$$EK_{EE} = B_{ae} - СОБ$$

(4.15)

$$EK_{EE} = 31.59 - 2.28 = 29.30$$

Економія вибраної установки за 8000 мотогодин за рік буде складати,  $EK_{уст}$  гривень:

$$EK_{уст} = EK_{EE} \square Ч_{год} \square ОП_e$$

(4.16)

$$EK_{уст} = 29.30 \square 8000 \square 27042 = 6339709440$$

Вартість установки становить 1 332 958 доларів, у відповідності з курсом нацбанку виходить 48 936 719 гривень,  $B_{уст}$ .

Загальна вартість будівельно-монтажних робіт вже входить у вартість установки.

Термін окупності енергоцентру, виходячи з вищевикладеного, буде становити,  $T_{ок}$ , років

$$T_{ок} = 293620314 / 6339709440 = 0.046$$

(4.17)

Отже, в економічній частині були розраховані такі показники, як: річне споживання палива, річна економія на електроенергії, витрати на персонал, собівартість електроенергії. Було вираховано, що встановлення когенераційної установки є доцільно та економічно вигідним

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

У цьому розділі магістерської дипломної роботи розглянуті заходи з підвищення ефективності системи електропостачання Замостянського району міста Вінниці з використанням розосередженої генерації. Під час виконання робіт з монтажу та обслуговування електрообладнання сонячних фотоелектричних станцій передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці і виробництва продовольчих товарів. Усі металеві неструмопровідні частини (корпуса електродвигунів, шаф, світильників, тощо), які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу живлячої мережі.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на оперативно-ремонтний персонал, що приймає участь у реконструкції та обслуговуванні обладнання електричних мереж Замостянського району міста Вінниці [14, 15].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (нетоксичний пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

### **5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту**

#### **5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць на висоті**

Всі роботи, які проводяться в електроустановках, що не вимагають оформлення наряду, виконуються [17, 18]:

- за розпорядженнями осіб, уповноважених на це відповідно до пункту
- цих Правил, з попереднім оформленням у журналі обліку робіт за нарядами і розпорядженнями або в оперативному журналі;
- в порядку поточної експлуатації.

Розпорядження про проведення робіт має разовий характер. Термін його дії визначається тривалістю робочого дня виконавців. За необхідності продовження роботи, в разі зміни її умов або складу бригади, розпорядження віддається знову.

Працівник, який віддав розпорядження, призначає керівника робіт (наглядача), членів бригади, визначає можливість безпечного проведення робіт і визначає необхідні для цього організаційні та технічні заходи.

Розпорядження записується в журнал обліку робіт за нарядами і розпорядженнями особою, яка його віддала, або оперативним працівником, де вказується:

- ким віддано розпорядження;
- зміст і місце роботи;
- заходи безпеки;
- час виконання роботи;
- прізвища, ініціали, групи з електробезпеки керівника робіт (наглядача) і всіх членів бригади. Змінювати склад бригади, що працює за розпорядженням, в процесі роботи забороняється.

Розпорядження про роботу віддається керівнику робіт і допускачеві або працівникові, який дає дозвіл на підготовку робочого місця і на допуск.

В електроустановках без місцевих чергових працівників в тих випадках, коли допуск до роботи не вимагається, розпорядження може бути віддано безпосередньо працівнику, який виконує роботу,

Інформація про закінчення робіт, виконаних за розпорядженням, повідомляється працівникові, який віддав розпорядження, з відповідним записом у журналі.

До робіт на висоті і верхолазних робіт допускаються навчені особи, стан здоров'я яких має відповідати медичним вимогам, встановленим для даних видів робіт («Положення про медичний огляд працівників певних категорій»).

Працівники, які виконують верхолазні роботи, повинні мати відповідний запис в посвідченні про перевірку знань.

До самостійних верхолазних робіт допускаються особи віком не молодші 18 років, які мають стаж верхолазних робіт не менше одного року і кваліфікаційний розряд не нижче четвертого. Робітники, які вперше допускаються до верхолазних робіт, протягом одного року повинні працювати під безпосереднім наглядом досвідчених спеціалістів, призначених наказом керівника підприємства. Працівники мають бути навчені безпеці праці до початку виконання верхолазних робіт.

Драбини, риштування, помости, кігті, лази та інші пристосування, що застосовуються для виконання робіт на висоті і верхолазних робіт, повинні бути сертифіковані, а також відповідати вимогам «Правил безпеки під час роботи з інструментом і пристроями».

Під час виконання робіт, коли немає можливості закріпити строп запобіжного поясу за конструкцію або опору, слід користуватися страхувальним канатом, що є відповідним до вимог ДСТУ 12.4.107. В цьому разі строп запобіжного паска заводиться за конструкцію, деталь опори тощо. Виконувати цю роботу повинні дві особи, друга особа в міру необхідності попускає чи натягує канат.

Під час роботи на конструкціях, під якими розташовані струмопровідні частини, що перебувають під напругою, ремонтні пристосування і інструмент прив'язуються для запобігання їх падінню. Застосовувати в цих випадках монтерські запобіжні паски зі стропами з металевого ланцюга забороняється.



Подавати деталі на конструкції чи устаткування слід за допомогою «нескінченного» канату. Працівник, який стоїть внизу, повинен утримувати канат для запобігання його розгойдуванню і наближенню до струмопровідних частин.

Працівники, які виконують роботи на висоті або верхолазні роботи, повинні бути в спецодязі, що не заважає рухам. Особистий інструмент слід зберігати в сумці.

Працівники, що здійснюють нагляд за членами бригади, які виконують верхолазні роботи або роботи на висоті, можуть розташовуватися на землі.

Обслуговування освітлювальних пристроїв, розташованих на стелі машинних залів і цехів підприємств, з візків мостового крану слід провадити не менш ніж двома працівниками, один з яких з групою III. Під час виконання робіт з використанням крану ремонтникам має бути виданий наряд-допуск.

#### 5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

- для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

електрозахисні засоби захисту. Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби до 1000В. Основні: ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. Додаткові:

діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Експлуатація ручного електроінструменту дозволяється у разі дотримання таких вимог: перед кожною видачею інструменту в роботу повинна бути перевірена його комплектність та надійність кріплення деталей, справність захисного кожуху, кабелю (рукава); перед початком роботи повинна бути перевірена справність вимикача та машини на холостому ходу; під час перерв у роботі, після закінчення роботи, під час змащування, очищення, заміни робочого елемента інструменту ручні машини необхідно вимкнути та від'єднати від електричної мережі; ручні машини, маса яких із розрахунку на руки працюючого, перевищує 10 кг, повинні мати пристрій для підвішування; під час роботи з ручними машинами на висоті необхідно використовувати засоби підмошування (помости); нагляд за експлуатацією ручних машин необхідно доручати спеціально призначеній для цього особі.

## **5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії**

### **5.2.1 Мікроклімат**

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення [19].

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [20]:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

#### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

В умовах даних робіт можливим забруднювачем являється нетоксичний пил [19].

Таблиця 5.2 – Концентрація шкідливих речовин в повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середня добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для видалення шкідливих домішок з повітря у виробничих приміщеннях проектом передбачено застосування вентиляції і кондиціонування повітря [20].

Природню аерацію в теплу пору року можна регулювати за допомогою фрамуг, які встановлюються у віконних пройомах і через витяжні ліхтарі, які встановлюються на даху приміщення – це безканальна вентиляція. Більш активна вентиляція забезпечується пристроєм вентиляційних каналів, які

споруджуються у стінах приміщення. При цьому для підсилення швидкості руху повітря на виході теплого повітря зовні, а саме на трубі, яка розташовується на даху будівлі, встановлюють спеціальні камери-патрубки.

Природна вентиляція не передбачає підігрів та зволоження повітря, яке поступає у приміщення, і очистка від пилу повітря, яке видаляється на зовні, тому для досягнення максимального рівня вентиляції ще використовують механічну вентиляцію.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та суміщеному освітленні (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [21], характеристика зорової роботи – дуже високої точності, розряд зорової роботи – II, підрозряд – в) зазначені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3 включно	I	в	малий середній великий	світлий середній темний	1500	200	-	4,2

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом

використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів).

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [9].

Основні параметри виробничого шуму на постійних робочих місцях в промислових приміщеннях наведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

### 5.2.5 Виробнича вібрація

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

На підприємстві присутня вібрація типу – За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Основні параметри вібрації [10], такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

### 5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [14]. Робота оперативно-ремонтного персонала під час

будівництва фотоЕС потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 18000; при загальному навантаженні ( за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 61600; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 35 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук) – до 60000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30000; статичне навантаження (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю мязів тулуба та ніг – до 140 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі від 25% до 50% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 101-300 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 12, вертикалі – 8 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом (робота за серією інструкцій); розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота в умовах дефіциту часу.

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – більше 75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – більше 300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання ВАТ «Вінницька кондитерська фабрика» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

Основою забезпечення безпеки системи електроспоживання в НС є комплекс організаційних, інженерно-технічних і технологічних заходів, спрямованих на підтримання функціонування системи за призначенням навіть в умовах небезпеки. Для цього необхідно: передбачити та оцінити можливі наслідки; завчасно підготуватися до дій, спрямованих на запобігання або зменшення ймовірності виникнення НС та зниження тяжкості її наслідків; організувати роботу під час аварійної ситуації та ліквідацію її наслідків.

Вид, доза та умови навколишнього середовища впливають на те, як іонізуюче випромінювання ( $\alpha$ ,  $\beta$  та  $\gamma$ ) впливає на матеріали та компоненти обладнання СЕС. Метали, неорганічні матеріали (переважно діелектрики), провідники та різноманітні органічні сполуки (смоли, діелектрики тощо) є матеріалами, що використовуються в обладнанні. Через велику концентрацію вільних носіїв, метали є найбільш чутливими до впливу іонізуючого випромінювання матеріалами серед інших. Відомо, що іонізуюче випромінювання викликає як оборотні, так і незворотні реакції, які можуть призвести до виходу з ладу елементів електричних ланцюгів і виходу обладнання з ладу.

Так, проходячи через елементи, потік гамма-випромінювань створює в них вільні носії електричних зарядів, в результаті переміщення яких виникає помилковий імпульс, який призводить до спрацьовування пристрою. В результаті опромінення у транзисторах змінюється обернений струм і коефіцієнт підсилення, у конденсаторах знижуються напруги пробною та опір стікання, змінюється провідність і внутрішній нагрів; руйнується електрична ізоляція дротів тощо.



З точки зору інженерної практики, визначення того, наскільки безпечною є система для забезпечення роботи сонячної електростанції, коли її компоненти піддаються впливу іонізуючого випромінювання протягом певного часу.

Системи управління, зв'язку, сигналізації та енергоспоживання є найбільш вразливими до електромагнітних імпульсів (ЕМІ). Обладнання СЕС, яке ефективно захищене від зовнішніх шкідливих впливів, є надзвичайно вразливим до пошкодження ЕМІ, які також руйнують напівпровідникові пристрої, резистори та конденсатори. Важливо пам'ятати, що навіть якщо обладнання розміщене в міцних захисних корпусах, воно все одно може вийти з ладу.

### 5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання в умовах дії іонізуючих випромінювань

Максимально допустимі значення потужності дози  $\gamma$ -випромінювань для вище перерахованих елементів наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.6 - Максимально допустимі потужності дози  $\gamma$ -випромінювання.

№	Блок	Елементи системи електроспоживання	$P_{зв,i}$ (Р/год)	$P_{зв}$ (Р/год)
1	БЖ	Трансформатор ТДН-25000/110 У1	$10^3$	$10^3$
		Нормований перетворювач напруги	$10^5$	
2	БУ	Автоматичні вимикачі	$10^5$	
		Резистори SMD1206 0,125 - 10кОм	$10^6$	
3	УМП К	Мікросхеми	$10^4$	
		Діелектрики GTP15	$10^4$	

1. За мінімальним значенням (див. табл. 5.1) межа безпеки роботи СЕС складає  $D_{гр} = 10^3$  (Р/год).

Визначаємо можливу дозу опромінення:

$$D_m = \frac{2P_1(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{осл}}, \quad (5.1)$$

де  $P_1$  – рівень радіації ( $P_1=6,04$  Р/год);

Косл – коефіцієнт послаблення (Косл.=1);

$t_n$  – час початку опромінення, 1 год;

$t_k$  – максимальна тривалість роботи, 10 років.

$$D_m = \frac{2 \cdot 6,04 \cdot (\sqrt{87600} - \sqrt{1})}{1} = 3563,27$$

Так як  $D_{доп} < D_m$ , то електрична мережа не є безпечною в роботі. Тому доцільно розробити комплекс заходів для підвищення стійкості роботи обладнання потужністю від дії іонізуючого випромінювання. Для цього достатньо застосувати пасивний протирадіаційний екран для критичних елементів з коефіцієнтом послаблення 2.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання ВАТ «Вінницька кондитерська фабрика» в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Для оцінки впливу ЕМІ на струмопровідні елементи необхідно врахувати те, що ЕМІ мають горизонтальну та вертикальну складові напруженості електричного поля  $E_{B(\Gamma)}$ , кВ/м; тож визначають значення наведеної напруги  $U$  на вертикальних та горизонтальних ділянках лінії. Для оцінки безпеки роботи системи електропостачання в умовах дії ЕМІ необхідно визначити значення наведеної напруги при напруженості електромагнітного поля  $E = 10,75$  кВ/м.

На об'єкті електрична мережа розподіляється на різні блоки, наприклад:

- Трансформатори;
- Струмопроводи.

Тому на кожній ділянці потрібно визначити максимальну довжину вертикальної та горизонтальної струмопровідної частини. Беремо максимальні значення розмірів:  $L_{B1}=3$ ,  $L_{\Gamma1}=4$  м для напруги  $U_{ж} = 380$  В,  $L_{B2} = 0,5$ м;

$L_{\Gamma2} = 10$ м для напруги  $U_{ж} = 220$  В.

Напруга, що буде наводитись в струмопровідній частині:

$$U_{B(\Gamma)} = E \cdot L_{B(\Gamma)} \text{ [В] ,} \quad (5.3)$$

Де  $U_{B(\Gamma)}$  – напруга, наведена у вертикальних(горизонтальних частинах), В;

$E_{B(\Gamma)}$  – напруженість ЕМІ, кВ/м.

$$U_{B1} = 10 \cdot L_{B1} = 10,75 \cdot 3 = 32,25 \text{ (В)};$$

$$U_{\Gamma1} = 10 \cdot L_{\Gamma1} = 10,75 \cdot 4 = 43 \text{ (В)};$$

$$U_{B2} = 10 \cdot L_{B2} = 10,75 \cdot 0,5 = 5,3 \text{ (В)};$$

$$U_{\Gamma2} = 10 \cdot L_{\Gamma1} = 10,75 \cdot 10 = 107,5 \text{ (В)};$$

Визначаємо критерій стійкості через коефіцієнт безпеки  $K_B$ :

$$K_B = 20 \cdot \lg U_{\text{Доп}} / U_{B(\Gamma)} \geq 40 \text{ [Дб]}. \quad (5.4)$$

Де  $U_{\text{Доп}}$  – допустима напруга живлення, В;

Допустиме коливання напруги живлення

$$U_{\text{Доп}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}} \cdot n}{100} \text{ [В]}, \quad (5.5)$$

Де  $U_{\text{ж}}$  – напруга живлення, В4

$n$  – відхилення напруги від номінального значення, %.

Але зазвичай для системи електропостачання існують норми:

При  $U_{\text{ж}} = 380 \text{ (В)}$ ,  $U_{\text{Доп}} = 440 \text{ (В)}$ ;

При  $U_{\text{ж}} = 220 \text{ (В)}$ ,  $U_{\text{Доп}} = 242 \text{ (В)}$ .

Для напруги 380 В:

$$U_{\text{Доп}} = 20 \cdot \lg 440/32,25 = 20 \cdot (1,13) = 22,6 \text{ (Дб)};$$

Для напруги 380 В:

$$K_{B\Gamma1} = 20 \cdot \lg 440/43 = 20 \cdot (1) = 20 \text{ (Дб)};$$

Для напруги 220 В:

$$K_{BB2} = 20 \cdot \lg 242/5,3 = 20 \cdot (1,65) = 33 \text{ (Дб)};$$

Для напруги 380 В:

$$K_{B\Gamma2} = 20 \cdot \lg 242/107,5 = 20 \cdot (0,35) = 7 \text{ (Дб)};$$

Нормою критерію для обох мереж встановлено  $K_B \geq 40 \text{ Дб}$ :

Отже, мережа живлення не зможе працювати стійко; для неї потрібен додатковий захист.

5.3.3 Розробка заходів з безпеки роботи елементів системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

Використання радіаційно стійких матеріалів та елементів, спеціалізованих величезних екранів або захист від впливу потоків заряджених частинок є трьома основними заходами радіаційної безпеки. На додаток до згаданих вище методів, для протидії імпульсному впливу іонізуючого випромінювання використовують пристрої з радіотехнічними схемами з більшими відстанями між елементами під навантаженням, а також схемами, які не є суттєвими для зміни електричних параметрів.

Відповідно до розрахунків, в умовах дії іонізуючих випромінювань до рівня радіації 1,69 Р/год, система електропостачання буде безпечно працювати майже увесь допустимий час роботи обладнання протягом 88124 год.

Оцінка безпеки роботи системи електропостачання в умовах дії ЕМ показала, що обладнання мережі 380 В та мережі 220 В потребує додаткового захисту у вигляді екранування.

Щоб визначити необхідну товщину екрану, знайдемо відповідне перехідне затухання для цього екрану:

$$A_{\text{екр}} = K_{\text{Бном}} - K_{\text{Бмін}}, \quad (5.6)$$

де  $K_{\text{Бном}}$  – номінальний коефіцієнт безпеки ( $K_{\text{Бном}} = 40$  дБ);

$K_{\text{Бмін}}$  – мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий при розрахунках.

Для кола  $U_{\text{ж}} = 380$  В –  $A_{380} = 40 - 20 = 20$  (дБ).

Для кола  $U_{\text{ж}} = 220$  В –  $A_{220} = 40 - 7 = 33$  (дБ).

Товщину захисного екрану знайдемо за формулою:

$$t = \frac{A_{\text{екр}}}{k \cdot \sqrt{f}} \quad [\text{см}]. \quad (5.7)$$

де  $k = 5,2$  (для сталі);

$f = 15000$  (Гц) – найбільш характерна частота.

Для напруги 380 В –  $t = \frac{20}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,03$  (см).

Для напруги 220 В –  $t = \frac{33}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,05$  (см).

Для підвищення стійкості обладнання до електромагнітних перешкод необхідно встановити сталевий захисний екран з товщиною стінок не менше 0,05 см. Ми забезпечуємо роботу автоматики та релейного захисту, а також струмоведучих ліній і трансформаторів у разі виникнення електромагнітного імпульсу шляхом реалізації заходів щодо підвищення стійкості.

Для кожної ситуації ми повинні визначити власну економічну стратегію захисту. Серед них загальновідомі:

- використання металевих екранів для захисту обладнання;
- перехід з електричних на оптоволоконні мережі зв'язку;
- використання металооксидних варисторів, перехідних з'єднувачів з фільтрами та вбудованими стабілітронами, захисних пристроїв тощо;
- захист кабелів тощо.

З'єднувальні кабелі для захисту прокладають в земляних траншеях під цементною чи бетонною підлогою будинків, або укладають в сталеві короби.

Надійність додатково підвищується, якщо кабель розгалужується і підводиться до кількох шаф з роздільними трансформаторами.

Ізольовані один від одного ділянки мережі матимуть низьку ємність проводів по відношенню до землі та високий опір ізоляції. Також рекомендується використовувати фільтри для запобігання високочастотним перешкодам. Також можна порадити використовувати пристрої захисту входу (ПЗВ) і запобіжники для захисту обладнання. ПЗВ, також відомі як розрядники, є пристроями захисту від перенапруги (ПЗП), які реагують на надлишок струму в ланцюзі. Вони, по суті, розмикають лінію і відводять надлишкову енергію, щоб запобігти пошкодженню захищеного обладнання, гарантуючи, що великий розряд стікає на землю, не завдаючи шкоди ізоляційним елементам ліній. Вони встановлюються на входах і виходах обладнання.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі була виконана задача підвищення надійності електропостачання замостянського району міста Вінниця за допомогою розосередженої генерації електроенергії

Прийняті оптимальні проектні рішення, щодо вибору та встановлення когенераційних установок.

В першому розділі розглянуто проблеми використання розосередженої генерації електроенергії, джерел відновлюваної електроенергетики у якості джерел розосередженої генерації, перспективи розосередженої генерації в Україні.

В другому розділі описано схему приєднання Вінницької кондфабрики до мережі, встановлене обладнання, головну електричну схему, зображені розрахунки струмів КЗ.

В третьому розділі розглянуто поняття когенерації, її види, типи установок, які використовуються для генерування тепло та електроенергії, переваги та недоліки таких установок, було виконано розрахунок, що показує підвищення енергоефективності і надійності електропостачання споживачів.

В економічній частині були розраховані такі показники, як: річне споживання палива, річна економія на електроенергії, витрати на персонал, собівартість електроенергії. Було вираховано, що встановлення когенераційної установки є доцільно та економічно вигідним.

Також були розроблені заходи з охорони праці та цивільного захисту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Статистика світового ринку ВДЕ за 2021 рік від IRENA - <http://surl.li/novtv>
2. Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах. Техн.електродинаміка. – 2011. – № 1. – С. 46–53.
3. Жикаляк Н. В. Природні енергоносії та економіка України: стан, проблеми, перспективи / Н. В. Жикаляк, А. М. Назаренко, А. В. Михелис // Вугілля України. – 2000. – № 8. – С. 14–19.
4. Когенерація та її особливості в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.aeroterm.ua/kogeneratsiya-i-ee-osobennosti-v-ukraine/>
5. Схеми принципів електричні розподільчих установок напругою від 6 кВ до 750 кВ електричних підстанцій. Настанова [Електронний ресурс]. – [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=66629](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=66629)
6. Бодунов, В. М. Урахування острівних режимів під час вибору потужності джерел розподіленої генерації [Електронний ресурс] – [http://ec.lib.vntu.edu.ua/DocDescription?doc\\_id=266078](http://ec.lib.vntu.edu.ua/DocDescription?doc_id=266078)
7. Про затвердження Норм технологічного проектування енергетичних систем і електричних мереж 35 кВ і вище [Електронний ресурс] – <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0543732-14#Text>
8. ПУЕ Правила улаштування електроустановок [Електронний ресурс] – <https://mev.gov.ua/storinka/pravya-ulashtuvannya-elektroustanovok>
9. Малярєнко В. А. Потенціал інтеграції когенераційних систем в малу енергетику України [Текст] / В. А. Малярєнко, А. Л. Шубенко, А. В. Сенецький, И. А. Темнохуд. - Інтегровані технології та енергозбереження // Щоквартальний науковопрактичний журнал. - Харків: НТУ "ХПІ". - 2012.- Вип.-№4. - С. 11-17.
10. Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft [Електронний ресурс]. [http://m.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Luft/taluft\\_engl.pdf](http://m.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Luft/taluft_engl.pdf)
11. J624 – World's first Gas Engine with Two-Stage Turbocharging [Електронний ресурс]. – <https://link.springer.com/article/10.1365/s38313-011-0038-9>

12. Jenbacher Gas Engine J624 – <https://www.jenbacher.com/en/gas-engines/type-6/j624>

13. Інтелектуальні системи захисту та автоматики замкнених електричних мереж з джерелами розподіленої генерації. В. В. Козирський, В. В. Каплун, О. В. Гай, В. М. Бодунов. Енергетика та електрифікація. – 2011. – № 3.

14. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

15. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

16. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn\\_a322\\_2009/1-1-0-945](https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945).

17. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

18. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

19. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

20. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

21. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)



22. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвучу та інфразвучу. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

23. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

24. Кодекс цивільного захисту України. К.: ВР України, 2012. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

25. Когенераційні установки: Переваги з першого погляду | Viessmann UA – <https://www.viessmann.ua/uk/porady/tekhnohhiya-i-systemy/teploelectrotsentrali.html>

# ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ  
 ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
 НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення надійності електропостачання Замостянського району міста Вінниця з використанням розосередженої генерації

Тип роботи: \_\_\_\_\_ МКР \_\_\_\_\_  
 (БДР, МКР)

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність \_\_\_\_\_ 85,0 \_\_\_\_\_ Схожість \_\_\_\_\_ 16,5 \_\_\_\_\_

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна

кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її

виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують

на

спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_ Лобода Ю. В.

(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи \_\_\_\_\_ Гнатюк Д. В.

(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Бурбело М. Й,

(підпис) (прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_ 2023р.  
“ ” \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

\_\_\_\_\_ 2023 р.  
“ ” \_\_\_\_\_

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної  
роботи на тему:

«Підвищення надійності електропостачання Замостянського району  
міста Вінниця з використанням розосередженої генерації»

Науковий керівник:

д.т.н., проф. Бурбело М. Й.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Виконав: студент гр.  
ЕСЕ - 22м

Коцур В. О.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Вінниця 2023 р.

## 1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 247 від 18. 09. 2023р.

Дата початку роботи 04. 09. 2023 р.

Дата закінчення роботи 04. 12. 2023 р.

## 2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета – підвищення енергоефективності системи електропостачання населеного пцнкту;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

схема розподільної електричної мережі з заданими параметрами; генплан підприємства; відомості про джерела живлення; основні техніко-економічні показники.

## 3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) – видання третє, перероблене і доповнене, - 2014 р.

3.2 М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків».- Вінниця: ВНТУ, 2005р.

3.3 Демов О. Д. «Економія електроенергії на промислових підприємствах». – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

## 4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	04.09.23р.	01.10.23р.
4.2 Проведення дослідних розрахунків	01.10.23р.	30.10.23р.
4.3 Розробка робочих креслень	01.11.23р.	11.11.23р.
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	11.11.23р.	03.12.23р.

## 5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

## 6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

## 7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність не передбачається

## 8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

## 9 ВИМОГИ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В МКР ЗОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ (ЗА НЕОБХІДНОСТІ)

Не передбачається

## Додаток В

### Презентаційні матеріали

*Актуальність теми.* У сучасному світі, де розвиток технологій та зростання попиту на електроенергію просуваються вперед швидкими темпами, надійність електропостачання набуває критичного значення. Здатність забезпечувати стабільний та безперебійний доступ до електроенергії є важливим фактором як для господарства в цілому, так і для окремих споживачів. У цьому контексті, розосереджена генерація виступає передовим напрямком, який пропонує не тільки забезпечити виробництво енергії на місцях споживання, але й підвищити загальну надійність електропостачання.

Питання підвищення надійності електропостачання через впровадження розосередженої генерації стає предметом уваги науковців та фахівців, оскільки цей підхід відкриває нові можливості для оптимізації енергетичних систем. Дана магістерська робота присвячена вивченню цього питання та виявленню ефективних стратегій та технологій, які сприяють підвищенню надійності електропостачання за допомогою розосередженої генерації.

В контексті стрімкого розвитку відновлюваних джерел енергії та росту інтересу до стійких енергетичних рішень, аналіз та впровадження розосередженої генерації стають актуальним завданням для забезпечення стабільного та ефективного електропостачання.

*Мета і завдання дослідження.* Мета даної магістерської роботи полягає у розгляді сучасних підходів та інновацій у сфері розосередженої генерації з метою розробки рекомендацій та стратегій, спрямованих на підвищення надійності електропостачання в сучасному енергетичному ландшафті.

*Об'єктом дослідження* є система електропостачання Вінницької кондитерської фабрики №2

*Предметом дослідження* є встановлення когенераційної установки для підвищення надійності електропостачання



В першому розділі розглянуто переваги та проблеми використання розосередженої генерації.

Застосування технологій РГ є ефективним інструментом оптимізації інвестицій у технічне переозброєння (реконструкцію) розподільчих мереж (перевантажені та закриті центри живлення), модернізацію устаткування, що генерує, на великих теплових електростанціях, а також будівництво мереж для технологічного приєднання нових споживачів. Альтернативою посиленню мережевої інфраструктури є проведення реконструкції з елементами модернізації промислових та муніципальних котелень за рахунок застосування когенераційних установок, дозволяючи підвищити коефіцієнт використання теплоти палива та практично повністю покрити власне електроспоживання.

Обсяг капітальних вкладень в об'єкт РГ залежить від його потужності та варіанта реалізації, проте вартість 1 кВт встановленої потужності експертно оцінюється у 2–5 разів менше, ніж вартість будівництва великих електростанцій. Терміни реалізації проекту становлять від початку проектування та до введення в експлуатацію від 9 до 12 місяців (для великих електростанцій не менше 3–5 років)

Проблемні аспекти, що потребують вирішення:

Особливості електричних режимів в енергорайонах з об'єктами РГ обумовлені малими значеннями механічних постійних інерції ГУ, низькою швидкістю набору навантаження ГУ на базі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), що призводить до значних відхилень параметрів режиму при зовнішніх збуреннях. Характер перехідних процесів залежить від параметрів ГУ і навантаження, внаслідок порівнянних сумарних потужностей, і навіть малих взаємних опорів. У острівному (автономному) режимі спостерігаються значні відхилення показників якості електроенергії (ПКЕ) у зв'язку з використанням пристроїв з елементами силової електроніки. Для забезпечення коректної роботи пристроїв автоматики енергосистем потрібно підвищення швидкодії щодо параметрів режиму з достатньою точністю.

Враховуючи, що характерними (середніми) для розподільчих мереж є провали напруги глибиною 35–99 %, тривалістю 1,5–3 с та параметрами потоку 10–30 провалів на рік, ймовірність виникнення аварій в енергосистемі, відключення ГУ об'єктів РГ або тих, хто робить роботу особливо важливих електроприймачів неможливою без відділення від мережі, досить висока. Для запобігання значним збиткам у споживачів потрібно вдосконалення принципів побудови ділільної автоматики стосовно енергорайонів з об'єктами РГ.



В другому розділі розглянуто схему приєднання до електричних мереж, описано основне електротехнічне обладнання, зображені результати перевірки струмів КЗ

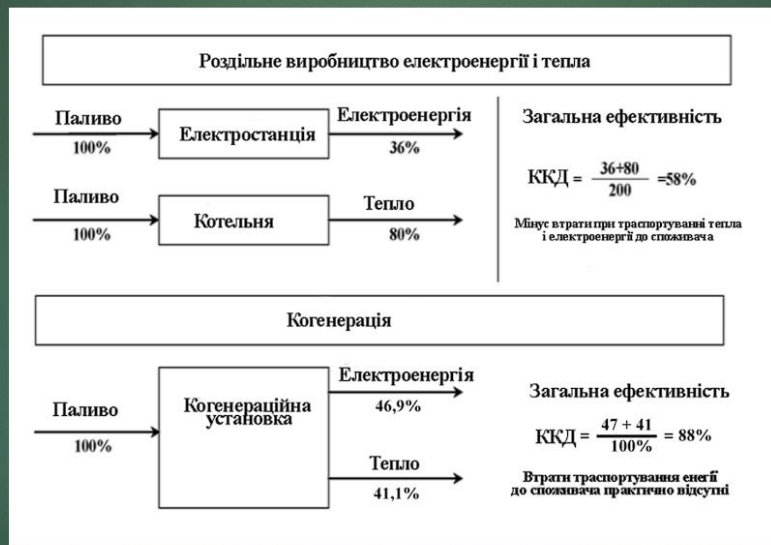
№	Місце КЗ	Струми КЗ, кА	
		3-и фазного	1-но фазного
1	Сторона 110 кВ Т1 (струм приведений до U = 115 кВ)	12,4	10,6
2	Сторона 110 кВ Т2 (струм приведений до U = 115 кВ)	13,0	10,6
3	Сторона 10 кВ Т1 (струм приведений до U = 10 кВ)	12,0	–
4	Сторона 10 кВ Т2 (струм приведений до U = 10 кВ)	12,0	–

В третьому розділі розглянуто впровадження когенерації на підприємстві, описана інформація про когенераційні установки та їх види, переваги та недоліки різних типів їх двигунів

Когенерація - процес використання теплового двигуна або теплової електростанції для одночасного виробництва, як корисного тепла, так і електроенергії. Звичайні електростанції скидають в навколишнє середовище теплову енергію, що виробляється як побічний продукт при генерації електроенергії, через градирні, разом з теплом вихлопних газів або іншими способами. В основі когенерації лежить утилізація теплової енергії, яка скидається, для використання в промисловості, або побуті, або в безпосередній близькості до енергомодуля, або для розподілу споживачам по трубопроводах. Ця схема носить назву децентралізованого енергопостачання.

При роботі двигун-генератора утилізується тепло газовихлопу, паливної суміші, масла і водяної «сорочки» двигуна. При цьому в середньому на 1 МВт електричної потужності споживач отримує 1МВт теплової потужності у вигляді гарячої води 90С або пара для опалення та гарячого водопостачання.

## Порівняння окремого виробництва електроенергії та тепла з когенерацією



Обрано когенераційну установку, а саме Jenbacher JMS 62

Переваги GE Jenbacher:

1. Високий к.к.д. На електрогенеруючих установках компанії GE Jenbacher досягається дуже високий електричний к.к.д. - 43,1%. При цьому, в діапазоні зміни навантажень 50-100% від номінальної, к.к.д. залишається практично незмінним.
2. Гнучкий ряд за потужністю. Ряд двигунів GE Jenbacher складається їх 4-х серій газопоршневих машин. У таблиці 9 наведені основні параметри двигунів GE Jenbacher.
3. Високий ступінь автоматизації. Когенератори з двигунами GE Jenbacher не вимагають присутності персоналу при їх експлуатації. Системи моніторингу параметрів двигуна і компонентів когенератора дозволяють вести дистанційне керування. Система управління когенераторів забезпечує автоматичний пуск і зупинку, паралельну роботу генератора із зовнішньою мережею, автоматичний розподіл навантажень при паралельній роботі декількох когенераторів і виконання інших функцій на вимогу замовника.

Обрано когенераційну установку, а саме Jenbacher JMS 624

Природний газ 1,500 Об/хв   50 Гц						
NOx <	Тип	P <sub>ел</sub> (кВт) <sup>1</sup>	P <sub>тп</sub> (кВт) <sup>1</sup>	η <sub>ел</sub> (%) <sup>1</sup>	η <sub>тп</sub> (%) <sup>1</sup>	η <sub>заг</sub> (%) <sup>1</sup>
500 мг/м <sup>3</sup> <sub>N</sub>	J624	4,507	3,957	46.9	41.1	88.0
250 мг/м <sup>3</sup> <sub>N</sub>	J624	4,507	4,023	45.9	41.0	87.0



## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі було виконана задача підвищення надійності електропостачання Замостянського району міста Вінниця за допомогою розосередженої генерації електроенергії. Прийняті оптимальні проектні рішення, щодо вибору та встановлення когенераційних установок.

В першому розділі розглянуто проблеми використання розосередженої генерації електроенергії, джерел відновлюваної електроенергетики у якості джерел розосередженої генерації, перспективи розосередженої генерації в Україні.

В другому розділі описано схему приєднання Вінницької кондфабрики до мережі, встановлене обладнання, головну електричну схему, зображені розрахунки струмів КЗ.

В третьому розділі розглянуто поняття когенерації, її види, типи установок, які використовуються для генерування тепло та електроенергії, переваги та недоліки таких установок, було виконано розрахунок, що показує підвищення енергоефективності і надійності електропостачання споживачів.